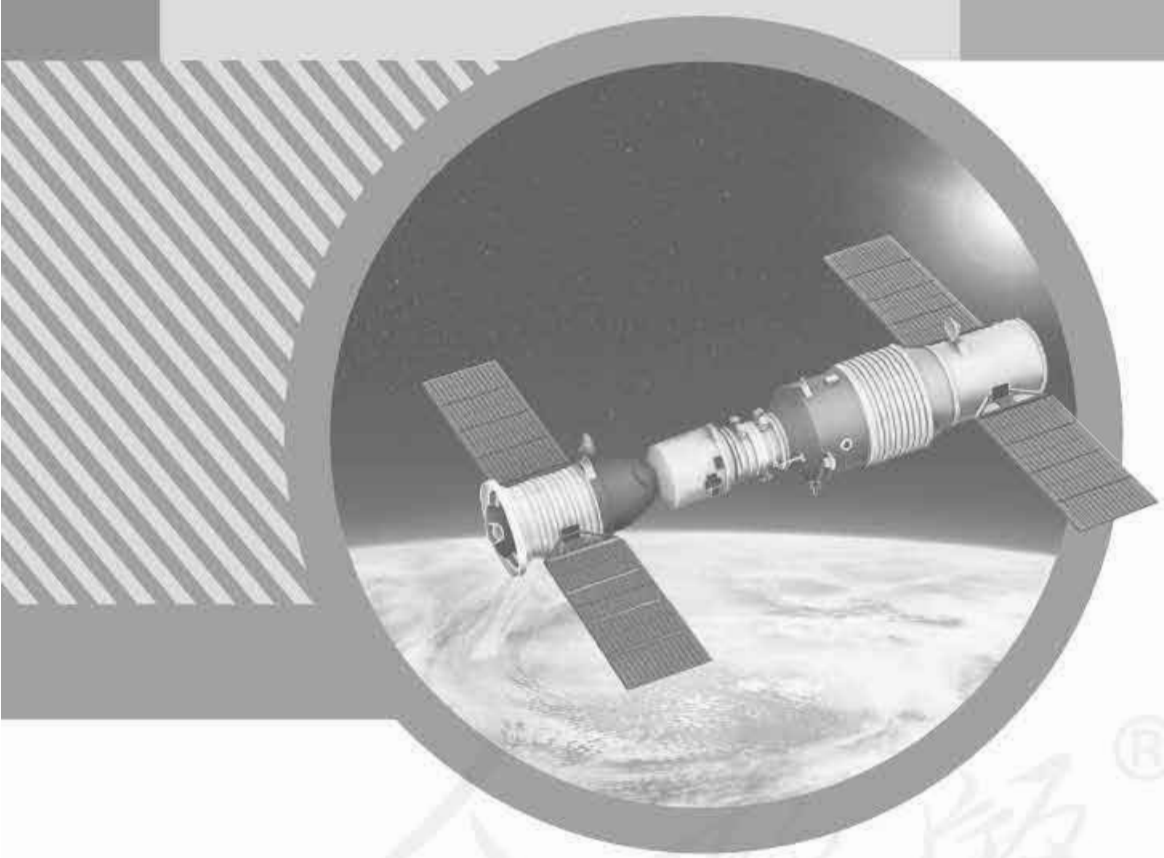
义务教育教科书

教师教学用书

物理

九年级

全一册



人民教育出版社 课程教材研究所
物理课程教材研究开发中心 编著

人民教育出版社
·北京·

主　　编：张　颖　方贵荣　宋树杰
编写人员：朝继林　陈翠玉　谷雅慧　姜增红　马　凭　苗元秀　彭前程
　　彭　征　秦晓文　孙　新　张　盛　张　颖　邹丽晖
责任编辑：谷雅慧　魏　昕

图书在版编目（CIP）数据

义务教育教科书教师教学用书．物理九年级：全一册／人民教育出版社课程教材研究所物理课程教材研究开发中心编著．—2版．—北京：人民教育出版社，2016.4
ISBN 978-7-107-25564-9

Ⅰ．①义…　Ⅱ．①人…　Ⅲ．①中学物理课—初中—教学参考资料　Ⅳ．①G633

中国版本图书馆CIP数据核字（2016）第178730号

义务教育教科书教师教学用书　物理　九年级　全一册

出版发行　人民教育出版社
（北京市海淀区中关村南大街17号院1号楼　邮编：100081）
网　　址　http://www.pep.com.cn
经　　销　全国新华书店
印　　刷　×××印刷厂
版　　次　2016年4月第2版
印　　次　　年　月第　次印刷
开　　本　787毫米×1092毫米　1/16
印　　张　20
字　　数　430千字
定　　价　　元

版权所有·未经许可不得采用任何方式擅自复制或使用本产品任何部分·违者必究
如发现内容质量问题、印装质量问题，请与本社联系。电话：400-810-5788

前　言

为便于教师更好地了解教材、进行教学，落实《义务教育物理课程标准（2011 年版）》（以下简称《课标》）的教育理念，我们编写了这套教师教学用书，主要介绍了《义务教育教科书 物理》的特色、一些教学设计思路和案例，并提供了较多的教学资源。其中的主要内容如下：

- **《课标》要求及课时建议**
- **编写意图**
- **教材分析与教学建议**
- **教学资源**

为了使教师在每章的教学中随时了解《课标》对这部分内容的要求，把握好教学的尺度，本套书在每章开始的“《课标》要求及课时建议”中摘录了《课标》的相关内容。它们是设计教材、进行教学的根本。在这部分内容中，还给出了学习这一章所需课时的建议，供教师参考。

在“编写意图”部分，教材编者重点介绍了编写这一章教材时的一些想法，包括结构安排、各部分的关系、内容选取、活动编排、实验设计等，以便教师更好地理解和把握教材、用好教材。

“教材分析与教学建议”部分由教学第一线的优秀教师执笔编写。编者根据教学的需要和可能，对教材上所涉及的教学内容作了比较详细的分析与说明，对每节的内容提出了具体的教学建议。在每节前有明确、适当、具体、可操作性强的教学目标。在“教材分析与教学建议”中，重点分析了本节重要的概念、规律，注意将学生在学习这部分内容时容易产生的问题分析清楚，并提出可行的教学建议。例如，如何指导学生进行科学探究，怎样帮助学生进行学习，怎样使用教科书中的栏目、插图，等等。为了使教师对各重点、难点部分的处理有切实可行的参照案例，编者提供了“教学片段”。“教学片段”仅仅是对重点、难点进行的分析与处理，而不是整节课的教案。编者除提供每一节“动手动脑学物理”的参考答案之外，还编写了补充练习供教师选用。

新课程给教师的职业素质发展带来新的需求和机遇。为了进一步提高初中物理教师的教学水平，本套书设置了“教学资源”专栏，为教师更好地处理教学中的问题提供一些帮助。这部分的主要内容有：实验天地、物理史话、物理广角。

“实验天地”是对教材所介绍实验的补充，主要介绍一些在教学实践中效果较好的实

验，供教师参考。

“物理史话”主要介绍物理学中一些重要概念的发展和规律得出的历程，展现科学家在探究这些规律中所用的方法，以及所蕴含的科学精神。

“物理广角”主要提供的是扩展性的内容，以扩展教师的视野，提高教学水平，如重要概念、规律的进一步解说，一些联系实际、联系科技内容的说明与补充等。

本书在编写过程中，得到了全国各地教研室的支持和帮助，许多教师给本书的编写提出了宝贵的意见和建议。在此，我们一并表示衷心的感谢！

新的教育理念尚需要在教学实践中进一步完善并落实，我们诚恳希望教师们为这次教育改革提供宝贵的经验。对于书中存在的缺点和错误，我们欢迎读者及时批评、指正。来函请寄“100081 北京市海淀区中关村南大街 17 号院 1 号楼 人民教育出版社物理室”。

人民教育出版社物理室

2016 年 6 月

目　录

第十三章　内能 1

一、《课标》要求及课时建议 1
二、编写意图 1
三、教材分析与教学建议 5
四、教学资源 20

第十四章　内能的利用 27

一、《课标》要求及课时建议 27
二、编写意图 27
三、教材分析与教学建议 30
四、教学资源 45

第十五章　电流和电路 52

一、《课标》要求及课时建议 52
二、编写意图 52
三、教材分析与教学建议 56
四、教学资源 90

第十六章　电压　电阻 99

一、《课标》要求及课时建议 99

二、编写意图 99
三、教材分析与教学建议 103
四、教学资源 123

第十七章　欧姆定律 132

一、《课标》要求及课时建议 132
二、编写意图 132
三、教材分析与教学建议 134
四、教学资源 149

第十八章　电功率 154

一、《课标》要求及课时建议 154
二、编写意图 154
三、教材分析与教学建议 158
四、教学资源 175

第十九章　生活用电 184

一、《课标》要求及课时建议 184
二、编写意图 184
三、教材分析与教学建议 186
四、教学资源 200

第二十章　电与磁 211

一、《课标》要求及课时建议 211
二、编写意图 211
三、教材分析与教学建议 214
四、教学资源 236

第二十一章　信息的传递 248
一、《课标》要求及课时建议 248
二、编写意图 248
三、教材分析与教学建议 251
四、教学资源 264

第二十二章　能源与可持续发展 283
一、《课标》要求及课时建议 283
二、编写意图 283
三、教材分析与教学建议 286
四、教学资源 301

人教版®

第十三章
内能

一、《课标》要求及课时建议

（一）《课标》要求

1.3.1　知道常见的物质是由分子、原子构成的。

2.1.2　通过自然界和生活中的一些简单热现象，了解分子热运动的一些特点。知道分子动理论的基本观点。

3.3.1　了解内能和热量。

3.3.2　通过实验，了解比热容，尝试用比热容说明简单的自然现象。

（二）课时建议

第1节　分子热运动	1课时
第2节　内能	2课时
第3节　比热容	2课时

二、编写意图

（一）本章概述

从本章开始，在八年级对运动研究的基础上，开始热学相关知识的学习，从宏观的物体运动进入微观的分子热运动，从机械能拓展到内能，在八年级上册宏观热现象的基础上介绍其深层次的微观机制。

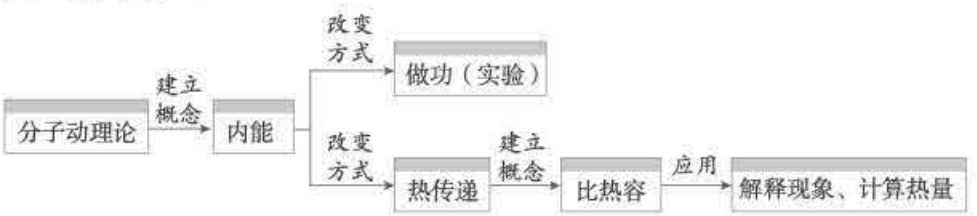
本章是初中物理的重点内容，也是物理学研究的一个重要领域。从可以直接感知的宏

观现象推测无法直接感知的微观机理，是一种重要的科学研究方法。本章的学习，不仅可以帮助学生深入理解以前学过的一些热现象的本质，为下一章学习内能的利用打下基础，而且也向学生介绍了一种科学研究的方法。

本章第 1 节介绍了分子动理论的基本知识，包括物质的构成、分子热运动和分子间的作用力，特别突出了通过宏观现象推测物质的微观结构的方法，而反过来用物质微观结构的知识来解释各种宏观现象的过程，则为接下来理解物体的内能打下了基础。第 2 节一开始从分子热运动的角度，通过联系学生已经学习过的动能和势能，帮助学生建立内能的概念；然后，在此基础上引入热量的概念，讨论热传递对物体内能的影响；最后，提出另一种改变内能的方式——做功，为下一章热机的学习作了铺垫。第 3 节则继续对热传递进行讨论，从物体吸、放热过程中热量的变化引出比热容的概念，并利用比热容进行热传递过程中的热量的定量计算。

本章的章首图展示了雪山上的火山爆发，通过寒冷的白雪和炙热的岩浆的对比，引起学生的兴趣，并通过提问的方式引导学生思考白雪和岩浆是否具有相同形式的能量。学生可能会根据已经学过的知识回答出势能等能量形式，这里可以引导学生从温度的角度进行思考，从而为与温度密切相关的内能作好铺垫。

本章内容结构如下。



（二）通过宏观现象推理微观机制，从而认识分子动理论

学生在八年级上册第三章物态变化的学习中，已经接触了一些宏观热现象，如物态变化。本章在此基础上，进一步深入分析这些宏观热现象内部深层次的微观机制，这就涉及一些热学特有的研究方法和手段。如何从复杂的宏观热现象里面分析出其微观机制，微观模型又怎样解释更多的宏观热现象，这些问题的学习是对学生物理能力的一种提高。

1. 了解物质的构成

物质的微观结构包括一些复杂而抽象的概念。教材首先通过长喙天蛾（我国南方能够见到的一种吸食花蜜的飞蛾，由于它能悬停在空中吸食花蜜，因而常被人当作南美洲的蜂鸟。）吸食花蜜的图片，引导学生思考花香是怎样传播的。从这样一幅有趣的照片出发，不仅引起了学生的学习兴趣，也启发他们思考人们熟悉的“花香”到底是什么，进而猜想花香是否是由一些微小的颗粒所引起的。这个过程中，学生不仅要思考和学习物理知识，也将体会到：生活中常见的各种事物，都暗含了物理学的道理；各种宏观现象的背后，都可能涉及微观的机制。在充分调动学生思考后，再介绍有关物质是由分子、原子构成的相

关知识，这样就水到渠成了。

2. 通过扩散现象感知分子热运动

热学的研究方法，就是从宏观现象中推测微观机制，再通过微观模型解释宏观现象。为了让学生有更深刻的体会，教材在介绍分子的微观知识后，明确提出“人们可以通过物体的一些宏观表现来推断构成物体的分子的情况”，由此引入了用二氧化氮气体演示宏观扩散现象的实验。为了揭示扩散现象的普遍性，教材又通过硫酸铜溶液的扩散以及铅和金的相互扩散，分别说明气体、液体和固体中都存在扩散现象。这些实验都揭示了扩散现象的存在，再引导学生从微观的角度思考扩散现象，进而通过推理来感知“一切物质的分子都在不停地做无规则的运动”。

其后，为了解释温度对于热运动的影响，安排了墨水在冷水和热水中扩散快慢的比较实验，让学生讨论得出“温度越高，分子的热运动越剧烈”，从而引出热运动的概念。这个过程，也再一次让学生经历了从观察实验、分析宏观现象出发，通过推理探索微观世界的科学研究思路。

3. 认识分子间的作用力

学生在八年级上册已经初步学习过物态的知识，本章所学的分子热运动的知识正好可以对此进行初步解释。因此，在本节的最后，结合固体、液体和气体的图片，进一步让学生了解分子之间存在作用力，不同物态的物质分子之间的距离和作用力各不相同，从而认识到，正是这种不同导致了物质的不同形态。这部分内容，正是帮助学生尝试用微观模型解释宏观现象。

通过以上三部分的学习，学生就能了解分子动理论的初步知识：常见的物质是由大量的分子、原子构成的；物质内的分子在不停地做热运动；分子之间存在引力和斥力。

需要注意的是，分子动理论是科学家研究微观世界的一系列理论的统称，并没有明确的界定和范围，因而上述三条是分子动理论的初步知识。而气体分子动理论则比较明确，其内容还包括理想气体状态方程和分子速率分布等。所以分子动理论的一些概念，主要是参考气体分子动理论表述的。

物质有可能是由分子或单个原子直接构成的，也有可能是由其他微粒构成的，分子就是物理学中的一种描述语言。在 2011 年修订的《课标》中，关于物质结构的表述修改为：“知道常见的物质是由分子、原子构成的。”因此，教材中也改为：“常见的物质是由极其微小的粒子—— 分子、原子构成的。”

（三）逐步深入，认识内能

内能是热学中一个重要的概念。为了让学生在分子动理论知识的基础上，了解内能是物体内所有分子热运动的动能与分子势能的总和，教材通过类比和结合学生日常生活等多种方式，让学生逐步认识到存在内能、什么是内能、内能有什么特点、内能是怎样变化和量度的。

首先通过“想想议议”，引导学生思考弹出瓶塞的动能源自哪里，通过猜测与热水的

关系，认识内能的存在。然后与机械能作类比，通过分子的动能和势能，提出内能的概念，并进而把宏观量（温度）和微观机理（分子无规则运动的激烈程度）联系起来。

虽然内能概念是通过与运动物体的动能和弹簧的弹性势能进行类比而引入的，但本质上，内能是不同于机械能的另一种形式的能。教科书以空中运动的足球所具有的能量为例进行了说明。之后，通过炽热的铁水和冰冷的冰块的图片进行对比，指出虽然其温度不同，但其中的分子都在做热运动，因而都有内能，说明了内能的普遍性，而不只是“热”的物体才有内能。

认识了内能，再进一步学习内能的变化，即如何改变内能和如何量度内能变化的多少。考虑到学生在小学已经学习过热传递的基本概念，教科书从观察和分析日常的热传递引起温度变化的现象入手，结合内能与温度的关系，提出热传递能改变物体的内能。需要注意的是，与学生在小学科学的学习不同，初中教科书一方面关注内能的变化而不是温度的变化，另一方面则是引入热量这个物理量量度内能改变的多少。相对于热传递改变内能，学生并不熟悉做功对内能变化的影响。教科书对几例生活现象和演示实验中做功和内能变化的关系进行了较细致的分析，归纳出做功也可以改变（增加或减小）内能，从而给出了改变内能的两种途径。

（四）密切结合日常生活，让学生在实验中认识比热容

比热容是本章内容的一个难点。教科书设计的过程中充分考虑了学生已有的相关经验：先从日常生活经验出发，指出物质在吸收（或放出）的热量相同时，升高（或降低）的温度可能不同，为引出比热容作铺垫；再通过实验“比较不同物质吸热的情况”引导学生观察、对比、分析，从而明确比热容的概念，并由比热容的定义直接指出比热容的单位。这个实验对学生的实验能力要求较高，教科书给出了适当的提示。

为加深学生对比热容是物质的一种特性的理解和对常见物质的比热容的大小有一个具体的印象，教科书列出了常见物质的比热容。其中特别是对于水的比热容作了相关的讨论，呼应节首提出的问题，进而还让学生讨论用水来加热和散热，帮助学生理解水的比热容较大的这种特性的应用。

需要注意的是，《课标》中没有要求比热容的复杂计算，因此教材通过“想想议议”用算术法计算出物体温度升高时吸收的热量，进而引导学生归纳出物体受热时吸收热量的公式。用同样的道理，让学生自己得出物体散热时放出热量的公式，其目的也是为了加深学生对物质的比热容的理解。

三、教材分析与教学建议

第 1 节　分子热运动

（一）教学目标

1. 能简单说明物质是由分子、原子构成的。
2. 能通过宏观现象推测物质的分子都在不停地做热运动。
3. 能够识别扩散现象，并能用分子热运动的观点进行解释。
4. 知道分子之间存在着作用力。

（二）教材分析与教学建议

在学习了宏观物体的有关热学知识后，引导学生用物质微观结构的知识来解释宏观现象，进一步探究学习热学知识，为从微观角度理解物体内能的本质打下基础。本节由“物质的构成”“分子热运动”和“分子间的作用力”三个部分构成。本节教学内容都比较抽象，与日常生活观念有一定的距离，而对困难的突破也就在于通过大量的实验与生活现象，推理、总结和归纳出关于分子动理论的知识，使学生了解分子动理论的普遍性、规律性。通过各种探究实验与体验实验，加强他们对分子动理论的了解。

本节的重点是“一切物质的分子都在不停地做无规则的运动”，难点是对“分子间存在作用力”的理解。突出重点和突破难点的重要方法都是加强学生的体验性实验，引导学生通过实验推理得出规律。教师应注意不要把推理分析过程包办过多，要通过情境设疑，适当提问，引导学生思考，更好地训练学生的思维能力和学习能力。

1. 物质的构成

教材首先介绍了物质是由分子构成的。对于物体由大量分子构成、分子间有间隙等知识，主要是依靠教师的实验和讲解进行分析、推理形成，使学生对分子的体积很小、数量巨大留下深刻印象。由于分子体积太小，无法直接观察，就需要教师在教学上准备得较为充分，比如可以查找一些分子和原子的视频、图片或动画给学生看。建议教师补充做水和酒精混合后总体积变小的实验，充分说明分子间有间隙。直观而神奇的实验现象，可以激发学生的学习兴趣。

教学片段　“物体的分子之间存在间隙”的演示实验

⊙ 实验准备　100 mL 试管 2 只，染色红酒精 50 mL、水 50 mL。

⊙ 同学猜想　把 50 mL 的红色酒精倒入装有 50 mL 水的试管里，水和酒精混合后的总体积应该是多少？

⊙ 实验操作　把 50 mL 的酒精倒入装有 50 mL 水的试管里，堵住试管口，把试管倒置几次，如图 13.1-1 所示。

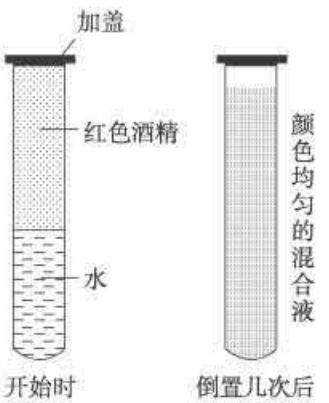


图 13.1-1

⊙ 提出问题　实验结果是总体积小于 100 mL，那么减少的那部分体积到哪里去了？

⊙ 分析论证　实验表明，分子之间确实存在着空隙。

尽管眼睛不能直接观察到分子，但可以推理出：在酒精与水的混合过程中，实际是酒精分散到了水中，从微观角度看即酒精分子分散到了水分子中间，说明水与酒精的分子都是有间隙的。学生从宏观现象出发，通过推理来感知相应的微观现象。此教学片段旨在锻炼学生的分析、推理能力，也为后面学习由扩散现象推理分子的运动奠定研究方法上的基础。

2. 分子热运动

初中学生理解热现象的本质有一定的难度，教学中要灵活处理，注意给予方法上的引导。关于分子热运动的教学，可以提出“能否直接用眼睛看到分子的运动？”引导学生得出由于分子很小从而不可能用肉眼直接观察到分子运动的结论，然后指出可以通过一些实验和现象间接反映出分子的运动。在学生仔细观察扩散实验的基础上，让学生充分讨论“分子是否运动”“分子运动的快慢与温度有何关系”等问题。通过直接感知的现象，推测无法直接感知的事物，这对学生有一种物理学研究方法上的指导。

教学片段　扩散现象

⊙ 实验1　创设一个合适的情境，让一位同学在衣服上涂抹香水（或风油精之类气味比较浓烈的液体）后站在讲台上，前排的同学会有反应，以此引入教学。

⊙ 实验2　二氧化氮气体和空气的扩散实验。提示：如果把装有二氧化氮气体的瓶子置于空气瓶子的上方，由于二氧化氮气体的密度大于空气的密度，会导致二氧化氮气体下沉，不能充分地说明扩散现象。所以一定要把空气瓶子置于二氧化氮气体瓶子的上方。

⊙ 实验3　硫酸铜溶液和水的扩散现象所需时间较长，一节课的时间很难观察到明显的现象。但是由于学生在生活中很难看到两种液体间会出现清晰的界面这种现象，这个实验也会引起学生的极大兴趣。需要老师提前准备实验，上课前十天左右在量筒中装入水和硫酸铜溶液，上课前五天左右再用相同的量筒装入水和硫酸铜溶液。上课时，教师可以现场演示，在量筒里装一半清水，用长颈漏斗在水的下面注入硫酸铜的水溶液，由于硫酸铜溶液比水的密度大，会沉在量筒的下部，因此可以看到无色的清水与蓝色硫酸铜溶液之间明显的界面。再让学生观察十天前和五天前做好实验的量筒和教材上的图片，学生会有很大的兴趣，从而体会液体的扩散现象。如果此实验全部都让学生看图片，学生没有感性认识，甚至会质疑图片的真实性。（此实验也可以用两种颜色不同、密度相差比较大的果酒来做，类似于某些鸡尾酒。）

⊙ 实验4　扩散实验学生理解并不困难，比如，把一滴墨水滴入一杯清水中，整杯水都会变色；一点浓糖水倒入一杯水中，整杯水都有甜味；腌咸菜时菜会变咸，等等。这些事例都可以很好地说明扩散现象，且都是学生所熟悉的过程。

视频动画　固体的扩散更为缓慢，在短时间内更不易观察。首先可以播放视频（1）金片和铅片紧压在一起，过几年后，可以看到它们互相渗入；视频（2）渗碳现象，碳扩散进入钢里。其次可以引导学生寻找生活中的固体扩散现象，如煤炭堆放在地面一段时间后，把地里面一小层都弄黑了；长期堆放石灰的墙角，有一层墙壁染上了白色；机械制造业和电子技术中也有广泛的固体扩散现象的应用，等等，让学生体会固体的扩散现象。

⊙ 实验5　两个相同的烧杯，一个装入半杯热水，一个装入等质量的半杯凉水，为使实验现象更明显，热水可以加热到90 ℃左右。用滴管在两个烧杯中分别滴入一滴红墨水，观察哪个烧杯中墨水扩散得快。扩散的快慢与温度有什么关系？同时引导学生在生活中寻找扩散与温度有关的现象，如盐放入热的汤里“化”得更快一些。

这个教学片段中的活动可以在教学中根据学生的实际情况和学校的条件选用或调整，目的在于使学生从可以直接体会观察到的气体扩散、液体扩散和固体扩散等宏观现象出发，通过推理来感知一切物质的分子都在不停地做无规则运动。扩散是分子运动表现出来的一种现象。温度越高，扩散越快，说明温度越高，分子运动越剧烈。由于分子的运动与

温度有关，所以这种分子的无规则运动也叫作热运动。

3. 分子间的作用力

分子间的作用力这一知识是很抽象的，学生很难理解。教学中可以不作过高要求，只要通过模拟实验，运用分析和推理的方法，能认识到“分子间同时存在着相互作用的引力和斥力”，知道分子间的力在什么情况下表现为斥力以及在什么情况下表现为引力即可。讲解要适当，只要求学生定性了解。但要注意纠正学生认为引力和斥力不是同时存在的看法，引导学生辩证地看问题，克服简单化和片面化。

教学片段　分子之间有作用力

老师让学生在一个注射器中装入一些水，用手指堵住注射口，用力压活塞，发现水的体积没有明显变小。提出问题：既然分子间有间隙，为什么水的体积没有轻易地被压缩呢？再请同学双手各捏住一个小铁块的两端，向两端拉，铁块不易被拉伸。提出问题：分子间有间隙，且分子还在不停地做无规则运动，为什么铁块没有轻易地被拉断呢？再让学生思考下面的实验。

实验　实验前用刮刀将两个铅柱的端面刮平，去掉端面上的氧化层、杂质或油污，以保证实验顺利进行。实验时可以从边缘开始接触并使两个铅柱相向平移而逐渐压紧，这样易于排除两端面间的空气，使铅柱端面间的铅分子更加贴近，以增强实验效果。教师应说明平时我们很少看到两块物体能粘到一起，是因为分子间的引力作用距离很小，在分子之间离得很近时才能明显显示出来。

这个教学片段，尽量把抽象的物理理论知识转化为能直接观察和感知的现象。除了让学生知道分子具有引力、斥力的知识外，还要学会从现象分析推理实质的问题研究方法。

有的学生会认为由于大气压的作用使得两个铅块“压”在一起。教学中可以在演示实验中，通过增加悬挂重物的方式来加深学生的印象，然后引导学生通过计算得出下边悬挂的铅块和重物的重力大于大气压力，从而证明这是分子引力的作用结果。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. 分子的直径约为 10^{-10} m，1 cm 的长度内能并排排列 $\frac{1\times10^{-2}\ \mathrm{m}}{1\times10^{-10}\ \mathrm{m}}=10^{8}$ 个分子。

边长为 1 cm 的正方形中能排列的分子数为 $10^{8}\times10^{8}=10^{16}$ 个分子。

世界人口总数约为 74 亿，1 cm^2 的正方形中分子数是世界人口总数的 $\frac{10^{16}}{7.4\times10^{9}}\approx1.35\times10^{6}$ 倍。

2. 有益的扩散现象：花香四溢；兑制糖水；酒香不怕巷子深。有害的扩散现象：煤气泄漏；房间里有人吸烟；臭气熏天。

3. 热水更甜一些。因为分子的热运动跟温度有关，温度越高，分子运动越剧烈，扩散也越快。

4. 弹簧测力计的示数变大。因为玻璃和水接触时玻璃分子和水分子间的距离在分子力作用的范围内，向上稍微拉玻璃板时，玻璃分子和水分子间的距离略微变大，作用力表现为引力，因此弹簧测力计的示数将变大。

提示：弹簧测力计测得的力与大气压无关。对于玻璃板来说，在受到玻璃板上方大气产生的压力的同时，玻璃板下方的液体也会对玻璃板产生几乎同样大小的向上压力。

5.

物态	微观特性		宏观特性	
	分子间距离	分子间作用力	有无固定形状	有无固定体积
固体	很小	很大	有固定形状	有固定体积
液体	较大	较大	无固定形状	有固定体积
气体	很大	很小	无固定形状	无固定体积

（四）补充练习

1. 酒精和水混合后体积减小的实验主要表明（　　）

A. 分子间有作用力　　B. 分子间有空隙

C. 分子永不停息地运动　　D. 分子是很微小的

答案：B

2. 给汽车加油时，会闻到汽油味，从物理学角度来看，属于_____现象。这个现象表明_____。

答案：扩散；分子在永不停息地做无规则的运动

3. 下列事例中，不能说明分子不停地做无规则的运动的是（　　）

A. 打开香水瓶，不久满屋子都能闻到香气

B. 衣柜中的卫生球，过一段时间后体积变小甚至消失了

C. 打扫教室地面时，在阳光下看到灰尘在空中飞舞

D. 将一滴红墨水轻轻滴在一杯水中，过一段时间后，整杯水变红了

答案：C

提示：分子很小，不可能被肉眼看到，所以选项 C 中的灰尘肯定不是分子，不能说明分子不停地做无规则的运动。选项 B 中卫生球“消失”是升华现象，而升华和蒸发的根本原因，都是由于做无规则运动的分子中，速度较快的分子比较容易脱离物体，成为气体分子。选项 A、D 均为常见的扩散现象。

4. 如图 13.1-2 所示，将两个铅柱的底面削平、削干净，然后紧紧地压在一起，两铅块就会结合起来，甚至下面吊一个钩码都不能把它们拉开。这个实验说明了（　　）

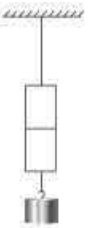


图 13.1-2

A. 一切物质的分子都在不停地做无规则的运动

B. 分子之间存在引力

C. 分子之间存在斥力

D. 分子之间存在间隙

答案：B

第 2 节　内能

（一）教学目标

1. 会用类比的方法建立内能的概念，能简单描述温度和内能的关系。
2. 知道热传递可以改变物体的内能。
3. 知道热量的概念及单位。
4. 知道做功可以使物体内能增加或减少的一些事例。

（二）教材分析与教学建议

本节是在分子动理论知识的基础上，具体说明内能是物体内部的能量。与机械能相比，内能不直观、更抽象，学生难于直接接受和理解，所以教科书一开始通过与机械能中动能和势能作类比建立内能的概念，应用学生已有的知识和经验学习新的知识，符合学生的认知规律。通过对生活中常见实例的分析，指出内能是不同于机械能的另一种形式的能。教科书从炙热的铁水和冰冷的冰块都有内能，说明了内能的普遍性，并给出了内能与温度的关系。再通过对一些事例的分析，做一些实验，总结出改变物体内能的途径。热量的概念则是从改变内能的途径之一——热传递延伸得出的。本节内容由“内能”“物体内能的改变”两个部分构成。

本节的重点是内能、热量概念的建立，改变物体内能的两种途径。难点是用类比的方法建立内能的概念。

1. 内能

在新课教学前，可以先复习动能和势能的知识。然后，引导学生类比：物体内部的分子在不停地做着无规则的热运动，分子也具有动能；分子之间有相互作用，所以分子间还有分子势能。构成物体的所有分子，其热运动的动能与分子势能的总和，叫作物体的内能。内能的单位是焦耳（J）。各种形式的能的单位都是焦耳。

教学片段

⊙复习引入

1. 物体是由大量分子构成的，分子在不停地做无规则的运动。

2. 运动的球有动能，发生弹性形变的弹簧有势能。

⊙新课导入

1. 一杯水里的水分子在做热运动，所以分子也具有动能，叫作分子动能。

2. 水分子之间有相互作用的引力和斥力，会吸引或排斥，所以水分子也具有势能，叫作分子势能。

3. 构成物体的所有分子，其热运动的动能和分子势能的总和，叫作物体的内能。

⊙概念辨析

1. 由分子运动论我们知道，一切物体都是由分子构成的，分子在永不停息地做无规则的运动，所以一切物体都具有内能。例如，炙热的铁水具有内能，冰冷的冰块虽然温度低，其中水分子仍然在做热运动，所以冰块也具有内能。

2. 机械能与整个物体的机械运动有关，而内能与物体内部分子的热运动和分子间的相互作用有关。只要物体内部的分子做热运动，就一定有内能。内能是不同于机械能的另一种形式的能。

3. 同一物体，温度越高，分子无规则运动越剧烈，分子动能越大，因而物体内能越大。

无论是使用哪一种类型的课件，建议在屏幕做成四个小窗口。第一个小窗口显示物体具有动能的视频，在这个窗口的下方给出文字：运动的物体具有动能。第二个小窗口显示分子在做热运动的动画，窗口的下方给出文字：运动的分子也具有动能，叫作分子动能。第三个小窗口播放弹簧拉伸或压缩后有弹性势能，窗口的下方给出文字：发生弹性形变的物体具有弹性势能。第四个小窗口播放分子之间的吸引和排斥，窗口的下方给出文字：分子也具有势能，叫作分子势能。动能和势能统称为机械能。构成物体的所有分子，其热运动的动能与分子势能的总和，叫作物体的内能。通过类比的方法，把比较抽象的“内能”的概念，变得形象而具体，学生理解和接受就不是很困难了。但老师要提醒学生注意，内能是与机械能完全不同的另外一种形式的能。机械能与整个物体的机械运动有关，如物体是否有速度、是否有高度、是否发生了弹性形变。而内能则是与物体内部分子的热运动和分子之间的相互作用有关，也就是无论物体是否有外在的机械能，只要物体内部的分子有热运动，就一定有内能。

为了使学生对内能有一个比较正确的认识，教科书从炙热的铁水和冰冷的冰块都有内能来说明内能的普遍性，而不只是“热”的物体才有内能。这样，就又把宏观量（温度）和微观机理（分子无规则运动的激烈程度）联系起来了，温度实质上表征了物体内部分子无规则运动的剧烈程度。物体温度升高时内能增加，温度降低时内能减少。关于内能与温

度的关系，可以联系上一节学到的“温度越高，分子运动得越剧烈”，让学生想象每个分子就像一个小球，运动得越剧烈，小球的动能越大，那么物体的内能越大，所以一切物体都有内能。关于内能的大小与物体质量和状态的关系，可以不予补充。

2. 物体内能的改变

这个小标题的第一部分内容是热量概念的引入，这是建立在热传递和内能改变的基础上的。

教学片段　热传递会改变物体的内能

⊙ 提出问题　让一个高温物体和一个低温物体接触，会发生什么现象？

⊙ 分析讨论　热量会从高温物体传递给低温物体；高温物体的温度会降低，低温物体的温度会升高。

⊙ 过程解释



⊙ 分析总结

1. 热传递过程中，传递能量的多少叫作热量。
2. 热量的单位是焦耳（J）。
3. 物体吸收热量内能增加，放出热量内能减少。
4. 热传递会改变物体的内能。

教学片段中图形的引入，是为了使热量这一概念形象化。需要特别向学生强调：传递的是热量，不是温度，也不是内能。热量的转移才导致物体内能的改变，才导致物体温度的改变。热量是内能改变时通过热传递方式转移的能量，是内能的变化量。在建立了热量概念之后，可以让学生多举一些实例，来说明热传递改变物体的内能。

第二部分内容是改变物体内能的两种方式。热传递可以改变物体的内能，做功也能改变物体的内能。关于做功改变物体内能的教学，一定要做好实验，无论是教师的演示实验还是学生动手的小实验，都对学生理解做功改变物体内能起着关键性的作用。

教科书从图 13.2-4 到图 13.2-5，共有四个活动和实验，从学生熟悉的摩擦生热，到学生不太熟悉的压缩气体生热，再到学生生疏的气体膨胀做功降温。教学中要掌握好这几个层次，要密切联系学生的生活，使教学生动而有趣。

教学片段　改变物体内能的两种方式

实验　（学生分组实验）

⊙ 实验器材　一段较粗的软铁丝、一个打火机、一张砂纸、热水袋、小毛巾等。

⊙ 提出问题　怎样使一段软铁丝的温度升高？

⊙ 学生实验　1. 学生用打火机去烧铁丝。（提醒同学注意安全）

2. 学生把铁丝放在热水袋上，用热水袋去焐热铁丝。

3. 学生把铁丝反复弯折，铁丝温度也会升高。

4. 学生用砂纸去反复摩擦铁丝，铁丝温度也会升高。

⊙ 分析论证　用打火机烧铁丝或用热水袋去焐铁丝，都是用热传递的方式使铁丝的温度升高，内能增加。反复弯折铁丝和用砂纸反复摩擦铁丝，则是对铁丝做功，也会使铁丝的温度升高，内能增加。

⊙ 得出结论　改变物体的内能有两种方式：热传递和做功。

上面的实验利用了学生已有的生活经验，用火烧铁丝，或用热水袋焐铁丝都可以使铁丝的温度升高，内能增加。从而使学生体会并理解，热传递可以改变物体的内能。摩擦铁丝和弯折铁丝都能使铁丝的温度升高也是学生已有体验的生活现象，通过分析讲解，理解做功也可以改变物体的内能。这个实验的设置也充分体现了从生活走向物理的教学理念。

教学片段　压缩气体做功内能增加

⊙ 实验　教材图 13.2-5 甲，压缩空气做功，使硝化棉燃烧。做此实验时，棉花只能用少量，棉花过多后，有可能导致厚玻璃筒炸裂。

⊙ 小活动　用打气筒给自行车打气。请同学到讲台上来做。做实验前请几位同学摸一摸打气筒外壁，提醒同学打气筒外壁的上下部分都要触摸一下，感受一下打气筒壁上下部分的温度。为使实验效果更明显，可以把自行车轮胎中的气放掉一部分，延长打气时间。打完气后，再让原来对气筒外壁有温度体验的同学触摸打气筒外壁的上下部分，进行对比分析。

压缩空气做功的实验演示很重要，因为在学生的生活经验中，摩擦做功较为常见，但对于压缩气体体积也是做功的一种形式，则很不熟悉，理解上也困难得多。可以让学生到讲台上来做此实验，提醒做实验的学生快速压下活塞就可以。这个实验会引起学生的极大兴趣而印象深刻——压缩气体做功也可以改变物体的内能。给自行车打气是学生熟悉的，但绝大部分学生都没有认真地观察过，也不会深入地思考，特别是打气筒下部的温度要更高一些这个现象也会让学生很意外。打气筒的下部温度升得更高，主要的原因是压缩空气做功增加了内能，摩擦在这里是次要的。同时也再次提示学生，观察是学习物理的最基本方法。

教学片段　实验　气体做功内能减小

实验装置如教材图13.2-5乙。采用容积200 mL的烧瓶进行实验效果很好。用铁架台、烧瓶夹固定烧瓶，使用稍硬的塑料管连接打气筒和瓶塞、玻璃管。注入水不要多，大约10 mL就可以。塞紧瓶塞前，如能用吸水纸把瓶壁内外擦拭干净就更利于后续实验现象的观察。塞紧瓶塞后，用实验室常用的两用打气筒打几次气，就能使瓶塞跳起，在瓶塞跳起的同时，瓶内出现水雾。在向瓶内打气时，压缩了瓶内的空气，空气的内能增加，温度升高。瓶内的水吸热汽化，产生了更多的水蒸气，随着打入瓶内的空气的增多，气压越来越大，直至冲开瓶塞。瓶内原来的水蒸气是无色透明、看不见的。瓶内出现白雾，说明水蒸气液化，变成了小水滴。这是由于空气推动瓶塞做功，内能减少，温度降低造成了水蒸气的液化。

这一个教学片段的引入，通过在课堂上建立情境，引导学生认真观察，发现原来在生活体验中没有观察到的物理现象，重新思考分析，达成对新知识的理解。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1.（1）冰粒在下落过程中克服与空气的摩擦力做功，温度不断升高，内能在增大，机械能在减小。

（2）火箭在加速上升的过程中，高度和速度增大，因此箭体的机械能在增大；由于温度升高，内能增大。

（3）子弹击中木板后克服与木板的摩擦力做功，速度不断减小，因此机械能在减小；温度升高，因此内能增大。

2.“炙手可热”是通过热传递的方式改变内能。“钻木取火”则是通过做功的方式改变物体的内能。

3. 煮好的鸡蛋要迅速凉下来，可以把鸡蛋直接放入冷水中浸泡，加快热传递，使鸡蛋的内能减小，温度降低。冬天，用热水袋暖手时，可以用手直接捂住热水袋，加快热传递，使手的内能增加，温度升高。

把金属汤勺放在热汤中，一会儿后用手摸勺柄会感到烫手。所以汤勺的勺柄通常是用橡胶、木头或陶瓷做成的，阻碍热传递，防止内能转移。保温杯的杯壁是双层的，不利于传热，可以阻碍热传递，防止内能转移。冬天穿的羽绒服，不利于传热，可以阻碍身体的热向外传递，防止内能转移。

4. 摩擦后的图钉钉帽变热，是因为通过克服摩擦做功，机械能转化成了内能，图钉帽的温度升高，内能增大。这是通过做功的方式来改变物体的内能。

（四）补充练习

1. 物体的内能是物体内部所有分子热运动的_____能和_____能的总和。改变物

体的内能有_____和_____两种方法。

答案：动；分子势；做功；热传递

2. 下列说法中，正确的是（　　）

A. −20 ℃的冰不具有内能

B. 一切运动的物体都具有机械能，而不具有内能

C. 一个小球运动的速度越快，它的内能越大

D. 一块铁烧红时的内能比它冷却时的内能大

答案：D

3. 火柴头在火柴盒上轻轻划过就能燃烧，从能量转化的角度讲，是将_____能转化为_____能，这是通过_____的方式实现的。火柴头也可以用火点燃，这是用_____的方式实现的。

答案：机械；内；做功；热传递

4. 在下列过程中，由于做功而使物体内能增加的是（　　）

A. 把铁丝反复弯折，弯折处变热

B. 用酒精灯对烧杯中的水加热

C. 把钢球放入炉火中烧一段时间

D. 烧开水时，蒸汽将壶盖顶起

答案：A

提示：改变物体内能的方式有两种，做功和热传递。要求学生能准确区别是用哪种方式改变物体的内能，且在改变过程中是使物体的内能增加还是减小。B、C 两个选项都是用热传递的方法改变物体的内能，不符合题意。选项 A 是通过弯折铁丝，对铁丝做功，使铁丝的温度升高，内能增加。选项 D 则是水蒸气对壶盖做功，水蒸气的温度降低，内能减小，也不符合题目要求。

第 3 节　比热容

（一）教学目标

1. 了解比热容的概念，知道比热容是物质的一种特性。

2. 通过比热容的实验，体会控制变量的方法在实验中的作用。

3. 尝试用比热容解释简单的自然现象，感受物理知识与生活的密切联系。

4. 会进行简单的吸、放热计算。

（二）教材分析与教学建议

本节内容要求通过实验探究认识物体温度变化时吸收或放出热量的能力，即研究物质的比热容。因为物体吸热、放热现象与生活紧密相关，所以教科书开头就提出生活中常见的问题，显得比较自然，引导学生思考，也体现了物理教学中从生活走向物理的理念。比热容是用来表示物质特性的物理量。从分析物理事实到抽象出这个概念，再提升到理解这个概念的内涵，对学生思维能力的要求是很高的。做好实验和做好对实验数据的分析很重要。比热容的单位是由三个物理量的单位复合而成，在应用时也给学生带来一定的困难，所以这一概念的教学难度是比较大的。本节内容由“比热容”和“热量的计算”两部分构成。

比热容的概念和应用、热量计算都是这节课的重点，比热容概念的建立是这节课的难点。

1. 比热容

在比热容的教学中，要学生深刻地认识比热容的意义，就必须做好探究不同物质在质量相同、吸收相同的热量时升高的温度是否相同的实验。教材中“比较不同物质吸热的情况”的探究实验用食用油和水进行对比。加热装置用电加热器，是因为它能够比酒精灯更准确地实现相同时间内放出的热量相同。

教学片段　实验　比较不同物质的吸热情况

实验装置见教科书图 13.3-1、图 13.3-2。

⊙ 实验目的　研究不同物质在质量相同、升高相同温度时，吸收的热量是否相等。

⊙ 实验步骤和观察内容

①观察温度计的示数，记下加热前水和食用油的温度；

②同时接通两个电加热器的电源，对水和食用油加热 3～4 min（根据实际情况而定）；

③停止加热，同时读出两只温度计的示数，记下加热后水和食用油的温度；

④算出加热过程中水和食用油的温度各升高多少摄氏度；

⑤处理实验数据。

物质	质量 m / g	初温 t_0 / ℃	末温 t_1 / ℃	(t_1-t_0) / ℃	吸收的热量（加热时间）
水					
食用油					

⊙ 分析论证　由学生思考回答，质量相等的不同物质吸收相等的热量后，升高

的温度是否相同？质量相等的不同物质升高相同的温度吸收的热量是否相等？

学生认识到，实验现象说明了质量相等的水和食用油在吸收了相等的热量时，升高的温度是不同的。

再进一步分析得出：要使水和食用油升高相同的温度，必须继续给水加热一段时间，这说明了质量相等的水和食用油升高相同的温度吸收的热量不相等。

⊙ 得出结论　如果用其他物质进行实验，也可以观察到类似的现象，因此可以得出“质量相同的不同物质，升高相同的温度，吸收的热量不相等”这个一般性的结论。

然后向学生指出，为了比较各种物质这种性质上的不同，引入比热容概念。怎样比较物质的这种性质呢？可以类比密度的定义方式，通过控制变量的方法，引导学生总结出要在相同条件下比较，即必须让质量相同，温度升高也相同，比较起来最为方便。这样，就顺理成章地引出比热容的定义。

此教学片段的引入，旨在让学生经历从分析物理事实到抽象出物理概念的过程，加强物理思维能力的训练，从而能更好地理解比热容这个概念的内涵。影响实验的因素很多，实验误差可能较大，教学中要引导学生进行恰当的交流与评估，得出合理的结论。

需要注意，比热容最难理解的一点，在于通过三个物理量的比值，定义出一个新的物理量，所以为什么要控制变量，又该如何控制变量，才是这个实验中需要学生重点关注的。而具体的数据处理，只要体现出水的比热容比油大就可以了。

在教材的“扩展性实验”中，给出了“用传感器比较不同物质的比热容”的实验介绍，采用了由温度传感器通过数据线采集数据输入计算机，用计算机软件描绘实验数据图线和进行实验数据处理等高科技的手段，有条件的地区和学校不妨一试。传统的比热容实验由于受到实验条件以及实验器材等因素的限制，难于向学生展示准确的物理过程和实验数据。新型实验可实现数据采集、处理、分析和图象绘制的同时进行，克服了传统实验测量不够准确、数据分析处理所需大量时间的缺点，节省了课堂时间，提高了教学效率。

2. 热量的计算

关于热量计算，《课标》未作要求。在比热容的教学中，未直接给出比热容的计算公式，而是在“想想议议”中，引导学生通过分析比热容的物理含义，用算术法计算铝块在温度升高时吸收的热量，进而提炼出热量的计算公式。

教学片段　热量的计算

⊙ 复习引入

1. 比热容在数值上等于单位质量的物质温度每升高 1 ℃所吸收的热量。

2. 水的比热容：4.2×10^3 J/(kg·℃)，表示 1 kg 的水温度每升高1 ℃所吸收的热量为 4.2×10^3 J。

⊙ 新课导入

1 kg 水温度升高 1 ℃需要吸收多少热量？4.2×10^3 J

2 kg 水温度升高 1 ℃需要吸收多少热量？$2\times4.2\times10^3$ J

1 kg 水温度升高 2 ℃需要吸收多少热量？$4.2\times10^3\times2$ J

质量为 m 的水温度升高 1 ℃需要吸收多少热量？$m\times4.2\times10^3$ J/kg

质量为 m 的水温度升高 Δt 需要吸收多少热量？$m\times4.2\times10^3\times\Delta t$ J/(kg·℃)

质量为 m 的某种物质温度升高 Δt 需要吸收多少热量？$m\times c\times\Delta t$

⊙ 公式推导

物体的质量为 m，比热容为 c，温度的变化值为 Δt，物体在温度变化过程中吸收或放出的热量 $Q=cm\Delta t$。

公式变形 $\begin{cases} m=\dfrac{Q}{c\Delta t} \\ c=\dfrac{Q}{m\Delta t} \\ \Delta t=\dfrac{Q}{cm} \end{cases}$

Δt 是指温度差，不是某一时刻的温度。

如果是吸热升温：$Q_{吸}=cm(t_{末}-t_{初})$

如果是放热降温：$Q_{放}=cm(t_{初}-t_{末})$

如果吸热和放热过程中存在物态变化，则上面的公式不能直接使用。

用比热容进行热量的有关计算，只要求简单直接应用公式，或只作一次公式变形的应用，重在对公式物理意义的理解，不主张进行繁难的计算。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. C

2. B

提示：铝和铜的质量相等，吸收的热量也相等，铝的比热容大于铜的比热容，根据 $\Delta t=\dfrac{Q_{吸}}{cm}$，可知铜升高的温度多，铝升高的温度少。

3. 阳光照在海水上，尽管海水吸收了许多热量，但是由于海水的比热容较大，导致海水的温度变化并不大，所以感觉海水还是凉凉的。阳光照在沙子上，由于沙子的比热容较小，吸收相同热量时，沙子的温度会上升较多，所以会感觉到沙子烫脚。

4. 由 $Q=cm(t-t_0)$ 得

$$c=\frac{Q}{m(t-t_0)}=\frac{1.88\times10^4\ \mathrm{J}}{2\ \mathrm{kg}\times(40-20)\ ℃}=0.47\times10^3\ \mathrm{J/(kg\cdot ℃)}$$

5. $Q=cm(t_0-t)=0.46\times10^3\ \mathrm{J/(kg\cdot ℃)}\times1.5\times10^{-3}\ \mathrm{kg}\times(800-20)\ ℃=538.2\ \mathrm{J}$

（四）补充练习

1. 汽车发动机用水作冷却剂，这是利用了水_____的性质；一杯水倒出一半后，剩下半杯水的比热容_____（选填“增大”“减小”或“不变”）。

答案：比热容大；不变

2. 一位同学用相同的酒精灯给质量相等的甲、乙两种物质加热时，根据结果描绘温度－时间图象如图 13.3-1 所示。由图可知，甲物质温度比乙物质温度升高_____（选填“快”或“慢”）。甲物质比热容_____乙物质比热容。（选填“>”“<”或“=”）

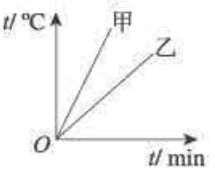


图 13.3-1

答案：快；<

3. 生产生活中，我们常利用水的比热容大这一性质。下列事例中与这一性质无关的是（　　）

A. 福岛核电站受损后灌注海水降温

B. 沿海地区的气温变化小

C. 晚间，在春播秧田里灌水保温

D. 在发烧病人的额头上擦冷水降温

答案：D

提示：由于水的比热容较大，即使吸收或放出了很多热量，水的温度变化并不大。在发烧病人的额头上擦冷水则主要是利用冷水蒸发吸收热量来达到降温的目的。

4. 铜、铅的比热容之比是 3∶1。一铜块和一铅块质量之比是 2∶3，若它们吸收的热量相同，则升高温度之比是_____。

答案：1∶2

5. 小阳家的热水器内装有质量为 5 kg 的水，该热水器中水的温度从 20 ℃升高到 40 ℃。求这些水吸收的热量。[水的比热容为 $4.2\times10^3\ \mathrm{J/(kg\cdot ℃)}$]

解析：$Q=cm(t-t_0)=4.2\times10^3\ \mathrm{J/(kg\cdot ℃)}\times5\ \mathrm{kg}\times(40-20)\ ℃=4.2\times10^5\ \mathrm{J}$

四、教学资源

（一）实验天地

1. 气体扩散的演示

（1）实验目的

认识扩散现象。理解扩散现象产生的实质是构成物体的分子在不停地做无规则运动的结果。

（2）实验器材

三角烧瓶 2 只、带有活栓的玻璃管、氨气、酚酞溶液、试纸。

（3）实验方法

如图 13-资-1 所示，两只三角烧瓶各装一个带有直角玻璃管的橡皮塞，将它们用带有活栓的玻璃管连接起来。关闭活栓，一只烧瓶中灌入氨气，另一只烧瓶内壁贴一条浸过酚酞溶液的试纸。演示时，打开活栓，一会儿就可以看到试纸逐渐变红。



图 13-资-1

由于浸过酚酞溶液的试纸遇到氨气时会变成红色，所以这个现象就说明氨气分子扩散到试纸所在的烧瓶中。

2. 做功改变物体内能的演示仪

（1）实验目的

通过自制的演示仪，演示外力对物体做功使物体温度升高、内能增加；物体对外做功时把内能转化成机械能，物体本身温度降低、内能减小。

（2）实验器材

长 40 cm、宽 30 cm 的不锈钢底座、高约 50 cm 的支架、打气筒、储气罐、气体导管、阀门、小喷嘴、纸质小风车、温度传感器及显示器一套。

（3）实验方法

如图 13-资-2 所示，将温度传感器探头置于储气罐内部并密封。在储气罐上方接两根导管，一根与打气筒连接，另一根接阀门后再与小喷嘴相连。把储气罐固定在支


图 13-资-2

架上。在支架的上方固定一个纸质小风车，调整小喷嘴的位置，使喷嘴喷出的气体能使风车转动。这样，演示仪就制作成了。

在演示时，首先打开温度传感器的显示器，关闭阀门。然后，用打气筒向储气罐打气，就会看到显示器上温度示数上升，说明外力对气体做功，内能增加。当打气到一定程度后，打开阀门，被压缩的气体就会推动风车做功，此时可以看到显示器温度示数降低，说明罐内气体对外做功，气体内能减少。

湖南省邵阳县第十一中学　唐平多

3. 用量热器测量固体的比热容

（1）实验目的

学习用量热器测定物质的比热容，练习使用温度计和量热器。

（2）实验器材

量热器、圆柱体组、托盘天平（200 g）或学生天平、温度计（0～100 ℃）、酒精灯、石棉网、三脚架、量筒、线、水。

圆柱体组有三个外形尺寸完全相同的铁、铜、铝圆柱体。

（3）实验方法

1. 在烧杯内盛一些水，用酒精灯对烧杯内的水加热。

2. 将天平调节好，先称出一个圆柱体的质量 m_1。用线把圆柱体拴好后放入烧杯水中加热，放入时线头留在杯子外面便于手提（图 13-资-3）。

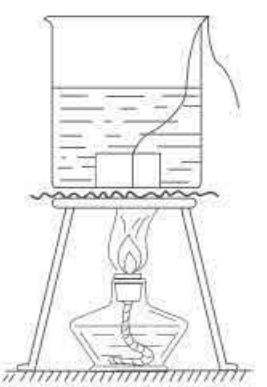


图 13-资-3

3. 用量筒量出 50～100 mL 的冷水，倒入量热器内筒里，将内筒放在外筒的木架上，从水的体积算出水的质量 m_2。并测出冷水的初温 t_0。

4. 待烧杯中水沸腾 5 min 后，测出开水的温度 t_1，此温度即是圆柱体混合前的初温。从烧杯中提起圆柱体，并抖去圆柱体表面的水滴，迅速放入内筒的冷水中。接着盖好盖子，一边搅拌一边观察温度计，记下最高温度，这就是混合后的温度 t_2。

5. 根据热平衡方程 $Q_{吸}=Q_{放}$ 计算出圆柱体的比热容 $c_1=\dfrac{m_2c_2(t_2-t_0)}{m_1(t_1-t_2)}$，式中 c_2 为水的比热容。

6. 用同样方法测出另外两个圆柱体的比热容。

【注意事项】

1. 从烧杯的沸水中提出圆柱体的时候，应在水面上抖一下甩掉圆柱体表面的水滴，但又不能停留时间过长，以免使它温度降低。把圆柱体放入内筒中的动作要快，但不要使水溅到外面。

2. 实验时，量热器不要靠近酒精灯，以免受酒精灯的烘烤而影响实验的结果。

3. 重复测比热容时，应将量热器内筒取出来，使量热器内温度降至室温后再实验。否则会影响实验结果的准确性。

4. 所用冷水温度最好略低于室温。这样，在圆柱体放入水中混合后温度接近室温，可减少热传递引起的实验误差。

5. 测混合温度时，应注意不使温度计的液泡与圆柱体接触。

（二）物理史话

1. 物质的原子论

我们怎么知道万物都由看不见的小粒子构成？

虽然古希腊人没有直接用显微镜观察原子的证据，但是德谟克利特的确拥有一些独到的间接证明。例如他论证说：因为我们能够在远处闻到面包香味，所以小的面包粒子一定从面包上脱落下来飘进了我们的鼻孔。他认为这些面包粒子与面包的原子有关。在今天，这仍是对气味的一种可接受的解释。但是，这个概念没有得到直接的观察结果的支持，因此，有许多科学家不相信原子的存在。

关于原子的第一个明确的证据是在 1800 年前后由化学家道尔顿发现的。道尔顿注意到，当某些物质化合生成别种物质时，它们总是按质量的简单比值相互结合。例如，当氢与氧结合生成水时，两种物质的质量比总是 1∶8。

在物质无限可分假说的基础上，难以理解为什么会有这样简单的比值。但如果物质是由原子构成的，那么就会有一个简单的解释。例如，如果 1 个氢原子和 1 个氧原子有一个简单的质量比，而且如果这些原子总以简单的比值结合成水，那么水中氢与氧的质量比也将是简单的数值。今天我们知道单个氢原子与单个氧原子的质量比为 1∶16，而且每个氧原子总是和两个氢原子结合生成水。所以，我们今天就明白了为什么质量比为 1∶8。

这样，原子论解释了道尔顿观察到的简单比值。然而，这证明了原子论吗？答案是没有！可能原子并不存在，可能对简单比值另有解释，甚至没有解释。一般的概念不能由观察结果证明，但观察结果能使它变得似乎更可信。

几十年后，植物学家布朗用显微镜观察到悬浮在液体中的花粉小颗粒无规律地动来动去，虽然液体本身没有可观察到的运动。他最初的假设是：这些花粉颗粒是活的。但是，悬浮在液体中的无生命的尘埃颗粒也同样无规律地动个不停，从而否定了这个假说。假设与理论虽然不能被证明，但是它们可以被否定。

布朗运动背后看不到的原因究竟是什么？将近 19 世纪末时，人们提出，原子的亚微观（在普通显微镜下看不见）运动引起布朗运动。这个想法认为，原子在不停地运动，而尘埃颗粒受到原子的冲撞。

1905 年，这个假说得到了一个当时还未出名的年轻物理学家的有力支持，他就是爱因斯坦。爱因斯坦的贡献是在理论方面，而非观察方面。他应用已经建立的理论，计算像尘埃颗粒这样的粒子（它们比原子大得多）受到运动原子的无规则撞击而乱冲乱撞的详细情况。

他给出了几个定量的（数值的）预言，例如尘埃颗粒聚集物由于液体中的无规则碰撞而散开的速率，即扩散的速率。这样的预言是能够通过测量检验的，实际上，它很快就得到了检验。测量结果与爱因斯坦的预言相符。这种定量的证据无可争辩。要么看不见的原子真的引起了布朗运动，要么爱因斯坦的计算极其幸运地碰巧给出所有的正确数值。在爱因斯坦的这一工作之后，科学家们不再对原子论提出疑问了。

摘自《物理学：基本概念及其与方方面面的联系》阿特·霍布森著，上海科学技术出版社，有改动

2. 气体动理论的发展

气体动理论（kinetic theory of gases，曾译“气体分子运动论”）认为物质由不停运动着的分子所构成，大量分子无规则热运动的统计平均效果可说明物质的宏观热性质。它是理解宏观与微观世界的桥梁。

伽利略、伽桑迪、培根和牛顿等人都接受并发展了原子论，特别是伽桑迪在原子论基础上，进一步假设物质中的原子可在各个方向上运动，从而解释了诸如物态变化等物理现象。

伯努利发展了伽桑迪等人的思想，他在 1738 年发表的论文《关于空气的弹性与重量学说的答辩》中论述了气体压强的碰撞理论。基于气体是由许多激烈运动的粒子构成的假设，他对一圆筒内气体的压强与体积的关系进行计算，推导出玻意耳定律的数学表达式。大约过了近一个世纪，1821 年，英国科学家赫拉帕司也独立地提出了类似理论。

伯努利和赫拉帕司的工作是早期气体动理论的重要成果，可惜由于当时热质说颇为流行，他们的工作未引起人们的重视而被搁置起来了。

1856 年，德国化学家柯尼希发表了一篇短文《气体理论原理》，粗略提出分子运动的假设，虽然他的论文与伯努利和赫拉帕司的工作相比，在内容上没有什么进步，但由于他是当时学术界的权威，他的论文给气体动理论带来了转机。

1857 年，克劳修斯在柯尼希的论文的激励下，把他以前关于气体运动论的所有设想整理成具体理论，并在一篇题为《论我们称之为热的运动的性质》的论文中加以论述。他在三个基本假设（气体分子本身体积与容器体积比可忽略、分子碰撞时间与连续两次碰撞的间隔时间比可忽略、分子间的作用力可忽略）下，计算分子对器壁碰撞的冲量，求出压强 $p=\dfrac{mnu^2}{3V}$（m 是分子质量；n 是分子数；u 是分子的共同速度；V 是容器体积），并由此导出理想气体定律。此外，还计算了分子的速率，定性解释了物质三态变化。

1859 年，麦克斯韦在《气体动理学理论的例证》一文中，假定分子是完全弹性球，导出了气体分子按速率的分布律。

知道了气体分子的速率分布函数，就可以求出有关物理量，了解多粒子系统的宏观行为。这正是统计力学的基本思想。这样，麦克斯韦把气体动理论推进到了一个新的重要阶段——经典统计力学。

1867 年，麦克斯韦为克服由其理论得出的黏滞系数对温度的依赖关系与实验不符的

困难，假定分子间的作用力与分子间距离的四次方成反比，从这个模型出发，他提出了气体输运过程的数学理论，导出了输运系数。

麦克斯韦所开创的事业，由于玻耳兹曼和吉布斯的工作，逐步建立起了完整的统计力学大厦。

到19世纪末，气体动理论的理论体系已基本完善，但它是否正确，还有待实验检验。众所周知，早在1827年，英国植物学家布朗观察到，几乎任何一种悬浮在水中的微粒都做无规则的、永不停顿的运动，即著名的布朗运动。1877年，德耳索指出，布朗运动是由于微粒受到的液体分子碰撞不平衡所引起的。1908年，皮兰通过多种精密实验研究布朗运动，证实了爱因斯坦和斯莫卢霍夫斯基分别于1905年和1906年独自提出的布朗运动理论，使气体动理论为大家所公认。

1920年，施特恩在历史上第一次用实验测定了分子的速率分布。我国科学家葛正权于1934年测定过铋蒸气分子的速率分布。但由于技术条件等方面的限制，实验结果与理论还有某种程度的距离。1956年，密勒和库什用钍蒸气的原子射线做实验，精确测定了分子按速率的分布，结果与麦克斯韦分布符合得十分好。这样，以确凿的实验事实证实了气体动理论，从而确立了其在自然科学中的地位。

（三）物理广角

1. 分子和分子动理论

学生在小学就已知道物质是由分子构成的，但到底什么是分子呢？按照化学的定义，分子是物质中独立地、相对稳定地存在并保持其构成和特性的最小微粒。其中“保持其构成和特性的最小微粒”中的特性，指的是化学性质，至于物理性质，如密度、比热容、熔点、沸点、电阻率、折射率等，都是从宏观上讲的，对于单个分子，这些都谈不上。

分子动理论中的分子与化学里的分子含义有些不同，是广义的分子，是从热运动的角度讨论的，包括化学中的分子、离子、原子。氯化钠（NaCl）是常见的离子晶体，氯离子和钠离子相互隔开，构成规则排列的立方晶体结构，对于氯化钠晶体而言，没有能够独立存在的“NaCl分子”。我们这里所讲的分子运动，指的是离子的运动。但并不能说“NaCl分子”根本不存在，当氯化钠晶体在一定情况下发生升华时，变成的气体是由氯化钠分子构成的。也就是说，氯化钠晶体升华过程，从微观角度看，挣脱周围粒子的束缚而逃逸出去的是NaCl分子，即一个氯离子和一个钠离子总是结合在一起而逃逸晶体，而不是单独逃逸的，气态的氯化钠是由分子构成的。

气体是物质各种状态中最简单的一种，用简化的分子模型处理气体问题，作出了令人满意的定量解释，这套理论称为气体动理论。而固体和液体则更为复杂，运用分子运动的理论定量解释固体和液体问题困难很多，但统计平均的思想和研究方法不但得到肯定，而且继续发展成为统计物理学。中学阶段并不涉及分子动理论的定量部分，只是初步介绍了它的三个基本观点，它们是：

(1) 物质由大量分子构成

这里的分子仍然是指构成物质的基本单元，是广义上的分子（即包括分子、离子、原子等）。中学阶段，包括初中和高中，讲“物质由大量分子构成”，强调的是“大量”，构成物质的分子数目“大量”，与分子的“小”是一致的。

(2) 分子永不停息地做无规则运动

分子的运动永不停息，并且运动无规则。扩散现象和布朗运动是分子做无规则运动的佐证。分子的运动与温度有关，温度越高，分子的运动越剧烈，因此称为“热运动”。分子运动的无规则，既体现在单个分子运动的无规则上，也体现在众多分子的运动的不均匀性上。

(3) 分子间存在着相互作用的引力和斥力

分子间是有相互作用力的，并且既有引力，又有斥力。当分子间的距离等于某一距离 r_0 时，引力和斥力大小相等，处于平衡位置；当分子间距离小于 r_0 时，引力和斥力都要增大，但斥力增大得更快，因此表现为斥力；当分子间距离大于 r_0 时，引力和斥力都要减小，但斥力减小得更快，因此表现为引力。

2. 分子间的作用力

分子是由原子构成的，原子是由带正电的原子核和带负电的电子构成的。分子力就是由分子中这些带电微粒的相互作用引起的，因此分子力的本质是电磁相互作用。

分子间作用力的规律比较复杂，一般采用简化的模型处理。常用的模型是假设分子间的作用力具有球对称性，近似地用下列半经验公式来表示：

$$F=\frac{\lambda}{r^s}-\frac{\mu}{r^t}\quad (s>t)$$

式中的 λ 和 μ 是大于 0 的恒量，r 为两个分子中心间的距离，s 和 t 都是正数。式中第一项是正的，代表分子间的斥力；第二项是负的，代表分子间的引力。图 13-资-4 中的两条虚线分别表示引力和斥力随距离而变化的情况，实线表示合力随距离变化的情况。

当 $r=r_0=\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{\frac{1}{s-t}}$ 时，分子间的引力和斥力大小相等，合力为 0。这一位置称为平衡位置。当 $r<r_0$ 时，引力和斥力虽然都随着距离的减小而增大，但斥力增大得更快，因而分子间的作用力表现为斥力；当 $r>r_0$ 时，引力和斥力虽然都随着距离的增大而减小，但斥力减小得更快，因而分子间的作用力表现为引力。这个合力（引力）随着距离的增大而迅速减小，当 r 的数量级大于 10^{-9}m 时，已经变得十分微弱，可以忽略不计了（图13-资-4）。

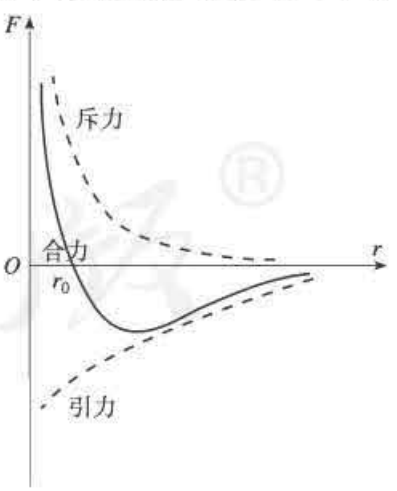


图 13-资-4

3. 分子热运动和扩散现象

气体分子热运动的速率很大，分子间极为频繁地互相碰撞，每个分子的运动轨迹都是

无规则的杂乱折线。温度越高，分子运动就越激烈。在 0 ℃时空气分子的平均速率约为 400 m/s，但是，由于极为频繁的碰撞，分子速度的大小和方向时刻都在改变，气体分子沿一定方向迁移的速率就相当慢，所以气体分子扩散的速率比气体分子运动的速率要慢得多。

固体分子间的作用力很大，绝大多数分子只能在各自的平衡位置附近振动，这是固体分子热运动的基本形式。但是，在一定温度下，固体里也总有一些分子的速度较大，具有足够的能量脱离平衡位置。这些分子不仅能从一处移到另一处，而且有的还能进入相邻物体，这就是固体发生扩散的原因。固体的扩散在金属的表面处理和半导体材料生产上很有用处。例如，钢件的表面渗碳法（提高钢件的硬度）、渗铝法（提高钢件的耐热性），都利用了扩散现象；在半导体工艺中也利用扩散法渗入微量的杂质，以达到控制半导体性能的目的。

液体分子的热运动情况跟固体相似，其主要形式也是振动。但除振动外，还会发生移动，这使得液体有一定体积而无一定形状，具有流动性，同时，其扩散速度也大于固体。

需要注意的是，扩散现象反映了分子的无规则运动，但是我们无法直接看见分子的无规则运动。在布朗运动中，像花粉这样悬浮在液体中的微粒所做的运动并不是分子的运动，而是由许多液体分子的撞击产生的微粒的运动，但是这些微粒运动的无规则性，间接地反映了液体分子运动的无规则性。在空气中，由于气流的运动情况复杂，因此，扩散成为一种比较复杂的过程，不能简单地用分子的热运动来解释。

4. 温度、内能和热量

温度：是用来表示物体冷热程度的物理量。从分子动理论观点看，温度是物体分子平均平动动能的标志。温度是大量分子热运动的集体表现，具有统计意义。对于个别分子来说，温度是没有意义的。

内能：在热学中，内能指物体内部所包含的总能量，包括分子无规则热运动动能，分子间的相互作用能。由于分子的动能跟温度有关，分子间的相互作用能跟分子间的距离有关，所以物体的内能跟温度、体积都有关系。

热量：指热传递过程中内能的改变量。因此，热量是一个过程量，与内能是一个状态量不同。在热传递过程中物体内能的变化不能用功来量度，只能用热量来量度。

功也是一个过程量，也可以改变内能，因此也是内能变化的量度。做功和热传递对于改变物体的内能是等效的，但两者是有区别的：做功（机械功）改变内能是物体有规则运动的能量转化为分子无规则运动的能量；热传递则是分子无规则运动的能量在物体间的转移。

第十四章
内能的利用

一、《课标》要求及课时建议

（一）《课标》要求

3.1.1　了解能量及其存在的不同形式。描述各种各样的能量和生产、生活的联系。

3.1.2　通过实验，认识能量可以从一个物体转移到另一个物体，不同形式的能量可以互相转化。

3.3.1　从能量转化的角度认识燃料的热值。

3.3.3　了解热机的工作原理。知道内能的利用在人类社会发展史上的重要意义。

3.5.1　知道能量守恒定律。列举日常生活中能量守恒的实例。有用能量转化与守恒的观点分析问题的意识。

3.5.2　从能量的转化和转移的角度认识效率。

（二）课时建议

第 1 节	热机	1 课时
第 2 节	热机的效率	1 课时
第 3 节	能量的转化和守恒	1 课时

二、编写意图

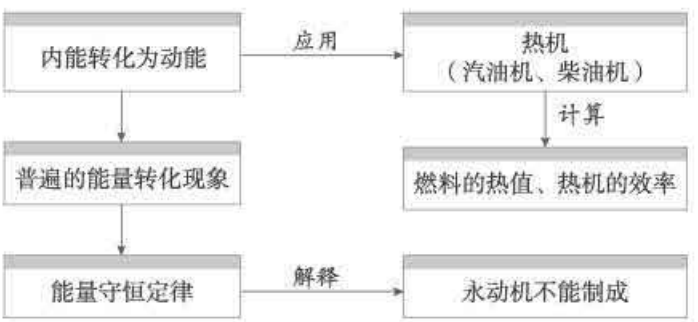
（一）本章概述

本章首先从内能转化的角度，在上一章做功改变内能的基础上，展示了如何利用内

能，从而引出了热机。之后，介绍了热机的分类并详细地介绍了汽油机的基本工作原理，并通过对比介绍了柴油机。在此基础上，又结合热机的工作过程，讨论了燃料的热值和热机的效率，热机的效率一方面是对热机性能的评估，另一方面也为能量的转化和守恒进行了铺垫。最后，在结合各种实际例子的基础上介绍了能量的转化，并进而给出能量守恒定律，从而使热学部分的知识组成一个有机的整体。

本章的章首图展示了一种蒸汽火车。蒸汽火车虽然已经被内燃机车和电力机车所替代，但是在人类发展的历史中起过重要的作用，并且其所代表的热机在现代社会中仍然有广泛的应用。因此，教材从蒸汽火车出发，并通过提问的方式引导学生思考热机是如何将内能转化成我们需要的能量的。这样的章首图不仅体现了本章的主题——热机，也通过提问的方式为本章的重点内容——能量的转化和守恒埋下了伏笔。

本章内容结构如下。



（二）从实际出发，认识热机

物理教科书的内容通常以物理知识为主，而热机的内容则更侧重于如何实现内能的利用。因此，本章内容与现代技术联系紧密，与实际生活密切相关。章首图的蒸汽机车和第一节节首图的火箭汽车（喷气发动机汽车），突出了本章所讨论的问题偏重技术这一特点。

1. 认识热机

作为热机最常见的应用之一，汽车对于学生来说并不陌生。速度极快的火箭汽车，反映了人类对于速度的不断追求，更容易引发学生的兴趣。因此，教科书首先给出了火箭汽车的图片，从汽车怎样获得机械能引入新课，结合上一章内能的学习，引导学生猜想到可能是内能转化为机械能。

在学生有了初步猜想以后，再通过演示实验直接证明消耗内能可以做功，直观地展示出热机中能量转化的基本过程，从而印证学生的猜想，并介绍了蒸汽机的基本工作原理。最后进一步引出热机的概念，并对其进行分类。由于内燃机应用十分广泛，教科书对这部分内容作了较详细的介绍。

2. 认识汽油机和柴油机

为了便于学生理解，教科书结合汽油机结构示意图简单介绍了汽油机的构造，只突出了那些为讲清工作过程所必须知道的部件。

之后，参照汽油机工作的四个冲程示意图，较为详细地介绍四冲程汽油机的基本工作过程，展示热机是如何实现做功的。汽油机工作的四个冲程，其目的是为了让热机能够连续工作，因此，我们既要关注热机工作中的能量转化等物理问题，也要注意工程技术的一些目的是如何实现的。学习汽油机四个工作冲程的过程，有助于帮助学生认识科学研究和实际技术的开发过程是不同的，认识科学如何应用于技术和技术如何促进科学发展，从而更加全面地理解 STS 的思想。

随着近年来柴油机技术的发展，其体积、噪声和污染较大等缺点都逐步得到了克服，越来越多的汽车也开始使用柴油发动机了。另外，柴油机的构造和工作原理与汽油机相似。基于这两点，教科书增加了柴油机的内容，采用与汽油机对比的方式，有利于知识的迁移。

（三）认识热机的效率，培养可持续发展的意识

《课标》要求“从能量的转化和转移的角度认识效率”。教科书通过让学生经历学习效率的过程，使其逐步自主体会《课标》中包含的可持续发展的思想。

在利用燃料做功的整个过程中，效率包括燃料的利用效率，也包括热机的效率。因此，教材从热值和热机的效率两部分展开。

首先通过“想想议议”引出热值的概念，并提供了一些燃料热值的资料。教科书安排在这里讲燃料及其热值，是因为燃烧燃料是为了获得内能，因此“烧掉一定的燃料最多可以产生多少热量”就成为要明确的问题。

在这个基础上再进一步思考效率的问题。通过“想想议议”引导学生思考发现，效率一方面包括有效利用燃料的效率，另一方面也包括热机的效率。正是有了热值这个理论上的“最大值”，才能进一步知道燃料完全燃烧所放出的能量中有效利用的能量所占的比值，从而知道燃烧的效率。最后，教材以内燃机为例，分析了热机效率不高的原因，从而也启示了提高热机效率的途径，并对实际可行的提高热机效率的途径作了简单的介绍。通过这个教学过程，学生对热机工作的过程中什么是效率、有哪些效率、如何提高效率有了系统的认识。

（四）全面认识能量守恒定律

能量守恒定律是物理学的基本定律之一，涉及各种能量，这一节是从能量观点对以前所学物理知识进行的一次综合。

为了让学生在各种不同自然现象之间建立联系，教科书首先通过学生自己动手做小实验感受其中能量的转化过程，进而通过各种例子明确能量的转化。教科书中描述各种能量

转化关系的图 14.3-1，并不要求学生将所有能量之间的转化关系都填满，在搜集和整理材料来填该图的过程中，会开阔学生的视野，增加对各种能量相互转化的认识。

能量守恒定律的提出基于学生对各种能量转化过程的认识。教科书通过“想想议议”栏目提出问题，引导学生分析出能量既不能凭空消灭，也不能凭空产生，只能相互转移和转化。科学研究的结论不能通过简单的一两次实验和对一些现象的分析得到证实，特别是能量守恒定律这样涉及各个领域、具有深远影响的科学定律。因此，教材在简单分析之后，通过“大量事实表明”来归纳能量守恒定律，并列举了一些例子阐述定律的普遍性和重要性。特别是最后通过永动机的例子，让学生通过分析思考，体会能量守恒定律的重要意义和价值。

此外，值得注意的是，在能量守恒定律的教学中，也会涉及电能、核能等学生后续才会学到的能量形式，甚至还有化学能这样其他学科涉及的能量形式。在这里出现，一方面是学生在小学科学或日常生活中已经对这些能量有所了解；另一方面，在学习了机械能和内能之后，在学习能量守恒的过程中，了解到其他形式的能量及其相互转化有助于学生对之后电能的学习，有助于对电动机、发电机涉及的能量转化形成整体的认识，从而降低学习难度。

三、教材分析与教学建议

第 1 节　热机

（一）教学目标

1. 知道热机的概念，初步了解热机的工作原理，体会内能的利用对人类发展的重要作用。

2. 了解汽油机的构造和工作过程。

3. 了解柴油机的构造和工作过程。

（二）教材分析与教学建议

从燃料的燃烧中获得内能是人类使用能量的主要来源，热机是一种广泛使用的动力设备，通过本节内容的学习，学生不仅可以学到一些有用的实际知识，还可以了解物理知识对解决实际问题的重要作用。教科书对于汽油机和柴油机都是从构造、工作过程和优缺点三方面来讲述的。构造只介绍了那些为讲清工作过程所必须知道的部件，优缺点只作了简

略介绍，工作过程讲得比较详细。本节内容由“热机”“汽油机”和“柴油机”三部分组成。

了解四冲程汽油机的基本工作原理是本节教学的重点，也是难点。

1. 热机

教材通过水蒸气冲开瓶塞的实验演示了内能转化为机械能的过程，使学生直观地观察到能量的转化，有利于学生的理解。从内能转化为机械能的应用引入热机，简单介绍了热机的概念和分类。对内燃机的工作原理和分类做了基本介绍，为后面重点学习汽油机和柴油机作好铺垫。

教学片段　利用内能做功

⊙ 演示实验　如教科书图 14.1-1，用酒精灯加热试管中的水（大约装$\frac{1}{3}$试管的水），水加热后产生大量水蒸气，橡胶塞受到水蒸气的压力而冲出去，水蒸气对橡胶塞做功，内能转化为机械能。（橡胶塞不要塞得太紧，以免试管炸裂）

⊙ 分析讨论　引导学生讨论分析上述实验过程。酒精燃烧释放出热量（化学能转化为内能），通过热传递将一部分内能转移给水，水的内能增加，温度升高，产生大量水蒸气。水蒸气越来越多，对瓶塞的压力越来越大，最后将瓶塞推出试管口，这就是水蒸气对瓶塞做功。同时，水蒸气的内能减小，温度降低，水蒸气液化成小水滴，在试管口可以观察到大量“白雾”。

此分析过程，不仅为学习热机的工作原理作了铺垫，对前面所学的知识也进行了很好的复习。但重点还是应放在内能转化为机械能上，强调利用内能来做功的机器就是热机。如果是水蒸气做功，我们就称之为蒸汽机。早期的火车就是利用蒸汽机来提供动力的。

但是现代生活中常见的汽车并不是靠水蒸气来提供汽车动力的，而是用汽油或柴油作为燃料。汽油或柴油燃烧后也会产生高温高压的燃气，燃气做功，内能转化为机械能。我们把燃料在发动机的汽缸内燃烧产生动力的热机称为内燃机。内燃机分为汽油机和柴油机，分别用汽油和柴油作为燃料。

2. 汽油机

由于学生没有接触过实际的汽油机，可以播放一段汽油机的视频，让学生有一些感性认识。教学中要充分利用汽油机教具模型、课件或图片，来介绍它的基本构造和名称，以及各部分结构在机器工作过程中的作用，教材中未提及的构造可以不作补充。要让学生了解四冲程汽油机的工作过程，对吸气、压缩、做功和排气的基本过程有所了解。强调在四冲程汽油机的四个冲程中，做功和压缩冲程中发生的能量转化。

教学片段　汽油机

播放内燃机的视频。

在屏幕上给出汽油机的结构示意图（在互联网上可查找到做得很精致的 flash 文件），结合实物模型。介绍各部分结构的名称和作用。

结合结构示意图，介绍冲程的概念，即活塞从汽缸的一端运动到另外一端的过程。

热机的核心是要利用内能做功，因此首先详细分析做功冲程：当火花塞产生电火花，使燃料燃烧，产生高温高压气体推动活塞向下运动，对外做功。

依次介绍压缩冲程、排气冲程和吸气冲程，了解活塞为什么能连续工作。

用动画演示汽油机的工作过程（或实物模型演示汽油机的工作过程）。

对汽油机工作过程进行总结（以表格形式展现）。

此教学片段设计，可以使学生对所学知识和内容有一个相对直观的了解。操作模型或动画一边运转一边讲解，特别要让学生认识到每一个冲程的能量转化情况。

在讲述四个冲程前，要交代清楚什么叫冲程。在讲述四个冲程时，可以提出一些问题让学生思考。吸气冲程中为什么能将汽油和空气的混合物吸进汽缸？（当活塞向下运动时，汽缸内气体的体积增大，气压变小，大气压把汽油和空气的混合物压进汽缸。）压缩冲程中压缩的是什么？压缩到最后会有什么结果？为什么？能量是如何转化的？（压缩冲程中，活塞压缩汽油和空气的混合物做功，使其内能增加，温度升高，这是一个机械能转化为内能的过程。）做功冲程中能量是如何转化的？（做功冲程中，燃料燃烧，燃料的化学能转化为燃气的内能，产生高温高压气体，推动活塞向下运动，燃气的内能转化为机械能。）排气冲程中是怎样将废气排出的？（当活塞向上运动时，汽缸内气体的体积变小，气压增大，当汽缸内的气压大于大气压时，废气被排出汽缸。）做功冲程将内能转化为机械能，从而使活塞运动，其他的三个冲程的运动是依靠飞轮的惯性来完成的。

在讲解完四个冲程的分解动作之后，要利用活动模型和动画将四个冲程连续起来，使学生了解四个冲程是周而复始的循环过程，说明每完成一个循环（经历四个冲程），活塞往复两次，曲轴转动两周，向外输出功一次。

3. 柴油机

教学片段　柴油机

给出阅读提纲：柴油机与汽油机在构造上有什么不同？柴油机的吸气冲程和汽油机的吸气冲程有什么不同？柴油机压缩冲程末的工作状态与汽油机有什么不同？为什么不能使用和汽油机相同的点火方式？柴油机中的能量转化与汽油机中的能量转化相同吗？等等。

给出柴油机的结构示意图和实物模型。

用动画演示柴油机的工作过程（或用实物模型演示柴油机的工作过程）。

学生总结柴油机工作过程（以表格形式展现）。

学生分析汽油机和柴油机的结构和工作过程的异同（以表格形式展现）。

有了汽油机作为基础，可以让学生对照模型和动画图片，阅读课文，自主学习柴油机的工作原理，尝试用自己的语言描述柴油机的结构和工作状态，引导学生将汽油机和柴油机的主要结构和四个冲程加以比较，这样做既完成了知识的学习，又培养了学生的自学能力，通过对比记忆还能使学生印象更深刻。

最后可以简单介绍，柴油机功率大于汽油机，但体积大，比较笨重，主要用于所需功率较大的机械，如载重汽车、轮船、火车、坦克，等等。但随着近年来柴油机技术的发展，其体积、噪声和污染等方面的缺点都逐步得到了改善，越来越多的小汽车也开始使用柴油发动机了。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. 除了飞机、汽车、摩托车外，还有轮船、拖拉机、收割机、推土机、压路机、坦克等都使用了热机，这些热机都是内燃机。火车可分为电力机车、内燃机车和蒸汽机车，其中内燃机车使用的是内燃机。

2. 压缩、做功、排气冲程中活塞和曲轴的位置和进气门、排气门的开闭情况如图14.1-1所示。

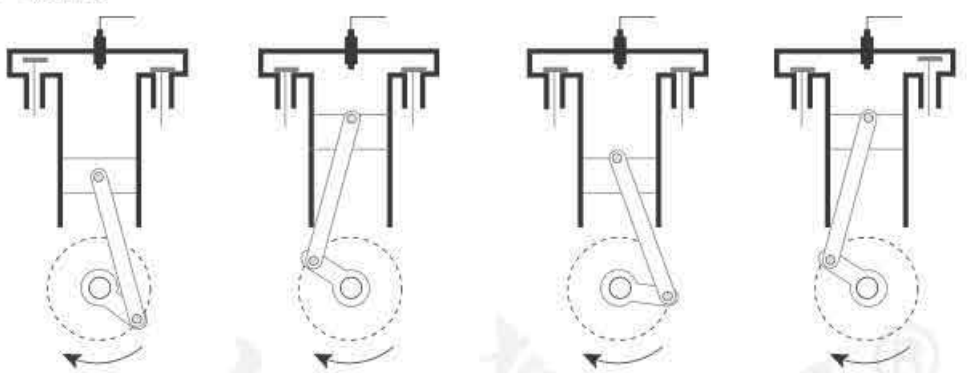


图 14.1-1

提示：

压缩冲程：进气门、排气门关闭，活塞向上运动，曲轴的位置如图乙所示。

做功冲程：进气门、排气门关闭，活塞向下运动，曲轴的位置如图丙所示。

排气冲程：进气门关闭，排气门打开，活塞向上运动，曲轴的位置如图丁所示。

3. （1）做功冲程中，燃料燃烧，化学能转化为内能。

（2）做功冲程中，内能转化为机械能。

（3）压缩冲程中，机械能转化为内能。

4. 汽油机和柴油机的工作过程的相同点和不同点如下表所示。

工作过程	异同点	汽油机	柴油机
吸气冲程	不同点	吸入汽缸内的是空气和汽油的混合物。	吸入汽缸内的只是空气。
	相同点	进气门打开，排气门关闭。	
压缩冲程	不同点	燃料空气混合物被压缩，燃气体积小，压强大，温度高。	空气被压缩得更厉害，空气体积更小，压强更大，温度更高。
	相同点	机械能转化为内能，两个气门都关闭。	
做功冲程	不同点	火花塞产生电火花，使燃料燃烧，点燃式。	喷油嘴喷出雾状柴油，遇热空气燃烧，压燃式。
	相同点	内能转化为机械能，两个气门都关闭。	
排气冲程	相同点	进气门关闭，排气门打开排出废气。	

（四）补充练习

1. 热机是利用_____能做功的机械。热机的种类有蒸汽机、_____、汽轮机、_____等。

答案：内；内燃机；喷气发动机

2. 内燃机有四个工作冲程，如图 14.1-2 所示是内燃机的_____冲程，活塞上升时，汽缸内气体的内能_____（选填“减少”或“增加”），_____能转化为_____能。

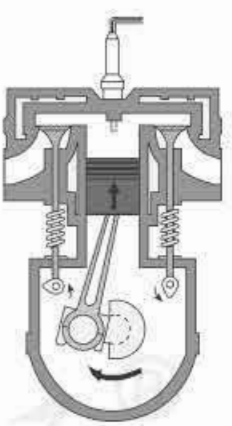


图 14.1-2

答案：压缩；增加；机械；内

提示：从图中可以看出进气门和排气门都是关闭的，活塞向上运动，所以是压缩冲程。压缩冲程活塞向上运动，压缩气体，使气体的体积减小、温度升高、机械能转化为内能。

3. 内燃机的一个工作循环由_____、_____、_____、_____四个冲程组成。一台某型号单缸四冲程汽油机的飞轮速度是 1 200 r/min，则汽油机每秒钟对外做功_____次。

答案：吸气；压缩；做功；排气；10

提示：一个工作循环包括四个冲程，曲轴转动二周，对外做功一次。

$$\frac{1\,200\ \mathrm{r}}{1\ \mathrm{min}}=\frac{1\,200\ \mathrm{r}}{60\ \mathrm{s}}=\frac{20\ \mathrm{r}}{1\ \mathrm{s}},\ \frac{20\ \mathrm{r}}{2\ \mathrm{r}}=10$$

4. 关于热机，下列说法中正确的是（　　）

A. 汽油机顶部有喷油嘴，柴油机顶部有火花塞

B. 柴油机在吸气冲程中，将柴油和空气的混合气吸入汽缸

C. 汽油机和柴油机除了做功冲程外，其他三个冲程都是依靠飞轮的惯性完成的

D. 改进技术后，热机的效率可以达到100%

答案：C

提示：汽油机顶部是火花塞，而柴油机顶部是喷油嘴；柴油机的吸气冲程，吸入汽缸的是空气。无论怎样改进技术，只能使能量的损失减小，而不可能避免能量的损失，所以热机效率不可能达到100%。内燃机四个冲程中，只有做功冲程是对外做功的，内能转化为机械能，其他三个冲程都是靠飞轮的惯性完成的。

第2节　热机的效率

（一）教学目标

1. 从生活中体会不同燃料燃烧释放热量的本领不同，建立热值的概念。
2. 能简单计算燃料燃烧放出的热量。
3. 能说出热机工作时燃料释放能量的主要流向，知道什么是热机效率。

（二）教材分析与教学建议

本节内容是上一节内燃机知识的延续，通过本节课的学习，可以使学生认识到内燃机工作时，燃料燃烧放出的热量并不能全部被利用，这样对内能的利用有一个更全面的认识，并为下节能量的转化与守恒作好准备。本节内容由“燃料的热值”和“热机的效率”两个部分组成。

燃料的热值和热机的效率都是本节内容的学习重点，难点是对热机效率的理解。

1. 燃料的热值

燃烧是生活中常见的现象，人们利用燃料燃烧来取暖、煮饭，热机也是利用燃料燃烧来获得动力的。燃料在燃烧过程中把化学能转化为内能。建议从日常生活中常见的燃料引入，让学生认识到不同的燃料燃烧释放热量的能力是不一样的，即热值是不同的。正确区分热值与热量，从定义、单位、意义方面区分。

《课标》要求从能量转化的角度认识燃料的热值，侧重于通过热值认识化学能和内能的转化，因而在教学中不宜对热值进行过难的计算。另一方面，热值本身并不是物理学名词，而是工业标准中的一个名词，甚至没有专门的物理量符号。其定义也是根据燃料的状态不同而不同（分别用质量或体积定义），因而也就没有统一的公式。如果分别用质量和体积定义再给出计算公式，就大大增加了教学的内容。因此教材中仅仅是通过列表的方式给出热值的大小，再让学生根据单位进行简单的乘法计算。当然，在实际教学中，可以根据各地的教学要求和学生的情况适当增加教学的内容。

教学片段　燃料的热值

⊙ 提出问题　日常生活中，常见的燃料有煤、木柴、天然气、液化气、酒精、汽油、柴油，在农村还有农作物的秸秆，有些地区还用牛粪作为燃料。若一个四口之家使用不同的燃料供家庭使用，如烧水、做饭等，请同学们估计，一个月如果使用木柴需要多少千克？如果使用煤（蜂窝煤）需要多少千克？如果使用液化气需要多少千克？如果使用秸秆需要多少千克？分析讨论得出：约需要木柴 200 kg，煤 90 kg，液化气 30 kg，秸秆 400 kg。使用不同的燃料，消耗量是不同的，这是什么道理呢？（可以配合图片）

⊙ 分析论证　不同的燃料燃烧释放热量的能力是不一样的。根据实验发现 1 kg 的煤燃烧释放出的热量是 1 kg 木柴燃烧释放出的热量的两倍多。

⊙ 提出问题　怎么比较燃料燃烧放出热量的能力呢？可以采取比较物体密度大小的方法：所有物体都取 1 m^3，比较它们质量的多少。把所有燃料都取 1 kg，让它们完全燃烧，比较它们放出热量的多少。

⊙ 分析论证　我们把某种燃料完全燃烧放出的热量与其质量之比，叫作这种燃料的热值。热值在数值上等于 1 kg 某种燃料完全燃烧放出的热量。

在用煤烧火时，会发现烧完后，还会有残留的煤块。用酒精烧火时，能闻到酒精的气味，说明有一部分酒精还没有燃烧就散发到了空气中。这些情况都称为不完全燃烧，在实际中燃料都很难做到完全燃烧。但在对热值的定义中是指燃料完全燃烧放出的热量，是实际燃烧中很难达到的一种状态，这一点要引起注意。

请同学阅读教科书中的小资料，了解一些燃料的热值。

说出热值的单位和意义，注意液体、固体、气体燃料的热值单位的区别。汽油的热值是 4.6×10^7 J/kg，物理意义是：1 kg 的汽油完全燃烧，放出的热量是 4.6×10^7 J。煤气的热值约为 3.9×10^7 J/m^3，物理意义是：1 m^3 的煤气完全燃烧，放出的热量是 3.9×10^7 J。

这是个常规的物理概念教学片段，从生活中学生熟悉的情境切入教学，真实自然，符合学生的认知规律。热值是初中阶段又一个用比值法定义的物理量。可以借助前面学习过的比值法定义速度、密度的方法，引导学生分析思考，尽可能地让学生自己总结得出热值的概念。

教学片段　燃料完全燃烧的放热公式

⊙ 提出问题　2 kg 的汽油完全燃烧放出的热量是多少焦？

$$2\ \text{kg}\times4.6\times10^7\ \text{J/kg}=9.2\times10^7\ \text{J}$$

质量为 3 kg 的汽油完全燃烧放出的热量是多少焦？

$$3\ \text{kg}\times4.6\times10^7\ \text{J/kg}=1.4\times10^8\ \text{J}$$

⊙ 分析论证　质量为 m 的某种燃料完全燃烧放出的热量是多少焦？

$$Q=mq$$

m 表示质量，单位是 kg。q 表示热值，单位是 J/kg。Q 表示燃料燃烧放出的热量，单位是 J。

同样的道理，如果某燃料的热值单位是 J/m^3，则体积为 V 的这种燃料完全燃烧放出的热量是多少焦？

$$Q=Vq$$

在教科书中，未直接给出燃料完全燃烧的计算，在教学中不宜进行过难的补充。后续内容有热效率的学习，对燃料燃烧放出热量的计算有所涉及。在这里可以让学生在理解热值概念的基础上，推导归纳燃料完全燃烧的放热公式：$Q=mq$ 或 $Q=Vq$，只要求简单直接应用公式，或只作一次公式变形的应用，重在对公式物理意义的理解，不提倡进行繁难的计算。

2. 热机的效率

教师可以利用教科书中热机的能流图启发学生思考：在内燃机中燃料燃烧产生的能量到哪里去了？学生的回答可能不完整，教师要引导学生分析：在内燃机中燃料燃烧产生的所有热量中，有用的机械能只占其中的一部分，损失的能量是哪些？在此基础上引出热机效率的概念，然后联系实际情况，简单分析提高热机效率的方法。

教学片段　热机的效率

⊙ 提出问题　用煤气灶烧水时，煤气能完全燃烧吗？煤气燃烧放出的热量能全部被水吸收吗？

⊙ 分析讨论　煤气不能完全燃烧，损失了一部分能量，装水的容器吸收了一部分能量，煤气灶本身也会吸收一部分能量，高温的烟气带走了一部分能量，还有一部分能量直接散失掉了，等等。水吸收的热量只占煤气完全燃烧放出热量的一部分，只有水吸收的热量才是被有效利用的。

⊙ 分析讨论　引导学生总结得出热效率的概念：吸收的能量占燃料完全燃烧放出能量的比值。

热机也有类似的情况，让学生讨论分析。汽油在汽缸内不能完全燃烧，损失了一部分能量，机械装置吸收了一部分能量，废气带走了一部分能量，由于机械传动等克服摩擦消耗了一部分能量，等等。真正转变为对外做有用功的能量只是燃料燃烧所释放能量的一部分。只有对外做有用功的能量是被有效利用的。

⊙ 分析讨论　引导学生得出热机效率的概念：用来做有用功的那部分能量，与燃料完全燃烧放出的能量之比，叫作热机的效率。

简单介绍蒸汽机、汽油机和柴油机的效率。

对于热机效率的问题学生很陌生，但学生对日常生活中的热效率问题却比较熟悉。因此可以先讨论生活中的热效率再过渡到热机效率。使知识的过渡相对平稳，不至于出现难度较大提升的情况。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. 人上楼克服重力做的功

$$W_{人}=Gh=mgh=60\ \text{kg}\times 10\ \text{N/kg}\times(10\times 3)\ \text{m}=1.8\times 10^{4}\ \text{J}$$

$$Q_{油放}=W=1.8\times 10^{4}\ \text{J}$$

由 $$Q_{油放}=mq$$

得 $$m=\frac{Q_{油放}}{q_{油}}=\frac{1.8\times 10^{4}\ \text{J}}{4.6\times 10^{7}\ \text{J/kg}}=3.9\times 10^{-4}\ \text{kg}=0.39\ \text{g}=390\ \text{mg}$$

