义务教育教科书

物理

九年级

全一册

人民教育出版社 课程教材研究所
物理课程教材研究开发中心 编著

人民教育出版社
·北京·

微信公众号：电子课本大全

主　　编：彭前程
副 主 编：杜　敏

编写人员：付荣兴　孙　新　张大昌　杜　敏　谷雅慧　张　颖
　　苗元秀　金新喜　秦晓文　黄恕伯　彭　征　彭前程
责任编辑：张　颖　彭　征
美术编辑：王　艾

封面设计：吕旻　李宏庆
版式设计：李宏庆　张静
插　　图：李思东工作室

义务教育教科书　物理　九年级　全一册
人民教育出版社　课程教材研究所
物理课程教材研究开发中心　编著

出　　版　人民教育出版社
　　（北京市海淀区中关村南大街17号院1号楼　邮编：100081）
网　　址　http://www.pep.com.cn
重　　印　×××出版社
发　　行　×××新华书店
印　　刷　×××印刷厂
版　　次　2013年6月第1版
印　　次　　年　月第　次印刷
开　　本　787毫米×1092毫米　1/16
印　　张　11.75
字　　数　190千字
印　　数　　册
书　　号　ISBN 978-7-107-26217-3
定　　价　　元

版权所有·未经许可不得采用任何方式擅自复制或使用本产品任何部分·违者必究
如发现内容质量问题，请登录中小学教材意见反馈平台：jcyjfk.pep.com.cn
如发现印、装质量问题，影响阅读，请与×××联系调换。电话：×××-××××××××

微信公众号：电子课本大全

目录



第十三章　内能　1

第1节　分子热运动　2
第2节　内能　7
第3节　比热容　11



第十四章　内能的利用　16

第1节　热机　17
第2节　热机的效率　22
第3节　能量的转化和守恒　27



第十五章　电流和电路　31

第1节　两种电荷　32
第2节　电流和电路　36
第3节　串联和并联　41
第4节　电流的测量　45
第5节　串、并联电路中电流的规律　49

微信公众号：电子课本大全



第十六章　电压　电阻　54

第1节　电压　55
第2节　串、并联电路中电压的规律　60
第3节　电阻　63
第4节　变阻器　68



第十七章　欧姆定律　73

第1节　电流与电压和电阻的关系　74
第2节　欧姆定律　78
第3节　电阻的测量　80
*第4节　欧姆定律在串、并联电路中的应用　83



第十八章　电功率　86

第1节　电能　电功　87
第2节　电功率　91
第3节　测量小灯泡的电功率　96
第4节　焦耳定律　99



第十九章　生活用电　104

第1节　家庭电路　105
第2节　家庭电路中电流过大的原因　109
第3节　安全用电　113

微信公众号：电子课本大全



第二十章　电与磁　118

第1节　磁现象　磁场　119
第2节　电生磁　124
第3节　电磁铁　电磁继电器　129
第4节　电动机　133
第5节　磁生电　138



第二十一章　信息的传递　144

第1节　现代顺风耳——电话　145
第2节　电磁波的海洋　150
第3节　广播、电视和移动通信　154
第4节　越来越宽的信息之路　158



第二十二章　能源与可持续发展　165

第1节　能源　166
第2节　核能　170
第3节　太阳能　174
第4节　能源与可持续发展　178

索引　182

微信公众号：电子课本大全

人教版®

微信公众号：电子课本大全



第十三章　内能

远处的山峰上，火光冲天、烟雾弥漫，炽热的岩浆犹如一条火龙。这是火山在爆发。

地球内部有高温、高压的岩浆。在极大的压力下，岩浆会从地壳薄弱的地方喷涌而出，无情的火舌毁坏它途经的一切，大量火山灰冲上万米高空……

火山爆发时，炽热的岩浆携带着大量与热有关的能量。那么，覆盖火山的皑皑白雪有没有与岩浆相同形式的能量？如果有，这种能量的多少与哪些因素有关呢？

微信公众号：电子课本大全

第1节　分子热运动



盛夏时节，百花绽放。四溢的花香引来了长喙天蛾，它们悬浮在空中吸食花蜜。花香是如何传播的呢？

物质的构成

很久以前就有人猜想：我们在远处就可以闻到花香，是因为有花香的“原子”飘到我们鼻子里。现代科学研究发现，常见的物质是由极其微小的粒子——**分子**（molecule）、**原子**（atom）构成的。如果把分子看成球形的，一般分子的直径只有百亿分之几米，人们通常以10^{-10} m为单位来量度分子。分子如此之小，人们用肉眼和光学显微镜都分辨不出它们。不过，电子显微镜可以帮助我们观察到这些分子、原子（图13.1-1）。

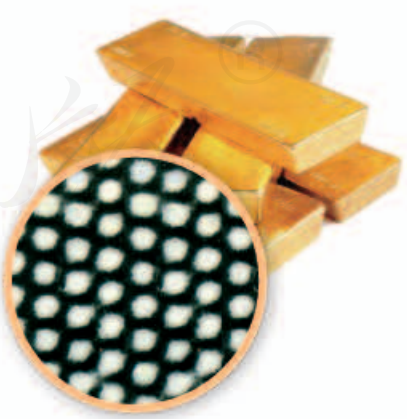


图13.1-1　电子显微镜下的金原子

微信公众号：电子课本大全

构成物质的分子是静止的还是运动的？相互之间有没有作用力？虽然用肉眼不能直接观察到分子，但人们可以通过物体的一些宏观表现来推断构成物体的分子的情况。

分子热运动

演示

在装着红棕色二氧化氮气体的瓶子上面，倒扣一个空瓶子，使两个瓶口相对，之间用一块玻璃板隔开(图13.1-2)。抽掉玻璃板后，会发生什么变化？

二氧化氮的密度比空气大，它能进到上面的瓶子里去吗？

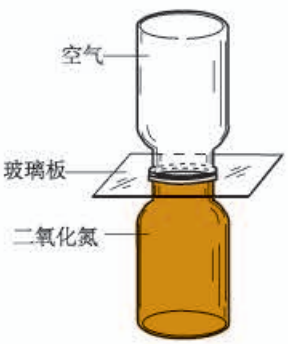
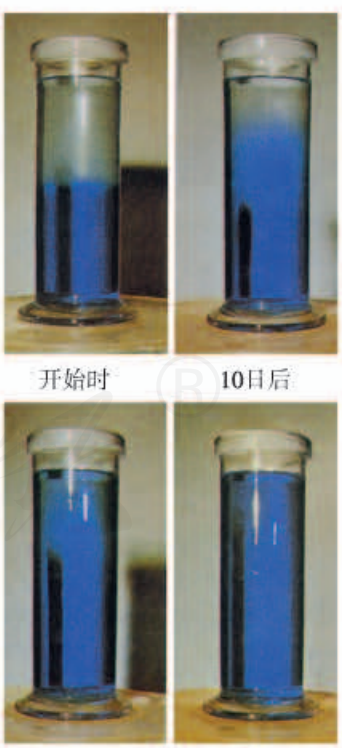


图13.1-2　气体扩散的实验

由实验可以看到，两个瓶子内的气体会混合在一起，最后颜色变得均匀。像这样，不同的物质在互相接触时彼此进入对方的现象，叫做**扩散**(diffusion)。

扩散现象也可以发生在液体之间。在量筒里装一半清水，用细管在水的下面注入硫酸铜的水溶液。由于硫酸铜溶液比水的密度大，会沉在量筒的下部，因此可以看到无色的清水与蓝色硫酸铜溶液之间明显的界面。静放几天，界面就逐渐变得模糊不清了(图13.1-3)。

固体之间也能发生扩散。把磨得很光滑的铅片和金片紧压在一起，在室温下放置5年后再将它们切开，可以看到它们互相渗入约1 mm深。


开始时　10日后　20日后　30日后
图13.1-3　液体扩散的实验

微信公众号：电子课本大全

演示

在一个烧杯中装半杯热水，另一个同样的烧杯中装等量的凉水。用滴管分别在两个杯中滴入一滴墨水，观察哪个烧杯中墨水扩散得快。扩散的快慢跟温度有什么关系？

扩散现象等大量事实表明，**一切物质的分子都在不停地做无规则的运动**。这种无规则运动叫做分子的**热运动**（thermal motion）。分子运动越剧烈，物体温度越高。

通过直接感知的现象，推测无法直接感知的事物，这是物理学中常用的方法。关于这种方法，你还能举出其他例子吗？

分子间的作用力

扩散现象表明，分子在不停地运动。既然分子在运动，那么通常固体和液体中的分子为什么不会飞散开，而总是聚合在一起，保持一定的体积呢？

演示

如图13.1-4，将两个铅柱的底面削平、削干净，然后紧紧地压在一起，两个铅柱就会结合起来，甚至下面吊一个重物都不能把它们拉开。

两个铅柱没有被重物拉开，主要是因为铅柱的**分子之间存在引力**。分子之间的引力使得固体和液体的分子不致散开，因而固体和液体能保持一定的体积。

从扩散现象还可以看出，物体的分子不是紧密地挤在一起，而是彼此间存在间隙。那么，为什么压缩固体和液体很困难呢？这是因为除了引力以外**分子之间还存在斥力**。



图13.1-4　分子之间有引力

微信公众号：电子课本大全

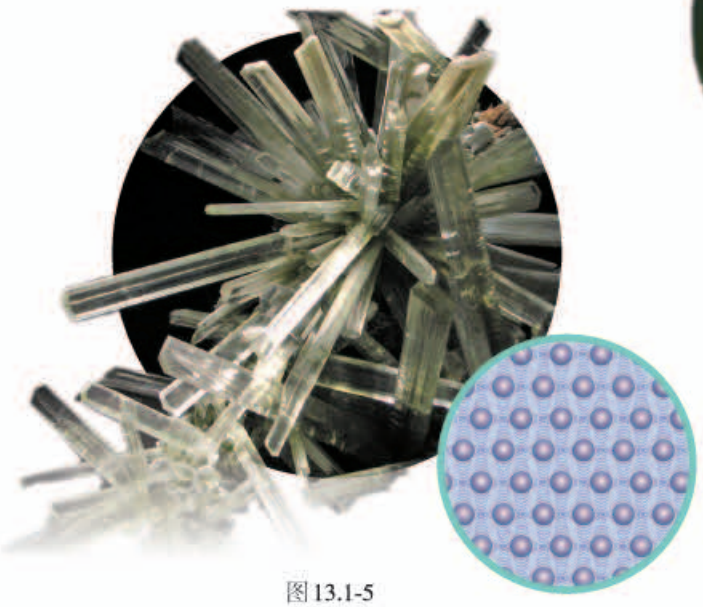


图 13.1-5



图 13.1-6

分子之间既有引力又有斥力。当固体被压缩时，分子间的距离变小，作用力表现为斥力；当固体被拉伸时，分子间的距离变大，作用力表现为引力。固体分子间的距离小，不容易被压缩和拉伸，具有一定的体积和形状（图 13.1-5）。

如果分子相距很远，作用力就变得十分微弱，可以忽略。气体分子之间的距离就很远，彼此之间几乎没有作用力，因此，气体具有流动性，容易被压缩（图 13.1-6）。

通常液体分子之间的距离比气体的小，比固体的大；液体分子之间的作用力比固体的小，分子没有固定的位置，运动比较自由。这样的结构使得液体较难被压缩，没有确定的形状，具有流动性（图 13.1-7）。

常见的物质是由大量的分子、原子构成的；物质内的分子在不停地做热运动；分子之间存在引力和斥力。这就是人们用来解释热现象的分子动理论的初步知识。



图 13.1-7

微信公众号：电子课本大全

动手动脑学物理

1. 把分子看成球体，一个挨着一个紧密平铺成一层（像每个围棋格子中放一个棋子一样），组成一个单层分子的正方形，边长为1 cm。该正方形中约有多少个分子？这些分子数目大约是全球人口数目的多少倍？

2. 扩散现象跟人们的生活密切相关，它有时对人们有用，例如腌制鸭蛋就是通过扩散使盐进入蛋中；它有时又对人们有害，如人造木板黏结剂中的甲醛扩散在空气中造成环境污染。请你分别列举一个扩散现象有用和有害的实例。

3. 两个杯子中分别盛有质量相同的冷水和热水，向其中分别放入同样的糖块，经过一段相同的时间（两杯中的糖块都还没有全部溶解），品尝杯中的水，哪一杯更甜？为什么？

4. 把干净的玻璃板吊在弹簧测力计的下面（例如用吸盘吸住玻璃板或用细线绑住玻璃板），读出测力计的示数。使玻璃板水平接触水面，然后稍稍用力向上拉玻璃板（图13.1-8）。弹簧测力计的示数有什么变化？解释产生这个现象的原因。



图13.1-8 测力计的示数有变化吗？

5. 下表归纳了固、液、气三态物质的宏观特性和微观特性，请完成这个表格。

物态	微观特性		宏观特性	
	分子间距离	分子间作用力	有无固定形状	有无固定体积
固态		很大		
液态	较大	较大		
气态	很大			

微信公众号：电子课本大全

第2节　内能

内能

想想议议

装着开水的暖水瓶，有时瓶塞会弹起来。推动瓶塞的能量来自哪里？

我们知道，运动的物体具有动能，运动的分子也同样具有动能（图13.2-1）。构成物质的分子在不停地做热运动，温度越高，分子热运动的速度越大，它们的动能也就越大。除此之外，由于分子之间存在类似弹簧形变时的相互作用力，所以分子也具有势能，这种势能叫做分子势能（图13.2-2）。

构成物体的所有分子，其热运动的动能与分子势能的总和，叫做物体的**内能**（internal energy）。内能的单位是焦耳（J），各种形式能量的单位都是焦耳。

飞在空中的足球，离开地面，具有重力势能；足球在空中飞行，还具有动能。空中运动的足球除了整体具有机械能外，同时还具有内能。机械能与整个物体的机械运动情况有关，而内能与物体内部分子的热运动和分子之间的相互作用情况有关，内能是不同于机械能的另一种形式的能。



图13.2-1　运动着的足球具有动能，运动着的分子也具有动能。

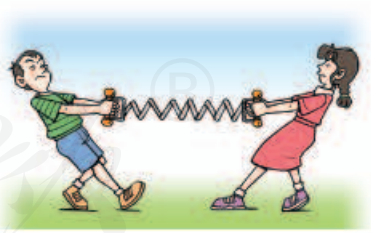


图13.2-2　弹簧形变时具有势能，互相吸引或排斥的分子也具有势能。

微信公众号：电子课本大全



一切物体，不论温度高低，都具有内能。炙热的铁水具有内能；冰冷的冰块，温度虽然低，其中的水分子仍然在做热运动，所以也具有内能（图13.2-3）。物体温度降低时内能减少，温度升高时内能增加。

图13.2-3　铁水很热，冰块很冷，但它们都具有内能。

物体内能的改变

如果把烧热的工件放到冷水中，工件会凉下来，而冷水会变热，这是因为在此过程中发生了热传递。发生热传递时，高温物体内能减少，低温物体内能增加。热传递可以改变物体的内能。

在热传递过程中，传递能量的多少叫做**热量**（quantity of heat），热量的单位也是焦耳。物体吸收热量时内能增加，放出热量时内能减少。物体吸收或放出的热量越多，它的内能改变越大。

冬天用热水袋取暖，人体逐渐感觉暖和，热水袋慢慢凉下来；发烧时用冷毛巾给头部降温，过一段时间后，毛巾温度升高，体温降低。这些都是热传递改变物体内能的例子。

除了热传递外，还有什么途径可以改变物体的内能？结合图13.2-4思考、讨论。



为什么冬天人们常搓手？



下滑时有什么感觉？

图13.2-4　你有过这些体验吗？这是为什么？

微信公众号：电子课本大全

演示

1. 如图13.2-5甲，在一个配有活塞的厚玻璃筒里放一小团硝化棉，把活塞迅速压下去，观察发生的现象。

2. 如图13.2-5乙，烧瓶(或可乐瓶)内盛少量水。给瓶内打气，当瓶塞跳出时，观察瓶内的变化。

在上述实验中，通过什么途径改变了玻璃筒和烧瓶内空气的内能？



甲　空气被压缩时内能增大



乙　空气推动塞子时，内能减少。

图13.2-5　做功改变物体的内能

图13.2-4所示的情形说明摩擦可以产生热，这部分内能是哪里来的呢？是物体克服摩擦力做功而来的。图13.2-5甲，棉花燃烧起来，是因为活塞压缩气体做功，使空气的内能增大，温度升高，达到硝化棉的燃点。图13.2-5乙，瓶内水上方存在着无色透明、无法看到的水蒸气；当塞子跳起来时，可以看到瓶内出现白雾，说明水蒸气液化成了可以看到的小水滴。在这个过程中，气体膨胀对外做功，温度降低，内能减小。

由此可见，做功也可以改变物体的内能。

科学世界

地球的温室效应

太阳通过热辐射把能量输送到地面，温暖了地球，养育了万物。

地表受热后，也会产生热辐射，向外传递热量。由于地球表面有一层大气层，大气中的二氧化碳气体会减弱这种向外的热辐射，因此地表的温度会维持在一个相对稳定的水平。这就是温室效应。适度的温室效应是维持地球上生命生存环境的必要保证。

大气层中的大部分二氧化碳是自然产生的，然而现代工业大量燃烧煤炭和石油，产生了更多的二氧化碳；另外，由于人类大量砍伐森林，削弱了植物因光合作用对二氧化碳的消耗。这些都加剧了地球的温室效应。这是近年来全球气候变暖的重要原因。

微信公众号：电子课本大全



如果地球表面的温度过高，将会导致两极的冰雪融化，使得海平面上升，淹没城市，大片良田盐碱化。温度的升高还会影响全球气候，使得一些地区暴雨成灾，而另外一些地区干旱少雨，促使土地荒漠化。

在因特网上进入任何一个有搜索功能的网站，输入关键词“温室效应”，你就能从中学到更多有关温室效应的知识。

动手动脑学物理

1. 请分析在以下过程中，冰粒、火箭箭体和子弹的内能是在增大还是减小？机械能在增大还是减小？

（1）云中形成的冰粒在下落中，温度渐渐升高变成了雨滴。

（2）火箭从地面向上发射过程中，火箭外壳和大气摩擦后温度越来越高。

（3）子弹击中一块木板，温度升高。

2. 用物体内能改变的方式说明“炙手可热”和“钻木取火”的含义。

3. 生活中有时通过加强热传递直接利用内能，有时又通过阻碍热传递防止内能转移。请你各举两个实例。

4. 把图钉按在铅笔的一端，手握铅笔使图钉钉帽在粗糙的硬纸板上来回摩擦，然后用手感觉图钉温度的变化，并解释这种变化。（进行这个活动时要注意安全。）

微信公众号：电子课本大全

第3节　比热容

烈日炎炎的夏季，白天海滩上的沙子热得烫脚，但海水却非常凉爽；傍晚太阳西落，沙子很快凉了下来，但海水却仍然暖暖的。同样的日照条件，为什么沙子和海水的温度不一样？

比热容

实验

比较不同物质吸热的情况

加热质量相同的水和食用油，使它们升高相同的温度。比较它们吸收热量的多少，看看这两种物质的吸热情况是否存在差异。

可以使用的实验器材有：相同规格的电加热器、玻璃杯、温度计……

如图13.3-1和图13.3-2，利用电加热器来加热水和食用油。电加热器每秒放出的热量是一定的，当它浸没在液体中时，可认为液体每秒吸收的热量相同。

请思考怎样得到相同质量的水和油、怎样比较水和油吸收热量的多少。设计表格，记录并分析实验数据。



图13.3-1



图13.3-2

实验结果表明，不同物质，在质量相等、升高的温度相同时，吸收的热量不同。

怎样表示不同物质这种性质上的差别呢？物理学中引入了比热容这个物理量。一定质量的某种物

微信公众号：电子课本大全

质，在温度升高时吸收的热量与它的质量和升高的温度乘积之比，叫做这种物质的**比热容**（specific heat capacity）。比热容用符号 c 表示，它的单位是**焦每千克摄氏度**，符号是 J/(kg · °C)。

单位质量的某种物质，温度降低 1 °C 所放出的热量，与它温度升高 1 °C 所吸收的热量相等，数值上也等于它的比热容。

比热容是反映物质自身性质的物理量。不同的物质，比热容一般不同。

小资料

一些物质的比热容

物质	比热容 c/[J · (kg · °C)$^{-1}$]	物质	比热容 c/[J · (kg · °C)$^{-1}$]
水	4.2×10^3	铝	0.88×10^3
酒精	2.4×10^3	干泥土	约0.84×10^3
煤油	2.1×10^3	铁、钢	0.46×10^3
冰	2.1×10^3	铜	0.39×10^3
色拉油	1.97×10^3	水银	0.14×10^3
沙石	约0.92×10^3	铅	0.13×10^3

质量相同的不同物质，当吸收或放出同样热量时，比热容较大的物质温度变化较小。因此，比热容大的物质对调节温度有很好的作用。从表中可以看出，水的比热容较大。当环境温度变化较快的时候，水的温度变化相对较慢。生物体内水的比例很高，有助于调节生物体自身的温度，以免温度变化太快对生物体造成严重损害。

水的比热容是沙石的4倍多。质量相同的水和沙石，要使它们上升同样的温度，水会吸收更多的热量；如果吸收或放出的热量相同，水的温度变化

微信公众号：电子课本大全



比沙石小得多。夏天，阳光照在海上，尽管海水吸收了许多热量，但是由于它的比热容较大，所以海水的温度变化并不大，海边的气温变化也不会很大。而在沙漠，由于沙石的比热容较小，吸收同样的热量，温度会上升很多，所以沙漠的昼夜温差很大（图13.3-3）。

图13.3-3　海边昼夜温度变化比沙漠中小，适于居住。

想想议议

我国北方楼房中的“暖气”用水作为介质，把燃料燃烧时产生的热量带到房屋中取暖。用水做输运能量的介质有什么好处？生活中、各种产业中，还有没有用水来加热或散热的情况？

扩展性实验

用传感器比较不同物质的比热容

不同物质吸热的差异还可以用图13.3-4所示的实验很快比较出来。

用铁夹将温度传感器及分别盛有质量相同的水和色拉油的两个试管固定在铁架台上，温度传感器的探头部分要与试管内的水或色拉油良好接触，两

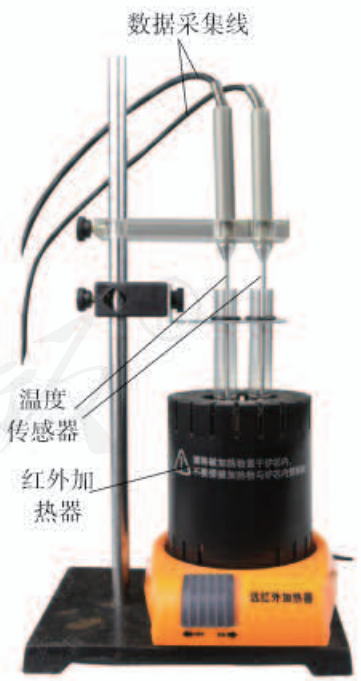


图13.3-4　比热容实验装置

微信公众号：电子课本大全

只温度传感器通过数据采集线与计算机相连接。

在计算机上打开与此仪器配套的专用软件，点击“开始记录”，同时打开红外加热器开关，对盛有水和油的试管进行加热，在计算机上可以得到相应的实验图线。

热量的计算

比热容在数值上等于单位质量的某种物质温度升高1 °C所吸收的热量。如果知道一种物质的比热容，再知道这种物质的质量和温度升高的度数，就能计算它吸收的热量。

想想议议

已知铝的比热容是0.88×10^3 J/(kg · °C)，这表示质量是1 kg的铝块温度升高1 °C时吸收的热量是0.88×10^3 J。计算：把质量为2 kg、温度为30 °C的铝块加热到100 °C，铝块吸收的热量是多少？

如果以$Q_{吸}$代表物体吸收的热量，c代表物质的比热容，m代表物体的质量，t_0和t分别是加热前后物体的温度；通过上面的计算，可以总结出一个由比热容计算物体吸收热量的公式：$Q_{吸}=$_____。

如果要计算物体降温时放出的热量，公式会有什么不同？

动手动脑学物理

1. 关于比热容，下列说法中正确的是（　　）

A. 比热容跟物体吸收或放出的热量有关

B. 物体的质量越大，它的比热容越大

C. 比热容是物质自身的性质，与质量、吸收或放出的热量均无关

微信公众号：电子课本大全

2. 相同质量的铝和铜，吸收了相同的热量，下列说法中正确的是（　　）

A. 铝上升的温度较高

B. 铜上升的温度较高

C. 铝和铜上升的温度相同

3. 在烈日当空的海边玩耍，你会发现沙子烫脚，而海水却是凉凉的。这是为什么？

4. 质量为2 kg的某种物质温度从20 °C升高到40 °C时，吸收的热量是1.88×10^4J，该物质的比热容是多少？

5. 有一根烧红的铁钉，温度是800 °C，质量是1.5 g。它的温度降低到20 °C，要放出多少热量？

学到了什么

1. 分子动理论的基本观点

（1）常见的物质是由大量的分子、原子构成的。

（2）构成物质的分子在不停地做热运动。

（3）分子间存在着引力和斥力。

2. 内能

物体的内能是物体内部所有分子热运动的动能和分子势能的总和。改变物体的内能有两种方法：做功和热传递。

3. 比热容

一定质量的某种物质，在温度升高（或降低）时吸收（或放出）的热量与它的质量和升高（或降低）的温度乘积之比，叫做这种物质的比热容。温度变化时，热量的计算公式为$Q_{吸}=cm(t-t_0)$，$Q_{放}=cm(t_0-t)$。

微信公众号：电子课本大全

第十四章　内能的利用

火，能驱散寒冷和黑暗，带来温暖和光明。钻木取火，人类第一次学会使用自然的力量；而古老的热机——蒸汽机的发明则给人类带来了巨大的动力。

现代的热机广泛使用在汽车、火车、轮船、飞机、火箭上。热机到底是怎样将内能转化成我们需要的能量的呢？通过这一章的学习，你就会清楚了。



微信公众号：电子课本大全

第1节　热机



18世纪第一辆汽车问世时，它的速度只有数千米每小时，而目前最快的汽车速度已经超过了声速。汽车是如何获得机械能的呢？

热机

演示

如图14.1-1，在试管内装些水，用橡胶塞塞住管口，将水加热一段时间，观察现象。

讨论这个过程中不同形式的能量之间转化的情况。

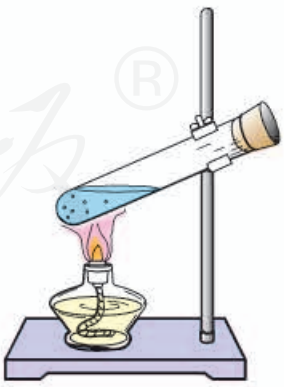


图14.1-1

在这个实验中，燃料燃烧时产生的热量传给水和水蒸气；塞子受到水蒸气的压力而冲出去，水蒸气的内能转化为塞子的动能。

微信公众号：电子课本大全

这个实验虽然简单，却基本展示了蒸汽机的工作原理。

人们发现内能可以做功，并制造了各种利用内能做功的机械——**热机**（heat engine）。热机的发明及广泛使用，使人类迈入了工业化社会，对人类社会的发展起到了重要的作用。

热机的种类很多，例如蒸汽机、内燃机、汽轮机、喷气发动机等。

燃料直接在发动机汽缸内燃烧产生动力的热机，叫做内燃机。内燃机是现代社会中最常见的一种热机。汽车作为我们生活中不可缺少的交通工具，它的动力机械就是内燃机。图14.1-2是一种内燃机的剖面图。

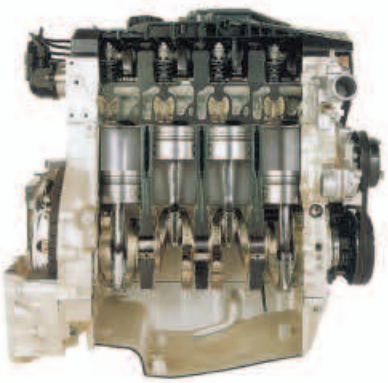


图14.1-2　一种内燃机剖面图

内燃机分为汽油机和柴油机两大类，它们分别用汽油和柴油作为燃料。

汽油机

图14.1-3是四冲程汽油机的剖面图。汽缸上部有进气门和排气门，顶部有火花塞，下部有活塞，活塞用连杆跟曲轴相连。汽油在汽缸里面燃烧时生成高温高压的燃气，推动活塞做功。活塞移动带动曲轴转动。

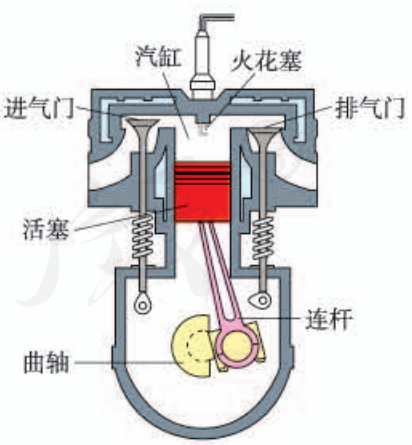
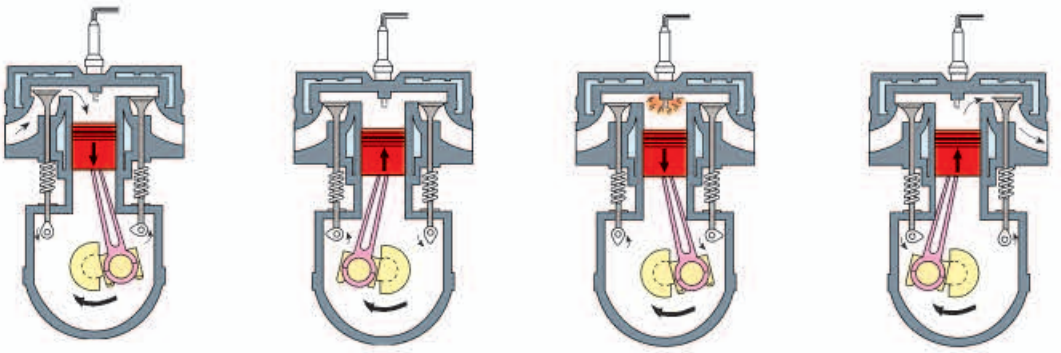


图14.1-3　四冲程汽油机的剖面图

要使汽油机连续工作，活塞必须能在汽缸内往复运动。活塞在汽缸内往复运动时，从汽缸的一端运动到另一端的过程，叫做一个冲程。多数汽油机是由吸气、压缩、做功、排气四个冲程的不断循环来保证连续工作的。图14.1-4是四冲程汽油机的工作示意图。

微信公众号：电子课本大全



甲　吸气冲程：进气门打开，排气门关闭，活塞向下运动，汽油和空气的混合物进入汽缸。

乙　压缩冲程：进气门和排气门都关闭，活塞向上运动，燃料混合物被压缩。

丙　做功冲程：在压缩冲程结束时，火花塞产生电火花，使燃料猛烈燃烧，产生高温高压的气体。高温高压的气体推动活塞向下运动，带动曲轴转动，对外做功。

丁　排气冲程：进气门保持关闭，排气门打开，活塞向上运动，把废气排出汽缸。

图14.1-4　四冲程汽油机工作示意图

想想议议

1. 在四个冲程中，压缩冲程和做功冲程各发生了怎样的能量转化？

2. 哪个冲程使汽车获得动力？

3. 哪个冲程排出了汽车的废气？

柴油机

柴油机的构造和汽油机相似，但是柴油机通过压缩空气直接点燃柴油，因此柴油机汽缸顶部没有火花塞，而有一个喷油嘴。

柴油机的工作过程也分为吸气、压缩、做功、排气四个冲程。在吸气冲程里吸进汽缸的只有空气。在压缩冲程中，活塞把空气的体积压缩得非常小，使得空气的温度很高。在压缩冲程结束时，汽缸内空气的温度已经超过柴油的燃点，此时从喷油嘴喷出的雾状柴油遇到热空气便立刻燃烧起来。在

微信公众号：电子课本大全

做功冲程中，燃烧放出的热使得气体的压强和温度急剧升高，从而推动活塞对外做功。由于柴油机对空气的压缩程度比汽油机更高，因此在做功冲程中气体的压强也大于汽油机，因而可以输出更大的功率。

由于柴油机工作的过程中压强较大，要求各有关零件具有较高的结构强度，因此柴油机比较笨重，主要应用在载重汽车、拖拉机、坦克、火车、轮船上，有的地方还用它带动发电机发电。随着近年来柴油机技术的发展，其体积、噪声和污染等方面的缺点都逐步得到了改善，越来越多的汽车也开始使用柴油发动机了。

科学世界

现代汽车

汽车已经成为现代生活中不可缺少的一部分。

汽车由发动机、底盘、车身和电气设备四大部分组成。发动机把燃料燃烧产生的内能变为机械能，再通过底盘上的传动机构，将动力传给车轮，使汽车行驶（图14.1-5）。汽车电气设备的作用主要是产生电火花以点燃汽缸中的可燃气体、启动发动机时用电机带动飞轮旋转、提供照明等。

现代汽车多数采用四缸或六缸等多缸发动机（图14.1-2为四缸发动机），每个汽缸都进行这种四冲程循环。由于各个汽缸交替做功，所以发动机转动比较平稳。

随着电子技术的发展，许多汽车已经采用了电子燃油喷射系统。微电脑可以根据内燃机的工作状态和空气的温度等多种因素精确控制喷油的数量和时机，提高燃烧效率。采用电子燃油喷射系统的发动机与过去的发动机相比，可以减少有害气体的排放，降低燃料的消耗，同时提高发动机的功率。电子技术在汽车上的应用，使汽车有了更广阔的发展空间。未来的汽车将更加节能、安全，对环境的影响会更小。



图14.1-5　汽车的动力系统

微信公众号：电子课本大全

动手动脑学物理

1. 除了飞机、汽车、摩托车之外，你还知道哪些地方用到了热机？你列举的这些热机中哪些是内燃机？

2. 在图14.1-6中，甲为四冲程内燃机吸气冲程的示意图，图中画出了吸气冲程中活塞和曲轴的位置和进气门、排气门的开闭情况。请在图乙、丙、丁中，分别画出压缩、做功、排气冲程中活塞和曲轴的位置和进气门、排气门的开闭情况。

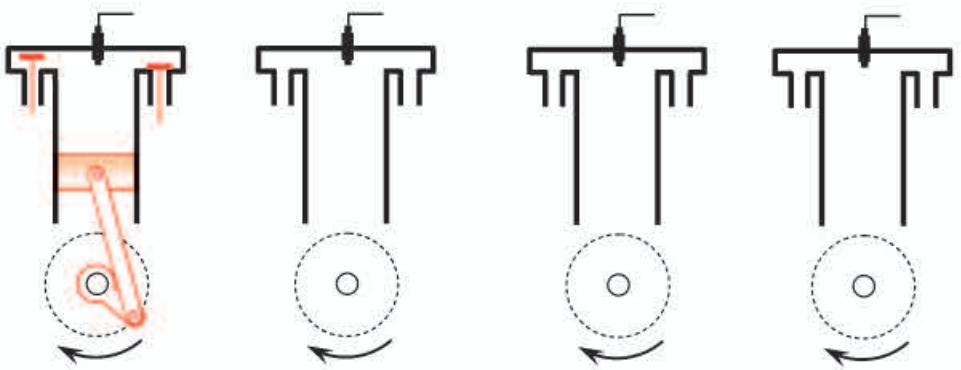


图14.1-6 画出各冲程中活塞、曲轴的位置以及阀门的开闭情况

3. 从能量转化的角度看，一台四冲程内燃机在一个循环中

（1）哪个冲程存在着化学能转化为内能的过程？

（2）哪个冲程存在着内能转化为机械能的过程？

（3）哪个冲程具有很明显的机械能转化为内能的过程？

4. 柴油机和汽油机的工作过程有什么相同点，有什么不同点？

微信公众号：电子课本大全

第2节　热机的效率

燃料的热值

人类在原始社会就知道燃烧柴薪来取暖、烧饭。在现代社会，人类所用的能量很大一部分依然是从燃料的燃烧中获得的。

想想议议

燃料的种类很多，固体燃料有木柴、煤等，液体燃料有汽油、酒精等，气体燃料有煤气、天然气等（图14.2-1）。根据你的经验，相同质量的不同燃料，燃烧时放出的热量是不是相同？要找出事实来支持你的观点，并进行分析。



图 14.2-1　几种燃料

燃烧相同质量的不同燃料，放出的热量是不同的。例如，燃烧1 kg煤放出的热量，是燃烧1 kg木柴放出热量的两倍多。

我们把某种燃料完全燃烧放出的热量与其质量之比，叫做这种燃料的**热值**。

热值在数值上等于1 kg某种燃料完全燃烧放出的热量。热值的单位由热量的单位和质量的单位组合而成。在国际单位制中，热量的单位是焦耳，质

微信公众号：电子课本大全

量的单位是千克，则热值的单位是**焦每千克**，符号是J/kg[①]。

根据燃料的热值，我们能计算出燃料完全燃烧时放出的热量。例如，从下表中可查到煤气的热值约为3.9×10^7 J/m^3，所以 2 m^{3}的煤气完全燃烧放出的热量约为

$$3.9\times10^7\ \text{J}\cdot\text{m}^{-3}\times2\ \text{m}^3=7.8\times10^7\ \text{J}$$

小资料

一些燃料的热值

燃料	热值	燃料	热值
干木柴	约1.2×10^7 J/kg	柴油	4.3×10^7 J/kg
烟煤	约2.9×10^7 J/kg	煤油	4.6×10^7 J/kg
无烟煤	约3.4×10^7 J/kg	汽油	4.6×10^7 J/kg
焦炭	3.0×10^7 J/kg	氢	1.4×10^8 J/kg
木炭	3.4×10^7 J/kg	煤气	约3.9×10^7 J/m^3
酒精	3.0×10^7 J/kg	沼气	约1.9×10^7 J/m^3

热机的效率

燃料很难完全燃烧，放出的热量往往比按热值计算出的要小，而且有效利用的热量又比放出的热量要小。例如用煤烧水，有效利用的热量只是被水吸收的热量。高温的烟气带走了相当一部分热量，还有一部分热量直接散失掉了。

通常的锅炉，燃料利用率比较低，因此在节约能源上改造的潜力很大。例如，取暖用的小型锅

① 对某些气体燃料，热值在数值上等于在标准状态下1 m^{3}燃料完全燃烧放出的热量，单位是焦每立方米，符号是J/m^3。

微信公众号：电子课本大全

炉，如果把煤磨成煤粉或煤粒，从而加大与氧气的接触面积，再把空气吹进炉膛，就会比煤块燃烧得更充分，从而提高燃料的利用率。

想想议议

在内燃机中燃料是否能够完全燃烧？燃料燃烧释放的能量都到哪里去了？



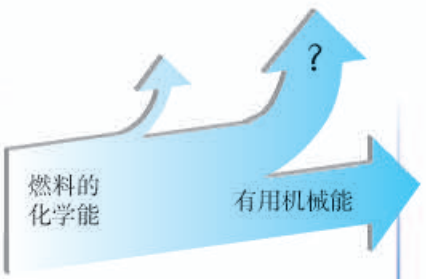


图 14.2-2　在内燃机中燃料释放的能量都到哪里去了？

对于热机而言，燃料释放的能量只有一部分用来做有用功，还有相当一部分能量散失了。用来做有用功的那部分能量，与燃料完全燃烧放出的能量之比，叫做热机的**效率**。蒸汽机的效率很低，只有6%~15%。内燃机中，燃料是在汽缸内部燃烧的，而且燃料与空气混合充分，燃烧得比较完全，所以内燃机的效率比蒸汽机的高。汽油机的效率为20%~30%，柴油机的效率为30%~45%。

热机的效率是热机性能的重要指标。热机的效率高，在做功同样多的情况下，就消耗更少的燃料，从而节约能源，减少污染。在设计和制造热机时，要不断改进和创新，以减少各种能量损失，提高效率。

在热机的能量损失中，废气带走的能量最多。设法利用废气的能量，是提高燃料利用率的重要措施。大型发电机常常用蒸汽轮机推动，为了提高燃料的利用率，人们利用蒸汽轮机排出的废气来供热，这就是热电站。这种既供电又供热的热电站，比起一般的火电站来，燃料的利用率大大提高。

微信公众号：电子课本大全

STS 科学·技术·社会

从火车到火箭

生产的发展需要强大的动力。17世纪，人类发明了热机。最早的热机是蒸汽机。在锅炉里把水烧成水蒸气，水蒸气在汽缸里推动活塞做功。原始的蒸汽机不便于使用，后来许多人对它不断改进，其中贡献最大的是英国人瓦特，他在1782年发明了往复式蒸汽机，使蒸汽机成为可以广泛使用的动力机。这种蒸汽机在之后的一百多年里对工业的发展起了极其重要的作用。但是由于蒸汽机过于笨重，效率很低，现在世界各国都不再生产蒸汽机了。



图14.2-3 斯蒂芬森的“火箭号”蒸汽机车，它诞生于1829年。

交通运输的发展迫切需要比较轻便的热机。于是，内燃机应运而生。内燃机有汽油机、柴油机两大类。汽油机是1876年发明的，柴油机是1892年发明的。内燃机运行时不需要携带很多水和煤，不但轻便，效率也提高了很多。内燃机的出现和不断改进，对交通运输事业的现代化起到了决定性的作用。

