义务教育教科书

WU LI

物 理

九年级　全一册

北京教育科学研究院　编写

供学习用



北京师范大学出版社
·北京·

微信公众号：电子课本大全

基础教育教材网址 http：// www.100875.com.cn

绿色印刷　保护环境　爱护健康

亲爱的同学们：

你们手中的这本教科书采用绿色印刷标准印制，在它的封底印有“绿色印刷产品”标志。从2013年秋季学期起，北京地区出版并使用的义务教育阶段中小学教科书全部采用绿色印刷。

按照国家环境标准（HJ2503−2011）《环境标志产品技术要求　印刷　第一部分：平版印刷》，绿色印刷选用环保型纸张、油墨、胶水等原辅材料，生产过程注重节能减排，印刷产品符合人体健康要求。

让我们携起手来，支持绿色印刷，选择绿色印刷产品，共同关爱环境，一起健康成长！

北京市绿色印刷工程

试学习用

出版发行：北京师范大学出版社 www.bnupg.com
北京新街口外大街19号
邮政编码：100875
印　　刷：北京京师印务有限公司
经　　销：全国新华书店
开　　本：787 mm×1092 mm　1/16
印　　张：12.75
字　　数：300千字
版　　次：2014年7月第1版
印　　次：2019年7月第6次印刷
定　　价：11.95 元
ISBN 978−7−303−12649−1

责任编辑：谢万媛　邓丽平　　装帧设计：王　蕊
责任校对：陈　民　　责任印制：孙文凯　窦春香

版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话：010−58800697
北京读者服务部电话：010−58808104
外埠邮购电话：010−58808083
如发现印装质量问题，影响阅读，请与印制管理部联系调换
印制管理部电话：010−58800825　010−58808061

微信公众号：电子课本大全

前　言

在学习过程中，我们要积极动脑**想一想**，交流讨论**议一议**，探究动手做**实验**，还要完成**课后实践**。

想一想

这些现象或生动有趣，或出乎意料，仔细想一想，你能从中发现什么？

提出问题 引发思考

议一议

遇到难题了？不要着急，和同学交流讨论一下，也许你的问题就会迎刃而解。

发现问题 交流讨论

实　验

演示实验精彩纷呈，探究实验动手动脑，你还等什么呢？

教师演示 自主探究

课后实践

想要复习今天学到的知识？完成课后实践可以令你事半功倍。

巩固知识 打牢基础

学生实验

这些**学生实验**包括课程标准要求的学生必做实验，可以提高你的探究能力和科学素养，一定要认真完成！

如果有兴趣，可以利用课余时间试着**做一做**，互相帮助**提个醒**，了解一下**相关链接**，打开我们身边的**知识窗**。

知识窗

课后阅读，增长见识

推开知识窗，教室外面的世界同样精彩。

相关链接

链接世界，扩展视野

忙里偷闲，看看相关链接，也许可以发现你感兴趣的内容。

提个醒

锦囊妙计，解决问题

实验总是不成功？解题总是有困难？这些提示应该可以帮到你。

做一做

学以致用，丰富生活

这些小实验、小制作既有用又有趣，快来试着做一做吧！

课外探究

生活中处处有物理，从这些趣味十足的**课外探究**出发，开始你的探索之旅吧！

微信公众号：电子课本大全

供学习用

微信公众号：电子课本大全

目 录

第九章　简单电路

一、简单电现象 …… 2

二、认识电路 …… 7

三、不同物质的导电性能 …… 15

四、电流及其测量 …… 21

五、电压及其测量 …… 27

六、电阻 …… 34

七、变阻器 …… 40

课外探究　什么材料的衣服更容易带电 … 46



供学习用

第十章　串联电路和并联电路



一、学生实验：连接串、并联电路 …… 49

二、串、并联电路的特点 …… 54

三、学生实验：探究影响电流的因素 …… 60

四、欧姆定律的应用 …… 65

五、测量导体的电阻 …… 69

微信公众号：电子课本大全

第十一章　电功和电功率

一、电功和电能 …… 76
二、电功率 …… 82
三、学生实验：测量小灯泡的电功率 …… 87
四、电流的热效应 …… 93
五、家庭电路 …… 99



供学习用

第十二章　磁现象



一、简单磁现象 …… 108
二、磁场 …… 113
三、通电螺线管的磁场 …… 119
四、电磁铁及其应用 …… 125
五、磁场对通电导体的作用 …… 131
六、直流电动机 …… 134
七、电磁感应及其应用 …… 138
课外探究　影响电磁铁磁性强弱的
其他因素 …… 144

微信公众号：电子课本大全

第十三章　通信技术简介



一、通信发展简史 …… 147

二、电磁波 …… 150

三、广播和电视 …… 157

四、现代通信技术及发展前景 …… 166

课外探究　在不同情况下手机信号的强弱 …… 173



第十四章　宇宙和微观世界

一、浩瀚的宇宙 …… 176

二、微观世界的结构 …… 184

供学习用

附　录

一、本册书中用到的物理量及其国际单位 …… 192

二、物理名词汉英对照表 …… 193

微信公众号：电子课本大全

供学习用

微信公众号：电子课本大全

第九章 DIJIUZHANG
简单电路



从发电厂发出的电要通过一定的电路输送到用户，用于照明或为其他电器提供电能。尽管实际的电路可能很复杂，但它们都是由简单电路组成的。电是什么？怎样组装最简单的电路？可以用哪些物理量描述简单电路的特征？

微信公众号：电子课本大全

一、简单电现象

想一想

用毛皮摩擦硬橡胶棒或用丝绸摩擦玻璃棒，摩擦几下后，把棒靠近干燥的纸屑、毛发、羽毛等轻小物体(图 9-1)。你会看到什么现象？为什么会出现这种现象？



图 9-1

供学习用

摩擦过的硬橡胶棒或玻璃棒能够吸引轻小物体，我们就说硬橡胶棒或玻璃棒带了电，或者说它们有了**电荷**(electric charge)。这种用摩擦的方法使物体带电的现象，叫作**摩擦起电**。

电　荷

实　验

用绝缘细线将毛皮摩擦过的硬橡胶棒和丝绸摩擦过的玻璃棒分别悬挂起来。再分别将丝绸摩擦过的玻璃棒和毛皮摩擦过的硬橡胶棒向它们靠近(图 9-2)。你会看到什么现象？

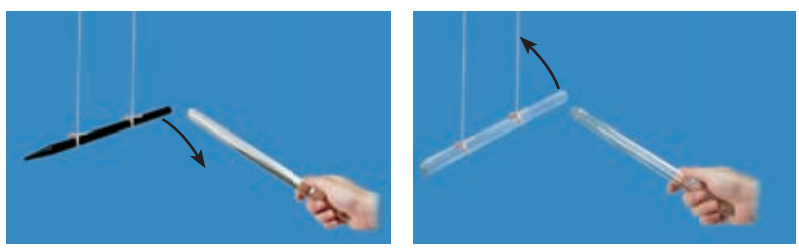


图 9-2　电荷间的相互作用

微信公众号：电子课本大全

实验中我们发现：

当两根毛皮摩擦过的硬橡胶棒相互靠近时，这两根棒将会_____。

当两根丝绸摩擦过的玻璃棒相互靠近时，这两根棒将会_____。

当毛皮摩擦过的硬橡胶棒与丝绸摩擦过的玻璃棒相互靠近时，这两根棒将会_____。

大量实验表明，各种不同的物体可以通过不同的方法带电，但所带的电荷只有两种。人们将丝绸摩擦过的玻璃棒所带的电荷叫作**正电荷**(positive charge)；毛皮摩擦过的硬橡胶棒所带的电荷叫作**负电荷**(negative charge)。电荷(或带电物体)之间存在相互作用：**同种电荷相互排斥，异种电荷相互吸引**。

供学习用

议一议

在日常生活中经常可以看到摩擦起电的现象。如在干燥的空气中用塑料梳子梳理头发，会发现头发能随梳子飘起来；经摩擦后的梳子还能吸引一些轻小的物体(图 9-3)。

请你再举出一些类似的实例，或设计一些说明摩擦起电的小实验。



图 9-3 带电的梳子吸引纸屑

微信公众号：电子课本大全

相关链接

为什么不同物体相互摩擦可以起电

物体通常是由原子组成的。原子中带正电的原子核和带负电的核外电子的电荷量是相等的，即原子是不显电性的。但由于不同物质的原子核束缚电子的本领不同，当两个不同的物体互相摩擦时，束缚电子本领弱的物体就会失去电子而带正电，束缚电子本领强的物体就会得到电子而带负电。可见，摩擦起电并不是创造电荷，而是使电荷发生转移，使原来不显电性的物体分别带上正、负电荷。

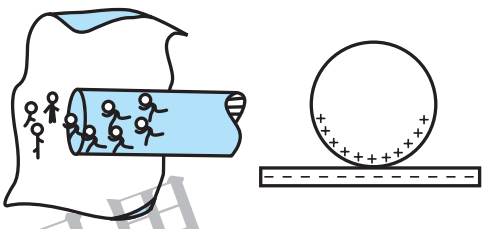


图 9-4 摩擦起电的过程

供学习用

验电器

实验室里常见的一种用来检验物体是否带电的仪器叫验电器。如图 9-5 所示，当带电的玻璃棒(或硬橡胶棒)接触验电器的金属球时，就会有一部分电荷转移到金属箔上，这两片金属箔会因带有同种电荷相互排斥而张开。

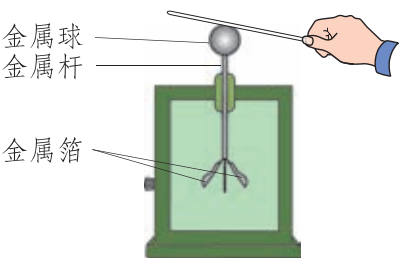


图 9-5 验电器

实 验

如图 9-6 所示，取两个相同的验电器甲和乙，使甲带电、乙不带电。用带绝缘柄的金属棒把甲、乙两个验电器的金属球连接起来，你会看到什么现象？这说明了什么？

微信公众号：电子课本大全

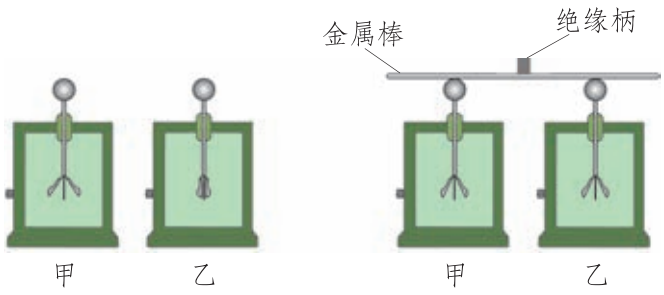


图 9-6　电荷的移动

实验过程中，用带绝缘柄的金属棒把甲、乙两个验电器的金属球连接起来，会看到验电器甲的金属箔张开的角度变小，验电器乙的金属箔张开一定的角度，这说明有一部分电荷通过金属棒从验电器甲转移到验电器乙上了。

静电现象的应用和防护

带电的物体及其相互作用在实际生产、生活中十分常见。如静电植绒就利用了异种电荷相互吸引的原理。首先在需要植绒的物体表面涂上胶黏剂，并使其带上正电荷，再使绒毛带上负电荷。这时绒毛就会被需要植绒的物体吸引，加速飞向被植物体，从而可以均匀地粘在被植物体的表面。静电复印也利用了类似的原理。

当然，有时物体带电也会给人们带来一些麻烦。如在干燥的天气里，塑料食品袋会因带电而吸引在一起，人们很难打开塑料袋的袋口或把几个塑料袋分开；化纤类的衣服穿在身上不断摩擦带电，脱衣服时会产生放电火花。

有时静电还会给人类带来灾害。如在自助加油站给汽车加油时，空气中往往存在汽油蒸气，当加完油后，人们从油箱中取出加油枪时，手上放电的火花会点燃汽油蒸气，从而引起火灾。又如，雷电就是空中的带电云层之间或带电云层与地面之间发生的强烈的放电现象。产生雷电的极高电压足以击穿绝缘体使设备发生短路，导致火灾、爆炸等灾害，也可导致人、畜伤亡等。因此，人们为了避免发生雷击事故，在相对高大的建筑物上加装避雷针。早在 17 世纪，我国古代的建筑就已经使用避雷针了。如图 9-7 所示，在屋脊的两头都有一个仰起的龙头，龙口吐出曲折的金属舌头，伸向天空，舌

供学习用

微信公众号：电子课本大全

根连接着细铁丝，直通地下，这其实就是避雷针。如图 9-8 所示为北京故宫太和殿屋顶上的避雷针。



图 9-7



图 9-8

课后实践

1.如图 9-9 所示，轻质小球甲、乙处于静止状态，下列说法可能正确的是（　　）。

A.甲带电，乙不带电

B.甲不带电，乙带电

C.甲、乙都带电，并带有异种电荷

D.甲、乙都带电，并带有同种电荷

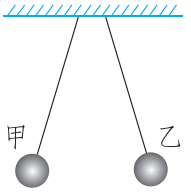


图 9-9

2.将泡沫塑料分割成小碎块，将其封装在塑料袋中，并使泡沫塑料块集中在塑料袋的底部。用左手捏住塑料袋的左上角，右手捏紧塑料袋的上部自左向右水平摩擦塑料袋。这样摩擦数次后，原来在塑料袋底部的泡沫塑料块纷纷向塑料袋的上部飞去，吸在被手摩擦过的地方而不落下来。请你试试看，并解释形成这一现象的原因。

3.上网查阅关于物体带电的应用与防护方面的资料，进行整理，并与同学交流。

供学习用

微信公众号：电子课本大全

二、认识电路

实 验

如图 9-10 所示，给你一只小灯泡、一个开关、两节电池和一些导线，你能将它们连接起来使小灯泡发光吗？

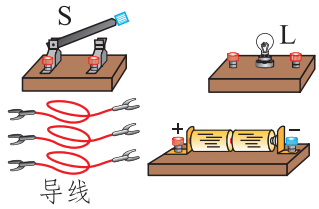


图 9-10 电路的组成

供学习用

如图 9-11 所示来连接电路。闭合开关后，灯泡发光，这是因为形成了电的通路。

观察图 9-11 可知，电路是由**电源**(power supply)、开关、导线、用电器等组成的。

电源是在电路中提供电能的装置，如电池、发电机等。用电器是消耗电能的装置，如灯泡、电铃、电视机、电动机等，它们能把电能转化为其他形式的能。

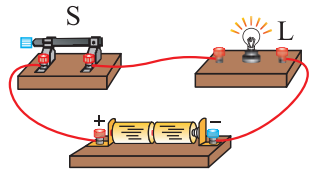


图 9-11 电的通路

相关链接

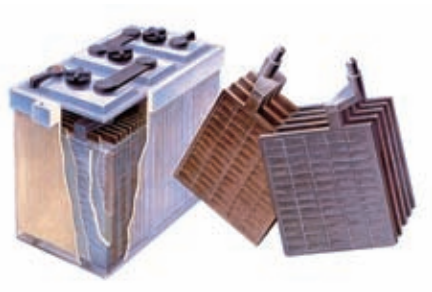
电池有很多种，如铅酸蓄电池、氧化银电池、锂电池、硅光电池、燃料电池等。

电池只是电源的一种，在实际生产、生活中还有很多其他种类的电源，如发电机、实验室用的学生电源等。

微信公众号：电子课本大全



大型发电机



铅酸蓄电池



各种常用电池



硅光电池

供学习用

图 9-12　各种电源

用图 9-10 所示的器材，连接成图 9-13 或图 9-14 所示的电路，闭合开关后，灯泡会发光吗？这样的电路与图 9-11 所示的电路有什么不同？

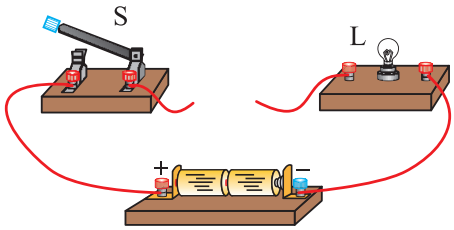


图 9-13　断路

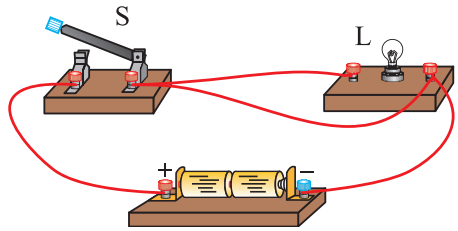


图 9-14　短路

在图 9-11 所示的电路中，闭合开关，电路中有电流通过，灯泡发光。这种处处连通的电路，叫作通路(又叫闭合电路)。

在图 9-13 所示的电路中，连接好电路以后，未闭合开关，或者虽然闭合

微信公众号：电子课本大全

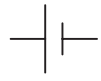
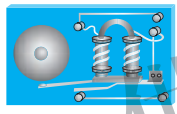
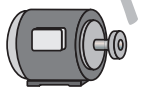
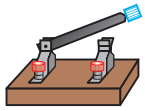
开关但导线断裂、接头松动，电路中没有电流通过。这种不能构成通路的电路，叫作断路(又叫开路)。

在图 9-14 所示的电路中，闭合开关后，导线直接把电源两极连接起来。电流将不经过用电器，直接由正极流向负极，这种现象叫作短路。发生短路时，由于电流过大使导线和电源的温度升高，会烧毁电源，甚至引起火灾。

我们常用规定的符号表示电路元件，这种用电路元件符号表示出实物电路的图，叫作电路图。

一些常用电路元件的符号如表 9-1 所示。

表 9-1　一些常用电路元件和它们的表示符号

名　称	实　物	符　号	名　称	实　物	符　号
灯　泡			电池，电池组		
电　铃			发光二极管		
电动机			交叉不连接导线		
开　关			交叉连接导线		

供学习用

提个醒

画电路图的注意事项

1.要使用统一规定的符号。

2.连线要横平竖直，尽量使电路图美观。

3.尽量不要把导线画成交叉不连接的形式。

微信公众号：电子课本大全

用图 9-10 中的元件连接好的实物图如图 9-15 甲所示，它的电路图如图 9-15 乙所示。

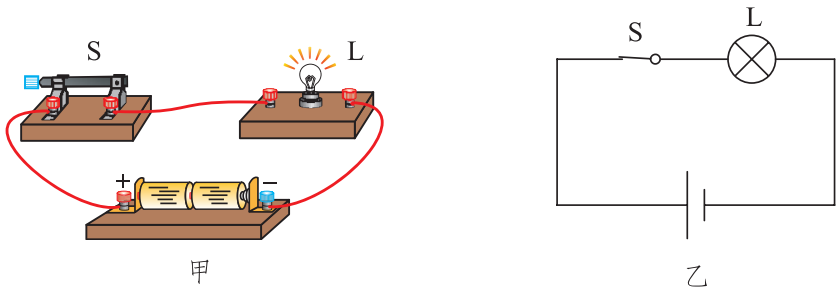


图 9-15　电路的实物图和电路图

议一议

供学习用

按图 9-16 甲所示的电路图，用笔画线表示导线将图 9-16 乙的实物电路连接起来。然后思考一下，按电路图连接实物电路的过程中，应该注意哪些问题？怎样进行规范的操作？

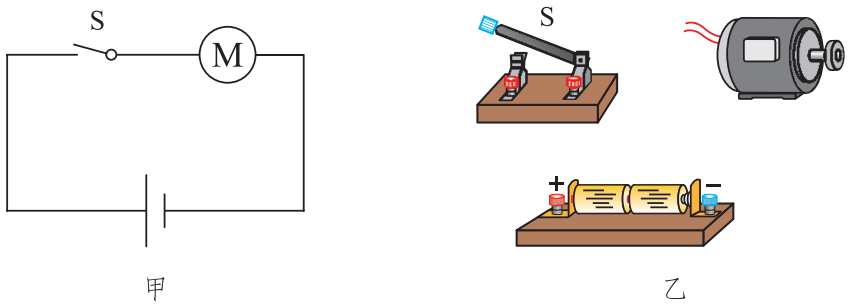


图 9-16　练习连接电路

微信公众号：电子课本大全

提个醒

连接实物电路的注意事项

1.连接电路前，要先断开开关。

2.连接完毕后，要先检查电路连接是否正确，再接通电源。

3.接通电源时，要先进行试触(图 9-17)，确认没有异常后再将开关闭合。

4.实验完毕后，要先断开电源，再整理好实验器材。



图 9-17 试触

供学习用

课后实践

1.用笔画线表示导线，把图 9-18 中的实物连接起来，在虚线框中画出相应的电路图，使开关闭合后电铃能够工作。

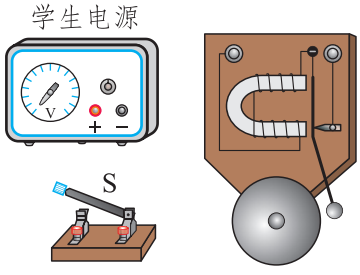


图 9-18

2.找一个老式的手电筒，研究一下它的电路组成，画出手电筒的电路图。

微信公众号：电子课本大全

3.图 9-19 是一位同学连接的电路，开关闭合后，会出现什么情况？小灯泡会亮吗？

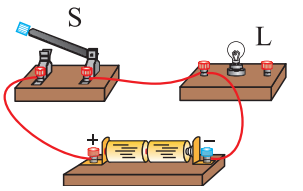


图 9-19

4.小明在实验室中连好了一个如图 9-20 所示的电路，请你在虚线框中画出电路图。

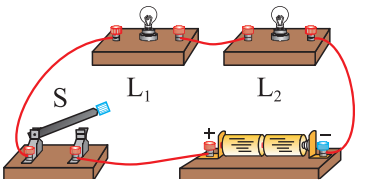


图 9-20

供学习用

知识窗

各种各样的开关

图 9-21 是实验室常用的电路开关，图 9-21 甲叫作单刀单掷开关，图 9-21 乙叫作单刀双掷开关。



甲　　乙

图 9-21

除了这种实验室中常用的开关外，在日常生活中还能见到很多其他种类的电路开关(图 9-22)。

微信公众号：电子课本大全



图 9-22

在现代生活中，许多新型开关得到了广泛的应用，方便了人们的生活。例如，当你走进机场、宾馆等场所的大门时，玻璃门就会自动开启(图 9-23)；在一些车站、饭店等公共场所的卫生间内，当你的手刚放到自来水的水龙头下面时，水就会自动流出来(图 9-24)，洗手后，将手放在热风干手器的出风口下面时，它就会自动吹出热风(图 9-25)；当夜幕降临时，路灯自动点亮，当太阳升起后，

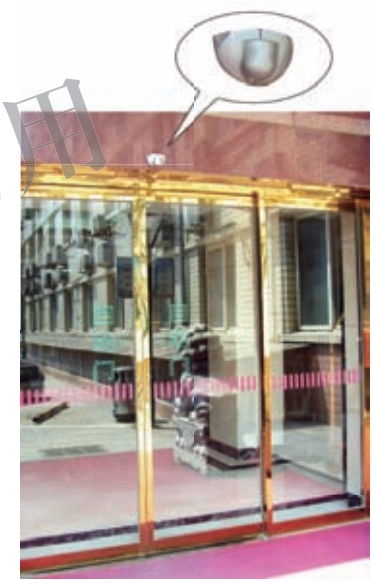


图 9-23 红外线自动门



图 9-24 感应水龙头



图 9-25 热风干手器

供学习用

微信公众号：电子课本大全

它们又会自动熄灭。这些设备上安装有探测装置，当探测到人体接近或环境亮度变化时，传感器就自动接通工作电路，将门、水龙头、热风干手器或路灯开启。这些“开关”并不是一个简单的元件，而是由一套电子系统组成的。

家用空调可以根据你设置的温度自动启动或待机；电饭锅可以根据所烹饪食物的温度自动控制是否继续加热；电冰箱可以根据预设的温度进行自动控制。这些都是温控开关在起作用。

在工业生产中，有些机器的工作电压较高或电流较大，若人直接利用开关来控制机器的工作情况，则会因产生电弧而造成危险。因此可以利用远程遥控的方式，并设计出高压灭弧开关，从而保障工作人员的安全。

各种新型开关都是人类智慧的结晶，它们能使我们的生活更加方便和安全，也为我们的生活增添了许多情趣。你能猜想一下它们的原理吗？例如空调、电冰箱的温控开关是如何工作的？

供学习用

微信公众号：电子课本大全

三、不同物质的导电性能

实 验

在图 9-26 所示的装置中，*A* 和 *B* 之间是断开的。在 *A*、*B* 之间分别接入钢直尺、木棍、橡皮、玻璃或盐水等，闭合开关 S，观察小灯泡是否发光。这个实验说明了什么？

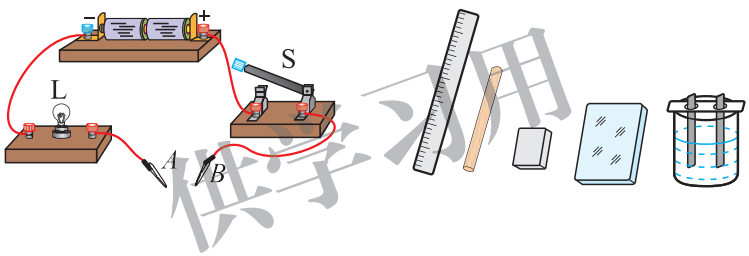


图 9-26　不同物质的导电性能

供学习用

分别将_____接入电路，小灯泡发光。表明这些物体容易导电，我们把它们叫作**导体**(conductor)。

分别将_____接入电路，小灯泡不发光。表明这些物体不容易导电，我们把它们叫作**绝缘体**(insulator)。

议一议

1.通常情况下，铁丝、塑料、空气、蒸馏水、人体，哪些是导体？哪些是绝缘体？你是怎么判断的？

2.你还能说出哪些物质是导体，哪些物质是绝缘体？

微信公众号：电子课本大全

图 9-27 表示常温下一些物质的导电性能，从左到右导电性能越来越强，而从右到左绝缘性能越来越强。

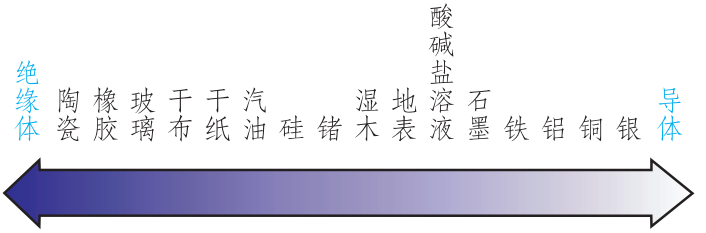


图 9-27　常温下一些物质的导电性能

同一种物质的导电性能是一成不变的吗？

想一想

如图 9-28 甲所示，用酒精灯给废旧灯泡的玻璃芯柱加热。在玻璃芯柱温度不断升高而发红的过程中，观察发光二极管(LED)发光情况的变化。发生的现象说明了什么？

如图 9-28 乙所示，向干木棍上逐渐滴一些自来水，在这一过程中观察发光二极管(LED)发光情况的变化。发生的现象说明了什么？

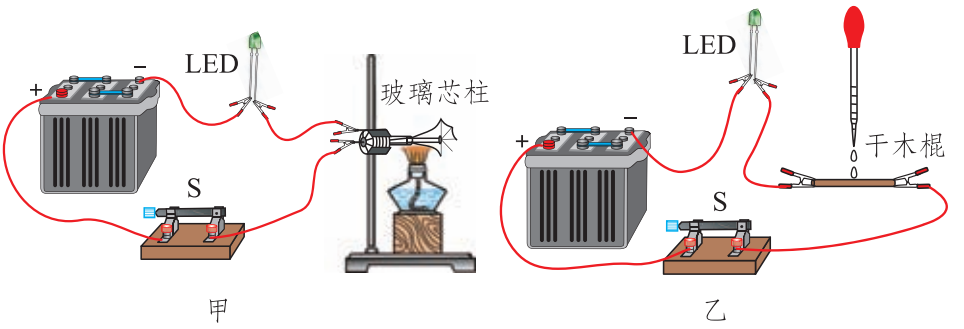


图 9-28　绝缘体变成导体

供学习用

微信公众号：电子课本大全

实验表明，导体和绝缘体并没有绝对的界限。在通常情况下是绝缘体的物体，当条件改变时就可能变为导体。玻璃在常温下不导电，在高温下却成了导体；干燥的木头是绝缘体，潮湿的木头却可以导电；在高电压的作用下，空气也能导电。

相关链接

导电的物体中有大量能够自由移动的电荷。

金属原子的外层电子能够脱离原子核的束缚，形成大量能够自由移动的电子(电子带负电)。在酸、碱、盐的水溶液中，存在着大量能够自由移动的正、负离子(它们分别带正、负电)。因此，它们都是导体。

在橡胶、陶瓷、塑料等绝缘体中，电荷几乎都被原子核束缚在一定的范围内不能自由移动，自由电荷很少，因此也就不容易导电。

供学习用

良好的导体和绝缘体都是理想的电工材料。如图 9-29 所示是一些常用的电工用具，这些工具中哪些部分是导体？哪些部分是绝缘体？各起什么作用？



图 9-29　常用电工用具

微信公众号：电子课本大全

课后实践

1.在通常情况下，下列物质的导电性能是不同的。请你按照其导电性能的强弱，给它们排序。

A.铁　　B.锗　　C.玻璃　　D.银　　E.铜　　F.陶瓷

2.仔细观察一只照明用的白炽灯泡，说出它的哪些部分是导体，哪些部分是绝缘体。

3.如果发现有人触电，能不能直接用手把触电的人拉开？若现场有湿木棍和干竹竿，你将采取什么办法解救触电的人？

4.根据所学的知识，将生活中一些常见的物质按导体、绝缘体进行分类，并与其他同学交流。

供学习用

知识窗

半　导　体

按导电性能来分，除了有导体和绝缘体外，还有一类物质的导电性能介于导体和绝缘体之间，这类物质叫作半导体。如锗、硅、砷化镓等都是半导体。

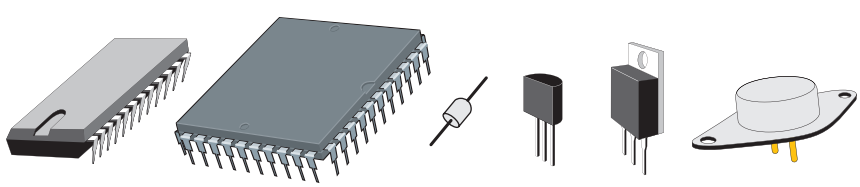


图 9-30　半导体元件

微信公众号：电子课本大全

半导体的导电性能会受到温度、光照和掺加杂质等多种因素的影响。一些半导体，在温度升高时，导电性能迅速增强。利用这种特性，可以做出体积很小的热敏电阻，用来测量温度的变化。还有些半导体，在没有光照时不容易导电，有光照时则有良好的导电性能。用它们做成的光敏电阻可以用在需要对光照反应灵敏的自动控制设备中。

从电子技术的发展对人类社会的影响来看，以半导体为代表的新材料的研制与开发起到了举足轻重的作用。



我国第一代电子管计算机



我国第一代晶体管计算机



我国第一代集成电路大型计算机



早期的便携式计算机



现代的笔记本式计算机



现代的平板电脑

图 9-31　计算机的变迁

1904 年，人类发明了电子管，从而出现了无线电技术、电视机、电子计算机等。1947 年，人类发明了半导体晶体管，导致了电子设备的小型化、轻量化、省能化以及成本的降低、可靠性的提高与寿命的延长。1958 年，集成电路的出现，使计算机及各种电子设备实现了一次飞跃。进入 20 世纪 90 年代，集成电路的

供学习用

微信公众号：电子课本大全

集成度进一步提高，存储器的价格不断降低。但是，随着计算机速度与容量的增加，以电子作为传输媒介逐渐受到限制。因此人们开始考虑更为理想的传输方式　　光，即利用光子而不是电子作为携带信息的载体。随后，光电子材料得到了快速发展，用光子器件制成的光计算机具有容量大、速度高的优势，而且有助于计算机向智能化方向发展。目前，很多科学家都在致力于量子计算机的研究。量子计算机是一类遵循量子力学规律进行高速数学和逻辑运算、存储及处理量子信息的物理装置，其计算能力超过目前的任何超级计算机。研制一台具有实用价值的量子计算机面临很多科学和技术方面的挑战，不过其研究前景非常乐观。

正是由于半导体具有许多独特的性能，所以它在电子技术中有着广泛的应用。除计算机之外，手机、家电、航天、光纤通信等所有与现代文明相关的高技术产品几乎都离不开半导体材料。

供学习用

微信公众号：电子课本大全

四、电流及其测量

电荷的多少叫作电荷量，用符号 Q 表示。在国际单位制中，电荷量的单位是库仑，简称库，用符号 C 表示。一根摩擦过的玻璃棒或硬橡胶棒所带的电荷大约只有 10^{-7}C。电子所带的电荷更少，只有 1.6　10^{-19}C，被称作基本电荷。

水管中的水沿一定的方向移动，水管中就有了水流。类似地，导体中的电荷沿着一定的方向移动，导体中就有了**电流**(electric current)。

电流是由电荷定向移动形成的。人们规定，**正电荷定向移动的方向为电流的方向**。按照这个规定，在一个闭合电路中，电流从电源的正极流出，经过用电器流向电源的负极，如图 9-32 所示。

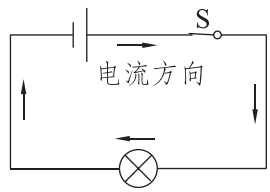


图 9-32　电流的方向

供学习用

相关链接

当导体中有电流时，发生定向移动的可能是正电荷(如 P 型半导体导电)，也可能是负电荷(如金属导电)，还可能是正、负电荷同时向相反的方向移动(如溶液导电)。19 世纪初，在人们还不了解各种导体中是什么电荷在移动的情况下，科学家规定了正电荷定向移动的方向为电流的方向。这个规定一直沿用至今。

想一想

如图 9-33 所示，先用导线把一只小灯泡与一节电池连接起来，观察小灯泡的亮度；再与两节电池连接起来，观察小灯泡的亮度。比较两种情况下小灯泡的亮度有何不同，发生的现象说明了什么？

微信公众号：电子课本大全

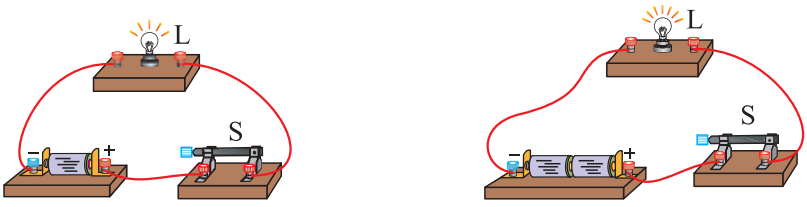


图 9-33　比较电流的不同

同一只小灯泡在两次实验中的亮度不同，表明前后两次通过小灯泡的电流不同。每秒内通过导体横截面的电荷量越多，电流就越大。用 Q 表示通过导体横截面的电荷量，用 t 表示时间，用 I 表示通过导体的电流，则

$$I=\frac{Q}{t}。$$

在国际单位制中，电流的单位是**安培**(ampere)，简称安，用符号 A 表示。1 A 的电流表示 1 s 内通过导体横截面的电荷量是 1 C。

在实际生产和生活中，通过不同用电器的电流值相差很大。一般家用洗衣机在正常工作时，通过的电流大约是 1 A；电焊机工作时电流可达 100 A；像计算器、石英钟等用电器工作时的电流很小，只有 10^{-3} A 左右，甚至更小。在电流比较小时，我们可以用比安小的电流单位　　毫安(mA)、微安(μA)，它们之间的换算关系是

$$1\ \mathrm{A}=10^{3}\ \mathrm{mA},$$
$$1\ \mathrm{mA}=10^{3}\ \mu\mathrm{A}。$$

表 9-2 给出了一些用电器或电路中的电流值。

表 9-2　一些用电器或电路中的电流值

A

液晶显示屏计算器	约 1.3　10^{-4}	家用电冰箱	约 0.5～1.0
半导体收音机	约 0.01～0.1	家用电熨斗	约 1.5～6
LED 手电筒	约 0.02～0.2	家用空调	约 4～9
家用电视机	约 0.3～1	雷电	约 2　10^{5}
家用洗衣机	约 1		

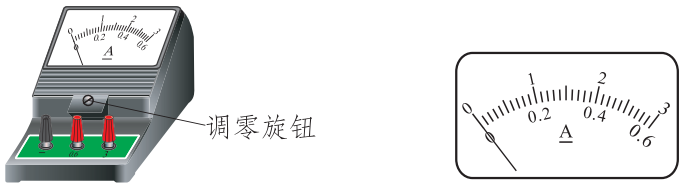
不同用电器在工作过程中通过的电流大小不同，我们怎样知道通过用电

仅学习用

微信公众号：电子课本大全

器的电流呢？

测量电路中电流的仪表，叫作电流表。电流表在电路图中的符号是Ⓐ。图 9-34 甲是实验室常用的电流表，图 9-34 乙是它的表盘。



甲　　乙

图 9-34　电流表

想一想

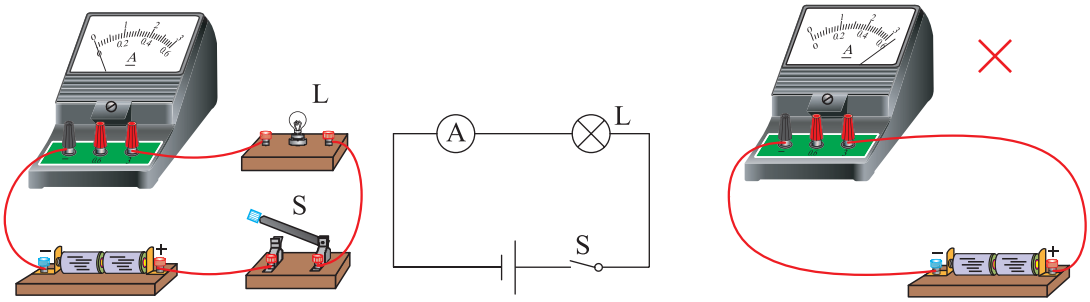
仔细观察电流表，思考下列问题。

1.表盘上有几行刻度？它有几个量程(测量范围)？每个量程所能测量的最大电流值是多少？分度值是多少？为什么要有不同的量程？

2.电流表上有三个接线柱，其中两个接线柱上面分别标有 0.6 和 3 的字样，它们都是 ＋ 号接线柱，另一个接线柱上面标有 － 号。怎样把电流表接入电路？正确接入后，如何判断此时的量程？

供学习用

在电路中，电流表的正确接法如图 9-35 甲所示。不允许不经过用电器，直接把电流表接到电源的正、负两极上(图 9-35 乙)。否则，会因为通过电流表的电流过大而烧坏电流表。



甲　电流表的连接方法　　乙　不允许这样使用电流表

图 9-35

微信公众号：电子课本大全

学生实验：用电流表测量电流

实验目的

用电流表测量电流。

实验器材

电流表、电池、小灯泡、开关、导线。

实验指导

电流表应串接在被测电路中，并注意以下事项。

1.要使电流从电流表的 + 号接线柱流入，再从它的 − 号接线柱流出。如果正、负接线柱接反了，指针就会向相反方向偏转，不但不能读出电流值，而且会损坏电流表的指针。

2.要使用电流表的适当量程，被测电流不能超过电流表的量程，否则电流表的指针会被打弯，甚至烧坏电流表。

在实际测量前，我们不知道电流有多大。这时可以先使用 0～3 A 的量程，试触开关，看指针的偏转情况。若指针的偏转超出量程，要换更大量程的电流表；若指针的偏转没有超出量程，但是大于 0.6 A，应使用 0～3 A 的量程测量；如果小于 0.6 A，则应改用 0～0.6 A 的量程进行测量。这样能更准确地读出数值。

实验步骤与内容

分别用一节电池和两节电池作为电源，将实验器材连接成图 9-36 甲、乙所示的电路，进行测量。再将电流表分别接入图 9-37 所示电路中的 1、2、3 处进行测量。

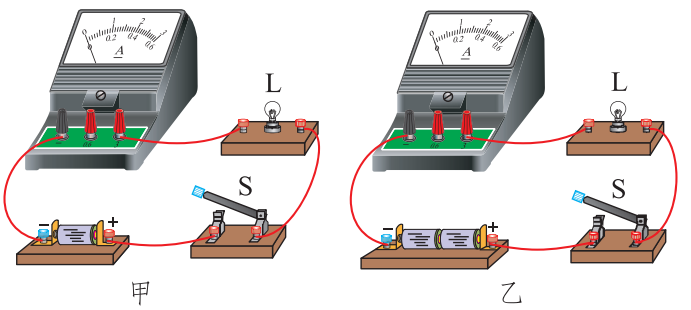


图 9-36　用电流表测电流

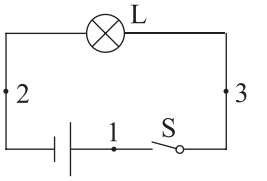


图 9-37　测不同位置的电流

仅学习用

微信公众号：电子课本大全

实验记录

请根据实验步骤设计表格，记录实验测量的数据。

相关链接

按照量程的不同，电流表又分为安培表、毫安表和微安表等，可从电流表的表盘上辨认(图 9-38)。

电流表的零刻度线通常在刻度盘的左端。当电流表没有接入电路时，指针应指在零刻度线上。若不在零刻度线上，要用螺丝刀轻轻拧动电流表的调零旋钮，使指针指在零刻度线上。这就是电流表的调零。

