



义务教育教科书

W U L I

物 理

八年级 | 下册



◆ 北京师范大学出版社

北师大

义务教育教科书

物理

八年级 | 下册

北京师范大学 组织编写

顾 问：林海青

主 编：郭玉英

执行主编：苏明义

本册主编：邓丽平

编写人员：（按照姓氏笔画排序）

邓靖武 卢海军 何 龙

姚建欣 徐 月 蒋炜波

◆ 北京师范大学出版社

北师大版

目录

第六章

质量和密度 / 1



第一节 物体的质量及其测量 / 2

第二节 物质的密度 / 8

第三节 密度的测量与应用 / 13

第四节 探索新材料 / 18

整理与复习 / 23

第七章

运动和力 / 24

第一节 力 / 25

第二节 力的测量 弹力 / 29

第三节 重力 / 36

第四节 同一直线上二力的合成 / 41

第五节 二力平衡 / 45

第六节 摩擦力 / 49

第七节 牛顿第一定律 / 54

整理与复习 / 59



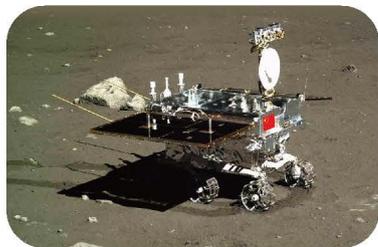
第八章 压强和浮力 / 60



- 第一节 压强 / 61
- 第二节 液体压强 / 67
- 第三节 探寻连通器 / 73
- 第四节 大气压强 / 79
- 第五节 流体压强与流速的关系 / 86
- 第六节 浮力 / 91
- 第七节 物体的浮沉条件及其应用 / 97
- 整理与复习 / 101

第九章 机械和功 / 102

- 第一节 杠杆 / 103
- 第二节 滑轮 / 110
- 第三节 功 / 115
- 第四节 比较做功的快慢 / 120
- 第五节 探究使用机械是否省功 / 125
- 第六节 制作简易升降机 / 131
- 整理与复习 / 138



附录 本册书中首次用到的物理量及其单位 / 139

· 第六章 ·

质量和密度

日月星辰，江河湖海，绚丽多彩的世界，是由各种各样的物质组成的。各种物质既有相同的属性，又有各自的特性。酒精、食盐水和水都是无色透明的液体，如何区分它们呢？体育课上使用的铅球，真的是由铅制成的吗？这些问题都与物质的性质有关，让我们一起来探寻答案吧！

第一节

物体的质量及其测量



图 6.1-1 称量水果

超市或菜市场中摆放着种类繁多的蔬菜和水果。我们在购买蔬菜和水果的时候，通常需要先称量再付款。图 6.1-1 中显示 0.590 (kg)，这些数字和字母代表什么呢？

物体的质量

自然界中的一切物体都是由物质组成的。物体所含物质的多少，叫作物体的**质量** (mass)，一般用 m 表示。

物体的质量不随它的形状、状态和所处空间位置的变化而改变 (图 6.1-2)。

在国际单位制中，质量的基本单位是千克，用符号 kg 表示。除此之外，质量的单位还有吨 (t)、克 (g)、毫克 (mg)、微克 (μg) 等。它们之间的换算关系是：

$$1 \text{ t} = 10^3 \text{ kg}, \quad 1 \text{ g} = 10^{-3} \text{ kg}, \\ 1 \text{ mg} = 10^{-6} \text{ kg}, \quad 1 \mu\text{g} = 10^{-9} \text{ kg}.$$

图 6.1-3 列出了一些物体质量的数量级。一枚鸡蛋的质量约为 0.05 kg，一瓶 500 mL 的饮用水的质量



一块橡皮泥被捏成蜗牛的形状，其质量不变

冰块融化成水，其质量不变

嫦娥五号采集的月球样品被带回地球后，其质量不变

图 6.1-2 物体的质量不随它的形状、状态和所处空间位置的变化而改变

宇宙	10^{53}	成人	10^1
银河系	10^{41}	邮票	10^{-5}
太阳	10^{30}	蜜蜂翅膀	10^{-7}
地球	10^{24}	流感病毒	10^{-19}
月球	10^{22}	氧分子	10^{-26}
大型远洋货轮	10^7	中子、质子	10^{-27}
1 m^3 水	10^3	电子	10^{-31}

图 6.1-3 一些物体质量的数量级 (单位: kg)

约为 0.5 kg。请估计一下你的物理课本和书包的质量分别是多少。



科学窗

千克是怎样规定的

1889 年，国际计量大会批准将国际千克原器作为 1 kg 标准物。国际千克原器是一个用铂铱合金制成的底面直径为 39 mm、高为 39 mm 的圆柱体。由于国际千克原器的质量发生了细微变化，难以适应现代精密测量的要求，2018 年 11 月 16 日，第 26 届国际计量大会通过了“修订国际单位制 (SI)”的决议，将千克改为由常量定义。根据决议，当普朗克常量以单位 $J \cdot s$ (即 $kg \cdot m^2/s$) 表示时，将其固定数值取为 $6.626\ 070\ 15 \times 10^{-34}$ 来定义千克。新的定义取代了原来的国际千克原器，于 2019 年 5 月 20 日起正式生效。

质量的测量

台秤、厨房秤和人体秤都是人们常用的测量质量的工具，如图 6.1-4 所示。

某些科学实验需要精确测量微小的质量，常常使用如图 6.1-5 甲、乙所示的分析天平和电子天平。图 6.1-5 丙是我国传统的、现在中药店里仍在使用的质量



图 6.1-4 常用的质量测量工具



图 6.1-5 测量质量的其他工具



测量工具——戥（děng）子。图 6.1-5 丁是用于称量汽车、马车等车辆质量的汽车衡。

物理天平（图 6.1-6）和托盘天平是实验室常用的测量质量的仪器。托盘天平的结构和各部件名称如图 6.1-7 所示。

图 6.1-6 物理天平

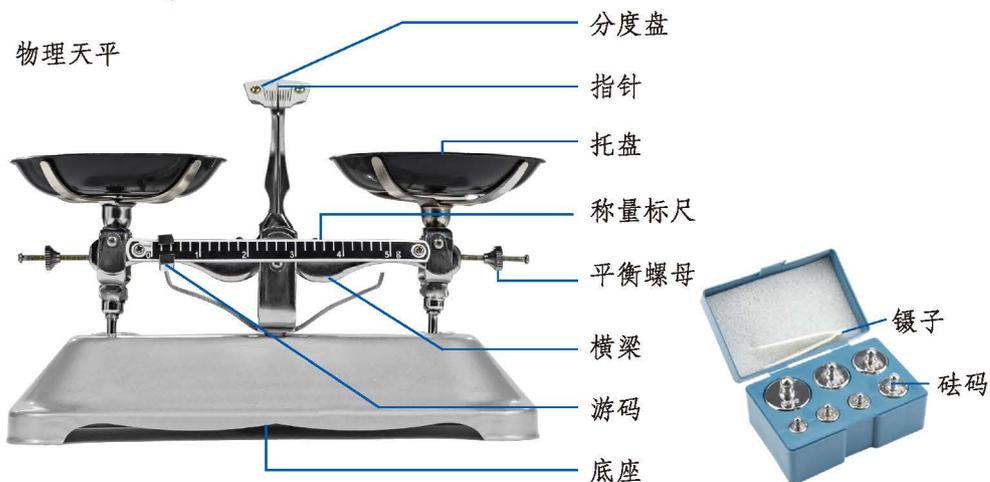


图 6.1-7 托盘天平

提示

横梁水平平衡的标志是：指针静止在分度盘的中央刻度线上，或者指针在中央刻度线左右摆动的幅度相等。

托盘天平在使用前要进行调节（图 6.1-8）。调节托盘天平的具体方法是：

1. 把托盘天平放置在水平桌面上易于操作的地方。
2. 用镊子把游码轻轻拨至称量标尺左侧零刻度线处。
3. 调节平衡螺母，使横梁水平平衡。

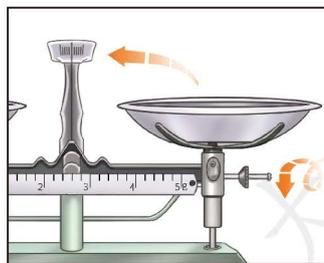
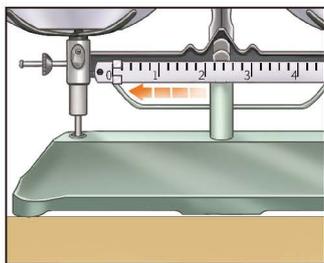
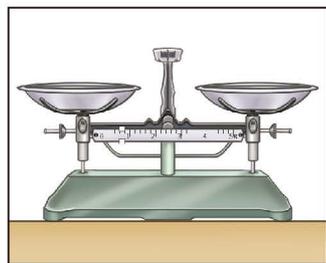


图 6.1-8 托盘天平的调节

调节好托盘天平后，就可以测量物体的质量了（图 6.1-9）。测量质量的方法是：

1. 把待测物体轻轻放在左盘中。
2. 估计待测物体的质量，用镊子夹取适当的砝码轻轻放在右盘中。
3. 若放入最小砝码时天平右端下沉，则将最小砝码取走，用镊子轻拨游码，使横梁水平平衡。
4. 把右盘中砝码总质量的数值和游码在称量标尺上的示数相加，就得到物体质量的数值。
5. 记录数据，并标明单位。

提示

不允许直接用手拨动游码或拿取砝码，砝码用毕必须放回砝码盒中。

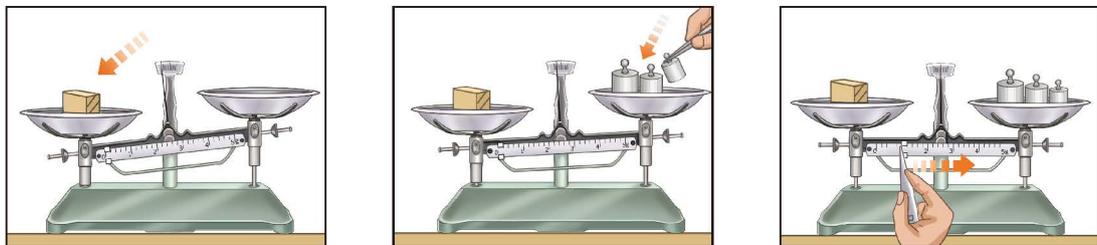


图 6.1-9 托盘天平的使用

学生实验

用托盘天平测量物体的质量

测量橡皮、圆珠笔和文具盒的质量。先估测它们的质量，再用托盘天平进行测量，将数据记录在表 6.1-1 中。

表 6.1-1 用托盘天平测量物体的质量

测量方法	橡皮的质量 m_1/g	圆珠笔的质量 m_2/g	文具盒的质量 m_3/g
估测			
用托盘天平测量			

前面测量的都是有确定形状的物体的质量，请你思考一下如何测量液体或粉末状固体的质量。动手试一试，设计实验数据记录表，做好数据记录，并与同学交流你的实验方法和步骤。



交流讨论

用托盘天平测量物体的质量时，为什么要将待测物体放在左盘？为什么不允许直接用手拿取砝码？关于托盘天平的使用，你认为还应注意些什么？



自我检测

1. 完成下列单位换算。

- (1) 地球的质量约为 $6.0 \times 10^{24} \text{ kg} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ t}$ 。
- (2) 一辆公共汽车的质量约为 $7 \text{ t} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kg}$ 。
- (3) 一粒药片的质量约为 $5 \times 10^{-4} \text{ kg} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mg}$ 。

2. 在下列测量数据右侧填上适当的单位。

- (1) 一名普通中学生的质量约为 $50 \underline{\hspace{2cm}}$ 。
- (2) 一枚鸡蛋的质量约为 $50 \underline{\hspace{2cm}}$ 。
- (3) 一桶 5 L 食用油的质量约为 $5 \underline{\hspace{2cm}}$ 。
- (4) 一瓶 380 mL 矿泉水的质量约为 $380 \underline{\hspace{2cm}}$ 。

3. 在使用托盘天平测量某金属块的质量时，把托盘天平放在水平桌面上，将游码移到称量标尺左侧 处，发现指针偏向分度盘中央刻度线的左侧，应该把平衡螺母向 （选填“左”或“右”）调节，才能使横梁水平平衡。

横梁水平平衡后，把金属块放在左盘，用镊子向右盘加减砝码并调节游码，直到横梁再次水平平衡，此时砝码的质量和游码的位置如图 6.1-10 所示，则金属块质量的测量值为 g。

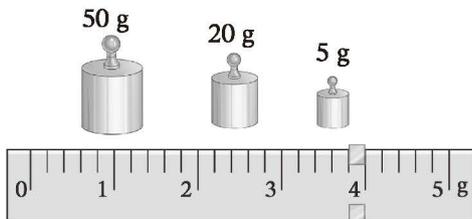


图 6.1-10

4. 到附近的商场里或集市上调查一

下，有哪些常见的测量物体质量的工具，了解一下它们在使用前的调节方法以及使用过程中的注意事项，并将这些测量工具的量程、分度值列表记录下来。如果测量工具的计量单位不是“kg”，请在表格中写出该计量单位与“kg”之间的换算关系。



拓展阅读

测量质量一定要用天平吗？

天平并不是在任何情况下都能测量出物体质量的，比如在中国空间站中，由于物体处于失重状态，天平就无法使用。另外，地球、太阳等质量特别大的物体，或质子、电子等质量特别小的物体，也不能直接用天平来测量。那么，它们的质量又该如何测量呢？

1. 地球和太阳质量的测量

地球和太阳的质量可以利用万有引力定律进行间接测量。我们只需要测量出地球绕太阳做圆周运动的轨道半径和周期，就可以计算出太阳的质量。很早之前，人们就测量出地球绕太阳做圆周运动的周期约为 365 天，但是直到 19 世纪，人们才测定出地球运动的轨道半径。因此，19 世纪，人们才确定太阳的质量约为 2×10^{30} kg。同样，测量出月球绕地球做圆周运动的轨道半径和周期，也可以计算出地球的质量，约为 6×10^{24} kg。

2. 质子和电子质量的测量

测量质子、电子这些微观粒子的质量，需要用到较为复杂的仪器并结合理论计算才能实现。

质谱法是高精度测量带电粒子质量的方法。世界上第一台质谱仪诞生于 1919 年，主要通过测量带电粒子在电磁场中的运动情况来得到微观粒子的质量。带电粒子在电场、磁场中会受力，不同质量的带电粒子在力的作用下会呈现出不同的运动轨迹。通过对带电粒子运动情况的研究，可以测定粒子的质量。目前，人们普遍认为质子的质量约为 1.67×10^{-27} kg，电子的质量约为 9.11×10^{-31} kg。

我们了解了测量很大的天体质量和很小的微观粒子质量的方法。请你查询一下：在太空失重环境下，该如何测量常见物体的质量呢？

第二节

物质的密度

如图 6.2-1 所示，体积相同的水和煤油、铜锭和铝锭，它们的质量各不相同；质量相同的铁块和木块，它们的体积也不相同。这些物体分别是由不同物质组成的，物体质量与体积的关系是否与组成它的物质的某种特性有关？我们生活中常说的“油比水轻”是否与这种特性有关？

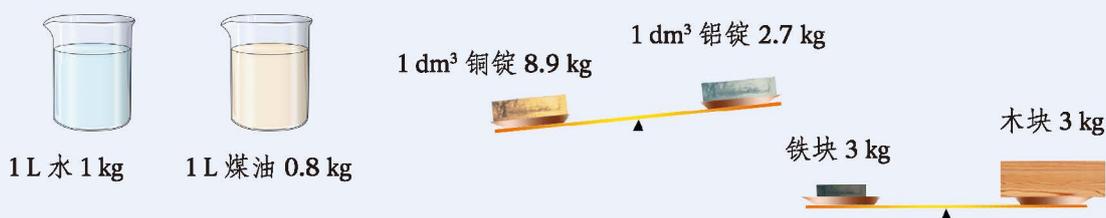


图 6.2-1 比较物体的质量和体积



实验探究

探究物质质量与体积的关系

◆问题与猜想

通常情况下，一杯水的体积确定了，其质量也就确定了。如果将水的体积增加到原来的 2 倍（或 3 倍），水的质量也会变为原来的 2 倍（或 3 倍）（图 6.2-2）。同种物质的质量与体积成正比吗？不同物质的质量与体积之比相同吗？



图 6.2-2 水的体积增加，质量也增加

◆制订方案

根据上面的猜想，设计如下探究方案。

1. 准备若干体积不同的立方体铝块和铜块作为研究对象。
2. 选择天平、刻度尺作为测量的工具。

3. 分别测量每一铝块和铜块的棱长，计算出体积。
4. 分别测量每一铝块和铜块的质量。
5. 先分析铝块的质量-体积关系，再分析铜块的质量-体积关系，然后比较分析铝块和铜块的质量-体积关系。

◆收集证据

按照制订的方案进行实验，将实验数据记录在表 6.2-1 中，并在图 6.2-3 中的坐标纸上作出质量与体积的关系图像。

表 6.2-1 探究物质质量与体积的关系

实验序号		1	2	3	...
铝 块	体积 $V_{\text{铝}}/\text{cm}^3$				
	质量 $m_{\text{铝}}/\text{g}$				
	$\frac{m_{\text{铝}}}{V_{\text{铝}}}/(\text{g}/\text{cm}^3)$				
铜 块	体积 $V_{\text{铜}}/\text{cm}^3$				
	质量 $m_{\text{铜}}/\text{g}$				
	$\frac{m_{\text{铜}}}{V_{\text{铜}}}/(\text{g}/\text{cm}^3)$				

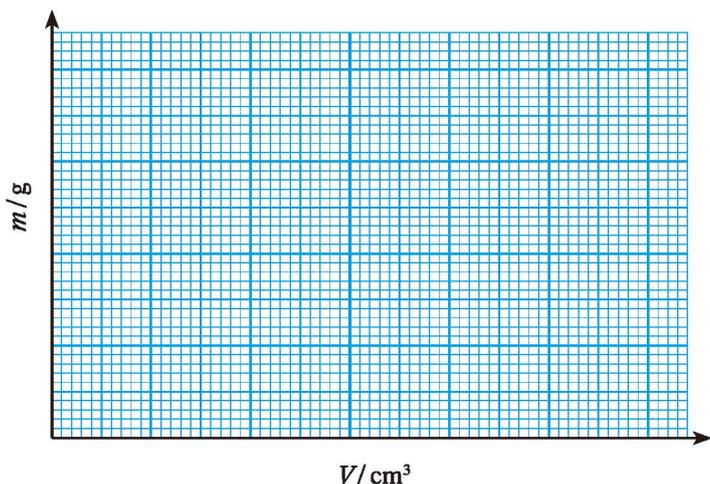


图 6.2-3 质量-体积图像

◆分析与论证

通过实验数据和图像，你能得出什么结论？与你之前的猜想一致吗？不同物质的质量与体积的关系相同吗？

提示

与速度的定义方法类似，密度这一物理量也是用物理量之比来定义的。

大量实验表明：不同物质的质量与体积的比一般不同；由某种物质组成的物体，其质量与体积的比通常是一个常量，它反映了这种物质的一种特性。在物理学中，把物体的质量与体积的比叫作**密度** (density)，它的物理含义是单位体积物体的质量。用 m 表示质量， V 表示体积， ρ 表示密度，则

$$\rho = \frac{m}{V}。$$

在国际单位制中，质量的单位是千克，体积的单位是立方米，密度的单位就是千克每立方米，用符号 kg/m^3 表示。密度的常用单位还有克每立方厘米，符号是 g/cm^3 。

物质密度的大小跟物质的质量或体积的大小无关，而跟物质的种类和状态有关，不同物质的密度一般不同。表 6.2-2 至表 6.2-4 给出了一些固体、液体和气体的密度值。

表 6.2-2 在常温常压下一一些固体的密度

物 质	密度 / ($10^3 \text{ kg}/\text{m}^3$)	物 质	密度 / ($10^3 \text{ kg}/\text{m}^3$)
铂	21.5	铝	2.7
金	19.3	花岗岩	2.5 ~ 2.8
铅	11.3	玻 璃	2.3 ~ 3.8
银	10.5	普通混凝土	2 ~ 2.8
铜	8.9	冰	0.9
钢、铁	7.9	石 蜡	0.82 ~ 0.92
钻 石	3.51	干松木	0.4 ~ 0.7

表 6.2-3 在常温常压下一一些液体的密度

物 质	密度 / ($10^3 \text{ kg}/\text{m}^3$)	物 质	密度 / ($10^3 \text{ kg}/\text{m}^3$)
水 银	13.6	柴 油	0.85
硫 酸	1.8	煤 油	0.8
海 水	1.02 ~ 1.07	酒 精	0.8
纯 水	1.0	汽 油	0.71

表 6.2-4 在温度为 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、压强为 $1.01 \times 10^5\text{ Pa}$ 时一些气体的密度

物 质	密度 / (kg/m^3)	物 质	密度 / (kg/m^3)
氯	3.21	一氧化碳	1.25
二氧化碳	1.98	甲 烷	0.72
氧	1.43	氮	0.18
空 气	1.29	氢	0.09

从表 6.2-2 和表 6.2-3 中可以看出，冰的密度比水的密度小，也就是说水结成冰后体积会增大。所以，在我国北方的冬季，室外的自来水管很容易被冻裂。为了保护自来水管，人们通常要给它包上保温材料。

提示

由于气体的体积受温度和压强的影响显著，所以在给出气体密度值时要给出相应的温度和压强的数值。



自我检测

1. 从密度表中查找冰的密度，并计算： 1 cm^3 的冰融化成水后，质量是多少？体积是多少？

2. 关于密度，下列说法正确的是 ()。

- A. 将一铝块切成体积相等的两块后，每块铝块的密度都变为原来的一半
- B. 铁的密度比铝的密度大，表示铁的质量大于铝的质量
- C. 铜的密度是 $8.9 \times 10^3\text{ kg}/\text{m}^3$ ，表示 1 m^3 铜的质量为 $8.9 \times 10^3\text{ kg}$
- D. 密度不同的铝块和铜块，它们的质量一定不同

3. 图 6.2-4 为甲、乙两种物质的 m - V 图像。下列说法正确的是 ()。

- A. 体积为 20 cm^3 的甲物质的质量为 10 g
- B. 乙物质的密度与质量成正比
- C. 甲物质的密度比乙物质的密度小
- D. 甲、乙两种物质质量相同时，乙的体积是甲的 2 倍

4. 很早之前，我国古代劳动人民就能巧妙地利用水来开山采石。具体做法是：到了冬季，人们白天在石头上打一些洞，往洞里灌满水并封实洞口。待晚上气温下降，水结冰后就会将石头胀裂。请你运用所学物理知识解释石头被胀裂的原因。

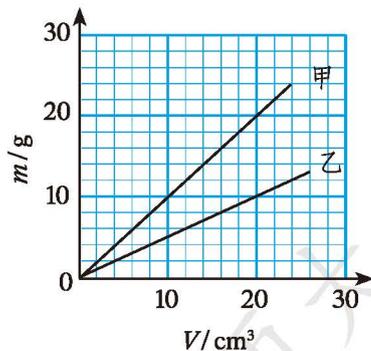


图 6.2-4



拓展阅读

水的反常膨胀

通常物质温度升高，其体积会膨胀，温度降低，其体积会收缩，这一现象称为热胀冷缩。我们前面学过的液体温度计就是利用液体热胀冷缩的性质制成的。但水这种物质在某些条件下恰好与上面的情况相反，即温度降低，其体积会增大，出现热缩冷胀的现象，我们称之为反常膨胀现象。在水温从 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 降到 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的过程中，水会出现反常膨胀现象。因此，水在 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时的密度最大。

水的反常膨胀对水中生物过冬有着重要的意义。当冬季气温下降至 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下时，若湖泊的水温在 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上，则此时上层水的温度随着环境温度的降低而降低，水的体积缩小，密度变大，于是下沉到底部，同时下层温度较高的暖水就升到上层来。但是当整个湖泊的水温都降到 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时，上层水的温度继续随着环境温度的降低而降低，水由于反常膨胀导致体积增大，密度减小，即上层水的密度小于下层水的密度，

于是上层水只能停留在湖泊表面继续冷却，直到其温度下降到 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 后结成冰。

由于水和冰的导热性能都很差，因此在湖泊表面温度继续降低的过程中，湖泊下层水的温度仍能长时间保持在 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右（图 6.2-5），从而保证水中的动植物能够在寒冷的季节生存下来。

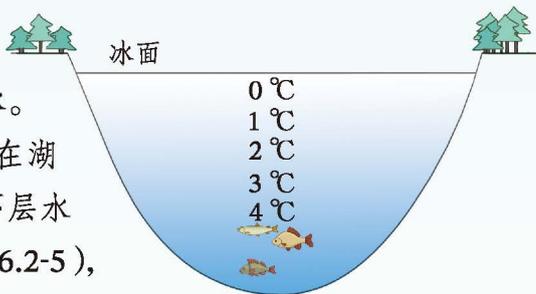


图 6.2-5 水的反常膨胀

除了水之外，还有哪些物质会发生反常膨胀现象？物质的反常膨胀现象在实际中还有哪些应用？请查阅相关资料，并与同学交流。

第三节

密度的测量与应用

密度是物质的一种特性，不同物质的密度通常不同，因此可以利用密度来鉴别物质。比如，我们想要鉴别人民币1元硬币和1角硬币（图 6.3-1）是不是用钢制造的，只要测量出它们的密度，就能对照密度表进行判断。那么，密度应该如何测量呢？

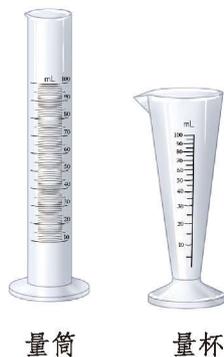


图 6.3-1 1元硬币和1角硬币

密度的测量

密度的定义式为我们提供了测量密度的基本原理。只要测出物体的质量和体积，就可以计算出密度。前面我们已经学习过质量的测量方法，对于形状规则的固体，如长方体、圆柱体、球体等，只要测量出它们的长、宽、高或直径，就可以计算出它们的体积。对于液体和形状不规则的固体，应该怎样测量它们的体积呢？

测量液体的体积，要使用专门的仪器，如量筒、量杯（图 6.3-2）。对于形状不规则的固体，要用特殊的方法测量它们的体积。比如，测量小石块等不规则固体的体积时，可以使用量筒或量杯，借助固体排开水的体积间接测量固体的体积。



视线要与凹形液面的底相平，或与凸形液面的顶相平

图 6.3-2 测量液体体积的仪器及其读数方法

交流讨论

根据图 6.3-2 所示的情景，结合长度测量中读数与记录数据的方法，请你思考一下：使用量筒测量体积时，应该如何读数？应该怎样记录数据？将你的想法与同学交流。



测量固体和液体的密度

1. 用天平和量筒测量小石块的密度。

实验步骤如下：

(1) 用已调好的天平测量出小石块的质量 m ，记录在表 6.3-1 中。

(2) 将量筒放置在水平桌面上，向量筒中加入适量的水，读出并记录水的体积 V_1 。

(3) 将小石块用细线拴住后缓慢放入量筒中，让小石块浸没在水中，读出并记录小石块和水的总体积 V_2 。

(4) 利用 $V = V_2 - V_1$ 计算并记录小石块的体积 V 。

(5) 利用 $\rho = \frac{m}{V}$ 计算并记录小石块的密度 ρ 。

表 6.3-1 测量小石块的密度

m / g	V_1 / cm^3	V_2 / cm^3	V / cm^3	$\rho / (\text{kg} / \text{m}^3)$

在测量小石块密度的实验中，为什么要先测质量后测体积？实验过程中注意哪些细节可以使测量更便捷、更准确？

2. 用食盐和水配制一杯浓食盐水，用天平和量筒测量浓食盐水的密度。

浓食盐水的质量和体积应该如何测量呢？请先设计实验方案和实验数据记录表，然后进行测量。

想一想：只有天平，没有量筒和量杯，应该怎样测量浓食盐水的密度呢？将你的想法与同学交流。

密度的应用

根据密度的定义，在密度、质量和体积三个物理量中，只要知道其中任意两个，就可以求出第三个。因此，密度除了可以用来鉴别物质之外，还可以用来计算某些很难称量的物体的质量，或不便测量的物体的体积，进而完成一些特殊的测量，甚至可以判断物体中所含物质的成分。

例题 体育课上用的实心“铅球”，质量为4 kg，体积为 0.57 dm^3 。通过计算判断这个“铅球”是不是用纯铅制成的。

分析 要知道“铅球”是不是用纯铅制成的，可先求出它的密度，再与金属铅的密度进行比较。

解 根据密度公式可求出这个“铅球”的密度为

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{4 \text{ kg}}{0.57 \times 10^{-3} \text{ m}^3} = 7.02 \times 10^3 \text{ kg/m}^3。$$

答 由表 6.2-2 可知，铅的密度是 $11.3 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ，可见这个“铅球”不是用纯铅制成的。

交流讨论

除了计算密度之外，你还能用什么方法来判断“铅球”是不是用纯铅制成的？将你的想法与同学交流。

我们利用密度知识还可以设计一些巧妙的测量方法。例如，我们可以先测量出一卷金属丝（图 6.3-3）的质量，根据其密度计算出金属丝的体积，再用体积除以金属丝的横截面积，就可以得到这卷金属丝的长度了。对于如何用天平“测量”一卷金属丝的长度这一问题，你还有其他解决方法吗？

密度知识在社会生产中的应用十分广泛。

在工业生产中，工厂在铸造金属零件之前，要估计需熔化多少金属，根据模具的容积和金属的密度就可以计算出所需要的金属的质量，以避免浪费；质量监管部门将采集的样品密度等信息，作为检验产品是否合格的依据之一。

在农业生产中，农民在收获麦子等农作物时，经常利用风力，根据密度的不同分拣饱满麦粒、瘪粒和草屑等（图 6.3-4）。《梓人遗制》中记载了专门利用这一方法进行分拣的农具“风簸”（图 6.3-5）。饱满程度



图 6.3-3 金属丝



图 6.3-4 利用风力分拣麦粒



图 6.3-5 风簸

不同的麦粒及草屑混在一起，通过风簸的风口时，密度不同的麦粒及草屑被吹走的距离不同，它们就会落在不同的位置，从而实现将它们分开的目的。请你猜想一下麦粒和草屑哪个被吹走的距离更远一些。请用身边的物品设计一个小实验来验证你的猜想。

你还知道密度有哪些应用？请举出密度应用的实例并与同学交流。



自我检测

1. 在用天平和量筒测量浓食盐水密度的实验中：

(1) 用天平测出空烧杯的质量为 29 g，在烧杯中倒入适量的浓食盐水，测量烧杯和浓食盐水的总质量，天平横梁水平平衡时如图 6.3-6 甲所示，则浓食盐水质量的测量值是_____ g。

(2) 将烧杯中的浓食盐水全部倒入量筒中，如图 6.3-6 乙所示，则量筒中浓食盐水体积的测量值是_____ mL。

(3) 浓食盐水密度的测量值是_____ kg/m³。

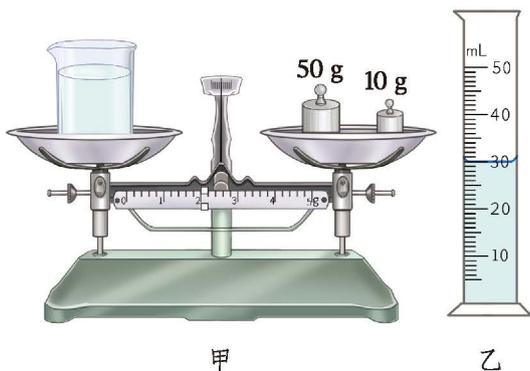


图 6.3-6

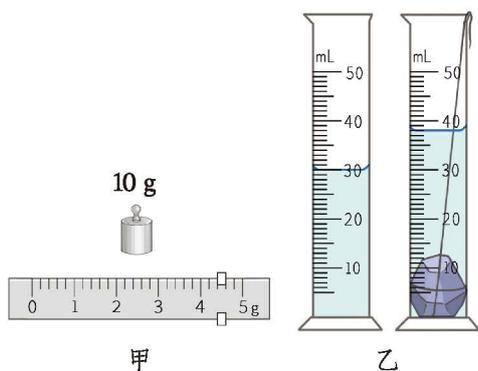


图 6.3-7

2. 在建筑工地上有一种称为“环保砖”的新型建筑材料，现取一块这种环保砖的样品，测量其密度。

(1) 用已调好的天平测量环保砖样品的质量，天平横梁水平平衡时，右盘中的砝码质量和游码在称量标尺上的位置如图 6.3-7 甲所示，则环保砖样品质量的测量值是_____ g。

(2) 用薄塑料膜将环保砖样品紧密封好后放进盛有水的量筒内, 测出其体积。环保砖样品放入前后, 量筒中水面的位置如图 6.3-7 乙所示, 则该环保砖样品体积的测量值是 _____ cm^3 。

(3) 该环保砖样品密度的测量值是 _____ kg/m^3 。

3. 铸造车间用密度为 $6.0 \times 10^3 \text{ kg}/\text{m}^3$ 的合金浇铸实心工件。先用密度为 $0.6 \times 10^3 \text{ kg}/\text{m}^3$ 的材料制成工件模型, 其质量为 1.2 kg。求:

(1) 一个合格工件的质量是多少?

(2) 有一个浇铸完成的工件, 其外观形状和体积与模型一样, 但其内部有空心, 测得其质量为 9 kg, 则该工件空心部分的体积是多少?

4. 请你猜想人民币的 1 元硬币和 5 角硬币各是用什么金属制造的, 再测出它们的密度, 看看你的猜想是否正确。为了使密度的测量更加精准, 在测量方案的设计上, 你有哪些措施?



