

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

人教版®

人民教育出版社

· 北京 ·

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 编著

物理课程教材研究开发中心

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：×××-××××××××

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



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



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

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？



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）。

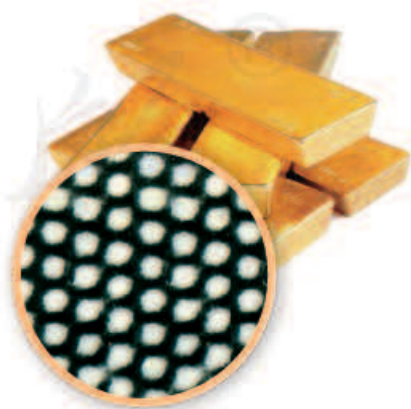


图 13.1-1 电子显微镜下的金原子

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？

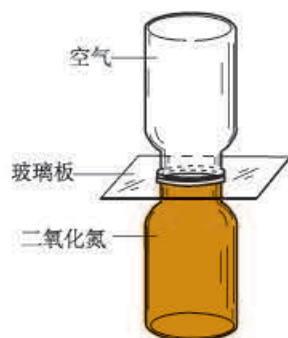
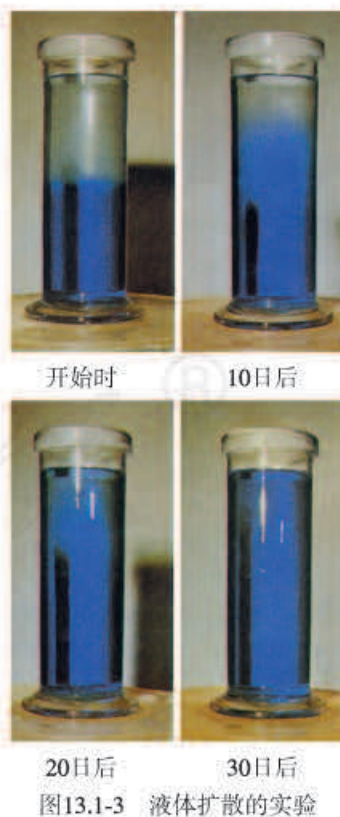


图 13.1-2 气体扩散的实验

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。



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。

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。

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？



图13.1-4 分子之间有引力

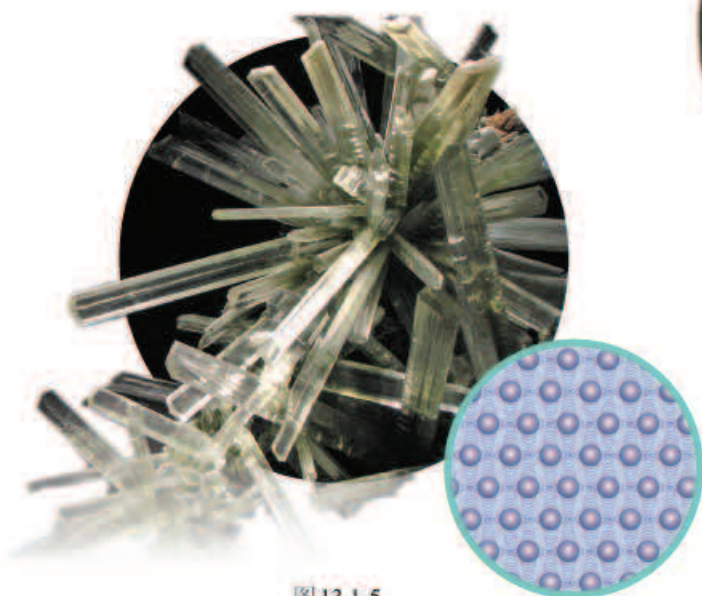


图 13.1-5

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）。



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。

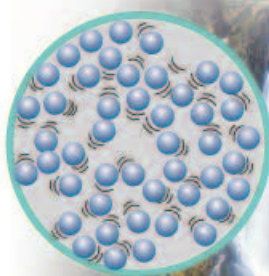


图 13.1-7



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。

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。



图 13.1-8 测力计的示数有变化吗？

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			

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。

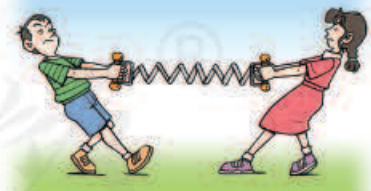


图13.2-2 弹簧形变时具有势能，互相吸引或排斥的分子也具有势能。



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。

物体内能的变化

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？



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？

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。



空气被压缩时内能增大



空气推动塞子时，内能减少。

图13.2-5 做功改变物体的内能



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。

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。)

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。

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

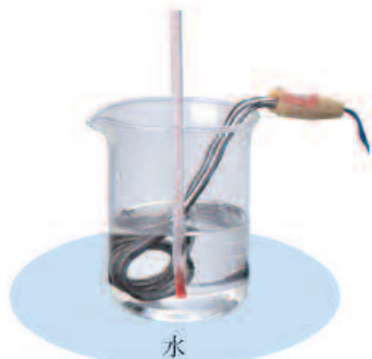


图 13.3-1



图 13.3-2

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 $\text{J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$ 。

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 $c/[\text{J} \cdot (\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})^{-1}]$	物质	比热容 $c/[\text{J} \cdot (\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})^{-1}]$
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

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

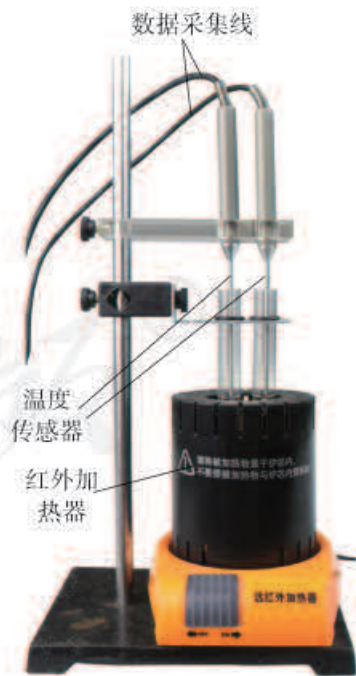


图 13.3-4 比热容实验装置

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 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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 $0.88 \times 10^3 \text{ J}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$ ，这表示质量是 1 kg 的铝块温度升高 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时吸收的热量是 $0.88 \times 10^3 \text{ J}$ 。计算：把质量为 2 kg 、温度为 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的铝块加热到 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，铝块吸收的热量是多少？

如果以 $Q_{\text{吸}}$ 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： $Q_{\text{吸}} = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

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

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 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 升高到 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时, 吸收的热量是 $1.88 \times 10^4\text{ J}$, 该物质的比热容是多少?

5. 有一根烧红的铁钉, 温度是 $800\text{ }^{\circ}\text{C}$, 质量是 1.5 g 。它的温度降低到 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, 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 $Q_{\text{吸}} = cm(t - t_0)$, $Q_{\text{放}} = cm(t_0 - t)$ 。