供学习用



图 9-38　毫安表和微安表

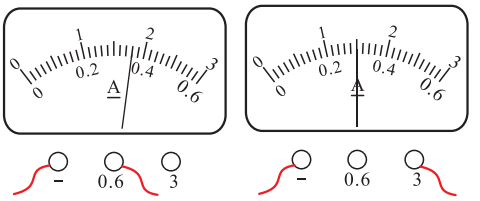
课后实践

1.电流是由_____移动形成的。人们规定：_____定向移动的方向为电流的方向。在国际单位制中，电流的单位是_____。

微信公众号：电子课本大全

2.电流表的两个接线柱被接入了电路，指针位置如图 9-39 所示。甲图中电流表的示数是_____A，乙图中电流表的示数是_____A。

3.一段电炉丝接在蓄电池上，已知通过它的电流在 1 A～2 A 之间。一位同学接好的测量电路如图 9-40 所示，此时能把开关 S 闭合吗？为什么？



甲　　乙

图 9-39

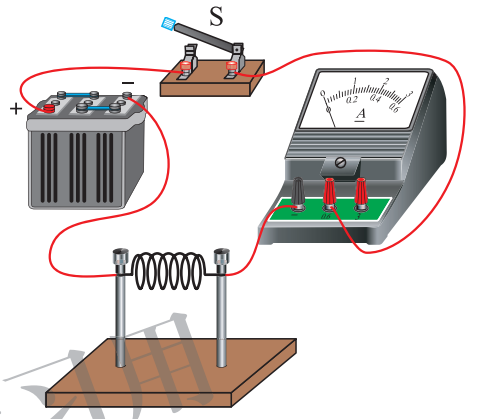
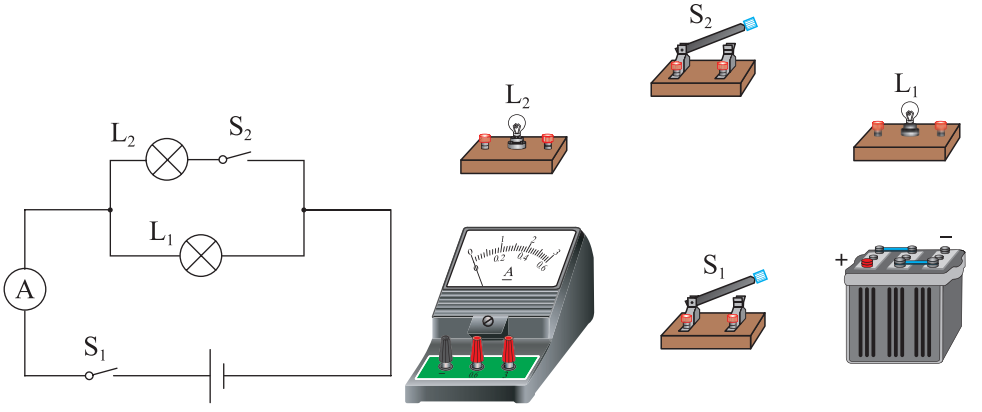


图 9-40

供学习用

4.根据图 9-41 甲所示的电路图，用笔画线表示导线，连接图 9-41 乙所示的实物电路 (要求导线不能交叉)。



甲　　乙

图 9-41

微信公众号：电子课本大全

五、电压及其测量

想一想

电荷定向移动形成电流，是什么原因使电荷定向移动的呢？借鉴图 9-42 中水流的形成原因，你是不是能找到一些答案？

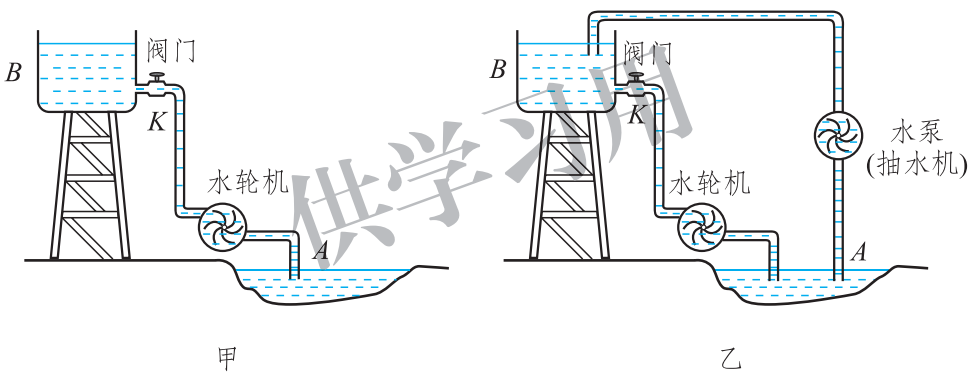
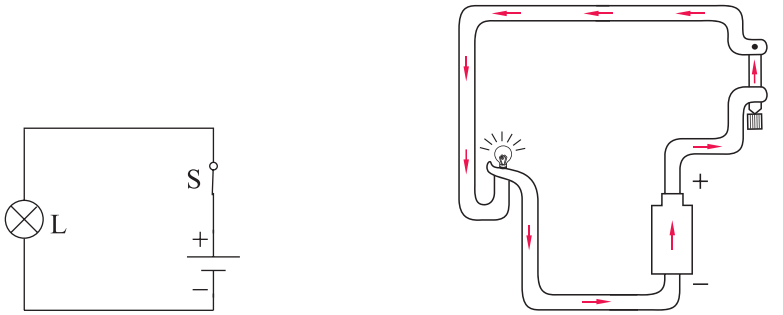


图 9-42　水压与水流

如图 9-42 甲所示，水箱 B 里的水和水池 A 里的水，水位是不同的。水箱里的水位高，水池里的水位低。也就是说，它们之间有水位差，也就有水压。水压是形成水流的原因。当水箱里的水都流到了水池里，就不再有水位差，也就没有了水流。要想使水源源不断地从水箱流到水池里，带动水轮机不间断地工作，可以用一台水泵把水从水池里抽上去，如图 9-42 乙所示，使水箱和水池里的水之间始终保持有水压，从而形成持续的水流。水泵的作用是将低处的水搬运到高处，是提供水压的设备。

如图 9-43 甲所示，开关闭合后，灯泡发光。电路中形成电流的情景如图 9-43 乙所示。将图 9-43 乙与图 9-42 乙对照，你能得到什么启示？

微信公众号：电子课本大全



甲　　乙

图 9-43　电压与电流

与水流的形成相似，电池的正极电位高、负极电位低，也就是说有电位差，即**电压**(voltage)。电压使电荷定向移动形成电流。

电源的作用与水泵相似，它不断地搬运电荷，维持两极之间的电压。

电源是维持电路两端电压的装置，电压是电路中形成电流的原因。

电压用符号 U 表示。在国际单位制中，电压的单位是**伏特**(volt)，简称伏，用符号 V 表示。电压的单位还有千伏(kV)、毫伏(mV)、微伏(μV)，它们之间的换算关系是

$$1\ \mathrm{kV} = 10^3\ \mathrm{V},$$
$$1\ \mathrm{V} = 10^3\ \mathrm{mV},$$
$$1\ \mathrm{mV} = 10^3\ \mu\mathrm{V}。$$

供学习用

表 9-3 是生产和生活中一些常见的电压值。

表 9-3　一些常见的电压值

V

一节干电池的电压	1.5	工厂动力用电的电压	380
一节蓄电池的电压	2	大型发电机产生的电压	0.63×10^4～1.8×10^4
手机用的锂离子电池的电压	3.8	远距离输电的电压	1.1×10^5～1.0×10^6
人体的安全电压	不高于 36	发生闪电时云层间的电压	可达 10^8
家庭电路的电压	220		

微信公众号：电子课本大全

不同用电器工作时其两端电压大小可能不同，我们怎样知道用电器两端的电压呢？

测量电路中两点之间电压的仪表，叫作电压表。电压表在电路图中的符号是Ⓥ。

图 9-44 甲是实验室常用的电压表，图 9-44 乙是它的表盘。

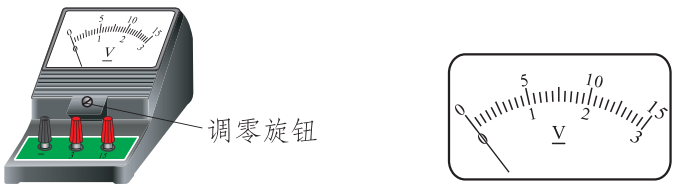


图 9-44　电压表

想一想

仔细观察电压表，思考下列问题。

1.实验室常用的电压表有几个量程？每个量程所能测量的最大电压值是多少？分度值是多少？

2.电压表上有三个接线柱，其中两个接线柱都是 ＋ 号接线柱，一个标有 3 ，另一个标有 15 ，还有一个接线柱标有 － 号。应怎样把电压表接入电路？

供学习用

电压表在电路中的正确接法如图 9-45 所示。

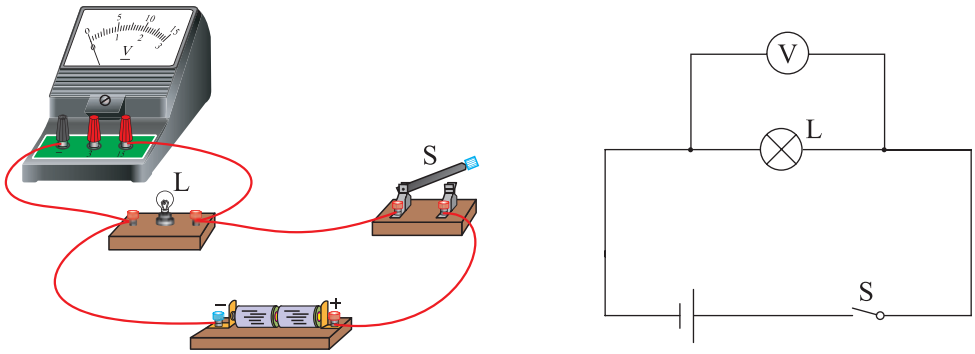


图 9-45　电压表的连接方法

微信公众号：电子课本大全

学生实验：用电压表测量电压

实验目的

用电压表测量电压。

实验器材

电压表、电池、小灯泡、开关、导线。

实验指导

电压表应接在被测对象的两端，并注意以下事项。

1.要使电流从电压表的 ＋ 号接线柱流入，再从它的 － 号接线柱流出。

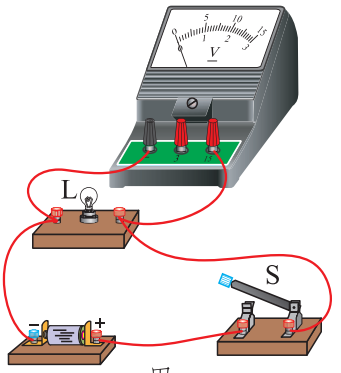
2.要使用电压表的适当量程，被测电压不能超过电压表的量程。

在不能预先估计被测电压大小时，可以先使用 0～15 V 的量程，试触开关，看指针的偏转情况。若指针的偏转超出量程，要换更大量程的电压表；若指针的偏转没有超出量程，但是大于 3 V，应使用 0～15 V 的量程；如果小于 3 V，应改用 0～3 V 的量程进行测量。这样能更准确地读出数值。

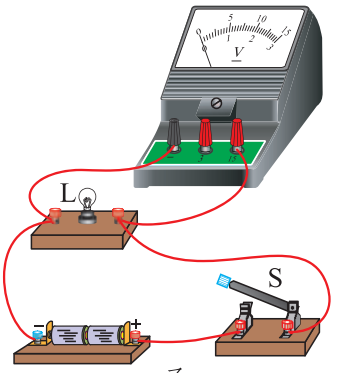
供学习用

实验步骤与内容

分别用一节电池和两节电池作为电源，将实验器材连接成图 9-46 甲、乙所示的电路，进行测量。再将电压表接入图 9-47 所示的电路中，分别测量 1 与 2、2 与 3、1 与 3 之间的电压。



甲



乙

图 9-46　用电压表测电压

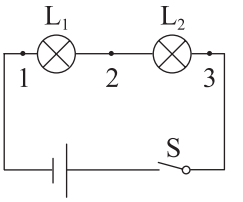


图 9-47　测不同位置间的电压

微信公众号：电子课本大全

实验记录

请根据实验步骤设计表格，记录实验测量的数据。

相关链接

供学习用

按照量程的不同，电压表又分为伏特表、毫伏表和微伏表等，可从电压表的表盘上辨认(图 9-48)。一般毫伏表和微伏表的结构较为复杂，在中学实验室中并不常见。



图 9-48　毫伏表和微伏表

与电流表的情况类似，电压表的零刻度线通常在刻度盘的左端。当电压表没有接入电路时，指针应指在零刻度线上。若不在零刻度线上，要用螺丝刀轻轻拧动电压表的调零旋钮，使指针指在零刻度线上。这就是电压表的调零。

微信公众号：电子课本大全

做一做

把 6 对铜、锌片(每对铜、锌片之间间隔 3 cm)分别平行插入 6 个苹果中，用导线把铜片和锌片依次连接起来就制成了水果电池(图 9-49)。用导线把发光二极管(LED)和水果电池连接起来，就可以看到发光二极管发光。如果有条件，可以改变苹果的个数和电极的材料，观察发光二极管发光情况的变化。(LED 的长引脚应接铜片，短引脚应接锌片。)

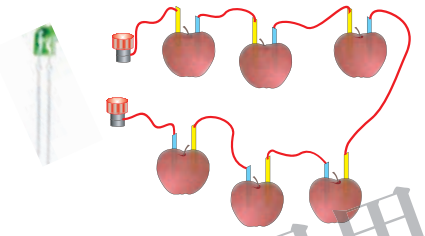


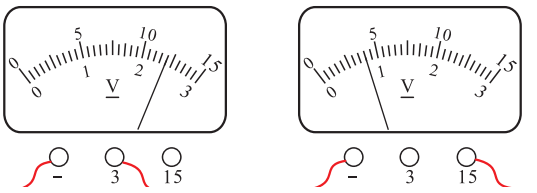
图 9-49 水果电池

供学习用

课后实践

1.比较电压表、电流表在接法和使用方法上的相同点和不同点。

2.电压表的两个接线柱被接入了电路，指针位置如图 9-50 所示。甲图中电压表的示数是_____V，乙图中电压表的示数是_____V。



甲　　乙

图 9-50

微信公众号：电子课本大全

3.在图 9-51 所示的电路中，电源两端的电压约为 8 V。如果要用电压表测量灯泡 L_1 两端的电压，估计电压值约为 2 V，则电压表应接在___点和___点间。若用电压表测量灯泡 L_2 两端的电压，估计电压值约为 6 V，则电压表应选用_____量程。实际测量一下，想一想：灯泡 L_1 两端的电压、灯泡 L_2 两端的电压与电源两端的电压之间有什么关系？

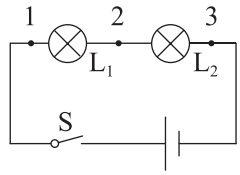


图 9-51

4.如图 9-52 所示，按照电路图用笔画线表示导线把实物连接起来。

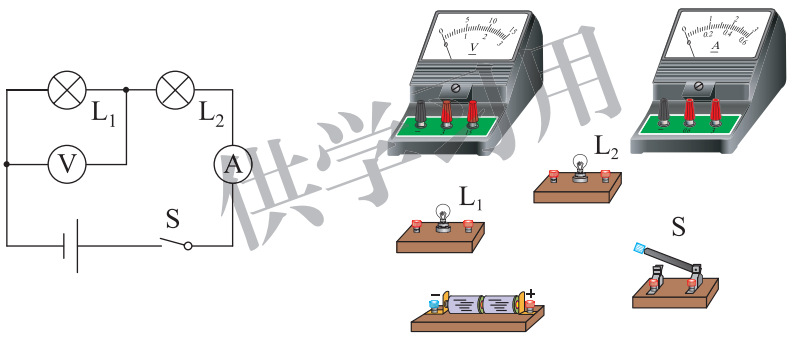


图 9-52

供学习用

微信公众号：电子课本大全

六、电　阻

实　验

如图 9-53 所示的实验电路中，在导线夹 M、N 之间接入不同的金属丝。闭合开关后，观察灯泡的亮度情况及电流表的示数，并将其填入表 9-4 中。你看到了什么现象？想一想，这说明了什么？

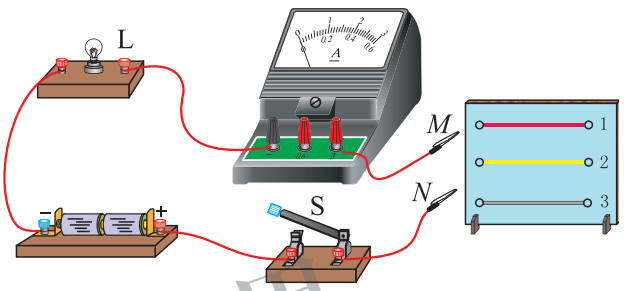


图 9-53　不同导体对电流的阻碍作用

供学习用

表 9-4　不同导体对电流的阻碍作用

接入的金属丝	灯泡亮度情况	电流表的示数/A
1		
2		
3		

在电源两端电压相同的条件下，接入不同的导体，通过电路的电流并不相同。这表明导体虽然容易导电，但还是对电流存在着阻碍作用，而且不同导体对电流的阻碍作用不同。

电阻(resistance)是表示导体对电流阻碍作用大小的物理量，用符号 R 表示。在国际单位制中，电阻的单位是**欧姆**(ohm)，简称欧，用符号 Ω 表示。

除了欧姆外，电阻的单位还有千欧(kΩ)、兆欧(MΩ)，它们之间的换算关系是

$$1\ \mathrm{M\Omega} = 10^3\ \mathrm{k\Omega},$$
$$1\ \mathrm{k\Omega} = 10^3\ \Omega。$$

微信公众号：电子课本大全

实验室用的小灯泡，其灯丝的电阻为几欧到几十欧；家庭用的白炽灯正常发光时，电阻为几百欧到几千欧；人体的电阻在几百欧到几十千欧之间；实验室连接电路的导线电阻为百分之几欧，通常可以忽略不计。

在电子技术中经常使用电阻器来调节电路中的电流或电压。电阻值不变的电阻器称为固定电阻器，在电路图中的符号为—▭—，电阻值可变的电阻器称为可变电阻器。图 9-54 是一些常见的电阻器。



定值电阻　　电位器　　热敏电阻　　滑动变阻器　　电阻箱

图 9-54　一些常见的电阻器

影响导体电阻大小的因素

金属导体的电阻大小跟哪些因素有关呢？用相同材料制成的导线，当长短、粗细不同时，电阻一样吗？用铜、铁、铝等不同材料制成长短、粗细相同的导线，它们的电阻一样吗？

实　验

决定电阻大小的因素可能较多，猜猜看，它可能与哪些因素有关？怎样研究导体电阻的大小跟某一因素的关系呢？

设计实验电路，画出电路图，写出需要的器材。

需要的器材有_____

_____。

通过你设计的电路进行探究，并将探究的条件和实验数据记录在表 9-5～表 9-7 中。

仅供引用

微信公众号：电子课本大全

表 9-5　探究电阻与导线长度的关系

探究次数	探究条件			电压 U/V	电流 I/A	比较电阻的大小
	材料	长度 l/cm	横截面积 S/mm^2			
1						
2						
3						

表 9-6　探究电阻与导线横截面积的关系

探究次数	探究条件			电压 U/V	电流 I/A	比较电阻的大小
	材料	长度 l/cm	横截面积 S/mm^2			
1						
2						
3						

供学习用

表 9-7　探究电阻与导线材料的关系

探究次数	探究条件			电压 U/V	电流 I/A	比较电阻的大小
	材料	长度 l/cm	横截面积 S/mm^2			
1						
2						
3						

通过实验结果可知，导体的电阻大小与_____有关。

大量实验结果表明：导体的电阻大小与它的材料、长度和横截面积有关。

我们知道，当温度改变时，某些绝缘体可以变为导体。那么，导体的温度改变时，它的电阻会不会发生变化呢？

微信公众号：电子课本大全

实 验

如图 9-55 所示，用酒精灯给细铁丝加热。在铁丝温度逐渐升高至发红的过程中，观察电流表的示数和小灯泡亮度的变化情况。你能得出什么结论？

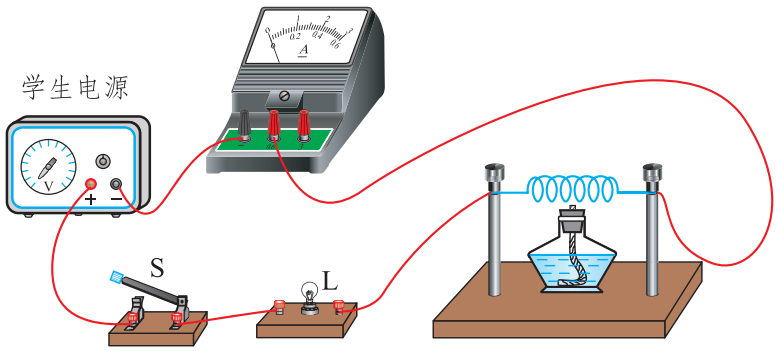


图 9-55　温度对导体电阻的影响

仅学习用

通常情况下，导体的电阻随温度的升高而增大。表 9-8 给出了长度为 1 m、横截面积为 1 mm^2 的不同材料的导体在 20 ℃ 时的电阻。

表 9-8　不同材料导体的电阻

(导体长度为 1 m、横截面积为 1 mm^2、温度为 20 ℃)　　Ω

银	0.016	铁	0.096
铜	0.017	锰　铜	0.44
铝	0.027	镍铬合金	1.1

课后实践

1.有甲、乙两根粗细相同的铜导线，甲导线长 0.6 m，乙导线长 50 cm。两根导线都处于 20 ℃的温度时，哪根导线的电阻大？

2.有 *A*、*B* 两根长度相同的铝导线，*A* 导线的横截面积是 0.5 mm^2，*B* 导线的横截面积是 5 mm^2。两根导线都处于 20 ℃的温度时，哪

微信公众号：电子课本大全

根导线的电阻大？

3.关于导体的电阻，如果不考虑温度对电阻的影响，下列说法正确的是（　　）。

A.铝导线比铜导线的电阻大

B.两根铝导线，长的比短的电阻大

C.长度相同的两根铝丝，粗的比细的电阻大

D.长度相同的两根铜丝，细的比粗的电阻大

4.在探究　导体的电阻与哪些因素有关　的问题时，小明进行了如下实验。

如图 9-56 所示，实验板上固定了四根金属丝。*a*、*b*、*c* 的长度均为 1 m，*d* 的长度为 0.5 m。*a*、*b* 的横截面积相同，材料不同；*a*、*c* 的材料相同，但 *c* 的横截面积大于 *a*；*a*、*d* 的材料和横截面积都相同。

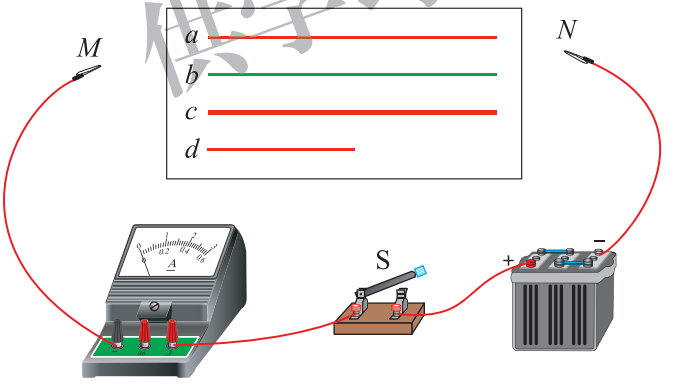


图 9-56

(1)在探究电阻与金属丝横截面积的关系时，可依次把 *M*、*N* 跟_____的两端连接，闭合开关，记下电流表示数，分析比较这两根金属丝电阻的大小。

(2)依次把 *M*、*N* 跟 *a*、*d* 的两端连接，闭合开关，记下电流表示数，分析比较 *a*、*d* 两根金属丝电阻的大小，可探究电阻与_____的关系，结论是_____。

供学习用

微信公众号：电子课本大全

知识窗

超 导 现 象

导体的电阻在一定的低温(这个温度叫临界温度)下会突然消失，这种现象被称为零电阻效应，也叫超导现象。人们把处于超导状态的导体称为 超导体 。导体没有了电阻，电流流过时就不会发生热损耗，可以毫无阻碍地在导线中形成强大的电流，从而产生超强磁场。1911 年，荷兰莱顿大学的昂尼斯(Heike Kamerlingh Onnes，1853 1926)意外地发现了这一现象，并因此获得了 1913 年诺贝尔物理学奖。

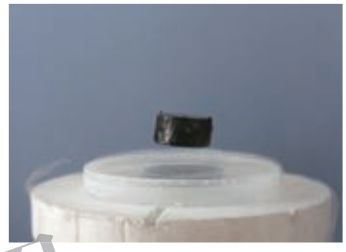


图 9-57 超导磁悬浮现象

超导材料和超导技术有着广阔的应用前景。人们利用超导现象制造出超导列车和超导船。由于这些交通工具将在悬浮无摩擦状态下运行，可以大大提高它们的速度，降低运行过程中的噪声，并有效减少机械磨损。在磁浮列车中就可以使用超导体，在列车行驶的过程中，由于超导体能获得强大的电流，产生的磁性作用很强，列车受到向上的推力会很大，使列车完全脱离路轨而浮在空中。这种磁浮列车的速度能高达 500 km/h。

超导体的使用可以大大地减小微电子线路中的热噪声，从而极大地提高电子测量仪器的灵敏性。超导材料的零电阻特性可以用来输送电能和制造大型磁体。超高压输电会有很大的损耗，而利用超导体则可最大限度地降低损耗。但由于临界温度较高的超导体在实用中还面临着许多技术难题，从而限制了超导输电的应用。随着技术的发展，新的超导材料不断涌现，人们期盼着超导输电能在不久的将来得以实现。

供学习用

微信公众号：电子课本大全

七、变阻器

想一想

如图 9-58 所示的电路中，在电源两端电压不变的条件下，要改变通过灯泡的电流，需要改变电路中电阻的大小。改变电阻有哪几种方法？哪种方法更简便？

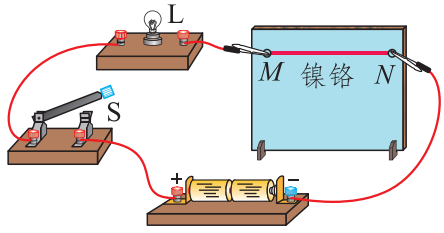
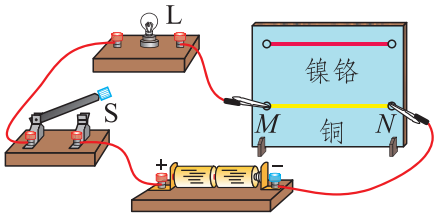


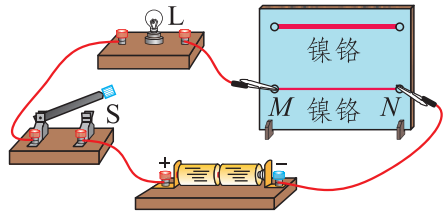
图 9-58

仅学习用

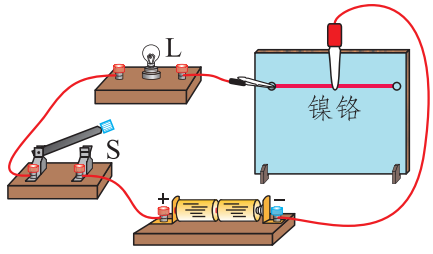
根据影响导体电阻大小的因素，在温度不变的条件下，可以用以下三种方法改变导体的电阻：(1)改变导体的材料(图 9-59 甲)；(2)改变导体的横截面积(图 9-59 乙)；(3)改变导体的长度(图 9-59 丙)。



甲　改变材料



乙　改变横截面积



丙　改变长度

图 9-59　改变导体电阻的方法

微信公众号：电子课本大全

显然，在上述方法中，用改变导体长度的方法来改变电阻更方便。

为了使用方便，我们可以怎样改进图 9-59 丙的装置呢？

滑动变阻器

将表面有绝缘层的电阻丝紧密地绕在瓷筒上形成一个线圈，线圈的始端和末端分别接到 *A*、*B* 两个接线柱上。然后把一根金属棒架在瓷筒上方的绝缘瓷架上，金属棒的两端做成 *C*、*D* 两个接线柱。再在金属棒上套一个可以左右滑动的滑动头，它的金属滑片 *P* 与线圈 *AB* 紧密接触。刮去线圈上跟金属滑片接触部分的绝缘层，滑动 *P* 时，*A*、*P* 间及 *B*、*P* 间的电阻会随之改变。这样就做成了一个滑动变阻器(图 9-60 甲)。滑动变阻器的结构示意图和它在电路图中的符号分别如图 9-60 乙、丙所示。

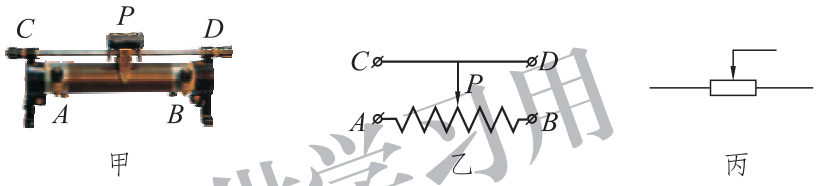


图 9-60　滑动变阻器

供学习用

实　验

滑动变阻器是通过改变接入电路中电阻丝的长度来改变电阻大小的。它有四个接线柱，而接入电路时一般只用两个接线柱。滑动变阻器有几种接法？怎样连接可以调节电路中的电流？

1.设计实验电路，画出电路图，写出需要的器材。

需要的器材有_____。

2.将数据记录在表 9-9 中，并在　结构示意图　一栏中用红色笔标出电流通过的那段电阻丝。

微信公众号：电子课本大全

表 9-9 滑动变阻器在电路中的作用

使用的接线柱	结构示意图	滑动变阻器接入电路的是哪段电阻丝	灯泡的亮度变化情况(填 变亮 、变暗 或 不变)	
			滑片 P 向左滑动	滑片 P 向右滑动

上面的 6 种接法中，接线柱用____和____、____和____时，滑动滑片 P，滑动变阻器接入电路的电阻不改变，是错误的接法。采用另外 4 种接法时，滑动滑片 P，都能改变滑动变阻器接入电路的电阻大小，因此是正确的接法。

当使用接线柱 C、D 时，滑动变阻器接入电路的电阻值为 0，有可能导致通过电路中的电流过大，造成危险。

供学习用

议一议

在连接好电路闭合开关之前，滑动变阻器的滑片应调到什么位置？为什么要这样做？

在滑动变阻器的滑动头上有一个铭牌，上面标有电阻值和电流值，它们表示什么意思呢？

例如，某滑动变阻器的铭牌上标有 电阻 50 Ω 电流 1.2 A 的字样(图 9-61)。其中 电阻 50 Ω 表示滑片移动时，这个滑动变阻器接入电路的最大电阻值是 50 Ω。因此这个滑动变阻器电阻值的变化范围就是 0～50 Ω。 电流 1.2 A 表示这个滑动变阻

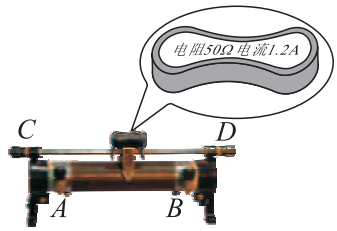


图 9-61

微信公众号：电子课本大全

器允许通过的最大电流是 1.2 A。若通过它的电流超过了 1.2 A，这个滑动变阻器就可能因过度发热而损坏。

电阻箱

滑动变阻器能够改变接入电路电阻值的大小，但不能直接读出接入电路的电阻值。要知道接入电路的电阻值的大小，可以用另一种能够改变接入电路的电阻值的装置　　电阻箱。

旋钮式电阻箱的外观如图 9-62 甲所示，它的面板如图 9-62 乙所示。它有两个接线柱，若干个旋钮。



甲　　乙

图 9-62　电阻箱

供学习用

使用时，将它的两个接线柱接入电路，调节旋钮即可。读数时，用各旋钮的指示点(图中的　白点　)所指示的数值乘以面板上标记的倍数，再将它们相加，就是电阻箱接入电路的电阻值。如图 9-62 乙所示的电阻箱的电阻值为 9 817 Ω。

滑动变阻器和电阻箱是实验室常用的变阻器。在实际应用中，变阻器的样式很多。在收音机、录音机等家用电器中，常使用电位器(图 9-63)来调节音量，电位器也是一种滑动变阻器。

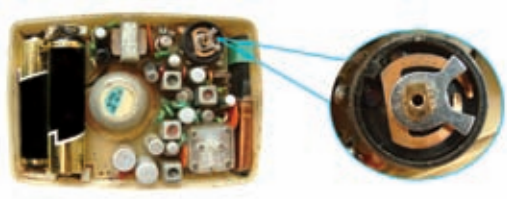


图 9-63　收音机上的变阻器

微信公众号：电子课本大全

做一做

用铅笔芯控制小灯泡的亮度

器材：粗铅笔芯(主要材料是石墨)、胶带、两节电池、一只小灯泡、导线若干。

用胶带将导线的一端(剥去绝缘皮)粘在铅笔芯上，再将另一根导线的一端剥去绝缘皮，在铅笔芯上绕几圈制成能来回滑动的滑环。这个装置可以看作一个简易的滑动变阻器。

按图 9-64 所示将电池、小灯泡和自制的简易滑动变阻器连接起来。

在铅笔芯上来回移动滑环，可以看到小灯泡的亮度发生变化。

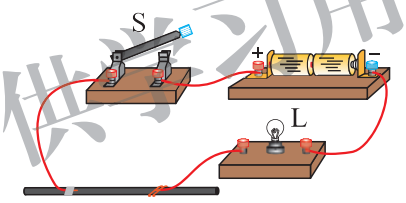


图 9-64　自制滑动变阻器

供学习用

课后实践

1.在图 9-65 所示的电路中，滑动变阻器被接入电路的部分是_____段。要使小灯泡变暗，滑片 *P* 应向_____(填 *A* 或 *B*)滑动。

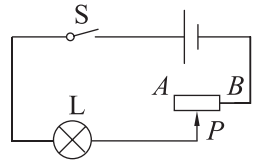
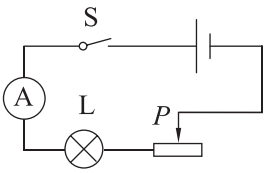


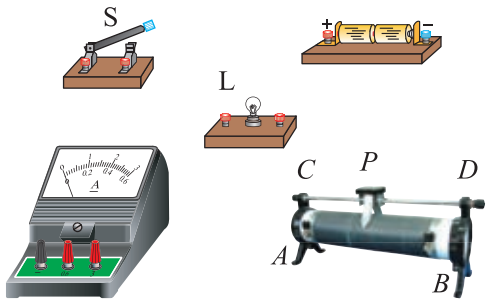
图 9-65

微信公众号：电子课本大全

2.按照图 9-66 甲所示的电路图，用笔画线表示导线，连接图 9-66 乙的实物电路。



甲



乙

图 9-66

3.如图 9-67 所示的电路中，在 a、b 两点间接入一个滑动变阻器。要求当滑片 P 向左滑动时，灯泡变亮。则如图 9-68 所示的各种接法正确的是（　　）。

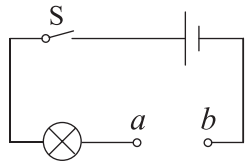


图 9-67

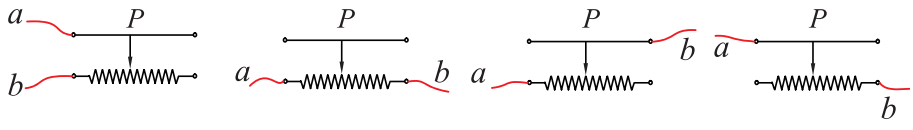


图 9-68

4.将如图 9-69 所示的电阻箱的两个接线柱接入电路中，则此时电阻箱接入电路中的电阻值为_____Ω。

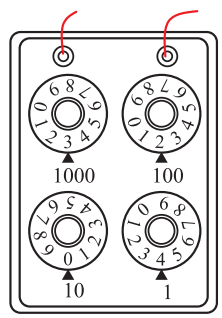


图 9-69

供学习用

微信公众号：电子课本大全

课外探究

什么材料的衣服更容易带电

在干燥的天气里，一些衣服上常常会带静电，给你带来很多烦恼，而有些衣服却几乎不会产生静电现象。衣服的带电情况是否与它的材料有关呢？穿什么材料的衣服能最大限度地避免静电呢？

一、问题

不同材料的衣服摩擦带电的情况有何不同？

二、设计

用圆珠笔杆分别摩擦不同材料的衣服，观察笔杆吸引轻小纸屑的数量，由此来判断哪种材料的衣服更容易带电。

三、材料和工具

3～5 件材料不同的衣服、圆珠笔杆、细小的碎纸屑。

四、步骤

1.将一些细小的碎纸屑平铺在桌面上(可选较柔软的废纸，用剪刀剪碎做成碎纸屑)。

2.观察家中衣服上的材料标签，挑出 3～5 件不同材料(如棉、羊毛、化纤等)的衣服。



供学习用

微信公众号：电子课本大全

3.将圆珠笔杆沿同一方向轻轻摩擦衣服 5～10 次，使其靠近小纸屑。观察吸引纸屑的多少，并将实验的条件和结果记录在表 9-10 中(也可以用照片来记录吸引纸屑的数量)。

表 9-10　不同材料的衣服摩擦带电的情况

衣服材料	棉	羊　毛		
吸引纸屑的数量(目测估算)				

五、分析讨论

1.请按照吸引纸屑从多到少的顺序将衣服的材料进行排序。

2.为什么可以用圆珠笔杆吸引轻小纸屑的数量来判断哪种材料的衣服更容易带电？

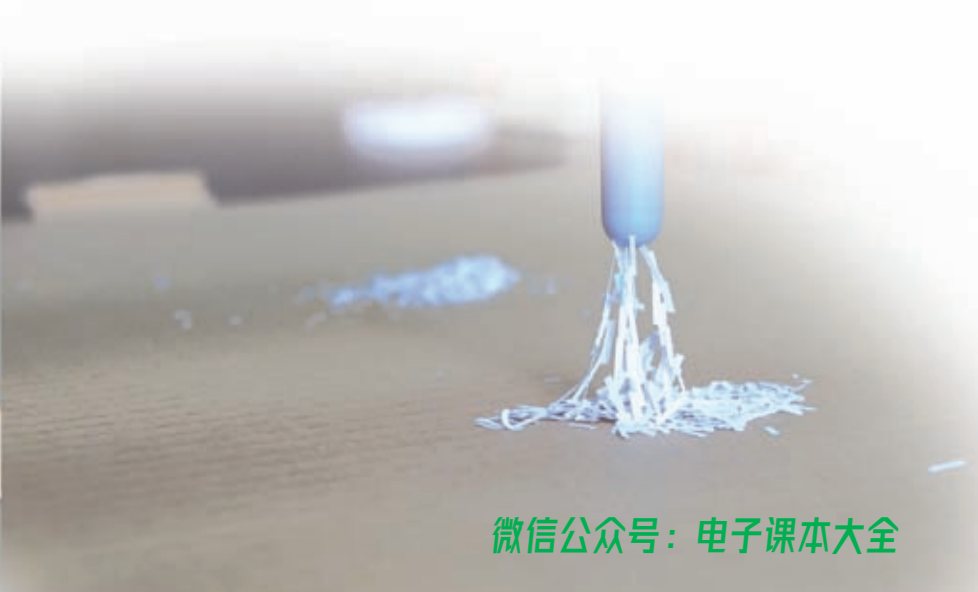
3.在你所比较的几件衣服中，哪种材料的衣服最容易发生静电现象？哪种材料的衣服最不容易发生静电现象？

