

上海科技教育出版社 阅览

普通高中教科书

物理

必修

第三册

教师用书



上海科技教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

普通高中教科书物理必修第三册教师用书 / 束炳如,
何润伟主编. —上海: 上海科技教育出版社, 2020.1

ISBN 978-7-5428-7068-1

I. ①普… II. ①束… ②何… III. ①中学物理课—
高中—教学参考资料 IV. ①G633.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 167875 号

责任编辑 李枯青

封面设计 符 劼

普通高中教科书

物理 必修 第三册

教师用书

总主编 束炳如 何润伟

出版发行 上海科技教育出版社有限公司

(上海市柳州路 218 号 邮政编码 200235)

网 址 www.sste.com www.ewen.co

经 销 各地新华书店

印 刷 上海颀辉印刷厂

开 本 787×1092 1/16

印 张 12.75

版 次 2020 年 1 月第 1 版

印 次 2020 年 1 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5428-7068-1/G·4111

定 价 39.00 元

总 主 编 束炳如 何润伟

副总主编 母小勇 仲扣庄

本册作者 (按姓氏笔画为序)

王 全 母小勇

朱春晓 桑芝芳

谭庆仁

上海科技教育出版社

目 录 contents

第 0 章 本册教材编写思路与教材分析

本册教材的教学要求和学业要求 / 1

本册教材的地位与作用 / 2

本册教材在培育学生物理学科核心素养和实现课程目标方面的
措施 / 3

本册教材的框架、结构和逻辑体系 / 8

第 1 章 电荷的相互作用

本章教学目标 / 11

全章教材分析与教学要求 / 13

各节教材的说明与教学建议 / 14

1.1 静电现象与电荷守恒 / 14

1.2 电荷相互作用的规律 / 18

1.3 静电的应用和防护 / 23

课程资源 / 27

补充习题及参考解答 / 43

教学案例 / 44

第 2 章 电场的性质

本章教学目标 / 48

全章教材分析与教学要求 / 50

各节教材的说明与教学建议 / 52

2.1 电场强度 / 52

2.2 电场力做功的特点 电势能 / 58

2.3 电势 电荷在电场中的运动 / 64

2.4 电容器 电容 / 71

课程资源 / 79

补充习题及参考解答 / 83

教学案例 / 88

第3章 电路

- 本章教学目标 / 92
- 全章教材分析与教学要求 / 93
- 各节教材的说明与教学建议 / 94
 - 3.1 多用电表 / 94
 - 3.2 电流、电压和电阻 / 96
 - 3.3 影响电阻的因素 / 98
- 课程资源 / 100
- 补充习题及参考解答 / 102
- 教学案例 / 105

第4章 闭合电路欧姆定律

- 本章教学目标 / 111
- 全章教材分析与教学要求 / 112
- 各节教材的说明与教学建议 / 114
 - 4.1 闭合电路欧姆定律 / 114
 - 4.2 闭合电路欧姆定律的应用 / 117
 - 4.3 电路中的能量转化与守恒 / 119
 - 4.4 现代家庭电路 / 123
- 课程资源 / 124
- 补充习题及参考解答 / 130
- 教学案例 / 133

第5章 电磁场与电磁波

- 本章教学目标 / 145
- 全章教材分析与教学要求 / 147
- 各节教材的说明与教学建议 / 149
 - 5.1 磁与人类文明 / 149
 - 5.2 磁场的描述 / 153
 - 5.3 电磁感应 / 156
 - 5.4 电磁波 / 158
- 课程资源 / 161
- 补充习题及参考解答 / 169
- 教学案例 / 170

第6章 能源与可持续发展

本章教学目标 / 172

全章教材分析与教学要求 / 173

各节教材的说明与教学建议 / 175

6.1 能量的转化与守恒 / 175

6.2 能源利用与环境污染 / 177

6.3 能源开发与环境保护 / 179

6.4 节约能源、保护资源与可持续发展 / 180

课程资源 / 182

补充习题及参考解答 / 190

教学案例 / 192

上海科技教育出版社

亲爱的老师：

欢迎你使用新的沪科教版高中物理教材！

根据《普通高中物理课程标准(2017年版)》的要求，沪科教版高中物理教材编写组完成了普通高中教科书《物理 必修 第一册》《物理 必修 第二册》《物理 必修 第三册》《物理 选择性必修 第一册》《物理 选择性必修 第二册》《物理 选择性必修 第三册》的设计和编写，通过了国家教材委员会专家委员会的审核，并由上海科技教育出版社出版(以下简称“新‘沪科教版’高中《物理》”)，已被教育部列入全国高中新教材用书目录。

新“沪科教版”高中《物理》，严格按照新的普通高中物理课程标准要求，坚持“立德树人”的指导思想，突出科学探究，通过生活情境、物理情境的创设，以问题串、问题链呈现教科书内容，力图为全面发展学生的物理学科核心素养和为学生个性化发展创造条件。

本书是配合《物理 必修 第三册》而编写的教师用书。

我们认为，教师用书首先应该充分体现课程改革的理念，展示教科书的特点；要多为教师着想，为教师提供方便；既要提出切实可行的教学建议，又要给教师以充分施展自己才能的空间；既要为教师提供丰富的课程资源，又要帮助教师自己去开发课程资源……

本书努力体现《物理 必修 第三册》的特色，阐明编者编写本模块教材的思路，对教师组织“实验探究”“分析与论证”“学生必做实验”等科学探究活动提供了一些参考建议，并在各章提供了教学案例供参考。本书力求体现师生互动、学生自主学习的新课程理念，旨在提升学生的核心素养，增强学生的创新意识，发展学生的自主学习能力和独立探究能力。

本书还十分重视评价改革，就如何实施过程性评价和总结性评

价,构建发展性的评价体系,与教师进行交流;并且就怎样更多地关注学生的个性差异,帮助学生认识自我、树立自信,促进学生在原有水平上发展,以及如何促进教师的提高与改进教学实践等方面的问题,提出了编者的看法。

教科书和教师用书的编写过程是一个合作、对话、协商、共建的过程,我们真诚地希望你加入到共建的行列里来,为编写有中国特色的教科书和教师用书而共同努力!

预祝你和你的学生在高中物理课程改革中获得成功!

编 者

2019 年 7 月

第0章

本册教材编写思路与教材分析

《物理 必修 第三册》是高中学生必须学习的课程,是普通高中学生物理学科核心素养发展的共同基础。它关注全体高中学生的物理学科核心素养和现代公民对物理学的基本需求,是高中物理核心内容的一部分。《普通高中物理课程标准(2017 年版)》(以下简称《课程标准》)要求学生通过静电场、电路及其应用、电磁场与电磁波初步以及能源与可持续发展等内容的学习,加深对于世界的物质性和物质运动多样性的认识,比较全面地学习物理学及技术应用,了解物理学及技术与社会发展以及人类文明的互动作用,并发展学生的物理学科核心素养。本模块教材力求体现《课程标准》的理念,让学生了解场的物质性、统一性与多样性,培养学生的物质观念、运动与相互作用观念、能量观念,引导学生学会建立点电荷、电场线、磁感线等物理模型,掌握应用物理量之比定义新物理量的方法,强调“学生必做实验”,让学生经历物理学的实证研究和理性思维过程,并了解物理学与社会发展、技术进步的关系,增强学生的民族自信心、科学态度、创新精神和社会责任感。

本册教材的教学要求和学业要求

本册教材有以下四个二级主题:

- 静电场
- 电路及其应用
- 电磁场与电磁波初步
- 能源与可持续发展

教学要求

本册教材通过静电场、电路及其应用、电磁场与电磁波初步以及能源与可持续发展等内容的学习,引导学生了解场的物质性、统一性与多样性,认识光是一种电磁波、光的能量是不连续的,初步了解微观世界的量子化特征,培养学生的物质观念、运动与相互作用观念、能量观念。引导学生学会建立点电荷、电场线、磁感线等物理模型,体会物理模型在研究具体问题中的重要作用。让学生了解应用物理量之比定义新物理量的方法,了解电场强度、电势等物理量的含义并体会其定义方法。重视发挥物理学史的教育功能,让学生了解库仑定律的探索历程,体会库仑扭秤实验设计的实验思想与方法。让学生了解磁场的基本概念,利用与静电场对比的方法认知磁感应强度,知道磁通量是一个重要的物理量。引导学生通过实验了解产生感应电流的条件,体会科学实验在物理学发展中的重要作用。在实验探究金属导体的电阻与材料、长度和横截面积的定量关系,以及闭合电路欧姆定律等内容的学习中,努力创设激发学生探究欲望的问题情境,引导学生进行科学探究,培养学生实验设计、分析论证、反思评估等能力。本册教材的内容与生产生活、科技进步、社会发展密切相关,教学时,要充分利用多种教学资源,引导学生定性了解电磁感应现象在生产生活中的一些应用,认识

能源开发与利用对人类生活和社会发展的影响,关注科学·技术·社会·环境的关系,培养学生解决实际问题的能力。

学业要求

能用电场强度、电势、磁感应强度等物理量描述电场、磁场的性质。会用库仑定律分析点电荷之间的相互作用,会用闭合电路欧姆定律等分析电路各部分之间电学量的相互关系,能用电势能和焦耳定律等分析电学中的能量转化问题,在实践中能做到安全用电和节约用电,具有可持续发展与环境保护的意识。知道电磁场的物质性,能说出电磁感应现象在生产生活中应用的实例,能利用场的性质解释有关电磁波的现象。形成初步的物质观、运动与相互作用观和能量观,并能以此观察和解释简单的自然现象,解决简单的实际问题。

能用点电荷模型研究电荷间的相互作用,能用物理量之比定义电场强度、电势、磁感应强度等物理量,进一步了解用物理量之比定义新物理量的方法。能用电场线、磁感线等模型分析电场和磁场中比较简单的问题,并得出正确的结论。在分析和论证过程中,能使用证据说明自己的观点。

会做“测量电源的电动势和内阻”等实验。能在教师指导下制订实验方案,能选用实验器材进行实验,获取实验数据;会用图像处理实验数据,能根据图像获得正确的结论;能分析实验中的误差,并能提出减小误差的方法。能运用学过的物理术语等撰写实验报告。

通过对电磁学及能源相关内容的学习,认识科学对技术的推动作用,体会科技进步对人类生活和社会发展的影响,认识科学·技术·社会·环境的关系,知道保护环境、节约能源、促进可持续发展的重要意义。

本册教材的地位与作用

通过对《物理 必修 第一册》和《物理 必修 第二册》的学习,学生已对力学的基本内容及其应用有了一定的了解,但是,考虑到现代公民对物理学的基本需求和物理学观念、体系与方法的完整性,学生还必须学习静电场、电路及其应用、电磁场与电磁波初步以及能源与可持续发展的相关内容。通过前面的学习,学生已会用力学分析方法研究物体的机械运动、力和运动的关系、圆周运动、动能变化与机械功、能量和万有引力规律,这些都为学习《物理 必修 第三册》的内容提供了必备的知识和方法。

本册教材是学生第一次比较深入地研究“场”的问题。“场”是除实物以外物质存在的另一种形式,虽然比较抽象,但是在物理学中具有极其重要的地位。学生将通过电场和磁场的学习,加深对于世界的物质性和物质运动多样性的认识,但是,怎样研究“场”、“场”有哪些性质等问题,又是学生从来没有接触过的。因此,本册教材围绕电场和磁场的形象描述及其力的性质、能的性质等内容,探讨电场、磁场、电磁之间的联系与转化和电磁波,让学生经历物理学的实验研究和理性思维过程,学习物理学“场”的研究方法,为以后学习《物理 选择性必修 第二册》等选择性必修教材的相关内容打下基础。

本册教材在初中学习过的“简单电路”基础上,引领学生研究含有电源的闭合电路等内容,这些内容是现代生活、生产、科学研究和技术创新所必须的。针对这一特点,本册教材在

解析“电路”内容时,以多用电表测量路端电压活动产生的疑问为情境,将“电源的电动势和内阻”“闭合电路欧姆定律”和“电路中能量转换”等一系列问题,融入用多用电表测量电学量和分析包含电源的闭合电路的活动。这部分内容强调联系生活、联系社会、联系现代科学技术,强调实验研究与理论分析论证活动的有机结合,安排了4个“学生必做实验”,让学生观察、测量、做研究等。考虑到学生在初中学习过安全用电和节约用电的内容,本册教材重在通过案例分析,让学生进一步学习解决家庭电路中简单问题的方法,强化安全用电和节约用电的观念。

本册教材在初中的“热学”内容基础上,进一步引导学生知道不同形式的能量可互相转化,在转化过程中能量总量保持不变,同时,能量转化是有方向性的;通过呈现大量相关事实、数据等,让学生认识能源开发与利用对人类生活和社会发展的影响,关注科学·技术·社会·环境的关系,知道保护环境、节约能源、促进可持续发展的重要意义,并培养学生解决实际问题的能力。

总之,本册教材的内容在高中物理甚至整个物理学中有着重要的地位,它是继续学习物理学和其他科学技术的基础,也是进一步了解现代科学技术的基础。

本册教材在培育学生物理学科核心素养和实现课程目标方面的措施

本册教材力求体现《课程标准》的理念,通过比较完整、系统的物理探究活动,展示电磁学及与能源相关的核心内容,让学生认识电场、电路、磁场和电磁波,了解人类怎样解决能源与可持续发展问题,培养学生的社会责任感,发展学生的物理学科核心素养;通过展示物理史实和“实验探究”“学生必做实验”“分析与论证”“课外活动”以及合作交流等,让学生在物理实验、理论思维与数学方法应用等方面得到比较充分的训练,学习探索物理世界的方法和策略;通过“信息浏览”“STSE”“多学一点”“课题研究”“总结与评价 课题研究报告会”等栏目的活动,让学生更多地关注物理学与科技发展的前沿,培养和发展学生的科学志趣和将科学服务于人类的意识。

本册教材十分重视基础知识的学习和基本技能的训练,发展学生的物理学科核心素养。对于教材涉及的基础知识,一般都通过实验探究、分析论证,使学生在理解的基础上学会应用,形成物理观念,并训练科学思维。对于基本技能的训练,教材重视基本仪器和器材的使用以及实验操作能力的训练,让学生经历科学探究过程,突出实验探究与理论分析相结合,重视方法指导,培养学生的情感态度与价值观。本册教材安排了必要的合作探究活动,它营造精诚团结、合作交流的学习氛围。

本册教材关注物理学与科技发展的前沿,培养和发展学生的科学志趣和将科学服务于人类的意识。本册教材强调联系生活、联系社会、联系现代科学技术,力图使学生“爱上物理学”,鼓励学生树立正确的物理学习动机。本册教材通过“信息浏览”和“STSE”等栏目充分展示物理学的魅力,展现物理学跟社会、生活和科学技术之间的广泛联系,在“多学一点”栏目安排了一些拓展性内容,以满足那些对物理学特别感兴趣的学生的求知欲。

为了培育学生的物理学科核心素养和实现课程目标,本册教材采取了如下措施:

1. 落实“立德树人”目标,发展学生的物理学科核心素养

以往的教材对本模块内容的处理,基本上是以“双基”为中心,侧重公式推导和计算,实验探究上没有要求,分析论证过程也基本上是和盘托出。为了充分体现《课程标准》提升全体物理学科核心素养的要求,本册教材较好地处理了“全面提高物理学科核心素养”与“个性化发展”、“奠定基础”与“发展提高”之间的关系,力求在初中物理的基础上,进一步提升所有学生的物理学科核心素养,并为不同学生的发展奠定不同的基础,突出了必修模块的设计特色。为了改变高中物理“难教难学”的现状,增强学生学习物理课程的信心,本册教材在全面提升全体高中学生的基本物理学科核心素养,为今后的发展打下坚实的物理学基础的前提下,坚持以生动亲切的语言、真实的情境打动学生,并提供丰富多彩的物理学习资源,帮助学生了解自己的兴趣与发展潜力,为他们选择后续不同发展方向的课程打好基础。

例如,通过探讨“手机无线充电的原理”这一日常生活中的问题,展开探究,使学生清楚日常生产与生活需要物理素养,同时为学生提供了物理学的理论、方法、实验和发展前沿的内容,介绍了“库仑的探究”等物理学典型史实、思想演变以及物理学对人类文明和世界观影响的内容,既启发学生的科学思维,也展现物理学与科学技术的互动关系和物理学的魅力。

在“物理观念”方面,本册教材让学生观测电场、磁场和电磁波,感受“场”的客观存在性,理解“场”是除实物以外物质存在的另一种形式,丰富学生的物质观念;基于对电场的力的性质和能的性质的探究,让学生认识电场对电荷的作用以及电荷在电场中的运动,进一步完善学生的运动与相互作用观念;它还通过对不同形式能量互相转化的分析,让学生初步了解各种形式的能量、热力学定律、能源等,领会能量的转化与守恒、能量转化的方向性等科学规律,理解能量观念在物理学和人类生产生活中的重要性。

在“科学思维”方面,本册教材突出了点电荷、电场线、磁感线等物理模型,特别是展示库仑扭秤实验设计思想与库仑定律的探索历程,让学生体会物理模型在研究具体问题中的重要作用;安排了许多“实验探究”“分析与论证”“思考与讨论”“多学一点”“课外活动”等栏目的活动,让学生在物理实验、理论思维与数学方法应用等方面得到比较充分的训练,学习探索物理世界的方法和策略;让学生运用“逻辑论证与实验研究相结合的方法”“合理外推的方法”“分割与逼近的方法”“将非电学量转换成电学量的方法”“控制变量方法”等进行科学推理、科学论证,强调基于事实证据的交流讨论,养成质疑、批判、检验、修正进而提出创造性见解的思维习惯。

在“科学探究”方面,本册教材安排了两个比较完整的科学探究活动:“探究电子束在偏转电极中的偏移”和“探究影响平行板电容器电容的因素”;设计了五个“学生必做实验”:“观察电容器的充、放电现象”“用多用电表测量电学中的物理量”“长度的测量及其测量工具的选用”“测量金属丝的电阻率”“测量电源的电动势和内阻”。这样做的目的是让学生熟悉如何基于观察和实验提出物理问题、如何形成猜想和假设、如何设计实验与制订方案、如何获取和处理信息与数据、如何基于证据得出正确的结论并作出解释以及如何交流、评估与反思。

在“科学态度与责任”方面,本册教材通过探究电与磁的联系、初步了解麦克斯韦的电磁

场理论和赫兹发现电磁波的过程,让学生体会科学的本质与价值;通过数据资料,展示我国的能源现状、人类生存的环境和环境的污染和能源危机,理解科学·技术·社会·环境的关系,让学生树立遵守道德规范、保护环境、节约能源,以及助力可持续发展的社会责任感;通过介绍最新的中国“天眼”工程,既增强学生的民族自信心,也让学生逐渐形成探索自然的内在动力、科学态度和创新精神。

2. 让学生经历科学探究过程

法国物理学家庞加莱指出:“物理学是由一系列事实、公式和法则建立起来的,就像一座房子是用砖砌成的一样。但是,如果把一系列事实、公式和法则就看成物理学,那就犹如把一堆砖看成房子一样。不,物理学要比组成它的事实、公式和法则深刻得多!”物理学“主要是在建立这种知识体系的过程中凝练和深化的科学思想和科学方法;还在于它的每一次重大发现,都对人类思想、观念进步,以及社会发展具有重大影响。”因而本册教材,乃至本套教材在重视基本物理概念和规律的前提下,注意让学生经历科学探究过程。

为了让学生经历科学探究过程,本册教材采取的主要措施是:

- (1) 展现物理学家探究的历史过程与方法。
- (2) 引导学生经历实验探究和理论分析过程。
- (3) 让学生自主设计、独立地科学探究。

为了让学生参与科学探究,体验科学探究的乐趣,学习科学探究的方法,本册教材共安排了两个完整的科学探究活动,展示了两个完整的历史上的探究过程。这两个探究过程是库仑的探究和发现过程、法拉第发现电磁感应的艰难历程。此外,本册教材对多处探究的过程与方法并不和盘托出,而是为学生留下了一些想象空间。

例如,“探究感应电流产生的条件”,让学生根据要求写出设计思路、实验步骤、记录表格等,自己动手连接线路,探究实验,并记录“在怎样的情况下副线圈中有感应电流,感应电流是否持续”。

又如,在《第3章 电路》中,第3.1节安排了让学生用多用电表测量串联、并联电阻总阻值的实验活动,并问学生:“串(并)联电阻的总阻值与每个电阻的阻值之间有怎样的关系?”为分析论证“电阻的串联、并联、混联”留下了伏笔。在第3.3节的分析论证中,只作适当提示,放手让学生分析讨论,并要求学生将讨论结果跟第3.1节的实验结果进行比较。特别是在《第4章 闭合电路欧姆定律》的第4.4节中,两个开放性“案例分析”,既深化了学生在实际生活中对安全用电和节约用电的认识与理解,又避免了同初中物理相关部分内容的重复。

在安排的探究活动中,本册教材突出了实验探究在物理学习中的重要地位。为了保证学生完成实验探究和必做实验,本教材设计的绝大多数实验所需要的实验器材都是普通中学的实验室所配有的,有少量实验器材也只需师生稍作努力就能够找到或自制。在这一点上,仍然继承了我国中学物理实验教学的优良传统:“瓶瓶罐罐当仪器,拼拼凑凑做实验”。

例如,在《1.2 电荷相互作用的规律》一节,安排了“影响电荷相互作用的因素”的实验

探究活动,让学生用摩擦起电的方法,分别使球形导体和被悬挂着的通草球带电。通过观察通草球的偏角,探究电荷之间的相互作用跟电荷量、电荷之间距离的定性关系。接着,介绍了库仑怎样巧妙地解决定量研究的一系列困难,最终发现了电学中第一个定律——库仑定律的历史探究过程,从实验方法的层面上给予学生以指导。

3. 突出实验研究与理论分析相结合,重视方法指导

著名物理学家密立根说:“科学靠两条腿走路,一是理论,一是实验。有时一条腿走在前面,有时另一条腿走在前面。但只有使用两条腿才能前进。”

本册教材强调实验研究与理论“分析论证”活动的有机结合,突出实证研究和理论研究在物理学习中的重要性,设计了许多既动手实验又分析论证的探究活动。本册教材中“思考与讨论”有几十次,它设计了许多富于挑战性的或能够让学生表达内心感受的问题,要求学生讨论交流,突出问题意识与交流。

例如,“你能用电荷间相互作用的知识,解释验电器带电后金属指针为什么偏转吗?”“如何减小金属丝横截面积和长度的测量误差?”“环形电流的方向跟中心轴上的磁感线方向之间有什么关系?怎样判断环形电流的磁感线方向?”“从法拉第发现电磁感应的艰难历程,你有什么体会和感想?”

这些探究活动中,既有观察、实验、测量等活动,也有理论研究活动,还有建构物理模型与运用数学解决物理问题的训练等。同时,本册教材还注重科学思想的渗透和思维方法的指导。

例如,在“测量闭合电路的路端电压和内电压”中安排了两个实验探究:“用多用电表测量路端电压”和“测电源内部的电压”;在“测量电源的电动势和内电阻”中有“学生必做实验 测量电源的电动势和内阻”,其用意是,学生不仅测出电源的电动势和内阻,更重要的是学习电路的设计与分析,学习数据处理的方法。这样做的目的是让学生认识到,要想获得满意的实验探究结果,设计合适的电路,选择必要的实验器材,掌握科学处理数据的方法等,都是至关重要的。

又如,在《2.2 电场力做功的特点 电势能》和《2.3 电势 电荷在电场中的运动》这两节,通过“电场”与“重力场”相似,采用类比方法,连续安排了多个“分析与论证”活动。在回顾已知的“重力做功与路径无关”的特点后,通过图示方法引导学生自主完成分析论证。接着,引导学生根据分析论证的结果,采取引入“重力势能”类似的做法,引入“电势能”概念。最后,通过简单推导,让学生一一去认识和理解电势差与电势概念。如此处理,目的是引导学生体验理论分析论证的过程,使他们领悟科学思维方法的意义和理论分析与论证的作用。

4. 设计探究情境,以问题串、问题链的形式引导探究活动

本册教材通过两种方式创设探究情境,进而产生问题串、问题链。其一是通过学生具体的感知和操作活动,营造问题情境,产生问题串、问题链;其二是通过展示自然现象、人类探

索活动,营造问题情境,产生问题串、问题链。

例如,《第1章 电荷的相互作用》首先创设了一个“电闪雷鸣”的自然情境,进而引发出“雷电是怎样产生的”“物体带电是怎么回事”“电荷有哪些特性”“电荷间的相互作用遵循什么规律”“人类应该怎样利用这些规律”等一连串问题,接着,通过一个一个实验探究和分析论证活动展开本章内容。

又如,《第2章 电场的性质》和《第3章 电路》分别选择示波器和多用电表为探究情境的载体,将探究电场的力的性质和能的性质融入使用示波器和探究示波器工作原理的过程与方法中;将探究电路中的电流、电压、电阻等问题,融入学生用多用电表测量这些电学量和对多用电表内部电路的分析活动中。

又如,《第4章 闭合电路欧姆定律》以“用多用电表测量路端电压”活动产生的疑问为情境,将“电源的电动势和内阻”“闭合电路欧姆定律”和“电路中能量转换”等一系列问题,融入用多用电表测量电学量和分析包含电源的闭合电路的活动中。

又如,《第5章 电磁场与电磁波》选择让学生引以为自豪的我国古代的磁学研究和电磁感应现象引入,产生一系列问题,让学生开展对磁场和电磁联系的探究活动;然后,概述麦克斯韦的电磁场理论,了解赫兹发现电磁波的过程,感知电磁波,知道各种电磁波的特点和物质性。

再如,《第6章 能源与可持续发展》通过大量事实与图片,让学生领会能量的转化与守恒、能量转化的方向性等科学规律;通过数据资料,了解我国的能源现状、人类生存的环境、环境的污染和能源危机;通过分析论证,初步了解面对环境污染、能源危机,应该怎样推进环境保护和节约能源、开发新能源,并在保护资源的前提下实现可持续发展。

5. 强调联系生活、联系社会、联系现代科技

本册教材为了能更好地“遵循学生认知规律及学科特点,设计循序渐进的课程内容”,在坚持“贴近学生生活,联系生产实际,渗透现代科技”方面做了大量努力。

例如,在《1.3 静电的应用和防护》一节中,呈现了自然界中的雷电、古建筑上的避雷装置和现代建筑上的避雷针,再从“雷电”与“避雷”这一与人类生命财产息息相关的自然现象说起,通过“信息浏览”介绍不为常人所知道的人体的静电。采取图文并茂的形式,分别展示静电净化空气、静电提高农药喷洒效果、静电复印等社会生活、工作领域内的一些应用。采用列表方式列举了静电危害的事实,通过“抗静电材料”和“飞机加油接地”等生动事实,说明怎样防止静电危害。教材这样处理,学生能充分地感受到自然、生活、科技与物理交融一体的“和谐”。

又如,在《5.1 磁与人类文明》一节中,从改变人类活动的重要发明——指南针说起,到人类沐浴在天然的地磁场,勾勒出人类认识自然、了解自然、合理利用自然的过程,反映了人类探索未知世界、造富人类的愿望。让学生认识到,正是这些愿望趋使人们去不断地探究电与磁的联系,趋使着人类开辟了电磁规律应用的新篇章。教材除了呈现形形色色的磁性材料及其应用外,重点介绍了计算机磁盘及磁盘驱动器的工作原理。教材这样处理,一方面让学生在瞬间掠过电磁学发展的漫长历史过程;另一方面让学生体验到生活中

处处都有物理知识,物理知识在生活中应用广泛,认识到科学技术和社会是不可分割的整体。

再如,介绍了最新的中国“天眼”工程,既增强了学生的民族自信心,又让学生了解了电磁场理论的重要应用;介绍了“超导研究的历史”以及“高温超导”的研究和应用前景等物理学最新研究动态。

6. 力求体现教材的灵活性和开放性

本册教材在灵活性和开放性上均作了一些有益的尝试,鼓励学生自主探究,通过“实验探究”“学生必做实验”“分析与论证”“课外活动”“多学一点”“信息浏览”“STSE”“课题研究”和“总结与评价 课题研究报告会”等,为学生的自主学习和教师的再创造,提供较大的自由度和开放的空间。如此可落实学生是学习的主人地位,也使教师能有效地参与课程资源的开发活动。本册教材中的许多探究活动都要求学生经过讨论交流,自主地设计方案、处理数据资料、分析归纳结论;多处“分析与论证”的过程与方法并不和盘托出。这样做,有利于满足不同学生的学习需求,促进学生自主地、富有个性地学习发展。

本册教材在内容的呈现形式上灵活多样,有利于促进教学方式多样化,帮助学生从多个渠道,用多种方式方法去索取物理知识,掌握物理技能,培养科学探究能力,逐步形成科学态度与科学精神。

例如,在《1.3 静电的应用和防护》一节,把实验探究“静电植绒”和静电复印图解过程结合起来呈现,让学生经历“静电植绒”的实验过程,并在欣赏自己植绒画面之后,逐步认识静电复印机的工作原理,使原本让学生感到神秘的复印机变得简单了。

本册教材设计了需要学生动手实验的“研究带电空心金属球的电荷分布”的习题和要求学生阅读报刊摘选部分后完成阅读报告。

例如,设计了“请你上网或去图书馆收集关于防止雷电危害的资料,写一篇科普报告”“在实验室完成下述实验:将一只开口的空心金属球放在验电器A的导杆上,用与丝绸摩擦过的玻璃棒接触空心金属球,观察验电器A指针的情况。用绝缘小金属球分别与空心金属球外表和内壁接触,再分别与验电器B的金属球接触(即把电荷转移到验电器B上)。分别反复操作几次,观察两种情况下验电器B指针的位置变化。你发现了什么?请完成实验报告”和“用电流表、电压表和滑动变阻器等器材设计一个实验,测定同长度的‘2B’和‘H’型号铅笔芯的电阻。把多次测量的电流表和电压表的示数记录在表格中,并在同一张坐标纸上画出两种铅笔芯的 $U-I$ 图像,比较两种型号铅笔芯的 $U-I$ 图像,测算它们的电阻”等“家庭作业与活动”。

本册教材的框架、结构和逻辑体系

根据《课程标准》的要求,本册教材分为6章。本册教材的基本框架如下页框图所示:

学习内容

电荷与电场→电路→电磁场与电磁波→能源与可持续发展



探究情境

生活中奇特的电现象→电荷、静电场
用多用电表测定电学量→电路
我国古代的磁学研究→电磁感应和电磁波



内容结构

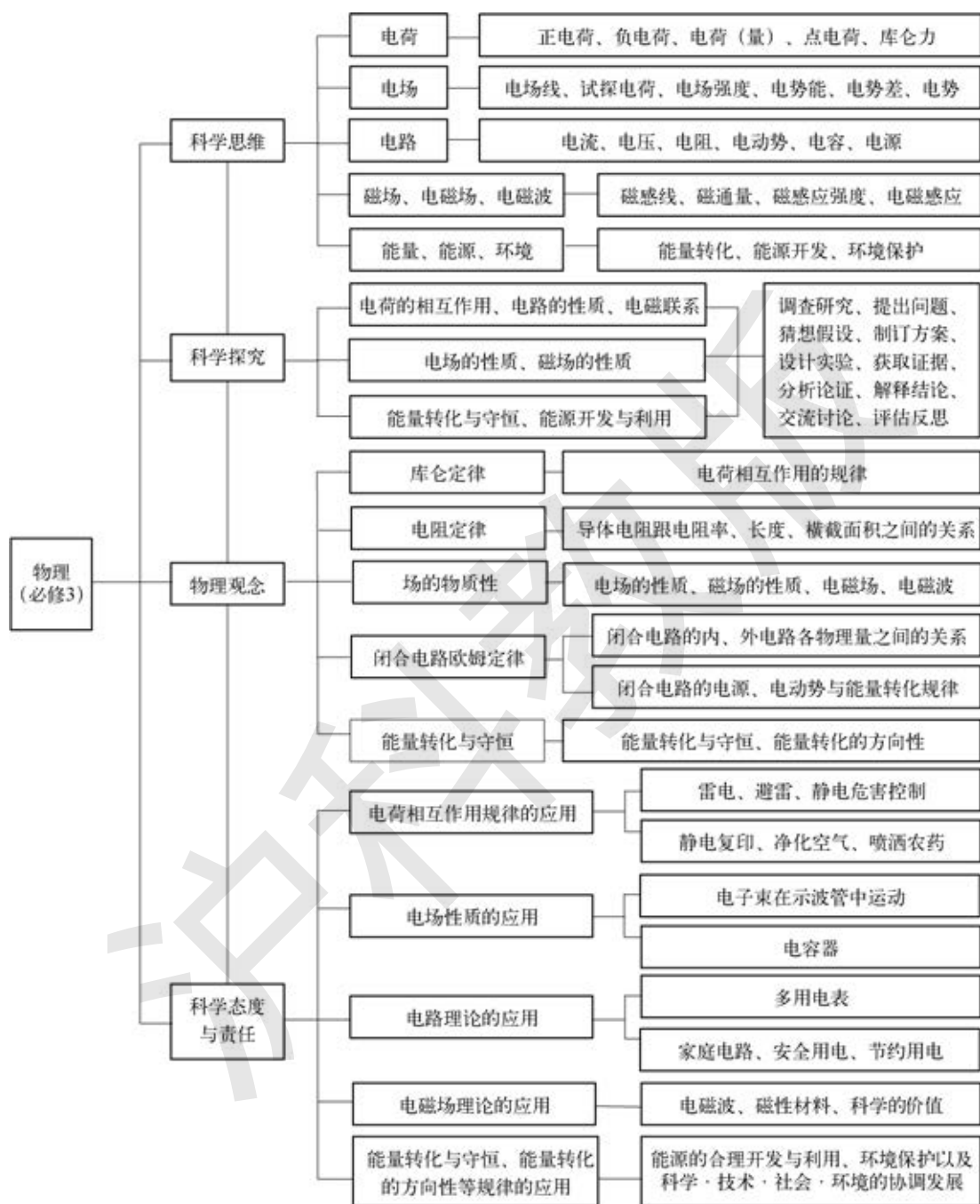
第1章 电荷的相互作用
第2章 电场的性质
第3章 电路
第4章 闭合电路欧姆定律
第5章 电磁场与电磁波
第6章 能源与可持续发展
总结与评价 课题研究成果报告会



评价内容

物理观念
科学思维
科学探究
科学态度与责任

本册教材的知识结构和逻辑体系如下框图所示：



第1章

电荷的相互作用

本章教学目标

《课程标准》的要求及其解读

(1) 通过实验,了解静电现象。能用原子结构模型和电荷守恒的知识分析静电现象。

解读 《课程标准》包括了两点要求:第一点是“通过实验,了解静电现象”,属于“了解”水平;第二点是“能用原子结构模型和电荷守恒的知识分析静电现象”,属于“理解”水平。

在义务教育科学课程或物理课程中学生都已初步接触过静电现象,并从生活情境中的静电现象和观察摩擦起电现象入手,了解了摩擦起电、电荷的种类以及同种电荷相互排斥、异种电荷相互吸引等。本主题在学生已有静电现象相关知识的基础上,进一步通过实验让学生观察静电现象,了解静电现象的特征,并通过原子结构模型和电荷守恒定律分析静电现象的微观机理,体现物质观、“守恒”思想和物理“模型”方法。《课程标准》中的例1和例2对本主题的要求作了进一步说明,在教学过程中应让学生通过多种方式使物体带电,让学生在观察静电现象中归纳、总结出静电现象的特征;感应起电是使物体带电的方式之一,应让学生在实验探究的基础上对感应电荷的正负性进行分析,体现“推理”“论证”的科学思维。通过这部分内容的学习,还希望学生对电荷量、电荷的单位、元电荷等有一定的了解,为后继学习相关电学知识做好铺垫,并初步了解电荷量子化思想。

《课程标准》要求“能用原子结构模型和电荷守恒的知识分析静电现象”,体现了高中物理注重培养学生物理学科核心素养中的“物理观念”“科学思维”。学生从原子结构模型和电荷守恒定律中推理,得到物体带电的原因是电子的得失与转移,而非电荷的创生或消灭。

(2) 知道点电荷模型。知道两个点电荷间相互作用的规律。体会探究库仑定律过程中的科学思想和方法。

解读 《课程标准》包括了三点要求:第一点是“知道点电荷模型”,对点电荷的要求属“了解”水平;第二点是“知道两个点电荷间相互作用的规律”,对库仑定律的要求属于“了解”水平;第三点是“体会探究库仑定律过程中的科学思想和方法”,对库仑定律形成过程中的科学思想和方法的要求属于体验性目标的“认同”水平。

点电荷模型是电学学习中的第一个理想模型,要求学生经历点电荷模型建构的科学思维过程,知道在具体的情境中建立点电荷模型的条件、方法,知道建立点电荷模型的物理意义,并能够在新情境中尝试建构物理模型研究物理问题。教学中,可与学生质点模型的学习经验联系起来,以丰富学生模型建构的体验。

两个点电荷间相互作用的规律是相互作用观念的体现之一,涉及相互作用力的大小和方向。学生在义务教育阶段已经了解“同种电荷相互排斥,异种电荷相互吸引”,高中阶段主

要探究相互作用力的大小与两个点电荷的电荷量及距离的定量关系,在此基础上总结出库仑定律,知道静电力常量,能够简单应用库仑定律解决相关问题。教学中,可以通过静电力与万有引力的对比,发现其共同点:两个力所遵循的规律表达式形式相同,都遵循与距离的平方成反比的规律;两个力所遵循的规律都建立在“点”模型的基础上,都与“点”模型涉及的物理量成正比;两个力所遵循的规律都涉及“场”,质点间、点电荷间的相互作用都是通过“场”来实现的。两个力的差异性表现在以下两个方面:两个力的性质不一样,分别属于电磁相互作用和万有引力相互作用;两个力的方向存在差异,万有引力仅存在引力形式,而静电力存在引力和斥力两种形式。

库仑定律的建立过程包含了丰富的科学思想和方法,需要让学生去体会。库仑首先采用类比的思想将静电力与万有引力进行类比,验证静电力是否与距离的平方成反比。实验数据表明,静电力并不是严格地与距离的平方成反比,其指数偏差可达 0.04。正是受到万有引力定律的影响,库仑发布的结果是,静电力与距离的平方成反比,导致实验数据差异的原因是漏电。库仑制作了扭秤测量同类电荷之间微弱的静电排斥力,扭秤采用转化放大的方法将微弱的静电力转化成银丝的转角;在当时无法测电荷量的情况下,库仑根据对称性原理获得两个金属球所带电荷量的关系,从而实现金属球所带电荷量的成倍变化;扭秤实验装置难以测量异种电荷之间的吸引力,为此库仑设计了“电摆”实验,他首先把电的吸引力同地球对物体的吸引力进行类比,既然遵循万有引力定律的单摆摆动周期正比于摆锤离地心的距离,那么如果异种电荷之间的吸引力也与其距离的平方成反比,则“电摆”的振动周期也与其距离成正比。电摆实验结果表明,忽略漏电的影响,静电吸引力也与距离的平方成反比。

(3) 了解生产生活中关于静电的利用与防护。

解读 《课程标准》包括了两点要求:第一点是“生产生活中关于静电的利用”;第二点是“生产生活中关于静电的防护”,均属“了解”水平。

在日常生活和工农业生产中,静电现象无处不在,学生应了解在生产生活中利用静电的一些基本原理,了解避免静电所引起的危害的具体做法。例如,利用静电对空气除尘净化,利用静电复印材料,利用静电喷涂材料等;通过接地、适当增加环境湿度、采用抗静电材料等方法防止静电危害。

教学目标

(1) 了解并分析静电现象。通过实验,了解静电现象,知道摩擦起电和感应起电的方法;能用原子结构模型和电荷守恒分析静电现象,知道原子结构的主要观点、电荷守恒定律的内容等,能从中领悟“电”来自物质内部,能应用原子结构和电荷守恒的知识分析、解释摩擦起电和感应起电现象;进一步树立物质观,经历“守恒”的物理思想和“模型”应用的科学思维过程。

(2) 经历点电荷模型建构的科学思维过程,体验物理模型建构的方法。知道在具体的情境中建立点电荷模型的条件,知道建立点电荷模型的物理意义,并能够在新情境中尝试建构物理模型研究物理问题。

(3) 通过实验,研究点电荷间相互作用的规律,知道库仑定律的内容和表达式,能够简

单应用库仑定律解决相关问题;了解库仑发现电学中第一个定律的大致过程,体会库仑定律发现过程中的物理思想和方法。

(4) 通过实验,了解静电的利用与防护。能从事物的两面性认识静电的利与弊,知道怎样趋利避害,领悟学习静电知识的应用价值并强化社会责任。

全章教材分析与教学要求

本章以学生熟悉的自然现象——“电闪雷鸣”为背景,引出一连串关于静电方面的问题,用实验探究、分析论证及呈现物理学相关史料等手段,以多种活动为载体,沿着先宏观,后微观,从现象到本质的思路,引导学生经历实验探究和分析论证的过程,进而学习一些静电知识,体认一些科学方法的意义和静电知识的应用价值。

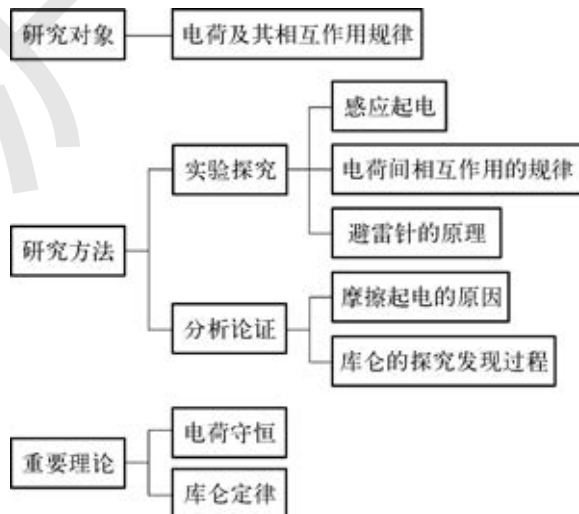
本章的编写思路可以概括为:以自然现象为背景,以问题串为线索,以多种活动为载体,把物理学科核心素养渗透在具体的活动过程中,引导学生去主动、积极地思考 and 探索。

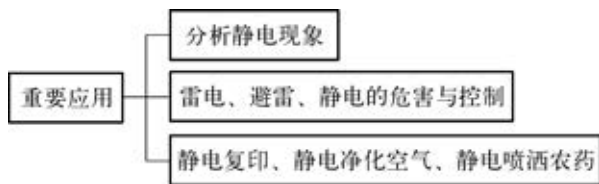
本章内容凸显静电知识的探究过程和方法,突出静电知识的应用价值,注重学生物理学科核心素养的发展。全章安排了5个科学探究活动,每个活动之后,精选出一些具有挑战性的问题以激发学生在活动中思考,并给出必要的方法指导。如在《1.2 电荷相互作用的规律》一节中,教材首先引导学生通过定性实验去发现电荷间相互作用跟哪些因素有关,接着较完整地呈现库仑定量探究电荷相互作用规律的过程,并在这一过程中突出了点电荷理想模型的建立方法、电荷量的测量工具,彰显库仑定律发现过程中的物理思想和方法。

教材用了一节(《1.3 静电的应用和防护》),介绍人们生产生活中关于静电的利用和防护,帮助学生从事物的两面性认识静电与人类的生存和发展的关系,感悟静电知识的应用价值并强化自己的社会责任。

与以往的教材相比,本章在内容的延伸和拓展上,显得更灵活、开放,在内容呈现的形式和方法上,显得更活泼、多样。如采用“旁批”“多学一点”“课题研究”等栏目,较灵活地延伸和拓展《课程标准》的要求,以促进学生学习方式多样化,满足不同学生的学习需求。

本章教材的设计框架和知识逻辑结构如下框图所示:





本章知识中,电荷守恒定律与电荷相互作用规律的建立既是重点又是难点。

本章将电荷守恒定律确定为重点和难点,是因为它是大到天体、小到基本粒子所普遍遵循的规律之一,是物理学中“守恒”思想的体现之一。因此,教学中,一是要让学生从感应起电的实验中感悟到电荷是物质内部生来就有的东西,人类既不能创造也不能消灭电荷,了解电荷在物质的内部可以重新分布,彰显物质观;二是要让学生从摩擦起电、验证电荷守恒的实验中感悟到电荷可以从一个物体转移到另一个物体;三是要让学生知道,无论是电荷在物质内部重新分布,还是从一个物体转移到另一个物体,电荷的总量是不变的,这是自然美的一种表现。

本章之所以把电荷相互作用的规律确定为重点和难点,是因为它是静电学中重要的规律之一,也是学生接触的电磁学的第一个定律,在该定律的形成过程中既体现相互作用观,又涉及在具体的问题情境中建构物理模型,还包含了丰富的物理思想和方法。因此,教学中,不能停留在让学生对规律内容、公式的记忆和计算上,重要的是让学生了解规律的发现过程及蕴涵的物理思想和方法(在规律形成过程中,既有对定性和定量实验的认识,也有对定量实验中测量工具研制的重要性的认识,以及对科学思维方法与研究方法应用意义和价值的感悟)。

课时安排建议

本章拟用 5 课时,具体安排如下:

第 1.1 节 1 课时

第 1.2 节 2 课时

第 1.3 节 1 课时

全章复习和评价 1 课时

各节教材的说明与教学建议

1.1 静电现象与电荷守恒

教学目标

(1) 通过实验,经历摩擦起电和感应起电的实验过程。观察静电现象,了解使物体带电的方法。知道自然界存在并仅存在两种电荷,同种电荷相互排斥,异种电荷相互吸引。

(2) 通过实验,理解电荷守恒定律。能用原子结构模型和电荷守恒解释摩擦起电和感应起电现象,理解物体起电的原因和电荷的物质性。经历“模型”应用的思维过程,体会“守恒”思想。

(3) 知道电荷量的概念及其国际单位。了解元电荷及其比荷的概念。初步了解电荷量子化思想。

教材说明

本章教材首先以“电闪雷鸣”为背景,引出一连串问题,一方面引导学生进入本章的学习,另一方面让学生初步感受到学习本章的意义。教材以令人震撼的“电闪雷鸣”照片,以及富兰克林、达利巴尔所做的捕捉闪电的实验,创设了激动人心的探究情境,将学生引入本章的学习。接着,提出了五个带有挑战性的问题,展现本章要研究的主要问题,以激励学生去主动探究。

本节教材首先通过实验引导学生回顾初中物理关于静电方面的一些知识,引导学生用分析论证的方法了解摩擦起电的原因,同时介绍并演示验电器的功能,进而引导学生用实验探究感应起电的现象。在学生经历分析论证和实验探究两个过程,并在认识两种起电现象产生原因的基础上,再让学生经历探究电荷守恒定律的实验过程。最后,以密立根油滴实验引出“元电荷”——自然界最基本的电子的电荷量结束本节。

本节教材的内容在编排上与以往教材不同的是,重视贴近学生生活背景的呈现和问题串的启发与引导,突出引导学生经历分析论证与实验探究两种研究问题的过程。

本节内容基本上围绕摩擦起电、感应起电、电荷守恒实验、密立根油滴实验等四个实验内容来展开,注重学生物质观念、守恒思想、量子化思想、“模型”应用、“推理”和“论证”等科学思维和科学探究能力的培养,促进学生物理学科核心素养的发展。

电荷守恒定律是本节的教学重点和难点。守恒思想是物理学的重要思想之一,教材在编排这一内容前,编排摩擦起电和感应起电实验,旨在培养学生解释、推理、论证能力,理解电荷的物质性,为电荷守恒实验的解释做好铺垫。从电荷守恒实验箔片张开和闭合的现象对比中,了解电荷的转移,发现电荷的总量不变,感悟电荷守恒。

教学建议

在初中阶段,学生对静电现象已有所了解。这里,教材强调通过静电现象结合原子模型分析摩擦起电、感应起电、电荷守恒等实验,经由学生的推理、解释、论证等思维活动理解物体起电的原因和电荷守恒定律。因此,教学中,要围绕“静电实验现象背后的原因”这个中心组织教学,激发学生主动思考,调动学生的思维,培养学生的科学思维能力;同时,要做好使物体带电的系列实验和电荷守恒实验,以丰富学生的感知,在此基础上发展学生的科学思维能力。

关于“章首语”

教学要领会并落实教材章首语的意图,从生活中的“电闪雷鸣”视频导入,进而模拟雷电的实验演示(如用感应圈或感应起电机演示火花放电),让学生将看到的自然现象与实验现象作对比,思考教师所提出的问题:这两种现象属于物理学上的什么现象?这两种静电现象中的电有区别吗?这些静电是从哪里来的?在学生讨论交流的基础上,教师再简单介绍物理学家是如何研究电的过程(如介绍富兰克林捕捉闪电的故事),激发学生的学习兴趣。教师利用章首语中所提出的系列问题,指明这些问题是本章需要探究并解决的。

如何让物体带电?这些带电体带什么性质的电荷?带电体具有怎样的特性?所带的电是从哪里来的?等等,教师利用这些问题可顺利过渡到本节内容的教学。

关于“物体起电的原因”

可以让学生先做摩擦起电实验,在此基础上提出问题:如何证明物体带了电?两个带电体之间有无相互作用?规律如何?日常生活中可观察到哪些静电现象?学生除了做教材上的实验,教师也可以补充一些实验。例如:充气的小气球摩擦后可以吸附在墙壁上;带电体可以吸引空易拉罐滚动;一个带电体靠近另一个静止放置在支点上的轻小带电体能够使其转动等。让学生动手做实验、观察实验现象并思考问题的答案。通过生生之间的交流互动和师生之间的汇报展示,让学生初步理解静电现象。

物体所带的静电是哪里来的?是无中生有创生出来的还是既有的转移而来的?要回答这个问题,教师应引导学生回顾初中阶段所学的原子结构模型,让学生通过原子结构模型解释以下问题:为什么物体会带电?用丝绸摩擦玻璃棒后丝绸带什么电?毛皮和橡胶棒相比,谁更容易失去电子?为什么说电荷是客观存在于物质内部的东西?带电体能够吸引轻小物体的原因是什么?如果学生能把上述问题的答案表述清楚,而且逻辑清晰,那么,不仅可以判断他们在两种电荷的认识上已经进入了理解的层次,形成了电荷的物质观,而且能够判断出他们在科学思维层面上对物理“模型”应用、科学推理、科学论证的能力得到了提升,他们的物理学科核心素养也得到了发展。

如何检验物体是否带电?除了用吸引轻小物体的方法,能否根据电荷间相互作用的特点设计一个装置来检验?在此,教师可以让学生经历验电器的设计过程,掌握验电器的工作原理。在用验电器检验物体是否带电的过程中提出问题:使验电器带电的方法是什么?不同的带电体接触金属球时,验电器金属指针的转角是否相同,为什么?这既让学生了解接触带电法,又能顺利引入电荷量及其单位的教学。

在“用验电器检验物体是否带电”的实验中,教师可采用慢动作做该实验,即让带电体慢慢靠近验电器,并引导学生观察验电器指针,学生能够发现带电体接近但未接触金属球时指针已经发生偏转,这一现象说明了什么?然后过渡到“感应起电”的教学。教学时,不应仅止于感应起电本身,还应培养学生学会分析感应电荷的种类,让学生进一步学会利用验电器检验电荷的种类。这样的教学过程,可再次培养学生的科学思维,为电荷守恒定律的教学做好铺垫。

关于“电荷守恒”

可以在让学生利用原子结构模型正确分析摩擦起电和感应起电原因的基础上,进一步通过实验,建立电荷守恒定律。教学中,一定要做好对摩擦起电和感应起电的分析;引导学生通过原子结构模型的应用了解“电”来自物质内部,初步理解电荷的物质性;引导学生利用原子结构模型分析物体不带电不是因为物体不带电荷,而是因为所带的正电荷数和负电荷数是相等的,这样学生就具备了电荷守恒知识,为电荷守恒定律的教学奠定了基础。

电荷守恒实验旨在让学生在观察到箔片张开和闭合实验现象的基础上进一步利用原子结构模型解释张开的现象,从闭合的现象中解释、体会并理解电荷守恒定律。该实验成功的关键是要保持两块摩擦起电板和实验环境的干燥,必要时可将两块板放在酒精灯火焰上适当加热。

关于“元电荷”

可通过密立根油滴实验让学生知道元电荷的客观存在,感受物理学是以实验为基础的

学科,体会物理实验的重要性,同时让学生体会到科学家严谨、执着追求的科学精神。教学中,密立根油滴实验的装置和原理可以是教师介绍,也可以让学生自主阅读了解。在此基础上可以展示密立根的实验数据和分析过程,让学生体会电荷量不能连续变化,从而初步了解电荷量子化思想。

比荷的概念在此要简单介绍,为学生学习《物理 选择性必修 第二册》中的“带电粒子在匀强磁场中的运动”奠定基础。

本节可划分为四个教学环节:引言导入;三个实验,交流讨论问题,分析两种起电现象;验证电荷守恒规律;介绍密立根油滴实验,引出元电荷、电子的电荷量与比荷。

教学评价

“家庭作业与活动”参考解答

1.【解答】 (略)

2.【解答】 用手拿着的摩擦后的金属棒不带电。因为金属是导体,摩擦起电后,电荷很快通过人体流入大地。只有保持金属棒与大地之间的良好绝缘,才能使金属棒带电。

3.【解答】 $\frac{1}{1.6 \times 10^{-19}} \approx 6.25 \times 10^{18}$, 所以约 6.25×10^{18} 个电子。

4.【解答】 根据“同种电荷相互排斥,异种电荷相互吸引”,因为四个球都带电, D 球带正电又排斥 C 球,所以 C 球带正电, C 球能吸引 A 球,所以 A 球带负电, A 球排斥 B 球,所以 B 球带负电。

5.【解答】 (1) 把 A 球与 B 球接触,等分 A 球的电荷;再把 C 球与 B 球接触,等分 B 球的电荷,这样 B 球、 C 球各带 $\frac{q}{4}$ 的正电荷。

(2) 把 A 球放在 B 球、 C 球附近,用手分别接触 B 球、 C 球后再移开 A 球,这样 B 球、 C 球由于感应起电都带负电荷。

(3) 把 B 、 C 球靠在一起。把 A 球放在 B 球、 C 球连体的一端,先将 B 、 C 球分开,再移走 A 球。由于感应起电, B 球、 C 球带等量异种电荷。

(4) 先把 A 球与 B 球接触,两球等分得到 $\frac{q}{2}$ 的正电荷,再把 C 球与 A 球接触,两球等分后得到 $\frac{q}{4}$ 的正电荷。再将 A 、 B 球接触,两球均分电荷,各带 $\frac{3q}{8}$ 的正电荷。

补充课堂检测题和参考解答

1. 为什么带电体能吸引轻小的物体?

【解答】 当带电体靠近轻小物体时,因静电感应,使轻小物体内部的电荷重新分布,在靠近带电体的部位,相对集中跟带电体电性相反的电荷,于是,异种电荷相互吸引。

2. 用验电器怎样检验带电体所带电荷的电性?

【解答】 首先使验电器带上已知电性的电荷,然后将带电体靠近或接触验电器的金属球,根据锡箔张角的变化即可判断:如果张角一直变大,那么带电体与验电器所带电荷是同种电荷;如果张角先变小再变大,那么带电体与验电器所带电荷是异种电荷。

3. 为什么说电荷既不能创造也不能被消灭?

【解答】 电荷是物质内部客观存在的东西,它们只能在物质的内部重新分布,或者从一个物体转移到另一个物体,但不可能被创造或者被消灭。这是科学家通过长期观察和实践所发现的一个基本规律。

1.2 电荷相互作用的规律

教学目标

(1) 通过实验,经历定性探究电荷相互作用规律的实验过程,知道同种电荷相互作用力的大小与电荷量和电荷之间的距离的定性关系,体会相互作用观念。

(2) 通过史实,了解库仑定量探究电荷相互作用规律的大致过程,领悟库仑扭秤实验装置的精妙、确定电荷量的巧妙,体认探究库仑定律过程中的类比、转化放大、对称等科学思想和方法。

(3) 经历在具体的情境中物理模型建构的过程,知道点电荷模型的条件、方法和物理意义,并能够在新情境中尝试建构物理模型研究物理问题。

(4) 知道库仑定律的文字表述及其公式表达,经历静电力与万有引力的对比过程,领悟自然规律的多样性和统一性。

教材说明

本节教材的核心是两个静止的点电荷之间相互作用的规律。库仑定律是电磁学中的一个基本定律,它的建立使电磁学进入了定量研究的时代,为电磁学的研究奠定了基础。教材在处理这一教学内容时,首先介绍为什么人类直到18世纪中叶才对电荷间的相互作用规律进行定量研究,主要在于科学的发展受到社会生产力和科技水平的限制,意在渗透科学本质教育。教材考虑到库仑扭秤实验难以做成功,因此设计实验探究静电力与电荷量和电荷间的距离的定性关系。为了弥补定量实验的不足,教材充分挖掘科学史的教育价值,旨在让学生体会探究库仑定律过程中的科学思想和方法。教材通过例题一方面巩固库仑定律表达式的应用,另一方面应用等量电荷分配原理。教材利用“多学一点”将真空中的库仑定律拓展到有电介质的库仑定律,通过“课题研究”进一步研究电荷的分配规律。

本节内容在编排上与以往教材不同的是,点电荷模型的建立是在具体的情境之中,是在测量两个金属球之间距离的问题解决中,考虑两个金属球的大小与两者之间的距离相比,可以忽略不计;充分挖掘科学史上重要实验的教育价值,通过实验装置的详细介绍、电荷量确定的方法,让学生体会探究库仑定律过程中的科学思想和方法。

本节内容基本上围绕定性探究电荷相互作用规律和库仑研究电荷相互作用规律的实验展开,注重学生相互作用观、类比思想、对称思想、模型建构、转化放大法等科学思维能力的培养,提升学生对科学本质的认知,促进学生物理学科核心素养的发展。

库仑定律是本节的教学重点和难点。库仑实验中蕴含着丰富的科学思想和方法,教材通过实验探究让学生知道影响电荷间相互作用力大小的因素,进而提出定量研究的困难,再展示科学史上库仑突破三大困难的办法,从而彰显库仑实验中的科学思想和方法。

教学建议

库仑定律的内容本身不难,教材强调的是库仑定律的探究过程以及在此过程中所运用的科学思想和方法,将物理模型渗透于规律形成过程之中。因此,围绕“库仑定律的形成过程”这个中心组织教学,引导学生在做好定性实验的基础上,分析定量研究的困难,思考解决的方案,并展示库仑解决困难的过程,体会其科学思想和方法,是本节课教学的关键。同时,引导学生抓住库仑定律文本表述中的关键词,体会库仑定律成立的条件,并与万有引力定律进行对比,库仑定律的应用,也是本节课教学的关键。

关于“影响电荷相互作用的因素”

教师应充分展示教材节首语的意图,以体现和落实科学本质教育,可从人类发现电现象的简短历史过程入手,提出问题:为什么直到18世纪中叶才开启电现象的定量研究?建议从社会、科学、技术三个层面介绍其原因。从社会层面来看,电力应用的需求还没有被提出来;在科学与技术发展的层面,当时还没有电荷量的概念,也没有定义电荷的单位,测量电荷的工具更没有研制出来,带电体上的电荷分布也不清楚,这一系列的事实能够让学生认识到科学、技术与社会之间的关系是互动的,它们相互促进,相互发展。

要进行定量研究,就必须先寻找到影响电荷相互作用的因素,学生回顾做过的静电实验,猜想与哪些因素有关,进而通过实验检验这些因素。学生带着一系列问题阅读教材,理解实验装置设计的思想和原理,掌握实验操作的相关技巧。为了做好教材中的定性实验,一方面增加可视度,实验用的通草球或塑料块应尽量选大一些;另一方面要保证实验成功,所选的金属导体球要大而光滑,底座的绝缘性要好,保持实验环境的干燥和无流动的空气很重要。

引导学生总结出电荷相互作用跟电荷量和电荷间的距离有关:距离一定,电荷量越大,相互作用力越大;电荷量一定,距离越小,相互作用力越大。这样的实验只能得到定性关系而不能得出定量关系,所以该类实验属于定性实验。

关于“电学中第一个定律——库仑定律”

介绍库仑实验前,先介绍科学家对电荷相互作用力的一系列猜想。例如,英国化学家普利斯特利根据实验现象并结合万有引力定律推断电的吸引按照距离的平方而变化;英国爱丁堡大学的罗宾森通过实验证明电荷间的吸引力和排斥力接近于距离的平方成反比;英国物理学家卡文迪许用两个同心金属壳进行实验,将直接测量转变为间接测量,发现内球壳没有带电,进而通过数学推演,得到电荷间的相互作用力遵循与两球间距离的平方成反比。这些均为库仑的发现奠定了理论和实验基础。

本节课的教学重点是库仑定量探究电荷间相互作用规律的过程及其所蕴含的科学思想和方法。为此在教学过程中应突出库仑实验前所遇到的三大困难,这些困难都与定量探究所要测量的物理量密切相关。例如:电荷间的相互作用力非常小,没有合适的测量工具,电荷量的大小无法确定;由于带电体之间电荷的相互作用,导致带电体电荷重新分布,难以确定电荷间的距离。

关于“库仑的探究”

在介绍库仑是如何解决三大困难的之前,应让学生讨论、交流,尝试解决这些困难。

针对测量工具的困难,库仑基于自己的研究经验,在工程力学和静力学的研究过程中发现金属丝的扭转力同扭转角成正比,这为测量微小的静电力奠定了基础,他将静电力大小的测量转化为扭转角度的测量,发明了库仑扭秤,从而能够测量静电排斥力的大小。

针对电荷量无法测量的困难,库仑利用对称性思想,用两个相同的导体,其中一个导体带上一定量的电荷 q ,当与另一个导体接触后再分开,那么,两个导体分别各带 $\frac{q}{2}$ 的电荷,从而解决了带电体所带电荷量之间的关系问题。

针对电荷间距离的问题,库仑考虑到电荷间的距离比电荷的几何尺寸大的多,所以忽略了带电体的形状和大小,把带电体看作是具有电荷量的几何点,从而建立了点电荷这一理想化模型,简化了所研究的问题,又不影响研究的结果。“点电荷”是通过思维加工处理后的一个理想化的模型,它跟前面学过的“质点”模型建立的方法一样,在研究过程中进行简化、抽象的结果。这种模型建构不仅具有理性思考的意义,而且具有实践应用的价值,是科学思维能力培养的重要方面之一。

库仑扭秤实验仅解决了同种电荷相互作用力的问题,对于异种电荷相互作用力的定量实验,教师可简单介绍,不在于要明白其中的物理原理,而在于如何思考问题、解决问题。库仑研究异种电荷之间吸引力的定量规律时,在库仑扭秤中两个带电小球常常会相碰,使球上的电荷发生中和,无法进行实验。库仑基于万有引力定律,意识到在地球对物体的作用力遵从平方反比规律的前提下,必然存在地面的单摆摆动周期正比于摆锤离地心的距离,如果异种电荷间相互作用力也与距离的平方成反比,那么带电的摆球受到异种电荷吸引力的情况下,两个电荷之间的距离同摆动周期成正比,库仑通过“电摆实验”证明了这一结果,从而从实验上证明了电荷之间的相互作用力与它们之间距离的平方成反比。

关于“库仑定律”

在体会库仑实验的科学思想和方法的基础上,介绍库仑定律,抓住规律成立条件的关键词“真空”“静止”“点电荷”,规律的文字表达和公式表达,介绍静电力常量,会推导其单位。在此基础上与万有引力进行对比,领悟自然规律的多样性和统一性。静电力的大小与电荷的电荷量大小和距离有关,万有引力的大小与物体的质量和距离有关,静电力存在引力和斥力,万有引力只存在引力,这是多样性的体现。静电力和万有引力都与距离的平方成反比,都抓住本质建构“点电荷”和“质点”模型,两种相互作用本质上都是“场”——静电场和引力场的作用。

本节课中的案例分析有四个目的:一是学习应用库仑定律公式计算,知道其中电荷的电性符号可以不代入;二是让学生进一步掌握和巩固电荷等量均分的原理;三是库仑力的方向由电荷的性质所决定,同种电荷相互排斥,异种电荷相互吸引;四是“多学一点”和“课题研究”可放在课外进行,拓展课堂的时空。

本节课可概括为五个教学环节:课题引入渗透科学本质、影响电荷相互作用的因素定性实验探究、库仑发现规律的过程、规律的表述和讨论、案例分析。

教学评价

“家庭作业与活动”参考解答

1.【解答】 B。

如果两个金属球之间的距离比其半径大很多,那么可将带电金属球建模成点电荷模型,这样它们之间的相互作用力大小为 $F = k \frac{Q^2}{(3r)^2}$ 。但是题目中的情境所描述的是两个带电金属球圆心之间的距离为 $3r$, 不满足点电荷模型建构的条件。由于两个金属球带等量异种电荷,电荷间的相互吸引力导致金属球上的电荷重新分布,趋向于相互靠近,因此它们之间的相互作用力大小为 $F > k \frac{Q^2}{(3r)^2}$ 。

2.【解答】 α 粒子所带电荷量 $Q_1 = 2 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ 。

金原子核所带电荷量 $Q_2 = 79 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ 。

$$F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2} = 9.0 \times 10^9 \times \frac{2 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 79 \times 1.6 \times 10^{-19}}{(2.0 \times 10^{-14})^2} \text{ N} \approx 91 \text{ N}。$$

设质量为 m 的物体所受到的重力与库仑力大小相等,则

$$m = \frac{F}{g} = \frac{91}{9.8} \text{ kg} \approx 9.3 \text{ kg}。$$

3.【解答】 (1) 电荷 C 与电荷 A 是同种电荷,受到排斥力的作用,静电力的方向由 C 指向 B 。电荷 C 与电荷 B 是异种电荷,受到吸引力的作用,静电力的方向由 C 指向 B 。因此,电荷 C 受到的静电力方向由 C 指向 B ,大小为

$$F = F_1 + F_2 = k \frac{Q_A Q_C}{r^2} + k \frac{Q_B Q_C}{r^2} = \frac{k}{\left(\frac{L}{2}\right)^2} \times (8Q^2 + 2Q^2) = \frac{40kQ^2}{L^2}。$$

(2) 若电荷 D 放在电荷 A 和电荷 B 之间,由于电荷 A 和电荷 B 之间存在吸引力,要保持电荷 A 静止,电荷 D 是正电荷,要保持电荷 B 静止,电荷 D 是负电荷,相互矛盾,所以电荷 D 不能放置在电荷 A 和电荷 B 之间。

若电荷 D 放在电荷 A 和电荷 B 外侧,更靠近电荷 A ,则电荷 A 施加给电荷 D 的静电力始终大于电荷 B 施加给电荷 D 的静电力(因为 A 、 D 之间的距离小于 B 、 D 之间的距离,电荷 A 的电荷量大于电荷 B 的电荷量),所以不可以。

若电荷 D 放在电荷 A 和电荷 B 外侧,更靠近电荷 B ,则电荷 D 必须是正电荷,设其电荷量为 Q_D , B 、 D 之间的距离为 x ,要保持电荷 D 平衡,根据库仑定律得

$$F_{BD} = F_{AD},$$

$$k \frac{Q_B Q_D}{x^2} = k \frac{Q_A Q_D}{(x + L)^2},$$

$$\frac{1}{x^2} = \frac{4}{(x + L)^2},$$

$$x = L。$$

要保持电荷 B 平衡,根据库仑定律得

$$\begin{aligned} F_{AB} &= F_{DB}, \\ k \frac{Q_A Q_B}{L^2} &= k \frac{Q_D Q_B}{x^2}, \\ \frac{4Q}{L^2} &= \frac{Q_D}{L^2}, \\ Q_D &= 4Q. \end{aligned}$$

所以电荷 D 是正电荷,它所带的电荷量为 $4Q$, B 、 D 之间的距离为 L , A 、 D 之间的距离为 $2L$ 。

4.【解答】(1) 以其中一个小球为研究对象,其受力分析如图 1-2-1 所示,因为小球处于平衡状态,所以

$$\begin{aligned} F &= T \cos 60^\circ, \\ mg &= T \sin 60^\circ, \end{aligned}$$

① ÷ ② 得

$$F = mg \cot 60^\circ = 3.0 \times 10^{-4} \times 9.8 \times \frac{\sqrt{3}}{3} \text{ N} = 1.7 \times 10^{-3} \text{ N}.$$

由

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

得

$$Q = r \sqrt{\frac{F}{k}} = 0.04 \times \sqrt{\frac{1.7 \times 10^{-3}}{9.0 \times 10^9}} \text{ C} = 1.7 \times 10^{-8} \text{ C}.$$

(2) 能。

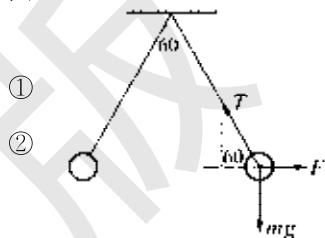


图 1-2-1

补充课堂检测题和参考解答

1. 从库仑发现电荷间相互作用规律的过程中,你领悟到了哪些科学思想和方法? 你是如何理解科学发展的进程的?

【解答】 库仑发现电荷间相互作用规律的过程中,运用了类比思想、对称思想、模型建构、转化放大法等科学思想和方法。

通常情况下,一个自然规律的发现常常与社会发展的需求,科学技术的进步,科学思想、观点、方法的作用,科学家的精神、态度、意志品质,科学家自身的科学素养等因素有关。

2. 比较库仑定律和万有引力定律两个公式,你领悟到自然规律的多样性和统一性有哪些?