电力工业的发展需要功率巨大的热机来带动大型发电机。1884年出现的蒸汽轮机满足了这个需要。大型锅炉产生的高温高压水蒸气直接喷射到汽轮机的叶片上，使蒸汽轮机转动。大型火电站的巨大锅炉有五六层楼房那样高，蒸汽轮机功率可达几十万千瓦。

早期的飞机是由内燃机提供动力的。从上世纪40年代开始，飞机上越来越多地使用喷气发动机，它向后高速喷出气体，



图14.2-4 摩托车使用汽油机，挖土机使用柴油机，货船使用大型柴油机。





微信公众号：电子课本大全

从而获得前进的动力。在功率相同时，喷气式发动机比内燃机更轻便，这就使生产高速的大型飞机成为可能。

喷气式发动机有两种：一种需要用大气中的氧气来助燃，叫空气喷气发动机，在飞机上使用；另一种自带燃料和氧化剂，叫火箭喷气发动机，它工作时不需要空气，可以在大气层外工作，能够用来发射人造卫星和宇宙飞船。

热机使人类摆脱了繁重的体力劳动，促进了生产的发展，带来了工业革命。现代社会在交通、航天、电力工业等很多方面都离不开热机。对热机的研制和改进将会进一步推动社会生产力的发展。



图14.2-5　高温高压水蒸气直接推动蒸汽轮机的叶片

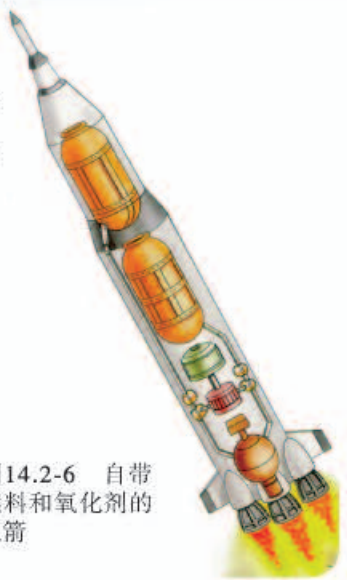


图14.2-6　自带燃料和氧化剂的火箭

动手动脑学物理

1. 汽油的热值为4.6×10^7 J/kg。这个数值究竟有多大？有人通过一个具体例子来认识汽油热值的大小：一个60 kg的人，从大厦的1楼步行至第11楼（走了10层楼），每层楼的层高为3 m，他克服重力做了多少焦耳的功？如果汽油完全燃烧获得热量的焦耳数和这些功相等，需要汽油的质量是多少？这大约相当于生活中什么物体的质量？

2. 如果燃烧干木柴跟燃烧煤油放出的热量相等，干木柴的质量应该等于煤油质量的几倍？请列出相关计算式来说明理由。

3. 全球汽车保有量在迅速增长，截至2011年，全球处于使用状态的汽车数量已突破10亿辆。每辆汽车每年耗油1.8 t，汽车内燃机的效率平均值取30%。如果能把内燃机效率提高1%，全球每年可以节约多少燃油？

4. 提高热机的效率具有哪些积极意义？请你列出一个回答问题的提纲，不必展开陈述。

微信公众号：电子课本大全

第3节　能量的转化和守恒

能量的转化

想想做做

完成下面一组小实验。

1. 来回迅速摩擦双手。
2. 黑塑料袋内盛水，插入温度计后系好袋口，放在阳光下。
3. 将太阳能电池连在小电扇上，并使它对着阳光。
4. 将钢笔杆在头发或毛衣上摩擦后靠近细碎的纸片。

……

观察实验发生的现象，讨论发生了哪些能量转化。

你还能指出一些事实，说明力现象与热现象有联系、力现象与电现象有联系、电现象与热现象有联系吗？最好把现象演示给大家。

自然界中的各种现象都是互相联系的。科学家们经过长期探索，发现能量转化是非常普遍的，在一定条件下，各种形式的能量是可以相互转化的：摩擦生热，机械能转化为内能；水电站里水轮机带动发电机发电，机械能转化为电能；电动机带动水泵把水送到高处，电能转化为机械能；植物吸收太阳光进行光合作用，光能转化为化学能；燃料燃烧时发热，化学能转化为内能……

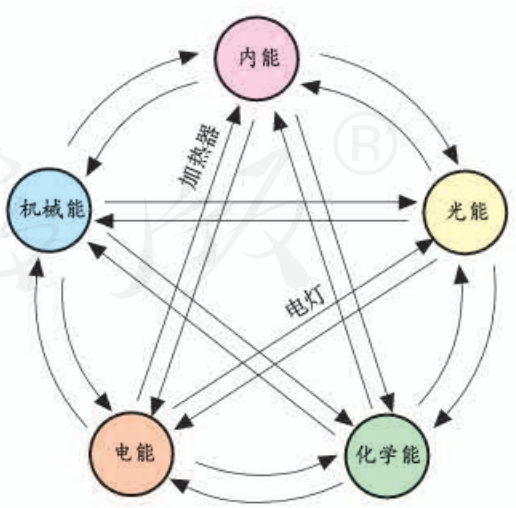


图14.3-1　不同形式的能量可以在一定条件下相互转化，图中给出了两个实例，你能做些补充吗？

微信公众号：电子课本大全

能量守恒定律

想想议议

停止用力，秋千会越摆越低；掉在地上的弹性小球会跳起，但是越跳越低。

讨论秋千和小球在运动中的能量转化。

为什么它们的高度会逐渐降低？是否丢失了能量？

你认为减少的机械能到哪里去了？



图14.3-2　小球在地面弹跳的频闪照片

在秋千和小球的运动中，看似能量减少了，其实是在运动过程中，有一部分机械能转化成了内能。例如，小球在跳动过程中会变热。

大量事实表明，**能量既不会凭空消灭，也不会凭空产生，它只会从一种形式转化为其他形式，或者从一个物体转移到其他物体，而在转化和转移的过程中，能量的总量保持不变。**这就是**能量守恒定律**（law of conservation of energy）。

能量守恒定律是自然界最普遍、最重要的基本定律之一。大到天体，小到原子核，无论是物理学的问题还是化学、生物学、地理学、天文学的问题，所有能量转化的过程，都服从能量守恒定律。从日常生活到科学研究、工程技术，这一规律都发挥着重要的作用。例如，在行驶的汽车中，燃料的化学能通过燃烧转化为燃气的内能，再通过热机做功把内能转化为机械能。在这个过程中，燃料的化学能一部分转化为机械能，一部分转化成了热机和周围环境的内能。

微信公众号：电子课本大全

不少人曾经设想制造一种不需要动力就能源源不断地对外做功的机器，人们把这种机器叫做永动机。然而，在科学技术发展的历史上，从来没有一种永动机成功过。能量守恒定律的发现，使人们认识到：任何一部机器，只能使能量从一种形式转化为其他形式，而不能无中生有地制造能量。因此，根本不可能造出永动机。

想想议议

图 14.3-3 是一种设想中的永动机，它通过高处的水流冲击叶片，叶片的转动用来对外做功，同时带动抽水器从低处将水抽到高处，从而循环工作。你能不能从能量守恒的角度说明它为什么不能一直工作下去？

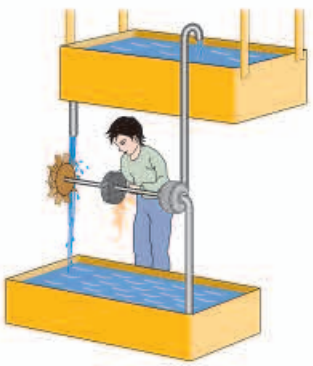


图 14.3-3　一种设想中的永动机

动手动脑学物理

1. 一支向高空瞄准的步枪，扣动扳机后射出一颗子弹，子弹没有击中目标，最后下落陷在土地中。请你说出以上过程中发生了哪些能量转化。

2. 请从能量转化的角度具体说明以下效率的意义。

- 某太阳能电池工作的效率是 16%
- 某电动机工作的效率是 83%
- 某锂电池充电时的效率是 99%
- 某柴油机工作的效率是 35%
- 某电热水器工作的效率是 87%

3. 小华家使用的是天然气热水器，该热水器的铭牌标明了它的热效率，表示该热水器工作时，天然气完全燃烧所消耗的化学能，有多大比例转化为水的内能。小华尝试估测该热水器的热效率，以核对铭牌上的数值是否准确。他把家里自动洗衣机的“水量”设置为 40 L，用热水器输出的热水注入洗衣机，当注入水的体积达到 40 L 时洗

微信公众号：电子课本大全

衣机便会自动停止注水。已知当时自来水的温度是15 °C，热水器输出热水的温度为40 °C，注水前天然气表的示数是2 365.89 m^3，注水后变为2 366.05 m^3，天然气的热值为3.2×10^7 J/m^3。请你估测该热水器的热效率。

4. 释放化学能的过程不断地发生在你的体内。食物也是一种“燃料”，营养成分在人体细胞里与氧结合，提供细胞组织所需的能量。这种过程没有火焰，但化学能同样可以转化为内能，因此人的体温保持在37 °C左右。从能量守恒的角度说说，食物提供的化学能还转化为哪些能量？

人体摄入的能量（营养师常称之为热量）过多或过少，都有损于健康。对于正在长身体的初中学生，每天应该摄入多少能量？应该如何调整饮食？查阅资料、进行调查，写一篇科学报告，并与同学交流。



学到了什么

1. 热机

利用燃料燃烧释放出的能量做功的机械，叫做热机。内燃机是最常见的一种热机，其中的四冲程汽油机或柴油机通过吸气、压缩、做功、排气四个冲程的循环进行工作。

2. 热值

某种燃料完全燃烧放出的热量与其质量之比，叫做这种燃料的热值。

3. 热机的效率

热机工作时，用来做有用功的能量与燃料完全燃烧放出的热量之比，叫做热机的效率。

4. 能量守恒定律

能量既不会凭空消灭，也不会凭空产生，它只会从一种形式转化成其他形式，或者从一个物体转移到其他物体，而在转化和转移的过程中，能量的总量保持不变。

微信公众号：电子课本大全

第十五章　电流和电路

你也许注意过，当打开电气产品的外壳时，展现在我们面前的是让人眼花缭乱的电路板……

也许你会感到它很神秘。实际上，这些看似复杂的各种电路都是由最简单的电路组合而成的。让我们走进这个世界看一看、试一试吧！



微信公众号：电子课本大全

第1节　两种电荷



在干燥的天气里，衣服表面容易吸附灰尘；与头发摩擦过的塑料尺、塑料笔杆，能吸起纸屑；用塑料梳子梳头，头发会随着梳子飘起来……

两种电荷

为什么会出现上述这些现象呢？这是因为摩擦过的物体带了“电”，或者说带了**电荷**（electric charge）。用摩擦的方法使物体带电，叫做**摩擦起电**。带电的物体间存在怎样的相互作用呢？

演示

电荷间的相互作用

1. 用丝绸摩擦两根玻璃棒，手持一根玻璃棒，靠近另一根被吊起的玻璃棒（图15.1-1）。观察有什么现象发生。

2. 手持用毛皮摩擦过的橡胶棒，靠近被吊起的用丝绸摩擦过的玻璃棒。观察有什么现象发生。

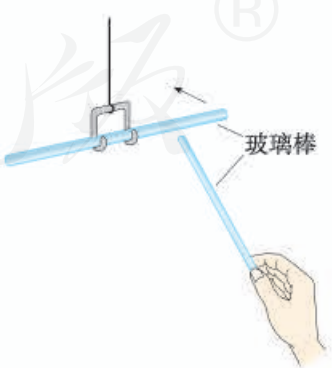


图15.1-1　电荷间的相互作用

微信公众号：电子课本大全

实验发现，电荷间有相互作用，相同电荷及不同电荷间相互作用不同。

人们还发现，无论用什么方法带电，物体所带的电荷或者与丝绸摩擦过的玻璃棒带的电荷相同，或者与毛皮摩擦过的橡胶棒带的电荷相同。**自然界只有两种电荷**。人们把用丝绸摩擦过的玻璃棒带的电荷叫做**正电荷**（positive charge），用毛皮摩擦过的橡胶棒带的电荷叫做**负电荷**（negative charge）。**同种电荷互相排斥，异种电荷互相吸引。**

物体所带电荷有多有少，电荷的多少叫做**电荷量**。为了方便起见，电荷量也可简称**电荷**。电荷量的单位是**库仑**（coulomb），简称**库**，符号是C。一根实验室中常用的玻璃棒或橡胶棒，摩擦后所带的电荷量大约只有10^{-7} C。

实验室里常用验电器来检验物体是否带电。用带电体接触验电器的金属球，就有一部分电荷转移到验电器的两片金属箔上，这两片金属箔带同种电荷，由于互相排斥而张开（图15.1-2）。

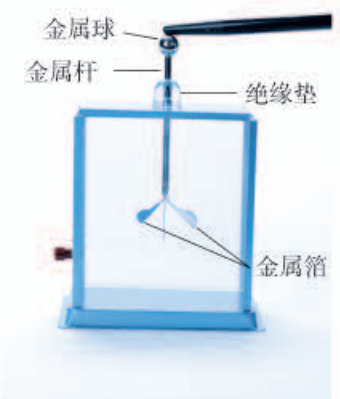


图15.1-2　验电器能显示物体是否带电

原子及其结构

通过前面的学习我们知道，常见的物质是由分子、原子构成的。有的分子由多个原子构成，有的分子只由一个原子构成。

20世纪初科学家发现，原子也有进一步的结构，它的中心是原子核，在原子核周围，有一定数目的**电子**（electron）在核外运动。电子是带有最小负电荷的粒子，所带电荷量为1.6×10^{-19} C。

原子核带正电。在通常情况下，原子核所带的正电荷与核外所有电子所带的负电荷在数量上相等，原子整体不显电性，物体对外也不显电性。

氢原子的结构最简单，原子核中有1个正电荷

微信公众号：电子课本大全

（其电荷量与电子电荷量相等），核外有1个电子。氦原子核中有2个正电荷，核外有2个电子（图15.1-3）。

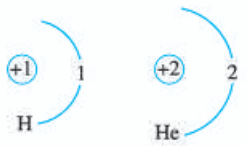


图15.1-3　氢原子和氦原子的结构

不同物质的原子核束缚电子的本领不同。当两个物体摩擦时，哪个物体的原子核束缚电子的本领弱，它的一些电子就会转移到另一个物体上。失去电子的物体因为缺少电子而带正电，得到电子的物体因为有了多余电子而带等量的负电。摩擦起电并不是创造了电荷，只是电荷从一个物体转移到另一个物体，使正、负电荷分开。

导体和绝缘体

带电的物体有时会与其他的物体接触，从而失去电荷。那么，什么物体容易传导电荷，什么物体不容易传导电荷呢？下面我们通过实验来研究。

演示

电荷在金属棒中的定向移动

取两个相同的验电器A和B，使A带电，B不带电。可以看到A的金属箔张开，B的金属箔闭合。

1. 用橡胶棒把A和B连接起来（图15.1-4），观察A、B金属箔的张角有什么变化。

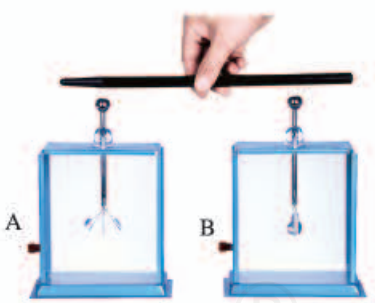


图15.1-4

2. 再次使A带电，B不带电。用带有绝缘柄的金属棒把A和B连接起来（图15.1-5），观察A、B金属箔的张角有什么变化。与用橡胶棒的情况一样吗？

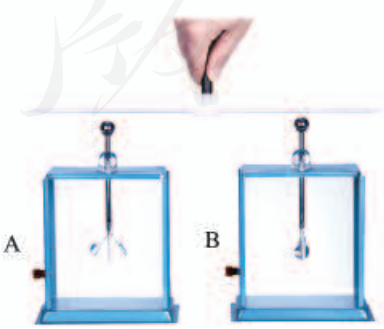


图15.1-5

实验现象是，用橡胶棒连接，验电器

微信公众号：电子课本大全

A、B金属箔的张角没有变化；用金属棒连接，验电器A的金属箔张开的角度减小，B的金属箔由闭合变为张开。这表明，验电器B也带了电。就是说，有一部分电荷通过金属棒从A移动到了B，电荷发生了移动。

电荷在金属中可以定向移动，说明金属是可以导电的。有的物体容易导电，叫做**导体**（conductor）。金属、人体、大地、石墨、食盐水溶液等都是导体。有的物体不容易导电，叫做**绝缘体**（insulator）。橡胶、玻璃、塑料等都是绝缘体。

在金属中，部分电子可以脱离原子核的束缚，而在金属内部自由移动，这种电子叫做自由电子。金属导电，靠的就是自由电子。

动手动脑学物理

1. 有甲、乙、丙三个带电体，甲物体排斥乙物体，乙物体吸引丙物体。如果丙物体带正电，甲物体带哪种电？

2. 如图15.1-6，用一段细铁丝做一个支架，作为转动轴，把一根中间戳有小孔（没有戳穿）的饮料吸管放在转动轴上，吸管能在水平面内自由转动。用餐巾纸摩擦吸管使其带电。



图15.1-6　饮料吸管的静电实验

（1）把某个物体放在带电吸管一端的附近，发现吸管向物体靠近，由此是否可以判断该物体已经带电？

（2）把丝绸摩擦过的玻璃棒放在带电吸管一端的附近，观察吸管运动的方向，并回答：吸管带的是哪种电？餐巾纸带哪种电？为什么？

（3）吸管和餐巾纸摩擦起电时，哪个失去了电子？哪个得到了电子？

3. 金属锡的原子核带有50个大小与电子电荷相等的正电荷，它的原子核外有多少个电子？这些电子总共带多少库仑的电荷？为什么金属锡对外不显电性？

微信公众号：电子课本大全

第2节　电流和电路

上一节中图15.1-5的实验结果表明，电荷在金属导体中做了定向移动，但这种定向移动瞬间就结束了。实际中点亮的小灯泡能持续发光，是因为有电荷不断地流过小灯泡。那么，怎样才能使电荷不断地流过小灯泡呢？

想想做做

有如下器材：小灯泡、小电动机、蜂鸣器各一个，一个开关、一节电池（带电池盒）和一些导线（图15.2-1）。先后三次连接电路，分别使小灯泡亮、电动机转、蜂鸣器发声。小灯泡、电动机、蜂鸣器要受开关的控制。



图15.2-1

不能把电池的两端用导线直接连在一起！



实验结果表明，要想让小灯泡亮、电动机转、蜂鸣器发声，必须要有**电池**（cell），还要用导线将它们与电池连接成闭合的回路。

微信公众号：电子课本大全

电流

闭合开关，小灯泡持续发光，表明有电荷持续地流过小灯泡。

导线、小灯泡的灯丝都是金属做的。金属里面有大量自由电子，它们可以自由移动。平时金属内自由电子运动的方向杂乱无章，但是接上电池之后，它们就受到了推动力，就会做定向移动，电荷的定向移动形成**电流**（electric current）。

回路中有电流时，发生定向移动的电荷可能是正电荷，也可能是负电荷，还可能是正、负电荷同时向相反方向发生定向移动。在19世纪初，物理学家刚刚开始研究电流时，并不清楚在各种情况下究竟是哪种电荷在移动，当时就把**正电荷定向移动的方向规定为电流的方向**。

按照这个规定，当电池、导线、小灯泡组成的回路闭合时，在电源外部，电流的方向是从电源正极经过用电器流向负极的（图15.2-2）。

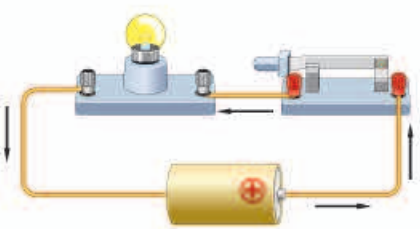


图15.2-2　电流的方向

想想做做

利用发光二极管判断电流的方向

发光二极管是一种电子元件，简称LED。它的两根引脚中较长的为正极，较短的为负极。当电流由正极经过LED流向负极时，LED发光，表明它处于导通状态；反之，电流不能从负极流向正极，LED不会发光（图15.2-3）。所以，根据其发光与否可以判断电路中是否有电流及电流的方向。

请你将LED接入某电路中，闭合开关，观察LED是否发光，判断电路中电流的方向。

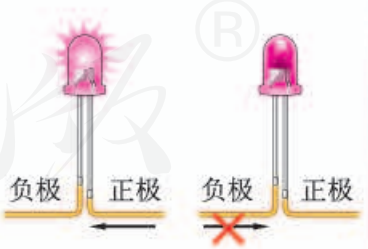


图15.2-3　发光二极管具有单向导电性

微信公众号：电子课本大全

电路的构成

物理学中将电池这类提供电能的装置叫做**电源**（power supply），将灯泡、电动机、蜂鸣器等这类消耗电能的装置叫做用电器。电源、用电器，再加上导线，往往还有开关，组成了电流可以流过的路径——**电路**（electric circuit）。

只有电路闭合时，电路中才有电流。

电池能够维持小灯泡中的电流，所以电池是一种常见的电源（图15.2-4）。发电机也是一种常见的电源，家庭电路中的电流就是靠远方电厂中的发电机来维持的。



图15.2-4　各种电池

电路图

画图时如果把电源、用电器等元件原样画出，既麻烦又不清楚。为了便于研究，人们通常用图形符号来表示这些元件[①]（图15.2-5）。

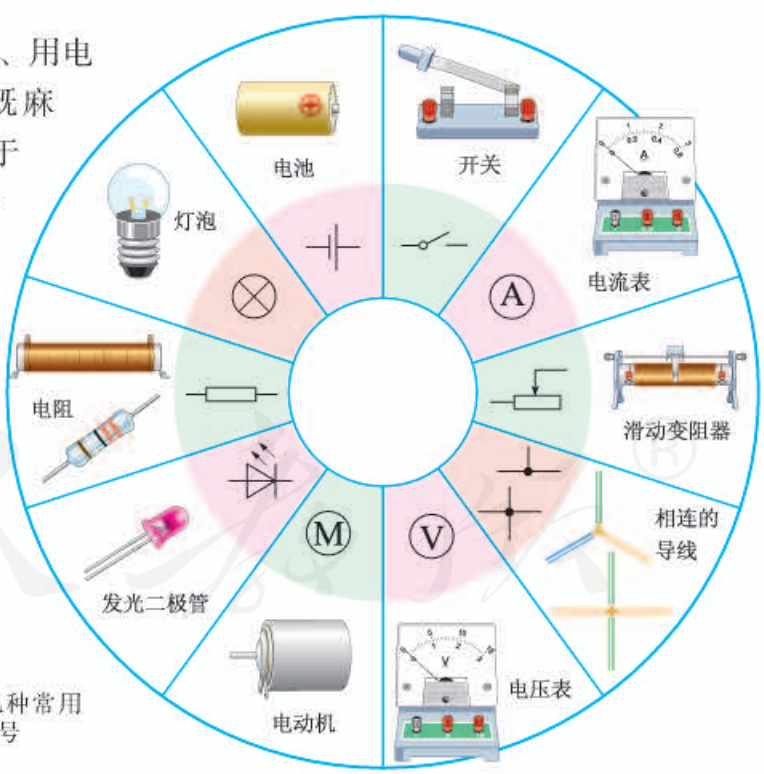


图15.2-5　几种常用的元件及其符号

① 图15.2-5是根据国家标准GB/T4728绘制的一些常用的电路元件及所对应的符号。

微信公众号：电子课本大全

用符号表示电路连接的图，叫做**电路图**。电路图是对实际电路的有效抽象。有了元件的符号，我们就可以用它来方便地替代实物电路了（图15.2-6）。

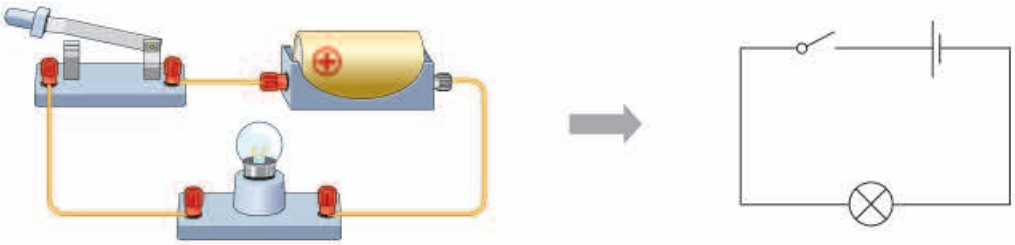


图15.2-6　电路和电路图

通路　断路　短路

人们把正常接通的电路，即用电器能够工作的电路叫做**通路**。电路中如果某处被切断，电路中就不会有电流流过，这种情况叫做**断路**。直接用导线将电源的正、负极连接起来，这种情况叫做**短路**。电源被短路，电路中会有很大的电流，可能把电源烧坏，这是不允许的。

如果电路是接通的，但用电器两端被导线直接连通，这种情况叫做该用电器被短接。

演示

图15.2-7是由两个小灯泡、两节干电池、一个开关组成的电路。闭合开关，小灯泡发光。

把导线接在一个小灯泡的两端，你会看到这个小灯泡熄灭了，而另一个小灯泡还发光。想一想，这是为什么？

实验现象表明，小灯泡被短接而熄灭，电流流经外加导线而绕过了小灯泡。

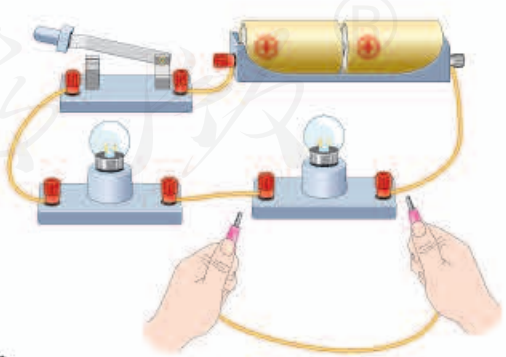
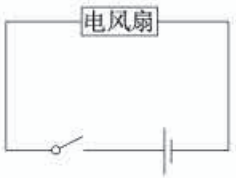


图15.2-7　发光的小灯泡会熄灭吗？

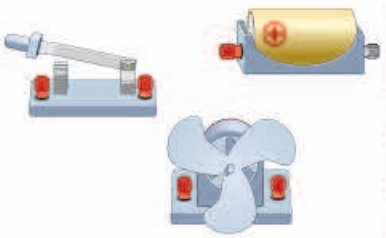
微信公众号：电子课本大全

动手动脑学物理

1. 图 15.2-8 甲是把电池和玩具电风扇连接起来的电路图。请在图 15.2-8 乙中用笔画线表示导线，连接相应的电路。



甲



乙

图 15.2-8　连接玩具电风扇

2. 在图 15.2-9 中有电子门铃、电源和开关，请用笔画线表示导线把它们连起来，使得门铃能够正常工作，并画出相应的电路图。电子门铃可以用“—电子门铃—”这样的符号表示。

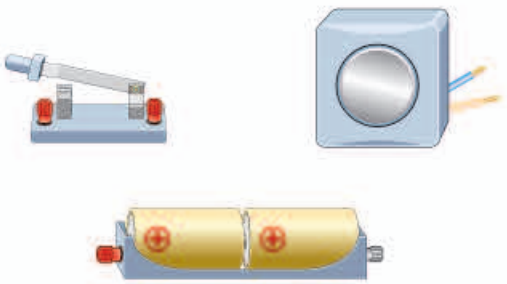


图 15.2-9　连接电子门铃



图 15.2-10　常用手电筒的结构

3. 观察图 15.2-10 所示的手电筒结构图。按下按键时，电路是怎样接通的？在图中画出电流流过的路径。另画出手电筒的电路图。

4. 图 15.2-11 是某人连接的电路，小电动机能转吗？在接错的那根导线上打一个“×”，表示这根导线不要，再把正确接法的导线画出来，并在三根导线上分别标明电流的方向。

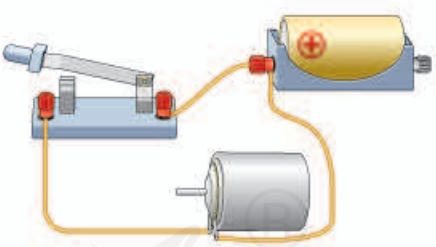
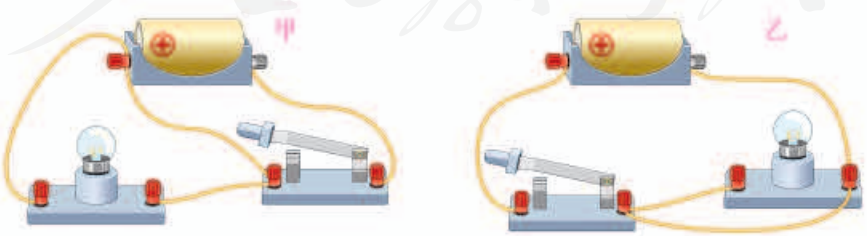


图 15.2-11　电动机能转吗？

5. 图 15.2-12 甲、乙中，各有一根导线接错而使小灯泡被短接，请把这根导线找出来，在上面打一个“×”。



甲　　乙

图 15.2-12　把短接的导线找出来

微信公众号：电子课本大全

第3节　串联和并联

用一个电源、两个小灯泡、一个开关和一些导线组成电路，要想让两个小灯泡都发光，可以有几种接法？

串联和并联

像图15.3-1那样，两个小灯泡依次相连，然后接到电路中，我们说这两个小灯泡是**串联**（series connection）的。

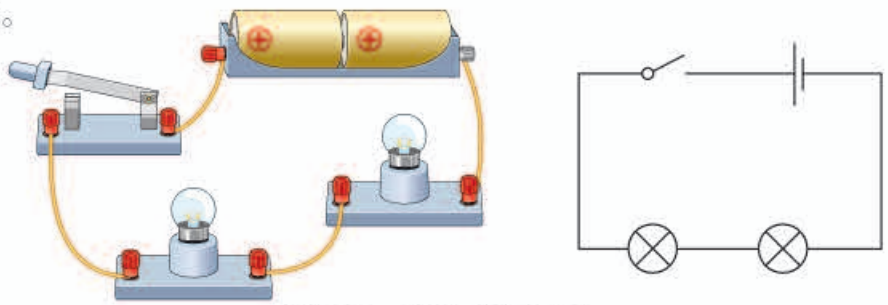


图15.3-1　两个小灯泡的串联

像图15.3-2那样，两个小灯泡的两端分别连在一起，然后接到电路中，我们说这两个小灯泡是**并联**（parallel connection）的。并联电路中两个用电器共用的那部分电路叫干路，单独使用的那部分电路叫支路。

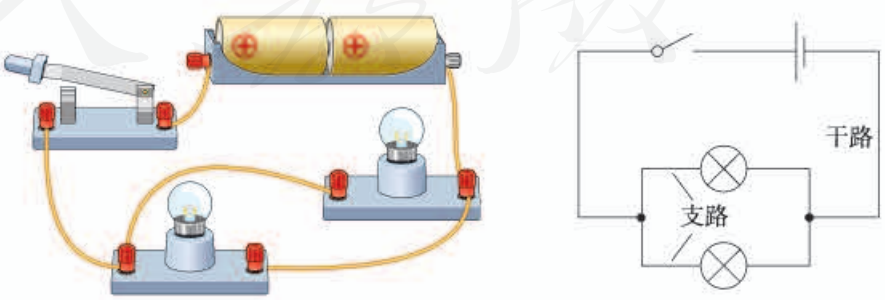


图15.3-2　两个小灯泡的并联

微信公众号：电子课本大全

连接串联电路和并联电路

在串联电路里，开关的位置改变了，它的控制作用是否也会改变？在并联电路中，干路开关和支路开关对各用电器的控制作用有什么不同？

实验

连接串联电路和并联电路

1. 按照图15.3-3连接串联电路，观察开关控制两个小灯泡发光的情况。还可以依次把开关改接到电路中的不同位置，观察开关控制两个小灯泡的情况是否有变化。

连接电路后，要先检查电路连接无误，然后方可闭合开关。

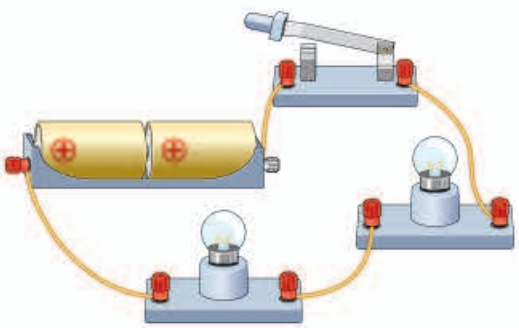


图15.3-3　开关位置会影响串联电路的控制吗？

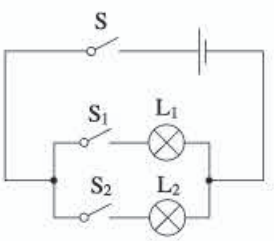


图15.3-4　干路、支路开关的控制作用一样吗？

2. 按照图15.3-4所示的电路图连接电路，观察各开关控制小灯泡的情况。例如，闭合干路开关S，依次断开两个支路开关S_1、S_2等。

3. 用箭头在图15.3-3和图15.3-4中标出电路闭合时电流的方向。

实验结果表明，在串联电路中，开关可以控制所有用电器，开关位置的改变并不影响它对用电器的控制作用。在并联电路中，干路开关可以控制所有用电器，支路开关只能控制其所在支路的用电器。

微信公众号：电子课本大全

生活中的电路

串联电路和并联电路都是最基本的电路，实际生活中的许多电路都是由最基本的电路组合而成的。家庭中的电灯、电吹风机、电冰箱、电视机、电脑等用电器大多是并联在电路中的。用来装饰居室、烘托欢乐气氛的彩色小灯泡，有些则是串联和并联组合而成的。

想想议议

图15.3-5是一个简化了的玩具警车的电路图。学习了串联电路和并联电路的知识，你能看懂这个电路图吗？电路图中的小灯泡L与小电动机M是串联的还是并联的？

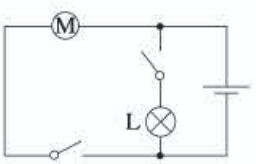


图15.3-5　玩具警车的电路图

动手动脑学物理

1. 如图15.3-6，要用两个开关分别控制两个灯泡，应该怎样连接电路？请在图中画出接线。

2. 按照图15.3-7甲的电路图，用笔画线表示导线，把图15.3-7乙中所示的实物连接起来，并用箭头在电路图中标出干路和两个支路在开关闭合时的电流方向。

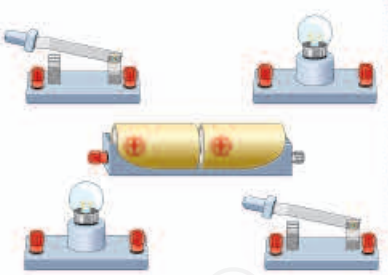


图15.3-6　怎样用两个开关分别控制两个灯泡

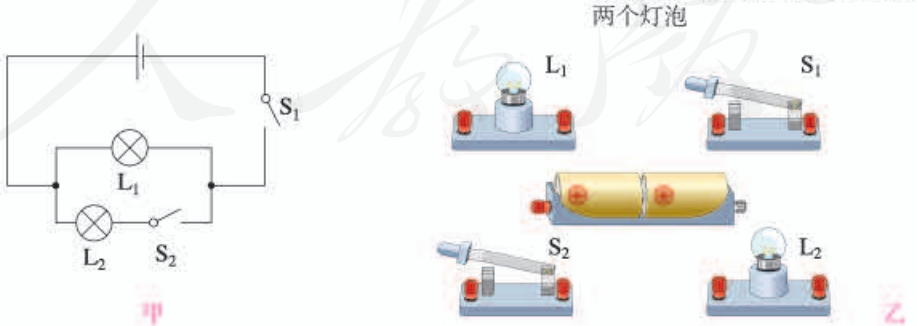


图15.3-7

微信公众号：电子课本大全

3. 请分别根据图15.3-8所示的两个实物电路画出它们的电路图。

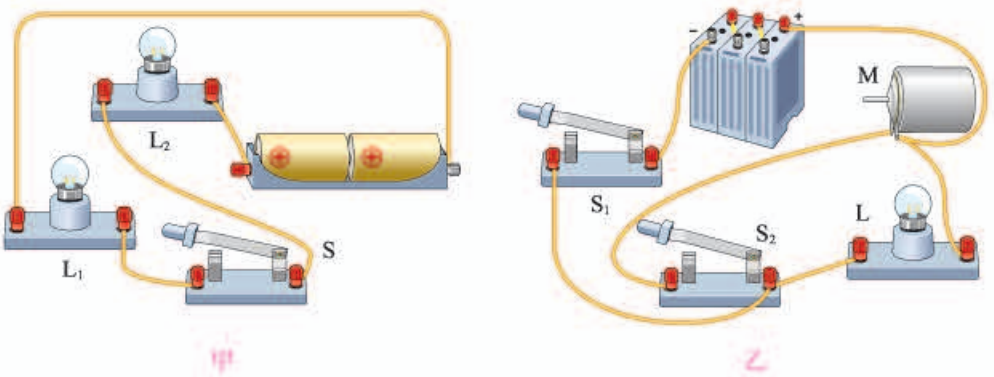


图15.3-8

4. 如图15.3-9所示，学校有前、后两个门，在前、后门各装一个按钮开关，学校传达室有甲、乙两盏灯和电池组。要求：前门来人按下开关时甲灯亮，后门来人按下开关时乙灯亮。请设计电路图并在实物图中连线。

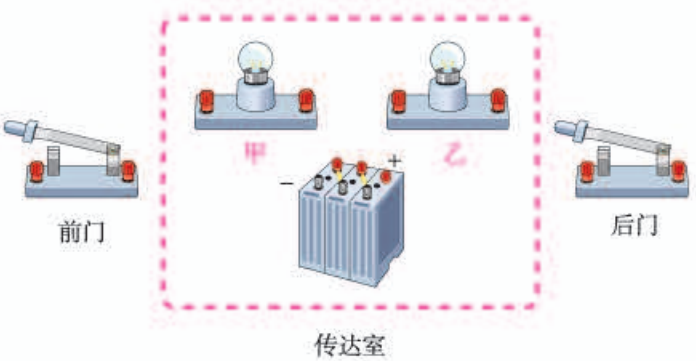


图15.3-9

5. 居民楼的楼道里，夜间只是偶尔有人经过，电灯总是亮着浪费电。但是，如果有人夜晚出来，没有灯又很不方便。现有一种自动控制的楼道灯，当有人走动发出声音时，电路才会接通，灯亮。不过，只有夜晚天黑之后灯才能亮。白天，不论发出多大的声音，电灯也“无动于衷”。这是因为在控制开关中装有“声敏”和“光敏”装置。

“声敏”和“光敏”的自动装置都是比较复杂的，我们不妨分别用—声—和—光—这样两个符号代表它们。实际上，这就是两个开关：有声音响时—声—是闭合的；环境光线非常暗时，—光—是闭合的。想想看，怎样连接电路便可以实现上面的功能？请画出电路图。

微信公众号：电子课本大全

第4节　电流的测量

我们知道，小灯泡发光是因为有电流持续流过小灯泡。同一个小灯泡接在不同的电路中，明、暗不同，这是因为流过小灯泡的电流的强弱不同。

电流的强弱

表示电流强弱的物理量是**电流**（electric current），通常用字母 I 表示，它的单位是**安培**（ampere），简称**安**，符号是A。

有些设备中电流很小，这时我们常使用比安培小的单位毫安（mA）、微安（μA）。它们同安培的关系是

$$1\ \text{mA} = 10^{-3}\ \text{A}$$

$$1\ \mu\text{A} = 10^{-6}\ \text{A}$$

例如，维持电子表液晶显示器的工作，只需几微安的电流。

小资料

常见的电流

计算器中电源的电流	约100 μA
半导体收音机电源的电流	约50 mA
手电筒中的电流	约200 mA
家庭节能灯中的电流	约0.1 A
家用电冰箱的电流	约1 A
家用空调器的电流	约5 A
雷电电流	可达2×10^5 A

电流的测量

电路中的电流可以用电流表测量。图15.4-1是学生实验中常用的一种电流表。这种电流表一般有两个量程。例如，当左端标有“–”号的接线柱和中间标有“0.6”的接线柱连入电路中时，表的量程为0~0.6A，此时电流的大小要按指针所在位置表盘下排的数值读取；当左端接线柱和右端标有“3”

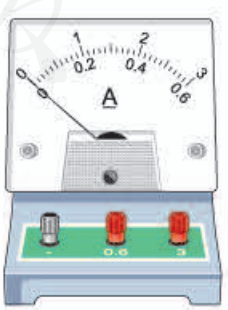


图15.4-1　电流表

微信公众号：电子课本大全

的接线柱连入电路中时，表的量程为0~3A，此时要按表盘上排的数值读数。下面我们通过实验来学习怎样使用电流表测量电流。

实验

练习使用电流表

1. 电流表的连接

第一，必须将电流表和被测的用电器串联（图15.4-2）。如果误将电流表和被测的用电器并联，那么，电流表指示的就不是流过用电器的电流，而且很容易损坏电流表。

第二，必须让电流从红色（或标识“+”号）接线柱流进，再从黑色（或标识“−”号）接线柱流出（图15.4-2）。否则，电流表指针反向偏转，无法读数，而且也容易损坏电流表。

