教育部审定
2013

义务教育教科书

物理

九年级 上册





江苏凤凰科学技术出版社

义务教育教科书

物理

九年级 上册



江苏凤凰科学技术出版社 · 南京

义务教育教科书

物理　九年级上册

主　　编　刘炳昇　李　容
责任编辑　陈卫春　曹婷婷
责任校对　仲　敏

出　　版　江苏凤凰科学技术出版社
出版社地址　南京市湖南路1号A楼，邮编：210009
编读信箱　skwljc@126.com
重　　印　江苏凤凰出版传媒股份有限公司
发　　行　江苏凤凰出版传媒股份有限公司
照　　排　江苏凤凰制版有限公司
印　　刷　江苏凤凰新华印务集团有限公司

开　　本　787 mm × 1 092 mm　1/16
印　　张　7.5
版　　次　2004年5月第1版　2013年6月第3版
印　　次　2023年6月第20次印刷

标准书号　ISBN 978-7-5537-1336-6
定　　价　7.59元

如发现印、装质量问题，请与凤凰传媒联系. 电话：400-828-1132

致同学们

同学们，欢迎你们步入新学期的物理课程．

在八年级，我们已初步感知了物理世界的奇妙，体验了科学探究的乐趣，掌握了一些观察、实验、思考问题的方法，学习了声现象、物态变化、光现象、物体的运动、力、物质的物理属性和物质结构等知识，并了解了这些知识在生产、生活和社会中的应用．九年级上册教科书将带着我们去学习简单机械和功、机械能和内能以及电路及其基本规律的有关知识．这些内容涉及更深层次的物质运动和相互作用，将使我们更深入地认识自然界中的各种物理现象；这些内容与现代生活的联系更为密切，将使我们进一步领会物理科学、技术与社会的关系．

为了便于同学们探索物理知识，本书设计了以下栏目：



课堂中的学习活动，包括演示实验、小实验、讨论等．



学生必做的分组实验．



为学习活动提供及时、必要的帮助．



介绍物理与生活、社会的联系．



对研究问题的方法、技巧进行点拨．



课外实践与练习——是什么(WHAT)？为什么(WHY)？怎么做(HOW)？



对本章知识进行梳理，对学习过程与结果进行反思和评价．



对正文中加“▶▶”符号的内容做拓展性说明，可在相应的页面查阅．

此外，欢迎同学们登录“苏科物理”网站参与交流，你们将会有意想不到的收获．

祝同学们在新学期取得更大的进步！

编　者

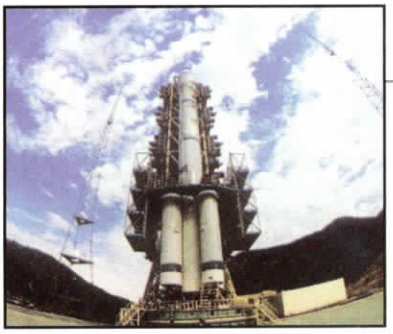
目录

致同学们



第十一章　简单机械和功

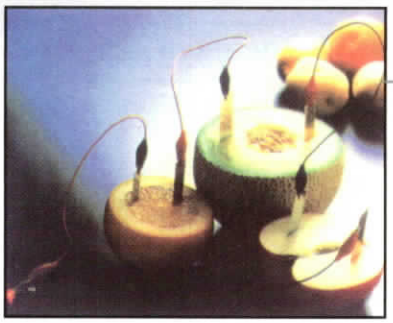
一、杠　杆　2
二、滑　轮　9
三、功　14
四、功　率　18
五、机械效率　22
综合实践活动　24



第十二章　机械能和内能

一、动能　势能　机械能　32
二、内能　热传递　40
三、物质的比热容　43
四、机械能与内能的相互转化　49

目录



第十三章　电路初探

一、初识家用电器和电路　62
二、电路连接的基本方式　67
三、电流和电流表的使用　70
四、电压和电压表的使用　75
综合实践活动　80



第十四章　欧姆定律

一、电　阻　86
二、变阻器　91
三、欧姆定律　96
四、欧姆定律的应用　101
综合实践活动　105

附录

○ 常用物理量及其单位　111
○ 物理学名词中英文索引　112

后记

延伸人体的“神臂”

第十一章 简单机械和功

- 杠　杆
- 滑　轮
- 功
- 功　率
- 机械效率
- 综合实践活动

从我们吃饭用的筷子，
到航天器使用的机械臂，
机械已深入到人类生活的方方面面．
无论多么复杂的机械都是由简单机械组成的．
我们在叹服于机械的神奇和人类伟大智慧的同时，
不禁产生许多遐想……
这些机械是依据什么原理工作的呢？



一、杠　杆

什么是杠杆

活动　11.1　拔图钉

做一做

木板上钉了一枚图钉，你能直接用手把它拔出来吗？

请从图 11-1 中选择合适的工具把图钉拔出来．



图 11-1　拔图钉

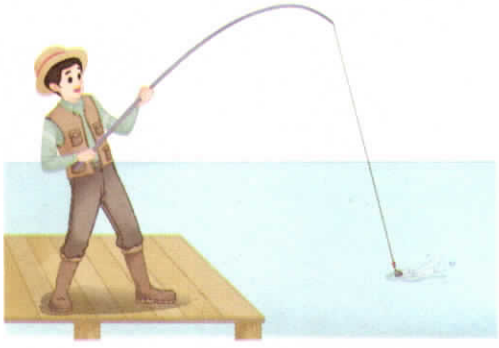
议一议

你是怎样拔出这枚图钉的？有哪些不同的方法？哪一种方法更方便、省力？

生活中有许多任务都是用类似的方法完成的．观察图 11-2，指出图中的工具在工作时有哪些共同的特点．



（a）开瓶扳手



（b）钓鱼竿

图 11-2

物理学中，将在力的作用下可绕一固定点转动的硬棒称为杠杆(lever)．

为了了解杠杆的作用，我们先以螺丝刀撬图钉(图 11-3)为例来认识几个与杠杆有关的名词．

支点：杠杆绕着转动的点，即图中的O点．

动力：使杠杆转动的力，即图中的F_1．

阻力：阻碍杠杆转动的力，即图中的F_2．

动力臂：从支点到动力作用线的距离，即图中的l_1．

阻力臂：从支点到阻力作用线的距离，即图中的l_2．

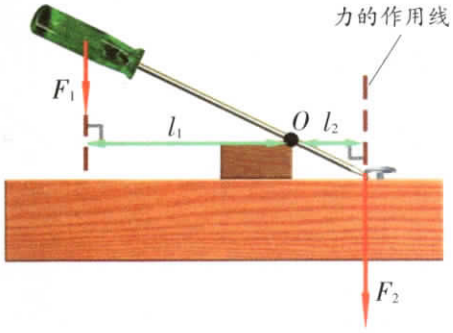


图11-3　用螺丝刀撬图钉

杠杆的平衡条件

学生实验　探究杠杆的平衡条件

实验与记录

1. 安装好杠杆，调节杠杆两端的平衡螺母，使之在水平位置平衡．

2. 如图11-4所示，在杠杆左边挂上一定数量的钩码，用弹簧测力计在某一位置竖直拉住杠杆．设在水平位置平衡时，弹簧测力计对杠杆竖直向下的拉力F_1是动力，动力臂为l_1，钩码对杠杆的拉力F_2是阻力，阻力臂为l_2．

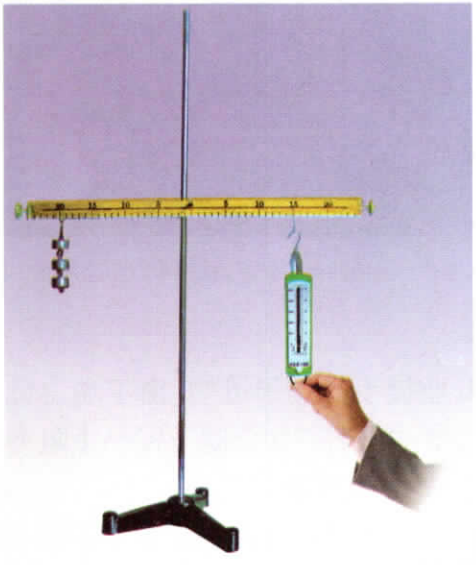


图11-4

3. 在下列情况下测量并记录动力F_1、动力臂l_1、阻力F_2、阻力臂l_2的大小．

（1）保持钩码和弹簧测力计的位置不变，改变钩码的数量；

（2）保持钩码的数量和位置不变，改变弹簧测力计的位置；

（3）保持弹簧测力计的位置和钩码的数量不变，改变钩码的位置．

信息快递

杠杆静止或匀速转动，我们就说此时杠杆处于平衡状态．

测量序号	F_1 / N	l_1 / cm	F_2 / N	l_2 / cm
①				
②				
③				
…				

交流与小结

分析表中的数据，找出它们之间的关系．你从中有什么发现？

实验表明，杠杆平衡时

$$\text{动力} \times \text{动力臂} = \text{阻力} \times \text{阻力臂}$$

用字母表示可写成

$$F_1 l_1 = F_2 l_2$$

杠杆的平衡条件也称为杠杆原理，最早是由古希腊学者阿基米德总结出来的．我国古人也对杠杆进行过深入的研究►►(p.28)，并将杠杆广泛应用于生产和生活中，为推动人类文明的进步作出了重大贡献．

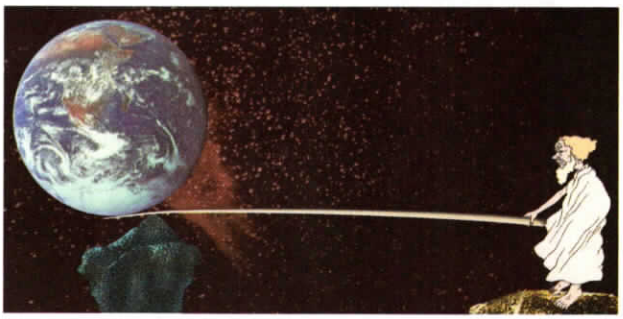


图11-5　阿基米德："只要给我一个支点，我就可以移动地球．"

应用杠杆原理分析前面图11-2(a)中开瓶扳手的例子可知，由于动力臂大于阻力臂，因此动力小于阻力，这类杠杆是省力杠杆．如果动力臂小于阻力臂，要使杠杆平衡，动力就必须大于阻力，这类杠杆是费力杠杆，图11-2(b)中的钓鱼竿就是这类杠杆，使用它可以减小动力作用点移动的距离．还有一类杠杆，其动力臂等于阻力臂，这类杠杆被称为等臂杠杆．

如图11-6所示的常见器具都应用了杠杆，请分别说出它们各属于哪类杠杆，并说明理由．



(a) 托盘天平



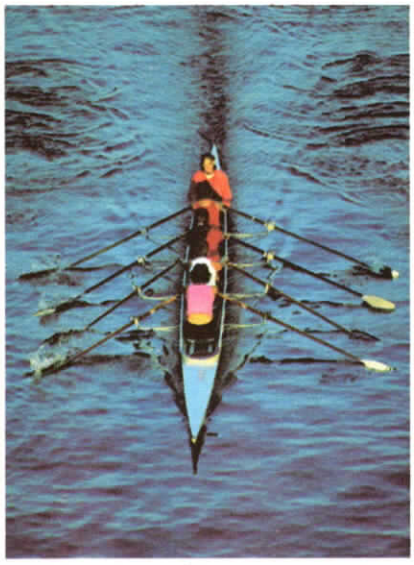
(b) 独轮车



(c) 筷子



(d) 笤帚



(e) 船桨

图11-6

生活·物理·社会

生活中的剪刀

剪刀(图11-7)是生活中常见的工具，它也是一种杠杆．你是否注意到，从事不同行业的人所用的剪刀各有特点？



(a) 裁衣的剪刀



(b) 理发的剪刀



(c) 剪铁皮的剪刀



(d) 修枝的剪刀

图11-7

裁缝用的剪刀刀刃比平常家用剪刀的刀刃长得多，完成一次剪裁动作可以裁剪较长的布料．

理发师用的剪刀手柄比较短，他们剪发时手的动作幅度较小，可提高剪发的频率．

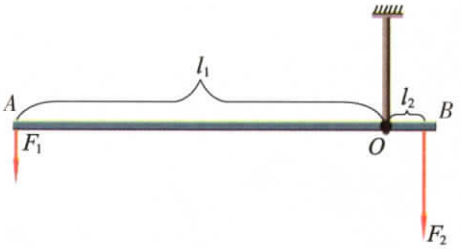
剪铁皮的剪刀，其动力臂比阻力臂长，只要用较小的力，就能把坚硬的金属片剪开．

园艺师使用的剪刀有很多种，如修整冬青树的剪刀、剪花枝的剪刀等，它们各有特点．请你调查一下，园艺师使用了哪些剪刀？它们各有什么特点？为什么这样设计？

例题　据报道，一位物理老师在动物园内，用弹簧测力计称出了一头大象的质量．在称象过程中，他还用到了吊车、铁笼和一根很长的槽钢等辅助工具，如图11-8(a)所示．他首先将铁笼系于槽钢上的B点，当吊车吊钩在槽钢上的悬吊点移至O点时，槽钢在水平位置平衡，测得$OB = 7\ \text{cm}$．将大象引入铁笼，用弹簧测力计竖直向下拉住槽钢的另一端，使之再次在水平位置平衡，测得$OA = 9\ \text{m}$，弹簧测力计的示数为200 N．试计算大象的质量(g取10 N/kg)．



(a)



(b)

图11-8　用杠杆称象

分析　该称象过程运用了杠杆原理，据题意可画出杠杆示意图．由于在称象前已调节挂有铁笼的槽钢在水平位置平衡(相当于天平使用前的调节)，这样在称象时就不需考虑槽钢和铁笼重力的影响，即图11-8(b)中的F_2与大象的重力大小相等．

解　槽钢是一个杠杆，O为支点，人通过弹簧测力计对杠杆的拉力$F_1 = 200\ \text{N}$为动力，动力臂$l_1 = 9\ \text{m}$，拉力F_2为阻力，阻力臂$l_2 = 7\ \text{cm} = 0.07\ \text{m}$．



根据杠杆原理 $F_1 l_1 = F_2 l_2$，得

$$F_2 = \frac{F_1 l_1}{l_2} = \frac{200\ \text{N} \times 9\ \text{m}}{0.07\ \text{m}} \approx 2.57 \times 10^4\ \text{N}$$

$F_2 = G = mg$，所以大象的质量

$$m = \frac{F_2}{g} = \frac{2.57 \times 10^4\ \text{N}}{10\ \text{N/kg}} = 2.57 \times 10^3\ \text{kg} = 2.57\ \text{t}$$

答　大象的质量约为2.57 t.

生活·物理·社会

人体中的杠杆

骨骼、肌肉和关节构成了人体的运动系统，尽管人体的各种运动相当复杂，但最基本的运动都是由骨骼绕关节转动产生的，其模型就是杠杆．例如，当手握哑铃向上运动时（图11-9），上臂中的肱三头肌伸展、肱二头肌收缩产生的力使前臂骨骼绕肘关节转动．在这里，前臂骨骼可以看成杠杆，肘关节是支点，哑铃对手的压力是阻力，上臂中的肌肉对前臂骨骼施加的力则是动力．

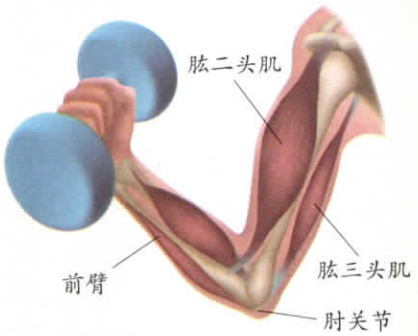


图11-9 举哑铃

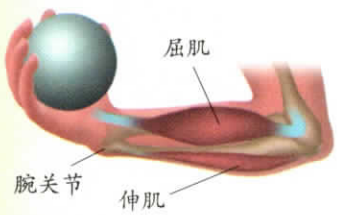


图11-10 托铁球

如图11-10所示，当手托住铁球并绕腕关节向上转动时，手就是一个杠杆．铁球压在掌心上的力是阻力，腕关节是支点，前臂中的伸肌伸展和屈肌收缩产生动力，使托住铁球的手向上转动．

人体有600多块肌肉，它们在神经系统的控制下，分别负责各部位的运动．当你做抬腿、伸臂、点头、叩齿等动作时，你就用到了身上各种各样的杠杆．

人体中的杠杆为科技工作者的创造和发明提供了很多启示，机器人和中国空间站的机械臂►►(p.29)的发明就是其生动的体现．

1. 指出图 11–11 中各种杠杆工作时的支点、动力、动力臂、阻力和阻力臂，并说明这些杠杆中哪些是省力的，哪些是费力的．



(a) 羊角锤



(b) 镊子



(c) 夹子

图 11–11

2. 在“探究杠杆的平衡条件”实验中，我们也可用在杠杆支点的两边分别挂钩码的方法，来探究杠杆的平衡条件．如图 11–12 所示，在杠杆的左边距支点 20 cm 处挂了四个钩码，要使杠杆在水平位置平衡，如何在杠杆的右边挂钩码？(钩码的质量相等)

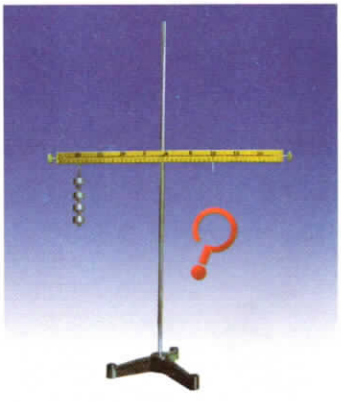


图 11–12

3. 小制作：蜡烛跷跷板．

将一支蜡烛的两端削尖，在中间垂直插入一枚大号缝衣针，把缝衣针的两端分别放在两个玻璃杯上，就做成了一个蜡烛跷跷板．用小刀对蜡烛的两端进行加工，使跷跷板能在水平位置平衡．点燃蜡烛的两端(图 11–13)，蜡烛跷跷板会怎样运动？你能说明其中的道理吗？



图 11–13　蜡烛跷跷板

注意安全．

二、滑　轮

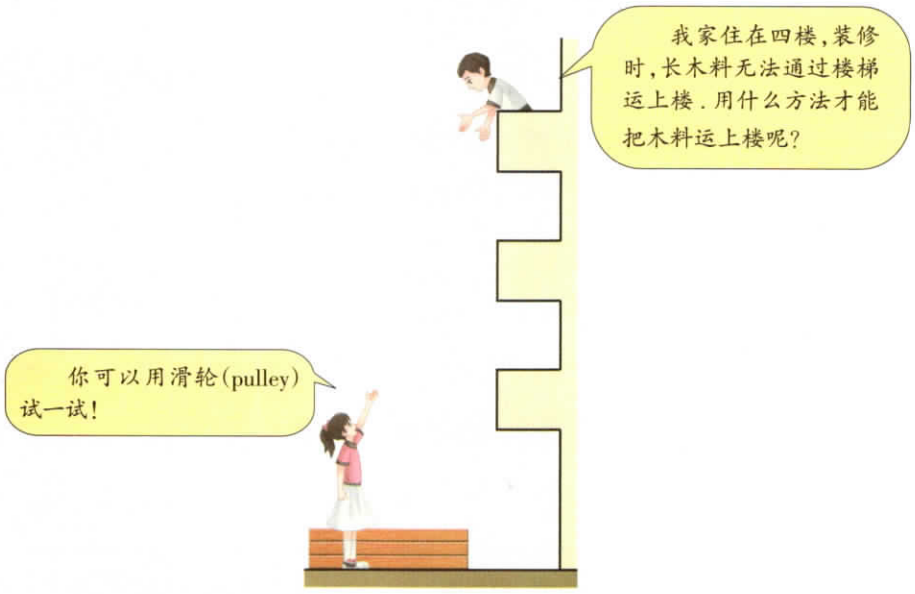


图 11-14　如何把木料运上楼

定滑轮和动滑轮

在完成类似提升重物的任务时，人们常常用到滑轮这种简单机械．滑轮的主要部分是能绕轴转动的轮子．下图是应用滑轮的实例．你还能列举出其他应用滑轮的例子吗？

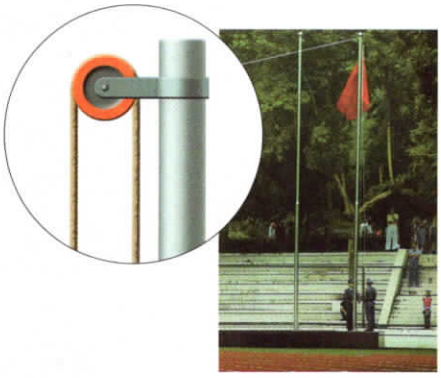


图 11-15　升旗



图 11-16　吊木箱

工作时，轴的位置固定不动的滑轮，称为定滑轮(fixed pulley)，如图 11-15 所示．高楼大厦的电梯►►(p.29)中就使用了定滑轮．轴的位置随被拉动的物体一起运动的滑轮，称为动滑轮(movable pulley)，如图 11-16 所示．

活动　11.2　探究定滑轮和动滑轮工作时的特点

（一）定滑轮工作时的特点

做一做

1. 按图11-17组装定滑轮．在它的左侧挂上钩码，竖直向下拉弹簧测力计，使钩码匀速上升．读出弹簧测力计的示数．



图11-17　用定滑轮提升钩码

2. 改变钩码的个数，重复实验，把测得的数据填入下表．

实验序号	钩码的重力G/N	弹簧测力计的示数F/N
①		
②		
③		

议一议

通过实验，你发现使用定滑轮有什么特点？

（二）动滑轮工作时的特点

做一做

1. 测出钩码和动滑轮的总重力，然后按图11-18组装动滑轮．竖直向上拉弹簧测力计，使钩码匀速上升，读出弹簧测力计的示数．

2. 改变钩码的个数，重复实验，把测得的数据填入自己设计的表格中．



图11-18　用动滑轮拉起钩码

议一议

通过实验，你发现使用动滑轮有什么特点？

实验表明，**使用定滑轮不能省力，但可以改变施力的方向；使用单个动滑轮最多可以省一半力，但不改变施力的方向**．

■ 读一读

滑轮实质上是杠杆的变形．我们注意到，定滑轮可以看成等臂杠杆，它的转轴 O 是支点，如图 11-19(a)所示．由杠杆平衡条件可知，动力 F_1 与阻力 F_2 大小相等，使用它可以改变施力的方向，但不省力．

如图 11-19(b)所示，动滑轮可以看成支点在一侧的不等臂杠杆，它的支点在滑轮左侧边缘的 O 点处，动力臂是阻力臂的两倍，使用它最多可以省一半的力．

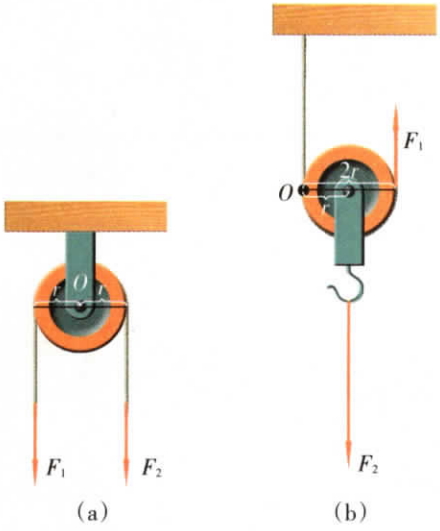


图 11-19　滑轮实质上是杠杆的变形

滑轮组

在实际使用中，人们常将动滑轮和定滑轮组合成滑轮组，这样既可以省力又可以改变施力的方向．

如图 11-20 所示是由一个动滑轮和一个定滑轮组成的滑轮组．图(a)中的重物由三段绳子吊着，每段绳子承担物重的三分之一．用这个滑轮组提起重物，所用的拉力为物重的三分之一．

用滑轮组起吊重物时，滑轮组用几段绳子吊物体，提起物体的力就是物重的几分之一．

想一想，图 11-20(b)中提起重物的力是物重的几分之一？

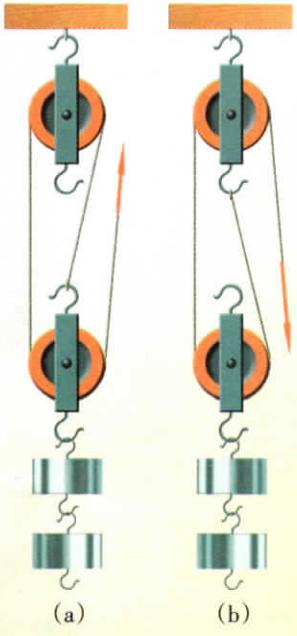
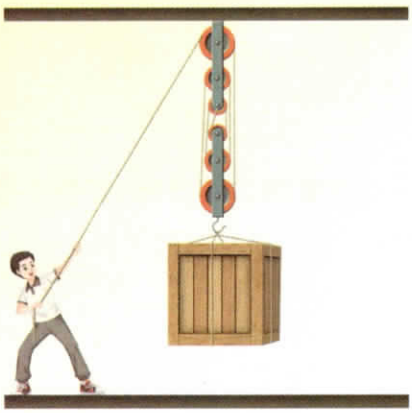


图 11-20



(a) 小明用滑轮组能轻松地吊起木箱



(b) 起重机上也使用了滑轮组

图 11-21

生活·物理·社会

轮　轴

在生产、生活中，人们经常会用到轮轴．轮轴由具有公共转轴的轮和轴组成．轮轴也可看成是杠杆的变形，轴心 O 为支点，轮半径 R 和轴半径 r 分别为动力臂和阻力臂（图 11-22）．根据杠杆原理可得

$$F_1 R = F_2 r \quad \left(或 \frac{F_1}{F_2} = \frac{r}{R}\right)$$

当 $R > r$ 时，$F_1 < F_2$，这种轮轴相当于一种能省力的杠杆．

门把手、汽车方向盘和扳手都是轮轴的实例，如图 11-23 所示．

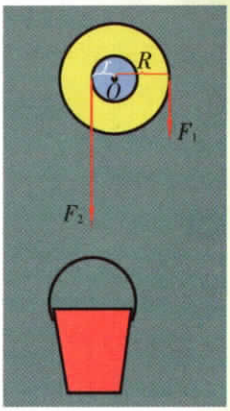


图 11-22　轮轴



(a) 门把手



(b) 汽车方向盘



(c) 扳手

图 11-23

你能再举一些应用轮轴的例子吗？





1. 工人师傅用动滑轮将重600 N的木箱吊到阳台上(p.9图11-16),至少要用多大的拉力?