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。



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。

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。

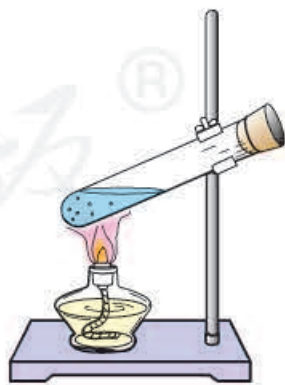


图 14.1-1

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。

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。

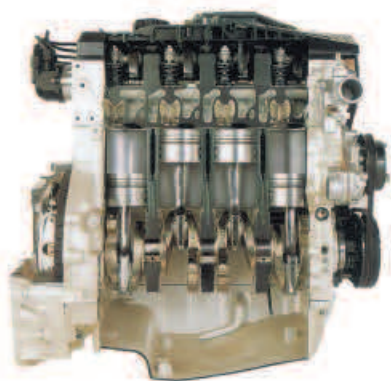


图14.1-2 一种内燃机剖面图

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。

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。

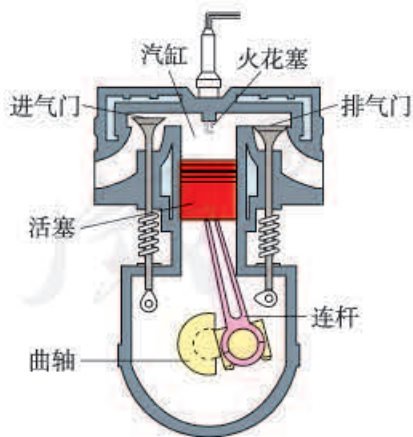
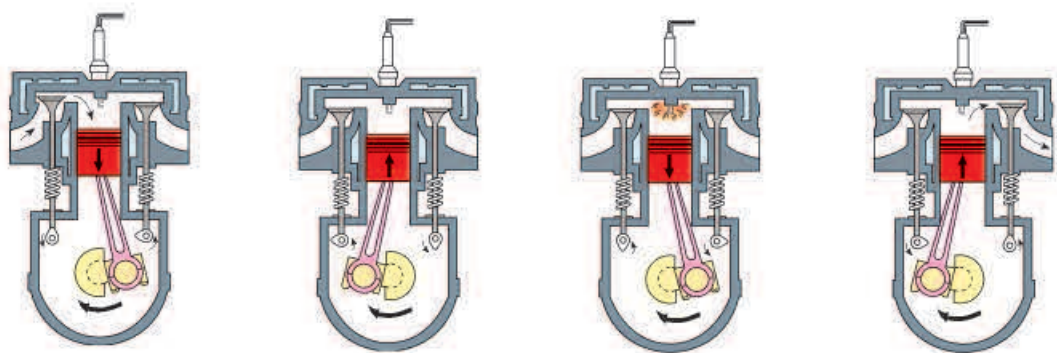


图14.1-3 四冲程汽油机的剖面图



1 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。

2 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。

3 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。

4 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

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



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。

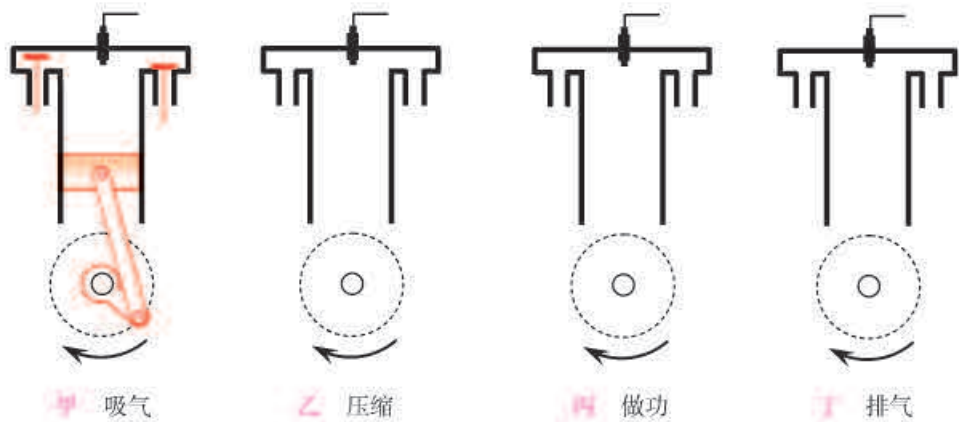


图14.1-6 画出各冲程中活塞、曲轴的位置以及阀门的开闭情况

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?

人教版®

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

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 $3.9 \times 10^7 \text{ J/m}^3$,所以 2 m^3 的煤气完全燃烧放出的热量约为

$$3.9 \times 10^7 \text{ J} \cdot \text{m}^{-3} \times 2 \text{ m}^3 = 7.8 \times 10^7 \text{ J}$$

小资料



一些燃料的热值

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

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 。

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？

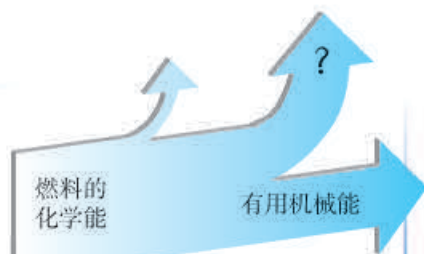


图 14.2-2 在内燃机中燃料释放的能量都到哪里去了？

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。

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。



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 $4.6 \times 10^7 \text{ J/kg}$ 。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。

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……

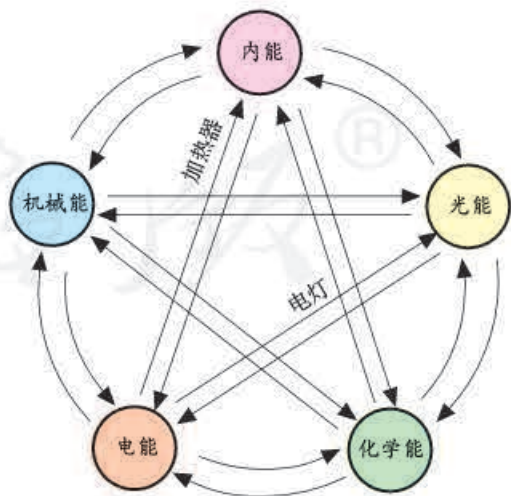


图14.3-1 不同形式的能量可以在一定条件下相互转化，图中给出了两个实例，你能做些补充吗？

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。

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？

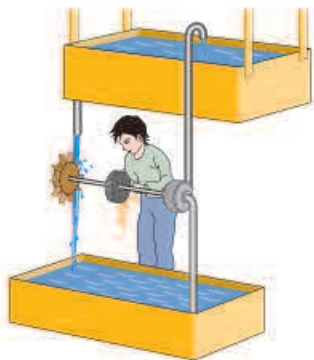


图 14.3-3 一种设想中的永动机



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

衣机便会自动停止注水。已知当时自来水的温度是 $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，热水器输出热水的温度为 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，注水前天然气表的示数是 $2\ 365.89\text{ m}^3$ ，注水后变为 $2\ 366.05\text{ m}^3$ ，天然气的热值为 $3.2\times 10^7\text{ J/m}^3$ 。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 $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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。