第三，必须正确选择电流表的量程。如果被测电流超过电流表的最大测量值，就无法读数，而且也有可能损坏电流表，这时应该改用更大量程的电流表。

第四，不允许把电流表直接连到电源的两极（图15.4-3）！否则，电流表将被损坏。

为避免电流过大损坏电流表，在不能事先估计电流的情况下，可以先闭合开关然后迅速断开（叫做“试触”），看看在开关闭合的瞬间指针的偏转是否在最大测量值之内。

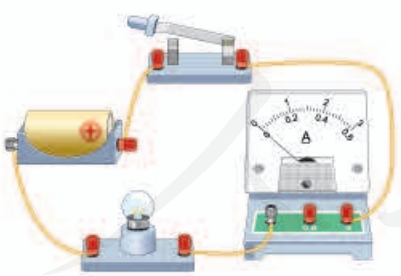


图15.4-2　电流表必须和被测的用电器串联

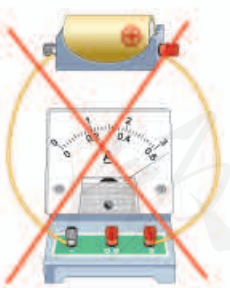


图15.4-3　不允许把电流表直接连到电源的两极！

2. 电流表的读数

第一，明确所选电流表的量程。例如，0~0.6 A或0~3 A。

微信公众号：电子课本大全

第二，确定电流表的分度值，即表盘的一个小格代表电流的大小（图15.4-4）。例如，电流表的量程是0~3 A，表盘上从0到最右端共有30个小格，那么每个小格就代表0.1 A。如果电流表的量程是0~0.6 A，每个小格代表多少安？

第三，接通电路后，看看表针向右总共偏过了多少个小格，这样就能知道电流是多大了。

3. 用电流表测量电路中的电流

按照图15.4-5甲所示的电路图连接电路，测量这种情况下电路中的电流。如图15.4-5乙所示，改变电流表在电路中的位置，测量这种情况下电路中的电流。实验中，为减少电池损耗，读取电流表的示数后要尽快断开电路。

比较电流表两次示数是否有变化。

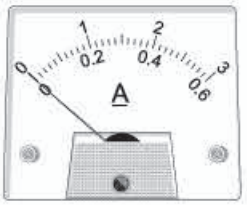


图15.4-4　选择量程0~0.6 A或0~3 A，分度值分别是多少安？

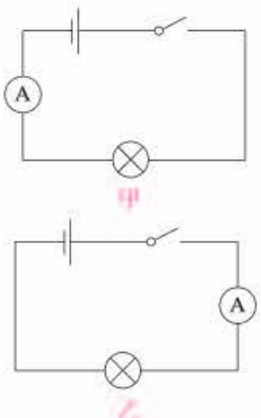
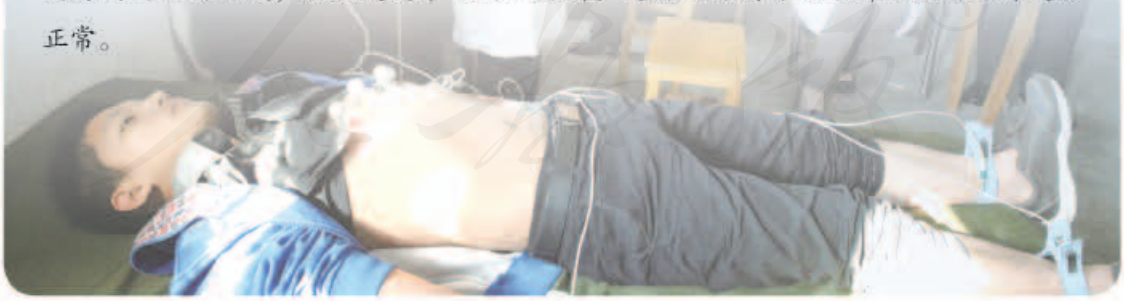


图15.4-5　用电流表测量电路中的电流

科学世界

生　物　电

不但在输电线路中有电流，生物体内也有电流。例如，人体心脏的跳动就是由电流来控制的。在人的胸部和四肢连上电极，就可以在仪器上看到控制心脏跳动的电流随时间变化的曲线，这就是通常说的心电图。通过心电图可以了解心脏的工作是否正常。



微信公众号：电子课本大全

动手动脑学物理

1. 流过某手电筒小灯泡的电流大约是 0.25 A，等于多少毫安？某半导体收音机电池的供电电流最大可达 120 mA，等于多少安？

2. 画线连接下面的实物图（图 15.4-6），使小灯泡能够发光并且电流表能够测出流过小灯泡的电流（估计为 0.1 ~ 0.3 A）。

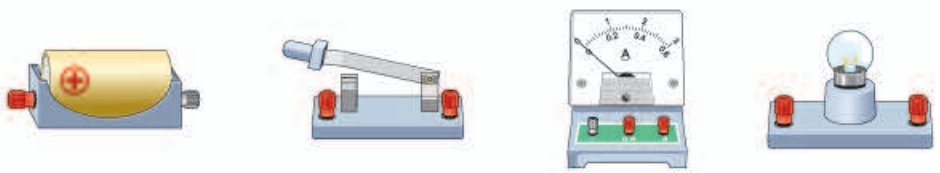


图 15.4-6

3. 图 15.4-7 中电流表的读数各是多少安？

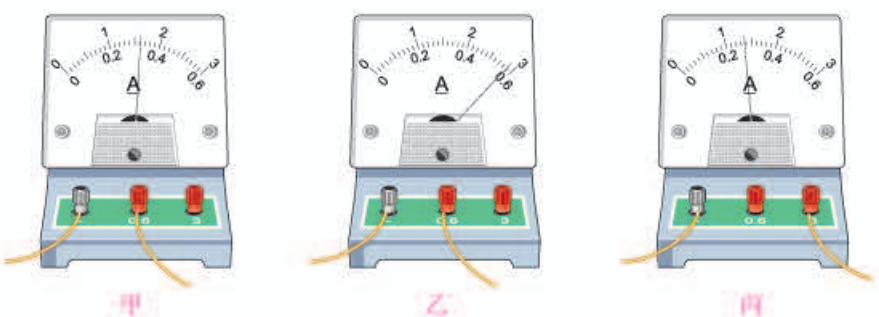


图 15.4-7

4. 在图 15.4-8 中，能直接测量通过灯 L_1 电流的电路是（　　）

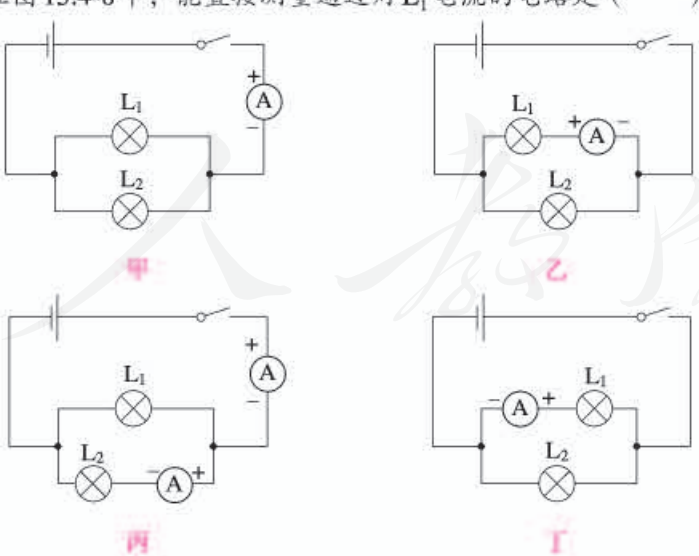


图 15.4-8

微信公众号：电子课本大全

第5节　串、并联电路中电流的规律

上节图15.4-5的实验结果表明，电流表两次的示数是相等的。要测量流过小灯泡的电流，我们可以把电流表串联在小灯泡的任意一侧。

实际电路中有些用电器之间是串联的，有些用电器之间是并联的。流过各用电器的电流有怎样的关系呢？要研究电路中各处电流的关系，我们可以从最简单的两个用电器的串联电路开始。

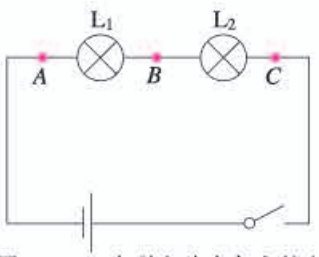


图15.5-1　串联电路中各点的电流有什么关系？

串联电路的电流规律

在图15.5-1中，两个小灯泡L_1、L_2是串联在电路中的。流过A、B、C各点的电流可能存在什么关系？请做出猜想。

在只有一个用电器的电路中，电流从电源的正极流出，经过用电器又返回电源的负极，电路中各点的电流相同。那么，在两个用电器串联的电路中，各点的电流还是相同的吗？

实验

探究串联电路中各处电流的关系

实验中A、B、C可以分别在L_1左侧、L_1和L_2之间、L_2右侧任意选定，这样，测出图15.5-1中A、B、C各点的电流，就可以找出串联电路中各处电流的关系。

1. 设计实验电路。如图15.5-2，它们分别是测量图15.5-1中A、B、C三点电流的电路图。

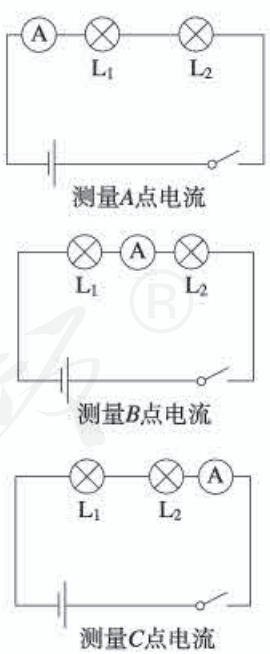


图15.5-2　测串联电路各点电流的电路图

微信公众号：电子课本大全

2. 根据电路图连接电路，并进行测量。

3. 把测量数据记录在表格中，并把操作中出现的问题简明扼要地写下来。

4. 换上另外两个规格不同的小灯泡，再次测量各点的电流，看看是否还有同样的关系。

	A点电流I_A/A	B点电流I_B/A	C点电流I_C/A
灯泡L_1、L_2串联			
…			

实验结果能印证你的猜想吗？请用你自己的语言描述串联电路中各处电流的关系。

结论：_____。

并联电路的电流规律

要研究并联电路干路电流与各支路电流的关系，我们同样可以从最简单的两个用电器的并联电路开始。

如图15.5-3，两个灯泡并联。流过A、B、C各点的电流可能有什么关系？请做出猜想。

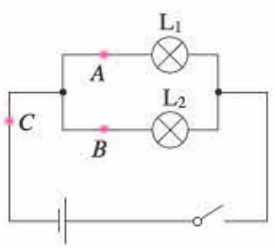


图15.5-3　并联电路中的电流

实验

探究并联电路中干路电流与各支路电流的关系

1. 设计实验电路。请在下面空白处分别画出用电流表测量A、B、C三点电流的电路图。

微信公众号：电子课本大全

2. 根据电路图连接电路，并进行测量。

3. 把测量数据记录在设计的表格中，并把操作中出现的问题简明扼要地写下来。

4. 换上另外两个规格不同的小灯泡，再次测量各点的电流，看看是否还有同样的关系。

	A点电流I_A/A	B点电流I_B/A	C点电流I_C/A
灯泡L_1、L_2并联			
…			

分析实验得出的数据，你的猜测正确吗？

结论：_____。

动手动脑学物理

1. 如图15.5-4，当开关闭合后，电流表A_1的示数为0.3 A，通过小灯泡L_1的电流是多少安？电流表A_2的示数是多少安？

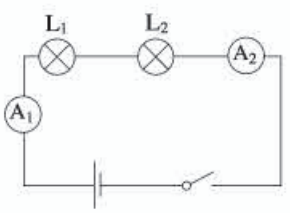


图15.5-4

2. 根据图15.5-5甲所示的电路图，在图15.5-5乙的实物图上用笔画出连线。在闭合开关后，如果电流表A_1的示数为0.5 A，电流表A_2的示数为0.3 A，则通过小灯泡L_1、L_2的电流分别是多少安？

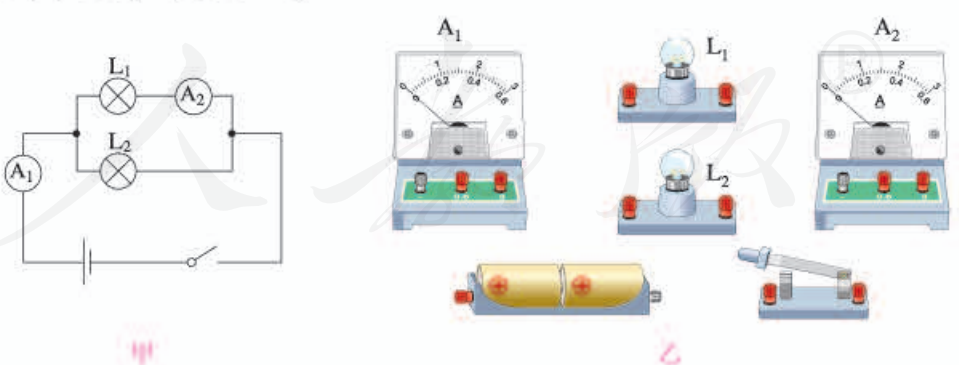


图15.5-5

微信公众号：电子课本大全

3. 课堂上按图15.5-2做“探究串联电路中各处电流的关系”的实验时，每个实验小组只有一个电流表。实验完成后，小明借来其他小组的电流表，同时测量三个位置的电流以验证探究的结果。图15.5-6中有三个电流表和两个小灯泡，请你按小明的设计在图中画出连线，注意连线不要交叉。

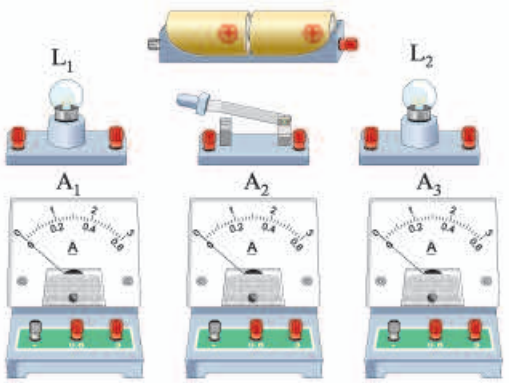


图15.5-6

4. 小明用三个电流表和两个小灯泡做实验，检验并联电路干路电流是否等于各支路电流之和，其连接的电路如图15.5-7所示。这个电路中有一根导线接错了，请在这根导线上打“×”，表示这根导线不能这样连接，然后画出正确的连接位置。

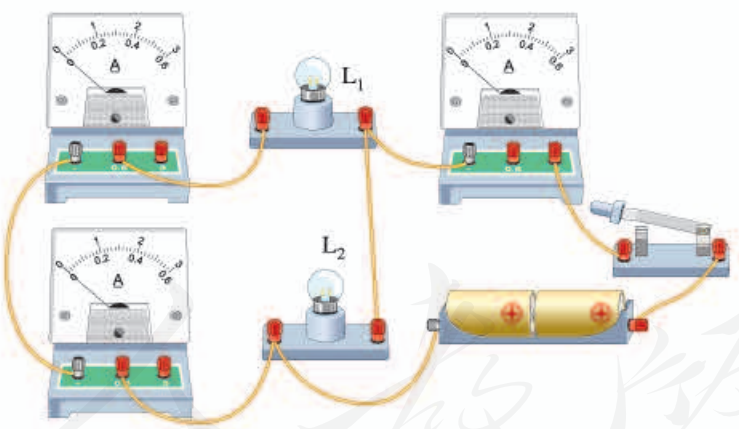


图15.5-7

微信公众号：电子课本大全

学到了什么

1. 摩擦起电　两种电荷

相互摩擦的物体各自都可以带电。自然界只有正、负两种电荷。同种电荷互相排斥，异种电荷互相吸引。电荷的多少叫做电荷量，简称电荷。电荷的单位是库仑，简称库，符号是C。

在通常情况下，原子核所带的正电荷与核外所有电子所带的负电荷在数量上相等，原子整体不显电性。

容易导电的物体叫做导体，不容易导电的物体叫做绝缘体。金属中存在大量的自由电子，易于导电。

2. 电路　串联电路和并联电路

用导线把电源、用电器、开关连接起来，组成电流可以流过的路径叫做电路。电路图是用符号表示电路连接的图示。

两个或两个以上用电器顺次连接到电路中，这种连接方式叫做串联。两个或两个以上用电器并列连在一起再连接到电路中，这种连接方式叫做并联。

3. 电流　电流表的使用

电荷的定向移动形成电流。规定正电荷定向移动的方向为电流的方向。电流是表示电流强弱的物理量，用I表示，单位是安培，简称安，符号是A。

电流表应该与被测用电器串联；使电流从正接线柱流入，从负接线柱流出；被测电流不得超过电流表的最大测量值（量程）。

4. 串、并联电路中的电流规律

串联电路中的电流处处相等。

并联电路干路中的电流等于各支路中的电流之和。

微信公众号：电子课本大全

第十六章　电压　电阻

一道电光像把利刃刺破了黑色的天幕，大地也被闪电照得通亮。紧接着，震耳欲聋的巨雷在耳边炸响……

自然界真是奇妙无穷。你想知道雷电有多么强大吗？雷电的电压能达到多高？雷电和家里用的电在本质上一样吗？让我们一起探索这些有趣的问题吧！



微信公众号：电子课本大全

第1节　电压



酸甜多汁的水果不仅可以为我们的身体提供能量，还可以发电呢！几只水果提供的电力足以点亮一排发光二极管！水果在这里扮演了“电源”的角色：它为发光二极管提供了“电压”，使自由电荷在电路中定向运动起来。

电压

电与我们的生活息息相关，电压一词听起来并不陌生。例如，一节干电池的电压大约是1.5伏；为我们家里用的电灯、电视机供电的电压是220伏；输电用的高压电线的电压可达1万伏、10万伏甚至更高；起电机两个放电球之间的电压要高达几万伏（图16.1-1）。

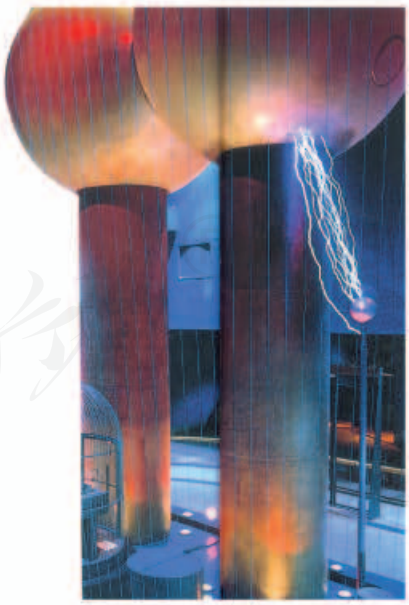


图16.1-1　起电机的高压放电

微信公众号：电子课本大全

想想做做

小灯泡发光时，电路中一定有电流通过。试试看，电路中先后接入一节和两节干电池时，小灯泡的亮度一样吗（图16.1-2）？

你看到的现象对我们有什么启示？

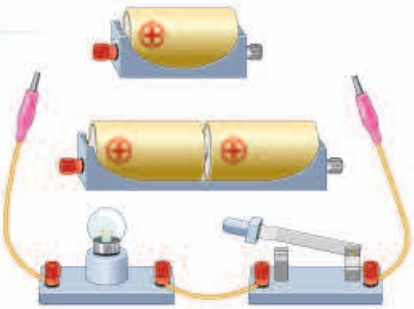


图16.1-2

实验结果表明，小灯泡的亮度是不一样的。电路中用一节干电池时，灯泡较暗；用两节干电池时，灯泡较亮。这说明电路中电流的强弱与电源有关。与电源的什么量有关呢？

要让一段电路中有电流，它的两端就要有**电压**（voltage）。电源的作用就是给用电器两端提供电压。通常用字母 U 表示电压，它的单位是**伏特**（volt），简称**伏**，符号是 V 。

当电压较高时，常用**千伏**（kV）做单位；当电压较低时，常用**毫伏**（mV）做单位。它们的换算关系是

$$1\ \text{kV} = 1\ 000\ \text{V} = 10^3\ \text{V}$$

$$1\ \text{mV} = 0.001\ \text{V} = 10^{-3}\ \text{V}$$



图16.1-3　电鳐。它可以产生200 V左右的电压，用来自卫。

小资料

常见的电压/V

维持人体生物电流	约10^{-3}	手机电池	3.7
干电池	1.5	家庭电路	220
电子手表用氧化银电池	1.5	无轨电车电源	550~600
铅蓄电池	2	闪电时云层间	可达10^6

微信公众号：电子课本大全

电压的测量

电压的高低可以用电压表测量。图16.1-4是一种学生用的电压表。阅读说明书可以学习它的使用方法。

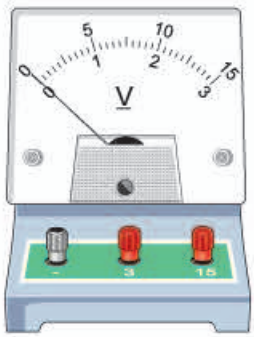


图16.1-4　电压表

小资料

××××型直流电压表使用说明书（节选）

规格

1. 仪表为磁电式仪表。

2. 仪表准确度为2.5级，即在规定条件下使用，最大误差不超过满刻度值的±2.5%。

3. 仪表工作条件为：周围温度为0~40 °C，相对湿度不超过85%。

4. 仪表校准时的正常温度为20±5 °C，环境温度自此温度（20 °C）起每变化10 °C所引起的额外误差不大于2.5%。

5. 仪表对外界磁场的防御等级为第Ⅲ级。

6. 仪表阻尼时间不超过4 s。

7. 表头电流为1 mA。

8. 仪表全部测量电路与外壳间的绝缘强度能经受500 V的耐压试验1 min。

使用

用直流电压表测量某元件两端的电压时，应与这个元件并联。应该使标有“－”号的接线柱靠近电源的负极，另一个接线柱靠近电源的正极。所用量程的最大测量值必须大于被测电路两端的电压。

在预先不知道被测电压大约值的情况下，如果判定被测电压不会超出15 V，可以先用最大测量值为15 V的量程。如果测得的电压不超过3 V，为提高读数的准确性，可以改用最大测量值为3 V的量程。

实 验

练习使用电压表

请你读完上面的说明书后，回答下面的问题。

1. 电压表的连接

第一，电压表应该跟被测用电器串联还是并联？

微信公众号：电子课本大全

第二，电压表标有“－”号的接线柱应该连接在什么位置？另一个接线柱应该连接在什么位置？

第三，什么情况下使用标有“3”字样的接线柱，什么情况下使用标有“15”字样的接线柱？在预先不知道被测电压的大小时，为了保护电压表，应先选用大量程，还是小量程？

2. 电压表的读数

参照电流表读数的相关知识，你能说出电压表的读数步骤吗？

第一步：

第二步：

第三步：

……

3. 用电压表测量电压

如图16.1-5，先将电压表接在小灯泡两端，接通电路，读取的数据是____V；再将电压表接在电源两端，接通电路，读取的数据是____V。

电压表两次读数是否相同？

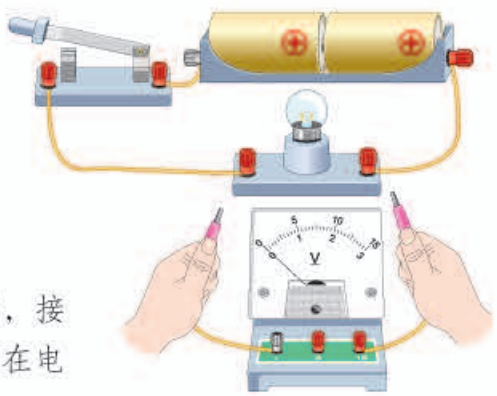


图16.1-5

实验结果表明，电压表两次的示数是相等的，即在只有一个用电器的电路中，用电器两端的电压与电源两端的电压相等。

想想议议

如图16.1-6，电压表已与被测电阻并联。如果要把这三个串联着的电阻与电源连接，哪端应该接电源的正极？哪端应该接电源的负极？请在图上标出电流的方向。

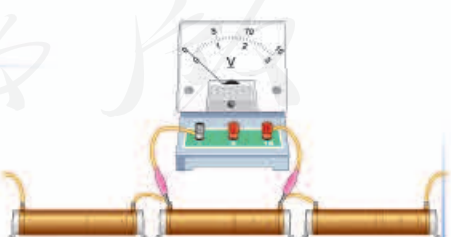


图16.1-6

微信公众号：电子课本大全

动手动脑学物理

1. 在图16.1-7中，请用笔画线表示导线来连接实物图，使小灯泡能够发光并且电压表能够测出灯泡两端的电压（估计在2~3 V之间）。

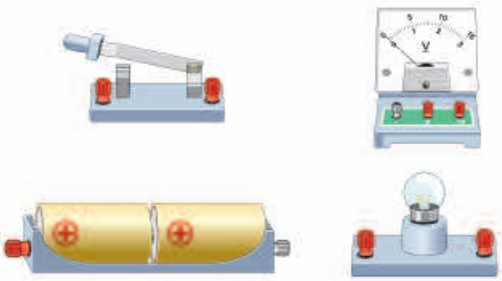


图16.1-7

2. 在烧杯中加入盐水，将铜片和锌片放在盐水中，这就是一个电池。试着用电压表测量这个自制电池的电压，其现象如图16.1-8所示。这个电池的电压是多少？哪个金属片是电池的正极？

3. 图16.1-9中，三个电压表的示数各是多少？

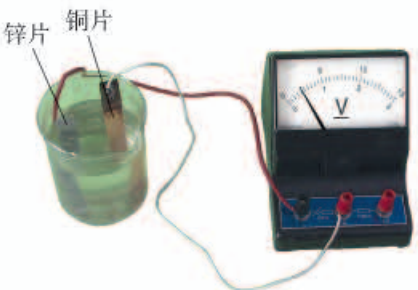


图16.1-8　哪个金属片是电池正极？

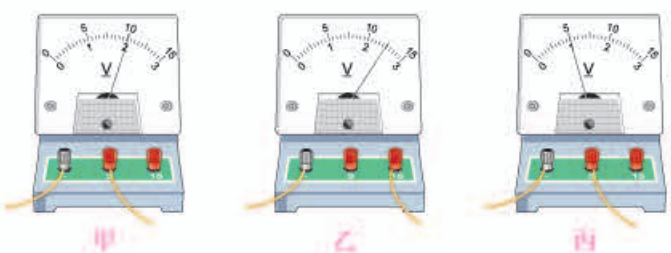


图16.1-9　三个电压表的示数各是多少？

4. 图16.1-10是一位同学所连的电路，他要测量小灯泡L_2两端的电压。图中有一根导线接错了。

（1）请你找出这根接错的导线，在这根导线上打“×”（表示不要），并用笔重新画一根正确连接的导线。

（2）画出正确接线的电路图。

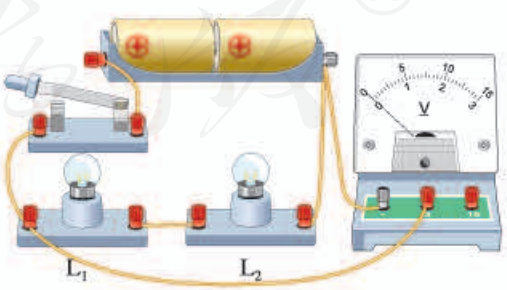


图16.1-10　纠正错误的连接

微信公众号：电子课本大全

第2节　串、并联电路中电压的规律

家用电器通常都要并联后接在电路中，而节日小彩灯常常既有串联、又有并联，它们为什么不像家用电器那样，全部并联起来呢？要想了解其中的原因，我们需要研究串、并联电路的电压规律。

串联电路的电压规律

我们知道，在只有一个小灯泡的电路中，灯泡两端的电压与电源两端电压是相等的。那么，两个或两个以上用电器组成的串联电路中，各用电器两端的电压与电源两端电压有什么关系？请做出猜想。

实验

探究串联电路中用电器两端的电压与电源两端电压的关系

如果能测出图16.2-1中A与B、B与C以及A与C之间的电压，就可以找出串联电路中各用电器两端的电压与电源两端电压的关系。

1. 设计实验电路并画出电路图。

2. 选用不同规格的小灯泡L_1、L_2连接电路。根据电源电压选择电压表的量程。

3. 将电压表的两端分别连到A与B、B与C、A与C，测量电压U_{AB}、U_{BC}、U_{AC}。

4. 改变两个小灯泡的规格，重做上述实验。

尝试用自己的语言描述串联电路的电压规律。

结论：_____。

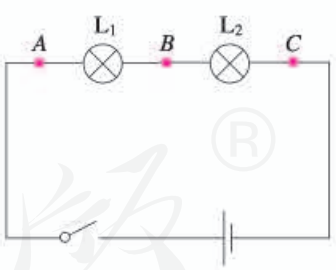


图16.2-1　研究串联电路的电压

微信公众号：电子课本大全

想想做做

生活中常常把一节电池的负极和另一节电池的正极连在一起组成电池组。用这样的办法可以把两节、三节或更多的电池串联起来使用（图16.2-2）。

分别测量每节电池两端的电压，然后测量这个电池组两端的电压。它们之间有什么关系？

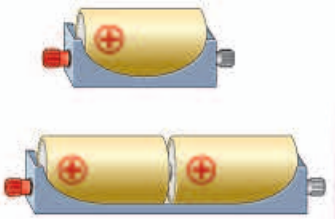


图16.2-2　电池和电池组两端的电压有什么关系？

实验结果显示，串联电池组两端的电压等于每节电池两端电压之和。

并联电路的电压规律

如果两个或两个以上的用电器并联，那么各支路用电器两端的电压与电源两端电压的关系如何？这种关系与并联电路中电流的关系一样吗？与串联电路中电压的关系一样吗？请你做出猜想。

实验

探究并联电路各支路用电器两端的电压与电源两端电压的关系

如果分别测出图16.2-3中小灯泡L_1、L_2两端的电压及电源两端电压，就可以找出并联电路中各支路用电器两端的电压与电源两端电压的关系。

通过实验验证你的猜想，实验中要注意下面几个问题。

1. 设计实验电路图
2. 电压表要选择合适的量程
3. 设计实验步骤

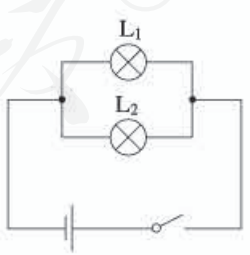


图16.2-3　研究并联电路的电压

微信公众号：电子课本大全

4. 设计实验数据表格，如实记录实验数据

通过这个实验，你得出了什么结论？

结论：_____。

动手动脑学物理

1. 一个用电器工作时，要求电源电压是6 V。如果用干电池做电源，需要几节串联起来？如果用铅蓄电池做电源，需要几个串联起来？

2. 在图16.2-4甲所示的电路中，闭合开关后电压表V_1的示数为2.5 V，V_2的示数应为____V，V的示数应为____V。

在图16.2-4乙所示的测量电路中，闭合开关后电压表V_1的示数为2.5 V，V_2的示数为3.8 V，V的示数应为____。

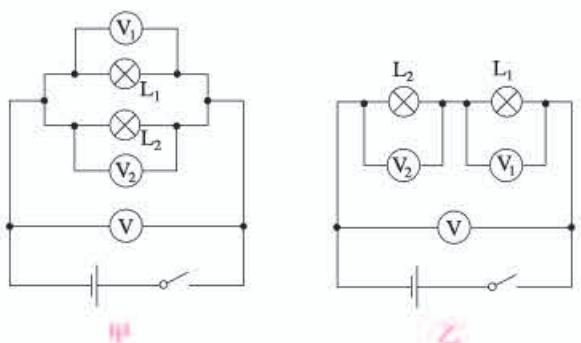


图16.2-4

3. 如图16.2-5，在探究“并联电路电压的关系”时，小明想把两个灯泡并联起来，用电压表测量并联电路的总电压，请你用笔帮他画出连接的电路。

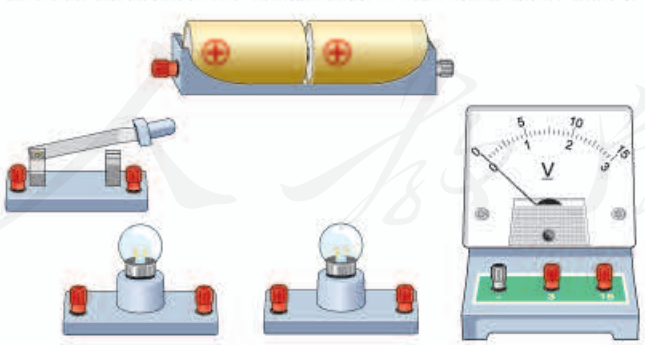


图16.2-5

4. 请自行设计一个表格，对比电流表和电压表在使用方面有哪些相同之处和不同之处。

微信公众号：电子课本大全

第3节　电阻

导线多是用铜做的，特别重要的电气设备的导线还要用昂贵的银来做。铁也是导体，既多又便宜，想想看，为什么很少用它来做导线呢？

演示

比较小灯泡的亮度

如图16.3-1，把长短、粗细相同的铜丝和镍铬合金（或锰铜）丝分别接入电路，闭合开关，观察电路中小灯泡的亮度。

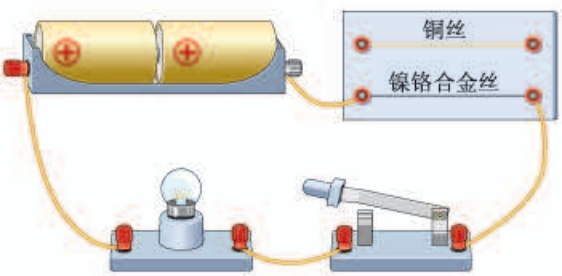


图16.3-1

电阻

如果在上述实验电路中接入电流表，可以看到：当把铜丝接入电路时，电流表的示数较大，小灯泡较明亮；当把镍铬合金丝接入电路时，电流表的示数较小，小灯泡较暗。由此可知，在相同的电压下，通过铜丝的电流比通过镍铬合金丝的电流大。那么，为什么会有这种差别呢？

原来，导体虽然容易导电，但是对电流也有一定的阻碍作用。在相同的电压下，通过铜丝的电流较大，表明铜丝对电流的阻碍作用较小；通过镍铬合金丝的电流较小，表明镍铬合金丝对电流的阻碍作用较大。

在物理学中，用**电阻**(resistance)来表示导体对

微信公众号：电子课本大全

电流阻碍作用的大小。导体的电阻越大，表示导体对电流的阻碍作用越大。导体的电阻通常用字母 R 表示，单位是**欧姆**（ohm），简称**欧**，符号是Ω。比较大的单位有千欧(kΩ)、兆欧(MΩ)，它们的换算关系是

$$1\ \text{k}\Omega = 1\ 000\ \Omega = 10^3\ \Omega$$
$$1\ \text{M}\Omega = 1\ 000\ 000\ \Omega = 10^6\ \Omega$$

手电筒的小灯泡，灯丝的电阻为几欧到十几欧；日常用的电炉丝的电阻约为几欧；长1 m、截面积1 mm^2的家用铜导线，电阻约百分之几欧，通常可以略去不计。如果用铁来制作同样规格的导线，电阻比铜线的要高6倍左右，所以一般不用“铁导线”。

在电子技术中，我们经常要用到具有一定电阻值的元件——电阻器，也叫做定值电阻，简称电阻(图16.3-2)，在电路图中用符号“—▭—”表示。



图16.3-2　常用的电阻器

影响电阻大小的因素

绝缘体对电流的阻碍作用大，导体对电流的阻碍作用小。天然橡胶棒的电阻，大约是相同粗细、长短铁棒的 2×10^{16} 倍！看来材料不同，阻碍作用不同。那么，在材料一定的情况下，电阻还与什么因素有关呢？

实 验

探究影响导体电阻大小的因素

导体的电阻不仅与材料有关，还可能与导体的粗细、长短等因素有关。下面我们来分别进行研究。

1. 电阻的大小是否跟导线的长度有关

选用粗细相同、长度不同的两根镍铬合金丝，

微信公众号：电子课本大全

分别将它们接入电路（图16.3-3）中，观察电流表的示数。比较流过长短不同的镍铬合金丝电流的大小。

2. 电阻的大小是否跟导线的粗细有关

选用长度相同、横截面积不同的两根镍铬合金丝，分别将它们接入电路中，观察电流表的示数。比较流过粗细不同的镍铬合金丝电流的大小。

3. 还可以检验其他的猜想

影响导体电阻大小的因素还可能有哪些？它们是怎样影响导体电阻的？设计实验，继续进行探究。

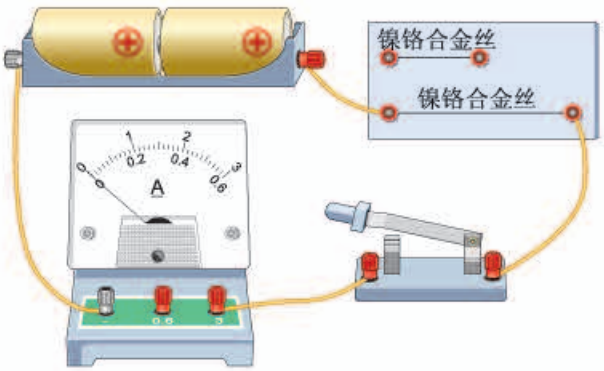


图16.3-3

实验中可以看到，长的镍铬合金丝中电流较小。这表明导体的电阻跟它的长度有关。同种材料、横截面积相同的导体，长度越长，电阻越大。通过实验还可以发现，较细的镍铬合金丝中电流较小。这表明导体的电阻还跟它的横截面积有关。同种材料、长度相同的导体，横截面积越小，电阻越大。

导体的电阻是导体本身的一种性质，它的大小与导体的材料、长度和横截面积等因素有关。



图16.3-4

小资料

在其他条件相同的情况下，电阻较小的材料导电性能较强；反之，电阻较大的材料导电性能较弱。图16.3-4展示的是不同材料在导电性能上的排序，从上至下，材料的导电性能依次减弱。

微信公众号：电子课本大全

科学世界

1. 半导体

导体导电性能好，绝缘体导电性能比较差。有一些材料，例如锗、硅，导电性能介于导体和绝缘体之间，常常称做**半导体**。温度、光照、杂质等外界因素对半导体的导电性能有很大影响。

利用半导体材料可以制作二极管、三极管。如果把很多二极管、三极管和电阻、电容等元件直接做在硅单晶片上（俗称芯片），就成了集成电路。集成电路是20世纪最重要的发明之一，现代的收音机、电视机、电话机、计算机，以及打电话用的IC卡、算账用的计算器，里面都有集成电路。

没有半导体就没有我们今天的现代化生活。

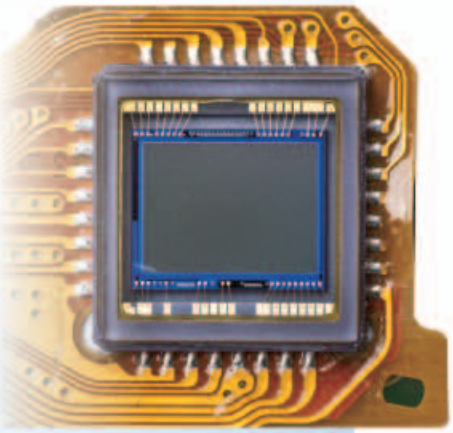


图16.3-5　数码相机中的图像传感器是用半导体材料制成的

2. 超导现象

各种金属导体中，银的导电性能是最好的，但还是有电阻存在。20世纪初，科学家发现，某些物质在很低的温度时，如铝在–271.76 °C以下，铅在–265.95 °C以下，电阻就变成了0，这就是**超导现象**。金属和合金出现超导现象的临界温度都很低。1986年开始，科学家在超导研究领域取得了重大突破。1987年，华裔美国籍科学家朱经武以及中国科学家赵忠贤相继研制出钇—钡—铜—氧系材料，使临界温度提高到90 K（–183.15 °C）。2008年，中国科学技术大学和中国科学院物理研究所的研究人员在铁基超导体研究方面作出突破。在高温超导研究领域，我国科学家作出了先驱性和开创性的贡献，持续推动了国际高温超导研究的发展。

如果把超导现象应用于实际，会给人类带来很大的好处。在发电厂发电、输送电能等方面若能采用超导材料，就可以大大降低由于电阻引起的电能损耗。如果用超导材料来制造电子元件，由于没有电阻，不必考虑散热的问题，元件尺寸可以大大缩小，进一步实现电子设备的微型化。

微信公众号：电子课本大全

动手动脑学物理

1. 有两段导线A和B，在相同的电压下，通过导线A的电流较大，通过导线B的电流较小，哪段导线的电阻大？

2. 24 000 Ω =_____kΩ =_____MΩ。

3. 铁比铜便宜，为什么家庭电路中用铜导线而不用铁导线？

4. A、B两根完全一样的导线，长度都是1 m。把A剪去一半，剩下的一半跟B相比，哪个电阻大？把A剩下的一半再拉长到1 m跟B相比，哪个电阻大？

5. 在“探究影响导体电阻大小的因素”实验中，分别对导体电阻跟它的长度、横截面积、材料有关的猜想进行了实验检验。某实验小组准备实验时对每一个猜想都用三个实验数据进行对比，下表中给出了可供选择的几种导体，分别用A~G七个字母代表。请你按该组的要求选用。

（1）为检验“导体电阻跟长度有关”的猜想，应选用哪三种导体？

（2）为检验“导体电阻跟横截面积有关”的猜想，应选用哪三种导体？

（3）为检验“导体电阻跟材料有关”的猜想，应选用哪三种导体？

说出你做出选择的理由。

导体代号	长度/m	横截面积/mm^2	材料
A	1.0	0.2	锰铜
B	1.0	0.4	锰铜
C	1.0	0.6	锰铜
D	0.5	0.4	锰铜
E	1.5	0.4	锰铜
F	1.0	0.6	镍铬合金
G	1.0	0.6	铁

