

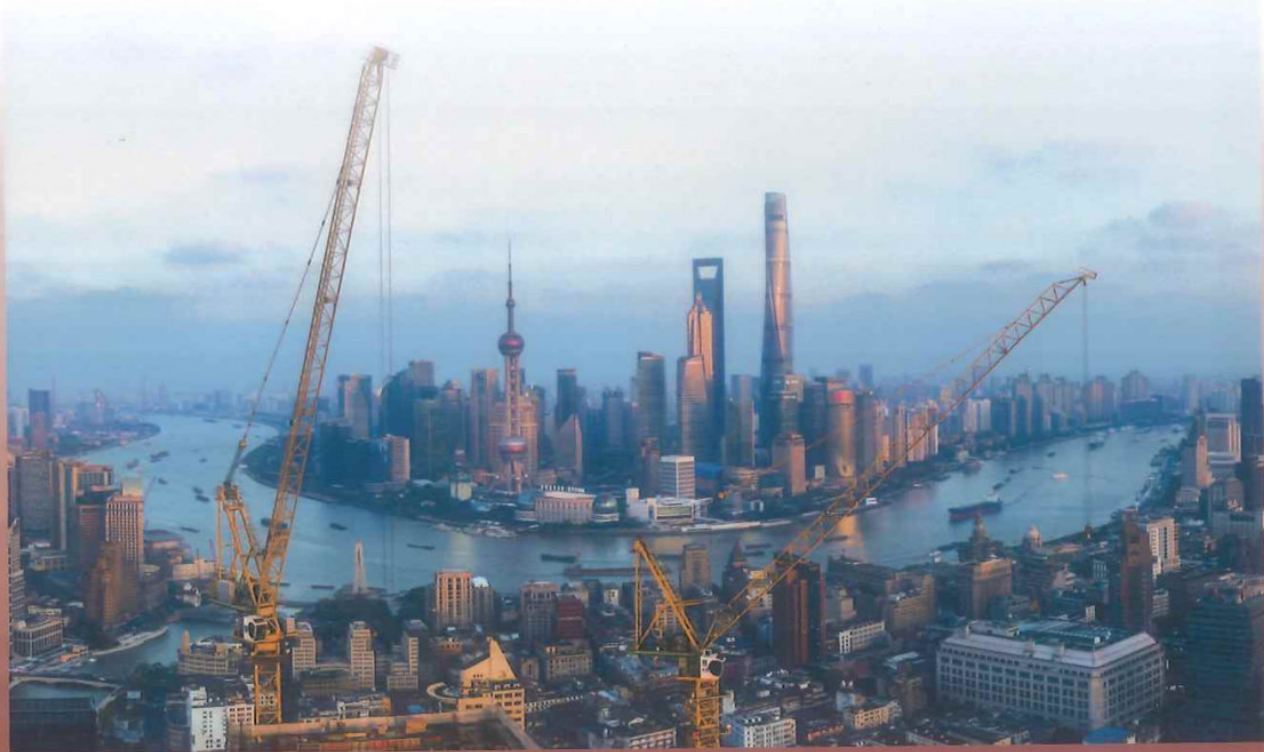
放审核标志

义务教育教科书

样书

物理

九年级 上册

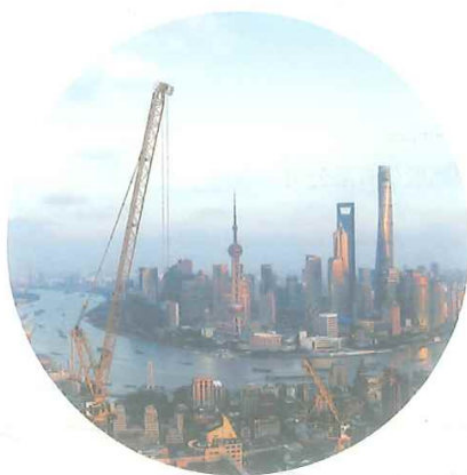


广东教育出版社 · 上海科学技术出版社

义务教育教科书

物理

九年级·上册



广东教育出版社
上海科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

主 编 束炳如 何润伟

本 册 主 编 陈 聆

本册核心作者 (以姓氏笔画为序)

丁晓雯 王金瑞 王 军 余 华 陈 聆 梁玉祥

义务教育教科书 物理 九年级 上册

YIWU JIAOYU JIAOKESHU WULI JIUNIANJI SHANGCE

出 版 人：朱文清

责任编辑：林 旻 陈洁辉 金波艳 陈 鹏

责任技编：杨启承

装帧设计：陈宇丹 赵 军

出 版：广东教育出版社 上海科学技术出版社

(广州市环市东路472号12-15楼 邮政编码：510075)

销售热线：020-87772438

网 址：<http://www.gjs.cn>

邮 箱：gjs-quality@nfc.com.cn

发 行：广东新华发行集团股份有限公司

印 刷：

规 格：787 mm × 1092 mm 1/16

印 张：7.5

字 数：118千字

版 次： 年 月第1版

年 月第1次印刷

定 价：

著作权所有·请勿擅用本书制作各类出版物·违者必究

如发现因印装质量问题影响阅读，请与本社联系调换 (电话：020-87613102)

目 录

第十一章 功与机械能

11.1 功	2
11.2 功 率	7
11.3 机械效率	11
11.4 动能和势能	15



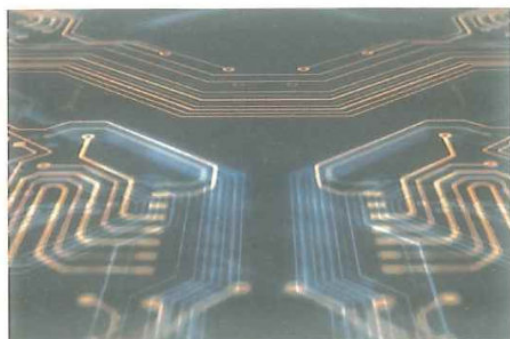
第十二章 内能与热机

12.1 内 能	23
12.2 热量与热值	27
跨学科实践 科学安排饮食 与运动	31
12.3 物质的比热容	33
12.4 热机与社会发展	38
跨学科实践 燃油汽车与电动 汽车的对比研究	43



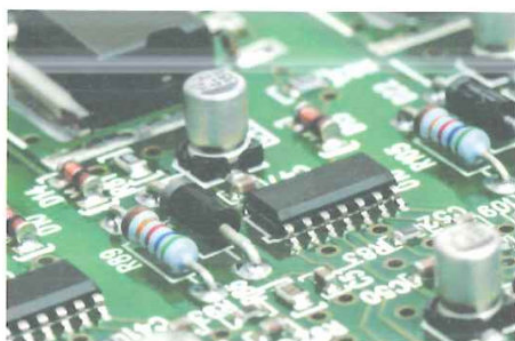
第十三章 简单电路

13.1 两种电荷	46
13.2 电路的组成和连接方式	51
13.3 电流与电流的测量	59
13.4 串联、并联电路中电流的 特点	64
13.5 电压与电压的测量	68
13.6 串联、并联电路中电压的 特点	73



第十四章 欧姆定律

14.1 电 阻	77
14.2 欧姆定律	83
14.3 欧姆定律的应用	89



第十五章 电能与电功率

15.1 电能与电功	96
15.2 电功率	100
15.3 用电器的正确使用	104
15.4 焦耳定律	109
跨学科实践 探索家用电器 节能和环保的有关问题 112	



第十一章

功与机械能

11.1 功

11.2 功 率

11.3 机械效率

11.4 动能和势能

11.1 功

物理学中的“做功”与日常生活所说的“做工”有着不同的含义。

在图 11-1-1 中，人推车，车不动；人搬石，石未起。人虽竭尽全力，但从物理学的角度看，人却没有做功。那么，究竟怎样才叫做功呢？



(a) 用力推汽车，没有推动



(b) 用力搬石头，没有搬起

图 11-1-1 人用了力，但没有做功

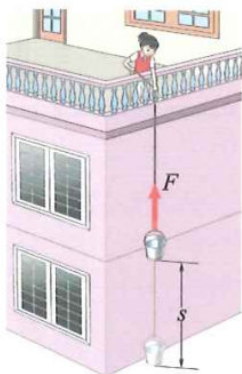
做功的定义



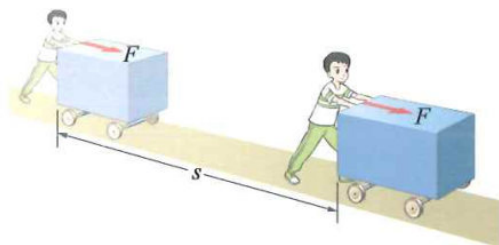
活动 1

找找共同点

图 11-1-2 中的两名同学正在做功。请仔细分析他们的活动，找出两者的共同点。



(a) 用绳拉动水桶上升



(b) 推动小车运动

图 11-1-2 物理学中做功的实例

在图 11-1-2 (a) 中, 水桶在拉力 F 的作用下, 沿力的方向上升了一段距离 s ; 在图 11-1-2 (b) 中, 小车在水平推力 F 的作用下, 沿力的方向水平移动了一段距离 s 。这两者的共同点是, 物体在作用力的方向上移动了一段距离。

物理学中规定, 作用在物体上的力, 使物体在力的方向上移动一段距离, 就说这个力对物体做了**机械功 (mechanical work)**, 简称做了**功 (work)**。

你能说出做功包含的两个必要因素吗?

作用在物体上的力和物体在力的方向上移动的距离是做功的两个必要因素。缺少这两个因素中任何一个都不算做功。

图 11-1-1 所示的情况中, 虽然有力作用在物体上, 但物体在力的方向上没有移动, 因此力对物体没有做功。

研究力做功的问题时, 还要明确谁施力, 谁受力, 即谁对谁做功。

某个力做了功, 也可以说成施力的物体做了功。如图 11-1-2 (b) 中的这名同学推动小车, 推力做了功, 也可以说这名同学做了功。



活动 2

力对物体做了功吗

在图 11-1-3 的示例中, 哪种情况力做了功? 哪种情况力没有做功? 为什么?



(a) 白鹭将鱼从水里叼起来



(b) 人将桶推到仓库中



(c) 举重运动员举着杠铃不动

图 11-1-3 示例

功的计算

在生产和生活实际中，人们不但要判断力对物体是否做功，而且还要计算力对物体做了多少功。

物理学中规定，力对物体做的功等于力与物体在力的方向上移动的距离的乘积，即

$$\text{功} = \text{力} \times \text{距离}$$

如果用 W 表示功， F 表示力， s 表示物体在力的方向上移动的距离，则

$$W = Fs$$

在国际单位制中，力的单位是牛 (N)，距离的单位是米 (m)，功的单位是牛·米 (N·m)。功的单位有一个专门的名称叫做焦耳 (joule)，简称焦，符号为 J。这是为了纪念英国物理学家焦耳 (J. P. Joule, 1818—1889) 而命名的。

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



活动3

怎样计算功

人拉着重力为 400 N 的车子沿水平方向前进了 5 m (图 11-1-4)。有同学认为，在这个过程中，人做的功 $W = Fs = 400 \text{ N} \times 5 \text{ m} = 2\,000 \text{ J}$ 。他的算法对吗？如果不对，错在哪里？

在这个例子中，要计算出人拉车的力所做的功，还必须知道什么条件？为什么？

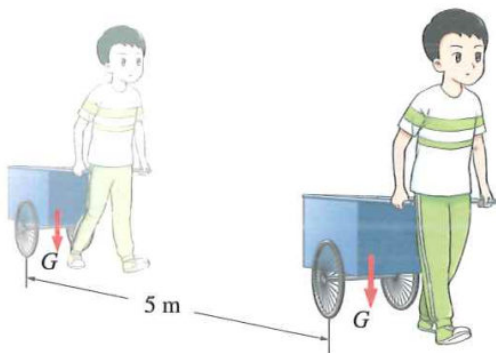


图 11-1-4 人拉车做功

例题 如图 11-1-5 所示，某人沿斜面向上推木箱的力 F 为 100 N，他把木箱从斜面底部推到 2 m 高处。斜面长 4 m，人的推力做了多少功？

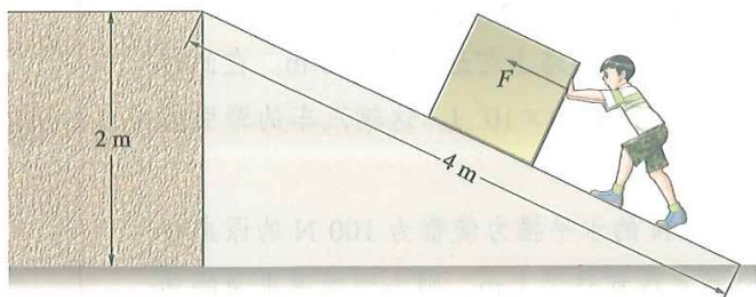


图 11-1-5 人沿斜面向上推木箱做功

分析：题目中标示出了两个距离，哪一个是计算人的推力做功需要测得的距离 s 呢？根据定义，力对物体做的功等于力与物体在力的方向上移动的距离的乘积。人的推力是沿斜面向上的，因此距离应取斜面的长度。

解：已知推力 $F = 100\text{ N}$ ，距离 $s = 4\text{ m}$ 。

人的推力做的功为

$$W = Fs = 100\text{ N} \times 4\text{ m} = 400\text{ J}$$

答：人的推力做了 400 J 的功。

自我评价与作业

1. 如图 11-1-6 所示，一名妇女推着童车轻松地前行；一名男士用很大的力推汽车，但汽车没有被推动。这两人谁做了功？为什么？

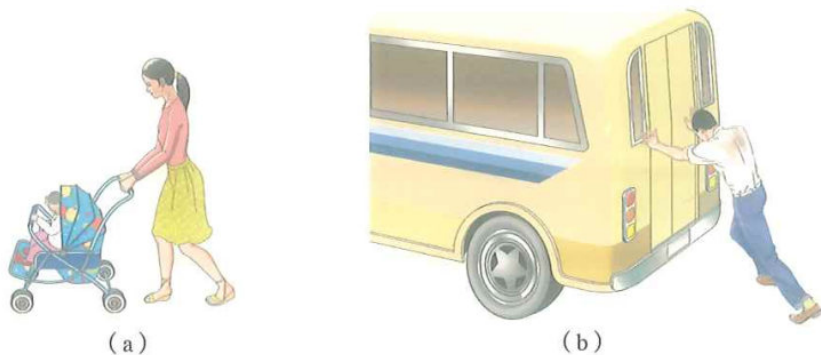


图 11-1-6

2. 有一个装着矿石的矿斗，总质量是 $3.0 \times 10^3 \text{ kg}$ 。把它从井底匀速提到地面上做了 $4.41 \times 10^6 \text{ J}$ 的功。试问：该矿井有多深？（ g 取 10 N/kg ）

3. 一辆汽车在平直公路上匀速行驶 160 m 。在此过程中，汽车牵引力做功 $8.0 \times 10^4 \text{ J}$ 。这辆汽车的牵引力有多大？

4. 小明用 30 N 的水平推力使重为 100 N 的课桌在水平地面上沿着直线前进了 1 m ，则小明对课桌做的功是多少？这个过程中课桌受到的重力对课桌做的功是多少？

5. 图 11-1-7 是一张出租车的发票，从中你能获得哪些信息？假如这辆出租车在平直公路上匀速行驶，它的牵引力为 $3 \times 10^3 \text{ N}$ 。试问：该出租车的牵引力做了多少功？

广东省广州市出租车统一发票
GD GUANGZHOU TAXI RECEIPT
发 票 联
3293111022
47575314
监督电话：[REDACTED]
RAY [REDACTED]
此 发 票 手 写 无 效
电话 [REDACTED]
车号 粤 [REDACTED]
证号 0000
日期 2022-04-05
上车 19:23
下车 19:29
单价 2.60元
里程 4.05km
候时 00:00:16
金额 ¥15.00元
卡号 [REDACTED]

图 11-1-7

11.2 功 率

力做功时，不仅有多有少，而且有快有慢。在生产实践中，人们不仅要注意做功的多少，更要关注做功的快慢。

做功的快慢



怎样比较做功的快慢

如图 11-2-1 所示，在比较使用起重机和滑轮做功的快慢时，两名同学各执一词。



(a) 用起重机吊起大件建筑材料



(b) 用滑轮吊起建筑材料

图 11-2-1 比较做功的快慢



用起重机做功快，
因为用起重机吊起大件
建筑材料时，做的功多。

用滑轮做功快，
因为用滑轮吊起建筑材
料时，用的时间短。



他们两人中，女生依据做功的多少来判断，男生依据做功时间的长短来判断。你的看法是怎样的？

功 率

我们知道，在比较物体运动的快慢时，不仅要看物体运动的距离，而且还要看所用的时间。同理，要比较做功的快慢，既要看到做功的多少，还要看完成这些功所用的时间。

在物理学中，把做功的多少与所用时间的比叫做**功率**（**power**），即

$$\text{功率} = \frac{\text{功}}{\text{时间}}$$

如果用 P 表示做功的功率， W 表示做的功， t 表示所用时间，则

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

在国际单位制中，功的单位是焦耳（J），时间的单位是秒（s），功率的单位就是焦耳每秒（J/s）。功率的单位有一个专门名称叫做**瓦特**（**watt**），简称**瓦**，符号为 W。这是为了纪念英国著名发明家瓦特（J. Watt, 1736—1819）而命名的。

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

在工程技术上，常用千瓦（kW）作为功率的单位。

$$1 \text{ kW} = 1\,000 \text{ W}$$



想一想

在图 11-2-1 中，假如图（a）所示的起重机吊起的建筑材料重 2 000 N，吊起的高度为 10 m，所用时间为 40 s；图（b）所示的滑轮吊起的建筑材料重 200 N，吊起的高度也为 10 m，所用时间为 20 s。它们做功的功率各是多少？



活动2

比一比，谁的功率大

全班同学分成几组，每组选出男、女同学各一名，让他们以最快的速

度登上教学大楼的某一楼层（图 11-2-2）。为了比较两人做功时的功率，你需要测量哪些物理量？怎样测量？（ g 取 10 N/kg ）

表 11-2-1 是某小组设计的记录表，请将数据填写在记录表中。

表 11-2-1 数据记录表

姓 名		
质量 m/kg		
体重 G/N		
登楼的高度 h/m		
登楼的时间 t/s		
登楼做的功 W/J		
功率 P/W		

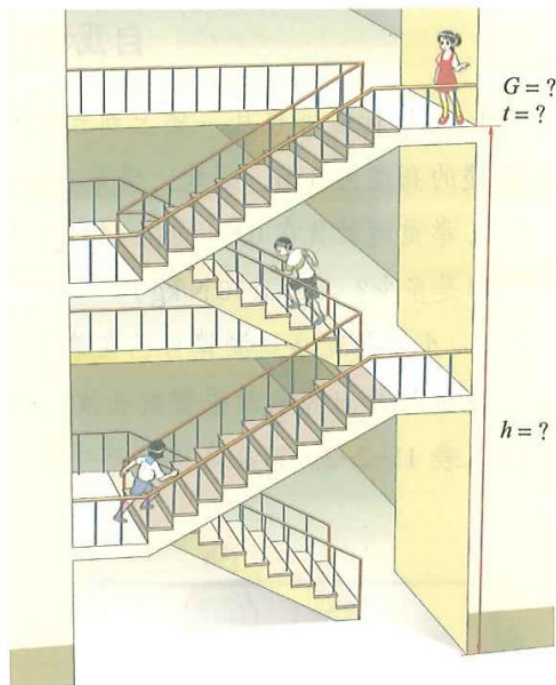


图 11-2-2 比较两人做功时的功率

比一比，谁登楼的功率大。讨论：两名同学功率不同的原因是什么？



信息浏览

一些功率值如图 11-2-3 所示。



(a) 优秀田径运动员短跑时的功率可达 $1\,000 \text{ W}$



(b) 电动汽车的最大功率一般在 100 kW 以上



(c) “复兴号”动车组（时速 350 km ）的功率可达 $10\,000 \text{ kW}$



(d) 中国首艘国产航母山东舰的推进功率可达 $1.47 \times 10^5 \text{ kW}$

图 11-2-3 一些功率值

自我评价与作业

1. 小红背着书包从一楼上到五楼共用了 20 s，若小红和书包总重 500 N，每层楼的高度为 3 m，则她上楼做功的功率是多少瓦？

2. 举重运动员在 0.8 s 内将 140 kg 的杠铃举高了 1.7 m，他在这个过程中做功的功率是多少？（ g 取 10 N/kg）

3. 小云想粗略地测算自己在单杠上做引体向上时的功率，如图 11-2-4 所示，他用尺量出握拳时手臂的长度，测出自己连续做引体向上的次数和时间，并填入表 11-2-2。请在表格空格处补上相应的数据。



图 11-2-4

表 11-2-2 数据记录表

臂长 l/m	0.6
体重 G/N	500
做引体向上的次数	5
所做的功 W/J	
时间 t/s	12
功率 P/W	

4. 小华同学骑自行车上学，人和车总质量为 80 kg，若他在平直的道路以 5 m/s 的速度匀速骑行了 3 km，自行车所受阻力是人和车总重的 $\frac{1}{50}$ ，则小华同学骑车的功率是多少？（ g 取 10 N/kg）

课外活动

请你在生产、生活实践中了解载货汽车、小汽车、拖拉机、起重机、推土机等机械的功率，并与同学进行交流。

11.3 机械效率

人们发现，使用机械时，机械所做的功并不都是有用的，其中有一些是不得不做的额外功。

有用功与额外功



活动1

分析有用功与额外功

在如图 11-3-1 所示的两种机械做功的情况中，哪些功是我们需要的有用功，哪些功是不得不做的额外功？请与同学交流讨论。



(a) 用滑轮组提起重物



(b) 利用挖掘机挖掘、搬运泥土

图 11-3-1 有用功与额外功

在上述活动中，滑轮组和挖掘机提升重物所做的功，是我们需要的、有价值的功，叫做**有用功**，记作 $W_{\text{有用}}$ 。在这个过程中，动力对机械做的功叫做**总功**，记作 $W_{\text{总}}$ 。

任何机械本身都要受到重力的作用，而且机械在运行过程中，总存在着摩擦力。所以，当我们使用机械做功时，就必须克服机械部件自身的重力和摩擦力等做一定量的功。这部分无利用价值却不得不做的功，叫做**额外功**，记作

$W_{\text{额外}}$ 。显然,在实际使用机械做功时,总功应等于有用功与额外功之和,即

$$W_{\text{总}} = W_{\text{有用}} + W_{\text{额外}}$$

由于存在额外功,即 $W_{\text{额外}} > 0$, 因此,总功必定大于有用功,即

$$W_{\text{总}} > W_{\text{有用}}$$

机械效率

使用机械做功时,有用功在总功中占的比例越大越好,有用功占的比例大,说明机械工作的效率高。在物理学中,把有用功 $W_{\text{有用}}$ 与总功 $W_{\text{总}}$ 的比,叫做**机械效率 (mechanical efficiency)**。

如果用 η 表示机械效率 (常用百分率来表示), 那么

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

机械效率是体现机械性能的重要指标。



想一想

机械效率的数值
会等于或大于 1 吗?
为什么?



活动2

测量滑轮组的机械效率

(1) 选择实验器材, 组装一个如图 11-3-2 (a) 或 (b) 所示的滑轮组, 并用它来提升钩码。

(2) 为了测算滑轮组工作时的机械效率, 你需要测量哪些物理量? 怎样测量?

(3) 进行实验 (至少要做两次), 记录测得的数据, 并计算出滑轮组工作时的机械效率, 填入表 11-3-1 中。

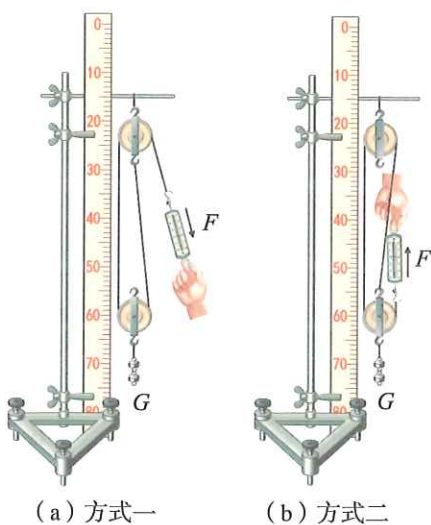


图 11-3-2 测量滑轮组机械效率的装置

(4) 改变钩码的数量, 重复上述步骤, 再做几次实验。

(5) 记录相应数据, 并计算出滑轮组提升不同数量的钩码时的机械效率, 填入表 11-3-1 中。(g 取 10 N/kg)

表 11-3-1 数据记录表

实验 序号	钩码 所受 重力 G/N	弹簧测力计 示数 F/N	钩码 上升的 高度 h/m	绳子自由 端移动的 距离 s/m	动力对 滑轮组 做的功 $W_{\text{总}}/\text{J}$ ($W_{\text{总}} = Fs$)	滑轮组对 钩码做的功 $W_{\text{有用}}/\text{J}$ ($W_{\text{有用}} = Gh$)	机械效率 η ($\eta = \frac{W_{\text{有用}}}{W_{\text{总}}} \times 100\%$)
1							
2							
3							
4							

讨论一下: 用同一滑轮组提升不同重物时的机械效率相同吗? 为什么?

