



义务教育教科书

物理

八年级
上册



人民教育出版社

义 务 教 育 教 科 书

物 理

八年级 上册

人民教育出版社 课程教材研究所 编著

人民教育出版社
· 北 京 ·

顾 问：孙昌璞

主 编：彭前程

副 主 编：黄恕伯

分册主编：彭 征

编写人员：（以姓氏笔画为序）

谷雅慧 张 颖 苗元秀 彭前程 彭梦华 翟 磊 魏 昕

责任编辑：邹丽晖

责任设计：房海莹

责任校对：赵丽雅

责任印制：

义务教育教科书 物理 八年级 上册

人民教育出版社 课程教材研究所 编著

出 版 人民教育出版社

（北京市海淀区中关村南大街 17 号院 1 号楼 邮编：100081）

网 址 <http://www.pep.com.cn>

版权所有·未经许可请勿擅用本书制作各类出版物·违者必究

致同学

这套书是根据教育部2022年修订的《义务教育物理课程标准》编写的，它提倡以探究的方式观察客观世界、学习物理知识。

为了便于同学们更好地主动学习，这套书设计了以下栏目。

问题 每节开始创设一个情境问题，引发同学们主动思考，培养大家的问题意识及提出问题的能力。

实验 同学们自己动脑、动手进行的实验活动。在实验过程中，大家不仅要探究、学习物理知识，还要认真体会科学研究的方法。

演示 教师展示的实验活动，以便同学们观察实验现象，思考、学习相关物理内容。

想想做做 同学们自己动手为主的学习活动。通过亲身参与这些简单、有趣的活动，同学们可以更好地体会其中蕴含的物理学道理。

想想议议 同学们主动思考、讨论为主的学习活动。通过同学间的讨论，锻炼自己的表达能力和与其他同学交流的能力。

科学世界 介绍物理知识在更广泛领域的应用，以扩大同学们的视野，属于拓展性内容。

科学·技术·社会·环境 介绍和探讨科学、技术、社会、环境间相互影响的问题，属于拓展性内容。

拓展实验 用传感器、计算机等设备自动记录和处理数据的实验，供有条件的同学选做。

练习与应用 针对本节内容设计的练习题，用于进一步的学习反馈。

复习与提高 针对全章内容设计的练习题，用于巩固知识、提高能力。

本套书还编写了12节跨学科实践活动，以锻炼同学们综合利用所学知识解决实际问题的能力。

之所以安排这些内容，是希望同学们以多种方式探索我们周围广阔、绚丽的物理世界，在学习物理知识的同时，领悟科学研究的方法，提高科学思维的能力，进一步树立科学的价值观。

目 录

开启科学探索之旅	1
----------	---



第一章 机械运动	10
----------	----

第1节 长度和时间的测量	11
第2节 运动的描述	17
第3节 运动的快慢	20
第4节 速度的测量	25



第二章 声现象	31
---------	----

第1节 声音的产生与传播	32
第2节 声音的特性	37
第3节 声的利用	44
第4节 噪声的危害和控制	49
第5节 跨学科实践：制作隔音 房间模型	53



第三章 物态变化	57
----------	----

第1节 温度	58
第2节 熔化和凝固	64
第3节 汽化和液化	70
第4节 升华和凝华	77
第5节 跨学科实践：探索厨房中的 物态变化问题	81

第四章 光现象..... 87

第1节 光的直线传播 88

第2节 光的反射..... 93

第3节 平面镜成像 98

第4节 光的折射..... 103

第5节 光的色散..... 107



第五章 透镜及其应用.....113

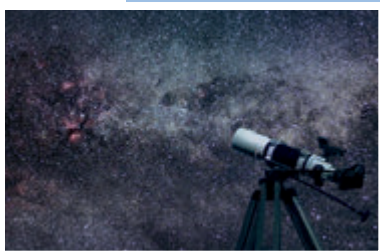
第1节 透镜114

第2节 生活中的透镜118

第3节 凸透镜成像的规律 122

第4节 眼睛和眼镜 126

第5节 跨学科实践：制作望远镜..... 130



第六章 质量与密度..... 138

第1节 质量 139

第2节 密度 144

第3节 测量液体和固体的密度 149

第4节 密度的应用 152



索引..... 159



开启科学探索之旅

沙滩上，和煦的阳光下，一个孩子在无忧无虑地玩耍。他时而凝望大海，时而低下头去在沙滩上捡着什么。忽然他向旁边跑去，拾起了一块光滑的卵石；忽然他又向另一处跑去，捡起了一枚漂亮的贝壳……孩子在沙滩上跳着、跑着，一会儿为发现了美丽的贝壳而欢欣鼓舞，一会儿又为拾到的石子不那么奇特而懊恼、沮丧。沙滩上留下了孩子一串串的足迹。

孩子捧着五颜六色的卵石和漂亮的贝壳，向远处的大海望去，心里在想，这波涛汹涌的大海里蕴藏着怎样一个世界呢？也许海底的石子更漂亮，也许……

是呀，大海究竟是怎样一个世界？这需要人们去发现。同样，物理学这片知识的海洋，更需要我们去探索、去发现。在对知识海洋的探索中，我们正像上面的孩子一样，时而为取得的成果兴高采烈，时而为解决困扰的问题不断思索。

让我们乘上初中物理这叶小舟，扬起理想的风帆，开启我们既充满乐趣又不乏艰辛的科学探索之旅吧！

奇妙的物理世界

有趣的物理

生活中的现象丰富多彩，其中许多与物理有关，这些现象中有许多令人感兴趣的问题。例如，为什么有时大雨将至天空会伴有电闪雷鸣，而有时雨过初晴天空会挂起一道彩虹？为什么轻飘飘的树叶会坠向地面，而巨型飞机却能遨游长空？

这些问题都属于物理学研究的范畴。物理学是研究物质及其运动规律的一门科学，它涉及力、热、声、光、电等形形色色的物理现象，与人们的生活实际息息相关。为了感受物理学的奇妙，我们一起来看看下面两个有趣的实验。

演示

1. 水烧开后把烧瓶从热源拿开，水会停止沸腾。如图1所示，迅速塞上瓶塞，把烧瓶倒置并向瓶底浇冷水，观察有什么现象发生。



图1 重新沸腾的水

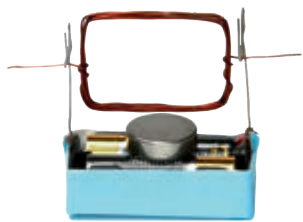


图2 转动的线圈

2. 如图2所示，将线圈放在支架上，线圈下放一块强磁体。接通电源，使线圈中有电流，观察有什么现象发生。

上面的实验现象和你想象的一样吗？你想知道其中的道理吗？

为了进一步感受物理学的奇妙，同学们可以自己动手做一做下面的实验。



想想做做



图3 用放大镜观察物体

1. 用放大镜看自己的指纹，再用放大镜看窗外的物体。你有什么发现？

如图3所示，取两个放大镜，一只手握住一个，通过两个放大镜看前面的物体(可调节两个放大镜间的距离)，你又有什么发现？

2. 如图4所示，在倒置的漏斗里放一个乒乓球，用手指托住乒乓球，然后从漏斗口向下用力吹气，并将手指移开。乒乓球会下落吗？

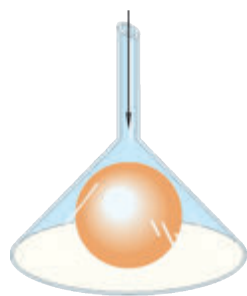


图4 向下吹乒乓球

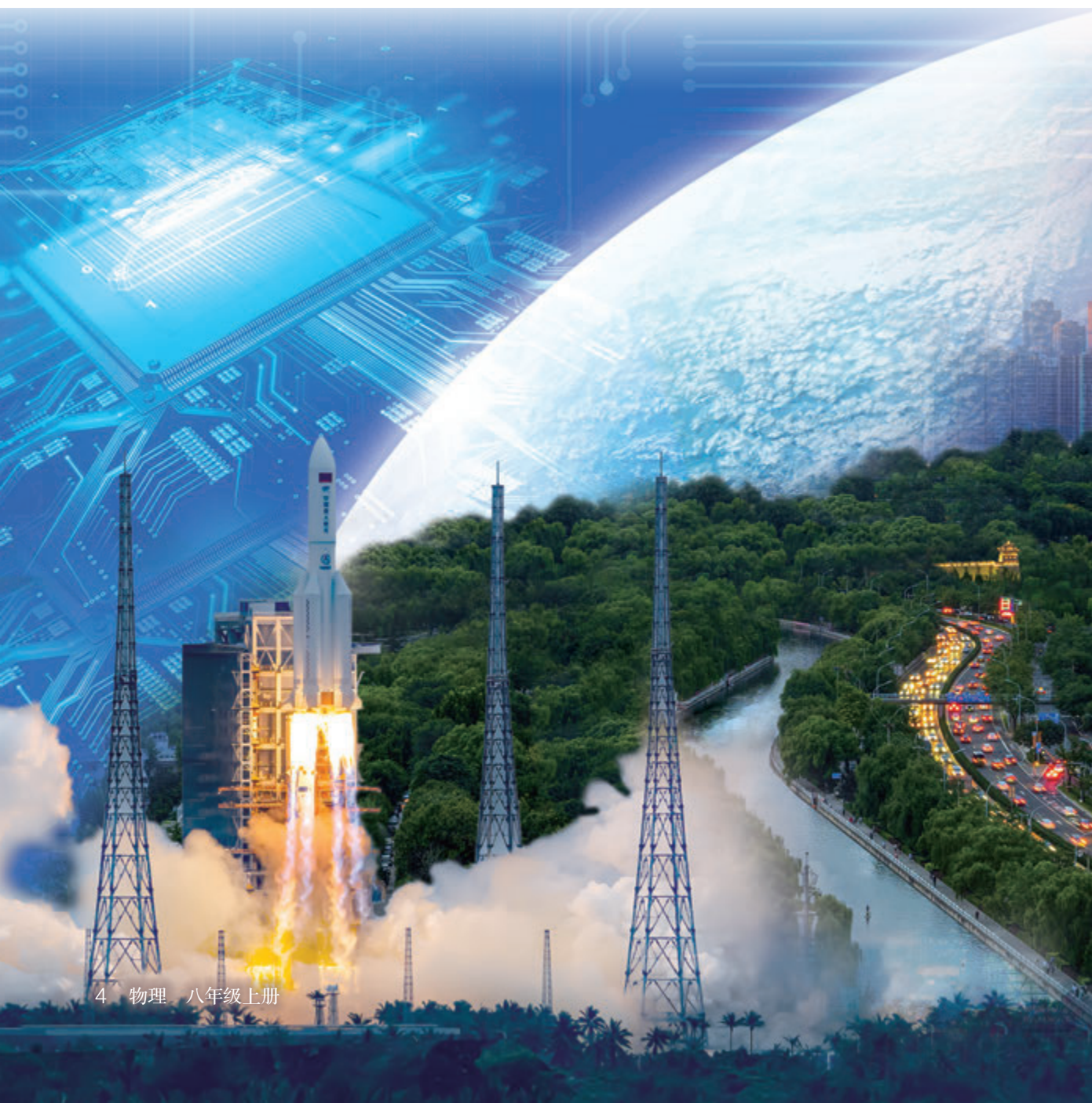
这些有趣的现象都包含一定的物理学道理。随着学习的深入，大家会逐渐弄清楚其中的奥秘。

ID 有用的物理

物理学的发展使人们对客观世界的理解逐步深入。例如，牛顿力学确立了宏观世界中运动与力的关系，量子力学使人们对微观世界中物质的运动了解得更深入。

物理学的发展还促进了技术的进步。例如，利用导体切割磁感线可以产生电流的规律，人们不断改进技术，制造出越来越先进的发电机。反过来，技术的进步也会促进人们对物理学的深入研究。例如，随着粒子加速器技术的不断进步，人们发现的新粒子越来越多。

物理学与技术的发展使人们能更好地解决实际的问题



题。例如，汽车、火车、飞机的制造，使人们的出行越来越舒适、便捷；火箭、卫星、飞船的发明，使人们对太空的探索更加深入；半导体技术的发展，使海量信息的存储成为可能，数据的运算越来越快（图5）。物理学还对人类的思维方式、价值观念等产生了极大的影响，促进了社会的发展与进步。

图5 物理学的广泛应用



怎样学好物理



图6 冰棍“冒”白气

善于观察，发现问题

物理学的宗旨是发现自然现象背后的规律，使人们可以运用物理规律解决实际问题。要想学好物理，平时我们就要注意观察生活中的各种现象及课堂上的实验现象，努力发现其中的科学问题。发现问题是解决问题的基础。

你平时有注意观察、发现问题的习惯吗？图6所示的现象，你注意过吗？冰棍“冒”出的“白气”是向上飘，还是向下落？图7中架空的高压输电线是裸露的，很危险，那为什么小鸟却能若无其事地站在电线上？

勤于思考，科学推理



图7 站在高压线上的小鸟

我们在观察、实验、看书、听课时，要多动脑筋、勤于思考，养成根据证据进行推理的习惯，培养自己探究自然规律的能力。对于所学科学知识不能只是机械地背诵条文，要力求理解。例如，要常常问自己：这些规律是根据哪些实验或事实，经过怎样的分析和思考得来的？它们和其他知识有什么联

系？在生活中有什么应用？只有这样科学地学习，才能更好地提升我们的科学思维水平。

ID 勇于探究，得出规律

提出问题不是目的，解决问题才是根本。对于发现的问题，我们要想办法探究加以解决。人们探究并解决问题时，通常是根据已有的认识，对如何解决问题提出猜想，然后动手实验、收集证据，验证提出的猜想是否正确，最终找到解决问题的办法。例如，我们都有这样的体验：随着人体浸入水中的部分增大，感受到的浮力也变大（图8）。在探究浮力的规律时，可以据此提出相应的猜想，然后通过实验进行探究，检验猜想，得出规律。



图8 感受浮力的变化

ID 乐于实践，联系实际

物理知识是从实际中来的，又要应用到实际中去。我们学习时要乐于实践，联系实际，这样不仅能发现有价值的问题，还能学到解决真实问题所需要的知识和方法，更好地将科学技术与实际生活相结合。例如，我们要想制作一个可以飞行的简易模型飞机（图9），如果知道了飞机的飞行原理，就可以在模型飞机的材料、形状、动力等方面进行合理的设计与选择，最后做出可以飞行的简易模型飞机。这样联系实际地去学习、去实践，可以使学习目的更明确，学习过程更有动力，为真正学好物理打下扎实的基础。

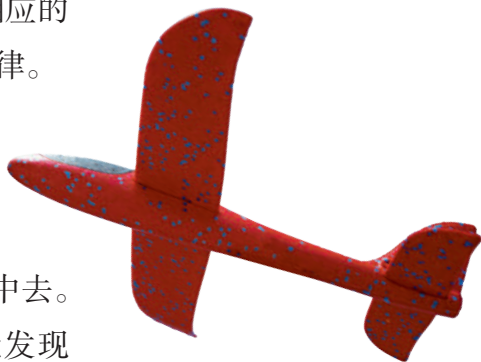


图9 简易模型飞机



伽利略对摆动的研究



图10 伽利略 (G. Galilei, 1564—1642)

意大利科学家伽利略是伟大的物理学先驱。据说, 某个星期天, 伽利略在比萨大教堂参加活动, 教堂穹顶上的吊灯因风吹过不停地摆动, 伽利略被摆动的节奏吸引住了(图10)。他发现, 尽管吊灯的摆动幅度越来越小, 但每次摆动的时间似乎相等。

伽利略决定仔细地观察。他知道脉搏的跳动是有规律的, 于是便按着脉注视着吊灯的摆动, 发现每往返摆动一次的时间的确相同。这使他又冒出一个疑问: 假如吊灯受到一股强风吹动, 摆得高了一些, 以后每次摆动的时间还是一样的吗? 回去后, 他用铁块制成一个摆, 把铁块拉到不同高度, 用脉搏细心地测量摆动所用的时间。结果表明, 每次摆动的时间仍然相同。尽管用脉搏测量时间并不

精确, 但已经可以证明他最初的想法是正确的, 即不论摆动的幅度大些还是小些, 完成一次摆动的时间是一样的。这在物理学中叫作摆的等时性。

后来, 伽利略又把不同质量的铁块系在绳端作摆锤进行实验。他发现, 只要用同一条摆绳, 摆动一次的时间并不受摆锤质量的影响。随后伽利略又想, 如果将绳缩短, 会不会摆动得快些? 于是他用相同的摆锤, 用不同的绳长做实验, 结果证明他的推测是对的。他得出了结论: 摆绳越长, 摆锤往复摆动一次的时间(称为周期)就越长。

人们对摆动的研究是逐步深入的。伽利略逝世30多年后, 荷兰物理学家惠更斯找到了摆的周期与摆长之间的数学关系。直到牛顿发现了牛顿运动定律和万有引力定律, 人们才对摆动的规律作出了圆满的解释。摆的等时性研究促进了钟表的研制, 方便了人们的生活。

学习物理，就是要仔细观察周围的世界，不断探索。看似寻常的现象，也可能隐藏着大大的奥秘。一代又一代的物理学家就是这样孜孜以求，为追寻科学问题的答案锲而不舍。直到今天，人们仍在探究新的未知世界，使物理学这座大厦不断完善。

什么是科学探索之旅？科学探索之旅就是人类永无止境的探究历程。伟大的物理学家牛顿（图11）有一段名言值得我们回味：

我不知道世界会怎样看待我，然而我认为自己不过像在海滩上玩耍的男孩，不时地寻找比较光滑的卵石或比较漂亮的贝壳，以此为乐，而我面前，则是一片尚待发现的真理的大海。



图11 牛顿（I. Newton, 1643—1727）

第一章 机械运动

我们所生活的世界，是一个运动的世界。芦苇随风摇曳，水面微微泛起涟漪，一群飞鸟展翅翱翔……

地面上的人们看到鸟群飞得很快。鸟群中的飞鸟看自己的伙伴也飞得这样快吗？人们是怎样描述物体的运动、如何测定物体的速度的？就让我们从简单的运动开始，共同认识这个运动的世界吧！



第1节

长度和时间的测量

问题

生活中我们常通过眼睛直接判断物体的长短。图1.1-1中的两根小棒哪个较长？先看看，再用尺子量一量。我们的感觉总是可靠的吗？

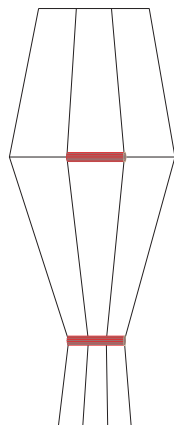


图1.1-1 判断小棒的长短

在生产生活和科学研究中，经常要比较距离的远近、时间的长短、温度的高低……人们常常用自己的感觉器官去感知外界的情况。但是，仅凭感觉去判断，不一定正确，更谈不上准确。

为了正确地认识周围的世界，准确地把握事物的特点，人们发明了许多仪器和工具。这些仪器和工具能够帮助我们进行准确的测量。尺、钟表、温度计等，都是我们熟悉的测量仪器或工具。

长度的单位

测量任何物理量都必须首先规定它的**单位**（unit）。长度的基本单位是我们在小学已经学过的**米**（metre）。物理量的单位有国际通用的符号，在国际单位制中，米的符号是m。成年人走两步的距离大约是1.5 m，课桌的高度大约是0.75 m。

比米大的单位有千米（km），比米小的单位有分米（dm）、厘米（cm）、毫米（mm）、微米（ μm ）、纳米（nm）等。它们同米的关系是



长度、时间等可定性或定量描述的属性称为物理量。测量物理量的过程实际上是比较的过程，就是将一个待测的物理量与一个公认的标准量进行比较，这个标准量就是单位。

$$1 \text{ km} = 1\,000 \text{ m} = 10^3 \text{ m}$$

$$1 \text{ dm} = 0.1 \text{ m} = 10^{-1} \text{ m}$$

$$1 \text{ cm} = 0.01 \text{ m} = 10^{-2} \text{ m}$$

$$1 \text{ mm} = 0.001 \text{ m} = 10^{-3} \text{ m}$$

$$1 \text{ }\mu\text{m} = 0.000\,001 \text{ m} = 10^{-6} \text{ m}$$

$$1 \text{ nm} = 0.000\,000\,001 \text{ m} = 10^{-9} \text{ m}$$

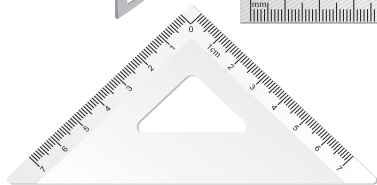
长度的测量



甲 卷尺



乙 直尺



丙 三角尺

图1.1-2 常用的长度测量工具

为了准确测量长度，人们设计、制造出了各种测量长度的工具。图1.1-2是一些常用的测量长度的工具。仔细观察你自己的刻度尺，回答下面的问题。

 使用任何一种测量工具时，都要首先了解它测量的范围和分度值。

1. 它的零刻度线在哪里？
2. 它能测量的范围^①是多少？
3. 它的分度值（相邻两刻度线之间的长度，它反映了刻度尺的精确程度）是多少？

我们可以根据测量的要求选择不同的测量工具。例如，如果我们要测量家里门窗的长度或宽度，就可以选用卷尺来测量；如果要精确测量螺母的尺寸，就

^① 有时用量程来表示测量工具测量的范围。量程是测量范围上限和下限的差。

可以选用精确度比较高的测量工具进行测量，如游标卡尺（图 1.1-3）等。



图 1.1-3 游标卡尺



实验

用刻度尺测量长度

1. 正确使用刻度尺

测量铅笔（或其他物体）的长度，说一说如何正确地使用刻度尺。

刻度尺的使用看似简单，但是一些基本的使用规则却是非常重要的。通过练习使用刻度尺可以发现，正确地使用刻度尺要注意以下几点。

（1）正确放置刻度尺：零刻度线对准被测物体的一端，有刻度线的一边要紧靠被测物体且与被测边保持平行（图 1.1-4 甲），不能歪斜（图 1.1-4 乙）。

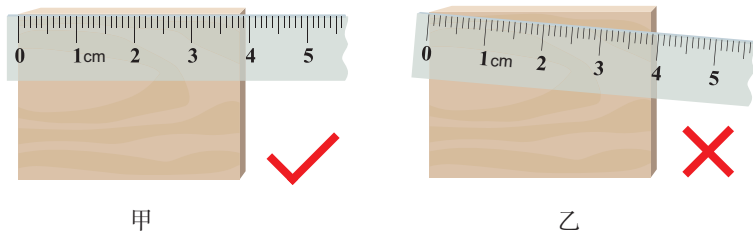


图 1.1-4 练习使用刻度尺

（2）读数时，视线要正对刻度线，如图 1.1-5 所示。

（3）记录时，不但要记录数值，还必须注明测量单位，没有单位的记录是没有意义的。

2. 使用刻度尺测量长度

测量作业本和课本的长度、宽度及厚度，将测量结果填入下表。

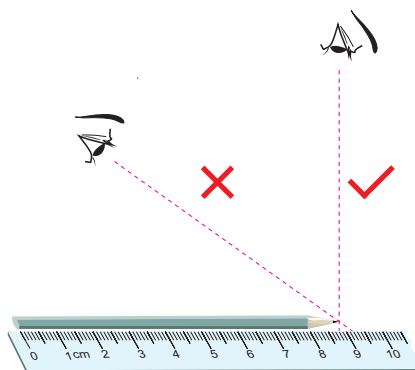


图 1.1-5 刻度尺的读数

测量对象	长度	宽度	厚度
作业本			
课本			



小资料

表1.1-1 一些长度或距离

链球菌半径	$(3\sim 5) \times 10^{-7} \text{ m}$	珠穆朗玛峰海拔	8 848.86 m
人头发丝直径	约 $7 \times 10^{-5} \text{ m}$	地球半径	$6.4 \times 10^6 \text{ m}$
一张纸厚度	约 10^{-4} m	太阳半径	$7.0 \times 10^8 \text{ m}$
我国铁路标准轨距	1.435 m	日地平均距离	$1.5 \times 10^{11} \text{ m}$



想想议议

生活中，我们常常采用一些方法来粗略地测量长度。人体的哪些部位可以作为“尺”来估测长度？比一比，看看谁知道得最多。尝试用这些“尺”来估测某个物体的长度（如教室的宽度）。

时间的测量



图1.1-6 日晷

像长度一样，时间也是我们经常要测量的量。测量时间也要先规定它的单位。很久以前人类就以地球自转一周的时间作为时间单位，称之为一天（日）。

在国际单位制中，时间的基本单位是**秒**（second），符号是s。时间单位还有小时（h）、分（min）等，它们之间的关系是

$$1 \text{ h} = 60 \text{ min}$$

$$1 \text{ min} = 60 \text{ s}$$



图1.1-7 机械秒表

在古代，人们用圭表、日晷（图 1.1-6）、沙漏等计时仪器来测量时间。你还知道有哪些测量时间的方法？

在现代生活中，我们通常使用钟、表来测量时间；在运动场和实验室，经常用秒表来测量时间（图 1.1-7）。随着科学技术的发展，人们还制造出了更精确的计时仪

器，如铯原子钟。铯原子钟的精确度非常高，上千万年误差不超过1 s。

 实验

用秒表测量时间

1. 练习使用秒表。按动秒表上的按钮，观察指针（或数字）的变化，了解秒表的使用方法。
2. 使用秒表测量。你脉搏跳动10次所用的时间是_____s；正常行走时，你每迈一步所用的时间是_____s。

 小资料

表1.1-2 一些时间

最短的激光脉冲	约 10^{-17} s	地球自转的周期	8.6×10^4 s
μ 子的寿命	约 10^{-6} s	地球公转的周期	3.2×10^7 s
钟摆的周期	1 s	地球的年龄	1.4×10^{17} s
百米赛跑的世界纪录	9.58 s	质子的寿命	约 10^{39} s

误差

在测量长度、时间以及其他物理量时，受所用仪器和测量方法的限制，测量值与真实值之间总会有差别，这就是误差。我们不能消除误差，但应尽量减小误差。多次测量求平均值、选用精密的测量工具、改进测量方法，都可以减小误差，但不能消除误差。

误差不是错误。测量错误是由于不遵守仪器的使用规则、读数时粗心等造成的，是不该发生的，是能够避免的。



国际单位制

长期以来，世界上不同地区（甚至同一地区的不同年代）选定的测量标准各不相同。例如，测量长度时，我国过去采用的单位是“尺”（古代的“尺”与现代的“尺”也不一样），一些欧洲、美洲国家采用的单位是“英尺”。这样，同一个物体的长度用不同的单位来表示，国际交流就会很不方便。