390 mg 只相当于一粒药片的质量。

2. $$Q_{柴放}=Q_{油放}$$

$$m_{柴}\,q_{柴}=m_{油}\,q_{油}$$

$$\frac{m_{柴}}{m_{油}}=\frac{q_{油}}{q_{柴}}=\frac{4.6\times 10^{7}\ \text{J/kg}}{1.2\times 10^{7}\ \text{J/kg}}=3.8\ \text{倍}$$

3. 每辆汽车做有用功所需燃油 $1.8\ \text{t}\times 30\%=0.54\ \text{t}$

内燃机效率提高后为 $30\%+1\%=31\%$

效率提高后所需燃油量 $\frac{0.54\ \text{t}}{31\%}\approx 1.74\ \text{t}$

每辆车每年节约燃油 $1.8\ \text{t}-1.74\ \text{t}=0.06\ \text{t}$

10 亿辆车每年节约燃油 $10^{9}\times 0.06\ \text{t}=6\times 10^{7}\ \text{t}$

4. 减少有害气体的排放量，降低对空气的污染。

减少燃料的消耗，节约能源。

（四）补充练习

1. 关于燃料的热值，下列说法中正确的是（　　）

A. 容易燃烧的燃料，热值一定大

B. 煤的热值大于干木柴的热值，煤燃烧放出的热量一定比木柴燃烧放出的热量多

C. 燃料的热值与燃料是否完全燃烧无关

D. 为了提高锅炉的效率，一定要用热值高的燃料

答案：C

提示：根据热值的定义可知，每种燃料都有自己的热值，燃料不同，其热值一般是不同的，而与燃料是否完全燃烧、是否容易燃烧无关，所以 A 选项不正确，C 选项是正确的；燃料燃烧放出的热量，除了与燃料种类有关外，还与燃料的质量有关，B 选项中未说

明燃料的质量是否相同，所以不正确；锅炉效率是锅炉向外传递的热量与燃料完全燃烧放出的热量之比，与锅炉的结构、燃料是否充分燃烧有关，与燃料种类的选取无关，所以 D 选项不正确。

2. 用烟煤烧水时，将 10 kg 的水从 20 ℃加热到 100 ℃，燃烧了 1.4 kg 的烟煤。水的比热容是 4.2×10^3 J/（kg·℃），烟煤的热值约为 3×10^7 J/kg。试求：

（1）水吸收的热量是多少？

（2）1.4 kg 的烟煤完全燃烧放出的热量是多少？

（3）热效率是多少？

（4）分析热效率不高的两种原因。

解析：

（1）$Q_{吸}=cm\Delta t=4.2\times10^3\ \text{J/(kg·℃)}\times10\ \text{kg}\times(100-20)\ ℃=3.36\times10^5\ \text{J}$

（2）$Q_{放}=mq=1.4\ \text{kg}\times3\times10^7\ \text{J/kg}=4.2\times10^7\ \text{J}$

（3）$\eta=\dfrac{Q_{吸}}{Q_{放}}\times100\%=\dfrac{3.36\times10^6\ \text{J}}{4.2\times10^7\ \text{J}}\times100\%=8\%$

（4）热效率不高的原因有：烟煤没有完全燃烧，热传递的过程中有热量损失等。

3. 关于热机的效率，下列说法中正确的是（　　）

A. 热机做的有用功越多，效率就一定越高

B. 热机的功率大，效率就一定高

C. 热机消耗的燃料越多，效率就越低

D. 以上说法都不正确

答案：D

提示：热机效率是指热机用来做有用功的能量与燃料完全燃烧所释放的能量的比值。所以 A、B、C 三种说法都不正确。

4. 如图 14.2-1 所示为内燃机的能量流向图，热机效率 η 等于（　　）

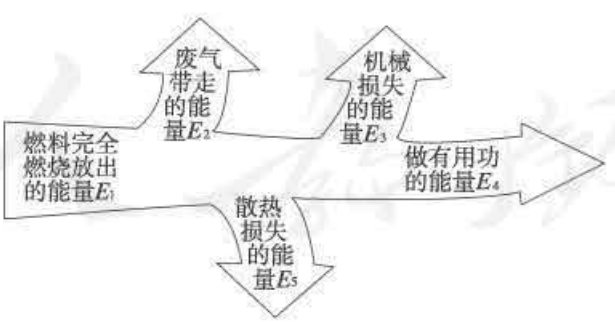


图 14.2-1

A. $\dfrac{E_4}{E_1}\times100\%$

B. $\frac{E_1}{E_4}\times 100\%$

C. $\frac{E_4}{E_2+E_3+E_5}\times 100\%$

D. $\frac{E_4}{E_1+E_2+E_3+E_4+E_5}\times 100\%$

答案：A

提示：热机效率是指热机用来做有用功的能量与燃料完全燃烧所释放的能量的比值。

第 3 节　能量的转化和守恒

（一）教学目标

1. 了解能量及其存在的多种形式。

2. 知道能量的转移和转化，能解释一些常见现象中的能量转化过程。

3. 理解能量守恒定律，有用能量守恒定律的观点分析物理现象的意识，体会能量守恒定律的普适性。

（二）教材分析与教学建议

本节以能量为线索，通过图表的形式介绍自然界中各种形式的能量和能量的转移和转化，通过“想想议议”的提问和讨论，让学生对能量的转化有一个感性认识，最后突出能量守恒定律及其应用的重要性。本节介绍的能量的转化与守恒与日常生活息息相关，是自然科学的核心内容之一，从更深层次反映了物质运动和相互作用的本质。学习这部分内容对学生树立科学的世界观，形成可持续发展的意识以及进一步学习其他科学技术都是十分重要的。本节内容由“能量的转化”和“能量守恒定律”两部分组成。

让学生理解能量守恒定律是本节的重点，也是难点。

1. 能量的转化

建议先从学生熟悉的能量入手，如机械能、内能、电能、光能等，再扩展到化学能、核能等。同时结合图片来加深学生对能量形式的理解。

能量的转化是本节内容的一个难点，学生只熟悉一部分能量的转化，如机械能转化为内能，内能转化为机械能，电能转化为内能，电能转化为机械能，机械能转化为电能，等等。教学中要注意帮助学生对不太熟悉的能量转化有所了解，如：化学能和电能之间的相互转化，最好让学生举出实际例子，便于学生加深印象和理解。

教学片段　能量的转化

给出风能—太阳能路灯视频或图片（可以在互联网查找），并作简单介绍。

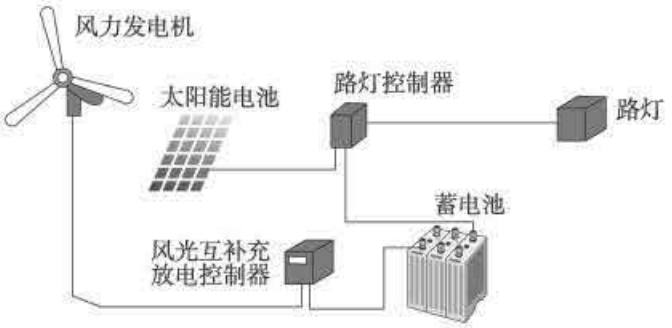


图 14.3-1

请同学们分析：风能—太阳能路灯中涉及哪些形式的能量？这些不同形式的能量是如何转化的？

太阳能电池可以把太阳能（光能）转化为电能。风力发电机可以把风能转化为电能。给蓄电池充电是把电能转化为化学能。蓄电池放电时是把化学能转化为电能。灯发光是把电能转化为内能和光能。

能量以多种形式存在于自然界中，除了我们生活中常见的，还有风能、核能、潮汐能、地热能，等等。

请同学们做一做教科书中的“想想做做”，分析它们的内在联系。能量是可以在不同形式间转化的。请同学们看教科书图 14.3-1，不同形式的能量在一定条件下相互转化，请同学们讨论后补充一些实例。

能量是物理学中最重要的概念之一，比较抽象，但因为学生在前面学习过机械能，此时的教学难度有所降低。此教学片段所选取的情境，使各种形式的能尽量形象化，让学生有较为直观的感觉。学生看似很熟悉的路灯，但没有认真观察和思考过，里面又有很多不太明白的知识，利用路灯引起学生的兴趣，调动起他们的学习欲望。课堂教学时，可以让学生动手做些小实验。让学生观察实验所发生的现象，找出这些现象之间的联系。引导学生分析得出在这些实验中发生了哪些能量转化。教学时可以重点分析摩擦生热，说明摩擦是机械运动现象，生热是热现象，摩擦能够生热，说明机械运动现象和热现象有联系，在这个过程中，机械能转化成了内能。然后让学生列举一些能量转化的实例。在此基础上，教师告诉学生：科学家经过长期探索，发现各种现象变化常常存在着能量的转化。

教材图 14.3-1 是能量转化过程的示意图，要让学生通过此图对能量转化有一个充分讨论后再填写，不要强调答案的统一，只要学生认真思考，合理就行。通过此图要让学生对能量转化有一个具体的理解。例如，摩擦可以把机械能转化为内能，发电机可以把机械

能转化为电能，火力发电站可以把内能转化为电能，太阳能电池可以把光能转化为电能，电动机可以把电能转化为机械能，植物的光合作用可以把光能转化为化学能，炽热的铁水可以把部分内能转化为光能，蓄电池在充电时可以把电能转化为化学能，等等。不需要把所有过程都讲全，学生能举出一些实例说明各种能量之间可以相互转化就可以了。

2. 能量守恒定律

在学生知道各种能量之间可以相互转化的基础上，需要组织和指导学生做好实验，让学生理解能量的转化和守恒。讲解能量守恒定律时，要突出定律的物理意义，即突出“转化”和“守恒”。

教学片段　机械能守恒实验

⊙ 实验演示　如图 14.3-2 所示，左边的小球撞击后静止了，右边的小球向右摆动。当右边的小球撞击后静止时，左边的小球向左摆。左边的小球在撞击的过程中把自己的机械能转移到右边的小球上。

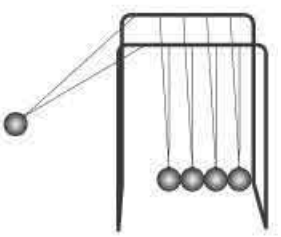


图 14.3-2

⊙ 分析论证　能量会发生转移。在发生能量的转移，能量从一个物体转移到另一个物体的过程中，能量的形式是不变的。从实验中可以观察到，左右小球摆动起来的幅度基本上是相同的，也意味着左边小球的动能基本上转移到了右边的小球上。一个小球的动能减少了，另一个小球的动能增加了。

⊙ 提出问题　经过较长时间以后就会发现，小球摆动的幅度会越来越小，到最后会静止下来。那么，能量是不是消失了呢？还是从动能转化成了其他形式的能？由于小球在静止状态时的高度并没有变化，所以势能并没有增加，那么消失的动能转化成了什么能呢？参看教材图 14.3-2，掉在地上的弹性小球会跳起来，可是弹起的高度却越来越低，小球的机械能也是在逐渐减少的。这个例子中减少的能量又去了哪里？

⊙ 分析论证　这些能量并没有消失！弹性小球在弹起来的过程中，小球的动能转化成了重力势能。但是，小球在空气中运动和与地面碰撞的过程中，都会产生热量。因此，一部分机械能转化成了小球与空气的内能，机械能就减小了，因而弹起的高度越来越低。实验中摆动的小球也是因为同样的道理，最后静止了下来。

⊙ 总结　通过科学家的长期研究，大量的事实表明：能量既不会凭空消灭，也不会凭空产生，它只会从一种形式转化为其他形式，或从一个物体转移到其他物体，而在转化和转移的过程中，能量的总量保持不变。这就是能量守恒定律。

此教学片段也可以从学生很熟悉的玩具——撞击的小球和溜溜球入手，让学生觉得很亲切的同时激发学生的学习兴趣，同时把较抽象的能量的概念直观化，也便于学生更好理

解。引导学生观察实验过程中的物理现象和分析物理规律，总结归纳出结论。

教学时还应向学生强调定律的普遍性和重要性。可以向学生介绍这个定律与发现细胞、进化论一起被恩格斯誉为19世纪自然科学的三大发现，以引起学生对这个定律的重视。教学中还可以进一步展开说明人的一切活动，包括生活和生产活动，都含有能量的转化和转移问题，自然界的任何实际变化，也都含有能量的转化和转移问题。因此，能量守恒定律就成为最重要的自然科学规律之一了。

作为能量守恒定律的直接应用，教材说明了永动机是不可能实现的。可以让学生结合教材图14.3-3，从能量守恒定律的角度说明，水从高处落下的动能，即使全部通过抽水机抽水转化成水的势能，但由于能量守恒，也不可能提供额外的能量对外做功。因此，永动机是不可能制造出来的。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. 扣动扳机后，火药燃烧的过程，化学能转化为内能；子弹从枪膛中射出的过程，部分内能转化为机械能；子弹在飞行的过程中和空气摩擦，部分机械能转化为内能；子弹在空中下落的过程，重力势能转化为动能；最后，子弹下落陷在土地中的过程，机械能转化成内能。

2. • 太阳能电池把其接收到的太阳能的16%转化成电能
   • 电动机把其消耗掉的电能的83%转化成机械能输出
   • 锂电池把其消耗掉的电能的99%转化成化学能储存起来
   • 柴油机把柴油燃烧时释放的能量的35%转化为机械能
   • 电热水器把其消耗的电能的87%转化成了水的内能

3. 水的体积为 $V=40\ \mathrm{L}=40\ \mathrm{dm}^3=0.04\ \mathrm{m}^3$

水的质量为 $m=\rho V=1\times10^3\ \mathrm{kg/m}^3\times0.04\ \mathrm{m}^3=40\ \mathrm{kg}$

水吸收的热量 $Q_{吸}=cm\Delta t=4.2\times10^3\ \mathrm{J/(kg\cdot℃)}\times40\ \mathrm{kg}\times(40-15)\ ℃=4.2\times10^6\ \mathrm{J}$

天然气的体积 $V=2\ 366.05\ \mathrm{m}^3-2\ 365.89\ \mathrm{m}^3=0.16\ \mathrm{m}^3$

天然气燃烧释放热量 $Q_{放}=Vq=0.16\ \mathrm{m}^3\times3.2\times10^7\ \mathrm{J/m}^3=5.12\times10^6\ \mathrm{J}$

热水器的效率 $\eta=\dfrac{Q_{吸}}{Q_{放}}\times100\%=\dfrac{4.2\times10^6\ \mathrm{J}}{5.12\times10^6\ \mathrm{J}}\times100\%=82\%$

4. 人能进行机械运动，食物提供的化学能还可以转变为人的机械能。另外，人体内会产生微弱的生物电流，所以食物提供的化学能还可以转变为电能。

科学报告：略。

（四）补充练习

1. 跳伞运动员跳离飞机，当降落伞张开后，他匀速下降，此时他的重力势能将____，

他的动能将_____。(选填“增大”“减小”或“不变”)

答案：减小；不变

提示：重力势能的大小与物体的质量和高度有关，动能的大小与物体的质量和速度有关。跳伞运动员匀速下降时，高度在降低，所以重力势能在减小；但是运动员的速度不变，质量也不变，所以动能不变。

2. 图 14.3-3 所示的是一种新型节能路灯。它“头顶”小风扇，“肩扛”太阳能电池板。关于此节能路灯的设计，解释合理的是（　　）



图 14.3-3

A. 太阳能电池板将太阳能转化为电能

B. 小风扇是用来给太阳能电池板散热的

C. 小风扇是风力发电机，将电能转化为机械能

D. 蓄电池在夜晚放电时，将电能转化为化学能

答案：A

3. 如图 14.3-4 所示，当人从高空落到蹦床上时，使蹦床变形，这一过程中，人的_____能转化为_____能。人从弹跳起到上升至最高点的过程中，_____能逐渐增大，_____能逐渐减小。

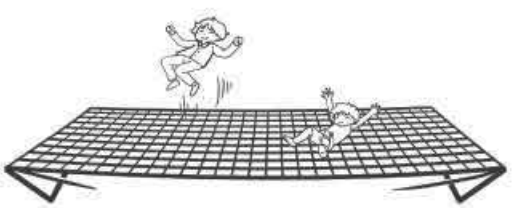


图 14.3-4

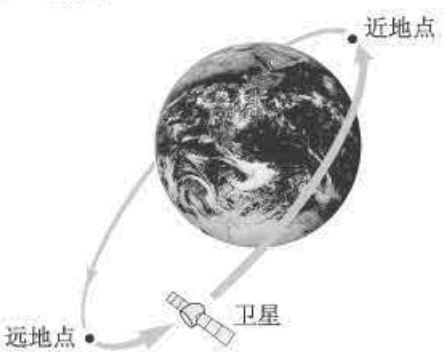


图 14.3-5

答案：动；弹性势；重力势；动

4. 如图 14.3-5 所示，人造卫星沿椭圆轨道绕地球运行，当它由近地点向远地点运行时，卫星的动能____，卫星的势能_____。(两个空均选填“增大”“减小”或“不变”)

答案：减小；增大

四、教学资源

（一）实验天地

1. 酒精灯燃料的利用率

（1）实验目的

通过酒精灯烧水的实验，了解燃料在燃烧时被有效利用的热量是较少的，认识提高燃料利用率的重要性，进一步熟悉热量和热值的物理意义。

（2）实验器材

酒精灯、方座支架、三脚架、泥三角、废易拉罐（或废罐头盒）、搅拌器、温度计（0～100 ℃）、火柴、托盘天平（200 g）、水。

（3）实验方法

1. 首先在天平上称出废易拉罐（或废罐头盒）的质量 m_1，然后加入质量为 m_2 的清水。

2. 在天平上称出酒精灯的初始质量为 m_3。

3. 用温度计量出水的初温为 t_1。

4. 将三脚架放在酒精灯上，泥三角放在三脚架上，再放上盛水罐，点燃酒精灯（图 14-资-1）。温度计挂在方座支架的横杆上，当温度上升时，用搅拌器搅动水，水温升高约 20 ℃时，移开并马上熄灭酒精灯，记下水的终温 t_2。



图 14-资-1

5. 用天平称出熄灭后的酒精灯的质量 m_4。

6. 计算水在加热过程中所吸收的热量 Q_1，这是被有效利用的热量，$Q_1=c_1m_2(t_2-t_1)$。其中 c_1 为水的比热容，$c_1=4.2\ \mathrm{J/(g\cdot ℃)}$。

7. 计算燃烧的酒精所放出的热量 Q。查表可知酒精的热值为 $q_{酒精}=3.0\times10^4\ \mathrm{J/g}$，实验中烧掉的酒精质量为 (m_3-m_4)，因此 $Q=q_{酒精}(m_3-m_4)$。

8. 因此可得出酒精灯在烧水过程中的燃料利用率为

$$\eta=\frac{Q_1}{Q}\times100\%。$$

9. 分析热量损失的原因。

提示：酒精灯在燃烧的过程中，火焰除了加热盛水罐外，也加热了周围的空气，空气

的对流带走了一些热量。同时火焰的热辐射也直接损失了一些热量。酒精在燃烧时，有少量的酒精变成蒸气挥发掉了，而水在被加热的过程中，也有少量的水变成水蒸气带走了一些热量。另外，三脚架和盛水罐也带走或辐射了一些热量。

2. 蒸汽机原理的演示

（1）实验目的

了解蒸汽机的工作原理。

（2）实验器材

铜质喷管、球形磁铁、圆底烧瓶、酒精灯、石棉网、铁架台。

（3）实验方法

如图 14-资-2 所示，将 $D=6$ mm 铜管焊接成“十”字形喷管，用圆珠笔头去掉笔尖制成喷嘴。将喷管插入橡皮塞，塞住烧瓶口，通过球形磁铁吸到铁架台上。

实验时，将烧瓶中装入约 200 mL 水，用酒精灯加热，待水沸腾时，蒸汽从喷嘴喷出，烧瓶便开始快速旋转。

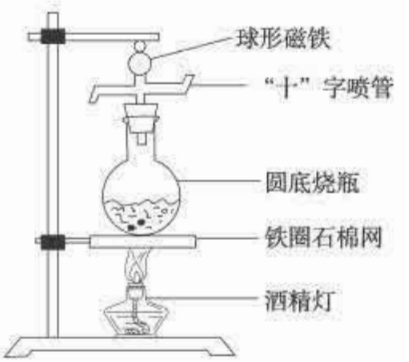


图 14-资-2

湖北省公安县梅园初级中学　李　黎

（二）物理史话

1. 各种自然现象之间相互转化的发现

18 世纪末到 19 世纪前半叶，自然科学上的一系列重大发现，广泛地揭示出各种自然现象之间的普遍联系和转化。

古代早已发现的摩擦生热现象，直接表明了机械运动向热的转化。伦福德和戴维的实验进一步证实了这种转化。17、18 世纪蒸汽机的发明和改进，为热向机械运动的转化作出了令人信服的证明。19 世纪中期，蒸汽机得到了进一步的改进，高压蒸汽机也被制造出来，其功率达到 3 万马力［1 马力(hp)＝745.699 9 W］以上。无数烟囱的黑烟，宣告了蒸汽时代的来临，为能量守恒定律的诞生创造了条件。在理论方面，1824 年卡诺关于热机效率的研究已经触及到了“热功当量”的问题。

关于热和电之间的转化，首先是由德国物理学家塞贝克于 1821 年实现的。他将铜导线与铋导线连成一个闭合回路，用手握住一个结点使两个结点间出现温差，发现导线上出现了电流；用冷却一个结点的方法可以产生同样的效应，这就是“温差电”现象。1834 年，法国的珀耳帖发现了它的逆效应，即当有电流通过时，结点处可以发生温度变化。1840 年和 1842 年，焦耳和楞次分别发现了电流转化为热的著名定律。

古人早已发现的摩擦生电现象，是机械运动转化为电的过程。17 世纪以来，人们根据这一现象制造了摩擦起电机以获得大量的电荷。1821 年，法拉第制成的“电磁旋转器”则是电流产生机械运动的过程。这样，机械运动和电运动之间的转化完成了循环。

19 世纪前半叶物理学上最重大的成就之一是电与磁之间的联系和转化的发现。1820 年奥斯特关于电流的磁效应的发现和 1831 年法拉第关于电磁感应现象的发现，使电与磁之间的相互转化完成了循环。

继意大利学者伽伐尼关于“动物电”的发现之后，伏打于 1800 年制成了“伏打电堆”，这是化学运动向电的转化。人们很快就利用伏打电流进行电解，又实现了电运动向化学运动的转化。

拉瓦锡在 18 世纪就已经了解化学反应中的热现象的重要性。德国化学家李比希通过对发酵和腐烂过程中热的来源的进一步探讨，得出了它们可能来自化学变化的结论。1840 年，彼得堡科学院的黑斯提出了关于化学反应中释放热量的重要定律。这个定律指出，在一组物质转变为另一组物质的过程中，不管反应是通过哪些步骤完成的，释放的总热量是恒定的。这个定律已经接触到化学反应中的能量守恒定律。

此外关于紫外线的化学作用的发现（1801），用光照金属极板的办法改变电池的电动势的发现（1839），光的偏振面的磁致偏转现象的发现（1845），都从不同侧面揭示出各种自然现象之间的联系和转化。

自然科学上的这类发现，在哲学上也得到了反映。德国哲学家黑格尔提出了各种自然现象之间联系和转化的思想。谢林进一步断言，磁、电、化学、甚至有机现象都会被编织成一个综合体系；他还指出，光、电等现象都不过是同一种力的不同形式。这种观点，为发现能量守恒定律提供了有利的哲学环境。

总之，到了 19 世纪 40 年代前后，欧洲科学界已经普遍蕴涵着一种思想气氛，以一种联系的观点去观察自然现象。正是在这种情况下，以西欧为中心，从事七八种专业的十多位科学家，分别通过不同的途径，各自独立地发现了能量守恒定律。

2. 永动机

人们在长期的生活和生产中认识到，人类的生存和发展离不开能源。人们是多么渴望制造一种不需要耗用任何能量而能永远不停工作的机器——永动机。

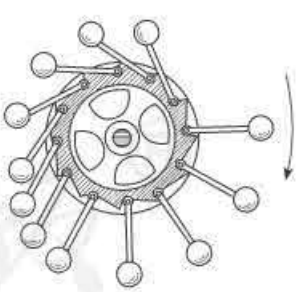


图 14-资-3　永动机模型

图 14-资-3 所示是一种永动机的设计方案：轮子中央有一个转动轴，轮子边缘安装着 12 个可活动的短杆，每个短杆的一端装有一个铁球。方案的设计者认为，右边的球比左边的球离轴远些，因此，右边的球产生的转动力矩要比左边的球产生的转动力矩大。这样轮子就会永无休止地沿着箭头所指的方向转动下去，并且带动机器转动。但期望的不停息的转动并未实现。仔细分析一下就会发现，虽然右边每个球产生的力矩大，但是球的个数少；左边每个球产生的力矩虽小，但是球的个数多。于是，轮子不会持续转动下去而对外做功，只会摆动几下便停下来了。

17 世纪至 18 世纪，永动机最为流行，人们曾提出各种永动机设计方案，有采用“螺旋汲水器”的，有利用轮子的惯性、水的浮力或毛细作用的，也有利用同性磁极之间排斥

作用的。18 世纪末，不少科学家开始怀疑制造永动机的可能性。1775 年，法国科学院决议不再受理永动机的设计方案。这些事实，使人们逐渐悟出一个道理：永动机不可能实现是由于某一普遍定律的限制，而这条定律至今还未被发现。因此，它启示人们不再为设计永动机而煞费苦心，转而致力于这一未发现定律的挖掘工作。

17 世纪至 18 世纪，经典力学中已蕴含着机械能的转化和守恒的初步思想。伦福德等人对摩擦生热的研究，否定了热质说，揭示了机械能与物体内能变化的关系；1800 年发明了电池，不久又发现了电流的热效应、磁效应、化学效应及电磁感应等，科学家们进一步展示出了自然界不同现象相互联系、相互转化的图景。在其他方面，如生物学发现了动物的体温和进行机械活动的能量跟它摄取的食物的化学能有关。这一切，都为能量守恒定律的发现做了必要的准备。19 世纪 40 年代，不同国家的十几位科学家以不同的方式，各自独立地提出了能量守恒定律。人们认识到：能量既不会凭空消灭，也不会凭空产生，能量有各种不同的形式，可从一种形式转化为另一种形式，从一个物体转移到另一个物体，在转化和转移的过程中能量的总量保持不变。能量守恒定律使永动机幻梦被彻底地打破。

在制造上面所说的第一类永动机的一切尝试失败之后，一些人又梦想着制造另一种永动机（第二类永动机），希望它不违反能量守恒定律，而且既经济又方便。比如，这种热机可直接从海洋或大气中吸取热量使之完全变为机械能。由于海洋和大气的能量是取之不尽的，因而这种热机可以永不停息地运转做功，这也是一种永动机。然而，在大量实践经验的基础上，英国物理学家开尔文于 1851 年提出了一条新的普遍原理：物质不可能从单一的热源吸取热量，使之完全变为有用的功而不产生其他影响。看来永动机只是人们的美好愿望，永远也不可能实现了。

（三）物理广角

1. 内燃机

内燃机是通过燃料在机器内部燃烧，并将其放出的内能直接转换为机械能的动力机械。内燃机不仅包括往复活塞式内燃机、旋转活塞式发动机和自由活塞式发动机，也包括旋转叶轮式的燃气轮机、喷气发动机等，但通常所说的内燃机是指活塞式内燃机。

活塞式内燃机以往复活塞式最为普遍。活塞式内燃机将燃料和空气混合，在其汽缸内燃烧，释放出的内能使汽缸内产生高温高压的燃气。燃气膨胀推动活塞做功，再通过曲柄连杆机构或其他机构将机械能输出，驱动从动机械工作。往复活塞式内燃机的组成部分主要有曲柄连杆机构、机体和汽缸盖、配气机构、供油系统、润滑系统、冷却系统、起动装置等。

内燃机的工作循环由吸气、压缩、燃烧和膨胀做功、排气等过程组成。这些过程中只有膨胀过程是对外做功的过程，其他过程都是为更好地实现做功过程而需要的过程。按实现一个工作循环的行程数，工作循环可分为四冲程和二冲程两类。

四冲程是指在吸气、压缩、膨胀做功和排气四个冲程内完成一个工作循环，此间曲轴旋转两圈。吸气冲程时，进气门开启，排气门关闭。流过空气滤清器的空气，或经化油器与汽油混合形成的可燃混合气，经进气管道、进气门进入汽缸。压缩冲程时，汽缸内气体受到压缩，压力增高，温度上升。膨胀做功冲程是在压缩上止点前喷油或点火，使混合气燃烧，变得高温、高压，推动活塞下行并做功。排气冲程时，活塞推挤汽缸内废气经排气门排出。此后再由进气冲程开始，进行下一个工作循环。

二冲程是指在两个冲程内完成一个工作循环，此期间曲轴旋转一圈。首先，当活塞在下止点时，进、排气口都开启，新鲜气体由进气口充入汽缸，并排除汽缸内的废气，使之从排气口排出；随后活塞上行，将进、排气口均关闭，汽缸内气体开始受到压缩，直至活塞接近上止点时点火或喷油，使汽缸内可燃混合气燃烧；然后汽缸内燃气膨胀，推动活塞下行做功；当活塞下行使排气口开启时，废气排出，活塞继续下行至下止点，即完成一个工作循环。

自从内燃机被广泛使用，人们就一直致力于提高机械效率。为使内燃机在最佳工况下运转，可采用微处理机控制内燃机。同时为了减少排气中的有害成分，减轻对环境的污染，人们又开发和利用非石油制品燃料，扩大燃料资源。

2. 汽油机和柴油机的主要不同

在内燃机里，活塞在汽缸里做往复运动时，活塞顶部离开汽缸盖最近时的位置，叫作上止点；活塞顶部离开汽缸盖最远时的位置，叫作下止点。上、下止点间的距离叫作活塞行程，简称冲程。活塞在下止点时，活塞上面的空间叫作汽缸总容积；活塞在上止点时，活塞上面的空间叫作燃烧室容积；汽缸总容积与燃烧室容积的比值叫作压缩比。

压缩比表示空气（或燃料混合物）在汽缸中被压缩的程度。压缩比越大，汽缸内气体压缩后的压强越大，温度越高。压缩比是内燃机的主要技术规格之一，汽油机和柴油机的压缩比是不同的。例如，上海生产的 165 型汽油机的压缩比是 6，压缩终了时的压强约为 10^6Pa，温度为 430 ℃ ；东风 195 型柴油机的压缩比是 20，压缩终了时的压强为 3×10^6Pa～4×10^6Pa，温度升高到 500 ℃ ～700 ℃ 。压缩比愈大，热机效率就愈高。

在汽油机里，吸入汽缸内的燃料混合物，是由汽化器把空气和汽油按一定比例进行均匀混合雾化而形成的，燃料混合物被压缩后，是用火花塞点火引爆的。汽油机的压缩比在 5～8 之间，不能任意提高。因为压缩比过大时，压缩终了时的气体温度太高，密度太大，使点火时气体的燃烧太剧烈，会造成某一局部的压力增长太快，对汽缸和活塞产生极大的冲击力，发生很大的响声和震动，这种现象叫作“爆震”。发生爆震时，不仅对机件的保养非常不利，而且使功率显著降低，经济性能大为恶化。

柴油机的点火方式跟汽油机的不同，当压缩冲程快要结束之前，由喷油嘴喷出的雾状柴油，会自动着火爆发。由于柴油机汽缸里压缩的只是纯净空气，没有爆震问题，提高压缩比不受这方面的限制。但是由于汽缸、活塞等部件能承担的压力的限制，柴油机的压缩

比也不能过大，通常限制在12～20之间。与汽油机比较，柴油机的热效率要高一些，其自重则比同样功率的汽油机要大一些。

3. 喷气发动机

无论是利用气体膨胀推动活塞做功的蒸汽机和内燃机，还是利用具有很大动能的气体冲击叶轮转动的蒸汽轮机和燃气轮机，都不能满足近代飞行对速度和高度的要求。直到喷气发动机发明以后，飞行速度才有了巨大的提高，而且还能冲出大气层做宇宙飞行。

应用气体反冲作用的发动机叫作喷气发动机。喷气发动机可以安装在炮弹上、飞机上和飞往大气上层的火箭上。安装喷气发动机的飞机叫作喷气式飞机。喷气发动机的燃料在燃烧室内燃烧后，产生高温、高压的气体，从尾部以极高的速度喷出，同时产生巨大的反作用力推动机身向前运动。

喷气发动机又可分为空气喷气发动机和火箭喷气发动机。

（1）空气喷气发动机

空气喷气发动机本身只携带燃料，需要从外界空气中获得足够的氧来助燃，所以不适宜在空气层薄的高空飞行。空气喷气发动机种类很多，在涡轮喷气发动机中，压缩机常采用轴向式的，由很多级定向叶轮和动叶轮组成。当机身在空气中高速前进时，空气从进气口进入，由于通道的截面积比进口处大，所以空气速度降低，同时被初步压缩。当空气进入压缩机后，进一步被压缩。压缩机每一级动叶轮都像螺旋桨一样，能以很大的速度把进来的空气一级一级地向后推去，这时压强逐渐增加，最后可达到标准大气压的三四倍。

被压缩的空气进入燃烧室后，和从喷雾器喷出的燃料混合，并由火花塞点火燃烧，温度可高达1 500 ℃，而所产生的大量气体向后喷出，同时冲击燃气轮机的叶轮转动，使转速达到15 000 r/min左右，最后气体以极大的速度从尾部喷管喷出，使机身得到巨大的反冲推力而向前飞行。

涡轮螺旋桨发动机是在发动机前面涡轮的轴上再装上螺旋桨（由于螺旋桨不能和机轴同速转动，其间装有减速装置），由燃烧室产生的气体冲击叶轮时，把大部分能量传给了轮机，但是能量往往超过压缩机所需要的能量，多余的能量就用来带动螺旋桨转动产生牵引力。同时由尾部喷出气体，产生反冲推力，因而起飞容易、功率很大、消耗燃料的指数低、续航力强，在航空工程中也得到了普遍应用。

（2）火箭喷气发动机

火箭喷气发动机本身除带有燃料外还有氧化剂，所以不需要外界空气来助燃。其燃料有固体的和液体的，经常使用的固体燃料是硝化纤维、硝化甘油等；液体燃料推动力比较大，有汽油、乙醇和液态氢等，用液态氧作为氧化剂。

火箭主要是由燃料箱、输送系统和燃烧室三个主要部分组成。燃料箱用来贮存燃料，液体燃料和氧化剂分别装在两个箱子里。输送系统是按时按量地把燃料从燃料箱中输送到燃烧室中的装置。把燃料和氧化剂喷入燃烧室，开始用电火花点燃，温度可高达3 700 ℃，压强是标准大气压的20～40倍，以后燃料就可以自行燃烧。燃烧产生的气体以很高的速

度从尾部喷口喷出，对火箭产生强大的反冲推力使它前进。

火箭的飞行速度和上升高度，都可以不受限制，因此多级火箭能够作为宇宙航行工具在大气层以外飞行。

4. 热电厂

利用煤、石油和天然气等燃料发电的电厂叫作火力发电厂，既发电又供热的火力发电厂叫作热电厂（也叫热电站）。热电厂能较充分地利用发电厂释放的废热，使燃料得到充分利用。

以燃烧煤粉的发电厂为例，火力发电厂的生产过程是：把煤粉送到锅炉中燃烧，放出热量，加热锅炉中的水，产生具有一定温度和压强的蒸汽。这个过程是把燃料的化学能转化成蒸汽的内能。再将具有一定温度和压强的蒸汽送入汽轮机内，带动汽轮机转子旋转。这个过程是把蒸汽的内能转化成汽轮机的机械能。汽轮机带动同一轴上的发电机旋转而发出电来。这一过程是把机械能转化为电能。根据火力发电厂的生产过程，其生产系统主要包括汽水系统、燃烧系统及电气系统。在火力发电厂的生产过程中，进入汽轮机中的高压热蒸汽不断膨胀，流速增大，冲击汽轮机转子转动并带动发电机发电。在膨胀过程中，蒸汽的压强和温度不断降低，最后排入冷凝器中。在冷凝器中，汽轮机排出的蒸汽被冷却水冷却，成为凝结水，凝结水经水泵升压后，重新打回锅炉中，构成一个闭合的热力循环系统。但其循环的热效率很低，一般很少超过 40%，这就说明燃料所发出的热量中有 60% 损失掉了，而其中绝大部分是蒸汽在冷凝器中传递给冷却水的热量。一般冷却水吸热后温度要升高 10 ℃左右，凝结蒸汽时，通过冷凝器的冷却水质量差不多是蒸汽质量的 40～50 倍。大量的冷却水，带走了大量的热量。但是由于水量庞大，水温较低，这部分热量很难利用，经常是把带走大量热量的冷却水送到河流或冷却水池中去，热量白白损失在大气中了。例如，国产的中压 25 MW 机组，进入冷凝器的蒸汽量为 86 t/h，冷却水带走的热量约为 1.9×10^{11} J/h，相当于消耗标准煤 6.4 t/h。

如果能把这部分热量利用起来，就可以提高燃料利用率，发电厂的经济效益就能提高。我们知道某些工业需要利用低压蒸汽，如化工、印染、造纸、棉纺等工厂，而这些工厂常是自备锅炉供给蒸汽；又如厂矿、机关、学校等单位和家属区的供暖和生活用水也都要自备锅炉供给蒸汽和热水。如果利用电厂的蒸汽来解决它们的供热需要，就可以节省许多低压锅炉，无需添置设备和消耗燃料，节省大量的人力、物力。热电厂就是这样一种既供电又供热的发电厂。排汽压超过 10^5 Pa，排汽全部供给热力用户使用的汽轮机叫作背压式汽轮机。以用背压式汽轮机供热的热电厂为例，它的供热过程是：由锅炉产生的蒸汽进入汽轮机做功，排汽不经过冷凝器直接送到热力用户处供其使用，回收的凝结水经给水泵再送至锅炉。

第十五章
电流和电路

一、《课标》要求及课时建议

（一）《课标》要求

2.4.1　观察摩擦起电现象，探究并了解同种电荷相互排斥，异种电荷相互吸引。

3.4.1　从能量转化的角度认识电源和用电器的作用。

3.4.2　知道电压、电流和电阻。

3.4.3　会看、会画简单的电路图。会连接简单的串联电路和并联电路。说出生产、生活中采用简单串联或并联电路的实例。了解串、并联电路电流和电压的特点。

3.4.4　会使用电流表和电压表。

（二）课时建议

第 1 节	两种电荷	1 课时
第 2 节	电流和电路	2 课时
第 3 节	串联和并联	1 课时
第 4 节	电流的测量	1 课时
第 5 节	串、并联电路中电流的规律	2 课时

二、编写意图

（一）本章概述

力、声、光、热、电、磁的现象是自然界中的基本现象，本章是继力、声、光、热的

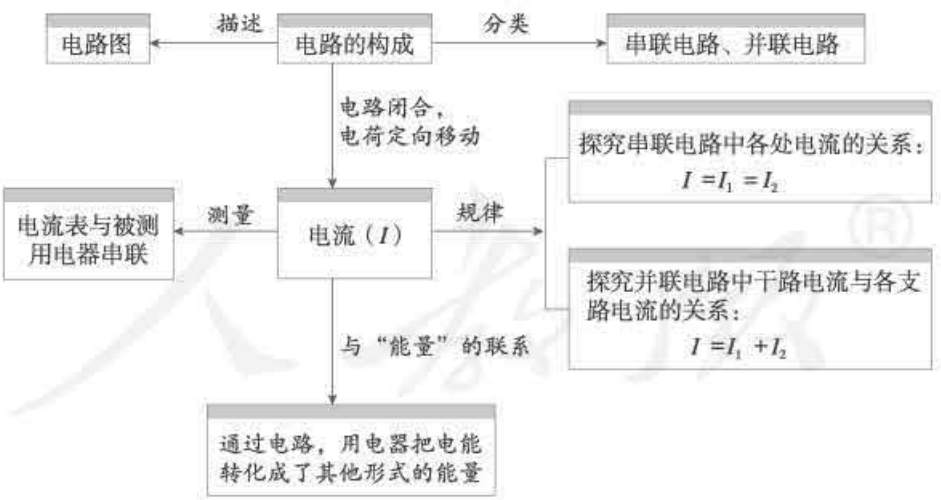
学习后，开始让学生接触有关电的初步知识。从《课标》对电学部分的内容要求来看，知识与技能方面的目标要求有所降低，过程与方法方面的目标有所加强，强调从生活走向物理，重视学生的实践体验，强调从实际应用的角度出发，初步认识一些电学的概念和规律。

本章主要内容是电学的三个基本概念——电荷、电流和电路，电流是核心概念。我们知道，若想要学生构建某一领域的知识结构，首先必须帮助其构建起该领域一系列的概念及其相互联系。从电学部分知识结构的特点来看，教科书在本章及后续的两章内容中注意将电荷、电流、电路、电压、电阻等基本概念建立起相互联系。这些概念是构建初中阶段电学知识结构的重要基础。

学生在小学阶段对电学知识已有所接触，能对容易导电的和不容易导电的物品进行简单的分类，能通过让小灯泡亮起来的活动感知电路构成的基本特征，等等。初中阶段，《课标》对电流和电路的要求是从观察摩擦起电现象入手的，在引出电荷概念的基础上，伴随着学生对电路的认识，逐渐形成对电流概念的初步认识。另外，识别电路、连接电路、会看和会画电路图、会正确使用电流表测电流等技能也将直接关系到以后各章电学知识的学习。因此，编写时既考虑了《课标》的知识技能目标的达成，又关注了体验性目标的实现。

本章的章首图呈现的是某电器设备电路板的画面。让人眼花缭乱的电路可以引发学生对其产生神秘感，激发探索的欲望。同时，为了消除学生对这一复杂事物的畏惧心理，章首语中指出：“实际上，这些看似复杂的各种电路都是由最简单的电路组合而成的。”目的就是要从辩证的视角渗透给学生一种认识：客观事物有的“简单”，有的“复杂”；事物本身无论怎样复杂，也总是由一个或多个简单的要素构成的，认识简单事物是认识复杂事物的基础。

本章内容结构如下。



（二）认识电路，初步形成电流的概念

本章的设计是围绕电荷、电流和电路展开的。如何处理电流和电路的相互关系呢？

电路的构成是学习电学的一个重要起点。虽说学生在小学阶段就已经对简单的电路有了一些感性认识，但研究表明，初中学生在认识电路的过程中仍会有思维障碍，这突出表现在对电路的闭合以及电流的方向的认识方面。因此，编者希望教学的重点应该放在让学生进行电路的操作性训练上，强调“只有电路闭合时，电路中才有电流”。目的是引导学生通过电路的实际操作感受电流的存在，从而使其形成对电流的初步认识。由于初中学生没有静电场的概念，想直接给出严谨、科学的电流概念是不可能的。因此，从操作层面引导学生去认识电流还是比较恰当的。教科书设计让学生经历以下三个阶段完成对电流概念的初步认识：

认识电荷 → 判断电流的方向 → 认识电流的大小

1. 电流概念的初步形成

（1）认识电荷

对初中学生来说，电流概念是十分抽象的。它既看不见，又摸不着，如何帮助学生初步认识电流的概念？教科书从摩擦起电现象入手，介绍了两种电荷、电荷间的相互作用以及摩擦起电的原因。对电荷量、自由电子、导体和绝缘体等概念也作了初步的介绍，并通过“演示”栏目演示“电荷在金属棒中的定向移动”的现象。这一切都是为学生初步认识电荷、电流的概念作好铺垫，即感知电流是由电荷的定向移动形成的。

（2）判断电流的方向

学生对电流概念的初步认识是通过连接闭合电路的实践活动完成的。关于电流的方向，教科书只要求学生知道电流是有方向的，当电路闭合时，在电源外部，电流从电源正极经过用电器流向负极。教科书通过“想想做做”栏目设置了题为“利用发光二极管判断电流的方向”的实验活动，该实验无需向学生讲解 LED 元件的半导体机理，只简要说明它具有单向导电性即可，目的是让学生学会利用该元件的特性来判断电流的方向。

（3）认识电流的大小

怎样让学生认识电流的大小？教科书想通过这个内容载体渗透与之相适应的科学方法教育，即通过可观察到的现象来获得不可直接感知的信息。电流的强弱只有间接地通过电流效应的大小来判断。教科书正是通过小灯泡的明、暗差别，引出“电流是有大小的”这一问题。

对任何物理量的认识过程都不能缺少对它的测量环节，因此，电流的测量是初中学生初步形成电流概念的重要一环。正确使用电流表，以及读取电流表的测量值，是电学实验中必须具备的基本操作技能。因此，教科书以“实验：练习使用电流表”栏目来规范电流表的连接以及读数的方法，并在一系列测量活动中进行基本操作技能的训练。

2. 识别电路

（1）认识电路

教科书之所以通过“想想做做”栏目设置分别连接各种用电器的简单电路，引出电路的概念。原因是，对成年人来说，连接小灯泡跟连接小电机、音乐门铃和蜂鸣器等好像是

一回事，但对于初中学生来说，换一个新的用电器就是一次新的尝试，从而会促使学生在完成多次电路的连接后得到启发：几次连接的电路很可能有某种共同的特征！学生会发现，导线将电池、开关、灯泡等逐次连接成闭合回路，每个电路中改变的只是用电器的种类（小电机、音乐门铃……）。当合上开关，小灯泡就会发光，小电机就会转动，音乐门铃就会发出音乐声……学生会说，这是由于电池中的“电”有了可以流淌的路径，从而总结出组成电路的四大要素：电源、用电器、开关和导线。相反，如果直接给出结论，可以简化许多过程，省时，但对于学生形成电路的概念，以及对电流概念的认识是十分不利的。

（2）识别电路

《课标》对初中学生电路知识的要求是：“会看、会画简单的电路图。会连接简单的串联电路和并联电路。说出生产、生活中采用简单串联或并联电路的实例……”由于学生的抽象思维能力有限，要求根据实物电路画出电路图，或者根据电路图连接实物电路等，对于刚刚接触电路的初中学生来说的确不是一件容易的事。所以，要达到这个目标，需要给予足够的铺垫，教学中更不能一蹴而就。例如，虽然教科书将通路、断路和短路的内容设置在第 2 节“电流和电路”中，但“短路”的概念在学习欧姆定律之前是无法真正弄清楚的。因此，仅从学生识别电路的需要出发，先让学生对此有所接触是必要的。

关于电路的教学，教科书通过“电流和电路”“串联和并联”“电流的测量”“串、并联电路中电流的规律”四节教学过程让学生对电路逐渐形成一个初步的认识。学生的学习行为是通过这样一个过程来完成的。另外，虽说串、并联电路的知识在小学阶段已经有所涉及，但那只是操作性的了解，初中阶段有定量的要求。为此，教科书在处理串、并联电路中电流的规律时，采用实验探究的方式让学生自己得出结论。

（3）认识电源和用电器

在电源和用电器的功能方面，只要求学生知道电源在电路中是提供电能的装置，用电器是消耗电能的装置即可，目的是引导学生从能量相互转化的角度初步认识电源和用电器的作用。

（三）强调学生自主完成“猜想与假设”

选择合适的内容载体落实科学探究的课程理念一直是编者所关注的。本章第 5 节“串、并联电路中电流的规律”在设计上力图将过程的设计落实到学生的学习行为上来，探究活动相对比较完整。

教科书突出了学生自主完成“猜想和假设”。原因是，实证研究结果表明，学生在认识“串、并联电路中电流的规律”的过程中，有一些学生在思维方面存在障碍。例如，有的学生难以跳出“电流在用电器上被消耗，只有一部分电流流回电池”的认识误区……教科书在设计探究活动时，分析了学生这些错误的前概念，并有针对性地进行了处理。

猜想（假设）是建立在事实和推理的基础上的，既有科学性、创造性，又有推测性。

也许有的学生会立即说出“结论”，例如，部分学生会通过水流进行类比，“如果把电流看作水流，串联电路中的电流就没有变化”……但必须清楚这不是结论，只是猜想，是探究活动的开始，它还需要论证，需要实验证明。有经验的教师往往会充分利用学生的不同猜想找出思维冲突的火花作为教学的切入点。

三、教材分析与教学建议

第1节　两种电荷

（一）教学目标

1. 认识摩擦起电现象，会运用摩擦起电的知识解释一些简单的相关现象。

2. 通过实验探究两种电荷及电荷间的相互作用规律，感受和领悟人们在认识“自然界中只有两种电荷”的过程中所运用的推理方法。

3. 知道验电器的构造、作用及工作原理，知道电荷量及其单位。

4. 知道原子及其结构、摩擦起电的原因。

5. 认识导体和绝缘体，了解电荷的定向移动和自由电子。

（二）教材分析与教学建议

摩擦起电是学生熟悉的电现象之一，两种电荷及其相互作用规律是进一步深入学习电学、理解许多电现象的基础，因此本节课作为初中电学起始课，具有很重要的地位。学生在小学已经学习过摩擦起电现象，但从微观结构上认识此现象有一定的难度，并且涉及电荷的移动，是比较抽象的内容，需要从实验入手认识。本节内容主要由“两种电荷”“原子及其结构”“导体和绝缘体”三部分组成。

教学的重点是通过摩擦起电现象认识自然界存在两种电荷，知道电荷间的相互作用规律，难点是对电荷的认识。由于电荷无法直接观察，比较抽象，学生只能在实验的基础上通过分析推理来理解电荷的概念。由于对电荷最直观的感性认识来源于摩擦起电现象，所以做好摩擦起电的演示实验是关键。本节的另一个难点是通过实验进行推理，得出“只有两种电荷”的逻辑推理过程。

1. 两种电荷

教科书首先通过图片展示“与头发摩擦过的塑料梳子会吸引碎纸屑”“摩擦过的气球吸引头发”和“摩擦过的气球会使细水流弯曲”等生活现象，引起学生的关注，有效地激

发学生的学习兴趣，拉近物理与学生生活的距离。建议教师根据实际情况让学生一定动手做这些小实验，然后教师做好演示实验，提出问题“为什么会出现这些现象?”引入新课。

影响静电实验成功的因素有很多，空气潮湿、器材的绝缘性能不够好、或器材表面有污垢、器材不够干燥、教师的手比较湿润等，都会导致实验现象不明显，甚至是观察不到实验现象。因此，提前准备实验时要把器材用肥皂水洗净晒干。然后在上课前，把玻璃棒、橡胶棒、丝绸和毛皮放入烘箱烘烤。如果上课当天阳光比较好，把器材放在阳光下晒一二个小时，效果也很好。教师做实验时，如果能戴着干燥的橡胶手套，也能有效地防止电荷从教师的手上传导流失。

做“电荷间的相互作用”的实验时，塑料捆扎线系玻璃棒的部分可以较宽，有利于玻璃棒悬吊后在水平位置静止。用戴着橡胶手套的手握住玻璃棒的一端，用丝绸摩擦另外一端即可。不要摩擦完了玻璃棒后再去悬吊，以免玻璃棒上的电荷流失较多，影响实验效果。二是玻璃棒无论是被吸引还是排斥，玻璃棒都会发生旋转，在玻璃棒旋转速度还不是很快时，迅速从另一个方向吸引或排斥，改变玻璃棒的旋转方向，以充分证明吸引和排斥作用。此外，为了突出电荷间的作用是相互的，演示时可将实验中用手拿着的玻璃棒和橡胶棒与悬挂着的两棒交换，学生可观察到同样的实验结果，避免学生误认为只有悬挂的那根棒才受到力的作用。

如果学校确实没有条件完成这个实验，可以在互联网上查找视频“电荷间的相互作用”。如果学校具备较好的条件，可以把这个实验改成学生分组实验，教学效果会更好。

教学片段　两种电荷

⊙ 问题导引　根据演示实验的结果，丝绸摩擦过的玻璃棒与毛皮摩擦过的橡胶棒上所带电荷的种类是不同的。怎样确定其他带电体所带电荷的种类呢？它们与丝绸摩擦过的玻璃棒，以及毛皮摩擦过的橡胶棒所带电荷的种类有什么关系？

⊙ 猜想与假设　带电体可能会被玻璃棒吸引而被橡胶棒排斥，也可能会被玻璃棒排斥而被橡胶棒吸引。那么，会不会出现其他的情况呢？比如，带电体既被玻璃棒吸引也被橡胶棒吸引，或者既被玻璃棒排斥也被橡胶棒排斥呢？

⊙ 实验设计　用丝绸摩擦过的玻璃棒或毛皮摩擦过的橡胶棒靠近被检测的带电体，根据双方吸引或排斥的实验结果，判断该带电体所带电荷的种类。

⊙ 进行实验

学生分组进行实验，不同的小组可以选择不同的器材。

例如，其中一个小组选择饮料吸管和餐巾纸摩擦。

①用大头针将饮料吸管固定，使其能自由转动。用餐巾纸摩擦饮料吸管使其带电。

②用丝绸摩擦过的玻璃棒靠近饮料吸管一端，记录观察结果。

③用毛皮摩擦过的橡胶棒靠近饮料吸管一端，记录实验结果。

另一个小组选择用干燥的毛巾和气球摩擦。

①把气球悬吊起来，用干燥的毛巾和气球摩擦使气球带电。

②用丝绸摩擦过的玻璃棒靠近气球，记录观察结果。

③用毛皮摩擦过的橡胶棒靠近气球，记录实验结果。

还有的小组选择用细薄塑料直尺与头发摩擦。

①把细薄塑料直尺悬吊起来，用头发和塑料直尺摩擦使塑料直尺带电。

②用丝绸摩擦过的玻璃棒靠近细薄塑料直尺，记录观察结果。

③用毛皮摩擦过的橡胶棒靠近细薄塑料直尺，记录实验结果。

⊙ 分析论证　根据实验结果，判断本小组选择的带电体所带的电荷是哪一种。

从实验现象发现，各小组选择的带电体所带的电荷，凡是和毛皮摩擦过的橡胶棒相吸引的，一定和丝绸摩擦过的玻璃棒相排斥。凡是和丝绸摩擦过的玻璃棒相吸引的，一定和毛皮摩擦过的橡胶棒相排斥。这也就意味着，在同学所做的实验中，摩擦后的带电体所带的电，只有两种可能，要么与丝绸摩擦过的玻璃棒所带的电相同，要么与毛皮摩擦过的橡胶棒带的电相同。

⊙ 归纳总结　许多科学家做了无数的实验研究发现，自然界中，所有带电的物体，凡是和毛皮摩擦过的橡胶棒相吸引的，一定和丝绸摩擦过的玻璃棒相排斥。凡是和丝绸摩擦过的玻璃棒相吸引的，一定和毛皮摩擦过的橡胶棒相排斥，和同学们前面的实验现象完全吻合。从没发现第三种现象——既和玻璃棒相排斥，也和橡胶棒相排斥；也找不到一种带电体既和玻璃棒相吸引，也和橡胶棒相吸引。由此可以推理，自然界中只存在两种电荷，一种电荷与用丝绸摩擦后的玻璃棒带的电荷相同，另一种电荷与用毛皮摩擦后的橡胶棒所带的电荷相同。

在这个实验中，除了让学生感受用推理的方法研究物理问题外，还有另外一种常用的思维方法：先从学生所做的实验入手，推出“饮料吸管”“气球”和“塑料直尺”所带的电，要么是和玻璃棒所带的电相同，要么是和橡胶棒所带的电相同。然后告诉学生，通过无数实验，自然界中所有的带电体都遵守同样的规律，让学生感受推理方法中从特殊到一般的思维方式。

关于电荷量概念的教学可以借助验电器加以完成。通过验电器金属箔张角的大小是由物体带电多少导致的，引出电荷量概念。对学有余力的学生还可以补充验电器检验物体带电的种类的方法——先用已知电荷的物体（如丝绸摩擦过的玻璃棒）碰触验电器，使验电器带电，再用被检验的物体碰触验电器，如果张角变大则是同种电荷，如果变小则是异种电荷。

2. 原子及其结构

关于原子结构的知识，通过教学要使学生认识以下几点：原子是由位于中心的原子核和核外电子组成的；原子核带正电，电子带负电；在通常情况下，原子核所带的正电荷与

核外所有电子所带的负电荷在数量上相等，整个原子不显电性。

在解释摩擦起电现象时，应抓住以下三点：在通常情况下，原子是不显电性的，由原子组成的物体也不显电性。不同物质的原子核束缚电子的本领不同。两个物体互相摩擦时，哪个物体的原子核束缚电子的本领弱，它的一些电子就会转移到另一个物体上，失去电子的物体带正电，得到电子的物体带负电，两个物体分别带上等量异种电荷。最后要指出，摩擦起电并不是创造了电，只是电子从一个物体转移到了另一个物体。

教学片段　摩擦起电

此教学片段的流程如图 15.1-1 所示。

课件演示（动画、视频或图片）

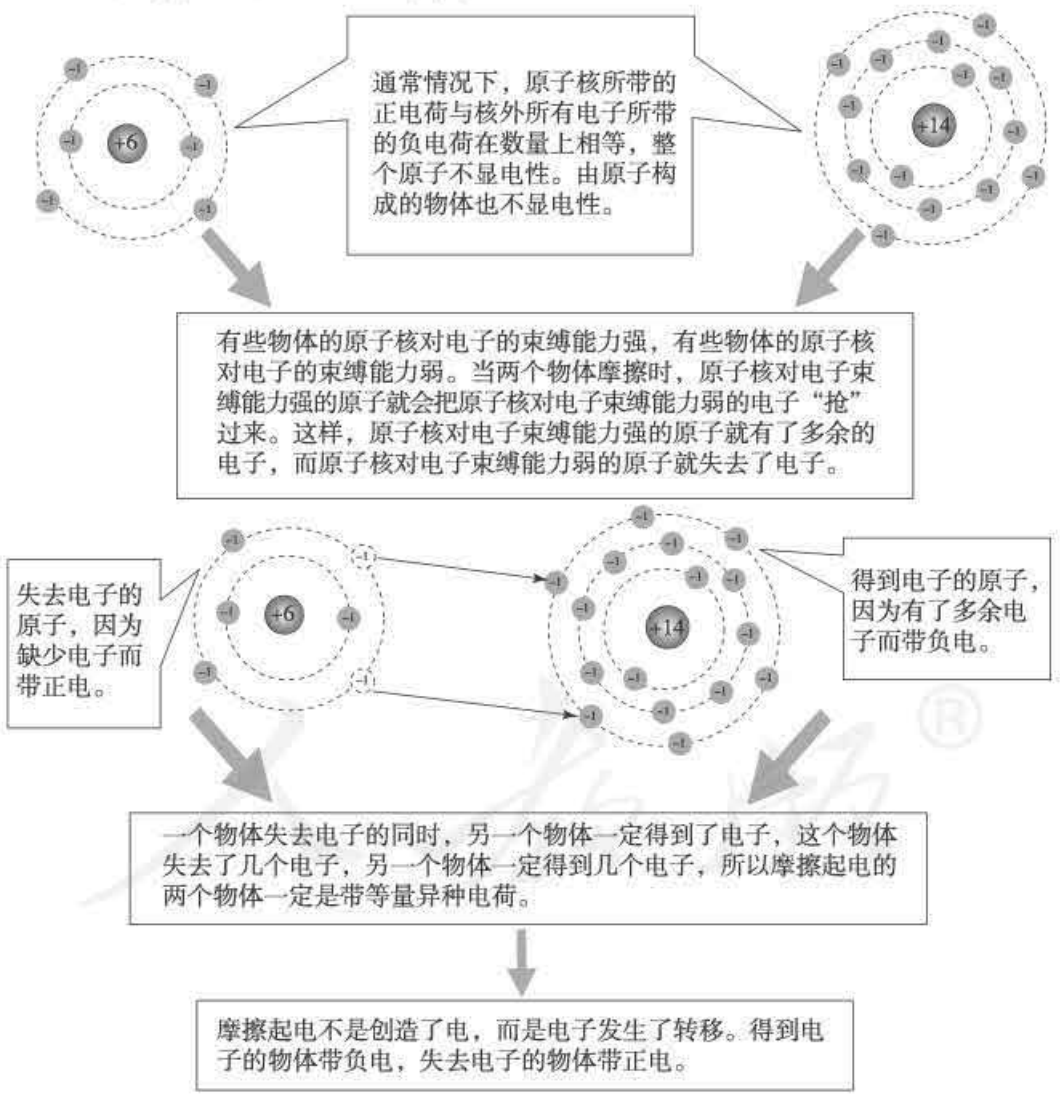


图 15.1-1

课件演示　玻璃棒和丝绸摩擦起电的过程以及橡胶棒和毛皮摩擦起电的过程（在互联网上能查找到动画演示，也可以自己制作动画）。

此教学片段的设计，旨在把不能直接观察的微观现象形象化和直观化。在教学中注意帮助学生初步建立电子转移的微观图景，培养学生的抽象思维能力。关于演示中的原子带几个正电荷，是什么种类的物质和什么种类的物质间相互摩擦，可以告诉学生这只是一个摩擦起电的原理图，不代表某种物体的电子转移的真实情况。

3. 导体和绝缘体

教科书中用图 15.1-5 所示的实验演示电荷在金属棒中的定向移动。教学中要做好此实验，为下节“电流的形成”埋下伏笔。实验中应引导学生仔细观察实验现象，自己推知电荷是从哪个验电器移动到哪个验电器的，以说明电荷发生了定向移动。同时根据实验现象也能说明电荷的定向移动是短暂的，提出“如果要持续地产生电荷的定向移动需要什么条件呢?”为下节课“持续电流形成的条件”作好铺垫。

根据图 15.1-4 和图 15.1-5 所示的实验，学生也可以很轻易地识别有些物质容易传导电荷，有些物质则不容易传导电荷。根据这一区别，物体分为导体和绝缘体。然后在常见的物体中，要求学生能分辨出哪些是导体，哪些是绝缘体。关于自由电子的概念则只需简单介绍即可。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. 甲带负电。

提示：已知甲、乙、丙均是带电体，丙带正电，乙与丙相吸引，根据异种电荷相互吸引的规律，可以推断出乙带负电。乙与甲互相排斥，根据同种电荷相互排斥的规律，可以推断出甲带负电。

2.（1）不能判断靠近吸管的物体已经带电。因为带电体有吸引轻小物体的性质，即使物体不带电，物体和带电的吸管也会出现吸引现象。

（2）餐巾纸与吸管摩擦，吸管带负电，餐巾纸带正电。

丝绸摩擦过的玻璃棒带正电，把玻璃棒靠近用餐巾纸摩擦过的吸管时，观察到玻璃棒吸引吸管。毛皮摩擦过的橡胶棒带负电，把橡胶棒靠近吸管时，观察到橡胶棒排斥吸管。所以可以判断吸管带负电。摩擦起电的两个物体，失去电子的物体带正电，得到电子的物体带负电，两个物体一定是带上等量异种电荷，所以当吸管带负电时，餐巾纸一定带正电。

（3）吸管带负电，所以是吸管得到了电子。餐巾纸带正电，所以是餐巾纸失去了电子。

3. 金属锡的原子核外带 50 个电子。这些电子总共带的电荷量为

$50\times1.6\times10^{-19}\ \mathrm{C}=8\times10^{-18}\ \mathrm{C}$

因为金属锡的原子核所带的正电荷与核外所有电子带的负电荷在数量上相等，原子整体不显电性，所以金属锡对外不显电性。

（四）补充练习

1. 将与毛衣摩擦过的气球靠近头发，会看到如图 15.1-2 所示令人惊奇的现象。这是由于气球摩擦后_____，会_____不带电的头发。



图 15.1-2

答案：带了电；吸引

2. 甲、乙、丙三个轻质小球，已知甲带负电。甲和乙互相吸引，丙和甲互相排斥，则（　　）

A. 乙一定带正电，丙带负电

B. 乙可能不带电，丙带负电

C. 乙可能带正电，丙带正电

D. 乙一定不带电，丙带正电

答案：B

提示：根据电荷间的相互作用规律和带电体的性质可以知道，甲带负电，丙与甲相排斥，说明丙一定带负电。甲与乙相吸引，乙可能带正电，也可能不带电。

3. 关于验电器，下列说法错误的是（　　）

A. 验电器可以检验物体是否带电

B. 验电器可以粗略判断物体所带电荷的多少

C. 验电器可以直接检验物体所带的是哪种电荷

D. 验电器的工作原理是同种电荷互相排斥

答案：C

4. 将塑料绳一端扎紧，把绳的另一端尽可能撕成更多的细丝，用手从上向下捋几下，观察到细丝蓬散开来，请解释这一现象。

答案：这是因为塑料细丝与手摩擦后带上了同种电荷而相互排斥。

5. 一般情况下，下列物品：①橡皮擦②铅笔芯③塑料尺④钢尺⑤盐水⑥食用油，其中属于导体的是_____，属于绝缘体的是_____。（只填序号）

答案：②④⑤；①③⑥

提示：对于常见的导体和绝缘体可以联系它们在日常生活和工业生产中的应用来记忆。如塑料，橡胶，陶瓷等常用来制作用电器的外壳，以防止触电，它们都是绝缘体；而电线芯用金属来做，因为金属容易导电，是导体。

第 2 节　电流和电路

（一）教学目标

1. 知道电流的形成条件，知道电流方向的规定。
2. 通过实验认识断路、通路、短路，知道电路的组成。
3. 认识电源和用电器。
4. 能用电路元件符号画简单的电路图，能连接简单的电路。

（二）教材分析与教学建议

本节内容是这章的重点教学内容。在本节课中，学生第一次接触电路元件，第一次学习连接电路，第一次学习画电路图，同时还学习了初中电学中很重要的一个电学物理量——电流。完成这节课的学习后，学生能否学会识别电路、连接电路、会画电路图等，都将直接影响到后续电学知识的学习。因此本节课的教学重点应放在让学生认识简单电路，能动手连接简单电路，会画简单的电路图上，并注意一开始就培养学生良好的电学实验习惯、良好的画电路图的习惯。在教学方法上，可以循序渐进地采用示范——模仿——训练的方式。教师的每个演示实验都应规范准确，同时，尽量让学生自己动手，亲身经历实验的操作过程。本节内容由“电流”“电路的构成”“电路图”和“通路 断路 短路”四部分组成。

本节内容的教学重点是“会连接电路”“会画简单电路图”“能辨别通路、断路和短路”。要突出教学重点，就应该让学生多动手、多实验、多画图、多识图。所以无论是课上还是课后，都要多给学生创造机会和提供条件，引导学生动手实验和动手画图。在科学探究方面，重点是经历从实验中归纳结论的过程，形成安全操作的初步意识。教学难点是对电流概念的理解和对短路、短接的理解和识别，同时让学生规范地画出电路图也是这节课的难点。

1. 电流

教科书一开始就通过上节课所做的实验创设了教学情境，通过提出问题“怎样才能使电荷不断地流过小灯泡呢?”和前面的学习紧密衔接。教科书没有直接给出答案，而是进入了“想想做做”的实验环节，提供学生一些生活中常见的电学器材（学生在小学的科学课中也有所学习），让学生动手实验，带着问题进行研究和探索，在寻找问题答案的同时，也为下一知识“电路的构成”作好铺垫。

关于自由电子的定向移动是因为外加电源的原因，稍作解释即可，重点应强调电荷的定向移动形成了电流。为了帮助学生理解“定向”，教师可用人流进行类比，说明许多人如果向四面八方走动就不能形成人流，但是许多人如果都向同一个方向移动，就能形成人

流。可以介绍形成电流的粒子有“自由电子”也有带正电的阳离子和带负电的阴离子，但不宜深入解释，等到学生学习了化学的相关知识后，会有相应的了解。电流方向是正电荷定向移动的方向，这是人为规定的，所以有些时候电荷定向移动的方向与规定的电流方向是相反的。例如，金属导体中的电流是带负电的自由电子定向移动形成的，那么金属导体中电荷定向移动的方向与规定的电流方向就是相反的。

然后，参照学生自己连接好的电路，根据电流方向的规定，介绍电路中的电流方向。

教学片段　连接电路

学生实验（分组）　实验器材：小灯泡、小电动机、小蜂鸣器各一个，一个开关、一节电池（带电池盒）和一些导线。提出要求：同学们连接电路，让灯泡发光、电动机转动和蜂鸣器发声。

⊙ 进行实验　教师在巡视实验的过程中，提醒不能把电池的两端用导线直接连在一起。请完成“小灯泡亮了”“蜂鸣器响了”“电动机转了”的实验，并要求学生观察这些电路，有没有共同的组成部分。如果有，是哪些？

⊙ 提出问题　如果同学把电路中的电池去掉，小灯泡、蜂鸣器和电动机的工作情况会是怎样？电路中就算接好了电池，但实验中导线断开了，小灯泡、蜂鸣器和电动机的工作情况又如何呢？

⊙ 分析论证　要小灯泡、蜂鸣器和电动机都持续地工作，电路中有一个必不可少的元件——电池。正是因为有了电池，加上导线的连通，才使电路中的电荷源源不断地定向流动。电荷的定向移动就形成了电流。小灯泡亮、蜂鸣器响和电动机转，都是因为电路中有电流。分析实验现象，可以得出结论：要在电路中形成持续的电流，一是要有电池，二是电路必须是闭合的。

此教学片段的设计，不是由教师连接电路，学生模仿，而是让学生自己思考，利用提供的电学器材设计、连接电路，使用电器工作。一是要让学生探究出形成电流需要什么条件，另外也为学习“电路的构成”和“通路　断路　短路”作了铺垫。尽管这个实验的难度不高，但在学生自己动手实验的过程中，也会有失败的体验。让学生经历从失败到成功的过程，除了能提高学习兴趣以外，还可以增强学生克服困难的信心，体验成功的乐趣。

但要注意，在学生做实验的过程中，教师要巡视并给予指导。在学生第一次动手连接电路的过程中，教师除了纠正短路的情况，建议不要过多地干预学生的实验。如学生在连接电路的过程中，如果出现没有连接开关的情况，也可以不予纠正，在学习下一个内容“电路的构成”时，稍加引导，学生自己能很轻松地加入开关这个电路元件，且还能对开关所起的作用印象深刻。要善于利用学生在学习中所犯的错误进行教育，这样的教学效果会更好。

在对“电流是从电池的正极经过用电器流向电池的负极”问题的处理上，不宜过分解

释和强调，不要冲淡学习电流这个概念的主题。

2. 电路的构成

在电路构成的教学中，教师应引导学生结合自己所做的实验，认识电路的组成和组成电路的各元件的作用，让学生知道干电池是电源，教科书中图 15.2-4 呈现的各种各样的电池也是电源，还有其他的装置如发电机也是电源。电源是在电路中提供电能的装置。灯泡、蜂鸣器和电动机等都是用电器，都是利用电能工作的。用电器是消耗电能的装置。开关的作用是控制电路的通断。利用导线把电源、用电器、开关连接起来，以便开关闭合时形成电流的通路。

教学中还应注意引导学生联系生活实际，让他们根据平时的观察，列举知道的用电器、电源、开关、导线的种类，体会物理来源于生活、服务于生活。

教学片段　电路的构成

⊙ 情境设置　有意识地选择两个学生在做实验过程中连接的电路做展示：一个是用导线连接了电池、小灯泡和开关的；一个是只用导线连接了电池、小灯泡，但没有接入开关的。请学生观察分析，两个电路中的灯泡都亮了，说明电路中都有电流。但如果要让灯泡不发光，请两个小组的同学分别操作。学生可以观察到一个小组的同学断开开关就可以了，而另一个小组的同学则要拆下一根导线。

⊙ 引导分析　相比较而言，拆断导线不仅麻烦，而且不符合客观实际。比如我们家里关灯时，不可能去断开连接灯泡的导线。让学生自己总结，电路中还应该接入一个重要的元件——开关。开关的作用是用来控制电路的通断。

⊙ 情境设置　有意识地选择三个学生在做实验过程中连接的电路做展示，一个是用导线连接了电池、小灯泡和开关的，一个是用导线连接了电池、蜂鸣器和开关的，一个是用导线连接了电池、小电动机和开关的。闭合开关后，灯泡亮，蜂鸣器响，小电动机转，说明电路中都有了电流。请学生观察分析，三个电路中的结构有没有共同的地方。

⊙ 提出问题　三个电路中都有电池、都有用电工作的装置、都有开关、都是用导线连接起来的。如果连接电路时，不接入干电池，而是用其他的电池，如蓄电池，甚至是发电机，电路中还会不会有电流？

⊙ 分析论证　物理学中将电池这类提供电能的装置叫作电源。灯泡、蜂鸣器、小电动机等消耗电能的装置叫作用电器。让学生列举生活中常见的用电器。

综上所述，把电源、用电器和开关用导线连接起来，组成了电流可以流过的路径，就称之为电路。电路中要形成电流，必须满足两个条件：一是电路中要有电源，二是电路必须是闭合的。

⊙ 演示实验　演示实物电路的连接。进行电路实物连接时一般从电源正极开始，按电流的路径，依照电路图把元件一个个连接起来，最后连到电源的负极。连接电路

的过程中，开关应当断开，待接好电路，认真检查无误后进行试触，最后方可闭合开关。

⊙ 学生实验　现在依据教师教授的电路实物连接方法，请同学把前面连接的电路拆了重新连接。在连接电路的过程中，纠正原来错误的地方，注意正确的连接方法，每个小组的同学至少完成三个电路的连接练习，在实验的过程中，提醒学生要多交流，学会合作。

这个教学片段的设计，让学生对前面连接好的电路进行观察对比，特别是在学生前面连接的电路有错的情况下，引导学生分析并加以纠正，能让学生有更真切的体验。让学生从实际动手操作、探究中认识电路的组成；从感性认识上升到理性认识上来，从具体的线路连接抽象出电路的概念；从实验中分析感知电路各组成部分的作用。

演示实物电路的连接，则要注意提高演示的可见度，使教师的正确接线方式对学生起到良好的示范作用。一是把电路元件放置到黑板上演示（可以将带有小孔的面板放置在黑板面上，把电路元件插在小孔中；也可以将带有磁性的电路元件直接放置在有磁性的黑板上）。二是在桌面上演示时，用实物投影把整个实验过程清晰投影到屏幕上。无论用何种方法演示，一定要便于学生观察，确保每一个学生都能清晰地观察到教师的示范。在学生的分组实验中，尽量多准备一些用电器，让学生尽可能多地练习连接电路。经过这样的训练，学生认识电路、连接电路的能力会明显提高。

3. 电路图

对于初学电路的学生，正确画电路图和根据电路图连接电路是学习电学的基本功。教学中应加强这方面的训练，并建议做好以下几点：引导学生对照电路元件实物，逐一认识其符号，在学生的头脑中把实物和符号有机地联系在一起；教师进行规范的画图示范；教学中还应结合元件符号的特点，针对学生容易马虎的地方，提出画好元件符号的要求。

电路图作图时应注意：①电路元件的符号要用统一规定的符号，不能自造符号；②要注意所画符号和实物的对应性；③合理安排电路元件符号，使之均匀分布在电路中，元件符号避免画在电路的拐角处；④电路图最好呈长方形，导线要横平竖直，力求把电路图画得简洁、大小比例适中。

在实物电路图的连接中，则要注意：①导线一定要接到元件的接线柱上；②导线不能有交叉。

电路图的练习应该达到“三会”：①根据实物图会画电路图；②根据电路图会连接实物图；③根据文字描述电路的连接和控制情况会画电路图或连接实物图。

本节课的教学，只涉及简单的电路，即使作适当补充，也只是锻炼学生的作图能力和识图能力。对于电路图和实物图，切不可拔高难度。同时，对电路图的学习是一个漫长的过程，不可一蹴而就，课堂上不宜花费过多时间训练，否则会冲淡本节的教学重点。

4. 通路　断路　短路

通过前面对电路的实验和学习，学生认识通路和断路比较容易。通路——正常接通的电路，通路中有持续电流，即用电器能够工作的电路。断路——电路在某处被切断，电路中没有持续的电流，即用电器不工作的电路。短路和短接的教学，建议教师一边做实验，一边讲解。通过实验加强学生学习的直观性，同时短接实验建议让学生动手实践，这对有效地突破这两个教学中的难点会有帮助。

在实验基础上归纳判断短路的方法：从电源正极出发沿着电流方向，找出回到电源负极的各条路径，其中只要有一条没有接入用电器，就会造成电源短路。发生电源短路时，电路中所有用电器都没有电流通过，都不工作，但电源内部则有很大电流，会烧坏电源。

教学片段　用电器短接

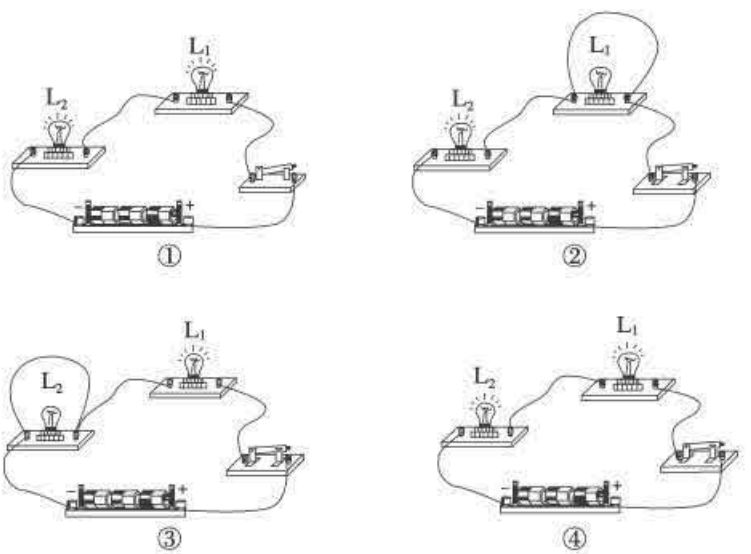


图 15.2-1

⊙ 提出问题　做如图 15.2-1 的实验，观察小灯泡的工作情况。为什么会出现这样的现象？电流的路径是怎样的？

⊙ 分析论证　在实验②中灯泡 L_1 不发光，但是灯泡 L_2 发光，说明电路中仍然有电流，可以推断出：电流没有从灯泡 L_1 中流过，而是从连接在灯泡 L_1 两端的导线上流过，然后从灯泡 L_2 中流过，灯泡 L_2 发光。用一根导线直接接在一个用电器的两端时，电流将流经外加导线而绕过了用电器，这种情况叫作用电器被短接。

同理，在实验③中灯泡 L_2 不发光，但是灯泡 L_1 发光，电流从外加导线流过而绕过了灯泡 L_2，灯泡 L_2 被外加导线短接。

⊙ 学生分组实验　让学生仿照老师的演示电路进行连接，然后用一根导线分别短接灯泡 L_1 和灯泡 L_2。

电源短路和用电器短接是学生在学习中比较难理解的内容，要在电路图中识别出短路和短接，对学生来说也是很困难的。所以这一内容的教学要加以设计，作好启发和引导，降低学生领悟这些知识的难度。用电器短接的教学，从实验引入，用直观的实验现象，先让学生形成感性认识，再通过分析推理，理解和领悟用电器短接。

应向学生强调，在电源短路时，电源中会有较大的电流，会烧坏电源。用电器短接时，例如灯泡被短接时，灯泡并不是烧坏了，而是没有电流从灯泡中流过，所以灯泡不发光。最后刻意加入了第④个实验的环节，就是用于印证灯泡仍然是好的，是可以发光的，只是被短接时没有电流流过。用电器短接实验建议让学生动手实践一下，涉及的串联电路不需要在这里向学生解释。在学生连接电路的过程中，只要能模仿老师的短接实验即可，不宜作过多过高的要求。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1.

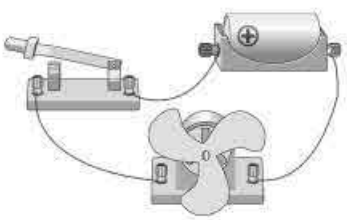
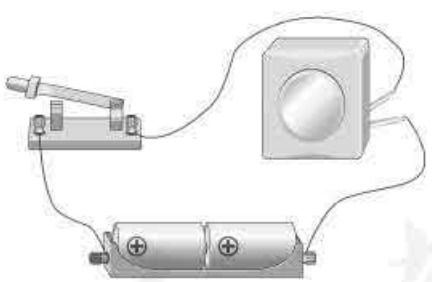
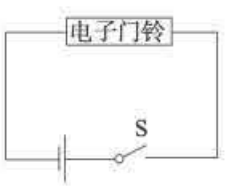


图 15.2-2

2.



甲



乙

图 15.2-3

3.



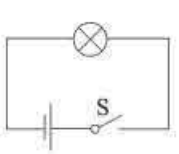


图 15.2-4

4.

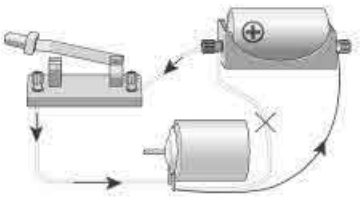
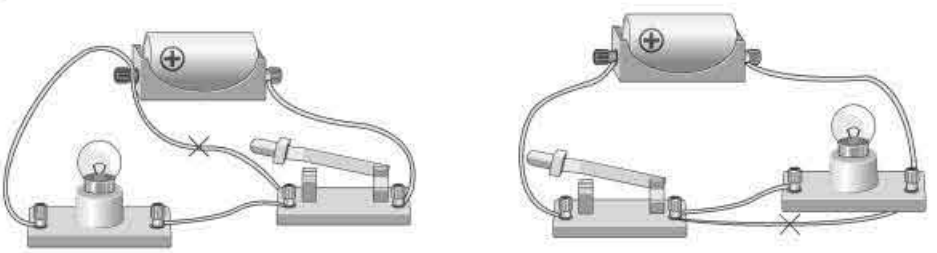


图 15.2-5

5.



甲　　乙

图 15.2-6

（四）补充练习

1. 下列说法中正确的是（　　）

A. 用导线把开关、电灯等用电器连接起来就组成了一个完整的电路

B. 电源是电路中供电的装置

C. 干电池、蓄电池、发电机、电动机都是电源

D. 用手电筒时，电流方向是由电池的负极经灯泡流向正极

答案：B

2. 电荷的_____形成电流，把_____电荷定向移动的方向规定为电流方向。金属导体中的电流方向跟它内部的自由电子的定向移动方向_____。在电源外部，电流方向是由电源的_____极流向_____极。

答案：定向移动；正；相反；正；负



图 15.2-7

3. 图 15.2-7 所示的是一个常见的充电宝。当充电宝正在给手机电池充电时，该手机电池相当于电路中的（　　）

A. 电源　　B. 开关　　C. 导线　　D. 用电器

答案：D

4. 为了生活方便，卧室里的同一个照明灯通常用两个开关控制。一个安装在进门处，另一个在床头附近，操作任意一个开关均可以开灯、关灯。图 15.2-8 中的四幅图是小明

用电池作为电源设计的四个电路图，能满足要求的是（其中 A 图中的 S_1、S_2 及 C 图中的 S_1 为单刀双掷开关）（　　）

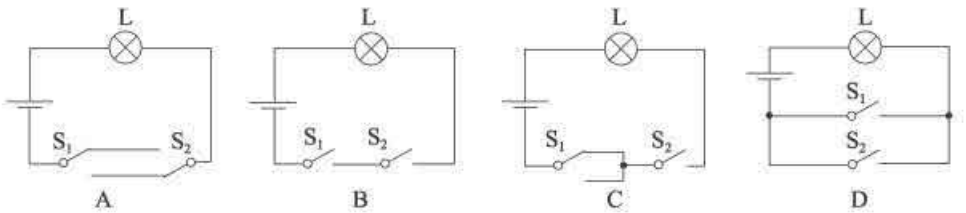


图 15.2-8

答案：A

5. 如图 15.2-9 所示电路，闭合开关时，发现灯泡 L_1、L_2 均不亮，电流表指针几乎没有偏转。某同学用一根导线去查找电路故障：他将开关闭合，然后将导线直接连接在灯泡 L_1 两端，发现灯泡 L_2 亮，电流表指针发生偏转，由此可知电路故障可能是_____。

答案：灯泡 L_1 断路

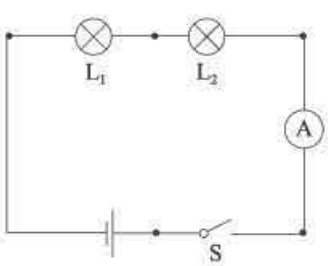


图 15.2-9

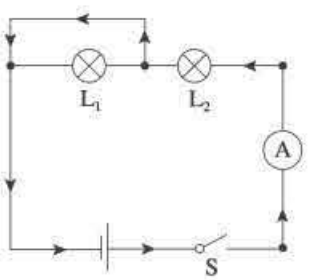


图 15.2-10

提示：这是常见的电路故障判断练习。闭合开关时，发现灯泡 L_1、L_2 均不亮，电流表指针几乎没有偏转，说明电路中出现了断路。当用一根导线直接连接在灯泡 L_1 两端，灯泡 L_1 被导线短接，发现灯泡 L_2 亮（如图 15.2-10 所示），电流表指针发生偏转，这说明只有灯泡 L_1 断路，才会出现题中的故障。

第 3 节　串联和并联

（一）教学目标

1. 知道什么是串联电路和并联电路，会画简单的串、并联电路图。
2. 通过实验探究串、并联电路的特点，会连接简单的串联和并联电路。
3. 尝试根据已有知识、经验，按要求设计简单的串、并联电路。

（二）教材分析与教学建议

认识串、并联电路的特点是识别电路、辨别电路连接形式和进行电路设计的基础，本节教学不能仅满足于让学生知道串、并联两种连接形式，而要把重点放在学生通过动手连接串、并联电路的实际操作过程，分析归纳出小灯泡的连接形式以及串联和并联电路各自的特点。辨别实际电路是串联还是并联，根据要求画出电路图或根据电路图连接实际电路（尤其是并联电路），对于初学电路知识的学生来说是比较困难的。因此，教学中应注意把老师的讲述和学生的动手实验紧密结合起来。本节内容由“串联和并联”“连接串联电路和并联电路”和“生活中的电路”三个部分组成。

本节内容的重点是会画串、并联电路图和连接串、并联电路；难点是根据要求及电路图来连接实物图，或根据要求及实际电路画出电路图。因为学生学习电学时间短，作图技能和实验操作技能还不强，也没能充分理解串、并联电路。所以教学中让学生通过动手实验得出结论，是突破难点的有效途径，只有这样才能让学生更好地记住并理解串、并联电路的特点而加以运用。同时让学生亲自参与，也能很好地调动学生的学习兴趣和积极性。

1. 串联和并联

本节内容的教学，建议从实验入手，充分利用教科书中设置的情境，提出问题：要让两个灯泡发光，可以有几种接法？让学生根据上一节学习过的电路知识，动手尝试连接电路。通过分析、比较，认识串、并联电路及相关的概念。

教学片段　连接串、并联电路

学生分组实验　器材提供：一个电源、两个小灯泡、一个开关和一些导线。

⊙ 提出问题　用桌子上的器材组成电路，要想让两个小灯泡都发光，请各个小组的同学相互交流讨论，可以有几种接法？根据自己所连接的电路，尝试画出电路图。

⊙ 实验展示　让一组学生展示他们连接好的电路和电路图，分析电路和电路图能不能达到老师提出的要求。在全班同学的实验中，有一部分同学连接出来的电路与展示小组连接的电路的形式是相同的。

让有不同意见的小组展示他们连接好的电路和电路图，分析电路和电路图能不能达到老师提出的要求。

⊙ 提出问题　两种形式的电路都可以达到让两个小灯泡都发光的目的。让学生分析比较，两种形式的电路有什么区别吗？

⊙ 分析论证　一种形式的电路中，如果取下一个小灯泡，另一个小灯泡也就熄灭了。但是另一种形式的电路中，如果取下一个小灯泡，另一个小灯泡仍然能发光。

这就是电路的两种基本连接方式。观察教科书图 15.3-1，两个小灯泡依次相连，然后接到电路中，这两个小灯泡是串联。观察教科书图 15.3-2，两个小灯泡的两端

分别连在一起，然后接到电路中，这两个小灯泡是并联。

⊙ 分析讲解　先让学生修改他们自己第一次画出来的电路图，确保电路图正确规范。在电路图中用箭头标出开关闭合后，电路中电流的方向（如图 15.3-1）。

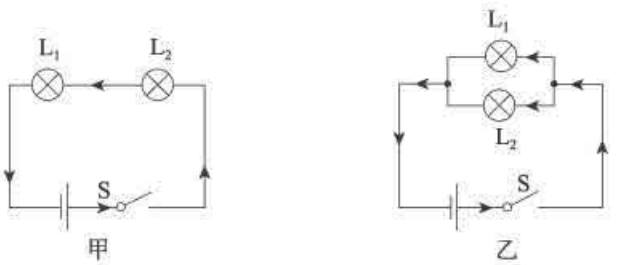


图 15.3-1

从图 15.3-1 中可以观察到，串联电路中只有一个回路，所以一个灯泡断开，另一个灯泡也会熄灭。并联电路中，有两个回路，如果取下了 L_1 这个灯泡，另外一个灯泡 L_2 中依然有电流，所以灯泡 L_2 仍然是亮的。

并联电路中两个用电器共用的那部分电路叫干路，单独使用的那部分电路叫支路。

此教学片段的设计是在前面学习过电路知识的基础上，提供器材，提出问题，让学生动脑动手完成探究实验的过程，教学片段中含有对电路的连接、电路图画法的复习，重点则在于通过实验探究找到连接电路的不同方式，从而能更好地理解串、并联电路及相关概念。整个教学过程中，教师注意不要包办，多提问题，引导学生分析思考。让学生自己对比、分析归纳才能起到训练学生能力的作用。

2. 连接串联电路和并联电路

“连接串联电路和并联电路”实验是《课标》中规定学生必做的 20 个实验之一，也是本节教学的重点。教师要引导学生做好实验，除了让学生学习连接串、并联电路以外，还要引导学生通过实验得出串、并联电路的一些规律。

教学片段　探究串、并联电路的特点

学生分组实验　器材提供：一个电源、两个小灯泡、三个开关和一些导线。

⊙ 提出问题　让学生观察他们原来连接好的串联电路中开关所处的位置。在串联电路中，如果改变开关的位置，开关对电路的控制作用是否会改变？让学生通过实验进行探究。

⊙ 进行实验　如图 15.3-2，让学生展示他们的实验并讲解他们得出的结果。

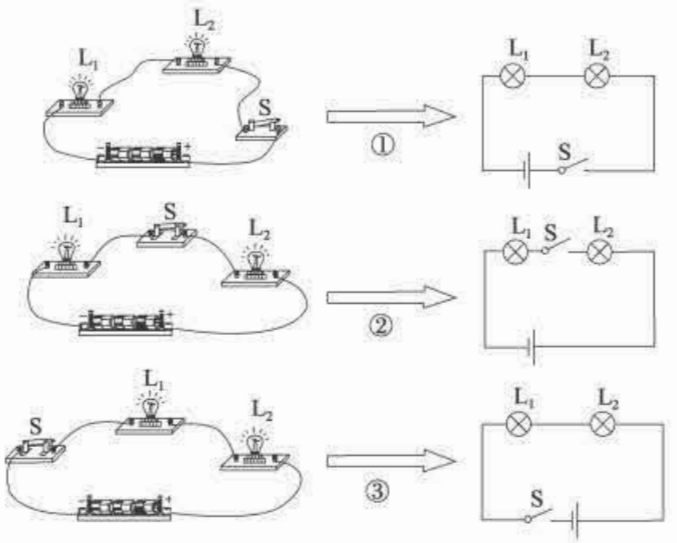


图 15.3-2

⊙ 归纳总结　在串联电路中，无论开关处于哪个位置都可以控制整个电路。闭合开关时，两个灯泡同时亮；断开开关时，两个灯泡同时熄灭。串联电路中只要有一个地方断开，整个电路中都没有电流。

⊙ 提出问题　让学生观察他们原来连接好的并联电路，观察开关处于什么位置？在并联电路中，如果改变开关的位置，开关对电路的控制作用是否会改变？让学生通过实验进行探究。

⊙ 进行实验　如图 15.3-3，让学生展示他们的实验及讲解他们得出的结果。

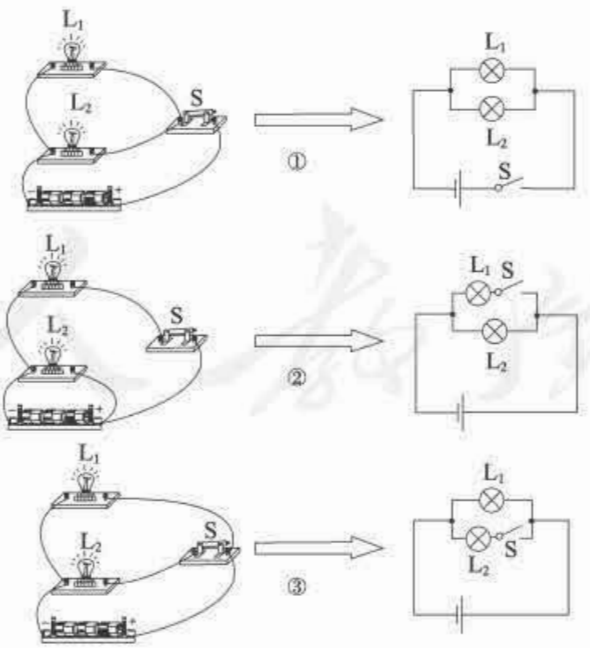


图 15.3-3

⊙ 归纳总结　在并联电路中，当开关处于干路上时可以控制所有的用电器，当开关处于支路上时，只能控制其所在的支路。当一条支路上的开关断开时，其他的支路仍然有电流——用电器仍然能工作。

让学生先画一个并联电路，电路中有三个开关，开关 S 可以控制 L_1 和 L_2 两个灯泡，开关 S_1 只能控制灯泡 L_1，开关 S_2 只能控制灯泡 L_2。（学生对此电路的作图和连接会有一定的困难，教师可以适当给予指导。）

如图 15.3-4，让学生展示他们的实验及讲解他们的电路。

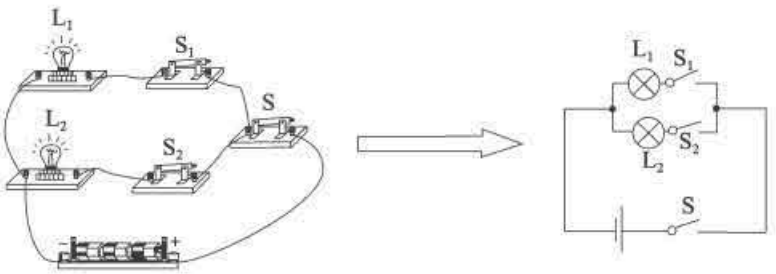


图 15.3-4

⊙ 归纳总结

	串联电路	并联电路
连接特点	首尾相连	并列连接两点之间
电流路径	电流从电源正极出发，只有一条路径流回到电源负极	干路电流在节点处分别流经各支路，再在另一节点处汇合流回电源负极
开关作用	开关控制整个电路，开关位置对它的控制作用没有影响	干路开关控制整个电路，支路开关只控制它所在的那条支路
用电器间是否相互干扰	各用电器互相干扰，若其中一个断开，其他用电器无法工作	各用电器互不干扰，若其中一个断开，其他用电器可照常工作

以上教学片段设置的目的是让学生通过动手实验，探究出串、并联电路的特点。实验的过程中，学生必然会有失败的体验，老师特别要注意引导学生正确面对挫折，告诉学生要想成功该怎样做。如多学习别人成功的经验，参与小组的交流与合作，只要敢于探索求知，就是成功的基础。实验中既要独立思考，也要学会和同学分工合作。电路的连接和画电路图都需要学生多加练习，才能达到掌握的目的。教学过程中引导学生找出自己连接的电路和电路图中的错误加以改正，可以很快提高连接电路和画电路图的能力。

3. 生活中的电路

对串、并联进行分析后，教师引导学生运用这些结论，联系生活实际，辨别生活中的一些电路是串联还是并联。对学有余力的学生，可以引导他们进行一些简单电路的设计。

教学片段　辨别串、并联电路

⊙ 提出问题　教室里的各盏灯及插座是怎样连接的？

⊙ 分析讨论　当关闭了教室里的一盏灯时，其余的灯依然会亮，说明教室的各盏灯是并联的，插座使用与否都不妨碍开灯和关灯，所以灯与插座是并联的。

⊙ 提出问题　街旁的路灯排成一列，路灯是串联还是并联？

⊙ 分析讨论　当一盏路灯不亮了，其他路灯仍然会亮，说明路灯是并联的。

⊙ 提出问题　家中电灯、电吹风、电冰箱、电视机、电饭煲、洗衣机等用电器是怎样连接的？

⊙ 分析讨论　当一个用电器工作时，其余的用电器可以工作，也可以不工作，说明各个用电器分别连接在不同的支路中，所以家庭中的用电器是并联的。

⊙ 提出问题　白天，不论发出多大的声音，楼道里的电灯都不会亮。夜晚当有人走动发出声音时，电路才会接通，灯才会亮，这是为什么？

⊙ 分析讨论　如图 15.3-5 所示，电路中有两个开关串联，一个是用“光控制的开关”，当光线比较强时，这个光控开关是断开的；当光线比较弱时，这个光控开关就会闭合。还有一个是用“声音控制的开关”，当没有声音时，这个声控开关是断开的；当有声音时，这个声控开关就会闭合。

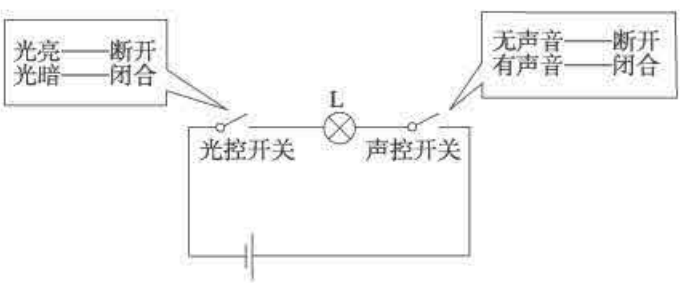


图 15.3-5

汽车左右转向指示灯电路、电吹风电路、前后门值班室电路、病房和护士值班室电路、报警电路等都是具有代表性的电路。教师可根据学生的实际情况选择性讲解。此教学片段的设计，主要是要让学生学会理论联系实际，同时也充分体现了“从生活走向物理，从物理走向社会”的理念。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1.