2. 用绳和木棍体验“滑轮组”的威力.

两位同学各持一根较光滑的木棍,在相距1 m处面对面站立.另外一位同学取一根绳子,将绳子的一端系在其中一根木棍上,再按图11-24所示依次绕过两根木棍,然后缓慢地拉动绳子的另一端,结果会怎样?

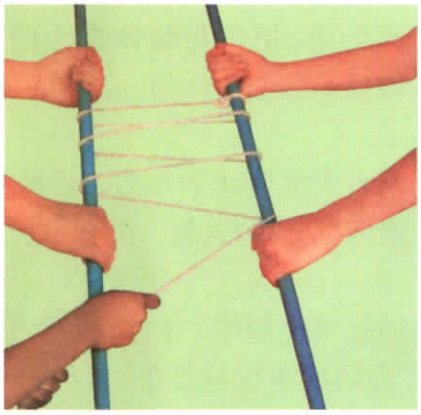


图11-24



注意安全,拉动绳子时不要用力过猛!

3. 观察自行车(图11-25),它使用了哪些简单机械?其作用分别是什么?



图11-25 自行车

三、功

什么是功

当你举高物体时，你就应用储存于身体内的化学能，使物体的位置升高了．在物理学中，就说力对物体做了功．举起的高度相同时，物体的重力越大，举起它所需的力越大，力做的功就越多；对于同样重的物体，举起的高度越大，力做的功也越多．

物理学中，把**力与物体在力的方向上通过的距离的乘积称为机械功**（mechanical work），简称功（work）．

若用W表示功，F表示力，s表示物体在力的方向上通过的距离，则功的公式为

$$W = Fs$$

在国际单位制中，力的单位是牛（N），距离的单位是米（m），则功的单位就是牛·米（N·m）．为了纪念英国物理学家焦耳（James Prescott Joule，1818—1889）对科学的贡献，人们将功的单位命名为焦耳（joule），简称焦，用字母J表示．



图11-26　焦耳

$$1\ \mathrm{J} = 1\ \mathrm{N\cdot m}$$

1 J的功有多大呢？从地上拿起一个约50 g的鸡蛋，并把它缓缓举过头顶（图11-27），在此过程中你对鸡蛋做的功大约为1 J．



图11-27　1 J的功有多大

做功了吗

根据功的公式可知，对物体做功有两个必要条件：一是对物体要有力的作用，二是物体要在力的方向上通过一定的距离．

在如图11-28所示的几种情景中，人做功了吗？为什么？



(a) 女孩把一箱报刊搬起来



(b) 学生背着书包在水平路面上匀速前进



(c) 司机费了九牛二虎之力，汽车还是纹丝不动



(d) 足球被踢后，在草地上滚动了一段距离

图11-28

例题　小明将质量为10 kg的水桶从离井口3 m的深处匀速提到井口，如图11-29所示．在这一过程中，小明对水桶做了多少功？

分析　求拉力对水桶所做的功，需要知道拉力的大小和水桶被提升的高度(即在拉力方向上移动的距离)．由于水桶匀速上升，根据二力平衡条件，可知小明对水桶的拉力与水桶的重力大小相等．

解　小明对水桶的拉力

$$F = G = mg$$
$$= 10\ \text{kg} \times 9.8\ \text{N/kg}$$
$$= 98\ \text{N}$$

水桶在拉力方向上移动的距离

$$s = 3\ \text{m}$$

根据功的公式，小明对水桶做的功

$$W = Fs$$
$$= 98\ \text{N} \times 3\ \text{m}$$
$$= 294\ \text{J}$$

答　小明对水桶做的功为294 J．

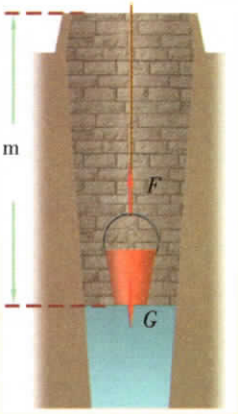


图11-29

活动　11.3　测量提升物体所做的功

1. 如图11-30所示，用弹簧测力计沿斜面匀速拉动小车至高度h处，测量并计算拉力F对小车所做的功．

2. 沿竖直方向匀速提升小车，使之上升高度h，测量并计算拉力F所做的功．

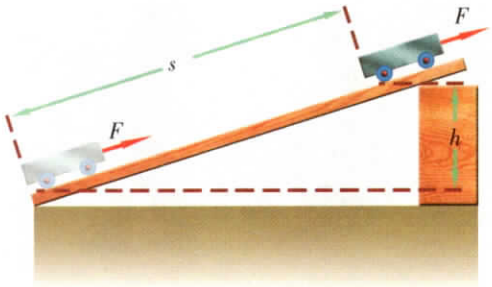


图11-30 沿斜面提升小车

3. 把测量的数据记录在自己设计的表格中．分析得到的数据，看看利用斜面是否省力、是否省功．

生活·物理·社会

斜　面

如图11-31(a)所示，在一些建筑物的入口处设置了供轮椅上下的斜坡(物理学中称之为斜面，它也是一种简单机械)，将轮椅沿着这种斜坡推上去比直接提上去要省力，体现了社会对残疾人的关怀．如图11-31(b)所示，高山上的公路修得弯弯曲曲，宛如盘龙，也是利用了同样的道理．



(a) 供轮椅通行的斜坡(右侧)



(b) 盘山公路

图11-31

研究表明，使用简单机械可以省力但要费距离，或者可以省距离但要费力，即使用任何机械都不省功．

1. 一个质量为80 g的皮球从高处下落了5 m，重力对它做了多少功（g取10 N / kg）？

2. 若你的教室在三楼，试估算你从一楼走到三楼要做多少功．

3. 2021年7月28日，在东京奥运会男子举重73 kg级比赛中，中国名将石智勇不负众望，以364 kg的总成绩（抓举156 kg、挺举198 kg）夺冠，并打破世界纪录．试根据以上报道，估算出石智勇在抓举成功的过程中对杠铃所做的功．

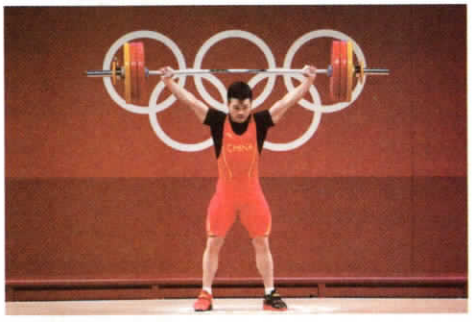


图11-32　石智勇

四、功　率

小明的教室在五楼，通常他上楼需 1.5 min . 有一次，他跑步上楼只花了 40 s . 在图 11-33 所示的两种情况下，小明的体重、上升的高度、所做的功均相等，只是做功的快慢不同 .

怎样表示做功的快慢呢？



图 11-33　上楼

我们曾用单位时间内通过的路程来表示物体运动的快慢，与之类似，我们也可以用单位时间内做的功来表示做功的快慢 . 物理学中，将**功与做功所用时间的比，叫作功率**(power) . 它的大小等于单位时间内所做的功 .

若用 P 表示功率，用 W 表示功，用 t 表示时间，则功率的公式可写成

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

在国际单位制中，功的单位是焦(J)，时间的单位是秒(s)，则功率的单位是焦/秒(J/s) . 为了纪念英国工程师、发明家瓦特(James Watt, 1736—1819)在改良蒸汽机方面的突出贡献，人们把功率的单位命名为瓦特(watt)，简称瓦，用字母 W 表示 .

$$1\ \mathrm{W} = 1\ \mathrm{J/s}$$



图 11-34　瓦特

信息快递

在工程技术中，常用千瓦(kW)、兆瓦(MW)等作为功率的单位 .

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

$1\ \mathrm{MW} = 10^6\ \mathrm{W}$



(a) 麻雀飞行时的功率约为 8 W



(b) 人骑自行车时的功率通常为 60～80 W



(c) 家用轿车发动机的功率约为 80 kW



(d) 汽车起重机的功率可达 320 kW



(e) 动车组的功率为 5.5~20 MW



(f) “辽宁号”航空母舰发动机的总功率约为 147 MW

图 11-35　一些功率值

活动　11.4　估测上楼时的功率

猜一猜

同组同学中，谁上楼时的功率大？你猜测时考虑了哪些因素？

想一想

1. 如何比较同学上楼时的功率？可以有哪些不同的方案？

2. 如果要求估测功率的大小，需要测量哪些数据？用什么工具测量？

做一做

相互合作，估测出每一个同学上楼时的功率，并把数据记录在自己设计的表格中.



活动中一定要注意安全.

议一议

为什么健身教练可通过改变音乐的节奏来控制健身操的运动量？

生活·物理·社会

马力——功率的一种单位

瓦特为了说明他改进的蒸汽机(图11-36)具有的优良性能，他决定把自己的机器与当时运煤最常用的动力——马力联系起来，由此引入“马力”作为功率的单位，并把1马力定义为：在1 min内把33 000磅(约15 000 kg)的物体举高1英尺(约0.304 8 m)所需的功率.请你计算一下，瓦特提出的1马力相当于多少瓦？

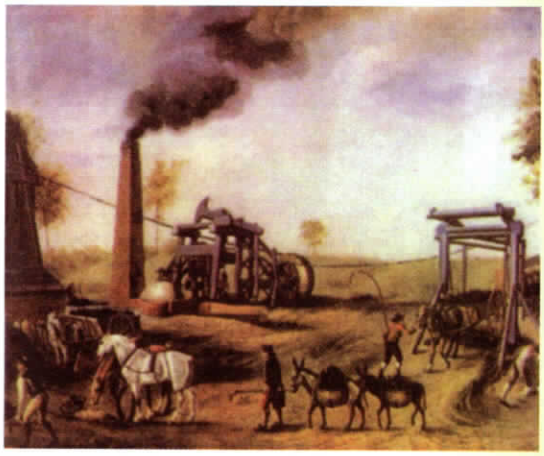


图11-36



1. 刘明用20 N的水平推力使超市的购物车在水平路面上前进了15 m，所用的时间是0.5 min．在此过程中他做了多少功？功率是多大？

2. 一辆轿车在高速公路上以70 kW的功率行驶10 min．汽车发动机做了多少功？

3. 观察家中各种用电器的铭牌，记录其功率方面的数据，然后将这些用电器按功率由大到小的顺序排列．

4. 如图11-37所示是我国自行研制的具有国际先进水平的歼-20战斗机．已知发动机用约1.4×10^5 N的推力能使战斗机以两倍声速（设声速为340 m/s）飞行，10 s内发动机做了多少功？发动机的功率是多大？



图11-37　歼-20战斗机

5. 一位同学用20 s从一楼走到三楼．他上楼时的功率可能是(　　)．

A. 几瓦　　B. 几十瓦

C. 几百瓦　　D. 几千瓦

6. 引体向上是一种体育运动．在做引体向上时，双臂的拉力克服重力做功使身体上升．请根据自己的体验，用合适的物理量写出你做引体向上时的功率的表达式，并估算出功率的大小．

五、机械效率

小明用动滑轮把木料拉上四楼时，手拉绳做的功与动滑轮对木料做的功相等吗？

活动　11.5　再探动滑轮

1. 如图11-38所示，用弹簧测力计沿竖直方向匀速拉一个动滑轮，使挂在它下面重为G的钩码缓缓上升．分别测量绳受到的拉力F、绳端移动的距离s、钩码所受的重力G和钩码上升的高度h．

2. 改变钩码的数量，重复上述步骤．

3. 将实验数据填入自己设计的表格中．

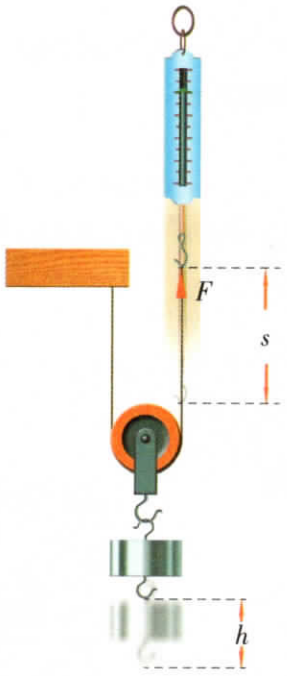


图11-38　用动滑轮提升钩码

想一想

拉绳所做的功和动滑轮拉钩码所做的功相等吗？若不相等，则哪一个大？你能找出其中的原因吗？

在上面的活动中，将钩码提升一定的高度是我们的目的，所做的功叫作有用功，记为$W_{有用}$．我们在使用动滑轮提升重物时，除需克服摩擦力做功外，还要克服动滑轮的重力做功，这两部分功虽然并非我们所需要的，但又不得不做，我们将它叫作额外功，记为$W_{额外}$．手拉绳所做的功叫作总功，记为$W_{总}$．

总功等于有用功与额外功之和，即

$$W_{总} = W_{有用} + W_{额外}$$

物理学中，将**有用功与总功的比值叫作机械效率**(mechanical efficiency)．机械效率通常用百分数表示

$$\text{机械效率} = \frac{\text{有用功}}{\text{总功}} \times 100\%$$

若用字母η表示机械效率，则上式又可写成

$$\eta = \frac{W_{有用}}{W_{总}} \times 100\%$$

对于实际的机械，由于额外功的存在，总有$W_{有用} < W_{总}$，因此$\eta < 100\%$．例如，起重机的机械效率为40%～50%，滑轮组的机械效率为60%～80%．

算一算，“活动11.5”中不同情况下动滑轮的机械效率．

动滑轮的机械效率与哪些因素有关？你认为如何才能提高动滑轮的机械效率？



1. 用定滑轮匀速提升质量为20 kg的物体，所用的拉力为220 N，物体升高的高度为2 m．求此过程中的有用功、总功和定滑轮的机械效率(g取10 N/kg)．

2. 有一种重心在支点处的杠杆，它与转轴间的摩擦较小，因此机械效率很高．若用这种杠杆将质量为18 kg的物体匀速提升50 cm的过程中，杠杆的机械效率为90%，则提升该物体需要做多少总功(g取10 N/kg)？

3. 如图11-39所示是一种塔式起重机上的滑轮组．已知在匀速起吊600 kg的物体时，滑轮组的机械效率是80%，g取10 N/kg．

(1) 使物体上升5 m，所做的有用功是多少？

(2) 使物体上升5 m，所做的总功是多少？

(3) 绳端的拉力F是多大？

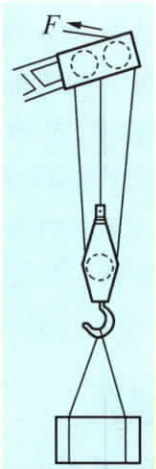


图11-39

综合实践活动

设计、制作一个机械模型

在生产活动中，人们使用的往往是由杠杆、滑轮等简单机械组合而成的复杂机械．在欧洲中世纪的城堡与教堂的建设中使用了如图11–40所示的吊车，工人用脚踩动巨轮，可轻松地提运沉重的石材，同时也改变了用力的方向.这种吊车实质上是定滑轮与轮轴的组合，与我国古人使用的绞车（图11–41）有异曲同工之妙．



图11–40 吊车

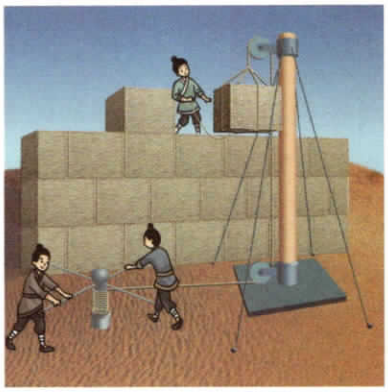


图11–41 绞车

为了防止塔式起重机（图11–42）在吊起重物时发生倾倒，人们在吊臂的反方向上用钢架做成一个平衡臂，并在其末端加适当的配重．起重机吊臂上安装的滑轮组由多个定滑轮和动滑轮组成，发动机只要提供较小的拉力就能吊起很重的物体．塔式起重机实质上是杠杆与滑轮组的组合．



图11–42 塔式起重机

现在，让我们分组制作由两种或两种以上简单机械组合而成的机械模型，要求用它能省力地提升重物．

活动步骤

1. 确定评价项目和评分标准．评价项目可包括：① 所制作的模型是否符合设计要求，② 模型的设计是否新颖，③ 模型的省力情况和机械效率如何，④ 模型制作的工艺水平，⑤ 活动成果展示时小组的整体表现……



小组活动评价表

小组名称：_____　总分：_____

序 号	评价项目	得 分	备 注

2. 分组活动.

(1) 设计方案:思考准备用哪几种简单机械进行组合,需要用到哪些器材,并画出设计图.

(2) 分工制作.

(3) 自行设计表格,测出用该机械提升物体所需的拉力和物体的重力,根据实验数据计算出机械效率.

(4) 准备在班上展示工作成果,尝试运用计算机等多媒体设备对机械模型的原理、技术指标等进行说明.

3. 交流与评价.

(1) 各组展示工作成果.

(2) 交流所制作的机械模型的特点、存在问题和需要改进的地方.

(3) 根据全班拟定的评价标准,为各组的表现打分.



小结与评价

知识梳理

杠杆

支点：杠杆绕着转动的点．

力臂：从支点到力的作用线的距离．

杠杆的平衡条件（杠杆原理）

$$\text{动力} \times \text{动力臂} = \text{阻力} \times \text{阻力臂}$$

用字母表示可写成

$$F_1 l_1 = F_2 l_2$$

杠杆可分为三类：

（1）省力杠杆：动力臂大于阻力臂．

（2）费力杠杆：动力臂小于阻力臂．

（3）等臂杠杆：动力臂等于阻力臂．

滑轮

使用定滑轮可以改变施力的方向，但既不省力，也不省距离．

使用动滑轮可以省力．

滑轮组是定滑轮和动滑轮的组合，它既能改变施力的方向，也能省力．

功

力对物体做的功，等于力与物体在力的方向上通过的距离的乘积，公式为

$$W = Fs$$

功率

功率是表示做功快慢的物理量，它是功与做功所用时间的比，即

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

机械效率

有用功与总功的比值叫作机械效率，它常用百分数表示，公式为

$$\eta = \frac{W_{有用}}{W_{总}} \times 100\%$$

读一读

怎样用概念图梳理知识

除前面介绍的几种梳理知识的方式外，还可采用概念图的方式进行梳理．

概念图可形象地显示一章中所学的概念及其相互关系．它由写在圆圈

(或方框)中的概念和表明相关概念之间关系的连线及连接词构成．最具概括性的概念通常位于图的顶端，越往下，概念就越具体．写在两个概念间连线上的连接词则表达了它们之间的关系．

绘制概念图的步骤一般为：① 列出一章中的重要概念；② 把这些概念按其概括性程度进行排序；③ 把有联系的概念用线连接起来，并写上连接词．

请补全图11–43中的有关连接词和圈中的有关内容．

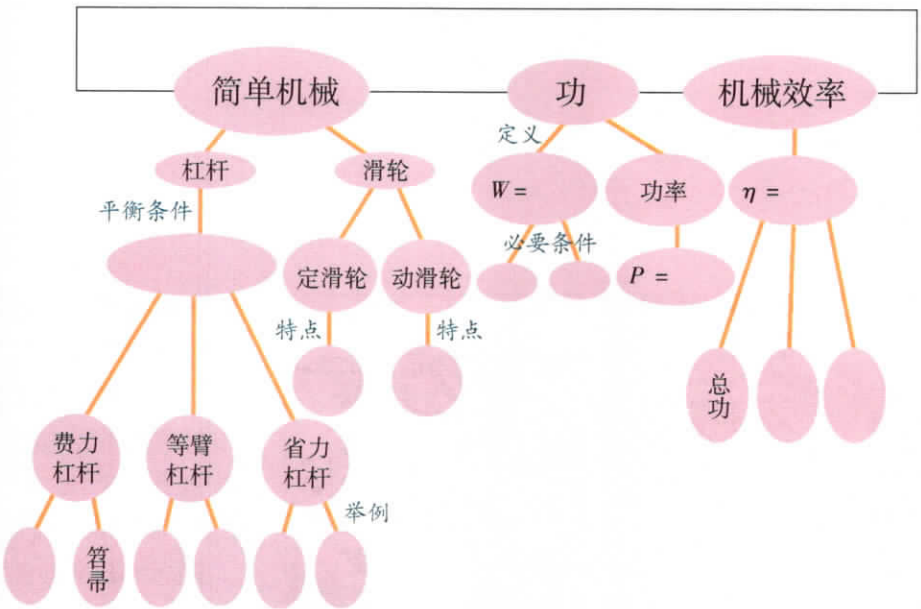


图11–43 概念图

反思与评价

1. 杠杆的动力臂是指从支点到动力作用线的距离，它与从支点到动力作用点的距离有区别吗？

2. 在第八章第二节的“WWW”中，我们曾经试着用三种不同的方法关门：一种是让力的作用线通过门的转轴推门，另一种是在门把手处垂直于门面用力推门，还有一种是在离转轴较近处垂直于门面推门．哪一种方法最省力？哪一种方法不能将门关上？你能否用杠杆的有关知识解释这个问题？

3. 根据“活动11.2　探究定滑轮和动滑轮工作时的特点”得到的实验数据，计算定滑轮和动滑轮的机械效率．它们的机械效率与所提升的钩码的重力有什么关系？定滑轮和动滑轮的机械效率有什么不同？

4. 某人将一箱书搬上楼，可以有两种方法：一是把所有的书一起搬上楼；二是先搬一部分书上楼，再搬剩下的部分．假设他上楼的速度相同，则用这两种方法搬书的功率有什么不同？机械效率有什么不同？

信息库



图11-44 碓



图11-45 桔槔

►►中国古人对杠杆的应用和研究

在我国，人们很早就开始运用杠杆进行生产劳动．3 000多年前，就有了用于捣谷的碓（图11-44中红色部分）和用于汲水的桔槔（图11-45）．

我国古人对杠杆的应用和研究成果，突出表现在天平和杆秤的制作上．1981年，长沙出土了战国时期的天平和砝码（图11-46）．该天平木制横梁的中点拴有一根丝线作为提纽，横梁两端各系有一个铜盘．天平共配有九个砝码，最大的为12.5 g，最小的为0.6 g．这说明当时的称量已经相当精确．



图11-46 战国时期的天平和砝码

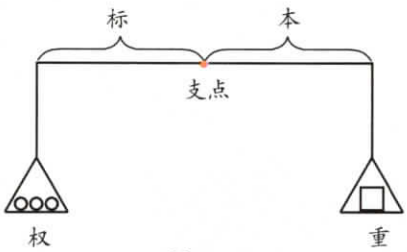


图11-47

我国古人在应用天平和杆秤的实践中掌握了杠杆原理，《墨经》最早对此进行了记载．书中将被称量的重物叫作“重”，砝码或秤锤叫作“权”，支点到“重”的距离称为“本”，支点到“权”的距离称为“标”（图11-47）．《墨经》中写道：当杠杆处于平衡状态时，若在杠杆的一端增“重”，则这一端必定下垂；“本”短“标”长的杠杆平衡后，若在两端加上等“重”，则“标”的一边必定下垂．可见，《墨经》对等臂的天平和不等臂的杆秤都做了正确的描述，唯一不足的是，没有进一步给出杠杆原理的数学表达．