六、进一步探索

1.为什么有些纸屑在被吸引到笔杆上之后，马上就会再次飞走？

2.查阅资料，了解衣服上的静电对人体有哪些危害。

3.日常生活中，你可以采取哪些方法来减少或避免衣服发生静电现象？

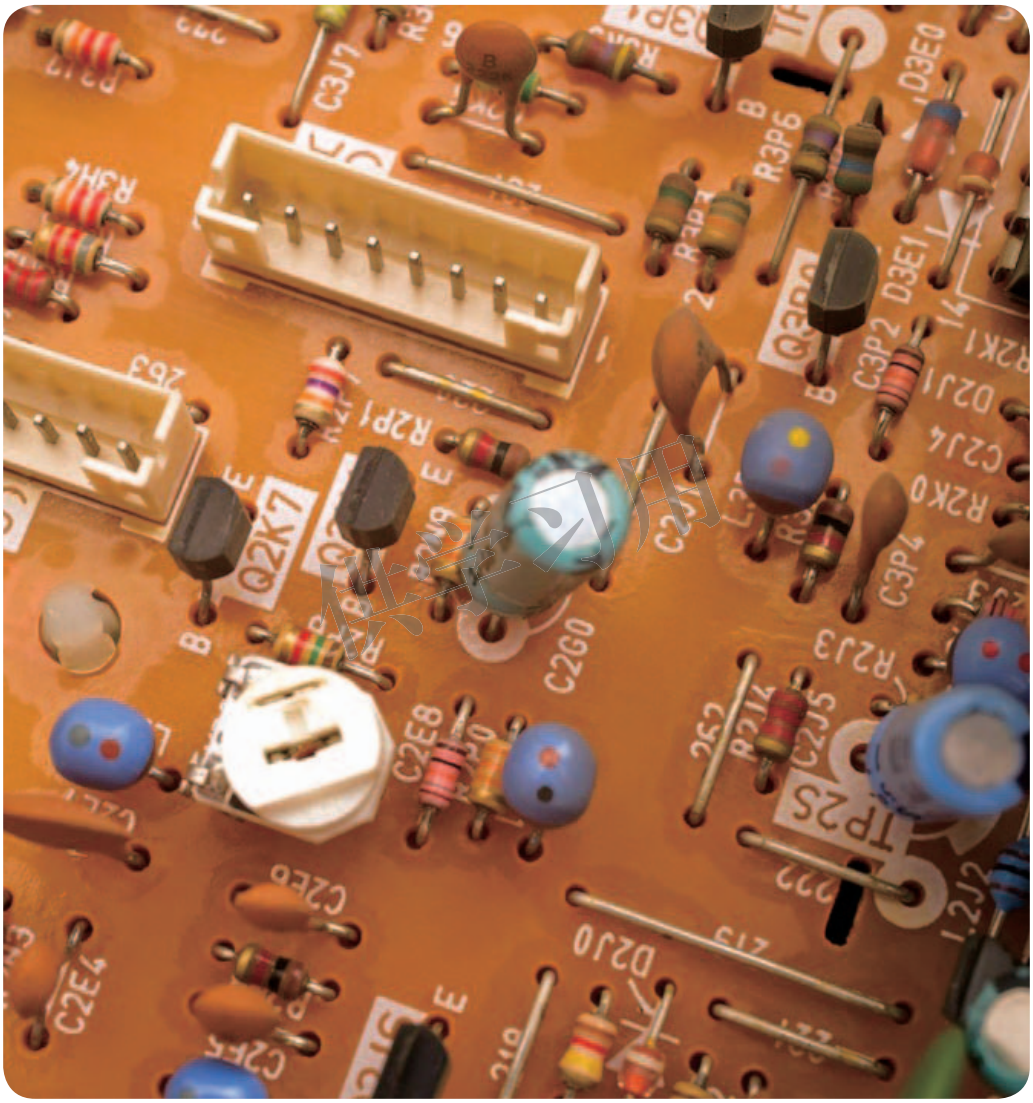


供学习用

微信公众号：电子课本大全

第十章 DISHIZHANG

串联电路和并联电路



禁录引用

串联电路和并联电路是最基本的两种电路。家里的用电器之间为什么要并联而不是串联？串、并联电路中电流、电压之间有什么关系？怎样测量导体的电阻？

微信公众号：电子课本大全

一、学生实验：连接串、并联电路

实验目的

连接简单的串联电路和并联电路。

实验器材

两只灯泡、三个开关、一个电池组、若干导线。

实验步骤与内容

1.请你用图 10-1 所示的器材设计一个电路，使这两只灯泡能同时发光，而且取下其中一只灯泡，另一只灯泡就会熄灭。先将电路图画在方框内，然后再将图 10-1 所示的器材连接起来。

供学习用

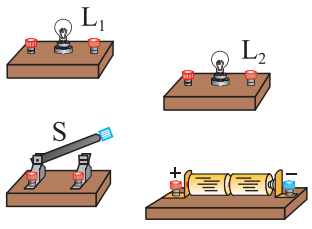


图 10-1　设计连接电路之一

2.请你用图 10-2 所示的器材设计一个电路，使这两只灯泡能同时发光，而且取下其中一只灯泡，另一只灯泡仍能正常发光。先将电路图画在方框内，然后再将图 10-2 所示的器材连接起来。

微信公众号：电子课本大全

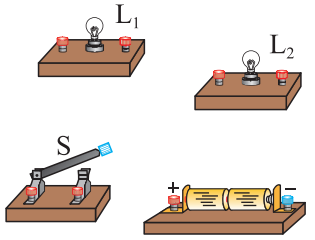


图 10-2　设计连接电路之二

3.请你用图 10-3 所示的器材设计一个电路，使这两只灯泡都能发光，且开关 S_1 可以单独控制灯泡 L_1 的发光和熄灭，开关 S_2 可以单独控制灯泡 L_2 的发光和熄灭，开关 S 可以同时控制两只灯泡的发光和熄灭。先将电路图画在方框内，然后再将图 10-3 所示的器材连接起来。

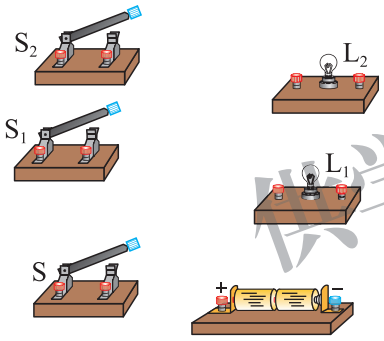
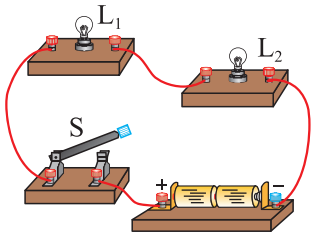


图 10-3　设计连接电路之三

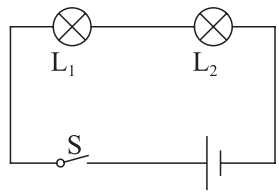
供学习用

实验结论

对于实验内容 1 的要求，可以按图 10-4 甲所示的方式连接，图 10-4 乙是它所对应的电路图。



甲



乙

图 10-4　串联电路

微信公众号：电子课本大全

在图 10-4 所示的电路中，闭合开关，两只灯泡都发光。取下其中一只灯泡，另一只灯泡也随之熄灭。这说明在这样的电路中，有一处断开，电路就处于断路状态。

将用电器、开关等用导线一个接一个依次连接起来，就组成**串联**(series connection)**电路**。

对于实验内容 2 和内容 3 的要求，可以分别按图 10-5 甲、乙所示的方式连接，图 10-5 丙是图 10-5 甲所对应的电路图。

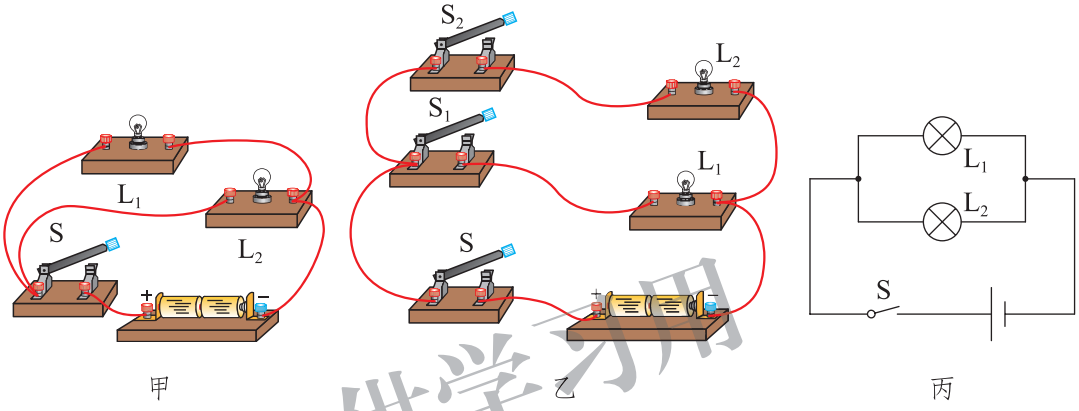


图 10-5　并联电路

供学习用

在图 10-5 甲所示的电路中，电流从电源正极经过开关，再分别经过 L_1 和 L_2 两只灯泡回到负极，可以看到有两条电流的路径，如图 10-6 中的蓝、黑实线所示。红色线表示两条电流路径汇合的电路，叫作干路，而蓝、黑线表示的分支电路叫作支路。

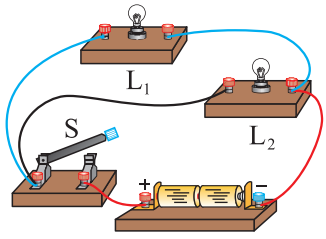


图 10-6　支路与干路

在图 10-5 甲所示的电路中，闭合开关后两只灯泡都发光，取下一只，另外一只仍然发光。在图 10-5 乙所示的电路中，若断开开关 S_1 或 S_2 中的一个，另一条支路上的灯泡仍然发光。这说明在这样的电路中，如果一条支路断开，其他支路的用电器不受影响。

将几个用电器的一端连接在一起，另一端也都连接在一起，再接入电路，就组成**并联**(parallel connection)**电路**。

串联电路和并联电路是两种最基本的电路，它们在生活中是很常见的。

微信公众号：电子课本大全

做一做

声控和光控灯

在居民小区的楼道里，有一种声控加光控的照明电路。声控和光控电路都相当于开关，在装有控制电路的小盒子上有进光孔和进声孔。夜晚光线很弱时，光控开关闭合，当有人走动发出声音时，声控开关闭合，电路被接通，楼道灯发光。而在白天，即便楼道内发出声音使声控开关闭合，但光控开关始终断开，楼道灯并不会亮。这样既保障了居民的出入安全，又节约了电能。实际的声控和光控电路比较复杂，在图 10-7 中用声和光两个符号代表它们，你能设计一个满足上述要求的电路吗？

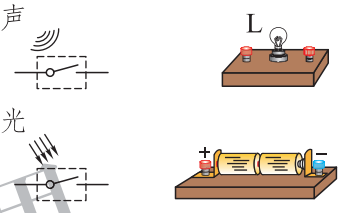


图 10-7　声控和光控电路

供学习用

简单的串、并联电路转换装置

用两只小灯泡、两节电池、两枚曲别针、四枚图钉和若干导线，在硬纸板上组装图 10-8 所示的电路。在这个电路中，当两枚曲别针接触时，两只小灯泡串联。转动曲别针 *B* 与图钉 *A* 接触，转动曲别针 *C* 与图钉 *D* 接触，此时两只小灯泡并联。如果再增加一只小灯泡，你能实现串、并联电路间的转换吗？应该如何连接电路？

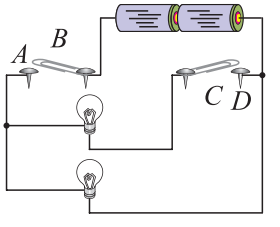


图 10-8　串、并联电路的转换

微信公众号：电子课本大全

课后实践

1.根据图 10-9 所示的电路，回答下列问题。

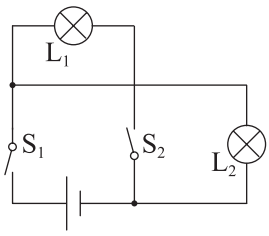


图 10-9

(1) L_1 和 L_2 两只灯泡是串联的，还是并联的？

(2) 在图中用红色笔描出电路的干路部分。

(3) 闭合 S_1，断开 S_2，灯泡 L_1_____，L_2_____。断开 S_1，闭合 S_2，灯泡 L_1_____，L_2_____。(填 发光 或 熄灭)

2.请你按照图 10-10 甲所示的电路图，用笔画线表示导线，连接图 10-10 乙的实物电路。

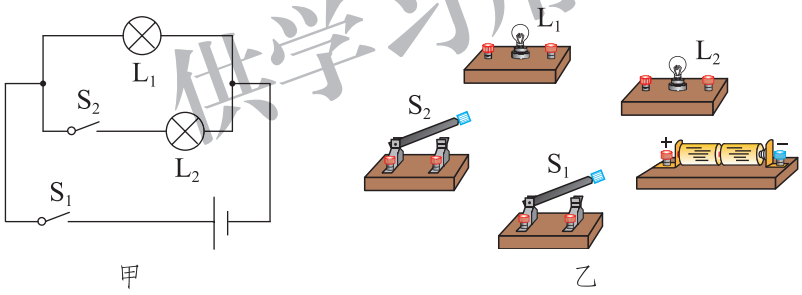


图 10-10

3.想一想，教室里的照明灯是如何连接的，是串联还是并联？

4.请你为医院设计一个病人呼唤器，使值班护士能及时地照顾病人。呼唤器需要实现以下功能：病人只要在病床上按下开关，值班室里的电铃就会发出声音，同时电铃旁的指示灯也会发光，值班护士还能知道是哪位病人需要帮助。

如果一间病房里有三张病床，那么这间病房的呼唤器需要几个电铃、几只灯泡、几个开关？请画出你设计的电路图，并做简单说明。

供学习用

微信公众号：电子课本大全

二、串、并联电路的特点

在串、并联电路中，每个用电器两端都有一定的电压，每个用电器中都有电流通过。那么每个用电器两端的电压相等吗？通过每个用电器的电流相等吗？各用电器的电压之间、电流之间有怎样的关系呢？让我们通过实验，分别对串、并联电路的电流关系和电压关系进行研究。

学生实验：探究串联电路中的电流关系

在图 10-11 甲所示的串联电路中，通过 *A*、*B*、*C* 三处的电流相等吗？若不相等，哪一处的电流大？哪一处的电流小？把你的猜想写在下面的横线上。

供学习用

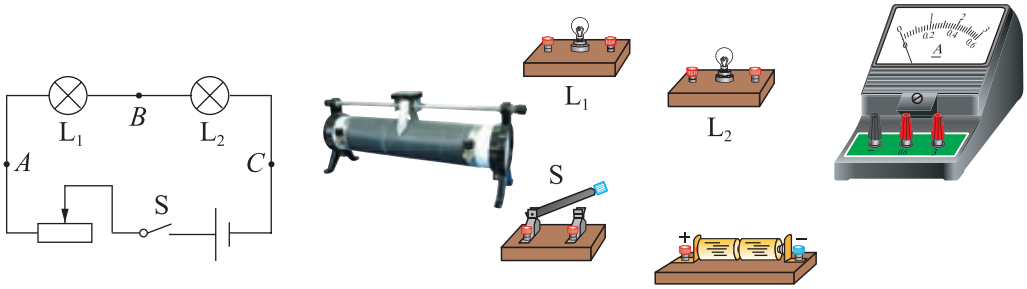


图 10-11　探究串联电路中的电流关系

利用图 10-11 乙所示的实验器材进行探究。改变滑动变阻器接入电路中的阻值，把电流表分别接在 *A*、*B*、*C* 三处进行测量，并将结果填写在表 10-1 中。

微信公众号：电子课本大全

表 10-1　探究串联电路中的电流关系

测量位置 / 实验次数	电流 I / A		
	A	B	C
1			
2			
3			
比较 A、B、C 三处的电流大小得到的结论			

实验表明：在串联电路中，各处的电流_____。

如图 10-11 甲所示，若用字母 I_1、I_2、I_3 分别表示通过串联电路中 A、B、C 三处的电流大小，则它们之间的关系是：I_1____I_2____I_3。

学生实验：探究并联电路中的电流关系

在图 10-12 甲所示的并联电路中，通过 a、b、c 三处的电流相等吗？它们之间有什么关系？把你的猜想写在下面的横线上。

供学习用

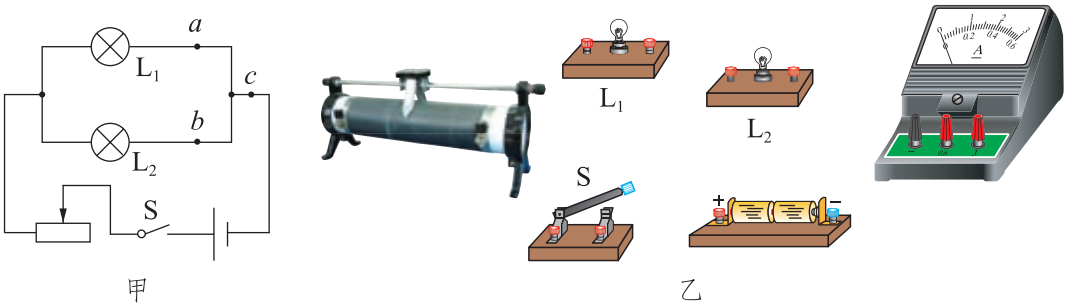


图 10-12　探究并联电路中的电流关系

利用图 10-12 乙所示的实验器材进行探究，并将结果填写在表 10-2 中。

微信公众号：电子课本大全

表 10-2　探究并联电路中的电流关系

测量位置 / 实验次数	电流 I / A		
	a	b	c
1			
2			
3			
比较 a、b、c 三处的电流大小得到的结论			

实验表明：在并联电路中，通过干路的电流_____。

如图 10-12 甲所示，若用字母 I 表示通过干路的电流大小，I_1 和 I_2 分别表示通过灯泡 L_1 和 L_2 的电流大小，则它们之间的关系是：I ____ I_1 ____ I_2。

学生实验：探究串联电路中的电压关系

在图 10-13 甲所示的串联电路中，灯泡 L_1 两端的电压为 U_1，灯泡 L_2 两端的电压为 U_2，L_1 和 L_2 串联后两端的总电压为 U。这三个电压相等吗？哪个电压大？它们之间有怎样的关系？把你的猜想写在下面的横线上。

供学习用

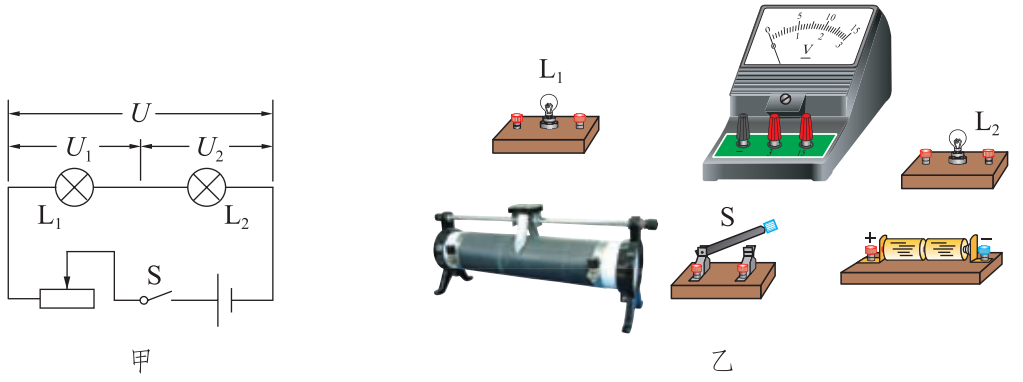


图 10-13　探究串联电路中的电压关系

利用图 10-13 乙所示的实验器材进行探究，并将结果填写在表 10-3 中。

微信公众号：电子课本大全

表 10-3 探究串联电路中的电压关系

测量位置 / 实验次数	电压 U / V		
	L_1 两端电压 U_1	L_2 两端电压 U_2	串联总电压 U
1			
2			
3			
比较 U_1、U_2、U 得到的结论			

实验表明：在串联电路中，电路的总电压等于_____。

学生实验：探究并联电路中的电压关系

在图 10-14 甲所示的并联电路中，灯泡 L_1 两端的电压为 U_1，灯泡 L_2 两端的电压为 U_2，L_1 和 L_2 并联后两端的总电压为 U。这三个电压相等吗？它们之间有怎样的关系？把你的猜想写在下面的横线上。

供学习用

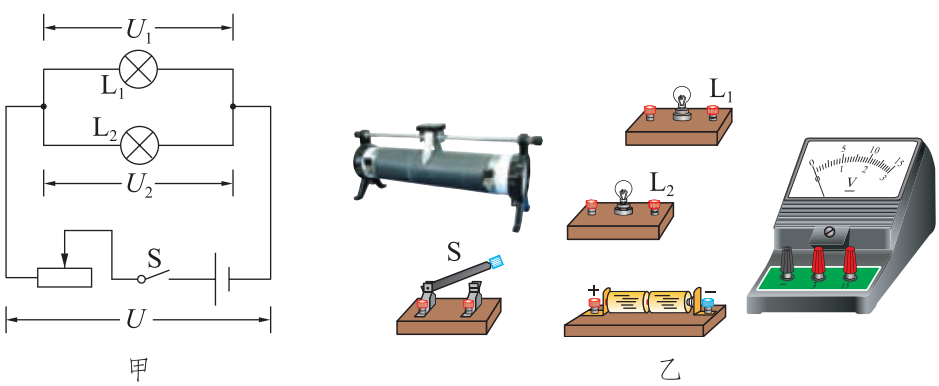


图 10-14 探究并联电路中的电压关系

利用图 10-14 乙所示的实验器材进行探究，并将结果填写在表 10-4 中。

微信公众号：电子课本大全

表 10-4 探究并联电路中的电压关系

测量位置 / 实验次数	电压 U / V		
	L_1 两端电压 U_1	L_2 两端电压 U_2	并联总电压 U
1			
2			
3			
比较 U_1、U_2、U 得到的结论			

实验表明：在并联电路中，各支路两端的电压_____，并且与总电压_____。

课后实践

1.有些同学认为，用电器会消耗电流，电流通过第一只灯泡会减弱一些，再通过第二只灯泡又会减弱一些。你认为这种说法对吗？串联电路中通过各个用电器的电流大小有怎样的关系？

2.在图 10-15 所示的电路中，要求两只灯泡并联，开关控制所有灯泡，电流表测量通过干路的电流。现还有一根导线没有接入，请你用笔画线表示导线，将它补上。若用电流表测量通过灯泡 L_2 的电流，这根导线又应接在哪里呢？

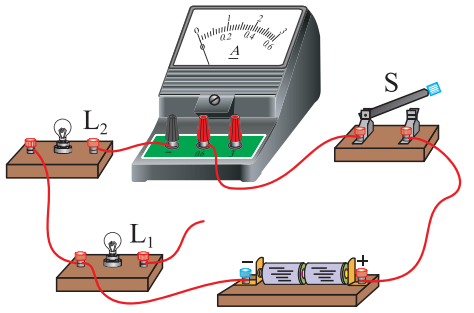


图 10-15

供学习用

微信公众号：电子课本大全

3.在图 10-16 所示的 4 个电路中，开关闭合后，能用电压表测量出灯泡 L_1 两端电压的是 (　　)。

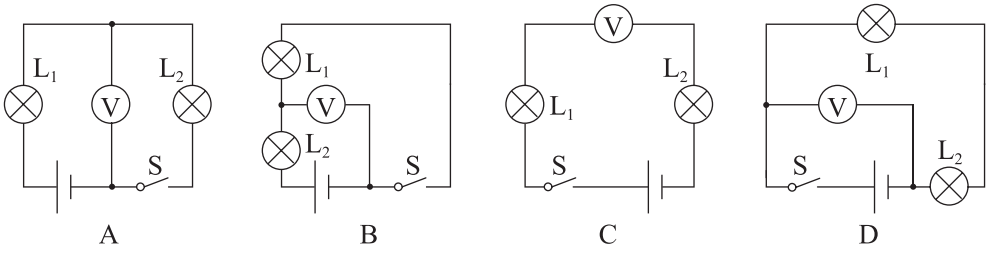


图 10-16

4.在图 10-17 甲所示的电路中，闭合开关后，两个电流表的接线情况和指针位置分别如图 10-17 乙、丙所示。则干路电流是____ A，通过灯泡 L_1 的电流是____ A，通过灯泡 L_2 的电流是____ A。

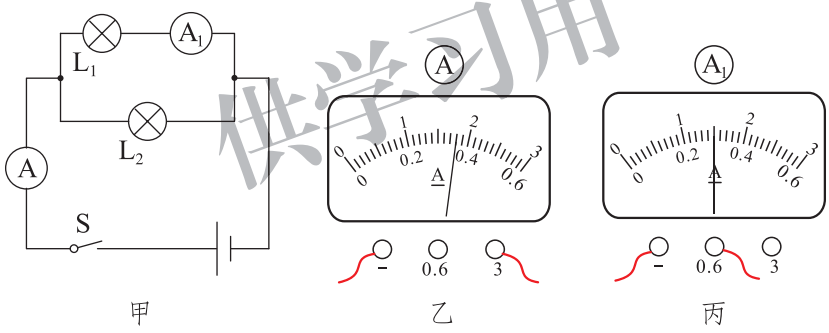


图 10-17

供学习用

微信公众号：电子课本大全

三、学生实验：探究影响电流的因素

问题与猜想

电压是形成电流的原因，改变导体两端的电压，通过它的电流会不会改变？怎样改变？电阻反映导体对电流的阻碍作用，改变导体的电阻，通过它的电流会不会改变？怎样改变？

导体中的电流与哪些因素有关？有什么关系？请写出你的猜想。

设计实验与制订计划

1.决定电流大小的因素有两个，怎样探究电流跟其中一个因素的关系呢？可以参考影响导体电阻大小的因素的方法进行探究，提出探究计划。

2.想一想：采用什么导体进行探究？是一段铜丝或铁丝，还是由合金丝绕制成的电阻器？

3.在探究通过导体的电流跟它两端电压的关系时，要求_____保持不变。为了多采集几组数据，怎样改变导体两端的电压？有几种方法？哪种方法好？画出实验的电路图。

4.在探究通过导体的电流跟电阻的关系时，要求_____保持不变。为了多采集几组数据，在改变导体电阻的大小时，怎样控制不变量？有几种方法？哪种方法好？画出实验的电路图。

你的探究计划：

供学习用

微信公众号：电子课本大全

进行实验与收集证据

与同学交流你的探究计划，并在交流的基础上进一步将其完善。然后进行实验，将实验中的相关数据填写在表 10-5 和表 10-6 中。

表 10-5 探究电流与电压的关系

实验次数	电阻 R / Ω	电压 U / V	电流 I / A
1			
2			
3			

表 10-6 探究电流与电阻的关系(请自己设计表格内各栏的内容)

实验次数			
1			
2			
3			

供学习用

分析与论证

从实验数据可知：当_____一定时，导体中的电流跟_____成____比；当_____一定时，导体中的电流跟_____成____比。

评估与交流

1.你的实验结果和其他同学的结果是否一致？如果不一致，讨论一下出现这种情况的原因。

2.你的探究计划有没有不合理的地方？操作中有没有失误？与同学交流一下你在实验中获得的经验教训，以便引大家的注意。

微信公众号：电子课本大全

德国物理学家欧姆(Georg Simon Ohm，1787 1854)通过实验研究，于1826年总结出下面的结论：**导体中的电流，跟导体两端的电压成正比，跟导体的电阻成反比**。这个规律叫作**欧姆定律**(Ohm's law)。如果用符号 U 表示导体两端的电压，R 表示这段导体的电阻，I 表示通过这段导体的电流，欧姆定律可以写成

$$I=\frac{U}{R}。$$

上式中电压的单位用伏(V)，电阻的单位用欧(Ω)，电流的单位用安(A)。

课后实践

1.用纵轴代表电压 U，横轴代表电流 I，利用表10-5中的数据在图10-18中画出 U-I 图像，并回答：

(1)这个图像有什么特点？

(2)这个图像说明了什么问题？

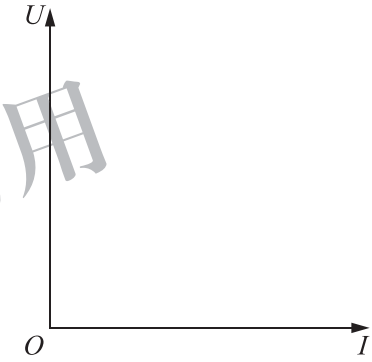


图 10-18

2.在一个电阻的两端加5 V的电压时，通过它的电流是0.6 A。若在它的两端加____ V的电压，则通过它的电流是0.9 A。

3.根据欧姆定律的计算公式，若已知通过导体的电流 I 和导体的电阻 R，则它两端的电压 U =_____；已知导体两端的电压 U 和通过导体的电流 I，则导体的电阻 R =_____。

4.在研究 一定电压下，电流与电阻的关系 时，小明设计的实验电路如图10-19所示。电源两端的电压恒为3V，滑动变阻器上标有 15 Ω 1 A 的字样。在 A、B 间先后接入不同阻值的定值电阻 R，移动滑片 P，使电压表示数为

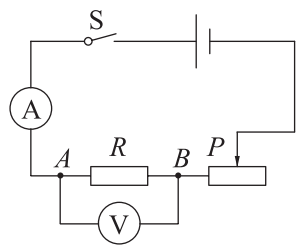


图 10-19

供学习用

微信公众号：电子课本大全

1.5 V，读出电流表的示数。当将阻值为 20 Ω 的定值电阻接入 *A*、*B* 间时，电流表的示数不为零，但电压表示数始终无法达到 1.5 V，其原因可能是 (　　)。

A.滑动变阻器阻值太小

B.电源电压太高

C.20 Ω 的定值电阻阻值太小

D.滑动变阻器发生断路

知识窗

供学习用

欧　姆

欧姆是德国物理学家。他曾经担任过中学物理教师，利用业余时间致力于科学研究。由于缺少仪器，他的工作遇到了很多的困难，他常常用学到的知识和技能，自己动手制作仪器。



图 10-20　欧姆

1817　1827 年，欧姆对电流跟电压、电阻的关系进行了深入的研究。现在看来并不复杂的欧姆定律，却花费了欧姆 10 年的心血。当时的实验条件很不好，欧姆开始用的是伏打电池，电流极不稳定，到 1822 年改用温差电池作电源，才解决了实验中电流不稳定的难题。另外，当时还没有电流表，如何测量电流的大小也是欧姆面临的困难之一。他先利用电流的热效应，通过物体的

微信公众号：电子课本大全

热胀冷缩现象来测量电流，但这种方法很难取得精确的结果。后来，他巧妙地制成了电流扭秤，利用磁针的偏转角来表示电流的大小。

他的实验结果于1826年发表后，并没有引起科学界的重视。直到1833年以后，随着电学研究的进展，人们才认识到他的研究成果的重要性。1841年，英国皇家学会授予他科普利奖章。为了纪念他，后人把他发现的规律叫作欧姆定律，电阻的单位也以他的名字命名。

供学习用

微信公众号：电子课本大全

四、欧姆定律的应用

欧姆定律是电学中的重要规律之一。通过欧姆定律可以知道，一段电路中的电流取决于它的电阻和它两端的电压。在解决有关电路的实际问题时，只要知道对应于同一个导体(或同一段电路)的电流、电压、电阻中的两个物理量，就能利用欧姆定律求出第三个量。

想一想

通过前面的学习，我们知道，在使用电流表、电压表测量电流、电压时，不能超过它们的量程；不能直接把电流表接到电源的正、负两极上；在接通电路前，要把滑动变阻器调整为接入电路中的阻值最大。为什么要这样做呢？你能应用欧姆定律来分析一下吗？

供学习用

例题 1 有一种实验室用的电流表，当它的量程是 0～0.6 A 时，其内部的电阻是 0.125 Ω。若将这个电流表用导线直接连接到一节电池上，通过它的电流是多大？会发生什么情况？

分析 电流表与电池相连后，组成了电流通路，利用欧姆定律可以计算出电路中电流的大小。

解 一节电池的电压 $U=1.5\ \mathrm{V}$，

$$I=\frac{U}{R}=\frac{1.5\ \mathrm{V}}{0.125\ \Omega}=12\ \mathrm{A}。$$

答 因为这个电流表的量程是 0～0.6 A，也就是说它所能测量的最大电流是 0.6 A。如果直接连到一节电池上，通过电流表的实际电流将是 12 A，远远大于电流表的量程，会使电流表因电流过大而烧毁。

微信公众号：电子课本大全

相关链接

电流表是有电阻的，但它的电阻很小，所以将它串联在电路中时，对电路中的电流影响很小，可以忽略不计。但是，若将它直接连到电源的两端，或直接并联在某用电器的两端，就可能因通过它的电流过大而烧毁。电压表也有电阻，但它的电阻却非常大，所以将它并联在电路中时，对电路的影响很小，可以忽略不计。若将它直接连到电源上，则电压表测出的是电源两端的电压。若将它与用电器串联后接到电源上，则用电器不能正常工作。

例题 2 在图 10-21 所示的电路中，用电流表测得通过小灯泡的电流为 0.3 A，且已知此时小灯泡的电阻是 15 Ω。试通过计算分析，能否用量程是 0～3 V 的电压表来测量它两端的电压？

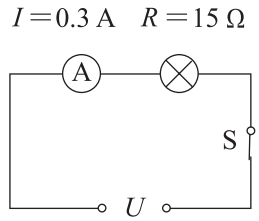


图 10-21

分析 要回答这个问题，先要用欧姆定律计算出小灯泡两端的电压，再跟电压表的量程相比较。若小灯泡两端的电压大于 3 V，就不能用 0～3 V 这个量程测量；若小灯泡两端的电压小于或等于 3 V，就可以用 0～3 V 这个量程来测量。

解 小灯泡的电阻 $R = 15\ \Omega$，通过它的电流 $I = 0.3\ \text{A}$。

根据欧姆定律有 $U = IR$。

再将已知量代入得 $U = IR = 0.3\ \text{A} \quad 15\ \Omega = 4.5\ \text{V} > 3\ \text{V}$。

答 因为小灯泡两端的电压大于 3 V，所以不能用量程是 0～3 V 的电压表测量。

例题 3 将一个导体接在电压恒为 4 V 的电路两端时，通过它的电流是 0.8 A。若将它改接到电压恒为 6 V 的电路两端，此时通过这个导体的电流是多少？

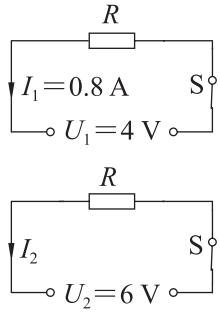


图 10-22

分析 这个题目涉及两个电路。先是将导体接在 4 V 的电压下，然后再将导体接在 6 V 的电压下。两个电路如图 10-22 所示。

仅学习用

微信公众号：电子课本大全

分析题意可知，导体的电阻是不变的。根据欧姆定律可知，由于电压发生改变，导体中的电流也会随之改变。

解 在第一个电路中，由欧姆定律可求得导体的电阻

$$R = \frac{U_1}{I_1} = \frac{4\ \text{V}}{0.8\ \text{A}} = 5\ \Omega。$$

在第二个电路中，由欧姆定律可求得通过导体的电流

$$I_2 = \frac{U_2}{R} = \frac{6\ \text{V}}{5\ \Omega} = 1.2\ \text{A}。$$

答 当这个导体接在电压恒为 6 V 的电路两端时，通过它的电流是 1.2 A。

提个醒

利用欧姆定律进行计算时，要求 对号入座 。即公式中的电流、电压、电阻必须是对同一个导体在同一电路(或同一部分电路)而言的。

对于多个电路状态的问题，还要注意同一导体在不同电路状态下的对应关系。

为此可以在物理量下加角标：同一电路状态下，不同的导体(或不同部分的电路)用不同的角标加以区分；同一导体在不同状态下，也要用不同的角标区分。在书写公式时，注意做到角标对应。

供学习用

议一议

例题 3 有多种解法，请你思考一下，还有没有其他解法，并将你的解法与同学进行交流。

微信公众号：电子课本大全

课后实践

1.家用电灯两端的电压是 220 V，正常发光时通过它的电流是 0.18 A。这盏电灯的电阻是多少？

2.某电源两端的电压保持不变。将一个电阻为 30 Ω 的导体接到这个电源上，通过它的电流是 0.4 A。若换一个电阻为 50 Ω 的导体仍接到这个电源上，通过这个导体的电流是多少？

3.将一个定值电阻接到电压为 6 V 的电路两端时，通过它的电流是 0.3 A。若将它接到电压为 10 V 的电路两端时，能否用量程是 0～0.6 A 的电流表测量通过这个电阻的电流？

4.如图 10-23 所示，*A*、*B* 两端的电压为 12 V，灯泡 L_1 的电阻是 15 Ω，灯泡 L_2 的电阻是 10 Ω，灯泡 L_3 的电阻是 30 Ω。则通过灯泡 L_2 的电流是____ A；通过灯泡 L_1 的电流是通过灯泡 L_3 的电流的____倍。

供学习用

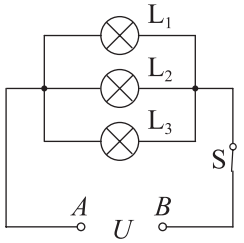


图 10-23

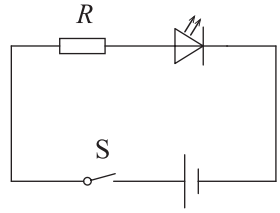


图 10-24

5.使用 LED (发光二极管)时，通常需要串联一个限流电阻 *R*，如图 10-24 所示。要想知道通过 LED 的电流，一般需要断开电路接入电流表去测量。我们也可以不断开电路，而是用电压表测量 *R* 两端的电压 *U*。若已知 $R=75\ \Omega$，电压表示数 $U=1.2$ V，请你计算通过 LED 的电流 *I*。

微信公众号：电子课本大全

五、测量导体的电阻

想一想

1.根据欧姆定律，测出哪些物理量就能计算出待测导体的电阻？

2.为了减小误差，需要多次测量，怎样设计实验电路？

3.需要哪些实验器材？

供学习用

实验目的

测量导体的电阻。

实验器材

电池组、电流表、电压表、滑动变阻器、开关、待测定值电阻、导线。

实验原理

请根据实验原理画出你所设计的电路图。

微信公众号：电子课本大全

实验指导

1.在准备实验时，不仅要考虑到所用器材的种类，还要考虑到器材的规格。例如电源的电压值、电表的量程等。

2.连接好电路后，闭合开关前，请注意调整滑动变阻器的滑片位置，使其接入电路中的电阻值最大。

实验步骤与内容

1._____

_____

2._____

_____

3._____

_____

供学习用

实验记录

请你自己设计实验记录表格，并将实验的相关数据及测量结果填写在表格中。

用电压表测出电阻两端的电压，用电流表测出通过电阻的电流，根据 $R=\frac{U}{I}$ 求出电阻，这种测量电阻的方法叫作　伏安法　。

微信公众号：电子课本大全

做一做

简单断路故障的查找和排除

在图 10-25 所示的电路中，由于有一处断路，此时灯泡不发光，电流表也没有示数。可以用下面三种方法判断断路的位置。

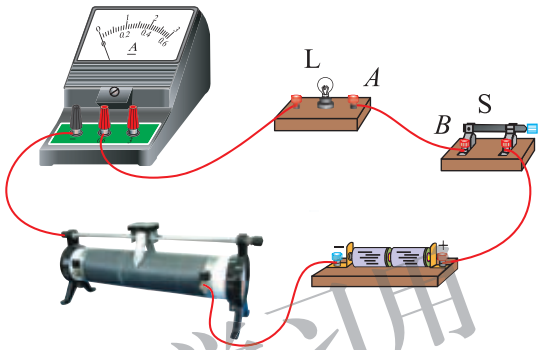


图 10-25 电路的断路故障

供学习用

1.用一根导线判断。将一根完好的导线与电路中的各根导线逐一并联。当导线接到 *A*、*B* 两点之间时(图 10-26)，灯泡能发光，电流表有示数，表明在 *A*、*B* 两点之间发生断路(或 *A*、*B* 两点连接不实)。

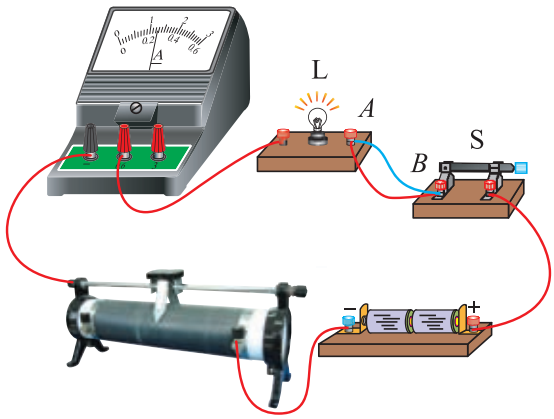


图 10-26

微信公众号：电子课本大全

2.用一只规格相同的灯泡判断。将灯泡 L′ 与各根导线逐一并联。当灯泡接到 *A*、*B* 两点之间时(图 10-27)，两只灯泡都发光，电流表有示数，表明在 *A*、*B* 两点之间发生断路(或 *A*、*B* 两点连接不实)。