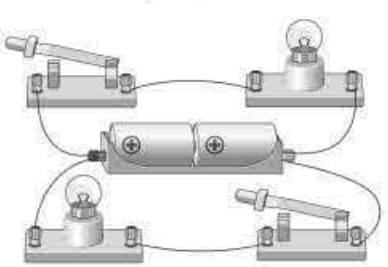


图 15.3-6

2. 实物电路图的连接如图 15.3-7 乙，在开关闭合时电流的方向如图 15.3-7 甲。

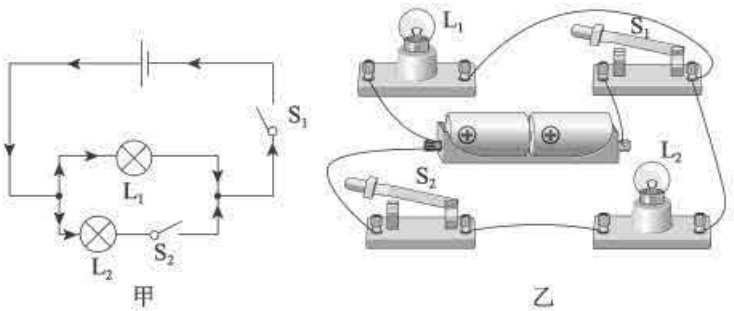


图 15.3-7

3.

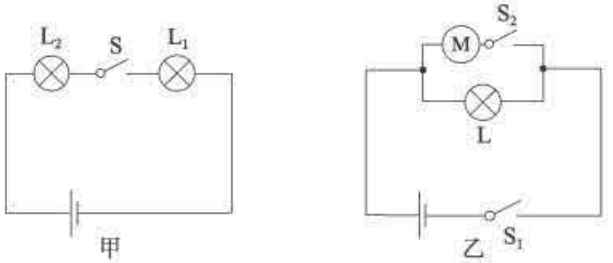


图 15.3-8

4.

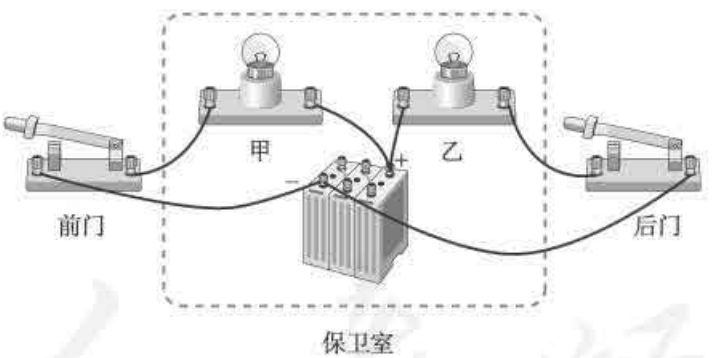


图 15.3-9

5.

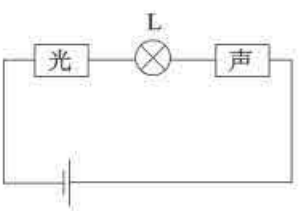


图 15.3-10

（四）补充练习

1. 经常用来做装饰的“满天星”小彩灯，往往一个灯坏了，一串灯全都不亮，它们是____联。马路边的路灯，灯与灯之间是_____联。

答案：串；并

2. 现在许多宾馆都利用房卡取电，如图 15.3-11 所示。只有把房卡插入槽中，房间内的用电器才能使用。房卡的作用相当于家庭电路中的_____，房间里各用电器之间是____联的。

答案：开关；并

提示：电路中有电源且电路处处是通路时，电路中才有电流。当房卡没有插入取电槽时，无论怎么闭合房内各种用电器的开关，用电器都不会工作，也就是说房内的电路中都没有电流。所以房卡实质上是房内电路的干路总开关。房内各用电器各自独立，如果其中一个用电器不工作，其他的用电器仍然能正常工作，各用电器之间不会相互影响，所以各个用电器是并联的。



图 15.3-11

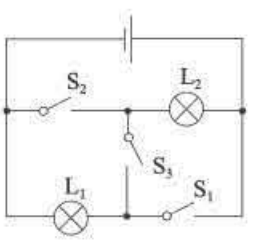


图 15.3-12

3. 如图 15.3-12 所示电路中，要使灯 L_1、L_2 串联，需要闭合的开关是_____；要使灯 L_1、L_2 并联，需要闭合的开关是_____。如果同时闭合开关 S_1、S_2 和 S_3，会出现_____。

答案：S_3；S_1 和 S_2；短路

4. 如图 15.3-13 是一个能吹冷、热风的电吹风的简化电路，图中 A 是吹风机（电动机），B 是电热丝。若只闭合开关 S_1，吹出的是_____风；若 S_1、S_2 都闭合，吹出的是_____风。

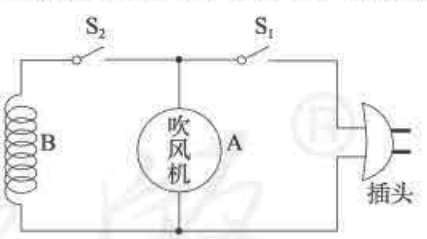


图 15.3-13

答案：冷；热

提示：这是电动机 A 和电热丝 B 组成的并联电路，S_1 在干路上，S_2 在 B 所在的支路上。当 S_1 闭合，S_2 断开时，B 所在支路没有接通，只有 A 工作，电动机工作，吹出的是冷风；当 S_1 和 S_2 都闭合时，A 与 B 并联，电动机和电热丝同时工作，吹出的是热风。

5. 根据图 15.3-14 甲所示的电路图，在图 15.3-14 乙中用笔画线代替导线，把实物图连接起来（注意导线不要交叉）。

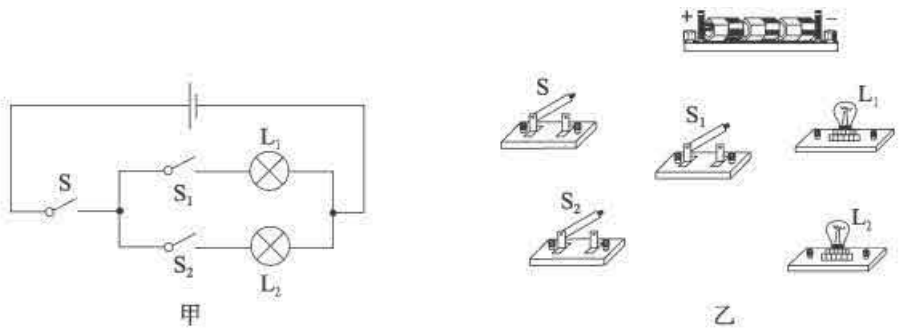


图 15.3-14

答案：

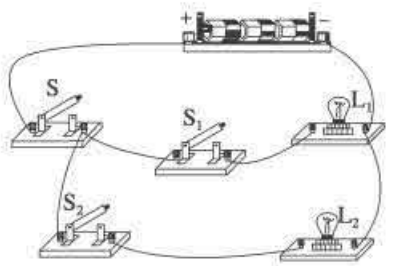


图 15.3-15

6. 如图 15.3-16 所示，开关 S 闭合时，灯泡 L_1 与灯泡 L_2 组成并联电路的是（　　）

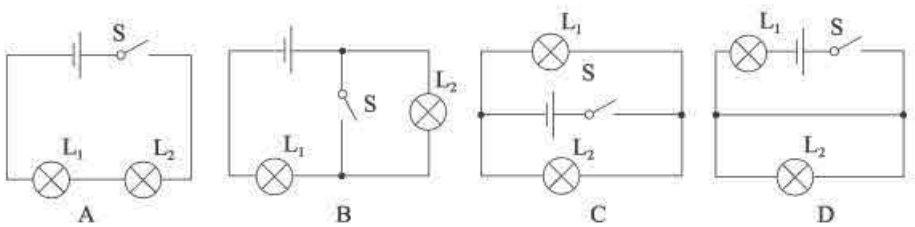


图 15.3-16

答案：C

7. 某保密室有三道门，关上一道门相当于闭合一个开关。只要有一道门没有关上，红色和绿色的指示灯都会发光。当三道门都关上时，红灯会熄灭，只有绿灯会发光。图 15.3-17 中的电路符合要求的是（　　）

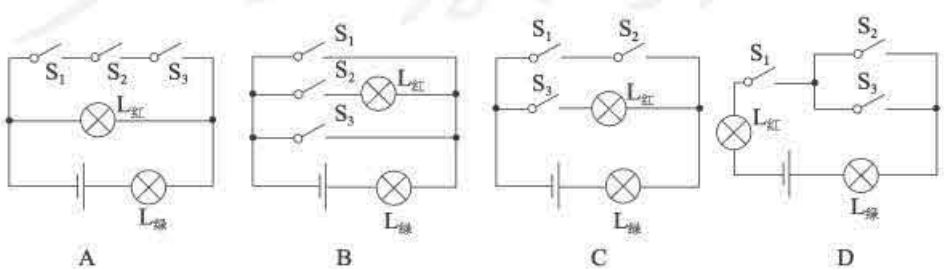


图 15.3-17

答案：A

提示：因为三道门都闭合才能使绿灯发光，可见三个开关与绿灯是串联在一起的。同时三个开关闭合时，红灯不亮，意味着三个开关闭合时，红灯要被短接，那么三个开关与红灯的关系应该是并联。所以，A 图符合要求。在 B 图中，当只有 S_1 闭合时，红灯不亮，绿灯会亮，不符合题意。在 C 图中，S_1 和 S_2 闭合，S_3 断开时，红灯不亮，绿灯会亮，也不符合题意。在 D 图中，三个开关闭合时，红灯、绿灯都亮，也不符合题目要求。

第 4 节　电流的测量

（一）教学目标

1. 认识电流的大小，知道电流的单位、符号，了解生活中一些用电器的工作电流。

2. 知道电流表的用途、符号，知道正确使用电流表的规则，并会将电流表正确接入电路中，画出相应的电路图。

3. 能认识电流表的量程，正确读出电流表的示数。

（二）教材分析与教学建议

电流在前两节学习时已有所涉及，但比较抽象。因为电流看不见、摸不着，学生难以形成电流的概念。电流的强弱在教科书中是通过观察比较“同一个小灯泡接在不同的电路中，明、暗不同，是因为流过小灯泡的电流的强弱不同”，引入表示电流强弱的物理量——电流。通过电流表测量电流的大小把电流相对形象化，让学生对电流有了感性认识，也为探究“串、并联电路中电流的规律”打好基础。本节内容由“电流的强弱”和“电流的测量”两个部分组成。

在画电路图和连接实物电路中正确接入电流表是这节的重点内容，正确读出电流表示数也是本节课的重点内容。教学中的难点是把电流表正确地连入电路。突出教学重点和突破教学难点的关键是一定要让学生多动手做实验，在实验过程中多分析、多思考、多画电路图。

1. 电流的强弱

通过对实验的观察和对比，引入电流。通过教师的讲解，知道电流的单位，了解常见的一些用电器中的电流。

教学片段　电流的强弱

学生分组实验　器材提供：两节干电池、一个小灯泡、一个开关和一些导线

⊙ 进行实验　把一个小灯泡接入电路中，第一次只用一节干电池做电源（图

15.4-1 甲），第二次如图 15.4-1 乙，用两节干电池（学生在生活中常用的电池组也是如此相连，学生有感性认识，提醒学生两节电池也是首尾相连即可，暂不用作深入解释）做电源。观察比较小灯泡的亮度。

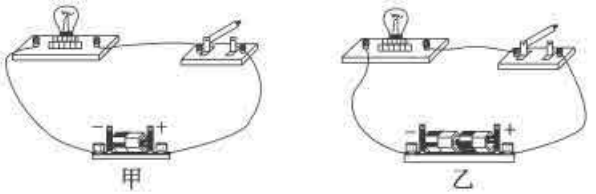


图 15.4-1

⊙ 提出问题　同一个小灯泡接在不同的电路中，明、暗不同，是什么原因造成的？

⊙ 分析论证　同一个小灯泡的明、暗不同，表明通过它的电流不同，其电流强的时候要亮一些，电流弱的时候要暗一些。说明电流是有强有弱的。

⊙ 归纳总结　在物理学中，表示电流强弱的物理量是电流。通常用字母 I 表示。电流的单位是安培，简称安，符号是 A。比安培小的单位还有毫安（mA）、微安（μA）。它们同安培的关系是 $1\ \mathrm{mA}=10^{-3}\ \mathrm{A}$，$1\ \mu\mathrm{A}=10^{-6}\ \mathrm{A}$。

让学生查阅生活中一些经常使用的用电器的电流值。

教学片段的设计从实验入手，让学生观察实验现象，对电流的大小形成具体的感性认识，再学习电流的相关知识。教科书中没有给出电流的定义，教学中也不宜补充。

2. 电流的测量

“用电流表测电流”实验是《课标》中规定学生必做的 20 个实验之一，是本节教学的重点。电流表是学生学习使用的第一种电表，又易损坏，需要特别加强对学生使用电流表的指导。在讲述电流表的用法和注意事项的时候，要配合演示、做好示范，加深学生对电流表使用的认识。

教科书本小节一开始就介绍了电流表的接线柱和量程，这是学生在学习电流表时最容易出错的地方。对于“电流表的连接”，可设计如下的教学片段。

教学片段　电流表的连接

⊙ 提出问题　质量的多少可以用天平来测量，力的大小可以用弹簧测力计来测量，温度的高低可用温度计来测量，电流的大小也可以用测量工具来测量——电流表。

⊙ 演示实验

出示电流表，介绍电流表的外部结构和在电路图中的画法。

通过实验介绍电流表的使用方法。

1. 必须将电流表和被测的用电器串联。如图 15.4-2 分别演示两个电路，强调甲电路图中电流表与灯泡串联，乙电路图中电流表与灯泡并联。乙图的演示只能试触，让学生仔细观察实验现象，灯泡的亮暗变化和电流表指针的偏转，发现灯泡不亮了，电流表的指针迅速偏转超过最大刻度，从而加深对电流表正确连接方法的理解。在这个实验中也可以简单地介绍这实际上是一种短路现象，至于短路的原因，在以后会学习。

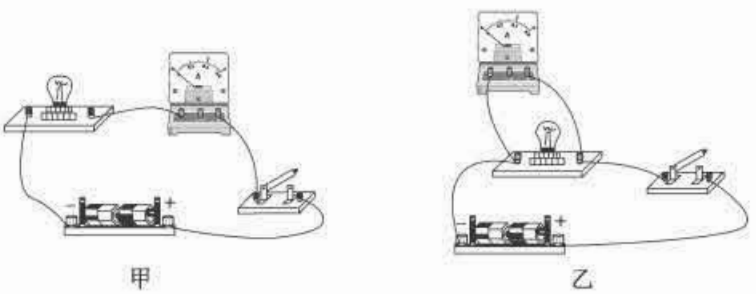


图 15.4-2

2. 必须让电流从“+”接线柱流进，再从“−”接线柱流出。否则，电流表指针反向偏转，无法读数，而且也容易损坏电流表。

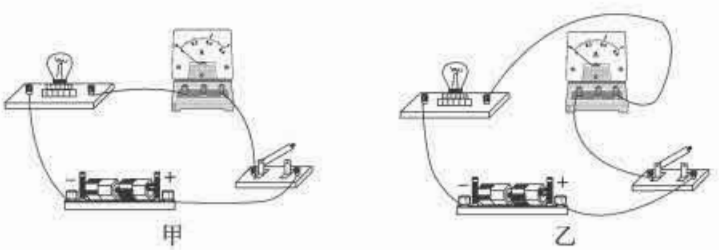


图 15.4-3

如图 15.4-3 分别演示两个电路，强调甲电路图中电流在电流表中是“+”进“−”出。乙图中电流是“−”进“+”出。乙的演示只能试触，引导学生认真观察电流表的指针反向偏转，就很容易理解为什么不能把电流表的接线柱接反了。

3. 必须正确选择电流表的量程。如果被测电流超过电流表的最大测量值，就无法读数，而且也有可能损坏电流表，这时应该改用更大量程的电流表。

电流表量程的选择包含两层意思：一是注意被测电流不要超过电流表量程，二是要正确地选择量程。

如图 15.4-4 分别演示两个电路，甲图的演示只能试触，引导学生认真观察电流表指针的偏转情况，就很容易理解为什么要选择适当的量程了。

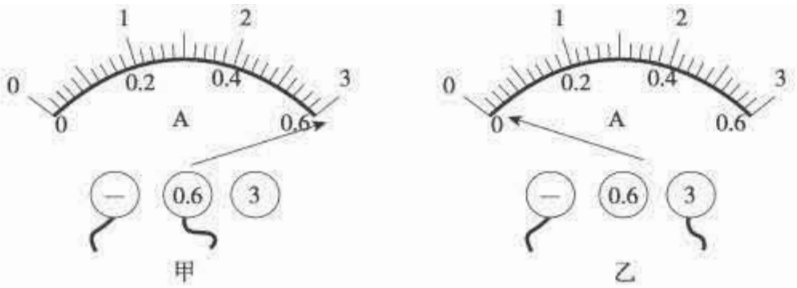


图 15.4-4

4. 不允许把电流表直接连到电源的两极。否则，电流表将被损坏。

演示如图 15.4-5 实验，只能让导线的一端试触电池的正极，引导学生观察电流表的指针偏转情况，学生就很容易理解为什么不允许把电流表直接连到电源的两极了。

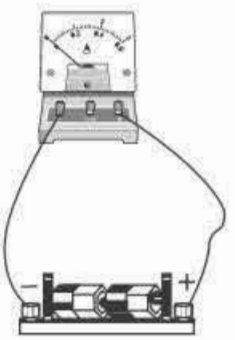


图 15.4-5

这个教学片段的设计，把违反电流表正确使用方法的情况都用实验演示出来，学生通过直观的实验现象可以轻易地判断哪些是正确的，哪些是错误的，从而加深对电流表正确使用方法的理解。这个实验要注意提高示范操作的可见度，否则将起不到很好的作用。要把所有器材都展示在竖直面板上，使这些器材的布置、教师的操作动作都能被学生看得清清楚楚。

在以前所学过的测量仪器中，如刻度尺、弹簧测力计和温度计等都是一排刻度只对应一组读数，而电流表的读数让学生感到困难的地方就是同一刻度上会出现两个不同的读数。当所选的量程不同时，每一大格，每一小格表示的数值都是不相同的。特别是选小量程时，每一小格代表 0.02 A，与学生的常识和习惯有很大出入。所以教师一定要带领学生对整个刻度盘认识得很清楚，然后用指针指示不同的位置，让学生多练习，能准确地读出电流表示数。学生能很清楚地观察到电流表的刻度盘是教学中一个很重要的环节，用动画演示的效果较好，但如果教学条件所限，也可以用投影，挂图或者课前把电流表的表盘放大后画在黑板上。学习好了电流表的读数，也为以后学习电压表的读数打下了坚实的基础。

教学片段　用电流表测量电路中的电流

学生分组实验　用电流表测量简单电路中的电流。先让学生画出电路图，要求学生在电路图中一定要标出电流表的正、负接线柱。其次要求学生完成实物电路图的连线，要特别提醒学生注意，电流进出的方向与电流表的正、负接线柱相对应。最后对照着实物电路图再连接电路。

要求学生把电流表分别接在小灯泡的左（图 15.4-6）及右端（图 15.4-7），各测

量一次。

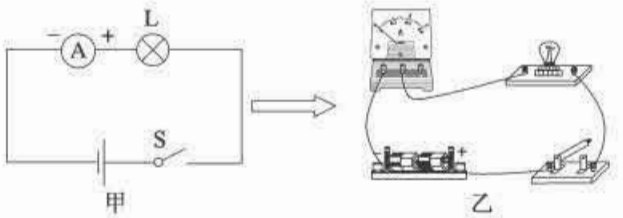


图 15.4-6

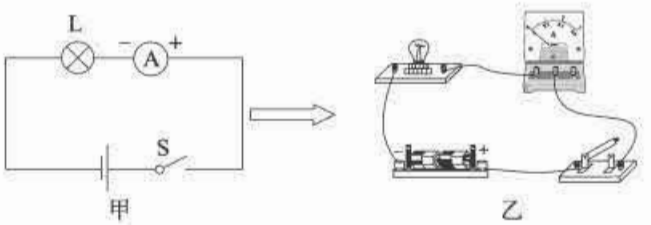


图 15.4-7

用电流表分别测量简单电路中小灯泡左右两端的电流，可以让学生通过实验了解流过小灯泡的电流有无变化。同时让学生多一次动手实验机会，熟悉电流表的正确使用方法，也为下一节内容的学习埋下了伏笔。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. 0.25 A＝250 mA；120 mA＝0.12 A

2.

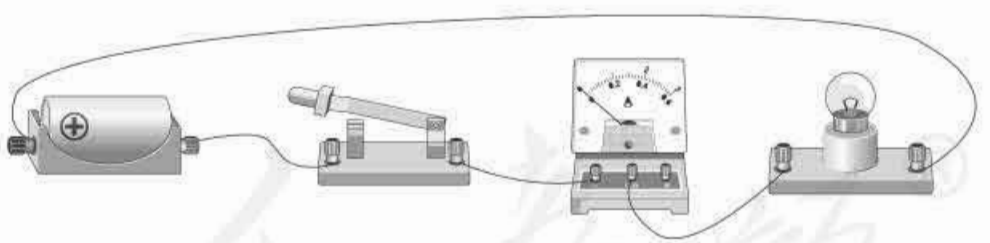


图 15.4-8

3. 0.32 A；0.58 A；1.4 A

4. 丁

（四）补充练习

1. 电流表表盘如图 15.4-9 所示，电流表的示数为

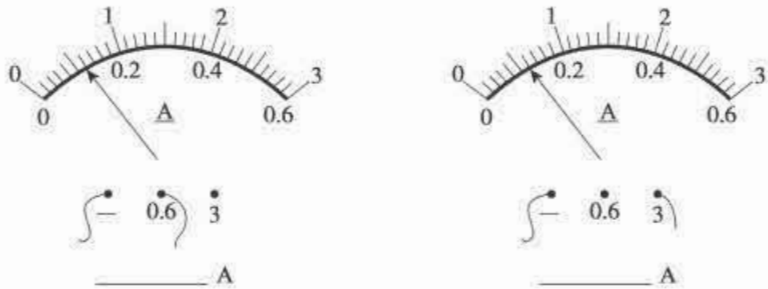


图 15.4-9

答案：0.12；0.6

2. 一位同学在使用电流表测较小电流时，应该使用“−”和“0.6”两个接线柱，但错误地将“−”和“3”两个接线柱接入了电路，其他操作正确，这样电流表会出现什么状态？

答案：电流表指针摆动偏小。

3. 如图 15.4-10 所示是电流表的使用上分别存在的问题，请在下面横线上写出造成这些现象的原因。

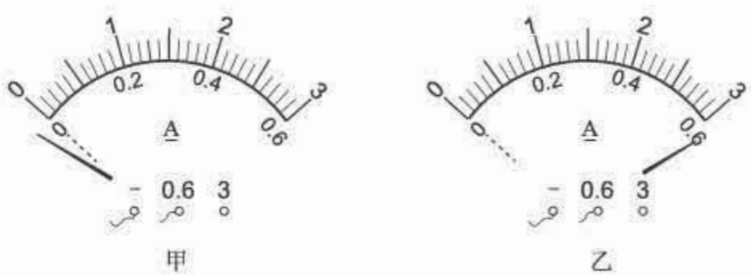


图 15.4-10

甲的问题：_____；

乙的问题：_____。

答案：电流表反接；测量电流超出电流表的量程。

4. 根据图 15.4-11 甲所示的电路图，在图 15.4-11 乙中用笔画线代替导线，把实物图连接起来（注意导线不要交叉）。



图 15.4-11

答案：

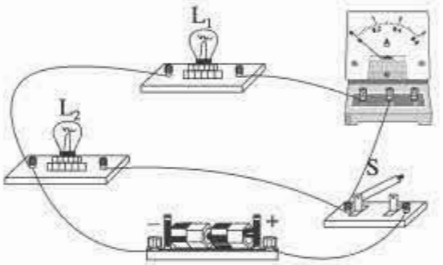


图 15.4-12

5. 根据图 15.4-13 所示的实物图，在虚线框内画出它的电路图。

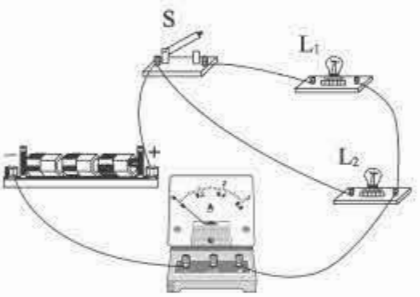


图 15.4-13

答案：

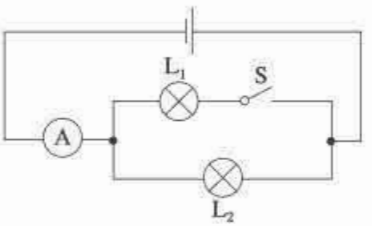


图 15.4-14

第 5 节　串、并联电路中电流的规律

（一）教学目标

1. 会正确使用电流表测量串联电路和并联电路中的电流。
2. 在探究串、并联电路的电流规律的过程中，体验科学探究的步骤、方法和态度。
3. 会运用串、并联电路的电流规律解决简单的问题。

（二）教材分析与教学建议

本节无论从知识内容还是技能训练上，在初中电学中都起到了承上启下的重要作用。从知识内容上，是在学生初步了解电路和电流的概念及认识了串联电路和并联电路的特点、会正确使用电流表的基础上，对前面所学电学知识进行综合性的运用，也是前面所学知识的继续与深入。串、并联电路中的电流规律是一个重要的规律，是学习欧姆定律及电功率的必备知识。从技能训练上，对整个探究过程也有一个综合体现。为了避免在教学中生硬地照搬科学探究的七个要素，教科书中不再有程序化的科学探究要素的标题。但是本节内容中科学探究的技能要求比较突出，在教学中占有相当分量，应创造条件让学生人人都能动手实验操作，真正经历探究的过程。教学内容则按照科学探究的几个要素一一对应分析研究，提出问题后，引导学生大胆猜想、设计实验方案、动手实验收集数据、对数据进行分析讨论，评估和交流，初步领会科学实验的方法。此实验是定量的电学探究实验，操作步骤较多，并且要正确地分析实验数据，所以在教学中要注意培养学生实事求是的科学态度。本节内容由“串联电路的电流规律”和“并联电路的电流规律”两个部分组成。

本节的重点是通过实验探究出串、并联电路中的电流规律；难点是能正确连接电路，能正确使用电流表和对实验数据的分析总结。在难点问题的处理上，教师可进行一次本实验的示范操作，以减少学生实验的盲目性，示范时就应把知识、技能因素融合在一起，提高学生动手实验的兴趣和能力。

1. 串联电路的电流规律

教科书从上一节课的最后一个学生分组实验入手，用电流表测一个简单电路的电流，电流表分别接在小灯泡的左侧和右侧，电流表两次的示数是相等的。提出问题：在一个串联电路中，有两个小灯泡，那么在两个小灯泡的左侧、右侧和两个小灯泡的中间位置，电流是否也相等呢？还是会有别的关系？引导学生猜想。紧接着设计实验，画出电路图，进行实验，收集数据，对实验数据进行分析，找出串联电路中电流的规律。

教学片段　探究串联电路的电流规律

⊙ 提出问题　根据上节课的实验，在一个小灯泡两端的电流是相等的。根据已有的知识和经验，猜想一下，串联电路中（图 15.5-1），A、B、C 三点的电流有什么关系？

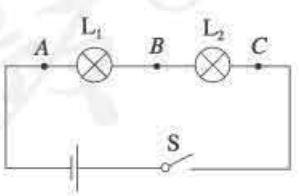


图 15.5-1

⊙ 猜想　因为小灯泡两端的电流都相等，所以猜测 A、B、C 三点的电流是相等的。

⊙ 分析讨论　要验证猜想是否正确，最好的方法就是实验。连接一个串联电路，分别用电流表测量 A、B、C 三点的电流。学生分组实验。

1. 画出一个串联电路，把电流表串联在灯泡 L_1 的左侧，根据电路图连接电路。

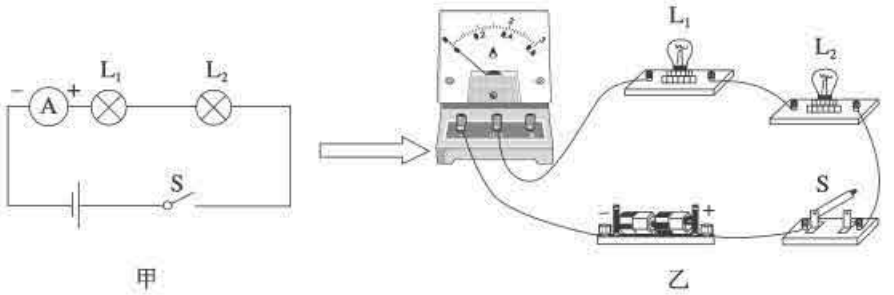


图 15.5-2

2. 把电流表串联在灯泡 L_1 和灯泡 L_2 的中间位置，根据电路图连接电路。

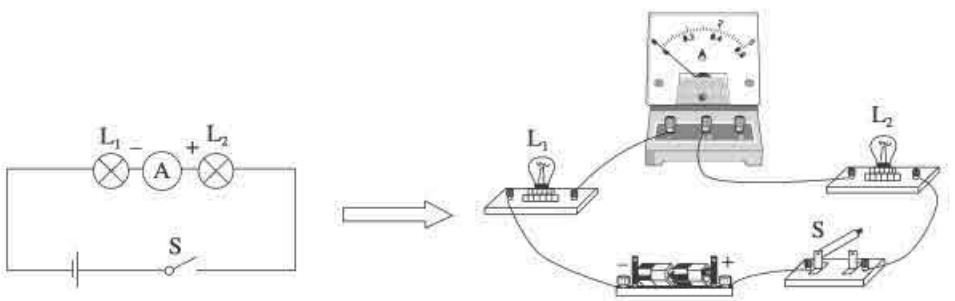


图 15.5-3

3. 把电流表串联在灯泡 L_2 的右侧，根据电路图连接电路。

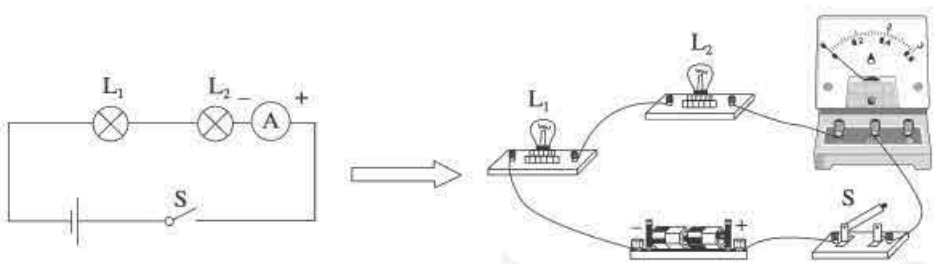


图 15.5-4

4. 把每一次测量出的电流值填入下表中。

	A 点的电流 I_A/ A	B 点的电流 I_B/ A	C 点的电流 I_C/ A
灯泡 L_1 和 L_2 串联			
灯泡 L_1 和 L_3 串联			
灯泡 L_2 和 L_3 串联			

5. 结论：串联电路中电流处处相等。

以上探究思路和过程应该是学生必须经历的最基本的实验过程，能增强学生对串联电路中电流规律的理解，提高学生的探究能力。对于基础较好的学生，可让他们自己设计实验，包括实验器材的选取、实验步骤、实验电路图等。对于学习较困难的学生，教师也可以直接给出探究的具体计划。此处给学生充足的时间，让学生有充分的动手机会和观察时间，从而收集到真实有效的数据，培养学生严谨的科学作风。整个实验过程要让学生充分感受到交流与合作的重要性和必要性，培养学生交流合作的意识。同时让学生在交流合作解决问题中体验成就感，培养自信心。对实验数据要采取实事求是的态度，不草率、不弄虚作假，如有偏差，教师可以适当地给予解释，解释的过程实际也是探究环节中的评估过程。对敢于提出不同意见的学生及时表扬，这表明了教师对待实验数据的态度，对于培养学生实事求是的科学精神无疑具有潜移默化的作用。实验中要改用不同型号的灯泡多做几次实验，收集多组实验数据，才能探寻到普遍规律。

“探究并联电路中干路与各支路电流的关系”的活动与“探究串联电路中各处电流的关系”的活动大致相仿，但是教材给出的提示更少，没有画出接入了电流表的电路图。在上一个探究活动的基础上，学生应该能够自己完成，教师尽量少干预，让学生独立完成探究活动的完整过程。但是在学生进行实验的过程中，要及时掌握学生动手实验的情况，及时发现错误，通过师生讲评及时纠正错误，以确保探究活动的顺利进行。

本节课中，通过探究得到串、并联电路的电流规律是知识目标。在教学过程中还应更加注意学生参与探究活动的过程中所反映出的学习状态，对其学习态度、值得鼓励和应该提醒的方面作出适当的评价，充分重视与学生的交流，注意培养全体学生的参与意识。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. 通过小灯泡 L_1 的电流是 0.3 A，电流表 A_2 的示数也是 0.3 A。

2.

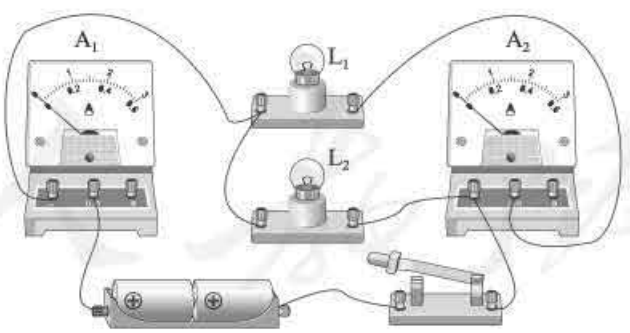


图 15.5-5

从电路图可看出，电流表 A_2 测量的是小灯泡 L_1 中的电流，所以小灯泡 L_1 中的电流是 0.3 A。小灯泡 L_1 和小灯泡 L_2 并联，电流表 A_1 测量的是干路电流，为 0.5 A，所以小灯泡 L_2 中的电流 $I_2=I_{总}-I_1=0.5\ \text{A}-0.3\ \text{A}=0.2\ \text{A}$。

3.

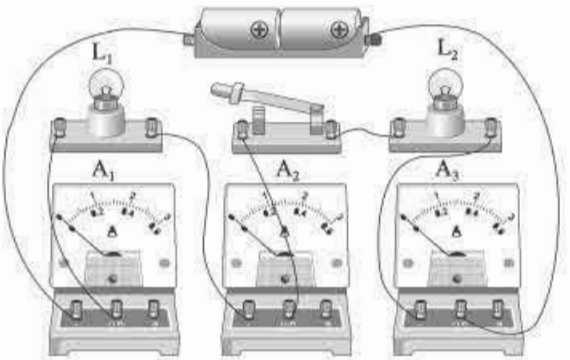


图 15.5-6

4.

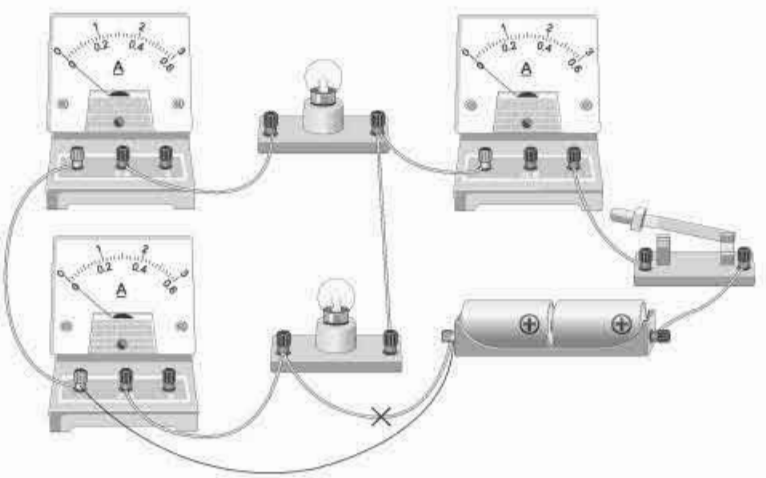


图 15.5-7

（四）补充练习

1. 如图 15.5-8 是“探究串联电路的电流规律”的实验电路图：

（1）实验中，选择两个小灯泡的规格最好是_____的（填“相同”或“不相同”）。

（2）连接电路时开关要_____，连好后检查电路是否正确连接，闭合开关前要先进行_____。

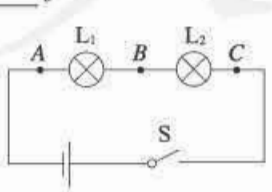


图 15.5-8

电流表的位置	A	B	C
电流 I/A	0.3	0.3	1.5

（3）上表是某位同学实验中的一组数据：指出上述表格所记录的数据中，明显错误的数值是：_____，造成错误的可能原因是：_____。

（4）改正错误的数据后，分析实验数据得到的串联电路中电流的规律是：_____。

（5）你认为这个实验的设计中的问题是：_____。

答案：（1）不相同

（2）断开；试触

（3）1.5；把 0～0.6 A 的量程误认为 0～3 A 的量程

（4）串联电路中的电流处处相等

（5）实验次数太少，难以验证结论的普遍性。

2. 为了探究并联电路的电流特点，同学设计了如图 15.5-9 所示的电路进行实验。

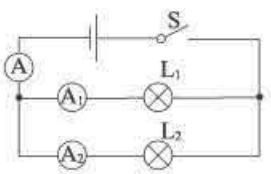


图 15.5-9

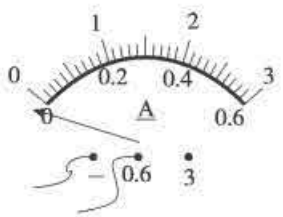


图 15.5-10

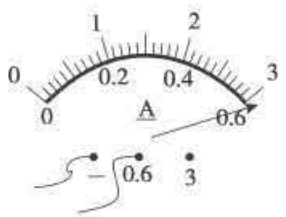


图 15.5-11

（1）在做使用电流表测电流的分组实验中，A 组同学试触时有一个电流表的指针向着没有刻度的一侧偏转，如图 15.5-10，根据你的分析，你认为原因可能是_____；

（2）B 组同学试触时发现有一个电流表的指针扫过有刻度的地方，直到没有刻度的地方，如图 15.5-11，你认为原因可能是_____；

（3）小灯泡 L_1 支路、L_2 支路、干路上的电流分别为 I_1、I_2、I，下面设计的表格中存在的不足之处是：_____；

	电流 I_1	电流 I_2	电流 I
第一次测量	0.5		
第二次测量			
第三次测量			

（4）排除故障后，测出了电流表示数如图 15.5-12 中甲、乙、丙所示，可读出：I_1＝0.54 A，I_2＝____ A，I＝____ A。根据测量结果，在误差允许范围内你认为并联电路中干路电流和各支路电流的关系是：_____。（写出关系式即可）

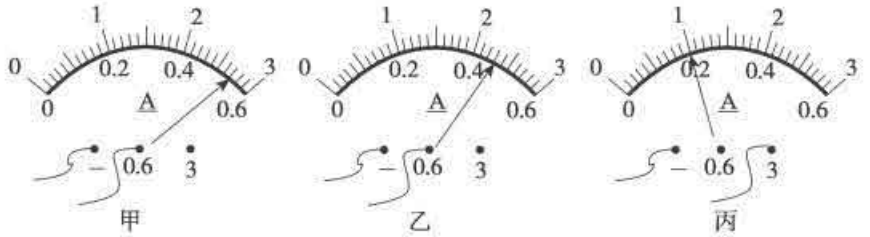


图 15.5-12

(5) 为了验证结论的普遍性，同学采用了更换不同电源继续实验的方法进行验证，你还可以采用的方法是：_____。

答案：(1) 电流表的正、负接线柱接反了

(2) 电流表的量程选择小了

(3) 没写电流的单位

(4) 0.46；1；$I=I_1+I_2$

(5) 改变小灯泡的型号（合理即可）

四、教学资源

（一）实验天地

1. 小制作：简易验电器



图 15-资-1 自制验电器

在做摩擦起电或感应起电的实验时，可以用验电器来检查物体是否带电，简易验电器可以自己动手来做。

如图 15-资-1 所示，把金属丝对折后穿过绝缘的瓶盖插入玻璃瓶里。取两条长约 2 cm、宽约 4 mm 的金属箔，分别挂在金属丝的两端。两条金属箔不带电时自由下垂，带电时会互相排斥而张开。

制作时要注意，瓶盖和瓶子一定要干净，不能潮湿。检查一下，看看你做的验电器是否好用。

2. 小制作：模拟静电复印

(1) 实验目的

摩擦起电可以吸引轻小物体，利用静电可以服务于人。

(2) 实验器材

塑料板一块、丝绸一块、一些木屑。

（3）实验方法

①“静电复印”空心的“图形”

用丝绸在塑料板上用力摩擦后，再用手指在塑料板上缓慢移动写字或描绘图形，比如写一个“王”字，然后把木屑均匀地撒在塑料板上，竖起塑料板在桌面上轻轻敲击后，木板上就会留下一个空心的“王”字。这是因为，用丝绸摩擦塑料板产生静电，并且有静电处会吸引木屑，无静电处没木屑，所以，用手指写字或画画是消除字迹或图形上的静电，形成空心的“图形”。

②“静电复印”实心的“图形”

用丝绸摩擦塑料板可以产生静电，而且有静电处会吸引木屑，无静电处没木屑。所以，用丝绸直接写“王”字或画画，可得到实心的“图形”。

3. 演示：导体和绝缘体没有绝对的界限

（1）实验目的

说明有的物体在通常条件下是很好的绝缘体，当条件改变时也可能成为导体。

（2）实验器材

旧白炽灯泡 1 只、放电叉、220 V 交流电源插座、酒精灯。

（3）实验方法

将已损坏的白炽灯泡打破，留着灯头及其固定两根引线的玻璃部分（两引线保留，将与之连接的钨丝去掉）。如图 15-资-2 组装好示教板。把电源插入 220 V 交流电源插座，闭合电源开关，灯泡不亮，用放电叉接通灯头的两根引线，灯泡通电发光。使学生清楚，只要灯头的两根引线有导体接通，电路的灯泡就发光，然后撤去放电叉。

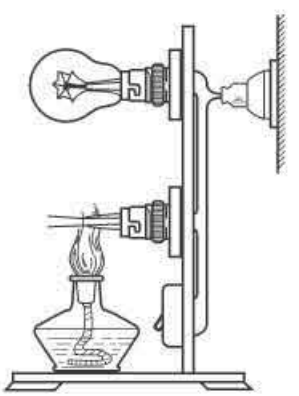


图 15-资-2

用酒精灯灼烧灯头固封两引线处的玻璃，随着该处玻璃温度升高，可见灯泡的灯丝逐渐从暗红光到较为光亮，移去酒精灯，可见灯泡灯丝从较亮到暗红，最后到熄灭。

结论：玻璃在常温下是很好的绝缘体，当条件改变时，可变成导体。

注意：本实验使用 220 V 交流电源，在示教板电源接通后，灯头的两引线间有 220 V 电压，实验过程切勿碰触，做完实验应立即拔出电源插头切断电源。

4. 电路故障分析方法

（1）外电路短路故障的检查与排除

短路故障是必须首先判定和排除的故障，其检查思路如下表：

表现	可能原因	检查步骤
整个外电路上的仪表无示数，或电源输出指示灯不亮。	①外电路连接不当造成短路，使电源内部断路，无输出。 ②电源输出接线柱松脱。	①观察输出端接线柱处是否碰线。 ②观察干路电流表是否接错。 ③观察干路高阻元件是否被短接。 ④把外电路与电源断开，用电压表或额定电压与电源电压相近的灯泡接在电源输出端，看电源是否有输出。若无输出，则看电源保险是否已断。若未断，则拆开电源看内部输出引线是否已松脱。其他接线是否断脱。排除发现的故障。 ⑤电源有输出后，进行实验。若干路仍无电流，则外电路干路断路，应继续检查外电路。

（2）干路断路故障点的检查与排除

检查断路故障点的方法，主要有三种。

表现	可能原因	检查方法
电源有输出，但整个干路无电流示数。	外电路干路无电流必是干路断路引起的。常是由于连接的绝缘导线内部断线或接线柱未真正接通。	①电压表检查法　首先设定外电路在某处断路，把其他可能的断路点用导线连接（因为可能断路点不只一处）。用电压表跨接所设定的断路处两端，若电压表示数为0，则该处没有断路，若电压表有示数，则断路点在该处。若排除此断点后，外电路仍断路，应按照此法继续检查其他可能的断点。 ②电灯检查法　首先设定外电路在某处断路，把其他可能的断路点用导线连接。用灯泡跨接在所设定的断路处两端。若电灯发光，说明该处断路；若电灯不亮，则该处没有断路。要注意，用电灯检查法时，要估计一下电路的总电阻是否与电灯相近，若电灯电阻远小于电路总电阻，则此法不能确切判断出断路点。 ③欧姆表检查法　先断开电源，用欧姆表的表笔接触所设定的有断路点的元件或电路的两端，若欧姆表示数不为∞，说明该元件或电路中没有断路点；若欧姆表示数为∞，则断路点在该处。 用欧姆表检查电路时，所查处的电路不能有并联成分，如果有，应先断开并联部分。否则不能作出正确判断。 此外，应注意不能将欧姆表两表笔直接接在电源输出端，这样可能损坏欧姆表。

（二）物理史话

1. “电”的由来

人们对电现象的初步认识，可追溯到公元前6世纪。希腊哲学家泰勒斯那时已发现并

记载了摩擦过的琥珀能吸引轻小物体。我国东汉时期，王充在《论衡》一书中所提到的“顿牟掇芥”等问题，也是说摩擦琥珀能吸引轻小物体。

第一位认真研究电现象的是英国的医生、物理学家吉尔伯特。1600 年，他发现金刚石、水晶、硫黄、火漆和玻璃等物质，用呢绒、毛皮和丝绸摩擦后，也能吸引轻小物体，有“琥珀之力”，他认为这可能是蕴藏在一切物质中的一种看不见的液体在起作用，并把这种液体称之为“琥珀性物质”。后来根据希腊文“琥珀”一词的词根，拟定了一个新名词——“电”。但吉尔伯特的工作仅停留在定性阶段。

到了 1733 年，法国物理学家杜菲发现，把两根跟毛皮摩擦后的琥珀棒或两根跟丝绸摩擦过的玻璃棒悬挂起来，当两根同种棒彼此靠近时，它们相互排斥，但琥珀棒与玻璃棒则会互相吸引；如果使其接触，二者都失去电性。于是杜菲认识到电有两种：“琥珀电”和“玻璃电”；同种电相斥，异种电相吸。美国学者富兰克林干脆把这两种电叫作“正电”和“负电”，他认为，电是一种流质；摩擦琥珀时，电从琥珀流出使它带负电；摩擦玻璃时，电流入玻璃，使它带正电；两者接触时，电从正流向负，直到中性平衡为止。

2. “静电”与“动电”的统一

富兰克林揭露了雷电的秘密。他冒着生命危险，把“天电”吸引到莱顿瓶中，令人信服地证明了“天电”与“地电”完全相同。接着他发明了避雷针，这是人类用已有的电学知识征服自然所迈出的第一步。用电的科学取代了对上帝的部分迷信，也推动了人们对电的研究和探索。

1785 年，法国物理学家库仑用他发明的扭秤，通过实验研究，确立了电荷之间的作用规律——库仑定律。从此，人们对电现象的研究从定性走上了定量的道路。但要深入探讨电的本质，则须有大的电源。

18 世纪后期，意大利物理学家伏打发明了电池。伏打把银片、锌片和用盐水浸泡过的硬纸板按一定顺序叠起来，组成一根柱体，称为“伏打电堆”。当用导线连接电堆两端的导体时，导线中产生了持续的电流。

法拉第通过实验发现了电磁感应现象，确立了电磁感应定律，为电能的开发和利用开拓出一条崭新的途径。

1862 年，韦伯首次以带电粒子的移动解释电流现象，使“静电”与“动电”的本质统一起来了。

（三）物理广角

1. 摩擦起电序列

教科书中多采用丝绸与玻璃棒摩擦和毛皮与橡胶棒摩擦来获得带电体，是为了两种电荷命名的需要吗？

摩擦起电跟物质的种类有很大关系，严格说来，与物质结构和化学成分有关。各种物质中的电子脱离原子所需要的能量是不同的。因此，不同物质的起电顺序是不同的。

起电顺序（正→负）											
有机玻璃	玻璃	毛皮	丝绸	纸	金属	硬橡胶	石蜡	涤纶	硬塑料	聚乙烯	聚丙烯

使用起电顺序距离越远的两种材料做成的物体摩擦时，越容易起电，而且起电顺序也越不容易颠倒，因此，用橡胶棒与毛皮摩擦优于用玻璃棒与丝绸摩擦。不过，由于它们是两种电荷命名的重要依据，该起电方法多被教科书采用。

教学中也可以改变摩擦组合。例如，某物质与一种物质摩擦带正电，而与另一种物质摩擦后就有可能带负电。这样的处理可有效避免学生形成不必要的思维定式。

2. 电荷守恒定律

无论是摩擦起电还是感应起电，本质上都是使微观带电粒子（如电子）在物体之间或物体内部转移，而不是创造出了电荷。

大量事实表明，电荷既不会创生，也不会消灭，它只能从一个物体转移到另一个物体，或者从物体的一部分转移到另一部分；在转移过程中，电荷的总量保持不变。这个结论叫作电荷守恒定律。

近代物理实验发现，在一定条件下，带电粒子可以产生和湮没。例如，一个高能光子在一定条件下可以产生一个正电子和一个负电子；一对正、负电子可以同时湮没，转化为光子。不过在这些情况下，带电粒子总是成对产生或湮没，两个粒子带电数量相等但正负相反，而光子又不带电，所以电荷的代数和仍然不变。因此，电荷守恒定律现在的表述是：一个与外界没有电荷交换的系统，电荷的代数和保持不变。

3. 电荷的“基本属性”

电荷的基本属性是指对偶性、量子性和相对论不变性。

（1）对偶性

电荷的对偶性是指存在正、负两种电荷，同种电荷相排斥，异种电荷相吸引。正、负电荷的命名属历史的偶然，反过来叫也是可以的。从根本上讲，正、负电荷是同一本质的两个对立方面。但是为什么是这样，现在尚不能确切地作出解释。

（2）量子性

电荷的量子性是19世纪末以来，无数实验所揭示出来的电荷的一个重要属性。所谓电荷的量子性是指：在自然界中，所有电荷的电荷量总是以一确定的量为单元出现的，总是这个单元量的整数倍。用 e 表示这个单元电荷量，称为基本电荷。实验测定 $e=1.602\ 177\ 33\times10^{-19}$ C。电子的电荷量为 $-e$，正电子的电荷量为 e。质子带的正电荷量也精确地等于 e。目前已发现的所有带电基本粒子的电荷量的大小都精确地等于 e。

根据实物物质的电结构，物体带电总是以失去电子或得到多余的电子而破坏原来的电

中性，从而带正电或负电的。因此带电体带的净电荷量总是基本电荷 e 的整数倍。带电体电荷量的变化总是以 e 为“颗粒”进行，只是由于基本电荷 e 这个“颗粒”太小，以至宏观物体所带电荷量的变化的不连续性不易觉察。因此，在研究宏观电现象时，又常不计电荷的量子性而把宏观物体的电荷量近似认为是可连续变化的。

1964 年美国物理学家杰曼等从基本粒子研究中提出了分数电荷的设想，认为组成强子的夸克有许多种，并且它们的电荷是 e 的分数倍。这样的设想也只是发现基本电荷有更小的值，却不能否定电荷的量子性这一基本属性。

（3）相对论不变性

电荷的相对论不变性，是指从不同的惯性系上看，某一带电粒子的电荷量都是相同的。或者说，一个系统总的电荷量不因带电体的运动而改变。与质量随运动速度而变这一事实相比，电荷不变性是一个十分值得注意的重要属性。

电荷不变性对电荷量子化这一性质有特殊的意义。如果电荷随速度而变，而速度是可连续变化的，这就一定会否定电荷的量子性的结论。事实上，一切带电的基本粒子不论运动状态如何不同，电荷量绝对值相等。这一非常重要的事实，不仅表明了电荷的量子性，也证明了电荷的不变性。

考虑到初中学生的认知水平，关于电荷的基本属性，可初步引导学生认识其对偶性，而量子性需根据实际情况略微渗透。

4. 为什么摩擦后的带电棒能吸引轻小物体？

摩擦后的带电棒能吸引轻小物体，原因在于带电棒在周围空间产生了一个非均匀电场，离棒的带电端愈近，电场就愈强。如果轻小物体是电介质，那么这些小物体在电场中被极化，离带电棒近的一端出现异种电荷，远端出现同种电荷。这些电荷被束缚在小物体两端，称为极化电荷，极化电荷在电场中同样要受到静电力作用。如图 15-资-3 所示，小物体离棒近的一端受的引力为 F_-，另一端受的斥力为 F_+，由于电场不均匀，$F_->F_+$，小物体所受合力指向带电棒，结果它被带电棒吸引过去了。

如果小物体为导体，这样的小导体在带电棒的电场中被感应，结果靠近带电棒的一端，感应电荷与棒上电荷异号，远离带电棒的一端感应电荷与棒上电荷同号。于是，小物体在非均匀电场中受力作用，其情况与上述的电介质受力情况类似，也将趋向带电棒。

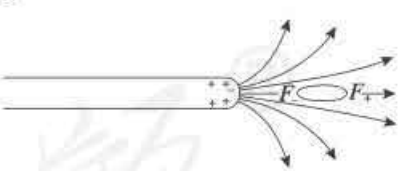


图 15-资-3

其实，非均匀电场中的轻小物体，在电场的作用下，都可看作一个小的电偶极子，这些小的电偶极子，在非均匀电场中，沿电场强度方向取向，受力作用而趋向于电场变化大的地方，结果被带电棒吸引。

5. 金属中的电流和电流方向

一切固态金属都是晶体，在它的空间点阵的结点上有不断做无规则振动的原子或正离子，自由电子则在空间点阵间做无规则的热运动，不断地和空间点阵相碰撞。

金属导体两端没有电压时，也就是金属中没有恒定电场时，自由电子的运动完全是杂乱的，就像气体分子的热运动一样，在任何一个方向上的平均速度都等于0，因此在平常情况下金属中没有电流。

给金属两端加上电压，使金属中产生恒定电场。这时每个自由电子都将受到静电力的作用，而发生与恒定电场方向相反的定向运动。所以金属中有恒定电场存在时，自由电子除了无规则的热运动外，还多了一个定向运动，就是这个定向运动形成了金属导体中的电流。

需要指出的是，自由电子热运动的速度、自由电子定向运动的速度、电流传导的速度是完全不同的。在通常温度下，电子热运动的速度大约是100 km/s；在一般铜导线中，自由电子定向运动的速度不超过十分之几毫米每秒；电流的传导速度跟电子定向运动的速度毫无关系，它是电场的传播速度，这个速度等于光速——300 000 km/s。自由电子定向运动的速度如此之慢，这与我们平时开关电灯时的事实似乎不符。实际上，闭合开关的瞬间，电路中的各个位置迅速建立了恒定电场，在恒定电场的作用下，电路中各处的自由电子几乎同时开始定向移动，整个电路也就形成了电流。

关于电流的方向，科学上一直沿用“正电荷定向移动的方向为电流方向”的说法，是由于这个规定对正确研究电现象并无妨碍。至于规定与实际不符的问题，只是在金属等靠负电荷导电的导体中才存在。在导电的液体中，同时有正、负离子向相反方向移动，哪个规定都不尽符合实际。在某些情况下，电流确实是由带正电的微粒（如α射线）形成的，则规定与实际相符。

6. 发光二极管

发光二极管是半导体二极管的一种，它可以把电能转化成光能，常简写为LED。LED与普通二极管一样是由一个PN结组成，也具有单向导电性。当给发光二极管加上正向电压后，从P区注入到N区的空穴和由N区注入到P区的电子，在PN结附近数微米内分别与N区的电子和P区的空穴复合，产生自发辐射的荧光。不同的半导体材料中电子和空穴所处的能量状态不同，当电子和空穴复合时释放出的能量多少不同，释放出的能量越多，则发出的光的波长越短。常用的是发红光、绿光或黄光的二极管。

LED的反向击穿电压约5 V。它的正向伏安特性曲线很陡，使用时必须串联限流电阻以控制通过管子的电流。LED的两根引线中较长的一根为正极，应接电源正极。有的LED的两根引线一样长，但管壳上有一凸起的小舌，靠近小舌的引线是正极。

与小灯泡和氖灯相比，LED的特点是：工作电压很低（有的仅一点几伏）；工作电流很小（有的仅零点几毫安即可发光）；抗冲击和抗震性能好，可靠性高，寿命长；通过调制电流的强弱可以方便地调制发光的强弱。由于有这些特点，LED在一些光电控制设备中用作光源，在许多电子设备中用作信号显示器。把它的管心作成条状，用7条条状的发光管组成7段式半导体数码管（图15-资-4），每个数码管可显示0～9十个

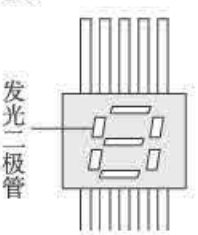


图15-资-4

数字，等等。

7. 电池

（1）干电池

干电池由锌筒、碳包和氯化铵溶液构成，其作用分别相当于伏打电池的锌片、铜片和稀硫酸溶液。干电池工作时，封存其中的物质发生化学反应而输出电能。

（2）燃料电池

燃料电池是一种把燃料和氧化剂中的化学能直接转化成电能的装置，是继水力、火力、原子能发电方式之后的“第四种发电方式”。它与干电池最大不同点在于，封存在干电池中参与化学反应的物质终将耗尽，反应停止，也就不能输出电能了；而对于燃料电池，只要外界不断地供给它燃料和氧化剂，化学反应就能不间断地进行，它就能不停地输出电能。

（3）锌银电池

锌银电池采用氢氧化钾或氢氧化钠为电解液，由银作正极材料，锌作负极材料。适宜大电流放电的锌银电池应用于军事、航空、移动的通信设备、电子仪器和人造卫星、宇宙航行等方面。纽扣式微型锌银电池还应用于电子手表、助听器、计算机和心脏起搏器等。

（4）锂电池

锂电池以锂为负极，与适当的正极匹配，其主要优点是在较小的体积或自重下，能放出较大的电能，也就是说，电池的质量一定时，锂电池的容量较大。放电时电压十分平稳，储存寿命长，能在很宽广温度范围内有效工作。应用和锌银电池相同。从发展趋势看，锂电池的竞争能力将超过锌银电池。

（5）太阳能电池

目前常用的太阳能电池是由硅制成的，一般是在电子型单晶硅的小片上用扩散法渗进一薄层硼，以得到 PN 结，然后再加上电极。当日光直射到渗了硼的薄层面上时，两极间就产生电动势。这种电池可用作人造卫星上仪器的电源。除硅外，砷化镓也是制作太阳能电池的好材料。

（6）原子电池

这种电池被密封在铅制的圆柱体中。它的核心部分是放射性元素锶 90。当锶衰变时，产生热量，通过热电发生器将热量转化为电能。据称这种原子电池不需维护，至少可用 5 年，估计可用 10 年。

8. 静电危害的防止

在易燃、易爆及防静电场所，往往需要将人体的静电进行释放，这样的设备被称为人体静电释放器。该设备需选择合理的人体静电释放电阻，并与地线相连，形成一种无源式电路，利用人体上的静电使电路工作。当人用手触摸时，它即可将人体上的静电释放。更为重要的是电阻的作用，它可以有效地控制人体静电释放速度，延长人体静电释放时间，降低瞬间人体静电释放的能量，有效地规避火灾爆炸事故的发生和人体被电击等危害。人

体静电释放器已广泛用于煤矿、采气、油气管道、发电、冶金、航空、储运、制药、制气、塑料、化纤、皮革、烟火、爆竹等行业。

另外，电子行业普遍使用一种被称为防静电手环的小型设备，其原理为通过套在人手上的手环以及手环上的导线使操作工人接地，以充分保护静电敏感装置和印刷线路板等。静电手环能在静电损坏电子产品之前，驱散人体所带静电。同样道理，该设备中接入了保护电阻。

人教版®

第十六章
电压　电阻

一、《课标》要求及课时建议

（一）《课标》要求

3.4.1　从能量转化的角度认识电源和用电器的作用。

3.4.2　知道电压、电流和电阻。

3.4.3　会看、会画简单的电路图。会连接简单的串联电路和并联电路。说出生产、生活中采用简单串联或并联电路的实例。了解串、并联电路电流和电压的特点。

3.4.4　会使用电流表和电压表。

（二）课时建议

第1节	电压	1课时
第2节	串、并联电路中电压的规律	2课时
第3节	电阻	1课时
第4节	变阻器	1课时

二、编写意图

（一）本章概述

本章内容主要是电学的两个基本概念——电压和电阻，其地位与上一章相同，是学习电学的基础知识，同时，更是为下一章欧姆定律的学习作好准备。

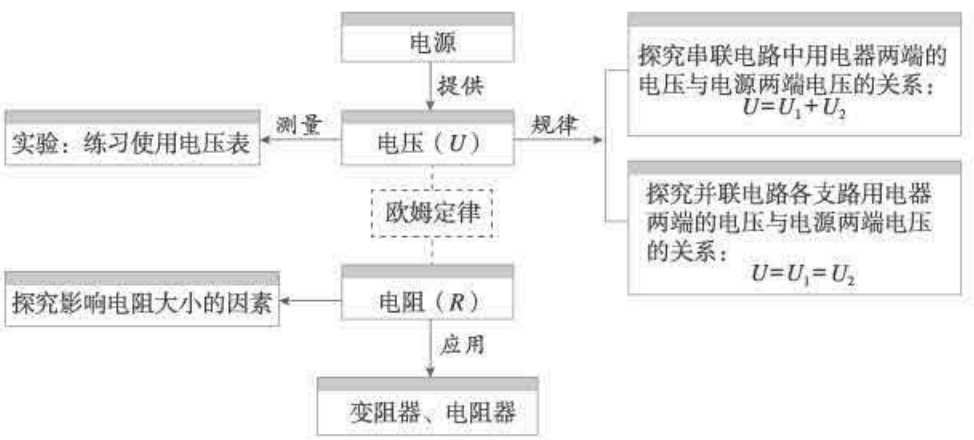
电压的概念历来是初中物理教学的难点。这是因为，在初中物理学习的知识体系中，

我们还无法讲清楚电压是什么，而只能通过学生生活中的感知直接给出“电压”一词。电阻的概念，可以通过设计演示实验和联系生活实际让学生认识。

我们知道，对学生来说，学习任何科学概念都需要一个认识发展的过程，只有当科学概念的形成比较符合学生的认知水平时才易于掌握。要让学生较全面地认识电阻概念，需要本章和下一章内容的学习。本章侧重帮助学生建立电阻概念的事实依据，并进行定性描述，而下一章则侧重由定性描述进入定量分析，并获得电压、电流和电阻的关系式。

本章的章首图呈现的是闪电的画面。闪电现象曾给人们带来神秘感和恐惧感。后来人们发现，某些物质放电时产生的火花跟天上的闪电非常相似。为了研究闪电与摩擦产生的电有什么异同，富兰克林勇敢地探索了雷电现象。他成功地通过实验证明了“天电”与“地电”的统一。人们对电的研究就是从对静电现象的好奇开始的。闪电画面以及章首语中“你想知道雷电有多么强大吗？雷电的电压能达到多高？雷电和家里用的电在本质上一样吗？”的问题，引发学生的好奇和思考。

本章内容结构如下。其中，电压概念由上一章引入。电压和电阻概念在本章中相对独立，它们之间的联系在下一章通过欧姆定律建立起来。



（二）从生活经验感知电压的存在

本章的设计是围绕电压、电阻和电路展开的。学生对电压概念的认识是通过生活感知的，初中电压的教学不能讲电势差，所以教科书关于电压概念的设计要尽量联系生活实际。大多数学生通过生活能知道电压的存在，尽管只是停留在名词上，而且来自生活中对于电压的感知，与科学的界定没有直接的冲突。因此，教科书的设计正是利用了这个有利的条件，尽量“从生活走向物理”，避免把基本概念教学过于学术化、概念化。教学中可以让学生经历以下三个阶段来完成对电压概念的初步认识：

感知电压的存在（电器标牌标识的电压）→ 电压是电流产生的原因（电源为用电器提供电压）→ 认识电压的高低（电压的测量）

1. 电压概念的初步形成

（1）感知电压的存在

教科书没有像以往那样用水压类比电压，教学中可以利用学生生活中常见的“电器标牌标识的电压”直接引入“电压”的概念。这种通过生活实例展示电压的作用，让学生感知电压存在的做法，可以使学生感受到电压是有用的。这样的处理目的是降低教学难度，适应学生的认知水平。

（2）认识电压与电源和用电器的关系

研究表明，学生容易把干电池“储备的量”概念化为“电压”，这个量的多少决定着能给灯泡多少“电流”。这种认识的原因是他们根据自己建立的“电源是消耗电能的装置”能很“圆满”地解释自己所观察到的实验结果。例如，当两节干电池串联就有更多的电流，也就能给电路更多电流，灯泡的亮度也就增加了。教科书据此设计了“想想做做”栏目，目的就是给学生留有思考的空间，并使学生能自主地尝试解释所观察到的现象。对学生而言，这种预测并尝试解释所观察到的现象的过程同样是一个创造性思维的过程。尽管学生的解释可能出现上述错误，但往往会在教学中需要营造出这种问题情境，可以发现思维冲突的火花。教科书中“想想做做”栏目的内容设计从一个侧面会使学生认识到，电路中电流的强弱是与电源有关的，要让一段电路中有电流，它的两端就要有电压，电源的作用就是给用电器两端提供电压。电压概念的给出，为学生进一步认识电源和用电器的功能创造了条件。反过来，学生对电压概念的认识也有了依据。

（3）认识电压的高低

关于电压的高低，教科书是通过实例以及“想想做做”栏目中的问题让学生感知的。电压的测量是初中学生初步形成电压概念的重要一环。正确使用电压表，以及读取电压表的测量值，是电学实验中必须具备的基本操作技能。学生已经学习了使用电流表测电流的方法，但教科书在使用电压表测电压的设计上没有进行简单的迁移和重复，而是引导学生阅读“直流电压表使用说明书”，目的是让学生学会自主获取用电压表测量电压的方法。在教学中应该注意，使用说明书中的一些术语对学生来说往往比较陌生，学会从各种信息中筛选出对自己有用的信息的训练也是十分重要的。

2. 识别电路

虽说有关电路的知识在上一章已经学习，但是，学生对电路的识别不会一次到位，教学中仍需给予关注。教科书让学生通过电压、电阻概念的学习，再次加强电路的连接与识别的训练，特别是用电压表测电压的内容，教科书给学生留有比较大的学习空间。与此意图相同，教科书在处理“串、并联电路中电压的规律”一节时，强调学生的自主性学习，注意利用学生对原有知识（串、并联电路中电流的规律）的认知，使其与新知识（串、并联电路中电压的规律）之间进行比较，即串、并联电路中电流是处处相等的，那么，串、并联电路中电压是否也会有与电流相似的规律？通过这种方式来发展学生对“串联电路”“并联电路”“电流”“电压”等概念的认识。

（三）强调电阻概念认识过程的设计

教科书围绕电阻这一核心概念，在本章和下一章设计了“电阻”“影响电阻大小的因素”“变阻器”“探究电流与电阻的关系”“电阻的测量”几个部分。这种设计是随着问题的产生以及相应实验技能的发展而逐渐展开的，目的是让学生经历概念形成的认识过程。

教科书通过“电阻”“影响电阻大小的因素”两部分内容向学生提供建立概念的事实依据和必要的感性认识，以此建立起电阻的概念，定性得出“电阻表示导体对电流阻碍作用的大小”，以及“导体的电阻与它的材料、长度、横截面积有关”的结论。这些都是形成电阻概念的重要基础。另外，教科书设计“变阻器”及其中的“练习使用滑动变阻器”的活动，目的就是让学生在联系实际、解决具体问题的过程中巩固、深化和活化“影响电阻大小的因素”等知识，看到自己在学习中的收获。

需要说明，教科书对电阻概念的描述只是用语言文字把它所反映的本质属性定性地给予表达，而物理概念的形成，需要由定性进入定量分析，并获得它的定义式。这是因为定义式能从“质”和“量”两个方面反映物理量的内涵。为了让学生经历电阻概念定义式的形成过程，教科书在下一章“电流与电压和电阻的关系”的内容完成了定量化认识电阻概念的重要一环，从而通过对前面电流、电压概念的阐述和对新知识、新应用的拓展，帮助学生建构“电阻”这一新的概念。

（四）突出“制订计划和设计实验”的设计

选择合适的内容作为载体落实科学探究的课程理念一直是我们所关注的。本章第 3 节中“探究影响导体电阻大小的因素”的“实验”栏目突出了对“制订计划和设计实验”的呈现。这是因为影响导体电阻大小的因素是多方面的，如何把多因素的问题先变成单因素的问题分别加以研究，最后再综合解决，这是一个科学研究方法教育的好素材。引导学生尝试考虑影响导体电阻大小的主要因素，有控制变量的意识，尝试选择器材等方面的训练，这些都需要选择合适的教材内容作为载体。

三、教材分析与教学建议

第 1 节　电压

（一）教学目标

1. 初步认识电压，知道电压的作用及电源是提供电压的装置。
2. 知道电压的单位及其换算关系，记住干电池及家庭电路电压值。
3. 认识电压表，了解电压表的用途与符号，会正确使用电压表测量电压。

（二）教材分析与教学建议

本节内容由“电压”和“电压的测量”两部分构成。对于“电压”的认识，教材设置了“水果电池能够点亮发光二极管”这一新颖奇特的情景，让学生体会到，水果在这里扮演了电源的角色，它为发光二极管提供了电压，从而引出本节的核心概念。不同的电源提供的电压不同，由此引出电压的高低和单位，利用小资料的形式来展示常见的几种电压值。“电压的测量”是通过引导学生仔细观察电压表和阅读电压表的使用说明，让学生总结得出电压表的连接方法和使用方法。教学中可通过实物、视频等手段和学生实验，引导学生练习电压表的连接、使用和读数，提高学生的认知能力和实验能力。这个过程虽然难度稍大，但在使用电压表时一般不存在“烧表”的危险，所以教材中安排学生自行实验。

1. 电压

教材从学生日常生活中熟悉的干电池电压，电灯和电视机的供电电压入手，直接引出电压。这样避免了把基本概念过于学术化、概念化，注意利用学生的生活经验学习概念。

通过“想想议议”说明电流的强弱与电源有关，并强调要让一段电路中有电流，它的两端就要有电压，电源的作用就是给用电器两端提供电压。教学中要向学生指出，“电压”一定是指某段电路两端的电压，告诉学生“电压”不能简单地从字面上理解它的意义，而应从它的作用上来认识它。

在介绍电压的单位及其单位换算后，可展示生活中常见的几种电压值，激发学生兴趣，扩大知识面，并记住干电池、家庭电路电压值等。可补充说明：由于历史发展或现实条件的不同，目前世界各国和地区的家庭电路的电压大体有 220 V 和 110 V 两种，前者如

中国、英国、德国等，后者如美国、加拿大、日本等。

关于电压的作用，也可以用以下教学片段加以说明。

教学片段　“类比法”引入电压

⊙ 观察活动 1　(1) 用示教板向学生展示最简单的电路(图 16.1-1)。闭合开关，观察实验现象（灯泡发光），说明电路中有电流产生。

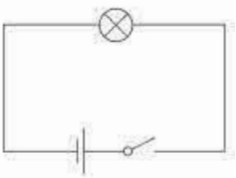


图 16.1-1

(2) 把电源取下，用一段导线连接在电源的位置，闭合开关，观察实验现象（灯泡不亮），说明电路中没有电流产生。

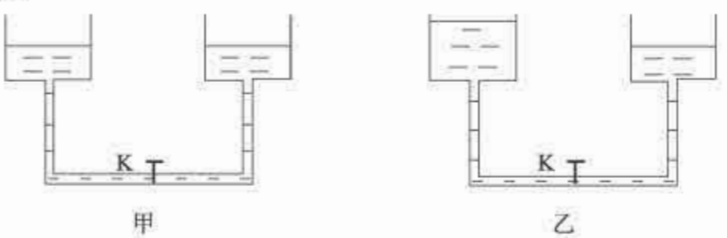
问题 1　(1) 电流是怎样形成的？(导线和灯丝中的自由电荷定向移动)

(2) 电源的作用是什么？(形成电流)

⊙ 观察活动 2　为了更进一步说明在什么情况下才能形成电流，先用水流作比喻，看看水流是怎样形成的。

(1) 在如图 16.1-2 甲所示的 U 形管内灌一定量的水，用夹子 K 夹住底部，两个容器中的水位相平。打开夹子，观察水管中的水是否会流动？

(2) 如图 16.1-2 乙所示，向左容器加水，使其水位比右容器的高，打开夹子 K，观察水管中的水是否会流动？如果会流动，水流动的方向如何确定？此实验还可观察到哪些现象？



甲　　乙

图 16.1-2

问题 2　在水管中形成水流的条件是什么？如何得到持续的水流？

⊙ 观察活动 3　(1) 视频播放连通器水流的动态过程和这一过程中水位的变化。

(2) 通过视频短片，结合观察活动 2，得到的结论是：当左右容器中的水位不一样高即存在水位差时，水管中形成水流；保持左右容器间有水位差时，可以得到持续的水流。

(3) 用一台抽水机不断地把水从右容器抽到左容器中，保证左右容器间存在水位差（水压），于是水管中就有持续的水流。

结论：水的定向移动形成水流；水压是使水作定向移动形成水流的原因；抽水机是产生水压的装置。

⊙ 分析讨论

用“水路”和“电路”来进行类比分析：

	水路	电路
组成	抽水机（保持一定水压） 水管（传输水流） 水轮机（利用水能的设备） 阀门（控制水流的通断）	电源（保持一定电压） 导线（传输电流） 灯泡（利用电能的设备——用电器） 开关（控制电流的通断）

抽水机 $\xrightarrow{\text{提供}}$ 水压 $\xrightarrow{\text{形成}}$ 水流

电　源 $\xrightarrow{\text{提供}}$ 电压 $\xrightarrow{\text{形成}}$ 电流

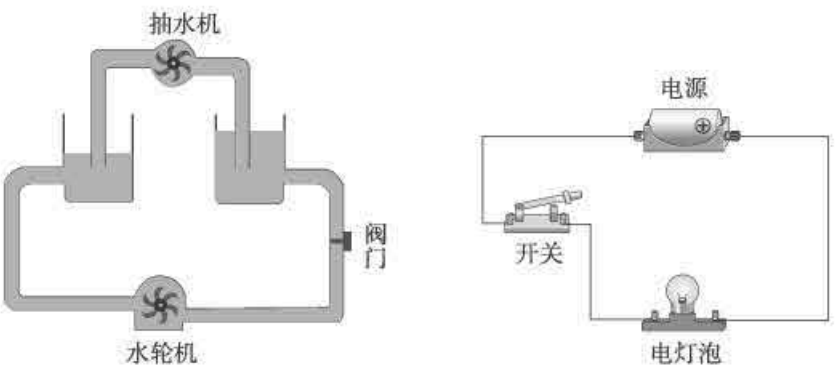


图 16.1-3

我们可通过图 16.1-3 用水流类比电流，阀门类比开关，水轮机类比电灯，抽水机类比电源。用水位差（水压）类比电压，“水位差（水压）是形成水流的原因”类比“电压是形成电流的原因”，“抽水机是提供水位差的装置”类比“电源是提供电压的装置”。

水的流动是因为有水压，自由电荷定向移动是因为有电压。电压是电路中形成电流的原因，电压的作用是使自由电荷定向移动形成电流，电源是提供电压的装置。要在一段电路中产生电流，它的两端就要有电压。

类比是最常用的一种思维方法，在初中物理教学中，此方法的实例较多，比如：电流与水流、水波与电磁波、原子结构与太阳系等。该教学片段旨在使学生在已有知识的基础上，通过类比的方法认识电源和电压的作用，同时激发学生进行探索的兴趣，发展学生的思维能力。

2. 电压的测量

“电压的测量”是本节内容的重点，主要包括电压表的外部结构、用途、电压表的连

接、量程选取和读数等几个方面。教学中应结合实物展台或视频手段，培养学生的观察能力和良好的阅读习惯。对于电压表的读数，先确定电压表的量程，然后再确定刻度盘上每个大格和每个小格所表示的电压值，最后根据指针稳定后指示的刻度读出被测电压值。同时，教师可介绍电压表指针调零知识。如无法调到零位置，读数要计入这个差值。

在教学中还应注意在此做一个电压表和电流表的对比，注意向学生强调两种表的区别及使用特点。

教材“想想议议”和“动手动脑学物理”部分的问题，最好让学生在课堂上讨论完成，使学生对电压表的连接和使用有进一步的认识和巩固。

教学片段　认识电压表

引导学生仔细观察电压表，了解电压表的外部结构，结合阅读电压表使用说明书，讨论以下问题：

1. 你如何从电表的外部结构知道这是一只电压表？

2. 电压表的作用是什么？用什么符号表示？

3. 电压表使用“−”和“3”或“−”和“15”的接线柱，表示什么意思？

4. 当电压表使用“−”和“3”接线柱时，分度值是多少？当电压表使用“−”和“15”接线柱时，分度值又是多少？

5. 在预先不知道被测电压大约值的情况下，如何选择电压表的量程？

6. 电压表如何正确地连接在电路中？

7. 学习电压表的读数：

(1) 首先要仔细观察电压表，明确分度值。0～3 V 的量程每个小格代表_____V；0～15 V 的量程每个小格为 _____ V，指针指在同一个位置上(图 16.1-4)，请观察大量程是小量程的_____倍。

(2) 其次要观察选择的_____；若选择大量程则测量范围在 0～____V；若选择小量程，则测量范围在 0～_____V。

(3) 读数时视线要与指针垂直。请学生读出图 16.1-4 中电压表的示数。(可通过动画课件进行多次读数训练)

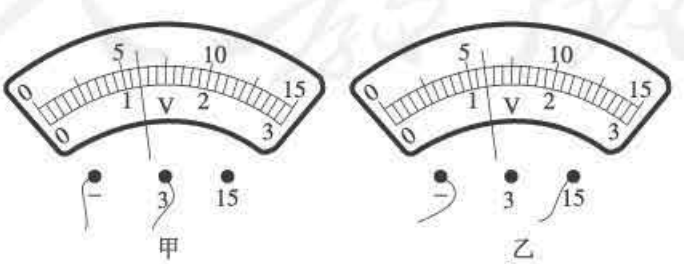


图 16.1-4

该教学片段旨在认识电压表的外部结构和读数规律，为正确使用电压表作铺垫。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1.

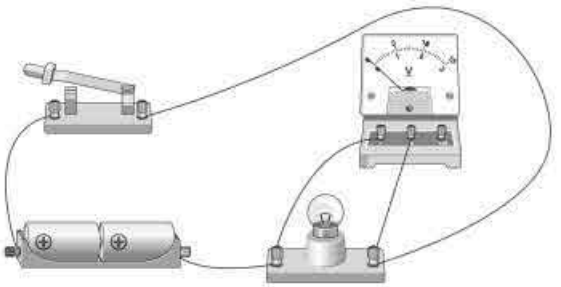


图 16.1-5

提示：电压表并联在灯泡两端，标有“−”号接线柱靠近电源负极，另一接线柱靠近电源正极；选择 0～3 V 的量程。

2. 0.5 V；与电压表“正”接线柱相连的金属片是电池的正极

提示：本题还可以通过“试触”的方法，根据电压表指针的偏转方向，判断哪个金属片是电池的正极，哪个金属片是电池的负极。

3. 甲图是 2.0 V；乙图是 12.5 V；丙图是 1.0 V

4. (1)

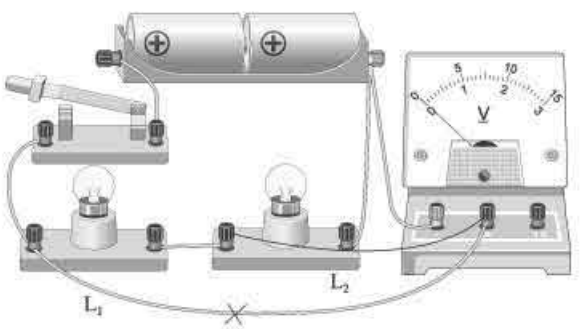


图 16.1-6

(2)

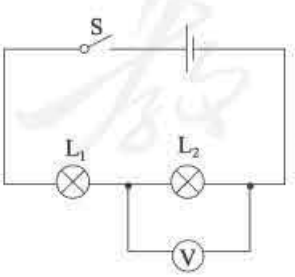


图 16.1-7

（四）补充练习

1. 在图 16.1-8 甲中，电压表的示数为 10 V，电压表的量程应选_____V，在图中标出相应的电压值；在图 16.1-8 乙中，电压表的示数是 0.5 V，那么电压表的量程应选 _____V，在图中标出相应的电压值。

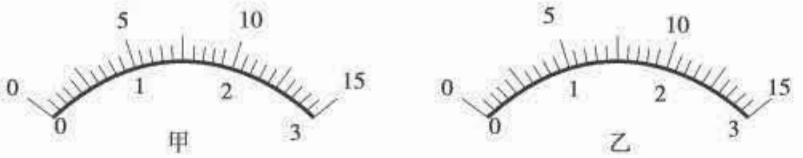


图 16.1-8

答案：0～15；0～3

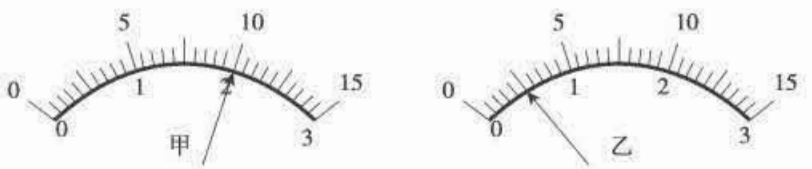


图 16.1-9

2. 将常用的学生电压表接入电路时，应先用_____量程进行试触；若电压表示数小于_____时，再改用电压表的_____量程；测电压时，如果表的指针向左偏转，说明是_____造成的。

答案：2.0～15 V；3 V；0～3 V；电压表的正、负接线柱接反了

3. 图 16.1-10 中的电路连接正确，甲、乙为两个电表，则（　　）

A. 甲为电流表，乙为电压表

B. 甲为电压表，乙为电流表

C. 甲、乙都为电流表

D. 甲、乙都为电压表

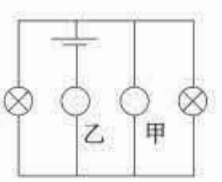


图 16.1-10

答案：B

4. 小明同学在一次用有 0～3 V 和 0～15 V 两个量程的电压表测量电压时，电压表的“－”接线柱已经接入电路，在用 0～15 V 量程试触时，指针的位置如图 16.1-11 所示，则下一步实验操作应该是（　　）

A. 直接接入 c 接线柱，然后读数

B. 直接接入 b 接线柱，然后读数

C. 断开开关，接入 c 接线柱，闭合开关后读数

D. 断开开关，接入 b 接线柱，闭合开关后读数

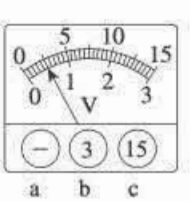


图 16.1-11

答案：D

提示：选择合适量程的目的是为了使测量结果更准确。由图可知，电压表的量程选大了，需改接 0～3 V 的量程来测量。操作过程是：断开开关，换用“0”和“3 V”的接线柱，然后再闭合开关，进行实验。

5. 同学们在物理实验的实践中总结了电压表接入电路中可能出现的现象，并归纳如下，请你根据列举的现象说出原因：

(1) 指针不动，说明_____。

(2) 指针反偏，说明_____。

(3) 指针偏转到最大刻度或偏转角度太小，说明_____。

答案：(1) 电路中无电流或电压表接在导线的两端了

(2) 电压表的正、负接线柱接反了

(3) 电压表的量程选小了或选大了

第 2 节　串、并联电路中电压的规律

(一)教学目标

1. 能正确将电压表接入待测电路，并能画出相应的电路图。

2. 能正确使用电压表测量串、并联电路中用电器两端的电压，进一步练习连接电路和使用电压表的技能。

3. 能通过实验探究，归纳总结出串、并联电路中电压的规律。

(二)教材分析与教学建议

本节内容由“串联电路的电压规律”和“并联电路的电压规律”两部分构成，本节重点是通过实验探究总结出串、并联电路中电压的关系，使学生熟练掌握电压表的使用和读数方法。学习的重、难点是探究“串联电路的电压规律”的实验设计、如何观察记录、如何分析并得出结论。教科书通过两个“学生实验”引领学生完成对串联、并联电路中电压规律的探究，先直接给出两种不同规格的小灯泡的串联电路图和并联电路图，旨在降低“设计实验”这一环节的教学难点。教师引领学生完成对“串联电路的电压规律”探究后，对于“并联电路的电压规律”教师便可让学生根据探究“串联电路电压的规律”的过程和方法自行设计实验，画出并联电路图，选择电压表合适的量程，设计实验步骤完成对并联电路电压规律的探究。

1. 串联电路的电压规律

此部分是本节的重点和难点，分两个阶段完成。第一个阶段对于“串联电路的电压规律”的教学主要通过学生实验来完成。教学中，教师通过引导并组织学生经历如下过程：

提出问题（阅读教科书）——猜想与假设——设计实验（阅读教科书）——进行实验与收集证据——分析实验数据得出结论——评估。

第二个阶段是通过学生实验，用电压表完成教科书“想想做做”的内容：通过测量找出电池组两端电压与各电池两端电压的关系。

教学片段　探究串联电路中用电器两端的电压与电源两端的电压的关系

⊙ 提出问题　串联电路中各部分电路两端的电压与电源两端的电压有什么关系？

⊙ 猜想与假设

学生可能会有如下猜想。

猜想 1　与串联电路中电流的关系一样，也是处处相等的。

猜想 2　电压应该从电源正极出发，沿着电流的方向越来越小，因为电压是使电路中形成电流的某种“力量”，力量会越来越小。

猜想 3　灯泡大的地方电压大，灯泡小的地方电压小。

猜想 4　串联电池组的电压等于各电池的电压之和，串联电路各部分电压之和也应该等于总电压。

⊙ 设计实验

要求各组学生根据教科书的提示选择器材，设计实验。

(1) 选择两只完全相同的灯泡、三节干电池、开关，用导线把元件组成串联电路，用电压表分别测出每只灯泡两端的电压和两只灯泡的总电压进行比较。

(2) 选择两只不相同的灯泡，选择三块电压表，同时测出每只灯泡两端的电压和两只灯泡的总电压进行比较。

(3) 选择三只差别较大的灯泡，分别测出每只灯泡两端的电压、每两只灯泡的电压和三只灯泡的总电压，设计表格记录数据，对数据进行分析比较。

(4) 选四只灯泡，两只一组，先将两只灯泡串联接入电路，分别测出每只灯泡的电压和两只灯泡的总电压；然后再换上另外两只灯泡再次测量（通过投影展示），设计表格记录数据，对数据进行分析比较。

⊙ 进行实验

(1) 在进行实验前，教师要对各小组的设计方案进行点评，要求学生按设计要求补充实验电路和实验数据表格。

(2) 强调电压表在电路中的连接方法，要选择合适的量程，读数时要弄清分度值，读数要准确。

(3) 原始数据要如实记录，不许随意改动，实验中出现的问题要记录下来，以便查找、分析问题的原因。

⊙ 分析论证

(1) 要求各组认真分析实验数据，得出实验结论，并和原来的猜想进行比较，判

断二者是否一致。

（2）不管怎样选择灯泡，不论如何进行测量，尽管测出的数据各不相同，但有一个共同点，就是：同一串联电路中各个灯泡两端电压的和等于这几个灯泡两端的总电压且等于电源两端电压。

⊙ 评估

（1）要求实验小组对自己的探究活动过程进行回顾，认真分析，思考在实验过程中真正明白了哪些问题，还有什么新的发现。

（2）学生在实验中会存在以下问题，教师在此要进行点评。

①电压表连接错误，一种情况是将电压表的正、负接线柱接反了，接通电路时，出现指针反偏，很容易将电压表指针打弯。另一种情况是将电压表接在一根导线的两端，电压表示数为0。

②有的小组电压表的量程选大了，示数太小，几乎不能读数。有的小组电压表的量程又选小了，指针偏出了刻度盘外。

③有的小组在读数时，读出一只小灯泡的电压值比电源电压还大，原来电压表接的是小量程，读数时却按大量程的刻度读出来。

④有的小组电路连接正确，电压表也有示数，就是灯泡不亮，换另一个灯泡后还是不亮，用手按住才亮。

⑤有的小组开始实验时，有一只灯泡发光，另一只灯泡不发光，用电压表测得亮着的灯有示数，不亮的灯无示数。

该教学片段旨在重点突出科学探究中的“猜想与假设”和“设计实验”要素。在评估环节上，注意把评价的重点放在对过程的评价上，不要把探究的结论作为评价的唯一标准，要对学生参与探究活动的过程中所反映的学习态度、学习状况和进步情况作出适当评价。

2. 并联电路的电压规律

对于该部分的教学，教师可让学生根据探究“串联电路电压的规律”的过程和方法自行设计实验，画出并联电路图，选择合适的电压表量程，设计实验步骤，完成对并联电路电压规律的探究。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. $n_1=\frac{U}{U_1}=\frac{6\ \mathrm{V}}{1.5\ \mathrm{V}}=4$；$n_2=\frac{U}{U_2}=\frac{6\ \mathrm{V}}{2\ \mathrm{V}}=3$

提示：一节干电池的电压是1.5V，相同干电池串联时，串联电池的总电压等于各节干电池的电压之和；一个蓄电池的电压是2V，相同蓄电池串联时，串联电池的总电压等于各个蓄电池的电压之和。

2. 2.5；2.5；6.3

提示：在并联电路中，各条支路两端的电压相等，所以甲图中的 V_2 和 V 的示数相同，均为 2.5 V。在乙图中，由于两盏电灯是串联的，串联电路的总电压等于各部分电路两端的电压之和，所以总电压是 6.3 V。

3.

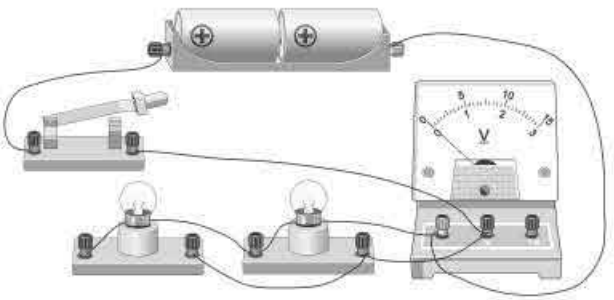


图 16.2-1

4. 提示：相同之处是：都要选择合适的量程；都要弄清楚分度值后再读数。

不同之处是：连接方法不同，电流表是串联在被测电路中，电压表要与被测电路并联；电流表的两个接线柱绝对不允许直接与电源的两极相连，而电压表就没有这样的规定，有时可以这样连接，以便测出电源电压。

（四）补充练习

1. 如图 16.2-2 甲所示电路，小灯泡 L_1、L_2 是_____联，电压表测的是____两端的电压。若电源电压为 3 V，使用适当的量程后，电压表的示数如图乙所示，则 L_1 两端的电压是_____V，L_2 两端的电压是_____V。

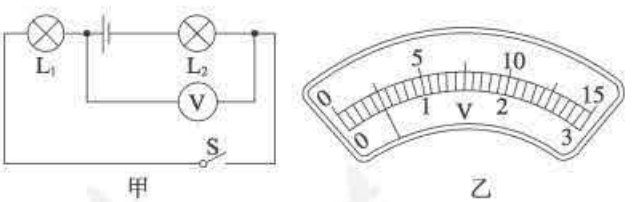


图 16.2-2

答案：串；L_1；0.5；2.5

2. 如图 16.2-3 所示，已知电源由三节干电池串联而成，如果小灯泡 L_1 两端的电压是2 V，则电压表 V_1 的示数约是_____V；电压表 V_2 的示数约是_____V；L_2 两端的电压约是_____V。

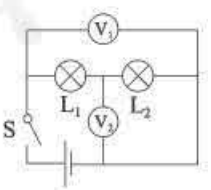


图 16.2-3

答案：4.5；2.5；2.5

3. 在“探究串联电路中电压规律”的实验中，有多个小灯泡可供选择，某同学把两只相同规格的小灯泡 L_1、L_2 串联起来接到电源上，如图 16.2-4 所示。当他分别将电压表连在图中“*A*、*B*”“*B*、*C*”“*A*、*C*”两点时，闭合

开关后测得的数据：$U_{AB}=0$，$U_{BC}=12\ \mathrm{V}$，$U_{AC}=12\ \mathrm{V}$。

请你评估该同学实验中可能出现了什么问题？本实验设计你认为有什么不合理或可以改进的地方吗？若有，请加以说明。

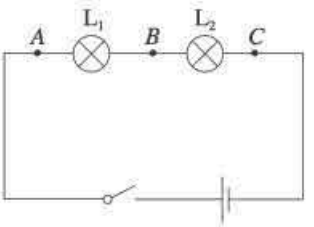


图 16.2-4

答案：该同学实验中可能误将小灯泡 L_1 短接，$U_{AB}=0$，表明其间无电压，$U_{BC}=12\ \mathrm{V}$，$U_{AC}=12\ \mathrm{V}$，说明电源电压完全加在小灯泡 L_2 上了。

这个实验在设计方案上还存在的不足之处有：一是只进行了一次实验；二是所选小灯泡的规格相同。应该选择不同规格的小灯泡，多测量几组数据，这样才能通过分析得出比较可靠的结论。

第 3 节　电阻

（一）教学目标

1. 认识电阻的概念、知道电阻是导体本身的一种性质。

2. 能画出电阻在电路图中的符号，知道电阻的单位及单位换算。

3. 能在实验研究的基础上理解电阻的大小与导体的材料、长度、横截面积及温度有关。

4. 体会用控制变量法探究电阻与哪些因素有关，积极动手进行实验。

（二）教材分析与教学建议

电阻是电学的一个重要物理量，它是初中电学学习的核心之一。本节内容由“电阻”和“决定电阻大小的因素”两部分构成。教学重点是电阻概念的建立，教学难点是通过实验说明决定电阻大小的因素有哪些。建议教师把不同的电阻丝接入电路，通过观察小灯泡的亮度或者电流表示数大小的不同，引起学生对是什么原因导致灯泡亮度不同或者电流大小不同的思考。这样做，可以让学生通过自己的观察发现问题并进一步思考问题的原因，有利于对“决定电阻大小的因素”的进一步教学。

1. 电阻

对于电阻的教学分三个阶段完成。

第一阶段通过视频资源、多媒体课件或挂图等引入新课，让学生了解有很多材料都是可以导电的，并且提出为什么有那么多导体都可以导电，而我们选取铜作为常见导线的制作材料的问题。

第二阶段通过把不同的电阻丝接入电路让学生观察小灯泡的亮度，引导学生思考是由

于哪个电路元件造成小灯泡的亮度不同，并进一步思考如果把小灯泡换成电流表会看到什么现象。

第三阶段可根据前面提出的问题“为什么两种不同的电阻丝会使电流大小不同”，进一步给出电阻的概念、单位、单位换算和电路图中的符号。

教学片段　认识电阻的作用

⊙ 设计思路　通过把不同电阻丝接入电路，观察小灯泡的亮度和电流表的示数，认识电阻在电路中对电流的阻碍作用。

⊙ 进行实验　按图 16.3-1 连接好电路，进行实验观察。

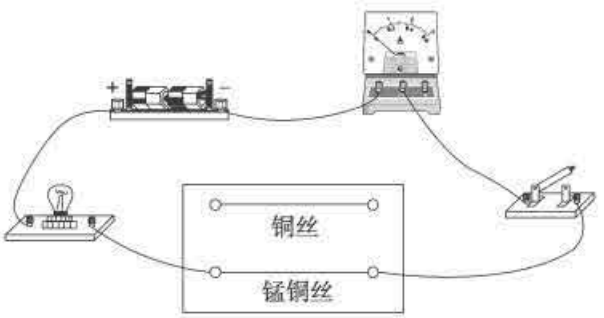


图 16.3-1

(1) 把锰铜合金丝接入电路，闭合开关，观察小灯泡的亮度和电流表示数。

(2) 把相同长度、相同截面积的铜丝接入电路，闭合开关，观察小灯泡的亮度和电流表示数。

⊙ 问题讨论

比较两次灯泡的发光情况和电流表的示数，发现了什么？

两次实验中，灯泡的亮度不同，电流表的示数也不同，表明在相同电压下，通过铜丝的电流比通过锰铜合金丝的电流大。

原因分析：接入电路中的铜丝对电流的阻碍作用较小，锰铜合金丝对电流的阻碍作用较大。

该教学片段旨在使学生从实验现象中分析和发现所隐含的物理特征，同时为探究影响电阻大小的因素作铺垫。

向学生介绍各种电阻器，利用上述实验装置，将电阻器接入电路中，让学生观察及测量电路中电流的变化来理解电阻器的作用。另外，利用电阻知识，进一步说明绝缘体的本质，让学生明白绝缘体之所以起绝缘作用，就是由于其电阻很大的缘故，进而认识导体和绝缘体的区别。关于半导体和超导体的一些知识，指导学生阅读“科学世界”，对启发学生思维、开阔眼界、提高学习兴趣都大有好处。

2. 影响电阻大小的因素

首先根据前面的实验提出电阻大小有不同，然后再给出一些常见电阻的阻值，并按教材的设问提出问题。因为问题密切联系生活，容易激发学生的思考，在组织学生探究前要注意三点。

一是在前面的演示实验中学生已经看到了不同的材料电阻会不同，但是却没有注意到长度、粗细等影响因素。

二是应该让学生根据生活经验和想象，对影响电阻大小的因素作出他们的猜想。教师可借助比喻帮助学生对“影响电阻大小的因素”作出猜想。比如：

①路越窄，车越难行——导体越细，电阻会不会越大?