拓展阅读

细微差别中的重大发现

1882 年, 物理学家瑞利 (John William Rayleigh, 1842—1919) 在精确测量各种气体的密度时, 发现从液态空气中取得的氮的密度是 $1.257 2 \text{ kg}/\text{m}^3$, 从亚硝酸铵中取得的氮的密度是 $1.250 5 \text{ kg}/\text{m}^3$ 。经多次重复测量, 排除误差的影响后, 他发现这个令人奇怪的差异仍然存在。直到 1894 年, 瑞利与化学家拉姆赛 (William Ramsay, 1852—1916) 合作, 在从空气中取得的氮里分离出另一种当时未知的气体——氩, 这个谜才终于解开。原来, 从液态空气中分离出的氮混有少量的氩, 而氩的密度较大, 因此从液态空气中取得的氮的密度就比从亚硝酸铵中取得的氮的密度稍大。瑞利不放过细微差异, 执着地进行深入的研究, 才发现了氩。他因此荣获 1904 年诺贝尔物理学奖。

很多科学发现都来源于人们的细心观察, 需要科学家从细微处出发反复推敲, 调整实验探究方向。严谨、认真、坚持的精神是保证科学研究能够深入并取得成功的关键。请你查阅相关资料, 了解历史上科学家坚持不懈并从细微处获得重大发现的其他实例, 用小论文、小剧本、漫画或壁报等方式把它们呈现出来, 并与同学交流。

第四节 探索新材料

新材料指新出现的或正在发展中的材料，它具有传统材料所不具备的优异性能或特殊功能，如在密度、强度、硬度、耐磨性、耐蚀性、抗辐照等某一方面或多个方面具有优越的性能。随着科学技术的发展和人们日益丰富的生产生活需要，新材料被不断研发出来，并广泛应用于社会的各个领域。请你围绕新材料的种类、特点、应用，以及新材料对社会发展的作用和对环境的影响，完成一篇调查报告。

任务分解

1. 通过探索材料的发展演变过程，认识材料对社会发展的作用。
2. 认识新材料，了解新材料的性能。
3. 通过调查校园或社区垃圾的处理情况，认识材料发展对环境的影响。

任务一 认识材料对社会发展的作用

人类社会的发展始终伴随着对材料的开发和利用，材料的发展对人们的生产生活具有极大的促进作用。以文字书写为例，早在殷商时期，人们便开始用甲骨作为书写材料，后经发展，人们开始使用竹简记录文字信息。竹简（图 6.4-1 甲）造价低廉且容易制作，但是过于笨重，不利于保存和传播。

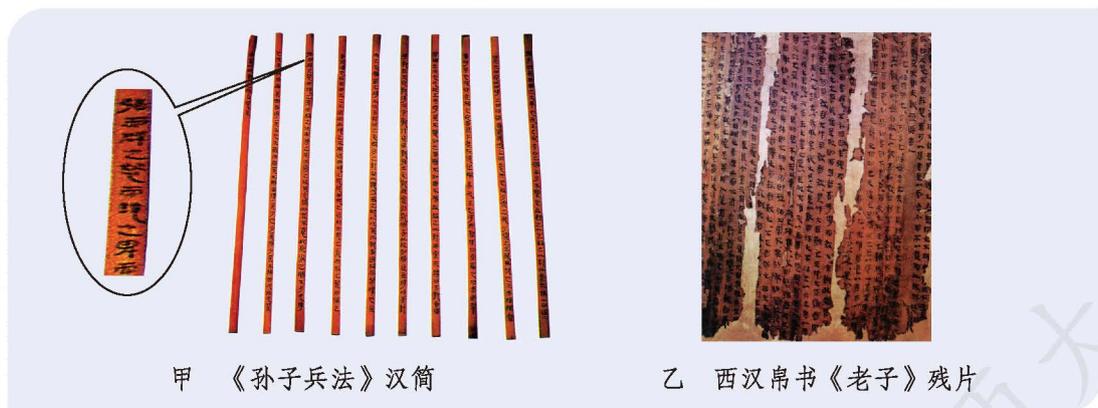


图 6.4-1 竹简和帛书

春秋战国时期开始出现在绢帛上撰写文字的帛书（图 6.4-1 乙）。帛书轻巧但造价昂贵，不利于广泛应用。西汉初期出现了早期的纸张。公元 105 年，东汉蔡伦改进了造纸术，之后纸开始被广泛用于文字、图形信息的记录和传递。纸的发明制造极大地促进了人类文明的发展。



实践活动

人们日常生活中所用到的各种物品，如文具、服装、家具、厨具等，都是由许多不同的材料制成的。请以小组为单位，通过查阅资料或参观博物馆，调查某一物品或某一领域所用材料的演化变迁，了解材料的发展演化对人类生活的影响，以手抄报或壁报的形式与同学交流。

任务二 认识新材料

人类早期直接从自然界获取材料，进行简单加工后制成各种器具，如利用石材制造石铲（图 6.4-2 甲）。随着工艺的发展，夏商时期人们通过炼制青铜材料制作青铜铲（图 6.4-2 乙）。到了现代，人们则使用高硬度合金钢材料制作合金铲（图 6.4-2 丙）。高科技领域已广泛使用各种新材料制品，如我国嫦娥五号探测器上采集月壤的机械铲（图 6.4-2 丁）就是用轻质、耐高温、耐严寒的新材料制作的。



图 6.4-2 制作铲子所用材料的演变

随着不同领域科学技术的不断发展，大批与传统材料存在显著差异的新材料不断涌现，如密度极小却坚固耐用的轻质材料，能够抑制细菌生长的纳米材料，在高温下仍具有良好物理性质的超耐热合金，用于制造人工器官的高分子材料，等等。



轻质材料

1. 气凝胶

气凝胶(图 6.4-3)是目前世界上最轻的固体材料之一,密度仅有 0.2 kg/m^3 ,甚至更小,因此被称为“冻结的烟”。



图 6.4-3 气凝胶

气凝胶貌似“弱不禁风”,其实非常坚固耐用。它可以承受相当于自身所受重力几千倍的压力,在温度达到 $1\,200\text{ }^\circ\text{C}$ 时才会熔化。因为气凝胶中一般 80% 以上是空气,所以它的隔热性能很好。此外,气凝胶还有对光的偏折能力低、绝缘性能好等特性。这些特性使气凝胶成为航天探测中的重要材料。

2. 微晶格材料

用镍金属通过 3D 打印技术制成的微晶格材料(图 6.4-4),是世界上最轻的金属材料之一。它是由连通中空管构成的多孔聚合物材料,看上去有点儿像网格架构的弹簧床,密度约为 0.9 kg/m^3 。微晶格材料具有超强的抗压缩和能量吸收能力,非常适用于抗压减振。



图 6.4-4 微晶格材料



实践活动

调查一下,在生活和工农业生产中,哪些地方用到了新材料。列一个表格(参考表 6.4-1),写出新材料的名称、用途和特性,并说明它们的使用给人们带来了哪些便利。

表 6.4-1 新材料调查

材料名称	用途	特性	便利

任务三 认识材料发展对环境的影响

材料在人类历史进程中有着重要作用。材料的发展促进了人类社会和科学技术的发展。但是，一些材料的使用也带来了环境问题。

某些材料很容易造成环境污染。例如，生产生活中广泛使用的塑料袋、农用地膜、一次性餐具、饮料瓶等塑料制品，大多是用聚苯乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯等高分子化合物制成的。这些塑料制品被弃置后成为固体垃圾，它们难以降解，会在土壤、水体中存在上百年，因此被称为“白色污染”。“白色污染”会对生态环境造成严重危害，给各类野生动植物和人类的生命安全带来威胁（图 6.4-5）。为了遏制“白色污染”，我国自 2008 年 6 月 1 日起，严格限制塑料购物袋的生产、销售、使用。



图 6.4-5 海龟误食塑料垃圾

材料的研发和使用与环境保护并不矛盾。通过不断研发更环保的材料，优化生产工艺，绿色发展是能够实现的。

以造纸为例，造纸行业产生的废水量，曾一度占到我国工业废水排放总量的 1/5。如今，我国制浆造纸水污染全过程控制技术取得突破，达到国际领先水平，让造纸行业走上了清洁生产、循环经济的道路。

作为新时代的公民，我们要牢固树立环保意识，从自身做起，不使用对环境有不可逆破坏的材料制品，少使用对环境有严重影响的材料制品，做好日常生活垃圾分类处理，切实保护生态环境，善待我们的地球家园。



实践活动

调查自己所在学校或社区的垃圾处理情况，包括垃圾的主要种类、垃圾的处理流程等，有条件的还可以到附近的垃圾处理厂参观。结合对学校或社区垃圾处理的调查情况，从环境保护的角度，围绕大家在日常学习和生活中对各类材料的使用提出一些合理建议，并在班级中进行交流。



自我检测

1. 纳米陶瓷作为新材料应用广泛,它具有耐磨损、耐腐蚀、耐高温、防渗透等特点。下列选项中最不适合使用纳米陶瓷材料的是()。

- A. 装强酸性液体的容器 B. 切割金属的刀具
C. 录音棚内的吸音材料 D. C919 客机的外表涂层

2. 我国的航天事业处于世界领先水平,从地球同步通信卫星到鹊桥中继星的研发与应用,从载人航天到空间站建设,从嫦娥探月到天问一号探访火星,这些都离不开火箭发射。火箭在发射过程中要穿越稠密的大气层,为此,搭载航天器的火箭要求外壳轻巧、耐高温。火箭外壳材料应具有的物理属性是()。

- A. 密度大,熔点高 B. 密度小,熔点高
C. 密度大,熔点低 D. 密度小,熔点低

3. 膜结构是建筑行业中新发展起来的一种结构形式,它是一种具有一定强度、能够覆盖大跨度空间的结构体系。国家游泳中心“水立方”(图 6.4-6)是世界上首个完全由膜结构进行全封闭的大型公共建筑。它采用的 ETFE (乙烯-四氟乙烯共聚物)膜只有一张牛皮纸厚,捧在手上轻若鸿毛。ETFE 膜的延展性、耐火性、绝热性都非常出色,即便是冰雹撞击薄膜的较大响声也无法传递到场馆之内。通过以上信息可以推断,这种建筑材料不具备的特点有()。



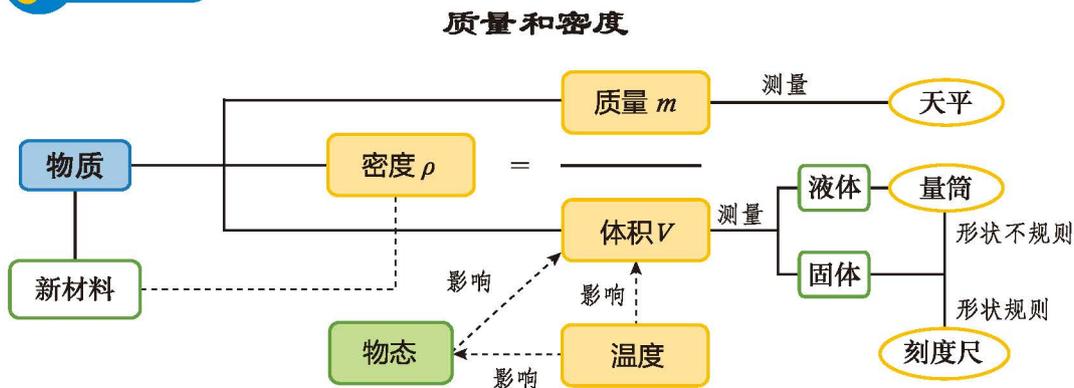
图 6.4-6

- A. 熔点低 B. 韧性好 C. 密度小 D. 隔音性较好

4. 碳纤维是一种陶瓷纤维类材料,具有强度高、耐高温、耐腐蚀等特性,可以加工成各种织物。将碳纤维与玻璃纤维、金属铝等材料复合后,“复合材料”的耐磨损、耐疲劳等特性可以有效增强。请根据上述信息分析并阐述,碳纤维及其复合材料可以在哪些领域发挥作用。

整理与复习

概念整合



素养发展

我们在前面学习了路程、时间、速度等物理量，并用它们描述物体的运动。在本章中，我们又学习了质量、体积和密度等描述物质性质的物理量，再次经历了建立物理概念、明确物理量的单位和测量方法的过程。

我们已经学习了多种测量工具，包括温度计、刻度尺、量筒、天平等，从中可以梳理出认识新的测量工具的一般过程，如了解测量原理、认识测量工具的特点、掌握正确的使用方法、明确使用注意事项等。

新材料的研发使人类文明持续向前迈进。例如，我国古代人民发明的纸张开创了人类记录和传递信息的新纪元，近现代科学家研制的纳米材料和轻质材料等在高科技领域发挥了重要作用。

问题解决

利用密度知识可以进行很多巧妙的测量。比如，对于形状规则、体积巨大的石块，其质量不便于直接称量，我们可以先测出它的体积，再根据密度计算出它的质量，这就是用刻度尺“量出质量”的巧妙测量。

找一块比你所在地区的地图略大一些、厚薄均匀的纸板，能否利用天平“称”出你所在地区的面积？利用天平、刻度尺还能设计出哪些巧妙的测量方案？以小组为单位进行交流讨论，形成具体的测量方案，再进行实际测量，并将测量方案和测量结果与其他小组进行交流。

· 第七章 ·



运动和力

飞机从地面飞上蓝天，需要强大的升力；游乐场中的过山车沿着轨道不停地变换着运动方向，时而加速时而减速，这个过程也需要力；我们要从地面上跳起来，同样需要力……那么，究竟什么是力？物体的运动和力又有怎样的关系呢？



第一节

力

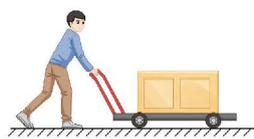
如图 7.1-1 所示，为了使乒乓球沿着设计的线路运动，运动员往往要练习一些击球的技术：根据来球的情况，结合自己的战术，采取加力、减力等不同方法接打乒乓球。这些技术中提到的力是什么呢？它们有什么特点呢？



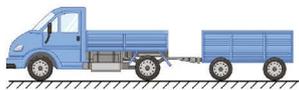
图 7.1-1 接打乒乓球

什么是力

对于图 7.1-2 所示的情景，你一定不会感到陌生。你能从中找出它们的共同特点吗？



人推车



汽车拉拖车



手提箱子



人压坐垫、
坐垫压弹簧



磁铁吸引
回形针

图 7.1-2 生活中的力

一个物体对另一个物体的推、拉、提、压、吸引等，都是物体对物体的作用。我们将这种一个物体对另一个物体的作用叫作**力**（force）。力一般用符号 F 表示，在国际单位制中，力的单位是牛顿（newton），简称牛，用符号 N 表示。

1 N 的力有多大呢？两枚普通的鸡蛋放在手中静止时，对手的压力约为 1 N（图 7.1-3）。一名普通中学生站在地面上，对地面的压力约为 500 N。我国长征五号运载火箭的起飞推力达 1×10^7 N。

由于力是一个物体对另一个物体的作用，因此力

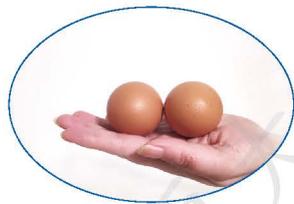


图 7.1-3 感受力的大小

交流讨论

观察图 7.1-2 所示的情景，与同学讨论一下：每一个情景中的力都是相互的吗？在每一对力中，施力物体和受力物体分别是什么？

不能脱离物体而存在。当我们讨论某一个力时，一定涉及两个物体，一个是施力物体，另一个是受力物体。

请你用手拍打自己的大腿，体验一下施力和受力的感觉。在手拍打大腿的同时，大腿是否对手有力的作用呢？

大量实验表明，物体间力的作用是相互的。甲物体对乙物体施力时，乙物体对甲物体也施力。

力的作用效果

在图 7.1-4 所示的各种情景中，都存在力的作用，你认为力对物体有怎样的作用效果？

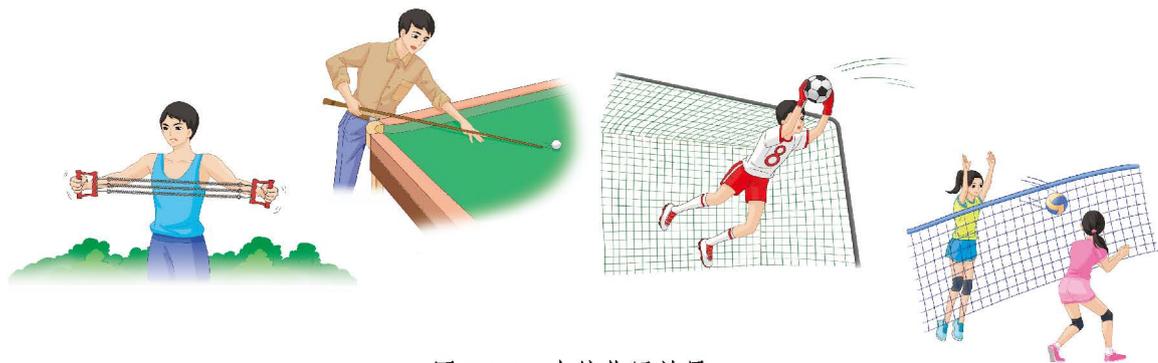


图 7.1-4 力的作用效果

人对拉力器的作用力可使拉力器的弹簧伸长，弹簧的形状发生改变；球杆对台球的作用力可使台球由静止变为运动；守门员对足球的作用力可使足球由运动变为静止；拦网队员对排球的作用力可使排球改变运动方向。

物体由静止变为运动、由运动变为静止，以及运动快慢和方向的变化，都是物体的运动状态发生了变化。可见，**力可以使物体的形状发生改变，也可以使物体的运动状态发生改变。**

想一想：怎样判断一个物体是否受到力的作用呢？和同学讨论一下。

力的三要素

人对拉力器的作用力越大，拉力器的弹簧伸得就越长；球杆击打台球的方向不同，台球运动的方向就不同。大量事实表明，力的大小、方向都会影响力的作用效果。还有什么因素会影响力的作用效果呢？

以图 7.1-5 关房门的情景为例。尝试一下，在门把手及其左侧的不同位置，用同样大小的力以垂直于门表面的方向推门，感受关门的难易程度。

你会发现，在越靠近门把手的位置，关门越容易。可见，不仅力的大小、方向会影响力的作用效果，力的作用点也会影响力的作用效果。

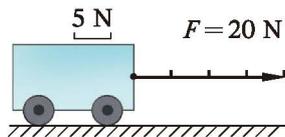
我们将力的大小、方向和作用点叫作**力的三要素**。

我们可以用图示的方法形象地描述一个力，即用一根带箭头的线段表示力：线段的长度表示力的大小，箭头的方向表示力的方向，线段的起点表示力的作用点。图 7.1-6 甲表示小车受到大小为 20 N、方向水平向右的力。这种用一根带箭头的线段把力的三要素都表示出来的方法，叫作力的图示法。

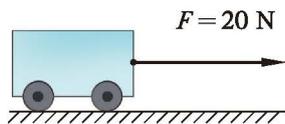
在有些情况下并不需要严格地按照力的图示法画出力的大小，只要把力的作用点和方向表示出来就可以了，如图 7.1-6 乙所示，这种图叫作力的示意图。



图 7.1-5 力的作用效果与作用点有关



甲 力的图示



乙 力的示意图

图 7.1-6 力的描述



自我检测

1. 人踢球时，_____与_____之间发生了力的作用。若以球为研究对象，施力物体是_____，受力物体是_____。

2. 如图 7.1-7 所示，书包的 A 点受到 80 N 的竖直向上的拉力，请画出书包所受拉力的示意图。



图 7.1-7

3. 如图 7.1-8 所示, 用扳手拧螺母, 手握在扳手柄的什么位置更容易拧动螺母? 手作用在不同位置效果不同, 说明了什么?

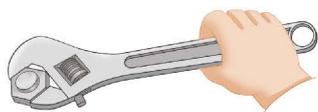


图 7.1-8

4. 2022 年 10 月 31 日, 长征五号 B 遥四运载火箭成功将梦天实验舱送入预定轨道。如图 7.1-9 所示, 火箭点火后, 高温、高压气体从火箭喷口向下喷出, 同时推动火箭腾空而起, 说明物体间力的作用是_____。火箭在推力作用下加速上升, 说明力可以改变物体的_____。



图 7.1-9



拓展阅读

牛 顿

牛顿 (Isaac Newton, 1643—1727, 图 7.1-10) 是英国物理学家、天文学家、数学家, 是近代最杰出的科学家之一。

牛顿从小就酷爱读书和动手制作。上小学时, 他做了不少精巧的风车、风筝等器具, 受到同学和邻居的赞赏。1661 年, 牛顿考入剑桥大学。

牛顿继承和发展了以伽利略为代表的科学家的研究成果, 并在此基础上创立了经典力学体系。后人为了纪念这位伟大的物理学家, 就用他的名字命名了力的单位。

牛顿在力学、光学、天文学和数学领域都有许多杰出贡献, 他奠定了经典物理学的基础, 但他仍然保持着坚持不懈的进取精神。他曾说过: “我不知道世人怎样看我, 但我认为自己不过像一个在海边玩耍的孩子, 不时为发现比寻常更为美丽的一块卵石或一片贝壳而沾沾自喜, 至于展现在我面前的浩瀚的真理海洋, 却全然没有发现。”

你知道牛顿在光学、天文学和数学领域的杰出贡献有哪些吗? 请你查阅资料, 了解牛顿的杰出贡献, 并说一说牛顿的进取精神对你有什么启发。



图 7.1-10 牛顿

第二节

力的测量 弹力

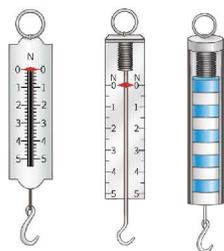
我们拿起一本物理课本用不了太大的力，提起装满书的书包要用较大的力，如果搬起书桌可能就要用更大的力（图 7.2-1）。这些大小不同的力该如何测量呢？



图 7.2-1 体验力的大小

测力计

测量力的大小的工具称为测力计。图 7.2-2 是几种常见的测力计。



实验室常用的弹簧测力计



牵引力计



握力计

图 7.2-2 常见测力计

每个测力计都有一定的量程。它的最大刻度值表明了测力计允许测量的最大的力。所测的力过大时，测力计可能会损坏。观察图 7.2-3 中的弹簧测力计，说出它的量程和分度值各是多少。

在使用弹簧测力计时要注意：

1. 测量前，估计所要测的力的大小，选择量程和分度值合适的弹簧测力计。检查它的指针是否与零刻度线对齐，若没有对齐，要进行调整。

用手沿弹簧的中心轴线方向轻轻地拉动弹簧测力



图 7.2-3 弹簧测力计

计的挂钩，放手后，观察指针能否回到初始位置。

2. 测量时，要采用图 7.2-4 甲中的使用方法，让待测量的力作用在测力计的挂钩上，并使力的方向沿着弹簧的中心轴线方向；不能采用类似图 7.2-4 乙中的使用方法。

3. 读数时，视线要与指针所在位置的面板垂直。

4. 记录数据时，要标明单位。

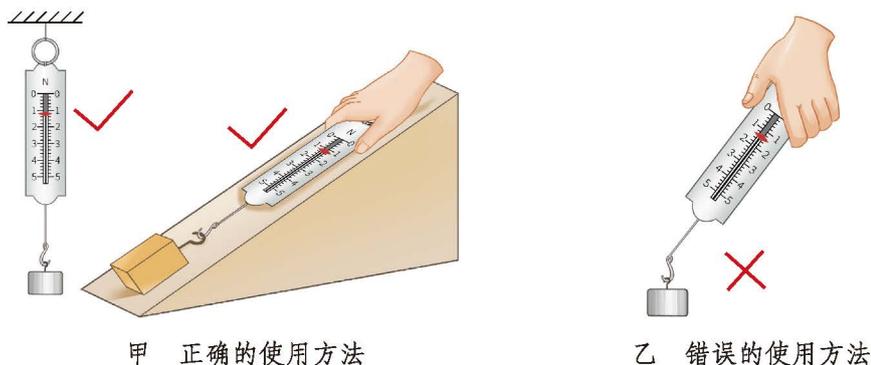


图 7.2-4 弹簧测力计的使用方法



学生实验

用弹簧测力计测量力

1. 感受力的大小。

用手轻轻地拉动弹簧测力计的挂钩，使指针分别指到 1 N、3 N 和最大测量值的位置。

2. 测量弹簧测力计对物体的拉力。

(1) 将木块挂在竖直放置的弹簧测力计的挂钩上，测量弹簧测力计对木块的拉力 F_1 。

(2) 将木块放在水平桌面上，用弹簧测力计沿水平方向拉动木块，测一下木块刚被拉动时所需要的拉力 F_2 ，再测一下拉动木块做匀速直线运动时所需要的拉力 F_3 。

将实验数据记录在表 7.2-1 中。

表 7.2-1 用弹簧测力计测量力

F_1 / N	F_2 / N	F_3 / N

弹 力

用双手握住钢片的两端，使其适当弯曲后松开一只手；用双手将一根橡皮筋拉长少许后，松开一只手（图 7.2-5 甲）；把弹簧拉力器拉长后缓慢松手。你会观察到它们都能恢复原来的形状。物体的这种特性叫作弹性。用手捏一个面团，面团变形后松手，面团不能完全恢复原来的形状（图 7.2-5 乙），物体的这种特性叫作范性（又称塑性）。物体在外力作用下发生形变，撤去外力后，物体能完全恢复原状的形变叫作弹性形变；撤去外力后，物体不能恢复原状的形变叫作范性形变。



甲



乙

图 7.2-5 弹性形变与范性形变



科学窗

形变的类型

形变有纵向形变、弯曲形变、扭转型变等类型。图 7.2-6 甲是未发生形变的两个大小、形状和材质均相同的长条橡皮，图 7.2-6 乙是对其中一个橡皮施加不同的力后橡皮发生的不同类型的形变。



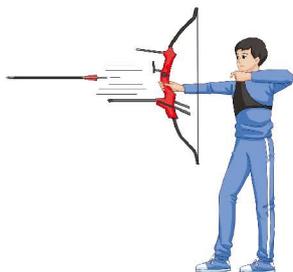
图 7.2-6 橡皮发生形变



拉弓



瞄准



撒放

甲 射箭

发生了弹性形变的物体，由于要恢复原来的形状，会对使它发生形变的物体产生力的作用，这种力叫作**弹力**（elastic force）。弹力是一种普遍存在的力，通常地面对人的支持力、书对桌面的压力、绳子对水桶的拉力等都属于弹力。

物体的弹性有一定的限度，超过这个限度，发生形变的物体就不能恢复到原来的形状。在弹性限度内，弹簧受到的拉力越大，弹簧的形变量就越大，弹簧测力计就是利用这个原理来测量力的大小的。

如图 7.2-7 所示的体育项目中，运动员使弓、蹦床、跳板发生弹性形变，它们产生弹力，把箭高速射出，把运动员高高弹起。



乙 蹦床



丙 跳板跳水

图 7.2-7 弹力的作用效果

弹力的方向是怎样的？

如图 7.2-8 所示，把木块放在桌面上，木块与桌面在两者的接触处都发生了微小的形变，木块要恢复原状，对桌面产生向下的弹力，这个力就是木块对桌面的压力 F ；同时桌面要恢复原状，对木块产生向上的弹力，这个力就是桌面对木块的支持力 F' 。大量实验表明，压力（支持力）的方向总是垂直于接触面指向被压（被支持）的物体。

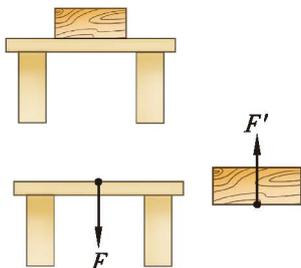


图 7.2-8 桌面和木块之间的作用力

如图 7.2-9 所示，球被悬线吊起，悬线和球都发生了微小的形变，悬线要恢复原状，对球产生向上的弹力，这个力就是悬线对球的拉力 F ；同时球也要恢复原状，对悬线产生向下的弹力，这个力就是球对悬线的拉力 F' 。大量实验表明，悬线对物体拉力的方向总是沿着悬线指向悬线收缩的方向。

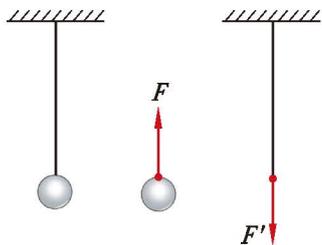


图 7.2-9 球和悬线之间的作用力



科学窗

观察微小形变的方法

任何物体在力的作用下，都会发生形变。有时物体的形变很小，不容易被观察到。我们可以采用一些方法，将不易观察到的微小形变显现出来。比如，我们可以通过细管中的液面升降来判断瓶子的形变。如图 7.2-10 所示，将玻璃瓶中装满水，把细玻璃管穿过橡胶塞插入瓶中，玻璃管与橡胶塞之间、橡胶塞与玻璃瓶之间塞紧密封，使得细玻璃管中出现一定高度的水柱。用力捏玻璃瓶，可以观察到细玻璃管中的水柱高度发生了变化，说明力使玻璃瓶发生了形变。我们还可以通过光的反射来放大微小形变，如图 7.2-11 所示。

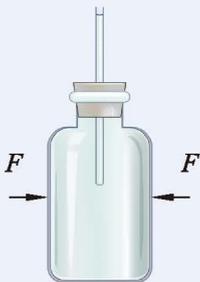


图 7.2-10 演示微小形变

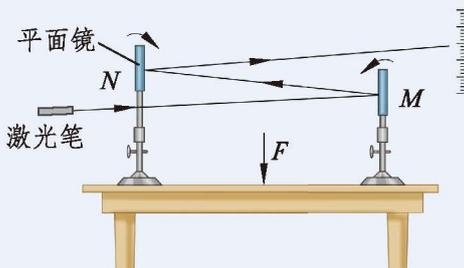


图 7.2-11 利用光的反射演示桌面的微小形变



自我检测

- 关于弹力，下列说法正确的是（ ）。
 - 任何物体发生形变后都会产生弹力
 - 只有弹簧被拉长以后才会产生弹力

C. 只要物体发生弹性形变就会产生弹力

D. 只要物体接触就一定会产生弹力

2. 如图 7.2-12 所示, 这个弹簧测力计的最大测量值为 _____ N, 分度值为 _____ N, 此时弹簧测力计的示数为 _____ N。

试用弹簧测力计测一根头发所能承受的最大拉力。

3. 物体 A 静止在斜面上, 在图 7.2-13 中画出 A 受到的斜面对它的支持力的示意图。

4. 用橡皮筋代替弹簧做一个测力计, 注意观察这样的测力计的刻度与弹簧测力计有什么不同。针对刻度的不同, 说明其中的道理。



图 7.2-12

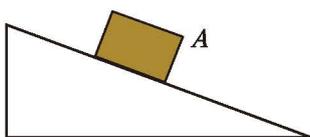


图 7.2-13



拓展阅读

弹簧及其应用

弹簧在我们日常生活中的应用非常广泛。小到文具、玩具、钟表, 大到汽车、军工武器、航空航天器材等, 都有弹簧在发挥着重要作用。

弹簧种类很多, 按照使用时弹簧能够承受的弹力及形变情况, 可分为压缩弹簧、拉伸弹簧、扭转弹簧和弯曲弹簧等 (图 7.2-14)。



压缩弹簧



拉伸弹簧



扭转弹簧



弯曲弹簧

图 7.2-14 常用的弹簧

从形状上看, 压缩弹簧、拉伸弹簧、扭转弹簧等都属于螺旋弹簧, 弯曲弹簧属于板弹簧。螺旋弹簧性能稳定, 结构简单, 制造方便, 应用最为广泛。板弹簧吸振能力强, 常用在载重汽车或火车的减振装置中。

弹簧的特征不同，主要功能也不尽相同。除了用于制作测力计之外，弹簧还有很多功能，如复位功能、储能功能、缓冲功能、压紧功能等（图 7.2-15）。



复位功能
汽车手刹回位弹簧



储能功能
钟表发条弹簧



缓冲功能
车架与车轮间的弹簧



压紧功能
电池盒中的弹簧

图 7.2-15 弹簧的一些功能

复位功能指弹簧在外力作用下发生形变，撤去外力后，弹簧就能恢复原状。很多工具和设备都是利用弹簧的这一性质来复位的。比如，许多建筑物大门的合页上安装了复位弹簧。人进出后，门会自动复位。人们还利用这一功能制成了自动伞、自动铅笔等用品。此外，各种按钮和按键也少不了复位弹簧。

储能功能指弹簧发生形变储存弹性势能，释放后，弹簧在恢复原状的过程中将弹性势能转化为其他形式的能。机械钟表、发条玩具等就利用了弹簧的储能功能。

此外，在车架与车轮之间通常装有弹簧，利用弹簧的弹性来减缓车辆的颠簸，这就是弹簧的缓冲功能。压紧功能应用也非常广泛。比如，在订书机中有一个压缩弹簧，它的作用一方面是顶紧订书钉，另一方面是当最前面的订书钉被推出后，可以自动将下一个订书钉推到最前面。许多机器自动送料，都是靠弹簧的压紧功能。

制造弹簧的材料一定是金属吗？请结合弹力产生的条件，以及弹簧的特征和功能，分析一下还有哪些材料可以用来制作弹簧。请你查阅资料，了解更多类型的弹簧，并分析这些弹簧的优势是什么。

第三节

重 力

观察图 7.3-1 所示的情景，下落的苹果、跳起的运动员、被抛出的篮球的运动有什么共同特点？这种运动特点与他们所受到的力有什么关系？



树上的苹果落向地面



跳起的运动员落向水面



被抛出的篮球落向地面

图 7.3-1 物体在重力作用下的运动



图 7.3-2 感知重力的方向

重 力

地球上的一切物体，都受到地球的吸引力作用。这种由于地球的吸引而使地球表面附近的物体受到的力叫作**重力**（gravity）。重力的方向总是竖直向下。重力一般用字母 G 表示。

如图 7.3-2 所示，被悬挂的重物静止时，细线沿竖直向下的方向被拉直，它的方向与重力的方向一致。

重垂线就是利用这个原理来工作的，它在生产和生活中有着广泛的应用。我国宋代建筑工程典籍《营造法式》中记载的“垂绳视正”，介绍的就是重垂线在建筑工程中的应用。如图 7.3-3 所示，利用重垂线可以检查墙砌得是否竖直，也可以检测桌面是否水平。

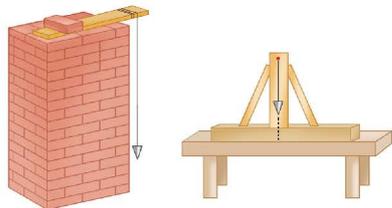


图 7.3-3 重垂线的应用

重力与质量的关系

物体所受重力的大小可以用弹簧测力计来测量。如图 7.3-4 所示，把物体挂在弹簧测力计的挂钩上，当物体静止时，弹簧测力计的示数就等于物体所受重力的大小。

根据日常生活经验我们知道，物体的质量越大，所受的重力就越大。那么，物体所受重力的大小与它的质量有什么定量关系呢？



图 7.3-4 用弹簧测力计测量重力



学生实验

探究重力与质量的关系

1. 用弹簧测力计依次测出质量为 50 g、100 g、150 g……的钩码所受的重力，并记录在表 7.3-1 中。
2. 计算钩码所受的重力 G 与钩码质量 m 的比，并记录在表 7.3-1 中。

表 7.3-1 探究重力与质量的关系

钩码的质量 m/g	钩码所受的重力 G/N	$\frac{G}{m} / (N/kg)$
50		
100		
150		
...		