▶▶中国空间站的机械臂

如图11-48所示是中国空间站的机械臂，它设置了多个关节．通过各个关节的旋转，机械臂能够实现任意角度与位置的抓取和操作，为航天员顺利开展出舱任务提供强有力的保障．它还能在空间站舱体外表面爬行，可承担空间站的组装、维修等工作．

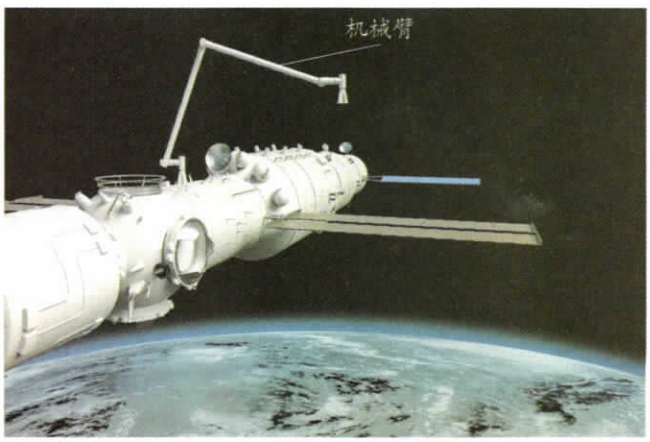


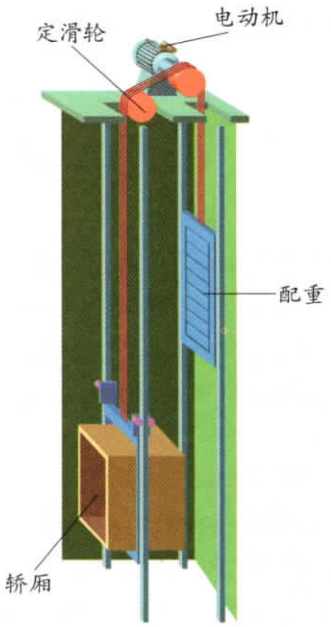
图11-48　中国空间站的机械臂示意图

▶▶电梯

电梯与摩天大楼是哪一个先问世的？如果你认为是后者，那就错了．事实上，正是电梯的发明引起了建筑设计师们的注意，从而想到利用电梯可使人们自由地出入高楼的每一层，免于爬楼之苦．因此他们认为，建造摩天大楼是可行的．据报道，安装在我国台北国际金融中心大楼的电梯，速度可达45 km/h，从1楼到89楼只需40 s．



(a)



(b)

图11-49　电梯及其示意图

电梯的典型结构包括定滑轮、轿厢、钢丝绳、配重、电动机、安全装置和信号操纵系统等．钢丝绳绕过定滑轮，两端分别连接轿厢和配重，如图11-49(b)所示．电动机驱动定滑轮，利用钢丝绳和定滑轮间的摩擦传递动力，使轿厢升降自如．

发动机中的秘密

第十二章 机械能和内能

- 动能　势能　机械能
- 内能　热传递
- 物质的比热容
- 机械能与内能的相互转化



无论是玩具车还是汽车，都深深地吸引着我们．

为什么有的玩具车不使用电池，它也能向前跑？

为什么汽车要加注燃料后才能行驶？

为什么要向汽车发动机的水箱中加水？

……

这其中的奥秘是什么呢？



一、动能　势能　机械能



图 12–1　高速路上的限速标志牌



图 12–2　脚踩滑板从高处滑下

为什么要规定汽车在公路上行驶的最大速度？脚踩滑板从高处滑下，为什么会越来越快？

动　能

一个物体能对另一个物体做功，就表明这个物体具有能量．如图 12–3、图 12–4 所示，运动的物体能对其他物体做功，它就具有能量．这种由于运动而具有的能量叫作动能．物体的动能越大，它能对其他物体做的功就越多．



图 12–3　运动着的锤子能将钉子钉入木板中

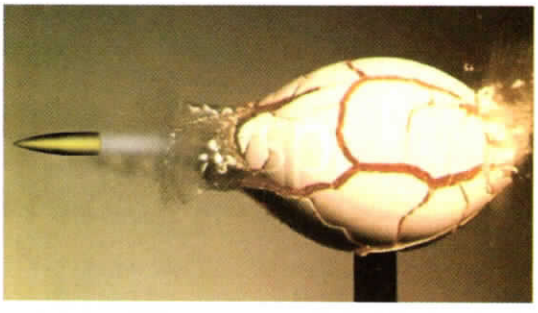


图 12–4　运动着的子弹能射穿鸡蛋

那么，动能的大小与哪些因素有关呢？



活动　12.1　探究动能大小与哪些因素有关

观察与思考

1. 如图12-5所示，两辆相同的小车分别从不同高度由静止开始下滑，撞击置于水平面上的木块．

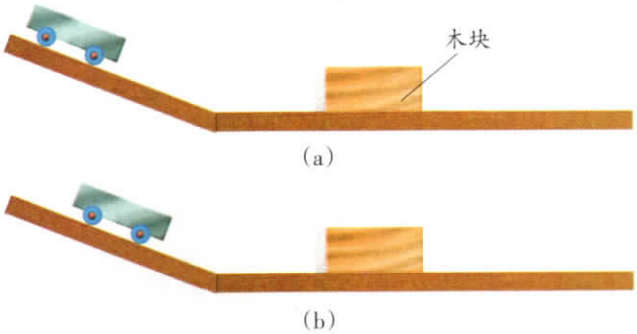


图12-5

(1) 两种情况下，小车运动到水平面上时的速度大小相等吗？

(2) 木块被撞击后移动的距离相等吗？

(3) 比较两种情况下木块移动的距离，能得出什么结论？

2. 如图12-6所示，在其中一辆小车上放一个砝码，然后让两辆小车从同一高度由静止开始下滑，撞击置于水平面上的木块．比较两种情况下木块移动的距离，能得出什么结论？

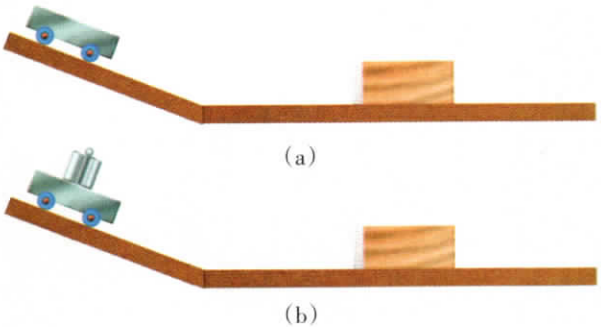


图12-6



信息快递

质量不等的小车从斜坡的同一高度释放，运动到水平面时，它们的速度大小相等．

研究表明：**物体动能的大小与物体的速度和质量有关，速度越大，质量越大，物体所具有的动能就越大．**

想一想，生活中还有哪些事例能支持上述结论？

势　能

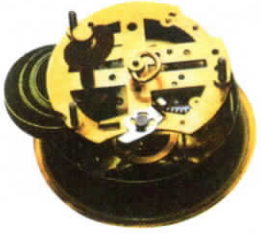


玩具小车内部有一个类似于“弹簧”的装置，在向后拉的过程中，该装置发生弹性形变；松手后这个装置做功，使小车运动起来．像这样，发生弹性形变的物体能对其他物体做功，表明它具有能量，这种能量叫作**弹性势能**．

如图 12–7 所示，图(a)中橡皮筋的形变越大，“子弹”被弹射得越远；图(b)中发条上得越紧，钟表走的时间越长；图(c)中弹簧的形变越大，小车被弹得越远．事实表明，弹性形变越大，物体的弹性势能就越大．



(a) 用弹弓弹射“子弹”



(b) 发条带动钟表的齿轮和指针转动



(c) 压缩的弹簧弹开小车

图 12–7



与弹性势能相类似，被举高的物体同样具有做功的本领，也具有势能，这种势能叫作**重力势能**.



(a) 打桩机上被举高的重锤能将桩打入地下



(b) 山坡上的石头能摧毁山下的建筑物

图 12-8

重力势能的大小与哪些因素有关呢?

活动　12.2　模拟打桩

图 12-9 是模拟打桩的装置图. 实验时，让“重锤”从“桩”正上方的某一高度处自由下落，将“桩”打入沙中.

想一想，要想将“桩”打得深一些，可以采用哪些方法?

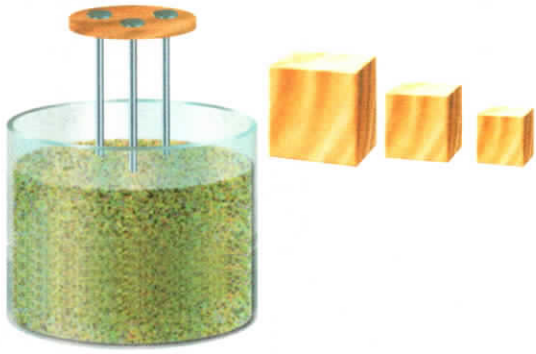


图 12-9

方法 1:

方法 2:

试一试，你观察到哪些现象? 这些现象说明什么问题?

大量的实验和研究表明：**物体的重力势能与物体的质量和高度有关，质量越大、高度越高，它具有的重力势能就越大**.

在物理学中，动能和势能统称为机械能(mechanical energy)．一个物体可以同时具有动能和势能．例如，正被起重机吊起的重物，跳水过程中的运动员，等等．大量的事实说明，动能和势能可以相互转化．

活动　12.3　观察摆球动能和重力势能的转化

如图 12–10 所示，将摆球从 A 点静止释放．

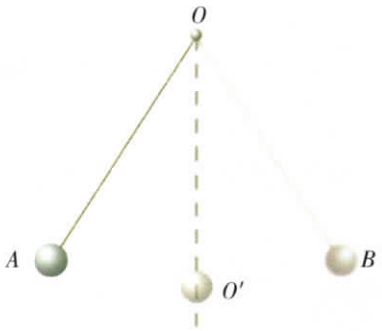


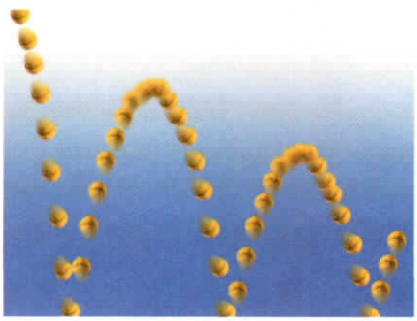
图 12–10

摆球从 A 点向下摆动的过程中，它的速度越来越大，动能逐渐_____，重力势能逐渐_____．摆球到达最低点 O' 时，它的动能最_____、重力势能最_____．在此过程中，摆球的重力势能逐渐转化为_____能．

接着，摆球又向 OO' 的另一侧运动．随着摆球向上摆动，它的速度越来越_____，动能逐渐转化为_____能．当摆球到达最高处 B 点时，它的动能为_____，重力势能最_____．

观察图 12–11，分析各图中动能和势能的转化情况．


(a) 游乐场的过山车


(b) 落地后又弹起的皮球





(c) 荡秋千的人



(d) 撑竿跳高的运动员

图 12-11

想一想，生活中还有哪些现象表明动能和势能可以相互转化？

生活·物理·社会

大海中的机械能

大海中有着丰富的机械能，它可以通过不同的形式表现出来，如海浪、海流、潮汐等．

海浪能

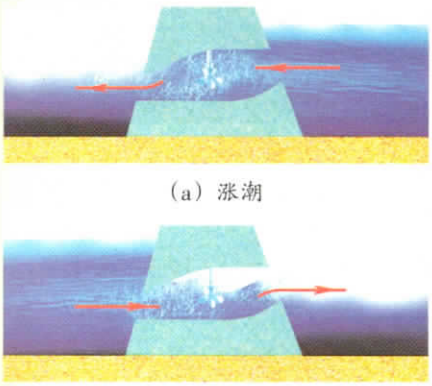
海洋中波涛汹涌，蕴藏着巨大能量．海浪能把几十吨的石头推走，能使万吨巨轮颠簸摇晃．海啸——一种灾难性的海浪，能把轮船冲上陆地，甚至能冲毁岸上的建筑物．据科学家估测，在 1 km^2 的海面上，海浪能的功率可高达 2.0×10^5 kW，如果能有效地开发和利用，将可以获得非常可观的能量．

海流能

海水受风力、海底地形等影响，沿一定方向大规模流动，这种现象称为海流．海流中蕴藏着巨大的动力资源．科学家们设想利用海流的动力推动水轮发电机发电——海流发电．据估测，如果世界大洋中的海流都被利用来发电，其发电功率可达 5×10^9 kW．

潮汐能

由于太阳和月球的引力作用，地球上海洋水面出现周期性涨落的现象称为海洋潮汐．海水一涨一落，水位的高度差可达十几米．为了利用潮汐的机械能，人们在海湾或河口建筑拦水堤坝，形成水库，并在坝下设置一些装有水轮机的闸门．当海水涨落时，海水流经闸门，带动水轮发电机发电（图12–12）．位于浙江省温岭市的江厦潮汐发电站，是我国最大的潮汐发电站，也是世界第四大潮汐发电站，如图12–13所示．



（a）涨潮

（b）退潮

图12–12　潮汐发电



图12–13　江厦潮汐发电站

请上网查阅相关资料，了解海洋中的航标灯是利用何种能源发光的．



1. 通常，载重汽车造成的车祸比小轿车造成的车祸严重得多，这是为什么？但也有例外，这又是为什么？

2. 图12–14是上海“明珠线”某轻轨车站的设计方案图，与站台连接的轨道有一定的坡度．请你从节能的角度分析这样设计的优点．

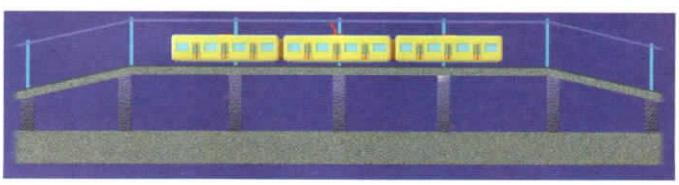


图12–14



3. 如图12-15所示，一个玩具弹簧放在斜面（倾角约30°）上端，将弹簧弯曲一定程度后释放，观察弹簧的运动情况，说说在弹簧运动的过程中，有哪些机械能发生了转化．



图12-15

4. 在水平地面上铺一张纸，将皮球表面涂黑，使其分别从不同高度处自由下落，在纸上留下黑色圆斑A、B，如图12-16所示．皮球从较高处下落形成的圆斑是图中的哪一个？你判断的依据是什么？

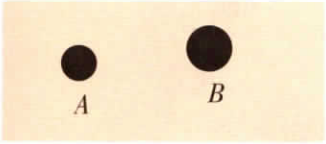


图12-16

5. 做一个能自动回转的“魔罐”．如图12-17所示，在金属罐的盖子和罐底各开两个小孔，用细线将一个钩码系在橡皮筋的中部，然后将橡皮筋穿过盖子和罐底的小孔并固定起来，这样，一个“魔罐”就做成了．

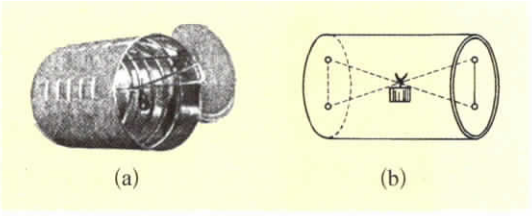


图12-17

试一试，当你将“魔罐”在水平地面上滚出后，它能自动滚回来吗？仔细观察“魔罐”的运动，想一想，在此过程中动能和势能是如何转化的？

6. 如图12-18所示，将一张卡片（约9 cm × 5 cm）对折，在开口的一边剪两个小豁口，然后套上橡皮筋，就做成了一个会跳的卡片．将卡片反过来，用手把它在桌面上压平，使橡皮筋伸长，迅速松开手，会出现什么现象？在此过程中，弹性势能、动能、重力势能是如何转化的？

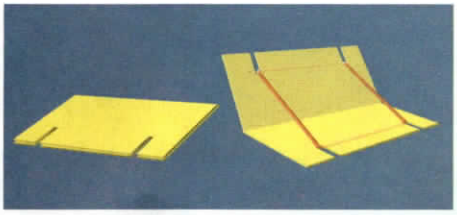


图12-18 会跳的卡片

二、内能　热传递

内　能



汽油、煤、天然气等燃烧放热，以及物体摩擦发热，释放的都是一种与热运动有关的能量，这种能量叫作**内能**(internal energy)．

如同运动着的物体具有动能一样，做热运动的分子也具有动能，我们称之为分子动能；如同发生形变的弹簧具有弹性势能一样，分子间存在引力和斥力，因此也具有势能，我们称之为分子势能．



信息快递

物体内部大量分子的无规则运动叫作热运动．

在物理学中，我们把**物体内所有分子动能和分子势能的总和叫作物体的内能**．任何物体都具有内能．



(a) 车胎内的气体



(b) 铁水



(c) 冰山

图 12-19　任何物体都具有内能



活动　12.4　观察扩散快慢与温度的关系

试一试

如图 12-20 所示，同时在盛有冷水和热水的两个烧杯中各滴入一滴墨水．

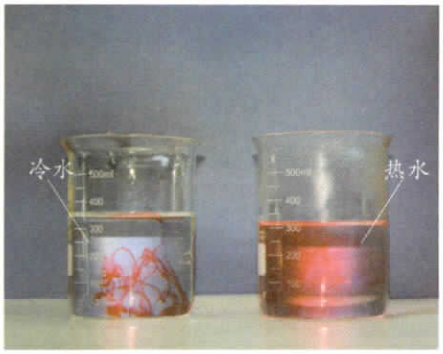


图 12-20

看一看

哪杯水中的墨水扩散得快？

想一想

墨水扩散的快慢与温度有什么关系？这说明分子热运动的剧烈程度与温度有什么关系？

实验表明，温度越高，分子无规则运动越剧烈，分子动能就越大．因此，温度升高，物体内所有分子动能的总和增大，物体的内能也就越大．可见，物体的内能与温度有关．

热传递——改变内能的一种方式



(a) 金属汤勺放在热汤中，温度升高，内能增大



(b) 食品放入电冰箱，温度降低，内能减小



(c) 在取暖器旁的物体温度升高，内能增大

图 12-21

想一想，在图 12-21 所示的几个过程中，物体的内能是如何转移的？

通过大量的观察和分析可知，**热传递是改变物体内能的一种方式**.

议一议，生活中还有哪些通过热传递来改变物体内能的实例？

信息快递

热传递

当物体或物体的不同部分之间存在温度差时，就会发生热传递．热传递时，能量从高温处转移到低温处，直至温度相同．

物理学中，把**物体在热传递过程中转移的能量叫作热量**(quantity of heat)，用符号Q表示．热量的单位与能量的单位相同，也是焦(J)．

1. 关于内能，下列说法中正确的是(　　).

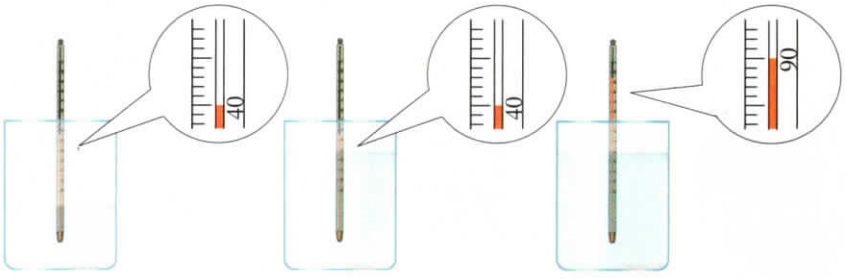
A. 0 ℃的物体没有内能

B. 物体具有内能，也可以同时具有机械能

C. 具有机械能的物体不一定具有内能

D. 物体内能大小与温度无关

2. 比较如图12-22所示的三杯水的内能大小，并简要说明理由．



(a)　　(b)　　(c)

图12-22

3. 有同学说，在热传递过程中，热量总是从内能大的物体向内能小的物体转移，直到两物体的内能相等为止．这种说法是否正确？为什么？



三、物质的比热容

比热容

活动　12.5　探究不同物质吸热升温的现象

提出问题

初夏，小明和小华去海边游玩．中午，他们赤脚走在海边的沙滩上，觉得沙子很烫；当他们跳进海水中时，却觉得海水较凉．

同样都是在太阳光照射下，为什么海水和沙子的温度不一样呢？

猜想与假设

可能是沙子和水吸收相同热量时升高的温度不相同，沙子吸热升温比水快的缘故．

实验设计



信息快递

如果热源和加热方法完全相同，就可以认为单位时间内物体吸收的热量相等．

你准备怎样进行实验？

实验与记录

1. 将相等质量的沙子和水分别装入易拉罐中，测量并记录沙子和水的初温．

2. 如图 12–23 所示，把装有沙子的易拉罐放在石棉网上，用酒精灯加热并不断搅拌．每隔 1 min 测量一次沙子的温度．一段时间后，撤去酒精灯．将数据记入下表．

3. 把装有水的易拉罐放在石棉网上，用酒精灯加热并不断搅拌．每隔 1 min 测量一次水的温度，并将数据填入下表．

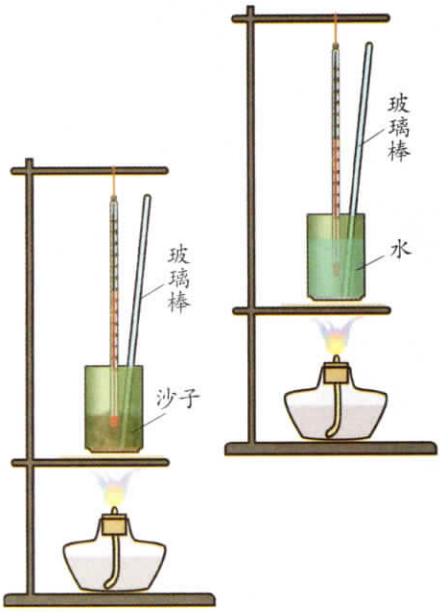


图 12–23　用酒精灯加热沙子和水

加热时间 / min		0	1	2	3	4
温度/℃	沙子					
	水					

分析与结论

根据实验数据，在图 12–24 中画出沙子和水温度随时间变化的图像．

分析图像，并讨论：

1. 质量相等的沙子和水，哪一个升温快？你是怎么得到这一结论的？

2. 质量相等的沙子和水升高相同的温度，哪一个吸收的热量多？你是怎么得到这一结论的？

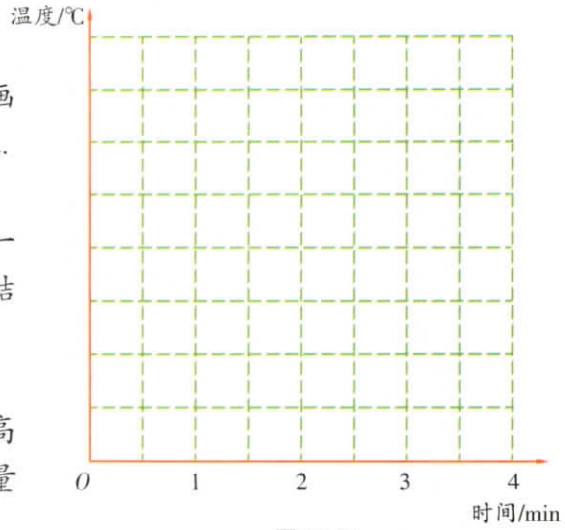


图 12–24



换用其他的不同物质进行实验，得到的结果是类似的．由此可见，不同物质在质量相等、升高（或降低）温度相同的条件下，吸收（或放出）的热量不相等．

设质量为m，吸收（或放出）的热量为Q，升高（或降低）的温度为Δt．研究表明，对于同种物质，$\frac{Q}{m \cdot \Delta t}$的值是相等的；对于不同物质，上述比值一般不等．

物理学中，将物体温度升高时吸收的热量与它的质量和升高温度的乘积之比，叫作比热容（specific heat）．比热容在数值上等于单位质量的某种物质温度升高（或降低）1 ℃所吸收（或放出）的热量，它是物质的一种物理属性．

比热容用符号c表示，它的单位是焦/（千克·摄氏度），符号为J/（kg·℃），读作：焦每千克摄氏度．比热容的公式为：

$$c=\frac{Q}{m \cdot \Delta t}$$

一些物质的比热容：

物质	比热容/[J·(kg·℃)$^{-1}$]	物质	比热容/[J·(kg·℃)$^{-1}$]
水	4.2×10^3	铝	0.88×10^3
酒精	2.4×10^3	干泥土	0.84×10^3
煤油、冰	2.1×10^3	铁、钢	0.46×10^3
蓖麻油	1.8×10^3	铜	0.39×10^3
沙石	0.92×10^3	水银	0.14×10^3