人们逐渐认识到，应当选取自然界中比较稳定、世界各国都能接受的事物作为测量标准。鉴于这种认识，国际计量组织制定了一套国际统一的单位，称之为国际单位制（SI），推荐各国使用。目前世界上大多数国家和地区已经采用国际单位制，我国的法定计量单位也是以国际单位制为基础制定的。

在国际单位制的基本单位中，长度的单位是米，时间的单位是秒。国际单位制还规定了其他基本单位，我们将在以后陆续学习。



练习与应用

- 1 请测量自己的身高和脚长，算一算你的身高是脚长的几倍。
- 2 如何测量硬币的直径和周长？你能想出多少种方法？请写出两种。
- 3 “一年之计在于春，一日之计在于晨”，其中“一年”等于多少小时？“一日”等于多少秒？
- 4 在一条细长绳的一端系一个小铁块，就做成了一个摆（图 1.1-8）。当摆动角度很小时，小铁块摆动一个来回所用的时间（摆的周期）是一定的。如何准确测量摆的周期？写出你的方法。请你尝试制作一个周期为 1 s 的摆，并测量小铁块的中心到悬挂点的总长度。
- 5 某同学用刻度尺测量一支铅笔的长度，如图 1.1-9 所示。请指出他的测量有哪些错误。如果改正了这些错误，是不是就没有误差了？为什么？



图 1.1-8

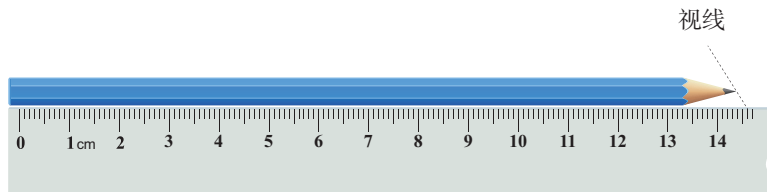


图 1.1-9

第2节 运动的描述

问题

世界上有形形色色的运动：哈雷彗星大约每隔76年就到地球附近造访一次；猎豹在草原上飞奔；蜗牛在叶子上缓慢爬行（图1.2-1）……想想看，人们根据什么判断这些物体是运动的？



图1.2-1 缓慢爬行的蜗牛

机械运动

夜空中的彗星、飞奔的猎豹、缓慢爬行的蜗牛……这些运动的物体都有一个共同的特点，就是它们的位置随时间不断地发生变化。在物理学中，我们把物体位置随时间的变化叫作**机械运动**（mechanical motion）。

机械运动是一种常见的运动，例如人的移动、江河的奔流、浩瀚太空中天体的运动、令人震撼的地壳运动（图1.2-2）等。机械运动是最简单的一种运动形式，是学习其他各种运动的基础。



图1.2-2 地壳运动使珠穆朗玛峰高度发生变化

运动是宇宙中最普遍的现象。除了机械运动，运动还有多种形式，如微观世界里分子、原子的运动，电磁运动，生机盎然的生命运动……宇宙中的万物都在以各种不同的形式运动着。

这一章我们学习机械运动。关于分子、原子的运动及电磁运动等，我们将在后面陆续学到。

1D 参照物

要判断物体是否在运动，似乎是一件很容易的事。例如，公路上行驶的汽车是运动的，而路旁的树木是静止的。不过，事情就真的这么简单吗？



想想议议

你也许有过这样的体验：两列列车并排停在站台上，你坐在车厢中向另一列列车的车厢观望。突然，你觉得自己乘坐的列车开始缓缓地前进了，但是，“驶过”了旁边列车的车尾你才发现，实际上你乘坐的列车还停在站台上，而旁边的列车却向相反方向开走了。这是怎么回事呢？

人们判断物体的运动和静止，总要选取某一个物体作为标准。如果一个物体的位置相对于这个标准发生了变化，就说它是运动的；如果没有变化，就说它是静止的。这个作为标准的物体叫作**参照物**。

在上面的例子中，如果以旁边的列车为参照物，你乘坐的列车就是运动的；如果以地面为参照物，你乘坐的列车就是静止的。

我们在判断一个物体是静止还是运动时，首先要选定参照物。参照物可以根据需要来选择。如果选择的参照物不同，描述同一个物体的运动情况时，结论一般也不一样。例如，如果以地面为参照物，房屋、桥梁、树木等物体都是静止的；如果以太阳为参照物，这些物体又都是运动的。在图1.2-3中，运水稻的车辆和联合收割机以同样快慢、向同一方向前进。如果以地面为参照物，它们都在运动；以它们中的任何一个为参照物，则另一个是静止的。可见，**物体的运动和静止是相对的**。



图1.2-3 车辆和联合收割机相对静止



想想议议

说一说图 1.2-4 甲中的人与图 1.2-4 乙中的受油机，选什么样的参照物是运动的，选什么样的参照物是静止的。



甲 人乘坐自动扶梯



乙 加油机对受油机进行空中加油

图1.2-4 参照物的选择



练习与应用

- ① 若分别以火车头、车厢的座椅、树木、房屋为参照物，请写出列车在平直的轨道上行驶时，行李架上的物品相对于哪些参照物是静止的，相对于哪些参照物是运动的。
- ② 鲁迅的《社戏》中有这样的描写：“淡黑的起伏的连山，仿佛是踊跃的铁的兽脊似的，都远远地向船尾跑去了……”其中“山……向船尾跑去了”所选的参照物是什么？
- ③ 中国空间站的梦天实验舱与天和核心舱成功对接，转位后形成空间站“T”字基本构型。在梦天实验舱靠近天和核心舱的过程中（图 1.2-5），以天和核心舱为参照物，梦天实验舱是运动的还是静止的？对接完成后，仍以天和核心舱为参照物，梦天实验舱是运动的还是静止的？若以地面指挥中心为参照物呢？
- ④ 当你乘坐观光电梯观察电梯外的建筑物时，你是如何判断观光电梯是在上行还是在下行的？请利用参照物的概念，说出你判断的根据。

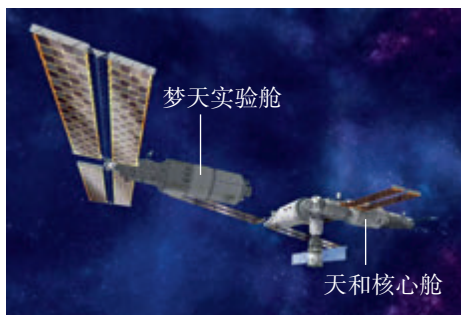


图1.2-5

第3节 运动的快慢



问题

运动会上，短跑比赛正在紧张地进行着(图1.3-1)。在比赛过程中，观众是如何判断谁跑得快的？运动员跑完全程后，裁判员又是怎样计算成绩的？观众与裁判员所用的方法一样吗？你认为应该怎样比较运动的快慢？



图1.3-1 短跑比赛

观看赛跑的某一瞬间，运动员跑过的时间相同，如果要比较谁跑得快，就要看谁跑过的路程长，也就是谁跑在前面。运动员到达终点时，他们都跑过了相同的路程，那么所用时间最短的运动员跑得最快。

速度

运动的物体，有的运动得快，有的运动得慢。比较物体运动的快慢有两种方法：一种是在相同的时间内，比较物体经过的路程，经过路程长的物体运动得快；另一种是在物体运动相同路程的情况下，比较它们所花的时间，所花时间短的物体运动得快。可见，表示运动快慢必须考虑路程和时间两个因素。



想想议议

甲同学100 m跑的成绩为15 s，乙同学50 m跑的成绩为8 s。要知道他俩谁跑得快，应该怎么办？

在物理学中，为了比较物体运动的快慢，采用“相同时间比较路程”的方法，也就是用物体运动的路程除以所用的时间。这样，在不同情况下，比较物体运动的快慢可以保证时间相同。我们把**路程与时间之比叫作速度** (velocity)。

通常用字母 v 表示速度， s 表示路程， t 表示时间，那么有

$$v = \frac{s}{t}$$

速度是表示物体运动快慢的物理量。速度的单位由长度单位和时间单位组合而成。在国际单位制中，速度的单位是**米每秒**，符号是 m/s 或 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ，这种单位叫作组合单位。在交通运输中，速度的单位也常用千米每小时，符号是 km/h 或 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ 。这两个单位的关系是

$$1 \text{ m/s} = 3.6 \text{ km/h}$$

一些交通工具的速度表可以直接显示出速度（图 1.3-2）。



这里用路程与时间之比定义了速度，它的物理意义与路程、时间这两个物理量均不相同。在物理学中，常常用物理量之比来定义一个新的物理量，从而进行更深入的研究。



图1.3-2 汽车速度表



小资料

表1.3-1 一些物体运动的速度

物体	速度/ ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	物体	速度/ ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)
蜗牛	约 1.5×10^{-3}	上海磁悬浮列车	可达120
人（步行）	约1.1	喷气式客机	约250
自行车	约5	超声速歼击机	约700
高速公路上的小轿车	约33	子弹（出膛时）	约1 000
雨燕	可达48	地球同步卫星	约3 070

匀速直线运动

物体所做的机械运动，按照运动路线的曲直可分为直线运动和曲线运动。直线运动，按照速度是否变化，又分为匀速直线运动和变速直线运动。



想想议议

图1.3-3记录了两辆汽车在平直的公路上行驶时，在相同的时间内通过的路程。图甲中的汽车在平稳行驶的过程中，各段时间内的速度有什么特点？图乙中的汽车从静止开始前进，在各段时间内的速度有什么特点？

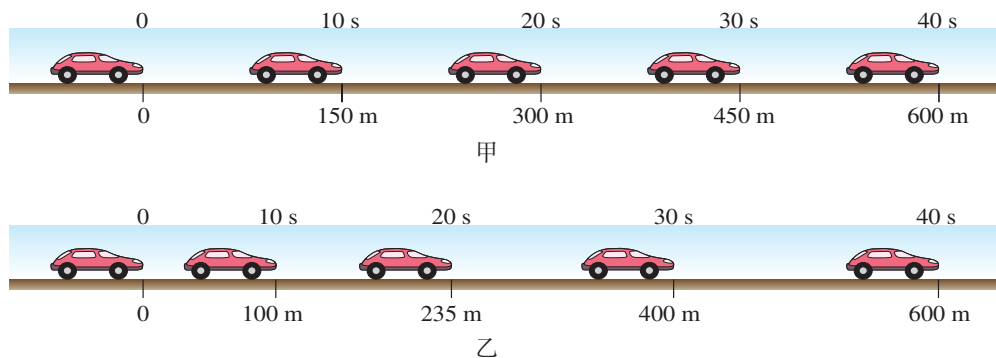


图1.3-3 汽车行驶示意图

物体做直线运动时，如果它在相同的时间内通过的路程都相等，那么它在整个运动过程中的速度就保持不变。我们把物体沿着直线且速度不变的运动，叫作**匀速直线运动**（uniform rectilinear motion）。匀速直线运动是最简单的机械运动，它是研究其他复杂运动的基础。

物体做直线运动时，其速度的大小常常是变化的，即在相等的时间内通过的路程不相等，如图1.3-3乙中汽车的运动，这种运动叫作变速直线运动。变速直线运动比匀速直线运动复杂，如果只作粗略研究，也可以用

$v = \frac{s}{t}$ 来描述运动的快慢，这样算出来的速度叫作平均速度。人们平时说物体在某段时间内的速度或通过某段路程的速度，指的就是平均速度。

例题

在第32届夏季奥运会田径男子100 m半决赛中，我国优秀短跑运动员以9.83 s的成绩打破了亚洲纪录。他在这次比赛中的平均速度是多少？

解 运动员在运动过程中通过的路程 $s = 100 \text{ m}$ ，所用的时间 $t = 9.83 \text{ s}$ 。

利用公式 $v = \frac{s}{t}$ ，可以算出他的平均速度

$$v = \frac{s}{t} = \frac{100 \text{ m}}{9.83 \text{ s}} = 10.17 \text{ m/s}$$

即运动员在这次比赛中的平均速度是10.17 m/s。



计算中要注意：

1. 不能只写公式和数值，还要把必要的文字说明写出来。
2. 数值的后面要写上正确的单位。



想想议议

我们在生活中常常可以听到“两地车程1小时”等类似的说法。从物理学角度判断，这种说法对吗？若不对，错在哪里？



练习与应用

- ① 某老师晨练时，在45 min内快步行走4.5 km。他在这段时间内行走的速度是多少千米每小时？相当于多少米每秒？
- ② 图1.3-2中显示此时汽车行驶的速度是多少？若按此速度匀速行驶10 km，则汽车行驶的时间是多少分？
- ③ 在平直的公路上，某同学观察到大巴车上的车速显示屏始终显示72 km/h。他用电表测出大巴车由第1根路灯杆行驶到第6根路灯杆的时间为10 s。若路灯杆之间是等距的，则相邻两根路灯杆之间的距离是多少？

- ④ 由北京南站到上海虹桥站的某次高速列车运行信息如下表所示。

站序	站名	到时	发时	运行时间	里程
1	北京南	12:00	12:00	0	0
2	天津南	12:31	12:33	31分	120 km
3	济南西	13:33	13:35	1小时33分	406 km
4	南京南	15:33	15:35	3小时33分	1 023 km
5	上海虹桥	16:38	16:38	4小时38分	1 318 km

根据列车运行信息回答下列问题。

- (1) 列车由北京南站驶往上海虹桥站全程的平均速度是多少？
(2) 列车在哪个路段运行得最快？在哪个路段运行得最慢？
-

第4节 速度的测量

问题

公路上有许多速度监测设备，其中一种测速设备采用的是区间测速的方法（图1.4-1），即通过测算车辆在两个监测点之间的平均速度，判断车辆在该路段是否超速。这种测速设备是如何测算出车辆的平均速度的？



图1.4-1 区间测速

从公式 $v = \frac{s}{t}$ 可知，测算平均速度一般需要测量路程和时间两个物理量。在公路一段固定距离的路段两端分别放置一个摄像头，当车辆经过这两个摄像头时，都会被拍照。系统根据这两张照片的拍摄时刻就能算出车辆通过这段距离的时间，从而算出车辆的平均速度。这就是区间测速的原理。

请你想一想：应该怎样测量物体的速度？下面我们来实际测量一个沿斜面下滑的小车的平均速度。

实验

测量小车运动的速度

实验思路

我们可以用刻度尺测量小车运动的路程 s ，用秒表测量小车通过这段路程所用的时间 t ，依据公式 $v = \frac{s}{t}$ ，就可以算出小车在这段时间内运动的平均速度。

我们可以将长木板的一端用木块垫起，搭建一个斜面，使它保持很小的坡度。实验装置如图1.4-2所示，小车可在这个斜面上运动。

实验过程

1. 把小车放在斜面顶端，金属片放在斜面底端，用刻度尺测出小车将要通过的路程 s_1 。

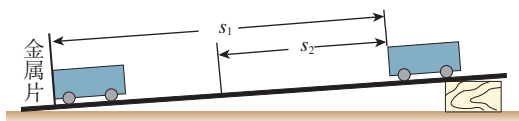


图1.4-2 测量小车速度的实验装置

2. 用秒表测量小车从斜面顶端滑下到撞击金属片的时间 t_1 。

3. 根据测得的 s_1 、 t_1 ，利用公式 $v_1 = \frac{s_1}{t_1}$ 算出小车通过斜面全程的平均速度 v_1 。

4. 将金属片移至斜面的中部，测出小车从斜面顶端到金属片的距离 s_2 。

5. 测出小车从斜面顶端滑过斜面上半段路程 s_2 所用的时间 t_2 ，算出小车通过上半段路程 s_2 的平均速度 v_2 。

将实验中的相关数据填入右表中。

路程	$s_1 =$	$s_2 =$
运动时间	$t_1 =$	$t_2 =$
平均速度	$v_1 =$	$v_2 =$



想想议议

某同学想测出小车在下半段路程的平均速度，提出可以把小车从斜面的中部开始释放，进行测量。想一想：这样测得的平均速度与上面的实验中小车在下半段路程的平均速度是否相等？说明原因。



拓展实验

用传感器测量物体运动的速度

物体运动的情况还可以通过另外一种办法即时测量、显现出来。如图1.4-3所示，A为可在斜面上自由移动的小车，B为固定在斜面一端的传感器。传感器利用超声波可以测出在不同时刻小车与它的距离，然后计算机再根据时间就可以算出运动的小车在不同位置时的速度。

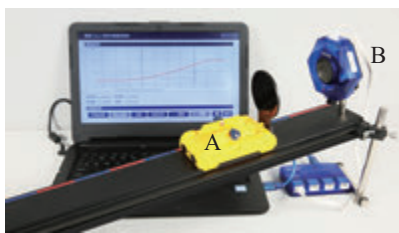


图1.4-3 利用传感器测量物体运动的速度

如果将传感器放置在合适的位置，实验者面对传感器，前后行走，就可以在计算机屏幕上观察实验者行走的速度。



超声波测距

在日常生活和生产中，我们通常用直尺、卷尺等工具来测量物体的长度。在工业生产和科学研究中，还会用到其他一些技术来测量距离，如超声波测距等。

超声波在空气中的传播速度约为 340 m/s ，它具有指向性好、反射能力强、能量集中等特点，因而经常被用于距离的测量、汽车倒车防撞、智能机器人等领域。

超声波测距的原理如图 1.4-4 所示。发射器向被测物发射超声波，在发射的同时开始计时。超声波传播过程中遇到被测物会被反射，接收器收到反射波就停止计时。根据计时器记录的时间及超声波传播的速度，仪器就能自动计算出发射点与被测物之间的距离。

如果被测物是运动的物体，超声波测量仪还可以测出物体移动的速度。

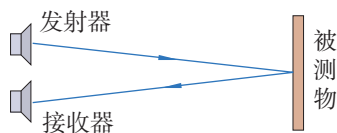


图 1.4-4 超声波测距的原理



练习与应用

- ① 要测量某同学从滑梯顶端滑到底端的平均速度，需要测量哪些物理量？用什么测量工具？
- ② 某同学利用如图 1.4-5 所示的装置测量小球在斜面上运动的速度。让小球从 A 点由静止开始沿斜面运动，并记录小球在 A 、 B 、 C 三个位置的时刻。小球在 AB 、 BC 、 AC 各段运动的平均速度分别是多少？

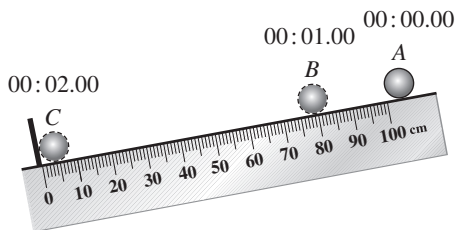


图 1.4-5

- ③ 在用图 1.4-2 中的装置测量小车的速度时，甲同学测得小车通过斜面全程的速度 v_1 和通过上半段路程的速度 v_2 不同；甲同学和乙同学用同一装置测得的 v_2 也不同。请写出以上两种情况中测得的速度不同的原因。
- ④ 已知学校操场的跑道长度为 l ，你能利用手表估测自己正常步行时的速度 v 吗？根据步行速度 v ，你能估测你家到学校的路程 s 吗？解决以上问题需要测量哪些物理量？请你用字母表示，并用它们写出 v 和 s 的表达式。
- ⑤ 有些公路旁每隔 1 km 就立着一个里程碑。请你利用里程碑估测自行车的速度，写出你的估测方法。

知识的学习、方法的习得、能力的提升是一个不断积累和提高的过程。在学习过程中应该适时进行小结，及时梳理学到的重要知识、方法及自己的体会、感悟等，以便更好地理解知识、融会贯通。同学们可以根据内容的不同及各自的习惯，采用语言归纳、列表或画思维导图等方法进行小结。

无论用什么样的方法总结，都要自己思考、梳理并提炼。为了更好地发挥同学们的主动性和创造性，此套书只给出前三章的小结样例，后面各章的内容，请同学们自行小结。

章小结示例一

第一章 机械运动

知识梳理

① 机械运动

物体位置随时间的变化叫作机械运动。

判断一个物体是运动还是静止，要选取某个物体作为标准，这个作为标准的物体叫作参照物。参照物可以根据需要来选取。

② 速度

路程与时间之比叫作速度，公式是 $v = \frac{s}{t}$ 。速度是表示物体运动快慢的物理量。

物体沿着直线且速度不变的运动，叫作匀速直线运动。

变速直线运动是速度变化的直线运动。在变速直线运动中，常用平均速度 $v = \frac{s}{t}$ 来粗略地描述运动的快慢。

③ 速度的测量

测量运动物体的平均速度可以用物体运动的路程除以时间。测量时应根据测量要求，选择适当的测量工具。例如，用直尺、卷尺等测量长度，用秒表、手表等测量时间。测量时要注意测量工具测量的范围、分度值等。

4 测量误差

误差指测量值与真实值之间的差别。误差可以减小，但不能完全消除。多次测量求平均值、选用精密的测量工具、改进测量方法，都可以减小误差。

体会、感悟

- 1 要想掌握测量的技能，就要亲自动手，这样才能知道测量时要避免错误应注意哪些问题。例如，用刻度尺测量长度时，刻度尺要正确放置；读数时，视线要正对刻度线；记录时，不仅要记录数值，还要标注单位。
- 2 速度是用路程与时间之比定义的，它的物理意义与原来的两个物理量不同。用物理量之比定义新的物理量是物理学中常用的方法。
- 3 匀速直线运动是一种最简单的运动，是研究其他复杂机械运动的基础。实际的运动往往要比匀速直线运动复杂。

复习与提高

- 1 如何用刻度尺比较准确地测量出一张纸的厚度和一根铜丝的直径？请写出你的方法。
- 2 要想测量注射器的活塞直径，你能想出几种方法？请把它们写出来。
- 3 篮球场的规格一般为 $28\text{ m} \times 15\text{ m}$ ，边界线的宽度为 5 cm 。要想知道自己学校篮球场的实际尺寸和边界线的宽度是否符合标准，你应该从 50 m 长的卷尺（分度值为 1 cm ）、 1 m 长的直尺（分度值为 1 mm ）以及三角尺中分别选择哪一个测量工具？说说你的理由。
- 4 2019年1月3日，嫦娥四号探测器安全着陆于月球表面。玉兔二号月球车展开太阳翼，伸出桅杆，沿着斜梯缓缓下行，到达月球表面，如图1-1所示。在玉兔二号月球车下行的过程中，分别以月球表面、嫦娥四号、太阳翼为参照物，桅杆是运动的还是静止的？为什么？
- 5 观看电视中的百米赛跑时，我们常常感觉运动员跑得很快，但实际上他们始终处在屏幕内。我们为什么会认为他们是运动的呢？谈谈你的看法。

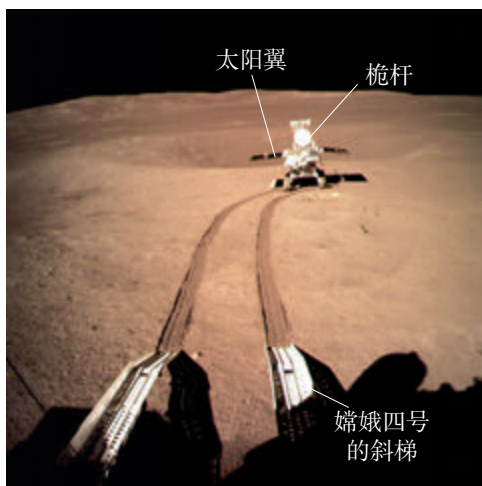


图1-1

⑥ 中国空间站在太空中绕地球运行一圈的时间约为 90 min，速度为 7.68 km/s，相当于多少千米每小时？空间站绕地球运行一圈通过的路程约为多少千米？

⑦ 某老师从家步行去学校，用时 25 min。他手机上的运动应用程序记录的数据如图 1-2 所示。他的步幅（一步的距离）约为多少米？他步行的速度是多少？

⑧ 图 1-3 是高速公路上的区间测速提示牌。其中“100”的含义是什么？在遵守交通规则的前提下，汽车通过该区间的时间不能少于多少分？

⑨ 某同学自制了一个每秒滴下 2 滴水的“滴水计时器”。他把滴水计时器固定在玩具车上，并把玩具车放置在水平木板上，用来测量玩具车运动的速度，如图 1-4 甲所示。释放玩具车后，水滴在木板上的位置如图 1-4 乙所示。如果他要测量玩具车在 A、D 间的速度，他还需要知道什么物理量？玩具车在 A、D 间的速度是多少？



图1-2



图1-3

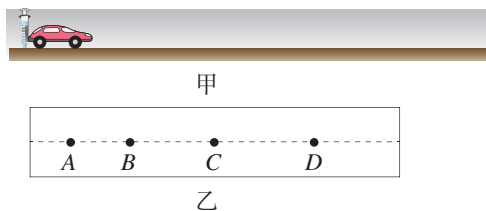


图1-4

⑩ 某同学家住在 21 楼。乘坐电梯回家时，他用手表测出：电梯从 1 楼一直运行到 5 楼用时 8 s；在 5 楼时有人出电梯，电梯停了 10 s；接着电梯一直运行到 21 楼，又用时 30 s。已知每层楼的高度为 3 m，则电梯从 1 楼到 5 楼、从 1 楼到 21 楼运行的平均速度分别是多少？

第二章 声现象

编钟是我国古代重要的打击乐器，历史久远。1978年湖北随县（今随州）出土的战国曾侯乙编钟，气势恢宏，体现了中国先秦礼乐文明和青铜器铸造技术的极高水平。

编钟、钢琴等乐器都能发出悦耳的声音，你知道声音是如何产生和传播的吗？这一章就让我们一起来探寻与声音有关的现象。



第1节 声音的产生与传播

问题

鸟鸣清脆如玉，琴声婉转悠扬（图2.1-1）……声音对我们来说再熟悉不过了，那么声音是怎么产生的，又是如何被我们听到的呢？



图2.1-1 拨动琴弦

声音的产生

想想做做

拨动绷紧的橡皮筋，一边听声音，一边观察橡皮筋的变化（图2.1-2）；边说话，边用手摸颈前喉头部分。

观察、体验、总结物体发声时的共同特征。



图2.1-2 拨动橡皮筋

方法点拨

我们通过观察生活中一些与声音有关的现象，发现这些声音都是由振动产生的，由此得出“声音是由物体的振动产生的”这个一般性的结论。这里用到了归纳推理的方法。

从上面的活动中可以发现，橡皮筋嗡嗡作响时，橡皮筋在振动；说话时声带在振动。大量的观察、分析表明，声音是由物体的**振动**（vibration）产生的。

物体振动发声的现象很多，你能说出一些发声现象的道理吗？比如，蝈蝈是怎么发声的？如果想让发声的物体不再发声，又该怎么做？

振动可以发声。如果将发声体的振动记录下来，需要时再让物体按照记录下来的振动规律去振动，就

会产生与原来一样的声音，这样就可以将声音保存下来。早期机械唱片的表面有一圈圈不规则的沟槽（图2.1-3）。当唱片转动时，唱针随着划过的沟槽振动，这样就把记录的声音重现出来。随着技术的进步，人们还发明了用磁带、激光唱片和存储卡等记录并存储声音的方法。