微信公众号：电子课本大全

第4节　变阻器

让灯泡的亮度发生变化可以有多种方法。例如，改变电池组中串联电池的节数会影响小灯泡的亮度。你有什么办法在不改变电源两端电压的情况下，逐渐改变小灯泡的亮度？

想想做做

选取一根自动铅笔芯，照图16.4-1连接电路。使铅笔芯一端的夹子固定，移动另一端的夹子，观察小灯泡的亮度。

小灯泡的亮度怎样变化？为什么会这样变化？

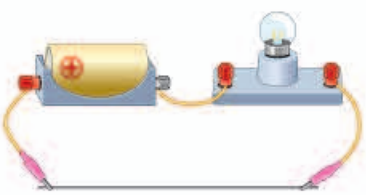


图16.4-1　用铅笔芯控制小灯泡的亮度

在上面的实验中，随着夹子在铅笔芯上移动，小灯泡的亮度会发生连续变化，接入电路中的铅笔芯越短，电阻越小，小灯泡越亮。

变阻器

能改变接入电路中电阻大小的元件叫做变阻器。例如，图16.4-2是学生实验中常用的滑动变阻器。电阻丝外面涂着绝缘层，密绕在绝缘管上。图中电阻丝上水平方向的一条白线表示这里的绝

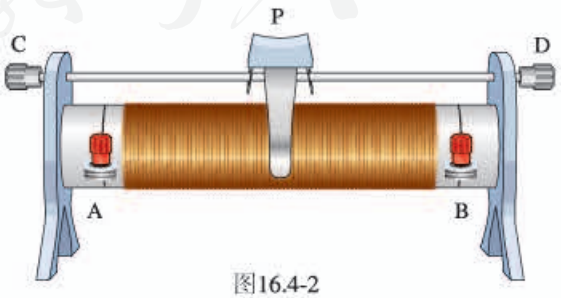
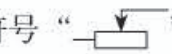


图16.4-2

微信公众号：电子课本大全

缘层已经刮掉，电阻丝可以与滑片P相连，而它的两端连在A、B两个接线柱上。滑片P通过金属杆和接线柱C、D相连，滑片移动到不同位置时，A、C（或者B、C）两个接线柱间电阻丝的长度不一样，这样就可以改变接入电路中电阻的大小。

变阻器在电路图中用符号“”表示。

实验

练习使用滑动变阻器

1. 观察滑动变阻器的结构

为什么与滑片接触处的电阻丝的绝缘层被刮去？哪两个接线柱之间的电阻是不变的？哪两个接线柱之间的电阻很小？移动滑片时，哪两个接线柱之间的电阻随着改变？向哪个方向移动时电阻变大？

2. 连接滑动变阻器

要使滑动变阻器和用电器中的电流相同，滑动变阻器应该与用电器串联。按图16.4-3连接电路，闭合开关，观察电路是否接通。

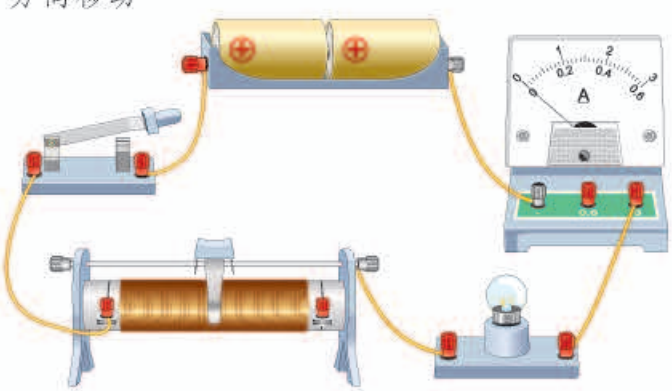


图16.4-3

3. 用滑动变阻器改变小灯泡的亮度

若要使小灯泡由暗变亮，图16.4-3滑动变阻器的滑片应向哪个方向移动？

尝试移动滑片，观察电流表的示数或小灯泡的亮度变化。

想一想，接通电路前应将滑片放到什么位置上？

在实验报告中写出选用的仪器、设计的电路、实验操作步骤及你对上面几个问题的回答。实验过程中你又发现了哪些新问题？和同伴们交流。

微信公众号：电子课本大全

4. 用滑动变阻器控制电阻两端的电压

按图16.4-4连接电路，其中R是定值电阻，R'是滑动变阻器。

（1）闭合开关S，调节滑动变阻器的滑片，使R两端的电压成整数倍地变化，如2 V、4 V、6 V等。

（2）换用不同的定值电阻，使电阻成整数倍地变化，如5 Ω、10 Ω、15 Ω等。闭合开关，调节变阻器的滑片，保持每次接入的定值电阻两端的电压不变。

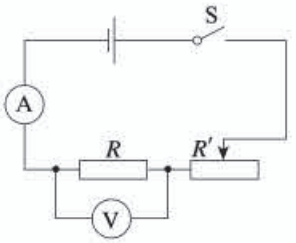


图16.4-4

变阻器的应用

变阻器通常标有最大电阻和允许通过的最大电流，使用时要根据需要进行选择，不能使通过的电流超过最大值，否则会烧坏变阻器。通常在使用前应将电阻调节到最大。

在电路中，变阻器的作用主要是通过调节其电阻值，改变电路中的电流。

滑动变阻器一般只在实验室中应用。有些家用电器音量调节的器件也是一种变阻器，通常称为电位器。图16.4-5是一种电位器的结构图。它通过机械式旋钮调节阻值的大小。电位器也可以用在其他电器上，例如，可调亮度的电灯，可调温度的电热毯、电饭锅，等等。



图16.4-5

除机械式电位器外，数字电位器被人们越来越广泛地使用。数字电位器是一种用数字信号控制阻值的器件(集成电路)。与机械式电位器相比，数字电位器具有可程序控制改变阻值、耐震动、噪声小、寿命长、抗环境污染等重要优点，因而，已在自动检测与控制、智能仪器仪表、消费类电子产品等许多重要领域得到应用（图16.4-6）。


图16.4-6　利用电位器调节耳机音量

微信公众号：电子课本大全

动手动脑学物理

1. 请用笔画线表示接线，连接图16.4-7的电路，使滑动变阻器能够控制灯泡的亮度。在你连的电路中，要使灯泡越来越亮，变阻器的滑片应该向哪个方向移动？

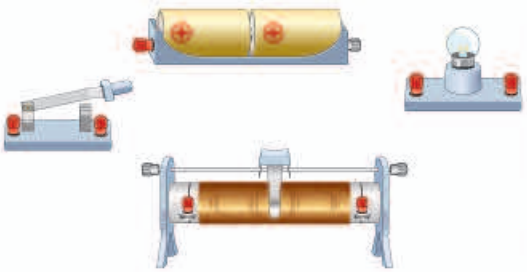


图16.4-7

2. 图16.4-8是一位同学按照上题要求所连的电路。这个电路能不能满足题目的要求？为什么？按这个图进行操作时，实验现象是怎样的？

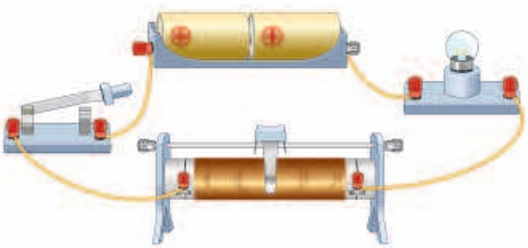


图16.4-8

3. 图16.4-9是滑动变阻器的结构和连入电路的示意图。当滑片P向右滑动时，连入电路的电阻变小的是哪个？

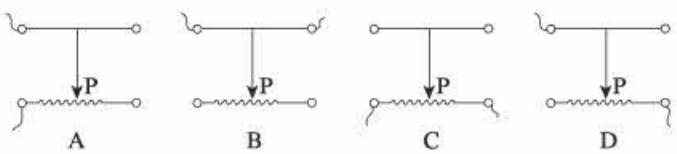


图16.4-9

4. 图16.4-10是一种测定油箱内油量的装置。其中R是滑动变阻器的电阻片，滑动变阻器的滑片跟滑杆连接，滑杆可以绕固定轴O转动，另一端固定着一个浮子。油箱中的油量减少时，油面下降，浮子随液面落下，带动滑杆使滑动变阻器滑片向上移动，从而改变了电路中电流表的示数。因此，电流表上一定的示数便对应着油面的一定高度，把电流表刻度盘改为相应的油量体积数，就可以直接读出油箱中的油量。请问：在这个装置中，电流表示数越大，表示油箱中的油量越多还是越少？请说明理由。

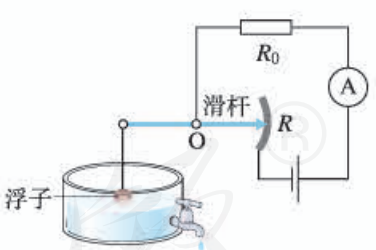


图16.4-10

微信公众号：电子课本大全

学到了什么

1. 电压　电压表的使用

电源给用电器两端提供电压。电压通常用字母U代表，单位是伏特，符号是V。

电压表与被测用电器并联，正、负接线柱的接法要正确（正接线柱靠近电源的正极，负接线柱靠近电源的负极），被测电压不能超过电压表的最大测量值。

2. 串、并联电路中电压的规律

串联电路中电源两端电压等于各用电器两端电压之和，用符号表示时可以写为

$$U = U_1 + U_2$$

并联电路中电源两端电压与各支路用电器两端的电压相等，用符号表示时可以写为

$$U = U_1 = U_2$$

3. 电阻　变阻器

电阻表示导体对电流阻碍作用的大小，通常用字母R代表，单位是欧姆，符号是Ω。导体的电阻是导体本身的一种性质，它的大小决定于导体的材料、长度和横截面积。

变阻器是能改变接入电路中电阻大小的一种元件。

微信公众号：电子课本大全

第十七章　欧姆定律

夜幕下，彩灯勾画出古镇建筑的轮廓。电灯发光时，电流在电路中静静地“流淌”。你是否想过，电流的流动遵循怎样的规律？电流、电压、电阻各自扮演着什么角色？它们之间的关系又如何呢？现在就让我们来探究其中的奥秘。



微信公众号：电子课本大全

第1节　电流与电压和电阻的关系



电压是产生电流的原因，由此可以想到：电压越高，电流可能越大；电阻表示导体对电流的阻碍作用，电阻越大，电流会越小。那么，流过导体的电流与导体的电阻及加在它两端的电压存在怎样的定量关系呢？

实验

探究电流与电压的关系

你认为电阻一定时，电流与电压存在怎样的关系？将你的猜想写在下面。

微信公众号：电子课本大全

● 设计实验

怎样测量电阻两端的电压 U？

怎样测量通过电阻的电流 I？

要研究通过电阻的电流 I 怎样随着电阻两端的电压 U 的改变而变化，需要确定改变电阻两端电压的方法。想一想，如果用干电池做实验，怎样改变电压？如果用学生电源做实验，怎样改变电压？如果用滑动变阻器，怎样改变电阻两端的电压？

在右边方框中画出能够改变电压并可以同时测量电压和电流的电路图。

● 进行实验

按图连接电路，测量并记下几组电压和电流值。

$R =$ ____ Ω

电压 U/V						
电流 I/A						

● 分析和论证

分析表中的数据，看看在电阻一定时，电流与电压存在怎样的定量关系。

分析数据时也可以采用图象法，用图象的方法有时会更直观地看出两个量间的变化关系。请同学们根据上表的数据，在图 17.1-1 中画出各组数据对应的点，然后将各点平滑地连接起来，看看电阻一定时，电流与电压存在怎样的关系。

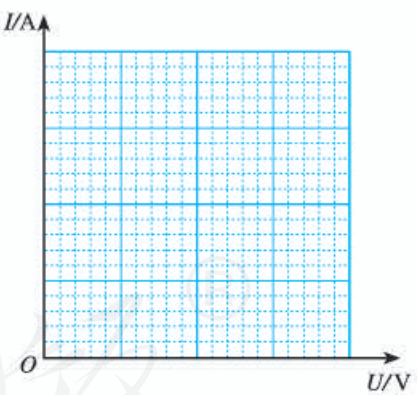


图17.1-1

● 结论

在电阻一定的情况下，通过导体的电流与导体两端的电压_____。

微信公众号：电子课本大全

实 验

探究电流与电阻的关系

● 设计实验

要探究电流与电阻的关系，需要知道电阻的阻值和通过电阻的电流，还需要知道更换电阻后控制电阻两端电压不变的方法。

在方框中画出你设计的电路图。

● 进行实验

按图连接电路，测量并记下几组电阻值和电流值。

U = ____V

电阻 R/Ω						
电流 I/A						

● 分析和论证

分析表中的数据，看看在电压一定时，电流与电阻存在怎样的定量关系。

● 结论

_____

想想议议

利用“探究电流与电压的关系”的实验数据计算 $\frac{U}{I}$，并与电阻 R 比较，看看电阻 R 与 $\frac{U}{I}$ 有什么关系。

动手动脑学物理

1. 在探究电阻一定时电流与电压关系的实验中，小明得到的实验数据如下表所示。

数据序号	1	2	3	4	5	6
电压 U/V	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8
电流 I/A	0.08	0.15	0.23	0.40	0.38	0.45

微信公众号：电子课本大全

（1）为分析电流与电压的定量关系，请你在图17.1-2的方格中建立有关坐标轴并制定其标度，把表中的数据在坐标系中描点。

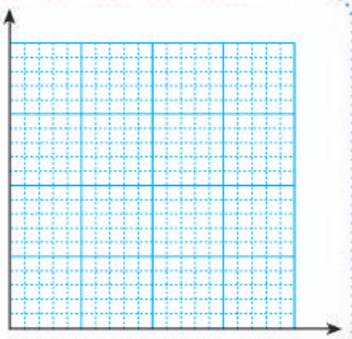


图17.1-2

（2）小英说，从图中可以看出，这些数据中有一组是明显错误的，跟其他数据的规律完全不同，可能是读取这组数据时粗心所引起的，分析时需要把它剔除掉。这是哪组数据？

2. 在电阻一定时探究电流与电压关系的实验中，小凯把定值电阻、电流表、电压表、滑动变阻器、开关和电源连接成了图17.1-3所示的电路，正准备闭合开关时，旁边的小兰急忙拦住他，说接线错了。

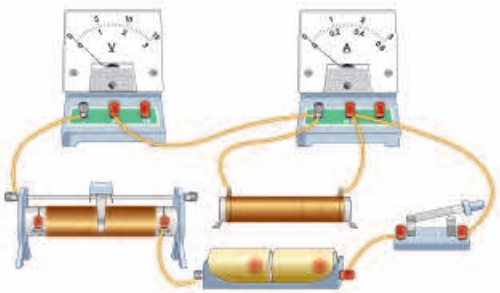


图17.1-3

请你检查一下电路，错在哪里？小兰发现只要改接一根导线就可以，请把接错的那一根导线找出来，打上“×”，再画线把它改到正确的位置上。

微信公众号：电子课本大全

第2节　欧姆定律

通过上节课的探究可以发现，通过导体的电流跟导体两端的电压成正比，跟导体的电阻成反比。这是不是普遍规律呢？

早在19世纪20年代，德国物理学家欧姆就对电流跟电阻和电压之间的关系进行了大量实验研究，发现对大多数导体而言，上面的规律是成立的，并进一步归纳得出了下面的**欧姆定律**（Ohm's law）。

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。

如果用U表示导体两端的电压，R表示导体的电阻，I表示导体中的电流，那么用公式表示就是

$$I=\frac{U}{R}$$

其中U的单位为伏特（V），R的单位为欧姆（Ω），I的单位为安培（A）。

对于一个导体，只要知道电流、电压、电阻中的两个量，就可以利用欧姆定律求出第三个量。

例题1　一辆汽车的车灯接在12 V电源两端，灯丝电阻为30 Ω，求通过灯丝的电流。

解　已知灯丝两端电压U=12 V，灯丝电阻R=30 Ω。

根据欧姆定律，可求得通过灯丝的电流

$$I=\frac{U}{R}=\frac{12\ \mathrm{V}}{30\ \Omega}=0.4\ \mathrm{A}$$

由欧姆定律我们看到，在电源电压不变的情况下，可以通过改变电路中的电阻来改变电流。



欧姆（Georg Simon Ohm，1787—1854），德国物理学家，从1825年开始研究电流与电源及导线长度的关系，并于1826年归纳出了今天所称的欧姆定律。1827年欧姆出版了他的著作《伽伐尼电路：数学研究》。

微信公众号：电子课本大全

例题2 如图17.2-1所示，闭合开关后，电压表的示数为6 V，电流表的示数为0.3 A，求电阻R的阻值。

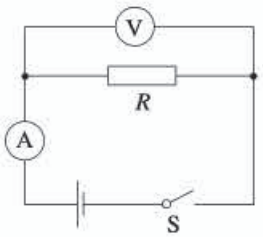


图17.2-1

解 电阻R两端的电压$U=6\ \text{V}$，通过电阻R的电流$I=0.3\ \text{A}$。根据欧姆定律可知

$$R=\frac{U}{I}=\frac{6\ \text{V}}{0.3\ \text{A}}=20\ \Omega$$

通过例题2可以看出一种测量电阻的方法，即首先通过测量未知电阻两端的电压和通过该电阻的电流，然后应用欧姆定律算出电阻的大小。

科学世界

酒精浓度检测仪

根据世界卫生组织的统计，大约50%~60%的交通事故与酒后驾驶有关。我国刑法规定，从2011年5月1日起，驾驶员醉酒后驾车要负刑事责任。目前，世界大多数国家都采用呼气式酒精测试仪，对驾驶员进行现场检测。

酒精测试仪中装有酒精气体传感器。酒精气体传感器是一种气敏电阻，它的阻值随酒精气体浓度的变化而变化，从而引起电路中电流和电压的变化。驾驶员呼出的酒精气体浓度越大，测试仪中电压表的示数也越大。



动手动脑学物理

1. 一个电熨斗的电阻是80 Ω，接在220 V的电压上，流过它的电流是多少？

2. 一个定值电阻的阻值是10 Ω，使用时流过的电流是200 mA，加在这个定值电阻两端的电压是多大？

3. 某小灯泡工作时两端的电压是2.5 V，用电流表测得此时的电流是300 mA，此灯泡工作时的电阻是多少？

4. 某同学认为："由$I=\frac{U}{R}$变形可得$R=\frac{U}{I}$。这就表明，导体的电阻R跟它两端的电压成正比，跟电流成反比。"这种说法对吗？为什么？

微信公众号：电子课本大全

第3节　电阻的测量

电流可以用电流表测量，电压可以用电压表测量。那么，用什么方法测量电阻呢？根据前面学过的欧姆定律知道，可以通过对电流和电压的测量来间接地测出导体的电阻。

本章第2节图17.2-1所示的电路就可以测量电阻，对于这样测量电阻的方法，有时又简称为“伏安法”测电阻。

为了减小误差，实际测量中要改变待测电阻两端的电压，多次测量电压及电流的值，根据每次电压及电流的值算出电阻，最后求出电阻的平均值。

在伏安法测电阻中，常采用图17.3-1所示的电路，用滑动变阻器来改变待测电阻两端的电压。

想想议议

如果想多测几组电流和电压的数值，应该怎样做？

实验

伏安法测电阻

按图17.3-1连接电路，并进行测量，将测量的数据记录在自己设计的表格中。根据测得的数据，利用欧姆定律算出电阻值。

多测几组数据，看看测得的电阻值是否相同。

将你的实验步骤及记录表格写在下面。

实验步骤

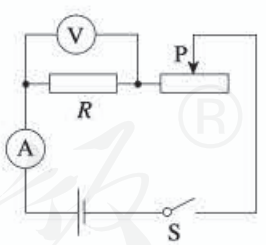


图17.3-1　伏安法测电阻电路

微信公众号：电子课本大全

实验数据记录表格

实验中要注意以下两点。

1. 滑动变阻器常用来改变电流及电压的值。调整变阻器之前要先想好，朝哪个方向移动滑片时电路中的电流变大，闭合开关之前应该先调整变阻器的滑片，使电路中的电流在开始测量时最小。

2. 电压表和电流表要注意选择适当的量程。

想想做做

将上述实验中的定值电阻换成小灯泡，用同样的方法测定小灯泡的电阻。多测几组数据，根据实验数据分别计算出小灯泡的电阻，比较计算出的几个数值，看看每次算出的电阻的大小相同吗？有什么变化规律吗？

如果出现的情况和测量定值电阻时不同，你如何解释？与同学交流一下。

动手动脑学物理

1. 一个小灯泡上标着“2.2 V 0.25 A”，表明这个小灯泡工作时的电阻是8.8 Ω。图17.3-2是一位同学为检验小灯泡的标称电阻是否准确而连接的实验线路。他的连接有三个错误。请你指出这三个错误分别错在哪里。应怎样改成正确的连接？

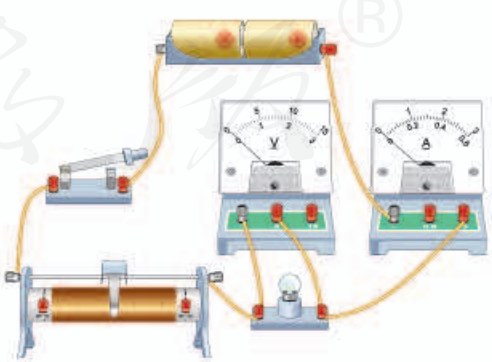


图17.3-2

微信公众号：电子课本大全

2. 已知流过一只电阻为242 Ω 的灯泡的电流是0.91 A 。如果在灯泡两端再并联一个电阻为165 Ω 的电烙铁，并联电路的总电流变为多大？

3. 图17.3-3是用伏安法测量某未知电阻的电路图。

（1）根据电路图将图17.3-4所示的实物图连接起来；

（2）读出图17.3-5所示电流表和电压表的示数；

（3）算出被测电阻本次的测量值。

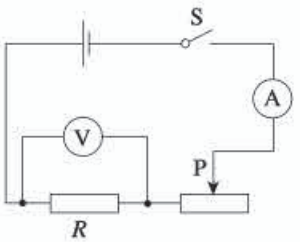


图17.3-3

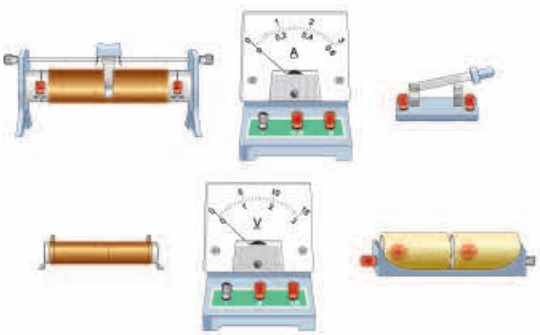


图17.3-4

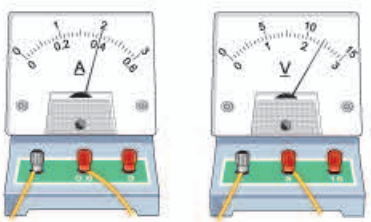


图17.3-5

4. 在测量标有电压为2.5 V的某小灯泡电阻的实验中，第一次测量时的电压等于2.5 V，小灯泡正常发光，以后调节滑动变阻器，让电压逐次下调，使灯丝温度不断降低，灯泡变暗直至完全不发光，测量的数据如下表所示。

数据序号	1	2	3	4	5	6	7
电压 U/V	2.5	2.1	1.7	1.3	0.9	0.5	0.1
电流 I/A	0.28	0.26	0.24	0.21	0.19	0.16	0.05
算出的电阻 R/Ω	8.9						

（1）请你根据表中电压和电流的数据计算每次的电阻，填在表格中；

（2）对比不同电压下小灯泡的电阻值，你有什么发现？把你的发现写成一句具有概括性的结论。

微信公众号：电子课本大全

*第4节　欧姆定律在串、并联电路中的应用

欧姆定律是电学的基本定律之一，应用非常广泛。实际电路虽然比较复杂，但是往往可以简化为串联电路或并联电路，再利用欧姆定律解决问题。这节课就要学习如何运用欧姆定律来解决串联和并联电路中的问题。

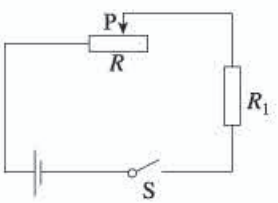


图17.4-1

例题1　如图17.4-1所示，电阻R_1为10 Ω，电源两端电压为6 V。开关S闭合后，求：（1）当滑动变阻器R接入电路的电阻R_2为50 Ω时，通过电阻R_1的电流I；（2）当滑动变阻器接入电路的电阻R_3为20 Ω时，通过电阻R_1的电流I'。

解　（1）如图17.4-1所示，根据串联电路电流的规律，通过电阻R_2的电流和通过电阻R_1的电流相等，都等于I。电阻R_1两端的电压$U_1=I R_1$，R_2两端的电压$U_2=I R_2$。

根据串联电路电压的规律$U = U_1 + U_2$，有

$$U = I R_1 + I R_2 = I(R_1 + R_2)$$

可求得

$$I = \frac{U}{R_1 + R_2} = \frac{6\ \text{V}}{10\ \Omega + 50\ \Omega} = 0.1\ \text{A}$$

（2）同（1）的分析一样，可求得R_3、R_1串联时，电路中的电流

$$I' = \frac{U}{R_1 + R_3} = \frac{6\ \text{V}}{10\ \Omega + 20\ \Omega} = 0.2\ \text{A}$$

由上面的例题可以看出，串联电路中通过某个电阻的电流或串联电路的电流，等于电源两端电压除以各分电阻之和。另外还可以看出，当串联电路中的一个电阻改变时，电路中的电流及另一个电阻

微信公众号：电子课本大全

两端的电压都会随之改变。很多实际电路都利用了串联电路的这一特点。

例题2 如图17.4-2所示，电阻R_1为10 Ω，电源两端电压为12 V。开关S闭合后，求：（1）当滑动变阻器R接入电路的电阻R_2为40 Ω时，通过电阻R_1的电流I_1和电路的总电流I；（2）当滑动变阻器接入电路的电阻R_3为20 Ω时，通过电阻R_1的电流I_1'和电路的总电流I'。

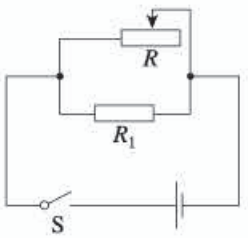


图17.4-2

解 （1）根据并联电路电压的特点，电阻R_1和R_2两端的电压均等于电源两端电压

$$U = 12\ \text{V}$$

由欧姆定律得

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{12\ \text{V}}{10\ \Omega} = 1.2\ \text{A}$$

通过电阻R_2的电流

$$I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{12\ \text{V}}{40\ \Omega} = 0.3\ \text{A}$$

所以总电流

$$I = I_1 + I_2 = 1.2\ \text{A} + 0.3\ \text{A} = 1.5\ \text{A}$$

（2）同理可求得

$$I_1' = \frac{U}{R_1} = \frac{12\ \text{V}}{10\ \Omega} = 1.2\ \text{A}$$

通过电阻R_3的电流

$$I_2' = \frac{U}{R_3} = \frac{12\ \text{V}}{20\ \Omega} = 0.6\ \text{A}$$

所以总电流

$$I' = I_1' + I_2' = 1.2\ \text{A} + 0.6\ \text{A} = 1.8\ \text{A}$$

由上面的例题可以看出，当并联电路中的一个支路的电阻改变时，这个支路的电流会变化，干路电流也会变化，但另一个支路的电流和电压都不变。家庭电路中，各用电器采用并联形式连接到电源上，就是利用了并联电路的这一特点。

微信公众号：电子课本大全

学到了什么

1. 欧姆定律

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。用公式表示为

$$I = \frac{U}{R}$$

对于一个导体，只要知道电流、电压、电阻这三个物理量中的两个，就可以利用欧姆定律求出第三个量。

2. 电阻的测量

根据 $R = \frac{U}{I}$，可以通过电流和电压的测量计算出电阻，这种测量电阻的方法叫做伏安法。

人教版®

微信公众号：电子课本大全

第十八章　电功率



广袤的戈壁滩上天气多变，有时风和日丽，有时狂风劲舞。在风的吹动下，扇叶时而徐徐转动，时而急速回旋，整个风车田犹如一支乐队在演奏着一首气势磅礴的交响曲。

风车发出的电是由什么能转化来的？一个风车一天能发多少电？风力发电有什么好处？

看来，这许多问题还真需要我们静下心来认真思考。

微信公众号：电子课本大全

第1节　电能　电功



各种各样的发电厂，如火力、水力、风力发电厂，以及各种各样的电池，它们把不同形式的能转化为**电能**（electric energy），供人们使用。

电能

生活中电能的利用无处不在。电灯把电能转化为光能，为我们照明；电动机把电能转化为机械能，使得电风扇旋转、电力机车飞驰；电热器把电能转化为内能，可以烧水、使电热孵化器中的小鸡破壳而出；电视机、电脑依靠电能工作，把各种信息加工后传达给我们；人造卫星展开太阳能电池板，把太阳能转化为电能提供给卫星上的用电器……

每个家庭都用电。我们使用的电主要由电网提供，不同家庭用电的多少不同。同学们一定常听父母说，上个月家里用了多少“度”电。这里说的

微信公众号：电子课本大全

“度”，就是电能的单位，它的学名叫做**千瓦时**，符号是kW · h。

在物理学中，常用的能量单位是焦耳。1千瓦时比1焦耳大得多。它们之间的关系是

$$1\ \text{kW}\cdot\text{h} = 1\times10^{3}\ \text{W}\times3\ 600\ \text{s} = 3.6\times10^{6}\ \text{J}$$

电能的计量

用电器在一段时间内消耗的电能，可以通过电能表（也叫电度表）计量出来。

图18.1-1是一种电能表。用电时，中间的铝质圆盘转动，圆盘上方的数字以千瓦时为单位来显示已经用去的电能。



“220 V”表示这个电能表应该在220 V的电路中使用。

“10（20）A”表示这个电能表的标定电流为10 A，额定最大电流为20 A。电能表工作时的电流不应超过额定最大电流。

“600 revs/（kW · h）”表示接在这个电能表上的用电器，每消耗1 kW · h的电能，电能表上的转盘转过600转。

“50 ~”表示这个电能表在频率为50 Hz的交流电路中使用。

图18.1-1　一种电能表

电能表上显示的数字是表从开始计数到读数为止用去的电能。为了计量一段时间内消耗的电能，必须记录这段时间起始和结束时电能表上计数器的示数。前后两次示数之差，就是这段时间内用电的度数。例如，家中电能表在月初的示数是3 246.8 kW · h，月底的示数是3 265.4 kW · h，这

微信公众号：电子课本大全

个月家里用电就是18.6 kW·h。

目前常用的电能表是IC卡式的（图18.1-2）。用户将IC卡充值后插入电能表，电能表自动读取卡中的金额。一旦金额用完，电能表会切断电路，所以表中的金额将要用完时，需要到银行为IC卡储值，并重新将卡插入电能表。

还有一种电能表，其中没有转动的铝盘，靠内部的电子电路计算电能，示数由液晶板显示。

在实际生活中，为了计算电费方便，读数时常常只读整数，略去小数。



图18.1-2　IC卡电能表

想想议议

随着信息技术的发展，出现了远程售电系统，方便了用户交费。另外，阶梯电价、分时电价等计费方式的出现，改变了人们的用电方式。请你在课外查找相关信息，并与同学互相交流。

电能是人们生活的重要资源，社会需求越来越多，能源供应日益紧张，每个人都应具有节约电能的意识。为节约每一度电，我们要从点点滴滴做起。

图18.1-3大致表示出了1 kW·h电的作用。看了这幅图，你会对节约用电有进一步的认识。



图18.1-3　1 kW·h电的作用

微信公众号：电子课本大全

电功

电能可以转化成多种其他形式的能量。电能转化为其他形式的能的过程也可以说是电流做功的过程，有多少电能发生了转化就说电流做了多少功，即**电功**（electric work）是多少。例如，电动机工作时，我们可以说电能转化成了机械能，也可以说电流做功使电动机能够向外输出动能；电炉工作时，可以说电能转化成了内能，也可以说电流做功使电炉的内能增加……在日常生活中，我们常说消耗了多少电能，而很少说电流做了多少功，其实，两种说法是一样的。

电流做功的多少跟电流的大小、电压的高低、通电时间的长短都有关系。加在用电器上的电压越高、通过的电流越大、通电时间越长，电流做功越多。研究表明，当电路两端的电压为 U，电路中的电流为 I，通电时间为 t 时，电功 W（或者说消耗的电能）为

$$W=UIt$$

动手动脑学物理

1. 一个电能表，表盘上标明“720 revs /（kW · h）”，这表示什么意思？

2. 小明家中一周前、后电能表示数如图18.1-4所示，小明家所在地区每度电的电费是0.6元，请你估算他家每个月需要付多少电费。

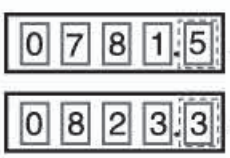


图18.1-4

记下你家电能表今天的示数，和一周后的示数对比。根据你家所在地的电费标准，估算你家一个月应交多少电费。

3. 一个小灯泡的两端加2.5 V电压时电流是0.3 A，它在这种情况下通电2 min，电流做了多少功？消耗的电能是多少？

4. 有一块手机用的锂电池，上面标明电压为3.7 V，容量为1 130 mA · h，它充满电后，大约储存了多少电能？

微信公众号：电子课本大全

第2节　电功率

观察电能表，常常可以发现，表上铝盘的转动，有时慢悠悠，有时急匆匆。这是为什么？如果留心就会发现，在只使用一只节能灯时，铝盘转得慢，而使用电热水器时，铝盘转得快。原来，铝盘转动的快慢跟接入电路中的用电器有关。

电功率

在日常使用的节能灯上可以看到“220 V”和“24 W”这类的字样（图18.2-1）。其中，“220 V”说的是电压，那么，“24 W”是什么意思？



图18.2-1　灯泡上的“24 W”字样是什么意思？

演示

分别把一只24 W节能灯和一只500 W的电吹风机接在同样的电路里，比较电能表铝盘转动的快慢。

电能表的铝盘转得快，说明电流做功快；电能表的铝盘转得慢，说明电流做功慢。

在物理学中，用**电功率**（electric power）表示电流做功的快慢。电功率用 P 表示，它的单位是**瓦特**（watt），简称**瓦**，符号是W。前面提到的24 W、500 W，说的就是用电器的电功率。

各种不同的用电器，电功率各不相同。翻开任何电器的说明书，都可以看到“电功率”这样的参数。常用的家用电器中，空调、微波炉、电热水器的电功率比较大，手电筒的电功率比较小。

微信公众号：电子课本大全

工农业中使用的用电器功率往往很大，这时就要用更大的单位——千瓦来表示。千瓦的符号是kW，它跟瓦的关系是

$$1\ \text{kW} = 10^3\ \text{W}$$

有时也需要用比瓦小的单位——毫瓦来表示功率。毫瓦的符号是mW，它跟瓦的关系是

$$1\ \text{W} = 10^3\ \text{mW}$$

农田灌溉时用来带动水泵的电动机，功率大约在几千瓦到几十千瓦之间。大型发电站的发电功率可达100万千瓦以上。发光二极管的功率约为50 mW。

小资料

用电器的电功率

天河一号巨型计算机	4.04×10^6 W	液晶电视机	约 100 W
家用空调	约 1 000 W	排风扇	约 20 W
吸尘器	约 800 W	手电筒	约 0.5 W
电吹风机	约 500 W	计算器	约 0.5 mW
台式计算机	约 200 W	电子表	约 0.01 mW

作为表示电流做功快慢的物理量，电功率等于电功与时间之比。如果电功用W表示，完成这些电功所用的时间用t表示，电功率用P表示，则

$$P = \frac{W}{t}$$

将上节电功$W = UIt$代入上式得

$$P = UI$$

微信公众号：电子课本大全

“千瓦时”的来历

前面我们讲到电能时曾经提到“千瓦时”这个单位，现在可以知道它的由来了。

将公式$P=\frac{W}{t}$变形后，可得到$W=Pt$，W是t这段时间电流通过用电器所做的功，也是用电器消耗的电能，式中W、P、t的单位分别是焦、瓦、秒。

如果P和t的单位分别用千瓦、小时，那么它们相乘之后，就得到电能的另一个单位——千瓦时（度）。1千瓦时可以看做电功率为1 kW的用电器使用1 h所消耗的电能。

千瓦和千瓦时是两个不同物理量的单位，不能混淆！

例题 某电视机的电功率是150 W（图18.2-2），每天使用3 h，一个月用电多少千瓦时？（按30天计算）

解 $P=150\ \text{W}=0.15\ \text{kW}$

$t=3\ \text{h}\times 30=90\ \text{h}$

由$P=\frac{W}{t}$变形，得

$$W=Pt$$

一个月内消耗的电能是

$$W=Pt=0.15\ \text{kW}\times 90\ \text{h}=13.5\ \text{kW}\cdot\text{h}$$



图18.2-2 多数用电器都有类似的铭牌，从中可以查到这个用电器的电功率。大型用电器的电功率可以从说明书中查得。

在这个问题中，如果电功率的单位用瓦、时间的单位用秒，所得电能的单位是什么？能不能换算成千瓦时？

想想议议

一位电视记者在讲到某工厂上半年共节电5 000 kW·h的时候，手举一只理发用电吹风机说：“我这只电吹风是500瓦的，也就是0.5千瓦，这个厂节省的电力可以开动10 000个这样的电吹风。”这位记者错在哪里？

微信公众号：电子课本大全

额定电压　额定功率

大家已经知道，不同用电器的电功率一般不相同。那么，在不同的情况下，比如同一个用电器工作在不同的电压下，它的电功率总是一样的吗？

演示

取一个标有“36 V　25 W”的灯泡。把它接在36 V的电路中，它正常发光；把它接在24 V的电路中，它发光暗淡；把它接在40 V的电路中，它发光强烈。

实验表明，在不同的电压下，同一个用电器的电功率不一样大；用电器实际的电功率随着它两端的电压而改变。

既然如此，我们就不能泛泛地说一个用电器的电功率是多大，而要指明电压。用电器正常工作时的电压叫做**额定电压**（rated voltage），用电器在额定电压下工作时的电功率叫做**额定功率**（rated power）。

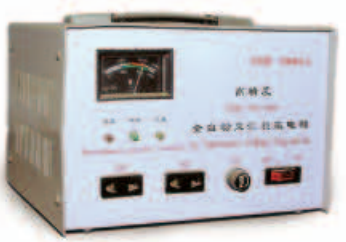


图18.2-3　小型稳压器。由于电网供电存在电压过低或过高等问题，有时需要使用稳压器提供稳定的电压使电气设备能正常工作。

节能灯上标着“220 V　24 W”，表示额定电压是220 V，额定功率是24 W。电熨斗上标着“220 V　500 W”，表示额定电压是220 V，额定功率是500 W。其他用电器的铭牌上也标着额定电压和额定功率。

我们使用各种用电器一定要注意它的额定电压，只有在额定电压下用电器才能正常工作。实际电压偏低，用电器的电功率低，不能正常工作。实际电压偏高，有可能损坏用电器。

微信公众号：电子课本大全

想想议议

一种彩色灯泡的额定电压是36 V，要接在220 V 的电路中，要串联多少个这种灯泡才行？

电功率的测量

测量电功率可以使用专用的功率表，但是在非专业的实验中，常常通过电流和电压的测量来间接得知用电器的电功率。

由电功率公式$P = UI$可以看出，测量出用电器两端的电压和通过用电器的电流，就可以知道用电器实际的电功率。

动手动脑学物理

1. 一只电热水壶的铭牌上标着“220 V 1 000 W”的字样，它正常工作时，电流是多少？

2. 一盏电灯25 h耗电1 kW·h，这盏电灯的电功率是多少？

3. 一个“220 V 800 W”的电炉，正常工作时电阻丝的电阻有多大？假如电路中的电压降低到200 V，电阻丝的电阻不变，这时电炉实际的电功率有多大？

4. 某次雷电的电流约2×10^4 A，电压约10^8 V，放电时间约0.001 s。这次雷电的电功率约多少千瓦？释放多少能量？

微信公众号：电子课本大全

第3节　测量小灯泡的电功率

在这个实验中，我们将用滑动变阻器控制电路，分别测量以下三种情况下小灯泡的实际功率。

（1）使小灯泡两端的电压等于额定电压，观察小灯泡的亮度，测量它的电功率，这是它的额定功率。

（2）使小灯泡两端的电压低于额定电压，观察小灯泡的亮度，测量它实际的电功率。

（3）使小灯泡两端的电压约为额定电压（标在灯口上）的1.2倍，观察小灯泡的亮度，测量它实际的电功率。

实验

测量小灯泡的电功率

1. 根据实验的要求，请你自己设计电路，并画出实验电路图。

为了控制小灯泡的电功率，可以用滑动变阻器与小灯泡串联，从而控制小灯泡两端的电压。电流表和电压表应该分别连在什么位置？

所用小灯泡的额定电压是多少？为了不使电压过多地超过额定电压，实验中电源两端电压应该是多少？用几节干电池串联供电？

实验中要测量哪些物理量？画出实验记录表。

2. 检查所给的器材是否够用，是否合乎要求。然后连接电路，进行实验。

在连接电路时，应该把滑动变阻器的哪两个接线柱连入电路？闭合开关前，滑动变阻器的滑片要放在什么位置？

微信公众号：电子课本大全

电流表和电压表正、负接线柱（或红、黑接线柱）的连接是否正确？估计电路中电流和电压的大小，选择合适的量程。

接好电路后，同组的同学各检查一次，保证无误后再做实验。

3. 把实验数据记录在表格里。

怎样通过测量数据计算灯泡的电功率？小灯泡的额定功率是多少？当灯泡两端的电压比额定电压高和比额定电压低时，它的实际功率各是多少？

想想做做

选择亮度与小灯泡亮度相当的发光二极管，测量加在它两端的电压和通过它的电流，计算它的电功率。调节加在它两端的电压，获得几组数据。将所得的电功率数值与小灯泡相比，在亮度相当的情况下，哪一个的电功率较小？