从表 7.3-1 中记录的数据可以看出，物体所受的重力跟它的质量成正比。重力和质量的比通常用 g 表示，因此质量为 m 的物体所受的重力

$$G = mg。$$

在同一地点，物体所受的重力与其质量之比是一定的，一般情况下 g 取 9.8 N/kg，读作“9.8 牛每千克”，它表示质量为 1 kg 的物体所受的重力为 9.8 N。



科学窗

 g 的数值与海拔、纬度有关

在地球上的不同位置， g 的数值可能不同。在同一纬度上，海拔越高的位置， g 值越小。如果都在海平面上测量，地球赤道附近 g 值最小，越靠近两极 g 值越大。我国海南三亚地区 $g=9.780 \text{ N/kg}$ ，北京地区 $g=9.802 \text{ N/kg}$ ，黑龙江漠河地区 $g=9.816 \text{ N/kg}$ 。

重心

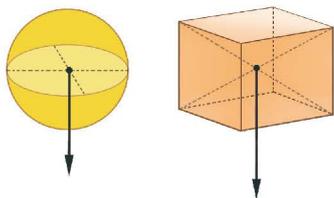


图 7.3-5 质地均匀、外形规则的物体的重心

物体的每一部分都会受到地球的吸引，但是对于整个物体来说，重力作用的表现就好像作用在一个点上，这个点叫作物体的**重心**（center of gravity）。

如图 7.3-5 所示，质地均匀、外形规则的物体的重心在它的几何中心。



实践活动

把直尺放在手指上，仔细调节支撑直尺的支点位置，使其在手指上平衡，则直尺的重心就在支点上方，如图 7.3-6 所示。试试看，找一找你文具盒内的直尺、铅笔、橡皮的重心的大致位置。



图 7.3-6 直尺的重心



自我检测

1. 小红要在学校的竖直墙壁上贴一张长方形的植树节海报，她利用重垂线来检查海报是否贴正。如图 7.3-7 所示，海报的长边与重垂线不平行。为了把海报贴正，下列操作方法正确的是（ ）。

- A. 换用质量更小的重锤
- B. 向上移动海报的位置，使海报下边缘与重锤对齐



图 7.3-7

C. 调整重垂线, 使重垂线与海报的短边平行

D. 调整海报, 使海报的长边与重垂线平行

2. 放在斜面上的木箱受到的重力为 60 N, 请在图 7.3-8 甲中画出这个重力的示意图。如图 7.3-8 乙所示, 一个足球正在空中飞行, 请在图中画出它所受重力 G 的示意图。

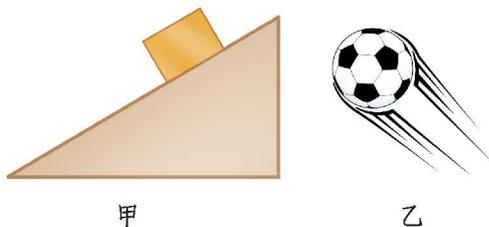


图 7.3-8

3. 2019 年 1 月 3 日, 嫦娥四号在月球背面成功着陆, 这是人类第一个着陆月球背面的探测器。已知物体在月球上所受的“重力”只有在地球上所受重力的 $1/6$, 若嫦娥四号携带的玉兔二号月球车在月球上受到的“重力”是 220 N, g 取 10 N/kg , 求:

(1) 玉兔二号月球车在地球上受到的重力为多少?

(2) 玉兔二号月球车在月球背面行进时的质量是多少?

4. 小明用天平、弹簧测力计、几个相同的钩码和几个相同的小沙袋, 研究物体所受的重力与物体质量的关系, 并根据所测量的质量 m 和重力 G 分别画出钩码和小沙袋的 G - m 图像, 如图 7.3-9 所示。

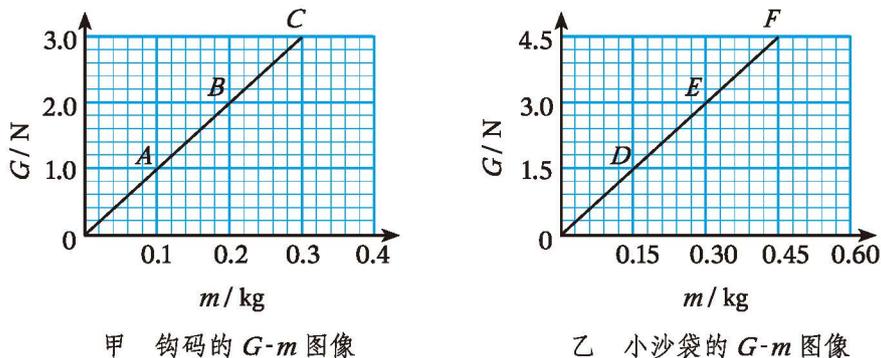


图 7.3-9

(1) 通过分析图像的特点可归纳出初步的结论: 物体所受的重力与它的质量_____。

(2) 根据图像可知, 不同物体所受的重力 G 与其质量 m 之比约为_____。

(3) 进一步综合分析和比较甲、乙两图像的特点可知, 如果把钩码和小沙袋的 G - m 图像画在同一个坐标系中, 则两条斜线是_____ (选填“重合”或“不重合”) 的。



重心与稳度

稳度指物体的稳定程度，稳度越大，物体就越不容易翻倒。建筑物、车、船等物体以及人在各种运动中都涉及稳度问题。降低物体的重心是提高稳度的一种方法，重心越低，物体就越不容易翻倒。如图 7.3-10 所示，赛车的底盘相对较重，车身高也设计得很低，赛车手几乎躺在车里，整体的重心降得很低，这样赛车在快速行驶拐弯时就不易翻倒；落地式电风扇要靠比较重的底座来降低整体的重心，以提高电风扇的稳定程度；摔跤运动员进入比赛状态时用屈腿站立的方式来降低重心，以防止被对方摔倒。



图 7.3-10 降低重心，提高稳度

如果能把重心降低到支点以下，还会出现一些神奇的平衡现象。如图 7.3-11 所示，在车下悬挂框架中站一个表演者、在老鹰摆件中老鹰的翅膀前端加些重物，这些措施都能把重心降低到支点以下。



图 7.3-11 神奇的平衡

图 7.3-12 不倒翁

你儿时玩过“不倒翁”（图 7.3-12）吧，它被扳倒后总能自己立起来，这是由它的重心高度变化所形成的现象。分析一下：“不倒翁”在被扳倒的过程中，其重心的高度如何变化？用力的示意图画出重心位置的变化，并与同学交流。根据“不倒翁”的原理，尝试自己制作一个“不倒翁”吧。

第四节

同一直线上二力的合成

生活中常常会见到两个力或几个力的作用效果与一个力的作用效果相同的现象。观察图 7.4-1 所示情景，甲图中提起同样一桶水的力分别有几个？乙图中拉同一辆汽车匀速前进的力分别有几个？



甲 两个小同学与一个大同学
对水桶的作用效果相同

乙 两个同学与一个大力士
对汽车的作用效果相同

图 7.4-1 两个力与一个力作用效果的比较

像图 7.4-1 中的情景这样，几个力共同作用在一个物体上产生的效果和一个力作用的效果相同，可以用一个力来代替那几个力，这个力称为那几个力的**合力**（resultant force）。已知几个力的大小和方向，求合力的大小和方向，称为**力的合成**。

怎样进行力的合成呢？



实验探究

探究同一直线上二力的合成

1. 探究同一直线上方向相同的二力的合成。

按图 7.4-2 所示做实验。把橡皮筋的 A 端固定好， B 端通过细线和两个测力计相连。先用两个测力计沿同一方向拉橡皮筋的 B 端，将 B 端拉到 O 点，

记下 O 点位置，在表 7.4-1 中记录拉力 F_1 和 F_2 的大小、方向。再用一个测力计对橡皮筋的 B 端施加一个力 F ，仍将橡皮筋的 B 端拉到 O 点。

橡皮筋的 B 端两次都被拉到 O 点，说明 F 的作用效果与 F_1 和 F_2 共同作用的效果相同，在表 7.4-1 中记下此时 F 的大小和方向。看一看， F 与 F_1 、 F_2 有什么关系。

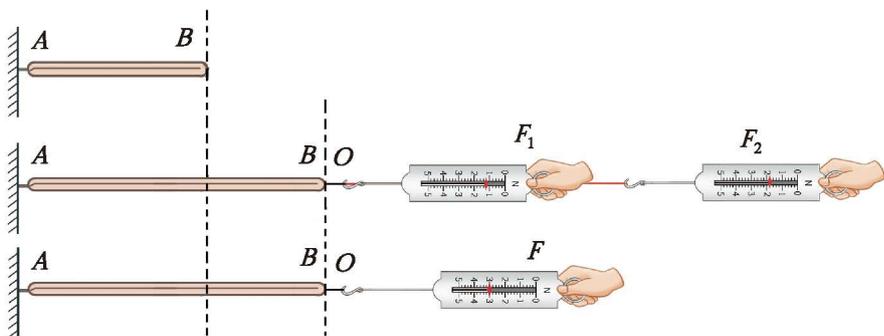


图 7.4-2 同一直线上方向相同的二力的合成

表 7.4-1 探究同一直线上方向相同的二力的合成

施力情况		大小	方向
用两个测力计	F_1 / N		
	F_2 / N		
用一个测力计	F / N		

2. 探究同一直线上方向相反的二力的合成。

按图 7.4-3 所示做实验。 F_1' 、 F_2' 是沿相反方向拉橡皮筋 B 端的两个力，同样可以用一个力 F' 代替 F_1' 和 F_2' 共同作用的效果。将实验数据记录在表 7.4-2 中。看一看，这时的 F' 与 F_1' 、 F_2' 有什么关系。

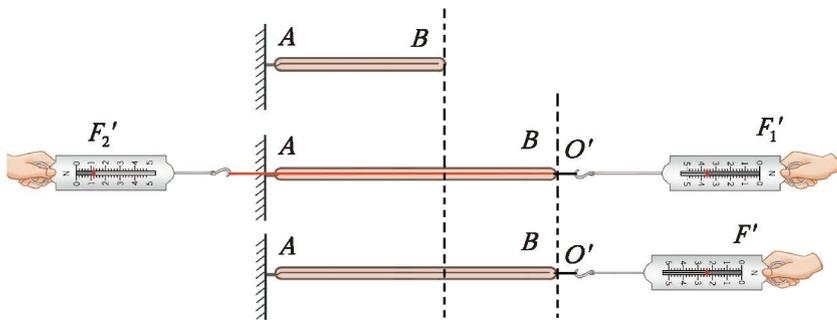


图 7.4-3 同一直线上方向相反的二力的合成

表 7.4-2 探究同一直线上方向相反的二力的合成

施力情况		大 小	方 向
用两个测力计	F_1'/N		
	F_2'/N		
用一个测力计	F'/N		

大量实验表明：作用在同一物体上的两个力，如果在同一直线上且方向相同，其合力方向与这两个力的方向一致，大小等于这两个力的大小之和；如果这两个力在同一直线上但方向相反，其合力方向与其中较大的力的方向一致，大小等于这两个力的大小之差的绝对值。



交流讨论

如果物体受到沿同一直线的三个力的作用，怎样求这三个力的合力呢？



自我检测

1. 小明用竖直向上、大小为 100 N 的力，把一个重为 80 N 的西瓜从地面提起来，则西瓜在被竖直向上提起的过程中受到的合力的大小和方向是（ ）。

- A. 20 N ，竖直向上 B. 180 N ，竖直向上
C. 20 N ，竖直向下 D. 180 N ，竖直向下

2. 作用在同一物体上沿同一直线的两个力，其合力为 500 N 。已知其中一个力是 300 N ，则另一个力（ ）。

- A. 一定等于 200 N B. 一定小于 200 N
C. 一定大于 800 N D. 可能等于 800 N

3. 把一个质量是 0.6 kg 的篮球竖直向上抛出，假设篮球运动过程中空气对它的阻力的方向始终与其运动方向相反，且大小恒为 1 N ，则篮球在竖直上升和下降的过程中所受的合力分别是多大？（ g 取 10 N/kg ）

4. 如图 7.4-4 所示，在水平面上固定一个竖直轻弹簧，将一重为 G 的小球从弹簧上端由静止释放，小球向下运动压缩弹簧。当弹簧被压缩至最短时，弹簧对小球竖直向上的弹力为 $2G$ 。设弹簧始终处于竖直状态且发生的是弹性形变，不计空气阻力，请分析说明此过程中小球所受合力的大小和方向如何变化。

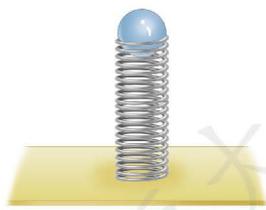


图 7.4-4



拓展阅读

“鲲龙” AG600 两栖飞机

水陆两栖飞机“鲲龙”AG600是我国继“运-20”实现交付列装、C919实现首飞之后，在大飞机领域取得的又一项重大突破，填补了我国大型水陆两栖飞机的空白。

2018年10月20日，一架底部设计如船的“鲲龙”AG600（图7.4-5），从湖北荆门漳河机场陆地跑道开始滑行，随即入水，划开水面后迅速加速并昂起机头，从水面踏浪而起，飞上云霄。之后，“鲲龙”AG600下降至水面完成贴水滑行，最后回归陆地跑道。



图 7.4-5 “鲲龙” AG600

“鲲龙”AG600配备的WJ-6涡轮螺旋桨发动机是我国自主研发的，其单台最大功率超过3 000 kW。这种带6个叶片的螺旋桨发动机通过消耗燃油使飞机获得动力。螺旋桨转动时会对飞机产生向前的拉力，高温高压气体从尾喷管冲出时会对飞机产生向前的推力，拉力和推力共同驱动飞机向前飞行。

“鲲龙”AG600向前飞行时的总动力与螺旋桨对飞机向前的拉力相比，哪个力更大？为什么？你还知道哪些交通工具也是采用类似的多动力牵引的？请你查阅资料，了解这些交通工具的优缺点，并与同学交流。

第五节

二力平衡

我们知道，力可以改变物体的运动状态。是不是只要物体受力，物体的运动状态就一定改变呢？观察图 7.5-1 所示的情景，分析一下：图中的物体各受几个力？他们的运动状态是否发生了改变？



甲 苹果在水平桌面上静止



乙 跳伞运动员和降落伞匀速直线下落

图 7.5-1 物体静止或做匀速直线运动

平衡状态

静止在水平桌面上的苹果，同时受到重力和桌面的支持力；匀速直线下落的运动员和降落伞，同时受到重力和空气阻力。静止的苹果、匀速直线下落的运动员和降落伞的运动状态都保持不变。

物体处于静止或匀速直线运动状态，我们就称物体处于**平衡状态**。处于平衡状态的物体所受的力叫作**平衡力**。如果物体只受两个力而处于平衡状态，这种情况叫作二力平衡。

交流讨论

你还能举出物体虽然受到力的作用，但运动状态却保持不变的实例吗？

二力平衡的条件

如果一个物体只受到两个力的作用，这两个力满足什么条件才能使物体平衡呢？



实验探究

探究二力平衡的条件

如图 7.5-2 甲所示, 取一块轻质硬纸板, 在相对的顶点附近各开一个小孔, 分别用细线系住, 细线的另一端跨过桌边的滑轮各悬挂一个 50 g 的钩码。

(1) 此时纸板受到的两个拉力的大小有什么关系? 方向有什么关系? 纸板能否静止?

(2) 把纸板在竖直平面内扭转一下, 使纸板两侧所受拉力平行但不在同一条直线上, 如图 7.5-2 乙所示。放手后纸板还能静止吗?

(3) 在图 7.5-2 甲中的一个钩码下端再挂一个 50 g 的钩码, 纸板还能静止吗?

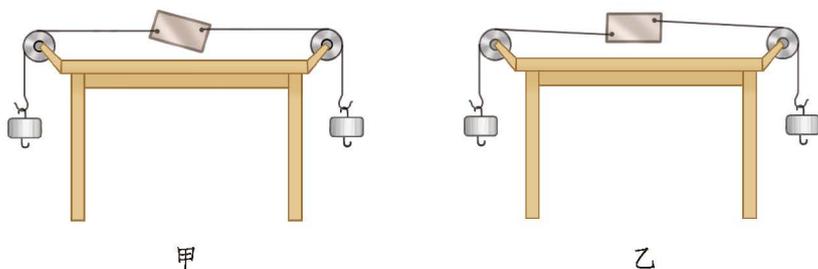


图 7.5-2 探究二力平衡的条件

分析实验现象, 并和同学交流讨论, 思考二力平衡需要什么条件。

大量实验表明, 二力平衡的条件是: **作用在同一物体上的两个力大小相等、方向相反, 且作用在同一直线上。**



交流讨论

1. 雪地摩托通过水平牵引绳拉着香蕉船在水平雪地上匀速直线行驶, 如图 7.5-3 所示。香蕉船和香蕉船上的人作为一个整体, 受到几对平衡力的作用? 其中重力与哪个力平衡?

2. 为什么将物体挂在弹簧测力计下静止时, 弹簧测力计的示数等于物体所受重力的大小?



图 7.5-3 处于平衡状态的香蕉船



实践活动

找出薄板状物体的重心

对于形状不规则的薄板状物体，可用悬挂法找出它的重心位置。在薄板状物体边缘取两个点扎上小孔，先用细线穿过物体上任意一孔 A 系住物体，把物体悬挂在 O 点，如图 7.5-4 甲所示。当物体静止时，根据二力平衡条件可知，物体所受的拉力与重力作用在一条直线上，重心一定就在这条直线上。为了记录这条直线的位置，用铅笔和直尺在物体上画出悬线 OA 的延长线 AB 。

换另一孔 D 把物体悬挂起来，如图 7.5-4 乙所示，按照上述方法画出此时悬线 OD 的延长线 DE 。 DE 与 AB 交于 C 点，则这个物体的重心就在 C 点对应的物体的内部。

你可以再找一点把物体悬挂起来，看看此时悬线的延长线是否也通过 C 点。

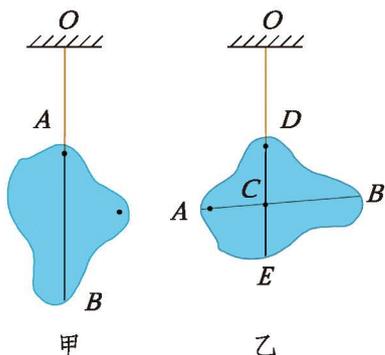


图 7.5-4 找出薄板状物体的重心



自我检测

1. 如图 7.5-5 所示，各物体都受到两个力的作用，其中受力情况属于二力平衡的是 ()。

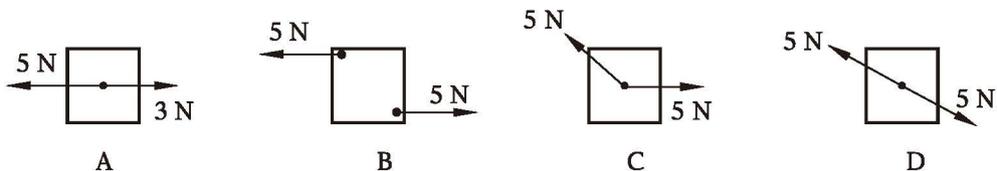


图 7.5-5

2. 某同学静立在人体秤上，下列几对力属于平衡力的是 ()。

- A. 人受的重力与秤对人的支持力 B. 人对秤的压力与秤对人的支持力
C. 秤受的重力与秤对人的支持力 D. 人对秤的压力与秤受到的支持力

3. 起重机用钢丝绳吊着质量为 $3\ 000\ \text{kg}$ 的货物，使其以 $0.2\ \text{m/s}$ 的速度匀速竖直上升，钢丝绳对货物的拉力为多大？若货物以 $0.5\ \text{m/s}$ 的速度匀速

竖直下降，则钢丝绳对货物的拉力又为多大？（ g 取 10 N/kg ）

4. 在甲、乙两人手拉手拔河的过程中，甲对乙的拉力为 F_1 ，乙对甲的拉力为 F_2 。已知 $F_1 = F_2$ ，那么这两个力属于平衡力吗？为什么？



拓展阅读

二力平衡与等效思想

力可以使物体的形状发生改变，也可以使物体的运动状态发生改变。受平衡力的物体，它的形状和运动状态也会改变吗？

如图 7.5-6 所示，将弹簧放在水平桌面上，在弹簧左右两端的挂钩上，沿其轴线方向分别施加大小相等、方向相反的力，你会观察到什么现象？缓慢同步增大施加在挂钩上的两个力，你又会观察到什么现象？在弹簧受到沿轴线方向的平衡力时，弹簧保持静止，长度变长。随着拉力同步增大，弹簧的长度逐渐变长，但弹簧依旧保持静止。

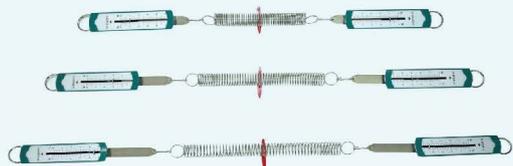


图 7.5-6 弹簧发生形变但保持静止

大量实验表明，当物体受到两个力的作用而处于平衡状态时，物体的形状会发生变化，但物体的运动状态不发生改变。合力为零与不受力都不能改变物体的运动状态，所以它们在改变物体运动状态方面是等效的。

根据力在改变物体运动状态方面的作用效果，我们可以利用等效的思想将复杂问题简化。比如，当某个物体受到多个力的作用时，我们可以将其中几个力进行合成，得到它们的合力，再用这个合力去替换这几个力，从而使问题得到简化。反之，也可以用几个力来等效替代合力，合力和这几个力在改变物体运动状态方面的作用效果是相同的。

在实际生活中，物体的受力情况往往比较复杂。比如，人坐在椅子上静止不动时，椅子受到几个力的作用？这些力是如何使椅子发生形变的？椅子为什么能保持静止状态？请你再举出几个生活中常见的物体受多个力而平衡的实例，分析物体的形变和运动状态跟它受力的对应情况。

第六节

摩 擦 力

图 7.6-1 是冰壶运动员掷冰壶和小朋友滑冰车的情景。当运动员松手后，冰壶会在冰面上滑行一段距离后慢慢停下来；滑冰车的小朋友停止撑冰后，冰车也会逐渐停下来。什么力使冰壶和冰车的运动状态发生了改变呢？



图 7.6-1 冰壶和冰车的运动状态发生变化

滑动摩擦力

用橡皮擦去纸上的字迹、把手按在桌面上向前搓动的时候，我们都会感到一种阻碍作用。如图 7.6-2 所示，这种一个物体在另一个物体表面上相对滑动时，产生的阻碍相对滑动的力，叫作**滑动摩擦力** (sliding friction force)。

滑动摩擦力的大小跟哪些因素有关呢？



图 7.6-2 两个物体相对滑动



学生实验

探究滑动摩擦力大小与哪些因素有关

◆问题与猜想

在冰面上拉动一个物体比在一般的地面上要容易；在水平地面上推物体时，物体越重越费力；擦黑板时，越是用力压板擦，板擦在黑板上滑动得就越费力。想想生活中的这些现象，你认为滑动摩擦力的大小与哪些因素有关？有什么样的关系？

◆制订方案

影响滑动摩擦力大小的因素较多，因此在探究过程中要设法控制实验条件，分别探究滑动摩擦力与每一个因素的关系。

◆收集证据

按照图 7.6-3 甲、乙、丙所示的方案进行实验，并将实验条件和弹簧测力计的示数记录在表 7.6-1 中。

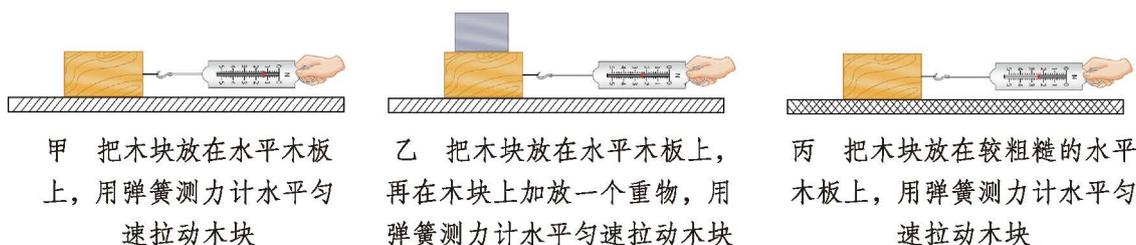


图 7.6-3 探究影响滑动摩擦力大小的因素

表 7.6-1 探究滑动摩擦力大小与哪些因素有关

实验序号	实验条件		弹簧测力计的示数/N
	压力情况	接触面情况	
甲			
乙			
丙			

◆分析与论证

比较甲、乙两次实验的结果可知，滑动摩擦力的大小与_____有关；比较甲、丙两次实验的结果可知，滑动摩擦力的大小与_____有关。由此你能得出什么结论？

◆评估与交流

你的实验结论与实际情况相符吗？与实验前的猜想有不同之处吗？你得到的结果和其他同学的结果相同吗？如果不同，怎样解释？

大量实验表明，滑动摩擦力的大小与相互接触的两个物体间的压力大小、接触面的粗糙程度有关。压力越大、接触面越粗糙，滑动摩擦力就越大。此外，滑动摩擦力的大小还与接触面的材料有关。



静摩擦与滚动摩擦

除了滑动摩擦外，还有静摩擦和滚动摩擦。

两个相对静止但有相对运动趋势的物体间产生的摩擦叫作静摩擦。如图 7.6-4 甲所示，当我们用手握着瓶子并保持相对静止时，瓶子相对于手有竖直向下的运动趋势，手与瓶子之间的摩擦就是静摩擦。当我们推桌子但没有推动时，桌子有相对于地面运动的趋势，桌子与地面之间的摩擦也是静摩擦。

一个物体在另一个物体上滚动时，由于接触面发生不对称形变所引起的一种阻碍滚动的作用叫作滚动摩擦。如图 7.6-4 乙所示，轮滑鞋与地面之间的摩擦就是滚动摩擦。在其他条件相同的情况下，用滚动代替滑动，可以大大减小摩擦。



甲 手与瓶子之间的摩擦是静摩擦



乙 轮滑鞋与地面之间的摩擦是滚动摩擦

图 7.6-4 静摩擦与滚动摩擦

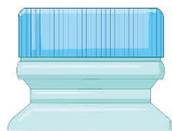
摩擦的利用和防止

在日常生产生活中，摩擦有时是有利的，需要增大。比如，正是由于摩擦的存在，我们才能在地面上行走，汽车才能在公路上行驶。摩擦有时是有害的，需要减小。比如，机器部件在运转中的摩擦会带来能量消耗和部件磨损。

在图 7.6-5 中，人们分别是采取什么措施来增大摩擦或减小摩擦的？你还能举出一些其他实例吗？



用力捏闸，增大闸皮与车轮之间的压力



在瓶盖上做出细条纹



搬运重物时垫上滚木



给车轮的轴加润滑油

图 7.6-5 增大或减小摩擦的方法

人们通过增大压力或增加接触面的粗糙程度来增大有益摩擦，通过用滚动代替滑动、在两个接触面间加润滑油等方法来减小有害摩擦。



自我检测

1. 观察自行车，找出自行车的哪些部位要增大摩擦，哪些部位要减小摩擦。这些部位各是用什么方法来增大或减小摩擦的？

2. 下列实例中，分别是用什么方法来增大摩擦的？请你再举出几个应用摩擦的实例。

(1) 我国北方冬季土路结冰后，人们常在冰上撒些渣土，防止人行走时滑倒。

(2) 拧得很紧的瓶盖需要人们用很大的力握紧才能拧开。

3. 在“探究滑动摩擦力大小与哪些因素有关”的实验中：

(1) 在水平桌面上，用弹簧测力计水平向左拉动木块，使它做匀速直线运动，弹簧测力计示数如图 7.6-6 所示。根据_____知识可知，木块所受滑动摩擦力的测量值为_____。

(2) 小明将木块沿竖直方向截去一半后，测得木块所受的滑动摩擦力变为原来的一半，他由

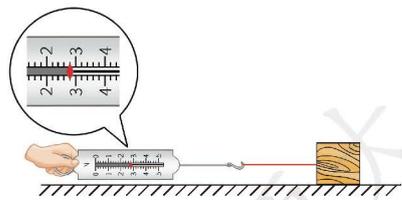


图 7.6-6

此得出：滑动摩擦力的大小与接触面积的大小有关。你认为他在探究过程中存在的问题是_____。

4. 请你展开想象，设想一下：如果没有摩擦，我们的生活将会变成什么样子？



拓展阅读

摩擦——古老而又现代的科学课题

摩擦在日常生产生活中无处不在。我们的祖先早已发现摩擦现象和润滑方法，并在生产生活中加以研究和利用。距今约两万年前，我国柳江人、资阳人、河套人和山顶洞人就已经掌握了摩擦生热、磨削加工的原理，并进行钻木取火和磨制骨头、鹿角等。北京故宫保和殿后面那块长 16.57 m、宽 3.07 m、厚 1.70 m，质量高达 200 t 的丹陛石，就是在冬季被人们从京郊房山大石窝运来的。在运送过程中，人们每隔一段距离就需要挖井汲水，泼成冰道以减小摩擦。

如今人类已走向太空时代，航天领域也有大量需要减小摩擦的构件。在太空中的超低温、超高温、超真空、微重力、强辐射、高速度、高载荷等极限条件下如何减小摩擦，是现代科技的重要课题。

2008 年，神舟七号飞船成功遨游太空，航天英雄翟志刚完成了太空行走的壮举。如图 7.6-7 所示，他高举五星红旗向全世界人民致以问候，然后从舟舷上摘下一个特制样品盒，返回舱内。这个样品盒里装的就是中国科学院研制的高可靠性、长寿命的空间固体润滑材料，是为航天工程量身打造的固体润滑剂。翟志刚的这个太空动作实际上是“神舟飞船应用系统固体润滑材料太空暴露试验”的关键一步。

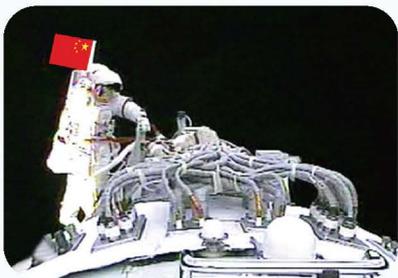


图 7.6-7 翟志刚进行太空行走

尽管从古至今，人们始终在与摩擦打交道，但摩擦是怎样产生的，却还未有确切的答案。请你查阅相关资料，了解一下人们对摩擦产生的本质原因都有哪些猜想。你从中得到了哪些启发？请与同学交流。

第七节

牛顿第一定律



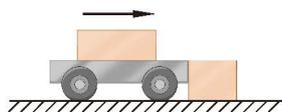
图 7.7-1 掷出去的实心球在空中行进

掷出去的实心球不再受到推力，也能继续在空中行进（图 7.7-1）。沿水平方向运动的自行车，如果我们不再蹬脚踏板，它并不会马上停下来。你还见到过哪些类似的现象？为什么会出现这些现象呢？

惯性



迅速抽出纸条



小车突然停止运动

如图 7.7-2 所示，迅速抽出玻璃杯下的纸条，载有木块的小车突然受阻停止运动。你会看到什么现象？

实验中，纸条被抽走，杯子却留在桌面上；小车受阻停止运动，木块却继续运动飞离小车。在日常生活中，我们可以看到很多类似的现象，比如：拍打衣服时，衣服受力运动，但其上的灰尘还会保持静止，从而使衣服与灰尘分离；短跑比赛中，运动员冲过终点后还要继续运动一段距离，而不能马上停下来。

大量事实表明：处于静止状态的物体，具有保持静止状态的性质；处于匀速直线运动状态的物体，具有保持原来的速度做匀速直线运动的性质。我们把物体保持静止或匀速直线运动状态的性质叫作**惯性**（inertia）。

人工喷泉向上喷出的水，离开喷嘴后还能继续上升，这是由于水有保持原来运动状态的性质；我们可以用嘴吹灭烛焰，这是气体离开嘴后保持原来的运动状态向烛焰运动的结果。可见，液体和气体也具有惯性。