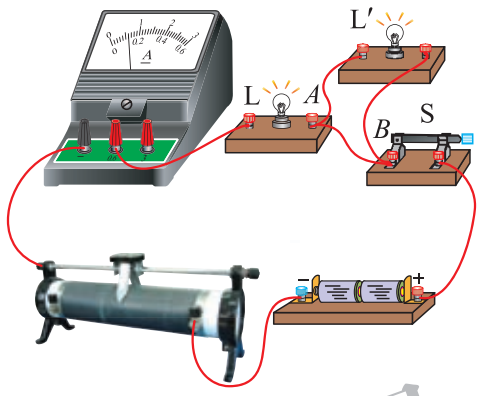


图 10-27

3.用一个电压表判断。将电压表逐一并联在各根导线两端，一般情况下电压表不会有示数。当电压表接到 *A*、*B* 两点之间时(图 10-28)，电压表有示数(接近电源两端的电压)，表明在 *A*、*B* 两点之间发生断路(或 *A*、*B* 两点连接不实)。

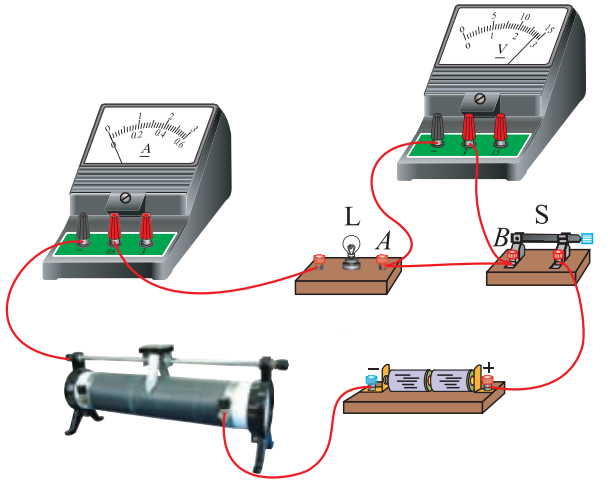


图 10-28

供学习用

微信公众号：电子课本大全

课后实践

1.画出用 伏安法 测电阻的电路图，并根据电路图将图 10-29 中的器材连接起来。闭合开关之前，滑动变阻器的滑片应放在变阻器的_____端(填 左 或 右)。

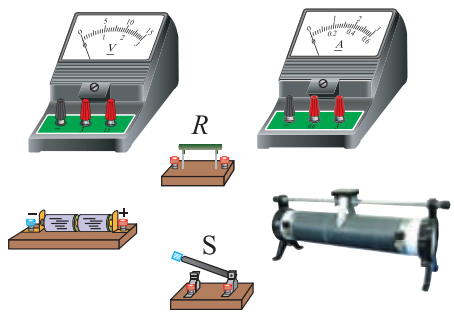


图 10-29

2.在用 伏安法 测电阻的实验中，电流表、电压表的示数如图 10-30 所示。通过电阻的电流是_____ A，电阻两端的电压是_____ V，这个电阻的阻值是_____ Ω。

若移动滑片后，电压表的示数是 2.7 V，则通过这个电阻的电流是_____ A。请你在图 10-31 中标出电流表所用的量程和指针的位置。

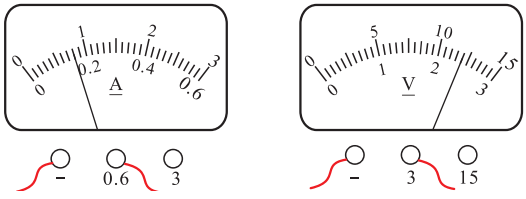


图 10-30

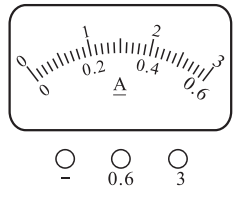


图 10-31

3.在用 伏安法 测电阻的实验中：

(1)小明连接的实物电路如图 10-32 所示，其中有几处是错误的，请你帮助他进行改正。

供学习用

微信公众号：电子课本大全

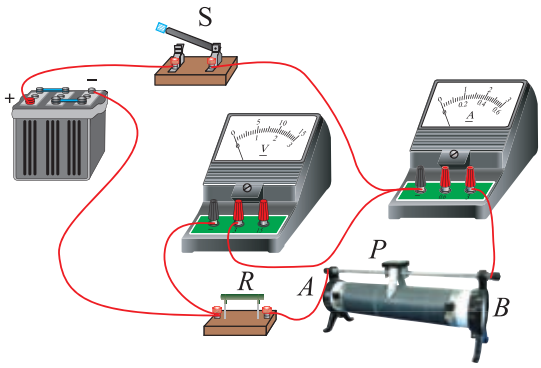


图 10-32

(2)在你帮助他改正错误后，小明设计的实验步骤和记录的数据如表 10-7 所示，请将表中的两处空白补充完整。

表 10-7 实验步骤与记录

实验步骤	①按照电路图连接电路，调节滑动变阻器滑片 P 到_____，使接入电路中的电阻值最大。 ②闭合开关，调节滑片 P，读出电压表和电流表的示数。 ③根据测量的电压值和电流值，求出 R 的阻值。		
实验记录	电压 U/V	电流 I/A	电阻 R/Ω
	2.0	0.20	

(3)从实验步骤看，这个实验存在的主要缺陷是什么？

4.现有下列实验器材：一个已知阻值的定值电阻 R_0、两个电流表、电池、开关、导线若干。请你利用这些器材设计实验，测出一个未知电阻 R_x 的阻值。

要求：(1)画出实验电路图。

(2)简述实验过程，并用已知量和测量量表示 R_x。

供学习用

微信公众号：电子课本大全

第十一章 DISHIYIZHANG

电功和电功率

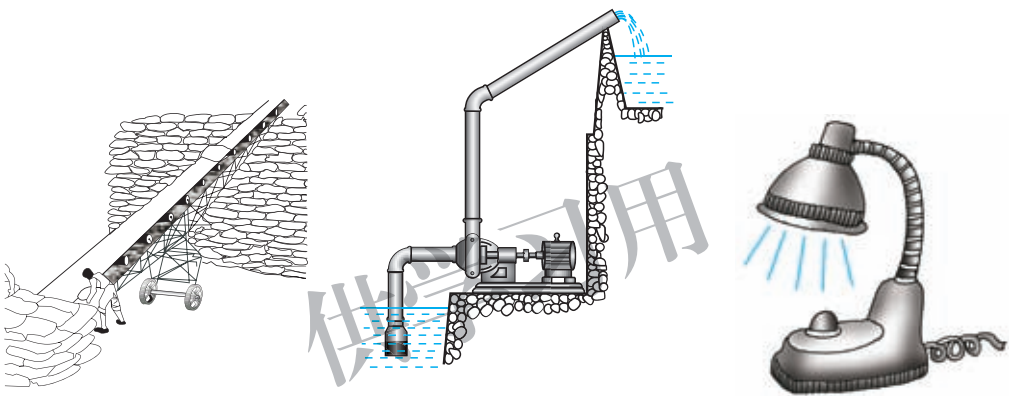


遍及城乡的输电网络，把电能从发电厂源源不断地送往城镇乡村，为人们的生产、生活、工作和学习提供了能量。电流做功与哪些因素有关？你家中每天要消耗多少电能？怎样确保安全用电？怎样才能节约用电？

微信公众号：电子课本大全

一、电功和电能

图 11-1 甲中，传送带将货物运送到高处；图 11-1 乙中，水泵将河水扬到高处；图 11-1 丙中，闭合开关，台灯发光。这些实例都表明电流通过用电器时发生了能量的转化。



甲　传送带　　乙　水泵　　丙　台灯

图 11-1　电流做功

想一想

图 11-1 甲中，传送带启动后，货物的什么能发生了变化？这些能量是从哪里来的？图 11-1 乙中，电动机带动水泵将河水扬到高处，在这个过程中，水的什么能发生了变化？这些能量是从哪里来的？图 11-1 丙中，闭合开关，台灯发光，在这个过程中，能量发生了怎样的转化？

微信公众号：电子课本大全

我们知道，一个力对物体做功可以改变物体的能量。在图 11-1 甲、乙所示的实例中，电动机改变了货物和水的机械能，也可以说是电流做了功。推而广之，在图 11-1 丙所示的实例中也可以说电流通过灯泡时做了功。

电路中电流做的功，叫作**电功**，用 W 表示。电流做功的过程就是电能转化为其他形式的能的过程，电流做了多少功，就有多少电能转化为其他形式的能。

电流做功与哪些因素有关？怎样计算电流所做电功的多少？

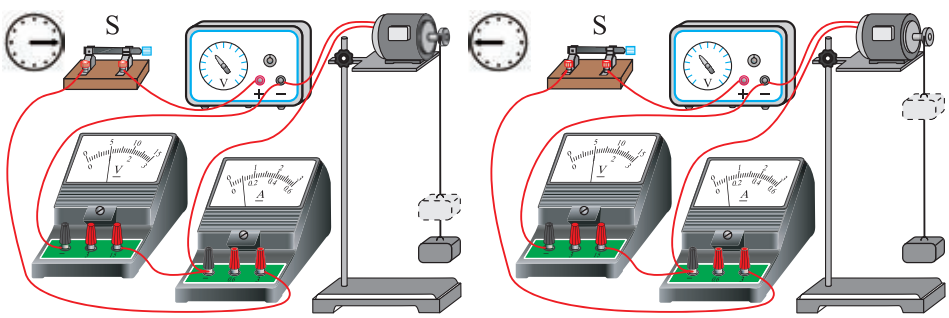
实 验

实验装置如图 11-2 所示。让电动机提升相同的重物，测量电动机的电压和电流情况。

1.电压、电流相同，通电时间不同，从重物升高的高度不同看电流做功的多少。

2.通电时间相同，电压、电流不同，从重物升高的高度不同看电流做功的多少。

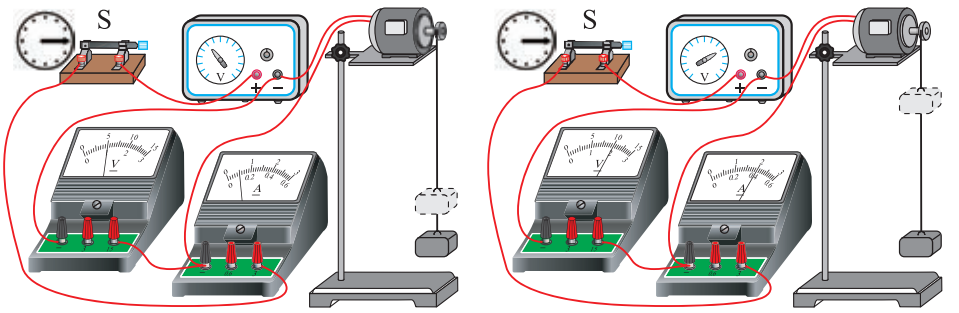
供学习用



电压、电流相同，通电时间不同

图 11-2 甲

微信公众号：电子课本大全



通电时间相同，电压、电流不同

图 11-2 乙

将实验数据分别记录在表 11-1 和表 11-2 中。

表 11-1　探究电功与时间的关系

实验次数	电压U/V	电流I/A	通电时间t/s	同一重物上升的高度h/m	电功(填 多 或 少)
1					
2					
3					

表 11-2　探究电功与电压、电流的关系

实验次数	电压U/V	电流I/A	通电时间t/s	同一重物上升的高度h/m	电功(填 多 或 少)
1					
2					
3					

分析实验数据，得出结论：

电压越_____、电流越_____、通电时间越_____，同一重物上升的高度越_____，说明电流做功就越多。

供学习用

微信公众号：电子课本大全

精确的实验表明：**电流所做的功跟电压、电流和通电时间成正比，电功等于电压、电流和通电时间的乘积。**

$$W = UIt 。$$

上式中，U 的单位用伏(V)，I 的单位用安(A)，t 的单位用秒(s)，则 W 的单位就是焦(J)。

$$1\,\mathrm{J} = 1\,\mathrm{V}\cdot\mathrm{A}\cdot\mathrm{s} = 1\,\mathrm{N}\cdot\mathrm{m}。$$

你能利用表 11-1 和表 11-2 中的数据计算出每次实验中电流做的功吗？

电能表

想知道电流通过用电器做了多少功，可以用电压表、电流表和停表分别测量出电压、电流和通电时间，然后根据 $W = UIt$ 来计算。此外，还可以用电能表直接来测量，图 11-3 甲为普通电能表，图 11-3 乙为 IC 卡电能表。

供学习用



甲　普通电能表



乙　IC 卡电能表

图 11-3　电能表

微信公众号：电子课本大全

电能表是测量用电器消耗电能多少的仪表，又称电度表。将电能表接入向用电器供电的电路中，用电器消耗的电能越多，电能表上的铝盘转动的圈数就越多。铝盘带动计数器工作，计数器上前后两次读数之差就是这段时间内用电器所消耗的电能，也就是电流所做功的数量。电能表的计量单位是千瓦时，符号是 kW·h。我们日常生活中常说的 1 度 就是 1 千瓦时，千瓦时和焦的换算关系是

$$1\ \text{kW}\cdot\text{h}=3.6\times10^{6}\ \text{J}。$$

例题 小红家的电能表计数器月初、月末所显示的数字如图 11-4 所示。请计算小红家的用电器这个月消耗的电能是多少千瓦时，合多少焦。如果民用电的价格是 0.5 元/(kW·h)，小红家这个月应交多少电费？

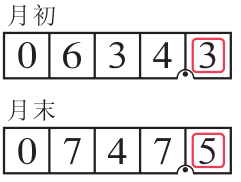


图 11-4 电能表示数

分析 小红家这个月所消耗的电能，为电能表月末与月初计数器显示数字之差。

解 $W = 747.5\ \text{kW}\cdot\text{h} - 634.3\ \text{kW}\cdot\text{h} = 113.2\ \text{kW}\cdot\text{h} = 113.2\times3.6\times10^{6}\ \text{J}$

$\approx 4.1\times10^{8}\ \text{J}$。

电费 $= 0.5\ \text{元}/(\text{kW}\cdot\text{h})\times113.2\ \text{kW}\cdot\text{h} = 56.6\ \text{元}$。

答 小红家的用电器这个月消耗了 113.2 kW·h 的电能，合 4.1×10^{8} J，应交电费 56.6 元。

供学习用

相关链接

为提高能源使用效率，合理用电，我国提倡分时段计费。目前，许多城市都在推广使用新式智能电能表(图 11-5)。新式智能电能表可以更精确地分辨家庭用电的时间区间，用户可通过电表上的液晶显示屏查询电费、实时电价、累计使用电能等信息，并制订用



图 11-5 新式智能电能表

微信公众号：电子课本大全

电计划，将电器设备的使用尽量放在用电低谷时，以达到提高能源利用率的目的。

新式智能电能表与老式电能表相比，具有计量精度高、智能扣费、电价实时查询、信息远程传送等功能特性，能最大限度地避免人为错误。

课后实践

1.请你完成表11-3中的内容。

表 11-3 用电器的能量转化

用电器	能量转化
电热器	电能转化为_____
电风扇	电能转化为_____
收音机	电能转化为_____
电视机	电能转化为_____

2.在家长的帮助下，查看家中的电能表，记录你家一周所消耗的电能。由此估算一下你家一个月使用的电能大约是多少。

3.把一只小灯泡接到电压为 3 V 的电源上，通过它的电流为 0.2 A，通电 1 min，则小灯泡消耗电能多少焦？合多少度？

4.把一只阻值为 440 Ω 的灯泡接到家庭电路中，通电 10 min，则灯泡消耗电能多少焦？

5.调查当地近年来人均使用电能数量的变化情况，讨论产生变化的原因及其与当地经济发展的关系，并提出节约用电的建议。

仅学习用

微信公众号：电子课本大全

二、电功率

想一想

由图 11-2 乙所示的实验可以看出，相同时间内电动机做功的多少不同。可见，电流做功也有快慢之分。怎样描述电流做功的快慢呢？电流做功的快慢与哪些因素有关呢？

根据功率的定义式 $P=\frac{W}{t}$，将电功的计算公式 $W=UIt$ 代入功率的定义式，则

$$P=UI。$$

电流做的功与完成这些功所用时间的比叫作电功率(electric power)。**电功率的大小等于用电器两端的电压和通过它的电流的乘积**。上式中，U 的单位用伏(V)，I 的单位用安(A)，电功率的单位是瓦(W)。

$$1\ \mathrm{W}=1\ \mathrm{V}\cdot\mathrm{A}。$$

在工业生产中，用电器的功率往往比较大，这时就需要更大的电功率单位　　千瓦(kW)。

$$1\ \mathrm{kW}=10^3\ \mathrm{W}。$$

用电器上一般都有铭牌，铭牌上标有该用电器正常工作的数据。例如，家用照明灯泡上标有 PZ220-60 、 PZ220-40 、 PZ220-25 等字样，表明这些灯泡正常工作的电压为 220 V，功率分别为 60 W、40 W 和 25 W。图 11-6 是一个微波炉的铭牌，从这个铭牌上可以获得哪些信息？

供学习用

微信公众号：电子课本大全

用电器正常工作时的电压叫作**额定电压**，在额定电压条件下用电器的电功率叫作**额定功率**。



图 11-6

例题 一只标有 PZ220-60 字样的灯泡，它的额定电压是多少？额定功率是多少？正常发光时通过灯丝的电流是多大？

解 由铭牌可知，这只灯泡的额定电压是 220 V，额定功率是 60 W。

根据 $P = UI$，可知

$$I = \frac{P}{U} = \frac{60\ \text{W}}{220\ \text{V}} \approx 0.27\ \text{A}。$$

答 灯泡的额定电压是 220 V，额定功率是 60 W，正常发光时通过灯丝的电流约为 0.27 A。

实 验

取一只标有 2.5 V 字样的小灯泡，接在图 11-7 所示的电路中，电源的输出电压是可以调节的。调节电源的输出电压，观察小灯泡亮度的变化，并将变化情况记录下来。

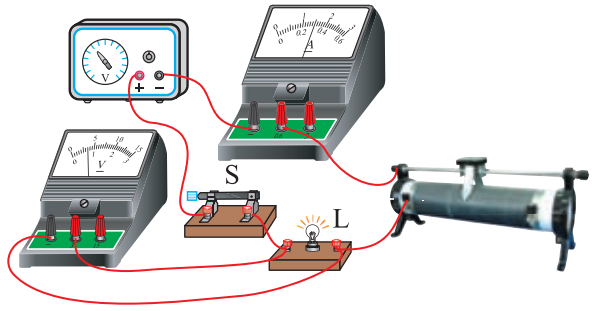


图 11-7

当小灯泡两端电压为 2.5 V 时，小灯泡亮度情况是_____。在小灯泡两端电压从 2.5 V 逐渐降低的过程中，小灯泡亮度的变化情况是_____。当小灯泡两端的电压低于_____，小灯泡不发光。在小灯泡两端电压从 2.5 V 缓慢增加到 2.8 V 的过程中，小灯泡亮度的变化情况是_____。

供学习用

微信公众号：电子课本大全

议一议

如果用电器两端的电压不是用电器的额定电压，它的实际功率与它的额定功率还相等吗？

课后实践

1.调查并了解生产、生活中常见用电器的铭牌，将这些用电器的额定电压和额定功率填入表 11-4 中。

表 11-4　一些常用电器的额定电压和额定功率

用电器	额定电压 U / V	额定功率 P / W

供学习用

2.一台电风扇的额定功率是 60 W，它所表示的物理意义是什么？

3.下列 4 只灯泡的额定电压和额定功率均不同，它们在各自的额定电压下发光时，电流最大的是（　　）。

A. 220 V　100 W　　B. 36 V　18 W

C. 12 V　12 W　　D. 6 V　5 W

4.现有一个标有 220 V　800 W 字样的电热丝，不考虑温度对电热丝阻值的影响，求：

(1)正常工作时通过电热丝的电流为多少？其电阻为多少？

(2)若将它接到电压为 110 V 的电路中，通过电热丝的电流为多少？实际功率为多少？

(3)这个电热丝正常工作多长时间消耗的电能为 1 kW·h？

微信公众号：电子课本大全

知识窗

水力发电站

水力发电站是利用水的机械能进行发电的电站。在水力发电站中，水库中的水驱使涡轮机转动，涡轮机带动发电机来发电。水能是无污染的可再生能源，用水力资源发电可以节约大量的煤炭、石油等矿物燃料。水力资源成本比较低，水电站设备使用寿命也比较长。随着社会经济的快速发展，我国的水力发电事业取得了令世人瞩目的成就。

葛洲坝水电站(图 11-8)位于湖北省宜昌市，是长江上第一座大型水电站，也是世界上最大的低水头、大流量、径流式水电站。电站坝型为闸坝，最大坝高 47 m，总库容 $1.58\times10^{9}\ m^{3}$。1988 年建成之初，共安装 19 台 1.25×10^{5} kW 和 2 台 1.7×10^{5} kW 的水轮发电机组，总装机容量为 2.7×10^{6} kW，全年可以发出 1.57×10^{10} kW·h 的电能。2013 年 9 月，葛洲坝水电站启动增容改造工作，预计累计增容达 4.75×10^{5} kW。



图 11-8 葛洲坝水电站

供学习用



图 11-9 二滩水电站

位于四川省西南部雅砻江下游的二滩水电站(图 11-9)，其双曲拱坝的最大坝高为 240 m。总库容为 $5.8\times10^{9}\ m^{3}$，调节库容为 $3.37\times10^{9}\ m^{3}$，总泄水量22 480 m^{3}/s。总装机容量为 3.3×10^{6} kW，单机容量为 5.5×10^{5} kW，全年可以发

微信公众号：电子课本大全

出 1.7 10^{10} kW·h 的电能，于 20 世纪末建成投产。

三峡水电站(图 11-10)是 21 世纪初建成的目前世界上最大的水力发电站，它位于长江干流上著名的三峡地区。电站的主体工程拦河坝轴线全长 2 309.47 m，坝顶高 185 m，由混凝土浇筑而成。电站总装机容量为 2.25 10^{7} kW，全年发出的电能约 10^{11} kW·h。



图 11-10 三峡水电站

供学习用

2014 年正式投产运行的溪洛渡水电站(图 11-11)是金沙江上最大的一座水电站，也是仅次于三峡水电站的我国第二大水电站，位居世界第三。溪洛渡水电站的拦河坝为混凝土双曲拱坝，坝顶高程 610 m，最大坝高 278 m，坝顶弧长 698.07 m，总装机容量 1.39 10^{7} kW，全年可以发出 5.7 10^{10} kW·h 的电能。



图 11-11 溪洛渡水电站

微信公众号：电子课本大全

三、学生实验：测量小灯泡的电功率

在生产和生活中，经常需要知道用电器的电功率，有时还需要分析影响电功率的因素。

想一想

一只小灯泡上标有 2.5 V 0.3 A 的字样。它的额定功率是多少？将小灯泡接入电压小于 2.5 V 的电路中，它的电功率(实际功率)还是这个数值吗？

供学习用

实验目的

测量小灯泡在不同电压下的实际功率，并与额定功率进行比较。

实验器材

提示：要考虑选用电源的类型和电源的电压数值，选用电阻值多大的滑动变阻器，使用什么电表，选择哪个量程。

实验原理

微信公众号：电子课本大全

电路图：

实验步骤与内容

1._____

2._____

3._____

实验记录

进行实验，设计表格记录实验数据。

供学习用

实验结论

1.当小灯泡两端的电压是_____电压时，小灯泡的实际功率等于额定功率。实验中所用小灯泡的额定功率是_____。

2.当小灯泡两端的电压小于额定电压时，小灯泡的实际功率_____额定功率。当小灯泡两端的电压大于额定电压时，小灯泡的实际功率_____额定功率。

相关链接

用数字化实验系统测量小灯泡的电功率

由传感器与计算机组成数字化实验系统，用传感器代替电压表和电流表，测量小灯泡两端的电压和通过它的电流，并在计算

微信公众号：电子课本大全

机上显示出来。数字化实验系统可以自动计算出不同电压下小灯泡的电功率，进而画出电功率随电压变化的图像。由图像可以直接看出电功率是怎样随着电压变化的(图 11-12)。

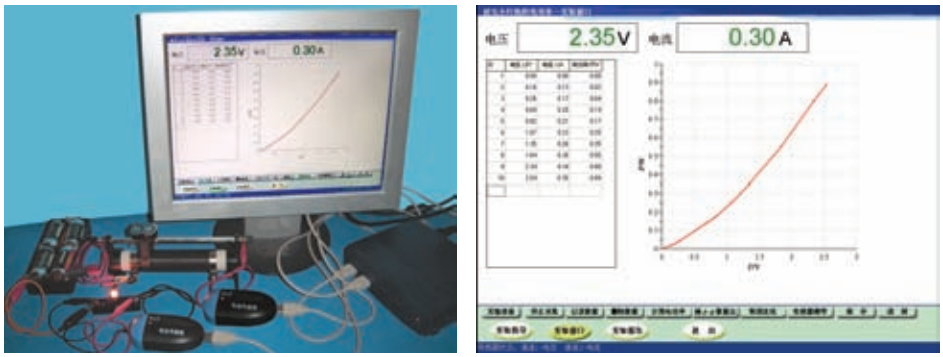


图 11-12　用数字化实验系统做实验

供学习用

生活中有很多可调节电功率的用电器，如图 11-13 所示。家用的调光台灯，利用可控硅(一种半导体器件)来控制加在白炽灯泡两端的电压，进而调节白炽灯泡的功率。电风扇、录音机通过控制电动机两端的电压来调节电动机的转速和功率。变频空调则是通过控制电动机的电流频率来调节电动机的转速和功率。



甲　调光台灯　　乙　变频空调

图 11-13　可调节功率的用电器

微信公众号：电子课本大全

课后实践

1.将标有 3.8 V 0.3 A 和 2.5 V 0.3 A 的两只小灯泡串联接在电路中，哪只小灯泡的实际功率大？找两只这种规格的小灯泡做一做实验，验证一下你的猜想是否正确。如果将两只小灯泡并联，情况会怎样？

2.在图 11-14 甲所示的电路中，小灯泡的额定电压为 2.5 V。闭合开关后，要使小灯泡正常发光，应调节滑动变阻器，使电压表示数为_____V。若此时电流表的示数如图 11-14 乙所示，则小灯泡的额定功率为_____W。若调节滑动变阻器，使电压表示数如图 11-14 丙所示，电流表示数为 0.28 A，则小灯泡的实际功率为_____W，额定功率为_____W。

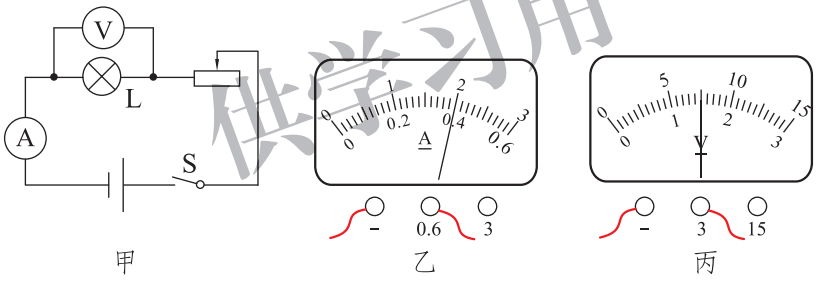


图 11-14

3.如图 11-15 所示是小李同学测量小灯泡额定功率的实物电路图，电路中有一根导线接错了。请在错误的导线处画 ，并用笔画线表示导线，连接正确的电路(只改一根导线)。

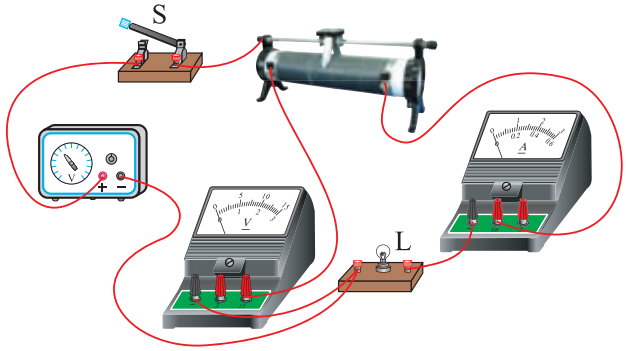


图 11-15

供学习用

微信公众号：电子课本大全

4.在“测量小灯泡电功率”的实验中，按图 11-16 所示的电路图连接好电路后，闭合开关 S，移动滑动变阻器的滑片，结果小灯泡不发光，电流表指针不动，但电压表有明显的示数。则电路故障可能是(　　)。

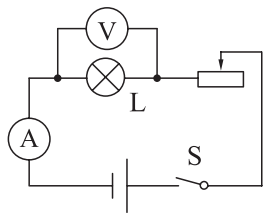


图 11-16

A.小灯泡的灯丝烧断了

B.电流表烧坏了造成短路

C.电流表和电压表连接错误，互换了位置

D.滑动变阻器的滑片接触不良

供学习用

知识窗

新型材料 PTC

PTC 是一种新型的半导体陶瓷材料，它以钛酸钡为主，掺入多种物质后加工而成。在一定温度范围内($T_C < T < T_P$)，其阻值随温度的升高而急剧升高(图 11-17)。目前家用的陶瓷暖风器、陶瓷电热水壶等都使用了这种材料。

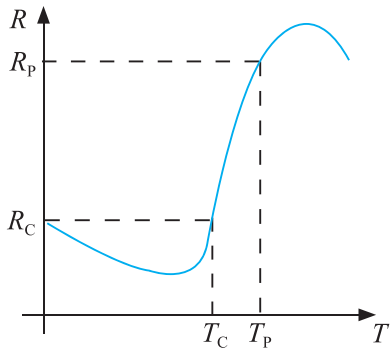


图 11-17

PTC 器件能在电流过大、温度过高时对电路起保护作用。使用时，将 PTC 器件串联在电路中。在正常情况下，其阻值很小，损耗也很小，不影响电路正常工作。但若有过流(如短路)发生，其温度

微信公众号：电子课本大全

升高，阻值随之急剧升高，达到限制电流的作用，避免损坏电路中的元器件。当故障排除后，PTC 器件的温度自动下降，又恢复到低阻状态，因此 PTC 器件又称为 可复性保险丝 。

目前 PTC 材料已在暖风机中广泛使用。当温度较低时，PTC 材料的电阻较小，暖风机的功率较大；当温度升高后，PTC 材料的电阻急剧升高，使暖风机的功率减小。这样，借助 PTC 材料就可以自动调节暖风机的功率了。

供学习用

微信公众号：电子课本大全

四、电流的热效应

想一想

给电热水壶通电可以把水烧开(图 11-18)。电动机(如电风扇的电动机)长时间工作后外壳就会发热。仔细观察周围的用电器，还有没有类似的现象？

电流通过导体时产生的热量与哪些因素有关？



图 11-18

供学习用

电流通过导体时，导体会发热，这种现象叫作**电流的热效应**。

由于导体有电阻，所以电流产生热量的多少可能与导体的电阻有关，也可能与通过导体的电流大小有关。电热水壶把水烧开需要一段时间，所以电流产生热量的多少还应该与通电时间的长短有关，通电时间越长产生的热量越多。

实 验

如何判断电流产生热量的多少呢？如果仅凭我们的感觉来判断，这样做科学吗？

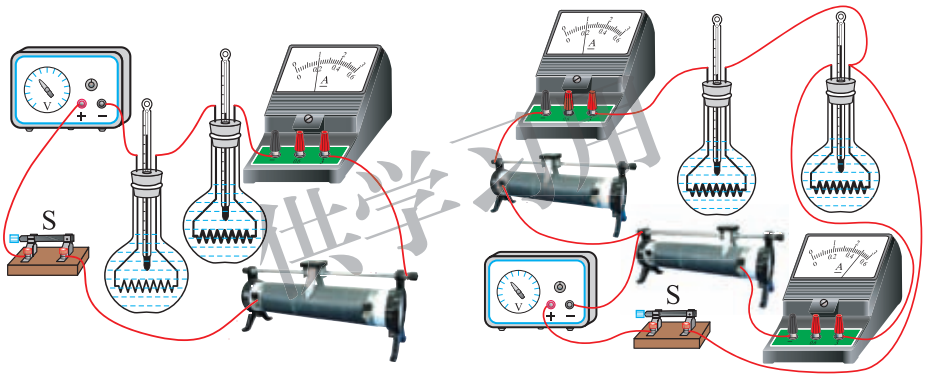
我们可以用如图 11-19 所示的实验装置来探究电流产生热量的多少与哪些因素有关。电流做了多少功就有多少电能转化为液体

微信公众号：电子课本大全

的内能，电流通过导体产生的热量使液体的温度升高。由于同种液体的比热容相同，只要保证液体的质量相等，导体产生热量的多少就可以近似用液体温度升高的多少来反映。

如图 11-19 甲所示，选择两个阻值不同的电阻丝，在相同的时间内通过大小相同的电流，比较质量相同的同种液体温度升高的情况，判断哪个电阻丝产生的热量多。

如图 11-19 乙所示，选择两个阻值相同的电阻丝，在相同的时间内通过大小不同的电流，比较质量相同的同种液体温度升高的情况，判断哪个电阻丝产生的热量多。



甲　　乙

图 11-19

请画出图 11-19 所示实物电路的电路图，分析上述电路是如何控制变量的。

分析需要测量的物理量，设计记录数据的表格，进行探究，并记录数据。

微信公众号：电子课本大全

分析实验数据，得出实验结论：

电阻丝阻值不同，电流大小相同，通电时间相同，电阻丝阻值大的容器内的液体温度升高得_____。增加通电时间，每个容器内的液体温度都_____。

电阻丝阻值相同，电流大小不同，通电时间相同，电流大的容器内的液体温度升高得_____。增加通电时间，每个容器内的液体温度都_____。

将你的实验记录和实验结论与其他同学进行交流，你从中又发现了什么？

供学习用

焦耳定律

英国物理学家焦耳(James Prescott Joule，1818　1889)做了大量实验后，于1840年最先确定了电流产生的热量跟电流、电阻和通电时间的定量关系。

电流通过导体时产生的热量跟电流的平方成正比，跟导体的电阻成正比，跟通电时间成正比。这个规律叫作**焦耳定律**(Joule's law)。

用 I 表示电流，R 表示电阻，t 表示时间，Q 表示热量，焦耳定律可以表示为

$$Q = I^2Rt\ 。$$

上式中，I 的单位用安(A)，R 的单位用欧(Ω)，t 的单位用秒(s)，Q 的单位用焦(J)。

电流的热效应在生产、生活中被广泛地应用(图 11-20)。人们用电饭锅做饭，用电热水器烧水，都是将电能转化为内能，在这种情况下电功 $UIt = I^2Rt$。而电动机、计算机、电视机等用电器工作时，也会不可避免地将部分电能转化为内能，这种情况下 $UIt > I^2Rt$。这时电流的热效应会造成能源的浪

微信公众号：电子课本大全

费，此外，温度的升高也使用电器有被烧毁的危险。



电热驱蚊器



电热壶



电取暖器



电熨斗



电饭锅

图 11-20　常见的家用电热器

供学习用

如图 11-21 所示，电动机、电视机采用设置散热片、散热孔的方法散热，计算机等则在发热部分安装电风扇，加速空气流动，强制散热降温。



电动机外壳上的散热片



电视机的散热窗



计算机主机的风扇

图 11-21　用电器的散热

微信公众号：电子课本大全

课后实践

1.电熨斗通电一段时间后，熨斗面很热，而连接电熨斗的导线却不怎么热，这是因为（　　）。

A.导线电阻远小于熨斗电阻，导线消耗的电能很少

B.通过导线的电流小于通过电熨斗的电流

C.导线的散热比熨斗快

D.导线外的绝缘皮隔热

2.如果电视机、电烙铁和电风扇上都标有　220 V　60 W　的字样，使它们在额定电压下工作相同的时间，则三个用电器产生热量的情况是（　　）。

A.电烙铁最多　　B.电视机最多

C.电风扇最多　　D.一样多

3.现有两只红外线取暖灯泡，分别标有　220 V　250 W　和　220 V　500 W　的字样，两只灯泡的灯丝电阻有什么不同？使两只灯泡正常工作，在相同的时间内，哪只灯泡产生的热量多？怎样用焦耳定律解释？

4.将阻值为 100 Ω 的电阻接到某电源上，通过它的电流为 0.2 A。通电 1 min，电流产生多少焦的热量？

5.将功率为 700 W 的电饭锅接到家庭电路上，正常工作 30 min，电流产生多少焦的热量？

仅学习用

知识窗

焦　　耳

焦耳出生在英国曼彻斯特市，他的父亲是一名啤酒厂主。焦耳天资聪明，喜欢读书，常常一边劳动一边学习，自学到不少

微信公众号：电子课本大全

知识。



图 11-22 焦耳

焦耳对通电导体发热的问题进行了深入的研究。他把父亲的一间房子改成实验室，一有空便钻到实验室里忙个不停。焦耳首先把电阻丝盘绕在玻璃管上，做成一个电热器。然后把电热器放入一个玻璃瓶中，瓶中装有质量已知的水。给电热器通电并开始计时，用羽毛轻轻搅动水，使水均匀受热。通过插在水中的温度计，随时观察水温的变化。同时用电流表测量通过电阻丝的电流大小。经过无数次实验，焦耳发现：电流通过导体时产生的热量跟电流的平方成正比，跟导体的电阻成正比，跟通电时间成正比。一年后，俄国圣彼得堡科学院院士楞次(Heinrich Friedrich Emil Lenz，1804 1865)也做了类似的实验，并得到与焦耳完全一致的结果。后来人们把这个定律叫作焦耳定律。

供学习用

微信公众号：电子课本大全

五、家庭电路

现代家庭中电能的使用越来越广泛。如图 11-23 所示是家庭电路的电路图，它由进户线、电能表、总开关、保护设备、用电器、插座和导线等组成。

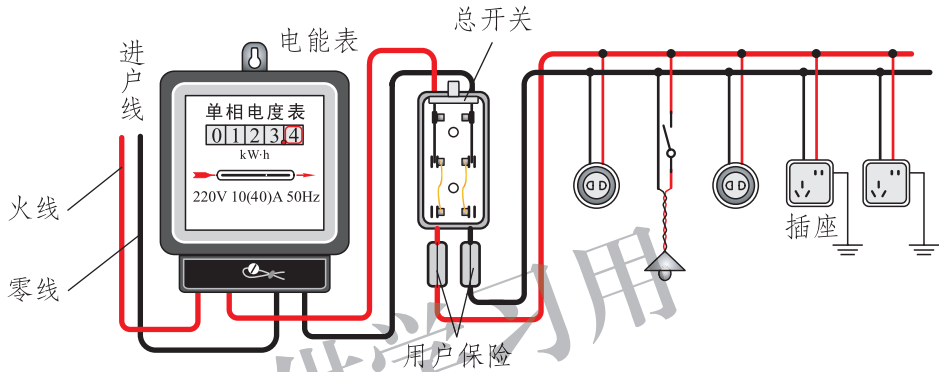


图 11-23 家庭电路

供学习用

想一想

观察电能表、总开关、用户保险、用电器和插座安装的先后顺序，思考一下它们各自的功能是什么。

电灯和电源插座是以什么方式与火线、零线连接的？按照家庭电路的排序情况来看，用电器为什么都接在保护设备之后呢？

进户线由户外低压输电线上引来。其中一根叫零线，正常情况下它与大地间没有电压；另一根叫火线，火线与零线之间有 220 V 的电压。火线和零线构成家庭电路的电源。为了安全，有的用电器所用的三孔插座还要加接一根地线。

电能表安装在进户线之后，用来度量家庭消耗的电能。电能表上有一个表示电压的参数，由于我国家庭中使用的电压都是 220 V，所以一般应使用标

微信公众号：电子课本大全

有 220 V 的电能表。

总开关(闸刀开关)安装在电能表后，用来控制整个家庭电路。总开关及用户保险内都装有熔丝(俗称保险丝)，以确保用电安全。现代建筑中，在电能表后都安装一个空气开关(图 11-24)，以代替闸刀开关和熔丝。当电路中电流过大时，它会自动断开，切断电路(俗称跳闸)，保证用电安全。排除电路中的故障后，用手重新闭合开关就可以使电路正常工作了。

