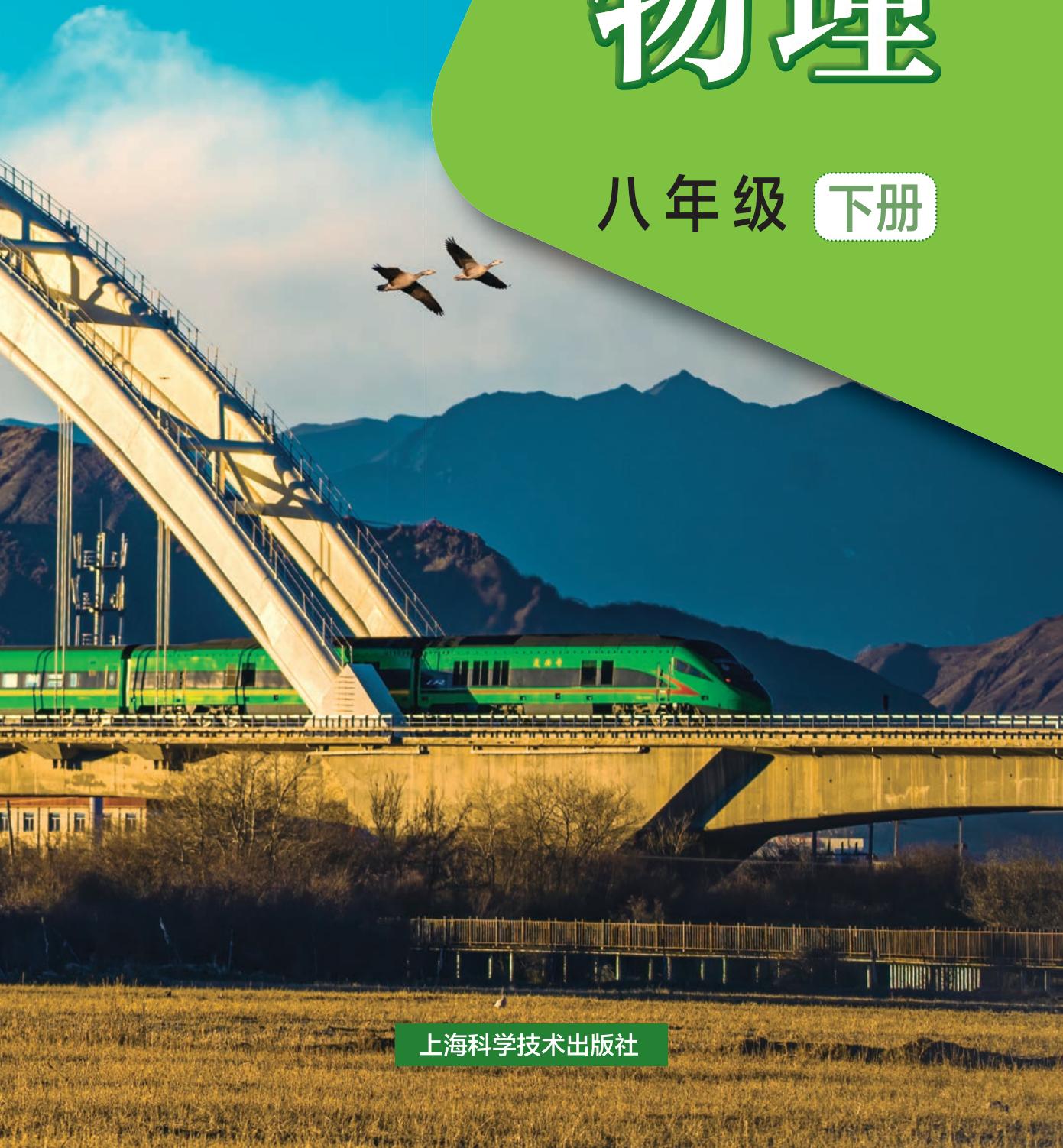




义务教育教科书
(五·四学制)

物理

八年级 下册



上海科学技术出版社

义务教育教科书

(五·四学制)

物理

八年级

下册

主 编：高 景

执行主编：朱 璀

本册主编：朱 璀

核心编写人员：（以姓氏笔画为序）

成晓俊 严荣琴 范晓琦 林 燕 贾丽演 涂 泓

责任编辑：徐青莲 金波艳 陈慧敏

美术设计：房惠平 诸梦婷

义务教育教科书（五·四学制）物理 八年级 下册

出 版 上海世纪出版（集团）有限公司 上海科学技术出版社

（上海市闵行区号景路 159 弄 A 座 9F-10F 邮政编码 201101）

发 行 上海新华书店

印 刷 上海新华印刷有限公司

版 次 2025 年 1 月第 1 版

印 次 2025 年 1 月第 1 次

开 本 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 8.5

字 数 138 千字

书 号 ISBN 978-7-5478-6881-2/G · 1283

定 价 8.85 元

价格依据文号 沪价费〔2017〕15 号

版权所有 · 未经许可不得采用任何方式擅自复制或使用本产品任何部分 · 违者必究

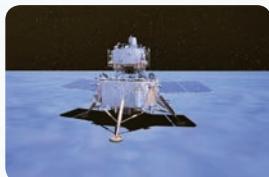
如发现印装质量问题或对内容有意见建议，请与本社联系。电话：021-64848025，邮箱：jc@sstp.cn

目 录

第6章 密度与压强

1

- 第1节·物质的密度 2
- 第2节·固体、液体密度的测量 8
- 第3节·压力与压强 13
- 第4节·液体压强 19
- 第5节·大气压强 27
- 第6节·流体压强与流速的关系 32



第7章 浮力

40

- 第1节·浮力 41
- 第2节·阿基米德原理 46
- 第3节·浮沉的条件及应用 52
- 跨学科实践·我国造船技术的发展 57



第8章 简单机械 功和能

63

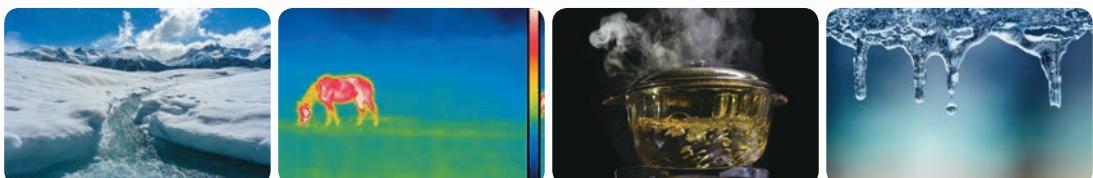
- 第1节 · 杠杆 64
- 第2节 · 滑轮 72
- 第3节 · 功与功率 77
- 第4节 · 机械能及其转化 84
- 第5节 · 机械效率 90
- 跨学科实践 · 斜拉桥的原理与模型制作 94



第9章 物态变化

103

- 第1节 · 温度 104
- 第2节 · 汽化和液化 111
- 第3节 · 熔化和凝固 117
- 第4节 · 升华和凝华 122





第⑥章 密度与压强

大型客机是重要的现代交通工具，C919 大型客机是我国首次按照国际通行适航标准自行研制、具有自主知识产权的喷气式干线客机，彰显我国工业技术的整体水平。飞机的研制涉及材料的密度和流体的压强等问题。本章我们将学习密度和压强的相关知识。

通过本章内容的学习，你将了解液体压强和大气压强，理解密度和压强等基本概念，知道流体压强与流速的关系；学会测量固体和液体密度的基本方法；经历探究影响液体压强因素的过程；了解密度与压强知识在日常生活中的具体应用；初步建立物质观念。



图 6-1-1 各种规格的矿泉水

第1节

物质的密度

图 6-1-1 所示是各种规格的矿泉水，显然，相同体积的水质量相同，瓶中所装水的体积越大，这瓶水的质量就越大。但是，相同体积的水和食用油的质量并不相同，这是为什么呢？

● 物体的质量与体积有什么关系？

我们测量不同瓶装水的质量与体积，发现水的质量与体积成正比。其他物质是否也有类似规律？



自主活动

取一些大小不同的实心长方体铝块、铁块和木块，测量并分析它们的质量与体积的关系。

大量实验表明，通常情况下，同种物质组成的物体的质量与体积的比值是一个定值；不同物质组成的物体的质量与体积的比值一般不同。质量与体积的比反映了物质本身的特性，可用密度这个物理量来描述。

● 什么是密度？

在物理学中，将某种物质组成的物体的质量与体积之比叫做这种物质的密度（density），用 ρ 表示。

如果用 m 表示质量， V 表示体积，则密度可表示为

$$\rho = \frac{m}{V}$$

由公式可知，密度 ρ 的单位可由质量单位和体积单位确定。在国际单位制中，密度的单位是千克/米³，读作“千克每立方米”，符号是kg/m³。密度的常用单位还有克/厘米³，读作“克每立方厘米”，符号是g/cm³。

$$1 \text{ g/cm}^3 = 1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$$

虽然密度由质量与体积之比来定义，但密度是描述物质自身特性的物理量，由物质本身决定，与物体的质量、体积无关。

我国古人很早以前就对密度有了相当程度的认知。在古代数学著作中记载了金、银、铜、铁等物质的密度，如魏晋时期刘徽注《九章算术》时记载“黄金方寸，重十六两”，按当时的度量衡换算得到金的密度为19.6 g/cm³。



想一想

人们常说“铁比棉花重”，如何理解这种说法呢？

自然界中，不同物质的密度通常不相同。水和食用油密度不同，因此相同体积的水和食用油质量不同。表6-1-1~表6-1-3列出了一些常见物质的密度。

表6-1-1 一些常见固体的密度(常温常压)

物 质	密度 $\rho / (\text{kg} \cdot \text{m}^{-3})$	物 质	密度 $\rho / (\text{kg} \cdot \text{m}^{-3})$
金	19.3×10^3	碘	4.9×10^3
铅	11.3×10^3	铝	2.7×10^3
银	10.5×10^3	海波	1.69×10^3
铜	8.9×10^3	冰(0°C)	0.9×10^3
铁	7.9×10^3	石蜡	0.9×10^3

表6-1-2 一些常见液体的密度(常温常压)

物 质	密度 $\rho / (\text{kg} \cdot \text{m}^{-3})$	物 质	密度 $\rho / (\text{kg} \cdot \text{m}^{-3})$
汞	13.6×10^3	柴油	$(0.81 \sim 0.85) \times 10^3$
硫酸	1.8×10^3	酒精	0.8×10^3
海水	$(1.02 \sim 1.07) \times 10^3$	煤油	$(0.78 \sim 0.8) \times 10^3$
纯水	1.0×10^3	汽油	$(0.72 \sim 0.78) \times 10^3$

表6-1-3 一些常见气体的密度(0°C , 1个标准大气压)

物 质	密度 $\rho / (\text{kg} \cdot \text{m}^{-3})$	物 质	密度 $\rho / (\text{kg} \cdot \text{m}^{-3})$
二氧化碳	1.98	一氧化碳	1.25
氩	1.78	氮	1.25
氧	1.43	氦	0.18
空气	1.29	氢	0.09

示例 · 估算一间普通教室内空气的质量。
($\rho_{\text{空气}} = 1.29 \text{ kg/m}^3$)

解: 一间普通教室的面积 S 约为 70 m^2 , 高度 h 约为 4 m 。

教室内空气的体积

$$V_{\text{空气}} = Sh = 70 \text{ m}^2 \times 4 \text{ m} = 280 \text{ m}^3$$

根据密度的定义, 空气的质量

$$m_{\text{空气}} = \rho_{\text{空气}} V_{\text{空气}} = 1.29 \text{ kg/m}^3 \times 280 \text{ m}^3 = 361.2 \text{ kg}$$

根据密度的定义, 知道密度、质量和体积中的任意两个物理量就可以求出第三个物理量。例如, 当物体的密度已知, 而其质量不易测量时, 可以先测出物体的体积, 再计算得到物体的质量。

物质的密度也受到状态、温度等因素的影响。通常情况下, 同种物质, 其固态的密度大于液态的密度, 液态的密度大于气态的密度。例如, 氧气的密度是 1.43 kg/m^3 , 而液氧的密度约为 1140 kg/m^3 , 约为常态时氧气密度的 800 倍。用液氧储罐代替气瓶运输能大大减少运输体积, 因此液氧储罐被广泛应用于气体行业及医院、金属冶炼等场所(图 6-1-2)。

大部分物质都具有热胀冷缩的物理性质。一定质量的物体温度升高时, 体积变大, 密度变小。但有些物质具有反常膨胀的现象, 例如水在 $0\sim4^\circ\text{C}$ 时, 随温度的升高体积反而变小, 所以水在 4°C 时密度最大。冬季湖面结冰后, 冰面下的水温度接近 0°C , 湖底的水温度接近 4°C , 因而鱼类可以在湖底安全过冬。

拓展 视野

日常生活中会依据具体需要来定义不同的“密度”。例如, 在工业生产中用线密度或面密度反映细长型产品(如纤维)或薄型产品(如纸张)的性能; 在地理学中, 用人口密度衡量某一地区范围内人口的疏密程度; 在医学中, 用骨密度表征骨骼的强度等。



图 6-1-2 医用氧储罐

● 密度在生活中有哪些应用？

利用物质性质的差异可以鉴别不同的物质，物质的密度就是其中一项重要的判断依据。例如，利用密度的差异可区分不同的岩石矿物。有一些物质的品质也与密度相关，测量密度可以帮助我们判断品质好坏。例如，牛奶的密度是检测牛奶品质的常用指标，在牛奶中掺水会使牛奶的密度下降，密度不达标的牛奶则视为不合格奶。

在日常生活中，我们还需要根据具体的用途选择密度合适的材料。航空器材常采用高强度、低密度的合金材料或者新型复合材料，通过降低自身质量来减少燃料的消耗。眼镜镜片常采用密度较小、光学性能好的树脂材料，让眼镜更为轻

便。台灯、风扇、挂烫机等电器的底座中往往用坚固、密度大的材料作为配重块，令电器摆放得更为稳定。

新材料的发展更好地满足人们生产生活的需求，一些新材料不仅密度较小，还能满足对性能的特殊要求。例如碳纤维复合材料就是一种被广泛应用的新型材料（图 6-1-3）。



(a) 中国空间站的太阳翼基板



(b) 大型风力发电机的叶片



(c) 2022 年北京冬奥会中国队的雪车

图 6-1-3 碳纤维复合材料的应用

练一练

- 水的密度是 $1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ，它表示_____。如果将一杯水倒掉一半，剩余水的密度将_____。
- 查阅常见物质密度表，并填写表 6-1-4。

表 6-1-4

物质	$\rho / (\text{)}$	V/cm^3	m/g
铜			89
铁		5	
铝	2.7	2	

- 研究表明，汽车生产中使用轻量化材料来减轻整车质量，这样不仅能降低汽车油耗，还能减少二氧化碳的排放。已知钢的密度为 $7.9 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ，镁合金材料的密度为 $1.9 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ，若一辆客车的钢制外壳质量为 1 027 kg，改用等体积的镁合金材料后，汽车的质量减轻了多少？
- 某果汁饮料的瓶身上标注有“不宜冷冻”的字样，简述其中的原因。



图 6-2-1 不同类型的石头

第2节

固体、液体密度的测量

图 6-2-1 是一些不同类型的石头，专业人员一般可以通过颜色、光泽、硬度等方面差异对它们进行鉴别，但没有相关经验的人就很难通过这些方法区分它们。测量密度也是帮助人们区分它们的一种方法。那么如何测量一种物质的密度呢？

● 如何测量固体和液体的密度？

在实验室中，我们通常可以先分别测量出固体或液体的质量和体积，然后通过计算求出它们的密度。

外形规则的固体的体积可以通过测量长、宽、高等数据计算出来，液体的体积可以用量筒或者量杯等来测量。

学生实验

测量固体和液体的密度

观察量筒

量筒是测量液体体积的工具，其标度的单位通常是以毫升为单位的，符号为 mL ($1 \text{ mL} = 1 \text{ cm}^3$)。

观察图 6-2-2 所示量筒，这两个量筒的最大测量值分别是多少？分度值分别是多少？

学习使用量筒

1. 倒入液体时，左手握住量筒，使其略微倾斜，右手拿烧杯，使杯口紧贴量筒口，让液体缓缓流入。

2. 待附着在量筒内壁上的液体流下后才能读数。读数时，应将量筒放置在水平桌面上，视线与量筒内凹液面的最低处或凸液面的最高处相平。

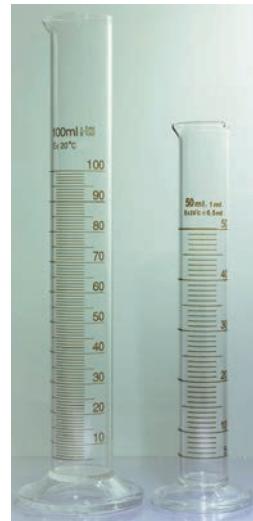


图 6-2-2 量筒

实验原理与方案

分别测量固体和液体的质量和体积，再根据密度的定义 $\rho = \frac{m}{V}$ 计算密度。

实验装置与方法

本实验要用到电子天平、量筒、待测石块、细线、烧杯、水、待测盐水等。

石块和盐水的质量可用电子天平测量，盐水的体积可用量筒测量。对于外形不规则且体积较小的石块，可在量筒中加入适量的水，再将石块浸没于水中，通过量筒中水面的高度变化，计算石块的体积。

实验一 测量石块的密度

实验操作与数据收集

- 用电子天平测出石块的质量 $m_{\text{石}}$ 。
- 在量筒内倒入适量的水，测出水的体积 V_1 。
- 用细线拴好石块，慢慢放入量筒中，直到石块全部被水浸没，测出石块和水的总体积 V_2 。将所有数据记录在表 6-2-1 中。

表 6-2-1 数据记录表

石块的质量 $m_{\text{石}}/\text{g}$	放入石块前水的体积 V_1/cm^3	放入石块后石块与水的 总体积 V_2/cm^3

数据处理

石块的体积 $V_{\text{石}} = V_2 - V_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ ； 石块的密度 $\rho_{\text{石}} = \frac{m_{\text{石}}}{V_{\text{石}}} = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

实验结论

石块的密度为 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

实验二 测量盐水的密度**实验操作与数据收集**

- 用电子天平测出量筒的质量 m_1 。
- 在量筒内倒入适量的盐水，测出盐水的体积 $V_{\text{盐水}}$ 。
- 用电子天平测出量筒和盐水的总质量 m_2 。将所有数据记录在表 6-2-2 中。

表 6-2-2 数据记录表

量筒的质量 m_1/g	量筒和盐水的总质量 m_2/g	盐水的体积 $V_{\text{盐水}}/\text{cm}^3$

数据处理

盐水的质量 $m_{\text{盐水}} = m_2 - m_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ ； 盐水的密度 $\rho_{\text{盐水}} = \frac{m_{\text{盐水}}}{V_{\text{盐水}}} = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

实验结论

盐水的密度为 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

交流讨论

蜡块等物体会浮于水面，如何测量这类物质的密度？

● 测量密度的方法还有哪些？

密度测量在日常生活中有着重要作用。

除了通过测量物体的质量和体积得到密度外，还可以通过与其他物质的密度进行比较来测量密度。中国古代的“莲管之法”（图 6-2-3）就是将卤水倒入竹管中，利用管中的莲子在卤水中浮沉的情况来反映卤水的密度。现代的液体密度计（图 6-2-4）可以直接测量一些液体的密度：将液体密度计放入待测液体中，待其静止时，液面所对应的刻度即为待测液体的密度。

为了满足实验研究、工业生产等领域实时监控的需求，往往利用振动、超声波、射线等手段间接测量密度。这些方法测量更加快捷方便，有助于开展实验研究和指导工业生产，提高效率。

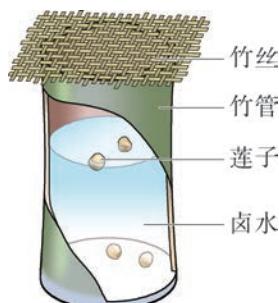


图 6-2-3 “莲管之法”



图 6-2-4 液体密度计



科学与人文

1892 年，英国物理学家瑞利（J. W. Rayleigh, 1842—1919）在精确测量用两种不同方法制取的氮的密度时产生了困惑。他采用的第一种方法是去除空气中已知的其他成分来制取氮，第二种则是从液氨中通过化学反应制取氮。第二种方法制得的氮的密度比第一种方法制得的氮的密度小约千分之一。他没有忽视这微小的差异，而是对此开展了深入研究。后来他与一位化学家合作，于 1894 年在从空气中取得的氮中分离出了另一种当时还不知道的气体——氩。因为氩的密度比较大，所以第一种方法测得的氮的密度才会更大一点。瑞利因为这个发现获得了 1904 年的诺贝尔物理学奖。

这个发现体现了精确测量在科学实验中的重要性，而更重要的是反映了科学家们严谨求实的科学精神！

练一练

1. 在测量某种固体颗粒密度的实验中，首先用天平测得固体颗粒样本的质量为 89 g，然后在量筒中倒入 20 mL 的水，将这些颗粒放入量筒中，如图 6-2-5 所示，则这些颗粒的总体积为 _____ cm^3 ，该固体的密度是 _____ g/cm^3 。



图 6-2-5

2. 在“测量盐水的密度”实验中，有如下的实验操作步骤：

- ① 用天平测量空烧杯的质量 $m_{\text{杯}}$ ；
- ② 将盐水倒入烧杯中，用天平测量烧杯和盐水的总质量 $m_{\text{总}}$ ；
- ③ 将烧杯中的盐水倒入量筒中一部分，测出量筒中盐水的体积 V ；
- ④ 用天平测量烧杯和剩余盐水的总质量 $m_{\text{剩}}$ ；
- ⑤ 根据公式，求出盐水的密度 $\rho_{\text{盐水}}$ 。

多余的实验操作步骤为 _____，盐水密度的计算公式为 _____。

3. 仅用天平、一次性水杯、记号笔和足够的水，能否测出酱油的密度？简述你的实验方案。

4. 若形状不规则的石块体积较大，无法放入量筒内，你能想出哪些方法测量石块的体积？这些方法的优缺点各是什么呢？



图 6-3-1 “嫦娥五号”（模拟）

第3节

压力与压强

人类的探月实践表明，月球表面铺满了疏松的矿物颗粒。2020年，我国的“嫦娥五号”月球探测器（图6-3-1）成功降落月球。“嫦娥五号”着陆器的每个支撑脚底部都装了一个面积较大的底盘，这些底盘有什么作用呢？

● 什么是压力？

将重物放在水平放置的海绵上（图6-3-2），重物对海绵的作用力垂直于海绵表面，使海绵表面凹陷下去。将两个钩码放在斜置的钢尺上（图6-3-3），钩码对钢尺施加一个垂直于钢尺的力，使钢尺发生了弯曲。