从上表可以看出，水的比热容较大．现在你能解释为什么海水和沙子在同一时刻的温度不一样了吗？

在生产、生活中，有很多地方都利用了水的比热容较大这一特点．例如，在冬天，人们常常在热水袋中装入热水用来取暖，汽车发动机常常用水做冷却剂等．

热传递过程中吸收或放出的热量

实验表明，在吸热或放热过程中，质量越大、比热容越大、温度的变化越大，物体吸收或放出的热量就越多．

设物体的质量为m，初温度为t_0，末温度为t．

当温度升高时，物体吸收的热量

$$Q_{吸} = cm(t - t_0)$$

当温度降低时，物体放出的热量

$$Q_{放} = cm(t_0 - t)$$

例题　初温为20 ℃，质量为5 kg的一壶水温度升高到100 ℃，需要吸收多少热量？

分析　已知水的质量，查表可知水的比热容，利用相关公式即可求得水吸收的热量．

解　水吸收的热量

$$\begin{aligned} Q &= cm(t - t_0) \\ &= 4.2 \times 10^3\ \text{J/(kg·℃)} \times 5\ \text{kg} \times (100\text{–}20)\text{℃} \\ &= 1.68 \times 10^6\ \text{J} \end{aligned}$$

答　水要吸收1.68×10^6 J热量．

反思　实际上，烧开这一壶水需提供的热量要大于1.68×10^6 J．想一想，这是为什么？

生活·物理·社会

海陆风的成因

在沿海地区，白天的风通常从大海吹向陆地，而晚上的风却从陆地吹向大海，这种风叫“海陆风”．海陆风是怎么形成的呢？

海风和陆风通常在炎热、晴朗的天气产生．由于陆地和大海升温和降温的快慢不同，从而使空气形成了对流．

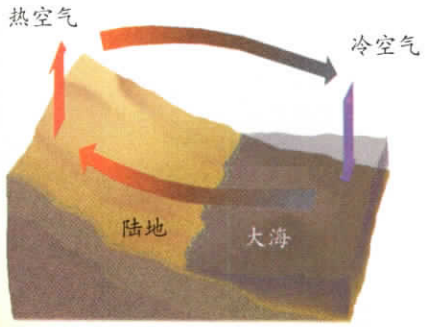


图12–25 海风

海风　如图12–25所示，白天，陆地比大海升温快，地面附近密度较小的热空气上升，海面较冷的空气就会来补充，于是冷空气沿海面吹向陆地，形成海风．



陆风　如图 12–26 所示，夜晚，陆地比大海降温快，海面的热空气上升，地面附近的冷空气就会来补充，于是冷的空气沿地面吹向大海，形成陆风．

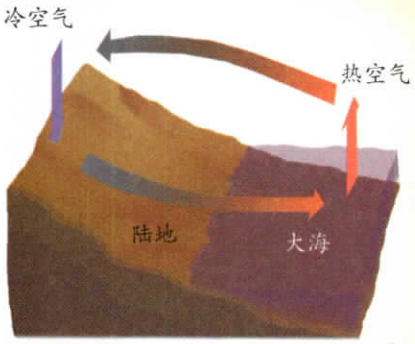


图 12–26　陆风



1. 任选两种物质，将它们放在太阳光下，看看哪种物质升温快．想一想，影响升温快慢的因素有哪些？

2. 小明在阅读 p.45“一些物质的比热容”表格后，得出了如下结论：

（1）在太阳光照射下，干泥土比湿泥土升温慢；

（2）同种物质升高相同温度，吸收的热量不一定相等；

（3）不同物质的比热容有可能大致相等．

你是否同意他的观点？为什么？

3. 如图 12–27 所示，拖拉机发动机采用循环流动的水进行冷却．你能说说用水冷却的优点吗？

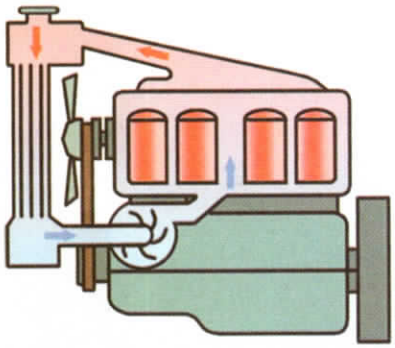


图 12–27　拖拉机发动机中的水循环



4. 质量为10 kg、温度为20 ℃的水，吸收1.26×10^6 J热量后，温度将升高到多少摄氏度？

5. 某同学在烧杯中装入500 g水，测得水的温度为20 ℃，然后用酒精灯给水加热，直至水温上升到70 ℃.

（1）在上述过程中，水的内能增加了多少？

（2）有同学认为，水吸收的热量就等于酒精燃烧所放出的热量. 你认为对吗？请说明理由.

6. “早穿棉袄午穿纱，围着火炉吃西瓜”是我国西北沙漠地区日温差较大的生动写照. 请用学过的知识解释这一现象.



四、机械能与内能的相互转化

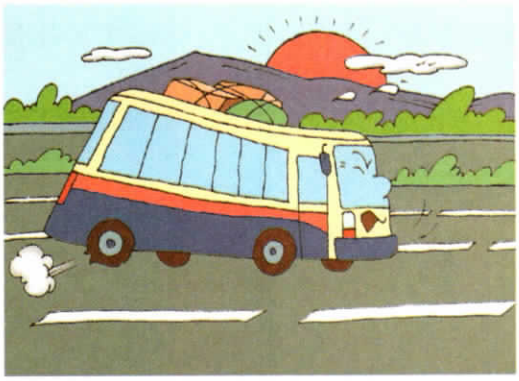


图 12-28　为什么汽车高速行驶较长时间后，轮胎的温度会升得很高



图 12-29　燃料是怎样使汽车发动机工作的

做功——改变物体内能的另一种方式

活动　12.6　研究做功能否改变物体的内能

做一做

如图 12-30 所示，将铁丝快速弯折十余次，然后用手指触摸弯折处，你有何感觉？铁丝的内能变化了吗？

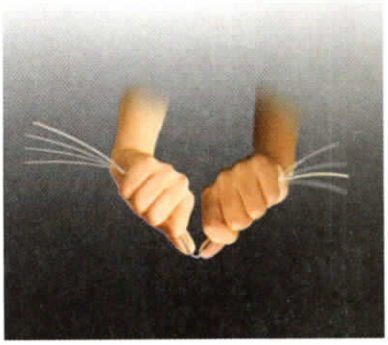


图 12-30　反复弯折铁丝



小心烫手！

看一看

如图 12-31 所示，在空气压缩引火仪的玻璃筒底部放一小团干燥的棉花，用力将活塞迅速下压，你看到了什么？



图 12-31　空气压缩引火仪

议一议

1. 在上述活动中，物体增加的内能是从哪里来的？能量是如何转化的？

2. 你还有什么办法可以使铁丝的温度升高？这些方法中，哪些是用热传递的方式改变物体内能的？哪些是通过做功改变物体内能的？

3. 你能再举一些通过做功改变物体内能的实例吗？

实验表明：**做功是改变物体内能的另一种方式**．做功改变物体内能的实质是其他形式的能（如机械能）与内能之间的转化，热传递改变物体内能的实质是内能的转移．做功和热传递都可以改变物体的内能．

热　机

活动　12.7　观察点火爆炸现象

如图 12–32 所示，在透明塑料盒的底部钻一个孔，把电火花发生器的放电管紧紧塞进孔中，打开塑料盒盖，向盒中滴入几滴酒精，再将盒盖盖紧，然后按动电火花发生器的按钮．

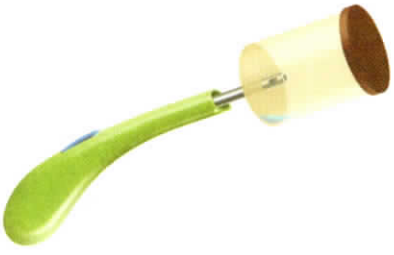
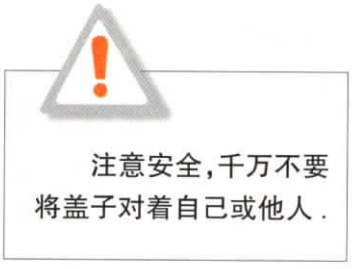


图 12–32

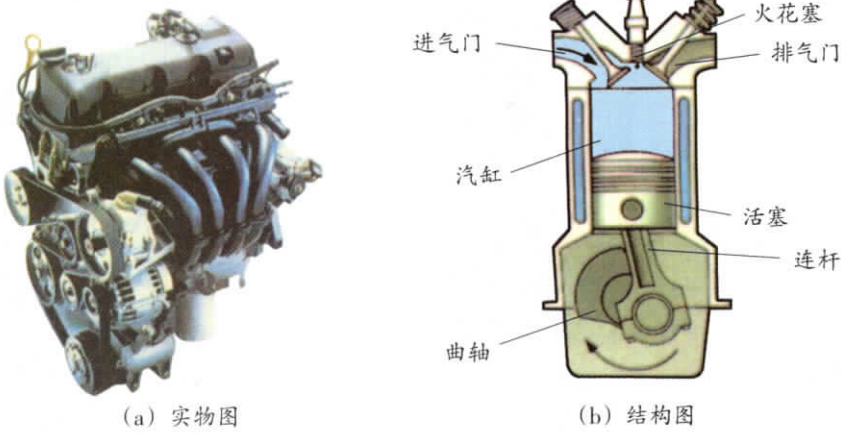


你观察到什么现象？

在上述活动中，酒精燃烧产生的燃气对外做功，燃气的内能转化为机械能．根据这一原理，可以制造出将内能转化为机械能的机器．

热机是热力发动机的简称，它是将燃料燃烧产生的高温、高压燃气的内能转化为机械能的装置．

现以汽油机(图 12–33 和图 12–34)为例,介绍内燃机的工作过程 .



(a) 实物图　　(b) 结构图

图 12–33 汽油机

汽油机的工作循环

汽油机工作时,活塞在汽缸里做往复运动 . 活塞从汽缸的一端运动到另一端的过程,称为一个冲程 . 汽油机的一个工作循环分为如图 12–34 所示的四个冲程 .

1. 吸气冲程:进气门打开,排气门关闭,活塞向下运动,燃料和空气的混合气体被吸入汽缸 .

2. 压缩冲程:进气门和排气门都关闭,活塞向上运动,燃料混合气体被压缩,温度升高,机械能转化为内能 .

3. 做功冲程:当活塞到达汽缸顶端时,火花塞打火,使混合气体猛烈燃烧,产生高温、高压的燃气,推动活塞向下运动,内能转化为机械能 .

4. 排气冲程:进气门关闭,排气门打开,活塞向上运动,将废气排出汽缸 .

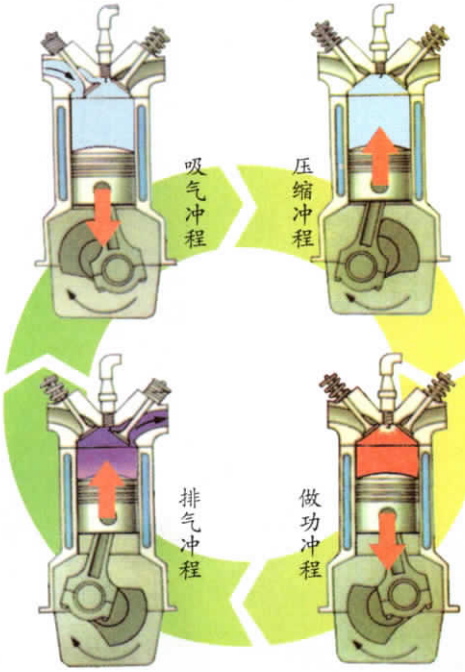


图 12–34 汽油机的一个工作循环

可见，在汽油机的一个工作循环中，曲轴旋转两圈，活塞往复运动两次．在压缩冲程中机械能转化为内能，而在做功冲程中内能转化为机械能．

在工农业生产中，常用的内燃机有汽油机和柴油机►►(p.58)．汽油机比较轻巧，常用在汽车、飞机和小型农业机械(如插秧机、机动喷雾器)上．在汽缸容积、转速相等的情况下，柴油机的功率较大，因此它被广泛应用于载重汽车、拖拉机、坦克和轮船上．

生活·物理·社会

热机的发展历程

17世纪末，第一台带活塞的蒸汽机由法国物理学家、发明家巴本制成．经英国工程师纽科门和瓦特►►(p.59)的改进，蒸汽机在工业生产上得到了广泛应用，使人们摆脱了以人力和畜力为动力的时代．蒸汽机使火车飞奔、轮船远航，人类从此进入了工业时代．但是，蒸汽机在使用中暴露了它致命的弱点：它要靠一台锅炉提供蒸汽，由于燃料在汽缸外燃烧，因而热量损失大．在当时，蒸汽机的效率只有5%～8%．

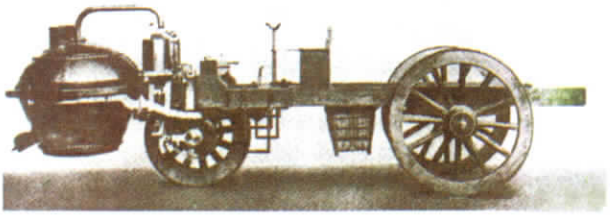


图12-35　人类历史上第一辆用蒸汽驱动的三轮汽车

为了进一步提高热机效率，减小热机的体积和质量，人们设法让燃料在汽缸内燃烧，用燃烧的气体直接推动活塞做功，这就是内燃机．今天的汽车、拖拉机、坦克等，都使用了内燃机．

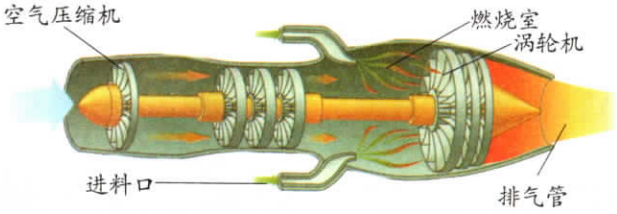


图12-36　涡轮喷气发动机示意图

随着航空和航天事业的发展，人们迫切需要大功率的发动机以提高飞行器的飞行速度，因此涡轮喷气发动机应运而生．涡轮喷气发动机使压缩后的混合气体在燃烧室燃烧，燃烧后剧烈膨胀的气体从尾部高速喷出，其巨大的反冲推力直接成为飞机的推进力．火箭发动机的工作原理与涡轮喷气发动机十分相似．主要的差别是，火箭自带燃料和氧化剂，可在大气层之外工作；涡轮喷气发动机只带燃料，利用空气做氧化剂，因此它只能在大气层内工作．

我国在火箭发动机的研制方面，固体火箭发动机和液体火箭发动机齐头并进，现已居世界前列．2021 年 10 月 19 日，我国研制的直径为 3.5 m 的 500 t 级整体式固体发动机试车成功，这是目前世界上最强大的固体火箭发动机．2022 年 11 月 5 日，我国自主研制的 500 t 级液体火箭发动机首次整机试车成功．这些成果标志着我国火箭发动机的研制水平大幅提升，将有力推动中国航天梦的加速实现．

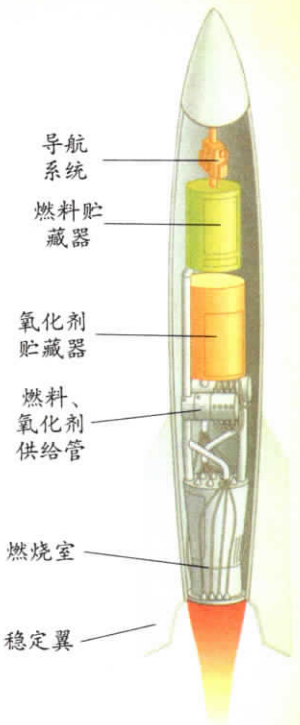


图 12-37　火箭发动机示意图

燃料的热值



活动　12.8　比较质量相等的不同燃料燃烧时放出的热量

做一做

用天平测量出10 g酒精和10 g碎纸片，将其分别放入两个燃烧皿中，点燃后对质量相等的水（约200 g）加热（图12–38），使酒精和碎纸片充分燃烧．记录加热前后两支温度计的示数．

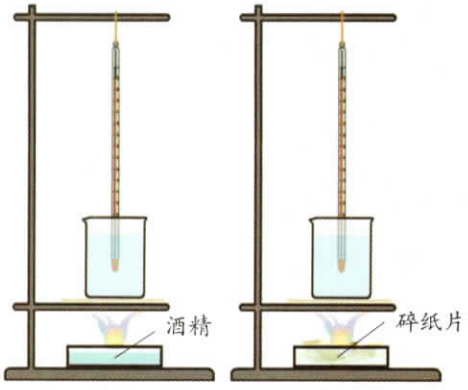


图12–38

燃料	加热前的水温/℃	燃料燃尽后的水温/℃	水温的变化/℃
10 g酒精			
10 g碎纸片			

想一想

质量相等的酒精和碎纸片充分燃烧后，烧杯中水温的变化一样吗？这说明了什么？

实验表明，质量相等的不同燃料，充分燃烧所放出的热量一般是不相等的．

燃料完全燃烧放出的热量与燃料的质量之比，叫作这种燃料的热值（heat value）．燃料的热值用q表示，单位是J/kg．

质量为m的燃料，完全燃烧放出的热量

$$Q_{放} = mq$$



一些燃料的热值(J/kg)：

固　体		液　体		气　体	
干木柴	1.2×10^7	酒　精	3.0×10^7	煤　气	4.2×10^7
烟　煤	2.9×10^7	柴　油	4.3×10^7	天然气	4.4×10^7
焦　炭	3.0×10^7	石　油	4.4×10^7		
无烟煤	3.4×10^7	汽　油	4.6×10^7	氢　气	1.43×10^8
木　炭	3.4×10^7	煤　油	4.6×10^7		

对于气体燃料，人们通常采用焦每立方米作为热值的单位，符号为J/m^3．例如，氢气的热值又可表示为$1.28\times10^7\ J/m^3$，它表示在标准状况下$1\ m^3$氢气完全燃烧，放出的热量为1.28×10^7 J．

读一读

化石燃料的燃烧与环境保护

煤、石油、天然气等化石燃料的广泛应用，加快了人类文明的进程，但同时也污染了环境，给人们的生活带来了危害．

科学研究发现，自工业革命以来，由于人类大量燃烧化石燃料，大气中的CO_2浓度不断增加，人们每年还在向大气排放CO_2．由CO_2等温室气体引起的温室效应正导致全球变暖．

全球气候变暖威胁着人类的生存和发展．人们已经意识到环境保护的重要性．1992年6月4日，在巴西里约热内卢举行的联合国环境与发展大会上通过了《联合国气候变化框架公约》．2005年2月16日，又一个重要的国际公约《京都议定书》正式生效．在此之后又相继召开了多次国际会议．越来越多的国家对保护地球环境达成共识，并积极采取行动．

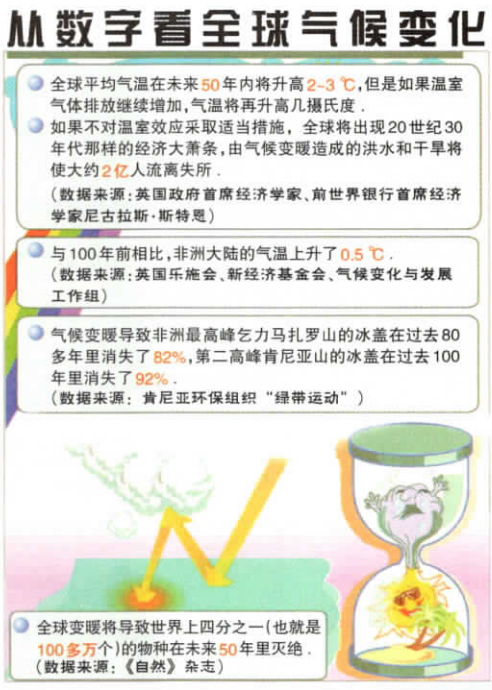


图12-39



在环境保护措施中，人们对空气质量监测尤为重视．2012年，我国在环境空气质量标准中增加了“$PM_{2.5}$”►►(p.60)监测项目，这标志着我国对空气污染防治提出了更高要求．



1. 给你一块冰，你能用哪些方法使其熔化？这些方法中，哪些采用的是做功方式？哪些采用的是热传递方式？

2. 航天飞船的外壳涂有一层烧蚀材料，以免飞船从太空返回地面的过程中因高温而损坏．想一想，为什么飞船在返回过程中温度会升高？

3. 用打气筒给自行车轮胎打气．打完后摸一摸打气筒的外壁，发现外壁变热了．请用所学的物理知识解释这一现象．

4. 简述汽油机工作时机械能与内能相互转化的过程．若一台四冲程汽油机的飞轮转速为1 200 r/min，则该汽油机每秒钟做功多少次？

5. 随着“西气东输”工程的实施，我国有些城市开始用天然气来取代煤气和液化石油气．请你查找相关资料，谈谈这样做有什么好处．

6. 查阅有关资料，谈谈对农村发展沼气的看法．



小结与评价

知识梳理

动能

物体由于运动而具有的能叫作动能．质量越大，运动的速度越大，物体的动能就越大．

势能

重力势能和弹性势能是常见的两种势能．

物体由于被举高而具有的能叫作重力势能．质量越大，被举得越高，物体的重力势能就越大．

机械能

动能和势能统称为机械能．动能和势能可以相互转化．

内能

分子因热运动而具有分子动能，分子因其间存在相互作用力而具有分子势能．物体内部所有分子动能和分子势能的总和叫作物体的内能．物体的温度越高，它的内能就越大．

改变物体内能的两种方式

做功和热传递是改变物体内能的两种方式．

热量与比热容

物体在热传递过程中转移的能量叫作热量．

比热容是反映物质吸放热本领的物理量，其数值等于单位质量的某种物质温度升高(或降低)1 ℃所吸收(或放出)的热量．

计算热量的常用公式：$Q_{吸} = cm(t - t_0)$，$Q_{放} = cm(t_0 - t)$．在国际单位制中，热量的单位是焦(J)．

热值

燃料完全燃烧放出的热量与燃料质量之比叫作燃料的热值．热值是燃料的一种属性．

汽油机的工作过程

汽油机的一个工作循环由吸气、压缩、做功、排气四个冲程组成．每个工作循环活塞往复运动两次，曲轴转动两周，对外做功一次．

在压缩冲程中，机械能转化为内能；在做功冲程中，内能转化为机械能．

反思与评价

1. 试从机械能、内能、化学能出发，完成以下的本章知识结构图．

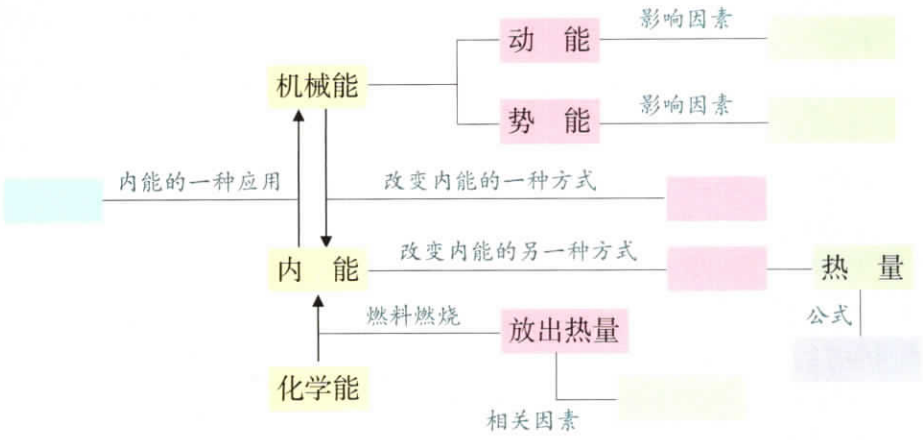
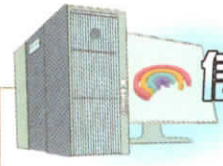