用图 11-3-2 所示的两种不同方式提升相同重物时的机械效率相同吗? 请你测一测。

有关资料表明, 起重机的机械效率一般为 40%~50%, 水泵的机械效率一般为 60%~80%。

现代社会是节约型社会, 要讲究提高效率, 力求以尽可能少的消耗, 获得尽可能多的效益。提高机械效率的主要办法是改进机械结构, 使其更合理、更轻巧。此外, 按照技术规程操作, 定时保养, 使机械始终处于良好的运转状态, 对于保持和提高机械效率也有着重要作用。

自我评价 作业

1. 如图 11-3-3 所示, 小红同学用一个滑轮分别组成甲、乙两种装置提升同一物体。若她匀速提升物体的高度相同, 不计摩擦和绳重, 则她所做的有用功 $W_{\text{甲}}$ _____ $W_{\text{乙}}$, 两种装置的机械效率 $\eta_{\text{甲}}$ _____ $\eta_{\text{乙}}$ 。(均选填 “>” “<” 或 “=”)

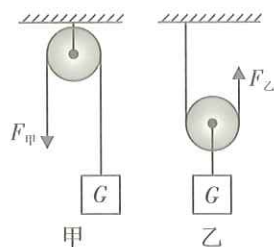


图 11-3-3

2. 工人利用如图 11-3-4 所示的滑轮组提起一个重 $2\,400\text{ N}$ 的货箱，所用的拉力是 500 N ，绳子自由端被拉下 4 m ，求工人所做的有用功、总功以及该滑轮组的机械效率。

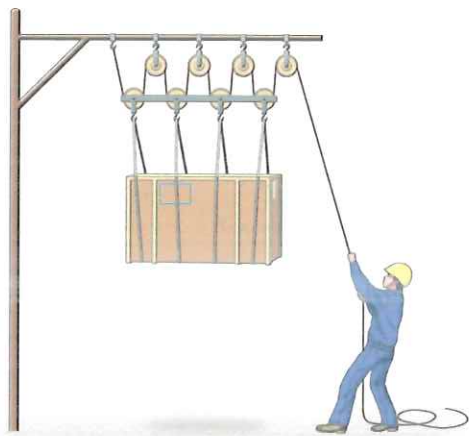


图 11-3-4



图 11-3-5

3. 图 11-3-5 是我国古代劳动者利用简易机械将巨木抬起施工的情景。若这些劳动者竖直向下施力 $2\,000\text{ N}$ ，将横杆一端压下 50 cm ， 420 kg 巨木的重心上升 10 cm ，则该简易机械的机械效率为多少？（ g 取 10 N/kg ）

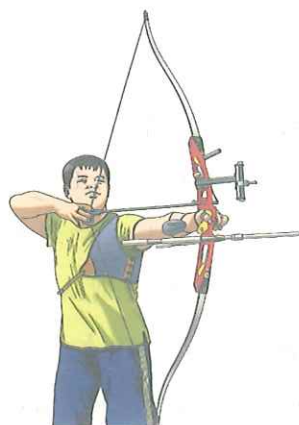
4. 某人通过滑轮组把重 720 N 的货物提升 10 m ，此时滑轮组的机械效率为 60% ，求这个过程中此人所做的总功。

5. 请你利用实验室里的器材组装一个滑轮组，用它提升质量不同的重物，测算各种情况下这个滑轮组的机械效率，根据实验结果和体会，谈谈怎样在安全、有效的前提下，提高机械效率。

11.4 动能和势能

如图 11-4-1 所示, 被拉开的弓、发生形变的跳板、从高处下落的重锤、流动的水, 都能对其他物体做功。物体能够对别的物体做功, 我们就说这个物体具有能量 (**energy**), 简称**能**。一个物体能够做的功越多, 表示它具有的能量就越大。

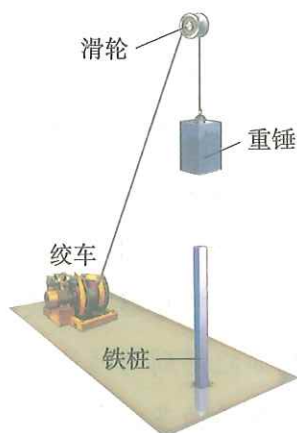
在国际单位制中, 能量的单位与功的单位一样, 也是焦耳 (J)。



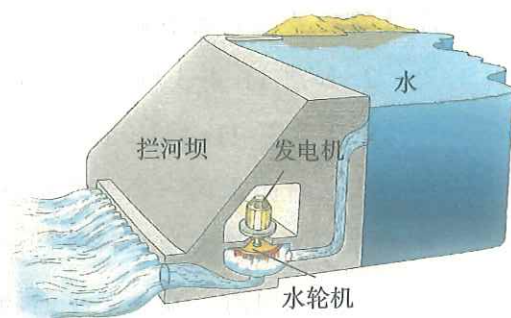
(a) 被拉开的弓能将箭射出



(b) 发生形变的跳板能将运动员弹起



(c) 从高处下落的重锤能将铁桩打入土地中



(d) 流动的水能推动水轮发电机发电

图 11-4-1 认识能量

动能

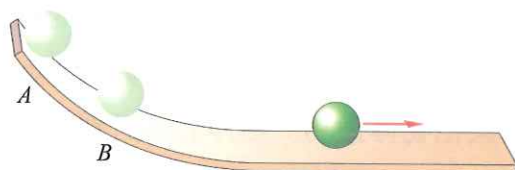
运动的球、流动的水和空气等都能对其他物体做功, 说明运动着的物体具有能量。物体由于运动而具有的能叫做**动能 (kinetic energy)**。

运动着的物体都具有动能, 那么动能的大小与哪些因素有关呢?

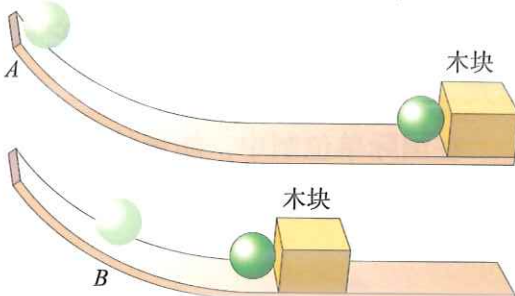
探究动能的大小与哪些因素有关

1. 如图 11-4-2 所示, 先让同一小球分别从斜面上 A 处和 B 处由静止开始滚下 [图 11-4-2 (a)], 比较在平面上运动速度的大小; 然后让同一小球分别从 A 处和 B 处由静止开始滚下后碰上木块 [图 11-4-2 (b)], 看看哪种情况下小球将木块推得更远。这说明了什么? 由此你能得到的结论是:

质量相同时, 速度_____的物体能做的功多, 它具有的动能更_____。



(a) 小球分别从 A 处和 B 处滚下

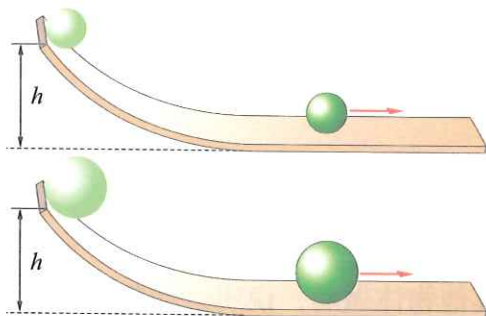


(b) 小球分别从 A 处和 B 处滚下后碰上木块

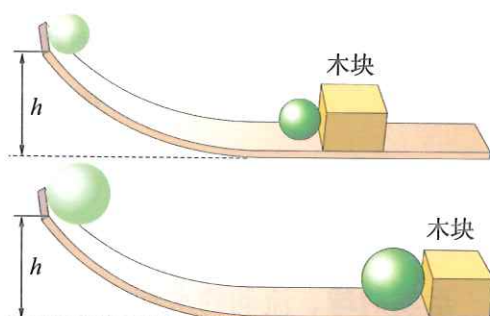
图 11-4-2 探究物体的动能与其速度的关系

2. 如图 11-4-3 所示, 先让不同质量的小球先后从斜面上同一高度处由静止开始滚下 [图 11-4-3 (a)], 比较它们在平面上运动速度的大小; 然后让这两个小球从斜面上同一高度处由静止开始滚下后碰上木块 [图 11-4-3 (b)], 看看哪个小球将木块推得更远。由此你能得到的结论是:

速度相同时, 质量_____的物体能做的功多, 它具有的动能更_____。



(a) 不同质量的小球从同一高度处滚下



(b) 不同质量的小球从同一高度处滚下后碰上木块

图 11-4-3 探究物体的动能与其质量的关系

由此可见：物体的动能与速度和质量有关，速度越大，质量越大，它具有的动能就越大。



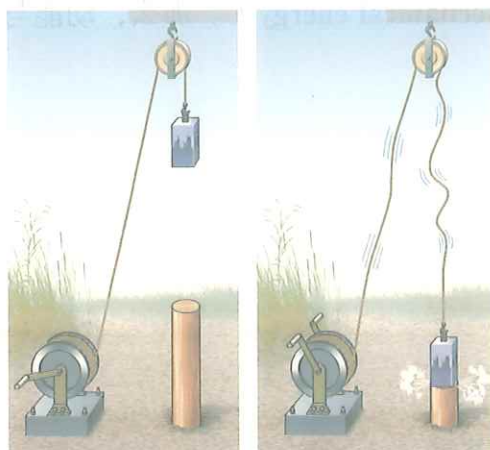
以同样速度行驶的大货车和小汽车，哪个动能大？行驶时哪个危险性更高？为什么？

势能

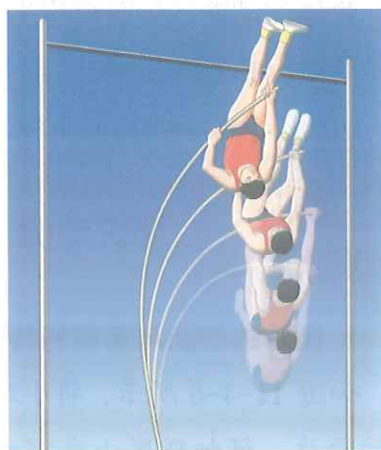
如图11-4-4 (a) 所示，被升高的重锤，由于受重力作用从高处落下时，能将木桩打入土中，这说明被升高的物体能对其他物体做功。物理学中把高处的物体由于受重力作用而具有的能叫做**重力势能** (**gravitational potential energy**)。

被拉开的弓 [图11-4-1 (a)]、变形的撑竿 [图11-4-4 (b)] 也都能做功，这说明发生弹性形变的物体也具有能。物体发生弹性形变而具有的能叫做**弹性势能** (**elastic potential energy**)。

重力势能和弹性势能统称为**势能** (**potential energy**)。



(a) 被升高的重锤落下时能对木桩做功



(b) 变形的撑竿能对运动员做功

图 11-4-4 重力势能与弹性势能



探究重力势能的大小与哪些因素有关

如图 11-4-5 所示，让高处的重物从静止开始下落，将小木桩打入沙中。

(1) 先让同一个重物在不同高度处从静止开始下落，打击小木桩，观察和比较小木桩被打入沙中的深度。由此你能得到什么结论？

(2) 让质量不同的物体分别从同一高度由静止开始下落，打击小木桩，观察和比较小木桩被打入沙中的深度，你又能得到什么结论？

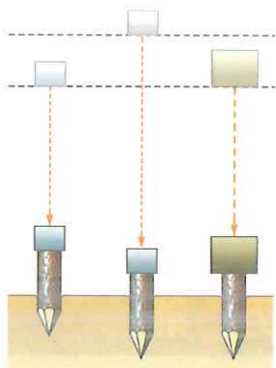


图 11-4-5 探究重力势能的大小

大量事实和实验研究表明：物体的位置越高，质量越大，它具有的重力势能就越大；弹性物体的弹性越强，形变越大，它具有的弹性势能就越大。

机械能的转化

在许多情况下，物体既具有动能，又具有势能。例如，在空中飞行的飞机既有动能，又有重力势能；又如，摆球在摆动时，同样既有动能，又有重力势能。物体的动能和势能统称为机械能（**mechanical energy**）。那么，动能与势能是否可以相互转化呢？



研究动能与势能的转化

1. 摆球的动能与势能的转化

如图 11-4-6 所示，将小球拉到点 A 处，然后释放。仔细观察小球摆动的情况，比较小球在点 A、B 和中间点 C 的势能和动能的情况。这个实验说明了什么？

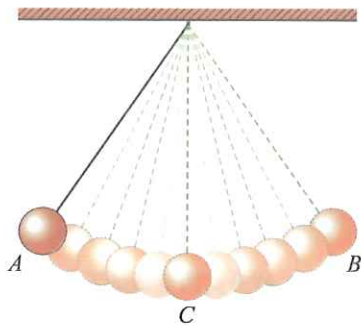


图 11-4-6 摆球的动能与势能的转化

2. 动能与势能转化的应用

如图 11-4-7 所示，分析游乐场中的过山车沿轨道运动时和小孩在玩蹦床的过程中，动能与势能是怎样相互转化的？



(a) 过山车沿轨道运动



(b) 小孩玩蹦床

图 11-4-7 动能与势能相互转化

在图 11-4-6 所示的实验中，我们看到，摆球在来回摆动时每次上升到达的高度都比前一次要低些，这是为什么呢？

原来，这是由于空气阻力的作用导致摆球的机械能减少，使摆球每次上升到达的高度逐渐降低和到达最低点处的速度逐渐减小。

科学家通过大量的实验事实归纳出一个结论：**物体的动能与势能是可以互相转化的；有摩擦等阻力时，在动能与势能的相互转化中，机械能会减少。**

机械能与其他形式的能之间也可以相互转化。水力发电是水的机械能转化为电能；电动机工作时，电能转化为机械能。



想一想

在跳水运动员 [图 11-4-1 (b)] 从跳板上跳起到落水的整个过程中，能量是怎样转化的？

你还能举出日常生活中动能与势能相互转化，机械能与其他形式的能相互转化的事例吗？

1. 毛泽东在《沁园春·雪》中写道：“一代天骄，成吉思汗，只识弯弓射大雕。”请你分析说明“弯弓射大雕”的过程中伴随着哪些能量的转化？

2. 图 11-4-8 是某市轨道交通车站的示意图，站台略微高于路面，与站台连接的进出站的轨道均有一个小坡。请你分析一下，这种设计对于节能降耗的好处。

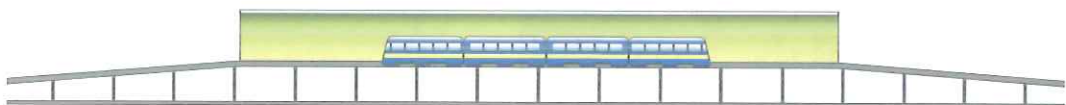


图 11-4-8

3. 图 11-4-9 是某段公路限制汽车速度的交通标志牌。请你用所学的物理知识解释：为什么要对汽车的最高行驶速度进行限制？且在同样的公路上，为什么要对不同车型设定不一样的最高行驶速度？

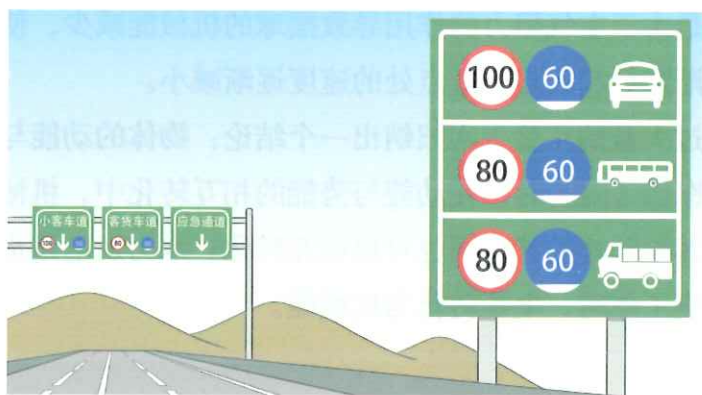


图 11-4-9

4. 我国“神舟十四号”载人飞船返回舱反推发动机成功点火后，返回舱减速下降，安全降落在东风着陆场预定区域。在此过程中，返回舱的势能、动能和机械能的变化情况是：势能_____，动能_____，机械能_____。（均选填“变大”“变小”或“不变”）

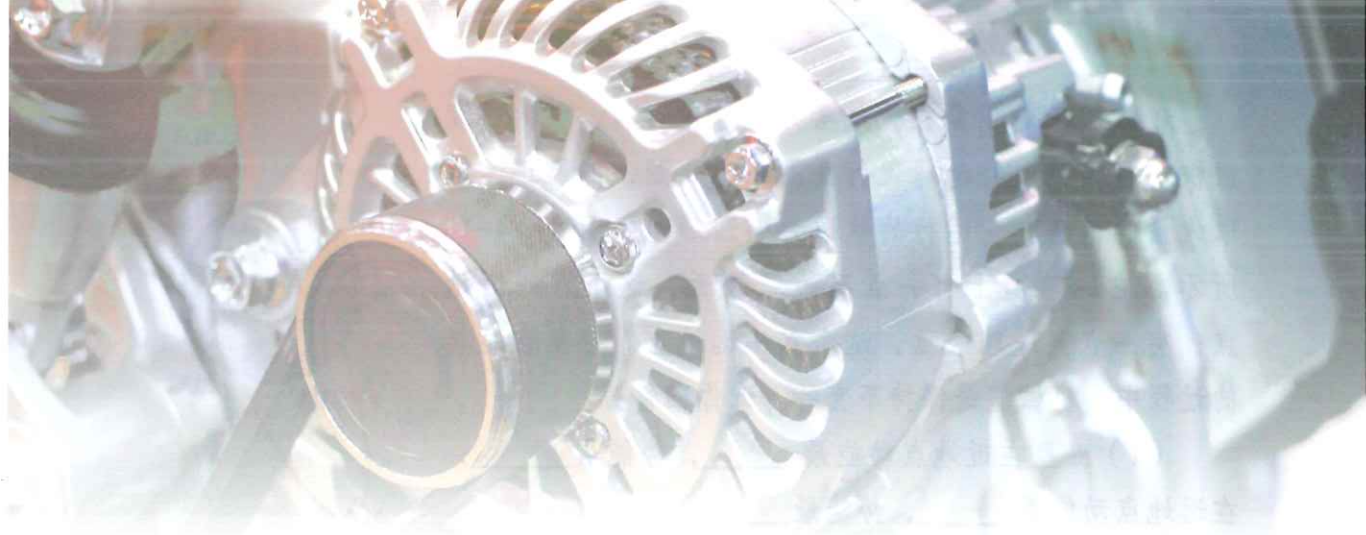
5. 人造地球卫星在大气层外绕地球运转，它的速度很快，一天可以绕地球飞行几圈到十几圈，能够迅速获取大量的信息。它运行的轨道为椭圆形，如图 11-4-10 所示。它的轨道上有一点离地球最近，这个点叫近地点；有一点离地球最远，这个点叫远地点。卫星在运转的过程中，机械能是保持不变的。请你回答：

(1) 卫星在近地点动能最____，势能最____；在远地点动能最____，势能最____。

(2) 在卫星从远地点向近地点运转的过程中，它的____能转化为____能；从近地点向远地点运转的过程中，它的____能转化为____能。



图 11-4-10



第十二章

内能与热机

12.1 内 能

12.2 热量与热值

12.3 物质的比热容

12.4 热机与社会发展

12.1 内 能

现代生活已离不开汽车、火车、轮船、飞机等交通工具。你是否想过，驱动这些交通工具做功的能量是从哪里来的呢？原来，许多交通工具做功的能量来自燃料燃烧时释放出的内能。那么，什么是内能呢？

物体的内能

我们知道，物体内分子在不停地做无规则运动，分子之间存在着相互作用力。那么，分子有能量吗？

有！这可以用图12-1-1所示的类比来说明。

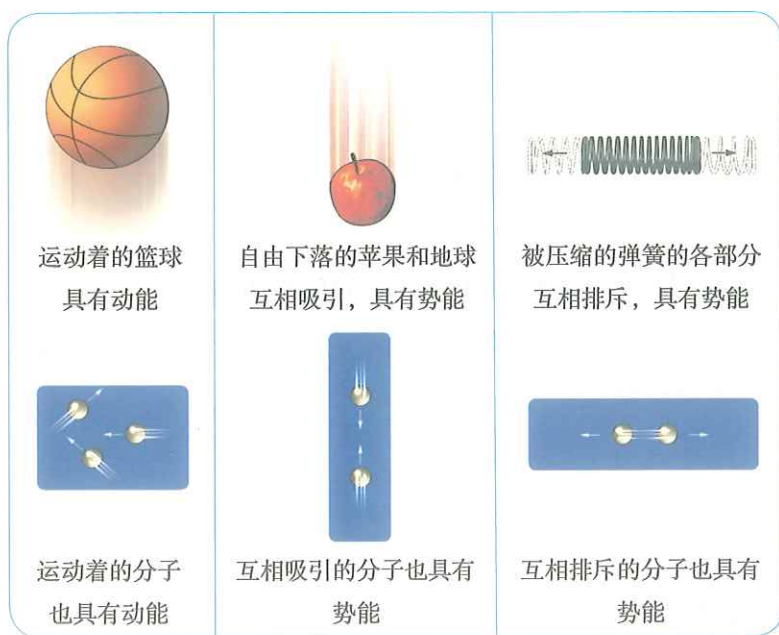


图 12-1-1 分子具有能量



金钥匙

将未知事物与已知事物进行比较，根据它们的相同之处或相似性，推测未知事物也可能有某种相似的属性，这是科学研究的一种重要方法。

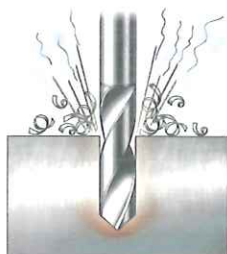
在物理学中，把物体内所有分子动能与分子势能的总和叫做物体的**内能**（**internal energy**）。一般来说，同一物体的温度越高，表明分子的无规则运动越剧烈，物体的内能就越多；反之，同一物体的温度越低，内能就越少。对于温度相同的同种物质，质量越大，内能就越多。

改变物体内能的方式

用钻头在金属块上钻孔时，钻头和金属块会发热，这表明做功可以改变物体的内能 [图 12-1-2 (a)] 。

在橙汁中放入冰块，橙汁温度降低，即内能发生了变化，这是通过热传递来改变物体的内能 [图 12-1-2 (b)] 。

上述事例表明，**做功和热传递都可以改变物体的内能**。下面通过实验作进一步的探究。



(a) 做功改变物体内能



(b) 热传递改变物体内能

图 12-1-2 改变物体内能的两种方式



活动 1

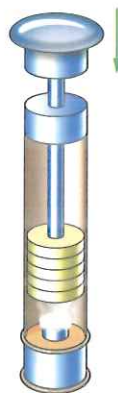
用做功的方式改变物体的内能

1. 如图 12-1-3 (a) 所示，快速来回搓动双手，手的温度升高。
2. 在图 12-1-3 (b) 中，一个厚壁筒里放有一块浸透乙醚的棉花球，用力把活塞迅速向下压，棉花球会燃烧起来。

你能用功和内能的知识解释这两个现象吗？



(a) 双手摩擦后温度升高



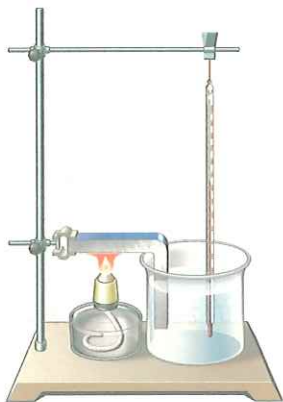
(b) 压缩气体做功使气体温度升高

图 12-1-3 通过做功改变物体的内能



用热传递的方式改变物体的内能

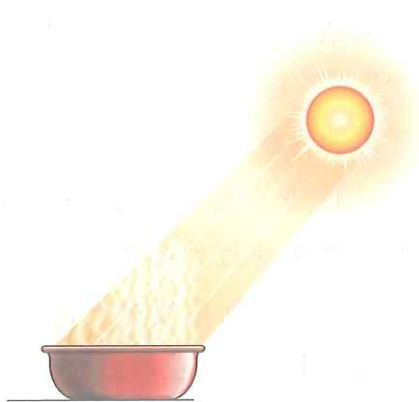
1. 我们知道，热传递有传导、对流和辐射三种方式。图 12-1-4 所示的三种情况各是通过哪种方式改变物体（水）内能的？



(a) 酒精灯燃烧时，热从金属棒的一端传导至另一端，从而使水的温度升高，内能增加



(b) 烧水时，热通过水的对流从壶底传向壶内各处，从而使水的温度升高，内能增加



(c) 太阳向地球辐射太阳能，水吸收太阳能，温度升高，内能增加

图 12-1-4 通过热传递改变物体的内能

2. 再列举一些日常生活中通过热传递改变物体内能的事例。

用热传递的方式来改变物体的内能，就是一个物体的一部分内能转移到另一个物体，或者是内能从同一物体的高温部分转移到低温部分。

综上所述，改变物体内能的方式有两种：**做功**和**热传递**。这两种方式对于改变物体的内能是等效的。内能的单位与功的单位一样，也是焦耳。



想一想

在一个小金属筒里盛些水，要使水的内能增加，你可以采取哪几种方式？说说你的实验方案。

如果只知道水的温度升高，而没有看到改变内能的方式和过程，你能判断出是哪一种方式使水温升高的吗？为什么？

1. 改变物体内能的方式有_____和热传递两种, 这两种方式改变物体内能的效果是_____. 其中热传递有三种方式, 分别是_____, _____和_____。

2. 如图 12-1-5 所示, 放在热汤中的金属勺子很快变得烫手, 这说明金属勺子的内能_____ (选填“减少”“不变”或“增加”), 这是通过_____的方式改变了它的内能。



图 12-1-5

3. 当小朋友从滑梯上面滑下时, 臀部的温度会升高, 这是通过什么方式改变内能的?

4. 某名同学用打气筒给篮球充气后, 发现打气筒外壁的温度升高了, 请解释这个现象产生的原因。

5. 比较图 12-1-6 中三杯水的内能大小, 并加以解释。

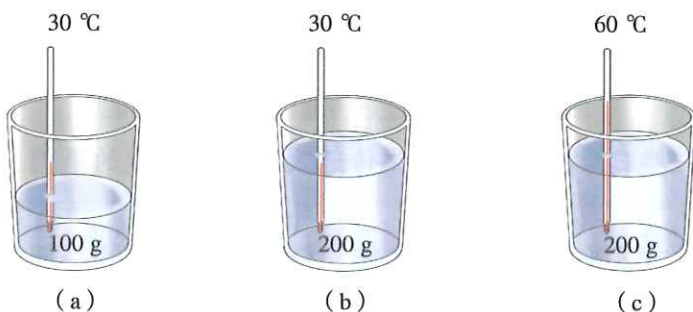


图 12-1-6

我们已经知道，热传递可以改变物体的内能。那么，怎样描述和量度热传递过程中物体内能改变的多少呢？

热 量

在物理学中，把物体在热传递过程中内能改变的多少叫做**热量**（heat）。当仅有热传递时，物体吸收热量，内能增加；物体放出热量，内能减少。

热量通常用符号 Q 表示。在国际单位制中，热量的单位与内能的单位相同，都是焦耳。一根火柴完全燃烧放出的热量约为 $1.0 \times 10^3 \text{ J}$ 。

我们从经验可知，对同一种物质来说，例如水，吸收或放出的热量跟物质本身的质量和温度变化有关，它们之间存在怎样的关系呢？让我们通过实验来进行探究。



探究水的吸热与其温度变化、质量的关系

实验器材：铁架台一个，酒精灯一盏，温度计一支，量筒一个，相同的烧杯几个，钟表一只。

1. 探究水的吸热与温度变化的关系

水吸收热量的多少可以根据加热时间的长短来粗略判定。根据这一思路，设计如图 12-2-1 所示的实验装置，烧杯中盛有 100 mL（即 100 g）水。用酒精灯对水加热后，选取一个温度作为起始温度，开始计时，并将水每升高相同温度（例如 3°C ）所用的时间记录在表 12-2-1 中。

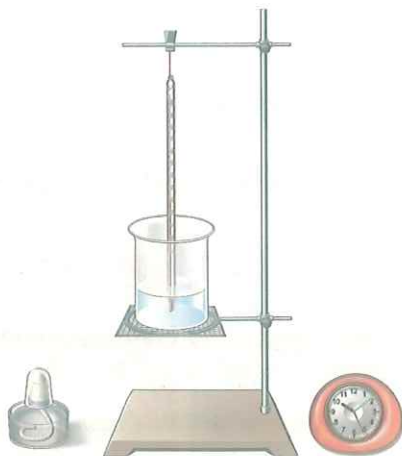


图 12-2-1 探究水的吸热与温度变化的关系

表 12-2-1 数据记录表

实验的起始温度为 _____ $^{\circ}\text{C}$ 。

水升高的温度 $\Delta t/^{\circ}\text{C}$	3	6	9	12	15	...
累计加热的时间 t/min						

请分析数据，归纳结论。

实验表明，当水升高相同的温度时，加热的时间基本_____。

2. 探究水的吸热与水的质量的关系

根据活动要求，参考前面的实验，设计实验方案，制作记录表，进行实验。

通过实验可知，质量不同的水，升高相同的温度需要的加热时间_____。

你能用上面的实验装置，探究物体温度降低时所放出的热量与物体的质量、温度变化的关系吗？

由实验可知，当质量一定时，水吸收的热量与升高的温度成正比；当升高的温度相同时，水吸收的热量跟它的质量成正比。

进一步的研究表明，当物体温度升高或者降低时，它吸收或放出的热量与物体质量的大小、温度变化的多少成正比。

物理学家焦耳经过长期的实验研究得出：1 kg 纯水温度升高 1°C 时所吸收的热量是 $4.2 \times 10^3 \text{ J}$ ；1 kg 纯水温度降低 1°C 时所放出的热量也是 $4.2 \times 10^3 \text{ J}$ 。

燃料的热值

燃料可以是固体、液体或气体（图 12-2-2），它们燃烧时都能放出热量。



(a) 木柴、煤等固体燃料



(b) 汽油、柴油等液体燃料



(c) 天然气等气体燃料

图 12-2-2 各种燃料

一般来说,质量相等的不同燃料,在完全燃烧时所放出的热量是不相等的。

例如,1 kg 干木柴完全燃烧,能放出 $1.2 \times 10^7 \text{ J}$ 的热量;而 1 kg 汽油完全燃烧,可以放出 $4.6 \times 10^7 \text{ J}$ 的热量,几乎是干木柴的 4 倍。

在物理学中,把某种燃料完全燃烧时所放出的热量与燃料质量之比,叫做这种燃料的热值,用符号 q 表示。气体燃料的热值单位是 J/m^3 ,液体、固体燃料的热值单位是 J/kg 。^{*}表 12-2-2 至表 12-2-4 是部分常见燃料的热值。

知道了某种燃料的热值,就可以算出一定质量的这种燃料完全燃烧时所放出的热量。

如果用 q 表示燃料的热值,用 m 表示燃料的质量,那么燃料在完全燃烧时放出的热量 Q 就可用下式进行计算

$$Q = qm$$



想一想

500 g 汽油完全燃烧,可以放出多少热量?