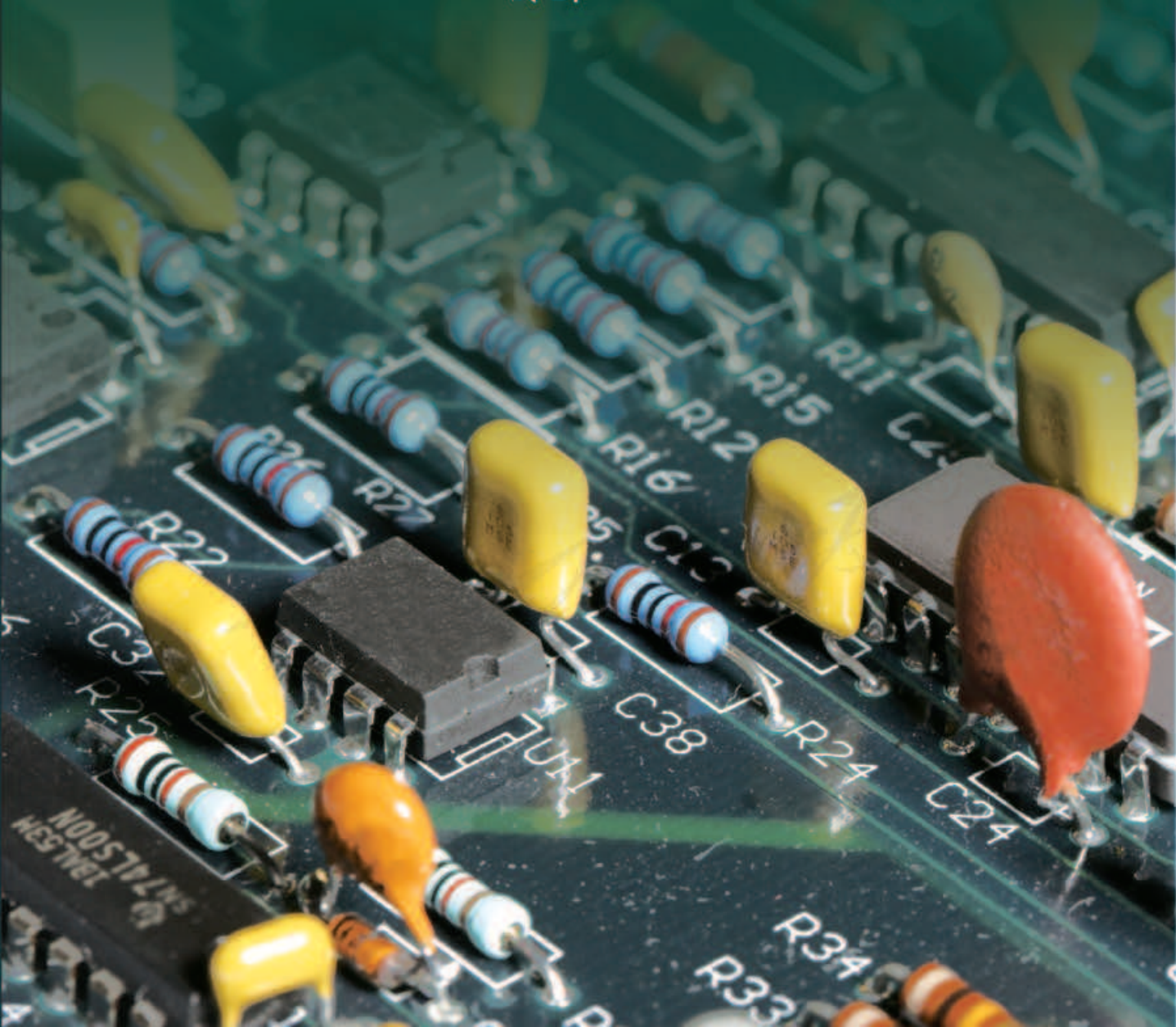
4. 能量守恒定律

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。

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！



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。

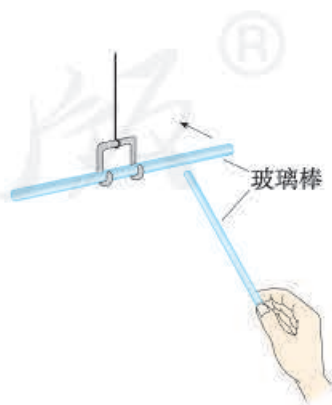


图15.1-1 电荷间的相互作用

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）。

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

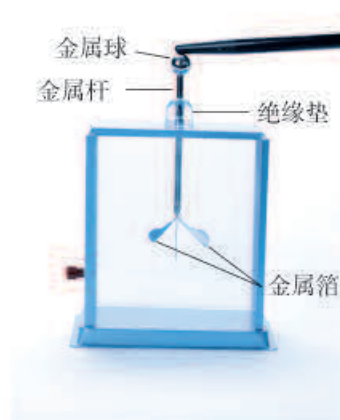


图15.1-2 验电器能显示物体是否带电

(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。

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?

实验现象是,用橡胶棒连接,验电器

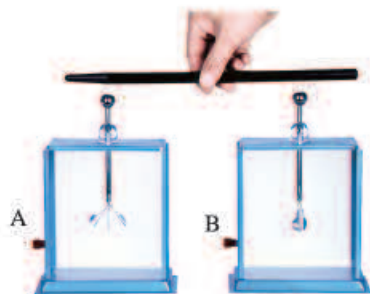


图15.1-4

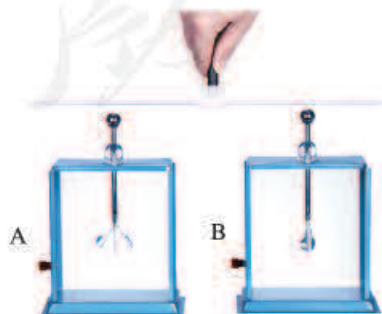


图15.1-5

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？

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。

⚡ 不能把电池的两端用导线直接连在一起！

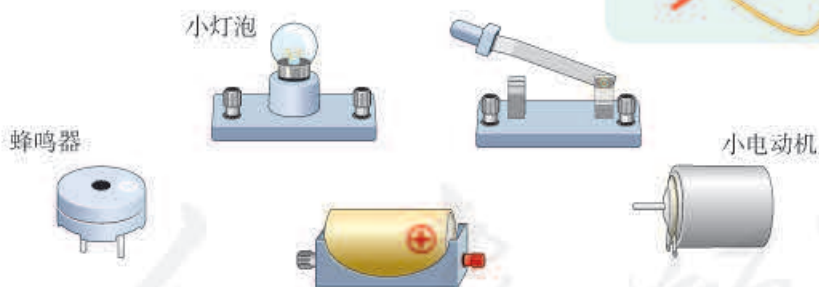


图 15.2-1

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。

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）。

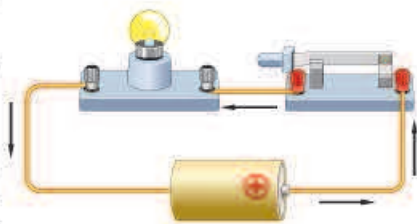


图15.2-2 电流的方向



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。

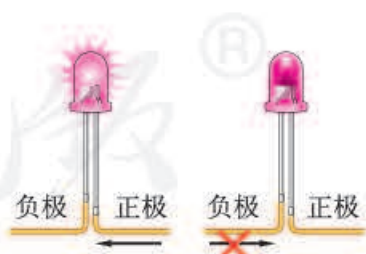


图15.2-3 发光二极管具有单向导电性

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)。

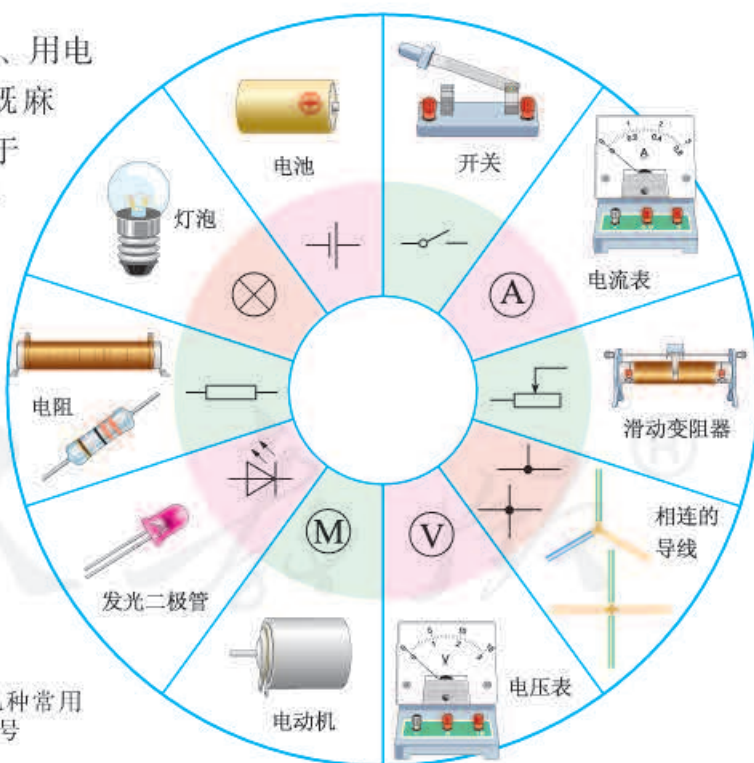


图 15.2-5 几种常用的元件及其符号

^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。

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)。

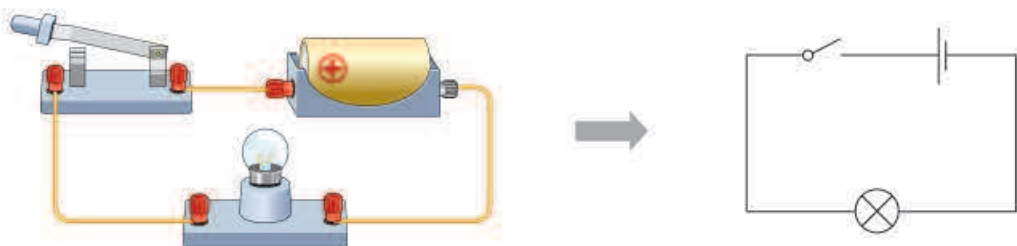


图15.2-6 电路和电路图

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。

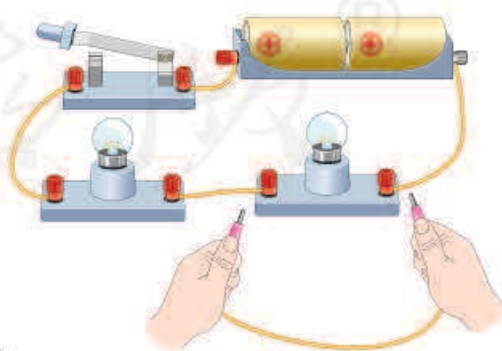
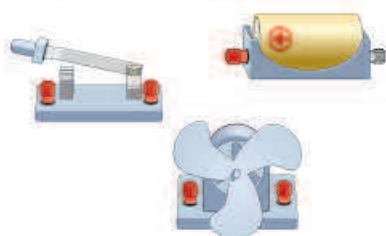
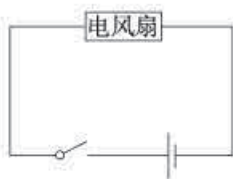


图 15.2-7 发光的小灯泡会熄灭吗?