【解答】 自然界中物体相互作用的规律是多种多样的,如有引力作用、电力作用等。静电力的大小与电荷的电荷量大小和距离有关,万有引力的大小与物体的质量和距离有关,静电力存在引力和斥力,万有引力只存在引力,这是多样性的体现。静电力和万有引力都与距离的平方成反比,都抓住本质建构“点电荷”和“质点”模型,两种相互作用本质上都是“场”——静电场和引力场的作用。

1.3 静电的应用和防护

教学目标

- (1) 了解雷电产生的原因、危害,以及避雷的基本方法。
- (2) 通过实验,了解尖端放电现象,知道避雷针的避雷原理。
- (3) 了解静电在现代科技中的应用,知道静电的危害及控制方法。
- (4) 能从事物的两面性认识静电的利与弊,知道怎样去趋利避害,领悟学习静电知识的应用价值和社会责任。

教材说明

本节教材的核心是生产生活中静电现象的应用与防护。静电现象无处不在,学习静电知识有必要联系生产生活,以达到学以致用目的,同时还可以认识到静电的两面性,学会如何利用与防护静电。

教材首先从生活中常见的雷电现象入手,介绍雷电产生的主要原因、雷电的危害、人类避免雷电危害的做法,彰显我国人民的智慧,在此基础上实验探究“避雷针为什么能避雷”,了解尖端放电现象。教材介绍了静电的一些应用,精选了生活中的空气净化器、农业生产中的静电喷嘴喷洒农药、办公设备中常用的静电复印、工业生产中常用的静电植绒等四个案例。教材通过举例列出了静电在生产生活中的一些不良后果和危害,为静电的防护学习做好铺垫。

本节教材的内容贴近生产生活实际,所列举的静电现象与生产生活密切相关;突出了事物的两面性,以及人类是如何趋利避害地去顺应自然的,让学生领悟学习静电知识的应用价值和社会责任。

本节教材的教学重点是了解静电现象及其在生产生活中的应用、危害与防护,教学难点是避雷针的原理。突出重点的方法是尽可能通过图片、视频等形式展示静电现象,分析其危害,了解防护措施。突破难点的方法是做好“感应圈火花放电”实验,在此基础上让学生理解尖端为什么容易放电。教学时,可以利用“尖形布电器”做电荷分布实验,让学生发现尖端部位电荷特别密集,从而容易击穿空气而放电。

教学建议

静电现象是日常生活和生产中的常见现象,教材以静电的利与弊为主线展开,强调如何利用静电为生产生活服务 and 如何防护静电。因此,围绕“静电的两面性”这个中心组织教学,引导学生探究避雷针的原理、静电应用和静电的危害及防护,是本节课的教学关键。同时,让学生带着问题自主阅读教材,探寻问题的答案,列举生活中的静电现象的应用、危害及防护,也是上好本节课的关键。

关于“雷电与避雷”

课题引入宜采用从生活走向物理的策略,展示生活中常见的静电现象。例如:干燥的

冬季脱衣服时的放电现象,油罐车有一金属链条接地,静电复印,静电除尘,这些现象都与静电密切相关。提出问题:静电给我们的生活和工作带来什么影响?让学生初步了解静电的两面性。

展示雷电现象及雷电所产生危害的视频。提出问题:人类是如何避免雷电的危害的?(学生基于日常生活经验知道用避雷针。)教师展示人类的智慧,即在建筑物上所安装的现代避雷针的雏形,再展示现代建筑物上的避雷针照片或视频。同时提出问题:避雷针为什么能避雷?教师演示“感应圈火花放电”实验,一方面让学生感受模拟的“雷电”现象,另一方面为探索雷电产生的原因奠定基础。学生从实验现象和自然现象的对比中探寻雷电产生的原因,进而阅读教材“雷电与避雷”这段内容。尖端为什么能够放电呢?教师可以利用“尖形布电器”做电荷分布实验,让学生发现尖端部位电荷特别密集,从而容易击穿空气而放电。尖端放电现象在日常生活中也有应用,例如家庭燃气灶的点火、内燃机的点火等。

关于“静电与现代科技”

在“电子空气净化器”部分,首先让学生带着问题“电子空气净化器的物理原理是什么”阅读教材,在此基础上,教师可以利用净化器外观图、原理示意图(或者是原理动画),展示空气净化化的过程,让学生了解空气中的带电尘粒和电中性尘粒是如何被去除的。有条件的教师也可以利用静电除尘仪演示静电除尘现象,让学生直观感受到除尘的效果,对其原理可作简要介绍。

在“用静电提高农药喷洒效果”部分,教师需要补充地球是一个带负电的导体,所以农作物的叶子上往往都带负电,为了让农药水珠能够吸附在叶子上,农药水珠应该带什么性质的电荷?怎样让农药水珠带上这样的电荷?学生通过对这些问题的解答,能够更加深刻地理解静电的应用。

静电复印的原理比较复杂,教学时,只要求学生知道这里用到了静电力作用的知识即可。关于教材中说到的大致的复印过程,也只要求学生了解,其中的某些原理不必说明,也无需弄清,更不需要讲技术细节。

教材安排“模拟静电植绒”实验,一方面是为了让学生进一步感知静电复印及其原理,另一方面是让学生了解“静电植绒”在纺织面料、表面装饰、长绒玩具等方面的应用。静电的应用非常广泛,建议教师让学生课外收集关于静电应用方面的资料并相互交流。

关于“静电的危害及防护”

静电在生产生活中有广泛应用的同时,也存在不良的后果或危害。教师应展示由于静电所产生的不良后果或危害,分析其原因,从而为学生学习静电防护做好铺垫。防护静电的策略是从起电的源头和起电后怎样使电荷尽快流走,例如采用起电较少的设备和抗静电的材料、增加工作环境的湿度、用导线把电荷引入大地等。

本节课的总结环节需要让学生交流静电的两面性,即任何事物都有其有利的一面,也有其不利的一面。在教学过程中教师应该有机渗透这一观点。

本节中的大部分内容可采用学生自主阅读、相互交流,教师点拨的方式教学。在教学过程中应注重发挥学生学习的主体性。

教学评价

“家庭作业与活动”参考解答

- 1.【解答】（略）
- 2.【解答】 保鲜膜是一种容易起电的材料，在使用过程中，接触、挤压、摩擦等均会使保鲜膜起电，因此在静电力作用下常常会吸附在手上。
- 3.【解答】 静电；与其带电性质相反的。
- 4.【解答】 A、C、D。
- 5.【解答】（略）

补充课堂检测题和参考解答

1. 为什么电视机屏幕上容易吸附灰尘？
【解答】 电视机屏幕上常常集积了大量的电荷，由于静电感应作用，屏幕上常会吸附灰尘。
2. 为什么做静电实验时要保持实验环境干燥，而有的生产环境要保持一定的湿度？
【解答】 因为干燥的空气是绝缘体，带电体上的电荷不易流失。有些易燃的生产环境，因机器摩擦产生静电并导致火花现象，这样就有引发火灾的危险。让空气保持一定的湿度，可以使静电很快流失，以避免火灾发生。
3. 我们常常说要一分为二地看问题，这跟事物的两面性有什么联系？请举例说明。
【解答】 一分为二地看问题的方法，正是源于事物两面性这一普遍规律。可以从静电的两面性上举例说明。

“第1章家庭作业与活动”参考解答

A组

- 1.【解答】 很细的水流不再竖直下落，在塑料棒处发生弯曲。摩擦过的塑料棒带电，带电的塑料棒能吸引轻小物体，所以细的水流因为被吸引而发生弯曲。
- 2.【解答】 当靠得较远时，软木球偏向橡胶棒一侧。
当靠得很近时，橡胶棒吸引软木球而发生接触，接触后软木球和橡胶棒又分离开来。
这是因为，当靠得较远时，静电感应较弱，橡胶棒对软木球的引力较小；当靠得较近时，静电感应较强，橡胶棒对软木球吸引力较大，它们会相互接触，接触后两者因带同种电荷而相互排斥。

- 3.【解答】（略）
- 4.【解答】（1）悬挂着的软木球的受力图如图1-4-1所示，由共点力的平衡条件可知

$$F = T \sin \theta, \quad \text{①}$$

$$mg = T \cos \theta, \quad \text{②}$$

$$\text{①} \div \text{②} \text{ 得} \quad F = mg \tan \theta.$$

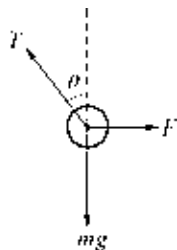


图 1-4-1

- （2）取相同的两个软木球，先让其中一个带电，然后将两球接触后再分开，即可让这两个相同的软木球带等量的同种电荷。

让带电软木球与其他带电体或不带电的物体接触可以改变它们的电荷量。

(3) 其一,应等小球静止后测量它们之间的水平距离。距离不一样,库仑力就不一样。其二,测量它们的水平距离时,应考虑小球的半径,因水平距离指的是两球球心之间的距离。

5.【解答】 (1) 带电的有机玻璃棒靠近金属杆的一端时,金属杆因静电感应,两端带等量的异种电荷,与金属杆连接的验电器因此而带电,带电的验电器的箔片因库仑斥力而张开。

(2) 是保持张开状态。

因为验电器所带的电荷没有失去。箔片因库仑斥力仍然处于张开状态。

(3) 验电器的金属箔片又重新闭合。

说明两验电器所带电荷量相等,电性相反。能验证电荷守恒定律。

因为它说明了电荷不是创生的,只有从一个物体转移到另一个物体,一个物体得到多少电荷,另一个物体必然因失去相同的电荷而带等量的相反电荷,电荷总量不变。

B 组

1.【解答】 (1) (略)

(2) 用铅笔在线上来回摩擦几下,线因摩擦而带电,且带同种电荷,在库仑斥力作用下而张开,呈橄榄状。用沾水的脱脂棉在线上揩一下以后,再用铅笔摩擦,因摩擦带的电荷同时经过水这种电的良导体和人体导入大地,笔和线都不会带电,所以不会张开。

(3) (略)

2.【解答】 点电荷 C 和 A 的受力情况如图 1-4-2 所示。

(1) A 对 C 的斥力 $F_{AC} = k \frac{Q^2}{r^2}$, B 对 C 的引力 $F_{BC} = k \frac{Q^2}{r^2}$ 。

因为 F_{AC} 、 F_{BC} 间的夹角为 120° , 所以它们的合力大小 $F_C = F_{AC} = F_{BC}$, 即 C 受的静电力 $F_C = k \frac{Q^2}{r^2}$, 方向与 AB 平行。

(2) C 对 A 的斥力 $F_{CA} = k \frac{Q^2}{r^2}$, B 对 A 的引力 $F_{BA} = k \frac{Q^2}{r^2}$ 。因为 F_{CA} 、 F_{BA} 间的夹角为 120° , 所以它们的合力大小 $F_A = F_{CA} = F_{BA}$, 即 A 受的静电力 $F_A = k \frac{Q^2}{r^2}$, 方向与 CB 平行。

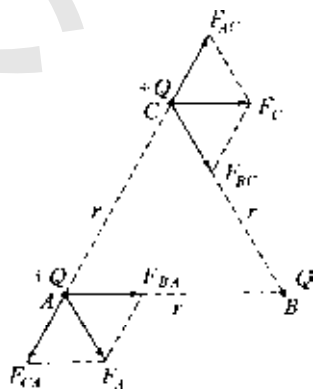


图 1-4-2

3.【解答】 当 $q_1 = q_2 = \frac{Q}{2}$ 时,库仑力达最大值。提示: $q_1 + q_2 = Q$, $F = k \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2}$, 由极值定律,当 $q_1 = q_2$ 时, $q_1 q_2$ 有极大值。

$$F_{\max} = k \frac{\frac{Q}{2} \cdot \frac{Q}{2}}{r^2} = \frac{1}{4} k \frac{Q^2}{r^2}。$$

4.【解答】 设两个小球在距离两棒顶角 L 处,两个小球之间的库仑力为 F、棒垂直于棒对小球的支持力为 N,则小球平衡时满足

$$F = N \cos 30^\circ,$$

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

即

$$k \frac{q^2}{(2L \sin 30^\circ)^2} = N \cos 30^\circ,$$

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

$$L = \sqrt{\frac{k q^2}{4mg \sin 30^\circ \cos 30^\circ}},$$

$$N = \frac{mg}{\sin 30^\circ}.$$

(计算略)

课程资源

物理学家简介

吉尔伯特

吉尔伯特(William Gilbert, 1544—1603)是英国著名的医生、物理学家,1544年5月24日生于英国科尔切斯特。他曾在剑桥圣约翰学院学习,1569年获得医学学位。他曾到欧洲大陆旅行,在欧洲大陆以及英国,他“是一个具有很大成就和声誉的医生”。1601年起,英国女王伊丽莎白一世任命吉尔伯特为她的私人医生。

吉尔伯特在做医生的同时,对其他自然科学也很感兴趣。他最初研究的是有关化学方面的问题,到40岁左右的时候,他的兴趣转到了电磁学方面。他花了18年或更长的时间,做了关于电和磁的许多实验,于1600年出版了他的巨著《论磁、磁体和地球作为一个巨大的磁体》。这是在英国出版的第一部“伟大的物理科学著作”。他的这部著作立即引起了同时代许多科学家的重视。据说,伽利略有这样一种习惯,他不大理会别人的著作,但是,他在《对话》中详尽地探讨了吉尔伯特的著作,称它“伟大到令人妒忌的程度”。开普勒在《新天文学》中也多次引用了吉尔伯特的思想,把地球对物体的作用力用磁的吸引力来进行解释。由于吉尔伯特在磁学方面开创性的贡献,他被人们誉为“磁的哲学之父”。

吉尔伯特和培根、伽利略一样反对经院哲学,提倡科学实验。他说,现代哲学家,必须抛弃那种仅仅从书本上得到的并仅仅以关于可能性的空洞的论证和猜测为根据的知识,“有敏锐智慧的人,倘若没有关于事实的实际知识,并且不进行实验,那是容易犯错误的。”

对电和磁进行系统的实验和理论方面的研究是从吉尔伯特开始的。

吉尔伯特做了许多实验,对于电和磁的研究,概括起来,主要有以下三个方面:

第一是他做了许多有关磁性的实验,其中最著名的是所谓“小地球”实验(图1-5-1)。在吉尔伯特之前,13世纪的马古里特,曾把磁石磨成一个球,然后把一根小磁针放在球的下面,发现小磁针有一定的取向,再把小磁针放在其他位置进行实验,也发现有一定的取向,于是他沿小磁针的取向在磁石上画了许多个大圆。结果发现,这些大圆像地球的经线分布一样,在球的两端汇聚为两个点,马古里特称这两点为极。吉尔伯特在马古里特实验的启发

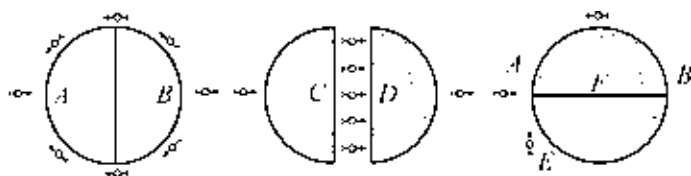


图 1-5-1 吉尔伯特的“小地球”实验示意图

下,把一大块天然磁石加工成球形,用小铁丝制成可以自由转动的小磁针放在磁球表面附近进行观察。他发现这个小磁针的行为与指南针放在地球上的行为完全一样。吉尔伯特用粉笔沿着小磁针排列的方向画出了许多磁子午线,他发现这些磁子午线与地球上的经线很相似。他把这些磁子午线在磁球上的两个交汇点称为“磁极”。小磁针在两极中间平行于磁球面,在两极则垂直于磁球表面。吉尔伯特把他的这个实验与指南针在地球上的行为进行了详细的比较:“天然磁石对这个球具有特有的吸引、转动作用,并且有按照整体的规律在宇宙中取适当位置的作用”;“像我们在地球上看到的情形一样,磁体从各方面倾向它,并围在它的上面”;“如同地球一样,它有一条赤道……”于是他得出一个结论:地球本身就是一块巨大的磁石,因而给他的磁球取名为“小地球”。应该指出的是,吉尔伯特已有了“场”的思想的最初萌芽,这可从他关于磁体对处在它周围的磁针作用的说明看出来。他写道:“小地球的力向四面八方延伸……每当铁或其他适当大小的磁体在它影响所及的范围内出现时,就受到吸引,而且,愈是靠近磁体,吸引力就愈大。”

在吉尔伯特之前,人们对于磁针指向南北现象的解释大多带有迷信色彩,即使有些科学家试图从自然界本身来进行解释,也往往把原因归结为地球以外遥远的地方。例如,有人认为,这是“天国外有一吸引磁点作用在铁上”,也有人认为,“它的方向起源于天极”,还有人认为,磁铁的“转动是由大熊星座尾部的星星所引起的”,等等。而现在根据吉尔伯特的实验和理论,磁针为什么指向南北就是显而易见的了。

吉尔伯特在实验中还发现,在磁石的两端装上“铁帽”,磁力就会大大加强,磁力的大小与磁石的大小成正比以及得不到单个磁极等事实。

第二是吉尔伯特用一系列的实验对电现象进行了研究,提出了电的概念。

吉尔伯特不仅做了琥珀摩擦玻璃棒吸引轻小物体的实验,而且收集了金刚石、蓝宝石、硫磺、树脂、明矾等物质来进行实验,他发现这些物质摩擦后也都能吸引轻小物体。他把物体经过摩擦后具有吸引轻小物体的作用称为“电性”。“electrics”这个俗语是吉尔伯特首先提出来的,英文中“电”这个词来自希腊语的“琥珀”的译音。吉尔伯特将电现象与磁现象进行了比较(表 1-5-1)。

表 1-5-1 吉尔伯特的电现象与磁现象的比较

电 现 象	磁 现 象
电性质需要通过摩擦才能产生	磁性是磁体本身具有的一种性质
电力是普遍的,它可以吸引任何轻小物体	磁力只对少数金属有作用力
电只有吸引作用	磁既有吸引也有排斥作用

(续表)

电 现 象	磁 现 象
带电体之间的作用受其中间的纸片、麻巾等物体的影响	磁体之间的作用不受在其中间的纸片、麻布等物体的影响
带电体浸入水中时,电力立即消失	磁体浸入水中时,磁力不会消失
电力是一种移动力	磁力是一种定向力

鉴于电现象和磁现象的以上不同,吉尔伯特断言:电现象和磁现象是两种截然不同的现象。他对电现象和磁现象的区分固然是电磁现象研究的一个进步,但他把电和磁截然分开,视为本质上不同的观点,却给以后电磁学的发展带来了不良后果。直至19世纪奥斯特实验之前许多科学家几乎都持有这种观点。

第三是吉尔伯特制作了第一个实验用的验电器。他的这个验电器由一根细而轻的金属棒和一个支座所组成。他用支座支着金属棒的中心,使金属棒保持水平并可以自由转动,由于金属棒很轻,当带电体接近它时,它就被带电体吸引而转动,由此就可以检测物体是否带电。

吉尔伯特作出上述的一系列成就是很了不起的。我们只要指出,在他之后的整个17世纪中,电和磁的研究没有取得多大进展这一事实就足够了。当然,他也有失误的地方,例如:他把电和磁视为本质不同的观点就是一例;还有他认为地磁赤道与地理赤道相同,等磁倾线与地理纬度一致,以及将他的实验直接推广到宇宙学上,甚至试图用磁性来解释地球的自转等。尽管如此,吉尔伯特仍不愧为磁学研究的奠基人。

1603年12月30日,吉尔伯特逝世于伦敦。

富兰克林

富兰克林(Benjamin Franklin, 1706—1790)是18世纪美国伟大的科学家,著名的政治家和文学家。他曾说过:“诚实和勤勉,应该成为你永久的伴侣。”的确,富兰克林的这句话正是他一生的写照。

1706年1月17日,富兰克林出生在北美洲波士顿的一个制造蜡烛的手工工人家庭中。他的父亲是英国移民,生有10个孩子,富兰克林排行第八。富兰克林8岁入学读书,虽然学习成绩优异,但是由于家中孩子太多,父亲的收入无法负担他读书的费用,所以,他到10岁时就只好离开学校,回家帮父亲做蜡烛。富兰克林一生只在学校读了2年书。从12岁起,当了近10年的印刷工人,但他的学习从未间断过。12岁在他哥哥经营的小印刷所当学徒时,富兰克林从伙食费中省下钱来买书,同时,利用工作之便,结识了好几家书店的学徒,晚间将书店的书偷偷地借来,通宵达旦地阅读,第二天清晨归还。富兰克林阅读的范围很广,从自然科学、技术方面的通俗读物到著名科学家的论文以及名作家的作品等,他都认真阅读,仔细钻研。1723年,富兰克林离开了波士顿,先后到费城的基末尔印刷所和英国伦敦的帕尔末和瓦茨印刷厂当工人。1726年秋,富兰克林回到费城,这时他已掌握了精湛的印刷技术,并办起了自己的印刷所,印刷和发行《宾夕法尼亚报》。1727年,富兰克林和几个青年创办了“共读社”,为了读书的方便,还办了一个小型图书馆。每周五晚上,“共读社”讨论有关哲学、政治和自然科学等有关问题。在富兰克林领导下,“共读社”存在达40年之久,后来

发展成为美国科学思想的中心。1731年,富兰克林创办了费城图书馆。富兰克林常说:“读书是我唯一的娱乐。我从不把时间浪费于酒店、赌博或任何一种恶劣的游戏;而我对于事业的勤劳,乃是按照必要,不厌不倦。”他还说过:“你热爱生命吗?那么别浪费时间,因为时间是组成生命的材料。”正是由于富兰克林惜时如命地利用一切时间刻苦自学,在青少年时代,就为后来进行科学研究和社会活动奠定了坚实的文化科学知识的基础。

富兰克林在40岁以前,为生活所迫,主要精力都放在经营印刷所和社会活动方面,没有多少时间和条件从事科学研究,但他仍坚持学习。在此期间,他先后掌握了法文、意大利文、西班牙文和拉丁文,他学习了世界科学文化的先进成果。1749年,富兰克林创办了宾夕法尼亚大学,在1746—1754年的8年中,他把大部分精力集中于电学的研究,从而获得了“电学之父”的光荣称号。

1746年,富兰克林40岁时,英国学者斯宾塞(Spence)博士在美国波士顿举办电学讲座。富兰克林到波士顿观看了斯宾塞演示的各种电学实验,并对这些实验产生了很大的兴趣。临别时,斯宾塞博士将部分仪器送给了富兰克林。富兰克林回到费城后,又收到了英国皇家学会会员考林森(Peter Coullinson)寄给他的一只莱顿瓶,并介绍了使用方法(莱顿瓶是荷兰大学物理学教授穆欣布罗克发明的)。富兰克林非常高兴,亲自进行实验,以探索电的奥秘。1747年3月28日,他在给考林森的感谢信中说:“在以前我做的任何研究中,我从来没有像近来做这个实验那样如此完全集中我的注意力和花费我的时间。”

富兰克林用莱顿瓶做了一系列实验,提出了电的“单流体说”,发现了电荷守恒定律。1733年,法国科学家杜费(1698—1739)发现电有两种,一是“玻璃电”(摩擦玻璃棒所得到的电),二是“琥珀电”(摩擦琥珀所得到的电)。为解释带电的过程和电的吸引、排斥的现象,杜费假设物体中存在两种电流体,摩擦能将它们分开,当它们结合时彼此就中和了。这就是历史上关于电的“二流体说”。富兰克林通过实验提出了电的“单流体说”,代替了杜费的“二流体说”。他在1747年11月给考林森的信中,描述了一个实验:

(1) 一人站在石蜡板上,摩擦一根玻璃管;另一个人也站在石蜡板上,靠近玻璃管时会引出火花。他们互不接触,对站在地板上的第三者呈带电现象;当第三者用手指关节去靠近每一个人时,就能察觉火花。

(2) 如果两个站在石蜡板上的人,在摩擦玻璃管时相互接触,他们不会出现带电现象。

(3) 如果他们在摩擦玻璃管后相互接触,如前所述,引出火花,他们之间发生的火花,其强烈程度超过他们任一个人对站在地板上的人。

(4) 强烈火花发生之后,他们不再带电。

为了解释上述现象,富兰克林提出了电的“单流体说”,他在写给考林森的同一封信中说:“我们假定,电火花是一种普通的要素,在摩擦玻璃管之前,是以相同的比例存在于三人中。A站在石蜡板上,摩擦玻璃管,电从自身汇集到玻璃管上,他的传递途径被石蜡板切断,他的身体不能立即再得到电。B也站在石蜡板上,他用手指关节靠近玻璃管时,接受火花,这是从A身上集中到玻璃管上的。B的传递途径也被石蜡板切断,于是他保留过量的电。站在地板上的C带适量的电火花,A、B对他都带电,当他靠近B时,因B是带过量的电,所以C是接受火花的;当他靠近A时,因A缺少电,所以是给予A的。如果A和B互相接触,由于他们相差较大,所以火花较强。接触后,A、B中任一人对C都没有火花,因为都已回到原来状态。如果他们在带电时相互接触,电火花仅发生传导而已,数量上不会有所增

减。我们可以引进一些新术语,称 B 为带正电, A 带负电,或者说 B 带的电是正的, A 是负的……”由于富兰克林在电学中引入了“正电”和“负电”的术语,就为定量研究电现象提供了一个基础。他认为:“电不能因摩擦而创生,而只是从摩擦者转移到了玻璃管,摩擦失去的电与玻璃管获得的电严格相同。”这就是通常所说的电量守恒原理。

1748 年,富兰克林出售了他的印刷所、报纸等,不再从事商界工作,而致全力于电学研究。在 1748—1749 年这段时间内,他对电现象进行了更认真的思考。通过反复的观察实验,他认识到打雷和实验室中的放电可能是一回事。他说:“当带电的云块飘过田野,掠过高山、巨树、高耸的塔、尖屋顶、船舶的桅杆、烟囱等物体时,拖曳出电火花,正如许多尖导体和凸出物产生的(放电)现象一样,整个云层在那里放起电来。”他在 1749 年 11 月 7 日的笔记中列举了 12 条理由阐述“闪电”和实验中“放电”的一致性:“(1) 发光;(2) 光的颜色;(3) 弯曲的方向;(4) 快速运动;(5) 被金属传导;(6) 在爆发时发出霹雳声和噪声;(7) 在水中或冰里存在;(8) 劈裂了它所通过的物体;(9) 杀死动物;(10) 熔化金属;(11) 使易燃物着火;(12) 含硫磺气味。”

为了进一步验证他的上述想法,富兰克林在 1750 年 7 月给考林森的信中提出了一个“岗亭”实验的设想。

在某个高山上或塔顶上,安上一种岗亭(图 1-5-2),它的大小足以容纳一个人和一条带电凳。让一根弯曲的铁杆从凳中央升起并经过凳通向门外,然后向上竖起 20 英尺或 30 英尺,上端削得很尖。如果凳保持清洁和干燥,一个人站在凳上,当可能带电和放出火花的低云掠过时,铁杆就可以从云中把电火引到该人身上。富兰克林断定,当这个人一只手持着导线,与通地的导线相隔一很小距离时,就能引出火花。可是由于缺乏资金建造这样的岗亭,富兰克林没有能够亲自做这个实验。后来法国科学家达里巴尔(1703—1779)建造了一座岗亭,其铁杆高 44 英尺。1752 年 5 月 10 日,当黑云掠过铁杆尖端时,成功地实现了从铁杆上引出电火花的实验。同年 5 月 18 日,巴黎大学的研究人员用 99 英尺高的铁杆重复了这个实验。

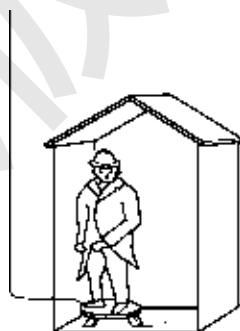


图 1-5-2 富兰克林设想的“岗亭实验”

富兰克林自己建造岗亭的计划虽然没有实现,但是,哲人的头脑并没有终止活动,他进一步设想,如果把一个风筝放到云层内部,不是也可以进行类似的实验吗? 1752 年 7 月的一天,他和他的儿子一起,做了一个震撼世界的“费城实验”。后来,他在给考林森的信中描述了他的电风筝和实验的经过:

“用两根轻的杉木做成一个十字架,这两根木条要足够长,使之能到达一块大而薄的丝绸手绢张开时的四个角;把手绢的角扎在十字架的末端,这样就做成了一个风筝……用一根尖细的铁丝固定在十字架的直木条的一端,使铁丝从木条伸出一英尺或更多些。在贴近手边的捻线的一端,用丝绸带缠上,在丝绸带和捻线相连接的地方,拴上一个钥匙。当风筝上面飘浮着带着雷电的云时,细铁丝立即从云中取得电火,使风筝和麻绳全部带电。麻绳上松散的纤维向四周直立,能被靠近的手指所吸引。大雨打湿风筝和麻绳,致使电火可以在上面自由传导时,你将发现电火大量地从钥匙向你的手指流来。用这个钥匙,可以使莱顿瓶充电,用所得的电火可以点燃酒精;也可以用来进行别的有关电的实验;而这些实验平常都是用摩擦过的玻璃瓶(或玻璃管)来做的。这样,闪电的物体所带电和摩擦物体所带的电相同

之处便完全显示出来了。”

富兰克林的上述实验非常清楚地证实了闪电就是一种放电现象,只是其规模更大,更有声势罢了。我们知道,做这类实验是非常危险的。1753年夏天,俄国科学家里赫曼(1711—1753)在他的“岗亭”中做类似实验时,被雷击死,当时年仅42岁。里赫曼为科学事业献身的精神永远值得我们纪念。普利斯特列(1733—1804)高度评价了富兰克林的“费城实验”。他这样说:“这是自牛顿以来最伟大的发现。”这个实验破除了人们对闪电的迷信,证明了天电和地电的统一性。富兰克林因此而获得了英国皇家学会1753年的科普利奖章。

1750年7月,富兰克林在给考林森的信中最先提出了避雷针的设想。1754年,捷克科学家吉韦茨制造了第一根避雷针。1760年,富兰克林在费城的一座大楼上也竖起了一根避雷针。

富兰克林对科学的贡献不仅在电学方面,在物理学和其他学科如地学、气象、植物学、数学、化学等方面都有许多贡献。在热学上,他和剑桥大学的哈特莱共同利用乙醚的蒸发得到了一 -25°C 的低温,创立了蒸发制冷理论。他还发明了老年人用的双焦距眼镜,带上这种眼镜既可以看近的东西,又可以看远的东西。

富兰克林晚年主要从事政治和社会活动。1757年到1775年间,他多次作为北美殖民地代表到英国谈判。1776年他参加了第二届大陆会议和《独立宣言》的起草工作,并作为三人小组成员前往巴黎与英国代表谈判。1778年被任命为美国全权代表,1781年与英国代表进行最后一轮谈判。富兰克林为北美人民的独立解放作出了许多贡献。1785年富兰克林担任宾夕法尼亚州州长。

1790年4月14日,富兰克林病逝于费城,葬于费城基督教堂墓地。富兰克林为自己写的墓志铭是“印刷工富兰克林”。

库仑

库仑(Charles-Augustin de Coulomb, 1736—1806)是法国工程师和物理学家,1736年6月14日生于法国昂古莱姆城,青少年时期受过良好的学校教育。中学毕业后,库仑进入梅济耶尔工程学校读书,这所学校对理论知识和应用知识都很重视。离开学校后,库仑就到军队里负责建筑军事要塞的工作。后来,他被派到法国的殖民地西印度群岛的马提尼克岛工作了9年,当了皇家军事工程队的工程师,同时进行科学研究。1776年,因病返回法国。

库仑在军队中从事多年的军事建筑工作,使他获得了许多有关的材料。1773年,库仑发表了有关材料强度的论文,提出了计算物体上应力和应变的情况分布的方法,这种方法成了结构工程的理论基础。库仑对毛发和金属丝的扭转进行了研究,1777年发明了扭秤。1779年,库仑研究了摩擦力,得出了后来以他的名字命名的摩擦定律,同年出版了《简单机械理论》一书,书中提出了有关润滑剂的理论。

由于上述成就,库仑于1781年当选为法国科学院院士。1784年,库仑又发表了关于金属丝和扭转弹性的论文,“确定了金属丝的扭力定律”。1785年,法国科学院悬赏征集改良船舶用指南针磁针问题的论文。当时船上用的是支架式罗盘指南针。库仑认为,解决这个问题的关键在于减小指针与支架间的摩擦力,他提出了用细头发丝或丝线悬挂磁针的方法。这时,他的兴趣转移到了电磁学研究的领域。1785年,他利用自己的扭力理论,自行设计制作了一台精度很高的扭秤。库仑利用他的扭秤对静电力和磁力进行了测量,得到了著名的

库仑定律。

库仑定律是电学中第一个被发现的定量规律,它在电磁学的发展史上占有极为重要的地位。这个定律的发现有着一个奇特的历史过程。

富兰克林最早观察到放在金属罐中的软木小球完全不受金属罐上电荷的影响,但他不明白这一现象的意义。1766年,富兰克林把观察到的现象写信告诉他在德国的朋友普利斯特利,希望他重做这个实验予以验证。1766年12月,普利斯特利做了这一实验,证明了空心的带电导体对于空腔内部的电荷没有电力的作用。普利斯特利从这一实验事实很快想到这与万有引力的情形很相似,因此他猜测电力作用与距离之间也可能是平方反比的关系。他说:“难道我们就不可以认为电的吸引力遵从于万有引力相同的规律,即与距离的平方有关的规律吗?”可惜的是,他没有继续做深入的研究。1769年,英国爱丁堡大学的约翰·罗宾森(John Robinson, 1739—1805)首次用实验确定:两个同种电荷的斥力与它们间的距离的2.06次方成反比;两个异种电荷的吸引力与它们间的距离的平方反比要小一些。他由此推断,两个电荷间的电力应与它们间的距离的平方成反比。

1772年,卡文迪许做了一个实验。他所用的仪器是由一个金属球形容器和两个半径稍大一些的金属半球壳组成。金属球形容器固定在绝缘的支架上,两个金属半球壳用玻璃棒固定在与球形容器同轴的两个木制框架上,框架合拢后,两个半球成了一个球壳(与球形容器不接触),如图1-5-3所示。实验按以下步骤进行:

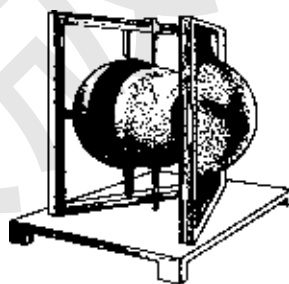


图 1-5-3

① 用绝缘导线将内外两球相连;② 用莱顿瓶对其充电;③ 将绝缘导线撤去,再将两半球分开,并使之放电;④ 用精确的木髓球静电计检测里面的金属球的带电状态。卡文迪许经反复检测都未发现里面的金属球上有任何带电的迹象。这表明电荷是分布在外面的

两个半金属球的表面上的。卡文迪许对这个实验进行了深入的理论分析,并考虑了静电计的灵敏度,给出了电力反比于距离的 $\left(2 \pm \frac{1}{50}\right)$ 次方。卡文迪许在向英国皇家学会提出的报告中说:“电的吸引力和排斥力很可能反比于电荷间的距离的平方,如果是这样的话,那么,物体中多余的电几乎全部堆积在紧靠物体表面的地方。而且这些电紧紧地压在一起,物体的其余部分处于中性状态。”

卡文迪许的这一成果并没有公开发表,直到19世纪中叶,才为麦克斯韦从其手稿中所发现。后来麦克斯韦也用与卡文迪许类似的方法对电力进行测定,他得到电力反比于距离的 $\left(2 \pm \frac{1}{2160}\right)$ 次方。直至现代,仍有许多科学家在做类似的实验,如1971年威廉(William)等人得到电力反比于距离的 $(2 \pm 3 \times 10^{-16})$ 次方。

库仑是怎样利用他的扭秤来测量电荷之间的电力,从而得出以他的名字命名的库仑定律的呢?

库仑在1785年设计制造的扭秤的构造如图1-5-4所示: C 是一个直径和高均为12英寸的玻璃圆筒; B 是一块直径为13英寸的圆玻璃板,板上有两个圆孔,其中一个在正中央;一根长24英寸的玻璃管 A 用黏接剂固定在中间一个圆孔上,玻璃管的上端安装一个带指针的扭转测微计,顶端圆盘的边上刻有360个刻度;顶部中央有一只夹银丝的夹子;银丝的

下端悬挂着一根浸过蜡的麦秆;麦秆的一端为一小木髓球,另一端贴上使麦秆平衡的一小纸片。在玻璃圆筒 C 上与麦秆相同的高度处一圈刻有 $0^\circ \sim 360^\circ$ 的刻度。库仑在 1785 年给法国科学院的《电力定律》论文中写道,这种“电秤”“能非常准确地测量物体上的电力,即使其仅带少量的电。”

库仑认为,两个带电体之间的电力由每个物体所带电荷量和它们之间的距离决定。两个带电体之间的不同距离是不难调节和测得的。怎样使物体上的电荷量按实验的需要而改变呢?当时连电荷量的单位还未确定,更不用说测电荷量的大小了。库仑根据对称性原理,采用两个相同的金属球互相接触的方法,巧妙地解决了这个难题。他先让金属球 b 带上电荷,设其电荷量为 q ;使它与未带电的金属球 a (大小与 b 球完全相同)相接触, a 、 b 两球接触后,由于“对称”关系,

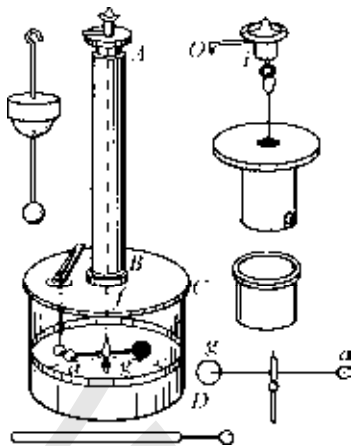


图 1-5-4 库仑扭秤

两球分开后应带电荷量的同种电荷,即 a 、 b 两球的电荷量均应为 $\frac{q}{2}$;若再用一不带电的完全相同的球与 b 球接触后分开,则 b 球上的电荷量应为 $\frac{q}{4}$;每重复接触一次, b 球的电荷量都减半,于是可得 q 、 $\frac{1}{2}q$ 、 $\frac{1}{4}q$ 、 $\frac{1}{8}q$ 、……

库仑用扭秤测定了两球带等量同种电荷时的斥力。他先使 b 球带电,再使 b 球与 a 球接触,于是两球相互排斥而分开。接着调节扭力测微计和盖板的距离,以改变两球距离进行观测:第一次,使 a 、 b 两球相距 36 个刻度,测得银丝扭转角为 36° ;第二次,使 a 、 b 两球相距 18 个刻度,测得银丝扭转角为 144° ;第三次,使 a 、 b 两球相距 8.5 个刻度,测得银丝扭转角为 575.5° 。上述三次实验表明,两个电荷间距离为 $1:\frac{1}{2}:\frac{1}{4}$,扭转角为 $1:4:16$ 。由于扭转角的大小与扭力成正比,所以得到:两个电荷间斥力的大小与距离的平方成反比。第三次测得的角度有 $\frac{1}{2}$ 度的偏差,库仑认为是漏电的缘故。

对于异种电荷之间的引力,用扭秤来测量就不行了。因为金属丝的扭转的回复力矩,仅与角度的一次方成比例,这就不能保持扭秤的稳定了。库仑为此费了不少心思。后来他从单摆受地球引力摆动的事例中得到启发,解决了这个问题。因为 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$,而 $g=G\frac{M}{r^2}$,所以 $T=2\pi r\sqrt{\frac{l}{GM}}$,即单摆的振动周期与物体离地心的距离成正比。库仑认为异种电荷之间的引力如果与它们距离的关系也遵守平方反比定律,就可用与单摆相类似的方法来进行测定。为此,他设计了一种叫做“电摆”的仪器来进行实验。

图 1-5-5 所示的是“电摆”的结构示意图: G 是一个直径为 1 英尺的带电球(相当于地球),放在可以升降的绝缘支架上;在其旁边用一根长 7~8 英寸的单根蚕丝悬挂一个小摆针,摆针一端镶上一块与摆针绝缘的圆形金箔,其直径 8~10 拉因(1 拉因 $=\frac{1}{12}$ 英寸),并使

指针与球体的中心在同一水平线上。

实验时,改变 G 球与金箔的距离,使两者带上异种电荷,并使指针绕悬丝摆动,然后测出金箔与球心之间的距离和振动时间。

库仑所得到的结果是:第一次,金箔与球心间的距离为 9 英寸,15 次振动时间为 20 s;第二次,距离为 18 英寸,15 次振动时间为 41 s;第三次,距离为 24 英寸,15 次振动时间为 60 s。库仑由此得到:距离之比为 3:6:8,振动周期之比为 20:41:60。如果电力(吸力)遵守平方反比定律,那么振动周期与距离就应成正比,现距离之比为 3:6:8,振动周期之比就应为 20:40:54。实验数据与理论分析有些出入,库仑认为是漏电的缘故,因为这个实验至少需要 4 min 才能做完。

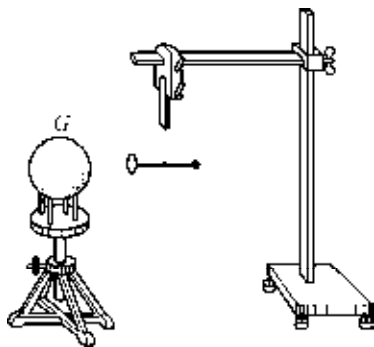


图 1-5-5 “电摆”结构示意图

1785—1789 年,库仑以高度精湛的实验技术和技巧对电荷间的作用力做了一系列的研究,连续在皇家科学院备忘录中发表关于电学的论文。1785 年的 3 篇是关于用“扭秤”和“电摆”测电力得到电力定律的论文,1786 年的 1 篇是关于电荷分布情况的研究,他独立地发现电荷仅仅分布在导体表面,他对这一现象进行分析后指出,这只能是电力与距离的平方成反比的结果。

1806 年 8 月 23 日,库仑在巴黎逝世。

库仑为人耿直,品质高尚。托马斯·杨称赞库仑的道德品质如同他的电学研究一样出色。

实验探究资料

1. 静电感应实验

实验器材:金箔验电器,橡胶棒,玻璃棒,毛皮,丝绸等。

实验步骤:

(1) 用与毛皮摩擦过的带负电的橡胶棒,慢慢靠近验电器上端的金属球时,可见验电器箔片张开角度逐渐变大,如图 1-5-6a 所示。移开带电橡胶棒时,可见箔片闭合。

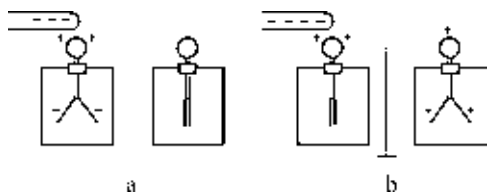


图 1-5-6

(2) 用与丝绸摩擦过的玻璃棒重复上述操作,可见到与上面相同的现象,但验电器箔片上的电荷极性与上面的相反。

(3) 将带负电的橡胶棒放在验电器小球附近,用手指跟验电器金属小球接触一下,如图 1-5-6b 所示。验电器上部分负电荷经手到地,而正电荷受到橡胶棒负电荷的束缚,集中在小球端,看到箔片下垂合拢。

(4) 先移开手指,再移开橡胶棒,验电器上的箔片又张开。表明正电荷仍留在验电器上。

(5) 验电器带上正电后,当用带正电的玻璃棒慢慢地靠近金属圆球时,箔片张开的角度将增大;当用带负电的橡胶棒慢慢地靠近金属小球时,箔片张开的角度逐渐减小,以至达到闭合。当带电棒再靠近小球时,箔片将会再张开。

用这种静电感应的方法,来检验验电器带电的电性。

注意事项:棒上带电不宜过多,棒离小球也不要太近,以免球与棒间产生火花放电,影响演示效果或损坏验电器箔片。

2. 验证电荷守恒规律的实验介绍

教材中提供了这方面的实验,实验中用的起电板分别是用有机玻璃和聚丙烯塑料制成的,它们的手柄是用有机玻璃或胶木粘到起电板上的。实验前起电板用干布擦净后,再放在酒精灯火焰上方稍微烘烤一下,以消除起电板上的潮气和残存电荷。两块起电板相互用力摩擦几下,迅速分开,即可进行实验。

这里介绍的实验仍然用教材上的起电板,只不过把原来实验的空心金属球改成金属盘装在验电器上端,并在盘上覆盖一层塑料膜,防止实验中起电板与金属盘接触。

实施方法如图 1-5-7 所示。参照上述做法清除起电板上的残存电荷和潮气,两块起电板起电之后,先将其中一块板置于金属盘覆膜上,观察验电器金属箔张开的角度。然后将另一块起电板置于盘上,两板不接触,看到验电器金属箔会闭合。最后将先放置的起电板移开,观察验电器的金属箔张开的角度。会发现金属箔两次张开的角度大小相同。由此分析推论“电荷守恒”。

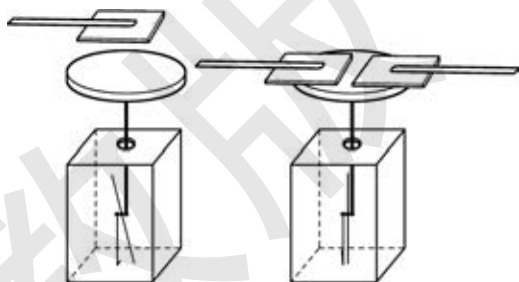


图 1-5-7

3. 静电植绒

实验器材:如图 1-5-8 所示带绝缘支架的金属圆板 1 对,感应起电机,纤维适量(化学纤维、动物毛纤维均可),圆形硬纸卡(大小与金属圆板相同),胶水,毛笔,夹子,导线等。

实验步骤:

(1) 将纤维剪碎(长度 2~8 mm),均匀堆放在金属圆板 B 上面。

(2) 用蘸上胶水的毛笔在硬纸卡上写上“大”字,用夹子固定在金属圆板 A 下面,使写有“大”字的一面向下。

(3) 把两块金属圆板用导线分别接到感应起电机的两个放电球上(不必区别极性)。转动起电机进行植绒。

(4) 撤去高压,拿下硬纸卡,则硬纸卡上写“大”字处就植满了浓密的纤维绒絮。

注意事项:

(1) 两块金属圆板之间的距离 4~5 cm 为宜,不能离得太远。

(2) 纤维不能太干燥,可喷洒少许盐水。

实验说明:

(1) 如有不同颜色的纤维,可进行彩色植绒,每次植一种颜色的纤维,待胶水干透后,再植另一种颜色的纤维。



图 1-5-8

(2) 植绒后每根短纤维都竖直平行地植在胶水图形上,这与直接用胶水粘上纤维有明显区别。

参考资料

1. 中国古代对摩擦起电现象的观察与记载

中国典籍最早记载摩擦起电现象的是东汉王亮的《论衡》。其《乱龙》篇中记载:“顿牟掇芥,磁石……”当然,中国古人不可能了解电的本性,只能以气论敷衍。

摩擦起电中会有发光现象,古人对此曾引起很大注意。西晋张华在《博物志》中记载:“今人梳头、脱著衣时,有随梳、解结有光者,也有咤声。”《酉阳杂俎》中记载:“猫……黑者,暗中逆循其毛,即著火星。”明代都邛对此似有意识地进行了试验:“吴绫为裳,暗室中力持曳,以手中摩之良久,火星直出。”(《三余赘笔》)当时的宰相张居正更以亲身之所见,细致地描述了这一现象:“凡貂裘及绮丽之服皆有光。余每于冬月盛寒时,衣上带有火光,振之迸炸有声,如火花之状。人以为皮裘丽服温暖,外为寒气所逼,故搏击而有光,理或当尔。”(《张文忠全集》)他认为冬月容易看到这种现象是有道理的,但他对现象的解释是错误的。

中国古人观察到的摩擦起电现象颇多,但都只停留在记载和描述的水平上,没有做过进一步的研究。

2. 中国古代的避雷设施

大约在魏晋时期,古籍中就出现了“避雷室”一词。唐代以后的一些古塔上,尖端常常敷上一层金属膜,直达地下的塔心柱,还采用容易导电的材料,下端又有贮藏金属的“龙窟”。

许多高大的殿宇,常有所谓的“避雷柱”。很可能这些都是有意为“避雷”而设置的。

法国人卡勃里欧别·戴马甘兰于1688年所著《中国新事》一事中写道:“当时中国屋宇的屋脊两头,都有一个仰起的龙头。龙口吐出曲折的金属舌头,伸向天空。舌根连接着一根很细的铁丝,直通地下。这种奇妙的装置,在发生雷电的时候,就大显神通。若雷电击中了屋宇,电就会从龙舌沿线下行地底,起不了丝毫破坏作用。”戴马甘兰对中国古建筑的避雷设施作了合理的分析。

3. 避雷针的原理及其发展

高大建筑物上装有“避雷针”,其实它的作用不是“避雷”,而是“引雷”,通过它用“引火烧身”的方法,保护建筑物免遭雷击。

我们可以先做一个模拟实验:如图1-5-9所示,在两块金属板之间分别安放两个金属立柱,调节一个立柱上的小球和另一个立柱的尖端至等高。然后将两块金属板分别接到高压直流电源的两极,当在两板之间加上一定电压时,可看到尖端先放电。

因为两板间加上电压后,两立柱中的自由电荷都会在电场力的作用下重新分布,静电平衡时,尖端附近电荷密度大,电场强度很大,在这个强电场的作用下,使空气中残留的离子发生激烈的运动而产生碰撞电离,与尖端上的电荷异号的离子受到吸引而趋向尖端,与尖端上的电荷同号的离子受到排斥而飞离,从而形成一条“云

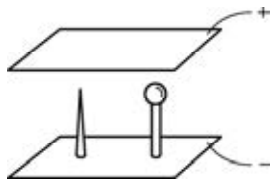


图 1-5-9

层—空气—避雷针—大地”电流的通路,起到了保护建筑的作用。

从富兰克林架设第一根避雷针发展至今,目前世界上已有更安全的避雷针,它已不是针状,而像鸡毛掸状。这种避雷针是由两个美国人发明的。据报道,这种避雷针中心是一根管子,其顶端引出 2 000 条细导线,这些导线呈辐射状分布,这种方式可以更好地驱散聚集在建筑物周围的静电荷。

目前,我国研制成功的半导体消雷器,它的防雷效果远远超过避雷针。半导体消雷器具有两大功能:①当建筑物上空出现强雷云的时候,它发出长达 1 m 的电晕火花,中和天空中的电荷,起到消除雷击的作用;②万一雷击下来,半导体消雷器上的有关装置可以把雷击放出的强大电流阻挡住。

4. 雷电

雷电是普遍的自然现象。据统计,在地球大气层中,每秒落到地面的雷电约近百次。每天要发生千万次闪电。雷电电压高达千万伏,电流约 $1.0 \times 10^4 \sim 1.0 \times 10^5$ A,闪电温度高达 1.0×10^4 °C 以上。巨型闪电产生的冲击波所产生的巨大压强约为 700 N/cm^2 。人类怎样利用雷电?这是一个至今都埋在人们心里的课题。雷电现象多种多样,其中比较特殊的是球形闪电。它的直径大到数米,小则几厘米,通常为 $15 \sim 40 \text{ cm}$,有黄、白、橙、红多种颜色。球形闪电似乎喜欢钻洞,可以从烟囱、窗户、门缝钻进屋内,并转一圈之后又溜走,如果接触到人,人就可能受到电击的危害。

5. 密立根通过油滴实验测算电荷量的方法

密立根油滴实验是物理学的经典实验之一。1917 年,美国科学家密立根(Robert Andrews Millikan, 1868—1953)用该实验精确测定了电子的电荷量。下面从原理上介绍这个实验的最简单方法。

(1) 假设油滴的质量是 m , 电荷量是 q , 且作用在油滴上的力只有重力 mg 和电场力 qE , 则当油滴悬浮静止时, $mg = qE$ 。即

$$q = \frac{mg}{E}。$$

式中 E 的大小可以测定,关键是测油滴的质量。

(2) 上述思考是理想的,实际上油滴在空气中以某一速度 v_1 落下,然后,加上竖直向下的匀强电场,油滴就以某一速度 v_2 上升。因此,先考虑油滴下降过程。

设竖直向上方向为正,油滴以速度 v_1 下降,如图 1-5-10a 所示,油滴所受的重力为 $-V\rho g$, 其中 ρ 为油的密度,浮力是 $V\rho_0 g$, 其中 ρ_0 为空气密度,空气阻力为 kv_1 , 其中 k 为阻力的比例常数。

当油滴以速度 v_1 匀速下落时,有

$$-V\rho g + V\rho_0 g + kv_1 = 0。 \quad (1)$$

再考虑油滴上升过程,如图 1-5-10b 所示。

当油滴以速度 v_2 匀速上升时,有

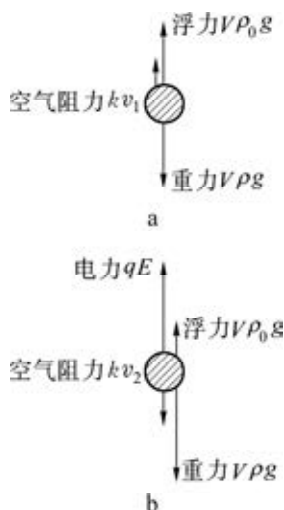


图 1-5-10

$$-V\rho g + V\rho_0 g - kv_2 + qE = 0. \quad (2)$$

由①式和②式消去 k , 则有

$$q = \frac{Vg(\rho - \rho_0)(v_1 + v_2)}{v_1 E}.$$

上式右边出现的量都是可以测定的, 但是, 在通常的实验中是不去直接测定油滴体积的, 而是从测定空气的黏滞系数 η 来确定①式中的 k 值, 从而确定 V 值的。前面的阻力比例常数 $k = 6\pi\eta r$, 而 $V = \frac{4}{3}\pi r^3$ 。

$$\text{将 } k \text{ 式和 } V \text{ 式代入①式可得 } r = \sqrt{\frac{9\eta v_1}{2g(\rho - \rho_0)}},$$

$$\text{因此, } V = \frac{4}{3}\pi \left[\frac{9\eta v_1}{2g(\rho - \rho_0)} \right]^{\frac{3}{2}}.$$

可见密立根油滴实验的测量和计算过程均比较复杂。

(3) 密立根实验的实验仪器示意图如图 1-5-11a 所示, A 、 B 是两块平行放置的水平金属板, 把它们与电源相接, 使 A 板带正电, B 板带负电, 两板间的电势差为 U , 两板间距为 d 。油滴从喷雾器喷出, 经过上板当中的小孔, 落到 A 、 B 之间的匀强电场中。油滴出来时由于摩擦而带电, 假如油滴带负电, 它要受到方向向上的电场力 F 作用。油滴还受到重力 mg 的作用。调节两板间的电势差, 可使带有电荷量为 q 的某个油滴所受的电场力 qE 恰好和重力 mg 平衡(如图 1-5-11b 所示), 油滴悬浮在电场中保持不动。根据平衡条件有 $qE = mg$, 解得电荷量 $q = \frac{mg}{E} = \frac{mgd}{U}$ 。

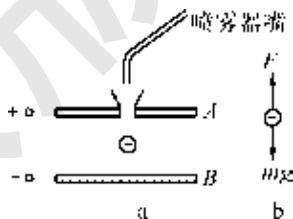


图 1-5-11

式中的 U 、 d 可以直接测得, 但是油滴太小, m 很难直接测量。密立根设法用实验测出油滴的半径 r , 然后用体积公式 $V = \frac{4}{3}\pi r^3$ 算出油滴的体积, 再由公式 $m = \rho V$ 算出 m , 其中 ρ 为油滴的密度, 最后得出油滴所带的电荷量 q 。

密立根测定了数千个带电油滴的电荷量, 发现这些电荷量都等于某个最小电荷的整数倍, 这个最小电荷就是电子或质子所带的电荷量 e , 称为元电荷。现在测得的元电荷的精确值是 $e = 1.602\,177\,33 \times 10^{-19} \text{ C}$, 通常可取 $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$ 。元电荷是物理学中的基本常数之一, 测定它在理论上和实际上都有重大意义。密立根实验进一步证实了电子的存在, 揭示了电荷的非连续性, 即自然界中的任何电荷量都只能是某一元电荷的整数倍, 而不能连续变化。

6. 静电复印

1938 年, 卡尔逊发明了静电复印。卡尔逊先在暗室中用手帕摩擦一块涂有硫磺的锌板, 使锌板带电, 然后将透明纸的原稿覆盖在锌板上, 用白炽灯曝光几秒形成静电潜像, 最后用有色粉末进行显影, 以重现与原件相同的图像。随后卡尔逊根据此原理制成了实用的静

电复印装置。经过 50 年的研究和发展,先后问世了很多静电复印方法,如卡尔逊法、电容像法、静电像转移法等。依据这些方法制造的复印装置均已商品化。静电复印过程一般包括充电、感光、显影、转印和定影等几个步骤(如教材图 1-3-6 所示)。

静电复印的具体过程:先用直流高压通过电晕放电盒对硒板(或硒鼓)充电,使其表面带正(负)电荷;然后如照相机摄像那样将原件在强光照射下通过镜头成像在硒鼓上,硒鼓光照强处静电荷消失,暗处静电荷保留,如此形成静电潜影;接着将极细的墨粉撒在硒鼓表面,墨粉被潜影部分的静电吸住,得到原件文字及图案的倒像;再往硒鼓上覆盖一张纸,对纸面进行电晕放电,使纸产生静电吸引力,把硒鼓上文字图案部分的墨粉转移到纸上,紧接着用红外灯对纸上的图像照射加热到 130°C 左右,使热塑性墨粉熔化固定在纸上,形成复印件。

静电复印技术应用广泛,静电复印机已成为各单位必备的生产和办公用品,但复印时排出的臭氧会污染环境。臭氧氧化性较强,有刺激味,对黏膜、呼吸道及神经系统有影响,因此,应将静电复印机放置在通风场所。

7. 静电感应

导体在附近带电体的作用下靠近带电体的一端产生与带电体异种的电荷,另一端产生与带电体同种电荷的现象,称为静电感应。静电感应的原因是,导体内的自由电子受带电体电荷的电场力作用移到导体的一端,使这一端有过多的电子而带负电荷,另一端则因缺少电子而出现正电荷,这两部分电荷的电荷量相等。若把带电体移去,则感应电荷立即被中和而消失,导体不显电性。

静电感应现象极其普遍。把物体放在电场中都会出现静电感应,只是由于电场的强弱而有明显和不明显之分。例如,彩色电视机开机后,手摸屏幕就会听到“劈啪”声,这是因为,彩色显像管内的数万伏高压所引起的静电感应使屏幕上积聚了大量的感应电荷,手触摸屏幕时也在手上引起与屏幕电荷异种的感应电荷,由于两者电势差较大,当手离屏幕较近就引起火花放电现象,劈啪声就是火花放电的声音。此感应电流较小,不会引起触电事故,但有时也会有触电的感觉。静电感应在实际中有不少应用,静电起电机(范德格拉夫起电机)就是利用静电感应原理制成的,它能获得高达 10^7 V 的电势,利用它可制成静电加速器。静电感应的存在有时也会引起不良后果,必须加以防护。例如,运送燃油、易燃物品的汽车,一般在车后拖着一根接触地面的铁链,就是为了消除静电感应产生的静电火花以防着火或爆炸。雷电现象也是静电感应引起的。为避免雷电损坏建筑物,可在建筑物上安装避雷针。避雷针的原理:电场中导体上感应电荷的分布与导体表面的形状有关,导体尖端由于电荷密集,电场很强,可使空气分子发生电离而出现尖端放电现象,尖端放电使物体(云与地、云与云)间的电势差不会升得很高,从而避免建筑物遭到雷击。

8. 静电加速器

静电加速器是以静电型高压发生器作为高压电源的加速器。1929 年,范德格拉夫首先提出了利用静电起电机产生高电压加速带电粒子的设想。1931 年,第一台范德格拉夫静电加速器问世,其突出优点是粒子束的能量高、散度小。单极静电加速器的能量(以加速质子为标准)一般可达 6 MeV 。为了进一步提高粒子的能量,1953 年建成了串列静电加速器。

它先将带负电的离子由低电势向正高压电极加速,再在电极内将负离子转变为正离子,由高压电极对正离子进行第二次加速。用这样的方法可使质子的能量提高一倍。若把高压极性相反的两个串列加速器串联在一起,被加速的粒子的能量还可进一步提高,目前已达到 60 MeV。按照加速粒子的不同,静电加速器可分为正离子静电加速器(又称质子静电加速器)和电子静电加速器两类。前者粒子能量可以平滑调节,能散度可以做得很小,一直是低能核物理的主要设备。与此相反,后者的结构比较简单,所占空间也较小,可作为 β 辐射源和 γ 辐射源使用,对电子束的能量分散度要求不高,不需配备分析器和稳压装置。我国在 20 世纪 50 年代末开始发展静电加速器技术,1959 年建成国内第一台 2.5 MeV 质子静电加速器,1962 年建成 2 MeV 电子静电加速器。目前世界上约有数百台静电加速器。质子静电加速器除用于基础研究和核技术部门外,还为分子生物学、表面物理学等边缘学科的发展提供了重要的技术设备。电子静电加速器主要用于辐射化学、放射生物学、材料和元件的辐射改性(辐射处理)以及辐射育种、金属探伤和空间辐射模拟等。

9. 静电聚焦

静电聚焦是借静电场的作用将电子束会聚在给定的横截面内并保持其会聚状态的过程。由于电子束中的电子从电子发射源发出时的初始位置和初速度方向不同,以及电子间存在的相互排斥力,使电子束的横截面有逐渐扩大(即发散)的趋势。可用静电场、磁场以及电场和磁场复合三种方法克服电子束的发散趋势。在利用电子束作信息变换和成像的电子束器件(如示波器、显像管、电子显微镜等)中,电子束的电流密度较小,其空间电荷的作用可以忽略,这时静电聚焦常是将电子束会聚成点或像,其相应装置与几何光学中的透镜相似,故称为静电透镜。而在利用电子束和高频电磁场相互作用进行能量转换的超高频器件中,电子束的电流密度大,空间电荷效应不可忽略。这时静电聚焦则需形成和保持长电子束,故有时也叫聚束。静电聚焦可分为:① 离心静电聚焦。即利用同轴导体之间径向向内的静电场来克服电子束的发散趋势,使电子束的尺寸和形状保持不变。② 周期静电聚焦。即利用周期性交变的静电场来聚焦电子束。周期静电聚焦装置体积小、重量轻、功耗低,但工艺结构复杂,电子束注入条件苛刻,一般仅用于多腔速调管。

10. 静电喷涂

静电喷涂是利用高压直流电压产生的强静电场使涂料(液体或固体)的微粒带电进行工作表面涂敷的工艺。静电喷涂主要由喷枪、空气压缩机、高压静电发生器、工件传送带和烘干箱等组成。静电喷枪和普通喷枪类似,但为提高其高压绝缘性能,结构稍有不同。常用的旋杯电极式喷枪的喷嘴是用铜或铝合金制成的圆锥形杯状物,边缘尖锐,中心有喷漆管。工作时,旋杯高速旋转,油漆就沿喷杯内壁向四边扩散,此时因喷杯边缘已产生放电电晕,油漆在电离空气的撞击下分裂成极细微粒,在电场力作用下微粒飞向作为异种电极的工作表面,形成一层均匀的漆膜,经传送带送入烘干箱烘干。静电喷漆与手工喷漆相比,节约油漆,漆层均匀,减轻劳动强度。塑料粉末虽然不导电,但是也可用静电喷涂使塑料粉末均匀吸附在工件表面,经过加热塑化处理后即形成耐酸碱腐蚀并有高绝缘性能的致密光滑涂层。静电喷涂适用于各种仪表和无线电元件的表面喷涂、电子管阴极氧化物涂敷、陶瓷器上釉、搪瓷器涂瓷以及汽车喷漆等,已广泛应用于航空、造船、机电、仪表、电子和轻工等工业部门。

11. 电子的发现

通过对电流的研究,科学家发现,气体是一种相当好的电绝缘体,它在很高的电压作用下才会被击穿导电。对气体加多高的电压才能使它被击穿导电?科学家为此做了许多实验进行研究。在一根玻璃管两端装上电极,然后用真空泵把管内的空气抽去,降低管内的气压。科学家发现,管内的气压降低后,加在玻璃管两电极上的电压不用很高,管内的气体就会被击穿导电,还能见到管内发射出美丽的彩色光辉。这就是我们现在常说的“气体放电”现象。管内发射的光的颜色与管内的气体种类有关。比如,若管内装的是氖气体,则发射橙红色的光辉;若装的是氦气体,则发射的是紫色的光辉;如果在管内换上氩气体,那么发射出来的是蓝色光辉。在做这种实验的过程中科学家又发现一种现象:当管内的气体压力很低,而加在管子两端电极上的电压又很高时,会有一束明亮的射线从阴极射向阳极。这种神秘的射线打在玻璃管涂有荧光材料的侧壁面时,侧壁面便会射出绿光。当在射线的通道上放一个小物体时,会见到由这个物体形成的阴影,如同在灯光下放的一个物体形成的影子一样。后一个现象告诉我们,这种还不知名称的射线与我们见到的光线类似,也是直线传播的。由于所见到的这种射线是从放电管的阴极射出来的,因此科学家把它叫做“阴极射线”。

阴极射线是什么东西呢?科学家们对它进行了追踪研究。他们在放电管附近放一块磁铁,发现阴极射线发生了偏转。根据电学知识我们知道,这意味着阴极射线是带电的物质。又有人在实验中发现,放在阴极射线通路上的金属集电器收集到了负电荷。这个实验结果表明,阴极射线似乎是带负电荷的粒子束流。不过,也有人不同意阴极射线是粒子束流的说法,比如,德国物理学家林纳德就是其中的一个。他说,根据他做的实验,阴极射线很容易就能通过放在其通路上的各种屏障,而且在屏障上没有留下任何可以察觉到的空洞小孔,要是阴极射线是一种粒子流的话,那么它应该在屏障上留下由它们打出的微孔才是。于是,他认为阴极射线是一种波。因为大家都知道,光波就是很容易通过光学透明物体,而且在它们上面不留下任何可察觉的痕迹的。

阴极射线究竟是什么呢?是带电的粒子流还是一种波?英国科学家促进会最高委员会把查清其真相的任务交给了物理学家汤姆孙。这位科学家当时是剑桥大学著名的卡文迪许实验室领导人,40岁左右。汤姆孙分析了当时各位科学家报道的实验结果,特别是关于阴极射线在磁场作用下发生偏转的现象,根据自己掌握的物理知识,认为阴极射线很可能是由快速运动的带电粒子流组成的。他假设阴极射线的带电粒子质量是 m ,电荷量是 e ,飞行速度是 v 。他又设计了一个特殊的实验装置,试图测出这几个物理参数的量值。他是这么想的:如果阴极射线真的是带电粒子流,那么,根据电学知识,在电场作用下阴极射线也会发生偏转。于是他设计了一种实验装置,用来测量阴极射线在电场作用下发生的偏转。他在理论上分析过,根据从实验中测量出来的偏转数值可以确定阴极射线粒子的动能与粒子电荷量的比值($\frac{mv^2}{e}$)。他又利用实验装置测量阴极射线在磁场作用下发生的偏转,确定阴极射线的粒子的动量与粒子电荷量的比值($\frac{mv}{e}$)。由这两个实验测量结果,得到粒子的运动速度 v 以及粒子的电荷量与粒子质量的比($\frac{e}{m}$)。然后,汤姆孙又利用由物理学家威尔逊发明的液滴实验装置,测量阴极射线粒子的电荷量 e ,再与由前面两个实验测量得到的 $\frac{e}{m}$ 相比较,就可

以得到粒子的质量 m 。汤姆孙从他做的实验结果计算出阴极射线粒子的质量是 $9 \times 10^{-31} \text{ kg}$, 大约是氢原子质量的 $\frac{1}{1840}$ 。汤姆孙把他得到的结果写出了一份报告,他在报告中提出,构成阴极射线的带电粒子是自由电荷本身,并给它起了一个新名称,叫做“电子”。

补充习题及参考解答

1. 为什么说电是物质本身的一种性质?

【解答】 因为物质内部客观存在着两种电荷,即原子内部生来就有带正电的质子和带负电的电子,且保持正、负电荷数量相等的状态,一旦当这种状态受到破坏,自然地就会显出电性。

2. 为什么有时会出现两个物体在无需摩擦的情况下也会分别带上电荷?

【解答】 这是因为,物体内部存在有大量的自由移动的电荷即电子,当两个物体接触时,电子就会相互转移,但转移数量并不对等,这样就会在两个物体上分别出现多余的正电荷和多余的负电荷。

3. 请你分析库仑发现电学中第一个定律的主要原因。由此,你感悟到了什么?

【解答】 ① 社会因素:当时社会已开始对电磁应用有所需求;② 科学家之间相互交流的作用:如定律发现之前,已有许多科学家在电荷间相互作用方面提供了一些理论和实验依据;③ 库仑本人的贡献:精密地测量微小电力的扭秤的发明;④ 科学思想和科学方法的作用,如建立物理模型的思想和方法,等量电荷分配原理的巧妙应用等。这说明自然规律的发现跟社会发展的需求、科学技术的进步、科学思想方法的作用和科学家自身素质等有着密切的关系。

4. 请将库仑定律公式跟万有引力公式作比较,它们有哪些相似之处? 你对两个式子中的常量有什么认识? 从比较中你感悟到了什么?

【解答】 两个公式在形式上十分相似:万有引力跟物体间的距离的平方成反比,静电力也跟电荷间的距离的平方成反比;它们各有一个常量;万有引力跟两个物体质量的乘积成正比,静电力跟两个电荷量的乘积成正比。不论两个物体的质量和距离怎样变化,引力常量总是不变的;不论电荷量和电荷间距离怎样变化,静电力常量也总是不变的。这说明自然界存在某些相对不变的东西,正是这些相对不变的东西在制约着变化的东西,进而使它们有效地运动。这说明自然规律的多样性和统一性,也是自然辩证性的表现。

5. 在一个等边三角形的顶点分别放置三个等量的同性电荷,要使它们都处于平衡状态,必须在什么位置配置何种性质的电荷才有可能? 请你自己给等边三角形顶点的三个电荷设置电荷量,设定该三角形的边长,再计算配制电荷的电荷量。

【解答】 提示:在等边三角形的几何中心配置电荷;用力的合成知识和共点力平衡知识处理。

6. 举例说明人们是通过哪些途径利用静电的。人们又是怎样控制静电的危害的?

【解答】 人们是通过静电力和静电火花等途径来利用静电的。人们利用电荷之间存在相互作用,进行静电复印、静电除尘、静电净化空气;人们利用静电火花制作了内燃机的点火装置和燃气灶的点火装置。静电又容易吸附灰尘,造成某些精密仪器的工作故障,静电火花又会引起火灾和爆炸事故,因此,在某些特殊的工作环境和有些电器设备或用具的使用过程

中,需要特别注意静电造成的危害,通常采用抗静电材料制造某些电器设备和用具,改造工艺流程,减少静电的产生;利用接地的方法和增加空气湿度等措施引走静电。

教 学 案 例

1.2 电荷相互作用的规律

【教学目标】

(1) 通过实验,经历定性探究电荷相互作用规律的实验过程,知道电荷之间相互作用力的大小与电荷量和电荷之间距离的定性关系,体会相互作用观念。

(2) 通过史实,了解库仑定量探究电荷相互作用规律的大致过程,领悟库仑扭秤实验装置的精妙、确定电量的巧妙,体会探究库仑定律过程中的类比、转化和对称等科学思想和方法。

(3) 经历在具体的情境中物理模型建构的过程,知道点电荷模型的条件、方法和物理意义,并能够在新情境中尝试建构物理模型研究物理问题。

(4) 知道库仑定律的文字表述及公式表达,经历静电力与万有引力的对比过程,领悟自然规律的多样性和统一性。

【教学器材】

球形的绝缘导体,通草球或塑料颗粒,悬挂通草球或塑料颗粒的细线,支架,感应起电机或摩擦起电棒。

【教学过程】

◆ 新课导入——提出问题

人类对电现象的观察和记录已有 2 000 多年的历史,但对电现象的定量研究直到 18 世纪中叶才开始,在这 1 000 多年的时间内,人类为什么没有定量研究电现象呢? 主要原因有以下几个方面:第一是人类社会生产力的发展还没有提出应用电力的需要;第二是科学实验的风气尚未兴起,人类仅停留在观察和记录层面,对电还缺乏足够的理性认识;第三是人类对相互作用的认识和测量微小电力的实验装置的缺乏。这些使得社会、科学、技术三者之间的关系均尚未达到有需求、有可能进行定量研究电荷相互作用规律的时机。那么,人类是如何发现电荷之间相互作用的定量规律的呢?