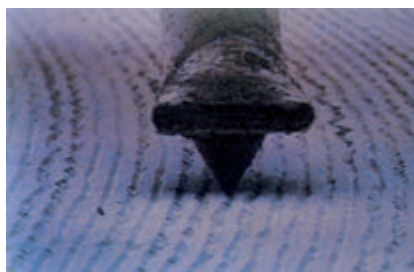


图2.1-3 机械唱片表面的沟槽

声音的传播

人们听到声音时往往和发声的物体有一定的距离，那么声音是怎样从发声的物体传播到远处的呢？

演示

研究声音的传播

如图2.1-4所示，把正在响铃的闹钟放在玻璃罩内，逐渐抽出其中的空气，注意声音的变化。再让空气逐渐进入玻璃罩，注意声音的变化。



图2.1-4 真空罩中的闹钟

这个实验告诉我们，正是平时大家并不留意的空气传送了声音。如果没有空气，人们就无法通过声音正常交流。在没有空气的太空中，哪怕离得再近，航天员也只能通过无线电波交谈。

声音在空气中是怎样传播的呢？以击鼓为例（图2.1-5），鼓面的振动带动周围的空气振动，形成了疏密相间的波动，向远处传播。这个过程跟水波的传播相似。用一支铅笔不断轻点水面，水面就会形成一



图2.1-5 鼓面的振动激起声波

圈一圈的水波，不断向远处传播。声音以波的形式传播着，因此我们把它叫作**声波**（sound wave）。

除了空气，还有没有其他物体可以传声呢？



想想做做

如图 2.1-6 所示，用一张桌子做实验：请把你的耳朵贴在桌面上，让一位同学用手指甲轻刮桌子（不要让附近的同学听到声音）。由实验你能得出什么结论？



图 2.1-6 判断桌子是否传声

从这个实验可以发现，桌子也能传声。气体、固体可以传播声音，其实液体也可以传播声音。将要上钩的鱼，会被岸上的说话声或脚步声吓跑；在花样游泳比赛中，运动员在水中也能听到音乐。这些都是因为水能传播声音。

大量实验表明：声音的传播需要物质，物理学中把这样的物质叫作**介质**（medium）；传声的介质既可以是气体、固体，也可以是液体；真空不能传声。

声速

远处一道闪电划过漆黑的夜空，过一会儿才会听到隆隆的雷声。这个现象表明，远处的声音传到我们的耳朵需要一段时间。声音传播的快慢用声速描述。声速的大小跟介质的种类有关，还跟介质的温度有关。15 °C 时空气中的声速是 340 m/s。



表2.1-1 一些介质中的声速

介质	声速/($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	介质	声速/($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)
空气(0℃)	331	海水(25℃)	1 531
空气(15℃)	340	冰	3 230
空气(25℃)	346	铜(棒)	3 750
软木	500	大理石	3 810
煤油(25℃)	1 324	铝(棒)	5 000
水(常温)	1 500	铁(棒)	5 200

声音在传播过程中,如果遇到障碍物,就会被反射。我们对着远处的高墙或山崖喊话以后听到的回声,就是反射回来的声音。当障碍物离人较远时,发出的声音经过较长的时间(大于0.1 s)回到耳边,人们就能把回声与原声区分开。当障碍物离得太近时,声波很快被反射回来,回声与原声混在一起,此时人们就分辨不出回声和原声,但是会觉得声音更响亮。音乐厅中常利用这种原理使演奏的效果更好。



骨传导

生物学课上我们已经学习了人们感知声音的基本过程:外界传来的声音引起鼓膜振动,这种振动经过听小骨传给相应的感觉细胞,这些细胞再通过听觉神经把信号传给大脑,人就听到了声音。

在这个过程中,任何部分发生障碍(例如鼓膜、听小骨或听觉神经损坏),人都会失去听觉。如果只是传导障碍,而又能够想办法通过其他途径将振动产生的信号传递给听觉神经,那么人也能够感知声音。例如,声音通过颅骨也能传到听觉神经,引起听觉。声音的这种传导方式叫作骨传导。

取两个棉花球塞住耳朵，用橡皮锤敲击音叉，这时你基本听不到音叉发出的声音；再把振动的音叉尾部先后抵在下巴（图2.1-7）、前额、耳后的骨头上，通过骨传导你能清楚地听到音叉发出的声音；一旦把音叉移开，马上就听不到声音了。一些失去听觉的人可以利用骨传导来听声音。骨传导不用空气传声，可以有效避免嘈杂环境的干扰，常应用在工业、战场等特殊场合中。而利用骨传导原理制成的助听器、耳机等更是在生活中得到了广泛的应用。



图2.1-7 体验骨传导

想一想：我们梳头、刷牙、吃饼干时发出的各种声音是怎样传进大脑，产生听觉的？



练习与应用

- ① 用手拨动绷紧的橡皮筋，我们听到了声音，同时看到橡皮筋变“胖”变“虚”了，这是橡皮筋在振动。请你另外举例说明：你在听到声音的同时，是如何判断物体在发生振动的？
- ② 花样游泳融合了游泳、舞蹈和音乐，有“水上芭蕾”之称。请你以花样游泳为例说明：水是可以传播声音的介质。
- ③ 阅读课本中关于声速的“小资料”，你能从中获得关于声速的哪些信息？
- ④ 将耳朵贴在长铁管的一端，让别人敲一下铁管的另一端，你认为会听到几次敲打的声音？请说出其中的道理。
- ⑤ 在室内讲话比旷野里响亮，这是为什么？
- ⑥ 向前传播的声音遇到障碍物能反射回来。一个同学向着远处的山崖大喊一声，约1.5 s后听到回声，那么该同学距山崖大约多少米？^①

① 本套书题目解答所需的数据，如能在“小资料”中查询，题目中就不再给出。

第2节 声音的特性

问题

蚊子和蝴蝶在飞行时翅膀都在振动（图2.2-1），为什么我们能听到讨厌的蚊子声，却听不到蝴蝶翅膀振动发出的声音？

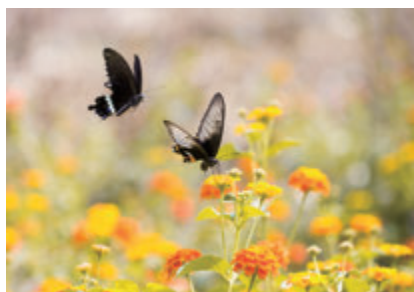


图2.2-1 蝴蝶振翅

要知道这个问题的答案，就需要研究声音的特性。

音调

我们接触的各种声音，有的听起来**音调**（pitch）高，有的听起来音调低。声音为什么会有音调高低的不同？什么因素决定音调的高低？

想想做做

如图2.2-2所示，将一把钢尺紧按在桌面上，使伸出桌边的部分较长。拨动钢尺，观察它的振动情况。逐渐缩短钢尺伸出的长度，重复前面的操作与观察。分析钢尺振动的快慢与它伸出的长度之间的关系。



图2.2-2 钢尺振动

当伸出的长度减小到一定程度时，拨动钢尺就能听到较为清楚的声音，注意听它的音调。继续缩短钢尺伸出的长度并拨动钢尺，注意音调的变化。分析钢尺发出声音的音调与它振动的快慢之间的关系。

物体振动得快，发出声音的音调就高；振动得慢，发出声音的音调就低。可见发声体振动的快慢是一个很重要的物理量，它决定着音调的高低。物理学中用物体振动的次数与所用时间之比——**频率**（frequency）来描述物体振动的快慢。频率决定声音的音调，频率高则音调高，频率低则音调低。频率的单位为**赫兹**（hertz），简称**赫**，符号为Hz。如果一个物体在1 s内振动100次，它的频率就是100 Hz。

为了直观地了解物体振动发声的情况，我们可以将声音的波形用示波器、计算机或手机等展现出来。

演示

观察声音的波形

把音叉发出的声音信号输入示波器、计算机或手机（图2.2-3），观察声音的波形。换一个不同频率的音叉做实验，边听边观察它们的波形有何不同。

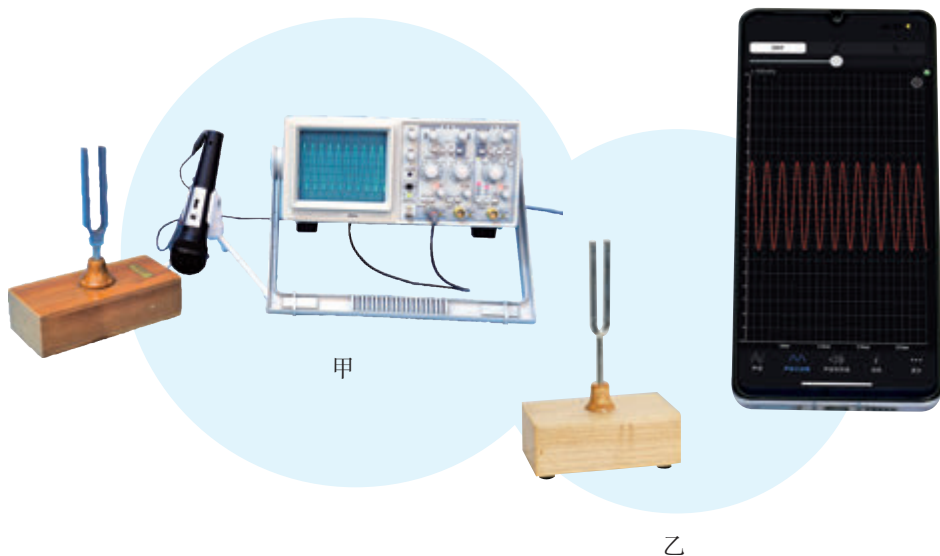


图2.2-3 声音的波形

通过屏幕上的波形，我们可以发现：高音调的波形更密集一些，说明声音的频率较高；低音调的波形比较稀疏，说明声音的频率较低。

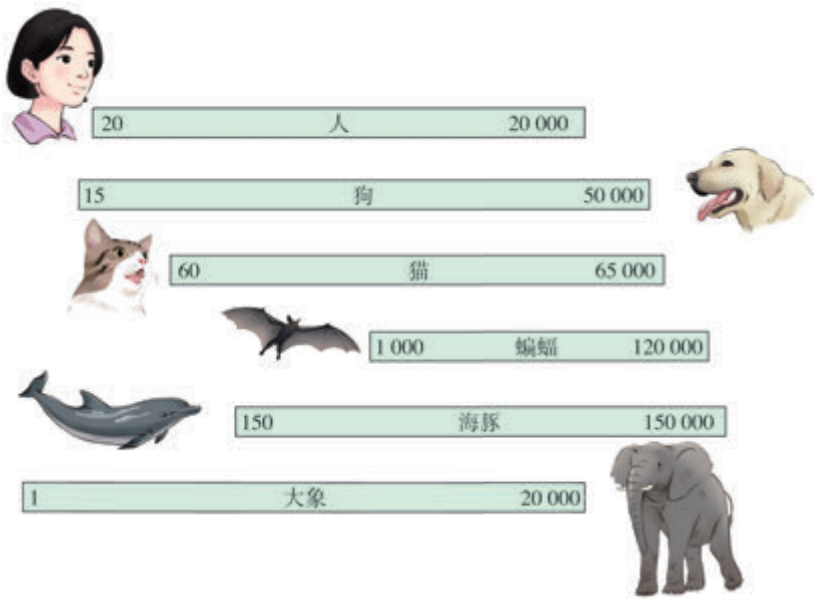
人能听到的声音频率有一定的范围。多数人能够听到的频率范围是20~20 000 Hz。人们把高于20 000 Hz的声波叫作**超声波**（ultrasonic wave），因为它们超过人类听觉频率的上限；把低于20 Hz的声波叫作**次声波**（infrasonic wave），因为它们低于人类听觉频率的下限。声音、超声波、次声波统称声。

动物的听觉范围通常与人的不同。一些动物对高频声波反应灵敏。或许你曾经注意过，有时在你认为很静、没有任何声音时，猫或者狗却突然表现得非常警觉。一般情况下，猫能听到的频率范围是60~65 000 Hz，狗能听到的频率范围是15~50 000 Hz。

 在研究音调时，我们用视觉、听觉等不同感官来搜集信息，也就是在观察。科学研究中，观察要有明确的观察目的，要真实而准确地记录观察到的信息。

 小资料

表2.2-1 人和一些动物的听觉频率范围（频率 / Hz）



响度

声音有音调的不同，也有强弱的不同。例如，用力击鼓比轻轻击鼓产生的声音大。声音的强弱可以用**响度**（loudness）来衡量。声音的响度主要由什么因素决定呢？



图2.2-4 乒乓球被音叉弹起



演示

决定响度的因素

如图 2.2-4 所示，使正在发声的音叉轻触系在细绳上的乒乓球，观察乒乓球被弹开的幅度。

使音叉发出不同响度的声音，重做上面的实验。

想一想：乒乓球弹开的幅度与音叉振动的幅度有什么关系？响度与什么因素有关？

实验中，用橡皮锤使劲敲打音叉，声音的响度变大，乒乓球被弹开的幅度也增大，说明音叉振动的幅度增大。

物理学中用**振幅**（amplitude）来描述物体振动的幅度。物体的振幅越大，产生声音的响度越大。

人听到的声音是否响亮，除了跟发声体发声时的振幅有关，还跟人距离发声体的远近有关。声音是从发声体向四面八方传播的，越到远处越分散。因此，人距离发声体越远，听到的声音越小。

音色

频率的高低决定声音的音调，振幅的大小影响声音的响度。但是，不同物体发出的声音，即便音调和响度

相同，我们还是能够分辨出它们的不同。实际上声音还有一个十分重要的特性，它就是**音色**（tone quality）。不同发声体的材料、结构不同，发出声音的音色也就不同。



演示

比较不同乐器发出声音的波形

下面分别是音叉、钢琴、长笛发出的C调1(do)的波形图（图2.2-5）。用计算机或手机播放这几个声音片段，边听边比较它们的波形有何异同。

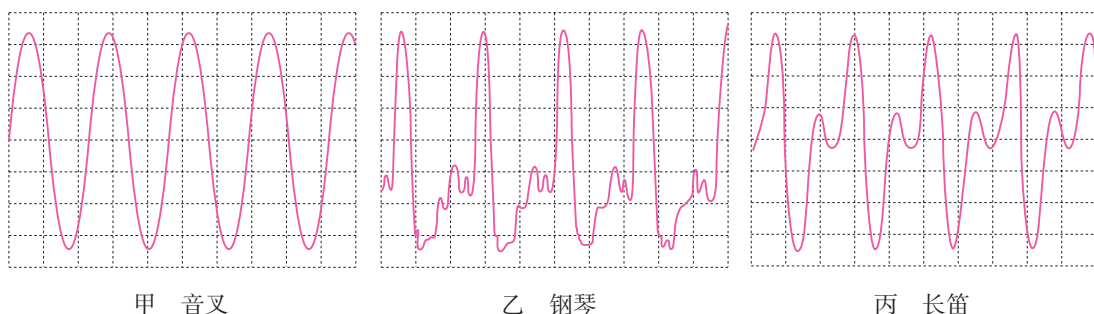


图2.2-5 声音的波形

观察上面声音的波形可以知道：不同乐器发出音调相同的声音，波形总体上的疏密程度是相同的，即频率相同；但是波的形状不同，即音色不同。



科学世界

乐音和乐器

声音是多种多样的。许多声音悠扬、悦耳，听到时感觉非常舒服，例如歌唱家的歌声、演奏家演奏的乐曲声。这类声音都是乐音。

从钢琴和长笛的波形图中可以看出，乐音的波形是有规律的。

千百年来世界各地的人民发明了形形色色的乐器。虽然各种乐器看上去千差万别，音色和演奏方式也不尽相同，但所有乐器的物理原理都是一样的：通过振动发出声音。

乐器可以分为打击乐器、弦乐器和管乐器等不同类型。

打击乐器 编钟、鼓、锣等乐器受到敲击时发生振动，产生声音。演奏编钟时，敲击大小不同的钟能发出不同音调的声音。击鼓时的力度越大，鼓面的振动幅度就越大，声音就越响亮。

弦乐器 古琴、琵琶、二胡、小提琴和钢琴等乐器通过弦的振动发声。长而粗的弦发声的音调低，短而细的弦发声的音调高。绷紧的弦发声的音调高，不紧的弦发声的音调低。弦的振动幅度越大，声音就越响。弦乐器通常有一个共鸣箱来使声音更洪亮。

管乐器 箫和笛等乐器，包含一段空气柱，吹奏时空气柱振动发声。手指按在不同的音孔上，就会改变空气柱的长度，从而改变音调。长的空气柱产生低音，短的空气柱产生高音。在河南舞阳出土的8 000多年前的贾湖骨笛，可以吹奏出七声音阶，是我国迄今发现的最早的管乐器（图2.2-6）。单簧管、双簧管和各种号也是常见的管乐器。

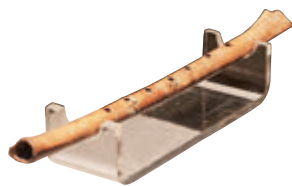


图2.2-6 贾湖骨笛

在大型乐团演出时，我们经常能够见到上面介绍的一些乐器（图2.2-7）。



图2.2-7 学生乐团表演



练习与应用

- ① 某种昆虫靠翅的振动发声。如果这种昆虫的翅在2 s内振动了700次，频率是多少？人耳能听到吗？
- ② 生活中经常用“高”“低”来形容声音，如“女高音”“男低音”“引吭高歌”“低声细语”。这4个词语中的“高”“低”描述的各是声音的哪些特性？
- ③ 曲笛是一种竹笛，它的音域和二胡的相近。当曲笛和二胡轮奏某乐曲时，我们可以根据声音的哪个特性来区分这两种乐器？曲笛和二胡演奏同一个音高时，波形有什么相同和不同之处？
- ④ 观察一件乐器。它是由什么振动发出声音的？又是怎样改变音调和响度的？
- ⑤ 在班里举行的小型音乐会上，用自己制作的乐器进行演奏，看看谁的乐器有新意，谁演奏得好。写出你的制作过程，看看以下制作方案能否给你启发。

方案一：向8个相同的玻璃瓶中灌入不同高度的水，仔细调节水的高度。敲击它们，就可以发出“1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, $\dot{1}$ ”的声音来（图2.2-8）。

方案二：在筷子上捆一些棉花或碎布，做一个活塞。用水蘸湿棉花或碎布后从下端插入两端开口的塑料管或竹管中。用嘴吹管的上端，可以发出悦耳的哨音。上下推拉活塞，音调就会改变（图2.2-9）。

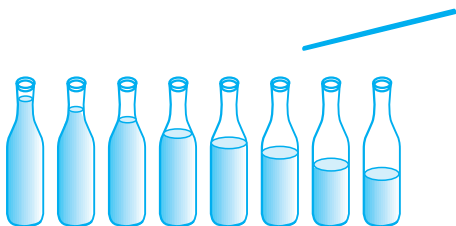


图2.2-8

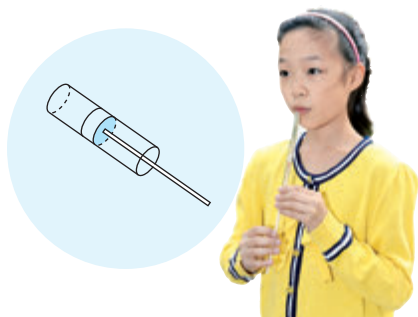


图2.2-9

第3节 声的利用



问题

人从呱呱坠地时起，就开始利用声音来表达自己的情绪和需求。人们在优美的音乐中愉悦身心，从彼此的对话中获得信息……除了人类，动物也能利用声。例如，大象就可以用人类听不到的“声音”进行交流（图2.3-1）。你能举出其他一些例子吗？



图2.3-1 “无声”交流的大象

声与信息



图2.3-2 火山爆发会产生次声波

不同的动物感受声波的频率范围不同。有些动物对高频声波的反应很灵敏，有些动物则容易感受到低频声波。大象就可以发出次声波，并通过次声波互相交流。

大自然的许多活动，如地震、火山爆发（图2.3-2）、台风、海啸等，都伴有次声波产生。一些机器在工作时，也会产生人耳听不到的次声波。次声波传播的距离很远，发生地震、台风、核爆炸时，即使在几千千米以外，使用灵敏的声学仪器也能接收到它们产生的次声波。处理这些信息，可以确定这些活动发生的方位和强度。

蝙蝠通常只在夜间出来活动、觅食，但它们不会撞到墙壁、树枝，并且能准确定位。它们的这些“绝技”

靠的是什么？原来，蝙蝠在飞行时会发出超声波（图2.3-3），超声波碰到墙壁或昆虫时会反射回来，根据回声到来的方位和时间，蝙蝠就可以确定目标的位置。

蝙蝠采用的方法叫作回声定位。现在，利用这个方法制成的超声导盲仪可以探测前进道路上的障碍物，以便帮助视障人士出行。有的倒车雷达也是利用超声波来定位的（图2.3-4）。科学家利用这个方法还发明了声呐。利用声呐系统，人们可以探知海洋的深度，绘出水下数千米处的地形图，捕鱼时还可以获得水中鱼群的信息。

医生利用听诊器捕获人体内的声音信息来诊断疾病。而借助超声波，医生还可以准确地获得人体内部脏器的图像信息。医生用B型超声波诊断仪向就诊者体内发射超声波，然后接收体内脏器的反射波，反射波携带的信息经过处理后显示在屏幕上。这就是常说的“B超”。在图2.3-5中，医生正在用B超查看胎儿的发育情况。中医诊病通过“望、闻、问、切”四个途径，其中“闻”也有听的意思。

在生产实践中，超声波检测技术应用很广。例如，利用超声波可以检测出锅炉有没有裂纹，甚至还可以知道裂纹有多大、多深。

1D 声与能量

把一块石头扔进水里，可以看到一圈一圈的波纹向四周散去，水面上的树叶也随之起伏。我们说，扔石头的能量通过水波传给了树叶。声波也是一种波动，那么声波能传递能量吗？

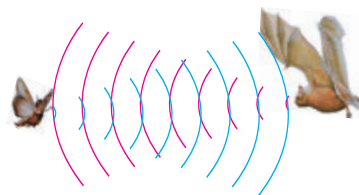


图2.3-3 蝙蝠靠超声波发现昆虫



图2.3-4 利用超声波定位的倒车雷达



图2.3-5 B超检查



演示

声音能否传递能量

如图 2.3-6 所示，将扬声器对准烛焰，播放音乐，你看到了什么现象？这说明了什么问题？

扬声器旁的烛焰发生颤动，说明声波能传递能量。



图2.3-6 扬声器旁的烛焰



图2.3-7 超声波清洗机

声波传递能量的性质应用在社会生活的很多方面。例如，超声波常被用来清洗物体（图 2.3-7）。把待清洗的物体放在清洗液里，超声波会引起液体激烈的振动，振动把物体上的污垢敲击下来而不会损坏被清洗的物体。医生常利用超声波振动除去人体内的某些结石：向结石发射超声波，结石会被击成细小的粉末，从而可以顺畅地排出体外。



科学世界

建筑声学的杰作

驰名中外的北京天坛，是明清皇帝祈谷、祈雨、祈天的地方，其中的回音壁、三音石、圜丘三处建筑都有非常美妙的声音现象。

圜丘在天坛公园的南部（图 2.3-8），始建于明嘉靖九年（公元 1530 年），是

图2.3-8 圜丘

一座分成三层的圆形平台，每层周边都有汉白玉栏板，每层平台的台面都由光滑的石板铺成。第三层台面高出地面约5 m，半径约为11.5 m，第三层中心是一块圆形大理石，俗称天心石。当你站在天心石上说话或唱歌时，你会觉得声音特别洪亮。但是站在天心石以外的人听起来，却没有这种感觉，站在天心石以外说话或唱歌，也没有这种感觉。

这种奇妙的现象是声音反射形成的音响效果。圜丘第三层台面中心略高（图2.3-9），四周微微向下倾斜。当有人在台面中心说话时，传向四周的声音有一部分被四周的石栏板反射，射到稍有倾斜的台面后又被反射到台面中心。因为圜丘第三层台面的半径仅约为11.5 m，从发声到回声返回台面中心所需的时间约为0.07 s，所以回声跟原来的声音混在一起，分辨不开，让人觉得声音格外响亮，似乎觉得还有声音从地下传来。

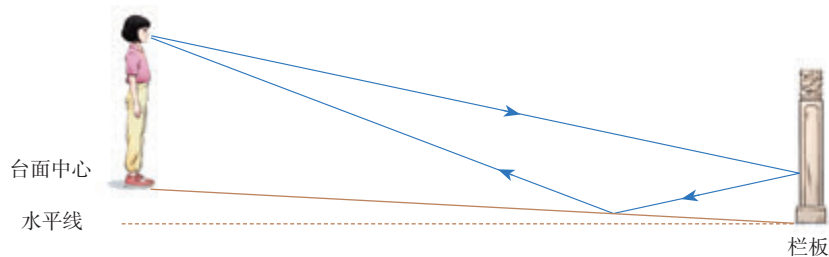


图2.3-9 圜丘反射声音的示意图

圜丘等建筑反映出我国古代高水平的建筑声学成就。现在，人们也经常在设计礼堂、音乐厅（图2.3-10）等建筑时进行特别的声学设计，使听众听到的声音更加饱满、悦耳。

图2.3-10 国家大剧院音乐厅





练习与应用

- ① 用超声测位仪向海底垂直发射声波，经过4 s后收到回波。若海水中声音的平均传播速度为1 500 m/s，则此处海水约有多深？
- ② 请你分析下列事例是利用声传递能量，还是利用声传递信息。
 - (1) 利用超声波给金属工件探伤。
 - (2) 医生通过听诊器给病人诊病。
 - (3) 通过声学仪器接收到的次声波等信息判断地震的方位和强度。
 - (4) 利用超声波排除人体内的结石。
- ③ 除了课本中的事例，请你根据对周围生活的观察，再举一个利用声音的例子，并说明这个例子应用了声音的什么性质。
- ④ 声音在传播过程中遇到障碍物会发生反射。我国古代建筑师利用这一特点建造了许多神奇的建筑。例如北京天坛的回音壁、重庆潼南大佛寺的石琴、山西永济普救寺的莺莺塔(图2.3-11)等。请你查阅资料，向同学们介绍并展示我国古代建筑应用声学知识的实例。
- ⑤ 我国有些地方修筑了“音乐公路”。当汽车以一定速度匀速行驶时，就会奏出一段悦耳的乐曲。音乐公路的路面上分布着许多横向凹槽，如图2.3-12所示。汽车每经过一个凹槽，就会上下振动一次。路面上凹槽的分布比较密，汽车行进时振动很快，于是就发出了声音。凹槽的疏密可以根据乐曲的音调高低来设计，假设某音乐公路规定的行驶速度是54 km/h，设定乐曲为《歌唱祖国》，第一个音符“sol”的频率为392 Hz，汽车发出这个音时，所对应的相邻凹槽之间的距离是多少？