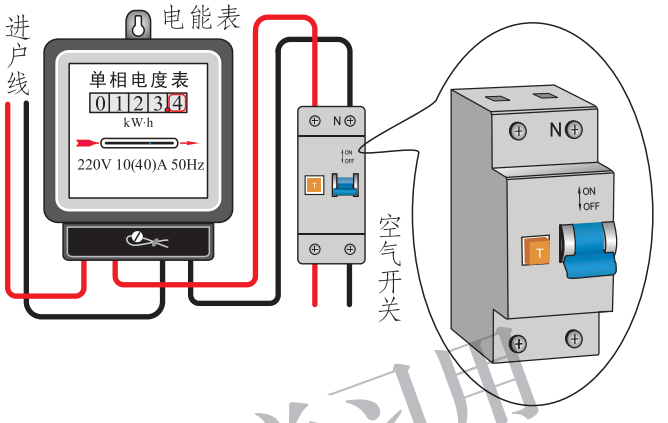


图 11-24

供学习用

电灯都并联在由火线和零线组成的电源上，每一盏电灯一般都由一个开关控制，开关串联在火线与电灯之间。其他用电器，如电视机、电冰箱等也都通过插座并联在电源两端。

议一议

观察家用电器的铭牌(图 11-25)，铭牌上一般都标有用电器的额定电压和额定功率。你知道这些家用电器的额定电流是多少吗？为什么要有额定电流的限制？



图 11-25

用电器有其额定电流的限制，电路中的导线也有其允许通过的最大电流。如果超过了这个最大值，导线就会因过热而烧坏绝缘皮，甚至引起火灾。

为了避免这种事故发生，在电路中串联电阻较大而熔点较低的熔丝。熔丝一般由铅锑合金制成，当有过大的电流通过时，熔丝产生较多的热量，使它

微信公众号：电子课本大全

的温度迅速达到熔点，于是熔丝熔断，自动切断电路，从而起到保险作用。

我们常用额定电流表示熔丝的规格。当通过熔丝的电流小于或等于额定电流时，它能正常通电；如果电流超过它的额定电流达到熔断电流时，它就迅速熔断，从而保护电路。

将熔丝装进特制的瓷盒，就成了保险盒。闸刀开关的下方一般也装有熔丝(图 11-26)。熔丝是安全的监护者，它是由爱迪生(Thomas Alva Edison，1847　1931)在 1880 年发明的。

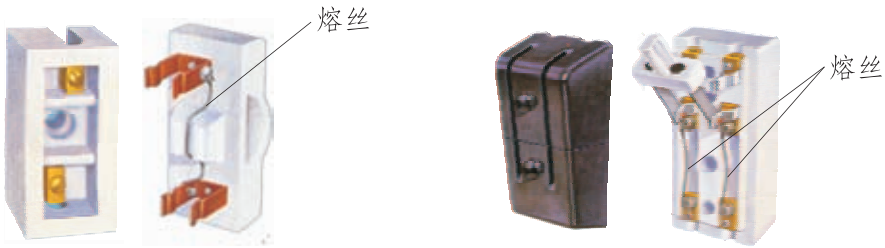


图 11-26　熔丝的安装

供学习用

安全用电

通常情况下，当人的皮肤干燥的时候，人体的电阻大约是 $10^4\ \Omega$～$10^5\ \Omega$；当皮肤潮湿时，人体的电阻可降到 $10^3\ \Omega$ 以下。实验表明，通过人体的电流超过 8 mA 时，人体有强烈的麻痛感；超过 20 mA 时，会感到剧痛，甚至神经麻痹，呼吸困难，有生命危险。

大量实验表明，不高于 36 V 的电压对人体来说一般是安全的，称为安全电压。

我们生活中接触到的电动理发剪的电压、车床照明的电压都低于 36 V。而家庭电路的电压是 220 V，工厂和工地的动力电路电压是 380 V，高压输电线路的电压可达 10^6 V。

议一议

触电是指一定强度的电流通过人体所引起的伤害事故。

在家庭用电中，怎样才能防止触电事故，保证用电安全呢？

微信公众号：电子课本大全

图 11-27 展示了几种日常生活中可能发生的触电现象，你能根据图示现象对防止触电事故提出一些建议吗？



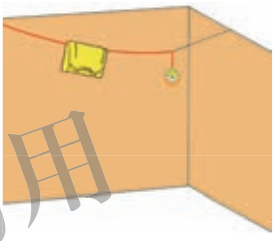
甲　在电加热器上烘烤衣物



乙　无安全措施的插座安装过低，小孩将手指塞进插座



丙　用湿手触摸开关

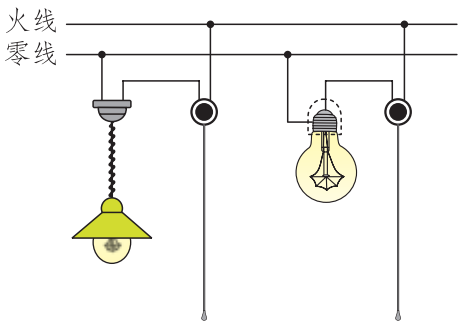


丁　在电线上晾衣服

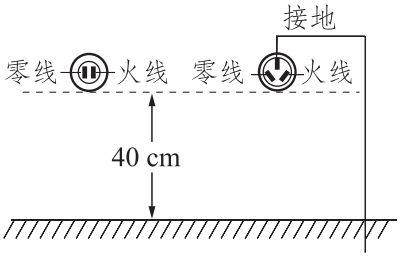
供学习用

图 11-27　生活中可能发生触电的情况

要保证安全用电，首先要避免直接接触火线，因此用电器的安装要符合如图 11-28 所示的安全要求。同时还要注意不能让那些本来不带电的物体带电，或本来绝缘的物体变成导体。



甲　开关接在火线上，螺口灯泡的螺旋接在零线上



乙　明插座应高于地面 40 cm，三孔插座应接地

图 11-28　家庭电路中的安全要求

微信公众号：电子课本大全

相关链接

三孔插座与三线插头

洗衣机、电冰箱、微波炉等家用电器的插头有三个脚，相应的插座有三个孔，如图 11-29 所示。三孔插座下面的两个孔分别接零线和火线，上面的孔接地线，与大地连通。三线插头下面的两个脚接电器的用电部分，另一个和接地插孔对应的脚与家用电器的金属外壳相接。如果用电器内部火线绝缘皮破损或失效，就会导致火线与用电器外壳连通。外壳带了电，人体接触用电器外壳就会发生触电事故。为防止触电事故发生，我们可以将用电器外壳接地，这样即使火线与外壳连通，由于火线与大地之间形成了通路，人体接触外壳时也就没有危险了。仔细观察三线插头，你会发现接用电器外壳的插脚比其他两个插脚稍长一些，这样当插头与插座接通时可以确保接地插头先接地，断开时可以确保接地插头后断开。



图 11-29　三孔插座与三线插头

供学习用

在户外还要注意不能靠近高压带电体，防止高压触电。高压触电有高压电弧触电和跨步电压触电两种。高压电弧触电是指人与高压带电体距离减小到一定程度时，高压带电体与人体之间会发生放电现象，导致触电。跨步电压触电是指高压电线落在地面上时，在距高压线不同距离的点之间存在电压，人的两脚间存在足够大的电压时，就会发生跨步电压触电。高压触电比在家庭电路中触电更危险，所以看到　高压危险　的标志时，一定不能靠近它。室外天线必须远离高压线，不能在高压线附近放风筝、捉蜻蜓，不能爬电线杆。

微信公众号：电子课本大全

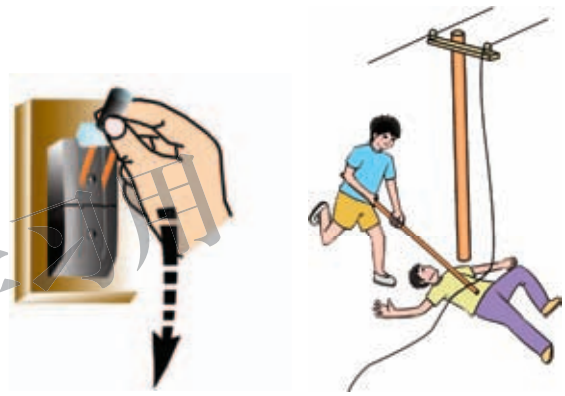


甲 高压电弧触电　　乙 跨步电压触电　　丙 在高压线附近放风筝危险

图 11-30

对于安全用电必须做到四不，即不接触低压带电体，不靠近高压带电体(室外高压线、变压器)，不弄湿用电器，不损坏绝缘层。

一旦发生触电事故，应立即断开电源开关，切断电路，或用绝缘体将电线挑开，使触电者与电源脱离，并进行现场抢救(图 11-31)。



切断电源　　用干木棍挑开电线

图 11-31 触电事故后的应急处理

供学习用

议一议

日常生活中，我们经常会看到小鸟停在高压电线上(图 11-32)。为什么小鸟不会触电呢？与同学交流你的看法。



图 11-32 高压线上的小鸟

微信公众号：电子课本大全

试电笔

试电笔是电工和家庭中常用的安全用电测试工具。

如图 11-33 所示，试电笔中有一个氖管(密封的小玻璃管)，管中充有氖气，当在它的两端加一定电压时(50 V 以上)就会发光。使用试电笔时，要用手接触笔尾的金属体，使氖管靠笔尾的一端与大地连通。电流通过笔尖、电阻、氖管，再经人体流向大地，由于电阻阻值很大(1 MΩ 以上)，所以电流很小，对人体没有危害。如果金属笔尖接触火线，就会使氖管发光。如果接触零线，氖管不发光。使用试电笔时需要注意，千万不能用手指去接触试电笔笔尖的金属部分。

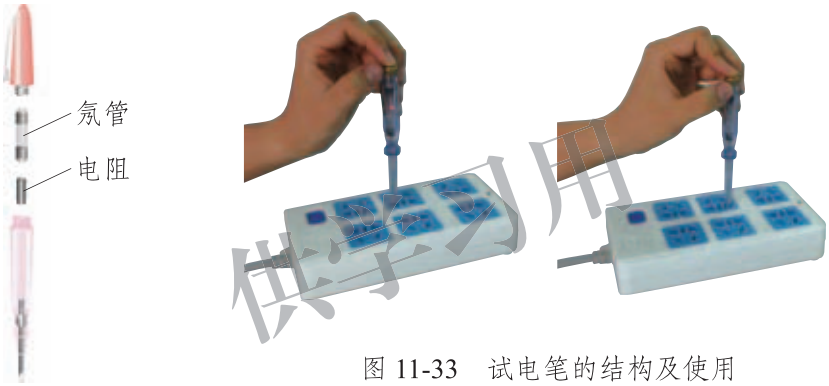


图 11-33　试电笔的结构及使用

供学习用

课后实践

1.家庭电路中的电冰箱、电视机、电灯等用电器的连接方式是_____联的。为了防止因漏电而造成触电事故，家用洗衣机的金属外壳一定要_____。

2.某房间同时使用 5 盏　220 V　40 W　的灯泡，该房间的保险丝应采用 (　　)。

A.一根细铜丝

B.一根额定电流是 1 A 的保险丝

C.两根额定电流是 1 A 的保险丝并联

D.三根额定电流是 1 A 的保险丝并联

微信公众号：电子课本大全

3.以下做法符合安全用电要求的是 (　　)。

A.用湿抹布擦拭电灯

B.控制家用电器的开关安装在火线上

C.使用试电笔时，手与金属笔尖接触

D.家庭电路中应尽量选择较粗的熔丝

4.将图 11-34 中各元件正确接入电路，其中开关只控制电灯，三孔插座带保险盒。

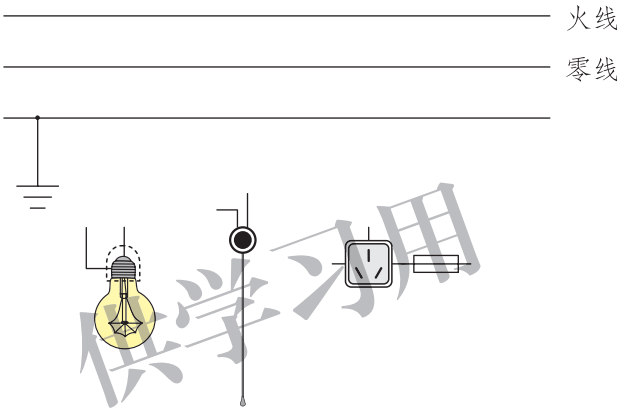


图 11-34

供学习用

微信公众号：电子课本大全

第十二章 DISHIERZHANG
磁现象



供学习用

现代人类的生活离不开电话、电视机、电动机和磁卡等，现代的科学研究离不开各种电表和计算机等，这些设备或仪器都和磁现象有着密不可分的关系。现代的生活离不开电，而有电的地方几乎都有磁的身影。磁现象无处不在，你能感受到吗？

微信公众号：电子课本大全

一、简单磁现象

磁现象是最早被人类认识的物理现象之一。中国是世界上公认发明指南针的国家。指南针的发明是我国劳动人民在长期的实践中对物体磁性认识的结果。

你知道哪些简单的磁现象？**磁体**(magnet)有哪些特性？

想一想

1.如图 12-1 甲所示，找一些金属物体，用磁体的一端与它们接触。磁体能吸引所有的金属物体吗？

2.如图 12-1 乙所示，将磁体放入铁屑中充分接触后，再拿出磁体。磁体上各个部位吸引铁屑的情况一样吗？

3.如图 12-1 丙所示，将条形磁体悬挂起来，并使它能够自由转动。当悬挂的条形磁体静止时，它的两端会分别指向哪个方向？



甲



乙



丙

图 12-1

供学习用

微信公众号：电子课本大全

在图 12-1 甲所示的实验中，我们看到磁体不能吸引所有的金属物体。磁体可以吸引铁、钴、镍等物质，磁体的这种性质叫作磁性。

在图 12-1 乙所示的实验中，我们看到条形磁体的两端吸引的铁屑比较多，中间比较少。磁体上磁性最强的部分叫作**磁极**(magnetic pole)。

在图 12-1 丙所示的实验中，将一根条形磁体悬挂起来，并使它能够自由转动，每次磁体静止时，总是一个磁极指南，一个磁极指北。我们将指南的那个磁极叫作**南极**(south pole)，又叫 S 极；指北的那个磁极叫作**北极**(north pole)，又叫 N 极。

想一想

如图 12-2 所示，用条形磁体的 N 极分别接近磁针的 N 极和 S 极。你看到了什么现象？这说明了什么问题？



图 12-2

供学习用

用条形磁体的 N 极接近磁针的 N 极时，磁针 N 极会远离条形磁体的 N 极(相斥)；用条形磁体的 N 极接近磁针的 S 极时，磁针 S 极会转向条形磁体的 N 极(相吸)。这说明磁极间的相互作用是：**同名磁极相互排斥，异名磁极相互吸引**。

实 验

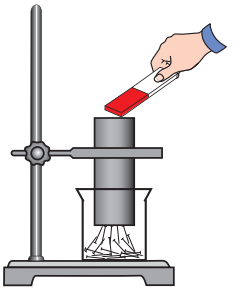
1.将一个不能吸引小铁钉(或曲别针)的大铁钉，按图 12-3 所示的情况放置。观察大铁钉能否吸引小铁钉(或曲别针)。一段时间后移走磁体，情况会怎样？

微信公众号：电子课本大全

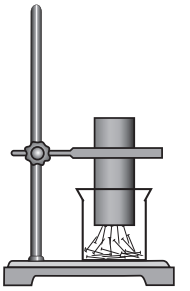
2.将图 12-3 中的大铁钉换成不能吸引小铁钉的钢棒，如图 12-4 所示。磁体接近钢棒一段时间后，观察钢棒能否吸引小铁钉。移走磁体后情况会怎样？



图 12-3



甲　磁体接近钢棒一段时间



乙　移走磁体

图 12-4　磁化钢棒

在图 12-3 的实验中，我们看到原本没有磁性的大铁钉在靠近磁体时，能够吸引小铁钉了。这是由于磁体对大铁钉的作用，使它有了磁性。使原来没有磁性的物体有了磁性的过程叫作磁化。实验中，如果将磁体移开，大铁钉上的大部分小铁钉会落下来，大铁钉几乎没有磁性了。

在图 12-4 的实验中，如果将大铁钉换成钢棒，使它磁化后再移走磁体，钢棒的磁性并不消失，这种能长期保持磁性的磁体叫作永磁体。

相关链接

磁 性 材 料

磁性材料主要是指铁、钴、镍及其合金等能够直接或间接产生磁性的物质。按磁化后去磁的难易程度可将磁性材料分为软磁性材料和硬磁性材料。磁化后容易失去磁性的物质叫软磁性材料，不容易失去磁性的物质叫硬磁性材料。一般来说，软磁性材料剩磁较小，硬磁性材料剩磁较大。

还可以按用途将磁性材料分为永磁材料、软磁材料、磁记录矩磁材料、旋磁材料、压磁材料等。常见的永磁材料有铝镍钴合

供学习用

微信公众号：电子课本大全

金、铁氧体永磁材料和稀土永磁材料，常见的磁性很强的永磁体是用钕铁硼材料制成的。磁记录 矩磁材料是利用磁特性和磁效应输入、记录、存储及输出声音、图像、数字等信息的磁性材料。



图 12-5 生活中的磁性材料

磁性材料的应用非常广泛，可用于电表、电机中；也可作记忆元件、微波元件等；还可用在磁带、计算机的磁性存储设备和银行卡等日常生活用品中。

课后实践

优学习用

1.一根小磁针的磁极标志掉了，怎样判断它的磁极极性？有几种方法？

2.有甲、乙两根外形完全相同的钢棒，一根有磁性，一根没有磁性。现用甲钢棒的一端接触乙钢棒的中部，发现两根钢棒没有相互吸引，由此可知（ ）。

A.甲钢棒有磁性，乙钢棒没有磁性

B.乙钢棒有磁性，甲钢棒没有磁性

C.无法判断哪根钢棒有磁性

3.如图 12-6 所示，弹簧测力计下吊着一个小铁球。在磁体水平向左移动的过程中，弹簧测力计的示数将（ ）。

A.逐渐变大 B.逐渐减小

C.先变大后变小 D.先变小后变大

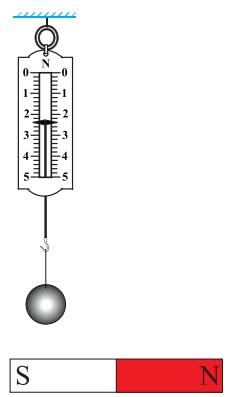


图 12-6

微信公众号：电子课本大全

4.查找有关磁性材料的发展历史，并调查磁性材料在生活中的用途，如你家中有哪些地方使用了永磁体，它们都起了什么作用。写一篇调查报告。



磁带上的信息是怎样　读　出来的

硬磁性材料被磁化以后，还留有剩磁，剩磁的强弱和方向随磁化时磁性的强弱和方向而定。录音磁带上就附有一层硬磁性材料制成的小颗粒。录音时，把与声音变化相对应的电流，经过放大后，送到录音磁头的线圈内，使磁头铁芯的缝隙中产生集中的磁场。随着线圈电流的变化，磁场的方向和强度也做相应的变化。当磁带匀速地通过铁芯的缝隙时，磁场就穿过磁带并使它磁化。由于磁带离开磁头后留有相应的剩磁，其极性和强度与原来的声音电流相对应。磁带不断移动，声音也就不断地被记录在磁带上。放音时，磁带贴着放音磁头运动，磁性强弱的变化使放音磁头中产生变化的感应电流，电流经放大后使扬声器发声，便读　出了磁带中记录的信息。

磁性材料是电子工业的重要材料，广泛应用于计算机、电子器件、通信、汽车和航空等工业领域及家用电器中。它已成为促进高新技术发展和当代经济进步不可替代的材料。当前，我国已成为世界上永磁材料生产量最大的国家。磁性材料在节能电机、液晶电视、风电和新能源汽车等领域的应用正在快速发展。

供学习用

微信公众号：电子课本大全

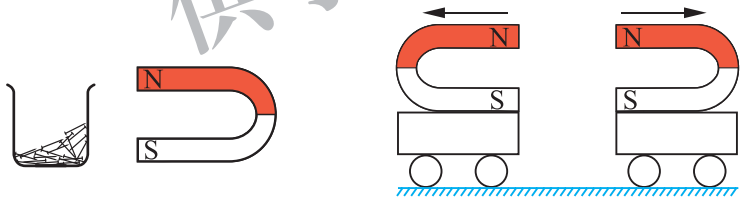
二、磁　场

想一想

如图 12-7 甲所示，在玻璃杯中放入一些小铁钉(或大头针)。用磁体隔着玻璃接近小铁钉，你会看到什么现象？说明了什么？

如图 12-7 乙所示，将两个蹄形磁体分别固定在小车上。将两辆小车上的磁体的同名磁极端相互靠近后再释放，两辆小车会怎样运动？说明了什么？

供学习用



甲　　乙

图 12-7

在图 12-7 甲的实验中，磁体与小铁钉并没有接触，小铁钉却被吸引；在图 12-7 乙的实验中，两辆固定着磁体的小车并没有相互接触，却向相反的方向运动。这说明在磁体周围的空间中存在一种看不见、摸不着的特殊物质。我们把这种物质叫作**磁场**(magnetic field)。磁场对放入其中的磁性物体有力的作用，这是磁场的基本性质。

条形磁体周围的磁场是怎样分布的呢？

微信公众号：电子课本大全

实 验

1.在桌子上放一张白纸，在白纸上放一根条形磁体，用铅笔沿磁体周边画出它的位置。将一个小磁针分别放在磁体周围的不同位置(图 12-8)，并在纸上用铅笔记录下每次小磁针静止时 N 极的指向。

2.在桌子上放一根条形磁体，在条形磁体上放一块硬纸板，将铁屑(相当于很小的小磁针)均匀地撒在纸板上，轻轻敲击纸板。注意观察铁屑的排列情况(图 12-9)。试着用一些曲线将实验结果描画出来。

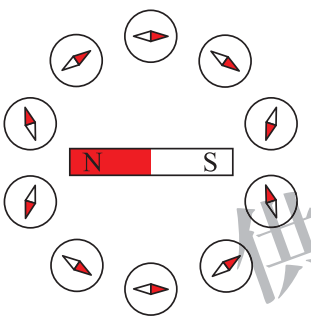


图 12-8

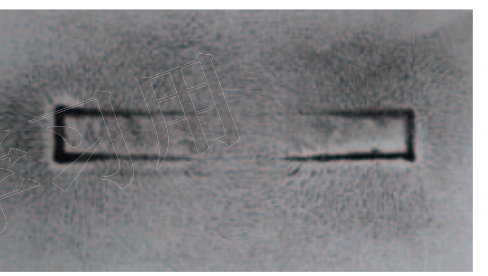


图 12-9

供学习用

想一想

怎样才能比较方便、形象地描述条形磁体的磁场？小磁针在磁场中静止时，它的 N 极指向哪里？

人们为了方便、形象地描述磁场，常用一些带箭头的曲线将小磁针的排列情况画出来。这样的曲线叫作**磁感线**(magnetic induction line)。图 12-10 是用磁感线描述的条形磁体、蹄形磁体、两个同名磁极之间和两个异名磁极之间

微信公众号：电子课本大全

的磁场。磁感线上某一点的切线方向(即放在该点小磁针 N 极的指向)，就是该点的磁场方向。在同一磁场中，磁感线的疏密程度反映了磁场的强弱。

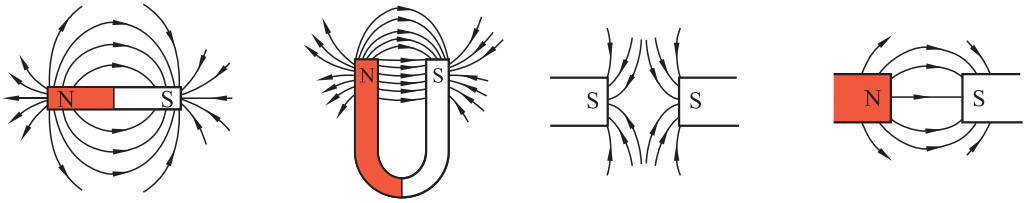


图 12-10

人们发现，地球本身相当于一个巨大的磁体，地球周围空间存在的磁场叫作**地磁场**(geomagnetic field)。指南针沿南北指向就是受地磁场作用的结果。磁针的 N 极指北，说明地磁场的磁感线在地面附近是由南指向北的。所以地磁场的北极应该在地理的南极附近，地磁场的南极在地理的北极附近。

地理的两极与地磁的两极并不恰好重合(图 12-11)。

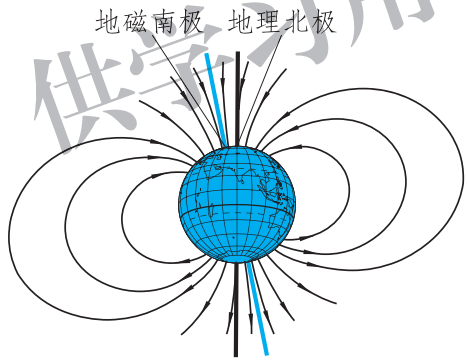


图 12-11　地球本身是一个巨大的磁体

供学习用

相关链接

我国宋代科学家沈括(1031　1095)是世界上第一个准确地记载了地理的两极与地磁的两极并不重合的人。他明确指出，指南针所指的方向稍微偏离南北方向，这比哥伦布(Christopher Columbus，1451　1506)横渡大西洋时(1492　1502)才发现这一现象早了四百多年。

微信公众号：电子课本大全

做一做

制作指南针

方法 1

材料：磁体、钢针、大头针、子母扣、厚纸片。

(1)把两根缝衣服用的钢针并排放在桌面上，用条形磁体的一端靠近钢针表面沿同一方向移动数十次(图 12-12)，使它们磁化成为磁针。

(2)把两根磁针平行地穿过子母扣的四个孔(图 12-13 甲)。

(3)将一根大头针刺过厚纸片，使大头针竖直立起，针尖向上。将穿好磁针的子母扣顶在针尖上(图 12-13 乙)。调整磁针的位置，使磁针能和子母扣一起水平地自由转动。

供学习用

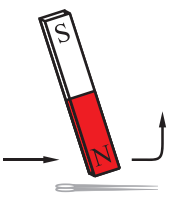


图 12-12

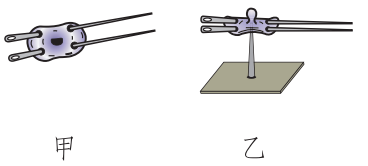


图 12-13

(4)根据磁针静止时的指向确定其 N 极、S 极。

方法 2

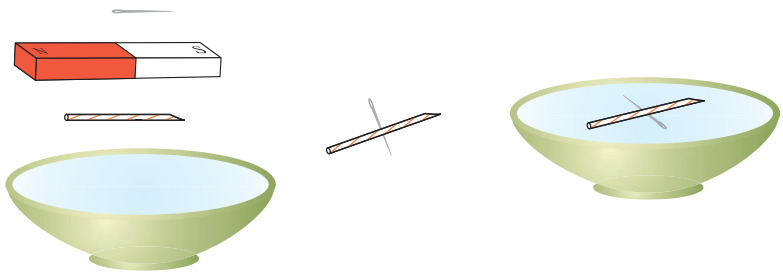
材料：磁体、钢针、吸管、碗、水(图 12-14 甲)。

(1)按图 12-12 所示，将钢针磁化为磁针。

(2)将磁针垂直插入吸管的中部(图 12-14 乙)。

(3)将磁针和吸管放入盛水的碗中，使其漂浮在水面上，这样就制成了一个指南针(图 12-14 丙)。

微信公众号：电子课本大全



甲　　乙　　丙

图 12-14

注意事项

(1)在磁化钢针时，要使磁体朝着同一个方向移动，不要来回移动。

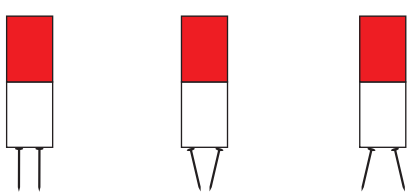
(2)小心不要扎伤手。

供学习用

课后实践

1.图 12-15 中有两根大头针被条形磁体的一个磁极吸起，其中哪幅图正确地反映了真实情况？为什么？

2.在图 12-16 中，根据小磁针 N 极的指向标出磁体的 N 极和 S 极，画出三条有代表性的磁感线，并标出方向。



甲　　乙　　丙

图 12-15

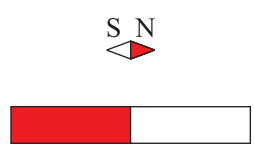


图 12-16

微信公众号：电子课本大全

3.关于磁感线，下列说法正确的是（　　）。

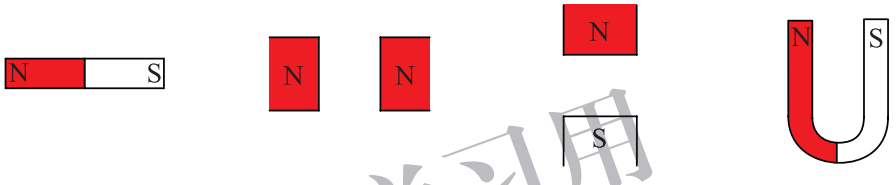
A.磁场中存在着许多曲线，这些曲线叫作磁感线

B.磁感线只是人们假想出来的曲线，是为了形象而又方便地研究磁场

C.任意一段磁感线都是曲线，没有直线

D.磁感线一定是由磁场中的铁屑被磁化后形成的

4.画出图 12-17 中各磁体周围的磁感线分布情况，并标出磁感线的方向。



甲　　乙　　丙　　丁

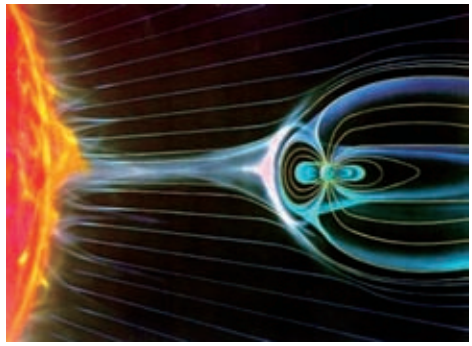
图 12-17

供学习用

5.你想知道图 12-18 所示的情景是怎么回事吗？请上网查一查，试着制作一期板报，让更多的同学了解大自然的奇妙。



极光



太阳风和地球磁场相互作用示意图

图 12-18

微信公众号：电子课本大全

三、通电螺线管的磁场

在历史上，人们在相当长的一段时间里都认为电和磁是互不相关的两种现象。直到 1820 年，丹麦物理学家奥斯特(Hans Christian Oersted，1777　1851)发现了下面的实验现象，成为揭示电与磁之间联系的第一人。

实　验

如图 12-19 所示，闭合开关，当电流通过导线(导线需南北方向放置)时，观察小磁针的偏转情况；断开开关时，观察小磁针的偏转情况；将电源的正、负极对调，闭合开关，当电流通过导线时，观察小磁针的偏转情况。

供学习用

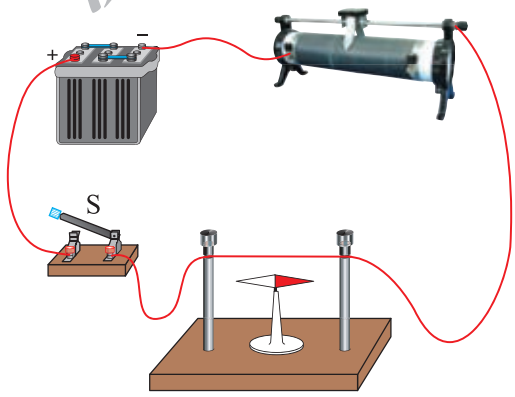


图 12-19

实验中，当导线通电时，可看到小磁针的指向发生了偏转，这说明导线中的电流在周围的空间中产生了磁场。断开开关后，小磁针回到原位。改变电流的方向，小磁针的偏转方向也会改变，这说明电流产生的磁场方向跟电流的方向有关。大量实验表明，通电导线周围存在磁场，这一现象叫作**电流的磁效应**。

微信公众号：电子课本大全

奥斯特的发现激发了科学家们的探索热情，他们让电流通过不同形状的导线，来进一步研究电流周围磁场的分布情况。

学生实验：探究通电螺线管外部磁场的方向

问题与猜想

通电导线周围的磁场方向与通电电流的方向有关，通电螺线管周围的磁场方向是否也与通电电流的方向有关？通电螺线管外部的磁场特点及其方向是怎样的？

设计实验与制订计划

1.如图 12-20 所示，用铜导线穿过一块硬板绕成螺线管(螺线管内可放入小磁针)，将小磁针放在硬板的不同位置，然后给螺线管通电，分别记录下小磁针在各个位置静止时 N 极的指向。改变电流的方向，观察小磁针的偏转情况。

2.如图 12-21 所示，在硬板上均匀地撒上一些铁屑，给螺线管通电后，轻轻敲击硬板，注意观察铁屑的排列情况。

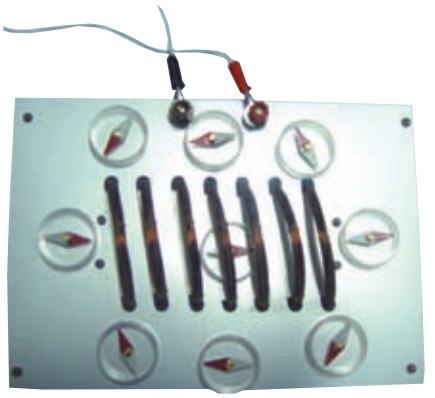


图 12-20

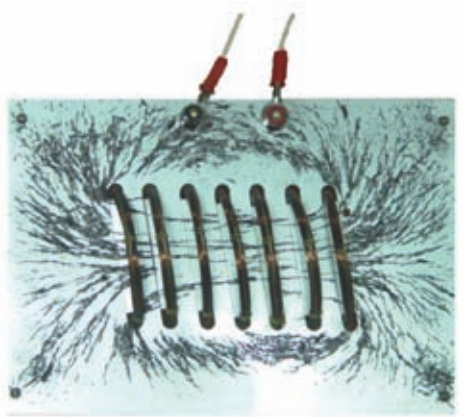


图 12-21

仅学习用

微信公众号：电子课本大全

进行实验与收集证据

按照上述探究计划进行实验，将你观察到的小磁针的指向和铁屑的排列情况记录下来。

分析与论证

改变通电螺线管中的电流方向时，小磁针的方向_____，说明_____。

通电螺线管外部磁场的特点是_____。

供学习用

通电螺线管外部的磁场跟条形磁体的磁场相似，通电螺线管的两端相当于两个磁极。通电螺线管内部存在磁场，方向是由S极指向N极。通电螺线管两端的极性与通电螺线管中的电流方向有关。改变电流的方向时，通电螺线管的两极对调。

议一议

通电螺线管的磁场与电流方向存在怎样的关系？

通电螺线管两端的磁极性质跟电流方向的关系可用**右手螺旋定则**(right-handed screw rule)来判断。如图 12-22 所示，用右手握住螺线管，让四指弯曲且与螺线管中电流的方向一致，则大拇指所指的那端就是通电螺线管的N极。右手螺旋定则又叫安培定则。

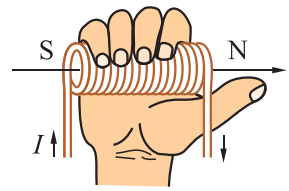


图 12-22 右手螺旋定则

微信公众号：电子课本大全

课后实践

1.如图 12-23 所示，把螺线管沿东西方向水平悬挂起来，让它能够自由转动，然后闭合开关S，则（　　）。

A.通电螺线管仍在原来的位置保持静止

B.通电螺线管转动，直到 *A* 端指向南，*B* 端指向北

C.通电螺线管转动，直到 *A* 端指向北，*B* 端指向南

D.通电螺线管能在任意位置静止

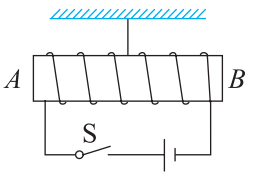


图 12-23

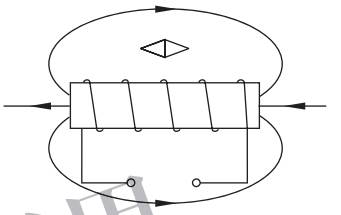


图 12-24

2.根据图 12-24 中通电螺线管的磁感线方向，在图中标出电源的 ＋ 、 － 极，并标出小磁针的 N 极、S 极。

3.根据图 12-25 所示情景，判断电源的 ＋ 、 － 极。

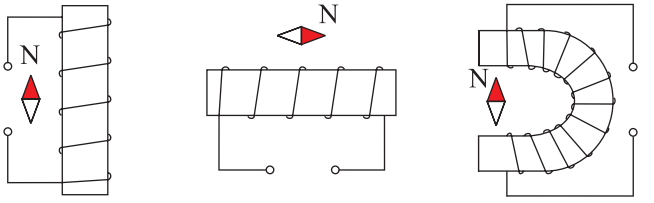


图 12-25

4.图 12-26 中，将小磁针靠近螺线管的一端，当开关 S 闭合后，小磁针 N 极的指向如图所示。请在图中标出螺线管的磁极和电源的 ＋ 、 － 极，并画出螺线管的绕法。

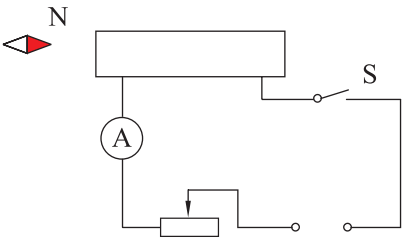


图 12-26

供学习用

微信公众号：电子课本大全

知识窗

奥 斯 特

在历史上，人们对电现象和磁现象的研究是分开进行的。19 世纪初，一些科学家开始认为自然界各种现象之间应该是互相联系的。基于这种思想，丹麦物理学家奥斯特开始用实验方法寻找电和磁之间的联系。起初他的实验一直没有成功，直到 1820 年 4 月的一天，他在课堂上演示物理实验时，无意中把通电导线平行放在磁针上面，磁针发生了偏转。这一现象并没有引起其他人的注意，却使奥斯特喜出望外。他紧紧抓住这个现象，又继续做了几十个不同的实验，终于成为第一个发现电与磁之间联系的人。



图 12-27 奥斯特

奥斯特生于丹麦的兰格朗岛路克宾。12 岁开始帮助父亲在药房里干活，同时坚持学习化学。在 17 岁时他以优异的成绩考取了哥本哈根大学的免费生，攻读医学和自然科学。他一边当家庭教师，一边在学校学习药物学、天文、数学、物理、化学等。在物理学领域，他首先发现通电导线会使磁针受到力的作用而改变方向。在化学领域，他最先发现了铝元素。奥斯特还是第一位明确地描述思想实验的现代思想家，

供学习用

微信公众号：电子课本大全

创造了思想实验这个名词。

1799 年奥斯特获得博士学位。1806 年被聘为哥本哈根大学物理、化学教授，研究电流和声等课题。1815 年起任丹麦皇家学会常务秘书。1820 年因电流的磁效应这一杰出发现获英国皇家学会科普利奖章。1824 年倡议成立丹麦自然科学促进会，1829 年出任哥本哈根理工学院院长，直到 1851 年 3 月 9 日在哥本哈根逝世。终年 74 岁。

1934 年，国际上将磁场强度的单位命名为奥斯特，简称奥。

供学习用

微信公众号：电子课本大全

四、电磁铁及其应用

在一个通电螺线管中插入一根软铁棒，通电螺线管的磁性会增强，这样就制成了一个**电磁铁(electromagnet)**。

电磁铁磁性的强弱与哪些因素有关呢？

实 验

如图 12-28 所示，把表面有绝缘层的通电导线绕在一根大铁钉上，就成为了一个电磁铁。用电磁铁吸引小铁钉(或大头针)的数量的多少来反映电磁铁磁性的强弱。

1.当电流大小改变时，电磁铁的磁性强弱有无变化？

2.当导线的匝数增加一倍时，电磁铁的磁性强弱有无变化？

3.断开开关后，电磁铁的磁性强弱有无变化？

将实验数据记录在表 12-1 中。

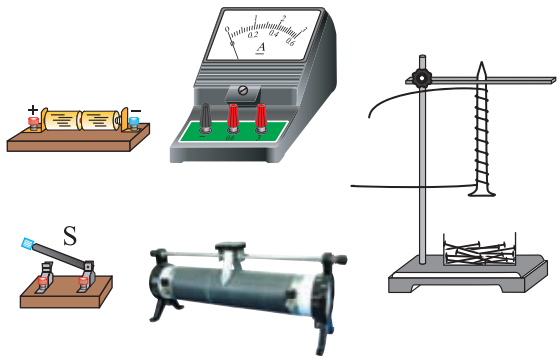


图 12-28

供学习用

微信公众号：电子课本大全

表 12-1 影响电磁铁磁性强弱的因素

实验次数	电流/A	匝数/匝	电磁铁吸引小铁钉的数量
1			
2			
3			

电磁铁的磁性强弱与通入电流的大小有关，线圈匝数一定时，通入的电流越大，它的磁性越_____。电磁铁的磁性强弱与线圈匝数有关，通入线圈的电流一定时，线圈匝数越多，它的磁性越_____。电磁铁通电时有磁性，断电时，磁性_____。