◆ 新课教学

1. 定性探究电荷相互作用的规律

(1) 引导学生猜想。

你知道哪些电荷间相互作用的规律? 同种电荷相互排斥,异种电荷相互吸引。

我们只知道电荷间相互作用力的方向,那么其大小跟哪些因素有关呢? 请同学们根据自己做电荷间相互排斥和相互吸引的实验经验出发对该问题可能的答案进行猜想。可能跟电荷量的大小和电荷间距离的大小有关。

你作出这样猜想的依据是什么？学生列举所做的实验及其现象，从中逻辑推理出猜想。你同意这些猜想吗？你有什么实验证据支持这一猜想？

(2) 开展定性实验探究。

为了验证猜想，我们可以参照教材所提供的实验装置进行实验。请同学们阅读教材“影响电荷相互作用的因素”部分，在阅读过程中请思考如下问题：

① 为什么需要用一个绝缘的支架支起球形导体？怎样使球形导体带上电荷？怎样改变它带有的电荷量？

② 为什么球形导体跟通草球或塑料颗粒要处在同一水平位置上？

③ 实验中是怎样应用控制变量方法的？这个实验对环境有哪些要求？

学生在阅读过程中思考并回答这些问题，有利于学生理解实验装置的设计思想和原理，学会设计实验的方法和技巧。在学生交流、讨论问题答案的基础上进行实验探究，验证猜想，并让学生根据实验过程中所观察到的现象进行分析、推理，从而培养学生分析论证的能力。

教师小结：同学们刚才的实验探究和分析论证证明了我们的猜想是正确的，从中不仅验证了电荷间的相互作用力跟电荷量的大小和电荷间距离的大小有关，还得到了电荷间的相互作用力随着电荷量的增大而增大，随着距离的增大而减小。但是，这个实验也有缺点，就是不能得到定量关系。那么，电荷间的相互作用力跟电荷量和电荷之间的距离有怎样的定量关系呢？

2. 定量研究的困难

要定量研究电荷相互作用的规律，需要测量哪些物理量呢？相互作用力的大小、电荷量和电荷间的距离。教师介绍在 18 世纪中叶以前测量这三个量的困难，库仑通过自身的努力，完美地解决了困难。

3. 展示库仑定律的发现过程

(1) 简介库仑定律发现的背景。

早在库仑定律发现之前，许多科学家就已经开始研究这方面的问题。

① 1705 年，埃皮努斯在实验中发现，电荷之间的引力或斥力随距离缩短而增大。

② 1766 年，富兰克林发现，带电的中空金属球内部没有力的作用。在这之前，牛顿已证明中空球状物体内部没有引力（万有引力）作用，且引力随引力中心距离的平方而减弱。普利斯特利应用类比方法推想，电力作用也应遵循平方反比关系。

③ 卡文迪许曾用实验证明电荷斥力跟距离的平方成反比关系，但因实验精度不高，实验的结果仅是一个平方反比关系的雏形。

这些均为库仑的发现奠定了理论和实验基础。

(2) 简介库仑及库仑扭秤实验。

库仑是一位善于动手制作、善于动手实验的科学家。库仑早年在法国巴黎学习军事，毕业后成为了一名军事工程师，并致力于力学方面的研究，对物质的阻力问题很有兴趣，研究过摩擦和扭转的规律，如对毛发、金属丝的扭转弹性的研究。因此，他于 1777 年发明了扭转天平。在法国科学院公布关于船用指南针的最优结构的悬奖征文后，库仑转向电力和磁力方面的研究，并发明了扭秤，用来测量微小的静电力，将静电力大小的测量转化为扭转角度的测量，从而能够测量静电排斥力的大小。库仑扭秤的主要结构见教材说明，最好借助挂图讲解。

关于电荷量的问题,教师做演示实验:用两个相同的金属球,让其中一个带电,另一个不带电,然后相互接触。提问学生:此时两个带电球的电荷量与接触前的电荷量之间有什么样的关系?相互接触以后,由于两个球一样大小,无法区分哪个球带电多,因此只能判定两个球带电一样多,这样就得到每个球的电荷量是原来带电球电荷量的一半。这个巧妙的方法虽然没有测量出电荷量的多少,但是知道了带电体电荷量之间的关系。

两个电荷之间的距离是怎样确定的呢?引导学生基于“质点”模型,库仑考虑到电荷间的距离比其几何尺寸大的多,所以忽略了带电体的形状和大小,把带电体看作是带有电荷量的几何点,从而建立“点电荷”这一理想化模型,简化了所研究的问题。需要说明的是,只有当带电体的距离远大于它们的大小,以至带电体的形状、大小可以忽略时,可以认为带电体所带的电荷量集中在一个“点”上,这样的带电体称为点电荷。点电荷是人们通过思维加工处理后的一个理想化模型,是在研究过程中进行简化、抽象的结果。

(3) 库仑“电摆”实验。

介绍库仑通过扭秤实验得到的数据,分析数据,从中发现电荷之间相互作用力的大小与其距离的平方成反比。指出库仑扭秤实验只研究了电荷之间相互作用排斥力的问题。那么,吸引力能否用该实验装置研究呢?库仑研究异种电荷之间吸引力的定量规律时,在库仑扭秤中两个带电小球常常会相碰,使球上的电荷发生中和,无法进行实验。库仑基于万有引力定律意识到,在地球对物体的作用力遵从平方反比规律的前提下,必然存在地面的单摆摆动周期正比于摆锤离地心的距离,如果异种电荷间的相互作用力也与距离的平方成反比,那么带电的摆球受到异种电荷吸引力的情况下,两个电荷之间的距离同摆动周期成正比,库仑通过“电摆”实验证明了这一结果,从而从实验上证明了电荷之间的相互作用力与其距离的平方成反比。

4. 库仑定律

在体会库仑实验的科学思想和方法的基础上,介绍库仑定律,抓住规律成立条件的关键词“真空”“静止”“点电荷”,规律的文字描述和公式表达,介绍静电力常量,推导其单位。

库仑定律的建立使电磁学进入了定量研究的时代,加速推动了电磁学的发展。在此基础上与万有引力进行对比,领悟自然规律的多样性和统一性。静电力的大小与电荷的电荷量大小和距离有关,万有引力的大小与物体的质量和距离有关,静电力存在引力和斥力,万有引力只存在引力,这是多样性的体现。静电力和万有引力都与距离的平方成反比,都抓住本质建构“点电荷”和“质点”模型,两种相互作用本质上都是“场”——静电场和引力场的作用。

◆ 案例分析

通过案例分析,主要让学生知道以下四点:

(1) 小球因其直径很小,相对于1 m的距离,其形状、大小可以忽略,可以认为带电体所带的电荷量集中在一个“点”上,即可视为“点电荷”。

(2) 力的作用是相互的。计算库仑力的大小时,电荷量只需代入它的大小,电性用来判断库仑力的方向。强调受力分析。相互作用力的具体方向在相应对象上标出。

(3) 理解电荷守恒定律和等量分配原理在小球接触前后的应用。

(4) 金属小球的质量比较小,它们之间的万有引力相对于库仑力,小得几乎可以忽略,所以通常不考虑点电荷之间的万有引力。

◆ 反馈练习

(1) 练习应用库仑定律解决相关问题,体验库仑定律的适用条件和与库仑力的相关的受力分析。

(2) 通过阅读材料了解介质中的库仑定律,知道为什么真空中与空气中差别很小,进一步理解库仑定律的适用条件。

【教学小结】

本节课的教学重点是库仑定律的发现过程,主要是定性和定量的两个实验。其中演示实验要注意实验条件,力求现象明显。库仑扭秤实验的展示要紧紧围绕实验目的,让学生体会到精妙的装置和构思的巧妙是建立在科学的测量原理之上的,通过将库仑定律与万有引力定律的类比让学生深刻理解平方反比关系。切勿让学生陷入记公式、套公式的误区。

通过展示库仑研究的过程,让学生领悟到,任何一个重要的自然规律的发现,与社会发展的需求,科学技术的进步,科学思想、观点、方法的作用,以及科学家们的执著追求与合作的精神、科学态度、坚强意志和优良品质等因素,都有着密切的关系。

第2章

电场的性质

本章教学目标

《课程标准》的要求及其解读

(1) 知道电场是一种物质。了解电场强度,体会用物理量之比定义新物理量的方法。会用电场线描述电场。

解读 《课程标准》包括了四点要求:认知性目标要求有两点,即分别是“知道电场是一种物质”和“了解电场强度”,属于“了解”水平;技能性目标要求是“会用电场线描述电场”;体验性目标要求是“体会用物理量之比定义新物理量的方法”。

“电场是一种物质”属于物理学科核心素养中的物理观念要素,《课程标准》对此的要求是“知道”,即从力和能的角度知道电场的物质性,电场对位于其中的电荷有力的作用,电荷在静电场中具有电势能。

“体会用物理量之比定义新物理量的方法”与“了解电场强度”是过程与结果相统一的两个要求。电场强度概念的形成需要让学生感知电场对位于其中的电荷有力的作用,同一检验电荷在电场中的不同位置和带电荷量不同的检验电荷在电场中的同一位置所受力的不同,进而用比值定义法定义电场强度,知道电场强度的物理意义,了解电场强度的矢量性以及电场的叠加原理。

“会用电场线描述电场”是将抽象的电场转换成形象、直观的曲线,曲线的疏密和切线方向分别表示电场的强弱与方向。学生在初中阶段经历了用磁感线描绘磁体周围的磁场,这为“用电场线描述电场”奠定了基础,学生应经历用电场线描述电场的过程,建构点电荷、等量异种电荷、匀强电场等电场线的模型,培养学生的形象思维能力。

(2) 知道静电场中的电荷具有电势能。了解电势能、电势和电势差的含义。知道匀强电场中电势差与电场强度的关系。能分析带电粒子在电场中的运动情况,能解释相关的物理现象。

解读 《课程标准》包括了五点要求:属于“了解”水平的有“知道静电场中的电荷具有电势能”“了解电势能、电势和电势差的含义”和“知道匀强电场中电势差与电场强度的关系”;属于“理解”水平的有“能分析带电粒子在电场中的运动情况”和“能解释相关的物理现象”。

要知道静电场中的电荷具有电势能,就必须了解静电力做功的特点,学生经历从特殊路径到一般路径计算电场力做的功,进一步应用“微元”法,得到静电力做功跟电荷移动的路径无关,仅与电荷的起始位置和终止位置有关。将重力做功与电场力做功类比,由重力势能引入电势能,进而得到电场力做功与电势能变化的关系,了解电势能的相对性和系统性。

无论是电势能还是电场力做功,均与电场中电荷的电荷量有关,并不能反映电场本身的

性质,类比电场强度概念的建立过程,用比值定义法得到反映电场能的性质的物理量——电势。在具体的情境中了解电势的客观性、标量性和相对性,知道电势能与电势的定量关系,可适当了解等势线和等势面的相关内容,渗透物理学的研究方法。

了解电势差的含义,知道电势差与零电势点的选择无关,建立抽象的电势降低与形象的电场线方向之间的联系,知道电场力做功与电势差的定量关系,知道匀强电场中电势差与电场强度的关系,能在具体的情境中运用此关系解决问题。

带电粒子在电场中的运动,从轨迹的角度看,可分为直线运动和曲线运动,运动规律遵循匀变速直线运动规律和类平抛运动规律;从能量转化的角度看,带电粒子在电场中的运动是电场能与机械能之间的相互转化。带电粒子在电场中的运动与现代电子仪器密切相关,可从具体的仪器入手进行简化建模,分析这类仪器的工作原理,运用所学的知识解释并计算电子变速和偏转的相关问题。

(3) 观察常见的电容器,了解电容器的电容,观察电容器的充、放电现象。能举例说明电容器的应用。

解读 《课程标准》包括了四点要求:属于“了解”水平的有“了解电容器的电容”和“能举例说明电容器的应用”;要求学生观察的有“观察常见的电容器”和“观察电容器的充、放电现象”,其中“观察电容器的充、放电现象”是学生的必做实验。

观察常见的电容器,不仅要求能够识别出现代科技中常见的电容器,还需要对电容器进行解剖,知道其构造,在此基础上通过实验“观察电容器的充、放电现象”,了解电容器是储存电能的元件,在储存电能时极板带有电荷,两极板间有电势差,从而了解电容器储存电荷本领的物理量——电容。通过实验了解影响电容器电容大小的因素,为了解电容器的制造和可变电容器奠定基础。

在电脑主板、日光灯、电风扇、电动机、照相机闪光灯等电路中都有电容器,可以通过查阅相关资料了解电容器在这些电路中的应用,渗透 STSE 的观点。

教学目标

(1) 知道电场是一种物质。从电场的力的性质和电场的能的性质两个角度知道电场的物质性,初步树立电场的物质观。

(2) 了解电场的力的性质,经历电场强度概念的形成过程,知道“试探电荷”物理模型的作用,体会比值定义法定义电场强度的思想方法,了解电场强度的物理意义,会用电场线描述电场,知道点电荷、等量异种电荷、匀强电场等电场线的模型。

(3) 了解电场的能的性质,经历电场力做功与路径无关的探究过程,进一步体会“微元”法,通过重力做功与电场力做功的类比,建立电势能的概念;进一步采用类比法和比值定义法,建立电势的概念,体会电势是反映电场能的性质的物理量;了解电势差的概念,在具体的情境中知道匀强电场中电势差与电场强度的关系;了解电势能、电势和电势差的含义。

(4) 能从动力学、运动学和能量转化的角度分析带电粒子在电场中的运动情况,会对带电粒子在电场中运动密切相关的电子仪器进行简化建模,解释其工作原理。

(5) 了解电容器的电容,通过观察常见的电容器,知道其构造;经历电容器充、放电的实验过程,了解电容器是储存电荷的元件,建立电容的概念;通过实验了解影响电容器电容大

小的因素;能举例说明电容器在日常生活中的应用,渗透 STSE 的观点。

全章教材分析与教学要求

场是物质存在的一种形式,场的概念是现代物理学中最重要的基本概念之一。正如爱因斯坦所说:“用来描写物理现象最重要的不是带电体,也不是粒子,而是带电体之间与粒子之间的空间中的场,这需要很大的科学想象力才能理解。”从中可以看出,学习场的概念需要科学想象力。

本章以“示波器”为探究情境的载体,将探究电场的力的性质和能的性质融入使用示波器和探究示波器的工作原理之中,通过电场线和“类比静电力与重力做功”,降低学生科学想象力的台阶,利于学生建构抽象的物理概念及其概念间的关系;通过系列分析与论证活动,提升学生的科学思维能力;通过系列实验探究活动,提升学生的科学探究能力;通过示波器和电容器的建模、分析和解释,以及说明电容器在日常生活中的应用,渗透 STSE 的观点。

本章的编写思路可以概括为,以示波器为背景,以问题串为线索,以“分析与论证”“实验探究”“思考与讨论”“多学一点”等栏目串联起本章的物理学习活动,促进学生自主学习、合作探究、主动思索,提升学生的物理学科核心素养。

本册教材与以往教材的不同之处是,本章内容为了让学生意识到学习电场的必要性和重要性,激发学生的学习兴趣,以示波器为切入点,把电场放到认识和学习示波器这一具体的电子仪器情境之中,让学生认识到,要探究示波器的工作原理,就需要研究电场的性质;让学生在掌握电场的力的性质和能的性质基础上分析带电粒子在电场中的运动情况,能解释与示波器相关的物理现象。本章内容的编写体现了物理学与技术的结合,彰显“实践—认识—再实践—再认识”的认知过程。

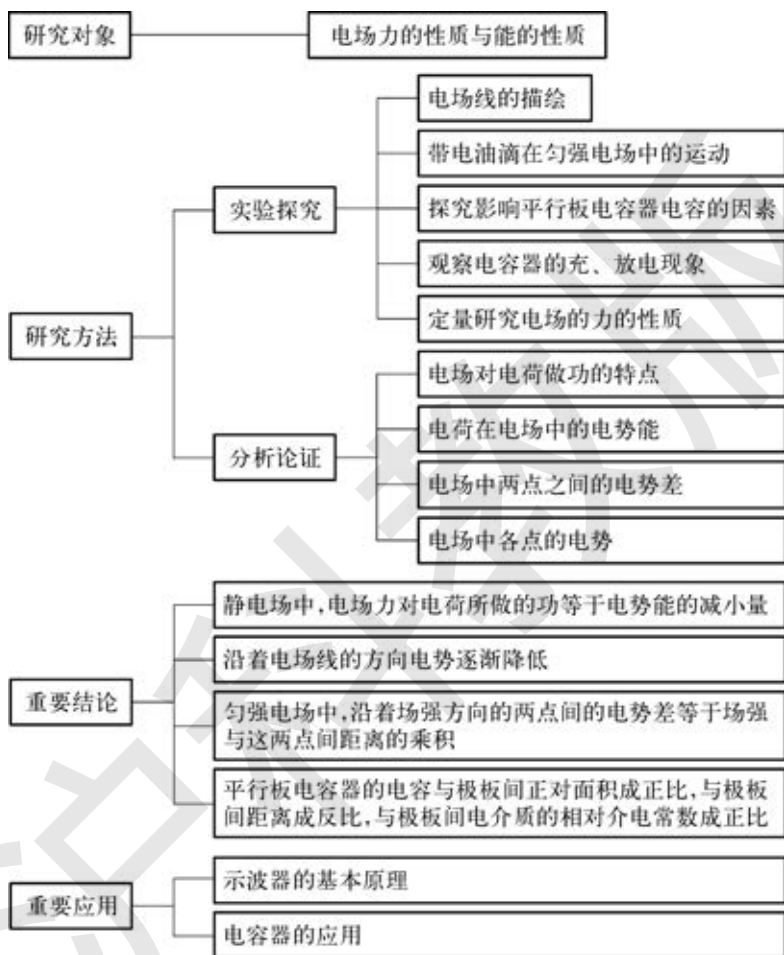
本章内容精心设计问题串,章首语的四个问题促进学生主动探究电场的奥秘;讲述了电场强度的概念,并根据库仑定律和电场强度的定义式得到真空中点电荷电场强度的公式后,设计了两个问题,让学生对电场强度定义式和点电荷电场强度的公式中电荷量的物理意义进行探寻,从而寻找这两个公式的适用条件,进而反思库仑定律的内容;电场线的概念形成后设计的问题,即电场线的特点和是否存在两条相交的电场线的问题有助于学生更加深入理解电场;在分析与论证了电场中各点的电势后设计的问题,旨在让学生从电场力做功和电势差之间的关系中寻找电势高低与电场线方向之间的关系;“学生必做实验 观察电容器充、放电现象”中的“思考讨论”和“分析论证”中的问题串有利于学生理解实验电路、理解充放电实验过程、解释充放电现象、探寻小灯泡发光持续时间差异的原因。

本章内容抽象程度高、理论性强,学生难学,其根源在于科学思维的要求层次高。为了降低思维的梯度,教材设计了五个“分析与论证”,涉及“定量研究电场的力的性质”“电场对电荷做功的特点”“电荷在电场中的电势能”“电场中两点之间的电势差”“电场中各点的电势”。这样设计,不仅降低了思维的台阶,而且还能够让学生掌握比值定义法、类比法等科学方法。教材设计的“思考与讨论”有利于学生加深对电场强度概念的理解,学会判断电势高低的方法。

本章内容注重物理实验,从电场线的实验演示到观察带电油滴在匀强电场中的偏移,从探究影响平行板电容器电容的因素到观察电容器的充、放电现象的学生实验,不仅帮助学生

建立电场线的物理模型,还让学生观察到电荷在匀强电场中的类平抛运动,为学有余力的学生自主探究电荷在匀强电场中的运动规律奠定实验基础;不仅通过实验现象及其推理,得到平行板电容器电容大小的决定因素,还通过学生实验活动,观察电容器的充、放电现象过程中小灯泡的亮度变化,从而分析推理得到电容器充、放电时电路中的电流和电容器两端电压的特点。

本章教材的设计框架和知识逻辑结构如下框图所示:



本章的教学重点主要有四个:第一,从力的角度研究电场所得到的电场强度和电场线概念;第二,从能的角度研究电场所得到的电势能、电势差和电势等物理概念;第三,匀强电场中电势差与电场强度的关系;第四,电容器电容的定义以及平行板电容器电容大小的影响因素。从力和能的角度研究电场,体会电场的物质性,既是物理观念形成的必然要求,又能从中通过科学探究和科学思维活动建构与电场密切相关的核心概念,还能利用这些核心概念解释、解决与静电场密切相关的问题。

本章的教学难点主要有两个:第一,描述电场能的性质的物理量——电势概念;第二,匀强电场中电势差与电场强度的关系。教学中,教师虽然能够利用类比法将电场与重力场进行类比得到电势能,但是,一方面因为学生在学习重力势能时没有接触到与电势可以类比

的物理量,所以电势属于一个全新的概念;另一方面学生容易将电势能误以为是描述电场能的性质的物理量,因此学生对电势概念较难理解。电场强度和电势是分别描述电场力和能的性质的物理量,一方面这两个物理概念的抽象程度较高,另一方面学生易于混淆两者之间关系成立的条件,为此教学中需要创设具体的情境,引导学生寻找这两个物理量之间联系中间量——功。电场力做功与电势差之间的关系普遍适用于静电场,电场力做功与电场强度之间的关系需要匀强电场的条件(高中阶段),关系中的距离是沿着匀强电场方向的两点间的距离。

课时安排建议

本章拟用 8 课时,具体安排如下:

第 2.1 节 2 课时

第 2.2 节 1 课时

第 2.3 节 2 课时

第 2.4 节 1 课时

全章复习和评价 2 课时

各节教材的说明与教学建议

2.1 电场强度

教学目标

(1) 通过科学史的回溯和解读,知道电荷周围存在电场,体会场的概念在物理学中的重要性,感受科学家严谨务实的科学态度。

(2) 经历定量描述电场的过程,知道“试探电荷”物理模型的作用,体会比值定义法定义电场强度的思想方法,了解电场强度的物理意义,发展抽象思维能力。

(3) 经历形象描述电场的过程,了解电场线的特点,知道点电荷、等量异种电荷、匀强电场等电场线的模型,会用电场线描述电场强度的大小和方向,发展形象思维能力。

教材说明

本章教材的章首语由三部分构成,分别是示波器图像情境、问题串和本章内容简介。首先以电子技术中广泛应用的示波器为背景,展示示波器荧光屏上所显示的图像,指出其物理原理是变化的电场控制电子束的运动,导致荧光屏上呈现图像,实现从情境到主题的顺利过渡;再以问题串的形式提出与示波器工作原理密切相关的四个问题;最后介绍本章的主要学习内容和路径。这一编排方式一方面让学生意识到物理就在我们身边,激发学生的学习欲望;另一方面明确本章是从力和能两个角度研究电场,从定量和形象两种途径来描述电场。

本节教材首先从库仑定律入手,思考电荷间的相互作用是靠什么传递的?问题的答案从科学史中去寻找,法拉第、麦克斯韦、爱因斯坦对电场概念的建立,电磁场理论的建构和场概念的重要性作出了杰出的贡献,在介绍电场力概念的基础上指出本章的研究对象——静电场;要研究静电场,首先是描述静电场,教材从定量和形象两个角度来描述电场,在定量描述电场部分,从电场的力的性质出发,建构试探电荷的物理模型,在分析与论证环节,充分展示用比值来定义物理量的研究方法,形成电场强度的概念及其矢量性;在形象描述电场部

分,首先是回顾初中阶段所学习的用磁感线描述磁场,引出电场线的概念,并展示点电荷、等量同种电荷和异种电荷以及匀强电场的电场线;“多学一点”是电场矢量性的延伸,也是电场独立性的体现。

本节教材的内容在编排上与以往教材不同的是,从建立场的概念到电场和静电场的描述,重视场这一大概念的渗透;试探电荷物理模型的建构,既考虑到尽可能减少对原电场的影响,又能确切反映电场某点的性质;分两步建构电场强度的概念,重视比值定义法定义物理量的方法;电场线的描绘,注重从实验现象的观察中建构形象描述电场的电场线模型。

本节教材的内容紧紧围绕库仑定律来展开,从电荷间的相互作用依靠电场,从定量和形象两个方面描述电场,注重学生场概念的形成,进一步体会比值定义法和描绘电场的实验方法,感受电场的形象之美,培养学生的分析与论证、抽象思维和形象思维能力。

电场强度的概念和电场线是本节的教学重点。场的物质性是重要的物理观念之一,从力的角度理解电场的物质性是本节的重要内容。电场线是电场的形象描绘,从中能够分析出电场的大小和方向。用比值定义法定义电场强度会让学生混淆电场力和电场强度的关系,因此本节的教学难点是电场强度的定义方法。

教学建议

学生虽然知道电荷间有相互作用,但是对电荷间是靠什么进行相互作用的并不清楚,教材通过历史的回溯和解读指出是通过电场进行相互作用的,进而从定量和形象两个方面描述电场,注重学生抽象思维和形象思维能力的培养,注重科学方法教育。因此,围绕“怎样描述电场”这个中心开展教学活动,激发学生从力的角度描述电场,充分展示比值定义电场强度的过程和形象描述电场的过程是本节课教学的关键。在形象描述电场环节,需要做好电场线分布的模拟实验,在此基础上与磁感线进行类比,形成电场线模型,并能够根据电场线分析电场强度的大小和方向。

关于“章首语”

建议课题引入时展示教材章首语的意图,从电子技术中的示波器导入,展示示波器测交变电流频率的波形,进而利用视频展示其工作原理,让学生观察到电子束在外加电压的作用下出现偏转现象,从而出现在荧光屏上的不同位置。提出问题:在偏转电极加电压时,电子束的轨迹是怎样的?为什么会出现电子束轨迹的偏转?在偏转电极中,电子束所受到的力是谁施加的?学生在讨论交流的基础上,认识到电子束肯定受到力的作用才发生偏转,并且这个力是偏转电极施加的。教师进一步追问:偏转电极与电子束之间的相互作用是靠什么传递的呢?

教师利用章首语中提出的系列问题,指明这些问题是本章需要探究和解决的,并介绍本章要学习的主要内容和路径。

关于“电场”

可以引导学生联系初中阶段学习的磁极间的相互作用以及磁体周围存在磁场,思考:电荷间的相互作用又是靠什么传递的呢?学生易于形成电荷周围存在电场。简要介绍法拉第在大量实验的基础上提出形象的“力线”和“场”概念,麦克斯韦在总结前人电磁学研究成果的基础上提出电磁场理论,爱因斯坦不仅指出场概念的重要性,还说明场概念的理解需要

很大的科学想象力。建议学生阅读爱因斯坦的话,体认场概念的重要性。学生自主阅读“信息浏览”中的“场的物质性”,了解场与实物一样,具有质量、能量、动量等。

磁场能够对放入其中的磁针产生力的作用,电场能够对放入其中的电荷产生力的作用,这是场的物质性体现之一——力的作用。电荷之间就是通过电场发生相互作用的,电荷在电场中受到的力称为电场力,这个电场力是电场给予电荷的力。

需要说明的是,本章只研究静电场,这里的“静”指的是相对于观察者而言产生电场的电荷是静止的。

关于“定量描述电场”

在高中物理中,描述电场的两种方式是定量和形象:定量描述电场的两种路径是力和能,形象描述电场旨在帮助学生理解抽象的电场。在本节的“定量描述电场”部分,主要从电场力的性质角度探究电场的本质,形成电场强度的概念。

这里的研究对象是电场。既然放入电场中的电荷会受到电场力的作用,那么对所放入的电荷的要求是尽可能不影响原电场,所以该电荷的带电荷量要足够小;为了反映空间中电场的力的性质,这就要求放入电场中的电荷尺寸足够小,以至于能够反映空间中每一点电场的力的性质。这种电荷量和尺寸足够小的电荷,称为试探电荷。试探电荷是一种理想化的物理模型,是在点电荷模型的基础上,对点电荷的电荷量进一步作出规定——电荷量要足够小。

产生电场的电荷称为场源电荷或源电荷。源电荷可以是点电荷也可以不是点电荷。要求试探电荷电荷量足够小,是为了防止电荷量大到一定程度而影响源电荷在带电体上的分布,从而影响源电荷周围的电场。这里的源电荷要与前面所学的元电荷区别开。

教材在“分析与论证”环节研究的是由源电荷产生的电场,这样可以借助库仑定律方便得到不同位置电场力(在此情境下也是静电力)的大小。根据教材图 2-1-1,引导学生计算同一试探电荷在不同位置的电场力,发现其大小和方向并不相同,因此无法用试探电荷所受到的电场力来描述电场的强弱;根据教材图 2-1-2,引导学生计算电性相同而电荷量不同的试探电荷在同一位置的电场力,发现其大小不同,方向相同,并且电场力的大小随试探电荷的电荷量成比例增加,其比 $\frac{F}{q} = k \frac{Q}{r^2}$;引导学生利用电场力与电荷量的比再次计算教材

图 2-1-1 中的情况,发现其比仍然为 $\frac{F}{q} = k \frac{Q}{r^2}$,但是由于试探电荷的位置不同,导致 r 不同,这个比仅和产生电场的源电荷和电场中的某一点到源电荷之间的距离有关,与试探电荷的电荷量及其所受电场力的大小无关;如果空间存在电场,无法清楚产生电场的源电荷,那么这个比能代表什么呢?显然这个比能够反映放入该电场的单位电荷所受到的电场力,这个比是电场的力的性质的表现,在物理学中把这个比称为电场强度,简称场强,用 E 表示,即 $E = \frac{F}{q}$ 。

对形成的新的物理概念进行讨论。第一,电场强度的定义采用了什么研究方法?比值法定义物理量是一种常用的研究方法,比如初中阶段学习的物质的密度 $\rho = \frac{m}{V}$ 、导体的电阻 $R = \frac{U}{I}$ 等。第二,根据比值定义的密度公式,密度与质量成正比吗?密度是物质的一种物理

属性,与物体的质量和体积无关,那么根据 $E = \frac{F}{q}$, 电场强度与电场力成正比吗? 电场强度是反映电场的力的性质,是电场本质属性的物理量,与电场力和试探电荷的电荷量无关。第三,电场强度的单位及其物理意义。第四,介绍电场强度是矢量,其方向与试探正电荷在该点所受的电场力方向相同,如果试探电荷是负电荷,那么电场强度的方向与其受到的电场力的方向相反。在本节“多学一点”中对电场强度矢量性会有进一步的理解。第五,让学生阅读“典型电场的一般强度值”,增强对电场强度大小的感性认识。

“思考与讨论”是对电场强度概念形成过程的反思与深化。第1题关注的是电场强度的定义式和点电荷电场强度的决定式的意义及其适用条件。 $E = \frac{F}{q}$ 是定义电场强度的表达式,用试探电荷在电场中某点受到的电场力与其电荷量的比来定义电场强度,电场中该点的电场强度与试探电荷的电荷量及其受到的电场力的大小无关。 $E = k \frac{Q}{r^2}$ 是场源电荷(点电荷)周围电场强度的决定式,与场源电荷的电荷量成正比,与电场中某点到场源电荷之间的距离的平方成反比,该式只适用于计算场源电荷是点电荷周围的电场。第2题关注的是从点电荷电场强度的决定式反思库仑定律,对于与场源点电荷 Q 相距 r 的点电荷 q , 所受到的库仑力等于场源点电荷 Q 在 r 处的电场强度乘以点电荷 q 的电荷量,表明点电荷之间的相互作用是通过电场产生的,进一步说明电场强度是描述电场本身性质的物理量。

关于“形象描述电场”

形象描述电场是培养学生形象思维能力的重要手段,同时能让学生进一步加深对电场的认知。学生在初中阶段已经学习了磁感线,知道磁感线并不是真实存在的曲线,并主要通过被磁体磁化的小铁屑的分布与排列来形象地描述磁场的。与此类似,法拉第采用电场线来描述电场。如何通过实验看到这样的电场线呢?

建议教师做一些典型电场的模拟电场线分布实验,详见本章的“课程资源”。有条件的学校可以做分组实验,展示奎宁结晶或头发屑在电场中的分布图样,引导学生观察图样,并尝试用几何曲线再现这些图样。在此基础上,分析所画线的特点:可从点电荷入手,发现这些曲线疏密不同,靠近点电荷的地方比较密,远离点电荷的地方比较疏,结合点电荷电场强度的公式,引导学生得出曲线越密(疏)的地方电场强度越大(小)。那么电场强度的方向如何在这些曲线中显现呢? 学生可以发现,点电荷周围的电场线属于直线,直接在直线上表示方向后就能显示电场强度的方向。那么对于等量异种电荷的电场线(曲线)又如何表示电场强度的方向呢? 引导学生借助“磁感线上任意一点的切线方向表示该点的磁场方向”,得到曲线上每一点的切线方向表示该点的电场强度方向。所画曲线的疏密表示电场强度的大小,曲线上每一点的切线方向表示电场强度的方向,这样有方向的曲线就是电场线,学生发现电场线从正电荷或无限远出发,终止于无限远或负电荷。

与磁感线类似,电场线不是电场中实际存在的曲线,而是一种能够形象描述电场强度大小和方向的物理模型。教师可以展示电场线并选取其中的两个点,让学生比较这两点的电场强度的大小,并画出这两点电场强度的方向。教师进一步展示匀强电场的电场线,让学生比较其中任意点的大小和方向,发现处处大小和方向相同,这样的电场叫做匀强电场。引导

学生归纳匀强电场的电场线特点,即一簇间距相等的有方向的平行线。教师进一步提问:“电场中是否存在两条相交的电场线?”这一问题主要从电场线中某一点电场强度的方向来考虑。根据电场强度的定义,放入交点的正试探电荷所受力的方向是确定的,此方向就是该点电场强度的方向,而根据电场线某点的切线方向就是该点电场强度的方向来判断交点电场强度的方向,出现该点有两个电场强度的方向,这与交点的电场强度方向是确定的相矛盾,因此不存在两条相交的电场线。这种证明方法是反证法,是解决问题的一种有效思维方法。

教师通过各种典型电场的电场线,引导学生归纳电场线的特点:电场线并非客观存在,而是假想的辅助曲线;电场线从正电荷或无限远出发,终止于无限远或负电荷;电场线可以形象地描述电场强度的大小和方向;电场中不存在两条相交的电场线。

关于“多学一点 电场的叠加原理”

该部分内容旨在进一步理解电场强度的矢量性和电场的独立性(两个电场在某点的效果互不影响)。教师创设教材图 2-1-8 的情境,首先计算放置在 P 点的正电荷 q 分别受到点电荷 Q_1 和 Q_2 所产生的电场 E_1 和 E_2 在 P 点的电场力大小,进而根据平行四边形定则画出合力的大小和方向,再根据电场强度的定义式 $E = \frac{F}{q}$,得到 P 点的电场强度大小和方向,容易发现 P 点的电场强度 E_P 和 E_1 、 E_2 的关系遵循平行四边形定则,这就进一步证明电场强度的矢量性。对于多个点电荷周围某点的电场强度,就是各点电荷在该点的电场强度的矢量和,这就是电场的叠加原理。对于某带电体周围某点的电场强度计算,可将该带电体分成若干个点电荷,这些点电荷在该点所产生电场的电场强度矢量和就是该带电体在该点产生的电场的电场强度。该教学过程从两个场源电荷到多个场源电荷,再到带电体(涉及微元法),体现从特殊到一般的思想方法。

在电场的叠加原理基础上,教师提问:是不是空间某处周围的正电荷越多,该处的电场强度越大?正电荷周围再放一个负电荷,空间各处的电场强度一定变小吗?引导学生根据电场的矢量叠加原理举出反例。例如,在圆环上相对于圆心对称分布正电荷,即使正电荷越来越多,圆心处的电场强度仍然等于零。类似地,在圆环上相对于圆心对称分布一个正电荷和一个负电荷,那么圆心处的电场强度要比单独一个正电荷的大。

教学评价

“家庭作业与活动”参考解答

1.【解答】 C。

电场强度的方向跟正的试探电荷在该点所受到的电场力的方向相同,与负的试探电荷所受到的电场力的方向相反。

2.【解答】 C。

电场强度是由电场本身决定的物理量,它跟电场中是否有试探电荷、试探电荷的电荷量以及试探电荷受到的电场力均无关。

3.【解答】 根据 $E = \frac{F}{q}$,电场强度的方向与试探电荷所受到的力的方向及试探电荷的

电性有关。试探正电荷所受的电场力的方向与电场强度的方向相同,试探负电荷所受的电场力方向与电场强度的方向相反。由于本题中的试探电荷是带负电的粒子,所受到的电场力方向竖直向上,因此电场强度的方向竖直向下。

4.【解答】 根据点电荷电场强度的表达式 $E = k \frac{Q}{r^2}$, 在 r 处的试探电荷受到的电场力为 F , 则 $E_r = \frac{F}{q} = k \frac{Q}{r^2}$, 所以 $Q = \frac{Fr^2}{kq}$ 。当距离为 $2r$ 时, $E_{2r} = k \frac{Q}{(2r)^2}$, 代入 Q , 则 $E_{2r} = k \frac{Q}{(2r)^2} = k \frac{Fr^2}{4kqr^2} = \frac{F}{4q}$ 。

5.【解答】 电场强度是矢量,根据点电荷电场强度的表达式 $E = k \frac{Q}{r^2}$, 可得:

(1) q_1 在 D 点产生的电场的电场强度为 $E_1 = k \frac{q_1}{r_{AD}^2} = 9.0 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-8}}{0.2^2} \text{ N/C} = 9.0 \times 10^3 \text{ N/C}$, 方向水平向右。

(2) q_2 在 D 点产生的电场的电场强度为 $E_2 = k \frac{q_2}{r_{BD}^2} = 9.0 \times 10^9 \times \frac{8 \times 10^{-8}}{(0.2+0.2)^2} \text{ N/C} = 4.5 \times 10^3 \text{ N/C}$, 方向水平向左。

(3) 根据电场强度的矢量性, D 点的合场强大小为 $E = E_1 - E_2 = 9.0 \times 10^3 \text{ N/C} - 4.5 \times 10^3 \text{ N/C} = 4.5 \times 10^3 \text{ N/C}$, 方向水平向右。

补充课堂检测题和参考解答

1. 电场中有一点 P , 下列说法中正确的是()。

- A. 若放在 P 点的试探电荷的电荷量减半, 则 P 点的场强减半
- B. 若 P 点没有试探电荷, 则 P 点的场强为零
- C. 若 P 点场强越大, 则同一试探电荷在 P 点所受的电场力越大
- D. P 点的场强方向为试探电荷在该点的受力方向

【解答】 C。

P 点的场强与电场本身的性质有关, 与 P 点处有无试探电荷无关, 与放在 P 点的试探电荷的电荷量无关, 故选项 A、B 错误。由 $F = qE$ 知, 选项 C 正确。 P 点的场强方向与放在该点的正电荷所受力的方向一致, 现试探电荷的性质不明, 故选项 D 错误。

2. 图 2-1-1 所示的是某静电场的一部分电场线的分布情况, 下列说法中正确的是()。

- A. 这个电场可能是负点电荷的电场
- B. 点电荷 q 在 A 点受到的电场力比在 B 点受到的电场力大
- C. 点电荷 q 在 A 点的瞬时加速度比在 B 点的瞬时加速度小(不计重力)
- D. 负电荷在 B 点受到的电场力的方向沿 B 点切线方向

【解答】 B。

负点电荷的电场线是自四周无穷远处从不同方向指向负点电荷的直线, 故选项 A 错误。电场线越密的地方场强越大, 由图知 $E_A > E_B$, 又因 $F = qE$, 得 $F_A > F_B$, 故选项 B 正确。

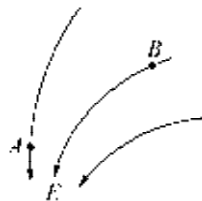


图 2-1-1

由 $a = \frac{F}{m}$ 知, $a_A > a_B$, 故选项 C 错误。B 点的切线方向即 B 点场强方向, 而负电荷所受电场力方向与其相反, 故选项 D 错误。

3. 关于匀强电场, 下列说法中正确的是()。

- A. 如果某空间中有两处电场强度相同, 那么这个空间中的电场一定是匀强电场
- B. 在匀强电场中, 任意两点的电场强度一定相同
- C. 如果某空间中的电场线是直线, 那么这个空间中的电场一定是匀强电场
- D. 匀强电场的电场线一定是一簇等间距的直线

【解答】 B、D。

在等量异号点电荷所组成的电场空间, 在它们的连线垂直平分线上的相对连线对称两点上电场强度相同, 故选项 A 错误。点电荷的电场线是直线, 但它的空间不是匀强电场, 故选项 C 错误。根据匀强电场的定义, 选项 B、D 正确。

4. 在 x 轴上有两个点电荷, 一个带正电 Q_1 , 另一个带负电 Q_2 , 且 $Q_1 = 2Q_2$, 用 E_1 和 E_2 分别表示两个点电荷产生的场强大小, 则在 x 轴上()。

- A. $E_1 = E_2$ 的点只有一处, 该点合场强为零
- B. $E_1 = E_2$ 的点共有两处, 一处合场强为零, 另一处合场强为 $2E_2$
- C. $E_1 = E_2$ 的点共有三处, 其中两处合场强为零, 另一处合场强为 $2E_2$
- D. $E_1 = E_2$ 的点共有三处, 其中一处合场强为零, 另两处合场强为 $2E_2$

【解答】 B。

在两个点电荷之间可以找到一点, 使场强大小 $E_1 = E_2$, 由于 Q_1 与 Q_2 电性相反, 在中间产生的场强方向相同, 合场强为 $2E_2$; 在 Q_1 、 Q_2 连线的延长线上 Q_2 一侧可以找到另一点, 它们产生的场强大小相等, 方向相反, 合场强为零。

2.2 电场力做功的特点 电势能

教学目标

- (1) 探究电场力做功的特点, 体会“微元”的思想方法, 认识到电场力做功与路径无关。
- (2) 通过重力做功与电场力做功的类比, 建立电势能的概念, 了解电势能的相对性和系统性, 了解零电势能位置的选择, 知道电场力做功与电势能变化之间的关系, 通过类比法的风风险认知来体验科学本质观。
- (3) 经历电势差概念的形成过程, 体会从特殊到一般的研究方法。进一步应用比值定义法, 知道电场力做功、电势能变化和电荷电荷量之间的关系, 了解电势差能够反映电场的能的性质。

教材说明

本节教材承接上一节内容, 既然电荷在电场中受到力的作用, 那么这个力做功会有怎样的特点呢? 开启电场的能的性质探究。首先创设在匀强电场中的正电荷从 A 点运动到 B 点, 探究在不同运动轨迹下电场力做功具有怎样的特点, 从平行于电场线的 AB 直线轨迹到

ACB 折线轨迹,学生发现电场力做功相等,再创设 ADB 曲线轨迹,对曲线进行微元分割,发现电场力做功仍然相等,从而得到电场力做功与路径无关;将电场力做功的特点与重力做功的特点比较,发现它们的共同特征是与路径无关,从而两者进行类比,建立电势能的概念,再次通过图像类比,建立电场力做功与电势能变化之间的关系;通过匀强电场中电场力做功的表达式与电势能变化表达式之间的关系,发现电场力做功与电荷量的比只跟电场强度和电荷在电场中两点间移动的位置有关,能够反映电场的能的性质,所以把这个比称为电势差;“案例分析”的目的在于进一步明晰电场力做功与电势能变化以及电势差与电场力做功和电荷量之间的关系,由于教材正文所列举的都是正电荷和匀强电场,因此案例中呈现的情境是负电荷和非匀强电场。

本节教材的内容在编排上与以往教材不同的是电势能、电势和电势差这三个概念之间的编排顺序。以往教材的编排顺序有两种:一种是先讲电势能,再讲电势和电势差;另一种是先讲电势差,再讲电势和电势能。本教材编排的顺序是电势能、电势差和电势。我们认为本教材的编排符合学生的认知规律,便于学生的学习和教师的教学,有助于发展学生的物理学科核心素养。基于学生前一节内容的学习,掌握电场力的概念,进而研究电场力做功及其特点,顺理成章,在探究过程中经历“微元”法,科学思维能力得到提升;功是能量变化的量度,电场力做功必然伴随能量的变化,将电场力做功的特点与重力做功的特点进行类比,探究并形成电势能的概念,在探究过程中注重类比科学方法教育;再追寻反映电场的能的性质的物理量,电场力做功与电荷量的比能够反映电场的能的性质,形成电势差的概念,即 $U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q} = \frac{E_{pA} - E_{pB}}{q}$ 。

本节教材的内容紧紧围绕电场中的功能关系来展开,从研究电场力做功的特点到电势能概念的建立,再探寻电势差的概念,注重微元、类比、比值定义法等科学方法教育,培养学生的分析与论证能力。

电场力做功的特点、电势能和电势差概念是本节的教学重点。从能的角度进一步理解电场的物质性是本节的重要内容。功是能变化的量度,因此探究电场力做功的特点是形成电势能概念的基础,类比重力做功是关键。用比值定义法形成电势差概念,此概念能够反映电场的能的性质。用类比法形成电势能的概念需要综合力学的相关知识,因此本节的教学难点是电势能概念的形成。

教学建议

学生熟悉电场强度是描述电场力的性质的物理量,但对电场力做功及其特点并不清楚,教材通过“微元”法研究电场力做功的特点,并指出电场力做功与路径无关,进而采用类比法和比值定义法建立电势能和电势差的概念,注重科学方法教学,培养学生的科学思维能力。因此,围绕“电场的能的性质”这个中心开展教学活动,激发学生从功的角度探究电场力做功的特点,充分展示类比法建立电势能和比值定义法定义电势差的教学过程是本节课教学的关键。在“案例分析”环节,需要做好非匀强电场情境中负电荷移动时电势能的变化和电势差的分析,在此基础上总结本节所学内容。

关于“研究电场力做功的特点”

既然电荷在电场中受到电场力的作用,那么电荷在匀强电场中运动时电场力是否对电

荷做功呢?引导学生分析教材图 2-2-1,若电荷沿着垂直于匀强电场的 CB 轨迹和平行于匀强电场的 AB 轨迹运动,学生容易得到 $W_{CB}=0$ 和 $W_{AB}=qEL$ 。进一步提问:若电荷沿着 ACB 轨迹运动,则电场力对电荷又做多少功呢?学生根据功的定义和相关数学知识容易得到 $W_{ACB}=qEL$ 。电荷在这两个轨迹上运动电场力做功相等,并且 $W_{AB}=W_{AC}$ 。引导学生猜想:电场力做功有怎样的特点?学生的猜想需要进一步分析与论证。

若电荷沿着任意曲线轨迹 ADB 从 A 点运动到 B 点,则电场力对电荷又做多少功呢?引导学生根据教材图 2-2-2,将曲线分成可看成直线的小段,以这个小段为直角三角形的斜边,平行和垂直于电场线的为直角边,构成直角三角形。电荷沿每一小段运动时如同教材图 2-2-1 中沿着 AC 轨迹运动,那么沿每一小段运动时电场力对电荷所做的功等于沿着平行于电场线的直角边运动时所做的功,累加的结果表明,电荷沿着任意曲线运动时电场力对电荷所做的功,等于沿着匀强电场的电场线方向的 AB 轨迹运动时所做的功。

引导学生进一步归纳在匀强电场中电场力做功的特点,发现与运动轨迹无关,仅与初末位置有关。若在非匀强电场中,则仍然具有这样的特点吗?引导学生得到电场力对电荷所做的功跟移动电荷的路径无关。

利用上面的结论,解决电荷在非匀强电场中运动时电场力做功跟移动电荷的路径是否无关的问题。

关于“研究电荷在电场中的功能关系”

电荷在电场中运动时,电场力能够对电荷做功,那么电荷的动能势必要发生变化,如果动能增加,那么所增加的动能来源于哪里呢?如果动能减少,那么所减少的动能又变成了什么能量呢?引导学生回顾重力做功的特点,发现电场力做功与重力做功的特点相同,都与路径无关。因此可以采用类比的方法,根据重力势能引出电势能。

建议教师根据教材图 2-2-3 开展类比教学:地球上的物体受到重力的作用,电场中的电荷受到电场力的作用;重力能够对物体做功,电场力也能对电荷做功;重力做功与初末位置有关而与路径无关,电场力做功与初末位置有关而与路径无关。重力相关的物理知识和电场力相关的物理知识之间存在这些方面的相同性,因此可将两者进行类比。物体在地球上具有重力势能,那么电荷在电场中有什么呢?学生自然可以推知电势能。类比法是非常重要的—种思维方法,能够从两者的相同或相似特点中推知未知。类比的结果还需要进一步确证。

可将上述电场与重力场类比的内容规划为表 2-2-1。

表 2-2-1 电场与重力场的类比—

序号	类比内容	电 场	重 力 场
1	研究对象	匀强电场中的点电荷 q	重力场中的质点 m
2	受力情况	电场力(忽略重力和阻力)	重力(忽略阻力)
3	做功特点	电场力对电荷做功与路径无关	重力对质点做功与路径无关
4	做功多少	电场力做功 $W_E = qEL$	重力做功 $W_G = mgh$

(续表)

序号	类比内容	电 场	重 力 场
5	做功与势能的变化关系	电场力做正(负)功,电势能减少(增加)	重力做正(负)功,重力势能减少(增加)
6	零势能参考点	无限远处(或地球表面)	地球表面

注:随着对电场的深入研究,可不断充实有关类比内容。

虽然我们是用匀强电场进行类比开展电势能的教学,但是所得到的结论也适用于非匀强电场。教师在教学过程中可列举非匀强电场的实例。例如:正点电荷 Q 激发的电场,在其某一根电场线上有靠近 Q 的 A 点和远离 Q 的 B 点,某正电荷 q 从 A 点运动到 B 点,电场力做正功还是负功? 正电荷 q 在哪个点的电势能大,为什么? 若是负电荷 q 呢? 这个问题有利于学生进一步理解电场力做功与电势能的关系,还能寻找到两者类比的差异,即物体在重力场中从 A 点到 B 点,重力做功和重力势能的变化是一定的,而电荷在电场中从 A 点到 B 点,电场力做功和电势能的变化还与电荷的电性有关。这说明类比法也有风险,两者之间的差异性限制了类比的范围。对类比法的风险认知能够有效渗透科学本质观教育。

关于“电势差”

教师可以根据教材图 2-2-4 引导学生分析不同电荷量的电荷从 A 点运动到 B 点,电场力做功和电势能的变化不仅与电荷的电性有关,而且与电荷的电荷量有关。

若带电荷量为 q 的正电荷从 A 点运动到 B 点,则电场力做正功,电势能减少, $W_{AB} = E_{PA} - E_{PB} = qEL$ 。

若带电荷量为 $2q$ 的正电荷从 A 点运动到 B 点,则电场力做正功,电势能减少, $W_{AB} = E_{PA} - E_{PB} = 2qEL$ 。

若带电荷量为 q 的负电荷从 A 点运动到 B 点,则电场力做负功,电势能增加, $W_{AB} = E_{PA} - E_{PB} = -qEL$ 。

若带电荷量为 $2q$ 的负电荷从 A 点运动到 B 点,则电场力做负功,电势能增加, $W_{AB} = E_{PA} - E_{PB} = -2qEL$ 。

引导学生回顾电场强度的定义,点电荷在电场中所受到的力与电荷量的比来定义电场力的性质的物理量。那么怎样来反映电场能的性质呢? 将上述各个等式都除以电荷量,分别得到 $\frac{W_{AB}}{q} = \frac{E_{PA} - E_{PB}}{q} = EL$, $\frac{W_{AB}}{2q} = \frac{E_{PA} - E_{PB}}{2q} = EL$, $\frac{W_{AB}}{-q} = \frac{E_{PA} - E_{PB}}{-q} = EL$, $\frac{W_{AB}}{-2q} = \frac{E_{PA} - E_{PB}}{-2q} = EL$ 。等式的右边都是 EL , 与电荷无关,只与电场中 A 、 B 两点的位置和电场

强度有关,这个量可以反映电场的能的性质。在物理学中,把 $\frac{W_{AB}}{q}$ 叫做电场中 A 、 B 两点的

电势差,用 U_{AB} 表示,即 $U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$ 。

引导学生对电势差概念进行讨论: 第一,电势差的定义采用了什么研究方法? 第二,根

据 $U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$, 能否得出电势差与电场力做功成正比, 与电荷量成反比的结论? (电势差能够反映电场的能的性质, 是电场本质属性的物理量, 与电场力做功和电荷的电荷量无关。)第三, 电势差的单位是什么? 电势差具有怎样的物理意义? 第四, 电势差也叫做电压, 它是矢量还是标量?

虽然 $U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$ 是从匀强电场中推导出来的, 但是该式也适用于非匀强电场, 这为计算电场力做功带来了方便。教材图 2-2-5 体现了该式的优越性, 只要知道电荷的电荷量和电场中两点之间的电势差, 就不需要考虑电场力的大小和电荷移动的路径, 就能得到电场力所做的功。

在 $U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$ 中, 电势差、电场力所做的功和电荷均有正、负之分, 因此, 可以带符号进行计算, 也可以先计算出大小再根据物理意义判断其正、负。教材中的“案例分析”所采用的方法是第一种, 教师在教学该案例时可以进行改编, 让学生知道其中的两个物理量, 求第三个物理量。

1 eV 是研究微观粒子的常用单位, 需要让学生会换算电子伏特与焦耳这两个能量单位之间的关系, 能够知道 1 eV 的物理意义。

教学评价

“家庭作业与活动”参考解答

1.【解答】 A、C。

设无穷远处的电势能为零, 电荷从电场中某处移到无穷远处时, 若电场力做正功, 则电势能减少, 到无穷远处时电势能减为零, 因此电荷在该点的电势能为正值, 且等于移动过程中电荷电势能的变化, 也就等于电场力做的功。因此, 电场力做的正功越多, 电荷在该点的电势能越大, 选项 A 正确, 选项 B 错误。电荷从无穷远处移到电场中某点时, 若克服电场力做功, 则电势能由零增大到某值, 此值就是电荷在该点的电势能值, 因此, 电荷在该点的电势能等于电荷从无穷远处移到该点时克服电场力所做的功, 故选项 C 正确, 选项 D 错误。

2.【解答】 $-20\text{ V}; 20\text{ V}$ 。

$$U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q} = \frac{1 \times 10^{-7}}{-5 \times 10^{-9}} \text{ V} = -20 \text{ V}。 U_{BA} = -U_{AB} = 20 \text{ V}。$$

3.【解答】 由于电场力的方向与正电荷 q 移动的方向相同, 电场力对正电荷 q 做正功, 正电荷 q 的电势能减少。负电荷 q 从 A 点移到 B 点的过程中, 电场力对负电荷 q 做负功, 负电荷 q 的电势能增加。

4.【解答】 $qEL \cos \theta; qEL \cos \theta; qEL \cos \theta$; 电场力做功的大小与路径无关, 只与始末位置有关。

路径 AB、ACB、ADB 在电场线方向上的投影都是 $BC = L \cos \theta$, 因此电荷沿这三条路径由 A 运动到 B, 电场力做的功都是 $qEL \cos \theta$ 。电场力做功的特点是: 与路径无关, 只与始末位置有关。

补充课堂检测题和参考解答

1. 如图 2-2-1 所示, A、B 两点放有电荷量为 $+Q$ 和 $+2Q$ 的点电荷, A、B、C、D 点在同一直线上, 且 $AC=CD=DB$ 。将一正电荷从 C 点沿直线移到 D 点, 则()。

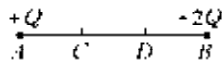


图 2-2-1

- A. 电场力一直做正功
B. 电场力先做正功后做负功
C. 电场力一直做负功
D. 电场力先做负功后做正功

【解答】 B。

由于 A、B 两点均放有带正电的点电荷, 在 AB 连线上有一点的合场强必为零, 在此点左侧, 合场强方向向右; 在此点右侧, 合场强方向向左。设 M 点的合场强为零, 且距 A 点距离为 x , AB 长为 L 。由点电荷场强公式和电场的叠加原理, 有 $E_M = k \frac{Q}{x^2} - k \frac{2Q}{(L-x)^2} = 0$, 解得 $x = (\sqrt{2} - 1)L$, 则 M 点在 C、D 之间。由于移动的是正电荷, 在 M 点左侧所受电场力向右, 所以先做正功; 在 M 点右侧所受电场力向左, 所以后做负功。

2. 关于电场中电荷的电势能大小, 下列说法中正确的是()。

- A. 在电场强度越大的地方, 电荷的电势能也越大
B. 正电荷沿电场线移动, 电势能一定增加
C. 负电荷沿电场线移动, 电势能一定增加
D. 正电荷沿电场线移动, 电势能一定减少

【解答】 C、D。

电荷的电势能与电场力做功有关, 而不是决定于电场强度的大小, 选择 A 错误。正电荷沿电场线移动, 电场力做正功, 电势能减少, 选项 B 错误, 选项 D 正确。负电荷沿电场线移动时, 电场力做负功, 电势能增加, 选项 C 正确。

3. 电子在原子核附近运动时, 电子的电势能是正值还是负值? 取无限远处的电势能为零, 把这个电子由原子核附近移到无限远处, 电子的电势能是增加还是减少?

【解答】 电子受到指向原子核的电场力(引力)作用, 如果电子从无限远处进入原子核的电场, 电场力对电子做正功, 电子的电势能减少。因为取无限远处的电势能为零, 所以, 电子在原子核附近(原子核的电场范围内)运动时, 电子的电势能一定是负值。

把这个电子由原子核附近移到无限远处时, 电场力对电子做负功, 电子的电势能将增加。

4. 在电场中把一个电荷量为 $6 \times 10^{-6} \text{ C}$ 的负电荷从 A 点移到 B 点, 克服电场力做功 $3 \times 10^{-5} \text{ J}$, 再把这个电荷从 B 点移到 C 点, 电场力做功 $1.2 \times 10^{-5} \text{ J}$, 求 A 与 B、B 与 C、A 与 C 之间的电势差。

【解答】 根据电场力做功和电势差的关系得:

$$U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q} = \frac{-3 \times 10^{-5}}{-6 \times 10^{-6}} \text{ V} = 5 \text{ V}.$$

$$U_{BC} = \frac{W_{BC}}{q} = \frac{1.2 \times 10^{-5}}{-6 \times 10^{-6}} \text{ V} = -2 \text{ V}.$$

$$U_{AC} = U_{AB} + U_{BC} = 5 \text{ V} + (-2 \text{ V}) = 3 \text{ V}.$$

5. 一带电油滴在匀强电场 E 中的运动轨迹如图 2-2-2 中的虚线所示, 电场方向竖直向下。若不计空气阻力, 则此带电油滴从 a 点运动到 b 点的过程中, 能量变化情况为()。

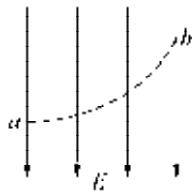


图 2-2-2

- A. 动能减少
- B. 电势能增加
- C. 动能和电势能之和减少
- D. 重力势能和电势能之和增加

【解答】 C。

由运动的轨迹可判定油滴带负电、带负电的油滴受到的电场力和重力的合力向上且电场力大于重力。由动能定理可知, 从 a 点到 b 点, 电场力做正功, 油滴的电势能减少, 克服重力做功, 重力势能增大, 合外力做正功, 动能增加, 所以由能量守恒定律可知, 减少的电势能等于增加的动能和重力势能, 故选项 C 正确。

2.3 电势 电荷在电场中的运动

教学目标

(1) 经历电势概念的建立过程, 再次体会比值定义法的用处。了解电势的客观性、标量性和相对性, 体会电势是客观反映电场的能的特性, 体会电势的正负与零电势点的选择有关。

(2) 知道两点间的电势差和两点电势之间的关系, 体认电势差与零电势点的选择无关, 建立抽象的电势降低与形象的电场线方向之间的联系。

(3) 了解等势面, 知道等势面与电场线垂直的特点。

(4) 经历匀强电场中电势差与电场强度关系的推导过程, 知道两者关系的公式, 了解电场强度的另一个单位 V/m 及其物理意义, 会证明 $1 \text{ N/C} = 1 \text{ V/m}$ 。

(5) 了解示波管的工作原理, 建立电子束在电子枪中的加速运动模型。通过实验建立电子束在偏转电极中的抛体运动模型, 用所学物理知识解决带电粒子在电场中的运动相关问题并解释有关现象, 了解静电场在科学技术中的应用价值。

教材说明

本节教材从电场力做功与电势能变化的关系出发, 进一步采用类比法和比值定义法发现电荷在电场中某一点的电势能与其电荷量的比是一定的, 从而定义描述电场的能的性质的物理量——电势, 建立电势与电势差的关系; “思考与讨论”旨在进一步加深对电势概念的理解, 学会判断两点电势高低的方法; “案例分析”综合电场力做功与电势能变化的关系、电势和电势差的关系, 让学生学会计算电势的方法; “多学一点”通过从地理学中的等高线入手, 类比建立等势面的概念, 并展示几种电场的等势面; 用电场力做功的表达式和电势差的定义式推导电势差与电场强度之间的关系, 并通过公式变形, 用比的方法得到匀强电场电场强度大小的另一表达式, 从中可以发现电场线的方向就是该处电势降落最快的方向; 通过将带电粒子在电场中的运动嵌入在示波管的情境之中, 激发学生的好奇心和求知欲, 同时对本章的章首语进行有效回应; “实验探究”旨在丰富学生的感性认识, 帮助学生建立抛体运动模

型,用所学的力学知识分析并解决带电粒子在电场中运动的相关问题。

本节教材的内容与以往教材不同的是,在电势概念的形成方面吸收了以往教材的长处,采用类比法和比值定义法,以特殊到一般的形式循序渐进建构电势。首先将电荷在电场中的电势能与物体的重力势能进行类比,指出同一电荷在电场中的不同位置 and 不同电荷在电场中的同一位置的电势能大小不同,不同电荷在同一位置的电势能与其电荷量的比相同,从而定义电势的概念,再推广到任意一点电势的表达式。将“带电粒子在电场中的运动”规律嵌入在示波管这一情境之中,通过实验观察带电油滴在匀强电场中的运动轨迹,并将这种轨迹与力学中的抛体运动建立联系,帮助学生建立模型,学生能够根据所掌握的知识分析带电粒子在电场中的运动规律。

本节教材的内容首先围绕电势来展开,在电势概念的建立过程中从特殊到一般,注重类比法、比值定义法等科学方法教育,在电势差与电场强度关系的推导过程中重视电场强度大小的另一表达式及其单位。利用示波管情境嵌入“带电粒子在电场中的运动”,通过“观察带电油滴在匀强电场中的偏移”实验引出问题,进而让学生根据所学知识分析带电粒子在电场中的运动规律。

电势、电势差与电场强度的关系和电子束在偏转电极中的偏移是本节的教学重点。电势是描述电场的能的性质的物理量,电势差与电场强度的关系和电子束在偏转电极中的偏移在科学技术中有着广泛的应用。由于电势概念抽象程度较高,学生不易理解,电势差与电场强度关系的推导难度大、理解要求高,因此建立电势概念和电势差与电场强度的关系是本节的教学难点。

教学建议

学生熟悉电场力做功与电势能变化的关系,初步了解电势差能够反映电场的能的性质,知道电场强度能够描述电场的力的性质,但对电场中某一点电场的能的特性的物理量不清楚,为此,教材通过类比法和比值定义法建立电势的概念,探寻匀强电场中电势差与电场强度的关系,以及在示波管情境下探究带电粒子在电场中的运动规律。教师应紧紧围绕电势和示波管两个主题开展教学活动,让学生进一步加深对电场的能的性质的认知,建立电场的力的性质与能的性质的物理量之间的关系,将解决力学问题的方法和思维迁移到综合运用静电学知识解决带电粒子在电场中的运动模型之中,发展学生的物理学科核心素养。

关于“电势”

教材的旁批为电势概念的教学指明了方向,即仍然采用类比法将重力势能与电势能进一步类比,以建构电势的概念。教学时,可以从如下几个问题入手:不同物体在同一位置重力势能相同吗?同一物体在不同位置重力势能相同吗?那么不同电荷在电场中的同一位置呢?同一电荷在电场中的不同位置呢?在类比得到答案的基础上利用电场力做功与电势能变化的关系进行证明,容易推知同一电荷在电场中的不同位置电势能大小不同。对于不同电荷在同一位置的电势能大小的推理如下:在电场中某点放置不同电荷量(q , $2q$, $3q$, $4q$, ……)的电荷,引导学生将这些电荷移动到零电势能位置,分析电场力做正功还是负功,结合电场力所做的功等于电势能的减少量(增加量的负值),可以判断出不同电荷在同一位置的电势能不同,并且电势能的大小与电荷量成正比。这就说明电荷在电场中某一位置的电势能与其电

荷量的比是一定的,这个比与电荷量无关,仅与电场本身有关,联系到电场强度的定义,定义

电势的概念 $\varphi_M = \frac{E_{PM}}{q}$ 。

将电势的定义式进行变换,得到电势能与电势之间的关系 $E_{PM} = q\varphi_M$ 。由于电势能的大小与零电势点的选取有关,因此电势也具有相对意义,电势的大小与零电势位置的选择有关。理论研究中选取离场源电荷无限远为零电势点,应用中常选大地为零电势点。选择了零电势点,那么电场中某点电势高于零电势点,则该点电势为正,反之为负。虽然某点的电势有正负之分,但是电势是标量,它的正负只是相对于所选的零电势点而言的。

确定了零电势点,那么电场中各点的电势大小就确定了,电场中两点间的电势差也就确定了。电势差与零电势点的选择有关吗?可以利用数学证明,得到电势差的绝对性。

可以利用上一节得到的公式 $U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q} = \frac{E_{PA} - E_{PB}}{q}$, 结合本节电势的定义 $\varphi_M = \frac{E_{PM}}{q}$, 得到

$U_{AB} = \frac{E_{PA}}{q} - \frac{E_{PB}}{q} = \varphi_A - \varphi_B$ 和 $W_{AB} = qU_{AB} = q(\varphi_A - \varphi_B)$ 。至此,电势的物理意义就可以进一步阐明,假设电场中 B 点的电势为零,电荷的带电荷量为 1 C , 那么电场中 A 点的电势就等于把单位正电荷从该点移到零电势点时电场力所做的功,电势是描述电场的能的性质的物理量。

这里的“思考与讨论”旨在得到电场线的指向就是该处电势降落的方向,需要综合运用电场力做功与电势差、电势差与电势的关系。设正电荷在两点间移动,判断电场力做功的正负,得到电势能的高低,从而得到电势差的正负,进而判断出两点电势的高低,再用负电荷进一步分析,得出相同的结论。在此基础上进行归纳总结得出结论。该“思考与讨论”还可以用来对电场中的电场强度和电势这两个物理量进行辨析,发现电势是描述电场的能的性质的物理量,电场强度是描述电场的力的性质的物理量;电势是标量,电场强度是矢量;电场强度的大小与电势的高低之间并无关系,而是沿着电场线的指向是电势降落的方向。

这里的“案例分析”旨在让学生对电势有更为深刻的理解,关键在于电势差与电势关系的表达式 $U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B$, 特别要注意下标的使用规则。另外,在案例总结时需要公式 $W_{AB} = qU_{AB} = q(\varphi_A - \varphi_B)$ 进一步明确, W_{AB} 可正可负, q 可正可负, U_{AB} 可正可负, φ 可正可负,明确正负的物理意义。

电场与重力场的进一步类比内容见表 2-3-1,旨在加深对电场能的性质的理解。

表 2-3-1 电场与重力场的类比二

序号	类 比 内 容	电 场	重 力 场
7	势能与位置、电荷(物体)间的关系	同一电荷在不同位置上的电势能不同,不同电荷在同一位置上的电势能也不同	同一物体在不同位置上的重力势能不同,不同物体在同一位置上的重力势能也不同
8	电势与高度	φ_A 、 φ_B	h_A 、 h_B
9	电势差与高度差	$U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B$	$\Delta h = h_A - h_B$
10	电势降落和高度降落	电场线的指向就是该处电势降落的方向	重力的方向就是高度降落的方向

关于“多学一点 电场的等势面”

“电场的等势面”这部分内容在《课程标准》中没有明确的要求,但我们认为这一内容相当重要,学生应该有所了解,因此在“多学一点”内呈现,满足学生个性化学习的需要。建议教师进一步将电场与重力场进行类比,充分利用教材图 2-3-3,从地理学中的等高线入手,发现物体在等高线上的重力势能相同,那么在匀强电场中电势相同的点构成的线(面)是怎样的呢?这样的线(面)就是物理学中所称的等势线(面)。

教师展示教材图 2-3-4 中几种典型的电场的等势线(面)和电场线分布图,让学生归纳等势线和电场线之间的关系,自主发现等势线(面)与电场线垂直,再从理论上利用反证法进行证明:如果等势线(面)与电场线不垂直,那么电荷在等势线(面)上移动时电场力必然做功,这与电场力做功与电势差之间的关系矛盾。这样的教学既培养了学生的形象思维能力,又能够促进学生科学思维的发展。

对于学有余力的学生,可以进一步分析教材图 2-3-4: 我们知道,电场线的疏密表示电场强度的大小,那么图中蓝色的等势线的疏密是否可以描述电场的强弱呢?培养学生的读图、分析、概括能力。介绍在定量研究电场时,常常先测定电势,描绘出等势线,再根据等势线(面)与电场线之间的关系,描绘出电场线的分布。

电场与重力场的进一步类比内容见表 2-3-2。

表 2-3-2 电场与重力场的类比三

序号	类 比 内 容	电 场	重 力 场
11	等势线(面)和等高线	等势线(面)	等高线
12	同一线(面)上的电势差和高度差	同一等势线(面)上的两点间电势差为零	同一等高线上的两点间高度差为零
13	同一线(面)上的做功情况	在同一等势线(面)上移动电荷,电场力不做功	在同一等高线上移动物体,重力不做功

关于“电势差与电场强度的关系”

教材将描述电场的力的性质和能的性质的物理量建立桥梁,得到电势差与电场强度的关系,在教学过程中应设计问题串,逐层深入地推导出这两者之间的关系,并加深对 d 的理解。首先创设教材图 2-3-5 的情境,提出如下问题串:

问题 1: 电荷 q 在电场中所受到的电场力是多少? 从 A 点运动到 B 点,电场力所做的功是多少?

问题 2: A 、 B 两点间的电势差与电场力所做功之间有怎样的关系?

问题 3: 电势差与电场强度之间有怎样的关系?

问题 4: 如果 A 、 B 两点连成的直线不与电场线平行,那么电势差与电场强度之间有怎样的关系?

问题 5: 表达式中 d 的物理意义是什么?

问题 1 的目的是让学生从功的概念入手,计算电荷在电场力的作用下运动一段距离时电场力所做功的多少;问题 2 的目的是让学生从功与能的关系的角度,基于电势差的定义得

到电势差与电场力做功的关系;问题3将问题1和问题2中的电场力所做的功以及电荷的电荷量消去,得到电势差与电场强度的关系;问题4将轨迹推广到不平行于电场线的情形,仍然得到两者之间的关系;问题5注重对关系中 d 的理解,即两点沿电场强度方向的距离。

由公式 $U=Ed$ 得到 $E=\frac{U}{d}$ 。这是匀强电场电场强度大小的另一表达式,该式表示匀强电场中电场强度的大小可以用两点间的电势差和两点间沿电场方向的距离的比来表示,其意义是:电场强度的大小等于沿着电场方向单位距离上的电势差;电场强度越大,电势随空间位置变化就越快(可用两个强度大小不同的匀强电场进行说明)。可以推出电场强度的另一个单位 V/m 。 V/m 与 N/C 的等价关系推导如下:

$$1\text{ N/C}=1\frac{\text{N}\cdot\text{m}}{\text{C}\cdot\text{m}}=1\frac{\text{J}}{\text{C}\cdot\text{m}}=1\frac{\text{J/C}}{\text{m}}=1\text{ V/m}。$$

需要说明的是,公式 $E=\frac{U}{d}$ 仅适用于匀强电场,对于非匀强电场该式不适用。

关于“探究电子束在偏转电极中的偏移”

建议教师从教材图2-3-6入手,首先展示示波管的工作过程,通电灯丝发射的电子束在电子枪首先被加速,建立电荷在匀强电场中做直线运动的匀变速直线运动模型;在偏转电极中实现偏转,建立电荷在匀强电场中做类平抛运动的模型;最后电子束射到荧光屏上形成亮斑。

为了帮助学生建立类平抛运动的模型,教材安排了一个探究性实验“观察带电油滴在匀强电场中的偏移”。对该实验作如下说明:

- (1) 两块金属板分别与起电机的正负极连接(如上板为正,下板为负)。
- (2) 注射器针尖与负极相连,使从注射器推出的油滴带负电。
- (3) 注射器针尖要细一些,使射入电场的油滴所受的重力可忽略。
- (4) 摇动起电机后,推动注射器活塞,使带电油滴以一定的初速度水平射入匀强电场。
- (5) 摇动起电机时,要缓慢加速至适当的速度,以看清油滴偏转为宜。
- (6) 带负电的油滴在竖直向上的恒定电场力作用下发生偏转,做类平抛运动。

在建构匀变速直线运动模型时,需要考虑“带电粒子所受的重力”是否可以忽略。当电场力远大于带电粒子所受的重力时,可以忽略重力的影响。例如:微观粒子(电子、质子、 α 粒子等)在电场中受到的电场力一般远大于自身所受的重力,所以在建模时可忽略重力的影响(除非有明确需要考虑重力的要求);对于宏观带电体(带电小球、带电液滴等)需要考虑重力的影响(除非有明确的不需要考虑重力的要求)。

教材在处理电子束在电场中的偏转时,所采用的方法是让学生自主分析、归纳。因此可以采用小组合作学习的方式,让学生带着问题自行推导,并相互交流。可设计如下几个问题:

- 问题1: 电子束进入偏转电场的初速度是多少?
- 问题2: 电子束在偏转电场中运动的时间是多少?
- 问题3: 电子束在偏转电场中偏转的位移是多少?
- 问题4: 电子束离开偏转电场时的偏转角是多少?
- 问题5: 电子束在荧光屏上的亮斑偏移量是多少?