相互挤压且发生形变的两个物体之间所产生的垂直指向接触面的力叫做压力。压力与形变总



图 6-3-2 重物放在海绵上

图 6-3-3
钩码放在斜置的钢尺上



图 6-3-4 穿雪鞋行走

是同时发生，我们可以从物体是否发生形变来判断物体是否受到压力。

• 什么是压强？

背书包时，书包会对肩膀产生一定的压力，用双肩背比用单肩背感觉轻松。如图 6-3-4 所示，为了避免双脚陷入雪中，我们会穿上宽大的雪鞋。这说明压力对物体的作用效果不仅跟压力大小有关，还跟受力面积有关。



自主活动

准备若干相同的立方体金属块和海绵，分别按图 6-3-5 (a) (b) (c) (d) 所示的四种方式摆放。

比较图 6-3-5 (a) 和 (b) 两种方式，可以发现：当_____相同时，_____大，海绵凹陷程度大。

比较图 6-3-5 (b) 和 (c) 两种方式，可以发现：当_____相同时，_____小，海绵凹陷程度大。

比较图 6-3-5 (c) 和 (d) 两种方式，并与前面实验中观察到的现象进行比较，尝试分析：当压力和受力面积都不相同时，海绵凹陷程度与压力、受力面积之间有怎样进一步的关系？

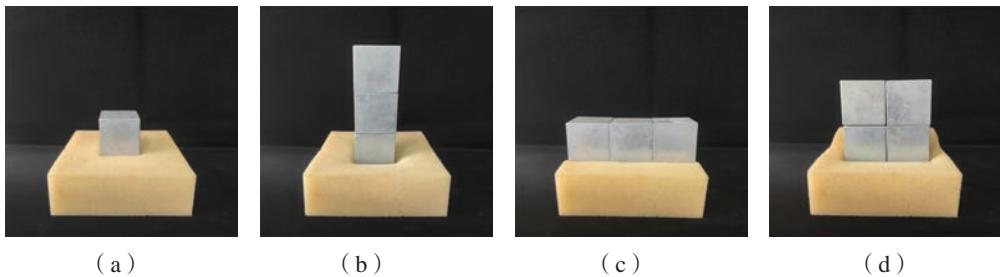


图 6-3-5 将金属块按不同方式放置在海绵上

大量实验表明，当受力面积相同时，压力越大，压力的作用效果越明显；当压力相同时，受力面积越小，压力的作用效果越明显。压力的作用效果可以由物体在单位面积上受到的压力来反映。

在物理学中，把物体所受的压力与受力面积之比叫做压强（pressure），用 p 表示。

如果用 F 表示压力， S 表示受力面积，则压强可表示为

$$p = \frac{F}{S}$$

压强在数值上等于物体在单位面积上受到的压力。压强越大，压力的作用效果越明显。

在国际单位制中，力的单位是牛（N），面积的单位是米²（m²），则压强的单位是牛/米²（N/m²），称为帕斯卡，简称帕，符号是 Pa。

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

平放在水平桌面上的一张 A4 纸对桌面的压强大约是 1 Pa。由此可见，帕是一个很小的压强单位。图 6-3-6 列出了不同情况下压强大小的近似值。

一张平放的 A4 纸对桌面	躺着的人 对床面	站着的人 对地面	坦克的履 带对地面	钢轨对 枕木	锥尖对 硬木	单位：Pa
1	3 000	1.5×10^4	5×10^4	2×10^6	1×10^9	

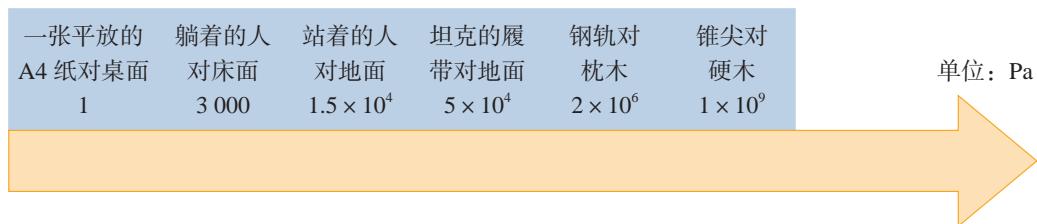


图 6-3-6 不同情况下压强大小的近似值

示例 · 物体在月球表面所受的重力约为地

球表面的 $\frac{1}{6}$ 。“嫦娥五号”探测器的上升器与着陆器组合体总质量约为 $3.4 \times 10^3 \text{ kg}$, 其中着陆器共有 4 个支撑脚, 每个支撑脚安装一个底盘, 变成一个大“脚掌”, 每个“脚掌”的面积约为 0.1 m^2 , 问: 组合体降落后对月球表面的压强有多大?

解: 组合体通过着陆器的 4 个“脚掌”与月球表面接触, 总的受力面积

$$S = 4 \times 0.1 \text{ m}^2 = 0.4 \text{ m}^2$$

根据题意, 组合体对月球表面的压力 F 等于物体在月球表面所受重力 $G_{\text{月}}$, 即

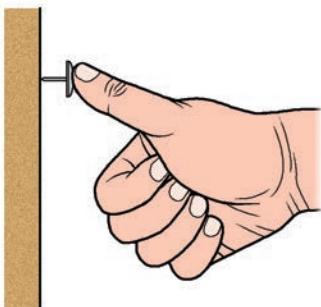
$$F = G_{\text{月}} = \frac{1}{6} mg$$

$$= \frac{1}{6} \times 3.4 \times 10^3 \text{ kg} \times 9.8 \text{ N/kg} \approx 5553.3 \text{ N}$$

组合体对月球表面的压强

$$p = \frac{F}{S} = \frac{5553.3 \text{ N}}{0.4 \text{ m}^2} \approx 13883.3 \text{ Pa}$$

与图 6-3-6 中的数据比较可知, 组合体对月球表面的压强近似于人站立时对地面的压强。



● 如何改变压强?

由压强的定义可知, 可以通过改变压力或受力面积来改变压强。

如图 6-3-7 所示, 图钉一端很尖锐, 因此用较小的力就能使图钉尖端对墙面产生很大的压强, 把图钉压入墙面。用更大的力可以把图钉

图 6-3-7 手摁图钉

压入墙面更深。图钉钉帽面积较大是为了减小压强，避免用力摁图钉时手被扎伤。

如图 6-3-8 所示，雪道清理车辆宽大的履带增大了受力面积，减小了车对雪地的压强，这样车在行驶时就不易陷入雪地。履带上许多凸起的尖端是为了增大压强，防止车行进时打滑。



图 6-3-8 履带式雪道清理车辆

图 6-3-1 中的“嫦娥五号”探测器每个支撑脚底部的大“脚掌”可以防止探测器陷入松软的月球表面。

练一练

- 判断下列有关压力概念的叙述是否正确，并简述理由。
 - 压力的方向总是与重力的方向相同。
 - 压力的大小总是等于重力的大小。
 - 压力的大小有时小于重力的大小。
- 图 6-3-9 是公交车配备的安全锤。紧急情况下，应使用安全锤的 _____ 端砸向玻璃窗的边角，破窗逃离，这是用 _____ 的方法来增大压强。



图 6-3-9

3. 图 6-3-10 所示是为盲人提供行路方便和安全的盲道，一般由两种砖铺成：一种是条形引导砖，引导盲人放心前行，称为行进盲道；一种是带有圆点的提示砖，提示盲人前面有障碍，该转弯或上、下坡，称为提示盲道。砖上的条形或圆点高出地面 4 mm，当盲人走在上面时（ ）。

- A. 增大了脚底的压力，使脚底产生感觉
- B. 增大了脚底的压强，使脚底产生感觉
- C. 减小了脚底的压力，使脚底产生感觉
- D. 减小了脚底的压强，使脚底产生感觉

4. 估测你站立时对地面的压强。

可以用一张方格纸来估测站立时双脚与地面的接触面积。如图 6-3-11 所示，在方格纸上画出鞋底的轮廓，看鞋底占有多少小格（不满一格时，大于半格的算一格，小于半格的不算），再乘以每一小格的面积。

根据得到的数据，计算你对地面的压强。这个值是否与图 6-3-6 中对应的压强相近呢？



图 6-3-10

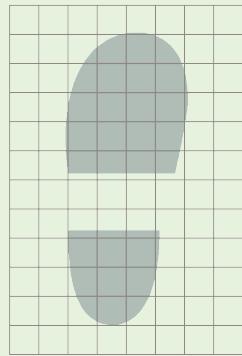


图 6-3-11



图 6-4-1 水下作业

第4节

液体压强

海洋充满了神秘和未知，人类探索海洋奥秘的步伐从未停止。潜水员在进行水下作业（图 6-4-1）时，要限制潜水深度，这是为什么呢？

- 液体有压强吗？

如图 6-4-2（a）所示，将一根两端开口的直玻璃筒竖直放置，下端扎一块橡皮膜封堵，从上端向直玻璃筒内注水，观察到直玻璃筒下端的橡皮膜向下凸出；如图 6-4-2（b）所示，将一个侧壁开孔的玻璃筒竖直放置，在侧壁开孔处扎一块橡皮膜封堵，从上端向玻璃筒内注水，观察到橡皮膜向外凸出。这些现象说明液体对容器的底部和侧壁都有压强。

如图 6-4-3 所示，将套有食品保鲜袋的手

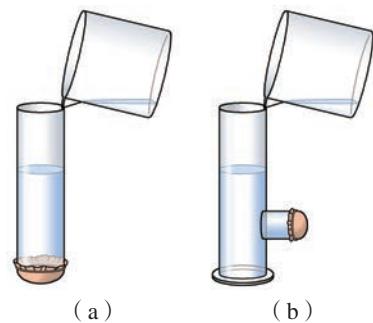


图 6-4-2 向玻璃筒中注水

伸入盛水的容器中，这时手背、手心和手指各个部位都明显地感受到保鲜袋紧贴在手上。这是因为水对保鲜袋产生了挤压作用，说明液体内部存在压强。



图 6-4-3
套有保鲜袋的手伸入水中

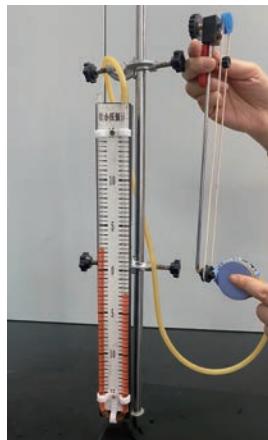


图 6-4-4
U形管压强计

如图 6-4-4 所示，通常用 U 形管压强计来研究液体压强。当压强计金属盒上的橡皮膜受到压力时，U 形管两边管中液面的高度差反映橡皮膜上的压强大小。将 U 形管压强计金属盒放入盛有液体的容器内，调节金属盒的橡皮膜的朝向，就可以研究液体内部各个方向上的压强。



图 6-4-5
注满水（左）和硫酸铜溶液
(右) 的玻璃容器

● 液体压强与哪些因素有关？

如图 6-4-5 所示，在两个完全相同的玻璃容器的不同高度处各有三个完全相同的孔，孔上扎有相同的橡皮膜。向两个玻璃容器中分别注满水和硫酸铜溶液。仔细观察两个玻璃容器侧壁开孔处橡皮膜凸出程度的差异。

学生实验

探究液体压强与哪些因素有关

提出问题

图 6-4-5 中, 注水容器侧壁开孔位置_____，橡皮膜向外凸出的程度越大。同样深度处, 容器中盛放硫酸铜溶液时, 橡皮膜的凸出程度更大。

由此猜想, 液体压强与哪些因素有关?

搜集证据

- 器材

现有以下实验器材可供选择:

U形管压强计、刻度尺、弹簧测力计、两个相同的玻璃容器、一定量的水和硫酸铜溶液。

本实验无需使用的器材是_____。

- 方案

影响液体压强的因素可能有多个, 我们可以用控制变量法逐个探究。

① 探究水面下同一深度处的压强是否与朝向有关。

将 U形管压强计金属盒放置在容器内水面下的_____处, 改变膜面的_____, 观察_____是否发生变化。

② 探究水中的压强是否与深度有关。

将 U形管压强计金属盒放置在容器内水面下_____的三个位置, 观察 U形管两边液面差是否发生变化, 如何变化?

③ 探究液体压强是否与液体的密度有关。

用_____替换水进行实验, 开展探究。

- 记录

设计数据记录表, 将观察到的现象和数据记录在表中。

作出解释

- 分析

结合①、②、③的探究过程及观察到的实验现象, 分析比较记录的数据, 得出实验结论。

- 结论

综合上述实验可得，_____。

交流反思

有同学猜想，液体内部不同深度的压强与该处液体的水平横截面积有关，如何设计实验验证？

大量实验表明：

液体内部存在着向各个方向的压强，并且在同一深度处各个方向上的压强相等。

在同种液体内部，深度越大，液体压强越大；在不同液体内部同一深度处，液体密度越大，液体压强也越大。

为进一步得到液面下某处压强与液体密度和深度的关系，我们可以通过前面所学的压强公式进行推理。

如图 6-4-6 所示，设想在距离液面下 h 深处取一面积为 S 的水平液面，则该液面上方体积为 Sh 的液柱对此水平液面的压力 F 等于液柱所受的重力 G 。如果液体的密度为 ρ ，则液柱对水平液面的压力

$$F = G = mg = \rho Vg = \rho Shg$$

水平液面所受的压强大小

$$p = \frac{F}{S} = \frac{\rho Shg}{S} = \rho gh$$

因此，在距液面下 h 深处，液体的压强大小

$$p = \rho gh$$

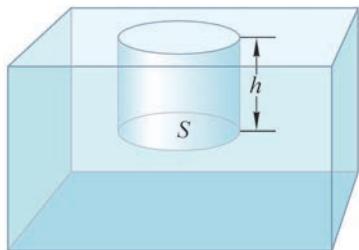


图 6-4-6 液柱模型

研究表明，液体的压强是由于液体重力作用产生的。由于液体具有流动性，所以液体对各个方向都有压强。

示例 · 2020年11月10日，我国的“奋斗者号”全海深载人潜水器在马里亚纳海沟深度为10 909 m处成功坐底。此时“奋斗者号”钛合金耐压外壳底部承受海水的压强大约为多少？相当于一个手掌承受质量为多少的物体所产生的压强？（假设一个手掌的面积 $S = 0.015 \text{ m}^2$ ，海水是均匀的，海水密度 $\rho = 1.03 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ）

解：在马里亚纳海沟深度 $h = 10 909 \text{ m}$ 处，“奋斗者号”钛合金耐压外壳底部承受海水的压强

$$\begin{aligned} p &= \rho gh \\ &= 1.03 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \times 9.8 \text{ N/kg} \times 10 909 \text{ m} \\ &\approx 1.1 \times 10^8 \text{ Pa} \end{aligned}$$

若要产生同样大的压强，面积 $S = 0.015 \text{ m}^2$ 的手掌上受到物体的压力

$$\begin{aligned} F &= pS = 1.1 \times 10^8 \text{ Pa} \times 0.015 \text{ m}^2 \\ &= 1.65 \times 10^6 \text{ N} \end{aligned}$$

根据题意，物体所受重力 G 等于物体对手的压力 F ，故物体的质量

$$m = \frac{G}{g} = \frac{F}{g} = \frac{1.65 \times 10^6 \text{ N}}{9.8 \text{ N/kg}} \approx 1.68 \times 10^5 \text{ kg}$$

可见，“奋斗者号”载人潜水器在万米深海处承受的压强非常巨大，相当于一个手掌承受了约3 000个中学生所产生的压强。

河南洛阳小浪底大坝（图6-4-7）是以防



图6-4-7 小浪底大坝

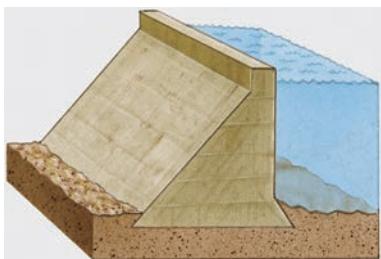


图 6-4-8 大坝剖面示意图

洪、防凌、减淤为主，兼顾供水、灌溉和发电、生态的大坝。由液体压强的规律可知，堤坝下部受到的水的压强比上部大，因此为确保安全，堤坝下部比上部更为厚实（图 6-4-8）。

潜水员在水下作业时承受较大的压强，身体中的空腔如耳道、鼻腔、呼吸道、肺部等要与水的巨大压力相抗衡，会造成如人体内部血管受压迫、四肢痉挛、昏厥等。因此潜水员作业时必须限制潜水深度，确保自身安全。

● 连通器在生活中有哪些应用？

在物理学上，把几个底部相通，上部开口或相通的容器叫做连通器。U形管就是一种简单的连通器。

在 U 形管中注入液体，设想在 U 形管底部取一假想的竖直平面 AB，假设两边管中的液面高度不同，则平面 AB 两侧液体的压强不同；平面 AB 由于两侧所受压力不平衡，就会向压力小的一侧移动，直到两边管中的液面高度相同，液体才停止流动（图 6-4-9）。

所以，即使连通器各组成部分的形状不同，在注入同一种液体后，当液体静止时，连通器各部分中的液面一定处于同一水平面（图 6-4-10）。

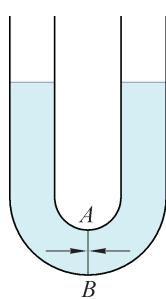


图 6-4-9 U 形管

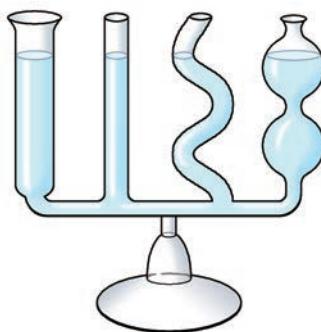


图 6-4-10 连通器

如图 6-4-11 所示，下水管道中的 U 形“返水管”、茶壶和工业储液容器外面的液位计，都是常见的连通器。



图 6-4-11 常见的连通器

图 6-4-12 为船自上游通过一个船闸驶向下游的示意图。船闸由闸室、上下游闸门和上下游阀门组成。船从上游驶向下游时，先关闭两个闸门和下游阀门，仅打开上游阀门，闸室和上游水库构成连通器。这时，水从上游水库流入闸室，闸室内的水位上升，当上升到和上游水库内的水位相平时，打开上游闸门，船就可平稳驶入闸室内。同理，当闸室水位与下游水库水位相平时，船可驶出闸室。

三峡大坝上下游的水位有 113 m 的巨大落差。为了方便船只在这段水域中升降，三峡大坝设置了近 40 层楼高的双线五级船闸（图 6-4-13），这是目前世界上规模最大的船闸，全长 6.4 km，主体部分长 1.6 km，引航道 4.8 km。

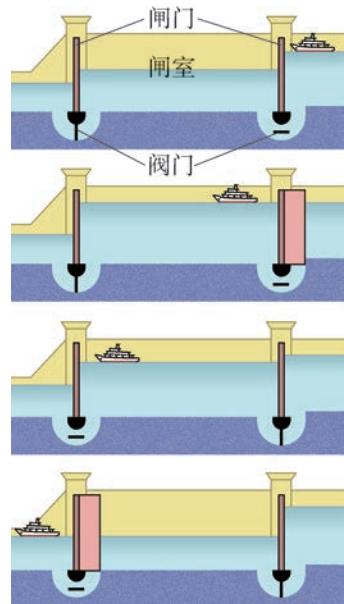


图 6-4-12
船舶通过船闸示意图



图 6-4-13 三峡大坝的双线五级船闸

练一练

1. 如图 6-4-14 所示，一个空瓶的侧壁有 a 、 b 两个小孔，用塞子将小孔塞住后把瓶放入水中，然后拔出 a 、 b 两个小孔上的塞子。试在图上画出拔出塞子后的短时间内，水从两小孔涌入的水流示意图。

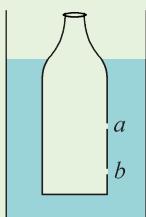


图 6-4-14

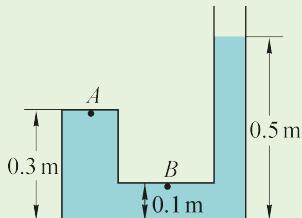


图 6-4-15



图 6-4-16

2. 某容器中盛有水，各段高度如图 6-4-15 所示。则 A 点的深度为 _____ m，水在 B 点产生的压强为 _____ Pa。
3. 图 6-4-16 是一款造型特殊的玻璃杯，从杯子底部引出一根细管。从结构上看来，杯体和细管构成一个 _____。从细管吸一些果汁，待液面静止后，杯体和细管液面 _____，杯内果汁对杯底压强会 _____。
4. 水平桌面放有一茶壶，壶内水的深度为 0.1 m。若茶壶内部底面积为 15 cm^2 ，求此时茶壶底部受到水的压力和压强。



图 6-5-1 吸附式挂钩

第5节

大气压强

生活中，将吸附式挂钩的吸盘压在光滑的墙壁上，尽量挤出吸盘内的空气后，吸盘牢牢地紧贴在墙上，即使在挂钩上挂上物体（图 6-5-1），吸盘仍然不会脱落，这是为什么呢？

- 大气有压强吗？

1654 年，德国马德堡市的市长在广场上演示了一个令人惊奇的实验。他将两个空心铜质半球紧扣在一起，使它们密合并抽去球内的空气，然后用 16 匹骏马向两边使劲拉，这才将它们分开。但如果不去抽去两个密合的铜半球内的空气，只需要用手轻轻一拉就能将它们分开。这就是历史上著名的马德堡半球实验（图 6-5-2）。



图 6-5-2 马德堡半球实验


自主活动

将两个带拉环的半球相对合起来，用力下压两边的抽气阀，使两个半球内的空气尽量排出。请力气大的同学向两边拉，如图 6-5-3 所示，能否将两个半球拉开？



图 6-5-3 半球实验

马德堡半球实验不仅证明大气有压强，而且说明大气的压强很大。图 6-5-1 中挂钩上的吸盘就是被周围的大气牢牢地压在光滑的墙壁上。

地球被一层厚厚的大气层包围着，与液体一样，大气对其内部各个方向产生压强。这种压强称为**大气压强** (atmospheric pressure)，简称**大气压**，单位也是 Pa。天气预报中的气压就是指大气压强。

• 大气压强有多大？

大气压与我们的生活息息相关，那么大气压有多大？如何测量呢？


自主活动

如图 6-5-4 所示，取长短不一的几根玻璃管，先在一根较短的玻璃管中注满水，用手堵住管口，将其竖直倒插在水槽中，再松开手指，玻璃管中的水柱会下降吗？换更长一些的玻璃管做一做，会有怎样的结果？