供学习用

电磁铁在生产和生活中具有广泛的应用，如电磁起重机、电磁选矿机、电铃、电磁继电器等(图 12-29)。


电磁起重机


电铃


电磁继电器

图 12-29 电磁铁的应用

在工厂里，驱动巨大机器的电流有时可达到几十或几百安培，工人用手直接操作强电流或高压电路的开关是很危险的。电磁继电器可以帮助人们解决这一问题。

微信公众号：电子课本大全

如图 12-30 所示，虚线框中就是电磁继电器的结构，它由电磁铁、衔铁、弹簧、触点等组成。

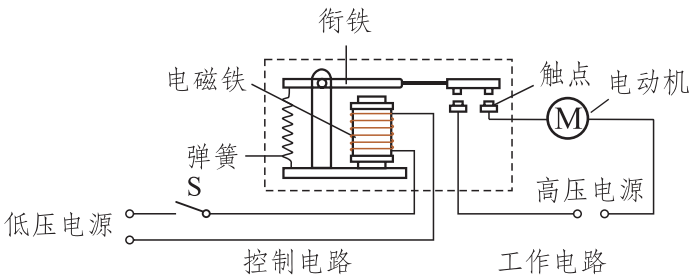


图 12-30

当闭合开关 S 接通控制电路时，有较小的电流通过电磁铁的线圈，电磁铁有了磁性后吸引衔铁，使触点接通有强电流或高电压的工作电路。

这样，工人利用电磁继电器可实现用弱电流、低电压控制强电流、高电压的工作电路。如果生产场所温度高或环境不好，还可以把控制电路的开关安装在较远处，进行远距离操作。

供学习用

议一议

图 12-31 是一个防汛报警器的原理图。S 是触点开关，*B* 是一个漏斗形的圆筒，*A* 是浮子。请你说一说水位上涨超过警戒线时，控制电路是怎样接通的，报警电路又是怎样接通和报警的。

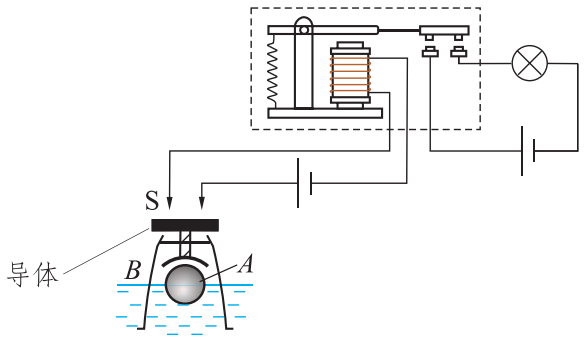


图 12-31

微信公众号：电子课本大全

课后实践

1.下列材料可以当作电磁铁铁芯的是 (　　)。

A.钢　　B.铝　　C.铜　　D.软铁

2.图 12-32 是可以控制两个电动机工作的电路图。当闭合手控开关 S 时，哪个电动机工作？当断开手控开关 S 时，哪个电动机工作？为什么这样操纵电动机比直接操纵要安全？

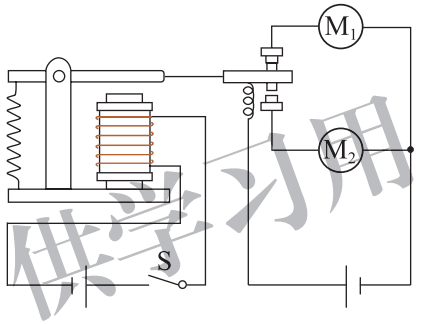


图 12-32

供学习用

3.在图 12-33 中，左边的电路中有一个电磁铁。*X* 是一个弹簧片，*Y* 是小锤，*Z* 是一块软铁，*G* 是小铃。当开关闭合时，下列叙述正确的是 (　　)。

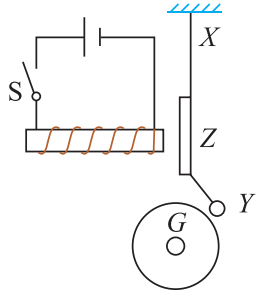


图 12-33

A.小锤 *Y* 将连续不断地敲铃

B.小锤 *Y* 只会敲一下铃

C.小锤 *Y* 不会敲铃

D.电磁铁的左端是 N 极，右端是 S 极

微信公众号：电子课本大全

4.将图 12-34 中的电磁铁连入你设计的电路中(在虚线框内完成)，要求：

(1)电路能改变电磁铁磁性的强弱；

(2)使小磁针的指向如图所示。

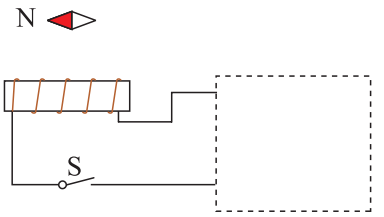


图 12-34

知识窗

供学习用

磁浮列车

磁浮列车是一种新型的有轨交通工具。它不靠车轮来支持车体，而是主要依靠磁场的作用来实现支撑、导向、牵引和制动功能。

磁浮列车主要由悬浮系统、推进系统和导向系统三大部分组成。目前磁浮列车的悬浮系统主要有两种，即电磁悬浮系统(EMS)和电力悬浮系统(EDS)。电磁悬浮系统是一种吸力悬浮系统。如图 12-35 所示，车厢下的悬浮电磁铁与轨道电磁铁相互吸引，使列车受到很大的向上托的力，列车就会悬浮在轨道上方。同时，在车厢下

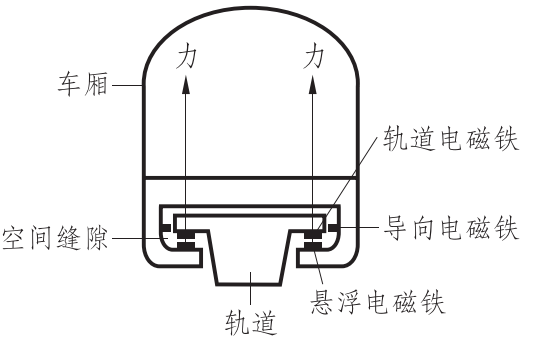


图 12-35

微信公众号：电子课本大全

部的导向电磁铁的作用下，列车与轨道保持一定的侧向距离。这样，就实现了列车在垂直方向和水平方向的无接触支撑和无接触导向。电力悬浮系统是一种斥力悬浮系统。如图 12-36 所示，在列车的两侧装有电磁铁，而在轨道的底部固定着通有电流的线圈，形成很强的磁场。列车上的电磁铁与轨道线圈产生的磁场发生相互作用，使列车受到很大的竖直向上的托力，列车就会浮在轨道的上方。运行时，列车上的电磁铁的极性是恒定的，而轨道上线圈产生的磁场的极性是变化的。

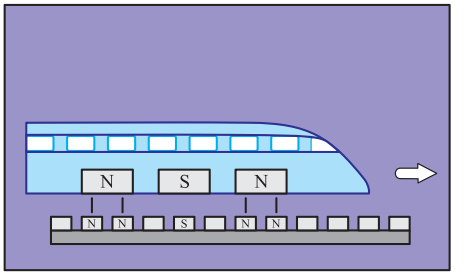


图 12-36

磁浮列车是当今世界上最快的地面客运交通工具，具有高速、舒适、无噪声、无污染、能耗低等优点。目前世界上少数国家已有试验车运行，我国已开始兴建磁浮列车线路。上海磁浮列车(图 12-37)示范运营线已于 2002 年 12 月 31 日顺利通车。这是世界上第一条高速磁浮铁路商业运营线，全长 30 km，最高设计速度 430 km/h，列车不到 8 min 就可驶完全程。



图 12-37

供学习用

微信公众号：电子课本大全

五、磁场对通电导体的作用

电流能产生磁场，因此对磁性材料有力的作用。那么，磁场对电流会不会也有力的作用呢？

实　验

将导线 *AB* 放入磁场中，组装成如图 12-38 所示的电路。闭合开关后，如果导线 *AB* 运动，说明磁场对通电导体可以产生力的作用。

作用力的方向与什么因素有关呢？请按以下步骤进行实验。

1.保持磁体 N 极和 S 极位置不变，改变电流的方向。

2.保持电流的方向不变，改变磁体的N极和S极位置。

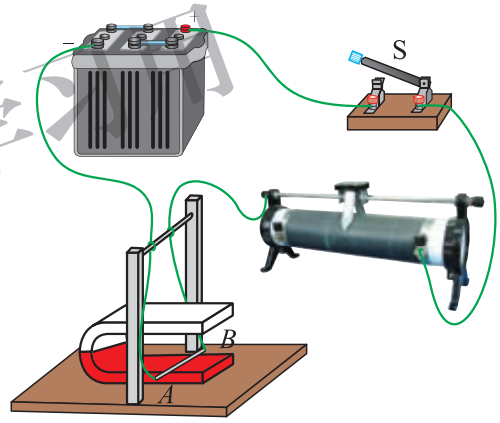


图 12-38　磁场对通电导体的作用

请你观察通电导线 *AB* 的运动情况，并将其记录在表 12-2 中。

表 12-2　探究磁场对通电导体的作用

	导线 *AB* 中的电流方向	导线 *AB* 的运动方向
蹄形磁体 N 极在上	*A*→*B*	
	A←*B*	
蹄形磁体 N 极在下	*A*→*B*	
	A←*B*	

微信公众号：电子课本大全

议一议

通电导线在磁场中是否受力？受力的方向跟哪些因素有关？

磁场对通电导体有力的作用。通电导体受到的磁场力的方向跟磁感线的方向和电流的方向有关。当导体中的电流与磁感线平行时，磁场对导体没有力的作用。

当通电导体与磁感线垂直时，通电导体受力方向和磁感线方向、电流方向之间的关系，可用图 12-39 所示的方法来判断：伸开左手，使大拇指与四指在同一平面内并跟四指垂直，让磁感线垂直穿入手心，使四指指向电流方向，这时，拇指所指的方向就是通电导体在磁场中所受磁场力的方向。这种方法称为**左手定则**(left-hand rule)。你可以用自己的实验结果加以验证。

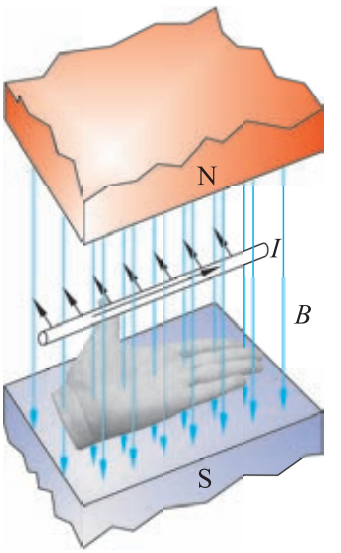


图 12-39 左手定则

仅学习用

相关链接

动圈式扬声器

动圈式扬声器，俗称喇叭，在生活中随处可见(图 12-40)。动圈式扬声器是把电信号转换为声信号的一种装置。它主要由固定的永磁体、音圈和锥形纸盆等构成，如图 12-41 所示。当音圈中通过大小和方向反复变化的电流(交变电流)时，音圈会在永磁体的磁场中受到大小和方向都在变化的力的作用，从而使得音圈振动(振动的方向和振幅的大小随着输入信号的方向和大小而变化)。音圈的

微信公众号：电子课本大全

振动会带动纸盆振动，于是扬声器就发出了声音。



图 12-40

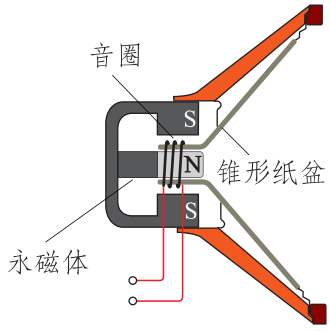


图 12-41

手机中的喇叭、小巧的耳塞式耳机等基本都是动圈式的，其原理与动圈式扬声器的原理相同，只是将大的纸盆换成了小的音膜。

供学习用

课后实践

1.要改变通电导线在磁场中的受力方向，可以通过改变_____或改变_____来实现。

2.通电导线在磁场中运动，消耗了_____能，得到了_____能。

3.在如图 12-38 所示的实验中，如果同时改变导线中的电流方向和磁场方向，导线的受力方向会改变吗？

微信公众号：电子课本大全

六、直流电动机

在现代生产和生活中广泛使用着直流电动机。直流电动机是将电能转化为机械能的装置。

直流电动机的工作原理是怎样的呢？

实 验

把一段漆包线绕成约 1 cm × 2 cm 的矩形线圈，圈数约为十几圈。在线圈的两端各伸出约 2 cm 的漆包线作为转动轴。用小刀刮掉两端引线的漆皮，一端全部刮掉(图 12-42 甲)，另一端只刮掉半周(图 12-42 乙)。

用曲别针弯成两个 Y 形支架，固定在薄木板(或硬纸板)上，如图 12-43 所示。两个支架分别与电池的两极相连。把线圈的转动轴放在支架上，磁体放在线圈下，并且使一个磁极向上。闭合开关后，用手指轻轻转一下线圈，线圈就会连续不停地转动起来。

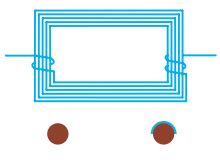


图 12-42

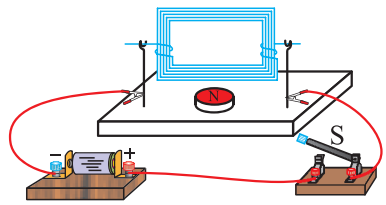


图 12-43

把通电的矩形线圈放入磁场中，线圈的受力和运动情况与线圈的位置有关。如果线圈平面与磁感线平行(图 12-44 甲)，线圈两边 *ab* 和 *cd* 中电流的方向

供学习用

微信公众号：电子课本大全

相反，在磁场中受力方向也相反(根据左手定则判断)。这两个力不在一条直线上，因此线圈将发生顺时针转动。

如果线圈平面与磁感线垂直(图 12-44 乙)，*ab* 和 *cd* 的受力方向相反，而且在同一直线上，线圈受力平衡，此时线圈平面所处的位置叫作平衡位置。如果线圈原来是转动的，就会由于惯性而越过平衡位置。

如果线圈按图 12-44 丙所示的位置放置，*ab* 和 *cd* 受力方向也相反，由于这两个力不在一条直线上，线圈也将发生转动，转动方向为逆时针方向。

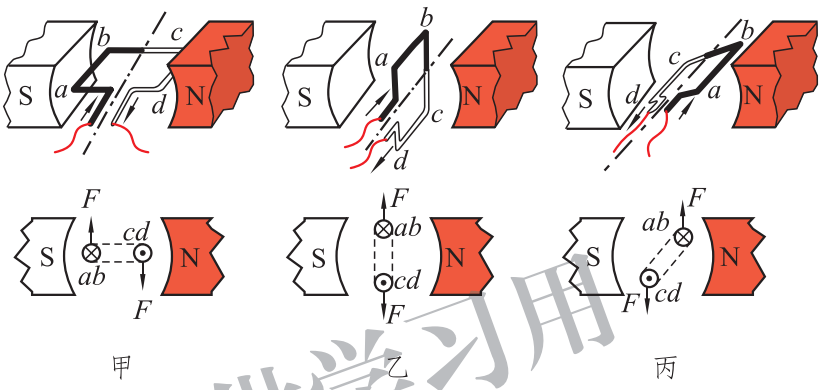


图 12-44

供学习用

如果用图 12-44 所示的装置进行实验，你会发现此时线圈不能连续转动下去。这是因为线圈越过了平衡位置以后，受到了阻碍它转动的力的作用。如果在越过平衡位置后线圈中不再通过电流或及时改变电流方向，线圈就能连续转动下去。

在图 12-43 所示的实验中，我们采用在一端刮去半周引线漆皮的方法，使线圈每转过一周只有半周通过电流，另外半周靠惯性继续转动。

如果设法改变后半周电流的方向，使线圈在后半周同样获得动力，线圈在动力作用下也可以连续地转动下去。

实际的直流电动机是通过换向器来实现这项功能的。那么，换向器是如何工作的呢？

图 12-45 是直流电动机的示意图。两个半圆铜环 *E* 和 *F* 彼此绝缘，它们能够改变通过线圈中的电流方向，这个装置就是换向器。*A* 和 *B* 是石墨或铜制成的电刷，使电源和线圈等组成闭合电路。

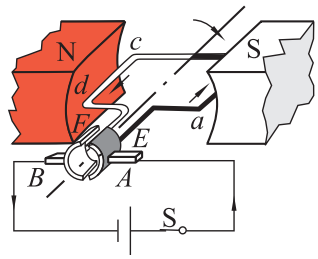


图 12-45

微信公众号：电子课本大全

议一议

1.两个半圆环 E 和 F 是怎样与线圈相连的？

2.在转动过程中，线圈中的电流方向如何？

3.电流的　换向　是如何实现的？

半圆环 E 与矩形线圈的 ab 边固定相连，半圆环 F 与矩形线圈的 cd 边固定相连。我们可以用左手定则判断 ab 边和 cd 边的受力方向，进而判定线圈的转动方向。

1.当线圈处于图 12-46 甲所示的位置时，线圈中的电流方向是_____，此时线圈将向_____方向转动。

当线圈通过图 12-46 乙所示的位置后，线圈中的电流变为_____，此时线圈将向_____方向转动。

当线圈转到图 12-46 丙所示的位置时，线圈中的电流方向是_____，此时线圈将向_____方向转动。

当线圈通过图 12-46 丁所示的位置后，线圈中的电流变为_____，此时线圈将向_____方向转动。

2.线圈每一次转过_____位置，换向器就自动改变线圈中电流的方向，使线圈不停地运动下去。

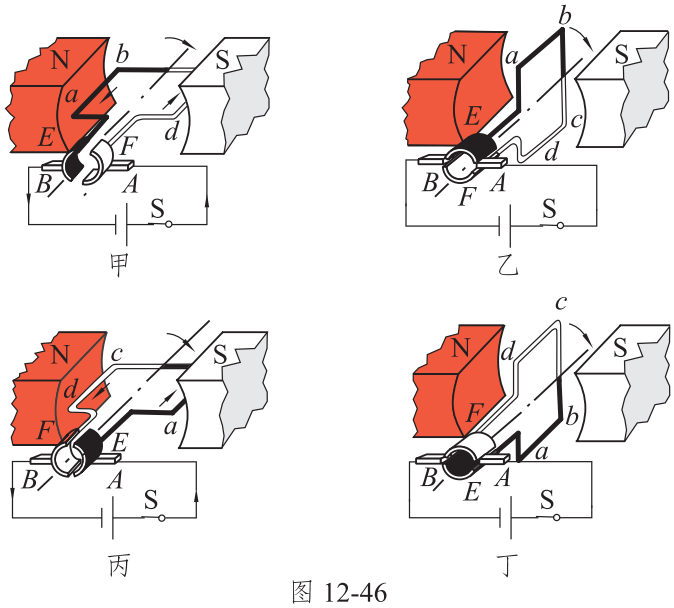


图 12-46

供学习用

微信公众号：电子课本大全

实际使用的直流电动机是比较复杂的，主要结构有两部分。它的线圈有许多匝，换向器由许多对铜片组成，嵌在圆柱形铁芯上，组成转子。定子由机壳和电磁铁组成，转子安装在定子里。

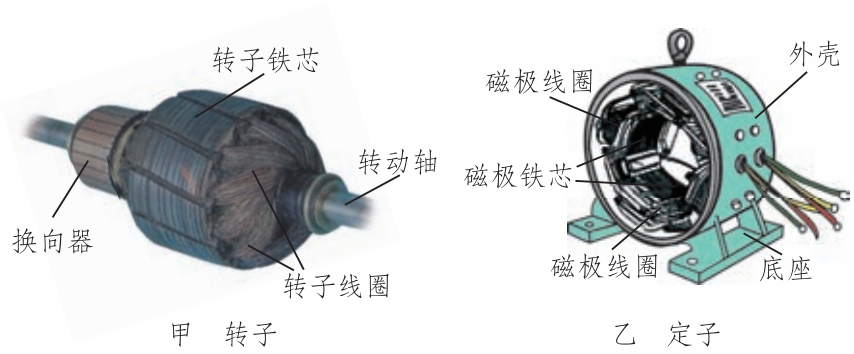


图 12-47

电动机和热机都是获得机械能的装置。与热机相比，电动机不仅构造简单、制造方便、体积小、效率高、便于控制，而且种类繁多，能适应不同的需要。

直流电动机广泛地应用在电力机车、轧钢机、起重机和刨床等机械中。而电风扇、洗衣机、电冰箱等电器中用的是交流电动机，农村用来带动水泵的也是交流电动机，交流电动机同样在生产、生活中有着广泛的应用。

仅学习用

课后实践

1.要改变直流电动机的转向，可以采用的方法是（　　）。

A.同时改变线圈中电流的方向和磁场的方向

B.只改变线圈中电流的方向，或只改变磁场的方向

C.适当减小电流

D.适当减弱磁场

2.说一说换向器的作用是什么。

3.实际的电动机主要是由_____和_____两部分组成的。

4.举例说明电动机在日常生活中的应用。

5.购买成套的配件和材料，自己动手制作一个小型电动机。

微信公众号：电子课本大全

七、电磁感应及其应用

学生实验：探究导体在磁场中运动时产生感应电流的条件

问题与猜想

电流能够产生磁场，磁场是否能产生电流呢？产生电流的条件是什么？把你的猜想写在下面。

设计实验与制订计划

如图 12-48 所示，用绝缘细线将矩形线框悬挂起来，使它的底边 *AB* 水平置于蹄形磁体的磁场中。

闭合开关后，记录下列情况中电流计指针的偏转情况。

1.线框底边 *AB* 和磁体都不动。

2.使线框底边 *AB* 在水平方向上垂直于磁感线做切割磁感线的运动。

3.使线框底边 *AB* 向上或向下运动，但不切割磁感线。

4.线框底边 *AB* 不动，使磁体左右运动。

5.线框底边 *AB* 不动，使磁体上下运动，但不让 *AB* 切割磁感线。

根据上述实验计划，设计实验记录表格。

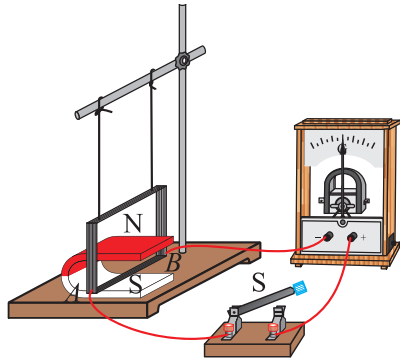


图 12-48

供学习用

微信公众号：电子课本大全

进行实验与收集证据

将电流计指针的偏转情况记录在你设计的表格中。

分析与论证

分析实验现象，你能得出什么结论？与其他同学讨论你得到的结论，并在全班进行交流。

通过实验探究，我们知道：当导体回路的一部分在磁场中做切割磁感线运动时，回路中就会产生电流，我们称这种现象为**电磁感应**(electromagnetic induction)现象。由电磁感应现象产生的电流叫作**感应电流**(induction current)。

供学习用

发电机

电能是现代社会最主要的能源之一。**发电机**(generator)就是利用电磁感应现象把机械能转化为电能的装置。图 12-49 甲是便携式汽油发电机。

图 12-49 乙是实验室常用的手摇发电机。当转动摇把使线圈在磁场中转动时，灯泡会发光。这表明电路中有了电流。如果在电路中接入电流计，线圈在磁场中转动时，可以看到电流计的指针随着线圈的转动而左右摆动。



甲　便携式汽油发电机　　乙　手摇发电机

图 12-49

微信公众号：电子课本大全

这个现象表明，手摇发电机发出的是大小和方向都在变化的电流，这样的电流叫作**交流电**(alternating current)。

图 12-50 是交流发电机的结构原理图。当线圈旋转时，电刷 A 始终与滑环 K 接触，电刷 B 始终与滑环 L 接触，线圈、电刷、滑环、导线、开关、用电器与电流计等形成一个闭合电路。在线圈转动过程中，ab 边和 cd 边做切割磁感线的运动，线圈中产生了感应电流，电流计的指针有规律地左右偏转。这种输出交流电的发电机叫作交流发电机。

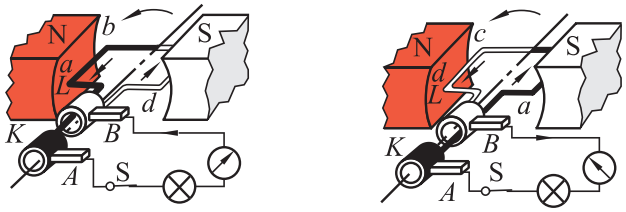


图 12-50　交流发电机原理图

相关链接

交流电的频率 f 是由发电机的磁极对数 m 和转速 n 决定的，$f = mn/60$。我国电网的标准频率是 50 Hz，这是一个确定的数值。当 $m = 1$ (两极发电机)时，转速 $n = 3\,000$ r/min；当 $m = 2$ (四极发电机)时，转速 $n = 1\,500$ r/min。国外电网也有采用 60 Hz 作标准频率的。

供学习用

如果用两个半环组成的换向器来代替交流发电机上的两个滑环(图 12-51)，这样，虽然线圈部分产生的是交流电，而供给外部的却是直流电。这样的发电机叫作直流发电机。图 12-49 乙所示的发电机上也装有换向器，当改用换向器

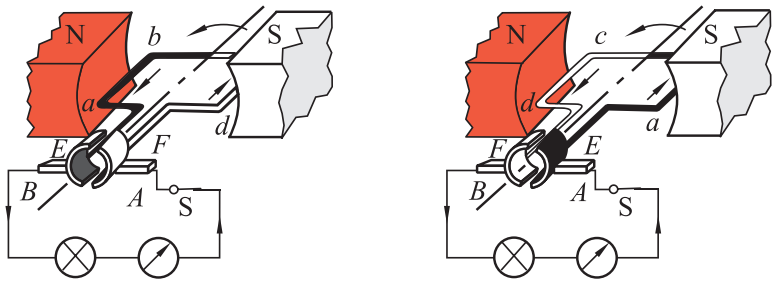


图 12-51　直流发电机原理图

微信公众号：电子课本大全

时，它也可以发出直流电。

实际使用的发电机的构造要复杂得多。发电机主要由定子、转子、端盖、电刷、机座及轴承等部件构成，其中定子和转子是主要部分。大型发电机多采用线圈不动而磁场转动的方法，定子上分布着线圈，转子是一组电磁铁，转子转动时，定子中的线圈便会切割磁感线，从而产生感应电流。

发电机被广泛地应用在生产和生活中。汽轮机与发电机配套就组成汽轮发电机组，将水的机械能转换为电能的机械设备是水力发电机。图 12-52 是我国三峡水轮发电机组。

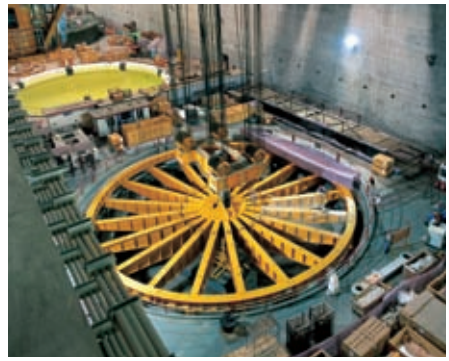


图 12-52　三峡水轮发电机组

供学习用

课后实践

1.请你说一说交流发电机的滑环与直流发电机的换向器两者的构造和用途有什么不同。

2.通过发电机可以把_____能转化为_____能。

3.收集电磁感应在生产、生活中应用的实例。

知识窗

金属探测器

说到金属探测器(图 12-53)，人们就会联想到探雷器，工兵用它来探测埋在地下的地雷。金属探测器是专门用来探测金属的仪器，它除了用于探测有金属外壳或金属部件

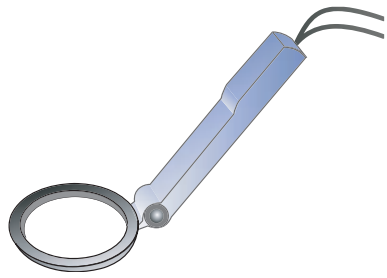


图 12-53　金属探测器示意图

微信公众号：电子课本大全

的地雷外，还可以用来探测隐蔽在墙壁内的电线、埋在地下的水管和电线，甚至能够探测地下宝藏，发现埋藏在地下的金属物体。

金属探测器由高频振荡器、振荡检测器、音频振荡器、功率放大器和扬声器等组成(图 12-54)。使用时，调节高频振荡器的增益电位器，恰好使振荡器处于临界振荡状态，也就是说刚好使振荡器起振。当探测线圈靠近金属物体时，由于电磁感应现象，会在金属导体中产生涡电流，使振荡回路中的能量损耗增大，正反馈减弱。处于临界态的振荡器振荡减弱，甚至会因为无法维持振荡所需的最低能量而停振。振荡检测器检测出这种变化后，由音频振荡器产生音频振荡，从而将电信号转换成声音信号，经功率放大器放大，驱动扬声器发声。根据声音的有无，就可以判定探测线圈下面是否有金属物体了。

供学习用

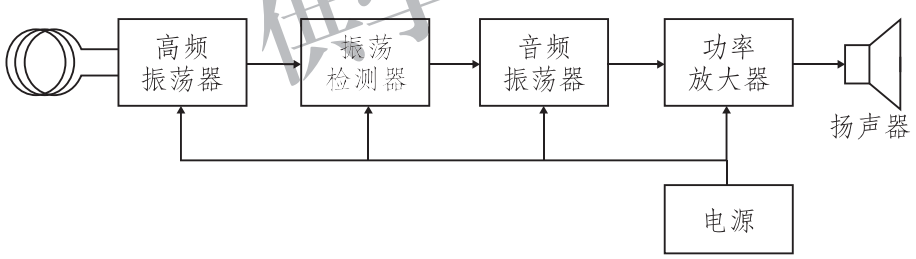


图 12-54　金属探测器电路框图

安检用的金属探测器就是根据这个原理制成的。金属探测器可广泛应用于机场、海港、边防和进出口岸，军、警、司法及政府部门，以及高级电子制造业、贵金属业、银行等重要部门。它还可以对工业原材料、食品、医药、纺织品、邮件包裹等生产行业的非金属物流进行安全检查，能对隐藏在被检测对象中的金属杂物碎片发出警报，以便及时清除，确保产品的卫生、安全和设备的正常运转。

微信公众号：电子课本大全

法 拉 第

电磁感应现象是英国著名的物理学家、化学家法拉第(Michael Faraday，1791 1867)经过十多年的研究，于1831年发现的。



图 12-55 法拉第

法拉第出生在萨里郡纽因顿的一个铁匠家庭，没有受过完整的初等教育。在学徒期间，他自学了许多书籍，其中《化学中的守恒》一书对他影响很大。他从微薄的收入中挤出钱来，利用业余时间进行实验。

22岁时，他被录用成为戴维实验室里的一名助手。在工作中，法拉第刻苦钻研，努力学习，获得了一系列有价值的成果：1821年，法拉第发现了六氯乙烷；1823年首次实现氯的液化；1825年从煤气罐中残留的油状物里分离出苯；1831年发现电动机原理并制成了电动机模型；1832 1833年提出了法拉第定律；1837年创立电磁场理论，发现磁光效应及抗磁物质；1854年发现强磁场能够使偏振光的振动面偏转。

1824年，法拉第当选英国皇家学会会员，并被法国科学院吸纳为院士。在物理学领域，法拉第有 电学之父 的美誉。

供学习用

微信公众号：电子课本大全

课外探究

影响电磁铁磁性强弱的其他因素

将通电导线(漆包铜线或带有塑料绝缘皮的细导线)绕在铁钉上，就制成了一个电磁铁。我们知道，通过导线的电流大小和导线的匝数多少都会影响电磁铁的磁性强弱。除此之外，还有其他影响电磁铁磁性强弱的因素吗？

一、问题

在铁钉上绕导线时，不同的绕法是否会影响电磁铁磁性的强弱？

二、设计

用铁钉和导线制作电磁铁，控制导线长度，分别将导线分散地绕在铁钉上或密集重叠地绕在铁钉上，观察电磁铁吸引大头针的数量，比较电磁铁磁性的强弱。

供学习用

三、材料和工具

铁钉、大头针、2 节干电池、带开关的电池盒、漆包铜线或带有塑料绝缘皮的细导线、绝缘胶布。

四、步骤

1.取长约 50 cm 的漆包铜线或带有塑料绝缘皮的细导线，均匀平铺地在铁钉上缠绕 50 圈左右，线圈两端各留出约 10 cm 的导线。



微信公众号：电子课本大全

2.将导线的两端接在电池盒上，通电后，记录铁钉吸引大头针的数量。

3.断开开关，将导线拉直，重新在铁钉的尖端部分紧密地缠绕多层。

4.通电并记录铁钉吸引大头针的数量。

五、注意事项

1.导线通电后容易发热，所以通电时间不宜过长，要及时断开开关。

2.铁钉和大头针的尖端容易伤人，实验过程中要注意安全。

六、分析讨论

1.在两次实验中，电磁铁吸引大头针的数量有差别吗？如何判断电磁铁磁性的强弱？

2.根据实验结果，你可以得出什么结论？

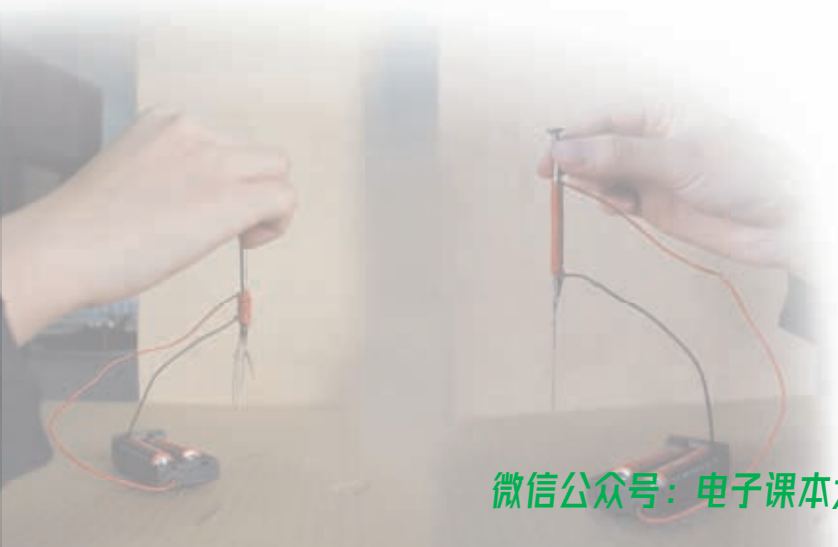
3.如果实验现象不明显，你认为可能是什么原因？应该怎样改进实验？

七、进一步探索

1.将多个铁钉并在一起(相当于改变铁钉的粗细)进行实验，铁钉的粗细会不会影响电磁铁磁性的强弱呢？

2.将多个铁钉串在一起(相当于改变铁钉的长短)进行实验，铁钉的长短会不会影响电磁铁磁性的强弱呢？

供学习用



微信公众号：电子课本大全

第十三章 DISHISANZHANG

通信技术简介



供学习用

从古至今，人类用各种各样的方法传递信息。现代应用最广泛的传递信息的方法是借助电磁波实现的无线通信和借助激光实现的光通信。

微信公众号：电子课本大全

一、通信发展简史

人类历史上最早、应用最广泛的通信方式是传递写在纸张(或其他介质)上的文字，那时主要依靠各种交通工具来运送信件(邮件)，所以有了　通信　这个名词。

1844 年，莫尔斯(Samuel Finley Breese Morse，1791　1872)发明了有线电报，它是依靠电流在金属导线中传送特定信息　　电报码(简称电码)的。由于当时的技术限制，只能控制电流的有无，因此莫尔斯发明了以持续时间长短不同的电流组成的信息码，成为世界通用的莫尔斯电码。原始的发报机只是一个开关，收报机则由电磁铁控制的一支笔和输送纸带的机械组成(图 13-2)。笔在纸带上画出短点和长划组成的电码，从而传送了文字。

供学习用

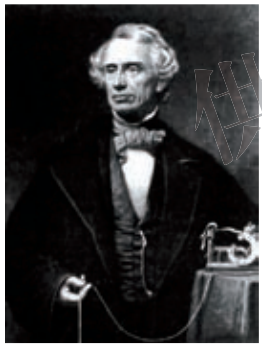


图 13-1　莫尔斯



图 13-2　收报机

相关链接

表 13-1　莫尔斯电码示例

字　符	符　号	字　符	符　号	字　符	符　号
0	－－－－－	1	·－－－－	2	··－－－
3	···－－	4	····－	5	·····
6	－····	7	－－···	8	－－－··
9	－－－－·	I	··	L	·－··
U	··－	W	·－		

微信公众号：电子课本大全

1876 年，贝尔(Alexander Graham Bell，1847 1922)发明了有线电话，实现了用变化的电流来传送声音。后来，人们制造出交换机，成立了电话局，组成了多用户的系统。经过一百多年的发展，现在已经使用多种电子和计算机技术，实现了在全球范围内高效、可靠、多功能的通话服务。

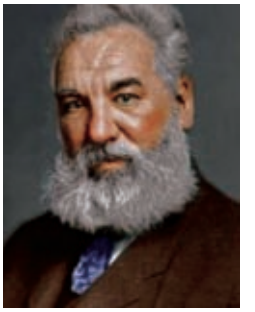


图 13-3 贝尔



图 13-4 马可尼

1895 年，马可尼(Guglielmo Marconi，1874 1937)发明了无线电报，依靠电磁波传送莫尔斯电码，摆脱了导线的束缚。此后，通信技术虽然在不断改进，但是这种简单有效的通信方法，一直沿用到 20 世纪末。

1920 年，世界上第一座无线广播电台开始播音。1925 年，第一台实验性的电视机面世，开始实现了点对面的对广大受众的声音信息和活动影像的传播。

1969 年，美国建设了第一个互联网。1994 年前后，随着技术的发展，第一代互联网全面成熟，人类开始进入网络时代。

现在，人类掌握的通信技术已经可以将图像、声音和各种数据传遍全球，传向广袤的宇宙空间(图 13-5)。图 13-6 是杨利伟在 神舟 五号飞船上与地面指挥控制中心进行通信的画面。

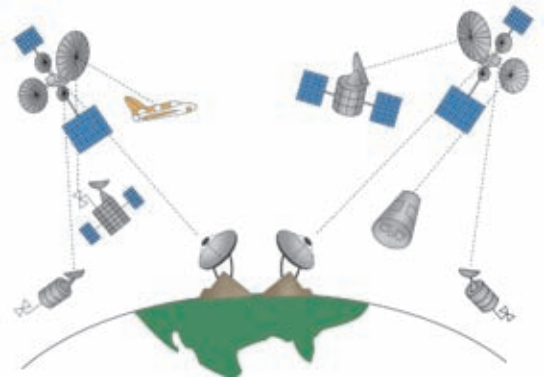


图 13-5 现代通信

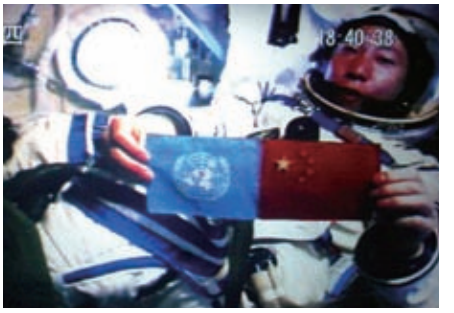


图 13-6

仅学习用

微信公众号：电子课本大全

课后实践

1.了解以下几种通信方式在历史和现实中的作用，说明其优缺点。



驿使



烽火台



旗语



有线传真

图 13-7

2.图 13-8 是最简单的有线电报装置示意图。请你运用学过的电磁学知识说明它的工作原理。

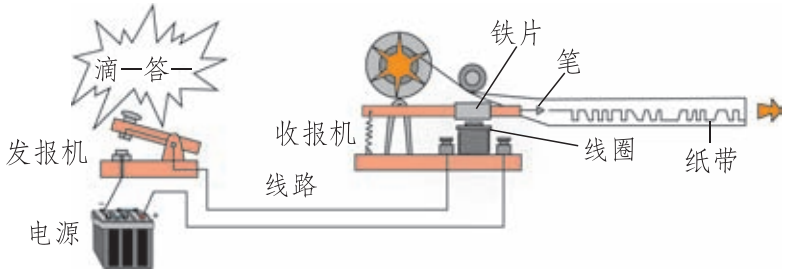


图 13-8　有线电报装置示意图

供学小屋

微信公众号：电子课本大全

二、电磁波

想一想

演讲者胸前佩戴的微型话筒和音箱之间并没有导线相连，为什么音箱中的喇叭会发出演讲者的声音？

玩具遥控汽车为什么会随着小朋友的意愿改变行驶方向(图 13-9)？

玉兔 号拍摄的月球图像是靠什么传回地球的？



图 13-9

供学习用

上面三个实例中，声音、动作指令、图像都是靠**电磁波**(electromagnetic wave)传送的。在无线话筒、玩具遥控器、月球车上都装有信号发射机，而在音箱、玩具、地面站中都装有接收机。