问题 1 可从两个角度进行解决,一方面将匀变速直线运动的公式与牛顿第二定律相结合进行处理,另一方面也可以用动能定理处理。可以让学生分别用这两种方法处理问题,体会在电场中应用动能定理的优越性。问题 2 到问题 4 可运用类平抛运动模型解决,其中运动的时间由问题 1 的速度和偏转极板的长度决定,偏移的位移可根据初速度为零的匀加速直线运动而推得,偏转角由水平方向和竖直方向的速度共同决定。问题 5 可建立离开偏转电极后做匀速直线运动的模型解决。

教师还可以提出如下问题:要在荧光屏上形成竖直(或水平)的亮线,偏转电极的电场如何设计?要在荧光屏上形成倾斜的亮线,偏转电极的电场如何设计?要形成章首图中荧光屏上的图像,偏转电极的电场如何设计?让学生尝试解决,从而提高学生分析、解决问题的能力。

教学评价

“家庭作业与活动”参考解答

1.【解答】 因为顺着电场线的方向就是电势降落的方向,所以 M 点的电势比 N 点的高。由于 A 板接地,即 A 板的电势为零,所以 M 点和 N 点的电势均为负值。

如果 B 板接地,即 B 板的电势为零,那么 M 点和 N 点的电势均为正值。因为电场线的方向未变,所以 M 点的电势仍比 N 点的高。

2.【解答】 B 、 D 。

由教材图 2-3-10 知,题目给的电场是一个负点电荷形成的电场,电场线指向负点电荷,越是靠近点电荷,电场线越密,电场强度越强,所以选项 A 错误。

因为顺着电场线的方向就是电势降落的方向,所以 $\varphi_G > \varphi_H$,选项 C 错误。

如果将正电荷从 G 点移动到 H 点,那么电场力做正功,电势能减少,所以,正电荷置于 G 点时的电势能大于置于 H 点时的电势能,选项 B 正确。

负电荷由 H 点移动到 G 点时电场力做正功,选项 D 正确。

3.【解答】 (1) $2 \times 10^{-6} \text{ J}$; (2) $\varphi_A = 200 \text{ V}$ 。

(1) 取无限远处 K 点的电势能为零,即 $E_{PK} = 0$,正电荷从无限远处移动到 A 点,克服电场力做功,说明电场力做负功,即 $W_{KB} = -2 \times 10^{-6} \text{ J}$ 。根据 $W_{KB} = E_{PK} - E_{PA}$, $E_{PA} = E_{PK} - W_{KB} = -W_{KB} = 2 \times 10^{-6} \text{ J}$ 。

(2) 取无限远处 K 点的电势能为零, $\varphi_A = \frac{E_{PA}}{q} = \frac{2 \times 10^{-6}}{1 \times 10^{-8}} \text{ V} = 200 \text{ V}$ 。

4.【解答】 大;高;大;小。

根据电场线的特点,电场线越密的地方,电场强度越大,因此 A 点的电场强度大于 B 点的电场强度。根据某处电场线的指向就是该处电势降落的方向,由于 A 、 B 两点在同一根电场线上,且电场线沿着 A 到 B ,因此 A 点的电势高于 B 点的电势。因为 $E_A > E_B$,根据 $F = Eq$,所以 $F_A > F_B$ 。因为 $\varphi_A > \varphi_B$,根据 $E_p = \varphi q$,考虑到带负电的电荷,所以 $E_{pA} < E_{pB}$ 。

5.【解答】 C 、 D 。

选项中的四个物理量,电场强度和力是矢量,电势和电势能是标量。在以点电荷为球心、 r 为半径的球面,根据点电荷电场强度的表达式 $E = k \frac{Q}{r^2}$,在这个球面上电场强度的大小

相同,方向在点电荷和该点的连线上,因此球面上任意两点的电场强度方向不同,选项 A 错误。根据 $F = Eq$, 在这个球面上同一电荷所受到的电场力的大小相同,方向在点电荷和该点的连线上,因此同一电荷在球面上任意两点所受到的电场力的方向不同,选项 B 错误。这个球面是一个等势面,电势是标量,所以球面上任意两点的电势相同,选项 C 正确。根据 $E_p = \varphi q$, 同一电荷在这个球面上任意两点的电势能相同,选项 D 正确。

6.【解答】 7 V ; 电场力做正功; -7 V 。

电荷从电场中的 N 点移到 M 点,克服电场力做功,说明电场力做负功,即 $W_{NM} = -2 \times 10^{-9} \text{ J}$ 。根据 $W_{NM} = qU_{NM}$, 得 $U_{NM} = \frac{W_{NM}}{q} = \frac{-1.4 \times 10^{-8}}{-2 \times 10^{-9}} \text{ V} = 7 \text{ V}$ 。

$W_{MN} = -W_{NM} = 1.4 \times 10^{-8} \text{ J}$, W_{MN} 大于零,所以电场力做正功。

$U_{MN} = -U_{NM} = -7 \text{ V}$ 。

7.【解答】 $\varphi_D = 9 \text{ V}$ 。

在匀强电场中的任意一点,沿着任意方向每前进相同的距离,其电势的变化都相等。连接 A 、 C 和 B 、 D , 相交于 O , 因为 A 、 B 、 C 、 D 四个点在一正方形的四个顶点,所以 $AO = OC$, $BO = OD$, O 点的电势 $\varphi_O = \frac{\varphi_A + \varphi_C}{2} = \frac{\varphi_D + \varphi_B}{2}$, 因为 $\varphi_A = 15 \text{ V}$, $\varphi_B = 3 \text{ V}$, $\varphi_C = -3 \text{ V}$, 所以 $\varphi_D = 9 \text{ V}$ 。

补充课堂检测题和参考解答

1. 在静电场中,把一个电荷量 $q = 2.0 \times 10^{-5} \text{ C}$ 的负电荷由 M 点移到 N 点,电场力做功 $6.0 \times 10^{-4} \text{ J}$,由 N 点移到同一直线上的 P 点,电场力做负功 $1.0 \times 10^{-3} \text{ J}$,则 M 、 N 、 P 三点电势的高低关系是 _____。

【解答】 $\varphi_N > \varphi_M > \varphi_P$ 。

如图 2-3-1 所示,画一条电场线,方向向右,在中间位置附近画一点作为 M 点。因为由 $M \rightarrow N$ 电场力做正功,即沿着电场力方向移动,而负电荷受电场力的方向与场强方向相反,则可确定 N 点在 M 点左侧。

由 $N \rightarrow P$ 电场力做负功,即沿着电场线移动,又因 $1.0 \times 10^{-3} \text{ J} > 6.0 \times 10^{-4} \text{ J}$,所以肯定移过了 M 点,即 P 点位于 M 点右侧。这样, M 、 N 、 P 三点电势的高低关系是 $\varphi_N > \varphi_M > \varphi_P$ 。

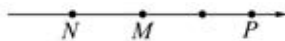


图 2-3-1

2. 如图 2-3-2 所示, A 、 B 为两块足够大的平行金属板,距离为 d ,接在电压为 U 的电源上。在 A 板的中央 P 点处放置一个电子放射源,可以向各个方向释放电子。设电子的质量为 m 、电荷量为 e ,射出的初速度为 v 。求电子打在 B 板上的区域面积。(不计电子所受的重力)

【解答】 研究打在最边沿处的电子,即从 P 处平行于 A 板射出的电子,它们做类平抛运动,打在 B 板上的电子的分布范围为一圆形区域。

由于在平行于 A 板的方向上做匀速直线运动,

圆形区域半径

$$r = vt。$$

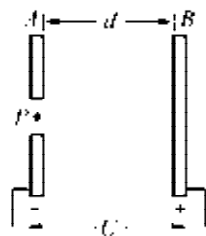


图 2-3-2

①

$$\text{两极板间距} \quad d = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2} \frac{eU}{md}t^2. \quad (2)$$

$$\text{圆形面积} \quad S = \pi r^2. \quad (3)$$

由①②③解得电子打在 B 板上的圆形面积

$$S = \frac{2\pi md^2 v^2}{eU}.$$

3. 如图 2-3-3 所示,带负电的小球静止在处于水平放置的平行板电容器两极板间,距下板 $h=0.8\text{ cm}$,两极板间的电势差为 300 V 。如果两极板间电势差减小到 60 V ,则带电小球运动到极板上需多长时间?

【解答】 取带电小球为研究对象,设它所带电荷量为 q ,则带电小球受重力 mg 和电场力 qE 的作用。

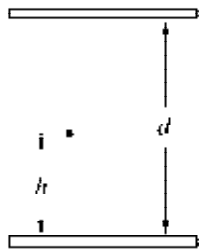


图 2-3-3

$$\text{当 } U_1 = 300\text{ V 时, 小球平衡:} \quad mg = q \frac{U_1}{d}. \quad (1)$$

当 $U_2 = 60\text{ V}$ 时,带电小球向下极板做匀加速直线运动:

$$mg - q \frac{U_2}{d} = ma. \quad (2)$$

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

$$\text{由①②③得 } t = \sqrt{\frac{2U_1 h}{(U_1 - U_2)g}} = \sqrt{\frac{2 \times 300 \times 0.8 \times 10^{-2}}{(300 - 60) \times 10}} \text{ s} = 4.5 \times 10^{-2} \text{ s}.$$

2.4 电容器 电容

教学目标

- (1) 观察并认识常见的电容器,了解其构造,知道其用途,能举例说明电容器的应用。
- (2) 通过实验观察电容器充、放电现象,了解电容器充、放电过程中两极板电荷和电容器能量变化的特点,知道电容器是储存电荷的元件。
- (3) 经历定义电容器电容的过程,进一步理解类比法、等分法、比值定义法,理解电容的概念。能够运用电容的定义式进行简单的计算。
- (4) 通过实验探究影响平行板电容器电容的因素,进一步掌握控制变量法。知道电容的决定式,了解改变平行板电容器电容大小的方法。

教材说明

电容器广泛应用于生产生活,但学生较少注意,为此教材展示了各种电容器的实物图,让学生结合实物图对电容器有一个感性认识,并介绍电容器的符号。电容器在电路中具有

怎样的作用？教材按照《课程标准》的要求编写了“学生必做实验 观察电容器的充、放电现象”，其目的在于：一方面让学生感受电容器是储存电荷和电能的元件，另一方面了解电容器充、放电过程中两极板电荷和电容器能量变化的特点。在必做实验的基础上，感知电容器的带电荷量和两极板间的电势差的变化关系，从而采用比值定义法定义电容。电容的大小与哪些因素有关？教材采用了实验探究的方法，研究影响平行板电容器电容大小的因素，得到电容的决定式。最后介绍固定电容器和可变电容器的结构。

本节教材的内容在编排上与以往教材不同的是，为了丰富学生对电容器的感知，提供了各种电容器的实物图；在电容概念形成之前，为了让学生对电容器的作用有一定的认识，编排了“学生必做实验 观察电容器的充、放电现象”，让学生观察不同充电电压下小灯泡的发光亮度与发光持续时间，在比较差异的基础上了解电容器是储存电荷和电能的元件，又为定义电容的概念奠定基础；在感性经验的基础上采用比值定义法定义电容器的电容；通过实验探究，得到影响平行板电容器电容大小的因素，进而介绍固定电容器和可变电容器的结构。

本节教材的内容紧紧围绕电容器来展开，从让学生熟悉电容器实物到画电容器的符号，从实验探究电容器的充、放电现象到定义电容器的电容，从探究影响平行板电容器电容大小的因素到解剖电容器的内部结构，注重从感性的具体上升为抽象的规定，进而从抽象的规定上升为思维的具体，注重类比法、比值定义法、控制变量法等科学方法教育，培养学生的实验探究、分析与论证能力。

定义电容器的电容和探究影响平行板电容器电容的因素既是本节的教学重点，也是本节的教学难点。电容的定义中电荷量是难以测量的量，要让学生认识到电容器所带的电荷量与电容器的电势差成正比就必须做好学生必做实验，在此基础上获得定性的结果，再利用等分法获得定量的结果。在定性探究影响平行板电容器电容因素实验的基础上，进行理论探究，得到电容的大小与面积成正比，与距离成反比，从而突破该难点。

教学建议

学生对电容器不太熟悉，因此教学时应从电容器的应用入手，通过演示实验引入课题，展示生产生活中的各种电容器，归纳出电容器的共同物理特征；然后实验探究电容器的充、放电过程，形成电容器电容的定义式；再探究影响平行板电容器电容的因素，认识电容大小的决定因素。因此，围绕电容器这个中心开展教学活动，激发学生的好奇心和求知欲，实验探究电容器的充、放电和影响平行板电容器电容的因素是本节课教学的关键。

关于“电容器”

静电学的研究需要将电荷储存起来。用怎样的装置来储存电荷呢？教师可以自制莱顿瓶，让学生感受来自这个瓶所产生的静电现象，进而了解这样的瓶能够储存电荷，在此基础上拆解自制的莱顿瓶，观察其基本结构。介绍生产生活中常用的电容器及其内部结构，让学生发现共同的特征：两个导体和导体间彼此绝缘。将共同的特征用电学符号表示，展示教材图 2-4-1 的电容器符号。

此阶段的教学一定要提高学生对电容器的感性认识，让学生自主归纳电容器的基本结构，了解电容器是储存电荷的元件和电容器在生产生活中的广泛应用。

关于“学生必做实验 观察电容器的充、放电现象”

学生观察到的莱顿瓶的静电现象属于电容器的放电,让莱顿瓶储存电荷的过程属于电容器的充电。电容器的充电是让电容器两极板带上等量的异种电荷,放电是让电容器两极板上的电荷中和,最终电容器不带电。那么,电容器充、放电的过程是怎样的呢?具有怎样的特点?如何设计电路展示电容器的充、放电过程呢?

引导学生根据教材图 2-4-3 的电路图设计出电容器的充、放电实验电路。设计时,结合电路图,让学生思考教材给出的四个思考题,理解滑动变阻器的作用,以及单刀双掷开关 S 置于怎样的位置是充、放电。教材图 2-4-3 的电路中,滑动变阻器以分压式接入电路,目的是改变加在电容器上的电压,当滑片向左滑动时,电容器两端的电压增大;单刀双掷开关 S 置于“1”位置,是给电容器充电,置于“2”位置,是给电容器放电;通过观察小灯泡 H 的亮度和发光的持续时间来分析电容器充、放电过程的特点。

学生设计实验电路并进行讨论交流,在此基础上形成实验方案。在实验过程中,需要改变电容器的电容和电容器两端的电压,按照教材所列的表格收集证据。需要说明的是,电源可选 6~8 V 的直流电源,电容器选择大于几十微法的电解电容器。实验时,固定滑动变阻器的阻值,即保持充电电压相同,观察记录不同的电容器在放电过程中小灯泡闪光的亮度和持续时间。若选择几十微法、几百微法或电容更大的电解电容器来做实验,则在放电过程中所见到的实验现象是:换用电容量较大的电容器做实验时,小灯泡闪光较亮,持续时间较长。

引导学生分析充、放电时电容器支路上电流的方向,得到充、放电电流的方向是相反的实验结论;分析电容器充、放电过程中能量的转化情况。分析“分析论证”中的四个问题:问题 1 说明,电容器充电时通过小灯泡的电流越来越小,原因在于电容器极板上的电荷量增加,两极板间的电压增大;问题 2 说明,电容器放电时通过小灯泡的电流很快减小,原因在于电容器极板上的电荷量减少,两极板间的电压减小,此时的电容器相当于电源;问题 3 说明,电容器两极板间的电压和极板上的电荷量对小灯泡闪光亮度与发光持续时间有影响;问题 4 说明,电容器本身的因素会影响小灯泡闪光亮度与发光持续的时间。有条件的学校可用传感器来做电容器的充电和放电实验,并画出电流随时间变化的图像。

教师可以适当介绍照相机闪光灯的工作原理(与电容器充、放电的过程类似):电源先对电解电容器充电(充电完成时绿色指示灯亮);拍照时,是电容器放电的过程,放电电流通过闪光灯时,闪光灯就发光。如用“傻瓜”照相机拍照时,要有充足的电力,两节 1.5 V 的干电池串联,可拍 36 张照片,一旦电压下降,“傻瓜”照相机就不工作了。实际使用的照相机中通常安装了电子程式自动曝光装置,它能在按动快门的一刹那,完成自动测量光亮度、自动调节快门的光圈和速度、自动对焦距等全过程。

关于“电容”

前面的教学紧紧围绕“学生必做实验 观察电容器的充、放电现象”展开,通过实验现象提出问题:同一电容器在不同的充电电压下,充电完成时,电容器两端的电压相同吗?放电时,为什么高电压情境下小灯泡的发光持续时间长?相同的充电电压下,不同的电容器放电过程中小灯泡的发光持续时间相同吗?通过对以上三个问题的思考,学生能够意识到电容器两极板间的电势差越大,电容器所储存的电荷越多。那么对于电容器而言,电容器两极板

间的电势差与电荷量之间有怎样的定量关系呢?

可采用类比法建立电容的概念,即将电容器和柱形水容器进行类比,将电荷量 Q 类比水的体积 V ,将电势差 U 类比水的深度 H 。根据定性得到的结果:对于某一电容器而言, U 越大, Q 越大;同样地,某一柱形水容器, H 越大, V 越大。因为柱形水容器 V 与 H 的比一定,那么对于电容器而言, Q 与 U 的比应该也是一定的。这样,可以引出电容的概念。

可采用等分法从实验的角度验证 Q 与 U 成正比:将两个相同的电容器并联,首先给一个电容器充电,用电压表测出这个电容器两端的电压;断开电源后,让已充电的电容器给另一个电容器充电,充电完成后电压表的示数降为原来的一半。分析以上实验中电容器极板上的电荷量,发现电荷量被分走了一半,从而导致两极板间的电势差也降为原来的一半。可以进一步实验验证,并联更多的相同的电容器, Q 与 U 成正比。可以换不同的电容器再进行实验验证。

实验发现,同一个电容器的 Q 与 U 的比是一定的,而不同的电容器的 Q 与 U 的比一般不同,显然这个比反映了电容器本身的性质。定义电容器的电容概念,分析其内涵,介绍其物理单位和单位换算。

关于“探究影响平行板电容器电容的因素”

既然电容器的电容等于电容器所带的电荷量与极板间电势差的比,那么电容的大小与所带的电荷量成正比,与电势差成反比吗?显然不是,因为电容的大小由电容器本身所决定。那么哪些因素会影响电容器电容的大小呢?引导学生观察各种电容器和电容器铭牌上的标识(电容的大小),为学生的猜想作好准备。为了研究问题的方便,选择最简单的平行板电容器研究。

在学生猜想出电容的大小与两极板间的距离、极板的正对面积和介质的种类有关时,提问学生:如何表示电容的大小?控制什么量不变才能表示电容的大小?如何表示电势差?实验要用到什么科学方法?根据电容大小的定义式,只要控制电荷量一定,那么两极板间的电势差越大,就表示电容越小;能够显示电势差的仪器很多,介绍静电计。注意验电器与静电计的区别。

验电器是检验物体是否带电的仪器。当验电器带电后,由于同种电荷相斥,带电的金属箔片会张开一定的角度,从金属箔片的张开程度可以看出验电器的带电多少。静电计是测量电势差的仪器。静电计的金属杆与金属外壳构成一个电容器,当静电计的金属杆与金属外壳间有电势差时,由于静电斥力的作用,指针会偏转。电势差越大,指针偏角也越大。指针的偏转角度与刻度盘上的电势差刻度相对应,因此,静电计可以用来测电势差(电压)。静电计也可以当作验电器使用。

引导学生根据教材图 2-4-4 进行实验探究。需要说明的是,手持的极板和静电计的外壳须接地。在实验开始时,两极板间的距离要足够小(在 $0.5\sim 1\text{ cm}$ 之间),所带的电荷量要适中,使得静电计上指针的偏转角度在 15° 左右,在改变距离时距离的变化要大一些,对所插入的介质也有一定的要求(建议采用厚度稍大的介质板),否则角度变化不明显。

有条件的学校可将以上实验转化成学生分组实验。该实验的现象是:仅增大距离时,指针的偏角越大;仅减小正对面积时,指针的偏角越大;仅插入介质时,指针的偏角越小。教师需要根据实验现象引导学生进行分析,在分析时抓住电容的定义式和实验过程中电荷量

保持不变的特点,指针的偏角大小反映了电容器两极板间电势差的大小,从而得出影响平行板电容器电容的因素:极板间距离、正对面积和极板间有无介质。更进一步可得到:正对面积越大,电容越大;极板间距离越小,电容越大;有介质的电容大。

对于平行板电容器电容的决定式,教师可直接提供给学生,主要目的在于利用该公式帮助学生理解平行板电容器的特点,而不是用它进行有关计算。有必要提供一些电介质的相对介电常数(见表 2-4-1),让学生对这个物理量有一定的感性认识。一般来说,电容器的电容是由两个导体的大小和形状、两个导体的相对位置以及极板间的电介质决定的。

表 2-4-1 几种电介质的相对介电常数 ϵ

电介质	空气	石蜡	陶瓷	玻璃	云母	水
$\epsilon / (\text{F} \cdot \text{m}^{-1})$	1.000 5	2.0~2.1	6	4~11	6~8	81

关于“常用电容器”

建议将收集到的各种电容器进行分类,以此让学生进一步熟悉常用电容器。

可通过拆开废旧的电容器、对照教材图 2-4-5、图 2-4-6 和图 2-4-7 或参考有关资料,了解聚苯乙烯电容器、电解电容器、固定电容器、半可变电容器、可变电容器的实物形状、结构、符号。了解可变电容器改变电容的原理。

可指导学生观察电容器的规格,明确电容器的两个主要参数:电容和额定电压。了解击穿电压,使学生具有安全使用电容器的意识。

教学评价

“家庭作业与活动”参考解答

1.【解答】 B、C。

电容是表征电容器特性的物理量,给定的电容器的电容是一定的,即 $C = \frac{Q}{U}$ 一定,电容与电容器所带的电荷量及两极板间的电压无关。

由 $Q = CU$ 知, C 一定时, Q 与 U 成正比。

2.【解答】 $1.35 \times 10^{-6} \text{ C}$ 。

$$Q = CU = 1.5 \times 10^{-2} \times 10^{-6} \times 90 \text{ C} = 1.35 \times 10^{-6} \text{ C}。$$

3.【解答】 C、D。

给定电容器的电容大小由电容器本身的因素决定,与是否带电和两极板间的电势差无关,因此选项 A 和 B 错误,选项 D 正确。给定电容器极板上所带的电荷与两极板间的电势差成正比,因此选项 C 正确。

4.【解答】 D。

油滴处于静止状态,说明油滴受到平衡力的作用。因为油滴带负电,恒定电源连接在平行板电容器的两极板上,所以油滴受到向上的电场力,电场力与重力平衡,即 $G = F_{\text{电}}$,其中 $F_{\text{电}} = qE = q \frac{U}{d}$ 。电容器两极板非常缓慢地错开一些,并未改变电容器两极板间的

距离,而两极板间的电势差不变,因此,油滴所受到的电场力不变,油滴仍然处于平衡状态。由于电容器两极板非常缓慢地错开一些,即电容器两极板的正对面积减小,电容器的电容变小,根据 $C = \frac{Q}{U}$, 两极板间的电势差不变,极板上的电荷量减小,电流计中的电流从 a 流向 b 。

5.【解答】 B。

从图像可知,电容器所带电荷量为 0.2 C 时,两极板间的电势差为 40 V , 根据 $C = \frac{Q}{U}$, 可知该电容器的电容为 $5 \times 10^{-3}\text{ C}$ 。当电容器两端的电压从 40 V 降低到 36 V 时,电容器极板上的电荷量 $Q = CU = 0.18\text{ C}$, 电容器的电荷量变化量为 0.02 C , 电荷量减小,所以处于放电过程。

6.【解答】 C、D。

如教材图 2-4-11 所示的实验装置,开关 S 闭合后,电容器两端的电势差恒定,因此只要开关 S 闭合,无论电容器两极板是靠近还是错开,均不影响静电计所测量的电势差,由于静电计外壳接地,静电计的指针不发生变化。开关 S 闭合后再断开,那么电容器两极板所带的电荷一定,当两极板间的距离增大时,电容器的电容减小,根据 $C = \frac{Q}{U}$, 两极板间的电势差增大,静电计的指针张角增大。同样地,当两极板间的正对面积减小时,电容器的电容减小,根据 $C = \frac{Q}{U}$, 两极板间的电势差增大,静电计的指针张角也增大。

7.【解答】 C。

平行板电容器两极板带电,则在两极板间形成匀强电场,电荷在电场中受到电场力的作用,其大小为 $F_{\text{电}} = Eq = \frac{U}{d}q = \frac{Q}{Cd}q = \frac{4\pi k}{S}q$ 。

补充课堂检测题和参考解答

1. 有一充电的平行板电容器,两极板间的电压为 3 V 。为使该电容器所带的电荷量减少 $3 \times 10^{-4}\text{ C}$, 要将它两极板间的电压降为原来的 $\frac{1}{3}$, 则该电容器的电容是 $\underline{\hspace{2cm}}\text{ }\mu\text{F}$, 该电容器原来所带的电荷量是 $\underline{\hspace{2cm}}\text{ C}$ 。若将该电容器极板上的电荷全部放掉,则该电容器的电容是 $\underline{\hspace{2cm}}\text{ }\mu\text{F}$ 。

【解答】 $150; 4.5 \times 10^{-4}; 150$ 。

电容器两极板间电势差的变化量 $\Delta U = \left(1 - \frac{1}{3}\right)U = \frac{2}{3} \times 3\text{ V} = 2\text{ V}$,

由 $C = \frac{\Delta Q}{\Delta U}$, 得 $C = \frac{3 \times 10^{-4}}{2}\text{ F} = 1.5 \times 10^{-4}\text{ F} = 150\text{ }\mu\text{F}$ 。

电容器原来的电荷量为 $Q = CU = 1.5 \times 10^{-4} \times 3\text{ C} = 4.5 \times 10^{-4}\text{ C}$ 。

电容器的电容是由本身决定的,与是否带电无关,所以电容器放掉全部电荷后,电容仍然是 $150\text{ }\mu\text{F}$ 。

2. 在如图 2-4-1 所示的实验装置中,平行板电容器的极板 A 与一灵敏的静电计相接,

极板 B 接地。若极板 B 向上移动一点,由观察到的静电计指针变化作出平行板电容器电容变小的结论的依据是()。

- A. 两极板间的电压不变,极板上的电荷量变小
- B. 两极板间的电压不变,极板上的电荷量变大
- C. 极板上的电荷量几乎不变,两极板间的电压变小
- D. 极板上的电荷量几乎不变,两极板间的电压变大

【解答】 D。

静电计指针的变化表征了电容器两极板间电势差的变化。在保持电容器所带电荷量 Q 不变的条件下,若极板 B 稍向上移动一点,则电容器的电容 C 变小,两极板间电势差 $U = \frac{Q}{C}$ 变大。

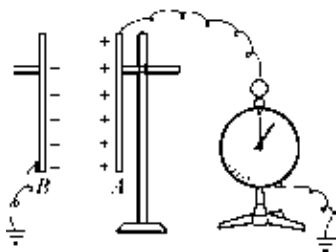


图 2-4-1

3. 如图 2-4-2 所示,先接通开关 S 使电容器充电,然后断开 S 。当增大两极板间的距离时,电容器所带电荷量 Q 、电容 C 、两极板间电势差 U 、电容器两极板间场强 E 的变化情况是()。

- A. Q 变小, C 不变, U 不变, E 变小
- B. Q 变小, C 变小, U 不变, E 不变
- C. Q 不变, C 变小, U 变大, E 不变
- D. Q 不变, C 变小, U 变小, E 变小

【解答】 C。

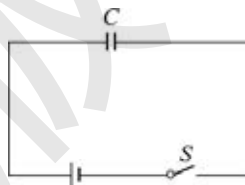


图 2-4-2

电容器充电后再断开开关 S , 它所带电荷量 Q 不变。由 $C \propto \frac{\epsilon S}{d}$ 可知, 两极板正对面积 S 不变, d 增大时, C 变小, 又 $U = \frac{Q}{C}$, 所以 d 增大时, U 变大。对于场强 E , 由于 $E = \frac{U}{d}$, $U = \frac{Q}{C} = \frac{Q}{\frac{\epsilon S}{d}} = \frac{Qd}{\epsilon S}$, 所以 $E = \frac{U}{d} = \frac{Qd}{\epsilon S d} = \frac{Q}{\epsilon S}$ 。由以上分析可知, 间距 d 增大时, E 不变化。

“第 2 章家庭作业与活动”参考解答

A 组

1. 【解答】 B。

静止放置的正电荷, 在电场中受到电场力的作用, 电荷沿顺着电场线的方向运动。根据教材图 2-A-1 中的四幅图, 电场线的描绘不同: A 图沿着电场线的方向电场线逐渐稀疏, 因此沿着电场线的方向电场强度的大小变小; B 图沿着电场线的方向电场线逐渐变密, 因此沿着电场线的方向电场强度的大小变大; C 图沿着电场线的方向电场线疏密程度相同, 因此沿着电场线的方向电场强度的大小不变; D 图沿着电场线的方向电场线先变密再变疏, 因此沿着电场线的方向电场强度的大小先变大再变小。根据牛顿第二定律, 要使电荷的加速度逐渐增大, 那么它所受的电场力 F 应逐渐增大, 根据 $F = qE$, q 不变, 电场强度 E 的大小应逐渐增大, 因此选项 B 正确。

2. 【解答】 D。

电场强度是描述电场的力的性质的物理量,与所放置的电荷无关。电荷放在电场中会受到电场力的作用,其大小关系为 $F = qE$, 因此在电场中的某点电荷所受到的电场力与电荷量成正比,选项 D 正确。

3.【解答】 B、C。

负点电荷的电场线是自四周无穷远处从不同方向指向负点电荷的直线,选项 A 错误。电场线越密的地方场强越大,由图知 $E_A > E_B$, 选项 B 正确。电场强度的方向是沿电场线的切线方向,由图知 A、B 点的切线方向不同,选项 C 正确。B 点的切线方向即 B 点的电场方向,而负电荷在 B 点所受电场力方向与其相反,选项 D 错误。

4.【解答】 C。

根据点电荷电场强度的表达式 $E = k \frac{Q}{r^2}$, 因为 A、B 点到点电荷之间的距离之比为 1:3, 所以电场强度之比为 $E_A : E_B = 9 : 1$ 。

5.【解答】 B。

当 F 向上压膜片电极时,电容器的两极间距变小,电容变大。因电容器两极的电压一定,故电容器上的电荷量变多,即对电容器充电,充电电流方向由 a 到 b, 电流表有示数。

6.【解答】 A。

在作为一个电极的电解液和作为另一个电极的芯柱之间,液面的高低反映了两者正对面积的大小。当液面升高时,两极的正对面积变大,电容增大;液面降低时,两极的正对面积变小,电容减小。

B 组

1.【解答】 $\frac{mgd}{U}$ 。

小油滴受到两个力的作用,即竖直向下的重力 mg 和竖直向上的电场力 qE 。因小油滴悬浮不动,故它处于平衡状态,有

$$mg = qE. \quad ①$$

$$\text{又} \quad U = Ed. \quad ②$$

联立①②两式解得小油滴的电荷量为 $q = \frac{mgd}{U}$ 。

2.【解答】 (1) 匀速直线运动; (2) $\frac{mg}{q}$; (3) mgd 。

带电体是液滴,要考虑它所受的重力。带电液滴在匀强电场中运动,受到电场力的作用,匀强电场的方向是竖直方向的,重力的方向是竖直向下的,因此液滴所受到的合力在竖直方向上。题图显示液滴运动的轨迹是直线,所以该液滴所受到的电场力方向竖直向上,并且与重力平衡,液滴在电场中做匀速直线运动。

液滴做匀速直线运动,它受到平衡力的作用,即 $mg = qE$, 所以 $E = \frac{mg}{q}$ 。

液滴所受到的电场力的方向与重力方向相反,所以,液滴在运动过程中电场力所做的功为 $W = qEd = mgd$ 。

3.【解答】 A、C。

因为是带电颗粒,所以要考虑它所受的重力。带电颗粒在水平向右的匀强电场中所受到的力是水平方向的,重力的方向是竖直向下的,因此带电颗粒必定受到合外力的作用。题图显示颗粒运动的轨迹是斜向上的直线,因此带电颗粒所受到的电场力一定是水平向左的,带电颗粒所带的是负电荷。带电颗粒所受到的合外力的方向是斜向下的,与运动方向相反,才能做直线运动,所以带电颗粒做的是匀减速直线运动,动能减小。带电颗粒在运动过程中仅受到重力和电场力的作用,这两个力做功与路径无关,从能量的角度分析,颗粒在运动过程中仅涉及电势能与机械能的相互转化,总能量保持不变。由于颗粒带的是负电荷,颗粒从A运动到B,电场力做负功,电势能增加,因此机械能减少。

4.【解答】 A、C。

由教材图2-B-4和 φ_a 、 φ_b 、 φ_c 的关系可知,静电场是正的点电荷产生的电场,带正电的粒子从K到L的过程中,粒子受到库仑斥力的作用,它克服电场力做功,动能减少,电势能增加,选项A、C正确。带正电的粒子从L到M的过程中,电场力做正功,粒子的动能增加,电势能减少,选项B、D错误。

5.【解答】 该实验旨在让学生通过实验探究,证实导体处于静电平衡时的电荷只分布在外表面,导体内部没有净电荷。

实验发现验电器A的指针发生偏转。要引导学生分析其原因:验电器A的指针发生偏转,是因为与丝绸摩擦过的玻璃棒上带正电,接触空心金属球,验电器A的指针带上正电荷(接触带电),同种电荷相斥。用绝缘小金属球与空心金属球外表面接触后再与验电器B金属球接触,验电器B的指针发生偏转,说明验电器B的指针带上电荷,电荷来源于小金属球,而小金属球电荷的来源是空心金属球外表面,说明空心金属球外表面带电。用绝缘不带电的小金属球与空心金属球内表面接触后再与指针未偏转的验电器B的金属球接触,验电器B的指针未发生偏转,说明验电器B的指针没有带上电荷,即小金属球没有带电,说明空心金属球内表面没有净电荷。表面带电。

教师可以提供若干实验器材,让学生设计实验方案(在本章“课程资源”中提供了几种实验方案供参考),动手实验,做好记录,写出课题研究报告,并做好交流和评价。

课程资源

实验探究资料

1. 观察模拟电场线的分布图

方法一 微屑悬浮于蓖麻油法

实验器材:感应起电机,自制电场线演示盘,一组自制电极,蓖麻油,微屑(木屑,或头发屑,或奎宁的针状结晶)等。

电场线演示盘的制作:如图2-6-1a所示,用3~5 mm厚的透明有机玻璃制成框架,中间能放置一个培养皿,两边架子上有两个接线柱,用于固定电极。图2-6-1b所示的是点状电极和平板电极,电极下部由铜箔制成,L形连接杆由自行车辐条制成,上部叉形片由

薄铁片制成,可用以调节电极在演示盘中的位置。图 2-6-1c 所示的是凹形半圆筒电极(俯视),外径小于培养皿直径。再制作一个圆筒形电极,电极直径与培养皿内径相同。图 2-6-1d 所示的是刮油板。

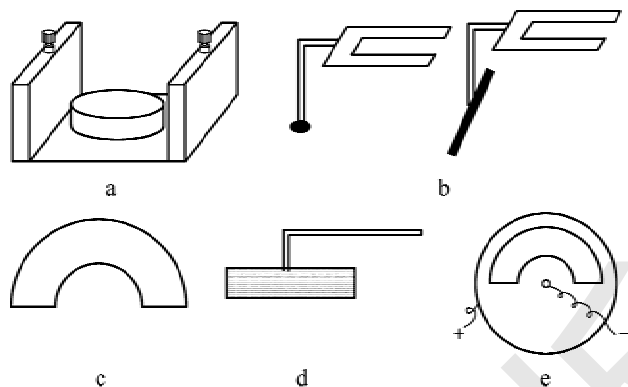


图 2-6-1

实验步骤:

(1) 点电荷电场的电场线。

- ① 将电场线演示盘放在投影仪上,在培养皿内倒入蓖麻油和适量干燥木屑。
- ② 将一个点状电极放在培养皿中央,将圆筒形电极放在培养皿四周,分别接通起电机的两个电极,如图 2-6-1e 所示。

③ 缓慢地加速摇动起电机,即可看到木屑沿电场线方向排列起来。注意:起电机转速太快会引起蓖麻油翻滚,木屑迁移效果不好。

(2) 匀强电场的电场线。

- ① 换用两个平板电极,两板间距约为板长的 $\frac{1}{4} \sim \frac{1}{3}$ 。两极板分别接通起电机的两个电极。

② 缓慢地加速摇动起电机,即可看到匀强电场的电场线。

(3) 两个等量点电荷电场的电场线。

- ① 换用两个点状电极,间距约等于培养皿的半径,分别与起电机的两个电极接通。
- ② 缓慢地加速摇动起电机,即可看到等量异种点电荷的电场线。
- ③ 将两个点状电极接到起电机的一个电极(如正极)上,将圆筒形电极接到起电机的另一个电极上(如负极)。

④ 缓慢地加速摇动起电机,即可看到等量同号点电荷的电场线。

(4) 静电屏蔽。

① 将一个点状电极、圆筒形电极和凹形半圆筒状电极按图 2-6-1e 安装好,圆柱电极和点电荷电极各与起电机的一个电极接通。

② 缓慢地加速摇动起电机,可看到与点电荷电场相类似的电场线,但凹形柱状电极内没有电场线,这就是静电屏蔽区。

注意事项:每次形成一种新的电场线之前,都要用刮油板将原来的电场线搅乱。

方法二 验电羽法

实验器材:验电羽,平行板电容器,感应起电机,导线等。

实验步骤：

(1) 用导线将验电羽的金属杆与起电机的一个放电球相连。摇动起电机，使验电羽带电，可看到验电羽上的丝线向空中展开，如图 2-6-2a 所示。

(2) 用导线将两个验电羽同时与起电机的一个放电球相连。摇动起电机，使两个验电羽带电，将两个验电羽逐渐靠拢，可看到两个验电羽上的丝线在空中展开，如图 2-6-2b 所示。

(3) 用导线将两个验电羽分别与起电机的两个放电球相连。摇动起电机，使两个验电羽带上异种电荷。将两个验电羽逐渐靠拢，可看到两个验电羽上的丝线在空中展开，如图 2-6-2c 所示。

(4) 在平行板电容器的一个板面上粘上细纸条。用导线将两金属板跟起电机的两个放电球分别相连。摇动起电机，将两板逐渐靠拢，可看到两板间的细纸条在空中展开，如图 2-6-2d 所示，表明两极间形成一个匀强电场。

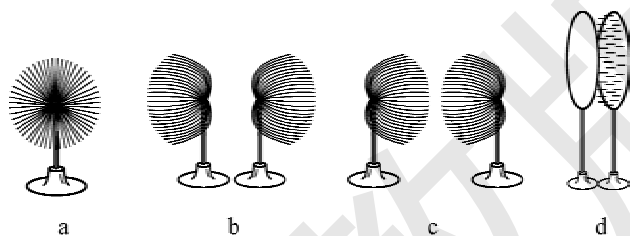


图 2-6-2

注意事项：实验时验电羽跟桌面间最好垫上有机玻璃或硬泡沫塑料板，以提高绝缘性。实验中，应连续摇动起电机，以防止因缓慢放电而影响效果。

2. 研究带电空心金属球的电荷分布实验

方法一 教材第 45 页提供的方法

有时将空心金属球用金属圆筒(叫做法拉第圆筒)代替，因此，该实验实际上就是著名的法拉第圆筒实验。

方法二 用金属网罩和薄纸条做实验

实验器材：金属网罩一套，感应起电机，薄纸条若干，导线等。

实验步骤：

(1) 将轻质纸条分别均匀地粘贴在金属网罩的内、外壁上。把金属网罩放在绝缘金属台上。用导线把金属网罩与感应起电机的一个放电球相连，如图 2-6-3 所示。

(2) 摇动起电机，使金属网罩带电。可看到粘贴在金属网罩外壁上的纸条都张开，而网罩内的纸条仍然下垂，表明金属网罩的电荷只分布在外表面上。

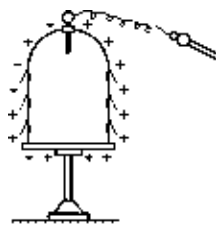


图 2-6-3

注意事项：若纸条太干燥不易带电，张开效果不佳，应让纸条稍微受潮后使用。

3. 制作小莱顿瓶，并用氖管做放电实验

小莱顿瓶的制作方法如下：如图 2-6-4 所示，在干净的胶卷盒外壁上粘贴一层铝箔，

在胶卷盒盖的中心固定一根用回形针做的导杆,往胶卷盒内倒入适量的水,盖上盒盖就做成了一只小电容器——小莱顿瓶。

实验步骤:

- (1) 用感应起电盘使带绝缘柄的金属板带正电。
- (2) 手持氖管的一端,将另一端与带正电的金属板接触,可看到与手持端相连的氖管电极闪光(氖管是电势相对较低的一端闪光)。
- (3) 用感应起电的方法使导电圆盘带上电,再将它与莱顿瓶的导杆接触。经多次充电后,手持氖管一端,将其另一端与莱顿瓶的导杆接触,可以看到氖管产生闪光现象。

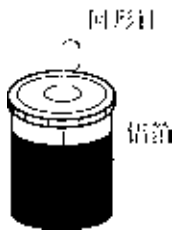


图 2-6-4

4. 关于“探究影响平行板电容器电容的因素”的实验改进

可以用教学专用的平行板电容器做实验。

在使电容器带电时,可使感应起电盘与静电计导杆相连,给电容器极板带上足够多的电荷,此时静电计指针偏转的角度非常小。

研究电介质与电容的关系时,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。

为了减少漏电的可能性,可以把一个极板直接安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 2-6-5 所示)。

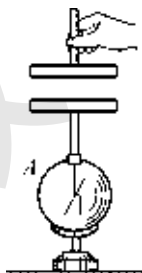


图 2-6-5

5. 关于“带电粒子在电场中的偏转”的实验改进

带电粒子在电场中的偏转实验可以用专用的阴极射线管来做,也可以用如图 2-6-6 所示的自制教具做模拟实验。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 在平行板电容器 CD 电场中的偏转现象显示出来。

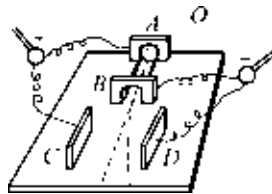


图 2-6-6

参考资料

大地的电势与无限远处的电势

在实际问题中,常取大地的电势为零,即 $\varphi_{\text{地}}=0$,凡接地导体的电势皆为零。其原因是,地球可以被看作一个极大的(对通常的带电体来说是无限大的)导体球。一般带电体与地接通,可能流入(或流出)大地的电荷量极小,可以忽略不计。地面附近的带电体由于静电感应引起地球电荷分布的变化也极小,也可忽略不计。所以地球是一个电势稳定的大导体,以大地作为电势的参考,并规定地球的电势为零是很方便的。

实验证明,取 $\varphi_{\text{地}}=0$ 与取 $\varphi_{\infty}=0$ 是等效的。这是因为,地球上的一切实验都是在实验室或厂房里进行的,其尺度远小于地球,实验中的带电体激发的电场所充满的空间,只是地面上的一个局部小区域,这个区域的边缘,对实验室中的带电体来说,就是物理上的无限远。也就是说,对实际的带电体来说,无限远只是地面上的由各种建筑物构成的部分地区,它们与地是等电势的。因此,对于通常的实验,取无限远处电势为零,与取大地的电势为零是等效的。

补充习题及参考解答

1. 在电场中把质量为 m 的正点电荷 q 由静止释放, 在它运动的过程中, 如果不计重力, 则下列说法中正确的是()。

- A. 点电荷运动轨迹必与电场线重合
- B. 点电荷的速度方向必与所在点的电场线的切线方向一致
- C. 点电荷的加速度方向必与所在点的电场线的切线方向一致
- D. 点电荷的受力方向必与所在点的电场线的切线方向一致

【解答】 C、D。

正点电荷 q 由静止释放, 如果电场线为直线, 那么电荷将沿电场线运动, 但是如果电场线是曲线, 那么电荷就一定不沿电场线运动(因为如果沿电场线运动, 那么速度方向与受力方向重合, 不符合曲线运动的条件), 故选项 A 错误。由于点电荷做曲线运动时, 其速度方向与电场力方向不再一致(初始时刻除外), 故选项 B 错误。点电荷的加速度方向, 即电荷所受电场力的方向必与该点场强方向一致, 即与所在点的电场线的切线方向一致, 故选项 C、D 正确。

2. 如图 2-7-1 所示, AB 是某点电荷电场中的一条电场线, 在电场线上 P 处自由释放一个负试探电荷, 电荷沿直线向 B 点处运动, 对此现象下列判断正确的是(不计电荷所受的重力)()。

- A. 电荷向 B 做匀加速运动
- B. 电荷向 B 做加速度越来越小的运动
- C. 电荷向 B 做加速度越来越大的运动
- D. 电荷向 B 做加速运动, 加速度的变化情况不能确定

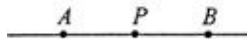


图 2-7-1

【解答】 D。

从静止起动的负电荷向 B 运动, 说明它所受电场力的方向指向 B , 而负电荷所受电场力的方向与电场强度的方向相反, 可知此电场线的指向应为 $B \rightarrow A$, 这就有两种可能性: 一是 B 处有正点电荷为场源, 则越靠近 B 处电场强度越大, 负电荷会受到越来越大的电场力, 加速度应越来越大; 二是 A 处有负点电荷为场源, 则越远离 A 时电场强度越小, 负电荷受到的电场力越来越小, 加速度越来越小, 故正确答案为选项 D。

3. 在电场强度大小为 E 的匀强电场中, 一个质量为 m 、带电荷量为 $+q$ 的物体以某一初速度沿电场反方向做匀减速直线运动, 其加速度大小为 $\frac{4qE}{5m}$, 物体运动 s 距离时速度变为零, 则()。

- A. 物体克服电场力做功 qEs
- B. 物体的电势能减少了 $\frac{4}{5}qEs$
- C. 物体的电势能增加了 qEs
- D. 物体的动能减少了 $\frac{4}{5}qEs$

【解答】 A、C、D。

由加速度大小 $\frac{4qE}{5m}$ 可知, 带电体除受电场力作用外, 还受其他力作用。带电体克服电场

力做功 $W=qEs$, 电势能增加 $\Delta E_p=W=qEs$ 。由动能定理可知, 动能减少 $\Delta E_k=W_{\text{合}}=F_{\text{合}}s=mas=\frac{4}{5}qEs$ 。

4. 如图 2-7-2 所示, a 、 b 、 c 是一条电场线上的三个点, 电场线的方向由 a 到 c , a 、 b 间的距离等于 b 、 c 间的距离, 用 φ_a 、 φ_b 、 φ_c 和 E_a 、 E_b 、 E_c 分别表示 a 、 b 、 c 三点的电势和电场强度, 可以判定()。

A. $\varphi_a > \varphi_b > \varphi_c$

B. $E_a > E_b > E_c$

C. $\varphi_a - \varphi_b = \varphi_b - \varphi_c$

D. $E_a = E_b = E_c$

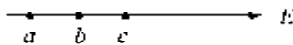


图 2-7-2

【解答】 A。

电场线是直线的电场通常有如图 2-7-3 所示的几种情况。题目给出的一条电场线说不是哪一种, 因此选项 B、C、D 均不正确。不论是何种电场, 沿着电场线方向的电势总是降低的, 即 $\varphi_a > \varphi_b > \varphi_c$, 故选项 A 正确。

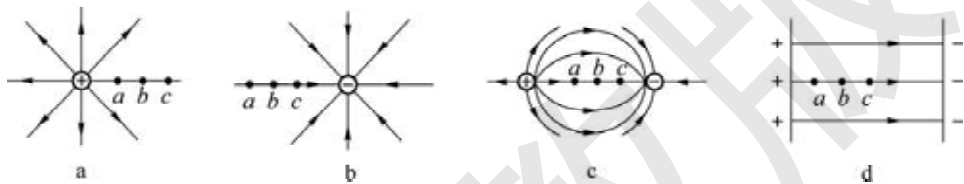


图 2-7-3

5. 如图 2-7-4 所示, 静止的电子在加速电压 U_1 的作用下从 O 经 P 板的小孔射出, 又垂直进入平行金属板间的电场, 在偏转电压 U_2 的作用下偏转一段距离。现使 U_1 加倍, 要想使电子的轨迹不发生变化, 应该()。

A. 使 U_2 加倍

B. 使 U_2 变为原来的 4 倍

C. 使 U_2 变为原来的 $\sqrt{2}$ 倍

D. 使 U_2 变为原来的 $\frac{1}{2}$

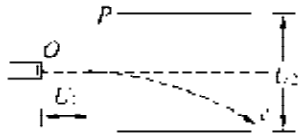


图 2-7-4

【解答】 A。

要使电子的运动轨迹不发生变化, 也就是要使粒子的偏转距离 y 不变, 由偏转距离公式 $y = \frac{qU_2 l^2}{2dmv_0^2}$ 和动能定理 $eU_1 = \frac{1}{2}mv_0^2$ 可得, $y = \frac{U_2 l^2}{4dU_1}$, 所以, 若 U_1 加倍, U_2 也应加倍。

6. 在显像管的电子枪中, 从炽热的金属丝不断放出的电子进入电压为 U 的加速电场, 设电子的初速度为零, 经加速后形成横截面积为 S 、电流为 I 的电子束。已知电子的电荷量为 e 、质量为 m , 则在刚射出加速电场时, 一小段长为 Δl 的电子束内的电子个数是()。

A. $\frac{I\Delta l}{eS} \sqrt{\frac{m}{2eU}}$

B. $\frac{I\Delta l}{e} \sqrt{\frac{m}{2eU}}$

C. $\frac{I}{eS} \sqrt{\frac{m}{2eU}}$

D. $\frac{IS\Delta l}{e} \sqrt{\frac{m}{2eU}}$

【解答】 B。

设电子刚射出电场时的速度为 v , 长 Δl 的电子束内的电子数为 n , 则

$$eU = \frac{1}{2}mv^2, \quad ①$$

$$I = \frac{ne}{\Delta t}, \quad ②$$

$$\Delta t = \frac{\Delta l}{v}, \quad ③$$

由①②③解得

$$n = \frac{I\Delta l}{e} \sqrt{\frac{m}{2eU}}.$$

7. 如图 2-7-5 所示, 把原来不带电的金属球壳 B 的外表面接地, 将一带正电的小球 A 从小孔放入球壳内, 但不与 B 发生接触, 则达到静电平衡后()。

A. B 的空腔内电场强度为零

B. B 不带电

C. B 的内外表面电势相等

D. B 带负电

【解答】 C、D。

当金属球壳 B 接地时, 金属球壳 B 和地球就可看成一个大导体, 相对于小球 A 来说, B 的内表面是近端, 地球另一侧是远端, 因此 B 的内表面被 A 感应而带负电(即 B 带负电), 地球另一侧带正电, 故选项 B 错误、选项 D 正确。由于金属球壳 B 的内外表面及地球均是同一个导体, 它们的电势相等(为零), 故选项 C 正确。因 B 的空腔内有带正电的 A 球和带负电的 B 内表面形成的电场, 由叠加可知 B 的空腔内场强不为零, 故选项 A 错误。

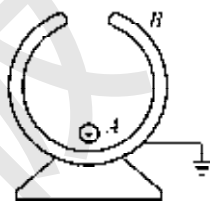


图 2-7-5

8. 如图 2-7-6 所示, 有的计算机键盘的每一个键下面都连有一小块金属片, 与该金属片隔有一定空气间隙的是另一块小的固定金属片, 这两块金属片组成一个小电容器。该电容器的

电容 C 可用公式 $C = \epsilon \frac{S}{d}$ 计算, 式中常量 $\epsilon = 9 \times 10^{-12} \text{ F/m}$, S 表示

金属片的正对面积, d 表示两金属片间的距离。当键被按下时, 此小电容器的电容发生变化, 与之相连的电子线路就能检测到是哪个键被按下了, 从而给出相应的信号。设每块金属片的正对面积为 50 mm^2 , 键未被按下时两金属片的距离为 0.6 mm , 如果电容变化 0.25 pF , 电子线路恰能检测出此信号, 则键至少需要被按下 _____ mm 。

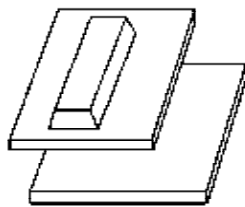


图 2-7-6

【解答】 0.15。

按下键时电容 C 增大, 有 $\Delta C = \epsilon \frac{S}{d - \Delta d} - \epsilon \frac{S}{d}$, 代入数据解得 $\Delta d = 0.15 \text{ mm}$ 。

9. 两块带电的平行金属板相距 10 cm , 两板之间的电势差为 $9.0 \times 10^4 \text{ V}$ 。在两板之间与两板等距离处有一粒尘埃, 它带有 $-1.6 \times 10^{-7} \text{ C}$ 的电荷。这粒尘埃受到的电场力是多大? 这粒尘埃在电场力的作用下运动到带正电的金属板, 电场力所做的功是多少?

【解答】 0.144 N ; $7.2 \times 10^{-3} \text{ J}$ 。

由题知 $d = 0.1 \text{ m}$, $U = 9.0 \times 10^4 \text{ V}$, $q = -1.6 \times 10^{-7} \text{ C}$ 。两板间为匀强电场, 场强大小

$$E = \frac{U}{d} = \frac{9.0 \times 10^4}{0.1} \text{ V/m} = 9.0 \times 10^5 \text{ V/m}。$$

这粒尘埃受到的电场力大小

$$F = qE = 1.6 \times 10^{-7} \times 9.0 \times 10^5 \text{ N} = 0.144 \text{ N}。$$

电场力做功

$$W = F \cdot \frac{d}{2} = 0.144 \times \frac{0.1}{2} \text{ J} = 7.2 \times 10^{-3} \text{ J}。$$

$$\left(\text{或 } W = q \cdot \frac{U}{2} = 1.6 \times 10^{-7} \times \frac{9.0 \times 10^4}{2} \text{ J} = 7.2 \times 10^{-3} \text{ J} \right)$$

10. 如果把 $q = 1.0 \times 10^{-8} \text{ C}$ 的电荷从无穷远处移到电场中的 A 点, 需要克服电场力做功 $W = 1.2 \times 10^{-4} \text{ J}$, 那么:

(1) q 在 A 点的电势能和 A 点的电势各是多少?

(2) q 未移入电场前 A 点的电势是多少?

【解答】 (1) $1.2 \times 10^{-4} \text{ J}$; $1.2 \times 10^4 \text{ V}$; (2) $1.2 \times 10^4 \text{ V}$ 。

(1) 电场力做负功, 电势能增加, 无穷远处的电势为零, 电荷在无穷远处的电势能也为零, 电势能的变化量等于电场力做的功, $W = E_{\text{PA}} - E_{\text{P}\infty}$, 所以

$$E_{\text{PA}} = W = 1.2 \times 10^{-4} \text{ J}, \varphi_A = \frac{E_{\text{PA}}}{q} = \frac{1.2 \times 10^{-4}}{1.0 \times 10^{-8}} \text{ V} = 1.2 \times 10^4 \text{ V}。$$

(2) A 点的电势是由电场本身决定的, 跟 A 点是否有电荷存在无关, 所以 q 移入电场前, A 点的电势仍为 $1.2 \times 10^4 \text{ V}$ 。

11. 一束电子流在经 $U = 5\,000 \text{ V}$ 的加速电压加速后, 在距两极板等距离处垂直进入平行板间的匀强电场, 如图 2-7-7 所示。如果两极板间距 $d = 1.0 \text{ cm}$, 板长 $l = 5.0 \text{ cm}$, 那么, 要使电子能从平行板间飞出, 两个极板上最多能加多大电压?

【解答】 400 V 。

在加速电压一定时, 偏转电压 U' 越大, 电子在极板间的偏转距离就越大。当偏转电压大到使电子刚好擦着极板的边缘飞出, 此时的偏转电压即为题目要求的最大电压。

对于加速过程, 由动能定理得

$$eU = \frac{1}{2}mv_0^2。 \quad ①$$

进入偏转电场后, 电子在平行于板面的方向上做匀速运动

$$l = v_0 t。 \quad ②$$

在垂直于板面的方向上做匀加速直线运动, 加速度

$$a = \frac{F}{m} = \frac{eU'}{dm}。 \quad ③$$

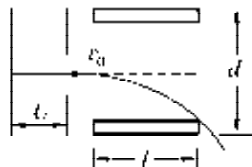


图 2-7-7

$$\text{偏转距离} \quad y = \frac{1}{2}at^2. \quad (4)$$

$$\text{能飞出的条件为} \quad y \leq \frac{d}{2}. \quad (5)$$

$$\text{解①} \sim \text{⑤式得 } U' \leq \frac{2Ud^2}{l^2} = \frac{2 \times 5\,000 \times (1.0 \times 10^{-2})^2}{(5.0 \times 10^{-2})^2} \text{ V} = 400 \text{ V}.$$

要使电子能飞出,所加电压最大为 400 V。

12. 如图 2-7-8 所示,带正电小球的质量 $m = 1 \times 10^{-2} \text{ kg}$, 电荷量 $q = 1 \times 10^{-6} \text{ C}$, 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 $s = 0.15 \text{ m}$ 。求此匀强电场场强 E 的取值范围。(g 取 10 m/s^2)



图 2-7-8

某同学求解如下: 设电场方向与水平面之间的夹角为 θ , 由动能定理 $qEs \cos \theta = \frac{1}{2}mv_B^2 - 0$, 得 $E = \frac{mv_B^2}{2qs \cos \theta} = \frac{75\,000}{\cos \theta} \text{ V/m}$ 。由题意可知 $\theta > 0$, 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。

【解答】 该同学所得结论有不完善之处。 $7.5 \times 10^4 \text{ V/m} < E \leq 1.25 \times 10^5 \text{ V/m}$ 。

为使小球始终沿水平面运动, 除必须满足 $E = \frac{75\,000}{\cos \theta} \text{ V/m}$ 外, 电场力在竖直方向的分力必须小于等于重力

$$qE \sin \theta \leq mg,$$

$$\text{所以} \quad \tan \theta \leq \frac{mg}{\frac{mv_B^2}{2s}} = \frac{2sg}{v_B^2} = \frac{2 \times 0.15 \times 10}{1.5^2} = \frac{4}{3}.$$

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

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

13. 为研究静电除尘, 有人设计了一个盒状容器, 容器侧面是绝缘的透明有机玻璃, 它的上下底面为面积 $A = 0.04 \text{ m}^2$ 的金属板, 间距 $L = 0.05 \text{ m}$ (如图 2-7-9 所示), 当连接到 $U = 2\,500 \text{ V}$ 的高压电源正负两极时, 能在两金属板间产生一个匀强电场。现把一定量均匀分布的烟尘颗粒密闭在容器内, 每立方米有烟尘颗粒 $N = 10^{13}$ 个。假设这些颗粒都处于静止状态, 每个颗粒所带电荷量 $q = +1.0 \times 10^{-17} \text{ C}$, 质量 $m = 2.0 \times 10^{-15} \text{ kg}$, 不考虑烟尘颗粒之

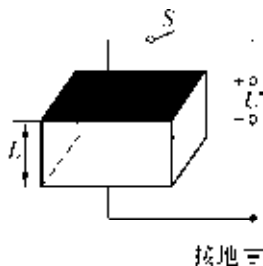


图 2-7-9

间的相互作用和空气阻力,并忽略烟尘颗粒所受的重力。问合上开关后:

- (1) 经过多长时间,烟尘颗粒可以被全部吸附?
- (2) 除尘过程中电场对烟尘颗粒共做了多少功?
- (3) 经过多长时间,容器中烟尘颗粒的总动能达到最大?

【解答】 (1) 0.02 s ; (2) $2.5 \times 10^{-4}\text{ J}$; (3) 0.014 s 。

(1) 由题可知,只要上板表面的烟尘能被吸附到下板,烟尘即被认为全部吸收。烟尘所受电场力 $F = \frac{qU}{L}$, $L = \frac{1}{2}at^2$, $a = \frac{F}{m}$,联立解得 $t = \sqrt{\frac{2m}{qU}} \cdot L = 0.02\text{ s}$ 。

(2) 由于板间烟尘颗粒均匀分布,可以认为烟尘的质心位于板间中点位置,因此,除尘过程中电场力对烟尘所做的总功为

$$W = \frac{1}{2}NALqU = 2.5 \times 10^{-4}\text{ J}。$$

(3) 方法一: 设烟尘颗粒下落距离为 x ,则板内烟尘总动能为

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 \cdot NA(L-x) = \frac{qU}{L}x \cdot NA(L-x)。$$

当 $x = \frac{L}{2}$ 时, E_k 达最大。又据 $x = \frac{1}{2}at_1^2$,得 $t_1 = \sqrt{\frac{2x}{a}} = \sqrt{\frac{m}{qU}} \cdot L = 0.014\text{ s}$ 。

方法二: 假定所有烟尘集中于板中央,当烟尘运动到下板时,系统总动能最大,则 $\frac{L}{2} = \frac{1}{2}at_1^2$,所以 $t_1 = \sqrt{\frac{m}{qU}} \cdot L = 0.014\text{ s}$ 。

教 学 案 例

2.2 电场力做功的特点 电势能

【教学目标】

- (1) 探究电场力做功的特点,体会“微元”的思想方法,认识到电场力做功与路径无关。
- (2) 通过重力做功与电场力做功的类比,建立电势能的概念,了解电势能的相对性和系统性,了解零电势能位置的选择,知道电场力做功与电势能变化之间的关系。通过类比法的风风险认知来体验科学本质观。
- (3) 经历电势差概念的形成过程,体会从特殊到一般的研究方法。进一步应用比值定义法,知道电场力做功、电势能变化和电荷量之间的关系,了解电势差能够反映电场的能的性质。

【教材分析】

教学重点: 电场力做功的特点、电势能和电势差是本节的教学重点。从能的角度进一步理解电场的物质性是本节的重要内容。功是能变化的量度,因此探究电场力做功的特点是形成电势能概念的基础,类比重力做功是关键。比值定义法形成电势差概念,此概念能够

反映电场的能的性质。

教学难点：用类比法形成电势能的概念需要综合力学的相关知识，因此本节的教学难点是电势能概念的形成。

【教学过程】

◆ 新课导入

教师利用手中的粉笔头，松开手后粉笔头自由下落的演示实验引入课题。提出如下问题：粉笔头为什么会下落？粉笔头的速度怎样变化？动能又如何变化？粉笔头的动能由什么能转化而来？学生根据所学的力学知识容易回答这些问题。

教师演示利用韦氏起电机、金属球和轻质锡箔小球，让金属球带电，紧靠金属球的锡箔小球在绝缘板上运动的实验，提出如下问题：锡箔小球为什么会运动？锡箔小球的速度怎样变化？动能又如何变化？锡箔小球的动能由什么能转化而来？

◆ 新课教学

1. 研究电场力做功的特点

金属球带电，导致锡箔小球也带上同性质的电荷，根据同种电荷相互排斥，锡箔小球与金属球相互分离，并在带电金属球周围电场的作用下加速运动，锡箔小球的动能增加，是电场力对锡箔小球做功。

既然电场力能够对电荷做功，那么所做的功具有怎样的特点呢？创设教材图 2-2-1 所示的情境，提出问题：若沿着垂直于匀强电场的 CB 轨迹，电场力做了多少功？若沿着平行于匀强电场的 AB 轨迹，电场力做了多少功？若沿着 ACB 轨迹，电场力又做了多少功呢？学生根据功的定义 $W = F s \cos \alpha$ ，结合电场力的表达式 $F = qE$ ，可得到 $W_{CB} = 0$ ， $W_{AB} = qEL$ 和 $W_{ACB} = qEL$ 。学生发现，电荷从 A 点直接运动到 B 点和从 A 点经过 C 点再运动到 B 点，电场力做功是相等的。引导学生对电场力做功的特点进行猜想，并用教材图 2-2-2 进行分析与论证。

由于电荷沿着任意曲线轨迹 ADB 从 A 点运动到 B 点，回顾重力做功特点的探究方法，引导学生用这种方法研究电荷沿着曲线轨迹 ADB 运动电场力所做的功。首先将曲线分成很多个小段，每一个非常小的小段可看成直线段，以这个直线段为斜边，平行和垂直于电场线的线段为直角边，构成直角三角形，这样电荷沿着非常小的小段运动，电场力所做的功就等于平行于电场线的三角形一直角边运动所做的功，再进行累加，电场力对电荷沿任意曲线轨迹 ADB 所做的功等于沿着匀强电场的电场线方向的 AB 轨迹所做的功。这一结果说明了什么？在匀强电场中，电场力做功与路径无关，仅与初末位置有关。

那么，对于非匀强电场，该规律还适用吗？进一步引导学生用微元法，即将轨迹分成很小的小段，在这一小段中非匀强电场可视为匀强电场，那么在这一小段中电场力做功仅与初末位置有关，对每一小段进行累加，得到电场力做功与路径无关。教师引导学生总结，在任意静电场中，电场力对电荷所做的功跟移动电荷的路径无关。

2. 研究电荷在电场中的功能关系

电场力做功的这一特点与重力做功的特点相同，重力做正功导致物体动能的增加，增加的动能是由重力势能转化而来的，那么电场力对电荷做正功，电荷的动能增加，增加的动能来源于哪里呢？

是采用什么方法认为增加的动能来源于电势能呢? 电场与重力场之间为什么可以进行类比呢? 物体在重力场中受到重力的作用, 电荷在电场中受到电场力的作用; 重力对物体做功与路径无关, 电场力对电荷做功与路径无关; 重力做功引起重力势能变化, 电场力做功引起电势能变化。

展示教材图 2-2-3 所示的情境, 开展重力势能与重力做功关系和电势能与电场力做功关系的类比教学。重力做正功, 重力势能转化为物体的动能, 电场力做正功, 电势能转化为电荷的动能; 重力做负功, 物体的动能转化为重力势能, 电场力做负功, 电荷的动能转化为电势能; 物体在重力场中某一点的重力势能与零势能面的选择有关, 电荷在电场中某一点的电势能与零势能点的选择有关; 物体在重力场中某一点的重力势能等于从该点移动到零势能面重力所做的功, 电荷在电场中某一点的电势能等于从该点移动到零势能点电场力所做的功; 一般选择地球表面为零重力势能面, 一般选择无限远处为零电势能点(有限大带电体)。

在此基础上, 创设正点电荷 Q 周围的电场情境, 在某一根电场线上靠近 Q 的 A 点和远离 Q 的 B 点, 电荷 q 从 A 点运动到 B 点, 电场力做正功还是负功? 电势能增加还是减少? 如果学生利用类比将重力场类比静电场, 那么就会忽略电荷 q 的正负, 从而得出有失偏颇的结论。这个问题让学生意识到, 电场力做功和电势能的变化与电荷的电性有关, 从而意识到类比法也有风险, 两者之间的差异性限制了类比的范围。对类比法的风险认知能够有效渗透科学本质观教育。

3. 电势差

电场力做功等于电势能的减小量, 那么, 不同电荷从匀强电场中的 A 点运动到 B 点电场力做功是多少呢? 以 q 、 $2q$ 、 $3q$ 、 $-q$ 、 $-2q$ 、 $-3q$ 电荷为例, 分析得到电场力所做的功, 发现功的大小不同, 还存在正负性。

引导学生回顾电场强度的相关知识。电场强度是描述电场力的性质的物理量, 采用比值定义的方法, 得到电场强度的公式。那么, 怎样来反映电场能的性质呢? 学生发现, 电场力所做的功除以电荷量是一个与电荷无关的物理量, 只与电场中 A 、 B 两点的位置和电场强度有关, 这个量可以反映电场的能的性质。在物理学中, 把 $\frac{W_{AB}}{q}$ 叫做电场中 A 、 B 两点的电势差, 用 U_{AB} 表示, 即 $U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$ 。

学习一个新的物理概念, 需要对此概念进行讨论。可从以下四个方面对电势差概念进行讨论: 电势差的定义采用了什么研究方法? 根据 $U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$, 电势差与电场力做功成正比, 与电荷量成反比, 正确吗? 电势差的单位及物理意义分别是什么? 电势差是矢量还是标量? 学生在解决这些问题的过程中, 能够内化并加深对电势差概念的理解。

电势差概念也适用于非匀强电场, 可利用教材图 2-2-5 来体现电势差概念的优越性。图中的电场是非匀强电场, 如果要计算电荷从 A 点运动到 B 点电场力做功是多少, 用功的定义式是无法计算的, 因为在运动过程中电场力是变力, 但只要知道 A 、 B 两点的电势差, 而不需要考虑电场力的大小和电荷移动的路径, 就能利用 $W_{AB} = qU_{AB}$ 方便地计算出电场力所做的功。

◆ 案例分析

通过案例分析, 主要让学生知道以下三点:

- (1) 电势差、电场力所做的功和电荷均有正负之分。
- (2) 计算时要带入符号进行计算。
- (3) 若先算出大小,就需要根据情境来判断所计算的物理量的正负。

◆ 反馈练习

(1) 可以对案例进行改编,提供电势差、电场力所做的功以及电荷及其正负三个物理量中的两个,计算另外一个。

(2) 创设问题情境引入电子伏特的概念,知道 1 eV 的物理意义,会进行电子伏特和焦耳这两个能量单位的换算。

【教学小结】

回顾本节课所用的微元法、类比法、比值定义法等科学研究方法;知道电场力做功的特点;了解电势能和电势差的含义;知道电场力做功、电势差和电荷的电荷量之间的关系;体会类比法也是有风险的。

本章教学目标

《课程标准》的要求及其解读

(1) 观察并能识别常见的电路元器件,了解它们在电路中的作用。会使用多用电表。

解读 这里既有体验性目标的要求,又有知识技能性目标的要求。要求教师选择生活与技术中应用较多的电路元器件如电阻器、电容器、电感器、晶体管、二极管、芯片等,让学生通过观察实物,识别(不能只从图上认读)它们的外形、器件上标识的规格和参数,初步了解它们在电路中的作用。如:了解电阻器在电路中能起到限流、限压的作用;了解二极管在电路中能起到控制电流方向的作用;知道芯片(即硅片)是大规模集成电路块,它的出现使传统电路向微型化、低功耗、高可靠性方向发展。让学生经历观察的过程,从中体验获取知识信息的本领。可以相对集中地介绍,也可以结合本模块其他主题的具体内容介绍。

在识别常见的电路元器件和了解它们在电路中的作用的过程中,多用电表是一个非常重要的测量工具。“会使用多用电表”要求学生具备实际操作能力,让学生在实操中学习多用电表的使用方法,如学会换挡,测电池、电路的电压,测直流电路中的电流,测多种阻值的电阻,知道怎样减小测量误差等。实际操作有判断半导体二极管的正负极、用多用电表判断电路故障等。因此,教学中一定要创设丰富的使用多用电表测量元器件的实验场景,让学生在熟练使用多用电表的过程中加深对常见的电路元器件的认识。

(2) 通过实验,探究并了解金属导体的电阻与材料、长度和横截面积的定量关系。会测量金属丝的电阻率。

解读 在初中已经定性认识影响导体电阻因素的基础上,要求通过实验,探究导体电阻与导体的材料、长度和横截面积的定量关系,知道电阻定律及其表达式,了解导体电阻率的概念,知道常见金属导体电阻率大小的排序。认识导体的电阻率与温度有关,适当了解一些导体的热敏特性、超导现象等,并了解它们在生活和科技中的应用。在使用螺旋测微器进行测量的教学中,要创设情境让学生理解螺旋测微器测量长度的原理并能正确使用和读数。

“会测量金属丝的电阻率”属于测量型实验,要求学生掌握如何减小测量误差的方法,学习实验数据的处理方法。

(3) 了解串、并联电路电阻的特点。

解读 初中阶段,学生对串、并联电路的电阻特点已经有了一定的了解(只对串联电路作定量的要求,对并联电路不作定量的要求)。高中阶段主要立足于利用串、并联电路的电流和电压特点来进行定量的分析和论证串、并联电路的总电阻。

教学目标

(1) 知道多用电表的组成和功能,会使用多用电表,能用多用电表测量直流电压、直流电流、导体的电阻、判断晶体二极管的正负极,学会在测量不同的电学量的过程中如何换挡及调节。

(2) 明确电流的定义及形成电流的微观机制,掌握定义式 $I = \frac{Q}{t}$ 和 $I = nqvS$;明确电压就是电势差,知道电路中电势变化的规律;理解电阻的形成原理,掌握串、并联电路的电阻特点。

(3) 理解电阻定律,掌握 $R = \rho \frac{L}{S}$,理解电阻率的物理意义并能进行实验测量,熟练使用重要的长度测量工具——螺旋测微器。

(4) 通过本章的教学,要能在学生已有的初中认知的基础上,帮助学生对电流(微观产生机理)、电压(电势差)、电阻和电阻率这四个重要电学物理量建立正确的物理认知观念。

(5) 通过本章的教学,要能帮助学生构建初步的电路动态分析的科学思维方式,比如串联电路和并联电路中的等效思维方式。

(6) 通过本章的教学,要能帮助学生构建进行物理科学探究的基本路径和探究要素。比如:本章中的“探究电阻定律”和“测量金属电阻率”两个实验,实验所选器材及测量量基本相同,但是由于实验目的不同,探究的路径也不尽相同。

全章教材分析与教学要求

高科技的突飞猛进,使电视、电话、录音、摄像、计算机、信息传输等,都进入了数字化时代,显示了数字化电路的高效、节能、精确、清晰、方便等优点,因此被人们所青睐,被广泛应用于生产、生活、科技等领域。教材特意安排了“电路”一章,它是学习复杂电路的基础。本章涉及多用电表、电阻定律和电路简单计算等知识,这些知识是学习后续内容的基础,是有效训练学生实验技能的重要一章。

本章以多用电表为背景,从使用多用电表的方法入手,结合电压、电流、电阻成因的分析,通过观察实验与分析论证,引导学生认识电路所遵循的规律。要让学生通过本章的学习,掌握分析简单电路的基本方法,认识多用电表测量电流、电压的基本原理。

本章在编写时采取观察实验和理性思考“两条腿”走路的方法,让学生在学习使用多用电表的过程中了解电路的基本知识,领悟科学研究方法和科学思维的意义,感悟情感态度和价值观在学习与研究物理学中的作用。

本章教材的编写与以往教材不同的是,它采用“先物后理,物中求理”的做法,首先让学生认识多用电表,并熟练使用多用电表测量电压、电流、电阻三个基本的电学物理量,以及判断晶体二极管的正负极;然后引导学生分析论证电流、电压和电阻的成因,并借助多用电表对串、并联电路的总电阻的测量结果,通过理论分析来推导出串、并联电路的总电阻公式;最后引导学生通过实验探究电阻定律。以上所有内容均是在一个前提之下进行的,那就是基于多用电表的测量,为下一章闭合电路的学习奠定了良好的基础。

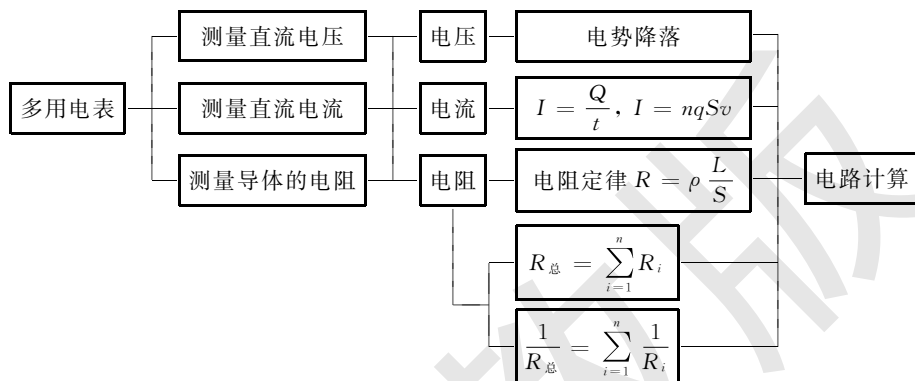
本章教材的主要特点：

(1) 以多用电表为载体,不断创设探究情境,力求让学生在探究的过程中学习与电路相关的知识,感悟探究过程中方法的意义和情感态度与价值观的作用。

(2) 强调实验和实践活动,置学生于实验和实践活动之中,让学生体验正确使用多用电表的方法,进而激发学生思考为什么多用电表有如此多的功能。

(3) 重视理性思考与分析,通过分析论证的途径引导学生从微观上去分析电压、电流、电阻的成因,其中包含了许多思想与方法的体验。

本章教材的设计框架和知识逻辑结构如下框图所示：



本章的教学重点：学习使用多用电表；理解电阻定律；电表电路的分析和计算。

本章的教学难点：使用多用电表的操作技能；电流、电压和电阻的微观机理。

课时安排建议

本章拟用 6 课时,具体安排如下：

第 3.1 节 1 课时

第 3.3 节 2 课时

第 3.2 节 1 课时

全章复习和评价 2 课时

各节教材的说明与教学建议

3.1 多用电表

教学目标

(1) 使学生熟悉多用电表。

(2) 通过分组实验,使学生熟练掌握多用电表在测量直流电流、直流电压和导体的电阻中的操作方法和读数方法。

教材说明

本节教材首先安排了简短的“引言”,一方面是让学生去感悟学习电路知识的必要性;另一方面是让学生知道要真正认识电路,必须对电路中的各种电学量进行测量,进而领悟学习使用多用电表的意义。

教材接着介绍多用电表面板上各部件的名称、功能和多用电表内部的主要结构,然后设置了一个学生必做实验“用多用电表测量电学中的物理量”,置学生于使用多用电表的各项活动之中,目的是让学生在使用中进一步认识多用电表,并初步掌握使用多用电表的方法与技能。

教学建议

关于“认识多用电表”

本节教材安排的活动内容较多,教师既要在精讲上多下功夫,又要在培养学生阅读教材、动手操作的习惯上加强训练。教学中,教师首先要将本节教材所安排的“引言”的两层意思渲染出来,即学习电路知识的必要性和学会使用多用电表的意义,以激发学生学习本节内容的兴趣。

教师应在学生学习使用多用电表之前,重点介绍多用电表面板上各部件的功能和使用方法,并作为本节精讲的内容,要让学生留下深刻的印象和记忆。例如:明确多用电表的测量功能和量程的改变是通过旋转功能选择开关实现的;知道表盘上的刻度线与量程具有对应的关系;弄清机械调零和电阻调零的意义和使用方法;知道电阻挡中“ $\times 1\text{ k}$ ”的倍率关系换算;知道正确使用红表笔和黑表笔等。

关于“使用多用电表”

“用多用电表测量电学中的物理量”是学生必做实验。教材中安排的四个活动力争不讲,放手让学生做实验,让学生经历错误。哪怕让学生在实践中遇到困难和问题,提出来展开讨论,也比教师一讲到底好。坚持这样的训练才是实验教学真正的要求和体现。

本节课的活动内容在课内完成不了,可放在课外进行,但必须要让学生自己去做,因为本节内容跟后面各节内容有着密切的关系。

教学评价

“家庭作业与活动”参考解答

- 1.【解答】 (1) 32;(2) 4.6;(3) 22。
- 2.【解答】 (1) $b \rightarrow a; \times 10\text{ k}\Omega$;重新调零;(2) a 。
- 3.【解答】 (略)

补充课堂检测题和参考解答

1. 使用多用电表前,如果发现指针没有停留在面板刻度线的“0”位置上该怎么办?