动手动脑学物理

1. 图18.3-1是一位同学为测量小灯泡的功率所连的电路。这个电路有什么错误或不妥之处？应该怎样纠正？请你画出正确的电路图。

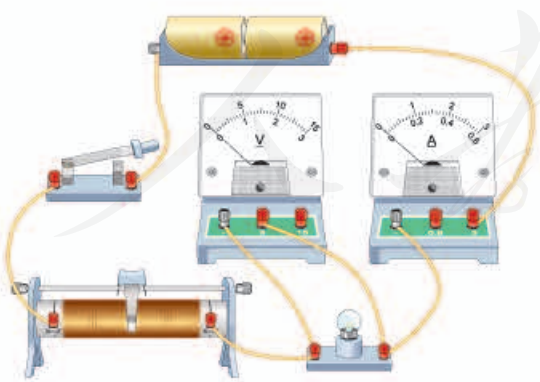


图18.3-1　这个电路有什么错误或不妥之处吗？

微信公众号：电子课本大全

2. 某实验小组的同学用图18.3-2所示的器材测量小灯泡电功率。已知待测小灯泡额定电压为3.8 V，小灯泡的额定功率估计在1.2 W左右。

（1）连接电流表时应选用哪个量程？

（2）用笔画出导线完成电路的连接。

（3）在虚线框中画出相应的电路图。

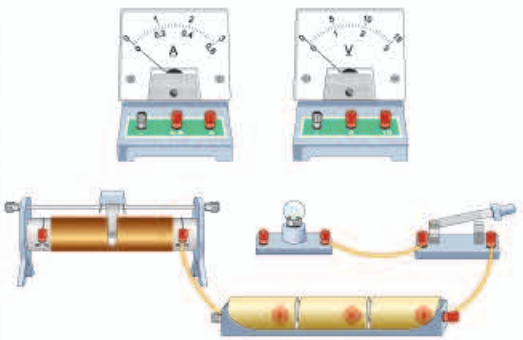


图18.3-2

3. 李芳家的电能表上标着“3 000 revs/(kW·h)”。她用这个电能表来测量某用电器的功率：她把家中的其他用电器都与电源断开，仅让这个用电器工作，1 min内电能表的转盘转了15转。该用电器的功率是多少？

4. 某电炉在额定电压220 V下的功率为1 000 W，当实际电压只有额定电压的80%时，若电炉的电阻保持不变，此时电炉的实际功率是多少？

5. 某学校共有电灯100盏，都用60 W的普通照明灯泡，平均每天用电4 h。如果都改用40 W的日光灯，不但可以省电，而且比原来更亮了。该校一年（365天）可节约多少度电？

微信公众号：电子课本大全

第4节　焦耳定律

电流的热效应

生活中，许多用电器接通电源后，都伴有热现象产生（图18.4-1）。电流通过导体时电能转化成内能，这种现象叫做电流的热效应。



图18.4-1　使用这些电器时，热量是从哪里来的？

在研究电流的热效应时，有个问题值得我们思考：电炉丝通过导线接到电路里，电炉丝和导线通过的电流相同。为什么电炉丝热得发红，而导线却几乎不发热？换句话说，电流通过导体时产生热的多少跟什么因素有关？

演示

如图18.4-2所示，两个透明容器中密封着等量的空气，U形管中液面高度的变化反映密闭空气温度的变化。两个密闭容器中都有一段电阻丝，右边容器中的电阻比较大。

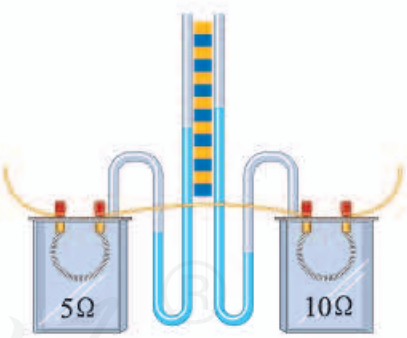


图18.4-2　两个密闭容器中空气温度变化的快慢一样吗？

两容器中的电阻丝串联起来接到电源两端，通过两段电阻丝的电流相同。通电一定时间后，比较两个U形管中液面高度的变化。你看到的现象说明了什么？

实验表明，在电流相同、通电时间相同的情况下，电阻越大，这个电阻产生的热量越多。

微信公众号：电子课本大全

演示

如图18.4-3所示，两个密闭容器中的电阻一样大，在其中一个容器的外部，将一个电阻和这个容器内的电阻并联，因此通过两容器中电阻的电流不同。在通电时间相同的情况下，观察两个U形管中液面高度的变化。你看到的现象说明了什么？

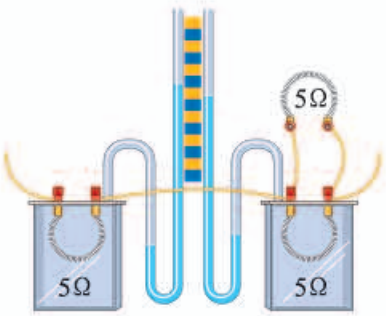


图18.4-3　电流大小不同，产生热量的多少相同吗？

实验表明，在电阻相同、通电时间相同的情况下，通过一个电阻的电流越大，这个电阻产生的热量越多。

焦耳定律

英国物理学家焦耳做了大量实验，于1840年最先精确地确定了电流产生的热量跟电流、电阻和通电时间的关系：

电流通过导体产生的热量跟电流的二次方成正比，跟导体的电阻成正比，跟通电时间成正比。这个规律叫做**焦耳定律**（Joule's law）。


焦耳（James Prescott Joule，1818—1889），英国物理学家，一生致力于实验研究。他用近40年的时间做了400多次实验，研究热和功的关系，根据所测电流通过电阻放出的热量，提出焦耳定律。焦耳的研究为能量守恒定律的建立奠定了基础。

如果热量用Q表示，电流用I表示，电阻用R表示，时间用t表示，则焦耳定律为

$$Q = I^2Rt$$

电流通过导体时，如果电能全部转化为内能，而没有同时转化为其他形式的能量，那么，电流产生的热量Q就等于消耗的电能W，即$Q = W = UIt$。

再根据欧姆定律$U = IR$，就得到$Q = I^2Rt$。

可见，在消耗的电能全部用来产生热量的情况下，根据电功的公式和欧姆定律的公式推导出来的结论与焦耳定律一致。

学过了焦耳定律，你能回答这一节开始时提出的问题吗？

微信公众号：电子课本大全

原来，电炉通过导线接到电路中，流过导线的电流全部流过电炉丝，导线中的电流跟电炉丝中的电流相等。通过前面的学习我们已经知道，导线的电阻很小，1 m长的电线，电阻不过百分之几欧姆，而电炉丝的电阻可达几十欧姆到上百欧姆。所以，当通过的电流相等时，电炉丝很热，而导线却不热。

例题 一根60 Ω的电阻丝接在36 V的电源两端，在5 min内共产生多少热量？

解 先利用欧姆定律计算出通过电阻丝的电流。

$$I = \frac{U}{R} = \frac{36\ \text{V}}{60\ \Omega} = 0.6\ \text{A}$$

再用焦耳定律公式计算电流产生的热量。

$$Q = I^2Rt = (0.6\ \text{A})^2 \times 60\ \Omega \times 5 \times 60\ \text{s} = 6\,480\ \text{J}$$

想想议议

额定电压相同的灯泡，额定功率越大，电阻越小，正常工作时单位时间内产生的热量越多。可是按照焦耳定律，电阻越大，单位时间内产生的热量越多。二者似乎有矛盾，这是怎么回事？

电热的利用和防止

生活中和许多产业中都要用到电热。家里的电热水器、电饭锅、电熨斗，养鸡场的电热孵化器（图18.4-4），都是利用电热的例子。

但是，很多情况下我们并不希望用电器的温度过高。电视机的后盖有很多孔，就是为了通风散热，使用时一定要把防尘的布罩拿开。电脑运行时温度会升高，需要用微型风扇及时散热（图18.4-5）。过多的电热如果不能及时散失，会产生许多安全隐患。

图18.4-4 利用电热孵化器孵小鸡



图18.4-5 利用微型风扇为电脑散热

微信公众号：电子课本大全

动手动脑学物理

1. 某导体的电阻是2 Ω，通过2 A的电流时，1 min产生多少焦耳的热量？

2. 一只额定功率是450 W的电饭锅，在额定电压下使用，每分钟产生多少热量？

3. 一只电烙铁的额定电压是220 V，在额定电压下工作时的电阻是1 210 Ω，它的额定功率有多大？在额定电压下通电10 min产生多少热量？

4. 某校师生自制了一台电烘箱。电烘箱的电阻丝通过5 A的电流时，每分钟可产生6.6×10^4 J的热量。求这台电烘箱的电功率和电阻丝工作时的电阻。

5. 电流的热效应有时对我们有益，我们利用它；有时对我们有害，需要减少电流导致的发热，或者尽快把发出的热散发掉。

（1）列举两个生活或生产中利用电流热效应的实例；

（2）列举两个生活和生产中为防止电流热效应产生危害而采取的措施。

6. 在家庭电路中，有时导线长度不够，需要把两根连接起来，而连接处往往比别处更容易发热，加速老化，甚至引起火灾。这是为什么？

学到了什么

1. 电能　电功

发电机或电池等电源将其他形式的能转化为电能，用电器则将电能转化为其他形式的能。

生活中常用的电能单位是千瓦时（kW·h），是电功率为1 kW的用电器使用1 h所消耗的电能。1 kW·h = 3.6×10^6 J。

消耗电能的多少用电能表来计量。电能表的计数器上前后两次的读数之差，为相应时间段内用去的电能。

电流做了多少功，用电器就消耗了多少电能。电功与电压、电流和通电时间的关系是$W=UIt$。

2. 电功率

电功率是描述电流做功快慢的物理量，它的定义式是$P=\frac{W}{t}$，即电功与时间之比。

电功率与电流和电压的关系是$P=UI$。利用这个关系式，可以测出用电器的实际用电功率。

微信公众号：电子课本大全

3. 额定电压　额定功率

用电器正常工作时两端的电压是额定电压，此时它的电功率是额定功率。

实际情况中，用电器往往不是处于额定电压下，它的电功率不等于额定功率，可以通过关系式$P = UI$得到它的实际功率。

为使用电器能正常工作，同时要保证其使用寿命，应尽量让用电器在额定电压下工作。

4. 电流的热效应

当电流通过导体时，电能转化成内能的现象，叫做电流的热效应。

各种用电器里都有导体，所以只要用电器通电，就会发热。

电热可供利用，但有时也有危害。

5. 焦耳定律

电流通过导体产生的热量跟电流的二次方成正比，跟导体的电阻成正比，跟通电时间成正比。这个规律叫做焦耳定律。

焦耳定律可以用公式$Q = I^2Rt$来表示。

微信公众号：电子课本大全

第十九章　生活用电

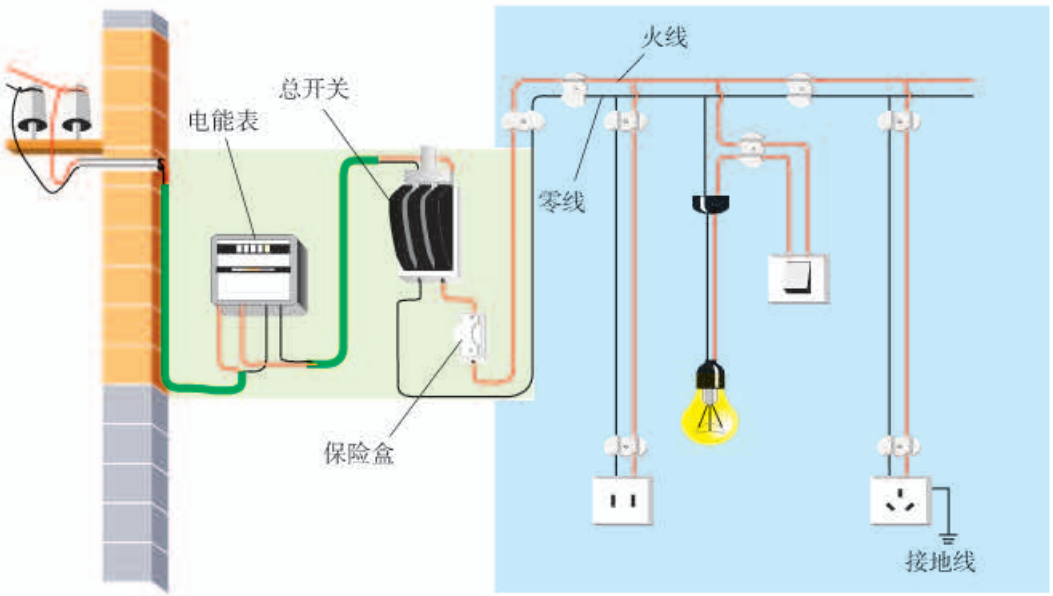


夜幕降临，华灯初上，璀璨的灯光点亮了一栋栋高楼大厦，夜晚的城市亮丽而温馨。下班了，放学了，一家人团聚在一起，看着电视，听着音乐，品尝着从冰箱里取出的美食……

这样惬意的生活，电的作用功不可没！雄伟的高压输电塔翻山越岭，把电从遥远的发电厂送到城市和乡村的每个角落。家庭中如何用电？我们怎样才能安全地享受电带来的便利呢？

微信公众号：电子课本大全

第1节　家庭电路



家庭电路的组成

家庭电路是最常见、最基本的实用电路。前几章我们做电学实验时，通常用干电池或学生电源等来提供电能，而家庭照明和家用电器所用的电能是从发电厂通过输电线输送来的。我国家庭电路的电压是220 V。

上图是比较简单的家庭电路示意图，由两根进户线、电能表、总开关、保险装置、用电器、导线等组成。输电线进户后首先接到电能表上，电能表用来显示所消耗的电能。接下来是全户用电的总开关。当家庭电路需要修理时，必须断开总开关，这时室内全部电路与外面的输电线分离，可以保证施工人员的安全。

总开关的后面是保险装置。熔丝（俗称保险丝）是简易保险装置，装在保险盒内。电流过大时

微信公众号：电子课本大全

熔丝会熔化，切断电路，对用电器起到保护作用。

现在新建居民楼电路中的保险装置一般采用空气开关，空气开关安装在电能表后，如图19.1-1所示。当电路中的电流过大时，空气开关自动断开，切断电路，俗称跳闸。在找出电流过大的原因并把问题解决之后，重新闭合空气开关就可以了。

在电能表、总开关、保险装置之后，可以连接用电器。电路中还可以安装插座，许多家用电器可以接在插座上。

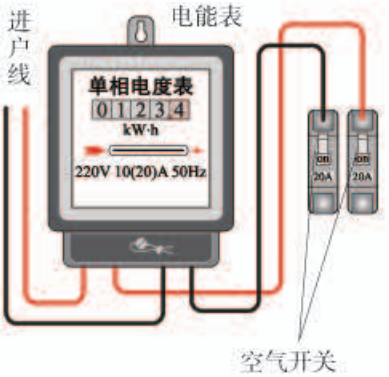


图19.1-1

火线和零线

进户的两条输电线中，一条叫做端线，俗称火线，另一条叫做零线。零线在入户之前已经和大地相连。

在家用电路中，知道进户的两条线哪条是火线、哪条是零线非常重要。常用的方法是用试电笔来判断。

一种试电笔的构造如图19.1-2所示。氖管中充有稀薄的氖气，两端是两个金属电极。当电极间的电压达到一定值时，氖气会导电。当电流从一个电极流到另一个电极时，氖气会发出红光。

使用时，手指按住笔卡，用笔尖接触被测的导线（手指千万不能碰到笔尖）。

如果被测导线是火线，电流经过笔尖、电阻、氖管、弹簧，再经过人体、经过大地，流到零线，与电源构成闭合电路，氖管就会发光。

如果笔尖接触的是零线，氖管中不会有电流，也就不会发光。

试电笔中电阻的作用十分重要。氖管发光只需很小的电流，所以要在试电笔的电路中串联一个很大的电阻，约有一百万欧姆。由于电流很小，使用

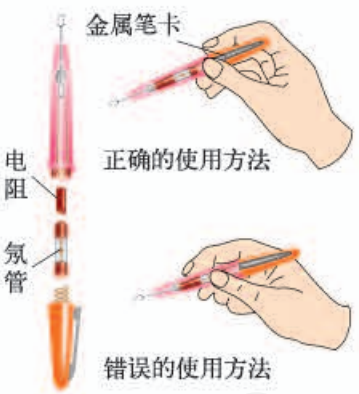


图19.1-2 试电笔

微信公众号：电子课本大全

试电笔时尽管电流通过人体，也不会对人造成伤害。

另一种常见试电笔形状如螺丝刀（图19.1-3），使用时要用指尖抵住上端的金属帽。

试电笔通常也用来检查电气设备的外壳是否带电。

通常情况下，家庭电路中各个用电器的通断，不应该影响其他用电器的通断，所以用电器应该并联后接在电路中。控制用电器的开关要连接在火线和用电器之间。



图19.1-3

三线插头和漏电保护器

洗衣机、电冰箱等用电器的电源插头有三条线（图19.1-4），其中一条接火线（通常标有“L”字样），一条接零线（标着“N”），第三条线标着“E”，它是做什么用的？



图19.1-4

原来，插头上标着E的导线和用电器的金属外壳相连，插座上相应的导线和室外的大地相连（图19.1-5）。万一用电器的外壳和电源火线之间的绝缘损坏，使外壳带电，电流就会流入大地，不致对人造成伤害。

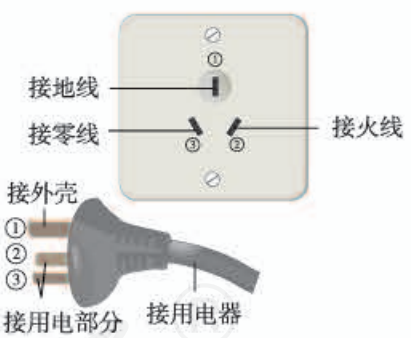


图19.1-5　三孔插座和三脚插头

在新建的楼房里，控制插座的总开关上大多还装有漏电保护器（图19.1-6）。正常情况下，用电器通过火线、零线和供电系统中的电源构成闭合电路，不应该有电流直接流入大地。但是，如果站在地上的人不小心接触了火线，电流经过人体流入大地，这时，总开关上的“漏电保护器”会迅速切断电流，对人身起到保护作用。



图19.1-6　带有漏电保护器的总开关

图19.1-7是现在一般标准住宅户内配电系统方框图，同学们可以想一想：空气开关和漏电保护器在电路中分别起什么作用？这样安装有什么好处？

微信公众号：电子课本大全

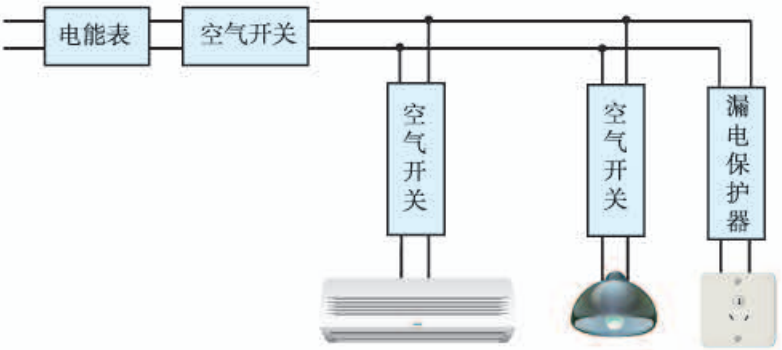


图19.1-7　住宅户内配电系统

动手动脑学物理

1. 请用笔画线表示导线，将图19.1-8中的电灯、开关和插座（插座准备接大功率用电器）接入家庭电路中。

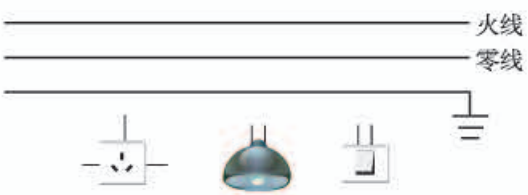


图19.1-8

2. 图19.1-9甲所示是小明常用的一个插线板。他在使用中发现：插线板上的指示灯在开关断开时不发光，插孔不能提供工作电压；而在开关闭合时指示灯发光，插孔可以提供工作电压；如果指示灯损坏，开关闭合时插孔也能提供工作电压。根据上述现象，你认为指示灯和开关是怎样连接的？请在图乙中画出开关、指示灯和插孔的连接方式，并把接线板与电源线接通。

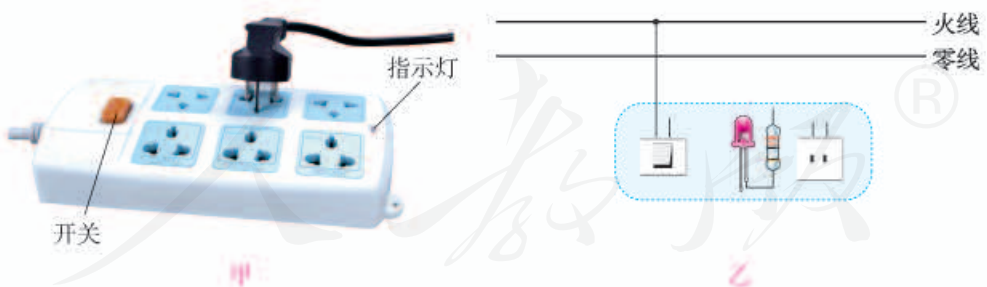


图19.1-9

3. 根据课本提供的数据，利用欧姆定律，估算正确使用试电笔测量家庭电路火线时流过人体的电流。这个电流大约是25 W灯泡正常工作电流的多少分之一？

4. 你家里的空气开关是安装在家庭电路中哪个部位的？为什么要这样安装？

微信公众号：电子课本大全

第2节　家庭电路中电流过大的原因

想想议议

最近几年，我国城乡许多地区在进行家庭供电线路的改造，改造的主要内容是把电线换成更粗的，电能表换成额定最大电流更大的。结合你对家用电器的了解，你能推测出用电功率和电流之间的关系吗？能不能应用科学知识证实你的推测？

家用电器的总功率对家庭电路的影响

根据电功率和电流、电压的关系式 $P = UI$，可以得到 $I = \frac{P}{U}$。

家庭电路中的电压是一定的，$U = 220\ \mathrm{V}$，所以用电功率 P 越大，电路中的电流 I 就越大。

如果家里添置了新的大功率用电器，例如电热水器、空调机，就要用上面的公式计算一下通过的电流。由于各种用电器都是并联的，家里用电线路上的总电流会随着用电器的增加而变大。因此，一定注意不要让总电流超过家里供电线路和电能表所允许的最大值。即使每个用电器的功率不算很大，如果很多用电器同时使用，它们的总功率也会相当可观，电路中的总电流也可能超过安全值。因此，电路中同时使用的用电器不能太多，否则容易引起线路故障，甚至发生火灾（图19.2-1）。

用电器的总功率过大是家庭电路中电流过大的原因之一。

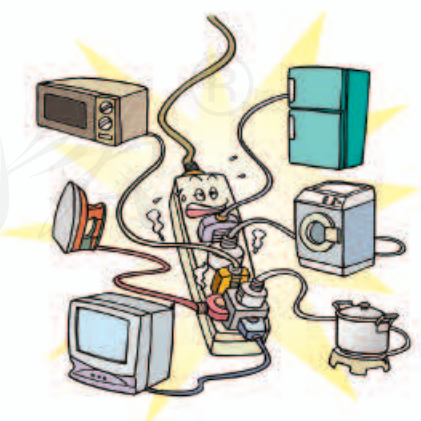


图19.2-1　用电器的总功率过大，容易发生火灾。

微信公众号：电子课本大全

例题 炎炎夏日即将来临，明明家新购置了一台 1 kW 的空调。已知他家原有用电器的总功率是 5 600 W，电能表上标有“220 V 10(40)A”的字样。请你通过计算说明：

（1）使用这台空调时，通过它的电流是多少？

（2）从电能表使用的角度考虑，明明家的电路是否允许安装这样一台空调？

解 （1）根据电功率和电流、电压的关系式 $P = UI$，可以得到

$$I = \frac{P}{U}$$

家庭电路的电压是220 V，所以通过这台空调的电流

$$I_1 = \frac{P_1}{U} = \frac{1\,000\ \text{W}}{220\ \text{V}} = 4.5\ \text{A}$$

（2）增加这台空调后，明明家的用电器总功率变为6 600 W，总电流为

$$I = \frac{P}{U} = \frac{6\,600\ \text{W}}{220\ \text{V}} = 30\ \text{A} < 40\ \text{A}$$

所以，从电能表使用的角度考虑，可以安装这样一台空调。

短路对家庭电路的影响

发生短路是家庭电路中电流过大的另一个原因。

家庭电路中有时会发生短路现象。例如，改装电路时不小心，使火线和零线直接连通造成短路；电线绝缘皮被刮破或烤焦，电线和用电器使用年限过长，绝缘皮破损或老化，也会使火线和零线直接连通或电器进水造成短路（图19.2-2）。

根据前面学过的知识可知，由于导线的电阻很小，短路时电路中的电流非常大，会产生大量的热，使导线的温度急剧升高，很容易造成火灾。

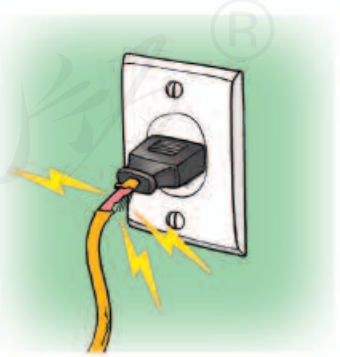


图19.2-2 绝缘皮破损容易造成短路

微信公众号：电子课本大全

保险丝的作用

为了防止电路中电流过大，发生危险，电路中常常要安装保险丝，以保护用电器或人身安全。图19.2-3是几种常见的保险丝。保险丝是如何“保险”的呢？



图19.2-3　各种保险丝

演示

如图19.2-4，A、B两个接线柱间是一段保险丝，C、D两个接线柱间是一段铜丝。移动滑动变阻器的滑片，观察两段金属丝的变化。

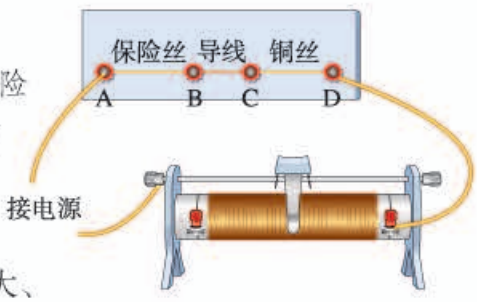


图19.2-4　观察保险丝的作用

保险丝是用铅锑合金制作的，电阻比较大、熔点比较低。当电流过大时，它由于温度升高而熔断，切断电路，起到保护的作用。不同粗细的保险丝有不同的额定电流，当通过保险丝的电流小于或等于额定电流时，保险丝正常工作；当通过保险丝的电流大于额定电流，达到或超过它的熔断电流时，保险丝熔断，从而切断电路。

保险丝有时安装在玻璃管内，称为保险管。保险管的额定电流写在管端的铜帽上，更换保险管时要注意观察。为了用电安全，禁止用铜丝、铁丝等导线代替保险丝。

新建楼房的供电线路已经不再使用保险丝，而用起保险作用的空气开关（图19.2-5）代替。



图19.2-5　空气开关

微信公众号：电子课本大全

想想议议

商场中，一位顾客和一位卖微波炉的售货员出现了不同意见。售货员说，微波炉很省电，用它加热食品花不了多少电费；顾客说，微波炉很费电，他家的微波炉常常“烧保险”。他们各是从什么角度说的？应该怎样用科学术语表达他们的意思？你能解决他们的矛盾吗？

动手动脑学物理

1. 如图19-2-6所示的甲、乙两个电路中，开关闭合后，输电线因电流过大而燃烧起来，甲、乙两图产生电流过大的原因是不同的。其原因各是什么？

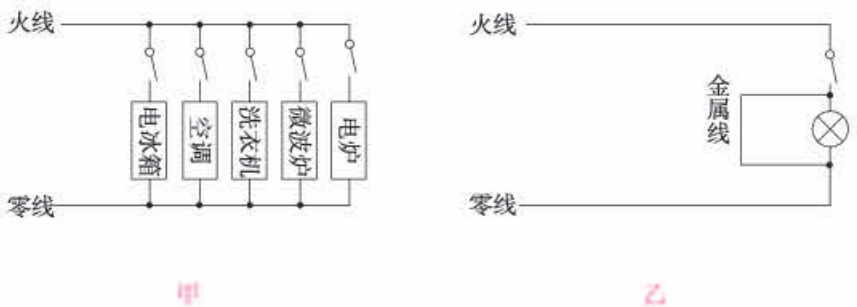


图19.2-6

2. 电焊利用电流的热效应将焊条熔化，从而使金属部件连接在一起。某电焊机输出电压40 V、输出功率2 000 W。各种橡胶绝缘铜芯导线在常温下安全载流量（长时间通电时的最大安全电流）如下表。从安全角度考虑，应选择哪种导线作为电焊机的输出导线？请计算后说明。

导　线　规　格				
导线横截面积 S / mm^2	2.5	4	6	10
安全载流量 I / A	28	37	47	68

3. 保险丝为什么要求熔点较低、电阻较大？

微信公众号：电子课本大全

第3节　安全用电

电给我们的生活带来了极大的便利，但不正确用电也会带来很大的危害，甚至会危及生命。所以，一定要学会安全用电，让电更好地为我们服务。

电压越高越危险

研究表明，电对人体造成的伤害程度与通过人体电流的大小及持续时间有关。

人体是导体。通常情况下人体的电阻约为10^4~$10^5\ \Omega$；在皮肤潮湿时，人体的电阻可降低到约$10^3\ \Omega$。很低的电压，例如用手直接接触1.5 V的干电池，不会对人体造成伤害。加在人体两端的电压越高，流过人体的电流就越大，到一定程度就会有危险。

我国家庭电路的电压是220 V，工厂用的动力电路的电压是380 V，高压输电线路的电压高达10~500 kV（图19.3-1），这些都远远超出了安全电压，一旦发生触电，就会有生命危险。



图19.3-1　高压电很危险

常见的触电事故

当人体成为闭合电路的一部分时，就会有电流通过。如果电流达到一定大小，就会发生触电事故。

如图19.3-2甲，假如人的一只手接触火线，另一只手接触零线，这样，人体、导线和电网中的供电设备就构成了闭合电路，大电流流过人体，就会发生触电事故。



图19.3-2　低压触电

微信公众号：电子课本大全

如图19.3-2乙，假如人的一只手接触火线，另一只手虽然没有接触零线，但是由于站在地上，导线、人体、大地和电网中的供电设备同样构成了闭合电路，电流同样会流过人体，发生触电事故。

高压输电线路的电压高达几万伏甚至几十万伏，即使不接触也会有危险。高压带电体会在周围形成强大的电场，当人靠得很近时，容易产生电弧触电（图19.3-3甲）。

如果高压输电线掉落在地上，当人经过这个区域时，两脚之间存在相当高的电压，称做“跨步电压”。这时电流从一条腿流入，另一条腿流出，同样会发生触电事故（图19.3-3乙）。

在发生触电事故现场，千万不要用手去拉触电的同伴，而是要立即切断电源。切断电源后，必要时应该对触电者进行急救，同时尽快通知医务人员抢救。

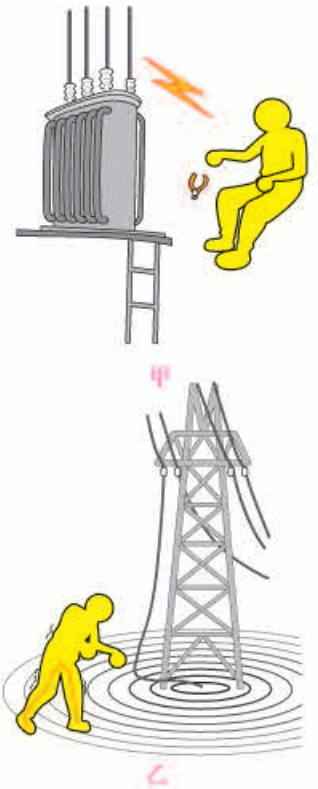


图19.3-3　高压触电

想想议议

图19.3-4给出了工作和生活中几种容易引起触电的情况。想一想，除了图示的几种情况外，还有哪些情况可能引起触电？



高压线下钓鱼　　机壳没有接地　　电视天线与电线接触

图19.3-4　几种容易引起触电的情况

微信公众号：电子课本大全

安全用电原则

家庭电路的电压值远远超过了安全值。为了防范触电事故，家庭电路都安装空气开关（或保险丝）、漏电保护器等保险装置。但是这些保险装置并不是绝对可靠的，也有出现故障和失灵的时候。因此，防范触电事故最重要的是要有安全用电的意识，遵守安全用电原则。

为了确保用电安全，日常生活中要做到：

- 不接触低压带电体，不靠近高压带电体；
- 更换灯泡、搬动电器前应断开电源开关；
- 不弄湿用电器，不损坏绝缘层；
- 保险装置、插座、导线、家用电器等达到使用寿命应及时更换。

注意防雷

除了确保家庭用电安全外，在日常生活中还要注意防雷。

雷电是大气中一种剧烈的放电现象。云层之间、云层和大地之间的电压可达几百万伏至几亿伏，放电时的电流可达几万安至十几万安，产生很强的光和声。云层和大地之间的放电如果通过人体，能够立即致人死亡；如果通过树木、建筑物，巨大的热量和空气的振动都会使它们受到严重的破坏。

高大建筑的顶端都有针状的金属物，通过很粗的金属线与大地相连，可以防雷，叫做避雷针（图19.3-5）。高压输电线最上面的两条导线也是用来防雷的（图19.3-6）。



图19.3-5　现代建筑上的避雷针



图19.3-6　高压输电铁塔最上面有两条防雷的导线

微信公众号：电子课本大全

科学·技术·社会

雷电灾害及预防

自古以来，雷电灾害就时有发生。1988年6月14日，雷击引发美国黄石公园长达近三个月的森林火灾。发生在2007年5月大兴安岭的森林大火的“元凶”也是雷击。雷击伤人的事时有发生，日常生活中注意防雷非常重要。

防雷如同防洪，其原理是为雷电提供一条低电阻的通道，或避免将自己连入闪电的通路中。

雷雨时，人在开阔地行走，不要举着雨伞或肩扛长的金属物，最好找一个低洼处，双脚并拢蹲下，尽可能降低高度。

在山区遇到雷雨时，最好进入山洞避雨，但不要触及洞壁，同时双脚并拢，避免接触电压和跨步电压之害。在山区旅游时，遇雷雨躲入旅游车厢内最安全，但进入车厢时不要接触金属部分。

动手动脑学物理

1. 电灯的开关为什么要接在火线和灯泡之间？接在零线和灯泡之间有什么危险？

2. 请根据此节所学内容及生活中见到的实际情况，总结如何防止触电事故的发生。

3. 甲、乙两地相距40 km，在甲、乙两地之间沿直线架设了两条输电线，已知每条输电线每千米的电阻为0.2 Ω。现输电线在某处发生了短路，为确定短路位置，检修员在甲地利用电压表、电流表和电源接成如图19.3-7所示电路进行测量。当电压表的示数为3.0 V时，电流表的示数为0.5 A，则短路位置离甲地的距离为多少米？

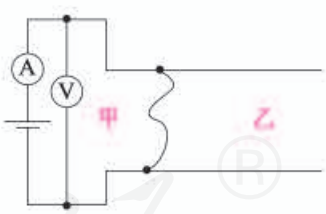


图19.3-7

微信公众号：电子课本大全

学到了什么

1. 家庭电路的组成

家庭电路由进户线、电能表、总开关、保险装置、插座、用电器、导线等组成。我国家庭电路的电压是220 V。

家庭电路的两条输电线零线和火线可以用试电笔辨别。

家庭电路安装漏电保护器、用电器使用三线插头都是防止漏电而采取的安全措施。

2. 家庭电路中电流过大的原因

家庭电路中电流过大的原因有两个，一是电路中用电器的总功率过大，二是电路发生短路。

保险丝是用电阻比较大、熔点比较低的铅锑合金制作的。把保险丝或空气开关接在电路中，可以保证电路中的电流过大时，自动切断电路，起到保险的作用。

3. 常见的触电类型

常见的触电类型有：人体接触火线、大地触电；人体接触火线、零线触电；电弧触电；跨步电压触电。

4. 安全用电原则

不接触低压带电体，不靠近高压带电体。

更换灯泡、搬动电器前应断开电源开关。

不弄湿用电器，不损坏绝缘层。

保险装置、插座、导线、家用电器等达到使用寿命应及时更换。

微信公众号：电子课本大全

第二十章　电与磁

在地球南北极附近的高纬度地区，人们常常可以看到一种奇异的自然现象：巨大的天幕似乎被染上了各种颜色；这些颜色还会不断变化，从紫色到黄绿色，直至橘红色，耀人眼目。这是天上的画家在挥笔作画，还是盛装的少女手持彩练在空中载歌载舞？

古人对这种现象进行了种种猜测，直到近代，才有了科学的解释。科学家把这种现象叫做“极光”。极光的发生与地球的磁场有密切关系。

微信公众号：电子课本大全

第1节　磁现象　磁场



公元843 年，在茫茫的大海上，一只帆船正在日夜不停地航行，没有航标、没有明确的航道。船上一些聪明的中国人利用手中仪器指示的方向，开辟了从浙江温州到达日本嘉值岛的航线。这个神奇的仪器，就是罗盘。罗盘即平常我们说的指南针，它是我国古代的四大发明之一。图20.1-1是我国早期的指南针——司南。公元1 世纪初，东汉学者王充在《论衡》中记载为：“司南之杓，投之于地，其柢指南。”司南是把天然磁石琢磨成勺子的形状，放在一个水平光滑的“地盘”上制成的，静止时它的长柄指向南方。



图20.1-1　司南

磁现象

在2 000多年前的春秋时期，我们的祖先就发现了天然磁铁矿石吸铁的性质。现在，人们利用这

微信公众号：电子课本大全

些磁铁矿石、钢或某些合金及人工合成材料，根据需要制成各种形状的磁体（图20.1-2）。

磁体能够吸引铁、钴、镍等物质。它的吸引能力最强的两个部位（图20.1-3）叫做**磁极**（magnetic pole）。能够自由转动的磁体，例如悬吊着的磁针，静止时指南的那个磁极叫做**南极**（south pole）或S极，指北的那个磁极叫做**北极**（north pole）或N极。

磁极间相互作用的规律是：**同名磁极相互排斥，异名磁极相互吸引**。

一些物体在磁体或电流的作用下会获得磁性，这种现象叫做**磁化**（magnetization）。许多物体容易磁化。机械手表磁化后，走时不准；彩色电视机显像管磁化后，色彩失真；而钢针磁化后，可以用来制作指南针。你会磁化钢针吗？



图20.1-2　形形色色的磁体



图20.1-3　条形磁体两端的磁性最强

磁场

如果把磁针拿到一个磁体附近，它会发生偏转。磁针和磁体并没有接触，怎么会有力的作用呢？这是因为磁体周围存在着一种物质，能使磁针偏转。这种物质看不见、摸不着，我们把它叫做**磁场**（magnetic field）。在物理学中，许多看不见、摸不着的物质，可以通过它对其他物体的作用来认识。像磁场这种物质，我们用实验可以感知它，所以它是确确实实存在的。

想想做做

如图20.1-4，一根条形磁体外面包着一块布放在桌面上。它的N极在哪端？用一只磁针来探测一下。如果把几只小磁针放在条形磁体周围不同的地方，磁针所指的方向相同吗？



图20.1-4　磁体的哪端是N极？

微信公众号：电子课本大全

在条形磁体周围的不同地方，小磁针静止时指示着不同的方向。物理学中把小磁针静止时北极所指的方向规定为该点磁场的方向。为了形象地描述磁场，可以在磁体周围放许多小磁针，这些小磁针在磁场的作用下会排列起来，这样我们就能知道磁体周围各点的磁场方向了。



图20.1-5　条形磁体的磁场分布

实验

研究磁场的方向

将上面“想想做做”中条形磁体外面的布拿去，在它的周围放置一些小磁针（图20.1-5）。观察小磁针N极的指向。

在蹄形磁体的周围放置一些小磁针。观察小磁针N极的指向。

我们把小磁针在磁场中的排列情况，用一些带箭头的曲线画出来，可以方便、形象地描述磁场，这样的曲线叫做**磁感线**（magnetic induction line）。