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。



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。

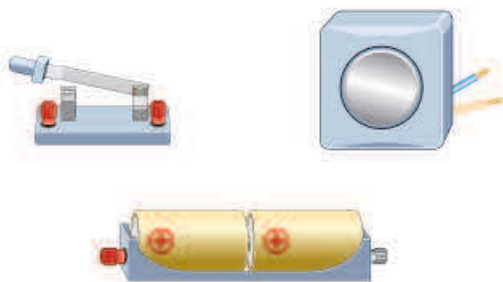


图 15.2-9 连接电子门铃



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。

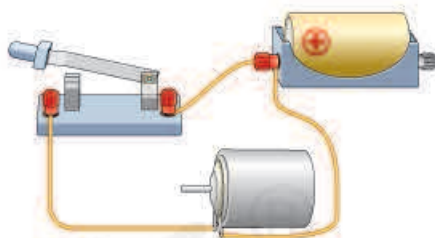


图 15.2-11 电动机能转吗？

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“×”。

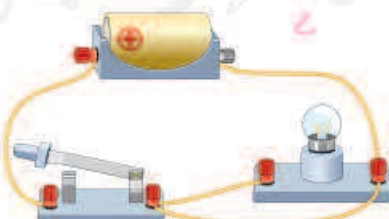
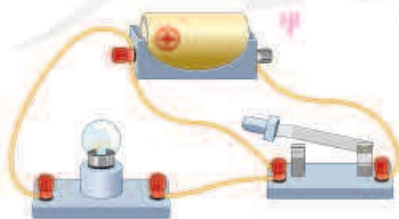


图 15.2-12 把短接的导线找出来

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。

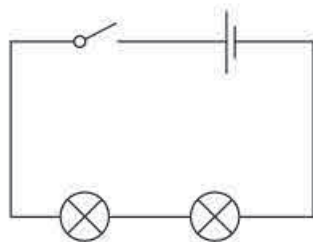
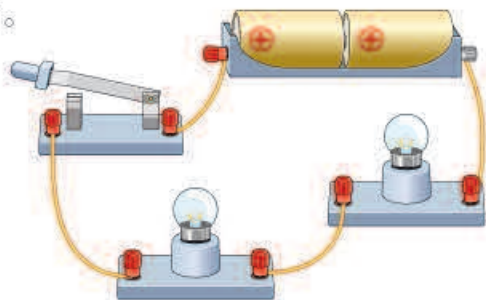


图15.3-1 两个小灯泡的串联

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。

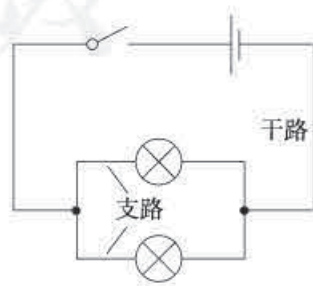
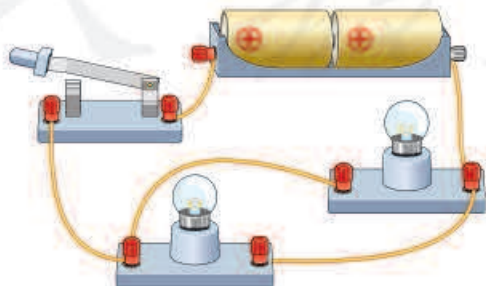


图15.3-2 两个小灯泡的并联

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。

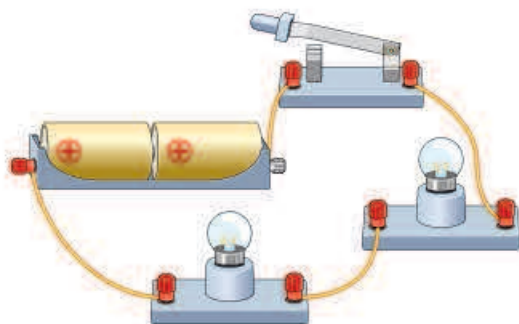


图15.3-3 开关位置会影响串联电路的控制吗？

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。

连接电路后，要先检查电路连接无误，然后方可闭合开关。

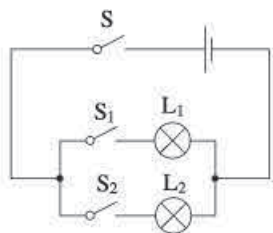


图15.3-4 干路、支路开关的控制作用一样吗？

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？

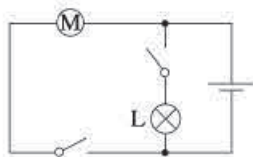


图15.3-5 玩具警车的电路图



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。

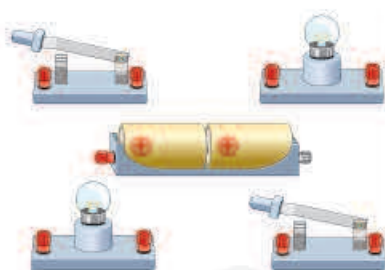


图15.3-6 怎样用两个开关分别控制两个灯泡

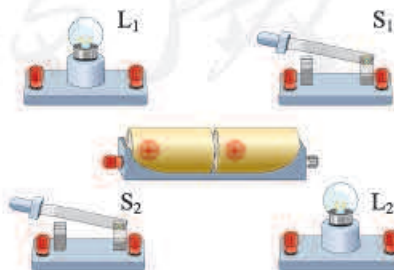
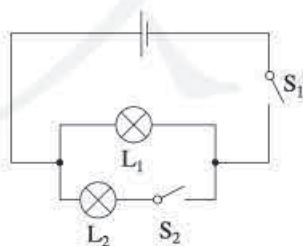


图15.3-7

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。

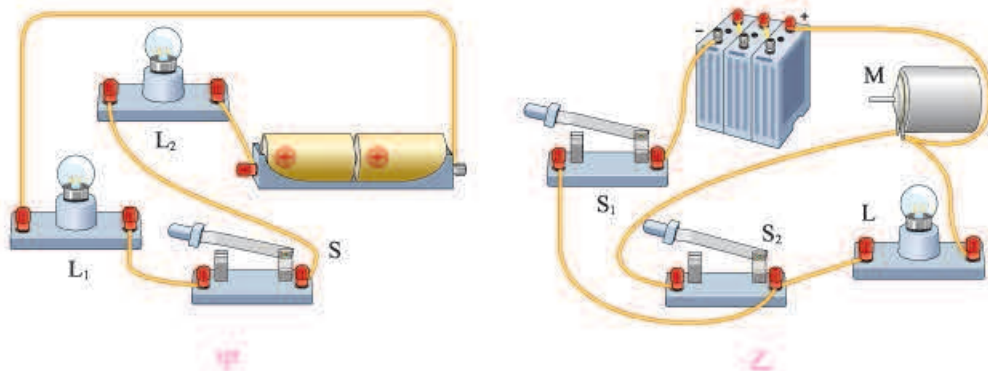


图15.3-8

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。

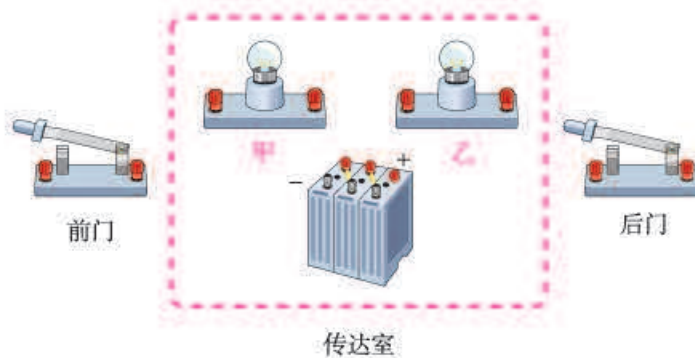


图15.3-9

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。

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

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

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

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 $100\text{ }\mu\text{A}$
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 $2\times 10^5\text{ A}$