【解答】 机械调零,即用螺丝刀轻轻转动机械调零旋钮,使指针复零。

2. 使用多用电表之后,为什么要将功能选择开关旋转到交流电压挡的最大量程处或“OFF”上?

【解答】 保护多用电表。

3. 怎样正确使用多用电表的红表笔和黑表笔?

【解答】 当测量直流电流和直流电压时,外电路的电流必须从红表笔进入。当测量导体的电阻时,由于表内提供电源(有正、负极之分),黑表笔与表内电源的正极相连,红表笔与表内电源的负极相连。

4. 使用多用电表测导体的电阻时,改变电阻挡时必须进行什么调试? 怎样调试?

【解答】 必须进行“电阻调零”,即把红表笔和黑表笔接触后,转动调零旋钮,使指针复零。

5. 使用如图 3-1-1 所示的多用电表完成了直流电流、直流电压和导体电阻的测量, 请回答下列问题:

(1) 当指针位置如图中斜纹三角箭头所示时,测量的
是 ,测量结果为 。

(2) 当指针位置如图中白三角箭头所示时,测量的是 ,测量结果为 。

(3) 当指针位置如图中黑三角箭头所示时,测量的是 ,测量结果为 。

(4) 当指针位置如图中黑三角箭头所示时,正确操作后发现指针的偏转角很小,那么接下来的操作步骤应该依次为: ① ;

② ;

③

测量结束后应将选择开关拨到 或者 。

(5) 无论用多用电表进行何种(直流)测量,电流都应该从_____表笔经_____插孔流入电表。

【解答】(1) 直流电流;3.2 mA;(2) 直流电压;16.0 V;(3) 电阻; $3.4 \times 10^3 \Omega$;(4) ① 选用 $\times 1 \text{ k}\Omega$ 倍率;② 重新调零;③ 将红、黑表笔分别接被测电阻两根引线,从表盘读数乘以倍率;OFF;交流电压最高挡;(5) 红;正。

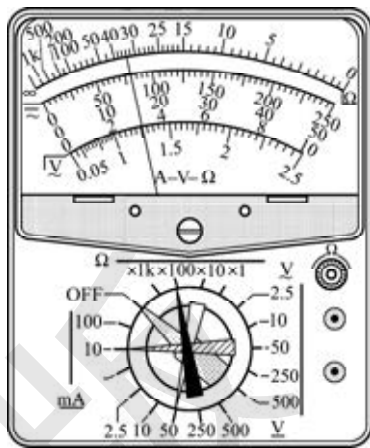


图 3-1-1

3.2 电流、电压和电阻

教学目标

- (1) 使学生理解电流的物理含义和电流产生的微观机理。
- (2) 使学生理解电路中电势差(电压)的含义,掌握电路中电势变化的规律。
- (3) 使学生了解电阻产生的微观机理,会计算串、并联电路的总电阻。

教材说明

本节教材是以理性思考与分析为主线,局部穿插实验来展开的。教材将类比、思想实验、科学想象、推理判断、数学推导等理性思考的方法应用于电流、电压和电阻成因的分析与论证的全过程中,突出了理性思考在认知上的重要作用。教学中要重视理性思考方法的指导。

教学建议

关于“电流是怎样形成的”

在引导学生分析电流成因时注意：①要说明类比方法在这里的作用。尽管教材只有一句话，但作为一种常用的思维方法要让学生知道，这也是跟以往教学的区别所在。②要引

导学生学会在头脑里做实验,即用思想实验方法建立电流概念。设想某导体中移动的电荷可能是自由电子,也可能是正负离子,还有可能是正负离子和电子,它们在电场力的作用下定向移动。通过图示方法,取一横截面,用单位时间内通过该横截面的电荷量来比较“电荷流”的强弱,并用数学方法表示为 $I = \frac{Q}{t}$ 。这就是理性思考的方法,也是物理学中定量地引出电流概念的方法。

③ 利用内因和外因相结合的分析方法,引导学生进一步得出电流的成因,即内因是导体中要有大量的自由移动的电荷存在,外因是导体上有外加电场的作用。

④ 最后让学生通过案例分析弄清,“场”的传播速度跟自由电子热运动速率和定向移动的平均速率是不同的概念,它们反映的是不同的物理事实。

关于“电路中的电压与电势降落”

在引导学生分析电压成因时注意:① 重点放在电场的能的性质上。在电路接通的同时,电场即刻建立,正电荷在这个电场中总是从电势高的地方向电势低的地方移动,由此引出电势差即电压的概念。② 实验探究电路中电势变化的规律,目的有两个,一是证明电流的方向就是电势降落的方向,二是让学生学会用图线方法表示电路中电势降落的情况。

关于“电阻是怎样形成的”

在分析电阻成因时注意:要引导学生通过科学想象,在头脑中建立相应的物理图景,应用思想实验和推理判断的思维方法来分析电阻的成因。即假设在一金属导体中,除了大量的自由电子外,还有“原子实”,即晶体空间格点上的原子和失去电子的原子的统称。它们通常只能在晶体空间格点的某个位置上振动,不能自由移动。而自由电子在电场力作用下移动做功,其动能增加,同时与“原子实”发生碰撞,将一部分动能转移给“原子实”,使“原子实”振动加剧,这就是电流热效应的根本原因。可见,电阻成因的本质是电子跟“原子实”因碰撞而受到的阻碍作用。通过实验探究金属电阻与“原子实”振动强弱的关系,目的是进一步证明上面的推论,同时也说明导体的电阻在不同条件下也会发生变化。

关于“探究电阻的串联和并联”

前面学生曾做过用多用电表测串联、并联电阻总阻值的实验。在此基础上,通过分析论证的方法研究串联、并联电路中关于电阻的定量规律,为后面的探究活动做好准备。

引导学生利用欧姆定律,在电阻串联、电阻并联的情况下,导出 $R_{\text{总}}$ 跟 R_1 、 R_2 的关系式。然后,将分析论证的结果与用多用电表测串联和并联电阻的总阻值的结果相比较,看看理论分析的结果与前面实验测得的结果是否一致。最后,通过案例,学习分析与计算混联电路的总电阻。

教学评价

“家庭作业与活动”参考解答

1.【解答】 (1) 6.25×10^{10} 个; (2) 7.35×10^{-13} m/s。

2.【解答】 6×10^4 A; 600 s。

3.【解答】 在导体两端加上电压后,导体中的自由电子在电场力作用下发生定向移动,

形成电流。0.3 C。

4.【解答】 电场是物质客观存在的一种特殊形态,有电荷,在其周围就有电场。电势是描述电场本身性质的物理量,电场中某点的电势等于将单位正电荷由该点移动到参考点(零电势点)时电场力所做的功,电势具有相对性,某点的电势是相对于零电势点而言的,与零电势点的选取有关。电压就是电势差,也称电势降落。电势差具有绝对性,与零电势点的选取无关。

电源的正极电势高于负极电势。若选取电源的正极为零电势点,则负极的电势为-3 V。

5.【解答】 电路中的电势降落是由电阻引起的,其关系为 $U=IR$ 。从功能关系的角度分析,电子在电场力作用下定向移动,电场力对电子做正功,电子的电势能减小,因而由 $\varphi = \frac{E_p}{q}$ 知,电子的电势不断减小,即形成所谓电势降落。

6.【解答】 2.4 Ω ;长圆弧 0.83 A;短圆弧 3.33 A。

补充课堂检测题和参考解答

1. 在分析电流成因时我们用到了哪些理性思考的方法,这些方法在我们进行理性思考的过程中的作用是什么?

【解答】 用到了类比的方法、科学想象的方法、思想实验的方法、数学的方法等。通过类比引出电流概念;通过科学想象建立物理图景,并在思想上做实验;应用比值的方法定量地得出比较电流强弱的公式。总之,电流概念的建立和电流强弱公式的建立,都是应用上述一些方法得出的。

2. 算一算,1 A 的电流大约是多少个电子在 1 s 内通过导体的某一横截面形成的?

【解答】 6.25×10^{18} 个。提示:电子的电荷量为 1.6×10^{-19} C, $1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$ 。

3. 如果运用跟水流类比的方法,请你说出电流形成的外部原因。

【解答】 水流形成的原因是有水压存在,由此提出电流形成的外部原因是电压。

4. 金属导体中可以自由移动的电荷是什么?它在电路中受电场力作用,移动的方向跟电势的高低有什么关系?

【解答】 自由电子,它在电路中沿电势升高的方向移动。

5. 请你分析温度升高时电阻丝的电阻发生变化的原因。

【解答】 当电阻丝的温度升高时,电阻丝内部的自由电子和“原子实”的热运动都会加剧,这样,它们碰撞的概率就会增大,电子定向移动的受阻现象就会相应增大。

3.3 影响电阻的因素

教学目标

- (1) 使学生了解螺旋测微器的构造,并熟练使用螺旋测微器来测量长度。
- (2) 使学生理解和掌握电阻定律,并理解电阻率的物理含义。
- (3) 使学生掌握测量金属电阻率的方法。

教材说明

本节教材共涉及三个实验：一是测量电阻丝的直径；二是探究电阻定律；三是测量金属丝的电阻率。三个实验中，两个是学生必做实验，一个是探究物理规律的实验。教学时，要注重将“测量金属丝的电阻率”与“探究电阻定律”两个实验区分开来，要善于从实验目的的角度引领学生弄清两个实验的相同之处和不同之处。

本节教材还增加了“金属电阻率与温度的关系”作为“多学一点”的知识。教材如此安排，一方面给学生再一次展示实验探究和理性思考是我们获取知识的两条重要途径；另一方面对学有余力的学生而言，“多学一点”的好处是可进一步知道，在导体材料的电阻率表格中为什么要标注温度值。

教学建议

关于“探究影响电阻的因素”

介绍电阻定律的内容与表达式并不困难，《课程标准》的要求也仅属知道水平。因此，教学中的重点是对定律的科学探究过程。建议在回顾初中学过的电阻知识的基础上注意以下几个方面：

一要注意引导学生，从教材给出的相应器材和需要收集数据的表格中得到启发，要在应用控制变量法设计实验方案和拟定实验步骤上，组织学生展开讨论，积极营造多样化的学习氛围。只有在学生真正明白实验意图和真正弄清实验步骤的前提下，进行实验才不会困难。

二要引导学生学习处理收集到的证据的方法，即如何将材料和数据进行分类、分析，从中找出规律性的东西。

三是在找出规律之后，学习用数学的语言进行表达，即写出数学表达式。其中比例系数的引入学生不容易明白，需要教师重点说明，即对某导体材料，影响电阻的因素主要是导体的长度和横截面积，因此导体材料的电阻随其长度和横截面积的变化而变化。但是，在一定的温度下，不论导体的长度、横截面积怎样变化，导体的电阻与横截面积的乘积，跟导体的长度之间的比值，总是不变的。这个不变的比值，在物理学中用 ρ 表示，它反映了材料的导电性能，叫做材料的电阻率。再让学生看几种材料的电阻率，说明不同材料的电阻率是不同的，这也说明电阻率是反映导体材料的导电性能的。“多学一点”中的内容让有兴趣的同学课后阅读。

另外，由于本节课安排了三个实验，因此教学中不要盲目追求教学进度，要循序渐进将教学中的每一个环节安排和处理好。

教学评价

“家庭作业与活动”参考解答

- 1.【解答】 D
- 2.【解答】 4.700；9.194。
- 3.【解答】 43.2 V。
- 4.【解答】 镍铜合金。
- 5.【解答】 (1) $\rho = 8 \times 10^6 \Omega \cdot \text{m}$ ；(2) $h = 0.02 \text{ m}$ ； $r = 0.04 \text{ m}$ 。

补充课堂检测题和参考解答

1. 一段铜导线,其电阻为 R ,将它拉长一倍后,它的电阻变为多少? 电阻率变为多少?

【解答】 电阻变为 $4R$;电阻率不变。

2. 如果在探究电阻定律的实验中,没有给你螺旋测微器,只给你一把直尺,你打算怎样测量出导线的横截面积? 从这个实验的实验方案制订和步骤安排中,你能否总结出一些经验? 说说看!

【解答】 可将导线紧密地绕 n 匝到直尺上,在直尺上读出 n 匝导线紧密排列的宽度,将宽度除以 n ,便可得到导线的直径,再用数学公式便可计算出导线的横截面积。

制订实验方案时,首先应从探究的问题出发,找出与问题相关联的因素;然后考虑如何知道这些因素的变化对问题影响的程度;接着要找到控制这些因素和测量这些因素的方法,以及如何定量地知道这些因素对问题影响的程度;由此再考虑如何选择测量工具和方法;最后根据控制变量的先后程序以及科学合理性来安排实验的步骤。

3. 现有 7 个固定电阻,它们分别是 $5\ \Omega$ 的电阻 3 个、 $20\ \Omega$ 的电阻 3 个、 $50\ \Omega$ 的电阻 1 个。某电路需要 3 个阻值分别为 $4\ \Omega$ 、 $25\ \Omega$ 、 $54\ \Omega$ 的电阻,你打算怎样将现有的电阻用起来?

【解答】 取 $5\ \Omega$ 和 $20\ \Omega$ 的电阻各 1 个并联,可得到 $4\ \Omega$ 的电阻。取 $5\ \Omega$ 和 $20\ \Omega$ 的电阻各 1 个串联,可得到 $25\ \Omega$ 的电阻。取 $5\ \Omega$ 和 $20\ \Omega$ 的电阻各 1 个并联,再与 $50\ \Omega$ 的一个电阻串联,可得 $54\ \Omega$ 的电阻。

“第 3 章家庭作业与活动”参考解答

A 组

1. 【解答】 A、C。

2. 【解答】 A。

3. 【解答】 DAEGBFH。

4. 【解答】 C。

5. 【解答】 B。

6. 【解答】 $\frac{U}{I}$; $\frac{\pi U(D+d)d}{IL}$ 。

B 组

1. 【解答】 (1) ① B; ② a; ③ D; (2) ① 断开; ② D。

2. 【解答】 (略)

课程资源

物理学家简介

欧姆

欧姆(Georg Simon Ohm, 1787—1854)生于德国埃尔兰根城,父亲是锁匠。父亲自学了数学和物理方面的知识,并教给少年时期的欧姆,唤起了欧姆对科学的兴趣。16 岁时欧

姆进入爱尔兰根大学研究数学、物理与哲学,由于经济困难,中途辍学,到 1813 年才完成博士学业。欧姆是一个很有天赋和科学抱负的人,他长期担任中学教师,由于缺少资料和仪器,给他的研究工作带来不少困难,但他在孤独与困难的环境中始终坚持不懈地进行科学研究,自己动手制作仪器。

欧姆对导线中的电流进行了研究。他从傅立叶发现的热传导规律(导热杆中两点间的热流量正比于这两点间的温度差)受到启发,认为电流现象与此相似,猜想导线中两点之间的电流也许正比于它们之间的某种驱动力,即现在所称的电势差。欧姆花了很大的精力在这方面进行研究。开始时他用伏打电堆作电源,但是因为电流不稳定,效果不好。后来他接受别人的建议改用温差电池作电源,从而保证了电流的稳定性。但是如何测量电流的大小,这在当时还是一个没有解决的难题。开始,欧姆利用电流的热效应,用热胀冷缩的方法来测量电流,但这种方法难以得到精确的结果。后来他把奥斯特关于电流磁效应的发现和库仑扭秤结合起来,巧妙地设计了一杆电流扭秤:用一根扭丝悬挂一枚磁针,把通电导线和磁针都沿子午线方向平行放置;用铍和铜制成温差电池,一端浸在沸水中,另一端浸在碎冰中,并用两只水银槽作电极与铜线相连。当导线中通过电流时,磁针的偏转角与导线中的电流成正比。他的实验结果于 1826 年发表。1827 年,欧姆又在《电路的数学研究》一书中,把他的实验规律总结成如下公式: $S = \gamma E$ 。式中 S 表示电流, E 表示电动力,即导线两端的电势差, γ 为导线对电流的传导率,其倒数即为电阻。

欧姆定律发现初期,许多物理学家不能正确理解和评价这一发现,并遭到怀疑和尖锐的批评,欧姆的研究成果被忽视,欧姆的经济也陷入困境,使他精神抑郁。直到 1841 年英国皇家学会授予欧姆最高荣誉的科普利金牌,他的发明才引起德国科学界的重视。

欧姆在自己的许多著作里还证明了:电阻与导体的长度成正比,与导体的横截面积和电导率成反比;在稳定电流的情况下,电荷不仅在导体的表面上,而且在导体的整个截面上运动。

为了纪念欧姆,人们将电阻的单位以他的姓氏命名。

实验探究资料

多用电表功能的扩展

(1) 用多用电表判断二极管的正负极。

二极管全称晶体二极管,它是使用半导体材料制成的电子元件(图 3-5-1)。二极管有两根引线,一根叫做正极,一根叫做负极。将二极管和小灯泡按图 3-5-2a 所示的电路连接起来,即给二极管加上正向电压,小灯泡便正常发光;将二极管和小灯泡按图 3-5-2b 所示的电路连接起来,即给二极管加上反向电压,小灯泡便不发光。以上实验说明,二极管具有单向导电性。当给二极管加上一定正向电压时,它的电阻值很小;当给二极管加上反向电压时,它的电阻值变得很大。根据二极管的这种特性,可以用多用电表的电阻挡测量二极管的电阻,红、黑表笔接二极管两端,正反各测一次,其中阻值小的,黑表笔所接的二极管一端为正极。



图 3-5-1

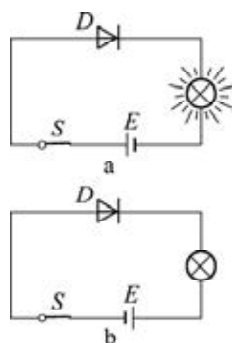


图 3-5-2

(2) 用多用电表粗测电容器的电容。

① 用多用电表的高电阻挡($\times 10\text{ k}$)粗测电容器的电容,通过观察表针摆动的大小,分析其充、放电情况,很快地判别 $0.01\text{ }\mu\text{F}$ 到 $1\text{ }\mu\text{F}$ 电容器的电容。表 3-5-1 所列 of 电容器电容大小与表针摆动大小的关系,可供参考。

表 3-5-1

$C/\mu\text{F}$	0.01	0.022	0.047	0.1	0.2	0.5	1
0~100 刻度	1	3	4	8	15	32	54

② 对于电解电容器的电容,可以用电阻挡的“ $\times 1\text{ k}$ ”挡(注意黑表笔接电容正极)来粗测(如图 3-5-3 所示)。

(3) 用多用电表判断电解电容器是否断路或漏电。

在用多用电表的电阻挡测量电解电容器的电容时,表针摆动到一定的位置后,应返回起点或接近于起点,离起点越远则表示漏电越大。若指针根本不摆动,则表示电容器断路;若指针摆动后不返回,则说明电容器漏电。

(4) 用多用电表判断电解电容器的正负极性。

电解电容器的正负极标记模糊或者分辨不清时,可以利用多用电表的电阻挡进行判别。因为电解电容器正接时电阻大,反接时电阻小。用多用电表红、黑表笔接电解电容器两端,正反各测一次,比较表针摆动返回后的阻值,其中阻值大的,黑表笔所接的电容器一端为正极。

多用电表的使用十分广泛,用电阻挡还可以粗测晶体三极管的电流放大系数等。有的多用电表刻度板上还设计有专供测电容和电感的刻度线,选择开关也有专用的功能挡。

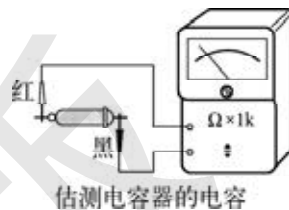


图 3-5-3

补充习题及参考解答

(可视教学实际编制一份 1 课时的本章评价测试题。)

1. 对于有恒定电流通过的导体,下列说法中正确的是()。

- A. 导体内部的电场强度为零
- B. 导体是个等势体
- C. 导体两端有恒定的电压存在
- D. 通过导体某个横截面的电荷量在任何相等的时间内都相同

【解答】 C、D。

2. 关于电流,下列说法中正确的是()。

- A. 通过导线横截面的电荷量越多,电流越大
- B. 电子运动的速率越大,电流越大
- C. 单位时间内通过导体横截面的电荷量越多,导体中的电流越大
- D. 因为电流有方向,所以电流是矢量

【解答】 C。

3. 关于电流的方向,下列叙述中正确的是()。

- A. 金属导体中电流的方向就是自由电子定向移动的方向
- B. 在电解质溶液中有自由的正离子和负离子,电流方向不能确定
- C. 不论何种导体,电流的方向规定为正电荷定向移动的方向
- D. 电流的方向有时与正电荷定向移动的方向相同,有时与负电荷定向移动的方向相同

【解答】 C。

4. 某电解池中,若在 1 s 内共有 5×10^{18} 个二价正离子(所带电荷量为 $+2e$)和 1.0×10^{19} 个一价负离子通过某横截面,则通过这个横截面的电流是()。

- A. 0
- B. 0.8 A
- C. 1.6 A
- D. 3.2 A

【解答】 D。

设在 $t=1$ s 内,通过某截面的二价正离子数为 n_1 ,一价负离子数为 n_2 ,元电荷的电荷量为 e ,则 t 时间内通过该横截面的电荷量 $q = (2n_1 + n_2)e$ 。

$$\text{电流 } I = \frac{q}{t} = \frac{(2n_1 + n_2)e}{t} = \frac{2 \times 5.0 \times 10^{18} + 1.0 \times 10^{19}}{1} \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ A} = 3.2 \text{ A}。$$

5. 有一横截面积为 S 的铜导线,流经其中的电流为 I 。设每单位体积的导线有 n 个自由电子,电子电荷量为 e ,此时电子的定向移动速度为 v ,在 Δt 时间内,通过导体横截面的自由电子数目可表示为()。

- A. $nvS\Delta t$
- B. $nv\Delta t$
- C. $\frac{I\Delta t}{e}$
- D. $\frac{I\Delta t}{Se}$

【解答】 A、C。

根据电流的定义分析解答。从导体导电的微观角度来说,在 Δt 时间内能通过某一横截面 AA' 的自由电子必然处于以 AA' 为横截面、长度为 $v\Delta t$ 的圆柱体内,如图 3-6-1 所示。由于自由电子可被认为是均匀分布的,故此圆柱体内的电子数目为 $nvS\Delta t$ 。而从电流的定义来说, $I = \frac{q}{t}$, 故在 Δt 时间内通过某一横截面的电荷量为 $I\Delta t$, 通过横截面的自由电子数目为 $\frac{I\Delta t}{e}$ 。

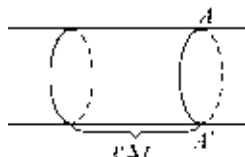


图 3-6-1

6. 在用多用电表测电阻时,调整电阻挡零点后,用“ $\times 10$ ”挡测量一个电阻的阻值,发现表针偏转角度极小,那么正确的判断和做法是()。

- A. 这个电阻的阻值很小
- B. 这个电阻的阻值很大
- C. 为了把电阻的阻值测得更准确些,应换用“ $\times 1$ ”挡,重新调整电阻零点后测量
- D. 为了把电阻的阻值测得更准确些,应换用“ $\times 100$ ”挡,重新调整电阻零点后测量

【解答】 B、D。

7. 用多用电表测量如图 3-6-2 所示的电路中通过灯泡的电流时,首先把选择开关拨到_____挡,然后把多用电表_____联在电路中,则电流应从_____表笔流入,从_____表笔流出。

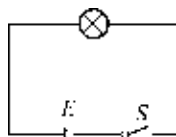


图 3-6-2

【解答】 直流电流;串;红;黑。

8. 设金属导体的横截面积为 S , 单位体积内的自由电子数为 n , 自由电子定向移动的速率为 v , 那么在时间 t 内通过某一横截面积的自由电子数为 _____; 若电子的电荷量为 e , 则在时间 t 内, 通过某一横截面积的电荷量为 _____; 若导体中的电流为 I , 则电子定向移动的速率为 _____。

【解答】 $nSvt$; $enSvt$; $\frac{I}{enS}$ 。

9. 材料的电阻率在数值上等于用这种材料制成的长为 _____ m、横截面积为 _____ m^2 的一条导线的电阻; 在国际单位制中, 电阻率的单位为 _____。

【解答】 1 ; 1 ; $\Omega \cdot \text{m}$ 。

10. 现有 A 、 B 两根完全相同的金属裸导线, 如果把导线 A 均匀拉长到原来的 2 倍, 把导线 B 对折后结合起来, 则此时它们的电阻之比 $R_A : R_B$ 为 _____。然后分别加上相同的电压, 相同时间内通过导线横截面的电荷量之比 $q_A : q_B$ 为 _____。

【解答】 $16 : 1$; $1 : 16$ 。

11. 在“把电流表改装为电压表”的实验中, 测出电流表的内阻 $R_g = 10 \Omega$, 从刻度盘上读出 $I_g = 3 \text{ mA}$ 。为了将该电流表改装成量程为 3.0 V 的电压表, 应 _____ 联一个阻值为 _____ Ω 的电阻。

【解答】 串; 990 。

12. 一量程为 0.6 A 的电流表, 其刻度盘如图 3-6-3 所示。今在此电流表的两端之间并联一电阻, 其阻值等于该电流表内阻的 $\frac{1}{2}$, 使之成为一只新的电流表, 则图示的刻度盘上的每一小格表示电流为 _____。用改装后的电流表测某电流时, 指针停在图示所在的位置, 则被测电流为 _____。

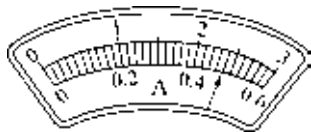


图 3-6-3

【解答】 0.06 A ; 1.44 A 。

13. 在一根长 $l = 5 \text{ m}$ 、横截面积 $S = 3.5 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ 的铜质导线两端, 加上 $U = 2.5 \times 10^{-3} \text{ V}$ 的电压。已知铜的电阻率 $\rho = 1.75 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$, 则该导线中的电流多大? 每秒通过导线某一横截面的电子数为多少?

【解答】 10 A ; 6.25×10^{19} 个。

14. 如图 3-6-4 所示, 有一个表头 G , 其满偏电流 $I_g = 500 \text{ mA}$, 内阻 $R_g = 200 \Omega$, 将它改装为有 1 A 和 10 A 两种量程的电流表, 求 R_1 、 R_2 的阻值。

【解答】 $R_1 = 20 \Omega$; $R_2 = 180 \Omega$ 。

当公共端与 1 A 端接入电路时, 量程为 $I_1 = 1 \text{ A}$; 当公共端与 10 A 端接入电路时, 量程为 $I_2 = 10 \text{ A}$ 。

当公共端与 1 A 端接入被测电路时, 电阻 R_1 和 R_2 串联, 再与表头内阻 R_g 并联。由并联电路中的电流分配关系可得: $R_1 + R_2 =$

$\frac{I_g}{I_1 - I_g} R_g$ 。代入 I_g 、 I_1 、 R_g 的数值得:

$$R_1 + R_2 = 200 \Omega. \quad \text{①}$$

当公共端与 10 A 端接入被测电路时, 电阻 R_1 与表头支路的电阻 $R_g + R_2$ 并联。由并

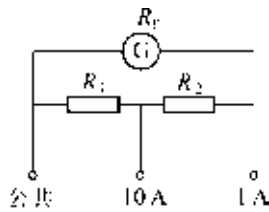


图 3-6-4

联电路的特点可知: $I_g(R_g + R_2) = (I_2 - I_g)R_1$ 。代入 I_g 、 I_2 、 R_g 的数值可得:

$$R_2 + 200 \Omega = 19R_1。 \quad ②$$

由①②解得 $R_1 = 20 \Omega$, $R_2 = 180 \Omega$ 。

15. 如图 3-6-5 所示, 有一个表头⑤, 其满偏电流 $I_g = 1 \text{ mA}$, 内阻 $R_g = 100 \Omega$, 将它改装为有 5 V 和 50 V 两种量程的电压表, 求 R_1 、 R_2 的阻值。

【解答】 $R_1 = 4.9 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 49.9 \text{ k}\Omega$ 。

当公共端与 5 V 端接入被测电路时, 量程为 $U_1 = 5 \text{ V}$; 当公共端与 50 V 端接入被测电路时, 量程为 $U_2 = 50 \text{ V}$ 。

由串联电路的电压分配关系可知:

$$R_1 = \frac{U_1}{I_g} - R_g = \left(\frac{5}{1 \times 10^{-3}} - 100 \right) \Omega = 4900 \Omega = 4.9 \text{ k}\Omega,$$

$$R_2 = \frac{U_2}{I_g} - R_g = \left(\frac{50}{1 \times 10^{-3}} - 100 \right) \Omega = 49900 \Omega = 49.9 \text{ k}\Omega。$$

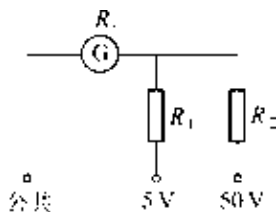


图 3-6-5

教 学 案 例

3.1 多 用 电 表

【教学目标】

(1) 认识多用电表, 知道多用电表是一种既能测量电流、电压, 又能测量电阻等电学量的多功能、多量程仪表。知道多用电表是由一个小量程的电流表和电路元件组成的。

(2) 熟悉多用电表面板上表盘的刻度, 以及功能旋钮的名称、作用、使用方法; 熟悉红、黑表笔的使用。

(3) 会正确使用多用电表测量电压、电流、电阻和判断二极管的极性。

【教学方法】

以学生操作训练为主的综合启发式教学。

【教学准备】

多用电表, 电池, 小灯泡, 导线, 电阻, 二极管等。

【教学过程】

◆ 新课导入

向学生展示多用电表实物, 并简介章首图。告诉学生, 任何一个复杂的电路, 包括多用电表内部的电路, 都是由简单电路组成的。说明章首图中排列的许多“小方块”是集成电路块。它们是将多种电路元件, 采用半导体工艺技术, 按照电路要求加工在很小的硅片上, 具有一定功能的系统电路。这种电路在高科技领域里的应用十分广泛, 如计算机技术、航天技

术、机器人技术、信息技术都离不开各种各样的电路。可见,我们学习电路知识是非常必要的。但是,要研究电路,就必须对电路中的各种电学量进行测量,而测量各种电学量就需要用测量仪表,其中多用电表就是一种使用最方便的测量仪表。因此,多用电表就成为我们学习和研究电路知识的必备工具。

◆ 进入新课

1. 认识多用电表

采用边讲边演示的做法,要求学生对照多用电表的面板,认真听老师介绍。介绍要层次分明,要点突出,以方便学生识记。

(1) 介绍内部主要结构:可以打开多用电表,让学生大致看看内部结构,指出其内部电路主要是由一只小量程的电流表和一些电路元件组成的。

(2) 介绍面板刻度和旋钮的名称与功能:面板的上半部叫做表盘,标有电流、电压、电阻的刻度线,用于读取这些电学量的值。面板的中部有一个较小的旋钮——机械调零旋钮,用于校正指针的起始位置,使它指在“0”刻度线上。面板的下半部,在中间位置上有一个较大的旋钮——功能选择开关,其周围标有各种测量功能和量程,分别用不同符号表示交、直流电压挡,交、直流电流挡,电阻挡等。通过旋转功能选择开关,达到变换测量功能和量程的目的。在其右边位置上有一个旋钮——电阻调零旋钮,在改变电阻量程时用来调零。在其下方位置上有两个标有“+”“-”的插孔,分别用于插红、黑表笔。

(3) 观察三个演示:

① 机械调零演示。

② 电阻调零演示。

③ 测量结束时,将功能选择开关旋转到交流挡的最大量程或“OFF”处。

(4) 两点说明:

① 用多用电表测量直流电流、直流电压时,电源由外部提供,电流从红表笔进入多用电表。

② 用多用电表测量电阻时,电源由表内提供,黑表笔跟表内电源的正极相接,因此表内电流从黑表笔出来。(在进入上述介绍与演示活动之前,要提醒学生注意将听、看、思、记结合起来,这样才能保证下面自主独立地完成活动。)

(5) 为了确保学生能独立完成下面的活动,这里可设置一些问题来帮助学生巩固刚学的知识。

① 多用电表内部的主要结构是什么?

② 机械调零旋钮的作用是什么?为什么要进行机械调零?

③ 功能选择开关的作用是什么?选定某电学量的测量挡位并进行该电学量的测量,请你说说读数时要注意些什么。

④ 在选定电阻挡后,进行电阻测量之前必须做什么工作?怎样做?

⑤ 在测量直流电流、直流电压时,外电路的电流从哪只表笔进入多用电表?

⑥ 使用多用电表进行测量的工作全部结束后,功能选择开关应处在什么位置?

2. 使用多用电表

(1) 测量直流电压。

要求学生参照教材图 3-1-2 连接电路,同时仔细阅读教材内容,并按照教材安排的步骤进行测量。在学生动手操作的过程中,教师要巡视指导。

(2) 测量直流电流。

由于学生经历了学习测量直流电压的过程,测量直流电流就要相对容易些。但教师要让学生学会区分测量直流电压和直流电流的电路。强调多用电表的电流挡是毫安挡,不能测量较大的电流。

(3) 测量导体的电阻。

同样要求学生认真阅读教材并思考教材中提出的问题。要求学生弄清两个问题:怎样使用电阻调零旋钮?如何通过电阻挡的各个量程的倍率关系来读数?在测量串联电阻和并联电阻的总阻值时,要求学生从测量的结果中大胆地提出自己的猜想。

(4) 判断二极管的极性。

要求学生在阅读教材的基础上讨论下面的问题:

① 二极管是由什么材料制成的?它在电路中的作用是什么?通常用什么符号表示?

② 根据二极管的单向导电性,我们怎样使用多用电表来判断它的极性?在学生弄清以上两个问题的基础上,再让学生尝试判断。

【学习总结】

在学生完成上面的活动之后,要求学生交流活动体会,其中包括提出问题。体会中应当有知识与技能性的东西,如使用多用电表的方法与注意事项;有过程与方法、情感态度与价值观的东西,如对多用电表具有这么多功能感兴趣,甚至产生对“为什么它有这么多功能”这一问题的追究;还有学生在活动中遇到困难是通过什么方法解决的等。通过学生的总结,教师一方面可以了解学生对多用电表的认识与使用处于什么水平,另一方面可以发现本节课教学可能还存在的问题,以便课后校正。

【教学说明】

本节课虽然是以学生活动为主展开的,但是教师的精讲与点拨十分关键。精讲在于如何吸引学生“动耳来听,动眼来看,动脑来想,动手来做,动口来说和问”。因此,引言和展示并介绍多用电表的起始环节非常重要。教师要将学习电路知识的重要性和必要性,以及学会使用多用电表对后面学习与研究电路的意义和作用通过实例渲染出来,以激发学生学习电路知识的兴趣。点拨,一是在介绍多用电表时要做到层次分明、要点突出,让学生听得明、看得清、记得住,以确保在后面的自主学习活动中做得好;二是在对各项活动中的要点提醒上要做到准确、明确、清楚。其实,一节好课的关键是教师在学生的五个“动”上下功夫,如果做到让多数学生“五动”起来,那么这节课就会是一堂好课。

3.2 电流、电压和电阻

【教学分析】

教学课题	电流、电压和电阻	课 型	新授	课 时	1 课时
教材分析	教材是以理性思考分析为主线,局部穿插实验来展开的。教材将类比、思想实验、科学想象、推理判断、数学推导等理性思考的方法应用于电流、电压和电阻成因的分析与论证的全过程中,突出了理性思考的重要作用。				

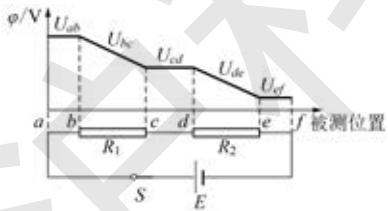
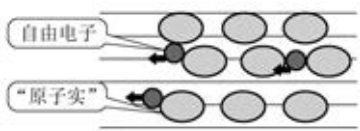
(续表)

学情分析	电流、电压和电阻等概念是学习电路问题的基础。在初中阶段,学生对电流、电压和电阻等概念已有一定的了解,本课在此基础上进一步学习,让学生加深对它们的认识。
多媒体设计	1. 在学习电流时,展示电荷运动的动画,引导学生在头脑里做实验,用思想实验的方法建立电流概念。 2. 在学习电流微观表达式时,展示电子在金属导体中定向运动的视频,把微观世界不可见的电子运动形象地模拟出来,有利于学生的理解和学习。 3. 在学习电解溶液中电流的计算时,配以学生较熟悉的图片,有利于学生对电流方向作出直观的判断。 4. 在学习电阻时,展示图片,引导学生通过科学想象,在头脑中建立相应的物理图景,应用思想实验和推理判断的思维方法分析电阻的成因。 5. 本节课有 2 道例题和 2 道课堂练习题,文字书写量大,用 PPT 后可大大缩短书写时间,提高课堂效率。
教学目标	1. 了解电流的形成过程。 2. 掌握电场和电流的形成过程。 3. 理解电压与电势的关系。 4. 知道电阻是怎样形成的。
教学重点	1. 用电场的观点理解电流形成的条件。 2. 电流的概念和定义式。
教学难点	1. 理解电流的概念和定义式 $I = \frac{q}{t}$,并能进行有关计算。 2. 公式 $I = nqvS$ 的推导和理解。
教学方法	问题串,讲授,探究,讨论,归纳。

【教学过程设计】

教学流程	教师活动	学生活动	设计意图
新课引入	我们在第二章通过对静电场的研究不仅获得了许多关于电现象的知识,而且形成了很多重要的电学概念和研究方法。但是,在生产生活领域,更广泛存在着的是电荷流动所引起的效应。 电荷为什么会流动?电荷流动服从什么规律?会产生哪些效应呢?	思考在静电场中学习的物理知识。	让学生回顾在静电场中学到的概念和研究方法。
进行新课	一、电流 在初中阶段我们已经知道,导体中的自由电荷朝一个方向移动就会形成“电荷流”,我们称它为电流。电流用什么符号表示?它的单位是什么? 单位:安培,简称安,符号 A。	运用所学的物理知识在头脑中尝试回答问题。	提出本节课研究的课题,激发学生学习的兴趣。
	为了反映电流的强弱,物理学中把流过导体某一横截面的电荷量 Q 跟所用时间 t 的比叫做电流,用 I 表示。 电流的定义式是什么?电流的方向是怎样规定的?	$I = \frac{q}{t}。$ 正电荷定向移动的方向为电流的方向;负电荷定向移动的反方向为电流的方向。	学生在头脑里做实验,用思想实验的方法建立电流概念。

(续表)

教学流程	教师活动	学生活动	设计意图
进行新课	<p>分别带有等量异种电荷的 A、B 两个导体球,它们的周围存在电场。如果用一根导线将它们连接起来,导线中的电子会怎样运动?</p> <p>导线中的自由电荷为什么会定向移动形成电流?</p>	<p>在老师的引导下,分析导线中电子所受电场力的方向,并说明电子电势能的变化情况。</p> <p>理解导线中的电流只能是瞬时的。</p>	<p>引导学生讨论、解释可能会产生的现象。培养、锻炼学生的思维能力。</p>
	<p>实例应用: 电流的微观表达</p> <p>【例 1】一段粗细均匀的导体长为 l, 两端加一定的电压, 自由电荷定向移动的速率为 v。设导体的横截面积为 S, 导体每单位体积内的自由电荷数为 n, 每个自由电荷的电荷量为 q。求导体中的电流大小。</p>	<p>总电荷量 电荷总数</p> $I = \frac{Q}{t} = \frac{Nq}{\frac{l}{v}} = \frac{nlSq}{\frac{l}{v}} = nqSv。$	<p>学生通过科学想象,在头脑中建立相应的物理图景,应用推理判断分析电流跟哪些因素有关。</p>
	<p>实例应用: 电解质溶液内的电流计算</p> <p>【例 2】某电解质溶液,如果在 1 s 内共有 5.0×10^{18} 个二价正离子和 1.0×10^{19} 个一价负离子通过某横截面,那么通过这个横截面的电流是多大?</p>	<p>解: 设在 $t = 1$ s 内, 通过某横截面的二价正离子数为 n_1, 一价负离子数为 n_2, 元电荷的电荷量为 e, 则可计算 t 时间内通过该横截面的电荷量……</p>	<p>通过对实例的运算,加深学生对电流定义式的理解。</p>
	<p>二、电压</p> <p>电路中的电压是怎么回事?</p>	<p>引导学生回答,正电荷在电场力作用下从电势高的地方向电势低的地方运动。</p>	<p>通过实验探究和理论分析,让学生认识到电压的降低特点。</p>
	 <p>直流电路中, a、b、c、d、e、f 各点的电势高低顺序怎样排列?</p>	<p>沿着电流的方向电势逐渐降低,同一导线中电势处处相等。</p>	<p>通过学生回答,发表见解,培养学生的语言表达能力。</p>
	<p>三、电阻</p>  <p>电子元件中有电流通过时会发热,这是为什么呢?</p>	<p>自由电子不断地与“原子实”碰撞,将它的一部分动能传递给“原子实”,使“原子实”的热振动加剧,导体的温度就升高了。因此,自由电子与“原子实”碰撞,形成对电子定向运动的阻碍作用,这是“电阻”产生的根本原因,也是电阻元件在通电时发热的原因。</p>	<p>引导学生通过科学想象,在头脑中建立相应的物理图景,应用思想实验和推理判断的思维方法来分析电阻的成因。</p>

(续表)

教学流程	教师活动	学生活动	设计意图
小结	1. 电流形成的条件: 自由电荷、电场。 2. 电流的微观表达式: $I = nqSv$ 。 3. 电流通过电阻器时, 沿着电流的方向电势逐渐降低。 4. 金属导体中的电阻是由于自由电子与“原子实”碰撞引起的。	在老师的引导下, 总结本节课所学的内容。	通过引导学生对本节课小结, 加深对所学知识的理解和记忆。
课堂练习	1. 下列关于电流的说法中正确的是()。 A. 金属导体中电流的方向就是自由电子定向移动的方向 B. 在电解质溶液中有自由的正离子和负离子, 电流方向不能确定 C. 不论何种导体, 电流的方向规定为正电荷定向移动的方向 D. 电流的方向有时与正电荷定向移动的方向相同, 有时与负电荷定向移动的方向相同	回顾有关电流方向的规定: 正电荷定向移动的方向为电流的方向; 负电荷定向移动的反方向为电流的方向。	考查本节课的基础内容, 让学生在巩固基础知识、提高探究能力等方面都有较大的收获。
	2. 有一铜导线, 横截面积为 1 mm^2 。若通过该铜导线的电流为 2.4 A , 单位体积内的自由电子数为 8.4×10^{28} 个。求自由电子定向移动的平均速率。	解: 根据 $I = nqSv$ 可得 $v = 1.8 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ 。	拓展学生的知识面, 培养学生分析问题、解决问题的能力。
回家作业	教材第 55 页“家庭作业与活动”第 1、2、3 题。	在课后完成。	巩固本节课所学的知识。

第4章

闭合电路欧姆定律

本章教学目标

《课程标准》的要求及其解读

(1) 理解闭合电路欧姆定律。会测量电源的电动势和内阻。

解读 在初中阶段,学生已经学过了部分电路欧姆定律,从部分电路过渡到全电路直接关系到学生能否很好地理解闭合电路欧姆定律。教学时,要通过创设实验帮助学生观察闭合电路中电压的变化,分清路端电压和内电压;同时要在时机成熟时及时引入和构建电动势和内阻的概念,因为这两个电源的物理量对于学生正确理解电动势、路端电压与内电压的关系,以及理解闭合电路欧姆定律的内容和表达式有着非常重要的作用;还应结合实际问题,让学生理解路端电压与负载电阻的关系。

应让学生通过动手测量电源的电动势和内阻,经历较完整的实验过程,学习有关电路连接和测量方面的实验操作技能。测量中要重视实验原理与方法的指导,明确需要测量的主要参数及会正确处理实验数据,尝试讨论实验误差和改进的方法。需要学生有完整的实验报告。

(2) 理解电功、电功率及焦耳定律,能用焦耳定律解释生产生活中的电热现象。

解读 初中阶段,学生已经对电功、电功率及焦耳定律有了一定的了解,高中阶段,重在区分在不同的应用情境中选用不同的计算公式,如 $P=UI$ 和 $W=UIt$ 这两个公式是最基本的普遍适用的公式,其他变形公式的适用与否取决于是否是纯电阻电路。

要知道焦耳定律是定量描述电流热效应的,并要知道焦耳定律的定量表达式;这里不要求应用焦耳定律解决复杂的问题,但要了解其在生产生活中的应用。要让学生联系实际,观察家庭、商场或其他场所的电热器具,探究它们的原理,估算它们的电流、电阻等参数及耗能情况等。注意新型电热材料如 PTC 陶瓷材料的性能和应用,使学生能关注新科技在生产生活中的应用。

(3) 能分析和解决家庭电路中的简单问题,能将安全用电和节约用电的知识应用于生活实际。

解读 要从全电路的角度分析家庭电路工作的原理和常见的问题:一是从电流、电压和电阻的角度重新认识家庭电路;二是从能量转化和守恒的角度重新认识家庭电路。这部分内容可看作是闭合电路欧姆定律的应用。

教学目标

(1) 通过实验探究和理论分析,探究闭合电路中电压的变化。分清路端电压和内电压,

知道电动势的物理意义、路端电压与内电压的关系,进而得出闭合电路欧姆定律的内容和表达式。能用能量观点分析静电力做功或通过实验认识电源的电动势和内阻的概念。能结合实际问题,分析负载电阻与路端电压的关系,负载对电源输出功率的影响。

(2) 通过动手测量电源的电动势和内阻,经历较完整的实验探究过程,学习有关电路连接、测量方面的实验技能。在测量中要重视实验原理与方法的指导,使学生明确需要测量的主要参数。尝试讨论实验误差和改进方法。需要学生写出完整的实验报告。

(3) 在第3章的基础上,了解多用电表电阻挡的原理,进一步了解多用电表。通过实际操作进一步练习使用多用电表。

(4) 能用能量转化与守恒的观点分析闭合电路。认识焦耳定律定量表达式的意义,了解其在生产生活中的应用。让学生能关注新科技在生产生活中的应用价值。

(5) 能从全电路的角度分析和解决家庭电路中的简单问题,能将安全用电和节约用电的知识应用于生活实际。

(6) 通过与初中所学内容的对比,帮助学生建立解决电路问题的全电路观,弄清全电路中电流、电压、电阻、功率这些物理量是如何相互制约和变化的。

(7) 在利用全电路观进行电路问题分析的过程中,建立科学思维的分析路径,养成良好的科学思维分析习惯。

(8) 应坚持提升学生的科学探究能力。本章实验“测量电源的电动势和内阻”,涵盖了一般实验所应包含的全部内容:实验方案的设计、电路的连接、数据采集、数据处理(计算和图像)、误差分析等。通过该实验,应进一步提升学生的科学探究能力。

全章教材分析与教学要求

本章教材是在第3章的基础上,从研究部分电路拓展到对闭合电路规律的研究,属高中物理电学的核心内容,也是高中物理的主干知识。教材通过实验,探究闭合电路中内电压与路端电压的相互制约关系,研究电源的性质与作用,建立电动势的概念。

在初中学过的部分电路欧姆定律的基础上,通过分析论证,得出闭合电路欧姆定律。在此基础上,教材编排了测量电源的电动势和内阻实验,而这个实验的原理正是闭合电路欧姆定律。之后,教材在典型案例的分析中以多用电表测电阻的原理为重点,介绍了闭合电路欧姆定律的应用。最后,教材依据闭合电路欧姆定律,讨论了电源提供的电能与闭合电路内、外电路上消耗的电能之间的关系,指出闭合电路欧姆定律符合能量转化与守恒定律,并且指出了纯电阻电路与非纯电阻电路的区别。

与以往教材不同的是,本教材将闭合电路欧姆定律内容独立成章,以闭合电路欧姆定律的探究过程和应用为主线,进一步落实了物理基础知识和基本技能。教材十分强调实验探究和理论分析,力图“再现”闭合电路欧姆定律建立的过程:通过学生探究性实验,试图让学生体验、得出电动势的概念,并由此“发现”闭合电路欧姆定律。旨在培养学生的实验能力,并让学生亲身体验“观察、提出疑问、作出猜想、证实猜想”的发现过程,体现了教材注重“过程”目标的落实。教材把多用电表测电阻的原理、纯电阻电路与非纯电阻电路的区别列为重点内容,体现了教材的应用性,表现出教材重视联系学生生活、社会实践与现代科技,重视“情感”目标的体现。

在理论分析和公式推导的过程中,教材强调物理学中的重要研究方法,用能量转化与守恒定律来分析闭合电路的能量转化,体现了教材注重学生思维品质的培养。在公式推导的过程中,又注重推导过程的展示,不是把教学目标盯在最后导出的公式上,而是特别关注导出公式的过程,其意图是充分展示知识形成的过程,注重“过程”目标的落实。

本章教材力求体现如下特点:

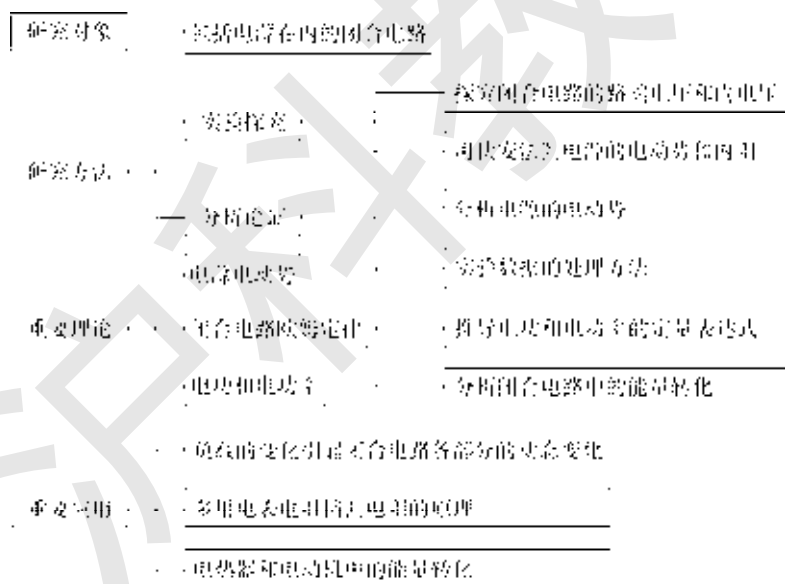
(1) 加强实践与科学探究活动。

与以往教材不同,本教材在探究路端电压随外电路电阻变化的基础上,先引导学生提出若干假设,再引导学生动手实验,探究内、外电压的关系,最终总结出全电路欧姆定律。这种方法的独到之处在于,模拟创设了科学探究的情境,有利于培养学生的创新能力、科学态度和热爱科学的情感。

(2) 注重学生自主探究和物理知识的应用。

为了体现新课标的理念,教材没有把现成的概念和规律直接给学生,而是引导学生通过自主探究,对概念和规律进行归纳。如:通过类比(滑滑梯游戏),让学生自主建立电动势概念并导出闭合电路欧姆定律;在“测量电源的电动势和内阻”的实验中,也没有把测量误差直接告诉学生,而是通过设问向学生展示矛盾,希望学生能够运用本章的知识和方法,自行思考解决问题。表现出本教材着眼于学生的发展,而不仅仅局限于知识的传承。

本章教材的设计框架和知识逻辑结构如下框图所示:



本章的教学重点是闭合电路欧姆定律,教学难点是电源电动势概念的建立及闭合电路的动态分析等。

课时安排建议

本章拟用 8 课时,具体安排如下:

第 4.1 节 2 课时

第 4.2 节 2 课时

第 4.3 节 1 课时

第 4.4 节 1 课时

全章复习和评价 2 课时

各节教材的说明与教学建议

4.1 闭合电路欧姆定律

教学目标

- (1) 会测量闭合电路的外电压和内电压。
- (2) 会从能量转化和守恒的角度推导出闭合电路欧姆定律,并理解和掌握闭合电路欧姆定律。
- (3) 会用闭合电路欧姆定律解决一些简单问题。

教材说明

教材《4.1 闭合电路欧姆定律》一节是第4章的核心,它的内容在全章中具有特殊的地位和作用。它是教材《4.2 闭合电路欧姆定律的应用》一节中“学生必做实验 测量电源的电动势和内阻”的实验原理。同时,教材在《4.3 电路中的能量转化与守恒》一节中分析指出,闭合电路欧姆定律符合能量转化与守恒定律,因此本节内容又是教材第4.3节的知识背景。

加强实践活动,培养学生的科学探究能力和创新意识,是本节教材编写的根本意图。教材力图展示实验探究与理论分析相互依存、相互推进的知识创新过程。教材以实验为先导,让学生探究新的知识与规律,在实验的基础上让学生进行分析、归纳与总结;当分析中遇到新问题时,继续让学生通过实验进行新的探索。

与以往教材不同的是,本教材不是将电动势的概念直接端给学生,而是力图让学生经历闭合电路欧姆定律建立的过程,归纳电动势的概念,并由此“发现”闭合电路欧姆定律,培养学生的实验能力,并让学生亲身体验发现定律的过程,体验成功,由此产生兴趣。

本节教材首先在“实验探究1”中安排学生测量并比较 U_{bc} 、 U'_{bc} 和 U_{ac} 的大小,并由此设置悬念,激发学生思考 $U_{bc} < U'_{bc} < U_{ac}$ 的原因,进而让学生猜想电源存在内阻。此后,本节教材让学生在“实验探究2”中,改变外电路电阻和电源内阻,测定对应的路端电压和电源的内电压。让学生在实验中发现电源内部确实存在电势降落,从而“感悟”电源有内阻。同时,通过数据分析,“发现”路端电压和内电压都随外电路电阻和电源内阻变化,但变中有不变,即路端电压与内电压之和保持不变,从而总结出电源电动势的概念。

用实验方法得出闭合电路欧姆定律,有优点也有缺点。优点是可以增强学生的实践意识,提高实验探究能力。缺点是学生对内电压测量难以理解。实验可得出“内、外电压之和等于一个常数”的结论,但如何跟电动势发生联系,难以从物理本质上予以说明。教材在这个问题的处理上有独到之处:一方面,将“实验探究2”命名为“测电源内部的电压”,让学生体会电源内阻的存在,从而理解内电压;另一方面,教材采用类比的方法,通过分析教材图4-1-5中小朋友玩游戏时必须不断地将小球从地面搬至滑梯上,即不断地对小球做功,以增加小球的重力势能,从而类比电源必须不断地靠“非静电力”对电荷做功,才能保证对全电路提供电能,使学生体会电源“做功”的作用。

教材从能量守恒的观点指出:“电源内部非静电力做的功等于电场力在外电路和内电路

所做的功之和”。再根据实验结果得出结论：电动势是“电源内部的非静电力将单位正电荷从负极移送到正极时所做的功”。教材从能量关系揭示电源电动势的内涵，可使学生进一步加深对电动势概念的理解。这种处理方法，体现了物理学中用能量观点分析问题的方法。

教学建议

关于“测量闭合电路的路端电压和内电压”

(1) 要求学生积极参与实验探究活动，认真做好“实验探究 1”。实验条件好的学校可安排两人一组，选择多用电表的直流电压 0~10 V 挡进行实验，并组织学生讨论。

教师可先用多用电表的电阻挡实测一段导线的电阻，使学生明白导线的电阻非常小，造成电压 $U_{bc} < U'_{bc} < U_{ac}$ 的原因不是导线电阻的影响。启发学生思考，电源有内压降应该存在内阻。在此基础上，教师适时提出问题，引导学生自然过渡到“实验探究 2”。

(2) “实验探究 2”的铺垫工作：教师应介绍教材图 4-1-3 所示的内阻可调电池的构造，介绍两个探极 C、D 及电池正极 A、负极 B 的功能和作用。实验中，教师应启发学生分析探极 C、D 分别尽量靠近 B、A 但不能接触的原因。

(3) 教师应该告诉学生，电解质液的电阻遵循电阻定律 $R = \rho \frac{L}{S}$ 。若向电池内打气，则电池中间的电解质液面将降低，其横截面积减小，由电阻定律可知，电池内阻增大。

(4) 介绍教材图 4-1-4 测电源内电压的电路图时，应特别强调：电池外电路中的电流由 A 流向 B，内电路中的电流由 B 流向 A。应引导学生根据电流流向和电势沿电流方向逐渐降低的原理，正确地把电压表接在探针 C 和 D 上。

(5) 顺着电流流向，电势在电源内阻上降低，但在负、正极上却升高。教师可简单说明原因，但不必详细分析。教学的重点应落在测定 $U_{\text{外}}$ 和 $U_{\text{内}}$ 的实验过程上，并引导学生归纳出，在误差允许的范围内， $U_{\text{外}} + U_{\text{内}}$ 是一个确定的值。

关于“电源的作用——电动势”

(1) 向学生分析清楚，电荷在电源内电路移动时，静电力和非静电力同时做功，静电力在内、外电路上对电荷做功，使电荷的电势能减少；非静电力对电荷做功，使电荷的电势能增加。依据能量守恒关系，非静电力做的功应该等于静电力在内、外电路上所做的功之和。

(2) 教师应当告诉学生， $E = W_q$ 是电动势的定义式，而公式 $E = U_{\text{外}} + U_{\text{内}}$ 只是电动势的一种表现形式。电源电动势的大小，表示电源把其他形式的能量转化为电能的本领的大小。电压是电势差，电压的作用表现为在电路两点间形成电场，靠电场力推动电荷做功，完成的是由电能向其他形式能的转化过程。

关于“闭合电路欧姆定律”

与部分电路欧姆定律不同，全电路欧姆定律考虑了电源对电路的影响。将 $U_{\text{外}} = IR$ 、 $U_{\text{内}} = Ir$ 代入 $E = U_{\text{外}} + U_{\text{内}}$ 即可得到 $I = \frac{E}{R+r}$ 。在处理这部分内容时，基础较好的学生可在老师的启发下自行完成。教师要从哲学的角度分析局部与整体的辩证关系。

教学评价

“家庭作业与活动”参考解答

1.【解答】 1.2;600;20。甲电池和乙电池都是可充电电池;用标准充电器接交变电流充电,甲电池充电电流为 50 mA 时,充满电需要 15 h,乙电池充电电流为 60 mA 时,充满电需要 15 h。

2.【解答】 2.07;26.3。

从表 4-1-1 的数据可得 $E=2.07\text{ V}$, 根据 $E=U_{\text{外}}+\frac{U_{\text{外}}}{R}r$, 通过计算并求其平均值, 可得电源内阻 $r=26.3\ \Omega$, 或引导学生通过描绘 $U-I$ 图像求得。

表 4-1-1

R_p / Ω	2	3	10	20	25	30	40	50
$U_{\text{外}} / \text{V}$	0.14	0.32	0.57	0.89	1.03	1.10	1.24	1.37
$U_{\text{内}} / \text{V}$	1.94	1.75	1.50	1.18	1.04	0.97	0.83	0.71
$r = \frac{U_{\text{内}} R}{U_{\text{外}}} / \Omega$	27.7	27.3	26.3	26.2	25.2	26.2	26.7	26.3
$E (E = U_{\text{外}} + U_{\text{内}}) / \text{V}$	2.08	2.07	2.07	2.07	2.07	2.07	2.07	2.08

注: 计算内阻时, 第 1 组、第 2 组和第 5 组数据偏差较大, 可删去。

3.【解答】 $U=4\text{ V}$ 。

4.【解答】 $I=0.75\text{ A}$ 。

5.【解答】 $E=5.76\text{ V}; r=0.4$ 。

6.【解答】 D。

补充课堂检测题和参考解答

1. 在图 4-1-1 中, $R_1=14\ \Omega$, $R_2=9\ \Omega$ 。当开关处于位置 1 时, 电流表的示数 $I_1=0.2\text{ A}$; 当开关处于位置 2 时, 电流表的示数 $I_2=0.3\text{ A}$ 。求电源的电动势和内阻。

【解答】 $E=3\text{ V}; r=1\ \Omega$ 。

2. 小张买了一只袖珍小电筒, 用的是两节小的干电池。他取出电筒中的小灯泡, 看到上面标有“2.2 V 0.25 A”字样。小张认为产品设计人员的意图是使小灯泡在这两节干电池供电下正常发光。由此, 他推算出了产品设计者设定的每节干电池的内阻参数。问: 小张的判断是否正确? 如果小张的判断是正确的, 那么, 设计人员所设定的每节干电池的内阻是多少?

【解答】 小张的判断是正确的。每节干电池的内阻是 $1.6\ \Omega$ 。

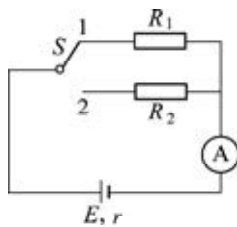


图 4-1-1

4.2 闭合电路欧姆定律的应用

教学目标

- (1) 掌握利用闭合电路欧姆定律测量电源电动势和内阻的方法。
- (2) 能熟练利用闭合电路欧姆定律解决实际问题。

教材说明

在教材上一节的基础上,本节教材内容主要涉及闭合电路欧姆定律的应用,其中一个重要内容就是如何测量电源的电动势和内阻。本节从实用的角度向学生提出了两个问题:怎样方便地测量电源的电动势和内阻?如何科学地设计实验方案?

