



义务教育教科书

# 物 理

W U                      L I

---

九 年 级 上 册

---



教育科学出版社



义务教育教科书

# 物理

W U      L I

九年级 上册



教育科学出版社

· 北京 ·

## 致同学们

本书是物理之旅的第三站，同样是一个令人流连忘返的神奇乐园，在这里，大家将用智慧和双手像科学家那样去探究、去发现。本书的一些栏目将引导大家亲历科学探究的过程，更加深入地理解物理世界。



**观察** 通过观察自然现象、生活现象、实验演示、多媒体展示等，培养大家的观察能力。



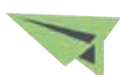
**实验探究** 动手实验，经历探究，是大家自主获取物理知识的主要学习方式。



**理性探究** 通过逻辑推理解决问题，是发展逻辑思维的重要方式。



**动手做** 通过动手动脑的过程，促进大家的科学素养全面发展。



**活动** 这是以应用物理知识解决实际问题为主的实践活动，快来参与吧！



**讨论交流** 以讨论交流的方式，共同研究各种各样的问题，要充分体现大家的合作精神。



**我的设计** 有好的创意吗？可以通过自己的小发明、小设计来实现和展示。



**家庭实验室** 在课外开展小实验、小制作，与自己的家人、朋友一起来分享实验探究的快乐。



**走向社会** 关注物理、关注技术、关注社会，关注它们之间的相互关系，因为大家是未来社会的主人。



**物理在线** 这是一个引导大家进入图书馆、互联网的栏目，可以开阔自己的视野。



**自我评价** 记录自己学习的点滴进步，对自己的学习情况进行分析和总结。

# 目 录

## 第一章 分子动理论与内能

1

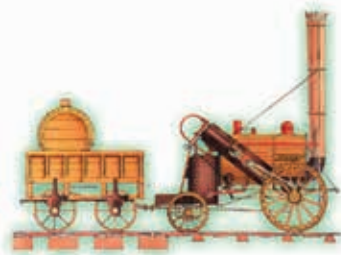


- 1. 分子动理论····· 2
- 2. 内能和热量····· 7
- 3. 比热容····· 13

19

## 第二章 改变世界的热机

- 1. 热 机····· 20
- 2. 内燃机····· 24
- 3. 热机效率····· 29



## 第三章 认识电路

33



- 1. 电现象····· 34
- 2. 电 路····· 38
- 3. 电路的连接····· 42
- 4. 活动：电路创新设计展示····· 47

51

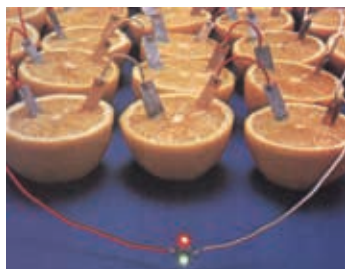
## 第四章 探究电流

- 1. 电 流 ····· 52
- 2. 电压：电流产生的原因····· 58
- 3. 电阻：导体对电流的阻碍作用 ····· 63





- 1. 欧姆定律····· 72
- 2. 测量电阻····· 76
- 3. 等效电路\* ····· 80



## 第六章 电功率

85



- 1. 电 功····· 86
- 2. 电功率····· 90
- 3. 焦耳定律····· 94
- 4. 灯泡的电功率····· 98

- 1. 磁现象····· 104
- 2. 电流的磁场····· 110
- 3. 电磁铁····· 115
- 4. 电磁继电器····· 119



## 第八章 电磁相互作用及应用

123



- 1. 电磁感应现象····· 124
- 2. 磁场对电流的作用····· 129
- 3. 电话和传感器····· 135

# 科学探究活动目录



## 观察

液体的扩散现象	3
认识分子间的作用力	4
热机的原理	20
内能转化为机械能	24
汽油机工作的四个冲程	25
摩擦起电	34
灯泡的亮度	52
从水流看电流	58
电压表	59
磁场的分布	106
从直线电流的磁场到通电螺线管的 磁场	111
电动机模型	132
把声音信息转换成电流信息	135

测量未知电阻	76
研究小灯泡的电阻	78
串联电路的等效电阻	80
电功率跟电流、电压的关系	91
影响电流热效应的因素	94
比较小灯泡的亮度	98
研究小灯泡的电功率	99
画出磁场的方向	106
磁化	107
通电螺线管的磁场方向	112
影响电磁铁磁性强弱的因素	116
组装电磁继电器	120
导体在磁场中产生电流的条件	124
让通电导线在磁场中动起来	129
磁场对通电线圈的作用	130
把电流信息还原成声音信息	136



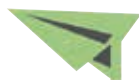
## 实验探究

温度对扩散的影响	7
让笔杆热起来	9
比较不同物质的吸热能力	14
电荷间的相互作用	35
让两只灯泡都亮起来	42
连接串联电路	43
连接并联电路	44
测量通过灯泡的电流	54
串联电路中的电流	55
并联电路中的电流	55
测量小灯泡两端的电压	60
电路中的电压	61
电阻的大小与什么因素有关	64
用滑动变阻器改变小电动机的转速	67
电流跟电阻、电压的关系	72



## 动手做

自制水果电池	37
让灯泡亮起来	38
连接电路	40
做一个导电性检测器	63
让小灯泡逐渐亮起来	66
自制灯泡	94
自制电磁铁	115
做一个小发电机	126
制作一个电动机	131



## 活动

设计1: 改进小彩灯的连接电路	47
设计2: 回答问题正确显示器	48
设计3: 病房呼叫电路	49





## 讨论交流

南极的冰山有内能吗	8
气体的内能	9
认识燃料	10
使用燃料	11
水的吸热与哪些因素有关	13
海陆风和陆海风	15
蒸汽机是怎样工作的	21
热机里的能量转化	29
小鸟会触电吗	61
电流表和电压表的连接方式	75
电能的利用	86
1度电的作用	88
消耗了多少电能	90
电流过大的原因	92
“1元节能灯”活动	101
太空悬绳发电	125
婴儿的未来	127



## 理性探究

推导并联电路的等效电阻	81
热效应与电阻的关系	95

## 家庭实验室

观察分子间的相互作用力	6
沙子变热的原因	12
探究保温瓶的保温效果	17
制作热风车	28
制作塑料花	37
探究电路中的电流方向	41
黑盒游戏	46
自制小台灯	56
改造你的小台灯	62
认识电位器	68

用滑动变阻器控制电压	68
测量电阻的特殊方法	78
认识多用电表	78
黑箱游戏	83
利用电能表测电功率	93
做一个简单电热器	97
研究影响小灯泡电功率的因素	101
探究不同磁场的磁感线	108
简易收发报机	118
将继电器改装成电铃	122
玩具电动机能发电吗	128
电磁现象中的能量转化	134
用力传感器探究摩擦力的大小	139

www

物理在线

布朗运动	6
内能与机械能的区别	12
海洋性气候和大陆性气候	17
热机的燃料	23
柴油机	28
印刷电路板	46
生物电	57
超导体	69
大停电	97
磁屏蔽	109
超导磁体	118



走向社会

家庭中的各种开关	41
家用电器的能效标识	89
做一个家庭用电器的调查	93
发光二极管	102
挑战：地球磁场消失	114
关于电能来源的调查研究	128

# 第一章 分子动理论与内能

- ◆ 分子动理论
- ◆ 内能和热量
- ◆ 比热容



漂浮在大洋中的巨大冰山非常寒冷,但它也具有内能。



# 1. 分子动理论

图 1-1-1 在宇宙深处,存在着许多由分子、原子等组成的分子云团



地点：古希腊

时间：2500 年前

留基伯：试想我们把一粒砂糖分成两半，每一半都是砂糖。再把其中的一半分成两半，每一半还是甜的……如此不断分割下去，有没有一个限度呢？

德谟克利特：……

图 1-1-2 关于物质组成的对话

## ◆ 物体是由大量分子组成的

从古到今，人们一直在探究物质组成的奥秘。2500 年前，就有人猜想，物体是由很多很小的微粒组成的。到 19 世纪，科学家已确认：常见的物质是由大量的分子（molecule）组成的。分子有不同的种类，物质所含分子的种类不同，物质的性质就不同。这个结论，是人类几千年探索的结果。



(a) 早在春秋战国时期，墨子就提出物体不断分割到最小的一点，称为“端”



(b) 2500 年前，古希腊学者德谟克利特认为“世界由无数很小的不可再分的粒子组成”



(c) 1811 年，意大利科学家阿伏伽德罗提出分子概念，认为分子是保持物质化学性质的最小微粒



(d) 今天，通过电子显微镜，科学家不仅可以清晰地看到物质的分子，还能看到分子的更微小结构

图 1-1-3 人类对物质结构的认识历程

分子非常小，如果把分子看成小球，那么，一般分子的直径大约只有  $10^{-10}$  m。在放大上亿倍的扫描隧道显微镜 (STM) 下，可以观察到物质表面的分子 (图 1-1-4)。我们所见的物体中，都含有大量分子。草叶上的一颗小露珠，就有  $10^{21}$  个水分子。假如有一个微小动物，每秒钟喝去 1 万个水分子，喝完这滴露珠，要用 30 亿年！

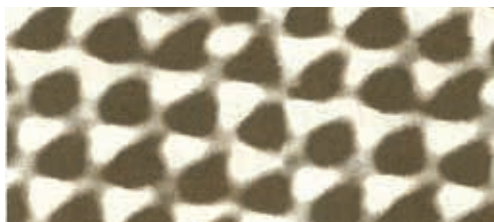


图 1-1-4 利用 STM 观察到的石墨表面的图像

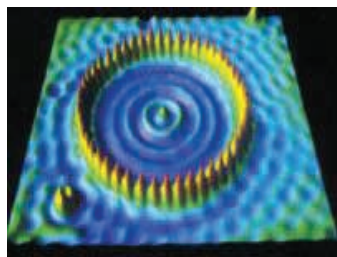


图 1-1-5 利用 STM，科学家能用探针操纵单个原子和分子的排列

## ◆ 分子在永不停息地做无规则运动

将一束鲜花插入花瓶，整个屋内都能闻到花香。这是因为从鲜花中散发出的具有香味的物质分子跑到了周围空气中，进入了你的鼻子。这是一种扩散现象。

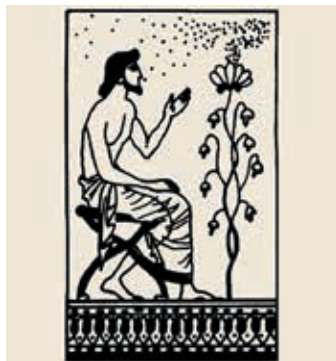
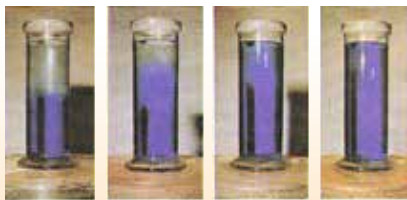


图 1-1-6 德谟克利特认识到：扩散是花香扑鼻的原因



### 观察 液体的扩散现象

量筒中装一半清水，将硫酸铜溶液注入水的下方，由于硫酸铜溶液的密度比水大，会沉在量筒的下部，可以看到无色的清水与蓝色的硫酸铜溶液之间有明显的界面 (图 1-1-7)。静置几天后，界面逐渐模糊不清了。分析这个物理现象，关于分子的运动你有哪些认识？



开始时 2 日后 10 日后 20 日后

图 1-1-7 液体的扩散现象



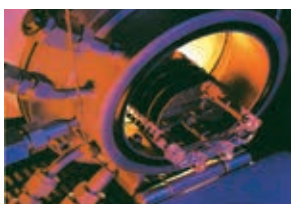


像这样，由于分子运动，不同的物质在互相接触时，彼此进入对方的现象，叫做**扩散**（diffusion）。

实验表明，不仅在气体、液体中会发生扩散，在固体中也会发生扩散。气体、液体和固体中的每一个分子都在永不停息地做无规则运动。



(a) 厨师在汤中放一勺盐，整锅汤都会有咸味



(b) 将硼、磷等物质扩散到纯净的硅晶体中，可以制成各种性能的半导体



(c) 在机械制造行业，常在齿轮、轴等表面层中渗碳、渗硅，来改善其表面性能

图 1-1-8 生活、生产中利用分子运动的事例

## ◆ 分子之间存在着相互作用力

既然分子在不停地运动，那为什么液体和固体还有一定的体积呢？

分子间可能存在着引力吧！

为什么被压缩的橡皮能恢复原状呢？



### 观察 认识分子间的作用力

1. 将一段粗熔丝（俗称保险丝）用刀斜着切成两段。使两段粗熔丝的平滑表面紧密接触，然后把一端悬挂起来，在另一端挂个较轻的物体（图 1-1-9），观察两段熔丝是否会被拉开。

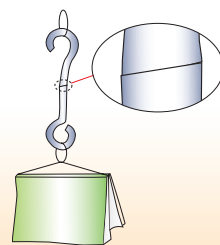


图 1-1-9



图 1-1-10

2. 用注射器抽取半筒水，用手指封闭注射器的筒口(图 1-1-10)。推压注射器的活塞，看看能否将水压缩。

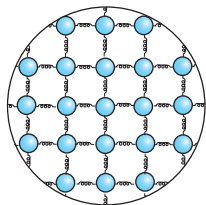
通过以上观察，你对分子力有什么认识？

分子间既有引力又有斥力，就像有一个小弹簧连着似的(图 1-1-11)。分子间距离变小时，表现为斥力；分子间距离变大时，表现为引力。如果分子间距离非常大，它们之间的作用力可以忽略。

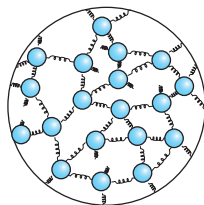


图 1-1-11 分子力模型

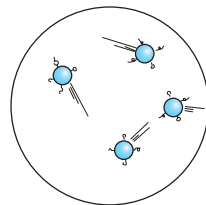
在分子的“生活”中，分子间的相互作用力具有很大的意义。物质三态——气态、液态和固态，其区别就在于三态中分子间的相互作用和分子的运动状态不同，如图 1-1-12 所示。



(a) 固体中，分子间的作用力很大，分子只能在各自的平衡位置附近振动



(b) 液体中，分子在某位置振动一段时间后，可能移到另一个位置附近振动



(c) 气体中，分子间的作用力几乎为零，分子可以在空间中到处移动

图 1-1-12 物质三态的分子模型

综上所述，物体是由大量分子组成的，分子都在不停地做无规则的运动，分子间存在着引力和斥力。这就是分子动理论 (kinetic theory of molecules) 的基本内容。



## 发展空间

### 家庭实验室

#### 观察分子间的相互作用力

把一块表面很干净的玻璃板挂在弹簧测力计下面，使玻璃板刚好和水面接触（图 1-1-13）。再慢慢地提起弹簧测力计，观察玻璃板离开水面时测力计的示数变化。

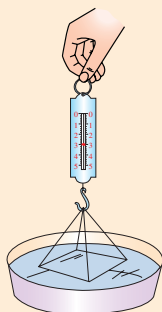


图 1-1-13

### 自我评价

1. 什么是扩散现象？扩散现象可以说明什么？
2. 扩散现象的发生是由于（ ）。
  - A. 分子之间有相互作用力
  - B. 分子永不停息地做无规则运动
  - C. 分子间斥力大于引力
  - D. 相互接触的两个物体存在温差
3. 请用分子动理论来解释：为什么筷子不容易被弯曲。
4. 清清的流水、晶莹的冰晶、缥缈的水汽，它们的组成都是水分子，为什么它们有不同的状态呢？物质的宏观特征可以从其微观结构上找到原因。请根据分子动理论的知识解释这个问题。

### 物理在线

#### 布朗运动

1827 年，英国植物学家布朗（Robert Brown，1773 — 1858）在显微镜下观察悬浮于静止液体中的花粉颗粒，发现花粉颗粒在做永不停息的无规则运动，而且颗粒越小现象越明显。悬浮微粒的这—无规则运动被称为布朗运动（Brown motion）。布朗运动的发现使科学家大为惊奇：它产生的原因是什么？为什么微粒越小，布朗运动现象越明显？经过探究，一些科学家用“大量分子做无规则运动”的假设圆满地对其进行了解释。由此，布朗运动成为了分子动理论一个坚实的实验证据。

关于布朗运动更深入的解释，请你通过查询互联网或查阅图书馆资料进行了解。



# 2. 内能和热量

图 1-2-1 太阳,向大地辐射着能量

“今天的天气晴间多云,最高温度 37℃。”哇,真热!太阳,向大地辐射着能量……

## ◆ 温度与热运动

宏观现象中包含着许多微观的信息。对扩散现象的探究,可以帮你了解分子世界中的一些奥秘。



### ■ 实验探究 ■ 温度对扩散的影响

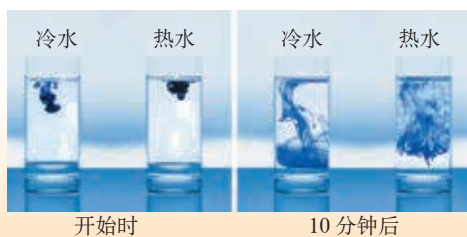


图 1-2-2

把两滴蓝墨水分别同时滴入盛有冷水和热水的两个玻璃杯中(图 1-2-2),比较两杯水中墨水扩散的快慢,你能得出什么结论?

温度表示物体的冷热程度。物体的温度越高,扩散越快,说明构成物体的大量分子做无规则运动越剧烈。也就是说,温度反映了构成物体的大量分子做无规则运动的剧烈程度。因此,人们常常把物体内部大量分子的无规则运动叫做**热运动**(thermal motion)。

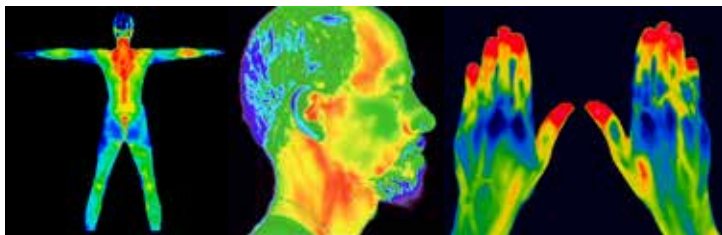


图 1-2-4 这些热谱图显示出人体各部位的温度差异,间接地说明人体不同部位分子热运动情况是不同的



图 1-2-3 温度与热运动



## ◆◆ 物体的内能

运动的物体具有动能，运动的分子同样也具有动能。我们知道，分子间存在着引力和斥力，就像有弹簧连接着。伸缩的弹簧具有弹性势能，同样，分子之间也存在着分子势能。物体内部所有分子的动能和分子间相互作用的势能的总和，叫做物体的内能（internal energy）。

内能是储存在物体内部的能量。同一物体，温度越高，物体内部分子运动越剧烈，分子动能越大，内能也会越大。例如，一杯水的温度由  $10^{\circ}\text{C}$  升高到  $20^{\circ}\text{C}$ ，那么，这杯水的内能一定也增加了。

内能还和物体内部分子的多少、种类、结构、状态等因素有关。内能的变化会影响物体内部分子的运动及结构的变化，从而引起热膨胀、熔化、凝固、蒸发等各种热现象。



### 讨论交流 ■ 南极的冰山有内能吗

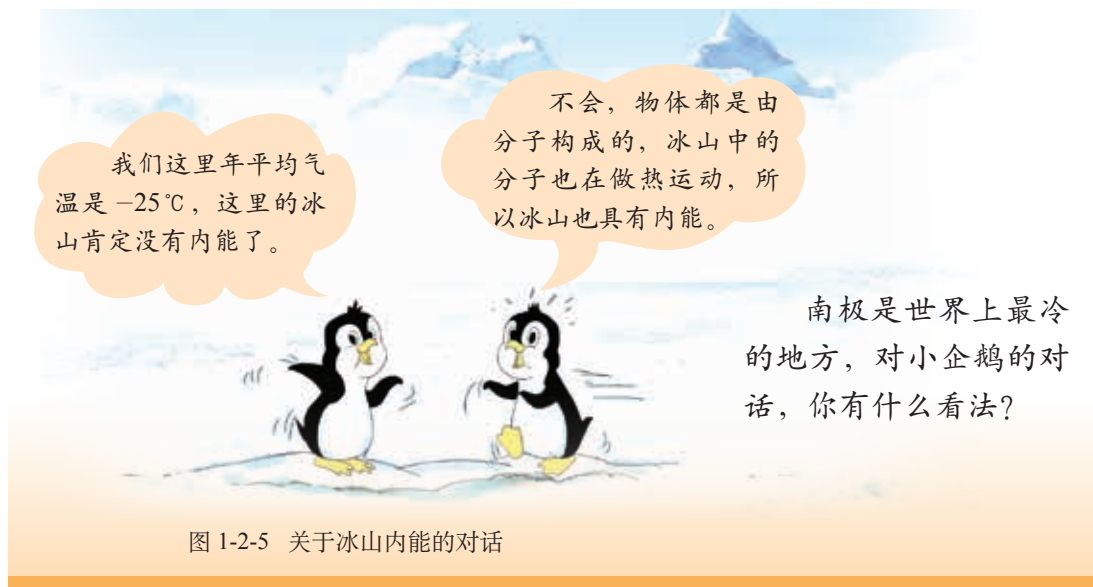


图 1-2-5 关于冰山内能的对话

## ◆◆ 改变内能的方式

内能，是能量的一种形式。它可以从火堆传过来，也可以由你的双手摩擦产生，还可以来自通电的电热器……

## 实验探究 ■ 让笔杆热起来

拿一支铅笔（图 1-2-6），你怎样做能让笔杆热起来？试一试，你有几种方法？

和同学进行交流，统计所有的方法，并进行归纳分类。



图 1-2-6 让笔杆热起来

改变物体的内能，可以归结为两种方式：一种是以内能的形式从一个物体向另一个物体直接传递，叫做**热传递**（heat transfer）。在热传递过程中，转移内能的多少叫做**热量**（heat）。另一种是从其他形式的能量转化为内能或内能转化为其他形式的能量，叫做**做功**（do work）。

## 讨论交流 ■ 气体的内能

气球破裂瞬间，气球内气体体积增大，对外做功，温度降低，气体的内能怎样变化？对照如图 1-2-8 所示的实验结果，你有什么看法？



图 1-2-7 应用温度—压强传感器可以探究气球破裂瞬间球内气体温度和压强的变化

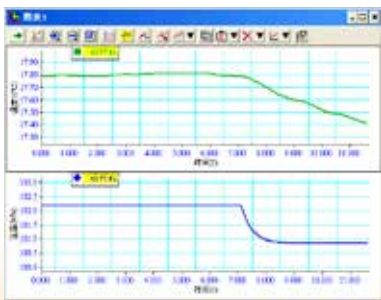


图 1-2-8 气球破裂瞬间球内气体温度、压强的变化

对物体做功，物体的内能会增大。物体对外做功时，本身的内能会减少。因此，我们可以用功来量度内能的变化。

由于内能可以方便地转移或与其他形式的能量相互转化，因此为人类所广泛利用。





(a) 在古代,人类学会了钻木取火的方法



(b) 通过炼钢炉加热,改变铁的内能,可以使铁熔化



(c) 地下蕴藏着丰富的地热资源,世界上大约有 20 个国家使用地热取暖或发电

图 1-2-9 怎样改变和利用物体的内能

## ◆ 燃烧：放出热量

秋天的晚上,同学们在野外宿营,围坐在一堆熊熊燃烧的篝火旁,欢笑,歌唱……

在篝火旁,我们为什么会感到温暖?

从微观上来看,篝火周围空气分子的热运动变得剧烈了。

这意味着空气内能增加了,这些能量是从哪里来的呢?



图 1-2-10 篝火



燃料的燃烧是一种化学变化,在燃烧过程中,燃料的化学能转化为内能。在现代社会,人类所用的大部分能量仍然来自各种燃料的燃烧。



## ■ 讨论交流 ■ 认识燃料

燃料的种类很多,木柴是燃料,煤、汽油、柴油和天然气等都是很好的燃料。你还知道哪些燃料?和同学交流。

根据你的经验,相同质量的不同燃料,燃烧时放出的热量相同吗?

不同燃料的成分不同，贮存的化学能也不同。因此，相同质量的不同燃料在燃烧时放出的热量是不同的。为了描述燃料的燃烧特性，我们把燃料完全燃烧放出的热量  $Q$  与燃料质量  $m$  的比，叫做这种燃料的**热值** (heat value)，用符号  $q$  表示，即

$$q = \frac{Q}{m}$$

$q$  的单位：J/kg

$Q$  的单位：J

$m$  的单位：kg

知道了热值，就可以很容易地算出一定质量的燃料完全燃烧时所放出的热量。



### 讨论交流 ■ 使用燃料

请从右表中查出天然气的热值(取中间值)，说说它表示的是什么意思。一个三口之家使用天然气做饭、洗澡，月消耗  $30 \text{ m}^3$ ，相当于完全燃烧多少千克干木柴？

一些常见燃料的热值 / ( $10^7 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ )

干木柴	约 1.2
烟煤	约 2.9
酒精	3.0
焦炭	3.0
柴油	4.3
木炭	3.4
无烟煤	约 3.4
煤油	4.6
汽油	4.6
氢气	14.3
人工煤气 / ( $10^7 \text{ J} \cdot \text{m}^{-3}$ )	0.8~1.9
天然气 / ( $10^7 \text{ J} \cdot \text{m}^{-3}$ )	0.9~4.5



2012年11月1日示数



2012年12月1日示数

11月份消耗天然气 = \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_。



天然气表

图 1-2-11 天然气表的示数

事实上，对于图 1-2-6 中的笔杆，如果你没有看见内能改变的过程，根据结果，你能判断它内能增大的原因吗？是由于放在火上烘烤，还是由于用手摩擦？显然，这是不可能的，热传递和做功在改变物体内能上是等效的。因此，功、热量和内能应该有相同的单位，都是焦耳。



## 发展空间

### 家庭实验室

#### 沙子变热的原因

在玻璃试管里，装上一小半试管的沙子，将温度计插在沙子中(图 1-2-12)。用力晃动试管十余下，观察温度计示数的变化，并解释你看到的现象。

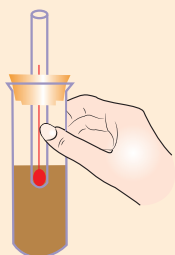


图 1-2-12



### 自我评价

- 下列过程中，属于做功改变物体内能的例子是 ( )。
  - 用砂轮磨刀，有火星迸出
  - 反复锤打铁片
  - 用柴火把壶中的水烧开
  - 用打气筒给轮胎打气
- 一杯水的温度由  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  降低到  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，那么，这杯水的内能怎样变化？
- 试计算  $50\text{ g}$  酒精完全燃烧，能放出多少热量。

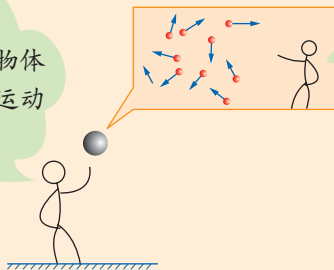


### 物理在线

#### 内能与机械能的区别

抛到空中的球，离开地面，具有重力势能。球在空中飞行，具有动能。球内的大量分子做无规则运动，而且分子之间有相互作用，因此球还具有内能。机械能与整个物体的机械运动情况有关，内能与物体内部分子的热运动和分子间的相互作用情况有关，因此二者是不同的(图 1-2-13)。

研究对象：物体  
 参照物：地面或周围的物体  
 大小：取决于物体整体运动状态



研究对象：组成物体的分子  
 参照物：物体本身  
 大小：取决于分子所处的状态

图 1-2-13 内能与机械能的区别





## B. 比热容

图 1-3-1 阳光、沙滩、大海

艳阳高照的夏天，你赤脚奔跑在滚烫的沙滩上，投向蔚蓝的大海……

你也许会想，同样在太阳的照射下，为什么沙子这么烫，而海水却这么凉呢？

### ◆ 物体的吸热能力

物体由于吸收或放出热量而使其温度变化的过程，实质上是内能转移的过程。对属于同种物质的物体，吸收热量的多少与哪些因素有关呢？



### ■ 讨论交流 ■ 水的吸热与哪些因素有关

你帮妈妈做过家务吧！烧水的经验也许会对你有所启发。烧开一壶水和烧开半壶水，哪个需要的热量多？把一壶水烧开和烧成温水，哪个需要的热量多？

和同学交流生活经验，总结影响水吸收热量多少的因素。



图 1-3-2 烧水

大量的生活经验和实验说明，对同种物质的物体，吸收或放出热量的多少，与物体质量的大小及温度变化的多少有关。

那么，不同物质的物体，比如一杯水和一瓶沙子，在质量相等、温度变化也相同的情况下，吸收的热量是不是一样多呢？





我们可以用酒精灯加热来模拟太阳的照射。

取质量相同的水和沙子，用酒精灯加热相同的时间，看它们的温度变化，就能比较它们的吸热能力。

怎样来比较水和沙子的吸热能力呢？



材料

- ◆ 试管两支
- ◆ 酒精灯
- ◆ 水、铁砂
- ◆ 温度计
- ◆ 停表

## Y ■ 实验探究 ■ 比较不同物质的吸热能力

如图 1-3-3 所示，在两支相同的试管中分别加入质量相等的水和铁砂。分别用同一酒精灯加热，用温度计测量它们的温度变化。记录水和铁砂分别上升 5℃、10℃、15℃ 所需的时间，以此比较二者吸收热量的能力。

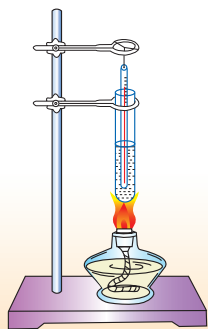


图 1-3-3

材料	升高5℃	升高10℃	升高15℃
	所需时间/s	所需时间/s	所需时间/s
水			
铁砂			

实验表明，物体吸收热量的多少，不仅与其质量及温度的变化有关，还与它是什么物质有关。

### ◆ 比热容

物理学中常用比热容来描述不同物质的吸热能力。如果质量为  $m$  的某种物质从外界吸收热量  $Q$ ，温度升高了  $\Delta t$ ，则  $\frac{Q}{m\Delta t}$  即是这种物质的比热容 (specific heat capacity)，用符号  $c$  表示，单位是  $\text{J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$ 。

1 kg 的某种物质温度降低 1℃ 放出的热量和它

温度升高  $1^{\circ}\text{C}$  吸收的热量相等，因此，用比热容同样可以描述物质的放热能力。

比热容反映了物质吸收或放出热量的能力，它是物质的一种重要特性。这种特性不仅在生活和生产中有广泛应用，对于我们理解自然现象、预测大自然的气候变化，也有很大的帮助。

一些物质的比热容 / $[\text{J} \cdot (\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})^{-1}]$					
水	$4.2 \times 10^3$	冰	$2.1 \times 10^3$	干泥土	$0.84 \times 10^3$
酒精	$2.4 \times 10^3$	蓖麻油	$1.8 \times 10^3$	铁、钢	$0.46 \times 10^3$
甘油	$2.4 \times 10^3$	沙石	$0.92 \times 10^3$	铜	$0.39 \times 10^3$
煤油	$2.1 \times 10^3$	铝	$0.88 \times 10^3$	水银	$0.14 \times 10^3$