图 12–40

2. 物体吸收（或放出）的热量与组成该物体的物质的种类有关，你怎样用实验来说明？

3. 购买一盒薯片，设计实验估测薯片的热值，然后将实验结果与包装盒上注明的薯片的热量值进行比较，并分析产生差异的原因．



信息库

▶▶柴油机

柴油机是用柴油做燃料的内燃机．

柴油机的构造与汽油机类似，不同点在于柴油机有一个喷油嘴而没有火花塞．柴油机一个工作循环有四个冲程，如图 12–41 所示．

（1）吸气冲程：将空气吸入汽缸内．

（2）压缩冲程：活塞向上运动，

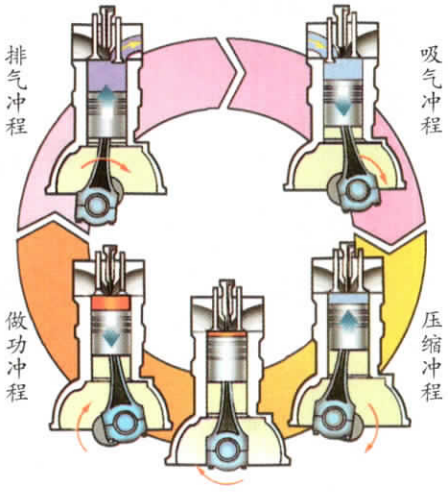


图 12–41　柴油机



将空气压缩为高温气体，其温度超过柴油的燃点．

（3）做功冲程：在压缩冲程结束时，由喷油嘴向汽缸内喷入雾化的柴油，与高温的空气混合而燃烧，使汽缸内气体的压强急剧增大，从而推动活塞做功，将内能转化为机械能．

（4）排气冲程：活塞向上运动，将汽缸内的废气排出，为下一个工作循环做好准备．

柴油机的显著优点是热效率较高．随着科学技术的发展，柴油机的应用范围越来越广．低油耗、低噪声和低污染已成为柴油机的发展方向．

▶▶瓦特与蒸汽机

18世纪初，蒸汽机已经在一些矿井中作为动力使用．但由于它的热效率极低，很难满足当时工业生产对动力机的要求．1764年，瓦特作为英国一所大学的仪器修理工，有机会接触了客户送来维修的纽科门蒸汽机，从中发现了许多问题．为了提高蒸汽机的热效率，他向学校的物理教师请教有关力学和热学的知识．丰富的实践经验使他在研究中如虎添翼．经过长期思考、探究，终于发明了与汽缸相连的冷凝器，既能使汽缸内获得真空，又能使汽缸温度不致下降过多．由于这一重大改进，蒸汽机的热效率比原来提高了4~6倍，耗煤量大大减小．接着，他又设计了“平行连杆机构”，将机械的直线运动转变为圆周运动．为此，他获得了两项专利权．瓦特的创造性工作使蒸汽机真正地进入了大工业的领域，开创了人类大规模利用蒸汽机作为动力的时代．

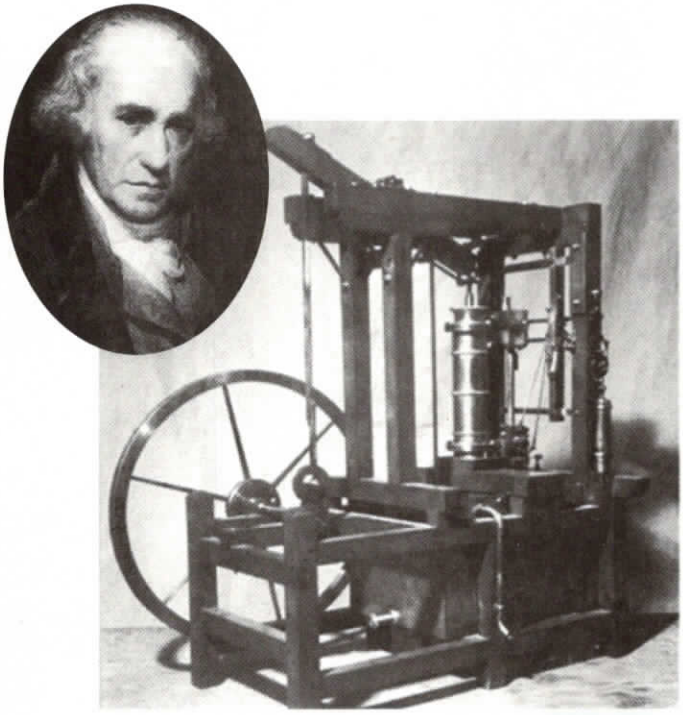


图12-42　瓦特与蒸汽机模型

一个人的创新改变了人类文明的进程，瓦特就是一个例证．

▶▶$PM_{2.5}$监测

PM的英文全称为 Particulate Matter(颗粒物). $PM_{2.5}$是指大气中直径为2.5 μm及2.5 μm以下的颗粒物. 每立方米空气中$PM_{2.5}$的含量越高,表明空气的此类污染越严重.

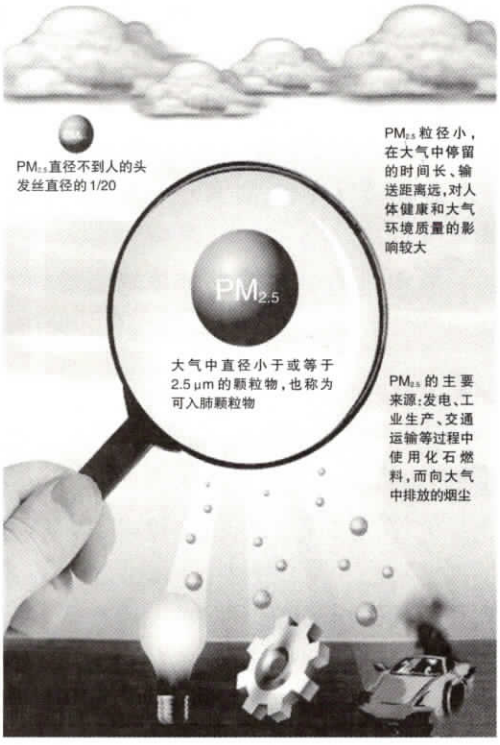


图12-43

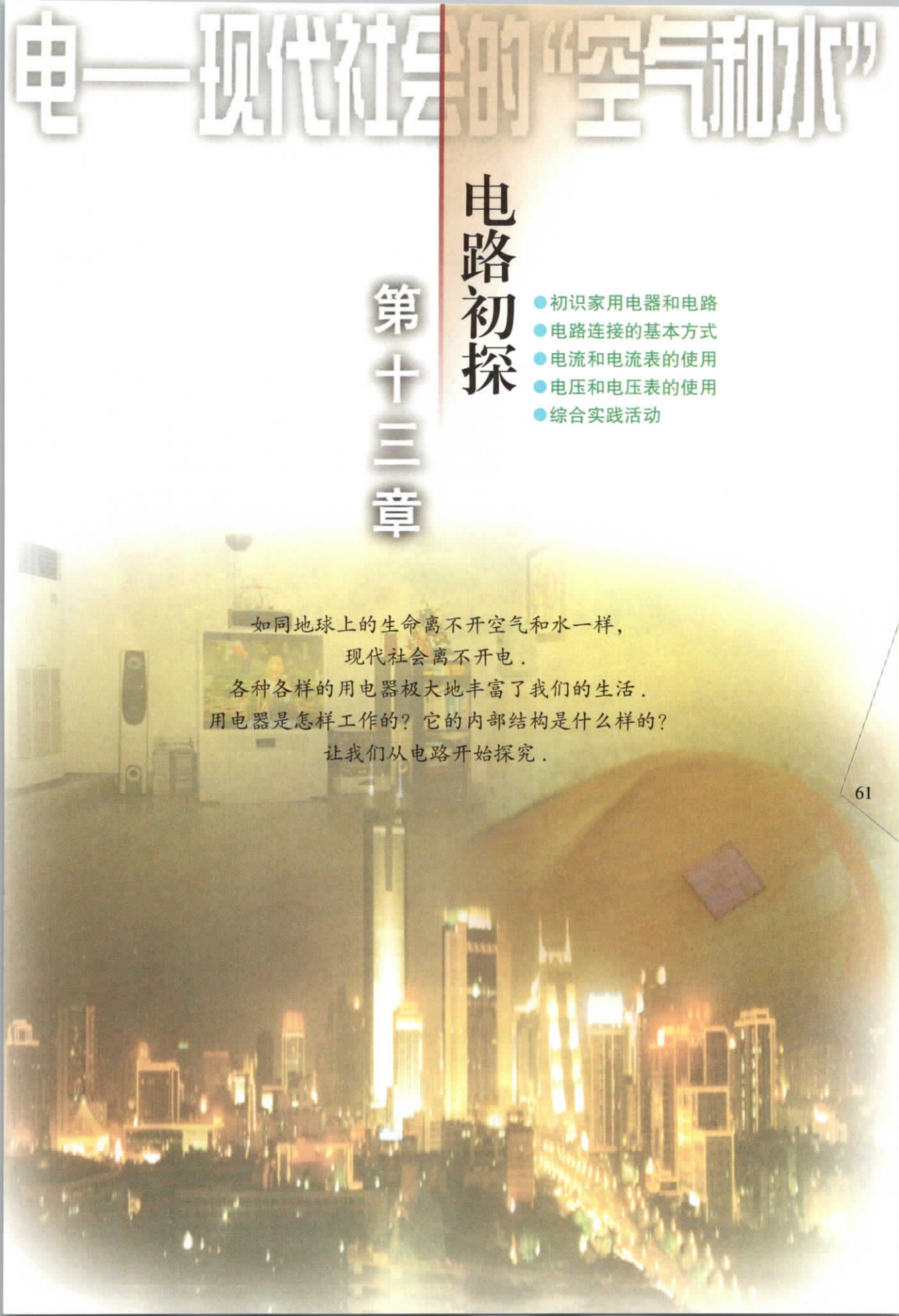
$PM_{2.5}$按来源,分为自然源和人为源两种. 前者包括森林大火产生的黑碳、有机碳,地表排放的含硫气体在大气中氧化形成的硫酸盐等;后者主要是煤、石油等化石燃料和生物质燃烧所致. 它易于富集空气中的有毒重金属、酸性氧化物、有机污染物、细菌和病毒等有害成分且粒径较小,可以进入人体肺部,诱发氧化性损伤,影响呼吸系统、心血管系统、免疫系统、生殖系统、神经系统、遗传系统,但机制非常复杂,目前很多影响和机制尚不清楚.

$PM_{2.5}$污染的治理,必须从生产、生活和生态方面采取综合措施. 例如,改变能源结构,加大清洁能源的使用力度,淘汰高耗能、高污染的企业;发展公交导向型城市交通,减少居民出行对机动车的依赖;提倡植树造林,提高城市绿化率,创造良好的生态环境等.

电——现代社会的“空气和水”

第十三章 电路初探

- 初识家用电器和电路
- 电路连接的基本方式
- 电流和电流表的使用
- 电压和电压表的使用
- 综合实践活动



如同地球上的生命离不开空气和水一样，
现代社会离不开电．
各种各样的用电器极大地丰富了我们的生活．
用电器是怎样工作的？它的内部结构是什么样的？
让我们从电路开始探究．

一、初识家用电器和电路

电在我家中

随着科学技术的飞速发展，各种新型用电器应运而生，使我们的生活发生了日新月异的变化．

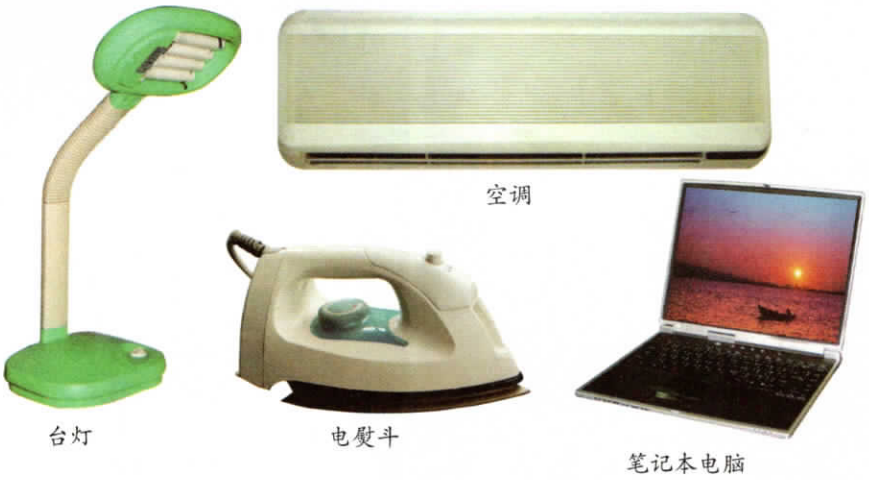


图 13-1　家用电器

用电器(electric appliance)是利用电能进行工作的装置．它与电源连接后，可以将电能转化为我们所需要的能．

信息快递

电源(power supply)是能持续供电的装置．从能量转化的观点来看，电源是把其他形式的能转化为电能的装置．

常见的电源有直流电源和交流电源．

最常用的直流电源是电池(cell)►►(p.84)，它有正、负两极，正极用“+”表示，负极用“-”表示．

当直流电源对用电器供电时，电流(electric current)的方向是由电源的正极经用电器到负极．

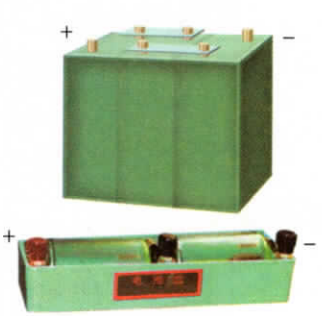


图 13-2　电源

活动　13.1　初步调查家用电器

1. 家用电器使我们的生活发生了哪些变化？

2. 填写表格并讨论：怎样对各种各样的家用电器进行分类？

名　称	用　途	电源类型		电能转化成的主要能量形式			
		交流	直流	内能	机械能	光能	声能
台　灯	照　明	✓		✓		✓	
收音机							
电饭锅							
手电筒							

电　路

活动　13.2　观察手电筒

1. 按下手电筒的开关按钮，观察小灯泡的发光情况．

2. 打开手电筒的后盖（或前端）进行观察．电池是怎样安放的？后盖与电池是怎样连接的？观察开关的结构，了解它的作用．

3. 旋开手电筒的前部进行观察．小灯泡是怎样安装的？

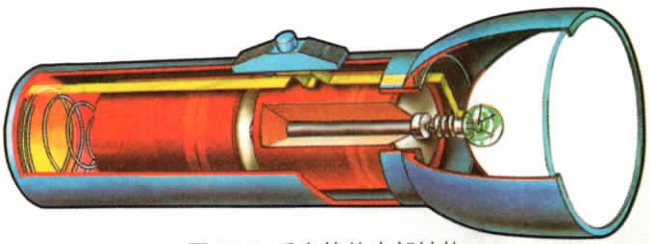


图 13–3　手电筒的内部结构

活动　13.3　怎样使一个小灯泡亮起来

现有电池、小灯泡、灯座、开关(switch)和导线(图 13–4),请你根据对手电筒的观察和研究,试着把它们连接起来,使开关能控制小灯泡的发光与熄灭.

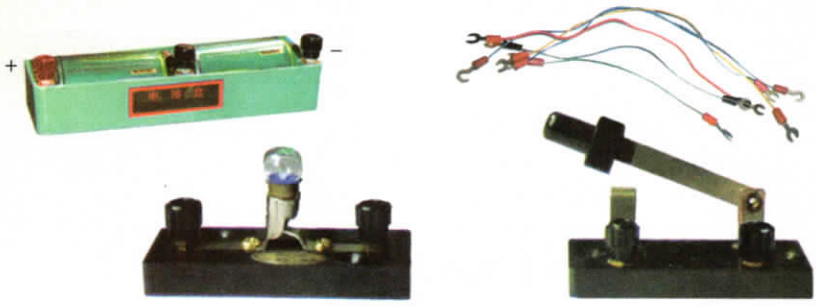


图 13–4



信息快递

连接电路(electric circuit)时应注意:

1. 在连接电路的过程中,开关必须处于断开状态.
2. 将导线接到电路元件的接线柱上,并旋紧螺帽,以保证接触良好.
3. 绝不允许以任何方式用导线将电池的两极直接相连,以免损坏电源.

电路连接无误后,先闭合再断开开关.看一看,通过开关能否控制小灯泡的发光与熄灭?

想一想,电路中的各个组成部分分别起什么作用?在图 13–4 中用笔画线表示导线,将各元件连接起来.

什么是电路?电路就是用导线把电源、用电器、开关等元件连接起来组成的电流的路径.在小灯泡的电路中,闭合开关,形成通路,电路中有电流流过,小灯泡发光;断开开关,形成断路,电路中没有电流,小灯泡熄灭.如图 13–5 所示,如果不经过用电器,用导线直接将电源的两极相连,就会形成短路,损坏电源.

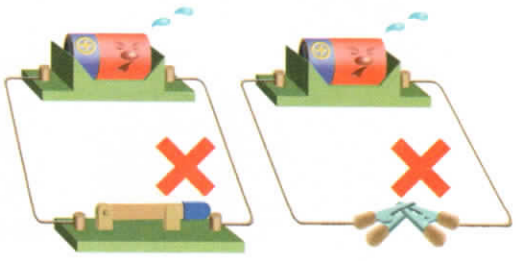


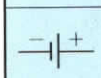
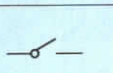
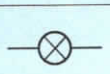
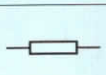
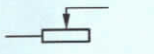
图 13–5 短路

电路图



用电路元件符号表示电路连接的图，叫作电路图．

以下是几种常用的电路元件及其符号．

电　池	开　关	灯　泡	电　阻	滑动变阻器	电　铃
					
					

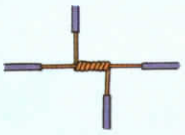
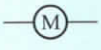
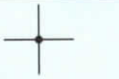
电流表	电压表	电动机	T形相连导线	交叉相连导线
				
				

图 13-6　常用电路元件的符号

图 13-7 为手电筒的电路图，你能画出“活动 13.3”的电路图吗？

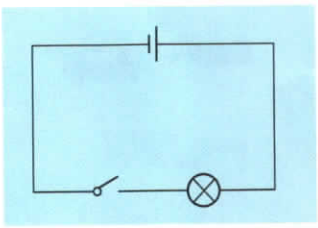


图 13-7　手电筒的电路图

生活·物理·社会

集成电路

集成电路是应用半导体技术制成的特殊电路．许多家用电器和电子仪器都使用了集成电路．如图13-9所示的一块比指甲还小的超大规模集成电路上集成了上千万个电子元件．集成电路和超大规模集成电路的使用，在优化了电路结构的同时，使电路的体积大大缩小，因而提高了电子线路的各种性能，使电器的小型化、微型化得以实现，促进人类迈入了信息时代．

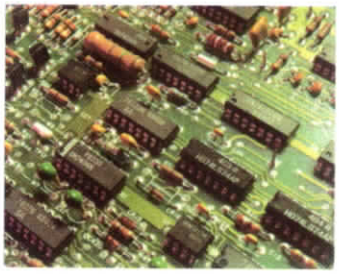


图13-8

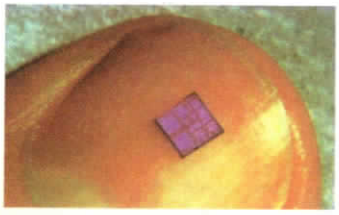


图13-9

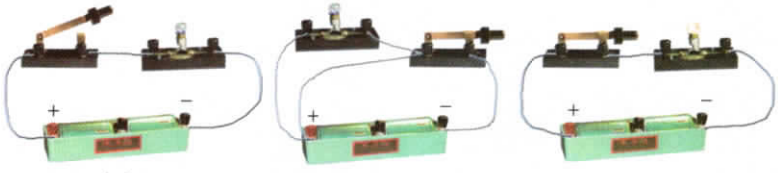


图13-10 集成电路生产及测试的每个工作流程都必须在无尘和干燥的环境下进行



1. 设法用一段导线、一节干电池使一个小灯泡发光．你能想出几种方法？请画出实物图，并试一试．

2. 如图13-11所示的三个电路各处于通路、断路、短路中的哪一种状态？



(a)　(b)　(c)

图13-11

二、电路连接的基本方式





活动　13.4　怎样使两个小灯泡亮起来

现有两个带灯座的小灯泡、电池、开关和导线若干，请你试着把它们连接起来，使两个小灯泡能同时发光．

与同学交流，看看一共有几种不同的连接方式，并将有关电路图画在下面的虚线框中．

用电器的连接有两种最基本的方式．如图13-12(a)所示，把用电器逐个顺次连接起来的方式，叫作串联；如图13-12(b)所示，把用电器并列地连接起来的方式，叫作并联．由用电器串联所组成的电路，叫作**串联电路**(series circuit)；由用电器并联所组成的电路，叫作**并联电路**(parallel circuit)．



(a) 串联　　(b) 并联

图13-12

活动　13.5　串联电路和并联电路的比较

实验与观察

1. 串联电路.

(1) 在两个小灯泡串联且都发光时,取下其中一个小灯泡,你观察到什么现象?

(2) 交换小灯泡和开关的位置,先闭合再断开开关,你观察到什么现象?开关的位置是否影响它对电路的控制?

2. 并联电路.

(1) 在两个小灯泡并联且都发光时,取下其中一个小灯泡,你观察到什么现象?

(2) 在并联电路的两个支路中各接入一个开关,先后闭合两个开关,再先后断开开关,你观察到什么现象?

交流与讨论

1. 通过观察,你能总结出串联电路和并联电路各有什么特点吗?

2. 小明房间里的吊灯与壁灯应如何连接?开关应如何连接在电路中?

3. 画出吊灯、壁灯、开关连接的电路图,并与同学交流.



信息快递

家庭电路中的电源不同于电池,是交流电源,用符号"~"表示.

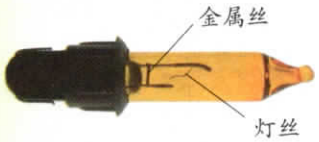
生活·物理·社会

串、并联电路在日常生活中的应用

道路两侧的树上和商店门前五光十色的彩灯，扮靓了我们的城市，它们由许多小彩灯串联而成，如图 13-13(a)所示．早期的这种彩灯有一个缺点：当其中的一个彩灯损坏(断路)后，一串彩灯会同时熄灭．但这一问题已得到解决．现在，当一个彩灯熄灭后，其他的灯依然发光，但若取下任一个彩灯，整串彩灯都会熄灭．这是为什么？原来，在这类彩灯灯丝支架的下方还有一根与灯丝并联的特殊金属丝，如图 13-13(b)所示．灯丝完好时，金属丝与支架间不导电；灯丝断裂后，金属丝与支架能够瞬间接通，电流从金属丝中通过，因而其他小彩灯仍能发光．



(a) 道路两侧树上的彩灯



(b) 彩灯的构造

图 13-13

电冰箱的压缩机由一个温控开关自动控制，冷藏室中的照明灯由电冰箱门控制，它们组成了并联电路(图 13-14)．

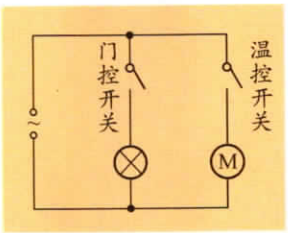


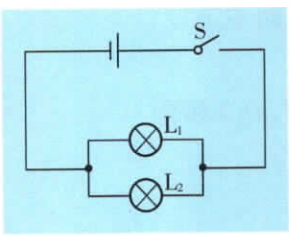


图 13-14　电冰箱及其电路简图

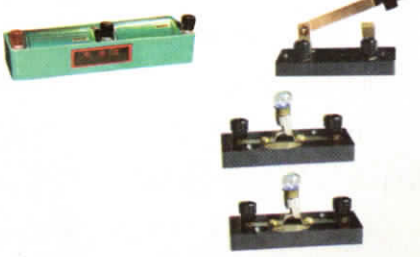


1. 教室里的几盏荧光灯是串联的，还是并联的？为什么？

2. 根据如图 13-15(a)所示的电路图，用铅笔画线表示导线，把图 13-15(b)中的元件连接起来．



(a)



(b)

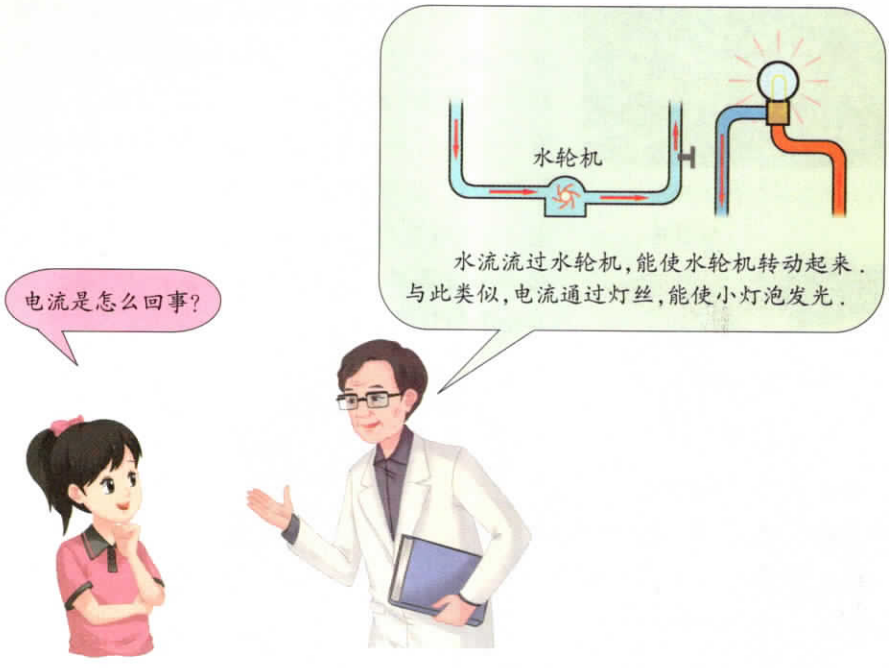
图 13-15

3. 调查市场上销售的节日彩灯的连接方式．

三、电流和电流表的使用

电　流

小明在做连接小灯泡电路的实验时，发现闭合开关后，小灯泡就会亮起来．为什么小灯泡会亮呢？这是因为有电流通过的缘故．



不同电路的电流大小通常是不相等的．在物理学中，用电流强度(简称电流)来表示电流的大小，用字母 I 表示．在国际单位制中，电流的单位是安培(ampere)，简称安，符号为 A．这是为了纪念法国物理学家安培(André Marie Ampère，1775—1836)►►(p.84) 对电学研究的巨大贡献而命名的．