②道路越长，人越走越累——导体越长，阻碍作用会不会越大?

③路有泥泞路、普通路、高速路——导体有铁、铜、铝、银，阻碍作用会不会不同?

三是实验前可以让学生回忆初二时学习“影响滑动摩擦力的因素有哪些”等实验是怎样完成的。在此基础之上让学生设计实验来完成“影响电阻大小的因素”的探究。

教学片段　探究影响导体电阻大小的因素

⊙ 提出问题　影响电阻大小的因素有哪些?

⊙ 猜想与假设　可能与导体的材料、长度、横截面积有关。

⊙ 设计思路　有多个因素制约电阻的大小，本实验采用控制变量的方法进行研究，通过观察电流表的示数来判断导体电阻的大小。

①研究电阻与材料的关系，控制导体的长度和横截面积相同。

②研究电阻与长度的关系，控制导体的材料和横截面积相同。

③研究电阻与横截面积的关系，控制导体的长度和材料相同。

⊙ 进行实验

①根据所研究的问题连接如图 16.3-2 所示的实物图。

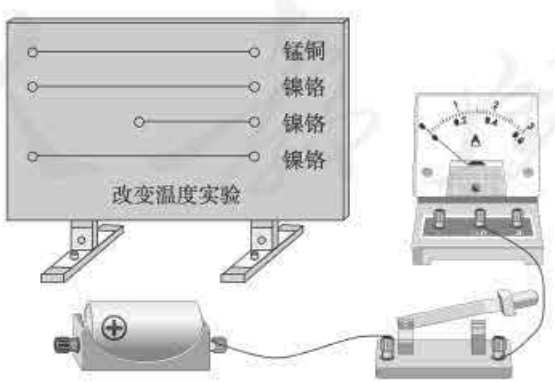


图 16.3-2

②选用长度和横截面积相同的锰铜丝和镍铬合金丝，分别将它们接入电路，观察电流表的示数，比较电流的大小。

③选用横截面积相同，长度不同的两根镍铬合金丝，分别将它们接入电路，观察电流表的示数，比较电流的大小。

④选用长度相同，横截面积不同的两根镍铬合金丝，分别将它们接入电路，观察电流表的示数，比较电流的大小。

⊙ 数据收集

电压	材料	长度/cm	横截面积/mm^2	电流大小/A	电阻大小/Ω
1.5 V	锰铜合金	l	S		
	镍铬合金	l	S		
		$\frac{1}{2}l$	S		
		l	$2S$		

⊙ 分析论证

分析实验数据表明：①在导体的材料和横截面积相同时，导体的长度越长，电阻越大。②在导体的材料和长度相同时，导体的横截面积越大，电阻越小。③在导体的长度和横截面积相同时，导体的电阻与导体的材料有关。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. 导线 B 的电阻较大

2. 24；2.4×10^{-2}

3. 因为铜比铁的导电性能好。

4. B 导线的电阻大；A 剩下的一半再拉长到 1 m，它的电阻大。

5. （1）B、D、E　（2）A、B、C　（3）C、F、G

要研究“导体电阻与长度”的关系，必须控制导体的材料和横截面积相同；要研究“导体电阻与横截面积”的关系，必须控制导体的材料和长度相同；要研究“导体电阻与材料”的关系，必须控制导体的长度和横截面积相同。

（四）补充练习

1. 如图 16.3-3 所示，AB 和 BC 是由同种材料制成的长度相同、横截面积不同的两段导体，将它们串联后连入电路中，下列说法正确的是（　　）

A. AB 段电阻大，电流小

B. BC 段电阻大，电流大

C. AB 段电阻大，电流与 BC 段相等

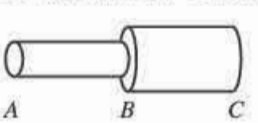


图 16.3-3

D. BC 段电阻大，电流与 AB 段相等

答案：C

2. 给你两根长度相同的镍铬合金线（其中一根的截面积是另一根的 2 倍）、一个电源、一只电流表、一个开关、若干根导线，现需要研究的课题有：（1）导体的电阻跟它的横截面积的关系；（2）导体的电阻跟它的长度的关系；（3）导体的电阻跟它的材料的关系。由上述实验器材，能完成的研究课题是（　　）

A. 只有（1）　　B. 只有（2）

C. （1）和（2）　　D. （1）、（2）和（3）

答案：C

提示：导体的电阻与导体的材料、长度和横截面积有关。在材料相同的情况下，可以改变导线的长度；也可以对一段导线进行对折，改变横截面积来进行实验。

3. 在研究电阻的大小与哪些因素有关的实验中，某实验小组记录了相关的数据（如下表）。

导体编号	A	B	C	D
长度/ m	1.0	1.0	1.0	0.5
横截面积/ mm^2	1.2	1.2	2.4	1.2
材料	镍铬丝	锰铜丝	镍铬丝	镍铬丝

（1）要探究导体电阻的大小与长度是否有关，应选用_____两根导体；

（2）要探究导体电阻大小与横截面积是否有关，应选用_____两根导体。

答案：（1）A 和 D；（2）A 和 C

4. 在“探究影响导体电阻大小的因素”实验中，小明设计了如图 16.3-4 所示的电路。

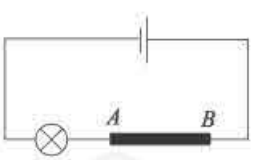


图 16.3-4

（1）在连接电路时发现，还缺少一个元件，他应该在电路中再接入的元件是_____。

（2）为粗略判断 A、B 两点间导体电阻的大小，可观察_____

_____。

（3）另有甲、乙两位同学分别对小明的电路作了如下的改进：甲把灯泡更换为电流表；乙在原电路中串联接入电流表。你认为_____同学的改进更好一些，理由是：_____

_____。

答案：（1）开关

（2）灯泡的亮度

（3）乙；灯泡在电路中可分担部分电压，保护电流表

第 4 节　变阻器

（一）教学目标

1. 能说出滑动变阻器的构造，画出它在电路图中的符号，理解变阻器的工作原理。

2. 会把滑动变阻器正确连入电路来改变电路中的电流及用电器两端的电压。

（二）教材分析与教学建议

变阻器是初中物理电学实验器材的重要组成部分，变阻器的学习直接影响到后面“影响电流大小的因素”“伏安法测电阻”和“伏安法测量电功率”的学习。本节安排在“电流”“电压”和“电阻”之后学习，符合学习由易到难、由简到繁的规律。

本节内容由“变阻器”和“变阻器的应用”两部分构成。本节教学的重点是知道变阻器的工作原理，教学的难点是按要求正确连接变阻器。突出教学重点的关键环节是教师引导学生考虑如何改变电路中小灯泡的亮度，进而引出通过改变电阻来达到改变电流的目的。突破教学难点的关键是让学生通过把变阻器接入电路的实验，体会并发现如何正确连接变阻器。因此，本节课建议教师在实验室中进行。

1. 变阻器

由于变阻器是一个较为复杂的器件，不仅接线柱多，还由于在使用过程中变阻器的动态变化导致电流、电压也跟随着发生变化，所以理解和使用变阻器对学生来说是一个难点。因此建议教师在本节课的设计中让学生尽量处于思考→体会→总结→明确的循环中，这样有利于让学生在循序渐进的过程中加深对本节知识的理解。对于变阻器的教学分为四个阶段完成。

第一阶段通过视频资源、多媒体课件或者实物展示等形式引入新课，让学生看到小灯泡的亮度是可以人为控制的，并且让学生充分考虑可以通过哪些方式使电路中的小灯泡亮度发生改变，进而把改变灯泡亮度的方法锁定在改变电阻上。

第二阶段通过改变小灯泡亮度的演示实验，让学生通过观察实验得出改变接入电路中电阻大小的方法。

第三阶段对滑动变阻器及其在电路图中的符号进行介绍。

第四阶段通过学生动手实验学习滑动变阻器的正确连接方法，并且能够在正确连接的基础上按要求连接。

教学片段 1　改变小灯泡的亮度

进行实验

1. 如图 16.4-1 所示连接一个有灯泡和电阻丝的串联电路，闭合开关使小灯泡

发光。

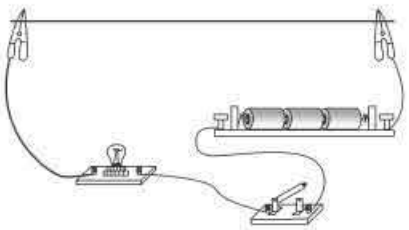


图 16.4-1

2. 让学生思考有哪些方法可以使小灯泡的亮度发生改变。学生会根据前面学过的电阻与导体的材料、长度、横截面积有关来改变电阻丝阻值的大小。

3. 教师在听取学生意见后，逐一进行实验，最终确定通过改变接入电路的电阻丝长度来改变小灯泡的亮度是最简便的方法。

4. 让学生多次观察实验，发现接入电阻丝越短，电阻越小，灯泡越亮。

5. 讲解说明在实验中改变的是接入电路中使用到的电阻丝长度而不是改变电阻丝自身的长度。

该教学片段旨在让学生通过观察实验现象，发现可以通过改变接入电阻丝的长度来改变接入电路中的电阻的大小，进而为滑动变阻器的介绍作好铺垫。

在学生了解滑动变阻器的结构之后，可参考如下教学片段进行教学。

教学片段 2　练习使用滑动变阻器

实验 1

(1) 把滑动变阻器接入如图 16.4-2 所示的电路中，闭合开关，观察电路是否接通。

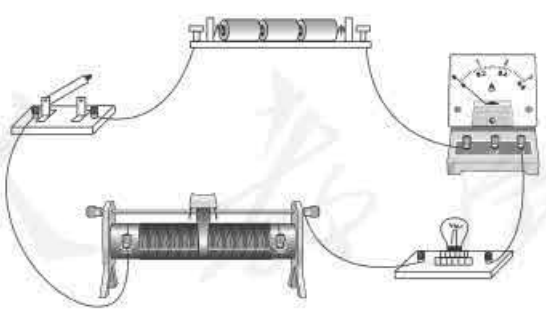


图 16.4-2

(2) 让学生调节连接在电路中的滑动变阻器，观察是否能改变电路中电流的大小和灯泡的亮度。

(3) 让接法正确和不正确的学生讲解各自的接法，让学生在讲解中辨析哪种接法才能起到改变电阻的目的。

(4) 提出要求并让学生根据要求连接滑动变阻器，使得连接后的电路能够按要求改变电流的大小（例如：滑片向右移动电流变小）。

(5) 由学生总结得出，要达到变阻的目的，关键在于连接滑动变阻器时应该连接下面接线柱中的哪一个。

实验 2

(1) 连接如图 16.4-3 所示的电路，用电压表测量电阻 R 两端的电压。

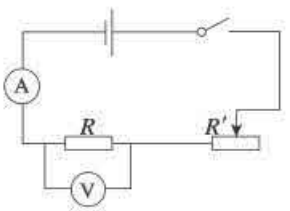


图 16.4-3

(2) 调节滑动变阻器的滑片，使电阻 R 两端的电压逐渐变大，观察电流表的示数变化情况是否与电压表示数变化相同。

(3) 换用不同的定值电阻，使电阻成整数倍变化（如：5 Ω、10 Ω、15 Ω），闭合开关，调节滑动变阻器的滑片，保持每次接入的定值电阻两端的电压不变，观察电流表示数的变化规律。

实验表明：调节滑动变阻器的滑片，不但能改变电路中的电流大小，还能改变用电器两端的电压。

思考：如果在不知道接通电路时电路中电流会有多大的情况下，闭合开关前滑动变阻器的滑片应该置于哪个位置？

本教学片段在学生了解滑动变阻器结构的基础上，通过学生实验，由学生自行得出滑动变阻器的连接方法。

2. 变阻器的应用

通过对变阻器的认识和了解，知道它在电路中的作用就是通过调节电阻值的大小来改变电路中的电流和改变用电器两端的电压。同时，若将变阻器的电阻调节到最大值，接入电路后，还能对电路起到保护作用。建议教师在教学中，充分利用实物或用视频向学生展示生活中哪些常见物品里使用了变阻器，还可以通过实际操作让学生辨析电阻是变大了还是变小了。

教科书中没有介绍电阻箱，建议可以通过实物或多媒体告诉学生，电阻箱是一种能够显示电阻值大小的变阻器，并介绍电阻箱的使用和读数方法。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. 电路连接如图 16.4-4 所示，当滑片向左移动时，灯泡会越来越亮。

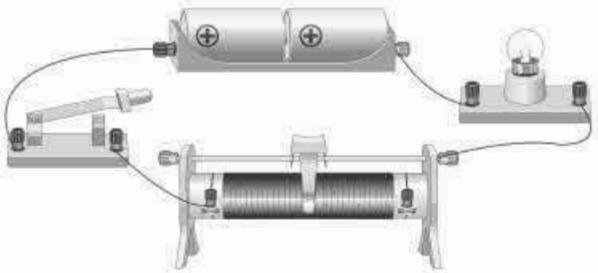


图 16.4-4

提示：在连接实物图时要注意题目所给条件，即要使灯泡越来越亮，滑动变阻器接入电路部分的阻值必须越来越小。

2. 这个电路连接存在的问题是：把滑动变阻器两个下接线柱接入电路，导致滑动变阻器不变阻，灯泡的亮度不能发生改变，且灯泡的亮度较暗。

3. D

提示：滑动变阻器正确连接在电路中的方法是：接线柱“一上一下”的连接，因此图 B、C 连接方法不正确。判断滑动变阻器接入电路中的阻值大小，取决于变阻器的“下接线柱”，当滑片 P 向右滑动时，要求连入电路的电阻变小，只有 D 图满足要求。

4. 由图可知：当油箱中的油面下降时，浮子下沉，带动滑杆上翘，变阻器的电阻变大，电路中的电流变小，电流表的示数变小，油箱中的油量减少。反之，当油箱中的油面上升时，浮子上浮，带动滑杆下滑，变阻器的电阻变小，电路中的电流变大，电流表的示数变大，油箱中的油量增加。

（四）补充练习

1. 某滑动变阻器上标有“100 Ω　0.5 A”字样，其中“100 Ω”表示_____，“0.5 A”表示_____；通常使用前应将滑动变阻器的滑片调至_____的位置，以达到保护电路的目的。

答案：滑动变阻器的最大阻值是 100 Ω；允许通过的最大电流是 0.5 A；最大阻值

2. 在连接电路时，开关应处于_____状态，滑动变阻器的滑片 P 的位置如图 16.4-5所示，如果要求滑动变阻器接入电路后，不移动滑片 P，就可以直接闭合开关，则应将_____和_____接线柱接入电路。

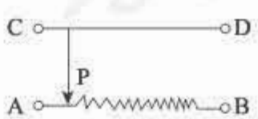


图 16.4-5

答案：断开；C、B（或 D、B）

3. 如图 16.4-6 所示，当滑动变阻器的滑片 P 向右移动时，接入电路中的电阻值变小

的是（　　）

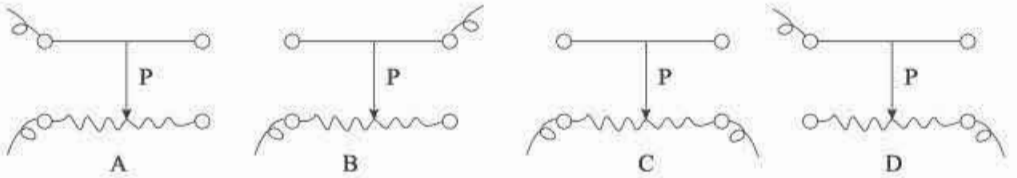


图 16.4-6

答案：D

4. 在图 16.4-7 中，要求用电流表测量灯泡 L_2 中的电流（小于 0.3 A），电压表测量灯泡 L_1 两端的电压，L_1、L_2 并联，用变阻器调节 L_1 的亮度，开关控制整个电路，将符合要求的电路图画在虚线框内，并将实物连接起来。

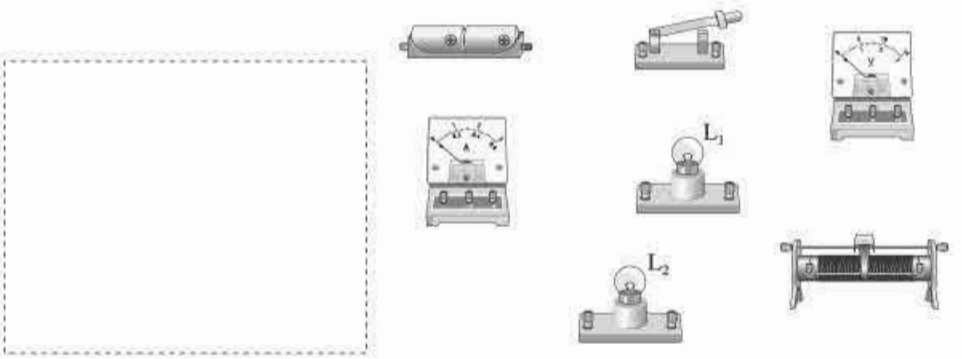


图 16.4-7

答案：

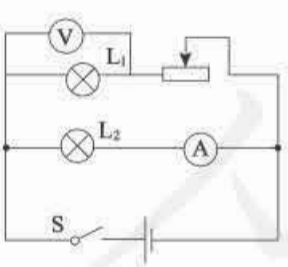


图 16.4-8

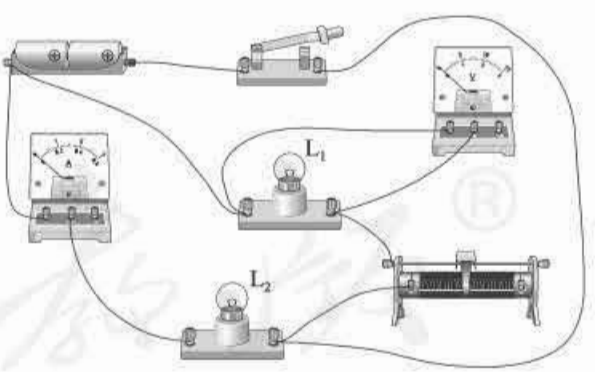


图 16.4-9

四、教学资源

（一）实验天地

1. 研究影响电阻大小的因素

（1）实验目的

研究导体的电阻跟什么因素有关系。

（2）实验器材

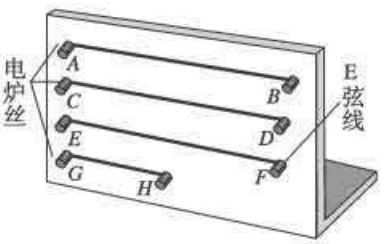


图 16-资-1

如图 16-资-1 所示的学生分组实验板，宽 40 cm，板上 A、B、C、D、E、F、G、H 均为接线柱，AB 是长为 l、横截面积为 S 的一种合金丝（由直径为 0.2 mm 的 300 W 电炉丝拉直后截取 35 cm 制成），CD 是长为 l、横截面积为 $2S$ 的同种合金丝（将直径为 0.2 mm 的300 W电炉丝拉直后截取 35 cm 的两根并接而成），GH 是长为 $\frac{l}{2}$、横截面积为 S 的同种合金丝（由直径为0.2 mm的 300 W 电炉丝拉直后截取 17.5 cm 制成），EF 是长为 l、横截面积为 S 的另一种合金丝（由直径为 0.2 mm、长为 35 cm 的 E 弦线制成）。35 cm 长、直径为 0.2 mm 的 300 W 电炉丝的电阻约为 10 Ω，35 cm 长、直径 0.2 mm 的 E 弦线电阻约 12 Ω。

（3）实验方法

实验时，让学生将电池（1.5～2 V）、开关、电流表按下表的次序分别与 AB、CD、EF、GH 等金属丝串联，将电流表的示数填入表中，分析比较电流表的示数的变化，通过讨论得出结论。

次序	导体	长度/ cm	横截面积/ mm^2	材料	电流/ A
1	AB	l	S	电炉丝	
	EF	l	S	E 弦线	
	结论				
2	AB	l	S	电炉丝	
	GH	$\frac{1}{2}l$	S	电炉丝	
	结论				
3	AB	l	S	电炉丝	
	CD	l	$2S$	电炉丝	
	结论				

2. 演示导体电阻大小与温度的关系

（1）实验目的

了解导体的电阻随温度变化而变化的规律。

（2）实验器材

废日光灯管灯丝，小灯泡（6 V，6 W），蓄电池，单刀开关，酒精灯，导线。

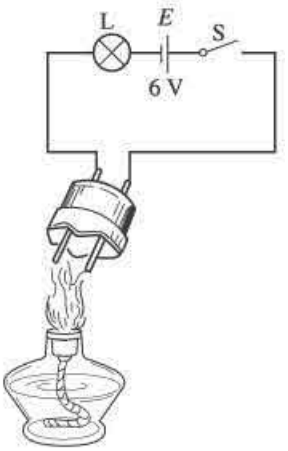


图 16-资-2

（3）实验方法

实验电路如图 16-资-2 所示，图中 E 为 6 V 蓄电池，S 为单刀开关，L 是 6 V、6 W的小灯泡，与一个 30～40 W 的废日光灯管的灯丝串联在一起。

演示时闭合 S，这时灯泡 L 正常发光，然后用酒精灯对日光灯灯丝加热，可看到小灯泡的亮度明显变暗。由于电源电压不变，小灯泡变暗是因为日光灯灯丝加热后电阻变大而引起电路中电流变小的缘故。

3. 磁电系仪表的一些知识

磁电系仪表是电工指示仪表中应用最广泛的一类仪表，它可以直接测量直流电压和电流。学校实验室中用的电流表和电压表大都是磁电系仪表。

（1）磁电系仪表的结构原理

磁电系仪表的结构如图 16-资-3 所示。永久磁铁 1 两端各有一个半圆形极掌 2，构成两个磁极。在两极掌间有圆柱形铁芯 3，极掌和圆柱形铁芯间的空隙中形成均匀辐射状的强磁场。细导线线圈 4 绕在矩形铝框上，轴 5 与线圈两端相连，轴尖支撑在轴承里，使线圈可以自由转动。指针 6 与轴相连。游丝 7 的内端固定在转轴上，外端固定在仪表内部的支架上。一个仪表中通常有两个游丝，它们的旋绕方向相反。当线圈中通电转动时，两个游丝被扭转，产生反作用力矩，两个游丝还兼作线圈中电流的引入线和引出线。8 是零点调节器。9 是平衡锤，用来调节可动部分的机械平衡。

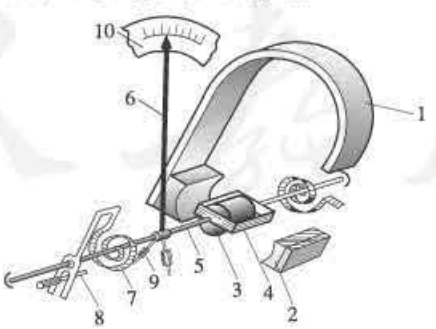


图 16-资-3　磁电系仪表结构图

1. 永久磁铁；2. 极掌；3. 铁芯；4. 线圈；5. 转轴；6. 指针；7. 游丝；8. 调零器；9. 平衡锤；10. 刻度盘

当线圈 4 中有电流通过时，线圈受磁场力而转动，转动力矩的大小跟电流的大小有关系。电流增大，转动力矩增大，指针转角也增大，当转动力矩与游丝的反作用力矩平衡时，指针停止转动，停留在某一位置上，指示出电流的数值。矩形铝框可对转动产生阻尼力矩。当线圈转动时，铝框因切割磁感线产生感应电流，感应电流与磁场相互作用，产生阻碍线圈转动的阻尼力矩。线圈停止转动，阻尼力矩立刻消失。阻尼力矩的作用是使指针尽快地停到平衡位置上，减少指针由于惯性在平衡位置附近来回摆动的时间。

根据磁场对通电导线的作用力公式，可以推导出磁电系仪表指针的偏转角 α 的公式如下：

$$\alpha=\frac{BNA}{D}I$$

式中 B 为磁感应强度，N 为线圈匝数，A 为线圈的有效面积，D 为游丝的反作用系数，I 为通电电流。

对于已经制成的仪表，B、A、N、D 都是固定值，因此偏转角 α 仅与通电电流 I 成正比，α 与 I 是线性关系，因而磁电系仪表的刻度盘是均匀的。

(2) 准确度等级

电工指示仪表的准确度等级分为七级，即：0.1，0.2，0.5，1.0，1.5，2.5，5.0。准确度等级表示仪表允许的最大绝对误差与仪表满刻度值的百分比。

中学实验室中的学生用电表都是 2.5 级的。对于电流表的 0～3 A 挡，它的示值最大可能绝对误差 $\Delta I=\pm 2.5\%\times 3\ \text{A}=\pm 0.075\ \text{A}$。电压表的 0～15 V 挡，示值的最大可能绝对误差为 $\Delta U=\pm 2.5\%\times 15\ \text{V}=\pm 0.375\ \text{V}$。

(3) 磁电系仪表的优缺点

优点：

①准确度高。磁电系仪表采用永久磁铁，磁场强，受外界磁场影响小。分流电阻和附加电阻都可以做得很准确。因此这种仪表的准确度高，可以达到 0.1 级，甚至可达到 0.05 级。

②灵敏度高。只需通以很小的电流，线圈就能产生足够大的转动力矩，所以灵敏度很高，可达 1 μA 分格。

③仪表消耗的功率小。测量机构内部通过的电流很小，所以消耗的功率小，对被测电路的影响小。

④刻度均匀。指针的偏转角 α 与被测电流 I 成正比，是线性关系，所以刻度均匀。

缺点：

①过载能力低。由于电流通过很细的游丝，线圈导线也很细，所以电流超过额定值后易烧坏游丝和线圈。

②只能直接测量直流电。

③结构较复杂，成本高。磁电系仪表有永久磁铁和活动线圈，比电动系仪表和电磁系仪表结构复杂，成本也高。

（4）仪表的选择与使用

选择和使用磁电系仪表要注意以下事项。

①按被测量的大小选择适当量程的仪表。合理选择适当量程的仪表可以充分发挥仪表准确度的作用，减小测量的相对误差。被测量的值应在仪表测量的最大值和$\frac{2}{3}$最大值之间。

②按被测量的实际要求合理地选择仪表的准确度级别。仪表的准确度级别应等于或小于被测量允许误差的$\frac{1}{5}$～$\frac{1}{3}$，不必追求更高准确度的仪表。

③购买仪表时要检查是否有合格证书，合格证书不能超期，否则应进行周期检定。

④磁电系仪表只能用在直流电路中，要注意接线柱的极性，不能接反。

⑤应使仪表处在规定的位置，例如水平放置、竖直放置，或按表的规定倾斜角度放置。

⑥调好零点。读数时姿态要端正，视线要平直，尽量减小读数误差。

（二）物理史话

伏打（伏特）

意大利物理学家，对电流的早期研究作出了重要贡献。伏打从1765年开始从事静电实验研究，1775年发明了起电盘（静电起电机），1787年发明了灵敏的麦秸静电计。他的最大功绩是发明了伏打电池。

1780年，博洛尼亚大学的解剖学和生理学教授伽伐尼在解剖青蛙时偶然地发现蛙腿的痉挛，伽伐尼将这一现象归因于“动物电”。伏打注意到伽伐尼的发现，做了许多动物电实验。1793年他全然否定了动物电的存在，提出了著名的电的接触学说。他用不同金属连成的环接触蛙腿及其背，从而成功地使活青蛙痉挛。他还观察到由两种金属连成的弯杆，一端与眼球接触（注意不要模仿），当另一端与嘴接触的瞬间有光亮感等。伏打由此猜测，这些实验中最根本的是不同金属与身体的接触，并且通过进一步的实验断言伽伐尼电产生于两种不同金属的接触。

伏打将导体分为第一类导体（金属）和第二类导体（潮湿导体）。他证实，只有通过不同类导体的接触才可能产生“电动势”（伏打用语）。他又发现，产生电循环的本质条件是必须由两种不同的第一类导体和第二类导体组成回路。1799年，他发明了一种倍增伽伐尼电的两类导体的组合接触法，这就是用一片片潮湿的纸板隔开一对对锌板和铜板，由此组成伏打电堆。他还发明了第一个电池组——伏打电池组。伏打电堆和伏打电池在此后的一段时间中成为产生电流的唯一手段，它们的发明和运用开拓了电学的研究领域。

后人为了纪念伏打在电学上的贡献，将电动势和电势差的单位以他的姓氏命名为伏特。

（三）物理广角

1. 电鳐

有些生物细胞，不仅细胞膜内外有电位差，在细胞的不同部位之间也存在电位差。这类细胞称极性细胞。在极性细胞所组成的组织中，如果极性细胞的排列方向不一致，它们所产生的电场相互抵消，该组织就表现不出电位差。如果极性细胞的排列方向一致，该组织的不同部位间就呈现一定的极性与电位差。它的极性与电位大小，取决于细胞偶极子矢量的并联、串联或两者兼有所形成的矢量总和。如在一些生物组织上，极性细胞就是串联排列的。其中电鳗等鱼具有的电器官就是由特化的肌肉所形成的“肌电板”串接而成。如由 5 000～6 000 个“肌电板”单位串联而成的电鳗的电器官，由于每个“肌电板”可产生 0.15 V 左右的电压，因此这种电器官放电的电压可高达 600～866 V。电鳐的“肌电板”数量没有电鳗的多，因此产生的电压在 200 V 左右。

2. 电阻

金属导体的电阻的形成原因是定向移动的自由电子跟金属晶格上正离子的频繁碰撞（约 10^{15}次每秒）。

电阻率　导体的电阻由它本身的物理条件决定。如金属导体的电阻就是由它的长短、粗细、材料和温度决定的。对于由一定材料制成的横截面均匀的导体，它的电阻 R 与长度 l 成正比，和横截面积 S 成反比，即 $R=\rho\frac{l}{S}$，这个关系叫作电阻定律。式中 ρ 叫作电阻率，单位为欧·米（Ω·m）。电阻率是表征材料导电性能的物理量。不同物质的电阻率差别很大。例如在常温下导电性能最佳的材料是银，电阻率最小，在 20 ℃时为 1.59×10^{-8} Ω·m；其次为铜，电阻率为 $1.724\ 1\times10^{-8}$ Ω·m；熔凝石英的电阻率为 7.5×10^{17} Ω·m，是最好的绝缘材料。相同几何形状的金属、绝缘体和半导体相比较，金属的电阻最小，绝缘体的电阻最大。半导体电阻的大小介于导体和绝缘体之间，并随温度的增高而显著减小。有时电阻元件也简称为电阻。

热、压力和光等一些物理因素对导体的电阻率会有影响，所引起的效应得到了广泛的应用。例如，康铜（Ni 40%、Cu 60%）丝伸缩时电阻值改变，电阻应变仪就是利用这种特性，制成传感电阻片，贴在物体上以测量物体的微小应变。铜、镍、钴、锰等的金属氧化物烧结陶瓷的电阻率随温度升降而显著变化，制成热敏电阻用于温度测量和补偿。硫化镉、硫化铅等半导体的导电性能随光照的强弱而显著变化，制成光敏电阻用于自动控制、红外遥感、电视和电影等设备中。

非线性电阻　遵循欧姆定律的电阻叫作线性电阻或欧姆电阻，其伏安特性曲线为通过坐标原点、斜率等于$\frac{1}{R}$的直线（图 16-资-4）。另一些导电元件，例如半导体二极管、隧道二极管等，不遵循欧姆定律，其伏安特性是一条曲线（图 16-资-5），这种电阻叫作非线性电阻。

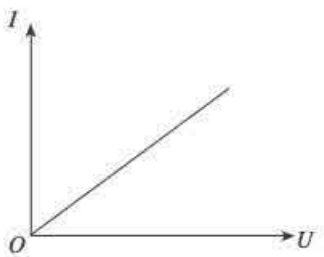
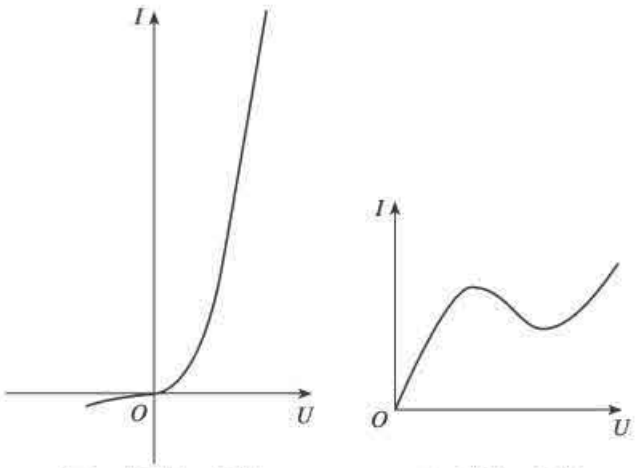


图 16-资-4　线性电阻伏安特性曲线



甲　半导体二极管　　乙　隧道二极管

图 16-资-5　二极管的伏安特性曲线

3. 导体

善于传导电流的物质称为导体。

导体中存在大量可以自由移动的带电微粒，称为载流子。在外电场作用下，载流子做定向运动，形成了电流。金属是最常见的一类导体。金属原子最外层的价电子很容易挣脱原子核的束缚，而成为自由电子，留下的正离子（原子实）形成规则的点阵。金属中自由电子的浓度很大，1 cm^3 中约有 10^{22} 个自由电子。金属导体的电阻率约为 $10^{-8}\sim10^{-6}\ \Omega\cdot m$，且一般随温度降低而减小。在极低温度下，某些金属与合金的电阻率将消失而转化为超导体。

电解质的水溶液及熔融电解质也是导体，其中的载流子是正、负离子。实验发现，大部分纯液体虽然也能离解，但离解程度很小，所以并不是导体。如纯水，其电阻率高达 $10^4\ \Omega\cdot m$。但是，如果在纯水中加入电解质，其离子浓度将大为增加（1 cm^3 约有 10^{20} 个离子），从而使电阻率大为降低（约 $10^{-1}\ \Omega\cdot m$），成为导体。电解液的电阻率比金属大得多。电解液在通电过程中伴随着化学变化，因此，它常应用于电化学工业（如电解提纯、电镀等），并把它称为第二类导体；而把导电过程中不引起化学变化，也没有显著物质转移的导体（如金属），称为第一类导体。

电离的气体也能导电（气体导电），其中的载流子是电子和正、负离子。在通常情况下，气体是良好的绝缘体。但是如果借助于外界原因（如加热，用 X 射线、γ 射线或紫外线照射），可使气体分子离解，因而电离的气体便成为导体。电离气体的导电性与外加电压有很大的关系，且常伴有发声、发光等物理过程。电离气体常应用于电光源制造工业。

4. 绝缘体

不善于传导电流的物质称为绝缘体。

电的绝缘体又称为电介质。它们的电阻率极高，一般在 $10^8\sim10^{20}\ \Omega\cdot m$ 之间，比金属的电阻率大 10^{14} 倍以上。绝缘体的种类很多，有固体，如塑料、橡胶、玻璃、陶瓷、云

母、绝缘漆、绝缘纸等；有液体，如各种天然矿物油、硅油、三氯联苯等；有气体，如空气、氮、二氧化碳、六氟化硫等。固态绝缘体广泛应用于导线和电工设备的绝缘，作为电容器极板间的填充材料，以增加它的电容。潮湿气体会大大减小绝缘体的电阻率，但大部分绝缘体具有防湿能力。液态绝缘体主要应用于大功率断路器、变压器及某些电缆等电工设备中，这时不仅利用其电绝缘作用，而且还利用液体对流所起的散热作用。

绝缘体在某些外界条件（如加热、加高压等）影响下，会被击穿而转化为导体。在未被击穿之前，绝缘体也不是绝对不导电的物体。如果在绝缘材料两端施加电压，材料中将会出现微弱的电流。绝缘材料中通常只有微量的自由电子。

5. 半导体

导电能力介于导体和绝缘体之间的物质称为半导体，电阻率一般在 $10^{-5}\sim10^{7}\ \Omega\cdot m$ 之间。半导体在导电性方面具有明显的特点，一些半导体的电阻率的变化受杂质含量的影响极大。例如，当半导体硅中只含有亿分之一的硼时，电阻率就会下降到原来的千分之一。所含杂质不同，导电类型也不同。另外一些半导体的电阻率受外界条件的影响很大。温度升高或受光照射均可使电阻率迅速下降。还有一些特殊的半导体在电场或磁场的作用下，电阻率也会发生变化。半导体材料的种类很多，目前获得广泛应用的半导体材料有锗、硅、硒、砷化镓、磷化镓、锑化铟等，其中以锗和硅材料的生产技术较成熟，用途也较广泛。半导体的应用十分广泛，形成了门类众多的半导体技术。半导体的应用主要是制成具有特殊功能的元器件，如晶体管、集成电路、整流器和可控整流器、半导体激光器、发光二极管以及各种光电探测器件、各种微波器件、太阳能电池等。

6. 超导体

1911 年，荷兰物理学家昂尼斯发现，水银的电阻率并不像预料的那样随温度降低逐渐减小，而是当温度降到 4.15 K 附近时，水银的电阻突然降到 0。某些金属、合金和化合物，在温度降到绝对零度附近某一特定温度时，它们的电阻率突然减小到无法测量的现象叫作超导现象，能够发生超导现象的物质叫作超导体。超导体由正常态转变为超导态的温度称为这种物质的转变温度（或临界温度）T_C。现已发现大多数金属元素以及数以千计的合金、化合物都能在不同条件下显示出超导性。如钨的转变温度为 0.012 K，锌为 0.75 K，铝为 1.196 K，铅为 7.193 K。

经典理论对超导现象产生的原因无法解释，为了从微观上对这一现象进行解释，花费了固体物理学家近半个世纪的心血，直到 1957 年才由巴丁、库珀和施里弗建立了完整的超导微观理论（BCS 理论）。为此，他们荣获了 1972 年诺贝尔物理学奖。

超导现象最直接、最诱人的应用莫过于制造输电电缆，但远不止于此。用它来传递电信信号，可以做到迅速、准确、容量大、重量轻，更重要的是避免了信号的衰减，这样无论相距多远，收到的信号都一样的清晰、准确。用具有磁性的超导体（即超导磁体）来制造发电机，输出功率可以提高 20 倍以上，而且减少能耗、降低成本。这其中最重要的是创造低温环境，用液态气体（如液态氮）冷却可以实现这一条件。

超导材料的应用将促使许多方面的技术发生革命性的变化。运用超导性质研制的磁浮列车可谓实用超导技术的典范。由于列车和导轨分离减少了摩擦阻力，列车的运行时速可达 500 km——从北京到上海不到 3 h。

超导量子干涉器，用于高灵敏度的电磁测量。这一装置如果装载于卫星或其他航天器上，便可大面积地探测某些矿藏的分布，另外还可用于医学生物检测。超导电路可大大提高电机容量和效率。用超导材料还可以制成超导计算机、红外探测器、加速器磁体、核磁共振成像装置、微波器件等。

超导现象在高能物理领域也有重要应用。用超导线圈制成的电磁铁能产生强大的磁场，对于核聚变时约束等离子体和粒子加速器实验装置都有很大用处。

目前已出现金属化合物、氧化物陶瓷、有机化合物等众多超导材料。超导材料的身影也出现在越来越多的场合，但这还只是开始。

7. 导电石墨与“软炸弹”

1999 年 5 月 2 日夜，在北大西洋公约组织对南斯拉夫联盟共和国的战争中，用一种“软炸弹”袭击了塞尔维亚各地的发电厂，造成包括贝尔格莱德在内的塞尔维亚大部分地区电力中断。这种“软炸弹”的真面目是什么呢?

原来，这是一种从未为外界所知的秘密武器：石墨炸弹。石墨是天然产出的一种铁黑至钢灰色、表面闪耀金属光泽的鳞片状或致密块状、土状集合体，具有很高的导电性。石墨炸弹正是利用了石墨的导电性，将几百磅石墨粉装入炸弹，并在其中也装上炸药，是由卫星制导的炸弹。雷达测高仪用于控制炸弹在变电站上空某个高度爆炸，把石墨炸成一团直径几百米的石墨粉，然后散落在目标地区。这些石墨粉会使变电站引起短路，导致变电站停电，并对变电站中的重要设备造成永久性损坏。实际上，石墨炸弹是在海湾战争中早就使用过的一种“软炸弹”的改进型，当时，那些炸弹在变电站上空倾泻的是金属条而不是石墨。

8. 失误中的发现——导电塑料

在 20 世纪 70 年代的一天，日本的一位科学家在实验室里用常规方法，获得一种具有金属光泽的银灰色薄膜。而按经验，用同样方法得到的应当是聚乙炔黑色粉末。他觉得奇怪，于是就回过头来检查他的实验过程有没有差错，结果发现添加的催化剂比规定数量多出了 1 000 多倍。但是，测试结果显示这种产物确实是聚乙炔塑料，并且它能够导电。就这样，导电塑料在这次意外的操作中诞生了。

以后，科学家们对导电塑料进行了深入研究，制造出了可以实际应用的导电塑料。

目前，美国已经用导电塑料代替半导体材料制造太阳能电池，还实验用导电塑料作蓄电池的电极材料。如果把导电塑料作为电极材料应用到汽车蓄电池里，可以把蓄电池的质量由 15 kg 降至 2 kg，并且能够反复充电 1 000 次以上，大大延长其使用寿命。瑞士还用导电塑料制成了印刷电路板，并已经应用到中小型计算机中，使用效果良好，成本只有铜印刷电路板的 40%。英国和加拿大则把导电塑料用到了电子玩具、电子游戏机、电视机

和其他普通电器上，都明显地降低了产品成本。最近，日本一家公司用导电塑料制成了晶体管，取得了突破性进展。

导电塑料兼具塑料和金属的优点，密度比金属小得多，不需要冶炼，也不需要在高温条件下加工，而制取导电塑料的资源也十分丰富，造价低廉。因此，导电塑料的出现，将会给材料科学带来新的契机。

9. 电阻器

电阻器用于电路中限制电流、消耗能量和产生热量。电阻器在电路中主要用来调节和稳定电流与电压，可作为分流器和分压器，也可作电路匹配负载。阻值不变的电阻器叫作固定电阻器，阻值可变的叫作电位器或可变电阻器或变阻器。理想的电阻器是线性的，即通过电阻器的瞬时电流与外加瞬时电压成正比。一些特殊电阻器，如热敏电阻器、压敏电阻器和敏感元件，其电压与电流的关系是非线性的。

电阻材料可分为金属、液体和非金属固体材料。用于制造电阻元件的金属材料必须具有较高的电阻率、较高的容许温升、良好的工艺性能和较低的价格。常用的金属电阻材料有铜镍合金、铜锰合金、镍铬合金、镍铬铁合金、铁铬铝合金和灰铸铁等。铜镍合金耐腐蚀和氧化性能、机械性能好，但温差电动势高，故不适宜制造仪器仪表用电阻，但可制造其他各种工业电阻。铜锰合金温度系数低、温差电动势小，但价格较贵，故仅用于制造仪器和仪表用的电阻以及标准电阻。镍铬及镍铬铁合金电阻率高、耐高温，适合制造电阻加热元件。铁铬铝合金性质与镍铬合金相近，但价格却低得多。灰铸铁工作温度虽低于其他合金，但价格很低，工业上常用它铸造栅片电阻。液体电阻一般以苏打溶液或盐水作为导电媒质。非金属固体电阻多用碳作为导电媒质。

人教版®

第十七章
欧姆定律

一、《课标》要求及课时建议

（一）《课标》要求

3.4.2　知道电压、电流和电阻。通过实验，探究电流与电压、电阻的关系。理解欧姆定律。

（二）课时建议

第 1 节	电流与电压和电阻的关系	2 课时
第 2 节	欧姆定律	1 课时
第 3 节	电阻的测量	1 课时
第 4 节	欧姆定律在串、并联电路中的应用	1 课时

二、编写意图

（一）本章概述

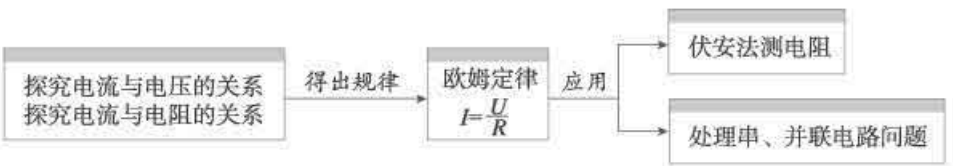
本章教科书的主要内容有：探究电流跟电压、电阻的关系，欧姆定律，电阻的测量，欧姆定律在串、并联电路中的应用。本章是第十五章电流和电路、第十六章电压和电阻这两章知识的延伸。电流、电压、电阻这三个概念的建立是探究电流跟电压、电阻的关系的知识基础，正确规范使用电流表和电压表则是研究电流跟电压、电阻的关系的技能基础。

欧姆定律是电学中的基本定律，它是进一步学习电学知识和分析电路的基础，是学习电功率、家庭电路等后续章节的必备知识。本章具有承上启下的作用，是电学的重点

之一。

本章的章首图展示的是彩灯映照下的古镇夜色。这些美丽的灯光在给人们的生活带来方便的同时，也带来了许多美的享受。这些美丽景色的背后包含着物理学的规律，这就将生活中司空见惯的现象与物理知识很好地联系了起来。很好地利用了生活中类似的情景，既有利于培养学生理论联系实际、透过现象看本质等一些科学素养，也有利于培养学生热爱生活、热爱社会的良好情感与态度。

本章内容结构如下。



（二）本章教材的编排特点

本章教材的编写是以欧姆定律为主线展开的。

第 1 节安排了探究电流跟电压、电阻的关系，包括两个学生探究实验：（1）电阻一定时，导体中的电流跟电压成正比；（2）电压一定时，导体中的电流跟电阻成反比。通过实验探究为第 2 节欧姆定律奠定了基础。

第 2 节安排了欧姆定律。欧姆定律是全章的核心。它反映了电流、电压、电阻三者之间的定量关系。定律得出之后，安排了两个例题。让学生初步体会：对于一段电路，只要知道电流、电压、电阻这三个物理量中的两个量，就可以利用欧姆定律求出第三个量。例题 1 是联系实际的问题，目的是让学生体会实际用电器中经常使用电阻实现对电路中电流的有效控制。例题 2 则为第 3 节伏安法测电阻作铺垫。例题 2 后安排了 STS，介绍酒精浓度检测仪，目的是把欧姆定律的应用与技术和社会联系起来。

第 3 节是欧姆定律在实验中的应用。其目的，一是使学生学习一种测电阻的方法；二是巩固和加深对欧姆定律的理解；三是培养学生的实验能力。

第 4 节安排了两个例题。例题 1 是应用欧姆定律解决串联电路的问题，其目的是让学生体会：当串联电路中的一个电阻改变时，电路中的电流及另一个电阻两端的电压都会随之改变。很多实际电路都利用了串联电路的这一特点。例题 2 是应用欧姆定律解决并联电路的问题，其目的是让学生体会：当并联电路中的一个支路的电阻改变时，干路电流会发生变化，但另一个支路的电流和电压都不会发生变化。实际电路中，各用电器采用并联形式，就是利用了并联电路的这一特点。因为新修订的《课标》降低了对串、并联电路中电阻关系的要求，所以本节教材没有安排串、并联电路电阻关系的实验，也没有安排理论推导。但在例题 1 后，教师可以根据学生实际情况决定是否给出串联电路中总电阻与分电阻的关系式。

（三）探究电流跟电压、电阻的关系的设计思路

在探究电流跟电压、电阻的关系时，教材传统的处理方法是采用控制变量法先分别探究：(1) 电阻一定时，导体中的电流跟电压成正比；(2) 电压一定时，导体中的电流跟电阻成反比。然后综合 (1) (2) 得 $I=\frac{U}{R}$。这样处理会遇到一个难以克服的困难，即 $I=\frac{U}{R}$ 是怎样由 (1) (2) 综合得到的呢？这是一个教师、学生普遍感到困惑，而又难以解释清楚的问题。为了克服这一困难，本章没有生硬地将 (1) (2) 综合得出 $I=\frac{U}{R}$，而是在探究出结论 (1) (2) 后，安排了一个想想议议，引导学生分析探究 (1) 的实验数据。既然电阻一定时，导体中的电流跟电压成正比，那么电压与电流的比就是一个常数。引导学生比较这个常数和定值电阻的关系，并进一步引导学生思考这个关系是不是普遍的关系。这可以通过换不同的电阻进行检验。按照这种思路，可以通过实验探究出 $R=\frac{U}{I}$，通过公式变形可以得出 $I=\frac{U}{R}$。在“想想议议”中增加了教材的弹性，有条件的学校可以组织学生更换不同的定值电阻探究 R 是否等于 $\frac{U}{I}$。

三、教材分析与教学建议

第 1 节　电流与电压和电阻的关系

（一）教学目标

1. 通过实验探究电流跟电压、电阻的关系，让学生经历科学探究的全过程。
2. 进一步熟悉探究实验中常用的一种方法——控制变量法。
3. 会观察、收集、分析实验中的数据并尝试采用图象法分析实验数据。
4. 能说出电流与电压、电阻间的正比、反比关系。

（二）教材分析与教学建议

本节内容由“探究电流跟电压的关系”和“探究电流跟电阻的关系”两部分内容构成。从知识上讲，要用到电路、电流、电压和电阻的概念；从技能上讲，要用到电流表、

电压表和滑动变阻器等。本节课“探究电流跟电压、电阻的关系”是一个完整的科学探究过程，让学生经历科学的探究，学习科学猜想、设计实验、设计实验表格、分析论证、感悟科学方法。因此，这节课无论在知识学习上还是在培养学生运用知识解决实际问题的能力上都具有十分重要的作用。所以教学中，在注重学生的理论联系实际能力的同时，更要关注学生的科学探究能力的提高。从而更进一步体验科学探究过程，学生运用控制变量的方法来设计和完成实验既是重点也是难点。在利用图象进行线性数据分析方面也是一个难点，所以实验的评估和交流环节也很重要。

1. 实验：探究电流与电压的关系

建议教师连接一个改变电源电压的基本电路观察灯泡亮度变化，从而提出问题，激发学生的学习兴趣和学习欲望。让学生根据所提供的实验器材，利用控制变量的方法设计实验。此过程中要充分发挥教师的引导作用，让学生经历整个实验电路图的设计过程，关键在滑动变阻器的引入过程中给学生创造一个问题情境，不但会使学生对各元件的作用有一个认识，还能提高学生的电路分析能力。根据设计的电路进行实验并收集数据，实验结束要认真对待各小组在实验中碰到的问题并讨论寻找解决方案。分析论证是实验的重要环节，引导学生学会运用图象法探讨实验记录中有关物理量之间是否存在严格的数据依存关系。评估是实验探究的最后一个环节，教师应鼓励学生大胆发表见解，引导学生对不同小组的实验数据进行综合比较。

教学片段　实验：探究电流与电压的关系

⊙ 提出问题　通过导体的电流跟电压有怎样的关系？

⊙ 猜想与假设　它们之间可能存在何种关系，说出猜想依据。

猜想①　导体两端的电压越大，通过的电流越大；

猜想②　通过导体的电流与导体两端的电压成正比。

⊙ 设计思路　实验的设计包括测量仪器的选择和实验电路的设计。本实验运用创设问题情境来引导学生设计实验电路。

⊙ 学生讨论　这个实验需要哪些器材？它们的作用各是什么？怎样才能改变电阻两端的电压？如何设计实验电路图？学生思考、讨论、交流所需的实验器材及它们的作用，画出电路图。根据问题设计电路，设计过程如下：

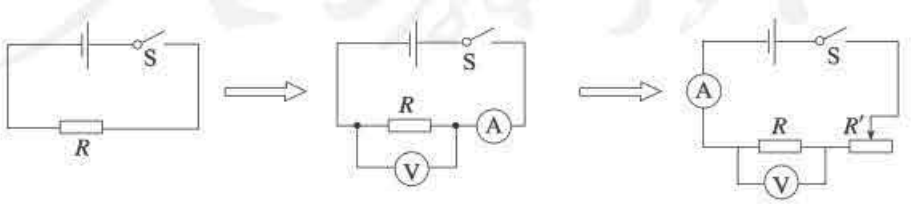


图 17.1-1

说明：低起点、小坡度、阶梯式设计问题，适当降低思维难度，增加学生课堂思

维的密度，让不同层次的学生都能体会到成功的喜悦。

⊙ 进行实验

(1) 改变电阻两端电压的方法。①部分学生会通过改变干电池的个数来实现；②部分学生还会通过学生电源来提供不同电压。这两种方法的问题在于是否能保障电阻两端的电压真正成倍地变化。③通过滑动变阻器调节电压分配，从而达到改变电阻两端的电压。对于此方法，建议教师用课件展示其动态过程。

教师分析归纳学生改变电阻两端电压的方法和实验电路，引导学生确定最佳实验方案。

(2) 闭合开关后，调节滑动变阻器的滑片，使 R 两端的电压成整数倍地变化（如 1 V、2 V、3 V、……）以便于数据处理，读出每次加在 R 上的电压值和通过的电流值，并填入表中，画出电阻的 I-U 关系图象（图 17.1-2）。

⊙ 数据收集

	U/V	I/A
$R=10\ \Omega$	1	
	2	
	3	
	…	…
实验结论		

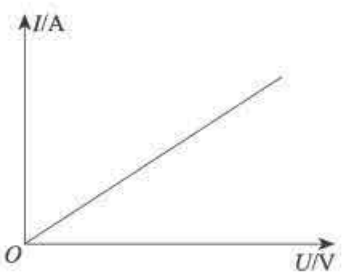


图 17.1-2

⊙ 分析与论证

数据的处理有两种方法。方法一：用图象进行数据处理，引导学生用描点的方法，将实验数据在坐标纸上反映出来，使学生发现图象所能提供的信息，培养学生用图象分析、研究问题的能力。学生作出的图象是一条直线，说明 I 与 U 是成正比的。方法二：利用实验数据分析论证，引导学生进行因果推理，在控制电阻不变的条件下，关注电阻两端的电压改变时，通过电阻的电流随电压的改变关系，推理出电流与电压的定量关系。

⊙ 评估与交流

对不同实验小组数据进行综合比较而得出实验结论，是关键点之一，教师要引导学生对探究的全过程进行评估。

本教学片段旨在通过探究活动，一方面培养学生严谨的科学态度，另一方面让学生通过对数据更深入的分析，得出电流与电压的定量关系。

2. 实验：探究电流与电阻的关系

根据上面实验思路引导学生设计实验电路，从前面的实验中学生已经体会了滑动变阻

器的作用，在本实验中，主要以提问的方式进行引导，如：在探究电流与电阻的关系时，控制哪些量改变哪些量？如何改变电阻？怎样才能控制电阻两端的电压不变？

教学片段　实验：探究电流与电阻的关系

⊙ 提出问题　通过导体的电流跟导体电阻有怎样的关系？

⊙ 猜想与假设　猜想它们之间可能的数量关系是什么？

猜想①　导体的电阻越大，通过的电流越小；

猜想②　通过导体的电流与导体的电阻成反比。

⊙ 设计思路　(1) 要研究电流与电阻的关系，必须改变接入电路的电阻值大小(如 5 Ω、10 Ω、20 Ω、……)，只需更换不同电阻接入电路即可。(2) 该实验中要控制电阻两端的电压不变这一条件，电路中可串联滑动变阻器来调节，保证电阻两端的电压相等。画出电路图。

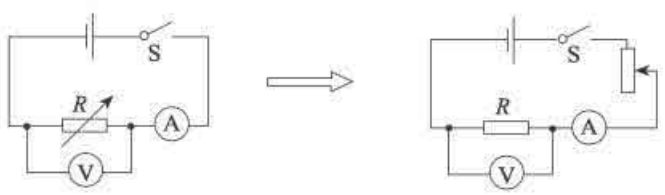


图 17.1-3

⊙ 进行实验

(1) 闭合开关，调节滑动变阻器的滑片，使 R 两端的电压为适当值（如 $U=2$ V）。

(2) 更换不同电阻（成整数倍变化），调节滑动变阻器的滑片，保证每次电阻两端的电压不变（为 2 V），分别记下每次电流表示数，记录在表中。

⊙ 收集数据

	电阻/Ω	电流/A
$U=2$ V	5	
	10	
	20	
	…	…
实验结论		

⊙ 分析论证　用实验数据分析推理，得到在电压一定的条件下，通过导体的电流与导体的电阻成反比。

⊙ 评估与交流　学生对自己的探究过程进行回顾、反思，思考在探究中哪些问题还不清楚，实验设计是否科学合理，操作中有没有错误，实验中造成误差的因素可能有哪些……通过评估，能使学生发现自己的不足，及时总结，不断提高。

本教学片段同样是通过探究活动，培养学生处理实验数据的能力和严谨的科学态度，得出在电压一定时，电流与电阻成反比的定量关系。

在本节教学中，教师合理地启发学生选择实验器材，设计实验电路，亲自动手实验，分析数据，归纳得出结论，充分体现了学生的主体地位。这样不仅培养了学生的动手操作能力、观察思维能力，而且使学生在获取知识的同时，体会欧姆定律发现的逻辑过程，感受实验成功的喜悦。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1.（1）略

（2）第 4 组

分析实验数据可知：在实验误差范围内，通过同一导体的电流与它两端的电压成正比，所描绘出的“电流—电压”图象是一条直线。根据此规律，第 4 组实验数据中，当电压值为 1.2 V 时，对应的电流值应为 0.32 A，而表格中所反映的电流数据是 0.40 A，此数据应该剔除掉。

2. 错在：电流表与定值电阻并联；电压表串联在电路中。

修正后的电路如图 17.1-4 所示。

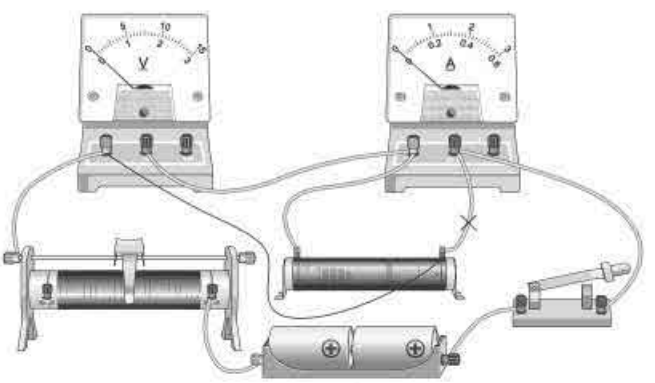


图 17.1-4

提示：解答本题的关键在于注意以下三点：（1）电流表要串联在电路中，电压表要与定值电阻并联；（2）注意电流表和电压表的正、负接线柱是否连接正确；（3）滑动变阻器在电路中除保护电路外，还要改变定值电阻两端的电压，所以它必须串联在电路中。

（四）补充练习

1. 在探究电流与电阻的关系实验中，当改变电路中的电阻时要控制电阻两端的电压不变。请说出常用的保持电阻两端电压不变的方法。

答案：用两节干电池做电源，将干电池、电阻、滑动变阻器、电流表串联在一起，组成串联电路，将电压表并联在电阻两端。当换用不同的电阻测量时，调节滑动变阻器，使

得每次电阻两端的电压相同。

2. 小明同学想探究“一段电路中的电流跟电阻的关系”，设计了如图 17.1-5 甲所示的电路图（电源电压恒为 6 V）。

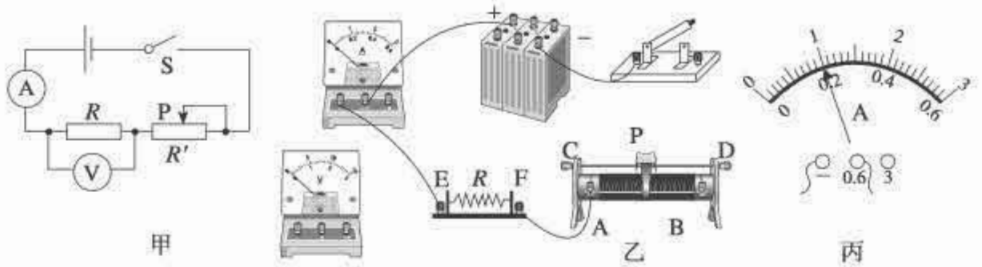


图 17.1-5

（1）根据小明设计的甲图，用铅笔连线将乙图的实物图连接完整。

（2）小明将第一次实验得到的数据填入了下面的表格中，然后将 E、F 两点间的电阻由 10 Ω 更换为 20 Ω，调节滑动变阻器的滑片 P 向_____移动（填 A 或 B），直到_____为止。此时电流表的指针位置如图丙所示，请把测得的电流数值和电压数值填入下表：

实验序号	电压/V	电阻/Ω	电流/A
1	4	10	0.4
2		20	

（3）小明根据实验数据得到如下结论：电流与电阻成反比。请你对以上的探究过程作出评价，并写出两点评价意见：_____。

答案：（1）实物电路如图 17.1-6 所示：

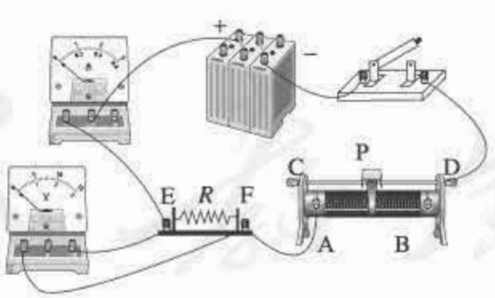


图 17.1-6

（2）B；电压表的示数为 4 V；表格数据：4；0.2

（3）实验次数太少（没有进行多次实验），结论缺少“电压一定”的前提

第 2 节　欧姆定律

（一）教学目标

1. 通过实验探究电流跟电压、电阻的定量关系，分析归纳得到欧姆定律。

2. 理解欧姆定律，能运用欧姆定律分析解决简单的电路问题。

3. 通过计算，学会解答电学计算题的一般方法，培养学生逻辑思维能力，培养学生解答电学问题的良好习惯。

（二）教材分析与教学建议

本节内容由“分析理解欧姆定律内容及表达式”和“欧姆定律简单应用”两部分构成。通过完成上一节“探究电流与电压、电阻关系”的实验任务，运用数学方法分析、处理实验数据，得出电流与电压、电阻的关系即欧姆定律。这样编排既符合学生由易到难、由简到繁的认知规律，又保持了知识的结构性、系统性。理解定律的内容以及其表达式、变换式的意义是本节课的重点。运用数学推理、图象的方法处理实验数据，建立和理解欧姆定律对学生要求较高，学生运用欧姆定律解决简单的实际问题，是本节课的难点。在教学中根据探究得到的两个结论，运用数学方法进行推导分析，便可得到欧姆定律的内容及其变形公式。通过例题进行公式的简单运用，对于教材提供的两个简单计算例题，应注重解题方法、思路、格式等方面的要求和规范。为扩大学生的知识面，教材通过科学世界“酒精浓度检测仪”培养学生熟练应用欧姆定律分析、解释有关现象的能力。

1. 欧姆定律内容

利用学生在前一节“探究电流与电压、电阻之间的关系”的基础上，根据上节收集的实验数据，让学生分析、归纳、总结出欧姆定律。欧姆定律表达式直接给出，在该公式基础上分析电压、电阻、电流各物理量的单位。对欧姆定律的理解，要注意以下几点：

（1）同一性

定律中的“通过”的电流 I，“两端”的电压 U 及“导体”的电阻 R，是对同一个导体或同一段电路而言，三者要一一对应，在解题中习惯把同一导体的各个物理量角标用同一数字表示，如“R_1、U_1、I_1”。

（2）同时性

在同一部分电路上，由于开关的闭合或断开以及滑动变阻器滑片位置的移动，都会引起电路的变化，从而导致电路中电流、电压、电阻的变化，所以公式 $I=\frac{U}{R}$ 中的三个量是对同一时间而言的。

（3）欧姆定律 $I=\frac{U}{R}$ 的变形公式：$U=IR$ 和 $R=\frac{U}{I}$ 仅仅是欧姆定律公式的变形，不一

定反映某种条件下物理量间成正比或反比的关系。比如，对变形公式$R=\frac{U}{I}$的理解，不能说成是电阻与电流成反比，电阻与电压成正比。因为导体电阻的大小与导体两端的电压和通过导体的电流均无关系。

2. 用欧姆定律进行简单计算

欧姆定律反映了同一导体中的电流、电压和电阻三者的关系，对于一个导体，只要知道电流、电压、电阻中的两个量，就可以根据$I=\frac{U}{R}$及变形公式求出第三个量。

教师要讲解教科书中的例题，例题教学的目的是加强学生对欧姆定律公式的理解，以及训练学生利用该公式解决实际问题的能力。教师在教学中要强调运用公式解题的规范。

教学片段　欧姆定律的应用

问题1　一只电流表的内部电阻值是0.2 Ω，最大量程是3 A，若把它直接接在3 V的电源上，求通过电流表的电流大小是多少安？计算结果说明了什么？

已知：$U=3\ \mathrm{V}$　$R=0.2\ \Omega$

求：$I=?$

解：根据欧姆定律$I=\frac{U}{R}$，则

$$I=\frac{U}{R}=\frac{3\ \mathrm{V}}{0.2\ \Omega}=15\ \mathrm{A}$$

通过计算得知，电流表中的电流达到15 A，远远超过3 A的测量范围，电流表会因电流过大而烧坏，所以电流表是不允许直接与电源两极相连的。

问题2　一只电压表的内部电阻值是10 kΩ，若把它接在某段电路两端时，通过它的电流值是1 mA。已知电压表的最大量程是15 V，此时电压表是否安全？

已知：$I=1\ \mathrm{mA}=10^{-3}\ \mathrm{A}$　$R=10\ \mathrm{k\Omega}=10^{4}\ \Omega$

求：$U=?$

解：根据欧姆定律　$I=\frac{U}{R}$，有

$$U=IR=10^{-3}\mathrm{A}\times10^{4}\ \Omega=10\ \mathrm{V}$$

通过计算得知，电压表两端的电压值是10 V，小于电压表的15 V最大量程，所以电压表是安全的。

该教学片段旨在利用欧姆定律，通过数据分析，从理论上解释电流表为什么不能直接与电源相连，而电压表却可以，使学生对电表有了进一步的认识。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. 2.75 A

2. 2 V

3. 8.3 Ω

4. 不对。导体的电阻是导体本身的一种性质，它的大小决定于导体的材料、长度和横截面积（还跟温度有关），而跟导体两端的电压和导体中的电流无关。对于$R=\frac{U}{I}$来说，U和I的比值仅仅反映导体电阻的大小。对同一段导体来说，由于导体中的电流跟这段导体两端的电压成正比，所以R是一个定值；对于不同导体，U和I的比值一般不同，所以R的值一般不同。若导体两端的电压为0时，导体中的电流等于0，而这个导体的电阻却不为0，它是一个定值。

（四）补充练习

1. 一种指示灯，工作时电阻为6.3 Ω，通过的电流为0.45 A时正常发光。要使这种指示灯正常发光，应该加多大的电压？

答案：2.84 V

2. 下列说法中，不正确的是（　　）

A. 当加在导体两端的电压改变时，电压与电流的比值也随着改变

B. 用不同的导体研究电流和电压的关系，得到的结论都一样

C. 相同的电压加在电阻不同的导体两端，电流一定不同

D. 同一导体，它两端电压越大，通过它的电流也越大

答案：A

3. 将光敏电阻R、定值电阻R_0、电流表、电压表、开关和电源连接成如图17.2-1所示的电路。光敏电阻的阻值随光照强度的增大而减小。闭合开关，逐渐增大光敏电阻的光照强度，观察电表示数的变化情况应该是（　　）

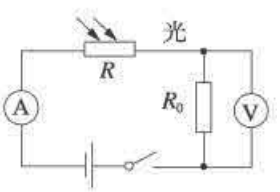


图17.2-1

A. A表和V表示数均变小

B. A表示数变大，V表示数变小

C. A表示数变小，V表示数变大

D. A表和V表示数均变大

答案：D

4. 下表给出了一些常见用电器的额定电压和额定电流值。

用电器名称	额定电压/V	额定电流/A
某种室内照明灯泡	220	0.45
某种电热水器	220	12
常见的手电筒灯泡		

(1) 通过你的观察和了解，请你再选择两种用电器填在表中，并把表中空白的数据填上。

(2) 请计算表中照明灯泡及电热水器的电阻。

答案：(1) 略；(2) 489 Ω，18 Ω

第 3 节　电阻的测量

(一)教学目标

1. 进一步掌握使用电压表和电流表的方法。
2. 学会用伏安法测量电阻。
3. 加深对欧姆定律及其应用的理解。

(二)教材分析与教学建议

用伏安法测电阻是电学里的一个基本实验，属欧姆定律变换式的具体应用。安排这个实验，在理论方面可以加深对欧姆定律和电阻概念的理解和掌握；在实践方面可以给学生提供初中常用电学器材综合使用的机会，有利于学生熟练地掌握电路的连接、电流表和电压表的读数、滑动变阻器的使用等基本技能，从而提高学生动手操作的能力。

在前两节实验教学的基础上，学生对于所用的实验电路、实验步骤已较熟悉，因此本节的难点是如何引导学生分析实验数据，发现规律，加深对电阻概念的认识。根据实验原理设计电路图，并且能用滑动变阻器来改变待测电阻两端的电压是本节的教学重点。在教学中，可以把整节内容分为：设计实验、进行实验与收集证据、分析与讨论三个环节进行教学组织。

教学片段　测量定值电阻的阻值

⊙ 问题引入　如何测定一个定值电阻的阻值大小？

⊙ 设计实验　由欧姆定律的变形公式 $R=\frac{U}{I}$ 可知，用电流表测出通过定值电阻的电流 I，用电压表测出定值电阻两端的电压 U，把实验数据代入 $R=\frac{U}{I}$，即可求出定值电阻的阻值大小（图 17.3-1）。为了减少实验误差，实际测量中要改变待测电阻两端的电压，多次测量电压及电流的值，求出每次的电阻值，最后求电阻的平均值。其中，串联一个滑动变阻器，移动滑片，就可以改变定值电阻两端的电压和流过的电流。电路设计如图 17.3-2 所示。

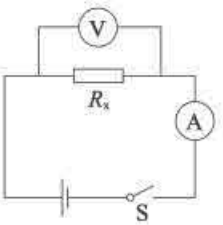


图 17.3-1

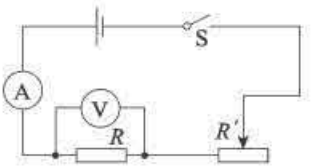


图 17.3-2

⊙ 进行实验

①根据电路图 17.3-2 连接电路。

②闭合开关，移动滑动变阻器的滑片来改变待测电阻两端的电压，记下相应的电压表示数和电流表示数并填在表中。

③断开开关，整理器材，结束实验。

④算出待测电阻的阻值大小及电阻的平均值并填入表中。

⊙ 设计表格

次数	电压 U/V	电流 I/A	电阻 R/Ω	电阻平均值 R/Ω
1	1			
2	2			
3	3			

⊙ 分析与讨论

当定值电阻两端的电压改变时，通过它的电流也随之而改变，但电压与电流的比值不变，即电阻不变，同时证明了导体的电阻是由自身的性质所决定的，与电压和电流无关。

⊙ 交流与评估

完成实验后，教师要指导学生对实验过程进行评估：①连接电路时，开关是否处于断开状态；②滑动变阻器滑片是否滑到最大阻值处，滑动变阻器在本实验中的作用是什么；③电流表、电压表的“+”“−”接线柱是否接反了；④是否通过“试触”进行量程选择；⑤是否认真检查电路，确认无误后才闭合开关等。

参照教科书“想想做做”，用同样的方法测定小灯泡的电阻，会发现灯丝的电阻是变化的，灯丝的电阻与温度有关。在这里要向学生解释，由于定值电阻是采用对电流的阻碍作用受温度影响小的材料制作的，因此当定值电阻两端的电压发生变化时，定值电阻的温度虽然改变了，但阻值发生的变化却很小，可以不计。小灯泡的灯丝是采用对电流的阻碍作用受温度影响大的材料制成，因此当灯泡两端的电压增大时，灯丝的温度升高，灯丝的电阻受温度的影响而增大，灯丝的电阻变化并不是因为实验误差而引起的。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1.（1）电流表的量程选大了（0～3A）。

（2）电流表的正、负接线柱接反了。

（3）滑动变阻器接在由金属杆相连的两个接线柱上了，变阻器不起作用。

正确的电路连接如图 17.3-3 所示：

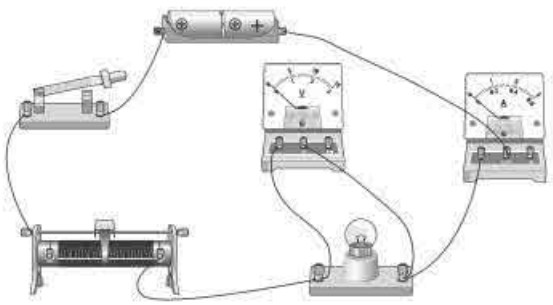


图 17.3-3

提示：灯泡上标有“2.2 V　0.25 A”字样，说明电流表的量程应选择“0～0.6 A”，电压表的量程选择“0～3 V”；滑动变阻器要“一上一下”连接接线柱才能对电路有变阻的作用；检查电路时还要注意电流表和电压表的正、负接线柱是否连接正确。

2. 电路两端的电压：$U=U_1=I_1R_1=0.91\ \text{A}\times 242\ \Omega=220.22\ \text{V}$

因电烙铁与灯泡并联，所以电压相等即 $U_2=U_1$

$$I_2=\frac{U_2}{R_2}=\frac{220.22\ \text{V}}{165\ \Omega}=1.33\ \text{A}$$

并联电路的总电流：$I=I_1+I_2=0.91\ \text{A}+1.33\ \text{A}=2.24\ \text{A}$

3.（1）电路连接如图 17.3-4 所示

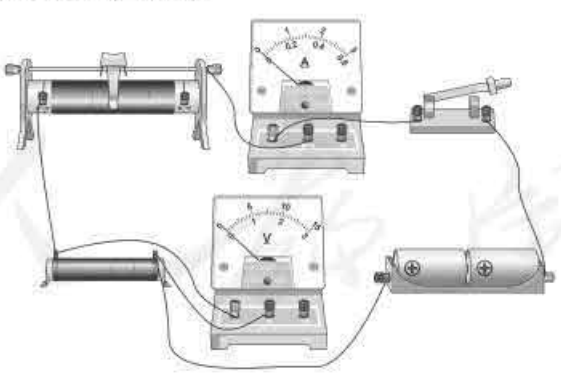


图 17.3-4

（2）0.4 A；2.4 V

（3）$R=\frac{U}{I}=6\ \Omega$

4. (1) 在表格中的空格处从左至右依次填入 8.1；7.1；6.2；4.7；3.1；2.0。

(2) 不同电压下，小灯泡的电阻值不同，灯丝的电阻随温度的降低而变小。

(四) 补充练习

1. 如图 17.3-5 所示，小红在做测定灯泡电阻的实验中将正常的电流表、电压表接入电路，当闭合开关后，发现电流表有读数，电压表读数为 0。移动滑动变阻器滑片时电流表读数有变化，电压表读数始终为 0。其原因可能是（　　）

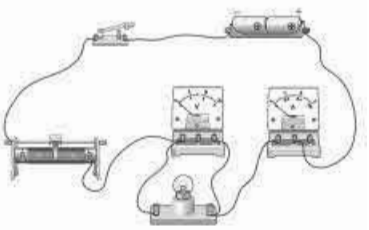


图 17.3-5

A. 滑动变阻器接触不良　　B. 开关接触不良

C. 小灯泡被短接　　D. 灯泡的钨丝断了

答案：C

2. 小明想知道某一段电炉丝的电阻值，于是他用如图 17.3-6 所示的电路测定电炉丝 R_x 的电阻值。改变滑动变阻器的电阻，由电流表、电压表读出相应的数值见下表。

电压/V	5.0	10.0	15.0	20.0
电流/A	0.4	0.8	1.2	1.6

(1) 请你根据表格将实验数据绘制到图 17.3-7 中去。

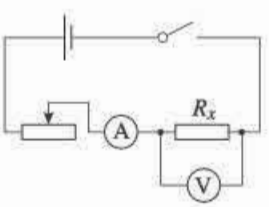


图 17.3-6

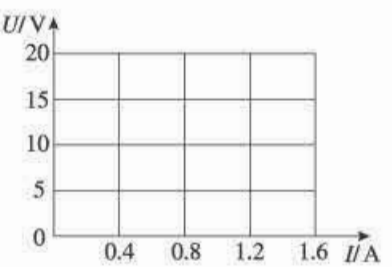


图 17.3-7

(2) 测出电炉丝的电阻是多少？

答案：(1) 如图 17.3-8 所示；(2) 12.5 Ω

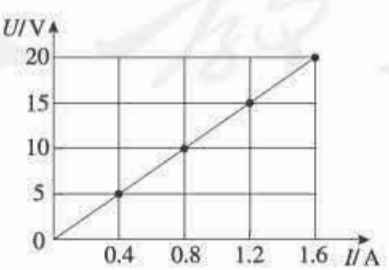


图 17.3-8

3. 在“测定小灯泡的电阻”实验中，有如下器材：电压表、电流表、开关、电压为6 V的电源、“3.8 V　0.4 A”的小灯泡、标有“20 Ω　1.5 A”的滑动变阻器、导线若干。

(1) 请用笔画线代替导线，按照如图17.3-9甲所示的电路图，将图17.3-9乙的实物电路连接完整（要求连线不得交叉；电流表的量程选择要恰当；滑动变阻器的滑片向左移动，小灯泡变暗）。

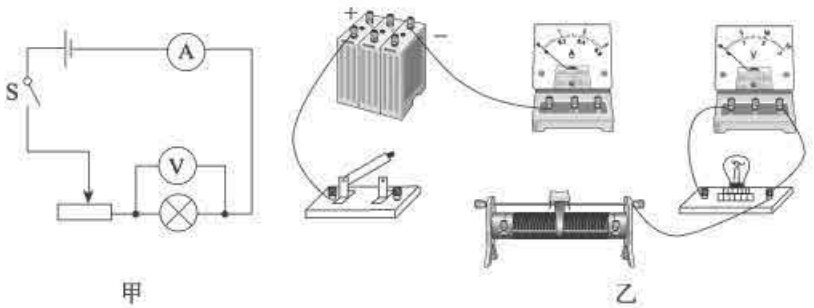


图17.3-9

(2) 甲组同学连接好最后一根导线，灯泡立即发出明亮耀眼的光并很快熄灭。检查后，发现连线正确，请你找出实验中两个操作不当之处：①_____；②_____。

(3) 乙组同学闭合开关后，发现小灯泡不亮，但电流表有示数。接下来应进行的操作是(　　)

A. 更换小灯泡

B. 检查电路是否断路

C. 移动滑动变阻器滑片，观察小灯泡是否发光

(4) 下表是按正确的操作测得的数据，三次计算出的小灯泡的阻值不相等，其原因是_____。

实验次数	1	2	3
电压 U/V	2.0	3.0	3.8
电流 I/A	0.33	0.34	0.40
电阻 R/Ω	6.0	8.8	9.5

答案：(1) 实物电路如图17.3-10所示：

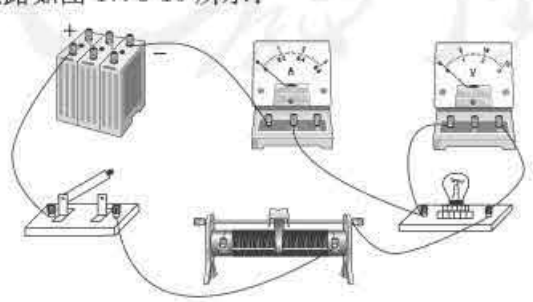


图17.3-10

(2) ①连接电路时没断开开关；②滑动变阻器没调到最大阻值

(3) C

(4) 灯丝电阻与温度有关

*第 4 节　欧姆定律在串、并联电路中的应用

(一)教学目标

1. 能运用欧姆定律解决简单的串、并联电路问题。

2. 通过计算，学会解答电学计算题的一般方法，培养学生逻辑思维能力，培养学生解答电学问题的良好习惯。

(二)教材分析与教学建议

本节内容利用串、并联电路的特点和欧姆定律解决串联和并联电路的问题，是欧姆定律的又一次具体应用。

教科书中所给的两道例题都具有很强的代表性，教师在教学中应讲解清楚并归纳一些解答电学题的方法，充分挖掘例题所蕴含的串、并联电路中的物理规律。同时，教师应注意书写规范，以板书示教，也要关注解题格式的规范化。

关于欧姆定律在串、并联电路中的应用，首先让学生熟练掌握欧姆定律的内容及变形公式，然后对电路进行分析判断，确定电路的特点，再根据相对应的电路中电流、电压、电阻的关系进行解答。利用欧姆定律解决问题要注意：

(1) 欧姆定律中的 I、U、R 都是指同一导体或同一段电路上对应同一状态下的物理量。

(2) 欧姆定律的变形公式为 $U = IR$ 、$R = \frac{U}{I}$。

(3) 欧姆定律中各物理量的单位必须统一。

(4) 由于在实际电路中，往往有几个导体，即使是同一导体，在不同时刻的 I、U、R 值也不相同，因此在应用欧姆定律解题时应对同一导体同一时刻的 I、U、R 标上统一的下角标，以避免张冠李戴。

四、教学资源

（一）实验天地

关于伏安法测电阻的内接法与外接法

利用电压表和电流表测电阻 R 的电路有两种接法。

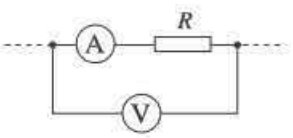


图 17-资-1

(1) 电流表内接法

电路：如图 17-资-1 所示。

结果：测量值偏大，即 $R_{测}>R$。

定性解释：电流表内接时，电流表的读数与 R 中的电流相等。但由于电流表的内阻 $R_A\neq0$，具有分压作用，使电压表读数大于 R 两端电压，因此，由 $R_{测}=\dfrac{U}{I}$ 算得的电阻值偏大。

定量分析：因为电压表所量得的是 R 和 R_A 的串联电压，所以测得值是 R 和 R_A 的串联等效电阻，$R_{测}=\dfrac{U}{I}=R+R_A>R$。

绝对误差的大小为 $\Delta R_{内}=R_{测}-R=R_A$。

相对误差的大小为 $\delta_{内}=\dfrac{\Delta R_{内}}{R}=\dfrac{R_A}{R}$。

因此，在待测电阻 $R\gg R_A$ 时（这时电流表的分压很小），内接法误差小。

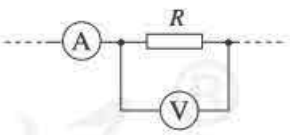


图 17-资-2

(2) 电流表外接法

电路：如图 17-资-2。

结果：测量值偏小，即 $R_{测}<R$。

定性解释：电压表的读数与 R 两端电压相等。但由于电压表内阻 R_V 不是无穷大，具有分流作用，使得电流表的读数大于流过 R 的电流，因此由 $R_{测}=\dfrac{U}{I}$ 算得的电阻值偏小。

定量分析：因为电流表量得的是通过 R 和 R_V 的总电流，所以测得值是 R 和 R_V 的并联等效电阻。

$$R_{测}=\frac{U}{I}=\frac{R\cdot R_V}{R+R_V}=\left(\frac{R_V}{R+R_V}\right)R<R$$

绝对误差的大小为 $\Delta R_{外}=\left|\dfrac{R\cdot R_V}{R+R_V}-R\right|=\dfrac{R^2}{R+R_V}$。

相对误差的大小为 $\delta_{外}=\left|\dfrac{\Delta R_{外}}{R}\right|=\dfrac{R}{R+R_V}$。

因此，在待测电阻 $R\ll R_V$（这时电压表分流很小）时，外接法误差小。

在实测中，内、外接法的选择并不都是理论上越精确就一定越好。例如：设待测电阻 $R=5\ \Omega$，电流表电阻 $R_A=0.05\ \Omega$，电压表电阻 $R_V=10\ k\Omega$。

使用外接法时，$\delta_{外}=\dfrac{R}{R+R_V}=\dfrac{5}{5+10^4}\approx 0.05\%$。

使用内接法时，$\delta_{内}=\dfrac{R_A}{R}=\dfrac{0.05}{5}=1\%$。

通常情况下用内接法或外接法测电阻测出的阻值差异不大。这是因为任何一种指针式电表，由于制作时磁钢的强弱、动圈电阻的大小、刻度的间距、阻尼的大小等因素不可能都绝对相同，因此电表本身就具有一定的误差。中学学生实验使用的电流表、电压表一般是 2.5 级电表，即测量误差可达最大刻度值的 2.5%。在这种情况下，$\delta_{内}=1\%$ 和 $\delta_{外}=0.05\%$ 的差别，电表本身已不能反映出来，因此测量结果将相同。但如果待测电阻是 0.5 Ω，则内接法的误差就会达到 10%！这时就应使用外接法了。

在实测中，不一定都能事先知道待测电阻的大概值，也不一定很清楚 R_A 和 R_V 的大小。为了快速、准确地确定一种较好的接法，可以按以下步骤操作：

①将待测电阻 R 与电流表、电压表如图 17-资-3 所示接好，并将电压表的一根接线 K 空出。②将 K 先后触碰电流表的两个接线柱 a、b。③比较两次触碰中两个电表的读数变化情况：若电压表读数变化显著，说明电流表分压作用明显，应使用外接法，K 接 a；若电流表读数变化显著，说明电压表的分流作用明显，应使用内接法，K 接 b。

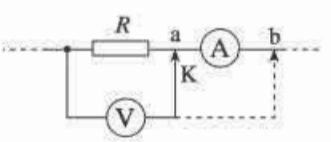


图 17-资-3

（二）物理史话

欧姆和欧姆定律的建立

欧姆 1787 年 3 月 16 日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 岁时他进入埃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。他从傅里叶发现的热传导规律受到启发。导热杆中

两点间的热流正比于这两点间的温度差，因而欧姆认为，电流现象与此相似，他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，即现在所称的电动势。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，巧妙地设计了一个电流扭秤。用一根扭丝悬挂一磁针，让通电导线和磁针都沿子午线方向平行放置，再用铋和铜温差电池，一端浸在沸水中，另一端浸在碎冰中，并用两个水银槽作电极，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。实验中他用粗细相同、长度不同的八根铜导线进行了测量，得出了如下的等式：

$$X=\frac{a}{b+x}$$

式中 X 为磁效应强度，即电流的大小；a 是与激发力（即温度差）有关的常数，即电动势；x 表示导线的长度，b 是与电路其余部分的电阻有关的常数，$b+x$ 实际上表示电路的总电阻，这个结果于 1826 年发表。1827 年欧姆又在《动电电路的数学研究》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，定律遭到怀疑和尖锐的批评。研究成果被忽视，经济极其困难，使欧姆精神抑郁。直到 1841 年英国皇家学会授予他最高荣誉的科普利金牌，欧姆定律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传导性成反比；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。

（三）物理广角

1. 酒精浓度检测仪

机动车驾驶人员“酒后驾车”及“醉酒驾车”极易发生道路交通事故，严重危害了道路交通安全和人民生命财产安全。人饮酒后，酒精通过消化系统被人体吸收，经过血液循环，有部分酒精通过肺部呼气排出。因此，测量呼气中的酒精含量，就可判断其醉酒程度。

酒精浓度检测仪的核心元件是酒精气体传感器，目前普遍使用的有半导体型和燃料电池型（电化学型）两种。这两种能够制造成便携型呼气酒精检测仪，适合于现场使用。

半导体型采用氧化锡半导体作为传感器，这类半导体器件具有气敏特性，当接触的气体中其敏感的气体浓度增加，它对外呈现的电阻值就降低，半导体型呼气酒精检测仪就是利用这个原理做成的。这种酒精检测仪的电路可以简化为如图 17-资-4 所示的电路图。图中 R_1 为定值电阻，R_2 为酒精气体传感器，R_2 的电阻值随酒精气体浓度的增大而减小。如果驾驶员呼出的酒精气体浓度越大，那么检测仪的电压表示数也就越大。

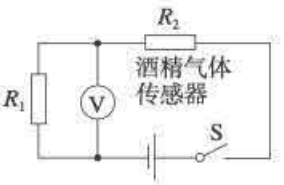


图 17-资-4

燃料电池型呼气酒精检测仪采用燃料电池酒精传感器作为气敏元件，它属于电化学型。燃料电池酒精传感器采用铂作为电极，在电池内有特种催化剂，它能使进入电池内的酒精发生化学反应转变为电能，也就是在两个电极上产生电压，电能消耗在外接负载上。此电压与进入电池内气体的酒精浓度成正比，这就是燃料电池型呼气酒精检测仪的基本工作原理。

与半导体型相比，燃料电池型呼气酒精检测仪具有稳定性好、精度高、抗干扰性好的明显优点。但是由于燃料电池酒精传感器的结构要求非常精密，制造难度相当大，又因其材料成本高，所以价格相当昂贵，导致燃料电池型呼气酒精检测仪的价格是半导体型酒精检测仪的好几倍。

摘自岳睿. 警用呼气式酒精传感器的研究进展［J］. 化学传感器，2009，3。（有改动）

2. 试电笔

试电笔是判断照明电路中的火线和零线、检验低压电气设备是否漏电的常用而又方便的工具。在用试电笔判断照明电路中哪根线是火线，哪根线是零线时，应使试电笔的金属笔尖与电路中的一根线接触，手握笔尾的金属体部分。如果这时试电笔中的氖管发光了，金属笔尖所接触的那根线就是火线，另一根则为零线。工作时，火线—试电笔—人体—地—零线所构成的回路如图 17-资-5 所示。在回路中，试电笔内电阻 R_1 约 2 MΩ，人体电阻 R_2 在 800～10^4 Ω 范围内，脚底的绝缘物或地面上的绝缘物电阻为 R_3，它的阻值相当大。C 为人体与地之间所形成的电容，因为火线与零线间加的是 220 V 交流电压，电容支路上交流电所受阻碍作用很小，电流经过电容 C 就直接回到零线，而过人体 R_2 的电流很微小，人无触电危险，试电笔氖管也能正常发光。如果在使用试电笔时，手接触的不是笔尾的金属体部分而是绝缘的笔套，那就等于在图 17-资-5 中笔尾部的金属体与并联支路之间串接了一个相当大的电阻，通过电容 C 的电流也微乎其微，氖管也就不能发光了，这是错误使用试电笔造成的。

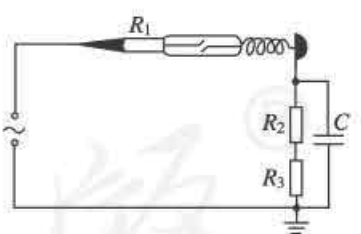


图 17-资-5

在检修照明电路时，也常有这样的情形：用试电笔接触灯头插座两个电极时，氖管都

发光，照明灯泡却不亮。对于这种情形，稍微细致观察还可发现，试电笔在接触灯头插座两个电极时，氖管发光的亮度并不一样。有经验的电工立刻可以判断出，这是照明电路中的零线断路了。为什么零线断路了，试电笔与它接触时反倒能发光呢？这也不难理解。如上所述，当试电笔金属笔尖接触火线时，电流经试电笔及人体对地电容 C 入地，与零线构成回路，氖管正常发光。如果零线在图 17-资-6 中某点 M 处断开了，零线的 a 段与火线离得很近，且有一定长度，则 a 段与火线之间存在一个等效电容 C'。当用试电笔金属笔尖接触零线 a 段上的一点时，相当于在笔尖前串接了电容 C'后去接触火线，于是，电流通过火线—C'—试电笔—C—地，成一回路，氖管也发光。但因 C'与 C 相当于串联，总电容小于 C，总容抗增大，所以流过氖管的电流小于试电笔直接接触火线时的电流，氖管发光的亮度就差些。

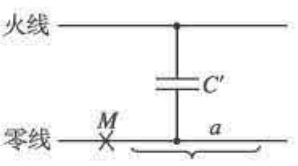


图 17-资-6

在使用试电笔时，应先在有电的地方试一下，检查试电笔是否正常，防止造成误判，发生触电事故。试电笔只能在对地电压 250 V 以下使用，不可用它触碰高压带电设备。

第十八章
电功率

一、《课标》要求及课时建议

（一）《课标》要求

3.4.5　结合实例理解电功和电功率。知道用电器的额定功率和实际功率。

3.4.6　通过实验，探究并了解焦耳定律，用焦耳定律说明生产、生活中的一些现象。

（二）课时建议

第1节　电能　电功	1课时
第2节　电功率	1课时
第3节　测量小灯泡的电功率	1课时
第4节　焦耳定律	1课时

二、编写意图

（一）本章概述

经过前面对电路、电流、电压、电阻与欧姆定律的学习，学生已经有了一定的电学基础。从电学内容的整体来看，电流和电路的内容是开篇，电压和电阻的内容进一步扩展了基本概念，欧姆定律、电功率的内容则是这些概念的综合应用。本章在前面三章——第十五章“电流和电路”、第十六章“电压 电阻”、第十七章“欧姆定律”的电学基本知识基础上，从能量和做功的角度研究电，通过学生已有的生活经验扩展到电能、电功、电功率和焦耳定律。

本章内容与实际生活联系十分紧密，具有较强的综合性与实用性，是物理学的基础知识，也是初中物理的重、难点之一，渗透着电能与其他形式能量转化的物理思想。通过学习，学生能够真切地感受到电是如何为人类服务的，并使他们能够系统地掌握电学知识，提高综合分析、解决问题的能力。本章的学习过程也将会深化和巩固学生已经学过的电学基本知识。

本章的章首图展示了风力发电机组成的风车田。这一章是从发电机、电池将不同形式的能转化成电能引入的。有了电才能使用电器工作，才能谈到描述用电器用电特性的一些物理量和规律等。风力发电机是把风能转化成电能的装置，风能是清洁的、可再生的能源。我国的草原、戈壁滩及海上有丰富的风能资源，发展风力发电是解决电力资源紧缺的一种重要途径。

本章内容结构如下。



（二）贯彻“从生活走向物理，从物理走向社会”的课程理念

现代生活与电的联系非常密切，教科书在学生了解一些电学知识的基础上，充分利用学生熟悉的生活素材来激发学生的求知欲望，使学生能够顺利地完成本章内容的学习。

电能来源广泛，容易输送，使用方便，在日常生活中的利用已经很普遍。学生在日常生活及学习中对能量有一定的了解，对电能的来源和利用有一定的感性认识，对家家都有的电能表有粗浅的了解，这是本章教学的起点。教科书利用学生已有的这些知识，紧密联系学生的生活实际，展示了现实生活和生产中电能的转化，从生活中引入电能的概念，实现了从生活走向物理。

由于只要求初中学生初步认识能量概念，所以教科书没有追求电能概念的严密性，只让学生从电能的各种来源、应用和计量的角度认识。教科书把电能放到能源的背景下，使学生从物理走向社会，关注节约电能、节约能源。教科书用一组图呈现了1 kW·h电能的作用，使学生了解电在人类社会中的作用，增强了学生对节约用电的认识，培养了学生科学用电、共建节能型社会的意识。

在第3节“测量小灯泡的电功率”中增加的“想想做做”以及“动手动脑学物理”第5题，也都有助于培养学生的节电意识。“想想做做”中让学生测一测亮度与小灯泡相当的发光二极管的电功率，并与小灯泡的电功率相比。学生一般知道LED手电筒耐用，但不知道为什么。这个小实验解决了此问题，使学生知道这是因为同样亮度下，发光二极管的电功率较小。电脑、电视的待机问题是具有代表性的浪费电能的事例。一台电视机所浪

费的电能是有限的，但千家万户都因图省事而让电视机待机所消耗的电能，却是一个很大的数字。因此在日常生活和学习中，应该克服浪费电能的不良习惯，进一步认识节能的重要性，逐步形成节能的习惯。

目前由于各地区发展不均衡，使用的电能表各不相同。随着信息技术的发展，出现了远程售电系统，方便了用户交费；阶梯电价、分时电价等计费方式的出现，改变了人们的用电方式。教科书在“电能　电功”这一节之后，专门安排了一个“想想议议”栏目，让学生课外查找相关信息，并互相交流。

教科书在电功率、焦耳定律的引入中也注意紧密联系学生的生活实际，分别让学生观察电能表转动的快慢，以及用电器工作时伴有发热的现象。在给出焦耳定律的完整内容后，又回到生活中，让学生了解电热的利用和防止，并为下一章介绍安全用电作铺垫。

（三）渗透对功能关系的认识，从能量转化的角度介绍电功

电功教学的关键在于帮助学生在已熟悉的机械功的基础上形成电功的概念，从能量转化的角度理解电流做功。教科书虽然没有明确指出“功是能量转化的量度”，但是渗透了功能关系。比如，八年级下册第十一章“功和机械能”说明“一个物体能够做的功越多，表示这个物体的能量越大。”在介绍动能和势能的时候，突出能做功的物体具有能量的思想，把“能”和“功”联系起来。教科书第十一章第 4 节“机械能及其转化”说明动能和势能之间的转化，第十四章“内能”说明内能与机械能的转化，并介绍了能量守恒定律。

电能的变化与电场力的功相联系。通常情况下，电流或带电体所携带的电能可用导线来传输，且易于转化为其他形式的能。在电路中，当电流做功时，电能与其他形式的能相互转化。教科书引入电功之前先介绍电能，说明电能转化为机械能、化学能、内能、光能。然后从能量转化的角度，即做了多少功就有多少能从一种形式转化为另一种形式，说明电能转化为其他形式的能的过程就是电流做功的过程，给出电功的定义。这样就把初中学生仅有的机械功的概念扩展到物理学中广义的功的概念，并加强了对功能关系的认识。为丰富学生的认识，教科书还举出一些电流做功的实例，分析其中的能量转化，以使学生进一步认识到电流做功的过程就是电能转化成其他形式的能的过程。

（四）从电流做功的角度，用比值定义电功率

电功率是电学中一个非常重要的物理量，它联系着电压、电流和电阻，又和电功、电热、能量有关系。尤其对用电器来说，电功率是反映用电器工作能力和耗电多少的一项重要指标。教科书结构的调整直接影响到电功率概念的表述。

原教科书没有给出电功的概念。考虑到日常生活中虽不常说电功率这个词，但提起灯泡时总是说到“瓦”，“瓦”使人从使用的角度认识了电功率这个物理量，而且人们在日常生活中已经知道在相同的电压、时间条件下，瓦数大的灯泡消耗的电能多。因此原教科书在电能的基础上，定义电功率为“表示消耗电能的快慢”“一个用电器功率的大小等于它