图 1-3-4 物质比热容的利用

不同物质具有不同的比热容。查表比较水和沙子的比热容，你知道海水比沙滩温度低的原因了吧！



## 讨论交流 ■ 海陆风和陆海风

对流是夏季海岸形成微风的原因。风有时吹向海岸，有时吹向陆地。白天，在炎热的日光下，暖空气从陆地上升起，海洋上来的冷空气进行补充，形成了吹向海岸的海陆风。请用比热容分析夜间会形成什么样的风。

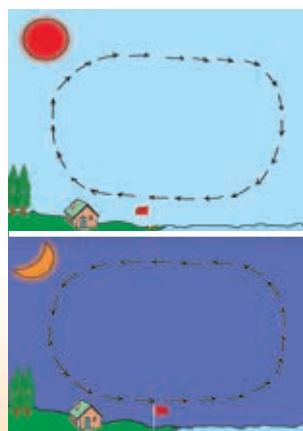


图 1-3-5 海陆风和陆海风





## ◆ 热量的计算

从比热容表中查知某种物质的比热容，我们就知道了 1 kg 的这种物质温度升高（或降低）1℃ 时吸收（或放出）的热量是多少焦耳。

**例题** 把质量为 2kg、温度为 20℃ 的水加热到 80℃，水吸收的热量是多少焦耳？

**解：**从比热容表中查知水的比热容是

$$c_{\text{水}} = 4.2 \times 10^3 \text{ J} / (\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$$

即质量是 1 kg 的水温度升高 1℃ 时吸收的热量是  $4.2 \times 10^3 \text{ J}$ ；则 2kg 的水温度升高 1℃ 时吸收的热量是

$$4.2 \times 10^3 \text{ J} / (\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}) \times 2 \text{ kg} \times 1^\circ\text{C} = 8.4 \times 10^3 \text{ J}$$

2 kg 的水温度升高  $80^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = 60^\circ\text{C}$  时，吸收的热量是

$$8.4 \times 10^3 \text{ J} \times 60 = 5.04 \times 10^5 \text{ J}$$

上述计算可以写成一个算式：

吸收的热量

$$Q = 4.2 \times 10^3 \text{ J} / (\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}) \times 2 \text{ kg} \times (80^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) = 5.04 \times 10^5 \text{ J}$$

如果用  $Q_{\text{吸}}$  表示吸收的热量，用  $c$  表示比热容，用  $m$  表示质量，用  $t_0$  表示物体原来的温度，用  $t$  表示物体后来的温度，那么，计算物体吸收热量的公式：

$$Q_{\text{吸}} = cm (t - t_0)$$

同样的道理，计算物体放出热量的公式：

$$Q_{\text{放}} = cm (t_0 - t)$$



图 1-3-6 由于水的比热容较大，消防人员常用水来灭火

## 发展空间

### 家庭实验室

#### 探究保温瓶的保温效果

保温瓶的保温效果与瓶中水的多少有关吗？根据你学过的热学知识，提出猜想，并设计实验进行探究。



#### 自我评价

- 初春培育水稻秧苗时，为了不使秧苗受冻，正确的做法是（ ）。
  - 早晨多灌水，傍晚多排水
  - 早晨多排水，傍晚多灌水
  - 早晨和傍晚都要多灌水
  - 早晨和傍晚都不要灌水
- 老王在给他的汽车加冷却液。观察下面两幅图，分别指出其中的错误之处。



图 1-3-7

3. 2 kg 的水，其温度由 20℃ 升高到 30℃，吸收了  $8.4 \times 10^4 \text{ J}$  的热量，那么水的比热容是多少？



### 物理在线

#### 海洋性气候和大陆性气候

查看常见物质的比热容表，你有什么发现？结合图 1-3-8 的地理图表，请查询互联网或有关图书，了解海洋性气候和大陆性气候不同的原因。

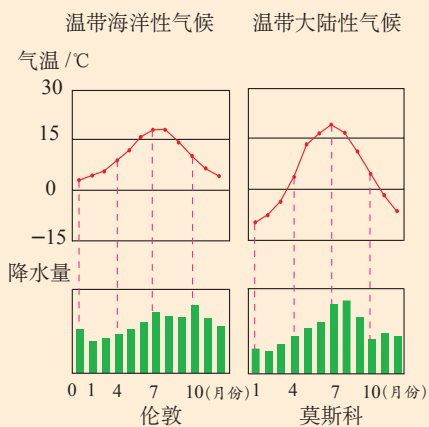


图 1-3-8 伦敦和莫斯科各月份平均气温和降水量的变化



## 知识要点

1. 物体是由大量分子组成的。分子之间存在着引力和斥力。组成物质的分子在永不停息地做无规则运动。

2. 分子做无规则运动的剧烈程度跟温度有关。物体内部大量分子的无规则运动叫做热运动。

3. 物体内部所有分子做无规则运动的动能和分子间相互作用的势能的总和，叫做物体的内能。

4. 改变物体内能的方式有做功和热传递两种。

5. 在热传递过程中，内能转移的多少叫做热量。

6. 某种燃料完全燃烧放出的热量与燃料质量的比，叫做这种燃料的热值。

7. 如果质量为  $m$  的某种物质从外界吸收热量  $Q$ ，温度升高了  $\Delta t$ ，则  $\frac{Q}{m\Delta t}$  即是这种物质的比热容。

# 第二章 改变世界的热机

- ◆ 热机
- ◆ 内燃机
- ◆ 热机效率



1829年制造的“旅行者”号蒸汽机车





# 1. 热机

图 2-1-1 瓦特与蒸汽机的传说

## 广而告之

本公司向贵矿提供蒸汽机，它能替代 14 匹马，为你的机器提供动力。

Boulton-Watt 公司



图 2-1-2 瓦特设计的蒸汽机

蒸汽机为什么能提供动力？它的物理原理是什么？

## ◆ 利用内能来做功

改变物体的内能有两种方式，除了热传递，还可以通过做功使物体内能增加。那么，减少物体的内能可以做功吗？



## ■ 观察 ■ 热机的原理

如图 2-1-3 所示，在试管内装些水，用带玻璃管的胶塞塞住，在玻璃管口处放一个用纸做成的小叶轮。加热试管使水沸腾，细心观察，会发生什么现象？

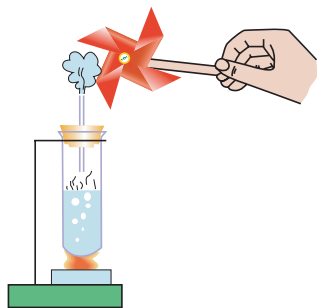


图 2-1-3 小小热机

在这个实验中，燃料的化学能转化为内能，传给水，水沸腾变成水蒸气，水蒸气驱动叶轮转动。这样，内能就转化成了叶轮的机械能。

这个实验虽然简单，却展现出热机中能量转化的基本过程，如图 2-1-4 所示。**热机** (heat engine) 是通过燃料燃烧获取内能并转化为机械能的装置。

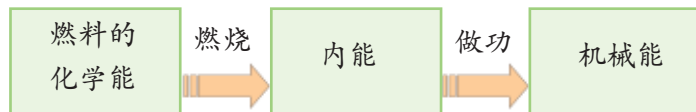


图 2-1-4

## ◆ 蒸汽机

**蒸汽机** (steam engine) 是最早的热机。利用蒸汽做功，可追溯到古希腊时期。但直到 1769 年，瓦特 (James Watt, 1736—1819) 改进、完善了蒸汽机，发明了冷凝器、蒸汽汽缸等部件，设计了通过活塞直线运动带动飞轮圆周运动的连接装置，解决了动力的传输问题，才使蒸汽机成为带动其他机器运转的动力机器。



### ■ 讨论交流 ■ 蒸汽机是怎样工作的

图 2-1-5 是蒸汽机的原理图，汽缸内活塞的左右移动由滑块阀门来控制。请和同学研究图中的机械结构，说明蒸汽是如何进入汽缸，推动活塞运动，带动轮子转动的。

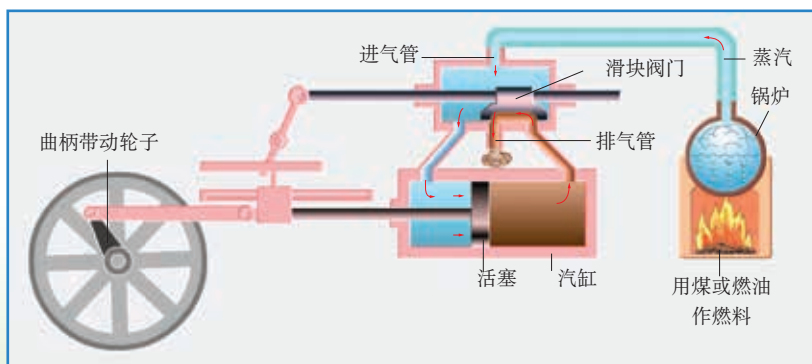


图 2-1-5 滑块阀门移到右端时，蒸汽从左面进入汽缸，推动活塞向右运动，汽缸内的废气从排气管排出



## ◆ 形形色色的热机

现代热机种类繁多，构造各异。水蒸气可以推动汽缸中的活塞运动，最早的铁路机车就是以这种蒸汽机作动力的（图 2-1-6）。在图 2-1-3 中，水蒸气也可以驱动叶轮转动，那是最简单的轮机（turbine）。轮机广泛应用在现代大型火力发电厂中、大型舰船以及内燃机车上。在机车、汽车、农用机械中，广泛使用着汽油机和柴油机等内燃机（internal combustion engine）。在航空航天中已经使用更加高效的喷气发动机（jet engine）和火箭发动机（rocket engine）。



(a) 蒸汽机车曾是铁路运输的主要动力装置



(b) 汽油机动力汽车是我们生活中主要的交通工具



(c) 大部分农业机械是靠柴油机工作的



(d) 轮机广泛应用在现代大型火力发电厂，这是生产蒸汽轮机的车间

图 2-1-6 生活和生产中的热机

## 发展空间



## 自我评价

1. 最早的热机是 \_\_\_\_\_，经过英国工程师 \_\_\_\_\_ 的改进、完善，在 18 世纪得到广泛使用。
2. 关于热机的能量转化过程，下列说法正确的是 ( )。
  - A. 将势能转化为动能
  - B. 将机械能转化为化学能
  - C. 将内能转化为机械能
  - D. 主要目的是通过热传递改变物体的内能
3. 以下机械属于热机的是 ( )。
 

A. 火箭发动机      B. 柴油机      C. 滑轮组      D. 洗衣机



## 物理在线

## 热机的燃料

从图 2-1-3 我们可以看到，热机需要消耗一定的燃料，把燃料的化学能转化为内能，利用内能做功。最初的蒸汽机，采用的燃料是煤；后来，人们发明了内燃机，通常它的燃料是汽油或柴油；如今，我们已经看到以天然气为燃料的汽车（图 2-1-7）。而许多汽车厂商，也在积极地研发以氢气为燃料的发动机。热机技术的进步，也伴随着所使用燃料种类的变化。



图 2-1-7 以天然气为燃料的公交车

关于热机燃料的沿革，各种燃料的优劣，以及我国对汽车燃油的相关规定，请你通过查询互联网或查阅图书馆资料进行了解。





## 2. 内燃机

图 2-2-1 赛车

赛车场上，一辆辆赛车发出阵阵轰鸣，闪电般地飞驰。或许你不知道，赛车的强劲动力来自赛车内的一系列燃烧。

### ◆ 什么是内燃机



#### ■ 观察 ■ 内能转化为机械能

如图 2-2-2 所示，在透明塑料盒上钻一个小孔，把电子式火花发生器的放电针插进孔中，打开盒盖，在盒中滴入几滴酒精，再将盒盖盖好，然后按下火花发生器的按钮，观察发生的现象。



注意安全

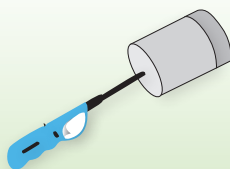
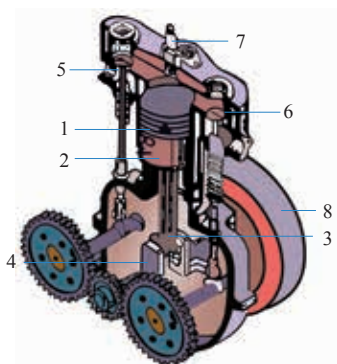


图 2-2-2 燃烧



1. 汽缸
2. 活塞
3. 连杆
4. 曲轴
5. 进气活门
6. 排气活门
7. 火花塞
8. 飞轮

图 2-2-3 汽油机的构造

汽油、柴油等燃料与空气混合，如果遇到火花，就会发生燃烧。在活塞式内燃机里，这样的燃烧是在汽缸内进行的。汽缸内的每次燃烧，都会生成高温高压的燃气，推动活塞做功，而活塞通过连杆、曲轴与飞轮相连，从而使活塞的移动带动飞轮转动，如图 2-2-3 所示。可见，内燃机汽缸内进行的一系列有规律的燃烧，能使飞轮持续转动。

这是应用最广泛的一种热机的工作原理。这种热机工作时，燃料在汽缸内燃烧，产生的燃气直接推动活塞做功，因此叫做活塞式内燃机。

常见的活塞式内燃机有汽油机和柴油机。

## ◆ 汽油机的工作过程

要使汽油机连续工作，活塞必须在推动曲轴后回到原来的位置，以便再次推动曲轴，这就要求活塞能在汽缸里做往复运动。活塞在往复运动中从汽缸一端运动到另一端叫做一个冲程。多数汽油机是由吸气、压缩、燃烧—膨胀做功（简称做功）和排气四个冲程的不断循环来保证连续工作的（图 2-2-4）。



### ■ 观察 ■ 汽油机工作的四个冲程

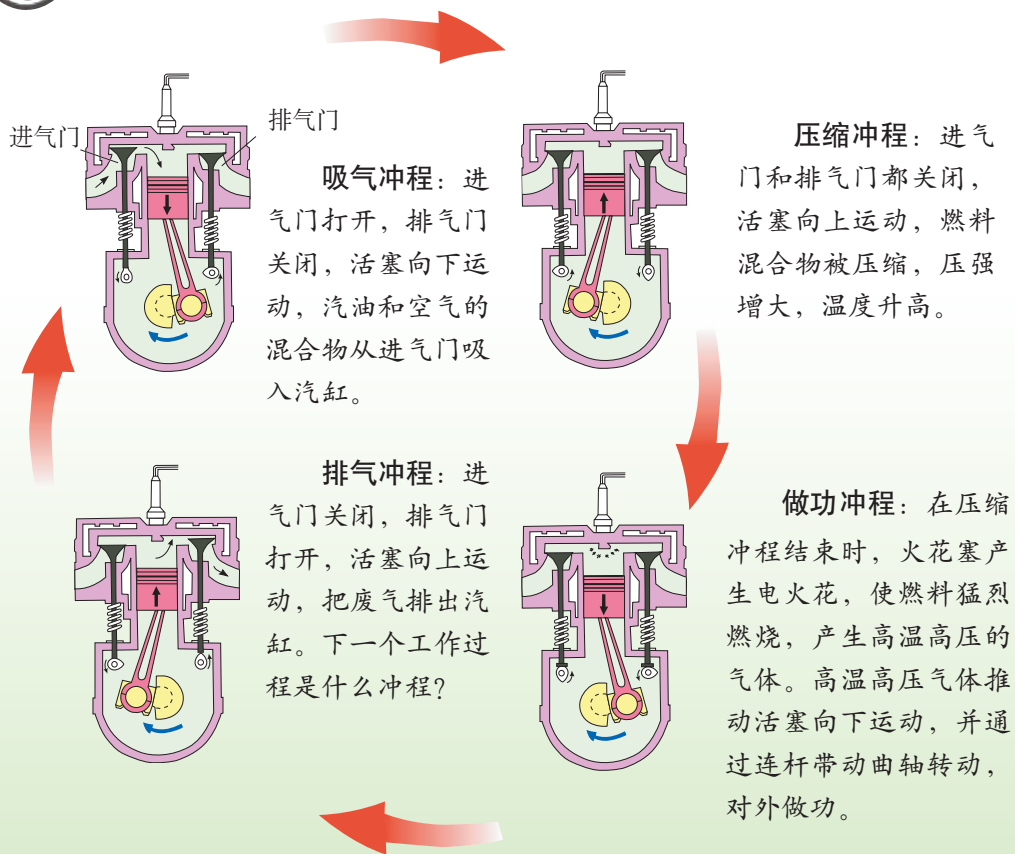


图 2-2-4 汽油机工作的四个冲程

汽油机的一个工作循环要经历四个冲程，属于四冲程内燃机。它的一个工作循环中，活塞往复各



运动两次，只有第三个冲程燃气推动活塞做功，把内能转化为机械能，其他三个冲程是靠飞轮转动的惯性来完成的。在实际应用中，为了增大功率和减小震动，常把四个或更多的汽缸组合在一起，它们的做功冲程是轮流进行的。如图 2-2-5 所示的内燃机是一部汽车配备的四缸发动机，这可是汽车里构造最为精密、复杂的部件！

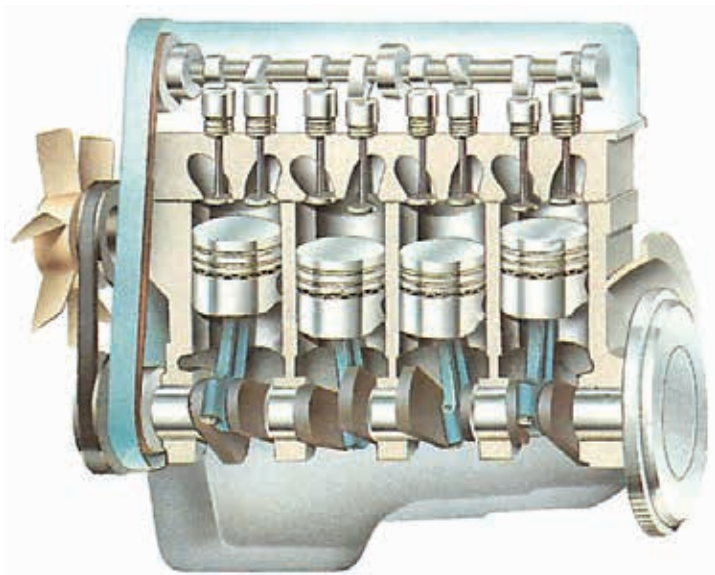


图 2-2-5 汽车用四缸内燃机

## ◆ 飞向太空



图 2-2-6 中国古代的火箭

人类很早就梦想着飞向太空。14 世纪末，我国有一位官吏叫万户，精心制作了一个以 47 支火箭作动力的装置，进行了“飞天”尝试，成为人类飞行史上的先驱者。

万户所用的火箭，是在竹筒（或纸筒）内装上火药，然后点燃火药，火药燃烧后产生的气体体积膨胀，从竹筒的尾端向后高速喷出，推动箭筒向前飞行（图 2-2-6）。这和现代火箭发动机（rocket engine）的原理是一样的。

我国不仅是火箭的发源地，还是一个航天大国，我国的长征系列运载火箭（图 2-2-7），有着极佳的性能。

常用的火箭是多级火箭。如图 2-2-8 所示是一枚三级火箭的运行过程。三级火箭的第一级燃料用完以后就自动脱落，以减少质量；随后第二级点火发动，燃料用完后也将自动脱落，再点燃第三级。

利用火箭，人类不仅可以发射人造卫星，还成功地发射了载人的宇宙飞船。2003 年 10 月 15 日，“神舟”五号载人飞船用“长征二号 F”运载火箭发射成功，将宇航员杨利伟送上太空，实现了中国人的飞天之梦。2012 年 6 月 16 日，“神舟”九号飞船再次升空，与“天宫”一号交会对接成功，将三位航天员送入“天宫”一号实验舱。中国，已经揭开了迈向“太空文明”新时代的序幕。

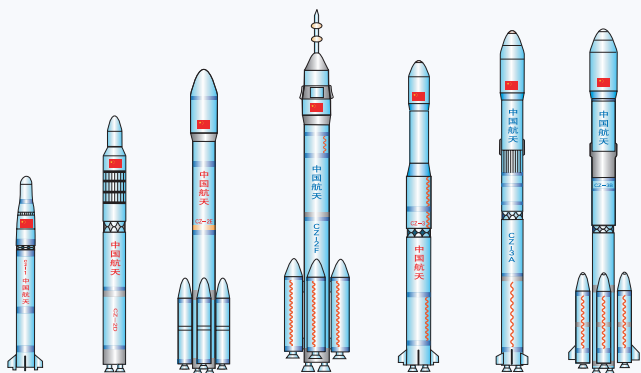


图 2-2-7 我国制造的“长征”系列运载火箭

图 2-2-8 三级火箭将一颗人造卫星送上太空的过程





## 发展空间

### 家庭实验室

#### 制作热风车

把易拉罐剪开，做成一个如图 2-2-9 所示的热风车。下边放一支点燃的蜡烛，风车就会转起来。请你用能量的转化来解释这个实验。这和热机有类似之处吗？

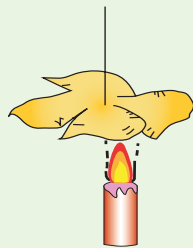


图 2-2-9



### 自我评价

1. 内燃机一个工作循环的四个冲程按顺序依次是：\_\_\_\_\_、

\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。

2. 在汽油机的一个工作循环中，内能转化为机械能的是\_\_\_\_\_冲程。机械能转化为内能的是\_\_\_\_\_冲程。



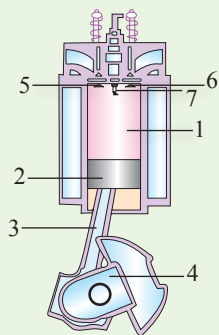
### 物理在线

#### 柴油机

柴油机是以柴油作燃料的内燃机。柴油机的构造跟汽油机相似，主要区别是柴油机汽缸的顶部有一个喷油嘴，而没有火花塞，如图 2-2-10 所示。柴油机的每一个工作循环也是由吸气、压缩、做功和排气四个冲程组成的。

柴油机与汽油机的工作过程有所不同。在吸气冲程中，汽油机吸入汽缸的是汽油和空气的混合物，柴油机吸入汽缸里的只是空气。在压缩冲程末，柴油机把吸入气体的体积压缩得比汽油机更小，压强更大，温度也更高。在做功冲程，汽油机利用火花塞产生电火花点燃燃料，而柴油机是在压缩冲程结束时，由喷油嘴向汽缸内喷射雾状柴油，雾状柴油弥散在高温高压空气中，便立即燃烧。

如果想知道更多有关柴油机的知识，请通过互联网或去图书馆查阅有关资料。



- 1. 汽缸
- 2. 活塞
- 3. 连杆
- 4. 曲轴
- 5. 进气门
- 6. 排气门
- 7. 喷油嘴

图 2-2-10 柴油机的构造



# 3. 热机效率

图 2-3-1 进站维修

在人类历史上,发现内能可以做功并制造出热机,是一件了不起的大事情。可以说,工业化社会的出现与发展,在科学技术上有赖于热机的发明及改进。

## ◆ 热机效率

对热机中能量转化进行研究,可以改进热机性能、有效利用资源、减少排放污染。



### ■ 讨论交流 ■ 热机里的能量转化

在内燃机里,燃料释放的能量都到哪里去了呢?图 2-3-2 表明了某汽车汽油机的能量流向,也表明了有用功在汽车运行中的分配。对照此图,请和同学讨论,描述能量的变化情况。

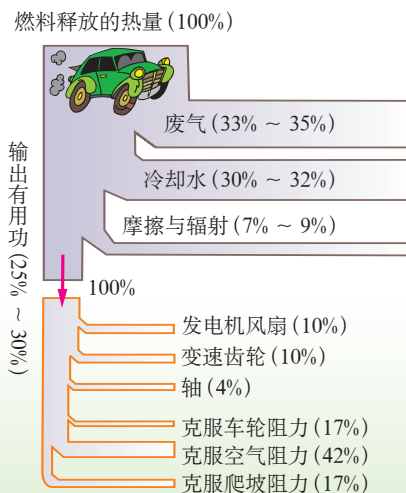


图 2-3-2 汽车内燃机的能量流向

热机一般是通过燃料的燃烧来做功的。燃料燃烧放出的能量,并不能全部用来做有用功。我们把热机所做有用功与所用燃料完全燃烧释放的热量之比叫做热机的效率 (efficiency),用来描述热机的性能。

热机效率是热机性能的重要指标。下页表中是一些热机的效率,从中你可以知道这些热机中能量转化的情况。



图 2-3-3 18世纪中后期，蒸汽机的应用，实现了纺织工业机械化



图 2-3-4 18世纪末，蒸汽机广泛应用在采矿上



图 2-3-5 用蒸汽轮机发电的火电站

一些热机的效率

蒸汽机	4%~8%
蒸汽轮机	25%~30%
燃气轮机	50%~60%
汽油机	26%~40%
柴油机	34%~45%
喷气发动机	50%~60%

## ◆ 改变世界的热机

从18世纪60年代开始，蒸汽机在纺织（图2-3-3）、采矿（图2-3-4）、冶炼和交通运输等方面得到了广泛应用，结束了以人力、畜力为主要动力的漫长历史。机械化的工厂如雨后春笋，使世界进入了以“火”为动力的“蒸汽机时代”，极大地推动了人类的第一次工业革命。

几百年来，为了提高热机效率，科学家、工程师们以极大的热情去探索、创新，技术日趋先进，应用更加广泛。今天，各种火电站和热电站里，蒸汽轮机正将煤炭、天然气和石油转化为电能（图2-3-5）；以热机为动力装置的汽车、火车、轮船和飞机把整个世界连接在一起（图2-3-6）。热机，从根本上改变着我们的世界。



图 2-3-6 以热机为基础的各种交通工具正在将地球变成“地球村”

## ◆ 地球就在我们手中

热机，给人类文明带来了进步，也给生态环境造成了污染。

电站和工厂在依靠煤和石油的燃烧获取能量的同时，也严重污染了大气。而热机排出的二氧化碳所引起的温室效应，对地球表面的热平衡有较大影响。

我们的主要交通工具——汽车，已经是许多城市环境污染的主要来源。汽油和柴油的燃烧，不仅排放了大量氮氧化物、碳氧化物和铅，汽车内燃机的废气和冷却水还带走总热量的 60%，对环境产生较大的热污染，成为城市热岛效应的元凶之一。此外，各种汽车发出的噪声也是危害人们身心健康的公害之一。

保护环境，已经成为当前需要解决的重要课题。随着科技的进步，人类已有能力利用绿色能源，研究和开发低能耗、少污染的高性能热机，控制和减少污染。



图 2-3-7 漫画：新行业

图 2-3-8 城市污染





## 发展空间



### 自我评价

1. 热机效率是\_\_\_\_\_与燃料完全燃烧释放的热量之比。
2. 关于热机的效率，下列说法正确的是（ ）。
  - A. 蒸汽机的效率通常高于喷气发动机
  - B. 热机效率一定小于 100%
  - C. 汽车排放的尾气，是城市环境污染的重要来源。目前有些新型燃料汽车，实现了“零排放”，它们的效率达到 100%
  - D. 在完全无摩擦的道路上，汽车发动机的效率可达到 100%
3. 某型号汽车在车型测试中，在一段平直的公路上以 80 km/h 的速度匀速行驶了 6 km，消耗汽油 1.5 L。已知汽油密度为  $\rho_{\text{汽油}} = 0.7 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ，汽油的热值  $q_{\text{汽油}} = 4.5 \times 10^7 \text{ J/kg}$ 。假设燃油完全燃烧，汽油机的效率为 40%，则该型号汽车在以此速度行驶的过程中，受到的阻力是多大？

## 知识要点

1. 热机是把内能转化为机械能的动力机器。
2. 根据工作物质加热方式和做功方式的不同，热机可以分为蒸汽机、轮机、内燃机、喷气式发动机和火箭发动机等。
3. 热机所做有用功与所用燃料完全燃烧释放的热量之比，叫做热机的效率。
4. 内燃机是燃料在汽缸内燃烧、对外做功的机器。
5. 内燃机的工作过程是由吸气、压缩、做功、排气四个冲程组成的。

# 第三章 认识电路

- ◆ 电现象
- ◆ 电路
- ◆ 电路的连接
- ◆ 活动：电路创新设计展示



微型物理实验室——学生探究的工具



# 1. 电现象

图 3-1-1 天上的闪电是什么？这曾是富兰克林(Benjamin Franklin, 1706—1790) 的研究课题

电可以来自你的手电筒，也可以像闪电那样充满神秘。电使你的房间充满光明，使你的计算机工作，也使你的心脏跳动。关于电，有许许多多神奇的故事……

## ◆ 静电现象

2500 年前，古希腊人发现，用丝绸擦拭过的琥珀，竟能吸起地上的羽毛。这是一种电现象。



### ■ 观察 ■ 摩擦起电



让橡胶棒带上电荷很容易，只需用橡胶棒摩擦动物的皮毛就行。

用丝绸摩擦玻璃棒，或用毛皮摩擦橡胶棒，然后靠近纸屑，会看到什么现象？

再试试看，其他物体摩擦能带电吗？

图 3-1-2 摩擦起电

摩擦过的物体能够吸引轻小物体，我们就说它带了电，或者说带上了电荷。用摩擦的方式使物体带电，叫做**摩擦起电** (electrification by friction)。

研究表明，自然界中只存在两种电荷。1747 年，美国人富兰克林把用丝绸摩擦过的玻璃棒所带的电荷叫做**正电荷** (positive charge)，把用毛皮摩擦过的橡胶棒所带的电荷叫做**负电荷** (negative charge)。

摩擦后的物体为什么能带电呢？直到人们弄清了原子结构的秘密后，才对电现象有了科学的解释。

我们知道，原子是由原子核与电子组成的，原子核带正电，电子带负电。在通常情况下，原子是电中性的，由原子组成的物体也呈电中性。不同物质的原子核束缚电子的本领不同。两个物体互相摩擦时，哪个物体的原子核束缚电子的本领弱，它的一些电子就会转移到另一个物体上（图 3-1-3）。失去电子的物体因缺少电子而带正电，得到电子的物体因为有了多余电子而带等量的负电。