图2.3-11



图2.3-12

第4节

噪声的危害和控制



问题

经过热闹街道或繁忙的建筑工地时，嘈杂的声音常会令人心烦意乱。这些声音对人有哪些危害？怎样才能有效地防止或减弱它们呢？

噪声的来源

嘈杂的声音——**噪声**（noise）是严重影响我们生活的污染之一。从物理学的角度讲，发声体做无规则振动时会发出噪声。



演示

观察噪声的波形

观察泡沫塑料块刮玻璃时产生的噪声的波形（图2.4-1），并与音叉发出的声音的波形作比较。

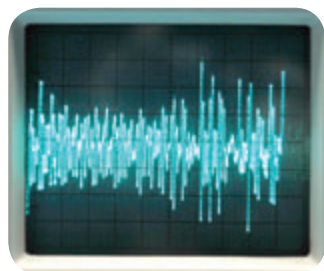


图2.4-1 噪声的波形

除了从物理学的角度，人们还常从环境保护的角度，把妨碍人们正常工作和生活的声音也称为噪声。例如，夜深人静时有人引吭高歌，这时的歌声就成了噪声。



想想议议

你周围常有哪些噪声？请说说自己的感受并找到这些噪声的来源。

噪声的危害

人们以**分贝**（decibel，符号是dB）为单位来表示人耳感知声音强弱的等级。0 dB是人刚能听到的最微弱的声音；30~40 dB是较为理想的安静环境；70 dB会干扰谈话，影响工作效率；长期生活在90 dB以上的噪声环境中，听力会受到严重影响并产生神经衰弱、头疼、高血压等疾病；如果突然暴露在高达150 dB的噪声环境中，鼓膜会破裂出血，双耳完全失去听力。为了保护听力，声音不能超过90 dB；为了保证工作和学习，声音不能超过70 dB；为了保证休息和睡眠，声音不能超过50 dB。



小资料

表2.4-1 人对不同强度的声音的感觉

声音的来源	声音强弱的等级/dB	主观感觉
火箭、导弹发射	150	无法忍受
球磨机工作	120	感到疼痛
汽车鸣笛	100	很吵
一般车辆行驶	80	较吵
一般说话	60	较静
图书馆阅览室翻书	40	安静
风吹落叶沙沙声	10	极静

1D 噪声的控制

噪声会严重影响人们的工作和生活，控制噪声十分重要。我们知道，声音从产生到引起听觉有这样三个阶段：

声源的振动产生声音——空气等介质传播声音——
振动经人耳引起听觉

因此，控制噪声也要从这三个方面着手，即：

防止噪声产生——阻断噪声传播——防止噪声进入
耳朵



想想议议

图2.4-2中控制噪声的措施分别属于哪个方面？你还能列举出一些生活中采用不同方法控制噪声的实例吗？



甲 摩托车的消声器



乙 穿越北京动物园的
“隔音蛟龙”



丙 航空母舰上的起飞引
导员佩戴耳罩等降噪装备

图2.4-2 几种控制噪声的措施

由于噪声的危害，人们将噪声称为“隐形杀手”。现代的城市把控制噪声列为环境保护的重要项目之一。在需要安静环境的医院、学校和科学研究部门附近，常常有禁止鸣喇叭的标志（图2.4-3）。家用电器、机动车等在设计时都应考虑减小噪声对环境的影响。



图2.4-3 禁止鸣喇叭



练习与应用

- ① 调查校园里或者你家周围有什么样的噪声。应该采取什么控制措施？与班里的同学交流，看看谁的调查更详细，采取的措施更好。
- ② 在安静的环境里，测量你的脉搏在1 min内跳动的次数。在声音过大的环境里，你的脉搏有变化吗？测量一下。
- ③ 为了使教室内的学生免受环境噪声干扰，采取下面的哪些方法是有效、合理的？如果你认为无效或不合理，请简单说明理由。
 - (1) 老师讲话声音大一些。
 - (2) 每位学生都戴一个防噪声耳罩。
 - (3) 在教室周围植树。
 - (4) 教室内安装噪声监测装置。
- ④ 噪声严重影响人们的生活。为了减小噪声的影响，人们采取的措施有：在靠近住宅区的高架桥两侧安装隔音板，在靠近小区的道路两侧设置绿化带，将住宅窗户的玻璃换成中空玻璃等。请你说说这些措施的共同点是什么。
- ⑤ 防噪声耳罩可以有效防止噪声的危害。如果由你来设计一款防噪声耳罩，你觉得应该选用什么样的材料？这些材料有什么特点？

第5节 跨学科实践：制作隔音房间模型

项目提出

当我们在家中弹奏乐器（图2.5-1）、欣赏音乐或观看电视节目时，有可能会打扰需要休息的家人和邻居。你有什么办法解决这个问题？有同学设计了一个方案，打算将家中的一个房间改造为隔音房间，这样就不会彼此干扰。在方案实施前，我们可以通过制作模型来高效、经济地测试方案的可行性。请你根据以上思路，制作一个隔音房间的简易模型，并测试它的隔音性能。



图2.5-1 在家中弹奏乐器

项目分析

制作模型之前，我们需要考虑下面的问题。

1. 生活中哪些常见的物品能够充当“房间”？
2. 为房间隔音的材料要满足哪些要求？可以选用哪些材料？
3. 声音是如何传播到房间外的？隔音的材料应放在房间的哪些位置以及如何放置？
4. 怎样测试模型房间的隔音性能？

项目实施

我们可以用包装盒或鞋盒充当“房间”，将一只闹

钟放入其中模拟房间中发声的乐器或电视机。然后，在盒内的相应区域安装能够隔音的材料，制作隔音房间模型。

上网查阅资料，了解不同材料的隔音性能以及它们的特点，尽量从常见材料中选取合适的材料。在注意隔音性能的同时，也要尽量减小材料的厚度，最大限度地保证“房间”的空间。

测试时，通过手机或者计算机中的软件等先测量未作隔音处理时闹钟铃声的强弱，再测量经过隔音处理后闹钟铃声的强弱。通过比较前后的变化来评估模型的隔音性能。

展示交流

1. 展示你制作的隔音房间模型（图2.5-2），并从隔音性能，空间占用率，材料是否易得、安全和环保等方面对模型进行评价。

2. 相互交流，总结经验并进行反思，尝试对制作的模型进行改进。

3. 如果有了真正的隔音房间，为了做到不打扰他人，也为了自己听力的健康，在使用时还要注意哪些问题？

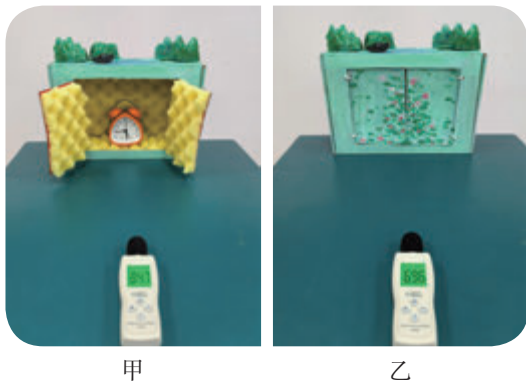
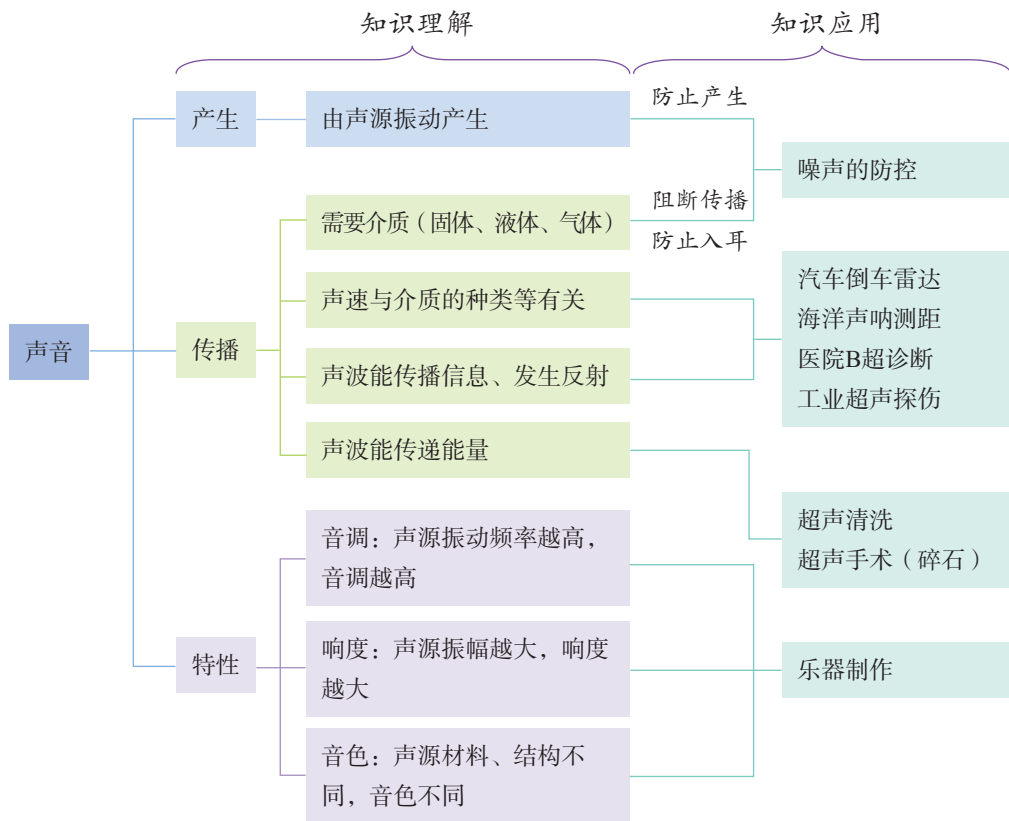


图2.5-2 某科创小组制作的隔音房间模型

第二章 声现象

知识梳理



体会、感悟

- ① 在声音的产生与传播、声音的特性等知识的学习中，经历了通过观察并形成初步结论的过程，体会到观察在物理学习和研究中是十分重要的。
- ② 在“研究声音的传播”等实验中，多次经历了通过实验来学习物理知识的过程，初步领悟了通过实验获取证据的重要性。
- ③ 体会到了科学推理的重要性。在探究音调与频率的关系时，开始能看出振动快慢但听不到声音，后来能听到声音高低但看不出振动快慢。虽然不能直接从实验中看出频率与音调的关系，但是通过逻辑推理得出了“频率高则音调高”的结论。学到了“实验+推理”的研究方法。
- ④ 声学知识应用广泛。除了超声医疗、声呐系统等，课外还了解到声学可以应用在语音识别系统中，切实感受到物理学对社会发展的推动作用。

① 鼓手敲击鼓面就可以听到鼓声，但不易看到鼓面的振动。请你设计一个能显示出鼓面振动的方案。

② “八音盒”是一种机械音乐盒。上紧发条后圆筒转动，圆筒上按一定规律分布着一些凸点，它们拨动簧片就会奏出乐曲（图2-1）。长度不同的簧片发出的声音有何不同？



图2-1

③ “声纹锁”运用声纹识别技术，能识别主人说出的“口令”并自动解锁，而当其他人说出同样的“口令”时却无法让锁打开。你认为声纹锁主要是依据声音的什么特性来识别主人身份的？

④ 超声导盲手杖可以帮助视障人士在出行时探测前进道路上的障碍物。当前方有障碍物时，手杖会发出警报声，距障碍物越近，警报声越尖锐。请你分析一下超声导盲手杖的工作原理。如果警报声变得尖锐，其频率发生了什么变化？

⑤ 请你判断下面有关声的说法是否正确并说明理由。

- (1) 只要物体振动就一定能听到声音。
- (2) 赫兹是响度的单位。
- (3) 因为次声波响度很低，所以人耳听不到。
- (4) 超声波可以击碎人体内的结石，这说明声波能传递能量。

⑥ 用两个一次性纸杯或类似的圆形纸盒、一根长5 m的棉线、两支小木棒就可以制作一个“土电话”。在纸杯底部扎一个小孔，用两支小木棒将棉线固定在纸杯底。一位同学将其中一个纸杯罩在嘴上轻声说话，远处的同学将另一个纸杯罩在耳朵上，拉紧棉线，远处的同学就能听到清晰的说话声。根据以上活动，请你论述：固体可以传声。

⑦ 请将下列左侧控制噪声的措施与右侧对应的解释连线。

- | | |
|----------------|----------|
| 练琴时关闭门窗 | 防止噪声产生 |
| 住宅区或学校路段禁止鸣笛 | 阻断噪声传播 |
| 机场跑道工作人员戴防噪声耳罩 | 防止噪声进入耳朵 |

⑧ 3月3日是全国爱耳日，也是世界听力日。在现代生活中，我们每个人都面临听力受损的风险。请你写出一些保护听力的措施。

⑨ 学过“声现象”这一章后，请结合学过的知识，再加上你丰富的想象，写一篇《无声的世界》或类似题目的科学作文。

第三章 物态变化

初冬，一夜之间，小城变成了银装素裹的世界。落光了叶子的树枝上挂满了毛茸茸、亮晶晶的冰花，在阳光下耀人眼目。树上的枝条在风中摇曳，不时飘下点点冰晶，宛如晨雾漫卷。

自然界中这样奇特的现象举不胜举，真可谓千姿百态。你知道物质通常有几种状态，这些状态之间是如何转化的吗？让我们一起来探知这形态各异的物质世界吧！

第1节 温度



问题

把两只手指分别放入热水和冷水中。过一会儿，再把这两只手指同时放入温水中（图3.1-1）。手指对“温水”的冷热感觉相同吗？



图3.1-1 冷与热的感觉

温度

生活中，人们常常需要了解物体的冷热程度。物理学中通常用**温度**（temperature）来表示物体的冷热程度，热的物体温度高，冷的物体温度低。温度和人们的生活息息相关。

通过节前“问题”栏目中的实验你会发现，两只手指对同一杯“温水”的冷热感觉是不同的。这说明，要准确地判断物体的冷热程度，仅凭感觉是不行的。如何准确地了解和测量物体的温度呢？

温度计

要准确地判断温度的高低，就要用测量温度的工具——温度计进行测量。



想想做做

在小瓶里装满带颜色的水。给小瓶配一个橡皮塞，橡皮塞上插进一根透明的细管，使橡皮塞塞住瓶口，如图 3.1-2 所示。

将小瓶放入热水中，观察细管中水柱的位置，然后把小瓶放入冷水中，观察水柱的位置。

想一想：自制的温度计是根据什么原理测量温度的？要想测出具体的温度值，需要怎么做？



图3.1-2 自制的温度计

家庭和实验室里常用的液体温度计是根据液体热胀冷缩的规律制成的，里面的液体有的用酒精（乙醇），有的用煤油。

图 3.1-3 是几种温度计：甲为实验室用温度计，乙为寒暑表，丙为电子数显温度表。

摄氏温度

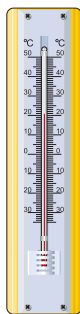
温度计上的符号 $^{\circ}\text{C}$ 表示的是摄氏温度。摄氏温度是这样规定的：把在标准大气压下冰水混合物的温度定为 0 摄氏度，沸水的温度定为 100 摄氏度，分别用 “0 $^{\circ}\text{C}$ ” 和 “100 $^{\circ}\text{C}$ ” 表示；将 0 $^{\circ}\text{C}$ 和 100 $^{\circ}\text{C}$ 之间分成 100 个等份，每个等份代表 1 $^{\circ}\text{C}$ 。

人的正常体温是 37 $^{\circ}\text{C}$ 左右（口腔温度），读作“37 摄氏度”；黑龙江漠河 2023 年 1 月的最低气温是 -53 $^{\circ}\text{C}$ ，读作“负 53 摄氏度”或“零下 53 摄氏度”。

温度的范围很广。例如，氢弹爆炸中心的温度超过 10^7 $^{\circ}\text{C}$ ；太阳表面的温度约为 6 000 $^{\circ}\text{C}$ ；用作深度制冷剂的液氮温度可低于 -196 $^{\circ}\text{C}$ ，千万不能用手直接接触液氮，必须戴专门的防冻手套。



甲



乙



丙

图3.1-3 几种温度计

ID 温度计的使用

使用温度计时，首先要看清它测量的范围。如果待测的温度过高或过低，超出了温度计所能测量的范围，就要换用一支范围合适的温度计，否则温度计可能会损坏，或者测不出温度。另外，还要看清温度计的分度值，也就是一个小格代表的值，以保证读数正确。

观察图3.1-3中的实验室用温度计和寒暑表，说出它们能测量的范围和分度值各是多少。为什么会这样设计？

实验

用温度计测量水的温度

测量水的温度时，可以选用实验室用温度计。在测量前，思考图3.1-4中使用温度计的做法和读数方法，哪些是正确的，哪些是错误的，错误在哪里。

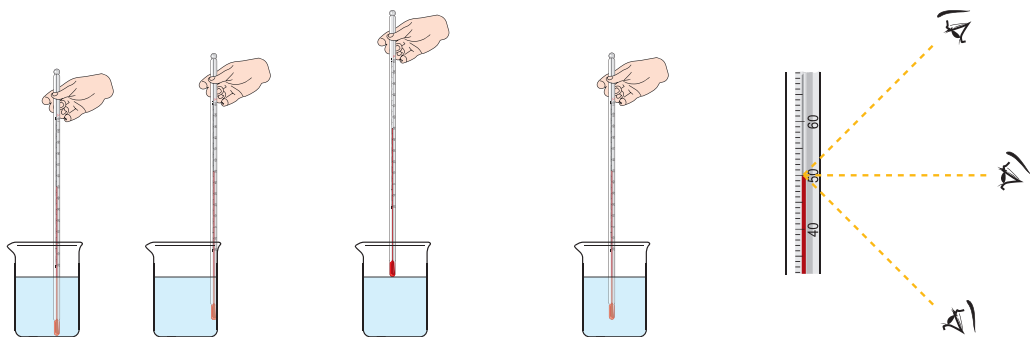


图3.1-4 温度计的使用和读数方法

分别向烧杯中倒入冷水、温水和热水，用温度计测量它们的温度，记录测量结果。

通过以上实验，我们总结出正确使用实验室用温度计测量液体温度时的几个要点。

1. 温度计的玻璃泡应该全部浸入被测的液体中，不要碰到容器底或容器壁。

2. 温度计的玻璃泡浸入被测液体后要稍微等一会儿，待温度计的示数稳定后再读数。

3. 读数时温度计的玻璃泡要继续留在液体中，视线要与温度计中的液面相平。



想想做做

利用冰箱可以方便地储存食物。想一想：对于蔬菜、饮料、肉类等不同的食物，应该将它们分别放置在什么样的温度环境中保存？请你选择合适的温度计，分别测量冰箱的冷藏室和冷冻室中不同位置的温度，看看不同的食物适合放在冰箱的什么位置。



科学世界

各种各样的温度计

人们为了判断身体是否发热，常常会测量体温。目前，常见的体温测量方式有接触式和非接触式两种。

玻璃体温计是接触式测量方式的代表。最初医生给患者测量体温时，是让患者用嘴一直含着温度计的，因为温度计拿出来一遇冷空气，指示的温度就降下来了。后来，通过在温度计的玻璃泡和直玻璃管之间制造一处具有特殊结构的狭道（图3.1-5），专用的体温计就诞生了。测体温时，玻璃泡内的水银随着温度升高，发生膨胀，通过狭道挤入直玻璃管。读数时将体温计拿离人体，水银变冷收缩，狭道处的水银断开。因为直玻璃管内的水银不能退回玻璃泡内，所以此时的示数表示的是人体的温度。要使已经升上去的水银再回到玻璃泡里，可以拿着体温计用力向下甩，把水银甩下去

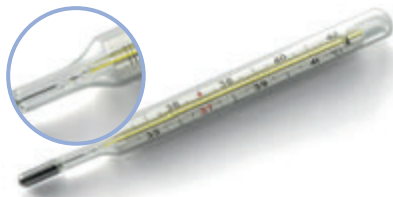


图3.1-5 体温计（狭道处水银断开）

(其他温度计不允许甩)。根据人体温度的变化情况,玻璃体温计的刻度范围通常为 $35\sim 42\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

随着电子技术的发展,20世纪70年代出现了电子体温计。现在的电子体温计通过液晶屏可以直接显示体温(图3.1-6)。



图3.1-6 电子体温计



图3.1-7 测温枪

无论是玻璃体温计还是电子体温计,都要接触人体,并需要一定的测量时间。新式红外体温计(又叫测温枪,图3.1-7)比玻璃体温计的使用更加卫生、便捷。只要把“枪口”对准被测对象,打开开关,“枪尾”的显示屏上就能直接显示温度。因此,这种非接触式测温方式应用更为广泛。

与体温相比,生产生活中有的温度很高。例如,炼铁时的温度高于 $1\,000\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。这时因为玻璃会熔化,所以不能使用通常的温度计。应该使用什么样的温度计呢?

两根不同的金属线组成的闭合环路中,如果只有一个接头被加热,环路里就会产生电流。两个接头的温度差越大,电流越大。人们根据这个原理制造出了热电偶温度计,它能直接放入高温炉里测温(图3.1-8)。辐射温度计也能测量上千摄氏度甚至上万摄氏度的高温。它通过光学方法测定物体的辐射,进而得知被测物体的温度。

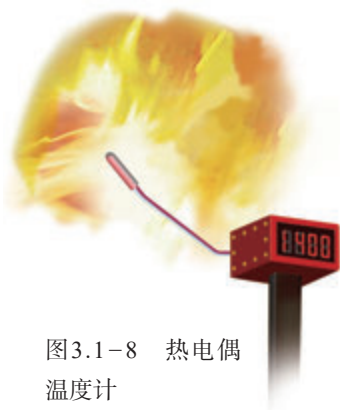


图3.1-8 热电偶温度计



练习与应用

- 1 在进行实践活动展示时,两位同学都带来了自制的温度计,如图3.1-9所示。他们所用的玻璃小瓶相同,里面装满同种带颜色的水,在小瓶口的橡皮塞上各插进一根吸管。观察这两支自制温度计的结构,你认为哪一支温度计对温度的反应更灵敏?为什么?



图3.1-9

② 图 3.1-10 中各温度计（温度单位都是摄氏度）的示数分别是多少？

③ 在教室里挂一支寒暑表，在每节课前测出教室的温度，将数据记录在表格中。以时间为横轴、温度为纵轴，在图 3.1-11 上描点并分别画出晴天及阴天两种天气的温度—时间图像。通过比较，你能发现这两种天气温度变化的规律吗？

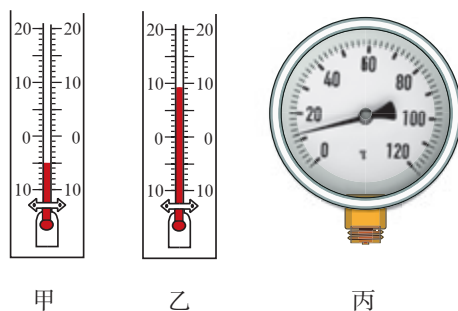


图 3.1-10

测量时刻	晴天温度/°C	阴天温度/°C
第1节前		
第2节前		
第3节前		
第4节前		
第5节前		
第6节前		
第7节前		

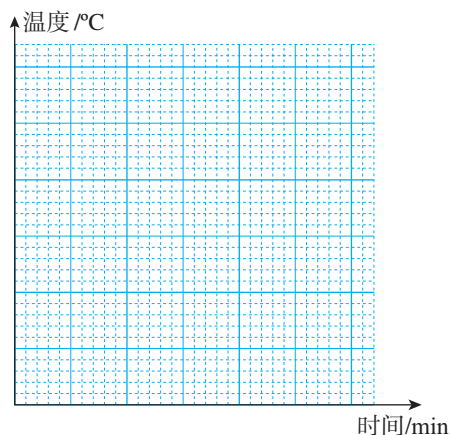


图 3.1-11

④ 不同物质在升高相同温度时，膨胀的多少通常是不同的。如果把铜片和铁片铆在一起，当温度变化时这样的双金属片就会弯曲。市场上有一种指针式寒暑表（图 3.1-12），就是用双金属片作为感温元件的。怎样用上述原理制成温度计？请画出你的设计草图。



图 3.1-12

⑤ 科学研究表明，无论采用什么方法降温，温度也只能非常接近 $-273.15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，不可能比它更低。能不能以这个温度为零度来规定一种表示温度的方法呢？如果它每一度的大小与摄氏度相同，那么这两种温度应该怎样换算？

⑥ 图 3.1-6 是一种电子体温计，其尖端金属部分是体温计的探头。请参考实验室用温度计的使用要点，编写使用电子体温计的注意事项。

第2节 熔化和凝固



问题

工业生产中常将钢水铸造成有一定形状的工件（图3.2-1）。钢水在变成工件的过程中，它的状态发生了怎样的变化？在状态变化的过程中，钢水吸热还是放热？



图3.2-1 浇铸工件

物态变化

固态、液态和气态是物质常见的三种状态。天气热的时候，从冰柜中拿出的冰，一会儿就变成了水，再过一段时间水干了，变成看不见的水蒸气，跑得无影无踪。随着温度的变化，物质会在固、液、气三种状态之间变化。通常呈固态的铝、铜、铁等金属，在温度很高时也会变成液态、气态；通常呈气态的氧气、氮气、氢气等，在温度很低时也会变成液态、固态。物质各种状态间的变化叫作物态变化。

熔化和凝固

物质从固态变成液态的过程叫作**熔化**（melting），从液态变成固态的过程叫作**凝固**（solidification）。

从冰箱冷冻室中取出一块冰块放入碗中，在室温下不久冰块就开始熔化，之后一段时间内碗里都是冰和水

混合在一起的情况。如果用温度计测量，就会发现尽管冰在逐渐熔化变少，但水的温度并没有升高。这是怎么回事？想一想：其他物质熔化时的温度是否也不变？

演示

研究固体熔化时温度的变化规律

选择一些不同的物质进行实验研究，例如海波（硫代硫酸钠）和石蜡。如图3.2-2所示，将海波放入内有温度计的试管中，再把试管放入盛水的烧杯中。点燃酒精灯，经过一段时间后海波就会慢慢熔化。当温度计的温度升至 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右时开始计时，每隔 1 min 记录一次数据，填入下表。分析温度的变化，就可以找出海波熔化时温度的变化规律。