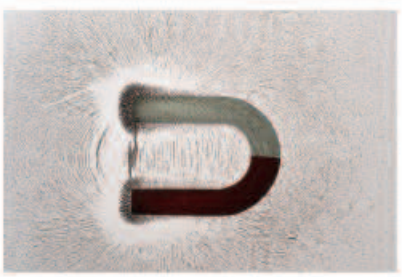


图20.1-6　蹄形磁体磁场分布

在磁体外部放置越多、越小的磁针，就能越清楚地看出磁场的分布情况。如图20.1-6，在蹄形磁体上面放一块有机玻璃，玻璃上撒一层铁屑。轻轻敲打玻璃，可以看到小铁屑有规则地排列起来。这是因为撒在磁体周围的每个小铁屑都被磁化，相当于一个个小磁针，小磁针在磁体周围磁场的作用下有规则地排列，磁场的分布情况也被形象地显示出来。

图20.1-7是用磁感线描述的条形磁体和蹄形磁体的磁场。从图上可以看出，在用磁感线描述磁场时，磁体外部的磁感线都是从磁体的N极出发，回到S极的。

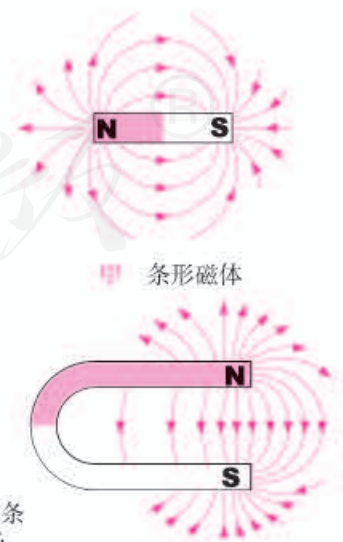


图20.1-7　用磁感线描述条形磁体和蹄形磁体的磁场

微信公众号：电子课本大全

地磁场

能水平转动的磁针就是指南针。拿来几只小磁针放在桌面上，你可以发现，静止时它们都指向同一方向，即磁针的N极总是指向北方。这说明，地球周围存在着磁场——**地磁场**。

在地球表面及空中的不同位置测量地磁场的方向，可以画出地磁场的磁感线，如图20.1-8所示。地磁场的形状跟条形磁体的磁场相似。

不过，地理的两极和地磁场的两极并不重合，磁针所指的南北方向与地理的南北方向略有偏离。世界上最早记述这一现象的人是我国宋代学者沈括（1031—1095），这个发现比西方早了400多年。

地磁场究竟是怎样产生的，人们对这个问题已经研究了多年，至今还没有满意的结果。学习了下一节电流的磁场以后，也许你会为此多一份猜想。

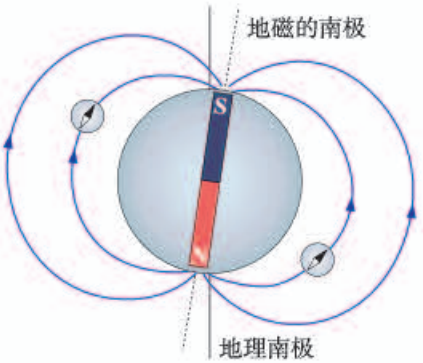


图20.1-8　地球是一个巨大的磁体

科学世界

动物罗盘

鸽子是人们喜爱的一种鸟类。大家都知道信鸽具有卓越的航行本领，它能从2 000 km以外的地方飞回家里。实验证明，如果把一块小磁铁绑在鸽子身上，它就会惊慌失措，立即失去定向的能力；而把铜棒绑在鸽子身上，却看不出对它有什么影响。当发生强烈磁暴的时候，或者飞到强大的无线电发射台附近，鸽子也会失去定向的能力。这些事实充分地说明了，鸽子是靠地磁场来导航的。

绿海龟是著名的航海能手。每到春季产卵时，它们就从巴西沿海向坐落在南大西洋的“沧海一粟”——阿森松岛游去。这座小岛的面积约为88 km^2，距非洲大陆1 600 km，距巴西2 200 km。但是，海龟却能准确无误地远航到达。产卵后，夏初季节，它们又渡海而归，踏上返回巴西的征途。据研究，海龟也是利用地磁场进行导航的。

微信公众号：电子课本大全

有些鱼儿能在波涛汹涌的海洋中按一定的方向航行，这比鸟的迁徙能力更为奇特。海水是导电的，当它在地球的磁场中流动的时候就会产生电流，于是，鱼儿便利用这个电流信号，敏感地校正自己的航行方向。有人对鳗鲡进行了细致的观察，初步发现，鱼脑能对微弱的电磁场做出反应，地磁场是对鳗鲡提供信息的信息源。美洲的鳗鲡习惯于航行很长的距离后到达产卵场所，产卵后又返回它原来的“基地”。

虽然人们已经知道鸟类、鱼类等动物能够利用地磁导航，但是还没有弄清楚这个“导航系统”究竟是怎样工作的，特别是迄今为止还没有从这些动物身上找到与“罗盘”的作用相似的器官。

摘自《趣味物理辞典》，上海辞书出版社

动手动脑学物理

1. 两根外形完全相同的钢棒，其中的一根有磁性，另一根无磁性。没有别的器材，你如何把它们区别开来。

2. 图20.1-9中的两个图分别画出了两个磁极间的磁感线。请在图中标出磁极的名称，并画出位于图中*A*点和*B*点的小磁针静止时北极所指的方向。

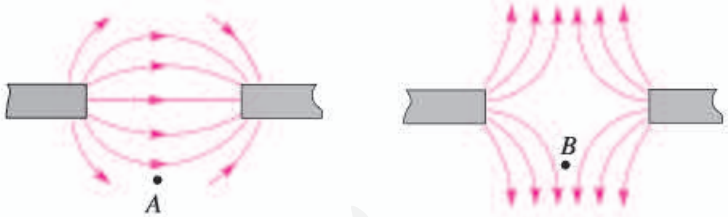


图20.1-9　标出磁极的名称和*A*、*B*两点的磁场方向

3. 请找两根缝衣针、一个按扣、一只大头针和一块橡皮，做一个指南针。用橡皮和大头针制作指南针的底座。使缝衣针磁化后，穿过按扣的两个孔，放在底座的针尖上，这就是一个小指南针，如图20.1-10。如果图中指南针静止下来后，针尖指北，那么针尖是N极还是S极？

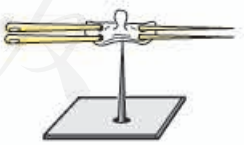


图20.1-10　小指南针

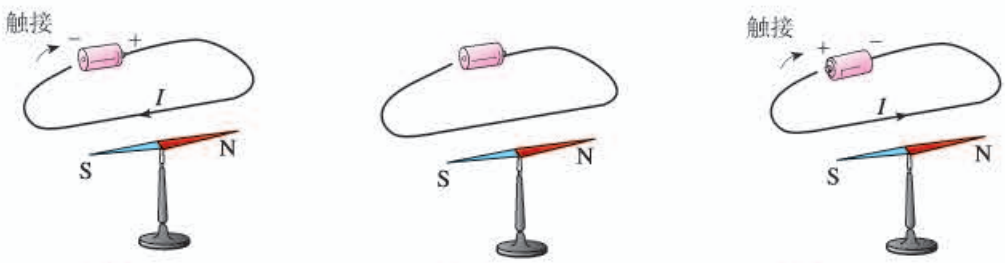
4. 做实验并进行观察，地球上指南针静止时N极所指的是地理的北方还是南方？你认为地磁的北极位于地理北极附近还是地理南极附近？为什么？

微信公众号：电子课本大全

第2节　电生磁

想想做做

如图20.2-1所示，将一枚转动灵活的小磁针置于桌面上，在小磁针旁放一条直导线，使导线与电池触接，看看电路连通瞬间小磁针有什么变化。



甲　通电　　乙　断电　　丙　改变电流方向

图20.2-1　磁针会转动吗？

电流的磁效应

在历史上相当长的一段时间里，人们认为电现象和磁现象是互不相关的。到了19世纪初，一些哲学家和科学家意识到，各种自然现象之间应该存在着相互联系。基于这种思想，丹麦物理学家奥斯特（Hans Christian Oersted, 1777—1851）长时间用实验寻找这种联系。在多次失败之后，1820年，奥斯特在课堂上做实验时终于发现：当导线中通过电流时，它下方的磁针发生了偏转。这个发现令奥斯特极为兴奋，他怀着极大的兴趣又继续做了许多实验，终于证实电流的周围存在着磁场，在世界上第一个发现了电与磁之间的联系（图20.2-2）。



图20.2-2　奥斯特实验

微信公众号：电子课本大全

从图20.2-1的实验可以发现，如果导线在小磁针上方并且两者平行，当导线通电时，磁针发生偏转；切断电流时，磁针又回到原位。这说明通电导线和磁体一样，周围存在磁场，即电流的磁场。实验还表明，当电路中的电流反向时，磁针的偏转方向也相反。这说明电流的磁场方向跟电流的方向有关。

通电导线周围存在与电流方向有关的磁场，这种现象叫做电流的磁效应。

通电螺线管的磁场

既然电能生磁，为什么手电筒在通电时连一根大头针都吸不动？这是因为它的磁场太弱了。如果把导线绕在圆筒上，做成**螺线管**（也叫**线圈**，图20.2-3），各圈导线产生的磁场叠加在一起，磁场就会强得多。



图20.2-3　一种螺线管

我们已经通过磁感线的分布了解了条形磁体、蹄形磁体周围的磁场，那么，通电螺线管的磁场是怎样分布的，也可以用同样的方法来研究。

演示

如图20.2-4所示，在螺线管的两端各放一个小磁针，并在硬纸板上均匀地撒满铁屑。通电后观察小磁针的指向，轻敲纸板，观察铁屑的排列情况。改变电流方向，再观察一次。

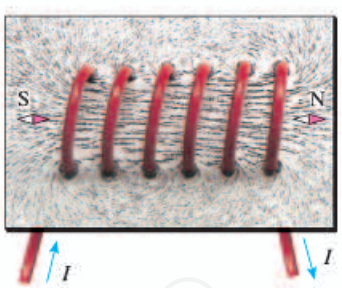


图20.2-4　通电螺线管的磁场

实验

探究通电螺线管外部的磁场分布

1. 在我们熟悉的各种磁体的磁场中，通电螺线管外部的磁场可能与哪种磁体的相似？

按照图20.2-5布置器材。为使磁场加强，可以

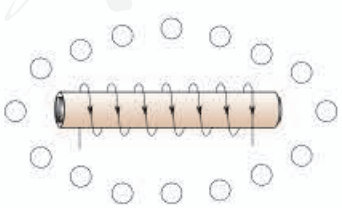


图20.2-5　根据实验现象画出小磁针的方向

微信公众号：电子课本大全

在螺线管中插入一根铁棒。把小磁针放到螺线管四周不同的位置，在图上记录磁针N极的方向，这个方向就是该点的磁场方向。

跟图20.1-7对比，通电螺线管外部的磁场跟哪种磁体的磁场相似？

结论：

通电螺线管外部的磁场与_____磁体的磁场相似。

2. 通电螺线管的极性与环绕螺线管的电流方向之间有什么关系？

仔细观察螺线管的结构，找出螺线管导线跟电源连接的位置，弄清螺线管导线中电流的方向（图20.2-6）。

把通电螺线管看做一个磁体，根据你的实验结果，在这四幅图上分别标出通电螺线管的N极和S极。

在你的图中，通电螺线管的极性与电流方向之间是否有什么关系？如果有的话，你能否想出一些办法把这个关系表述出来？

其他小组的结果和你的是否相同？如果不同，为什么？

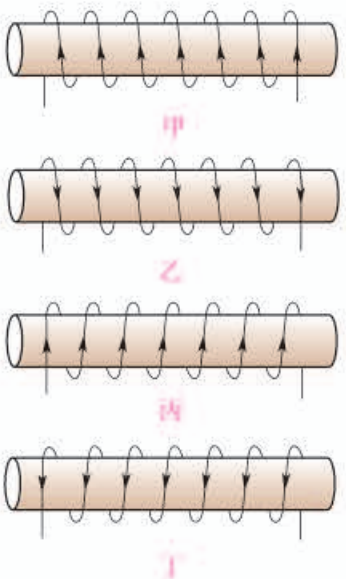


图20.2-6　通电螺线管有两种可能的电流方向

想想议议

你能借用自己手指的关系来描述通电螺线管的电流方向与N极位置的关系吗？看看图20.2-7中蚂蚁和猴子是怎么说的，也许你会受到一些启示。



图20.2-7　看看猴子和蚂蚁是怎么说的，也许会受到一些启示。

微信公众号：电子课本大全

安培定则

实验结果表明，通电螺线管外部的磁场和条形磁体的磁场一样。通电螺线管的两端相当于条形磁体的两个极，它们的极性可以从实验中小磁针的指向来确定。改变电流方向，通电螺线管的N、S 极正好对调，这说明，通电螺线管两端的极性跟螺线管中电流的方向有关。

在发现一个物理规律后，如果能够采用一个巧妙的办法把它表述出来，则既方便记忆，又便于我们发现其中各量之间的联系。对于通电螺线管的极性跟电流方向之间的关系，我们可以用**安培定则**（Ampere's rule）来表述：

照图20.2-8那样，**用右手握住螺线管，让四指指向螺线管中电流的方向，则拇指所指的那端就是螺线管的N极。**

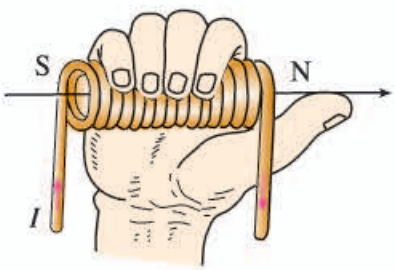


图20.2-8　安培定则

想想议议

如果条形磁体的磁性减弱了，你能用电流来使它增强吗？应该怎么办？

动手动脑学物理

1. 请你根据图20.2-9通电螺线管中的电流方向判定螺线管的极性。

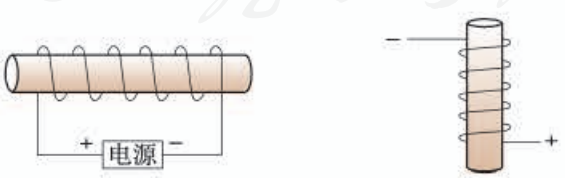


图20.2-9

微信公众号：电子课本大全

2. 如图20.2-10所示，按小磁针的指向判定螺线管的极性、电流的方向和电源的正、负极。

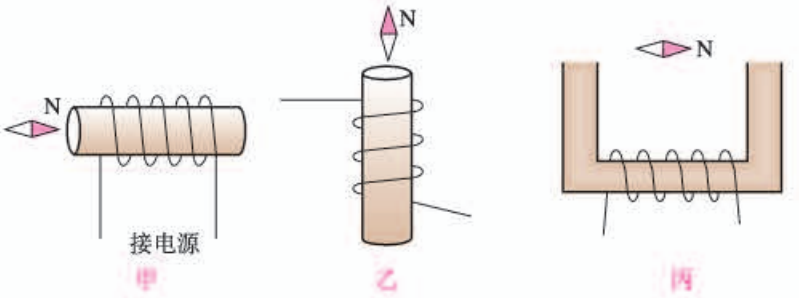


图20.2-10

3. 如图20.2-11所示，开关闭合后，位于螺线管右侧的小磁针的指向将怎样变化？

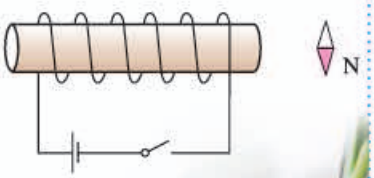


图20.2-11

4. 1820年，安培在科学院的例会上做了一个小实验引起到会科学家的兴趣：把螺线管水平悬挂起来，然后给导线通电。想一想会发生什么现象？实际做一做，看看你的判断是否正确。

5. 图20.2-12是牵牛花茎的照片。观察自然界中不同缠绕植物的茎，它们的缠绕方向和生长方向有什么关系？这跟螺线管中电流的方向与其北极方向的关系是否相同？对于不同植物，这种关系都一样吗？



图20.2-12　牵牛花的茎

微信公众号：电子课本大全

第3节　电磁铁　电磁继电器

电磁铁

一根条形磁体，它的周围存在着磁场。这种磁体是一种永久磁体。永久磁体可以吸引铁钉、曲别针、钢针等铁磁性材料制作的物体。如果把一根导线绕成螺线管，再在螺线管内插入铁芯，当有电流通过时，它会有较强的磁性。这种磁体，在有电流通过时有磁性，没有电流时就失去磁性。我们把这种磁体叫做**电磁铁**（electromagnet）。

家里的一些电器，如电冰箱、吸尘器中都有电磁铁。在工地、码头，以及一些车间、货场，人们常常可以看到电磁起重机在工作（图20.3-1）。电磁起重机的主要部件之一是电磁铁。



图20.3-1　电磁起重机

电磁铁的磁性

实际中，根据工作的性质不同，需要电磁铁的磁性强弱也不同。那么电磁铁磁性的强弱与哪些因素有关呢？我们知道，磁性强的磁体对铁磁性物质作用力大，研究电磁铁时，可以根据它吸引铁块、铁钉或曲别针等的多少来判断它的磁性强弱。

想想议议

用一根导线和一枚铁钉可以制作一个电磁铁（图20.3-2）。怎样可以使这个电磁铁的磁性较强？

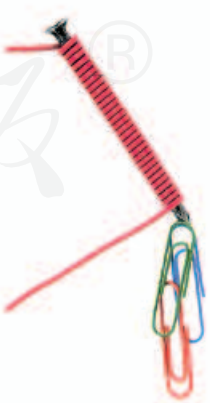


图20.3-2　自制电磁铁

微信公众号：电子课本大全

首先，电磁铁只有在线圈中通有电流时才有磁性，那么电流的大小应该会影响电磁铁磁性的强弱。

其次，构成电磁铁的主要部件是线圈，线圈的形状和匝数可能也会影响电磁铁的磁性强弱。那么，对于外形相同的线圈，电磁铁磁性的强弱跟线圈的匝数会有怎样的关系？

演示

把滑动变阻器、电流表和一定匝数的线圈（内部有铁钉）串联起来，通过开关接到电源上。调整变阻器的滑片，改变电路中的电流。观察通入不同大小的电流时，电磁铁吸引曲别针的数目有什么变化。

改换不同匝数的螺线管，比较不同匝数电磁铁的磁性。

从实验可以看出，匝数一定时，通入的电流越大，电磁铁的磁性越强；电流一定时，外形相同的螺线管，匝数越多，电磁铁的磁性越强。

电磁铁的实际用途很多，最直接的应用之一是电磁起重机。电磁铁安装在吊车上，通电后吸起大量钢铁，移动到另一个位置后切断电流，钢铁被放下。大型电磁起重机一次可以吊起几吨钢材。在电动机、发电机、电铃和电磁继电器里也用到电磁铁。全自动洗衣机的进水、排水阀门，卫生间里感应式冲水器的阀门，也都是由电磁铁控制的。

目前许多国家在研制高速磁浮列车，其上所用的磁体大多是通有强大电流的电磁铁。磁浮列车的车厢和铁轨上分别安放着磁体，磁极相对。由于磁极间的相互作用，列车能够在铁轨上方几厘米的高度上飞驰（图20.3-3），避免了来自车轮与轨道之间的摩擦力，突破了以往列车的速度极限，每小时可



图20.3-3　磁体之间的相互作用使列车悬浮

微信公众号：电子课本大全

运行500 km以上。这几乎达到了短程飞机的航速，并且噪声低、动力损耗少、稳定性高。2003年，我国上海市龙阳路至浦东机场的磁浮铁路成为世界上第一条商业运营的磁浮铁路。

电磁继电器

驱动巨大机器的电流可能达到几十安、几百安。在工厂里，我们常常看到工人师傅利用按钮来控制机器（图20.3-4），难道强大的电流就在按钮下面流过？不，用手直接控制强大的电流或操作高压电路是很危险的，工人师傅按下的只是继电器的开关，而电源的接通和断开是由继电器控制的。



图20.3-4　工人师傅手中的按钮只是继电器的开关

那么，什么是继电器？它是怎样工作的？

继电器是利用低电压、弱电流电路的通断，来间接地控制高电压、强电流电路通断的装置。电磁继电器就是利用电磁铁来控制工作电路的一种开关。

电磁继电器的结构如图20.3-5所示，由电磁铁、衔铁、弹簧、触点组成。其工作电路由低压控制电路和高压工作电路两部分构成。

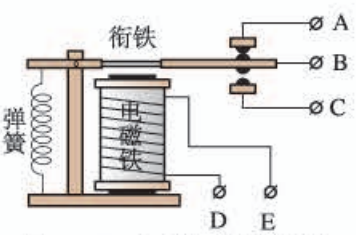


图20.3-5　电磁继电器的构造

当较低的电压加在接线柱D、E两端，较小的电流流过线圈时，电磁铁把衔铁吸下，使B、C两个接线柱所连的触点接通，较大的电流就可以通过B、C带动机器工作了。工人师傅的按钮只控制电磁铁电流的通断，而高电压、强电流电路的通断则由B、C两个触点控制，这样人们就可以安全方便地操纵大型机械了。

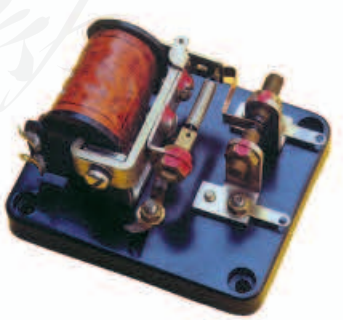


图20.3-6　一种电磁继电器

微信公众号：电子课本大全

动手动脑学物理

1. 图20.3-7是一种水位自动报警器的原理图。水位没有到达金属块A时，绿灯亮；水位到达金属块A时，红灯亮。请说明它的工作原理。注意：虽然纯净的水是不导电的，但一般的水都能导电。

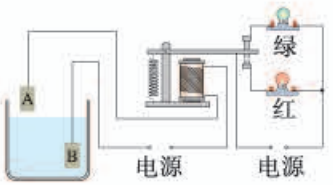


图20.3-7　水位自动报警器

2. 图20.3-8是一种温度自动报警器的原理图。制作水银温度计时在玻璃管中封入一段金属丝，电源的两极分别与水银和金属丝相连。当温度达到金属丝下端所指的温度时，电铃就响起来，发出报警信号。说明它的工作原理。

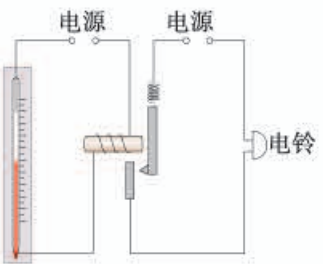


图20.3-8　温度自动报警器

3. 图20.3-9是直流电铃的原理图。衔铁B与弹性片A相连，自然情况下弹性片是和螺钉接触的。接通电源后电磁铁吸引衔铁，敲击铃碗发声，但同时弹性片与螺钉分离导致断电，电磁铁失去磁性后弹性片又和螺钉接触而通电，如此往复。

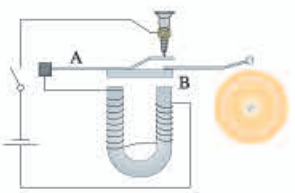


图20.3-9　电铃

弄懂原理后，请你在图20.3-5所示的继电器上把电源连在电路里，使它成为一个电铃。这样的电铃没有铃碗，通常叫做蜂鸣器。

4. 法国科学家阿尔贝·费尔和德国科学家彼得·格林贝格尔由于发现了巨磁电阻（GMR）效应，荣获了2007年诺贝尔物理学奖。巨磁电阻效应是指某些材料的电阻在磁场中急剧减小的现象，这一发现大大提高了磁、电之间信号转换的灵敏度，从而引发了现代硬盘生产的一场革命。

图20.3-10是说明巨磁电阻特性原理的示意图，图中GMR是巨磁电阻。如果闭合S_1、S_2并使滑片P向左滑动，指示灯亮度会有什么变化？

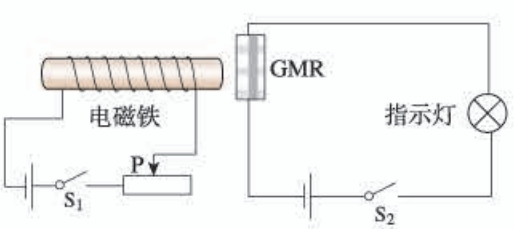


图20.3-10

微信公众号：电子课本大全

第4节　电动机

机床、水泵，需要电动机带动；电力机车、电梯，需要电动机牵引。家庭生活中的电扇、冰箱、洗衣机，甚至各种电动玩具都离不开电动机。电动机已经应用在现代社会生活的各个方面。

给电动机通电，它就能够转动。这是为什么？下面就来研究电动机的工作原理。

磁场对通电导线的作用

我们知道，磁体在磁场中会受到力的作用。磁体间通过磁场相互作用，通电导线周围有磁场。那么通电导线是不是也会受到磁场的作用力呢？

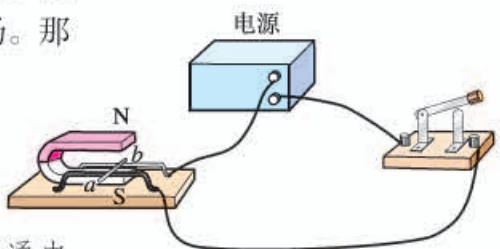


图20.4-1　通电导线在磁场中受力

演示

如图20.4-1，把导线*ab*放在磁场里，接通电源，让电流通过导线*ab*，观察它的运动。

把电源的正负极对调后接入电路，使通过导线*ab*的电流方向与原来相反，观察导线*ab*的运动方向。

保持导线*ab*中的电流方向不变，但把蹄形磁体上下磁极调换一下，使磁场方向与原来相反，观察导线*ab*的运动方向。

实验表明，通电导线在磁场中要受到力的作用，力的方向跟电流的方向、磁感线的方向都有关系，当电流的方向或者磁感线的方向变得相反时，通电导线受力的方向也变得相反。如果把一个通电的线框放到磁场中，它会怎样运动？

如果电流的方向和磁感线的方向都变得相反，通电导线受力的方向会怎样？

微信公众号：电子课本大全

演示

如图20.4-2，把线框放在磁场里，接通电源，让电流通过，观察它的运动，并分析线框的受力情况。

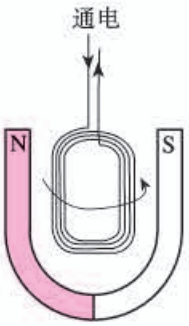


图20.4-2　通电线圈在磁场中扭转

可以看到，通电线框在磁场中可以转过一个角度，但不能持续转动。不过利用上面的现象，我们可以想办法让线圈在磁场中转起来，试试看！

想想做做

让线圈转起来

把一段粗漆包线绕成约3 cm×2 cm的矩形线圈，漆包线在线圈的两端各伸出约3 cm。然后，用小刀刮两端引线的漆皮，左端全部刮掉，右端只刮上半周或下半周（图20.4-3）。



图20.4-3　小小电动机的线圈

用硬金属丝做两个支架，固定在硬纸板上。两个支架分别与电池的两极相连。

把线圈放在支架上，线圈下放一块强磁铁（图20.4-4）。给线圈通电并用手轻推一下，线圈就会不停地转下去。

这就是一台小小电动机！

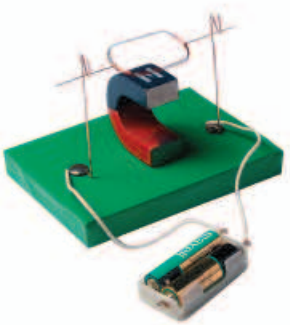


图20.4-4　小小电动机

电动机的基本构造

电动机由两部分组成：能够转动的线圈和固定不动的磁体。在电动机里，能够转动的部分叫做转子，固定不动的部分叫做定子。电动机工作时，转子在定子中飞快地转动。

在上面的“想想做做”中，我们使线圈转起来了。那么，线圈为什么能不停地转动呢？

微信公众号：电子课本大全

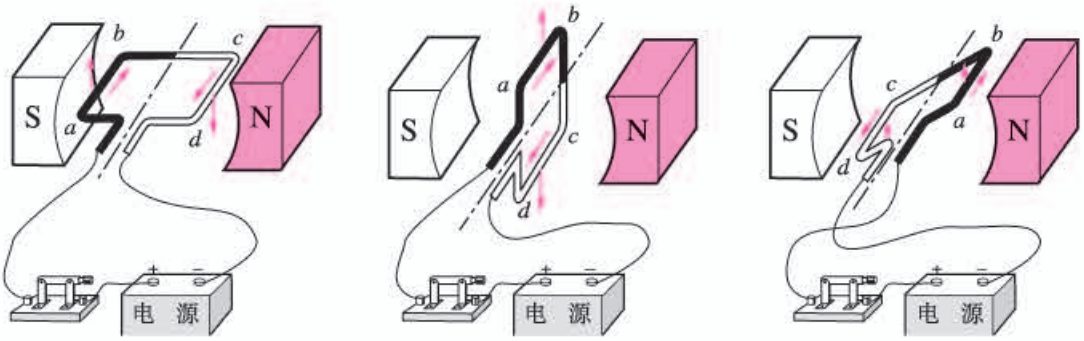
演示

如图20.4-5，使线圈位于磁体两磁极间的磁场中。

1. 使线圈静止在图乙位置上，闭合开关，发现线圈并没有运动。这是由于线圈上下两个边受力大小一样、方向却相反。这个位置是线圈的平衡位置。

2. 使线圈静止在图甲位置上，闭合开关，线圈受力沿顺时针方向转动，并由于惯性而越过平衡位置，但不能继续转下去，最后要返回平衡位置。想一想为什么会返回呢？

3. 使线圈静止在图丙位置上，这是刚才线圈冲过平衡位置以后所到达的地方。闭合开关，线圈逆时针转动，说明线圈在这个位置所受的力阻碍它沿顺时针方向转动。



甲 线圈受到的力使它顺时针转动

乙 线圈由于惯性会越过平衡位置

丙 线圈受到的力使它逆时针转动

图20.4-5 线圈不能连续转动

线圈不能连续转动，是因为线圈越过了平衡位置以后，受到的力要阻碍它的转动。如果在越过了平衡位置后停止对线圈供电，由于惯性，线圈不是就能连续转下去了吗？那么用什么方法停止对线圈供电呢？

前面我们采用刮去引线漆皮的办法来控制电路的通断，即一端的漆皮全部刮掉，另一端的漆皮只刮上半周或下半周，从而保证给线圈适时供电或停

微信公众号：电子课本大全

电。这种设计，线圈每转一周，只有半周获得动力，在另半周线圈将要受到阻碍它转动的力时没有电流通过，线圈不受力；当线圈靠惯性转过这半周后，又回到原来的状态，线圈又受到向同方向转动的力，以保证线圈继续转动下去。如果在线圈转动的后半周，不是停止给线圈供电，而是设法改变后半周电流的方向，使线圈在后半周也获得动力，线圈将会更平稳、更有力地转动下去。那么，如何使线圈在后半周也能获得向同方向转动的力呢？

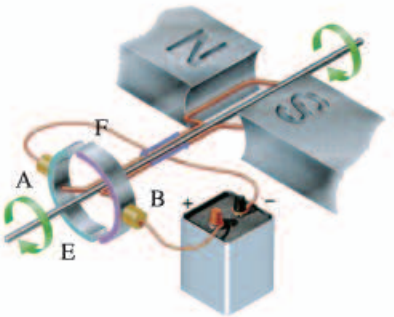


图20.4-6　换向器

实际的电动机是通过换向器来实现这一目的的。

换向器的构造如图20.4-6。两个铜半环 E 和 F 跟线圈两端相连，可随线圈一起转动，两半环中间断开，彼此绝缘。A 和 B 是电刷，它们分别跟两个半环接触，使电源和线圈组成闭合电路。这样，无论线圈的哪个边，只要它处于靠近磁体 S 极的一侧，其中的电流都是从读者这边朝纸内的方向流去，这时它的受力方向总是相同的，线圈就可以不停地转动下去了。

实际的电动机都有多个线圈，每个线圈都接在一对换向片上，以保证每个线圈在转动的过程中受力的方向都能使它朝同一方向转动（图20.4-7）。



图20.4-7　实际的直流电动机的转子

科学世界

扬声器是怎样发声的

学校的操场上挂着扬声器（喇叭），收音机、电视机、音响中都有扬声器。每天我们都能听到扬声器发出的悠扬声音。那么，扬声器（图20.4-8）是怎样发出声音的呢？


图20.4-8　扬声器的结构

微信公众号：电子课本大全

扬声器是把电信号转换成声信号的一种装置。图20.4-9是扬声器的构造示意图，它主要由固定的永久磁体、线圈和锥形纸盆构成。当线圈中通有电流时，线圈受到磁铁的作用而运动；当线圈中的电流反向时，线圈向相反方向运动。由于通过线圈的电流是交变电流，它的方向不断变化，线圈就不断地来回振动，带动纸盆也来回振动，于是扬声器就发出了声音。

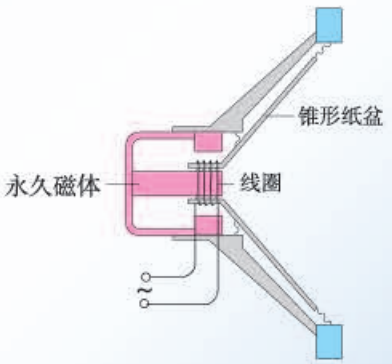


图20.4-9　扬声器的线圈中通入携带声音信息、时刻变化的电流，使得它在一个瞬间和下一个瞬间受到不同的力，于是带动纸盆振动起来，发出了声音。

动手动脑学物理

1. 通电导线在磁场中会受到力的作用，受力的方向跟哪些因素有关？

2. 电动机主要由哪两部分构成？电动机换向器的构造大体是怎样的？它有什么作用？

3. 一台电动机的额定电压是220 V，额定功率是5.5 kW，它正常工作时的电流有多大？连续工作2 h耗电多少？

4. 设计一个电路，使电动机在人的操作下既能正转，也能反转。电动机的符号是“—Ⓜ—”。

微信公众号：电子课本大全

第5节　磁生电

奥斯特发现电流的磁效应之后，许多科学家都在思索：既然电流能产生磁，那么磁能否产生电呢？英国物理学家法拉第在10年中做了多次探索，1831年终于取得突破，发现了利用磁场产生电流的条件和规律。法拉第的发现，进一步揭示了电现象和磁现象之间的联系。根据这个发现，后来发明了发电机，使人类大规模用电成为可能，开辟了电气化的时代。

今天，无论我们日常生活中使用的电还是工农业生产中使用的电，大多是由电网提供的，是从发电厂里的发电机中产生的，经过远距离的传输，到达工厂、农村、学校和家庭。火力发电中，是汽轮机带动发电机；水力发电中，是水轮机带动发电机；风力发电中，是风车带动发电机。无论是火力发电、水力发电还是风力发电，都是通过发电机发电的。那么发电机是如何发电的？



法拉第（Michael Faraday，1791—1867），英国物理学家，化学家。曾当过装订书籍的学徒，工余苦读。在1821—1831年间，法拉第进行了多次实验，发现了电磁感应现象。

什么情况下磁能生电

实验

探究什么情况下磁可以生电

什么情况下磁场里的导线中能够产生电流？

如图20.5-1，在蹄形磁体的磁场中放置一根导线，导线的两端跟电流表连接。

导线跟电流表组成了闭合回路。怎样才能使回路中产生电流？可以进行各种尝试，例如：

让导线在磁场中静止，换用不同强度的永磁体；

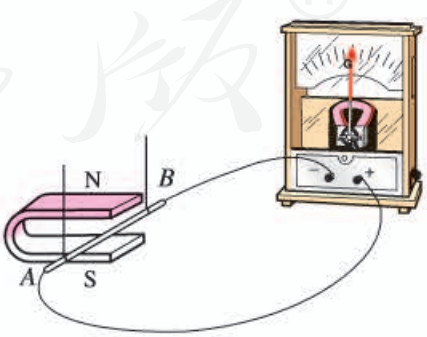


图20.5-1　什么情况下导体在磁场中能够产生电流？

微信公众号：电子课本大全

让导线在磁场中静止，但不用单根导线，而用匝数很多的线圈；

使导线在磁场中沿不同方向运动；

……

分析实验中看到的现象，就能知道闭合电路中产生电流的条件了。如果把磁感线想象成一根根实实在在的线，把导线想象成一把刀，表达起来可能会方便些。

闭合电路的一部分导体在磁场中做切割磁感线运动时，导体中就产生电流（图20.5-2）。这种由于导体在磁场中运动而产生电流的现象叫做**电磁感应**（electromagnetic induction），产生的电流叫做**感应电流**（induction current）。

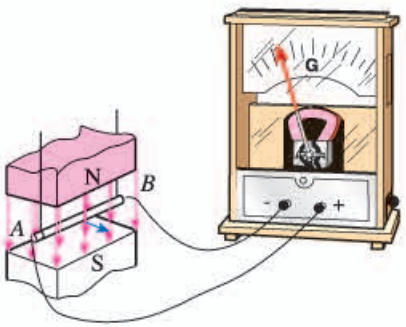


图20.5-2　导线在磁场中怎样运动才能产生感应电流？

发电机

发电机怎样发电呢？

图20.5-3是实验室用的手摇发电机。把一台手摇发电机跟灯泡连接起来，使线圈在磁场中转动，可以看到灯泡会发光。这表明，电路中有了电流。如果把手摇发电机跟电流表连接起来，线圈在磁场中转动时，可以看到电流表的指针随着线圈的转动而左右摆动。这个现象表明，发电机发出的电流的大小和方向是变化的。

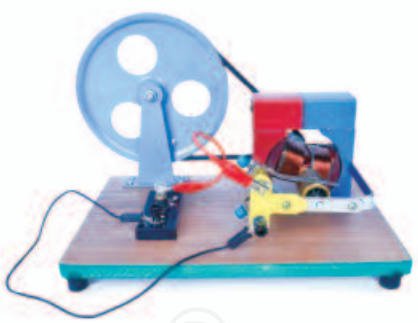


图20.5-3　手摇发电机

演示

1. 观察模型式手摇发电机的构造

磁极是什么形状的？线圈是通过哪些装置和灯泡连接起来的？摇把是通过什么带动线圈转起来的？

2. 观察发电机转速对小灯泡亮度的影响

取下电流表，但仍然保持小灯泡和发电机连

微信公众号：电子课本大全

接。用不同速度摇动转轮，观察灯泡亮度的变化。

3. 检验手摇发电机电流方向的变化

把两个发光二极管极性相反地并联起来，并与发电机串联（图20.5-4）。转动摇把，观察二极管的发光情况。

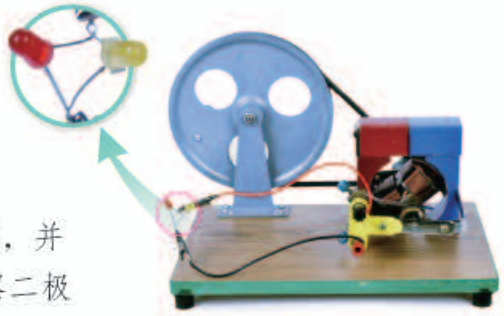


图20.5-4　观察手摇发电机电流方向的变化

其实，图20.5-2就是一个最简单的发电装置的示意图。当导线向左运动时，电流表指针偏转，表明电路中产生了电流；当导线向右运动时，电流表指针向另一方向偏转，表明产生了另一方向的电流。如果导线左右往复运动，电流表指针来回摆动，电路中产生的是交变电流，简称交流。

交变电流的频率在数值上等于电流在每秒内周期性变化的次数。我国电网以交流供电，频率为50 Hz。

在发电机中，用连续转动的线圈代替往复运动的导线。为了把线圈中产生的感应电流输送给用电器，还要用铜环和电刷把线圈和用电器连接起来（图20.5-5）。

实际的发电机比模型式发电机复杂得多，但仍是由转子（转动部分）和定子（固定部分）两部分组成的。大型发电机发的电，电压很高、电流很强，一般采取线圈不动、磁极旋转的方式来发电，为了得到较强的磁场，要用电磁铁代替永磁体。

发电机发电的过程是能量转化的过程。以手摇发电机为例：人吃的食物的化学能转化为摇动转子的动能，发电机又把动能转化为电能。实际的发电机靠内燃机、水轮机、汽轮机等机械的带动，把燃料中的化学能或者水库中水流的动能转化为电能。

之前我们学习的电路用电池供电，电路中电流从电池的正极流向负极，方向不改变，叫做直流。

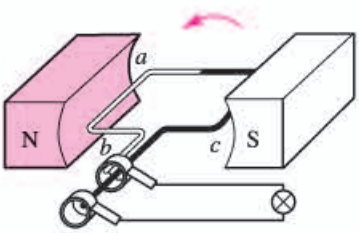


图20.5-5　交流发电机的原理



图20.5-6　现代水力发电厂中的发电机组。发电机的轴是竖直安装的，轴的下面连接着水轮机，在强大水流的冲击下旋转。

微信公众号：电子课本大全

磁记录

铁棒和钢棒本来不能吸引钢铁，当磁体靠近它或者与它接触时，它便有了吸引钢铁的性质，也就是被磁化了。软铁磁化后，磁性很容易消失，称为软磁性材料。而钢等物质在磁化后，磁性能够保持，称为硬磁性材料。硬磁性材料可以做成永磁体，还可以用来记录信息。

录音机的磁带上就附有一层硬磁性材料制成的小颗粒。

录音时，声音先转变成强弱变化的电流，这样的电流通过录音磁头，产生了强弱变化的磁场。磁带划过磁头时，磁带上的小颗粒被强弱不同地磁化，于是记录了一连串有关磁性变化的信息(图20.5-7)。