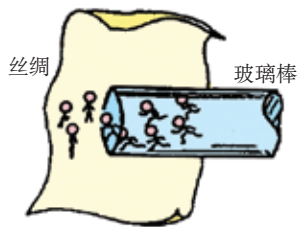


图 3-1-3 摩擦起电并不是创造了电荷，只是电荷从一个物体转移到另一个物体，使正负电荷分开

从这个现象来看，玻璃中原子核束缚电子的本领要弱于丝绸中的原子核。

## ◆ 电荷间的相互作用

### Y ■ 实验探究 ■ 电荷间的相互作用

如图 3-1-4 所示，分别将带有正负不同电荷的小球悬挂起来，慢慢靠近。你发现了什么现象？

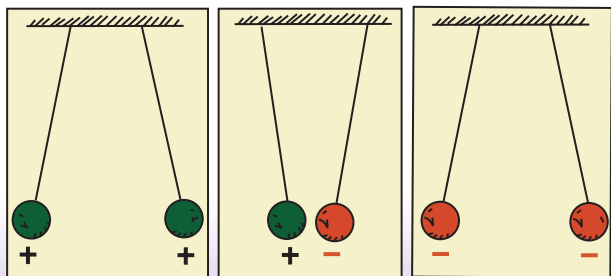


图 3-1-4 带电荷的物体不需要接触就能发生相互作用

实验表明：同种电荷互相排斥，异种电荷互相吸引。

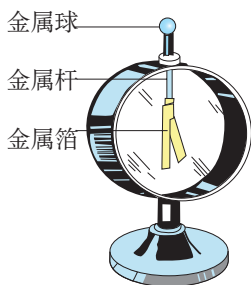


图 3-1-5 验电器是检测物体是否带电的仪器。用带电体接触验电器的金属球，金属箔就会张开。根据它的结构，你能分析验电器的工作原理吗





## ◆ 电流

1746年的某一天，在巴黎圣母院前，700名修道士手拉手排成一队。排头的修道士一只手拉着第二个修道士的手，另一只手摸着一个储存着大量电荷的莱顿瓶的金属外壳。在实验前，从莱顿瓶内壁引出一根长长的导线，如图3-1-6所示。当排尾的修道士用手去触摸导线的一刹那，整个队伍突然跳了起来！原来，是电通过了他们的身体。



图 3-1-6 整个队伍突然跳了起来

这说明电荷有了定向移动。电荷的定向移动形成**电流**（current）。物理学规定，正电荷定向移动的方向为电流的方向。

莱顿瓶是储存电荷的装置，是一种电荷的容器，它不能产生持续电流。而实际使用的电流常常是持续的，那么人们是怎样得到持续电流的呢？这要从一只青蛙说起……

1780年，意大利生物学家伽伐尼（Luigi Galvani, 1737—1798）发现，用连接起来的两个不同金属棒接触一只死青蛙的腿，蛙腿会像触电一样抽动。在这个现象的启发下，1800年，伏打（Alessandro Volta, 1745—1827）用锌片和铜片夹上盐水浸湿的纸片，发明了电池，使人们第一次获得了持续的电流。

电池有正、负两个极，电流从正极流出，从负极流回电池。



图 3-1-7 伏打发明了电池

## 动手做 ■ 自制水果电池

把铜丝、铁丝插到橘子中，就制成了一个“水果电池”。铜丝和铁丝就是电池的正、负极。请你试着做一做。



图 3-1-8 水果电池

我们在日常生活中接触的电池种类很多(图 3-1-9)，但大多数都是利用了伏打电池的基本原理，把化学能转化成电能。

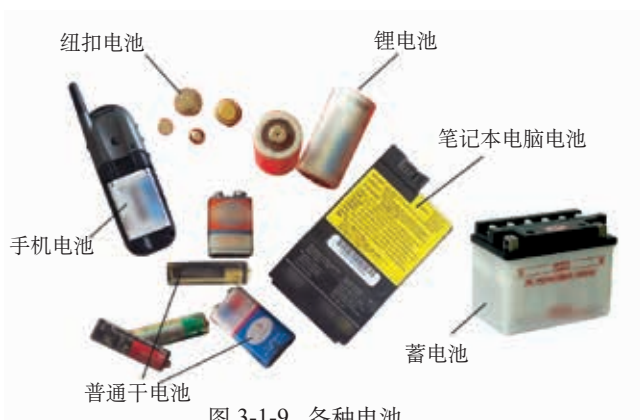


图 3-1-9 各种电池

## 发展空间

### 家庭实验室

#### 制作塑料花

用干燥的手将撕成条状的塑料膜摩擦几下，有什么现象？请用刚学过的知识解释。



#### 自我评价

1. 用带电体去吸引轻小纸屑，纸屑会飞向带电体，有的接触后又很快弹开。动手做一做，并解释被吸到带电体上的纸屑为什么会很快弹开。
2. 图 3-1-10 是闪电电流通过避雷针的示意图，请标出该电流的方向。

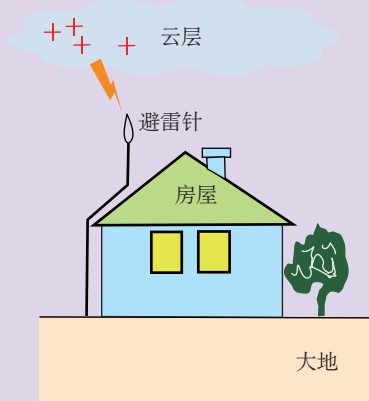


图 3-1-10

# 2. 电路

图 3-2-1 发达的电力网络,是生活、生产的重要保障

电路无处不在。从你的台灯,到跨越大海的电缆;从你的电动玩具汽车,到飞向太空的火箭,都有电荷流动的电路。

## ◆ 电路的组成



### 动手做 ■ 让灯泡亮起来

现有电池、灯泡、开关和导线,试着把它们连接起来,使小灯泡发光,并能控制它的亮灭。

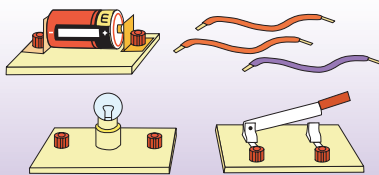
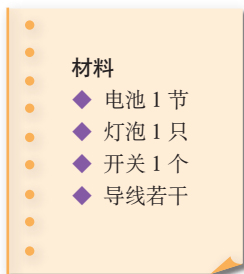


图 3-2-2 怎样连接才能让灯泡亮起来

如果灯泡亮起来了,那么你已经连成了一个简单的**电路** (electric circuit)。电池提供能量,是持续供电的装置,叫做**电源** (power supply);灯泡消耗电能,将电能转化成光能和内能,是**用电器** (electric appliance);**开关** (switch) 控制着电流的通断。用导线把电源、用电器、开关连接起来,就组成了电路。

图 3-2-3 发电机也是一种电源,我们家庭用的电是由发电厂里的发电机提供的

## ◆ 通路、开路和短路

闭合电路中的开关，就有电流通过用电器，接通的电路叫做**通路**（closed circuit）。断开开关，电路中就没有电流了，断开的电路叫做**开路**（open circuit）。

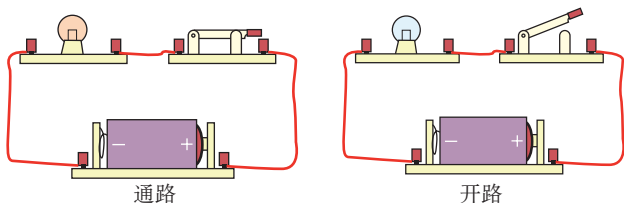


图 3-2-4 通路和开路

有时，由于错误的操作或故障，使导线不通过用电器直接跟电源两极连接，电路的这种状态，叫做**短路**（short circuit）。短路时，用电器不能正常工作，而且会烧坏电源，甚至造成火灾。因此，一定要避免短路。



图 3-2-5 短路

## ◆ 电路图

在设计电路时，画出电路中的电源、开关、用电器等元件的实物图，不是一件容易的事情，且不规范。因此，国家制定了统一标准，规定了电路图形符号（图 3-2-6）。使用这种符号画出的电路叫做**电路图**（circuit diagram）。

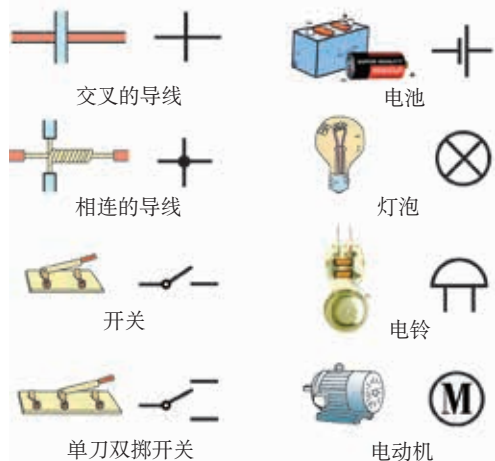


图 3-2-6 电路中常用的图形符号

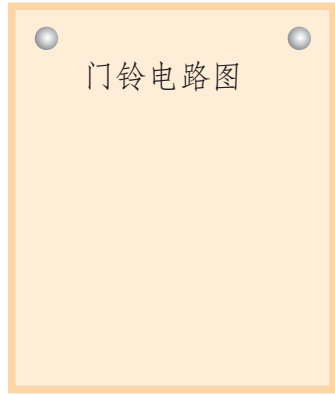




电路图能清晰地表示电路连接的情况，利用电路图，你能很容易地了解电路是怎样工作的。图 3-2-7 是某同学设计的门铃电路，你能帮他画出电路图吗？



图 3-2-7 某同学设计的门铃电路



门铃电路图

电路图是一种国际通用的科技语言，是各种电器技术说明的重要组成部分，是指导电器生产、安装、使用和维修的重要技术资料。



### 动手做 连接电路

- 材料**
- ◆ 电池 1 节
  - ◆ 灯泡 2 只
  - ◆ 自制开关 1 个
  - ◆ 导线若干
  - ◆ 硬纸片

小聪设计了一个双向开关电路，可以接通和断开其中任一灯泡。请你根据电路图做一个红绿交通信号灯模型，并通过实验看看它的作用。

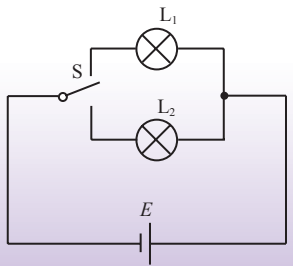


图 3-2-8 信号灯模型电路图

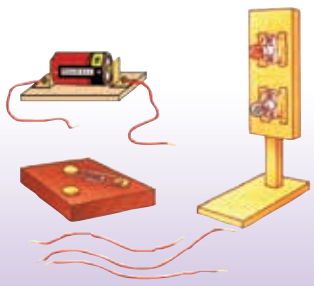


图 3-2-9

## 发展空间

## 家庭实验室

## 探究电路中的电流方向

发光二极管是常见的电子元件，当电流从较长接线脚流入时，发光二极管中有电流通过，使其发光。如果电流从较短接线脚流入，电路处于开路状态。利用发光二极管的单向导电性，请制作一个判断电流方向的装置。



图 3-2-10 发光二极管



## 自我评价

1. 观察手电筒的构造，画出它的电路图，并用身边的材料制作一个小手电筒，看谁做得最美观、最实用。
2. 请设计一个由干电池供电、能控制微型电动机工作的电路。画出电路图，并按电路图连接电路。
3. 在一本用电常识的书中，列出了使用白炽灯泡的常见故障与检修方法，其中一项故障现象如下：

故障现象	可能原因	检修方法
灯泡不亮	灯泡的灯丝断了	换新灯泡
	灯头内的电线断了	连接好
	灯头、开关等处的接线松动	检查加固

从电路的组成来看，上述故障现象可以概括成一个什么原因？



## 走向社会

## 家庭中的各种开关

微波炉的面板上是触摸式开关，大多数电视机有遥控开关。冰箱内照明灯的开关是暗藏的，当你打开冰箱时，灯就会亮起来；关上冰箱的门，灯就灭了。

在你的家中，一定有很多种开关。找找看，填在右面的表格中，并通过动手操作、查询互联网或书籍、向技术人员询问等多种形式，了解它们的特点，以及它们是怎样工作的。

我家中的开关	
开关种类	作用
拉线开关	控制我的卧室顶灯

# 3. 电路的连接

图 3-3-1 都市夜景

节日的晚上，当你和家人一起在街上漫步时，映入眼帘的五光十色的彩灯，是那样的赏心悦目，引人遐思。

这一串串的彩灯是怎样连接的呢？

## 实验探究 ■ 让两只灯泡都亮起来

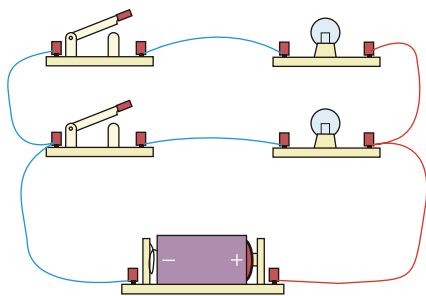
### 材料

- ◆ 电池 1 节
- ◆ 灯泡 2 只
- ◆ 开关 2 个
- ◆ 导线若干

现有一节电池、两只灯泡、两个开关和一些导线，试着把它们连接起来，让两只小灯泡都能亮起来。

画出电路图，和同学进行交流，看有几种不同的连接方式。

小聪的设计



我的设计

图 3-3-2

## ◆ 串联电路

任何用电器只有和电源形成一个闭合的路径，才能正常工作。简单的连接方式是把电路元器件逐个按顺序首尾连接起来，接入电路，这样连接成的电路叫做**串联电路**（series circuit）。图 3-3-4 就是一个串联电路。串联电路只为电流提供了一条通路。

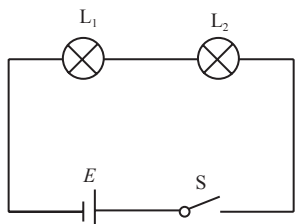


图 3-3-4 串联电路



图 3-3-3 模拟用电器的串联

## Y 实验探究 ■ 连接串联电路

圣诞树上的小彩灯常常是采用串联方式连接的。串联电路有什么特点呢？

按照一定的顺序连接电路：从电池的正极开始，依次连接开关 S、灯  $L_1$ 、灯  $L_2$ ，最后连接电池的负极。注意在连接过程中，开关应该是断开的。

然后，闭合和断开开关，观察开关对两只灯泡的控制情况。改变开关 S 在电路中的位置，依次连接，并填写观察结果。



图 3-3-5 圣诞树上的电路

开关的位置	电路图	观察结果
S在 $L_1$ 和电池 负极之间		
S在 $L_1$ 和 $L_2$ 之间		
S在 $L_2$ 和电池 正极之间		

### 材料

- ◆ 电池2节
- ◆ 灯泡2只
- ◆ 开关2个
- ◆ 导线若干



串联电路中，只要有一个地方发生开路，电路中就没有电流。因此，开关的作用和它的位置无关，总是同时控制着连入电路里的全部用电器。

## ◆ 并联电路



图 3-3-6 家庭电路示意图

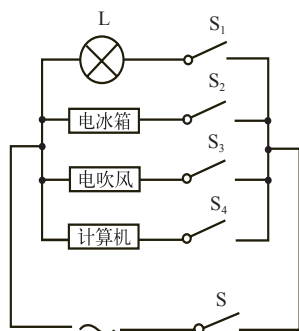


图 3-3-7 家庭电路的电路图

串联电路中，电流只有一条通路，不能分别控制用电器。家庭电路是以并联方式连接的，各用电器都在各自独立的分支上，电流有多条通路（图 3-3-6）。像这样，两个或两个以上电路元件并列接在电路两点间，由这种方式连接成的电路叫做**并联电路**（parallel circuit）。

## 实验探究 ■ 连接并联电路

你能给一个模型房子布线吗？两个房间中，各有一个开关和一盏电灯，所有电灯共用一组电池。试画出电路图。

在电路图中，从电池的正极出发，画出电流的流动路径，分析开关是怎样控制灯的亮和灭的。然后，实际做一做，看看你的分析是否正确。

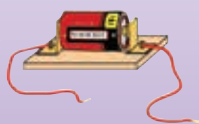
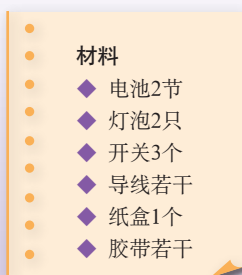


图 3-3-8 模型房布线

并联电路中，没有出现分支的部分叫做**干路**，各个分支叫做**支路**。只有干路上的开关能控制所有用电器，每个支路上的开关只能控制这个支路上的用电器。

通过我们对串联电路和并联电路的研究可知，如果要使几个用电器总是同时工作，可以把它们串联在电路中。如果要求几个用电器可以分别控制，就应该把它们并联在电路中，并且分别串上开关。

## ◆ 组合电路和集成电路

串联和并联是电路最基本的连接方式。在收音机的电路板上，许多元器件是通过串联和并联组合的方式连接的。

随着现代电子技术的飞速发展，科学家们已经能在  $0.25\text{cm}^2$  的单晶片上构接数千万个电子元件，这种**集成电路** (integrated circuit) 的大规模生产和应用，给人类社会带来了电子技术的划时代革命。从音乐贺卡到 MP3 播放器，从计算机到宇宙飞船，集成电路已成为电子信息技术的基础。但是，不论集成电路如何复杂，如何神秘，串联、并联电路都是构成复杂电路的重要基本单元。



图 3-3-9 收音机内部

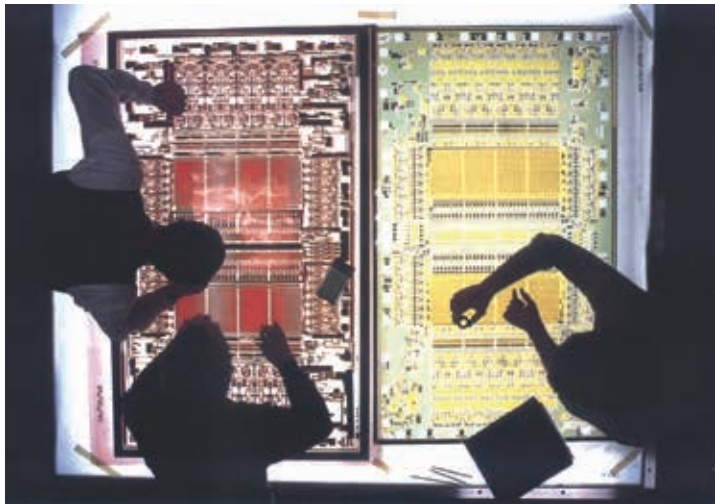


图 3-3-10 集成电路设计图必须画得很大、很精细，然后通过照相将它微缩，用激光刻在单晶片上



## 发展空间

### 家庭实验室

#### 黑盒游戏

有一个看不见内部情况的小盒（图 3-3-11），小盒上有两只小灯泡。闭合开关，两只灯泡都亮。断开开关，两只灯泡都灭。不打开小盒，你能判断小灯泡是怎样连接的吗？



图 3-3-11



#### 自我评价

1. 画出如图 3-3-12 所示实物电路的电路图。
2. 按图 3-3-13 所示的电路图，将图中各元件连接起来（用铅笔画线表示导线）。
3. 小聪家里有一台透明电冰箱。她发现，当打开电冰箱的门时，灯就亮；将门关上，灯就不亮了。电冰箱主要靠压缩机工作，你能用什么方法判断压缩机和冰箱内的灯是串联还是并联？

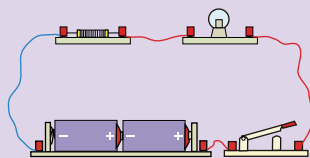
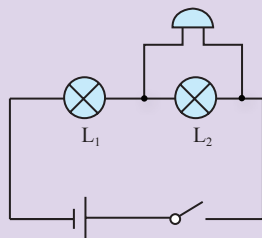
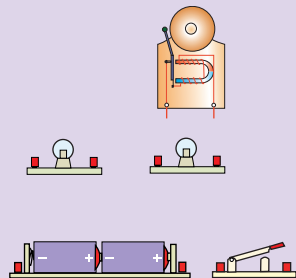


图 3-3-12



(a)



(b)

图 3-3-13



#### 物理在线

#### 印刷电路板

印刷电路板（PCB）几乎出现在每一种电子设备中。除了固定各种电子元件的插孔外，PCB 上还有连接电子元件的导线。PCB 的发明，实现了电路组装的自动化。

PCB 的基板由绝缘、隔热、不易弯曲的材料制成。在表面可以看到由铜箔形成的细小线路。PCB 上有绿色或是棕色的阻焊漆薄层，可以保护铜线，也可以防止零件被焊到不正确的地方。PCB 上有些小孔，各种元件的接脚穿过小孔直接焊在铜箔上。一块好的印刷电路板，可以说是技术与艺术的完美结合。请通过查询互联网、向电子工程师请教或参观电器生产厂，了解有关电器自动装配的基本流程。

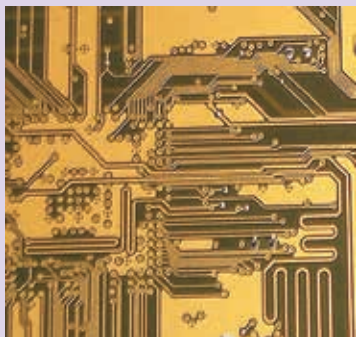


图 3-3-14 计算机中的 PCB



# 4. 活动： 电路创新设计展示

图 3-4-1 电路设计活动

同学们，电路创新设计展示现在开始。下面，请我们的小工程师们展示他们的创新成果。希望同学们积极参与，提出改进意见。



## 活动 设计1：改进小彩灯的连接电路

为了开好班里的科学晚会，我们把许多小彩灯串联起来，装饰黑板（图 3-4-2）。我们发现，这个电路有一个缺点，如果一个小灯泡烧毁了，将使整串灯泡全部熄灭。



图 3-4-2 晚会彩灯

我们的解决方案如图 3-4-3 电路所示，先将小灯泡两个两个地并联，再把它们串联起来。这样，即使并联的两个灯泡中的一个开路，也不会影响整串电路。我们的方案有哪些不足？请同学们指出。

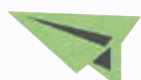
受这个方案启发，我们可以向生产厂家建议，在一个灯泡里并联两根灯丝。这样的灯泡串联起来，即便一根灯丝断了，也不会整串熄灭。



图 3-4-3 改进的彩灯连接方式







## 活动 设计2：回答问题正确显示器

我们的设计是回答问题正确显示器。

如图 3-4-4 所示，在一块长方形硬纸板上，别上两排曲别针。左排曲别针表示问题，一个曲别针旁写一个问题。右排曲别针表示相应的答案，一个曲别针旁写一个答案。

把电池和小灯泡连接起来，并留出两个接线头 A 和 B。提问者把接线头 A 与左排的一个曲别针接触，表示提出一个问题；要求回答者把接线头 B 与右排的一个曲别针接触，表示选出一个答案。只有选择正确答案时，小灯泡才会亮；选择错误时小灯泡不亮。

同学们猜一猜，硬纸板的后面是怎样连线的，并请同学们对这个小发明进行评价。

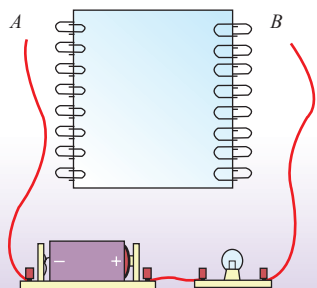


图 3-4-4

这个装置很有价值，可以用于知识竞赛。

能不能设计出一个回答正确时还能发出声音的装置。



活动 设计3: 病房呼叫电路

我们发现,许多医院的病房中,病人在需要护理时不能及时通知值班室里的护士。为此,我们小组设计了一个呼叫电路(图3-4-5),在每张床边都安装了一个开关,每个开关与值班室里的一只灯泡相对应。某一床位的病人按下开关后,值班室中对应的灯泡就会亮,护士就知道哪一位病人需要护理,并及时到来。

请同学们考虑,如果在值班室,当病人呼叫时,不仅有灯光显示,还需要声音呼叫,我们的设计应当怎样改进?

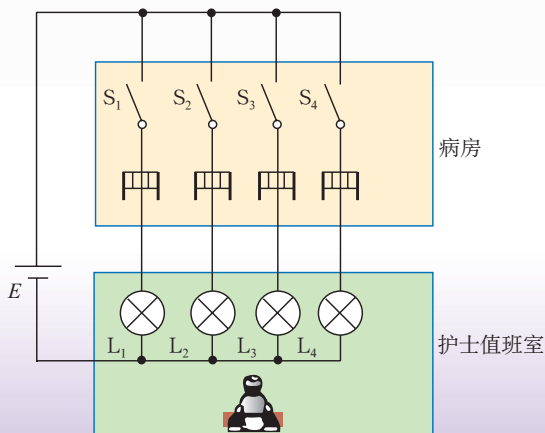
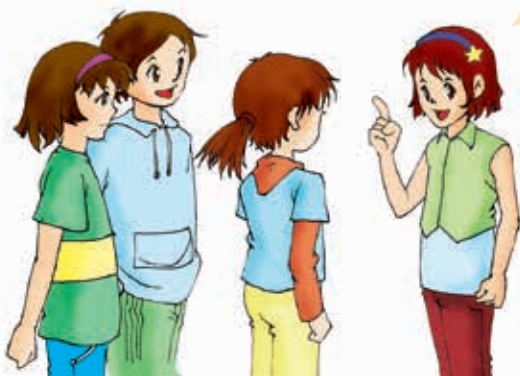


图 3-4-5

每个电灯串一个电铃就行了。

能不能用一个电铃呢?





## 知识要点

1. 自然界中只存在正、负两种电荷；同种电荷相互排斥，异种电荷相互吸引。

2. 电荷的定向移动形成电流。物理学规定，正电荷定向移动的方向为电流的方向。

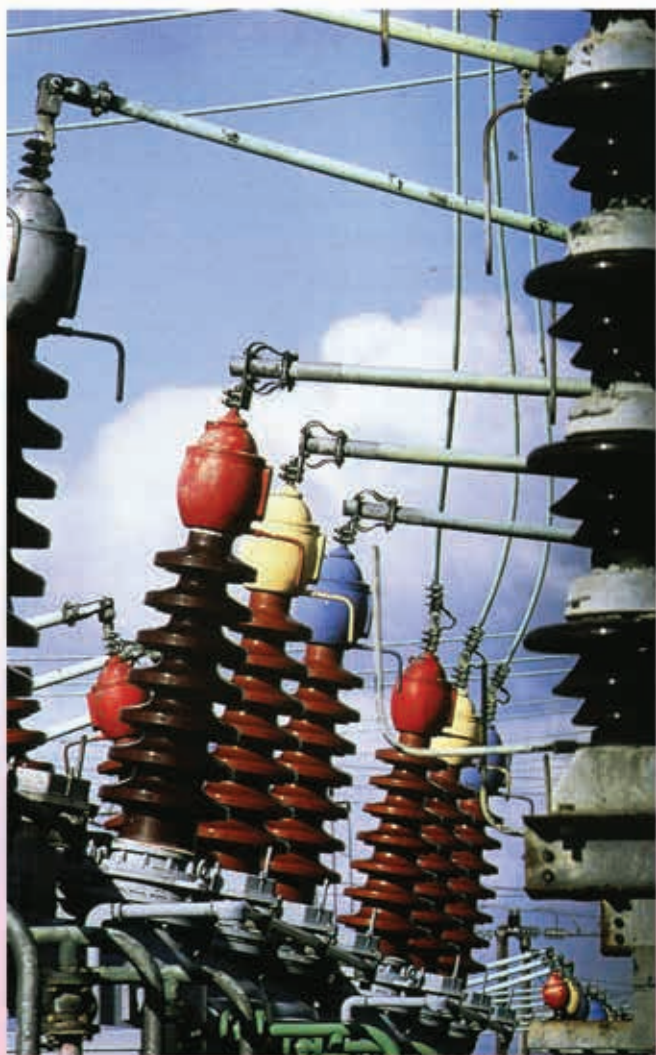
3. 用导线把电源、用电器、开关连接起来，就组成了电路。电源是电路中能量的来源；用电器消耗电能，将它转化为其他形式的能；开关控制电流的通断。

4. 接通的电路叫做通路。断开的电路叫做开路。由于某种错误操作或故障，使导线不通过用电器直接跟电源两极连接，叫做短路。

5. 把电路元件逐个按顺序首尾连接起来，这样连接成的电路叫做串联电路。

6. 把两个或两个以上电路元件并列接在电路两点间，这样连接成的电路叫做并联电路。

# 第四章 探究电流



- ◆ 电流
- ◆ 电压：电流产生的原因
- ◆ 电阻：导体对电流的阻碍作用

高压线安装在与杆塔固定连接的一排排绝缘子上，以保证输电线与杆塔、大地绝缘。

# 1. 电 流

图 4-1-1 香港夜景



## 观察 灯泡的亮度

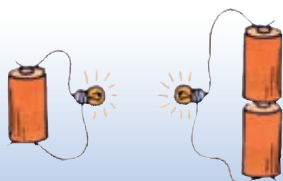


图 4-1-2

如图 4-1-2 所示,将一只小灯泡用导线跟一节干电池连通,观察小灯泡的亮度;然后在这只小灯泡两端接两节干电池,观察小灯泡的亮度。

## 认识电流

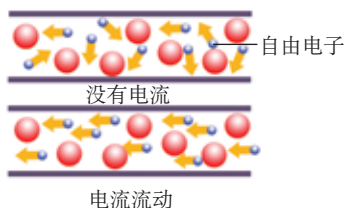


图 4-1-3 电子在导线中定向流动,形成了电流

在上面的实验中,灯泡亮度不同,说明通过灯丝的电流大小不同。

怎样来描述电流的大小呢?物理学中用单位时间内通过导体某一横截面的电荷多少来表示**电流**(current)的大小。电流用  $I$  表示,单位是**安培**,简称**安**,符号是  $A$ 。

有的时候,电流很小,例如,手电筒中的电流只有  $1A$  的百分之几或十分之几。这时我们常用比较小的电流单位**毫安**( $mA$ )和**微安**( $\mu A$ )。

$$1 A = 10^3 mA$$
$$1 mA = 10^3 \mu A$$



图 4-1-4 柠檬电池能产生  $0.03 A$  的电流

### 常见的电流大小

电子手表中的电流	$1.5 \sim 2 \mu A$
手电筒中的电流	$0.2 \sim 0.3 A$
房间灯泡中的电流	$0.1 \sim 0.3 A$
彩色电视机的电流	$0.3 \sim 0.7 A$
家用电冰箱的电流	$0.4 \sim 0.7 A$
家用空调器的电流	$4 \sim 8 A$
雷电电流	可达 $10^5 A$



## ◆ 测量电流

电路中电流的大小需用**电流表** (ammeter) 测量。电流表的符号是Ⓐ。电流表是比较精密的仪器,要注意正确使用,以免损坏。下面是实验室配备的电流表的使用说明书,请对照实物,认真阅读,熟悉电流表的使用方法。

### 阅读提示

通过阅读,希望你能掌握连接电流表的基本规则。

### J0407型直流电流表说明书

#### 用途

直流电流表可供学生实验或在实验室中测量直流电路的电流。

#### 规格

1. 测量范围:  $0 \sim 0.6\text{A}$ ,  $0 \sim 3\text{A}$ 。
2. 工作条件: 周围温度  $0^\circ\text{C} \sim 40^\circ\text{C}$ , 相对湿度不超过 85%。
3. 表头灵敏度为 75mA。
4. 仪表阻尼时间不超过 4s。

#### 结构及原理

表头采用磁电式结构。

#### 使用

1. 实验前要检查指针是否对准零刻度线;如有偏差,需用零点调节器调到零位。
2. 电流表接入电路,必须串联在待测的那部分电路中,使电流从电流表的“+”接线柱流入,从“-”接线柱流出。

**注意:**不允许把电流表直接连到电源的两极上! 否则,电流表将被烧坏。

3. 测量前应先估计待测电流的大小,选择适当量程的电流表,使被测电流不超过电流表的量程。如果不能估计电流大小,可以先用较大量程进行快速试触。

#### 保养

仪表出厂时各部分均经详细检查、校准。仪表不应受到敲击、碰撞或剧烈震动,以免损坏内部机构。仪表安放处应保持室温,并保持清洁、干燥,且不应有腐蚀性气体存在。仪表附近不能有强大的磁场,以免仪表遭受损坏或影响示数的准确性。



## 电流表的示数



图 4-1-5

量程为 3 A 时,刻度盘上的每大格表示 1 A,每小格表示 0.1 A。指针的位置表示 0.8 A。

量程为 0.6 A 时,刻度盘上的每大格表示 0.2 A,每小格表示 0.02 A。这时指针的位置表示多少安?