图 7.7-2 惯性现象



交流讨论

对于图 7.7-3 所示的现象，你能说明它们产生的原因吗？



汽车刹车时，车上的人为什么会向前“冲”？



迅速撞击斧子的木柄，斧头为什么就能套紧在木柄上？

图 7.7-3 物体的惯性

牛顿第一定律

既然运动的物体具有保持匀速直线运动状态的性质，那么为什么在水平地面上做匀速直线运动的汽车还需要动力呢？如果没有动力，在水平地面上滑行的汽车将会越走越慢，最后停下来。汽车为什么没有保持匀速直线运动状态呢？



实验探究

探究运动和力的关系

如图 7.7-4 所示，斜面与水平木板平滑连接。取一辆小车，使它三次都从斜面上的同一位置由静止释放，沿斜面运动到水平面上。第一次在水平木板上铺毛巾，第二次铺棉布，第三次直接使用木板。比较小车三次在水平面上受到的阻力和运动情况有什么不同。

按上述计划进行实验操作，并将实验结果记录在表 7.7-1 中。

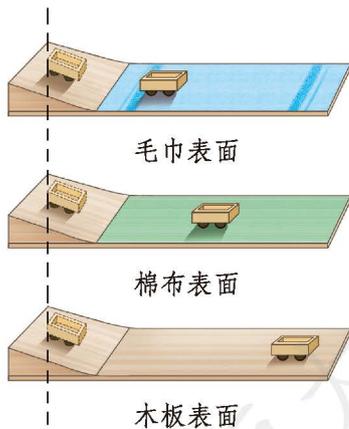


图 7.7-4 探究运动和力的关系

表 7.7-1 探究运动和力的关系

接触面	小车受到阻力的情况	小车在水平面上运动距离的远近
毛巾		
棉布		
木板		

提示

物理学中的“光滑”是一种理想状态，现实中并不存在。因此我们是在实验的基础上，运用极限思维推理出小车在光滑水平面上的运动情况的。

小车每次都从斜面上同一位置由静止释放，这保证了小车每次到达水平面时都具有相同的速度。小车在水平面上的运动速度总会减小，直到停下来，这是因为小车在运动过程中受到了阻力。在这三次实验中，小车在水平面上所受的阻力越小，速度减小得就越慢，通过的距离也越长。可以设想，如果小车运动到光滑水平面上，小车的速度就不会减小，小车将保持原来的速度、沿原来的方向匀速运动下去。

牛顿总结了前人的研究成果，概括出一条重要的定律：**一切物体总保持静止状态或匀速直线运动状态，直到有外力迫使它改变这种状态为止。**这就是**牛顿第一定律**（Newton's first law），也叫作**惯性定律**。

一切物体的运动状态发生改变时，一定受到外力的作用。力是使物体运动状态发生改变的原因。

交流讨论

在图 7.7-5 所示的各种情景中，物体的运动状态是否发生了改变？物体运动状态改变的原因分别是什么？

飞来的棒球被
运动员接住



水流喷射出去

飞机降落滑行



过山车在
弯道上运动

图 7.7-5 分析物体运动状态改变的原因



自我检测

- 下列现象中，能说明物体具有惯性的是（ ）。
 - 射出枪膛的子弹头仍能在空中飞行
 - 行驶中的汽车紧急刹车后，还会向前滑行一段距离
 - 树上熟透的苹果沿竖直方向落下
 - 乘客站在静止的汽车上，当车突然向前启动时，乘客会向后倾
- 下列现象中，为了防范惯性带来危害的是（ ）。
 - 汽车在行驶时要保持一定的车距
 - 跳远运动员在起跳前助跑
 - 拍打窗帘清除它上面的灰尘
 - 行车时司机和乘客系上安全带

3. 小明用铁锹挖沟，他站在沟底铲起一锹土，将铁锹中的土由静止开始抛至沟外，而铁锹却留在手中。请你解释该现象。

4. 细心的小红在地铁站里发现两块安全警示牌（图 7.7-6），同样是摔倒，但两人摔倒的方向不同。请你说明这两块安全警示牌中人向不同方向摔倒的原因。



小心地滑



当心绊倒

图 7.7-6



拓展阅读

伽利略的思想实验

伽利略（图 7.7-7）是意大利物理学家、天文学家和哲学家，近代实验科学的先驱者。历史上，他首先在科学实验的基础上融会贯通了数学、物理学和天文学知识，扩展、加深并改变了人类对物质运动和宇宙的认识。

伽利略利用小球沿斜面运动的思想实验（thought experiment），经过科学的分析、推理，反驳了亚里士多德“力是维持物体运动状态的原因”的观点，得出了物体



图 7.7-7 伽利略

的运动不需要力来维持的结论。他的这一结论后来被牛顿发展并总结为牛顿第一定律。

伽利略设计的思想实验如图 7.7-8 所示。让小球从左侧斜面的一定高度处由静止开始运动，如果没有摩擦，无论右侧斜面的坡度如何，它都会沿斜面上升到与释放点等高的位置。若将右侧斜面改为水平面，小球就会一直运动下去。

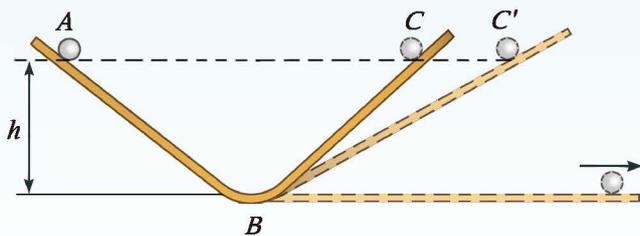


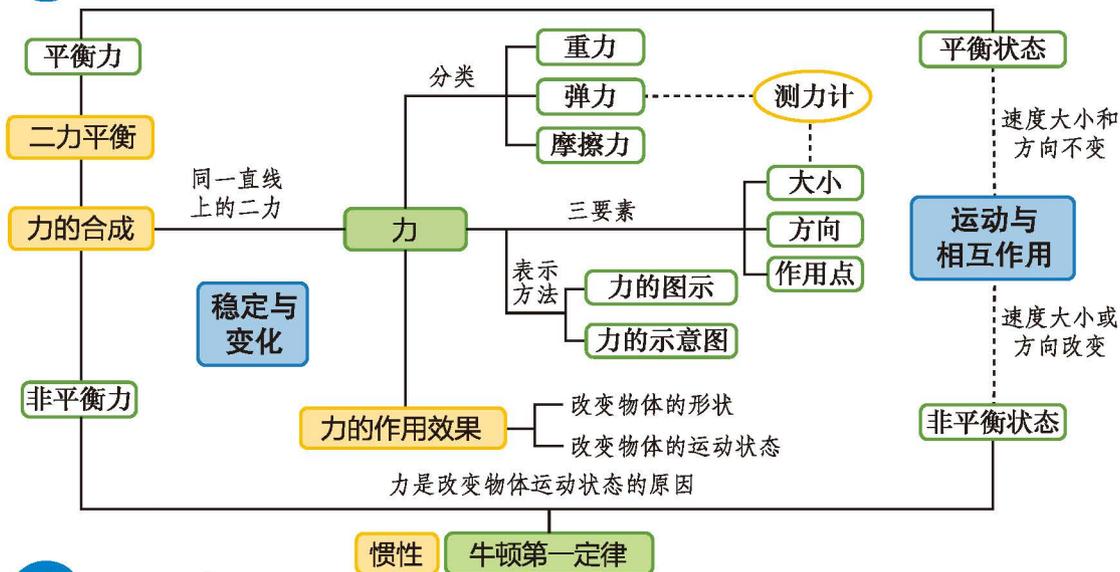
图 7.7-8 伽利略的思想实验

伽利略先从右侧斜面的坡度较大时开始研究，然后逐渐减小右侧斜面的坡度，最后巧妙地推理到右侧为水平面的情景。你从这个研究与思考的过程中得到了什么启发？伽利略的思想实验说明物体的运动不需要力来维持，为什么你见到的运动物体要一直运动下去却都需要有力作用在物体上呢？

整理与复习

概念整合

运动和力



素养发展

在本章中，我们利用力的图示来直观、形象地描述力的三要素（大小、方向、作用点），这是对抽象问题进行形象化描述的方法。

在研究影响滑动摩擦力大小的因素过程中，我们进一步运用了控制变量的方法，分别对两个物体间的压力和接触面的粗糙程度这两个变量进行研究。控制变量法是物理学中研究涉及多个变量的科学问题时常用的方法。

在学习牛顿第一定律的过程中，小车在光滑水平面上运动的条件无法实现，我们采用了科学推理中的极限思维进行分析。实验中使小车在水平面上受到的阻力逐步减小，通过小车运动情况的变化，推理出小车在光滑水平面上的运动情况。这种将实验和科学推理相结合来研究物理问题的方法，我们在前面的学习中接触过，你想起来了么？

问题解决

跑步起跑时，我们需要给地面一个向后的作用力；划船前进时，船桨需要对水施加一个向后的作用力；火箭升空时，会向下喷射出大量高温高压气体，从而获得上升的动力……相互作用无处不在。请通过小组合作，利用力的相互作用设计一个实验，在不触碰易拉罐的情况下，让用细线悬挂着的易拉罐自己旋转起来，并撰写一份实践活动报告。

· 第八章 ·

压强和浮力



水库大坝的底部要建造得比顶部宽，潜水员在潜入深水区时常常要穿结实且不易变形的潜水服，由钢铁制成的船很重却能漂浮在水面上，庞大的热气球、飞艇能够飞上天空……水和空气对这些物体施加了什么力？这些力的大小与什么因素有关？



第一节

压 强

人们用手直接提着装有较重物品的购物袋时，手上会出现一些勒痕，手也会感到疼痛。如果用图 8.1-1 所示的提物器提着同样的购物袋，手上的勒痕和疼痛感都会减轻。仔细观察提物器的形状和结构，你能说出这样设计的好处吗？



图 8.1-1 提物器

压 力

观察图 8.1-2 所示情景，压路机对地面、跳水运动员对跳板、图钉对木板都产生了力的作用。这些力有什么共同点呢？

压路机对地面的作用力垂直压向地面，将地面压实压平；运动员对跳板的作用力垂直压向跳板，使跳板向下弯曲；图钉对木板的作用力垂直压向木板，将木板压出小孔。我们把这样垂直作用在物体表面上的力叫作压力。压力在性质上属于我们前面学过的弹力。

如图 8.1-3 所示，用两根手指分别顶在一端削好的铅笔两端，当铅笔水平静止时，其两端对手指的压力大小相同吗？两根手指表面的凹陷程度和感觉相同吗？

压力作用在物体上会使物体产生形变，形变效果与哪些因素有关呢？

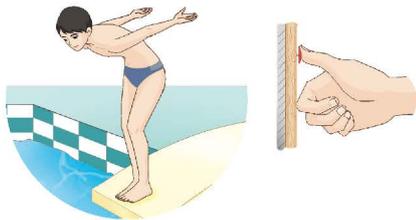


图 8.1-2 作用在物体表面上的压力



图 8.1-3 体验压力的作用



实验探究

探究影响压力作用效果的因素

如图 8.1-4 甲所示，将大小、形状完全相同的木块和铁块分别平放在完全相同的海绵上；如图 8.1-4 乙所示，将相同的小桌按桌面朝下和桌面朝上分别放在完全相同的海绵上。观察并比较海绵被压后的形变程度。

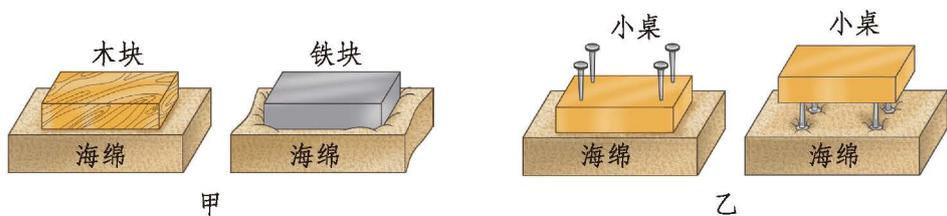


图 8.1-4 探究影响压力作用效果的因素

在此实验中，哪种情景是在受力面积相同的情况下，探究压力的作用效果与压力大小的关系？哪种情景是在压力大小相同的情况下，探究压力的作用效果与受力面积的关系？

通过上述实验，你能得出什么结论？

实验结果表明，压力大小和受力面积是影响压力作用效果的两个因素。

大量实验表明：当受力面积相同时，压力越大，压力的作用效果越显著；当压力大小相同时，受力面积越小，压力的作用效果越显著。

压强

提示

与速度、密度的定义方法类似，“压强”这一物理量也是采用物理量之比来定义的。

我们可以用物体单位面积上受到的压力大小来比较压力的作用效果。

作用在物体上的压力大小与受力面积的比叫作**压强**（pressure）。用 F 表示压力大小， S 表示受力面积， p 表示压强，则压强的计算公式为

$$p = \frac{F}{S}。$$

在国际单位制中，力的单位是 N，面积的单位是 m^2 ，压强的单位是 N/m^2 。在物理学中，将帕斯卡 (pascal) 作为压强的单位，简称帕，用符号 Pa 表示。

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N}/\text{m}^2。$$

帕斯卡是一个很小的单位。一粒西瓜子平放在水平桌面上时对桌面的压强大约是 20 Pa。我们使用的这本物理课本平放在水平桌面上静止时，对桌面的压强约为 60 Pa。

例题 一名体重为 600 N 的中学生，站立时双脚与水平地面的接触面积为 400 cm^2 ，该中学生站立在水平地面上静止时对地面的压强是多大？

分析 中学生站立在水平地面上静止时，他对地面的压力 F 的大小等于他受到的重力 G 的大小，根据公式 $p = \frac{F}{S}$ 就可以计算出该中学生对地面的压强。

解 该中学生对地面的压强

$$p = \frac{F}{S} = \frac{G}{S} = \frac{600 \text{ N}}{400 \times 10^{-4} \text{ m}^2} = 1.5 \times 10^4 \text{ Pa}。$$

答 此时该中学生对地面的压强为 $1.5 \times 10^4 \text{ Pa}$ 。

请你估算一下自己站立时对地面的压强有多大。

增大、减小压强的方法

在生产生活中，有时需要增大压强，有时需要减小压强。在图 8.1-5 所示的情景中，人们是怎样根据实际需要来增大或减小压强的？除此之外，你还能说出哪些增大或减小压强的实例？



把菜刀磨锋利

用细钢丝切蛋

增大书包背带的宽度

大型运输车安装多组车轮

图 8.1-5 增大或减小压强的方法



图 8.1-6 限载标志牌

增大压强的方法是增大压力或减小受力面积；反之，减小压力或增大受力面积可以减小压强。菜刀的刀刃磨得很薄，切蛋器使用细钢丝，这些都是通过减小受力面积来增大压强的；增大书包背带的宽度，为大型运输车安装较多的车轮，这些都是通过增大受力面积来减小压强的。

任何物体能够承受的压强都有一定的限度，超过这个限度物体会被压坏。载货汽车规定了核定载质量，公路、桥梁也规定了限载总质量或每一车轴的承载质量（图 8.1-6）等；《中华人民共和国道路交通安全法》《公路安全保护条例》对超载运输行为作出了严厉的处罚规定。这些都是通过限制压力来控制压强大小的。

交流讨论

我国隋朝时期修建的赵州桥（图 8.1-7）是世界上现存年代最久远、跨度最大、保存最完整的单孔坦弧敞肩石拱桥，其建造工艺独特，在世界桥梁史上首创“敞肩拱”结构形式，比欧洲早了 1 200 多年。赵州桥的桥身大拱两肩各砌有两个小拱，请你和同学分析、交流这两个小拱的作用是什么。



图 8.1-7 赵州桥



自我检测

- 关于压力和压强，下列说法正确的是（ ）。
 - 物体所受的重力越大，对支持面的压力一定越大
 - 压力的方向总是竖直向下的
 - 压力的方向总是垂直于支持面
 - 物体对接触面的压力大，产生的压强不一定大

2. 将下列做法与相应的目的用线连接起来。

建房时要先筑起比墙宽的地基

增大压强

用宽大的滑雪板滑雪

用很细的针缝衣服

减小压强

选择较宽的扁担挑东西

3. 在“探究影响压力作用效果的因素”实验中，小明利用两块完全相同的长方体金属块和海绵进行了实验。将海绵放在水平桌面上，当金属块按不同方式放在海绵上处于静止状态时，海绵凹陷的情况如图 8.1-8 所示。

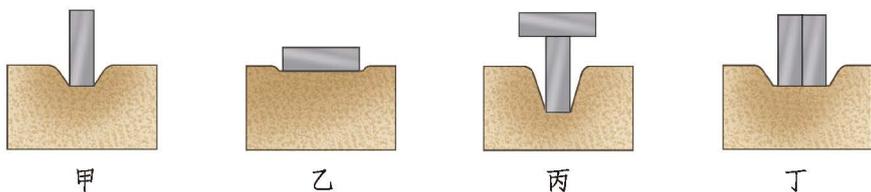


图 8.1-8

(1) 对比甲、乙两图可以得出：当_____一定时，受力面积越小，压力作用效果越明显。

(2) 由甲、丙两图可以探究压力作用效果与_____是否有关。

(3) 对比甲、丁两图，小明认为压力的作用效果与压力大小无关，你认为他的观点是否正确？为什么？

4. 学习了压力、压强知识后，小明利用学到的知识估测同学小丽的质量。小丽单脚站立在松软的水平地面上，小明在方格纸上描下小丽一只鞋印的轮廓，如图 8.1-9 所示。图中每个小方格的面积是 4 cm^2 （测量时，大于半格的都计一格，小于半格的都不计）。为了估测压强，小明在紧挨鞋印旁边的地面用压力测力计竖直向下压一薄垫片（垫片的自重不计），垫片与地面的接触面积是 9 cm^2 ，当垫片下陷的深度与鞋印的深度相同

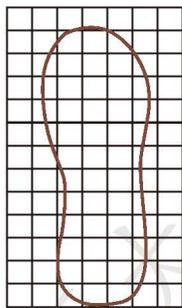


图 8.1-9

时，测力计的示数是 30 N。根据以上数据，请估算：

- (1) 垫片此时对地面的压强。
- (2) 小丽的质量。



拓展阅读

坦克履带与路面的紧密接触

坦克的质量非常大，往往都是几十吨甚至上百吨，而坦克在硬质路面上行驶时，履带上的金属花纹与硬质路面的接触面积又比较小，路面受到的压强很大。履带和硬质路面的紧密接触会对路面产生很大的破坏作用，如图 8.1-10 所示。

2019 年 10 月 1 日，在庆祝中华人民共和国成立 70 周年阅兵式上，几十吨重的坦克威武地驶过长安街（图 8.1-11），路面上却没有留下痕迹，这主要是因为采取了以下三项措施。

一是给履带挂胶。受阅的履带车辆都换上挂胶履带（即金属橡胶铰接履带），如图 8.1-12 所示，利用橡胶的弹性可以很好地保护道路。



图 8.1-10 路面上的压痕



图 8.1-11 阅兵式上的坦克



图 8.1-12 挂胶履带

二是给车辆减重。受阅车辆要尽可能地减少自重，在受阅时减少携带的各类物品的数量，从而有效减少履带的负重，减小对路面的压力。

三是提高路面的承载能力。要使重型车辆通过道路时仍保证路面平整、坚固、完好，并不是一件容易的事。北京长安街道路加固和修复工程采用了我国自主研发的温拌沥青、橡胶沥青、钢渣沥青混合料等近十种新型环保产品和技术，使道路具备了抗重载、抗车辙、降噪、防滑、耐高温等特性。

在日常生产生活中，还有哪些创新产品和技术能够帮助人们有效减小压强过大带来的危害？请你查阅资料，并与同学交流。

第二节

液体压强

如图 8.2-1 所示，放在水平桌面上的杯子对桌面有压力，会对桌面产生压强。装在杯子里的水对杯子底部会产生压强吗？水对杯子侧壁会产生压强吗？



图 8.2-1 水杯和水产生压力与压强

液体压强的特点

如图 8.2-2 所示，在容器中加入水后，蒙在容器底部和侧壁的橡胶膜明显地向外凸起，这说明水对容器的底部和侧壁都有压力，会产生压强。

由于液体受重力作用，且具有流动性，所以液体对阻碍它下落的容器底和阻碍它散开的容器壁都会产生压强。不仅如此，容器内部各部分液体之间也会相互挤压，从而产生压强。

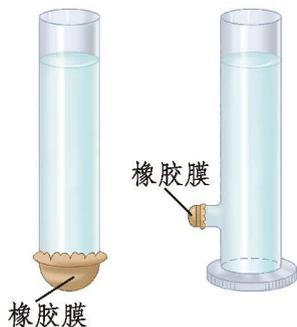


图 8.2-2 液体的压强



学生实验

探究液体压强与哪些因素有关

◆问题与猜想

液体内部同一深度处不同方向的压强是否相等呢？液体内部不同深度处的压强是否相等呢？如果不相等，又遵循什么规律呢？

◆制订方案

图 8.2-3 所示是组装好的微小压强计。橡胶管将 U 形管一端与蒙上薄橡胶膜的小金属盒（探头）相连。当薄橡胶膜不受外力作用时，U 形管两侧液面等高；当薄橡胶膜受到外力作用而向里凹陷时，

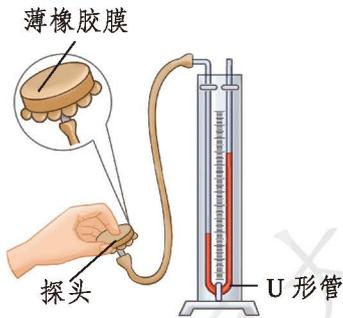


图 8.2-3 微小压强计

U形管两侧液面会出现高度差。所以，我们可以用这个“高度差”反映探头所在位置液体的压强。

◆收集证据

按以下步骤进行实验。

(1) 将微小压强计的探头放入水中较浅处(图 8.2-4), 记录 U 形管两侧液面的高度差。

(2) 保持探头在液面下的深度不变, 改变探头的朝向, 记录不同情况下 U 形管两侧液面的高度差。

(3) 记录并改变探头在液面下的深度, 重复步骤(2), 进行多次测量。

(4) 将容器中的水换成浓食盐水, 重复上述步骤。

将实验数据记录在表 8.2-1 中。

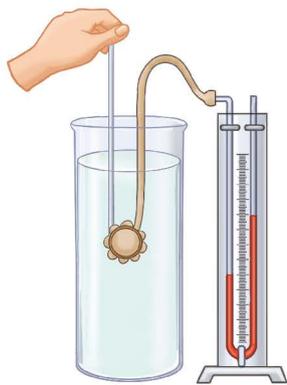


图 8.2-4 探究液体内部压强

表 8.2-1 探究液体压强与哪些因素有关

探头在液面下的深度 h/cm	探头朝向	U 形管两侧液面的高度差 $\Delta h/cm$	
		水	浓食盐水
	上		
	下		
	左		
	右		
	上		
	下		
	左		
	右		
	上		
	下		
	左		
	右		

◆分析与论证

通过上面的实验探究, 对于液体内部的压强, 我们可以得出如下结论:

(1) 液体内部各处都存在压强。

北师大版

- (2) 在液体内部同一深度处, 各个方向的压强_____。
- (3) 液体内部的压强随深度的增加而_____。
- (4) 液体内部的压强跟液体的密度_____。

液体压强的大小

上面的实验结论只说明了液体内部压强的定性规律, 如果想知道液面下深度为 h 处的液体压强数值, 应如何计算呢?

如图 8.2-5 所示, 容器中装有密度为 ρ 的液体, 要计算液体在深度为 h 处产生的压强 p , 可在液体中取底面积为 S 、高为 h 的一个圆柱形液柱为研究对象。当液体静止时, 这个液柱也处于静止状态, 所以液柱底面所受液体产生的竖直向上的压力 F 一定与此液柱所受重力 G 的大小相等, 即

$$F = G。$$

因此有 $pS = \rho Shg。$

所以液体在深度为 h 处的压强为

$$p = \rho gh。$$

式中 g 的单位是 N/kg , h 的单位是 m , ρ 的单位是 kg/m^3 , p 的单位是 Pa 。这个公式定量地说明了液体内部压强的规律。

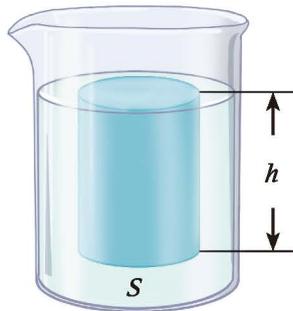


图 8.2-5 液体中的液柱模型

例题 2019 年, 我国研发的软体机器人深潜至 10 900 m 的马里亚纳海沟深处进行测试。这款机器人长 22 cm (体长 11.5 cm, 尾长 10.5 cm), 翼展宽度为 28 cm, 如图 8.2-6 所示。海水的密度 $\rho_{\text{海水}}$ 取 $1.03 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, g 取 10 N/kg 。求:

(1) 在 10 900 m 深处, 软体机器人受到的海水产生的压强有多大?



图 8.2-6 软体机器人

(2) 若该软体机器人一个侧翼上表面的面积大约是 70 cm^2 ，在 $10\,900 \text{ m}$ 深处时，这个侧翼上表面受到的海水产生的压力约为多大？

分析 根据 $p = \rho gh$ 可求出海水产生的压强，通过 $F = pS$ 可求出软体机器人这个侧翼上表面所受的压力。

解 (1) $10\,900 \text{ m}$ 深处，软体机器人受到的海水产生的压强

$$\begin{aligned} p &= \rho_{\text{海水}} gh = 1.03 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \times 10 \text{ N/kg} \times 10\,900 \text{ m} \\ &= 1.1 \times 10^8 \text{ Pa}。 \end{aligned}$$

(2) 由 $F = pS$ 可得，软体机器人这个侧翼上表面受到的海水产生的压力

$$F = pS = 1.1 \times 10^8 \text{ Pa} \times 70 \times 10^{-4} \text{ m}^2 = 7.7 \times 10^5 \text{ N}。$$

答 (1) 在 $10\,900 \text{ m}$ 深处，软体机器人受到的海水产生的压强为 $1.1 \times 10^8 \text{ Pa}$ 。

(2) 该软体机器人这个侧翼上表面受到的海水产生的压力约为 $7.7 \times 10^5 \text{ N}$ 。



自我检测

1. 盛有水的杯子内水深 8 cm ，水的密度为 $1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ， g 取 10 N/kg ，求距离杯底 2 cm 处水产生的压强。

2. 一艘潜水艇潜入海面以下 100 m 深处时，潜水艇上面积为 2 m^2 的舱盖受到海水产生的压强和压力各是多大？如果该潜水艇再下潜 50 m ，这个舱盖受到的压力变为多大？（海水的密度取 $1.03 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ， g 取 10 N/kg ）

3. 如图 8.2-7 所示，甲、乙、丙是三个质量和底面积均相同的容器，若三个容器中装有质量相等的水（水均不溢出），三个容器底部受到水的压强（ ）。

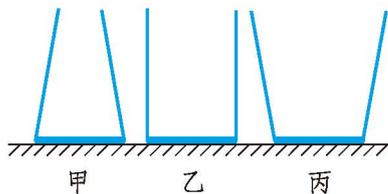


图 8.2-7

A. 甲最大 B. 乙最大 C. 丙最大 D. 一样大

4. 帕斯卡 (Blaise Pascal, 1623—1662) 在 1648 年做了一个实验 (图 8.2-8)。在一个封闭的木桶内装满水，从桶盖上插进一根细长的管子，管子与桶盖之间密封。他从楼房的阳台上向管中灌水，只用了几杯水，就把桶撑裂了。你能解释这个现象吗？请设计一个类似的实验并动手试一试。



图 8.2-8



拓展阅读

探索海洋

与色彩斑斓的鱼群共舞，探访生命起源之地——这一人类古老的梦想，在潜水科技的帮助下已成为现实。

要探索海洋，就需要潜入海洋的深处。深潜的最大困难是抵抗海水的巨大压强。在海面下，深度每增加 10 m，压强就增加约 10^5 Pa，这相当于一头成年大象站立时对水平地面的压强。普通人屏住呼吸不携带任何器具只能短时下潜到水面下几米至十几米深处，背着氧气瓶的潜水员能在深 20 m 左右的浅海中较长时间地停留（图 8.2-9）。随着海水深度的增加，下潜的难度越来越大。在 1 000 m 深的海水中，一般的木块体积会被压缩至原来的一半。要是到达 10 000 m 深的海底，压强大概相当于一辆小轿车压在人的指甲盖上的效果。

不携带任何抗压设备，人的身体能够承受的水的压强非常有限。为了下潜到更深处去考察，科学家制造了各种抗压的深潜设备（图 8.2-10、图 8.2-11）。



图 8.2-9 携氧气瓶潜水



图 8.2-10 常压潜水服



图 8.2-11 载人潜水器

我国从 20 世纪 70 年代开始大规模研制潜水器，现已达到国际先进水平。2006 年 3 月，我国自主研发了混合型水下机器人（ARV），可在大范围、大深度和复杂海洋环境下进行深海资源探测。2012 年 6 月，我国自行设计和集成研制的蛟龙号载人潜水器在马里亚纳海沟创造了下潜 7 062 m 的中国载人深潜纪录，这也是世界同类作业型潜水器最大下潜深度纪录。2017 年 12 月正式验收交付的深海勇士号载人潜水器，是我国首台自主研发的深海载人潜水器，它的作业能力达到水下 4 500 m，实现了我国深海装备由集成创新向自主创新的历史性跨越。2020 年 11 月 10 日，我国首台完全自主研发的奋斗者号全海深载

人潜水器（图 8.2-12）在马里亚纳海沟成功坐底，坐底深度 10 909 m，创造了中国载人深潜的新纪录。2021 年，奋斗者号在马里亚纳海沟正式投入常规科考应用。奋斗者号全海深载人潜水器的研制及相关海试的成功，标志着我国具有了到达世界海洋最深处开展科学探索和科学研究的能力，体现了我国在海洋技术领域的综合实力。



图 8.2-12 奋斗者号全海深载人潜水器

潜水器潜入水下的深度有一定限度，下潜过深可能导致外壳损坏。奋斗者号全海深载人潜水器下潜的马里亚纳海沟，其最深处的压强超过 $1.1 \times 10^8 \text{ Pa}$ 。请你查阅资料，比较不同潜水器可以下潜的最大深度，尝试分析奋斗者号全海深载人潜水器是如何做到承受万米深潜重压的，并与同学交流。

第三节 探寻连通器

日常生活中的洒水壶和茶壶（图 8.3-1）形状各异，但使用方法相似。将壶身倾斜就可以将壶中的水倒出来，而且壶中的水越少，倒水时就需要将壶身倾斜得越多。其中有什么道理呢？洒水壶和茶壶在结构上有什么共同特点？在日常生活中还有类似结构的物品吗？它们的功能又是什么？



图 8.3-1 洒水壶和茶壶

任务分解

1. 认识连通器，了解连通器的特点。
2. 了解连通器在日常生活中的应用，探寻家庭排水设备中的连通器。
3. 了解连通器在社会生产中的应用，调查三峡水利工程中的船闸。

任务一 认识连通器

洒水壶和茶壶在结构上具有相同的特点：壶嘴开口，壶身也开口或通过盖上的小孔与外界连通，且壶嘴和壶身相通。我们将这种上部开口、底部连通的容器叫作**连通器**。

如图 8.3-2 所示的容器也是连通器，在其中装入同一种液体时，发现不论这个容器如何放置，液体静止时连通器各部分中的液面总是相平的。



图 8.3-2 连通器的特点



连通器的原理

连通器内装入同一种液体，为什么液体静止时液面总是相平的呢？我们可以用图 8.3-3 来分析。

在连通器中，设想容器左、右两侧连通的部分有一个很薄的“液片”。当容器内的液体静止时，这个“液片”也是静止的。这说明“液片”左右两面受到的压力大小相等，压强也相等。根据

液体压强的公式可知，左右两管中液体的液面高度必定相同 ($h_{左} = h_{右}$)，即液面相平。

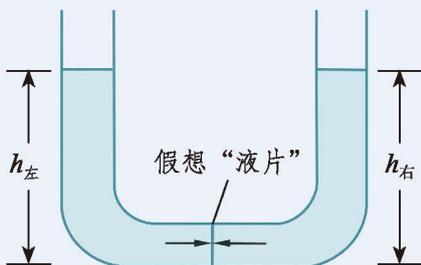


图 8.3-3 连通器原理 (示意图)



实践活动

1. 动手试一试，在透明塑料软管中装入一定量的水，把软管当作连通器，尝试借助此连通器检验墙上的宣传画是否挂正。

2. 自制人工喷泉。取一段长约 50 cm 的胶皮管，一端接一个带尖嘴的小管，另一端接一个大漏斗（也可以用去掉底部的矿泉水瓶代替），在大漏斗中装水后便形成了一个人工喷泉，如图 8.3-4 所示。请解释产生此现象的原因，并思考：为了让喷泉产生较好的效果，在制作和操作上应注意哪些问题？