在 1 s 内所消耗的电能”。

现在，由于学生在八年级学习力学知识的过程中已经接触了两个描述快慢的物理量，速度——表示物体运动快慢的物理量，功率——表示物体做功快慢的物理量。因此，在它们的基础上，电功率的概念可以采用类比的方法，从电流做功的角度引入：“表示电流做功的快慢”“电功率等于电功与时间之比”。这样既简洁明了，学生又比较容易接受。

（五）在研究焦耳定律的实验中，渗透科学方法的教育

焦耳定律是本章的重点，也是初中物理学的重点内容。它是欧姆定律的引申和发展，是能量守恒定律在电能和内能转化中的具体体现。教科书从常见的电热器入手，提出电热器中电流通过导体产生的热量与什么有关的问题，通过演示实验使学生认识电流通过导体产生的热量与电流、电阻和通电时间的关系，然后介绍历史上焦耳的工作，给出定量关系式。接着在特定的情况下，结合电功和电热的关系，用电功的公式和欧姆定律的公式推出焦耳定律的公式，进一步说明焦耳定律的正确性，同时使学生领会到数学推导在物理学中的重要作用。最后用焦耳定律解释一些生活中与电热有关的问题。

焦耳定律的研究过程体现了研究物理问题的基本方法——控制变量法：控制电流不变，通电时间相同时，研究电流产生的热量与电阻大小的关系；控制电阻不变，通电时间相同时，研究电流产生的热量与电流大小的关系。

本次修订改写了原教科书的焦耳定律演示实验。如何让电流通过电阻产生的热量更直观地显示出来，是演示方案的关键。演示实验以空气作为吸热物质，电阻产生的热量被空气吸收，从空气的膨胀程度来判断其吸收热量的多少，将不易观察到的电流产生热量的多少转换为观察空气膨胀的程度。而液体的高度变化可以显示空气膨胀的程度，即电阻放热使密闭容器内的空气吸热后体积增加、压强增大，从而推动 U 形管中的指示液面上升，液面上升高度的大小反映了电流通过电阻做功产生热量的多少。这样改写后，学生对电阻和电流的变化对产生热量的影响的理解更直观、更准确。

物理学家焦耳花了近 40 年的时间做了 400 多次实验，用各种不同的方法测定了热功当量，为能量的转化和守恒定律奠定了基础。这除了表明科学研究艰辛、科学家具有坚韧不拔的科学精神和科学态度外，还说明科学观察和实验必须具有可重复性。

三、教材分析与教学建议

第1节　电能　电功

（一）教学目标

1. 了解电能和我们生活的关系，知道电能的单位。

2. 会读家用电能表，会通过电能表计算家庭电费，有节约用电的意识。

3. 从能的转化角度认识电能，能结合生活实例分析电能转化是通过电流做功实现的。

4. 通过实例理解电流做功的多少跟电流大小、电压高低和通电时间有关，能利用电功公式进行相关计算。

（二）教材分析与教学建议

本节内容由电能、电能的计量和电功三部分内容构成，其中电能和电能的计量是教学的重点，教学的难点在于对电功概念的理解。初中电功的概念是基于功能关系，即能量的转化是由做功来实现的这一思路引入的。教学中通过分析家用电器工作中发生的能量转化这一事实来认识电能，而电能转化为其他形式的能，则是通过电流做功的方式来实现的。

1. 电能

教材通过电在日常生活和生产中的应用来建立电能的概念。教师要运用多媒体、图片等反映电能的优越性，也可以让学生自己举例，重点是电能可以转化为其他形式的能。

教学片段1　认识各种各样的电源

⊙ 提出问题　生活中不同型号的干电池、手机和数码相机中使用的锂电池，它们的作用是什么？

⊙ 观察归纳　幻灯片投影或视频播放：水力发电、火力发电、风能发电、地热发电、太阳能发电、潮汐能发电、核能发电等。通过视频播放，了解获取电能的各种方式。

该教学片段旨在通过实例分析，使学生了解电源是把其他形式的能转化为电能的装置。

教学片段2　电能与我们的生活

⊙ 观察　播放生活中各种各样的用电器，感受电能在生活中无处不在。

实例 1：电灯发光——把电能转化为光能，为我们照明。

实例 2：电炉发热——把电能转化为内能，为我们供热。

实例 3：电风扇中的电动机转动——把电能转化为机械能，使电风扇旋转。

……

⊙ 分析　从上述实例可以看出，用电器的工作过程是把电能转化为其他形式的能的过程。也就是说，用电器消耗电能的过程就是把电能转化为其他形式的能的过程。

该教学片段旨在通过对生活实例的观察分析，使学生从中概括出物理事实，并给予解释，以此加深对知识的理解。

关于电能的单位问题，可以结合生活中的用电情况，引入“度”，介绍它的物理名称是“千瓦时”及符号，要求学生知道物理学中电能的常用单位是“焦耳”，并能说出千瓦时与焦耳之间的换算关系。

2. 电能的计量

用电器一段时间内消耗的电能可以通过电能表计量出来。对于电能表，教材从生活实际出发，使学生从多方面认识电能表的功能、使用及如何用电能表计量用户在一段时间内消耗的电能的多少。建议在教学中，教师通过出示若干电能表的实物（或图片），增强学生的感性认识，使学生了解电能表铭牌上的几个重要参数所表示的物理意义，并能通过电能表计算用户电费。

指导学生阅读教科书图 18.1-3，了解 1 kW·h 电能的作用，知道电能在人们生活与生产中的重要性，明白节约用电要从点点滴滴做起。

教学片段　怎样测算家庭电费

⊙ 提出问题　我们用什么仪器来测量家用电器消耗的电能？

①学生通过学习很容易回答是电能表。消耗的电能的单位是 kW·h。

②电能表两次读数之差就是用户在一段时间内消耗的电能。对于一般家庭，若乘以当地的电价，就可知道这段时间该用户应缴纳的电费。

⊙ 提出问题　我们发现，不同的家庭所交电费不同，这是为什么？

这是由消耗电能的多少不同造成的。

该教学片段旨在通过实际测算家庭电费，进一步了解电能表及其读数方法，同时通过所交电费的不同，引出消耗的电能不同，引导学生思考可能是哪些因素会造成这种不同，为研究影响电功的因素作铺垫。

3. 电功

电功概念的理解是本节的教学难点。教学中要注意始终贯穿能量转化与守恒的思想，

用多举例的办法克服难点。教材中电功的概念是从能的转化角度讲的，要求学生知道：电流做功的过程就是电能转化为其他形式能的过程；电流做了多少功，就有多少电能转化为其他形式能。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. 每消耗 1 kW·h 的电能，电能表的转盘将转动 720 转。

2. 107.5 元；略

提示：$\Delta W=W_2-W_1=(823.3-781.5)\ \text{kW}\cdot\text{h}=41.8\ \text{kW}\cdot\text{h}$

$n=41.8\ \text{kW}\cdot\text{h}\times 0.6\ \text{元}/(\text{kW}\cdot\text{h})=25.08\ \text{元}$

$n'=\dfrac{25.08\ \text{元}}{7\ \text{天}}\times 30\ \text{天}=107.5\ \text{元}$

3. 90 J；90 J

4. 1.5×10^4 J

提示：由 $W=UIt$ 可知

$$W=UQ=3.7\ \text{V}\times 1\ 130\times10^{-3}\ \text{A}\times 3.6\times10^3\ \text{s}=1.5\times10^4\ \text{J}$$

（四）补充练习

1. 有一种利用玻璃纤维和碳纤维制成的“发热纸”，末端连上电池后不久就会发热。用它可包装面包、香肠等小食品，通电后能使食品香热可口。这种“发热纸”中发生的能量转化是（　　）

A. 内能转化为电能　　B. 电能转化为内能

C. 化学能转化为电能　　D. 电能转化为化学能

答案：B

2. 如图 18.1-1 所示，电能表是测量_____的仪表，表盘示数表示上月末的用电情况。若电费资费标准为 0.4 元/（kW·h），本月使用的电费是 30 元，则本月抄表时的示数为_____kW·h。

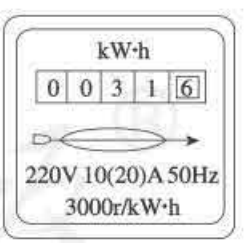


图 18.1-1

答案：一段时间内消耗电能多少；106.6

3. 用电器通过电流做功的方式消耗电能，把电能转化为_____能，有多少电能发生了转化就说电流做了多少_____。通常用字母_____代表电功，若电流通过电动机做了 2×10^8 J 的功，则此电动机消耗了_____J 的电能。

答案：其他形式的；功；W；2×10^8

4. 一只手电筒的小灯泡正常工作时所用电压是 3 V，通过的电流是 0.2 A，通电 2 min电流所做的功是多少？

答案：72 J

第 2 节　电功率

（一）教学目标

1. 能说出电功率的物理意义、定义和单位，能利用电功率的公式进行相关计算。

2. 能结合实际，说出用电器铭牌上额定电压、额定功率所表示的含义，并能区别额定电压与实际电压、额定功率与实际功率。

3. 能说出“千瓦时”的来历，知道“千瓦时”与“焦耳”之间的换算关系。

4. 会利用电流表和电压表测量用电器的电功率。

（二）教材分析与教学建议

电功率是继电流、电压、电阻、电功之后的又一电学量，也是生活中各类用电器铭牌上的一个重要指标，在生活和生产中有着广泛的应用。本节内容既是对上节电能、电功知识学习的深化，又是为后面的学习作知识准备，起到承上启下的作用。本节内容由“电功率”“‘千瓦时’的来历”“额定电压　额定功率”“电功率的测量”四部分内容构成。其中，电功率是教学的重点，而额定电压与实际电压、额定功率与实际功率的区别，以及灵活应用学过的知识解决简单的电功率问题是本节的教学难点。

本节教学内容多，且教学难度较大。虽然在前面的教学中为计算作了一些铺垫，但遇到本节的计算，学生仍然感觉困难较大。顺利进行这部分教学的关键在于，学生对所掌握的物理量及单位有较清楚的再现能力，能够在观察实验现象的基础上进行推理。

1. 电功率

在学生的潜意识里，往往认为用电器的“瓦数”越大越费电，混淆了消耗电能的快慢与消耗电能的多少。教材首先展示了功率差异较大的节能灯和电吹风分别接在电路中工作时，电能表铝盘转过的快慢不同，使学生通过实例观察比较，得出在相同时间内铝盘转过的圈数不同。铝盘转过的圈数反映了消耗电能的多少，而在相同时间内铝盘转过的圈数反映的是消耗电能的快慢。显然，消耗电能的快慢与消耗电能的多少是两个完全不同的概念。教师在授课时要紧紧抓住这个实验，使学生能正确理解电功率所表示的物理意义。

教学片段　比较电流做功的快慢

实例　把一盏电灯接在家庭电路中通电 1 h，消耗的电能是 3.6×10^5 J；把一只电炉接在家庭电路中通电 1 min，消耗的电能是 6×10^4 J。谁消耗的电能较多？谁消耗电能较快？

分析　①从题目所给的条件可以直接得到电灯消耗的电能较多，即电流在灯丝上

做的功较多。②要比较消耗电能的快慢，参照比较物体运动快慢的方法，分别求出电灯和电炉在 1 s 内消耗的电能多少，就可以比较谁消耗电能较快。

电灯 1 s 内消耗的电能：$\frac{3.6\times10^5\ \mathrm{J}}{3.6\times10^3\ \mathrm{s}}=100\ \mathrm{J/s}$

电炉 1 s 内消耗的电能：$\frac{6\times10^4\ \mathrm{J}}{60\ \mathrm{s}}=1\ 000\ \mathrm{J/s}$

由此可见，在相同时间内电炉消耗电能较快。

本教学片段的目的是通过实例，使学生了解在日常生活用电中人们不仅要了解电流做功的多少，更需要知道电流做功的快慢，这是衡量用电器工作的一个重要指标，同时为电功率定义的引入作一个铺垫。

只有比较相同时间内电流做功的大小，才能反映电流做功的快慢。由此，教材直接给出定义，并通过电功的计算公式进行推导，得出电功率的计算公式，使学生知道电功率的大小与电流、电压的大小有关。教材还通过小资料介绍了常用的家用电器的电功率。这些数值对学生来说很陌生，要指导学生认真阅读，并对用电器的电功率作一个分类，知道哪些是常用的大功率用电器。

2. “千瓦时”的来历

教材直接通过公式 $W=Pt$ 介绍了“千瓦时”的由来，简单易懂。在此，可让学生根据公式 $W=Pt$ 推导千瓦时与焦耳之间的换算关系；知道利用 $W=Pt$ 解决实际问题时，通常可采用两套单位，即 1 J=1 W×1 s，1 kW·h=1 kW×1 h。这两套单位必须配套使用，方可保证计算正确。还应使学生知道通常在哪些情况下使用 $W=Pt$，并增加适量的练习，以提高学生正确使用该公式求解某些实际问题的能力。

3. 额定电压　额定功率

根据学生已有的生活经验，在家庭用电中，同种类型的 40 W 的电灯比 15 W 的电灯亮，而100 W的电灯又比 40 W 的亮得多。由此可以通过比较两盏电灯的亮暗程度来判断哪盏电灯的功率大。

教学片段　在不同电压下，同一个用电器的电功率是不是一样大？

实验器材　一只标有“3.8 V　0.3 A”字样的小灯泡、电源、滑动变阻器、电压表、导线、开关。

电路设计如图 18.2-1 所示。

实验操作过程如下：

(1) 闭合开关，调节滑动变阻器，使电压表的示数为 3.8 V。(教师指出这时加在灯泡两端的电压与灯泡上标出的电压值相符，灯泡正常发光，其功率是 1.14 W。)

(2) 再调节滑动变阻器，使电压表的示数为 2 V，观察灯泡的发光情况——发光

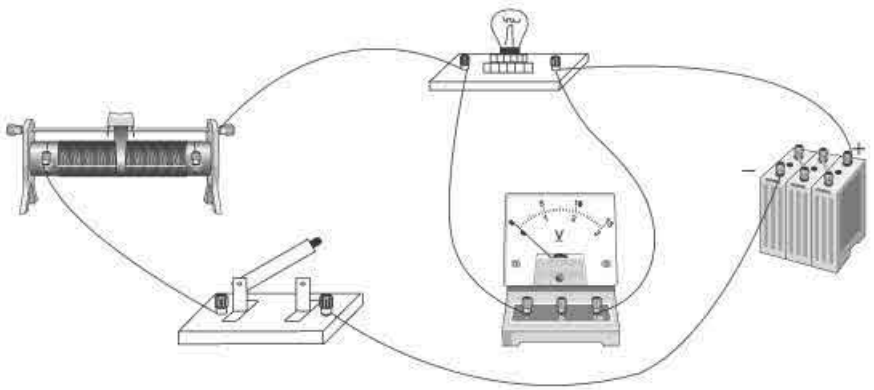


图 18.2-1

暗淡。(教师提问：这时灯泡的电功率比 1.14 W 大，还是比 1.14 W 小？答案是小于 1.14 W。)

(3) 再调节滑动变阻器，使电压表的示数为 4.5 V，观察灯泡的发光情况——发光强烈。(教师提问：这时灯泡的电功率比 1.14 W 大，还是比 1.14 W 小？答案是大于1.14 W。)

实验到此，让学生回答根据三次实验现象能得出什么结论。然后教师总结：一个用电器的电功率并不是恒定不变的，用电器实际消耗的电功率随加在它两端电压的改变而改变。因此对于一个用电器，要了解它的实际功率的大小，必须知道它是在什么电压下工作的。通过此实验还发现，灯泡的实际功率直接影响灯泡的亮度。

此教学片段关注对实验现象的分析过程，降低了学生对额定电压与实际电压、额定功率与实际功率的理解难度。

教师指导学生分析：当用电器两端的电压高于铭牌上所标的电压值时，用电器不正常工作，容易烧坏（电压越高，越容易烧坏）；当用电器两端的电压低于铭牌上所标的电压值时，用电器虽然安全，但不正常工作；只有当用电器两端的电压等于铭牌上所标的电压值时，用电器才正常工作。

教师进一步展示不同用电器的铭牌上所显示的用电器的额定电压、额定功率及它们所表示的物理含义。学生比较容易理解额定功率，而对实际功率的计算会感到困难，因此建议在介绍了实际功率的概念后，安排一个计算实际功率的例题。比如：一只标有“6 V 3 W”字样的小灯泡分别接在 7 V 和 3 V 的电压下工作时，通过计算说明小灯泡是否安全。建议采用讲授法进行例题的教学，然后再补充一两道有关实际功率的题目让学生讨论，以加深对额定功率和实际功率的理解。

4. 电功率的测量

关于在实验室如何测量电功率，学生很容易联系到前面学习的电功率公式 $P=UI$，用电流表测出通过用电器的电流，用电压表测出用电器两端的电压，把电流和电压值代入

电功率公式，就测出了用电器的电功率。如果时间许可，可就实验方案的设计进行一些讨论，为下一节课作好铺垫。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. 4.55 A

提示：当电热水壶正常发热时，它两端的电压是 220 V，电功率是 1 000 W，根据 $P=UI$ 得 $I=\frac{P}{U}=\frac{1\ 000\ \text{W}}{220\ \text{V}}=4.55\ \text{A}$。

2. 40 W

提示：$P=\frac{W}{t}=\frac{1\ \text{kW}\cdot\text{h}}{25\ \text{h}}=0.04\ \text{kW}=40\ \text{W}$

3. 60.5 Ω；661.2 W

提示：$R=\frac{U^2}{P}=\frac{(220\ \text{V})^2}{800\ \text{W}}=60.5\ \Omega$

$P_{实}=\frac{U_{实}^2}{R}=\frac{(200\ \text{V})^2}{60.5\ \Omega}=661.2\ \text{W}$

4. 2×10^9 kW；2×10^9 J

提示：$P=UI=10^8\ \text{V}\times2\times10^4\ \text{A}=2\times10^{12}\ \text{W}=2\times10^9\ \text{kW}$

释放的能量就是电流做的功

$$W=Pt=2\times10^{12}\ \text{W}\times10^{-3}\ \text{s}=2\times10^9\ \text{J}$$

（四）补充练习

1. 下列家用电器中，正常工作 1 h 耗电接近 1.2 kW·h 的是（　　）

A. 空调　　B. 台式计算机　　C. 电视机　　D. 台灯

答案：A

2. 一根阻值为 8 Ω 的粗细均匀的电阻丝，接在 4 V 电源上，则电阻丝的功率是____W；如果将电阻丝剪去一半后，仍接在这个电源上，电阻丝的电阻变为____Ω，消耗的功率是____W。

答案：2；4；4

3. 如图 18.2-2 所示的电路中，电源电压不变，S 断开时，电灯 L 正常发光。当 S 闭合时，电灯 L____正常发光（填“能”或“不能”），图中电流表的示数将____，电压表的示数将____（两空均选填“增大”“减小”或“不变”）。

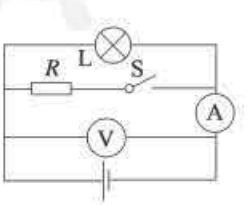


图 18.2-2

答案：能；增大；不变

4. 小明的奶奶住在农村，她家的过道灯在深夜时很容易烧

坏。为解决这一问题，小明设计了如图 18.2-3 所示的电路，L_1 和 L_2 都是“220 V　40 W”。请回答下列问题（设灯的电阻不变，电源电压变化忽略不计）：

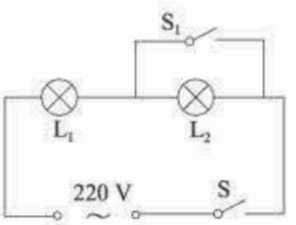


图 18.2-3

（1）灯 L_1 的电阻是多少？闭合开关 S 和 S_1，L_1 正常发光，工作 5 h 消耗的电能是多少？

（2）断开 S_1，闭合 S，让两灯都发光，深夜灯不容易烧坏，请计算此时 L_1 两端的电压。

（3）两盏灯都亮时电路消耗的总功率是多少。

答案：（1）L_1 的电阻 $R_1=\dfrac{U^2}{P_1}=\dfrac{(220\ \text{V})^2}{40\ \text{W}}=1\ 210\ \Omega$

L_1 正常工作 5 h 消耗的电能 $W_1=P_1t=0.04\ \text{kW}\times5\ \text{h}=0.2\ \text{kW}\cdot\text{h}$

（2）断开 S_1，闭合 S 时，电流 $I=\dfrac{U}{R_{总}}=\dfrac{220\ \text{V}}{(1\ 210+1\ 210)\ \Omega}=\dfrac{1}{11}\ \text{A}$

L_1 两端的电压 $U_1=IR_1=\dfrac{1}{11}\ \text{A}\times1\ 210\ \Omega=110\ \text{V}$

（3）两盏灯都亮时电路消耗的总功率 $P_{总}=UI=220\ \text{V}\times\dfrac{1}{11}\ \text{A}=20\ \text{W}$

第 3 节　测量小灯泡的电功率

（一）教学目标

1. 会测算小灯泡的实际功率和额定功率，进一步练习使用电流表、电压表和滑动变阻器。

2. 通过实验，体验小灯泡的电功率随它两端电压的变化而变化的规律。

3. 通过实验认识用电器正常工作与不正常工作对用电器的影响，培养科学使用用电器的意识。

（二）教材分析与教学建议

测量小灯泡的电功率是继“伏安法测电阻”之后的又一综合性实验，两者的共同点很多，因此教学中要充分利用学生过往的经验。本节的重点是用伏安法测量小灯泡实际功率的方法和步骤，区分额定功率与实际功率以及讨论实验中发现的新问题。难点是要求学生自己设计实验方案、实验步骤并得出实验结论。本实验要注重突出实验探究过程及实验过程中应思考的问题，通过实验加深学生对实际功率的理解，使学生了解电流、电压是如何影响用电器的实际功率的。本节教学分三步：第一步是制订计划与设计实验；第二步是进

行实验与收集证据；第三步是交流与合作。

关于设计思路：根据 $P=UI$，明确要测量的物理量是电流和电压，根据需要测量的物理量设计出电路图，再根据电路图选择实验器材和仪器。测小灯泡的额定功率和实际功率属于实验计划的一部分。

进行实验与收集证据包括两项内容：一是实验步骤的确定，二是观察和记录。

本实验的步骤是：①根据设计的电路图连接电路；②测小灯泡在额定电压下的额定功率；③测小灯泡在低于额定电压和高于额定电压时的实际功率。

实验记录表格设计：本实验中要测的物理量是电流和电压，而 $P=UI$，故表格中有电流、电压和电功率三项。关于灯泡的发光情况，主要是对灯泡在额定电压下发光情况和不在额定电压下发光情况进行比较，以便学生对额定功率和实际功率有直观的认识。

交流与合作：对小灯泡的电功率进行了三次测量，为什么不求小灯泡功率的平均值？本次实验与伏安法测小灯泡电阻相比较，有哪些异同点？学生实验中发现的新问题，通过交流讨论，就能够迎刃而解。所以交流与合作也是本节的重要环节。

教学片段　测量小灯泡的电功率

⊙实验原理　$P=UI$

⊙实验电路图　根据实验原理，需要测量的物理量是加在小灯泡两端的电压和通过小灯泡的电流，用滑动变阻器来调节灯泡两端的电压和通过的电流，使小灯泡在不同电压下发光。由此设计的电路图见图 18.3-1。

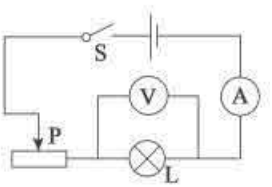


图 18.3-1

⊙实验器材　电源（四节干电池为宜）、电压表、电流表、滑动变阻器、导线若干、开关、标有“2.5 V”或“3.8 V”的小灯泡。

⊙记录表格

实验次数	电压 U/V	电流 I/A	电功率 P/W	灯泡发光情况
1				
2				
3				

⊙实验步骤

①按设计的电路图连接电路，连接电路时，开关处于断开状态，滑动变阻器的滑片置于最大阻值处。

②闭合开关，移动滑片，调节灯泡两端的电压为额定电压，记录电压表和电流表示数，观察灯泡的发光情况。

③移动滑片，调节灯泡两端的电压略低于额定电压的$\frac{1}{5}$时，记录电压表和电流表

示数，观察灯泡的发光情况。

④移动滑片，调节灯泡两端的电压略高于额定电压的$\frac{1}{5}$时，记录电压表和电流表示数，观察灯泡的发光情况。

⑤用公式 $P=UI$ 计算出小灯泡的额定功率和实际功率。

⊙分析与论证　①分析表格中的实验数据后，发现小灯泡两端的实际电压越高，小灯泡的电功率越大，灯泡越亮。②小灯泡的亮度直接由它的实际电功率决定。③小灯泡的实际功率有多个，额定功率只有一个。

该教学片段旨在培养学生全面独立操作实验的能力，包括设计实验方案、分析实验原理、连接实验装置、进行实验数据的收集及分析数据得出实验结论等。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. 电流表的量程选大了，纠正：改选 0～0.6 A 的量程；滑动变阻器接成两个下接线柱了，纠正：改接成“一上一下”的连接方式。

电路图如图 18.3-2 所示。

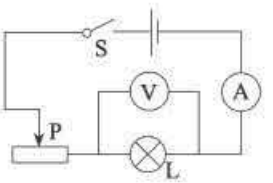


图 18.3-2

2. （1）由 $I=\frac{P}{U}=\frac{1.2\ \text{W}}{3.8\ \text{V}}=0.32\ \text{A}$ 可知电流表应选 0～0.6 A 量程。

（2）电路连接如图 18.3-3 所示。

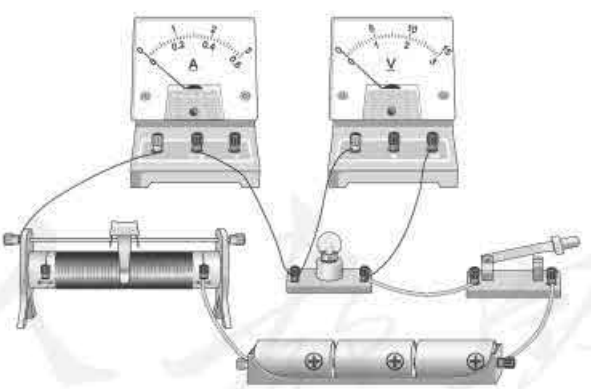


图 18.3-3

（3）电路图如图 18.3-4 所示。

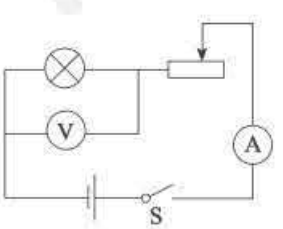


图 18.3-4

3. 300 W

提示：$W=\frac{15\ \text{r}}{3\ 000\ \text{r/(kW}\cdot\text{h)}}=5\times10^{-3}\ \text{kW}\cdot\text{h}$

$$P=\frac{W}{t}=\frac{5\times10^{-3}\ \text{kW}\cdot\text{h}}{\frac{1}{60}\ \text{h}}=0.3\ \text{kW}=300\ \text{W}$$

4. 640 W

提示：由于电炉的电阻保持不变，可以先求出电炉的电阻，再求出电炉的实际功率。

$$R=\frac{U^2}{P}=\frac{(220\ \text{V})^2}{1\ 000\ \text{W}}=48.4\ \Omega$$

$$U_{实}=80\%U=0.8\times220\ \text{V}=176\ \text{V}$$

$$P_{实}=\frac{U_{实}^2}{R}=\frac{(176\ \text{V})^2}{48.4\ \Omega}=640\ \text{W}$$

5. 2.92×10^3 kW·h

提示：节约的用电量 $W=W_{普}-W_{节}=(P_{普}-P_{节})t$，所以

$W=(60\times10^{-3}\times10^2-40\times10^{-3}\times10^2)\ \text{kW}\times4\ \text{h/天}\times365\ \text{天}$

$=2\ 920\ \text{kW}\cdot\text{h}=2.92\times10^3\ \text{kW}\cdot\text{h}$

（四）补充练习

1. 现给你提供如下器材：一个符合实验要求的电池组、一个小灯泡、一个滑动变阻器、一个开关和若干导线。

（1）请你设计一个电路，既能使灯泡正常发光，又能起调光作用。

（2）如果将这样的调光方式用到家庭照明电路中，能否真正起到节能作用？请说说你的看法。

答案：（1）调节灯泡的亮度，实际上是要调节灯泡两端的电压，可以用如图 18.3-5 所示的电路。

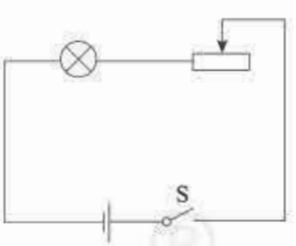


图 18.3-5

（2）由于滑动变阻器要消耗电能，所以这样的设计并不能真正起到节能作用。

2. 在研究灯泡的发光情况时，小明设计了如图 18.3-6 所示的电路进行实验。电路中两个灯泡规格相同（额定电压均为 1.5 V），电源电压恒为 3 V。实验时，当开关闭合后，两灯泡发光。一段时间后，两灯泡突然熄灭，但电压表仍有示数。经检查，除灯泡外其余器材的连接良好。

请简述造成这种情况的可能原因（写出两种，并在每种原因中分别说明两灯泡的具体情况）。

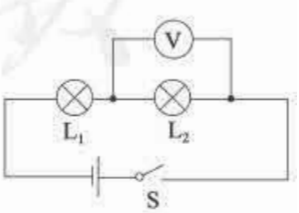


图 18.3-6

原因一：_____。

原因二：_____。

答案：由于 L_2 断路，导致电路中电流很小，L_1 未损坏但不

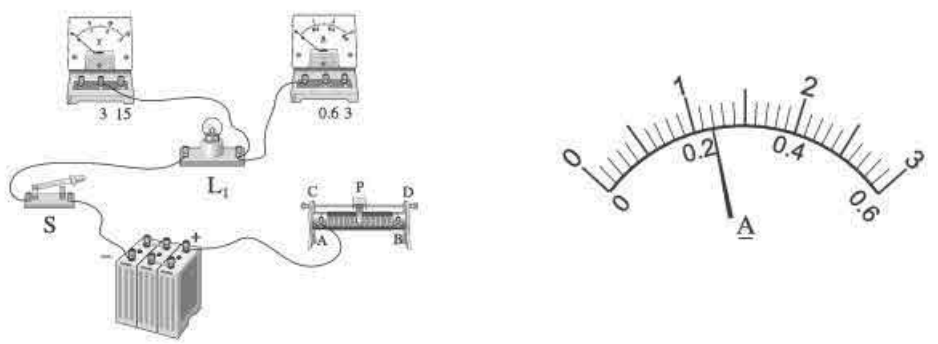
发光；由于 L_1 短路，导致 L_2 两端电压比它的额定电压高得多，L_2 烧坏发生断路现象。

3. 小明用额定电压为 2.5 V 的小灯泡做完“测量小灯泡的电功率”的实验后完成了实验报告。实验报告中，他设计了下表。如果小明对实验现象的观察和数据的记录都正确，请你指出他所设计的表格中的错误。

实验次数	小灯泡两端的电压 U/V	通过灯丝的电流 I/A	灯光的亮度	灯泡的电功率 P/W	灯泡的平均电功率 P/W
1	2.20	0.28	比正常发光暗	0.62	
2	2.50	0.30	正常发光	0.75	0.76
3	2.80	0.32	比正常发光亮	0.90	

答案：设计了“灯泡的平均电功率”栏。

4. 如图 18.3-7 所示，在“测量小灯泡的电功率”实验中，小灯泡的额定电压为 2.5 V，电阻大约为 10 Ω，有两个规格分别为“10 Ω　1 A”“50 Ω　2 A”的滑动变阻器，电源电压为 6 V。



甲　　乙

图 18.3-7

(1) 本实验中应该选择规格为_____的滑动变阻器。图甲中已有部分电路连好，请继续将电路连接完整。

(2) 某同学闭合开关后，移动滑动变阻器的滑片，发现灯泡的亮度很暗且不变，可能的原因是_____。

(3) 排除故障后，移动滑动变阻器的滑片，进行了多次测量，其中小灯泡正常发光时电流表示数如图乙所示，为_____A。实验中多次测量的目的是_____。

(4) 完成实验后，该组同学又找来了几个不同阻值的电阻代替小灯泡继续探究“电压不变时，电流与电阻的关系”，得到的实验数据如下表所示。该组同学做完第 2 次实验后，用 15 Ω 的电阻代替 10 Ω 的电阻。闭合开关后，应将滑动变阻器的滑片 P 向_____端移动（填“A”或“B”），使电压表的示数为_____V，完成第 3 次实验。

次数	1	2	3	4
电阻/Ω	5	10	15	20
电流/A	0.6	0.3	0.2	0.15

答案：(1) 50 Ω　2 A；电路的连接如图 18.3-8 所示

(2) 滑动变阻器同时接到下面两个接线柱上了

(3) 0.24；测不同电压下灯泡的实际功率

(4) B；3

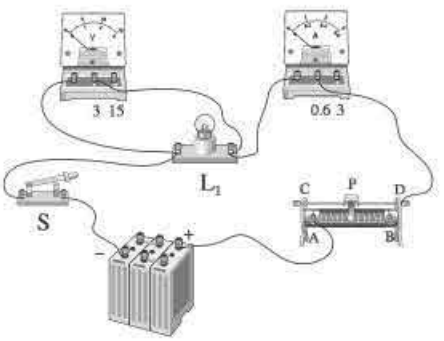


图 18.3-8

第 4 节　焦耳定律

(一)教学目标

1. 能通过生活实例，认识电流的热效应。
2. 能在实验的基础上引出焦耳定律，会用焦耳定律进行计算。
3. 通过学习电热的利用和防止，学会辩证地看待问题。

(二)教材分析与教学建议

焦耳定律是初中物理学习的重要定律之一，是能量守恒定律在电能与内能之间转化的具体体现，教材在电功、电功率之后安排焦耳定律，符合学生的认知规律。本节由“电流的热效应”“焦耳定律”和“电热的利用与防止”三部分组成，研究电热与电阻、电流、通电时间的定性关系，焦耳定律的理解及应用既是教学重点又是教学难点。教学中，做好实验及分析实验现象是关键。

1. 电流的热效应

教材从生活实际出发，利用生活中的用电器工作时都伴有热的现象引入电流的热效应。在此基础上提出本节所要解决的核心问题：电流通过导体时产生热的多少跟什么因素

有关。学生可能会提出多种因素（如电压大小、电流大小、电阻大小、电功率大小及通电时间等），教师要引导学生通过讨论确定本节重点研究电热与电流、电阻和通电时间的关系，并确定研究方法及实验操作中各个环节应该注意的问题。电流产生的热的多少是通过实验现象显现出来的，向学生介绍教材中的实验装置后，引导学生分析实验原理、指导他们怎样观察实验现象等。总之，做好演示实验是本节课的关键。

教学片段 1　寻找用电器的共同特点

⊙ 视频或图片　电热毯、电饭锅、电炉、电热水器、电熨斗等。

引导学生列举身边的生活实例，寻找这些用电器工作时有什么共同特点。

⊙ 分析　用电器工作时都要消耗电能，都会发热，在这个过程中，电能转化为内能。

该教学片段旨在从生活实例引入电流的热效应，然后提出问题：电炉丝通电时，为什么电炉丝热得发红，而与它串联的导线几乎不发热？从而引出“电流通过导体产生的热的多少与什么因素有关”的问题。

教学片段 2　探究电流通过导体产生的热的多少与什么因素有关

⊙ 提出问题　电流通过导体时产生热的多少与什么因素有关？

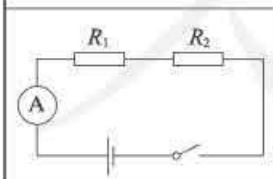
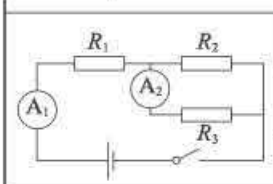
⊙ 猜想　可能与电流、电阻和通电时间有关。

⊙ 进行实验

(1) 为研究电热与电阻的关系，需保证电流和通电时间相等。利用教科书图 18.4-2的实验装置，容器中空气的热膨胀改变了 U 形管中液面的高度。引导学生观察现象，推理并得出实验结论。

(2) 为研究电热与电流的关系，利用教科书图 18.4-3 的实验装置，在保证电阻和通电时间相等时，观察 U 形管中液面高度的变化，得出实验结论。

⊙ 记录数据

电路图	电阻 / Ω	电流 / A	通电时间 / min	U 形管液面高度差 / cm
	$R_1=5$		2	
	$R_2=10$		2	
	$R_1=5$		4	
	$R_2=10$		4	
	$R_1=5$		2	
	$R_2=5$		2	
	$R_3=5$		2	

⊙ 分析论证　分析实验数据得到：在电流和通电时间相等的情况下，电阻越大，这个电阻产生的热量越多；在电阻和通电时间相等的情况下，通过一个电阻的电流越大，这个电阻产生的热量越多；在电流和电阻相同的情况下，通电时间越长，电阻产生的热量越多。

教材提供的演示实验装置（电热丝对空气加热），克服了以往实验装置（电热丝对液体加热）加热时间长、实验现象不明显等缺陷，更加有利于学生的观察。

2. 焦耳定律

在总结实验的基础上，教师介绍焦耳定律的内容及计算公式，指导学生阅读教材中有关焦耳的介绍资料，使学生明白：我们今天课堂上轻而易举获取的实验数据及得到的相关结论，是前人用毕生的心血获取的；任何一个科学规律的得来，都要付出艰辛的劳动。

对焦耳定律进一步的理解：

（1）焦耳定律是一个实验定律，当电流做的功全部转化为热时，可根据电功公式和欧姆定律，从理论上证明该定律的正确性。

$$Q=W$$

由于　　$W=UIt$，$U=IR$

所以　　$Q=W=I^2Rt$

（2）该定律适合于任何用电器产生的热量计算，对只存在电流热效应的电路也可用 $Q=W=UIt$，$Q=W=Pt$，$Q=W=\frac{U^2}{R}t$ 进行计算。

（3）利用焦耳定律讨论教科书前面提出的“为什么电炉热得发红，和它相连的电线却不怎么烫？”

（4）讨论教科书第 101 页“想想议议”中提出的问题。

3. 电热的利用和防止

关于电热的利用和防止，包含两个层次。首先，教师要列举生活中的例子说明：电流通过用电器时都会产生热量，但产生热量的用电器不一定是电热器，只有利用电流的热效应来加热的设备才是电热器。然后，通过对电热器的综合比较，引发学生讨论：电流通过用电器产生的热量有没有不利的一面？如何防止因电热引起的不利因素给人们生活带来的不便或伤害？采取哪些措施？在你的家里有没有这些隐患？通过对一系列问题的讨论，使学生对电热的利用和防止有更深入的认识。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. 480 J

提示：由 $Q=I^2Rt$ 得：$Q=(2\ \mathrm{A})^2\times 2\ \Omega\times 60\ \mathrm{s}=480\ \mathrm{J}$

2. 2.7×10^4 J

提示：由 $Q=W=Pt$ 得：$Q=450\ \text{W}\times 60\ \text{s}=2.7\times 10^4\ \text{J}$

3. 40 W；2.4×10^4 J

提示：$P=\dfrac{U^2}{R}=\dfrac{(220\ \text{V})^2}{1\ 210\ \Omega}=40\ \text{W}$

$Q=W=Pt=40\ \text{W}\times 10\times 60\ \text{s}=2.4\times 10^4\ \text{J}$

4. 1 100 W；44 Ω

$P=\dfrac{W}{t}=\dfrac{6.6\times 10^4\ \text{J}}{60\ \text{s}}=1\ 100\ \text{W}$

$P=I^2R$，$R=\dfrac{P}{I^2}=\dfrac{1\ 100\ \text{W}}{(5\ \text{A})^2}=44\ \Omega$

5.（1）利用电流热效应的实例：电暖气 、电烙铁、电热毯等。

（2）防止电热的方法多种多样，例如电动机利用翼状散热片增大散热面积，计算机内的小风扇把热空气驱散。

6. 导线相互连接的位置接触电阻较大，因而电能转化为热的功率也较大，造成此处比别处更容易发热，加速老化甚至引起火灾。

（四）补充练习

1. 家庭电路中各用电器是_____联的，铭牌上均标有“220 V　100 W”的电视机和电热毯都正常工作 1 h，则_____产生的热量较多。

答案：并；电热毯

2. 用如图 18.4-1 所示的实验装置探究“电流通过导体产生的热量与电阻的关系”。

（1）实验中通过观察_____来比较电流产生热量的多少。

（2）为了便于比较两种电阻丝通过电流后产生热量的多少，甲、乙两瓶中要装_____的同种液体。

（3）为达到实验目的，选用的两电阻丝的阻值不能_____。

（4）实验结论是_____。

（5）该实验装置还可以研究通电时间一定时导体产生的热量与_____的关系。

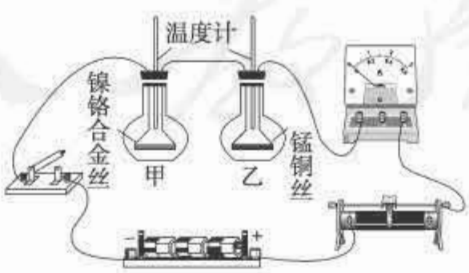


图 18.4-1

答案：（1）温度计示数的变化　（2）质量相等　（3）相等

(4) 在电流一定时，电流通过导体产生的热量与电阻有关，电阻越大，产生的热量越多。

(5) 电流

3. 甲、乙两段导体通电时间相同，甲的电阻是乙的 3 倍，甲、乙产生的热量之比是 4∶3，则通过甲、乙两导体的电流之比是（　　）

A. 2∶3　　B. 2∶1

C. 9∶2　　D. 3∶2

答案：A

4. 某电吹风的简化电路图如图 18.4-2 所示，R_1、R_2 是发热电阻丝，M 是电动机。开关 S_1 闭合后，S_2 接 1、2 时吹冷风，通过电动机的电流为 0.1 A；S_2 接 2、3 时吹温风，R_1 的阻值为 110 Ω。S_2 接 3、4 时吹热风，电吹风的总功率为 1 100 W。电源电压为 220 V。试求：

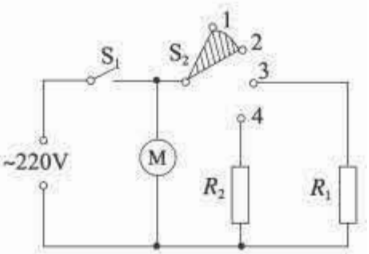


图 18.4-2

(1) 吹冷风时，电动机的功率是多少？

(2) 吹温风时，通过 R_1 的电流是多少？

(3) 吹热风时，R_2 的电阻是多少（结果保留小数点后两位）？

答案：(1) $P'=UI'=220\ \text{V}\times 0.1\ \text{A}=22\ \text{W}$

(2) $I_1=\dfrac{U}{R_1}=\dfrac{220\ \text{V}}{110\ \Omega}=2\ \text{A}$

(3) $I=\dfrac{P}{U}=\dfrac{1\ 100\ \text{W}}{220\ \text{V}}=5\ \text{A}$

$I_2=I-I_1-I'=5\ \text{A}-2\ \text{A}-0.1\ \text{A}=2.9\ \text{A}$

$R_2=\dfrac{U}{I_2}=\dfrac{220\ \text{V}}{2.9\ \text{A}}=75.86\ \Omega$

5. 小军家的电热毯内的电阻丝断了，他爸爸把断了的电阻丝拧在一起，电热毯仍能使用，但会产生安全隐患，甚至造成火灾。其原因是（　　）

A. 电阻丝连接处电阻较小，造成局部过热

B. 电阻丝连接处电阻较大，造成局部过热

C. 电阻丝连接处电流比其他处电流小，造成局部过热

D. 电阻丝连接处电流比其他处电流大，造成局部过热

答案：B

四、教学资源

（一）实验天地

焦耳定律

（1）实验目的

认识电流通过导体产生的热量：与导体的电阻成正比；与电流的平方成正比；与通电的时间成正比。进而总结出焦耳定律。

（2）实验器材

演示板，烧瓶（500 mL）三个，瓶塞上插有细玻璃管，管后有标尺，瓶内有电阻丝，并装满红色煤油，$R_1=2\ \Omega$，$R_2=4\ \Omega$，$R_3=2\ \Omega$，引出线穿过橡皮塞与电路连接，演示电表两个，滑动变阻器（10 Ω）两个，低压电源，单刀开关，导线，秒表。

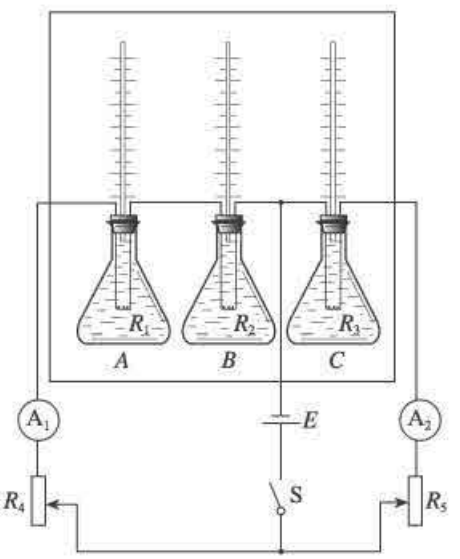


图 18-资-1

（3）实验方法

① 实验前，应使玻璃管内煤油处于同一高度，按图 18-资-1 接好电路。

② 接通电源，调节滑动变阻器 R_4、R_5，使电流表 A_1、A_2 的示数为 $I_1=1$ A，$I_2=0.5$ A（一般是在实验前就调整好）。

③ 接通电源后开始计时，通电 1 min 后，记下各管煤油上升的高度。

④ 通电 2 min 和 3 min 后，也分别记下各管煤油上升的高度。

分析并比较所得到的实验数据，可得到以下实验结果：

a. 在同一时间内，可看到 B 管煤油上升的高度约为 A 管的 2 倍，而 B 管的电阻恰为 A 管的 2 倍，说明电流通过导体发出的热量与导体的电阻成正比。

b. 在同一时间内，可看到 A 管煤油上升的高度约为 C 管的 4 倍，而电流表 A_1 的电流只是 A_2 的 2 倍，这说明通电导体发出的热量与电流的平方成正比。

c. 比较不同时间内同一导体所在管的煤油上升的高度，可看出通电时间加倍，煤油上升的高度也加倍，说明通电导体发出的热量与通电的时间成正比。

（二）物理史话

焦耳

焦耳是英国物理学家，英国皇家学会会员。1818 年 12 月 24 日生于曼彻斯特附近的索尔福德的一个啤酒厂厂主家庭，1889 年 10 月 11 日在塞尔逝世。

焦耳是一位靠自学成才的科学家，早期研究电学和磁学，1837 年发表了关于这方面的论文而引起人们的注意。1840 年他发表文章介绍四种测定热功当量的方法。其中之一就是用通电金属丝放在水中加热，根据电流做的功和水获得的热量来计算热功当量，提出电流通过导体产生热量的定律，被称为焦耳定律。

焦耳的主要贡献是他钻研并测定了热和机械功之间的当量关系。1843 年他发表了《关于电磁的热效应和热的功值》论文。他采用各种测量方法对多种媒质（如水、水银、鲸脑油、铸铁等）进行测量，测得了热功当量的数值。这一工作为能量守恒和转化定律的建立作出了重要贡献。他在文章中明确指出：自然的能量是不能消灭的，哪里消耗了机械能，总能得到相当的热量。

1852 年焦耳和 W. 汤姆孙（即开尔文）合作发现气体自由膨胀时温度下降的现象，被称为焦耳—汤姆孙效应。这种效应在低温和气体液化方面有广泛的应用。

由于焦耳在热学、电学和热力学方面的贡献，1866 年他被授予皇家学会柯普莱金质奖章。1872～1887 年焦耳任英国科学促进协会主席。

焦耳的最大贡献就是电热的机械当量的研究，他因此成为能量守恒定律的发现者之一。人们为了纪念他对科学发展的贡献，将能量或功的单位命名为焦耳。

（三）物理广角

1. 电能表

电能表又叫电度表。感应系电能表从原理到使用都与中学物理教学中最常见的磁电系直流电流表、电压表不同。将我们熟悉的磁电式直流电流表、电压表的使用知识套用在感应系电能表的使用上常出现一些误解。感应系电能表没有指针，而是通过转盘的转动带动积算机构，显示耗用的电能随时间增长累积的总和，属积算式仪表，没有量限，也不存在超过量限问题。电能表本身耗电功率很小。感应系电能表有很大的过载能力，并非只要过载就有烧毁的危险。根据国家标准 GB/T15283—94 和国际标准 IEC521—1988 电能表标有两个电流值，如 10(20) A。这里所标 10 A 为**基本电流**（basic current），符号 I_b，是确定仪表有关特性的电流值，也有的称此电流值为**标定电流**。括号内所标20 A为**额定最大电流**（rated maximum current），符号 I_{max}，为仪表能满足标准规定的准确度的最大电流值。通过电能表的电流可高达其基本电流的二倍、三倍、四倍，有的高达八倍，达不到二倍的只标基本电流值。也就是说，如果某用户所装电能表只标有一个电流值，如 5 A，这只是基本电流值，并非允许通过的最大电流。对于这种电能表一般可以超载到 120%也不

会发生问题，而且能满足电能表的准确测量。另一方面，感应系电能表由于其转动机构阻力较大，按标准规定起动电流不能低于基本电流的0.5%（准确度为2.0级的电能表），可见轻载到基本电流的0.5%以下时电能表可能无法起动。

感应系电能表的型号虽然有不同，但结构、原理是一样的，一般都采用电磁感应原理制成。电能表的内部结构如图18-资-2所示，由五个基本部件组成：电流线圈1（跟负载串联着）、电压线圈2（跟负载并联着）、铝盘3、永久磁铁4和计数机构5（图中只画出了传动齿轮）。把电能表接入交流电路后，电流线圈和电压线圈中的交流电分别在它们的铁芯中产生交变的磁场。交变磁场穿过铝盘，在铝盘上感应出涡流，涡流又受到磁场力的作用，使铝盘得到转动力矩而转动。铝盘的转速跟电流和电压的乘积成正比，即跟电功率成正比。铝盘转动时带动计数机构，永久磁铁是用来阻尼铝盘转动的。

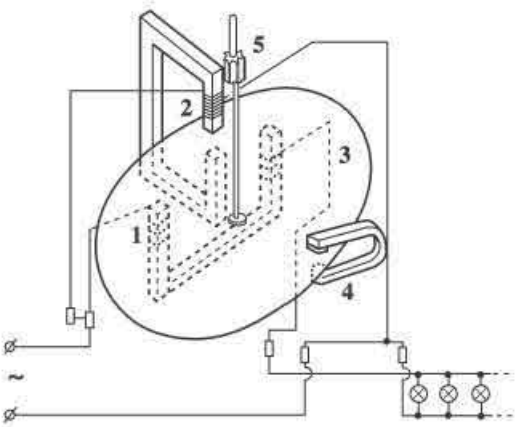


图18-资-2

2. 智能电能表

(1) 智能电能表产生的背景

① 峰谷分时电价、阶梯电价的推进

峰谷分时电价是指在不同的用电时段实行不同的电价。政府主管部门根据电网负荷特性确定峰、谷时段，在高峰时段提高电价，而在低谷时段降低电价。峰谷分时电价可以引导用户采取相应的措施，作出恰当的用电安排，从而实现削峰填谷的目的，缓解高峰时用电紧张局面，挖掘低谷电力需求，提高电能的利用效率。

阶梯电价全名为阶梯式累进电价，是指把用电量设置为若干个阶梯，随着用电量的增长，电价逐级递增。

目前峰谷分时电价已经在全国许多城市得到了应用，推行居民用电阶梯价格制度写入了2010年政府工作报告。峰谷分时电价、阶梯电价的推行，有助于调节负荷的峰谷差，有利于营造全社会节约用电的良好氛围。而传统电能表由于功能较为单一，缺少费率控制功能，不能适应推进峰谷分时电价、阶梯电价的要求。

② 分布式电源的接入

分布式电源特别是分散于居民区的大量小容量分布式电源接入电网，使流经居民电能表的负荷潮流由单向变为双向，这对计量器具提出了新的要求。而传统的电能表只能计量单向电能，无法计量双向电能，不能满足分布式电源并网的计量需求。

③ 用电信息采集系统的要求

用电信息采集系统要求电能表具有通信功能，支持电能量和用电负荷数据的抄收、电能质量和异常用电状况的监测，能够实现远程下载参数、远程维护等。而传统电能表由于

不具备功能完善的通信单元，无法满足用电信息采集系统的要求。

正是因为传统电能表无法适应电网发展要求，广大科研人员开始研制新一代电能表，研发了满足计量功能标准要求的智能电能表。



图 18-资-3　智能电能表

(2) 智能电能表的原理

智能电能表是以现代计算机技术、通信技术、量测技术为基础，对电能信息进行数据采集、处理和管理的先进计量装置，如图 18-资-3 所示。

智能电能表是在电子式电能表的基础上开发而成的，它的工作原理是：采用计量芯片或 A/D 转换器对用户供电电压和电流实时采样，通过 CPU 进行处理计算，完成峰谷、正反向或四象限电能的计量，并将电量等通过显示或通信的方式输出。智能电能表工作原理如图 18-资-4 所示。

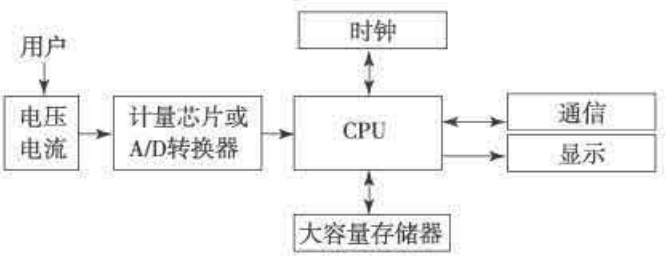


图 18-资-4　智能电能表工作原理

智能电能表由计量模块、人机交互模块和通信模块等部分组成，是对传统电能表的全面技术革新，具有计量精确，可靠性、安全性高以及存储容量大等特点。智能电能表除具备基本的计量功能外，还带有硬件时钟和完备的通信接口，具备双向计量、自动采集、在线监测等功能。

(3) 智能电能表的特点

① 使用智能电能表可以提高服务质量。智能电能表人机界面友好、操作简单，用户可方便查询当前电价、用电量、用电工况等信息，大大提高了用户对用电信息的知情权。

② 智能电能表满足了用电信息采集的需要。智能电能表具有完备的通信接口，支持无线、载波、RS-485 等多种通信方式，能够满足用电信息采集系统的需要。通过用电信息采集系统，可以实现远方自动抄表，为线损分析、节能调度等提供更加精准的运行数据，提高电力生产和用电服务精益化、自动化管理水平。

③ 智能电能表提高了计量准确度、安全性和可靠性。智能电能表可以通过数据监测和电量平衡分析等手段，及时发现电能表故障或其他计量异常状况。

④ 智能电能表作为智能用电的重要组成部分，其双向计量、自动控制、自动采集等功能的推广应用，为实现分布式电源计量、双向互动服务等提供了重要的保障。

⑤ 智能电能表支持峰谷分时电价、阶梯电价等多种灵活的电价，使得用户可以充分

利用低谷时段的优惠电价，合理安排大功率负荷用电，节约电费开支。

摘自《智能电网知识读本》，刘振亚主编，中国电力出版社 2010 年 4 月第 1 版

3. 电能的输送

在发电厂里，煤炭中的化学能或者河流中的水流能转化成电能。为了减少煤炭的运输费用，火电厂通常建设在煤炭的产地，水力发电厂则只能建设在水力资源丰富的地方。电能输送到几百千米甚至几千千米之外时，在导线上会有损失，这主要是由电流的热效应引起的。远距离输电中电能的损失十分可观。怎样才能减少这种损失呢?

由焦耳定律 $Q=I^2Rt$ 知道，在输电线上由于发热而损耗的电能跟电阻成正比，也跟电流的二次方成正比。因此，要减少电能输送时的损失，有两种途径：减小输电线的电阻或者减小输送的电流。要减小导线的电阻，就要使导线粗一些，但是如果导线太粗，不仅要消耗大量的金属材料，而且会给架线工作增加困难。因此只能从减小输电电流上想办法。如果用 I 表示输电电流，U 表示输电电压，那么传输的电功率 P 就是 $P=IU$。要减小电流，同时又要保证传输的功率不变，出路只能是提高输电电压。这就是远距离输电必须采用高电压的原因。

我国采用的输电电压有 110 kV、220 kV、330 kV 和 500 kV，目前世界上正在试验的输电电压已经达到 1 150 kV。

大型发电机发出的电压有 10.5 kV、13.8 kV、15.75 kV、18.0 kV，都不符合远距离送电的要求。因此，要在发电站内用升压变压器升压后再向远距离送电。如果输电电压是 220 kV 或 330 kV，到了用电区，先在一次高压变电所降到 110 kV，再由二次高压变电所降到 10 kV，其中一部分送往需要高压的工厂，另一部分送到低压变电所降到 220 V/380 V 送给一般用户。图 18-资-5 是输电线路的示意图。



图 18-资-5　输电线路示意图

4. 智能电网

电力工业的每一步发展历程都伴随着电力技术的革命。1866 年西门子发明了自励式直流发电机，1876 年贝尔发明了电话，1879 年爱迪生发明了电灯，这三大发明开启了人类走向电气化的道路。从 19 世纪末开始，电力工业逐步实现了从直流到交流、从单相到三相、从孤立小电网到联合大电网的转变，进而形成远距离、高电压的现代电网。

尽管现代电网运行和管理已经日臻成熟，安全稳定水平也很高，但由于能源短缺、气候变化和环境恶化等危机日益严重，现代电网也面临着极大的挑战，需要在安全可靠、经济高效、节能减排、环境友好、提高电能质量、优质服务和经济社会可持续发展等方面取得重大突破。在此背景下，智能电网便应运而生了。

智能电网通过采用先进的传感测量、信息通信、自动控制、新材料等技术将电网改造为高度智能化、信息化、互动化的新一代电网。智能电网能够充分满足经济社会快速发展对电力的需求，能够确保电网的安全和可靠，能够提高电网的效率，能够在更大范围内优化资源配置，接纳更多的新能源使环境更加友好，同时还能提高电能质量，为用户提供优质服务。

智能电网是一个完整的信息架构和基础设施体系，可以对电力系统的生产、输送、运营、市场和消费等环节进行持续监测，并对有关信息进行统计分析和优化，进而提高电网的安全水平、提高电网企业的管理水平和服务水平。

随着经济社会的发展，电网的规模越来越大，电网所面临的资源压力和环境压力也越来越大，影响电力系统安全运行的不确定因素和潜在风险也随之增加，而用户对电力供应的安全可靠性以及电能质量的要求也越来越高，上述因素为智能电网的形成和发展提供了强大的驱动力。同时，通信网络技术、信息技术、新材料，以及新能源技术的快速发展，也为智能电网的发展提供了机遇和支撑。

智能电网的基本特征主要体现在以下几方面：

(1) 坚强 (Robust)。在电网发生大扰动和故障时，电网仍能保持对用户的供电能力，而不发生大面积的停电事故；在自然灾害和极端气候条件下或外力破坏下仍能保证电网的安全运行；具备坚固的信息安全防护体系。

智能电网将利用先进的大电网运行控制技术和高级调度技术去发现和预测电网可能出现的严重问题，并通过辅助决策系统帮助调度员及时作出决策，在第一时间采取措施，保证电网不会因扰动而引发大面积停电。如果遭遇自然灾害或严重的人力破坏，智能电网将启动应急预案，进入应急处置状态，尽快恢复电网正常运行。

(2) 自愈 (Self-Healing)。自愈是指智能电网具有实时、在线和连续的安全评估和分析能力，强大的预警和预防控制能力，自动故障诊断、故障隔离和系统自我恢复的能力。

具备自愈能力的电网能够将有问题的元件从系统中隔离出来，在很少或不用人为干预的情况下使系统迅速恢复到正常运行状态，从而避免中断对用户的供电服务。“自愈”是智能电网最重要的特征，对智能电网的可靠性、安全性、电能质量和运营效率有重要的积

极意义。

（3）互动（Interactive）。在智能电网中，用户是电力系统不可分割的一部分。鼓励和促进用户参与电力系统的运行和管理，是智能电网的另一重要特征。从电网的角度来看，用户的需求也是一种可管理的资源，恰当地运用这种资源有助于平衡电力供求关系，提高电网的可靠性和经济性；从用户的角度来看，用户通过参与电网的运行和管理，可以选择对自己最有利的用电方式，从而降低用电成本。

（4）市场化（Marketization）。智能电网支持电力市场运营机制，有助于电力交易的进行，从而可以进一步实现资源的优化配置，降低电网损耗，提高能源的利用效率。智能电网将在保证电网安全稳定运行的条件下，构建一个供求相对平衡、买卖完全公开、参与方利益共享的商业化运营的电力市场。在这个市场中，发电企业希望实现最大的出力；电网调度中心为电网的安全稳定运行提供支撑；电力交易中心是市场参与各方开展电力交易的中介服务平台，必须确保其公正性、实时性和安全性；用户是市场的基础，通过价格变化可以引导用户改变用电方式，促进用户调整产品结构和工艺，降低电力成本。另一方面，新型的清洁能源产品也给电力市场提供了更多的选择。

（5）电能质量（Quality）。某些用户对电能质量的要求非常高，满足用户对电能质量的需求是智能电网的又一重要特征。智能电网通过监测电网的基本元件，能够准确地诊断出影响电能质量的问题，并给出解决方案。智能电网还充分利用超导、新材料、储能，以及电力电子技术来解决电能质量问题。另外，智能电网还能防止用户对电网的干扰，例如，限制用户产生的谐波电流注入电网。

（6）兼容（Integrated）。智能电网不仅要兼容传统的集中式的电源，还应该兼容可再生的分布式的电源以及微电网，使各种各样的发电和储能系统（如光伏发电、风电、先进的电池系统、即插式混合动力汽车和燃料电池等）更容易接入电网，实现“即插即用”。

（7）优化（Optimized）。智能电网能够优化对资产的管理，使其运行更加高效。例如，通过动态评估技术，连续不断地监测和评价资产的能力，使资产能够最佳使用，既避免了资产超出它的能力极限，又避免了资产能力的浪费。需要投入什么资产，何时投入资产，资产与资产之间如何协调，这正是智能电网要达到的目标之一。

摘自《智能电网200问》，张晶主编，中国电力出版社，2012年2月第1版

5. 家用电热器具的分类

根据电热器具所用电热元件的电—热转换方式的不同，一般可分为电阻式、红外式、感应式、微波式四大类。在家用电器产品中，以电阻式电热器具应用最为广泛。

（1）电阻式电热器具

电阻式电热器具的电加热方式又可分为直接电加热方式和间接电加热方式两种。

直接电加热是将电流直接引入被加热物体，通过其本身的电阻发热达到加热目的。例如，利用水本身的电阻对水加热的热水器等产品均属直接电热。采用直接电热法时，待加热物体的两端直接接到输电线路中，其两端电势差用一个有抽头的变压器或一个电阻器来

调节工作电压或工作电流。在热水器内，电势差保持不变，而水的电阻则通过改变电极的位置和面积或水位高低来调节。这种热水器由于水流带电，已经停止使用。凡是利用直接电热法来加热的物体，其本身必须具有一定的电阻值。如果本身电阻值太小（电的良导体）或太大（电的绝缘体），都不适于采用直接电热法。

与直接电热法相反，在间接电热法中，通电发热的电阻不是被加热的物体，而是另一种专门材料制成的电热元件。电流使电热器具中的电热元件产生热量，再利用传热方式（辐射、对流和传导）将热量传送到被加热物体，主要用来加热和干燥。这种间接电热法是目前使用最为广泛的一种方式。

（2）红外式电热器具

红外线是一种电磁波，其波长介于可见光与无线电波之间，为 770～10^6 nm。红外线又可分为近红外线、中红外线和远红外线三种。红外线用肉眼是看不见的，但波长在 1 μm以上时却极易被物体吸收，使物体温度升高。因此，红外线加热原理就是在电热元件——电阻发热丝（如镍铬合金丝或康太尔合金丝）通电后，使其电能转换成内能来加热某种红外线辐射物质，使其辐射出红外线来加热物体，利用这个原理制成的电热器具即为红外式电热器具。红外式电热器具的原理是辐射加热方式，较对流、传导方式有更明显的优点，如大幅度节约能源（约 20%～50%）、升温迅速、穿透力强，而且省时（约 50%）。如一台 1 500 W 红外线电灶，可以在 1 min 内煮熟牛肉，20 s 内煮熟咸肉。同时，设备简单，没有污染，是一种很有发展前途的电热器具。

家用电热器具中采用的红外式电热元件一般有红外线灯，以及管状、板式、烧结式和黏结式红外辐射元件五种。

当然，利用红外辐射原理制成的加热器具也可以不用电源而利用煤气等热源来实现。

（3）感应式电热器具

导体在交变磁场中将产生感应电流即涡流。涡流在导体内部克服内阻而流动时便产生了热量，这就是感应式电热原理，利用这种原理制成的电热器具就是感应式电热器具。

感应式电加热又可分为铁芯感应式和无铁芯感应式两种。铁芯感应式电加热是利用变压器原理，将被加热物体作为变压器的二次绕组进行加热，如感应式电烙铁。无铁芯感应式电加热是将被加热物体置于交变磁场中，利用被加热物体在交变磁场中的电磁感应现象进行加热，如电磁灶（无火烹调器）。若通以 50～60 Hz 的工频电流则为工频电磁灶；若通以15 000 Hz以上的高频电流则为高频电磁灶。

从本质上来看，感应式电热原理也是一种电阻发热，但因电流不是直接由电源而是以感应方式产生，因此将其列为一类以示区别。这类电热器具虽然也是间接加热方式，但其热传递主要是靠传导，被加热物体（如水）总是直接与发热的器皿（如水壶）底部接触，所以热传递损失要小得多，热效率可高达 75%或更高，因此应用范围较广。

（4）微波式电热器具

微波也是一种电磁波，波长在 1 mm 到 10 m 之间，其频率相应为 300 000 MHz 到

30 MHz。微波灶是目前应用最广泛，技术最完善，安全可靠性最好的一种微波式电热器具。家用微波灶的使用频率为 2 450 MHz。这是国际上为了使微波器件标准化和避免对雷达、微波通信产生干扰而规定的专用频率。微波加热实质上是介质加热，食物是吸收微波的一种介质。通常食物的分子排列很不规则，并做杂乱无章的运动，但在微波辐射之下，食物的分子便随微波频率的变化而来回摆动。由于微波灶所使用的微波在 1 s 内变化可达二十几亿次，食物分子的摆动变为无规则的热运动，从而产生热量，这就是微波加热原理。用微波灶烹饪食物可以内、外同时受热，比一般的电灶或燃料炉要快 4～12 倍。如用普通炉子或电灶做熟 1 kg 牛肉需 45～90 min，而微波灶仅需 8～10 min；加热一盘熟食，用微波灶只需几秒钟。

微波式电热器具与煤、煤气、燃油、木柴等燃料的燃烧相比，电热转换具有很多优点，主要表现在：清洁卫生、热效率高、易于调温、使用方便。因此，自 1945 年世界上第一台微波灶问世以来，人类烹调食物的方式发生了很大的变革。

人教版®

第十九章
生活用电

一、《课标》要求及课时建议

（一）《课标》要求

3.4.7　了解家庭电路。有安全用电和节约用电的意识。

（二）课时建议

第 1 节	家庭电路	1 课时
第 2 节	家庭电路中电流过大的原因	1 课时
第 3 节	安全用电	1 课时

二、编写意图

（一）本章概述

本章介绍生活中的用电常识，讲述家庭电路和安全用电的知识。这些知识是现代公民生活的必备知识。本章也是前面各章所学电学知识的实际应用。在讲授家庭电路的组成、分析家庭电路中电流过大的原因和介绍安全用电的常识时，都要用到前面学过的导体和绝缘体、电路、欧姆定律、电功和电功率、焦耳定律等概念和规律。本章内容体现了科学、技术和社会的联系，在培养学生综合运用前面学习的电学知识，分析与解决实际问题的能力，联系学生生活、联系实际、落实“从生活走向物理、从物理走向社会”的理念方面，具有独特的价值。

本章的章首图展示的是夜幕下万家灯火的城市夜景图。从图中可以清楚地看到灯光把

高楼、街道、桥梁照得一片通明，这巨大灯光照耀下的城市的用电系统是如何运作的？用电安全又是如何保障的？这些自然是人们应该想到的问题，也是本章要学习的内容。

本章内容结构如下。



（二）本章的编排特点

因为我国幅员辽阔，城乡差距大，经济发展不平衡，我国实际家庭电路的组成情况比较复杂，从最简易的家庭电路到最先进的智能家庭电路，实际生活中都存在。所以本章在内容选择上，兼顾了城乡差别，像保险丝、闸刀开关、用电安全常见事例等一些在城市很少见，但在农村还存在的内容予以保留，补充了像漏电保护器、空气开关等在城市家庭常见的内容。

本章以家庭电路为主线展开，分为三节。

第 1 节“家庭电路”，介绍了家庭电路的组成及各部分的作用，包括“家庭电路的组成”“火线和零线”“三线插头和漏电保护器”三部分内容。教材首先给出家庭电路图和各组成部分的实物图，再分别介绍电能表、保险丝、插座的作用、连接方法和使用注意事项，但没有涉及这些设备的安装、维修等具体细节，这样便于使学生形成家庭电路的整体印象。在火线和零线部分，主要介绍了用试电笔辨别火线与零线的方法，这既符合生活实际需要，又为讲述安全用电知识作了必要的准备。鉴于电冰箱、洗衣机等家用电器的普遍使用以及城市化的快速发展，教科书安排了三线插头和漏电保护器这部分内容。在这部分内容中，除了介绍三孔插座和三脚插头的作用，以及家用电器的金属外壳为什么要接地的道理，还介绍了漏电保护器的作用，以及漏电保护器和空气开关在家庭电路中的连接图，使得教科书与生活的联系更为密切。

第 2 节“家庭电路中电流过大的原因”，具有承上启下的作用，既可促进学生对上一节中保险装置的作用的理解，又可促进学生理解避免短路和超负荷用电的道理，也是学好下一节安全用电的必备知识。通过实际事例和例题说明家庭电路中电流过大的原因，是本章教学中的一个重点。保险丝与生活用电联系很密切，很多家用电器中都有保险丝，教科书只对其原理作了说明，但没有进一步讲述保险丝的规格和选用方法，这就降低了教科书的难度，符合初中学生的年龄特点。

第 3 节“安全用电”，介绍了“电压越高越危险”“常见触电事故”“安全用电原则”，并

在STS中介绍了雷电灾害及预防。本节涉及了生活中用电安全的主要方面，学生不仅应该知道，而且应该本着理论联系实际的原则，在生活中能自觉地按照安全用电的要求去做。教科书不再提“只有不高于36 V的电压才是安全的”，目的是让学生了解安全电压不是一个固定值，是随着条件的变化而改变的，这样有利于学生在将来的生活和工作中更好地实践安全用电原则。常见触电事故所选取的事例兼顾农村和城市，教学过程中，教师应结合当地实际情况补充必要的事例。安全用电原则在“不接触低压带电体，不靠近高压带电体”这一基本原则基础上，结合学生的生活实际和将来的工作需要，补充了三条安全用电原则，教学中应把这几条原则和学生生活中的具体事例结合起来。雷电灾害及预防则在野外预防雷电的基础上，结合现代生活实际，补充了建筑物和高压输电线预防雷电的方法。

三、教材分析与教学建议

第1节　家庭电路

（一）教学目标

1. 了解家庭电路的组成部分及其作用，有初步的安全用电常识。
2. 了解试电笔判定火线和零线的方法。
3. 了解三线插头与漏电保护器和安全用电的关系。

（二）教材分析与教学建议

家庭电路是前几章电学知识的延续和提升，也是本章“生活用电”的学习核心和基础。本节内容由“家庭电路的组成”“火线和零线”“三线插头和漏电保护器”三部分构成。教学的重点是“家庭电路的组成”，教师要引导学生观察家庭电路，通过交流收集的材料或者演示自制家庭电路板（包括主要实物元件），给学生创设参与观察、实验的机会，加深体验。建议教师根据学生情况决定是采用教师指导、学生阅读自学，还是学生分组课前收集资料、课堂展示交流等形式。

本节教学难点是让学生克服对家庭电路中的“电”的恐惧心理，教师可以在火线和零线内容部分适当安排学生使用试电笔辨别火线和零线的动手实验，给学生一个锻炼动手能力的机会。

关于三线插头和漏电保护器，建议教师可在教科书的基础上进行拓展，为第三节“安全用电”作好铺垫。

1. 家庭电路的组成

教科书首先为学生展示了一幅由主要元器件组成的家庭电路的电路图，即进户线（火线、零线）、电能表、总开关、保险盒、插座、电灯与开关等。它将复杂的家庭实际电路醒目而简洁地呈现在学生面前，教师可以以此为背景，提出问题“家庭电路由哪几部分组成?”从而引入新课。

在此基础上，教师可以在课前把学生分成三个小组，要求他们分别针对教科书中三部分知识点收集资料，然后再课堂上进行展示交流和整理。

教学片段 1　家庭电路的组成

第一组组长：说明本组任务是研究家庭电路的组成，利用多媒体展示书中的家庭电路组成图（图 19.1-1），小组内成员分别介绍各组成部分及其作用。

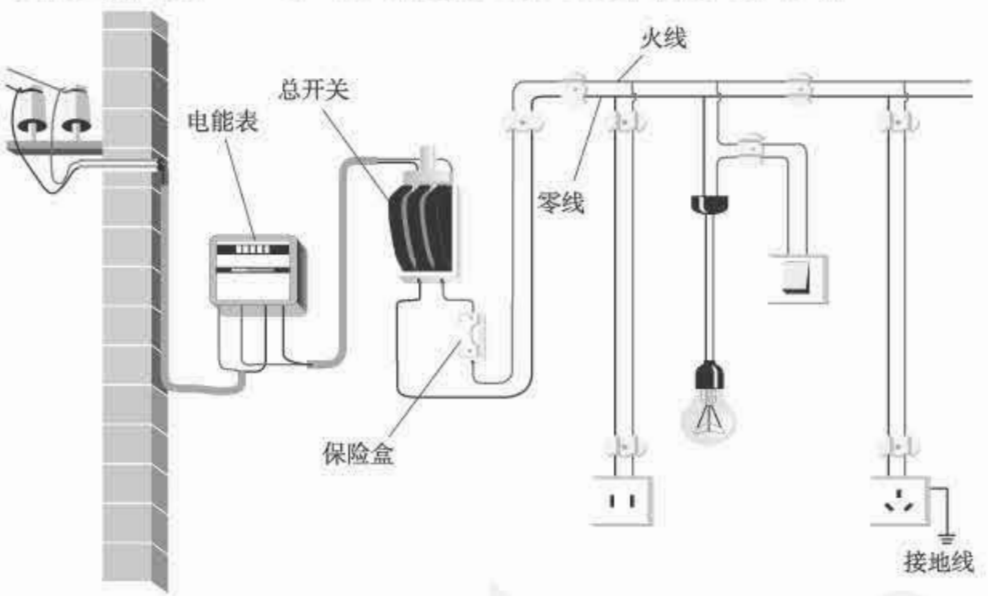


图 19.1-1

第一组甲：火线和零线两条输电线进户以后首先接到电能表上，说明电能表的作用；

第一组乙：电能表后接的是总开关，结合实物展示并介绍闸刀开关的作用；

第一组丙：总开关后接的是保险盒，利用图片介绍保险丝和空气开关及其作用；

第一组丁：保险盒后接的是家庭中使用的电灯（含控制开关）、插座，结合实物和图片展示并介绍多种插座及其使用方法。

教师：对第一小组的任务完成和交流讲解情况进行点评，并对本部分内容进行补充拓展。

(1) 家庭电路的火线和零线之间有 220 V 的电压。在正常情况下，零线和大地之

间没有电压，火线和大地之间有 220 V 的电压。家庭电路中还配有“接地保护线”，简称“地线”。带金属外壳的用电器、在潮湿（有水）的环境中使用的电器要接地。

（2）家庭电路中的各插座、电灯等都相互并联在电路中；电灯与控制该电灯的开关相互串联在同一条支路上，并且开关要连接在火线和电灯之间。

教学片段 2　家庭电路的组成

教师：复习提问简单电路的组成部分及每部分的作用；再引导学生观察教室中电路的组成部分，通过小组讨论、交流，让学生画出较完善的电路图（图 19.1-2），引入新课。

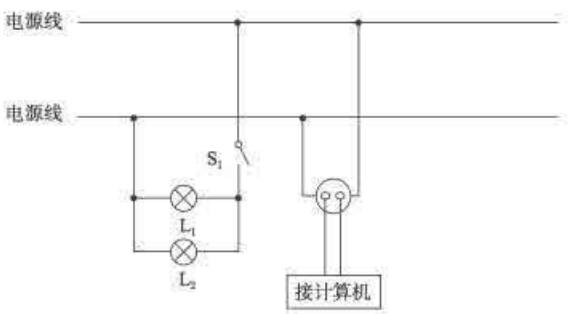
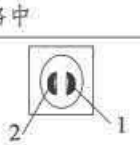
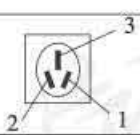


图 19.1-2

教师：在画出的教室电路图的基础上介绍两条电源线的名称——火线和零线，再引导学生根据生活实际情况逐步增加家庭电路元器件（总开关——保险盒或空气开关——电能表），利用学生的生活经验，让学生小组讨论增加的这几部分元件的必要性和在电路中的作用，进而得到较完整的家庭电路的电路图（图 19.1-1）。教师补充有关插座的知识：

<table>
<tr><td>作用</td><td colspan="5">连接家用电器，给可移动家用电器供电</td></tr>
<tr><td>种类</td><td colspan="5">二孔插座、三孔插座</td></tr>
<tr><td>安装</td><td colspan="5">并联在家庭电路中</td></tr>
<tr><td>接线</td><td>二孔插座</td><td>
</td><td>三孔插座</td><td>
</td><td colspan="2">1. 接火线
2. 接零线
3. 接地线</td></tr>
</table>

教学片段 1　采用的是“整体——局部”的方式给学生介绍家庭电路的组成。把学生分成小组，在小组长的带领下，针对不同的学习任务查找资料，搜集实物，这样做调动了每位学生的探究热情，在分工协作的学习任务完成过程中激起学习热情，体会被认可和成功的快乐。

教学片段 2　采用的是“部分——整体”的方式进行家庭电路组成的学习。从学生已有的知识（简单电路组成）和熟悉的场景（教室的电路组成）入手，引导学生探求未知的知识（家庭电路的组成），这体现了“从生活走向物理，从物理走向社会”

的课程基本理念，也使学生有亲近感。老师采用学生画的电路图继续新课教学，更能激发学生的学习兴趣。

教师可以根据实际情况任意选择两个教学片段中的一种方式教学，也可以对两种方式进行融合。在完成这部分教学任务后，应适当强调几点基本的安全用电常识，为第3节“安全用电”作铺垫。如：(1) 当需要修理家庭电路，或发生火灾时，一定要先断开总开关；(2) 当家庭电路中出现跳闸时，应该先找出原因并解决后再重新闭合开关；……

2. 火线和零线

家庭电路中对于火线和零线的判定是很重要的，在家庭电路的接线过程中，如果不分辨火线和零线随意连接，出现“零/火”位置对调现象时，电路开关断开的将是零线而非火线，可能导致安全隐患。判定火线和零线的工具是试电笔。

有条件的学校可以在学生了解了试电笔的构造和使用方法后，让学生用试电笔判断实验台上插座的两插孔中，哪一个与火线相连，哪一个与零线相连。在学生使用试电笔前，教师要先示范，绝对保证学生的安全。

3. 三线插头和漏电保护器

有了前两部分的内容作基础，这部分的内容可以让学生通过带着问题阅读自学、小组交流的形式进行，充分锻炼学生的观察能力和处理相关信息的能力。教师也可用“问题串”的形式组织学生学习。

教学片段　三线插头和漏电保护器

(1) 利用家庭电路组成部分的两孔和三孔插座来引出三线插头的问题。接着请同学举出家庭中使用两孔和三孔插座的用电器，针对学生的回答总结出使用三线插头用电器的特点，教师适时补充提问有关知识。如：

①插座的每个孔分别接什么线？(图 19.1-3)

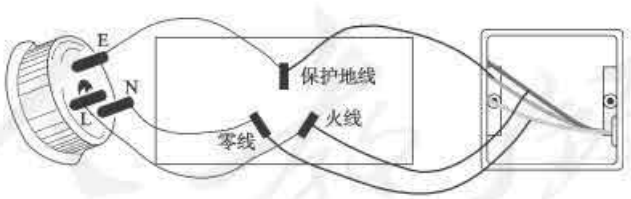


图 19.1-3

②为什么有金属外壳的用电器需要接地？(金属外壳接地，万一用电器的外壳和电源火线之间的绝缘损坏，使外壳带电，电流就会流入大地，不致对人体造成伤害。)

③生活中若将三线插头变成两线插头使用有什么危害？(万一用电器外壳带电，容易对人体造成伤害。)

④为什么三线插头中间的那个脚长？（中间的插脚稍长一些，可以在插插头时，能使家用电器的金属外壳先接地，拔插头时能使金属外壳先离开地线，即使家用电器因绝缘不好漏电，人也不会触电。）

（2）利用教科书中的图 19.1-7 让学生讨论解答“标准住宅户内的配电系统中，空气开关和漏电保护器安装在什么位置？在电路中起什么作用？”。

本教学片段将家庭电路中对于安全用电很重要的这两个内容介绍的深入一些，主要是为了增加学生的生活用电常识。

需提醒学生注意：教科书图 19.1-4 右侧是三线插头的正视图，不要与图 19.1-5 上方的插座混淆。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. 电路如图 19.1-4 所示。

2. 开关是控制指示灯和插孔的总开关，指示灯与插孔是并联的。电路如图 19.1-5 所示。

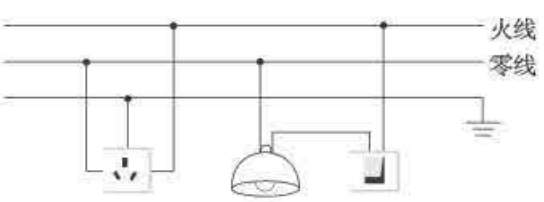


图 19.1-4

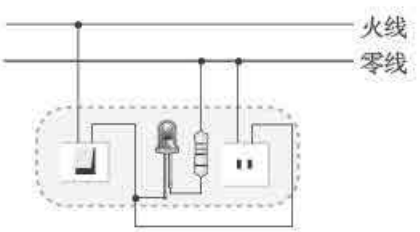


图 19.1-5

提示：家庭电路中电灯和插座要并联。第 1 题从安全用电角度考虑，控制电灯的开关要接在火线上，插座连线是“左零右火中地线”；第 2 题指示灯损坏不影响插孔正常工作，它们是并联的。由于二极管不能承受高压，需要串联一个分压电阻。

3.（1）家庭中试电笔的电阻大约一百万欧，氖管的电阻和人体的电阻都比这个数值小得多，可以不计。

使用试电笔测量家庭电路火线时流过人体的电流 $I_1=\dfrac{U}{R}=\dfrac{220\ \text{V}}{1\ 000\ 000\ \Omega}=2.2\times10^{-4}\ \text{A}$

（2）25 W 灯泡正常工作时的电流 $I_2=\dfrac{P}{U}=\dfrac{25\ \text{W}}{220\ \text{V}}=0.11\ \text{A}$

因为，$\dfrac{I_1}{I_2}=\dfrac{2.2\times10^{-4}\ \text{A}}{0.11\ \text{A}}=2\times10^{-3}=\dfrac{1}{500}$，所以，使用试电笔测量家庭电路火线时流过人体的电流大约是 25 W 灯泡正常工作电流的$\dfrac{1}{500}$。

4. 空气开关是现在家庭电路中常用的用于替代闸刀开关和熔断器（保险丝）的一种电气元件，所以，家里的空气开关安装在家庭电路中电能表之后、各用电器及插座之前。

（四）补充练习

1. 我国家庭电路中，火线与零线之间的电压为_____V。用试电笔可以辨别哪条是火线，如图 19.1-6 所示的两种使用方法中，正确的是_____图。

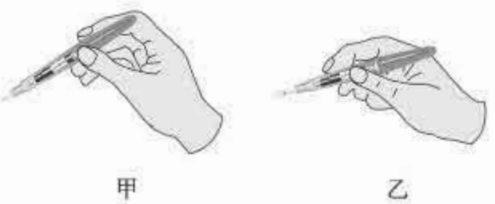


图 19.1-6

答案：220；甲

2. 输电线进户以后，经过以下装置再接到用电器上，这些装置的顺序是（　　）

A. 电能表、保险盒、总开关　　B. 电能表、总开关、保险盒

C. 总开关、电能表、保险盒　　D. 总开关、保险盒、电能表

答案：B

3. 在家庭电路中，为了防止触电，必须把用电器的开关装在_____线上，电冰箱、洗衣机等大功率家用电器的电源插座都用三孔插座，为了安全，三脚插头的接地脚应与用电器的_____相连。

答案：火；金属外壳

4. 如图 19.1-7 所示，家庭电路不符合要求的是（　　）

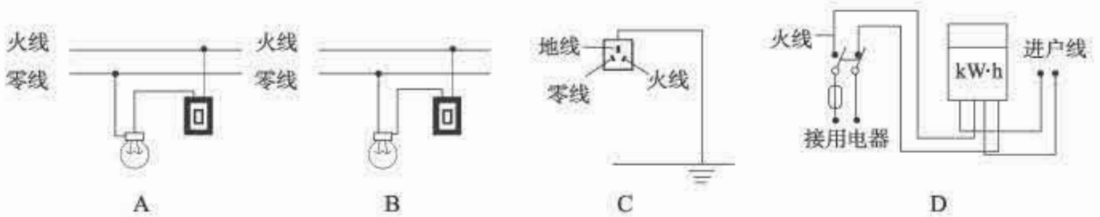


图 19.1-7

答案：B

人教版®

第 2 节　家庭电路中电流过大的原因

（一）教学目标

1. 知道家庭电路中电流过大的原因是家用电器的总功率过大和短路。
2. 知道保险丝的作用。
3. 有初步的安全用电常识和节约用电意识。

（二）教材分析与教学建议

本节是欧姆定律和电功率知识在家庭电路中的具体应用，也是学习下一节安全用电的基础。

本节内容由“家用电器的总功率对家庭电路的影响”“短路对家庭电路的影响”和“保险丝的作用”三部分构成。教学的重点是分析家庭电路电流过大的原因，教学的难点是家庭电路中电功率的计算。建议教师先通过演示实验让学生亲眼看到在家庭电路中当家用电器的总功率增大到一定程度和发生短路时会发生危险，然后通过具体的数据计算，加深认识和理解，培养学生的分析能力。

对于保险丝的作用，建议教师利用教科书上的演示实验，帮助学生理解保险丝的选材要求、生活中不能用铜丝等代替保险丝这个学习的难点。另外，教师可以适当补充保险丝的不同规格等相关知识。

1. 家用电器的总功率对家庭电路的影响

多数学生对家庭电路中由于电流过大造成的火灾等事故没有感性认识，可能只是偶尔会从新闻里看到这样的实例，建议教师先播放发生在学生生活的城市里近期发生的由于用电不当造成的火灾事故视频，让学生认识到我们几乎每时每刻离不开的电，在使用过程中有可能造成危害。然后说明，这些危害都是由家庭电路中电流过大造成的，接着提问：哪些原因会造成家庭电路中电流过大呢？引发学生思考，从而引入新课。

教师首先引导学生利用电功率和电流、电压之间的公式 $P=UI$ 分析：在电压一定的情况下，当家庭电路中的用电器总功率变大时，家里用电线路上的总电流也会随着变大，当超过家里供电线路和电能表所允许的电流最大值时，就容易引起线路故障，甚至发生火灾。在让学生根据 $P=UI$ 分析家用电器的总功率的影响时，有条件的学校还可以先进行演示实验让学生观察，使学生发现随着家庭电路用电器的增多，总功率增大，总电流也随之增大，从而更容易理解用电器的总功率过大是家庭电路中电流过大的一个原因。

例题的教学目的是让学生通过具体的数据计算分析，理解家庭电路中电功率与电流的关系以及与安全值的关系。

让学生讨论分析教科书中的例题，除了教科书中给出的从电流角度进行的比较判定的

方法，还可以从电功率的角度进行比较判定（电能表允许安装的最大功率和用电器总功率比较）。使学生认识到家庭电路中应尽量少地同时使用几个大功率用电器，以保证用电安全。

教师可以从生活事例入手（如家庭中同时使用空调、微波炉等大功率用电器时，出现跳闸断电），利用并联电路电流特点和电功率与电流、电压关系式，推导出总电流与总功率的关系式，分析得出：并联电路中，在电压一定时，总功率越大，总电流越大。再进行生活经验小提示：如果家中要添加新的家电，如电热器、空调等，应该先计算一下，防止电流超过家庭供电线路和电能表允许的最大值。

2. 短路对家庭电路的影响

有关短路的知识学生在前面已经学过，虽然家庭电路中短路的现象时有发生，但是很少有机会观察到，所以在学习过程中有必要增加一个演示实验。

教学片段　短路对家庭电路的影响

教师利用家庭电路演示板（电路图如图 19.2-1），做一个短路的演示实验，让学生看到在电路发生短路时的现象：保险丝快速熔断切断电路。

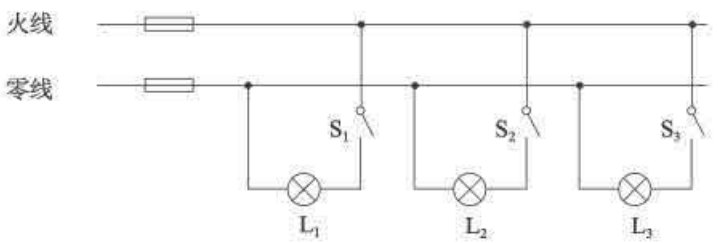


图 19.2-1

在实验的基础上，结合电路进行分析：家庭电路中的用电器都是并联的，一旦发生短路，即为电源短路。此时干路中的电流很大，产生大量的热使保险丝熔断，或使空气开关跳闸。若线路老化或没有安装保险装置，则导线的温度会升高，烧坏绝缘皮，引起火灾。

最后让学生讨论家庭用电时，在哪些情形下可能发生短路现象？如改装电路时不细心将火线和零线直接接通；由于灯座、插座、插头的两个接线柱接线不规范，而使得火线与零线相碰；电线绝缘外皮被刮破或老化，使火线和零线直接接通；等等。教师可以采用多媒体或者挂图等方式，向学生介绍日常用电时，应怎样做才能避免发生短路，对学生进行安全用电的教育。

3. 保险丝的作用

这部分知识的重点在于让学生了解保险丝的制作材料和选用原则。

教学片段　保险丝的作用

教师利用生活实例引入问题：小明家的保险丝断了，为了解决这一问题，聪明的

小明又换了一根，可是刚换上保险丝又断了，于是小明干脆换上了一根铜丝，请问小明这样做行吗？

教师引导学生进行讨论交流后，通过演示教科书图 19.2-4 所示的实验引导学生观察比较保险丝和铜丝的变化情况。

然后提出思考讨论的问题：

（1）你认为应该选择什么样的材料当保险丝？（2）保险丝为什么可以起保险作用？（3）如何选择合适的保险丝？

根据学生的解答，进行总结，板书有关内容：

（1）保险丝的材料：由电阻（率）较大、熔点较低的铅锑合金制成；

（2）保险丝的作用：电流过大时，自动熔断，保护电路。

接着教师展示几种常见的保险丝，并说明保险丝的规格和选择原则：

不同粗细的保险丝具有不同的额定电流，选用时要根据实际情况选择合适的，使通过保险丝的电流不能超过它的额定电流。过粗的保险丝不能起到有效的保护作用，当然更不能用铁丝、铜丝代替它。

介绍这部分知识后，学生讨论解决前面引入时小明家遇到的问题。最后再展示并介绍空气开关，并说明当电流过大时，电磁铁起作用，使开关断开，起保险作用。

本教学片段主要从身边熟悉的实例入手，通过观察实验并利用已有的知识来解决问题。对于最后空气开关的介绍，学生不一定要知道它的原理，但可以为学好下一章《电和磁》作好铺垫。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. 甲图产生电流过大的原因是用电器的总功率过大；乙图产生电流过大的原因是电路发生了短路。

2. 电焊机的输出电流 $I=\dfrac{P}{U}=\dfrac{2\,000\ \mathrm{W}}{40\ \mathrm{V}}=50\ \mathrm{A}$

电焊机的输出电流为 50 A，在 47～68 A 之间，根据表中的数据应选择横截面积为 10 $\mathrm{mm^2}$ 的导线。

3. 选择电阻（率）较大的材料，可以使其在电流较大时产生较多的热量；选用熔点较低的材料可以使其容易烧断。这样当有过大的电流通过时，保险丝产生较多的热量使它的温度达到熔点而熔断，从而自动切断电路，起到保险作用。

（四）补充练习

1. 家庭电路中安装的熔断器（其中安装有熔丝，俗称“保险丝”）的作用是（　　）

A. 当电压过高时自动切断电路

B. 当发生触电时自动切断电路

C. 当用电器发生漏电时自动切断电路

D. 当电路中电流过大时自动切断电路

答案：D

2. 某电能表标有“220 V 10(20) A”的字样。家中正在使用着一台 100 W 的电冰箱，两盏 40 W 的日光灯。此时需要再用一个 60 W 的台灯，可每当台灯的插头插进插座时，灯不亮，空气开关就“跳闸”，发生这种现象的原因可能是（　　）

A. 用电器的总功率过大　　B. 日光灯断路

C. 插头或台灯短路　　D. 电冰箱的功率突然增大

答案：C

3. 某宿舍楼共有“220 V 30 W”的日光灯 20 盏，“220 V 60 W”的彩电 5 台，“220 V 40 W”的电风扇 5 台，求：

(1) 用电器的总功率；

(2) 干路中的最大正常工作电流；

(3) 熔断器里应安装什么规格的熔丝？

解析：(1) 总功率等于各个用电器功率之和：

$P=30\ \text{W}\times20+60\ \text{W}\times5+40\ \text{W}\times5=1\ 100\ \text{W}$

(2) 干路中的最大正常电流 $I=\dfrac{P}{U}=\dfrac{1\ 100\ \text{W}}{220\ \text{V}}=5\ \text{A}$

(3) 熔断器里应安装额定电流略大于 5 A 规格的熔丝。

4. 某用户的电能表为“220 V 10(20) A”。该户电路中有 40 W 日光灯 40 盏，60 W 电灯 20 盏。问：(1) 如果晚上灯都亮时，能否再接入一只 2 kW 的电炉？(2) 若该电路上通过的电流实际为 18 A，还能接入一只多大功率的用电器？

解析：(1) 电能表允许通过的最大电流是 20 A，所以允许安装用电器的最大功率 $P_{大}=UI=220\ \text{V}\times20\ \text{A}=4\ 400\ \text{W}$

所有灯的总功率 $P_1=40\ \text{W}\times40+60\ \text{W}\times20=2\ 800\ \text{W}$

电路还可以安装的用电器功率 $P_{余}=P_{大}-P_1=4\ 400\ \text{W}-2\ 800\ \text{W}=1\ 600\ \text{W}$

因为，2 000 W>1 600 W，所以不能再接入一只 2 kW 的电炉。

(2) 若该电路上通过的实际电流是 18 A，则还可以增加的电流为：

$I_2=20\ \text{A}-18\ \text{A}=2\ \text{A}$，再增加的用电器功率 $P_2=UI_2=220\ \text{V}\times2\ \text{A}=440\ \text{W}$

第3节　安全用电

（一）教学目标

1. 了解安全用电知识，有安全用电的意识。
2. 了解常见的触电事故和正确的处理方法。

（二）教材分析与教学建议

安全用电常识是整个电学内容的结束部分，也是学生今后生活、生产中保障自身安全的准则之一，是现代社会人人应该了解的。本节由“电压越高越危险”“常见的触电事故”“安全用电原则”和“注意防雷”四部分构成。其中“常见的触电事故”是本节的难点，建议教学中通过设置逐渐深入的问题串，激发起学生的学习兴趣，并运用学过的欧姆定律等有关知识进行分析解决。教科书从多个角度进行安全用电常识介绍，建议教师在课下让学生收集有关安全用电的其他常识，通过展示、交流等多种形式，调动学生学习的积极性和主动性，达到学以致用的目的。充分体现出在新课程标准要求下的“从生活走向物理，从物理走向社会”的基本理念。

1. 电压越高越危险

了解电压高低、电阻大小对用电安全的影响是学习的重点。建议教师引导学生利用欧姆定律知识分析解决生产生活中的一些实际问题，明确电压与用电安全的关系等知识，加强学生安全用电意识。

教师可先展示生活中常见的用电安全警示标志，如“高压危险”“有电危险”等，让学生思考：在哪些地方见到过这些标志？怎样用所学的知识解释为什么电压越高越危险？然后按以下思路组织教学。

首先应当明确，电对人体造成的伤害程度与通过人体电流的大小及持续时间有关。研究表明，通过人体的电流为 8～10 mA 时，人手就很难摆脱带电体；通过人体的电流达到 100 mA 时，只要很短的时间，就会使人窒息，心跳停止。即便通过人体的电流较小，但如果持续较长的时间，同样会造成危害。

其次，根据欧姆定律可知，影响通过人体的电流大小的因素是加在人体上的电压和人体的电阻。当人体电阻不变时，电压越大，电流就越大。若人体接触到高压，通过人体的电流就很大，超过人体能承受的限度，会造成生命危险，所以要避免接触高压、严禁攀爬高压线塔。

最后，还要让学生了解，人体的电阻并不是一个固定值：每个人的电阻不一样大；即使是同一个人，在皮肤潮湿的情况下，人体电阻也会显著降低。因此，即便加在人体上的电压不大，电流也可能会较大，甚至超出人体能承受的限度。