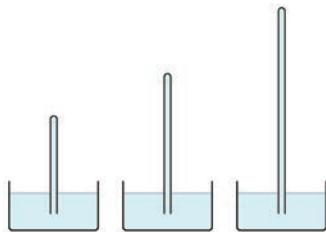


图 6-5-4

盛满水的玻璃管倒置在水槽中

上述实验中的水柱不下降是因为被大气压托住了。如果测出大气压所能托起水柱的最大高度，那么就能测出大气压的值。

1643年，意大利科学家托里拆利(E. Torricelli, 1608—1647)用这样的思想设计了实验，他在一根一端封闭、长度约为1 m的直玻璃管中装满汞(俗称水银)，然后用手指堵住管口，将玻璃管竖直倒插在汞槽中。松开手指，汞柱会下降，但是当下降到管内外汞柱高度差约为760 mm时就不再下降了。托里拆利由此判定，大气压足以支撑住760 mm高的汞柱，从而测出了大气压的数值。这就是历史上著名的托里拆利实验。

我们可以对托里拆利实验做如下分析。

考查图6-5-5中红线处管内外的汞液面，由于液体中同一水平面各处压强相等，管外汞液面上方是空气，所以该平面两侧的压强均等于大气压。而管内该平面上方是760 mm高的汞柱，汞柱的上方没有空气，是真空，液体静止时该处平面上下压力平衡，故大气压等于760 mm高的汞柱产生的压强。

根据液体压强的公式，可得大气压

$$\begin{aligned} p_{\text{大气}} &= p_{\text{汞}} = \rho_{\text{汞}}gh \\ &= 13.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \times 9.8 \text{ N/kg} \times 0.76 \text{ m} \\ &\approx 1.013 \times 10^5 \text{ Pa} \end{aligned}$$

通常把760 mm汞柱所产生的压强叫做1个标准大气压*。1个标准大气压也可近似取为 $1 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。

大气压强可用气压计测量。图6-5-6所示的是常见的气压计。

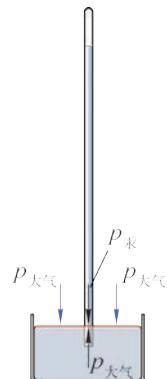


图6-5-5 测大气压强原理

想一想

1个标准大气压可以托住多高的水柱？

* 标准大气压为非法定计量单位。



(a) 汞气压计 (b) 金属盒式气压计

图 6-5-6 常见的气压计

● 大气压强在生活中有哪些应用？

在日常生活中，我们用吸管喝饮料 [图 6-5-7 (a)] 时，吸管内外产生气压差，把饮料压进嘴里。家中的吸尘器 [图 6-5-7 (b)]、扫地机，安装工程中搬运平板玻璃使用的吸盘 [图 6-5-7 (c)]，都是利用大气压工作的。



(a) 用吸管喝饮料



(b) 用吸尘器清洁



(c) 利用吸盘搬运玻璃

图 6-5-7 大气压的利用

大气压与海拔高度有关，海拔越高，空气越稀薄，大气压越小。测量结果表明，海平面附近的大气压约等于 1 个标准大气压。

大气压对人体健康有显著的影响。如果从低海拔地区到高海拔地区，部分人会出现头晕、头痛、恶心、呕吐和无力等症状。这就是通常说的“高原反应”。

练一练

1. 用吸管喝盒装牛奶，喝到最后，又用力吸了几下，包装盒就瘪了，此时压扁包装盒的力的施力物体是（ ）。
 - A. 空气
 - B. 地球
 - C. 手
 - D. 牛奶

2. 关于托里拆利测量大气压强的实验，讨论并思考以下问题。
 - (1) 如果将玻璃管的直径加粗，管中汞柱的高度怎样变化？为什么？
 - (2) 如果将玻璃管略微倾斜，管中汞柱的高度怎样变化？为什么？
 - (3) 如果有少量空气进入玻璃管内，管中汞柱的高度怎样变化？为什么？

3. 负压救护车采用负压技术使车内气压低于外界气压，车内空气经过负压消毒进行无害化处理后排出，在救治和转运传染病患者时可最大限度地减小医务人员交叉感染的概率。下列场景中与负压救护车的原理相同的是（ ）。
 - A. 用打气筒打气
 - B. 用吸管吸饮料
 - C. 用 U 形管压强计测压强
 - D. 轮船通过船闸

4. 常见的呼吸方式有胸式呼吸和腹式呼吸。如图 6-5-8 所示，一个下端蒙有橡皮膜的玻璃罩的另一端插入一根“Y”形玻璃管并用橡皮泥密封，在玻璃管下端套两只气球；用手捏住橡皮膜向下拉或向上压，这就构成了人体腹式呼吸过程的简单原理模型。在这里，气球相当于肺，橡皮膜相当于体内腹部上方的横膈膜。用手按在自己的腹部上方，体会一下腹式呼吸时横膈膜的上下运动情况。讨论在腹式呼吸过程中胸腔内的压强与大气压之间的关系。



图 6-5-8



图 6-6-1 地铁站候车区

第6节

流体压强与流速的关系

如图 6-6-1 所示，地铁站的候车区一般安装有安全玻璃墙，或在地面上标有黄线，称为安全线。当地铁列车进站的时候，车站的工作人员都会提醒人们注意站在安全线以外，这是为什么呢？

● 流体的压强与流速有何关系？

液体和气体没有一定的形状，都具有流动性，因此统称为流体（fluid）。前面我们已经学习的液体压强和大气压强，都是流体静止时的压强。

当液体和气体流动时，其压强是否会发生变化呢？



自主活动

图 6-6-2 中，水从左边蓄水容器流向下方的水平玻璃管。由于相同时间内同一管中不同截面处水的流量是相同的，因此水平玻璃管横截面积较大处水的流速小，横截面积较小处水的流速大。蓄水容器内的水从下方的玻璃管中流出时，竖直细管中液面有高有低。这是为什么？



图 6-6-2 液体流动时压强与流速的关系

水从下方的玻璃管中流出时，竖直细管中的液面高低不同，细管中液面越高，对应下方玻璃管内液体的压强越大。 c 管下方的液体流速大，压强小； a 管下方的液体流速小，压强大。



自主活动

如图 6-6-3 所示，手持两张纸并使它们自然下垂且靠近，向两张纸之间的空隙中吹气，简述观察到的现象。



图 6-6-3 向两张纸之间吹气

吹气使得两张纸之间的空气迅速流动，两张纸相互靠拢，说明它们之间的空气压强变小了。

大量实验表明：

流体压强与流速有关，流速大的地方压强小，流速小的地方压强大。

● 流体压强规律有哪些应用？

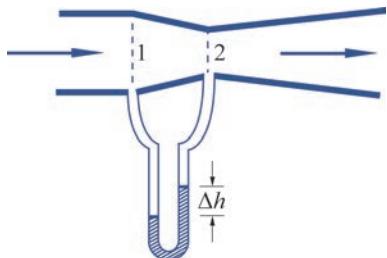


图 6-6-4
文丘里流量计结构示意图

流体压强和流速的关系应用十分广泛。文丘里流量计是一种测量有压管道流量的装置，常用于测量空气、天然气、水等流体的流量。图 6-6-4 所示是文丘里流量计的结构示意图，流体在通过流量计时局部收缩，从而使流速增大，压强减小，因此流体在截面 1 和截面 2 处有压强差，通过测量压强差来测量流量大小。

高速行驶的车辆侧面气压低，靠近这个区域的人身体前后存在着压力差，会有被“吸”过去的危险，所以日常生活中，要注意保持与高速行驶车辆间的安全距离。同样，高速同向行驶的船舶如果靠得太近，两船之间水流的流速大，压强小于船外侧的压强。水流的压力差会使两船相互“吸引”而发生碰撞事故，因此，大型舰队在海上做编队航行时（图 6-6-5），各舰船之间需保持一定距离，以防止相邻舰船间因水流的压力差而发生碰撞。图 6-6-1 所示地铁站的候车区在地面上标有安全线，就是为了防止乘客候车时太靠近高速行驶的地铁因压力差而发生意外。



图 6-6-5 我国舰队在海上做编队航行



科学与人文

物理学的分支——流体力学是在人类生活实践中发展起来的一门学科，主要研究作用于静止或运动流体中各种力的关系。它既包含自然科学的基础理论，又涉及工程技术的实际应用。流体力学的相关理论广泛应用于航空、航天、大气、海洋、航运、土木、医学、地质、给排水、石油、化工、能源和交通等众多领域。

流体力学可分为流体静力学、流体动力学、空气动力学等，其中空气动力学对航空航天工程具有至关重要的作用。我国科学家钱学森（图 6-6-6）和郭永怀（图 6-6-7）均为空气动力学的基础理论及相关工程技术实践做出了世界公认开拓性工作。



图 6-6-6 钱学森 (1911—2009)

“两弹一星功勋奖章”获得者，我国近代力学和系统工程理论与应用研究的奠基人和倡导人，被誉为“中国航天之父”。组织领导我国火箭、导弹和航天器的研究发展工作，为我国航天事业和国防事业的迅速发展作出了卓越贡献。



图 6-6-7 郭永怀 (1909—1968)

“两弹一星功勋奖章”获得者，我国近代力学事业的奠基人之一。先后领导、参与“两弹一星”研制和试验工作，解决了核弹研制和试验中力学方面的许多重大难题，在推动核武器发展方面有着突出贡献，在核弹、导弹、地球卫星三个领域都作出重大贡献。

流体中存在不规则的起伏和扰动，称为湍流。求解湍流问题会遭遇超乎想象的数学困难。我国科学家周培源（1902—1993）为湍流模式理论做出奠基性的工作。湍流至今仍然是未被解决的流体力学难题。

练一练

1. 如图 6-6-8 所示，飞盘放飞时，飞盘下方的气流速度比上方的气流速度_____，所以飞盘下方的气压比上方的气压_____，使飞盘获得一定的升力。



图 6-6-8



图 6-6-9

2. “无叶电风扇”（图 6-6-9）的底座内有一台用来吸入空气的电动机，被吸入的空气经过加压后送入环形的出风口，从宽度只有 1.3 mm 的缝隙中向外喷出，这部分喷射空气因流速大，压强_____，使周围空气迅速_____（选填“靠近”或“远离”）这部分喷射空气，从而带动周围空气流动，使风量远比喷出的空气量大。

3. 有些看似平静的水面下往往暗藏旋涡。旋涡中心水的流速_____，压强_____，人若被卷入其中很容易会出现危险。

4. 如图 6-6-10 所示，用手指将乒乓球顶在漏斗中间，从细口向漏斗内吹气。放手后乒乓球并不会掉落，试分析原因。



图 6-6-10

回顾与复习

本章小结

基本概念和基本规律

- 密度：某种物质组成的物体的质量与体积之比。
- 压力：相互挤压且发生形变的两个物体之间所产生的垂直指向接触面的力。
- 压强：物体所受的压力与受力面积之比。
- 液体压强的规律：液体内部存在着向各个方向的压强，并且在同一深度处各个方向上的压强相等。在同种液体内部，深度越大，液体压强越大；在不同液体内部同一深度处，液体密度越大，液体压强越大。
- 液体压强公式： $p = \rho gh$ 。
- 流体：液体和气体的统称。
- 连通器：几个底部相通，上部开口或相通的容器。
- 流体压强与流速的关系：流速大的地方压强小，流速小的地方压强大。

知识结构图



本章练习

1. 图 1 所示是三个相同的容器，分别倒入相同质量的水、酒精、浓盐水，水的高度如图所示。试在图中画出酒精和浓盐水液面的大致高度。(已知 $\rho_{\text{盐水}} > \rho_{\text{水}} > \rho_{\text{酒精}}$)

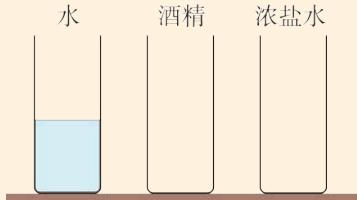


图 1

2. 钛合金是航空工业的重要材料。某钛合金的密度为 $4.5 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ，即 _____ g/cm^3 。若用钛合金制造空间站的某个零件，其体积为 10 cm^3 ，则其质量为 _____ g。若该零件在使用过程中有所磨损，其密度大小 _____。

3. 一辆油罐车运输体积为 28 m^3 的 92 号汽油。现从中取出 30 mL 的样品，测得质量为 21.75 g 。求：

- (1) 92 号汽油的密度。
- (2) 这辆车所装载的汽油质量。

4. 图 2 是甲、乙两种物质的质量和体积关系图像。若用质量相等的甲、乙两种物质分别制成实心立方体 A、B，把它们平放在水平地面上，则立方体 A、B 对水平地面的压强之比为 ()。

- A. 8 : 1 B. 4 : 3 C. 1 : 2 D. 4 : 1

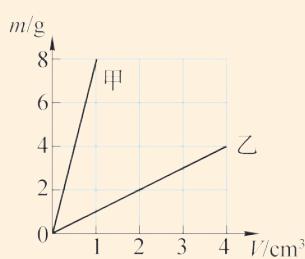


图 2

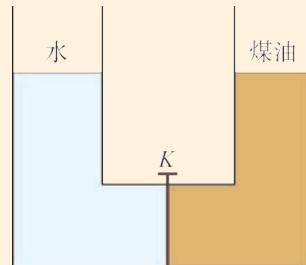


图 3

5. 如图 3 所示，放在水平面上的连通器的两端分别装有水和煤油，

底部用挡板隔开，液面相平并静止。如果打开挡板 K，水将（ ）。

- A. 向左流动 B. 向右流动 C. 不流动 D. 无法判断

6. “龙吸水”（图 4）是水上龙卷风的别名。在旋涡中心，气体流动的速度_____，旋涡内部气体压强_____，能把地面上的水“吸”向空中。

7. 若冰面能够承受的最大压强为 $1.47 \times 10^4 \text{ Pa}$ ，质量为 50 kg 的人站立在冰面上，每只鞋底与地面的接触面积约为 200 cm^2 。

- (1) 求人对冰面的压力。
 (2) 通过计算说明此人能否安全地站在冰面上。

(3) 若此人站在一块质量可以忽略不计的木板上而不会把冰面压破，求木板的最小面积。

8. 据说，帕斯卡在 1648 年做了著名的“裂桶实验”。该实验的示意图如图 5 所示，在一个密闭的、装满水的木桶盖上插入一根细管，从高处往管里注水，结果只用了几杯水，就把桶压裂了。如果管内水柱高 12 m ，(g 取 10 N/kg , $\rho_{\text{水}} = 1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$)

- (1) 此水柱产生的压强为多少?
 (2) 假设木桶内壁表面积为 1.5 m^2 ，忽略筒壁不同位置的液体压强不同，则水柱对桶壁的压力是多少?



图 4



图 5



第⑦章 浮力

考古发现，在良渚文化时期人们已经使用独木舟。从独木舟到现代大型船舶，人类已成功实现水面航行。潜水艇、热气球等发明，则使人类可以在水下和空中遨游。这些发明以及相关技术的发展都与浮沉条件密不可分。本章我们将学习与浮力相关的知识。

通过本章内容的学习，你将认识浮力，知道阿基米德原理；经历探究影响浮力大小因素的过程；能用物体的浮沉条件说明日常生活中的有关现象，感悟科学对技术进步和社会发展的积极影响。



图 7-1-1 “福建舰”

第1节

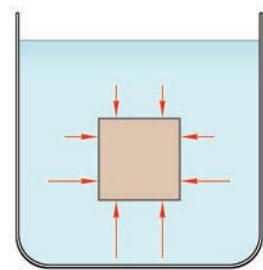
浮 力

2024年5月8日，我国第三艘航空母舰“福建舰”顺利完成首次航行试验（图7-1-1）。它是我国完全自主设计建造的首艘弹射型航母。庞大的航空母舰为什么能浮在水面上呢？

- **什么是浮力？**

在游泳池中，人们站在水里慢慢下蹲至即将被淹没的过程中，池底对脚的支持力会减小。

如图7-1-2所示，立方体物块浸没在水中，水对立方体各个表面都有压力。水对立方体各侧面的压力可以相互平衡。下表面所处深度较深，液体压强较大，受到液体压力较大；上表面所处深度较浅，受到液体压力较小。由于下表面受到的压力向上，上表面受到的压力向下，两者的合力向上，所以水对浸没在水中的物体的作用力向上。

图 7-1-2
立方体物块浸没在水中

对于漂浮在水面的物体，上表面不受水的压力，下表面受到水向上的压力，物体受到的水的作用力向上。航空母舰受到巨大的重力却能浮于水面，这与它受到水对其向上的作用力有关。

气球（图 7-1-3）脱手后飞向空中，这表明空气对气球也有向上的作用力。早在公元 10 世纪，热气球的雏形——孔明灯就已经诞生了。孔明灯和热气球（图 7-1-4）都受到空气对其向上的作用力。



图 7-1-3 气球



图 7-1-4 热气球

浸在液体或气体中的物体受到的向上的力，称为浮力（buoyancy force）。

想一想

位于贵州的“中国天眼”是 500 m 口径球面射电望远镜（FAST），在不损坏承重有限的反射面板的前提下，为了对 4 450 块厚度为 1 mm 的反射面板进行日常维护，工程团队研制了一个直径为 7.6 m 的氦气球，用于使工作人员在反射面板上工作（图 7-1-5）。为什么能采用这样的方案呢？



图 7-1-5
“中国天眼”的日常维护

● 浮力大小与哪些因素有关？

对于浸在液体中的物体，我们如何测量它受到的浮力大小？



自主活动

如图 7-1-6 所示，在弹簧测力计下悬挂金属块 A，此时弹簧测力计示数 F_1 等于金属块 A 受到的重力大小；将金属块 A 浸没在水中，弹簧测力计示数为 F_2 。比较 F_1 与 F_2 。

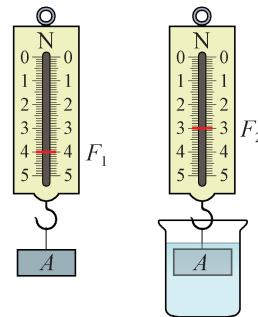


图 7-1-6

浮力大小的测量

由上述实验可以看出，物体浸没在水中后，弹簧测力计示数变小，说明物体受到浮力。根据物体的平衡条件，物体受到的竖直向下的重力大小 G 应该等于竖直向上的浮力大小 $F_{\text{浮}}$ 和弹簧测力计对物体的拉力大小 F_2 之和，即 $G = F_2 + F_{\text{浮}}$ ，又因为重力大小与 F_1 相等，所以浮力 $F_{\text{浮}} = F_1 - F_2$ 。

将漂浮在水面的泡沫塑料缓慢压入水中，会感到越来越费力。鸡蛋在清水中下沉，但在盐水中却可以上浮。这些都是生活中常见的现象。

学生实验

探究浮力大小与哪些因素有关

提出问题

将漂浮在水面的泡沫塑料缓慢压入水中，泡沫塑料浸入水中的体积 _____，感到越来越费力，表明泡沫塑料受到的 _____ 增大。

与水相比，盐水密度更 _____，鸡蛋能浮在盐水中，表明鸡蛋在 _____ 受到的浮力更大。

根据对以上现象的观察和思考，影响浮力大小的因素可能是 _____。

搜集证据

- 器材

现有以下实验器材供选用：

水、浓盐水、容器、金属块、弹簧测力计、天平、刻度尺。

本实验无需使用的器材是 _____。

- 方案

① 图 7-1-7 (a)(b) 表示探究浮力大小是否和 _____ 有关的大致过程。根据图 7-1-7 (a)(b)，写出相应的探究方案。

② 图 7-1-7 (b)(c) 表示探究浮力大小是否和 _____ 有关的大致过程。根据图 7-1-7 (b)(c) 写出相应的探究方案。

③ 图 7-1-7 (c)(d) 表示探究浮力大小是否和 _____ 有关的大致过程。根据图 7-1-7 (c)(d)，写出相应的探究方案。

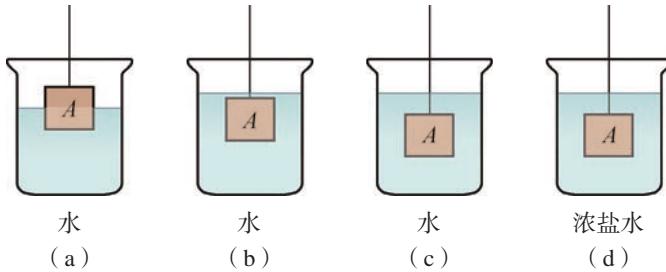


图 7-1-7 探究浮力大小与哪些因素有关

- 记录

根据以上方案，你所观察到的现象是 _____。

作出解释

- 分析

根据实验现象，影响浮力大小的因素是 _____。

- 结论

由上述实验现象的记录可得，_____ 越大，浮力越大；

_____越大，浮力越大。

交流反思

若要进一步获得浮力大小与以上影响因素间的定量关系，需要补充哪些实验器材？

通过大量的实验发现，浮力的大小与物体浸入液体中的体积及液体的密度有关。液体的密度一定时，物体浸入液体的体积越大，浮力越大。物体浸入液体的体积一定时，液体的密度越大，浮力越大。

练一练

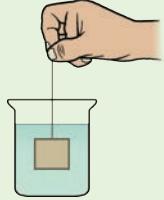
1. 浸没在液体中的物体（图 7-1-8）受到的向上的压力 _____ 受到的向下的压力；如果物体上表面受到的压力为 4 N，下表面受到的压力为 10 N，那么这个物体所受的浮力为 _____ N。
图 7-1-8
2. 漂浮在水面上的巨型邮轮受到重力和浮力的作用，浮力的方向 _____，浮力的施力物体是 _____。
3. 将漂浮在水面的泡沫塑料压入水中的过程中，浮力 _____；浸没后，继续下压，浮力 _____。简述理由。
4. 游泳者感觉潜入水中时比浮在水面游泳时受到的浮力大，其原因是什么？



图 7-2-1 海洋中的冰山

第2节

阿基米德原理

漂浮在海洋中的冰山，大部分都隐藏在海面以下，航行于附近海域的船舶有可能与海面下的冰山发生撞击，造成险情。如图 7-2-1 所示，冰山露出海面的一小部分常被称为“冰山一角”。为什么冰山只有“一角”露出海面？

● 阿基米德是如何计算浮力大小的？

将物体浸入一杯水中，杯中水面会上升，如果这杯水原先是满的，水就会溢出，显然，物体浸入水中的体积即物体排开水的体积。液体密度一定时，物体排开液体的体积越大，排开液体的重力越大。因此，浸入液体的物体所受浮力的大小与排开液体的重力大小可能有关。