在多数情况下,燃料不可能完全燃烧,因此,燃料燃烧时实际放出的热量往往少于根据热值计算出来的热量。另外,燃料燃烧放出的热量也不可能完全得到利用。例如,用煤炉烧水时,煤燃烧时放出的热量,一部分散失到空气

^{*}气体燃料的热值等于气体燃料完全燃烧时所放出的热量与气体燃料体积之比;液体、固体燃料的热值等于液体或固体燃料完全燃烧时所放出的热量与燃料质量之比。

表 12-2-2 常见气体燃料热值表

气体燃料	热值 $q / (\text{J} \cdot \text{m}^{-3})$
氢 气	1.26×10^7
天 然 气	$3.3 \times 10^7 \sim 4.5 \times 10^7$
煤 气	1.8×10^7

表 12-2-3 常见液体燃料热值表

液体燃料	热值 $q / (\text{J} \cdot \text{kg}^{-1})$
酒 精	3.0×10^7
柴 油	4.3×10^7
石 油	4.4×10^7
汽 油	4.6×10^7
煤 油	4.6×10^7
液化气	4.9×10^7
液 氢	1.4×10^8

表 12-2-4 常见固体燃料热值表

固体燃料	热值 $q / (\text{J} \cdot \text{kg}^{-1})$
干木柴	1.2×10^7
烟 煤	2.9×10^7
焦 炭	3.0×10^7
无烟煤	3.4×10^7
木 炭	3.4×10^7

中，一部分传给盛水的容器和炉子，被水吸收的只是煤燃烧放出的热量中的一部分。普通的家用煤炉燃烧无烟煤，产生的热量只有 15% 被有效利用，也就是说它的热效率只有 15%；普通燃煤锅炉的热效率约为 30%，现代大型锅炉，热效率可达 90% 左右。因此，改善燃烧条件，使燃料尽可能充分燃烧，同时尽可能减少各种热量损失，既可节约燃料，又可减少污染，保护环境。



活动2

怎样选择燃料

1. 请你的长辈介绍一下家庭中曾使用过哪几种燃料。从热值的大小、对环境的污染程度等方面，进行比较研究。
2. 你家现在经常使用的是哪种燃料？估算一下你家一个月需支付多少燃料费，思考可以减少燃料费支出的措施。



信息浏览

西气东输

天然气、煤、石油并称为三大化石能源。我国是世界上使用天然气最早的国家之一，也拥有比较丰富的天然气资源。我国的天然气主要分布在新疆等西部地区。为优化我国的能源结构，维护国家能源安全，促进经济、社会发展，国家动工建设西气东输工程。这是我国距离最长、管径最大、投资最多、输气量最大、施工条件最复杂的天然气管网系统。

西气东输一线管道工程以塔里木气田为主供气源，西起新疆塔里木盆地的轮台县，东至上海，全长约 4 200 km，于 2004 年建成投产。西气东输二线管道工程是我国第一条引进境外天然气资源的通道，气源是中亚进口天然气，该管道西起新疆霍尔果斯口岸，南至广东广州、香港，东达上海，管道干线和多条支线总长约 9 100 km，是目前世界上线路最长、供应覆盖面积最大、受

益人口最多的一条天然气管道。西气东输三线管道工程西起新疆霍尔果斯口岸，东至福建福州，工程分为西段（新疆霍尔果斯—宁夏中卫）、中段（宁夏中卫—江西吉安）、东段（江西吉安—福建福州），其中西段、东段已相继建成投产，中段于2021年开工建设，管道总长超7 000 km（含在建中段工程）。西气东输四线管道工程起于新疆乌恰，止于宁夏中卫，全长约3 340 km，于2022年9月正式开工。

西气东输对推动我国能源结构调整起到了积极作用，促进天然气在我国一次能源消费结构中的比例由2003年的2.4%提高至2021年的8.9%。目前，国家管网集团正加紧建设西气东输三线中段（宁夏中卫—江西吉安）和四线天然气管道工程。工程投产后，将进一步提升西气东输管道系统的天然气供应能力，更好地保障国家能源安全 and 经济安全，为实现“双碳”目标、建设美丽中国注入更加强劲的清洁动能。

跨学科实践

科学安排饮食与运动

● **活动主题** 过量饮食，为了瘦身而盲目节食，缺乏运动，这些对青少年的健康成长都非常不利，那么应该如何科学安排饮食和运动呢？

● **方案制订与实施** 表12-2-5至表12-2-7提供了一些数据（实际数据因个体体质、代谢情况和运动程度而有所差异），请参考这些数据，分析、讨论青少年的肥胖症与饮食、运动的关系，并结合自身的身体情况，制订自己的每日饮食和运动计划。

表 12-2-5 青少年每天正常生活需要的热量

年 龄	男生每天正常生活所需的热量 Q/J	女生每天正常生活所需的热量 Q/J
13~15 岁	1.0×10^7	0.97×10^7
16 岁	1.2×10^7	1.0×10^7

表 12-2-6 几种营养物质被人体吸收后释放的热量

营养物质	每克该营养物质释放的热量 Q/J
淀粉	1.72×10^4
蛋白质	1.76×10^4
脂肪	3.91×10^4

表 12-2-7 某同学进行各项活动消耗 $3.8 \times 10^5 \text{ J}$ 热量所需的时间

活动项目	时间 t/min
弹钢琴、打台球	35
整理房间、扫地	30
打乒乓球、打排球	20
打羽毛球、打网球	15
长跑、爬山、打篮球、踢足球	10

有兴趣的同学可从网上查找更详细的资料。

● **成果展示与交流** 把你的每日饮食和运动计划写成报告，与同学们进行交流。

自我评价 ⑤ 作业

1. 在热传递过程中，高温物体放出热量，内能_____；低温物体吸收热量，内能_____。热量总是从_____物体向_____物体传递。

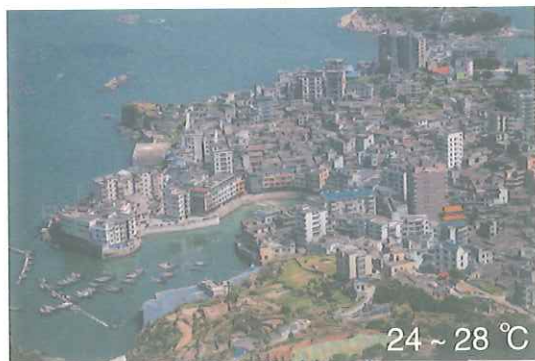
2. 氢气的热值为 $1.26 \times 10^7 \text{ J/m}^3$ ，它的物理意义是_____。
在低碳发展和能源转型的大背景下，我国大力推进氢能产业发展。氢能源汽车、航空运载火箭发动机都采用液氢作为燃料，是因为液氢具有高_____、清洁、零碳排放等多种优势。（液氢的热值为 $1.4 \times 10^8 \text{ J/kg}$ ）

3. 有一箱 30 kg 的木炭，其热值为 $3.4 \times 10^7 \text{ J/kg}$ 。若其中 10 kg 木炭完全燃烧，能放出多少热量？剩余木炭的热值为多少？ 10 kg 木炭完全燃烧放出的热量，相当于完全燃烧多少立方米的煤气放出的热量？（煤气的热值为 $1.8 \times 10^7 \text{ J/m}^3$ ）

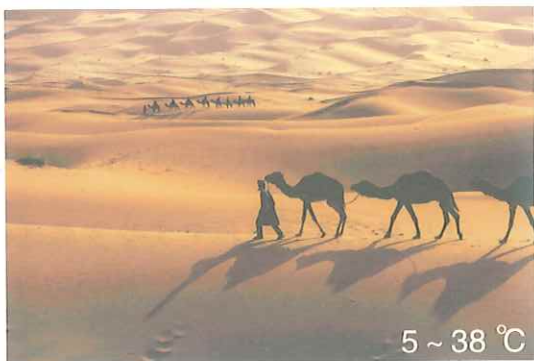
12.3

物质的比热容

你经常看天气预报吗？你是否注意到，在同一天内，同一纬度的沿海地区和沙漠地区昼夜气温变化有什么不同（图 12-3-1）？它们的温差为什么会如此悬殊？这就涉及不同物质吸收、放出热量的性能等问题。



(a) 某沿海地区昼夜温差



(b) 某沙漠地区昼夜温差

图 12-3-1 在同一天内，同一纬度的某沿海地区和某沙漠地区的昼夜温差

不同物质的吸热、放热性能

我们已经知道，水在质量相等、温度变化相同时，吸收或放出的热量相等。那么，不同物质（如水和砂石），在质量相等、温度变化相同时，它们吸收或放出的热量也相等吗？



探究水和砂石的吸热、放热性能

根据实验目的，取 100 g 水和 100 g 干燥的砂石作为研究对象，实验器材如图 12-3-2 所示。其中两个烧杯规格要相同。

把水和砂石分别放入烧杯中，用同一盏酒精灯对它们分别加热，同时搅拌砂石和水，使它们受热均匀。观察在相同的加热时间（如 1 min）内，它们温度的变化，并记下升高的温度。



图 12-3-2 探究水和砂石吸热、放热性能的实验器材



安全小提示：搅拌砂石和水时，要用手扶住烧杯；如温度过高时，还要戴上隔热手套。

请根据实验要求拟定实验步骤进行实验，并将实验数据填入表 12-3-1 中。

表 12-3-1 数据记录表

水和砂石的起始温度为 _____ $^{\circ}\text{C}$ 。

加热时间 t/min	1	2	3	4	5	6	...
水升高的温度 $\Delta t/^{\circ}\text{C}$							
砂石升高的温度 $\Delta t/^{\circ}\text{C}$							

分析实验数据，归纳得出结论。



想一想

质量相等的水和砂石，当它们升高的温度相同时，需要的加热时间是否相同？

实验表明，物体温度升高时吸收的热量，不仅与质量及升高的温度有关，还与物质的种类有关。由此可以得出：**质量相等的不同物质，在升高相同的温度时，吸收的热量一般是不相等的。**实验还表明，单位质量的某种物质温度降低 1°C 所放出的热量和它温度升高 1°C 所吸收的热量相等。

为了比较不同物质在吸热、放热性能上的差别，物理学中引入了比热容这个物理量。

比热容

在物理学中，用比热容（specific heat capacity）表示物质的吸热、放热性能，比热容的大小在数值上等于 1 kg 的某种物质，温度升高（或降低）1℃ 所吸收（或放出）的热量。

比热容用符号 c 表示，单位是 $\text{J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$ ，读作“焦每千克摄氏度”。

如质量为 m 的某种物质，温度从 t_1 升高到 t_2 时，吸收的热量为 Q ，那么这种物质的比热容就是

$$c = \frac{Q}{m(t_2 - t_1)}$$

如果是物质温度降低，放出热量，那么比热容的表达式应该怎样写？

比热容是物质的一种属性，每种物质都有它的比热容。表 12-3-2 列出了一些常见物质的比热容。

表 12-3-2 一些常见物质的比热容

物 质	比热容 $c / [\text{J} \cdot (\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})^{-1}]$	物 质	比热容 $c / [\text{J} \cdot (\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})^{-1}]$
水	4.2×10^3	铝	0.88×10^3
酒 精	2.4×10^3	干泥土	0.84×10^3
煤 油	2.1×10^3	铁、钢	0.46×10^3
冰	2.1×10^3	铜	0.39×10^3
蓖麻油	1.8×10^3	汞	0.14×10^3
砂 石	0.92×10^3	铅	0.13×10^3

从表 12-3-2 中数据可以看出，水的比热容是砂石比热容的 4 倍多。显然，对于质量相等的水和砂石来说，在吸收相等热量的情况下，水的温度上升得少，而砂石的温度上升得多。

沿海地区的海水多，由于水的比热容较大，所以尽管海水吸收了许多热量，但海水温度变化不大，沿海地区的昼夜温差也不大。而在沙漠地区，由于砂石的比热容较小，吸收同样的热量，温度会上升很多，所以沙漠地区昼夜温差大。



在日常生活中，既可以用水来取暖 [图 12-3-3 (a)]，也可以用水来降温 [图 12-3-3 (b)]，你能说明这是什么原因吗？



(a) 水暖暖气片——用水来取暖



(b) 发动机冷却液——用水溶液来降温

图 12-3-3 用水来取暖和降温

热量的计算

知道了物质的比热容 c ，又知道这种物质的质量 m ，以及升高的温度 $(t_2 - t_1)$ 。

根据比热容的公式 $c = \frac{Q}{m(t_2 - t_1)}$ ，可计算出物体温度升高时吸收的热量

$$Q_{\text{吸}} = cm(t_2 - t_1)$$

同理，物体的温度由 t_1 降低至 t_2 时放出的热量可以写成

$$Q_{\text{放}} = cm(t_1 - t_2)$$

例题 质量为 2 kg 的砂石，温度从 10 °C 升高到 20 °C，吸收了多少热量？

解：从表 12-3-2 查得砂石的比热容 $c_{\text{砂}} = 0.92 \times 10^3 \text{ J} / (\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$ 。

升高的温度 $t_2 - t_1 = 20\text{ }^\circ\text{C} - 10\text{ }^\circ\text{C} = 10\text{ }^\circ\text{C}$ ，砂石的质量 $m = 2\text{ kg}$ 。

由热量计算公式得

$$\begin{aligned} Q_{\text{吸}} &= c_{\text{砂}} m (t_2 - t_1) = 0.92 \times 10^3 \text{ J} / (\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}) \times 2\text{ kg} \times (20\text{ }^\circ\text{C} - 10\text{ }^\circ\text{C}) \\ &= 1.84 \times 10^4 \text{ J} \end{aligned}$$

答：砂石吸收的热量为 $1.84 \times 10^4 \text{ J}$ 。

1. 从表 12-3-2 中找出比热容最大的物质和比热容最小的物质，它们的比热容各是多少？

2. “早穿棉袄午披纱，围着火炉吃西瓜”，这是对我国西北沙漠地区气候特点的形象写照。试用你学过的知识作出解释。

3. 某同学取初始温度为 $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的水和砂石各 100 g ，在探究水和砂石吸热性能的实验中，根据实验所测得的数据作出了如图 12-3-4 所示的图像，请你根据图像说明水和砂石的吸热性能有何不同。当加热到第 4 分钟时，水一共吸收了多少热量？

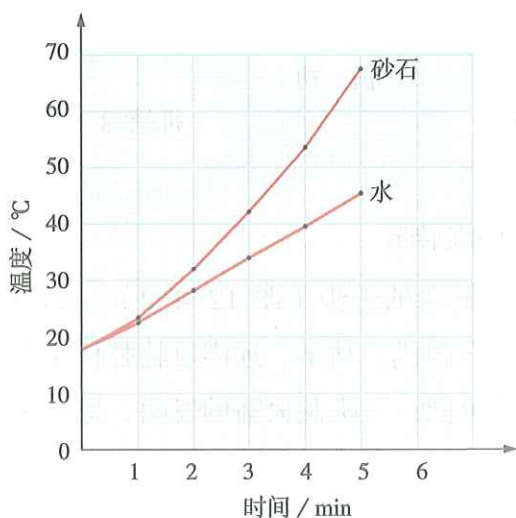


图 12-3-4



图 12-3-5

4. 图 12-3-5 是某型号太阳能热水器。

(1) 若热水器装了 100 kg 、 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的水，在阳光的照射下，水的温度升高到 $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，那么这些水吸收了多少热量？

(2) 若改用热效率为 50% 的天然气灶给这些水加热，水的温度升高到 $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时，则需要完全燃烧多少立方米热值为 $4.2 \times 10^7\text{ J/m}^3$ 的天然气？

12.4

热机与社会发展

热机 (heat engine) 是人类历史上最伟大的发明之一。人类最早发明的热机是蒸汽机, 它的发明和应用极大地推动了人类文明的进程。

热 机

热机的种类很多, 有蒸汽机、汽油机、柴油机、燃气轮机、喷气发动机和火箭发动机等。这些热机的共同特点是将燃料的化学能通过燃烧转化为内能, 然后通过做功, 把内能转化为机械能, 如图 12-4-1 所示。



图 12-4-1 热机的能量转化

热机的广泛使用促进了生产力的发展和社会的进步 (图 12-4-2)。如收割机替代了镰刀, 大大提高了收割效率; 列车替代了马车、远洋巨轮替代了木帆船, 使陆上和海上大规模的长途运输成为可能; 飞机及火箭的发明, 则实现了人们的“飞天梦”。



图 12-4-2 热机的使用促进了生产力的发展和社会的进步

汽油机

汽油机 (gasoline engine) 是用汽油作燃料, 使汽油在机器内部燃烧, 从而将内能转化为机械能的一种热机。它常用在汽车、飞机、摩托车和小型农业机械上。

汽油机的主要构造如图 12-4-3 所示, 其主要部件的作用如表 12-4-1 所示。

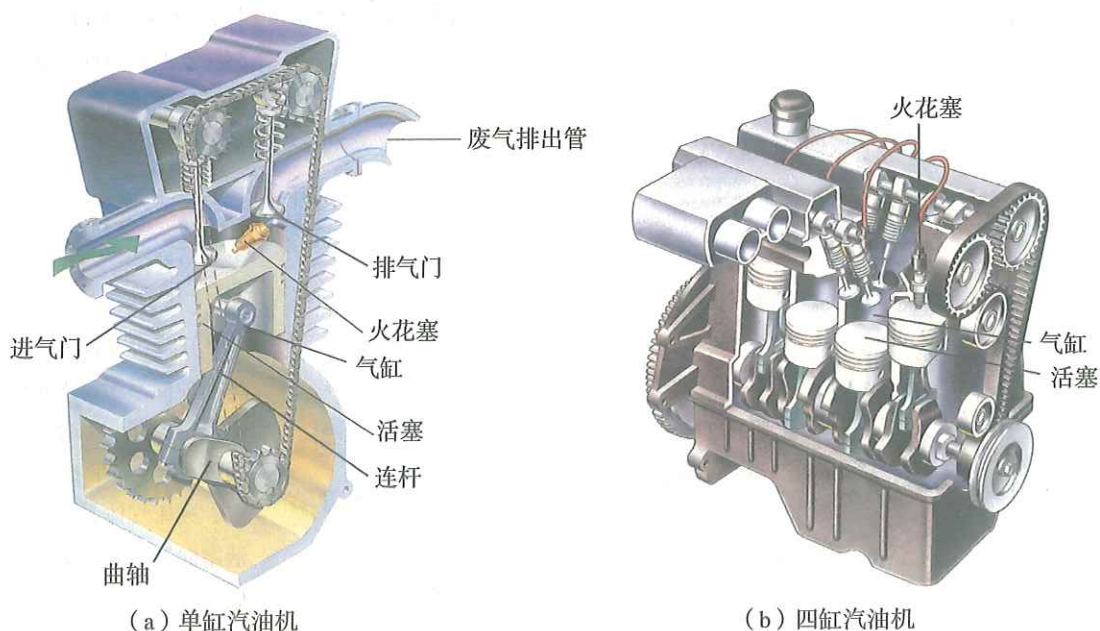


图 12-4-3 单缸和四缸汽油机的主要构造

表 12-4-1 汽油机主要部件的作用

部件名称	作用
气 缸	汽油在气缸的顶部燃烧, 从而产生高温、高压燃气
活 塞	在气缸内, 高温、高压燃气推动活塞做功, 将燃气的内能转化为机械能
连杆和曲轴	连杆与活塞相连, 曲轴通过传动装置 (图中未画出) 与工作机相连, 将活塞的动力传给工作机
进气门	汽油和空气形成的燃料混合气的进口
排气门	燃料燃烧后, 废气的出口
火花塞	点火装置, 能产生电火花, 使燃料混合物猛烈燃烧

汽油机工作时，活塞在气缸里做往复运动，活塞从气缸的一端运动到另一端的过程叫做一个冲程（也可称行程）。常见的汽油机要正常工作，必须连续完成吸气、压缩、做功、排气四个冲程，且不断循环进行，如图 12-4-4 所示。

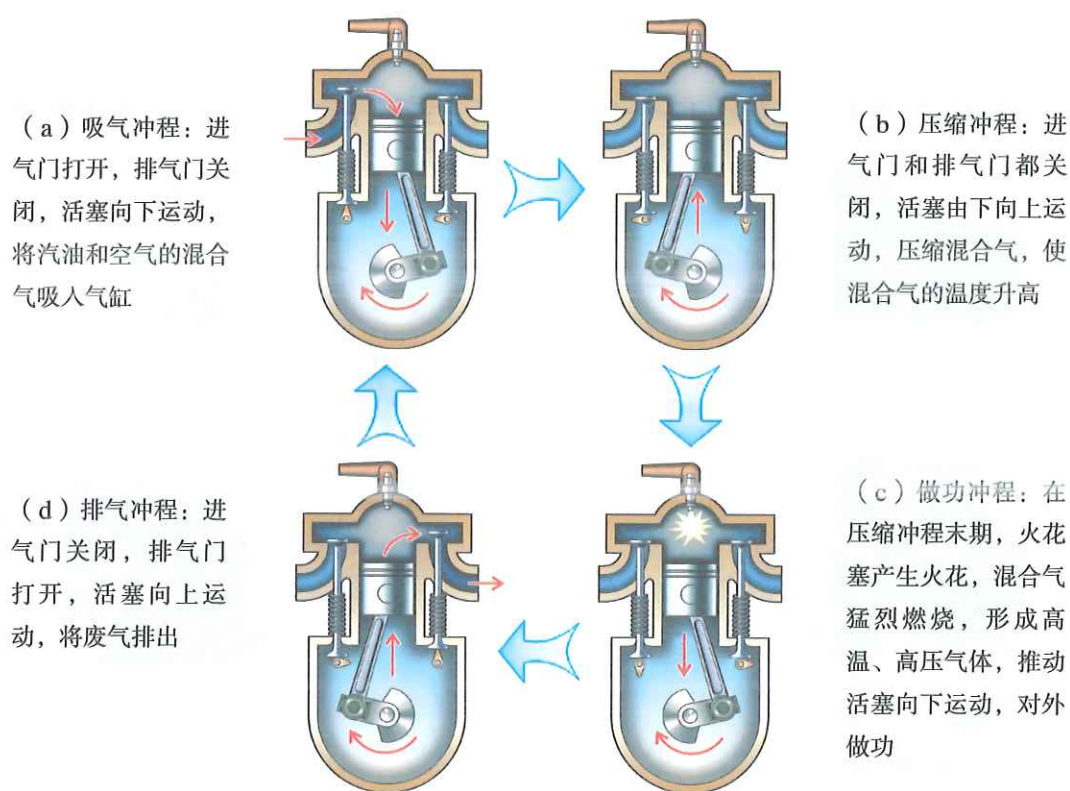


图 12-4-4 汽油机工作的四个冲程

在四个冲程中，只有做功冲程是将内能转化为机械能，其他三个冲程均为辅助冲程，要靠安装在曲轴上的飞轮的惯性来完成动作。

热机的效率

热机工作时，用来做有用功的能量与燃料完全燃烧放出的能量之比，叫做**热机的效率**。蒸汽机的效率很低，只有 6% ~ 15%。内燃机的效率较高，如汽油机的效率为 20% ~ 30%，柴油机的效率可达 45% 左右。提高热机的效率，是人类在热机制造技术方面的不懈追求。



柴油机

柴油机是以柴油为燃料的内燃机。柴油机的气缸顶部没有火花塞，而是装有一个喷油嘴，在高温、高压下使柴油混合气被压燃，推动活塞做功（图 12-4-5）。柴油比汽油便宜，柴油机在效率上也比汽油机高，但柴油机比汽油机笨重，成本也较高，工作时噪声也较大。由于上述特点，以前柴油机主要用于载货汽车、火车、轮船、拖拉机等大型机械。随着柴油机技术的进步，特别是小型高速柴油机的发展，柴油机存在的问题得到了很好的解决，在节能和减少二氧化碳排放方面相对汽油机来说更有优势。

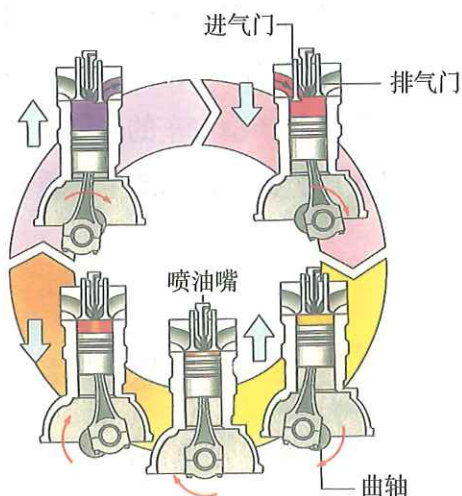


图 12-4-5 柴油机的工作过程

热机与环境

现代热机的出现极大地改进了人们的工作方式，改善了人们的生活条件。但是，热机工作时都要排放废气。热机排出的废气不仅温度高于环境温度，而且还含有多种对人体有害的物质，影响人们的身体健康和动植物的生存，对环境造成污染（图 12-4-6）。



(a) 不达标的汽车尾气排放



(b) 某城市空气污染严重

图 12-4-6 热机与环境污染

减少热机排放的有害物质,控制废气的排放总量,已成为热机发展与环境保护的重要举措。例如,我国不断出台严格的汽车尾气排放标准,促使汽车生产厂家改进产品以减少汽车尾气排放的有害物质及降低排放量;同时不断提高汽油、柴油的品质,从源头减少热机有害物质的排放。

随着科学技术的发展,越来越多的新技术、新材料、新工艺不断涌现,如电控燃油喷射、共轨、涡轮增压等技术的应用,混合动力汽车、电动汽车、太阳能汽车等新型汽车的研发生产等,都有利于节能减排和环境保护,从而更好地促进生产,提高人们的生活质量。



STSE

人类对热机的探索

1765年,瓦特改进了蒸汽机,引发了人类历史上第一次工业革命。蒸汽轮船、蒸汽机车等相继诞生,从此,人类开始大规模地利用化石燃料——煤。随着汽油机和柴油机的问世,交通运输业得到迅速发展,石油成为能源家庭中的重要成员。

1903年,美国的莱特兄弟(W. Wright, 1867—1912; O. Wright, 1871—1948)制成了世界上第一架以汽油机为动力的飞机——“飞行者1号”,实现了人类飞向天空的梦想。从20世纪40年代开始,飞机上越来越多地使用喷气式发动机,此发动机向后高速喷出气体,从而获得前进的动力。喷气式发动机有两种:一种需要用大气中的氧气来助燃,叫做空气喷气发动机,现已成为大型客机的动力;另一种自带燃料和氧化剂,叫做火箭喷气发动机,即使在空气极为稀薄的高空,也能使燃料燃烧而正常工作,并且速度快、功率大(功率相当于上万台空气喷气发动机的总功率),能够用来发射人造卫星和宇宙飞船。

20世纪下半叶,人类实现了漫游太空的梦想,各种先进的运载火箭应运而生。进入21世纪,我国的航天技术突飞猛进,我国自行研制的“长征”系列运载火箭(图12-4-7)成功发射了“北斗”导航卫星、“天宫”空间站各舱段、“神舟”系列载人航天飞船、“嫦娥”系列探月卫星、“天问一号”火星探测器等。我国的航天事业已经实现了历史性的跨越,取得了辉煌的成就。