教材的编写意图是:强调实验原理是实验设计的灵魂;强调数据处理的科学方法,并将图像法作为重点方法;重视学生创新能力的培养,要求学生自己确定实验原理,拟定多种可行的实验方案;重视学生对学习过程的体验,培养学生发现问题、解决问题的能力。

与以往教材不同的是,本节教材编写精练,留给师生较大的研究空间。对诸如图线的画法、图线的利用等实验中的问题,只是提出问题,并不给出结论,让学生在操作中寻找答案。

本节教材要求学生掌握测量电源电动势的实验原理、实验步骤;会用公式法及图像法处理实验数据;体验实验设计、步骤拟定、数据采集及数据处理过程;体验物理实验设计必须以物理规律、公式为原理,并据此选择实验器材和拟定实验步骤,确定应采集的实验数据或应观察的实验现象。教材的处理方法,有利于培养学生的创新能力、实验能力,培养学生勇于探索的进取精神和严谨的科学态度。如何科学地处理实验数据,是本节的教学难点。为了减小实验误差,在作出的 $U-I$ 图像中,纵坐标的值不从零开始,而应根据实验测得的路端电压从某一适当的值开始,但横坐标电流值必须从零开始。

教学建议

关于“测量电源的电动势和内电阻”

测量电源的电动势和内阻是本节应用中的一个重要内容。由于进行本实验的方案多,教学过程中不要急于拿出实验方案进行实验,而应根据闭合电路欧姆定律逐步引导学生自己拿出实验方案。更要引导学生充分认识到实验方案虽然有所不同,但本质上是统一的,无本质上的区别。另外,本实验中实验数据的处理方法是具有代表性的,有计算法和图像法两种,要让学生明确两种方法也是统一的,即均存在减小误差的措施:计算法中的算术平均值和图像法中的描点连线。

任何一个实验方案都存在系统误差。本实验由于电流表的内、外接法也使测量结果存在系统误差,对于这一误差的分析不要急于求成,可能需要一定的阶段和时间来慢慢引导学生理解和掌握,切不可让学生死记结论。

本实验中的确立坐标刻度的方法也是学生之前没有遇到过的,可在原来坐标刻度的基础上进行描点连线,让学生仔细观察有何缺陷,然后再提出如何避免这一缺陷,从而得出解决办法。

关于闭合电路欧姆定律的常规应用,由于学生初中的认知原因,在利用闭合电路欧姆定律解决问题的初级阶段,切不可盲目推进,而可从以下三个方面加以推进:

一是要帮助学生构建起以下的电路动态分析路径:从外因(外电阻的变化)开始,到总电阻的变化,到总电流的变化,到电源内电压的变化,再到外电压的变化。这一点,在解决实际问题中具有很重要的作用,切不可一开始就让学生死记结论:外电阻增大,路端电压增大。这对学生今后的解题不利。

二是注重引导学生画外电路的电路图。虽然本章不涉及复杂电路,但是由于开关的断开和闭合,也会使电路有一定的复杂感。

三是注重引导学生树立良好的解题列式规范,以防止“还没有学会走路就想跑”的现象发生。

关于“多用电表测量电阻的原理”

用多用电表电阻挡测量电阻的工作原理可作为闭合电路欧姆定律的应用进行讲解和介绍。

教学评价

“家庭作业与活动”参考解答

1.【解答】 0.6 V。

闭合电路中的电流 $I = \frac{E}{R+r} = 0.02 \text{ A}$, 路端电压 $U = IR = 0.6 \text{ V}$ 。

2.【解答】 A、D。

3.【解答】 A、D。

注意图像中的图线与纵轴的交点表示电源电动势,但是两坐标轴的交点不是电压的零点,因此,图线与横轴的交点并不表示短路电流。

4.【解答】 B。

5.【解答】 250;1 000。

根据闭合电路欧姆定律,外电阻为零时, $I_g = \frac{E}{R_g + R_0 + r}$, 求得 $R_g + R_0 + r = 500 \Omega$ 。当电流为 2 mA 时, $I = \frac{E}{R_g + R_0 + r + R}$, $R = 250 \Omega$ 。当电流为 1 mA 时, $I = \frac{E}{R_g + R_0 + r + R'}$, $R' = 1\,000 \Omega$ 。

6.【解答】 A。

滑片 P 向上移动 $\rightarrow R_{\text{总}} \uparrow \rightarrow$ 电路中电流 $I \downarrow \rightarrow$ 内电压 $U_{\text{内}} \downarrow \rightarrow$ 路端电压 $U \uparrow \rightarrow R_2$ 两端电压 $\uparrow \rightarrow R_2$ 中电流 $\uparrow \rightarrow R_P$ 中电流 \downarrow 。

7.【解答】 A、C、E;2.86;2.5。

由于待测对象是两节串联的干电池,故电压表选⑦(0~3 V);为了保护电源,电路中的电流不宜过大,所以变阻器应选 R_{P1} (20 Ω , 2 A),电流表选④(0~0.6 A),即选择选项 A、C、E。

在图 4-2-1 中画出 $U-I$ 图像得电动势为 2.86 V,

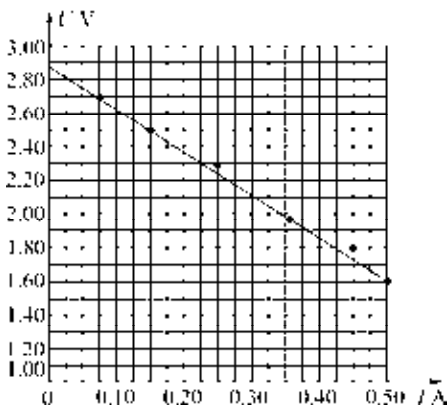


图 4-2-1

内阻为 $2.5\ \Omega$ 。

补充课堂检测题和参考解答

1. 手电筒里的两节干电池已经用过较长时间, 灯泡只发出微弱的光, 此时把它们取出来, 用电压表测电压, 电压表的示数尚接近 3 V , 再把它们作为一个台式电子钟的电源, 电子钟能正常工作。下列说法中正确的是()。

- A. 与新电池相比, 两节干电池的电动势减小了很多
- B. 与新电池相比, 两节干电池的内阻增大很多
- C. 这台电子钟的额定电压一定比小灯泡的额定电压小
- D. 这台电子钟正常工作时的电流一定比小灯泡的额定电流小

【解答】 B、D。

2. 如图 4-2-2 所示, 电压表(数字式电压表或数字式多用电表)内阻极大。

(1) 只闭合 S_1 , 电压表示数 U 等于电源的电动势 E 。

(2) 闭合 S_1 及 S_2 , 改变电阻箱 R , 记下相应的电压表指示 U , 作出 $U-R$ 图线, 从图线上找到 $U = \frac{E}{2}$ 那点对应的 R 值, 即为电源的内阻 r 。

请论证上述叙述的正确性。

【解答】 (1) $U = \frac{E}{R_V + r} R_V$, 当 $R_V \gg r$ 时, 有 $U = E$ 。

(2) 由于电压表的内阻非常大, 可将电压表所接的电路视为断开, 则有 $U = \frac{E}{R + r} R$ 及 $U = \frac{E}{2}$, 可得 $r = R$ 。

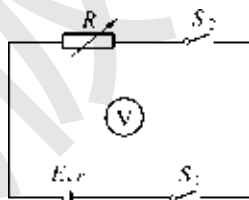


图 4-2-2

4.3 电路中的能量转化与守恒

教学目标

- (1) 能从本质上理解和掌握电功、电功率的概念。
- (2) 能从能量转化和守恒的角度解决闭合电路中的能量问题。
- (3) 能从纯电阻电路和非纯电阻电路的区别来理解电功和电功率的几个公式的应用范围。

教材说明

本节教材在闭合电路欧姆定律的基础上, 由 $E = U + U_{\text{内}}$ 得到 $EI = UI + U_{\text{内}}I$, 表明电源提供的电能, 一部分消耗在外电路上, 转化为其他形式的能; 另一部分消耗在内电路上, 转化为内能。说明闭合电路欧姆定律完全符合能量转化与守恒定律。这是对闭合电路欧姆定律在更高层次上的概括。

本节教材有三个重要特点:

(1) 讨论能量问题及应用能量方法。从这个意义上说,本节教材的教学内容是对全章的归纳、总结与提高。

(2) 推理严谨。本节教材从电场力对电荷做功出发,依据电场力做功 $W=qU$ 及 $I=\frac{q}{t}$, 导出具有普遍适用性的一段电路上的电功公式 $W=UIt$ 。之后,教材在回顾初中已经学习过的焦耳定律基础上,依据在纯电阻电路及非纯电阻电路中电能不同的转化情况,要求学生在思考讨论的基础上,通过推理,说明涉及电功(及相应的电功率)的三个公式 $W=UIt$ 、 $W=I^2Rt$ 及 $W=\frac{U^2}{R}t$ 的区别、联系及适用范围,讨论电功与电热的联系与大小关系。

(3) 部分推理工作交由学生完成。如:电功率 $P=UI$ 的推导;确定案例中关于发电机功率、外电路功率和内电路功率三者之间的关系等。

与以往教材不同的是,本节教材在编写思路突出能量问题与能量方法,其意图是培养学生的科学思维方法及科学素养,学会从能量角度对物理规律进行分析,并思考问题。本节教材注重推理论证的实践,旨在培养学生分析论证的能力、简洁明了的表叙能力、思维能力及严谨的科学态度。电功与电热的关系问题,既是本节教材教学的重点,又是本节教材教学的难点。正确确定电能转化为何种形式的能量是突破难点的根本。

教学建议

关于“电功与电热关系的分析”

(1) 教材要求学生用电阻的微观机理解释电流的热效应,这个要求比较高。建议对学生进行一定的启发,并指导学生沿着以下思路分析:在导体两端加上电压时,导体内部便建立了电场,电场力对自由电子做功,自由电子在无规律热运动的基础上,叠加了定向移动。自由电子在运动过程中与金属晶格碰撞,其动能转化为导体的内能,大量电子的共同作用宏观上表现为导体内能增加,即电热。

(2) 教材要求学生在思考讨论的基础上,通过推理,说明电功(及相应的电功率)三个公式 $W=UIt$ 、 $W=I^2Rt$ 及 $W=\frac{U^2}{R}t$ 的区别、联系及适用范围,讨论电功与电热的联系与大小关系。建议在学生充分讨论的基础上,教师归纳下列内容:

① 下列常用的用电器如白炽灯泡、电热毯、电炒锅、电风扇、洗衣机、电冰箱、电吹风和电解槽中,哪些是纯电阻用电器? 哪些是非纯电阻用电器?

② 电功是电流通过用电器时电场力做的功,用公式 $W=qU=UIt$ 计算出的是电场力做的功,依据静电场理论导出的这个公式具有普遍适用性,对纯电阻电路与非纯电阻电路均适用。当电场力对电荷做正功时,电荷的电势能减少,减少的电势能在数值上等于用电器消耗的电能。电热是电流通过用电器产生的热量, $Q=I^2Rt$ 是焦耳通过大量实验得到的规律。焦耳定律对纯电阻电路和非纯电阻电路均适用。

一般来说,用电器消耗的电能不一定全部用来发热,也就是说,电功不一定等于电热。在纯电阻电路中,部分电路欧姆定律 $I=\frac{U}{R}$ 成立,即有 $U=IR$,则电功 $W=UIt=IR \cdot I \cdot t=I^2Rt$, 此时电功与电热相等。从能量转化与守恒的角度看,电能全部转化为电热。由欧姆定律

$I = \frac{U}{R}$ 及电功 $W = UIt$ 可得 $W = \frac{U^2}{R}t$, 所以在纯电阻电路中, 电功的三个公式 $W = UIt$ 、 $W = I^2Rt$ 及 $W = \frac{U^2}{R}t$ 是等价的, 可以通用。同理可得, 在纯电阻电路中, 电功率的三个公式 $P = UI$ 、 $P = I^2R$ 及 $P = \frac{U^2}{R}$ 也是等价的, 也可以通用。

在非纯电阻电路中, 如含有电动机、电解槽的电路, 电功 W 大于电热 Q , 电流做功将一部分电能转化为电热 Q , 另一部分电能转化为其他形式的能 $E_{\text{其他}}$, 即 $W = E_{\text{其他}} + Q$ 。此时只能用公式 $W = UIt$ 计算电功, 只能用公式 $P = UI$ 计算电功率, 电热只能用 $Q = I^2Rt$ 计算。

在非纯电阻电路中, 欧姆定律不再简单地表现为 $I = \frac{U}{R}$ 的形式(由于反电动势的存在)。

关于“闭合电路中的能量转化与守恒”

教材在闭合电路中的能量转化与守恒部分的分析论证中, 导出了能量关系式 $EI = UI + U_{\text{内}}I$ 。对于这个关系式的处理应注意三点:

① 说明闭合电路欧姆定律完全符合能量转化与守恒定律。

② 教师应组织学生分析关系式中每一项的物理意义: $P_{\text{总}} = EI$ 表示电源的总功率; $P_{\text{出}} = UI$ 表示电源的输出功率; $P_{\text{内}} = U_{\text{内}}I$ 表示电源内阻消耗的功率(热功率)。这些功率的计算式与电源的效率计算式 $\eta = \frac{U}{E} \times 100\%$, 不论对外电路是纯电阻电路还是非纯电阻电路, 都是成立的。

③ 指导学生利用公式 $\eta = \frac{U}{E} \times 100\%$ 导出计算电源效率的另一计算式 $\eta = \frac{R}{R+r} \times 100\%$, 并要求学生指出其适用条件(纯电阻电路)。

教学评价

“家庭作业与活动”参考解答

1. 【解答】(1) 设 n 个电阻 $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$ 串联, 它们两端的电压分别为 $U_1, U_2, U_3, \dots, U_n$, 则电路消耗的总功率

$$P = UI = I(U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n) = IU_1 + IU_2 + IU_3 + \dots + IU_n,$$

故 $P = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n$ 。

(2) 设 n 个电阻 $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$ 并联, 通过它们的电流分别为 $I_1, I_2, I_3, \dots, I_n$, 则电路的总功率

$$P = UI = U(I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n) = UI_1 + UI_2 + UI_3 + \dots + UI_n,$$

故 $P = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n$ 。

2. 【解答】(1) 电路中的电流 $I = \frac{U_V}{R_0} = \frac{3 \text{ V}}{3 \Omega} = 1 \text{ A}$ 。

电源的功率即电源的总功率 $P_{\text{总}} = IE = 1 \text{ A} \times 6 \text{ V} = 6 \text{ W}$ 。

电源的输出功率 $P_{\text{输出}} = P_{\text{总}} - P_{\text{内}} = IE - I^2 r = 6 \text{ W} - 1^2 \times 0.5 \text{ W} = 5.5 \text{ W}$ 。

(2) 电动机属非纯电阻电路,消耗的功率指每秒消耗的电能,即

$$P_{\text{电}} = P_{\text{输出}} - I^2 R_0 = 5.5 \text{ W} - 1^2 \times 3 \text{ W} = 2.5 \text{ W}。$$

电动机将每秒消耗的电能一部分转化为机械能,即输出的机械功率,另一部分用于自身线路的热损耗,即热功率。电动机输出的机械功率

$$P = P_{\text{电}} - I^2 r = 2.5 \text{ W} - 1^2 \times 0.5 \text{ W} = 2 \text{ W}。$$

电动机工作时,1 min 消耗的电能为

$$W = P_{\text{电}} t = 2.5 \text{ W} \times 60 \text{ s} = 150 \text{ J}。$$

1 min 内产生的热能为

$$Q = I^2 R_{\text{电}} t = 1^2 \times 0.5 \times 60 \text{ J} = 30 \text{ J}。$$

3.【解答】 B、C。

4.【解答】 根据闭合电路能量守恒得 $8I - 4I^2 = 3$,解得 $I = 1.5 \text{ A}$ 或 $I = 0.5 \text{ A}$ 。

用电器两端的电压 $U = 2 \text{ V}$ 或 $U = 6 \text{ V}$ 。

5.【解答】 D。

由题意可知,电灯正常发光时,a 电路电流为 b 电路中电流的 2 倍,则 $2P_L + P'_1 = 2(2P_L + P'_2)$,可知选项 D 正确。

6.【解答】 C。

由于虚线框内电路情况不清楚,因此,电路消耗的电功率用 $P = UI$ 计算一定是正确的,其他要看电路的种类。

7.【解答】 A。

由于两电路串联,因此电路消耗的功率最大时, $I = 0.5 \text{ A}$ 。

此时,电路消耗的功率 $P = I^2 R_1 + I^2 R_2 = 1.5 \text{ W}$ 。

8.【解答】 (1) B;A 与 B;(2) 电风吹冷风时, $W = Pt = 7200 \text{ J}$;(3) 送热风时,电热丝消耗的电功率 $P_{\text{热}} = 560 \text{ W} - 120 \text{ W} = 440 \text{ W}$,电热丝的电阻 $R = \frac{U^2}{P_{\text{热}}} = 110 \Omega$ 。

补充课堂检测题和参考解答

1. 下列用电器中属于纯电阻用电器的是()。

A. 电风扇和电吹风

B. 白炽灯泡、电热毯和电炒锅

C. 洗衣机和电冰箱

D. 电解槽

【解答】 B。

2. 电功率的计算公式 $P = \frac{U^2}{R}$ 中, U 是加在用电器上的电压, R 是用电器的电阻,此式适用于()。

A. 计算电冰箱的功率

B. 计算电风扇的功率

C. 计算电烙铁的功率

D. 计算一切用电器的功率

【解答】 C。

4.4 现代家庭电路

教学目标

- (1) 了解现代家庭电路常见的不安全因素。
- (2) 知道如何做到安全用电。
- (3) 形成节约用电的意识。

教材说明

本节教材在编写时的定位是：闭合电路欧姆定律的应用，以及帮助学生建立两种意识，即安全用电意识和节约用电意识。前面所研究的直流电路与家庭电路的主要不同之处在于电源类型（直流电和交变电流）和电压的高低，其实直流电和交变电流所用的规律是相同的。

作为本章的最后一节内容，教学的出发点要基于直流电路和闭合电路欧姆定律。教材安排了两个案例分析：一是用电高峰时为什么用电器两端的电压要低于 220 V？二是估测家用机顶盒的待机功率。设计这样两个案例，主要目的有两个：一是如何用直流电路所学规律来分析家庭电路；二是促使学生形成节约用电的意识。

教学建议

关于“家庭电路”

本节内容也可算是闭合电路欧姆定律的一个应用。教学中，要善于引导学生思考以下问题：家庭电路中的电源是什么？为何不考虑电源的内阻？输电线有没有电阻？用电器两端的电压与电源电压是否相同？

实际教学中，要将家庭电路与直流电路模型进行类比和对比，以体会所研究的直流电路是一种理想模型，其实导线是有电阻的，电压表的内阻不是无穷大，流过电压表的电流极小，电流表的内阻也不是零。

关于“安全用电”

在上述基础之上进行安全用电教学时，由于涉及的家庭电路电压较高，可用低压直流电路来模拟家庭电路中的故障和安全问题。

关于“节约用电”

在“估测家用机顶盒的待机功率”的教学时，可取家用机顶盒和电能表进行现场模拟，让学生体会家庭电路中仅有机顶盒接入电路且待机时，电能表的转盘是转动的，由此联想到家庭电路中还有许多的待机用电器，对于学生的理解会有较大的帮助。

教学评价

“家庭作业与活动”参考解答

【解答】 (1) (略)；(2) (略)

“第4章家庭作业与活动”参考解答

A 组

- 1.【解答】 B。
- 2.【解答】 A、D。
- 3.【解答】 B、C、D。
- 4.【解答】 C。
- 5.【解答】 A。
- 6.【解答】 A。
- 7.【解答】 $30\ \Omega; 1.2\ \text{W}$ 。
- 8.【解答】 (1) $R_1=8\ \Omega; R_2=4\ \Omega$; (2) $E=4\ \text{V}; r=1\ \Omega$ 。
- 9.【解答】 C。
- 10.【解答】 A、D。
- 11.【解答】 A、D。
- 12.【解答】 B、C。

B 组

- 1.【解答】 $12.5\ \text{km}$ 。
- 2.【解答】 35。
- 3.【解答】 电路图如图 4-5-1 所示。

当摆球 P 在 O 点正下方时, OC 间的电压是零, 电压表示数为零; 当摆球向左偏离 θ 角时, 金属丝与 BC 相接触于 D 点, 此时设电压表的示数为 U , 水流对摆球的作用力为 F , 有

$$\frac{F}{mg} = \tan \theta = \frac{\overline{DC}}{h}, F = \frac{mg}{h} \overline{DC}.$$

又因为电阻丝 \overline{DC} 对应的电压为 U , l 对应的电压为 E , 即 $\frac{\overline{DC}}{l} = \frac{U}{E}$, 代入上式得

$$F = \frac{mgl}{hE} U.$$

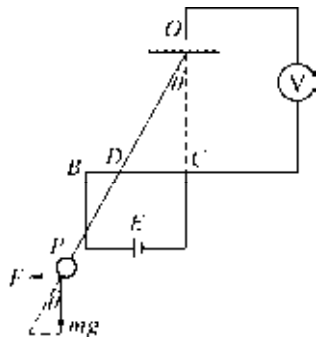


图 4-5-1

课程资源

物理学家简介

焦耳

18 世纪, 人们对热的本质的研究走上了一条弯路, “热质说”在物理学史上统治了 100 多年。虽然曾有一些科学家对这种错误理论产生过怀疑, 但是人们一直没有办法解决热和功之间关系的问题, 是英国自学成才的物理学家詹姆斯·普雷斯科特·焦耳 (James P. Joule, 1818—1889) 为最终解决这一问题指明了道路。

焦耳 1818 年 12 月 24 日生于英国曼彻斯特,他的父亲是一个酿酒厂主。焦耳自幼跟随父亲参加酿酒劳动,没有受过正规的教育。青年时期,在别人的介绍下,焦耳认识了著名的化学家道尔顿。道尔顿给予了焦耳热情的教导。焦耳向道尔顿虚心学习了数学、哲学和化学,这些知识为焦耳后来的研究奠定了理论基础。而且道尔顿教导焦耳理论与实践相结合的科研方法,更激发了焦耳对化学和物理的兴趣。

焦耳最初的研究方向是电磁机,他想将父亲酿酒厂中应用的蒸汽机替换成电磁机以提高工作效率。1837 年,焦耳组装了用电池驱动的电磁机,但由于支持电磁机工作的电流来自锌电池,而锌的价格昂贵,用电磁机反而不如用蒸汽机合算。焦耳的最初目的虽然没有达到,但是他从实验中发现,电流可以做功,这激发了他进行深入研究兴趣。

1840 年,焦耳把环形线圈放入装水的试管内,测量不同电流和电阻时的水温。通过这一实验,他发现:导体在一定时间内放出的热量与导体的电阻及电流的平方之积成正比。4 年之后,俄国物理学家楞次公布了他的大量实验结果,从而进一步验证了焦耳关于电流热效应之结论的正确性。因此,该定律称为焦耳-楞次定律。

焦耳总结出焦耳-楞次定律以后,进一步设想电池电流产生的热与电磁机的感应电流产生的热在本质上应该是一致的。1843 年,焦耳设计了一个新实验:将一个小线圈绕在铁芯上,用电流计测量感应电流,把线圈放在装水的容器中,测量水温以计算热量。实验中的这个电路是完全封闭的,没有外界电源供电,水温的升高只是机械能转化为电能、电能又转化为热的结果,整个过程不存在热质的转移。这一实验结果完全否定了热质说。

上述实验也使焦耳想到了机械功与热的联系,经过反复的实验、测量,焦耳终于测出了热功当量,但结果并不精确。1843 年 8 月 21 日,在英国学术会上,焦耳报告了他的论文《论电磁的热效应和热的机械值》。他在报告中说,1 千卡的热量相当于 460 千克力·米的功。他的报告没有得到支持和强烈的反响,这时他意识到自己还需要进行更精确的实验。

1844 年,焦耳研究了空气在膨胀和压缩时的温度变化,在这方面取得了许多成就。通过对气体分子运动速度与温度的关系的研究,焦耳计算出了气体分子的热运动速度值,从理论上奠定了波意耳定律和盖-吕萨克定律的基础,并解释了气体对器壁压力的实质。焦耳在研究过程中的许多实验是和著名物理学家威廉·汤姆孙(后来受封为开尔文勋爵)共同完成的。在焦耳发表的 97 篇科学论文中有 20 篇是和汤姆孙的合作成果。当自由扩散气体从高压容器进入低压容器时,大多数气体和空气的温度都要下降,这一现象就是焦耳和汤姆孙共同发现的。这一现象后来被称为焦耳-汤姆孙效应。

无论是在实验方面还是在理论方面,焦耳都是从分子动力学的立场出发进行深入研究的前驱者之一。

在从事这些研究的同时,焦耳并没有间断对热功当量的测量。1847 年,焦耳做了迄今认为是设计思想最巧妙的实验:他在量热器里装了水,中间安上带有叶片的转轴,然后让下降重物带动叶片旋转,由于叶片和水的摩擦,水和量热器都变热了。根据重物下落的高度,可以算出转化的机械功;根据量热器内水升高的温度,可以计算水的内能的升高值;把两数进行比较就可以求出热功当量的准确值来。

焦耳还用鲸油代替水来做实验,测得了热功当量的平均值为 423.9 千克力·米/千卡,接着又用水银代替水,不断改进实验方法,直到 1878 年,这时距他开始进行这一工作将近 40 年了,他已用各种方法前后进行了 400 多次实验。他在 1849 年用摩擦使水变热的方法所

得的结果跟 1878 年的是相同的,即为 423.9 千克力·米/千卡。一个重要的物理常数的测定,能保持 30 年而不作较大的更正,这在物理学史上也是极为罕见的。这个当时被大家公认为热功当量 J 的值,它比现在 J 的公认值——427 千克力·米/千卡约小 0.7%。在当时的条件下,能做出这样精确的实验来,说明焦耳的实验技能是多么的高超!

然而,当焦耳在 1847 年的英国科学学会的会议上再次公布自己的研究成果时,他还是没有得到支持,很多科学家都怀疑他的结论,认为各种形式的能之间的转化是不可能的。直到 1850 年,其他一些科学家用不同的方法证明了能量守恒定律和能量转化定律,他们的结论与焦耳的相同,这时焦耳的工作才得到承认。

1850 年,焦耳凭借他在物理学上作出的重要贡献成为英国皇家学会会员。当时他 32 岁,两年后他接受了皇家勋章,许多外国科学院也给予他很高的荣誉。虽然焦耳不断进行着他的实验测量工作,但是遗憾的是,他的科学创造性,特别是在物理概念方面的创造性,过早地衰退了。1875 年,英国科学协会委托他更精确地测量热功当量。他得到的结果是 4.15,非常接近目前采用的值 1 卡=4.184 焦耳。1875 年,焦耳的经济状况大不如前,幸而他的朋友帮他弄到一笔每年 200 英镑的养老金,使他得以维持中等且舒适的生活。55 岁时,他的健康状况恶化,研究工作减慢了。1878 年,在他 60 岁时,焦耳发表了他的最后一篇论文。1878 年,焦耳退休。

焦耳活到了 71 岁。1889 年 10 月 11 日,焦耳在索福特逝世。后人为了纪念焦耳,把功和能的单位定为焦耳。

在去世前两年,焦耳对他的弟弟说:“我一生只做了两三件事,没有什么值得炫耀的。”焦耳的谦虚是非常真诚的。很可能,如果他知道了在威斯敏斯特教堂为他立了墓碑,并以他的名字命名能量单位,他会感到惊奇的,然而后人决不会感到惊奇。

实验探究资料

1. 用替代法测定未知电阻

实验仪器: 2 V 蓄电池; $0 \sim 120 \Omega$ 可变电阻箱; $0 \sim 20 \text{ mA}$ 电流表; 插塞开关; 待测电阻。为了便于进行实验,用长约 5 m 的 26 号康铜线绕在玻璃管框架上制成未知电阻。这个线圈应绕成无感的(双线绕法,即将废铜线对折后绕在框架上),以使用电桥验证本实验的结果。

实验步骤:

(1) 按图 4-6-1 连接电路。其中 R_x 是待测电阻, R_1 是电阻箱, R_2 是滑动变阻器, E 是蓄电池, S_1 是单路开关, S_2 是双路开关, \textcircled{A} 是电流表。

(2) 把 R_2 调到最大值,转动 S_2 使 R_x 接入电路后闭合开关 S_1 , 改变 R_2 使电路中的电流约为 20 mA, 记下电流表的示数。

(3) 断开 S_1 , 转动 S_2 , 使 R_1 接入电路, 把 R_1 调到最大值后闭合 S_1 , 调节 R_1 直到电流与前面的值相同, 记下相应的 R_1 值。用不同电流值再做 1~2 次实验, 给出相应电流值时的 R_1 值, 这就是 R_x 的电阻值。

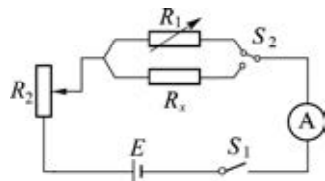


图 4-6-1

实验说明: 这种方法可用来确定密封在长 0.8 m、直径为 30 mm 玻璃管中的电解质溶液的电阻, 它的电极要用与电解质中正离子相同元素的材料制成。例如, 对于铜的硫酸盐

溶液可以用铜电极。用改变电极间距离的方法进行测量,并作出相应的图像,可以消除端点误差。

2. 探究电源最大输出功率的条件

实验原理:

当外电路的电阻与电源的内阻相等时,在外电路上消耗的功率最大,电源的输出功率最大。为了证明这一点,应先测定干电池的内阻,然后取得一系列观测数据,作出外电路上的消耗功率对应于外电路电阻的图像,即 $P-R$ 图像。外电路采用每米的电阻值已知的电阻丝构成,这样,外电阻的大小可由测量其长度求得,而它的消耗功率可由下式求得

$$P_{\text{出}} = I^2 R。$$

如果电源最大输出功率的条件正确,那么在电阻丝上消耗的功率曲线表明,当电阻丝的电阻等于电池内阻时消耗功率有极大值。测量时在电流表上消耗的功率可以忽略不计。

实验仪器: $3\ \Omega/\text{m}$ 的电阻丝若干米(每米电阻的阻值必须准确,这可以用惠斯通电桥测定); $4\ \text{m}$ 长皮卷尺;已知内阻阻值的干电池; $2\ \text{V}$ 蓄电池; $0\sim 250\ \text{mA}$ 电流表;旋塞开关及把一定长度的电阻丝接入电路的接线板(接线板由一对木板组成,每块木板上有两个接线柱,接线柱用铜条连接后,再用 G 形木夹使木板固定在实验台上;电阻丝从一块木板上的一个接线柱接到另一块木板上的一个接线柱,每块木板上的第二个接线柱则用于把该装置接入线路,见图 4-6-2)。

实验步骤:

- (1) 用伏安法测定干电池的内阻。
- (2) 用惠斯通电桥测出已知长度的电阻丝的阻值,从而确定它的每米电阻值。
- (3) 把电阻丝接入图中的电路。其中 T_1 和 T_2 是夹在实验台上的接线柱板,电阻丝接在 T_1 、 T_2 的接线柱之间,Ⓐ是电流表, E 是干电池, S 是旋塞开关。
- (4) 调节 T_1 和 T_2 的距离使全长的电阻丝接入电路,当 S 闭合时,测量电阻丝的长度并记录通过的电流。适当地减小 T_1 和 T_2 之间的距离,但每次都要拉紧拉直线柱之间的电阻丝,从而测得接入电路中的电阻丝的一系列长度和对应的电流值。

记录实验步骤(1)中的所有观测数据,测量干电池的内阻。

由惠斯通电桥测得的观测数据计算电阻丝的每米电阻值 r 。

把实验步骤(4)的有关数据填入表 4-6-1。

表 4-6-1

电流(I)	长度(L)	电阻(R)	功率($I^2 R$)

在图 4-6-3 中作出 $P_{\text{出}}-R$ 图像,该曲线将有极大值。从曲线上找出与极大值对应的 R 之值,并把它与在步骤(1)中得到的电池内阻值进行比较。

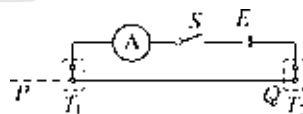


图 4-6-2

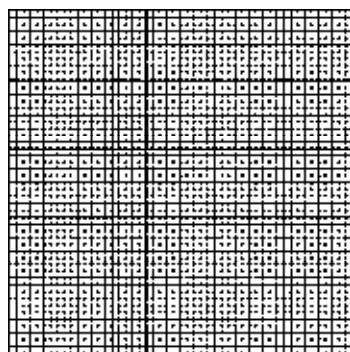


图 4-6-3

3. 测定灵敏电流计的内阻

实验原理：

实验电路如图 4-6-4 所示。 R_1 是高电阻,它有减小通过灵敏电流计①的电流、保护灵敏电流计的作用。如果灵敏电流计满刻度偏转电流约为 0.5 mA,那么仪器部分给出的电阻箱阻值是适宜的;如果灵敏电流计的灵敏度更高,那么 R_1 的值要更大些,把高阻值的电阻箱接入 R_1 的电路中可以做到这一点,因为 R_1 的阻值是否精确并不重要。先计算 R_1 的数量级,目的是保护灵敏电流计。

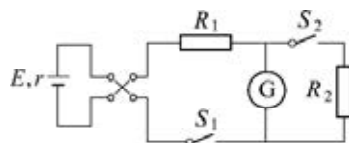


图 4-6-4

灵敏电流计的偏转电流刻度通常刻在面板上,一般与说明书很接近。

该电路的原理是:闭合 S_1 ,断开 S_2 ,在①上获得一个偏转。然后闭合 S_2 ,调节 R_2 使①的偏转下降为前者的一半,这时 R_2 的阻值即等于灵敏电流计的内阻。只要 $R_1 \gg R_2$,就可以认为无论断开或闭合 S_2 ,电路中的总电流都是相同的。

实验仪器:灵敏电流计①;两只电阻箱,其中一只阻值为 $10\,000 \times 1\,\Omega$,作为 R_1 ,另一只阻值应接近灵敏电流计的内阻,其最小步进值为 $1\,\Omega$ (最好为 $0.1\,\Omega$),作为 R_2 ;蓄电池;插塞开关;换向开关。

实验步骤:

按图 4-6-4 安装电路。开始时 R_1 调在最大值位置,闭合 S_1 ,观察灵敏电流计的示数,如果它比估计的小,未达到满刻度的三分之一,就调节 R_1 使之为满刻度的三分之一,记录 R_1 和灵敏电流计的示数。闭合 S_2 并调节 R_2 使灵敏电流计的示数减半。改变电流方向后重复上述步骤。断开 S_2 ,调节 R_1 ,增大灵敏电流计的偏转,重复上述操作。继续这个过程直到灵敏电流计达到满刻度偏转。共取得 4 组示数(每组都有一次正向电流和一次反向电流),以便按 R_2 的 8 个值求平均值后得到灵敏电流计的内阻值。

测定灵敏电流计内阻的数据处理:

把所有的观测数据填入表 4-6-2 中。

表 4-6-2

R_1	灵敏电流计示数 θ (S_2 开路)	$\frac{\theta}{2}$	R_2

计算最后一栏的平均值。

参考资料

电池

(1) 标准电池。

对于标准仪器(如作为基准的电位差计),需要采用高精度、高稳定度、电动势已知的电源。标准值为 2 V 的电池,其电动势不一定就是 2 V,为此,要使用标准电池。虽然已有各种型号的标准电池,但是迄今人们仍在广泛使用着惠斯通标准电池,这是由于它的电动势受温度的影响极小,在这方面它大大优于其他电池。在普通的实验中,如果温度变化不大,就可以忽略它的电动势的变化。

惠斯通电池在 20 °C 时的电动势为 1.018 3 V。在高精度的测量中,它的电动势随温度的变化不能忽略,需要给出它的电动势随温度变化的修正值,即温度补偿。这时,可以从参考资料中找到它的温度系数。

任何标准电池(新的或旧的),未经严格地校正将不能保证它所标定的电动势。使用标准电池绝不允许超过额定电流,即使通过超过额定电流的时间为 1 s 也不允许。当偶然超过负荷之后,可以参考有关资料恢复标准电池,或者不再把它作为标准电池使用。因此,使用标准电池时一般串联一个 10 k Ω 的保护电阻。在许多标准电池内,已事先串接了这个电阻。所以,使用标准电池之前,要弄清是否已装了保护电阻,如有疑问,可以外接一个电阻。有时为了提高测量电路的灵敏度,可以降低保护电阻的阻值,甚至把它拆去。

例如:标准电池用于电位差计中,当滑动触头不在平衡点时,通过的小电流很难测定,这时可以使用一只 $-5 \sim 0 \sim +5 \mu\text{A}$ 的灵敏电流计(最好是光标反射式灵敏电流计。当然,也可以用一只 $-20 \sim 0 \sim +20 \mu\text{A}$ 的指针式电流表,但效果不如使用灵敏电流计好)。如果只有一 $500 \sim 0 \sim +500 \mu\text{A}$ 的电流表,那么应逐渐把标准电池的保护电阻从 10 k Ω 降至 1 k Ω ,以便尽可能准确地找到平衡点。在标准电池的保护电阻较小的情况下使用电位差计时要做到迅速,并尽量让触头接近平衡点。光标反射式灵敏电流计内一般装有分流器,使用时可以根据测量需要选择灵敏度范围。

(2) 铅蓄电池。

通常使用的铅蓄电池能在一段较长时间内供给稳定的电压。当它充足电时,电动势稍高于 2 V;当它的电压下降到约 1.85 V 时,不能再继续使用它,必须给它充电。铅蓄电池由一定数量的经过特别处理的金属片浸在硫酸溶液中组成。关于它的维护说明,由制造厂家提供。如果没有的话,请注意下面的说明:充足电时,硫酸溶液的密度不应超过 1.25 g/cm³;当蓄电池放电时,硫酸溶液的密度会下降,但不得低于 1.18 g/cm³。蓄电池不应在低于 2 V 的情况下工作。测定硫酸的密度是对蓄电池充电状况的最好检验方法。对蓄电池保养得当能使之有较长的寿命。

(3) 镍铁蓄电池。

镍铁蓄电池的正极是镍极,负极是铁镉合金,它的电解液(浓氢氧化钾溶液)密度在充电和放电时相同,这是它与铅蓄电池不同的地方。单个镍铁蓄电池的电动势在充足电时为 1.3 V,在放电时会不断降低,因此,它不能作电位差计的工作电源。但它能提供大电源,在不充电的情况下保存也不会损坏。这种电池在开始充电时往往有气泡产生,而铅蓄电池仅

在充足电时才产生气泡。

(4) 勒克朗谢(Leclanché)电池。

勒克朗谢电池的电动势为 1.5 V, 供电时其电动势会不断下降, 但停止使用一段短时间后即自行恢复。如果只需要短时间内供电, 那么使用这种电池很合适。例如, 在电桥及电位差计等仪器中用到的“零点平衡法”中就常用到它。它的价格便宜且便于保管。它的正极由炭棒构成, 炭棒置于多孔的素瓷瓶里的退极化材料中, 素瓷瓶放在氯化铵的饱和溶液里; 它的负极是汞化后的锌棒(见下段), 当不使用时, 要从素瓷瓶中取出负极并使之保持干燥。

(5) 丹聂耳(Danill)电池。

丹聂耳电池的电动势在 1.1 V 以上, 它有一个装有饱和硫酸铜溶液的铜容器, 在铜容器内立着一只盛着浓度约为 5% 的硫酸溶液的素瓷瓶, 负极为汞化了的锌棒, 负极浸在硫酸里。铜容器有个框架, 里面装着硫酸铜晶体以使硫酸铜溶液保持一定的浓度。它的缺点是由于极化内阻增大。如果改用硫酸锌的饱和溶液充入到素瓷瓶里并放入少量锌粒, 情况将大为改善, 这时它的电动势约为 1.08 V, 但非常稳定, 完全可以作为标准电池。尽管它的内阻较大, 但是, 只要在使用前把素瓷瓶浸透, 并把电池短路约 10 min, 在使用时它的内阻就不会有大的变化。

丹聂耳电池和勒克朗谢电池在使用后都要拆除接线, 并把其中的溶液倒出, 装在容器里备用; 用自来水把锌棒洗净(可以用旧牙刷刷洗), 然后将它保存在干燥的地方。这样做后, 下次使用就不必重新“汞化”锌棒。所谓“汞化”, 就是把锌棒浸在稀硫酸中 30 s 后, 再把它水平地放入一个盛有少量汞的容器中, 汞将会附在棒上, 用粗布摩擦使汞扩散到棒的整个表面。第二次汞化时用的汞比第一次少。

参考文献

- 1 刘筱莉, 仲扣庄. 物理学史. 南京: 南京师范大学出版社, 2001
- 2 W.C. 丹皮尔. 李珩译. 科学史(上、下册). 北京: 商务印书馆, 1979
- 3 吴国胜. 科学的历程. 北京: 北京大学出版社, 2002
- 4 清华大学自然辩证法教研组. 科学技术史讲义. 北京: 清华大学出版社, 2011
- 5 葛能全. 科学技术发现发明纵览. 北京: 科学出版社, 1986
- 6 宋德生, 李国栋. 电磁学发展史. 桂林: 广西人民教育出版社, 1987
- 7 苏步青等主编. 中学百科全书物理卷. 华东师范大学出版社等, 1994
- 8 青少年科技活动大全编委会. 青少年科技活动大全. 上海: 上海科技教育出版社, 1998
- 9 桂井诚, 吕砚山, 马杰. 电工实用手册. 北京: 科学出版社, 2001

补充习题及参考解答

1. 人造地球卫星常常利用太阳能电池作为电源。太阳能电池由许多片电池板组成。设

某太阳能电池板的内阻 $r=20\ \Omega$, 它不接外电路时两极间的电压为 $48\ \text{V}$ 。

(1) 该太阳能电池板的电动势为多大?

(2) 该太阳能电池板的短路电流为多大?

(3) 若在该太阳能电池板的两极间连接一个定值电阻 R , $R=5\ \Omega$, 则电阻 R 两端的电压为多大?

【解答】 (1) $E=48\ \text{V}$; (2) $I=2.4\ \text{A}$; (3) $U_R=9.6\ \text{V}$ 。

2. 关于闭合电路, 下列说法中正确的是()。

A. 当外电阻 $R=0$ 时, 闭合电路的电流为无穷大, 路端电压 $U=0$

B. 当外电路断路时, 路端电压 $U=0$

C. 当外电阻变大时, 电流减小, 路端电压 U 减小

D. 当外电路并联的用电器增多时, 路端电压 U 减小

【解答】 D。

3. 在总电压不变的条件下, 黄昏时电灯比深夜暗, 是因为黄昏时()。

A. 电路中总电阻变大, 电流变小

B. 总电流一定, 支路增多分去了电流

C. 干路电流过大, 线路损失的电压增大

D. 总电阻变小, 每支路电流增大

【解答】 C。

4. 如图 4-7-1 所示, 为了解决照明问题, 用一直流发电机给一组并联的灯泡供电。若发电机的电动势为 E , 内阻为 r , 则下列说法中正确的是()。

A. 当灯泡个数增加时, 发电机内部的发热功率减少

B. 当灯泡个数减少时, 每盏灯的功率减少

C. 当灯泡个数增加时, 要使灯泡的亮度不变, 滑动变阻器 R 的滑片要向右移动

D. 当灯泡个数增加时, 要使灯泡的亮度不变, 滑动变阻器 R 的滑片要向左移动

【解答】 C。

5. 在如图 4-7-2 所示的电路中, 灯泡 A 和灯泡 B 原来都是正常发光的。现在突然灯泡 A 比原来变暗了些, 灯泡 B 比原来变亮了些, 则电路中出现的故障可能是()。

A. R_1 断路

B. R_1 短路

C. R_2 断路

D. R_1 、 R_2 同时短路

【解答】 C。

6. 一台直流电动机所加电压为 U , 通过它的电流为 I , 已知线圈内阻为 R 。当这台电动机工作时, 下列说法中正确的是()。

① 电动机的输入功率为 $\frac{U^2}{R}$

② 电动机的发热功率为 $I^2 R$

③ 电动机的输出功率为 $UI - I^2 R$

④ 电流 $I = \frac{U}{R}$

A. ①②

B. ②③

C. ③④

D. ①④

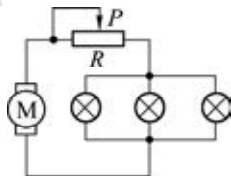


图 4-7-1

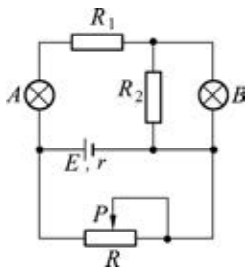


图 4-7-2

② 将 S_1 、 S_2 均闭合,记下电压表示数 U_2 。

(2) 电源电动势 $E = U_1$, 内阻 $r = \frac{U_1 - U_2}{U_2} R$ 。

12. 测量电源 B 的电动势 E 及内阻 r (E 约为 4.5 V , r 约为 $1.5\ \Omega$)。

器材: 量程为 3 V 的电压表 V , 量程为 0.5 A 的电流表 A (具有一定内阻), 固定电阻 $R = 4\ \Omega$, 滑动变阻器 R' , 开关 S , 导线若干。

(1) 画出实验电路原理图, 图中各元件需用题目中给出的符号或字母标出。

(2) 实验中, 当电流表示数为 I_1 时, 电压表的示数为 U_1 ; 当电流表示数为 I_2 时, 电压表的示数为 U_2 。则可求得 $E = \underline{\hspace{2cm}}$, $r = \underline{\hspace{2cm}}$ 。(用 I_1 、 I_2 、 U_1 、 U_2 及 R 表示)

【解答】 (1) 为使电压表 V 上的电压不超过其量程 3 V , 可考虑将固定电阻 R 串入电路中, 实验电路原理图如图 4-7-7 所示。

(2) 根据全电路欧姆定律, 当电流表示数为 I_1 、电压表的示数为 U_1 时有 $E = U_1 + I_1(r + R)$ 。

类似地, 当电流表示数为 I_2 、电压表的示数为 U_2 时有 $E = U_2 + I_2(r + R)$ 。

视 $r + R$ 整体为未知数, 解这两个方程构成的方程组可得

$$E = \frac{I_1 U_2 - I_2 U_1}{I_1 - I_2}, r = \frac{U_2 - U_1}{I_1 - I_2} - R。$$

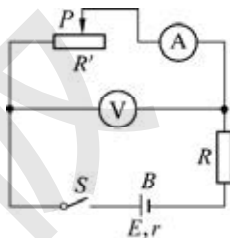


图 4-7-7

教学案例

4.1 闭合电路欧姆定律

【教学目标】

- (1) 知道电源的电动势等于电源没有接入电路时两极间的电压。
- (2) 理解路端电压与电流(或外电阻)的关系, 知道这种关系的公式表达和图线表达, 并能用来分析、计算有关问题。
- (3) 理解闭合电路的功率表达式。
- (4) 理解闭合电路中能量转化的情况。
- (5) 会用闭合电路欧姆定律分析外电压随外电阻变化的规律。
- (6) 通过用公式、图像分析外电压随外电阻改变的规律, 培养学生用多种方式分析问题的能力。
- (7) 通过外电阻改变引起电流、电压的变化, 树立学生普遍联系的观点。
- (8) 通过分析外电压变化的原因, 了解内因与外因的关系。
- (9) 通过对闭合电路的分析计算, 培养学生能量守恒的思想观点。

【教学思路】

(1) 电源电动势的概念在高中是个难点, 是掌握闭合电路欧姆定律的关键和基础。在处理电动势的概念时, 可以根据教材, 采用不同的讲法。从理论上分析电源中非静电力做功

从电源的负极将正电荷运送到正极,克服电场力做功,非静电力搬运电荷在两极之间产生电势差的大小,反映了电源做功的本领,由此引出电动势的概念。也可以根据教材采取讨论闭合电路中电势升降的方法,给出电动势等于内、外电路上电势降落之和的结论(教学中不要求论证这个结论)。教材中给出的一个比喻(儿童滑梯),可以帮助学生接受这个结论。

需要强调的是,电源的电动势反映的是电源做功的能力,它与外电路无关,是由电源本身的特性决定的。

电动势是标量,没有方向,这要给学生说明。作为电源,有正、负极之分,在电源内部,电流从负极流向正极。为了说明问题方便,也可给电动势一个方向,人们规定电源电动势的方向为内电路的电流方向,即从负极指向正极。

(2) 路端电压与电流(或外电阻)的关系,是一个难点,希望做好演示实验,使学生有明确的感性认识,然后用公式加以解释。路端电压与电流的关系图像,可以直观地表示出路端电压与电流的关系,务必使学生熟悉这个图像。

学生应该知道,断路时的路端电压等于电源的电动势。因此,用电压表测出断路时的路端电压就可以得到电源的电动势。

(3) 最后讲述闭合电路中的功率:电源提供的电能,一部分消耗在内阻上,其余部分输出到外电路中。

【教学重点、难点】

1. 教学重点

- (1) 电动势是表示电源特性的物理量。
- (2) 闭合电路欧姆定律的内容。
- (3) 应用闭合电路欧姆定律讨论路端电压、输出功率、电源效率随外电阻变化的规律。

2. 教学难点

- (1) 闭合电路中电源电动势等于电路上内、外电压之和。
- (2) 短路、断路的特征。
- (3) 应用闭合电路欧姆定律讨论电路中的路端电压、电流随外电阻变化的情况。

【教学过程设计】

1. 电动势

教师引导:同学们都知道,电荷的定向移动形成电流。那么,导体中形成电流的条件是什么呢?

学生回答:导体中有自由移动的电荷,导体两端有电势差。

教师:仅仅这两个条件能不能形成恒定的电流?

学生:不能。

教师:要形成恒定的电流需要什么条件?

学生:导体两端有恒定的电势差。

教师:怎样才会有恒定的电势差?

学生:导体两端加上一个电源。

教师:从能量转化观点分析,电源是怎样的一种装置?

学生：电源是一种能够不断把其他形式的能转化为电能的装置(课件板书)。

教师：电源有哪几种？

学生：干电池、蓄电池、锂电池……

教师：这些不同的电源，它们两极间的电压相同吗？

学生：不相同。

教师：你们是怎么知道不相同的呢？

学生：电池上面有标示(或者凭经验,或者学生不语)。

教师：没有亲手实践过,不能轻易下结论。今天我拿了几种不同的电源,我们一起来实际测一测这些电源两极间的电压,看看是否相同。

实验演示：

(1) 展示各种干电池(1号、5号、7号),并进行测量。

教师：电源有了,怎么测呢？

学生：用电压表测。

教师：电压表两接线柱直接接电源两极,这样做要注意什么？(正、负极的接法)

在测量之前我们先请几位同学看一下电池的标示,然后进行测量。

结果：不同型号的干电池的电压都是 1.5 V。

(2) 展示蓄电池、钮扣电池、手机锂电池,并进行测量。

教师：这些电源两端的电压还是不是 1.5 V 呢？我们同样来测量一下。

结果：不同的电源,两极间的电压不同。

结论：同种电源用电压表测量其两极间的电压是相同的,不同种类的电池用电压表测量其两极间的电压是不同的,这个电压由电源本身的性质决定,为了表示电源本身的这种特性,物理学中引入了电动势的概念。

板书：电动势：电源的电动势在数值上等于电源没有接入电路时其两极间的电压。用字母 E 表示,单位是 V。

电源的电动势由电源本身的性质决定。一般电池上面的规格标示所指的就是电源的电动势。

物理意义：电动势是描述电源把其他形式的能转化为电能的本领大小的物理量。

知道了电动势的概念,接下来我们来看这样一个电路：

出示图 4-8-1 所示的电路： E_1 为一节干电池, E_2 为一节 9 V 电池。

教师：在这个电路中,电压表所测的是什么？

学生：电源电动势。

教师：我将开关分别拨向线路端 1 和线路端 2,请读出 E_1 和 E_2 的电动势。

学生： $E_1 = 1.5 \text{ V}$, $E_2 = 9 \text{ V}$ 。

教师：将电压表换成小灯泡,开关拨向线路端 1 时,小灯泡很亮,问学生：开关拨向线路端 2 时会发生什么情况？

学生：小灯泡更亮或者烧毁！

教师：事实是这样吗？我们来看一下。(把开关拨向线路端 2)

现象：小灯泡非但没有烧毁,而且不如拨向线路端 1 时亮。

(学生很好奇)

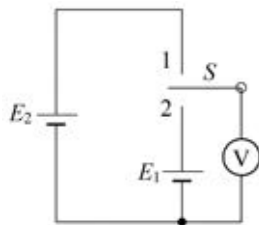


图 4-8-1

教师：是不是很奇怪？我们学了今天的知识以后就能解释这个现象了。

2. 闭合电路的欧姆定律

出示图 4-8-2 所示的电路。

教师：开关 S 闭合前与闭合后电压表的示数有变化吗？

学生：没有/有。

教师：我们再来实践一下。

现象：开关 S 闭合前与闭合后电压表的示数发生了明显的变化。

教师：上面的实验中，开关 S 闭合后，电源两极间的电压下降了。那么，减少的电压哪里去了呢？

这就要分析电压表在开关 S 闭合前后测的分别是哪两端的电压。当开关 S 断开时电压表测的是电源的电动势，当开关 S 闭合时电压表测的是电阻 R 两端的电压。为什么电阻 R 两端的电压与电源的电动势不一样呢？

其实，这个闭合电路可分为内、外电路两部分，电源内部的电路叫做内电路，电源外部的电路叫做外电路。外电路上有电阻，这个电阻叫做外电阻，用 R 表示；内电路上即电源内部也有电阻，这个电阻叫做内电阻，简称内阻，用 r 表示。内电路相当于一个没有内阻的电源和一个阻值为 r 的电阻串联，如图 4-8-3 所示。

这样，整个闭合电路是怎样的呢？整个闭合电路是外电阻 R 与内阻 r 的串联电路，如图 4-8-4 所示。

这样，电源电动势 E 与外电路电压 $U_{\text{外}}$ 和内电路电压 $U_{\text{内}}$ 之间存在怎样的关系呢？

学生：外电路的电压与内电路的电压加起来应该等于电源电动势。

教师：总结得很好。写成公式就是

$$E = U_{\text{外}} + U_{\text{内}}。$$

因为

$$U_{\text{外}} = I_{\text{外}} R, U_{\text{内}} = I_{\text{内}} r。$$

并且串联电路中电流相等，即 $I_{\text{外}} = I_{\text{内}} = I。$

所以

$$E = I_{\text{外}} R + I_{\text{内}} r = I(R + r)。$$

进一步可改写成

$$I = \frac{E}{R + r}。$$

教师：这就是闭合电路的欧姆定律。即：闭合电路中的电流跟电源的电动势成正比，跟内外电阻之和成反比。（板书）

【例 1】在如图 4-8-5 所示的电路中， $R_1 = 14 \Omega$ ， $R_2 = 9 \Omega$ 。当开关 S 切换到位置 1 时，电流表的示数为 $I_1 = 0.2 \text{ A}$ ；当开关 S 切换到位置 2 时，电流表的示数为 $I_2 = 0.3 \text{ A}$ 。求电源的电动势

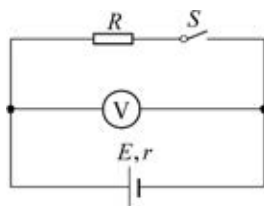


图 4-8-2

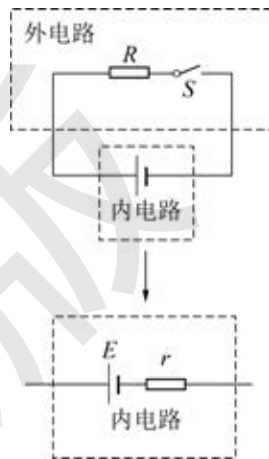


图 4-8-3

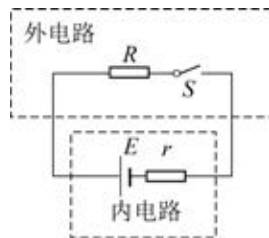


图 4-8-4

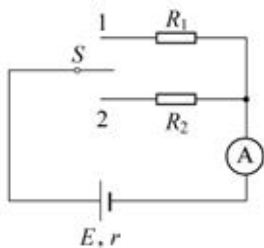


图 4-8-5

E 和内阻 r 。

解：根据闭合电路欧姆定律可列出方程

$$E = I_1 R_1 + I_1 r,$$

$$E = I_2 R_2 + I_2 r。$$

消去 E , 得到
$$r = \frac{I_1 R_1 - I_2 R_2}{I_2 - I_1} = \frac{0.2 \times 14 - 0.3 \times 9}{0.3 - 0.2} \Omega = 1 \Omega。$$

将 r 代入上面任意一式可得 $E = 3 \text{ V}。$

教师：一般给定电源的电动势和内阻不会改变,但是外电阻可以改变。那么,当外电阻变化时,外电路两端的电压及电路中的电流会怎样改变呢?接下来我们就来讨论这个问题。

3. 路端电压与负载的关系

外电路两端的电压一般称为路端电压。电源加在负载(用电器)上的有效电压就是路端电压,因此研究路端电压与负载之间的关系具有实际意义。

根据图 4-8-6 连接电路,闭合开关 S ,改变滑动变阻器连入电路的阻值,观察路端电压和电流怎样随外电阻变化而变化。

现象:当外电阻变大时,电流变小,路端电压变大;当外电阻变小时,电流变大,路端电压变小。

数学推导: $I = \frac{E}{R+r}$, 当 R 增大时, I 减小;当 R 减小时, I 增大。

$U_{\text{外}} = E - Ir$, 当 R 增大时, $U_{\text{外}}$ 增大;当 R 减小时, $U_{\text{外}}$ 减小。

如果要用图像来表示这个关系,应该怎样画这个图像呢?

学生活动:画出路端电压与电流之间的关系图像。(请一位学生到黑板上画)

图像是一条向下倾斜的直线(图 4-8-7)。从图像中我们可以看出什么?

学生:路端电压随电流的增大而减小。

教师:直线与纵轴、横轴的交点分别代表什么含义?直线的倾斜程度呢?

学生 1:直线与纵轴的交点表示电源的电动势。

教师:此时的外电阻无穷大,即外电路是断开的。这也是我们测量电源电动势的原理。

学生 2:直线与横轴的交点表示路端电压为 0 时的电流。

教师:此时外电阻为 0,即外电路是短路的。所以这个电流叫短路电流, $I = \frac{E}{r}$ 。一般电源的内阻比较小,像铅蓄电池的内阻只有 $0.005 \sim 0.1 \Omega$,干电池的内阻一般也不超过 1Ω ,因此短路电流很大。电流太大会烧坏电源,还可能会引起火灾,因此绝对不允许将电源两端用导线直接连起来。

学生 3:直线的倾斜程度代表电源的内阻 r 。

教师:我们可以利用图像计算电源的内阻: $r = \frac{E}{I_{\text{短}}}$ 。

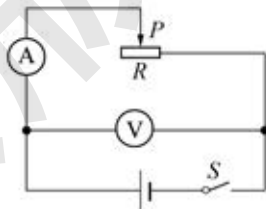


图 4-8-6

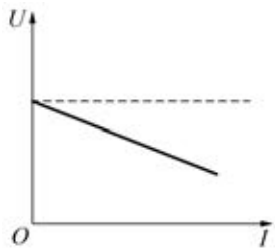


图 4-8-7

学到这里,我们就可以解释前面的现象(图 4-8-1 中的电压表换成了小灯泡)了:因为 E_1 的内阻小,所以内电压就小,小灯泡两端的电压接近电源的电动势;因为 E_2 的内阻很大,所以内电压较大,小灯泡两端的电压反而较小。

【例 2】如图 4-8-8 所示,逐一闭合开关,灯泡的亮度会不会发生变化?(学生讨论)

解释:随着灯泡的接入,外电路的总电阻变小,导致外电路的电压减小,流过每个灯泡的电流

$I = \frac{U}{R_L}$ 变小,所以灯泡变暗。

4. 闭合电路中的功率

教师:根据 $E = U_{\text{外}} + U_{\text{内}}$,若两边同时乘以电流,则得到 $IE = IU_{\text{外}} + IU_{\text{内}}$,这个式子的每一项代表什么物理意义呢?

学生:分别表示电源提供的电功率、外电路上消耗的电功率和内电路上消耗的电功率。

教师:总结得很好!这说明电源提供的电功率,只有一部分消耗在外电路上,转化为其他形式的能,而另一部分消耗在内电路上,转化为内能。

5. 小结

本节课我们主要讨论了以下几个问题:

(1) 电源电动势:数值上等于电源没有接入电路时两极间的电压,电动势等于内、外电路电压之和。

(2) 闭合电路欧姆定律: $I = \frac{E}{R + r}$ 。

(3) 路端电压与负载之间的关系。

(4) 路端电压与电流之间的关系。

(5) 闭合电路中的功率。

6. 布置作业

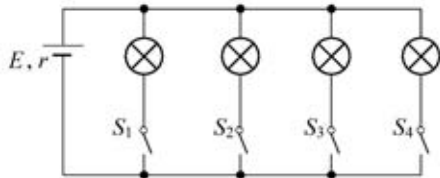


图 4-8-8

4.2 测量电源的电动势和内电阻

【教学目标】

- (1) 掌握测量电源电动势的实验原理、实验步骤,会用公式法和图像法处理实验数据。
- (2) 让学生经历实验设计、步骤拟定、数据采集及数据处理过程。
- (3) 让学生体验物理实验设计必须以物理规律、公式为原理,并据此拟定实验所需器材和实验步骤,确定应采集的实验数据或应观察的实验现象。
- (4) 培养学生勇于探索的进取精神和严谨的科学态度。

【教材分析】

教材编写精练,留给师生较大的研究空间。教材的编写意图如下:

- (1) 强调实验原理是实验设计的基础,体现了闭合电路欧姆定律在实验中的指导作用。
- (2) 强调数据处理的科学方法,并将图像法作为重点。

(3) 重视学生创新能力的培养,要求学生自己确定实验原理,拟定多种可行的实验方案。

(4) 重视学生对学习过程的体验,培养学生发现问题、解决问题的能力。对诸如图像的画法、图像的利用等实验中的问题,只是提出问题并不给出结论,让学生在操作中寻找答案。

【教学思路】

(1) 启发学生通过分析闭合电路中与 E 和 r 有关的关系式,确定实验原理。

(2) 根据需要测量的数据选择实验器材,拟定实验步骤。

(3) 通过比较图像,由学生自己发现并解决问题,归纳出 $U-I$ 中的纵坐标可以不从零开始,而是根据实验测量的路端电压从某一适当的值开始,横坐标电流值必须从零开始,并总结出作图像的注意事项。

(4) 通过给出材料,由学生阅读提取有用信息,了解实验中的注意事项及坐标变量的设置方法,培养学生获取知识的能力。

(5) 实验误差问题及器材选择,留在习题课中进一步讨论。

【教学过程】

一、测量电路的分析与设计

1. 测量原理

(1) 提出问题。

问题:在电源的设计、生产和维护中,通常需要测量它的电动势 E 和内阻 r 。 E 和 r 都是与闭合电路相关的物理量,那么,要设计实验电路对这两个物理量进行测量,应当从什么规律出发寻找测量这两个物理量的原理及公式呢?

学生:闭合电路欧姆定律。

(2) 引导分析。

屏幕展示图 4-9-1 及问题:请你根据图中的六个物理量 E 、 r 、 R 、 U 、 $U_{\text{内}}$ 、 I ,写出与 E 、 r 相关的所有关系式。

学生:

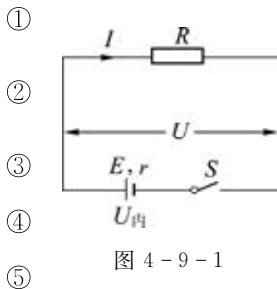
$$E = U + Ir,$$

$$E = U + \frac{U}{R}r,$$

$$E = I(R + r),$$

$$E = U + U_{\text{内}},$$

$$U_{\text{内}} = Ir.$$



(3) 交流讨论。

a. 我们测量的电源是干电池,若依据④、⑤两式需要测量内电压 $U_{\text{内}}$,是否可行?

b. ①、②、③式中,除含有待测量 E 、 r 外,均含有另外两个物理量,是否一定要知道这两个物理量的大小? 如何知道它们的大小?

c. 实验中,至少需要采集几组数据,列出几个方程?要采集两组数据,就需要改变这另外两个物理量的大小。那么,通过什么方法才能改变这两个物理量的大小呢?

在学生充分讨论交流,并弄清楚上述三个问题的基础上,再请他们根据上述①、②两式,设计两种不同的测量电路,写出相应的方程式及 E 、 r 的计算表达式。(关于③式测量电路的设计,作为课后练习。)

2. 测量电路的设计

将学生分成四组,每组设计一个方案。组织学生分组讨论,修改方案,推选代表发言,并对电路设计作出评价。

屏幕展示四组学生的设计方案。

针对①式:如图 4-9-2 或图 4-9-3 所示。

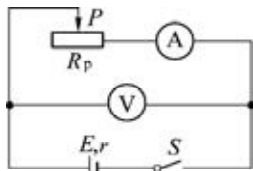


图 4-9-2

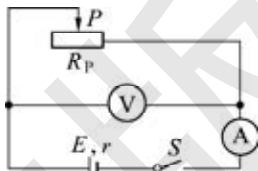


图 4-9-3

$$E = U_1 + I_1 r, \quad E = U_2 + I_2 r,$$

$$E = \frac{I_1 U_2 - I_2 U_1}{I_1 - I_2}, \quad \text{⑥}$$

$$r = \frac{U_2 - U_1}{I_1 - I_2}. \quad \text{⑦}$$

针对②式:如图 4-9-4 或图 4-9-5 所示。

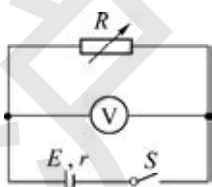


图 4-9-4

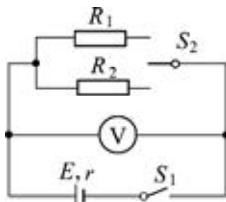


图 4-9-5

$$E = U_1 + \frac{U_1}{R_1} r, \quad E = U_2 + \frac{U_2}{R_2} r,$$

$$E = \frac{U_1 U_2 (R_1 - R_2)}{U_2 R_1 - U_1 R_2}, \quad r = \frac{(U_1 - U_2) R_1 R_2}{U_2 R_1 - U_1 R_2}.$$

教师补充:使用图 4-9-3 所示的测量电路,内阻测量值误差较大,一般不采用。使用滑动变阻器可使两个电表中的一个表的指针指在整数格,便于作图。一般使用图 4-9-2 所示的测量电路。

二、实测电源的电动势和内阻

1. 信息处理

屏幕展示材料一、材料二。

材料一

干电池：型号 R14
 开路电压：1.5 V
 正常使用时的放电电流：0.3 A
 短时最大放电电流：0.6 A
 容量：1.5 Ah

材料二

干电池在使用过程中，由于不断在锌极表面产生 $\text{Zn}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2$ ，极化现象严重，电动势 E 会明显下降，内阻 r 会明显增大。

2. 选择器材

按照图 4-9-2 电路设计选择实验器材，拟定实验步骤，确定注意事项，进行实验，将采集的实验数据记录在自己设计的表格中。

屏幕展示表 4-9-1。（学生设计）

表 4-9-1

实验序号	1	2	3	4	5	6
U/V						
I/A						

学生实验，两人一组。

3. 数据处理

(1) 公式法。

讨论交流：

a. 测出多组数据有什么优点？

b. 利用两组数据，按公式⑥、⑦就可计算出 E 、 r 。对采集到的 6 组数据，怎样分组较合理？

教师补充：采用逐差法，将采集的数据按 1 和 4、2 和 5、3 和 6 分成三组。

请学生设计表格，要求能记录到每组对应的 E 、 r 值，还能记录最后计算出的平均值。

屏幕展示表 4-9-2。（学生设计）

表 4-9-2

方程组构成	1 和 4	2 和 5	3 和 6	平均值
E/V				$E = \underline{\hspace{2cm}} \text{V}$
r/Ω				$r = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$

(2) 图像法。（讲授启发）

教师：测量原理①式可改写为 $U = -rI + E$ ，由于 E 、 r 可看作定值，因此路端电压 U 与干路电流 I 是什么类型的函数关系？

学生： U 是 I 的一次函数。

教师：请作出 $U-I$ 图像的示意图，要求横轴为 I 轴，纵轴为 U 轴。

（学生作图）

屏幕展示学生作出的图像（如图 4-9-6 所示）。

教师： $U-I$ 图像是一条直线，请指出这条直线在横轴、纵轴上截距的物理意义，直线斜率的物理意义，并说明理由。请讨论后回答。

（学生讨论）

学生：在 $U = -rI + E$ 中，令 $U = 0$ ，可得 $I = \frac{E}{r}$ ，因此直线在横

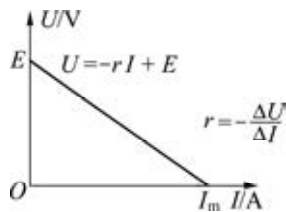


图 4-9-6

轴上的截距等于电源的短路电流 I_m 。

学生：在 $U = -rI + E$ 中，令 $I = 0$ ，可得 $U = E$ ，因此直线在纵轴上的截距等于电源的电动势 E 。

学生：根据 $r = \frac{U_2 - U_1}{I_1 - I_2} = -\frac{\Delta U}{\Delta I}$ 可知，电源内阻等于直线斜率的绝对值。

4. 学生实践作图法

屏幕展示表 4-9-3。（教师提供数据，并指出电流从较大值开始读取。）

表 4-9-3

实验序号	1	2	3	4	5	6
U/V	2.69	2.72	2.73	2.80	2.85	2.90
I/A	0.60	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10

学生根据所提供的数据分两组作图像，纵坐标的值分别从 0、2.60 V 开始。

屏幕展示学生作出的图像，如图 4-9-7、4-9-8 所示。

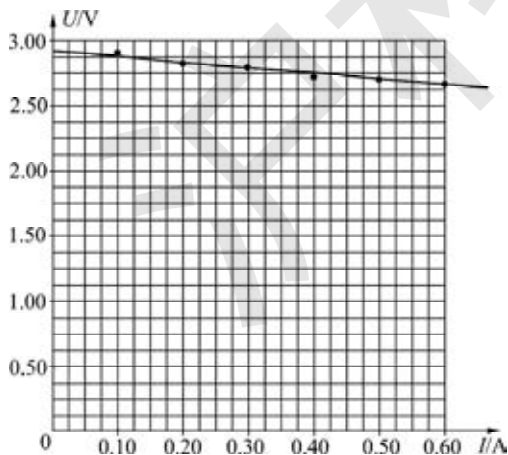


图 4-9-7

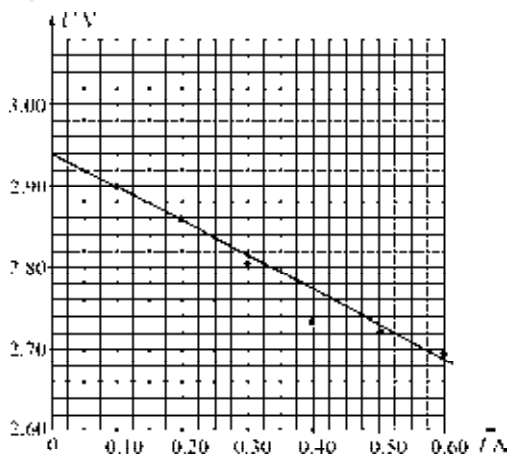


图 4-9-8

教师：图 4-9-7 和图 4-9-8，哪一个较合理？请说出理由。

学生：图 4-9-7 中的直线只占据坐标方格的不足 $\frac{1}{5}$ 范围，利用率过低。利用此图线计

算会引起较大的误差。图 4-9-8 较合理。

教师：从图 4-9-7 可以看出，电源的路端电压变化不大。这说明电源的内阻大小有什么特点？

学生：电源的内阻较小，电流值在一定范围内发生变化时，内阻上的电压降变化小，引起路端电压的变化也较小。

教师：观察图 4-9-8，请说出作 $U-I$ 图像时应注意的问题。请分组讨论后回答。

学生：纵坐标的值可以不从零开始，可根据实验测量的路端电压从某一适当的值开始。横坐标电流值必须从零开始。

教师：在图 4-9-8 中，图线的纵轴截距是否等于电源的电动势？斜率是否等于电源的内阻？

学生：仍然等于。

教师：图线在横轴上的截距是否为短路电流？

学生：不是短路电流，而是 $U=2.60\text{ V}$ 时对应的干路电流。

教师：图 4-9-8 中的第 4 组数据是否被利用？

学生：第 4 组数据对应的点偏离直线太远，未被利用。

教师：这组数据有错误，作图时应舍去。

学生：作图时，让直线尽可能通过较多的点，不在直线上的点尽可能均衡地分布在直线两侧。

教师：坐标轴标度的选取，尽可能使坐标纸上所取的最小分度与测量的准确程度相一致。

教师：请根据图 4-9-8 计算电源的电动势和内阻。计算内阻时应在直线上选择尽量远的两个点，这样可减小计算误差。

（学生计算）

学生： $E=2.94\text{ V}$ ，

$$r = \frac{U_2 - U_1}{I_1 - I_2} = \frac{2.69 - 2.94}{0 - 0.60} \Omega = 0.42 \Omega。$$

注意：有条件的学校，可将图 4-9-2 中的电压表改为电压传感器，电流表改为电流传感器，将不同状态下的路端电压和电流，输入计算机，自动生成 $U-I$ 图像，随堂处理学生的实验数据。

5. 课堂练习

（屏幕展示）阅读下列材料：在用图像法处理实验数据时，如果所研究的两个物理量 A 、 B 之间不是一次函数关系，可用其中一个或两个的倒数（如 $\frac{1}{A}$ 、 $\frac{1}{B}$ ）、平方（如 A^2 、 B^2 ）或平方的倒数（如 $\frac{1}{A^2}$ 、 $\frac{1}{B^2}$ ）、方根（ \sqrt{A} 、 \sqrt{B} ）等作为坐标轴的变量，使函数关系转换为线性关系。

在大家设计的如图 4-9-9 所示的方案中，使用电压表与电阻箱 R 测量电源的电动势和内阻，设计原理可写成 $U = \frac{R}{R+r}E$ ，式中 U 与 R 不是一次函数关系，问：怎样建立坐标轴才能使函数关系转换为一次函数

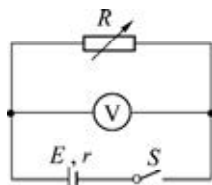


图 4-9-9

关系？这样得到的直线的截距与斜率的物理意义是什么？

解：将函数变换为 $\frac{1}{U} = \frac{r}{E} \cdot \frac{1}{R} + \frac{1}{E}$ 。

以 $\frac{1}{U}$ 为纵轴， $\frac{1}{R}$ 为横轴，作出 $\frac{1}{U} - \frac{1}{R}$ 图线，是一条直线。

直线在纵轴上的截距 $m = \frac{1}{E}$ ，直线的斜率 $k = \frac{r}{E}$ ，即可求得 $E = \frac{1}{m}$ ， $r = \frac{k}{m}$ 。