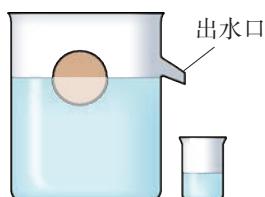


图 7-2-2

用溢水杯测量排开液体的重力

如图 7-2-2 所示，在溢水杯中盛入适量的水，

使水面与出水口相平，在杯中放入一个物体，物体排开的水就会从出水口流出到烧杯中，烧杯中的水的重力即为物体排开水的重力。

自主活动

如图 7-2-3 所示，往溢水杯中注满水。用力传感器 A 悬挂一物体，用另一力传感器 B 悬挂杯子。将物体逐渐浸入到溢水杯中，观察力传感器 A 与 B 示数的变化，猜想浮力大小与排开水的重力的关系。

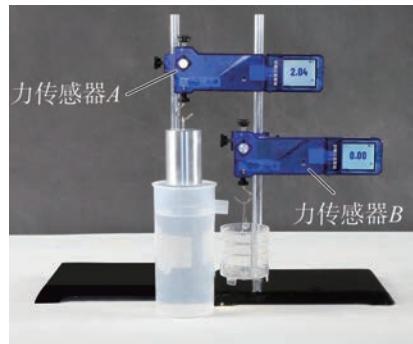


图 7-2-3

探究浮力大小与排开水的重力的关系

大量实验表明：

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液体的重力大小。

这就是阿基米德原理。古希腊数学家阿基米德（Archimedes，前 287—前 212）发现了这一规律。

用 $F_{\text{浮}}$ 表示浸在液体中的物体所受的浮力，用 $G_{\text{排}}$ 表示物体排开液体的重力大小，则

$$F_{\text{浮}} = G_{\text{排}}$$

如果用 $V_{\text{排}}$ 表示物体排开液体的体积，用 $\rho_{\text{液}}$ 表示液体的密度，由于 $G_{\text{排}} = \rho_{\text{液}} V_{\text{排}} g$ ，物体所受浮力大小就可以表示为

$$F_{\text{浮}} = \rho_{\text{液}} V_{\text{排}} g$$

研究表明，阿基米德原理也适用于气体。

示例 · 冰山中冰的密度 $\rho_{\text{冰}} = 0.917 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ，海水的密度 $\rho_{\text{海水}} = 1.030 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ，冰山在海面以下部分的体积与总体积的比值为多少？

解：设冰山总体积为 $V_{\text{冰}}$ ，冰山在海面以下部分的体积为 $V_{\text{排}}$ 。

冰山漂浮在海面上，根据二力平衡条件，其所受浮力大小 $F_{\text{浮}}$ 等于自身重力大小 G ，即

$$F_{\text{浮}} = G = mg = \rho_{\text{冰}} V_{\text{冰}} g$$

冰山在海面以下部分的体积即冰山排开海水的体积，根据阿基米德原理，冰山所受的浮力大小等于其排开海水所受的重力大小，即

$$F_{\text{浮}} = \rho_{\text{液}} V_{\text{排}} g$$

得到 $\rho_{\text{冰}} V_{\text{冰}} g = \rho_{\text{海水}} V_{\text{排}} g$

冰山在海面以下部分的体积 $V_{\text{排}}$ 与总体积 $V_{\text{冰}}$ 的比值

$$\frac{V_{\text{排}}}{V_{\text{冰}}} = \frac{\rho_{\text{冰}}}{\rho_{\text{海水}}} = \frac{0.917 \times 10^3 \text{ kg/m}^3}{1.030 \times 10^3 \text{ kg/m}^3} \approx 0.89$$

通过示例可以知道，冰山的大部分位于海面以下，这也就是我们只能看到如图 7-2-1 所示“冰山一角”的原因。

● 浮力的本质是什么？

浮力来源于液体或气体在竖直方向上对物体

的压力差。如果没有压力差，物体还会受浮力作用吗？



自主活动

如图 7-2-4 所示，取一个塑料矿泉水瓶，用剪刀剪去底部。将瓶口朝下，放入一个乒乓球，同时向瓶中缓慢注水，发现有少量水从乒乓球与瓶口的缝隙漏出，乒乓球 _____ 上浮；拧上瓶盖，乒乓球 _____ 上浮。解释你观察到的现象。



图 7-2-4 水中的乒乓球

通过上述实验发现，当乒乓球下方的水不断漏出时，尽管乒乓球浸在水中，但下表面并不受到水对它向上的压力，所以不会形成水对乒乓球的浮力，乒乓球无法上浮。

我们也可以从浮力的本质出发，推导出阿基米德原理。如图 7-2-5 所示，在密度为 $\rho_{\text{液}}$ 的液体中悬吊一个底面积为 S 、高度为 h 的长方体，长方体上表面距水面 h_1 ，下表面距水面 h_2 。液体对长方体上、下两个表面的压力差就是物体所受浮力。即

$$\begin{aligned} F_{\text{浮}} &= F_{\text{下}} - F_{\text{上}} \\ &= p_{\text{下}} S - p_{\text{上}} S \\ &= \rho_{\text{液}} g h_2 S - \rho_{\text{液}} g h_1 S \\ &= \rho_{\text{液}} g h S \\ &= \rho_{\text{液}} g V_{\text{排}} \end{aligned}$$

所以

$$F_{\text{浮}} = G_{\text{排}}$$



想一想

在空间站中，液体对支持面不产生压力，那么，放在水中的乒乓球会受到浮力吗？

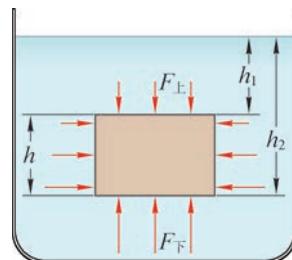


图 7-2-5 液体中的长方体

阿基米德原理提供了一种计算浮力的方法，可以解释日常生活中的许多浮力现象。

练一练

- 将重为 80 N 的物体放入装满水的溢水杯后，从杯中溢出的水的重力为 50 N，则物体受到的浮力大小为 _____ N。
- 已知铁的密度小于铜的密度，把质量相同的实心的铜块和铁块浸没在水中，它们所受浮力（ ）。
A. 铜块的大 B. 铁块的大
C. 一样大 D. 条件不足，无法判断
- 在泳池游泳时，人身体放松后，可以漂浮在水面，此时身体只有很小部分露出水面。根据这一现象，估算质量为 50 kg 的中学生的体积并简述理由。
- 为了保证航行安全，远洋轮船的船体上都标有多条水平横线，分别表示该船在不同水域、不同季节满载时的“吃水线”（图 7-2-6）。小明查阅资料后得知：① 不同水域，表层海水的盐度不同，会导致表层海水密度不同；② 不同季节，表层海水温度不同；③ 某一水域，表层海水在不同温度下的密度见表 7-2-1。



图 7-2-6

表 7-2-1

温度 $t/^\circ\text{C}$	6	16	26
密度 $\rho/(\text{kg} \cdot \text{m}^{-3})$	1 026.8	1 025.5	1 022.5

- (1) 该船满载时，冬季“吃水线”在夏季“吃水线”的_____。
- (2) 结合所学知识及以上信息，分别简述在不同水域、不同季节轮船满载时的“吃水线”不同的原因。



第3节

浮沉的条件及应用

人类日益关注深海资源的开发与利用。1986年，我国第一艘载人潜水器研制成功；2020年11月，“奋斗者号”（图 7-3-1）全海深载人潜水器坐底马里亚纳海沟。从百米浅海到万米深海，我国的载人深潜事业先后突破了多项核心技术，海洋探测能力和研究水平得到稳步提升。“奋斗者号”是如何在水中实现浮潜的呢？

● 物体的浮沉条件是什么？

虽然液体或气体对浸入其中的物体有浮力的作用，但令人困惑的是，数万吨的航空母舰可以浮于水面自由航行，而一颗仅几十克的石子却沉入了水底。

决定物体在液体或气体中浮沉的条件是物体受到的重力与浮力之间的大小关系（图 7-3-2）。

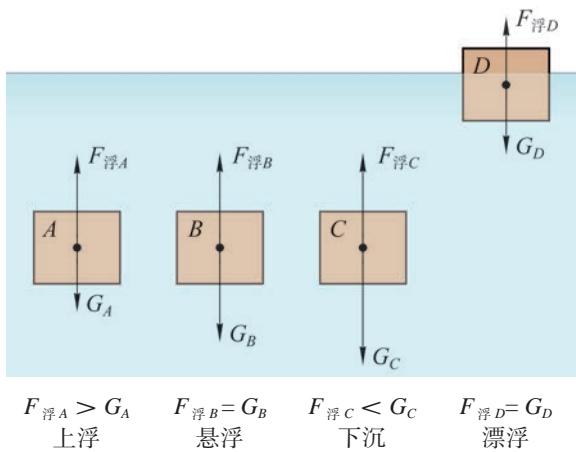


图 7-3-2 物体的浮沉条件

大量实验表明：

浸没在液体中的物体受到重力和浮力作用：

如果浮力大小大于重力大小，物体上浮；

如果浮力和重力大小相等，二力平衡，物体悬浮在液体中；

如果浮力大小小于重力大小，物体下沉。

漂浮于液面的物体，处于平衡状态，其浮力和重力大小相等。

● 如何改变物体的浮沉状态？

生活中，物体的浮沉现象很常见。



自主活动

装有适量水的小玻璃瓶瓶口朝下，漂浮在矿泉水瓶内的水中，矿泉水瓶内留有少量空气，拧紧瓶盖使其密封。小玻璃瓶（含瓶内的水和空气）称为浮沉子（图 7-3-3）。

挤压矿泉水瓶，观察浮沉子的浮沉情况。



图 7-3-3 浮沉子

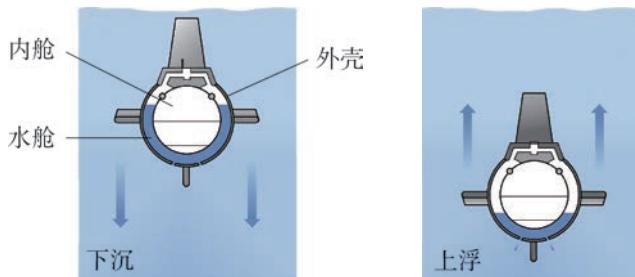


图 7-3-4 潜水艇浮沉示意图

挤压矿泉水瓶，水进入小玻璃瓶，浮沉子下沉；松手后，水排出小玻璃瓶，浮沉子上浮。

潜水艇的浮潜原理与浮沉子类似。图 7-3-4 是潜水艇的横截面示意图，潜水艇的内舱与外壳之间有一个水舱，水舱通过阀门与外界相连。阀门打开，海水进入水舱，潜水艇所受重力增大，当重力大小大于浮力大小时，潜水艇下沉；用压缩空气把水舱内的水排出，潜水艇所受重力减小，当重力大小小于浮力大小时，潜水艇上浮。潜水艇通过这个方法改变自身所受的重力，实现在水中的浮潜。

载人潜水器“奋斗者号”（图 7-3-1）配有 4 块压载铁，总质量约 2 t。入水时，由于重力大小大于浮力大小，“奋斗者号”下沉。当“奋斗者号”完成作业时，它会释放压载铁开始上浮。万一“奋斗者号”失去动力，压载铁会自动脱离，使“奋斗者号”上浮以避免危险。

热气球和飞艇等在空气中也会受到很大的浮力。热气球内由燃烧器加热的空气和飞艇中充的氦气的密度都比外面空气的密度小，内外气体的密度差导致浮力大小大于重力大小而使热气球和飞艇得以升空。

从独木舟到潜水器，从热气球到飞艇，浮沉条件的研究和应用使人类能自由地欣赏深海与天空的奇观，并探索其中的奥秘。



港珠澳大桥是目前世界上最长的跨海大桥，采用了“桥岛隧”相结合的建设方式。其中，大桥的海底隧道部分由33节巨型沉管（图7-3-5）组成，每节沉管长180 m，重达8万吨。巨型沉管的搬运和安装都利用了浮力。沉管在干船坞中完成作业后，通过向干船坞中灌水使沉管恰好浮起，珠江口涨潮带来的推力可使沉管漂移至安装地点。往空心的沉管中灌水，使其下沉，而后在水下完成沉管的对接安装。



图7-3-5 巨型沉管

练一练

1. 如图7-3-6所示，潜水员在水下通过调整配重、呼吸以及浮力控制背心，使自身的重力大小_____所受水的浮力大小，以达到在水中停留的目的。

2. 在游乐园购买的气球能飞上天空，用嘴吹的气球为什么飞不起来？



图7-3-6

3. 如图 7-3-7 所示, 未剥皮时, 橘子可以漂浮在水面上, 但剥了皮后, 它却下沉。

(1) 分别分析图 (a)(b) 中橘子所受浮力与重力大小关系。

(2) 剥皮后橘子所受浮力和重力大小如何变化?



(a)



(b)

图 7-3-7

4. 鹦鹉螺是现存软体动物中最古老的物种, 也称海洋“活化石”。鹦鹉螺螺旋形的贝壳由“隔板”分成几十个“房间”(图 7-3-8)。外层最大的“房间”是鹦鹉螺柔软身体的“起居室”。其余“房间”都是空的, 称为气室, 由一根小管连通。鹦鹉螺通过连接各个气室的小管吸入或者排出海水。根据鹦鹉螺的内部结构简要分析鹦鹉螺是如何实现浮潜的。



图 7-3-8



跨学科实践

物理学与社会发展

我国造船技术的发展

从秦汉到明初，中国的船舶制造技术和航海技术一直在世界上具有很强的影响力，为古代海上丝绸之路和内陆河流交通的发展提供了强大的支撑。其中，明代多桅木帆船的出现促成了15世纪初郑和七下西洋的壮举。郑和下西洋船队中的多桅木帆船采用了中国古船技术中的一项重大技术发明——水密隔舱（图1）。直到今天，水密隔舱依然是现代船舶安全航行的重要技术措施之一。

20世纪以来，我国造船技术得到了突飞猛进的发展，在深海载人潜水器方面也取得了巨大成就。从“蛟龙号”“深海勇士号”到“奋斗者号”，我国深海载人潜水器的研制实现了高质量、跨越式发展，在全世界居于领先地位。

● 跨学科实践任务

任务1：搜集相关资料或参观相关船舶博物馆，了解水密隔舱的结构特点和原理、我国深海载人潜水器研制的现状，形成报告并在组间进行交流。

任务2：利用规定的材料，分组制作小帆船，并比较各组小帆船行驶的稳定性及在相同风力条件下的航行距离。

材料：3个矿泉水瓶，硬纸板，纸，筷子，绳子，胶带等。

要求：小帆船能浮于水面，并在行驶过程中保持稳定。



图1 多桅木帆船的“水密隔舱”

提示：可在学校或小区的水池中进行测试和比赛，不要在河流、小溪中进行，测试、比赛时注意安全。

● 评价与反思

活动内容	评价要点（☆☆☆）	自评	互评
实践计划	能制订分工合理、任务明确、进度可行的实践计划		
	能在规定的时间内完成计划		
实践成果	能描述水密隔舱的结构特点和技术原理		
	能阐述各种深海载人潜水器实现浮潜的原理		
	能结合相关学科阐述深海探测对于我国发展海洋经济、海洋科研的重要意义		
	能使小帆船在水面稳定行驶一段距离		
信息搜集	能有效搜索所需学习资源，注意数据的可靠性和时效性		
	能规范地标注引用数据、图片等相关信息的来源		
交流合作	能利用数字设备开展交流活动		
	在完成各自任务的同时，能与其他成员团结协作，开展合作		
	在规定时间内完成展示，表达方式合理、流畅自然		

评分说明：完全符合评价要点得☆☆☆，基本符合得☆☆，少量符合得☆

回顾与复习

本章小结

基本概念和基本规律

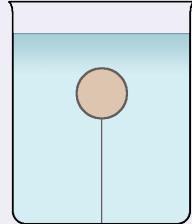
- 浮力：浸在液体或气体中的物体受到的向上的力。
- 阿基米德原理：浸在液体中的物体受到向上的浮力，浮力的大小等于物体排开液体的重力大小，即 $F_{\text{浮}} = G_{\text{排}}$ 。
- 物体的浮沉条件：如果浮力大小大于重力大小，物体上浮；如果浮力和重力大小相等，二力平衡，物体悬浮在液体中；如果浮力大小小于重力大小，物体下沉。漂浮于液面的物体，处于平衡状态，其浮力和重力大小相等。

知识结构图



本章练习

1. 如图 1 所示，轻绳一端固定于杯底，一端系在木球上。木球静止在盛水的杯中。用力的示意图画出木球所受到的力。



2. 一艘海监船在江边的码头补给后入海执行任务。在岸边装载补给的过程中，船身将 _____；在由江入海的过程中，船身将 _____。

图 1

3. 满载排水量指船舶满载时排开水的质量。已知“福建舰”满载排水量约为 8×10^4 t，海水密度约为 1.03×10^3 kg/m³，g 取 10 N/kg。求：

(1) “福建舰”满载时受到的浮力大小。

(2) “福建舰”满载时排开的海水体积。

4. 已知鸡蛋的质量为 55 g，体积为 50 cm³。将鸡蛋放在盛有清水的玻璃杯里，鸡蛋沉入杯底 [图 2 (a)]；逐渐将食盐溶解在水中，鸡蛋恰好悬浮 [图 2 (b)]；继续在水中溶解食盐，最终鸡蛋漂浮在水面 [图 2 (c)]。g 取 10 N/kg。下列说法正确的是 ()。

A. 图 2 (a) 中鸡蛋所受浮力为 0.55 N

B. 图 2 (b) 中食盐水的密度是 1.1×10^3 kg/m³

C. 图 2 (c) 中鸡蛋所受的浮力大小大于鸡蛋自身的重力大小

D. 图 2 中三种状态下浮力的大小关系是 $F_a < F_b < F_c$

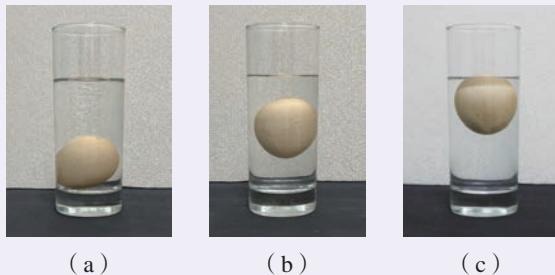


图 2

5. 水母的种类繁多，有些水母的伞状体内有一种腺体，这种腺体会放出一氧化碳使伞状体膨胀。水母可以控制伞状体内一氧化碳气体的含量。当水母遇险时，伞状体内一氧化碳气体的含量会_____，使自身重力大小_____浮力大小，沉入海底避险。

6. 有文字记载“莲入水必沉，唯煎盐咸卤能浮之”。意思是，莲子入水必然沉底，唯有煎熬盐碱的咸水能使之浮起。请用所学知识来解释这句话。

7. 石头入水即沉是我们日常生活中常见的现象，但火山喷发产生的浮石可以漂浮在水面（图3）。火山喷发后，大量炽热的岩浆涌人冰冷的海水，遇冷形成岩石，称为浮石。由于岩浆瞬间凝固形成岩石，岩浆中的气体形成气泡被锁在内部，形成大量孔洞，孔洞占总体积的一半以上。大量浮石聚在一起有时会形成一座浮岛，被称为“浮石筏”。解释浮石可以漂浮水面的原因。



图 3

8. 半潜船是一种特种运输船舶，有较大的载货甲板，船头或船尾有较高上层建筑或甲板室或浮箱。半潜船工作时除船楼建筑以外的船身（包括甲板）潜入水下，来装运如石油钻井平台、大型舰船、潜艇甚至航母等超长超重但又无法分割吊运的大型设备。

(1) 建造半潜船时,为什么船内部要留有很大体积的空舱?

(2) 为什么半潜船通常都在深海区域作业?

(3) 如图4所示,8万吨级半潜船“新耀华号”有108个压载水舱,每一个压载水舱都有一个阀门直接通向海底。通过船上的控制系统就可打开相应压载舱室的海底阀门。船上还配备4台大型空气压缩机。“新耀华号”下潜时可以使甲板潜入水下,将水面上的承运货物从指定位置上浮托举完成装载。结合材料简要分析“新耀华号”是如何浮潜的。



图4



第8章 简单机械 功和能

3 000 多年前我们的祖先就能使用春、桔槔等机械劳作。如今，工业机器人的应用提高了生产的精度和效率，人类发明、使用的机械遍布生活各个方面。本章我们将学习简单机械、机械功与机械能的相关知识。

通过本章内容的学习，你将了解杠杆、机械功、机械能和机械效率等基本知识，知道动能和势能的相互转化；经历探究杠杆平衡条件的过程，发展基于数据的分析论证能力；感悟机械的运用对社会生产力发展的重要作用；初步建立能量观念。

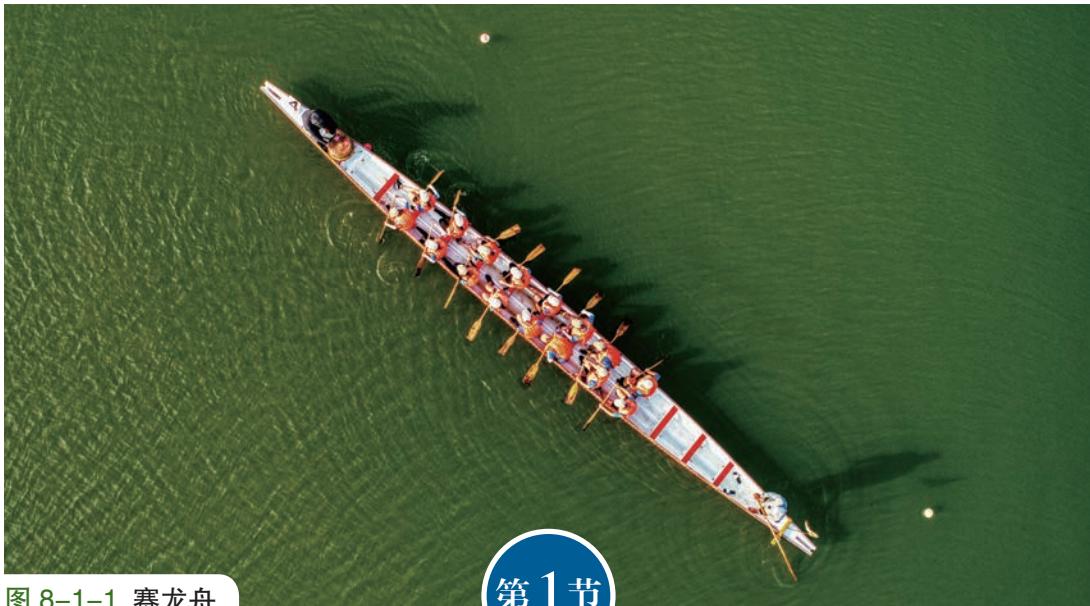


图 8-1-1 赛龙舟

第1节

杠 杆

赛龙舟活动（图 8-1-1）是中国端午节的习俗之一，已被列入国家级非物质文化遗产名录，赛龙舟的起源可追溯至战国时期。划龙舟时，人们按锣鼓节拍划桨前进，此时的船桨可以看作一种最简单的机械——杠杆。无论是多么复杂的机械，其实都是由杠杆等各种简单机械组合而成的。杠杆是依据什么原理工作的呢？

• 什么是杠杆？

硬棒是一种最简单的工具。人们很早以前就已开始使用硬棒舂米、提水，直至今日，我们还常用它来撬动重物。硬棒、切纸刀、开瓶器等工具是我们在生活中经常使用的一类简单机械。



自主活动

如图 8-1-2 (a) 所示, 用硬棒 (可选择直尺或铅笔) 和橡皮撬动课本, 观察撬课本的过程; 结合生活中的切纸刀、开瓶器 [图 8-1-2 (b) (c)] 等工具, 分析这些工具在使用时有什么共同的特点?