图 8.3-4 人工喷泉

任务二 了解连通器在日常生活中的应用

连通器在日常生活中的应用非常广泛。如图 8.3-5 所示的装置是如何利用连通器原理工作的？你还能举出哪些在日常生活中应用连通器的实例？

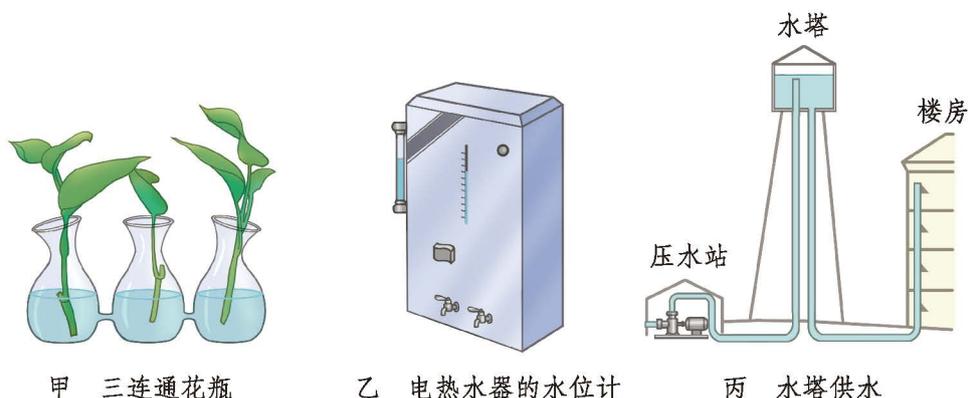


图 8.3-5 生活中的连通器

洗手池下水的回水弯也是典型的连通器。如图 8.3-6 所示，洗手池排水后会存留一些废水在 U 形回水弯中，起到水封的作用，使管道中的臭气、病菌等不能进入室内。

水封地漏是住宅排水系统的重要部件，如图 8.3-7 所示，它不仅是地面排水器，更是室内必不可少的密封装置。在使用过程中，水封地漏中的存水杯会储存一定量的水，形成水封。请你找一找、想一想：水封地漏中哪部分是连通器？水封地漏是怎样实现密封效果的？

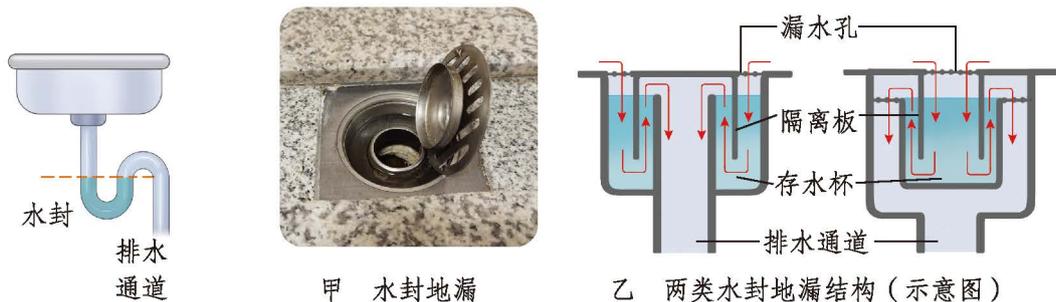


图 8.3-6 洗手池下水的回水弯

图 8.3-7 水封地漏及其结构

实践活动

厨房和卫生间是家庭的两大废水产生地，但是它们产生的废水又有着明显的区别，安装的排水设备也会有所区别。了解自己家（或学校）的厨房和卫生间的排水情况，探寻哪些区域安装了排水设备，设备中哪个位置使用了连通器。调查、比较不同地漏的工作原理及使用效果，画出示意图并与同学交流。

任务三 了解连通器在社会生产中的应用

连通器在社会生产中的应用也非常广泛，船闸就是一个典型的大型连通器。为了防洪以及充分利用江河的水来发电和大量灌溉农田，常需要修建拦河坝，而这样就会阻断江河中的航道，导致船只无法通航。为了解决这个问题，人们利用连通器的原理在坝上修筑了船闸。图 8.3-8 表示船从上游通过船闸驶往下游的过程。

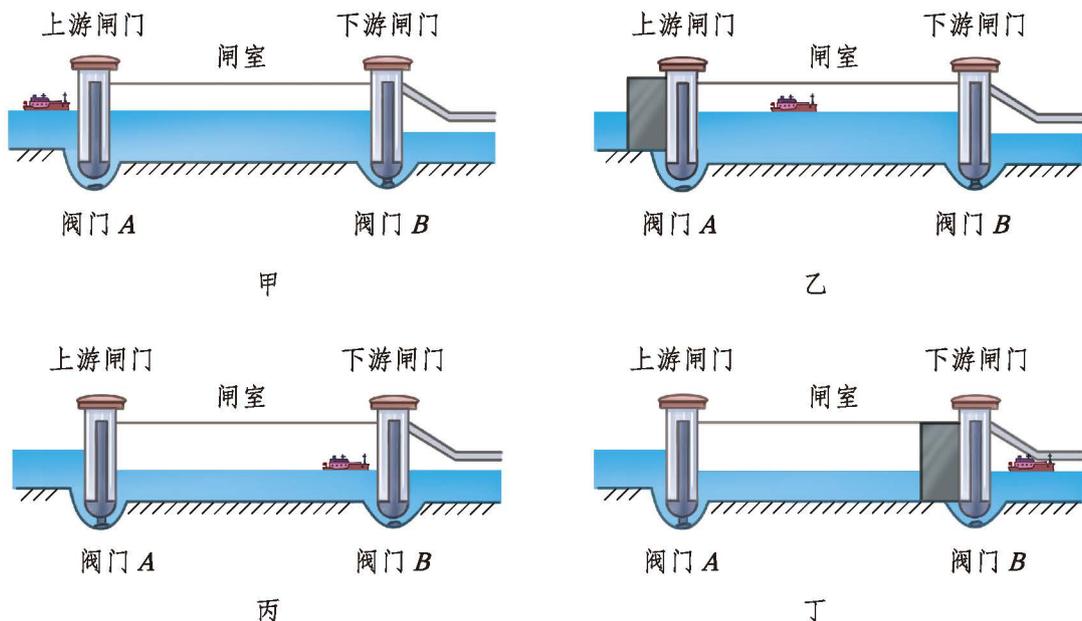


图 8.3-8 船闸的工作过程 (示意图)

如图 8.3-8 甲所示，船从上游驶来，关闭上、下游闸门和下游闸门下的阀门 B ，打开上游闸门下的阀门 A ，使上游水道和闸室形成一个连通器。上游的水通过阀门 A 进入闸室。

如图 8.3-8 乙所示，当水停止流动时，上游水道和闸室中的水面相平。打开上游闸门，船从上游驶入闸室。

如图 8.3-8 丙所示，关闭上游闸门和闸门下的阀门 A ，打开下游闸门下的阀门 B ，使闸室和下游水道形成一个连通器。闸室内的水通过阀门 B 流到下游。

如图 8.3-8 丁所示，当水停止流动时，闸室和下游水道的水面相平。打开下游闸门，船从闸室驶向下游。

交流讨论

船是如何从下游通过船闸驶向上游的呢？请你结合图 8.3-8 进行分析，并与同学交流。

实践活动

长江三峡水利枢纽工程是举世瞩目的跨世纪工程，拥有世界上最大的水力发电站和最大的闸室。如图 8.3-9 所示的三峡船闸，其上下游水位差可达一百多米。修建双线五级船闸有效保证了长江的通航条件，充分发挥了长江“低成本、大流量”的黄金水道作用。请你查阅资料，了解长江三峡水利枢纽工程的总体概况，包括双线五级船闸的修建原因，垂直升船机主要用于哪类船舶过坝，船舶是如何通过垂直升船机过坝的，三峡工程创造了哪些“世界之最”，采取了哪些水生生态保护措施等。完成调查报告，并与同学交流。



甲 闸室和闸门



乙 双线五级船闸

图 8.3-9 三峡船闸

自我检测

1. 如图 8.3-10 所示的容器中装有同种液体，当液体不流动时液面位置正确的是 ()。

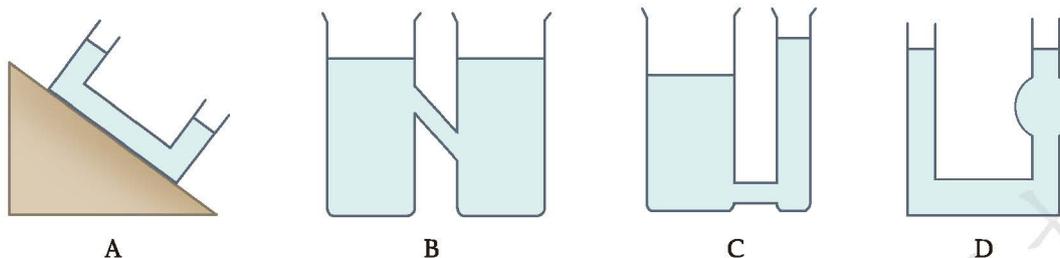


图 8.3-10

2. 如图 8.3-11 所示的器具或装置中, 主要利用连通器原理工作的是 ()。

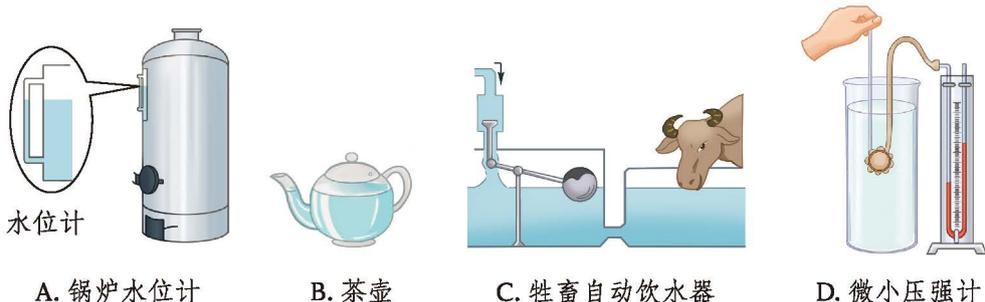


图 8.3-11

3. 南水北调工程是我国的重大战略性基础设施, 分东、中、西三条线路, 中线工程从丹江口水库出发, 穿越黄河, 一路北上到达北京。在渠水贯穿黄河时, 工程师设计了如图 8.3-12 所示的穿黄隧道, 这个隧道由于具有_____的特征, 实现了渠水全程自流。请你举出与穿黄隧道工作原理相同的其他实例。

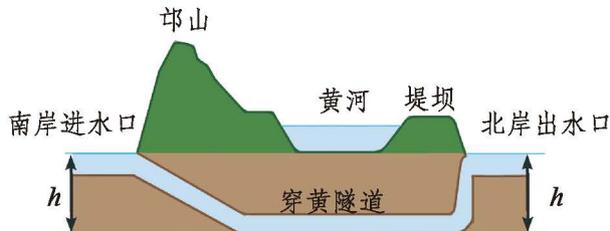


图 8.3-12

4. 自然界中有一些天然喷泉, 形成了美丽的自然景观, 如镇江的中泠泉、杭州的虎跑泉、北京的玉泉、大理的蝴蝶泉等。山东济南泉水众多, 故有“泉城”之称。其中趵突泉(图 8.3-13)是济南三大名胜之一, 位居济南七十二名泉之首。在趵突泉附近还散布着金线泉、漱玉泉等数十个名泉, 构成了趵突泉泉群。请查阅相关资料, 从济南周边的地形、水文特点等方面出发, 尝试分析、说明趵突泉泉群形成的原因。



图 8.3-13

第四节

大气压强

吸盘挂钩可以“吸”在光滑的墙壁上，用来挂一些物品（图 8.4-1 甲）；真空封装的罐头（图 8.4-1 乙）通常需要费很大的力才能拧开瓶盖。吸盘挂钩为什么能“吸”在墙上？真空封装的罐头为什么不容易被打开？你在生活中还发现过类似的现象吗？



图 8.4-1 吸盘挂钩与真空封装的罐头

大气压强的存在

我们生活的地球周围包裹着大气层，大气像液体一样具有流动性，同时也受到重力的作用。那么，大气是否也像液体那样在它的内部产生压强呢？

观察图 8.4-2 中的实验：甲图中，用大号注射器将密闭塑料瓶中的空气抽出来，塑料瓶被一种看不见的力压瘪了；乙图中，装满水的杯子用纸片盖住，杯口倒置过来后，水没有从杯中流出来，纸片好像被什么力托住了；丙图中，将两个塑料吸盘按压在一起，吸盘好像被什么力吸住了一样，很难被拉开。这些实验现象说明了什么？

大量实验表明，在大气内部的各个位置都存在着压强，这个压强叫作**大气压强**（air pressure），简称**大气压**。

想一想：生活中还有哪些实例能说明大气压强的存在？



图 8.4-2 感受大气压强的存在



马德堡半球实验

1654年，马德堡市的市长格里克（Otto von Guericke, 1602—1686）做了一项科学实验（图 8.4-3）。把两个铜制的空心半球紧贴在一起，用抽气机抽出球内的空气后，将抽气的阀门关闭。格里克先请马夫在球的两边各拴 4 匹马，左右两队的马拉相应的半球。一声令下，马夫扬鞭催马，球两侧的马就像在“拔河”一样。8 匹马用力地拉了一段时间，两个半球仍旧紧紧地合在一起。后来，格里克请马夫增加马匹，各用 8 匹马向相反的方向拉两个半球。16 匹马拼命拉着两个半球，突然一声巨响，两个半球终于被拉开了。



图 8.4-3 马德堡半球实验

这就是著名的马德堡半球实验，它形象地向人们展示了大气压强的存在与威力。

大气压强的测定

既然大气中也存在压强，那么大气压强到底有多大呢？用什么方法可以测出它的数值呢？

1643年，托里拆利（Evangelista Torricelli, 1608—1647）首先用实验的方法测出了大气压强的数值。图 8.4-4 为托里拆利实验示意图。

在一根长约 1 m、一端封闭的玻璃管内灌满水银，然后堵住管口（图 8.4-4 甲），将管倒置在水银槽中（图 8.4-4 乙）。松开管口，管内水银面开始下降。当管内水银面降到某一高度（离槽中水银面约为 760 mm）时，就不再下降了（图 8.4-4 丙）。

提示

将玻璃管倾斜，玻璃管中的水银柱会变长，但水银柱的高度保持不变。

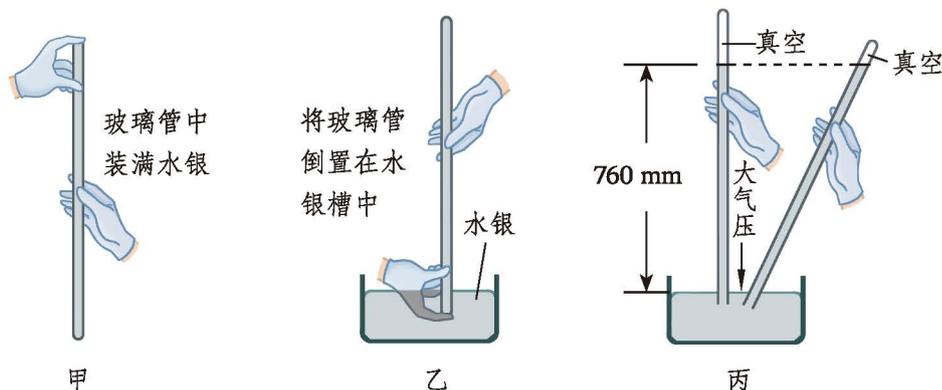


图 8.4-4 托里拆利实验（示意图）

当管中的水银柱静止时，作用在槽中水银面上的大气压强与玻璃管内 760 mm 高水银柱产生的压强相等。

所以大气压强的值

$$p = \rho gh = 13.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \times 9.8 \text{ N/kg} \times 0.76 \text{ m} \\ = 1.01 \times 10^5 \text{ Pa}。$$

这个值大约相当于 10 N 的压力作用在 1 cm^2 的面积上产生的压强（图 8.4-5）。

大气压强的值不是固定不变的，通常将与 760 mm 高水银柱所产生的压强相等的大气压叫作**标准大气压**。

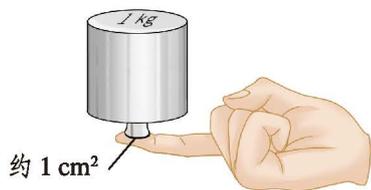


图 8.4-5 感受大气压强的大小



科学窗

气压计

在生产生活中通常用气压计来测量大气压强。在托里拆利实验中，如果在玻璃管旁边装上刻度尺及配套的固定装置，就制成了一个简单的水银气

压计。水银气压计（图 8.4-6）比较准确，但携带不方便，多用于气象站和实验室。生活中常用的气压计是金属盒气压计（图 8.4-7），又叫无液气压计。它的主要部分是一个表面呈波纹状的高真空金属盒，为使金属盒不被大气压扁，用弹簧片向外拉着盒盖。气压发生变化时，金属盒的形变程度就会发生变化，从而使弹簧片的弯曲程度发生改变。弹簧片再带动连杆向下（或向上）运动，连杆带动指针偏转，在刻度盘上指示出大气压强的值。

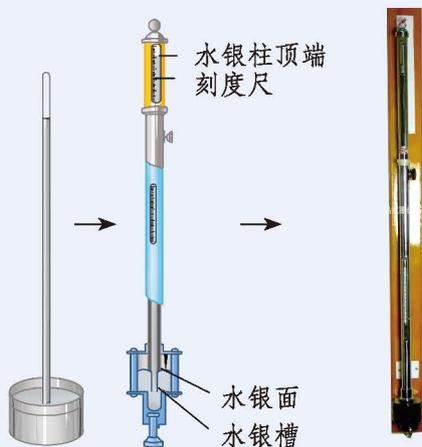


图 8.4-6 水银气压计

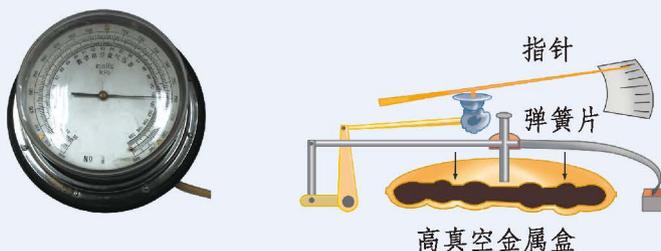


图 8.4-7 金属盒气压计及其结构（示意图）

大气压与人类生活



图 8.4-8 药水和饮料是怎样被吸上来的

一定质量的气体在温度不变的情况下，体积减小，它的压强就增大；体积增大，它的压强就减小。如图 8.4-8 所示，注射器吸取药水时，针头插入药水中，向上拉动活塞柄，活塞向上移动，活塞与针头间封闭的空气体积变大，压强变小，小于药水上方的大气压强，于是药水在大气压强的作用下进入注射器中。请你说一说：饮料是如何被吸上来的？

人们根据这一原理，制造了活塞式抽水机和离心式水泵。图 8.4-9 为一种活塞式抽水机（也叫汲取式

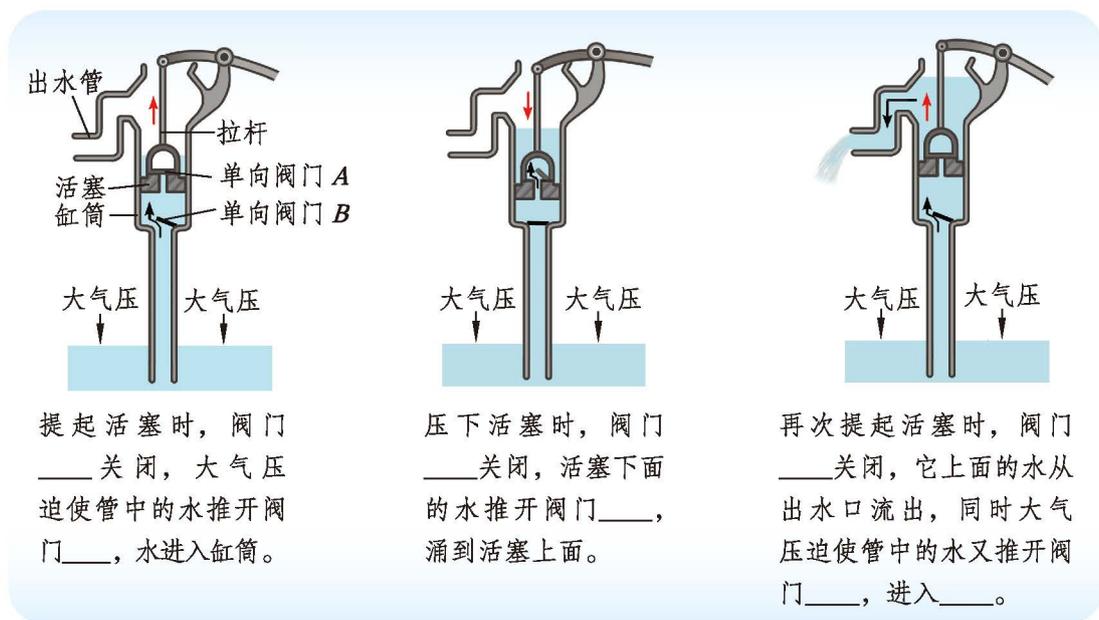


图 8.4-9 活塞式抽水机的结构及工作过程

抽水机)的结构及工作过程的示意图,它的主要结构包括缸筒、活塞、拉杆及单向阀门 A、B。为了加强阀门的密封性,使用前通常要先向缸筒内灌些水。请你描述活塞式抽水机的工作过程,并把图下面的文字补充完整。

离心式水泵也是一种抽水机,它的主要部件是泵壳、叶轮、底阀、进水管和出水管,如图 8.4-10 所示。使用前要先向泵壳中灌满水。水泵启动后,叶轮在电动机(或其他动力装置)的带动下高速旋转,泵壳里的水被甩入出水管,从而在叶轮附近形成一个压强很小的区域。进水管外面的水在大气压强的作用下,推开底阀通过进水管进入泵壳。叶轮不停地转动,水就不断地被送到高处。实际工作的离心式水泵有三个扬程:汲水扬程、压水扬程、实际扬程,如图 8.4-11 所示。

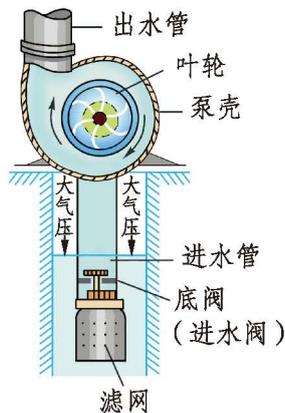


图 8.4-10 离心式水泵

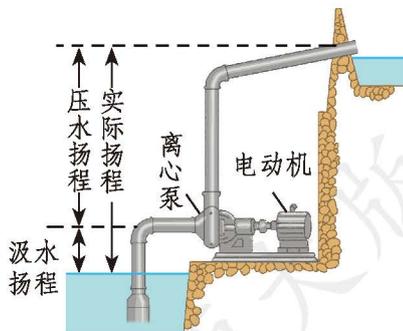


图 8.4-11 离心式水泵的扬程



交流讨论

活塞式抽水机最高能将水抽取到多高的位置？离心式水泵的哪个扬程跟活塞式抽水机的抽取高度相对应？哪个扬程与离心式水泵最大的抽水高度相对应？哪个扬程受到大气压的制约？在拉萨和北京，汲水扬程相同吗？



自我检测

1. 做托里拆利实验时，用水替换水银，玻璃管至少需要多长？通过计算说明：为什么用水银而不用水做托里拆利实验？

2. 某房屋房顶的面积是 45 m^2 ，若大气压为 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ ，则大气作用在房顶上表面的压力有多大？这么大的压力为什么没有把房屋压塌？

3. 如图 8.4-12 所示的玻璃瓶中装有水，如果瓶与吸管之间被瓶塞封得很严密，人能将瓶中的水吸入嘴中吗？如果向管中用力吹气，停止吹气后会发生什么现象？为什么？

4. 按图 8.4-13 所示的方法，用较粗的吸管，把一只杯子中的水取出一些，滴到另一只杯子中。请动手试一试。你的手先后有哪些动作？为什么？



图 8.4-12



图 8.4-13



拓展阅读

大气压强的变化

我们在听天气预报时，常听到“高气压”“低气压”“高压脊”“低压槽”等词。这些词语都是指大气压在某一区域的分布类型。地球表面各处太阳的照射下受热情况不同，其空气温度也不同。通常，温度高的地方，空气膨胀、密度减小，空气上升，气压就低；温度低的地方，空气收缩、密度增大，空气下沉，

气压就高。由于地理情况千差万别，地球表面上空就形成了各种各样的气压分布类型（图 8.4-14），多种气压分布类型的组合就构成了一定的天气形势，决定着未来的风云变幻。一般来说，高压的地区往往是晴天，低压的地区往往是阴雨天。

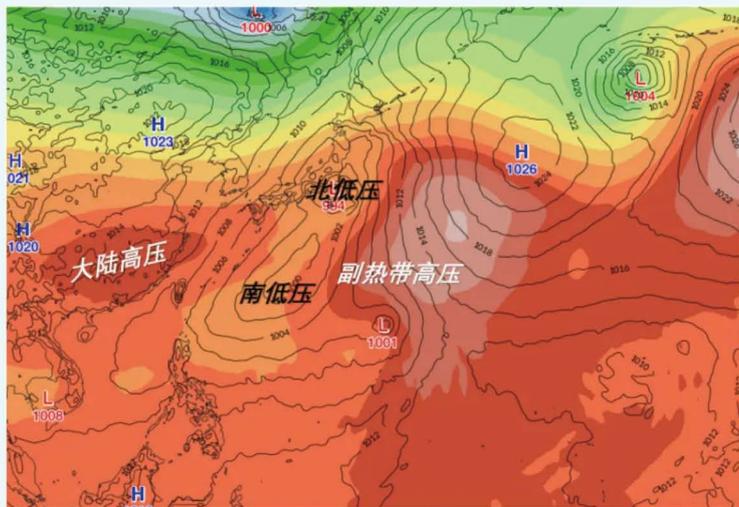


图 8.4-14 气压分布图

大气压跟海拔密切相关。在海平面附近，大气压大约等于 101.3 kPa（千帕）。离地面越高的地方，空气越稀薄，大气压越低。在海拔 2 000 m 以内，每升高 12 m，大气压大约下降 133 Pa。在海拔几千米的高原上，大气压比标准大气压低很多，水的沸点也低于 100 °C，用普通锅很难把食物煮熟。因此，高压锅就成了高原地区必备的炊具。

随着海拔的增加，不仅大气压变低，空气中的含氧量也会降低，所以在攀登海拔 5 000 m 以上的山峰时，登山者常常需要携带氧气。

请你查阅相关资料，写出在海拔 2 000 m 范围内大气压随高度变化的关系，画出在海拔 9 000 m 范围内大气压及大气中含氧量随高度变化的图像。

第五节

流体压强与流速的关系

雄鹰可以在空中展翅翱翔，喷气飞机不用扇动机翼也能飞上天空（图 8.5-1）。是什么力将雄鹰和飞机托举在空中的？雄鹰的翅膀与飞机的机翼在形状上有什么共同特征呢？它们在空中飞行时空气起到了什么作用？



图 8.5-1 在空中飞行的雄鹰与喷气飞机

流体压强及其变化规律

雄鹰、飞机在空气中运动时，不仅会受到阻力的作用，还会受到空气对它们向上的力的作用。那么，这个向上的力是怎样产生的？又有怎样的规律呢？

在物理学中，像液体和气体这样没有一定的形状且有流动性的物质，统称为**流体**（fluid）。流体静止时内部存在确定的压强，当流体流动时，其内部压强会发生变化吗？

在图 8.5-2 所示的装置中， AB 是一段内径大小不均匀的玻璃管，它与左侧的蓄水容器相连，玻璃管较粗和较细的部分各接有一根竖直细玻璃管。关闭阀门 K ，将水注入蓄水容器中，观察竖直细玻璃管中水柱的高度，你看到了什么现象？打开阀门 K ，你又观察到了什么现象？

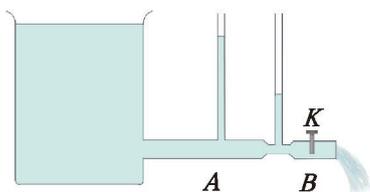


图 8.5-2 液体压强与流速的关系

如图 8.5-3 所示，把软纸条放在嘴边，在纸条上方用力沿水平方向吹气，你观察到了什么现象？

试一试，想一想：这两个现象说明什么道理？

通过观察发现，当水不流动时，图 8.5-2 中蓄水容器和两根竖直细玻璃管的液面总保持相平。打开阀门 K ，水流动时，水平细管中水的流速较大，水平细管上方的竖直细玻璃管中水柱的高度较低。根据液体内部的压强规律可知，水平细管中水的压强比水平粗管中水的压强小。

在纸条上方水平吹气，纸条上方的气体快速流动，而纸条下方的气体几乎不动。纸条向上飘动，说明气体对纸条作用的合力方向向上，这表明纸条下方的压强大于纸条上方的压强。

大量实验表明：**流体流动时，流速大的地方压强小，流速小的地方压强大。**



图 8.5-3 气体压强与流速的关系



科学窗

弧圈球和香蕉球

乒乓球运动员或足球运动员要想使球沿各种弧线运动（图 8.5-4），只要让球一边旋转一边前进就可以了。这是因为球在旋转过程中，带动球附近的空气随球一起转动，从而使得在球的转动方向与前进方向相同的一侧，空气相对于球的流速小，对球的压强大；在另一侧，空气相对于球的流速大，对球的压强小。于是空气就会对球产生一个从相对流速小的地方指向相对流速大的地方的侧向力，使球的运动轨迹弯曲，形成所谓的弧圈球或香蕉球。

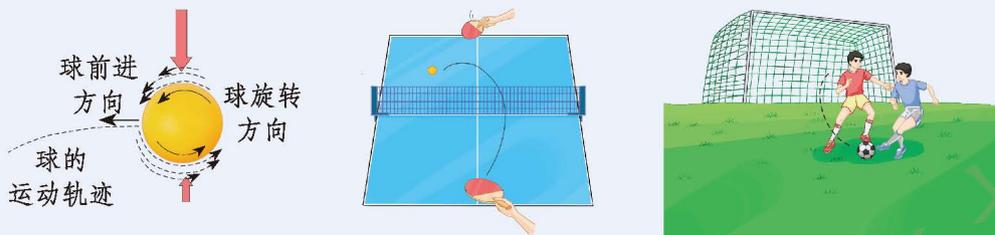


图 8.5-4 弧圈球和香蕉球



图 8.5-5 C919 飞机

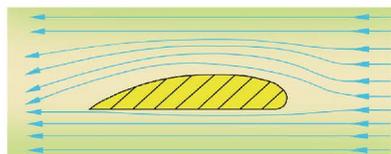
图 8.5-6 气流流过机翼
(示意图)

图 8.5-7 水翼船

流体压强规律的应用

图 8.5-5 是我国按照国际民航规章自行研制、具有自主知识产权的 C919 大型客机。观察飞机的机翼形状，想一想：为什么机翼上部和下部的形状是不对称的呢？

飞机飞行时，空气相对飞机向后运动，气流在流经机翼时被分开。由于飞机的机翼都是上凸下平的形状（图 8.5-6），所以机翼上方空气流动速度比下方的大。我们知道，流体流动时，流速大的地方压强小，流速小的地方压强大。所以，机翼下方气流压强比上方气流压强大，向上的压力大于向下的压力。这两个压力的合力就是作用在机翼上的向上的力，这个力叫作**举力**或**升力**（ascensional force）。

水翼船（图 8.5-7）的船身下面装有水翼，其截面形状与飞机的机翼相似，也是上面的弯曲程度比下面大，但是水翼比飞机的机翼小得多，翼展与船体宽度大体相同。水翼船靠船尾部的螺旋桨提供前进的动力。当水翼船达到一定的速度时，水对水翼产生足够的举力（升力），使船体不再吃水而处于水面之上。这时船受到的水的阻力将大大减小，从而有利于船高速行驶。



实践活动

把一个漏斗拿在手中，使其喇叭口朝下，用另一只手拿住一个乒乓球，让球对着漏斗内的细管处，如图 8.5-8 甲所示。此时若放开乒乓球，它就会掉下来。用酒精棉球给漏斗细管口消毒，然后对准漏斗细管口用力向下持续吹气，放开乒乓球（图 8.5-8 乙），会有什么现象发生？试解释产生该现象的原因。



图 8.5-8 乒乓球会落下吗



自我检测

1. 如图 8.5-9 所示, 在水平桌面上用两支铅笔做成的水平平行轨道上, 静置着两个乒乓球。当用吸管向两个乒乓球中间区域吹气时, 两球没有向外分开, 而是向中间运动并撞到一起。两个乒乓球向中间运动的原因是: 气体流速_____的地方压强_____，所以两球外侧的气体将它们推到了一起。



图 8.5-9

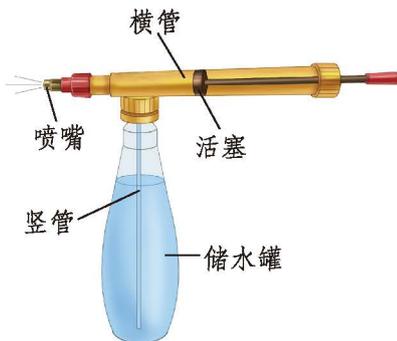


图 8.5-10

2. 图 8.5-10 是小明家里给花草喷水的喷水器结构示意图。当推动活塞水平运动时, 储水罐中的水并没有受到活塞的推力, 却能在活塞的推动下从喷嘴处喷出。请你解释一下其中的原因。

3. 诗人杜甫在《茅屋为秋风所破歌》中写道: “八月秋高风怒号, 卷我屋上三重茅。” 诗句中的“卷”字形象地描绘了屋顶茅草向上飞起的现象。请分析出现这种现象的原因。

4. 图 8.5-11 是非洲草原犬鼠洞穴的纵剖面示意图。洞穴有两个出口, 一个四周是平的, 而另一个四周则是隆起的土包。这样做有什么好处呢? 人们猜想: 犬鼠把其中的一个出口四周堆成土包, 是为了建一处视野开阔的瞭望台。但是如果这一假设成立, 它为什么不将两个出口四周都堆成土包呢? 那样不是就有两个瞭望台了吗? 实际上, 犬鼠只在一个出口四周堆土是为了改善洞穴内的通风情况。请你说说犬鼠洞穴内的气流流向, 并说明其中的道理。