将海波换为石蜡，找出石蜡熔化时温度的变化规律。

时间/min	0	1	2	3	4	...
海波的温度/ $^{\circ}\text{C}$						
石蜡的温度/ $^{\circ}\text{C}$						

实验表明：随着酒精灯的不断加热，海波在熔化前温度不断升高，但熔化时温度保持不变，熔化后温度继续升高；石蜡在熔化过程中温度不断升高。

⚠ 注意避免烫伤。

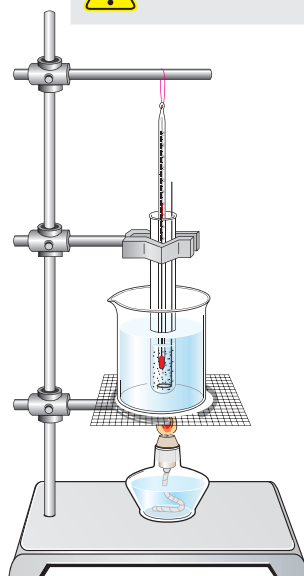


图 3.2-2 观察熔化现象的实验装置



想想做做

除了通过表格，我们还可以采用图像分析的方法总结海波和石蜡熔化时的温度变化规律。图像可以很直观地表现出一个物理量（如温度）随另一个物理量（如时间）变化的情况。图3.2-3和图3.2-4中的纵轴表示温度，温度的数值已经标出；横轴表示时间，请你自己将数值写上。根据上表中各个时刻的温度在坐标纸上描点，然后将这些点用平滑曲线连接起来，就能得到熔化时温度随时间变化的图像。

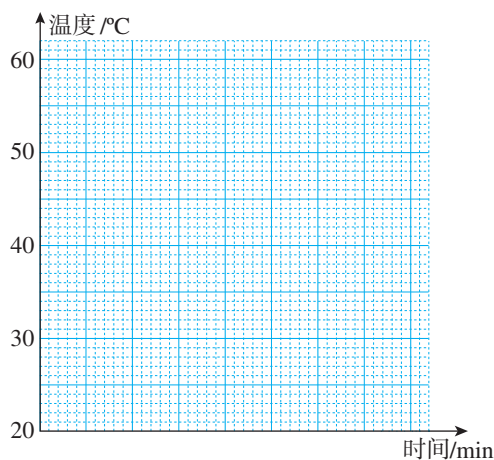


图 3.2-3 海波实验图像

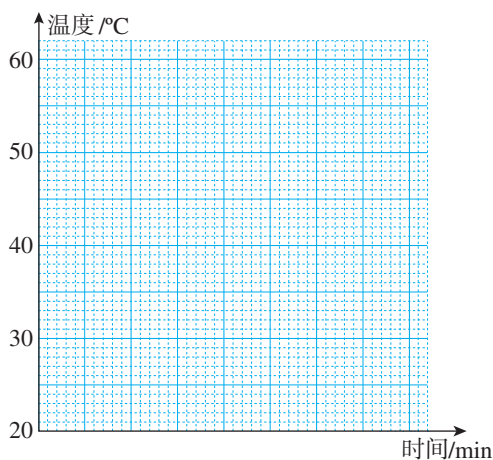


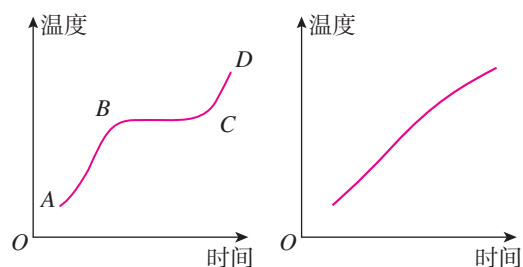
图 3.2-4 石蜡实验图像

熔点 and 凝固点

有些固体在熔化时尽管被不断加热，温度却保持不变，有固定的熔化温度，例如冰、海波、各种金属。这类固体叫作**晶体**（crystal）。晶体熔化时的温度叫作**熔点**（melting point）。有些固体在熔化时，只要不断地吸热，温度就不断地上升，没有固定的熔化温度，例如石蜡、松香、玻璃。这类固体叫作**非晶体**（amorphous matter）。

晶体和非晶体熔化时的温度变化曲线分别如图3.2-5甲和乙所示。

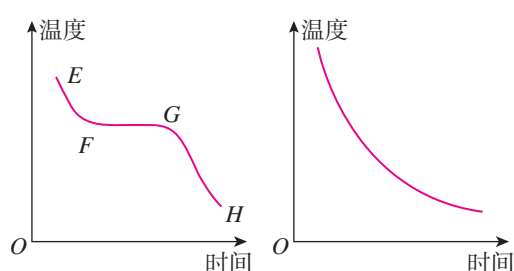
液体凝固形成晶体时也有固定的凝固温度（图 3.2-6 甲），这个温度叫作**凝固点**（solidifying point）。同一种物质的凝固点和它的熔点相同。液体凝固形成非晶体时没有固定的凝固温度（图 3.2-6 乙）。



甲 晶体

乙 非晶体

图 3.2-5 物质熔化图像



甲 晶体

乙 非晶体

图 3.2-6 物质凝固图像



小资料

表 3.2-1 一些晶体的熔点（标准大气压）

晶体	熔点/ $^{\circ}\text{C}$	晶体	熔点/ $^{\circ}\text{C}$
钨	3 410	海波	48
铁	1 538	冰	0
铜	1 083	固态水银	-39
金	1 064	固态酒精	-117
铅	328	固态氮	-210
锡	232	固态氧	-218
固态碘	114	固态氢	-259
萘	80.5	固态氦	-272



想想议议

1. 在图 3.2-6 甲中， EF 、 FG 、 GH 各段分别表示温度怎样变化？物质是在吸热还是在放热？物质处于什么状态？
2. 内蒙古自治区东北部气温曾经达到 $-58\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，这时应该使用什么样的液体温度计？为什么？

熔化吸热 凝固放热

晶体在熔化时虽然温度不变，但是必须对它继续加热，熔化过程才能完成，这表明晶体在熔化时吸热。反过来，液体在凝固成晶体时放热，但是温度不变。非晶体在熔化或凝固过程中也吸热或放热，但是温度改变。

夏天，如果我们要喝冰凉的饮料，往往会在饮料中加上几块冰，而不是直接加冷水（图 3.2-7）。一方面是因为冰块的温度更低，另一方面是因为冰块在熔化成水的过程中吸热，从而可以使饮料的温度下降得更多。

在北方的冬天，为了很好地保存蔬菜，人们通常会在菜窖里放几桶水，这样可以利用水凝固成冰时放出的热使菜窖内的温度不会太低。



图 3.2-7 冰饮



练习与应用

- ① 用实验探究固体熔化过程温度的变化规律时，如果记录相邻两次温度的时间间隔过长，可能会带来什么问题？
- ② 图 3.2-8 是加热某种物质使其熔化的过程中温度随时间变化的图像。根据图像的什么特征可以判断这种物质是一种晶体？它的熔点是多少？从晶体开始熔化到所有晶体完全熔化，大约持续了多长时间？

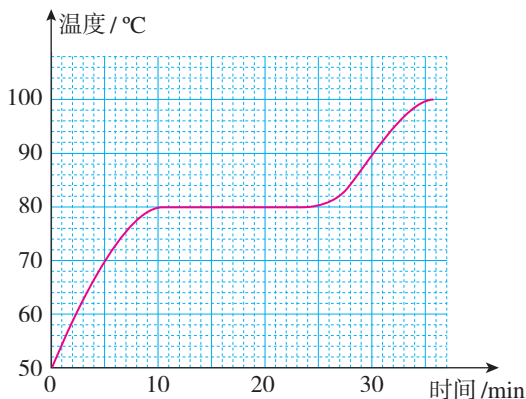


图 3.2-8

③ 图 3.2-9 甲、乙分别是某物质的熔化和凝固图像。你能从中获得哪些信息？

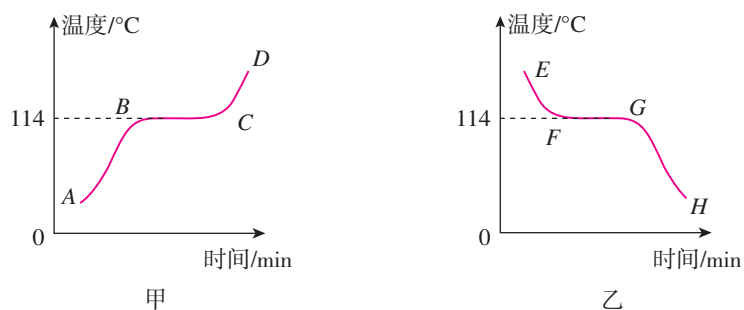


图 3.2-9

④ 日常生活中有哪些利用熔化吸热、凝固放热的例子？

⑤ 冬天，室外已结冰。某同学把酒精和水的混合液体放到室外（温度大约为 $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ），经过相当长时间后，从室外取回混合液体时，却发现混合液体没有凝固。就这个现象你能提出什么猜想？根据这个猜想举出一个可能应用的例子。

第3节 汽化和液化

问题

在塑料袋中滴入几滴酒精，将塑料袋挤瘪，排出空气后用绳把袋口扎紧（图3.3-1），然后放入开水中。你会看到塑料袋有什么变化？从开水中拿出塑料袋，过一会儿它又有什么变化？在整个过程中，酒精的状态发生了哪些变化？



图3.3-1 滴入酒精的塑料袋

从实验中我们可以看到，挤瘪的塑料袋受热后膨胀，降温后重新变瘪。这是因为，塑料袋中的液态酒精受热后变成了气态酒精，降温后气态酒精又变成了液态酒精。物质的液态和气态可以相互转化。物质从液态变为气态的过程叫作**汽化**（vaporization），从气态变为液态的过程叫作**液化**（liquefaction）。

沸腾

问题

注意观察身边的现象，发现并提出要探究的物理问题，根据经验和已有知识作出猜想和假设。

我们在生活中常会将冷水烧开，所谓烧开就是将冷水加热到有大量的气泡冒出。水“开”了这一生活用语在物理学中叫作**沸腾**（boiling），沸腾是液体内部和表面同时发生的剧烈汽化现象。

你认真观察过水的沸腾吗？将冷水加热至沸腾的过程中，水的温度升高了。如果持续加热，水的温度是不是会越来越高？水在沸腾前后温度变化有什么特点？同学之间相互讨论，说出你的猜想。



实验

探究水在沸腾前后温度变化的特点

实验思路

与上一节的固体熔化实验类似，我们可以通过将水加热至沸腾，测量水的温度，根据记录的数据绘制图像，得出水在沸腾前后温度变化的特点。

实验过程

如图 3.3-2 所示，用酒精灯（或家庭常用的电磁炉、电热水壶等）将水加热，使其沸腾。用实验室用温度计测量水温，当水温接近 $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时开始计时，每隔 0.5 min 读数一次并将温度填入下表中，直到水沸腾 $4\sim 5\text{ min}$ 后为止。

时间/min	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	...
温度/ $^{\circ}\text{C}$								

实验结论

通过上表，你能直接看出水在沸腾前后温度变化的特点吗？为了进一步发现规律，我们还可以在图 3.3-3 中绘制水沸腾前后温度与时间关系的图像。

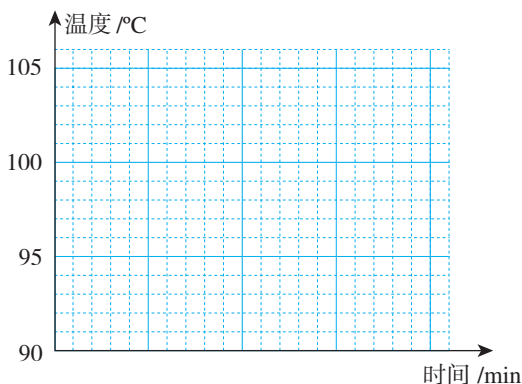


图 3.3-3 水沸腾前后温度变化的图像



注意避免烫伤。

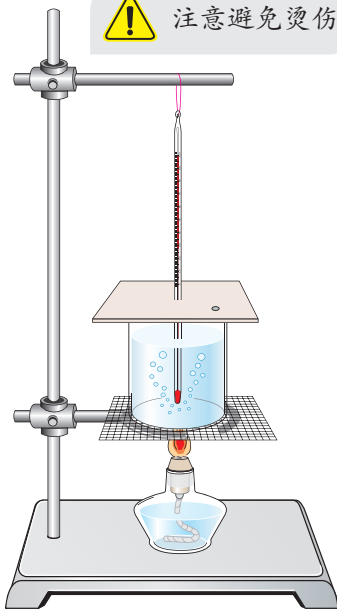


图 3.3-2 观察水沸腾的实验装置



证据

根据对问题的猜想，设计实验方案，选用相应的实验器材进行实验，正确读取和记录实验数据。实验数据是科学探究的重要证据。



解释

根据实验目的用简单的表格、图像等描述信息，通过信息比较、图像分析等方法发现其中的规律，形成结论并作出解释。



交流

把实验的过程与结果写成科学探究报告，与同学进行交流。

根据你对实验数据的整理和分析，总结水在沸腾前后温度变化的特点：_____。

将你的实验思路与实验过程、实验结论等写成科学探究报告，与其他同学交流，进一步完善你的实验。

实验表明，水在沸腾前，温度不断升高；水在沸腾后，温度保持不变。从实验中还可以看到，水的沸腾是一种剧烈的汽化现象。这时形成的大量气泡不断上升、变大，到水面破裂开来，里面的水蒸气散发到空气中。在沸腾的过程中，虽然水的温度保持不变，但要用酒精灯持续加热，所以说水在沸腾的过程中不断吸热。

各种液体沸腾时都有确定的温度，这个温度叫作**沸点**（boiling point）。不同液体的沸点不同。液体在沸腾的过程中不断吸热。家里煮饺子、蒸馒头时，在水沸腾后仍然要继续加热，就是为了使水能够继续吸热，保持沸腾。



小资料

表3.3-1 一些液体的沸点（标准大气压）

液体	沸点/°C	液体	沸点/°C
液态铁	2 750	酒精	78
液态铅	1 740	液态氨	-33
水银	357	液态氧	-183
液态碘	184	液态氮	-196
甲苯	111	液态氢	-253
水	100	液态氦	-269



想想做做

着火点是物质可以燃烧的最低温度。纸的着火点大约是 $183\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，就是说，当纸的温度达到 $183\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时，它会燃烧起来，而火焰温度通常比纸的着火点高得多。想一想：我们能用纸做的锅在火上把水烧开吗？

取一张光滑的厚纸，照图 3.3-4 那样做成一个小纸锅。小纸锅里装些水，放到火上加热。注意不要让火苗烧到水面以上的纸。过一会儿水就会沸腾，而小纸锅不会燃烧。

实际做一做，说一说小纸锅为什么不会燃烧。

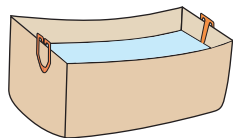


图3.3-4 烧开水用的小纸锅

蒸发

生活中我们会发现，洒在地上的水过一会儿就不见了，晾在太阳下的湿衣服不久后也干了。水为什么会不见了呢？这是因为，虽然没有达到沸点，但是水也发生了汽化，变成了气体。这种在任何温度下都能发生的汽化现象叫作**蒸发**（evaporation）。

蒸发只发生在液体的表面。要加快液体的蒸发，可以升高液体的温度，增大液体的表面积，加快液体表面上的空气流动；而要减慢蒸发，应该采取相反的措施。

蒸发和沸腾是汽化的两种形式。



想想做做

你可能有过用医用酒精擦拭皮肤消毒的经历。把酒精擦在手背上，手背有什么感觉？这可能是什么原因引起的？

把酒精反复涂在温度计的玻璃泡上，用扇子扇，温度计的示数有什么变化？如果温度计上不涂酒精，用扇子扇，温度计的示数会变化吗？

手背擦上酒精后，随着酒精的蒸发，人会感到擦酒精的位置变凉。这是因为酒精在蒸发过程中吸热，致使酒精及与酒精接触的物体温度下降。夏天向地面上洒水会感到凉快，是利用水在蒸发时吸热来降低温度的。人们在高温的天气里大汗淋漓，是人体自我保护的生理现象，汗液蒸发吸热，使体温不致升得太高。

人游泳之后刚从水中出来，会感觉很冷。天热时，狗常把舌头伸出来。你能解释这些现象吗？

1D 液化

在北方的冬天，可以看到户外的人不断呼出“白气”，这是呼出的水蒸气遇到冷空气凝结成的小雾滴；戴眼镜的人从寒冷的室外进入温暖的室内，镜片会蒙上一层小水珠，这是室内空气中的水蒸气遇到冷镜片凝结成的。清晨，人们有时会看到路边的草、树叶或昆虫身上结有露珠（图3.3-5），这是空气中的水蒸气遇冷凝结成的小水滴。



图3.3-5 昆虫和植物上的露珠

实验表明，所有气体在温度降到足够低时都可以液化。另外，在一定的温度下，压缩气体的体积也可以使气体液化。将气体液化的最大好处是体积缩小，便于储存和运输。火箭中用作燃料和助燃剂的氢和氧，都是以液体状态装在火箭里的。有些家庭利用石油加工时产生的可燃气体做饭，这些气体也是液化后储存在钢瓶内的，称作液化石油气（图3.3-6）。



图3.3-6 液化石油气

液体汽化时要吸热，与此相反，气体液化时要放热。烧水、做饭的时候，水蒸气引起的烫伤往往比开水烫伤更严重，这是因为水蒸气和开水的温度虽然差不多，但是水蒸气液化时还要放出大量的热。



青藏高原上的“冰箱”

我国的青藏铁路是世界上海拔最高的铁路。铁路穿过多年冻土区时，为了减小冻土因融化对路基产生的影响，需要使冻土保持低温。你知道工程师是采用了什么技术攻克这个难题的吗？在回答这个问题前，我们先来了解一下电冰箱制冷的原理。

电冰箱利用制冷剂作为热的“搬运工”，把冰箱里的“热”“搬运”到冰箱的外面。制冷剂采用既容易汽化又容易液化的物质，汽化时它吸热，液化时它放热。图3.3-7是一种电冰箱的构造和原理图。液态制冷剂经过很细的毛细管进入冰箱内冷冻室的管子，在这里汽化、吸热，使冰箱内温度降低。之后，生成的蒸气又被压缩机压入冷凝器，在这里液化并把从冰箱内带来的热通过冰箱壁上的管子放出。制冷剂这样循环流动，冰箱冷冻室里就可以保持相当低的温度。

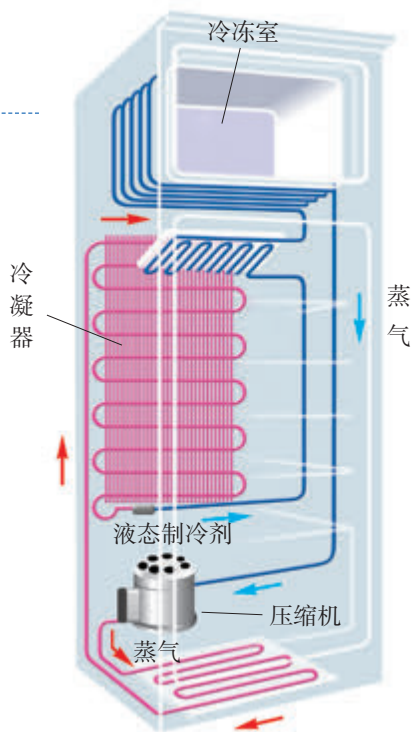


图3.3-7 一种电冰箱的原理图

电冰箱通过压缩机使制冷剂不断地液化和汽化而获得低温，热管技术不使用压缩机也能达到同样的目的。在青藏铁路工程中，为了保证多年冻土区路基

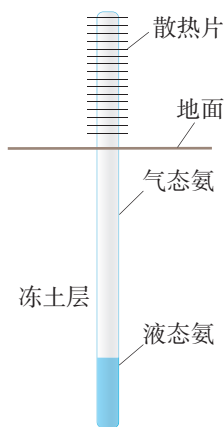


图3.3-9 热棒示意图

的稳定性，铁路两侧竖立了许多热管。这种热管又被称为热棒（图3.3-8）。热棒是封闭的中空长棒，里面一般填充低沸点的液态氨作为“制冷剂”。如图3.3-9所示，热棒的下端插在冻土中，液态氨从冻土中吸热汽化成气态氨。在寒冷的季节，气态氨上升到热棒的上端，通过散热片向空气中放热，变回液态氨，又沉入棒底。如此循环，冻土中的热不断被散发出去，热棒就可以像“冰箱”一样使地下冻土层温度降低、厚度增加。即使到了暖季，热棒中的气态氨不会变回液态氨，热棒不再工作，冻土也不会完全融化。这样，冻土层因温度变化对路基产生的影响就变小了。



图3.3-8 青藏铁路路基两侧的热棒



练习与应用

- ① 清晨在校园里，我们经常会看到绿叶上有晶莹的露珠，而课间活动时露珠又不见了。在上述现象中，发生了哪些物态变化？
- ② 在煎中药时，人们一般先用武火（大火）使药液迅速沸腾，再改用文火（小火）使药液保持沸腾。改用文火使药液保持沸腾时，药液的温度会降低吗？为什么？
- ③ 在炎热、干燥的夏天，以前有人用以下方法保存剩饭、剩菜。在通风的地方放一盆水，在盆里放两块高出水面的砖头，砖头上搁一只比盆小一点的篮子。篮子里放剩饭、剩菜，再把一个薄毛巾或纱布罩在篮子上，并使其边缘浸入水里（图 3.3-10）。用这种方法保存的食物，不容易因气温过高而很快变质。试分析其中的物理原理。
- ④ 夏天，某同学从冰箱的冷藏室里取出一瓶水。不一会儿，他发现瓶壁变湿了。如果马上用毛巾擦，能将瓶壁擦干吗？为什么？
- ⑤ 吐鲁番是全国有名的“火炉”，常年高温少雨。当地流行使用坎儿井，它大大减少了输水过程中水的蒸发和渗漏。坎儿井由明渠、暗渠和竖井组成（图 3.3-11）。暗渠即地下水道，是坎儿井的主体，宽约 1.2 m。井的深度因地势和地下水位的高低不同而有深有浅，最深的井深度超过 90 m。井内的水在夏季比外界低 5~10℃。请你分析一下坎儿井是如何减少水的蒸发的。

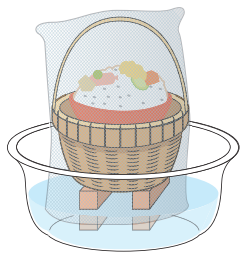


图3.3-10

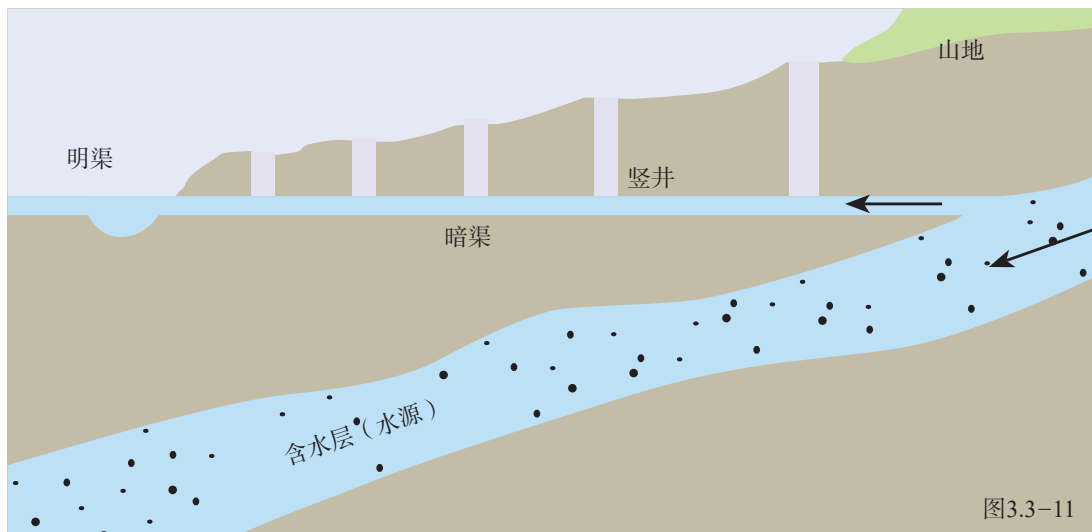


图3.3-11

第4节 升华和凝华

❓ 问题

如图 3.4-1 所示，封闭的玻璃容器中有少量碘颗粒，先向容器浇热水，容器中有什么变化？然后向容器浇冷水，容器中又有什么变化？



图3.4-1 观察碘的物态变化

由实验可以看到，固态的碘受热后，容器内充满了紫色的碘蒸气；碘蒸气遇冷后变成了固态的碘。

ID 升华和凝华

生活中，物质可以由固态变成液态再变成气态，或由气态变成液态再变成固态，也可以由固态直接变成气态，或由气态直接变成固态。物理学中将物质从固态直接变成气态的过程叫作**升华**（sublimation），从气态直接变成固态的过程叫作**凝华**（deposition）。

衣柜里防虫用的樟脑片，过一段时间会变小，最后不见了，这就是一种升华现象。冬天，晾在室外的湿衣服会结成冰，但结冰的衣服也会慢慢变干，这也是因为冰直接升华为水蒸气了。

我国北方秋、冬两季，有时地面和屋顶出现霜、窗玻璃上出现冰花（图 3.4-2）、树枝上出现雾凇，这些都是凝华现象。



图3.4-2 冰花

像熔化和汽化一样，升华也要吸热；像凝固和液化一样，凝华也会放热。因此，在运输食品的时候，为了防止食品腐烂变质，可以利用干冰（固态二氧化碳）的升华来吸热降温。

水循环



想想议议

水的三种状态分别是冰、水和水蒸气。请在图 3.4-3 中将这三者之间的转化过程补充完整并填写吸热、放热的关系。

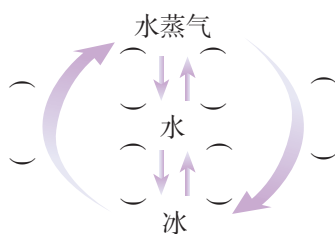


图3.4-3 水的三态联系

通过水的三态变化，地球上的水在不停地循环（图 3.4-4）：阳光照在海面上，海水吸热蒸发成为水蒸气，上升到空中；当水蒸气上升到高空以后，与冷空气接

图3.4-4 水循环造就了雪山和湖泊



触，水蒸气便液化成为小水滴，大量的小水滴悬浮在高空中，就形成了云；小水滴相互聚集，就会凝结成大水滴下降成为雨；如果在高空遇到更加寒冷的气流，小水滴就会凝固成小冰珠，最后有可能形成冰雹降落到地面；冬天，水蒸气在寒冷的高空急剧降温，从而凝华成微小的冰晶，这些冰晶聚集起来，就变成雪花飘落大地；这些天空的降水落到地面，一部分直接变为小溪，另一部分渗入地下，涌出地表后变成股股清泉，许多小溪汇合，形成江河，又注入大海。