2. 常见的触电事故

教师指导学生阅读教科书中的内容，最后教师适当补充有关内容，增加学生的生活用电常识，提高安全用电意识。

学生阅读教科书中的内容后讨论交流，教师结合多媒体课件整理介绍有关电压的分类、常见的几种触电事故。

(1) 电压按照供电系统划分：1 000 V 以下为低压，1～330 kV叫高压，330～1 000 kV叫超高压，1 000 kV 及以上叫特高压。

(2) 人体触电事故的常见形式：低压触电事故和高压触电事故。

低压触电（家庭电路）	双线触电	家庭电路触电的事故：都是由于人体直接或间接跟火线接触，并与地线或零线构成通路造成的。
	单线触电	
高压触电	高压电弧触电	人体不能靠近高压带电体，只要靠近高压带电体（不需要接触），就有危险。
	跨步电压触电	

针对上述现象，教师提出新的问题：为了安全，我们在生活中应该注意哪些问题来防止低压和高压触电？如果发生了触电事故，我们应该采取什么措施急救呢？

根据学生的回答和提出的疑问，教师给予解答和总结。如：有金属外壳的用电器要有接地线，导线绝缘皮破损要及时更换，不用湿毛巾擦带电的用电器，电视天线不能与电线接触，在高压带电体周围设立警示牌或安装护栏，等等。

当有人触电时，抢救的基本原则是使触电的人迅速和电源脱离（图 19.3-1）。



甲　　乙

图 19.3-1

3. 安全用电原则

因为有了前两部分内容作基础，所以“安全用电原则”的学习可以采用学生自学的方式进行，除了教科书给出的几条原则外，教师可以给出下列口诀，调动学生兴趣。

安全用电口诀：

大地人体是导体，安全用电记心里。修理电器要断电，风筝远离高压线。

湿布不能擦灯泡，电线不能晒衣服。插座离地三尺高，小心安装很重要。

广播碰到电力线，喇叭怪叫要冒烟。如果有人触了电，切断电源莫迟延。

电线要是着了火，不能带电用水泼。金属外壳用电器，接地保护要做好。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. 因为火线和零线（或者地线）之间有 220 V 的电压，电灯的开关接在火线和灯泡之间，开关断开时，电灯就和火线隔离开了，这样人接触电灯就不会发生触电事故。如果开关接在零线和灯泡之间，断开开关时，电灯和火线连接，电灯与地面之间有 220 V 电压，此时进行维修或者更换灯泡，就容易造成触电事故。所以从安全用电角度出发，电灯开关应该接在火线和灯泡之间。

2. 为防止触电事故的发生，应做到以下几点：

（1）安装漏电保护装置，不得用铜丝等代替保险丝，并保持闸刀开关、空气开关等盖面完整，以防短路时发生电弧或保险丝熔断飞溅伤人。

（2）电源插座、插头最好装在较高的地方，避免碰碎，防止小孩玩弄而触电。

（3）经常接触和使用的闸刀开关、按钮开关、插座以及导线等，必须保持完好，不得有破损或将带电部分裸露，定期检查。

（4）在移动电风扇、电热水壶等用电器时，必须先切断电源，并保护好导线，以免磨损或拉断。

（5）不要用湿手碰开关；清除用电器上灰尘应切断电源；不要用湿布擦拭带电的用电器；不要在电线上晾晒衣物。

（6）在雷雨天，不要走近高压电杆、铁塔、避雷针的接地导线周围 20 m 内。当遇到高压线断落时，周围 10 m 之内，禁止人员进入；若已经在 10 m 范围之内，应单足或并足跳出危险区。

（7）自己没有充分的电器知识和安全工具时，千万不要自行修理电器或自接电线。

……

3. 设甲地距离短路位置的每根导线电阻为 R_1，则本题的等效电路图如图 19.3-2 所示。

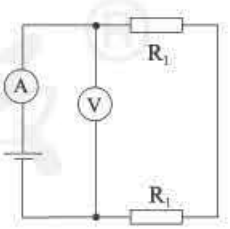


图 19.3-2

总电阻 $R=\dfrac{U}{I}=\dfrac{3.0\ \text{V}}{0.5\ \text{A}}=6\ \Omega$，所以 $R_1=3\ \Omega$

又因为每千米输电线的电阻为 0.2 Ω，所以，每根输电线短路位置距离甲地的长度为 $l=\dfrac{3.0\ \Omega}{0.2\ \Omega/\text{km}}=15\ \text{km}$

（四）补充练习

1. 如图 19.3-3 所示，a 图中甲站在干燥的木桌上，一只手接触到火线；b 图中乙站

在干燥的木桌上，一只手接触到火线，此时另有丙站在地面上用手去拉乙。则甲、乙、丙三人谁会触电？

答案：乙和丙都会触电。

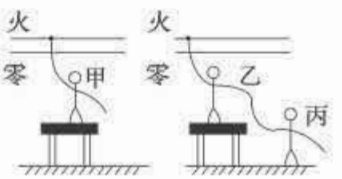


图 19.3-3

2. 小宁设计了一种照明电路图，其设计要求是：用两个开关控制一盏灯，两个开关同时闭合灯才能发光，只闭合其中任意一个开关灯都不能发光。如图 19.3-4 所示的四幅电路图中，既符合上述设计要求，又符合安全用电要求的是（　　）

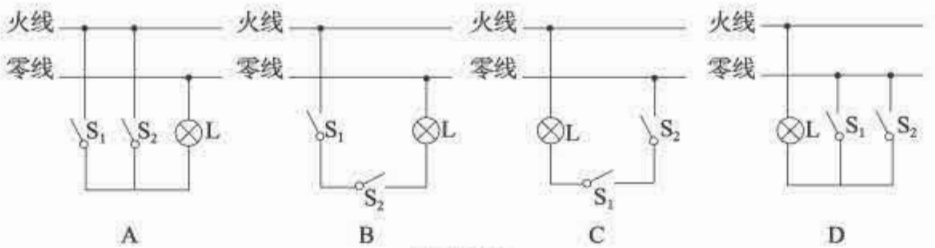


图 19.3-4

答案：B

3. 结合图 19.3-5，说说安全用电和触电急救的常识。

(1) 安全用电常识（说出两点即可）：

_____。

(2) 触电急救措施（说出两条即可）：

_____。



甲　　乙

图 19.3-5

答案：(1) ①远离高压线；②不要在电线上晾衣服

(2) ①使触电者尽快脱离电源；②立即施行人工抢救

4. 如图 19.3-6 所示的做法中符合安全原则的是（　　）



雷雨天站在大树下避雨　A

用手指触碰插座的插孔　B

用湿抹布擦发光的灯泡　C

将冰箱的金属外壳接地　D

图 19.3-6

答案：D

四、教学资源

（一）实验天地

模拟避雷针的避雷原理

模拟避雷针作用的实验装置如图 19-资-1 所示，金属板 M 接高压电源的正极，金属板 N 接负极。金属板 N 上有两个等高的金属柱 A、B，A 为尖头、B 为圆头。逐渐升高电源电压，当电压达到一定数值时，可看到放电现象。

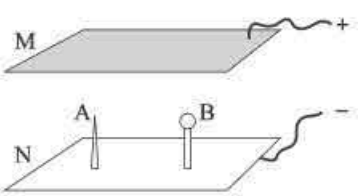


图 19-资-1　模拟避雷针

实验时身体要远离带电体，以防触电。

A、B 两个金属柱，哪个容易放电？

（二）物理史话

避雷针的发明与古建筑保护

富兰克林不仅发现了雷电现象的本质，还最早认识了尖端放电的重要性，并由此提出了避雷针的设想。他说：“尖端有这种本领，不是可以用于保护人类，保护房屋、教堂、船舶免遭雷击吗？它不是可以在云走到足够近、发生雷击之前，从云里悄悄地取走电火，从而使我们避免最突然和可怕的伤害而得到安全吗？”富兰克林在他自己印刷发行的 1753 年的历书中详细介绍了避雷针的制作安装方法。到 1782 年，富兰克林居住的费城已有约

400 根避雷针在使用。避雷针是电学研究给人们带来的第一项有实用价值的发明。

有趣的是，由于富兰克林是美国《独立宣言》的起草人之一，愚蠢而狂妄的英王乔治三世 1777 年曾下令将白金汉宫的避雷针改为圆头，并要求英国皇家学会会长普林格尔在学会中批准圆头避雷针方案。普林格尔维护科学真理，拒绝了国王的要求，并因此被革去皇家学会会长职务。为此，富兰克林在 1777 年 10 月 14 日给他朋友的信中写道："国王将尖头避雷针改为钝头避雷针，这对我来说倒无关紧要。他倒不如干脆宣布避雷针无效而完全取消。"当然，科学终究会战胜愚昧和偏见，英国也只能安装尖头避雷针。

避雷针的确保护了许多高大建筑免遭雷害，使得许多历史遗迹完好地保存了下来。

我国是一个历史悠久的文明古国，有许多建于避雷针发明之前的古建筑，它们如何避雷呢？现在，保护世界文化遗产已经成为全人类的共同任务，人们争论的话题是：中国古建筑有没有避雷的措施？要不要给古建筑安装现代的避雷装置？

山西应县木塔是我国现存的最高的木结构建筑。900 多年来，在开阔的平原上，这座高大的建筑是怎样避免雷击的？近年来，人们对木塔进行了实地考察和高电压模拟实验。有的研究者认为，木塔的塔基有很好的绝缘性，提出了应县木塔绝缘避雷的说法。

湖北的武当山古建筑群是世界文化遗产之一，在武当山主峰天柱峰上有一座金殿，是我国现存最大的铜铸鎏金大殿。这座金殿最为奇特的就是，每逢电闪雷鸣的时候，火球会在金殿周围游动，但霹雳却击不毁金殿；雨过天晴后，大殿光彩夺目，像被洗过一样，这就是"雷火炼殿"奇观。后来，因金殿周围的一些建筑物常遭雷击，金殿也安装了避雷设施。此后，雷火炼殿奇观消失，没有水火的洗炼，金殿的色泽也黯淡了许多。

一位葡萄牙传教士 1668 年写了一本《中国的十二大奇迹》，讲到他所见到的中国建筑避雷装置。他说，中国屋宇的屋角以龙头装饰，龙口吐出曲折的金属舌头，"巨兽的舌头指向空中，其腹内穿过金属条，金属条一端插入地里。"这样，闪电发生时，就不致伤害任何人。这本书写在欧洲发明避雷针以前，不可能是作者的想象或编造。遗憾的是，我们今天没有发现这样的古建筑物，也许是由于 300 多年的战乱、灾难和贫穷，金属条被破坏了或者失窃了。

今天，世界各国都十分重视古建筑的保护。保护世界遗产，科学地保护文物，是一个十分艰巨而复杂的问题，也是历史赋予的责任。

（三）物理广角

1. 雷闪放电

雷闪放电是自然界所产生的一种大气中的火花放电。雷闪放电由带电荷的雷云引起。对雷云带电原因的一种典型解释是：雷云是潮湿的热气流不断上升进入稀薄的大气层冷凝的结果。当强烈的上升气流穿过云层时，水滴被碰撞而电离，轻小的水沫带负电，上升形成大块带负电的雷云；大滴水珠带正电，凝聚成雨下降，或悬浮在云中形成一些局部带正电的雷云区。雷云的底部大多数带负电，并在地面上感应出大量的正电荷。在带有大量不

同极性或不同数量电荷的雷云之间、雷云和大地之间形成了很强的电场，其电位差可达数十至数百兆伏。随着雷云的发展和运动，一旦空间电场强度超过大气电离的临界电场强度（空气中约 30 kV/cm，有水滴存在时约 10 kV/cm），就会发生雷云之间或雷云对大地的火花放电。其电流达数十至数百千安，能量约 1 000 MJ，放电通道温度高达 15 000～20 000 ℃，产生强烈的光和热，使空气急剧膨胀震动，发出霹雳轰鸣。雷电是人类最早注意到的电现象。

雷云对地放电的基本过程可分为先导放电和主放电两个阶段。当雷云与大地之间的局部电场强度超过大气电离的临界电场强度时，就有局部放电通道自雷云边缘向大地发展，称先导放电。先导放电是间歇性的脉冲发展过程，称分级先导，每次间歇大约数十微秒。先导通道发展到临近地面时，由于局部空间电场强度的增加，常在地面突起处出现异极性的先导放电向天空发展，称迎面先导。当先导通道到达地面或与迎面先导相遇以后，大气强烈电离形成高导电率的等离子体通道，使先导通道及云中电荷与大地电荷迅速中和，这就是主放电过程。先导放电的平均发展速度较慢，约为 $(1\sim5)\times10^5$ m/s，放电电流较小，约为数百安。主放电发展速度很快，约为 $2\times10^7\sim1.5\times10^8$ m/s，出现很强的脉冲电流，可达两三百千安。

人们肉眼观察到的一次雷闪，实际上有 55%包含 2 次以上先导—主放电的重复过程，平均 3 次，最多可达 40 多次，称为多重雷闪。由于第二次及以后的先导—主放电沿着先前的放电通道以更快的速度发展，因此其先导发展时间较短，没有分叉，称为箭形先导，主放电电流幅值也较第一次低。

雷云对大地的放电虽然只占少数，但是一旦发生，可能带来严重的危害。雷闪击中输电线或附近，将会直接形成或感应产生幅值很高的冲击电压波，使线路绝缘脱落，或传入变电所破坏电气设备，造成电力系统供电中断。雷闪击中高层建筑、导弹发射塔、通信广播电视天线，可能引起设备损坏、人身伤亡。雷电防护的基本措施是装设避雷针（线）和避雷器。避雷针（线）在雷云对地放电过程中使地面电场畸变，影响先导放电的发展方向，吸引雷闪对避雷针（线）放电，再经引下线和接地装置将雷电流引入大地，使被保护物免遭雷击。避雷器装设在被保护设备附近，当雷电冲击波沿线路传入时，它首先放电，限制了电压波幅值，保护设备免遭破坏。

2. 避雷线

避雷线是保护架空输电线路免遭雷闪袭击的装置，又称架空地线，简称地线。输电线路跨越广阔的地域，在雷雨季节容易遭受雷击而引起送电中断，成为电力系统中发生停电事故的主要原因之一。安装架空地线可以减少雷害事故，提高线路运行的安全性。架空地线是高压输电线路结构的重要组成部分。高压及超高压变电所占地面积广，要求防直击雷的区域大，安装避雷针会有困难，因而有时也采用架空地线保护，架空地线都是架设在被保护的导线上方。在线路上方出现雷云对地面放电时，雷闪通道容易首先击中架空地线，使雷电流进入大地，以保护导线正常送电。同时，架空地线还有电磁屏蔽作用，当线路附

近雷云对地面放电时，可以降低在导线上引起的雷电感应过电压。架空地线必须与杆塔接地装置牢固相连，以保证遭受雷击后能将雷电流可靠地导入大地，并且避免雷击点电位突然升高而造成反击。

重要的输电线路一般采用两根架空地线以将被保护的导线全部置于它的保护范围内。此范围通常用保护角 α 来表示。α 角是指架空地线与最外侧的导线所处的平面和架空地线垂直于地面的平面之间所构成的夹角。一般取 $\alpha \leqslant 20^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 即认为导线已经可以受到保护。

架空地线由于不负担输送电流的功能，所以不要求具有与导线相同的导电率和导线截面，通常多采用钢绞线组成。线路正常送电时，架空地线中会受到三相电流的电磁感应而出现电流，因而增加线路功率损耗并且影响输电性能。有些输电线路还使用良导体地线，即用铝合金或铝包钢导线制成的架空地线。这种地线导电性能较好，可以改善线路输电性能，减轻对邻近通信线的干扰。

架空地线经过适当改装还可兼用作通信通道，为此，已研制出新型架空地线复合型光导纤维电缆，使它具有避雷、通信等多种功能。

3. 防止雷电的方法

当雷鸣电闪时，你正行走在空旷的田野上，要遵守哪些原则进行避雷呢？一是，不要使自己成为尖端，也就是说，要尽量降低自身高度。不应该把铁锹、锄头等带有金属的物体扛在肩头高过头顶，因为这样会增加闪电直接击中的机会。如果四周没有比自己高的物体，那么举着雨伞将是很危险的。二是，要尽量缩小人体与地面的接触面，以减少跨步电压的伤害。根据第一个要求看，似乎人平躺在地面上比较安全，可是，这样会增大人体与地面的接触面，从而增加了跨步电压的危险。最好的办法是寻找一个沟谷或凹地，不得已时就在平地上双脚并拢蹲下，既降低了高度，又可以防止跨步电压。

在市郊地区，最好躲入一栋装有金属门窗或设有避雷针的建筑物内，也可躲进有金属车身的汽车内。一旦这些建筑物或汽车被雷击中，它们的金属构架或避雷装置或金属本身会将闪电电流导入地下。

稠密的树林中，最好找一块林中空地，选与四周树木差不多远的地方，双脚并拢蹲下。这时由于高大树木易遭雷击，从而保护了开阔地区的避雷者。在大树下或高楼旁躲雷雨是极不安全的，因为这种高大物体易受雷击，雷击产生旁侧闪络（沿着绝缘表面发生的破坏性放电称为闪络）、接触电压和跨步电压，严重者可致人死命。

野外工作或者在山间旅游，如路遇山洞也可进入避雷。在洞内站立，并拢双脚，身体任何部分均不能触及洞壁或洞顶。因为山洞是地表的一部分，一旦落雷，接触电压和跨步电压都可能致人死命。

雷电时，应避开山顶和山梁，远离高大物体和金属物体（如栅栏、铁轨等），最好不要到湖泊、河海等处钓鱼和划船，也不要去游泳，因为这些导电体容易引雷。更不要靠近或接触避雷设备的任何部分，以防旁侧闪络、接触电压和跨步电压。

雷电期间，在平坦的开阔地带，最好不要骑马、骑自行车、驾驶摩托车或敞篷拖拉

机，因为此时你可能成为周围环境的突出物体而招致雷击。

4. 中华人民共和国国家标准 GB/T 3805-2008《特低电压（ELV）限值》（选摘）

本标准规定了 GB/T 18379 中定义的 1 区段电压等级的限制，用以指导正确选择人体在正常和故障两种状态下使用各种电气设备，并处于各种环境状态下可触及导电零件的电压限值。稳态电压限值见下表，表中的各种环境状况如下。

环境状况 1：皮肤阻抗和对地电阻均可忽略不计（例如人体浸没条件）；

环境状况 2：皮肤阻抗和对地电阻降低（例如潮湿条件）；

环境状况 3：皮肤阻抗和对地电阻均不降低（例如干燥条件）；

环境状况 4：特殊状况（例如电焊、电镀）。

环境状况	电压限值 / V					
	正常（无故障）		单故障		双故障	
	交流	直流	交流	直流	交流	直流
1	0	0	0	0	15	35
2	15	35	33	70	不适用	
3	33	70	55	140	不适用	
4	特殊应用					

5. 跨步电压

在接地网散泄电流的情况下，人活动在接地网中或其附近时，两脚之间所承受的电压叫作跨步电压。电流通过接地装置时，大地表面会形成以电流入地点为中心的电位分布区域。地面上约一步距离的两点间的电位差叫作跨步电位差（电工行业习惯叫作跨步电势）。人走近接地装置时，人两脚接触地面约一步距离的两点所承受的电压即为跨步电压。距电流入地点越近，跨步电压越高。跨步电位差主要产生于电力系统的接地短路电流。在雷电流通过接地装置时，也会产生跨步电位差。为了避免跨步电压对人身的伤害，接地网外缘应该闭合，外缘各角应做成圆弧形。如仍不能满足跨步电位差的要求，可敷设水平均压带。接地网边沿经常有人通过的地方，可敷设砾石或沥青路面，也可敷设均压带。

人体受到跨步电压作用时，电流沿着人的下身，从一只脚经胯部到另一只脚与大地形成回路。粗看起来，电流没有经过人体的重要器官，似乎比较安全，但如果所受的跨步电压较高时，双脚就会抽筋并很快倒地。跌倒后，由于头脚之间的距离大，作用于人体上的电压增高，电流相应增大，并有可能使电流通过人体内部重要器官（如从头到手或脚）而出现致命的危险。

6. 高压危险

高压线路和高压设备的电压高达几十千伏甚至几百千伏，远远超出安全电压，接触它一定会发生触电事故，不接触而靠近它也会发生触电事故。

高压触电有两类。一类是高压电弧触电，当人体靠近高压带电体到一定距离时，高压带电体和人体之间会发生放电现象。这时有电流通过人体，造成高压电弧触电。另一类是跨步电压触电，高压输电线落在地面上，地面上与电线断头距离不同的各点间存在着电压，当人走近断头时，两脚位于离断头远近不同的位置上，因而两脚之间有了电压（跨步电压），这时电流通过人体，造成跨步电压触电（图 19-资-2）。因此，为了安全，不要靠近高压带电体。发现有人触电，绝不能直接去拉触电人，否则，救人的人也会触电。在家庭电路中发生触电时，应当赶快切断电源，或者用干燥的木棍、竹竿将电线挑开，迅速使触电人脱离电源。发生火灾时，要首先切断电源，绝对不要带电泼水救火。

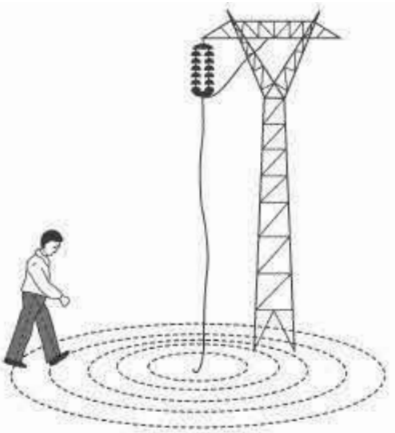


图 19-资-2　高压输电线落在地面上，会造成跨步电压触电。

7. 触电

人体也是导体。人体触及带电体时，往往有电流通过人体。电流对人体的危险性跟电流的大小、通电时间的长短等因素有关。通过人体的电流为 8～10 mA 时，人手就很难摆脱带电体。若通过人体的电流达到 100 mA，只要很短时间，就会使人窒息，心跳停止，即发生触电事故。电流越大，从触电到死亡的时间越短。

家庭电路中的两根电线，一根是火线，一根是零线。家庭电路中的触电事故，都是人体直接或间接跟火线连通造成的。站在地上的人触到火线（图 19-资-3 甲），或站在绝缘体上同时接触到两根电线（图 19-资-3 乙），就有 220 V 的电压加在人体上。在最不利的情况下，人体的电阻只有 1 000 Ω 左右，按这个阻值来计算，这时通过人体的电流达 220 mA，这样大的电流一定会造成触电事故。因此，为了安全，绝对不要接触没有绝缘皮的火线以及跟火线连通的导体。

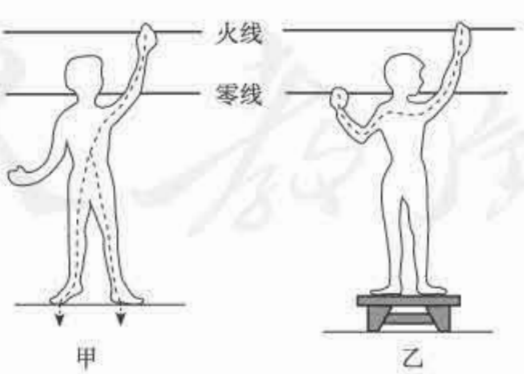


图 19-资-3　图甲和图乙所示的两种情况，人体都会触电。如果人站在绝缘体上，例如站在干燥的木凳上，一只手单接触火线，是不会触电的。

要注意防止绝缘部分破损，例如灯座、插座、插头的绝缘壳可能碰裂，电线的绝缘皮会磨损，都要注意保护。电线接头处要用绝缘胶布缠好，室内电线不要跟金属连在一起，例如不要挂在铁丝上，免得万一绝缘皮破了，铁丝带了电。还要注意保持绝缘部分干燥，因为绝缘体潮湿了也会漏电，例如不要用湿抹布擦电灯泡，不要用湿手扳开关，更不要在电线上晾衣服。

8. 漏电保护器

漏电保护器是防止触电和漏电的安全保护电器，全称漏电电流动作保护器，俗称漏电开关。漏电保护器从20世纪60年代进入实用阶段以来，大大地减少了人身触电和电气设备的漏电事故，因此世界各国均十分重视漏电保护器的研究。随着技术与标准的不断发展和完善，漏电保护器的性能日益提高，在工业和家用电器中都得到了普遍的应用。

人体触电死亡的主要原因是由于发生心室纤维性颤动所致，因此可以按是否引起心室纤维性颤动来确定人体安全电流的极限值。国际电工委员会建筑电气设备分会曾推荐一组安全电流极限值曲线，它表示触电电流和触电时间的关系。人体触电死亡不仅与触电电流大小有关，也与触电时间有关。一些国家根据经验取30 mA·s为人体触电保护的安全值，即触电电流为30 mA时，触电时间在1 s以下，不会造成触电死亡事故。

为保障安全，市场出售的漏电保护器的动作电流值一般分为三挡：(1) 动作电流值在10 mA及以下的产品，主要用于防止潮湿场所的人身触电。(2) 动作电流为15～30 mA的产品，用于防止一般场所的人身触电，如电动工具等。(3) 动作电流100 mA及以上的产品，主要用于开关柜等，可防止漏电引起的火灾。一般的漏电保护器的动作时间不大于0.1 s。具有反时限作用和防止漏电火灾用的保护器动作时间在0.1～2 s。

漏电保护器通常按保护要求来选择，保护要求主要有间接人体接触保护和直接人体接触保护。(1) 间接人体接触保护：当用电设备因绝缘发生故障而使金属外壳、构架等带电时，其外露可导电部件将呈现危险的接触电压。(2) 直接人体接触保护：通常选用漏电保护器的额定动作电流小于或等于30 mA的产品，并且应在故障电流达到$2I$（额定动作电流）时，动作时间小于0.1 s。故障电流达到或超过250 mA时，漏电保护器应在0.04 s内断开电路。对于特别潮湿的场所，如浴室、水中，或在高空作业，因人体电阻低，危险性大，并且还可能有连锁性产生溺死和坠死的危险，因此，应选用灵敏度更高的漏电保护器，如额定漏电动作电流为15 mA、10 mA或6 mA。用来作直接人体接触保护的漏电保护器，一般都装在分支回路或电路的末端。灵敏度选得越高，要求被控电路的正常泄漏电流也越小，否则会引起误动作。

为了经常检查漏电保护器的动作性能，漏电保护器上必须装有一个试验按钮。按下试验按钮时，可以模拟产生一个漏电电流，以检查漏电保护器能否正常脱扣。但它只能检查脱扣器的功能是否正常，而不能检查漏电动作电流的数值和动作时间。

9. 空气开关

自动空气开关又称自动空气断路器，是低压配电网络中重要的开关和保护电器之一，

当电路中发生短路、严重过载以及电压过低等故障时能自动切断电路。其特点是：动作后不需要更换元件，工作可靠，运用安全，断流能力大，安装使用方便。

自动空气开关一般有装置式和开启式两种。装置式自动空气开关，是把全部构件和导电部分装在一个胶木盒子里，盒盖上只露出操作按钮，供手动操作用。开启式自动空气开关是把整个机构和电磁部分装在框架上，其操作方式可以是直接手动、杠杆联动，也可用磁铁或电动机作远距离控制。

下面介绍一种三相自动空气开关的工作原理。

为了便于说明自动空气开关的工作原理以及各部件的结构，见图 19-资-4。图中 1 为过电流电磁脱扣器，在正常情况下，衔铁释放，脱扣器的弹簧拉动顶杆向下，因而锁钩 3 扣住主触头 4 的触头杆，使主触头保持闭合位置。当电流过大时，衔铁吸动使顶杆向上，顶开锁钩 3，主触头 4 依靠弹簧 5 的作用拉动触头杆使触头 4 迅速地断开，将电路切断。2 为失压电磁脱扣器，在正常电压下，衔铁吸下，锁钩 3 不脱扣，在失压情况下，衔铁没有吸力，脱扣器的弹簧迫使它的顶杆顶开锁钩 3，主触头 4 在弹簧 5 的作用下切断电路。上述脱扣方法属电磁脱扣（作短路、过流和失压保护）。

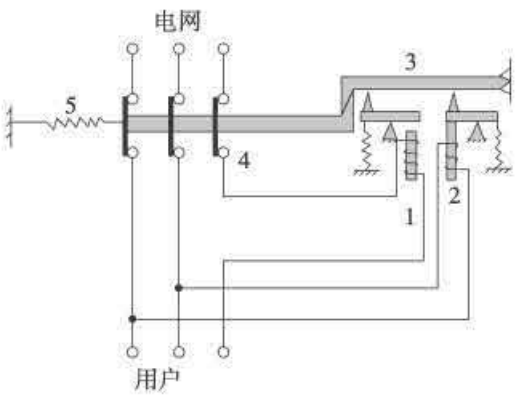


图 19-资-4

过载热脱扣器，为一双金属片热继电器，发热元件串联于主电路中，当电路过载时，双金属片受热弯曲，使操作机构动作，断开主触头，作过载保护。

10. 接地

为保证电工设备正常工作和人身安全而采取的一种用电安全措施。接地通过金属导线与接地装置连接来实现。接地装置将电工设备和其他生产设备上可能产生的漏电流、静电荷以及雷电电流等引入地下，从而避免人身触电和可能发生的火灾、爆炸等事故。

接地装置　由接地体和接地线组成。直接与土壤接触的金属导体称为接地体。电工设备与接地体连接的金属导体称为接地线。接地体可分为自然接地体和人工接地体两类。自然接地体有：(1) 埋在地下的自来水管及其他金属管道（液体燃料和易燃、易爆气体的管道除外）；(2) 金属井管；(3) 建筑物和构筑物与大地接触的或水下的金属结构；(4) 建筑物的钢筋混凝土基础等。人工接地体可用垂直埋置的角钢、圆钢或钢管，以及水平埋置的圆钢、扁钢等。当土壤有强烈腐蚀性时，应将接地体表面镀锡或热镀锌，并适当加大截面。水平接地体一般可用直径为 8～10 mm 的圆钢。垂直接地体的钢管长度一般为 2～3 m，钢管外径为 35～50 mm，角钢尺寸一般为 40 mm×40 mm×4 mm 或 50 mm×50 mm×4 mm。人工接地体的顶端应埋入地表面下 0.5～1.5 m 处。这个深度以下，土壤电导率受季节影响变动较小，接地电阻稳定，且不易遭受外力破坏。

接地种类　常用的有工作接地、保护接地、防雷接地和屏蔽接地等。

(1) 工作接地：发电机或变压器的中性点的接地，又称中性点接地。其功能是保证电力系统在正常及故障情况下具有适当的运行条件，保证电力设备绝缘所需的工作条件和保证继电保护及自动装置的正常工作。

(2) 保护接地：把正常工作时不带电而在绝缘损坏或意外情况下可能带电的电工设备的金属外壳接地，以保证工作人员触及时的人身安全。中性点不接地的电网中，当人体触及意外带电的电工设备外壳时，电流将通过人体电阻、接地电阻、电网输配电导线对地电容和绝缘电阻构成回路。由于人体电阻与接地电阻并联，故接地电阻越小，流入人体的电流也越小。若能限制接地电阻在适当的范围内，使流入人体的电流小于安全电流，就能保障工作人员的人身安全。通常，接地电阻的允许值根据单相接地电流、接地装置上出现电压时间的长短和人体接触的概率来确定。在大接地电流系统中，当单相接地时，保护装置会立即动作，切断电源，因此故障设备及接地装置上仅在很短时间内出现电压，人体触及的可能性很小。一般规定这种系统中的接地体电压不得超过 2 000 V，其接地装置的接地电阻一般不大于 0.5 Ω。在小接地电流系统中，当单相接地时，自动保护装置不会动作，因此接地装置出现电压的时间很长，工作人员触及的可能性大，一般规定这种系统中的接地体电压不得超过 250 V。当高、低压设备共用一个接地装置时，规定接地体上电压不得超过 120 V，接地电阻不得超过 10 Ω。

家用电器是人们经常接触的电气设备，为了防止万一绝缘损坏而使电气设备的外壳带电而危及安全，必须采取使设备外壳接地的措施，尽量降低故障时的外壳对地电压。

(3) 防雷接地：组成防雷措施的一部分。其作用是把雷电流引入大地。建筑物和电气设备的防雷主要是用避雷器（包括避雷针、避雷带、避雷网和消雷装置等）。避雷器的一端与被保护设备相接，另一端连接地装置。当发生直击雷时，避雷器将雷电引向自身，雷电流经过其引下线和接地装置进入大地。此外，由于雷电引起静电感应副效应，为了防止造成间接损害，如房屋起火或触电等，通常也要将建筑物内的金属设备、金属管道和钢筋结构等接地。雷电波会沿着低压架空线、电视天线侵入房屋，引起屋内电工设备的绝缘击穿，从而造成火灾或人身触电伤亡事故，所以还要将线路上和进屋前的绝缘瓷瓶铁脚接地。

(4) 屏蔽接地：是消除电磁场对人体危害的有效措施，也是防止电磁干扰的有效措施。高频技术在电热、医疗、无线电广播、通信、电视台和导航、雷达等方面得到了广泛应用。人体在电磁场作用下，吸收的辐射能量将发生生物学作用，对人体造成伤害，如手指轻微颤抖、皮肤划痕、视力减退等。对产生磁场的设备外壳设屏蔽装置，并将屏蔽体接地，不仅可以降低屏蔽体以外的电磁场强度，达到减轻或消除电磁场对人体危害的目的，也可以保护屏蔽接地体内的设备免受外界电磁场的干扰影响。

11. 保护接零

把电工设备的金属外壳和电网的零线可靠连接，以保护人身安全的一种用电安全措

施，叫作保护接零，简称接零。在电压低于 1 000 V 的接零电网中，若电工设备因绝缘损坏或意外情况而使金属外壳带电时，形成相线对中性线的单相短路，则线路上的保护装置（自动开关或熔断器）迅速动作，切断电源，从而使电工设备的金属部分不至于长期存在危险的电压，这就保证了人身安全。在同一电源供电的电工设备上，不容许一部分设备采用保护接零，而另一部分设备采用保护接地。如果保护接零与保护接地同时存在，外壳上将呈现电压 U_0，当人触及时就会发生触电危险。

零线　多相制交流电力系统中，把星形连接的绕组的中性点直接接地，使其电位与大地相等，即为零电位。由接地的中性点引出的导线称为零线。中国规定 380 V 交流电源一般采用三相星形连接，中性点直接接地，故中性线即为零线。采用保护接零的电网中，中性线必须按规定重复接地，以免在中性线断线情况下，电工设备接零外壳可能发生的带电危险。

重复接地　在电网接零处或附近规定的地点，中性线上加装接地装置的措施。如果无重复接地，当零线发生意外断线时，断线后面任一设备均会因绝缘损坏而使外壳带电，这一电压通过中性线引到所有接零设备的外壳，操作人员接触任一设备的外壳，都会存在危险。有了重复接地装置，在发生上述情况时，就产生接地电流。重复接地一般布置在容量较大的用电设备、线路的分支点、线路终点等处。

高压试验室接地　现代大型高电压试验室常做成全屏蔽式，形成一个大法拉第笼，笼仅有一点与接地极相连。此时，试验系统包括杂散电容的电流全部通过屏蔽笼形成回路，接地极只起固定电位的作用，而没有电流流过。所以，对全屏蔽的高压试验室的接地阻抗不必提出过高的要求，按一般建筑物的防雷接地要求即可。

高压试验室中进行冲击电压（或电流）试验时，因电压（或电流）的波形变化快，放电电流大，与接地极相连的测量电缆的外皮中将流过电流，这一电流产生的噪声电压叠加到被测信号上产生共模干扰。为减少这一干扰，冲击测量系统的接地应遵循以下原则：(1) 若施工中地面下未敷设接地网，必要时，可在地面上敷设金属板，将各试验设备接地端连起来。(2) 测量电缆与地网间包围的面积应尽量小。当有地网时，测量电缆应紧靠地网下侧走线。否则，可在分压器与示波器室之间敷设金属板或金属带，使测量电缆在其下通过。(3) 分压器的接地连线阻抗应尽可能小，一般用宽 200 mm 左右的铜带，长度应尽可能短，分压器应置于接地极引出点附近。

12. 电子设备安全防护

在电子设备的生产和使用过程中，对有可能产生的不安全因素所采取的必要防护措施。

防电击　(1) 绝缘；(2) 接地；(3) 使用防护装置和设施；(4) 注意操作时的安全措施，接近带电线路时不穿松散衣服、不戴金属饰物，高压测量时遵守操作程序。

静电防护　静电危险来自所积蓄的静电电荷放电。消除的基本原理是为彼此分离的电荷提供通路，使其无危害地中和。常用的方法有三种。(1) 连接和接地：将两物体连接，使它们处于相同静电位，再将连接的物体接地。(2) 电离：无法接地时，设法使带电物体

周围的空气电离，形成导电通路，让静电向地放电。(3) 增湿：湿度增加，非导电材料的表面电导增加，积蓄的静电荷能迅速泄至大地。

使用金属—氧化物—半导体器件时须遵循的规则是：(1) 使用之前使用者和设备应瞬时触及地电位的金属物，以消除静电；(2) 焊接工具在使用前先接地；(3) 器件引线的短路器、器件的包装材料和包装盒等，均应处于地电位。器件在运输或储存期间应将引线短接在一起；(4) 设置接地的导电桌面、导电地面、导电椅面，工作人员戴接地腕带、穿有接地器的鞋和导电围裙。

防雷电 (1) 等电位连接：在一个设备中将导电部分连接起来，使其电位相同，在整个设备范围实现等电位区。(2) 采用避雷器和雷电防护器。(3) 移动式无线电天线、微波天线、同轴线和用金属结构支持的波导，应有为雷击电流提供通路的接地结构。

辐射防护 视频设备：(1) 检查显像管高压的电表应准确；(2) 保证电源电压不超过额定值；(3) 观看距离符合要求。微波设备：(1) 注意安全标记；(2) 施加高压时不得直视或检查馈能设备、开口波导、反射器、辐射器等；(3) 发射机关掉之前不得攀登位于高强度射频场内的铁塔或其他结构；(4) 设置围障，防止无关人员进入；(5) 设置高频屏蔽。

工作人员操作位置的微波辐射容许强度规定为：(1) 一日 8 h 连续辐射时不应超过 38 $\mu W/cm^2$；(2) 短时间间断辐射和一日超过 8 h 辐射时，一日总剂量不超过 300 $\mu W/cm^2$；(3) 由于特殊情况需要在大于 1 mW/cm^2 环境下工作时，工作人员使用个人防护用品，但日剂量不得超过 300 $\mu W/cm^2$。一般情况下不容许在超过 5 mW/cm^2 辐射环境下工作。

激光防护 使用激光器时，工作人员遵守的安全守则：(1) 不窥视主射束；(2) 不看反射的射束；(3) 不看泵源；(4) 不停留在射束传播路径上；(5) 不用太阳镜护眼，而用专用镜。激光器的安放地点须注意：(1) 安放位置应避免能吸引好奇者，工作区应封闭并有警告标记；(2) 工作区的照明尽量明亮，房间、设备表面无光泽。(3) 射束传播路径不处于人眼视线的水平面上；(4) 工作区加屏蔽，以防强反射束和直射束传出实验区以外；(5) 电源开关设有电压电源总开关。

防火 电子设备防火措施：(1) 设备长期不使用时与电源断开；(2) 所有设备均安装保险丝；(3) 所用材料、元件、电气线路、机械结构符合防火要求；(4) 天线线路装防雷装置；(5) 设备周围不放置易燃物品。

防毒 (1) 生产场所保持良好的通风，化学制品在使用中产生的烟气立即排除。(2) 为避免皮肤、眼睛接触化学制品或因其产生的烟气而受损，应戴防护面罩、手套、护目镜。(3) 挥发性化学物品储存场所的温度不宜过高，以减少挥发。(4) 化学制品的使用剂量和方法必须符合说明书的规定。

第二十章
电与磁

一、《课标》要求及课时建议

（一）《课标》要求

2.4.2　通过实验认识磁场。知道地磁场。

2.4.3　通过实验，了解电流周围存在磁场。探究并了解通电螺线管外部磁场的方向。

2.4.4　通过实验，了解通电导线在磁场中会受到力的作用，知道力的方向与哪些因素有关。

2.4.5　通过实验，探究并了解导体在磁场中运动时产生感应电流的条件。了解电磁感应在生产、生活中的应用。

（二）课时建议

第1节　磁现象　磁场	1课时
第2节　电生磁	2课时
第3节　电磁铁　电磁继电器	1课时
第4节　电动机	1课时
第5节　磁生电	2课时

二、编写意图

（一）本章概述

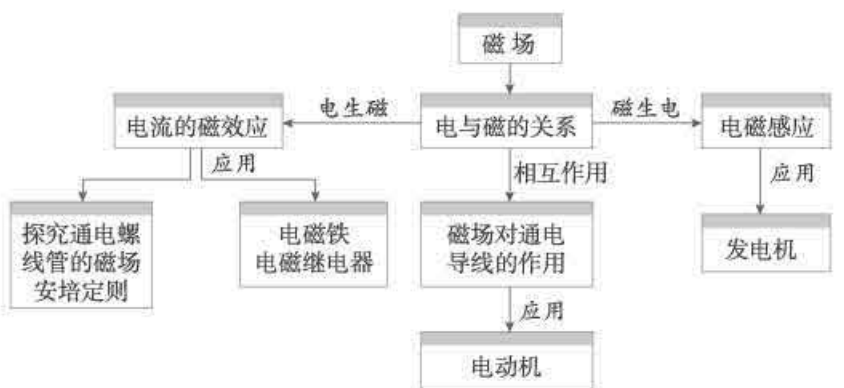
本章在学生已有电学知识的基础上，以磁场为主线，揭示电与磁的相互联系和相互作

用：磁体、电流周围都存在磁场，磁场对放入其中的磁体或电流有力的作用，磁场能使闭合电路中运动的导体产生感应电流。磁的知识既是前面电学知识的发展，也是后面学习信息传递知识的基础，在日常生活、工业生产和科技等方面的应用非常广泛，如电动机、电磁继电器、扬声器、发动机等。教科书从学生在生活中所了解的磁现象入手，让学生亲自动手制作指南针、电磁铁、小小电动机，使学生认识到物理是有用的，物理就在他们身边，进一步提高学生学习物理的兴趣，培养他们解决实际问题的能力。

本章的有关物理概念和规律几乎都是通过实验概括得出的，注重学生的体验与感悟，注重知识的实际应用。教科书在知识深度的要求上，较过去有所下降，但在引导学生探索发现，培养观察力、想象力，以及从实验事实出发归纳概括概念、规律和应用概念、规律解决实际问题的能力训练上，要求提高了。

本章的章首图呈现的是绚丽多彩的极光现象。极光是南北极地区特有的一种大气发光现象，被视为自然界中最漂亮的景观之一。地球的极光与地球磁场和来自太阳的高能带电粒子流的相互作用有关。极光不只在地球上出现，在太阳系内的其他一些具有磁场的行星（如木星、土星）上也会出现。教科书采用极光这样一幅章首图，意在用这种很神秘的现象来引起学生对其中蕴含的奥秘的探索欲望，进而引入与其有关的磁现象和相关概念、规律。

本章内容结构如下。



（二）在物理概念的形成过程中渗透科学方法的教育

简单的磁现象在小学已涉及，学生学习过磁体的磁性、磁极等知识，在生活中也已积累了一些有关磁的知识，感性体验较丰富，学习起来比较容易。而磁场的存在、用磁感线描述磁场是全新的内容，初中生又是首次接触场这个概念，因此学习难度较大。

在物理学中，场是很重要的概念。磁场是电磁学中的基本概念，看不见、摸不着，很抽象。教科书通过实验让学生认识磁场、描述磁场，符合初中生的认知特点，有助于学生领悟研究磁场的科学方法。

对于看不见、摸不着的物质，怎么知道它的存在呢？窗帘飘动说明空气存在，电灯发光说明电流存在，磁场对小磁针有力的作用说明磁场存在。教科书通过放在磁体附近的小磁针不再指南北，使学生认识到磁体周围的空间存在着磁场。进而指出磁场的基本性质，

就是它对放入其中的磁体产生磁力的作用。接着又从在磁场中的某一固定点，磁场对磁针北极的作用力有确定的方向，在磁场中的不同点，小磁针北极所指的方向不同，来认识磁场是有方向的。

磁感线也是物理学中的一个重要概念，它是人为引入的形象描述磁场的假想曲线，它让看不见、摸不着的磁场变得“可见”。教科书在用多个小磁针研究磁体周围磁场方向的基础上，引入磁感线的概念。通过用带箭头的曲线画出每一个小磁针静止时北极的指向来描述磁场。

（三）在物理规律的学习中认识自然现象之间是相互联系的

通过前面第十五章到第十九章的学习，学生对于电现象已经有了基本的认识，本章第1节又使学生对于磁场有了认识，但此时在学生的头脑中，电现象和磁现象还属于各自独立的知识体系。电流磁效应的学习使学生把以前所讲的内容初步地联系起来，向前发展了一步。在电流磁效应之后的通电导体在磁场中的运动，可以说是电磁现象又进一步的发展。电磁感应现象的介绍则把电与磁的相互关系更全面地揭示出来。这一步的发展能使学生对于电和磁这两种不同现象的相互关联获得比较完整的认识。

由此可见，电磁关系贯穿本章始终。本章的第2、3节阐明了电与磁关系的第一个方面——电生磁，第4节论述了电与磁关系的第二个方面——电磁的相互作用，第5节则是电与磁的关系的第三个方面——磁生电（如下图所示）。这样，呈现在学生面前的是条理清楚、脉络分明的知识整体，自然现象之间是相互联系的观点深植于学生的心中。



（四）多种方式激发学习兴趣

1. 以讲故事的方式提高趣味性

谈及我国古代对磁学的伟大贡献，必然要说到四大发明之一的指南针。教科书一改过去板着面孔叙述的方式，通过讲述我国古代开辟到达日本的航线的故事，引出这个神奇的仪器。让学生在故事情境中了解我国古代在磁的研究方面取得的成就，体会物理知识的重要作用，增强学生的民族自豪感，进一步提高学习物理的兴趣。

2. 从应用入手，调动学生的学习兴趣

本章内容与学生日常生活联系密切，教科书注意充分挖掘学生身边的资源，实现从生活走向物理。如呈现电磁起重机的工作图片引入对电磁铁磁性的研究，通过了解日常生活

中使用的电从何而来引入对磁生电的探究。不仅如此，教科书还安排了四个知识应用的内容，分别是电磁铁、电磁继电器、直流电动机和发电机。通过这些应用的教学可以引导学生理解学习的社会意义，培养和激发学生对学习物理的兴趣。

3. 动手制作激发兴趣

学生利用身边的物品，亲自动手制作指南针、电磁铁、小小电动机，不但易于产生成就感，而且有助于学生感受物理知识的应用，激发学习兴趣和探索热情。

现代生活中，大大小小的电动机十分普遍。对学生来说，理解磁场使通电线圈运动不难，但对于电动机是如何转动的，学生总是不易理解。即使把电动机拆开来看，学生还是不容易明白其中的道理。教科书安排了一个“想想做做”，让学生亲自动手制作一个小小电动机。一段漆包线做成的线圈，两端引线的漆皮一端全部刮掉，另一端只刮掉半周，就相当于一个换向器。把这样一个线圈放在用硬金属丝做成的两个支架上，容易看出来线圈的运动状况，因此也容易看出换向器的工作情况。这个小制作所用的材料易于寻找，制作的过程相对比较简单，因此既容易引起学生的兴趣、增加成功体验，又便于直观地呈现电动机及其换向器的工作情况，从而使学生相信科学技术的力量，由此引发更深入探究电动机奥秘的兴趣。

三、教材分析与教学建议

第 1 节　磁现象　磁场

（一）教学目标

1. 了解简单的磁现象。
2. 通过实验认识磁极及磁极间的相互作用。
3. 通过实验认识磁场。
4. 知道磁感线可用来形象地描述磁场，会用磁感线描述磁体周围的磁场分布状况。
5. 知道地磁场。

（二）教材分析与教学建议

本节课是本章的第一节，是本章知识学习的预备阶段，为后面学生建立电磁联系、了解电磁现象等提供铺垫。整节课主要让学生了解生活中的一些磁现象，建立起磁场的概念，为学习“电生磁”“磁场对通电导线的作用”“磁生电”打下基础。通过本节课，学生

能够感悟到像磁场这种看不见、摸不着的物质，可以通过它对其他物体的作用来认识，用实验来感知，用磁感线来描述。本节内容由“磁现象”“磁场”和“地磁场”三部分构成。

教学的重点是“知道磁体周围存在磁场，会用磁感线描述磁体周围的磁场状况”。突出教学重点的关键是教师要做好教材上的几个实验，让学生感悟磁场存在的真实性，并且可以用磁感线描述磁体周围的磁场。在做“磁极间的相互作用”实验时，通过观察不接触磁体有力的作用的现象，并设置好问题，启发、引导学生体验磁体周围确实存在磁场。做“研究磁场的方向”实验时，使学生认识可以用磁感线描述磁体周围的磁场，并归纳得出“磁体周围的磁感线总是从磁体的N极出发，回到磁体的S极”，再通过实验得出常见磁体周围磁感线的形状，让学生分析磁感线的方向，实现教学目的。

本节教学的难点是“认识磁场的存在，用磁感线来描述磁场”。在做“研究磁场的方向”实验时，可引导学生观察撒在条形磁体、蹄形磁体周围的铁屑分布情况，画出小铁屑的分布形状；再在磁体的周围放上小磁针，观察小磁针静止时N极的指向（磁场方向），从而启发学生得出可以用带箭头的曲线来描述磁场，这些带箭头的曲线就叫磁感线。

本节课应充分体现“做中学”的教学理念。

1. 磁现象

本节开始，教科书介绍了我国古代利用罗盘导航和司南确定方向的事例。这样做，既展示了我们的祖先在磁的发现与利用上对人类的巨大贡献，又自然地引入新课。然后通过实验介绍了磁性、磁体、磁极、南北极和磁极间相互作用的规律以及磁化等现象，并介绍了磁化的一些应用及危害。

由于学生在小学科学中已经接触到了许多的磁现象，本节课可以在回顾的基础上，提出下列问题，供学生思考、总结。

（1）磁体能够吸引哪些物体？

（2）磁体各部分的磁性强弱相同吗？你是如何判断磁性强弱的？

（3）将一个条形磁体用线吊起来，静止后两端指向有什么特点？

（4）磁体有几个磁极？磁极间的相互作用有什么规律？

2. 磁场

磁场看不见、摸不着，学生认识磁场是比较困难的，建议教学中通过分析教科书中图20.1-4所示的实验（两磁体不接触也可以产生力的作用）引导学生认识在磁体周围确实存在着一种看不见、摸不着的东西（磁场），并启发学生形成以下观念：在物理学中，许多看不见、摸不着的物质，可以通过它的一些性质来认识。

让学生观察、分析教科书中图20.1-5所示的实验，发现磁场中某点小磁针的指向是一定的，不同地方的小磁针指示着不同的方向。从而让学生感知磁场具有方向性，并且说明物理学中的规定：把小磁针放在磁场中的某一点，小磁针静止时北极所指的方向定为这点磁场的方向。接着提出问题：如何形象地描述磁场？演示教科书中图20.1-6所示的实验，引导学生观察条形磁体的磁场分布，指出用一些带箭头的曲线画出来，可以方便、形

象地描述磁场，这样的曲线叫作磁感线。进一步分析得出：磁感线都是从磁体的N极出发，回到S极的。

教学片段1　感知磁场的存在、认识磁场具有方向性

⊙ 实验演示　将一条形磁体靠近静止的小磁针，让学生观察小磁针的变化情况。可以看到小磁针发生了偏转。

⊙ 得出结论　小磁针受到了力。

⊙ 类比分析　用手拨小磁针使其转动，是因为手对小磁针有力的作用；用嘴吹小磁针使其转动，是因为空气对小磁针有力的作用；用磁体去靠近小磁针使小磁针转动，说明靠近的磁体对小磁针有力的作用。

⊙ 得出结论　磁体与小磁针没有接触，但存在力的作用，这说明磁体与磁针间存在着某种物质，磁体和磁针之间力的作用，就是通过这种看不见、摸不着的物质进行的，这种物质叫作磁场。虽然磁场看不见、摸不着，但我们可以利用实验去感知它，包括感知它的某些特性。

⊙ 实验演示　重复拨动静止在磁体旁边的小磁针，松手，让学生观察有什么现象发生。会发现该处小磁针静止后仍保持原来的指向，换一个小磁针重复实验。

⊙ 归纳分析　某处小磁针N极总是指向一个方向，说明小磁针受力方向不变。

⊙ 得出结论　磁场具有方向性。

物理学规定：把小磁针放在磁场中的某一点，小磁针静止时北极所指的方向定为那点磁场的方向。

本片段的特点是带动学生分析实验中观察到的现象，采用类比、推理等形式得出结论。这样做有利于学生建立磁场的概念。

教学片段2　磁感线

⊙ 演示实验1　把玻璃板放在条形磁体上，在玻璃板上均匀撒上铁屑，然后轻敲玻璃板。

观察发现铁屑有规则地排成一条条曲线。

⊙ 演示实验2　将一些小磁针放在铁屑排列成的一条曲线上。

观察发现小磁针的N极指向一致沿着曲线方向。

⊙ 提出问题1　小磁针静止时北极所指的方向就是该点磁场的方向。看一看，有没有办法来形象、直观地描述磁体周围各点磁场的方向？

⊙ 学生回答　可以在铁屑排列的曲线上标上箭头来表示磁场方向。

⊙ 教师总结　在磁场中画一些带箭头的曲线，箭头的方向都跟该点的磁场方向一致，这样的曲线就叫磁感线。这样我们就可以画出条形磁体的磁感线。

⊙ 提出问题 2　请仔细观察，磁体周围的磁感线有怎样的规律？

⊙ 得出结论　磁体周围的磁感线的方向都是从磁体北极出来，回到磁体南极。

⊙ 提出问题 3　如何画出蹄形磁体周围的磁感线？

⊙ 想想做做　模仿条形磁体磁感线的方法来实验，画出蹄形磁体的磁感线。

其他如同名磁极间的磁感线和异名磁极间的磁感线可以采用相同的方式画出。

本片段充分发挥实验的作用，递进式地开展教学，既能够顺利开展教学，又可以起到训练学生思维的作用。如果学校实验室条件好或者教师自制教具的能力强，可以演示磁体周围的磁场在三维空间分布的情况。

3. 地磁场

地磁场确实存在于我们的身边，但人们却无法直接体会。教学中可先做实验：将几个小磁针放在桌面上使其静止，让学生观察它们的 N、S 极分别指向什么方向。然后分析实验现象来感知地磁场的存在。通过展示地球磁场的磁感线图，说明地磁场的形状跟条形磁体的磁场很相似，让学生应用学过的知识，分析得出：地理的 N、S 极相当于地磁的 S、N 极。然后说明地理的两极和地磁场的两极并不重合，磁针所指的南北方向与地理的南北方向有偏离（磁偏角）。同时介绍世界上最早记述这一现象的人是我国宋代学者沈括，比西方早了 400 多年。在传授知识的同时，对学生进行爱国教育。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. 将钢棒 A 的一端接触另一根钢棒 B 的中部，若吸力很大，则钢棒 A 有磁性，B 无磁性；若吸力很弱，则钢棒 B 有磁性，A 无磁性。

2. 答案参见图 20.1-1。

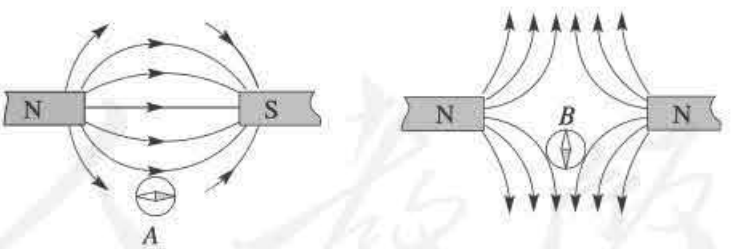


图 20.1-1

3. N 极

提示：本题判断的依据是小磁针静止时，指北的磁极就是小磁针的 N 极。因为器材比较好找，让学生按照教科书的要求自己动手实践一下，可以增加他们的动手能力。

4. 将小磁针放在桌面上，小磁针的 N 极指向地理的北极。因为地球本身就是一个大磁体，地球的地磁北极位于地理的南极附近，异名磁极互相吸引。

（四）补充练习

1. 对农民来讲，农作物的种子中混有一些杂草的种子是很头疼的事情。这两种种子的外表面是不同的，农作物的种子比较光滑，不易吸附小颗粒物，而杂草的种子表面有许多绒毛，能够吸附靠近它的小颗粒物。现在，给你一些铁屑和一块磁铁，请你替农民把杂草种子从农作物种子中分离出来，说出你的办法。

答案：将铁屑撒入混杂的种子里，充分搅拌，使其均匀地吸附在杂草种子的绒毛上，再用磁铁把铁屑和杂草种子一起吸出来。

2. 如图 20.1-2 所示，在条形磁体 N 极上吸引着两个铁钉，两个铁钉帽会相互排斥而分开，这是为什么？



图 20.1-2

答案：钉尖与磁体 N 极接触，被磁化成 S 极，钉帽被磁化成 N 极。同名磁极相互排斥，故张开。

3. 在图 20.1-3 中，小磁针处于静止状态，则关于 a、b 两磁极及磁感线方向的判断正确的是（　　）

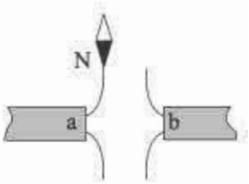


图 20.1-3

A. a 是 N 极，b 是 S 极，磁感线从 a 出发

B. a 是 S 极，b 是 N 极，磁感线从 a 出发

C. a 是 S 极，b 是 S 极，磁感线进入 a、b

D. a 是 N 极，b 是 N 极，磁感线从 a、b 出发

答案：C

4. 地球本身是一个巨大的磁体，地磁的南极在地理_____极附近，即指南针所指的南北方向与地理的南北方向_____（填“有”或“没有”）偏离，我国宋代学者_____是世界上最早准确记述这一现象的人。

答案：北；有；沈括

第 2 节　电生磁

（一）教学目标

1. 通过实验了解电流周围存在磁场。

2. 探究通电螺线管外部的磁场方向，了解通电螺线管外部的磁场与条形磁体的磁场相似。

3. 会判断通电螺线管的电流方向和两端的极性。

（二）教材分析与教学建议

本节在学习了磁体、磁场的前提下，通过奥斯特实验，使学生认识电流（通电导线）

周围存在磁场，即电流的磁效应，从而揭示了电与磁之间的联系。本节内容由“电流的磁效应”“通电螺线管的磁场”和“安培定则”三部分构成。

电流的磁效应是本节学习的重要知识之一，也是后面学习其他电磁现象的基础。教学中应认真做好奥斯特实验，引导学生认真观察把小磁针放在直导线附近，导线通电和断电时小磁针发生的变化。分析现象产生的原因，让学生认识到使小磁针发生偏转的只可能是电流产生的磁场，从而确信通电导线周围存在磁场，即电流的磁效应。帮助学生加深对知识的理解，初步认识电与磁之间存在着相互关系。

通电螺线管的磁场也是本节的重点知识之一，教学中应让学生通过实验去探究、总结，先用自己的语言描述出通电螺线管外部的磁场分布情况、通电螺线管两端的极性与电流方向之间的关系，以培养学生的空间想象能力和语言表达能力。然后通过师生交流，得出安培定则。

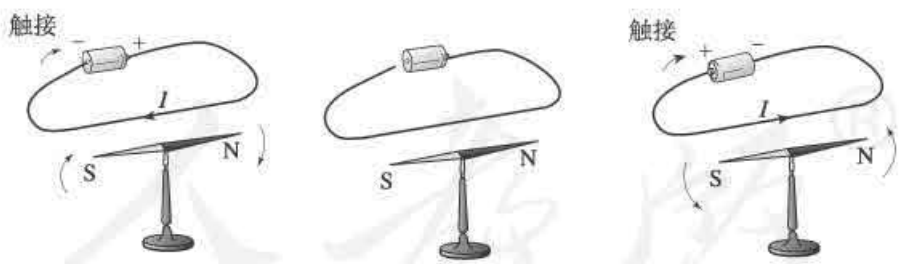
本节的难点是会运用安培定则，判断通电螺线管两端的极性或通电螺线管的电流方向。教师可举例说明安培定则的使用方法，以此化解知识难点。

1. 电流的磁效应

教科书把奥斯特实验放在本节课的最前面，这样设计有利于通过实验来分析总结电流的磁效应现象。在教学中，应首先做好演示实验，让学生认真观察实验现象，分析现象产生的原因，从而得到通电导线周围存在磁场，电流的磁场方向与电流的方向有关的结论，然后再介绍奥斯特对人类的巨大贡献。这样做，更能增强学生的好奇心，提高他们探究事物本质的欲望，激发其自主思考的热情。

教学片段　电流的磁效应

⊙ 演示实验　做“电流的磁效应”实验，如图 20.2-1 所示，让学生仔细观察下列现象：



甲　通电　　乙　断电　　丙　改变电流方向

图 20.2-1

(1) 把小磁针放在导线的下方，分别给导线通电、断电，观察小磁针 N 极的指向有什么变化。

(2) 改变电流方向时，小磁针 N 极的指向与前两次又有什么变化?

⊙ 分析归纳　引导学生分析：通电时，小磁针发生偏转；断电时，小磁针又回

到原来位置；改变电流方向时，小磁针偏转方向也发生改变。

⊙ 得出结论　(1) 通电导线周围存在磁场，这种现象叫作电流的磁效应；(2) 电流的磁场方向与电流的方向有关。

介绍奥斯特的发现，说明自然界中的现象不是孤立的，而是互相联系的，对学生进行“偶然性寓于必然性之中”和“机会只垂青那些有准备的人”的教育。

本教学片段充分运用实验探究的方法，引导学生分析现象、概括结论，对于培养学生的科学探究思想和方法都有着不可忽视的作用。同时也对学生进行了情感、态度与价值观方面的教育，对后面的学习起到了启发与引导作用。

2. 通电螺线管的磁场

螺线管也叫线圈，在生产和生活中有着广泛的应用，探究通电螺线管外部的磁场是本节的重点。通过探究，使学生认识通电螺线管外部的磁场与条形磁体的磁场相似，认识通电螺线管两端的极性与螺线管中的电流方向有关，并引导学生力求用自己的语言形象描述它们之间的关系。

教学片段　通电螺线管的磁场

⊙ 提出问题　通电导线周围存在磁场，通电螺线管的周围也应该存在磁场，那么通电螺线管的磁场是什么样的？用什么方法可以显示出磁场的分布？

⊙ 实验演示　通电螺线管的磁场实验，如图20.2-2所示。

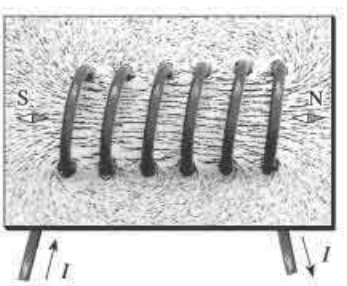


图 20.2-2

引导学生观察并描述铁屑的排列情况和小磁针 N 极指向，改变电流方向，再观察一次。

本片段旨在通过实验让学生认识通电螺线管的磁场，通过观察使学生联想到条形磁体，为后面进一步探究打下基础。

教学片段　探究通电螺线管外部的磁场分布

⊙ 提出问题　铁屑的这种分布情况，与哪种磁体周围铁屑分布情况相似？

⊙ 猜想　由于有前面实验的铺垫，学生很自然地想到条形磁铁。

⊙ 实验检验　进行教科书图 20.2-5 的实验。

⊙ 分析归纳　和教科书图 20.1-7 相比较。

⊙ 得出结论　通电螺线管外部的磁场与条形磁体的磁场相似。

⊙ 提出新问题　通电螺线管外部的磁场与条形磁体的磁场相似，它的两端就相当于条形磁体的两个磁极。那么通电螺线管两端的极性与电流方向有什么关系呢？

⊙ 进行实验　将教科书图 20.2-5 所示的实验中的电流方向标示在螺线管上，改变教科书图 20.2-5 所示的实验中的电流方向，再做一次实验，把电流方向标示在螺线管上，把小磁针 N 极也记录在图上。



⊙ 分析归纳　当通电螺线管的电流方向改变时，小磁针 N 极指向也发生改变。

⊙ 得出结论　说明通电螺线管的极性与电流方向有关系。然后，引导学生比照教科书“想想议议”中蚂蚁与猴子的说法（图 20.2-3），用自己的办法把这种关系表述出来。



图 20.2-3

本教学片段层层递进，采用问题解决的方式进行。首先提出问题，用实验探究解决问题，然后又提出新问题，又用实验探究加以解决，最后得出结论。这样做，既有利于学生明确探究任务、目的，又有利于调动学生的思维。

3. 安培定则

安培定则能简便、清晰地描述通电螺线管两端的极性与螺线管中电流方向的关系。学习安培定则，不光是为了掌握一种判断通电螺线管两端极性的方法，更重要的是给学生以启发：在物理学中可通过人为规定，巧妙地把物理规律中各物理量之间的方向关系表达出来。

教学片段　安培定则

⊙ 提出问题　能否用简洁的语言来表述通电螺线管两端极性与螺线管中电流方向的关系？

⊙ 分析说明　在学生充分讨论、得出各自的结论后，教师介绍判断通电螺线管两端极性与螺线管中电流方向的关系的定则——安培定则：用右手握螺线管，让四指指向螺线管中电流的方向，则大拇指所指的那端就是螺线管的 N 极，如图 20.2-4 所示。

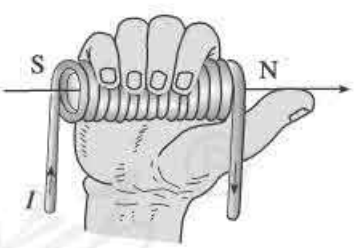


图 20.2-4

教师增加一个“根据通电螺线管中的电流方向来判定其两端的极性和周围小磁针的 N、S 极”的范例，教给学生解决这类问题的思路。

本片段是在前面学生实验探究和充分讨论的前提下进行的，这样做既容易被学生接受，又有利于培养学生的归纳总结能力、语言表述能力，对学生运用规律解决问题具有很大的好处。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. 左图中通电螺线管的极性是左 S 右 N；右图中通电螺线管的极性是上 N 下 S。

2. 答案如图 20.2-5 所示。

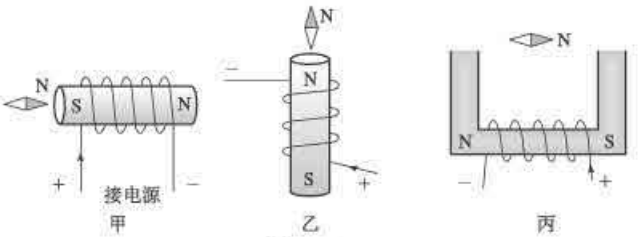


图 20.2-5

3. 小磁针逆时针旋转 90°。

提示：运用安培定则可判断通电螺线管左 S 右 N，再根据“同名磁极相互排斥，异名磁极相互吸引”来判断。

4. 把通电螺线管悬挂起来，它就像指南针一样，指向南北方向。

提示：通电螺线管外部磁场跟条形磁体的磁场相似，它的两端相当于条形磁体的两极。

5. 提示：这是一个开放性的题目，目的是引导学生在学习过程中勤于观察自然，从而感悟到物理和自然是相通的、密不可分的，领略大自然的和谐与美妙，同时得到学习方法的训练。可能受季节或地域限制，不容易看到自然中的此类现象，可以从网上收集图片来加以分析、总结。

（四）补充练习

1. 通电螺线管中电流的方向如图 20.2-6 所示，在图中标出它的 N、S 极。

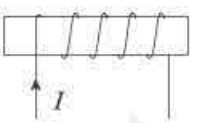


图 20.2-6

答案：如图 20.2-7 所示。

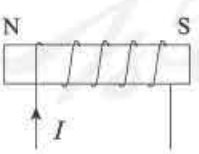


图 20.2-7

2. 如图 20.2-8 所示，螺线管旁放置了两个小磁针。请你在图中标出开关 S 闭合后小磁针的 N、S 极。

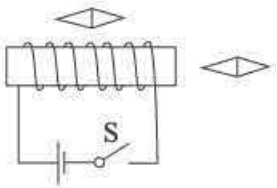


图 20.2-8

答案：如图 20.2-9 所示。

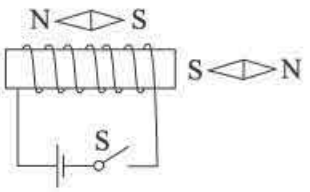


图 20.2-9

3. 如图 20.2-10 所示，螺线管通电后与磁体的 N 极相吸引，可以判断出通电螺线管左端为_____极，电源 A 端为_____极。

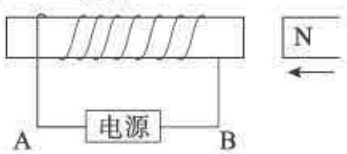


图 20.2-10

答案：N；正

4. 如图 20.2-11 所示，在观察奥斯特实验时，小明注意到置于通电直导线下方的小磁针的 N 极向纸内偏转。小明由此推测：若一束电子沿着如图 20.2-11 乙所示的水平方向飞过磁针上方时，小磁针也将发生偏转。请你说出小明推测的依据是：_____。你认为磁针的 N 极会向_____（填“纸内”或“纸外”）偏转。

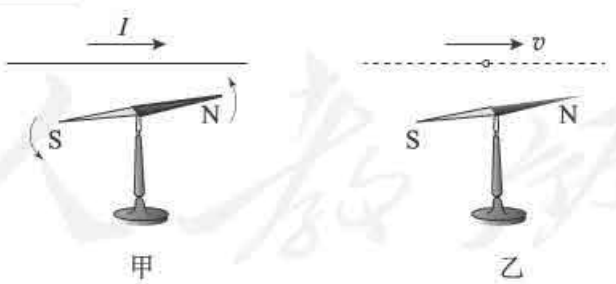


图 20.2-11

答案：电荷定向移动形成电流，电流周围存在磁场；纸外

5. 图 20.2-12 中，电路连接正确，通电后小磁针指向如图 20.2-12 所示。请在图中标出螺线管的磁极，并画出螺线管的绕法。

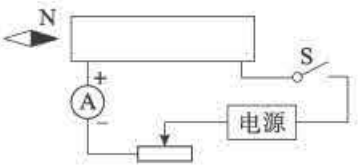


图 20.2-12

答案：如图 20.2-13 所示。

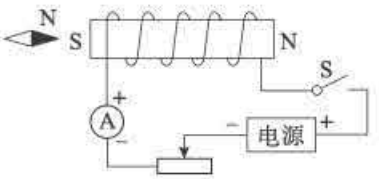


图 20.2-13

第 3 节　电磁铁　电磁继电器

（一）教学目标

1. 能描述电磁铁，说明电磁铁的特点和工作原理。
2. 能通过实验，得出电磁铁磁性强弱与哪些因素有关。
3. 能说明电磁继电器的结构及工作原理，了解电磁继电器在生产、生活中的应用。

（二）教材分析与教学建议

本节是前面电磁知识的延续。电磁铁在生产、生活中的应用非常广泛，最直接的应用是电磁起重机。电磁铁还是电磁继电器、电铃和自动控制电路中的重要部件。本节内容由“电磁铁”“电磁铁的磁性”和“电磁继电器”三部分组成。

本节教学的重点是“电磁铁的磁性”。突出教学重点的关键是做好“电磁铁磁性强弱与哪些因素有关”的实验，引导学生参与实验、分析现象，体验科学探究的方法。

本节教学的难点是电磁继电器的工作原理及其应用。教学时可在介绍电磁继电器的结构后结合实际应用剖析电磁继电器的工作原理，以突破教学难点。

1. 电磁铁

教学时可以从磁体吸引铁钉、曲别针等物体入手，研究螺线管通电时的磁性强弱，发现吸力很弱，提出如何解决的问题。讨论给它插入铁芯试试，发现它的磁性大大增强，说明插入铁芯可以增强螺线管的磁性，介绍这种内部插有铁芯的螺线管叫电磁铁。然后总结电磁铁的工作原理：有电流通过时有磁性，没有电流时就失去磁性。

也可以通过在一根无磁性的铁钉上缠绕线圈通电后变得有磁性，且磁性很强来引入电磁铁。

教学片段　电磁铁的构造与工作原理

⊙ 实验演示　利用磁体吸引大铁钉。

⊙ 提出问题　磁体能够吸引铁钉，那么，还有没有别的物体也能够吸引铁钉呢？

⊙ 实验演示　再取一根铁钉，让它接触其他的铁钉，发现不能吸引。将导线缠在上面制成线圈，通电后发现它就能够吸引其他铁钉了。

说明：把一根导线绕成螺线管，再在螺线管内插入铁芯，当有电流通过时，它也会像永久磁体那样工作，这种磁体叫作电磁铁。

⊙ 总结特点　电磁铁有电流通过时有磁性，没有电流时就失去磁性。

利用课件介绍电冰箱、吸尘器中的电磁铁，电磁起重机的主要部件也是电磁铁。

本教学片段注重培养学生的思考能力，关注学生运用已有知识分析问题能力的培养，积极调动学生思维，使教学活泼、知识活化。

2. 电磁铁的磁性

提出问题：怎样可以使电磁铁的磁性更强？引导学生猜想影响电磁铁磁性强弱的因素有哪些，然后设计实验、进行实验、归纳分析、得出结论。特别应注意在设计实验前，首先要弄清如何判断电磁铁的磁性强弱。

利用多媒体介绍电磁铁在生产和生活中的应用。

教学片段　电磁铁的磁性强弱与哪些因素有关

⊙ 提出问题　电磁铁的磁性强弱和哪些因素有关？

⊙ 猜想　可能与电流大小有关，可能与线圈的形状和匝数有关。

说明：努力让学生大胆地猜想，猜想的对错不是最重要的，重要的是参与。当然，科学猜想是建立在感知和分析的基础上的。

⊙ 实验检验　做教科书中的演示实验。

说明：如果有条件的话，演示实验可以改成学生分组实验。

⊙ 得出结论　匝数相同时，通入的电流越大，电磁铁的磁性越强；电流一定时，外形相同的螺线管，匝数越多，电磁铁的磁性越强。

利用多媒体介绍电磁铁在生产和生活中的应用：电磁起重机、电动机、发电机、电铃和电磁继电器里都用到了电磁铁。全自动洗衣机的进水、排水阀门、卫生间里感应式冲水器的阀门，都是用电磁铁控制的。高速磁浮列车上也利用了通有强大电流的电磁铁。

该教学片段旨在让学生经历实验探究的过程。其中侧重“猜想”“分析归纳”等要素的训练，同时注意了对学生科学研究方法运用的训练。

3. 电磁继电器

教科书通过生产中用弱电流控制强电流的实例引入继电器，目的是让学生了解继电器在

生产和生活中有着广泛应用，激发学习兴趣。然后介绍电磁继电器的结构和工作原理。

教学片段　电磁继电器的工作原理

⊙ 教学引入　巨型机器工作。

说明：许多大型机器工作电流很大，它们都是由继电器控制的。继电器是利用低电压、弱电流电路的通断来间接地控制高电压、强电流电路通断的装置。

介绍电磁继电器就是一种利用电磁铁来控制工作电路的开关。

⊙ 实验演示　展示电磁继电器教具。连接电磁继电器的控制电路和工作电路。

利用课件或挂图介绍电磁继电器的结构。介绍电磁继电器由电磁铁、衔铁、弹簧、触点组成。其工作电路由低压控制电路和高压工作电路两部分组成。

结合教科书图 20.3-5 重点介绍电磁继电器的工作原理。

本教学片段注重从生产、生活中发现问题、提出问题、解决问题，培养学生的问题意识和分析、解决问题的能力。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. 水位没有到达金属块 A 时，控制电路不工作，继电器线圈没有电流通过，此时继电器工作电路的上面两个触点接触，工作电路中绿灯与电源构成回路，绿灯亮；当水位到达金属块 A 时，继电器线圈有电流通过，电磁铁吸引衔铁，使工作电路的下面两个触点接触，红灯与电源构成回路，红灯亮。

2. 温度升高时，水银面上升。当水银面上升到与金属丝接触时，电磁铁线圈中就有电流通过，产生磁性吸引触点开关使之闭合。这时工作电路形成回路，电铃就响起来了。

3. 如图 20.3-1 所示。

4. 闭合 S_1、S_2，并使滑片 P 向左滑动时，左边的控制电路工作，且电阻减小，电流增大，电磁铁磁性增强，使右边工作电路中的巨磁电阻的阻值减小。所以工作电路中的电流增大，指示灯变亮。

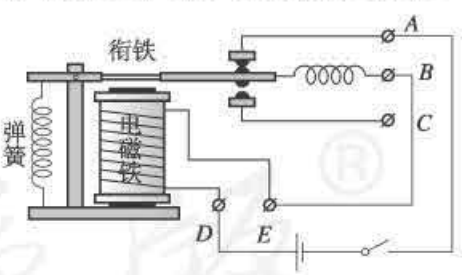


图 20.3-1

（四）补充练习

1. 为了探究“影响电磁铁磁性强弱的因素”，小敏同学利用电压一定的电池、滑动变阻器、一堆大头针、铁钉以及长导线作为器材，进行了如图 20.3-2 所示的简易实验。

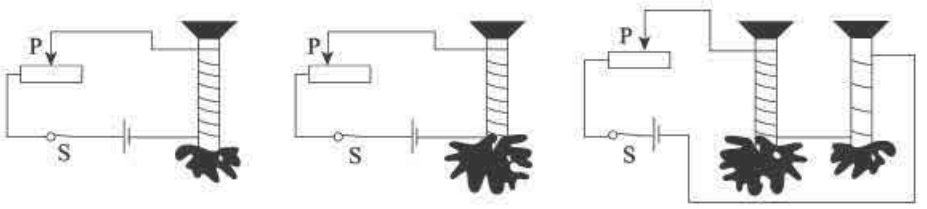


图 20.3-2

(1) 他将导线绕在铁钉上制成简易电磁铁，并通过_____来显示电磁铁磁性的强弱。

(2) 他连接好电路，闭合开关，将变阻器的滑片 P 移到不同的位置时，观察到了图甲、乙两种情形。比较两图可知，图_____中的电流较大，从而得出结论：在_____相同时，通过电磁铁的电流_____，其磁性越强。

(3) 如图丙，将两个电磁铁串联在电路中，通过此图的情形可知：在_____相同时，_____的电磁铁磁性越强。

答案：(1) 吸引大头针的数量　(2) 乙；绕线匝数；越大　(3) 电流；绕线匝数越多

2. 某同学在研究性学习活动中，通过查阅资料，查到了一种由半导体材料做成的热敏电阻 R 的阻值随温度变化的曲线（图 20.3-3），并设计了如图 20.3-4 所示的温度自动控制装置。已知电磁继电器的线圈电阻 R_0 为 50 Ω，左侧控制电路电源电压为 6 V，当继电器线圈中的电流大于或等于 20 mA 时，继电器的衔铁被吸下，右侧发热电路就断开。求此温度自动控制装置能将温度控制在多少摄氏度以下。

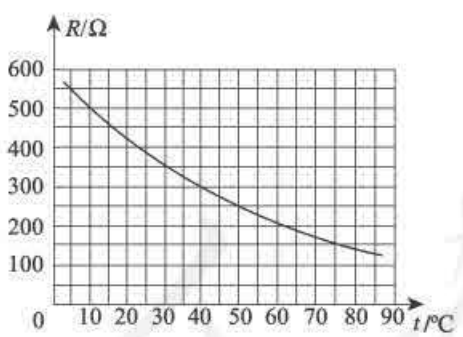


图 20.3-3

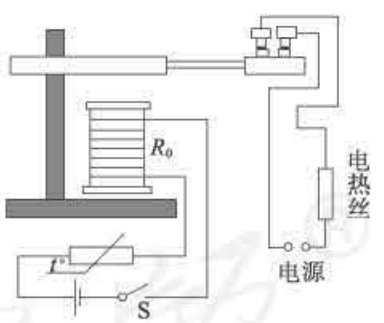


图 20.3-4

提示：根据题意，$U=6\ \text{V}$，$R_0=50\ \Omega$，$I=20\ \text{mA}=0.02\ \text{A}$，则 $R_{总}=\dfrac{U}{I}=\dfrac{6\ \text{V}}{0.02\ \text{A}}=300\ \Omega$。

因为温控电阻 R 与 R_0 串联，所以 $R=R_{总}-R_0=300\ \Omega-50\ \Omega=250\ \Omega$。

查曲线图可知，当 $R=250\ \Omega$ 时，$t=50\ ℃$，故此温控装置可将温度控制在 50 ℃ 以下。

3. 图 20.3-5 是拍摄机动车闯红灯的工作原理示意图。光控开关接收到红灯发出的光会自动闭合，压力开关受到机动车的压力会闭合，摄像系统在电路接通时可自动拍摄违章车辆。下列有关说法中正确的是（　　）

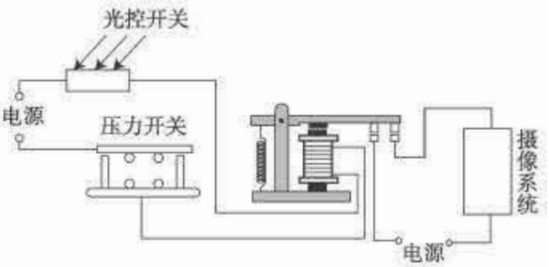


图 20.3-5

A. 只要光控开关接收到红光，摄像系统就会自动拍摄

B. 机动车只要驶过埋有压力开关的路口，摄像系统就会自动拍摄

C. 只有光控开关和压力开关都闭合时，摄像系统才会自动拍摄

D. 若将光控开关和压力开关并联，也能起到相同的作用

答案：C

4. 某同学为计算机房设计的一种防盗报警器如图 20.3-6 所示，踏板放在机房的门口，电铃和电灯放在值班室内。仔细观察电路，说明这种报警器的工作原理。

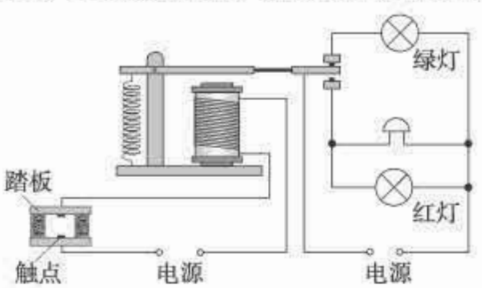


图 20.3-6

提示：这种防盗报警器的踏板相当于一个低压开关。当人踩在踏板上时，两触点接触，低压电路接通，电磁铁上有电流通过，电磁铁具有磁性，吸引衔铁使动触点与下面的静触点接触，使红灯亮、电铃响，进行报警；当无人踩踏板时，两触点分开，电磁铁上没有电流通过，电磁铁没有磁性，衔铁在弹簧的作用下被拉起，动触点与上面的静触点接触，绿灯亮。

第 4 节　电动机

（一）教学目标

1. 通过实验，了解通电导线在磁场中会受到力的作用，知道力的方向与电流方向和磁场方向有关。

2. 了解直流电动机的构造和工作原理及其能量转化。

（二）教材分析与教学建议

电动机是一种常见的电气设备，它将电能转化为机械能。在生产、生活中应用非常广泛。本节内容由“磁场对通电导线的作用”和“电动机的基本构造”两部分构成。教学的重点是磁场对通电导线的作用。突出教学重点的关键环节是做好“通电导线在磁场中受到力”的实验，引导学生认真观察实验，分析实验现象，得出“通电导线在磁场中受到力的作用，力的方向跟电流的方向、磁感线的方向都有关系”的结论。教学难点是直流电动机的构造和工作原理。突破难点的关键是做好“让线圈转起来”的实验，然后通过演示“线圈不能连续转动”的实验，分析原因，进而寻找解决办法。换向器的引入使线圈连续转动成为可能，这样直流电动机的构造及工作原理也就全部展现出来了。在设计上述教学过程时，应以充分调动学生的思维为核心，以培养他们分析问题、解决问题的能力为目的，让学生主动获取知识，并使他们从中体验获取知识、探究新事物的方法。

1. 磁场对通电导线的作用

首先介绍生产和生活中需要电动机的实例，提出问题“给电动机通电，它为什么能够转动?”来引入新课。然后通过两个演示实验来说明磁场对通电导线具有力的作用。虽然教科书上“通电导线在磁场中受到力”的实验是演示实验，但教学中也可以采用探究教学的方式进行。通过猜想、设计实验方案、进行实验，分析得出：通电导线在磁场中要受到力的作用，且力的方向跟电流的方向、磁感线的方向都有关系，当电流的方向相反或者磁感线的方向相反时，通电导线受力的方向也相反。进而提出问题：把通电线圈放到磁场中，它会怎样运动？通过演示“让线圈转起来”的实验，说明通电线圈在磁场中可以转动。然后按照教科书进行“想想做做”的活动，让学生动手使线圈转起来，并改变电流的方向或改变磁铁极性，观察线圈的转动方向是否改变。

教学片段　通电线圈在磁场中能转起来吗?

⊙ 实验演示　如图 20.4-1 所示，利用此装置进行演示，发现通电线框在磁场中转过一个角度，但不能连续向一个方向转动。

⊙ 提出问题　怎样才能使线圈持续转动起来?