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”

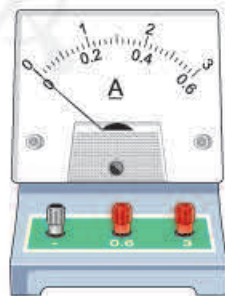


图15.4-1 电流表

的接线柱连入电路中时，表的量程为 $0\sim 3\text{A}$ ，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，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。

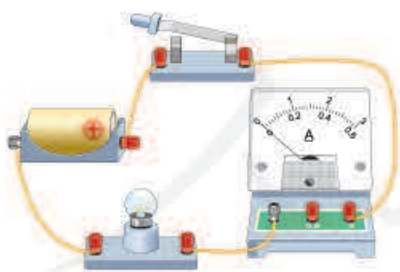


图15.4-2 电流表必须和被测的用电器串联

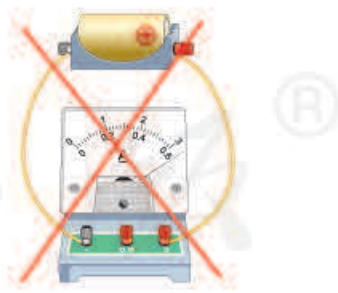


图15.4-3 不允许把电流表直接连到电源的两极！

2. 电流表的读数

第一，明确所选电流表的量程。例如， $0\sim 0.6\text{A}$ 或 $0\sim 3\text{A}$ 。

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 $0\sim 3\text{ A}$ ，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 $0\sim 0.6\text{ A}$ ，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。

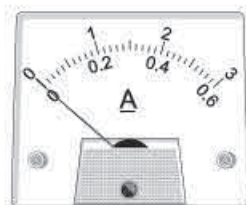


图15.4-4 选择量程 $0\sim 0.6\text{ A}$ 或 $0\sim 3\text{ A}$ ，分度值分别是多少安？

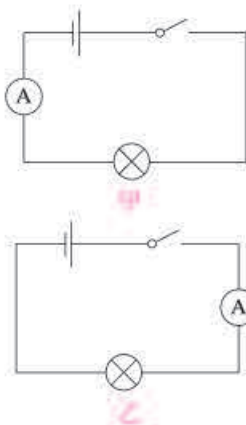


图15.4-5 用电流表测量电路中的电流



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。



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 $0.1 \sim 0.3\text{ A}$ ）。

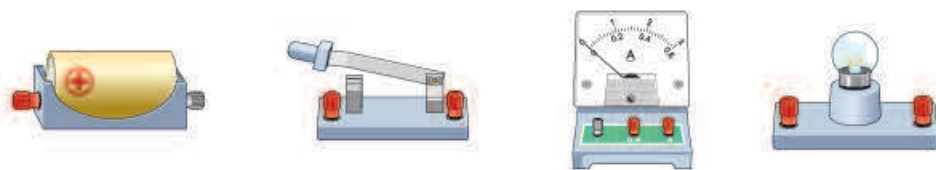


图 15.4-6

3. 图 15.4-7 中电流表的读数各是多少安？

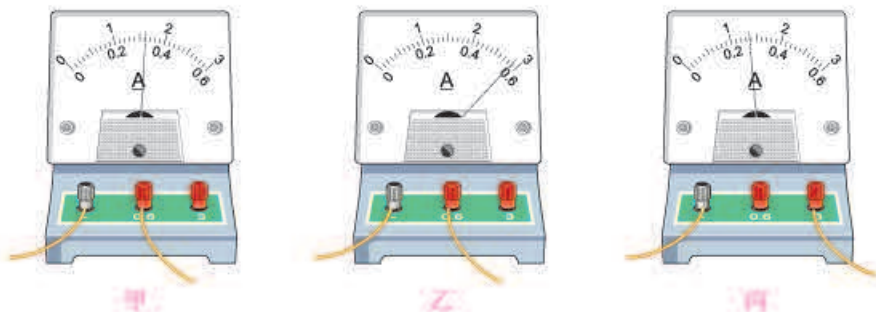


图 15.4-7

4. 在图 15.4-8 中，能直接测量通过灯 L_1 电流的电路是（ ）

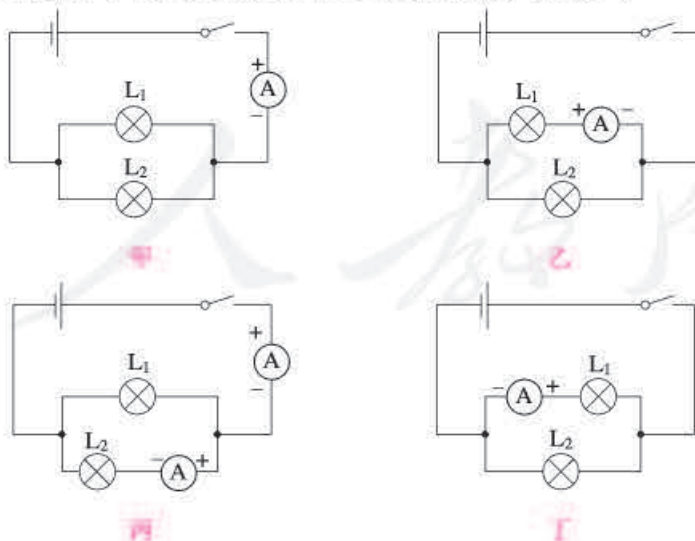


图 15.4-8

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。

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。

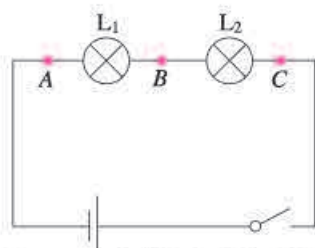
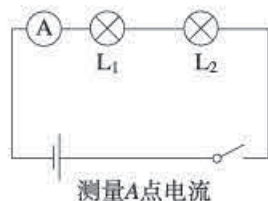
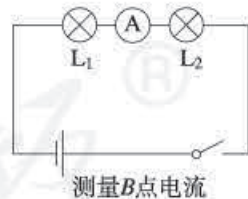


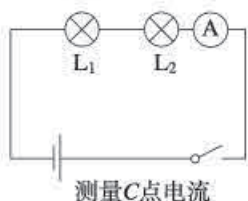
图 15.5-1 串联电路中各点的电流有什么关系?