电流表的接线柱与表盘上的两排示数有什么关系?

表盘上示数的单位是什么?

怎样读数?



## 实验探究 测量通过灯泡的电流

按图 4-1-6 连接电路,学习用电流表测量通过灯泡的电流。

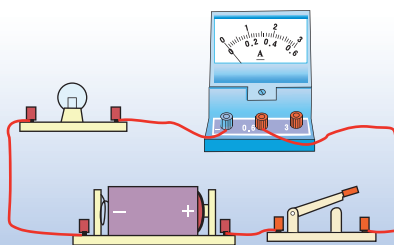


图 4-1-6

科学研究和工业生产中,许多仪表是通过测量电流来工作的。随着工业生产的自动化,大量的电学仪表用于对工艺参数的检测、显示和控制,成为工业生产中不可缺少的装置。学会使用电流表是认识这些仪表的基础。



图 4-1-7 以测量电流为基础的仪表是工业自动化的保证。图为某工厂的总控制室

## ◆ 电路中的电流规律

对串联电路中各点的电流大小，你有什么猜测？

靠近电源正极附近的电流大，经过用电器后电流逐渐减小。

不可能吧！我刚买了一串小彩灯，我发现它们的亮度一样呀！



我们可以通过实验来探究，看灯泡两边的电流是不是相同。

### Y ■ 实验探究 ■ 串联电路中的电流

如图 4-1-9 所示，把两个灯泡串联起来接到电源上。把电流表先后接入电路中 A、B、C 各点，测量其电流。你的推测正确吗？

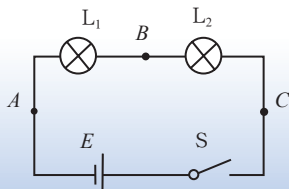


图 4-1-9

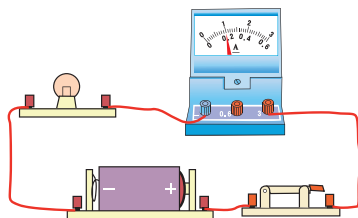


图 4-1-8 要测量电流，电流表必须串联接入电路

#### 材料

- ◆ 2.5V 灯泡 2 只
- ◆ 电流表 1 只、电池 2 节
- ◆ 开关 1 个、导线若干

实验表明：串联电路中各处的电流\_\_\_\_\_。

从宏观来看，串联电路中各处的电流相等，表示串联电路中的任一截面上，每秒通过的电荷数相等。

### Y ■ 实验探究 ■ 并联电路中的电流

借助水流动的情景，可以想象电路中电流的流动情景。在并联时，电流分成几路在电路中流动，然后又汇合到一起流了回来。通过与水流类比，你对并联电路中电流的规律有什么猜测？

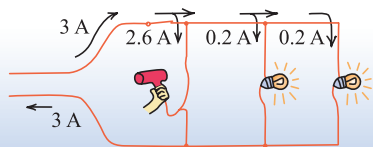


图 4-1-10



如图 4-1-11 所示,把两个灯泡并联起来接到电源上。把电流表先后接入电路中  $A$ 、 $B$ 、 $C$  各点,测量其电流。通过测量数据看一看,有什么样的规律? 与你之前的猜测一致吗?

- 材料
- ◆ 2.5V 灯泡 2 只
  - ◆ 电流表 1 只、电池 2 节
  - ◆ 开关 1 个、导线若干

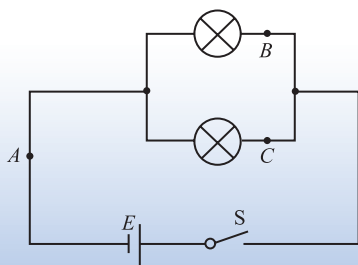


图 4-1-11

实验表明：并联电路中干路里的电流\_\_\_\_\_各支路中的电流之和。

想一想,如果小聪家中有一台电视机、一台洗衣机、两盏照明灯,它们是并联的。工作时的电流分别是 200 mA、1 A、300 mA 和 250 mA。如果干路中的电流不许超过 3 A,这些用电器是否可以同时使用?

## 发展空间

### 家庭实验室

#### 自制小台灯

假如你在野外的小帐篷中宿营,这时,你最需要一个小台灯了。用一只小灯泡、两节电池和一个开关,你可以做成一个简易的小台灯。

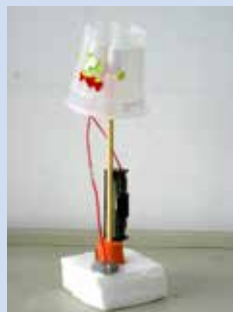


图 4-1-12 自制小台灯



### 自我评价

1. 图 4-1-13 是一个实物图。请你判断电流表测量的是通过哪个灯的电流。

2. 根据图 4-1-14(a) 所示的电路图, 将图 4-1-14(b) 中的实物用铅笔画线表示导线连接起来, 如果  $A_1$  的示数为  $0.5\text{A}$ ,  $A_2$  的示数为  $0.9\text{A}$ , 通过  $L_1$  和  $L_2$  的电流各是多大?

3. 在图 4-1-15 的电路中, 哪种接法能用电流表测量通过小灯泡的电流?

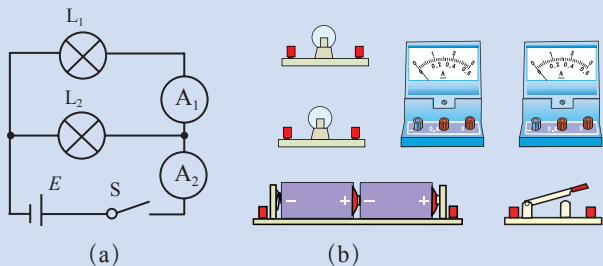


图 4-1-14

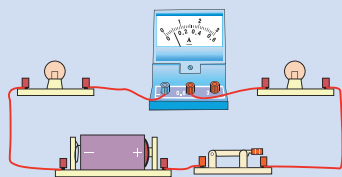
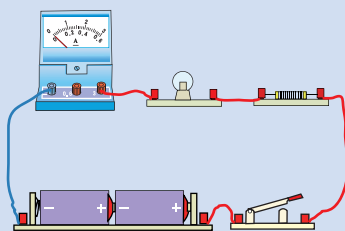
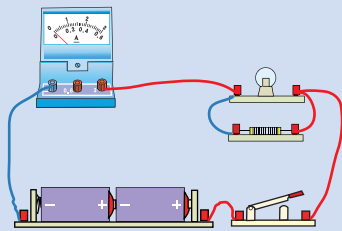


图 4-1-13



(a)



(b)

图 4-1-15



### 物理在线

## 生物电

你听说过电鳗吗? 它生活在中美洲和南美洲的淡水中。电鳗有一种独特的本领: 能发出很强的电流。

你听说过心电图吗? 心脏在收缩和舒张时, 有微弱的电流产生。可以在身体表面的不同部位探测电压的变化, 并记录下来, 形成心电图, 它反映了心脏的工作情况。不管是电鳗还是心电图, 都与生物电有关。你还知道其他关于生物电的信息吗? 请通过查询互联网或去图书馆查阅相关资料, 与你的同学或朋友交流。



图 4-1-16 电鳗靠放电捕到猎物



## 2. 电压：电流产生的原因

图 4-2-1 人造瀑布

在公园里的假山旁，你或许会发现一条人造瀑布从山顶流下，如果在瀑布下安装一台水轮机，水流会推动着水轮转动……

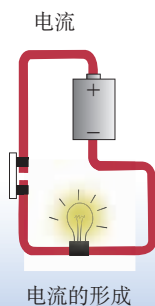
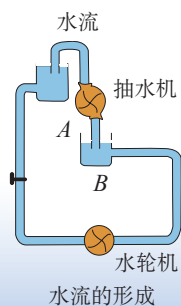
### 认识电压

电流是怎么形成的呢？你能从水流的形成中得到一些启示吗？



#### 观察 从水流看电流

通过研究水流的形成过程，对产生电流的原因提出你的猜想，看谁的想法更合理。



类比是重要的科学研究方法，科学上许多重大发现及成果就是应用类比法做出的。

图 4-2-2

抽水机不断地把水从低处抽到高处，水的势能增加，打开阀门，水会从高水位处流向低水位处。

电源类似抽水机，能推动电荷定向流动。闭合开关，电路中有持续的电流。



……

**电压** (voltage) 是形成电流的原因，能推动电荷定向流动。电源是提供电压的装置。

电压常用字母  $U$  表示，国际单位制中，电压的单位是伏特，简称伏，符号是  $V$ 。不同的电源所能提供的电压不同（图 4-2-3）。一节干电池的电压是  $1.5V$ ，我国家庭电路的电压是  $220V$ 。

电压单位还有千伏 ( $kV$ )、毫伏 ( $mV$ )、微伏 ( $\mu V$ ) 等。它们的换算关系如下：  
 $1\text{ kV}=10^3\text{ V}$   
 $1\text{ V}=10^3\text{ mV}$   
 $1\text{ mV}=10^3\text{ }\mu\text{V}$



图 4-2-3 常见的几个电压值

## ◆ 用电压表测量电压

测量电路两端电压的仪表，叫做电压表 (voltmeter)。电压表的符号是  $\text{V}$ 。刻度盘上标有“ $V$ ”的电压表，它的示数以伏为单位。



### ■ 观察 ■ 电压表

对照电流表，观察电压表并思考：

1. 根据什么标志确认电压表？接线柱上标着的符号或数字表示什么意思？
2. 这个电压表有几个量程？对应不同量程，刻度盘上的分度值分别是多少？
3. 怎样读出指针所指示的电压值？



图 4-2-4 实验室配备的电压表



### 电压表的示数

实验室配备的电压表有两个量程，3V 量程对应的刻度盘上，每个大格表示 1V，每个小格表示 0.1 V。15 V 量程对应的刻度盘上，每个大格表示 5 V，每个小格表示 0.5 V。

想想看，表中指针的位置在量程为 0~3V 时表示多少伏？



图4-2-5

电压是针对电路中的两点而言的，所以测量电压时，应该把电压表的两端分别接在要测量的那部分电路两端，与其并联（图 4-2-6），并使电流从电压表的“+”接线柱流入，从“-”接线柱流出。

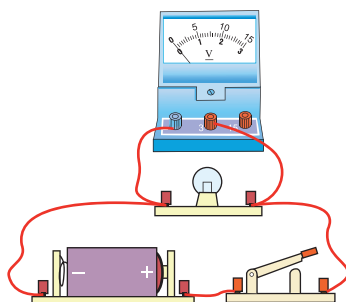


图 4-2-6

## Y ■ 实验探究 ■ 测量小灯泡两端的电压

按图 4-2-7 连接电路，小灯泡发光时，用电压表测量小灯泡两端的电压。

#### 材料

- ◆ 2.5V 灯泡 1 只
- ◆ 电压表 1 只、电池 2 节
- ◆ 开关 1 个、导线若干

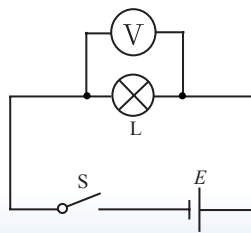


图 4-2-7

小灯泡不发光时，灯泡两端的电压是多少？用电压表测测看。

## ◆ 实验：电路中的电压规律

在串联电路和并联电路中，电流有不同的关系。它们中的电压关系是怎样的呢？

电压是电流形成的原因。在灯泡里面，有电流通过，灯泡两端一定有电压。

导线中也有电流，是不是导线两端也有电压呢？

电池能产生电压。



## Y ■ 实验探究 ■ 电路中的电压

按照图 4-2-8 所示连接串联电路，用电压表分别测出：电池两端的电压，灯泡  $L_1$ 、灯泡  $L_2$  两端的电压，导线上两点间的电压，并探究电源两端的电压跟串联电路中各部分电路两端的电压有什么关系。

如果灯泡  $L_1$ 、灯泡  $L_2$  并联，这两个灯泡两端的电压有什么关系？连接电路，实际测量看一看。

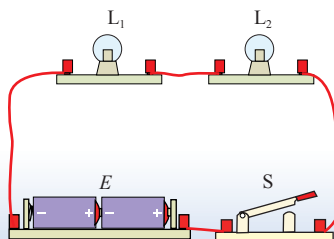


图 4-2-8

实验发现，串联电路两端的电压\_\_\_\_\_串联电路中各部分电路两端的电压之和。在并联电路中，各支路两端的电压\_\_\_\_\_。

## 讨论交流 ■ 小鸟会触电吗

两只小鸟落在裸露的电线上，闭合开关时，它们会触电吗？和你的同学讨论。

快飞，你会触电的！

你怎么不怕？

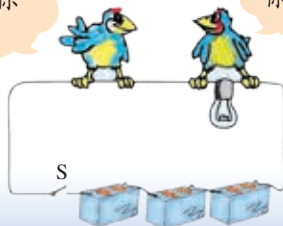


图 4-2-9



## 发展空间

### 家庭实验室

#### 改造你的小台灯

在许多情况下,需要调节小台灯的亮度。请改造前面你制作的小台灯,使它有两种亮度。



#### 自我评价

1. 观察你家中的用电器,如收音机、电子钟、电风扇等,了解它们的工作电压各是多大。

2. 图 4-2-10 是微型物理实验室中的电压表,请读出电压表示数。

3. 如图 4-2-11 所示的 3 个电路中,电压表所测的各是哪只灯泡的电压? 有没有接错? 错在什么地方?



图 4-2-10

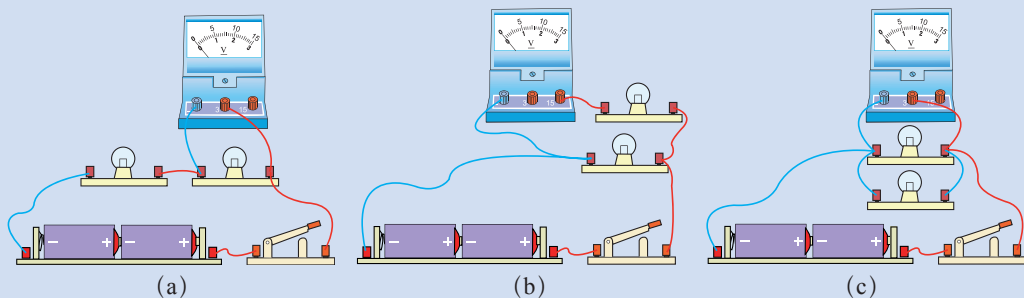


图 4-2-11



# 3. 电阻：导体对电流的阻碍作用

图 4-3-1 电线上的小鸟



## 动手做 做一个导电性检测器

将电流表、小灯泡、开关、电源等串联起来，并接出两条导线，就做成一个导电性检测器(图 4-3-2)。

在导线间分别接入细铜线、细铁线、铅笔芯、橡皮、塑料尺、木片等，观察小灯泡的亮度和电流表的示数，你有什么发现？

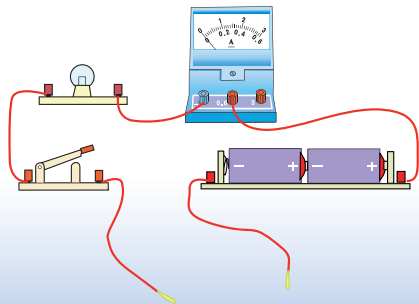


图 4-3-2

## 物体的导电性

有的物体对电流阻碍作用较小，容易导电，叫做**导体** (conductor)。有的物体对电流阻碍作用很大，不容易导电，叫做**绝缘体** (insulator)。图 4-3-3 表示各种物质导电能力的排列顺序，可见导体和绝缘体之间并没有绝对的界限。在物理学中，为了更具体地描述物体的导电性，常用**电阻** (resistance) 来定量描述导体对电流阻碍作用的大小，并用字母  $R$  表示。

电阻的单位是**欧姆**，简称**欧**，符号是  $\Omega$ 。这是为了纪念最早研究电阻的德国科学家欧姆 (Georg Simon Ohm, 1787—1854) 而命名的。



图 4-3-4 好的导体和绝缘体都是重要的电工材料。观察电线，你能指出哪些部分是导体，哪些部分是绝缘体吗

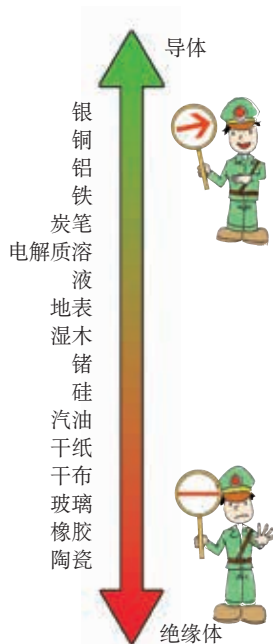


图 4-3-3 常温下一些物质导电和绝缘能力的排列顺序，导体和绝缘体之间并没有绝对的界限



## ◆ 探究决定电阻大小的因素

铁和银都是导体，为什么有不同的导电性呢？科学家研究发现，金属中的电子大部分被束缚在原子核周围，几乎不能自由移动，只有部分电子可以脱离原子核的束缚而自由移动，成为自由电子。不同材料的物体中，自由电子的情况不同，所以它们的导电性能不同。

### Y ■ 实验探究 ■ 电阻的大小与什么因素有关

电阻描述的是导体对电流的阻碍作用。对于同种金属材料导体的电阻，它的大小与导体的哪些因素有关系呢？

粗细相同的水管，管子长，阻力大。我猜想导体越长，它的电阻可能越大。

长度相同的水管，管子粗，阻力小。我猜想……

猜想也要有一定的根据。类比是进行猜想常用的思维方法。



猜想需要实验来验证。怎样设计实验来验证你的猜想呢？请和同学交流讨论。

把不同长度、不同横截面积的电阻丝接入电路，用电流表测量电路的电流，就能比较它们的电阻大小。

如果电路中电流大小不同，那是长度变化造成的，还是导体粗细变化造成的呢？

我们能不能用控制变量的方法分别研究呢？



如图 4-3-5 所示实验装置中,  $A$  为锰铜线,  $B$ 、 $C$ 、 $D$  为镍铬合金线。 $A$ 、 $B$ 、 $C$  的横截面积为  $S$ ,  $D$  的横截面积为  $4S$ 。

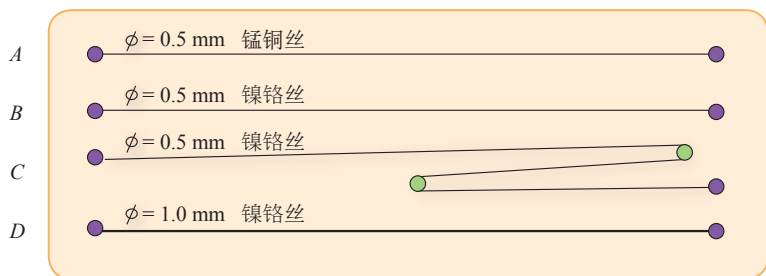


图 4-3-5 实验室中用来研究决定电阻大小因素的仪器

画出实验电路图, 连接电路, 用电流表测量电路中的电流, 比较导体对电流的阻碍作用。

探究导体的长度对电阻的影响  
实验电路图

实验表明: 导体的电阻跟导体的长度有关, 粗细相同的同种材料的导体, 长度越长, 电阻\_\_\_\_\_。

探究导体的横截面积对电阻的影响  
实验电路图

实验表明: 导体的电阻跟导体的横截面积有关, 长度相同的同种材料的导体, 横截面积越大, 电阻\_\_\_\_\_。

你的猜想得到证实了吗? 实验过程中, 你还发现什么问题? 你对电阻有什么认识?

实验表明, 导体的电阻是导体本身的一种性质。导体电阻的大小不仅跟材料有关, 还与其长度和横截面积有关。



## ◆ 电阻器——重要的电子元件

打开电视机的外壳，你会看到密密麻麻的电子元件。每个电子元件都需要有自己的工作电流和电压。但电视机只有一个电源，怎样来调节每个电子元件的电流和电压呢？电子工程师们设计了各种阻值的**电阻器**（resistor），用于控制电流和电压大小，使电路正常工作。

一些材料制成的长1 m、横截面积1 mm<sup>2</sup>的导线在20℃时的电阻值

导线	电阻 /Ω
银	0.016
铜	0.017
铝	0.027
钨	0.052
铁	0.096
锰铜合金	0.44
镍铬合金	1.1



图 4-3-6 各种电阻器

电阻器是电子技术中的重要元件，简称电阻。电阻的类型很多，如碳膜电阻、金属膜电阻以及线绕电阻等，它们是通过不同的材料配方和不同的制造工艺生产出来的。电阻的阻值一般都用数字或带色的圆环标在电阻上。

当你调节台灯的亮度，或是调节电视、音响的音量时，你是否想到，我们是怎样使电路中的电流连续变化的呢？

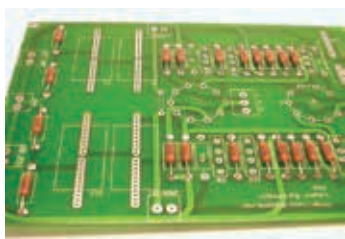


图 4-3-7 电阻器是各种电子产品里的重要元件



### ■ 动手做 ■ 让小灯泡逐渐亮起来

铅笔芯（石墨）是导体。把你自制的“导电性检测器”（图 4-3-2）的一根导线固定在铅笔芯最左端，然后将另一根导线接触铅笔芯右端并逐渐向左滑动（图 4-3-8）。你发现灯的亮度有什么变化？你怎么使小灯泡按照你的意图更亮或更暗？

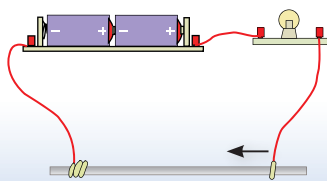


图4-3-8 让小灯泡更亮或更暗

前面实验中，你制作了一个通过改变电阻来控制电流的装置，这种装置叫做**变阻器**（rheostat）。

和你的“铅笔芯变阻器”原理相同，把镍铬合金丝紧密地缠在瓷筒上，通过滑片改变接入电路中电阻丝的长度，就改变了连入电路中的电阻值，从而控制电路中电流的变化。这就是实验室中常用的滑动变阻器，如图 4-3-10 所示。



图 4-3-9 常用的变阻器

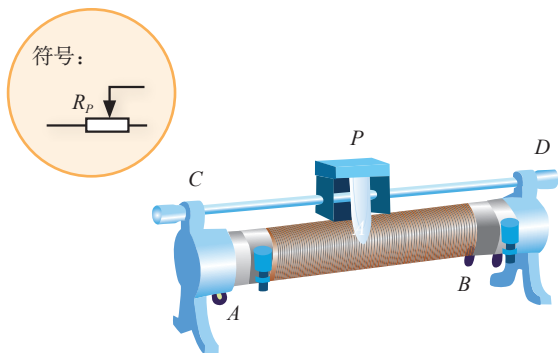


图 4-3-10 实验室里的滑动变阻器：电阻丝外部涂有绝缘层，绕在瓷筒上，它的两端连在A、B接线柱上，滑片P通过金属杆与C、D接线柱相连。电阻丝与滑片的接触部分的绝缘层已被刮去，二者能良好接触

## 实验探究 ■ 用滑动变阻器改变小电动机的转速

利用滑动变阻器，你能设计一个改变小电动机转速的电路吗？试试看。

滑动变阻器接入电路前，首先观察它的构造，思考下列问题：

(1) 把滑动变阻器连入电路中时，能不能只接C、D两接线柱或只接A、B两接线柱？

(2) 在闭合开关前，一般要求滑动变阻器连入电路中的电阻值最大。开关闭合前，应把滑片P移到什么位置？

我设计的改变小电动机转速的电路：





图 4-3-11 变阻器铭牌

每一个滑动变阻器都有最大的电阻值和允许通过的最大电流值(图 4-3-11)。使用时,要根据电路中的电流变化范围,选择适当变阻器,不要使电流超过它的最大值,否则会损坏变阻器。

滑动变阻器能够改变接入电路的电阻,但不能显示出接入的阻值。电阻箱是一种能够表示出阻值的变阻器。



图 4-3-12 旋盘式电阻箱

图 4-3-12 是实验室常用的旋盘式电阻箱。面板上面有两个接线柱,四个旋钮。调节旋钮,由两个接线柱就能给出  $0 \sim 9999\Omega$  之间的任意整数的电阻值。各旋钮对应指示点的读数乘以面板上标记的倍数,然后相加就是两个接线柱间的电阻值。图 4-3-12 中,电阻箱的读数是

$$(3 \times 1000 + 6 \times 100 + 0 \times 10 + 8 \times 1) \Omega = 3608\Omega$$

在生活、生产和科学研究中,变阻器有广泛的应用。电车的车速变化,收录机及电视机声音的强弱,计算机显示屏的亮度及对比度的调节,都可依靠变阻器来完成。

## 发展空间

### 家庭实验室

#### 认识电位器

变阻器在技术上有广泛的应用,电视机、收音机上调节音量的电位器(图 4-3-13),都是变阻器。找一个废电位器,拆开看一看,分析它是怎样工作的。应用电位器,把你自制的小台灯改成亮度可连续变化的台灯。试一试吧!



图 4-3-13

#### 用滑动变阻器控制电压

用滑动变阻器可以控制通过电路中某一电阻的电流。那么,是否能够控制这个电阻两端的电压呢?请设计一个电路,试一试。



### 自我评价

1. 有两段导体 1 和 2, 在相同的电压下, 通过导体 1 的电流较大, 通过导体 2 的电流较小, 哪段导体的电阻大?

2. 图 4-3-14 中给出了四种变阻器接入电路的情形, 请用笔画出电流经过的路径, 并说明滑片  $P$  向左移动时, 连入电路中的电阻怎样变化?

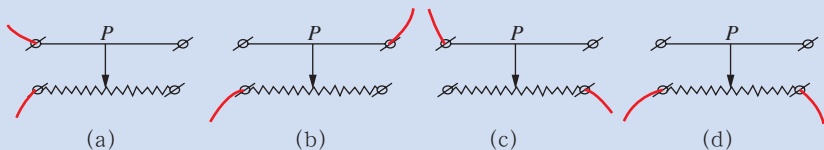


图 4-3-14

3. 按图 4-3-15 (a) 所示电路图, 连接图 4-3-15 (b) 所示实物图。分析滑动变阻器的滑片向右移动过程中, 灯泡亮度怎样变化?

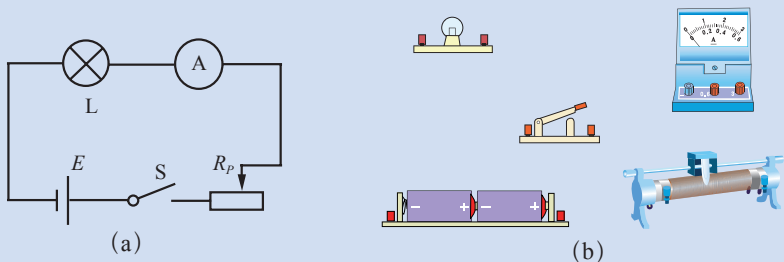


图4-3-15



### 物理在线

## 超导体

1911 年, 荷兰物理学家卡末林—昂内斯测定水银在低温下的电阻值时发现: 当温度降到  $-269^{\circ}\text{C}$  左右时, 水银的电阻突变为零。这种现象叫做超导现象, 发生超导现象的物体叫做超导体。

超导能给人类带来哪些好处? 在各国激烈的超导研究竞争中, 我国科学家作出了哪些贡献? 请通过查询互联网或到图书馆查询资料, 了解这些信息。



图 4-3-16 超导磁悬浮现象



## 知识要点

1. 电流的大小等于每秒通过导体某一横截面的电荷多少。电流的单位是安培。

2. 电流的大小用电流表测量，电流表必须串联在待测电路中，使电流从电流表的“+”接线柱流入，从“-”接线柱流出。

3. 串联电路中各处的电流都相等。并联电路中的总电流等于各分支电路电流之和。

4. 电压是形成电流的原因。电源是提供电压的装置。电压的单位是伏特。

5. 测量电路两端电压的仪表叫做电压表。测量电压时，应该把电压表与待测电路并联，使电流从电压表的“+”接线柱流入，从“-”接线柱流出。

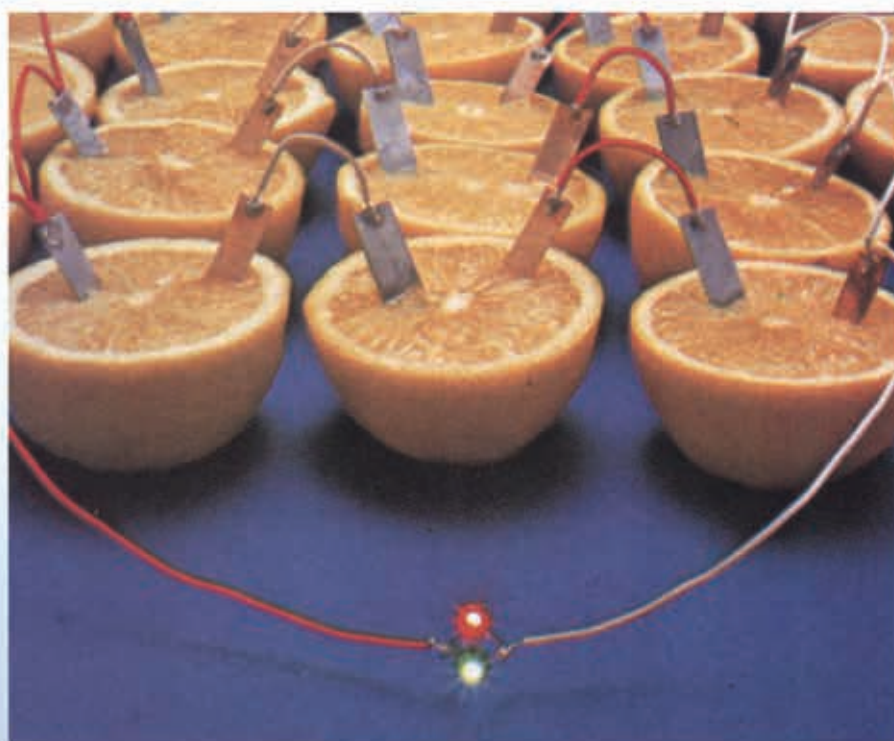
6. 串联电路中，串联电路两端的电压等于各部分电路两端的电压之和。并联电路中，各分支电路两端的电压相等。

7. 物理学中，用电阻来定量描述导体对电流阻碍作用的大小。电阻的单位是欧姆。

8. 导体电阻的大小不仅跟材料有关，还与其长度和横截面积有关。

# 第五章 欧姆定律

- ◆ 欧姆定律
- ◆ 测量电阻
- ◆ 等效电路\*



水果也能让小灯泡亮起来,太神奇了!