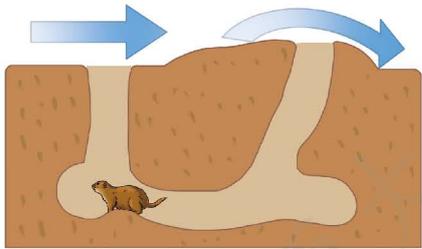


图 8.5-11



拓展阅读

防范流体压强造成的危害

人类在利用流体压强与流速关系的同时，也需要防范流体压强给人类带来的危害。

当两艘距离较近的船平行向前航行时，在两船的共同作用下，两船中间的“水流”比外侧的“水流”相对于船的速度大，中间的“水流”对两船内侧的压强比外侧的“水流”对两船外侧的压强要小（图 8.5-12）。于是，在外侧“水流”的压力作用下，两船就会越靠越近，甚至相撞。



图 8.5-12 将要相撞的船

同样的道理，到水流湍急的江河里游泳也是一件很危险的事。江心的水流速度比岸附近的水流速度大。有人计算了一下，当人两侧的水流速度差达到 1 m/s 时，水流将产生近 300 N 的力，把人的身体向江心处推，就算是水性很好的游泳能手也要非常谨慎。

在火车以较大的速度前进时，面向火车站站在路轨旁的人前、后侧的空气流速不同，形成的压力差会把人推向火车。这告诉我们，在火车飞驰而来时，绝不能站在离路轨很近的地方，在地铁站或火车站候车时一定不要越过安全线（图 8.5-13）。



图 8.5-13 火车站台上的安全线

生活中还有哪些方面需要注意流体压强可能带来的危害？请你举例说明，并与同学交流。

第六节

浮力

诗句“一帆一桨一渔舟，一个渔翁一钓钩”生动地描绘了渔翁坐在船上悠然自得垂钓的场景（图 8.6-1）。船会漂浮在水面上，说明船受到了水给它的向上的作用力。垂在水中的鱼钩会受到水给它的向上的作用力吗？



图 8.6-1 渔翁垂钓

浮力

如图 8.6-2 甲所示，将一铝块悬挂在弹簧测力计下端，铝块静止时弹簧测力计的示数等于铝块所受的重力大小。如图 8.6-2 乙所示，当我们用手向上托铝块时，会看到弹簧测力计的示数变小。如图 8.6-2 丙所示，将铝块浸在水中时，你会看到什么现象？此时铝块是否也受到一个向上托的力？这个力的施力物体是什么？将铝块浸在煤油或酒精等液体中时，会有类似的现象发生吗？

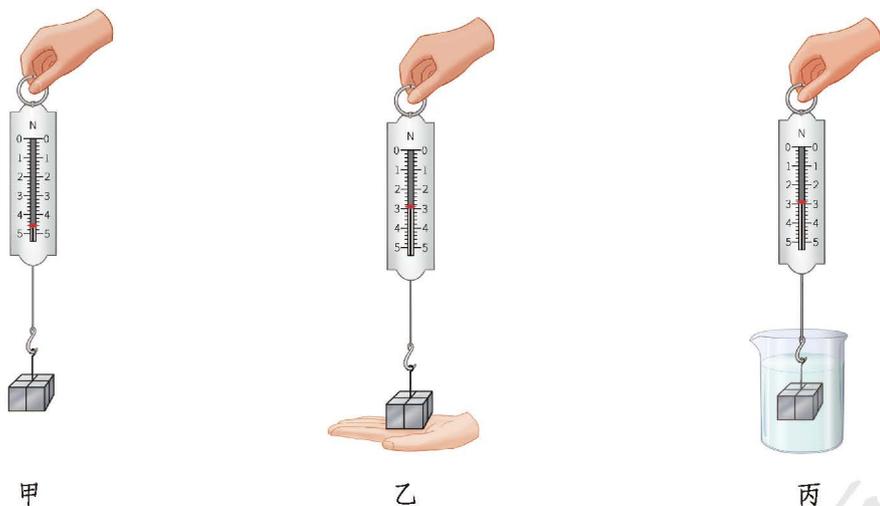


图 8.6-2 浮力的作用效果

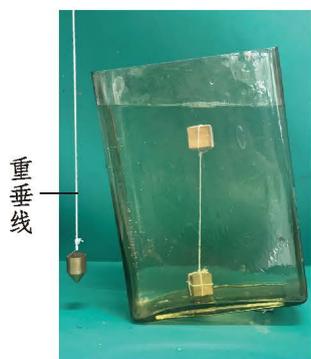


图 8.6-3 浮力的方向

大量事实表明，物体不论漂浮在水面上还是浸没在水中，都会受到水对它施加的向上托的力。用其他液体代替水，也可以得出同样的结论。浸在液体中的物体受到液体对它向上托的力，这个力叫作**浮力**（buoyancy force）。浮力的方向总是竖直向上的（图 8.6-3）。

浮力的成因

浸在液体中的物体为什么会受到向上的浮力呢？



实验探究

探究浮力的成因

在玻璃圆筒的两端蒙上绷紧程度相同的橡胶膜，将其浸没在水中，如图 8.6-4 所示。你会看到什么现象？这些现象说明了什么？

当玻璃圆筒沿水平方向放置时（图 8.6-4 甲），水对玻璃圆筒左、右两侧的压力 $F_{左}$ 和 $F_{右}$ 的大小关系是 $F_{左}$ _____ $F_{右}$ ，其合力 $F_{水平}$ = _____。

当玻璃圆筒沿竖直方向放置时（图 8.6-4 乙），水对玻璃圆筒上、下两端的压力 $F_{上}$ 和 $F_{下}$ 的大小关系是 $F_{上}$ _____ $F_{下}$ ，其合力 $F_{竖直}$ = _____，方向 _____。

通过上述实验，你认为浮力是怎样产生的？将你的想法与同学交流。

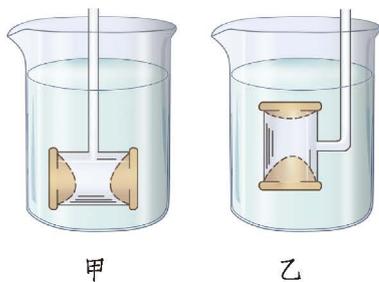


图 8.6-4 探究浮力的成因

上述实验表明，浸在液体中的物体受到液体对其压力的合力，就是液体对物体竖直向上的浮力。

影响浮力大小的因素

浸在液体中的物体会受到液体对它的浮力，那么浮力的大小与哪些因素有关呢？



探究浮力大小与哪些因素有关

◆问题与猜想

如图 8.6-5 所示，在水槽中装入一定量的水，用手把空的塑料瓶缓慢按入水中。随着塑料瓶浸入水中的体积逐渐增加，把塑料瓶按下去的力也在增大。这是否意味着塑料瓶所受浮力的大小与它浸入水中的体积有关？

浮力的大小与哪些因素有关呢？你有什么猜想？说出你猜想的依据。根据你的猜想，确定你要探究的问题。

◆制订方案

选用下面给出的器材，设计实验方案：体积较小且大小相同的铁块和铝块、体积较大的铁块，弹簧测力计、溢水杯、量筒、烧杯，水、食盐水，细线等。

实验中需要测量哪些物理量？如何测量物体所受的浮力？当浮力变化时，要关注哪些物理量的变化？

◆收集证据

根据你制订的实验方案设计数据记录表格。按你的方案进行实验操作，并将实验结果记录在表格中。

◆分析与论证

通过实验探究，你得出的影响浮力大小的因素有哪些？你猜想的哪些因素对浮力大小没有影响？将你的结论与同学进行交流，看看你们的结论是否一致。如果不一致，分析其中的原因是什么。

通过实验探究我们知道，物体排开液体的体积越大、液体的密度越大，物体所受的浮力就越大。



图 8.6-5 感受浮力

阿基米德原理

阿基米德（Archimedes，公元前 287—公元前 212）经过大量的实验发现，**浸在液体中的物体受到**

向上的浮力，浮力的大小等于物体排开的液体所受的重力。这个规律叫作阿基米德原理 (Archimedes' principle)，用公式表示为

$$F_{\text{浮}} = G_{\text{排}}$$

学生实验

验证阿基米德原理

◆制订方案

- (1) 怎样测出物体所受浮力的大小？
- (2) 怎样测出物体排开的液体所受的重力？

◆收集证据

按图 8.6-6 所示的实验方案进行实验。

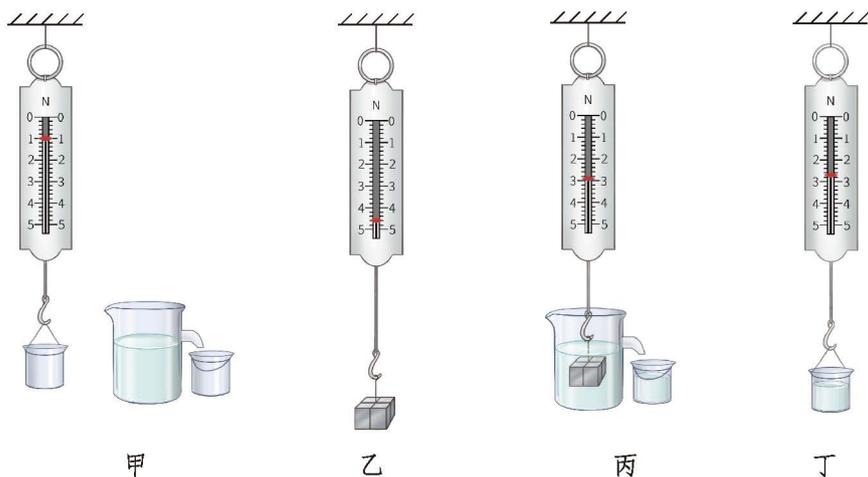


图 8.6-6 验证阿基米德原理

- (1) 如图 8.6-6 甲所示，测出空桶所受的重力 $G_{\text{桶}}$ 后，将空桶置于装满水的溢水杯的溢水口下方。
 - (2) 如图 8.6-6 乙所示，在空气中测出金属块所受的重力 G 。
 - (3) 如图 8.6-6 丙所示，将金属块浸入水中后，记录弹簧测力计的示数 F 。
 - (4) 如图 8.6-6 丁所示，测出桶和溢出水所受的总重力 $G_{\text{总}}$ 。
 - (5) 将水换成酒精、煤油等液体，仿照上述步骤进行实验。
- 将测量的实验数据记录在表 8.6-1 中。

表 8.6-1 验证阿基米德原理

金属块浸入的液体种类	空桶所受的重力 $G_{桶}/N$	金属块所受的重力 G/N	金属块浸入液体静止时, 弹簧测力计的示数 F/N	桶和溢出液体所受的总重力 $G_{总}/N$	物体排开液体所受的重力 $G_{排}/N$	物体所受的浮力 $F_{浮}/N$
水						
酒精						
煤油						
.....						

◆分析与论证

比较 $F_{浮}$ 和 $G_{排}$ 的大小, 发现 $F_{浮}$ _____ $G_{排}$ 。

物体在气体中也受到浮力的作用。节日里放飞的氦气球(图 8.6-7)就是由于受到空气对它的浮力而飞上天空的。阿基米德原理不仅适用于液体, 同样适用于气体。你能列举其他实例或设计一个实验, 证明在空气中的物体受到空气对它的浮力作用吗?



图 8.6-7 节日里放飞的氦气球



自我检测

1. 体积相同的铁块和铝块放入水中后都会沉入水底, 它们受到的浮力一样大吗? 为什么? 如果将铁块放入煤油中, 将铝块放入水中, 哪个受到的浮力大? 为什么?

2. 小红用弹簧测力计、量筒、水和石块做“验证阿基米德原理”的实验, 实验情景和数据如图 8.6-8 所示。根据图中的信息, 你能得出什么结论? (g 取 10 N/kg)

3. 把一个实心金属球放入盛满酒精的杯中, 金属球沉入杯底, 从杯中溢出 8 g 酒精。已知酒精的密度 $\rho_{酒精} = 0.8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, g 取 10 N/kg 。

(1) 金属球在酒精中所受的浮力是多大?

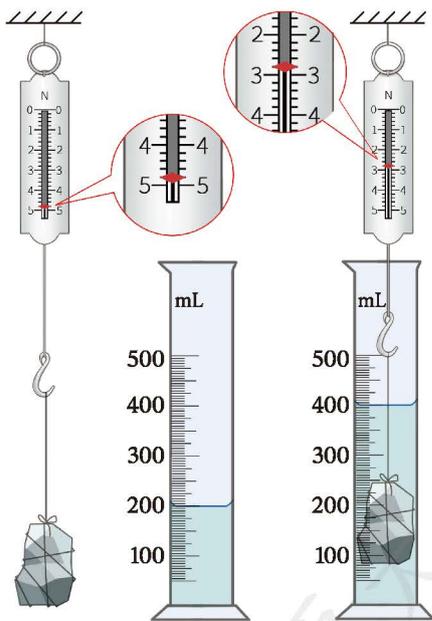


图 8.6-8

(2) 若将该金属球放入盛满水的杯中, 它仍沉入杯底, 求从杯中溢出水的质量。

4. 物体浸没在某种液体中, 在不同深度处受到的浮力是否相等? 为什么? 设计一个实验来检验你的想法是否正确。



拓展阅读

阿基米德的王冠实验与伽利略的浮力天平

阿基米德是古希腊哲学家、数学家、物理学家。他一生中有许多贡献, 如杠杆平衡条件和本节介绍的阿基米德原理。

相传, 阿基米德原理的发现过程与国王让阿基米德检验王冠是否掺了银有关。阿基米德刚开始对这个问题也是束手无策, 后来在一次洗澡时找到了思路。他注意到, 当身体进入澡盆时, 装满水的澡盆会溢出一定量的水。身体浸入水中的体积越大, 溢出的水也越多, 身体受到的浮力也越大。受到浮力的启发, 阿基米德找到了解开王冠之谜的办法: 将王冠与等重的金子分别浸没在装满水的容器里, 比较水的溢出量是否相等。

虽然这个故事广为流传, 但故事的真实性也引发了后人的怀疑, 科学巨匠伽利略就是怀疑者之一。伽利略很早就读过阿基米德的《论浮体》。在重做阿基米德王冠实验后, 他验证了阿基米德原理的正确性, 但同时也发现, 通过测量王冠与等重的金子浸没在水中产生的水位变化或水的溢出量是否相等, 来检验王冠是否掺银, 达不到所需的测量精度。这也就意味着阿基米德不可能真的通过传说中的实验判定王冠是否掺银。不过伽利略并没有停留在考证故事真伪的层面。他利用阿基米德原理设计出一种更精密的分辨物体密度的仪器——浮力天平, 如图 8.6-9 所示。他的观点和设计都收录在 1586 年出版的《小天平》中。

在伽利略验证阿基米德王冠实验中, “达不到所需的测量精度” 指的主要是哪个物理量的测量精度不够? 为什么达不到测量精度? 伽利略的浮力天平是怎么工作的? 请你查阅资料, 思考以上问题, 并将你的想法与同学交流。



图 8.6-9 伽利略设计的浮力天平

第七节

物体的浮沉条件及其应用

浸在水中的物体都会受到竖直向上的浮力，当我们把实心的木块、泡沫塑料块、铁块、石块没入水中释放（图 8.7-1）后，为什么不论其质量大小，木块和泡沫塑料块总会在水中浮起，而铁块和石块则会下沉呢？



图 8.7-1 物体的浮沉

物体的浮沉条件

如图 8.7-2 所示，当物体浸没在水中时，受到竖直向上的浮力 $F_{\text{浮}}$ 和竖直向下的重力 G 。这两个力的合力决定了物体在水中由静止释放后如何运动。

当 $F_{\text{浮}} > G$ 时，合力的方向竖直向上，物体就会上浮。

当 $F_{\text{浮}} = G$ 时，合力为零，物体就会悬浮在水中。

当 $F_{\text{浮}} < G$ 时，合力的方向竖直向下，物体就会下沉。

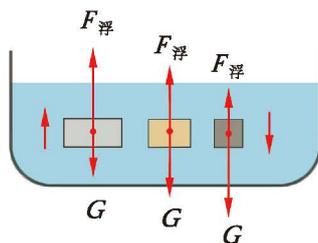


图 8.7-2 物体所受的合力与浮沉的关系

交流讨论

根据物体所受的重力与物体质量的关系，以及质量与密度的关系，你能由物体的浮沉条件推出上述三种不同情况中，物体密度与液体密度的关系吗？

对于浸没在液体中的物体，由静止释放后：

若物体在液体中上浮，则说明 $F_{\text{浮}} > G_{\text{物}}$ ，因此必有 $\rho_{\text{液}} \underline{\hspace{1cm}} \rho_{\text{物}}$ 。

若物体在液体中悬浮，则说明 $F_{\text{浮}} = G_{\text{物}}$ ，因此必有 $\rho_{\text{液}} \underline{\hspace{1cm}} \rho_{\text{物}}$ 。

若物体在液体中下沉，则说明 $F_{\text{浮}} < G_{\text{物}}$ ，因此必有 $\rho_{\text{液}} \underline{\hspace{1cm}} \rho_{\text{物}}$ 。

物体浮沉条件的应用

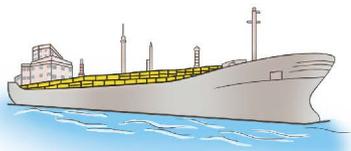


图 8.7-3 轮船漂浮在水面上

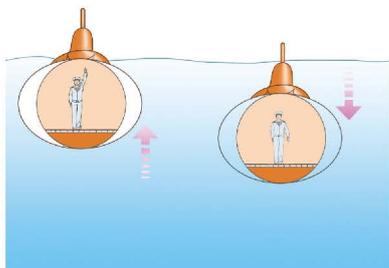


图 8.7-4 潜水艇能在水中自由地上浮和下潜

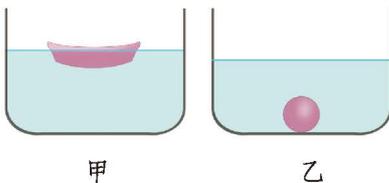


图 8.7-5 橡皮泥的浮沉

铁块在水中会下沉，而钢铁制成的万吨巨轮为什么能漂浮在水面上呢（图 8.7-3）？钢铁制成的潜水艇又为什么能在水中自由地上浮和下潜呢（图 8.7-4）？

取一块橡皮泥，先将它捏成船形放入水中，它可以漂浮在水面上。再将船形橡皮泥从水中取出，将它捏成实心球状后再放入水中，它就沉入水底，如图 8.7-5 所示。

橡皮泥两次所受的重力 $G_{甲}$ 和 $G_{乙}$ 的大小关系是 $G_{甲}$ _____ $G_{乙}$ ，两次所受的浮力 $F_{甲}$ 和 $F_{乙}$ 的大小关系是 $F_{甲}$ _____ $F_{乙}$ ，两次排开水的体积 $V_{甲}$ 和 $V_{乙}$ 的大小关系是 $V_{甲}$ _____ $V_{乙}$ 。

从上述实验中，你得到了什么启发？你想出控制物体浮沉的方法了吗？

要用密度大于水的材料制成能够浮在水面上的物体，就要把它做成空心的，以使其能排开足够多的水，增大浮力。轮船就是根据这个原理制造的。

潜水艇能在水面上航行，与轮船是同样的道理。但由于潜水艇中设有水箱，通过调节水箱中的储水量，可以改变潜水艇所受的重力，从而实现潜水艇的上浮、下潜和悬浮。

交流讨论

体育和娱乐活动中的热气球与飞艇（图 8.7-6）不但能在空气中上升，还能改变在空气中上浮、下沉和悬浮的状态。它们是如何实现在空气中上浮、下沉和悬浮的呢？



图 8.7-6 热气球与飞艇

当物体漂浮在液体表面时，液体对物体的浮力 $F_{\text{浮}}$ 与物体所受的重力 $G_{\text{物}}$ 二力平衡，即 $F_{\text{浮}} = G_{\text{物}}$ 。所以，对于质量一定的物体， $G_{\text{物}} = F_{\text{浮}} = \rho_{\text{液}} g V_{\text{排}}$ 是一个定值。可见，液体的密度越大，物体排开液体的体积就越小；反之，液体的密度越小，物体排开液体的体积就越大。人们根据这个原理，制成了一种可以直接测量液体密度的工具——密度计，如图 8.7-7 所示。

请你看一看，密度计上刻度值的标注有何规律？这些刻度之间的间隔是均匀的吗？你能说说这是为什么吗？

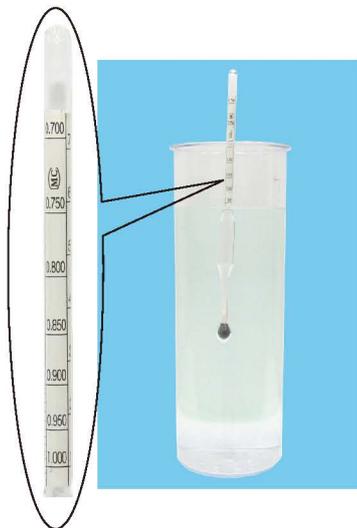


图 8.7-7 密度计



自我检测

1. 轮船的大小常用满载时排开水的质量来表示，也就是常说的“排水量”。小型轮船的排水量为几百吨，远洋巨轮的排水量可达几十万吨。055 型导弹驱逐舰是我国自主研发的万吨级驱逐舰。若该驱逐舰排水量为 10 000 t，它行驶在海面上受到的浮力是多大？当它从海洋驶入长江时，是浮起来一些还是沉下去一些？为什么？（ g 取 10 N/kg ）

2. “选种”是提高农作物产量的重要措施之一。在实际生产中有一种利用浮力选种的方法：将备选的粮种浸在浓度适宜的食盐水中，把漂浮在食盐水表面的种子捞出来，剩下的那些沉在食盐水底部的种子便是挑选出来的好粮种。试说明这种利用浮力选种的道理。

3. 把一个外观体积为 17.8 cm^3 的空心铜球放入水中，它恰好处于悬浮状态，已知铜的密度是 $8.9 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ， g 取 10 N/kg 。求：

- (1) 空心铜球所受重力的大小。
- (2) 铜球空心部分的体积。

4. 如图 8.7-8 所示为我国古代人民发明的孔明灯。它用很轻的竹篾扎成框架，用薄纸糊严，只在下面留个口。在灯笼口处放一轻质小碟，碟内盛上松脂。点燃松脂，过一会儿灯笼就能腾空而起。想一想：孔明灯为什么能飞上高空？



图 8.7-8



深水打捞

我国古代劳动人民很早就知道利用物体的浮沉条件打捞深水中的重物。

1066年，宋朝的河中府（今山西省永济市）发生了黄河水患，大水冲走了城外的一座浮桥，桥头的几只大铁牛也落入了水底。修桥的时候，有个叫怀丙的人提出了打捞铁牛的办法。他把一根大木头绑在两艘装满沙土的大船上，请人潜到水底，用绳索的一端捆牢铁牛，把绳索的另一端捆在两船间的大木头上，并将绳索绷紧，如图 8.7-9 所示。然后，他叫人把船上的沙土卸走，随着沙土的逐渐减少，铁牛被慢慢从淤泥中拉了出来。这个办法正是巧妙地利用了水的浮力。

现代的轮船越造越大，一旦沉没，我们要用什么办法打捞呢？常用的是“浮筒打捞法”。浮筒是密封的大钢筒，能浮在水面上。打捞工作船把若干个浮筒拖到沉船所在处上方的水面上，将浮筒灌满水，让它们沉到水底。潜水员用钢索把灌满水的浮筒拴牢在沉船两旁，如图 8.7-10 所示，然后利用压缩机将空气压进浮筒，把水排出，浮筒就会带着沉船浮到水面上来。

请分析怀丙打捞铁牛的方法与“浮筒打捞法”的区别。如果知道沉船的体积和质量，你能预先算出需要用几个多大容积的浮筒吗？



图 8.7-9 怀丙打捞铁牛

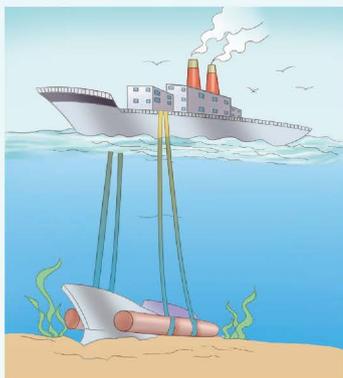
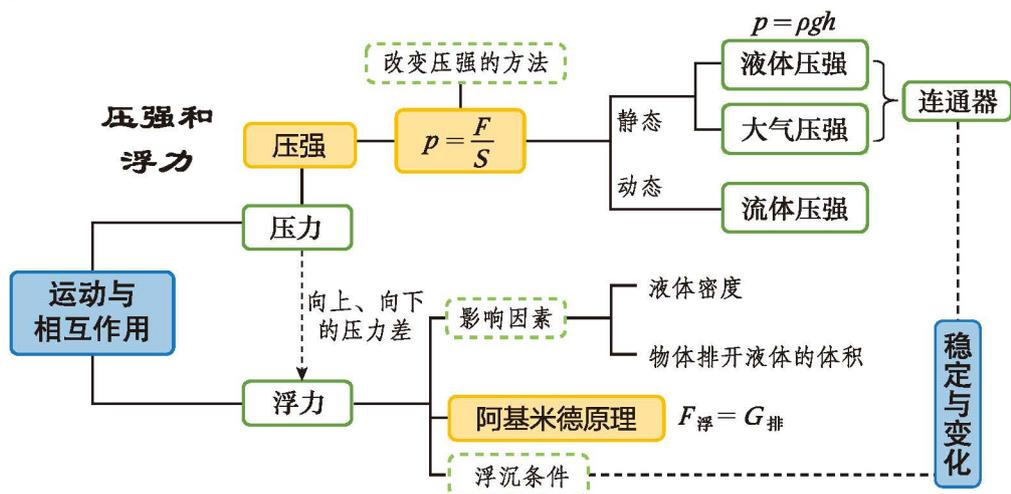


图 8.7-10 利用“浮筒打捞法”打捞沉船

整理与复习

概念整合



素养发展

在本章中，我们通过研究压力的作用效果建立了压强的概念，进一步体会用物理量之比定义新物理量的方法在研究物理问题中的作用。

在推导液体压强公式和研究连通器原理的过程中，为了方便直观地进行分析，我们建立了假想液柱和假想液片模型。这是运用已知理论对一些抽象问题进行直观分析的有效方法，在后续学习中还会用到。

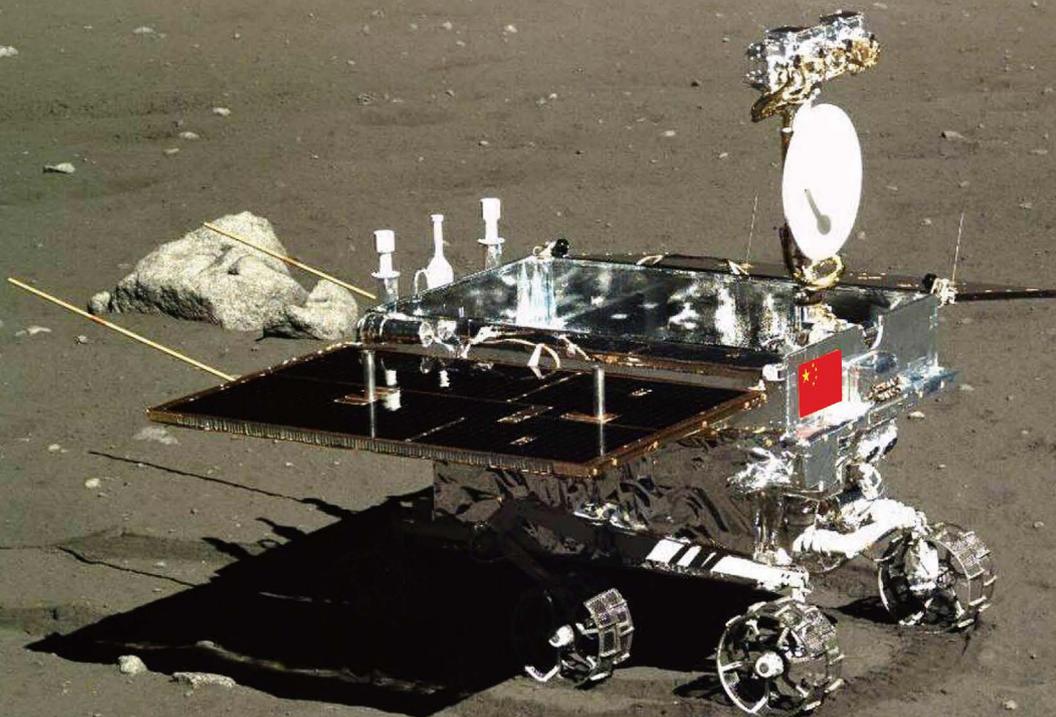
通过分析相互作用结果来推断相互作用情况，是一种“由果溯因”的推理方法。比如：通过吸盘、覆杯实验等现象，推知大气压强的存在；通过纸条上升、乒乓球靠拢等现象，推知流体压强与流速的关系；通过铝块浸入液体中弹簧测力计示数变小的现象，推知浮力的存在。这是物理学中常用的重要思维方法。

问题解决

在利用压强或浮力规律方面，我国古代人民有很多令人称绝的发明制造，如公道杯、福船水密隔舱、洛阳桥等。郑和率领船队七下西洋，乘风破浪，正是利用浮力托起巨大的船只，往来于汹涌深邃的海洋。请以压强、浮力为主题，分小组调研我国古代人民的相关科技创造，撰写研究报告。

机械和功

玉兔号月球车能在北京航天飞行控制中心的控制下，走出嫦娥三号着陆器到月球表面进行巡视，并舒展“玉兔之手”——机械臂，对脚下的月壤成功实施科学探测。完成这些任务需要复杂的机械传动装置，这些复杂的机械传动装置都是由杠杆、滑轮等简单机械组合而成的。这些简单机械是如何工作的？它们工作的过程又有什么样的规律呢？



第一节

杠 杆

剪刀是生活中常见的工具，相信你对它一定不陌生。在实际的生产生活中有各种不同的剪刀，如图 9.1-1 所示。这些剪刀在结构上有什么不同？适用的场合有什么不同？这些“不同”的背后蕴含着什么物理道理？



图 9.1-1 几种不同的剪刀

杠杆的特点

观察图 9.1-2 所示的工具，想一想：它们在使用时有什么共同特点？

图 9.1-2 中的各种工具在使用过程中都是绕某一固定点转动的。我们把这种利用直杆或曲杆，在力的作用下绕杆上一固定点转动的简单机械叫作**杠杆** (lever)。这个固定点叫作**支点**，通常用 O 表示。使杠杆转动的力叫作**动力**，阻碍杠杆转动的力叫作**阻力**。支点到动力作用线的距离叫作**动力臂**，支点到阻力作用线的距离叫作**阻力臂**。

图 9.1-3 为用硬棒撬石头的示意图，硬棒就是一个杠杆，其中 O 为支点， F_1 为动力， L_1 为动力臂， F_2 为阻力， L_2 为阻力臂。



图 9.1-2 生活中的工具

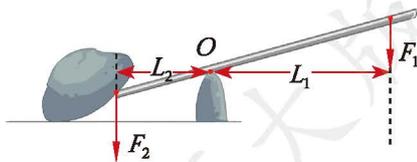


图 9.1-3 用硬棒撬石头



图 9.1-4 船桨



图 9.1-5 核桃钳

杠杆在实际生产生活中有着广泛的应用，图 9.1-4 中的每支船桨都是一个杠杆，图 9.1-5 中的核桃钳由两个杠杆组成。请你找出它们的支点，并画出动力和动力臂、阻力和阻力臂。

杠杆的平衡条件

杠杆在动力和阻力的作用下静止或匀速转动，称为杠杆平衡。当杠杆平衡时，动力、动力臂和阻力、阻力臂之间存在怎样的定量关系？



学生实验

探究杠杆的平衡条件

◆制订方案

实验装置如图 9.1-6 所示。实验前，调节杠杆两端的平衡螺母，使杠杆在水平位置平衡。在杠杆的两侧分别挂上一串一定数量的钩码，调节其位置，让杠杆再次水平平衡。然后通过增减钩码的数量，或用弹簧测力计替换其中一串钩码拉杠杆，改变动力或动力臂的大小，并随之调节阻力或阻力臂的大小，使杠杆在水平位置重新平衡。

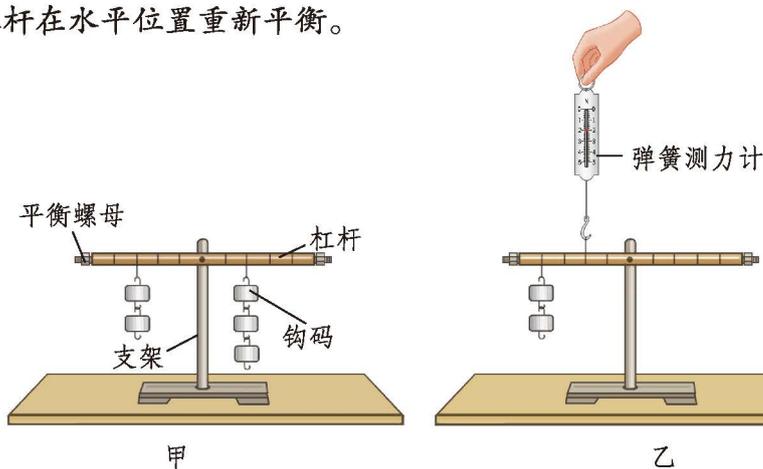


图 9.1-6 探究杠杆的平衡条件

◆收集证据

按照实验方案进行多次实验，将实验数据填入表 9.1-1 中。

表 9.1-1 探究杠杆的平衡条件

实验序号	动力 F_1 /N	动力臂 L_1 /m	阻力 F_2 /N	阻力臂 L_2 /m
1				
2				
3				
...				