测量A点电流



测量B点电流



测量C点电流

图 15.5-2 测串联电路各点电流的电路图

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，并把操作中出现的問題简明扼要地写下来。
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。

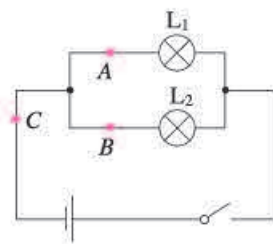


图 15.5-3 并联电路中的电流

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。

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？

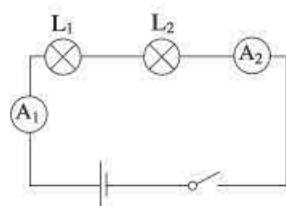


图 15.5-4

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？

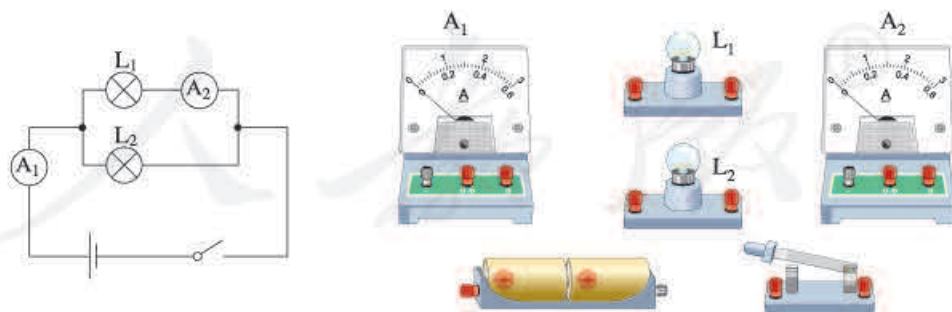


图 15.5-5

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。

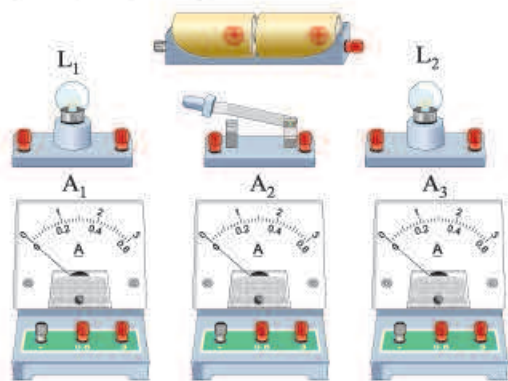


图 15.5-6

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。

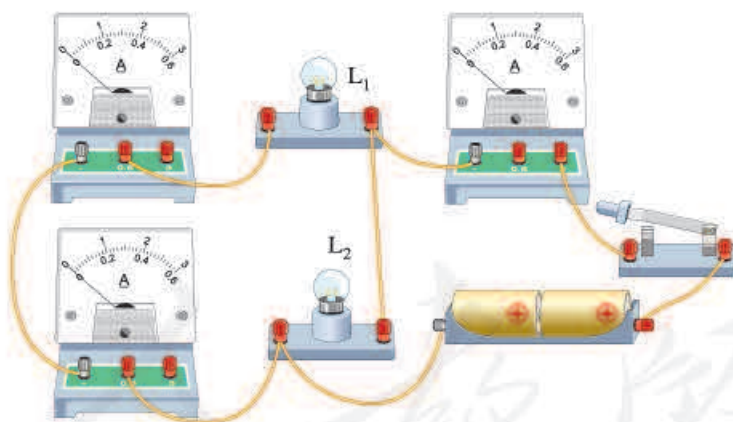


图 15.5-7



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。

人教版®

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！



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）。

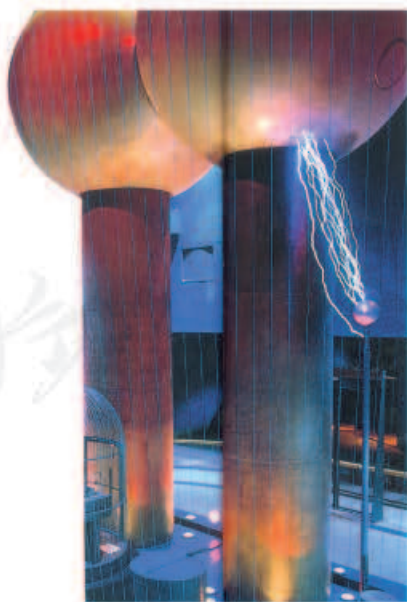


图 16.1-1 起电机的高压放电



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？

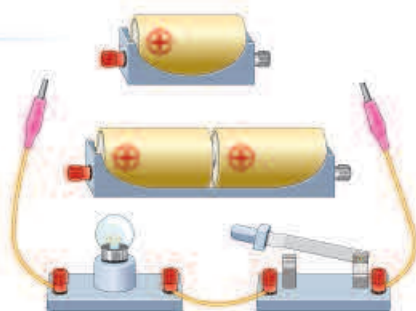


图16.1-2

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

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。

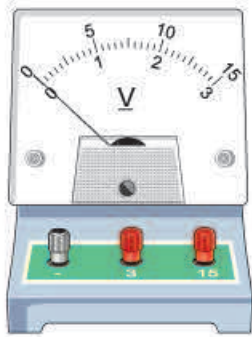


图 16.1-4 电压表

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，即在规定的条件下使用，最大误差不超过满刻度值的 $\pm 2.5\%$ 。
3. 仪表工作条件为：周围温度为 $0\sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度不超过 85%。
4. 仪表校准时的正常温度为 $20\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，环境温度自此温度（ $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）起每变化 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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？

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？

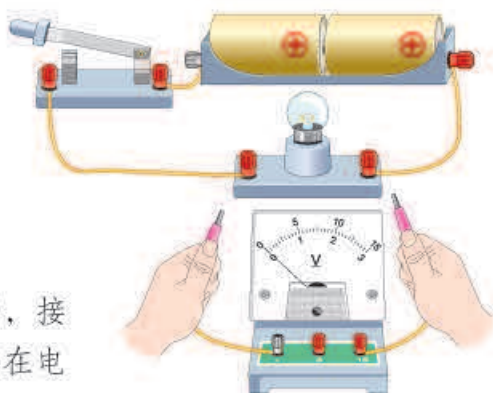


图 16.1-5

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。

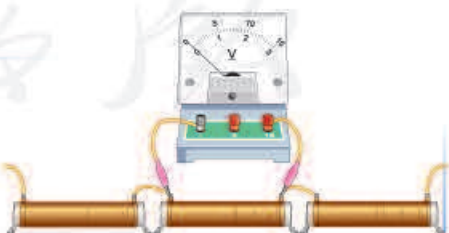


图 16.1-6

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 $2\sim 3\text{ V}$ 之间)。

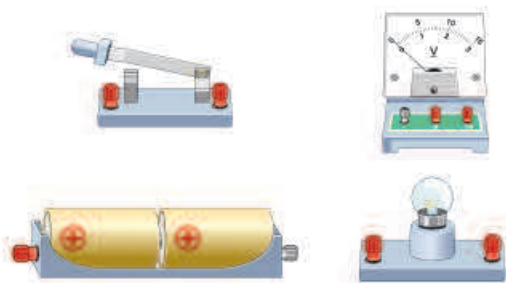


图 16.1-7

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?

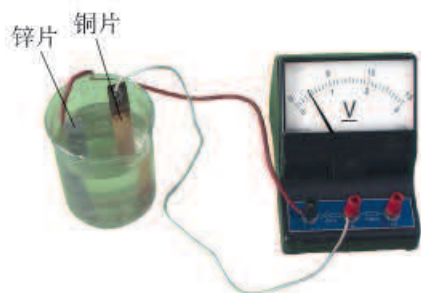


图 16.1-8 哪个金属片是电池正极?

3. 图 16.1-9 中, 三个电压表的示数各是多少?

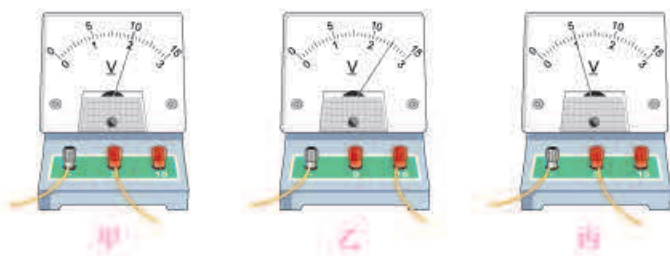


图 16.1-9 三个电压表的示数各是多少?