图 12-4-7 我国的“长征”系列运载火箭模型

跨学科实践

燃油汽车与电动汽车的对比研究

● **活动主题** 当汽车从你身边行驶而过时，你能辨别出它是燃油汽车还是电动汽车吗？你是用什么办法来辨别的？

● **方案制订与实施** 燃油汽车通过热机燃烧汽油或柴油，为汽车提供动力；电动汽车通过电池供电，驱动电机工作，提供动力。请通过调查了解热机和电机，从效率、能量利用、对生态环境的影响等维度进行分析、对比，进一步了解我们可以用哪些方法来进行改进。

● **成果展示与交流** 提出你的设想和改进措施，写出报告，与同学们进行交流。

自我评价与作业

1. 热机是将燃料燃烧时的_____能转化为_____能，然后通过_____，把_____能转化为_____能的机器。

2. 图 12-4-8 是汽油机工作时的四个冲程示意图。请你辨认图中各是哪个冲程。在一个工作循环中，这四个冲程的先后顺序是_____、_____、_____、_____。（填字母序号）

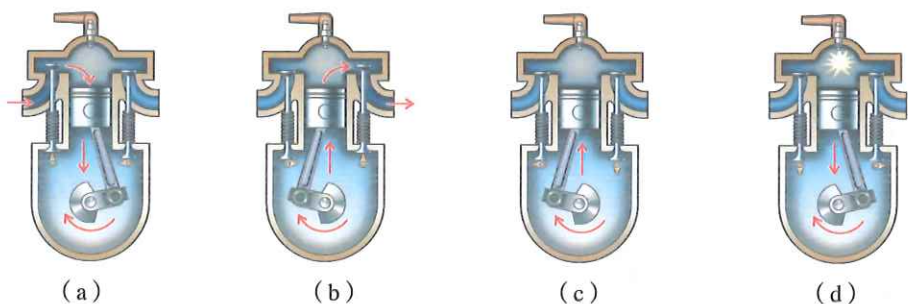


图 12-4-8

3. 在汽油机的做功冲程中，高温、高压的燃气推动活塞做功，气缸中的燃气内能_____，温度_____；而在压缩冲程中，活塞对气缸中混合气体做功，气体内能_____，温度_____。

4. 某物理小组的同学在社会实践活动中，通过实际调查和网上查询，绘制了一辆某种型号普通轿车在额定功率下行驶时，单位时间内的能量流向图（图 12-4-9），请你参与讨论有关问题。

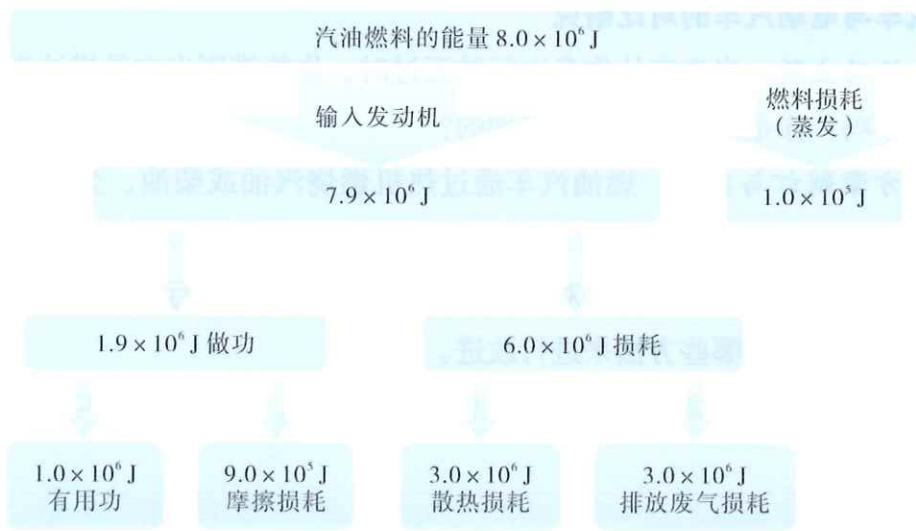


图 12-4-9

(1) 根据图中的能量流向，说出该轿车行驶时在哪几方面有能量损耗。

(2) 若将机器转化成有用功的能量与输入发动机的能量的比值定义为“能量转化效率”，由图中提供的数据可得，该轿车的能量转化效率为_____（精确到 0.1%）。

(3) 为减少轿车行驶中的能量损耗，请提出一条建议。（不作解释）



第十三章

简单电路

- 13.1 两种电荷
- 13.2 电路的组成和连接方式
- 13.3 电流与电流的测量
- 13.4 串联、并联电路中电流的特点
- 13.5 电压与电压的测量
- 13.6 串联、并联电路中电压的特点

13.1 两种电荷

一道闪电，像一把利剑，划破寂静的长空，催动着滚滚雷声。那么，电是什么？闪电又是怎样产生的呢？

电是什么



观察摩擦起电现象

将塑料梳子（或玻璃棒）在干燥的化纤衣服（或丝绸）上摩擦几下，再将梳子（或玻璃棒）的一端靠近纸屑（图 13-1-1），你观察到了什么现象？



图 13-1-1 摩擦起电实验

摩擦过的塑料梳子或玻璃棒能够吸引纸屑、头发等轻小物体，我们就说塑料梳子或玻璃棒带了电，或者有了**电荷（electric charge）**。用摩擦的方法使物体带电，叫做**摩擦起电（electrification by friction）**。

研究表明，自然界中只存在两种电荷：一种与用丝绸摩擦过的玻璃棒所带的电荷相同，叫做**正电荷（positive charge）**；另一种与用毛皮摩擦过的橡胶棒所带的电荷相同，叫做**负电荷（negative charge）**。（图 13-1-2）



（a）用丝绸摩擦过的玻璃棒带正电荷



（b）用毛皮摩擦过的橡胶棒带负电荷

图 13-1-2 两种电荷

电荷间的相互作用



活动2

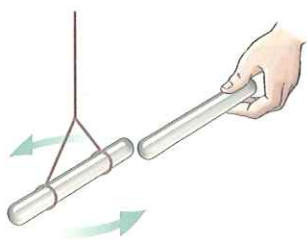
探究电荷间的相互作用

我们用图 13-1-3 所示的实验来研究这个问题。

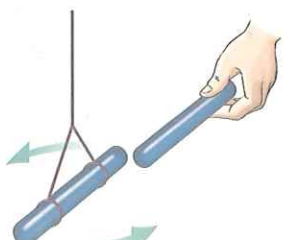
(1) 如图 13-1-3 (a) 所示, 两根用丝绸摩擦过的玻璃棒相互靠近时, 会发生怎样的现象?

(2) 如图 13-1-3 (b) 所示, 两根用毛皮摩擦过的橡胶棒相互靠近时, 又会发生怎样的现象?

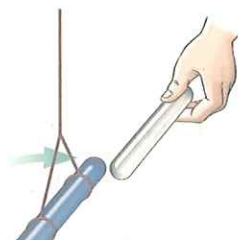
(3) 如图 13-1-3 (c) 所示, 用丝绸摩擦过的玻璃棒靠近用毛皮摩擦过的橡胶棒时, 情况又怎样呢?



(a) 带电玻璃棒相互排斥



(b) 带电橡胶棒相互排斥



(c) 带电的玻璃棒与橡胶棒相互吸引

图 13-1-3 电荷间的相互作用

对上述实验进行分析, 可得出电荷间相互作用的规律是:

同种电荷互相排斥, 异种电荷互相吸引。

图 13-1-4 是手摇起电机的示意图。摇动起电机手柄, 待起电盘转动起来后, 两个金属球就会带上异种电荷, 随着起电盘的转动越来越快, 电荷不断积聚, 当电荷积聚到一定程度时, 两个金属球之间就会发生火花放电。

闪电是带异种电荷的云层间或带电云层和大地间的一种瞬间发生的大规模放电现象。



图 13-1-4 手摇起电机

实验表明，物体带电时，它的尖端容易产生放电现象。这种现象叫做尖端放电。

你还知道哪些放电现象？请与同学们交流讨论。



电从哪里来

我们知道，物体内部原子由带正电的原子核和核外带负电的电子构成；原子核由带正电的质子和不带电的中子构成。（图 13-1-5）

通常情况下，原子中的电子数和质子数是相等的，所以，物体呈现不带电状态。两个物体相互摩擦时，一个物体会失去一些电子，而另一个物体则能得到一些电子。失去电子的物体带正电，得到电子的物体则带负电。

例如，丝绸与玻璃棒摩擦，玻璃棒的一些电子转移到丝绸上，玻璃棒由于失去电子而带正电，而丝绸由于得到电子就带负电。

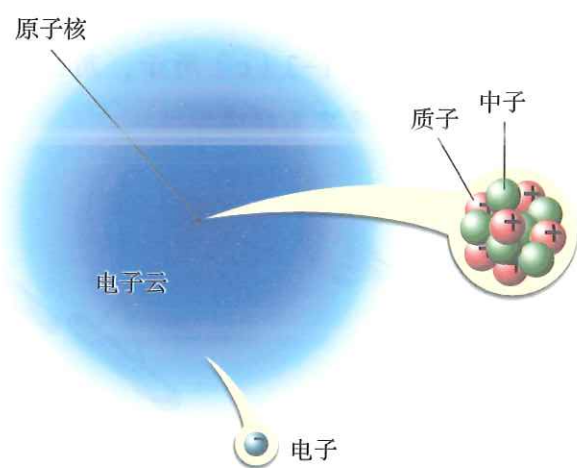
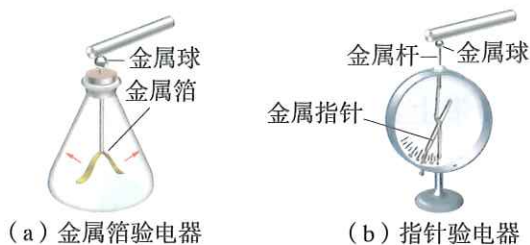


图 13-1-5 原子的结构

怎样知道物体带了电

实验室里常用验电器来检验物体是否带电，它的构造如图 13-1-6 所示。如图 13-1-6 (a) 所示，当带电体接触未带电的验电器的金属球时，就有一部分电荷发生转移，两片金属箔由于带同种电荷，互相排斥而



(a) 金属箔验电器

(b) 指针验电器

图 13-1-6 两种验电器

张开。带电体所带的电越多，验电器的金属箔张开的角度就越大。

将用丝绸摩擦过的玻璃棒接触验电器〔图 13-1-6 (b)〕的金属球，观察验电器的金属指针是否会张开。再用这种方法检验一下用丝绸摩擦过的铅笔、钢笔、橡皮、三角尺等物体，哪些带电，哪些不带电。

静电现象的应用和防止

静电现象在生产中有着广泛的应用。如给物质微粒带上某种电荷后，这些带电微粒就能在异种电荷的吸引下定向运动。根据这一原理，给喷出的雾状油漆带上电，它们就能飞向带异种电荷的待喷涂物件，这就是静电喷涂；给烟囱或空气中的尘埃带上电，它们就能飞向带异种电荷的金属网，这就是静电除尘。静电复印机的工作也是利用了静电现象。

静电也会造成危害。如雷电这种剧烈的放电现象有时会造成建筑物的损毁和人畜伤亡事故，必须设法避免。人们利用物体尖端容易放电的现象，在建筑物的高处装置避雷针（图 13-1-7），就可以避免雷电直接袭击建筑物。



图 13-1-7 避雷针



信息浏览

西汉时期，《春秋纬·考异邮》中记载“瑱（玳）瑁吸裾（ruò）”，意思就是经过摩擦的玳瑁能够吸引微小的物体。西晋时期，张华所写的《博物志》中记载：“今人梳头、脱著衣时，有随梳、解结有光者，亦有咤声。”梳子与头发摩擦而起电，外衣与不同质地的内衣（如毛皮与丝绸）摩擦起电，不仅有光，还有声音产生，这是古人发现的两种常见的静电现象。



想一想

你还知道哪些静电现象的应用和防止的实例？与同学交流讨论。

1. 如图 13-1-8 所示, 打开水龙头, 放出一股细细的水流, 将在干燥的头发上梳过的塑料梳子靠近水流, 你观察到什么现象?



图 13-1-8

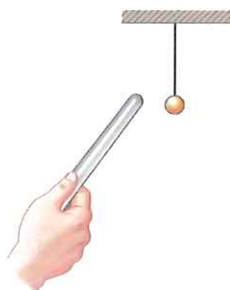


图 13-1-9

2. 如图 13-1-9 所示, 将用丝绸摩擦过的玻璃棒与用丝线悬挂着的轻质小球靠近。

(1) 如果小球被吸引, 那么这个小球带_____电或_____。

(2) 如果小球被排斥, 那么这个小球带_____电。

3. 在干燥的冬天, 人们穿毛衣或脱毛衣时, 会听到“噼噼啪啪”的声音, 如果在黑暗中还能看到火花, 请用所学物理知识解释这种现象。

4. 市场上出售一种能滚动的毛刷, 当毛刷在衣物上擦刷时, 可以把灰尘和微小脏物吸附到毛刷上。想一想: 其物理原理是什么?

5. 如图 13-1-10 所示, 油罐车的尾部总装有一根拖在地上的铁链, 这是为什么?



图 13-1-10

课外活动

参照图 13-1-11, 制作一个简易验电器, 并用它来检验用头发或塑料袋摩擦过的笔杆、刻度尺、塑料梳子等物件的带电情况。

材料: 塑料瓶一个, 泡沫塑料一块 (用来制作瓶塞), 金属丝一段, 铝箔 (或锡箔) 一片。



图 13-1-11 简易验电器

13.2

电路的组成和连接方式

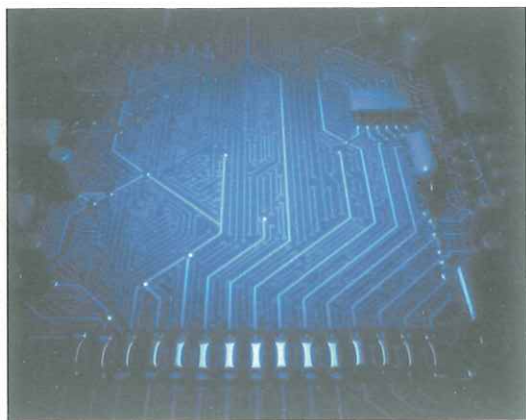
人行有道，车行有路，电的流动也要有电路。

电 路

输电线路、电子线路、家庭电路等都是常见电路（图 13-2-1）。电路无论多么复杂，都是由一些简单电路组成的。下面我们来探究简单电路。



(a) 输电线路



(b) 电子线路



(c) 家庭电路

图 13-2-1 常见电路



怎样使一个小灯泡发光

请用图 13-2-2 所示的器材，设法使小灯泡发光，并在图中画出连接方式。比一比，看谁先做好！

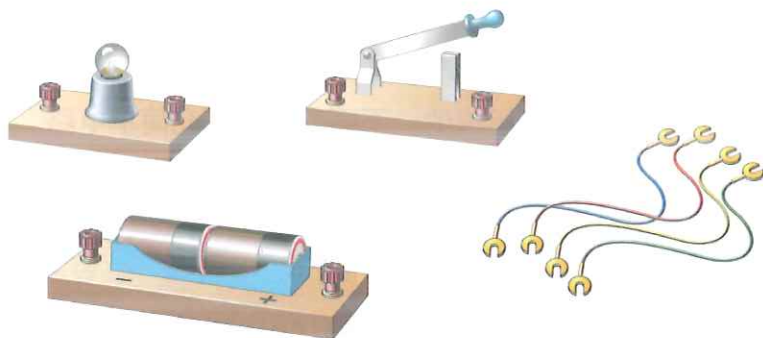


图 13-2-2 实验器材



安全小提示：切不可用导线直接把电池两端连在一起，否则会损坏电池和导线。

通过实验可以知道，要使小灯泡发光，必须把小灯泡连接到电路中。在电路中，有供电的器件——**电源（power supply）**，如干电池；有利用电来工作的器件——**用电器（electric appliance）**，如灯泡；还有控制电路通断的器件——**开关（switch）**。电源、用电器和开关都是通过导线连接起来的（图 13-2-3）。可见：用导线把电源、用电器、开关等连接起来就组成了电路。

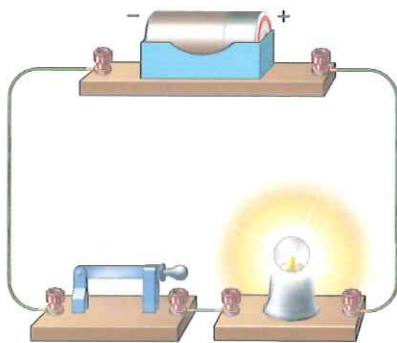


图 13-2-3 简单电路

通路、开路和短路

电路接好后，闭合开关，处处相通的电路叫做**通路**，如图 13-2-4 (a) 所示。

开关未闭合，或导线断裂，接头松脱，致使电路在某处断开，叫做**开路**，也叫做**断路**，如图 13-2-4 (b) (c) 所示。

导线不经过用电器，直接跟电源两极连接的电路，叫做**短路**，如图 13-2-4 (d) 所示。用电器虽接入电路，但连接不正确，也会造成短路，如图 13-2-4 (e) 所示。

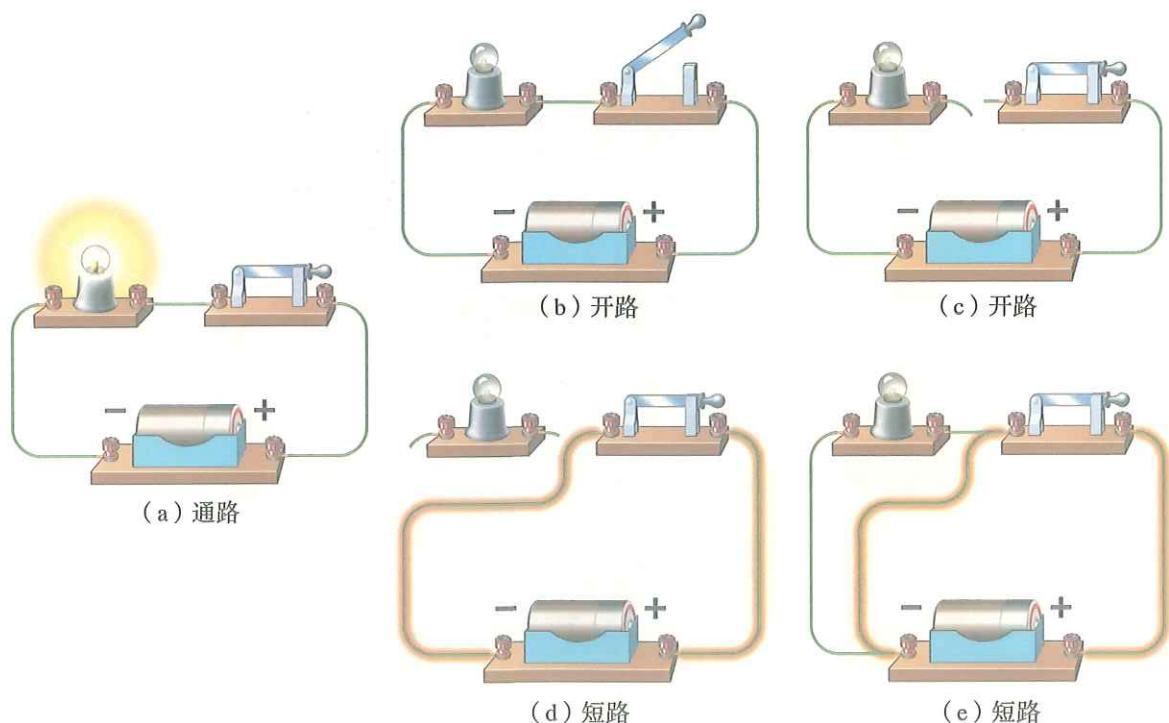


图 13-2-4 通路、开路和短路

短路时，电路中的电流很大，电源和导线会因发热过多而被烧坏。因此，在实验中，**电源的两极是不允许直接用导线连接起来的**。在生产和生活中，一旦发生短路，轻则会造成电路故障，重则引起火灾。

电路图

在用电器的说明书或安装图纸上，电路中的各种元器件都用统一规定的符号表示。电路中常用的电路元器件及其符号如表 13-2-1 所示。

表 13-2-1 几种常用的电路元器件及其符号

名 称	实物图	符 号
灯 泡		
干电池		
干电池组		(电 池 有 正、负两极，电 池符号中的长线 表示正极，短线 表示负极)
蓄电池		
开 关		 (断 开)  (闭 合)
导线 (T形相连)		
导线 (交叉相连)		

用规定的符号表示电路连接情况的图，叫做**电路图 (circuit diagram)**。

图 13-2-5 就是图 13-2-3 所示实物电路的电路图。

画电路图时，应做到以下几点：

- (1) 要用统一规定的符号。
- (2) 连接线要画得横平竖直。
- (3) 电路图要简洁、整齐、美观。

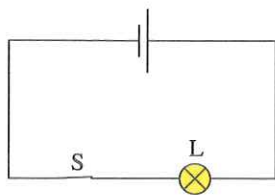


图 13-2-5 电路图

串联与并联



活动2

怎样使两个小灯泡同时发光

请用图 13-2-6 所示的器材连接成电路，设法使两个小灯泡同时发光。比一比，看谁先做好，再在图 13-2-6 右边的虚线框中画出相应的电路图。

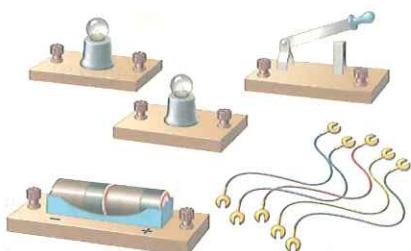
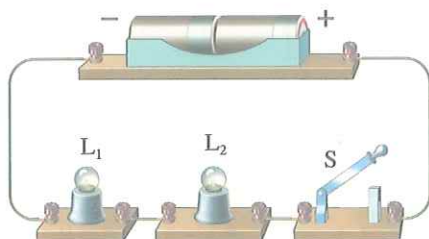


图 13-2-6 实验器材

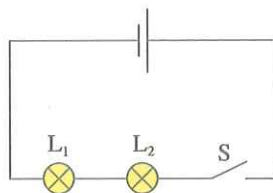
你画的电路图与其他同学画的电路图一样吗？将跟你不同的电路图画在右边的虚线框中。动手做一做，并观察各种连接方式中灯泡的发光情况。

通过实验可以发现，要使两个小灯泡同时发光，只有两种连接方式：

(1) **串联 (series connection)** —— 两个小灯泡逐个顺次相连。由用电器串联组成的电路叫做串联电路 (图 13-2-7)。



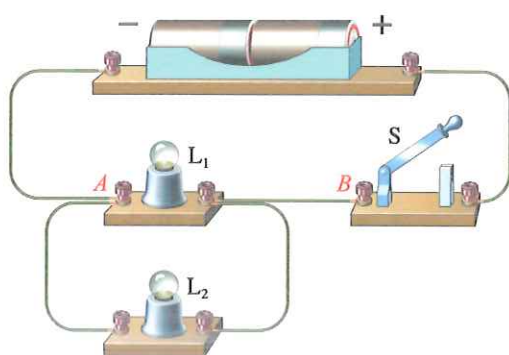
(a) 实物图



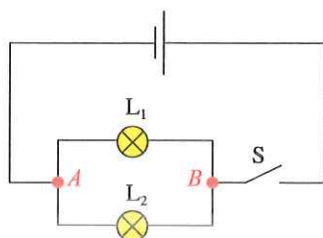
(b) 电路图

图 13-2-7 串联电路

(2) 并联 (**parallel connection**) ——两个小灯泡并列连接。由用电器并联组成的电路叫做并联电路 (图 13-2-8)。



(a) 实物图



(b) 电路图

图 13-2-8 并联电路

在并联电路中,用电器之间的连接点 A 和 B [图 13-2-8 (b)] 叫做电路的分支点。从电源两极到两个分支点这一部分电路叫做干路,两个分支点之间的各条电路叫做支路。

串联电路和并联电路是简单的电路,复杂的电路是由简单电路组成的。



想一想

在并联电路 (图 13-2-9) 中,接在干路上的开关 S 与接在支路上的开关 S_1 、 S_2 的作用有什么不同?

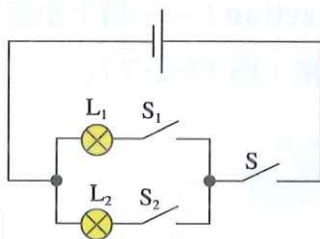


图 13-2-9 电路图

在并联电路中,如果一条支路断开了,另一条支路中的用电器还会工作吗?为什么?



在电子技术中,采用印刷加化学腐蚀的方法,将电路“印制”到绝缘板上,即可制成印刷电路板(图13-2-10)。组装电路时,将电子元器件、集成电路芯片插在电路板上,用焊接的方法连接电路,从而实现电路组装的自动化流水作业。

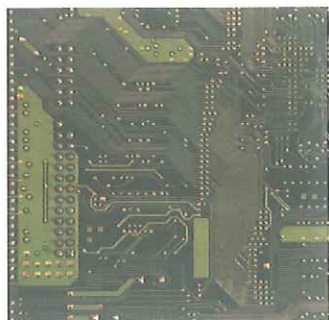


图 13-2-10 印刷电路板

自我评价与作业

1. 在连接电路的实验中,有没有发生因接触不良导致小灯泡不亮的情况? 你是怎样排除的?

2. 按照图 13-2-11 所示的实物电路,在虚线框中画出相应的电路图。图中灯泡 L_1 和 L_2 是串联的还是并联的? 开关 S 是接在干路上还是接在支路上?

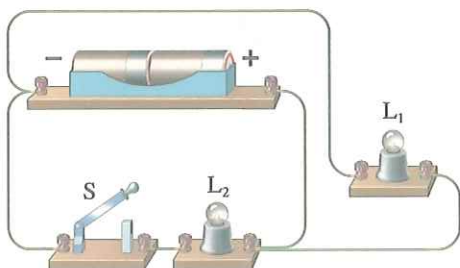
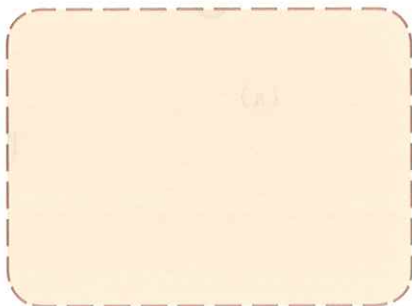


图 13-2-11



3. 在图 13-2-12 所示的电路中,哪些是串联电路? 哪些是并联电路?