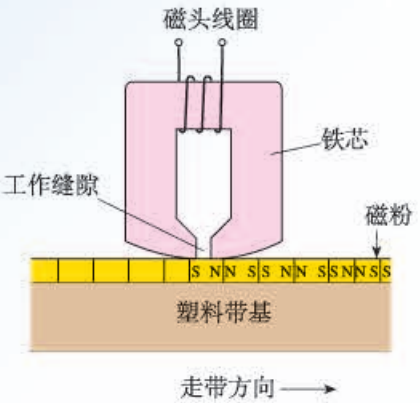


图20.5-7　录音磁头的工作原理

放音时，磁带贴着放音磁头运动，磁性强弱变化的磁带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，这便“读”出了录音带中记录的信息。

随着技术的不断进步，磁记录与人们的关系越来越密切。录音带、录像带，电脑中的磁盘，打电话的磁卡，银行的信用卡，还有磁卡式车票等等，都是用磁来记录信息的（图20.5-8）。磁记录技术提高了工作效率，给生活带来了很大的方便（图20.5-9）。



图20.5-8　利用磁性材料记录信息的产品

读过上面的文字，你能回答下面的问题吗？

1. 磁带上的什么物质记录了声音、图像等信息？

2. 录音机在把声信号变成磁信号的过程中，要先把声信号变成什么信号？

3. 录音机怎样把磁信号变成声信号？

4. 观察磁带、磁卡，找出涂有磁性物质的部位。

分组收集资料：人类在使用磁带录音之前，是用什么方法记录声信号的？写出小论文，在全班交流。



图20.5-9　自动取款机(ATM)

微信公众号：电子课本大全

动手动脑学物理

1. 图20.5-10中的 a 表示垂直于纸面的一根导线，它是闭合电路的一部分。它在磁场中按箭头方向运动时，在哪种情况下会产生感应电流？

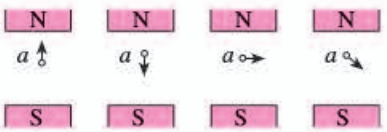


图20.5-10

2. 发电机的主要结构是什么？它的电能从哪里来？又到哪里去？

3. 电池产生的电流方向不变，称为直流。观察手摇发电机灯泡的发光与手电筒灯泡的发光，能看出它们有什么不同吗？

4. 当你唱卡拉OK时，要用到话筒（麦克风）。话筒的种类很多，图20.5-11是动圈式话筒构造示意图。当你对着话筒说话或唱歌时，声音使膜片振动，与膜片相连的线圈也跟着一起振动，线圈处在磁场中。把线圈两端的导线接入扩音机，就能通过扬声器听到你说话的声音。请用“磁生电”具体说明动圈式话筒的原理。

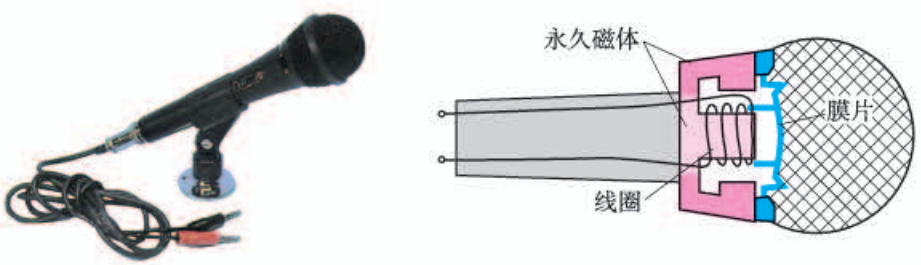


图20.5-11　话筒

5. 我国供生产和生活用的交变电流，频率是多少？电流方向在每秒内变化几次？

6. 除了发电厂里有发电机外，还有哪些地方有发电机？尽可能多地说出来。这些发电机是靠什么带动的？把什么能量转化成了电能？

微信公众号：电子课本大全

学到了什么

1. 磁场

磁体的周围、通电导线的周围存在着磁场。磁极间、磁极与通电导线间通过磁场发生相互作用。

磁场具有方向。物理学中，把小磁针在磁场中静止时北极所指的方向规定为该点的磁场方向。

地球周围存在着地磁场。地磁场的两极与地理的两极不重合。

2. 磁感线

磁感线是描述磁场的带箭头的假想曲线。在磁体外部，磁感线从磁体的N极出发，回到S极。

3. 电生磁

通电导线的周围存在着磁场，这是电流的磁效应。

通电螺线管外部的磁场和条形磁体的磁场一样，它的两端相当于条形磁体的两个极。可根据安培定则来判断通电螺线管的两端各对应哪个磁极：用右手握住螺线管，让四指指向螺线管中电流的方向，则拇指所指的那端就是螺线管的N极。

4. 电磁铁　电磁继电器

在螺线管内部插入铁芯，可以做成电磁铁。电磁铁具有以下特点：

（1）电磁铁磁性的有无，可以由通、断电来控制。

（2）线圈的匝数越多，电流越大，电磁铁的磁性越强。

（3）电磁铁的N、S极以及它周围的磁场方向是由通电电流的方向决定的，便于人工控制。

电磁继电器的作用：利用电磁继电器可以用低电压、弱电流的控制电路来控制高电压、强电流的工作电路，并且能实现遥控和生产自动化。

5. 磁场对通电导线的作用　电动机

磁场对通电导线有力的作用，其方向与电流方向、磁场方向有关。

电动机把电能转化为机械能，它利用了磁场对通电线圈的作用而使线圈转动起来。为使直流电动机持续转动，必须安装换向器。

6. 磁生电

闭合电路的一部分导体在磁场中做切割磁感线的运动时，导体中会产生感应电流，这是一种电磁感应现象。

发电机利用了电磁感应的原理发电，将机械能转化为电能。

微信公众号：电子课本大全

第二十一章　信息的传递

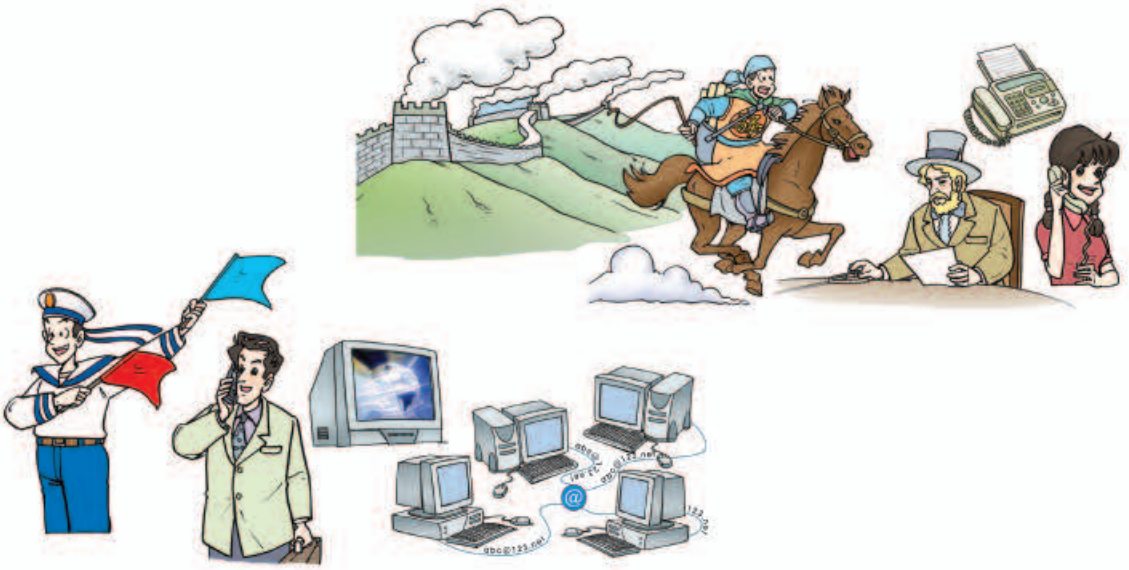
雄伟的长城，绵延万里，蜿蜒起伏，或翘首于峰巅之上，或俯身于峡谷之中，古代的士兵夏季顶着烈日，冬季冒着严寒，在古老的长城上抵御着敌人的侵略。

遇到大规模的入侵时，士兵们常在“烽火台”上点起烟火，向远处的同伴们传递“敌人来犯”的消息。有时候，还可以传递更为确切的信息，如“寇不满五百，放烽一炬；五百以上，放三炬；千骑以上，放四炬”。

古代人用烽火传递信息，我们现代人用哪些方法传递信息？你知道这些方法的基本原理吗？

微信公众号：电子课本大全

第1节　现代顺风耳—电话



请根据上图说一说古代人、近代人、现代人各用什么方法传递信息？

在我国古代曾经流传有“顺风耳”的神话传说，它反映了人们想要冲破空间的阻隔，互通信息的美好向往。1876年贝尔发明了**电话**（telephone），这一愿望得以实现（图21.1-1）。100多年来，电话技术有了很大的发展。现在，我们的生活已经离不开“现代顺风耳”——电话了。



图21.1-1　1892年，贝尔在纽约至芝加哥的电话线路开通仪式上。

电流把信息传到远方

最简单的电话(图21.1-2)由话筒和听筒组成。为了完成通话，话筒和听筒之间要连上一对电话线。话筒把声音转换成变化的电流，电流沿着导线把信息传到远方。在另一端，电流使听筒的膜片振动，携带信息的电流又转换成了声音。



话筒把声音信号变成变化的电流　　听筒把变化的电流变成声音

图21.1-2　电话

微信公众号：电子课本大全

老式电话的话筒中有一个装着炭粒的小盒子（图21.1-3）。当你对着话筒讲话时，由于声音的振动，膜片时紧时松地压迫炭粒，它们的电阻随之发生改变，流过炭粒的电流就会相应改变，于是形成了随声音变化的电流信号。

电话除话筒外，还有一个听筒。听筒内有一个电磁铁，电磁铁吸引一块薄铁膜片。由于线圈中电流不断变化，电磁铁对膜片的作用也随之变化，使膜片振动，在空气中形成声波。这样就可以听到对方的讲话了。

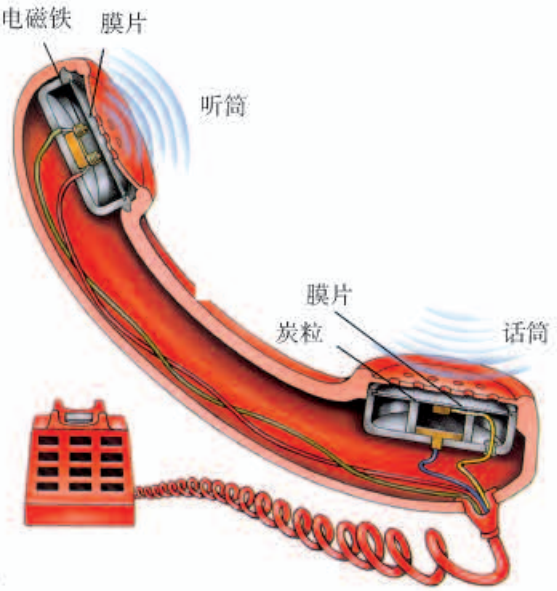


图21.1-3　电话结构示意图

现在，除了炭粒话筒外，还有其他许多种类的话筒，它们都能把声信号转换成电信号。听筒的种类也有多种，都是把电信号转换成声信号。

电话交换机

电话刚问世的时候，一部话机要与多少部话机通话，就要有多少对电话线与外部相连。这样太浪费材料了，而且话机太多时很难做到与每部电话都单独连线。

想想议议

一个地区有5部电话，要使这5部话机中的任意两部都能互相通话，要架设多少对电话线？在图21.1-4甲中把电话线画出来，每对电话线可用一条线代表。你能否想出一个办法，要尽量减少线路的数量，但仍能保证5部电话中的任意两部可以相互通话（这时其他几部暂不能通话）？在图21.1-4乙中把电话线画出来。



图21.1-4　怎样才能减少电话线的数量？

微信公众号：电子课本大全

为了提高线路的利用率，人们发明了电话交换机。现在，除特殊需要的极少数电话还要通过专线连接外，一般电话之间都是通过电话交换机来转接的。

一个地区的电话都接到同一台交换机上，每部电话都编上号码。使用时，交换机把需要通话的两部电话接通，通话完毕再将线路断开。

如果在一台交换机与另一台交换机之间连接上若干对电话线，这样，两个不同交换机的用户就能互相通话了(图21.1-5)。

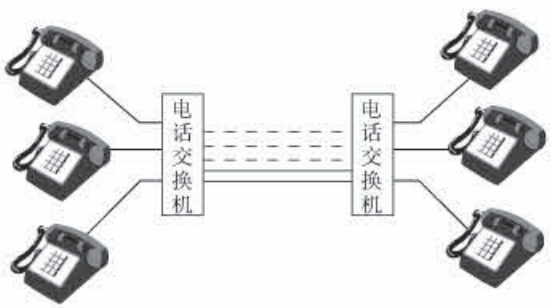


图 21.1-5　电话交换机工作示意图

打电话时，有时出现“占线”现象。实际上，当时对方的话机并不一定在使用，而常常是两台交换机之间有太多的用户要通话，它们之间的电话线不够用了。这个现象在打长途电话时比较常见。

早期的电话交换机是依靠话务员手工操作来接线和断线的，工作效率低，劳动强度大。1891年出现了自动电话交换机，它通过电磁继电器进行接线。现代的程控电话交换机利用了电子计算机技术，只要事先给交换机中的电脑输入所需的程序，电脑就能“见机行事”，能按用户所拨的号码自动接通话机（图21.1-6）。此外，程控电话还有许多功能，如“缩位拨号”“转移呼叫”“来电显示”“遇忙回叫”“三方通话”等。这些功能可以方便、快捷地满足人们通话的需要。



图21.1-6　程控电话交换机和操作台

微信公众号：电子课本大全

模拟通信和数字通信

电话信号分为模拟信号和数字信号两种。在话筒将声音转换成信号电流时，这种信号电流的频率、振幅变化的情况跟声音的频率、振幅变化的情况完全一样，“模仿”着声信号的“一举一动”。这种电流传递的信号叫做**模拟信号**，使用模拟信号的通信方式叫做模拟通信。

除了可以用模拟信号传递信息外，还可以用另外的方式传递信息。例如，用点“·”和画“—”的组合代表各种数字，一定的数字组合代表一个汉字；于是，一系列点和画组成的信号就可以代表一个完整的句子了。“电报”信号就是这样组成的（图21.1-7和图21.1-8）。像这样用不同符号的不同组合表示的信号，叫做**数字信号**，这种通信方式叫做数字通信。

1 · – – – –
2 ·· – – –
3 ··· – –
4 ···· –
5 ·····
……

图21.1-7　莫尔斯电码。点和画的不同组合代表不同的数字。

字符	我	喜	欢	学	习	物	理
对应电码	2053	0823	2970	1331	5045	3670	3810

图21.1-8　汉字电报码

实际上，不仅可以用点和画，还可以用长短不同的声音、长短不同的亮光，甚至可以用电压（或电流）的有无、磁体的南北极、或者“0”“1”两个不同的数字，来组成各种数字信号，用来传递丰富多彩的声音、图像等各种信息。

想想做做

数字通信是一种既现代又古老的通信方式，烽火、旗语、电报传递信息都是数字通信。同学们可以分成几组，每组利用一种数字通信的方法，进行信息传递的游戏。

微信公众号：电子课本大全

模拟信号在长距离传输和多次加工、放大的过程中，信号电流的波形会改变，从而使信号丢失一些信息，表现为声音、图像的失真，严重时会使通信中断。目前，通常的数字信号只包含两种不同的状态，形式简单，所以抗干扰能力特别强。由于电子计算机是以数字形式工作的，数字信号可以很方便地用电子计算机加工处理，发挥计算机的巨大威力。数字信号还可以通过不同的编码进行加密。

现代的电话已经全部采用数字信号进行传输和处理了，用数字信号传输的电视节目也已经进入家庭。

动手动脑学物理

1. 图21.1-9是老式电话机的原理图。炭粒话筒相当于一个变阻器，膜片振动把炭粒压紧和放松时，相当于图中膜片带动滑动头左右移动，使滑动变阻器的电阻发生周期性变化，引起电路中的电流发生相应的周期变化。听筒中有一个电磁铁，当线圈中的电流周期性变化时，它对旁边铁质膜片的引力也随着改变，使膜片来回运动。因此，听筒中膜片往返运动的频率跟话筒膜片振动的频率相同，这样听筒中就听到了对方说话的声音。请具体分析：当话筒膜片由静止向左、向右运动时，听筒中原来静止的膜片会怎样运动？



图21.1-9

2. 现在常用的动圈式耳机，它的构造跟图20.4-9扬声器相同，不过耳机的体积小很多。图20.5-11是动圈式话筒，其构造也和动圈式耳机类似。因此，用两只动圈式耳机就可以做一部最简单的电话：一只耳机当话筒，另一只当听筒，两耳机之间用一对导线连起来，对着一只耳机说话，在另一只耳机里就能听到说话声。这部电话是没有电池的，从能量转化的角度看，一只耳机是磁生电，另一只耳机是电生磁。请问：磁生电和电生磁的两只耳机，哪个是话筒？哪个是听筒？

3. 如果图21.1-7电码中的点和画分别用数字0和1表示，现要根据图21.1-8的汉字电报码表示一个“学”字，其数字码是怎样的？

微信公众号：电子课本大全

第2节　电磁波的海洋

当你打开收音机，听到的是电磁波传来的声音；打开电视机，听到的、看到的是电磁波传来的声音和图像；移动电话也是靠电磁波来传递信息的。电磁波在信息的传递中扮演着非常重要的角色，所以，要研究信息的传递，就要研究电磁波。



图21.2-1　高高耸立的中央电视塔上的天线

电磁波是怎样产生的

尽管你对**电磁波**（electromagnetic wave）这个名词已经十分熟悉，但是，你知道电磁波是怎样产生的吗？

演示

打开收音机的开关，旋至没有电台的位置，将音量开大。取一节干电池和一根导线，拿到收音机附近。先将导线的一端与电池的负极相连，再将导线的另一端与正极摩擦，使它们时断时续地接触（图21.2-2）。从收音机里能听到什么？（注意：这个实验对电池有损害，最好用旧电池来做。）



图21.2-2　时断时续的电流能够产生电磁波

木棍在水面上振动会产生水波；说话时声带的振动在空气中形成声波。与水波、声波的形成相似，导线中电流的迅速变化会在空间激起（产生）电磁波。广播电台、电视台以及移动电话靠复杂的电子线路来产生迅速变化的电流，发出电磁波。电磁波有许多用途，比如，可以用来传递信息。

微信公众号：电子课本大全

电磁波是怎样传播的

在一列水波的传播中，凸起的最高处，叫做波峰；凹下的最低处，叫做波谷。邻近的两个波峰（或波谷）的距离（图21.2-3），叫做**波长**（wavelength）。在某确定位置，1 s内有多少次波峰或波谷通过，波的频率就是多少。

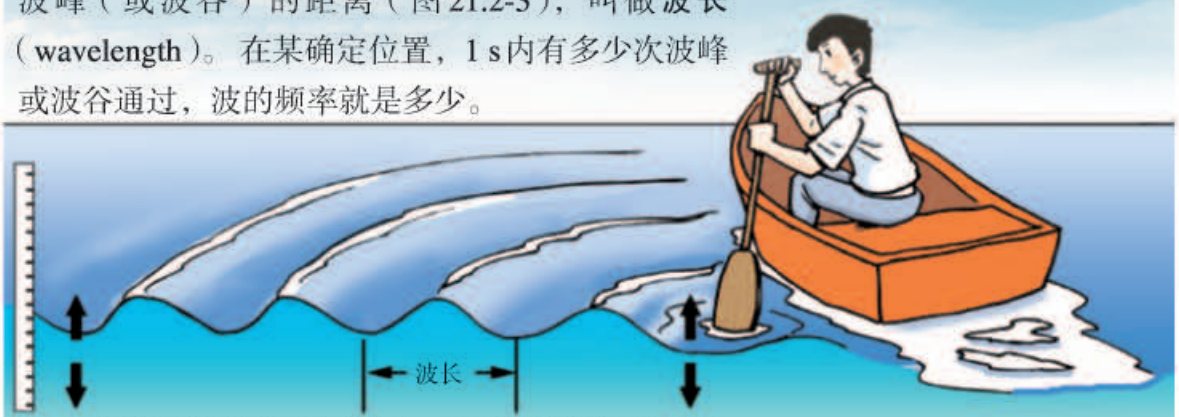


图21.2-3　单位时间里有多少次起伏通过，波的频率就是多少

水波不停地向远处传播，用来描述波传播快慢的物理量叫做**波速**（wave velocity）。跟水波类似，电磁波也有自己的频率、波长和波速。

声音的传播要靠固体、液体、气体等介质，电磁波的传播需要介质吗？

演示

把一个移动电话放在真空罩中，并给这个移动电话打电话。这个移动电话能够收到此信号吗？

由实验可以看到，放在真空罩中的移动电话可以收到罩外传给它的电磁波。这说明电磁波在真空中也可以传播。

月球上没有空气，声音无法传播。但是电磁波可以在真空中传播，所以宇航员在月球上可以用电磁波来通信。真空中电磁波的波速为c，其数值大约为30万千米每秒。c是物理学中一个十分重要的常数，目前公认的数值是

$$c = 2.997\,924\,58 \times 10^8\ \text{m/s}$$

电磁波的传播速度是不是看起来很熟悉？你由此产生了什么联想？

微信公众号：电子课本大全

电磁波频率的单位也是赫兹。因为通常电磁波的频率都很高，所以常用的单位还有**千赫**（kHz）和**兆赫**（MHz）。

电磁波是个大家族（图21.2-4），通常用于广播、电视和移动电话的是频率为数百千赫至数百兆赫的那一部分，叫做无线电波。

日常生活中可以看到各种各样的天线，它们有的是发射电磁波的，有的是接收电磁波的。我们生活在电磁波的海洋中。

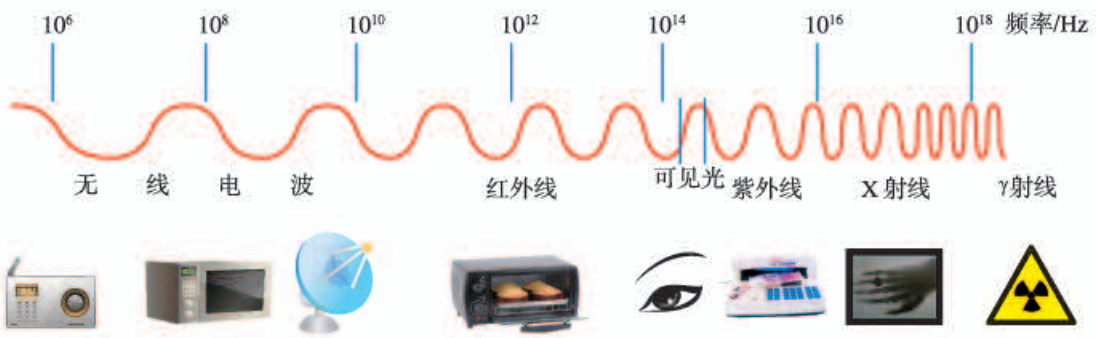


图21.2-4 电磁波

科学世界

微波炉

电磁波除了用于通信外，还有很多别的应用。比如，我们生活中常常见到的微波炉（图21.2-5），就是用电磁波来加热食品的。微波炉内有很强的电磁波，它的波长很短，所以叫做微波。食物的分子在微波的作用下剧烈振动，使得内能增加，温度升高。由于电磁波可以深入食物内部，所以用微波炉烧饭时食物的内部和外部几乎同时变熟，省时、省电。

微信公众号：电子课本大全

食物中的水分子比其他分子更容易吸收微波的能量，所以含水量高的食物在微波炉中温度上升更快。微波炉中不能使用金属容器，因为会损坏微波炉。

微波同其他频率的电磁波一样，过量的照射对人体有害。微波炉的外壳是金属壳，炉门的玻璃上有金属屏蔽网，可以减少电磁波的泄漏，使炉外的电磁波不超过允许值。

你家里有微波炉吗？如果有，看一看它的说明书，向同学介绍它的容积、耗电量大小等数据。它的加热温度和加热时间是由人工控制的还是程序控制的？

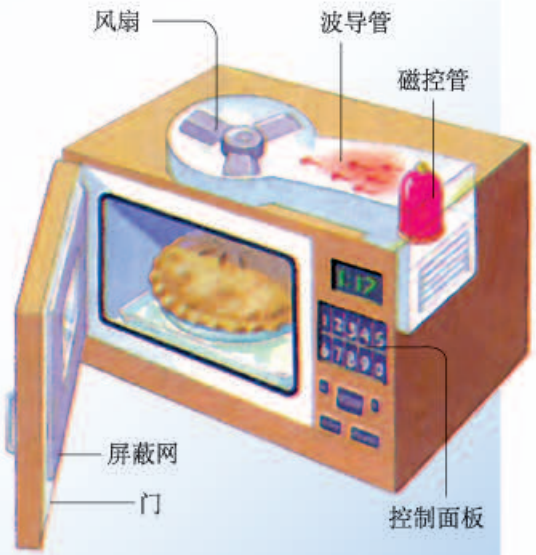


图21.2-5

动手动脑学物理

1. 现在家中使用的电器很多，如电冰箱、洗衣机、微波炉、空调，还有收音机、电视机、手机等，你知道哪些会发出电磁波？有什么事实支持你的说法？

2. 图21.2-6是一台收音机的刻度板，表明它能接收电磁波的频率范围。广播电台靠迅速变化的电流而发射电磁波。当广播电台发射图中最高频率的电磁波时，线路中的电流方向每秒钟变化多少次？



图21.2-6

3. 在电磁波家族中，红外线也是其中一员，红外线的传播速度等于电磁波的速度。如果能测得红外线传播某一段距离所用的时间，就可以根据电磁波的速度计算这段距离的长度，红外线测距仪就是根据这一原理设计的。用红外线测距仪对准某一目标，发出一束红外线，经目标反射后红外线返回仪器时又被探测到。仪器测得红外线往返时间为2.8×10^{-4} ms，这时目标与仪器之间的距离是多少？电磁波速度取3×10^{5} km/s。

微信公众号：电子课本大全

第3节　广播、电视和移动通信

我们几乎每天都要听广播、看电视，这些声音和图像是怎样传过来的呢？

无线电广播信号的发射和接收

无线电广播信号的发射由广播电台完成。话筒把播音员的声音信号转换成电信号，然后用调制器把音频电信号加载到高频电流上，再通过天线产生电磁波发射到空中（图21.3-1甲）。

信号的接收由收音机完成。收音机都有天线。老式收音机的天线很长，而且要架在室外很高的地方，以获得更强的电信号。现代收音机有很好的放大能力，天线可以隐藏在机壳内。

收音机的天线接收到各种各样的电磁波。转动收音机调谐器的旋钮，可以从中选出特定频率的信号。由调谐器选出的信号含有高频电流成分，需要通过解调将其滤去，将音频信号留下。音频信号经放大后被送到扬声器里（图21.3-1乙）。扬声器把音频电信号转换成声音，我们就听到广播电台的节目了。

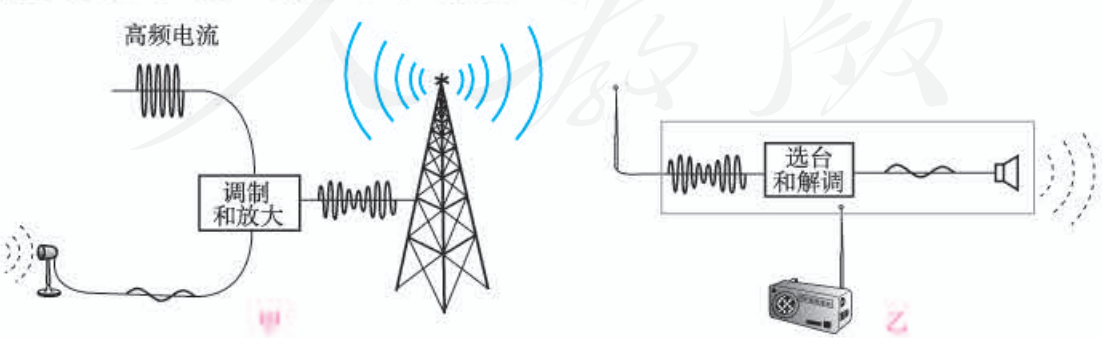


图21.3-1　无线电广播的工作过程

微信公众号：电子课本大全

扩展性实验

电磁波的发射与接收

电磁波的发射与接收可以用下列数字化实验设备来直观地显现。

如图21.3-2所示，电磁波发射器可以发射不同频率的电磁波，接收器接收到电磁波信号后，通过传感器、采集器将电磁波信号输入到计算机，我们就可以在计算机屏幕上观察到电磁波信号。

连接好装置，把发射器置于某一波形挡，观察电磁波的波形。转动发射器上的旋钮，改变发射器发出的电磁波的频率，观察信号的变化。

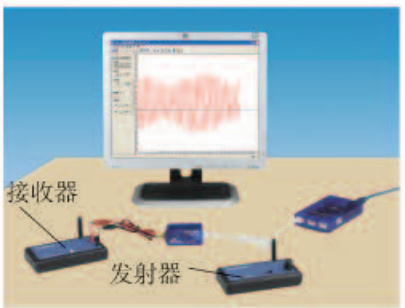


图21.3-2　电磁波的发射与接收装置图

电视的发射和接收

电视用电磁波传递图像信号和声音信号。声音信号的产生、传播和接收跟无线电广播的工作过程相似。图像信号的工作过程是：摄像机把图像变成电信号，发射机把电信号加载到频率很高的电流上，通过发射天线发射到空中（图21.3-4甲）。电视机的接收天线把这样的高频信号接收下来，通过电视机把图像信号取出并放大，由显示器把它还原成图像（图21.3-4乙）。



图21.3-3　学校的电视演播室

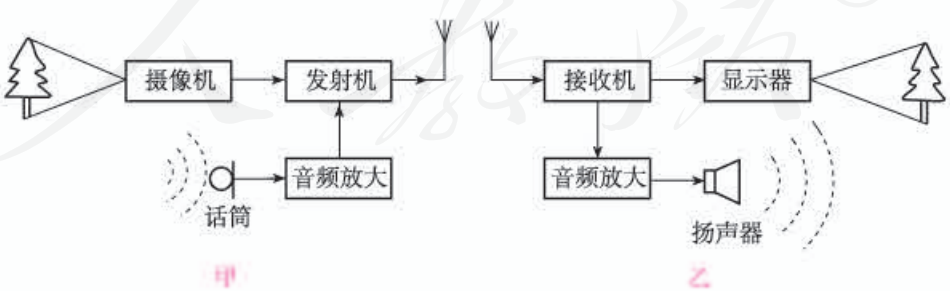


图21.3-4　电视广播的工作过程

微信公众号：电子课本大全

移动电话

现在很多人都在使用移动电话（手机）。移动电话不需要电话线，比固定电话更方便。移动电话与固定电话的工作原理基本一样，只是声音信息不是由导线中的电流来传递，而是由空间的电磁波来传递。移动电话机既是无线电发射台又是无线电接收台：它用电磁波把讲话的信息发射到空中；同时它又在空中捕获电磁波，得到对方讲话的信息（图21.3-5）。移动电话可以使你很方便地跟朋友通话，无论你的朋友在附近，还是远在别的国家。



图21.3-5　移动电话的工作方式

移动电话的体积很小，发射功率不大；它的天线也很简单，灵敏度不高。因此，它跟其他用户的通话要靠较大的固定无线电台转接。这种固定的电台叫做基地台，跟电话交换机相连。城市中高大建筑物上常常可以看到移动通信基地台的天线（图21.3-6）。



图21.3-6　基地台的天线

还有一种可以移动的电话，叫做无绳电话（图21.3-7）。无绳电话很像普通的电话机，只是座机和手机之间没有电话线相连。无绳电话的座机和手机上各有一个天线，它们通过无线电波来沟通。座机接在市话网上，相当于一个小型基地台。手机不能离座机太远，工作区域大约在几十米到几百米的范围内。



图21.3-7　无绳电话

微信公众号：电子课本大全

科学世界

音频、视频、射频和频道

由声音转换成的电信号，它的频率跟声音的频率相同，在几十赫到几千赫之间，叫做音频信号；由图像转换成的电信号，它的频率在几赫到几兆赫之间，叫做视频信号。音频电流和视频电流在空间激发电磁波的能力都很差，需要把它们加载到频率更高的电流上，产生电磁波发射到天空中，这种电流叫做射频电流。

观看数字光碟（DVD）时不需要把信号发射到天空，可以直接把音频信号和视频信号输入电视机，这时就要分别把DVD机送来的音频、视频信号接到电视机上相应的插口上。

我们常听说某电视台利用某频道进行广播，这里说的频道是什么意思？原来，不同的电视台使用不同的射频范围进行广播，以免互相干扰；这一个个不同的频率范围就叫做频道。

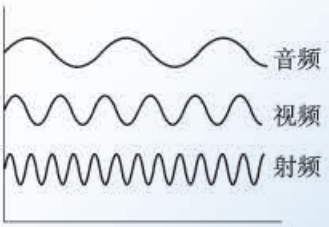


图 21.3-8　音频、视频和射频的比较(示意)



图21.3-9　DVD机背面的插孔都是做什么用的？

我国电视频道的划分						
频道号	1	2	……	6	……	68
频率范围/MHz	48.5~56.5	56.5~64.5	……	167~175	……	950~958

动手动脑学物理

1. 小晶用收音机收听中央人民广播电台1 008 kHz频道播放的钢琴节目，某时刻他听到演员弹奏频率为440 Hz的“6”音。问：

（1）在该时刻，射频电流的频率是多少、音频电流的频率是多少？

（2）此时收音机接收到空中电磁波的频率是多少？

2. 张伟和刘浩都在北京工作，用的是北京的手机号。他们同时出差来上海，可以在上海用手机通话。请你查阅有关资料，从“移动电话的工作方式”的角度了解他们的通话过程。

微信公众号：电子课本大全

第4节　越来越宽的信息之路

讲五分钟的故事和放映五分钟的电影，它们传递的信息量是不一样的。五分钟的语言只能简单描述人的相貌、衣着和事件的梗概；而五分钟的电影，除此之外还能展现人物衣服的质地和颜色、主人公的容貌和嗓音以及事情发生的周围环境等许许多多细节。因此，电视广播与声音广播相比，在相同的时间内可以传输更多的信息。

信息理论表明，作为载体的电磁波，频率越高，相同时间内可以传输的信息就越多。因此，几十年来，无线电通信、电视广播等所用的频率越来越高了，我们可以形象地说，信息之路越来越宽了。

微波通信

微波的波长为10 m~1 mm，频率为30 MHz~3×10^5 MHz。一条微波线路可以同时开通几千、几万路电话。

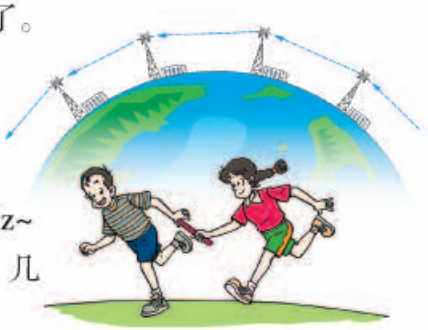


图21.4-1　微波中继通信示意图

微波的性质更接近光波，大致沿直线传播，不能沿地球表面绕射。因此，必须每隔50 km左右就要建设一个微波中继站，把上一站传来的信号处理后，再发射到下一站去（图21.4-1）。而且，信号传递的距离越远，需要的中继站越多。在遇到雪山、大洋，根本无法建设中继站时，又该怎么办？能不能利用地球的卫星——月球进行微波中继通信呢（图21.4-2）？



图21.4-2　能否用月亮做中继站，实现微波通信？

月球是地球的卫星，可以反射微波，但它离我们太远了——38万千米！信号衰减、时间延迟，而

微信公众号：电子课本大全

且只有当两个通信点同时见到月亮时，才能完成这两点间的通信。

卫星通信

现在，人类可以用通信卫星（图21.4-3）做微波通信的中继站来进行通信。通信卫星大多是相对地球“静止”的同步卫星，从地面上看，它好像悬挂在空中静止不动。在地球的周围均匀地配置3颗同步通信卫星，就覆盖了几乎全部地球表面，可以实现全球通信（图21.4-5）。它们就像几个太空微波中继站，从一个地面站接收的电信号，经过处理后，再发送到另一个或几个地面站。现在通过卫星电视，一个地方出现的突发事件，全世界的人们几乎可以立刻看到现场的画面。

同步通信卫星绕地球转动的周期跟地球自转的周期相同，所以叫做“同步”卫星。

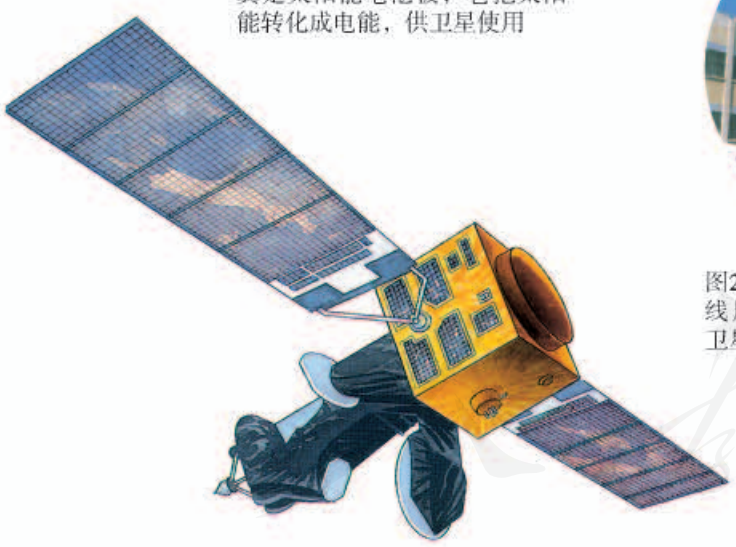


图21.4-3　通信卫星。板状的两翼是太阳能电池板，它把太阳能转化成电能，供卫星使用



图21.4-4　碟形天线用来接收来自卫星的信号



图21.4-5　用三颗同步卫星就可以实现全球通信

利用卫星来发射和接收电磁波信号应用非常广泛，例如中国建立的北斗卫星定位系统，可提供全天候的即时定位服务。

微信公众号：电子课本大全

光纤通信

我们已经知道，电磁波的传播速度等于光速，实际上光也是一种电磁波。与微波相比，光的频率更高。如果用光来通信，这条“高速公路”要比短波、微波的“公路”宽出百万倍、千万倍。不过，普通的光源包含了许多不同波长（频率）的光，难以用它携带信息。1960年，美国科学家梅曼制成了世界上第一台红宝石激光器，它能产生频率单一、方向高度集中的光——激光。1966年，华裔物理学家高锟提出用光纤通信的构想，这使得用光进行通信的幻想得以实现。

通信用的激光一般在特殊的管道——光导纤维里传播。

演示

如图21.4-6，把大塑料瓶用不透光的纸包上，瓶的侧壁开个小孔。塑料瓶内盛水，水面上方放一个发光小灯泡。当水从小孔流出时，你会看到光随着弯弯的水流照到地面，在地面产生一个光斑。

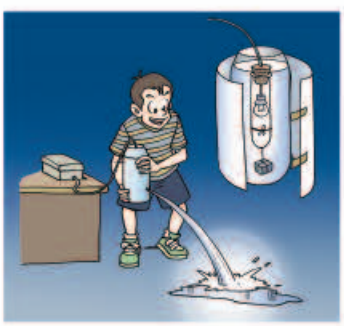


图21.4-6　光沿着水流传播

如图21.4-7，光从光导纤维的一端射入，在内壁上多次反射，从另一端射出，这样就把它携带的信息传到了远方。光导纤维是很细很细的玻璃丝，通常数条光纤并成一束再敷上保护层，制成光缆，用来传递电视、电话等多种信息。由于光的频率很高，在一定时间内可以传输大量信息。

我国光缆通信的发展十分迅速，目前光缆可以通达所有地区（市、州），而且还与其他国家合作修建了跨越太平洋的海底光缆。光纤通信已经成为我国长途通信的骨干力量。



甲　光导纤维



乙　光在光导纤维中的传播

图21.4-7　光导纤维

微信公众号：电子课本大全

网络通信

计算机可以高速处理各种信息，把计算机联在一起，可以进行网络通信。如果某人的计算机跟一个叫做服务器的大计算机相联，就是平常说的“上网”。目前人们经常使用的网络通信形式是电子邮件，如图21.4-8所示。当甲给乙发送一封电子邮件时，他的服务器A把邮件送到乙的服务器B，储存起来。一旦乙“上网”，他就能从自己的服务器B得到这个邮件。每个电子信箱都有自己的“地址”，这样才能把邮件送到正确的地方。例如，某电子信箱的地址是xiaolin@server.com.cn，这表示信箱属于一个自称“xiaolin”的人，他的服务器名叫server.com.cn。其中“cn”是China的简写，表示这个服务器是在中国注册的。