电流的常用单位还有毫安(mA)和微安(μA)．电流单位的换算关系是：

$$1\ \mathrm{A} = 1\,000\ \mathrm{mA}$$

$$1\ \mathrm{mA} = 1\,000\ \mu\mathrm{A}$$



图 13-16　安培


电子手表：
1.5 ~ 2 μA
电子计算器：
约 150 μA
智能手机：
待机电流为 15 ~ 50 mA
开机电流为 60 ~ 300 mA
发射电流为 200 ~ 400 mA
荧光灯：约 150 mA
电冰箱：约 1 A
微波炉：2.8 ~ 4.1 A
电饭锅：3.2 ~ 4.5 A
柜式空调：约 10 A
高压输电：
几百 ~ 几千安
闪电：
2×10^4~2×10^5 A

图 13–17　身边的电流

电流表



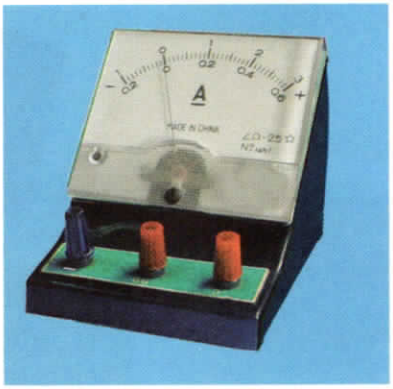


图 13–18　电流表

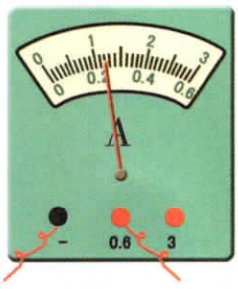
活动　13.6　观察电流表

实验室中常用的电流表(ammeter)如图 13–18 所示，它是双量程电流表，有三个接线柱，左边的接线柱标有“–”，其余两个接线柱分别标有“0.6”和“3”．

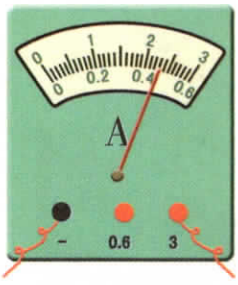
1. 如果把标有“–”的接线柱和标有“0.6”的接线柱接到电路中，就表示选用 0～0.6 A 的量程．当指针指在满刻度时，说明电流为 0.6 A．读数时，应读取刻度盘_____(上排/下排)的数值，此时电流表的分度值为_____A．

2. 如果把标有“–”的接线柱和标有“3”的接线柱接到电路中，就表示选用_____的量程．读数时，应读取刻度盘_____(上排/下排)的数值，此时电流表的分度值为_____A．

3. 读出如图 13–19 所示的电流表的示数．



(a) I = _____ A



(b) I = _____ A

图 13–19

信息快递

使用电流表测量电流时应注意：

1. 使用前应先检查指针是否指零，如有偏差则要用螺丝刀旋转表盘上的调零螺丝，将指针调至零位．

2. 必须把电流表串联在电路中，使电流从标有“0.6”或“3”的接线柱流入电流表，从标有“–”的接线柱流出(图13–20)．

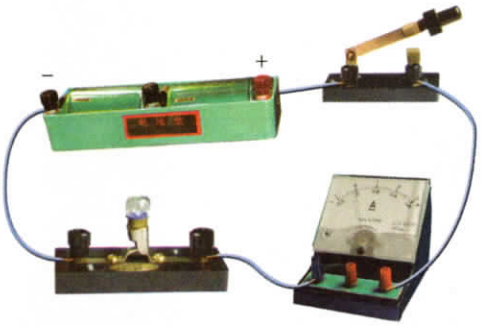


图13–20

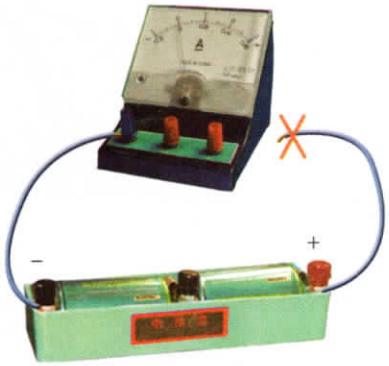


图13–21

3. 绝不允许把电流表直接连接到电源的两极(图13–21)．

4. 被测电流的大小不能超过电流表的量程．在待测电流的范围未知时，一般先试用大量程，如电流表示数在小量程范围内，再改用小量程，这样读数更为准确．

串、并联电路的电流规律

学生实验　探究串、并联电路电流的特点

(一) 串联电路

1. 按图13–22所示的电路图连接好电路．猜一猜，闭合开关后，通过电路中A、B、C三点的电流I_A、I_B、I_C间有什么关系？

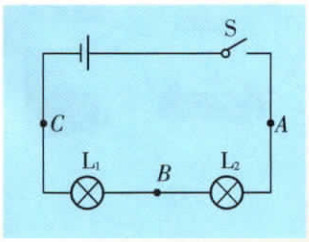


图13–22

2. 把电流表串联在电路中的A处，测出A处的电流．然后，再用同样的方法测出B、C两处的电流，将测得的数据填入表格中．

3. 更换不同的灯泡，再次测量A、B、C三处的电流，将测得的数据填入表格．

序号	电流		
	I_A/A	I_B/A	I_C/A
①			
②			

4. 比较测得的数据，可以发现：

（二）并联电路

1. 猜一猜，如图13-23所示的电路中，干路电流I_A和支路电流I_B、I_C有什么关系？

2. 设计实验步骤和数据表格，进行实验并收集证据．

3. 分析实验数据，可以得到的实验结论：

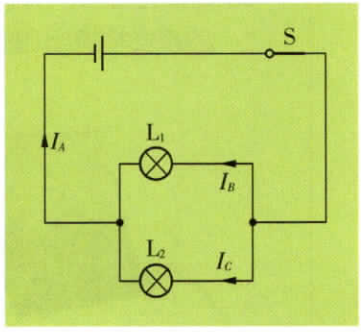


图13-23

实验表明，**在串联电路中，电流处处相等；在并联电路中，干路电流等于各支路电流之和**．

指出图13-24中各电路的错误．

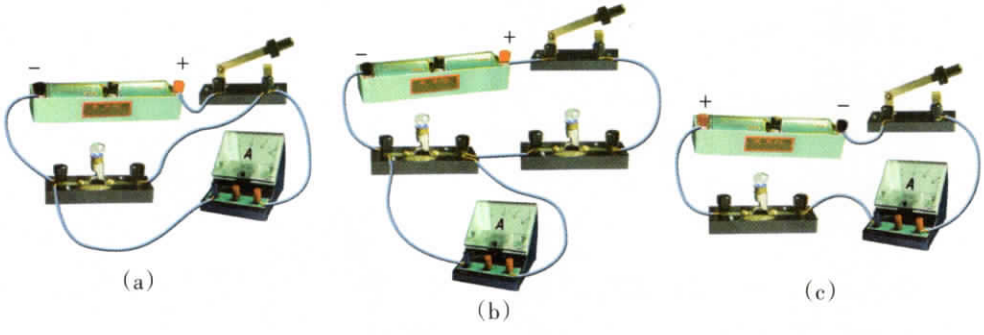


图13-24

四、电压和电压表的使用

电　压

如图13-25(a)所示，水管中水流的形成是由于水管两端存在着水压差，而水泵的作用是不断地将水从乙处抽到甲处，使水管两端维持一定的水压差．与此类似，电路中电流的形成是由于电路两端存在电压(voltage)．电源的作用就是维持正负极间有一定的电压，如图13-25(b)所示．

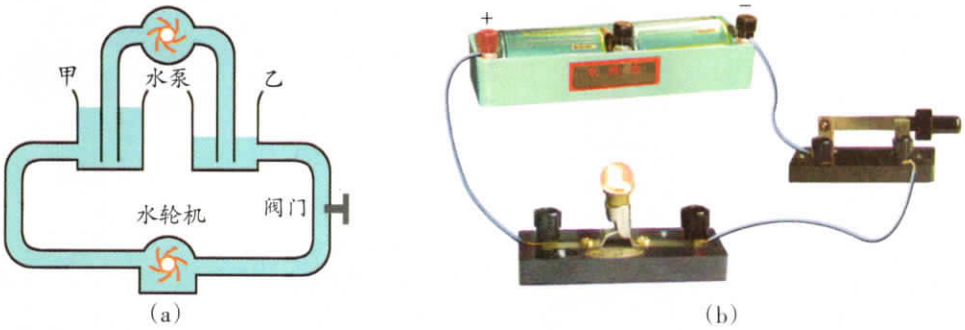


图13-25

电压用字母U表示．在国际单位制中，电压的单位是伏特(volt)，简称伏，符号为V．这是为了纪念意大利物理学家伏打(Alessandro Volta，1745—1827)对物理学的贡献而命名的．

电压的常用单位还有千伏(kV)和毫伏(mV)．电压单位的换算关系是：

$$1\ \text{kV} = 1\ 000\ \text{V}$$

$$1\ \text{V} = 1\ 000\ \text{mV}$$

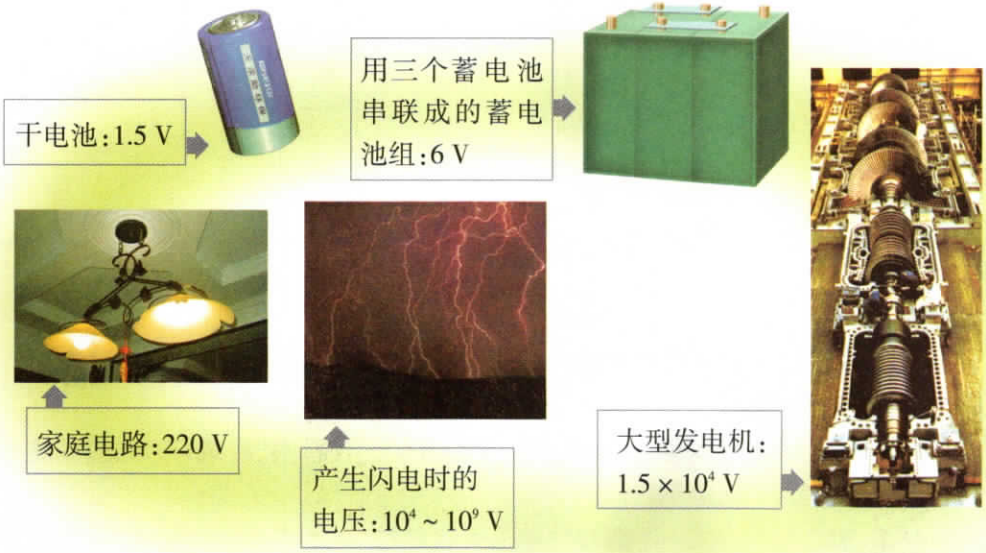


图13-26　身边的电压

电压表

活动　13.7　学习使用电压表

电路两端的电压可用电压表(voltmeter)测量．如图13-27所示的是实验室中常用的双量程电压表．



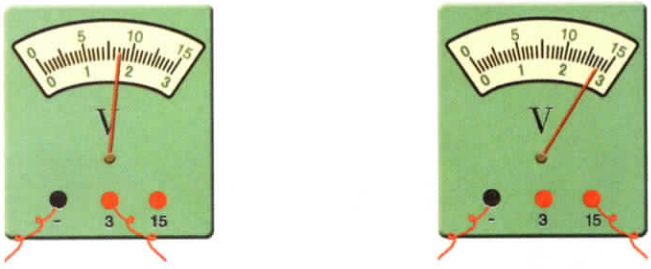
图13-27　电压表

观察电压表：

1. 若把标有“-”的接线柱和标有“3”的接线柱接到电路中，则表示选用了_____的量程，电压表的分度值为_____．读数时，应读取刻度盘_____(上排/下排)的数值．

2. 若把标有“-”的接线柱和标有“15”的接线柱接到电路中，则表示选用了_____的量程，电压表的分度值为_____．读数时，应读取刻度盘_____(上排/下排)的数值．

3. 在图13-28中，图(a)中电压表的示数U=____V，图(b)中U=____V．



(a)　　(b)

图13-28

信息快递

使用电压表的注意事项

1. 使用前应先检查指针是否指零，如有偏差，则要用螺丝刀旋转表盘上的调零螺丝，将指针调至零位．

2. 电压表应与待测电路并联，使电流从电压表标有“3”或“15”的接线柱流入，从标有“-”的接线柱流出．

3. 被测电压的大小不能超过电压表的量程．一般先试用大量程，若电压表的示数在小量程范围内，则应改用小量程．

想一想　电压表、电流表在使用规则上有哪些相同点和不同点？

做一做　用电压表测量电压．

取三节电池，用电压表分别测出每一节电池的电压U_1、U_2、U_3；将三节电池串联成电池组，测出这个电池组的电压U．将测得的电压值填入下表．

U_1 / V	U_2 / V	U_3 / V	U / V

议一议　1. 串联而成的电池组的电压与每节电池的电压有什么关系？

2. 在生活和实验中，为什么常把电池串联成电池组使用？

■ 读一读

伽伐尼和伏打对电流的探究

1780年，意大利生理学家伽伐尼有一次将解剖的青蛙放在金属台面上，他的助手无意中使解剖刀的刀尖碰到了青蛙腿内侧的神经，蛙腿立即痉挛起来．这一意外发现引起了伽伐尼的注意，他又做了许多实验并认为，这是青蛙体内存在“生物电”的缘故．



图13-29

1791年，伽伐尼发表了他的发现和看法，引起了他的好友、意大利物理学家伏打的注意．此后，伏打做了一系列实验．他用金币和银币夹住舌头，当两者相碰时，舌头会有酸苦的感觉（图13-29）．他还用两种不同的金属接成一根弯杆，当一端与眼皮接触、另一端含在嘴里时，眼睛就产生了光亮的感觉．

在进一步的研究中，伏打发现实验中的电流是由两种不同的金属与某种潮湿的物体（或导电的液体）接触而引起的．

伏打最终发明了能持续产生电流的装置——伏打电堆．他用两种金属片（如银和锌）与浸透盐或碱的水溶液的纸或皮革接触，再用导线与这两种金属相连，这就是最早的电池（图13-30）．把许多这样的电池串联起来，就组成了伏打电堆．电堆的发明开创了电学和化学研究的新领域．



图13-30 伏打电池

串、并联电路电压的特点

学生实验　探究串、并联电路电压的特点

1. 猜一猜：在图13-31所示的串联电路中，灯L_1两端的电压U_1、灯L_2两端的电压U_2与总电压U之间有什么关系？

2. 设计实验步骤、表格，进行实验并收集证据．

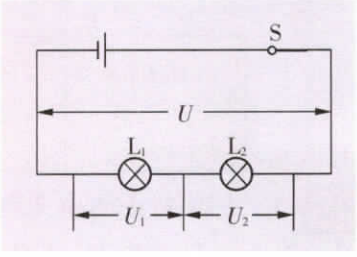


图13-31

3. 由实验数据可以得到的结论是：

4. 想一想，如何探究并联电路电压的特点？请动手做一做．

实验表明，**在串联电路中，电路两端的总电压等于各部分电路两端的电压之和；在并联电路中，电路两端的总电压与各支路两端的电压相等．**

生活·物理·社会

废干电池污染与安全处理

从手电筒、电动玩具、照相机、计算器到家用电器的遥控器，都需用干电池为它们提供电能．我国是世界上干电池生产和消费的大国．1999年，我国干电池年产量约为150亿节，其中，国内消费量达70亿节．电池用过后，大多数被人们随意丢弃，最终被埋在垃圾填埋场或在焚化炉中烧掉．干电池中含有许多重金属（如锌、铜、汞、镉）和酸、碱等物质．随着废干电池在填埋场被腐蚀，有害物质会渗透到土壤中，并进入地下水体；随便焚烧废干电池，散发的废气会污染空气．

为了有效地防止废干电池对环境的危害，我国有关部门已于1997年颁布了《关于限制电池产品汞含量的规定》．根据该规定，从2002年开始我国停止生产、销售高汞干电池，到2006年停止生产、销售含汞干电池．这一规定的颁布，起到了从源头控制废干电池污染的作用．同时，我们要在全社会提倡“绿色消费”．同学们也应宣传和参与“绿色消费”，在购买干电池时，要认准上面的汞含量标识（图13-32），主动选择无汞干电池．

换个角度看，废干电池实际上是“放错了地方的资源”．据测算，从废干电池中可提炼出不少铜、锌、二氧化锰等．从废干电池中提取这些资源不仅要比从矿石中提取容易得多，同时还能消除对环境的污染．所以，变废为宝，回收并利用废干电池是利国利民、一举多得的好事情．

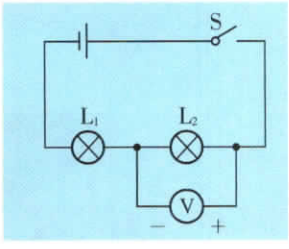


图 13-32　无汞干电池

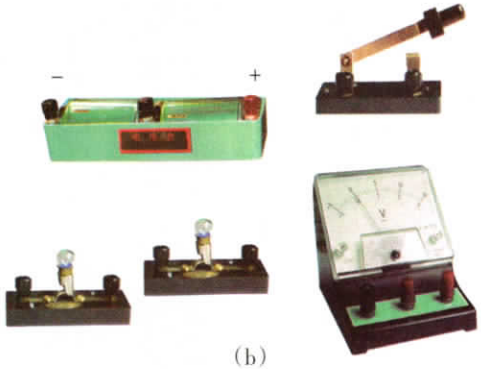


图 13-33　废电池回收箱

1. 按图 13-34(a)所示的电路图，用笔画线表示导线，将图(b)中的各元件连接起来．



(a)



(b)

图 13-34

2. 自制水果电池．

(1) 取一个橙子，把铜片、铁片插入其中，就制成了一个水果电池．用电压表测量铜片与铁片之间的电压，并指出它们中哪一个是正极、哪一个是负极．

(2) 试用其他水果或蔬菜(如苹果、西红柿、土豆等)、金属物体(如硬币、铝片)进行实验(图 13-35)．水果电池的正负极与选用的材料有关吗？



图 13-35　水果电池

综合实践活动

设计简单电路

在我们的生活中，有许多任务需要用简单电路来完成，下面以“设计病房呼叫电路”为例，讨论、设计电路，制作出电路模型．同时还给出了几个拓展研究课题，请选择一个进行实践，并利用适当时机交流、评价活动成果．



活动步骤

1. 在病房呼叫电路中，需要的器材有：

2. 如果只有一张病床，灯和电铃应该如何连接？

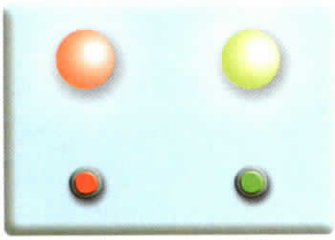
3. 如果有两张病床，灯和电铃应该如何连接？

4. 根据你设计的电路图连接电路，看看是否符合要求．

5. 展示病房呼叫电路模型．从模型的科学性、设计的新颖性、工艺水平和演示效果等方面进行评价，并找出需要改进的地方．

拓展研究

从以下三个课题中任选一个进行研究．讨论、设计电路，制作电路模型，并进行展示、交流和评价．



(a)　(b)

图 13-36 选答器

1. 制作选答器模型（图 13-36），要求如下：一个问题有两个可供选择的答案(a)和(b)，与它们对应的灯分别由两个开关控制，选择哪一个答案就闭合哪一个开关，使对应的灯发光．

2. 在楼道中安装电灯，要求在楼梯的上下两端都能控制它：上楼梯时，能用下面的开关 S_1 开灯，上了楼梯以后，能用上面的开关 S_2 关灯；下楼梯时，又能用 S_2 开灯，用 S_1 关灯（图 13-37）．试画出电路图，并用电池作为电源制作一个电路模型，看看能否满足要求（提示：楼梯上下两端所用的开关是如图 13-38 所示的单刀双掷开关）．

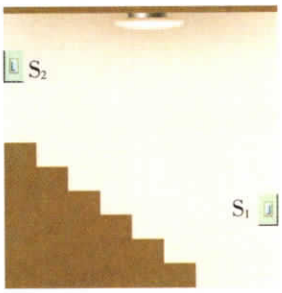
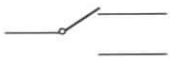


图 13-37 楼梯灯



(a) 实物图



(b) 电路符号

图 13-38 单刀双掷开关

3. 在十字路口观察交通信号灯的变化规律，并设计一个只有红灯和绿灯的手动交通信号灯模拟电路．



注意人身安全，遵守交通法规！

小结与评价

知识梳理

电路

一个完整的电路由电源、用电器、导线和开关组成.

电源是能持续供电的装置.从能量转化的观点来看,电源是把其他形式的能转化为电能的装置.

用电器是使用电能进行工作的装置.

导线的作用是连接电源、用电器和开关,形成电流的路径.

开关的作用是控制电路的通和断.

电流

电路中,电流的方向是从电源的正极经过导线、用电器到电源的负极.

电流用字母I表示.在国际单位制中,电流的单位是安,用字母A表示.

电流表是测量电流大小的仪器.电流表应串联在被测电路中,使电流从电流表标有"0.6"或"3"的接线柱流入,从标有"-"的接线柱流出.绝不允许把电流表直接连接到电源的两极,否则会损坏电流表或电源.

电压

电压用字母U表示.在国际单位制中,电压的单位是伏,用字母V表示.

电压表是测量电压大小的仪器.电压表应与被测电路并联,使电流从电压表标有"3"或"15"的接线柱流入,从标有"-"的接线柱流出.

串联电路

把用电器逐个顺次连接起来的电路叫作串联电路.

在串联电路中,电流处处相等,串联电路两端的总电压等于各部分电路两端的电压之和.

并联电路

把用电器并列地连接起来的电路叫作并联电路.

在并联电路中,干路电流等于各支路电流之和;并联电路的总电压与各支路两端的电压相等.

反思与评价

1. 补全本章的知识结构图，并简单说明其中涉及的内容．

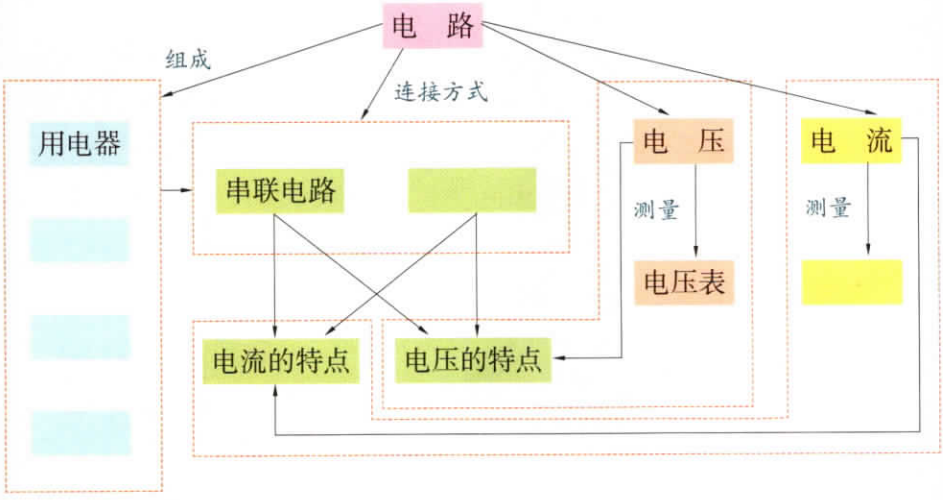
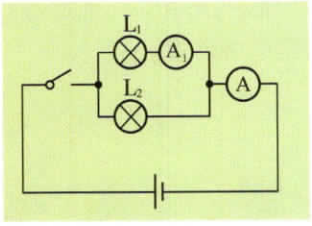


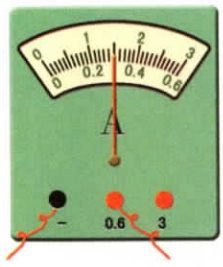
图 13–39

2. 为什么家用电器通常不采用串联的连接方式？

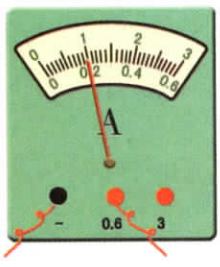
3. 根据图 13–40 所示电路和电流表Ⓐ、电流表Ⓐ$_1$的示数，求小灯泡 L_2 中的电流．



(a)



(b) 电流表Ⓐ



(c) 电流表Ⓐ$_1$

图 13–40

信息库

▶▶电池

将两种不同金属制成的电极放在电解质中，一个电极带正电，另一个电极带负电，在两极间电压的作用下，导线和灯泡中的电子做定向运动，从而形成电流（图13–41）.