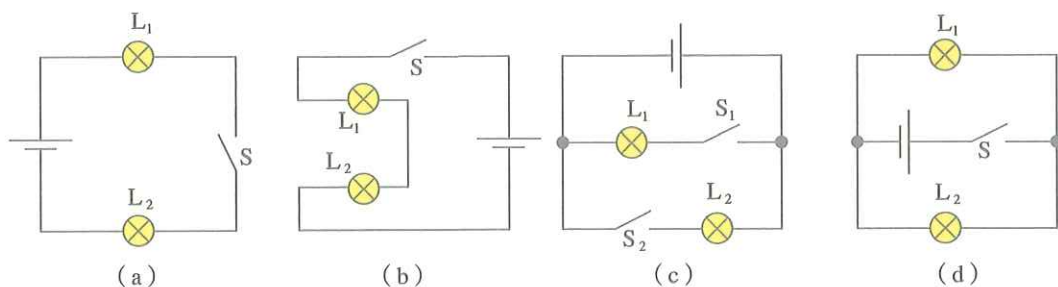
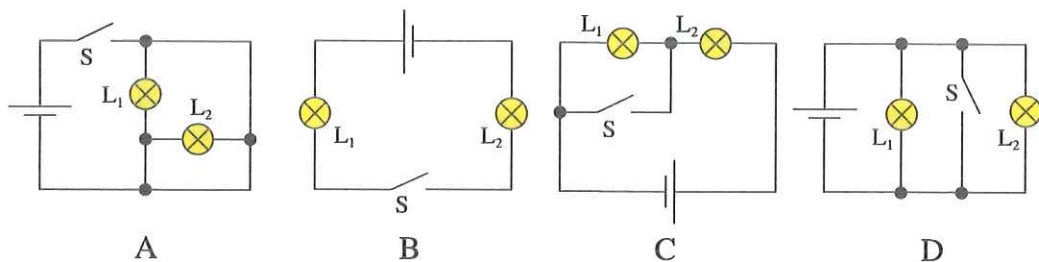
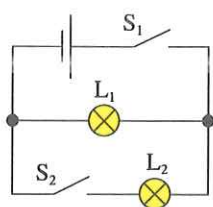


图 13-2-12

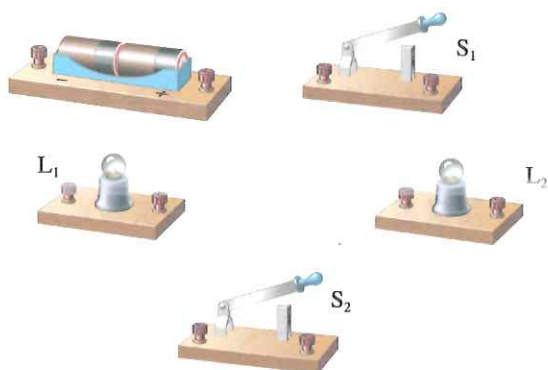
4. 在下面的电路中，开关 S 闭合后，两个灯泡都发光的是（ ）。



5. 请根据图 13-2-13 (a) 所示的电路图，将图 13-2-13 (b) 中的各电路元件连接成对应的电路（用笔画线表示导线）。



(a)



(b)

图 13-2-13

我们已经学过电路的组成及连接方式，为了进一步研究电路的规律，还必须知道一些电学的基本物理量，本节就来学习电流及其测量。

认识电流

马路上的车辆沿一定方向运动，形成车流；水管中的水沿一定方向流动，形成水流。与此类似，导体中的电荷沿一定方向移动，就会形成电流（electric current）。

电流是有方向的。物理学中规定，正电荷定向移动的方向为电流的方向。根据这个规定，在电路中，电流从电源的正极流出，经过开关、导线、用电器等流向电源的负极。（图 13-3-1）

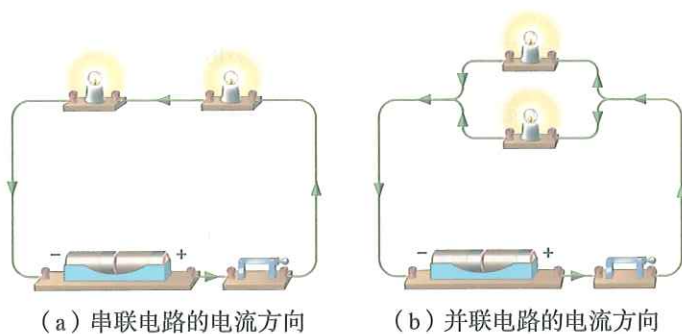


图 13-3-1 串联、并联电路的电流方向



活动1

比较电流的强弱

按图 13-3-2 所示的装置做实验，闭合开关，观察同一个灯泡在两次实验中的亮度是否相同。

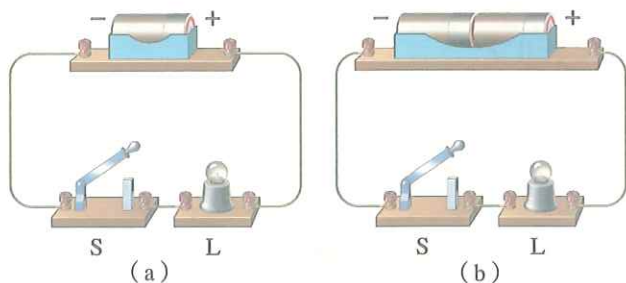


图 13-3-2 观察灯泡的亮度

通过实验发现，同一个灯泡在不同的电路中，通电时的亮度不同，这是因为电流是有强弱的。灯泡越亮，表明通过它的电流越大。

电流通常用字母 I 表示，在国际单位制中，电流的单位是安培（ampere），简称安，符号是A。这是为了纪念法国物理学家安培（A. M. Ampere, 1775—1836）而命名的。此外，还有比安培小的单位：毫安（mA）和微安（ μA ）。它们与安培之间的换算关系为

$$1\text{ mA} = 10^{-3}\text{ A}, 1\text{ }\mu\text{A} = 10^{-6}\text{ A}$$



信息浏览

部分常见的电流值如表 13-3-1 所示。

表 13-3-1 部分常见的电流值

计算器的电流	约 $100\text{ }\mu\text{A}$	家用电冰箱的电流	约 1 A
手电筒的电流	约 0.2 A	电饭煲的电流	约 2 A
写字台灯的电流	约 0.2 A	家用空调的电流	约 5 A
液晶电视机的电流	$0.5\sim 1\text{ A}$	雷电的电流	可达 10^5 A

电流的测量

电路中的电流可以用电流表（ammeter）测量。



活动2

认识电流表



(a) 实验室用电流表



(b) 工业用电流表



(c) 电流表的电路符号

图 13-3-3 电流表

观察图 13-3-3, 认识电流表, 并对照电流表实物, 认真阅读使用说明。

实验室用电流表使用说明 (节选)

1. 使用前, 应检查指针是否对准零刻度线。如果有偏差, 需先“校零”。
2. 电流表必须串联在被测的那部分电路中; 使电流从电流表的“+”接线柱流入, 从“-”接线柱流出。[图13-3-4 (a)]

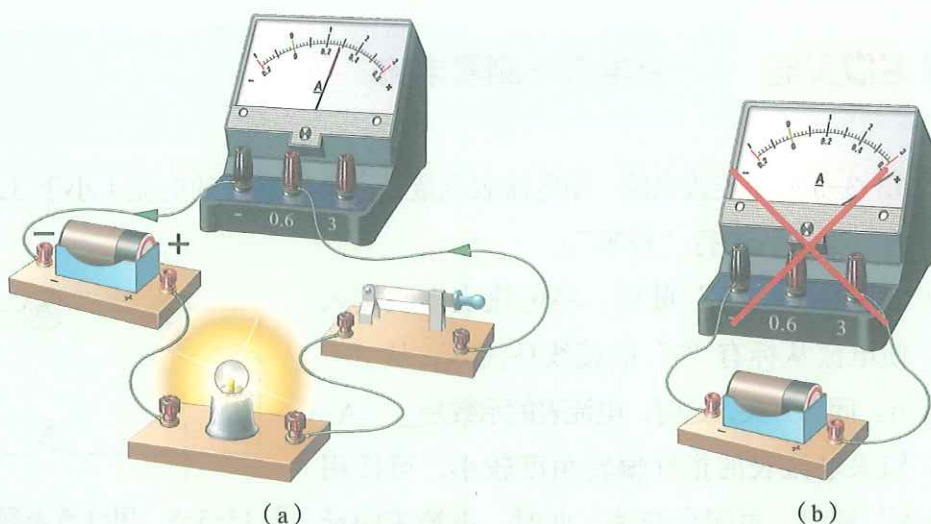


图 13-3-4 电流表的连接

3. 电流表都有一定的量程 (允许测量的最大电流), 通过电流表的电流不能超出它的量程。图 13-3-3 (a) 所示的电流表有两个量程, 分别是“ $0 \sim 0.6 \text{ A}$ ”和“ $0 \sim 3 \text{ A}$ ”。两个量程共用一个“-”接线柱, 电流表的刻度盘上也有两挡对应的刻度值。测量前应估计被测电流的大小, 选择合适的量程。

4. 在不能估计被测电流大小的情况下, 应先选用大的量程, 并用试触法判断电流的大小, 然后再根据情况, 选用合适的量程。

安全小提示: 严禁将电流表直接连在电源两极之间 [图 13-3-4 (b)], 否则会烧坏电流表。

观察实验室常用的电流表 [图 13-3-3 (a)], 并完成下列填空。

(1) 这种电流表有_____个接线柱, 其中标有“-”的接线柱为共用接线柱。连接电路时, 应使电流从_____接线柱流入, 从_____接线柱流出。

(2) 这种电流表有_____个量程。对于“ $0 \sim 3 \text{ A}$ ”量程，刻度盘上每小格表示的电流是_____A；对于“ $0 \sim 0.6 \text{ A}$ ”量程，刻度盘上每小格表示的电流是_____A。

(3) 电流表接入电路时应与被测电路_____联。

我们已经初步认识了电流表，现在用它来测量电流。



用电流表测量电流

按图 13-3-5 所示连接电路，用电流表测量通过小灯泡 L 的电流（小于 3 A ）。

(1) 先对电流表进行“校零”。

(2) 选用“ $0 \sim 3 \text{ A}$ ”量程，将电流表串联接入电路中。使电流从标有“3”的接线柱流入，从“-”接线柱流出。闭合开关，这时，电流表的示数是_____A。

(3) 如果电流表的指针偏转角度较小，可换用“ $0 \sim 0.6 \text{ A}$ ”量程，再闭合开关，此时，电流表的示数是_____A。

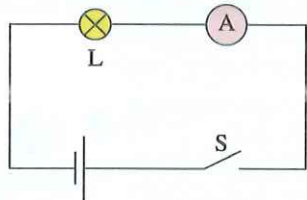


图 13-3-5 用电流表测电流的电路图

比较两次的测量结果，说明合理选择量程对测量结果的影响。在这个实验中，选择多大的量程比较合理？

通过上述实验我们知道，用电流表测量电流时，电流表与用电器串联，电流从电流表“+”接线柱流入，从“-”接线柱流出；当电流小于 0.6 A 时，选用“ $0 \sim 0.6 \text{ A}$ ”量程；当电流大于或等于 0.6 A 、小于 3 A 时，选用“ $0 \sim 3 \text{ A}$ ”量程。

自我评价与作业

1. 完成下列单位换算。

$$5 \times 10^{-5} \text{ A} = \text{_____ mA} = \text{_____ } \mu\text{A}.$$

2. 在图 13-3-6 所示的使用电流表的实物电路图中，哪些地方是错误的？请说明原因。

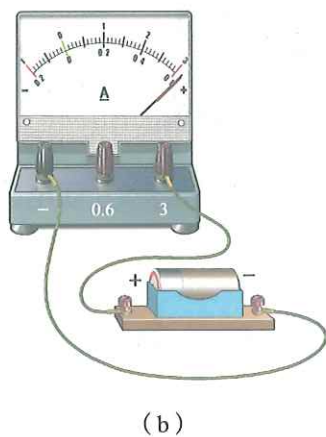
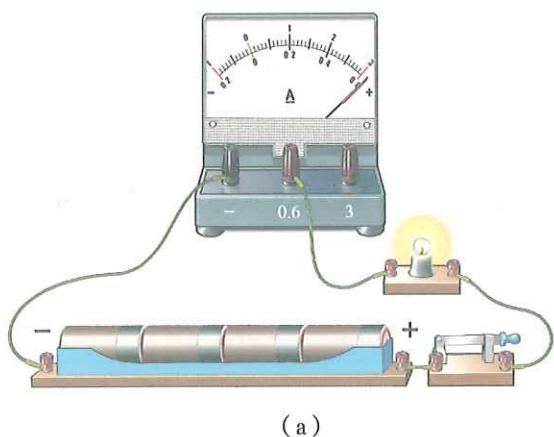


图 13-3-6

3. 某同学选用电流表的“0 ~ 0.6 A”量程，将它接入电路后，其指针如图 13-3-7 所示，这时电流表的示数是_____A。

4. 根据图 13-3-8 中的元器件，在虚线框内画出电路图。要求 L_1 、 L_2 两灯并联，开关控制整个电路，电流表测通过 L_2 的电流。并用笔画线表示导线，对应所画的电路图，把图 13-3-8 中的元器件连接起来。(电流表用“0 ~ 0.6 A”的量程)

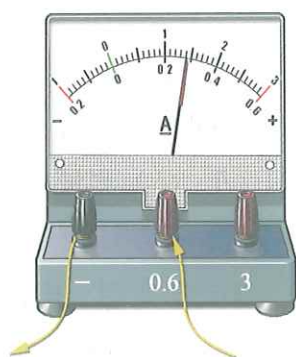


图 13-3-7

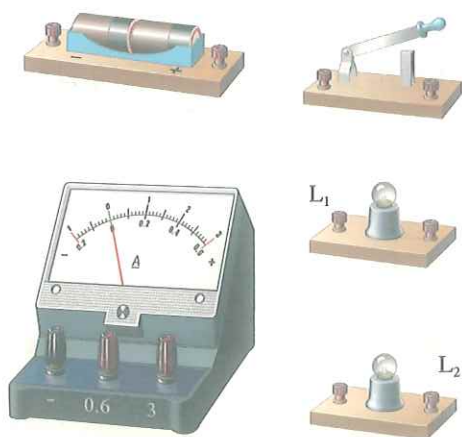


图 13-3-8



13.4

串联、并联电路中电流的特点

串联电路和并联电路中的电流有什么特点呢？下面通过实验来进行探究。

串联电路中的电流



探究串联电路中电流的特点

●提出问题

在如图 13-4-1 所示的串联电路中，各处（如以 A 、 B 、 C 为测量点）的电流相等吗？

●猜想与假设

有同学猜想，电流从电源正极流出，从 A 到 C 沿路消耗，电流可能会越来越小。

也有同学猜想，串联电路只有一条通路，因此，电流应该处处相等。

你的猜想是什么？

●设计实验与制订方案

某同学根据自己的猜想，设计实验，并画出如图 13-4-2 所示的实验电路图。你是怎样设计的？请与同学交流讨论。

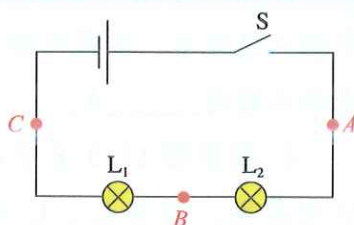
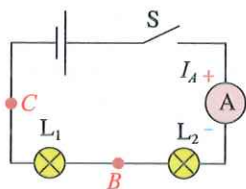
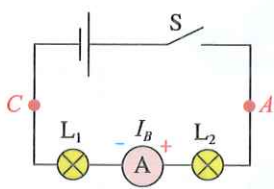


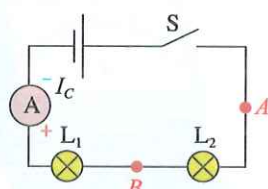
图 13-4-1 串联电路



(a) 测量 A 处的电流



(b) 测量 B 处的电流



(c) 测量 C 处的电流

图 13-4-2 测量串联电路中各处的电流

●获取和处理信息

- (1) 根据电路图连接电路，并合理选择电流表的量程。
- (2) 分别读出电流表在 A 、 B 、 C 三处的示数，并记录在表 13-4-1 中。

表 13-4-1 数据记录表

实验序号	A 处的电流 I_A/A	B 处的电流 I_B/A	C 处的电流 I_C/A
1			
2			
...			

- (3) 更换不同规格的灯泡或电源电压，重复上述实验步骤，再测量 1~2 次。
- (4) 把实验过程中出现的问题记录下来，并与同学、老师讨论解决。

交流讨论实验数据，可以得出结论：

串联电路中各处的电流是相等的。

$$I_A = I_B = I_C$$

并联电路中的电流



必做实验

探究并联电路中电流的特点

●提出问题

在如图 13-4-3 所示的并联电路中，图中各处（如选择 A 、 B 、 C 为测量点）的电流有怎样的关系呢？

●猜想与假设

有同学猜想，既然各处都在同一个电路中，可能与串联电路一样，电流处处相等。

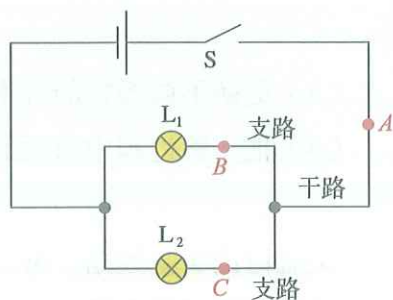


图 13-4-3 并联电路

也有同学猜想，电流由一条干路分别流到两条支路，这两条支路中的电流之和可能等于干路中的电流。

到底哪个猜想合理呢？

●设计实验与制订方案

根据猜想，某同学设计实验，并画出如图 13-4-4 所示的实验电路图。你是怎样设计的？请与同学交流讨论。

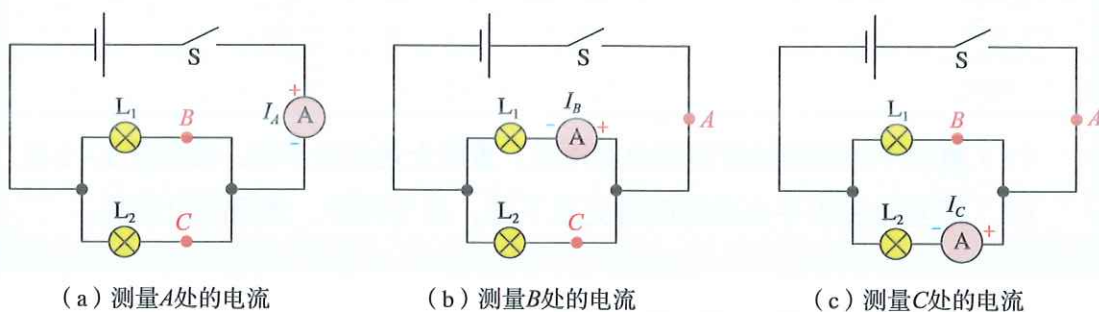


图 13-4-4 测量并联电路中各处的电流

●获取和处理信息

- (1) 根据电路图连接电路，并合理选择电流表的量程。
- (2) 分别读出电流表在 A、B、C 三处的示数，并记录在表 13-4-2 中。

表 13-4-2 数据记录表

实验序号	A 处的电流 I_A/A	B 处的电流 I_B/A	C 处的电流 I_C/A
1			
2			
...			

- (3) 更换不同规格的灯泡或电源电压，重复上述实验步骤，再测 1~2 次。
- (4) 把实验过程中出现的问题记录下来，并与同学、老师讨论解决。

交流讨论实验数据，可以得出结论：

并联电路干路中的电流等于各支路中的电流之和。

$$I_A = I_B + I_C$$

1. 在探究串联电路电流特点的实验中, 你是怎样选择电流的测量点的? 如果选择电路中的其他点, 测量结果会相同吗?

2. 在如图 13-4-5 所示的电路中, 电流表 A_1 的示数是 0.4 A , 电流表 A 的示数是 1 A , 那么电流表 A_2 的示数应是多少? 标出图中各电流表的“+”“-”接线柱及电路中电流的方向。

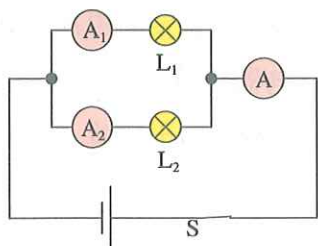


图 13-4-5

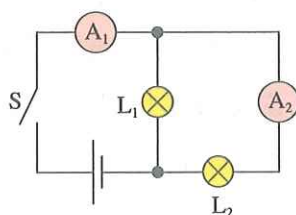
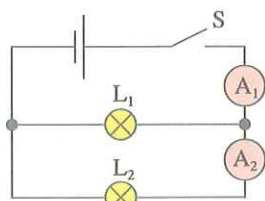


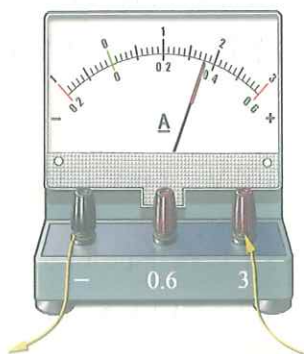
图 13-4-6

3. 在如图 13-4-6 所示的电路中, 电流表 A_1 测量的是____的电流, 电流表 A_2 测量的是____的电流。

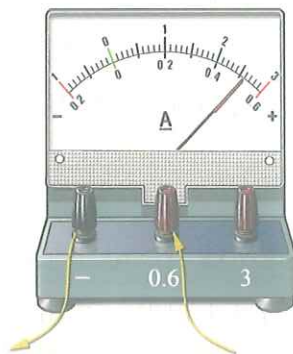
4. 如图 13-4-7 (a) 所示, 当开关 S 闭合时, 两个电流表的示数分别由图 13-4-7 (b) (c) 读得, 则灯泡 L_1 和 L_2 中的电流分别是____ A 和____ A 。



(a)



(b)



(c)

图 13-4-7

电流是由电荷的定向移动形成的,那么,是什么原因使电荷定向移动的呢?

电源与电压

我们知道,当水管两端存在压力差时,水管中的水就会流动,形成水流。同样,要在一段电路中形成电流,这段电路的两端就一定要有**电压 (voltage)**。

电源就是给电路两端提供电压的装置。用电器工作时需要消耗电能,因此,也可以说电源是提供电能的装置。图 13-5-1 所示的干电池、蓄电池、纽扣电池、发电机等都是生产和生活中常用的电源。



图 13-5-1 常用电源

电压通常用字母 U 表示,在国际单位制中,电压的单位是**伏特 (volt)**,简称伏,符号是 V 。这是为了纪念意大利物理学家伏特 (A. Volta, 1745—1827) 而命名的。比伏特大的单位有千伏 (kV),比伏特小的单位有毫伏 (mV),它们的换算关系为

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

高压输电的电压很高,常用千伏作单位 (图 13-5-2);手机接收到的网络信号的电压很低,常用毫伏作单位 (图 13-5-3)。



图 13-5-2 高压输电的电压
常用千伏作单位



图 13-5-3 手机接收到的网络信号的
电压常用毫伏作单位



部分常见的电压值如表 13-5-1 所示。

表 13-5-1 部分常见的电压值

维持人体生物电流的电压	约 1 mV
一节干电池的电压	1.5 V
手机锂电池的电压	约 3.6 V
对人体安全的电压	$\leq 36\text{ V}$
家庭生活用电的电压	220 V
工厂生产用电的电压	380 V
雷电的电压	可达 10^3 kV

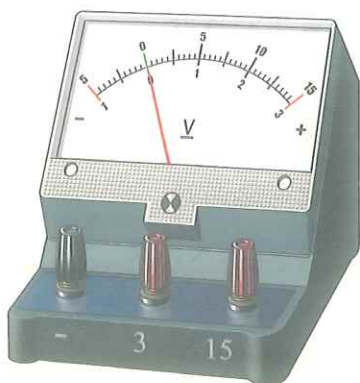
电压的测量

电压的大小可用电压表（voltmeter）测量。



活动

认识电压表



(a) 实验室用电压表



(b) 工业用电压表



(c) 电压表的电路符号

图 13-5-4 电压表

观察图 13-5-4，认识电压表，并对照电压表实物，认真阅读使用说明。

实验室用电压表使用说明（节选）

1. 测量前，应检查指针是否对准零刻度线。如果有偏差，需先“校零”。

2. 测电压时，电压表必须并联在被测电路的两端，并使电流从电压表的“+”接线柱流入，从“-”接线柱流出。（图 13-5-5）

3. 各种电压表都有一定的量程（允许测量的最大电压），被测电压不能超出它的量程。图 13-5-4（a）所示的电压表有两个量程，分别是“0~3 V”和“0~15 V”。两个量程共用一个“-”接线柱，因此，电压表的刻度盘上也有两挡对应的刻度值。测量前应根据被测电压的大小，选择合适的量程。

4. 在不能估计被测电压大小的情况下，应先选用大的量程，并用试触法判断电压的大小，然后再根据情况，选用合适的量程。

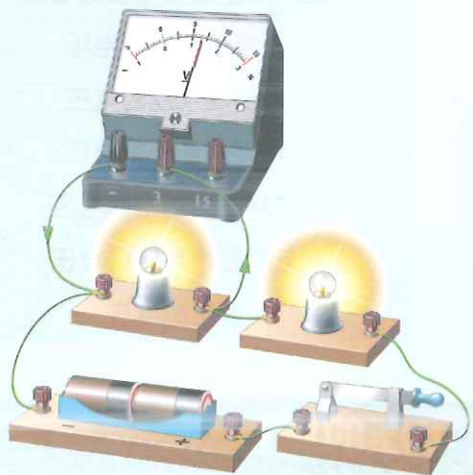


图 13-5-5 电压表的连接

观察实验室常用的电压表 [图13-5-4（a）]，并完成下列填空。

（1）实验室常用的电压表有两个量程，分别是_____、_____，对应的刻度盘上每一小格表示的电压分别是_____、_____。

（2）测某段电路的电压时，应将电压表_____联在该电路两端。

（3）电压表并联在电路中时，应使电流从_____接线柱流入，从_____接线柱流出。

我们已经认识了电压表，下面学习使用电压表。



必做实验

用电压表测量干电池的电压

请用电压表分别测出一节干电池、两节干电池串联（图13-5-6）、三节干电池串联的电压。根据测量结果说明：不同节数的干电池的电压之间有怎样的关系？

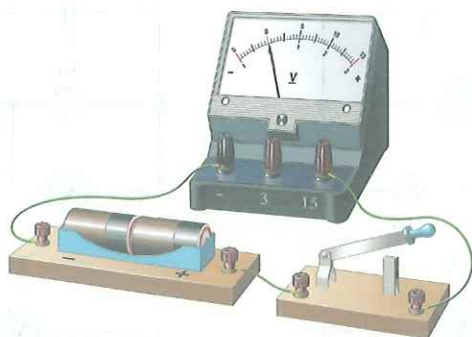


图 13-5-6 用电压表测量干电池的电压

测一节干电池的电压时，有同学选用电压表“0~3 V”的量程，也有同学选用“0~15 V”的量程，你认为选用哪种量程更合理？请测一测。

通过上述活动，我们知道用电压表测量电压时，电压表应与电源或用电器并联，电流从电压表“+”接线柱流入，从“-”接线柱流出。当电压小于3 V时，选用“0~3 V”量程；当电压大于或等于3 V、小于15 V时，选用“0~15 V”量程。

自我评价与作业

1. 一节干电池的电压是_____V，我国家庭电路的电压是_____V，对人体安全的电压不超过_____V。

2. 用图 13-5-4 (a) 所示的电压表测量一节干电池的电压，应选用哪个量程？三个蓄电池串联后的电压约为6 V，用电压表测量其电压时，应选用电压表的哪个量程？

3. 某同学在做电学实验时, 不慎将电压表和电流表在电路中的位置对换, 造成如图 13-5-7 所示的情况。若开关闭合, 将导致什么结果?

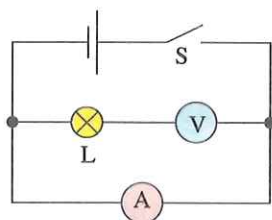
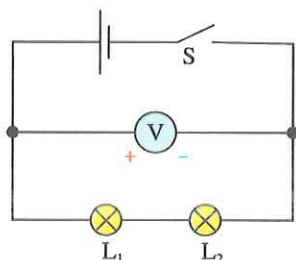
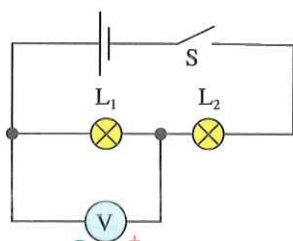


图 13-5-7

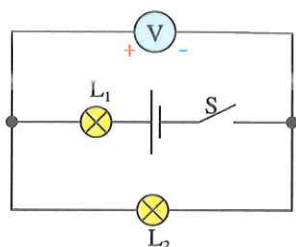
4. 在下面的电路图中, 能测出灯泡 L_1 两端电压的正确电路图是 ()。



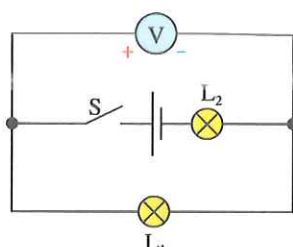
A



B



C



D

5. 如图 13-5-8 所示, 闭合开关, 两灯都不亮。排除接触不良的因素后, 为检查两盏灯的故障, 小华同学先将电压表与灯 L_1 并联, 观察到电压表无示数, 再将电压表与灯 L_2 并联, 观察到电压表有示数。请你判断: 电路中哪盏灯出现了故障, 是什么故障?