⊙ 进一步实验　跟学生一起体验“想想做做”，让学生亲自动手制作如图 20.4-2 所示的装置，让他们发现自己眼前展现的竟然是一台小小的电动机。

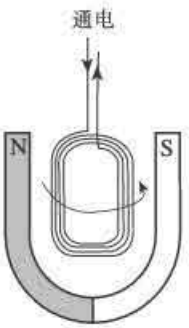


图 20.4-1

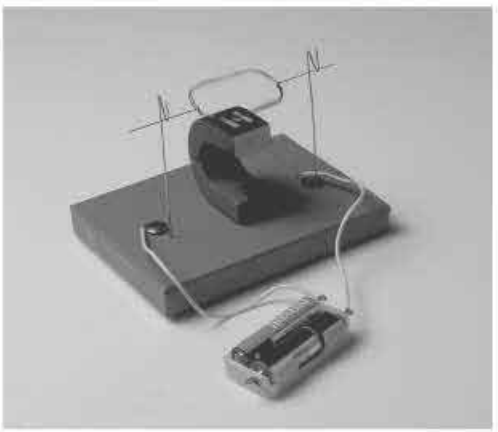


图 20.4-2

该片段重视关注学生的思维发展和培养学生的动手能力，体现“做中学”的教学理念，真正让学生手、脑都动起来。

2. 电动机的基本构造

这部分内容的难点是电动机的工作原理和换向器的作用。

教学设计可采用问题解决的方法，从小小电动机转动入手，采用多次提出问题、解决问题的形式，直到最后设计利用换向器来实现线圈的连续转动。

教学片段　直流电动机的结构和工作原理

⊙ 提出问题　假如把“想想做做”中的线圈两端的漆皮全部都刮去的话，又会怎样呢？

⊙ 实验演示　接通电源，小线圈在磁场中发生转动，但转动不能持续下去。

⊙ 解释现象　利用挂图或多媒体课件，引导学生分析线圈达到平衡位置和由于惯性转过平衡位置时的受力情况，解释线圈不能持续转动的原因。

⊙ 解决问题　如何让线圈转过平衡位置后，受力方向发生改变而持续转动呢？

学生可以答出：及时改变电流方向或改变磁场方向。

⊙ 提出新问题　如何能够及时改变电流方向？

⊙ 解决新问题　分析“小小电动机”线圈为什么能够连续转动的原因。但要说明线圈只有半圈通电，只有半圈获得动力的缺点，适时地拿出直流电动机模型，介绍换向器是如何做到使线圈转过平衡位置时改变电流方向的。

最后，教师简单地说明：实际的电动机都有多个线圈，每个线圈都接在一对换向片上，可以保证线圈都能够朝一个方向转动。

本教学片段主要采用问题解决的探究方式使学生得到所学知识，同时提高了解决实际问题的能力，为今后独立思考、解决问题打好基础。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. 与电流的方向和磁感线的方向有关。

2. 电动机主要由定子和转子构成。电动机换向器由两个铜半环和两个电刷组成。换向器的作用：在线圈经过平衡位置时，改变线圈中的电流方向，从而保持线圈受力方向不变，使线圈可以连续地转动下去。

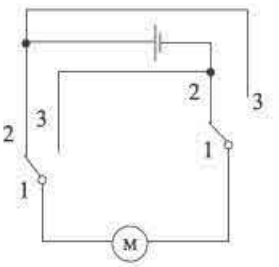


图 20.4-3

3. 正常工作的电流 $I=\dfrac{P}{U}=\dfrac{5\ 500\ \text{W}}{220\ \text{V}}=25\ \text{A}$

耗电 $W=Pt=5.5\ \text{kW}\times 2\ \text{h}=11\ \text{kW}\cdot\text{h}$

4. 电路图如图 20.4-3 所示

（四）补充练习

1. 如图 20.4-4 所示，根据图甲中通电导体的受力情况，画出图乙、丙、丁中通电导体受力的方向。

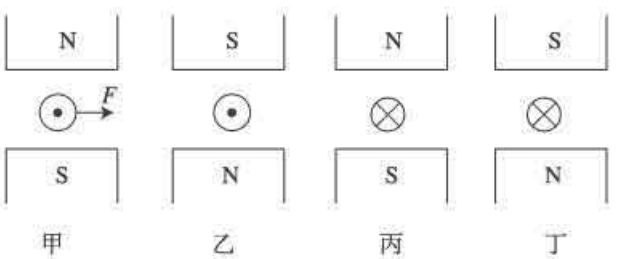


图 20.4-4

答案：如图 20.4-5 所示。

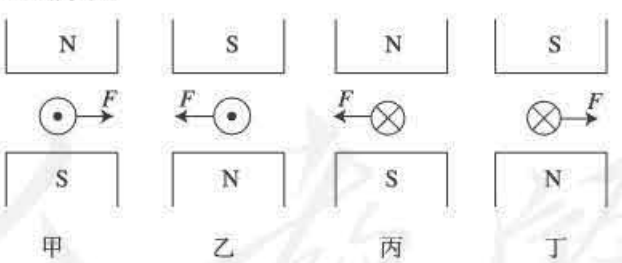


图 20.4-5

2. 通电导体在磁场中受力而运动时（　　）

A. 消耗了电能，转化成机械能

B. 消耗了机械能，转化成电能

C. 消耗了机械能，转化成内能

D. 消耗了化学能，转化成电能

答案：A

3. 直流电动机是根据_____的原理工作的，它通过_____来改变线圈中的电流方向，使其连续转动，不断地工作。电动机工作时把_____能转化为机械能。

答案：通电线圈在磁场中受到力的作用而转动；换向器；电

4. 下列说法中，错误的是（　　）

A. 将磁体靠近通电的灯泡，发现灯丝抖动，说明通电导体在磁场中受到力的作用

B. 磁浮列车是利用电流和磁场间的相互作用原理来设计的

C. 磁浮列车利用了通以强大电流的电磁铁来产生巨大的磁场力，使列车浮起来

D. 奥斯特实验表明磁场对通电导体有力的作用

答案：D

第5节　磁生电

（一）教学目标

1. 通过实验，探究并了解导体在磁场中运动时产生感应电流的条件。

2. 了解电磁感应在生产、生活中的应用。

3. 了解发电机的原理，知道发电机工作过程中的能量转化。

（二）教材分析与教学建议

本节是在电生磁的基础上，探究磁生电的问题。学生已经有了一些探究经验和问题解决的能力，但探究新问题还受到知识和能力的限制。如何将前面研究问题的方法迁移过来是教学中必须认真考虑的。

本节由“什么情况下磁能生电”和“发电机”两部分内容构成。教学的重点是通过探究实验来认识电磁感应现象，并发现磁生电的条件，因此做好“什么情况下磁能生电”的实验是突出此重点的关键。实验中应让学生充分讨论探究实验方案、认真观察实验现象，引导学生分析、概括得出规律。设计实验方案应从奥斯特发现电生磁入手，逆向思考提出问题——能否利用磁来生电，进而考虑：如何利用磁生电、如何显示电流等。难点是产生感应电流的条件。要突破难点，首先是要做好实验，然后引导学生将探究“通电导体在磁场中受力方向与哪些因素有关”的思维方法迁移过来，认真分析实验现象，归纳、总结产生感应电流的条件。本节课应充分发挥学生的能动性，力求最大化地挖掘学生的学习潜能，很好地体现学生学习的主体地位。

1. 什么情况下磁能生电

可以模仿研究通电导体在磁场中受力的探究方法来进行。从选择器材、设计实验方案、进行实验、评估改进实验等多环节启发学生，引导学生思考、参与，使学生从中获得知识和方法。

教学片段　通过实验研究什么情况下磁可以生电

⊙ 提出问题　奥斯特通过实验得到在通电导体周围存在着磁场，简单说就是“电生磁”，能不能通过磁来获得电，即“磁生电”呢？

⊙ 猜想　能。

⊙ 设计方案　启发学生从以下方面思考应选择什么器材。

(1) 如何获得磁场？

(2) 如何形成电流？

(3) 如何显示有无电流？

通过讨论，连接成教科书图 20.5-1 所示装置。

⊙ 进行实验

(1) 放置闭合电路的部分导体在磁场中，保持导体与磁场静止，观察电流表的反应，分析现象，改进方案；

(2) 更换强磁铁，增强磁场，仍保持导体与磁场静止，观察电流表的反应，分析现象，改进方案；

(3) 保持器材不变，让导体在磁场中沿着不同方向运动，观察电流表的反应，分析、猜想产生电流的原因；

(4) 改进方案，继续实验。

⊙ 分析归纳　引导学生分析实验现象，找出其中的规律。

⊙ 概括规律　闭合电路的一部分导体在磁场中做切割磁感线运动时，导体中就会产生电流。这种现象就叫作电磁感应。

说明：产生的电流叫作感应电流。

本教学片段力求让学生经历一次比较完整的探究过程，这也是对他们学习初中物理的能力的充分展示。教学中应力求充分发挥学生的能动性，让他们成为实验的主人，这样对提高他们的探究能力有很大帮助。

2. 发电机

利用电磁感应现象制成发电机，使人们大量使用电力成为可能，它开启了电气化时代，其意义和影响是非常巨大和深远的。教科书通过演示手摇发电机发电，说明发电机发出的电流的大小和方向是变化的，叫作交变电流，简称交流。之后介绍交变电流的频率、我国电网交流供电的频率及发电机发电过程中的能量转化等内容。

教学片段　发电机怎样发电

⊙ 演示　将手摇发电机与小灯泡连接起来，用不同转速摇动转轮进行实验。

⊙ 观察　灯泡亮度变化。发现转轮转得快时灯泡亮，转轮转得慢时灯泡暗。

⊙ 分析　电流大小与转速有关，转速越大，电流越大。

⊙ 演示　把两个二极管极性相反地并联起来与发电机连接，进行实验。

⊙ 观察　二极管发光情况。发现两个二极管交替发光。

⊙ 分析　电流方向在不断变化。

⊙ 说明　这种大小、方向不断发生变化的电流叫作交变电流，简称交流。介绍交变电流的频率概念，说明我国电网使用的交流的频率为 50 Hz。

⊙ 介绍　播放发电站、发电厂中发电机组的工作，介绍小型发电机一般采用磁极不动、线圈旋转的方式发电，大型发电机一般采用线圈不动、磁极旋转的方式发电。

⊙ 分析　讨论发电机发电过程中的能量转化。

本片段主要通过实验探究发电机发出大小、方向都发生变化的交变电流，提出频率的概念，并分析讨论发电机发电过程中的能量转化。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. 在后两幅图中，会产生电流。

提示：因为后两幅图中的导线在磁场中做切割磁感线的运动，所以会产生电流。

2. 发电机主要由定子和转子两部分组成，它的电能是由其他形式的能转化来的，这些电能又转化为其他形式的能被我们利用。

3. 手电筒灯泡的亮度基本不变。若手摇发电机线圈转动慢些，会发现灯泡的亮度随着线圈的转动忽亮忽暗地变化。

提示：手电筒中的电流是直流电，大小基本不变，所以手电筒灯泡的亮度基本不变。而手摇发电机线圈转动时发出的是交变电流，电流大小、方向发生周期性变化，如果线圈转动慢些，就会发现灯泡忽亮忽暗。

4. 当人说话发出的声波使金属膜片振动时，连接在膜片上的线圈随着一起在永久磁体的磁场里振动，切割磁感线，从而产生感应电流。感应电流的大小和方向都随着声音的变化而变化。这个信号电流经扩音机放大后传给扬声器，从扬声器中就发出放大的声音。

5. 我国供生产和生活用的交变电流的频率为 50 Hz，因在一个周期内电流方向改变两次，所以 1 s 内电流方向改变 100 次。

6. 汽车、拖拉机上有发电机，它们靠内燃机带动。内燃机把汽油、柴油等的化学能转化成机械能，发电机把机械能转化成电能。家庭小型风力发电机靠风的机械能带动发电机发电。有些自行车上有小型发电机，它利用车轮运动的机械能带动发电机发电。

（四）补充练习

1. 如图 20.5-1 所示，甲、乙、丙、丁是四幅实验装置图，下列说法中正确的是（　　）

A. 甲实验说明闭合电路的一部分导体在磁场中做切割磁感线运动时，导体中就产生电流

B. 乙实验说明利用磁场可以产生电流

C. 丙实验说明同名磁极相互吸引，异名磁极相互排斥

D. 丁实验说明机械能可以转化为电能

答案：A

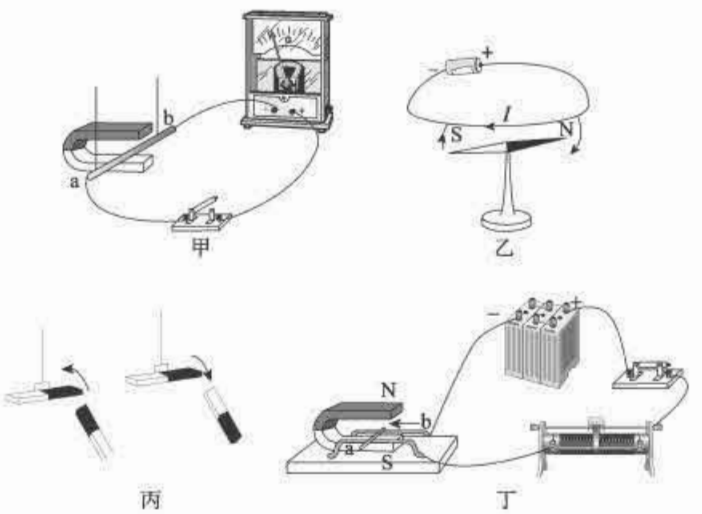


图 20.5-1

2. 图 20.5-2 是研究电磁感应现象的装置，把闭合电路中的一部分导体放在磁场中，图中的圆圈表示导体的横截面，箭头表示导体的运动方向，其中不能产生感应电流的是（　　）

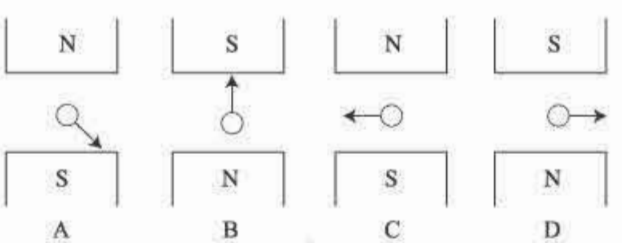


图 20.5-2

答案：B

3. 在研究感应电流时，要改变感应电流的方向，下列方法中正确的是（　　）

A. 改变导体切割磁感线的方向　　B. 改变导体切割磁感线的速度

C. 改变导体所在处磁场的强弱　　D. 改变导体的长度

答案：A

4. 下列装置中，利用电磁感应现象制成的是（　　）

A. 电磁继电器　　B. 电磁铁

C. 发电机　　D. 电动机

答案：C

四、教学资源

（一）实验天地

1. 制造磁铁的简易方法：充磁

取一段空心竹筒，长约 10 cm，内径约 1.5 cm，外径约 2.5 cm。用直径约为0.75 mm 的纱包线或单支塑料铜线，在竹筒外面密绕 210 匝左右（导线长约 22 m，可绕成三层），并将导线一端串接一条直径小于 0.4 mm 的（即 27 号）保险丝，就成了简单的充磁机（图 20-资-1）。利用废钢锯条或退了磁的旧磁铁，在这个充磁机上充磁，就可制成磁铁。

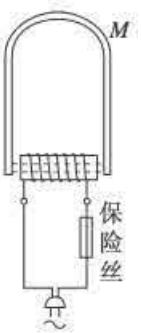


图 20-资-1

将一条没断过的钢锯条的中部放在炉里加热后弯成蹄形（图中实线 M 所示）。然后将整条蹄形锯条投入火炉中烧成通红，取出投入冷水中急速冷却，这样就制成了一条没有磁性的蹄形铁。充磁时，另取一段长约 10 cm 的钢锯条插入空心线圈中，然后把蹄形铁的两端和锯条的两端组成一个闭合磁路（图中虚线所示）。安装好后，将线圈接上 220 V 交变电流。由于导线的电阻很小（不到1 Ω），通过的电流可达 200 A，能使保险丝马上熔断。在保险丝熔断前最后一个脉冲电流给锯条定向充磁，所以断电后蹄形铁就成为蹄形磁铁，而筒中的锯条成为条形磁铁。充磁时要注意安全，防止触电事故。为了不影响其他用电器和防止由于电流太大而烧坏输电线，保险丝要按上述标准安装，千万不可不用保险丝而进行充磁。

2. 自制磁针的方法

（1）如图 20-资-2 所示，把一块永磁体放在汤匙上，并使永磁体的南极指向汤匙柄，这样就制成司南模型。若把它放在玻璃板上，汤匙的柄总是指向南方。

（2）将两根针（长 8～10 cm，最粗处的直径为 1～1.5 mm）磁化后插入按扣（子母扣）下扣的缝线孔处，如图 20-资-3 甲所示。支座用木块（或橡皮）与大头针（或缝衣针）做成，如图 20-资-3 乙所示。为便于观察，可在制好的磁针两端贴上不同颜色的小旗。

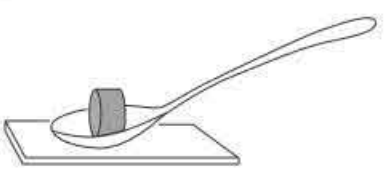


图 20-资-2

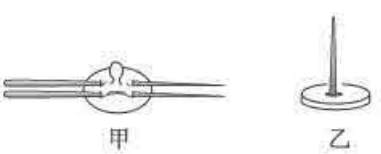


图 20-资-3

（3）如图 20-资-4 所示，将厚纸片（3 cm×8 cm）对折，插入两支已磁化了的大钢针，再把它支放在尖支座上。

（4）如图 20-资-5 所示，将已磁化了的大钢针悬在细线上，或者穿过泡沫塑料浮在水面上。



图 20-资-4



图 20-资-5

（二）物理史话

1. 磁的发展简史

我国是用文字记载磁现象最早的国家之一。公元前 4 世纪战国时期成书的《管子》中已有“上有慈石者下有铜金”的描述。这是有关磁石和磁性矿的最早记载。公元前 3 世纪的《吕氏春秋》中所写的“慈石召铁，或引之也”，描述了磁石吸铁现象。关于磁现象的应用，在我国古代后魏的《水经注》等书中，就提到秦始皇为了防备刺客行刺，曾用磁石建造阿房宫的北阙门，以阻止身带刀剑的刺客入内。医书上还谈到用磁石吸铁的作用，来治疗吞针。但在磁现象的早期应用方面，最光辉的成就是指南针的发明和应用，这也是我国对人类所作出的巨大贡献。

我国战国时期就发现了磁体的指南性。最早指南的磁石是勺状的，叫司南，它的灵敏度虽很低，但却给人以启示：有一种地磁存在，磁石可以指向。到北宋时期，制成新的指向仪器——指南鱼。在曾公亮的《武经总要》中详细记载了指南鱼的制造过程。这里有个重大突破，就是采用了磁化的方法，使鱼形铁磁化后，成一个指向仪器。此后，指南针的制造和安装方法在北宋沈括的《梦溪笔谈》中已有明确记载。不久，指南针与方位盘结合起来成了罗盘，为航海提供了方便而可靠的指向仪器。后来，我国指南针传入欧洲。到 16 世纪，欧洲出现了航海罗盘。指南针的发明，推动了航海事业的发展，也为研究地磁三要素创造了条件。

英国人吉尔伯特在磁的研究方面作出了突出贡献，他的著作《论磁》在 1600 年出版，是人们开始对磁现象系统研究的标志。书中记录了吉尔伯特研究磁现象时所做的各种仪器及实验过程，也记录了他从实验中所得到的结论。他从磁性“小地球”实验中，根据磁针的排列与指向，提出地球本身是一个大磁体，两极位于地理的北、南两极附近；提出了磁子午线概念。吉尔伯特还说明了磁偏角及地磁倾角的测定方法、铁的磁化及去磁概念，定性地研究了磁石的吸引与排斥。这都为磁的进一步研究开拓了道路。

到 18 世纪，在磁的研究方面有了新进展。法国物理学家库仑在磁的研究方面也作出了突出贡献。他参加了法国科学院为设计指向力强、抗干扰性能好的指南针而举行的竞赛

活动，并提出丝悬指南针的设想，得到磁学奖，在此基础上制成了库仑扭秤。在建立描述电荷相互作用的库仑定律的同时，得到了磁力的相互作用定律，可以说库仑是静电、静磁学的第一位奠基人。此后，法国数学家、物理学家泊松，在库仑的基础上，提出了磁体间的相互作用的势函数积分方程，把磁的研究发展到定量阶段。但这时电与磁还是分别平行、独立地进行着研究。

丹麦物理学家奥斯特1820年发现了电流的磁效应，在当时的科学界引起巨大的反响和重视，科学家纷纷转向在这方面的讨论和研究，推动了整个电磁学的发展。安培由电流磁效应想到：既然磁体之间有相互作用，电流与磁体间也有作用，那么两个载流导体之间也一定存在着相互作用。他通过一系列实验，找到了电流间相互作用的实验根据，进行了定量研究，于1820年12月4日向科学院提交了一篇论文，提出计算两个电流线元间作用力的公式——安培定律表达式。到1821年年初，安培又进一步提出磁性起源的假说，这就是历史上有名的分子电流假说。

仅在奥斯特发现电流磁效应后的第7天，安培又发现载流导体间的相互作用。新的发现浪潮冲击着整个欧洲。法拉第在新的发现面前，重做了已有的实验，并提出新的研究课题——既然电可以产生磁，为什么磁不可以产生电呢？他开始了磁生电的研究。经过10年的艰苦努力，在大量实验的基础上，发现了电磁感应现象及其所遵循的规律。

电磁感应现象的发现是具有划时代意义的，法拉第把电与磁这两种长期分立的现象最后联结在一起，揭露出电与磁的本质联系，找到了机械能与电能之间的转化方法。在理论上，为建立电磁场的理论体系打下了基础；在实践上，开创了电气化时代的新纪元。

法拉第发现电磁感应现象之后，解释了法国科学家阿拉果所做的被称为“神秘的实验”——悬挂着的磁体下方放一个可自由转动的圆铜盘，当盘转动时，磁体会转动；反之，磁体转动时铜盘也会转动。法拉第提出磁感线的概念，并第一次绘制了磁感线图。他认为磁感线是代表实在的物质实体，每根磁感线都对应一对磁极。后来又把有磁感线的空间称为“场”。麦克斯韦是英国著名的物理学家，他发展了法拉第的“力线——场”的思想，并把它数学化，提出了描述电磁场运动规律的方程组，预言了电磁波的存在。

德国物理学家赫兹通过实验，令人信服地证明了电磁波的存在。这不仅验证了麦克斯韦电磁场理论的正确，也为无线电技术的建立与发展奠定了基础。

近代随着科学技术的发展，新的磁性材料不断涌现出来。人类的科学技术及物质生产活动与电和磁已密不可分。随着新的磁现象的发现，磁的更深刻的本质的揭露、磁的应用也将展现出新的局面。

2. 奥斯特

丹麦物理学家。1777年生于丹麦的一个药剂师家庭。受父亲的影响，奥斯特很早就对药物学、化学实验、物理学有浓厚的兴趣。1794年，他考入哥本哈根大学，攻读医学、哲学和自然科学。1806年，奥斯特应聘任哥本哈根大学物理、自然哲学教授。1819年冬，奥斯特在哥本哈根为一些科学工作者讲授电磁学方面的问题，当时他正在研究电流对磁针

是否有作用的课题，但一直没有什么成效。1820 年 4 月的一天，他在讲课快结束时进行了这样一个实验：讲桌上放置一个伏打电堆，用金属丝把它的两极连起来，并将一个小磁针与导线平行地放置在导线的下方，在接通电源一瞬间，小磁针出人意料地转动了，并在垂直于导线的方向停了下来。教室的听众对此无动于衷，而奥斯特却激动万分。课后他留在教室里，进一步核对他刚刚发现的这个不寻常的现象。起初他想磁针的运动也许是因为电流使导线变热而产生的空气流动所引起的。为检验这一点，他把一块硬纸板放在导线与磁针之间以阻挡气流，但是毫无变化，现象仍与先前一样。然后他把伏打电堆转了 180°，使导线中的电流反向，结果磁针也转了 180°，磁针的北极指向了原来南极所指的方向。奥斯特抓住了小磁针的这一动，接着进行了三个月的连续实验，终于在 1820 年 7 月 21 日在法国杂志《化学与物理学年鉴》上发表了他的论文。该杂志不仅破例给以全文发表，还加上了这样不同寻常的按语："年鉴的读者都知道，本刊从不轻易支持宣称有惊人发现的报告，至今我们都因为能够坚持这一方针而自诩。但是，至于说到奥斯特先生的文章，则其所得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。"这说明电流的磁效应的发现，在当时的科学界中引起了极大的震惊和重视。奥斯特的这一伟大发现，被作为划时代的一页载入了史册。为了纪念他，从 1934 年起，磁场强度单位命名为奥斯特（高斯 CGS 单位）。

3. 法拉第

英国物理学家。他在 1791 年生于伦敦附近一个铁匠的家里。由于家里太穷，只念了很短时间的小学，13 岁就开始干活谋生，在一家书店里当了 7 年装订工。在这 7 年中，他抓紧点滴时间，充分利用书店的条件，阅读了大量科学书籍，特别是对化学和电学产生了浓厚的兴趣。学徒生活尽管贫困，但他每周总要花上几个便士，买些材料，做一些电学实验。他发现了电解现象。书店的学徒期满时，他的最大愿望是去著名化学家戴维那里工作。法拉第在当学徒时，曾多次听过戴维的学术讲演，并作了非常详细的笔记。在他学徒期满之际，给戴维寄去了一封信，希望能去他那里找到一份工作，同时随信附上了整理好的装订成册的听课笔记以及精美的插图。戴维为他的真诚深深打动。戴维向英国皇家学会的总监建议雇用这个年轻人。总监说："让他刷瓶子吧！要是他不干，就说明他毫无用处。"法拉第答应了这个条件。在他以后的 45 年中，一直留在皇家学会工作。先是当戴维的助手，后来成为他的合作者。戴维去世后，他成了继任者。

1820 年，丹麦物理学家奥斯特发现了电流的磁效应，这件电磁学发展史上的大事，震动了法拉第。法拉第确信客观事物本身应该是对称的，既然电能产生磁，反过来，磁也应该能产生电。1821～1831 年间，他做了大量实验，终于发现了电磁感应现象。法拉第从开始实验到发现电磁感应现象，并找出其中的规律，经历了失败、实验、再失败、再实验，相当艰苦的过程，断断续续地研究了将近 10 年，才在 1831 年 8 月 29 日的日记中写下了成功的记录。最初，法拉第试图从一根邻近通电导体或一块静止的磁铁的导线中获得电流，结果却接连遭到失败。他从失败中不断吸取教训，总结经验，不断改进实验装置和

实验条件。后来，法拉第在实验中，为了加强电流间的作用，把两根直导线绕成螺旋线；为了加强电流的磁场，把两根螺旋导线绕在一个铁环上。在实验中，法拉第偶然发现，每当接通或断开通电线圈的电源时，另一个线圈会产生瞬间电流。法拉第对他最初的实验在日记中是这样记载的："用$\frac{7}{8}$英寸的软铁棒，制成一个外径为 6 英寸的圆环，在环的一边（A 边）用三段纱包铜线缠绕在环上，它们可以接成一根，也可以三根单独使用，这三根导线彼此是绝缘的，隔开一定距离。在另一边（B 边）绕有两根导线，绕线情况与上述相同。"他用一根长导线把 B 边线圈的两端连接起来，并把长导线的一段架于离线圈 3 英尺远的一个磁针的正上方。他发现，当电池与 A 边线圈接通时，小磁针立即产生明显摆动，最后又稳定在原来的位置上。当切断 A 边与电池的连接时，小磁针再次出现摆动。法拉第在 1831 年 8 月 29 日的日记中详细地记录了第一次成功观察到的电磁感应现象。在此基础上，他还记录了用这个绕有铜线的铁环所做的其他实验和新的发现。

法拉第并未满足已发现的现象，他进一步提出新的问题：铁环是必需的吗？线圈 A 是必需的吗？电流的磁效应是一种稳定效应，电磁感应似乎也应当是一种稳定效应。那么，用什么方法能产生持续电流呢？法拉第又花了将近一年时间，做了各种实验，把产生电磁感应的条件概括为：（1）变化的电流；（2）变化的磁场；（3）运动的稳恒电流；（4）运动的磁铁；（5）在磁场中运动的导体。在此基础上，找到了产生电磁感应现象的基本条件，就是二次电路——B 线圈中磁感线数量的变化。这个结论，被称为法拉第电磁感应定律。

电磁感应现象的发现，具有划时代的意义。在实际方面，找到了机械能转化为电能的方法，开创了电气化时代的新纪元；在理论上，为建立电磁场的理论体系打下了基础。像法拉第这样出身清苦，没有受到过正规教育的人，经过自己的顽强努力，登上了当时科学的高峰，为科学作出了巨大的贡献，这在历史上是罕见的。

（三）物理广角

1. 为什么钢能变成永磁体而铁不能

永磁体是在外加磁场去掉后，仍能保留一定剩余磁化强度的物体。要使这样的物体剩余磁化强度为 0，磁性完全消除，必须加反向磁场。使铁磁质完全退磁所需要的反向磁场的大小，叫铁磁质的矫顽力。钢与铁都是铁磁质，但它们的矫顽力不同，钢具有较大的矫顽力，而铁的矫顽力较小。这是因为在炼钢过程中，在铁中加了碳、钨、铬等元素，炼成了碳钢、钨钢、铬钢等。碳、钨、铬等元素的加入，使钢在常温条件下，内部存在各种不均匀性，如晶体结构的不均匀、内应力的不均匀、磁性强弱的不均匀等。这些物理性质的不均匀，都使钢的矫顽力增加。而且在一定范围内不均匀程度愈大，矫顽力愈大。但这些不均匀性并不是钢在任何情形下都具有的或已达到的最好状态，为使钢的内部不均匀性达到最佳状态，必须要进行恰当的热处理或机械加工。例如，碳钢在熔融状态下，磁性和普

通铁差不多；它在淬火后，不均匀性才迅速增长，才能成为永磁材料。若把高温的钢慢慢冷却下来，或把已淬火的钢在六七百摄氏度熔炼一下，其内部原子有充分时间排列成一种稳定的结构，使各种不均匀性减小，于是矫顽力就随之减小，它就不再成为永磁材料了。

钢或其他材料能成为永磁体，就是因为它们经过恰当地处理、加工后，内部存在的不均匀性处于最佳状态，矫顽力最大。铁的晶体结构、内应力等不均匀性很小，矫顽力自然很小，使它磁化或去磁都不需要很强的磁场，因此，它就不能变成永磁体。通常把磁化和去磁都很容易的材料，称为“软”磁性材料。“软”磁性材料不能做永磁体，铁就属于这种材料。

2. 地球的磁场

(1) 指南针与地磁场

指南针是我国古代的四大发明之一，是我国古代劳动人民对科学技术的重大贡献。

我们知道，磁针处于磁场中时，如果它的北极的指向与磁场方向不一致，磁针就在磁场力作用下旋转，直到它的北极指向与磁场方向重合才静止下来。因此，磁针在磁场中静止时它的北极总要指向一个方向，即磁场方向。地球上的磁针能够指示南北方向，表明了地球周围有磁场，其磁场方向是大致南北方向的。地球的磁场叫作地磁场。

经大量研究表明，地球有两个磁极，各位于地理的南、北极附近，但并不与地理南、北极重合。在地理北极附近的地磁极是地磁南极，在地理南极附近的地磁极是地磁北极，地磁两极与地理两极间有夹角。因此磁针在地磁场中静止时的指向，并不是正南正北方向，而是略微偏一些。

地球上是以子午线来确定地理的南北方向的。磁针静止时北极所指方向偏离子午线的角度叫磁偏角。磁偏角的存在，我国早就发现了。11 世纪（北宋）我国伟大的学者沈括（1031—1095）在他所著的《梦溪笔谈》中说：“方家（道士）以磁石磨针锋，则能指南，然常微偏东，不全南也。”在西方，意大利航海家哥伦布（1451—1506）于 15 世纪在航海探险时发现磁偏角。他在航海中还发现，在世界不同地区，磁偏角的大小不同。人们根据大量的地磁观测资料知道，磁偏角在赤道地区最小，随地理纬度的增加而加大。1975 年地磁两极分别在北纬 78.7°、西经 70.5°（位于格陵兰岛）和南纬 78.7°、东经 109.5°（在南极大陆内）。

如果在地球表面悬挂一个小磁针，使它能绕水平轴旋转，还可以发现，在地磁场作用下，小磁针的北极在北半球总是向下倾斜的，磁针静止时与水平面间的夹角叫作磁倾角。在地球上纬度不同的地区，磁倾角不同，一般随纬度增加而加大。在地球两极附近，磁倾角很大。在地球的磁极处，磁倾角为 90°。

地磁场的磁感应强度比较小，平均为 0.5×10^{-4} T，大约为一般永久磁体磁极附近的千分之一。在靠近地磁极地区，磁感应强度较大，但也不到 10^{-4} T。

(2) 地磁场的变化

人们在对地磁场的多年观测中，掌握了大量的地磁资料。这为地磁的研究提供了重要

的依据。

科学家们把格林尼治天文台从 1580 年到 1634 年间对地磁场测量的结果进行对比时发现，1580 年格林尼治的磁偏角为东经 11.3°，1634 年格林尼治的磁偏角为东经 4.1°，这表示在 54 年间，格林尼治的磁偏角减小了 7°多。根据记载，1860 年格林尼治的磁偏角为西经 21.5°，表示在 280 年间磁偏角转动了将近 33°；而到 1960 年该地区的磁偏角又变为 10°。关于磁偏角的变化，许多地区，例如伦敦、罗马、彼得堡的地磁观测资料中都有记载。大量的观测资料表明，地球的磁场是不断变化的，地磁北极在近代大致沿纬线方向平稳地迁移，每年迁移的角度约为 0.18°，图 20-资-6 是地球北半球在 5 亿年间地磁极漂移的曲线。

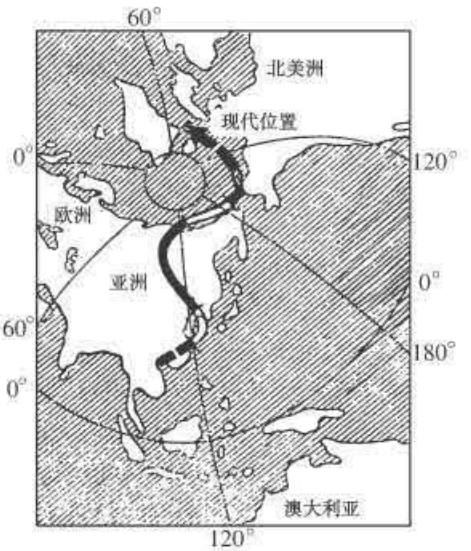


图 20-资-6　北半球地磁极的漂移

实际上，地磁场磁倾角大小还随昼夜而变。这表明，地磁场受太阳活动的制约，太阳活动的爆发还会引起磁暴。所谓磁暴就是地磁场的方向和大小突然发生剧烈、跳跃、不规则的变化。磁暴发生时，会引起无线电通信信号中断，巨大的变压设备发生故障，绝缘电缆被击穿等。磁暴对空中飞行的飞机、海洋航行中的船舶以及宇宙飞船的威胁很大。磁暴在两极地区频繁发生。

对考古挖掘出的文物进行检测发现，一些出土文物被地磁场磁化了。通过对这些出土文物磁性的测量发现，地磁极还会发生反转，反转的周期很长，但反转时进行得很快。据测量表明，大约在距今 500 万年中，地磁南北极出现了多次的反转。

总之，地磁场是复杂多变的。至于为什么地磁场会这样变化，目前尚未有确切的解释。

3. 铁氧体

铁氧体是一种具有铁磁性的金属氧化物。就电特性来说，铁氧体的电阻率比金属、合金磁性材料大得多，而且还有较高的介电性能。铁氧体的磁性还表现在高频时具有较高的磁导率。因而，铁氧体已成为高频弱电领域用途广泛的非金属磁性材料。由于铁氧体单位体积中储存的磁能较低，饱和磁化强度也较低（通常只有纯铁的$\frac{1}{5}\sim\frac{1}{3}$），因而限制了它在要求较高磁能密度的低频强电和大功率领域的应用。

铁氧体磁性材料按磁化性质和用途可分为如下几类：

（1）铁氧体软磁材料。这类材料在较弱的磁场下，易磁化也易退磁，如锌铬铁氧体和镍锌铁氧体等。软磁铁氧体是目前用途广、品种多、数量大、产值高的一种铁氧体材料。

它主要用作各种电感元件，如滤波器磁芯、变压器磁芯、无线电磁芯，以及磁带录音和录像磁头等，也是磁记录元件的关键材料。

（2）铁氧体硬磁材料。铁氧体硬磁材料磁化后不易退磁，因此，也称为永磁材料或恒磁材料。如钡铁氧体、锶铁氧体等。它主要用于电信器件中的录音器、拾音器、扬声器，以及各种仪表的磁芯等。

（3）铁氧体旋磁材料。磁性材料的旋磁性是指在两个互相垂直的稳恒磁场和电磁波磁场的作用下，平面偏振的电磁波在材料内部虽然按一定的方向传播，但其偏振面会不断地绕传播方向旋转的现象。金属、合金材料虽然也具有一定的旋磁性，但由于电阻率低、涡流损耗太大，电磁波不能深入其内部，所以无法利用。因此，铁氧体旋磁材料旋磁性的应用，就成为铁氧体独有的领域。旋磁材料大都与输送微波的波导管或传输线等组成各种微波器件，主要用于雷达、通信、导航、遥测等电子设备中。

（4）铁氧体矩磁材料。这是指具有矩形磁滞回线的铁氧体材料。它的特点是，当有较小的外磁场作用时，就能使之磁化，并达到饱和，去掉外磁场后，磁性仍然保持与饱和时一样。如镁锰铁氧体、锂锰铁氧体等就是这样。这种铁氧体材料主要用于各种电子计算机的存储器磁芯等方面。

（5）铁氧体压磁材料。这类材料是指磁化时在磁场方向做机械伸长或缩短的铁氧体材料，如镍锌铁氧体、镍铜铁氧体和镍铬铁氧体等。压磁材料主要用做电磁能与机械能相互转化的换能器，做磁致伸缩元件用于超声。

4. 生物磁学

生物磁学是研究生命物质的磁性、生物磁现象和生命活动过程中结构功能的关系以及外磁场对生物体磁影响的一门生物学和磁学相互渗透的交叉学科。

生物磁学现象和效应的观察及应用开始很早。中国西汉的《史记》（公元前 90 年）便有利用磁石治病的记载，其后历代的许多医药学著作中都有磁石治疗多种疾病的描述。明代著名药物学家李时珍在《本草纲目》（1578 年）列举了磁石在医药上的 10 余种应用，如治肾虚耳聋、眼花内障、小儿惊痫、大肠脱肛等。在西方，古希腊医生加伦曾利用磁石治疗腹泻，11 世纪阿拉伯名医阿维森纳曾利用磁石治疗脾脏病、肝病、水肿和秃头等。艾丹在所著《电和磁现象的相互联系》（1843 年）一书中综述了磁场对动植物和人体的影响以及在临床上的应用。19 世纪末，达松伐耳发现了人眼磁闪光效应。近年来，由于现代物理学、化学、电子学等方法在生物磁学中的应用，测量了人体和生物体的极微弱磁场，发展了人体和生物体的核磁共振成像技术，发现了一些生物体内的微量强磁物质，研究了生物磁性与生物结构和功能的关系，极大地丰富了现代生物磁学的内容和应用。

生物磁场一般可能有两种来源：一种是由生物体中的电子传递和离子转移等过程引起的生物电流产生的电致内源生物磁场；另一种是由于生物体内的强磁性物质（如 Fe_3O_4 微粒）磁化后产生的磁致内源（生物体内原有的）或外源（从生物体外进入的）生物磁场。生物磁场的强度很微弱，例如人体心脏活动产生的心磁场约 $10^{-11}\sim10^{-10}$ T，人体脑

神经活动产生的脑（神经）磁场约 10^{-13}～10^{-12} T，人体肺部吸入强磁性物质磁化后可产生约 10^{-9}～10^{-8} T 的肺磁场。测量这些微弱的生物磁场需要采用高灵敏度的磁强计和高性能的磁屏蔽室，若采用高灵敏度的磁场梯度计则可以不用磁屏蔽室。生物磁场随时间的变化称为生物磁图，它同记录生物电场随时间变化的生物电图相类似，都能提供关于生物体的生理和病理状态的重要信息。然而与生物电图相比，生物磁图具有一些独特的优点：磁探头不与生物体接触，可避免接触（如电极）干扰；可以测量恒定的和交变的生物磁场以及不同方向的生物磁场分量；可以测量生物磁场的三维空间分布；在某些情况下生物磁图具有较高的分辨率。因此，生物磁图可能在基础研究和临床诊断上得到应用。

在生物磁场的研究中，检测生物活体内主要由生物大分子活动期间生物电的流动所造成的磁场，受到生物学家的重视。因为这些磁场正是大分子结构和功能变化的真实反映，因此它提供了有关的重要信息。例如，利用磁化率的测量可以研究生物组织中顺磁离子的能级参数，研究正常组织与病变组织的差异等。

不同类型、强度和分布的外磁场对于生物体的影响不同。人们注意到迁徙鸟类和回归的鸽子能清楚地找出它们周围的路径，近来很多研究有力地证明鸟类能够很好地利用地磁。又例如，把果蝇饲养在均匀恒定磁场中，在磁场为 0.01～0.15 T 时，果蝇形态并无明显变化，但当把磁场增加到 0.3～0.4 T 时，形态畸变就显著增大；在黑暗或闭眼状态中由磁场引起光感觉的磁闪光效应只发生在磁场变化或交变磁场情况下，并且在磁场变化频率为 20～30 Hz 时，磁闪光效应最为显著。

生物磁学已在农业、医药、环境保护和生物工程等方面得到较广泛的应用。在农业上，利用磁场处理一些作物的种子和幼苗，施加少量的磁性肥料，或者利用经磁场处理的水（简称磁水或磁化水）浸种、育秧或灌溉，可以提高种子发芽率，促进作物长势，收到增产效果；利用磁水养鱼，可使鱼病减少，促进鱼的发育生长。在医药上，磁石（Fe_3O_4）已是多种中药的重要组分；磁场治疗（磁疗）对于急性扭挫伤、腰肌劳损、神经性头痛等疾病都有较好的疗效；磁场镇痛（简称磁麻）方法已开始在拔牙、切除粉瘤和阑尾以及结扎输卵管等手术中试验或应用；利用磁场作用原理已研制出血流计、磁药针、无触点心肌或神经刺激器、血球分离器和磁假肢等；磁水已在治疗结石病上得到较好疗效。在环境保护中，利用高梯度磁分离和加磁性种子的磁分离方法，可以除去煤中硫化物，清除污水中的细菌、病毒和有害残留物（如汞等）。在生物工程中，长期的观测和实验表明，鸽子的认家（导航）与地磁场有关；一些细菌在水中沿地磁场游动，表现出“向磁性”；磁场能引起果蝇遗传上的变异，这些对磁仿生工程或遗传工程提供了有意义的线索。

关于生物磁现象和磁（场）生物效应的作用机理，是一个十分复杂而没有很好解决的问题。它既包括物理学范畴的内容，又涉及生命物质的结构和功能，尚有大量问题等待人们去解决。

5. 电磁体

电磁体即电磁铁，是利用电流的磁效应使铁芯磁化而产生磁性的装置。通常由软磁材料制成的铁芯和激磁线圈组成，当线圈中通以电流时，铁芯被磁化，产生磁性，电流越大，磁性越强；电流不通时，铁芯去磁，磁性消失。

在工程技术中电磁体有广泛的应用。例如，在电磁继电器和接触器中，电磁体用来驱动触头动作。在起重机械中电磁体两极安装在同一平面内，能够吸住带有起重吊钩的平板型钢制衔铁；如果货物是由磁性材料制成的（如钢制或铸铁制零件、钢板、型材等），那么可以直接用电磁体吸住这些货物。在选矿时，常用电磁体把有磁性的矿石碎块与没磁性的石块分离开。在通信设备和仪表中经常采用极化电磁体。

在极化电磁体中，铁芯或衔铁（或二者在一起）处在永久磁体的作用之下，因此具有永磁性。当电流经过这种电磁体的线圈时，铁芯或衔铁的磁性会有强弱变化（同电流的强弱或方向有关）。电话的听筒就是极化电磁体应用的一个实例。

用铌锆、铌锡、铌铝锗等耐强磁场的超导材料绕制的电磁体——超导电磁体，在极低的温度（临界温度）下，通以一定的电流（小于临界电流）时，可以长时间保持 1～20 T 的磁场而不需消耗线圈功率，这是普通电磁体所不能办到的。超导电磁体已开始应用于高能物理、核聚变研究、磁流体发电、磁浮列车和某些磁测量技术等方面。

6. 继电器

继电器是当输入的物理量（电量或非电量）达到规定值时，其电气输出电路被接通（导通）或分断（阻断、关断）的一种自动电器。广泛应用于生产过程自动化装置，电力系统保护装置，各类远动、遥控和通信装置中，是现代自动控制系统中最基础的电气元件之一。

继电器一般由输入感测机构和输出执行机构两部分组成。前者用于反映输入量的变化。后者对有触点的继电器来说是触点分合动作，对无触点的继电器来说是半导体元件的导通、阻断（关断）。继电器具有跳跃的输入—输出特性。当继电器得到一个输入信号 X 时，如果它小于动作值 X_d，继电器不动作；当输入信号达到动作值 X_d 时，继电器动作，输出立即从 0 变至一个大小为 Y_{max} 的输出信号。当输入信号继续增大时，输出信号仍为 Y_{max} 不变。在继电器动作之后，如果减小输入信号，工作特性并不沿原来的特性返回，即在输入信号减小到 X_f 时，继电器才能返回至起始位置，输出信号立即减至 0。继电器的这一特性被称作“继电特性”。

继电器种类很多。常用的是电磁式、极化式、舌簧式继电器和时间继电器。

7. 电磁继电器

电磁继电器是一种利用电磁系统自动接通或切断受控电路的控制器件。电磁继电器主要由感受机构（线圈和铁芯）、传动机构（衔铁和返回弹簧）、执行机构（动触头和静触头）三部分组成。

电磁继电器被广泛用于控制、执行、保护、调节和传递信息等目的，是自动控制系

统、遥控系统和通信系统的重要元件。例如，在强电流技术中需要广泛应用电磁继电器来保护机器、变压器、电动机等不受短路电流和其他不正常现象的损害，防止过量电流的“过电流继电器”是这类应用的典型代表。它的线圈串联在需要保护的线路中，当电路电流超过极限值时，继电器吸合衔铁，使与衔铁有机械联系的开关断开。引起电磁继电器动作的因素，除电流外，还有电压、电阻、功率等。如常用来保护电动机的“欠电压继电器”，当电压降到规定值以下时，使电动机电路断开以保护电动机，使它在电压恢复时不致在起动电阻已短接的条件下启动。

8. 电动机

电动机是将电能转变成机械能的电机。通常电动机的做功部分做旋转运动，这种电动机称作旋转电动机；也有做直线运动的，称作直线电动机。电动机能够提供的功率范围很大，从毫瓦级到万千瓦级，而且使用和控制非常方便，其工作效率也比较高，又没有烟尘、气味，不污染环境，噪声也比较小。由于它有一系列优点，所以在工农业生产、交通运输、国防、商业乃至家电设备等各个方面得到极广泛的应用。

电动机有多种分类方法，按所需电流的种类来分，有直流电动机和交流电动机。

各种电动机中应用最广的是交流异步电动机，又称感应电动机。这种电动机结构牢固，使用方便，运行可靠，价格低廉。但感应电动机调速比较困难，功率因数也比较低，特别是大容量的低速电动机，功率因数偏低的问题尤为突出。因此低速、大容量的动力机常用同步电动机。同步电动机不但功率因数好，而且它的转速与负载大小无关，只决定于电网频率，比较稳定。在要求宽范围调速的场合，以往多用直流电动机，因为直流电动机调速方便，所需调速设备比较简单。但是，直流电动机有换向器，结构复杂，价格昂贵，而且在换向器上容易产生火花，维护困难，不适于恶劣环境。20 世纪 70 年代以来，随着电力电子技术的发展，交流电动机的调速技术渐趋成熟，设备价格日益降低，已开始得到应用。

9. 发电机

发电机是将机械能转变成电能的电机。通常由汽轮机、水轮机或内燃机驱动。小型发电机也有用风车或其他机械经齿轮或皮带驱动的。

发电机分为直流发电机和交流发电机两大类。直流发电机输出的端电压的符号不变，交流发电机输出的端电压则从正到负再从负到正周期性变化，并且通常按正弦规律变化。交流发电机又可分为同步发电机和异步发电机两种。现代发电站中最常用的是同步发电机。

城市电车、电解、电化学等行业所用的直流电源，在 20 世纪 50 年代以前多采用直流发电机。但是直流发电机有换向器，结构复杂，制造费时，价格较贵，且易出故障，维护困难，效率也不如交流发电机。故大功率可控整流器问世以来，有利用交流电源经半导体整流获得直流电以取代直流发电机的趋势。

同步发电机按所用原动机的不同分为汽轮发电机、水轮发电机和柴油发电机三种。它们结构上的共同点是除了小型发电机有用永久磁体产生磁场以外，一般的磁场都是由通直

流电的线圈产生，而且线圈放在转子上，电枢绕组放在定子上。因为线圈的电压较低，功率较小，又只有两个出线头，容易通过滑环引出，而电枢绕组电压较高，功率又大，多用三相绕组，有三个或四个引出头，放在定子上比较方便。

汽轮发电机　与汽轮机配套的发电机。为了得到较高的效率，汽轮机一般做成高速的，通常为 3 000 r/min（频率为 50 Hz）或 3 600 r/min（频率为 60 Hz）。核电站中汽轮机转速较低，但也在 1 500 r/min 以上。高速汽轮发电机的转子直径一般做得比较小，长度比较大，即采用细长的转子。特别是在 3 000 r/min 以上的大容量高速机组，由于材料强度的关系，转子直径受到严格的限制，一般不能超过 1.2 m。转子本体的长度也要受到限制。

水轮发电机　由水轮机驱动的发电机。由于水电站自然条件的不同，水轮发电机组的容量和转速的变化范围很大。通常小型水轮发电机和冲击式水轮机驱动的高速水轮发电机多采用卧式结构，而大、中型低速发电机多采用立式结构。由于水电站多数处在远离城市的地方，通常需要经过较长输电线路向负载供电，因此，电力系统对水轮发电机的运行稳定性提出了较高的要求：电机参数需要仔细选择；对转子的转动惯量要求较大。所以，水轮发电机的外型与汽轮发电机不同，它的转子直径大而长度短。水轮发电机组启动、并网所需时间较短，运行调度灵活，它除了一般发电以外，特别适宜于作为调峰机组和事故备用机组。

柴油发电机　由内燃机驱动的发电机。它启动迅速，操作方便。但内燃机发电成本较高，所以柴油发电机组主要用作应急备用电源，或在流动电站和一些大电网还没有到达的地区使用。柴油发电机转速通常在 1 000 r/min 以下，容量在几千瓦到几千千瓦之间，尤以 200 kW 以下的机组应用较多。它制造比较简单。由于柴油机轴上输出的转矩呈周期性脉动，所以发电机是在剧烈振动的条件下工作的。因此，柴油发电机的结构部件，特别是转轴要有足够的强度和刚度，以防止这些部件因振动而断裂。

第二十一章
信息的传递

一、《课标》要求及课时建议

（一）《课标》要求

2.3.7　知道波长、频率和波速。

2.4.6　知道电磁波。知道电磁波在真空中的传播速度。了解电磁波的应用及其对人类生活和社会发展的影响。

（二）课时建议

第 1 节	现代顺风耳——电话	1 课时
第 2 节	电磁波的海洋	1 课时
第 3 节	广播、电视和移动通信	1 课时
第 4 节	越来越宽的信息之路	1 课时

二、编写意图

（一）本章概述

本章主要落实《课标》要求的“了解电磁波的应用及其对人类生活和社会发展的影响”。作为电磁学这部分的最后一章，学生已经有了电磁感应等知识，并且学过了声波，这样学生了解电磁波的知识就有了一定的基础。

教科书以信息的传递作为全章的线索，内容从有线通信到无线通信，从模拟通信到数字通信，从微波通信到光纤通信，重点讲述电磁波的产生和传播，无线电广播及电视信号

的发射和接收过程，而电磁波在其他方面的应用则放在“科学世界”栏目中。

教科书首先用组合图的方式对通信发展过程进行回顾，使学生了解通信在人类社会生活中的重要作用。关于通信的方式，教科书先讲有线通信，再讲无线通信。在第 1 节中介绍了电话，通过讲述电话的工作方式，使学生理解如何用电流把信息传递到远方。虽然现代电话的种类很多，但是老式电话的工作原理容易被学生理解，所以教科书通过对老式电话话筒和听筒的原理分析，让学生了解声信号和电信号是如何相互转化的。在此基础上介绍电话交换机的工作原理。

数字通信是一种既古老又现代的通信方式，数字通信在现代通信中发挥着越来越重要的作用。教科书通过“电话信号分为模拟信号和数字信号两种”引入模拟通信和数字通信，并简要地介绍了模拟通信和数字通信，说明了数字通信的优势。

第 2 节主要介绍电磁波的产生和传播。根据电磁波的波长和频率，通过图 21.2-4 展示了各种电磁波及它们的作用。在我们周围存在着各种频率的电磁波，但由于电磁波看不见、摸不着，教科书通过演示实验说明电磁波是如何产生和传播的，并通过与水波的类比，给出了电磁波频率、波长和波速的概念。

我们的生活中已经离不开广播和电视了，教材第 3 节通过框图的形式讲述了广播和电视的大致工作过程，并在第 4 节进一步介绍了微波通信、卫星通信、光纤通信、网络通信等，为学生展示了现代通信的发展方向。

本章的章首图选用雄伟的万里长城，章首语讲述了古代中国用长城上的烽火（光信号）远距离传递信息，这一方面能引起学生对信息传递的兴趣，另一方面也让学生为我国的古老文明而感到自豪。通过问题“我们现代人用哪些方法传递信息？你知道这些方法的基本原理吗?”自然引出电磁波在信息传递上的应用。

本章内容结构如下。



（二）简洁生动地介绍各种通信形式及其原理

本章内容涵盖了人类通信发展的过程和跨度很大的通信技术。为了使学生更好地了解这些内容，教科书用深入浅出的语言简洁生动地介绍了各种通信形式及其基本原理，没有在通信技术的细节上过多地展开。通过设计各种活动，让学生饶有兴趣地参与活动和讨论。如通过第 1 节的“想想议议”让学生理解电话交换机的基本原理和作用；通过“想想做做”用数字通信做小游戏，让学生感觉到数字通信并不神秘；通过讨论可否用地球的卫星——月亮进行微波中继通信，激发学生展开丰富的想象，使学生对卫星通信更容易理解。

为了让学生能够理解光纤通信，教科书设计了光沿着弯曲的水流传播的演示实验，通过演示，学生知道光不但能够沿直线传播，也可以沿着弯曲的水流传播，进而使学生了解光也能沿着光纤传播。不管光纤怎样弯曲，从它一端射入的光都会沿着它传播，再从另一端射出，从而可以用光传递大量的信息。

（三）形象地展示电磁波是怎样产生和传播的

电磁波是很抽象的，学生缺乏对它的直接感知。教科书通过演示实验“时断时续的电流能够产生电磁波”，让学生感知电磁波的真实存在。电磁波产生的机理很复杂，教科书只讲到迅速变化的电流能产生电磁波。前面章节中讲了声波，所以教科书用水波、声波类比电磁波，使其形象化，更容易被学生理解。电磁波的波长和频率也是类比水波的波长、频率、波速给出的。

通过声波的传递需要介质，引出问题——电磁波的传递是否需要介质。然后通过演示放在真空罩中的移动电话可以收到罩外传给它的电磁波，说明电磁波在真空中也可以传播。

教科书利用电磁波波谱图给出了电磁波各波段的名称、波长范围及其应用，这很直观。波长范围都是大概值，只要学生有个大致的了解就行。

（四）重点展示无线电广播信号的发射和接收

广播、电视和移动通信的工作过程都涉及电磁波的发射和接收。所以，教科书把这些内容放在了同一节中。发射电磁波的目的是利用它作为传递信号的载体。教科书利用图 21.3-1 讲解无线电广播的工作过程，可以帮助学生理解全过程。这部分内容没有涉及具体的技术细节，如器件的结构、原理等。

教科书增加了“扩展性实验电磁波的发射与接收”，利用计算机可以显示出接收到的调制的电磁波的波形，并且可以通过改变发射电磁波的频率，让学生直观地看到波形随着频率的变化而变化。这个实验不作要求，供有条件的学校选做。

“科学世界音频、视频、射频和频道”的内容扩展了学生的知识面，使学生对生活中

常听到的音频、视频、射频和频道这样的名词有一个初步了解。了解电视频道根据频率或波长来划分，知道不同电视频道有相应的射频范围。

（五）以传播信息的频率越来越高为线索形象说明信息之路越来越宽

信息理论表明，作为载体的电磁波，频率越高，相同时间内传输的信息就越多。因此，教科书以传播信息的频率越来越高为线索，从无线电通信、微波通信到光纤通信，所用的频率越来越高了，并类比交通运输与道路的关系，形象地说明，信息之路越来越宽了。

现代信息社会中，我们需要交流越来越多的信息，这就需要把信息的通路修得越来越宽。例如，微波比中波和短波的频率更高，可以传递更多的信息。我们知道，光也是一种电磁波，而且频率很高。如果用光来通信，其容量要高出短波、微波百万倍、千万倍。光纤也可以像电缆一样做成多芯的光缆。光纤通信与有线电通信相似。以电话为例，在发送端，说话的声音通过电话机变成强弱变化的电信号，电信号进入激光发射机，经能量转换后，辐射出相应的强弱变化的光信号。光信号沿着光导纤维传输到光接收机，再转化成相应的电信号，受话机又把电信号复原成声音，我们就可以听到对方讲话了。

计算机与通信的结合成为信息社会的基础。全球信息网的建立，使人们通过一台联网的计算机，只要轻轻点击鼠标，就可以做到“秀才不出门，便知天下事”。教科书通过图21.4-8说明了电子邮件的传送方式，学生可以根据自己的体会说出网络通信的更多应用。

三、教材分析与教学建议

第1节　现代顺风耳——电话

（一）教学目标

1. 了解电话是怎样把信息传递到远方的。
2. 了解电话交换机的作用。
3. 了解模拟通信和数字通信的基本区别。

（二）教材分析与教学建议

本章的章首图是万里长城，配文说明长城上通过烽火来传递信息，引起学生对信息传递的兴趣。教师也可以通过历史故事“烽火戏诸侯”说明古代人们是如何进行远距离信息

传递的。本节由“电流把信息传到远方”“电话交换机”“数字通信和模拟通信”三部分内容构成。教学重点是“电流把信息传到远方”，突出教学重点的关键环节是让学生体会怎么会想到用电来传声的。教学难点是数字通信和模拟通信，为了让学生了解通信的基本原理，可以通过游戏，在轻松愉快的气氛中，使他们感觉到数字通信并不神秘。

1. 电流把信息传到远方

首先让学生了解信息传递的历史，可以让学生在课堂上尽情地交流，先让每个人说出自己的通信方式，然后再通过教科书上组合图的提示，在教师的引导下得出通信发展的历史脉络。本节内容也可以用板报形式展开，调动学生的积极性，尽量发动学生充实各种通信方式内容，给学生展示个人能力的机会。

电话在我们的生活中已经非常普及了，学生也经常使用电话。教师可通过电话的发明过程让学生体会怎么会想到用电来传声的。虽然现代电话的种类很多，但是老式电话的工作原理容易被学生理解。我们通过对老式电话话筒和听筒的原理分析，让学生了解声信号和电信号是如何相互转化的。

教学片段　电话机的工作原理

⊙ 阅读　学生阅读教科书中电话机的工作原理内容。

⊙ 展示　教师展示教科书上的图 21.1-3，讲解电话机的工作原理图：话筒把声音变成变化的电流，电流沿着导线把信息传到远方。在另一端，电流使听筒的膜片振动，携带信息的电流又变成了声音，即声音振动（话筒）→电流的变化→振动发声（听筒）。

⊙ 展示　学生代表分别展示并讲解话筒和听筒的结构和工作原理（如图 21.1-1 所示）。

（1）话筒结构图：话筒主要由金属盒、碳粒和膜片等组成；当你对着话筒讲话时，膜片时紧时松地压迫碳粒，它们的电阻随之发生改变，流过碳粒的电流就会相应改变，于是形成了随声音变化的电流信号。

话筒的工作原理：声波振动→膜片相应振动→碳粒忽松忽紧→电阻忽大忽小→电流忽弱忽强。

（2）听筒结构图：听筒主要由永磁铁、螺线管和薄铁膜片组成，它可以把按声音振动而强弱变化的电流转化成相应的声音，即把电信号变成声信号。磁铁吸引一块薄铁膜片，传入听筒的电流流过线圈。由于电流的不断变化，电磁铁对膜片的作用也随之变化，使膜片振动。在空气中形成声波。这样就可以听到对方讲话了。



图 21.1-1

听筒的工作原理：电流忽弱忽强→磁性忽弱忽强→膜片受忽小忽大的磁力而振动→还原成声音。

上面的教学片段主要让学生通过阅读和交流的方式了解电话机的工作原理，旨在引导学生用所学的电学、电磁学和声现象知识分析电流传递信息的原理。这对培养学生学以致用的思想很有必要。

2. 电话交换机

通过课堂讨论让学生了解电话交换机的作用。通过阅读教科书了解交换机技术的发展给人们生活带来的便利。关于程控电话的各种功能不需要学生都知道，教师也可以不讲，通过布置学生课后调查了解这些功能，调动学生主动学习的兴趣。要培养学生不仅仅通过课堂，还可以通过其他途径学习的能力。要让学生充分讨论教材中的“想想议议”，发表意见，鼓励学生想办法解决问题。

一个地区有 5 部电话，如果一部话机只能固定地同另一部话机接通，要使这 5 部话机中的任意两部都能互相接通，要架设 10 对电话线（如图 21.1-2 甲所示），如果能把它们都连到一个交换机上，只需要 5 对电话线（如图 21.1-2 乙）。



图 21.1-2

3. 数字通信和模拟通信

数字通信是今后通信的发展方向，不要求学生了解太多过深的技术问题。可以通过游戏，在轻松愉快的气氛中，使他们感觉到数字通信并不神秘。

通过“想想做做”这段教学，使学生了解信息的传递在人类社会活动中是非常必要的。学生可以用一面小镜子通过阳光传递数字信号，每组同学相互离得远一些，然后转动小镜子使它反射太阳光，射向对面的同学。用有光代表“1”，无光代表“0”，通过“0”“1”的不同排列传递信息。也可以用一面小旗，旗向上代表“0”，旗向下代表“1”。教师尽量调动学生参与这个游戏，也可以让学生想出更多的办法。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. 当话筒膜片由静止向左时，膜片振动把炭粒压紧，相当于图中膜片带动滑动头向左移动，使变阻器的电阻变大，引起电路中电流变小，听筒中的电磁铁磁性就减弱，对旁边铁质膜片的吸引力也随之减小，所以听筒中原来静止的膜片会向右运动；反之，当话筒膜片由静止向右时，听筒中原来静止的膜片会向左运动。

2. 话筒是磁生电，听筒是电生磁。

3. 01111　00011　00011　01111

（四）补充练习

1. 下列叙述中，正确的是（　　）

A. 话筒的作用是把声音直接传递到受话人的听筒

B. 话筒的作用是把变化的电流信号转化成声音信号

C. 话筒的作用是把声音的振动转化为变化的电流信号

D. 话筒的作用是把电流直接送到受话人的听筒

答案：C

2. 1876 年_____发明了电话，最简单的电话主要是由_____和_____组成的。话筒的作用是把_____信号变成_____信号。听筒的作用是把_____信号变成_____信号。

答案：贝尔；话筒；听筒；声；电；电；声

3. 模拟信号在长距离传输和多次加工、放大的过程中，信号电流的波形会_____，从而使信号丢失一些_____，表现为声音、图像的_____，严重时会使通信中断。

答案：改变；信息；失真

4. 数字信号只包括_____种不同的状态，形式简单，所以_____能力特别强，可以很方便地用_____加工处理，还可以通过不同的_____进行加密。

答案：两；抗干扰；电子计算机；编码

第 2 节　电磁波的海洋

（一）教学目标

1. 知道电磁波的产生和传播。
2. 知道波长、频率和波速。
3. 知道电磁波在真空中的传播速度。
4. 了解电磁波的应用及其对人类生活和社会发展的影响。

（二）教材分析与教学建议

本节由“电磁波是怎样产生的”和“电磁波是怎样传播的”两部分构成。教学重点是电磁波的传播，难点是电磁波的波长、波速和频率，突破教学难点的关键是与水波的波长、波速、频率进行类比。

1. 电磁波是怎样产生的

电磁波是非常难以想象的，人们看不见、摸不着它。教科书通过演示实验，让学生感知电磁波的真实存在。然后通过与水波、声波的类比，使其形象化，更容易接受。电磁波产生的机理很复杂，只要让学生知道迅速变化的电流能产生电磁波就行了。

教学片段　电磁波是怎样产生的

⊙ 提问　同学们，你知道电磁波是怎样产生的吗？

⊙ 演示 1　打开收音机调到没有电台的位置。在收音机旁边用导线与一节电池的负极相连接，用导线的另一端与电池的正极摩擦，收音机中传出“喀喀”声。（引导学生思考、解释这个现象。）

⊙ 演示 2　手持木棍，让木棍下端使水槽的水面振动，水面上有一圈一圈凸凹相间的波纹从木棍接触水面处向外传播，形成水波。

⊙ 演示 3　两个音叉并排放置，并离得很近，敲击其中一个音叉，和另一个音叉接触的小珠被弹起。音叉振动时，使空气形成疏密相间的波动向外传播，形成声波。声波看不见、摸不到，但声波传到我们的耳朵，会引起鼓膜振动，使我们产生听觉。

⊙ 分析　电磁波的形成和水波、声波的形成相似，导线中迅速变化的电流产生了电磁波，收音机接收了这一电磁波，并把它放大转换成声音。虽然电磁波看不见、摸不到，但电磁波确实可以给我们传递各种信息。

2. 电磁波是怎样传播的

（1）电磁波的波长、波速、频率

①可以类比水波的波长、频率来讲解。

我们大家都很熟悉水波的形状。当水波向上涌起时，就形成像山峰似的浪尖，叫作波峰；同时相邻处形成凹谷，叫作波谷。振源每上下振动一次完成一次全振动，就形成一个波峰和一个波谷。临近的两个波峰（波谷）距离是一定的，这个距离叫作波长。在 1 s 内振动的次数叫作频率。1 s 内波的传播距离等于波速。

②电磁波可由迅速变化的电流（振荡电流）产生。电磁波的频率等于 1 s 内振动的次数。电流每振荡一次电磁波向前传播的距离就是电磁波的波长。

在给出电磁波在真空中的传播速度时，应该提示学生与光速比较，把光与电磁波联系起来，让学生知道光是电磁波。

(2) 电磁波的传播

通过声波的传递需要介质，引出问题——电磁波的传递是否需要介质？

电磁波传播的演示：把移动电话放在真空罩中，打电话呼叫。在演示前要解释：基站可以发出电磁波，而移动电话可以接收电磁波，如果电磁波传播必须依靠介质，真空罩里的移动电话就无法接收到这一信号，如果电磁波的传播不需要介质，移动电话就可以接收到这个信号。通过演示实验可以证明电磁波的传播不需要介质，所以在真空中电磁波也可以传递。

对于波速、波长与频率之间的关系，鉴于初中学生的认知水平，建议不要讲解，《课标》已经将其删除了。

教学片段　电磁波是怎样传播的

⊙ 提问　声音的传播需要介质，水波的传播需要介质，电磁波的传播是否也需要介质呢？

⊙ 猜想　引导学生思考太阳辐射出的电磁波不需要介质能够传播到地球，说明电磁波的传播不需要介质。鼓励学生表明自己的猜想。

⊙ 检验　把一只手机和一个开着的收音机放入真空罩内，抽出罩内的空气，收音机的声音几乎听不到时，用另一只手机拨打罩内的手机，观察罩内的手机是否能收到信号。学生观察到手机振动，说明了电磁波可以在真空中传播。

组织学生观看教学参考书后的光盘中的“电磁波的发射和接收”。

⊙ 分析论证　通过实验和视频演示可以证明：电磁波的传播不需要介质，电磁波能够在真空中传播。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. 这些家用电器中，微波炉、手机以及空调和电视机的遥控器会发出电磁波。

微波炉工作时，食物不跟加热装置直接接触就可以被加热，就是因为微波的能量被食物中的分子（主要是水分子）吸收。另外，微波炉门上有金属屏蔽网，可以用来减少微波的泄漏。

手机既是无线电发射台，又是接收台。手机与固定电话不同之处在于它通过发射和接收电磁波传递信息。

空调和电视机的遥控器可以在一定范围内进行远距离控制，这是通过发射红外线完成的。

（本题是开放性问题，学生能用证据解释自己的结论就可以了。）

2. 线路中的电流方向每秒钟变化 2.16×10^{8} 次。

提示：从收音机的刻度板上看能接收电磁波的频率范围是 AM 160～53×10 kHz，FM 108～76 MHz，所以，广播电台发射图中最高频率的电磁波是 108 MHz，此时线路中的电流方向每秒钟变化 $108\times10^{6}\times2=2.16\times10^{8}$（次）。

3. 目标与仪器之间的距离 $s=vt=3\times10^{8}\ \text{m/s}\times\frac{1}{2}\times2.8\times10^{-7}\text{s}=42\ \text{m}$。

（四）补充练习

1. 我们生活在电磁波的海洋中，下列关于电磁波的说法中正确的是（　　）

A. 在房间内不开收音机、电视机时，房间内不存在电磁波

B. 电磁波不能在真空中传播

C. 电磁波在空气中的传播速度是 340 m/s

D. 电磁波不仅能传递声音信号，也能传递图像信号

答案：D

2. 举出以下四种电磁波在人们生活、生产中应用的实例。（每种电磁波各举一例）

示例：红外线：电视机遥控器利用红外线进行遥控。

（1）无线电波：_____。

（2）微波：_____。

（3）紫外线：_____。

（4）X 射线：_____。

提示：（1）广播电台利用无线电波广播；（2）微波炉利用微波加热；（3）医院利用紫外线杀菌；（4）医院利用 X 射线对人体透视

第 3 节　广播、电视和移动通信

（一）教学目标

1. 了解无线电广播的大致工作过程。

2. 大致了解电视的工作过程。

3. 了解移动电话是怎样工作的。

（二）教材分析与教学建议

《课标》对本节内容的要求很低，只要求学生了解无线电广播的大致工作过程，大致了解电视的工作过程，了解移动电话是怎样工作的，并不要求学生知道具体的技术细节（如器件的结构等）。我们生活中离不开的广播、电视和移动电话，它们是如何工作的？学生对这个问题很有兴趣，所以适合学生通过查阅资料等方式进行探究性学习。本节内容很好地体现了“从生活走向物理，从物理走向社会”这一新课程理念。

1. 无线电广播信号的发射和接收

发射电磁波的目的是利用它作为载体传递信号。教师可以利用教科书图 21.3-1 讲解无线电广播的工作过程，帮助学生理解全过程。

教学片段　无线电广播信号的发射和接收

⊙ 引入　播放某电台节目。

⊙ 引导学生阅读教科书第 154 页内容，并解决以下几个问题。

问题 1　无线电信号是从哪里发射的？

问题 2　声音信号是如何发射到空中的？

问题 3　信号是如何接收的？

问题 4　收音机接收到的信号是如何变成声音的？

……

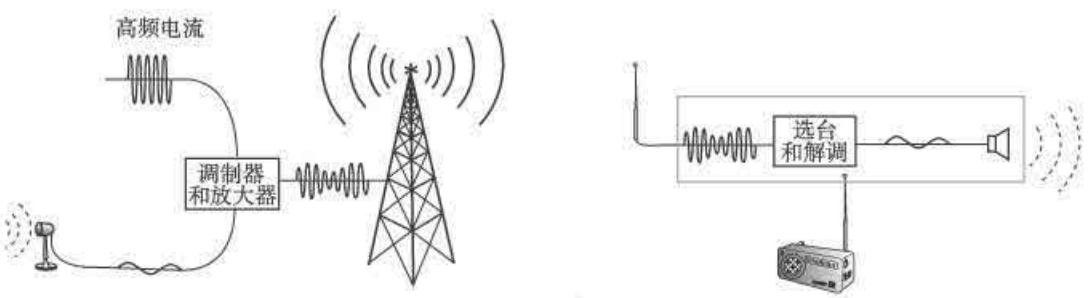


图 21.3-1

⊙ 分析　从图 21.3-1 所示的示意图可以看出，我们收听到的广播信号是由广播电台发射后再被收音机接收的，这主要分为两个过程：

（1）信号的发射：首先用话筒把声音信号转换成音频电信号，但音频电信号不宜直接用来发射电磁波；需要由载波发生器产生高频电磁波，通过调制器把音频电信号加载到高频电磁波上；最后通过天线把载有音频电信号的电磁波发射出去。

⊙ 类比分析　①音频信号就相当于写信的人把信写好；②高频振荡电流就相当于能够运载信件的信鸽、马、火车、飞机等交通工具；③调制器的调制过程就相当于把信件装在了信鸽、马、火车、飞机等交通工具上。

（2）信号的接收：先利用处在电磁波传播范围里的天线接收电磁波；由于天线可以接收很多频率的电磁波，如果把它们都转变成声音，那将只是一片嘈杂声，什么也听不清楚。所以要再利用收音机调谐器选出我们所需的某一频率的电磁波。如果把调谐器选出来的频率很高的电信号直接送到耳机，不能使耳机发出声音。所以还需要从高频电信号中取出音频信号，放大后，送到扬声器里，扬声器把音频电信号转换成声音，这样我们就听到收音机里的节目了。

⊙ 类比分析 ①天线接收是把所有的送信使者都接了下来；②选台就是看到带有你所需要信件的使者；③解调就是把信件从使者身上解下来；④扬声器就是把信件打开了，让我们了解相关信息。

2. 电视的发射和接收

教师可以引导学生利用教科书中图 21.3-4 对电视信号的发射和接收的大致过程进行小组自学交流，不必在知识上对学生做过高要求，让学生对此有个粗略的了解即可。

3. 移动电话

现在，移动电话的使用已经十分普遍，随身携带一个手持移动电话，就可以在地球上大部分地方进行通话。学生也一定有兴趣了解移动电话的工作过程。在学过固定电话和收音机后，就更容易理解这方面的问题了。

教师可以通过教科书图 21.3-5、21.3-6 来说明移动电话的工作方式。公用移动电话系统是城市电话网的一部分。每一个移动电话都是一个无线电台，它将用户的声音转变成为高频电信号发射到空中，同时它又相当于一个收音机，捕捉空中的电磁波，使用户接收到通话对方送来的信息。

另外，要说明为什么要设立基地台。移动电话的体积很小，发射功率不大；它的天线也很简单，灵敏度不高。因此，它和其他用户的通话要靠较大的固定无线电台转接，这种固定的电台叫作基地台。

“科学世界”的内容扩展了学生的知识面，可以通过学生自己阅读来完成。使学生通过自学对生活中常听到的音频、视频、射频和频道这样的名词有一个初步了解；粗略了解电视频道的划分。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1.（1）射频电流的频率是 1 008 kHz，音频电流的频率是 440 Hz 。

（2）此时收音机接收到空中电磁波的频率是 1 008 kHz 。

2. 提示：张伟和刘浩在上海用他们在北京的手机号通话时，运营商首先对手机进行识别，确认两部手机都位于上海，然后，他们就可以利用上海本地的通信网络进行通话了。可以鼓励对此问题有兴趣的学生在课外查阅相关资料，并与同学交流。

（四）补充练习

1. 关于广播、电视、移动电话的信息发射和接收过程，下列说法错误的是（　　）

A. 它们都是靠电磁波传递信息的

B. 在信息发射时，它们都要把电信号加载到高频电流上

C. 它们都只有接收功能，没有发射功能

D. 移动电话既有接收功能，又有发射功能

答案：C

2. 下面是无线电广播接收过程的几个程序：

①调谐器选择所要接收的特定频率的信号

②接收各种无线电波

③电子线路获得音频信号

④耳机放音

这个过程的合理顺序是（　　）

答案：②①③④

第 4 节　越来越宽的信息之路

（一）教学目标

1. 常识性了解卫星通信、光纤通信、网络通信。

2. 通过学习现代通信知识，了解科技为人类带来的便利，提高学科学的兴趣。

（二）教材分析与教学建议

本节让学生常识性了解微波通信、卫星通信、光纤通信、网络通信。本节的意图在于让学生认识到人类已经进入信息时代，信息技术已经渗透到人类生产、生活的各个领域，信息技术的发展给人类的生活方式带来了翻天覆地的变化。通过学生学习，了解科技为人类带来的便利，从而提高学生学习科学的兴趣，使学生养成关心科学发展前沿的意识，树立正确的科学观，培养振兴中华、用科学服务于人类的使命感和责任感。教学重点是以大量的图片、视频介绍本节所讲的各种通信方式的优点、缺点、改进方法，结合学生日常生活接触到的信息，加深对信息之路越来越宽的理解。

1. 微波通信

微波通信已走入我们的生活。为什么要用微波通信？如何实现微波通信？教师首先要说明微波比中波和短波的频率更高，可以传递更多的信息。另外要说明微波中继站的作用。

教科书图 21.4-1 生动形象地说明了中继站的作用。微波大致沿直线传播，中继站可

以把上一站传来的微波信号经过处理后，再发射到下一站去，这就像接力赛跑一样，一站传一站，经过很多中继站可以把信息传递到远方。

教科书图 21.4-2 可以激发学生展开丰富的想象，讨论能否用地球的卫星——月亮进行微波中继通信。这样也能使学生更容易理解卫星通信。

2. 卫星通信

卫星通信系统由通信卫星、地面站和传输系统组成。通信卫星就像一个无人值班的空中微波中继站，它从一个地面站接收发射来的电信号，经过处理后，再发送到另一个或几个地面站。教科书图 21.4-5 说明了用三颗通信卫星就可以实现全球通信。现在我们看到的很多电视节目是通过卫星传送的。可以让学生自己说说家里收到的电视节目中哪些是通过卫星传送的，这样可以使他们切身感受到卫星通信带来的好处。

教学片段　微波通信和卫星通信

⊙ 提出问题

(1) 为什么要用微波通信呢?

(2) 为什么要建立中继站?

(3) 高山、大洋中无法建设中继站，怎么办呢?

(4) 卫星做中继站可以随便移动吗?

(5) 最少需要几颗卫星就可以实现全球通信?

⊙ 阅读自学　引导学生阅读课本，从中找出问题的答案，并联系实际理解知识。

⊙ 小组交流、分析

(1) 微波的波长为 10 m～1 mm，频率为 30～3×10^5 MHz，比中波和短波的频率更高，它可以同时开通几千、几万路电话，能传输的信息更多。

(2) 微波沿直线传播不能绕射，因此衰减很快，要使它传向远方，必须建设中继站，像接力赛那样，一站一站地向外传播。举例：移动、联通通信网络各自都有自己的中继塔，就是想让信号传递到人们活动的各个角落。

(3) 高山、大洋中无法建设中继站，需要在高处悬挂一个中继站，这就要靠卫星来实现。

(4) 卫星应该与地面保持相对固定，这样的卫星叫作地球同步卫星。

(5) 全球通信最少需要三颗卫星就可以实现。

该教学片段旨在提高学生的阅读理解能力，从中提取知识解决问题的能力。要求学生根据问题阅读文章提取信息，并结合实际生活理解信息来回答问题。

3. 光纤通信

对于电缆、光纤等，学生通过各种媒体应该已经听说过，但是对于具体的知识内容，学生一般没有接触过。所以建议教师在通过让学生阅读自学或者上网查阅资料了解有关知

识外，做好教科书中的 21.4-6 演示实验很重要。通过光沿着水流传播的演示实验，使学生知道光不但能够沿直线传播，也可以沿着弯曲的水流传播，进而使学生理解光也能沿着玻璃丝传播。不管玻璃丝怎样弯曲，从它一端射入的光都会沿着它传播，再从另一端射出。这为学生理解光纤通信打好基础。

教学片段　光纤通信

⊙ 阅读自学　阅读教科书“光纤通信”部分内容，通过讨论说出对光纤通信的了解。

⊙ 教师补充分析　普通的光源夹杂了许多不同波长（频率）的光，方向性差。如果用它作载波，就像收音机同时接收到了许多频率的节目，各种声音重叠在一起，让人无法分辨清楚。直到 1960 年美国科学家梅曼制成了世界上第一台红宝石激光器，能够产生频率单一、方向高度集中的光——激光，才使光作为载波得以实现。

⊙ 演示实验　做教科书图 21.4-6 所示的演示实验。

⊙ 分析　光在光导纤维里传播：通信用的激光从光导纤维的一端射入，在内壁上多次反射，从另一端射出，这样就把它携带的信息传到了远方。

光在光导纤维中传输损耗小，可长距离传输。光纤通信的通信容量极大，不怕雷击，不受电磁干扰，通信质量高，保密性好。

4. 网络通信

对于计算机和网络，很多学生非常熟悉。不仅在信息技术课上进行了专门学习，有的学生因为爱好，对计算机和网络知识甚至比老师知道得还多。所以这部分内容完全可以交给学生自己。对于相对偏远的地区，如果计算机和网络还没有普及，那就需要教师多准备一些图片、视频等资源，给学生介绍、讲解。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. 延迟 0.24 s；

打市内电话没有这种延迟的原因是：由于电磁波传播的速度非常快，市内电话相互之间的距离近，电磁波传播造成的延迟时间非常短，人们根本感觉不到。

2. 微波通信：可以用于各种电信业务的传送，如电话、传真以及彩色电视等均可通过微波电路传输。

卫星通信：卫星电视、卫星导航等。

光纤通信：宽带网络等。

网络通信：电子邮件等。

3. 提示：通信方式的分类方法有多种形式，分类图就有更多形式。可让学生自由发挥。现在提供通信方式的一些分类方法供参考。

（1）按通信信号的传输特点分为：有线传输和无线传输两大类。

（2）按通信手段分：

有线通信手段方面有：有线电话、有线电视、计算机网络通信和光纤通信等；

无线通信手段有：卫星通信、移动通信、微波中继通信、短波通信、地波通信，等等。

（3）按信号本身的特点分为：模拟通信、数字通信。

四种通信方式的优点是：

微波通信：具有良好的抗灾性能，对水灾、风灾以及地震等自然灾害，微波通信一般都不受影响。

卫星通信：通信范围大；只要在卫星发射的电波所覆盖的范围内，从任何两点之间都可进行通信；不易受陆地灾害的影响（可靠性高）；同时可在多处接收，能经济地实现广播、多址通信（多址特点）。

光纤通信：传输频带宽、通信容量大；传输损耗低、中继距离长；线径细、重量轻，原料为石英，节省金属材料，有利于资源合理使用；绝缘、抗电磁干扰性能强；还具有抗腐蚀能力强、抗辐射能力强、可绕性好、无电火花、泄漏小、保密性强等优点，可在特殊环境或军事上使用。

网络通信：数字化、宽带化、高速化、智能化、综合化、网络化。

（四）补充练习

1. 关于光纤通信，下列说法正确的是（　　）

A. 光在光导纤维中经多次反射从一端传到另一端

B. 光在光导纤维中始终沿直线传播

C. 光导纤维是一种很细很细的金属丝

D. 光信号在光导纤维中以声音的速度传播

答案：A

2. 通信卫星大多是相对于地球“静止”的_____，从地面上看，它好像悬挂在空中_____。在地球周围均匀地配置____颗同步通信卫星，就覆盖了几乎全部地球表面。通过卫星电视，一个地方的突发事件，全世界几乎可以_____看到。

答案：同步卫星；静止不动；3；同时

3. 世界各地的计算机网络通过交换机和服务器互相联结，就成为世界上最大的计算机网络，称为_____。计算机可以高速处理大量信息，把计算机联在一起，可以进行网络通信。计算机之间的联结，可以使用_____等各种通信手段。

答案：因特网；金属导线、光缆、通信卫星

四、教学资源

（一）实验天地

制作简易收音机

无调谐无放大式收音机是一切收音机中最简单的一种。顾名思义，无调谐收音机不能调谐——即对电台信号没有选择的能力。这种收音机只靠接收空中无线电波的能量来推动耳机发声，不需要电源。

（1）线路图及工作原理

无调谐收音机的线路图是十分简单的（图 21-资-1）。实际上，组成这种收音机的主要元件只有两个，一只二极管、一副耳机，另加上外接天线（TX）和地线。

结合图 21-资-2 那样的框图，简单地说明一下它的工作原理。

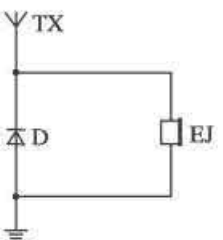


图 21-资-1　无调谐收音机线路图



图 21-资-2　无调谐收音机框图

天线（TX）从空中接收到无线电波即高频电信号，送到晶体二极管（D）的两端。高频电信号的正半周（二极管上边为正，下边为负）对于二极管来说加的是反向电压，这时二极管不导通，电流不能流过二极管，只好流过耳机（EJ）；而高频电信号的负半周对二极管来说加的正好是正向电压，这时二极管导通，电流顺利地流过二极管，不再流经阻抗比二极管正向电阻大许多倍的耳机。因此，耳机中只流过高频电信号的正半周，而负半周被二极管给“削”去了（这一过程叫检波）。结果，流过耳机的平均电流就和电台中用来调制等幅波的音频信号相同，使耳机的膜片振动，发出声音来（图 21-资-3）。

图 21-资-1 中的二极管正负极颠倒一下收音机也能照常工作，只不过流过耳机的电流是图 21-资-3 中流过二极管的那一半而已。

（2）元件选用

这台收音机只用两个元件：二极管和耳机。

二极管可以选用 2AP 型或 2AK 型的，也可以用 3AG 型三极管的任何一个 PN 结来

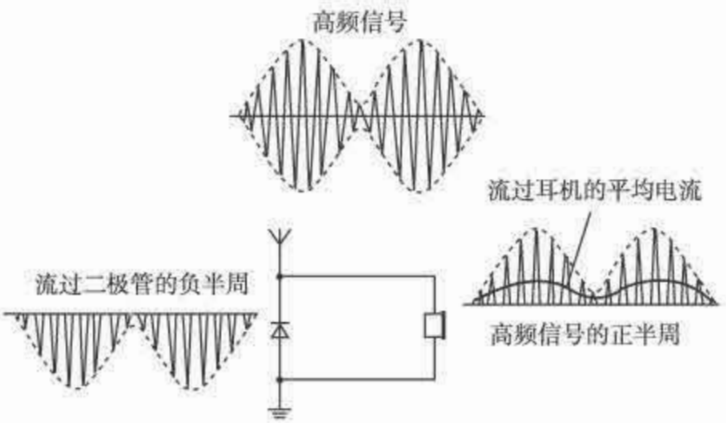


图 21-资-3　无调谐收音机的原理

代替。二极管的正反向电阻相差越大越好。

耳机选用头戴耳机或耳塞机都可以，但要求是高阻的（必须是 800 Ω 以上的，一般半导体收音机用的 8 Ω 耳塞机是不能用的），阻抗越高，收听效果越好。

（3）制作与调试

图 21-资-4 为收音机的实物接线图。具体安装时，可以把元件固定在一块小三合板上，二极管焊在接线架上（图 21-资-5）。焊接二极管时，要参看二极管的使用注意事项。图 21-资-5 中，“1”接二极管的负极，“2”接正极。然后，再用两根细导线分别把“1”“2”两个焊片引接在接线柱“4”“3”上。“3”“4”两端接上耳机，“3”再接上暖气管或水龙头，“4”再接上天线，这时耳机里就能听到广播声音了。

这台收音机是不需要进行任何调试的。

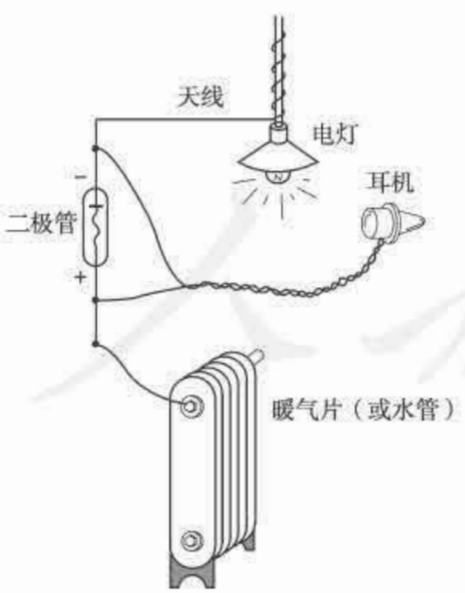


图 21-资-4　无调谐收音机实物接线图

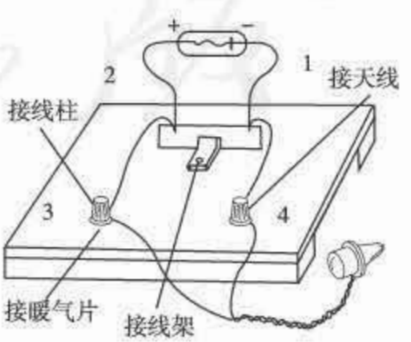


图 21-资-5　无调谐收音机元件布置

必须注意，在雷雨季节一定要注意安全，方法是：平时收听完后应及时将天线和地线连在一起，雷雨时不要收听。

（二）物理史话

1. 电磁波的发现

1862 年，英国物理学家麦克斯韦在总结前人研究成果的基础上，进行了一些大胆假设，用几个公式概括了他对于电磁现象的认识。从这些公式出发，经过数学运算，他发现变化的电磁场将以波的形式向空间传播，这就是我们今天所说的电磁波。他还推导出了电磁波的速度。令人惊奇的是，电磁波的速度与光速相等。于是他断定，光也是一种电磁波！

1886 年，德国杰出的青年物理学家赫兹用实验探测到了电磁波（图 21-资-6）。接着他又通过实验证明了电磁波同光波一样具有反射、折射等特性，电磁波的传播速度也与光速相同。赫兹的实验证实了麦克斯韦的伟大预言，麦克斯韦包含假设的学说也就成了关于电磁场的科学理论。

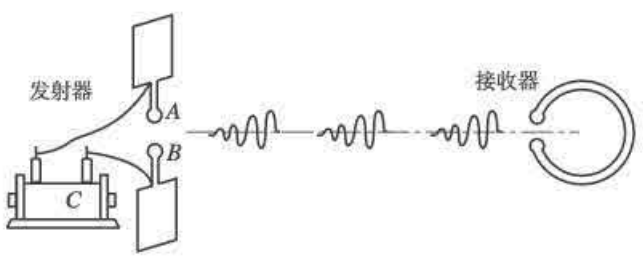


图 21-资-6　赫兹探测电磁波的实验

2. 无线电通信的发明

一项伟大的科学成果从发现到为人类所利用，往往需要经过几代人前赴后继的努力。麦克斯韦预言了电磁波的存在，但却没有能通过亲手实验证实他的预言；赫兹证实了电磁波的存在，但却断然否认利用电磁波进行通信的可能性。他认为，若要利用电磁波进行通信，需要有一面面积与欧洲大陆相当的巨型反射镜。但是，“赫兹电波”的闪光，却照亮了两个年轻人不朽的征程。这两个年轻人便是波波夫和马可尼。

1895 年 5 月 7 日，36 岁的波波夫在彼得堡的俄国物理化学会的物理分会上，宣读了关于“金属屑与电振荡的关系”的论文，并当众展示了他发明的无线电接收机。当他的助手雷布金在大厅的另一端接通火花式电波发生器时，波波夫的无线电接收机便响起铃来；断开电波发生器，铃声立即中止。几十年后，为了纪念波波夫在这一天的划时代创举，当时的苏联政府便把 5 月 7 日定为“无线电发明日”。1896 年 3 月 24 日，波波夫和雷布金在俄国物理化学协会的年会上，操纵他们自己制作的无线电收发报机，作了用无线电传送莫尔斯电码的表演。当时拍发的报文是“海因里希·赫兹”，以此表示他们对这位电磁波先驱者的崇敬。虽然当时的通信距离只有 250 m，但它毕竟是世界上最早通过无线电传送

的有明确内容的电报。

另一位无线电通信的发明者马可尼，1874 年 4 月 25 日生于意大利波伦亚。他自幼便有广泛的爱好，对电学、机械学、化学都有浓厚的兴趣。13 岁那年，他便在赫兹证实电磁波存在的论文的启发下，萌发了利用电磁波进行通信的大胆设想。他时而在阁楼上，时而在庭院或农场里进行无线电通信的试验。1895 年，他成功地进行了相距 2.8 km 的无线电通信的收与发。

马可尼发明之路荆棘丛生。他在申请政府赞助落空后，于 1896 年毅然赴英。在那里他得到了科学界和实业界的重视和支持，取得了专利。1901 年年底，马可尼完成了电波横渡大西洋的实验，由此诞生了无线电报。1899 年，德国人布劳恩还研制出一套能够调谐的接收系统，既能排除干扰，又大大提高了灵敏度，从根本上改变了马可尼的无线电系统。

3. 光通信的发展历程

用光来传递信息，可能是人类最早应用的一种远距离通信手段，人类学会取火和使用工具的同时就有了利用光的通信。

利用光在大气中传送信号非常方便，所以人们最早就是利用火光传递信息。但是光在大气中的传递受到气象条件的很大限制，雨、雪、雾等天气条件将大大降低光的传输距离。此外，太阳光和普通的灯光等光源频率不稳定，光的性质复杂，从通信的角度看，这些光都是带“噪声”的光，不适合作通信的光源。因此，真正满足光通信的要求，就必须彻底解决两个方面的问题：一个是必须要有利用光传输的介质，另一个就是要有理想的光源。

1960 年，美国科学家梅曼发明了红宝石激光器，人们在实验室中获得了性质和电磁波相似而频率稳定的光源。激光器的英文简称 Laser，意思是“受激发射的光放大”。激光器产生的光是由发光物质本身的原子结构决定的，频率非常稳定。但最初的激光器只能在室温下连续工作很短的时间，无法应用到实际的通信当中。在光的传输介质方面，人们发现透明度很高的石英玻璃丝能够传光。这种玻璃丝称为光导纤维，简称光纤。但是光在光纤中传输损耗还是很大，每千米的损耗大约在 1 000 dB 左右。传送光的介质和光源都找到了，但是还需要在性能上更进一步地改进，才能用于实际通信当中。

1966 年 7 月，英国标准电信研究所的英籍华人高锟博士发表了一篇重要论文。论文论述了造成光纤损耗的主要原因，并从理论上分析：只要能去除玻璃中的杂质，就有可能使光的传输损耗降低到 20 dB/km 左右。1970 年，美国康宁玻璃公司成功地制成了每千米损耗只有 20 dB 的光纤，标志着光纤用于通信成为现实。恰好在同一年，美国的贝尔实验室成功地研制出了能在室温下连续工作的半导体激光器，它体积小，发光面积小，发出的光线频率稳定而且方向性好，成为了通信的理想光源。到 1997 年，激光器已能连续工作几万个小时。

低损耗光纤和长寿命的激光器的发明为光通信的发展铺平了道路。到 20 世纪 90 年代

末，光纤的传输速率已达到 10 000 Mb/s。

（三）物理广角

1. 电话交换机

电话交换机，也叫电话总机。世界上第一台市内电话交换机于 1878 年在美国康涅狄格州开通，当时只有 20 个用户。

电话交换机通常设置在电话用户分布区域的中心，每个电话用户都拉一对线到它那儿，经过电话交换机的“穿针引线”，可以完成任意两个用户之间的通话接续，而其他用户则不介入。

电话交换机的出现，是电话通信的一大变革。就交换方式而言，迄今已完成了两度飞跃——由人工式交换发展到自动式交换，由机电式交换发展到电子式交换。

人工式交换是依靠话务员手工操作进行接线和拆线的，磁石式电话交换机和共电式电话交换机都属于人工交换设备。

用人工接转电话，效率低，而且劳动强度大。即使一个业务很熟练的话务员，最多只能接转 200 门以下的电话。要想使千家万户的电话都能迅速接转，就得靠自动交换机了。

1891 年自动电话交换方式的问世，实现了电话交换史上第一次飞跃。自动电话交换机属于一种机电式交换。

20 世纪 40 年代以来，号称“人类第二大脑”——电子计算机和“电器骄子”——晶体管相继问世，为创造新一代自动电话交换机（电子式自动电话交换机）提供了契机。

电子式自动电话交换机融半导体技术与电子计算机技术于一体，在它上面看不到一个机械接点，因此，也叫“无接点式交换机”。根据交换机的电子化程度，可分为全电子式和准电子式两大类。这两类交换机由“电脑小姐”充当接线员，电话接续快，差错又少。只要事先给电脑输进各种程序、指令，电脑就能自动地指挥交换机完成各项接续工作。许多普通机电式自动电话交换机所无法完成的任务，电脑都能胜任。主人只要改变一下程序，就可以使电话交换机不断适应新的情况，增添许许多多新的服务项目。这种新颖别致的电话交换设备，学名叫程序控制式自动电话交换机，简称程控电话交换机。人类历史上第一台程控电话交换机于 1960 年在美国贝尔系统试用成功，并于 1965 年 5 月正式开通，电话容量为 4 300 门。

电子式自动电话交换机的问世，将自动电话交换技术提高到一个崭新的阶段，无疑是电话交换技术的一大飞跃，它有着非常广阔的发展前景。

2. 数字通信与模拟通信

根据信号方式的不同，通信可分为模拟通信和数字通信。什么是模拟通信呢？比如在电话通信中，用户线上传送的电信号是随着用户声音大小的变化而变化的。这个变化的电信号无论在时间上或是在幅度上都是连续的，这种信号称为模拟信号。在用户线上传输模拟信号的通信方式称为模拟通信。

数字信号与模拟信号不同，它是一种离散的、脉冲有无的组合形式，是负载数字信号的信号。电报信号就属于数字信号。现在最常见的数字信号是幅度取值只有两种（用0和1代表）的波形，称为二进制信号。数字通信是指用数字信号作为载体来传输信息，或者用数字信号对载波进行数字调制后再传输的通信方式。

数字通信与模拟通信相比具有明显的优点。首先是抗干扰能力强。模拟信号在传输过程中和叠加的噪声很难分离，噪声会随着信号被传输、放大，严重影响通信质量。数字通信中的信息是包含在脉冲的有无之中的，只要噪声绝对值不超过某一限定值，接收端便可判别脉冲的有无，以保证通信的可靠性。其次是远距离传输仍能保证质量。因为数字通信是采用再生中继方式，能够消除噪音，再生的数字信号和原来的数字信号一样，可继续传输下去，这样通信质量便不受距离的影响，可高质量地进行远距离通信。此外，它还具有适应各种通信业务要求（如电话、电报、图像、数据等），便于实现统一的综合业务数字网，便于采用大规模集成电路，便于实现加密处理，便于实现通信网的计算机管理等优点。

实现数字通信，必须使发送端发出的模拟信号变为数字信号，这个过程称为模数变换。模拟信号数字化最基本的方法有三个过程。第一步是抽样，就是对连续的模拟信号进行离散化处理，通常是以相等的时间间隔来抽取模拟信号的样值。第二步是量化，将模拟信号样值变换到最接近的数字值。因抽样后的样值在时间上虽是离散的，但在幅度上仍是连续的，量化过程就是把幅度上连续的抽样也变为离散的。第三步是编码，就是把量化后的样值信号用一组二进制数字代码来表示，最终完成模拟信号的数字化。数字信号送入数字网进行传输。接收端则是一个还原过程，把收到的数字信号变为模拟信号，即数模变换，从而再现声音或图像。

如果发送端发出的信号本来就是数字信号，则用不着进行模数变换过程，数字信号可直接进入数字网进行传输。

由于人们对各种通信业务的需求迅速增加，数字通信正向着小型化、智能化、高速大容量的方向迅速发展，最终必将取代模拟通信。

3. 无线电波

无线电技术中使用的电磁波叫作无线电波。无线电波的波长从几毫米到几十千米。通常根据波长或频率把无线电波分成几个波段，包括长波、中波、短波、超短波、微波等。各个波段的无线电波有各自的传播方式和用途，如下表所示。

波　段	波　长	频　率	传播方式	主要用途
长　波	3 000～30 000 m	10～100 kHz	地　波	超远程无线电通信和导航
中　波	200～3 000 m	100～1 500 kHz	地波和天波	调幅（AM）无线电广播、电报
中短波	50～200 m	1 500～6 000 kHz		
短　波	10～50 m	6～30 MHz	天　波	

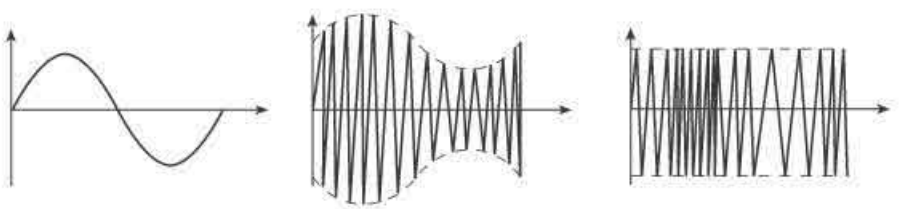
续表

波段		波长	频率	传播方式	主要用途
微波	米波（VHF）	1～10 m	30～300 MHz	近似直线传播	调频（FM）无线电广播、电视、导航
	分米波（UHF）	1～10 dm	300～3 000 MHz	直线传播	移动通信、电视、雷达、导航
	厘米波	1～10 cm	3 000～30 000 MHz		
	毫米波	1～10 mm	30 000～300 000 MHz		

4. 调制和解调

无线电广播传递的是声音，电视广播传递的不仅有声音，还有图像。这就要求发射的电磁波随信号而改变。使电磁波随各种信号而改变的技术叫作调制。

一种调制方式是使高频电流或电压的振幅随信号改变，这种调制叫作调幅，用 AM 表示（图 21-资-7 乙）。调幅广播一般使用中波和短波波段。使高频电流或电压的频率随信号改变的调制方式叫作调频，用 FM 表示（图 21-资-7 丙）。在一些城市播出的调频广播和电视广播的伴音，采用的都是调频的方法。这些广播通常使用微波中的甚高频（VHF）和超高频（UHF）波段。



甲 被传递的信号图象　　乙 调幅波信号图象　　丙 调频波信号图象

图 21-资-7 调幅波的振幅按照被传递的信号变化；调频波的频率按照被传递的信号变化。

许许多多无线电台、电视台以及无线电通信设备，不断地向空中发射各种频率的电磁波。接收机首先要从诸多的电磁波中把我们需要的选出来，这叫作调谐。拨动收音机的旋钮选择电台时，实际上就是在改变可变电容器的电容进行调谐。

经过调谐，接收机收到的是带有信息标记的高频电流，还不能使我们直接感受到所需要的信号。例如在收音机中，这种高频振荡电流不能使耳机或扬声器的振动片振动发声。要听到声音，必须从高频振荡电流中“检”出所携带的信号，这叫作检波。

检波是调制的逆过程，因此也叫解调。解调之后得到的信号还要经过放大。如果传递的是声音信息，则由扬声器发出声音；传递的是图像信息，则由显像管显示出图像。

图 21-资-8 是无线电广播的示意图。

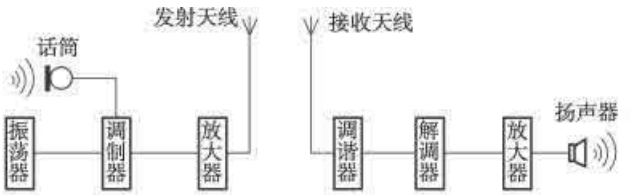


图 21-资-8　无线电广播

5. 无线电波的传播

通常，无线电波有三种传播方式：地波、天波和沿直线传播的波。

地波　沿地球表面附近的空间传播的无线电波叫地波（图 21-资-9）。地面上有高低不平的山坡和房屋等障碍物，根据波的衍射特性，当波长大于或相当于障碍物的尺寸时，波才能明显地绕到障碍物的后面。地面上的障碍物一般不太大，长波可以很好地绕过它们。中波和中短波也能较好地绕过，短波和微波由于波长过短，绕过障碍物的本领就很差了。



图 21-资-9　地波的传播

地球是个良导体，地球表面会因地波的传播引起感应电流，因而地波在传播过程中有能量损失。频率越高，损失的能量越多。所以无论从衍射的角度看还是从能量损失的角度看，长波、中波和中短波沿地球表面可以传播较远的距离，而短波和微波则不能。

地波的传播比较稳定，不受昼夜变化的影响，而且能够沿着弯曲的地球表面达到地平线以外的地方，所以长波、中波和中短波用来进行无线电广播。

天波　地球被厚厚的大气层包围着，在地面上空 50 km到几百千米的范围内，大气中一部分气体分子由于受到太阳光的照射而丢失电子，即发生电离，产生带正电的离子和自由电子，这层大气就叫作电离层。依靠电离层的反射来传播的无线电波叫作天波（图 21-资-10）。

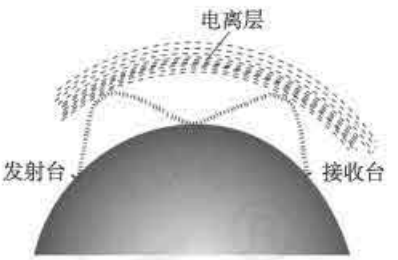


图 21-资-10　天波的传播

电离层对于不同波长的电磁波表现出不同的特性。实验证明，波长短于 10 m 的微波能穿过电离层，波长超过 3 000 km 的长波，几乎会被电离层全部吸收。对于中波、中短波、短波，波长越短，电离层对它吸收得越少而反射得越多。因此，短波最适宜以天波的形式传播，它可以被电离层反射到几千千米以外。但是，电离层是不稳定的，白天受阳光照射时电离程度高，夜晚电离程度低。因此夜间它对中波和中短波的吸收减弱，这时中波和中短波也能以天波的形式传播。收音机在夜晚能够收听到许多远地的中波或中短波电台，就是这个缘故。

沿直线传播的电磁波　微波和超短波既不能以地波的形式传播，又不能依靠电离层的反射以天波的形式传播。它们跟可见光一样，是沿直线传播的。这种沿直线传播的电磁波

也叫空间波或视波。

地球表面是球形的，微波沿直线传播，为了增大传播距离，发射天线和接收天线都建得很高，但也只能达到几十千米。在进行远距离通信时，要设立中继站。由某地发射出去的微波，被中继站接收，进行放大，再传向下一站。这就像接力赛跑一样，一站传一站，把信号传到远方。直线传播方式受大气的干扰小，能量损耗少，所以收到的信号较强而且比较稳定。另外，微波的频率高，相同的时间内比中波、短波传递的信息更多，所以，电视、雷达采用的都是微波。用同步通信卫星作中继站传送微波，可以使无线电信号跨越大陆和海洋。最少只要用三颗通信卫星就可以实现全球通信。

6. 电视

1884 年，德国发明家尼普科夫发明了可以扫描图像的尼普科夫圆盘，使用电来传递画面的想法得以实现。尼普科夫圆盘上有一圈沿螺旋线排列的小孔，当图像投影到旋转圆盘上时，旋转圆盘上的小孔会以一系列平行线扫描图像，这样通过小孔的光落到光电池上，产生的光电流就会相应地显示出图像沿扫描线呈现的明暗变化。接收端的尼普科夫圆盘与发射端的同步旋转，安装在光源前面，而光源的强度受光电池电流的调制。这样，原来的图像就会重现在接收端的圆盘上。

1927 年，英国发明家贝尔德对尼普科夫圆盘作了一番改进，应用了电子管放大器。他在伦敦作了一次公开的电视传输表演，虽然图像小而暗淡，并且摇晃不定，但这是人类第一次看到从远处传来的活动的景象，它标志着电视的诞生。

现代的电视在电视发射端，由摄像管（图 21-资-11）摄取景物并将景物反射的光转换为电信号。

摄像镜头把被摄景物的像投射在摄像管的屏上，电子枪发出的电子束对屏上的图像进行扫描。扫描的路线如图 21-资-12 所示，从 a 开始，逐行进行，直到 b。电子束把一幅图像按照各点的明暗情况，逐点变为强弱不同的信号电流。天线则把带有图像信号的电磁波发射出去。

在电视接收端，天线收到电磁波后产生感应电流，经过调谐、解调等处理，将得到的图像信号送到显像管（图 21-资-13），还原成景物的像。显像管里的电子枪发射的电子束也在荧光屏上扫描，扫描的方式和步调与摄像管的扫描同步。同时，显像管电子枪发射电子束的强弱受图像信号的控制，这样在荧光屏上便出现了与摄像屏上相同的像。

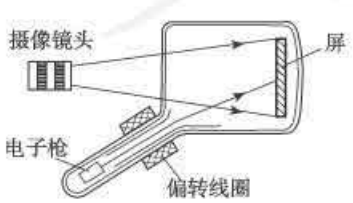


图 21-资-11　摄像管

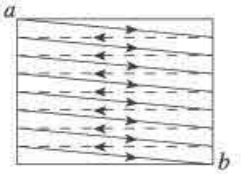


图 21-资-12　电子束扫描的路线

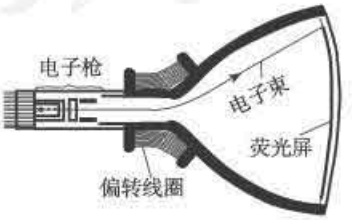


图 21-资-13　显像管

摄像机在 1 s 内传送 25 帧画面，电视接收机也以相同的速率在荧光屏上显现这些画面。由于画面更换迅速，眼睛又有视觉暂留现象，所以我们感觉到的是连续的活动景象。

电视机天线接收到的电磁波除了载有图像信号外，还有伴音信号，伴音信号经解调取出后送到扬声器。

7. 电视机的频道

电视台发射天线不断地发射带有声音和图像信号的电磁波，每个电视台发射的电磁波的频率有一定的范围，不同的电视台所发射的电磁波的频率范围也不相同。这种电视信号各不相同的频率范围，我们称为频道。例如，在北京地区，中央电视台 1 台发射的电磁波的频率范围为 56.5～64.5 MHz，我们称为 2 频道；中央电视台 2 台发射的电磁波频率范围为 183～191 MHz，我们称为 8 频道。就是说，每个电视台都有自己固定的频道，以这一固定频道发送节目。我国的电视广播在甚高频（VHF）波段上规定了 1～12 可供选择的频道。另外在超高频（UHF）波段上，规定了 13～68 频道。频率范围见下表。能接收甚高频和超高频两个波段中所有电视频道的电视机称为全频道电视机。当然，能接收到某频道电视节目的首要条件是当地要有这一频道的电视广播。

频段	电视频道	频率范围/ MHz
VHF（甚高频段）	1	48.5～56.5
	2	56.5～64.5
	3	64.5～72.5
	4	76～84
	5	84～92
	6	167～175
	7	175～183
	8	183～191
	9	191～199
	10	199～207
	11	207～215
	12	215～223
UHF（超高频段）	13～24	470～566
	25～68	606～958

8. 数字电视

数字电视是在从演播室到发射、传输、接收的所有环节中都使用数字电视信号的新型电视系统。数字电视的前端系统由信源处理、信息处理和传输处理三部分组成，它将模拟的节目信号加扰、授权和认证。数字电视采用双向传输网络，通过卫星、光缆、无线电波等将数字信号传送至电视接收机。与模拟电视相比，数字电视采用数字图像压缩编码技术，提高了频率资源的利用率。在一个标准数字电视频道中，可传送 4～8 套标准清晰度

数字电视节目或1～2套高清晰度数字电视节目。数字电视的图像清晰度高、音频效果好、抗干扰能力强。在接收端收到的电视图像及声音质量非常接近演播室水平。模拟电视的伴音是单声道，数字电视可提供环绕立体声伴音。数字电视采用大规模集成电路，结构更简单，成本进一步降低，可靠性比模拟电视更高。它易实现信号的存储，并兼容现有模拟电视画面的格式。数字电视信号还可进行加密干扰，便于开展各项收费业务，实现对观众分区的良好管理。

数字电视机除了收看数字电视节目，还具有交互式功能，如点播收看付费电视、实现因特网浏览、接收远程教育等。普通模拟电视机加装数字电视机顶盒即可接收数字电视节目。数字电视机和模拟电视机的信号处理方式不同。模拟电视机对接收到的模拟信号进行处理，恢复出模拟的图像。数字电视机则对收到的数字信号进行数字解调和数字解码，转换成模拟图像，大大减少了处理过程中对信号的损伤，确保信号还原后接近演播室水平。数字技术的运用，使广播电视业务与通信、计算机业务开始融合，不同媒体如广播、电视、通信等在数字化后，都采用0和1的数字信息。观众由被动收看发展到准视频点播收看，最终实现真正的视频点播收看。

9. 雷达

雷达是一种利用无线电波即电磁波发现目标并测定其距离、方位、高度和速度等参数的电子设备。雷达的概念形成于20世纪初期，在第二次世界大战中获得迅速发展。1935年，英国研制成最早投入实战的军用雷达系统，用于探测敌军的飞机。除了作为军事装备外，雷达还广泛应用于导航、气象、天文等经济和科技领域。

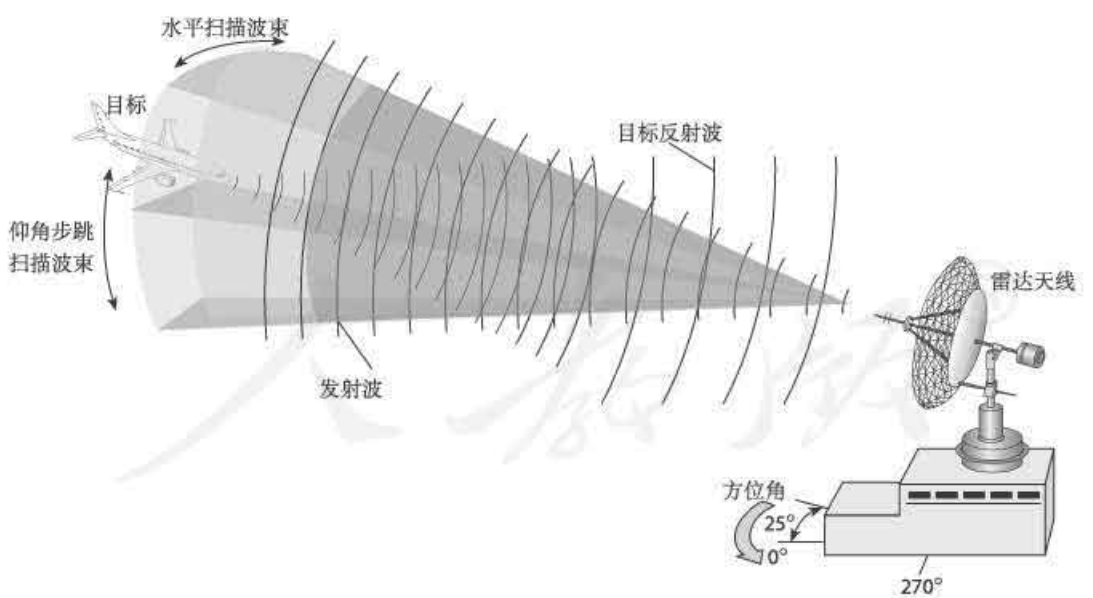


图21-资-14

雷达探测原理（如图21-资-14）测距：由于电磁波在大气中的传播速度不变，所以可

通过测出一个发射脉冲从发射到被目标反射回来的时间间隔，再根据距离、时间、速度三者之间的关系将目标距离计算出来。测定方位角和仰角：目标水平方位就是天线作水平扫描时所得目标反射波的轴线的水平指向；目标仰角就是天线在水平方位保持不变的情况下作垂直扫描时所得目标回波的轴线仰角。

雷达显示器显示图像：雷达显示器的类别多达十几种，不同显示器显示的图像也不相同。图 21-资-15 为一种称作“平面位置显示器”的显示图像，它属于径向圆扫描，目标为一个具有长余辉的亮点，位置以极坐标表示，直观易懂。

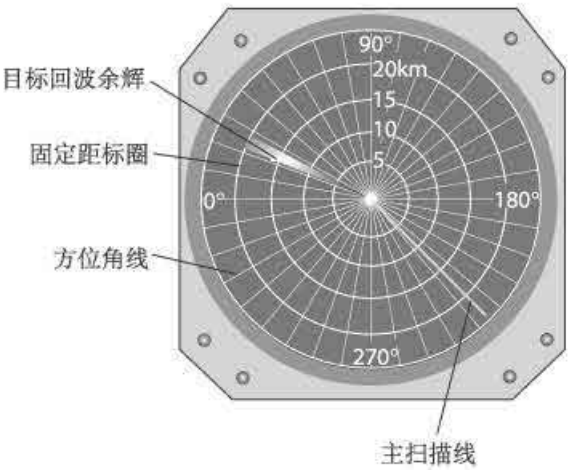


图 21-资-15

10. 隐形飞机

隐形飞机是一种用隐形技术设计制成的军用飞机。实际上，隐形飞机并不是说飞机是透明的，无论怎么飞人们也发现不了。它只是针对号称千里眼的雷达而言，即不易被雷达发现。

隐形飞机的机身和机翼，采用一种能大量吸收雷达波的非金属材料制成，表面还涂上一层金属氧化物组成的隐形材料。这样，飞机能吸收雷达波或让雷达波穿透过去，不发生反射，敌人就收不到信号了。

奇特的机身外形对飞机能隐形也帮了大忙。隐形飞机的机身不是常见的圆筒形，而是设计成菱形、锥形、头盔形等特殊形状；机身和机翼连接的地方成圆弧形，没有通常的尾翼。这一系列措施都能破坏雷达波，使之不能产生强大的回波。另外，隐形飞机还能躲避红外线探测器的监视。办法是将大量散发热量的喷气发动机排气口装在飞机顶部，并且在排出前，使高温的喷气流吸入冷空气降温，这样，地面的红外线探测器就很少或者根本不能探测到飞机散发的热量了。

11. 无线电导航

利用无线电设备确定舰船、飞机或其他航行体的位置，并引导它们沿着预先指定的航线航行的方法和技术。无线电导航的任务，是要保证在各种气象条件下，引导车辆、舰船、飞机等用户沿预定路线安全航行；引导飞机起飞和降落；引导船只进出港口、通过水道或停靠码头；对飞机和船只的活动进行调度，实行交通管制，以防发生碰撞；引导车辆在丛林、沙漠等特殊环境下行驶。在军事上，除完成飞机和军舰的一般引导任务外，导航还要能配合完成如武器投射、侦察、巡逻、反潜、空中编队、援救等任务。在国民经济中，由于导航具有高精度定位的能力，它还可以配合完成如海上石油勘探、海上捕鱼、海洋调查、海底电缆铺设、大地测量、航空测绘以及气象探测等任务。

无线电导航是用辐射电磁波的方法，测量导航用户与某些导航台间的相对位置，以确定导航用户自己的位置。因此，无线电导航设备和系统与雷达有很多相似之处。但是，由于导航用户是运动的物体，所以这种系统的定位方法就与本身是固定的雷达所采用的定位方法不同。目前除雷达导航外，其他各种无线电导航系统，几乎都是先由导航台发射出具有一定特征的无线电导航信号，再由用户（航行体）导航设备所接收，用户根据导航台的方向和位置，即可确定出自己的位置。例如，如图 21-资-16 所示，A、B 是两个导航台，P 是在这两个导航台作用距离内的航行体，航行体只要利用定向接收天线测出两个导航台的方向，就可以求出这两个导航台的方位角 θ_1 和 θ_2，再根据航行图上 A、B 两个导航台的实际地理位置和方位角 θ_1、θ_2，引直线 AL、BK，即可确定航行体 P 自身的位置。

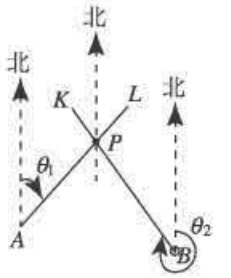


图 21-资-16　定位原理

现在无线电导航技术的发展方向主要是：实现设备的微小型化和自动化；实现具有全球覆盖、全天候、高精度和适于各种用户等优点的卫星导航系统；实现除完成导航任务外，还能完成通信、监视、武器制导、授时等任务，即能够综合利用的无线电导航系统。

12. 移动通信

移动通信是移动体与固定点或移动体间进行的通信。移动通信包括移动无线电通信和移动电话。移动无线电通信的移动体间不具备选址功能，列车调度电话、汽车应急电话、航空电台、军用电台等专业移动通信网常采用这种通信方式；移动电话可实现移动目标间的选址通信，还可实现移动用户与电话网有线用户间的通话。

蜂窝网（图 21-资-17）是应用最广泛的移动通信网，由移动通信终端、基站以及移动

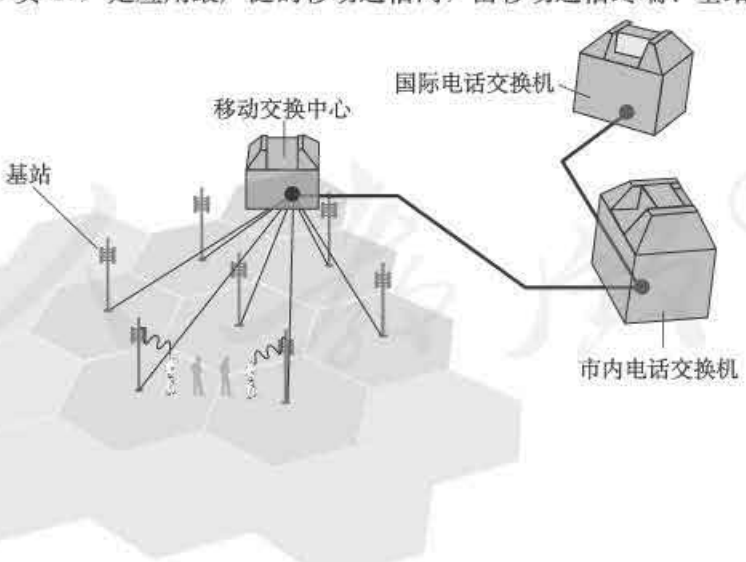


图 21-资-17

交换中心组成。蜂窝网将服务区划分成多个六边形的小区，即蜂窝。每个蜂窝以基站为中心，负责与该小区内的移动终端进行无线通信。若干个小区构成一个服务区，由一个与有线网相连的移动交换中心完成该服务区的管理和交换。移动通信终端发射的信号经基站接收，传给移动交换中心，移动交换中心将信号传递给目标终端所在区域的基站或接入有线通信网，最终形成通信链路。当移动通信终端从一个小区进入另一个小区时，移动交换中心通过指令指挥此小区的基站与该移动通信终端开始通信，同时终止原小区与移动通信终端间的通信。

移动通信的发展基于无线通信技术，如 WAP 技术和 GPRS 技术。WAP 即无线应用协议，是实现无线移动互联网的基本规程，它的一系列通信协议将使新一代的无线通信设备可靠地接入互联网和其他先进的电话网络。GPRS 即通用无线分组业务，是一种高速数据处理技术，具有永远在线、费用合理、高速率等优点。

13. 微波通信

微波通信是以微波为信息载体进行的通信。微波是波长为 1 mm～10 m 的无线电波，波长短、绕射能力差，在空间中只能直线传播。地球表面是球面，地平线上的两点间可形成直线的最远距离约为 50 km，微波只能在此范围内传送，超出范围则需分段进行。微波通信最常见的形式是中继通信，即在信息的发送和接收之间设立多个相隔距离不超过 50 km的微波中继站，信息可通过中继站转接，通信距离延长。微波中继站由微波发射与接收天线、微波信号放大器、电源等组成，用于将已传播了一段距离后衰减的信号接收下来重新放大，增强其信号功率，再向下一中继站发送。但相邻两个中继站的距离较短，要实现长距离通信需修建很多中继站，限制了微波通信的普及。微波中继通信已逐渐被光纤通信取代。

14. 通信卫星的工作过程

利用通信卫星传输广播电视节目是卫星应用技术的重大发展。那么，通信卫星是怎样工作的呢?