科学·技术·社会·环境

水资源

水是人类生存环境的重要组成部分。地球表面的70%以上是海洋。虽然地球表面大部分被水覆盖，但是其中海水约占97%，江河湖泊、土壤、岩层和冰川中的淡水约占3%，而能够供人类直接利用的淡水资源更是仅占淡水资源的0.3%。水资源与人类的关系非常密切，是维持人类生活的源泉。

随着社会的发展、技术的进步，人类对水的依赖程度越来越大。除日常生活用水外，工农业生产也必须用水。在纺织、印染、造纸、炼钢等各个工业领域都需要大量的水资源，农业灌溉更需要大量的水资源。此外，城市的消防、绿化、公共场所的清洁卫生都少不了水。随着人口的膨胀和经济的增长，水资源已经出现了严重的危机。人们不仅直接消耗了大量水资源，在生产和生活中还造成了水的污染，进一步加剧了水资源危机，这已经敲响了人类生存的警钟。因此，我们不仅需要改进节水技术（图3.4-5）、优化用水系统的运行，更需要每个人提高节水意识、养成良好的用水习惯，共同保卫我们的蓝色家园。



图3.4-5 节水灌溉



练习与应用

- ① 观察碘的升华时，为什么利用浇热水或浸在热水中的方式而不用酒精灯直接加热装有碘颗粒的玻璃容器呢？请你查阅碘的熔点和酒精灯火焰的温度，说明原因。
- ② 衣柜里的樟脑片，过一段时间就不见了；北方寒冷的冬天，晾在室外结冰的衣服慢慢变干。你如何说明这些都是升华现象？
- ③ 二氧化碳气体若被加压、降温到一定程度，就会形成白色的、像雪一样的固体。这种固体在常温下不经熔化就会直接变成气体，被称为干冰。干冰具有很好的制冷作用，可用于人工降水。这是由于干冰在常温下会迅速变为气体并吸热，促使水蒸气遇冷凝结成水滴或小冰晶，从而达到降水的条件。

你能试着分析上面一段描述中包含了哪些物态变化吗？

- ④ 霜是怎样形成的？请你动手做一做下面的实验，并思考形成霜的条件。

如图3.4-6所示，将冰块放于易拉罐中并加入适量的盐。用筷子搅拌大约半分钟，用温度计测量罐中冰与盐水混合物的温度，可以看到混合物的温度低于 0°C 。这时观察易拉罐的下部和底部，就会发现白霜（图3.4-7）。



图3.4-6



图3.4-7

- ⑤ 生活中，有很多情况会造成水资源的浪费。比如，水龙头漏水，用水后水龙头未关紧，用水不节制等。你在生活中还发现哪些浪费水的现象？请你提出几条节约用水的建议。

第5节

跨学科实践：探索厨房中的物态变化问题

项目提出

厨房不仅是加工食材的场所，也是日常生活中充满物态变化的“实验室”（图3.5-1）。烹饪过程涉及各种物态变化，例如，水的沸腾、食用油从液态到气态的蒸发、冰冻水饺中的冰在热水中的熔化等。这些变化不仅是烹饪过程中的自然现象，也是我们掌握烹饪技巧、提高烹饪效率、提升食物品质的关键。我们可以从物理学的视角观察、分析这些现象，了解食材烹饪中的问题，并提出改进的建议。



图3.5-1 物态变化“实验室”

项目分析

我们可以先观察厨房中都有哪些现象与物态变化有关，再分析这些现象中的物理问题。具体任务如下。

1. 观察厨房中的物态变化，分析这些物态变化对烹饪的影响。
2. 从物理学的视角，对烹饪过程中发现的一些问题提出改进建议或总结认识体会。
3. 实施改进建议，描述实施后的情况，并评估其效果。

项目实施

1. 观察厨房中的物态变化，描述这些物态变化发生的条件、过程与结果。分析物态变化的有关规律或相关参数对烹饪的影响。例如，由于食用油和水的沸点差异就会形成炸、煮和蒸等不同的烹饪方式。

下面的表格中记录了一些在厨房中观察到的现象和相应的物态变化，请把你的观察结果补充在表格中。

厨房中的现象	涉及的物态变化
为了煮熟饺子，需要持续烧水一段时间	在烧水的过程中，需要不断加热，水沸腾后温度稳定在 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，一些水会从液态变为气态的水蒸气
水沸腾后打开锅盖，会出现大量“白雾”	水蒸气接触周围的冷空气或低温物品，会液化成小水滴

2. 从物理学的视角找出这些现象对烹饪过程的影响，对烹饪中可能存在的问题提出具体的改进建议。进一步说明这些建议是怎样优化烹饪过程或解决安全隐患的，并解释这些建议的科学依据。还可以撰写一篇观察报告，从物理学的视角分析物态变化规律在烹饪过程中所起的作用，总结认识体会。



图3.5-2 煮饺子

以煮饺子（图3.5-2）为例。从上表中我们知道，煮饺子时会观察到水的汽化和液化现象。要煮熟饺子，是需要一定时间的。虽然加大火力可以加快水的沸腾，但是水沸腾后仍然大火加热并不会使饺子更快煮熟。这是因为水在沸腾后温度保持不变，继续使用大火只会加速水的汽化，浪费水和燃料。因此，在水沸腾后，应将

大火改为小火。

此外，由于水蒸气变成同温度的热水时要放出大量的热，所以锅中冒出的水蒸气造成的烫伤要比热水烫伤更严重。因此，在水煮沸时，若要揭开锅盖须注意避开水蒸气，以免烫伤。

3. 选择一个改进建议，在家人的帮助下，在厨房中进行实际操作，检验效果。

操作时要记录实施过程中的观察结果和有关数据，包括必要的调整措施和遇到的问题。分析实施改进建议后的结果，并与改进前的情况进行比较，看看改进建议是否有效。



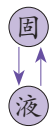
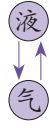
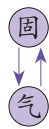
在家中实验前，请确保你处于安全的操作环境中，并能正确使用各种厨具，家中还应有成年人在场，操作时须注意避免烫伤！

展示交流

整理汇总自己的发现、所学到的知识以及提出的改进建议，用幻灯片、海报或视频记录等形式汇报。也可以通过辩论、角色扮演、烹饪比赛等形式进行交流，并互相评价，共同提高。

第三章 物态变化

知识梳理

一、温度					
含义	单位	测量仪器：温度计			
		常见种类	实验室用温度计原理	使用注意事项	
物体的冷热程度	℃	实验室用温度计、寒暑表、测温枪等	液体的热胀冷缩	注意测量的范围和分度值； 稳定后再读数；	
二、物态变化					
过程图示	变化名称	变化过程	吸、放热	特点	实践应用和现象解释
	熔化	固→液	吸热	晶体熔化和凝固时温度保持不变（具有熔点和凝固点）； 非晶体熔化和凝固时温度改变	加冰块使饮料降温； 铸造应用了熔化和凝固；
	凝固	液→固	放热		
	汽化	液→气	吸热	蒸发：任何温度下液体表面汽化； 沸腾：在沸点温度下液体表面和内部同时汽化	电冰箱利用汽化制冷； 汗液蒸发吸热调节体温； 露是水蒸气液化形成的；
	液化	气→液	放热	通过降低温度、压缩体积来实现液化	
	升华	固→气	吸热	固体不经过液态直接变为气体	冬天结冰的衣服变干是冰直接升华为水蒸气； 雾凇和霜是凝华形成的；
	凝华	气→固	放热	气体不经过液态直接变为固体	

自然界的水循环

体会、感悟

- 初步体会了科学探究的基本过程：提出问题后，对问题的原因或结果提出猜想和假设，设计实验获得数据，随后对数据进行解释，形成实验结论并进行交流。
- 学习了用图像来描述实验数据的方法。
- 通过自然界水循环知识的学习，认识到水资源危机已出现在人类的面前，要养成良好的用水习惯，共同保卫我们的蓝色家园。



复习与提高

- ① 如图3-1所示，3D打印过程一般是将固态材料在高温下变成液态材料，喷头按照3D图纸轨迹运动将液态材料挤出，材料冷却后形成立体实物的过程。在打印过程中，所用材料经历了哪些物态变化？



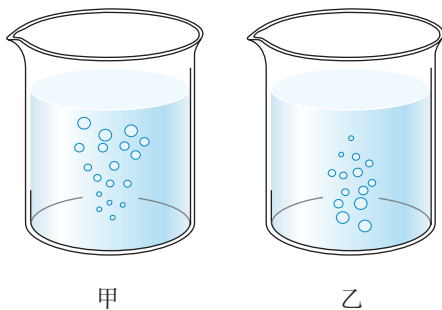
图3-1



图3-2

- ② 如图3-2所示，某同学将少量碎冰放入试管中，准备探究固体熔化时温度的变化规律。实验时他发现，还没有加热就能明显观察到有一部分冰熔化了。因此，他认为：冰的熔化不需要吸收热量。你同意他的看法吗？说说你的理由。
- ③ 在运输海鲜类食品时，人们常在食品周围放置一些冰块，防止温度过高、食品变质；在北方的冬天，人们常在存放蔬菜的地窖里放几桶水，防止蔬菜被冻坏。这两种保存食物的办法在物理原理上有什么不同？
- ④ 煮饺子时，水沸腾后人们通常会往锅里加入半碗冷水，使其停止沸腾，当水再次沸腾后再加冷水……反复几次之后饺子就煮熟了。请你用纵轴表示水温，横轴表示加热时间，大致画出水温随时间变化的图像。
- ⑤ 某同学通过实验来探究水在沸腾前后温度变化的特点。

(1) 根据你的实验经历，沸腾时水里的气泡在上升过程中，其大小的变化情况是图3-3中的哪一种？



甲

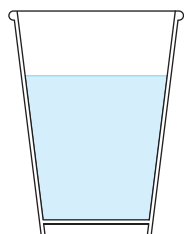
乙

图3-3

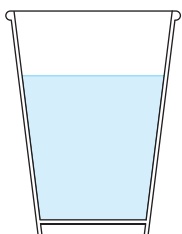
(2) 下表是这位同学记录的实验数据, 其中一组数据出现记录错误, 请你找出来并说明判断的依据。另外, 他测出水的沸点是多少?

时间/min	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	...
温度/°C	95	96	97	98	98	98	96	98	98	98	...

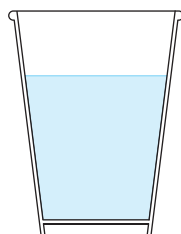
- ⑥ 烧开水时, 我们会在水面上方看到“白气”; 夏天, 我们也会在冰激凌周围看到“白气”。比较这两种“白气”的形成过程, 说说它们的相同点和不同点。
- ⑦ 某同学将热水、冰水和室温水(水温与室温相同)分别装入纸杯中, 如图3-4所示。一段时间后, 发现其中两只纸杯的杯壁上有小水珠出现。请你说一说是哪两只纸杯并画出小水珠的大致位置。你知道小水珠产生的原因是什么吗?



甲 热水



乙 冰水



丙 室温水

图3-4

第四章 光现象

雨过天晴，一道彩虹挂在天空，它的美丽和神奇曾引起人们无限的遐想。是谁在天空架起了这样色彩缤纷的桥梁？在我国神话中，女娲炼五色石补天，彩虹即五色石发出的彩光。

当通过实验在阳光中找到这些色彩时，人们才逐渐揭开了彩虹的神秘面纱。现在我们也一起来探索绚丽多彩的光现象背后的奥秘吧！



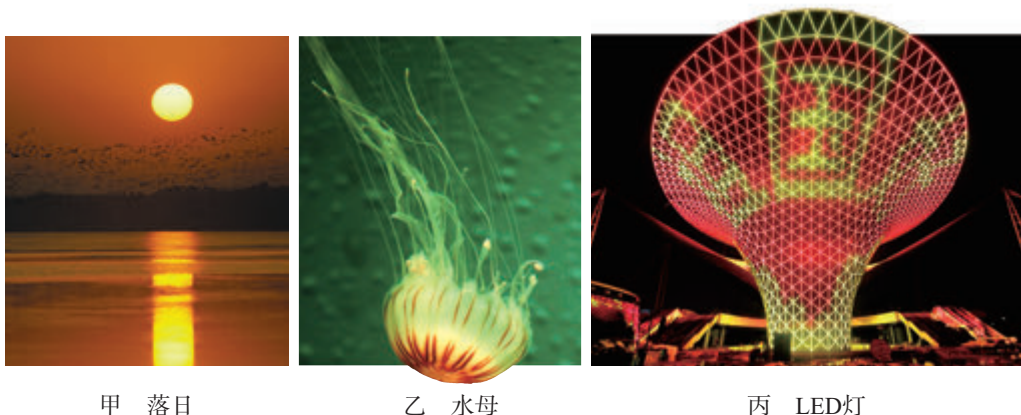
第1节 光的直线传播



问题

我们每天都会通过声和光接收大量信息。之前我们学习了声现象，了解了声的传播。关于光现象，你知道哪些物体能发光吗？光的传播又有什么特点呢？

要研究光现象，首先要看哪些物体能够发光，是谁给我们带来了光明（图4.1-1）。



甲 落日

乙 水母

丙 LED灯

图4.1-1 发光的物体

在晴朗的日子里，白天，灿烂的阳光普照大地；夜晚，闪烁的星光点缀漆黑的夜空。太阳以及我们看到的绝大多数星星是恒星，宇宙中的恒星都能发光。有的动物也可以发光。夏天的夜晚，常有淡淡的绿光在草丛中闪烁，那是萤火虫在发光。在大海深处，水母、灯笼鱼、斧头鱼等发出的光，使幽深的海洋世界显得更加神秘。

所有这些能够发光的物体都是光源。现代社会中有

很多人造光源，如图4.1-1丙中的发光二极管（LED）灯。你周围有哪些人造光源？

光的直线传播

在有薄雾的天气，可以看到透过树丛的光束是直的（图4.1-2）；从汽车前灯射出的光束是直的；电影放映机射向银幕的光束也是直的。这些现象说明，光在空气中是沿直线传播的。光在空气中沿直线传播，那么它在液体、固体中是不是也沿直线传播呢？



图4.1-2 光在空气中沿直线传播



演示

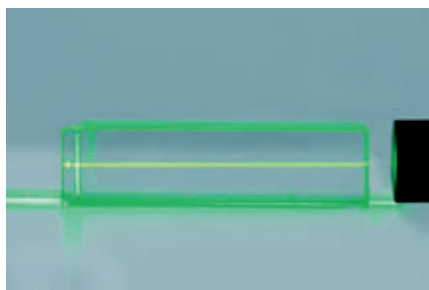
光在水和玻璃中的传播

如图4.1-3甲所示，向盛水的玻璃水槽内滴几滴牛奶，搅拌均匀后，用激光笔将一束光射到水中，观察光在水中的传播径迹。

如图4.1-3乙所示，用激光笔将一束光射到玻璃砖中，观察光在玻璃中的传播径迹。



甲 光在水中的传播



乙 光在玻璃中的传播

图4.1-3 光的传播

实验表明，光在水、玻璃中也是沿直线传播的。空气、水和玻璃等透明物质可以作为光传播的介质，**光在同种均匀介质中沿直线传播**。



图4.1-4 光线

为了表示光的传播情况，我们通常用一条带有箭头的直线表示一束光传播的径迹和方向（图4.1-4）。这样的直线叫作**光线**（light ray）。

由于光沿直线传播，所以在开凿隧道时，工人可以用激光束引导掘进机，使掘进机沿直线前进，保证隧道方向不出偏差（图4.1-5）。



图4.1-5 激光引导掘进方向



想想做做

如图4.1-6所示，在一个空罐的底部中央打一个小孔，再用一片半透明的塑料膜蒙在空罐的口上，并用橡皮筋固定。将小孔对着烛焰，观察烛焰在薄膜上所成的像；改变烛焰到小孔的距离，观察烛焰成像的情况；描述小孔成像的特点。

从烛焰的不同位置发出的光穿过小孔后是怎样传播的？试着在图4.1-7中画一画，也许能帮助你解释为什么能成这样的像。



图4.1-6 小孔成像

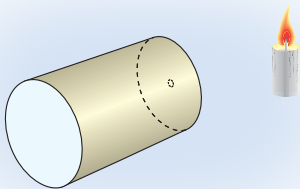


图4.1-7 小孔成像的原理

光的传播速度

打雷和闪电在远处同时同地发生，但是我们总是先看见闪电，后听到雷声。这表明，光比声音传播得快。

与声音不同，光不仅可以在空气、水等物质中传播，而且可以在真空中传播，在物理学中光速用字母 c 表示。光在真空中 1 s 能传播 299 792 458 m，也就是说，真空中的光速

$$c = 2.997\,924\,58 \times 10^8 \text{ m/s}$$

在通常情况下，真空中的光速可以近似取

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s} = 3 \times 10^5 \text{ km/s}$$

光在空气中的速度非常接近 c 。光在水中的速度约为 $\frac{3}{4}c$ ，在玻璃中的速度约为 $\frac{2}{3}c$ 。



科学世界

我们看到了古老的光

同学们听过牛郎织女的神话故事吧。王母娘娘拆散了牛郎和织女的幸福家庭，他们化作天上的两颗星，只能在每年农历七月初七渡过银河相会一次。这个故事表达了人们反抗封建礼教、追求幸福生活的美好愿望。

但是，神话终归是神话。你知道天上的牛郎星和织女星相距多远吗？这两颗星都是银河系中的恒星，它们之间的距离如果用千米表示，那可真是“天文数字”，大得不得了。即便牛郎能以光速飞行，从牛郎星飞到织女星也要 16 年！要想每年相会一次，那是不可能的。

宇宙中恒星间的距离都非常大。为了表达方便，天文学家使用了一个非常大的距离单位——光年，它等于光在真空中传播 1 年所经过的距离。这样说来，牛郎星和织女星的距离就是 16 光年。

离太阳系最近的恒星是半人马座的比邻星，它距离我们 4.2 光年。也就是说，我们现在观测到的比邻星的光，是它在 4.2 年前发出的，经过了 4 年多才到达我们的眼睛。

银河系是由超过1 000亿颗恒星组成的星系。在银河系之外，离我们最近的星系是大麦哲伦云，它距离我们约16万光年。想一想：今天人们看到的大麦哲伦云的光，是它什么时候发出的？那时候人类在进化过程中正处于哪个阶段？

秋天的夜晚可以在东北方向的天空找到一个亮斑，看起来像个纺锤，那就是仙女星系（图4.1-8）。它是北半球可用肉眼看到的银河外星系，与我们的距离约是250万光年。

光——宇宙的使者，不仅告诉我们宇宙的现在，还在告诉我们遥远的过去。

请回答以下问题：

1. “光年”是什么物理量的单位？
2. 牛郎星和织女星的距离是多少千米？



图4.1-8 仙女星系



练习与应用

- ① 做一做手影游戏（图4.1-9），用光的直线传播知识解释影子是怎样形成的。
- ② “井底之蛙”这个成语大家都很熟悉。请根据光的直线传播知识画图说明为什么“坐井观天，所见甚小”。
- ③ 举出一些例子，说明光的直线传播在生活中的应用。
- ④ 太阳发出的光，大约要经过8 min才能到达地球。请你估算太阳到地球的距离。如果一辆赛车以500 km/h的速度不停地跑，它要经过多长时间才能跑完这样长的距离？
- ⑤ 请你比较光在玻璃、水、空气中传播速度的大小，并由此猜想光在固体、液体、气体中传播速度的大小关系。通过查阅资料，检验你的猜想。



图4.1-9

第2节 光的反射

问题

甘肃敦煌的熔盐塔式光热电站使用了超过1.2万面定日镜。当太阳位置发生变化时，自动控制系统可以调整光热电站定日镜的角度，将太阳光准确地反射到吸热塔的顶端（图4.2-1），从而达到聚热的效果。这些定日镜为什么能将太阳光准确反射到指定位置？

图4.2-1 甘肃敦煌的熔盐塔式光热电站

光的反射定律

光遇到桌面、水面以及其他许多物体的表面都会发生**反射**（reflection）。我们能够看见不发光的物体，就是因为物体反射的光进入了我们的眼睛（图4.2-2），那么，光发生反射时遵循什么规律？也就是说，反射光是沿着什么方向射出的？

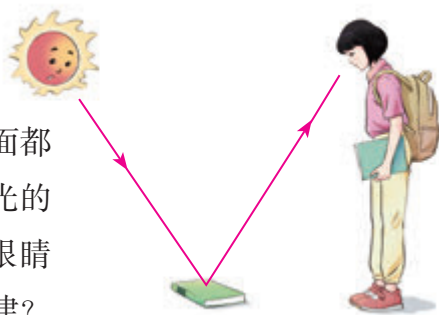


图4.2-2 反射光进入人眼

实验

探究光的反射定律

实验思路

当光发生反射现象时，每一束反射光对应着一束入射光。因此，要探究光反射时的规律，就要找到反射光与入射光的位置关系。要找到这个关系应该测量哪些角度？选用什么样的器材？如何测量呢？说说你的想法。



注意避免激光射入眼睛。

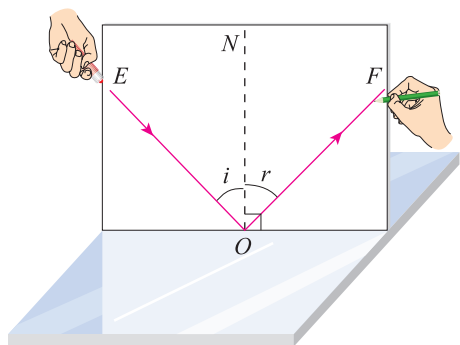


图4.2-3 探究光反射时的规律

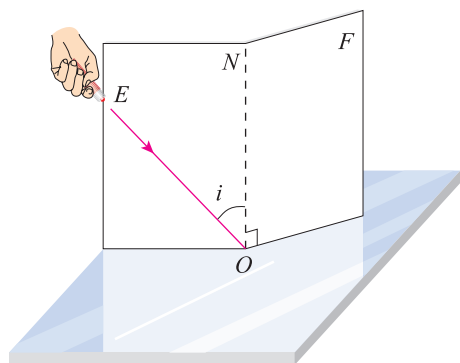


图4.2-4 是否还能看到反射光

我们可以把一块平面镜放在水平桌面上，再把一张用来显示光的传播路径的纸板竖直地立在平面镜上，纸板上的直线 ON 垂直于镜面，如图4.2-3所示。

实验中应注意使光沿不同角度入射，经过多次测量，分析实验数据，找出反射光与入射光之间的位置关系。

实验过程

1. 使一束光贴着纸板沿某一个角度射到 O 点，经平面镜反射，沿另一个方向射出。在纸板上用笔描出入射光 EO 和反射光 OF 。改变光束入射的角度，观察反射光的方向是否改变。多做几次，换用不同颜色的笔记录每次光的径迹。取下纸板，用量角器测量 ON 两侧的 $\angle i$ 和 $\angle r$ ，将数据记录在下表中。

次数	$\angle i$	$\angle r$
1		
2		
3		
...		