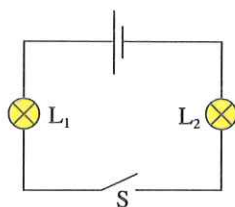


图 13-5-8

13.6

串联、并联电路中电压的特点

我们已经知道了串联、并联电路中电流的特点，那么，串联、并联电路中的电压又存在什么特点呢？

串联电路中的电压



必做实验

探究串联电路中电压的特点

●提出问题

在如图 13-6-1 所示的串联电路中，灯泡 L_1 、 L_2 两端的电压 U_1 、 U_2 与 L_1 、 L_2 串联后两端的总电压 U 之间有怎样的关系呢？

●设计实验与制订方案

分别画出测量灯泡 L_1 、 L_2 两端的电压以及 L_1 和 L_2 串联后两端的总电压的电路图（图 13-6-2）。

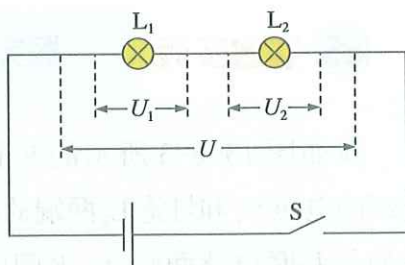
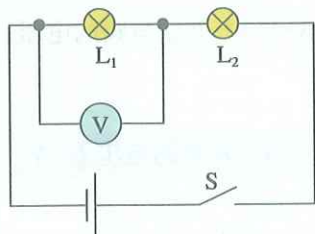
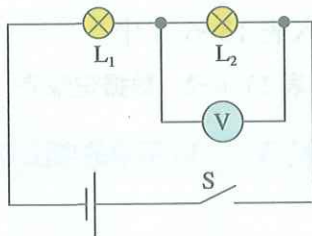


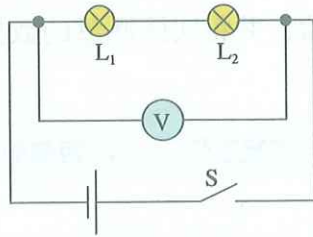
图 13-6-1 串联电路的电压



(a) 测量 L_1 两端的电压



(b) 测量 L_2 两端的电压



(c) 测量 L_1 和 L_2 串联后两端的总电压

图 13-6-2 测量串联电路的电压

●获取和处理信息

分别按电路图连接电路进行实验，并更换不同规格的灯泡或电源电压重复上述实验，将测量的结果填入表 13-6-1 中。

表 13-6-1 数据记录表

实验序号	L_1 两端的电压 U_1/V	L_2 两端的电压 U_2/V	总电压 U/V
1			
2			
...			

交流讨论实验数据，可以得出结论：

串联电路两端的总电压等于各部分电路两端的电压之和。

$$U = U_1 + U_2$$

并联电路中的电压



必做实验

探究并联电路中电压的特点

在如图 13-6-3 所示的并联电路中，灯泡 L_1 两端的电压 U_1 和灯泡 L_2 两端的电压 U_2 是否相等？它们与并联电路两端 A 、 B 间的电压 U 又有怎样的关系呢？

请设计实验电路图和实验步骤，然后进行实验，并将实际测量的数据填入表 13-6-2 中。

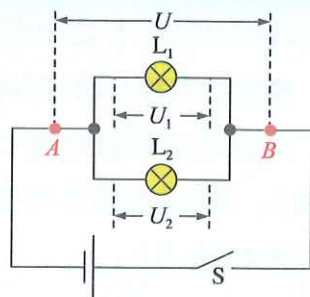


图 13-6-3 并联电路的电压

表 13-6-2 数据记录表

实验序号	L_1 两端的电压 U_1/V	L_2 两端的电压 U_2/V	A 、 B 间的电压 U/V
1			
2			
...			

交流讨论实验数据，可以得出结论：

并联电路中，各支路两端的电压等于电源两端的电压。

$$U = U_1 = U_2$$

1. 如图 13-6-4 所示, 在探究串联电路中的电压关系时, 小华同学用电压表测出 AB 、 BC 、 AC 间的电压后, 下一步应该做的是 ()。

- A. 整理器材, 结束实验
- B. 分析数据, 得出结论
- C. 换用不同规格的小灯泡, 再测出几组电压值
- D. 换用电压表的另一量程, 再测出一组电压值

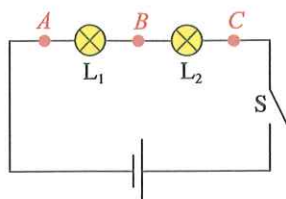
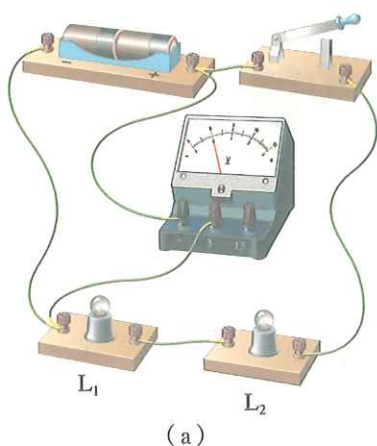
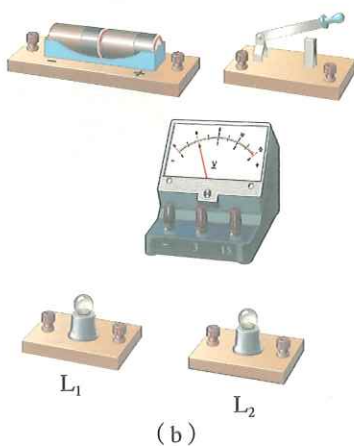


图 13-6-4

2. 图 13-6-5 (a) 是某同学为测量灯泡 L_1 两端电压所连接的电路。这个电路正确吗? 如果不正确, 请在图 13-6-5 (b) 中画出正确的连接方式。



(a)



(b)

图 13-6-5

3. 在如图 13-6-6 所示的电路中, 电压表 V 的示数是 12 V , 电压表 V_2 的示数是 4 V , 那么电压表 V_1 的示数应该是多少? 标出图中各电压表的“+”“-”接线柱及灯泡 L_1 、 L_2 中的电流方向。

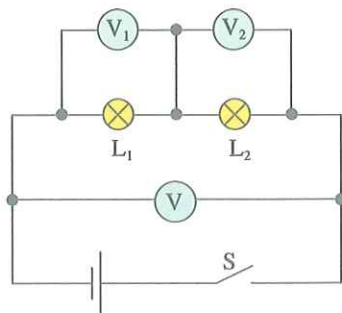
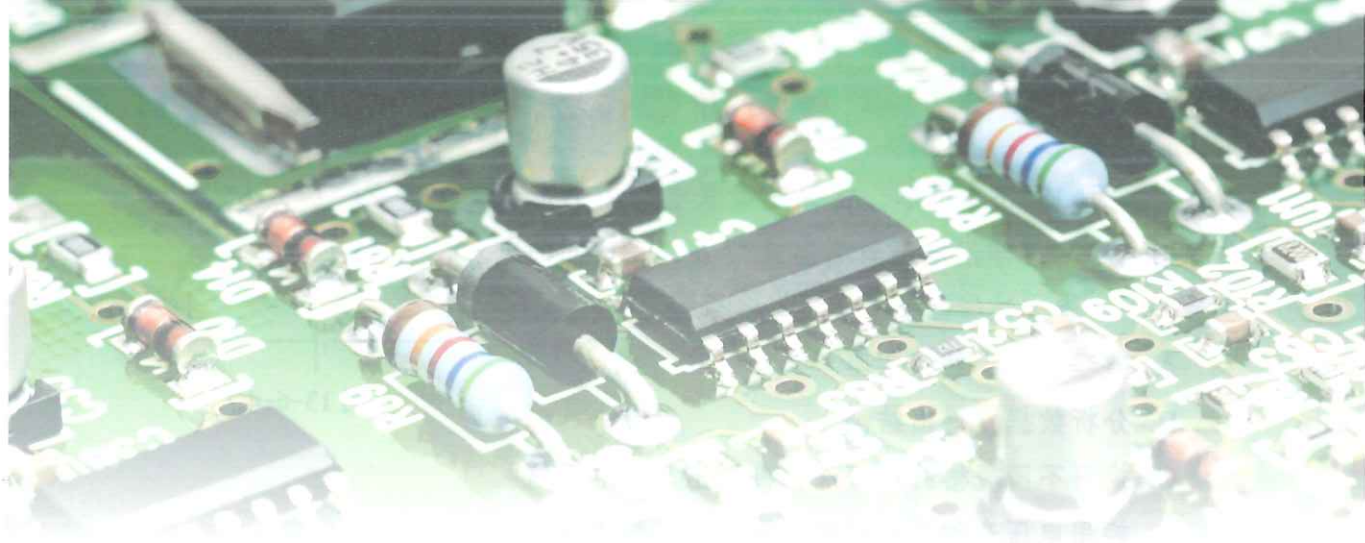


图 13-6-6

课外活动

了解电池在现实生活中的作用, 以及废旧电池对环境的危害, 并调查自己生活的社区中废旧电池的回收情况。



第十四章

欧姆定律

14.1 电 阻

14.2 欧姆定律

14.3 欧姆定律的应用

14.1 电 阻

铜是应用最广泛的导体材料，大多数电线要用铜作为导体。铁也能导电，而且量多价廉，为什么不用来做导线呢？

导体的电阻

下面我们先通过一个实验来比较导体对电流的阻碍作用。

在图 14-1-1 所示电路的 A 、 B 两点之间，先后接入长度和粗细均相同的铜丝和镍铬合金丝，观察灯泡的亮度和电流表指针偏转情况。可以发现，这两种导体对电流的阻碍作用不同。在相同的电压下，通过铜丝的电流较大，说明铜丝对电流的阻碍作用较小；通过镍铬合金丝的电流较小，说明镍铬合金丝对电流的阻碍作用较大。

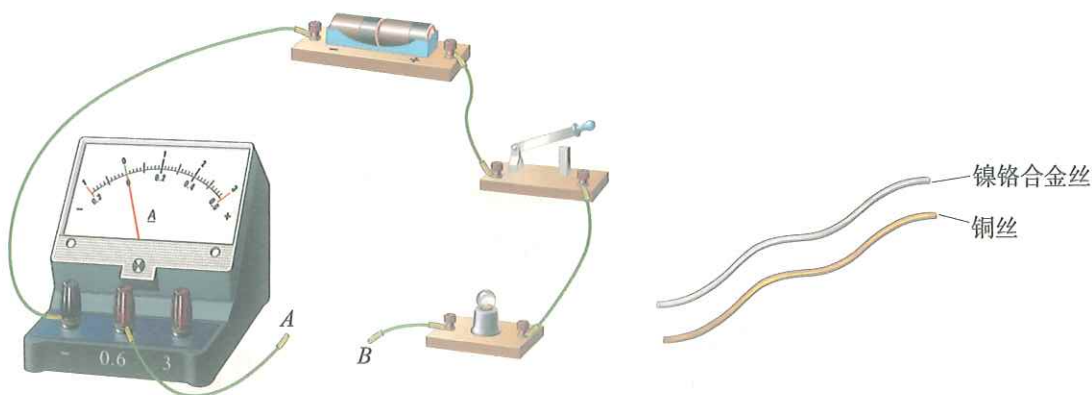


图 14-1-1 比较不同导体对电流的阻碍作用

实验表明，不同的金属丝对电流的阻碍作用是不一样的。

物理学中用**电阻**（**resistance**）表示导体对电流阻碍作用的大小，电阻通常用符号 R 来表示。

在国际单位制中，电阻的单位是**欧姆**（**ohm**），简称**欧**，符号是 Ω 。这是为了纪念德国物理学家欧姆（G. S. Ohm, 1787—1854）而命名的。

较大的电阻单位有**千欧**（ $\text{k}\Omega$ ）和**兆欧**（ $\text{M}\Omega$ ），它们与欧姆的换算关系为

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

影响电阻大小的因素

研究表明，导体电阻的大小与导体的材料、长度、横截面积（粗细）等因素有关。下面通过实验进行探究。



探究导体的电阻与哪些因素有关

探究导体电阻的实验装置如图 14-1-2 所示，演示板上固定着三根金属丝，其材料和直径见图（图中金属丝均为圆柱形，直径单位为毫米）。

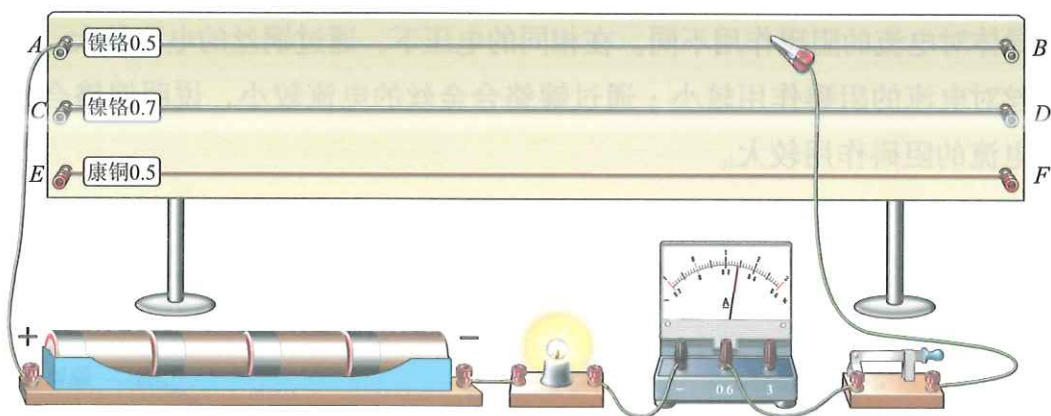


图 14-1-2 探究影响导体电阻大小的因素

1. 探究导体电阻与导体的长度的关系

如图 14-1-2 所示，连接电路，闭合开关。让鳄鱼夹在 A 、 B 之间移动，观察灯泡的亮度和电流表示数的变化情况。

实验结果表明：

导体的电阻与导体的长度有关，导体越长，电阻越_____。

利用图 14-1-2 所示的器件，按下面第2、3点的要求设计方案，进行实验。



进行实验时，可用控制变量法。先使导体的材料和横截面积不变，研究电阻与导体长度的关系；再保持导体的材料和长度不变，研究电阻与导体的横截面积的关系；接着保持导体的长度和横截面积不变，研究电阻与导体的材料的关系。

2. 探究导体电阻与导体的横截面积的关系

实验结果表明：

导体的电阻与导体的横截面积有关，导体横截面积越大，电阻越_____。

3. 探究导体电阻与导体的材料的关系

实验结果表明：

导体的电阻与导体材料有关，不同材料的导体，其电阻_____（选填“相同”或“不同”）。

通过大量的实验可知，导体的电阻是导体本身的一种性质，它的大小与导体的材料、长度、横截面积有关。长度、横截面积都相同的不同材料的导体，其电阻一般不同。同种材料的导体越长，电阻越大；同种材料的导体横截面积越大，电阻越小。

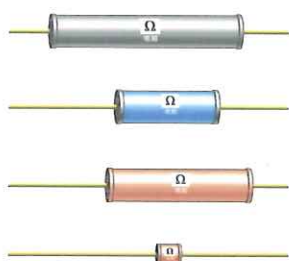
进一步的研究表明，导体的电阻还与温度有关。例如，多数金属的电阻随温度的升高而增大，一个正常发光的灯泡，其灯丝的电阻比不发光时要大。表 14-1-1 是几种导电材料的电阻。

表 14-1-1 几种导电材料的电阻

名 称	规格（长度 / 横截面积 / 温度）	电阻 R/Ω
镍铬合金	100 cm / 1 mm ² / 20 ℃	约 1
铁		约 0.096
铝		约 0.027
铜		约 0.017
银		约 0.016

电阻器

在物理实验及电子技术中常常需要各种电阻器（图 14-1-3）。电阻值固定不变的电阻器称为定值电阻，其电路符号是“”；电阻值可以调节的电阻器叫做变阻器。常用的变阻器有滑动变阻器（电路符号是“”）、电位器等。



(a) 定值电阻



(b) 滑动变阻器



(c) 用电器中使用的变阻器——电位器

图 14-1-3 各种电阻器



认识滑动变阻器

实验室常用的滑动变阻器如图 14-1-4 所示， A 、 B 、 C 、 D 为接线柱。

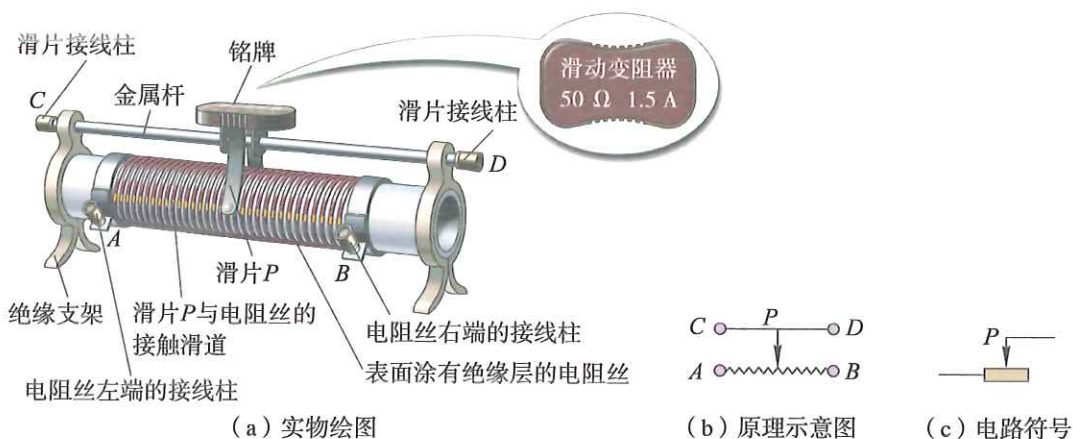


图 14-1-4 滑动变阻器

观察滑动变阻器的结构及铭牌，回答下列问题。

- (1) 滑动变阻器是通过改变电阻丝的_____来改变电阻的。
- (2) 这个滑动变阻器的铭牌标示值是_____ Ω ，这个值指的是哪两个接线柱间的电阻？
- (3) 滑片是怎样与电阻丝接触的？哪两个接线柱之间的电阻很小，几乎为零？
- (4) 如图 14-1-4 所示的变阻器，当滑片 P 向右滑动时，哪两个接线柱间的电阻变大？哪两个接线柱间的电阻变小？哪两个接线柱间的电阻不变？

通过上述活动，可以知道滑动变阻器是通过改变接入电路中电阻丝的长短来改变电阻大小的。



想一想

滑动变阻器上有四个接线柱，通常接入电路时只需接两个，共有几种接法？在每种接法中，滑动变阻器上哪些部分有电流通过？哪几种接法不能起到改变电阻的作用？



活动3

用滑动变阻器改变通过小灯泡的电流

提出你的设计方案，并与同学讨论。按照设计方案在图 14-1-5 中选择实验器材，并在虚线框中画出电路图，连接电路，进行实验。请思考以下问题：

(1) 应该怎样连接电路，才能使滑动变阻器起到改变电路电阻的作用？

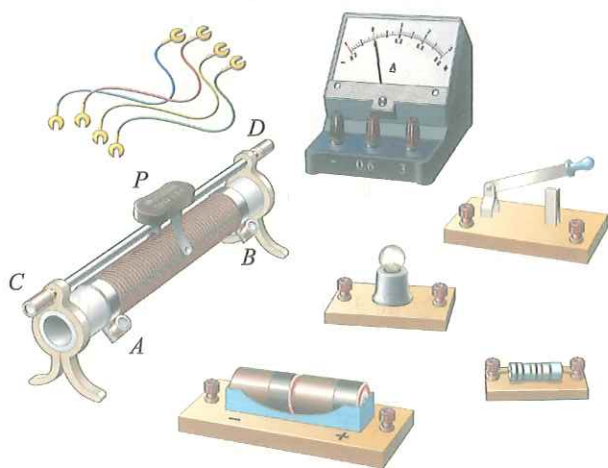


图 14-1-5 实验器材

(2) 接通电路后，滑片向哪边移动，可以使小灯泡由暗变亮？你还能通过调节滑动变阻器使小灯泡由亮变暗吗？

实验表明，使用滑动变阻器可以改变电路中电流的大小。

1. 关于导体的电阻, 下列说法正确的是 ()。

A. 粗细相同的两根导线, 较长的导线电阻一定较大

B. 镍铬合金丝的电阻一定比铜丝的电阻大

C. 长度相同的两根导线, 横截面积较小的导线的电阻一定较大

D. 同种材料制成的长度相同的两根导线, 横截面积较大的导线的电阻较小

2. 实验室里某滑动变阻器的铭牌上标有“ $20\ \Omega\ 1\text{ A}$ ”字样, 它表示该变阻器的电阻变化范围是_____, “ 1 A ”表示该滑动变阻器的_____。

3. 图 14-1-6 是用滑动变阻器 R 改变通过灯泡 L 的电流大小的电路图, P 是滑动变阻器的滑片。要减小电流, 滑片 P 应该向哪边移动? 要增大电流, 滑片 P 又应该向哪边移动?

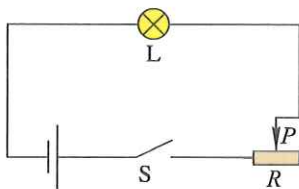


图 14-1-6



图 14-1-7

4. 图 14-1-7 是电阻箱实物图, 将各旋钮对应的指示点的示数乘面板上标记的倍数, 再将它们相加, 就是电阻箱接入电路的电阻值。图 14-1-7 中的示数为_____ Ω 。

5. 图 14-1-8 是滑动变阻器的原理示意图, 其中 AB 是电阻丝, CD 是金属杆, P 是滑片。若将滑动变阻器的 A 、 D 两个接线柱接入某电路, 且滑动变阻器与小灯泡串联。当滑片 P 向右移动时, 接入电路的电阻将变_____, 小灯泡亮度变_____。

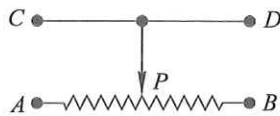


图 14-1-8

14.2

欧姆定律

我们已经知道，电路中的电阻或电压发生变化时，电路中的电流就会发生变化。那么，电路中的电流与电压、电阻之间究竟存在怎样的关系呢？让我们通过实验进行探究。

电流与电压、电阻的关系

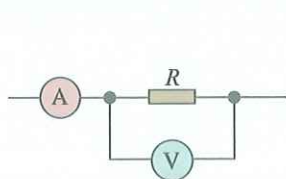


必做实验

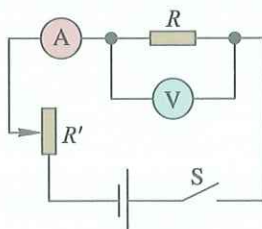
探究电流与电压、电阻的关系

●设计实验与制订方案

这里以电阻 R 为研究对象，探究通过这个电阻的电流、电阻两端的电压及电阻三者之间的关系。为了测量通过电阻 R 的电流和它两端的电压，某同学在老师的指导下，设计了如图 14-2-1 (a) 所示的部分电路图，并画出了如图 14-2-1 (b) 所示的实验电路图。你同意这个实验方案吗？在电路中接入滑动变阻器 R' 的作用是什么？



(a) 部分电路图



(b) 实验电路图

图 14-2-1 探究电流与电压、电阻关系的电路图

●获取和处理信息

1. 保持电阻 R 不变，研究电流 I 随电压 U 变化的情况

从图 14-2-2 中选择所需实验器材。取一个定值电阻 R ，如 $R = 5\ \Omega$ ，按图 14-2-1 (b) 所示的实验电路图连接电路。

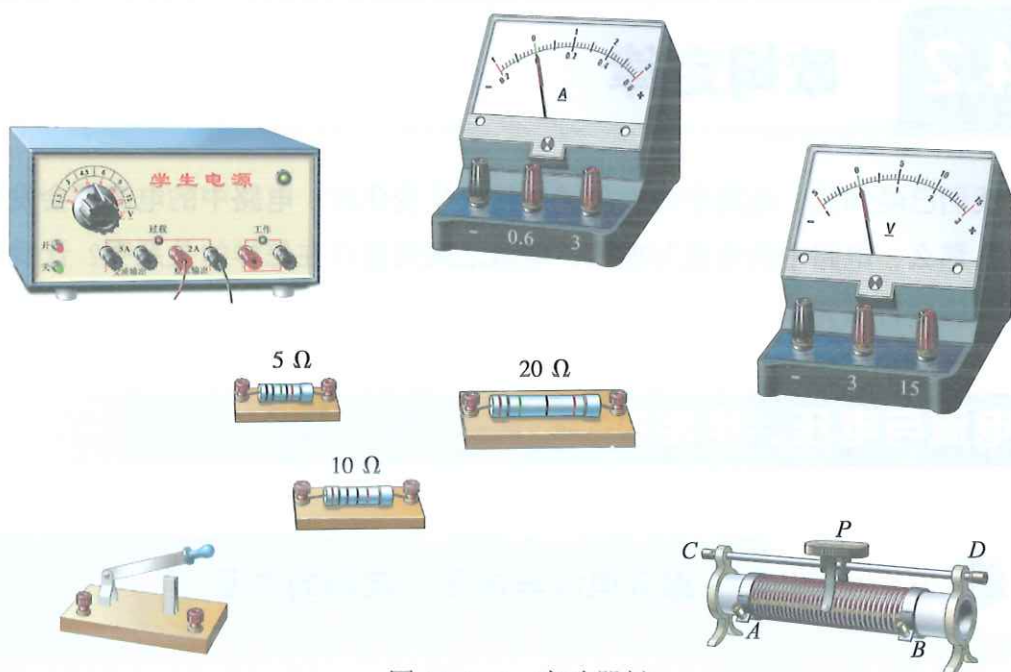


图 14-2-2 实验器材

闭合开关，调节滑动变阻器 R' ，使电阻 R 两端的电压呈整数倍变化（想一想为什么），如使电压 U 等于 2 V、4 V、6 V 等。

读出在不同电压下电流表的示数，并填入表 14-2-1 中。

表 14-2-1 不同电压下电流表的示数 ($R=5\ \Omega$)

实验序号	电压 U/V	电流 I/A
1	2	
2	4	
3	6	
...		

分析上述数据，得出实验结论：

保持电阻不变时，电流跟电压成_____关系。

2. 保持电压 U 不变，研究电流 I 随电阻 R 变化的情况

实验时，依次把 $5\ \Omega$ 、 $10\ \Omega$ 和 $20\ \Omega$ 的电阻接入电路，调节滑动变阻器 R' ，使电阻 R 两端的电压保持某一定值（如 6 V），测出接入不同电阻时的电流值，并填入表 14-2-2 中。

表 14-2-2 接入不同电阻时的电流值 ($U = 6\text{ V}$)

实验序号	电阻 R/Ω	电流 I/A
1	5	
2	10	
3	20	
...		