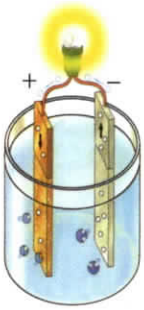


图13–41



图13–42 汽车电瓶

蓄电池是一种放电后可再充电的电池．放电时化学能转化为电能，充电时则是电能转化为化学能．汽车电瓶（图13–42）等也是蓄电池．蓄电池可以多次充放电，因此比干电池更经济，但它的缺点是质量和体积大，能量利用率较低．

生活中所用的干电池大多为碳锌电池，其结构如图13–43所示．它的正极是炭棒，负极是锌筒，电解质是以二氧化锰等为主要成分的糊状物．干电池的优点是价格便宜、适用范围广，缺点是使用寿命短．



图13–43 干电池的内部结构

随着科技的发展，一些新型的化学电池相继问世．例如，被广泛用于电子手表和计算器中的锌银纽扣电池，以及被广泛用于移动电话、笔记本电脑中的可充电式锂电池等．当前，新型的化学电池正朝着高效能、小型化和低污染的方向发展．

▶▶安培

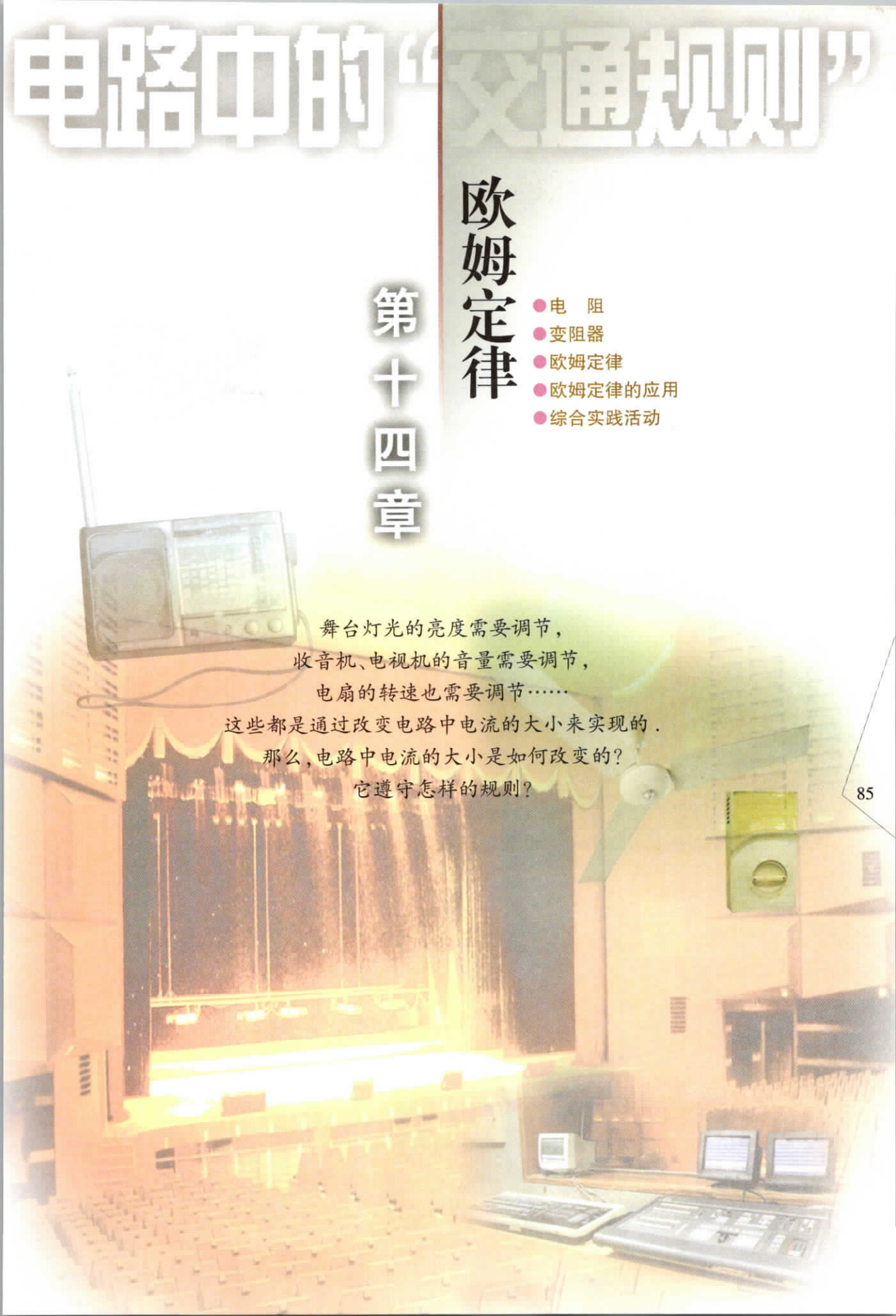
安培是法国物理学家，电磁学的奠基人之一．他出生于里昂的一个富商家庭，从小就博览群书，具有惊人的记忆力和非凡的数学天赋，12岁学习微积分，13岁就发表了关于螺旋线的论文．

成年后的安培生活充满坎坷，其父亲在法国大革命中被处死，结发之妻在结婚四年后去世，还经常因经济拮据而烦恼．但生活的艰辛并没有磨灭他探索科学的热情，他不仅钻研数学，还研究物理学和化学．1820年9月，安培获悉丹麦物理学家奥斯特发现了电流的磁效应，他意识到这一发现非同寻常，立即对电流之间的相互作用等进行了深入的探究，取得了丰硕的成果．安培以精湛的实验技巧和孜孜不倦的探究精神受到后人称颂．

电路中的“交通规则”

第十四章 欧姆定律

- 电　阻
- 变阻器
- 欧姆定律
- 欧姆定律的应用
- 综合实践活动



舞台灯光的亮度需要调节，
收音机、电视机的音量需要调节，
电扇的转速也需要调节……
这些都是通过改变电路中电流的大小来实现的．
那么，电路中电流的大小是如何改变的？
它遵守怎样的规则？

一、电　阻



活动　14.1　尝试改变电路中电流的大小

实验器材

干电池两节,小灯泡(3.8 V　0.3 A),开关,几根不同的金属丝,电流表(量程为0～0.6 A).

想一想

将元件连接成如图14-1所示的电路.可用哪些方法来改变电路中电流的大小?

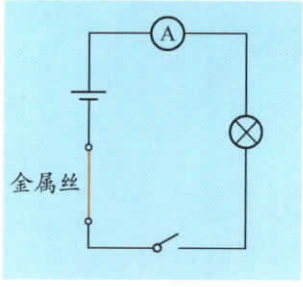


图14-1

试一试

用你想到的方法试一试,并记录观察到的现象.

通过上述活动可知,影响电路中电流大小的因素有两个:一是电路两端的电压,二是连接在电路中的导体(conductor).将不同的导体(活动中使用的金属丝)接在同一个电路中,电流的大小不相等.这是因为,不同导体对电流的阻碍作用不同.物理学中用电阻(resistance)表示导体对电流的阻碍作用.导体的电阻越大,对电流的阻碍作用就越大.



活动　14.2　探究影响导体电阻大小的因素

猜一猜

影响导体电阻大小的因素可能有哪些?

思考与设计

1. 如何通过实验比较导体电阻的大小?

2. 在几个因素中,如何研究其中某个因素对电阻大小的影响?

3. 图14–2中是可供选用的几种导体,其中A、B、C都是镍铬合金丝,D是锰铜丝;A、C、D的长度相等,B的长度是A的两倍;A、B、D的横截面积相等,C的横截面积是A的两倍.

你还需要哪些实验器材?

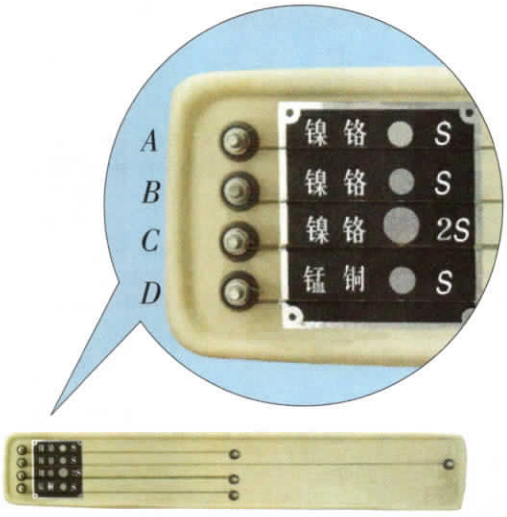


图14–2

4. 你将如何进行实验?请画出电路图.

交流与评价

与同学交流你的设计方案,并分析有哪些需要改进的地方.看看谁的方案最好.

实验与分析

连接电路，分别探究导体电阻与各个因素的关系，把测量的数据记录在表格中，并分析各表格的数据，得出相应的结论．

表1

接入的导体	长　度	横截面积	电流 I/A
A(镍铬合金丝)	l	S	
B(镍铬合金丝)	$2l$	S	

结论：

表2

接入的导体	长　度	横截面积	电流 I/A
A(镍铬合金丝)	l	S	
C(镍铬合金丝)	l	$2S$	

结论：

表3

接入的导体	长　度	横截面积	电流 I/A
A(镍铬合金丝)	l	S	
D(锰铜丝)	l	S	

结论：

归纳以上三个结论，你对影响导体电阻大小的因素有哪些认识？

大量实验表明，**电阻的大小与导体的长度、横截面积和材料的种类有关**．电阻是导体本身的一种性质．

电阻通常用字母 R 表示，它的国际单位是欧姆(ohm)，简称欧，符号为Ω．

电阻的常用单位还有千欧(kΩ)、兆欧(MΩ)．它们与欧的换算关系为：

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

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

电阻的大小还与导体的温度有关．例如，“220 V　40 W”的白炽灯，未接入电路时的电阻约为100 Ω，正常工作时的电阻约为1 200 Ω．



读一读

物质的导电性能

导电性能是物质的一种属性，不同材料的导电性能不同．容易导电的物体叫作导体，如金属、石墨、人体、大地以及酸、碱、盐的水溶液等；不容易导电的物体叫作绝缘体(insulator)，如橡胶、玻璃、陶瓷、塑料、油等．

实验表明，导体和绝缘体之间并没有绝对的界限．原来不导电的物体，当条件改变时，也有可能变成导体．例如，常态下的玻璃是相当好的绝缘体，如果给玻璃加热，使它达到炽热状态，它就变成导体了．再如，纯净的水不导电，但含有杂质的水却较容易导电．

常见物质在通常情况下的导电性能如图14–3所示．



图14–3　物质的导电性能

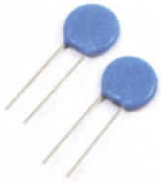
导电性能介于导体和绝缘体之间的物质，叫作半导体(semiconductor)．半导体材料经过特殊处理后，可以制成二极管、三极管、集成电路，它们是计算机和其他电子设备的重要元器件．有些半导体材料的导电性能受温度、光照、压力等的影响而显著变化，有些半导体有特殊的光电特性，能在一定条件下释放光能．人们利用半导体的这些特性，制成了热敏电阻、光敏电阻、压敏电阻等传感元件，以及半导体发光二极管和半导体激光器等．这些发明，使得现代电子工业的发展突飞猛进．



光敏电阻



热敏电阻



压敏电阻



发光二极管



集成电路

图14–4　一些半导体器件

科学家还发现了超导体(superconductor)，它在超低温的情况下电阻突然减小为零．超导体有着十分广阔的应用前景►► (p.108)．



1. 在探究金属丝的电阻是否与长度和横截面积有关的活动中，小明发现手边只有一根金属丝，他该怎么做？请你帮他设计实验方案．

2. 试判断，下列物体中哪些是导体，哪些是绝缘体？

食用油、酱油、醋、空气、人体、食盐水、糖水、橡皮、干毛巾、湿毛巾、塑料尺．

3. 在网络的搜索引擎中输入关键词“半导体”，查阅相关资料，了解半导体材料的发展以及对社会的影响．

4. 实践活动：调查本地市场上各种规格的接线板的安全性能．

（1）了解国家有关接线板的强制性安全标准和安全标识（你可以通过网络或到图书馆及相关部门查询）．

（2）到电器市场对各类接线板进行调查，对照标准，试着评价产品的安全性能．

（3）分析自己的调研记录，写出调查报告，并向有关部门提出自己的建议．



二、变阻器



活动　14.3　用铅笔芯改变电路中的电流

做一做

用小刀将铅笔剖成两半，留下附着铅笔芯的那一半，按图14-5(a)连接到电路中.

如图14-5(b)所示，将导线的N端固定在铅笔芯上，闭合开关，使M端在铅笔芯上左右移动．观察小灯泡亮度和电流表示数的变化.

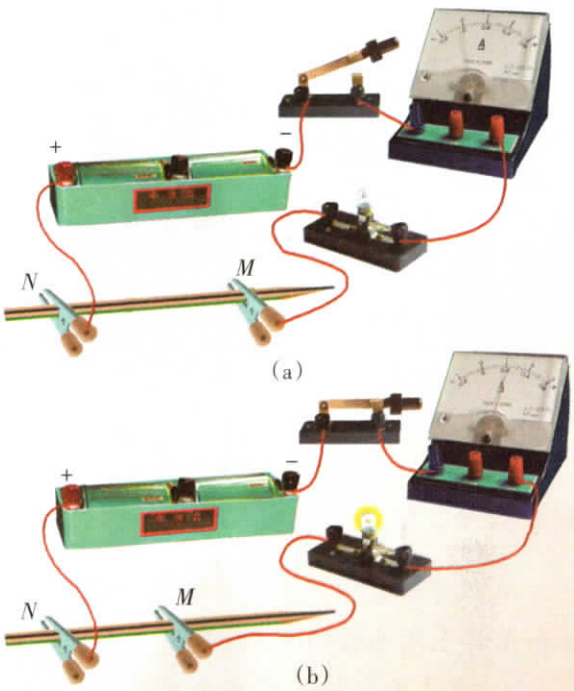


图14-5

议一议

1. 当M端向左移动时，接入电路中的铅笔芯长度变_____，电流表的示数_____，灯的亮度_____.

2. 当M端向右移动时，接入电路中的铅笔芯长度变_____，电流表的示数_____，灯的亮度_____.

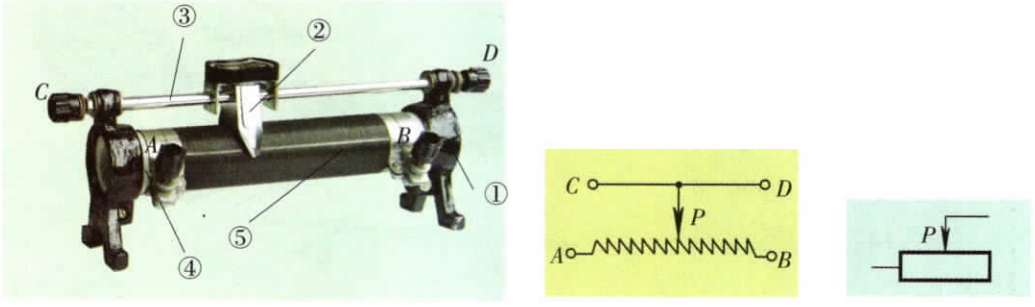
3. 这个实验中，引起电流连续变化的原因是什么？

通过上述活动可知，调节接入电路中的铅笔芯的长度，可以改变接入电路中的电阻，达到连续改变电流大小的目的．根据这一原理，科技人员发明了一种几乎可以连续改变电阻大小的器件——滑动变阻器．

活动　14.4　学习使用滑动变阻器

如图14-6(a)所示是实验室中常用的滑动变阻器．

滑动变阻器的主要部件有：① 支架；② 滑片P；③ 金属杆；④ 瓷管；⑤ 表面涂有绝缘漆、密绕在瓷管上的电阻丝(它的两端分别与接线柱A、B相连，与滑片P接触处的电阻丝表面的绝缘漆已被刮去，金属杆两端的接线柱C、D都能通过滑片P与电阻丝相连接)．



(a) 实物图　　(b) 结构示意图　　(c) 电路符号

图14-6　滑动变阻器

观察与思考

观察滑动变阻器实物并将其与图14-6进行对照，了解其结构、各部分的名称和铭牌上各参数的含义．思考并与同学讨论以下问题：

1. 滑动变阻器共有四个接线柱，如果只选其中的两个接入电路，可能有哪几种接法？

2. 如果将滑动变阻器A、D两个接线柱接入电路，电流将流过滑动变阻器的哪些部分？向右（或向左）移动滑片P时，滑动变阻器接入电路的电阻将怎样改变？为什么？电路中的电流将怎样改变？

3. 若另选两个接线柱将滑动变阻器接入电路，情况又会怎样？

实验与记录

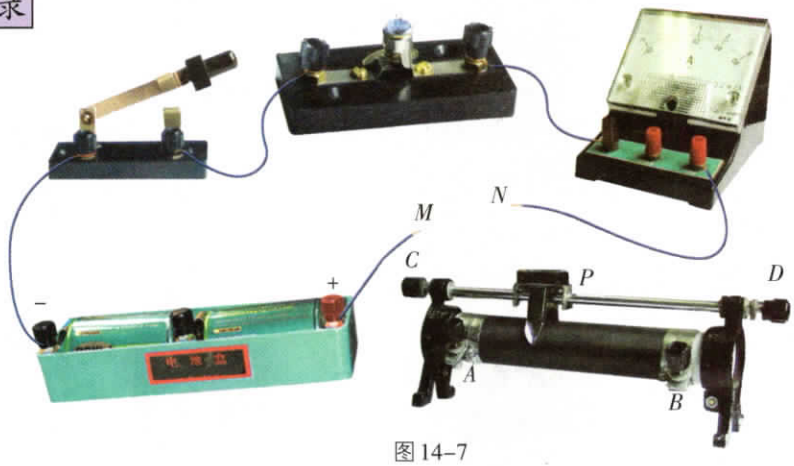


图14–7

1. 按图14–7连接电路．

2. 按表格中的顺序，依次把滑动变阻器的接线柱接入电路中的M、N两点间．闭合开关，移动滑片P，观察灯泡亮度和电流表示数的变化，并将观察到的现象记录在表格中．

序号	使用的接线柱	滑片P的移动方向	灯泡亮度的变化	电流表示数的变化
①	A、D	向左		
		向右		
②	A、C			
③	B、D			
④	B、C			
⑤	A、B			
⑥	C、D			

交流与小结

1. 滑动变阻器是怎样改变电阻的?

2. 要利用滑动变阻器改变电路中电流的大小,应怎样将它接入电路中(是串联,还是并联?应怎样选择接线柱)?

3. 利用滑动变阻器改变电路中电流的大小,在接通电路前,应将滑片 P 移到使滑动变阻器接入电路的阻值最大的位置,为什么?

常见的变阻器除滑动变阻器外,还有如图14–8所示的电阻箱►►(p.108)和电位器等.



(a) 电阻箱



(b) 电位器

图14–8



1. 某滑动变阻器的铭牌上标有"10 Ω　2 A"字样,其中的"10 Ω"和"2 A"分别表示什么含义?

2. 活动:使用电阻箱间接测量小灯泡的电阻.

阅读电阻箱的使用说明书,了解电阻箱的特点、接法和读数方法.

(1) 将待测的小灯泡接入如图14–9所示电路的 M、N 两点间,闭合开关,读出电流表的示数 I.

(2) 取下该小灯泡,将电阻箱接在 M、N 两点间,调节电阻箱的阻值,使电流表的示数仍为 I,读出此时电阻箱的阻值 R.

问:小灯泡的电阻值是多大?为什么?

试一试,将电流表换成小量程电流表,用类似的方法测出你自身的人体

电阻，并和其他同学交流测量结果．各人的人体电阻值相等吗？

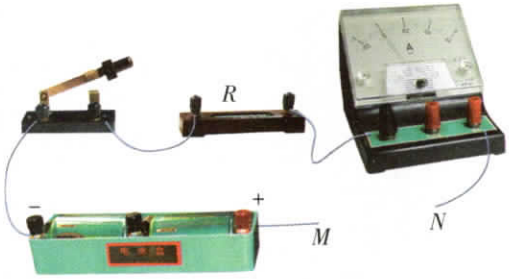


图 14–9

3. 如图 14–10 所示是一种自动测定油箱内油面高度的装置．R_2 是滑动变阻器，它的金属滑片连在杠杆的一端．从油量表（由电流表改装而成）指针所指的刻度就可以知道油箱内油面的高度．试说明它的工作原理．

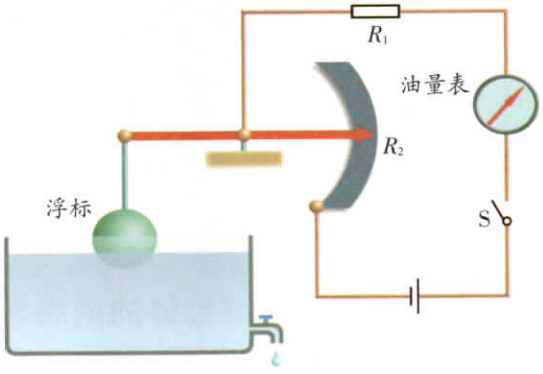


图 14–10

4. 请登录相关网站，查阅有关超导研究、应用的历史和最新进展，并与同学交流．

三、欧姆定律



学生实验　探究通过导体的电流与电压、电阻的关系

猜想与假设

通过导体的电流与电压、电阻有什么关系？有哪些事实支持你的猜想？

实验设计

1. 如何探究通过导体的电流与它两端电压的关系？如何探究通过导体的电流与电阻的关系？

2. 根据如图 14–11 所示的电路设计实验步骤．

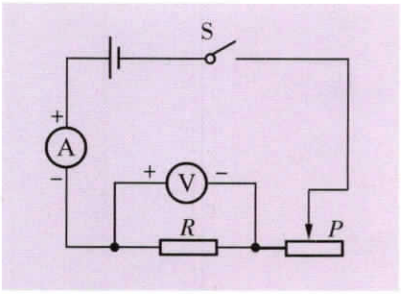


图 14–11

信息快递

如图 14–11 所示，闭合开关后，要改变电阻 R 两端的电压，只需调节滑动变阻器的滑片 P 的位置．

实验与记录

1. 按图 14–11 连接电路．

2. 根据你设计的实验步骤进行实验．

（1）电阻 R 不变时，研究通过它的电流与其两端电压的关系，并把测量的数据填入表 1 中．

表 1　　R = _____ Ω

实验序号	U/V	I/A
①		
②		
③		
④		

（2）保持电阻两端的电压不变，研究通过电阻的电流与电阻大小的关系，并把测量的数据填入表 2 中．

表 2　　U = _____ V

实验序号	R/Ω	I/A
①		
②		
③		

交流与小结

1. 分析表1中的实验数据，你能得到什么结论？

2. 分析表2中的实验数据，你能得到什么结论？

3. 综合考虑以上两方面的因素，你能得到什么结论？

4. 如图14–12所示，以电流I为纵坐标、电压U为横坐标，建立平面直角坐标系．根据表1中的数据，在坐标系中描点，画出$I-U$图像．你有什么发现？

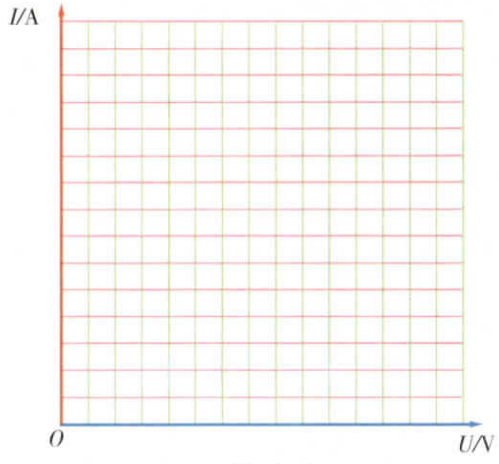


图14–12

德国物理学家欧姆(Georg Simon Ohm，1787—1854)►►(p.109)用实验的方法，研究了电流与电压和电阻的关系，得出了下面的结论：

导体中的电流与导体两端的电压成正比，与导体的电阻成反比．

人们把这个规律叫作欧姆定律．

欧姆定律的公式是

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

其中，U为导体两端的电压，单位为伏(V)；I为通过导体的电流，单位为安(A)；R为导体的电阻，单位为欧(Ω)．



图14–13 欧姆



探究

在“探究通过导体的电流与电压、电阻的关系”实验中，影响电流大小的因素（称为变量）有多个，怎样才能确定哪些因素没有影响，哪些因素有影响以及怎样影响呢？我们在实验中采取的是这样一种方法：在研究某个因素的影响时，只改变这个因素，而保持其他因素不变，从而确定该因素是否影响电路中电流的大小．据此类推，对有关因素逐个进行判断，就能找出影响电流大小的所有因素．这种方法称为控制变量法．

控制变量法是解决复杂问题的一种有效方法，在我们的生活和工作中有广泛的应用．例如，我们在家里养花，用什么样的土、土的湿润程度、施什么样的肥料、施肥的时间、施肥的多少以及太阳光照射时间的长短等，都会影响花的质量，除了向有经验的人请教外，还可采用控制变量法做一些对比实验，这能使我们较快地积累养花的经验．

回顾曾做过的实验，哪些实验中用到了控制变量法？是怎样运用的？在生活中你应用过控制变量法吗？

例题　家庭电路中通常使用的是电压为220 V的交流电．一般认为，通过人体心脏的电流达30 mA、时间达15 s以上，就会导致死亡．假设图14–14中人体的电阻为1.5 kΩ，此人是否有生命危险？

分析　已知加在人双手间的电压和人体的电阻，可根据欧姆定律算出通过人体的电流，再与此种情况下会导致生命危险的电流值进行比较，即可得出结论．

解　已知这种情况下能导致生命危险的电流值$I_0 = 30\ \text{mA} = 0.03\ \text{A}$．

设双手间的电压为U，人体电阻为R，则通过人体的电流

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

$$= \frac{220\ \text{V}}{1\,500\ \Omega}$$

$$\approx 0.147\ \text{A}$$

答　计算结果表明，触电时通过人体的电流达0.147 A，远大于0.03 A，此人会有生命危险．

反思　根据题目给出的条件，能否用其他方法作出判断？



图14–14　双线触电

1. 现代家庭电气化程度越来越高，人们越来越重视用电的安全问题．实验研究表明：人穿胶底鞋站在地上，完全干燥时，手与地之间的电阻约为800 kΩ；在手出汗或潮湿时，两手之间的电阻约为1 kΩ．若分别在手与地之间、潮湿的两手之间各加上220 V电压，则后一种情况通过人体的电流值约是前一种情况的(　　).