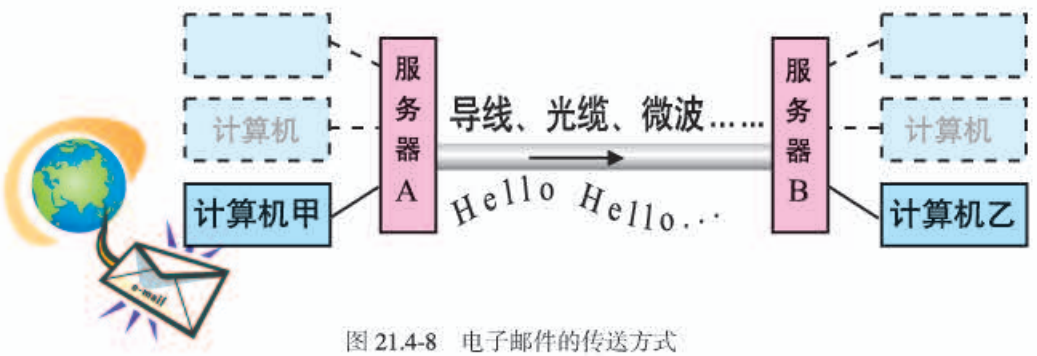


图 21.4-8　电子邮件的传送方式

电子邮件像电话一样快，同时又像信件一样方便，收件人可以在任何时候通过上网的计算机或手机打开信箱，查看邮件。除了文字之外，我们也可以把照片、语音及任何信息变成数字文件用电子邮件传送。

世界上凡是计算机集中的地方，例如企业、机关、居民小区等，大都已经把自己的计算机联在一起了。这些网络又互相联结，成为世界上最大的计算机网络，叫做因特网，这样就能做到信息资源的

微信公众号：电子课本大全

共享。除了收发电子邮件外，我们还可以从网上看到不断更新的新闻，查到所需的各种资料。

计算机之间的联结，除了使用金属导线外，还使用光缆、通信卫星等各种通信手段。随着通信技术的发展，现在已经可以在很短的时间内传送越来越大的信息量，信息传送的速度甚至能够满足电视等活动画面的需要，我们已经可以轻松地在网上看电视了。

科学世界

激光的应用

除了通信外，激光还有许多其他应用。激光束的平行度特别好，在传播很远的距离后仍能保持一定的强度。激光的这个特点使它可以用来进行精确的测距。对准目标发出一个极短的激光脉冲，测量发射脉冲和收到反射脉冲的时间间隔，就可以求出目标的距离。激光测距雷达就是根据这个原理制成的。

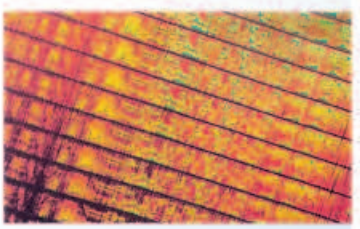


图 21.4-9　光盘的显微照片

由于平行度好，激光可以会聚到很小的一点上。让这一点照射到光盘上，就可以读出光盘上记录的信息，经过处理后还原成声音和图像。由于会聚点很小，光盘记录信息的密度很高。

激光还有一个特点是亮度高，也就是说它可以在很小的空间和很短的时间内集中很大的能量。如果把强大的激光束会聚起来照射到物体上，可以使物体的被照部分迅速上升到极高的温度，最难熔化的物质在这一瞬间也要汽化了。因此，我们可以利用激光束来切割各种物质、焊接金属以及在硬质材料上打孔。医学上可以用激光做“光刀”来切开皮肤、切除肿瘤，还可以用激光“焊接”脱落的视网膜。强激光可以在瞬间破坏敌人的飞行器，在军事上有广泛的应用。

阅读了以上这段“科学世界”和前面的“光纤通信”后，讨论下面几个问题。

1. 激光有哪些不同于其他光的特点？文中所说激光的应用分别利用它的哪个特点？

2. 除了文中介绍的应用外，你还听说在什么地方用到了激光？

微信公众号：电子课本大全

动手动脑学物理

1. 现在许多长途电话是以地球同步卫星做中继站的。打这种长途电话时，会感到对方的反应有些延迟。造成这种延迟的原因之一，是无线电波在射向卫星和从卫星返回时需要一定的时间。假设某人造卫星与地球的距离是36 000 km，请你估算延迟的时间。为什么打市内电话时没有这种延迟？

2. 我们的生活已经离不开信息的传递。我们不知不觉地把各种通信方式融入自己的生活和工作之中。请想一想：自己哪些地方用到了微波通信、卫星通信、光纤通信和网络通信？各举一个例子。

3. 微波通信、卫星通信、光纤通信、网络通信，这些通信方式是从不同的视角进行分类的：微波通信按加载信号的电磁波的波长来分类；卫星通信、光纤通信按传播介质或设备来分类，网络通信按通信者之间的联络关系来分类。网络通信也可以采用光纤通信方式，微波通信也可以通过卫星传播，这些分类是可以重叠的。请你把以上通信方式和你知道的其他通信方式，设计一个通信方式分类图，并在图中侧重说明以上四种方式的优点。

学到了什么

1. 电话是怎样传递声音信息的

固定电话可以通过电流传递声音信息。最简单的电话由话筒和听筒组成。为了完成通话，话筒和听筒之间要连上一对电话线。话筒把声音变成变化的电流，电流沿着导线把信息传到远方。在另一端，电流使听筒的膜片振动，携带信息的电流又变成了声音。

一个地区的电话都接到同一台交换机上，每部电话都编上号码。使用时，交换机把需要通话的两部电话接通，通话完毕再将线路断开。如果在一台交换机与另一台交换机之间连接上若干对电话线，这样，两个不同交换机的用户也就能互相通话了。

2. 电磁波的产生和传播

导线中电流的迅速变化会在空间激起电磁波。广播电台、电视台以及移动电话靠复杂的电子线路来产生迅速变化的电流。电磁波可以在真空中传播。

电磁波在真空中的传播速度是

$$c = 2.997\,924\,58 \times 10^8\ \text{m/s} \approx 3 \times 10^5\ \text{km/s}$$

微信公众号：电子课本大全

3. 无线电广播信号的发射和接收

话筒把播音员的声音信号转换成电信号，然后用调制器把音频电信号加载到高频电流上，再通过天线产生电磁波发射到空中。

收音机的天线接收到各种各样的电磁波。转动收音机调谐器的旋钮，可以从中选出特定频率的信号。收音机内的电子电路再把音频信号从中取出来，进行放大，送到扬声器里。扬声器把音频电信号转换成声音，我们就听到广播电台的节目了。

4. 电磁波可以传递各种信息

广播、电视、移动电话都是利用电磁波来传递信息的。作为载体的电磁波，频率越高，相同时间内可以传输的信息就越多。从利用长波、中波、短波，逐渐到利用微波、光波来通信，所用的频率越来越高了。可以形象地说，信息之路越来越宽了。

微信公众号：电子课本大全

第二十二章 能源与可持续发展

历史上许多民族都将太阳作为顶礼膜拜的神明。如果没有太阳，地球就会处在黑暗和冰冷的长夜中，也不会孕育出任何生命。

实际上，宇宙中除了太阳还有无数的恒星，那些恒星离我们非常遥远，所以看起来没有太阳那么大、那么亮。太阳是离地球最近的一颗恒星。许多恒星比太阳还大。每颗恒星都在释放巨大的能量，它们每时每刻都在向外辐射着惊人的光和热。

太阳和其他恒星为什么会辐射如此巨大的能量？人类利用的能量都是由太阳提供的吗？人类使用的能量是无穷无尽的吗？让我们在本章中一起探索这些有趣的问题吧！

微信公众号：电子课本大全

第1节　能源

三峡水电站是世界上最大的水力发电站，它通过提高上游的水位增加水的势能，高水位的水向下流，使水轮机转动并带动发电机发电，从而向人们提供电能。

金属的冶炼、机器的运转、汽车和火车等交通工具的行驶都需要能量，生活中烧饭、取暖、照明等也需要能量。生产和生活中利用的这些能量，是通过不同的**能源**提供的。各种能源的广泛利用，极大地促进了人类文明的发展。

人类利用能源的历程

自从原始人发现使用火的方法以后，能源就成为人类文明跃进的重要物质基础。让我们沿着这个进步历程来认识各种各样的能源。

钻木取火在人类利用能量的历史上非常重要。



图22.1-1　钻木取火——人类最早的“技术革命”

微信公众号：电子课本大全

从利用自然火到利用人工火的转变，结束了远古人类茹毛饮血的时代，开启了以柴薪作为主要能源的时代。相对于当时的人口和当时的生产力，柴薪是一种数量巨大、能够方便获取的能源。人类以柴薪为主要能源的时代，持续了近一万年。现在，柴薪仍是某些地区的重要生活能源。

蒸汽机的发明是人类利用能量的新里程碑。人类从此逐步以机械动力代替人力和畜力，人类的主要能源由柴薪转向煤。



图22.1-2　蒸汽机的利用——人类进入工业化社会

我们今天使用的煤、石油、天然气，是千百万年前埋在地下的动、植物经过漫长的地质年代形成的，所以称为**化石能源**。像化石能源这样可以直接从自然界获得的能源，我们称为**一次能源**。风能、水能、太阳能、地热能以及核能等均属于一次能源。

电能不属于一次能源，它通常是由其他形式的能转化而来的，最终还要转化为光能、内能、动能等其他形式的能，才能为人类所用。那么，为什么很多地方要使用电能，而不直接使用一次能源呢？这是因为电能便于输送和转化。现代社会离不开的各种各样的用电器，是将电能转化为其他各种形式能量的转化器。由于电能无法从自然界直接获取，必须通过消耗一次能源才能得到，所以称电能这样的能源为**二次能源**。





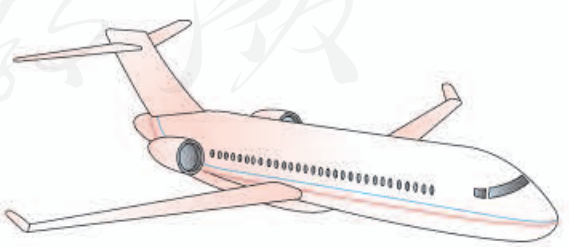


图22.1-3　化石能源是当今世界的主要能源



图22.1-4　电能便于输送和转化

微信公众号：电子课本大全

21 世纪的能源趋势

由于世界人口的急剧增加和经济的不断发展，能源的消耗持续增长。特别是近几十年来，能源消耗增长速度明显加快。如果把全世界的能源消耗量折合成热值为 2.93×10^7 J/kg 的标准煤来计算，1950 年为 26 亿吨，1987 年为 110 多亿吨，2003 年接近 140 亿吨，2007 年达到 160 亿吨（图 22.1-5）。

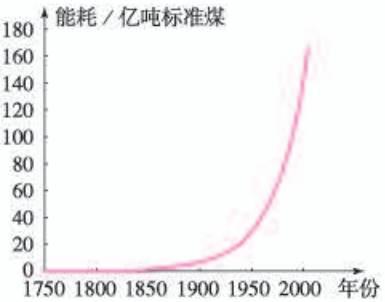
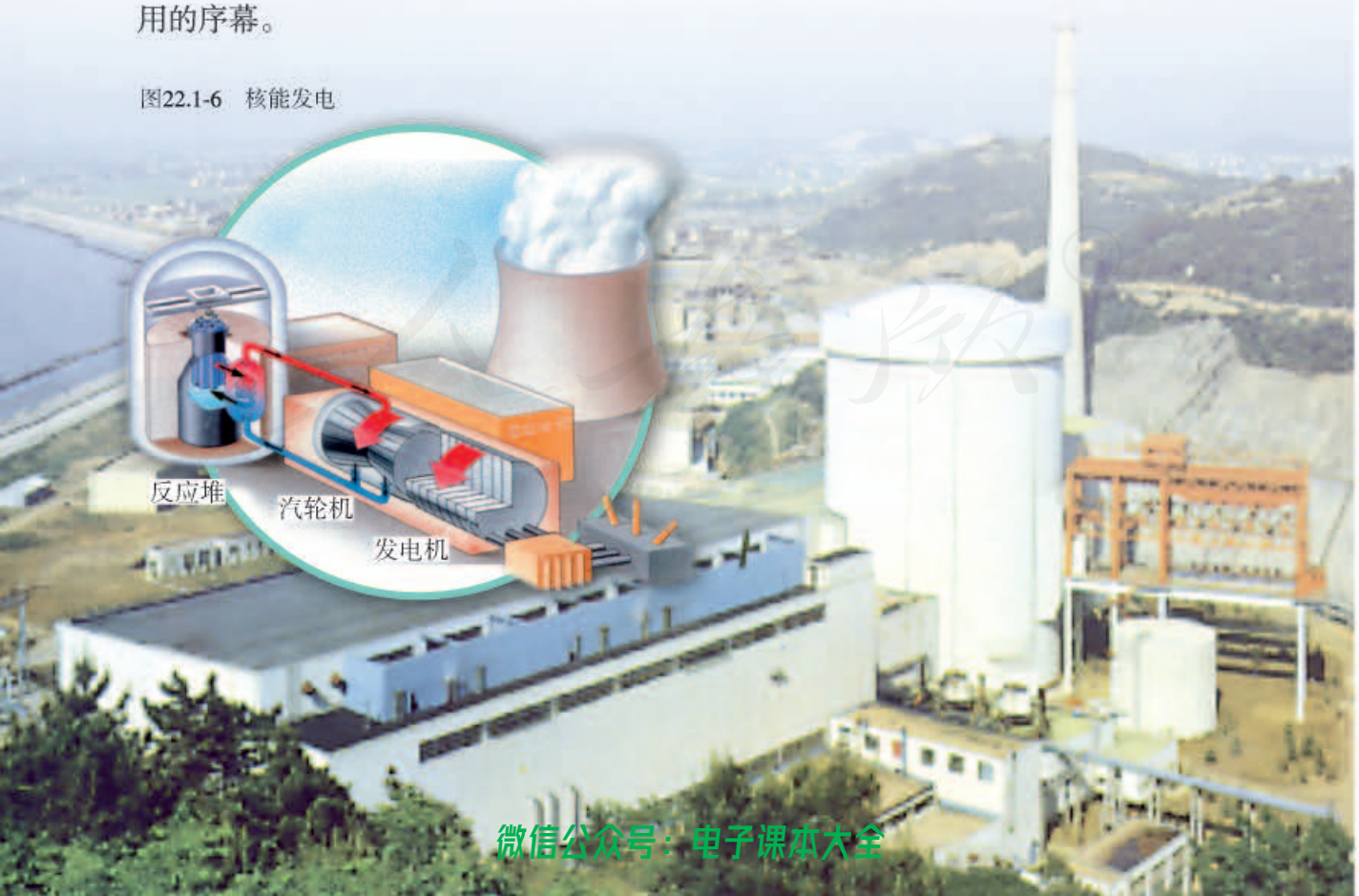


图22.1-5 两个多世纪以来，人类能源消耗急剧增长。

已探测的数据表明，目前作为人类主要能源的化石能源储量并不丰富，而且化石能源开发利用后不能再生，如果长期大规模开采，不久的将来会消耗殆尽，所以开发新能源、更好地利用已知能源，是全球范围内的重要课题。

在物理学的发展过程中，随着对机械能认识的不断深入，风能和水能逐渐得到了较为广泛的应用。而随着科学家对物质结构研究的不断深入，20 世纪 40 年代，科学家发明了可以控制核能释放的装置——核反应堆，拉开了以核能为代表的新能源利用的序幕。

图22.1-6 核能发电



微信公众号：电子课本大全

STS 科学·技术·社会

石油危机和能源科学

石油是世界上许多国家的主要能源。盛产石油的中东国家是发达国家主要的石油供应国。

1973年爆发了第四次中东战争，由此引发了西方国家第一次石油危机。1980年，中东两个石油大国伊朗和伊拉克之间爆发战争，两伊战争猛烈冲击世界石油市场，引发了第二次石油危机。在此之后，1990年由于伊拉克攻占科威特引发了第三次石油危机。

石油危机在全球范围内引起了人们对能源问题的思考。例如，以石油作为经济发展的支柱是否可靠？以化石燃料为主的能源结构还能支撑多久？由能源问题引发的能源科学的崛起，是人类进步的又一表现。它不仅研究能源的开发、利用和保护，而且还研究涉及生态环境、人口控制、社会经济可持续发展等一系列重大问题。

动手动脑学物理

1. 以下列出了各种形式的能源：柴薪、煤、石油、天然气，风能、水能、电能、太阳能、地热能。在这些能源中哪些是化石能源？哪些是一次能源？哪些是二次能源？请填在以下表格中。

一次能源	
二次能源	
化石能源	

2. 蒸汽机的发明对人类利用能源有什么意义？电能的广泛使用对人类利用能源有什么意义？

3. 根据你的了解，说出你家庭近几十年能源使用的变化。要求说明能源形式的变迁情况和人均能源消耗数量的变化情况。

微信公众号：电子课本大全

第2节　核能

核能

我们知道，分子是由原子构成的，原子的中心是原子核，原子核周围有一定数目的电子在核外运动。

进一步的研究表明，原子核还有如图22.2-1所示的更精细的内部结构：原子核由质子和中子组成，质子带正电荷，其电荷量跟电子电荷量相等，中子不带电；质子的质量大约是电子的1 836倍，中子和质子的质量几乎相同。质子和中子构成非常小的原子核，就像几颗豆粒挤在原子这个大广场的中央。

质子、中子依靠强大的核力紧密地结合在一起，因此原子核十分牢固，要使它们分裂或结合是极其困难的。但是，一旦质量较大的原子核发生分裂或者质量较小的原子核相互结合，就有可能释放出惊人的能量，这就是**核能**（nuclear energy）。

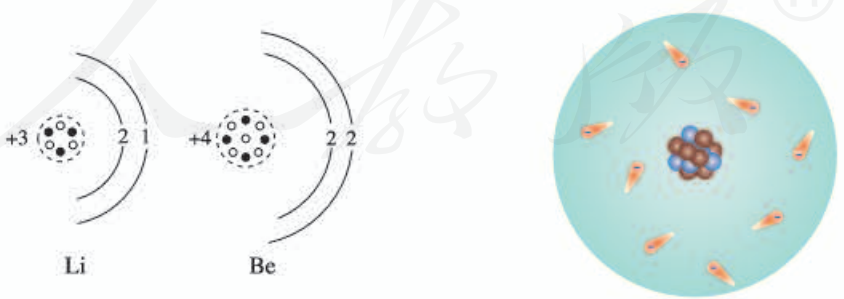


图 22.2-1　原子核由质子和中子组成，周围有电子

微信公众号：电子课本大全

裂变

1934年至1938年，科学家曾先后用中子轰击质量比较大的铀235原子核，使其发生**裂变**，变成两个质量中等大小的原子核，同时释放出巨大的能量。1 kg铀全部裂变，释放的能量超过2 000 t煤完全燃烧时释放的能量。

用中子轰击铀核，铀核才能发生裂变，放出能量。这就好比用火柴点燃木材，木材才能燃烧。假如外界的中子停止轰击，裂变也就停止了。那么，怎样才能使裂变继续下去呢?

想想议议

将火柴搭成图22.2-2所示的结构，想像你在点燃第一根火柴后，会发生什么情况。

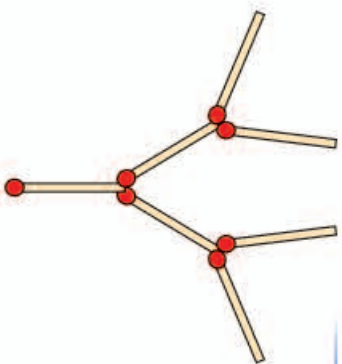


图22.2-2　用火柴模拟链式反应

用中子轰击铀235原子核，铀核分裂时释放出核能，同时还会产生几个新的中子，这些中子又会轰击其他铀核……于是就导致一系列铀核持续裂变，并释放出大量核能（图22.2-3）。这就是裂变中的**链式反应**。

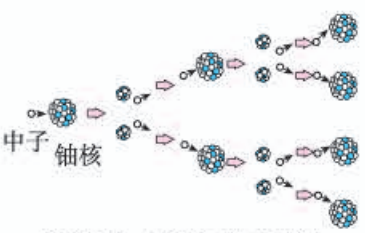


图22.2-3　链式反应示意图

核电站利用核能发电，它的核心设备是反应堆（图22.2-4）。核电站利用反应堆产生的内能，通过汽轮机做功，带动发电机发电。1942年人类利用核反应堆第一次实现了可控制的铀核裂变。当时的核反应堆的功率非常小，大约需要260座这样的反应堆才能点亮一只40 W的灯泡。然而，这是人类利用核能的关键一步。目前，全世界已经建成了几百座核电站，核能发电是重要的电力来源之一。随着我国具有完全自主知识产权的第三代百万千瓦级核电技术电站——华龙一号的建设，我国的核能发电技术已居

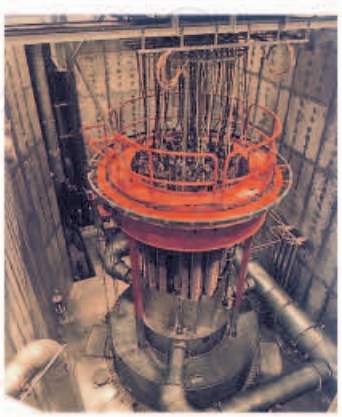


图22.2-4　核电站中的反应堆

微信公众号：电子课本大全

于世界领先地位。

核反应堆中发生的链式反应，是可以控制的。链式反应如果不加控制，大量原子核就会在一瞬间发生裂变，释放出极大的能量。原子弹爆炸时发生的链式反应，是不加控制的。在人类实现可控核裂变大约3年后，即1945年，利用不加控制的核裂变制造的毁灭性武器——原子弹爆炸了。

聚变

如果将某些质量很小的原子核，例如氘核（由一个质子和一个中子构成）与氚核（由一个质子和两个中子构成），在超高温下结合成新的原子核——氦核，也会释放出巨大的核能（图22.2-5），这就是**聚变**，有时把聚变也称为热核反应。

氘核、氚核都属于氢核的一种。大量氢核的聚变，可以在瞬间释放出惊人的能量。氢弹利用的就是聚变在瞬间释放的能量。

如何实现可控聚变，如何利用可控聚变释放的核能，科学家正在积极地探索着。海水中蕴藏着丰富的、可以实现聚变的氘核。科学家预言，通过可控聚变来利用核能，有望彻底解决人类能源问题。

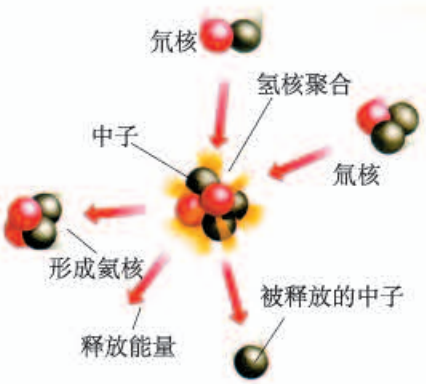


图22.2-5 氘核、氚核在超高温下聚合成氦核，释放出核能。

STS 科学·技术·社会

核电站和核废料处理

核反应堆是通过可控裂变反应释放核能的设备。反应堆内的铀核发生裂变时，会


图22.2-6 2011年3月，日本近海发生大地震，受地震影响，日本福岛第一核电站发生爆炸，造成核泄漏。

微信公众号：电子课本大全

释放能量，也会产生射线。如果射线泄漏到反应堆外面，会对人和其他生物造成伤害，所以核反应堆都封闭在一个厚厚的钢筋混凝土壳中。

核电站一旦发生核泄漏事故，就可能产生严重的危害（图22.2-6），所以核电站的安全性应得到高度重视。为此，科学家们制订了严格的安全措施和安全标准。

核电站使用过的核燃料称为核废料。由于核废料仍然具有放射性，一般深埋在人烟稀少的地方。某些发达国家将核废料运送到其他国家去埋放，引起了环境保护者的广泛抗议。

核电站给水力资源、化石能源缺乏的地区提供了一种好的选择，也给人类解决能源危机带来希望。在化石能源日趋珍贵之时，适度发展核电是人类的一种选择。

动手动脑学物理

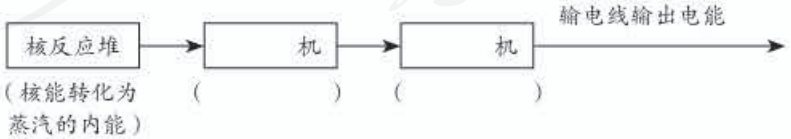
1. 原子、原子核、电子、中子、质子，它们之间有什么关系？哪些是不带电的？哪些是带电的？带的是哪种电？

2. 原子和原子核的尺寸究竟有多大？研究表明，若把它们都看成一个球体，原子半径的数量级为10^{-10} m，原子核半径的数量级为10^{-15} m。打个比方，如果原子的大小跟北京奥运会“鸟巢”体育场一样大，那么原子核该有多大？是相当于篮球、垒球、乒乓球？或者是蚕豆、还是绿豆？

3. 核反应堆和原子弹都是释放核能的装置，它们释放核能的过程有什么相同？有什么不同？

4. 什么是原子核的聚变？人类关于核聚变的应用已经取得的成就是什么？还有什么问题急需解决？

5. 以下是核电站工作情况的方框图，请在空白的方框内填写装置的种类，并在下面的括弧内填写这种装置中发生了怎样的能量转化。



微信公众号：电子课本大全

第3节　太阳能

太阳——巨大的“核能火炉”

太阳距地球1.5亿千米，它的直径大约是地球的110倍，体积是地球的130万倍，质量是地球的33万倍，核心的温度高达1 500万摄氏度（图22.3-1）。在太阳内部，氢原子核在超高温下发生聚变，释放出巨大的核能。因此可以讲，太阳核心每时每刻都在发生氢弹爆炸，比原子弹爆炸的威力更大。

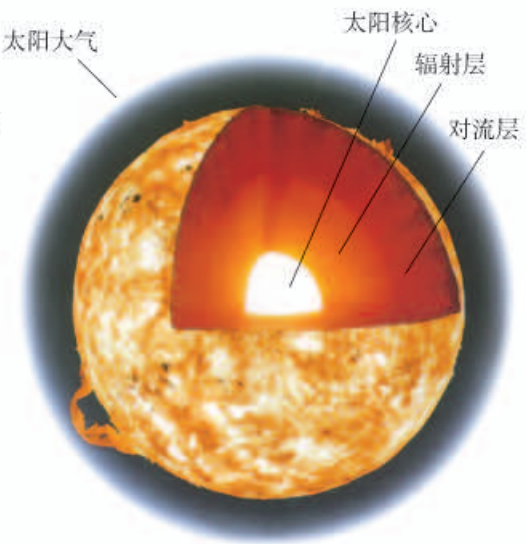


图22.3-1 太阳的结构（示意图）

太阳核心释放的能量向外扩散，可以传送到太阳表面。太阳表面温度约6 000 ℃，就像一个高温气体组成的海洋。大部分太阳能以热和光的形式向四周辐射开去。太阳这个巨大的“核能火炉”已经“燃烧”了近50亿年。目前，它正处于壮年，要再过50亿年才会燃尽自己的核燃料。那时，它将膨胀为一个巨大的红色星体……

太阳是人类能源的宝库

太阳向外辐射的能量中，只有约20亿分之一传递到地球。太阳光已经照耀我们的地球近50亿年。地球在这50亿年中积累的太阳能是我们今天所用大部分能量的源泉。

以化石能源为例。煤、石油、天然气是地球给

微信公众号：电子课本大全

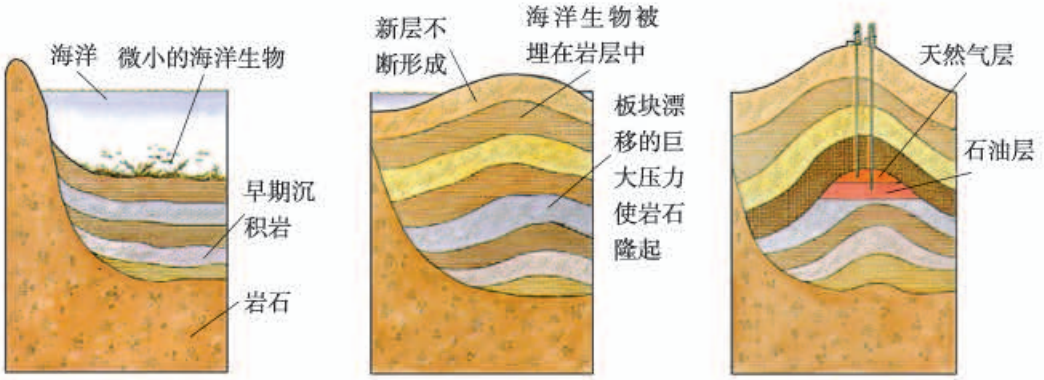


图22.3-2　石油、天然气的形成

人类提供的最主要的一次能源。远古时期陆地和海洋中的植物，通过光合作用，将太阳能转化为生物体的化学能。在它们死后，躯体埋在地下和海底，腐烂了。沧海桑田，经过几百万年的沉积、化学变化、地层的运动，在高压下渐渐变成了石油和煤（图22.3-2和图22.3-3）。在石油形成过程中还放出天然气。今天，我们开采化石燃料来获取能量，实际上是在开采上亿年前地球所接收的太阳能。

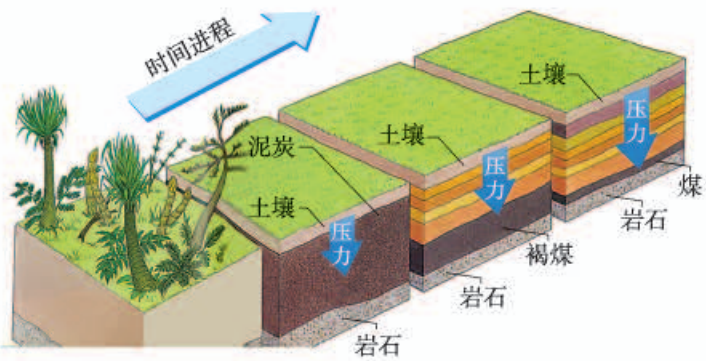


图22.3-3　煤的形成

想想议议

根据图22.3-4，说明太阳辐射到地球的能量的利用、转化和守恒的情况。



图22.3-4　地球上的能量是怎样转化和守恒的？

微信公众号：电子课本大全

太阳能的利用

人类除了间接利用存贮在化石燃料中的太阳能外，还设法直接利用太阳能。目前直接利用太阳能的方式主要有两种，一种是用集热器把水等物质加热（图22.3-5），另一种是用太阳能电池把太阳能转化成电能（图22.3-6）。



图22.3-5　楼顶上的太阳能集热器为住户提供热水



图22.3-6　太阳能凉帽。电池板把太阳能转化为扇叶的动能。

想想做做

自制太阳能集热器

1. 在一个黑色盘子和一个白色盘子中分别注入约1 cm深的冷水，用温度计测量初温。

2. 将玻璃板（或透明塑料纸）盖在盘子上，然后放在阳光下晒一个小时。

3. 移开盖板，用温度计测量水温。哪个盘中的水温高？

想一想，为什么要用黑色的盘子？为什么盘子上面要盖玻璃板？

平板式集热器的箱面是玻璃，内部有涂黑的吸热板，可以吸收太阳辐射并转化为内能，从而将集热器管道内的水流加热。

微信公众号：电子课本大全

太阳能电池可以将太阳能转化为电能，供我们使用。太阳能电池具有使用寿命较长、没有污染的优点，但是，它的转化效率较低，而且每个太阳能电池产生的电压较低。太阳能电池不仅用于照明、计算器、手表等耗电少、工作电压低的用电器，还广泛应用在航天、通信等领域。我国部分太阳能发电站已并入电网，成为电力供应的来源之一。



图22.3-7　试验中的太阳能汽车



图22.3-8　太阳能电池阵列

动手动脑学物理

1. 有人说，我们现在开采的煤、石油等化石能源，实际上都是来源于上亿年前太阳上的核能。请你说明这句话的道理。

2. 许多城市都在推广利用太阳能，城市交通指示灯及路灯照明系统已大量使用太阳能。白天，太阳能转化为电能，除供正常使用外，将多余的能量储存在蓄电池内，夜晚供交通指示灯及照明灯发光。请完成下面的方框图，反映这个过程中能量发生转化的情况。



3. 人类利用太阳能的实质，是将太阳能转化为其他形式的能量。太阳能转化为其他形式能量的方式有三种：一是光热转换，例如用太阳能集热器把水加热；二是光化转换，把太阳能转化为化学能；三是光电转换，把太阳能转化为电能。图22.3-9画出了这三种转化的方框图。其中椭圆表示转化的装置或物体，菱形表示由太阳能所转化的另一种能量形式。请在图中的三个空白处填入相关的文字。

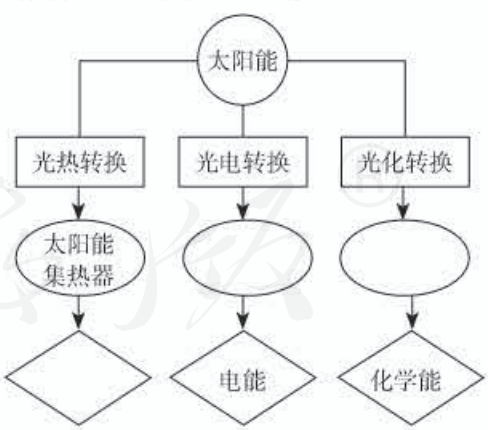


图22.3-9

4. 太阳能电池作为一种新能源产品，具有宽广的前景，它有哪些优点？它目前适用于哪些地方？

微信公众号：电子课本大全

第4节　能源与可持续发展

能量转移和能量转化的方向性

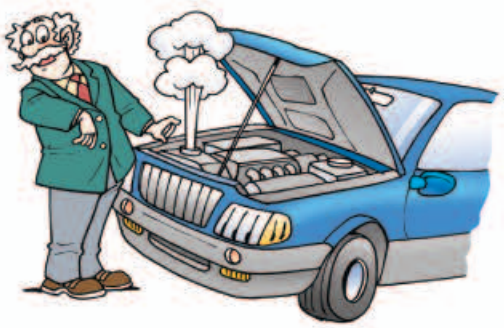


图22.4-1　汽车散失的热不能收集起来

既然能量是守恒的，为什么我们还常说要节约能源呢？

我们知道，在热传递的过程中，热量只能自发地从高温物体转移到低温物体，不能相反。如果要使热量从低温物体流向高温物体，就需要消耗其他形式的能量，例如电冰箱就需要消耗电能。

同样，汽车制动时，由于摩擦，动能转化成了轮胎、地面和空气的内能，这些消耗的能量不能再自动地用来驱动汽车（图22.4-1）。

可见，涉及热现象的能量转化过程是有方向性、不可逆的，消耗掉的内能不能被收集起来再利用。实际上，能量的转化、能量的转移，都是有方向性的，人们是在能量的转化或转移的过程中利用能量的。有些能量可以利用，有些则不能。能源的利用是有条件的，我们所能利用的能源是有限的，所以需要节约能源。

能源消耗对环境的影响



22.4-2　汽车尾气

人类在耗用各种能源时，不可避免地会对环境造成影响。例如，化石能源产生了大量的内能，其中相当一部分没有被利用，从而造成了热污染。汽车尾气（图22.4-2）就是造成城市热岛效应的罪魁祸首之一。不仅如此，由于现代生活中化石能源的

微信公众号：电子课本大全

广泛使用，燃料的燃烧产生了大量的二氧化碳，也大大加剧了地球的温室效应。

除了二氧化碳以外，作为热机燃料的煤、石油、天然气等燃料往往含有杂质，致使燃烧生成的气体中含有二氧化硫等有害物质。燃烧时的高温还会促使氮氧化物的生成，燃料的不完全燃烧能产生粉尘和一氧化碳。产生的酸性气体最终会形成酸雨，可致水、土壤酸化，对植物、建筑物、金属构件造成危害（图22.4-3）。全世界因使用煤、石油等燃料，每年排入大气的有害物质达几亿吨之多。这些烟尘废气排放到大气，污染了大气（图22.4-4）。



图22.4-3　被酸雨严重腐蚀的汉白玉石柱



图22.4-4　一座1.0×10^7 kW的燃煤电厂，每年燃煤约3.5×10^6 t，向大气排放二氧化碳、二氧化硫、微尘及其他致病的有害物质可达1.09×10^6 t。

想想议议

在耗用各种能源时，对环境是否会造成破坏呢？在下表中，用“√”表示大量耗用该类能源对环境会有明显破坏，用“×”表示对环境不会造成明显破坏。

能源种类 / 产生的环境问题	石油和天然气	煤	水力发电	核能	柴薪
空气污染					
废物					
有害辐射					
水土流失和沙漠化（破坏生态平衡）					

微信公众号：电子课本大全

保护环境，控制和消除大气污染，已经成为当前世界需要解决的重要课题。我们既要有效地利用能源，又要很好地控制和消除污染。总之，人类不应当无限制地向大自然索取，我们必须在提升物质文明的同时，保持与自然、环境的和谐与平衡。

能源与可持续发展

能源的利用要考虑可持续发展，既要满足当代人的需要，又要考虑后人的需求。一方面，应该提高能源的利用率，减少在能源使用中对环境的破坏；另一方面，则需要发展新的理想能源。化石能源、核能等能源会越用越少，不能在短期内从自然界得到补充，这类能源称为**不可再生能源**。由于全世界能源的消耗逐年上涨，这些不可再生能源会在不太长的时间内消耗殆尽。

未来的理想能源要能够大规模替代石油、煤炭和天然气等化石能源，首先必须足够丰富，可以保证长期使用。像风能、水能、太阳能等可以在自然界里源源不断地得到，所以我们把它们称为**可再生能源**。可再生能源是未来理想能源的一个重要发展方向。

除此之外，未来的理想能源还必须满足以下几个条件：必须足够便宜，可以保证多数人用得起；相关的技术必须成熟，可以保证大规模使用；必须足够安全、清洁，可以保证不会严重影响环境。秉承可持续发展的思想，开发和探索各种新能源是人类未来进一步发展所要解决的重要课题。

想想议议

你认为风能、太阳能、核能以及你所想到的可能的能源，哪些有可能成为未来的理想能源，为什么？

微信公众号：电子课本大全

动手动脑学物理

1. 能源的使用，不过是一种形式的能转化为另一种形式的能而已，自然界的能量是守恒的，它既不能创生，也不会消灭。既然如此，那为什么还要节约能源呢？

2. 能源家族中，有木柴、煤炭、石油、天然气、水能、风能、太阳能、核能等，哪些属于不可再生能源？哪些属于可再生能源？

3. 小玲有个困惑的问题：电能是可再生能源还是不可再生能源？她查了好几本书也没查到？请你告诉她怎么看待这个问题。

4. 我们经常听说“节能减排”，什么是“减排”？为什么要“减排”？“减排”为什么是和“节能”连在一起的？

5. 我国幅员辽阔，各地的自然条件有很大差异，这是发展各有特点的可再生能源的有利条件。请你列举三种不同的可再生能源例子，说明我国在哪个地方有利于发展（或已经发展了）哪种可再生能源。

学到了什么

1. 能源

煤、石油、天然气是埋在地下的动、植物经过漫长的地质年代形成的，叫做化石能源。化石能源以及风能、水能、太阳能、地热能以及核能可以直接从自然界获取，叫做一次能源；电能需通过消耗一次能源才能得到，叫做二次能源。

2. 核能

获得核能有两种途径：裂变、聚变。核电站是利用裂变的链式反应发电的。

3. 太阳能

太阳是人类能源的宝库，人们直接利用太阳能的方式主要是用集热器把水等物质加热、用太阳能电池把太阳能转化成电能。

4. 能源与可持续发展

能源的使用应综合考虑能量的转化和转移的方向性、能源消耗对环境的影响、化石能源和核能等不可再生能源的储量等因素。以风能、水能、太阳能等为代表的可再生能源是未来理想能源的一个重要发展方向。

微信公众号：电子课本大全

索引

（名词后面的数字是该名词中、英文第一次出现的页码）

A
安培定则 127

B
北极 120
比热容 12
并联 41
波长 151
波速 151

C
串联 41
磁场 120
磁感线 121
磁化 120
磁极 120

D
导体 35
电池 36
电磁波 150
电磁感应 139
电磁铁 129
电功 90
电功率 91
电荷 32
电话 145
电流 37，45
电路 38
电能 87
电压 56
电源 38
电子 33
电阻 63

E
额定电压 94
额定功率 94

F
分子 2
负电荷 33

G
感应电流 139

H
核能 170

J
焦耳定律 100
绝缘体 35

K
扩散 3

N
南极 120
内能 7
能量守恒定律 28

O
欧姆定律 78

R
热机 18
热量 8
热运动 4

Y
原子 2

Z
正电荷 33

微信公众号：电子课本大全

后　记

本册教科书是人民教育出版社课程教材研究所物理课程教材研究开发中心依据教育部《义务教育物理课程标准》（2011年版）编写的，经国家基础教育课程教材专家工作委员会2013年审查通过。

本册教科书集中反映了基础教育教科书研究与实验的成果，凝聚了参与课改实验的教育专家、学科专家、教研人员以及一线教师的集体智慧。我们感谢所有对教科书的编写、出版提供过帮助与支持的同仁和社会各界朋友，以及整体设计艺术指导吕敬人等。

本册教科书出版之前，我们通过多种渠道与教科书选用作品（包括照片、画作）的作者进行了联系，得到了他们的大力支持。对此，我们表示衷心的感谢！但仍有部分作者未能取得联系，恳请入选作品的作者与我们联系，以便支付稿酬。

我们真诚地希望广大教师、学生及家长在使用本册教科书的过程中提出宝贵意见，并将这些意见和建议及时反馈给我们。让我们携起手来，共同完成义务教育教材建设工作！

联系方式

电　　话：010-58758382

电子邮箱：pengz@pep.com.cn

人民教育出版社 课程教材研究所

物理课程教材研究开发中心

2013年5月

微信公众号：电子课本大全