(a) 硬棒



(b) 切纸刀



(c) 开瓶器

图 8-1-2 可看作杠杆的工具

图 8-1-2 中的工具在使用时, 可以看作为一根在力的作用下绕固定点转动的硬棒, 我们把它叫做 **杠杆** (lever)。

在图 8-1-3 中, 硬棒绕着转动的固定点 O 叫做 **支点**, 促使杠杆转动的力 F_1 叫做 **动力** (通常将人对杠杆的作用力视为动力), 阻碍杠杆转动的力 F_2 叫做 **阻力**, 支点到动力作用线 (通过力的作用点沿力的方向所引的直线) 的距离 l_1 叫做 **动力臂**, 支点到阻力作用线的距离 l_2 叫做 **阻力臂**。

如果杠杆静止不动或绕支点匀速转动, 杠杆就处于平衡状态。

如图 8-1-4 所示的托盘天平、杆秤等工具在使用时也可以看作为杠杆, 并且在杠杆处于水平静止的状态下完成物体质量的测量。

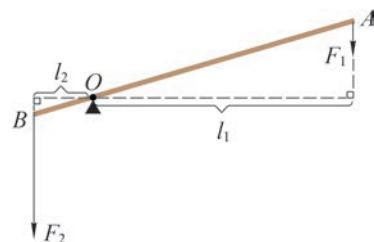


图 8-1-3 杠杆



图 8-1-4 托盘天平与杆秤



● 如何使杠杆平衡？

跷跷板（图 8-1-5）也可以看作为杠杆。回顾小时候玩跷跷板的情形，你和小伙伴的质量不同，如何使跷跷板保持水平静止呢？

图 8-1-5 跷跷板

学生实验

探究杠杆的平衡条件

提出问题

把两位小朋友对跷跷板的作用力分别看作动力 F_1 、阻力 F_2 ，相应的动力臂和阻力臂分别为 l_1 、 l_2 。为了使跷跷板保持水平，质量小的小朋友，通常会坐得离支点更_____一些；除了改变坐的位置，还可以通过_____保持跷跷板水平。

猜想杠杆平衡时，动力、动力臂和阻力、阻力臂之间可能存在什么关系？

搜集证据

- 器材

现有以下实验器材可供选择：

带有刻度的横杆、铁架台（含支架）、弹簧测力计、天平、钩码、细线（或弹簧夹）。

本实验无需使用的器材是_____。

- 方案

① 如图 8-1-6 (a) 所示，将带刻度的横杆支在铁架台上，做成一杠杆，调节杠杆两端的螺母，使杠杆在水平位置保持平衡。

② 如图 8-1-6 (b) 所示，将两组钩码分别挂在杠杆的两侧，通过调节钩码的位置，使杠杆在水平位置仍保持平衡。记录动力 F_1 、动力臂 l_1 和阻力 F_2 、阻力臂 l_2 。

改变_____，重复上述操作。

③ 如图 8-1-6 (c) 所示，将一组钩码挂在杠杆上，在同一侧通过细线用

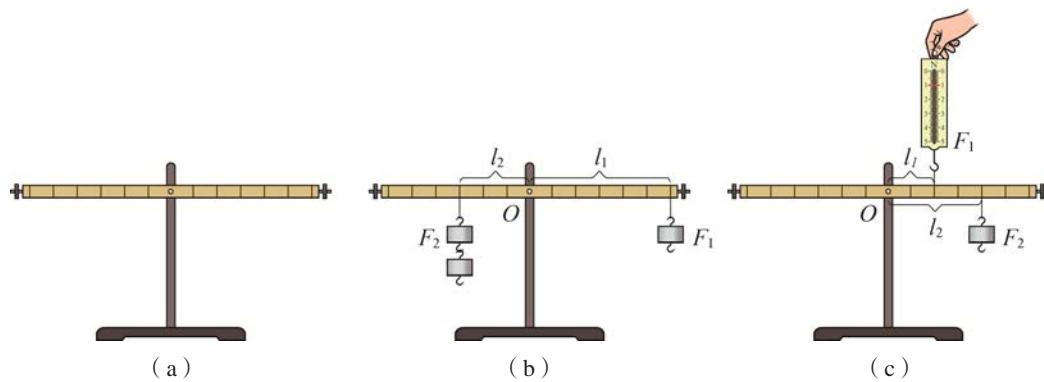


图 8-1-6 实验装置

弹簧测力计竖直向上拉杠杆，使杠杆在水平位置仍保持平衡。把弹簧测力计对杠杆的拉力作为动力 F_1 ，钩码对杠杆的拉力作为阻力 F_2 ，记录动力 F_1 、动力臂 l_1 和阻力 F_2 、阻力臂 l_2 。

改变 _____，重复上述操作。

- 记录

将所有数据记录在表 8-1-1 中。

表 8-1-1 数据记录表

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				

作出解释

- 分析

比较上表中各组数据，分析动力 F_1 、动力臂 l_1 和阻力 F_2 、阻力臂 l_2 之间的定量关系。

- 结论

由上述实验可得，_____。

交流反思

如果杠杆静止时不水平，实验结论是否成立？简述理由。

大量实验表明，杠杆的平衡条件为

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

即

$$F_1l_1 = F_2l_2$$

● 杠杆在生活中有哪些应用？

杠杆在生活中有很多应用，我们身边有很多工具可以看作为杠杆。撬棒、切纸刀、开瓶器等工具可以看作为杠杆，钢丝钳、核桃夹、食品钳、镊子、剪刀和筷子等工具，可看作为两个对称杠杆的组合。

想一想

使用图 8-1-7 中的各种工具时，均由使用者提供动力。通过观察，比较这些工具使用时动力臂和阻力臂的大小关系，利用杠杆的平衡条件，分析动力与阻力的大小关系。



钢丝钳



核桃夹



食品钳



赛艇的船桨

图 8-1-7 身边的工具

根据杠杆的平衡条件，使用切纸刀、核桃夹和钢丝钳等工具时，动力臂大于阻力臂，动

力小于阻力，这类杠杆叫做省力杠杆；而使用食品钳、镊子、筷子和赛艇的船桨时，动力臂小于阻力臂，动力大于阻力，这类杠杆叫做费力杠杆。

除以上两类杠杆外，还有一类动力臂和阻力臂相等的杠杆，叫做等臂杠杆，使用这类杠杆时，既不省力也不费力。托盘天平就是一种典型的等臂杠杆。

示例 · 如图 8-1-8 所示，体重约 600 N 的同学在水平地面上做俯卧撑，A 点为其重心。试计算该同学处于图示静止状态时，地面对他双手作用力的大小。

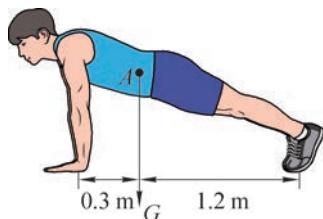


图 8-1-8 做俯卧撑

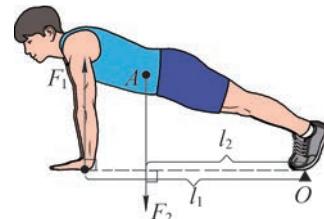


图 8-1-9 看作为杠杆

解：根据题意，可将该同学看作为一个绕脚与地面接触点转动的平衡杠杆，如图 8-1-9 所示。将人受到的重力看作阻力 $F_2 = G = 600 \text{ N}$ ，阻力臂 $l_2 = 1.2 \text{ m}$ ；地面对手的作用力可看作动力 F_1 ，动力臂 $l_1 = 0.3 \text{ m} + 1.2 \text{ m} = 1.5 \text{ m}$ 。

由杠杆的平衡条件可知： $F_1 l_1 = F_2 l_2$ 。

则地面对手的作用力

$$F_1 = \frac{F_2 l_2}{l_1} = \frac{600 \text{ N} \times 1.2 \text{ m}}{1.5 \text{ m}} = 480 \text{ N}$$



2022年1月，我国首次利用空间站机械臂，操作大型在轨飞行器进行转位试验，取得圆满成功。

机械臂在空间站的组装和建造、辅助航天员维护和维修等工作中起着重要的作用。图8-1-10是中国首款具有7个关节的机械臂，它在进行某些工作时，可看作是绕相应关节转动的杠杆。

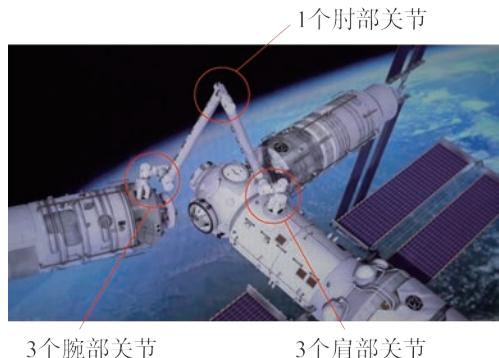


图8-1-10 中国空间站机械臂

练一练

1. 如图8-1-11所示，悬挂在墙壁上的书架可以看作杠杆。试在图中标出支点O，并画出动力臂 l_1 和阻力臂 l_2 。

2. 杠杆平衡时，动力 F_1 的大小为20 N，动力臂 l_1 为0.8 m，阻力臂 l_2 为0.4 m，求阻力 F_2 的大小。

3. 赛艇的船桨是费力杠杆，我们为什么要使用费力杠杆呢？

4. 利用杠杆原理所制作的各种衡器是中国古代人民智慧的结晶，如在长沙附近左家公山楚墓中发现的衡器包括木衡杆、青铜盘和青铜环权。木衡杆中间以提纽作为支点，两端各以四根细丝线悬吊铜盘（图8-1-12），

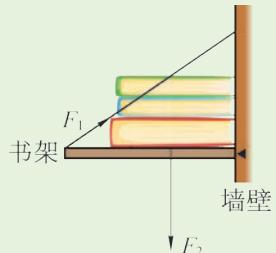


图8-1-11

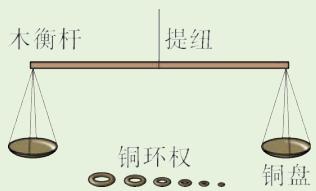


图8-1-12

将被测物和铜环权分别置于木衡杆两端的铜盘中，就可以称量物体的质量。

(1) 木衡杆和铜盘相当于我们实验时使用的_____，而铜环权则相当于_____。

(2) 杆秤是中国人民在衡器技术上的重大发明之一。图 8-1-12 所示衡器是通过_____的质量来反映被称量物体的质量，杆秤是通过杆上的刻度线所标数值来反映被称量物体的质量。试简述杆秤有哪些优点。

(3) 图 8-1-13 所示是有两个提纽的杆秤，根据杠杆的平衡条件，若要测量质量较大的物体，应该选用提纽_____，试简述理由。



图 8-1-13

► 主题学习：人体与机械 1

人体中有许多结构类似杠杆。如图 8-1-14 所示，用手提起重物的过程中，桡骨在肱二头肌的牵引下绕着肘关节转动。从物理学视角来看，这一过程中桡骨可以看作为杠杆。

(1) 将肱二头肌对桡骨的牵引力作为动力，重物对手的作用力作为阻力，在图 8-1-14 中标出支点 O，并画出动力 F_1 和阻力 F_2 的示意图。

(2) 此时桡骨属于省力杠杆还是费力杠杆？简述理由，并分析这种杠杆的优势。

(3) 找一找，常见运动中有哪些人体结构可以看作为杠杆模型？



图 8-1-14



图 8-2-1 起重机上的滑轮

第2节

滑 轮

滑轮是一种常用的简单机械，它在日常生活中的应用很广泛。在战国时期的《墨经》和汉代的砖刻上，就已有了我国古代人民使用滑轮的记载。如今，建筑工地和码头的起重机上安装了许多滑轮（图 8-2-1），能方便地将数吨的重物吊起。这些滑轮究竟起到了什么作用？

● 什么是滑轮？

滑轮（pulley）是周边有槽，能绕着中心轴转动的轮子。将绳嵌在槽内，拉动绳子，滑轮便可绕轴转动。

使用时，轴固定，不随物体一起移动的滑轮叫做定滑轮（图 8-2-2）；轴随物体一起移动的滑轮叫做动滑轮（图 8-2-3）。

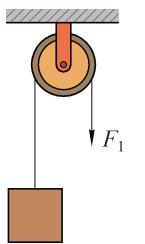


图 8-2-2 定滑轮

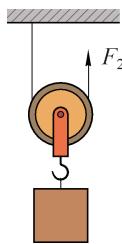


图 8-2-3 动滑轮

● 定滑轮和动滑轮在使用时有什么特点？



自主活动

如图 8-2-4 所示，用不同的方式匀速提起两个质量均为 50 g 的钩码，观察力传感器的用力的方向，记录传感器的示数及使用滑轮时钩码和绳子提拉端移动的距离，归纳定滑轮和动滑轮的使用特点。

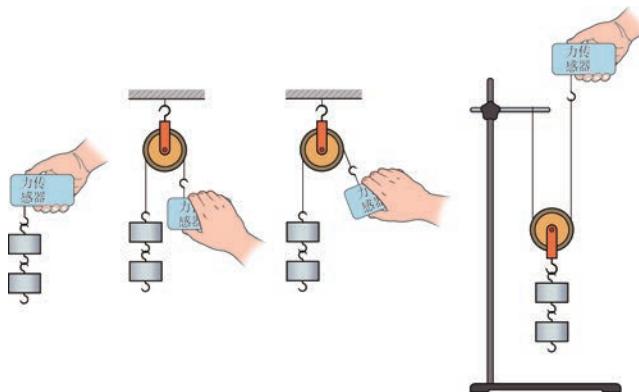


图 8-2-4 用不同的方式匀速提起钩码

大量实验表明：

用定滑轮匀速提升物体时，可以改变用力的方向，但不能省力，物体和绳子提拉端移动的距离相等。

用动滑轮匀速提升物体时，若忽略动滑轮自重和摩擦，且滑轮两侧绳子都沿竖直方向，则可以省一半力，绳子提拉端移动的距离是物体移动距离的 2 倍，但不能改变用力的方向。

● 滑轮在使用时为什么有这样的特点？

如图 8-2-5 (a) 所示，定滑轮可以看作为一个等臂杠杆，滑轮的轴就是杠杆的支点 O ，杠杆的动力臂和阻力臂都等于滑轮的半径。如图 8-2-5 (b) 所示，即使改变施力方向，动力臂和阻力臂仍然等于滑轮的半径。

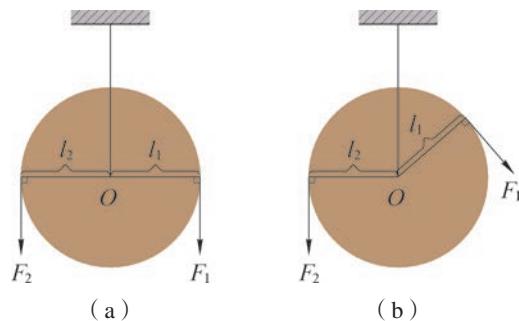


图 8-2-5 定滑轮可看作等臂杠杆

如图 8-2-6 所示，动滑轮可以看作为一个省力杠杆， O 为杠杆的支点，滑轮的轴为阻力的作用点，被提升的物体对滑轮轴的作用力是阻力，绳子提拉端对滑轮的作用力是动力。若两侧绳子都沿竖直方向，则阻力臂等于滑轮的半径，动力臂等于滑轮的直径。

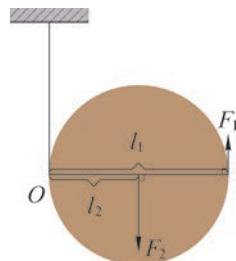


图 8-2-6 动滑轮可看作省力杠杆

滑轮在日常生活中有着广泛的应用。升国旗时，人只需站在地面不断向下拉绳子，国旗就能随着另一侧的绳子上升，这是利用旗杆顶部的定滑轮可改变用力方向实现的。建筑工人利用动滑轮可以较省力地将建筑材料提升至高处（图 8-2-7）。



图 8-2-7 用动滑轮提重物



定滑轮和动滑轮可以组合成滑轮组，使用时既能改变用力的方向，又能省力。现代工程技术与工业生产离不开机械的应用，在起重机、卷扬机、升降机等各类机械中都能看到滑轮组的身影。

2023 年 4 月，我国生产的 R20000-720 塔式起重机（图 8-2-8）正式下线交付，它的最大起重量可达 720 t，最大起升高度约 400 m，相当于一次将 500 辆小轿车起吊至 130 层楼的高度。它融合了 158 项创新科研成果、305 项发明专利，其中包括 60 余项核心关键技术和 12 项世界首创，是名副其实的大国重器。



图 8-2-8 R20000-720 塔式起重机

练一练

1. 如图 8-2-9 所示，升降式晾衣架中的装置 A 是_____滑轮，使用它的目的是_____。

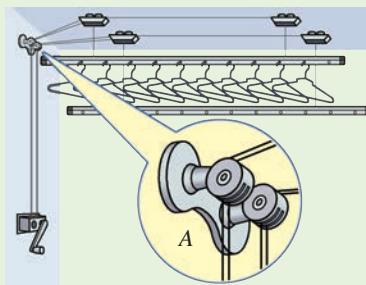


图 8-2-9

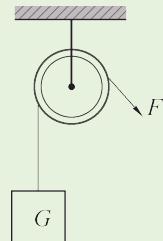


图 8-2-10

2. 如图 8-2-10 所示，用滑轮匀速提起重物时，滑轮可看作变形的杠杆。在图中标出支点 O，并画出动力臂 l_1 。

3. 如图 8-2-11 所示，分别利用甲、乙两滑轮匀速提起两个重物。其中，乙滑轮为_____滑轮，使用时相当于_____杠杆；不计滑轮重力及摩擦，若拉力 $F_1 = F_2$ ，则 G_A _____ G_B 。

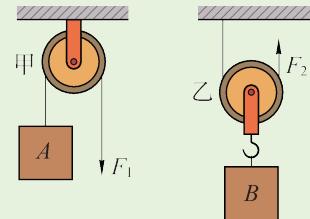


图 8-2-11

4. 滑轮可看作变形的杠杆，但滑轮与杠杆在实际生产、生活中使用时既有相似之处，也有区别。试以等臂杠杆和定滑轮分别提升同一重物的过程为例，比较这两种简单机械使用的异同点。



图 8-3-1 用机械手抓玩偶

第3节

功与功率

商场的抓娃娃机中堆放着许多可爱的玩偶，某同学操控机械手抓住玩偶（图 8-3-1），然后将玩偶在竖直方向上提升到一定高度。这一过程中，玩偶沿机械手作用力的方向移动了一段距离，我们如何描述该过程中机械手作用力的成效呢？

● 什么是功？

物理学中规定，如果一个力作用在物体上，并使物体在这个力的方向上移动了一段距离，就称这个力对物体做了机械功（mechanical work），简称做功。做功包含两个必要因素：一是作用在物体上的力，二是物体在这个力的方向上移动的距离。这两个因素中，缺少任何一个都不能说力对物体做了功。

想一想

若抓娃娃机的机械手先将重约 1 N 的玩偶沿竖直方向匀速提升 0.4 m，然后又将另一个重约 2 N 的玩偶沿竖直方向匀速提升 0.3 m。仅通过比较机械手提升重物时的作用力大小或玩偶移动的距离长短，能否比较机械手前后两次作用力的成效？

如图 8-3-2 所示，叉车将货物向上托举到一定高度，叉车托举货物的力对货物做功；瀑布奔流向下，水所受的重力对水做功；人推购物车前进一段距离，人的推力对购物车做功。力对物体做功通常也可以说成施力物体对受力物体做功，如叉车对货物做功。



(a) 叉车对货物做功



(b) 重力对水做功



(c) 人对购物车做功

图 8-3-2 各种做功情境

想一想

图 8-3-3 所示的四种情境中，人是否做了功？为什么？



(a) 用力推汽车但没有推动



(b) 冰壶离开手后滑行



(c) 背着重物沿水平路面匀速行走



(d) 把一箱物品搬起来

图 8-3-3 人做功了吗

如图 8-3-4 所示，如果用 F 表示力， s 表示物体在力 F 的方向上移动的距离，那么这一过程中力 F 所做的功 W 等于 F 与 s 的乘积，即

$$W = Fs$$

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）。为了纪念英国物理学家焦耳（J. P. Joule, 1818—1889）对物理学的突出贡献，把牛·米（N·m）叫做焦耳，简称焦，符号是J。

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

示例 1 · 小明背着重 $G = 30 \text{ N}$ 的书包从 1 楼匀速登上 2 楼，再从 2 楼楼梯口沿着走廊匀速步行 $s = 5 \text{ m}$ 到教室。

- (1) 上楼过程中，小明对书包做了多少功？
- (2) 若忽略人行走时重心的高度变化，则从 2 楼楼梯口步行至教室的过程中，小明对书包做了多少功？(设每层楼高度 $h = 3 \text{ m}$)

分析：小明匀速登楼和沿走廊匀速步行时，他对书包的作用力 F 与书包受到的重力 G 平衡，方向竖直向上。上楼时，书包沿竖直方向移动的距离 $h = 3 \text{ m}$ 。沿走廊步行时，书包在竖直方向移动距离为 0。