◆分析与论证

根据表 9.1-1 中记录的实验数据得出的结论是_____。

你的结论与其他同学的结论是否相同？如果不同，与同学一起分析其中的原因。

大量实验表明，杠杆平衡时，动力 F_1 与动力臂 L_1 的乘积，等于阻力 F_2 与阻力臂 L_2 的乘积，即

$$F_1 L_1 = F_2 L_2。$$

我们身边的杠杆有很多，有的省力，有的费力。你能否依据杠杆的平衡条件，比较简便地判断出一个杠杆是省力还是费力？

图 9.1-2 中，利用撬棒只要用较小的力就能撬动较重的物体，利用羊角锤只要用较小的力就能拔出钉子。这类杠杆是省力杠杆，它们的动力臂大于阻力臂，使用它们可以省力。

图 9.1-4 中，划船者需要用较大的力拉动桨柄才能使桨叶在水中划动，但是划船者的手移动较小的距离，就能使桨叶在水中移动较大的距离。这类杠杆是费力杠杆，它们的动力臂小于阻力臂，使用时虽然费力，但是可以达到“省距离”的效果。

还有一类杠杆是等臂杠杆，它们的特点是动力臂与阻力臂相等，使用时既不省力也不省距离，但使用它们可以改变力的方向。

自行车、汽车、起重机及其他许多机器中都包含

交流讨论

图 9.1-7 中的几种工具都包含杠杆，在正常使用时，哪个省力？哪个费力？



图 9.1-7 省力还是费力

各式各样的杠杆，你能从中找出这些杠杆吗？你还知道哪些杠杆？它们各属于省力杠杆、费力杠杆还是等臂杠杆？将你的结论与同学交流。



科学窗

轮 轴

轮轴也是一种常见的简单机械，由具有共同转动轴的大轮和小轮组成。我们习惯把大轮叫轮，把小轮叫轴。如图 9.1-8 所示的汽车方向盘和阀门旋钮都是轮轴类机械。



图 9.1-8 汽车方向盘和阀门旋钮

轮轴可看作杠杆的变形，本质上是一个可以连续转动的杠杆。图 9.1-9 中的辘轳 (lù lù) 就是典型的轮轴，其中轮的半径为 R ，轴的半径为 r 。由杠杆的平衡条件可知 $F_1R = F_2r$ ，因为轮半径 R 大于轴半径 r ，所以作用在轮上的力 F_1 总是小于作用在轴上的力 F_2 。因此使用辘轳可以省力。

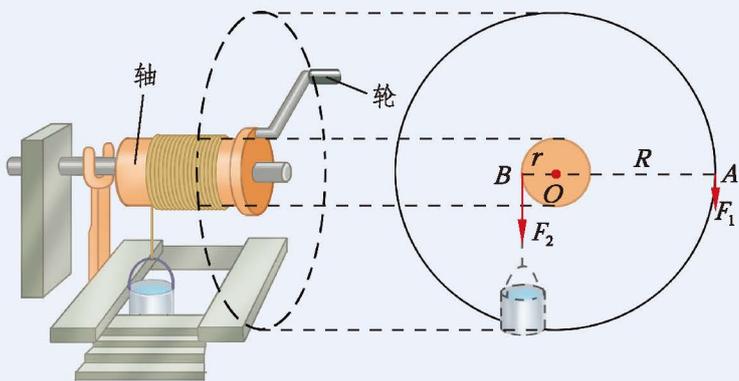


图 9.1-9 辘轳

在实际应用中,为了使用方便或节约材料,常用杆状物体来代替大轮,如扳手、水龙头把手、门把手、皮卷尺摇把等(图 9.1-10)。



图 9.1-10 生活中常见的轮轴



实践活动

自制戥子

戥(děng)子(图 9.1-11)是我国中药店常用的一种称量药材质量的工具,在古代也常用来称量金、银等贵重物品。它由秤杆、秤盘和秤砣等组成。

试着用一根筷子或细竹棍作秤杆,一个螺母或其他重物作秤砣,一个硬纸盘或纸杯作秤盘,一段细线作提纽,制作一把戥子。利用砝码或已知质量的物品标出秤杆上的刻度,并观察刻度是否均匀。



图 9.1-11 明朝时期的戥子



自我检测

1. 图 9.1-12 是液压汽车起重机的示意图,其中吊臂可绕 O 点转动。请你分别画出作用在吊臂上的动力 F_1 的力臂和阻力 F_2 的力臂。

2. 图 9.1-13 是自行车手闸的示意图。手闸实质是一个可以绕 O 点转动的杠杆。当手闸在图示位置平衡时,手对手闸 A 点的作用力 $F=15\text{ N}$ 。此时刹车拉线受到的力的大小是多少?

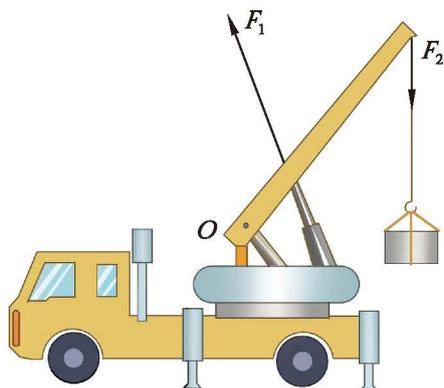


图 9.1-12

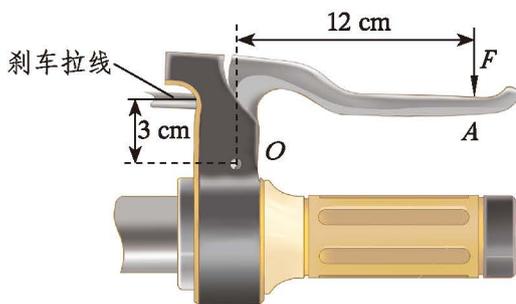


图 9.1-13

3. 根据三类杠杆的结构特点将表 9.1-2 填写完整。

表 9.1-2 不同类型杠杆的比较

结构特点	是否省力	是否省距离	应用举例
$L_{动} > L_{阻}$			
$L_{动} = L_{阻}$			
$L_{动} < L_{阻}$			

4. 如图 9.1-14 所示为一种健身器械，其中横梁可视为一个能绕 O 点转动的杠杆，在横梁上的 A 点连接一个重为 800 N 的配重。已知 A 点到 O 点的水平距离为 30 cm ，人在横梁上的 B 点施加竖直向下的拉力， B 点到 O 点的水平距离为 60 cm ，当配重刚好被拉离地面时，人的拉力至少为多大？若人的质量为 50 kg ，人要站在地面上用竖直向下的力将配重拉离地面，则人的拉力的作用点到 O 点的水平距离应满足什么条件？（ g 取 10 N/kg ）

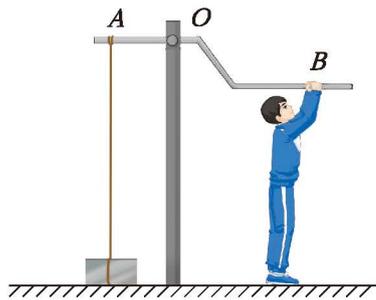


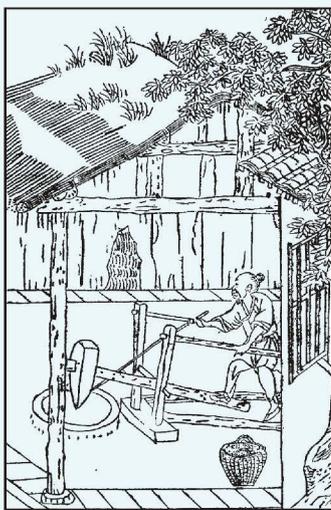
图 9.1-14



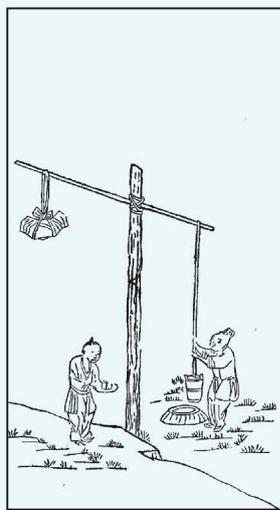
拓展阅读

我国古代的杠杆

杠杆在我国古代就有许多巧妙的应用。在很早以前，就有用来舂（chōng）米的踏碓（duì），以及用来从井中汲水的桔槔（jié gāo）等（图 9.1-15）。



踏碓



桔槔

图 9.1-15 我国古代杠杆的应用（出自《农书》）

1981年，在长沙发掘出土了一套战国时代的天平和砝码（图 9.1-16）。这架天平制作精细，大小跟我们现在做实验用的天平差不多。在木质横梁的中点拴有丝线提纽，横梁两端各系一个铜盘，并配有 9 个规格不同的砝码。从这架天平来看，当时的称量已经相当精确了。



图 9.1-16 战国时代的天平和砝码

对于杠杆的原理，我国古代人民也进行了深入的研究。早在春秋战国时期，墨子就对杠杆的原理做出了精辟的表述。他指出，称重物时秤杆之所以会平衡，是因为“本”短“标”长。用现代的科学语言来说，“本”即阻力臂，“标”即动力臂，写成为学公式就是动力 \times 动力臂（“标”）= 阻力 \times 阻力臂（“本”）。

请你查阅资料或进行实地调查，了解我国古代利用杠杆的更多实例。分析一下这些杠杆的使用给人们带来了哪些便利，并与同学交流。

第二节

滑 轮

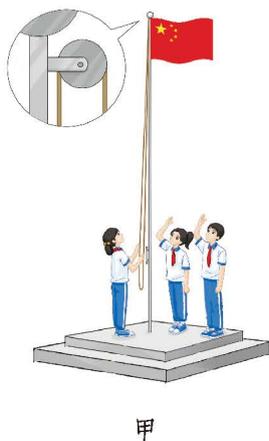


在我们的生活中，除了杠杆之外，**滑轮**（pulley）也是一种常用的简单机械，它通常由绳索或链条绕过具有转动轴的圆轮构成（图 9.2-1）。生活中，你通常会在什么样的场合见到滑轮？滑轮有哪些种类？使用不同的滑轮能给我们带来哪些便利呢？

滑轮的种类

图 9.2-1 滑轮

图 9.2-2 甲中滑轮的轴被固定在旗杆顶部，使用时它的轴固定不动，这样的滑轮叫作**定滑轮**（fixed pulley）。图 9.2-2 乙中滑轮跟物体一起运动，这样的滑轮叫作**动滑轮**（movable pulley）。



甲



乙

图 9.2-2 定滑轮与动滑轮



图 9.2-3 滑轮组

在实际生产生活中，人们还常常把定滑轮和动滑轮组合在一起使用，构成**滑轮组**（pulley blocks）。滑轮组可以由多个定滑轮和多个动滑轮组成，如图 9.2-3 所示。

滑轮的工作特点

定滑轮、动滑轮与滑轮组在使用过程中各有什么特点呢？



实验探究

探究不同滑轮的工作特点

利用表 9.2-1 中所示的实验装置，分别缓慢地提拉同一物体上升相同的高度，将每一次的实验数据依次填入表中。

表 9.2-1 探究不同滑轮的工作特点

实验序号	1	2	3	4	5
实验装置					
重物移动的距离 h/m					
拉力作用点移动的距离 s/m					
拉力的方向					
弹簧测力计的示数 F/N					

比较 1、2 两次实验，使用定滑轮与不使用滑轮直接提升物体相比，拉力的大小和方向有什么不同？拉力作用点移动的距离是否相同？

比较 1、3 两次实验，使用动滑轮与不使用滑轮直接提升物体相比，拉力的大小和方向有什么不同？拉力作用点移动的距离是否相同？

分析 4、5 两次实验中拉力的大小与方向，并与 2、3 两次实验进行比较，使用滑轮组时拉力的大小和方向与仅使用一个滑轮时有什么不同？

比较 4、5 两次实验中拉力的大小与方向，以及拉力作用点移动的距离。你还有什么新的发现？

通过实验可以发现：使用定滑轮不省力，但可以改变用力的方向；使用动滑轮可以省力，但不能改变用力的方向，而且“费距离”；使用滑轮组既可以省力，又可以改变用力的方向，但是“费距离”。

交流讨论

1. 为什么使用定滑轮不省力，而使用动滑轮省力呢？你能参考图 9.2-4，根据杠杆的平衡条件，说明定滑轮和动滑轮的这一特点吗？

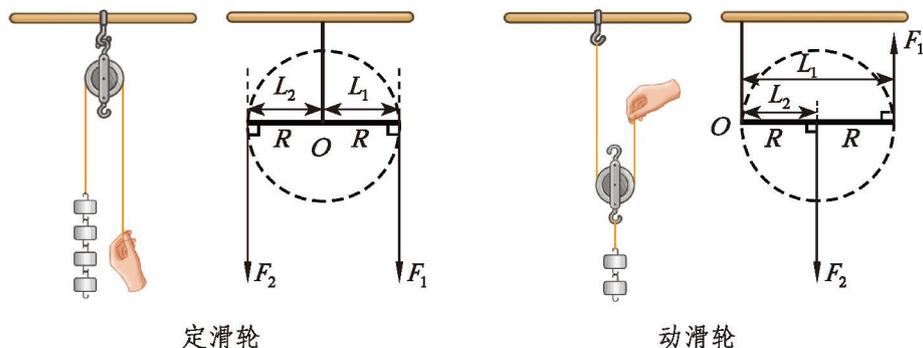


图 9.2-4 滑轮的工作原理

2. 在前面的实验探究中，4、5 两次实验提升的物体相同，为什么弹簧测力计的示数会不同呢？

如果忽略动滑轮和绳所受的重力及滑轮轴的摩擦，使用动滑轮提升重物时可以省一半的力；使用滑轮组提升重物时，动滑轮上有几段绳子承担物重，提起物体所用的力就等于物重的几分之一。

滑轮和滑轮组在生产生活中有着广泛的应用。工程建设中常用的起重机和升降机、帆船控制装置、家庭中常用的升降晾衣架等在工作过程中均使用了滑轮或滑轮组（图 9.2-5）。



图 9.2-5 实际应用中的滑轮和滑轮组



自我检测

1. 如图 9.2-6 所示，工人用动滑轮匀速提升总重为 250 N 的水桶。若不计绳重、滑轮重及摩擦，则人对绳子 A 端的拉力大小为_____N；若实际测得 A 端的拉力大小为 135 N，不计绳重及摩擦，则动滑轮重_____N。

2. 如图 9.2-7 所示，货物重 1 000 N，动滑轮重 50 N，不计绳重及摩擦，人至少要用多大的拉力才能提起货物？如果每段绳子只能承受 400 N 的拉力，则用此滑轮组最多能提起多重的货物？

3. 如图 9.2-8 所示，如果用 200 N 的力将重为 1 000 N 的货物吊起，应该怎样连接滑轮组？请在图中画出绕绳的方法。（不计动滑轮重、绳重及摩擦）

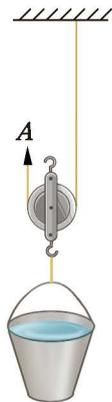


图 9.2-6



图 9.2-7



图 9.2-8

4. 一辆汽车陷进了泥潭，司机按图 9.2-9 所示的甲、乙两种方式安装滑轮组，打算将汽车从泥潭中拉出。请你运用所学的滑轮知识分析司机使用哪种方式更合理。如果按乙方式，司机拉动绳子自由端移动了 1.5 m，在此过程中汽车被拉动了多远？

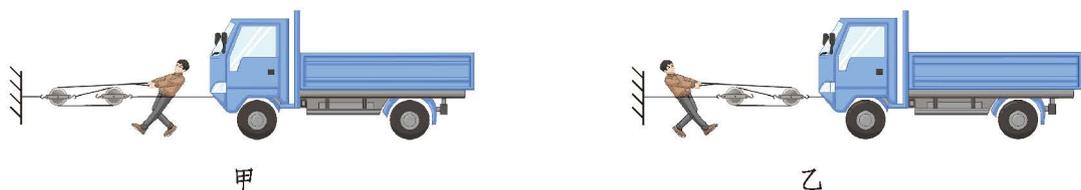


图 9.2-9



拓展阅读

汽车起重机

汽车起重机行进方便，操作简单，应用广泛，图 9.2-10 是它的结构示意图。汽车起重机含有很多简单机械。比如，*A*、*B* 组成滑轮组，吊臂是杠杆。*C* 杆伸缩时，吊臂的长短发生变化。*D* 杆伸缩时，吊臂的角度发生变化。装在 *E* 处内部牵引钢丝绳的卷扬机是一个轮轴，通过滑轮组提升重物。整个汽车起重机也可视为杠杆，对起吊货物的质量是有限制的。若起吊货物的质量过大，汽车起重机就会发生翻车事故。操纵汽车起重机时，要控制好吊臂的长度和角度，使用汽车起重机前还应在车身外侧放好支柱（图中的 *F*），以防翻车，并避免轮胎受到过大的压力。

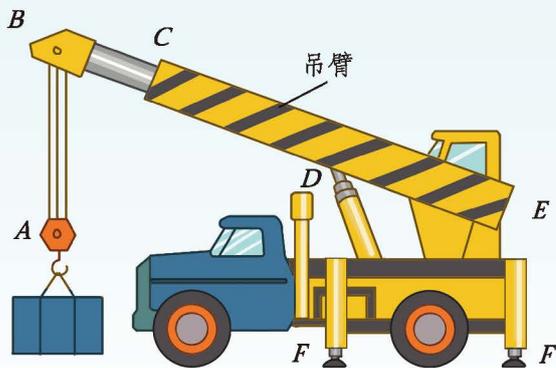


图 9.2-10 汽车起重机

要使汽车起重机能安全平稳地起吊更重的物体，可以从哪些方面加以改进？将你的想法与同学交流。

第三节

功

图 9.3-1 分别描述了人们利用撬棒、拖拉机、起重机的场景。你能找出它们的工作过程有什么共同特点吗？

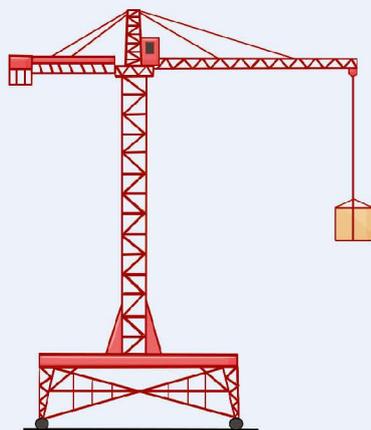


图 9.3-1 机械的应用

机械功

人们从上述类似的日常经验中逐步认识到，尽管各种机械的构造和功能不同，但它们工作时具有共性。第一，任何一种机械在工作时，都必须对工作对象施加力的作用。例如，撬棒对石头施加力的作用，拖拉机对犁施加向前的牵引力，起重机的钢丝绳对货物施加向上的拉力。第二，机械必须使工作对象沿着力的方向移动一段距离。例如，撬棒必须把石头撬起来，拖拉机必须拉着犁前进，起重机必须把货物提高。

如图 9.3-2 所示，如果对物体施了力，并使物体沿力的方向移动了一段距离，我们就说这个力对物体做了机械功。机械功简称**功** (work)，通常用符号 W 表示。可见，**力和沿力的方向移动的距离是做机械功的两个必要因素**。

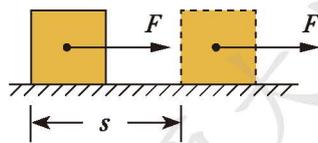
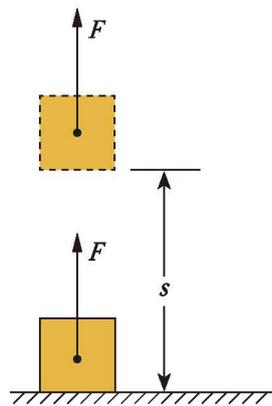


图 9.3-2 做机械功的两个因素

交流讨论

在图 9.3-3 所示的几种情景中，这些力是否做了功？



叉车在将货物从地面举高的过程中对货物施加的竖直向上的力



叉车沿水平方向前进过程中对货物施加的竖直向上的力



用了很大的力推车，但车没有移动，此过程中人推车的力



大力士表演拉汽车前行，此过程中人拉车的力

图 9.3-3 判断力是否做了功

功的计算

物理学中规定，**功等于作用在物体上的力与物体沿力的方向移动的距离的乘积。**

如果用 F 表示力， s 表示物体沿力的方向移动的距离， W 表示功，则功的计算公式为

$$W = Fs。$$

在国际单位制中，力的单位是牛（N），距离的单位是米（m），功的单位就是牛米（N·m）。在物理学中，功的单位称作焦耳（joule），简称焦，用符号 J 表示。

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

例题 如图 9.3-4 所示,工人小李用 620 N 的力把重为 1 200 N 的水泥桶从地面拉到 4 m 高处。小李对绳子的拉力做了多少功?

分析 小李的拉力作用在绳子上,这个功应等于拉力和拉力作用点移动距离的乘积。需要先依据动滑轮工作的特点,确定出小李对绳子拉力的作用点移动的距离。

解 作用在绳子上的拉力的作用点移动的距离

$$s = 2h = 2 \times 4 \text{ m} = 8 \text{ m}。$$

拉力做的功 $W = Fs = 620 \text{ N} \times 8 \text{ m} = 4\,960 \text{ J}。$

答 小李对绳子的拉力做了 4 960 J 的功。

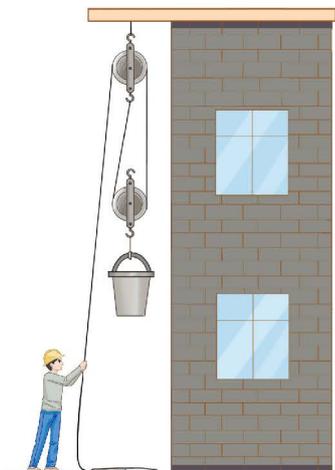


图 9.3-4 使用滑轮组提升水泥桶

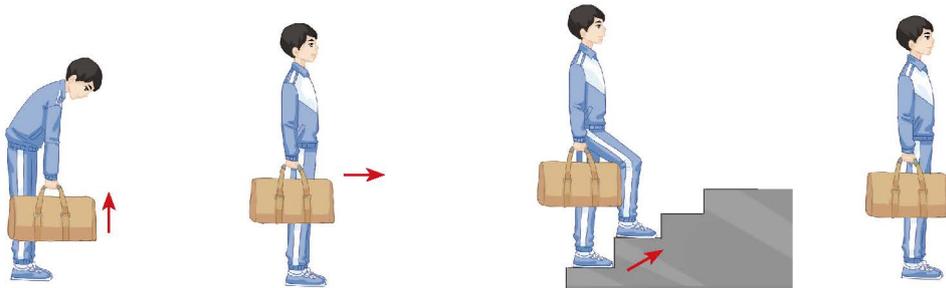
在上述例题中,小李拉动绳子使动滑轮和水泥桶同时上升。因此,在不计绳重和摩擦的情况下,拉动绳子自由端所做的功,就等于对动滑轮和水泥桶所做的功。

想一想:在例题所述的过程中,动滑轮对水泥桶的拉力做了多少功?与小李对绳子的拉力做的功相等吗?为什么?



自我检测

1. 如图 9.3-5 所示是小明提包回家的情景,小明提包的力不做功的是 ()。



- A. 将包提起来 B. 站在水平匀速行驶的车上 C. 提着包上台阶 D. 乘电梯竖直上升

图 9.3-5

2. 图 9.3-6 中, 马拉着质量为 $1\ 000\ \text{kg}$ 的车在平直道路上前进了 $400\ \text{m}$, 马对车的水平拉力为 $750\ \text{N}$ 。求车所受重力做的功和马对车的拉力做的功。

3. 如图 9.3-7 所示, 质量为 $5\ \text{kg}$ 的手推车上装载了 $15\ \text{kg}$ 的商品, 小红将手推车沿水平地面匀速推到 $20\ \text{m}$ 外的超市出口。如果手推车在运动过程中受到的阻力是 $10\ \text{N}$, 求小红对手推车的力做的功。

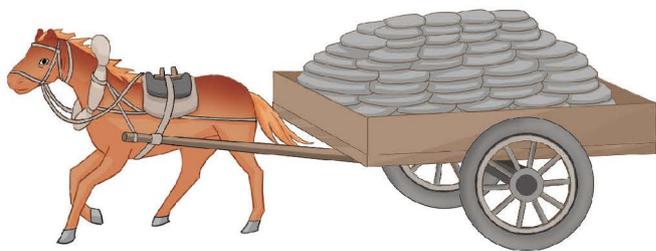


图 9.3-6



图 9.3-7

4. 小红提着装有 30 枚鸡蛋的塑料袋乘电梯上楼, 请你估算她从一楼上升到五楼的过程中, 她对塑料袋的拉力做的功。说出估算的依据和过程, 并与同学交流。



拓展阅读

肌肉做功

人提着水桶静止不动时, 由于没有沿力的方向移动距离, 所以人对水桶的拉力不做功。人提着水桶沿水平方向匀速前进的过程中, 人对水桶的拉力方向与水桶前进的方向垂直, 水桶沿拉力方向没有移动距离, 所以人对水桶的拉力也不做功。然而, 人提着水桶静止不动或水平匀速前进却觉得很累, 这是为什么?

事实上, 人提着水桶静止不动时, 表面上看人并没有运动, 但人的内部肌肉却运动了, 在这个过程中人通过肌肉运动做功。人通过肌肉运动做功通常叫肌肉做功, 它的大小取决于肌肉收缩时产生的张力和肌肉长度的变化, 肌肉长度的变化就是做功中的距离因素。肌肉张力的大小由肌肉收缩时的力学和生理学等条件决定。肌肉做功可以将人体内的化学能转化成其他形式的能,

这样就消耗了人的能量。如图 9.3-8 所示，运动员举起杠铃的过程中，杠铃被举高，就是肌肉做功消耗了人体内的化学能的结果。又如肌肉做功使身体运动，身体运动的能量也是通过肌肉做功获得的。

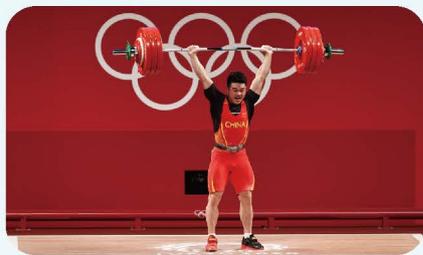


图 9.3-8 运动员举重

研究肌肉做功情况，有助于运动员通过训练有效提升耐力、爆发力等。请思考：跳高运动员在进行摸高训练时竖直向上跳起一定高度，那么在摸高跳起的过程中，地面对运动员做功了吗？生活中还有哪些肌肉做功的实例？这些不同的做功过程分别产生了怎样的效果？

第四节

比较做功的快慢

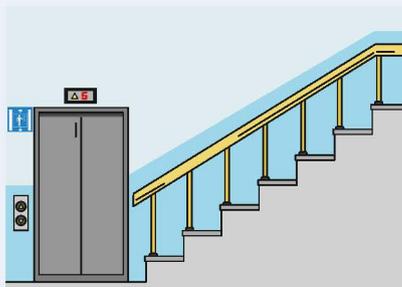


图 9.4-1 比较乘电梯和爬楼梯做功的快慢

你把书包从一楼提到五楼，不论乘坐电梯上楼还是步行上楼（图 9.4-1），你对书包做功的多少都是一样的，但所需的时间却不同，步行上楼大约需要 1 min，乘坐电梯大约仅需 10 s。可见，不同的做功过程可能做功快慢不一样。如何比较做功的快慢呢？

比较做功快慢的方法

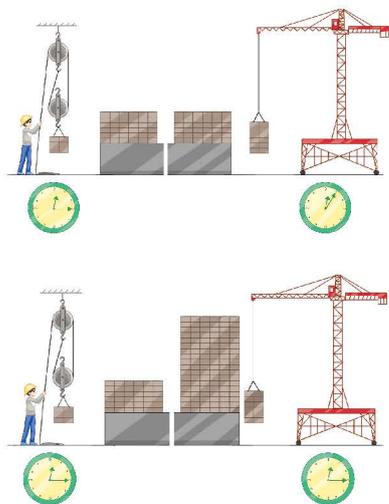


图 9.4-2 比较做功的快慢

与比较运动快慢的方法类似，比较做功的快慢也有两种方法。如图 9.4-2 所示，运送同样多的砖到同样高的地方，用起重机提升比人直接用滑轮组提升所用的时间短，说明起重机做功快；在相同的时间内，起重机运送的砖比人直接用滑轮组运送的数量多，说明起重机做功快。

如果起重机和人直接用滑轮组，在不相同的时间内，把数量不等的砖运到高度不同的地方去，怎样比较二者做功的快慢呢？

做同样的功，所用的时间越短，做功越快。用同样的时间，完成的功越多，做功越快。如果做功多少不同，做功时间也不相同，则可以用功与时间的比，即单位时间内做功的多少表示一个力做功的快慢。该比值越大，说明这个力做功越快。

功率

就像用速度描述运动快慢一样，在物理学中，我们用功率描述做功的快慢，把功与完成这些功所用的时间之比叫作**功率**（power）。如果用 W 表示功， t 表示完成这些功所用的时间， P 表示功率，则功率的计算公式为

$$P = \frac{W}{t}。$$

在国际单位制中，功的单位是焦（J），时间的单位是秒（s），则功率的单位就是焦每秒（J/s）。在物理学中，将瓦特（watt）作为功率的单位，简称瓦（W）。

$$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}。$$

有些机器的功率很大，根据实际需求，功率的单位还可以用千瓦（kW）和兆瓦（MW）表示。它们与瓦（W）之间的换算关系是：

$$1 \text{ kW} = 10^3 \text{ W}, 1 \text{ MW} = 10^6 \text{ W}。$$

图 9.4-3 给出了一些功率值。

提示

我们又一次用物理量之比定义了新的物理量——功率。功率与速度类似，都是某个物理量与时间的比，用来描述快慢。



人长时间运动过程中的功率为数十瓦



马长时间运动过程中的功率为几百瓦



小汽车的功率可达 100 kW



飞机发动机的功率可达 1 000 kW



高速动车组列车功率可达几千千瓦至两万千瓦



万吨级远洋货轮发动机的功率可达 10 000 kW

图 9.4-3 一些功率值

例题 公园里有一座山，山脚到山顶的高度为 200 m，在山脚与山顶之间建有空中缆车的索道。电动机用 4 min 将一空中缆车从山脚运送到山顶，需做功 7.2×10^6 J，该电动机对缆车做功的功率是多少？工人小李提着质量为 12 kg 的工具箱从山脚爬到山顶大约需要 20 min，小李对工具箱所施拉力做功的功率约为多少？（ g 取 10 N/kg）

分析 依据功率的定义，用电动机做的功与所用时间之比即可求出电动机对缆车做功的功率。求小李对工具箱所施拉力做功的功率，需要先求出小李对工具箱的拉力做的功。小李对工具箱的拉力大小等于工具箱所受重力的大小，在拉力方向上移动的距离为山脚到山顶的高度，运用功的计算公式就可以计算出拉力做的功，进而求出功率。

解 电动机做的功 $W_1 = 7.2 \times 10^6$ J，所用时间 $t_1 = 4 \times 60$ s = 240 s。

电动机对缆车做功的功率

$$P_1 = \frac{W_1}{t_1} = \frac{7.2 \times 10^6 \text{ J}}{240 \text{ s}} = 3 \times 10^4 \text{ W}。$$

小李对工具箱的拉力做的功 $W_2 = mgh$ ，所用时间 $t_2 = 20 \times 60$ s = 1 200 s。

拉力做功的功率

$$P_2 = \frac{W_2}{t_2} = \frac{mgh}{t_2} = \frac{12 \text{ kg} \times 10 \text{ N/kg} \times 200 \text{ m}}{1\,200 \text{ s}} = 20 \text{ W}。$$

答 电动机对缆车做功的功率是 3×10^4 W，小李对工具箱所施拉力做功的功率约为 20 W。



交流讨论

工人小李提着工具箱分别采用徒步和乘坐缆车两种方式从山脚到山顶。采用这两种方式上山的过程中，小李对工具箱所施拉力做的功相同吗？拉力做功的功率相同吗？



实践活动

几位同学组成小组，测量每位同学提着重物从一楼爬到三楼的过程中对重物所施拉力做功的功率，看谁的功率最大。想一想：需要测出哪几个物理量？用什么工具来测？怎样测？与同学交流一下，看谁的设计方案更易操作。

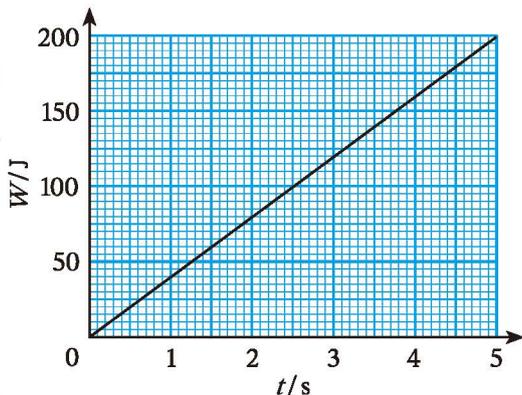


自我检测

1. 对于正常工作的机械, 关于其功率与所做的功, 下列说法正确的是 ()。

- A. 功率大的机械做的功多
- B. 功率大的机械做功用的时间少
- C. 单位时间内做的功越多, 则功率越大
- D. 功率大的机械做功快

2. 小明参加社区志愿服务, 用水平恒力 F 将楼门口的箱子沿水平地面匀速推到电梯口处, 已知小明对箱子的推力做功随时间变化的情况如图 9.4-4 所示。若他完成推箱子的时间为 20 s, 此过程中箱子所通过的路程为 16 m。求:

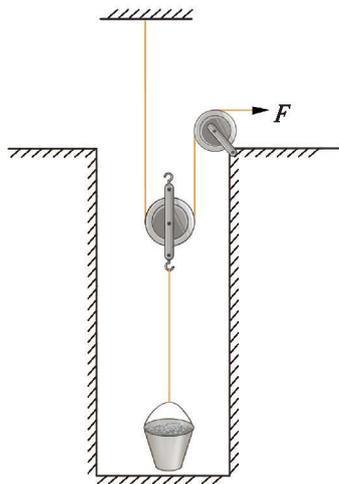


(1) 小明对箱子的推力做功的功率。

(2) 箱子在运动过程中所受的滑动摩擦力的大小。

图 9.4-4

3. 如图 9.4-5 所示, 某人通过滑轮组将一桶渣土从深井中匀速提升到地面。已知桶及渣土的总重为 720 N, 井深为 10 m, 人对绳子水平向右的拉力大小为 380 N, 桶从井底被提升到地面所用的时间为 90 s。



(1) 求动滑轮下端绳子对桶的拉力做功的功率 P_1 。

(2) 求人拉绳做功的功率 P_2 。

(3) 比较 P_1 与 P_2 的大小, 你能发现什么? 这说明了什么?