2. 纸板 ENF 是用两块纸板连接起来的。把纸板 NOF 向前折或向后折（图4.2-4），在纸板上还能看到反射光吗？

实验结论

关于光的反射，你发现了什么规律？请尝试总结：_____。

经过入射点 O 并垂直于反射面的直线 ON 叫作法线，入射光线与法线的夹角 i 叫作入射角，反射光线与法线的夹角 r 叫作反射角（图4.2-5）。

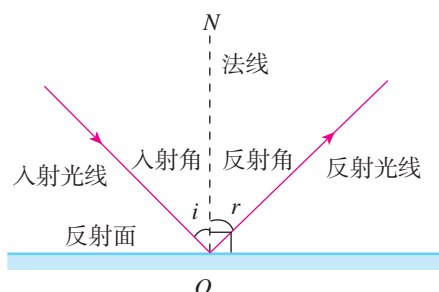


图4.2-5 光的反射

经过大量实验，人们归纳出如下规律：在反射现象中，反射光线、入射光线和法线在同一平面内；反射光线和入射光线分别位于法线两侧；反射角等于入射角。这就是光的**反射定律**（law of reflection）。光热电站的定日镜就是利用这个规律将太阳光反射到吸热塔顶端的。

1D 光路的可逆性

在上面的实验中，如果让光逆着反射光的方向射到镜面，那么，它被反射后就会逆着原来的入射光的方向射出（图4.2-6）。这表明，在反射现象中，光路可逆。

生活中有很多现象可以说明光路的可逆性。例如，如果你在一块平面镜中看到了一位同学的眼睛，那么这位同学也一定会通过这面镜子看到你的眼睛。

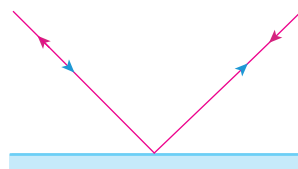


图4.2-6 光路可逆

1D 镜面反射和漫反射

阳光射到镜子上，迎着反射光的方向可以看到刺眼的光，而在其他方向却看不到反射的阳光。如果阳光射

到白纸上，那么无论从哪个方向看，都能看到纸被照亮了，但不会感到刺眼。这是为什么？

原来，镜面很平整、光滑，一束平行光照射到镜面上后，会被平行地反射（图4.2-7甲）。这种反射叫作**镜面反射**（mirror reflection）。而看上去很平的白纸，如果在显微镜下观察，可以看到实际是凹凸不平的。凹凸不平的表面会把一束平行光向着四面八方反射（图4.2-7乙）。这种反射叫作**漫反射**（diffuse reflection）。正是由于桌椅、书本等物体会对照射到其上的光产生漫反射，我们才可以从不同方向看到它们。

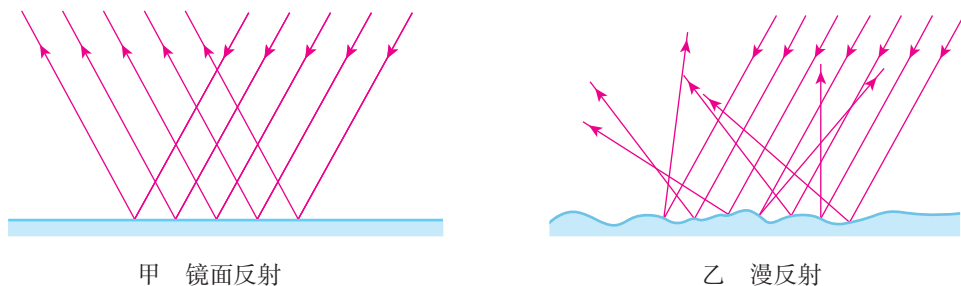


图4.2-7 两种反射

现在，城市里越来越多的高楼大厦采用玻璃幕墙、磨光的大理石作为装饰。当强烈的太阳光照射到这些光滑的表面时，就会发生镜面反射，炫目的光干扰人们的正常生活，造成“光污染”。



想想议议

有时，黑板反射的光会很亮，使一些同学看不清黑板上的字。请画出这种现象的光路。为了保护同学们的眼睛，请你根据所学的知识提出改变这种状况的建议。



练习与应用

- 1 光与镜面成 30° 角射在平面镜上，反射角是多少？试画出反射光线，标出入射角和反射角。如果光垂直射到平面镜上，反射光如何射出？画图表示出来。
- 2 自行车尾灯的示意图如图 4.2-8 甲所示。夜晚，用手电筒照射尾灯，看看它的反光效果。图 4.2-8 乙可以帮助我们理解自行车尾灯的反光原理，请在图上画出反射光线。

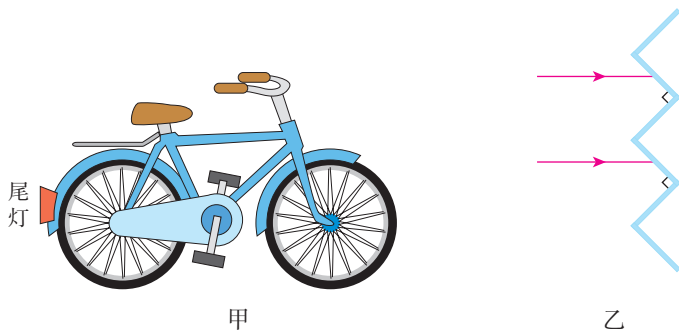


图4.2-8

- 3 如图 4.2-9 所示，如何利用一块平面镜使此时的太阳光竖直射入井中？请你通过作图标出平面镜的位置，并标出反射角的大小。
- 4 雨后晴朗的夜晚，为了不踩到地上的积水，人们根据生活经验判断：迎着月光走，地上发亮的是水；背着月光走，地上发暗的是水。请你依据所学光的反射知识进行解释。
- 5 激光测距技术广泛应用在人造地球卫星测控、大地测量等方面。例如，激光测距仪向目标天体发射激光束，并接收反射回来的激光束，测出激光往返所用的时间，就可以算出所测天体与地球之间的距离。已知一束激光从激光测距仪发出并射向月球，大约经过 2.56 s 被反射回来，则地球到月球的距离大约是多少千米？

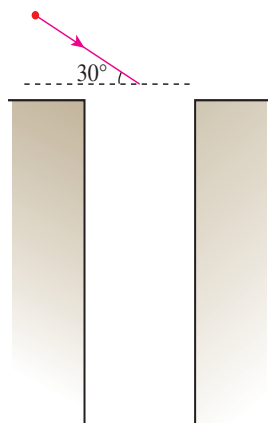


图4.2-9

第3节 平面镜成像



问题

国家大剧院和它在水中的倒影相映成趣，宛如一个巨大的蛋壳（图4.3-1）。为什么会出现这种现象呢？



图4.3-1 国家大剧院和它的倒影

当你照镜子的时候可以在镜子里看到另外一个“你”，镜子里的这个“人”就是你的像（image）。国家大剧院的倒影实际上就是大剧院在水中的像。这个像有什么特点呢？物体在镜子里的像是如何形成的？

平面镜成像的特点



实验

探究平面镜成像的特点

实验思路

探究平面镜成像的特点，关键是要确定像的位置和大小。如何设计这个实验呢？我们可以按如下思路进行探究。

用一块玻璃板作为平面镜，把一支点燃的蜡烛放在玻璃板的前面，可以看到它在玻璃板后面的像。再拿一支外形相同但未点燃的蜡烛，在玻璃板后面移动，直到看上去它的位置与像的位置重合。这个位置就是前面那支蜡烛的像的位置。

确定了像的位置，再比较像跟物体的位置和大小关系，这样就可以得到平面镜成像的特点了。

实验过程

1. 如图4.3-2所示,在桌面上铺一张纸,纸上竖立一块玻璃板。沿着玻璃板在纸上画一条直线,代表平面镜的位置。将点燃的蜡烛放置在玻璃板前,通过移动未点燃的蜡烛,找到点燃蜡烛的像的位置,在纸上标记蜡烛和像的位置。测量蜡烛和像到平面镜的距离,记录在下表中。

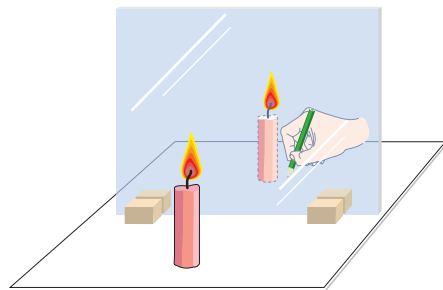


图4.3-2 探究平面镜成像的装置

2. 移动点燃的蜡烛,多做几次实验。实验时注意观察点燃蜡烛的像的大小是否随蜡烛位置的改变而变化。

次数	蜡烛到平面镜的距离/cm	蜡烛的像到平面镜的距离/cm
1		
2		
3		
...		

3. 换用长度不同的蜡烛,再做几次实验。实验时注意观察蜡烛像的大小和蜡烛的大小是否相同。

实验结论

请根据你的实验情况,总结平面镜成像的特点:_____



想想做做

在以上实验中,玻璃板后面并没有点燃的蜡烛,但我们却看到了玻璃板后面点燃蜡烛的像。请你试着用光屏承接玻璃板后面的像,观察光屏上能否看到点燃蜡烛的像。

在实验中,我们用光屏并没有承接到蜡烛的像,这样的像叫作**虚像**。

精确的实验表明：平面镜所成的像为虚像，其大小与物体的大小相等，像和物体到平面镜的距离相等，像和物体的连线与镜面垂直。

利用数学课中有关对称的知识，平面镜成像的规律也可以表述为：平面镜所成的像为虚像，像与物体关于镜面对称。

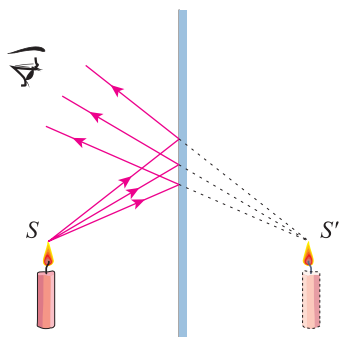


图4.3-3 平面镜中的像是虚像

ID 平面镜成虚像的原理

在图4.3-3中，光源 S 向四处发光，一些光经平面镜反射后进入了人的眼睛，引起视觉。由于有光沿直线传播的经验，人会感觉这些光好像是从进入人眼光线的反向延长线的交点 S' 处发出的。 S' 就是 S 在平面镜中的像。由于平面镜后并不存在光源 S' ，进入眼睛的光并非真正来自 S' ，所以把 S' 叫作虚像。

ID 平面镜的应用

平面镜的使用历史悠久，古代人们就用磨光的铜面作为镜子（图4.3-4）。



图4.3-4 《女史箴图》
（于非闇摹，局部）

现代生活中人们更离不开镜子，平面镜在各行各业中都有广泛的应用。医生用来检查牙齿的口镜就是平面镜，早期军事上的潜望镜主要是由两块平面镜组成的。

科学世界

凸面镜和凹面镜

除了平面镜，生活中也常见到凸面镜和凹面镜。不锈钢勺子的里、外两个表面就相当于凹面镜和凸面镜（图4.3-5）。



图4.3-5 勺子所成的像

凸面镜和凹面镜在实际中有很多应用。例如，汽车的后视镜和街头路口的反光镜（图4.3-6）都是凸面镜。凸面镜能起到扩大视野的作用。

汽车前灯的反光装置（图4.3-7）则相当于凹面镜，有了它，射出的光接近于平行光。



图4.3-6 凸面镜可以扩大视野

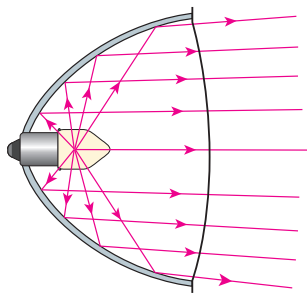


图4.3-7 汽车前灯的反光装置

利用凹面镜制成的太阳灶（图4.3-8）可以会聚太阳光用来烧水、煮饭，既节省燃料，又不污染环境。凹面镜的面积越大，会聚的太阳光越多，温度也就越高。大的太阳炉甚至可以用来熔化金属。



图4.3-8 利用太阳灶煮饭



练习与应用

- ① 我们知道平面镜成像非常清晰，为什么在探究平面镜成像的特点时用玻璃板而不用平面镜？
- ② 小芳面向平面镜，站在镜前1 m处，镜中的像与她相距多少米？若她后退0.5 m远离平面镜，则镜中的像与她相距多少米？镜中像的大小会改变吗？
- ③ 京剧被列入我国第一批国家级非物质文化遗产名录。请在图4.3-9中分别画出京剧演员通过平面镜看到的A点和B点的像。

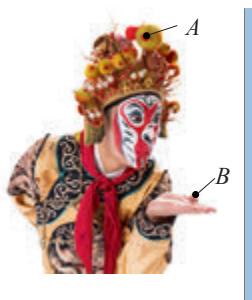


图4.3-9

- ④ 如图4.3-10所示， $A'O'$ 是AO在平面镜中的像。请你画出平面镜的位置。
- ⑤ 检查视力时，视力表放在被测者头部的后上方，被测者识别对面墙上镜子里的像（图4.3-11）。视力表在镜中的像与被测者相距多远？与不用平面镜的方法相比，这样安排有什么好处？

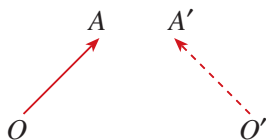


图4.3-10

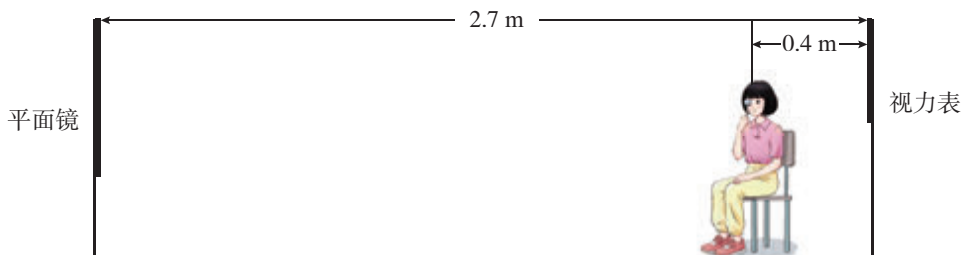


图4.3-11

- ⑥ 潜水艇下潜后，艇内的人员可以用潜望镜来观察水面上的情况。我们利用两块平面镜就可以制作一个潜望镜（图4.3-12）。请你制作一个潜望镜并把它放在窗户下，看看能否观察到窗外的物体。

如果一束光水平射入潜望镜镜口，它将经过怎样的路径射出？请你画出光路图。

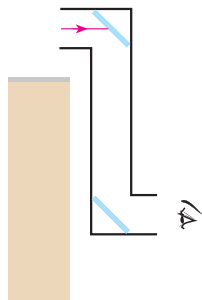


图4.3-12

第4节 光的折射

问题

在一个空碗中放一枚硬币。请你慢慢蹲下，当低至某一个观察位置时，就无法看到硬币了。但如果你慢慢往碗中倒水，在同一个观察位置就又能看到碗中的硬币了（图4.4-1）。这是为什么呢？



图4.4-1 让硬币出现

光的折射

我们说光沿直线传播，是指光在同一种均匀介质中传播的情形。如果光从一种介质进入另一种介质，例如，从空气进入水或玻璃时，情况又会怎样呢？让我们通过实验来研究。

演示

研究光的折射现象

让一束光从空气斜射入水中（图4.4-2），观察光束在空气中和水中的径迹。光束进入水中以后传播方向是否发生了偏折？向哪个方向偏折？

改变光束从空气射入水中的角度，多做几次，观察光束在空气中和水中的径迹。

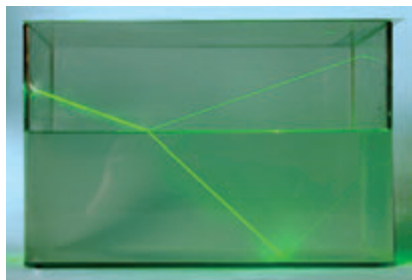


图4.4-2 光斜射入水中时的折射现象

由实验可以发现，光从空气斜射入水中时，传播方向发生了偏折，这种现象叫作光的**折射**（refraction）。如图4.4-3所示，以经过入射点 O 并垂直于水面的直线 ON 作为法线，入射光线与法线的夹角 i 叫作入射角，折射光线与法线的夹角 r 叫作折射角。

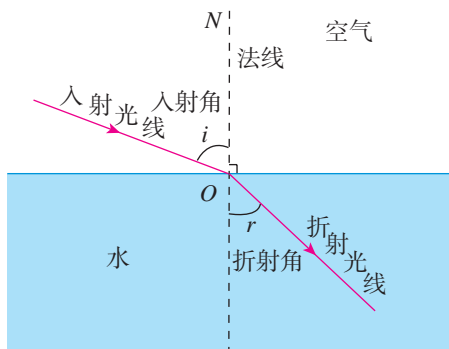


图4.4-3 光的折射

当光从空气斜射入水中或玻璃中时，折射光线向法线方向偏折，折射角小于入射角。当入射角增大时，折射角也增大。当光从空气垂直射入水中或玻璃中时，传播方向不变。

如果让光逆着折射光的方向从水或玻璃射入空气中，可以看到，进入空气中的折射光逆着原来入射光的方向射出。也就是说，在折射现象中，光路可逆。

生活中的折射现象

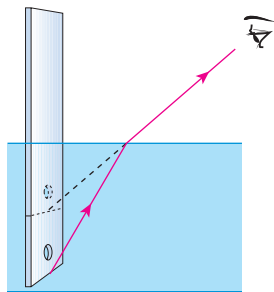


图4.4-4 池水变“浅”了

清澈见底、看起来不过齐腰深的池水，不会游泳的人千万不要贸然下去，因为它的实际深度会超过你看到的深度，可能会使你惊慌失措而发生危险。为什么池水看起来比实际的浅呢？这是因为池底某点反射的光从水中斜射向空气时会发生偏折，逆着折射光看去，就会感觉这点的位置升高了（图4.4-4），即池水看起来比实

际的浅。利用同样的道理，还可以解释节前“问题”栏目中的现象。

鱼儿在清澈的水中游动，可以看得很清楚（图4.4-5）。然而，沿着你看见鱼的方向去叉它，却叉不到。有经验的渔民都知道，只有瞄准鱼的下方才能叉到鱼。



图4.4-5 叉鱼

科学世界

海市蜃楼

在我国古书《史记》《梦溪笔谈》中都有关于海市蜃楼的记载，宋代大诗人苏轼在《登州海市》诗中也描述过海市蜃楼的奇观。可见，海市蜃楼是一种不算少见的自然现象。海市蜃楼是怎样发生的？

我们已经知道，光在同种均匀的介质中沿直线传播。如果介质疏密不均，光就不会沿直线传播，而会发生折射。海市蜃楼是一种由光的折射产生的现象，多发生在夏天的海面上。夏天空气较热，但是海水比较凉，海面附近底层空气的温度比上层的低。空气热胀冷缩，上层的空气比底层的空气稀疏。来自地平线以下远处物体的光，本来不能到达我们的眼中，但有一些射向空中的光，由于不同高度空气的疏密不同而发生弯曲，逐渐弯向地面（图4.4-6），进入观察者的眼睛。观察者逆着光望去，就看见了远处的物体。

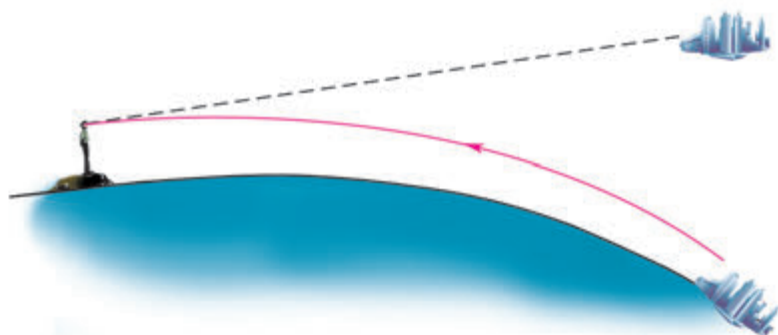


图4.4-6 海市蜃楼的成因



练习与应用

- ① 在图 4.4-7 中，哪一幅图正确地表示了光从空气进入玻璃中的光路？

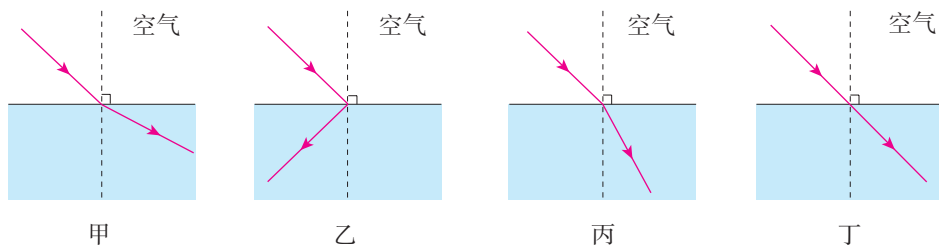


图 4.4-7

- ② 一束光射向一块玻璃砖（图 4.4-8），并穿过玻璃砖。画出这束光进入玻璃砖和离开玻璃砖后的光线（注意标出法线）。
- ③ 在平静的湖边常可以看到“云在水中飘，鱼在云上游”的现象。请你说一说这个有趣的现象是怎么形成的。
- ④ 如图 4.4-9 所示，一束光射入杯中，在杯底形成光斑。逐渐往杯中加水，观察到的光斑将会如何移动？

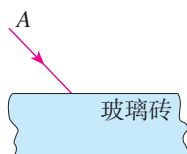


图 4.4-8

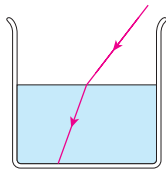


图 4.4-9

- ⑤ 两位同学想用激光笔去照亮水中漂亮的小石子。同学甲往他看到的小石子的下方照射；同学乙往他看到的小石子的方向照射。他们谁能照亮小石子？请你作图说明。
- ⑥ 我们能看到斜放入水中的筷子在水面处发生弯折。动手做一做，你看到水中的筷子是向上弯折还是向下弯折？为什么？

第5节 光的色散

问题

人们早就学会将金刚石、水晶打磨成各种饰品。在阳光的照耀下，它们会发出彩虹一般的光彩，令人赏心悦目。这么美丽的色彩是怎样形成的呢？

太阳发出的光，照亮了地球，使万物生辉。17世纪以前，人们一直认为白色是最单纯的颜色。直到1666年，英国物理学家牛顿用玻璃三棱镜分解了太阳光，这才揭开了光的颜色之谜。

色散

演示

观察光的色散

让一束太阳光照射到三棱镜上（图4.5-1）。从三棱镜射出的光有什么变化？

太阳光是白光，它射入、射出棱镜会发生折射，被分解成各种颜色的光，这种现象叫作光的**色散**（dispersion）。如果用一个白屏来承接，在白屏上就形成一条彩色的光带，颜色依次是红、橙、黄、绿、蓝、靛、紫。这说明，白光是由各种色光混合而成的。彩



图4.5-1 光的色散

虹就是太阳光在传播过程中遇到空气中的水滴，经反射、折射后产生的现象。



想想做做

如果没有三棱镜，也可以用如图 4.5-2 所示的装置来进行光的色散实验。在深盘中盛一些水，盘边斜放一块平面镜，使镜的下部浸入水中。让一束阳光照射在水下的平面镜上，并反射到白墙或白纸上。观察墙壁或白纸上反射光的颜色。



图4.5-2 光的色散实验

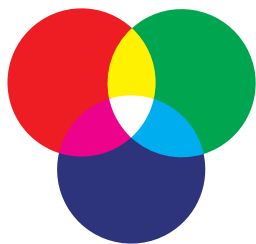


图4.5-3 色光的三原色

色光的混合

人们发现，把红、绿、蓝三种色光按不同比例混合，就可以看到各种颜色，因此把红、绿、蓝叫作色光的三原色（图 4.5-3）。我们看到的电视机、计算机显示器或手机屏幕上的丰富色彩就是由三原色光混合而成的（图 4.5-4）。

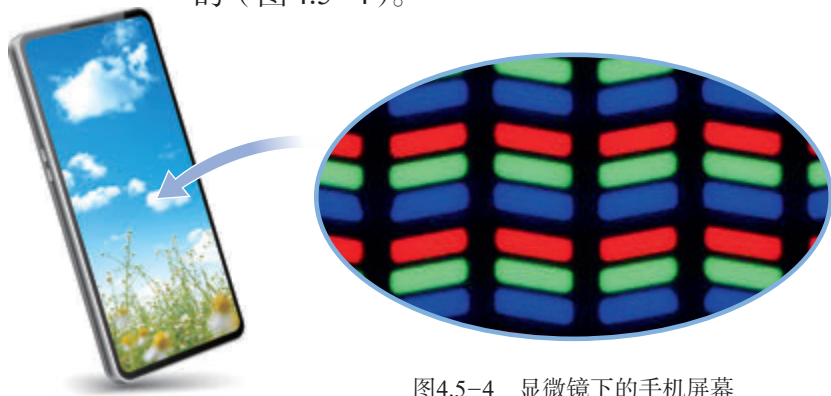


图4.5-4 显微镜下的手机屏幕

1D 看不见的光

三棱镜把太阳光分解成不同颜色的光，它们按照一定的顺序排列，形成太阳的可见光谱（图4.5-5）。



图4.5-5 太阳的可见光谱

太阳的能量主要以光的形式辐射到地球。如果把非常灵敏的温度计分别放到色散后不同颜色的光处，都能够检测到温度的上升。值得注意的是，在可见光谱的红端以外的部分，温度也会上升，说明这里也有能量辐射，只不过人眼看不见。我们把红端之外的辐射叫作**红外线**（infrared ray）。

一个物体，当它的温度升高时，尽管看起来外表还跟原来一样，但它辐射的红外线却会增强。人生病的时候，局部皮肤的温度异常，利用红外相机给皮肤拍照并与健康人的照片（图4.5-6）对比，有助于诊断疾病。夜间人的体温比野外草木、岩石的温度高，人体辐射的红外线比它们强。人们根据这个道理制成了红外线夜视仪。红外线还可以用来遥控。电视机遥控器的前端有一个发光二极管，按下不同的键时，可以发出不同的红外线脉冲，以实现电视机的控制。

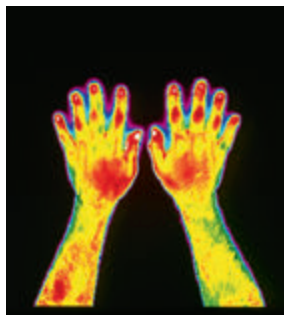


图4.5-6 利用红外线拍摄的“热谱图”

在可见光谱的紫端以外，还有一种看不见的光，叫作**紫外线**（ultraviolet ray）。紫外线也和人类生活有非常重要的关系。适当的紫外线照射对于骨骼的生长和身体健康的许多方面都有好处。紫外线能杀死微生物。在医院的手术室、病房里，常用紫外线灯来灭菌。紫外线



不要盯着点亮的
紫外线灯看。



图4.5-7 紫外线使钞票上的荧光物质发光

能使荧光物质发光。在钞票或商标的某些位置用荧光物质印上标记，可以在紫外线下识别，这是一种有效的防伪措施（图4.5-7）。

过量的紫外线照射对人体有害，轻则使皮肤粗糙，重则引起皮肤癌。



练习与应用

- ① 除了雨后，我们在很多情况下也会看到彩虹，请你举两个例子。
- ② 通过如图4.5-1所示的实验，我们知道太阳光由各种色光混合而成，各种色光偏折的程度不同，哪种色光偏折程度最小？哪种色光偏折程度最大？
- ③ 在办公软件中建立一个空白文档，绘制一个矩形框，设置填充颜色为白色，打开“颜色”对话框的“自定义”选项卡，可以在屏幕中看到白色是由红、绿、蓝三种色光混合而成的（图4.5-8），其亮度等级均为255（255是最高亮度等级）。请把蓝色光亮度等级调为0，看看由红色光和绿色光混合而成的矩形框显示什么颜色。再把绿色光亮度等级调为0，保持红色光亮度等级为最大，然后慢慢增加蓝色光亮度等级，看看矩形框的颜色是怎样变化的。请随意改变三种色光的亮度，说出你对色光混合的一些认识或体会。
- ④ 医院的手术室和病房里常配备紫外线灯来灭菌，一些学校的餐厅也装有紫外线灯，有的公交车也会采取紫外线灯封闭照射的方式消毒（图4.5-9）。紫外线灯一般会发出淡紫色的光。这种淡紫色的光是紫外线吗？为什么？
- ⑤ 在生活中，红外线、紫外线有哪些应用？请各举两例。

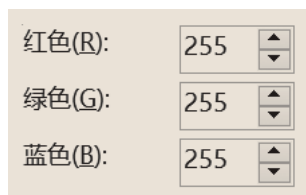


图4.5-8



图4.5-9



- ① 用激光笔将一束光射入不均匀的盐水中，观察光在盐水中的径迹，如图4-1所示。如果用玻璃棒充分搅拌盐水后，会看到什么现象？为什么？
- ② 圭表是我国古代的天文仪器（图4-2），由“圭”和“表”两个部件组成：沿正南正北方向平放的尺叫作圭；直立在地上的标杆或石柱叫作表。圭和表相互垂直。通过观察记录正午时表在圭上影子的长度变化就能判断节气。通过圭表判断节气利用了什么光学知识？夏至和冬至哪个节气的表影更短？为什么？
- ③ 物理课本封面的用纸比较光滑，而内页的纸张却比较粗糙。从光学的角度看，内页为什么要选用比较粗糙的纸张？
- ④ 某同学按照图4.3-12用两块平面镜和纸筒制作了一个潜望镜。他在室内窗户下方用潜望镜看到了窗外的风景。他看到的风景是正立的还是倒立的？请你画图说明。
- ⑤ 某同学想通过实验验证光反射时反射角等于入射角的结论。他在水平桌面上竖直放置一块平面镜，镜前竖立着一块长木板，木板上有一个记号点A。该同学在木板的上边沿B处观察平面镜，恰好能从镜中看到A点而没有被木板挡住。图4-3是眼睛看到A点的光路图。已知A和B到桌面的高度分别为40 cm和80 cm，当他把一支笔移至C处时，眼睛看到的A点被笔挡住了。请问：当C到桌面的高度为多少时，就可以证明平面镜反射时反射角等于入射角？
- ⑥ 某同学站在湖边看日出，同时也看到了水中的太阳。请在图4-4中画出他看到水中太阳的光路图。