解：(1) 上楼过程中，小明对书包所做的功

$$W = Fs = Gh = 30 \text{ N} \times 3 \text{ m} = 90 \text{ J}$$

- (2) 在走廊上水平行走时，书包在竖直方向上移动的距离为 0，所以小明对书包不做功。

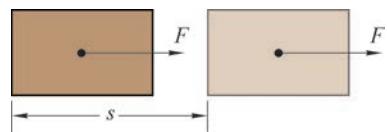


图 8-3-4

物体在力的方向上移动的距离

● 如何描述做功的快慢？

如图 8-3-5 所示，在相同时间内，起重机运送的砖比人运送的多，说明起重机做的功比人做

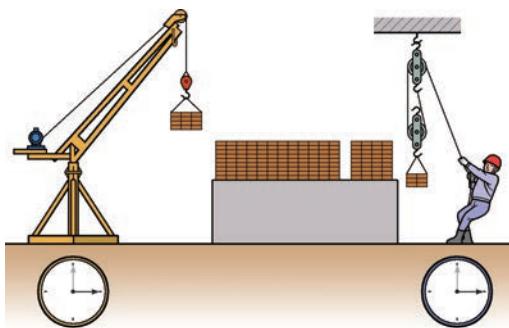


图 8-3-5

在相同时间内，起重机比人做功多

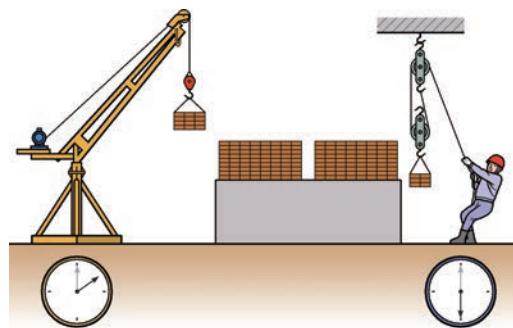


图 8-3-6

做相同的功，起重机比人所用的时间少

的功多。如图 8-3-6 所示，起重机和人运送同样数量的砖，做相同的功，起重机所用时间短。以上两种情形都表明相对于人，起重机做功更快。

运动的快慢用速度描述。与之类似，我们可以用做功的“速度”——功率表示做功的快慢。物理学中，将功与做功所用时间之比叫做**功率**(power)，用 P 表示，功率在数值上等于单位时间内所做的功。

如果用 W 表示功，用 t 表示做功所用时间，则功率可表示为

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

在国际单位制中，功的单位是焦(J)，时间的单位是秒(s)，则功率的单位是焦/秒(J/s)。为了纪念英国发明家、工程师瓦特(J. Watt, 1736—1819)在改进蒸汽机方面所作的重要贡献，我们把焦/秒(J/s)叫做瓦特，简称瓦，符号是W。

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

功率的常用单位还有千瓦(kW)。

$$1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$$



图 8-3-7 一些常见的功率

在各种机器的铭牌（图 8-3-8）上，都会标注一些描述机器工作性能和结构特征的数据，其中常常有功率这一项。



图 8-3-8 电动机铭牌

示例 2 “复兴号”列车（图 8-3-9）是世界上最先实现 350 km/h 自动驾驶功能的高速列车。当“复兴号”列车以 $v = 350 \text{ km/h}$ 的速度在某段平直路段上匀速行驶时，若整列车所受牵引力为 $F = 1.2 \times 10^5 \text{ N}$ ，计算此时牵引力做功的功率 P 。

解：设“复兴号”列车匀速通过某段平直路段的距离为 s ，所用时间为 t 。

牵引力在这一过程中所做的功 $W = Fs$ ，则牵引力做功的功率

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Fs}{t} = Fv = 1.2 \times 10^5 \text{ N} \times \frac{350 \times 1000}{3600} \text{ m/s}$$

$$\approx 1.17 \times 10^7 \text{ W}$$



图 8-3-9 “复兴号”列车

练一练

1. 如图 8-3-10 所示，机器人用手托着盘子在水平地面上沿着直线匀速行走，假设盘子始终在同一高度。甲同学说该过程中机器人对盘子做了功，而乙同学却说该过程中机器人对盘子没有做功。试对甲、乙的说法作出判断并简述理由。

2. 判断下列关于功和功率的说法是否正确，并简述理由。

- (1) 机器做功少，功率一定小。
- (2) 功率小的机器做功不一定慢。
- (3) 功率大的机器做功一定快。
- (4) 功率大的机器一定比功率小的机器做功多。

3. 一重为 2 N 的小球沿水平桌面滚动 0.2 m 后离开桌面，落在水平地面上。桌面高 1 m，小球落地处与桌边缘的水平距离为 2 m，如图 8-3-11 所示。求小球在下落至地面的过程中，重力所做的功。

4. 为了倡导绿色出行，很多城市推行了共享单车。小明在平直路面上匀速直线骑行了 900 m，所用时间为 3 min，若人与车的总质量为 70 kg，共享单车受到的地面摩擦力约为人与车总重的 $\frac{1}{10}$ 。求：

- (1) 3 min 内人对共享单车所做的功 W 。
- (2) 3 min 内人对共享单车做功的功率 P 。



图 8-3-10

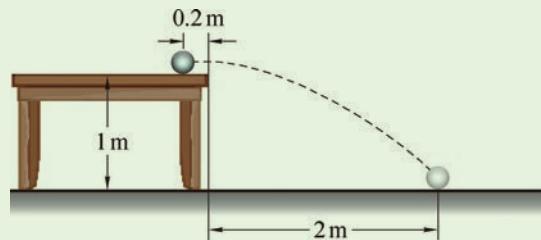


图 8-3-11

► 主题学习：人体与机械 2

我们上楼时需要做功。

(1) 你知道自己匀速上楼时做的功是多少吗？试按照表 8-3-1 中的提示，以小组合作的方式完成“测量人匀速上楼所做的功”实验，并填写下表。

表 8-3-1

实验原理	
所测物理量	
所需测量工具	
实验步骤	
实验结果	

(2) 你知道自己匀速上楼的功率是多少吗？试以小组合作的方式设计“测量匀速上楼的功率”的实验方案（包括实验原理、实验器材、实验步骤、数据记录表格等），并算出你匀速上楼的大致功率。和小组成员交流，比比谁的功率大。



图 8-4-1 上海东海大桥海上风电场

第4节

机械能及其转化

图 8-4-1 是我国首个海上风电项目——上海市东海大桥 10 万千瓦风电场，作为亚洲第一座大型海上风电场，在我国风力发电建设发展史上具有里程碑意义。风是流动的空气，风力发电装置利用风蕴含的巨大能量发电。能量对我们来说已经不是陌生的名词，风力发电过程中利用了哪种能量呢？

● 什么是动能？

如果一个物体能够对外做功，表示这个物体具有能量，简称能。在物理学中，能量与功的单位一样，也是焦耳。风可以吹动风车叶片（图 8-4-1），对风车叶片做功，说明风具有能量。水流可以推动橡皮艇漂流（图 8-4-2），对橡皮艇做功，表明水流具有能量。物体由于运动而具有的能量叫做动能（kinetic energy）。



图 8-4-2 漂流



自主活动

如图 8-4-3 所示，从斜面上向下运动的小球撞击水平面上的木块后，能推动木块沿水平面运动一段距离，小球把木块推得越远，说明小球对木块做的功越多，小球原先具有的动能就越大。

- 将同一小球分别从斜面上不同高度的两处由静止释放，撞击水平面上的木块。两种情况下，小球运动到水平面上时的速度大小相等吗？比较两种情况下木块移动的距离，你能得出什么结论？
- 将两个质量不同的小球分别从斜面上同一高度处由静止释放，撞击水平面上的木块。两种情况下，小球运动到水平面上时的速度大小相等吗？比较两种情况下木块移动的距离，你能得出什么结论？

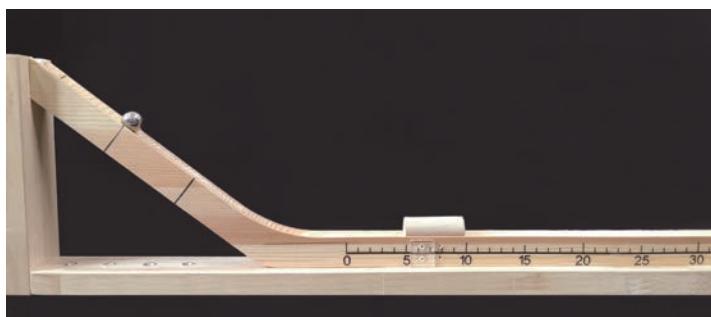


图 8-4-3 小球撞击木块的实验装置

大量实验和研究表明，物体的动能大小与它的速度和质量都有关系。质量相同的物体，速度越大，动能越大；速度相同的物体，质量越大，动能越大。

● 什么是势能？

迎新春打年糕时，被高高举起的木锤下落时能把石臼里的糯米饭舂至绵软柔韧。这说明受重力作用，高处的物体下落时能对低处的物体做



自主活动

如图 8-4-4 所示, 让高处的重物自由下落, 观察重物陷入沙中的深度。

- 将同一重物分别从不同的高度由静止落下, 比较重物陷入沙中的深度, 你能得到什么结论?

- 将质量不同的重物分别从同一高度由静止落下, 比较重物陷入沙中的深度, 你又能得到什么结论?

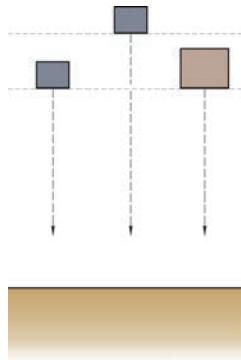


图 8-4-4 重物自由下落

大量实验和研究表明, 物体的重力势能与其质量和所处位置的高度有关。高度相同的物体, 质量越大, 重力势能越大; 质量相同的物体, 位置越高, 重力势能越大。

拉紧的弓 (图 8-4-5) 一旦释放便能把箭射出, 说明发生弹性形变的弓也具有能量, 可以对箭做功。物体由于发生弹性形变而具有的能量叫做弹性势能。

如图 8-4-6 所示, 将弹簧左端固定, 用小车向左压缩弹簧, 弹簧的弹性形变越大, 小车释放后被弹得越远, 说明弹性形变大的弹簧具有的弹性势能大。

重力势能和弹性势能统称为势能 (potential energy)。

机械运动中, 物体往往同时具有动能和势能。图 8-4-7 中沿高坡下滑的滑雪运动员, 因



图 8-4-5 拉紧的弓

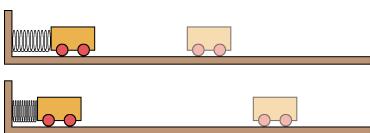


图 8-4-6 弹簧推动小车

运动而具有动能，也因受重力作用而具有重力势能。物理学中将动能和势能统称为机械能 (mechanical energy)，物体的机械能就是其动能与势能的总和。

● 动能与势能可以互相转化吗？

如图 8-4-8 所示，小滑块自光滑斜面由静止下滑至水平面的过程中，高度降低，速度增大。小滑块的重力势能转化为动能。

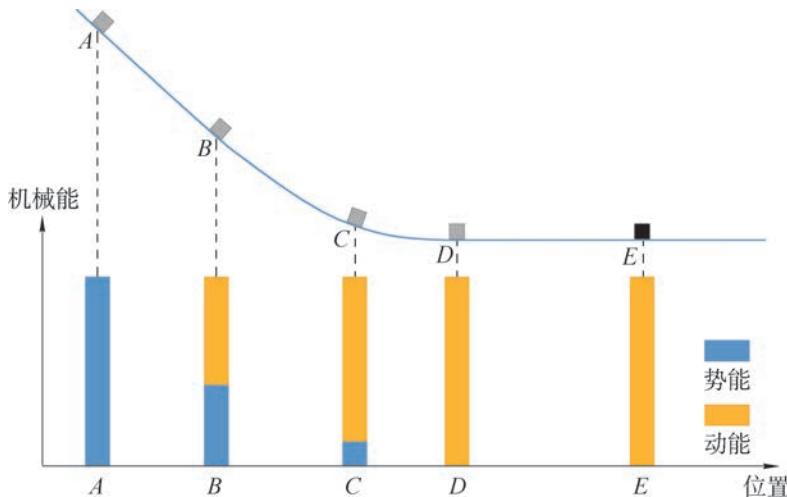


图 8-4-8 小滑块重力势能与动能的相互转化

运动员持竿助跑、撑竿起跳过程中，运动员的动能转化为运动员的重力势能和撑竿的弹性势能（图 8-4-9）。

在物体自由下落时，重力对物体做功，物体的重力势能减少，动能增加，部分势能转化为动能。人举高物体，物体的重力势能增加，在这个过程中人对物体做功，而人自身消耗一定的能量，我们也将这一过程称为克服重力做功，人体的能量转化为重力势能。



图 8-4-7

沿高坡下滑的滑雪运动员



图 8-4-9 运动员助跑、起跳

练一练

1. 如图 8-4-10 所示，扫地机因其智能化的清洁模式而广受青睐，当扫地机在水平地面上匀速前进扫地吸尘时，它的动能和重力势能是否改变？试简述理由。



图 8-4-10

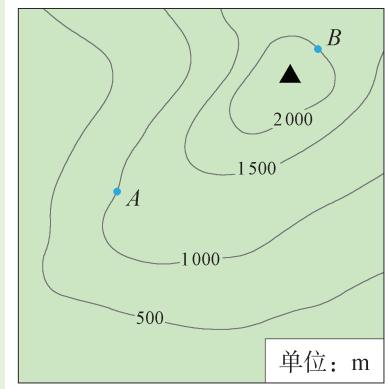


图 8-4-11

2. 图 8-4-11 为一高山的等高线图（等高线上每点的高度均相同）。某登山运动员从 B 点匀速到达 A 点时，运动员的机械能将_____，理由是_____。

3. 分析小球从某一高度由静止落向地面的过程中，动能和势能的变化情况。

► 主题学习：人体与机械 3

人要维持生命和进行活动（包括体力和脑力的活动），就必须做功消耗能量。不同情况下人体消耗能量的功率大小是不同的，见表 8-4-1。人熟睡时消耗能量的功率约为 70 W，这个功率主要用来维持基本的生命活动，称为基础代谢率。也就是说，中学生在上课时消耗能量的功率约为 150 W，其中约 70 W 用于基础代谢，约 80 W 的功率消耗在其他活动中。

表 8-4-1

活动	人体消耗能量的功率 P/W
人熟睡	约 70
中学生上课	约 150
骑自行车	约 500
打篮球	约 700
百米赛跑	约 1 500

(1) 请你列出某一天所参加的主要活动，然后结合上表中的信息和查阅的资料，估算这一天中你所消耗的总能量。

(2) 我们每天都需要食用足够的食物保障身体的能量供应，不同的食物含有不同的能量。表 8-4-2 列出了人食用单位数量（如 100 g）的食物所摄入的能量。试列出某一天你摄入的食物总量，然后结合下表中的信息并查阅资料，估算这一天中你所摄入的食物能量，并与第(1)题中估算的消耗的能量进行对比。

表 8-4-2

100 g 食物	摄入能量 E/kJ
米饭	约 500
小米粥	约 200
菠菜	约 150
牛肉	约 550
苹果	约 260



图 8-5-1 机械手

第5节

机械效率

随着人类文明的不断发展，各类功能不同的机械逐步代替人类完成一些繁重而复杂的工作，例如，机械手（图 8-5-1）能模仿人类手部的动作用以抓取、搬运物件或操作工具。机械的大量使用也使人类对能源的需求越来越大。机械工作的过程中，是否做的功越多，能量利用的效率也越高呢？

● 使用机械可以省功吗？

生活中，许多机械都能达成省力效果。例如，使用省力杠杆可以省力，使用动滑轮也可以省力。长期以来，人们很想知道使用机械能否省功。为了回答这个问题，我们就要测量使用机械前后的做功情况。通过比较使用机械前后所做的功来判断使用机械是否可以省功。



自主活动

如图 8-5-2 所示，用不同的方式将两个相同钩码提升 0.5 m，比较使用机械所做的功与不用机械所做的功是否有差异。

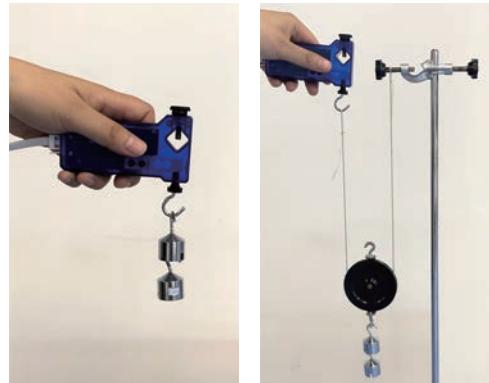


图 8-5-2 用不同的方式提升钩码

迄今为止，人类所有的实践表明，为了达到同一效果，使用机械所做的功都不会少于不用机械所做的功，也就是使用任何机械都不能省功。这是一个普遍的结论，对任何机械都适用。对机械的研发和应用而言，这具有重要的指导意义。

在图 8-5-2 中，使用动滑轮提升重物时，除了要克服重物的重力做功，同时也需要克服动滑轮本身所受的重力而多做一些功。其中，使重物上升所做的功是有用的，是必须做的功，这部分功叫做有用功 $W_{\text{有用}}$ ；除了有用功以外，其他的功叫做额外功 $W_{\text{额外}}$ ，额外功通常来自克服机械部件间的摩擦以及克服机械自重所做的功；最终拉力所做的功是有用功与额外功的总和，叫做总功 $W_{\text{总}}$ ，即

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

● 什么是机械效率？

实际上，使用任何机械都不可避免地要做一些额外功，有用功只是总功的一部分，有用功在总功中所占比例越大，机械对外界输入能量的利用程度就越高，也就是机械工作的效率越高。物理学中把有用功与总功之比叫做机械效率（mechanical efficiency），通常用百分率表示，符号是 η ，即

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

示例 · 机械手臂将 $G = 60\text{ N}$ 的重物匀速提升了 $h = 0.5\text{ m}$ （空气阻力忽略不计）。在这个过程中机械手臂一共做功 $W_{\text{总}} = 100\text{ J}$ 。该机械手臂提升重物的机械效率是多少？

解：机械手臂匀速提升重物的拉力 $F = G$ ，提升距离 $s = h$ ，因此，机械手臂做的有用功

$$W_{\text{有用}} = Fs = Gh = 60\text{ N} \times 0.5\text{ m} = 30\text{ J}$$

因此，机械手臂的机械效率

$$\eta = \frac{W_{\text{有用}}}{W_{\text{总}}} \times 100\% = \frac{30\text{ J}}{100\text{ J}} \times 100\% = 30\%$$

提升机械效率可以通过减少额外功从而提升有用功在总功中的占比来实现。任何机械的机械效率总小于100%。起重机的机械效率一般为40%~50%，抽水机的机械效率一般为60%~80%。

减少额外功的方法通常是减小摩擦或者使用质量更小的轻型机械。

想一想

通过计算我们发现，机械手臂的机械效率（图8-5-3）其实并不高，那么，使用机械手臂的意义是什么？

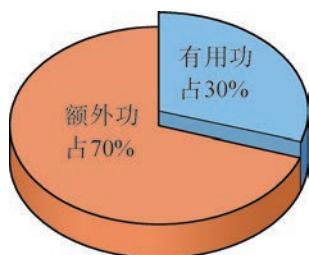


图8-5-3

有用功与额外功

练一练

1. 机械效率总小于 100% 的原因是（ ）。
 - A. 动力大于阻力
 - B. 动力所做的功大于克服阻力所做的功
 - C. 额外功大于有用功
 - D. 任何机械都有摩擦，因此都要做额外功
2. 从井中提水的时候，克服水桶重力所做的功是_____；如果要将井底的水桶提上来，在水桶上提时往往会上一部分水，这时克服水的重力所做的功是_____。（均选填“有用功”“额外功”或“总功”）
3. 机械效率是反映机械性能的重要标志之一。若甲的机械效率高于乙的机械效率，判断以下三种说法是否正确，并简述理由。
 - (1) 甲做的有用功比乙做的有用功在总功中的占比大。
 - (2) 甲做的总功比乙做的总功多。
 - (3) 甲的功率比乙的功率大。
4. 在将重为 30 N 的旗帜升到 12 m 高处的过程中，所做的额外功为 60 J。
 - (1) 需要做的有用功为多少？
 - (2) 总功为多少？
 - (3) 机械效率为多少？



跨学科实践

物理学与工程实践

斜拉桥的原理与模型制作

斜拉桥是用许多斜拉索将主梁直接拉在桥塔上的一种桥梁，是大跨度桥梁的主要类型。斜拉桥的主要结构包括主梁、斜拉索和桥塔。图 1 所示的斜拉索桥是港珠澳大桥的重要组成部分，其桥塔像风帆一样伫立在海中，寓意一帆风顺，与两侧的斜拉索、下面的主梁构成了一道美丽的风景线。



图 1 港珠澳大桥

● 跨学科实践任务

任务 1：斜拉桥的设计应用了许多物理知识。如图 2 所示，图 (a) 虚线框中的结构可简化为图 (b) 所示模型。在图 3 中绘制该模型的受力图，并根据杠杆的平衡条件，猜想各个力之间的大小关系，设计实验验证猜想。

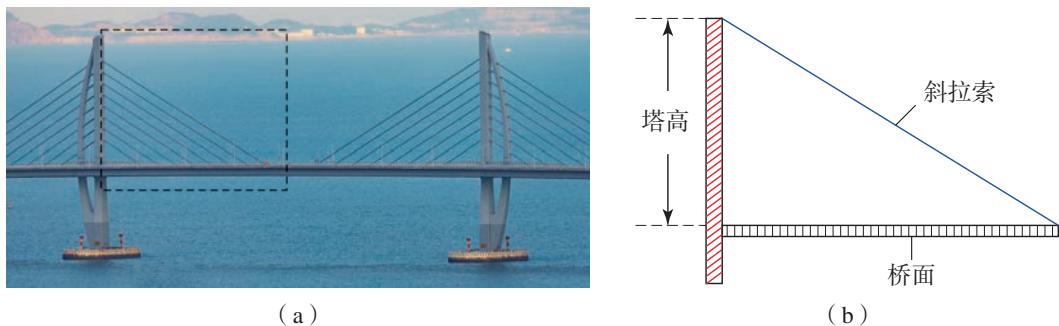


图 2



图 3

任务 2：选择一座现有的跨江斜拉桥，利用规定的材料，制作大桥跨江主桥部分的模型，并对模型进行承载测试，比比谁的模型更美观、更坚固。

材料：A3 白卡纸一张（尺寸 $420\text{ mm} \times 297\text{ mm}$ ）、宽度为 8 mm 的双面胶带一卷、细线。

要求：① 模型稳定并有一定的承载能力（测试方法：逐个将钩码置于桥面中心）；② 桥体跨度不小于 280 mm 。

● 评价与反思

评价项目	评价要点（☆☆☆）	自评	互评
实践计划	能制订分工合理、任务明确、进度可行的实践计划		
	能在规定的时间内完成计划		
实践成果	能正确绘制受力图，猜想各力之间的大小关系		
	能设计简单易行的实验验证方案，完成实验步骤，分析实验数据，获得实验结论		
	能利用规定器材，制作符合要求的斜拉桥主桥模型		
	通过模型测试，不断改进设计，提升承载能力，增强美观程度		

(续表)