在电台中，采用专门的电子元件和电路来产生一种周期性变化的电流，称为振荡电流。将振荡电流送入电台的发射天线，就会在天线周围的空间中激起电磁波，向远方传播。

微信公众号：电子课本大全

振荡电流变化的快慢用频率表示。频率的单位是赫兹(Hz)，简称赫。物理学研究表明：只有频率很高的振荡电流产生的电磁波，才能传到远方。因此表示电磁波的频率要用较大的单位，如千赫(kHz)、兆赫(MHz)、吉赫(GHz)。它们之间的换算关系是

$$1\ \text{GHz} = 10^3\ \text{MHz},$$
$$1\ \text{MHz} = 10^3\ \text{kHz},$$
$$1\ \text{kHz} = 10^3\ \text{Hz}。$$

广播、电视和移动电话使用的电磁波频率各不相同，大体在 10^2 kHz～10^5 kHz 的范围内，如表 13-2 所示。例如，北京人民广播电台体育台采用双频率同步播出，中波广播频率为 927 kHz，调频广播频率为 102.5 MHz。

表 13-2　我国无线电波频段的分配

频段	535～1 606.5 kHz	2.3～26.1 MHz	87～108 MHz	48.5～958 MHz	825～960 MHz 1 710～2 145 MHz
用途	中波广播	短波广播	调频广播	电　视	移动电话

供学习用

电磁波的产生

实　验

1.取一台中波收音机，将调谐旋钮调到没有电台的位置，并且将音量开大。用一只老式手电筒贴近收音机，一下一下地按动它的开关。在电路通、断的瞬间，收音机会随着发出　咔、咔　　声。想一想，这是什么缘故？

2.将这台收音机贴近一个发光的调光台灯，旋动调光旋钮使灯光逐渐变亮，收音机立刻发出断续的　嘎、嘎　　声。想一想，这又是什么缘故？

微信公众号：电子课本大全




图 13-10　产生电磁波的小实验

在上述实验中，收音机接收到的是电磁波。分析电磁波产生的原因，不难发现，手电筒中的电流和台灯中的电流均发生了变化。研究表明，变化的电流能在周围的空间产生电磁波。

供学习用

电磁波的传播

想一想

我们知道声波不能在真空中传播，它的传播需要介质。电磁波能在真空中传播吗？电磁波是怎样传播的？

只要想一想，太空中的航天员和火星探测器都能够依靠电磁波和地球上的指挥控制中心进行联络，就可以知道电磁波能在真空中传播。

物理学的研究表明：电磁波在真空中传播的速度约为 3　10^8 m/s。电磁波在空气中传播的速度与在真空中传播的速度非常接近。电磁波在水中会被吸收而急剧衰减，因此潜入水中的潜艇不适合使用电磁波通信。电磁波可以穿透一般的建筑物，也会在建筑物和金属物体表面发生反射。

微信公众号：电子课本大全

描述波的物理量有三个：频率、波速和波长。图 13-11 展示了某个水面波的纵截面，相邻两个波峰间的距离叫作波长。

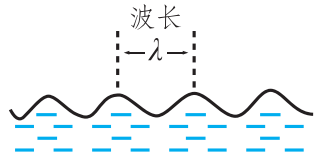


图 13-11　水波的波长(示意图)

相关链接

波的传播速度(简称波速)与波的频率、波长的关系是

$$波速 = 波长 \times 频率。$$

用 f 表示电磁波的频率，λ 表示电磁波的波长，c 表示电磁波在真空中的传播速度，则有

$$c = \lambda f。$$

在波速一定的条件下，频率越高，则波长越短。如图 13-12 所示的水面波实验可以验证这个规律。在较大的平盘或者较大的水池中，用细杆一端连续点击水面中央，间隔的时间要均匀，但是一次较慢，另一次较快，即两次点击的频率不同，你就会看到两次的波长不同。

供学习用

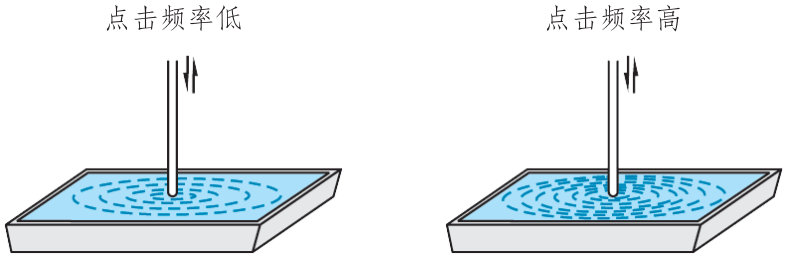


图 13-12　波长与频率的关系

电磁波也是如此，频率的不同会造成波长的不同，例如无线电波就可以分为长波、中波、短波、微波等。

微信公众号：电子课本大全

课后实践

1.下列情景能产生电磁波的是(　　)。

A.手机在待机状态下

B.手机在通话状态下

C.电路中通过大小不变的电流时

D.使调光台灯的灯光变亮的过程中

2.打开收音机，调节到某一电台，能听到清晰的声音。然后找一个金属饭盒或金属锅，把收音机放入其中，如图 13-13 所示。盖上盖子听听收音效果的变化，这说明了什么？



图 13-13

3.通过各种渠道收集信息，了解电磁波的存在和作用。

供学习用

知识窗

雷　达

雷达(radar)是一种利用微波波段电磁波探测目标的电子设备，其工作原理如图 13-14 所示。工作时，发射机通过天线向空间某一

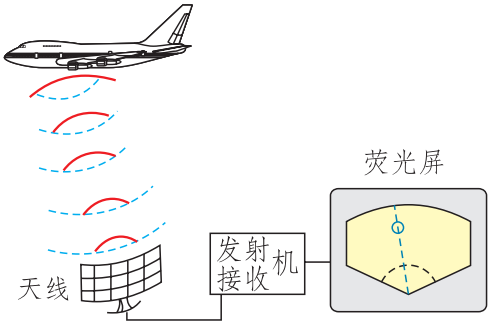


图 13-14　雷达的工作原理

微信公众号：电子课本大全

方向发射电磁波。遇到目标时，电磁波被反射回来，再被天线接收，由接收机进行处理，就可以测定目标的某些信息，如目标的距离、方位、高度等。

雷达的优点是白天黑夜均能探测远距离的目标，且不受雾、云和雨的阻挡，具有全天候、全天时的特点，并有一定的穿透能力。因此，它不仅成为军事上必不可少的电子装备，而且广泛应用于社会经济发展(如气象预报、资源探测、环境监测)和科学研究(天体研究、大气物理研究、电离层结构研究)等各个领域。雷达在洪水监测、海冰监测、土壤湿度调查、森林资源清查、地质调查等方面显示了良好的应用潜力。

雷达有很多种，按照用途可分为气象雷达(图 13-15)、预警雷达、导航雷达、炮瞄雷达等。有些雷达天线外面装有特殊树脂材料(俗称玻璃钢)制成的球形或其他形状的保护罩，这种材料是易于透过电磁波的。



图 13-15　气象雷达

供学习用

建设人类新能源基地的一个雄伟设想

太阳能发电能够提供成本低、效率高且安全性好的电能。但是在全球范围内实现太阳能发电会遇到许多困难，因为这需要有大片光照充足的土地，而土地不足是许多国家无法解决的最大难题之一。

1979 年 6 月，美国科学家提出了建设　月球发电站　的设想，引起了人们的关注。2011 年，福岛核电站的核污染灾难，促使日本

微信公众号：电子课本大全

的科学家对上述设想做出了进一步的规划，即在月球上沿着赤道修建长约 10 000 km、宽约 400 km 的采光带，安装大量的太阳能电池板，可以获得大量的电能，从而满足全世界绝大部分的用电需要。

但是如何将这些电能输送回地球呢？用导线传输是不可能的。于是科学家设想将这些电能转化为电磁波的能量，利用定向性很强的微波束和激光束来传送(图 13-16)。在月球上建造若干个口径约 20 km 的巨型天线来向地球发射微波和激光，设在地球上的接收站接收微波和激光，再将这些能量转化为便于利用的电能。

由于月球的公转周期等于其自转周期，月球总是以固定的一面朝向地球，从而便于实现不间断地传送电能。

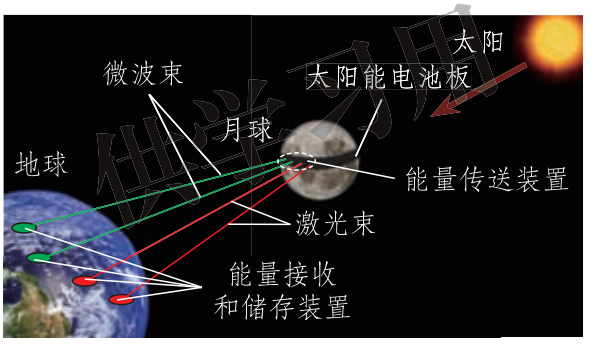


图 13-16

微信公众号：电子课本大全

三、广播和电视

想一想

我们知道，将振荡电流送入电台的发射天线，就会在天线周围的空间中激起电磁波，向远方传去。那么，能不能将声音、文字、图像等信息 搭载 在电磁波上传送出去呢？

如果上述的通信方案可行，发送方怎样将声音、图像转变成电流信号？怎样实现 搭载 ？接收方又该怎样获取 搭载 的声音和图像呢？

供学习用

音频、视频和射频信号 调制

频率很高的振荡电流能够产生高频电磁波向空间发射，我们称这种电流为射频信号。为了将声音和图像 搭载 在射频信号上传送出去，就必须把声音和图像经过话筒或摄像机变成电流。我们称由声音转换成的电流为音频信号，由图像转换成的电流为视频信号。音频信号的频率较低，为20 Hz～20 kHz，与声音的频率相同。视频信号的频率变化范围较大，为几赫到几兆赫。图 13-17 是上述三种信号的示意图，音频信号和视频信号的频率都低于 搭载 它们的射频信号。

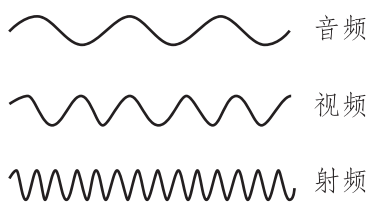


图 13-17 音频、视频、射频电流的比较(示意图)

实现上述 搭载 的过程称为调制，该过程是在专门的电路 调制器中完成的。中、短波广播是用音频信号去控制射频信号，让射频电流的幅度随

微信公众号：电子课本大全

着音频电流变化，称为调幅(AM)。电视广播的伴音(声音)是用音频信号去控制射频信号，让射频电流的频率随着音频电流变化，称为调频(FM)。传统的模拟信号电视广播的图像信号则采用调幅方式。

从广播电台到收音机

想一想

广播电台的声音信号是怎样发射出去的呢？收音机又是怎样接收到广播电台发出的信号呢？

供学习用

中波和短波广播都采用调幅的方式。图 13-18 表示广播电台发射信号的过程。话筒把播音员的声音转换成音频电流，或者由录音机把事先录制在磁带上的节目(语言和音乐)转换成音频电流。由载波发生器产生射频电流。然后将以上两种信号送入调制器，得到的调幅电流再送入发射机进行功率放大，最后由天线将　搭载　着声音信息的电磁波发射出去。

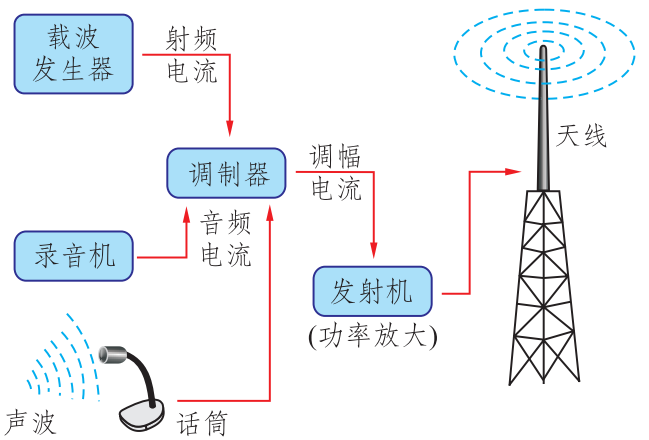


图 13-18　广播电台发射信号(示意图)

微信公众号：电子课本大全

图 13-19 表示收音机接收信号的过程。收音机的天线会同时接收到许多电台的电磁波，怎样将它们分开呢？首先将这些信号电流都送入调谐电路，旋转收音机的调谐旋钮，就能从中选出某一个电台特定频率的信号，这个过程称为调谐。然后这个调幅电流经过解调电路的处理，取出原来的音频信号。再将这个音频电流经过放大后送到扬声器，扬声器把电信号转换成声波，我们就听到广播节目了。

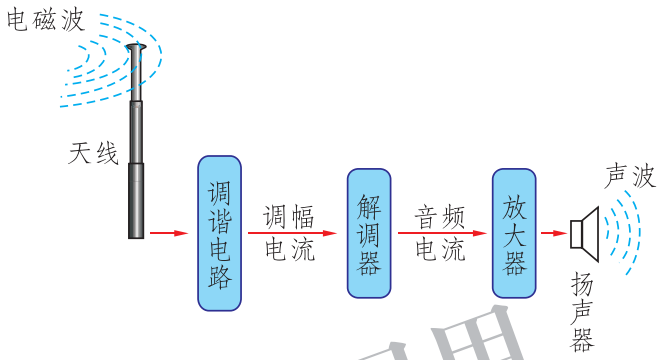


图 13-19 收音机接收信号(示意图)

供学习用

电台的发射天线要架设在很高的地方，有水平天线、直立天线、蝶形天线等多种样式，适于发射不同频率的电磁波。图 13-20 是北京电台的发射天线。

收音机的接收天线很小巧，露在机壳外面的拉杆天线(图 13-21)适于接收短波信号，而接收中波信号的磁性天线则藏在机壳中。



图 13-20 北京电台的发射天线



图 13-21 收音机的接收天线

微信公众号：电子课本大全

从电视台到电视机

想一想

电视台的声音和图像是怎样发射出去的呢？电视机又是怎样接收到这些信号的呢？

电视与广播的不同之处在于它能够传送图像。图 13-23 表示电视台发射信号的过程。首先是摄像，摄像机的光学镜头把景物的实像(图像)成在摄像管内的感光器件上，感光器件将图像的光信号转换成电信号，输出视频电流。视频电流和音频电流都被送入调制器，共同去调制载波发生器送来的射频电流，成为调制电流。经过发射机的功率放大，由天线将 搭载 着图像和声音信息的电磁波发射出去。传统的模拟电视是将视频电流和音频电流分开调制和发射的，一般来说图像用的是调幅，伴音用的是调频。



图 13-22 电视演播室

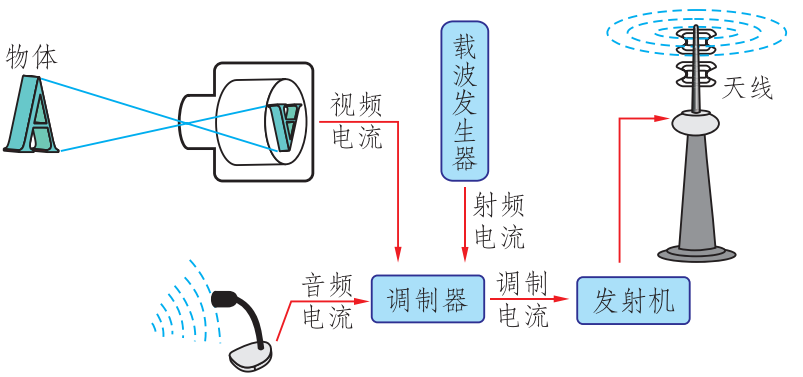


图 13-23 电视台发射信号(示意图)

微信公众号：电子课本大全

图 13-24 表示电视机接收信号的过程。电视机的天线接收到许多电视台的电磁波，由调谐器选择其中某一个电视台的信号，经过解调器取出视频和音频信号，分别放大后由显像管(或液晶屏)还原成图像，由扬声器放出声音。我们现在接收有线电视时，用户不使用天线，而由同轴电缆线提供信号，信号稳定，不易受到外界环境的干扰，避免了调节天线长度和方向的麻烦。

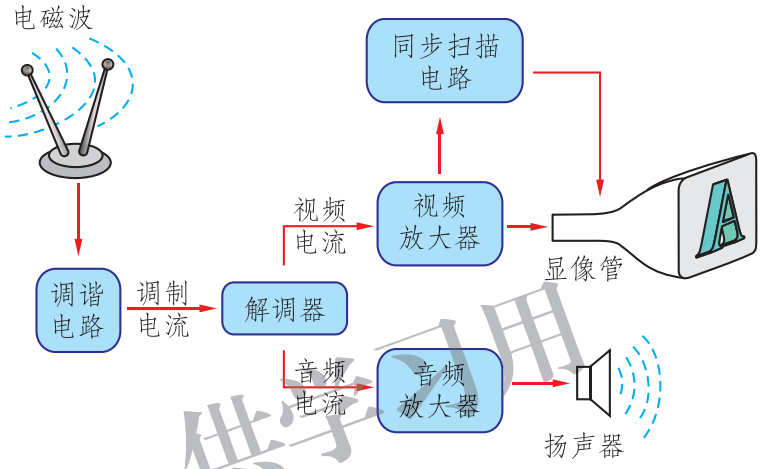


图 13-24 电视机接收信号(示意图)

供学习用

相关链接

模拟信号和数字信号

模拟信号和数字信号是常用的两种电信号。

电压(或电流)的大小做连续变化的信号称为**模拟信号**(analog signal)。例如话筒将声音转换成电流时，电流的频率和幅度全都模仿着声音的频率和幅度变化。目前大部分广播和传统电视中的声音、图像使用的都是模拟信号，老唱片、录音带和录像带上记录的也是模拟信号，如图 13-25 所示。

微信公众号：电子课本大全

模拟信号难以排除传输过程中受到的干扰，并且放大时会使信号的 形状 改变而造成失真。这是使用模拟信号时无法完全克服的缺点。

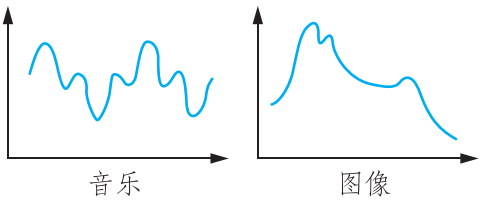
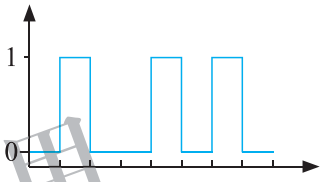


图 13-25 模拟信号

电压(或电流)的大小做不连续跳跃变化，并且只有高和低两种状态的信号称为二进制**数字信号**(digital signal)。计算机中的信息，无论文字、声音、图像都是用二进制数 0 和 1 编码的，低电压代表 0 ，高电压代表 1 。图 13-26 是字母 J 的数字信号，它的编码是 01001010 。



二进制数编码 01001010
图 13-26 字母 J 的数字信号

供学习用

数字信号的优点是易于用计算机做高速和复杂的处理，抗干扰能力强，能够进行高密度的存储等。CD、DVD、计算机用的U盘和移动硬盘、MP3播放器和数码照相机用的存储卡里面记录的都是数字信号。

做一做

1.20世纪50年代流行过一种 矿石收音机 ，只需花很少的钱买些元件就能自己组装成功，并且收听广播时既不用电池也无需付电费。这种收音机是用一小粒闪锌矿石或者辉铜矿石的晶体作为 检波器 来对调幅电流进行解调的，所以被称为矿石机。

微信公众号：电子课本大全

它是在 20 世纪初期无线电广播刚刚发明的时候使用的。

你如果有兴趣，也可以按照下面的方法来试一下。准备一根 3 m～4 m 长的电线(不必去掉塑料外皮)，水平张拉在室外高处作为天线，或从楼上向窗外垂下亦可。再将一根铁棍插入潮湿的土地或利用楼内的铁质水管作为地线。然后按照图 13-27 甲所示在天线和地线间并联一只检波用的二极管 D (型号 2AP9) 和高阻抗耳机 E，就可以收听到一些信号较强的本地中波电台的播音了。在这种情况下，有时会听到几个电台的声音混在一起互相干扰。按照图 13-27 乙所示增加一个由线圈和可变电容器组成的调谐电路就可以解决上述问题。线圈是用漆包铜线绕在纸筒或者制作收音机专用的铁氧体磁棒(称为磁性天线)上，L_1 绕 10～20 匝，L_2 绕 60～70 匝。可变电容器 C 的最大电容值约为 360 pF。在制作中遇到困难时，可以查阅电子小制作的资料或者请老师指导。

供学习用

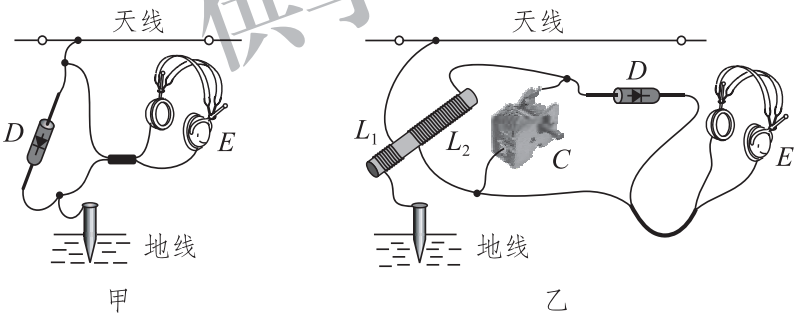


图 13-27　最简单的收音机

2.老师在比较大的教室讲课时常在身上佩戴一只无线话筒，其实你也可以自己制作一个。到销售电子元件的商店购买这种器材的套件，按照说明书就能组装成功。对着微型话筒说话，就可以在调频收音机里发出声音。一定要细心调节无线话筒电路板上小线圈的形状，使它发射的电磁波的频率处在 87 MHz～108 MHz 的调频广播的范围中。

微信公众号：电子课本大全

课后实践

1.学习调节电视机。重点掌握自动和手动搜台，改变图像的亮度、对比度和色饱和度。

2.如果家庭中安装了有线电视 高清机顶盒 ，依据说明书将它与电视机和输送有线电视信号的电缆正确连接。再练习使用它的互动功能，主要包括点播影视节目、进行节目回放。

3.无线电爱好者可以依法设立自己的业余电台，彼此之间进行通信联络。请了解他们电台的天线样式、通信方式、使用的波段等情况，以及他们怎样用电台为社会服务。

供学习用

知识窗

电视的画面是怎样动起来的

假设当一个人做某种动作时，每隔 1/25 s 给他拍一张照片，如此连续地拍出许多张，就可以成为电影片。将它们按顺序放映出来让人观看，将放映间隔也调整为 1/25 s，也就是每秒放映 25 帧画面，如图 13-28 所示。由于人的眼睛有一种特殊的生理功能，称为 视觉暂留 ，就是当一帧画面消失后，能在视觉上继续保留 1/16 s，比我们播放两帧画面间隔的时间长，从而在视觉上产生了动作连续的活动画面。

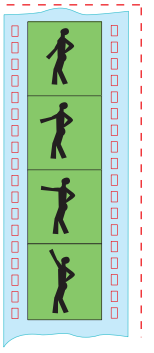


图 13-28 活动画面的形成

微信公众号：电子课本大全

电视机也采用了这种原理，但是与电影形成画面的方法不同。电影放映机用的是凸透镜成像这种光学方法，在银幕上显示画面，每一帧画面的所有像素是同时生成的。电视机则是用一支无形的 画笔 (即电子束)在显像管的屏幕上从上到下一行一行扫描，使荧光粉受激发光，由几十万个像素组成一帧画面。液晶电视机用液晶屏代替了笨重的显像管，由电视机内部的电路输出变化的电信号，顺序驱动(相当于扫描)液晶屏上纵横排列的微小的发光单元(每个单元就是一个像素点)，从而形成了一帧画面。

供学习用

微信公众号：电子课本大全

四、现代通信技术及发展前景

想一想

你能够从家中的有线电视、公交车上的移动电视、互联网和手机的功能变化中感受到通信技术日新月异的发展吗？它们对社会生活又产生了怎样的影响呢？

供学习用

移动通信

利用电磁波的无线电通信经过百年的发展，已经达到很高的技术水平，并在我们的生活中得到广泛的应用。和我们关系最密切的就是手机这种移动通信工具，它兼具发射和接收电磁波两种功能。但是它的发射功率很小，又不具有交换能力，必须依靠遍布于全国各地的固定电台(基地台)来转接。图 13-29 是移动通信系统的示意图，手机 1 发射的信号被离它最近的基地台 1 接收，然后由光缆把信号传到交换中心，寻找到选定的通话对象，再由光缆把信号传到离对象最近的基地台 2，最终由这个基地台把信号传给通话对象，即手机 2。

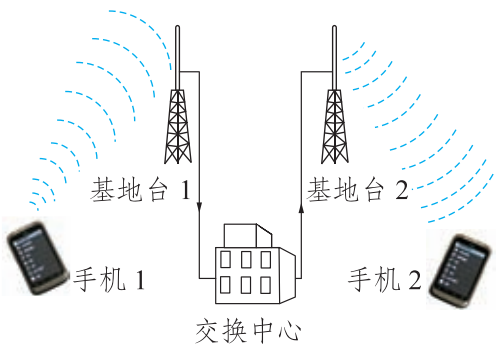


图 13-29 移动通信的工作方式

现在的手机功能非常丰富，而且还在不断扩展，3G (第三代)手机和 4G (第四代)手机已经走进我们的生活之中。当前全球多个国家已竞相开展 5G (第五代)网络技术的开发，我国在 5G 技术开发方面居于世界领先地位。相较于第一代手机和第二代手机，3G 手机是一种将无线通信与国际互联网等多

微信公众号：电子课本大全

媒体通信结合的新一代移动通信系统。它除了可以通话和收发短信外，还可以无线上网、观看电视节目、拍摄并传送彩色数码照片和接收其他服务性信息(如天气预报、股市行情)等。用户还可以在 3G 手机的触摸显示屏上直接写字、绘图，并将其传送给另一部手机。

很多 3G 手机所使用的 TD-SCDMA 和 TD-CMMB 制式，是我国具有自主知识产权的技术标准。与外国的制式相比，具有独特的技术优势。

相比 3G 手机，4G 手机具有通信速度更快、通信质量更高、通信方式更加灵活、智能性能更高等优势。

此外还有其他一些移动通信设备，例如警察用的对讲机、业余无线电爱好者使用的手持或车载小型电台、军队和地质工作者使用的小型电台等，如图 13-30 所示。



图 13-30　常见的移动通信设备

卫星中继通信

卫星中继通信是一种利用电磁波的、高效率的远距离通信方式，由相对于地面静止的通信卫星来转发信息。卫星中继通信需要把通信卫星发射到赤道上空 36 000 km 高的圆形轨道上，使它绕地球转动一周的时间恰好为 24 h，与地球自转的周期相同，并且转动的方向与地球自转的方向相同，所以称其为同步卫星。图 13-31 是我国的“东方红-3”号通信卫星示意图。

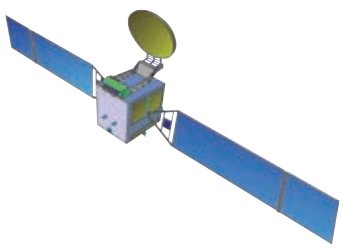


图 13-31　“东方红-3”号通信卫星(示意图)

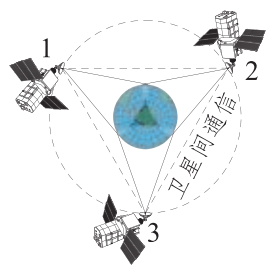


图 13-32　卫星通信方式(示意图)

在上述轨道上均匀地布置三颗同步卫星，就能使通信范围几乎覆盖地球上的各个角落，如图 13-32 所示。卫星通信使用微波，其特点是容易像光波那样集束和沿着直线传播。从地面站向卫星 1 发送微波，卫星 1 收到后经过放大用微波向地面和卫星 2 转发，卫星 2 收到后经过放大再用微波向地面和

供学习用

微信公众号：电子课本大全

卫星 3 转发，直至覆盖全球所有地面站。这种方法类似于接力赛跑，所以被称为中继通信。

卫星通信容量很大，信号所受的干扰小，通信质量比较稳定，覆盖范围广，建设速度快、成本低，特别适用于我国的偏远地区。但是它有明显的时间延迟，经过卫星传来的电视节目要比由有线电视网直接传来的同一个电视节目滞后一些。

卫星通信传送的信息是多种多样的，包括国际互联网中的数据和多媒体信息、新闻、气象、语音通话信息等。我们看到的各地　卫视　(卫星电视)节目也是经过通信卫星转发的。

光纤通信

人类自古以来就掌握了光通信，但那时只能传递极为简单的信息，如航海使用的旗语和只能发送莫尔斯电码的灯光。利用无线电波的通信技术得到发展以后，光作为电磁波家族中的重要成员，对于光通信的开发重新得到人们的重视。

电磁波是一个大家族，它有很多成员，如图 13-33 所示。前面介绍的无线电波是其中的一部分，它包括长波、中波、短波和微波。可见光的波长只有几百纳米。从理论上来说，被调制的光能够携带比无线电波多得多的信息，但是这个设想直到激光器被发明以后才得以实现。



图 13-33　电磁波谱

激光(laser)是一种颜色非常纯，方向高度集中的光。它的亮度可能会超过太阳光，不能让它直接射入眼中，以免伤害视网膜。

为了避免干扰和减少能量的损失，通信用的激光要在一种专门制造的细玻璃丝内传播。这种玻璃丝称为**光导纤维**(optical fiber)，简称光纤。某些小工艺品上就装有一些光纤，它们的一端插在封闭的盒子中，用彩色灯泡照亮，

供学习用

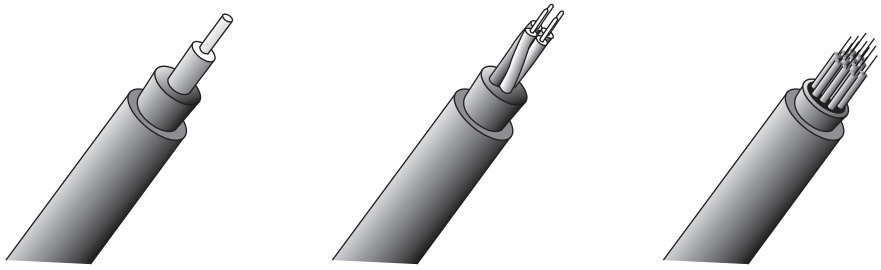
微信公众号：电子课本大全

露出的另一端会闪耀美丽的点点　星光　，如图 13-34 所示。

实际使用时，要把若干条光纤集成束，外面包上保护层，就成为光缆(图 13-35)。光缆一般都铺设在地下的管道中，特别适合于远距离通信使用。



图 13-34　光沿着光纤传播



单芯光缆　　4 芯光缆　　分散型多芯光缆

图 13-35　通信光缆的结构

仅学习用

光纤通信的优点是：抗干扰能力强，保密性较好，传输容量很大(一根光缆可以同时传送 50 万路电话或 5 000 个频道的电视节目)，建设和维护成本低。因此光纤通信得到了广泛的应用，如互联网、有线电视、长途电话等。可以说，光纤的应用是社会信息化程度提高的重要标志。

高锟(1933　2018)在光纤通信的发展中做出了巨大的贡献。1966 年，33 岁的高锟首次提出，直径仅几微米的透明玻璃纤维可以作为传输光信号的有效手段。他因此获得了 2009 年诺贝尔物理学奖。



图 13-36　高锟

网络通信

网络是一个广义的概念，通常指的是**互联网**(internet)。把许多计算机通过一定的硬件和软件连接起来，就成为网络。在一所学校或一个居民小区内，若干台计算机接到交换机和服务器(一台大容量的计算机)上，就组成了一个小型的局域网(图 13-37)，再进而实现全市、全国乃至全世界的连接，就成为巨大的互联网。

微信公众号：电子课本大全

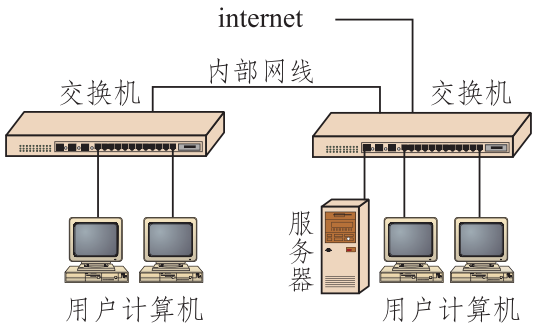


图 13-37　互联网的组成(局域网)

网络的连接采用了多种方式，大至通信卫星、光纤，小到同轴电缆、电话线和专用的网线。

由于计算机能够高速处理多媒体信息，所以在网上传送的信息不仅有文字，还有图像和声音，并且有交互性，这是传统的通信手段难以同时做到的。互联网上有海量的信息资源，可以随时调用，已经成为我们工作、学习、生活、娱乐等方面不可或缺的信息渠道。随着宽带网的普及，10 M 以上带宽的宽带网已经进入千家万户，每秒传送几兆字节的信息流已经不成问题，我们坐在家中就可以在网上观看流畅的高清电影了。

网络还有许多其他功能，你可以在信息技术课上了解并进行实习。

仅学习用

通信技术的发展前景

21 世纪人类将全面进入信息化社会，通信技术也在飞速地发展。我国各个地区已全部接通光缆，卫星电视也覆盖了全部国土，计算机、手机的拥有量、人均占有量已进入世界前列，计算机技术将在通信领域得到更加广泛和深入的应用。下面将重点介绍北京市的几项发展。

数字电视

我国计划于 2020 年停止播出地面模拟电视信号。北京市已在全面推广高清晰度数字电视。

什么是数字电视呢？它是指从演播室的拍摄录制到发射、传输、接收等所有环节都使用数字信号来传播图像和伴音的电视。与模拟电视相比，数字电视的图像清晰度高，伴音质量好，可实现多声道立体声。数字电视可提供的节目多，可以达到模拟电视传输节目容量的 10 倍以上，目前有一百多个频道。

微信公众号：电子课本大全

数字电视还具有互动功能，能够随时点播几百部乃至上千部电影、电视剧和其他教育、娱乐节目，能够进行一些电视节目的回放。

数字电视节目采用有线方式(光纤或同轴电缆)传送到用户，用户只需要将一个机顶盒接到已有的模拟电视机上就可以接收数字电视了。当然，要让高清节目达到原有的高清晰度，就需要使用高清电视机，并且用 HDMI 线缆将机顶盒与电视机连接。

数字电视接收机的发展方向是　数字电视一体机　，它能够直接接收数字电视，而不需要机顶盒。

三网合一

目前北京市正在全国率先开始　三网合一　工程的试点工作。　三网合一　就是将电信网(电话网)、有线电视网和互联网的通信业务融合起来，只用一根光纤接入用户，同时实现打电话、看电视、上互联网三种功能。这样就形成资源共享、功能多、费用低、易维护的服务。这对于促进信息和文化产业发展，提高国民经济和社会信息化水平，满足人民群众日益多样化的生产、生活服务需求等都具有重要意义。

北京市正在全力推进以光纤入户方式为主的光网建设，逐步安装　20 M 宽带光纤　，为　三网合一　奠定基础。

全球卫星定位系统(GPS)

全球卫星定位系统是卫星通信的一项重要应用。20 世纪 70 年代首先由美国开始建设，到 1994 年 3 月，24 颗 GPS 卫星已布设完成，其服务可覆盖全球面积的 98%，并且逐步由军用扩展到民用，定位精度可达到几米。如图 13-38 所示是装在汽车上的 GPS 接收机，驾车人能够通过它随时知道自己的位置，并且借助它提供的电子地图寻找目的地并选择最佳的行驶路线。北京市的公交车、出租车也将逐步安装使用卫星定位系统，提高运营和服务的效率及安全性。



图 13-38　汽车用 GPS 接收机

当前，卫星导航正与无线通信

供学习用

微信公众号：电子课本大全

等其他高新技术相结合，如将 GPS 接收机嵌入到手机、便携式计算机、手表等通信和消费类电子产品中，使其在生活中得到更普遍的应用。

从 2000 年 10 月到 2012 年 10 月，我国相继发射了 4 颗“北斗”导航试验卫星和 16 颗“北斗”导航卫星，是继美国的全球卫星定位系统和俄罗斯的格洛纳斯之后第三个成熟的卫星导航系统。“北斗”卫星导航系统的定位精度约为 10 m，授时精度约为 100 ns。此外，它还具有双向通信等其他全球卫星定位系统暂不具备的功能。2012 年 12 月 27 日，“北斗”卫星导航系统正式开始对亚太地区提供无源定位、导航、授时服务。2014 年 11 月 23 日，“北斗”导航系统获得国际海事组织的认可，标志着“北斗”卫星导航系统正式成为全球无线电导航系统的组成部分，取得面向海事应用的国际合法地位。2018 年 12 月 27 日，“北斗”卫星导航系统服务范围由区域扩展为全球，正式迈入全球时代。

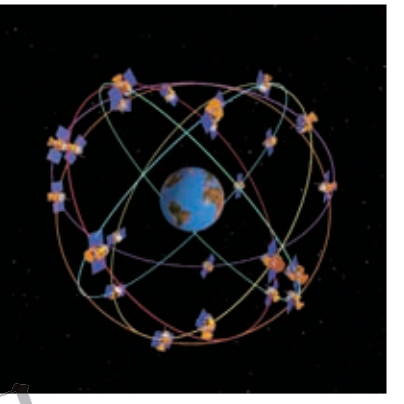


图 13-39 “北斗”卫星导航系统

通信技术的飞速发展为人们的学习、工作和生活带来了极大的便利。我们在享受通信技术提供的各种服务的同时，还要自觉遵守信息社会中的道德准则和法律法规，树立信息安全意识。

课后实践

1.电视机的遥控器是靠什么把操作指令传送给电视机的？它需要对发送出去的信号进行调制吗？

2.我们在北京的家中也能收看到海南旅游卫视的电视节目，海南旅游卫视的节目是怎样传送到家中电视机里的呢？

3.了解现在比较先进的手机具有哪些通信功能，学习使用你的手机上的各种功能。

供学习用

微信公众号：电子课本大全

课外探究

在不同情况下手机信号的强弱

手机已经成为我们日常生活中即时传递信息的重要工具。只要拨出对方的手机号码，即使远在千里之外我们也能听到对方的声音，从而拉近人与人之间的距离。但是，我们的手机有时会没有信号，无法发送信息或拨打电话，有时拨打对方的电话会提示 您所拨打的电话暂时无法接通 。这是怎么回事？在什么环境下会发生这种情况？

一、问题

不同环境下手机信号的强弱是否有差别？手机信号的强弱与哪些因素有关？

二、设计

将手机置于不同的环境中，观察手机信号的格数，或测试手机能否接通，探究手机信号的强弱与所处的环境是否有关。

三、步骤

1.准备一部充满电的手机并将其调成响铃或振动状态，便于观察记录。

2.观察手机的信号强度标志，并记录此时信号的强弱。

3.将手机带到电梯、地下室、地铁站、广场、公交车等各种不同的环境中，观察手机的信号情况，并记录信号的强弱。



供学习用

微信公众号：电子课本大全

表 13-3 不同环境下手机的信号情况

环 境	手机信号的强弱(格数)

4.将手机放入电饭锅、金属盒、带有铝箔的食品袋等物体中，并进行密封。使用另一部手机拨打该手机，观察手机的响铃或振动情况，记录手机是否可以接通。

四、分析讨论

1.手机信号的强弱是否与所处的环境有关？

2.哪种环境下手机的信号最强，哪种环境下手机的信号最弱？

3.想一想，手机信号较强的环境有哪些共同点，信号较弱的环境有哪些共同点？

4.如何解释将手机密封在一些物体中后，拨打这部手机时发生的现象？

五、进一步探索

1.手机信号的强弱还与哪些因素有关？如何设计实验进行验证？

2.手机信号的发射和接收原理是什么？

3.查找资料，了解一下在平坦的开阔地带，手机信号的强弱分布有何特点。



供学习用

微信公众号：电子课本大全

第十四章 DISHISIZHANG
宇宙和微观世界





供学习用

很久以前，不仅是普通人，就连天文学家也一直在奇怪，是什么原因使太阳发光的呢？这个千古之谜是怎样破解的呢？和氢弹爆炸有什么联系吗？

2011 年 11 月 3 日，中国 神舟 八号飞船与 天宫 一号目标飞行器首次成功对接，迈出了中国人探索宇宙的新步伐。

微信公众号：电子课本大全

一、浩瀚的宇宙

天体的家园

参加一次宇宙空间的旅行，一览浩瀚无边的宇宙风景，尽管目前对普通人来说还是一种奢望，但从科学技术发展的角度而言，这已不再是遥不可及的事情了。那么，我们在浩瀚的宇宙中将会看到什么呢？