A. 4倍　　B. 80倍　　C. 220倍　　D. 800倍

2. 工厂中，车床照明灯常采用36 V的安全电压．某车床照明灯工作时，灯丝的电阻是32 Ω．求通过灯丝的电流．

3. 某电烙铁工作时的电流是1.33 A，它的电阻为165 Ω，则加在电烙铁两端的电压是多大？

4. 图14–15是小明在探究电流与电压、电阻间的定量关系时所用的电路，表格中是实验时记录的部分数据，请你帮他算一算，电路中所用电阻R的阻值是多大？

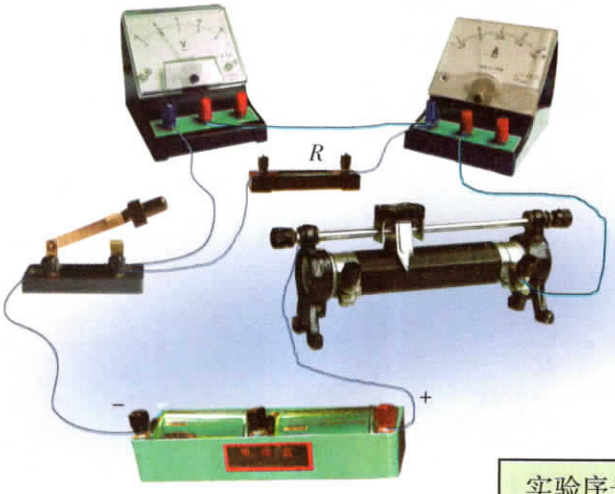


图14–15

实验序号	U/V	I/A
①	1.0	0.20
②	2.0	0.40
③	3.0	0.58



四、欧姆定律的应用

运用欧姆定律测量电阻

将欧姆定律的公式变形可得:

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

根据这一公式可知,只要测出导体两端的电压和通过导体的电流,就可以计算出这个导体电阻的大小.因此,该公式给出了一种测量未知电阻的方法.

活动　14.5　测量定值电阻的阻值

实验器材

直流电源、电流表、电压表、开关、阻值未知的定值电阻、滑动变阻器和导线等.

设计与实验

在虚线框内画出电路图,根据实验原理,在表格中填入需要测量和计算的物理量的名称及单位.

实验序号			
①			
②			
③			

根据你设计的实验步骤进行测量,并将数据记录在表格中.

数据处理

把各次测量的数据代入公式，计算出电阻值，然后对多次实验的结果求平均值．你得到的电阻的平均值是_____．

上述测量电阻的方法通常叫作“伏安法”．用这种方法也可以测量小灯泡的电阻．

运用欧姆定律进行简单计算

在一些电路中，电源电压大于用电器的额定电压，需要选择合适的电路元件来设计保护电路，为此需要应用欧姆定律进行计算．

例题　已知电源电压为6 V，小灯泡上标有“4.8 V　0.3 A”字样，为了使小灯泡能正常发光，需要在电路中串联多大的保护电阻？

分析　由小灯泡上标注的字样可知，它的额定电压为4.8 V，额定电流为0.3 A．而电源电压为6 V，大于小灯泡的额定电压，因此需要串联一个合适的保护电阻R，如图14–16所示，使小灯泡两端的实际电压U_L为4.8 V．根据串联电路电流、电压的特点，可知通过保护电阻的电流I和加在其两端的电压U_R；根据欧姆定律，可求得保护电阻的阻值．

解　由串联电路电压的特点$U=U_L+U_R$可知，加在保护电阻两端的电压

$$\begin{aligned}U_R &= U-U_L\\ &=6\text{ V}-4.8\text{ V}\\ &=1.2\text{ V}\end{aligned}$$

由串联电路电流的特点，可知通过保护电阻的电流$I=0.3$ A．

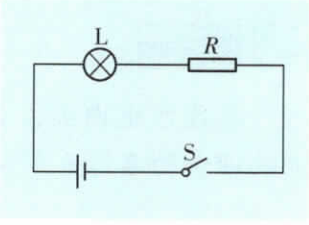


图14–16

根据欧姆定律，可得

$$\begin{aligned}R&=\frac{U_R}{I}\\ &=\frac{1.2\text{ V}}{0.3\text{ A}}\\ &=4\ \Omega\end{aligned}$$

答　需要在电路中串联阻值为4 Ω的保护电阻．

反思　可以用其他方法来求解吗？如果用一个滑动变阻器来控制电路中的电流，以调节灯泡的亮度，还需要保护电阻吗？如果需要，保护电阻的阻值应当如何确定？



运用欧姆定律还可以回答一些简单电路的问题．例如，可以解释为什么用电流表测量电流（或用电压表测量电压）时，它对待测电路电流（或电压）▶▶(p.110)的影响可以忽略不计．

方法

数学方法在物理学中有广泛的应用．用公式表达物理概念和规律就是其中之一．例如，欧姆定律的公式就以简洁的形式表达了导体中的电流与电压和电阻的关系．

通过计算解决实际问题，也是数学的重要应用．例如，对于一段电路，只要知道电流、电压、电阻这三个物理量中的两个，就可以利用欧姆定律的公式算出第三个量．

此外，从某个或某些物理规律出发，通过数学公式的逻辑推演，可以得到一些有用的推论▶▶(p.110)．

在应用数学方法时，我们必须理解公式的物理意义．

WWW?

1. 如图 14–17 所示，电源电压不变，闭合开关，滑动变阻器的滑片 P 自上向下滑动．问：

（1）电流表的示数如何变化？

（2）电压表的示数将如何变化？

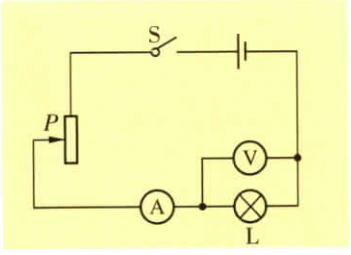


图 14–17

2. 如图 14–18 所示的电路中，电源电压为 12 V，当开关闭合后，电压表的示数为 8 V．已知小灯泡的电阻 $R_L=10\ \Omega$，则通过小灯泡的电流是多大？电阻 R 的阻值是多大？

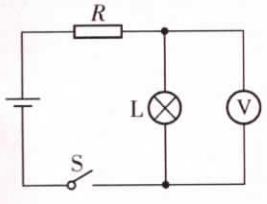


图 14–18

3. 如图14–19所示的部分电路中，$R_1 = 15\ \Omega$，$R_2 = 25\ \Omega$，电流表示数为0.60 A．若把电流表改接在电阻R_2的支路中，电流表的示数为多大？

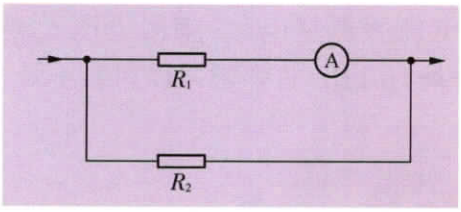


图14–19

4. 要测量一个阻值为数百欧的电阻．能提供的器材有：干电池两节，学生用电压表（量程为0～3 V、0～15 V）、滑动变阻器（100 Ω　2 A）和电阻箱（0～9 999 Ω　5 A）各一个，开关、导线若干．

请写出你设计的实验方案（用相应的字母表示测出的各个物理量）．

（1）实验思路：

（2）电路图：

（3）实验器材：

（4）实验步骤：

写出待测电阻R的表达式：_____．

实际做一做，验证自己的实验设计是否正确．

想一想，是否还有其他的实验方案？



综合实践活动

设计和制作一个模拟的调光灯

实验器材

直流电源(最低电压约9 V)、小灯泡(2.5 V　0.3 A)、灯座、开关、各种铅笔、导线、金属回形针、各种规格的定值电阻(可通过的电流不低于0.3 A)、电流表(量程为0~0.6 A和0~3 A)、电压表(量程为0~3 V和0~15 V)、各种工艺材料和工具,也可以自选你认为合适的器材.

要　求

1. 调光灯的亮度能够连续调节.
2. 注意安全,在调节过程中要避免烧坏小灯泡.
3. 制作的调光灯要牢固、美观.

思考与制作

1. 你设计的电路有哪些功能?
2. 在虚线框内画出电路图.
3. 你的安全保护措施有哪些?为什么这些措施能起到保护作用?

4. 你是怎样调节电流大小的?你选择了什么样的材料做变阻器?为什么?

5. 你怎样确定电路中一些器件的规格?请说说你的理由.

6. 分组讨论设计方案,准备和制作要合理分工.

交流与评价

写出实验报告和体会,并在全班交流,进行自我评价和相互评价.

小结与评价

知识梳理

电阻

电阻是表示导体对电流阻碍作用的物理量．电阻的大小与导体的长度、横截面积和材料有关．电阻是导体本身的一种性质．

变阻器

变阻器是用来改变接入电路中的电阻大小的器件，常见的有滑动变阻器、电阻箱和电位器．滑动变阻器是靠改变接入电路中的电阻丝的长度来改变电阻，从而改变电流的．

欧姆定律

导体中的电流与导体两端的电压成正比，与导体的电阻成反比．公式为：

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

本章知识结构图

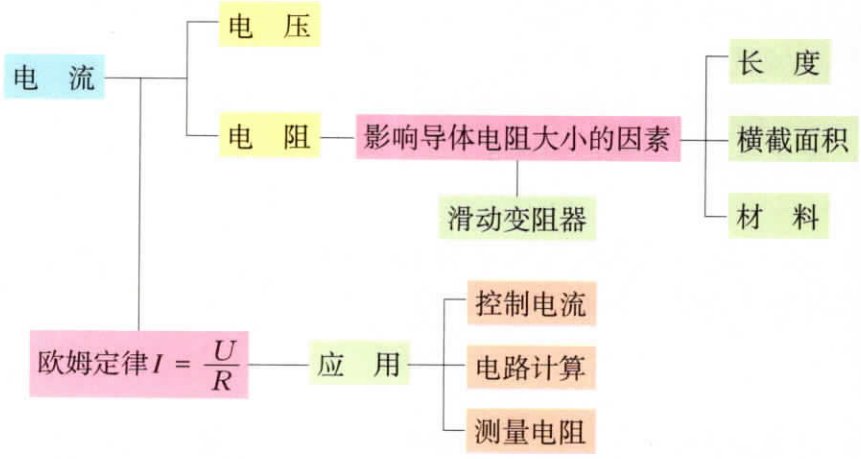


图 14–20

反思与评价

1. 欧姆定律的两个数学变形式：对于 $U=IR$，能否认为导体两端的电压与导体中的电流、电阻成正比？对于 $R=\frac{U}{I}$，能否认为导体的电阻与两端的电压成正比，与通过它的电流成反比？



2. 如图 14–21 所示，将开关 S_2 断开、S_1 闭合，观察灯泡的亮度；再闭合开关 S_2，两灯泡的亮度如何变化？请用欧姆定律解释看到的现象 .

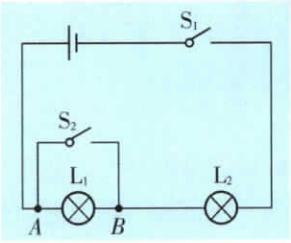


图 14–21

3. 某同学用如图 14–22 所示的电路研究通过导体的电流与电压和电阻的关系 . 他保持电源电压和电阻箱 R_1 的阻值不变，移动滑动变阻器 R_2 的滑片 P，测得的电流、电压如表 1 所示；然后他不再移动滑动变阻器 R_2 的滑片 P，仅改变电阻箱 R_1 的阻值，测得相应的电流值，如表 2 所示 .

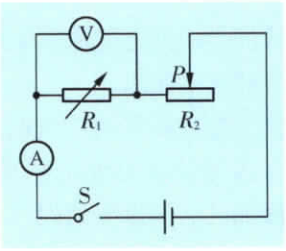


图 14–22

（1）分析表 1 中的数据可得到什么结论？

（2）分析表 2 中的数据能否知道电流与电阻是否成反比？原因是什么？

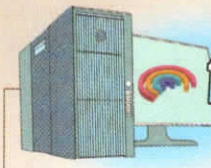
表 1

次数	U_1 / V	I / A
①	1.0	0.20
②	1.5	0.30
③	2.0	0.40

表 2

次数	R_1 / Ω	I / A
①	3.0	0.50
②	6.0	0.33
③	9.0	0.25

4. 梳理第十三章和第十四章中的重要概念、规律及相互之间的联系，用提纲或结构图的形式表达出来 .



信息库

▶▶超导现象及其应用

1911年，荷兰物理学家昂内斯（Kamerlingh Onnes，1853—1926）发现，当水银的温度降到-269 ℃时，其电阻会完全消失，这种现象叫作“超导现象”．人们把具有这种现象的物质叫作超导体，把超导体由常态转变为超导态的温度称为临界温度．

超导体在临界温度下电阻为零，电流在其中不受“阻碍”，如能用超导体制成的导线把电能从发电厂送到各个用户，将大大降低输电过程中的能量损耗，节约大量能源．

超导体具有广阔的应用前景，吸引着全世界的科学家们为之探索．我国在超导领域的研究起步较晚，但经过多年的努力，在理论研究和技术应用方面都已跻身世界前列．

1987年，我国物理学家赵忠贤的研究团队，创造性地运用低成本的陶瓷材料制成了临界温度约为-180 ℃的超导体，打破了“超导体的临界温度不能高于-233.15 ℃”的“麦克米兰极限”．后来，他又成功将世界超导研究的禁区——含铁材料转变成了超导体，使超导材料功能更强，这是超导研究的又一次突破．1998年，我国研制出第一条长为1 m的超导电缆，2012年利用超导电缆为冶炼厂供电．2021年1月，我国研制的速度达620 km / h的高温超导高速磁悬浮工程化样车及试验线正式启用．同年12月，上海用1 200 m长的超导电缆为徐汇区核心商业街和4万多户家庭供电.这是目前世界上输电距离最长、用户最多的超导输电线路．

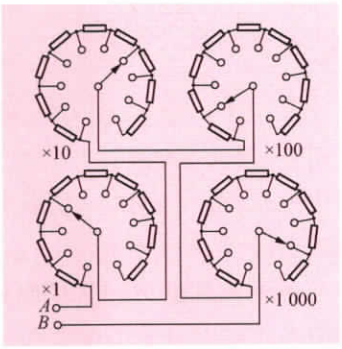
▶▶电阻箱

电阻箱是一种用于定量测量的可变电阻．常用的电阻箱有插孔式和旋钮式等．

如图14-23所示是旋钮式电阻箱的外形和内部结构．它由九个1 000 Ω、九个100 Ω、九个10 Ω和九个1 Ω的电阻组成，它箱面上的四个旋钮对应的倍率分别是×1 000、×100、×10、×1，使用时将两个接线柱接在电路中，只要调节这四个旋钮，便可以得到0~9 999 Ω范围内的任何整数电阻值．它的总电阻为四个旋钮对应选择的电阻之和．例如，若从高倍率到低倍率的各旋钮的数值分别为8、1、6、3，则电阻箱的总电阻为8 163 Ω．



(a)



(b) 内部结构图

图 14–23

▶▶欧姆与欧姆定律

1787年5月，欧姆诞生于德国的一个工人家庭，从小受到良好的教育，爱好数学和实验．大学学习期间，他因为家境困难，曾中断学业．大学毕业后，他成为一名中学教师，在教学之余进行电磁学的研究，并自己设计和制造仪器进行实验．

欧姆在研究电路中的电流与电压、电阻的关系时，遇到了很大的困难．在那个年代，关于电压、电流、电阻还没有明确的科学概念，更没有精确测量它们的仪器．最初，欧姆试图用电流的热效应来测定电流，但没有成功．后来，欧姆利用电流可以使磁针偏转的现象，制成一台能精确测量电流强弱的仪器．经过不懈努力，欧姆在1827年发表了《伽伐尼电路的数学论述》，归纳出了欧姆定律．

欧姆定律发现初期，许多物理学家不能正确理解和评价这一发现．但是，“在乌云和尘埃后面的真理之光最终会透射出来”，随着电学研究的不断深入，人们逐渐认识到了欧姆定律的重要性．为纪念欧姆对电学研究的巨大贡献，人们把电阻的单位命名为欧姆．

▶▶电流表和电压表对测量电路的影响

测量电流时，需要将电流表串联在电路中．接入电流表后，电路中的电流与未接入电流表时相等吗？通常，电流表的电阻比待测电路的电阻小得多，因此对测量值的影响可以忽略不计．例如，中学实验室常用的电流表，量程为0~0.6 A时，电流表的电阻约为0.1 Ω．未接入电流表时，规格为“4.8 V　0.3 A”的小灯泡正常工作时的电阻

$$R=\frac{U}{I}=\frac{4.8\ \mathrm{V}}{0.3\ \mathrm{A}}=16\ \Omega$$

如图14-24所示，将电流表串联在电路中后，通过电路的电流

$$I'=\frac{U}{R+R_A}=\frac{4.8\ \text{V}}{(16+0.1)\ \Omega}=0.298\ \text{A}$$

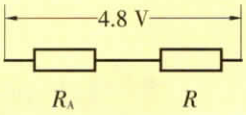


图14-24

可见，用电流表测电流时，它的电阻可以忽略．正因为电流表的电阻很小，所以不能把它直接接在电源两端，否则会被烧坏．

与电流表不同，电压表的电阻很大．测量电压时需要把电压表并联在待测电路两端，由于电压表的电阻比待测电路的电阻大得多（中学实验室使用的量程为0～3 V的电压表，电阻约为3 kΩ），通过它的电流很小，一般可以忽略不计．

▶▶串联电路的总电阻

根据使用滑动变阻器的经验，接入电路的电阻丝的匝数越多，电阻就越大．若把滑动变阻器的每一匝电阻丝看成一个小电阻，则滑动变阻器就可以看成是一个个小电阻串联而成的．那么，滑动变阻器接入电路的总电阻与这一个个小电阻之间有什么关系呢？我们可以以两个小电阻为例，应用欧姆定律来进行研究．

设串联的小电阻为R_1和R_2，小电阻两端的电压为U_1和U_2，电流为I，根据串联电路电压、电流的规律

$$U=U_1+U_2$$

$$I=I_1=I_2$$

再根据欧姆定律的变形表达式

$$IR_{串}=IR_1+IR_2$$

可得

$$R_{串}=R_1+R_2$$

如果电路中有n个小电阻串联，则

$$R_{串}=R_1+R_2+\cdots+R_n$$

上式表明，将各个小电阻串联起来的总电阻等于各个小电阻的电阻之和．这个推导出的结论，对我们解决电路问题很有帮助．

附录

常用物理量及其单位

物理量		单位		备注
名称	符号	名称	符号	
功 热量	W Q	焦耳(焦)	J	1 J = 1 N·m
功率	P	瓦特(瓦) 毫瓦 千瓦	W mW kW	1 W = 1 J/s 1 mW = 10^{-3} W 1 kW = 10^{3} W
热值	q	焦/千克	J/kg	
电流强度	I	安培(安) 毫安 微安	A mA μA	 1 mA = 10^{-3} A 1 μA = 10^{-6} A
电压	U	伏特(伏) 毫伏 千伏	V mV kV	 1 mV = 10^{-3} V 1 kV = 10^{3} V
电阻	R	欧姆(欧) 千欧 兆欧	Ω kΩ MΩ	 1 kΩ = 10^{3} Ω 1 MΩ = 10^{6} Ω
电功	W	焦耳(焦) 千瓦时	J kW·h	 1 kW·h = 3.6×10^{6} J

物理学名词中英文索引

词汇	英文对照	页码
A		
安培	ampere	70
B		
半导体	semiconductor	89
比热容	specific heat	45
并联电路	parallel circuit	67
C		
超导体	superconductor	89
串联电路	series circuit	67
D		
导体	conductor	86
电池	cell	62
电流	electric current	62
电流表	ammeter	72
电路	electric circuit	64
电压	voltage	75
电压表	voltmeter	76
电源	power supply	62
电阻	resistance	86
定滑轮	fixed pulley	9
动滑轮	movable pulley	9
F		
伏特	volt	75
G		
杠杆	lever	2
功	work	14
功率	power	18
H		
滑轮	pulley	9
J		
机械功	mechanical work	14
机械能	mechanical energy	36
机械效率	mechanical efficiency	23
焦耳	joule	14
绝缘体	insulator	89

词汇	英文对照	页码
K		
开关	switch	64
N		
内能	internal energy	40
O		
欧姆	ohm	88
R		
热量	quantity of heat	42
热值	heat value	54
W		
瓦特	watt	18
Y		
用电器	electric appliance	62

后记

本套教科书是根据《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010～2020年)》精神,以《义务教育物理课程标准(2011年版)》为依据,在广泛听取专家、实验区师生意见的基础上,对《义务教育课程标准实验教科书 物理》进行修订而成的.

本套教科书主编为刘炳昇、李容,副主编为叶兵、贾克钧.本册主编为仲扣庄,副主编为仲新元.

参加本册教科书修订的编写人员有王瑜、叶兵、仲扣庄、仲新元,参加修订讨论的人员有许亚平、杨树崤、陆建隆、周继中、徐荣亮.温克信对全书进行了装帧设计,袁靖绘制了本书的部分图稿.

原本册教科书的编写人员有王瑜、叶兵、许志、仲新元、周中森、徐荣亮.

在本书编写和修订过程中,得到了许多专家、学者和老师的指导与帮助.丁玉祥、马宇澄、王得敏、卢惠林、申洁、孙惠维、孙德生、吴秋瑛、单锦浦、顾俊琪、徐祥宝等,有的为本书的编写进行了前期研究,有的审阅了本书的文稿,并提出了宝贵意见.此外,在本书编写和出版过程中,还得到了江苏凤凰科学技术出版社的指导和支持.在此,我们对所有关心、支持本书编写的专家、学者和老师表示衷心的感谢.本书选用了一些图片和文字资料,对相关的作者和出版社,我们一并表示诚挚的谢意.

编 者



ISBN 978-7-5537-1336-6

定价：7.59 元

绿色印刷产品

审批号：苏费核（2023 年）0097 号　　举报电话：12315