评价项目	评价要点(☆☆☆)	自评	互评
信息搜集	能有效搜索所需学习资源，注意数据的可靠性和时效性		
	能规范地标注引用数据、图片等相关信息的来源		
交流合作	能利用数字设备开展交流活动		
	在完成各自任务的同时，能与其他成员团结协作，开展合作		
	在规定时间内完成展示，表达方式合理、流畅自然		

评分方法：完全符合评价要点得☆☆☆，部分符合得☆☆，少量符合得☆

回顾与复习

本章小结

基本概念和基本规律

- 杠杆：在力的作用下绕固定点转动的硬棒。
- 杠杆的平衡条件：动力 \times 动力臂 = 阻力 \times 阻力臂。
- 功：功 W 等于作用力 F 跟物体沿力的方向通过的距离 s 的乘积，即 $W = Fs$ 。
- 功率：功与做功所用时间之比，即 $P = \frac{W}{t}$ 。功率表示做功的快慢。
- 动能：物体由于运动而具有的能量。
- 重力势能：物体由于受重力作用而具有的与高度有关的能量。
- 弹性势能：物体由于发生弹性形变而具有的能量。
- 机械能：动能和势能统称为机械能。
- 机械效率：有用功与总功之比，即 $\eta = \frac{W_{\text{有用}}}{W_{\text{总}}} \times 100\%$ 。

知识结构图



本章练习

1. 如图1所示，拉杆式书包相当于一个_____杠杆。通过作图及文字说明判断的依据。

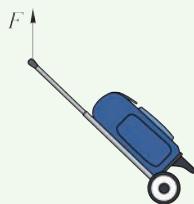


图1

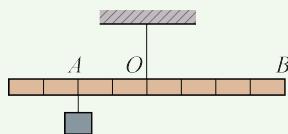


图2

2. 图2为标有均匀刻度的轻质杠杆，A处挂一个重为2 N的物体。若要使杠杆在水平位置平衡，则在B处施加的力为（ ）。

- A. 一定为1 N
- B. 可能为2 N
- C. 可能为0.5 N
- D. 一定为4 N

3. 某同学用100 N的力将课桌搬动了2 m，所用时间为4 s。他根据功、功率的相关知识，得出他对课桌做功为200 J，功率为50 W。他的结论是否正确，请简述理由。

4. 图3是甲、乙两辆汽车的铭牌。若甲、乙两汽车都按各自的发动机功率正常行驶，则下列说法正确的是（ ）。

- A. 甲汽车的功率大，做功一定多
- B. 乙汽车的功率小，做功不一定慢
- C. 若甲、乙两汽车做功时间相同，则乙汽车做功多
- D. 若甲、乙两汽车做功相同，则甲汽车所用时间短



甲



乙

图3

5. 以省力杠杆和动滑轮分别提升同一重物的过程为例，比较省力杠杆与动滑轮的使用特点。

(1) 下列各项中，省力杠杆和动滑轮使用时都可以实现的是()。

- A. 能省力
- B. 能改变用力的方向
- C. 能省距离
- D. 既能省力又能省距离

(2) 与动滑轮相比，使用省力杠杆的优点有：_____。
_____。(写出两点)

6. 如图 4 所示，用一个动滑轮在 10 s 内将一重为 2 N 的物体匀速向上提起 0.6 m，拉力为 1.8 N。这个动滑轮的机械效率是多少？拉力的功率有多大？

7. 如图 5 所示，用大小相等的水平拉力 F 分别向右拉动质量不同的物体 A、B ($m_A < m_B$)，第一次使物体 A 在水平面上低速运动，第二次使装有轮子的物体 B 在水平面上高速运动。若两物体移动了相同距离，关于拉力 F 做功有两种说法。

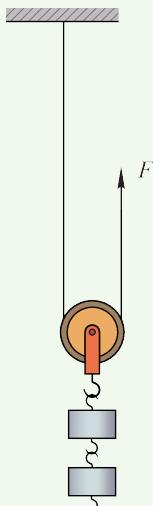


图 4

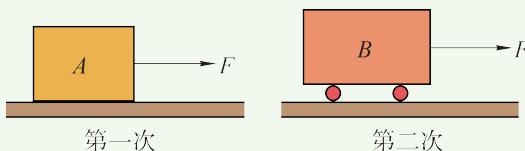


图 5

甲：物体 B 运动得快，因此拉力 F 对物体 B 做功多。

乙：质量大的物体，所受的重力大，因此拉力 F 对 B 物体做功多。
两种说法是否正确？简述理由。

8. 如图 6 所示，某同学站在商场的自动扶梯上匀速下楼，运动轨迹如图 (b) 中虚线所示。

(1) 在图 (b) 中画出该同学的受力示意图 (图中用“•”表示该同学)。

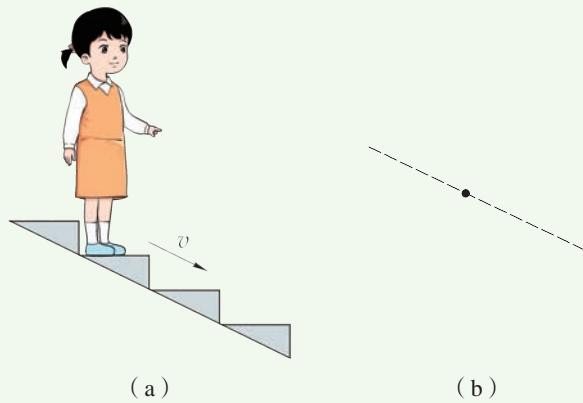


图 6

(2) 此过程中, 该同学的动能_____，机械能_____。

(3) 该同学匀速下楼过程中重力势能转化为动能, 这种说法是否正确? 请简述理由。

9. 某小组在研究动滑轮的使用特点时, 发现使用动滑轮有时可以省力, 有时不能省力。为了探究上述问题, 他们重新进行了实验, 分别测量了滑轮所受的重力 $G_{\text{滑}}$ 和物体所受的重力 $G_{\text{物}}$, 并将相关数据记录在了表格中。

(1) 根据表 1 和表 2 中的数据, 分析使用动滑轮时, “省力”“费力”以及“既不省力也不费力”对应的条件。

表 1

$$G_{\text{滑}} = 2 \text{ N}$$

实验序号	$G_{\text{物}}/\text{N}$	F/N
1	1	1.5
2	2	2.0
3	4	3.0

表 2

$$G_{\text{滑}} = 4 \text{ N}$$

实验序号	$G_{\text{物}}/\text{N}$	F/N
4	2	3.0
5	4	4.0
6	6	5.0

(2) 在不能忽略滑轮所受重力的情况下, 总结使用动滑轮所需拉力 F 与滑轮重力 $G_{\text{滑}}$ 和物体重力 $G_{\text{物}}$ 之间关系的表达式。

10. 某纯电动汽车的有关数据见表 3，在某一次测试过程中，该汽车以表中的功率在水平路面上 5 min 内匀速直线行驶了 9 000 m。求：
- (1) 该汽车在这次测试过程中牵引力所做的功。
 - (2) 该汽车受到的水平阻力。

表 3

车辆类型	纯电动车
电池类型	磷酸铁锂电池
纯电模式续驶里程	160 km
整车质量	1 385 kg
功率	52 kW

11. 图 7 是运动员跳台滑雪的示意图，运动员从 A 点静止滑下，在 B 点离开跳台，经过 C 点，在 D 点落地后滑行至 E 点停下，运动过程中空气阻力忽略不计，试回答：

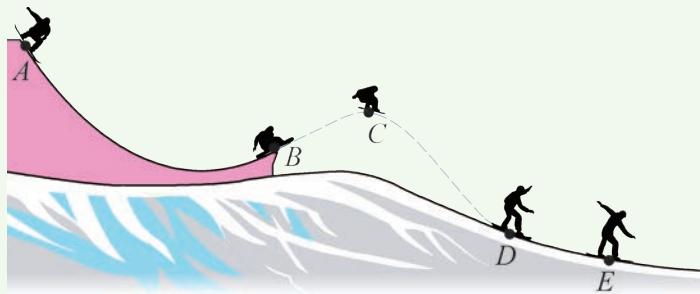


图 7

- (1) 运动员从 B 点到 D 点过程中，动能与重力势能如何转化？
- (2) 运动员在 D 点落地后为何能继续滑行并在 E 点停下？

▶ 主题学习：人体与机械 4

全民健身是全体人民增强体魄、健康生活的重要措施，是每个人健康成长和幸福生活的重要基础。健步走可以起到锻炼身体的目的。人走路时，重心会发生上下移动。某人的质量为 50 kg ，腿长 65 cm ，重心大约位于肚脐上方 7 cm 处。此人按步距 $l=50\text{ cm}$ 走路，每走一步，重心位置高度变化 $h=5\text{ cm}$ ，如图8所示。

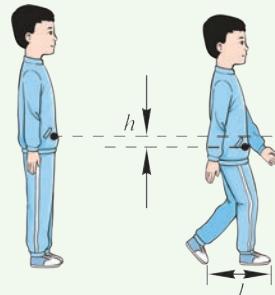


图8

- (1) 人在行走时，身体的哪一部分可以看成是杠杆？
- (2) 若此人走 100 步，他克服重力做的总功为多少？
- (3) 若此人走 100 步用时 50 s，他克服重力做功的功率为多少？
- (4) 若此人在水平路面上正常行走 1 h，手机上的运动软件显示他消耗了 $6 \times 10^5\text{ J}$ 的能量，则此人走路时身体克服重力做功的效率是多少？人体消耗的能量除了用于克服重力做功，还用于哪些方面？



第⑨章 物态变化

天空中的云、高山上的积雪、河面上的冰、冰层下方流动的水，以及空气中的水蒸气，这些都是水的不同状态。自然界的物质在不同条件下会处于不同的状态。本章我们将学习各种物态变化过程及其特点。

通过本章内容的学习，你将了解温度的概念和温度计的工作原理；认识分子动理论的基本观点，以及物态变化的规律；初步形成物质和能量的观念；感悟水循环对人类生存环境的重要性。

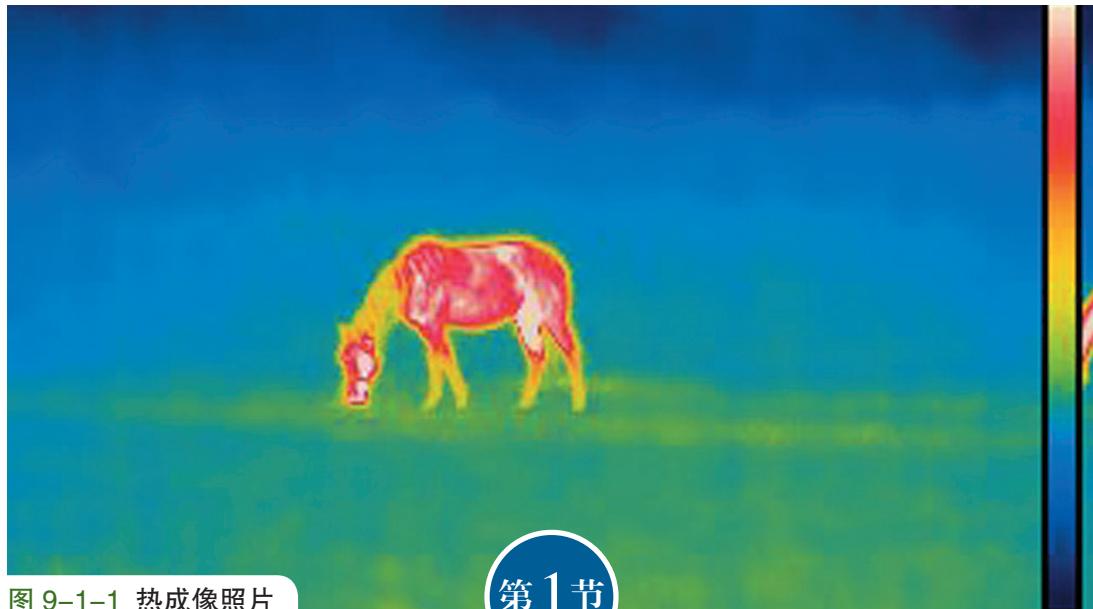


图 9-1-1 热成像照片

第1节

温 度

我们在生活中经常能感受到冷和热的差异，冰块是冷的，刚蒸好的包子是热的。图 9-1-1 是一张热成像照片，你知道图中的不同颜色反映了什么吗？

● 什么是温度？

在日常生活中，我们通常凭人体感觉来判断冷热。



自主活动

三个盆分别装有冷水、温水和热水，先将两手分别浸入热水和冷水 中，再将两手一起浸入温水中，两手的感觉是怎样的？

通过上述活动，我们知道凭感觉判断冷热有时并不准确。因此，我们引入温度(temperature)这一物理量来表示物体的冷热程度。

生活中常用的是摄氏温度，用 t 表示，它的单位是摄氏度，符号是 $^{\circ}\text{C}$ 。

在温度变化时有些物质的状态会发生变化。例如，固态的冰在温度升高时会化成液态的水，当温度更高时，液态的水会变成气态的水蒸气。

● 如何测量温度？

我们可以用温度计测量物体的温度。图9-1-2是一种常见的液体温度计，它是利用液体热胀冷缩的性质来测量温度的。液体温度计里常装有酒精、煤油等。

为了准确地读出温度，必须确定温度计上的刻度。摄氏温度是这样规定的：取1个标准大气压下冰水混合物的温度为 0°C ，沸水的温度为 100°C ，然后在 0°C 和 100°C 之间分成100等份，每一等份即为 1°C 。 $0 \sim 100^{\circ}\text{C}$ 范围以外也按照同样的分度大小扩展。例如，人的正常体温大约是 37°C ；我国东北地区冬天的极端气温可低至 -50°C ，读作零下50摄氏度。



图9-1-2 液体温度计

自然界的 低温极限	冰冻的 食物	冰水 混合物	人体	沸水	酒精灯 火焰(外焰)	太阳 表面
-273.15	-20	0	约37	100	约700	约6000

单位： $^{\circ}\text{C}$

图9-1-3 自然界的一些温度



温度与我们的日常生活息息相关，过高的温度和过低的温度都会令人感到不适，甚至造成伤害。人的皮肤直接接触 50°C 的物体 2 min 就可能被烫伤；长时间暴露在 0°C 以下的环境中很容易使裸露在外的皮肤冻伤。大多数导致食物腐败的细菌在 $8\sim63^{\circ}\text{C}$ 之间迅速繁殖，因此食物在这个温度范围内最容易变质。 100°C 以上的温度可以杀灭大部分细菌，而在 -18°C 以下的环境中，细菌将停止繁殖，但仍然有可能存活。有些人习惯等待食物冷却至室温后才放进冰箱，从防止食物变质的角度来看，这种做法并不正确。



图 9-1-4 红外温度计

物质的不少物理性质都会随温度变化而变化，根据这些变化的规律可以制作各种温度计。图 9-1-4 所示的温度计是根据被测物体发出的热辐射来测定物体表面的温度。这种温度计不需要与被测物体接触就可以测量被测物体的温度。图 9-1-1 的热成像照片就是利用这个原理拍摄的，图中的不同颜色对应着不同的表面温度。在工业生产和科学的研究中也常用温度传感器测量物体的温度。

专门用于测量人体温度的温度计称为体温计，常见的体温计有液体体温计、电子体温计（图 9-1-5）。液体体温计内装有汞，因其测量准确、稳定性高、价格低廉而得到了长期广泛的使用，但由于人们越来越重视汞的危害，我国已明确规定将从 2026 年 1 月 1 日开始禁止生产含汞体温计。



图 9-1-5 常见电子体温计

学生实验

用常见温度计测量温度

观察常见温度计

观察实验室使用的液体温度计，其测温范围是多少？分度值是多少？单位是什么？

学习使用常见温度计

使用液体温度计测量液体温度时，应将温度计的玻璃泡完全浸没在被测液体中，玻璃泡不能接触容器壁和容器的底部，待液体温度计内液柱的液面稳定时读数。读数时，温度计的玻璃泡不要离开被测液体，且视线应平视温度计内的液面。

阅读温度传感器、电子体温计的使用说明书，了解使用方法。

用常见温度计测量温度

分别用液体温度计、温度传感器测量热水、冷水、温水的温度，将数据记录在表 9-1-1 中，并比较两种温度计测得的温度。

表 9-1-1 数据记录表

待测物质	热水	冷水	温水
液体温度计测得的温度 /℃			
温度传感器测得的温度 /℃			

用电子体温计测量同组同学的体温，比较各位同学的体温差异。

注意

若采用接触式电子体温计，每位同学在测量体温前都需要用医用酒精对体温计消毒。

拓展 视野

科学研究中常用的是热力学温度，用字母 T 表示。在国际单位制中，热力学温度的基本单位是开尔文，符号是 K。热力学温度与摄氏温度之间的换算关系是

$$T = 273.15 + t$$

热力学温度的 0 K 称为“绝对零度”。研究表明，0 K 是不可能达到的。

约 138 亿年前，宇宙刚刚开始形成，它的温度约为 10^{32} K。随着宇宙的膨胀，它逐渐冷却，现在宇宙的平均温度约为 3 K。地球上的平均温度比宇宙的平均温度高，这是因为地球离太阳较近且有大气层包裹。如果没有太阳，地球也将处于 3 K 左右，地球生命也就不可能存在了。

● 温度的微观意义是什么？

温度常常会对日常生活中的一些现象产生影响。

自主活动

在一盆冷水和一盆热水中分别滴入一滴蓝墨水，如图 9-1-6 所示，观察发生的现象。



图 9-1-6 在水中滴入蓝墨水

常见的物质是由大量分子、原子构成的，分子都在不停地做无规则运动。蓝墨水在水中散开是一种扩散现象，它是由分子的无规则运动导致的。热水中的蓝墨水比冷水中的扩散得更快，说明温度越高，扩散越快，分子运动越剧烈。日常生活中，有许多扩散现象的例子。你闻到花香，就是芳香分子进入了你的鼻子；外壳完好的鸭蛋，浸入盐水里一段时间后，里面都变咸了，那是因为食盐分子进入了鸭蛋内部。

分子在不停地运动，但组成固体或液体的分子却不会飞散开，总是聚集在一起保持一定的体积，是因为分子间存在着相互作用力。花瓣下方有时会挂着露珠（图 9-1-7），这是分子间存在引力的体现。如图 9-1-8 所示，木块不易被压缩，它是分子间存在斥力的反映。



图 9-1-7 露珠能悬挂在花瓣下方



图 9-1-8 木块不易被压缩

这就是分子动理论的初步知识。分子运动受到分子间相互作用力的影响。温度反映了分子运动剧烈程度，温度越高，分子运动越剧烈。正是因为这种关系，分子无规则运动也称为分子热运动。

练一练

1. 我们常常觉得泉水冬暖夏凉，这是因为泉水的温度夏天低、冬天高吗？
2. 规定摄氏温度时，为什么要取 0°C 和 100°C 两个温度作为标准温度来进行定标？取人的正常体温作为两个标准温度的其中一个，有什么缺点？
3. 下列能体现分子无规则运动的现象是（ ）。
A. 雪花纷飞 B. 树叶飘落 C. 花香扑鼻 D. 水波荡漾

► 主题学习：分子热运动与物态变化 1

将各种颜色的糖果在白色浅碟中摆放成你喜欢的图案，加入少量水，使糖果的一半浸入水中（图 9-1-9）。

- (1) 盘子里发生了什么变化？
- (2) 分别用热水和冷水来做这个实验，现象有什么不同？
- (3) 这个实验说明了什么？



图 9-1-9



图 9-2-1 水的沸腾

第2节

汽化和液化

如果用一个透明的锅来烧水，水烧开时会看到水中翻腾着大量的气泡，锅上方还会冒出白雾，而锅盖下和锅壁内则会出现水珠（图 9-2-1）。这些气泡、白雾和水珠是怎么产生的呢？

● 什么是汽化？

烧水过程中，容器中的水逐渐减少，不断变成水蒸气。物理学中，把物质从液态变为气态的过程叫做汽化（vaporization）。汽化有沸腾和蒸发两种方式。

图 9-2-1 中，水烧开时产生大量气泡。这种在液体内部和表面同时发生的剧烈汽化现象，叫做沸腾。

学生实验**探究水在沸腾前后温度变化的特点****提出问题**

锅里的水烧开后持续加热，沸腾前后水的温度_____。如何用实验验证你的猜想？

搜集证据

• 器材

现有以下器材可供选择：

水、烧杯、温度传感器及配套器材、天平、酒精灯、铁架台、陶土网。

本实验无需使用的器材是_____。

• 方案

如图 9-2-2 所示，将水倒入烧杯，固定温度传感器，使_____完全浸入水中，用酒精灯加热烧杯中的水直至沸腾。

根据温度传感器测得的数据，绘制_____关系曲线，记录并观察水在沸腾前后温度的变化规律。

• 记录

在图 9-2-3 的方格纸中根据数据绘制曲线。



图 9-2-2

探究水在沸腾前后温度变化的特点

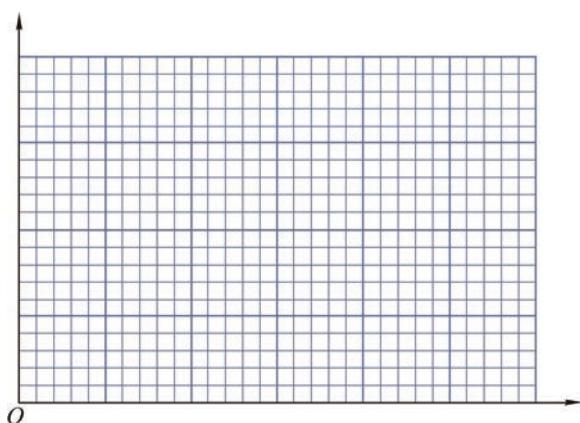


图 9-2-3 绘制图像



按照实验规范正确使用酒精灯，使用时避免烫伤、失火。

作出解释

- 分析

观察图 9-2-3 中绘制的曲线变化情况。

- 结论

由上述实验可知：_____。

交流反思

比较各组实验曲线的异同，并分析原因。从实验曲线中还能发现什么问题？撤去酒精灯后，水是否还会继续沸腾？

大量实验表明，水的温度在沸腾前持续上升，沸腾过程中始终保持不变。水在沸腾过程中，虽然温度保持不变，但需要用酒精灯持续加热，说明水在沸腾过程中不断吸热。

液体在沸腾过程中都保持一定的温度，这个温度叫做沸点。不同的液体，沸点不同。



自主活动

用注射器吸入适量 80 ℃ 左右的水，用牙签或橡皮泥将注射口堵住，然后用力向外拉动活塞（图 9-2-4），观察注射器中的水，你看到了什么现象？如何解释这种现象？



图 9-2-4 沸点与压强的关系

通过上述活动发现，压强也会影响沸腾过程。液体上方的压强越大，沸点越高。大气压强随着海拔高度的增大而减小，海拔每升高 300 m，纯水的沸点大约要下降 1 ℃。在海拔很高的地方，水的沸点会远低于 100 ℃，导致食物难以煮熟，所以在那些地方要用高压锅烹煮食物。