4. 汽车拉着拖车走上坡路时, 有经验的司机会减小车速, 以便在汽车对拖车拉力的功率一定的情况下, 获得对拖车更大的牵引力。请你用牵引力与速度的关系解释其中的道理。

图 9.4-5



功率的单位——马力

瓦特 (James Watt, 1736—1819) 是英国发明家, 他改良了蒸汽机 (图 9.4-6), 为工业革命的兴起做出了杰出贡献。为了纪念他的成就, 物理学中采用他的名字“瓦特”作为国际单位制中功率的单位。

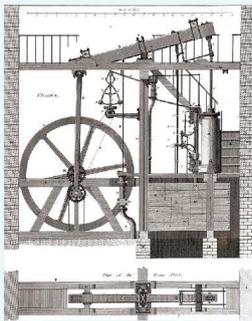


图 9.4-6 瓦特与改良的蒸汽机

功率最初的单位是马力, 也叫匹。那么“马力”是怎么来的呢? 这要追溯到 200 多年前瓦特改良蒸汽机的时代。当时, 瓦特制造出第一批改良后的蒸汽机, 一个啤酒厂订购了其中的一台, 想用它代替当时干活的马匹去推动抽水机。啤酒厂厂主想确定一下一台蒸汽机能否抵得上一匹马, 于是他挑选了一匹最强壮的马, 让它连续干了八小时的活, 并计算了这匹马在这段时间内共抽上来多少水。经过计算得出: 一匹马每秒能把 75 kg 的水提高 1 m。于是瓦特就将功率的单位定义为马力。

马力分为公制和英制。公制马力又叫米制马力, 1 公制马力 = 735 瓦特。 1 英制马力 = 746 瓦特。请你查阅相关资料, 了解我国工程技术领域曾经使用过的功率单位有哪些, 它们与瓦特之间的换算关系是怎样的。

第五节

探究使用机械是否省功

如图 9.5-1 所示，工人通过滑轮组、定滑轮和轮轴提升竖井中的重物。工人为什么不直接提起重物，而是将这么多的简单机械进行组合呢？使用滑轮组、定滑轮和轮轴这些简单机械的优势是什么？

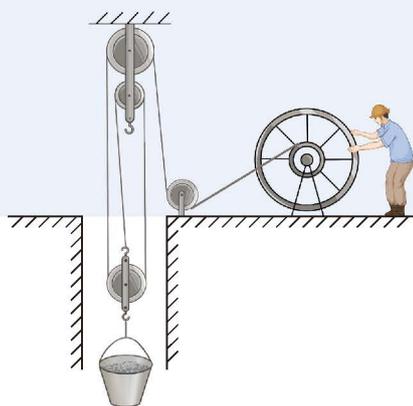


图 9.5-1 通过组合机械提升重物

人们使用杠杆、轮轴、滑轮等机械是为了达到一定的目的。在使用中，有的机械可以省力，有的机械可以改变作用力的方向或达到“省距离”的效果。那么，使用机械能省功吗？怎样判断使用机械是否省功呢？



实验探究

探究使用动滑轮是否省功

为了探究使用机械是否省功，我们可以比较使用机械和不使用机械两种情况下，对同一物体完成同一工作任务的过程中，人所做的功的大小关系。因此，我们可以设计如下实验方案。

直接用手通过弹簧测力计匀速竖直提起一个重物，测算出拉力对重物做的功 W_1 。再用弹簧测力计通过一个动滑轮提起这个重物，使重物匀速上升相同的高度，测算出对绳端的拉力做的功 W_2 。比较 W_1 、 W_2 的大小就可以探究使用动滑轮是否省功。

按照图 9.5-2 所示的过程进行实验。实验中保持重物缓慢匀速竖直上升，用弹簧测力计测量拉力，记录重物和绳子自由端的始、末位置。将实验数据及计算结果填入表 9.5-1 中。

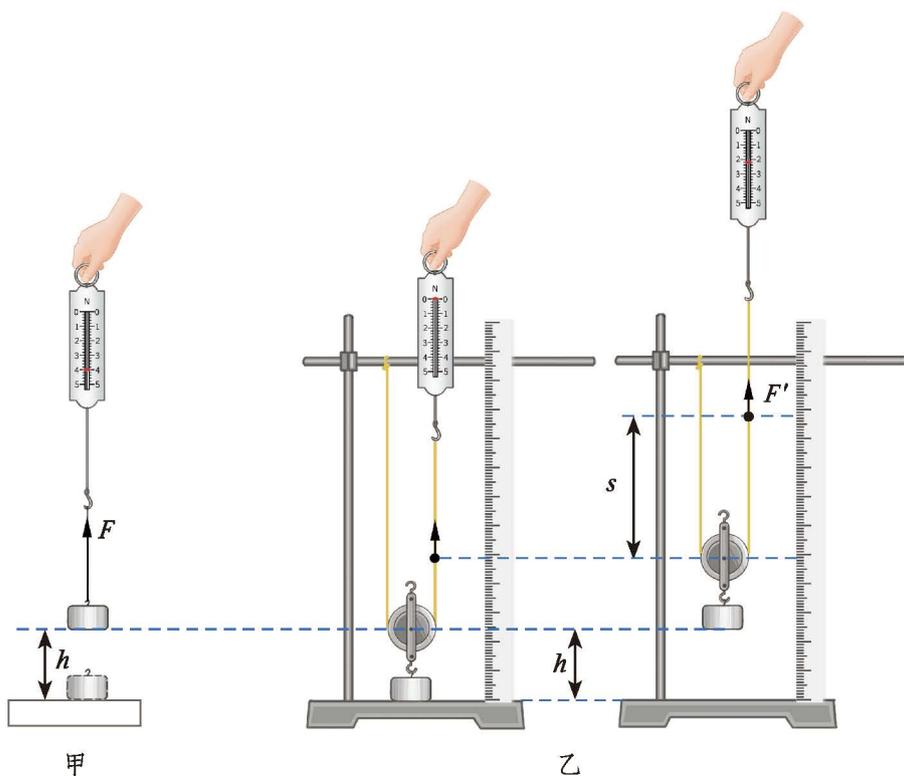


图 9.5-2 探究使用动滑轮是否省功

表 9.5-1 探究使用动滑轮是否省功

力 F/N	重物移动的距离 h/m	力 F 做的功 W_1/J	力 F'/N	绳子自由端移动的距离 s/m	力 F' 做的功 W_2/J

由表 9.5-1 中记录的实验数据可知， W_2 _____ W_1 。实验结果说明：

想一想这是为什么。

图 9.5-2 甲中直接用弹簧测力计匀速竖直提升重物，只需提升重物做功。图 9.5-2 乙中竖直拉动绳子使动滑轮和重物一起上升时，既要提升重物做功，也要提升绳子和动滑轮做功，还要克服动滑轮上的摩擦做功，因此使用动滑轮并不省功。

大量实验表明：**使用任何机械都不能省功。**

机械效率

在用动滑轮提升重物时，动滑轮对物体所做的功叫作有用功（ $W_{\text{有用}}$ ）。

提升重物时，不可避免地要对绳子和动滑轮本身做功，还要克服摩擦做功，这部分功叫作额外功（ $W_{\text{额外}}$ ）。

有用功与额外功的总和叫作总功（ $W_{\text{总}}$ ）。

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

我们希望有用功在总功中所占的比例越大越好。有用功占的比例越大，说明机械工作的效率越高。我们用有用功跟总功的比值来描述使用机械做功的效率，称之为**机械效率**（mechanical efficiency）。机械效率用符号 η 表示，则

$$\eta = \frac{W_{\text{有用}}}{W_{\text{总}}}。$$

有用功是总功的一部分，所以 $W_{\text{有用}} < W_{\text{总}}$ ，因此 η 总是小于 1。机械效率通常用百分数表示。

例题 如图 9.5-3 所示，工人利用滑轮组将一桶沙子从地面提升到 9 m 高的楼层，桶和沙子的总质量为 118 kg，动滑轮的质量为 2 kg。忽略摩擦和绳重， g 取 10 N/kg。求滑轮组的机械效率。

分析 提升桶和沙子所做的功是有用功，提升动滑轮所做的功是额外功。根据桶和沙子的总质量以及动滑轮的质量，可以求出它们所受的重力；又已知它们上升的高度，可以求出有用功和额外功，进而可以求出总功；最后依据机械效率等于有用功与总功之比得出结果。

解 桶和沙子所受的总重力

$$G_{\text{桶沙}} = m_{\text{桶沙}} g = 118 \text{ kg} \times 10 \text{ N/kg} = 1180 \text{ N}，$$

交流讨论

在日常生活中，很多场合涉及“效率”的概念，如学习效率等。你还能举出其他例子吗？说明你举出的这个“效率”的意义是什么，并与同学交流。

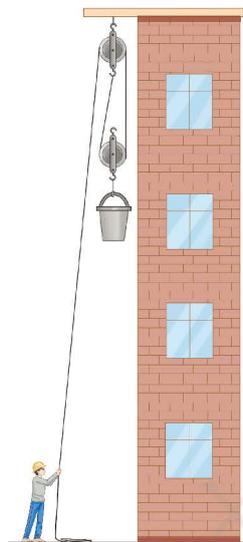


图 9.5-3 用滑轮组提升重物

动滑轮所受的重力

$$G_{\text{动}} = m_{\text{动}}g = 2 \text{ kg} \times 10 \text{ N/kg} = 20 \text{ N}。$$

提升过程中的有用功

$$W_{\text{有用}} = G_{\text{桶沙}}h = 1180 \text{ N} \times 9 \text{ m} = 10620 \text{ J}。$$

提升过程中的额外功

$$W_{\text{额外}} = G_{\text{动}}h = 20 \text{ N} \times 9 \text{ m} = 180 \text{ J}。$$

拉力所做的总功

$$W_{\text{总}} = W_{\text{有用}} + W_{\text{额外}} = 10620 \text{ J} + 180 \text{ J} = 10800 \text{ J}。$$

滑轮组的机械效率

$$\eta = \frac{W_{\text{有用}}}{W_{\text{总}}} = \frac{10620 \text{ J}}{10800 \text{ J}} = 98.3\%。$$

答 滑轮组的机械效率为 98.3%。



交流讨论

1. 使用滑轮组提升重物时，影响其机械效率的因素有哪些？

2. 图 9.5-4 为某公司的一幅广告宣传画，一个巨大的滑轮提起一个小皮箱，宣传文字写着“事无大小，必尽全力”。请你分析滑轮组机械效率与物重的定性关系，并结合这个关系谈一谈你对这幅广告宣传画所表达观点的看法。



图 9.5-4 某公司的广告宣传画



实践活动

查阅资料，了解人类使用机械的历史，写一份调查报告或制作一期壁报，并与同学交流。



自我检测

1. 建筑工地上, 起重机几分钟内就能把所需的砖送到楼顶, 如果人直接用滑轮组来提升则需要几小时。对于这一过程, 下列说法正确的是 ()。

- A. 起重机的功率大, 机械效率高
- B. 起重机的机械效率高, 做功慢
- C. 起重机的功率大, 机械效率不一定高
- D. 起重机的机械效率高, 做功多

2. 关于一台机械做功, 下列说法正确的是 ()。

- A. 机械做的额外功越少, 机械效率就越高
- B. 机械做的有用功越多, 机械效率就越高
- C. 机械做的总功越多, 机械效率就越高
- D. 机械做的有用功在总功中所占的比例越大, 机械效率就越高

3. 小明家新建的房子准备装修。为了把水泥从地面送上楼, 他在楼上安装了一个滑轮组 (图 9.5-5), 每个滑轮的质量约为 4 kg。他每次将一袋 50 kg 的水泥提升 4 m, 已知克服绳重和摩擦所做的额外功为 250 J, g 取 10 N/kg, 求:

- (1) 每次提升水泥做的有用功。
- (2) 该滑轮组的机械效率。

4. 用 1 000 N 的力通过滑轮组把 4 750 N 的重物竖直提升起来。如果提升过程中滑轮组的机械效率为 95%, 则:

(1) 这个滑轮组最少由几个滑轮组成? 请根据计算结果, 在虚线框中画出相应的滑轮组。

(2) 小红通过计算判定, 这个滑轮组的动滑轮所受的重力一定为 250 N。你同意她的看法吗? 说明你的理由。

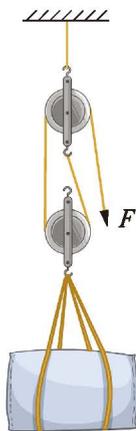
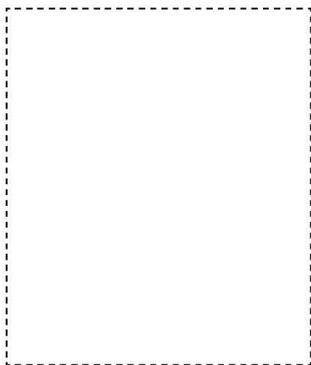


图 9.5-5



 拓展阅读

斜面与螺旋

如图 9.5-6 所示，工人在将较重的货物搬到货车上时，往往会借助斜面，这样就会轻松许多。斜面是与水平面成一定角度的平面，也是简单机械的一种。

参照图 9.5-7，把三角形纸片绕在一支长铅笔上，你就可以体会到斜面变形成为螺旋的过程。螺钉、螺栓、螺杆、螺旋式汽车千斤顶等都是应用螺旋的装置（图 9.5-8）。螺旋有一个特点，可以将绕轴的旋转运动与沿轴的直线运动进行相互转化，所以螺旋有许多巧妙的应用。参考图 9.5-9，想一想生活中还有没有其他类似的应用。



图 9.5-6 利用斜面搬运重物

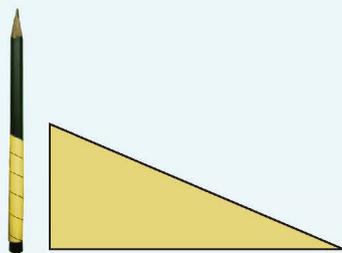


图 9.5-7 斜面与螺旋



图 9.5-8 应用螺旋的装置



图 9.5-9 螺旋斜面引桥

斜面的机械效率除了与斜面的粗糙程度有关以外，还与斜面的倾斜角度有关。一般来说，斜面的倾斜角度越小越省力，机械效率越低。请你类比斜面，分析螺旋的机械效率与什么因素有关。

北师大版

制作简易升降机

日常生活中，人们经常利用机械搬运物体。在没有电的时代，我国古代劳动人民利用简单机械制作了升降机，以方便搬运人和物品。图 9.6-1 是我国古代用于军事瞭望的巢车。

请你利用简单机械设计并制作一个能搬运物体上下移动的升降机，从中体会简单机械的原理在实际生产生活中的应用。

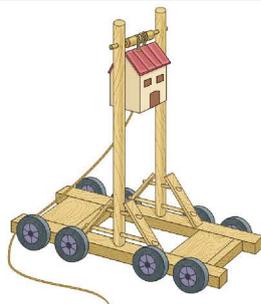


图 9.6-1 巢车

任务分解

1. 了解我国机械发展的历史，调查建筑工程机械的原理及应用。
2. 选择简单机械及身边的器材，设计并制作升降机。
3. 利用自制升降机提升重物，测量升降机工作时的机械效率。

任务一 了解我国机械发展的历史

我国是世界上发明机械较早的国家之一，机械技术历史悠久，成就辉煌。比如，古代用来舂米的碓，用来从井中汲水的桔槔和辘轳，用于计量的天平，用于农业生产的水车、风车，用于军事的投石机，等等。这些机械在动力的利用和机械结构的设计上都各具特色。

随着制作原料的种类和动力的来源越来越丰富，机械发明和制造也越来越复杂。比如，图 9.6-2 中的记里鼓车、以“水排”驱动的水力鼓风系统（早



记里鼓车



水力鼓风系统



战国云梯车

图 9.6-2 我国古代的机械

期炼铁炉的风箱助燃装置)、战国云梯车等,这些机械不仅在动力使用上从人力转向畜力、水力等,而且在结构方面出现了齿轮、凸轮和曲柄连杆等复杂的传动机构。

随着铸造技术的出现,我国古代机械技术得到极大的发展。两晋时期出现了自动磨车、舂车、水碾等水力机械。农耕器具也得到改进,元代《农书》中的“农器图谱”部分,对当时的农业机械和许多生产工具进行了详细的说明和论述(图 9.6-3)。同时,纺织机械、造船技术也有了新的发展。我国涌现出许多杰出的机械制造家,如马钧、祖冲之、李皋、郭守敬和王祯等,他们为古代机械的发展做出了重要贡献。不少机械还传到了国外,对世界科学技术的发展产生了积极的影响。

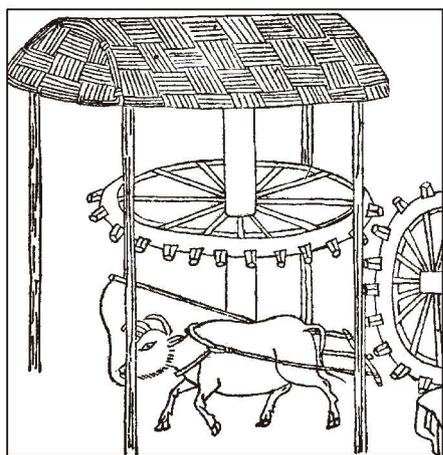


图 9.6-3 牛转翻车
(出自《农书》)

当前,我国是全球唯一拥有联合国产业分类中全部工业门类的国家,拥有完整的工业体系,诸多工程机械技术水平处于世界前列。

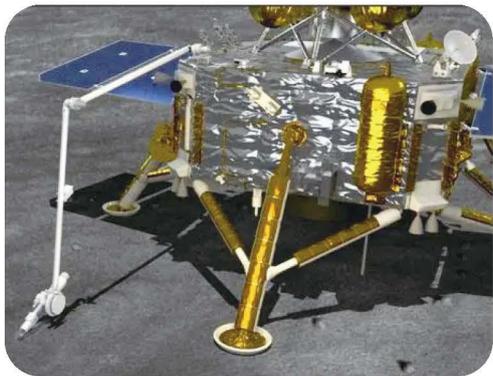


图 9.6-4 嫦娥五号自动采样的机械臂

2020年12月,我国自主研发的嫦娥五号探测器成功着陆月面后,顺利完成我国首次月球表面自动采样任务,并将样品封装保存在上升器携带的贮存装置中。嫦娥五号自动采样的关键部件为机械臂,如图 9.6-4 所示。机械臂又长又细,长 3.7 m,臂厚 1.4 mm,可以 360°可视化操作。臂的末端一头是一个小铲子,另一头是浅表钻,可以轻松完成铲挖、浅钻、拾取等动作。机械臂的设计利用了杠杆等机械,其动力来源于安装在各个关节处的电动机,它们如同人体手臂乃至手掌的肌肉一样,驱动机械臂完成相应的动作。嫦娥五号探测器成功完成月壤取样任务,使我国成为世界上第三个取回月壤样本的国家。



我国古代纺织机械与技术

我国古代有着当时世界上最完善、最先进的纺织机械和技术，这是我国长期保持丝绸大国地位的重要原因之一。我国古代纺织技术最早可追溯到战国时期，经历了原始手工纺织时期和手工机器纺织时期两个基本发展阶段。

在原始手工纺织时期，人们利用纺坠纺纱，利用原始腰机（图 9.6-5）织布。织布时，织工席地而坐，以身体作机架，以两脚蹬着经轴，腰上缚着卷布轴，用提综杆提起经纱形成梭口，再投梭打纬，进行织布。原始腰机是人类最早发明和使用的织机。



图 9.6-5 原始腰机

在手工机器纺织时期，我国古代劳动人民发明创造了踏板织机、斜织机、竹笼机、大花楼机、多锭大纺车等，大大提高了生产效率。踏板织机（图 9.6-6）是在原始腰机的基础上，使用机架代替身体作为支架并加入踏板而制成的，后来经由丝绸之路传到中亚、西亚和欧洲各国。斜织机（图 9.6-7）是在踏板织机的基础上改进而成的，织物经面与水平机座成 $50^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 角，利用杠杆原理，用脚踏板来控制综片的升降，以织造平纹织物。竹笼机（图 9.6-8）是一种运用提花技术的织机，早在宋代即已存在。它能反复有规律地织造复杂花纹，在我国广西少数民族地区应用较广，一般用来织造壮锦等。提花技术是我国古代最为复杂的织造技术，是纺织史上的里程碑。



图 9.6-6 踏板织机



图 9.6-7 斜织机



图 9.6-8 竹笼机

实践活动

近年来，我国经济社会发展取得了举世瞩目的成就。发展经济、改善生活质量，离不开基础工程建设。在一些建筑工程的现场，我们经常会看到如图 9.6-9 所示的一些工程机械。你知道它们的用途吗？

请以小组为单位，上网查询一下建筑工地或道路施工过程中使用的工程机械，了解它们的名称和用途，以及它们在工作过程中涉及哪些物理知识。调研内容可包括以下几个方面。

- (1) 该工程机械的结构特点与物理原理。
- (2) 除简单机械外，该工程机械在设计中还应用了哪些与物理有关的知识。
- (3) 该工程机械在使用过程中有哪些操作规程，其中有什么物理道理。
- (4) 关于该工程机械的安全使用，你还有哪些建议。

将调查结果形成调研报告，并与同学交流。



图 9.6-9 一些工程机械

任务二 利用简单机械设计并制作升降机

不同的机械有不同的功能，比如，利用定滑轮可以改变力的方向，利用动滑轮、轮轴可以省力，等等。因此，我们要根据功能需求选择不同的简单机械（图 9.6-10）来设计升降机。

我们要设计的升降机的功能需求有：能竖直上下搬运物体，以 0.3 kg 的重物作为搬运的目标物体，竖直搬运高度不小于 10 cm。为了实现这些功能，升降机需要包括哪几部分？每部分应如何设计？设计时，我们需要注意什么？



图 9.6-10 制作升降机可使用的简单机械



实践活动

基于上述功能需求，选择简单机械设计升降机。比如，可以选择滑轮组实现目标物体的上下运动，也可以选择轮轴或其他方式来实现目标物体的上下运动。设计时要注意以下几点。

- (1) 升降机搬运物体需要用到轿厢，轿厢可以有个性化的设计。
- (2) 升降机需要有竖直支架，支撑轿厢上下运行。
- (3) 升降机在运送物体的过程中要能省力，且机械效率尽可能高。

将你的想法以示意图的方式画出来，与同学交流。结合同学们的分享和评估，进一步完善你的设计方案，并将你设计的升降机制作出来。

任务三 测量升降机的机械效率

测量升降机的机械效率，需要测出有用功和总功。有用功和总功又该如何测量呢？在动手测量之前，我们需要思考以下问题。

- (1) 在提升过程中，有用功和总功分别是哪个力做的功？
- (2) 如何测量物体上升的高度？
- (3) 如何测量绳子自由端的拉力和绳子自由端移动的距离？
- (4) 记录数据的表格应该怎样设计？



实践活动

结合上述思考，利用自制升降机将质量为 0.3 kg 的物体提升不低于 10 cm ，在此基础上进行如下比较。

- (1) 比一比，看谁制作的升降机在提升物体的过程中更省力。
- (2) 比一比，看谁制作的升降机完成上述任务的机械效率更高。



自我检测

1. 在探究影响滑轮组机械效率的因素时，小红用图 9.6-11 所示甲、乙两个相同的滑轮组进行实验。这样的实验设计可以验证的猜想是滑轮组的机械效率与 ()。

- A. 被提升物体的重力有关 B. 动滑轮所受的重力有关
 C. 物体被提升的高度有关 D. 承重绳子的段数有关

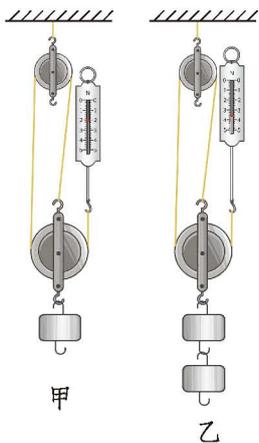


图 9.6-11

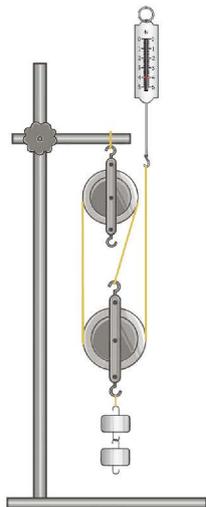


图 9.6-12

2. 用图 9.6-12 所示的装置研究滑轮组的机械效率，下列说法不正确的是 ()。

- A. 可以通过选用更轻的绳子以及摩擦更小的滑轮来提高机械效率
 B. 测量机械效率的原理是 $\eta = \frac{W_{有用}}{W_{总}}$
 C. 机械效率的高低不仅与装置本身有关，还与所提升重物所受的重力有关
 D. 提高机械效率可以通过减小钩码所受的重力来实现

3. 某探究小组的同学在探究滑轮组的机械效率与哪些因素有关时，提出了一些猜想并进行验证。

(1) 如果影响机械效率的因素有 A、B、C……，要研究机械效率与因素 B 的关系，需要先控制其他几个因素不变，而改变因素_____，从而进行研究。

(2) 下面是该小组同学提出的两个猜想。

猜想一：由两个相同的滑轮组成的滑轮组，其机械效率与滑轮组的绕绳方法有关。

猜想二：由两个相同的滑轮组成的滑轮组，其机械效率与滑轮组提升物体所受的重力有关。

为了验证上述猜想是否正确，同学们准备分别按图 9.6-13 甲、乙、丙所示的滑轮组进行实验。

① 验证猜想一的小组应按图_____所示的两个滑轮组进行实验，若实验测得两滑轮组的机械效率大小_____（选填“相等”或“不相等”），则可初步判断猜想一是错误的。

② 验证猜想二的小组应按图_____所示的两个滑轮组进行实验，若实验测得两滑轮组的机械效率大小不相等，则可初步判断猜想二是_____（选填“正确”或“错误”）的。

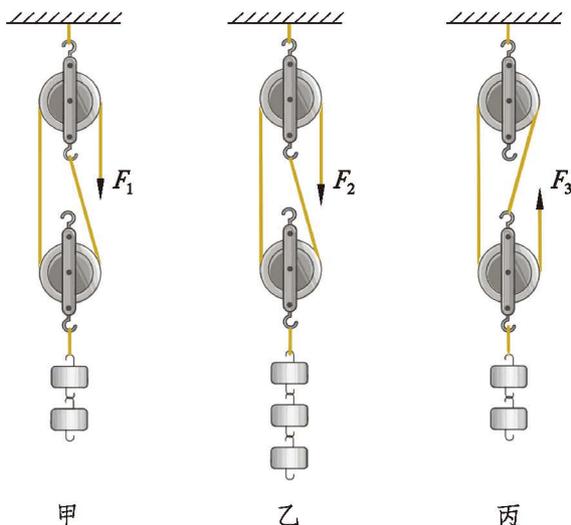


图 9.6-13

4. 工人用图 9.6-14 所示的起吊装置提升建筑材料，在 50 s 内将质量为 250 kg 的材料匀速提升 10 m。若电动机输出功率恒为 600 W，不计绳重和摩擦， g 取 10 N/kg，求此过程中：

- (1) 电动机对绳子的拉力。
- (2) 滑轮组的机械效率。

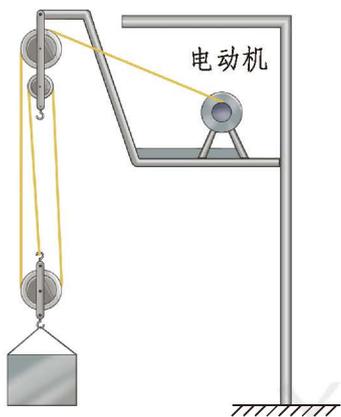
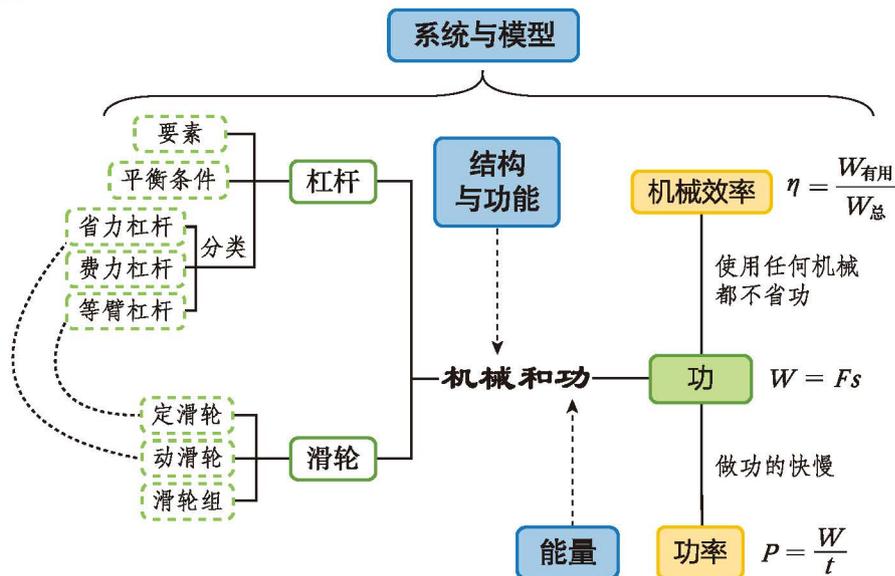


图 9.6-14

整理与复习

概念整合



素养发展

在学习杠杆、滑轮等简单机械的过程中，我们使用了将实物抽象为理想模型的方法。比如，将杠杆的支点简化成一个理想的点，忽略杠杆的形变，认为杠杆是理想的硬杆，且不计其所受的重力。

在如何简洁而有效地描述做功的快慢问题上，我们引入了“功率”，利用功与时间的比来定义功率。这种方法我们已经接触过几次，你能回顾总结一下吗？

杠杆的动力臂与阻力臂的大小关系，决定着杠杆在使用过程中是否省力。可见，系统的结构决定其功能。定滑轮、动滑轮及各类滑轮组系统也可实现不同的功能。我们可以通过了解不同机械的结构和力学原理，设计并制作有独特结构的装置，来实现特定的功能。

问题解决

机械的发明给人类的生产生活带来了极大的便利。自行车是绿色环保的交通工具，它是由许多简单机械组成的复杂机械。请你查阅资料并结合自己对自行车的使用体验，分析自行车构造中简单机械的应用，并撰写研究报告。

附 录

本册书中首次用到的物理量及其单位

物理量		单 位		备 注
名 称	符 号	名 称	符 号	
质 量	m	千 克	kg	$1\text{ t} = 10^3\text{ kg}$ $1\text{ kg} = 10^3\text{ g}$ $1\text{ g} = 10^3\text{ mg}$
密 度	ρ	千克每 立方米	kg / m^3	$1\text{ g} / \text{cm}^3 = 10^3\text{ kg} / \text{m}^3$
力	F	牛[顿]	N	
重 力	G	牛[顿]	N	
压 强	p	帕[斯卡]	Pa	$1\text{ Pa} = 1\text{ N} / \text{m}^2$
功	W	焦[耳]	J	$1\text{ J} = 1\text{ N} \cdot \text{m}$
功 率	P	瓦[特]	W	$1\text{ W} = 1\text{ J} / \text{s}$

后 记

本套教科书由北京师范大学依据《义务教育课程方案（2022年版）》和《义务教育物理课程标准（2022年版）》组织编写。

本套教科书以落实立德树人根本任务、发展学生核心素养为宗旨，力争实现科学性和人文性的有机统一、经典性和时代性的有机统一、学科性和跨学科性的有机统一；体现以学生发展为本的教育理念，符合学生的认知规律，激发学生的学习兴趣；体现物理学科探究性、综合性和实践性特点，突出基于真实情境的问题解决，培养学生的探究能力、创新意识、实践能力、问题解决能力和社会责任感。

本套教科书是在2013年版《义务教育教科书 物理》（2021年获首届全国教材建设奖全国优秀教材一等奖、二等奖各一项）的基础上，结合教材编写经验、使用效果和研究成果而修订的，集中反映了我国二十余年来义务教育课程改革的成果，凝聚了参与课程改革的教育专家、学科专家、教研员和一线教师的集体智慧。我们衷心感谢2013年版《义务教育教科书 物理》的主编闫金铎教授及全体编写人员。

参与本册教科书修改与讨论的人员有：刘丹杰、付鹏娟、何艳阳、郑旭、乔桥。在教科书试教试用过程中，北京、辽宁、陕西、甘肃、宁夏、河北、河南、湖北、安徽、海南等省（自治区、直辖市）的教育科学研究院（所）、教研室及部分学校给予了大力支持，为教科书的修改完善提出了宝贵的意见和建议。同时，教科书还征求了许多专家学者和广大一线教师的意见。中国载人航天工程办公室提供了载人航天领域的相关图片。我们感谢所有对教科书的编写出版提供过帮助与支持的同仁和社会各界朋友。

真诚希望广大师生在使用过程中提出宝贵意见，以便我们进一步修改和完善。欢迎来电来函与我们联系：北京师范大学出版社初中物理编辑室（100088），010-58802813，58804906，gbwuli@bnupg.com。

北京师范大学出版社