分析上述数据，得出实验结论：

保持电压不变时，电流跟电阻成_____关系。

实验中，你是怎样保持电阻 R 两端的电压不变的？请与同学交流。

欧姆定律

实验结果表明：通过导体的电流，跟这段导体两端的电压成正比，跟这段导体的电阻成反比。

这个规律叫做欧姆定律 (Ohm's law)。

如果用 U 表示导体两端的电压， R 表示导体的电阻， I 表示通过导体的电流，那么欧姆定律可以用公式表示为

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

上式中， I 、 U 、 R 的单位分别为安培 (A)、伏特 (V)、欧姆 (Ω)。

欧姆定律反映了通过一段导体的电流与加在这段导体两端的电压以及这段导体电阻之间的定量关系，知道了其中的两个量，就可以算出第三个量。在应用欧姆定律计算电压和电阻时，常用以下变换式

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

应用欧姆定律时，公式中的 I 、 U 、 R 应是同一段导体上的电流、电压和电阻。

例题 图 14-2-3 是手电筒的内部结构示意图，里面装有两节新干电池，两端电压为 3 V。用手将金属滑键向上推，接通电路，小灯泡发光时的电阻是 $12\ \Omega$ ，求通过小灯泡的电流的大小。

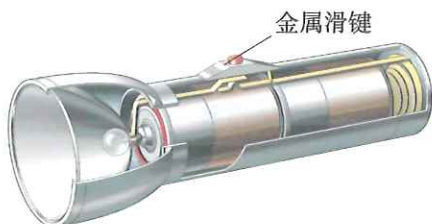


图 14-2-3 手电筒内部结构

分析：首先应根据题意画出电路图（图 14-2-4），并在图上标明已知量的符号、数值和未知量的符号，明确已知量，然后应用欧姆定律解题。

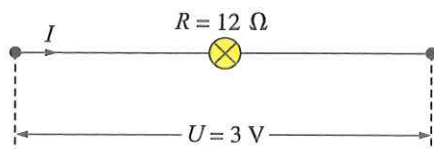


图 14-2-4 电路图

解：已知 $U = 3\text{ V}$ ， $R = 12\ \Omega$ 。

根据欧姆定律 $I = \frac{U}{R}$ ，代入数据，可得

$$I = \frac{3\text{ V}}{12\ \Omega} = 0.25\text{ A}$$

答：通过小灯泡的电流是 0.25 A。

根据串联、并联电路中电流和电压的特点，应用欧姆定律还能解决较为复杂的电路问题，而且常常有多种解题方法，请同学们在实践中勤于思考，勇于探索。



想一想

有人说，公式 $R = \frac{U}{I}$ 与公式 $I = \frac{U}{R}$ 在形式上相似，因而电阻 R 与电压成正比，与电流成反比。这种说法对吗？为什么？



信息浏览

我们现在学习的欧姆定律公式，看上去很简单，可是，当年作为中学教师的欧姆为了总结这个规律花费了十多年的心血。当时的实验条件很差，没有

测量电流的仪器，电源的电压也很不稳定，但欧姆凭着自己不懈的努力和少年时期在作坊里练出的一双巧手，经历无数次的失败，才制成了比较精确的测量电流的仪器。经过多年的潜心研究，欧姆终于取得了成功。他的研究成果发表于1826年，但当时的物理学界并不重视。后来，随着对电的研究的深入，人们最终认识到这一成果的重要性，欧姆也被聘为大学教授，并获得英国皇家学会的奖章。

自我评价与作业

1. 为了探究通过电阻 R 的电流与电阻 R 两端电压的关系，某同学将实验器材连接成如图 14-2-5 所示的电路。图中有一根导线连接错误，请你在连接错误的导线上打“×”并补画出正确的连线。

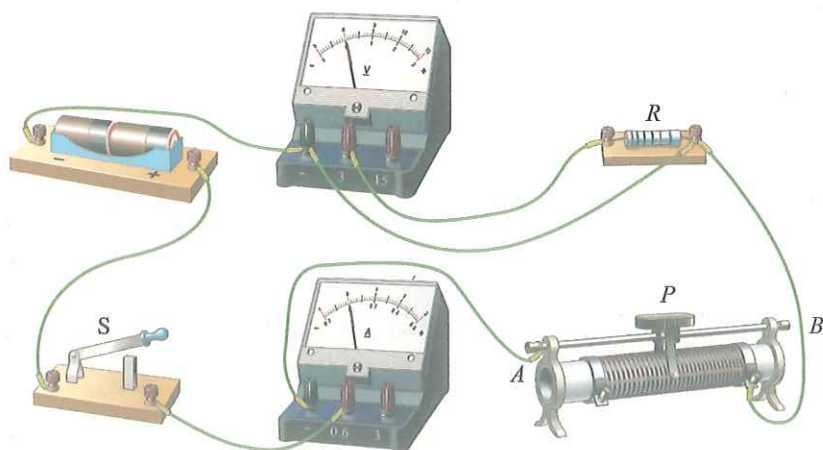


图 14-2-5

2. 某导体两端的电压为 3 V，通过它的电流为 200 mA，这个导体的电阻是多大？现将电压增加到 6 V，若用有 0~0.6 A、0~3 A 两种量程的电流表来测量通过该导体的电流，应选用哪一种量程？

3. 在图 14-2-6 所示电路中，闭合开关，在滑动变阻器的滑片 P 向右移动过程中，电流表 A 的示数将_____，电压表 V_1 的示数将_____，电压表 V_2 的示数将_____。

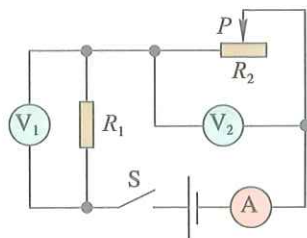


图 14-2-6

4. 在探究电流与电阻的关系的实验过程中, 某同学选择了 $5\ \Omega$ 、 $10\ \Omega$ 、 $15\ \Omega$ 、 $20\ \Omega$ 和 $25\ \Omega$ 五个电阻进行实验, 电路图如图 14-2-7 (a) 所示。

(1) 请用笔画线表示导线将图 14-2-7 (b) 中未完成的实物电路连接完整, 且使滑动变阻器滑片向左移动时电流表示数变大。(连接时导线不能交叉)

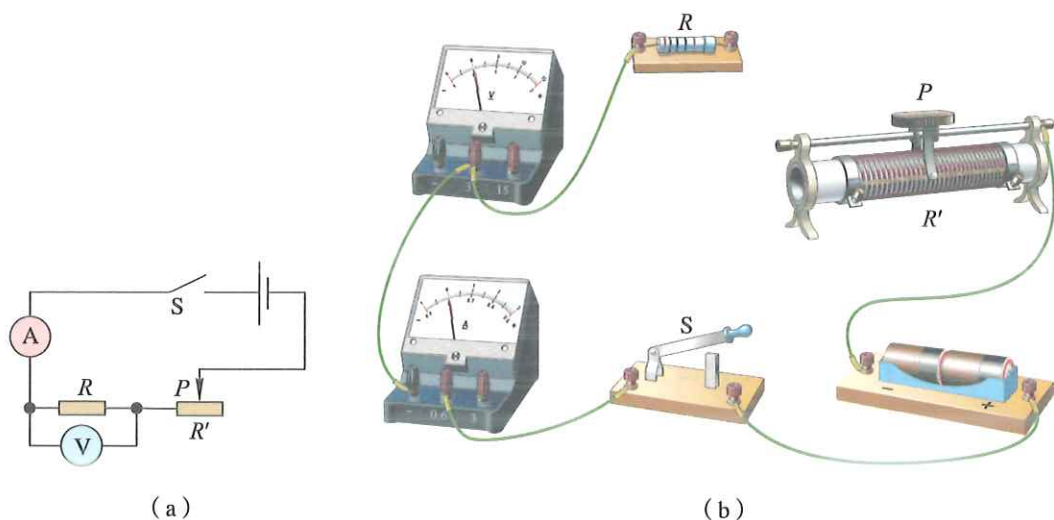


图 14-2-7

(2) 在该实验中, 滑动变阻器除了起到保护电路的作用, 还起到_____的作用。把 $5\ \Omega$ 的电阻换成 $10\ \Omega$ 后, 应把滑动变阻器滑片向_____ (选填“左”或“右”) 滑动, 同时眼睛应观察_____表的示数, 其达到某个值时, 才停止移动滑片, 再开始读另一个表的示数。

(3) 想一想, 为什么所选电阻的阻值都是第一个电阻阻值 ($5\ \Omega$) 的整数倍, 将电阻依次接入电路进行实验探究。

5. 如图 14-2-8 所示, $R_1 = 25\ \Omega$, 小灯泡 L 的规格为 “ $2.5\ \text{V}\ 0.3\ \text{A}$ ”, 电源电压保持不变。

(1) 当开关 S_1 、 S_2 均断开时, 小灯泡 L 正常发光, 求电源电压。

(2) 当开关 S_1 、 S_2 均闭合时, 电流表示数变为 $0.6\ \text{A}$, 求 R_2 的阻值。

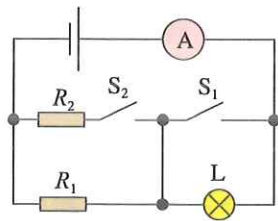


图 14-2-8

14.3 欧姆定律的应用

欧姆定律是电学中的重要定律，它在生产和生活实际中有着广泛的应用。

测量小灯泡的电阻

要测量小灯泡正常发光时的电阻，可用电压表测出小灯泡两端的电压，用电流表测出通过小灯泡的电流，再用欧姆定律就能算出小灯泡的电阻值了。这种测量电阻的方法叫做伏安法。



必做实验

用电流表、电压表测量小灯泡的电阻

1. 实验器材如图 14-3-1 所示。请你根据上一节做实验的经验在虚线框中画出实验电路图，并选出实验器材，按所画电路图连接电路。

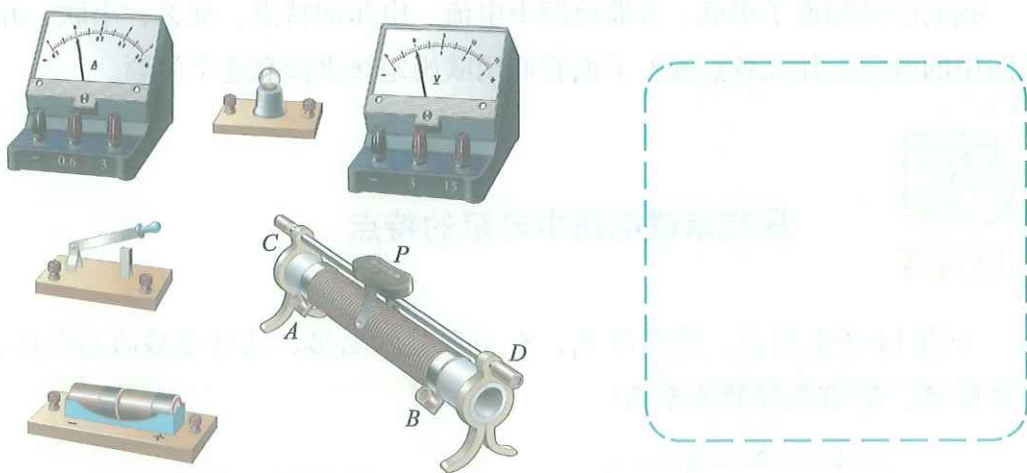


图 14-3-1 测量小灯泡电阻的实验器材

2. 实验时，用滑动变阻器调节电路中的电流，从尽可能小的电流逐步调至小灯泡正常发光。用手触摸小灯泡，感受小灯泡的温度变化。同时观察小灯泡的亮度，读出电压表和电流表的示数，并求出电阻值，将实验数据记录在表 14-3-1 中。

表 14-3-1 实验记录表

实验序号	U/V	I/A	R/Ω	小灯泡亮度
1				不亮
2				灯丝暗红
3				微弱发光
4				正常发光

3. 请你分析不同发光情况下小灯泡的电阻值, 并与同学讨论下列问题。

(1) 小灯泡由不亮逐渐变为正常发光, 小灯泡灯丝的温度是否在变化?

(2) 小灯泡灯丝的电阻大小与灯丝的温度高低有什么关系?

(3) 有同学将记录表中四次测得的电阻的平均值作为小灯泡的电阻, 你认为这样做正确吗? 为什么?

串联、并联电路中电阻的特点

我们已经知道了串联、并联电路中电流、电压的特点, 那么, 串联、并联电路中的电阻有什么特点呢? 下面我们用欧姆定律来探究这个问题。



活动 1

探究串联电路中电阻的特点

如图 14-3-2 所示, 将电阻 R_1 、 R_2 串联接入电路, 这时电路的总电阻 $R_{\text{总}}$ 与电阻 R_1 、 R_2 有怎样的关系呢?

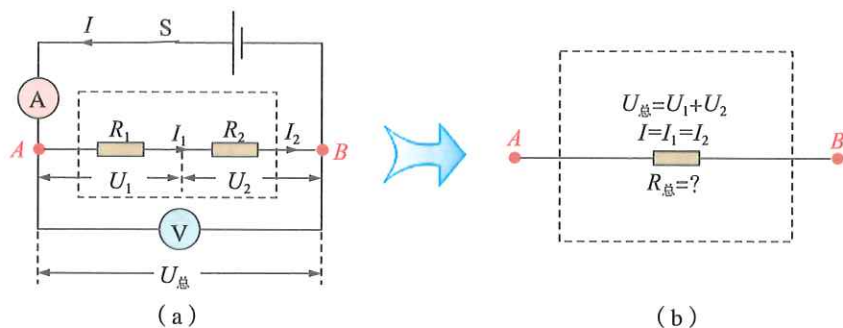


图 14-3-2 探究串联电路中的电阻

设电路中的电流为 I , R_1 、 R_2 处的电流分别为 I_1 、 I_2 , 电阻为 $R_{\text{总}}$, A 、 B 间的总电压为 $U_{\text{总}}$, R_1 、 R_2 两端的电压分别为 U_1 、 U_2 , 则根据欧姆定律有

$$U_{\text{总}} = IR_{\text{总}}, U_1 = I_1 R_1, U_2 = I_2 R_2$$

再根据串联电路的特点有

$$U_{\text{总}} = U_1 + U_2, I = I_1 = I_2$$

代入、化简后可得

$$R_{\text{总}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

推导证明：串联电路的总电阻等于串联导体的电阻之和。

$$R_{\text{总}} = R_1 + R_2$$



活动2

探究并联电路中电阻的特点

如图 14-3-3 所示, 将电阻 R_1 、 R_2 并联接入电路, 这时电路的总电阻 $R_{\text{总}}$ 与各支路的电阻 R_1 、 R_2 有怎样的关系呢?

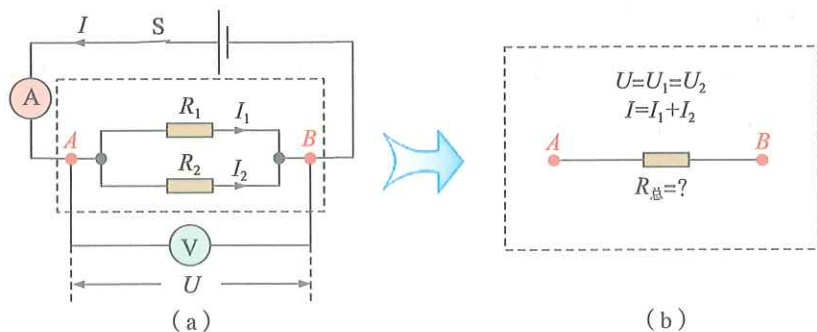


图 14-3-3 探究并联电路中的电阻

设干路中电流为 I , R_1 、 R_2 支路中的电流分别为 I_1 和 I_2 , 干路 A 、 B 两端电压为 U , 支路电压分别为 U_1 和 U_2 。根据欧姆定律有

$$\text{干路中的电流 } I = \frac{U}{R_{\text{总}}}$$

通过每个电阻器的电流分别为

$$I_1 = \frac{U_1}{R_1}, I_2 = \frac{U_2}{R_2}$$

把以上各式代入 $I = I_1 + I_2$ 中，考虑到 $U = U_1 = U_2$ ，化简后可得

$$\frac{1}{R_{\text{总}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

推导证明：并联电路的总电阻的倒数，等于各并联导体的电阻的倒数之和。

$$\frac{1}{R_{\text{总}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$



STSE

酒精测试仪的基本原理

为有效减少酒驾交通事故的发生，交通警察经常采用呼气式酒精测试仪(图 14-3-4)对驾驶员进行现场执法检查。

酒精测试仪是一种用来检测人体是否摄入酒精及摄入酒精的程度的仪器。其内部装有酒精气体传感器，它是一种气敏电阻，电阻值随酒精气体浓度变化的规律大致如图 14-3-5 所示。



图 14-3-4 呼气式酒精测试仪

图 14-3-6 是酒精测试仪工作原理电路图，电路由酒精气体传感器（气敏电阻）、定值电阻和电流表组成。驾驶员呼出的酒精气体浓度越大，测试仪的电流表示数也越大。

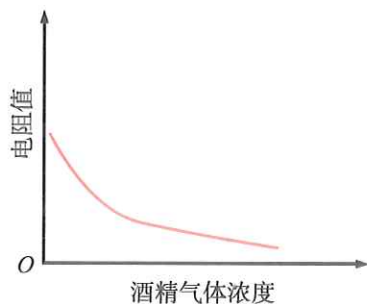


图 14-3-5 酒精气体传感器电阻值变化曲线

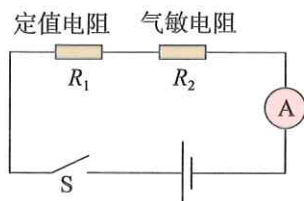


图 14-3-6 酒精测试仪工作原理电路图

若不用电流表，而用电压表并联在图 14-3-6 中的定值电阻 R_1 两端，驾驶员呼出的酒精气体浓度越大，测试仪的电压表示数也越大。

1. 如图 14-3-7 (a)(b) 所示, 它们分别是甲、乙两同学用伏安法测量电阻 R 时所设计的电路。请你评价一下哪个设计更合理, 为什么?

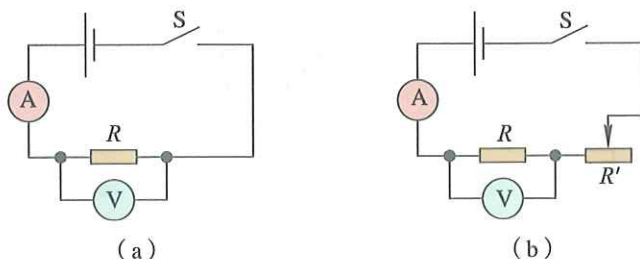


图 14-3-7

2. 某同学用一个电流表和灯泡串联, 测得灯泡正常发光时的电流是 0.18 A , 这时用电压表测得灯泡两端的电压是 220 V , 试计算灯泡正常发光时的电阻值。

3. 在用伏安法测量电阻的实验中:

(1) 连接电路时, 开关应处于何种状态?

(2) 若所用电表的接线柱和指针的位置如图 14-3-8 所示, 则电压表和电流表的示数分别是多少? 被测电阻的电阻值是多少?

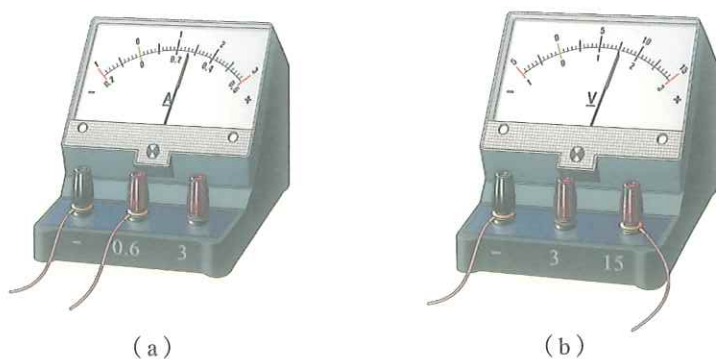


图 14-3-8

4. 图 14-3-9 是用伏安法测量电阻 R 时所设计的电路, 其测量电阻的原理是_____。请在图中圆圈内填上所用到的测量电表的电路符号。
在连接电路时, 开关应先_____, 滑动变阻器的滑片应置于

_____。若所用电表的接线柱和指针的位置如图 14-3-10 所示，则电压表和电流表的示数分别是多少？被测电阻的阻值是多少？为了使测量值更精确，应该怎么做？

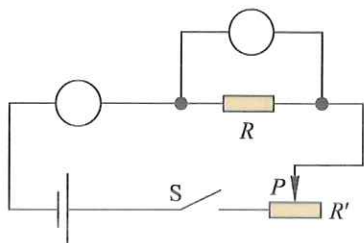
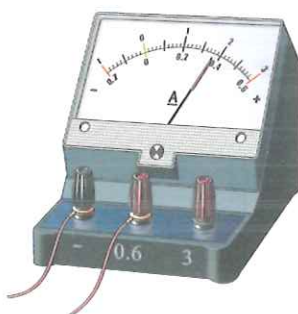
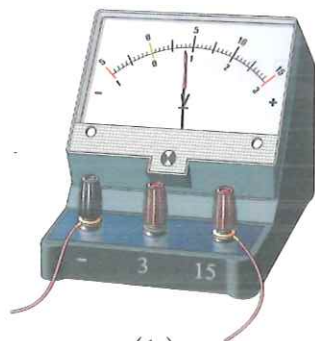


图 14-3-9



(a)



(b)

图 14-3-10

5. 如图 14-3-11 所示，已知电源电压为 U ，三个电阻的阻值分别为 R_1 、 R_2 和 R_3 ，求：

- (1) 当 S_1 、 S_2 均断开时，电流表和电压表的示数；
- (2) 当 S_1 、 S_2 均闭合时，电流表和电压表的示数。

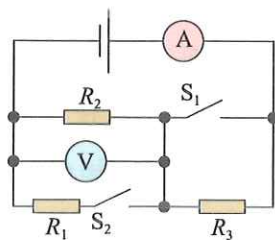


图 14-3-11



第十五章

电能与电功率

15.1 电能与电功

15.2 电功率

15.3 用电器的正确使用

15.4 焦耳定律

现代社会生活和生产几乎离不开电。电能的开发与利用，是人类在认识自然、利用自然的过程中取得的具有划时代意义的成就。

电能与电功



电能的利用

电能的利用，都是通过电能转化为其他形式的能量来实现的。请分析图 15-1-1 所示的事例，完成填空。



(a) 用电照明时，电能转化为_____能



(b) 用电取暖时，电能转化为_____能



(c) 无人机运行时，电能转化为_____能



(d) 给电动汽车充电时，电能转化为_____能

图 15-1-1 电能转化为其他形式的能量

请再列举一些电能的利用事例，并说明电能转化为什么形式的能。

物理学中，当电能转化为其他形式的能量时，我们就说电流做了功，即**电功**（**electric work**），电功用字母 W 表示。电能转化为其他形式的能量的多少，可以用电功的大小来量度。那么，电功与哪些因素有关呢？

实验表明，电流做功的多少与电流的大小、电压的高低以及通电时间的长短都有关系。电流越大，电压越高，通电时间越长，电流做的功就越多。研究表明，某段电路上的电功，与这段电路两端的电压、通过这段电路的电流以及通电的时间成正比。

根据这个结论，物理学中用电路两端的电压 U 、通过这段电路的电流 I 、通电的时间 t 三者的乘积来计算电功。计算电功的公式为

$$W = UIt$$

上式中， U 的单位是伏特（V）， I 的单位是安培（A）， t 的单位是秒（s）， W 的单位是焦（J）。

生活中常用千瓦·时（俗称“度”）作为电能的单位，符号是 $\text{kW} \cdot \text{h}$ 。

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

$1 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 可以看作 $1\,000 \text{ W}$ 的用电器使用 1 h 所消耗的电能。

$1 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 电能可以使常见家用电器正常工作的时间如表 15-1-1 所示。

表 15-1-1 常见家用电器消耗 $1 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 电能的大致工作时间

电 器	节能灯 (以 3 W 计)	电风扇 (以 40 W 计)	电视机 (以 140 W 计)	电饭煲 (以 800 W 计)
工作时间 t/h	333.3	25	7.15	1.25

用电能表测量电功

电功是可以直接测量的。图 15-1-2 是家用**电能表**，也称“电度表”，是用来测量电功，即记录电路消耗的电能仪表。



认识电能表

如图 15-1-2 所示，家用电能表中的铝质圆盘在用电时会转动，上方的数字以千瓦·时 ($\text{kW} \cdot \text{h}$) 为单位显示所消耗的电能。读数时要注意，数字栏中最右边的一位是小数位。

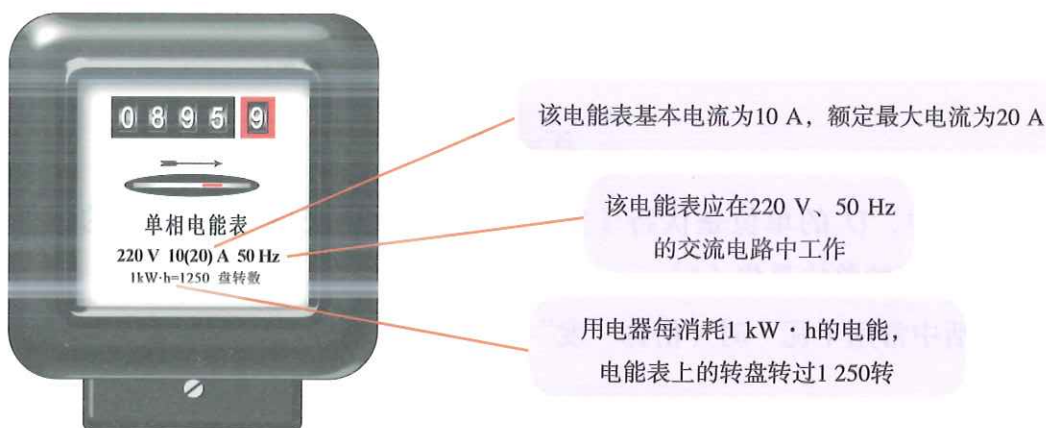


图 15-1-2 家用电能表

将电能表接入家庭电路 (图 15-1-3)。当电路接通时，电灯发光，电能表里的转盘便转动起来，计数器就能将电路中所消耗的电能记录下来。某一时段内电能表前后两次示数之差，就是这段时间内的用电量。

例如，某家庭 3 月底电能表计数器的示数是 $270.1 \text{ kW} \cdot \text{h}$ ，4 月底计数器的示数变为 $365.5 \text{ kW} \cdot \text{h}$ ，则在这段时间内，这个家庭的用电量为

$$365.5 \text{ kW} \cdot \text{h} - 270.1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 95.4 \text{ kW} \cdot \text{h}$$

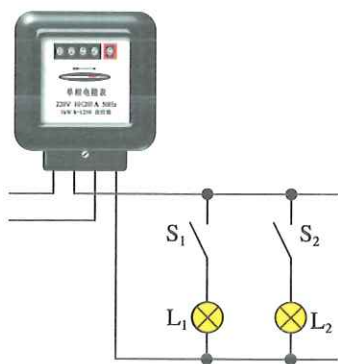


图 15-1-3 电能表的连接



图 15-1-2 所示的电能表现在已经很少使用了。为了合理使用电能, 目前许多城市都使用电子式多费率电能表 (图 15-1-4), 实行分时段计费。这种电能表采用了电子技术, 由液晶数字显示器等部件构成, 其特点是可以根据不同时段用户的用电情况分别计费。供电部门利用专用设备, 不用上门便可读取每个用户电能表上的各种信息, 并计算出电费。

此外, IC 卡电能表 (图 15-1-5) 等各种智能电能表的推广使用, 给我们的生活带来了便利。



图 15-1-4 电子式多费率电能表



图 15-1-5 IC 卡电能表

自我评价与作业

1. 试说明火力发电厂、水力发电站、核电站分别是将什么能转化为电能。
2. 某家庭 8 月底和 9 月底电能表计数器显示的数字如图 15-1-6 所示, 这个家庭 9 月份用了多少电?