# 1. 欧姆定律

图 5-1-1 《天鹅湖》剧照

灯光渐亮, 音乐渐起, 幽静的湖畔, 朦胧的月色, 一群美丽的白天鹅出现在舞台上, 随着灯光的变化翩翩起舞……

多么美丽的《天鹅湖》! 也许你没想到, 舞台灯光强弱和声音大小的控制都是通过改变电流大小来实现的。

## ◆ 实验: 探究电流跟电阻、电压的关系

电压能使电路中产生电流, 电阻表示导体对电流的阻碍作用。那么, 电压、电阻怎样影响电流的大小呢?



### ■ 实验探究 ■ 电流跟电阻、电压的关系

#### 材料

- ◆ 定值电阻1只
- ◆ 滑动变阻器1只
- ◆ 电流表、电压表各1只
- ◆ 电池2节
- ◆ 开关1个、导线若干

要研究电流跟电阻、电压的关系, 首先要设计出实验电路。选一个定值电阻, 通过它的电流可以用电流表测量, 电阻两端的电压可用电压表测量, 用电池和一个变阻器串联制成可调节电压的电源。由此设计出电路图 5-1-2。

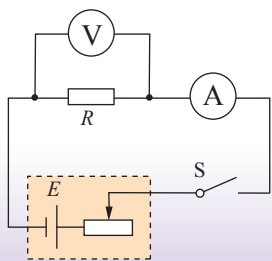


图 5-1-2 探究电流跟电压、电阻关系的电路

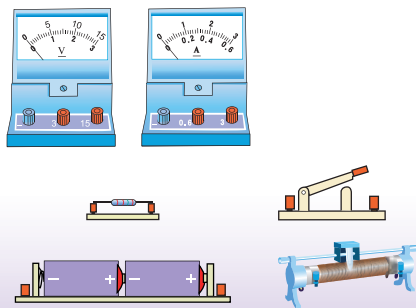


图 5-1-3 根据电路图连接实物图



电流与电压有关，也与电阻有关。实验中，电流的变化是由电压引起的还是由电阻引起的？

实验中，我们可以通过控制变量来探究：如果电压不变，那电流变化就是由电阻变化引起的。如果电阻不变，那电流变化就是由电压变化引起的。

要找到规律，需要测量多组数据……



要探究电流跟电阻、电压的关系，可以分成两个课题分别探究。

### 课题1 探究电流跟电压的关系

**?** 保持电阻不变，怎样改变电阻两端的电压？

实验数据：

电压 $U/V$				
电流 $I/A$				

实验结论：\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

可以通过改变串联电池的个数，来改变定值电阻两端的电压值。

也可以通过改变滑动变阻器的阻值大小，来调节自制电源两端输出的电压值。



可以通过更换电阻来改变电阻值。

电阻变了，它两端的电压也会变。怎样控制电压不变呢？

……



### 课题2 探究电流跟电阻的关系

**?** 怎样改变电阻？怎样保持电压不变？

实验数据：

电阻 $R/\Omega$				
电流 $I/A$				

实验结论：\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

把你的实验报告与其他同学交流，综合你们的实验结论，得出电流跟电阻、电压的关系。

## ◆ 欧姆的研究发现

早在 1826 年，欧姆就进行了类似的探究。经过近十年的不懈努力，欧姆巧妙地设计了电流扭秤——电流表的雏形，并用温差电池作电源，保证了电流的稳定性。经过大量实验得出了下面的结论。

导体中的电流，跟导体两端的电压成正比，跟导体的电阻成反比，这个结论叫做欧姆定律（Ohm law）。

我用了十年时间才发现这个规律！



图 5-1-4 欧姆的执着

如果用  $R$  表示这段导体的电阻， $U$  表示导体两端的电压， $I$  表示导体中的电流，那么，欧姆定律可以写成如下公式

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

$I$  的单位：A

$U$  的单位：V

$R$  的单位： $\Omega$

欧姆定律告诉我们，电路中的电流是怎样决定于电压和电阻的，它是关于电路的一条非常重要的定律。

## ◆ 用欧姆定律进行计算

欧姆定律在解决各种电路的计算问题中有重要的应用。对于一段电路，只要知道电流、电压、电阻这三个量中的两个，就可以利用欧姆定律计算出第三个量。

**例题** 手电筒的小灯泡上标有“2.5 V 0.3 A”，表示加 2.5 V 电压时，通过的电流为 0.3 A，灯泡正常发光。灯泡正常发光时的电阻是多少？

为了便于分析问题，应先根据题意画出电路图，在图上标明已知量的符号、数值和未知量的符号。这对初学者特别重要。

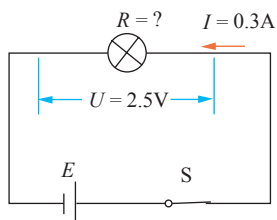


图 5-1-5

解：由  $I = \frac{U}{R}$  得到

$$R = \frac{U}{I} = \frac{2.5 \text{ V}}{0.3 \text{ A}} \approx 8.3 \Omega$$

这道题为我们提供了一种测定电阻的方法。如果分别用电压表和电流表测出电路中某一导体两端的电压值和通过它的电流值，就可以根据欧姆定律算出这个导体的电阻值。



### 讨论交流 ■ 电流表和电压表的连接方式

通过电表的电流过大会烧毁电表的危险。电流表的特点是电阻很小，在实验中决不允许直接把电流表接在电源的两极上。请用欧姆定律分析其中的道理。

电压表的特点是电阻很大，把电压表接到电源的两极上没有烧毁的危险，这是为什么？

你不能直接连在电源两极上，会把你烧坏的！

那你为什么不怕呀？

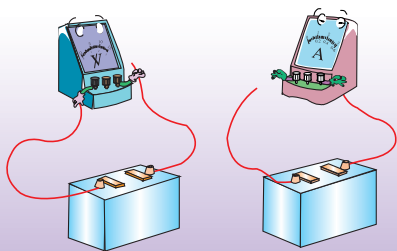


图 5-1-6

## 发展空间



### 自我评价

1. 工厂中车床照明灯（图 5-1-7）有的是采用 36V 电压，如果它工作时灯丝电阻是  $32 \Omega$ ，求通过灯丝的电流。

2. 电子手表的电源是一个小纽扣似的氧化银电池，你能知道电子手表的电阻大约是多少欧吗？（电子手表有关数据请查阅第四章第 1 节和第四章第 2 节）



图 5-1-7

# 2. 测量电阻

## ——欧姆定律应用之一

图 5-2-1 电阻器

爷爷的收音机坏了，小聪和小明决定把它修好。经过检查，发现一只标注模糊的电阻引线断了，需要更换。怎样才能知道它的阻值呢？

### ◆ 用电压表和电流表测量电阻



#### ■ 实验探究 ■ 测量未知电阻

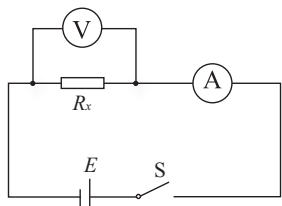


图 5-2-2

用电压表可以测量电压，用电流表可以测量电流；测量出了电压和电流，就可以用欧姆定律计算出电阻。

图 5-2-2 是小明设计的实验电路图。和同学讨论，它有哪些不完备的地方？应怎样改进？

这样只测量一次数据，可能误差比较大，我们应该多测量几次，取平均值。

这就需要能改变电路中的电流和电压。

加一个滑动变阻器，就能改变电路中的电流……



为了更精确地测量这个未知电阻的阻值，你准备采取哪些措施？

#### 材料

- ◆ 定值电阻
- ◆ 学生电源
- ◆ 电压表、电流表
- ◆ 滑动变阻器
- ◆ 开关
- ◆ 导线若干

#### 测量未知电阻的电路图

按照你设计的电路图连接好电路，调节滑动变阻器，分别测出三组电流值和电压值，把实验数据填入下表。

	电压 $U/V$	电流 $I/A$	电阻 $R/\Omega$
1			
2			
3			

三次所测电阻的平均值为\_\_\_\_\_。

对一个未知电阻，用电压表测出它两端的电压  $U$ ，用电流表测量通过它的电流  $I$ ，应用欧姆定律，就可求出其电阻值。这种测量电阻的方法叫做伏安法。伏安法是测量电阻的一个基本方法。

### ◆ 电压—电流图像

在上面的实验中，除了用表格形式记录测量结果外，我们还可以用图像的方式表示。在坐标图上，横坐标表示电流  $I$ ，纵坐标表示电压  $U$ 。将测量的数据在图中描点，用直线或光滑的曲线连接各点，就可以得到电流随电压变化的关系曲线。电压—电流图像常被用来研究导体电阻的变化规律，是物理学电学部分重要的图像。

如图 5-2-3 所示是不同电阻的电压—电流图像。

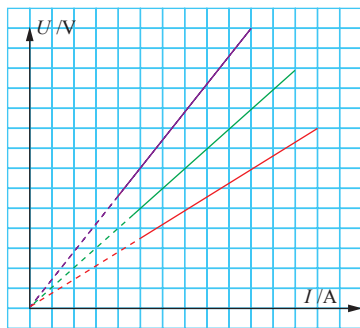


图 5-2-3 利用数字化电压—电流传感器测量后绘出的不同电阻的电压—电流图像



## Y 实验探究 研究小灯泡的电阻

小灯泡的电阻是否固定不变？我们可以用伏安法来研究。按图 5-2-4 连接电路，逐渐增大电压，让灯丝由暗变亮，记录若干组电压、电流值，作出电压—电流图像，分析小灯泡电阻的变化。

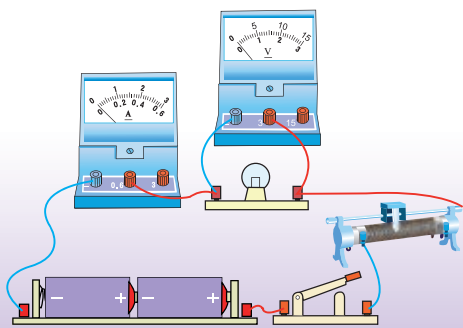


图 5-2-4

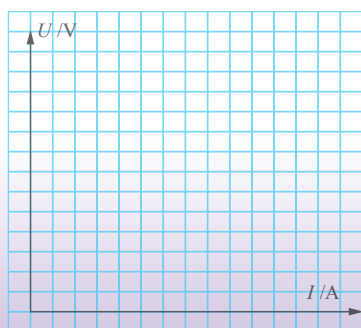


图 5-2-5

小灯泡的灯丝由暗变亮的过程，即灯丝的温度逐渐升高的过程。上面的实验数据，可以说明导体的电阻与温度的关系。

## 发展空间

### 家庭实验室

#### 测量电阻的特殊方法

如果实际测量中，缺少电流表，你能用一只电压表和一只定值电阻测未知电阻的阻值吗？画出电路图，实际做一做。

#### 认识多用电表

通常情况下，应用伏安法测电阻并不很方便，人们常用多用电表来测量电阻。指针式多用电表是一种能测电流、电压和电阻等电学量的仪表。多用电表有多个挡位和量程。当选择开关拨到欧姆挡时，可以直接读出被测导体的阻值。请阅读多用电表的说明书，试着测量某电阻的阻值。



图 5-2-6 多用电表

自我评价

1. 某同学在用伏安法测电阻的实验中,将实物连成如图 5-2-7 所示电路,每节干电池 1.5 V,估计被测电阻为  $10\Omega$  左右。请你把电路连接错误的地方改过来。

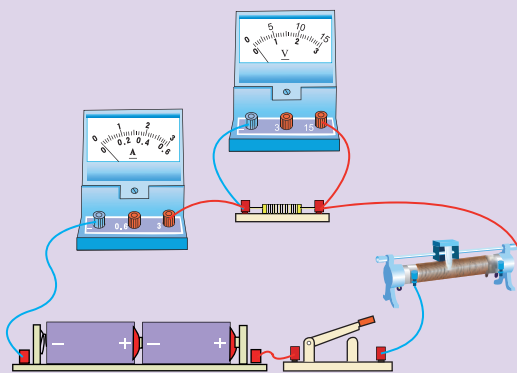


图 5-2-7

2. 在用伏安法测量电阻的实验中:(1)连接电路时,开关应处于什么状态?(2)若所用电表的接线和指针位置如图 5-2-8 所示,电表读数为多少?被测电阻的电阻值是多大?

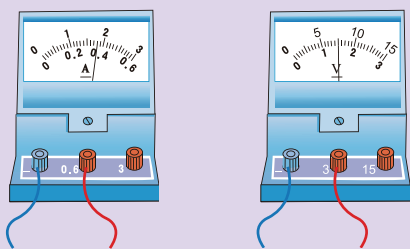


图 5-2-8

3. 在相距 20 km 的甲、乙两地之间有两条输电线,已知每 1m 输电线的电阻为  $0.01\Omega$ 。现输电线在某处发生短路,为确定短路位置,检修员利用电压表、电流表和电源接成如图 5-2-9 所示电路进行检测。当电压表的示数为 1.5V 时,电流表的示数为 30 mA,则短路位置离甲地多远?

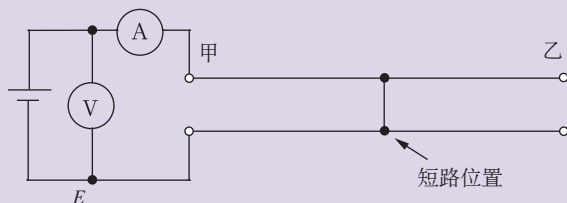


图 5-2-9

# 3. 等效电路\*

## ——欧姆定律应用之二



图 5-3-1 计算机内的电路板

在维修爷爷的收音机时，小聪发现收音机中有一只  $100\Omega$  的电阻坏了，可小聪手边只有几只  $50\Omega$  的定值电阻，有什么办法可以解决这个问题呢？

### ◆ 电路的等效电阻

几个连接起来的电阻所起的作用，可以用一个电阻来代替，这个电阻就是那些电阻的**等效电阻** (equivalent resistance)。

两只  $50\Omega$  的定值电阻串联，是不是可以替代  $100\Omega$  的电阻？

我们可以用伏安法做实验来探究。



我想，从理论上也应该能推导出来吧！

### Y 实验探究 串联电路的等效电阻

如图 5-3-2 所示，将已知阻值的电阻  $R_1$  和  $R_2$  串联接在电路中，接通电源后，读取电压表和电流表的示数  $U$  和  $I$ ，用欧姆定律算出  $R_1$  与  $R_2$  串联后的等效电阻  $R = \underline{\hspace{2cm}}$ 。将  $R$  的值与  $R_1$ 、 $R_2$  的值比较，看看  $R$  跟  $R_1$  和  $R_2$  有什么关系。

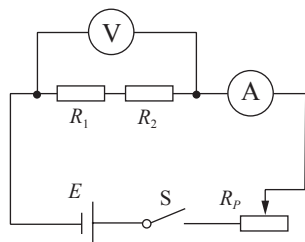


图 5-3-2

这个结论，你也可以从理论上来推导。

如图 5-3-3 所示，设串联电阻的阻值为  $R_1$  和  $R_2$ ，串联后等效电阻为  $R$ 。通过它们的电流分别为  $I_1$ 、 $I_2$  和  $I$ ，根据欧姆定律和串联电路的特点，有

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

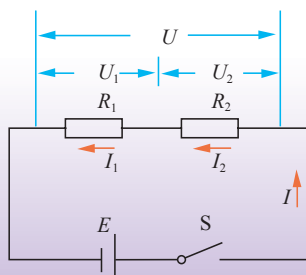


图 5-3-3

\* 本节供选修。

实验和理论推导都证明：串联电路的等效电阻等于各串联电阻之和。如两个电阻串联，有  $R = R_1 + R_2$ 。

根据影响导体电阻大小的因素，参照图 5-3-4，你能直观理解串联电路的等效电阻大于各串联导体的电阻吗？



图 5-3-4 串联电阻

用简单的图示来理解物理规律，是学习物理的重要方法。参照图 5-3-5，你对并联电路的等效电阻有怎样的猜想？

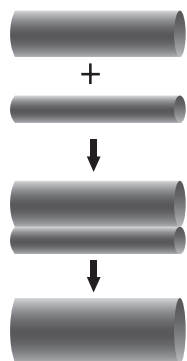


图 5-3-5 并联电阻

我们先选择简单特例进行分析，这样有利于提出猜想。

将导体并联相当于增大了导体的横截面积，我猜想……

这个猜想需要用实验或理论推导的方法来检验！



### 理性探究 推导并联电路的等效电阻

猜想：两个电阻并联的总电阻\_\_\_\_\_每一个支路的电阻。

根据学过的知识，通过理论推导，探究并联电路的等效电阻与各支路电阻的关系。然后通过实验来验证你得出的结论。

理论推导：

可以证明，并联电路的等效电阻的倒数等于各支路电阻的倒数之和。

如两个电阻并联，有  $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ 。

**例题** 有一只小灯泡，它正常发光时灯丝的电阻是  $8.3\Omega$ ，正常工作时的电压是  $2.5\text{V}$ 。如果我们只有电压为  $6\text{V}$  的电源，要使小灯泡正常工作，需要串联一个多大的电阻？

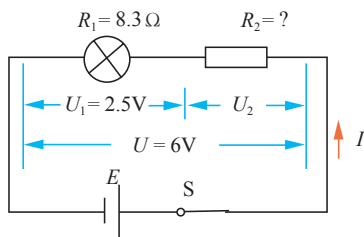


图 5-3-6

画出电路图如图 5-3-6 所示。给小灯泡串联一个电阻  $R_2$ ，可分去一部分电压，使小灯泡两端的电压  $U_1$  为正常工作电压  $2.5\text{V}$ 。

解：电阻  $R_2$  分去的电压：

$$U_2 = U - U_1 = 6\text{V} - 2.5\text{V} = 3.5\text{V}$$

$$\text{电路中的电流：} I = \frac{U_1}{R_1} = \frac{2.5\text{V}}{8.3\Omega} \approx 0.3\text{A}$$

$$\text{需要串联的电阻：} R_2 = \frac{U_2}{I} = \frac{3.5\text{V}}{0.3\text{A}} \approx 11.7\Omega$$

从这道例题可以看出，串联电阻具有分压的作用，这一点在实际问题中有广泛应用。同学们请按图 5-3-7 连接电路，观察串联电阻的分压作用，并说明我们在图 5-1-2 中自制的可调压电源的原理。

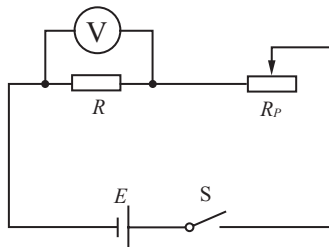


图 5-3-7 滑动变阻器的滑片左右移动， $R$  两端的电压如何变化

如果把电压表连接在变阻器  $R_p$  两端，移动滑片，电压表示数如何变化？



## ◆ 等效电路

在许多情况下，人们常利用作用的效果相同，来认识和处理复杂的问题。现代电子技术中，在分析一些复杂电路时，人们常常只关注整个电路（或电路的某一部分）的输入、输出关系，即电流和电压的变化关系。这样我们就可以用一个简单的电路代替复杂电路，使问题得到简化。这个简单的电路就是复杂电路的等效电路。

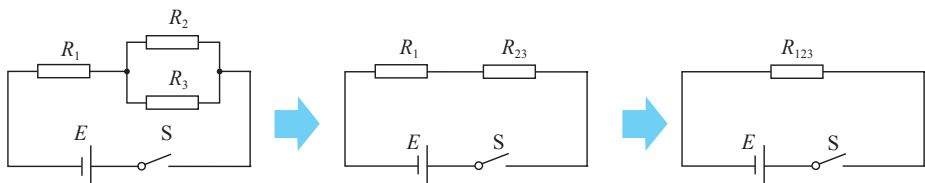


图 5-3-8 等效电路

## 发展空间

### 家庭实验室

#### 黑箱游戏

我们来做个游戏：找几个  $3\Omega$ 、 $6\Omega$ 、 $12\Omega$  的电阻，从中任选两个，在一个盒子里面连成串联或并联电路，并在盒盖上接出引线（可以是 2 条、3 条或 4 条）。请和你的同学通过实验判断里面两个电阻的大小及连接方式。事实上，电器维修人员就是用这种方法来检测电路的。



图 5-3-9 你能判断箱子中的连接情况吗

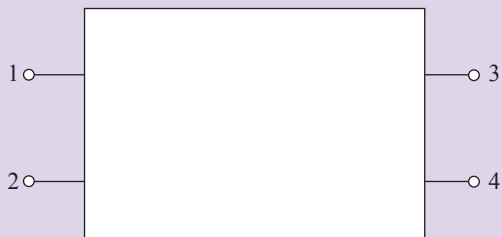


#### 自我评价

1. 需要一只  $10\Omega$  的电阻，但手边仅有  $2\Omega$ 、 $4\Omega$ 、 $5\Omega$ 、 $6\Omega$ 、 $8\Omega$  电阻各两只。解决这个问题有哪些具体办法？
2. 一根铜导线和一根镍铬合金线，长短粗细都相同。把它们并联在电路里，通过哪根导线的电流大？为什么？



3. 一个黑箱内有由几个相同阻值的电阻组成的电路，箱外有四个接线柱（图 5-3-10）。已知 1、2 间的电阻是 1、3 和 2、4 间电阻的 2 倍，而 3、4 间没有明显的电阻。试画出箱内最简单的一种电路图，并用电压表和电流表来检验。



你能画出箱内的电路吗

图 5-3-10

## 知识要点

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： $I = \frac{U}{R}$ 。

2. 应用欧姆定律，用电压表和电流表间接测量电阻的方法叫做伏安法。

# 第六章 电功率

- ◆ 电功
- ◆ 电功率
- ◆ 焦耳定律
- ◆ 灯泡的电功率



电能转化为光和热



# 1. 电 功

图 6-1-1 电梯

月底，小明家要交电费。电费是怎样计算的呢？从如图 6-1-2 所示的电费通知单中你能获得哪些信息？

××市供电公司低压客户电费通知单			
抄表时间:	2012 年 9 月 日 电费号:00200003051252		
台区号: 11838	序号: 790	表号: 12310015	倍率: 1
户名: 周小明	客户类型: 居民储蓄		
地址: 建国路东方家园小区 19 幢-3-801			
上月表底: 472	本月表底: 820	抄表员号: 50	
本月电费: ¥: 170.52	本月消费电能: 348kWh		
账户余额: 截止	年 月 日	元	
1. 交费地点: 建行、工行、农行、中行联网的储蓄所。 2. 如对交费有疑问, 请在周一至周五下午 16 点以后打电话咨询。 地址: 复兴东路 300 米路北 电话: 95598			

图 6-1-2 电费通知单

电费反映了消耗电能的多少，电能是用电能表测量的。

我们消耗了这么多电能，这些电能到哪里去了？



.....

## ◆ 电能与电功

电流具有电能。电能通常在转化成其他形式后才能被我们利用，用电器是能量转化的装置。从电灯、电话到计算机，从电铃、遥控玩具车到电力机车，电向我们展示了一个又一个的奇迹，也给人类社会带来了现代文明。



### 讨论交流 ■ 电能的利用

现代家庭中，我们每天要消耗许多电能，这些电能哪里去了呢？

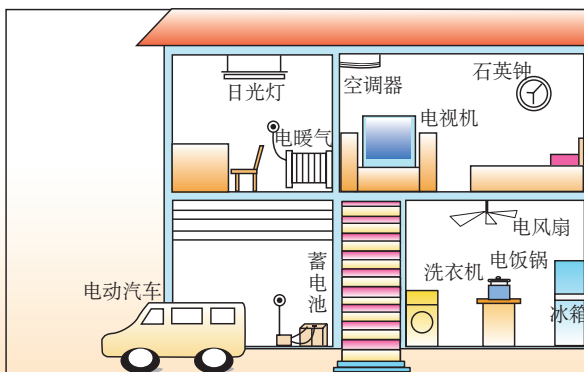


图 6-1-3 电在我家中

在图 6-1-3 中，电暖气把电能转化为内能；洗衣机把电能转化为机械能；给蓄电池充电把电能转化为化学能；日光灯把电能转化为光能……

看一看，还有哪些能量转化？

这些用电器消耗电能的过程，实质上是电能转化为其他形式能量的过程。有多少电能转化为其他形式的能量，我们就说电流做了多少功。电流所做的功叫做**电功**（electric work）。

电能可以转化为多种形式的能量，也可以从各种形式的能量转化而来。当你打开手电筒时，电池内部的化学能转化为电能；电流通过灯泡，电能转化为光能和内能。用电器能够把电能转化为内能、机械能、声能、光能和化学能等。正是因为电能可以很方便地转化成其他形式的能量，电的应用才如此广泛，在现代生活中才如此重要。

## ◆ 测量电功

电功通常用**电能表**（watt-hour meter）测定，它的示数以数字显示，单位是**千瓦时**，符号是  $\text{kW}\cdot\text{h}$ ，俗称“度”。这种仪表在家庭电路中就可以看到。把电能表接在电路中，电能表的计数器上前后两次读数之差，就是这段时间内消耗的电能。



感应式电能表

电子式电能表

图 6-1-4 电能表

功和能量的国际单位是焦耳，千瓦时是电力工业和日常生活中的常用单位。

$$1 \text{ kW}\cdot\text{h} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$$





0 7 3 1 6

8月31日电能表示数

0 8 9 5 9

9月30日电能表示数

图 6-1-5 9月份消耗的电能是  $895.9 \text{ kW} \cdot \text{h} - 731.6 \text{ kW} \cdot \text{h} = 164.3 \text{ kW} \cdot \text{h}$

## 节约用电

“地球一小时”活动是由世界自然基金会向全球发出的倡议。这个活动号召人们在每年3月的最后一个星期六关上灯，并做出一个环保改变，同时动员身边的其他人也加入环保行列。2012年“地球一小时”的主题是：每个人心中都有位环保家。



### 讨论交流 ■ 1度电的作用

我们不能小看1度电的作用，下图大致表示出了1度的电在国民经济中的作用。



电扇运转20个小时



生产啤酒15瓶



织布 9.5 m



电车行驶0.85 km

图 6-1-6 1度电的作用

每节约1度电，就相应节约了0.4 kg标准煤，同时少排放0.272 kg碳粉尘、0.997 kg二氧化碳、0.03 kg二氧化硫、0.015 kg氮氧化物。请和同学讨论对节约用电的认识。

## 发展空间



### 自我评价

1. 什么叫做电功？电功的单位是什么？测量电功的仪表是什么？

2. 小明对电冰箱进行过测试：当将其他所有用电器断开，只有电冰箱单独接入电路时，电能表初始示数如图 6-1-7 (a) 所示，两整天的时间后，电能表示数如图 6-1-7 (b) 所示。则该电冰箱两整天耗电多少度？若以每度电 0.44 元计算，应交多少电费？

1	3	4	2	0
---	---	---	---	---

(a)

1	3	4	6	8
---	---	---	---	---

(b)

图 6-1-7



### 走向社会

#### 家用电器的能效标识

我国的能效标识将能效分为五个等级，为蓝白背景的彩色标识。等级 1 表示产品达到国际先进水平，最节电，即耗能最低；等级 2 表示比较节电；等级 3 表示产品的能源效率为我国市场的平均水平；等级 4 表示产品能源效率低于市场平均水平；等级 5 是市场准入指标，低于该等级要求的产品不允许生产和销售。如图 6-1-8 所示，能效标识为背部有黏性的，顶部标有“中国能效标识”（CHINA ENERGY LABEL）字样的彩色标签，一般粘贴在产品的正面板上。

图 6-1-9 是常用家用电器一小时所消耗的电能，圆圈中的红色直观表示了能耗。请观察你家中电器上的能效标识，对家用电器的选用提出自己的建议。



图 6-1-8 中国能效标识



图 6-1-9



# 2. 电功率

图 6-2-1 动手实验



## ◆ 认识电功率

家庭照明中，100 W 的电灯泡比 40 W 的电灯泡亮，这表明相同时间里，100 W 的电灯泡把较多的电能转化为光和热，也就是说，电能的消耗、电流做功有快慢之分。在物理学中，用电功率表示消耗电能的快慢。如果用电器在时间  $t$  内消耗的电能为  $W$ ，则所消耗电能与时间之比，定义为这个用电器的**电功率** (electric power)。用公式表示出来就是

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

$P$  表示电功率  
 $W$  表示电功  
 $t$  表示通电时间

电功率的单位  
 还有千瓦 (kW)：  
 $1 \text{ kW} = 10^3 \text{ W}$

电功率的单位是**瓦特**，简称瓦，符号是 W。平常我们说“40 W 的灯泡”、“150 W 的电视机”，指的就是电功率。电功率是家用电器的一项重要性能指标，在各种用电器的铭牌和说明书中都有标示。



## ■ 讨论交流 ■ 消耗了多少电能

根据电视机的铭牌，你能算出看两个小时电视要消耗多少电能吗？



图 6-2-2 电视机的铭牌

## 电功率的大小



### 实验探究 电功率跟电流、电压的关系

怎样探究电功率、电压、电流三个量的关系呢？



可通过电灯泡的亮度判断灯泡电功率的大小，保持电流（或电压）相等，测量灯泡的电压（或电流）。

按图 6-2-3 连接电路，将“2.5V 0.3A”和“3.8V 0.3A”的小灯泡串联。比较两灯的发光情况，并用电压表测量各只小灯泡两端的电压，分析电压与电功率的关系。

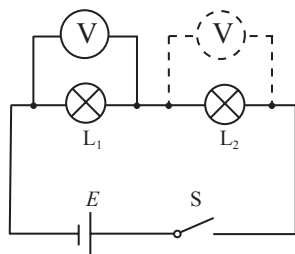


图 6-2-3

	发光情况	电压/V
“2.5V 0.3A”灯泡		
“3.8V 0.3A”灯泡		

结论：通过用电器的电流相同时，用电器两端的电压越大，电功率\_\_\_\_\_。

将“2.5V 0.3A”和“3.8V 0.3A”的小灯泡并联，比较两灯泡的发光情况，并用电流表测量通过两灯泡的电流（图 6-2-4）。分析电流与电功率的关系。

#### 材料

- ◆ 2.5V、3.8V小灯泡各1只
- ◆ 电压表、电流表各1只
- ◆ 电池3节
- ◆ 开关1个、导线若干

	发光情况	电流/A
“2.5V 0.3A”灯泡		
“3.8V 0.3A”灯泡		

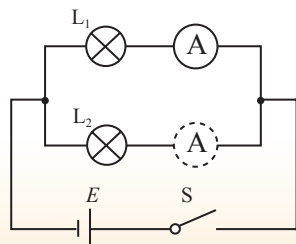


图 6-2-4

结论：用电器两端的电压相同时，通过用电器的电流越大，电功率\_\_\_\_\_。



根据进一步的实验，可得：**电功率等于电压与电流的乘积**。即

$$P = UI$$

那么，电流在某段电路上所做的功，跟这段电路两端的电压、电路中的电流和通电时间成正比，即

$$W = UIt$$

**例题 1** 标有“220 V 100W”的灯泡，在正常工作时，通过它的电流是多少？正常发光时的电阻是多少？

**解：**灯泡正常发光的电压  $U=220\text{ V}$

灯泡正常发光的功率  $P=100\text{ W}$

根据公式  $P=UI$ ，正常工作时通过灯泡的电流

$$I = \frac{P}{U} = \frac{100\text{ W}}{220\text{ V}} \approx 0.45\text{ A}$$

根据欧姆定律和上式可知，正常发光时灯泡的电阻

$$R = \frac{U}{I} = \frac{U^2}{P} = \frac{(220\text{ V})^2}{100\text{ W}} = 484\ \Omega$$

**例题 2** 教室里并联着 10 只规格是“220 V 40W”的日光灯，这些灯全部正常发光时，总电流等于多少？

**解：**根据  $P=UI$ ，每只日光灯的电流

$$I = \frac{P}{U} = \frac{40\text{ W}}{220\text{ V}} \approx 0.182\text{ A}$$

10 只灯的总电流  $I_{\text{总}}=10I=1.82\text{ A}$



### 讨论交流 ■ 电流过大的原因

接入电路的用电器越多，总功率就越大，电路中的总电流也就越大，可能超过电路的容许负载，容易引起火灾。

请从理论上来说明其中的道理。

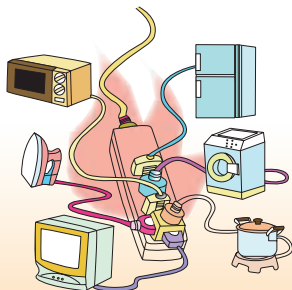



图 6-2-5 电路超负载



## 发展空间

 家庭实验室

## 利用电能表测电功率

一般家用电能表的盘面上,都标有每  $\text{kW}\cdot\text{h}$  的转数。例如,一只电能表标着  $3000\text{r}/\text{kW}\cdot\text{h}$ ,这表示每消耗  $1\text{kW}\cdot\text{h}$  的电能,电能表的转盘转 3000 转。利用盘面上的这个数值可以测定用电器的电功率。

现在只让待测功率的用电器工作,记下电能表转盘转过一定转数所用的时间,时间可用停表或手表的秒针来测量。利用这些数据怎样算出这个用电器的电功率?实际测一下灯具的功率,看看测出的功率跟灯具上标明的功率是否相符。

 自我评价

1. “2.5V 0.3A”和“3.8V 0.3A”的小灯泡串联,接在 3V 的电源上。哪只灯泡更亮?如果这两只灯泡并联,哪只灯泡更亮?先实际做一做,然后进行分析。

2. 一只节能灯的功率仅 1W,它正常发光时的电压是 220V,另有一只小灯泡功率也是 1W,但是它正常发光时的电压是 6.3V,如果它们都正常工作,则小灯泡的工作电流将是节能灯的多少倍?