卫星通信系统是由空间部分——通信卫星和地面部分——通信地面站两大部分构成的。在这一系统中，通信卫星实际上就是一个悬挂在空中的通信中继站。它居高临下，视野开阔，只要在它的覆盖区以内，不论距离远近都可以通信，通过它转发和反射电报、电视、广播和数据等无线信号。

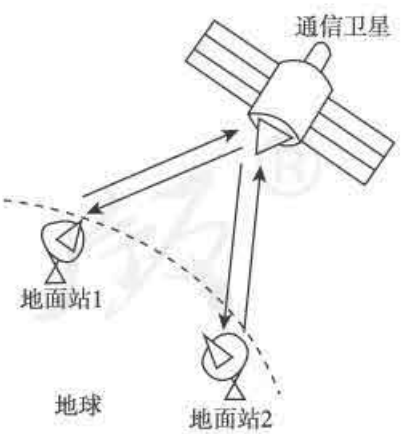


图 21-资-18

通信卫星工作的基本原理如图 21-资-18 所示。从地面站 1 发出无线电信号，这个微弱的信号被卫星通信天线接收后，首先在通信转发器中进行放大，最后再由卫星的通信天线把放大后的无线电波重新发向地面站 2，从而实现

两个地面站或多个地面站间的远距离通信。举一个简单的例子：如北京市某用户要通过卫星与大洋彼岸的另一用户打电话，先要通过长途电话局，由它把用户电话线路与卫星通信系统中的北京地面站连通，地面站把电话信号发射到卫星，卫星接到这个信号后通过功率放大器，将信号放大再转发到大洋彼岸的地面站，地面站把电话信号取出来，送到受话人所在城市的长途电话局转接用户。

电视节目的转播与电话传输相似。但是由于各国的电视制式标准不一样，在接收设备中还要有相应的制式转换设备，将电视信号转换为本国标准。电报、传真、广播、数据传输等业务也与电话传输过程相似，不同的是需要在地面站中采用相应的终端设备。

随着航天技术日新月异的发展，通信卫星的种类也越来越多。按服务区域划分，有全球、区域和国内通信卫星。按用途分，有一般通信卫星、广播卫星、海事卫星、跟踪和数据中继卫星以及各种军用卫星。

15. 光纤通信

信息社会的到来使得人们对光纤通信厚爱有加。从理论上讲，一根头发丝粗细的光导纤维可以同时传送 1 000 亿对电话通话。如果把全世界 50 亿人口分成两半同时进行通话，也只占用了它的容量的四分之一。为什么纤巧的光导纤维具有如此神奇的功能呢?

光导纤维由芯子和包层组成。芯子直径在 10 μm 以下，主体材料为二氧化硅，为了提高光的折射率可掺杂少量氧化锗或氧化磷；包层的直径一般在 100 μm 上下，由纯二氧化硅构成，或者在其中加入少量氧化硼或氟元素，以减少光的折射率。这样可以使芯子和包层的折射率不一致，从而保证光只能在芯子内传输。光导纤维在工作时，首先要有激光器为它提供光源。光线在光纤的芯子与包层的交界处发生反射，经过反复反射呈“之”字形传播。但是一般的光并不带有信息。要让光带上信息，就要把电信号加以调制转换成光信号，传输到接收端，再把光信号解调为电信号，进而把电信号还原成声音等。

由于光纤通信是利用光波传输信息的有线光通信，所以在信息容量上就表现出十分显著的优越性。这是因为光波的频率比微波要高数千倍，相应地能容纳的信号频谱就更宽。同时，光纤通信具有极微的能量消耗，同样距离的光缆所需的中继站要比电缆少得多。这一点在远距离通信中表现出明显的优势。

光纤通信是目前世界上最先进的通信方式，在传输电话、电报、传真、数据和图像时具有很好的稳定性和保密性，在军事通信领域有广泛应用。

16. 现代电话通信网使用的四种通信手段

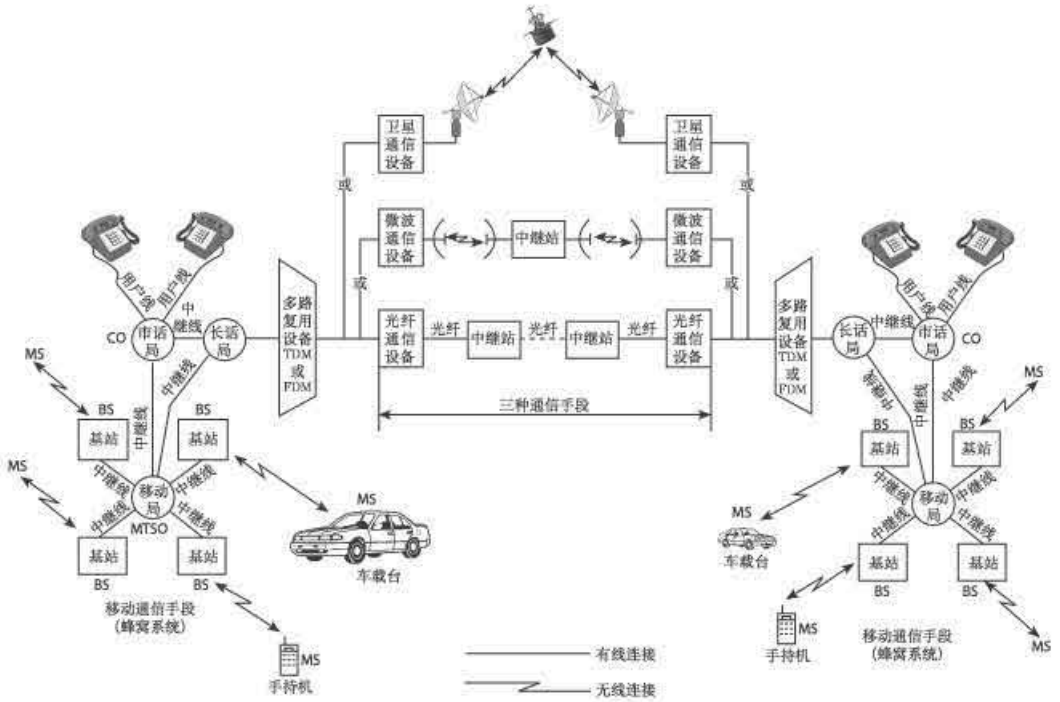


图 21-资-19　现代电话通信网所使用的四种通信手段

17. 激光

1958 年，人类在实验室里激发出了一种自然界中没有的光，这就是激光。40 年来，激光已经深入我们生活的各个角落。打长途电话，看 DVD，医院里做手术，煤矿里挖掘坑道，都用得着激光。那么，激光到底是什么样的光，它为什么有这么大的用途呢?

光是从物质的原子中发射出来的。原子获得能量以后处于不稳定状态，它会以光子的形式把能量发射出去。但是，普通的光源，例如白炽灯，灯丝中每个原子在什么时刻发光，朝哪个方向发光，都是不确定的，发光的频率也不一样。这样的光在叠加时，一会儿在空间的某点相互加强，一会儿又在这点相互削弱，不能形成稳定的亮区和暗区，所以不能发生干涉。这样的光是不相干光。只有频率相同、步调协调的光才是相干光。激光是一种人工产生的相干光，这是它的第一个特点。

由于激光是相干光，所以它能像无线电波那样进行调制，用来传递信息。光纤通信就是激光和光导纤维相结合的产物。

激光的另一个特点是它的平行度非常好。由于平行度好，所以在传播很远的距离后仍能保持一定的强度。激光的这个特点使它可以用来进行精确的测距。对准目标发出一个极短的激光脉冲，测量发射脉冲和收到回波的时间间隔，就可以求出目标的距离。激光测距雷达就是根据这个原理制成的。多用途的激光雷达不仅可以测量距离，而且能根据多普勒效应测出目标的运动速度，从而对目标进行跟踪。

由于平行度好，激光可以会聚到很小的一点。让这一点照射到 DVD 机、CD 唱机或计算机的光盘上，就可以读出光盘上记录的信息，经过处理后还原成声音和图像。由于会聚点很小，光盘记录信息的密度很高。

激光还有一个特点是亮度高，也就是说它可以在很小的空间和很短的时间内集中很大的能量。如果把强大的激光束会聚起来照射到物体上，可以使物体的被照部分在不到千分之一秒的时间内产生几千万度的高温，最难熔化的物质在这一瞬间也要汽化了。因此，我们可以利用激光束来切割各种物质，焊接金属以及在硬质材料上打孔。医学上可以用激光作“光刀”来切开皮肤、切除肿瘤，还可以用激光“焊接”剥落的视网膜。

原子核聚变时释放的核能是一种很有希望的能源。怎样使原子核在人工控制下进行聚变反应，这是各国科学家研究的重要课题。一个可能的实现途径是，把核燃料制成小颗粒，用激光从四面八方对它进行照射，利用强激光产生的高压引起聚变。

激光的应用远不止这些，而且还在不断发展。这方面的介绍文章很多，报刊、电视中也常有最新进展的报道。

18. 因特网（Internet）

因特网也被称为“国际互联网”，是全球性的、最具影响力的计算机互联网络，同时也是世界范围内的信息资源宝库。

从网络设计者的角度考虑，因特网是计算机互联网络的一个实例，由分布在世界各地的、数以万计的、各种规模的计算机网络，借助于网络互联设备——路由器，相互连接而形成的全球性的互联网络。它就像覆盖在地球表面的一个巨大藤蔓，有主藤，有支藤。主藤称为主干网，支藤从主藤上滋长。这个巨大的藤蔓以美国为根，正以惊人的速度向各个国家和地区滋生，目前已延伸到了世界上的绝大多数国家和地区。

目前，美国高级网络和服务公司（ANS，Advanced Network and Services）所建设的 ANSNET 为因特网的主干网，其他国家和地区的主干网通过接入因特网主干网而连入因特网，从而构成了一个全球范围的互联网络。

从因特网使用者的角度考虑，因特网是一个信息资源网。因特网是由大量主机通过连接在单一、无缝的通信系统上形成的一个全球范围的信息资源网，接入因特网的主机既可以是信息资源的提供者（服务器），也可以是信息资源及服务的消费者（客户机）。因特网的使用者不必关心因特网的内部结构，他们所面对的只是接入因特网的大量主机以及它们所提供的信息资源和服务。因特网上的主机以及所拥有的资源就像巨大藤蔓上所结出的硕果，享用者不必考虑藤蔓是如何生长的，只求发现并获得果实。

因特网代表着全球范围内一组无限增长的信息资源，是人类所拥有的最大知识宝库之一。随着因特网规模的扩大，网络和主机数量的增多，它所提供的信息资源及服务将更加丰富，其价值也将越来越高。

因特网由通信线路、路由器（网络之间连接的桥梁）、服务器与客户机和信息资源四部分组成。下面着重介绍一下服务器与客户机。

计算机是因特网中不可缺少的成员，它是信息资源和服务的载体。接入因特网的计算机既可以是像“深蓝”一样的巨型机，也可以是一台普通的微机或笔记本电脑，所有连接在因特网上的计算机统称为主机。接入因特网的主机按其在因特网中扮演的角色不同，分成两类，即服务器和客户机。所谓服务器就是因特网服务与信息资源的提供者，而客户机则是因特网服务和信息资源的使用者。作为服务器的主机通常要求具有较高的性能和较大的存储容量，而作为客户机的主机可以是任意一台普通计算机。

服务器借助于服务器软件向用户提供服务和管理信息资源，用户通过客户机中装载的访问各类因特网服务的软件访问因特网上的服务和资源。

因特网中的服务种类很多，如 WWW 服务、电子邮件服务、文件传输服务、新闻组服务等，用户可以通过各种服务来获取资料、搜索信息、相互交流、网上购物、发布信息、进行娱乐等。

19. 蓝牙技术

蓝牙（Blue Tooth）技术是一种用于替代便携或固定电子设备上使用的电缆或连线的短距离无线连接技术。它是一种低成本、短距离的全球无线连接技术标准。它的通信距离最长为 10 m，传输速率为 1 Mb/s。

蓝牙技术为解决各种无线消费电子产品和信息电器之间的信息传输架起了桥梁，它的出现使各种技术上并不兼容的无线信息设备之间可以实现无缝网络连接和集成。它预示着一个由移动电话、个人数字助理、笔记本电脑、MP3 播放器、信息电器和掌上录像机所组成的无线互联世界的到来。人们今后无论是在家中、工作场所，还是在旅途中，都能够随时登录网络，与他人进行信息共享。

蓝牙技术的作用是简化小型网络设备（如移动 PC、掌上电脑、手机）之间的通信，免除在无绳电话或移动电话、调制解调器、头套式送/受话器、计算机、打印机、幻灯机、局域网等之间加装电线、电缆和连接器。而且，这种技术可以延伸到那些完全不同的新设备和新应用中去。打印机、传真机、键盘、游戏操纵杆以及所有其他的数字设备都可以成为蓝牙系统的一部分。除此之外，蓝牙无线技术还为数字网络和外设提供通用接口，以组建一个远离固定网络的个人特别连接设备群。

20. Wi-Fi

Wi-Fi 原来是无线局域网联盟的一个商标。该商标仅保障使用该商标的商品互相之间可以合作互通，与标准本身实际上没有关系。但因为 Wi-Fi 主要采用 802.11b 协议，因此人们逐渐习惯用 Wi-Fi 来称呼 802.11b 协议。它也逐渐演变成一种可以将个人电脑、手持设备等终端以无线方式互相连接的技术，它可以实现基于 IEEE 802.11 标准的无线网络产品之间的互通性。现在，人们常把使用 IEEE 802.11 系列协议的局域网称为 Wi-Fi，把 Wi-Fi 等同于无线局域网。

由于 Wi-Fi 所使用的频段在世界范围内是无须任何电信运营执照的免费频段，因此它提供了一个世界范围内可以使用，且费用低廉、数据带宽较高的无线接口。用户可以利用

终端设备在 Wi-Fi 覆盖区域内快速浏览网页，拨打电话、收发电子邮件等。与蓝牙技术不同，Wi-Fi 具有更大的覆盖范围和更高的传输速率。基于蓝牙技术的电波覆盖范围非常小，半径大约只有 15 m，而 Wi-Fi 的半径则可达 90 m 左右。鉴于这些优点，目前 Wi-Fi 已经被广泛应用于酒店、商场、住宅区、办公区等。

人教版®

第二十二章
能源与可持续发展

一、《课标》要求及课时建议

（一）《课标》要求

3.5.3　知道能量的转化和转移有一定的方向性。

3.6.1　结合实例，说出能源与人类生存和社会发展的关系。

3.6.2　列举常见的不可再生能源和可再生能源。

3.6.3　知道核能等新能源的特点和可能带来的问题。

3.6.4　了解我国和世界的能源状况。对于能源的开发利用有可持续发展的意识。

（二）课时建议

第1节	能源	1课时
第2节	核能	1课时
第3节	太阳能	1课时
第4节	能源与可持续发展	1课时

二、编写意图

（一）本章概述

能量是物理学中一个非常重要的概念。在《课标》中，能量是内容标准的主题之一。能量作为主线之一，也贯穿在整套教科书当中。本章在前面学过的各种有关能量的知识基础之上，对能源知识作了常识性的介绍，对能源概念进行了简单的回顾和总结。能源问题

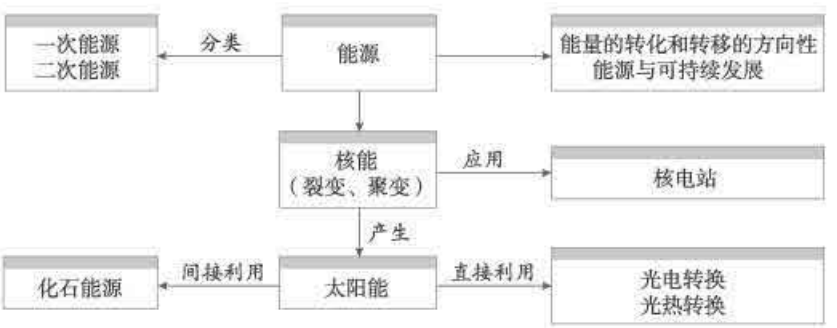
是当今世界的热点问题。本章教学应充分联系生产和生活实际，开展丰富多彩的社会活动，引导学生关注社会、关注人类的未来。

本章内容由能源的发展历史引入，首先介绍人类利用能源的历程，从柴薪到现今广泛使用的化石能源和电能，之后通过展望21世纪的能源发展趋势引出核能和太阳能等新型能源，最后结合能量的转化与转移有一定的方向性和能源的大量使用给人类带来的环境问题，进一步引导学生思考能够在未来使用的理想能源。这样通过回顾过去、了解现在、展望未来的脉络，较为系统和全面地介绍了能源问题。

本章在知识与技能上的要求比较低，所以在教学中应该使教学形式丰富多彩，注意进行世界观、价值观的教育，特别是使学生了解和接受能源与可持续发展的观念。

本章章首图展示的是自然界中太阳、山川、河流和飞鸟的和谐景象，太阳是图片的核心主题。太阳是地球上大部分能量的来源，没有太阳我们将无法生活。但是太阳为什么会蕴含着如此巨大的能量？人类利用的能量都是来自太阳吗？会不会有一天能量被用尽呢？这些由太阳引发的能源问题都将会在本章中讨论。选取该幅图片作为章首图，旨在从自然事物引起学生对能源问题的思考，培养并陶冶学生对待自然、对待科学的态度和情操，强调人与自然的和谐相处以及可持续发展的重要意义。

本章内容结构如下。



（二）通过人类使用能源的历程，体现STS的理念

STS在本章的教材中有比较充分的展示，教学上应该给予足够的重视。

本章第1节从社会发展的角度认识能源的利用，在介绍人类利用能源的过程中，引导学生思考能源转化技术对人类文明发展的深远影响。教材简要介绍人类的几次能源技术革命及其对于社会发展的作用：钻木取火导致了以柴薪作为主要能源时代的到来，持续了大约1万年的柴薪能源，现在仍然是许多人的生活能源；蒸汽机的发明导致了人类使用的主要能源向化石能源转化；电能的使用使得人类社会进入电气化时代；随着能源消耗的持续增加和化石能源储量的限制，以核能为代表的新能源获得了发展空间。这些都表明科学技术的进步深深地影响了社会生产力的变化，进而影响了社会发展的总体进程。

另一方面，教科书也注意培养学生辩证全面地看待问题。例如，在介绍核能的过程

中，在让学生了解核能及其产生原理的基础上，先是通过对比 1942 年第一次可控核裂变的功率和今天核能发电的巨大应用，让学生体会科学技术发展带来的巨大变化；之后，又通过核电站和原子弹对比的方式，让学生认识到科学技术发展的两面性；最后通过专门的“STS　核电站和核废料处理”集中介绍了核泄漏和核废料处理的问题，让学生思考技术发展给人类带来的各种安全隐患。这样，通过核能这个具体问题层层深入，让学生加深对科学技术的全面认识。此外，在介绍太阳能的利用时提到太阳能电池使用寿命长、充电方便、没有污染的优点，又通过对比提出它成本较高、电压较低的缺点，也是为了帮助学生建立全面认识事物的思维习惯。

（三）突出核能和太阳能这些重点物理知识，了解其他与能源相关的知识

物理课堂教学是物理教育的主渠道。物理教学应该就物说理，因此，本章教学目标的实现，也应该抓住物理学的基本内容，作为实现全章教学目标的基础。本章所涉及的物理学的内容，主要是原子核、核能以及能量转化、转移的内容。尽管对于学生来说，太阳能是司空见惯的，但是他们在学习本章前没有原子核和核能的知识作基础，要理解什么是太阳能、太阳能是怎么产生的，是有困难的。因此，本章应该重视核能、太阳能这两节内容的教学，以达到《课标》的要求。

关于能源的分类和各种能源的归属，则主要是让学生体会，对于各种庞杂的能源，通过分类的方法找到其异同之处，有助于加深对于能源的认识。与单纯记住能源的各种类别和各种能源的归属相比，学生对于分类这种科学方法的学习更有助于其今后在学习和生活中的发展。因而，在教科书中并没有特意强调“化石能源”“一次能源”“二次能源”“可再生能源”和“不可再生能源”的定义和划分，只是通过几个例子作了简单的说明。特别是，前版教科书中的生物质能，虽然在新能源的发展中也占有一席之地，但是一方面在整个现代能源体系中生物质能的影响并不显著，另一方面其本身的定义和归类还存在一定的争议，因此新版教科书不再提及。

（四）从能源的角度，培养学生可持续发展的意识

可持续发展是当今世界的一个重要主题。从能源的角度看，可持续发展就是力图用更清洁更有效的技术实现“零排放”和“密封式”，尽可能减少能源的消耗。为了帮助学生认识可持续发展，教科书从几个层面逐步分析了可持续发展的内容。

首先，通过第 1 节回顾现代社会以石油为主的化石能源的能源危机，让学生认识到能源并不是取之不尽用之不竭的，而是有限的。然而，学生已经学习过能量守恒定律，因此会认识到自然界的能量并不会消失。这会让学生认为能量守恒与能源有限是互相矛盾的。因此，教科书通过热传递、摩擦生热等不可逆的热力学过程，介绍了能量转化和转移的方向性，让学生体会能量的品质是有所不同的。

最后，介绍了能源消耗对环境的影响，进一步引导学生思考人类与自然界之间的相互关系。人类社会对于能源消耗趋势的认识，对于能量的转化和转移都具有方向性的理解，以及能源消耗对环境影响的认识，是建立能源与可持续发展观念的基础。在此基础上，教科书尝试引导学生用可持续发展的观点分析未来的理想能源，并提出可再生能源是未来理想能源的一个重要发展方向，从而帮助学生了解能源与可持续发展。

三、教材分析与教学建议

第 1 节　能源

（一）教学目标

1. 能列举出不同历史时期人类利用的主要能源。
2. 结合实例，说出能源与人类生存和社会发展的关系。
3. 常识性了解什么是一次能源、二次能源及其特点。
4. 了解我国和世界的能源状况以及 21 世纪的能源趋势。

（二）教材分析与教学建议

能量是物理学中一个非常重要的概念，本章从生活实例出发对能量的应用进行了简单的回顾和总结，对能源知识作了常识性介绍。能源问题是当今世界的热点问题，本节结合实例简单介绍了日常生活中常用的各种能源，并简单介绍了人类历史上不断进行着的能源革命。

本节内容由“人类利用能源的历程”和“21 世纪的能源趋势”两部分构成。本节在知识技能上的要求比较低。建议本节教学应充分联系生产和生活实际，让学生了解能源与人类生存和发展的关系。重点了解世界和我国的能源状况。

能源是人类生活、社会发展的基础，地球上不可再生能源储量有限，伴随着能量需求量的迅速增长，地球上一次能源的储量已远远不能满足人类不断增长的长期需要，21 世纪人类将面临能源危机。因此，开发利用太阳能、核能等新能源是 21 世纪的能源趋势。

1. 人类利用能源的历程

教科书先介绍了人类利用能源的历程，即从柴薪到煤、石油等化石能源，再到电能及新能源，并按获取方式将能源分为一次能源、二次能源等。为后面几节内容的学习打下基础，也可为学生阅读相关科普文章提供便利。建议可引导学生在课前查找资料，通过课堂交流的方式，了解生产和生活中能源的利用情况，引导学生关注社会，关注人类发展。

教学片段　人类利用能源的历程

⊙ 收集资料　为了深刻了解人类利用能源的历程，将学生分为三组，分别收集不同时代人类利用的主要能源的资料，其中第一组负责由柴薪到煤炭，第二组负责电能，第三组负责新能源。课上由每组代表负责汇报收集的成果。

⊙ 展示一　第一组介绍人类从利用能源的起始阶段，即柴薪时代到煤炭取代柴薪成为主要能源的转折。

⊙ 提出问题　在以柴薪为主要能源的一段漫长岁月里，人类逐步学会了使用畜力、风力驱动车船，取得了进步，这些过程伴随着什么样的能量转化？

⊙ 引入　用视频介绍人类利用化石能源的各种新型热机和有关事例。

⊙ 提出问题　我们学过蒸汽机和内燃机，每个冲程伴随着什么样的能量转化？对生产和生活带来什么影响？

⊙ 结论　人类利用能源史上有两次划时代性的革命转折，即煤炭代替柴薪成为主要能源，石油取代煤炭而居主导，创造了世界经济发展的奇迹。

⊙ 展示二　第二组代表介绍人类利用电能的历程。

⊙ 提出问题　生活中常见的家用电器所涉及的能量转化有哪些？

⊙ 引导思考　引导学生从能源的获取方式上，即可以从自然界直接获取还是需要经过消耗其他能源转化得到，将能源分类，从而引出一次能源，二次能源，并分别列举一次能源、二次能源的实例。也可以进一步引导学生从其他角度，如对环境影响等来将能源进行分类。

⊙ 展示三　第三组代表介绍核能与太阳能等新能源在现实生活中的应用，并简要展示其他现代新能源的开发利用，最后分析新能源的优势。

本教学片段引导学生讨论学习人类利用能源的简史、能源分类等问题，通过学生课前收集资料、课堂上相互交流和讨论的学习方式，有利于拓展学习内容的深度与广度，也有利于培养学生收集信息、处理信息的能力。

2. 21 世纪的能源趋势

教科书介绍了两个多世纪以来，人类能源消耗的增长情况，已探测数据表明目前作为人类主要能源的化石能源储量并不丰富，而且化石能源开发利用后，不能再生。引导学生分析世界和我国的能源状况，从而认识到人类正面临能源危机，提出新课题——必须开发利用太阳能等新能源。

教学片段　21 世纪的能源趋势

⊙ 阅读　引导学生阅读教科书 168 页第一段并看教科书图 22.1-5，了解当今世界范围所面临的严峻能源问题，了解近年来世界能源的消耗情况。

⊙ 展示资料　给出以百分比方式描述的能源扇形图（如图 22.1-1 所示），引导

学生分析世界与我国目前能耗结构比是否合理。强调指出我国的人均能源资源拥有量处于世界较低的水平。其中，煤炭和水力资源人均拥有量相当于世界平均水平的50%，石油、天然气人均资源量仅为世界平均水平的十五分之一左右等。

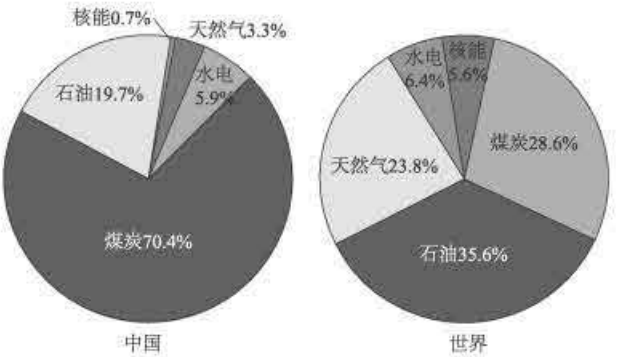


图 22.1-1

⊙ 提出问题　(1) 能耗结构比的不合理性，会带来什么样的问题？(2) 从了解我国的能源人均拥有量偏低中感悟到了什么？

⊙ 引导思考　思考讨论进而引出开发新能源的问题，学生再次回到第一部分第三组所探讨的新能源问题，各抒己见讨论自己所了解的新能源，教师逐步引导，引出核能，为下一阶段的新课展开作好铺垫。

本教学片段从了解人类目前能耗结构比到我国能源人均拥有量的测算，引导学生思考问题。这三个活动相继进行，分层推进，合乎学生思考的逻辑性，有助于培养学生逻辑思维能力。对于本节教科书中的 STS 内容可以作为上述教学片段的一个例子，让学生进行讨论分析，也可以作为学生的课后阅读资料处理。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1.

一次能源	柴薪、煤、石油、天然气、风能、水能、地热能、太阳能
二次能源	电能
化石能源	煤、石油、天然气

2. 蒸汽机的发明是人类利用能源的新里程碑，人类从此逐步以机械动力代替人力和畜力，主要能源由柴薪转向煤炭。电能的利用是人类进入现代文明社会的标志。现代社会离不开各种各样的用电器，这些用电器可以很方便地将电能转化为人类所需要的其他各种形式的能量，并且电能便于输送和转化。

3. 根据不同家庭情况回答。例如：能源使用从柴薪到煤炭、天然气、电能，再到新能源，利用的能源形式在变换，人均能源消耗数量也日益增多。

（四）补充练习

1. 以下各种形式的能源中，不属于化石能源的是（　　）

A. 煤　　B. 石油　　C. 水能　　D. 天然气

答案：C

2. 以下各种形式的能源中，不属于一次能源的是（　　）

A. 化石能源　　B. 电能　　C. 核能　　D. 太阳能

答案：B

3. 关于能源及能源的利用，下列说法不正确的是（　　）

A. 由于我国煤和石油的储量十分丰富，所以太阳能和核能的开发在我国并不十分重要

B. 目前人类社会使用的能源主要是煤、石油和天然气

C. 钻木取火技术开启了人类以柴薪为主要能源的时代

D. 人类的生存离不开能源，社会的进步和美好生活是以消耗大量能源为代价的，我们要珍惜能源

答案：A

第 2 节　核能

（一）教学目标

1. 了解原子、原子核的结构。

2. 知道核能的优点和可能带来的问题，了解我国和世界核能利用新进展。

3. 了解核裂变、核聚变。

（二）教材分析与教学建议

本节内容由“核能”“裂变”和“聚变”三部分构成。本节重点是核能的由来及其优点和可能带来的问题，难点是裂变和聚变。学生对裂变、聚变、链式反应等概念比较陌生，教学中应以讲授为主，但不宜过深，建议教师通过挂图展示和类比火柴燃烧实验让学生了解核裂变的原理，再通过挂图和氢弹爆炸等视频了解核聚变的知识。最后，组织学生阅读“STS　核电站和核废料处理”。

本节内容比较多，课堂时间有限，要想充分发挥学生探究问题的自主性、体现学生学习的主体性，更好地激发学生的探究欲望和学习兴趣，培养发散性、创造性思维，把握好各个环节的时间很重要。

1. 核能

核能概念可采取直接介绍的方式，让学生知道原子核内部储藏了巨大的能量，了解利

用核能是解决能源危机的重要出路之一。

建议首先用问题引导学生复习学过的有关原子结构的知识，然后通过展示图片和数据资料使学生明确：质子、中子依靠强大的核力紧密结合在一起，一旦使原子核分裂或聚合，就能释放出巨大的能量，这就是核能。

2. 裂变

核物理中把重核分裂成质量较小的核，释放出核能的反应称为裂变。可首先介绍裂变概念，再通过列举数据使学生了解裂变能，使学生对原子核的裂变和其释放的巨大核能有一个初步的认识。

重点是介绍链式反应，教师可利用火柴持续燃烧来类比链式反应，帮助学生理解裂变中的链式反应原理。演示时，要想办法使火柴充分燃烧而不熄灭。也可以让学生自己做，但要注意安全。然后给出图片资料，帮助学生对加以控制的核反应（核电站）和不加控制的核反应（原子弹）进行分类和比较，认识到正确利用核能的方法是采取可控的链式反应，并渗透情感态度与价值观教育。

教学片段　裂变

⊙ 展示资料　1934 年至 1938 年，科学家用中子轰击质量比较大的铀 235 原子核，使其裂变成两个较小的原子核，同时释放出 2～3 个新的中子，这个过程释放出巨大的能量。1kg 铀完全裂变释放的能量将超过 2 000 t 的煤完全燃烧释放的能量。

⊙ 提出问题　铀 235 只有在中子的轰击下才能发生裂变并释放出核能，那么是不是要不断地从外界提供中子才能使反应不断进行呢？

⊙ 实验　引导学生用火柴模拟链式反应（如图 22.2-1 甲所示），然后教师展示链式反应原理的挂图或动画（如图 22.2-1 乙所示）。

⊙ 分析　用中子轰击铀 235 原子核，铀核分裂时释放出核能，同时还会产生几个新的中子，这些中子又会轰击其他铀核……于是就导致一系列铀核持续裂变并释放出大量核能，这就是链式反应。

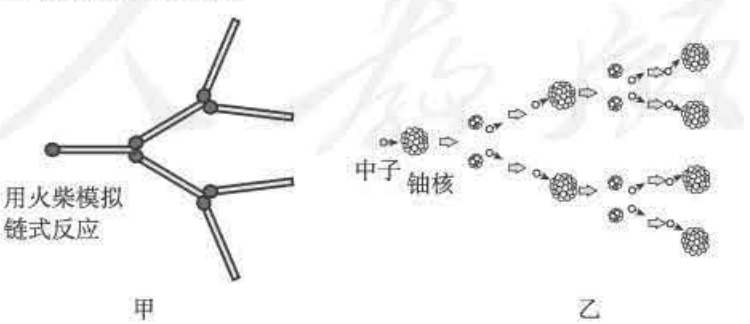


图 22.2-1

核电站利用可控的核裂变发电，它的核心设备是核反应堆，核反应堆中的链式反

应是可以控制的，我国 2003 年建成的秦山核电站已经投入运行（如图 22.2-2 甲所示）。

链式反应如果不加控制，大量原子核就会在一瞬间发生裂变，产生极大的破坏性力量。1945 年，利用不加控制的核裂变制造的毁灭性武器——原子弹爆炸了（如图 22.2-2 乙所示）。



甲



乙

图 22.2-2

本教学片段的目的是使学生了解核裂变及其释放能量的过程，同时渗透对核能利用的辩证观点，使学生认识到科学技术发展对社会影响的两面性。

3. 聚变

学习裂变之后，介绍另一种获取核能的方式——聚变。核聚变是两个较轻的原子核聚合为一个较重的原子核，并释放出能量的过程。教学中建议主要通过图例分析和氢弹爆炸等相关视频，使学生了解聚变及其释放的能量。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

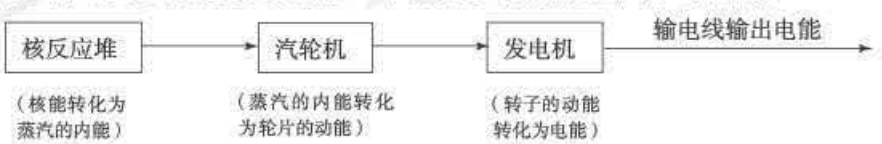
1. 原子由原子核和电子组成，原子核又是由质子和中子组成的。中子是不带电的，质子带正电，原子核带正电，而电子带负电。

2. 北京奥运会主体育场“鸟巢”的南北约 333 m，如果把原子比作“鸟巢”，原子核只有绿豆那么大。

3. 它们都是利用原子核的裂变，核反应堆利用的是可控的链式反应，而原子弹利用的是不可控的链式反应。

4. 将某些质量很小的原子核，在超高温下结合成新的原子核，也会释放出巨大的核能，这就是聚变。氢弹是人类利用聚变制造的一种核武器。目前人类需要解决的技术问题是如何实现可控的聚变反应获取核能，当今研究的热点是磁约束的方法。

5.



（四）补充练习

1. 下列关于原子和原子核的说法中正确的是（　　）

A. 原子是由原子核和核外电子组成的

B. 所有原子内部的质子数和电子所带的电荷数不相等

C. 原子核由中子和电子组成

D. 所有原子都由电子、质子和中子组成

答案：A

2. 质量较大的原子核发生分裂或者质量较小的原子核相互结合，就有可能释放出惊人的能量，这就是____能。

答案：核

3. 科学家经过不懈努力，找到了获取核能的两条途径：_____和_____。前者是较轻的原子核结合成为较重的原子核的一种核反应；后者是较重的原子核裂变为较轻的原子核的一种核反应。氘和氚结合成氦核的过程属于_____。

答案：核聚变；核裂变；核聚变

4. 核电站利用____能发电，它的核心设备是核反应堆。核电站利用反应堆产生的____能，通过蒸汽轮机做功，带动发电机发电。核反应堆中发生的链式反应，是可以控制的，人类利用不加控制的核裂变制造的毁灭性武器是_____。

答案：核；内；原子弹

5. 2011 年 3 月 11 日，日本东北部海域发生的海底大地震导致福岛第一核电站二号机组受损，引发了较为严重的核泄漏，核电安全再次成为世界各国高度关注的问题。下列关于核能开发的说法中，你认为正确的是（　　）

A. 停止开发核能，因为开发核能会带来可怕的核泄漏，弊远大于利

B. 核能是一种稳定、高效、清洁的可再生能源，是其他新能源不可替代的

C. 福岛第一核电站开发核能是利用可控核裂变过程中释放的核能

D. 核能开发是绝对安全的，即使有核泄漏也是清洁无污染的

答案：C

第 3 节　太阳能

（一）教学目标

1. 知道太阳能的由来及其特点。

2. 大致了解利用太阳能的方式及其新进展。

（二）教材分析与教学建议

地球上（除核能、地热能和潮汐能以外）的能量主要来自太阳，太阳每年辐射到地球上的能量比目前每年人类消耗的总能量大一万多倍，可见太阳能的利用有巨大潜能。太阳能分布广、获取方便、无污染，是人类未来的理想能源之一。

本节内容由“太阳——巨大的‘核能火炉’”“太阳是人类能源的宝库”和“太阳能的利用”三部分构成。人类直接利用太阳能有两种方式：太阳能集热器把太阳能转化为内能，太阳能电池把太阳能转化为电能。其中教学重点是让学生正确认识太阳能的来源及其巨大的应用前景。建议从能量转化角度引导学生理解人类间接和直接利用太阳能的发展过程，并让学生通过“想想做做”的课前小实验和搜集生产生活中利用太阳能的实例，感受太阳能的应用前景，培养学生节能环保意识和可持续发展的科学理念。

1. 太阳——巨大的“核能火炉”

教科书首先出示图片 22.3-1，介绍了太阳这颗离地球最近的恒星的相关数据，教师可以提出一系列问题引导学生通过自学了解太阳能量之巨大，有条件的学校可以播放相关视频，使学生了解太阳核心的氢原子核发生的聚合反应，以及释放的巨大核能。

教学片段　太阳是个巨大的“核能火炉”

⊙ 学生带着以下问题自主阅读课文。

问题 1：地球距离太阳有多远？

问题 2：太阳有多大？

问题 3：太阳有多热？

问题 4：太阳的能量来源是什么？

问题 5：太阳的年龄是多少？它还能燃烧多少年？

⊙ 交流信息　教师引导学生交流自主阅读搜集的信息来解决以上问题。

⊙ 结论　太阳核心的氢原子核发生的聚变反应，使太阳核心释放的巨大核能向外扩散，传送到太阳表面，使太阳表面就像一个高温气体组成的海洋。大部分太阳能以热和光的形式向四周辐射开去。

该教学片段的目的是引导学生认识太阳能的来源。

2. 太阳是人类能源的宝库

学生对人类利用的化石能源、水能、风能的实例比较熟悉，但对于这些能源的根源了解不多，教师可利用相关问题引导学生阅读课文和相关图片，有条件的学校可播放相关视频，组织学生讨论，互相启发，综合运用学科知识，分析太阳能辐射到地球后是如何转化为化石能源、水能和风能的，使学生了解太阳是人类能源的宝库。

教学片段　太阳是人类能源的宝库

⊙ 引导学生阅读教科书并解决以下问题。

问题 1：我们今天所用的大部分能源来源于什么？

问题 2：人类最主要的一次能源——化石能源有哪些？是怎样形成的？归根结底是什么能转化而成的？

⊙ 分析论证　结合教科书图 22.3-2 和 22.3-3 引导学生分析煤、石油、天然气的形成过程，使学生认识到这些化石能源实际来源于太阳能。

⊙ 学生讨论　学生以小组为单位，讨论分析教科书图 22.3-4，引导学生从风能、水能等方面讨论：说说太阳辐射到地球的能量的利用、转化和守恒情况。

⊙ 交流分析　各小组代表分别介绍风能、水能等能源的形成过程，同时，教师可以播放视频或展示图片辅助说明，帮助学生理解这些能源是怎样来源于太阳能的。

⊙ 结论　人类利用的风能、水能等能源其实都是间接地利用太阳能。太阳是人类能源的宝库。

该教学片段的目的是让学生从能量转化角度来认识人类利用的大部分能源其实就是间接利用的太阳能。

3. 太阳能的利用

地球上的能量大多来源于太阳能。生产生活中利用太阳能的实例有很多，本环节重点要在课前布置预习作业，让学生课前进行科学小调查“寻找生产和生活中利用太阳能的实例”和科学小实验“自制太阳能集热器”，使学生在搜集整理实例和编制实验报告的过程中提高科学素养、培养学习物理的兴趣并树立节能环保意识。

教学片段　太阳能的利用

⊙ 提出任务　风能、水能和贮存在化石燃料中的能量都是间接利用太阳能，你能介绍一下人类直接利用太阳能的方法吗？

⊙ 实验体验　学生展示课前在家里做的课外小实验“自制太阳能集热器”的数据、现象和结论。亲身体会集热器表面要用黑色的原因，以及玻璃板的作用。

⊙ 交流分析　学生分组介绍、交流课前搜集的人类在生产和生活中利用太阳能的各种实例（如图 22.3-1 所示），并对大量实例进行归类。

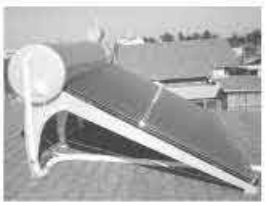






图 22.3-1

⊙ 总结　人类直接利用太阳能的方式主要有两种，一种是光热转换，例如太阳灶和集热器；另一种是光电转换，例如太阳能电池等。分析这两种利用方式的优劣。

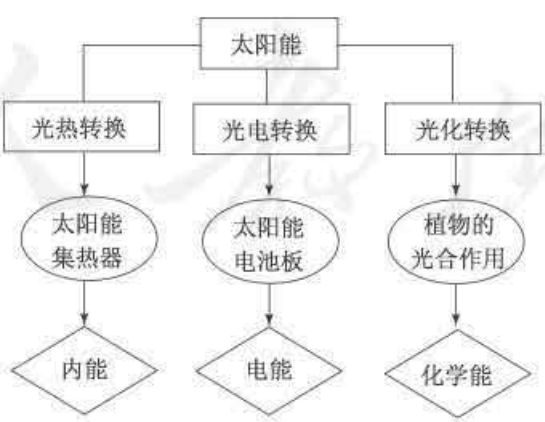
本教学片段主要是培养学生对开发利用新能源的节能环保、可持续发展的意识，采取让学生自学、自己搜集整理应用实例和亲自动手实验的主动学习的方式，教师要运用多种评价方式，多角度培养学生自主学习物理的积极性。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. 煤、石油等能源是远古时期陆地和海洋中的植物，通过光合作用，将太阳能转化为生物体的化学能。今天，我们开采化石燃料来获取能量，实际上是在开采上亿年前地球所接收的太阳能。太阳能是在太阳内部，由氢原子核在超高温下发生聚变而释放出的大量核能。

2. 太阳能 → 电能 → 化学能 → 电能 → 光能

3.



4. 太阳能电池具有使用寿命较长、没有污染的优点。太阳能电池目前主要在航空、

航天、通信等领域中应用；在日常生活中也用于照明、计算器、手表等耗电少、工作电压低的用电器。具有一定规模的光伏电站可并网发电。

（四）补充练习

1. 太阳能来自于（　　）

A. 太阳本身的化学燃料的燃烧

B. 裂变

C. 链式反应

D. 聚变

答案：D

2. 化石能源、水能和风能实际上都来源于_____能。

答案：太阳

3. 人类目前直接利用太阳能的方式主要有两种，一种是把太阳能转化为____能，如用集热器把水等物质加热；另一种是把太阳能转化为____能，如太阳能电池。

答案：内；电

4. 上海世博会中国馆展出了名为“叶子”的小型低碳化未来汽车。车顶部的巨型叶子实际上是一个高效光电转换器，它可将_____能转化为电能；车轮的轮毂其实是四个风力发电机，可以把捕捉到的风能转化为____能，充入自身电池储存起来。同时，它还能将光电转换中排放的高浓度二氧化碳转化为电能并供车内照明。与传统汽车相比，叶子车的优点是_____（写出一点即可）。

答案：光（或太阳）；电；节能环保（或减小温室效应等）

第 4 节　能源与可持续发展

（一）教学目标

1. 知道能量的转化和转移有一定的方向性。

2. 认识伴随大量能源消耗所产生的环境问题，对于能源的开发利用有可持续发展的意识。

3. 了解未来理想能源的特征。

（二）教材分析与教学建议

本节内容由“能量转移和转化的方向性”“能源消耗对环境的影响”和“能源与可持续发展”三部分构成。本节内容较少，主要介绍了人们是在能量转移和转化过程中利用能量的，以及能源消耗对环境的影响。不可再生能源储量有限，不能满足不断增长的能量需

求。因此，秉承可持续发展的思想，开发和探索未来的理想能源是人类进一步发展所需要解决的重要课题。

1. 能量转移和转化的方向性

这部分内容较难理解，建议教师先带领学生回顾能量守恒定律，然后再引导学生搜集生产、生活中的实例，分析能量转移和能量转化情况。通过分析让学生知道，伴随着能量的转移或转化的过程，并非所有的能量都可以被利用，即能够被利用的能量是有限的，就是说能量转移和转化是有方向性的。

教学片段　能量转移和能量转化的方向性

⊙ 回顾　能量守恒定律。

⊙ 提出问题　出示日常生活中“节约用电”标志的照片，引导学生思考既然能量是守恒的，为什么我们还要节约用电？

⊙ 搜集实例　人们利用能量的过程实际上就是能量转移和能量转化的过程，你能从日常生活中找到哪些能量转移和能量转化的实例？

实例 1　用暖气取暖。

⊙ 分析　例如冬天我们利用暖气取暖，内能从暖气中的热水转移到室内空气，但是我们却无法使内能从室内空气再转移到热水中。说明能量转移具有方向性。

实例 2　汽车制动。

⊙ 分析　汽车制动时，汽车的动能转化为轮胎、地面和空气的内能，人们无法把这部分内能重新收集起来用于驱动汽车。说明能量转化具有方向性。

该教学片段的目的是让学生意识到虽然自然界中能量的总量保持不变，但并非所有的能量都可以被利用，我们所能够利用的能量是有限的。在为学生树立节约能源的思想的同时，为本节“能源与可持续发展”部分作好铺垫。

2. 能源消耗对环境的影响

我们正面临着环境日益恶化的危机，教师通过引导学生搜集实例，分析在消耗能源的同时是否对环境造成影响，引导学生提出自己的观点，使学生认识到在利用化石能源等能源的同时会对环境造成严重的破坏。培养学生收集信息、处理信息的能力，进一步提高节能意识和环保意识。

教学片段　能源消耗对环境的影响

⊙ 提出问题　人类消耗各种能源时给自己带来了便利，但也不可避免地对环境造成影响。能源消耗会对环境造成哪些影响，产生哪些危害呢？说出你们的看法。

⊙ 搜集实例　学生讨论，分享。

[学生甲] 大量燃烧石油、煤炭造成空气污染并且产生各种废料；

［学生乙］烧柴加剧了水土流失和沙漠化；

［学生丙］海上石油开采发生漏油事件，会破坏生态环境；

［学生丁］煤炭燃烧产生的二氧化硫等气体会形成酸雨，可致水、土壤酸化，对植物、建筑构件造成危害；

……

⊙ 归纳总结　指导学生结合刚才的实例，完成教科书中“想想议议”中的表格。使学生更充分地认识到使用能源的同时会对环境造成严重的破坏。

学生通过各种媒体，对能源消耗对环境的影响有一些初步的认识。该教学片段的设计，充分利用了这一点，让学生通过讨论，自己举出能源消耗会对环境造成影响的例子，从而初步认识社会发展给环境带来的负面效应，提高节能意识、环保意识。

3. 能源与可持续发展

开发和探索未来的理想能源是人类进一步发展所需解决的一个重要课题。建议引导学生对现有能源进行分类，了解地球上不可再生能源的局限性，从而引出为了满足人类不断增长的能源需求必须开发新能源这一课题。通过进一步引导，使学生分析总结出新能源需要满足的条件。

教学片段　能源与可持续发展

⊙ 提出问题　教师提问：目前，人们生产生活中使用的能源有哪些？

⊙ 分析归纳　教师引导学生将列举的能源从是否可再生角度进行分类。

⊙ 结论　像化石能源、核能等能源会越用越少，不能在短期内从自然界得到补充，称为不可再生能源。像风能、水能、太阳能等可以在自然界里源源不断地得到，所以我们把它们称为可再生能源。

全世界能源的消耗在逐年上涨，可开采情况并不乐观，请看资料。

⊙ 出示资料　利用视频、图片等向学生介绍石油、天然气和煤的储量与开采情况。

⊙ 学生讨论　不可再生能源有限，开采情况不乐观，且污染严重，因此必须开发新能源。

⊙ 提出新问题　开发的新能源需要满足什么条件呢？

⊙ 学生讨论　教师引导学生分析可再生资源，比如风能、水能、太阳能的优点与缺点。

⊙ 归纳结论　通过比较，归纳总结新能源需要满足的条件。

(1) 必须足够丰富，可以保证长期使用；

(2) 必须足够便宜，可以保证多数人用得起；

(3) 相关的技术必须成熟，可以保证大规模使用；

(4) 必须足够安全、清洁，以保证不会严重影响环境。

该教学片段采用资料归纳方式，引导学生阅读有关能源的资料，让学生学会对资料进行分析，通过对实例的归纳分析，最终得出结论。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. 人类是在能量的转化或转移的过程中利用能量，而能量的转化和转移都具有方向性。因此，可利用的能源是有限的。

2. 木柴、水能、风能、太阳能属于可再生能源；煤炭、石油、天然气、核能属于不可再生能源。

3. 不可再生能源实际上是针对一次能源的进一步分类，而电能属于二次能源，故谈不上可再生、不可再生。

提示：所谓一次能源是指直接取自自然界没有经过加工转换的各种能源和资源，它包括：原煤、原油、天然气、核能、太阳能、水力、风力、波浪能、潮汐能、地热和海洋温差能，等等。

由一次能源经过加工转换以后得到的能源产品，称为二次能源，例如：电能、煤气、汽油、柴油、液化石油气、酒精、沼气和焦炭，等等。

一次能源可以进一步分为可再生能源和不可再生能源两大类。可再生能源包括太阳能、水能、风能、波浪能、潮汐能、海洋温差能，等等。它们在自然界中可以循环再生。而不可再生能源包括：原煤、原油、天然气、核能等，它们是不能再生的，用掉一点，便少一点。

4. 节能减排就是节约能源、降低能源消耗、减少污染物排放。节能减排包括节能和减排两大技术领域，二者有联系，又有区别。一般地讲，节能必定减排，而减排却未必节能，所以减排项目必须加强节能技术的应用，以避免因片面追求减排结果而造成的能耗激增，注重社会效益和环境效益均衡。

5. 我国有非常丰富的可再生能源资源，如水能、风能、太阳能等。

（1）我国内蒙古、新疆、甘肃、河北和江苏等地区，风能资源丰富，适合大力发展风力发电。

（2）太阳能的利用包括发电和热利用。

在我国“送电到乡”工程和国际光伏发电市场的拉动下，我国太阳能光伏电池组件制造业出现了跳跃式发展。

在太阳能热利用方面，目前应用最广泛的技术是太阳能热水器。此外，太阳能集中取暖和供热技术也已开始应用。

（3）其他可再生能源。我国沼气技术比较成熟，特别是户用沼气，在国家政策的大力推动下，市场和产业均已经形成了规模。

另外农林废弃物和城市垃圾也可以用来发电。

（四）补充练习

1. 能量的转化和转移，都是有_____性的，人们是在能量的转化或转移的过程中利用能量的。有些能量可以利用，有些则不能。

答案：方向

2. 以下能源中的不可再生能源是（　　）

A. 风能　　B. 水能　　C. 核能　　D. 太阳能

答案：C

3. 能源科技的发展促进了人类文明的进步，但化石能源的大量使用也带来了诸如酸雨、雾霾、温室效应等环境问题。下列做法或说法不正确的是（　　）

A. 外出尽量骑自行车或乘公交车，做到低碳出行

B. 生活中要节约粮食、节约用水，避免用电器待机耗电

C. 依靠科技进步，开发和推广清洁的可再生能源

D. 因为能量在转化过程中是守恒的，所以能源是取之不尽，用之不竭的

答案：D

4. 研究能源利用，实现可持续发展已成为21世纪世界各国共同的任务。能源可按不同方式进行分类。下列四组能源中，能归入图22.4-1所示阴影部分的一组是（　　）

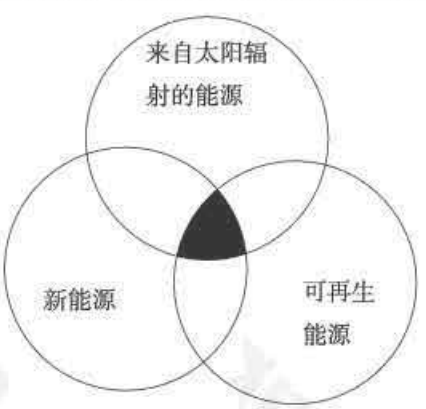


图22.4-1

A. 煤炭、地热能、沼气

B. 太阳能、风能、潮汐能

C. 水能、木柴、天然气

D. 石油、潮汐能、核能

答案：B

5. 我们在节约能源的同时，还应开发和利用新的能源。作为未来的理想能源应满足一定的条件，下列不符合理想能源必要条件的是（　　）

A. 必须足够丰富，可以保证长期使用

B. 必须足够便宜，可以保证多数人用得起

C. 必须足够安全、清洁，可以保证不会严重影响环境

D. 必须足够昂贵，可以保证节约使用

答案：D

四、教学资源

（一）实验天地

制作简易集热箱

简易集热箱是热传递知识的综合利用，它采取简易有效的措施，最大限度地吸收太阳的辐射热，同时采取各种措施避免箱内热的传导、对流和辐射，使箱内温度足以烧水和做饭。

（1）制作方法

1. 取较大的旧木箱一个（用纸板箱也可以，不过外面需用木条做一个框架），箱深32 cm左右，箱侧壁和箱底部裱糊两层厚白纸（报纸也可），然后将弹松的旧棉絮，分两层附在箱侧壁和箱底上，棉絮总厚度是：内壁8 cm，底部10 cm。两层之间夹有一层牛皮纸，纸的接缝处要粘好，使之不漏气。再用硬纸板做一个内箱，内箱大小以紧贴棉絮为宜，其内壁糊一层报纸，并涂以黑色。

2. 按照木箱上口的大小，用木条和三块普通玻璃做成一个三层的玻璃盖，每两层间相隔1 cm。为了保证密封良好，箱盖与木箱口之间要垫两层旧布，这样集热箱就做好了，如图22-资-1所示。

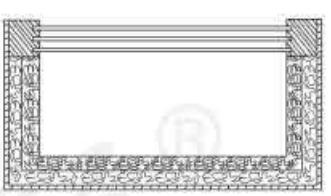


图22-资-1

（2）使用方法

在箱内做一个支架，放上铝饭盒。使箱口正对太阳，因为太阳时刻在移动，每隔20分钟要调整一下箱口的方向。这样在春天的阳光下，箱内可保持100 ℃以上的温度，可供烧水和做饭。

（3）注意事项

箱盖玻璃应选薄的，断口处无色最好。

（二）物理史话

1. 原子弹的研制（曼哈顿工程）

原子核裂变发现时正值第二次世界大战爆发的前夕。美国物理学家西拉德等人已预感到制造原子武器的危险，特别在获悉纳粹德国正加紧链式反应的研究并采取了禁止所侵占的捷克的铀矿石出口等行动之后，更是焦虑万分。1939 年 7 月，西拉德与维格纳一起找到爱因斯坦，想借助他的名望给美国总统罗斯福写信，敦促美国赶在纳粹德国之前造出原子弹。爱因斯坦于 1939 年 8 月 2 日发出了著名的给罗斯福总统的信，罗斯福总统采纳了他们的建议，下令成立铀顾问委员会。当时这项工作还没有引起美国军界和政界的重视，直到 1942 年 9 月美国才成立了由三名军政官员和两名科学家组成的军事政策委员会，领导制造原子武器的庞大工程，代号叫“曼哈顿工程”。从此，研究工作由实验室的理论研究转向实际的工程建设。希特勒的法西斯暴行迫使欧洲一大批有才干的科学家流亡到美国，他们成为美国开发原子能的中坚力量。加上美国国内没有受到战争破坏，具有较优越的物质条件，因此，曼哈顿工程进展迅速。

为了研究实现链式反应的实际条件以及利用天然铀中的^{238}U来制造钚，1942 年 10 月在费米领导下，在芝加哥大学运动场建造了一个 6 m 高的核反应装置。这种装置由石墨层和铀层相间堆砌而成，因此称为“反应堆”。堆中的石墨用来使快中子减速成为慢中子，称为慢化剂。堆的中间插有许多能吸收中子的镉棒，调节镉棒的深入尺寸，就可以控制链式反应的速率。这个堆的运行，为大型链式反应堆的建造提供了必要的数据。开创了可控核能释放的历史。

要制造原子弹还必须解决两个关键性问题：（1）用实际有效方法把可裂变物质（^{235}U或^{239}Pu）分离出来；（2）从理论上计算出各种可裂变物质实现核爆炸的临界体积。临界体积是指出现链式核裂变反应的最小体积。据计算，纯^{235}U的临界质量为 15 kg，纯^{239}Pu则为 5 kg。关于原子弹的设计和试制工作，由加利福尼亚大学的理论物理学教授奥本海默负责领导。1943 年 3 月于新墨西哥州的洛斯阿拉莫斯建立了规模庞大的实验室。1945 年 7 月 16 日，他们在新墨西哥州的荒漠上爆炸了第一颗原子弹。这是一颗铀弹，爆炸力相当于两万吨 TNT 炸药，在半径 400 m 的范围内，砂石都熔化成黄绿色的玻璃状物，半径 1 600 m 范围内，所有的动植物都死亡。

原子弹的实验成功，与科学家的初衷相反，美国总统杜鲁门等将刚刚制造出来的两颗原子弹于 1945 年 8 月 6 日和 9 日先后投向日本的广岛和长崎上空。3 年之后，苏联也制成了原子弹，英国和法国也相继于 1952 年和 1960 年分别制成原子弹。我国科学技术人员经过 8 年努力，也于 1964 年 10 月成功地爆炸了原子弹。

原子能的释放，是 20 世纪最激动人心的科学成就之一。原子能的和平利用，正如原始人学会用火、古代人发明铜器和铁器以及 18 世纪人们发明蒸汽机那样，使整个人类的生活发生了深刻变化，大大加速了社会的进步。

2. 可持续发展概念

1992 年 6 月在巴西里约热内卢召开了联合国环境与发展大会（UN Conference on Environment and Development），该会议通常也称为地球峰会（Earth Summit）。地球峰会形成了若干重要的以保护环境为目的的方针性公约，确立了“可持续发展”的理念。现在，可持续发展问题早已成为世界各国政府、学者和公众关注的热点。我国政府对此也非常重视，明确提出了实施可持续发展和科教兴国的两大战略，并于 1994 年率先制定了《中国二十一世纪议程——中国二十一世纪人口、环境与发展白皮书》。2003 年 1 月开始实施《中国二十一世纪初可持续发展行动纲要》。

朴素的可持续发展思想渊源已久。在春秋战国时代，中国就有“永续利用”的思想和封山育林、定期开禁的法令。19 世纪西方经济学界提出并分析了可再生资源的“可持续产量问题”。1987 年，世界环境与发展委员会在《我们共同的未来》长篇报告上首次采用了“可持续发展”的概念，但迄今为止，还没有统一严格的关于可持续发展的定义。比较通俗的提法是：可持续发展是既满足当代人的需求又不危害后代人满足自身需求能力的发展。这一定义强调了可持续发展的时间维，而忽视了其空间维。实际上可持续发展是有其深刻内涵的，它表现在以下四方面：

（1）“发展”是大前提，即发展是人类永恒的主题。为了实现全球范围的可持续发展，应把发展经济、消除贫困作为首要条件。

（2）“协调性”是核心。可持续发展是由于人与环境、资源间的矛盾引出的，因此可持续发展的基本目标是人口、经济、社会、环境、资源的协调发展。

（3）“公平性”是关键。可持续发展的关键性问题是资源分配和福利分享，它追求在时间和空间上的公平分配，也就是代际公平和代内不同人群、不同区域和国家之间的公平。

（4）“科学技术进步”是必要保证。科学技术进步是对人类历史起推动作用的主导力量，是第一生产力。它不但通过不断创造、发明、创新、提供新信息为人类创造财富，而且还为可持续发展的综合决策提供依据和手段，加深人类对自然规律的理解，开拓新的可利用的自然资源领域，提高资源的综合利用效率和经济效益，提供保护自然和生态环境的技术。

摘自《能源与节能技术》，中国电力出版社 2008 年 12 月第 2 版（有改动）

（三）物理广角

1. 核反应

原子核与原子核或原子核与其他粒子（α 粒子、质子、中子等）之间的相互作用所引起的变化过程，称为核反应。为了使核反应能够发生，原子核或其他粒子必须足够接近另一原子核，达到核力作用范围以内，即小于 10^{-14} m。从放射性源、宇宙射线、带电粒子加速器或核反应堆都可得到高速运动的粒子，满足发生核反应的条件。

核反应一般可表示为

$$A+a\rightarrow B+b$$

式中 A 和 a 分别表示靶核和入射粒子，B 和 b 表示剩余核和出射粒子。核反应还可简写为

$$A(a,\ b)B$$

例如，用 α 粒子轰击氮原子核引起的核反应

$${}^{14}_{7}N+{}^{4}_{2}He\rightarrow{}^{17}_{8}O+{}^{1}_{1}H$$

可简写为

$${}^{14}_{7}N(\alpha,\ p){}^{17}_{8}O$$

核反应可分为核散射和核转变两大类。

出射粒子和入射粒子相同的核反应称为核散射，又可分为弹性散射和非弹性散射两种。

散射前后系统的总动能不变，原子核电荷在反应前后保持不变，原子中的电子总数反应前后也不变，在原子质量相减过程中，电子的质量互相抵消了。当然，反应前后电子在原子中的结合能是有变化的，但这个变化很小，可以忽略不计。

对于 $Q<0$ 的吸能反应，只有入射粒子的动能达到一定数值才能发生，这个数值叫作吸能反应的阈能。阈能比反应能要大。根据动量守恒定律，在实验室坐标系中，反应前后系统的总动量不变，因此，剩余粒子和出射粒子都具有动量，因而也具有动能。这就决定了入射粒子的动能除了供给在反应过程中被系统吸收的反应能 $|Q|$ 外，还要供给一些额外的能量，以保持系统在反应前后动量的守恒。根据在质心坐标系中，反应前后系统的总动量都等于 0，阈能就等于反应能 $|Q|$。在实验室坐标系中，可以证明

$$E_{阈}=\frac{m_a+m_A}{m_A}|Q|$$

2. 裂变和聚变

一个重原子核分裂成两个中等质量的核，叫作裂变。重核裂变有自发裂变和诱发裂变之分。自发裂变是在没有外来粒子轰击的情况下，自然发生的裂变，是重原子核的一种衰变方式。诱发裂变是在外来粒子轰击下重原子核发生的裂变。

当易裂变核（如 ^{235}U）吸收一个热中子发生裂变时，放出 2～3 个裂变中子。裂变中子又可以诱发核裂变反应，核裂变又产生下一代中子……这样裂变反应就可以继续下去。这就是链式反应。

链式反应能够自持进行的条件是：平均每次核裂变释放的中子中至少有一个能引起又一次核裂变。否则，核裂变就会逐渐衰减，最后停下来。例如，天然的金属铀块中不会发生链式反应，因为天然铀中 99.3%是 ^{238}U，大部分裂变中子经过非弹性散射，能量很快降到 1 MeV 以下，被 ^{238}U 吸收，能引起 ^{235}U 裂变的概率非常小。纯粹的 ^{235}U 金属，如果它的体积很小，裂变中子大部分逸出金属块之外，也不能实现自持的链式反应。纯 ^{235}U 的金属球，半径达到 8.74 cm（质量 52 kg）时，链式反应才能是自持的。如果外面包上一层厚 20 cm 的 ^{238}U 反射层，球半径达到 6.19 cm（质量 18.48 kg）时，就能实现自持链式

反应。在一定条件下，使裂变物质实现自持链式反应的最小体积，称为临界体积，与临界体积相应的裂变物质的质量称为临界质量。核燃料的体积或质量超过临界值，如果不加以控制，就会产生瞬发链式裂变反应，即核爆炸。

聚变是较轻原子核聚合成较重原子核的核反应。轻原子核的比结合能有高有低，总的说来都比中等质量的核的平均比结合能 8.4 MeV 低，尤其是几个最轻的核的比结合能特别低，如氘的比结合能为 1.112 MeV，氚的比结合能为 2.827 MeV。因此，在氘和氚聚合成$^{4}_{2}\mathrm{He}$核（比结合能为 7.075 MeV）的反应$^{3}_{1}\mathrm{H}+^{2}_{1}\mathrm{H}\rightarrow^{4}_{2}\mathrm{He}+^{1}_{0}\mathrm{n}+17.58$ MeV 中，平均每个核子释放出 3.84 MeV 的能量，跟$^{235}\mathrm{U}$裂变时平均每个核子释放 0.85 MeV 的能量相比，前者为后者的 4.5 倍。一般说来，轻原子核的聚变比重原子核的裂变能释放出更大的能量。宇宙中能量的主要来源就是原子核的聚变。太阳和宇宙中的大量恒星能够长时期地发光、发热，都是轻核聚变的结果。

3. 核反应堆

核反应堆是可以人为控制其反应快慢的裂变物自持链式反应装置。核反应堆的核心部分叫活性区（也叫堆芯），由核燃料、控制棒、中子慢化剂（也叫减速剂）组成。活性区外面包有中子反射层。此外，还有冷却系统和控制系统。在快中子反应堆中，没有慢化剂。

核燃料使用铀、钚金属或它们的合金。为了便于补充消耗掉的燃料，要把核燃料放在密封外壳中制成燃料元件。燃料元件放置在可以顺利装入、卸出的燃料管道中。

堆芯里装的核燃料要大于临界质量，然后用镉、硼、铪等强烈吸收中子的材料制成的控制棒，放在反应堆内吸收多余的中子，使反应堆保持在临界状态。随着核燃料的逐渐消耗和吸收中子的裂变产物的积累，可以将控制棒慢慢向外抽，使反应堆总是处于临界状态。当核燃料中所含的裂变物质低于一定限度不利于链式反应继续进行时，就要用新的燃料元件去替换原有燃料元件中的一部分或全部。

在热中子反应堆中，必须利用慢化剂使裂变产生的平均能量约为 2 MeV 的中子迅速慢化为能量在 0.1 eV 以下的热中子。慢化剂应具有慢化能力强、吸收中子少、与冷却剂及元件覆盖层不起化学作用等特点。常用的慢化剂有水、重水、石墨、铍和氧化铍以及某些有机物。

中子反射层紧贴着活性区的外围，它的作用是把活性区内逸出的中子反射回去。构成反射层的材料，吸收中子的能力要尽量的小，散射中子的能力要大。对热中子堆来说，这和对慢化剂的要求是一致的。所以，在热中子堆内，慢化剂都可作为反射层的材料。

堆内燃料元件发出的热量，要用冷却剂经由主回路（也叫初级回路）带出堆外，这就是冷却系统。冷却剂可以是气体，如二氧化碳、空气和氦，也可以是液体，如水、重水和有机物。快中子反应堆中常用熔融金属（如钠或钠钾合金）作冷却剂。冷却剂应有良好的热性能，它对结构材料的腐蚀应该很小。有时冷却剂和慢化剂用同一种物质。冷却剂在主回路中循环流动，从活性区带出热量，然后进入热交换区（或蒸汽发生器），把热量传给

二次回路中的工质（如水）。最后，温度降低了的冷却剂，用循环泵又送回反应堆。

反应堆在工作时放出大量对人体有害的中子和γ射线。所以，通常活性区的外面要有很厚的防护层，对射线进行屏蔽。

目前用得最多的堆型有：

压水堆　用高压水作慢化剂和冷却剂。300 ℃以上的冷却水出堆后通过蒸汽发生器生产出高温蒸汽。为此，要有能承受 10^7 Pa 以上高压的压力壳。燃料通常使用浓缩铀。这种反应堆，体积小，又具有相当大的比功率，安全性能也好。

沸水堆　是一种水慢化和水冷却的反应堆。水在堆芯内沸腾并直接产生蒸汽，不需要外部蒸汽发生器，除了简化设备、提高经济效益外，还可以在同样的燃料温度下得到较高温度的蒸汽。堆的性能也是稳定的。

重水堆　用重水作慢化剂的热中子反应堆。可以用重水兼作冷却剂，也可以用普通水、有机物或气体作冷却剂。重水的慢化性能仅次于轻水，而吸收热中子的概率比普通水小得多，因此，重水堆可以用天然铀作燃料。

高温气冷堆　不用细棒状燃料元件，而是用硬质陶瓷把燃料颗粒包起来，放到石墨块中的各个区域，再把石墨块摞起来做成堆芯。石墨使中子慢化。冷却剂用高压氦，氦气流过石墨块的内部和四周，使堆芯冷却。

4. 核电站

核电站是利用原子能发电的设施，目前世界上很多国家都把核能发电当作解决能源危机的重要措施。核电站把原子核裂变释放出来的能量转化为高温蒸汽的内能，然后推动蒸汽轮机发电。核电站的中心部分是进行核反应的反应堆，图 22-资-2 是核反应堆的示意图。反应堆用的燃料是浓缩铀（含^{235}U 2%～4%）。^{235}U 很容易俘获中子产生裂变，裂变时同时放出 2～3 个中子，这些中子又去轰击其他铀核，于是裂变反应得以连续进行，称作链式反应。裂变时释放出大量的原子能。原子弹的链式反应进行得非常迅速，在极短时间内释放出大量的射线和能量，破坏性很大。而用于核电站中的核反应堆，则需要链式反应缓慢地进行，以保证稳定地向外输出能量。

反应堆内的燃料做成直径大约 1 cm，高 1.5 cm 左右的圆柱形，然后堆成大约高 3 m 左右的铀棒，用薄的锆合金圆管包装。大约 200 根铀棒组成一束燃料棒，180 根左右的燃料棒堆成反应堆。铀棒插在用于减速中子的石墨中。为了控制中子数量以调节反应速度，在反应堆中还插入了吸收中子较强的镉控制棒。调节控制棒插入的深度，就可以保证核反应速度的正常，使核反应堆有稳定的输出功率。

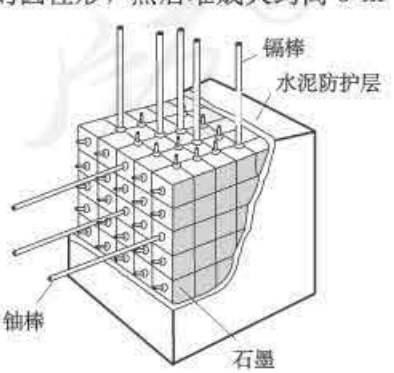


图 22-资-2

压水堆是目前比较广泛采用的核反应堆，其特征是水在堆芯内不沸腾，因此水必须保持在高压状态。图 22-资-3 是压水堆核电站的流程示意图。燃料用的是二

氧化铀陶瓷块，这样的铀芯块本身就起防止放射性物质外逸的作用，即构成了第一道安全屏障。把这些小的铀块重叠在高 3 m，外径 9.5 mm，厚 0.57 mm 的锆合金管内封闭，即成为燃料元件棒，即铀棒。锆合金管也能防止放射性物质逸出，故构成第二道安全屏障。每 200 多根铀棒，排列成横 17 排，纵 17 排的燃料元件。如果堆内有 100 多个这样的燃料元件，即可成为 900 MW 的压水堆核电站。整个堆芯放在内径为 4 m，高为 13 m，厚为 0.2 m 的压力壳内，壳内压强为标准大气压的 155 倍。可把水加热到 330 ℃以上。温度升高了的水进入蒸汽发生器内，器内有很多细管，细管中的水接收热量变成蒸汽进入蒸汽轮机发电。

从图中可以看出，从反应堆出来的水是跟细管中的水分开的，即使堆中的水有少量放射性物质，也不会传递到细管的水中。从反应堆出来的水在蒸汽发生器中温度降低后，经一回路的循环泵驱动，又回到压力壳的堆芯继续加热，完成第一回路的循环。一回路和压力壳组成第三道安全屏障。蒸汽发生器内的蒸汽进入蒸汽轮机做功后，再进入冷凝器冷却成水，经二回路循环泵驱动，再回到蒸汽发生器继续使用，这就是第二回路循环。冷凝器中用三回路循环泵抽来的江河水作冷却剂，冷却后又排回到江河中，组成第三回路循环。

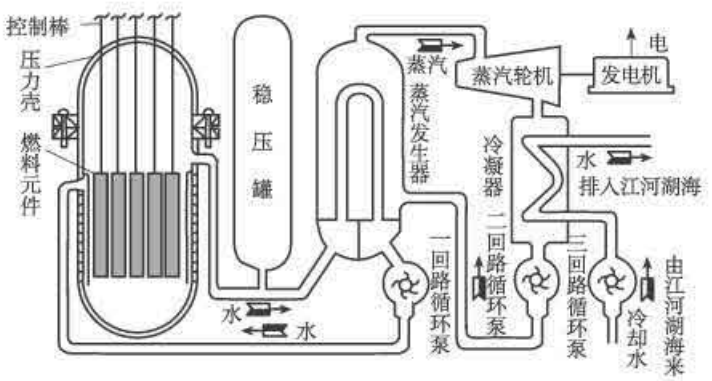


图 22-资-3

我国是核能资源丰富的国家，从 20 世纪 50 年代中期开始建设核工业，现在已具备了建造核电站的物质和技术基础。我国政府对建立核工业非常重视，积极引入国际上已成熟的核技术，根据我国的实际情况，着重发展压水堆核电站。已在浙江和广东等地建设核电站。浙江秦山核电站自 1985 年开始动土，于 1991 年并网发电。1989 年 4 月已接受国际原子能机构运行检查组进行“运行前安全评审”。他们对秦山核电站工程是肯定的，认为是高标准的，生产准备工作是细致和超前的。国务院对核电站的安全问题非常重视，成立了专门负责安全监督的核安全局，以保证和监督核能的生产和安全应用。

对于建立核电站，人们总担心它的放射性污染和安全问题，其实，由于核电站采取了严格的安全措施，放射性物质很难逸出堆外。前面我们已经讲过核反应堆的第一道安全屏障是铀块，第二道安全屏障是锆合金管，第三道安全屏障是压力壳，最后还有第四道安全屏障，即整个反应堆封闭在混凝土建筑物中，这些措施保证了核反应堆的安全。在核电站

建造历史上，1979 年美国三里岛核电站发生了由于人为操作错误而发生的特大事故。但在这个事故中无一人死亡，只有在现场的三名工作人员受到了略高于允许值的放射性照射，个别居民受到相当于进行两次 X 光体检的照射。至于 1986 年发生在原苏联切尔诺贝利核电站的事故，则是由于设计和技术上的问题造成的。2011 年 3 月，日本近海发生大地震，受地震影响，日本福岛第一核电站发生爆炸，造成核泄漏。这些事故引起了人们的高度重视，从教训中更加注意安全措施。

5. 太阳能的利用

太阳是离地球最近的一颗恒星，是个不断地进行核聚变反应的巨大的炽热的球状气团。由于其内部深处的极高温度（约 2×10^7 ℃）和极高压力（约 2×10^{16} Pa，相当于标准大气压 2 000 亿倍），使原子的热核反应得以不断进行，从而通过太阳表面以光的形式向宇宙空间辐射出巨大的能量，这就是太阳能。据粗略估计，太阳向地球表面辐射的功率为 1.7×10^{14} kW。我国幅员辽阔，日照充足，一年可获得的太阳能约为 10^{16} kW·h，相当于 1.2×10^{12} t 标准煤释放的能量。

随着生产和技术的发展，人们已开始将太阳能转化为其他能量形式加以利用。例如，将太阳能转化为化学能、内能、电能等。这种能量的转化过程分别叫作光—化学转化、光—热转化、光—电转化。其中光—化学转化最常见的是通过植物的光合作用进行的。例如“燃料栽培”法就是利用太阳能催长草木和藻类，然后将草木进行高温分解，制得木炭、燃气等燃料；将藻类进行发酵，制得沼气和氢气。这样“栽培”出来的燃料减少了污染，用完了还可再生。不过自然界中植物通过光合作用将太阳能转化成自身的化学能的效率是很低的，只有千分之几。

在光—热转化中，我们把实现这种转化的装置称为太阳能集热器。用它来把太阳辐射能转化为内能，再把水或其他介质加热，或转化为其他形式的能量加以利用。简单的平板型集热器，由一块金属板（铜、铝、钢板等）构成。如图 22-资-4 所示。朝太阳的一面处理成吸收系数大的黑色表面，以充分吸收太阳的辐射能。当水流过金属板背面时，金属板吸收的太阳能就把水加热。为了充分把收集的太阳热量传给介质，金属板朝太阳的一面装上一层或多层玻璃或塑料板，背面和四周加保温设备以减少热量损失，保持一定的加热温度。平板型集热器可用于加热水、咸水淡化、房屋采暖、干燥以及制冰等。除平板型集热器外，还有聚光式集热器。聚光式集热器常用透镜、抛物面反射镜或多块平面反射聚光镜，作为获得能量密度较高的收集器，可以获得上千度的高温。



图 22-资-4

把太阳能转化成电能有两种基本的途径：一种是光—电转化，即通过光电器件将太阳能直接转化为电能，这叫光发电。另一种是光—热—电转化，即先把太阳能转化为内能，然后直接或间接地转化成电能，这叫热发电。太阳能电池就是利用光电效应制成的一种发电器件（光电池）。

所谓光电效应，是金属在光的照射下释放出电子的现象。太阳能电池一般由具有扩散结类型的半导体制成，是一种物理电池，只起能量的转化作用，不发生化学变化。这种电池，目前已用于人造地球卫星，地面上可作为太阳能航标灯、打火机、手表等的电源。太阳能作为一种能源，具有来源丰富，不需要运输，不会对环境造成污染等优点。但由于能量比较分散且受季节、气候和昼夜变化的影响很大，又给大规模利用太阳能带来一些新的技术课题。

6. 太阳能电池

在太阳能发电方面，目前比较成功的是利用太阳能电池发电。太阳能电池是利用光电效应制成的一种发电器件（光电池）。不过，用金属制成的光电池，效率极低，只有应用了半导体，才使光电池跨入了实用阶段。

普通的太阳能电池，大多是由两种不同导电类型（电子型和空穴型）的半导体构成的，如图 22-资-5 所示。所谓电子型半导体是以电子导电为主的半导体，也叫 N 型半导体。它的制备是在一块纯净的半导体（如硅、锗）中掺入某类杂质（如磷、砷、锑等）而成。它们能够提供导电的电子。所谓空穴型半导体是以空穴导电为主的半导体，也叫 P 型半导体。它的制备是在一块纯净的半导体中掺入某种提供导电的空穴的杂质，如在硅中掺入硼。当 P 型半导体和 N 型半导体接触时，便在交界面处即 P-N 结附近建立了内电场（或称势垒电场）。由于此处的电阻特别高，所以也称为阻挡层。

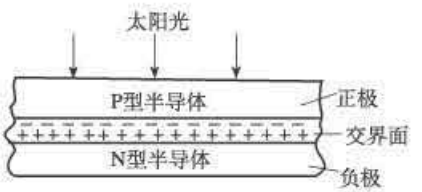


图 22-资-5

当太阳光照射在器件上时，半导体内的原子由于获得了光能而释放了电子，这些电子（称为光电子）在内电场作用下移向器件的一端，使这一端呈现负极性。在器件的另一端，由于缺少了电子，呈现出正极性。这样就在器件内形成一个与内电场方向相反的电场即光生电场。由于在 P 区和 N 区之间产生了光生电动势。如果把器件的这两端用导线连接起来，导线中便有电流产生。这就是太阳能电池的基本原理。若把几个、几十个这样的电池元件串联、并联起来，组成太阳能电池群（或称太阳能电池板），在阳光照射下就能产生相当可观的电流。

现在制成的太阳能电池有硅电池、砷化镓电池、硫化镉电池、碲化镉电池、磷化铟电池等多种，而以硅电池发展得最为成熟。硅太阳能电池是用地球上富有的元素硅制造的，其工艺比一般晶体管的制造工艺简单。单体硅电池呈平直的片状结构，尺寸有：2 cm×2 cm、2 cm×4 cm、2 cm×6 cm 等多种，也有制成圆形、半月形、月牙形、多角形的，以充分利用硅单晶材料。硅太阳能电池能把太阳能直接转变成直流电。大量生产的硅电池，其光—电转化效率一般为 9%～12%，也就是在地面阳光强度为 1 kW/m^2 的条件下，每平方厘米的硅电池的发电功率是 10 mW。

目前，硅太阳能电池是人造卫星、宇宙飞船上的主要能源装置，在地面上则与蓄电池

配合，作为特殊电源使用。白天有光照时，硅电池一方面给仪器或设备供电，同时将剩余的电能贮存在蓄电池里，到夜晚或阴雨天再由蓄电池供电。在一些无电或少电的边远地区，硅太阳能电池——蓄电池组作为小功率独立电源，可以发挥很大的作用。例如可为无人灯塔、海上航标灯、山地无人气象站、地震观测站、无线电中继站、沙漠里的抽水机等固定的永久性设备供电，也可以作为半导体收音机、钟表、打火机、家用照明灯、铁路信号灯等的电源。

太阳能电池对开发利用太阳能意义重大，在许多高技术领域，它是一种清洁的、方便的能源装置，它作为光电检测元件具有独特的优点，很适于在电影机、雷达、照相机、火灾报警器、光电跟踪器等仪器中应用。但目前太阳能电池的制造工艺还很复杂，成本很高，这就影响了它在地面上的推广应用。另外，日照条件、昼夜的更迭和气候的变化都影响它的工作效率。太阳能电池的寿命虽然从原理上讲是很长的，然而实际却是有限的，太阳能电池的寿命会受到雨水、热、紫外线以及脏物、灰尘等的影响。对这些问题科学家正在寻找解决的方案。

7. 能源与社会发展

回顾人类的历史，可以明显地看出能源和人类社会发展间的密切关系。人类社会已经经历了三个能源时期，即薪柴时期、煤炭时期和石油时期。

古代从人类学会利用“火”开始，就以薪柴、秸秆和动物的排泄物等生物质燃料来烧饭和取暖，同时以人力、畜力和一小部分简单的风力和水力机械作动力，从事生产活动。这个以薪柴等生物质燃料为主要能源的时代，延续了很长时间，生产和生活水平都很低，社会发展迟缓。

18 世纪的产业革命，以煤炭取代薪柴作为主要能源，蒸汽机成为生产的主要动力，于是工业得到迅速发展，劳动生产力有了很大的增长。特别是 19 世纪末，电力开始进入社会的各领域，电动机代替了蒸汽机，电灯代替了油灯和蜡烛，电力成为工矿企业的主要动力，成为生产和生活照明的主要来源。出现了电话、电影，不但社会生产力有了大幅度的增长，而且人类的生活水平和文化水平也有极大的提高，从根本上改变了人类社会的面貌。但这时的电力工业主要是依靠煤炭作为主要燃料。

石油资源的发展，开启了能源利用的新时期。特别是 20 世纪 50 年代，美国、中东、北非相继发现了巨大的油田和气田，于是西方发达国家很快地从以煤为主要能源转换到以石油和天然气为主要能源。汽车、飞机、内燃机车和远洋客货轮的迅猛发展，不但极大地缩短了地区和国家之间的距离，也大大地促进了世界经济的繁荣。近 30 多年来，世界上许多国家依靠石油和天然气，创造了人类历史上空前的物质文明。

能源是国民经济发展不可或缺的重要基础，是现代化生产的主要动力来源。现代工业和现代农业都离不开能源动力。

工业方面，各种锅炉、窑炉都要用油、煤和天然气作燃料；钢铁冶炼要用焦炭和电力；机械加工、起重、物料传送、气动液压机械、各种电机、生产过程的控制和管理都要

用电力；交通运输需要动力、油和煤；国防工业也需要大量的电力和石油。能源还是珍贵的化工原料，从石油中可以提炼出 5 000 多种有机合成原料，其中最重要的基本原料有乙烯、丙烯、丁二烯、苯、甲苯、二甲苯、乙炔、萘等。由这些原料加工，就可以得到塑料、合成纤维、人造橡胶、化肥、人造革、染料、炸药、医药、农药、香料、糖精等各种工业制品。

在现代化农业生产中，农产品产量的大幅度提高，也是和使用大量能源联系在一起的。例如耕种、收割、烘干、冷藏、运输等都需要直接消耗能源；化肥、农药、除草剂又都要间接消耗能源。

世界各国经济发展的实践证明，在经济正常发展的情况下，能源消耗总量和能源消耗增长速度与国民经济生产总值和国民经济生产总值增长率成正比例关系。

能源还与人民生活休戚相关。不但人们的衣、食、住、行处处离不开能源，而且文化娱乐、医疗卫生都与能源有着密切的关系。随着生活水平的提高，所需的能源也越多。

值得注意的是，传统工业文明比农耕文明的发展性高，但持续性差。随着世界人口的增加，经济的飞速发展，能源消费量持续增长，能源消耗给环境带来的污染也日益严重。与此同时，由于人类的活动，地球生态系统也受到破坏，森林锐减、物种毁灭、气候变暖、荒漠扩大、灾害频发。因此，如何使能源和环境协调，使社会可持续发展，是摆在全人类面前的共同任务。

节选自《能源与节能技术》，中国电力出版社 2008 年 12 月第 2 版（有改动）

人教版®