图 15-1-6

3. $1 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 的电能可供 “220 V 25 W” 的节能灯正常工作多长时间?

4. 选择某周一早晨 7 时, 抄录你家的电能表的示数; 到下周一的早晨 7 时, 再抄录该电能表的示数。看看你家一周用了多少电。估算你家一个月要消耗多少电能, 需要付多少电费。

15.2

电功率

观察图 15-2-1 中的用电器及其铭牌，你知道节能灯铭牌上的“7 W”、蒸汽电熨斗铭牌上的“1 200 W”各表示什么吗？



(a) 节能灯及其铭牌



(b) 蒸汽电熨斗及其铭牌

图 15-2-1 用电器及其铭牌

这些数字表示的就是用电器的电功率。那么，什么是电功率呢？

电功率



活动 1

认识电功率

将标有“220 V 15 W”和“220 V 100 W”的两个灯泡同时接入家庭电路中，观察哪一个灯泡比较亮。

在相同时间内，哪个灯泡消耗的电能比较多呢？

实验表明，电功率不同的灯泡在相同时间里消耗的电能是不同的。电功率大的灯泡更亮，消耗的电能更多。

灯泡在某段时间内所消耗的电能，就是电流在这段时间内所做的功。人们在选择用电器时，更多关注电流做功的快慢。

在物理学中，把电流在某段时间内所做的电功与这段时间的比叫做**电功率**（**electric power**）。如果用字母 P 表示电功率， W 表示电功， t 表示时间，那么

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

在国际单位制中，电功率的单位与机械功率的单位一样，也是瓦，符号为 W。常用的电功率的单位还有千瓦（kW）。它们的换算关系为

$$1 \text{ kW} = 1\,000 \text{ W}$$

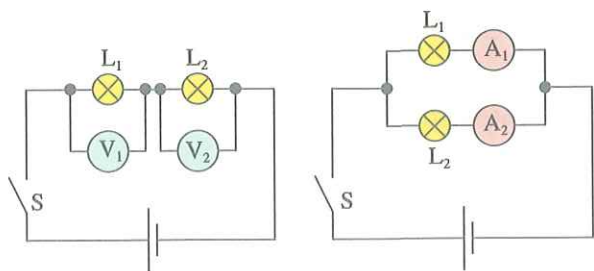
各种用电器的铭牌或说明书上都标有电功率，电功率是我们选择用电器的一个重要参数。

影响电功率大小的因素



探究灯泡的电功率与哪些因素有关

1. 某同学根据自己的猜想，选用了两个电功率不同的灯泡 L_1 和 L_2 ，设计了如图 15-2-2 所示的两种实验电路，探究灯泡的电功率与电压、电流的关系。



(a) 将两个灯泡串联，使通过它们的电流相同

(b) 将两个灯泡并联，使其两端的电压相同

图 15-2-2 实验电路



在研究电功率与电流的关系时，应设法控制电压不变；在研究电功率与电压的关系时，应设法控制电流不变。

你设计的实验电路图又是怎样的呢？

2. 请按照设计好的电路图进行实验，并把收集到的数据和观察到的现象填写在表 15-2-1 和表 15-2-2 中。

当通过两个灯泡的电流相同时，实验记录如下。

表 15-2-1 实验记录表 1

灯泡编号	电压 U/V	灯泡亮度（选填“明”或“暗”）
灯泡 L_1		
灯泡 L_2		

当两个灯泡两端的电压相同时，实验记录如下。

表 15-2-2 实验记录表 2

灯泡编号	电流 I/A	灯泡亮度（选填“明”或“暗”）
灯泡 L_1		
灯泡 L_2		

实验表明：电功率的大小与用电器两端的电压、通过用电器的电流有关。电压相等时，电流越大，电功率就越大；电流相等时，电压越高，电功率就越大。

根据 $W=UIt$ ， $P=\frac{W}{t}$ ，可推导出

$$P=UI$$

即电功率 P 等于电压 U 与电流 I 的乘积。

使用公式 $P=UI$ 时， U 的单位为伏特（V）， I 的单位为安培（A）， P 的单位为瓦特（W）。

电功率是电学中的重要概念，是反映用电器工作性能的重要参数，在生活、生产中有广泛的应用。

例题 一盏电灯接在 220 V 的电路中，通过灯的电流是 70 mA，求这盏灯的电功率的大小。如果它正常工作 100 min，电流做了多少功？

解：已知 $U = 220 \text{ V}$ ， $I = 70 \text{ mA} = 70 \times 10^{-3} \text{ A}$ ， $t = 100 \text{ min} = 6\,000 \text{ s}$ 。

灯的电功率

$$P = UI = 220 \text{ V} \times 70 \times 10^{-3} \text{ A} = 15.4 \text{ W}$$

电流做的功

$$W = Pt = 15.4 \text{ W} \times 6\,000 \text{ s} = 9.24 \times 10^4 \text{ J}$$

答：这盏灯的电功率为 15.4 W ，它正常工作 100 min ，电流做了 $9.24 \times 10^4 \text{ J}$ 的功。

自我评价与作业

1. 一台电风扇内电动机的电压为 220 V ，电功率为 55 W ，则该电动机正常工作时，通过的电流是多少？

2. 一个家用照明灯泡正常工作时，通过的电流约为 ()。

A. 0.2 A

B. 2 A

C. 20 A

D. 200 A

3. 某教室里安装有 8 盏 40 W 的日光灯，这 8 盏日光灯在 2 h 内消耗的电能是多少焦？合多少千瓦·时？

4. 表 15-2-3 是某品牌家用电冰箱铭牌上的一些数据，你能看懂其中的哪些指标？从节能角度考虑，你最关注的是哪几项指标？为什么？

表 15-2-3 某品牌家用电冰箱铭牌上的一些数据

防触电保护类别	I 类	额定频率	50 Hz
总有效容积	258 L	输入总功率	140 W
冷冻室有效容积	67 L	额定耗电量	$0.8 \text{ kW} \cdot \text{h} / 24 \text{ h}$
冷冻保鲜室有效容积	26 L	冷冻能力	$4 \text{ kg} / 24 \text{ h}$
额定电压	220 V	外形尺寸(深 × 宽 × 高)	$600 \text{ mm} \times 600 \text{ mm} \times 1650 \text{ mm}$

5. 某次闪电的平均电流约 $2 \times 10^4 \text{ A}$ ，电压约 $1 \times 10^9 \text{ V}$ ，历时 $1 \times 10^{-3} \text{ s}$ ，那么这次闪电释放的电能是多少？平均放电功率是多少？

15.3

用电器的正确使用

用电器的铭牌上都标有一些数字和符号，我们已经知道，其中的“7 W”、“1 200 W”（图 15-2-1）表示用电器的电功率，那么，其他的一些数字和符号分别表示什么呢？我们应怎样正确使用各种用电器呢？

额定电压与额定功率



活动 1

观察灯泡的亮度变化

（1）选取电压值标示为“2.5 V”和“3.8 V”的两个小灯泡 L_1 、 L_2 。

（2）参照图 15-3-1 所示的电路图选择实验器材，并连接电路。

（3）改变电路中滑动变阻器的电阻，观察电压表示数的变化，同时观察灯泡亮度的变化情况。

（4）分别用 L_1 、 L_2 进行实验，并把观察到的现象填写在表 15-3-1 中。

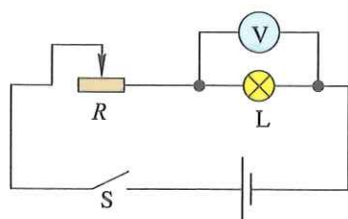


图 15-3-1 电路图

表 15-3-1 实验记录表

电压表示数情况	电压表的示数等于 灯泡上标示的电压值	电压表的示数略大于 灯泡上标示的电压值	电压表的示数小于 灯泡上标示的电压值
灯泡 L_1 的亮度			
灯泡 L_2 的亮度			

实验表明，当加在灯泡上的电压等于灯泡上标示的电压值时，灯泡能正常发光；当略大于标示的电压值时，灯泡偏亮；当小于标示的电压值时，灯泡偏暗。

在物理学中,用电器正常工作时的电压值和电流值,分别叫做**额定电压** (**rated voltage**) 和**额定电流** (**rated current**)。在额定电压下工作时的电功率,叫做**额定功率** (**rated power**)。

一般来说,用电器的铭牌或说明书上均标有额定电压、额定电流或额定功率的数值。(图 15-2-1)

在实际使用时,加在用电器上的电压有时会略高于或略低于额定电压,用电器也能工作。这时的电压就叫做实际电压。用电器在实际电压下工作的功率,叫做实际功率。但实际电压过低时,用电器的实际功率过小,则用电器不能正常工作;实际电压过高时,用电器实际功率过大,则有可能损坏用电器。

测量小灯泡的电功率



测量小灯泡的电功率

根据电功率公式 $P = UI$, 请设计一个实验方案, 测算出小灯泡的电功率。参照图 15-3-2 所示的实验电路图, 选择实验器材进行实验。

(1) 连接电路, 将滑动变阻器的滑片置于阻值最大的位置。闭合开关, 接通电路。

(2) 调节滑动变阻器, 使小灯泡在额定电压下发光, 观察电流表的示数和灯泡的亮度, 记录在表 15-3-2 中。

(3) 调节滑动变阻器, 使小灯泡两端的电压约高出额定电压的 $\frac{1}{5}$, 将电流表的示数与灯泡的亮度记录在表 15-3-2 中。

(4) 调节滑动变阻器, 使小灯泡两端的电压约为额定电压的 $\frac{4}{5}$, 将电流表的示数与灯泡的亮度记录在表 15-3-2 中。

(5) 根据实验数据, 计算出不同情况下小灯泡的电功率。

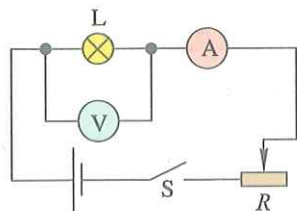


图 15-3-2 电路图

表 15-3-2 实验记录表

小灯泡的额定电压是 _____ V。

实验序号	小灯泡两端的电压 U/V	通过小灯泡的电流 I/A	小灯泡的亮度	小灯泡的电功率 P/W
1				
2				
3				

由此可得出小灯泡的额定功率为 _____ W。

例题 图 15-3-3 是一种电陶炉煮茶器，电陶炉底下铭牌标有“220 V 1 600 W”字样，当它接入 220 V 的电路煮茶时，实际功率为多少？如果将它接入 110 V 的电路中使用，它的实际功率是多少？（假设电陶炉的电阻不随温度的变化而变化）



图 15-3-3 电陶炉煮茶器

分析：电陶炉接在 220 V 的电路时，实际电压等于额定电压，故其实际功率等于额定功率。因为电陶炉电阻不变，故可以由电陶炉额定功率和额定电压求得其电阻，再根据实际电压求得其实际功率。

解：电陶炉接在 220 V 电压下，其实际功率

$$P_1 = P_{\text{额}} = 1\,600\text{ W}$$

电陶炉接在 110 V 电压下，由 $P_{\text{额}} = U_{\text{额}} I_{\text{额}} = \frac{U_{\text{额}}^2}{R}$ 可得电陶炉的电阻

$$R = \frac{U_{\text{额}}^2}{P_{\text{额}}} = \frac{(220\text{ V})^2}{1\,600\text{ W}} = 30.25\ \Omega$$

故此时电陶炉的实际功率

$$P_2 = \frac{U_{\text{实}}^2}{R} = \frac{(110\text{ V})^2}{30.25\ \Omega} = 400\text{ W}$$

答：电陶炉接入 220 V 的电路时，实际功率为 1 600 W；假如电陶炉在 110 V 的电路使用，实际功率为 400 W。



部分用电器的额定功率如表 15-3-3 所示。

表 15-3-3 部分用电器的额定功率

用电器名称	额定功率 P/W	用电器名称	额定功率 P/W
电子表	约 10^{-5}	液晶电视机	100 ~ 300
电子计算器	约 5×10^{-4}	电冰箱	约 100
智能扫地机	约 10	电饭煲	约 800
排风扇	约 20	壁挂式空调	约 1 000
节能灯	3 ~ 40	电热水器	1 500 ~ 3 000
台式电脑	约 200	“天河一号”超级计算机	4.04×10^6

自我评价与作业

1. 在用电高峰期，家中的灯泡比正常发光时要暗些，这是为什么？当实际电压为 210 V 时，标有“220 V 60 W”的灯泡发光的实际功率是多少？（假设灯丝的电阻不变）

2. 某实验小组的同学用伏安法测量小灯泡的电功率，待测小灯泡额定电压为 3.8 V，小灯泡的额定功率约为 1 W。

（1）请用笔画线表示导线，在图 15-3-4 中完成实物电路的连接（连线不要交叉），要求滑动变阻器的滑片向左移动时，灯会变暗。

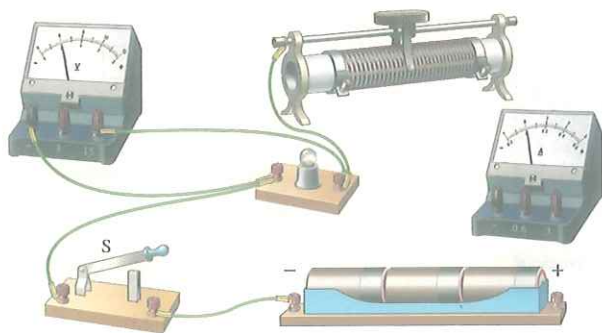


图 15-3-4

(2) 移动滑动变阻器的滑片, 进行多次测量, 数据如表 15-3-4 所示, 当小灯泡正常发光时, 电流表的示数如图 15-3-5 所示, 请将表中空格补充完整。

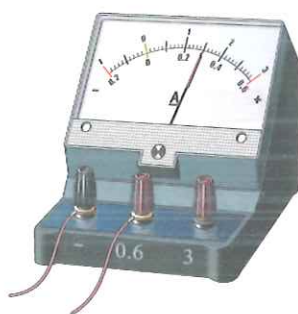


图 15-3-5

表 15-3-4 数据记录表

电压 U/V	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.8	4.0
电流 I/A	0.18	0.2	0.22	0.25	0.28		0.32
电功率 P/W	0.18	0.3	0.44	0.625	0.84		1.28
小灯泡发光情况	很暗—————▶暗—————▶正常发光—————▶很亮						

(3) 观察表 15-3-4 中内容, 你还能发现什么规律?

3. 将两盏灯 L_1 “6 V 2 W” 和 L_2 “6 V 3 W” 串联接入某电路, 其中一盏灯恰好正常发光, 另一盏灯的电压未达到额定电压而偏暗, 假设灯丝的电阻不变, 请分析正常发光的灯是哪一盏, 并计算偏暗的那盏灯的实际功率。

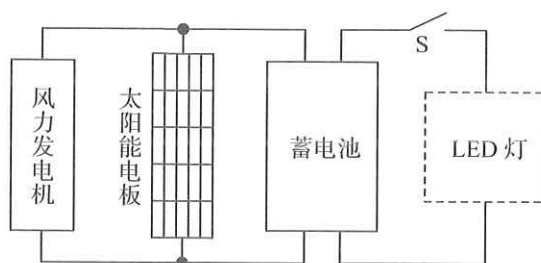
4. 图 15-3-6 是某市交通道路上使用的风光互补 LED 路灯外形图 [图 15-3-6 (a)] 和电路原理图 [图 15-3-6 (b)], 该电路中两个 LED 灯是并联的, 灯上标有 “24 V 60 W” 字样。问:

(1) 两个 LED 灯正常发光时, 通过光控开关 S 的电流为多少?

(2) 如果用这种路灯替换发光亮度相同的 420 W 的普通路灯, 那么 500 套风光互补 LED 路灯每天工作 10 h 可节约多少电能?



(a)



(b)

图 15-3-6

15.4 焦耳定律

如图 15-4-1 所示,电炉通电时便产生了热,生活中电热水壶、电暖手宝等用电器通电也会发热。电流通过导体时,电能转化成内能,导致导体发热的现象,叫做**电流的热效应**。那么,通电导体产生的热量与哪些因素有关呢?



图 15-4-1 电炉

通电导体产生的热量与哪些因素有关

根据生活中的经验,有同学猜想,通电导体产生的热量,与导体的电阻和通过导体的电流大小有关。你的猜想是什么?

下面让我们用实验来进行探究。



探究通电导体产生的热量与哪些因素有关

1. 探究通电导体产生的热量与电阻的关系

某同学设计的实验电路图如图 15-4-2 所示。

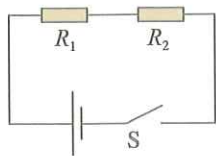


图 15-4-2 实验电路

实验装置如图 15-4-3 所示,甲、乙两个锥形瓶中的电阻丝的电阻 R_1 、 R_2 分别为 $5\ \Omega$ 和 $10\ \Omega$,两个瓶内装有等量的煤油。

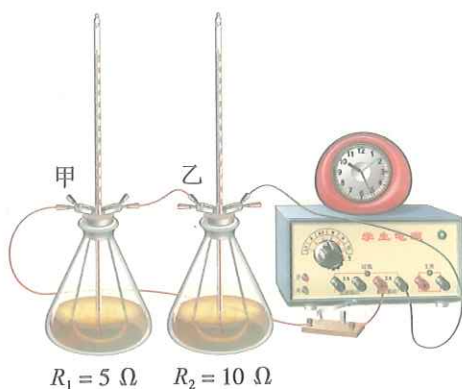


图 15-4-3 某同学验证猜想的实验装置

连接电路，进行实验。通电前，先记下瓶中煤油的初始温度 t_0 ；通电后，每经过相同时间（如 1 min），读出两支温度计的示数，并将数据填写在表 15-4-1 中。

表 15-4-1 数据记录表

电阻 R/Ω	温度 $t/^\circ\text{C}$				
	t_0	t_1	t_2	t_3	t_4
$R_1 = \underline{\hspace{2cm}}$					
$R_2 = \underline{\hspace{2cm}}$					

分析实验数据，得出实验结论：

当通过导体的电流一定时，通电导体的电阻越大，产生的热量越_____。

2. 探究通电导体产生的热量与电流的关系

该同学选用乙瓶的电阻丝作为研究对象，并设计出如图 15-4-4 所示的电路图来进行探究。

你认为他的设计合理吗？你的方案是什么？请在虚线框内画出来比较，并根据实验方案进行实验。

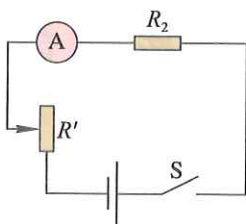
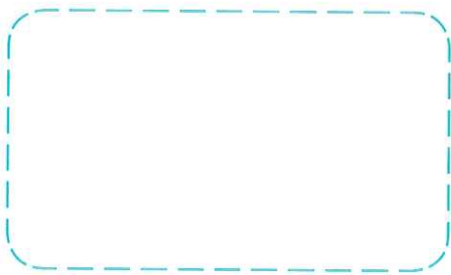


图 15-4-4 实验电路



实验表明，当电阻一定时，通过导体的电流越大，导体产生的热量越_____。

3. 探究通电导体产生的热量与通电时间的关系

实验还表明，通电时间越长，导体产生的热量越_____。

综上所述，通电导体产生的热量与导体的电阻、通过导体的电流以及通电时间有关。

焦耳定律

英国物理学家焦耳经过多年的研究，做了大量的实验，于 1840 年最先精确地确定了电流产生的热量跟电流、电阻和时间的关系：电流通过导体时产生的热量，跟电流的二次方成正比，跟导体的电阻成正比，跟通电的时间成正比。这个规律叫做焦耳定律（Joule's law）。

如果用 Q 表示电流流过导体时产生的热量， I 表示通过导体的电流， R 表示导体的电阻， t 表示通电时间，那么焦耳定律可以用公式表示为

$$Q = I^2 R t$$

上式中 I 的单位是安培（A）， R 的单位是欧姆（ Ω ）， t 的单位是秒（s）， Q 的单位是焦耳（J）。



想一想

焦耳定律是在实验的基础上总结出来的，你能用电功率公式把它推导出来吗？请试一试。

例题 某电热器接在 220 V 的电源上，其电阻是 100Ω ，则通电 8 min 约产生多少热量？

解：已知 $U = 220 \text{ V}$ ， $R = 100 \Omega$ ， $t = 8 \text{ min} = 480 \text{ s}$ 。

由欧姆定律，得

$$I = \frac{U}{R} = \frac{220 \text{ V}}{100 \Omega} = 2.2 \text{ A}$$

将 I 的值代入焦耳定律的公式，得

$$Q = I^2 R t = (2.2 \text{ A})^2 \times 100 \Omega \times 480 \text{ s} \approx 2.3 \times 10^5 \text{ J}$$

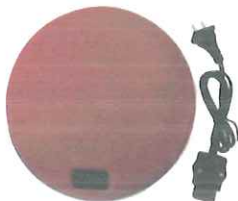
答：这个电热器通电 8 min 产生的热量约为 $2.3 \times 10^5 \text{ J}$ 。

上面的解法是先求出电流，再用焦耳定律的公式求解。能否不通过求电流来解这个问题呢？

电流的热效应在生活中已应用得很广泛，如图 15-4-5 中的电压力锅、电暖手宝、电养生壶、电饼铛等用电器都应用了电流热效应的原理。



(a) 电压力锅



(b) 电暖手宝



(c) 电养生壶



(d) 电饼铛

图 15-4-5 应用电流热效应的用电器

电视机、电脑等用电器工作时，都不可避免地会发热。这种发热既浪费电能，又会使用电器因升温而出现被烧坏的危险，因此很多用电器采用设置散热孔、散热片或在发热部位安装电风扇等方法散热（图 15-4-6）。



(a) 电视机外壳多孔散热



(b) 台式电脑CPU散热器



(c) 笔记本电脑铝合金散热器

图 15-4-6 用电器的多种散热方式

跨学科实践

探索家用电器节能和环保的有关问题

● **活动主题** 随着科技的进步和人们生活水平的提高，家用电器成了我们生活中必不可少的一部分。但这些家用电器是否存在着节能和环保的问题呢？

通过探索家用电器节能和环保的有关问题,学习综合运用知识、用跨学科的思维解决实际问题,树立保护环境和家庭节能的意识。

● 方案制订与实施

1. 请你观察家里各种用电器及其铭牌,通过查阅说明书或相关资料,了解各用电器的额定功率,以及有无中国电工产品认证委员会的节能产品认证标志(图 15-4-7)和中国节能产品认证证书。将你的调查结果记录到事先设计好的表格中。



图 15-4-7 中国节能产品
认证标志

2. 通过调查和查阅资料,了解绿色家用电器的内涵,以及目前某些家用电器在生产和使用中存在的节能和环保问题,撰写一篇关于“使用家用节能电器,倡导低碳生活”的小论文。

3. 请你观察家里的电能表,与家长一起,对家用电器使用情况、每月耗电量、电费等方面进行调查;了解家用电器在使用过程中是否存在浪费电能的现象,并制订优化家庭用电的节能计划。

4. 通过查阅资料,了解家用电器使用不当可能带来的危害,了解各种家用电器安全使用的环境要求和安全使用年限的规定,了解废旧家用电器中的有害物质可能对环境带来的污染,并为家用电器制作一张安全、节能的使用卡片。

● 成果展示与交流 与同学们交流,说说你家使用的绿色家用电器产品有哪些。分享你撰写的小论文,倡导使用节能电器,提醒人们使用家用电器时要注意保护自己的健康和安全,并分享你制订的优化家庭用电的节能计划。

自我评价与作业

1. 电炉通电时,为什么电炉丝热得发红,而连接电炉的导线发热却几乎不被人们觉察?

2. 某一家用电饭煲的铭牌上标有“220 V 500 W”字样,当它正常工作时,它的电阻丝的电阻是多少?假如煮饭用了20 min,则消耗了多少电能?

3. 如图 15-4-8 所示的电烙铁的规格为“220 V 110 W”，请回答下列问题：

(1) 该电烙铁正常工作时的电流为多少？

(2) 该电烙铁正常工作时的电阻为多少？

(3) 该电烙铁正常工作 10 min 产生多少热量？



图 15-4-8

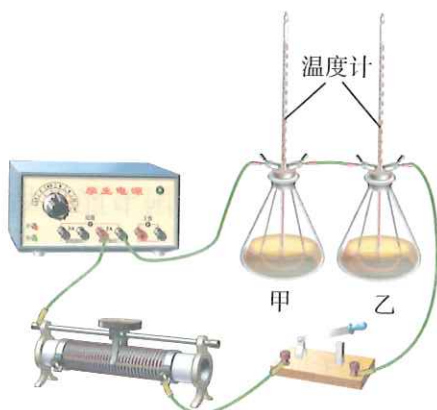


图 15-4-9

4. 小明利用如图 15-4-9 所示的实验装置探究通电导体产生的热量与电阻大小的关系。甲、乙两瓶中装有质量与初温相同的煤油，甲瓶中铜丝的电阻比乙瓶中镍铬合金丝的电阻小，请完成下列填空。

(1) 开关串联在电路中，便于控制甲、乙两瓶中电阻的_____相同。锥形瓶中不装水而装煤油，主要是利用煤油的_____，它在短时间温度变化明显，实验效果好。

(2) 实验中，乙瓶中的温度计示数升高得快，由此得出的实验结论是_____。

课外活动

1. 观察电吹风，它内部的发热元件是什么？有的电吹风开关设有三挡：一挡是冷风，二挡是暖风，三挡是热风。你能说出其中的物理原理吗？试试看！

2. 找一个废旧的电热元件，细心拆开，观察其内部是由什么发热材料制成的。

后 记

为了全面落实课程标准“立德树人”的根本任务，提高教科书编写修订质量，编写组根据《义务教育物理课程标准（2022 年版）》，对教科书的结构和内容进行了全面设计和修订。这次编写修订以提升全体学生核心素养为宗旨，围绕核心素养，在保持本套教科书特色的基础上与时俱进，构建学生学习的逻辑结构和教科书内容体系。在编写修订过程中，部分省市的教师参与了教科书的试教试用与审读，编写组充分吸收了一线教师的意见和建议，力求使本套教科书更加切合教学实际，利教便学。

本套教科书编写组由束炳如、何润伟担任主编，汪延茂、母小勇、陈聆、朱美健为核心成员。在本次编写修订工作中，编写组对人员做了充实和调整，本次编写修订工作由现在的编写组完成。

在编写修订过程中，梁亚飞同志参与了部分“自我评价与作业”的讨论与修订；万琳、宗和普同志参与了部分章节的讨论和修订。

本套教科书 2003 年版、2012 年版的原编写人员还有谢坚城、戴恒志、童寿康、胡全、张金山、宋世骏、陈裕利、徐善辉、王明秋、仲新元、周卓涛、成为佐、布正明、虞澄凡等同志。

广东教育出版社、上海科学技术出版社在本书的编辑出版过程中，紧密协作，共同努力，为编写组提供了有力保障。编辑团队积极主动地工作，为提升教科书的质量和水平作出了重要贡献。

在本套教科书编写修订过程中，得到了专家、学者、教研员、教师，以及学生和家长等多方面的支持和帮助，在此一并表示感谢！

编写适应中国式现代化需要的义务教育初中物理教科书，始终是我们追求的目标。我们将不懈努力，为推进义务教育的高质量发展作出贡献。

欢迎广大师生来电来函对教科书提出宝贵意见。

上海科学技术出版社：电话 021-64848025，邮箱 jc@sstp.cn。

广东教育出版社：电话 020-87613102，邮箱 gjs-quality@nfc.com.cn。

编 者

2024年2月

本书图片提供信息：

本书中的部分图片由视觉中国、上海飞果信息技术等提供。

声明 按照《中华人民共和国著作权法》第二十五条有关规定，我们已尽量寻找著作权人支付报酬。著作权人如有关于支付报酬事宜可及时与出版社联系。