3. 对于白炽灯、电炉、电烙铁、电熨斗这些用电器,电功率公式还可以写成  $P =$

$I^2R$ ,  $P = \frac{U^2}{R}$ 。试根据电功率公式和欧姆定律推导出这两个公式。

 走向社会

## 做一个家庭用电器的调查

调查家里都有哪些用电器,将调查情况填入下表中。

电器名称	额定功率	功能	每天工作时间

了解每度电的费用,根据你的调查,计算家中一个月需交多少电费。问问父母,你估算得正确吗?



# 3. 焦耳定律

图 6-3-1 电流通过灯丝时，电能转化为内能，灯丝变得灼热而发光

电流通过灯泡的灯丝时，灯丝变得灼热而发光，这种电能转化为内能的现象叫做电流的热效应 (heating effect)。



## 动手做 ■ 自制灯泡

如图 6-3-2 所示，将钉子垂直穿过橡胶瓶盖，选一条金属丝，两端分别绕在钉子的尖端，装好后放入玻璃瓶内。钉子之间的细金属丝就如同电灯泡中的灯丝。当电流通过时，金属丝快速发热并变红，但很快就烧掉了。换用不同材质、不同粗细、不同长度的金属丝，接通电源，观察现象。在这短暂的时间内，你经历了发明家爱迪生发明灯泡的过程。

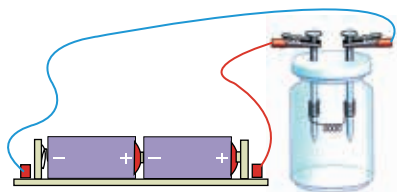


图 6-3-2

## ◆ 电流的热效应与什么因素有关

### 材料

- ◆ 镍铬合金丝3条
- ◆ 电池2节
- ◆ 开关1个
- ◆ 导线若干

我发现亮度不同的灯泡，灯丝的粗细不同。

长度相同、粗细不同的灯丝，电阻不同。

看来灯泡的热效应跟灯丝的电阻有关。



## 实验探究 ■ 影响电流热效应的因素

制作3个如图 6-3-3 所示的“灯泡”，其内金属丝分别选用电阻值相同的镍铬合金丝2条和电阻值不同的镍铬合金丝1条。瓶盖中间打一孔，插入带有红色液柱的细玻璃管，给金属丝通电，观察玻璃管中红色液柱的上升情况，就可以比较电流通过镍铬合金丝产生的热量。

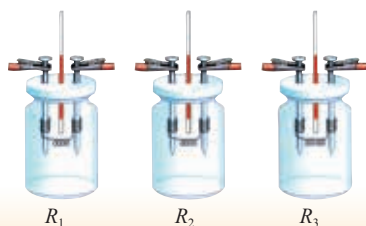


图 6-3-3

取三个“灯泡”的电阻为  $R_1$ 、 $R_2$  和  $R_3$ ，我们分两步进行实验：

1. 如图 6-3-4 所示，观察电流相同时，产生的热量与电阻大小的关系；
2. 如图 6-3-5 所示，观察电流不同时，产生的热量与电流大小的关系。

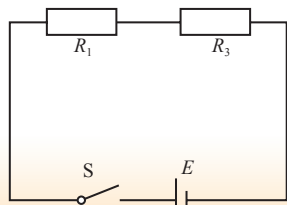


图 6-3-4

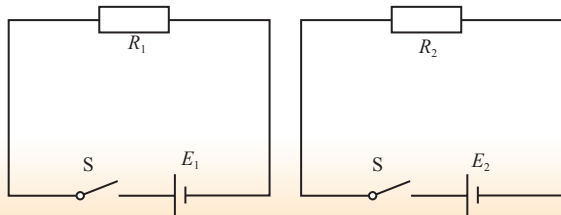


图 6-3-5

实验表明：在相等时间内，电流相同时，电阻较大的导体比电阻较小的导体产生的热量\_\_\_\_\_；电阻相同时，电流较大的电阻比电流较小的电阻产生的热量\_\_\_\_\_。

从能量角度来说，电能转化为内能的过程，是用电器消耗电能做功的过程。所以，我们可以利用电功关系进行理论探究。



### 理性探究 ■ 热效应与电阻的关系

如图 6-3-4 所示，两个电阻  $R_1$ 、 $R_3$  串联起来，接在电源上，通过它们的电流应该是相等的。通电一段时间后，对这两段镍铬合金丝产生的热量，应用  $W=UIt$  和欧姆定律，你有什么推论？与上面的实验探究一致吗？

### ◆ 焦耳定律

英国物理学家焦耳做了大量的实验，于 1840 年最先精确地确定了电流通过导体产生的热量（电热）与电流、电阻和通电时间的关系。

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



焦耳  
(James Prescott Joule, 1818—1889)

这个规律可以用下式表示

$$Q = I^2 R t$$

$Q$  的单位 :J  
 $I$  的单位 :A  
 $R$  的单位 : $\Omega$   
 $t$  的单位 :s

## ◆ 电流热效应的利用与危害

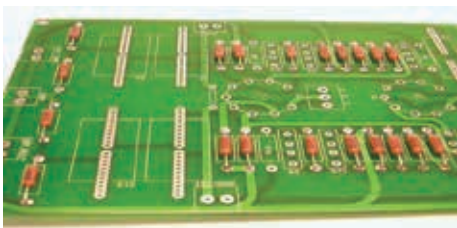
在生活和生产中，许多地方要利用电热。根据电流的热效应，人们制造出电烤箱、电熨斗、电烙铁、白炽灯等电器；电流还用于熔化和焊接金属。但是，也有很多情况我们并不希望导体的温度过高，要设法减少电热。例如在电路中，由于导线有电阻，也要产生热量，容易使导线的绝缘外皮迅速老化，甚至可能烧坏，这就需要考虑如何减少产生的热量。焦耳定律是我们解决这些问题的理论依据。



(a) 家里的电热水器、电饭锅、电熨斗等，都是利用电热的例子



(b) 养鸡场的电热孵化器，使孵化雏鸡规模化



(c) 在各种电器的线路板中，用铜箔或银箔作导线，可减小导线电阻，避免电器温度过高



(d) 输电线常采用铝线或铜线作为芯线，是为了减小电热造成的能量损耗

图 6-3-6 我们是这样利用和防止电热的

## 发展空间

## 家庭实验室

## 做一个简单电热器

如图 6-3-7 所示, 剪一条长约 15 cm、宽 2.5 cm 的金属箔, 折成 U 形, 与电池的两极接触, 你会发现它很快就变热。这展示的正是电加热器的原理。注意, 不要长时间通电, 否则会变得非常热甚至燃烧。



图 6-3-7 制作简单电热器



## 自我评价

1. 电流通过导体产生的热量跟\_\_\_\_\_成正比, 跟\_\_\_\_\_成正比, 跟\_\_\_\_\_成正比。
2. 通过  $110\ \Omega$  电阻丝的电流是  $3\ \text{A}$ , 产生  $4400\ \text{J}$  的热量要用多长时间?
3. 将  $10\ \Omega$  电阻丝接在  $3\ \text{V}$  的电源上, 在  $5\ \text{min}$  内共产生多少热量?
4. 一只灯泡灯丝断了, 把断了的灯丝搭在一起, 灯泡会更亮。试解释这种现象。



## 物理在线

## 大停电

我们的生活一时一刻也离不开电, 一个现代化的城市如遇到停电就如同遭一场大的灾难: 电梯会悬在半空中, 空调、冰箱都会停止工作, 医院里的手术也不得不中途停止, 钢水会凝固在停电的炼钢炉里……

2003 年 8 月 14 日, 美国、加拿大大部分地区大面积停电, 这是历史上最大规模的停电。工厂停工, 仅美国三大汽车制造公司就有 54 家工厂被迫停产。整个城市地铁瘫痪, 成千上万名的乘客被困在黑暗的地铁中。地面交通瘫痪, 人行道和马路上到处是惊恐的人群。许多自来水站不能供水, 生活用水紧缺……

一个超级城市应怎样面对这种紧急情况? 请通过互联网查询, 也许你能吸取一些有益的经验。





# 4. 灯泡的电功率

图 6-4-1 白炽灯铭牌

家中的电灯、电视机、洗衣机、电冰箱、微波炉、空调器、计算机等，都是用电器。它们都有一个标有电压和电功率的铭牌，它表示什么意义呢？

## ◆ 额定功率

白炽灯泡上标有“220V 40W”（图 6-4-1），表示灯泡正常发光时的电压是 220 V，电功率是 40 W。如果灯泡两端的电压是 200 V，灯泡的电功率还是 40 W 吗？

## Y 实验探究 比较小灯泡的亮度

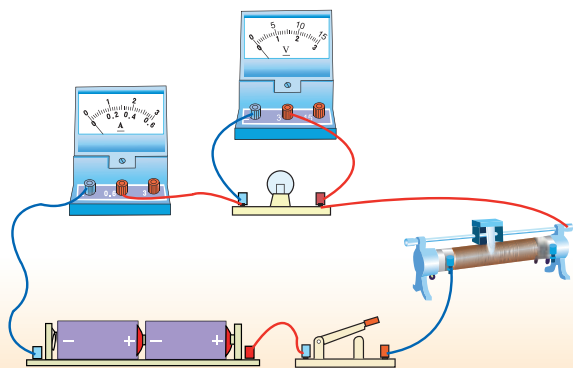


图 6-4-2

取 2.5V 的灯泡，按图 6-4-2 连线。调节滑动变阻器，使灯泡两端电压为 2.5V，此时灯泡正常发光。再分别使灯泡两端电压略大于或小于 2.5V，比较不同电压下灯泡的亮度。

实验表明，用电器实际消耗的功率与加在它两端的电压有关。如果它两端的电压使用电器正常工作，这时它的电压叫做**额定电压**（rated voltage），这时的实际功率叫做**额定功率**（rated power）。在本章第 2 节例题 1、例题 2 以及“实验探究”中，灯泡上标明的“220 V 100 W”、“220 V 40W”、“2.5 V”、“3.8 V”等，都是指额定电压或额定功率。

大多数用电器的额定电压和额定功率都在铭牌上直接标明。我们使用各种用电器时一定要注意它们的额定电压，只有在额定电压下用电器才能正常工作。如果用电器两端实际所加的电压高于额定电压，它的实际功率将大于额定功率，这是不正常的，容易使用电器损坏。如果用电器两端实际所加的电压低于额定电压，它的实际功率将小于额定功率，这时用电器也不能正常工作。

一些电器设备的额定功率

电器	功率/W
电子表	$10^{-5}$
手电筒	0.5
玩具电机	1
电冰箱	100
电视机	200
电子计算机	200
电熨斗	500
洗衣机	500
微波炉	$1 \times 10^3$
空调	$1 \times 10^3$
电力机车	$4.2 \times 10^6$



图 6-4-3 机械铭牌

## 实验：测量小灯泡的电功率

根据电功率的公式，我们可以通过实验测量小灯泡的电功率吗？



### 实验探究 ■ 研究小灯泡的电功率

常用的小灯泡标着额定电压（如 2.5 V、3.8 V），而未标明额定功率。这个实验里我们要根据  $P = UI$  测定小灯泡的额定功率和小灯泡不在额定电压下的功率，并加以比较。

器材的选择应根据实验的需要考虑，实验中需要测量哪些物理量？用什么仪器进行测量？

为了调节灯泡两端的电压，还需要什么器材？

根据实验要求，自己设计电路，并画出电路图，然后连接电路进行实验。

实验中要考察小灯泡在不同电压下的功率，所以，实验步骤可分为：

1. 使小灯泡在额定电压下发光，测出小灯泡的功率；



2. 使小灯泡两端的电压约为额定电压的 1.2 倍，观察小灯泡的发光情况，并测出小灯泡的功率；

3. 使小灯泡两端的电压约为额定电压的 0.8 倍，观察小灯泡的发光情况，并测出小灯泡的功率。

然后，把实验数据填在你设计的表格里，计算小灯泡的额定功率，并分析在什么情况下小灯泡消耗的功率大于或小于它的额定功率。

● 我设计的实验电路： ●

● 我设计的实验数据记录表： ●

**例题** 手电筒的小灯泡上标有“2.5 V 0.3A”，将小灯泡接在 2.0 V 的电路中，实际的电功率是多大？接在 3.0 V 的电路中，实际的电功率是多大？（假设小灯泡的电阻不变）

$$\text{解：小灯泡电阻 } R = \frac{U}{I} = \frac{2.5 \text{ V}}{0.3 \text{ A}} \approx 8.3 \Omega$$

灯泡接在 2.0 V 的电路中，

$$I_1 = \frac{U_1}{R} = \frac{2.0 \text{ V}}{8.3 \Omega} \approx 0.24 \text{ A}$$

$$P_1 = U_1 I_1 = 2.0 \text{ V} \times 0.24 \text{ A} = 0.48 \text{ W}$$

灯泡接在 3.0 V 的电路中，

$$I_2 = \frac{U_2}{R} = \frac{3.0 \text{ V}}{8.3 \Omega} \approx 0.36 \text{ A}$$

$$P_2 = U_2 I_2 = 3.0 \text{ V} \times 0.36 \text{ A} \approx 1.1 \text{ W}$$

因为小灯泡的额定功率是  $P = UI = 2.5 \text{ V} \times 0.3 \text{ A} = 0.75 \text{ W}$ 。显然， $P_1 < P$ ，所以接 2.0V 电压时小灯泡发光暗淡； $P_2 > P$ ，所以接 3.0V 电压时小灯泡强烈发光。这与第 2 节的实验结果是一致的。



## 讨论交流 ■ “1元节能灯”活动

2008年,北京奥运会来临之前,北京电力供应形势严峻,电力资源的12%消耗在照明上,为了缓解电力供应紧张局面,由政府补贴,500万只“1元节能灯”在北京城区安装到位,直接缓解了北京奥运的用电紧张局面。

20 W 的高效节能灯,亮度大约相当于100 W 白炽灯。如果每户用两只这样的节能灯,以每天使用5个小时计,每年可节电多少度?以每度电0.5元计,可节省人民币约多少元?北京这次“1元节能灯”活动中500万只节能灯每年可节省多少度电?



图 6-4-4 比起白炽灯,节能灯耗电要少得多

## 发展空间

### 家庭实验室

#### 研究影响小灯泡电功率的因素

将“2.5V 0.3A”和“3.8V 0.3A”的两个小灯泡串联,接在3V电源上,哪个灯较亮?如果这两个灯泡并联,接在3V电源上一会儿即断开,通电期间哪个灯较亮?先猜一猜,再实际做一做,然后通过计算进行理论分析。



### 自我评价

1. 如果将两只额定电压为2.5 V、额定电流为0.3 A的相同规格的小灯泡,并联接在2.5 V电压的电路中,每只灯泡实际消耗的功率是多大?如果将这两只灯泡串联以后接到2.5 V电压的电路中,每只灯泡的实际功率是多大?这时额定功率有没有变化?(假设过程中小灯泡的电阻不变)

2. 为测定额定电压为2.5 V的小灯泡的额定功率,请画出实验电路图,并回答下列问题:(1)闭合开关前,滑动变阻器的滑片P应置于哪一端?(2)估计小灯泡的额定功率为1 W左右,连接电流表时应选用0~0.6 A还是0~3 A的量程?

## 发光二极管

在八年级上册“在光的世界里”一章中，我们曾了解了人类对高效人造光源的不倦追求。白炽灯已经有 100 多年的历史，或许在不久的将来，它就将退出历史舞台。近年来，“发光二极管”（Light Emitting Diode, LED）是一个流行的名词。LED 是一种特殊的半导体元件，通电后可以发光，光的颜色与半导体材料的化学成分有关。它被誉为“21 世纪的新型光源”，具有效率高，寿命长，不易破损等传统光源无法比拟的优点。

目前，随着 LED 生产技术的日臻成熟，已经有许多领域采用这一新型光源。请调查学校、住宅、街道周边的发光设备，看看哪些是采用 LED 光源的。

## 知识要点

1. 电能向其他形式能的转化是通过电流做功完成的，电流做多少功就有多少电能转化为其他形式的能。电流所做的功叫做电功。

2. 用电器消耗电能与所用时间的比，叫做这个用电器的电功率，即  $P = \frac{W}{t}$ 。电功率等于电压和电流的乘积，即  $P = UI$ 。

3. 电流在某段电路上所做的功，跟这段电路两端的电压、电路中的电流和通电时间成正比，即  $W = UIt$ 。

4. 电流通过导体产生的热量，跟通过导体的电流的平方成正比，跟导体的电阻成正比，跟通电时间成正比。这就是焦耳定律，数学表达式为  $Q = I^2Rt$ 。

5. 用电器实际消耗的功率与加在它两端的电压有关。用电器正常工作时的电压叫做额定电压，在额定电压下的实际功率叫做额定功率。



# 第七章 磁与电

- ◆ 磁现象
- ◆ 电流的磁场
- ◆ 电磁铁
- ◆ 电磁继电器



来自太阳的带电粒子在地磁两极的天空，激发出美丽的极光



# 1. 磁现象

图 7-1-1 司南

当我还是一个四五岁的小孩，在父亲给我看一只指南针的时候，我惊奇地发现，这只指南针以如此确定的方式行动，我想一定有什么东西深深地隐藏在事情后面。

——爱因斯坦



图 7-1-2 阿尔法磁谱仪(AMS-02)的核心部件是一个直径1.2 m、重约 2.6 t 的环形巨大永磁体

2011年5月16日，美国“奋进号”航天飞机升空，把探测宇宙秘密的仪器——阿尔法磁谱仪送到太空，开始了对奇异物质的探索旅程。这个仪器上的核心部件——永磁体，是由中国科学家研究制造的。

## ◆ 认识磁体

**磁体** (magnet) 可以做成各种形状 (图 7-1-3)，在现代生活和科学技术中有广泛的应用。每个磁体有两个磁性最强的地方，叫做**磁极** (magnetic pole)。磁极总是成对出现，至今还未发现单磁极的磁体。

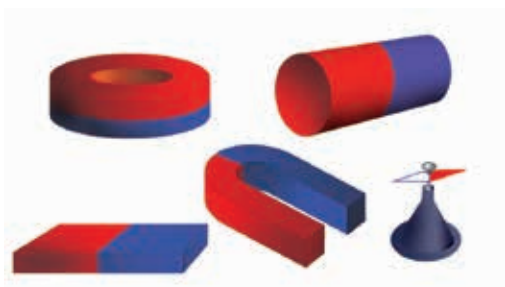


图 7-1-3 各种形状的磁体



图 7-1-4 磁体有两个磁极

若把磁体悬挂起来，静止后，一端会指北，叫做**北极** (north pole)，用 N 表示；另一端会指南，叫做**南极** (south pole)，用 S 表示。



图 7-1-5 静止时，磁体的磁极有一定的指向

进一步研究发现，磁体之间的相互作用有这样的规律：同名磁极相斥，异名磁极相吸。

## ◆ 磁体周围有什么

两个磁极越靠近，感觉斥力越大。

为什么两个磁极不接触会有斥力呢？

为什么两个磁极不接触会相吸呢？

是不是两磁极之间有看不见的东西呢？



在磁体的周围有一种我们看不见的特殊物质，叫做**磁场** (magnetic field)。磁体之间的吸引或推斥，正是通过磁场来实现的。

把小磁针靠近磁体，通过磁场，磁体对小磁针有作用力，使小磁针偏转方向。在磁体周围的不同位置，小磁针会指向不同的方向。

磁场看不见，摸不着，怎样来描述空间不同点的磁场呢？



图 7-1-6 在磁体周围的不同位置，小磁针会指不同的方向

磁场有方向，我们能不能仿照对力的方向的描述，用一个箭头来表示？

我想，磁场中的小磁针N极的指向可以当作一个箭头来表示所在位置的磁场方向。

磁场也有强弱吧！怎样来描述呢？



## 实验探究 ■ 画出磁场的方向

如图 7-1-7 所示,把一个小磁针放在磁体周围的不同位置,小磁针还指向南北吗? 画出不同位置时小磁针 N 极的指向。

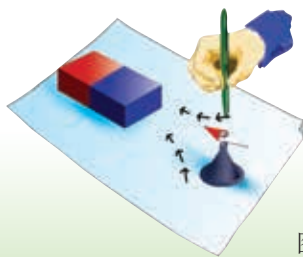


图 7-1-7

物理学中规定:小磁针在磁场中某一点静止时, N 极的指向即为该点磁场的方向。

怎样表示磁场的强弱? 观察下面的实验现象你也许会有所启发。

## 观察 ■ 磁场的分布

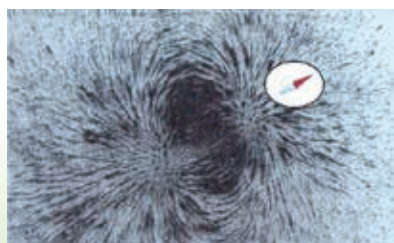


图 7-1-8

如图 7-1-8 所示,在纸板下面放一条形磁体,取一些铁屑,均匀地撒在硬纸板上。轻敲纸板,你观察到了什么?

仿照铁屑在磁场中的排列情况,画出一些用箭头标明方向的曲线,和同学讨论怎样描述磁场的方向和大小。

物理学家对磁场的描述:

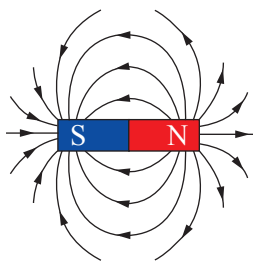


图 7-1-9

磁感线是一种假想的线!但磁场是真实存在的。

为了形象地描述磁场,人们就把铁屑在磁场中的排列情况,用一些带箭头的曲线来表示,这样的曲线叫做**磁感线**(magnetic induction line)。磁感线上,

任何一点的切线方向表示该点磁场的方向，曲线分布的密疏程度表示磁场的强弱。用计算机，我们可以画出磁感线的立体示意图。从图中你能看出磁感线分布的一些规律吗？

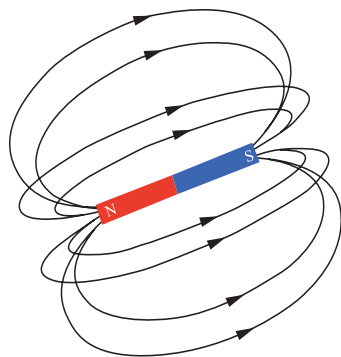


图 7-1-10 用计算机画出的磁感线立体示意图

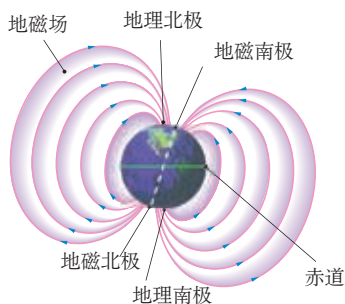
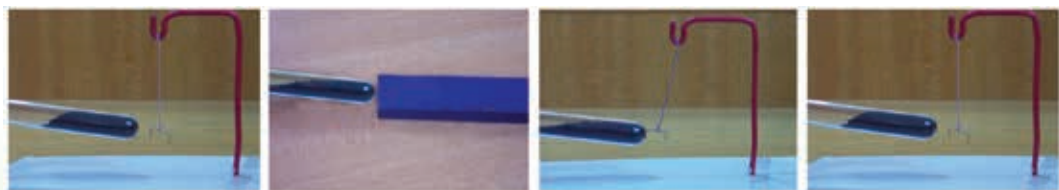


图 7-1-11 地球是一个巨大的磁体。地磁北极在地理南极附近，地磁南极在地理北极附近。在地球周围的空间里存在着地磁场，地磁场的磁感线从地磁北极出发到地磁南极。磁针指南北，就是受到地磁场的作用

## ◆ 磁化的秘密

### Y 实验探究 磁化

如图 7-1-12 所示，在一支试管中，倒入铁屑，留出一定空隙，用手堵住管口，请按下面顺序操作，你有什么发现？



(a) 把试管拿到悬吊着的订书钉旁 (b) 将试管靠近磁体，观察铁屑排列有何变化 (c) 再把试管靠近悬吊着的订书钉 (d) 摇晃试管，再移近订书钉，观察现象

图 7-1-12

使没有磁性的物体获得磁性的过程叫做**磁化** (magnetization)。一个没有磁性的物体，只要把它的“内部”设法调“整齐”，就可能有了磁性；一个有磁性的物体，如果把它的“内部”弄乱，比如





强烈敲击或加热，磁性就会消失。

能被磁化的物质大多数是含铁、钴、镍的合金或氧化物，叫做磁性材料。磁性材料的研制及应用，是现代科技的一个重要领域。磁性材料在现代生活和科学技术中有广泛的应用(图 7-1-13)。

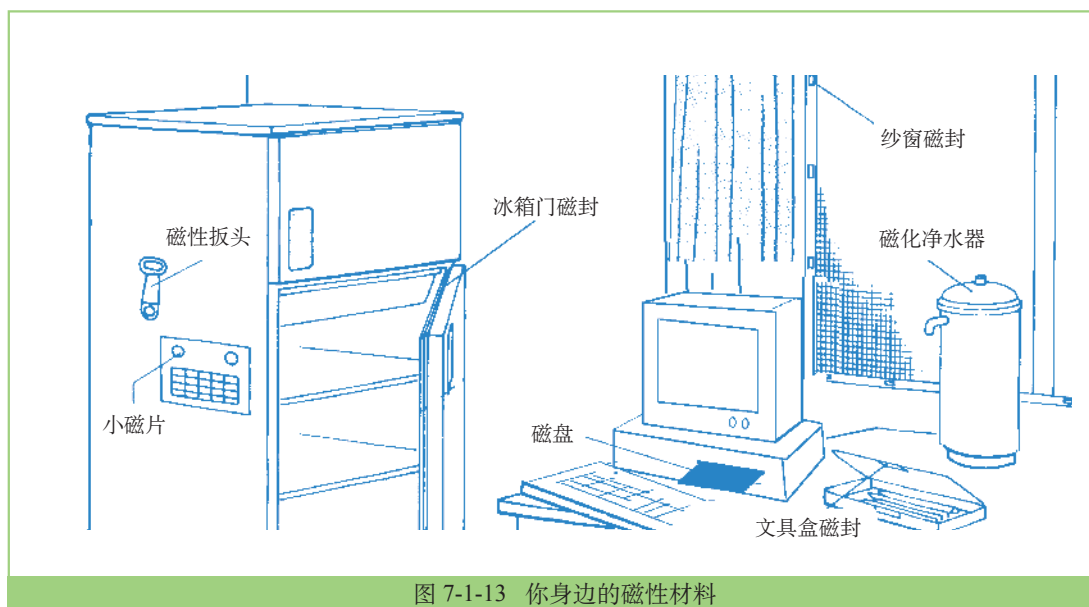


图 7-1-13 你身边的磁性材料

## 发展空间

### 家庭实验室

#### 探究不同磁场的磁感线

用两块条形磁体、硬纸板和铁屑，探究 N-N 型、S-S 型和 N-S 型磁场的磁感线分布。



N-N型磁场



S-S型磁场



N-S型磁场

图 7-1-14



自我评价

1. 关于磁场，下列说法中正确的是 ( )。
  - A. 地磁场的 N 极在地理北极附近，S 极在地理南极附近，与地球两极并不完全重合
  - B. 磁极间的相互作用不都是通过磁场发生的
  - C. 磁感线是磁场中真实存在的一些曲线
  - D. 磁体周围的磁感线从磁体 N 极发出，回到磁体 S 极
2. 在一个圆纸盒里有一个条形磁体，圆纸盒外放着一些小磁针，各磁针的指向如图 7-1-15 所示。你能画出圆纸盒里的磁体并标明 N、S 极吗？
3. 两根外形完全相同的钢棒，一根有磁性，另一根没有磁性，如果不用其他器具，怎样才能知道哪一根有磁性，哪一根没有磁性？