三、小结本节内容

练习 1：根据你在课堂上实验采集的测量数据，作出 $U-I$ 图像，求出被测干电池的电动势和内阻。

练习 2：通过资料或网站查阅，了解本实验误差，并指出：为什么不采用图 4-9-3 的电路原理图测电源的电动势和内阻？

第5章

电磁场与电磁波

本章教学目标

《课程标准》的要求及其解读

(1) 能列举磁现象在生产生活中的应用。了解我国古代在磁现象方面的研究成果及其对人类文明的影响。关注与磁相关的现代技术发展。

解读 《课程标准》包括三点要求：第一点是“能列举磁现象在生产生活中的应用”，属于“了解”水平；第二点是“了解我国古代在磁现象方面的研究成果及其对人类文明的影响”，属于“了解”水平；第三点是“关注与磁相关的现代技术发展”，属于“认同”水平。

应该在初中物理学习的基础上让学生进一步了解我国古代对磁现象的研究成果，明确地磁场的特征和磁偏角概念，以及指南针两极与地磁场两极的关系；让学生了解磁现象在现代生活和生产中的应用，了解各种磁性材料的特点及应用，了解现代磁技术的研究进展。

《课程标准》要求学生通过调查、查阅资料等活动，整理磁现象在生产生活中应用的例子和我国古代对磁学的研究成果，体验科学知识在生活和科技中的应用，体会科学·技术·社会·环境的关系（教师可以通过介绍我国古代的磁学研究成果及其对人类文明的重大贡献，来增强学生的民族自豪感；可以要求学生关注与磁相关的现代技术发展），体现了高中物理注重培养学生物理学科核心素养中的“科学态度与责任”。

(2) 通过实验，认识磁场。了解磁感应强度，会用磁感线描述磁场。体会物理模型在探索自然规律中的作用。

解读 《课程标准》包括三点要求：第一点是“通过实验，认识磁场”，属于“了解”水平；第二点是“了解磁感应强度，会用磁感线描述磁场”，属于“了解”水平；第三点是“体会物理模型在探索自然规律中的作用”，属于“认同”水平。

应该让学生了解，同电场一样，磁场是物质存在的形式之一，永磁体和电流周围都存在磁场。应该让学生知道，磁感应强度是描述磁场强弱的物理量，有大小和方向。应该让学生在初中物理学习的基础上进一步认识到，磁感线是形象描述磁场的虚拟曲线，实验只是显示磁感线的大致分布情况，并不是显示磁感线本身。学生应该在已知磁感线分布情况的条件下获得磁场的有关信息（磁感线的疏密程度表示磁场的强弱，磁感线上某点的切线方向即是该点磁场或磁感应强度的方向）。学生应该通过奥斯特实验及其他实验的研究和观察，知道电流周围有磁场存在：通电直导线的磁感线是一些以导线上各点为圆心的同心圆，且这些同心圆都在与导线垂直的平面上；通电线圈周围的磁感线是一些围绕通电线圈的闭合曲线。教师应该引导学生熟练地运用安培定则（包括

判断直线电流磁场方向的右手螺旋定则和判断环形电流、通电螺线管磁场方向的右手螺旋定则)。

《课程标准》要求学生认识磁场,了解磁感应强度,在类比电场线的过程中引入磁感线,知道磁感线是描述磁场的一种物理模型;要求学生通过实验建立磁感线的物理模型,知道条形磁铁、异名磁极间磁感线的分布,并会用磁感线近似描绘它们的磁场;要求学生通过实验知道通电直导线、长螺线管周围的磁场分布情况,体会物理模型在探索自然规律中的作用,体现了高中物理注重培养学生物理学科核心素养中的“物理观念”“科学思维”。

(3) 知道磁通量。通过实验,了解电磁感应现象,了解产生感应电流的条件。知道电磁感应现象的应用及其对现代社会的影响。

解读 《课程标准》包括三点要求:第一点是“知道磁通量”,属于“知道”水平;第二点是“通过实验,了解电磁感应现象,了解产生感应电流的条件”,属于“了解”水平;第三点是“知道电磁感应现象的应用及其对现代社会的影响”,属于“知道”水平。

应该让学生知道,磁通量是描述磁感线通过某一面条数多少的物理量,知道它的物理意义,知道磁通量与磁场强弱的关系(在磁场中,垂直穿过某单位面积上的磁通量即是该处的磁感应强度),知道磁通量的国际单位。通过实验让学生知道磁场变化能在闭合回路中产生电流,知道这种现象叫电磁感应现象。在实验中让学生了解产生感应电流的条件是闭合线圈内磁通量发生变化。学生应该知道电磁感应现象在现代生产和生活中的应用,了解变压器、电磁炉等是如何利用电磁感应现象工作的。

《课程标准》要求学生知道磁通量,了解电磁感应现象及其条件,通过介绍科学家对“电生磁、磁生电”的研究,体验科学探索中科学思想方法的重要作用,体会物质世界的多样性和统一性;让学生通过查阅资料、调查等活动,了解电磁感应现象的发现过程,知道电磁感应现象在生产生活中的广泛应用,以及对现代社会的影响,体验科学知识在生活和科技中的应用,理解科学·技术·社会·环境的关系,体现了高中物理注重培养学生物理学科核心素养中的“物理观念”“科学思维”。

(4) 通过实验,了解电磁波,知道电磁场的物质性。

解读 《课程标准》包括两点要求:第一点是“通过实验,了解电磁波”,属于“了解”水平;第二点是“知道电磁场的物质性”,属于“知道”水平。

知道电场与磁场在一定条件下相互激发就产生电磁波。知道赫兹实验证实了电磁波的存在,确立了麦克斯韦电磁场理论的地位。通过实验,感受电磁波的存在,通过电磁波具有能量的事实体会电磁场的物质性。

《课程标准》要求学生了解电磁波,知道电磁场的物质性,体现了高中物理注重培养学生物理学科核心素养中的“物理观念”。

(5) 通过实例,了解电磁波的应用及其带来的影响。

解读 《课程标准》包括一点要求,就是“了解电磁波的应用及其带来的影响”,属于“了解”水平。

应该让学生了解电磁波在生产生活中的广泛应用及其对现代社会带来的影响,体验科学知识在生活和科技中的应用,理解科学·技术·社会·环境的关系。

《课程标准》要求学生通过实例,了解电磁波的应用及其带来的影响,体现了高中物理注重培养学生物理学科核心素养中的“科学态度与责任”。

(6) 知道光是一种电磁波。知道光的能量是不连续的。初步了解微观世界的量子化特征。

解读 《课程标准》包括三点要求:第一点是“知道光是一种电磁波”,属于“知道”水平;第二点是“知道光的能量是不连续的”,属于“知道”水平;第三点是“初步了解微观世界的量子化特征”,属于“了解”水平。

学生应该知道光是一种电磁波,知道光具有波动性;了解光的能量是不连续的,知道光子。通过教师对于原子结构模型的介绍,学生应该体验模型在探索世界中的重要作用。通过对电磁波的学习,学生应该体会自然界的统一性和多样性。

《课程标准》要求学生通过知道光是一种电磁波且能量不连续,初步了解微观世界的量子化特征;通过教师对原子结构模型的科普性介绍,让学生体验物理模型在探索世界中的重要作用,体现了高中物理注重培养学生物理学科核心素养中的“物理观念”“科学思维”。

教学目标

(1) 通过回顾和展现人类对磁技术的应用历程,让学生感受磁现象的研究成果对人类文明的影响,引导他们关注磁技术的发展和应用。

(2) 知道磁场是物质存在的一种形式。通过实验了解并认识磁场,会用磁感线描述几种典型的磁场。了解磁通量的概念,知道如何用磁通量来定义磁感应强度。能说明磁感应强度的物理意义,写出定义式。

(3) 通过实验研究,认识电流的磁效应,了解直线电流、环形电流和通电螺线管的磁场分布,并能熟练运用安培定则判断电流的磁场方向。

(4) 通过查阅法拉第发现电磁感应的艰难历程,猜想产生感应电流的条件。通过实验探究感应电流产生的条件,了解电磁感应现象的应用及其对现代社会生活所带来的影响。

(5) 了解电磁场理论的两大支柱,了解变化的电场和磁场相互联系形成统一的电磁场。通过实验感受电磁波的存在。了解电磁波在生产生活中的应用。

(6) 知道光是一种电磁波,光具有量子化特征。

全章教材分析与教学要求

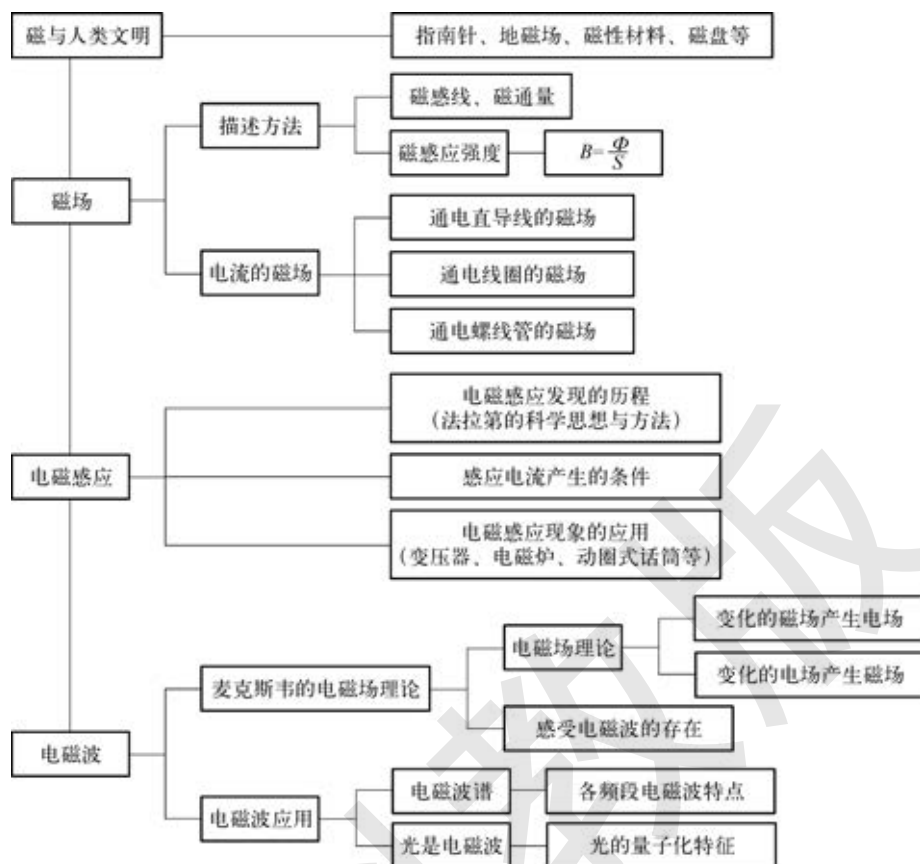
本章内容是电磁学的核心内容之一,主要研究磁场。继电场的学习之后,这里又让学生经历探究磁场的过程,再次体验对场的研究方法,深化对场的认识。在学生学习了电场、磁场的基础上,初步揭示电与磁的联系,加深学生对物质世界本质的认识,体会物理模型在探索世界过程中的作用,为理解电磁技术在现代科技中的应用提供了理论基础。

本章的编写思路可以概括为：以物理学史为背景，以电与磁的关系为线索，以多种活动形式为载体，把物理学科核心素养渗透在具体的活动过程中，引导学生去主动、积极地思考和探索。让学生经历磁现象、电磁联系的实验研究和理性思维过程，学习磁学和电磁联系理论的基本内容和研究方法，了解电磁现象的研究与社会发展、技术进步的关系。根据《课程标准》的要求，本章以我国古代的磁学研究为切入点，介绍了我国发明的指南针及其在航海中的应用，让学生了解磁现象研究与人类文明的联系，进而学习描述磁场的科学方法；以奥斯特发现“电流磁效应”为背景，引导学生开展对电流周围磁场的探究活动；以法拉第发现电磁感应现象为切入点，引导学生通过实验探究掌握电磁感应的相关知识及应用，了解麦克斯韦的电磁场理论；以赫兹验证电磁波的存在为背景，引入电磁波的概念及应用，介绍光是电磁波，同时以光的量子化特征为例，让学生初步了解原子结构模型，了解微观世界的量子化特征。

本章内容凸显电与磁知识的探究过程和方法，突出电与磁知识的应用价值，注重学生物理学科核心素养的发展。本章通过一系列比较完整的涉及科学探究主要环节的物理探究活动，让学生在物理实验、理论思维等方面得到比较充分的训练，学习探索物理世界的方法和策略。希望学生真正会探究物理学的基本内容，掌握实验研究方法和模型研究方法。如在“探究感应电流产生的条件”的探究实验中，教材首先引导学生通过物理学史的学习，猜想归纳感应电流产生的条件，接着通过两个实验验证猜想，得出感应电流产生的条件，并在这一过程中，突出了科学探究的过程，彰显法拉第电磁感应定律发现过程中的物理思想和方法。全章介绍了原子结构模型和磁感线这两个物理模型，使学生体会物理学中基于经验事实建构物理模型的抽象过程，体悟物理模型建构对于探索世界的重要作用，培养学生“物理观念”与“科学思维”的物理学科核心素养。

本章教材强调联系生活、联系社会、联系现代科学技术。本章内容从改变人类活动的发明——指南针说起，到人类沐浴在天然的地磁场，勾勒出人类认识自然、了解自然、合理利用自然的过程，反映了人类探索未知世界、造福人类的愿望。让学生认识到，正是这些愿望驱使人们去不断地探究电与磁的联系，正是这些愿望驱使人类开辟了电磁规律应用的新篇章，从而培养学生的社会责任和对科学本质的认识。本章除了呈现形形色色的磁性材料及其应用外，重点介绍了计算机磁盘及磁盘驱动器的工作原理；通过“信息浏览”，介绍社会上颇为通行的信用卡和 IC 卡，一方面让学生在瞬间掠过电磁学发展的漫长历史过程，另一方面体验到生活中处处有物理知识，物理知识在生活中处处都有应用，认识到科学技术和社会是不可分割的整体。

本章教材的设计框架和知识逻辑结构如下页框图所示：



本章的教学重点：了解地磁场的特征、磁偏角；磁通量、磁感应强度概念的建立；探究产生感应电流的条件。

本章的教学难点：磁通量、磁感应强度概念的建立；探究电流周围的磁场；探究产生感应电流的条件；理解电磁场的物质性；了解光的量子化特征。

课时安排建议

本章拟用 6 课时，具体安排如下：

第 5.1 节 1 课时

第 5.2 节 2 课时

第 5.3 节 1 课时

第 5.4 节 1 课时

全章复习和评价 1 课时

各节教材的说明与教学建议

5.1 磁与人类文明

教学目标

(1) 查阅资料，了解磁现象的研究与人类文明的联系，知道地磁场的磁极方向及其与地理南北极的关系，知道磁偏角。

(2) 了解不同的磁性材料的特点及应用,了解磁性材料的磁化和退磁过程,关注与磁相关的现代科技。

教材说明

章首页旨在激发学生学习的兴趣和动机,通过问题串“应该怎样来描述磁场?电与磁之间有什么联系?电磁波产生的条件是什么?电磁波有哪些应用?”为学生展现了本章的线索和背景,指明了学习任务。这是本套教材的共同特点。指南针、收音机、电视机、计算机等应用磁现象规律的仪器和设备是学生熟悉的,因此,它们的工作原理是学生希望了解的,从而使学生产生强烈的求知欲。

本节的基本编写思路:以我国古代的磁学研究为切入点,认识地磁场及其特征;以计算机磁盘及磁盘驱动器为重点,引导学生了解各种磁性材料的特点和磁化、退磁过程,让学生了解磁现象研究与人类文明的联系,引导学生关注磁技术的发展和應用。

本节的重点内容:在初中物理学习的基础上明确地磁场的特征和磁偏角概念,以及指南针两极与地磁场两极的关系;了解各种磁性材料的特点、分类和各自的应用领域,了解磁化、退磁过程;以计算机磁盘及磁盘驱动器为例说明磁记录和读取信息的基本原理。

教学建议

关于“章首页”

可以从指南针、收音机、电视机、计算机等应用磁现象规律的仪器和设备入手,结合计算机磁盘等一些实物和初中学习过的磁现象规律,激发学生产生问题串,从而开始对本章的学习。

关于“改变人类活动的发明”

我国古代磁学研究成果的重要作用是促进人类航海事业的发展。在学习了指南针的作用和功能后,教材提出了一个开放性的学习要求:“通过上网查阅资料,了解现代轮船上是否还利用罗盘导航。”现代轮船已经采用卫星引航仪导航。GPS(Globe Positioning System)是美国开发的全球定位系统,是当今世界航天航空技术、无线电通信技术和计算机技术的综合结晶。GPS系统由24颗导航卫星构成的空间部分和分布在世界各地的地面监控部分组成。卫星的分布使得地球上任何位置都可同时观测到4颗以上的卫星。各卫星不断将自身参数、测距码发往地球上的车船或飞机,用户使用GPS接收机接收相应信号,并按一定准则解算出接收天线处的位置和速度等,从而实现定位跟踪。引航仪就是一种应用了卫星定位技术、电子海图处理技术、无线电通信技术和计算机技术的综合性高科技导航仪器。北斗卫星导航系统BDS(BeiDou Navigation Satellite System)是中国自行研制的,继GPS、俄罗斯GLONASS之后的第三个成熟的全球卫星导航系统。

教学时,可以组织学生事先查阅有关资料,课堂讨论我国古代对磁现象的研究成果和发明指南针的价值。也可以由教师在课堂中对我国古代磁学研究作简要介绍,详细情况请学生课后自己查阅有关书籍、资料或上互联网搜索。

应该让学生知道,虽然现在广泛采用卫星导航,但是指南针在人类历史上的作用是不可磨灭的。关于卫星的资料不一定在课堂中讲述,可以略加说明,由学生自己查阅有关书籍、资料或上互联网搜索了解。

关于“我们生活在天然磁场——地磁场中”

关于地磁场的特征和磁偏角概念,教材结合图 5-1-1 阐述了地磁场的磁南极(S 极)与地理北极、磁北极(N 极)与地理南极之间的方位关系,地磁轴和地球自转轴的夹角约为 11° 。因此,指南针所指的南北方向仅仅是近似的。严格来说,指南针在某处所停留的竖直平面叫做这个地方的磁子午面,磁子午面与水平面的交线叫做这个地方的磁子午线,磁子午线与地理子午线的夹角叫做磁偏角。

教学时,应联系地理知识让学生知道:在天文学中,地球的地理南极和北极是由指向北极星附近的地球自转轴确定的,指向北极星附近的一端称为北极,另一端称为南极;根据“同性磁极互相排斥、异性磁极互相吸引”,作为一个巨大的磁体,地球地磁场的磁南极(S 极)和磁北极(N 极)与指南针的磁南极和磁北极正好相反;地磁轴和地球自转轴有一定的夹角,磁子午线与地理子午线之间也有一个夹角——磁偏角,指南针是停留在磁子午线方向,因此,指南针并不准确指向地球的地理南北极;由于磁子午线与地理子午线均为空间曲线,因此,在地球表面附近各处磁偏角是有差异的。我国宋代的沈括居住在长江下游的江苏镇江,那里的磁偏角不超过 $3^\circ-4^\circ$ 。可以让学生了解,英国物理学家吉尔伯特(W. Gilbert, 1544—1603)在 1600 年出版的英国第一部有关磁的科学著作《论磁》中介绍了他的磁性“小地球”实验。他把天然磁石磨制成一个球,用铁丝制成小磁针放在磁石球上面。结果发现,这些小磁针的取向与指南针放在地球上的情况完全一致。他用粉笔沿小磁针的指向画成一条条磁子午圈,这些磁子午圈与地球上的经线很相像,因此,他设想整个地球就是一块巨大的磁石,这是用形象的方法描述磁场的开端。

关于“形形色色的磁性材料”

由于各种物质的微观结构是有差异的,物质在外磁场中的特性差别也很大。本节在初中磁现象知识的基础上,本着从生活走向物理的精神,先学习和认识各种磁性材料,了解铁磁性材料的磁化和退磁过程,然后根据其磁化后退磁的难易程度把铁磁性材料分为软磁性材料和硬磁性材料,并让学生了解软磁性材料和硬磁性材料在社会生活、工农业生产、科学技术中的不同用途。

通常所说的磁性材料是指强磁性材料或铁磁性物质。磁性材料的特性如表 5-1-1 所示。

表 5-1-1

	弱磁性材料		强磁性材料	
	顺磁性物质	抗磁性物质	铁磁性物质	
被磁化后的磁性强弱	很弱	很弱	很强	
被磁化后的磁场方向	使外磁场稍有增强	使外磁场稍有减弱	使外磁场大大增强	
外磁场撤去以后的磁性情况	磁性几乎完全消失	磁性几乎完全消失	剩余一部分磁性(剩磁)	
			软磁性材料	硬磁性材料
			剩磁弱	剩磁强

(续表)

	弱磁性材料		强磁性材料	
	顺磁性物质	抗磁性物质	铁磁性物质	
退磁难易			易退磁 可以反复磁化	不易退磁 可以制成永磁体
典型代表物质	锰、铬、铝等	铋、铜、银、惰性气体等	金属软磁性材料： 软铁、硅钢、镍铁合金等 软磁铁氧体：锰锌铁氧体、镍锌铁氧体	金属硬磁性材料： 碳钢、钨钢、铝镍钴合金等 硬磁铁氧体：钡铁氧体、锶铁氧体

教学时,不必讨论物质产生磁性的机理,重点探讨计算机磁盘及磁盘驱动器的简单工作原理。对于软磁性材料的微观基本单元,既可以理解为分子电流观点的“磁分子”,也可以理解为“磁畴”,但是,在中学阶段,一般用“磁分子”来解释。

由于学生可能了解“磁畴”的概念,教师应该清楚,“磁畴”并不对应一个“磁分子”,而是铁磁性物质在没有外磁场的条件下电子自旋磁矩在小范围内“自发地”平行排列形成的自发磁化区。根据量子力学,自发磁化区形成的原因是电子之间存在着一种“交换作用”,它使电子自旋在平行排列时能量更低。在未磁化时,铁磁性物质内各磁畴的磁化方向不同,因此,宏观上不显示磁性;当外加的磁化场不断加强时,磁畴起初磁化方向与磁化场方向接近的磁畴就扩大自己的“疆界”,把邻近那些磁畴的磁化方向转向到磁化场方向,铁磁性物质就显示出宏观的磁性来。

探究计算机磁盘及磁盘驱动器的简单工作原理是本节安排的重要活动。有条件的学校可以利用废弃的计算机和 3.5 英寸软磁盘,拆开观察磁盘驱动器和 3.5 英寸软磁盘的内部结构,结合教材中的图 5-1-3 分析其简单的工作原理。3.5 英寸软磁盘中央有一个配合驱动主轴的孔,当盘片插入磁盘驱动器后,驱动器的转轴就通过该孔将软磁盘卡紧,驱动软磁盘旋转。软磁盘上还有一个弹性滑套,小心地移动它,就可以看到软盘上的“磁头读/写孔”。驱动器的“读/写磁头”就是通过“磁头读/写孔”存储和提取信息的。学生一般都知道,光盘也是计算机存储和提取信息的重要器件,教师可以对此作适当扩展,让学生知道,计算机光盘存储和提取信息的基本工作原理跟计算机磁盘及磁盘驱动器的基本工作原理是不同的。根据计算机光盘及光盘驱动器的简单工作特点,可以把光盘分为三种类型:

(1) 固定型光盘:由生产厂家把有关信息写入盘中,用户不能抹去,也不能写入,只能读出盘中信息,例如视频光盘和数码音频唱片。这种光盘是用包含信息的激光对光盘上的微小区域加热——“烧录”出“凹坑”,光盘则以“凹坑”的形式来“写”入或记录信息;在“读”取信息时,由计算机光驱的激光照射光盘,由于有无“凹坑”处的反射光是不同的,经过检测便可获得光盘上记录的信息。

(2) 追记型光盘:由用户写入信息,并由激光“烧录”出“凹坑”,存储信息。其“读”取信息的过程与固定型光盘一样。这种光盘只能由用户“写”一次,不能抹去和改“写”。

(3) 可改写型光盘:由用户自己“写”入信息,用激光照射在光盘的记录介质上,利用光或热引起介质可逆性变化来进行信息记录。这种光盘一般使用光磁材料,它的“写”入、“读”

取以及抹除的原理比较复杂。关于“磁共振的医学应用”，由于涉及振动和波方面的知识，只要求学生根据自己的兴趣进行阅读或进一步查阅有关资料，了解磁学研究对社会生活的巨大作用。

本节安排了学生探究计算机磁盘及磁盘驱动器的简单工作原理的活动，使对磁性材料的学习变得生动和具体。要求学生观察它们的结构，结合初中所学的磁学知识了解磁盘被“写”入信息的过程，讨论计算机是怎样从磁盘上“读”出信息的。在了解了计算机磁盘及磁盘驱动器的工作原理的基础上，要求学生通过阅读了解信用卡、IC卡的简单工作原理和核磁共振技术在医学中的应用。

教学评价

“家庭作业与活动”参考解答

1.【解答】（略）

这是一个开放性的题目，目的是让学生在初中磁学的基础上进一步认识磁场，为下一节的学习埋下伏笔。本题的说明并没有列出所有的器材，主要是希望学生发挥创造性，设计出能够研究水、酒精、空气等物质对磁铁磁性影响的实验来，并得出这些物质不影响磁铁磁性的结论。

2.【解答】（略）

这是一个开放性的题目。如果做实验之前没有把铁锈（生锈的铁屑）捣细，实验结果就是收集的铁屑的质量比铁锈的大，因为铁锈会粘成一团，吸不上来。如果做实验之前把铁锈捣细，实验结果就是收集的铁锈的质量比铁屑的大，因为铁锈是铁氧化物硬磁性材料，铁屑（纯铁）是软磁性材料。

3.【解答】（略）

5.2 磁场的描述

教学目标

- （1）通过实验，观察磁感线的分布，知道几种常见磁铁磁感线的分布，理解匀强磁场的概念，会用磁感线描述磁场的强弱。
- （2）了解磁通量的概念，知道磁通量与磁场强弱的关系。
- （3）理解磁感应强度，知道其方向。通过查阅信息，直观感受磁感应强度的大小。
- （4）通过实验，了解通电线圈的磁场，知道安培定则。

教材说明

本节教材在初中物理的基础上，让学生进一步学习用磁感线定性描述永磁体磁场的分布情况，引入磁通量来定义磁感应强度，从而定量描述磁场；通过“信息浏览”，让学生对磁场的强弱、分布有比较直观的认识。电场线和磁感线是法拉第通过类比流体的研究引入的“力线”，用它可以对电场、磁场作直观的描述，进一步理解磁感线只是为了研究方便而假想的空间曲线。物理学家用电场线和磁感线来分析电磁场的问题，既形象又方便，甚至可以借鉴流

体力学的方法(通量或流量)研究电磁场的问题。上一节介绍的吉尔伯特“小地球”实验,说明人们早就试图用形象的方法来描述磁场。

关于用磁通量来定义磁感应强度,虽然已经降低了学习难度,但是,由于磁感线是空间假想的曲线,此外,还要把面积 S 投影到垂直于磁场的方向上——计算垂直于磁场(磁感应强度)的有效面积,从而使得这一内容成为了教学难点。匀强磁场是重要的磁场,教材采用了先认识匀强磁场,然后借助匀强磁场研究磁通量,进而定义磁感应强度。用安培力来定义磁感应强度对学生来说不够直观,用磁通量来定义磁感应强度,目的是让学生比较具体地认识磁感应强度这一物理量,避免一开始就使学生陷入复杂的公式推导之中。关于磁感应强度的操作性定义,必须在学习了安培力之后再进行。由于磁感线越密的地方磁场越强,因此,磁感线越密的地方,穿过单位面积的磁感线条数越多,即单位面积的磁通量越大。为了简单起见,教材用磁通量来定义磁感应强度。物理学上,把垂直穿过某单位面积上的磁通量叫做磁感应强度。但是,在实际问题中,我们往往要研究平面跟磁场方向不垂直的情况。对于这种情况,我们可以作出它在垂直于磁场方向上的投影平面,利用计算穿过这个投影面的磁通量来确定穿过任意平面的磁通量。

本节“信息浏览”的目的是,让学生对各种情况下的磁场有数量级的认识,对磁感应强度的单位有更加具体的认识。

教学建议

本节内容在初中学习的基础上有很大的提高。“磁感线”“几种常见的磁场分布”“匀强磁场”“磁通量”是学习电磁场理论最基础也是最重要的知识,在今后的学习中会广泛应用。磁感线、磁通量、磁感应强度是教学重点。

关于“磁场的形象描述”

关于展示空间磁感线分布的实验,可以让学生准备一只空的无色塑料饮料瓶,往瓶中撒一些铁屑(或铁粉),再把食用的色拉油注满瓶子,盖紧瓶盖,反复上下、左右颠倒或晃动瓶子,使铁屑均匀地分布在色拉油中。实验时,把磁铁的磁极紧靠在瓶子中部,就可以观察各种情况下空间磁感线的分布情况。如果效果不佳,可以设法增大磁感应强度(比如,用条形磁铁同极性并列产生较强的磁场)。应该让学生清楚,磁感线是一种假想的曲线,用来描述磁场的强弱和方向,磁感线越密的地方磁场越强,磁感线上某一点的切线方向就是该点磁场的方向。在定义了磁感应强度以后,应该让学生进一步明确,磁感线越密的地方磁感应强度越大,磁感线上某一点的切线方向就是该点磁感应强度的方向。

用细铁屑显示的并不是磁感线,它只是说明了磁感线或磁场的分布情况。有了上一节和初中物理关于磁化的知识,学生很容易解释铁屑为什么会显示磁场的磁感线的分布。关于磁感线的疏密与空间各点磁场强弱的关系,学生凭借经验是能够理解的。借用铁屑分布,应该让学生明确,磁感线越密的地方,磁场越强。显然,条形磁铁两极附近的磁感线比较密,磁场比较强;条形磁铁中部磁感线比较稀疏,磁场比较弱。教材中所呈现的铁屑分布与磁感线示意图,均可以让学生自己用实验来再现。教材既展现了磁感线的平面示意图和铁屑平面分布图,也提供了铁屑空间分布的实验照片,目的是让学生知道,磁场存在于整个空间,磁感线也分布在整个空间。

关于“磁场的定量描述”

关于用磁通量来定义磁感应强度,为了理解磁通量和怎样用磁通量来描述磁场中各处的强弱,可以请学生回忆初中阶段学习过的描述压力作用效果的方法,通过讨论理解磁感应强度的物理意义。应该引导学生,让他们知道,如果平面跟磁场方向不垂直,可以通过作出它在垂直于磁场方向上的投影平面来进行分析和研究。从教材中的图 5-2-7 可以看出,穿过斜面和投影面的磁感线条数是相同的,即磁通量相等。因此,同一个平面,当它跟磁场方向垂直时,穿过它的磁感线条数最多,磁通量最大;当它跟磁场方向平行时,没有磁感线穿过,即穿过的磁通量为零。这样就产生了一个问题:此处的磁场到底是强还是弱?物理学中要求,在确定磁场中各处的磁感应强度时,必须把 S 投影到垂直于磁场的方向上——计算垂直于磁场的有效面积,从而计算出磁感应强度。因此,磁感应强度也可以叫做磁通量密度。教师可以根据实际情况,配以适当的案例进行讨论分析。

关于“探究电流周围的磁场”

建议在初中物理关于磁场研究的基础上进行扩展性学习,如果时间允许,可以让学生模仿奥斯特进行科学探究。教师还可以进一步演示两条通以同向或反向电流的平行通电直导线的相互作用的现象,进一步总结电与磁之间的相互联系。

关于学生模仿奥斯特做实验,可以给学生提供奥斯特实验的器材:直流电源、小磁针、直导线、支架、开关和连接导线等。最好每两人一套器材。参考探究步骤如下:

(1) 在开关断开状态连接好电路,把小磁针置于靠近直导线(东西或南北取向)一端附近的延长线上,瞬时闭合开关,观察小磁针的行为。

(2) 直导线东西取向,分别把小磁针置于直导线上方、下方、前方和后方,瞬时闭合开关,观察小磁针的行为。

(3) 直导线南北取向,分别把小磁针置于直导线上方、下方、前方和后方,瞬时闭合开关,观察小磁针的行为。

(4) 分析实验结果,讨论电与磁之间的联系。在显示直线电流磁场的分布时,要告诉学生,电路只允许短暂接通,否则会因为短路而发生烧毁电源的事故。安培定则的内容可以对照教材中的图 5-2-11 和图 5-2-13 进行概括,教师要举例分析并要求学生实际分析一些具体问题。

教学评价

“家庭作业与活动”参考解答

1.【解答】 根据小磁针的指向判断出磁感线是逆时针方向的,根据安培定则,判断导线中的电流方向是由下向上的。

2.【解答】 N;S。

3.【解答】 $\Phi_1=0.024\text{ Wb}$; $\Phi_2=0\text{ Wb}$; $\Phi_3=0.024\text{ Wb}$ 。

4.【解答】 橡胶圆盘与毛皮摩擦,橡胶圆盘类似带负电的金属环,则金属环中的电流方向与旋转方向相反,再由安培定则可知橡胶圆盘的左端为 S 极,右端为 N 极,因此小磁针将偏转,即静止时小磁针的 N 极沿轴向向右,S 极向左。

5.【解答】 负。

5.3 电磁感应

教学目标

- (1) 了解电磁感应现象的发现过程,体会人类探索自然规律的科学态度和科学精神。
- (2) 通过实验,理解感应电流产生的条件。举例说明电磁感应在生活和生产中的应用。

教材说明

教材从回顾法拉第对如何“把磁转变为电”问题的反复思考和锲而不舍的实验探索这段历史入手,让学生了解法拉第的科学思维和科学方法;从十年的探索到真理的发现,让学生体会法拉第执著的科学精神;从初步发现电磁感应现象,继而改进实验,深入分析归纳,到最后摘得发现电磁感应产生条件的桂冠,让学生认识法拉第的科学态度。在经历了法拉第发现电磁感应的过程后,教材又设计了几个简单的实验,让学生具体经历和体验法拉第的科学探究过程,同时让学生能较深入地理解产生电磁感应的条件。

通过对法拉第探索电磁感应现象的艰苦历程的展示,使学生认识到科学思维和科学方法的重要,培养学生的科学精神和科学态度,以落实对学生进行物理学科核心素养的培养。又通过对实验现象的分析论证,让学生理解电磁感应现象产生的条件。电磁灶、电脑、磁性材料制品等都是现代生活的象征,也是现代人科学素养的反映。让学生体会基本物理知识在现代社会中的深入应用,一方面说明物理学自身的时代价值,另一方面也说明了基础理论研究的普遍意义。

本节的教学重点:法拉第发现电磁感应的历程、产生电磁感应现象的条件。

本节的教学难点:探究感应电流产生的条件。

教学建议

从电与我们生活息息相关入手,激发学生探究“电是哪里来的”愿望,从而让学生知道发现“电磁感应现象”的意义。教学时,可用图片展示、播放录像等形式,展示生活中应用电磁感应的实例,让学生体验电磁感应与现代生活的密切联系。强调在学习本节时,不仅要学习与电磁感应相关的物理知识,更要体会科学思想、科学方法的重要性,要学习科学家的科学精神。

关于“法拉第发现电磁感应的艰难历程”

“新课题的提出”简要陈述了19世纪“将磁转变为电”这一课题提出的背景,突出了法拉第的坚定信念。

“思维定势路漫长”主要展现法拉第的思路和实验方法,一方面体现了方法(思维定势)对科学探索的影响,另一方面体现了法拉第坚忍不拔的探索精神。教学时,要让学生从中体会到科学道路是崎岖曲折的,不当的思维和方法(例如思维定势)往往会制约科学的发现和发展。

“深入探究得真谛”要求学生领会法拉第在什么情况下使教材图5-3-2中的B线圈中产生了感应电流,有条件的可以做一做这个实验。这里要突出法拉第对瞬时现象的注重,要

让学生知道,“偶然发现”是长期艰苦探索的结果。本部分内容呈现了法拉第从初步发现电磁感应现象,继而改进实验,深入分析归纳,到最后摘得发现电磁感应产生的条件桂冠的过程,要让学生从中体会到科学不能浅尝辄止,只有不畏艰辛、勇于攀登、力求进取的人,才能获得最后的胜利,以培养学生热爱科学、尊重科学、为科学而执著追求的精神。

该段内容要求学生经历体会科学家探索物理规律的艰难过程,落实培养科学思维、科学探究、科学态度与责任的教学目标。建议:这部分内容可以让学生提前自学,学生可结合教材内容上网查阅有关资料,课堂上则组织学生讨论相关问题,例如:“把磁转变为电”这一课题是在什么背景下提出来的,对你有什么启示?法拉第是怎样突破思维定势影响的,对你有什么启发?你能从这个发现电磁感应现象的特例中总结出科学发现或科学研究的一般思路和方法吗?从法拉第十年探索的艰难历程,你对法拉第的研究思想、研究方法和精神有什么体会和感想?法拉第出身贫寒,只读了两年小学,但最终能成为伟大的物理学家,依靠的是什么?对此,你有何感想?你能总结出产生感应电流的条件吗?等等。

关于“探究感应电流产生的条件”

教材通过实验探究产生感应电流的条件,让学生经历法拉第的实验过程。在进行“实验1”时,要强调观察感应电流产生在磁铁相对线圈运动的过程中,穿过线圈的磁通量在此过程中发生了变化。通过“实验2”,要求学生能用多种方法使副线圈中产生感应电流,培养他们的自主与创新精神。要让学生认识到感应电流是瞬时的,它产生在原线圈电流变化的过程中,也就是说在此过程中,磁通量发生了变化。通过实验探究和分析思考,应让学生认识到,磁通量的变化是电磁感应现象产生的原因。

建议:“实验1”和“实验2”可让学生同时分组进行,一部分小组进行“实验1”,另一部分小组进行“实验2”。学生采取的措施可能很多,教师要鼓励学生大胆猜想,勇于探究,让学生分别发表自己的探究成果,教师多给予鼓励和表扬,让学生得到成功的喜悦。让学生对观察到的实验现象进行抽象,概括出产生感应电流的条件——穿过闭合电路的磁通量发生变化,这是本节的难点和重点,教师应尽量让学生自己分析、归纳和总结。

两个讨论题是要解决产生感应电流的条件,让学生经历从特殊到一般,从现象到本质的思维过程。要让学生认识到,所有能产生感应电流的条件在本质上是相同的。关于教材图5-3-6所示的实验,学生在初中学习电磁感应现象时得到的结论是:闭合电路的一部分导体在磁场中做切割磁感线运动时,电路中就会产生感应电流。可提醒学生分析这时是穿过闭合电路的哪部分的磁通量发生了变化。

比较和分析以上实验,让学生认识到,以上这些产生感应电流的情况虽然不同,但是都有一个共同之处:穿过闭合电路的磁通量发生了变化,闭合电路中就有感应电流产生。由此得出产生感应电流的条件。

关于“电磁感应现象的应用”

电磁感应现象及其规律的发现,使人类进入了电气化时代。电磁感应现象广泛应用于很多电器的工作过程,教材中介绍了电磁感应现象应用于变压器、电磁炉、动圈式话筒等的工作过程的情况,在“信息浏览”中介绍了无线充电器。无线充电器是新型手机充电装置,学生比较熟悉且感兴趣,教师可以鼓励学生在课前自主查阅相关资料,激发其兴趣,培养其自

主学习的能力,厘清电磁感应现象在无线充电器中是如何应用的,无线充电器是怎样工作的等问题,在此基础上进行变压器、电磁炉、动圈式话筒工作原理和工作过程的教学。

教学评价

“家庭作业与活动”参考解答

- 1.【解答】 A、B、D。
- 2.【解答】 A、B、D。
- 3.【解答】 (1) 向右偏;向左偏;(2) 向左偏。
- 4.【解答】

(1) 如图 5-3-1 所示。

(2) ab 边进入磁场而 cd 边未进入磁场时线框中有感应电流; ab 边离开磁场而 cd 边在磁场内时线框中有感应电流;中间过程 $t_1 \sim t_2$ 时间内穿过线框的磁通量不变化,线框中没有感应电流。

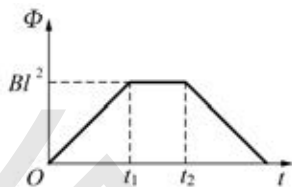


图 5-3-1

5.4 电磁波

教学目标

(1) 了解电磁场理论的两大支柱,即变化的磁场能产生电场,变化的电场能产生磁场。了解变化的电场和磁场相互联系形成统一的电磁场。体会麦克斯韦电磁场理论对物理学发展、对人类生活的巨大意义,感受物理学的和谐之美与简单之美。

(2) 知道赫兹实验证明了电磁场理论的正确性。通过实验,感受电磁波的存在。

(3) 了解电磁波的物质性。知道电磁波的种类。知道不同种电磁波在生产生活中的应用及其对现代社会带来的影响。通过查阅资料,了解有哪些设备是借助于电磁波工作的。

(4) 知道光是一种电磁波,光具有能量。了解微观世界的量子化特征。

教材说明

电磁场是变化的电场和变化的磁场相互联系的统一体,是电场、磁场,特别是电磁感应等基本物理概念和规律在电磁学理论中的具体应用和延伸的产物。电磁场与电磁波已与人类生活密不可分,在生产和生活中有着巨大的应用。教材以法拉第的贡献为切入点,让学生历经麦克斯韦建立电磁场理论的理性思维过程,从而体验到“对称性”思维在物理学研究中的作用,了解麦克斯韦的理论贡献;了解赫兹捕捉麦克斯韦所预言的电磁波实验技巧。教材介绍了电磁波家族各波段的特性和主要应用及其对社会发展、科技进步的作用,注重引导学生关心科学技术的进步对社会的促进作用,了解科学技术是一把“双刃剑”。教材介绍了光是一种电磁波,光具有能量,让学生了解光电效应,知道光的波粒二象性,初步了解微观世界的量子化特征。

本节教材的编写思路是:

(1) 从科学发展的必然规律入手,简介在纷繁复杂的电磁学定律、定理出现后时代需要一位能够系统总结电磁学基本规律的人。麦克斯韦正是这样的一个人,他具有良好的数学

素养,又坚信法拉第的“场”蕴涵着真理,基于对法拉第的“场”提供数学方法基础的愿望,在前人成果的基础上,对整个电磁现象做了系统、全面的研究,从而总结出了电磁场理论。

(2) 以“电磁场理论的两大支柱”为线索,从科学方法的角度提出变化的磁场产生电场,变化的电场产生磁场。教材从法拉第电磁感应定律出发,探究电流产生的原因,进而得到即使没有线圈,变化的磁场依然产生电场。教材根据“对称性”思想,提出变化的电场产生磁场的假设,通过理论推演验证结论。

(3) 依据电磁场理论的两大支柱,运用归纳法来得到不均匀变化的磁场与电场相互联系,由近及远地向外传播,形成电磁波的结论。

本节的教学重难点是电磁场理论的两大支柱和变化的电场和磁场相互联系形成统一的电磁场。

教学建议

麦克斯韦是在前人研究的基础上建立电磁场理论的,因此,在课题引入的过程中,适当复习相关电学和磁学的内容,介绍在电磁学领域内的一些定律、定理,并与牛顿之前的力学发展进行类比,从而让学生感受到电磁学的发展需要一位能够系统总结电磁学基本规律的人,在物理学发展史上,麦克斯韦担起了重任。教学中对于电磁学领域内的一些定律、定理,只作介绍,不需要学生掌握。

关于“伟大的丰碑——电磁场理论”

对于电磁场理论的大意可采用问题串的形式向学生提问。例如:依据法拉第电磁感应定律,如果闭合线圈内的磁通量均匀变化,那么此时线圈中产生怎样的电流呢?即均匀变化的磁场在其周围空间产生怎样的电场呢?如果磁场的变化不均匀,那么又会在其周围空间产生怎样的电场呢?同样地,均匀变化的电场在其周围空间产生怎样的磁场?如果电场的变化不均匀,那么又会在其周围空间产生怎样的磁场?

介绍关于预言电磁波存在的问题,不均匀变化的磁场在其周围形成变化的电场,变化的电场又在其周围产生磁场,如此循环,电场和磁场在空间交替产生,形成电磁波,从而在理论上预言了电磁波的存在。“电磁波是横波”也可暂作简单介绍。在此可适当介绍麦克斯韦对物理学作出的巨大贡献。

关于“电磁波的存在”

不仅可以通过教材上的实验,还可以先介绍电磁波在生产生活中的广泛应用,其中一个就是在移动通信方面的应用(例如手机)。手机在有人来电的时候会有电磁波的接收和发射,从而会影响附近正在工作的收音机,让学生切身感受生活中的物理知识,体会物理知识的广泛应用和物理之美,培养学生的科学责任感。

关于“电磁波的应用”

让学生了解电磁波谱六个主要波段的特性及其在工农业生产和日常生活中的应用。

(1) 可见光是电磁波,但是并不是所有的电磁波都能被人眼所能看见,进入人眼触发视觉神经的电磁波(可见光)只占据电磁波谱中一个很狭窄的波段。

(2) 提升学生对可见光重要性的认识。

(3) 红外线的热效应及其应用。

(4) 比可见光频率更高的有紫外线、X 射线、 γ 射线, 由于它们能够杀死活细胞, 人体不能长时间受这几种电磁波辐射。紫外线可以用来消毒; X 射线由于具有较强的穿透本领, 可以用来透视人体; γ 射线的穿透能力比 X 射线还要强, 能穿透钢板。

(5) 让学生意识到科学技术“双刃剑”的特征, 怎样趋利避害, 并提供资料供学生自己阅读。

(6) 电磁波的应用无处不在。教材安排了让学生观察自己周边的环境, 进一步了解我们身边电磁波的应用, 从而使学生能够将所学的知识用于解释自然现象。

关于“光的量子化特征”

在“光是电磁波”的教学中可指出, 麦克斯韦根据电磁场理论所得到的电磁波传播速度的理论值正好与物理学家们所测量的光速的实验值一致, 从而预言了光是电磁波。简单介绍光的波粒二象性, 让学生初步对微观世界的量子化特征有所了解。

教学评价

“家庭作业与活动”参考解答

1.【解答】 D。

2.【解答】 红外线; 紫外线; γ 射线。

3.【解答】 (略)

“第 5 章家庭作业与活动”参考解答

A 组

1.【解答】 (1)、(6) 正确, 其余错误。

2.【解答】 3.46×10^{-2} 。

3.【解答】 $\frac{BL^2}{2} \sin \alpha$ 。

4.【解答】 A。

5.【解答】 D。

6.【解答】 B。

7.【解答】 B、D。

8.【解答】 顺时针方向。

9.【解答】 根据安培定则, 右边为螺线管的 N 极, 在螺线管的内部, 磁感线从 S 极指向 N 极, 所以小磁针的 N 极向右, S 极向左。

10.【解答】 该磁场为匀强磁场。小磁针顺时针转动, 最终静止时 N 极指向左。

11.【解答】 A、C。

B 组

1.【解答】 A。

2.【解答】 $1.0 \times 10^{-3} \text{ Wb}$ 。

3.【解答】 $5.0 \times 10^{-2} \text{ T}$ 。

- 4.【解答】 B。
5.【解答】 D。
6.【解答】 A。

课程资源

物理学家简介

奥斯特

奥斯特(Hans Christian Oersted, 1777—1851)是丹麦著名的物理学家和化学家,1777年8月14日生于丹麦兰格兰的鲁克宾(Rubkjøbing)。他的父亲是名药剂师,因此,他很早就对物理、化学产生了兴趣。奥斯特小时候曾跟父亲的一名德国理发师朋友学习德文和数学。1794年,奥斯特考取了哥本哈根大学免费生,攻读医学和自然科学,同时当家庭教师,于1797年以优等生毕业。

奥斯特学问极其广博,他不仅爱好物理、化学和天文,而且对哲学和文学也颇有研究。他是康德哲学的信奉者。他与当时世界著名童话作家安徒生交往甚密。1799年,他以题为《自然哲学体系论》的论文获得了博士学位。

当时,伽伐尼与伏打两个学派关于“动物电”和“金属电”的争论,引起了奥斯特极大的兴趣,使他把研究的注意力转到了电学领域。1801年到1803年,他到德国和法国旅游,1804年回国。他在德国和法国结交了许多著名科学家,并开始与他的朋友里斯一起进行了有关电和磁的实验。1806年,奥斯特被聘为哥本哈根大学物理、化学编外教授,从事电流和声学的研究,发表了有关物理、化学研究成果的论文。1817年,他被哥本哈根大学聘为正式教授。

1820年,奥斯特发现了电流的磁效应。这一发现在电磁学发展史上占有极其重要的地位,揭开了研究电磁本质联系的序幕。

过去的相当一段时期,磁现象和电现象是被分别进行研究的,特别是吉尔伯特对电和磁的现象进行仔细分析对比,断言这是两种截然不同的现象后,许多科学家都认为电和磁不可能有什么关系。1780年,库仑曾证明“电与磁是完全不同的实体”。1802年,安培说过,我愿意去“证明电和磁是相互独立的两种不同的流体”。

那么,在历史上有没有观察到电和磁之间存在联系的现象呢?1735年7月,一位名字叫威克菲尔德的小商人,描述过雷电使他箱子中的刀、叉、钢针磁化的现象。1751年,富兰克林发现莱顿瓶放电可以使焊条、钢针磁化或退磁。此外,还有过一些关于雷电能使铁的物体磁化的报道。因此,也有一些科学家猜测电和磁之间可能存在着某种关系。1774年,德国巴伐利亚电学研究院提出了一个有奖征文题目:电力和磁力是否存在着实际的和物理的相似性呢?对此有不少人曾作过努力,但都没有取得什么具体的成果。

奥斯特第一个发现了电流的磁效应。奥斯特深受康德、谢林等关于各种自然力相互转化的哲学思想的影响,他在自己的哲学和自然科学研究中,早就具有自然界各种现象相互联系的思想。1803年他就说过,我们的物理学将不再是关于运动、热、空气、光、电、磁以及我们所知道的任何其他现象的零散罗列,而我们将把整个宇宙容纳在一个体系中。奥斯特正

是从自然现象相互联系的观点出发来探索电和磁之间的联系的,这是他之所以能发现电流磁效应的思想基础。富兰克林的莱顿瓶放电使钢针磁化的现象,使奥斯特受到了很大启发。他认为,电可以转化为磁是不成问题的,问题在于要寻找转化的条件。1811年,他在《对新发现的化学自然定律的看法》一文中,有一节内容提出,要进行电流实验来弄清楚潜在状态下电是否对磁具有什么作用的问题。第二年,这本书以《对化学力和电力的同一性》为题出版了修订本。在这本书中,奥斯特根据电流通过直径较小的导线会发生热的现象,推测若导线直径进一步缩小,导线会发光,如直径再缩小到一定程度时,就会产生磁效应。奥斯特用这个方法进行实验,未能发现电对磁的作用。奥斯特没有因此而灰心,仍在对电和磁的联系不断实验,不断思考。地质学家和化学家佛克哈默曾是奥斯特的抄写员,他在奥斯特逝世一周年的纪念会上说:“奥斯特一直在探索这两种巨大自然力之间的关系。他过去的著作都证明了这一点。我在1818年到1819年,每天跟随在他左右,可以用自己的经历说明,发现至今仍然很神秘的(电和磁)联系的想法一直萦绕在他的心中。”

1819年冬到1820年春,奥斯特在哥本哈根开办了一个讲座,专门为精通哲学和具备相当物理知识的学者讲授电、电流及磁方面的知识。在1820年4月的某一天晚上,奥斯特在讲课中,突然想起,过去许多人在电流方向上寻找电流对磁体的效应都没有获得成功,电流对磁体的作用很可能是一种“横”向的,而不是“纵”向的。于是,他“把导线和磁针平行放置”进行试验。他当时用的电源是一个伽伐尼电池,导线是一根细的铂丝。接上电源后,果然发现导线附近的小磁针向垂直于导线的方向摆动起来了。小磁针的摆动,对听课的听众几乎是无动于衷,但对奥斯特来说,实在是太重要了,当时他真是激动万分,多年盼望出现的现象,终于看到了,怎不使他激动呢!

奥斯特为了进一步弄清楚电流对小磁针的作用,从1820年4月到7月,花了3个月的时间,做了60多个实验。他把小磁针放在导线的上方和下方,考察了电流对小磁针作用的方向;把小磁针放在离导线远近不同处,考察了电流对小磁针作用的强弱;把玻璃、金属、木头、石块、瓦片、松脂、水等放在小磁针和导线之间,考察这些物质对电流对小磁针作用的影响。奥斯特在经过3个月的紧张工作后,于1820年7月21日发表了一篇《关于磁针上电流碰撞的实验》的论文,这篇论文是用拉丁文写的,发表在法国《化学与物理学年鉴》杂志上。这本杂志在刊登奥斯特文章时,特别作了如下的说明,从中我们可以知道奥斯特的实验是多么有说服力。

“《年鉴》的读者都知道,本刊从不轻易地支持宣称有惊人发现的报告,但是,至于说到奥斯特先生的文章,则其所得的结果无论显得多么奇特,都有极详细的记录为证,以至无任何怀疑其谬误的余地。”

奥斯特当时把电流对磁体的作用称为“电流碰撞”(或“电流冲突”),他从实验中总结出了这种作用的基本特点。他写道:“当我们在磁针和导线两者之间放上玻璃板、或金属板、或木板时,其作用并未被取消;而且这三种板合起来的确也很难减小其作用。”“看来,所有非磁性体都能为这种电碰撞所透过,但磁性体则抗拒它通过。”“我们还可以推出这碰撞呈现为圆形的,否则就不可能发生这样的情形:将闭合导线的一端放在磁极的下面,磁极被推向东方,而放在磁极的上面时,就被推向西方”。“只有圆才具有这样的性质,其相反部分的运动方向相反”。

奥斯特的发现揭示了长期以来认为不同性质的电现象与磁现象之间的联系,电磁学立

即进入了一个崭新的发展时期。法拉第后来在评价这一发现时说,它猛然打开了一个科学领域的大门,那里过去是一片漆黑,如今则充满了光明。人们为了纪念这位博学多才的科学家,从1934年起用奥斯特名字命名磁场强度的单位。有一些组织还以奥斯特名字命名和颁发奖金、奖章等。例如,1937年,美国物理教师协会颁发奥斯特奖章,奖励卓越的物理学教师。

1824年,奥斯特创办了一个学会,积极普及科学知识。1825年,他首先分离出金属铝。水的压缩系数也是他首先测出的。

1829年,奥斯特创建了丹麦工程学院,自己担任院长。

1851年3月9日,奥斯特病逝于丹麦哥本哈根,终年74岁。

安培

安培(Andre Marie Ampere, 1775—1836)是法国杰出的物理学家和数学家,近代动力学的奠基者之一。

1775年1月20日,安培出生于法国里昂的一个贵族家庭。他的父亲J.J.安培希望他在数学上有所成就。他从小就在父亲的教育和指导下学习数学。少年时代的安培就显示出了他的数学才能。不久,父亲图书馆里的有关数学书籍就不能满足安培的要求了。于是,他就到里昂图书馆去寻找最好的著作,但当时像欧拉、伯努利等人的论文都是用拉丁文写的,安培为了学习这些著作,只用了几个星期的时间就学会了拉丁文。

1799年,安培开始了系统的数学研究。1801年,他在里昂的勃格学院任教。他一方面教学,一方面从事数学研究。1802年,安培发表了他的第一篇论文《概率论的应用》,这是一篇关于应用数学方面的最早论文。1805年起,他同巴黎伊格尔工艺学校有了关系,在那里工作了20多年。他曾担任过巴黎伊格尔工艺学校的数学分析教授,后任巴黎大学总督学。在这期间,安培从事研究工作的范围非常广阔。他出版了一系列有关概率论、变分法在力学方面的应用以及有关数学分析问题的著作和论文。他还研究过有关物质基本结构的化学方面的问题。安培对哲学和心理学也有兴趣,并写了《学问研究导论》的著作。不过,安培最伟大的贡献还是在物理学方面。

1820~1821年这段时间,是安培一生中科学发现的黄金时期。

1820年7月,法国《化学与物理学年鉴》上发表了奥斯特发现电流磁效应的论文,轰动了整个欧洲,到处都在重复奥斯的实验。那年8月,法国著名的天文学家和物理学家阿拉果(Dominique Francois Jean Arago, 1786—1853)在瑞士听到了奥斯特发现电流磁效应的消息,敏锐地感到这一发现的重要性。9月初就赶回巴黎,并于9月11日在法国科学院每周科学学会的例会上,报告了奥斯的这个发现。他在报告中详细地描述了奥斯特发现电流磁效应的实验。阿拉果的报告使科学院的院士们大为震惊。原来,自1780年库仑“证明”电与磁是完全不相同的实体以后,1802年,安培也说过,愿意“证明电和磁是相互独立的两种不同的流体”。1819年,毕奥也认为电和磁是没有什么关系的。现在突然冒出来一个奥斯的实验,怎不令人震惊呢!以“敏感和最能接受他人成果”而著称的安培听到这一消息后,立即作出了异乎寻常的反应。他第二天就重复了奥斯的实验,并于1820年9月18日、9月25日和10月9日在法国科学院会议上连续宣读了三篇重要论文。

安培在1820年9月18日向法国科学院提交的第一篇报告中,阐述了他重复做了电流

对磁铁作用的实验,解释了如何确定磁针偏转的方向,并提出了圆形电流产生磁性的可能性。安培在这个报告中,还提出了这样的假设:地球的磁性是由自东向西绕地球核心做圆周运动的电流产生的;磁铁所以有磁性,是由于磁铁内平行排列着垂直于磁极连线的圆形电流。安培的这种认识引导他去进行通电线圈之间相互作用的实验。就在这次会上,阿拉果报告了他的发现:铁屑被通电导线吸引。他还得出结论说,即使导线不是铁的,也必须认为是磁体。在这次会上安培还建议阿拉果做这样一个实验,即把导线绕在玻璃管上,再把钢或铁放在螺旋管中,通过电流,以使钢和铁磁化。这就引发了第一块电磁铁的诞生。

1820年9月25日,安培报告了他的第二篇论文,用实验证明了两根平行的通电导线之间存在相互作用,当电流方向相同时,它们之间互相吸引;电流方向相反时,相互排斥。阿拉果在会上作了《钢和铁在电流作用下磁化的实验》报告。

1820年10月9日,安培在第三篇论文中,论述了各种曲线形状的通电导线之间的相互作用。

奥斯特只发现电流对磁体的作用,现在安培又发现了一个电流对另一个电流的作用,这是一个重大的突破。对于安培的这一发现,当时许多人都感到非常惊奇。因为电力和磁力的规律,库仑早已证明,同性相斥,异性相吸。而现在却是“同名”(电流同向)相吸,“异名”(电流异向)相斥。

这是多么新奇啊!当然也有人认为安培的发现没有什么了不起,甚至有人说:既然已知两个电流都能对磁体有作用,那么,它们彼此之间也一定有作用。阿拉果听到这话后,就从他的口袋里掏出两把钥匙,进行反驳说:“这两把钥匙的每一把都吸引磁体,因此,你认为它们也彼此相吸引吗?”

1820年10月30日,安培又作了一次报告,他把螺旋管自由悬挂在地磁场中,通电以后,这个螺旋管像磁针一样指向南北。

自1820年10月起,安培集中了几个月时间,对电流之间的相互作用力进行了系统的研究,他精心设计了四个实验,提出了一个假设。

安培的四个实验是这样的:

(1)他将一根导线对折起来,通以电流,再用“无定向秤”观测其受力情况。实验结果表明,通电对折导线所受合力为零。他由此得到:强度相同的方向相反的电流之间的作用力大小相等、方向相反。

(2)他将上述实验中对折导线的一根绕成螺旋线,通以电流,再用“无定向秤”观测其受力情况,发现对折导线所受合力仍为零。安培认为,通以电流的螺旋线可以看成是由许多电流元组成的,通电螺旋线所受到的力应是各电流元所受力的矢量叠加。他对这一实验进行分析和计算证明:电流元具有矢量性质。

(3)他将通以电流的一圆弧形导体架在水银槽上,然后用各种线圈对它进行作用,发现不能使其沿电流方向发生运动。他由此推断,作用在电流上的力是与电流垂直的。

(4)他做了1、2、3三个相似的线圈,使它们的线度之比与三个线圈间距离之比一致。通以电流后发现,1、3两个线圈对线圈2的作用的合力为零。他由此得到:电流元长度和它们间的距离增加同一倍数时,作用力不变。

安培提出的一个假设是:两个电流元之间的相互作用力沿着它们的连线。

1821年,安培在菲涅耳的建议下,提出了著名的分子电流假设,把圆形电流改为分子本

身的分子电流,从而建立了电动力学分子模型,提出研究动电的理论应称为“电动力学”。他将这些成果总结在 1822 年的《电动力学观察汇编》和 1827 年的《电动力学理论》中。

麦克斯韦在他的《论电和磁》中,对安培的工作给予了很高的评价,他写道:“安培藉以建立电流之间机械作用定律的实验研究,是科学上最辉煌的成就之一。”“整个理论和实验研究看来似乎是从这位‘电学中的牛顿’的头脑中跳出来的,并且已经成熟地完全装备了的,它在形式上是完整的,在准确性方面是无懈可击的,并且汇总成为一个必将永远是电动力学的基本公式的关系式,由此可以导出一切现象。”安培不愧被称为电动力学的创始人和奠基者。

安培的“电动力学”是以牛顿力学的“超距作用”为基础建立起来的。后来拉普拉斯发展了这一思想。19 世纪中叶,诺伊曼和韦伯等人,更是把超距作用的电动力学发展到了登峰造极的地步。由于法拉第、麦克斯韦在他们的研究中建立了场的理论,才使经典电动力学有了今天这样的形式。

法拉第

迈克尔·法拉第(Michael Faraday, 1791—1867)是 19 世纪电磁学领域中最伟大的实验物理学家。他于 1791 年 9 月 22 日生于伦敦附近的纽因格顿,父亲是铁匠。由于家境贫苦,他只在 7 岁到 9 岁读过两年小学,12 岁当报童,13 岁在一家书店当了装订书的学徒。他喜欢读书,利用在书店的条件,读了许多科学书籍,并动手做了一些简单的化学实验。

1812 年秋,法拉第有机会听了著名化学家戴维的四次讲演,激起对科学研究的极大兴趣。他把戴维的讲演精心整理并附上插图后寄给戴维,希望戴维帮助他实现科学研究的愿望。1813 年 3 月,戴维推荐法拉第到皇家研究院实验室做了自己的助理实验员。1813 年 10 月,法拉第跟随戴维到欧洲大陆进行学术考察 18 个月。在这期间他有机会参观了各国科学家的实验室,结交了安培、盖·吕萨克等著名科学家,了解了他们的科学研究方法。回到英国后,法拉第就开始了独立的研究工作,并于 1816 年发表了第一篇化学论文,以后又接连发表了几篇论文。

1820 年奥斯特发现电流的磁效应。这个发现受到科学界的关注,促进了科学的发展。1821 年英国《哲学年鉴》的主编约请戴维撰写一篇文章,评述奥斯特发现电流的磁效应以来电磁学实验的理论发展概况。戴维把这一工作交给了法拉第。法拉第在收集资料的过程中,对电磁现象的研究产生了极大的热情,并开始转向电磁学的研究。他仔细地分析了电流的磁效应等现象,认为既然电流能产生磁,磁能否产生电呢? 1822 年,他在日记中写下了自己的思想:“磁能转化成电。”他在这方面进行了系统的研究。起初,他试图用强磁铁靠近闭合导线或用强电流使另一闭合导线中产生电流,做了大量的实验,都失败了。经过历时十年的失败、再试验,直到 1831 年 8 月 29 日才取得成功。在 1831 年 11 月 24 日的论文中,他把产生感应电流的情况概括成 5 类:变化着的电流;变化着的磁场;运动的恒定电流;运动的磁场;在磁场中运动的导体。他指出:感应电流与原电流的变化有关,而不是与原电流本身有关。他将这一现象与导体上的静电感应类比,把它取名为“电磁感应”。为了解释电磁感应现象,法拉第曾提出过“电张力”的概念。后来在考虑了电磁感应的各种情况后,认为可以把感应电流的产生归因于导体“切割磁力线”。在电磁感应现象发现 20 年后的 1851 年才得出了电磁感应定律。

1833年到1834年,法拉第从实验得出了电解定律,这是电荷不连续性最早的有力证据。

法拉第的另一贡献是提出了“场”的概念。他反对超距作用的说法,设想带电体、磁体周围空间存在一种物质,起到传递电、磁力的作用,他把这种物质称为“电场”“磁场”。1852年,他引入了电力线(即电场线)、磁力线(即磁感线)的概念,并用铁粉显示了磁棒周围的磁力线形状。“场”的概念和“力线”的模型,对当时的传统观念是一个重大的突破。法拉第从近距作用的物理图景出发,还预见了电、磁作用传播的波动性和它们传播的非瞬时性。他在1832年3月12日给英国皇家学会写了一封密封信,信封上写着“现在应当收藏在皇家学会档案馆里的一些新观点”。这封信直到1938年才启封公布,信中法拉第说明了他的上述新观点,表现了法拉第深邃的物理洞察力和深刻的物理思想。

法拉第把他做过的实验整理成《电学实验研究》一书,书中收集了3 000多个条目,详细记述了他做过的实验和结论,是一本珍贵的科学文献。

法拉第是一位靠自学成才的科学家,在科学的征途上辛勤奋斗了半个多世纪,不求名利。1825年,他参与冶炼不锈钢材和折光性能良好的光学玻璃(不含铅砷的玻璃)工作,不少公司和厂家出重金聘请法拉第为他们的技术顾问。面对15万英镑的财富和没有报酬的学问,法拉第选择了后者。1851年,法拉第被一致推选为英国皇家学会会长,他也坚决推辞掉了这个职务,把全身心献给了科学研究事业,终生过着清贫的日子。1855年他从皇家学院退休,1867年8月25日在伦敦去世。遵照他“一辈子当一个平凡的迈克尔·法拉第”的意愿,遗体被安葬在海格特公墓,为了纪念他,用他的名字命名电容的单位——法拉。

麦克斯韦

麦克斯韦是英国物理学家,经典电磁理论的奠基人,1831年6月13日出生于爱丁堡,1847年入爱丁堡大学听课,专攻数学。麦克斯韦很重视实验,涉猎电化学、光学、分子物理学以及机械工程,等等。他说:“把数学分析和实验研究联合使用得到的物理科学知识,比之一个单纯的实验人员或单纯的数学家所具有的知识更加坚实、有益和牢固。”1850年,麦克斯韦考入剑桥大学,1854年以优异成绩毕业并获得学位,留校工作。1856年起任苏格兰阿伯丁的马里沙耳学院的自然哲学客座教授,直到1874年。经法拉第举荐,自1860年起,麦克斯韦任伦敦皇家学院的物理学和天文学教授。1871年起负责筹划卡文迪许实验室,随后受命在剑桥大学创办卡文迪许实验室并担任第一任负责人。1879年11月5日,麦克斯韦因患癌症在剑桥逝世,终年仅48岁。

麦克斯韦一生从事过多方面的物理学研究工作,最杰出的贡献是在经典电磁理论方面。在剑桥读书期间,麦克斯韦在读法拉第的《电学实验研究》时,被书中的新颖见解所吸引,他敏锐地领会到法拉第的“力线”和“场”的概念的重要性。麦克斯韦注意到全书竟然无一数学公式,说明法拉第的学说还缺乏严密的理论形式。在老师威廉·汤姆孙的启发和帮助下,麦克斯韦决心用自己的数学才能来弥补法拉第工作的这一缺陷。1855年,他发表了这方面的第一篇论文《论法拉第的力线》,把法拉第的直观力学图像用数学形式表达了出来,文中给出了电流和磁场之间的微分关系式。1861年,麦克斯韦深入分析了变化的磁场产生感应电动势的现象,独创性地提出了“分子涡旋”和“位移电流”两个著名假设。这些内容发表在1862年的第二篇论文《论物理力线》中。这两个假设已不仅仅是法拉第成果的数学反映,而是对法拉第电磁学作出了实质性的增补。1864年12月8日,麦克斯韦在英国皇家

学会的集会上宣读了题为《电磁场的动力学理论》的重要论文,对以前的有关电磁现象和理论进行了系统的概括和总结,提出了联系着电荷、电流和电场、磁场的基本微分方程组。该方程组后来经 H.R.赫兹、O.亥维赛和 H.A.洛伦兹等人整理和改写,就成了作为经典电动力学主要基础的麦克斯韦方程组。这个理论所宣告的一个直接的推论在科学史上具有重要意义,即预言了电磁波的存在。交变的电磁场以横波的形式在空间以光速传播,这就是电磁波;光就是一种可见的电磁波。电、磁、光的统一,被认为是 19 世纪科学史上最伟大的综合之一。1887 年,麦克斯韦的预言被赫兹所证实。1865 年以后,麦克斯韦利用因病离职休养的时间,系统地总结了近百年来电磁学研究的成果,于 1873 年出版了他的巨著《电磁理论》。这部科学名著,内容丰富、形式完备,体现出理论和实验的一致性,被认为可以和牛顿的《自然哲学的数学原理》交相辉映。麦克斯韦的电磁理论成为经典物理学的重要支柱之一。

麦克斯韦兴趣广泛,才智过人,不但是通过建立各种模型来类比不同物理现象的能手,更是运用数学工具来分析物理问题的大师。在其他领域,他也作出了不少贡献。1859 年,麦克斯韦用统计方法导出了处于热平衡态中的气体分子的“麦克斯韦速率分布律”。他还用数学方法证明了土星环是由一群离散的卫星聚集而成的,该项研究的论文获得亚当斯奖。在论文中他运用了 200 多个方程,由此可见他驾驭数学的高超能力!在色视觉方面,他提出了三原色理论,首先提出了实现彩色摄影的具体方案。他设计的“色陀螺”获得皇家学会的奖章。麦克斯韦在他生命的最后几年里,花了很多的精力整理和出版卡文迪许的遗稿以及创建卡文迪许实验室,为人类留下了又一笔珍贵的科学遗产。

赫兹

1857 年 2 月 22 日赫兹生于汉堡,青少年时期勤奋好学,在数学、物理实验等方面显示了出众的才华与能力。1879 年,赫兹因解决亥姆霍兹提出的导体中的运动电荷有无质量这一问题获金质奖章而初露锋芒。1880 年,以《旋转导体的电磁感应》一文获博士学位,成为亥姆霍兹的助手。1883 年,赫兹任基尔大学物理学讲师,1885~1889 年任卡尔斯鲁厄工业大学物理学教授。1889 年起,赫兹接替克劳修斯任波恩大学物理学教授,1894 年 1 月 1 日因血液中毒在波恩逝世,年仅 36 岁。赫兹在物理学上的主要贡献是发现电磁波。他首先在 1884 年的一篇理论性论文中提出源和场统一的思想,通过引入磁流矢势把麦克斯韦方程改写为四个矢量方程,这为他后来的重要实验奠定了思想基础。1886 年 10 月,赫兹发现,当初级线圈有脉动电流时,近旁未闭合的次级线圈打出了火花,而且次级线圈在某些位置上没有火花发生(“中性点”)。赫兹敏锐地抓住这一偶然现象,进行了一系列实验,证明了绝缘介质中产生的迅速交替极化即位移电流的存在。为了证明这种位移电流也存在于空气或真空中,赫兹在 1888 年 1 月通过驻波方法测出电磁波的速度:在一间 $15\text{ m}\times 8.6\text{ m}\times 6\text{ m}$ 的暗教室中的墙上钉一块 $4\text{ m}\times 2\text{ m}$ 的锌板,用来反射电磁波并与发射波叠加形成驻波,利用小车上的检验器测出波节(无火花)与波腹(火花最强),由此可根据测出的驻波波长与波源频率算出电磁波速度,证明与光速速度一致。赫兹还进一步在 1888 年夏季证明了电磁波与光波有同样的性质:直线传播(通过垂直方向的锌板有阴影区)、反射(高 2 m 、孔径为 1.2 m 的抛物面反射镜使电磁波聚焦)、折射(高 1.2 m 、顶角为 30° 的沥青棱镜使电磁波偏折,折射率为 1.69)、偏折(通过铜丝屏做成的金属栅)等等。1888 年 1 月 21 日,赫兹完成了他的著名论文

《论电动力学作用的传播速度》，这一天被人们确定为电磁波发现的日期。赫兹的实验对于确立麦克斯韦理论的地位具有十分重大的意义。爱因斯坦评价说：“只是等到赫兹以实验证实了麦克斯韦电磁波的存在以后，对新理论的抵抗才被打垮。”可以说，赫兹的卓越实验，为麦克斯韦的理论添上了至关重要的一笔。其后迅速发展起来的无线通信技术，更是直接受惠于赫兹的无与伦比的实验。

赫兹的研究工作还包括气象、材料硬度等方面，尤其在光电效应与阴极射线等方面，成果更为突出。1891年，赫兹开始撰写《力学原理》一书，试图通过力学把物理学各领域统一起来。为了纪念赫兹的卓越贡献，人们将频率的单位命名为赫兹。

参考资料

光电效应

光照射到某些物质上，引起物质的电性质发生变化，也就是光能量转换成电能。这类光致电变的现象被人们统称为光电效应(Photoelectric effect)，见图5-6-1。

光电效应是物理学中一个重要而神奇的现象，在光的照射下，金属中的电子会被光激发出来形成电流。光电效应由德国物理学家赫兹于1887年发现。1905年，爱因斯坦提出光量子假设，成功解释了光电效应，获得1921年诺贝尔物理奖。

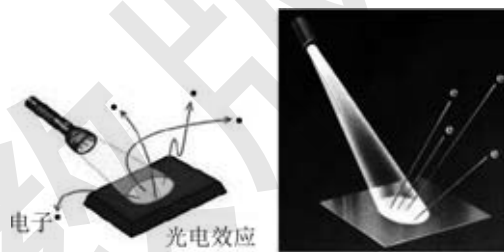


图5-6-1

只有当照射光的频率大于某一临界值时才能使被照射的金属产生光电效应，该临界值对应的频率称为截止频率。截止频率取决于金属材料，发射电子的能量取决于光的频率而与光的强度无关，这一点无法用光的波动性解释；光电效应的瞬时性也与光的波动性相矛盾。按波动性理论，光入射到金属表面到金属表面发射出电子需要一定的时间，这段时间内金属中的电子从光中吸收能量，直至积累的能量足够使它从金属表面逸出。而事实是，只要光的频率高于金属的截止频率，光子的产生几乎是瞬时的，不超过 10^{-9} s。

光电效应说明了光的能量是不连续的，具有量子化特征。当光照射到金属上时，光子和金属中的电子发生“碰撞”，电子吸收光子的能量，其中一部分用来克服金属的束缚从金属表面逸出，余下的部分成为电子的初动能。一个光子一次只能与一个电子交换能量，增大光强即增多了入射光子数，使金属表面逸出电子数增加，因而使电流增加。光电效应的过程是一个电子一次全部吸收一个光子的能量，中间无须积累能量的时间，所以产生光电效应的时间极短。

按照量子力学理论，在强光照射下，发生电子逸出金属表面的多光子光电效应，在原则上是允许的。作为单色强光源的激光出现后，1962年发现了铯原子的光双光子激发，1978年又完成了铯原子的四光子激发。目前对多光子的研究，在实验和理论上都取得了一些成果，并应用双光子吸收光谱，测定了一些分子、原子能级的超精细结构。

光电效应的应用极为广泛。利用光电效应可以制成光电管、光电倍增管、电视摄像管等多种光电器件。

补充习题及参考解答

1. 关于磁场和磁感线的描述,下列说法中正确的是()。

- A. 磁感线可以形象地描述各点的磁场的强弱和方向,磁感线上每一点的切线方向都和小磁针在该点静止时 N 极所指的方向一致
 B. 异名磁极相互吸引,同名磁极相互排斥,都是通过磁场发生的相互作用
 C. 磁感线总是从磁极的 N 极出发,到 S 极终止
 D. 磁感线就是细铁屑连成的曲线

【解答】 A、B。

2. 关于电磁波谱,下列说法中正确的是()。

- A. γ 射线的频率一定比 X 射线的频率高 B. 紫外线的频率可能比 X 射线的频率高
 C. 紫外线的频率一定比红外线的频率高 D. 可见光的频率可能比 X 射线的频率高

【解答】 B、C。

3. 在闭合线圈上方有一条形磁铁自由下落,直至穿过线圈的过程中,下列说法中正确的是()。

- A. 磁铁在下落过程中机械能守恒
 B. 磁铁的机械能增加
 C. 磁铁的机械能有时增加有时减少
 D. 线圈增加的热能是由磁铁减少的机械能转化而来的

【解答】 D。

4. 某地磁场的磁感应强度大小为 $6 \times 10^{-5} \text{ T}$,方向与水平面的夹角为 53° ,则在 2 m^2 的水平面内地磁场的磁通量为 _____ Wb。

【解答】 9.5×10^{-5} 。

5. 红外线最显著的作用是 _____;紫外线的主要作用是 _____;X 射线的主要作用是 _____。

【解答】 热效应;化学效应;穿透能力强。

6. 在一个磁感应强度为 0.4 T 的匀强磁场中,把一个边长是 20 cm 的正方形线圈放在其中。这个线圈正以某角速度在匀强磁场中匀速率转动,某时刻线圈平面与磁场方向平行,则此时刻穿过线圈平面的磁通量的大小是 _____ Wb;某时刻线圈平面与磁场方向垂直,则此时刻穿过线圈平面的磁通量的大小是 _____ Wb;某时刻线圈平面与磁场方向成 30° 角,则此时刻穿过线圈平面的磁通量的大小是 _____ Wb。

【解答】 0 ; 1.6×10^{-2} ; 8×10^{-3}

7. 如图 5-7-1 所示,竖直向上的匀强磁场磁感应强度 $B = 0.5 \text{ T}$,并且以 $\frac{\Delta B}{\Delta t} = 0.1 \text{ T/s}$ 在增加,宽为 0.5 m 的水平导轨电阻和各种摩擦阻力均不计。在导轨 $L = 0.8 \text{ m}$ 处搁一个导体,电阻 $R_0 = 0.1 \Omega$,并用水平细绳通过光滑定滑轮吊着质量为 $M = 0.2 \text{ kg}$ 的重物,电阻 $R = 0.4 \Omega$ 。问:经过多长时间

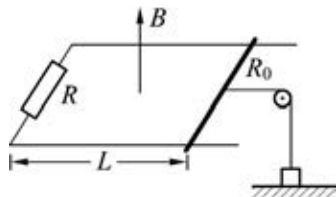


图 5-7-1

能将重物吊起? (g 取 10 m/s^2)

【解答】 495 s 。

8. 如图 5-7-2 所示,在水平面上有两条平行导电导轨 MN 、 PQ ,导轨间距离为 L ,匀强磁场垂直于导轨所在的平面(纸面)向里,磁感应强度的大小为 B ,两根金属杆 1、2 摆在导轨上,与导轨垂直,它们的质量和电阻分别为 m_1 、 m_2 和 R_1 、 R_2 ,两杆与导轨接触良好,与导轨间的动摩擦因数为 μ 。已知:杆 1 被外力拖动,以恒定的速度 v_0 沿导轨运动;达到稳定状态时,杆 2 也以恒定速度沿导轨运动,导轨的电阻可忽略,求此时杆 2 克服摩擦力做功的功率。

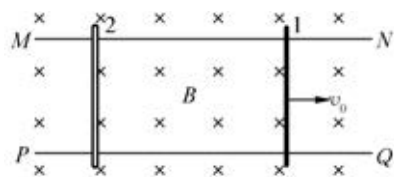


图 5-7-2

【解答】 $\mu m_2 g \left[v_0 - \frac{\mu m_2 g}{B^2 L^2} (R_1 + R_2) \right]$ 。

教学案例

5.1 磁与人类文明

【教学目标】

(1) 查阅资料,了解磁现象的研究与人类文明的联系,知道地磁场的磁极方向及其与地理南北极的关系,知道磁偏角。

(2) 了解不同的磁性材料的特点及应用,了解磁性材料的磁化和退磁过程,关注与磁相关的现代科技。

【教学器材】

多媒体,磁铁,大头针,水杯,硬盘。

【教学过程】

◆ 新课导入

导言——提出问题

指南针是我国的四大发明之一。指南针的作用是什么? 指南针是什么材料做成的? 指南针为什么会指南? 原理是什么? 现代轮船上是否依然使用指南针导航? 我国古代劳动人民有何与磁现象有关的研究? 对整个人类文明起到什么作用? 磁与人类文明进程之间有什么关系? 对我们现代生活又有怎样的影响呢?