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。

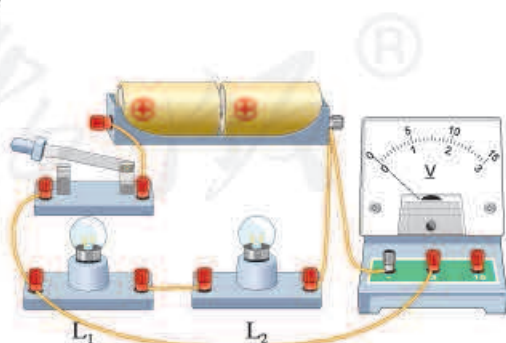


图 16.1-10 纠正错误的连接

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：_____。

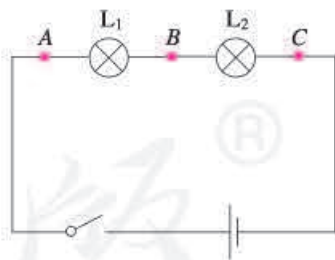


图 16.2-1 研究串联电路的电压



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？

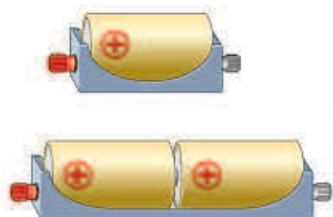


图 16.2-2 电池和电池组两端的电压有什么关系？

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

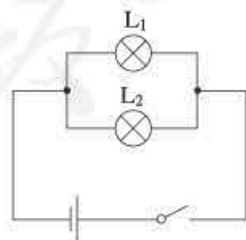


图 16.2-3 研究并联电路的电压

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 _____。

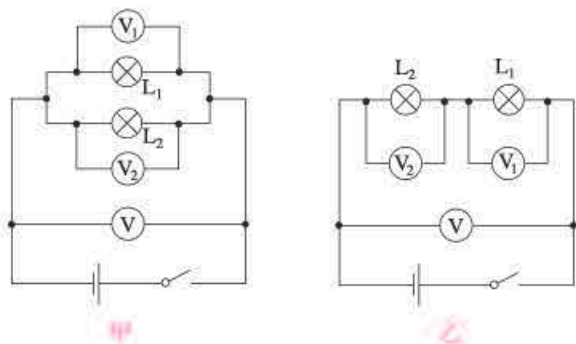


图 16.2-4

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。

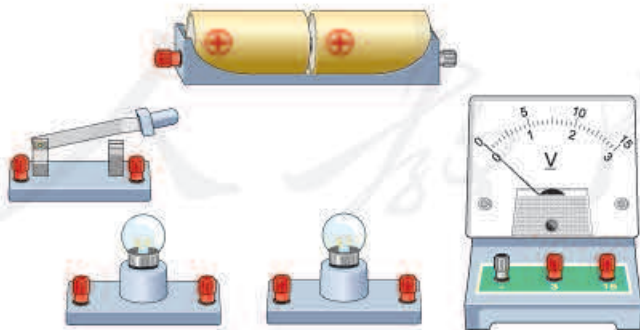


图 16.2-5

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。

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。

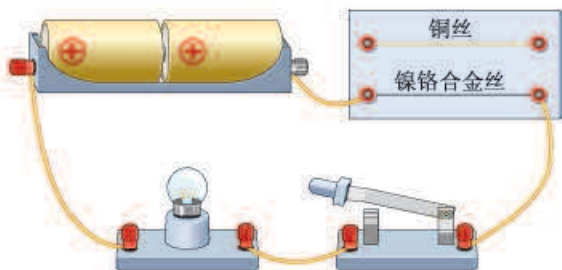


图16.3-1

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

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（ $k\Omega$ ）、兆欧（ $M\Omega$ ），它们的换算关系是

$$1 k\Omega = 1\,000 \Omega = 10^3 \Omega$$

$$1 M\Omega = 1\,000\,000 \Omega = 10^6 \Omega$$

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 “ \square ” 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，

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。

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。

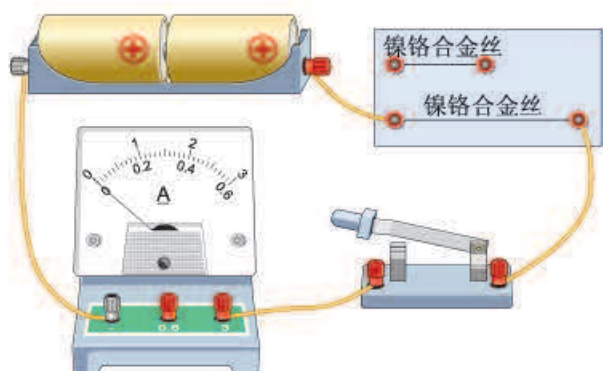


图16.3-3

导电性能

银
铜
铝
铁
炭笔
酸溶液
碱溶液
盐水
地表
湿木
锗
硅
汽油
干纸
干布
玻璃
橡胶
陶瓷

绝缘能力

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。

图16.3-4

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。

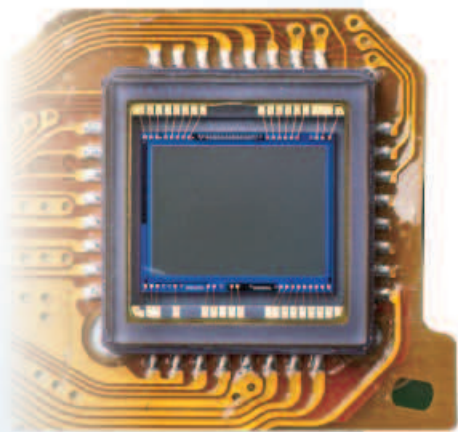


图16.3-5 数码相机中的图像传感器是用半导体材料制成的

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 $-271.76\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下，铅在 $-265.95\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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 ($-183.15\text{ }^{\circ}\text{C}$)。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。



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. $24\,000\,\Omega = \underline{\hspace{1cm}}\,\text{k}\Omega = \underline{\hspace{1cm}}\,\text{M}\Omega$ 。

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

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？

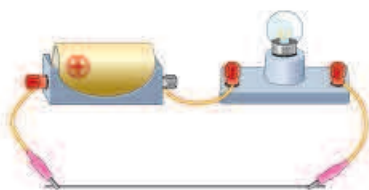


图16.4-1 用铅笔芯控制小灯泡的亮度

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

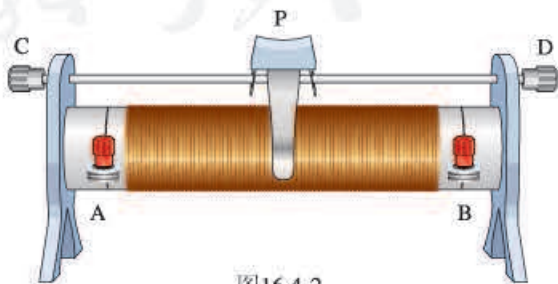


图16.4-2

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。

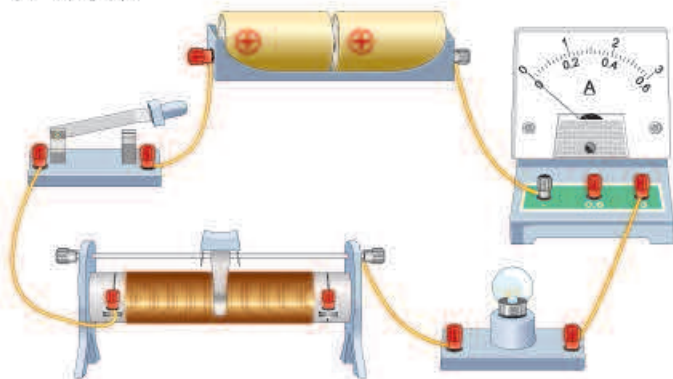


图16.4-3

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。

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 $5\ \Omega$ 、 $10\ \Omega$ 、 $15\ \Omega$ 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。