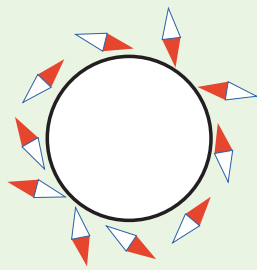


图 7-1-15



物理在线

磁屏蔽

如图 7-1-16 所示，用线拴住几根针，线的另一端系一个重物，用强磁体把它们悬空吸引起来，在针与磁体之间分别插入木片、塑料片、硬纸片、装水的扁塑料盒、铁片等物（注意，不能让物体与磁体接触），观察磁体对针的吸引情况有什么变化。有关“磁屏蔽”的更多信息，请你通过查询互联网或相关图书加以了解。

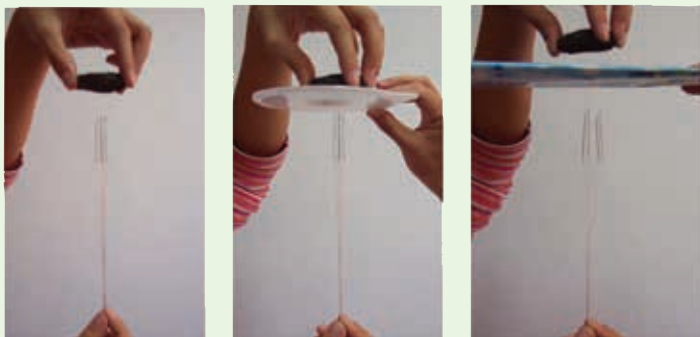


图 7-1-16

## 2. 电流的磁场

图 7-2-1 瑰丽的极光

磁场能使小磁针转动，这使得小聪和小明感到了物质世界的奇妙。但他们又想，什么样物体的周围才会有磁场呢？为了探究这一问题，他们决定首先通过互联网收集“磁场”的信息，然后制订实验探究计划。

我们所处的是一个信息化的社会，互联网已成为科学研究的重要交流平台，利用互联网收集信息、交流信息也是科学探究的重要形式。

我们用搜索引擎查找有关磁场的信息。

哇，奥斯特发现的是一种“新”磁场！



### ◆ 奥斯特的发现

1820年4月的一天，丹麦物理学家奥斯特(Oersted, 1777—1851)在课堂上演示物理实验。当他给导线通电时，导线附近的磁针发生轻微偏转。“哇，电流产生了磁场！”

进一步的研究发现，直线电流产生的磁场中，磁感线是以导线为圆心排列的系列的同心圆。

电与磁，它们可能有联系吧！



图 7-2-2 许多科学家认为，自然界各种现象是相互联系的。这个观点也是奥斯特探索电与磁之间关系的动力

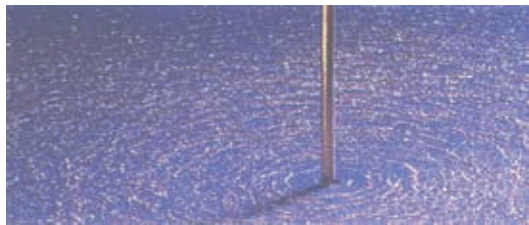


图 7-2-3 铁屑显示了通电直导线周围的磁感线分布

奥斯特的发现，揭示了电与磁的联系，打开了电磁学领域的一扇大门，使人类对磁与电现象的研究进入了一个新的发展时期。



图 7-2-4 奥斯特在演示电和磁的联系

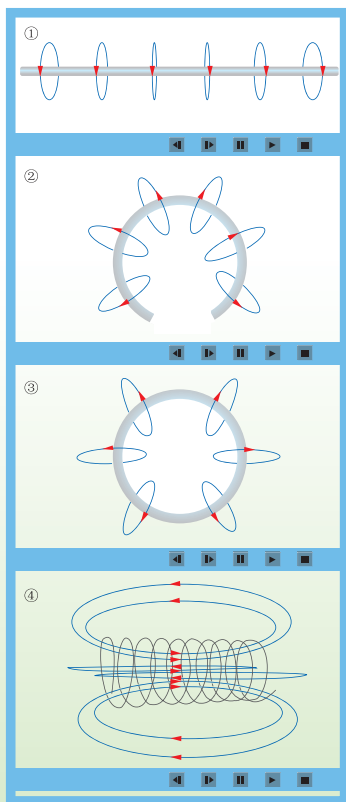
## ◆ 通电螺线管的磁场

奥斯特的发现激励了科学家们的探索热情。他们让电流通过弯成各种形状的导线，研究电流产生的磁场。其中，用导线绕成的通电螺线管，应用非常广泛。通电螺线管的磁场是什么样的呢？



### ■ 观察 ■ 从直线电流的磁场到通电螺线管的磁场

螺线管是用导线绕成的。用计算机可以模拟从直线电流的磁场到通电螺线管磁场的演化过程。



① 直线电流产生的磁场

② 直线电流向环形电流过渡时产生的磁场

③ 导线弯成环形时电流产生的磁场

④ 通电螺线管的磁场可以看成是由许多环形电流的磁场叠加形成的

计算机技术，为科学工作者提供了新的研究手段，它能动态地、形象地研究物体的变化过程，揭示过程的本质。

图 7-2-5



通过计算机模拟，我发现通电螺线管的磁场与条形磁体的磁场很相似。

把通电螺线管看做一个磁体，那它两端也有N极和S极，通电螺线管的极性怎样确定呢？

电流产生磁场，那通电螺线管的磁场也许与电流的方向有关，我们还是用实验来探究吧！

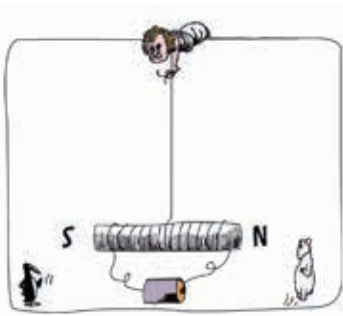


图 7-2-6 1820年10月安培在法国科学院的例会上做了一个有趣的小实验：在做好的螺线管中央穿一细线，把它悬挂起来。请从理论上分析，螺线管通电后会出现什么现象？实际做一做，检验你的判断是否正确

## 实验探究

### 通电螺线管的磁场方向

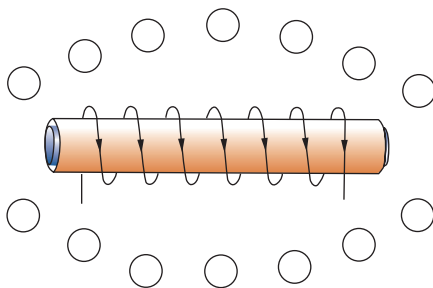


图 7-2-7 根据实验，在小圆内画出通电螺线管周围的磁场方向

#### 材料

- ◆ 螺线管
- ◆ 学生电源
- ◆ 滑动变阻器
- ◆ 导线若干、开关
- ◆ 小磁针

通电螺线管的磁极性和电流方向之间的关系可由以下方法确定：

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

如图 7-2-7 所示，把小磁针放在螺线管附近不同的位置，螺线管通电后，根据小磁针静止时 N 极的指向画出该位置的磁场方向。

改变通过螺线管的电流方向，重新记录通电螺线管周围各位置的磁场方向。

根据你的探究，通电螺线管的磁极性和电流方向之间有什么关系？请概括成一条容易记忆的规则，并和同学进行交流。比一比，看谁总结的规则更完整、更好记。



为了便于记忆，法国科学家安培（André-Marie Ampère, 1775—1836）总结出判断通电螺线管的磁极性跟电流方向的关系的方法：用右手握螺线管，让四指弯向螺线管中电流的方向，则大拇指所指的那一端就是螺线管的 N 极（图 7-2-8）。

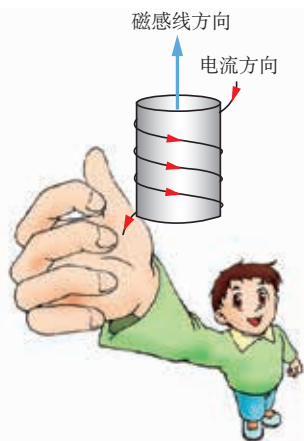


图 7-2-8 这个漫画可帮你记忆通电螺线管的磁极性跟电流方向的关系

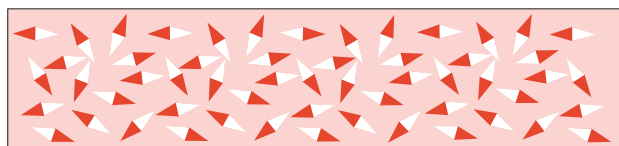
### ◆ 物体磁性从哪里来

你也许注意到，环形电流的磁场与小磁针的磁场类似。受此启发，科学家们找到了物体磁性的来源。

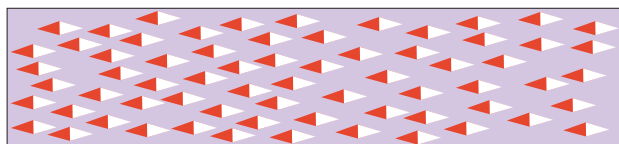
物质由原子组成，原子由带正电的原子核和绕核旋转的电子构成。电子绕核旋转就形成了环形电流。因此，每个原子都可看做是一个微型小磁针（图 7-2-9）。在大部分物体中，由于大量微型小磁针的指向紊乱，物体不显磁性；而在有的物体中，大量微型小磁针指向较为一致，物体就具有了磁性（图 7-2-10）。



图 7-2-9 每个原子都可看做是一个微型小磁针



不显磁性的物体



具有磁性的物体

图7-2-10

物体磁化的过程，实际上是物体内微型小磁针按顺序“整队”的过程。



## 发展空间



### 自我评价

1. 通电螺线管的磁感线分布与条形磁体类似。磁感线从螺线管的一端出来,从另一端进去,经过螺线管内部空间形成闭合曲线。在螺线管磁感线的出端一定是\_\_极,入端一定是\_\_极。

2. 人造磁铁使用一段时间后会 出现磁性减弱的现象。你能用电流来使它的磁性增强吗?



### 走向社会

#### 挑战 :地球磁场消失

地球磁场(图 7-1-11)的形成可能也是由于地球内部有环形电流。地球的磁场平均每 50 万年就会反转一次。科学研究发现,地球的磁场在过去的 7000 万年之中,已经反转了百余次!直到现在,科学家还不知道地球磁极改变的原因。

假如,你是一个物理学家,发现了一个可怕的事实:地球的磁场正在快速减弱!按此速度,地球磁场可能在一年后消失。你怎样利用你的电磁学知识,设计一种装置,创造出人造磁场来取代地磁场?

# 3. 电磁铁

图 7-3-1 废品处理厂中使用的大电磁铁

在废品站里，巨大的电磁铁吸起几吨重的废钢铁，并把它们放到大型汽车上……

“哇，真奇怪！它怎么能随意把钢铁吸住或放下呢？”

## ◆ 电磁铁

电磁起重机主要由铁芯和螺线管组成，这个带铁芯的螺线管叫做**电磁铁**（electromagnet）。

### ■ 动手做 ■ 自制电磁铁

用大铁钉作铁芯，把漆包线在铁钉上密绕 20~50 匝，一个简单的电磁铁就做成了。

把漆包线的两端接到电路中，你就可以进行一些有关电磁铁的实验探究了。



图 7-3-2

在螺线管内插一个铁芯，当电流通过螺线管时，螺线管中的铁芯就被电流的磁场磁化成了磁铁，使螺线管的磁性增强；当你断开电路，它们的磁性就立即消失了。电磁铁就是根据这个道理制成的。

电磁铁的磁性强弱跟哪些因素有关呢？

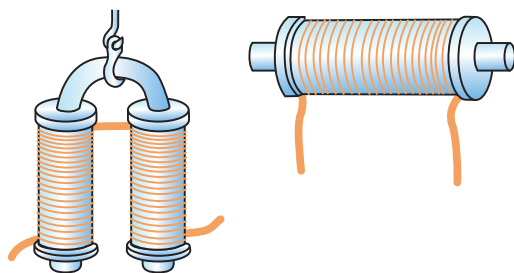


图 7-3-3 工业中常用的电磁铁



## ◆ 电磁铁的磁性强弱

螺线管的磁性与线圈匝数有关，所以电磁铁的磁性强弱也可能与线圈匝数有关。

电磁铁的磁性强弱还可能与铁芯有关。

电磁铁的磁性是电流产生的，所以电磁铁的磁性强弱可能与电流大小有关。



### Y ■ 实验探究 ■ 影响电磁铁磁性强弱的因素

请你选用合适的器材,设计实验方案,进行实验探究。

为了改变、观察电磁铁中电流的大小,  
我设计的实验方案是: \_\_\_\_\_

为了比较电磁铁的磁性强弱,我设计的  
实验方案是: \_\_\_\_\_

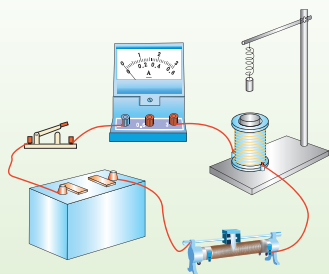


图 7-3-4 研究电磁铁的磁性

- 材料
- ◆ 电源
- ◆ 开关
- ◆ 滑动变阻器
- ◆ 电流表
- ◆ 电磁铁
- ◆ 小铁块
- ◆ 弹簧
- ◆ 导线等

通过上面的实验可知,要想使电磁铁的磁性增强,可以采取哪些措施?

实验表明，通过电磁铁的电流越大，线圈的匝数越多，它的磁性就越大。所以，电磁铁的磁性能够做得很强。

## ◆ 电磁铁的应用

电磁铁可以直接对铁质物体有力的作用，电磁铁磁性的有无可以利用电流通断来控制，磁性强弱可以用电流强弱、线圈匝数多少来调节，磁极的极性可以通过变换电流的方向来改变。这些性质使得电磁铁成为生活、生产和科学技术中应用最广泛的装置之一，从小电动汽车、家里的冰箱，到三峡水库的发电站，各种大小的电磁铁应有尽有。

电磁铁的另一个应用是产生强磁场。现代技术中很多地方需要的强磁场都由电磁铁提供，如大型电动机、发电机、磁疗设备、测量仪器等，特别是研究微观粒子用的加速器，电磁铁的质量要以千吨计。



(a) 利用电磁铁发明的电报、电话，开创了现代通信技术



(b) 磁悬浮列车的轨道上安装着大量电磁铁，使列车悬浮“飞行”



(c) 电磁铁是核磁共振成像系统中最大且最重要的部件



(d) 在北京正负电子对撞机中，使用了大量的电磁铁

图 7-3-5 电磁铁的一些应用





## 发展空间

### 家庭实验室

#### 简易收发报机

图 7-3-6 是一台早期的有线电报机的模型,你能说出它的基本构造和通信原理吗?电磁铁在这里起着什么作用?

请将你制作的电铃改成一台这样的电报机,并自己编制电码,试着进行电报联络,体验早期的电报通信。

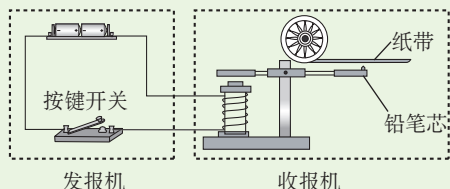


图 7-3-6



#### 自我评价

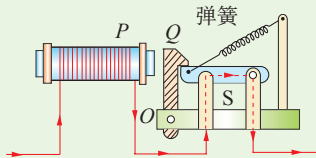


图 7-3-7

1. 为什么电磁铁的磁性比螺线管的磁性强?
2. 对一个已制好的电磁铁,我们可以通过改变\_\_\_\_\_来控制电磁铁的磁性强弱;通过\_\_\_\_\_来控制电磁铁磁性的有无。
3. 图 7-3-7 所示,是一个限流装置的示意图。

图中  $P$  是电磁铁,  $S$  是开关,  $Q$  是衔铁,可绕  $O$  转动。试分析当电流过大时,它是怎样自动切断电路的?



#### 物理在线

#### 超导磁体

从理论上讲,电磁铁可以通过增大电流来获得任意大小的磁场。但是,由于线圈有电阻,电流在电磁铁中工作时要产生大量的热,所以在工程技术上想要获得极强磁场有一定限度。

发现超导体以后,人们利用超导体制造出新式的“电磁铁”——超导磁体,它能够通过很大的电流,产生极强的磁场(图 7-3-8)。请通过互联网了解超导磁体的制造技术和应用。



图 7-3-8 在磁性的“山峰”上

# 4. 电磁继电器



图 7-4-1 卫星发射中心指挥控制大厅

酒泉卫星发射中心：“10、9、8、7、6、5、4、3、2、1——点火！”

工作人员启动点火按钮，搭载“神舟”飞船的火箭拔地而起……

你知道吗，火箭推动器的点火工作是由继电器来完成的。脱离火箭后，在太空中很多动作也需要通过飞船上的继电器得以实现。

## ◆ 认识电磁继电器

什么是**继电器**（relay）呢？继电器是利用一个回路中的电流控制另一个回路中电流的装置。

以下图 7-4-2 是常用的电磁继电器的结构和电路。

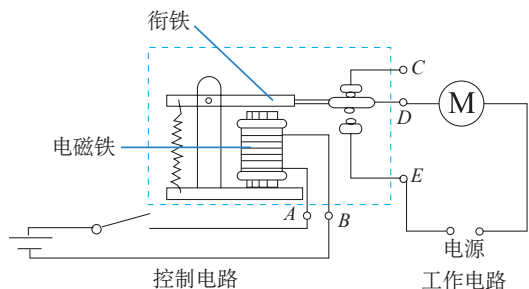


图 7-4-2 电磁继电器的结构

电磁继电器是利用电磁铁控制工作电路通断的开关，由电磁铁、衔铁、簧片、触点组成。其电路由控制电路和工作电路构成。在图 7-4-2 中，接通控制电路，即 A、B 之间接通电流，电磁铁有了磁性，吸引衔铁，D、E 接通，使工作电路工作。断开控制电路，电磁铁失去磁性，释放衔铁，使工作电路断开。电磁铁对衔铁的吸、放，控制着工作电路的通、断，从而实现了间接控制工作电路的目的。

## 实验探究 ■ 组装电磁继电器

将电磁铁、衔铁、簧片、触点按图 7-4-3 进行安装,认识它的结构,观察电磁铁通电和断电时衔铁的动作变化。

然后,两个同学一起来做下面的实验:设计、连接一个用继电器控制小电机的电路,一个同学接控制电路,另一个同学接工作电路。接通、断开控制电路,观察小电机的工作状态。



图 7-4-3 实验室配备的电磁继电器

### 材料

- ◆ 电磁继电器 1 个
- ◆ 小电机 1 个
- ◆ 电池 3 节
- ◆ 开关 1 个
- ◆ 导线若干

我们生活在一个到处需用按钮操作的时代:手指轻轻一按,就可以举起重物和操纵大型机器。电磁继电器是一种常用的电子控制开关,在条件满足的情况下关闭或开启,它可以避免人员直接操纵高电压、强电流的工作电路,从而确保操作安全。例如在卡车中,随着点火钥匙的转动,一个回路中产生的微弱电流控制电池给另一个回路提供强大的电流,从而启动发动机。电磁继电器的开关特性在电力系统保护、生产过程自动化等领域中得到广泛的应用。

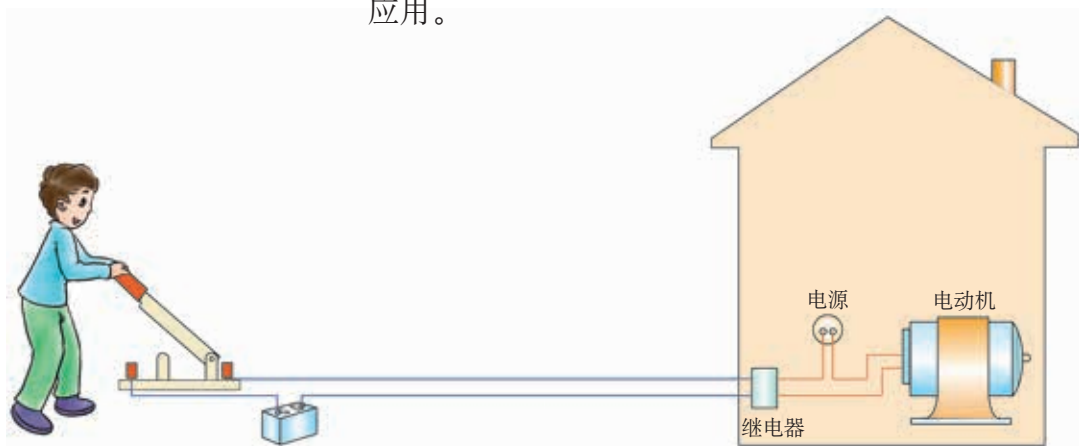


图 7-4-4 利用电磁继电器,把控制电路的开关安装在远离危险和恶劣环境的地方,只需要低压控制电路就可以进行远距离操作

## ◆ 继电器与自动控制

在电磁继电器的控制电路中，如果把开关换成某种可以“感知”与机械设备相连的物理量变化的装置（传感器），用这些元件操作控制电路的通断，将实现多种形式的自动控制。其中，继电器也起到电子设备和机械设备的接口作用。

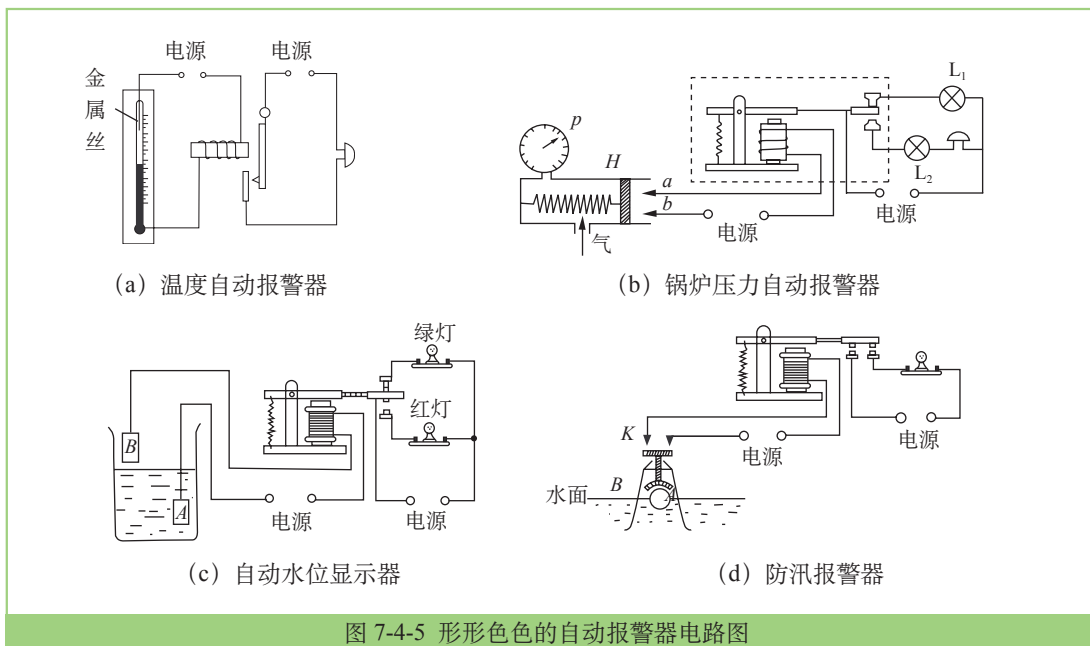


图 7-4-5 形形色色的自动报警器电路图

通信工程是继电器使用最早、最广泛的领域。在容量为一千门的交换机中就要用到上万只继电器。我们每打一次电话，交换机中就有几十甚至几百只继电器在工作。

现代工业的最大特点，就是各种机器设备的高度电气化与自动化。设备的自动化不能光靠机械装置去完成，必须更多地借助于各种电气的自动装置来实现。例如，一台大型龙门刨床要实现工作物按不同速度自动前进与后退，刀架自动走刀、进刀与退刀，就要用上几十只继电器。

在国防、空间技术领域里，继电器的应用也十分突出。无论是坦克、军舰、飞机还是导弹、人造卫星与宇宙飞船，都需要大量的各种类型的继电器。例如，一架无人驾驶飞机，就需要几百只继电器。

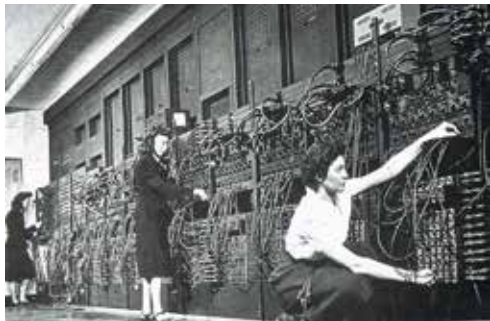


图 7-4-6 早期电话局内的继电器多由人工操作



## 发展空间

### 家庭实验室

#### 将继电器改装成电铃

1831年,美国物理学家亨利·约瑟夫发明了电铃,靠铃锤不断地敲击铃身发出响声。你知道电铃的工作原理吗?分析图7-4-7所示电铃的工作原理,请表述其工作过程。

利用图7-4-2所示的电磁继电器,分析它的结构,看看怎样连接能使衔铁连续振动,发出声音。试一试,你一定会喜欢。

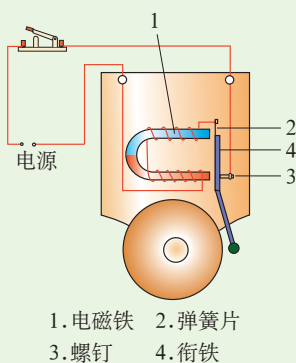


图 7-4-7

### 自我评价

1. 电磁继电器是利用\_\_\_\_\_控制电路通断的开关。它的工作原理是:通过直接控制\_\_\_\_\_电路的通断,间接控制\_\_\_\_\_电路的通断。

2. 说说如图7-4-8所示的电磁继电器的工作过程。

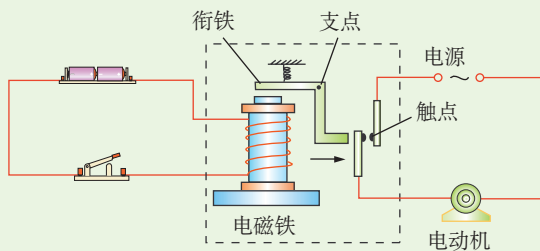


图 7-4-8

## 知识要点

1. 磁体周围存在磁场,磁体有南北两极,同名磁极相互排斥,异名磁极相互吸引。

2. 磁场可以用磁感线描述,磁感线是一些带箭头的曲线,曲线各点的切线方向表示该点磁场的方向,曲线分布的密疏程度表示磁场的强弱。

3. 通电直导线和通电螺线管周围也存在磁场。

4. 电磁铁就是带有铁芯的通电螺线管。电磁铁的磁性有无可以通过通断电流来控制。通过电磁铁的电流越大,磁性越强;匝数越多,磁性越强。

5. 电磁继电器是利用电磁铁控制工作电路通断的开关。它通过控制低压电路的通断间接控制高压电路的通断。

# 第八章 电磁相互作用及应用

- ◆ 电磁感应现象
- ◆ 磁场对电流的作用
- ◆ 电话和传感器



我国在上海建成的第一条磁悬浮商运线





图 8-1-1 利用磁场能产生电流吗

# 1. 电磁感应现象

科学思维有许多方式，对一个问题的逆向思考，往往也是一种有效的思维方式。

奥斯特发现了电流的周围有磁场后，许多科学家进行了逆向的思考：既然电流能产生磁场，那么能否利用磁场来产生电流呢？

## ◆ 法拉第的发现



法拉第 (Michael Faraday, 1791—1867)

1831 年，英国物理学家法拉第历经 10 年的探索，终于发现了利用磁场产生电流的条件和规律。法拉第的发现进一步揭示了电与磁的联系，导致了发电机、电动机和变压器的相继问世，使电能的大规模生产、传输和利用成为现实，人类社会进入了电气化的时代。

下面我们从一根导线在磁场中运动的情况开始，寻找磁生电的规律。

## Y ■ 实验探究 ■

### 导体在磁场中产生电流的条件

按图 8-1-2 所示，把导线  $ab$  的两端分别连接在灵敏电流表的两个接线柱上，组成一个闭合电路。

- 材料
- ◆ 灵敏电流表
  - ◆ 各种形状的磁体若干
  - ◆ 导线
  - ◆ 线圈
  - ◆ 金属支架

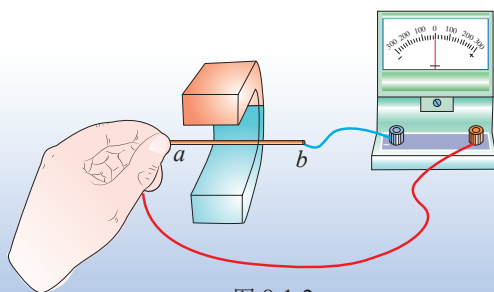


图 8-1-2

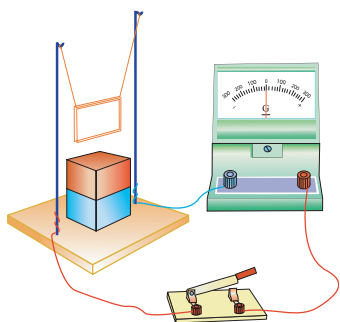


图 8-1-3 磁场中的运动线圈产生电流

1. 使导线在磁场中静止或向各个方向运动，进行各种尝试，找到能使电路中产生电流的操作。

2. 尝试改变电路中产生的电流方向，记录你所使用的成功方法。

3. 将导线换成一个线圈，重复上面的实验，你有什么发现？

和同学进行交流，总结导体在磁场中产生电流的条件。

闭合电路的一部分导体在磁场中做切割磁感线的运动时，导体中就会产生电流，这种现象叫做**电磁感应** (electromagnetic induction)，所产生的电流叫做**感应电流** (induction current)。实验表明，感应电流的方向与导体的运动方向及磁场方向都有关系。