◆ 新课教学

1. 改变人类活动的发明

(1) 激发学生学习的兴趣。

故事 1: 秦始皇统一中国以后,传说建造了规模宏大的阿房宫,为了防范刺客,聪明的工匠们修建了奇特的阿房宫的北门,一旦有人身怀铁器,立刻就会被发现。

故事 2: 在加拿大东海岸,有一个神奇且令人生畏的世百尔岛,来往船只只要一靠近它,不但指南针会失灵,还会把船吸向海底,造成触礁沉没。

你知道是什么原因造成这种现象的呢?

(2) 介绍磁石。

引导学生阅读“改变人类活动的发明”,感受我国古代劳动人民的智慧。分组讨论交流:什么是磁现象?我国古代对于磁现象研究取得了哪些成就?郑和下西洋用的是什么导航工具?为什么用这种工具来导航?这种工具的特征是什么?指南针是何时以何种方式传入西方的?对西方文明有何影响?

总结:(结合故事1)以常见的吸铁石为例,介绍磁石的主要构成是四氧化三铁,磁石就是磁铁矿。在春秋战国时期,我国古代劳动人民就认识到磁石可以指向南北的特点,并利用磁石的这个特点发明了指南针。指南针一经发明就被用于航海事业。指南针的发明不止对我国影响巨大,也在很大程度上促进了人类文明的发展。

2. 地磁场

提出问题:指南针为什么会指南?(引导学生猜想)你这样猜想的依据是什么?怎样设计实验来验证你的猜想?

做演示实验:小磁针指向南方的究竟是N极还是S极?

鼓励学生猜想。

用条形磁铁N极靠近小磁针白色端,学生观察现象并回答。

总结:地球周围存在磁场,这个磁场叫做地磁场。介绍地磁场的特点和作用。引导学生查阅资料,了解地磁场与天文、地质、气象、采矿、航行和通信技术等方面的密切联系。引导学生分组讨论交流故事2中此种现象出现的原因。介绍“磁偏角”的概念。

3. 形形色色的磁性材料

引导学生动手制作一个简易的指南针,锻炼学生的动手动脑能力。通过制作指南针时需要将大头针磁化引入磁化和退磁的概念。通过演示磁化、退磁过程,让学生理解磁化和退磁现象。介绍软磁性材料和硬磁性材料的分类及用途。

提供软盘和硬盘等实物,让学生轮流观察。播放硬盘工作原理视频,让学生通过观察实物模型,观看视频,思考并理解计算机硬盘的工作原理。

◆ 反馈练习

(1) 磁铁能吸引硬币,请解释原因。

(2) 电磁铁用软铁做铁芯,主要原因是什么?

【教学小结】

本节课的重点是能够列举磁现象在生产生活中的应用,主要是了解我国古代在磁现象方面的研究成果及其对人类文明的影响,培养学生的民族自豪感;通过自制简易小磁针,锻炼学生的动手能力,借此培养学生“科学思维”与“科学探究素养”;通过观察计算机硬盘的结构和原理,体验磁学知识在生活和科技中的应用,体会科学·技术·社会·环境的关系,培养学生的“科学态度与责任”。

第6章

能源与可持续发展

本章教学目标

《课程标准》的要求及其解读

(1) 了解利用水能、风能、太阳能和核能的方式。初步了解核裂变与核聚变。

解读 《课程标准》包括了两点要求：第一是“了解利用水能、风能、太阳能和核能的方式”，属于“了解”水平；第二是“初步了解核裂变与核聚变”，属于“了解”水平。

通过调查、收集资料以及交流讨论等多种方式，了解当地水能、风能、太阳能和核能的应用方式和应用情况；通过查阅资料，初步了解核聚变与核裂变以及释放核能的前景与挑战，知道核反应是质量亏损过程，可以产生巨大的能量，在有效、安全的控制下，可以成为解决能源紧缺的途径之一。通过核能的和平利用，体会众多核科学家为人类有效利用核能作出的贡献；了解科学知识在生活和科技中的应用，体会科学·技术·社会·环境的关系。

(2) 知道不同形式的能量可互相转化，在转化过程中能量总量保持不变，能量转化是有方向性的。

解读 《课程标准》包括了三点要求：第一是“知道不同形式的能量可互相转化”，第二是“知道在转化过程中能量总量保持不变”，第三是“知道能量转化是有方向性的”，均属于“知道”水平。

通过调查、查阅资料等活动，知道不同形式的能量如机械能、电能、热能、化学能等可以相互转化，且总量在转化中守恒，领会能量守恒定律。知道能量守恒定律是自然界的一条普遍规律，任何自然过程都遵循能量守恒。通过调查，了解一家火力发电厂的工作运行流程，分析各流程之间的能量转化(转移)情况，了解该发电厂的发电量和单位发电量煤耗，并计算该厂的发电效率，估算该厂每日发电的用煤量。通过具体事例，知道自然界中一切自发过程都是有方向性的，能量转化也是有方向性的。通过能量转化和守恒定律、能量自发转化的方向性规律，促进学生物理观念的发展。

(3) 了解可再生能源和不可再生能源的分类，认识能源的过度开发和利用对环境的影响。

解读 《课程标准》包括了两点要求：第一是“了解可再生能源和不可再生能源的分类”，属于“了解”水平；第二是“认识能源的过度开发和利用对环境的影响”，属于“了解”水平。

了解可再生能源和不可再生能源的含义，知道哪些能源属于不可再生能源，哪些能源属于可再生能源。组织学生讨论家庭生活中一天所用的能量哪些来自可再生能源，哪些来自不可再生能源；讨论生活中可采取哪些节能方式。通过实例和资料，知道能源过度开发和利

用所带来的环境问题和社会影响,形成保护环境、节约资源、促进可持续发展的社会责任感。

通过调查、访问、查阅资料等多种方式,鼓励学生积极参与讨论能源的开发、消耗和环境保护等问题,注意结合当地的实际情况开展活动。培养学生的可持续发展意识,增强对社会的责任感,同时提高学生综合运用各学科知识解决问题的能力。

(4) 认识环境污染的危害,了解科学·技术·社会·环境协调发展的重要性,具有环境保护的意识和行为。

解读 《课程标准》包括了三点要求:第一是“认识环境污染的危害”,属于“了解”水平;第二是“了解科学·技术·社会·环境协调发展的重要性”,也属于“了解”水平;第三是“具有环境保护的意识和行为”,属于“理解”水平。

通过收集资料 and 具体事例,认识环境污染的种类和危害,调查当地的主要污染并敢于提出解决环境污染问题的对策。了解科学·技术·社会·环境协调发展的关系,具有环境保护的意识和行动,例如讨论为什么要进行垃圾分类,如何进行垃圾分类等,形成一定的科学态度和社会责任感。

教学目标

(1) 了解利用水能、风能、太阳能和核能的方式,初步了解核裂变与核聚变。能通过调查、收集资料以及交流讨论等多种方式,了解当地水能、风能、太阳能和核能的应用方式和应用情况。能通过查阅资料,初步了解核裂变与核聚变(相关知识以及产生核能的特点)以及释放核能的前景与挑战。

(2) 知道不同形式的能量如机械能、电能、热能、化学能等可以相互转化,且总量在转化中守恒,领会能量守恒定律这一自然界的普遍规律。能通过事例,知道自然界中一切自发过程都是有方向性的,能量转化也是有方向性的。

(3) 了解可再生能源和不可再生能源的含义及分类。能通过事例和资料,了解能源过度开发和利用所带来的环境问题及社会影响,增强社会责任感。

(4) 能通过具体事例和资料,认识污染的种类和危害,并敢于提出解决环境污染等问题的对策,如减少燃烧化石燃料以减少对环境的污染,了解科学·技术·社会·环境协调发展的重要性,培养环境保护的意识与行为。

全章教材分析与教学要求

能源和环境是与人类生存有重要关系的两个社会性问题。本章以地球上能源消耗剧增、矿物燃料骤减、全球气候变暖等现实环境问题为背景,引导学生在了解能源和环境方面知识的同时,培养他们关注科学技术对人类生存和社会进步的影响及对社会的责任感。因此,本章对培养学生可持续发展的观念、增强学生保护环境的意识和节约能源的意识有十分重要的作用。

本章将首先学习能量守恒定律,了解能量转化过程的方向性;接着从目前能源的开发、利用和消耗情况出发,认识能源和环境与人类生存的关系;最后研究能源开发利用带来的问题及其应对策略,分析技术进步对利用自然资源和节约能源的影响,树立节能与环境保护的

意识和行为,探讨可持续发展的战略。

本章教材的特点如下:

(1) 注重培养学生的科学态度与责任。

根据本章教材内容的特点,教材十分注重挖掘素材,培养学生的科学态度与责任。通过介绍环境污染问题,尤其是温室效应和雾霾的危害性,让学生感受环境污染的严重性,唤起学生治理环境的决心和信心,增强保护环境意识。通过让学生了解我国能源资源现状,使学生树立能源危机的意识,增强开发新能源的信念。通过介绍节约能源和保护资源,让学生具有可持续发展的责任感和节约能源的意识。总之,本章有许多内容是培养学生科学态度与责任的极好素材。

(2) 注重拓宽学生的知识面。

本章的大多数知识要求在了解、知道的层次上,教材比较注意知识的广泛性,对一些重要问题进行了较为深刻的探讨,拓宽了学生的知识面。例如:介绍了能源的不同分类,使学生较全面地了解能源概貌;介绍了一些新能源和可再生能源的特点和应用前景;探讨了温室效应和雾霾的概念、产生原因、危害、控制方法等;介绍了利用科技进步提高能源利用效率的措施——能量转换新技术、煤的洁净利用技术、先进的发电技术等;介绍了环境保护中的突出问题——城市生活垃圾、汽车尾气,以及环境污染的综合治理;介绍了自然资源及其保护措施。本章教材还通过“信息浏览”“STSE”等栏目,介绍了“世界六大污染事故”“空气的质量指标”“几种新能源”“警惕居室中的物理污染”“可持续发展战略”“环境保护标志”等,拓宽了学生的知识面。

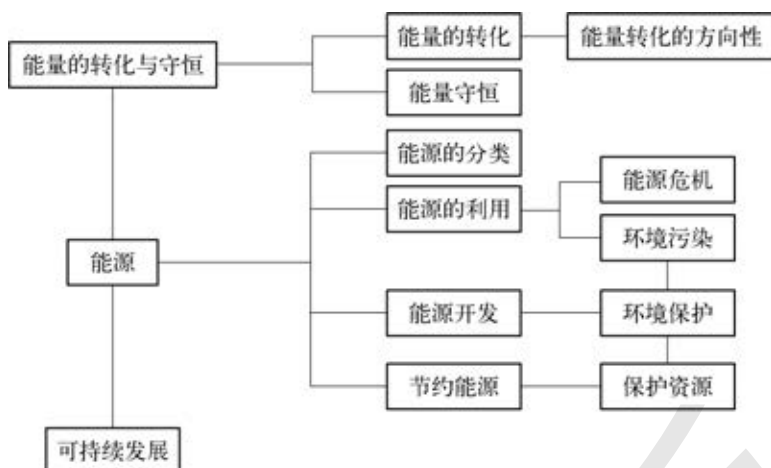
(3) 注重联系生活和生产实际。

教材十分注重联系实际问题,使物理学更贴近生活和生产实际,学以致用。例如:介绍能源利用状况时,结合了我国的能源资源情况和能源消费结构,用数据说明了能源紧缺的问题;介绍环境污染时,列举了我国二氧化硫的排放量、酸雨面积、垃圾“围城”、一节有汞电池的危害、世界六大污染事故等事例,而“大气被污染”“水被污染”“温室效应使沙漠吞没农田”“温室效应使极地冰山融化”“酸雨对森林的破坏”等图片,则形象生动地说明了环境污染的危害;介绍环境保护时,列举了实际生活迫切需要解决的城市垃圾问题、汽车尾气污染问题、环境污染的综合治理问题等。本章教材所选的案例也都是联系实际的问题,例如温室效应、雾霾、原油涨价的影响、估算汽车的能耗等。

(4) 注重尽可能地让学生参与活动。

只有真正做到让学生参与,才有可能达到《课程标准》对物理学科核心素养的要求。为此,教材尽可能地创造条件让学生参与活动。例如:在“6.2 能源利用与环境污染”的案例1中,要求学生思考并讨论“温室效应还有哪些危害”“如何抑制日益增强的温室效应”。在“6.3 能源开发与环境保护”中,要求学生“查阅我国的风力资源以及风能的利用情况,讨论地热能的形成及潮汐能发电的原理”。在“6.4 节约能源、保护资源与可持续发展”的案例1中,要求学生“对原油涨价做进一步的调查,并思考其原因和解决办法”;而案例2则要求学生自己完成;此外,还要求学生“调查了解你所在地区的自然资源的利用和保护情况,在班上交流,谈谈你对保护自然资源的认识”。在各节和章末的“家庭作业与活动”中,则安排了多项活动。

本章教材的设计框架和知识逻辑结构如下页框图所示:



本章的教学重点：知道能量的转化与守恒，了解环境污染的危害性，了解开发新能源的必要性，明确可持续发展的重要性。

本章的教学难点：能量的转化与守恒，温室效应和雾霾的产生原因，现今能源的开发技术。

课时安排建议

本章拟用 5 课时，具体安排如下：

第 6.1 节 1 课时

第 6.2 节 1 课时

第 6.3 节 1 课时

第 6.4 节 1 课时

全章复习和评价 1 课时

各节教材的说明与教学建议

6.1 能量的转化与守恒

教学目标

- (1) 知道不同形式的能量可互相转化，在转化过程中能量总量保持不变，能量转化是有方向性的。
- (2) 了解能量守恒定律是自然界的一条普遍规律。
- (3) 具有清晰系统的能量观念，能分析某实际过程中的能量转化过程。

教材说明

本教材根据《课程标准》要求，就能源和环境这两个与人类生存有重要关联的社会性问题，较为全面、系统地阐述了能量的转化与守恒、能源的利用与开发、环境污染与保护、节约能源、保护资源与可持续发展等知识，内容力求体现时代性和先进性，注重培养学生的物理学科核心素养。

本节教材先是通过历史介绍了不同形式能量之间可互相转化，引出能量守恒定律的发现，进一步结合例子说明能量转化具有方向性。

能量转化与守恒思想是本节教材的中心内容。

教学建议

章首页提出了一组问题串,揭示了将要学习和研究的内容。教学时可联系当地实际情况,启发学生再提出一些相关的问题。

教学时,应让学生了解本章所要探索的内容和线索,让他们能自主地学习。

建议在进行本章教学时,不妨对全章进行统盘考虑,组织开放、讨论式的教学,即在学生预习的基础上,围绕本章的重点内容拟出一些讨论题,然后分几个课时,师生共同探讨、交流、归纳总结。

本节教材先是介绍了历史上科学家们的发现,让学生了解不同形式能量之间可互相转化;接着阐述能量守恒定律,说明能量守恒定律对人类发展的重大意义;进而结合自然界中的具体案例向学生说明能量转化具有方向性。

关于“不同形式能量的转化”

关键在于对具体案例的分析。教学时,教师可先给出历史上科学家们的发现,让学生通过阅读、讨论,初步认识到不同形式能量之间可以互相转化;然后让学生举例分析自然界中各种形式的能量转化的实例(如讨论家中电能分别转化为哪些能量),从而促进学生对能量的多样化形式和转化的理解。

关于“能量守恒定律”

教学时,可结合具体的案例,引导学生理解能量守恒定律的含义,并能够通过实例认识到这一规律对人类科学发展的重要性,从而发展学生在“科学态度与责任”方面的物理学科核心素养。

关于“能量转化的方向性”

由能量守恒定律引发学生思考:能量可以被人们不断地反复利用吗?可以让学生结合生活中的具体实例展开讨论,从而认识到能量转化具有方向性。例如:热量能从高温物体自发地传到低温物体,却无法从低温物体自发地传到高温物体。通过能量转化具有方向性,引导学生认识到能量的可贵。

教学评价

“家庭作业与活动”参考解答

1.【解答】(略)

2.【解答】电源是把其他形式的能转化为电能的装置。在电源部分,非静电力做功将其他形式的能转化成电能。内阻和用电器是将电能转化为热能等其他形式能的装置。内阻上电流做功,将电能转化成热能。在外电路部分,电流做功使电能转化成其他形式的能,如发光灯泡是将电能转化成光能、热能,电动机是将电能转化成机械能等。

3.【解答】主要有热能、光能、动能等。

(1) 电灯:电能转化成光能和热能。

(2) 电饭煲：电能转化成热能。

(3) 电风扇、洗衣机、抽油烟机：电能转化成动能。

4.【解答】 地热发电：热能转化成电能。

风力发电：风能转化成电能。

太阳能光电池：太阳能转化成电能。

5.【解答】 $W_g = mgh = 60 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 400 \text{ m/h} \times 3 \text{ h} = 7.2 \times 10^5 \text{ J}$ 。

$W_{\text{总}} = W_g \div 25\% = 2.88 \times 10^6 \text{ J}$ 。

6.2 能源利用与环境污染

教学目标

(1) 通过调查、收集资料以及交流讨论等多种方式，了解当地水能、风能、太阳能和核能的应用方式和应用情况。

(2) 了解可再生能源和不可再生能源的含义，知道哪些是可再生能源，哪些是不可再生能源。

(3) 通过具体事例和资料认识污染的种类和危害，并敢于提出解决环境污染的对策，了解科学·技术·社会·环境协调发展的重要性。

教材说明

本节教材先是介绍了能源的含义及其分类、能源的利用状况，让学生对能源和能源的利用有一个大概的了解。教材接着介绍了人类生存环境受到严重污染的情况，尤其对大气污染、水污染、土壤污染、噪声污染、光污染、电磁辐射污染、白色污染等物理和化学方面的污染作了具体的介绍，通过“案例分析”的方式让学生对温室效应、雾霾问题有所了解，通过“STSE”栏目让学生知道国家对空气的质量指标，通过“信息浏览”栏目让学生了解典型的污染事故，让学生感受到能源的利用给社会带来了好处，也造成了污染环境的严重后果。

教学建议

关于“能源及其分类”

要求学生知道能源的含义，知道能源是全人类最关心的问题之一。

要求学生了解人类利用能源的历史。这里对能源利用三个时期的划分是大致的，在使用较新能源的时期，也使用着旧能源，如石油时期，也同时使用着柴薪、煤炭及其他能源。

关于能源的分类，除了像教材上那样按是否经过加工分为一次能源（初级能源）和二次能源外，还可有多种分类方法：按能否再生，可分为不可再生能源和可再生能源；按是否污染环境，可分为清洁能源和污染能源；按开发先后及技术含量，可分为常规能源和新能源。所以对于同一种能源，可以按不同的分类归属一个或几个类别。建议让学生练习一下能源的分类。

关于“我国的能源现状”

要求学生了解标准煤的概念，这个概念在科学研究和生产实际中经常用到。还应让学

生了解目前我国能源消费结构,了解我国能源资源情况,知道我国的能源资源,特别是煤资源虽然是丰富的,但是人均能源资源相对不足,能源消费结构不尽合理。建议搜寻一些更新的资料予以说明。

关于“人类生存环境及污染”

应让学生了解开发利用能源所带来的环境污染问题。知道如大气污染、水污染、土壤污染等化学方面的污染,以及如噪声污染、光污染、电磁污染、白色污染等物理方面的污染等。这些污染引起的后果有温室效应、酸雨等。

关于“案例分析”

通过案例 1,使学生了解什么是温室效应和温室效应的产生原因、危害、控制方法。建议组织学生讨论,让学生各抒己见。

通过案例 2,使学生了解什么是雾霾和雾霾的形成原因、危害以及控制雾霾的措施。建议组织学生讨论解答。

在对本节的教学时,可结合图片、影视资料和“信息浏览”中的内容,通过指导学生上互联网查找等途径,让学生感受环境污染的严重危害,增强忧患意识,产生保护好环境的强烈愿望。

关于“STSE 空气的质量指标”

教材给出了由原国家环保总局制定的《空气质量指标》,以让学生了解有关环境保护方面的政策法规。

教学评价

“家庭作业与活动”参考解答

1.【解答】 (略)

2.【解答】 大气中二氧化碳、甲烷、氧化亚氮等含量增加而导致气温升高的现象叫做温室效应。

温室效应的危害主要有:使地球变暖,气候反常,海洋风暴增多,极地冰山融化使海平面上升,病虫害增加,土地干旱、沙漠化面积增多等现象,对人类的生存和发展造成了严重的威胁。

控制温室效应增强的根本措施是减少温室气体的排放,控制工厂废气的排放,使用无氟制冷剂,采用先进的燃煤技术,开发太阳能、核能等清洁能源。

3.【解答】 pH 小于 5.5 的酸性雨或雪叫做酸雨。

酸雨的主要危害有:危害植物,造成森林退化,粮食、蔬菜、瓜果大面积减产,水生物种群减少;危害动物,使湖泊酸化,鱼类死亡;危害土壤,使土壤酸化、贫瘠;刺激人的眼睛及皮肤,危害人体健康。酸雨还会使有毒重金属污染增强,建筑物和桥梁损坏,文物被严重侵蚀等。

防治酸雨的根本途径是减少酸性物质向大气的排放,如限制高硫煤的开采与使用。有效手段是使用干净能源,采用脱硫、除尘新技术,培植耐酸雨农作物和树种等。

4.【解答】 主要是指导学生向当地气象部门了解历年气温的变化(分析是否因温室效应所致)、酸雨、雾霾情况等,并分析其原因。建议组织学生交流和评价。

5.【解答】 这实际上是一个模拟温室,说明了温室效应的产生原因。这是一个学生生活

动,建议组织学生在课外做一做这个小实验,观察记录有关数据,并分析其原因。

6.3 能源开发与环境保护

教学目标

- (1) 了解我国能源资源现状,树立能源危机意识。
- (2) 了解新能源的种类和特点,知道开发新能源的途径和提高能源利用效率的措施。
- (3) 通过事例和资料,了解能源过度开发和利用所带来的环境问题和社会影响,增强社会责任感。

教材说明

本节教材围绕经济发展与能源短缺、有限的能源与能源利用效率低下、能源造福人类与污染环境这三大矛盾展开。

教学建议

关于“能源危机和开发新能源”

教学时,可预先要求并指导学生查阅有关能源资源和能源消耗方面的资料,通过交流、分析、比较,了解能源资源的现状,树立能源危机的意识。在此基础上,可组织学生讨论如何解决经济发展与能源短缺的矛盾,如采取节能措施、提高能源利用效率、开发新能源等,为后续内容的学习做好必要的铺垫。

要让学生知道开发能源的途径,如新能源——核能、氢能等,可再生能源——太阳能、风能、生物质能等。

可指导学生查阅资料,了解我国的风力资源以及风能的利用情况,了解地热能、潮汐能方面的知识。

关于“提高能源利用效率”

主要是让学生了解提高能源利用效率的新技术。例如:采用煤的洁净利用技术,可提高用煤发电的效率;采用先进的发电技术,可提高能源利用效率。

关于“环境污染和环境保护”

主要是让学生了解,应用环保能源新技术可以变环境污染为环境保护。教材列举了解决城市生活垃圾、汽车尾气污染、综合治理等方法。可以请学生调查当地在环保方面做了哪些工作,以丰富这方面的内容。

关于“STSE 几种新能源”

介绍了燃料电池、卫星太阳能电池、天然气水合物等新能源。建议查找资料,列举更多的新能源。

关于“信息浏览 警惕居室中的物理污染”

引导学生在阅读“信息浏览”时,体会环境污染往往就在我们身边,同时引导学生了解环境污染是多方面的,如物理污染也是必须应予重视的问题。

教学评价

“家庭作业与活动”参考解答

1.【解答】 从能源开发赶不上经济发展的需要看,能源显得十分紧缺,人们有一种危机感,这样的认识是正确的,但如果认为能源已枯竭殆尽,那是错误的。

至少从以下几个方面看,能源并不存在枯竭的危机:一是人们在不断开发新能源;二是人们在发展可再生能源;三是人们在提高能源利用效率;四是人们在节约能源;五是人们在保护自然资源。关键在于人类要不断去开发研究能源资源,做到可持续发展。

2.【解答】 提高能源利用效率的主要办法有:开发能量转换新技术,采用煤的洁净技术,采用先进的发电技术。

3.【解答】 采用太阳能热利用技术,把太阳能转换成内能,如太阳能热水器、太阳灶等;采用太阳能光电转换技术,通过太阳能光电把光能转换成电能;采用光化学转换技术,通过太阳能光化学电池电解水,产生氢气。

4.【解答】 这是一个关于利用新能源的调查题目,可要求学生做好调查,并相互交流评价。

5.【解答】 主要是空气污染、水污染、噪声污染、光污染、电磁辐射污染、白色污染等。其中噪声污染、光污染、电磁辐射污染等属于物理方面的污染。应该遵守国家环保部门的政策法规,如车辆进入市区禁鸣喇叭,控制光污染、电磁辐射污染等。

6.【解答】 环境污染的含义是:人类生产、生活过程中产生的有害物质和有害因素(化学及放射性物质、病原体、噪声、废气、废水、废渣等),引起环境质量下降,危害人类健康,影响生物正常生存发展的现象。按环境要素,环境污染可分为大气污染、水污染、土壤污染等;按污染物的性质,可分为生物污染、化学污染、物理污染;按污染物形态,可分为废气污染、废水污染、废物污染、噪声污染、电磁辐射污染等。

保护环境的意义:为使自然环境和人类居住环境不受破坏和污染,能更适合人类生活和自然界生物的生存,营造一个天更蓝、地更绿、水更清、空气更洁净的优美环境。

保护好环境的关键措施:合理利用资源,防止环境污染;在产生环境污染后,做好环境综合治理。

关于“调查当地环境污染的情况,了解减少这些污染的方法”,可组织学生向有关工厂或居民调查,并写出书面材料,相互交流评价。

6.4 节约能源、保护资源与可持续发展

教学目标

- (1) 了解我国在节约能源方面所取得的成就,并从自身出发提出节约能源的对策。
- (2) 了解科技进步对利用自然资源和节约能源方面的影响,认识科学·技术·社会·环境协调发展的重要性。

(3) 知道保护环境、节约能源、促进可持续发展的重要意义,养成保护环境、节约能源、促进可持续发展的良好习惯。

教材说明

本节教材主要从节约能源和保护资源两个方面,探讨了如何实现可持续发展的问题,使学生树立可持续发展的意识。

教学建议

关于“节约能源与可持续发展”

应让学生了解我国在节约能源方面所取得的成就:经济增长了,能源利用效率提高了,能耗降低了,废气排放量减少了。

关于“案例分析”

教材在这里安排案例 1 的意图是,让学生体会能源紧张对社会、经济、生活所带来的影响。

教材在这里安排案例 2 的意图是,让学生体会节约能源的重要性,了解节约能源的措施。

案例 2 要求学生自己完成。参考解答如下:

小轿车的“100 km 耗油量”以 7 L 计算,汽油的密度为 $0.71 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, 7 L 汽油的质量为 $m = \rho V = 0.71 \times 10^3 \times 7 \times 10^{-3} \text{ kg} = 5 \text{ kg}$ 。

完全燃烧放出热量 $Q = 5 \times 4.7 \times 10^7 \text{ J} = 2.35 \times 10^8 \text{ J}$ 。

一个家庭的日平均用电量以 5 度电 ($5 \text{ kW} \cdot \text{h} = 1.8 \times 10^7 \text{ J}$) 计算,则 $n = \frac{2.35 \times 10^8}{1.8 \times 10^7} \text{ d} = 13 \text{ d}$, 即一辆汽车每行驶 100 km 消耗的能量,相当于一个家庭约 13 d 的用电量。

关于“保护自然资源与可持续发展”

让学生了解自然资源的含义,了解保护自然资源的措施,例如保护水资源和土地资源等。

关于“信息浏览 可持续发展战略”

让学生了解可持续发展战略的含义、原则及要求公民关注的问题。

关于“STSE 环境保护标志”

这里教材安排“STSE”的目的是拓宽学生的知识面,让学生了解环境保护知识。这里仅列出了环境保护标志中的一种——“中国环境标志”,还有许多类似的标志,可指导学生通过查找资料认识了解。

教学评价

“家庭作业与活动”参考解答

1.【解答】 节约能源的意义在于千方百计提高能源利用效率,做到不浪费能源。节约能源是实现可持续发展的重要措施之一。

说明:在学生调查家庭或学校的节能经验、提出节能建议后,可组织交流和评价。

2.【解答】(略)

说明：这是一次学生课外活动，教师要做好指导，安排交流。

3.【解答】自然资源是指地球能提供的为人类衣、食、住、行、医所需的物质原料。

需要珍惜的自然资源有四类，具体见教材第122页。

保护自然资源的措施是多方面的，如保护淡水资源和土地资源等。

4.【解答】可持续发展包含生态可持续性、社会可持续性和文化可持续性。可持续发展战略就是要建设一个既能满足当代人的需要，又不对后代人满足其生存能力构成危害的新型社会。

说明：可让学生交流自己参与可持续发展的计划。

“第6章家庭作业与活动”参考解答

A组

1.【解答】C。

2.【解答】(略)

说明：有条件的话可调查本地的发电厂，也可调查有自备发电设备单位的情况。

3.【解答】(略)

说明：这是一项关于调查酸雨情况的课外活动，可指导学生做好调查，写好调查报告或论文，开好研讨会。

4.【解答】设可节省的电能为 E ，则

$$E = 60 \times 8 \times 6\% \times 20 \times 10^4 \text{ kWh} = 5.76 \times 10^6 \text{ kWh} \approx 2.1 \times 10^{13} \text{ J}.$$

设可为后辈留下标准煤质量为 m ，则由能量守恒定律有

$$2.92 \times 10^7 \text{ J/kg} \times m \times 30\% = E,$$

解得 $m \approx 2.4 \times 10^6 \text{ kg} = 2.4 \times 10^3 \text{ t}$ 。

B组

【解答】(略)

说明：这是一篇刊登在2004年11月4日《扬子晚报》上的报道(摘要)。可组织学生谈想法，引导学生进一步认识可持续发展的重要性。

课程资源

参考资料

能源家族成员

能源家族成员种类繁多，而且新成员不断加入。只要能被人类用来获得有用能量的各种来源都可以加入到能源家族中来。可以从不同的角度将能源划分为不同的类别：按产生方式不同可分为一次能源和二次能源；按能否再利用可分为可再生能源和不可再生能源；按是否造成环境污染可分为污染能源和清洁能源；按能源开发先后及利用技术可分为常规能源和新能源。

一次能源中有可再生的水力资源和不可再生的煤炭、石油、天然气资源。其中,煤炭、石油和天然气是当今世界一次能源的三大支柱,构成了全球能源家族结构的基本框架。另外,一次能源中还有太阳能、风能、地热能、海洋能、生物能、核能等。

二次能源中有电力、煤气、汽油、柴油、焦炭、洁净煤、激光和沼气等。

污染能源包括煤炭、石油等。清洁能源包括水力、电力、太阳能、风能和核能等。

常规能源包括一次能源中可再生的水力资源和不可再生的煤炭、石油、天然气等。新能源包括太阳能、风能、地热能、海洋能、生物能、核能。

生生不息太阳能

太阳表面温度高达 $6\,000\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。太阳内部不断进行着热核反应,并且以辐射方式向宇宙空间发射出巨大的能量。据估计,每 3 天太阳向地球辐射的能量,就相当于地球所有矿物燃料能量的总和。人类利用太阳能有三条途径:光热转换、光电转换和光化转换。

(1) 光热转换。

光热转换就是靠各种集热器把太阳能收集起来,用收集到的热能为人类服务。

早期最广泛的太阳能应用是将水加热。现今全世界已有数百万个太阳能热水装置。太阳能热水系统主要包括收集器、储存装置和循环管路三部分。

寒冷地区冬季气温很低,室内必须有暖气设备,若要节省煤炭、石油等能源的消耗,可利用太阳能。大多数太阳能暖房使用热水系统,但也有使用热空气系统的例子。太阳能暖房系统由太阳能收集器、热储存装置、辅助能源系统和室内暖房风扇系统组成。太阳辐射热由收集器内的工作流体储存,然后向房间供热。

(2) 光电转换。

光电转换就是将太阳能转换成电能。目前,太阳能用于发电的途径有两个:一是热发电,就是先用聚热器把太阳能变成热能,再通过汽轮机将热能转变为电能;二是光发电,就是利用太阳能电池的光电效应,将太阳能直接转变为电能(图 6-6-1 所示的就是一种利用太阳能电池提供动力的太阳能飞机)。

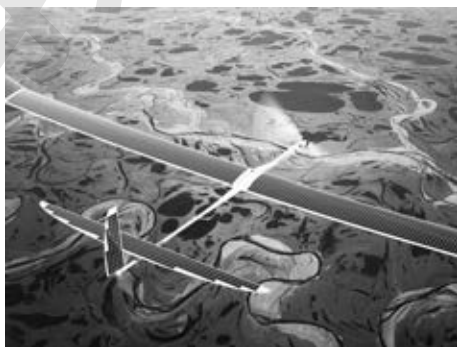


图 6-6-1

太阳能电池的主要原理是:将较薄的 n 型半导体置于较厚的 p 型半导体上,当光子撞击该装置的表面时,p 型和 n 型半导体的接合面处就有电子扩散,产生电流,可利用上下两端的金属导线将电流引出利用。目前,太阳能电池的成本还较高,而且要达到足够的功率,需要相当大的面积来放置电池。

(3) 光化转换。

光化转换就是先将太阳能转换成化学能,再转换为电能等其他形式的能量。我们知道,植物靠叶绿素把光能转化成化学能,实现自身的生长与繁衍,若能揭示光化转换的奥秘,便可实现人造叶绿素发电。目前,关于太阳能光化转换的原理,人们正在积极探索和研究。

汹涌澎湃海洋能

浩瀚无边的海洋,约占地球表面的 71%,它汇集了 97% 的水量,蕴藏着丰富的能源。随

着陆地资源的不断消耗而逐渐减少,人类赖以生存与发展的能源,将越来越依赖于海洋。中国大陆的海岸线长达 1.8×10^4 km,海域面积达 4.7×10^6 km² 以上,海洋能资源非常丰富。

海洋能主要包括潮汐能、波浪能、海水温差能、洋流能和盐度差能等。据权威部门统计,全世界海洋能的理论可再生量超过 7.6×10^{10} kW。其中,海水温差能约 4.0×10^{10} kW,盐度差能约 3.0×10^{10} kW,潮汐能大于 3.0×10^9 kW,波浪能约 3.0×10^9 kW。目前,世界各国正竞相探索海洋能开发利用技术。

(1) 潮汐能。

月球引力的变化引起潮汐现象,潮汐导致海水平面周期性地升降。因海水涨落及潮流流动而产生的能量称为潮汐能。

现代潮汐能的利用主要是潮汐发电。潮汐发电是利用海湾、河口等有利地形,建筑水坝,形成水库,大量蓄积海水,并在坝中或坝旁建造水力发电厂房,通过水轮发电机组进行发电。

潮汐发电与普通水力发电原理类似,差别在于海水与河水不同,积蓄的海水落差不大,但流量较大,并且呈间歇性,因而潮汐发电的水轮机的结构要适合海水低水头、大流量的特点。

目前世界上最大的潮汐发电站是法国朗斯的 2.4×10^5 kW 潮汐电站。中国的江厦潮汐试验电站,建于浙江省乐清湾北侧的江厦港,装机容量 3.2×10^3 kW,于 1985 年正式投入运行。

(2) 波浪能。

波浪是由于风力作用和水体的重力作用而形成的起伏运动,它具有一定的动能和势能。

利用波浪能的关键是波浪能转换装置。通常波浪能要经过三级转换:第一级为受 bodies,它将大海的波浪能吸收进来;第二级为中间转换装置,它优化第一级转换,产生出足够稳定的能量;第三级为发电装置,这与其他发电装置类似。

1985 年,英国在苏格兰的艾莱岛开始建造一座 75 kW 的振荡水柱波力电站,于 1991 年建成且并入当地电网。1995 年 8 月,英国建造了第一座商业性波浪能发电站,输出功率为 2.0×10^3 kW,可满足 2 000 户家庭的用电需求。日本已有数座波浪能发电站投入运行,其中兆瓦级的“海明”号波浪能发电船是世界上最著名的波浪能发电装置。

值得一提的是,若在海岸边排列几艘大型的波浪能发电船,不仅可利用波浪发电,而且还可将它们当作防波堤,起消波作用。

(3) 海水温差能。

海水温差能是因深部海水与表面海水的温度差而产生的能量。

首次提出利用海水温差发电设想的是法国物理学家阿松瓦尔。1926 年,阿松瓦尔的学生克劳德试验成功海水温差发电。1930 年,克劳德在古巴海滨建造了世界上第一座海水温差发电站,获得了 1.0×10^3 kW 的功率。1979 年,美国在夏威夷的一艘海军驳船上安装了一座海水温差发电试验台,发电功率 53.6 kW。1981 年,日本在南太平洋的瑙鲁岛建成了一座 100 kW 的海水温差发电装置,1990 年又在鹿儿岛建起了一座兆瓦级的同类电站。

海水温差发电涉及耐压、绝热、防腐材料和热能利用效率等诸多问题,目前各国仍在积极探索中。

(4) 洋流能。

海水不是固定的,它受天体运动和潮水涨落,以及海水温度变化等多种因素的影响,总是在流动着。不停流动的洋流,就像江河的水流一样,携带着巨大的能量。

洋流的动能非常大,如佛罗里达洋流所具有的动能,约为全球所有河流具有的总能量的50倍。目前洋流发电技术仍处于研究试验阶段。

(5) 盐度差能。

海水中含有大量的矿物盐,海水含盐浓度大于河水,形成了盐度差。当两种不同浓度的溶液放在一起的时候,淡溶液就会向浓溶液渗透,直至浓度平衡为止,这种渗透就带有压差。研究人员提出了用化学渗透膜隔开浓、淡盐水,构成盐度差能电站的设想,预计21世纪将取得实质性的突破。

喷薄而出地热能

地球内部的放射性元素不断进行着核反应,使地球深处具有很高的温度。估计地球中心的温度达6 000℃。热量透过厚厚的地层,时时刻刻向大气层释放,这种“大地热流”产生的能量称为地热能。

地热能约为全球煤热能的1.7亿倍。地热资源有两种:一种是地下蒸汽或地热水(温泉);另一种是地下干热岩体。

世界上著名的地带有:环太平洋地热带,大西洋中脊地热带,地中海及喜马拉雅地热带,中亚地热带,红海、亚丁湾与东非裂谷地热带等。

(1) 地热发电。

1904年,意大利在拉德瑞罗地热田建立了世界上第一座地热发电站,功率为550W,开了地热能利用之先河。其后,意大利的地热发电发展到 5.0×10^5 kW以上。到20世纪80年代末,全世界运行的地热电站,其发电功率每年已超过 5.0×10^6 kW,1995年达到 6.8×10^6 kW,年增16%。中国最著名的地热电站是西藏的羊八井地热电站,装机容量 2.5×10^4 kW。

地热发电是利用地下热水和蒸汽为动力源的一种新型发电技术,其基本原理与火力发电类似,也是根据能量转换原理,首先把地热能转换为机械能,再把机械能转换为电能。

(2) 地热水的直接利用。

地热能直接用于烹饪、沐浴和暖房已有悠久的历史。如今,天然温泉与人工开采的地下水,仍被人类广泛使用。据联合国统计,世界地热水的直接利用远远超过地热发电。中国的地热水直接利用居世界首位。

地热水的直接用途非常广泛,主要有采暖空调、工业烘干、农业温室、水产养殖和温泉疗养保健等。

酸雨

(1) 酸雨的出现。

近代工业革命是从蒸汽机开始的,锅炉烧煤,产生蒸汽,推动机器;尔后火力发电厂星罗棋布,燃煤数量日益猛增。遗憾的是,煤含杂质硫,含量约1%,煤在燃烧中将排放酸性气体二氧化硫;燃烧产生的高温还会促使助燃的空气发生部分化学变化,使氧气与氮气化合,排放出酸性气体二氧化氮。这些酸性气体在高空中为雨雪所溶解,使雨成为酸雨,而它们则成为雨水中的杂质硫酸根、硝酸根和铵离子。1872年,英国科学家史密斯分析了伦敦市的雨水成分,发现它呈酸性——农村雨水中含碳酸铵,酸性不大;郊区雨水中含硫酸铵,略呈酸性;市区雨水中含硫酸或酸性的硫酸盐,呈酸性。于是,史密斯首先在他的著作《空气和降

雨：化学气候学的开端》中提出“酸雨”这一专有名词。

(2) 什么是酸雨？

简单地说，酸雨就是酸性的雨。什么是酸？纯水是中性的，没有味道；柠檬水、橙汁有酸味，醋的酸味较大，它们都是弱酸；碳酸氢钠（小苏打）溶液有略涩的碱性，而氢氧化钠（苛性钠）溶液就涩涩的，碱味较大，它们是碱（如图 6-6-2 所示）。科学家发现，酸味的大小与水溶液中氢离子的浓度有关，而碱味与水溶液中羟基离子的浓度有关。于是他们建立了一个指标——氢离子浓度对数的负值，叫 pH。纯水的 pH 为 7。酸性越大，pH 越低；碱性越大，pH 越高。未被污染的雨雪是中性的，pH 近于 7。被大气中存在的酸性气体污染，pH 小于 5.65 的雨叫酸雨；pH 小于 5.65 的雪叫酸雪；在高空或高山（如峨眉山）上弥漫的雾，pH 小于 5.65 时叫酸雾。



图 6-6-2

一粒纽扣电池污染 600 t 水

一节 1 号有汞电池烂在地里，会使 1 m^2 的土地完全失去农业利用价值；一粒纽扣电池会使 600 t 水无法饮用。对自然环境威胁最大的有 5 种物质，电池里就包含了其中的 3 种——汞、镉、铅。

我国是电池消耗大国，2001 年我国电池的产销量是 140 亿节，约占世界电池总量的三分之一。环保电池是不含汞或汞含量极低的电池，可以极大地减少废旧电池对水和土壤的污染，从而将其对人体健康造成的危害降到最低限度。

目前，市场上销售的国内外电池单体产品，均须标注汞含量（对电池产品汞含量的标注，国内环保电池厂家方式不一，有“低汞”“无汞”或“汞为 0”“水银为 0”等几种方式）。消费者购买电池时，只需看电池的汞含量，就可以知道它是不是环保电池。

噪声污染

《中华人民共和国环境噪声污染防治法》中，把超过国家规定的环境噪声排放标准，并干扰他人正常生活、工作和学习的现象称为环境噪声污染。声音强度的单位是“分贝”，符号是 dB。《中华人民共和国城市区域噪声标准》中明确规定了城市五类区域的环境噪声最高限值：疗养区、高级别墅区、高级宾馆区，昼间 50 dB，夜间 40 dB；以居住、文教机关为主的区域，昼间 55 dB，夜间 45 dB；居住、商业、工业混杂区，昼间 60 dB，夜间 50 dB；工业区，昼间 65 dB，夜间 55 dB；城市中的道路交通干线道路、内河航道、铁路主次干线两侧区域，昼间 70 dB，夜间 55 dB。（夜间指 22 点到次日晨 6 点）

国家《城市区域环境噪声测量方法》中第 5 条第 4 款规定，在室内进行噪声测量时，室内噪声限值低于所在区域标准值 10 dB。

夏天请把空调机设定温度调高一些

在很多发达城市中，空调机耗电已经占到夏季电力高峰期负荷的 40% 左右，这也是

2003 年全国三分之二的省分采取“拉闸限电”措施的主要原因之一。根据有关计算,如果将空调机设定温度调高 1°C ,就可以节约用电 $6\%\sim 8\%$ 。为此,人们提出了把空调机设定温度调高一些以节约能源的建议。

那么,为什么提高空调机设定温度可以节能呢?这是因为:

- ① 这样可降低室内外传热温差,从而可降低因围护结构传热形成的空调负荷;
- ② 降低了室内外传热温差,可降低新风要求形成的空调负荷;
- ③ 增加了在室外温度较低时的通风时间,可以有效降低空调运行时间;
- ④ 可提高中央空调系统的送风温差,从而降低输配系统的电耗。

空调机设定温度由 $24\sim 26^{\circ}\text{C}$ 升高到 $26\sim 28^{\circ}\text{C}$ 能够带来多大的节电效果、社会效益和个人收益呢?

以北京市为例,如在盛夏的空调使用高峰期将目前的空调机设定温度提高到 $26\sim 28^{\circ}\text{C}$,则:

- ① 可削减 $10\%\sim 15\%$ 的电力负荷,减少 $5.0\times 10^5\sim 7.5\times 10^5\text{ kW}$ 的电力需求,节约 20~30 亿元人民币以上的电力建设投资;
- ② 可节约 $4.0\times 10^8\sim 6.0\times 10^8\text{ kWh}$ 以上的空调耗电量;
- ③ 在节电的同时可以减少 $2.4\times 10^3\sim 3.5\times 10^3\text{ t}$ 二氧化硫和 $4.0\times 10^5\sim 6.0\times 10^5\text{ t}$ 二氧化碳的排放;
- ④ 可节约 1.8~2.7 亿元人民币的空调费。

对家庭而言,如果一台 1.5 匹分体式空调机每天运行 5 小时,设定温度调高 1°C ,那么每天可节省 0.3 度电,3 个月可节电 27 度,照此推理,全市 400 万户家庭可望节省 1.08 亿度电,约 5 000 万元人民币。

不同的人对温度的感觉是不同的。统计结果表明,大部分人认为 $24\sim 28^{\circ}\text{C}$ 比较舒适,年轻人喜欢偏低一点,老人、小孩偏高一点。室温降低,人体感觉不到热,自然好,但会降低身体对热反应的灵敏度,容易引起空调病。

除了提高空调机的设定温度外,良好的生活习惯也可达到节能的效果:

- ① 在室外温度较低时(尤其在夜间)注意房间的通风;
- ② 白天采用窗户的遮阳措施;
- ③ 空调机运行时关闭门窗;
- ④ 人在睡眠时发热少,对温度变化不敏感,可使用空调机的“睡眠”功能,这项功能会自动调高室内温度以节能;
- ⑤ 尽量避免在用电高峰期使用不必要使用的家用电器。

一度电能为我们做些什么

一度电可以分别做以下事情:可用吸尘器将房间清扫 5 遍;可将一个 25 W 的灯泡点亮 40 h;可供一台家用电冰箱运转 36 h;可供一台普通电风扇连续运行 15 h;可供一台空调机运行 1.5 h;可将 8 kg 的水烧开;可看 10 h 的电视节目;可用电炒锅烧两个菜;足够让电动自行车跑上 80 km;可用电热淋浴器洗一个非常舒服的澡。

可持续发展

可持续发展思想首先是建立在提高对环境与发展之间关系的认识水平之上的。在人类

以大量物质消耗换取经济效益,追求并沉醉于豪华生活的同时,科学家意识到人们的盲目索取会使资源枯竭,并指出以牺牲环境谋求经济发展和舒适生活,以及被动地进行保护和防治污染的消极后果,即是百年之后给子孙留下的将是一个不再适合生存和发展的地球。

在长期科学工作的基础上,挪威前首相布伦特兰夫人主持的联合国世界环境与发展委员会提交了调查报告《我们共同的未来》。这份报告在阐述人类面临的一系列重大经济、社会和环境问题的同时,提出了关于环境与发展的可持续发展概念。这一概念及其构想在1992年联合国环境与发展大会上得到全世界100多个国家的认同。

可持续发展就是“既能满足当代人的需要,又不对后代人满足其生存能力构成危害”的新型社会发展模式。

可持续发展强调自然资源在本代人与后代人之间、国家和地区之间的公平分配,强调人类的经济和社会发展不能超越资源与环境承载能力,强调全人类采取联合行动。针对传统的高消耗和先污染后治理的发展模式和铺张浪费的消费方式,根据可持续发展思想,各级政府要制定资源永续利用,社会、经济健康发展,生态环境良性循环的环境与发展战略,要合理开发利用自然资源,依托技术进步和科学管理,发展低污染、低消耗、高产出的产业,要提高人们的环境意识,厉行节约,要加强环境保护,重点是要防止污染,以达到经济建设、社会建设和环境建设的全面协调发展。

在上述环境与发展大会之后,党中央和国务院批准颁布了我国“环境与发展的十大对策”,组织制定了《中国21世纪议程》,明确走可持续发展道路是我们的唯一选择。不仅城市要可持续发展,农村也要可持续发展。

绿色学校

(1) “绿色学校”的内涵。

“绿色学校”是指学校在实现其基本教育功能的基础上,以可持续发展理论为导向,在全面的日常工作中将可持续发展思想纳入管理中,通过制定环境管理制度,开展有效的环境教育活动,创设环境保护的文化氛围,促进师生、家长和专家参与环境保护和可持续发展的实际行动。

“绿色学校”不仅仅是“绿化学校”,更主张环境教育从课堂渗透扩展到全校整体性的教育和管理中,鼓励师生民主公平地共同参与学校环境教育活动,加强学校与社区的合作和联系,在参与实践的过程中发展面向可持续发展的基本知识、技能、态度、情感、价值观和道德行为。

(2) 创建“绿色学校”的效益。

对于学校师生:有助于师生深入地认识和理解环境问题的重要性,提高师生环境知识、意识、技能、态度、价值观和行为等环境素养,使其在今后的个人和家庭生活中更加重视环境问题。

对于学校管理:促进学校环境管理体系和相关档案资料的建立,提高环境教育教学和管理水平。

对于环境:减少学校对环境的不良影响,回收可再生资源,营造优美环境,使校园环境更利于师生身心健康。

社会影响:学校提高自己在本地区的声誉和形象,有利于学校自身的发展,并能向当地、全国宣传和交流自己的经验。

经济效益:有效的节能、节水、节电、资源回收等措施可提高资源利用率,减少事故隐

患,明显地减少浪费,节约学校财政开支。

中国历史上的环保思想和变化

中国上古时代的《诗经》中有“怀柔百神,及河乔岳”(善待百神,也要善待河流高山)。

西周时期(前 1046—前 771)颁布的《伐崇令》规定:“毋填井,毋伐树,毋动六畜,有不如令者,死无赦。”这是中国古代较早的保护水源、森林和动物的法令,极为严厉。

春秋战国时代(前 770—前 221)对保护生物资源有了明确的规定,范围相当广泛,并始终同经济发展相联系。最具代表性和影响力的人物有在齐国为相的管仲。管仲从发展经济、富国强兵的目标出发,十分注意山林川泽的管理和自然资源的保护。他认为,山林川泽是“天财之所出”。他说:“为人君不能谨守其山林菹泽草莱,不可以立为王。”(不能很好地保护山林川泽的人,不可为王。)

秦汉时期(前 221—公元 220)保护生物资源的理论达到了高水平。西汉淮南王刘安在《淮南子》中对古代生物资源保护政策作了最完善的论述。他指出:禁止砍伐生长的树木,不能捣毁鸟巢,不捕杀怀孕孵卵的动物,特别要保护好幼小的麋和鹿等。

唐代(618—907)把山林川泽、苑囿、打猎、城市绿化、郊祠神坛、五岳名山纳入政府管理的职责范围,还把京兆、河南两都四郊三百里划为禁伐区或禁猎区。管理范围超过了先秦时期。

宋代(960—1279)注重对生物资源的立法保护。从宋代起,人们对围湖造田导致蓄泄两误、滥砍乱伐导致水土流失的问题已经有所觉察,说明了当时有识之士对环境问题的敏感。

明代(1368—1644)对山林川泽的保护承袭了前代的规定,并且管制范围相当广泛。到仁宗(1425—1426)时,政府开始放弃管制措施。“山场、园林、湖泊、坑冶、果树、蜜蜂官设守禁者,悉予民。”由于弛禁,许多湖泊被盗为田,破坏了生态平衡,造成了人为的自然灾害。这是保护方面的倒退,对环境损害很大。

清代(1616—1911)人口猛增,又开放了东北、西北及江南,许多草原或山地垦为农田,造成草原退化、沙漠扩展、林木破坏和水土流失,环境遭到进一步破坏。当时的有识之士已看到问题所在,并提出了警告,但并未引起清王朝的重视,不合理的垦殖仍然继续,给环境带来了巨大的灾难。

历年世界环境日的主题(1974—2018)

- 1974 年 只有一个地球
- 1975 年 人类居住
- 1976 年 水:生命的重要源泉
- 1977 年 关注臭氧层破坏、水土流失、土壤退化和滥伐森林
- 1978 年 没有破坏的发展
- 1979 年 为了儿童和未来——没有破坏的发展
- 1980 年 新的十年,新的挑战——没有破坏的发展
- 1981 年 保护地下水和人类食物链,防治有毒化学品污染
- 1982 年 纪念斯德哥尔摩人类环境会议十周年——提高环境意识
- 1983 年 管理和处置有害废弃物,防治酸雨污染和提高能源利用率
- 1984 年 沙漠化

- 1985 年 青年、人口、环境
- 1986 年 环境与和平
- 1987 年 环境与居住
- 1988 年 保护环境、持续发展、公众参与
- 1989 年 警惕：全球变暖
- 1990 年 儿童与环境
- 1991 年 气候变化，需要全球合作
- 1992 年 只有一个地球——一齐关心，共同分享
- 1993 年 贫穷与环境——摆脱恶性循环
- 1994 年 一个地球，一个家庭
- 1995 年 各国人民联合起来，创造更加美好的世界
- 1996 年 我们的地球·居住地·家园
- 1997 年 为了地球上的生命
- 1998 年 为了地球上的生命——拯救我们的海洋
- 1999 年 拯救地球就是拯救未来
- 2000 年 2000 环境千年——行动起来吧
- 2001 年 世间万物，生命之网
- 2002 年 让地球充满生机
- 2003 年 水——20 亿人生命之所系
- 2004 年 海洋存亡，匹夫有责
- 2005 年 营造绿色城市，呵护地球家园
- 2006 年 沙漠和荒漠化
- 2007 年 冰川消融，后果堪忧
- 2008 年 转变传统观念，推行低碳经济
- 2009 年 地球需要你，团结起来应对气候变化
- 2010 年 多样的物种，唯一的地球，共同的未来
- 2011 年 森林：大自然为您效劳
- 2012 年 绿色经济，你参与了吗？
- 2013 年 思前，食后，厉行节约
- 2014 年 提高你的呼声，而不是海平面
- 2015 年 可持续消费和生产
- 2016 年 为生命呐喊
- 2017 年 人人参与，创建绿色家园
- 2018 年 塑战速决

补充习题及参考解答

1. 关于能源，下列说法中正确的是()。
- A. 煤、石油、天然气以及水能、风能、电能等都是不可再生能源

- B. 核能、太阳能、潮汐能、地热能、水能和风能等都是可再生能源
- C. 一次能源都是开发利用后不能再生的能源,二次能源是可以再生的能源
- D. 解决能源问题的重要出路是开发和利用新能源,特别是核能和太阳能

【解答】 B、D。

2. 出行是人们工作、生活必不可少的环节。出行的交通工具多种多样,使用的能源也不尽相同。自行车、电动汽车和燃油汽车所消耗能量的类型分别是()。

① 生物能;② 核能;③ 电能;④ 太阳能;⑤ 化学能。

- A. ①③⑤
- B. ①④⑤
- C. ①②⑤
- D. ①③④

【解答】 A。

3. 太阳每时每刻都在释放大量能量,这些能量来自()。

- A. 太阳内部,是电能转化为内能的过程
- B. 太阳内部,是大规模的核聚变过程
- C. 太阳内部,是大规模的核裂变过程
- D. 太阳内部,是可燃性物质的燃烧过程

【解答】 B。

4. 关于能量和能源,下列说法中正确的是()。

- A. 化石能源是清洁能源,水能是可再生能源
- B. 人类在不断地开发和利用新能源,所以能量可以被创造
- C. 在能源的利用过程中,由于能量在数量上并未减少,所以不需要节约能源
- D. 能量耗散现象说明:在能量转化的过程中,虽然能的总量并未减少,但是能量品质降低了

【解答】 D。

5. 下列说法中正确的是()。

- A. 市区禁止摩托车通行是为了提高城区空气质量
- B. 无氟冰箱的使用会使臭氧层受到不同程度的破坏
- C. 大气中 CO_2 含量的增多是引起温室效应的主要原因
- D. “白色污染”是当前我国环境保护亟待解决的问题之一

【解答】 A、C、D。

6. CO_2 气体有个“怪脾气”,它几乎不吸收太阳的短波辐射,大气中 CO_2 浓度增加能使地表温度因受太阳辐射而上升;另外,它还有强烈吸收地面红外热辐射的作用,阻碍了地球周围的热量向外层空间的排放,使整个地球就像一个大温室一样。因此,大气中二氧化碳气体浓度的急剧增加已导致气温的逐步上升,使全球气候变暖。为了缓解大气中 CO_2 浓度的增加,可以采取的措施是()。

- A. 禁止使用煤炭、石油和天然气
- B. 开发使用核能、太阳能
- C. 将汽车燃料由汽油改为液化石油气
- D. 植树造林

【解答】 B、C、D。

7. 某地的平均风速为 5 m/s ,已知空气密度为 1.2 kg/m^3 。有一风车,它的车叶转动时

可形成半径为 12 m 的圆面,如果这个风车能将此圆内 10% 的气流的动能转变为电能,那么该风车带动的发电机功率是多少?

【解答】 设时间 t 内风车车叶转动时形成的圆面内的空气质量为 m , 则

$$\begin{aligned} m &= \rho V \\ &= \rho \pi r^2 v t \\ &= 1.2 \text{ kg/m}^3 \times 3.14 \times 12^2 \text{ m}^2 \times 5 \text{ m/s} \times t \\ &= 2\,712.96t \text{ kg/s}。 \end{aligned}$$

时间 t 内风车将气流的动能转变成的电能为

$$\begin{aligned} E &= 10\% E_p \\ &= 10\% \times \frac{1}{2} m v^2 \\ &= 10\% \times \frac{1}{2} \times 2\,712.96t \text{ kg/s} \times 5^2 \text{ m}^2/\text{s}^2 \\ &= 3\,391.2t \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^3。 \end{aligned}$$

该风车带动的发电机功率为

$$\begin{aligned} P &= \frac{E}{t} \\ &= \frac{3\,391.2t \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^3}{t} \\ &= 3\,391.2 \text{ W}。 \end{aligned}$$

教学案例

6.2 能源利用与环境污染

【教学目标】

- (1) 知道什么是能源,了解能源的分类,了解能源的利用状况和环境污染的危害。
- (2) 知道温室效应和雾霾的产生原因、危害及控制措施。
- (3) 在查阅资料的过程中,学会了解更多关于能源利用和环境污染的信息和方法。
- (4) 树立能源危机和环境污染的忧患意识,增强解决现实问题的使命感。

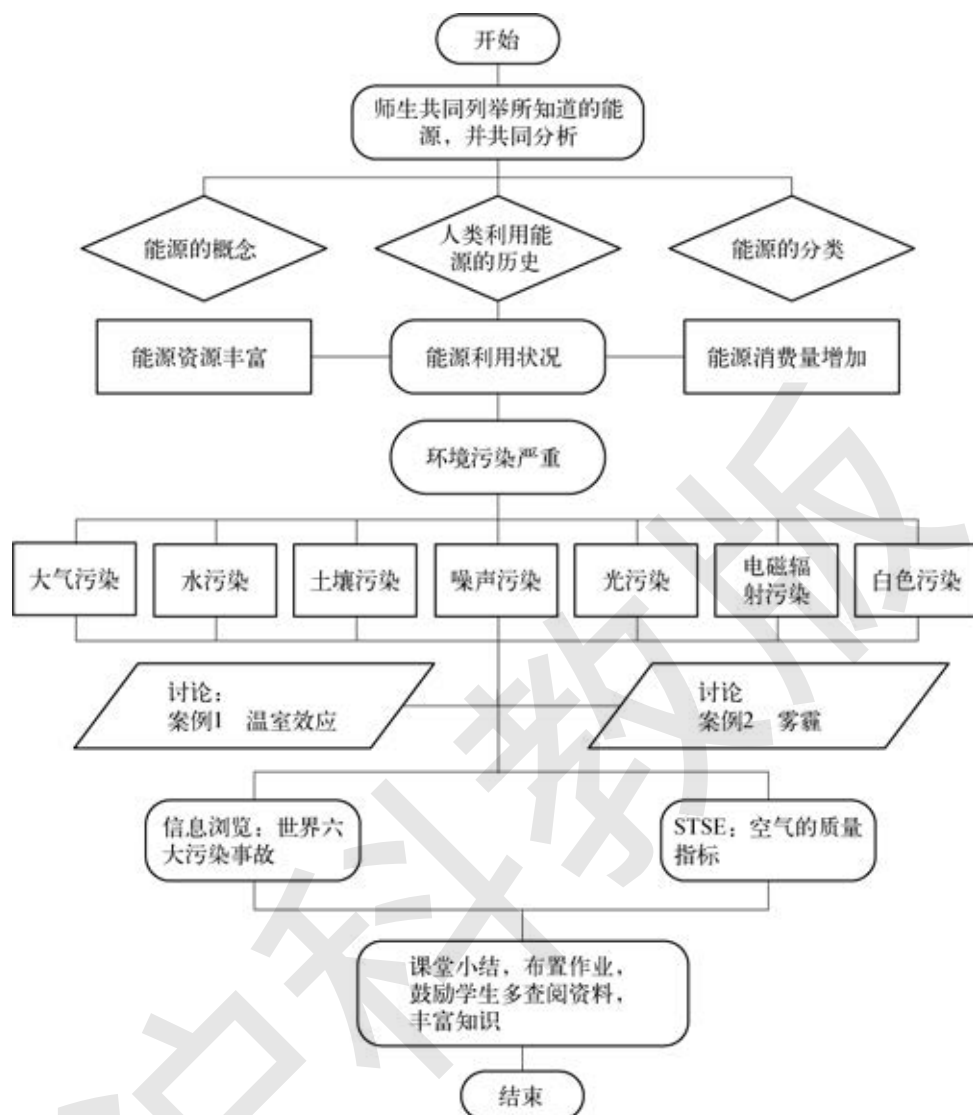
【教学重点和难点】

本节课的教学重点:了解能源的利用状况和环境污染的危害。

本节课的教学难点:温室效应和雾霾的产生原因、危害及控制措施。

【教学主要流程】

本节课的教学主要流程如下页框图所示:



【教学实施说明】

本节课的教学特点是,在教学中通过师生讨论、分析归纳,增强学生自主学习的能力和振兴中华的使命感与责任感。

(1) 引入新课时,教师可启发学生列举所知道的能源,师生共同分析归纳能源的概念、能源的分类、能源的利用状况、能源利用所带来的问题等,创设一种迫切需要解决能源问题和环境污染问题的情境,激发学生的学习动力。

(2) 对能源的利用状况,可指导学生在课前通过查阅资料,在课堂内交流,明确能源的资源 and 消耗情况。

(3) 对能源利用所带来的问题,教师可组织学生畅所欲言地讨论(要求有观点,有例证),然后归纳能源危机和环境污染两大问题。

(4) 对案例的教学,可以采取先学生自学、再交流评价所理解的内容是否正确的方法。

(5) 要鼓励学生在课外多调查访问,多查阅资料,多相互交流,多开拓视野。

(6) 可以尝试比较开放的教和学的方法:在学生预习的基础上,明确学习的要求和所要解决的问题或课题,指导学生通过调查访问和查阅资料等途径获取丰富的感性材料,再梳理分析归纳,形成自己的看法,然后在班内交流,得出结论。