离开蔚蓝色的地球，我们会看到，地球这个人类的摇篮不过是**太阳系**(solar system)(图 14-1)内一颗普通的**行星**(planet)。所谓太阳系，是指以太阳为中心的一个天体群。太阳是一颗半径约 7 10^5 km、表面温度达到 6 10^3 K 的**恒星**(star)，其内核中心的温度可以高达 1.5 10^7 K。围绕太阳有八颗行星在转动，它们自身还在自转，就像地球在绕太阳公转的同时还在自转一样，但八颗行星的轨道半径和转动周期皆不相同。大部分行星还有自己的卫星，总共有 173 颗之多。此外，还有约 17 600 颗有正式命名的小行星，以及数量众多的彗星和流星。表 14-1 给出了太阳系八颗行星的一些数据。

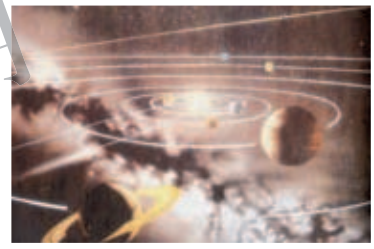


图 14-1 太阳系

表 14-1 太阳系行星数据

行 星	赤道半径/km	日星距离 /10^4 km	日星距离 /天文单位	公转周期 /地球日	卫星数目
水 星	2 440	5 791	0.39	88	0
金 星	6 052	10 821	0.72	225	0
地 球	6 378	14 960	1.00	365	1
火 星	3 396	22 794	1.52	687	2
木 星	71 492	77 855	5.20	4 332	67
土 星	60 268	143 345	9.58	10 759	62
天王星	25 559	287 668	19.2	30 799	27
海王星	24 764	450 344	30.1	60 328	14

仅学习用

微信公众号：电子课本大全

放眼望去，宇宙中还有一个由无数天体集合而成的更加庞大的天体系统，像一个中央突起四周扁平的旋转铁饼，人们称它为**银河系**(Galaxy)(图 14-2)。太阳只是银河系中的一颗普通恒星，像太阳这样的恒星在银河系中约有 2 000 亿颗。银河系的直径约 10 万光年，最大厚度约 1 万光年。

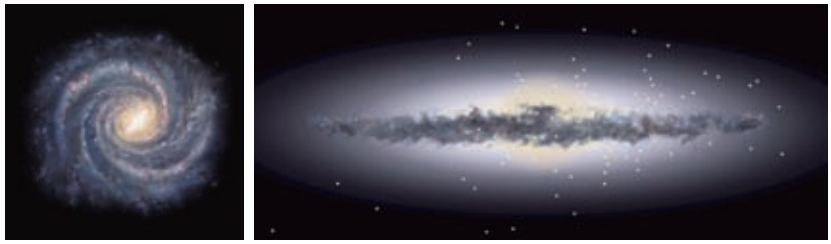


图 14-2　银河系

在银河系中，除太阳外，距地球最近的恒星叫作比邻星。它与地球相距约 4　10^{13} km，从比邻星发出的光要经过约 4.3 年才能到达地球。

宇宙中还有很多与银河系相似的星系，我们把银河系以外的星系称为河外星系。到目前为止，人们已在宇宙中观测到了约 1 000 亿个星系。这些星系有的离我们较近，可以清楚地观测到它们的结构；有的则非常遥远，目前所知最远的星系与我们相距近 137 亿光年。人类肉眼可见的最远的星系是仙女座河外星系(图 14-3)，它与银河系相距 220 万光年。



图 14-3　仙女座河外星系



图 14-4　室女座星系团

相互之间有一定力学联系的十几个、几十个乃至成百上千个星系聚集在一起又组成星系团，人们目前已发现上万个星系团。银河系所在的星系团叫作本星系团。距离本星系团较近的一个星系团是室女座星系团(图 14-4)。它包含有类似于银河系那么大的星系 2 500 多个，包括旋涡星系、椭圆星系和不规则

供学习用

微信公众号：电子课本大全

星系。

若干星系团聚集在一起就构成了更高一级的天体系统——超星系团。本星系团同附近的约 50 个星系团构成本超星系团。室女座星系团位于本超星系团的中心，所以本超星系团有时也称为室女座超星系团。离我们较近的超星系团有武仙超星系团、北冕超星系团等。

要问宇宙是什么，它就是天体的家园。

起源与演化

在人类漫长的文明发展史中，对宇宙中各种天体的运动、结构、起源与演化的思考和研究是由来已久的。



图 14-5 哥白尼

很久以前，人们曾相信地球是宇宙的中心。把人们从这种错误的认识中解脱出来的是 16 世纪的波兰学者哥白尼(Nicolaus Copernicus，1473—1543)。他指出：太阳，而不是地球，是整个宇宙的中心。但是，随着银河系、河外星系的发现，人们不禁要问，宇宙真的有中心吗？宇宙这个天体的家园是永恒不变的还是不断演化着的呢？



图 14-6 哈勃

1929 年，美国科学家哈勃(Edwin Powell Hubble，1889—1953)提出了星系的红移量与星系间的距离成正比的哈勃定律。哈勃定律说明了距离我们越远的星系运动速度越快，揭示出宇宙是在不断膨胀的，而不是永恒不变的。这种膨胀是一种全空间的均匀膨胀。因此，在任何一点的观测者都会看到完全一样的膨胀，从任何一个星系来看，一切星系都以它为中心向四面散开，越远的星系间彼此散开的速度越大。哈勃的这一发现促进了现代宇宙学的诞生。

如果宇宙中的星系之间的距离正在不断增大，则说明它们过去的距离曾经很近。由此可以推测，宇宙在过去曾经处于一个高温、高密度的状态，这就是我们宇宙的起源。

供学习用

微信公众号：电子课本大全

1948 年，美籍物理学家伽莫夫(George Gamow，1904 1968)提出了热大爆炸宇宙学模型，认为宇宙最初开始于高温高密度的原始物质，温度超过几十亿开。随着宇宙的膨胀，温度逐渐下降，形成了现在的星系等天体。按照他的理论推算，宇宙还存在着大爆炸的余热。1964 年，美国的彭齐亚斯(Arno Penzias，1933)和威尔逊(Robert Wilson，1936)发现了大爆炸的余热，它表现为温度为 2.7 K 的微波背景辐射。宇宙微波背景辐射的发现，为观测宇宙开辟了一个新领域。彭齐亚斯和威尔逊因此获得了 1978 年诺贝尔物理学奖。瑞典科学院在颁奖决定中指出：这一发现，使我们能够获得很久以前宇宙创生时期所发生的宇宙过程的信息。

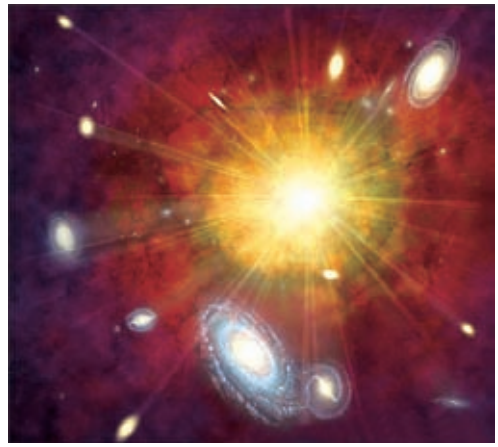


图 14-7 宇宙大爆炸模拟图

1998 年，美国的波尔马特(Saul Perlmutter，1959)、施密特(Brian Paul Schmidt，1967)和里斯(Adam Guy Riess，1969)提出，宇宙膨胀的速度并不是像以前认为的那样越来越慢，而是在大约 60 亿年前从减速膨胀转变为加速膨胀，膨胀变得越来越快。这预示着宇宙之中可能存在一种与引力作用相反的神秘排斥作用，这种排斥作用可能来源于一种具有 负压强 的 暗能量 ，正是这种 暗能量 推动宇宙快速地膨胀。这三位科学家也因此获得了 2011 年诺贝尔物理学奖。

宇宙大爆炸 学说已经被越来越多的物理学家所接受。不过，这一学说的许多见解虽然得到了实验观测的支持，但它仍然还有很多未解之谜，我们所知越多，未知也就越多。同学们，你愿意加入探索宇宙的行列吗？

飞向太空

自古以来，人类就梦想着遨游太空，探索宇宙的奥秘。

1883 年，俄国学者齐奥尔科夫斯基(Konstantin Eduardovich Tsiolkovsky，1857 1935)提出利用喷气反作用推进的多级火箭可以作为太空旅行的工具，火箭运动的理论基础是牛顿定律和能量守恒定律。齐奥尔科夫斯基还对航天的未来发展阶段进行了展望，这些阶段包括：火箭汽车、火箭飞机、人造卫星、

供学习用

微信公众号：电子课本大全

载人飞船、空间工厂、空间基地、太阳能的充分利用、外太空旅行、行星基地，以及恒星星际飞行等。他还提出在飞船中利用植物生产食物和氧气，依靠旋转产生重力，更好地利用太阳能等思想。在他逝世 20 多年之后，人类终于踏上了遨游太空的旅程。他的很多思想至今仍是航天领域的研究方向。

1957 年 10 月 4 日，苏联成功发射了世界上第一颗人造地球卫星，标志着人类的航天技术已进入到一个崭新的时期。

1961 年 4 月 12 日，苏联空军少校加加林乘坐 东方-1 号宇宙飞船从拜克努尔发射场起航，在最大高度为 301 km 的轨道上绕地球一周，历时 1 h 48 min 后安全返回，完成了世界上首次载人宇宙飞行，实现了人类进入太空的梦想。 东方-1 号飞船成为世界上第一个载人进入外层空间的航天器。



图 14-8 加加林

美国东部时间 1969 年 7 月 16 日， 阿波罗-11 号飞船在美国发射升空，成为人类探索太空的里程碑。7 月 19 日，飞船进入月球轨道。7 月 20 日，指挥长阿姆斯特朗和登月舱驾驶员奥尔德林换乘登月舱，与飞船脱离，逐渐向月面降落，而航天员柯林斯则仍然在飞船内沿距月球 120 km 的轨道运行。7 月 20 日 16:17，登月舱平稳地降落在月球上。六个半小时后，阿姆斯特朗走下阶梯登上月球。对此，他说道： 这是我个人的一小步，但却是全人类的一大步。

仅学习用



图 14-9 阿姆斯特朗



图 14-10 航天员在月球

从 1999 年起，我国先后多次成功发射 神舟 系列实验飞船。2003 年 10 月 15 日 9:00， 神舟 五号载人飞船在酒泉卫星发射中心发射升空(图 14-11)。经过 20 h 左右的飞行，返回舱于 10 月 16 日 6:28 顺利着陆，航天英雄杨利伟

微信公众号：电子课本大全

自主出舱。我国首次载人航天飞行取得圆满成功。2005年10月12日，“神舟”六号载人飞船发射升空，是中国第一艘执行“多人多天”任务的载人飞船。2008年9月25日，“神舟”七号载人飞船发射升空，翟志刚在刘伯明与景海鹏的帮助下出舱作业(图 14-12)，实现了中国航天员的第一次太空漫步。2011年11月1日，“神舟”八号飞船发射升空，升空2天后，“神舟”八号飞船与此前发射的“天宫”一号目标飞行器进行了空间交会对接。组合体运行12天后，“神舟”八号飞船脱离“天宫”一号并再次与之进行交会对接试验，这标志着我国已经成功突破了空间交会对接及组合体运行等一系列关键技术。2012年6月16日，“神舟”九号飞船发射升空，于6月18日与“天宫”一号实施了自动交会对接(图 14-13)。6月24日，航天员刘旺在景海鹏与刘洋的配合下成功执行了手动交会对接任务，标志着我国已全面掌握了空间交会对接技术。2013年6月11日，“神舟”十号发射升空，6月20日，航天员王亚平在太空中为我们带来了一节异常精彩的物理课，展示了失重环境下奇特的物理现象，我国成为继美国之后第二个完成太空授课的国家。我国第一个真正意义上的太空实验室“天宫”二号空间实验室于2016年9月15日发射升空，已圆满完成2年在轨飞行和各项试验任务，为我国建立永久空间站奠定了技术基础。



图 14-11 “神舟”五号升空



图 14-12 翟志刚出舱作业

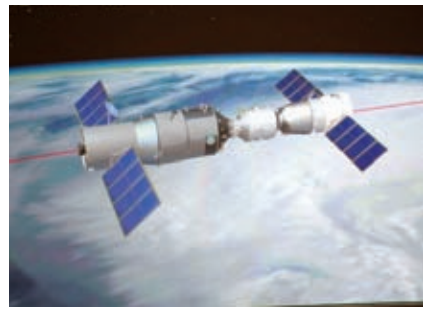


图 14-13 “神舟”九号飞船与“天宫”一号目标飞行器交会对接

供学习用

课后实践

1.下列各星球属于卫星的是(　　)。

A.地球　　B.月球　　C.水星　　D.太阳

微信公众号：电子课本大全

2. 宇宙大爆炸 理论是目前被人们广为接受的一种宇宙起源学说。该理论认为宇宙诞生于大爆炸，爆炸引起宇宙膨胀，并认为（ ）。

A.宇宙仍在不断地膨胀

B.宇宙膨胀已经结束且开始收缩

C.宇宙已处于既不膨胀也不收缩的稳定状态

D.宇宙膨胀早已结束，目前处于静态

3.请计算登月航天员发出的信息需要经过多长时间才能到达地球。

4.通过书籍、影片或互联网查阅、收集有关人类探索宇宙的资料，以板报的形式与同学共享。

供学习用

知识窗

嫦娥 探月

长久以来，人类对月球的探索可分为探月、登月和驻月三大步。目前，我国正处在以 探月 为主方向的第一步。我国从2004年启动的探月工程按照 绕月探测 、 落月探测 、 取样返回 三个阶段稳步推进，即将整个工程分为 绕 、 落 、 回 三个阶段。

2007年10月24日，我国在西昌卫星发射中心将 嫦娥 一号卫星顺利送入太空，它的主要任务是为月球拍摄三维立体影像图。 嫦娥 一号卫星的成功发射标志着中国的探月工程迈出重要一步。

微信公众号：电子课本大全



图 14-14

2010 年 10 月 1 日，“嫦娥”二号卫星(图 14-14)成功发射。2011 年 6 月 9 日，“嫦娥”二号飞离月球轨道，开始进行深空探测，并于 2013 年 1 月成功飞越图塔蒂斯小行星。“嫦娥”二号卫星在世界上首次实现从月球轨道出发，进入距离地球约 1.5×10^6 km 的深空轨道，突破了多项深空探测飞控关键技术，标志着我国深空探测飞行控制能力得到新的跃升。同时，“嫦娥”二号卫星的成功发射也为我国后续实施载人航天、月球探测、深空探测等航天工程提供了有力的技术支持。由“嫦娥”二号卫星拍摄的全月球影像图，分辨率达到 7 m，达到了世界先进水平。“嫦娥”一号卫星和“嫦娥”二号卫星相继完成了对月球的环月飞行，标志着我国探月工程的第一阶段已经基本完成。

2013 年 12 月 2 日，“嫦娥”三号探测器成功发射。“嫦娥”三号由着陆器和“玉兔”号月球车组成，总质量近 3.8 t。经过两次轨道中途修正、近月制动、降轨和动力下降等阶段，“嫦娥”三号于 14 日 21 时 11 分成功落月。“玉兔”号月球车上的五星红旗出现在着陆器拍摄的画面中，这是中国国旗在地外天体上的第一次“留影”。中国成为继美国、苏联之后第三个实现月面软着陆的国家。

2018 年 12 月 8 日，“嫦娥”四号探测器成功发射。2019 年 1 月 3 日，“嫦娥”四号成功着陆在月球背面的预选着陆区，“玉兔”二号巡视器到达月面开始巡视探测。2019 年 1 月 11 日，“嫦娥”四号着陆器与“玉兔”二号巡视器完成互拍，标志着“嫦娥”四号任务圆满成功。

“嫦娥”四号任务成功后，我国探月工程将转入第三阶段，主要目标是实现无人自动取样返回。

供学习用

微信公众号：电子课本大全

二、微观世界的结构

电子的发现

世上万物，包括我们人类自身，都是由分子、原子等组成的，几百种比原子更微小的粒子又都是由 60 多种所谓的 基本粒子 组成的。科学家发现和研究这些粒子的历程，充满了传奇的故事，而这一切是从电子的发现开始的。

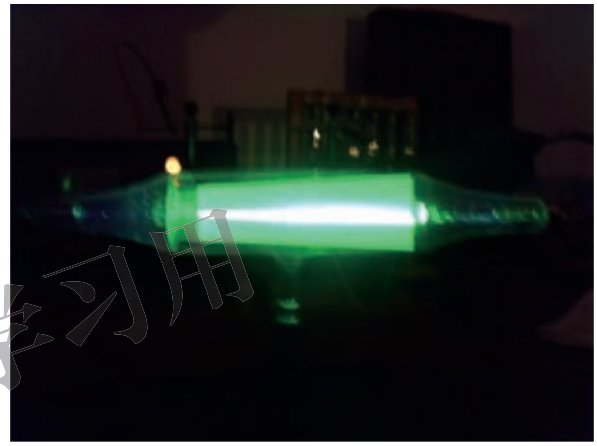


图 14-15 阴极射线管

19 世纪中期，人们制作了一种放电器(图 14-15)，它是两端装有正、负电极的玻璃管，管中装有足够稀薄的气体。当两极间加上高电压之后，阴极就发射出一种射线，这种射线被称为阴极射线。

供学习用

阴极射线究竟是什么？许多物理学家对此进行了近 30 年的研究，有人认为阴极射线就是一种光线，有人认为阴极射线是一种带电的微小粒子流。

1897 年，英国科学家汤姆孙(Joseph Thomson，1856 1940)设计了一种新的阴极射线管。他发现阴极射线在电场和磁场的作用下可以发生偏转，偏转方向与带负电的粒子相同，这表明阴极射线是一种带负电的粒子流。接着他又和他的学生一起，测量出这种粒子所带的电荷与从电解质中得到的氢离子的电荷在数量上相等，而这种粒子的电荷与质量的比值却要比氢离子的电荷与质量的比值大上近 2 000 倍。由此他确认，这是一种比氢原子还要小得多的带负电的粒子。



图 14-16 汤姆孙

微信公众号：电子课本大全

进一步的实验表明，这种阴极射线中的粒子与阴极物质的材料和管内气体的种类无关，所以科学家们推断这种带负电的微小粒子应是组成各种物质的原子中的一种粒子，人们后来把它叫作**电子**(electron)。

电子的发现表明原子并不是物质的不可再分的最小单元，打破了自古以来人们就认为原子是不可再分的物质观，开启了人类探索原子世界的大门，汤姆孙也因此获得了 1906 年诺贝尔物理学奖。

汤姆孙发现电子，在客观上是由于高真空技术的发展，在主观上与他敢于突破传统观念、勇于承认原子的可分性有重大关系。人们从电子发现的历史认识到：发现的最大困难之一，在于摆脱一些传统观念。

原子的图像

电子的发现表明，原子是由电子及另外一些物质组成的。电子带负电，而原子是不显电性的，因此那另外一些物质一定带有正电荷。那么，原子中带正电荷的那些物质是怎样的呢？

在汤姆孙发现电子之后，对于原子中正、负电荷如何分布的问题，科学界出现了许多见解，其中比较引人注意的是汤姆孙本人提出的一种模型。他认为原子中的正电荷均匀分布在整个原子内，而电子则嵌在其中。

1896 年，贝克勒尔(Henri Becquerel，1852 1908)发现了放射性现象，并将一种带正电的射线称为 α 射线。随后，卢瑟福(Ernest Rutherford，1871 1937)对 α 射线进行了系统的研究，确认了 α 射线实际上就是高速运动的带 2 个单位正电荷的氦原子核，质量约为电子质量的 7 300 倍。1909 年，卢瑟福的助手盖革(Johannes Wilhelm Geiger，1882 1945)和学生马斯登(Ernest Marsden，1889 1970)无数次地用高速 α 粒子流轰击金箔，发现绝大多数 α 粒子穿过金箔后仍沿原来的方向前进，但有少数 α 粒子发生了较大的偏转，并有极少数 α 粒子的偏转超过 90 ，甚至个别 α 粒子的偏转角度几乎达到 180 而被反弹回来，这就是 α 粒子的散射现象。卢瑟福对实验的结果进行了分析，认为只有原子的几乎全部质量和正电荷都集中在原子中心的一个很小的区域，才有可能出现 α 粒子的大角度散射。由此，卢瑟福在 1911 年提



图 14-17 卢瑟福

供学习用

微信公众号：电子课本大全

出了原子的核式结构模型，认为在原子的中心有一个很小的核，叫作**原子核**(atomic nucleus)。原子的全部正电荷和几乎全部质量都集中在原子核里，带负电的电子在核外空间运动。

粒子家族

1919 年，卢瑟福用 α 粒子轰击氮核，发现了带正电的**质子**(proton)。1932 年，卢瑟福的学生查德威克(James Chadwick，1891　1974)发现了不带电的**中子**(neutron)。由此确定了原子核就是由质子和中子组成的。

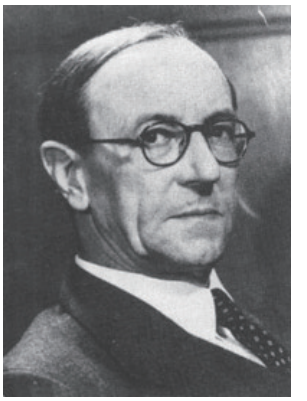


图 14-18　查德威克

在电子、质子和中子被发现之后，人们曾认为电子、质子和中子就是构成物质世界的基本单元，并称之为**基本粒子**(elementary particle)。后来，人们很快从实验中陆续发现了更多的微观粒子，如质量介于质子和电子之间的介子和质量大于质子的超子，这些粒子被称为强子。物理学家们开始怀疑，包括质子、中子在内的这些粒子很可能仍然具有复杂的内部结构。

1949 年，费米(Enrico Fermi，1901　1954)和杨振宁(1922　　)提出粒子结构模型，认为 π 介子由核子(质子、中子)和它们的反粒子组成，这一模型也称为费米　杨模型。1956 年，坂田昌一(Shyoichi Sakata，1911　1970)推广了这一模型，其中强子(介子和重子)被设想为由核子、Λ 超子和它们的反粒子组成，即坂田模型。1964 年，美国物理学家盖尔曼(Murray Gell-Mann，1929　　)进一步提出了**夸克模型**(quark model)：质子、中子、介子、超子等都由三种基础粒子组成，即上夸克、下夸克和奇异夸克。夸克模型对质子、中子、介子和超子的很多性质给出了较好的解释，盖尔曼也因此获得了 1969 年诺贝尔物理学奖。

1974 年，美国华裔科学家丁肇中(1936　　)在实验中发现一种新粒子，称为 J/Ψ粒子，这表明还应该存在一种新夸克　　粲夸克。此后的一些实验又发现了顶夸克和底夸克。

如今，人们已经发现组成物质世界的基本粒子可以分为三大家族：夸克家族、轻子家族，以及与相互作用有关的规范玻色子家族。其中，夸克家族包

微信公众号：电子课本大全

含 6 种 味道 、3 种 颜色 的夸克及对应的反夸克；轻子家族包含电子、μ 子、τ 子、电子中微子、μ 子中微子、τ 子中微子和它们的反粒子；规范玻色子家族则由光子、8 种胶子、3 种中间玻色子等基本粒子组成。

虽然人们已经建立了粒子物理的标准模型，但科学家们对物质微观结构的研究并没有停止。

粒子与人类

如图 14-19 所示，原子、原子核、电子、夸克等微观粒子的尺度都小于 10^{-9} m。我们不禁要问，了解这些如此微小的粒子有什么意义？让我们从以下两个实例说起。

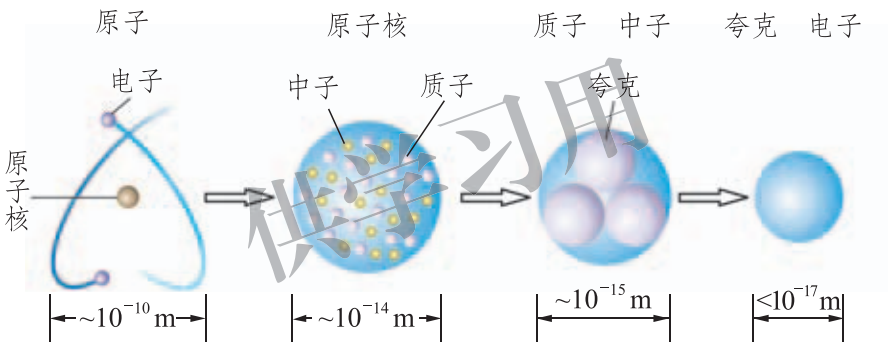


图 14-19 微观粒子的空间尺度

纳米科技

我们把 10^{-9} m 称作**纳米**(nanometer)，用符号 nm 表示。纳米是长度单位，10 个氢原子排成一排的长度大约是 1 nm。纳米科技是指在纳米尺度上研究物质的特性与相互作用，以及利用这些特性的科学和技术。

纳米科技的灵感来自美国物理学家费恩曼(Richard Phillips Feynman，1918 1988) 1959 年的一次演讲。从石器时代开始，人类从磨尖箭头到光刻芯片的所有技术，都与一次性地削去或者

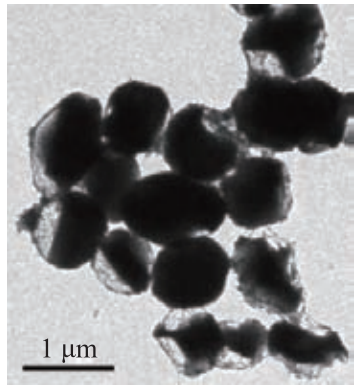


图 14-20 氧化钛(浅色)和硫(深色)的纳米结构

微信公众号：电子课本大全

融合数以亿计的原子以便把物质做成有用的形态有关。费恩曼问道：　为什么我们不可以从另外一个角度出发，从单个的分子甚至原子开始进行组装，以达到我们的要求呢？　他说：　至少依我看来，物理学的规律不排除一个原子一个原子地制造物品的可能性。　这是关于纳米科技最早的梦想，在当时并没有引起人们足够的注意。

20 世纪 70 年代，科学家开始从不同角度提出有关纳米科技的构想。1974 年，科学家唐尼古奇(Norio Taniguchi，1912　1999)最早使用纳米技术一词描述精密机械加工。

1982 年，德国科学家发明了研究纳米科技的重要工具　扫描隧道显微镜，人类从此可以直观地观察到单个原子，从而揭示了一个可见的原子、分子世界，对纳米科技的发展产生了积极的促进作用。

1990 年，美国 IBM 公司的科学家们将 35 个氙原子排列成　IBM　三个字母，人类第一次实现了操纵单个原子，拉开了纳米科技的序幕。1993 年，中国科学院北京真空物理实验室自如地操纵原子成功写出　中国　二字，标志着我国开始在国际纳米科技领域占有一席之地。

使用纳米技术制成的纳米陶瓷具有塑性强、硬度高、耐高温、耐腐蚀、耐磨等性能，已经广泛地应用于航空、航天、航海、石油钻探等领域。纳米催化剂也表现出非常高的催化活性和选择性。



图 14-21　新型碳纳米管　橡胶

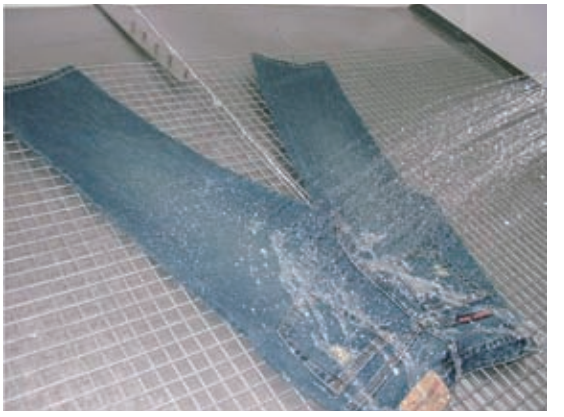


图 14-22　纳米牛仔裤

现在，科学家已经能够在实验室操纵单个原子，纳米技术有了飞跃式的发展。对纳米科技应用的研究正在半导体芯片、癌症诊断、光学新材料和生物分子追踪四大领域高速发展。

微信公众号：电子课本大全

原子核能

能量是与物质及其运动密切联系的。物质的运动形式是多种多样的，对于每一个具体的运动形式都存在相应的能量形式，如机械能、内能、电磁能、化学能等，不同形式的能可以相互转化，在转化过程中能量守恒。

自然界中能为人类提供某种形式能量的物质资源，称为能源。能源是整个世界发展和经济增长的最基本的驱动力，是人类赖以生存的基础。随着人类文明的不断发展，社会对能量的需求与日俱增，地球上的能源消耗正在以惊人的速度增长。所以，人们一方面正在研究如何进一步合理、妥善、高效率地开发和利用常规能源；另一方面正在探索新能源的开发和利用，如太阳能、地热能、原子核能等。

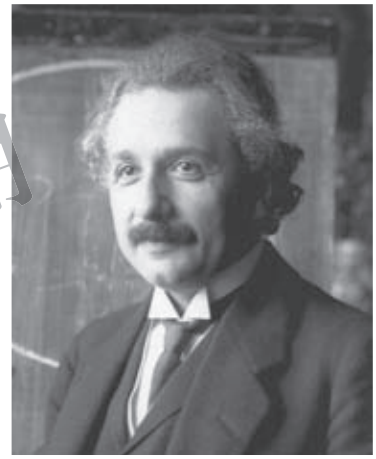


图 14-23 爱因斯坦

1905 年，爱因斯坦(Albert Einstein，1879 1955)以著名的质能方程 $E = mc^2$ 揭示了物质的质量 m 与能量 E 的关系，式中 c 为光在真空中的速度。

1938 年，科学家用中子轰击铀核，使这种重原子核分裂成两个中等质量的原子核。这种重核在其他粒子的轰击下分裂成中等质量的原子核的核反应，叫作**核裂变**(nuclear fission)(图 14-24)。人们发现，铀核裂变反应后的产物总质量有所减少。根据爱因斯坦的质能方程，在核裂变过程中，必有 $\Delta E = \Delta mc^2$ 的能量释放

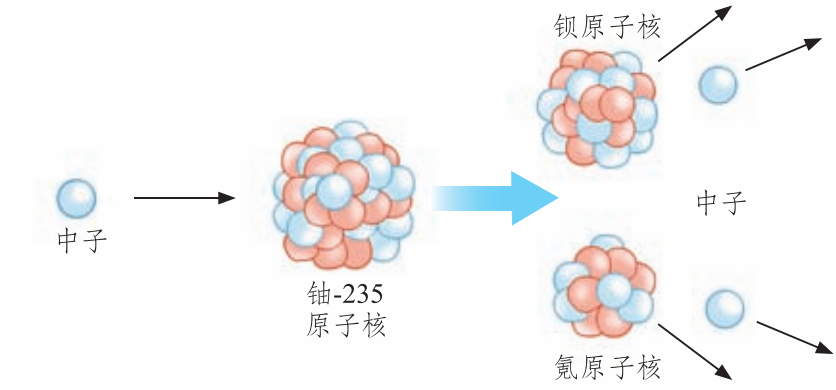


图 14-24 核裂变

仅学习用

微信公众号：电子课本大全

出来，式中 Δm 为核裂变反应前后的质量差。由此可以测算，1 kg 铀全部裂变时放出的能量就相当于 2 800 t 标准煤完全燃烧时放出的能量。人们把这种原子核的结构发生变化时释放出的能量，称为原子核能。

科学家发现，核裂变不但可以释放出巨大的能量，同时还发射出几个中子。既然中子能引起裂变，裂变又产生更多的中子，那我们就可以通过链式反应在宏观尺度上使原子核释放出能量来。这样，人们就找到了大规模利用原子核能的途径。

核电站以核反应堆来代替火电站的锅炉。核燃料在核反应堆中发生核裂变，原子核能转变为内能来加热水产生蒸汽。蒸汽通过管路进入汽轮机，推动汽轮发电机发电，使机械能转变为电能。

目前，包括我国在内的几十个国家都已建成核电站。核电与水电、火电一起构成世界能源的三大支柱，在世界能源结构中占有重要地位。现在，我国已经建成了浙江秦山、广东大亚湾(图 14-25)、广东阳江、广东岭澳、江苏田湾等多个核电站。截至 2016 年 12 月，中国已有 28 台核电机组投入商业运行，总装机容量达 2.6　10^7 kW。



图 14-25　大亚湾核电站

在核裂变实现之后，科学家又发现，比氦核($^4_2$He)质量小的氘核($^2_1$H)、氚核($^3_1$H)在一定条件下(如超高温和高压)能够聚合成氦核，同时释放出更巨大的能量。这种把轻核聚合成质量较大的原子核的反应称为**核聚变**(nuclear fusion)。

从太阳的光谱可以发现，太阳中存在着能够发生聚变反应的氢元素。太阳中心区处于高密度、高温和高压状态，核聚变反应在这里激烈地进行，辐射出巨大的光和热。氢弹就是利用原子弹爆炸产生的高温，使氘核和氚核极其迅速地聚变成氦核而产生剧烈爆炸的，可以说它就是人造的太阳。

在消耗相同质量的核燃料时，核聚变释放的能量要比核裂变多 4 倍以上。直接和间接地发生核聚变的核燃料都是氘核，而氘核在海水中储量丰富，多达 4　10^{13} t。如果把海水中的氘全部提炼出来用于聚变反应，所提供的能量足够

供学习用

微信公众号：电子课本大全

地球上的人类使用几百亿年。核聚变能一旦开始大规模地开发利用，就可以向人类提供 取之不尽，用之不竭 的能源。

要和平利用核聚变，就要使核聚变反应平稳受控进行，这就是受控热核反应。中国、美国、俄罗斯等国和欧洲的受控热核反应实验装置(图 14-26)都在运行和改进之中，人们期盼着和平利用核聚变能的日子早日到来。

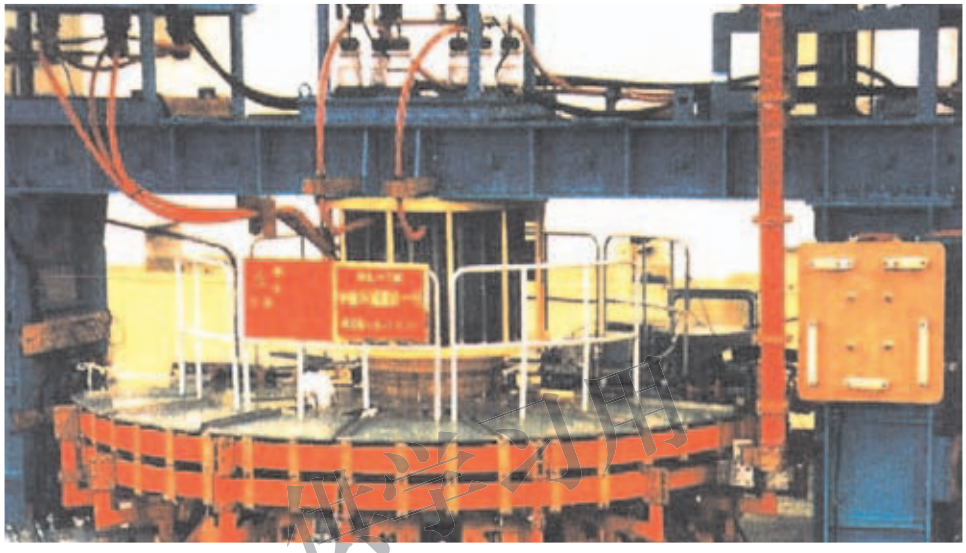


图 14-26 中国 环流器 装置

课后实践

1.从书籍和互联网上更多地了解人类探索微观世界的科学历程。

2.查阅资料，了解原子核能的特点及其应用，以及可能带来的问题。

3.调查纳米材料的应用，写一篇调查报告。

微信公众号：电子课本大全

附 录

一、本册书中用到的物理量及其国际单位

物理量		单 位		备 注
名 称	符 号	中文名称	国际符号	
电 流	I	安 [培]	A	$1\ A = 1\ V/\Omega$，$1\ A = 1\ C/s$ $1\ A = 10^3\ mA = 10^6\ \mu A$
电 压	U	伏 [特]	V	$1\ V = 10^3\ mV = 10^6\ \mu V$ $1\ kV = 10^3\ V$
电 阻	R	欧 [姆]	Ω	$1\ \Omega = 1\ V/A$ $1\ M\Omega = 10^3\ k\Omega = 10^6\ \Omega$
电 功	W	焦 [耳] 千瓦时	J kW·h	$1\ J = 1\ V \cdot A \cdot s = 1\ N \cdot m$ $1\ kW \cdot h = 3.6\quad 10^6\ J$
电功率	P	瓦 [特]	W	$1\ W = 1\ J/s = 1\ V \cdot A$ $1\ MW = 10^3\ kW = 10^6\ W$
频 率	f	赫 [兹]	Hz	$1\ MHz = 10^3\ kHz = 10^6\ Hz$

供学习用

微信公众号：电子课本大全

二、物理名词汉英对照表

电　荷	electric charge
正电荷	positive charge
负电荷	negative charge
电　源	power supply
导　体	conductor
绝缘体	insulator
电　流	electric current
安　培	ampere
电　压	voltage
伏　特	volt
电　阻	resistance
欧　姆	ohm
串　联	series connection
并　联	parallel connection
欧姆定律	Ohm’s law
电功率	electric power
焦耳定律	Joule’s law
磁　体	magnet
磁　极	magnetic pole
南　极	south pole
北　极	north pole
磁　场	magnetic field
磁感线	magnetic induction line
地磁场	geomagnetic field
右手螺旋定则	right-handed screw rule
电磁铁	electromagnet
左手定则	left-hand rule
电磁感应	electromagnetic induction
感应电流	induction current
发电机	generator

供学习用

微信公众号：电子课本大全

续 表

交流电	alternating current
电磁波	electromagnetic wave
雷　达	radar
模拟信号	analog signal
数字信号	digital signal
激　光	laser
光导纤维	optical fiber
互联网	internet
太阳系	solar system
行　星	planet
恒　星	star
银河系	Galaxy
电　子	electron
原子核	atomic nucleus
质　子	proton
中　子	neutron
基本粒子	elementary particle
夸克模型	quark model
纳　米	nanometer
核裂变	nuclear fission
核聚变	nuclear fusion

供学习用

微信公众号：电子课本大全

后　记

《北师大版义务教育教科书》由众多国家基础教育课程标准研制组负责人和核心成员、学科专家、教育专家、心理学专家和特级教师参加编写，研究基础深厚、教育理念先进、编写质量上乘、服务水平专业。教材力求反映国家基础教育课程标准精神，重视多种信息资源手段的利用，适当体现最新的学科进展，强调知识、技能与思想方法在实际生活中的应用，贴近学生生活，关注学生的学习过程，满足学生多样化的学习需求，促进每一位学生的全面发展。

《北师大版义务教育教科书·物理》(8～9年级)充分体现《标准》的基本理念，以提高学生的科学素养为宗旨。教材编写的指导思想是：将物理学的特点与学生的认知发展规律统一起来，促进学生知识建构和科学探究能力的同步发展，引导师生教学方式的变革；注重核心知识与生活、技术、社会、环境的联系，呈现物理学科的发展历程，体现当代最新科技成果；吸纳国内外物理教育研究的最新成果，为学生的终身发展奠定基础。

仅学习用

《北师大版义务教育教科书·物理》(8～9年级)编写组成员如下。

主编：郭玉英。副主编：李子恒、陶昌宏、赵薇。编写人员有：苏明义、胡祖康、王邦平、刘彬生、张维善、李桂福、邓丽平、卢慕稚、黄群飞、曾路。

参与讨论和修改的人员有：金浩宇、田军海、许朝瑞。

本册设计制作：北京瑞得金文化有限公司。

由于时间仓促，教材中的错误在所难免，恳请使用者批评指正。欢迎来电来函与我们联系：北京师范大学出版社基础教育分社(100875)，(010)58802787，58802799。

北京师范大学出版社

微信公众号：电子课本大全

供学习用

谨向为本书提供照片的李桂福、李春密、朱磊、梁志国、邓丽平、齐红、苏明义、何艳阳、胡清、谢丽璇、郭晨跃致谢！

微信公众号：电子课本大全