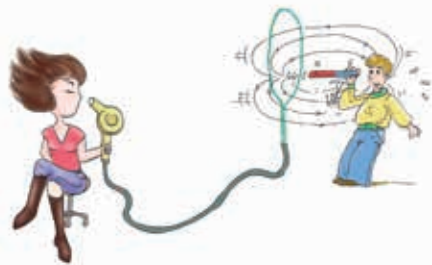


图 8-1-4 漫画：闭合电路的一部分导体切割磁感线运动时会产生电流



## 讨论交流 ■ 太空悬绳发电

据报道，1992年7月，美国“阿特兰蒂斯”号航天飞机进行了卫星悬绳发电实验：航天飞机在地球赤道上空离地面约3000 km处由东向西飞行，相对地面的速度大约 $6.5 \times 10^3$  m/s。从航天飞机上向地心方向发射一颗卫星，卫星携带一根长20 km的金属悬绳，使这根悬绳与地磁场垂直，做切割磁感线运动。运动过程中，悬绳、航天飞机、卫星和大气层中的电离层形成回路。

请和同学一起分析，这种方式能发电吗？

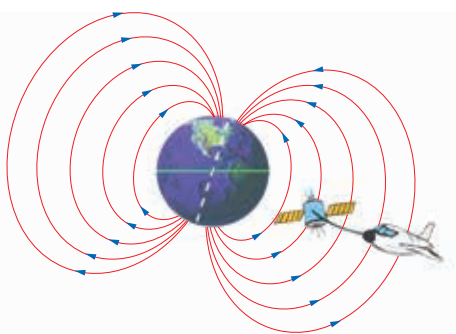


图 8-1-5 悬绳发电

## ◆◆ 发电机

电磁感应现象表明，机械能转化成电能是可行的。由此，法拉第发明了发电机。

怎样才能让线圈产生持续的电流呢？

要产生持续电流，可以使线圈持续做切割磁感线运动。

线圈在磁场中旋转是最好的方式。

好，我们来做一个这样的装置。

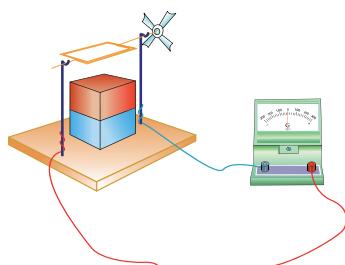


图 8-1-6

### 材料

- ◆ 漆包线
- ◆ 磁体
- ◆ 小风轮、曲别针
- ◆ 灵敏电流表



## ■ 动手做 ■ 做一个小发电机

如图 8-1-6 所示，用漆包线绕一个宽约 1.5 cm、长约 2 cm 的矩形线圈，匝数 10 圈左右。两线头伸直，留出约 1 cm，用刀片将漆皮刮掉，作转动轴，支在用曲别针做的支架上，在线圈下面放一块小磁铁。这样，一个最简单的发电机就做成了。

用纸做一个小风轮固定在转动轴上，将小发电机与电压—电流传感器相接，吹动小风轮使线圈转动，通过计算机观察小电机的发电情况。

或小发电机与灵敏电流表相接，观察灵敏电流表指针方向的变化。

实际的发电机结构复杂，但它们都和上面制作的发电机一样，由定子（不动部分）和转子（转动部分）组成。所有发电机也都是依据电磁感应来发电的，图 8-1-7 是该小发电机的发电原理。

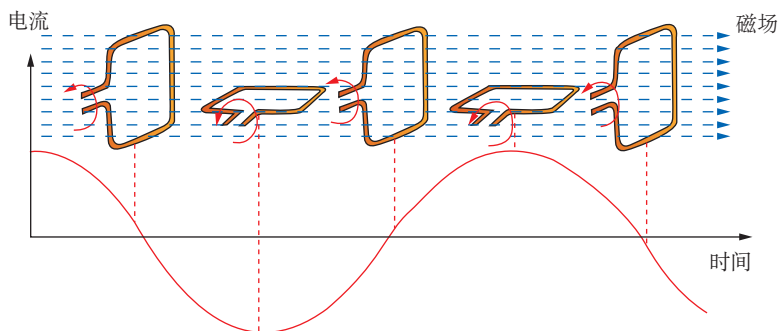


图 8-1-7 发电机的发电原理图

你也许已经发现，随着线圈的转动，发电机产生的感应电流的大小和方向也在周期性地变化。这样的电流叫做**交变电流** (alternating current)，简称**交流电** (AC)。在交变电流中，电流周期性变化的次数与所用时间的比叫做这一交变电流的**频率** (frequency)，单位是**赫兹** (Hz)。我国电网的交流电频率是 50 Hz。

从能量角度来看，发电机是机械能转换为电能的装置。这种机械能可以来自风，来自高处下落的水，或者是来自蒸汽机……如今，各种发电机，从只能点亮一只小灯泡的自行车发电机，到大大小小的各类发电厂的发电机组，已遍布世界各地。发电机的出现，是人类历史上一次重大的革命。



图 8-1-8 实验室里的手摇发电机能产生交变电流



图 8-1-9 大型发电厂的发电机组



## 讨论交流 ■ 婴儿的未来

这是法拉第在皇家学会表演他的发电机时，和一位贵妇人的对话。

对此，你有怎样的感想？谈谈你的看法。

这玩意儿能有什么用呀？

太太，难道您能预言一个刚出生的婴儿的未来吗？



图 8-1-10 关于婴儿未来的讨论

## 发展空间

### 家庭实验室

#### 玩具电动机能发电吗

如图 8-1-11 所示,找一个玩具电动机,拆开并观察电机的结构,想一想,能用它来发电吗?根据其结构分析,这个电机产生的电流方向是否改变?并通过实验验证你的分析是否正确。

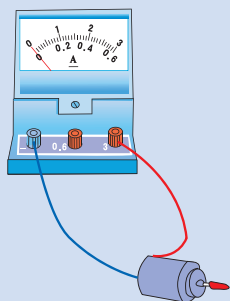


图 8-1-11 玩具电动机能发电吗

### 自我评价

1. 发电机是利用\_\_\_\_\_现象制成的。发电机主要由\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_两部分组成。发电机工作时把\_\_\_\_\_能转化为\_\_\_\_\_能。
2. \_\_\_\_\_的电流叫做交变电流。我国发电厂发出的交变电流的周期是\_\_\_\_\_s,频率是\_\_\_\_\_Hz。
3. 刘家峡水电站发电机总功率是  $1.225 \times 10^6$  kW,它一年(按 330 天计算)能发多少电?

### 走向社会

#### 关于电能来源的调查研究

为了解电能的优越性,请你和你的同学作一个社会调查。调查你所在地区的电能来源情况,综合分析你所在地区适合建设什么样的发电站。

	资源分布	污染情况	发电效率	投入资金
火力发电				
水力发电				
风能发电				
太阳能发电				
核能发电				
其他				



## 2. 磁场对电流的作用

图 8-2-1 电动航模比赛

你玩过电动玩具汽车吗？拆开后会发现，里面装着一个电动机。接通电源，电动机立刻转动起来，并带动车轮旋转。电动机是应用最广泛的机械之一，你家中许多电器就是由它来驱动的。

电动机为什么能够转动呢？

### ◆ 磁场对通电导线的作用

电动机通过电流时才会转动。



电流能产生磁场，磁场对磁极有作用。那么磁场对电流会不会有作用呢？

### Y ■ 实验探究 ■ 让通电导线在磁场中动起来

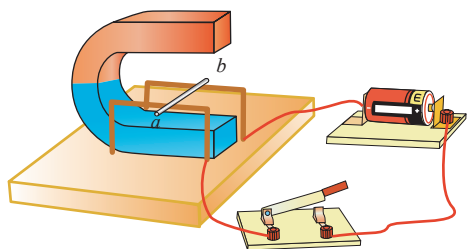


图 8-2-2

材料

- ◆ 蹄形磁体
- ◆ 导线
- ◆ 电池
- ◆ 光滑小导轨

如图 8-2-2 所示，把一根直导线  $ab$  放在磁体的磁场中，导体两端通过光滑金属导轨与电源、开关相连。接通电源，电流通过导线  $ab$ ，观察发生的现象。

尝试进行各种变化，如改变电流方向，或把磁铁的极性上下对调，探究磁场对电流作用的规律。





实验表明：**通电导体在磁场中受力的作用。力的方向与\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_有关。**

从能量角度来看，磁场对电流的作用，表明电能可以转化为机械能。据此，许多科学家提出了电动机的设想。经过发明家们几十年的努力，实用的电动机的制造技术才逐渐完善。现在，电动机已成为电气时代的标志了。

## ◆ 让线圈在磁场中转起来

1873年，维也纳博览会上，一位工作人员很偶然地把两台发电机连在一起，一台发电机产生的电流通过了另一台发电机的线圈，后一台发电机竟转动了起来！

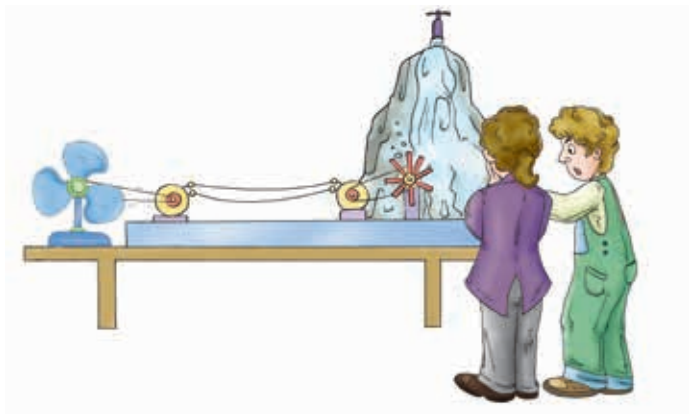


图 8-2-3 一个发电机带动着另一个发电机转起来了

这一偶然发现表明，电动机和发电机应该有类似的结构，可以把通电线圈放在磁场中，使之转动，从而将电能转化为机械能。

### Y ■ 实验探究 ■ 磁场对通电线圈的作用

- 材料
- ◆ 磁体
  - ◆ 导线
  - ◆ 电池
  - ◆ 自制小发电机

如图 8-2-4 所示，拿出你做的小发电机，接通电源，让电流通过线圈。看看线圈能持续转动吗？

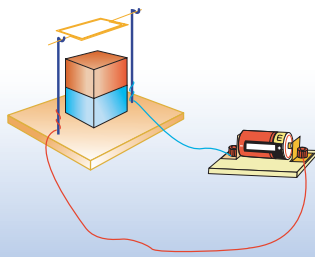


图 8-2-4



当线圈处在这个位置时， $ab$ 边和 $cd$ 边中的电流方向相反，所以受到的力的方向相反且不在同一条直线上，从我们这个角度看，线圈将顺时针转动。



当线圈转过这个平衡位置时，线圈受到的两个力将阻碍它沿原方向继续转动，所以线圈不能持续转下去。

图 8-2-5

怎样才能使线圈持续转动呢？上面的分析表明，如果在线圈刚转过平衡位置时，立即改变线圈中的电流方向，那么，由于受力方向改变，线圈就可以按原来的方向继续转动。这样，每当线圈刚转过平衡位置，就改变一次电流方向，线圈可以不停地转动下去。



### 动手做 ■ 制作一个电动机

怎样才能使图 8-2-4 的线圈转动起来呢？用刀片将作为转动轴的漆包线同侧的半边漆皮刮掉，然后把线圈放在支架上。一个小直流电动机就做好了。

接通电源，试一试，你做的电动机能持续转动吗？和同学分析，这个装置是怎样控制电流方向的？

#### 材料

- ◆ 漆包线(直径为 0.5 mm, 长约 1 m)
- ◆ 电池
- ◆ 曲别针
- ◆ 磁体

实际直流电动机比你制作的小电动机要复杂得多。如图 8-2-6 所示，线圈的两端各连一个铜制半环  $E$  和  $F$ ，它们彼此绝缘，并随线圈一起转动。 $A$



和  $B$  是电刷，它们跟半环接触，使电源和线圈组成闭合电路。这两个半圆环叫做换向器 (commutator)，是 19 世纪发明的，一直沿用至今。

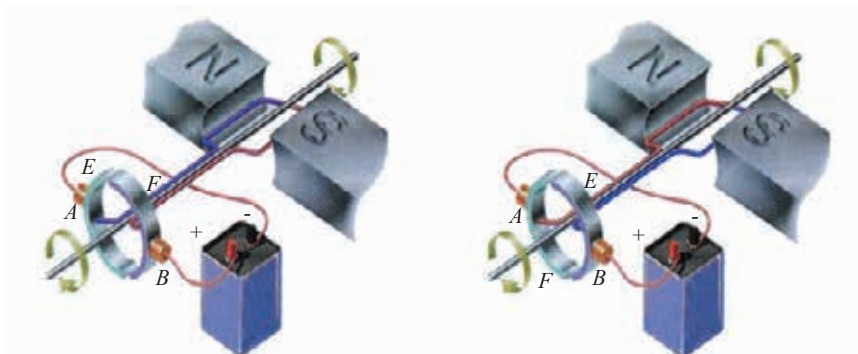


图 8-2-6



图 8-2-7



## ■ 观察 ■ 电动机模型

观察如图 8-2-7 所示的电动机模型的结构，将电动机连接一个开关，再接到电源上。接通电源，看电动机能否持续转动。进行各种变化，如改变磁铁磁极方向，改变磁铁与线圈的距离，或水平放置磁铁，观察电动机转动情况的变化。

利用磁场对电流的作用使线圈转动，同时利用换向器及时改变线圈中的电流方向，从而保持线圈持续转动。这就是直流电动机的工作原理。

## ◆ 电动机与人类文明

电动机有许多优点：构造简单、控制方便、体积小、效率高，而且对环境污染很小，因此它的应用极其广泛。家庭中的电风扇、洗衣机、空调器，生产中的水泵、起重机、机床、电力机车等都是由

电动机驱动的。一部现代化的汽车便应用了几十台小型电动机（图 8-2-8）。

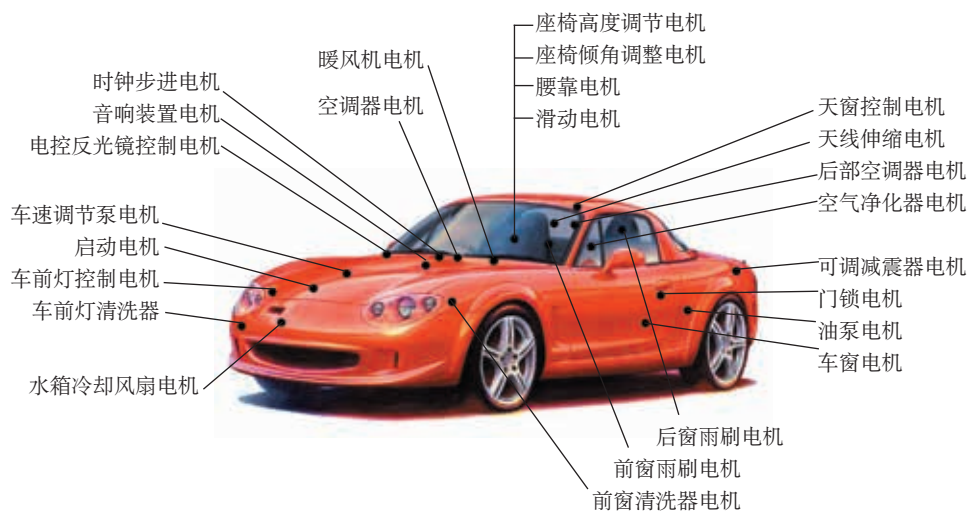


图 8-2-8 现代化汽车上的小型电动机

随着社会的发展和技术的进步，电动机和人类的关系将越来越密切。



(a) 电动机广泛应用在各种电动工具中



(b) 电动机是很多家电的核心部件



(c) 电动机是许多通用小型机械设备的主要动力



(d) 步进电动机和伺服电动机常用在机械的自动控制中

图 8-2-9 用途广泛的电动机

## 发展空间

### 家庭实验室

#### 电磁现象中的能量转化

和你的同学一起来组成图 8-2-10 的电路,使一个线圈在磁场中摆动,观察另一个线圈是否摆动。并从能量角度来对比分析这个过程:线圈在磁场中摆动、产生电流的过程中,能量怎样转化。通电线圈在磁场中受力的作用而运动时,能量怎样转化。

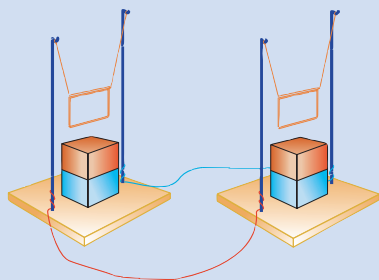


图 8-2-10



#### 自我评价

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

2. 直流电动机是利用\_\_\_\_\_在\_\_\_\_\_里受力转动制成的,它把\_\_\_\_\_能转化成\_\_\_\_\_能。

3. 请和你的同学一起来做一个有趣的实验:以塑料管为连接轴将两个玩具电动机转轴连接起来。如图 8-2-11 (a) 所示,把一个小灯泡与一个电机连接,另一个电机接电源,分析会发生什么现象?然后用实验来检验猜想。

如图 8-2-11 (b) 所示连接电路,如果先拨动一下转轴,那么发电机将给电动机供电,电动机又带动发电机……这样就会一直转动下去。想一想,这可能吗?为什么?实际做做看。

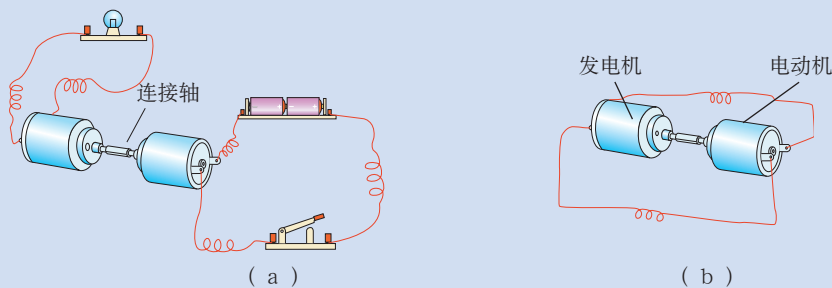


图 8-2-11

# 3. 电话和传感器



图 8-3-1 贝尔实验室

“人的声音是通过空气的振动传递的。如果把这一振动转换成电流的强弱而传送，再把电流转换成声音，那么也许能把说的话传送到很远的地方。”1860年，德国的莱斯提出这样的猜想。

1876年，贝尔（Alexander Graham Bell，1847—1922）发明了电话（telephone），实现了莱斯的梦想。你知道电话是怎样工作的吗？让我们沿着科学家的足迹，探索声与电转换的奥秘吧！



图 8-3-2 1892年，贝尔在纽约至芝加哥的电话线路开通仪式上

## ◆ 声信息与电信息

怎样把振动的声音信息转化成电流信息呢？



### ■ 观察 ■ 把声音信息转换成电流信息

在图 8-3-3 所示的装置中，纸片上粘着一个线圈，线圈的两端用导线引出，接在能测出微小电流的仪器——示波器上，线圈置于磁铁的磁极附近。当你对着线圈大声说话时，示波器上的图形有什么变化？

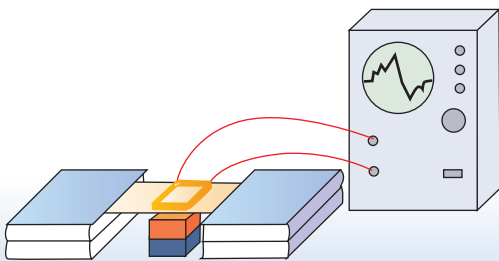


图 8-3-3

实验发现，当对着线圈说话时，示波器上出现了与声音变化相对应的图形。你能解释这种现象吗？

根据电磁感应，当置于磁极附近的线圈在声音推动下做切割磁感线振动时，线圈中会产生与声音变化相应的感应电流，这样就把声音转变成了相应的电流变化。



怎样把电流信息还原成声音信息呢？

通电的导线在什么情况下会振动呢？

把通电的导线放在磁场中，它可能会受到力的作用，从而发生振动。



## 实验探究 ■ 把电流信息还原成声音信息

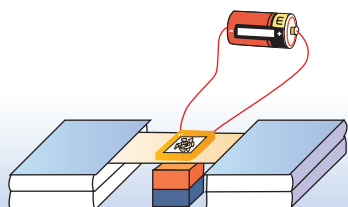


图 8-3-4

仍用图 8-3-3 的实验装置来探究。

如图 8-3-4 所示，在纸片上撒少许碎纸屑。将线圈的两根引线 with 电池的两极瞬直接触，仔细观察粘着线圈的纸片会有什么反应？

在图 8-3-4 的实验中，如果通过线圈的是由声音转化而来的电流，这个装置就会把声音还原。

把上面的两个实验组合起来，就设计出了电话的话筒和听筒。



图 8-3-5 早期的电话

随着科学技术的发展，多功能电话机的不断涌现，移动电话的普及，电话与互联网的结 合，人们不仅可以和远在国外的亲友交谈，还可以接收图片，进行各种商务活动。电话，已成为人们使用最广泛的通信工具。

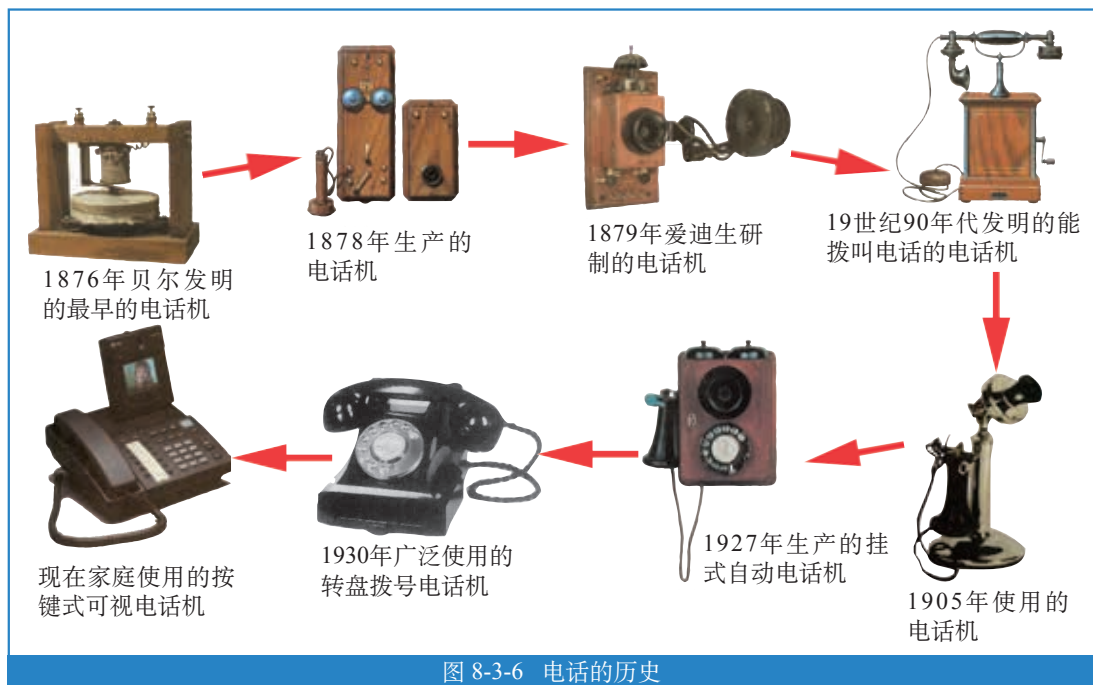


图 8-3-7 是扬声器的结构图，你会分析它的工作原理吗？

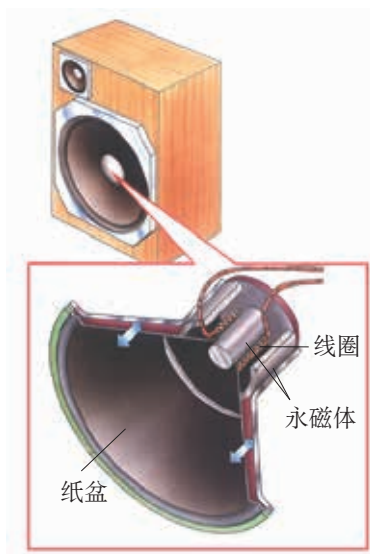


图 8-3-7

## ◆ 传感器

不仅声信息能转换为电信息，光信息、热信息、力信息等都可以转化为电信息，这些实现其他信息转换成电信息的器件，叫做**传感器** (sensor)。



图 8-3-8 在机器人身上，装有上百个传感器



随着自动化的发展，传感器的种类越来越多，不仅应用在高科技领域，在日常生活中也有着广泛的应用（图 8-3-9）。



传感器不仅在日常生活中有广泛应用，计算机和传感器结合，在科学研究和中学理科实验探究中也有很多应用。



图 8-3-10 中学实验室数字化实验平台装备多种传感器

## 发展空间

## 家庭实验室

## 用力传感器探究摩擦力的大小

将一本较厚的书放到水平桌面上,打开计算机,进入数字化实验系统,进行数据采集。用无线力传感器沿水平方向轻轻拉动书本,计算机将自动作出“摩擦力—时间”关系图像,如图 8-3-11 所示。从中你可以看到摩擦力在物体由静变动过程中的变化。

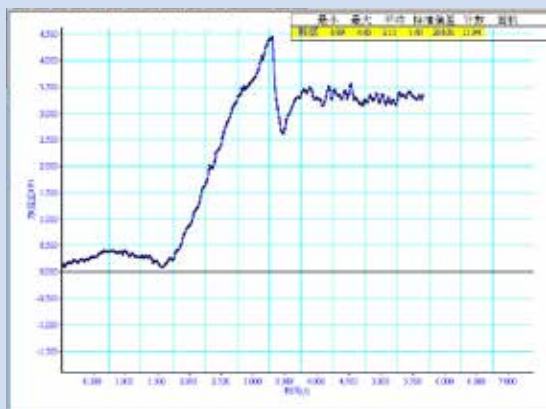


图 8-3-11 用力传感器探究摩擦力的大小

## 自我评价

1. 图 8-3-12 是一个麦克风的原理图,联系扬声器的结构,你知道它的原理吗?

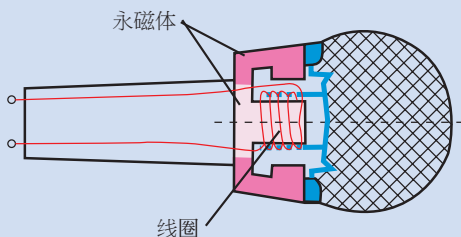


图 8-3-12

2. 调查你家里有哪些传感器,了解它们是怎样工作的。



## 知识要点

1. 闭合电路的一部分导体在磁场中做切割磁感线的运动时，导体中就会产生电流，这种现象叫做电磁感应，所产生的电流叫做感应电流。由此，法拉第发明了发电机。

2. 通电导线在磁场中受到力的作用，力的方向与电流方向和磁场方向有关。电动机就是根据这个原理设计的。

3. 实现其他信息转换成电信息的器件，叫做传感器。传感器有广泛的应用。

# 中英文索引

(名词后面的数字是它第一次出现的页码)

## B

北极 north pole	104
比热容 specific heat capacity	14
变阻器 rheostat	67
并联电路 parallel circuit	44

## C

磁场 magnetic field	105
磁感线 magnetic induction line	106
磁化 magnetization	107
磁极 magnetic pole	104
磁体 magnet	104
传感器 sensor	137
串联电路 series circuit	43

## D

导体 conductor	63
等效电阻 equivalent resistance	80
电磁感应 electromagnetic induction	125
电磁铁 electromagnet	115
电功 electric work	87
电功率 electric power	90
电话 telephone	135
电流 current	36
电流表 ammeter	53
电路 electric circuit	38
电路图 circuit diagram	39
电能表 watt-hour meter	87
电压 voltage	58
电压表 voltmeter	59
电源 power supply	38
电阻 resistance	63
电阻器 resistor	66
短路 short circuit	39

## E

额定电压 rated voltage	98
额定功率 rated power	98

## F

分子 molecule	2
分子动理论 kinetic theory of molecules	5
负电荷 negative charge	34

## G

感应电流 induction current	125
------------------------	-----

## H

火箭发动机 rocket engine	22
---------------------	----

## J

集成电路 Integrated circuit	45
交变电流 alternating current	127
焦耳定律 Joule law	95
绝缘体 insulator	63

## K

开关 switch	38
开路 open circuit	39
扩散 diffusion	4

## L

轮机 turbine	22
------------	----

## N

南极 south pole	104
内能 internal energy	8
内燃机 internal combustion engine	22

## O

欧姆定律 Ohm law	74
--------------	----

## P

喷气发动机 jet engine	22
------------------	----

## R

热传递 heat transfer	9
热机 heat engine	21
热量 heat	9
热效应 heating effect	94
热运动 thermal motion	7
热值 heat value	11

## T

通路 closed circuit	39
-------------------	----

## X

效率 efficiency	29
---------------	----

## Y

用电器 electric appliance	38
------------------------	----

## Z

正电荷 positive charge	34
蒸汽机 steam engine	21
做功 do work	9



主 编 吴祖仁  
本 册 主 编 刘 锋  
本册副主编 邱小文 高永昌  
本 册 编 者 梁亦星 冯国武 杨映川 杨艳玲  
周智良 刘文清

感谢张虎岗、王大川、钟朝光等对教材修订提供的帮助。

出 版 人 所广一  
责任编辑 莫永超 石雷先  
版式设计 郝晓红 刘 莹  
责任校对 贾静芳  
责任印制 叶小峰

义务教育教科书

物 理

WU LI

九年级 上册

教育科学出版社 出版发行

(北京·朝阳区安慧北里安园甲9号)

邮编: 100101

市场部电话: 010-64989009 编辑部电话: 010-64989537

传真: 010-64891796

网址: <http://www.esph.com.cn>

各地新华书店经销

江西龙莹印务有限公司印装

开本: 787 毫米 × 1092 毫米 1/16 印张: 9.25

2013 年 6 月第 1 版 2021 年 6 月第 9 次印刷

---

ISBN 978-7-5041-7740-7

定价: 9.20 元

如有印装质量问题, 请到所购图书销售部门联系调换。