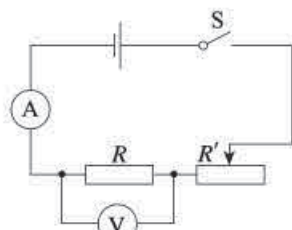


图 16.4-4

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。通常在使用前应先将电阻调节到最大。

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。

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 16.4-5



图 16.4-6 利用电位器调节耳机音量



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？

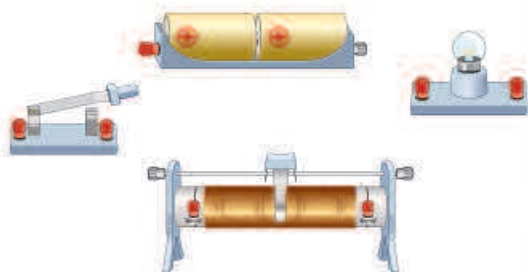


图16.4.7

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？

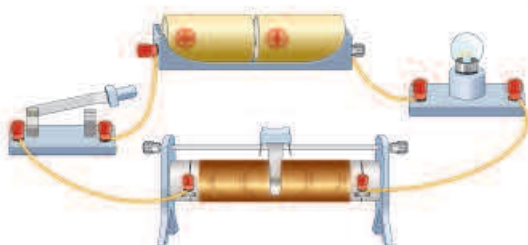


图16.4.8

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？

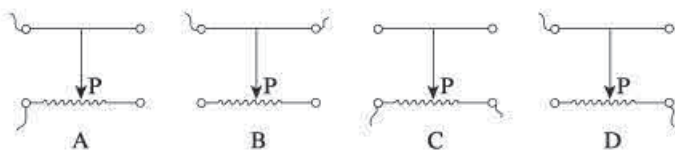


图16.4.9

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。

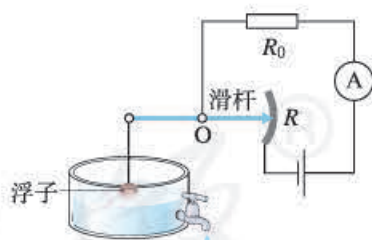


图16.4.10



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。

人教版®

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。



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。

● 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，如果用于电池做实验，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。

$R = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$

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。

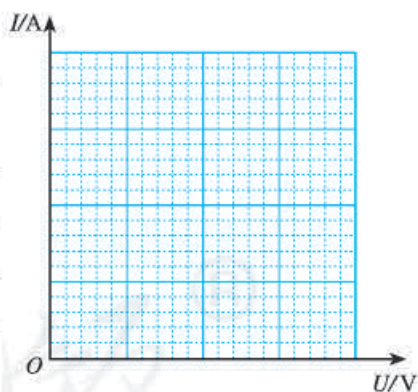


图17.1-1

● 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_____。



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。

$U = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$

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

(1) 为分析电流与电压的定量关系，请在图 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。

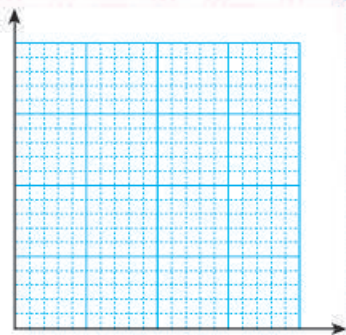


图 17.1-2

(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。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。

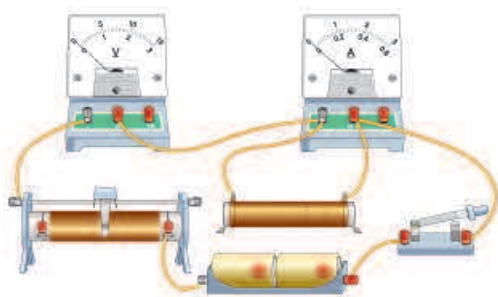


图 17.1-3

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。

人教版®

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 $U=12\text{ V}$ ，灯丝电阻 $R=30\ \Omega$ 。

根据欧姆定律，可求得通过灯丝的电流

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

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》。

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。

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。

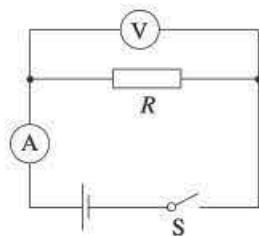


图17.2-1

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 $80\ \Omega$, 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 $10\ \Omega$, 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?

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

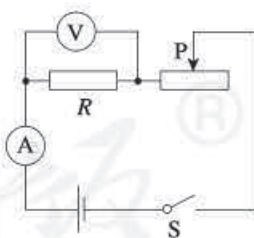


图17.3-1 伏安法测电阻电路

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 $8.8\ \Omega$ 。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？

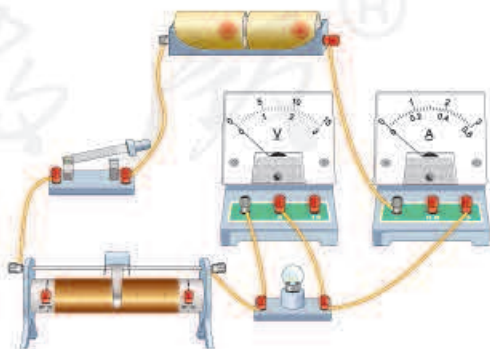


图17.3-2

2. 已知流过一只电阻为 $242\ \Omega$ 的灯泡的电流是 $0.91\ \text{A}$ 。如果在灯泡两端再并联一个电阻为 $165\ \Omega$ 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。

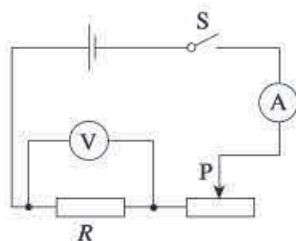


图17.3-3

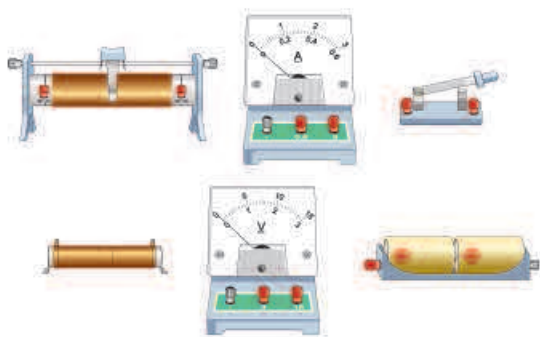


图17.3-4

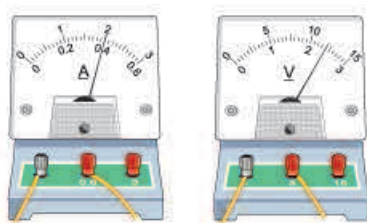


图17.3-5

4. 在测量标有电压为 $2.5\ \text{V}$ 的某小灯泡电阻的实验中, 第一次测量时的电压等于 $2.5\ \text{V}$, 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。

*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。

例题1 如图17.4-1所示，电阻 R_1 为 $10\ \Omega$ ，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 $50\ \Omega$ 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 $20\ \Omega$ 时，通过电阻 R_1 的电流 I' 。

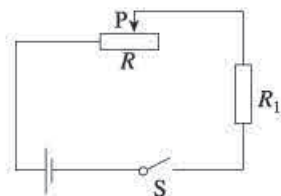


图17.4-1

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

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 $10\ \Omega$, 电源两端电压为 $12\ \text{V}$ 。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 $40\ \Omega$ 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 $20\ \Omega$ 时, 通过电阻 R_1 的电流 I_1' 和电路的总电流 I' 。

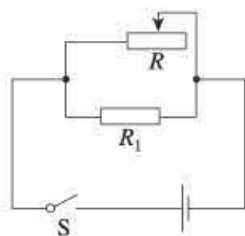


图 17.4-2

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。



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®

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。



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

“度”，就是电能的单位，它的学名叫做千瓦时，符号是 $\text{kW} \cdot \text{h}$ 。

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

$$1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 1 \times 10^3 \text{ W} \times 3\,600 \text{ s} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$$

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。



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 $3\,246.8 \text{ kW} \cdot \text{h}$ ，月底的示数是 $3\,265.4 \text{ kW} \cdot \text{h}$ ，这

个月家里用电就是 $18.6 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 。

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 $1 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 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 $1 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 电的作用

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？

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。

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	$4.04 \times 10^6 \text{ W}$	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

$$P = UI$$

“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。

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

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

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？

🔍 千瓦和千瓦时是两个不同物理量的单位，不能混淆！



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。



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？

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）。

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。

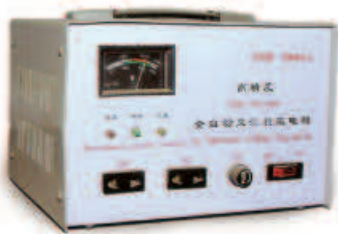


图 18.2-3 小型稳压器。由于电网供电存在电压过低或过高等问题，有时需要使用稳压器提供稳定的电压使电气设备能正常工作。