表 9-2-1 是一些常见物质在 1 个标准大气压下的沸点。

表 9-2-1 一些常见物质的沸点 (1 个标准大气压)

物质	沸点 /°C	物质	沸点 /°C	物质	沸点 /°C
液态铁	2 861	汞	357	液态氧	-183
液态铜	2 560	水	100	液态氮	-196
液态铅	1 749	酒精	78	液态氦	-269



图 9-2-5 晒衣服

湿衣服晾晒后会变干 (图 9-2-5)，雨后的地面也会变干，这也是水的汽化现象。这种只在液体表面发生的汽化现象叫做蒸发，蒸发在任何温度下都能发生。在手上擦上酒精后，擦酒精的位置会觉得凉，这是因为酒精蒸发过程中从手上吸热。

影响蒸发快慢的因素很多。液体的温度越高，表面积越大，液面附近空气流通越快，蒸发就越快。夏天，将衣服充分展开并晒在空气流通处，衣服很快就干了。

我国沿海居民自古以来就利用海水晒制食盐，晒盐时将海水引入盐田，经日晒风吹逐渐将水分蒸发掉，就会得到结晶的盐。浙江省象山县、海南省儋州市的传统海盐晒制技艺，已成为国家级非物质文化遗产。图 9-2-6 是儋州的石槽盐田。



图 9-2-6 億州的石槽盐田

● 什么是液化？

装有冰水的杯子外壁出现水珠，是空气中的水蒸气遇冷凝结成水。物理学中，把物质从气态变成液态的过程叫做液化（liquefaction）。萦绕在山峰之间的云雾、花瓣上的露珠等，都是水蒸气液化的结果。液化是汽化的逆过程。

与汽化过程吸热相反，液化过程会放热。例如，烧开水时，壶嘴处的水蒸气除了温度高，其液化时也会放出大量的热，因此被水蒸气烫伤比被开水烫伤更严重。

近年来，安全性高、排气污染小的天然气得到了越来越普遍的使用。天然气液化后的体积大大减小，便于运输和储存。液化天然气可用专用船或油罐车运输和储存，从而可将天然气输送到管道无法到达的地方。液化天然气在运抵目的地后被重新汽化，并通过管道输送至配送公司、工业用户和发电厂。利用液化天然气汽化过程中需要大量吸热这一特征，还可以用于干冰制造、食品冷冻、海水淡化等多种需要低温的地方。



想一想

戴眼镜的同学冬天从室外走进温暖的屋子时，镜片上会起雾，如何解释这一现象？你能再举几个液化的例子吗？



STSE

利用不同液体具有不同沸点这一性质可以分离混合在一起的不同种类液体，利用汽化可以将液体与溶解在其中的物质分离。

工业制氧技术就充分利用了不同液体的沸点差异。由于空气中含有约 21% 的氧气，是一种成本很低而又很容易得到的制氧原料。在制氧过程中，先通过降温和加压使空气液化，然后再适当升温。由于液态氮的沸点比液态氧的沸点低，因此液态氮先发生汽化，剩下的就主要是液

态氧了。

现代的废水处理技术利用了汽化原理。用蒸发器将废水中的水转变为水蒸气，留下沸点较高的污物，一方面可以减少需要运转的废物量，另一方面也可从废水中回收有用的副产品。

练一练

1. 如果将酒精作为温度计的测温物质，能否测量沸水的温度？
2. 夏天，冰镇饮料的瓶子外壁会出现水珠，这个过程会使瓶中饮料的温度_____，原因是_____。
3. 沸腾的水上方会出现白色的雾气，这是如何形成的？露天温泉的上方也常常有白雾缭绕，但温泉的水并没有沸腾，这白雾又是如何形成的？

► 主题学习：分子热运动与物态变化 2

在保鲜袋中倒入少量酒精，将多余空气挤出，并将袋口扎紧使其不漏气。将保鲜袋浸入热水中，你会看到保鲜袋渐渐鼓起。（活动中注意避免烫伤。）

（1）除了保鲜袋中残余空气受热膨胀外，导致保鲜袋鼓起的原因还有哪些？

（2）热水温度升高，酒精分子运动剧烈程度如何变化，为什么？

（3）如果热水的温度足够高，你还能看到酒精发生了沸腾，这是为什么？



图 9-3-1 冰的熔化

第3节

熔化和凝固

寒冷的冬季，屋顶上的积雪化成的水，在从屋檐滴下来的过程中，因为环境温度低，部分水凝成了冰锥，而冰锥下方又有冰化成的水滴下来（图 9-3-1）。这个过程中，水在固态和液态之间相互转变。那么物质在固态和液态之间转变的过程有什么特点吗？

● 什么是熔化？

夏天，将冰箱里的冰块放到室温环境下，冰会逐渐化成水；在铸造金属构件时，往往将固态的金属变成液态的金属后，再进一步加工。物理学中，把物质从固态变成液态的过程叫做熔化（melting）。

 自主活动

将海波（硫代硫酸钠晶体）放入试管中，把温度传感器插入其中，并将试管放入远红外加热器中（图 9-3-2）。启动远红外加热器，直至试管中的海波完全熔化成液体。用石蜡重复上述实验。持续观察物质的状态变化，并比较两次实验中计算机采集的温度随时间变化的图像。



图 9-3-2

物质在熔化过程中的温度变化

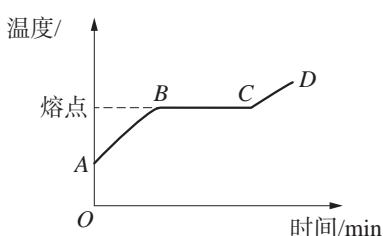


图 9-3-3
晶体熔化时的温度变化曲线

实验发现，海波在熔化过程中温度保持不变，完全熔化后温度才继续升高。

对于海波这类固体而言，只有被加热到某一确定温度时，熔化才开始发生。物质在熔化过程中吸热，但温度保持不变，这个温度叫做熔点。

具有熔点的固体叫做晶体。晶体达到熔点后继续吸热，就会变成液体。晶体熔化时温度的变化曲线如图 9-3-3 所示。

表 9-3-1 是一些常见物质在 1 个标准大气压下的熔点。

表 9-3-1 一些常见物质的熔点（1个标准大气压）

物质	熔点 /℃	物质	熔点 /℃	物质	熔点 /℃
钨	3 414	金	1 064.2	固态酒精	-114.1
铂	1 768.2	铝	660	固态氮	-210
铁	1 538	冰	0	固态氧	-218.8
铜	1 084.6	固态汞	-38.8	固态氢	-259

石蜡、黄油、巧克力等持续受热将不断软化，并呈现出流动性，最后完全熔化成液体。在此过程中，它们的温度不断升高。这类没有熔点的固体叫做**非晶体**。玻璃也是一种典型的非晶体，各种形状的玻璃制品，就是利用玻璃在熔化过程中逐渐软化的特点制作的（图 9-3-4）。



图 9-3-4 制作玻璃制品

● 什么是凝固？

寒冬，河面的冰，屋檐下挂着的冰锥，是水遇冷形成的。物理学上，把物质从液态变成固态的过程叫做**凝固**（solidification）。物质在凝固时放热。

熔化成液态的晶体在温度降至熔点后会重新凝固，凝固过程中物质不断放热但温度保持不变，物质呈固、液共存的状态，直至完全凝固。所以，晶体的**凝固点**与它的熔点相同。

非晶体既没有熔点，也没有凝固点，在凝固过程中温度不断下降。凝固是熔化的逆过程。

人类很久以前就学会了利用物质的熔化和凝固来制作各种生产生活用品。我国自夏朝末期



图 9-3-5 三羊尊

拓展 视野

除了固态、液态、气态以外，还有一种物质的状态常常被称为“物质的第四状态”。当气体中的原子发生电离时，电子从原子中分离出来，形成一种由带正电的粒子（离子）和带负电的粒子（电子）构成的电离气体，这种气体被称为等离子体。等离子体像气体一样，既没有确定的形状，也没有确定的体积。不过，由于等离子体是由带电粒子构成的，因此能够导电，并能与电磁场发生相互作用。

恒星（包括太阳）、彗尾、极光、闪电、地球电离层、焊接电弧等，都是等离子体。在日常生活中，我们看到的霓虹灯和荧光灯，也是由于灯管中的低压气体形成了等离子体而发光的。

等离子体的应用极为广泛，在计算机芯片、航空航天、汽车、钢铁、生物医学、纺织、光学、环境保护等方面均有重要应用，材料的等离子处理已成为一项关键技术。

练一练

1. 0°C 的冰是否一定熔化，为什么？

2. 将某种金属块放入 15°C 的水中，金属块没有熔化；将该金属块放入 45°C 的水中，发现金属块逐渐熔化。该金属的熔点可能是()。
- A. 10°C B. 30°C C. 50°C D. 60°C
3. 汽车发动机中加入防冻液，以防止气温很低时冷却液结冰而导致发动机气缸被冻坏，其主要作用是_____冷却液的凝固点。

► 主题学习：分子热运动与物态变化 3

如图 9-3-6 (a) 所示，将一根冰柱两头架起，将一根两头各悬挂一重物的细线挂在冰柱中间，细线会逐渐嵌入冰柱 [图 9-3-6 (b)]，最后会穿过冰柱，而冰柱上虽然有细线穿过留下的痕迹，但冰柱并没有断开。

(1) 水凝固成冰后失去了流动性，这是否意味着冰中的水分子不再运动？

- (2) 细线穿过前后，冰柱上留下切痕处的分子间作用力()。
- A. 一直变小 B. 一直变大
C. 先变小后变大 D. 先变大后变小
- (3) 研究表明，压强也会影响熔点的高低。分析悬挂细线处的冰的熔点变化及原因。

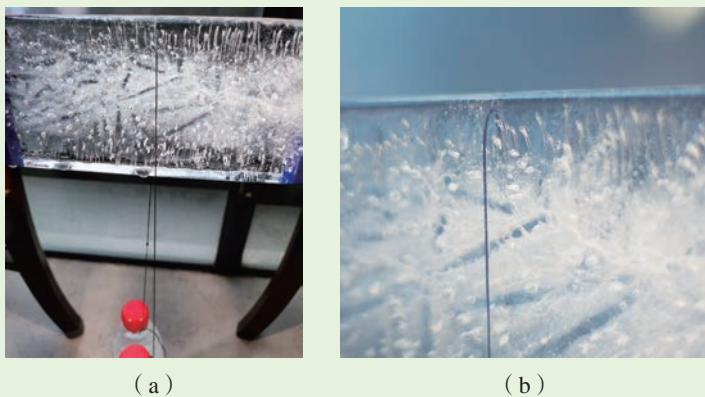


图 9-3-6



图 9-4-1 菜品周围的白雾效果

第4节

升华和凝华

冰淇淋蛋糕包装盒周围用于保鲜的干冰没有变成液体就直接消失了；在舞台上和一些精致的菜品周围，有时也会用干冰营造出自白雾效果（图 9-4-1）。你知道造成这些现象的原因吗？

● 什么是升华？



自主活动

在大试管中加入固态碘，塞紧塞子后，微微加热试管，你会看到什么现象？

固态的碘受热后变成了气态的碘。物理学中，把物质跳过液态，从固态直接变为气态的过程叫做升华（sublimation）。在寒冷的冬季，晾

在室外的湿衣服会结冰，但结冰状态下也能晾干，就是因为冰升华变成了水蒸气。

升华过程需要吸热。干冰就是固态的二氧化碳，它在升华过程中会大量吸热，使周围空气的温度降低，导致空气中的水蒸气液化成小水滴，就是图 9-4-1 中的白雾。

在日常生活中，有不少升华的现象。放在衣柜里的樟脑球发生升华，逐渐变小；放在卫生间里的固体空气清新剂（图 9-4-2）也会因为升华而体积逐渐变小。

食品工业中的冷冻干燥技术是先冷冻食材，然后降低压强将其中的水从固态升华为气态。这样制成的冻干食品（图 9-4-3）可以最大限度地保持食材的品质和形状，并且可长期保存。现代冻干技术在制药行业和疫苗生产领域也发挥了重大作用，它保证了医药制品结构的完整性以及长期保存的可能性。



图 9-4-2 固体空气清新剂



图 9-4-3 冻干食品

● 什么是凝华？

将有碘蒸气的试管冷却一段时间后，发现试管中逐渐形成紫色的结晶，这是气态的碘遇冷变成了固态的碘。物质从气态直接变成固态的过程叫做凝华（deposition），是升华的逆过程。凝华过程会放热。

寒冷的夜间，水蒸气遇冷凝华，在植物上形成小冰晶，那就是霜（图 9-4-4）。刚从冰箱里拿出来的棒冰上的一层“白霜”、空中飘下的雪花，也都是空气中的水蒸气凝华而成的。



图 9-4-4 植物上的霜

在印刷行业中，染料升华印刷技术将染料先升华为气态，再凝华到印刷的材料上。利用这种技术印刷的图案不易脱落变形，而且印刷过程非常迅速，不产生任何废水排放。

拓展 视野

物态变化可以用分子动理论来解释。分子之间存在间隙，为了使气体液化或凝华，就要减小气体分子之间的距离，这可以通过降低温度和增大压强来实现。当温度降低时，气体分子的运动速度减小，它们无法抵抗分子间的吸引力，会越来越靠近，最后变成液体或固体。另一方面，如果温度不太高，压缩气体，使气体压强增大，气体分子彼此靠近，在达到一定压强后，气体也会变成液体或固体。又如，液体在低于沸点的温度下不断蒸发，这是因为液体中的分子都在不停地做无规则运动，总会有一部分分子从液体的表面逃逸出去。

● 水循环中有哪些物态变化？

地球上的水循环始于约 38 亿年前，来自太阳的能量为水循环提供了动力，地球的引力则阻止了大气中的水离开地球，从而最终形成了现在地球上稳定的水循环。整个地球水循环过程可以大致分为四个阶段（图 9-4-5）。



图 9-4-5 自然界中的水循环

河流、湖泊、海洋和地表的水会蒸发形成水蒸气，水蒸气上升到大气中。也有少量雪和冰通过升华直接转变为水蒸气。空气中的水蒸气在上升过程中冷却液化，变回液态水，形成了云。有少量水蒸气通过凝华形成霜。当云层变得越来越厚重时，在地球引力作用下，水以雨（或雪）的形式落回地球。大部分雪和冰熔化成水，大部分雨滴落在海洋中。落在陆地上的雨滴流入河流和湖泊，再度汇入海洋。在这个过程中，也会有一部分水渗透到土壤中，作为地下水存在于地下。地球表面的这些水继续蒸发，循环再次开始。

虽然地球上 70% 以上的面积被水覆盖，但其中只有 3% 是淡水，其余都是咸水。不仅如此，我们比较容易获得的地表淡水仅占所有淡水的 1%，绝大部分淡水蕴藏在冰川、雪原、地下的土壤和岩石中（图 9-4-7）。而且，可用的地表淡水在世界各地的分布很不均衡，世界上大约五分之一的人口生活在缺水地区，难以获得清洁

想一想

图 9-4-6 表明了物质在三种状态之间的相互转变，试举例说明水循环中的物态变化。

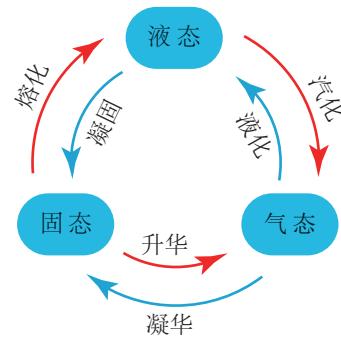


图 9-4-6
三种状态相互转变

的生活用水。由于人口增长、城市化和工业化、全球变暖导致的气候变化和过度用水、污染等问题，世界上越来越多的地区和国家都面临着水资源短缺的危机。水资源危机会带来农业、环境、安全等各方面的问题。目前，世界各国都意识到了水资源危机的严重后果，并开始采取行动，提出越来越多的解决方案，例如废水再利用、密切监测地下水水位等。我国在推进水资源集约节约利用方面正在作出积极的努力。

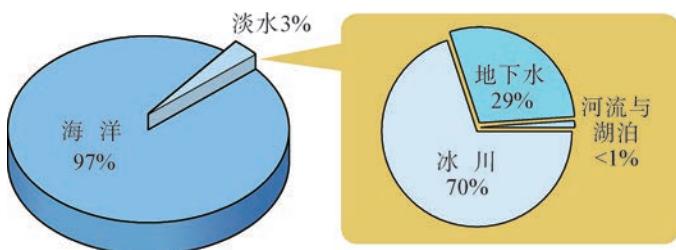


图 9-4-7 地球上的水资源

练一练

1. 在冷冻食物中用干冰代替普通冰块制冷有哪些好处？
2. 干冰能否保存在家用冰箱的冷冻室里，为什么？
3. 将空气清新剂揭去盖子和密封纸，每天观察盒子里的固体空气清新剂，你看到的现象是_____，你对这一现象的解释是_____。
4. 地球上的水不断地在固态、液态、气态之间转变，但总量是不变的，因此只要现在地球上的水足够人类使用，以后也就不会有问题是。这种说法对吗？

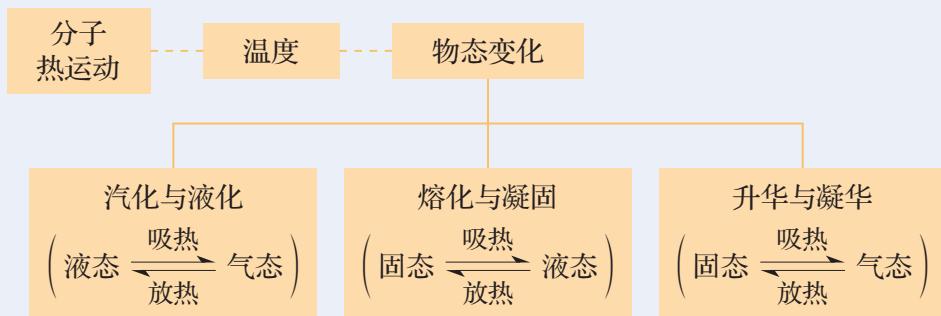
回顾与复习

本章小结

基本概念和基本规律

- 温度：宏观上是表示物体冷热程度的物理量，微观上是表示物质分子无规则运动剧烈程度的物理量。
- 分子动理论：常见的物质是由大量分子、原子构成的；分子都在不停地做无规则运动；分子之间存在着相互作用力。
- 汽化：物质从液态变成气态的过程。
- 液化：物质从气态变成液态的过程。
- 熔化：物质从固态变成液态的过程。
- 凝固：物质从液态变成固态的过程。
- 升华：物质从固态直接变成气态的过程。
- 凝华：物质从气态直接变成固态的过程。

知识结构图



本章练习

1. 液体温度计中，常装有汞、酒精、煤油等，但从来不用水，你知道这是为什么吗？
2. 泡茶时茶香四溢，这个过程中发生的是_____现象。通常用开水泡茶，而不用凉水泡茶的原因是_____。
3. 哪些物态变化过程是放热的？哪些物态变化过程是吸热的？
4. 水烧开时冒出的白雾和夏天冰淇淋周围的白雾是同一种物质吗？它们形成的原因一样吗？
5. 图1是某种物质加热过程中温度随时间变化的曲线。该物质是_____（选填“晶体”或“非晶体”）。它在O到A之间处于_____，在B到C之间处于_____，在D到E之间处于_____，它在A到B之间经历的物态变化过程为_____，在C到D之间经历的物态变化过程为_____。

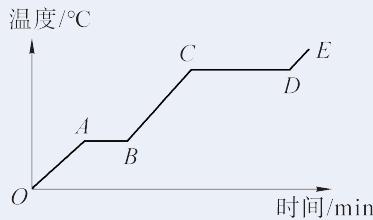


图1

6. 有一种制造干冰的方法是先将二氧化碳加压变成液态，然后使其在密闭容器中迅速恢复到正常压强，在这个过程中，有一部分液态二氧化碳变成气态，但还有大约46%的二氧化碳会冻结成干冰。为什么它们没有全部变成气态呢？

7. 在水资源贫乏地区普遍采用的一种农作物灌溉方式是“滴灌”。

试查阅资料，说明为什么滴灌技术可以节水。除了滴灌以外，农业生产中还有哪些节水措施？

► 主题学习：分子热运动与物态变化 4

获得饮用水是荒野求生的基本技能之一。图 2 是在野外得到饮用水的一种方法：在地上挖一个洞，在洞中间放一个容器，并在容器周围堆放一些植物叶子，在这个洞的上方覆盖一张塑料布，四周用石块压住，并在塑料布中间放一块小石头。过一段时间后，容器中就会出现干净的水。

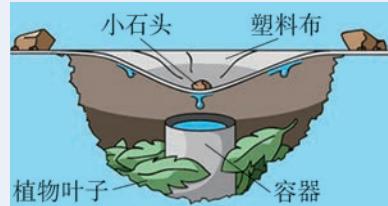


图 2

- (1) 这种方法利用了哪些原理？
- (2) 小石头、植物叶子和塑料布分别起到了什么作用？
- (3) 这种方法在温度较高的情况下效果更好还是在温度较低的情况下效果更好？试解释原因。

后记

本教材根据教育部颁布的《义务教育物理课程标准（2022年版）》编写。

本教材的编写借鉴了上海市“二期课改”教材的经验和研究成果。孙昌璞院士为本教材撰写了序言。在编写的各个阶段，蒋平教授、冀敏教授、陈树德教授审阅了书稿。编写过程中，上海市课程教育教学研究基地（中小学课程方案基地）、上海市心理教育教学研究基地、上海基础教育教材建设重点研究基地和上海市物理教育教学研究基地等上海高校“立德树人”人文社会科学重点研究基地给予了大力支持。在此一并致谢！

本教材出版之前，我们就教材中使用的照片、图片等选用作品，通过多种途径与作者进行了联系，得到了他们的大力支持，在此表示衷心的感谢！对于未联系到的作者，我们也希望作者能及时联系出版社，以便支付相应的稿酬。

欢迎广大师生来电来函指出教材中的差错和不足，提出宝贵意见。

联系方式：

联系电话：021-64848025

电子邮箱：jc@sstp.cn

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

本册教材图片提供信息：

本册教材中的图片由视觉中国、IC photo、中国载人航天工程办公室、中国图片社、上海飞果信息技术等提供。

义务教育教科书

(五·四学制)

物理

WULI

八年级 下册



绿色印刷产品

ISBN 978-7-5478-6881-2

A standard linear barcode representing the ISBN 978-7-5478-6881-2.

9 787547 868812 >

定价：8.85 元