图4-1



图4-2

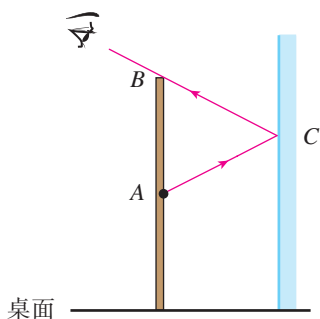


图4-3

太阳 •

眼睛

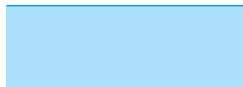


图4-4

- 7 一束激光由 S 点从空气射向水面，请在图4-5中画出它在空气中反射的光路和在水中折射的大致光路。

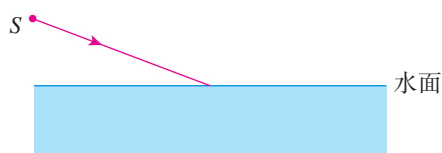


图4-5

- 8 请找出下面左侧列出的各种现象在右侧所对应的主要物理知识并连线。

射击瞄准时要做到“三点一线”

在平静的湖面可以看到蓝天白云

游泳池注水后，看上去好像变浅了

光遇到不透明物体后，可以形成影子

太阳光经过三棱镜后可以产生彩色光带

早晨太阳还在地平线以下时，人就可以看到它

阳光透过树叶间的缝隙射到地面上，形成圆形光斑

光的直线传播

光的反射

光的折射

光的色散

- 9 某人用如图4-6所示的装置探究光的折射现象及其特点。他不断改变入射角，使光从空气中斜射入半圆形玻璃砖，发现折射角始终小于入射角。于是，他得出结论：光在发生折射时，折射角总小于入射角。你认为他的结论正确吗？为什么？请利用图中装置进行实验来验证你的观点，并写出实验步骤。

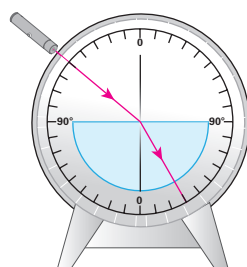


图4-6

第五章 透镜及其应用

望远镜被誉为“洞察宇宙的眼睛”。从伽利略开始用自制望远镜观察月亮，到现在科学家用巨大的郭守敬望远镜探测遥远的星系，望远镜在人类认识宇宙的过程中作出了重大的贡献。

许多光学天文望远镜和日常生活中使用的望远镜中都有透镜。透镜对光有哪些作用呢？透镜成像又有哪些规律呢？……

第1节 透镜



问题

用照相机（图 5.1-1）拍照，可以把瞬间的情景留作永恒的记忆；用投影仪投影，可以使教室里的同学看到放大的图片；用显微镜观察，可以让化验室的医生看见血液中的各种细胞……这些仪器共同的主要光学元件是什么？它们对光有什么作用呢？

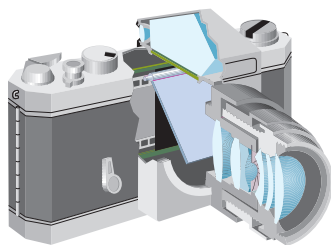


图5.1-1 照相机镜头剖面图

凸透镜和凹透镜

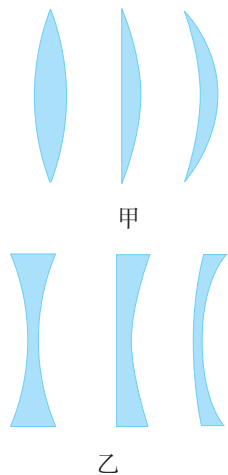


图5.1-2 凸透镜和凹透镜

照相机、投影仪、显微镜等光学仪器都是利用**透镜**（lens）工作的。眼镜中的镜片也是透镜。如果仔细观察，你会发现眼镜镜片的中间和边缘的厚薄不一样。远视镜片中间厚、边缘薄，这样的镜片是**凸透镜**（convex lens），如图 5.1-2 甲所示；近视镜片中间薄、边缘厚，这样的镜片是**凹透镜**（concave lens），如图 5.1-2 乙所示。一般透镜的两个表面中至少有一个表面是球面的一部分。如果透镜的厚度远小于球面的半径，这种透镜就叫作薄透镜。

如图 5.1-3 所示，通过两个球面球心的直线叫作主光轴。主光轴上有个特殊的点，通过这个点的光传播方向不变，这个点叫作透镜的**光心**（optical center）。薄透镜的光心可以认为就在透镜的中心。

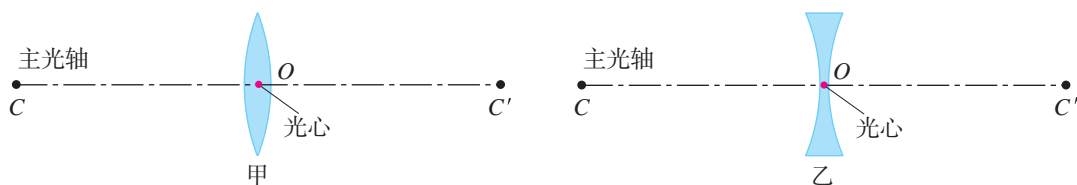


图5.1-3 透镜的主光轴和光心

透镜对光的作用

许多同学可能做过这样的游戏：将放大镜正对着太阳光，再把一张纸放在它的另一侧，调整放大镜与纸的距离，纸上会出现一个很小、很亮的光斑（图5.1-4）。

光斑处的温度很高，如果长时间照射，纸会被烤焦。这个现象提示我们：放大镜能把光会聚起来。放大镜是凸透镜，看来凸透镜对光有会聚作用。凹透镜也能使光会聚吗？

下面我们通过实验来仔细研究这两种透镜对光的作用。



图5.1-4 放大镜使光会聚



演示

两种透镜对光的作用

1. 让平行于透镜主光轴的几束光射向凸透镜，观察光通过透镜后的偏折方向（图5.1-5）。
2. 让平行于透镜主光轴的几束光射向凹透镜，观察光通过透镜后的偏折方向（图5.1-6）。

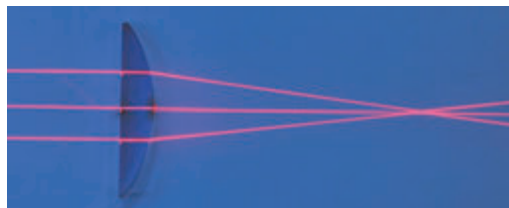


图5.1-5 凸透镜使光会聚

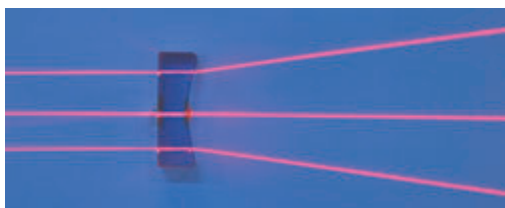


图5.1-6 凹透镜使光发散

实验表明：凸透镜对光有会聚作用，凹透镜对光有发散作用。因此，凸透镜又叫作会聚透镜，凹透镜又叫作发散透镜。

1D 焦点和焦距

通过实验还可以发现，凸透镜能使跟主光轴平行的光会聚在主光轴上的一点，这个点叫作凸透镜的**焦点**（focus）。焦点到凸透镜光心的距离叫作**焦距**（focal length）。凸透镜两侧各有一个焦点，两侧的两个焦距相等。跟主光轴平行的光通过凸透镜的光路如图5.1-7所示。图中 F 表示焦点， f 表示焦距。凸透镜的焦距越小，对光的会聚作用越强。

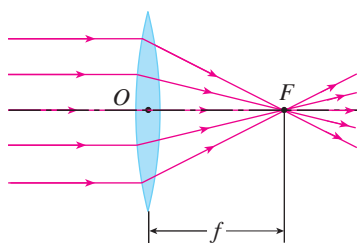


图5.1-7 凸透镜的焦点和焦距



想想做做

太阳离我们非常远，射到地面的阳光可以看作平行光。想一想：怎样利用阳光测量凸透镜的焦距？找几个不同的凸透镜，试着测量它们的焦距。



练习与应用

- ① 我国西汉时期的《淮南万毕术》记载：“削冰令圆，举以向日，以艾承其影，则火生。”这是利用冰透镜对日聚焦取火的最早记载。如图 5.1-8 所示，假设 F 为冰透镜的焦点，请在图中完成光路。

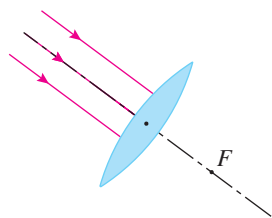


图 5.1-8

- ② 一束光通过透镜的光路如图 5.1-9 所示，哪幅图是正确的？说明你的理由。

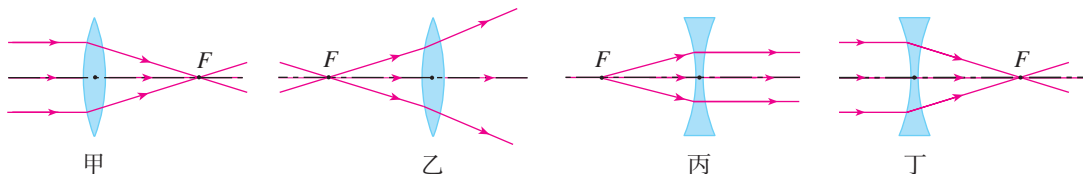


图 5.1-9

- ③ 根据入射光线和折射光线，在图 5.1-10 中的虚线框内画出适当类型的透镜。



图 5.1-10

- ④ 同种材料制成的甲、乙两个凸透镜的焦距分别为 2 cm 和 3 cm，如图 5.1-11 所示。请在图中画出平行光分别通过它们之后的光线。哪个凸透镜使光偏折得更显著些？

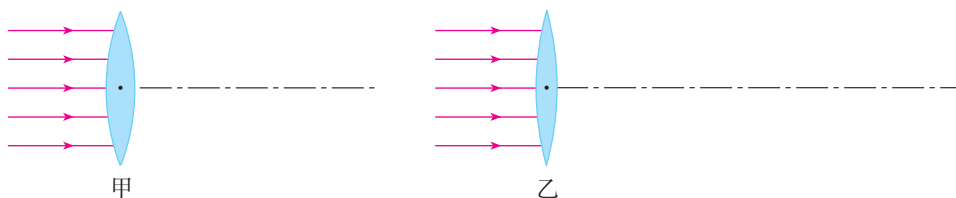


图 5.1-11

- ⑤ 要想利用凸透镜使小灯泡发出的光变成平行光，应该把小灯泡放在凸透镜的什么位置？试试看。在解决这个问题的时候，你利用了前面学过的什么知识？
- ⑥ 据新闻报道，一辆家用轿车在太阳下“自燃”。调查发现，火灾是由放在仪表盘上方防滑垫上的瓶装水引发的。瓶装水是怎样引发火灾的？我们在森林中游玩时应该如何处理没有喝完的瓶装水？

第2节 生活中的透镜



问题

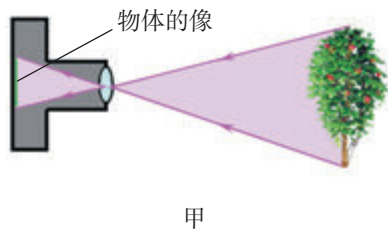
晶莹的露珠是大自然创造的“透镜”(图5.2-1)。观察生活中用到透镜的地方,想一想:这些透镜所成的像各有什么特点?



图5.2-1 大自然中的“透镜”

ID 照相机

照相机的镜头由一组透镜组成,它们组合在一起相当于一个凸透镜。来自物体(人或景物)上每一点的光经过胶片照相机的镜头后都在胶片上会聚成一点,所有会聚的点就形成了被照物体的像(图5.2-2甲)。照相时,物体离照相机镜头比较远,像是缩小、倒立的(图5.2-2乙)。早期照相馆里,摄影师取景时看到的像就是缩小、倒立的。现在的照相机利用光学或电子技术,把倒立的像转变成正立的,便于观察。



甲



乙

图5.2-2 照相机成像



想想做做

用硬纸板做两个粗细相差很小的纸筒，使一个纸筒刚好能够套入另一个纸筒内，并能前后滑动。在一个纸筒的一端嵌上一个焦距为5~10 cm的凸透镜，在另一个纸筒的一端蒙上一层半透明薄膜。这样就做成了模型照相机（图5.2-3）。

在较暗的室内，把凸透镜对着明亮的室外，拉动纸筒，改变凸透镜和薄膜间的距离，就可以在薄膜上看到室外景物清晰的像。如果把薄膜换成感光胶片，就可以得到照相底片了。

观察时请注意：薄膜上的景物是不是倒立的？

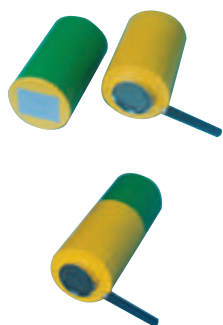


图5.2-3 自制的模型照相机

胶片照相机的胶片上涂着一层对光敏感的物质，这种物质在受到光的照射后发生化学变化，物体的像就被记录在胶片上。现在生活中常使用数码照相机，数码照相机用一种电荷耦合器件作为感光元件代替胶片。这种电荷耦合器件能把光信号转换成电信号，从而更方便地记录物体的像。

投影仪

投影仪也是利用凸透镜来成像的。



演示

观察投影仪成像

把投影仪上的平面镜（反光镜）取下，将投影片放到载物台上，调节镜头，在天花板上就能得到投影片上图案清晰的像（图5.2-4）。观察像的大小、正倒。

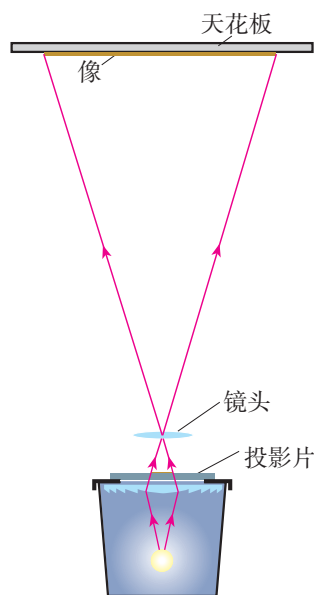


图5.2-4 投影仪成像



图5.2-5 便携式投影仪

投影仪的镜头是一个凸透镜，来自投影片（物体）的光，通过凸透镜后会聚在天花板上，形成图案的像。物体离投影仪镜头比较近，像是放大、倒立的。

现在会议室、教室用的投影仪（图 5.2-5），通常与计算机相连，计算机上的字或图通过投影仪被放大，其原理和上面介绍的投影仪类似。



图5.2-6 放大镜成像

ID 放大镜

生活中常用的放大镜也是一个凸透镜，它是最常用的光学仪器之一。把放大镜放在物体跟眼睛之间，适当调整距离，我们就能看清物体的细微之处。这时我们看到的像是放大、正立的（图 5.2-6）。

ID 实像和虚像

照相机和投影仪所成的像，是光通过凸透镜后会聚而成的。如果把光屏放在像的位置，就能够承接到所成的像。这种像叫作**实像**。凸透镜所成的实像是来自物体的光会聚而成的，它和物体分别位于凸透镜的两侧（图 5.2-7）。

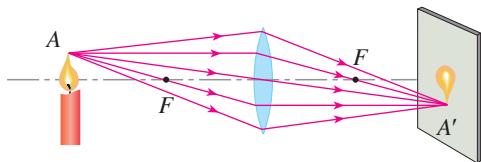


图5.2-7 凸透镜成实像的情景

平面镜所成的像是虚像，放大镜所成的像也是虚像。凸透镜成虚像时，通过凸透镜出射的光没有会聚，

光屏不能承接到所成的像。只是人眼逆着出射光的方向看去，感到光是从虚像的位置发出的，物体和虚像位于凸透镜的同侧（图 5.2-8）。

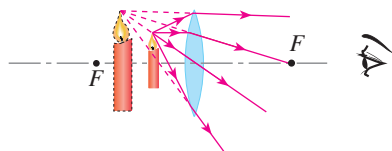


图5.2-8 凸透镜成虚像的情景



练习与应用

- 1 照相机的镜头相当于一个凸透镜，图 5.2-2 甲中的树在照相机的胶片上所成的像有什么特点？
- 2 凸透镜是很多光学仪器的主要元件。请说出照相机、投影仪所成的像都有哪些相同点和不同点。
- 3 许多博物馆会在较为精巧的文物前放置凸透镜，如图 5.2-9 所示。通过凸透镜看到的像是什么样的？像在凸透镜的哪一侧？
- 4 请你说一说，在使用本节“想想做做”中自制的模型照相机时，如果想让像变大一些，应该怎么操作？
- 5 生活中我们看到的像，有实像也有虚像。例如，电影幕布上的像是实像，镜子中的像是虚像。请你再各举出一个生活中能看到的实像和虚像的例子。



图5.2-9

第3节 凸透镜成像的规律



问题

通过前面的学习，我们已经看到了形形色色的凸透镜成像情况。凸透镜成像究竟有什么规律呢？

照相机和投影仪都成倒立的实像，所不同的是：物体通常离照相机的镜头比较远，成缩小的实像；物体离投影仪的镜头比较近，成放大的实像。物体离放大镜比较近，成放大、正立的虚像。可见，像的虚实、大小、正倒与物体到凸透镜的距离（物距）有关系。

像的虚实、大小、正倒与物距有怎样的关系呢？



实验

探究凸透镜成像的规律

实验思路

为探究凸透镜成像的规律，我们可以把物体放在距凸透镜较远的地方，然后逐渐移近（图5.3-1），把每次观察到的物距以及像的虚实、大小、正倒等情况都记录在表格中，比较实验数据，看看像的虚实、大小、正倒与物距有什么关系，寻找其中的规律。

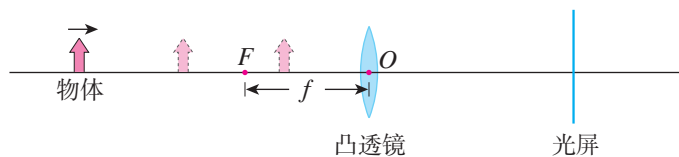


图5.3-1 实验思路示意图

实验过程

用发光二极管作为发光物体，一块白色的硬纸板作为光屏，调节发光物体、凸透镜和光屏，使它们的中心高度相同，研究发光物体的成像情况（图5.3-2）。

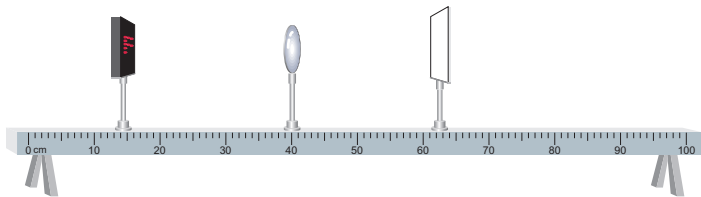


图5.3-2 探究凸透镜成像规律的装置

把发光物体放在较远处，移动光屏，使光屏上呈现清晰的实像。观察实像的大小和正倒，测出物距和像距（像到凸透镜的距离）。

把发光物体向凸透镜移近几厘米，放好后重复以上操作。

继续向凸透镜移动发光物体并调整光屏的位置，重复以上操作，你总能在光屏上得到发光物体的像吗？当在光屏上看不到发光物体的像时，可以撤去光屏，从光屏一侧向凸透镜方向看去，观察发光物体的像。此时发光物体和它的像在什么位置？

记录凸透镜的焦距 f ，把实验中得到的数据和观察的结果填入下表。每个小组可以自己选择适当的物距，并与各小组共享测量的数据。

物距/cm	像的性质			像距/cm
	虚实	大小	正倒	

实验结论

分析上表的记录，回答下列问题，找出凸透镜成像的规律。

1. 像的虚实：凸透镜在什么条件下成实像？在什么条件下成虚像？
2. 像的大小：凸透镜在什么条件下成缩小的实像？在什么条件下成放大的实像？有没有缩小的虚像？
3. 像的正倒：凸透镜在什么条件下成正立的像？在什么条件下成倒立的像？

由于凸透镜对光的偏折程度与透镜的焦距 f 有关系，因此在描述物距和像距的数据时，建议用焦距 f 作为参照距离，这样或许更有利于凸显凸透镜成像的规律。

根据你对以上问题的思考，请总结凸透镜成像的规律：_____

_____。

实验表明：当物距大于2倍焦距时，凸透镜成倒立、缩小的实像；当物距等于2倍焦距时，凸透镜成倒立、等大的实像；当物距小于2倍焦距、大于焦距时，凸透镜成倒立、放大的实像；当物距小于焦距时，凸透镜成正立、放大的虚像。这就是凸透镜成像的规律。



想想议议

在照相机中，凸透镜成倒立、缩小的实像，像的位置在哪个范围内？
物距与像距相比，哪个比较大？

在投影仪中，凸透镜成倒立、放大的实像，像的位置在哪个范围内？
物距与像距相比，哪个比较大？



练习与应用

- ① 请分别说一说照相机、投影仪、放大镜是如何应用凸透镜成像的规律工作的。
- ② 找一个圆柱形的玻璃瓶，里面装入水。把一支笔放在玻璃瓶的一侧，透过玻璃

瓶，可以看到这支笔（图5.3-3）。如果把笔由靠近玻璃瓶的位置向远处慢慢地移动，你会看到什么现象？实际做一做，验证你的猜想。



图5.3-3

- ③ 某同学用放大镜观赏邮票。如果想让像变得更大一些，他应该怎样做？
- ④ 某同学利用如图5.3-2所示的器材做实验。他先用焦距为20 cm的透镜甲进行实验，在光屏上得到了缩小的实像。接下来他想改用焦距为10 cm的透镜乙继续实验。如果不改变发光体和光屏的位置，还想在光屏上得到缩小的实像，透镜乙应该放在透镜甲的左侧还是右侧？
- ⑤ 实验小组的同学通过实验探究凸透镜成像的规律。实验器材有：一个凸透镜、光屏、高度为3.0 cm的光源和刻度尺。实验时，物距从4.0 cm开始，每次增加2.0 cm。下表是他们记录的物距、像距、像的高度和正倒情况。

物距/cm	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0	28.0
像距/cm	\	\	\	\	60.4	35.6	26.6	22.3	20.0	18.4	17.3	16.6	15.7
像的高度/cm	\	\	\	\	15.1	7.6	5.0	3.7	3.0	2.5	2.1	1.9	1.7
像的正倒	正	正	正	\	倒	倒	倒	倒	倒	倒	倒	倒	倒

- (1) 实验中怎样判断实像是放大的还是缩小的？
- (2) 请根据表中数据判断该凸透镜的焦距是多少。
- (3) 在这个实验中，要使所成的像为虚像，光源的位置应在哪个范围？
- ⑥ 某同学在做探究凸透镜成像规律的实验时，在光屏上得到了发光物体清晰的像，但他不小心用手指尖触碰到了凸透镜，这时光屏上会出现怎样的情况？有人认为，光屏上会有指尖的像；也有人认为，光屏上会出现指尖的影子。你是怎样认为的？
- ⑦ 在天安门广场某处，某同学想拍摄天安门城楼的全景，但发现在该位置无论如何调节，都只能从观景框中看到城楼的一部分。请你利用本节课学到的知识，帮他想想办法。应如何做，才能拍摄到天安门城楼的全景？请说明理由。

第4节

眼睛和眼镜



问题

我们每天用眼睛看东西。眼球的结构如图 5.4-1 所示。眼睛是怎样成像的？近视镜和老花镜是怎样帮助人们看清物体的？

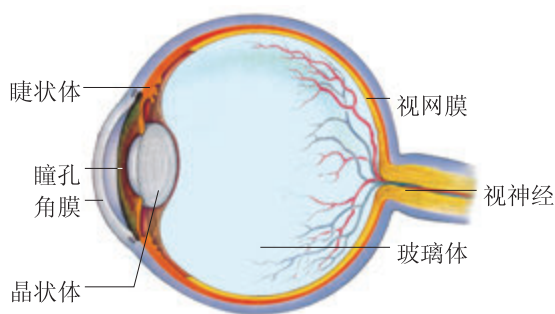


图5.4-1 眼球主要的结构

眼睛

眼球好像一架照相机，晶状体和角膜的共同作用相当于一个凸透镜，把来自物体的光会聚在视网膜上，形成物体的像。视网膜上的感光细胞受到光的刺激产生信号，视神经把这个信号传输给大脑，我们就看到了物体。眼睛通过睫状体来改变晶状体的形状：当睫状体放松时，晶状体比较薄，远处物体射来的光刚好会聚在视网膜上，眼睛可以看清远处的物体（图 5.4-2 甲）；当睫状体收缩时，晶状体变厚，对光的偏折能力变大，近处物体射来的光会聚在视网膜上，眼睛就可以看清近处的物体（图 5.4-2 乙）。



图5.4-2 正常的眼睛调节

依靠眼睛调节所能看清的最远和最近的两个极限点分别叫作远点和近点。正常眼睛的远点在无限远处，近点在大约10 cm处。正常眼睛观察近处物体时，最清晰而又不疲劳的距离大约是25 cm，这个距离叫作明视距离。

1D 近视眼及其矫正

近视眼只能看清近处的物体，看不清远处的物体。形成近视眼的原因是晶状体太厚，折光能力太强，或者眼球在前后方向上太长，因此来自远处某点的光会聚在视网膜前，到达视网膜时已经不是一点而是一个模糊的光斑了（图5.4-3甲）。利用凹透镜能使光发散的特点，在眼睛前面放一个合适的凹透镜，就能使来自远处物体的光会聚在视网膜上（图5.4-3乙）。

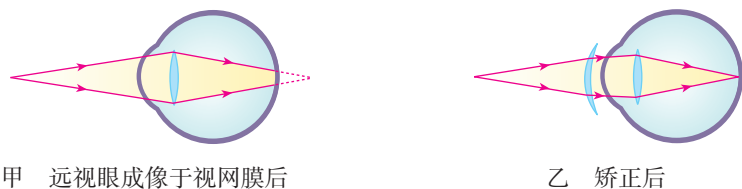


图5.4-3 近视眼及其矫正

1D 远视眼及其矫正

远视眼只能看清远处的物体，看不清近处的物体。形成远视眼的原因是晶状体太薄，折光能力太弱，或者眼球在前后方向上太短，因此来自近处某点的光还没有会聚成一点就到达视网膜了，在视网膜上形成一个模糊

的光斑（图5.4-4甲）。凸透镜能使光会聚，在眼睛前面放一个合适的凸透镜，就能使来自近处物体的光会聚在视网膜上（图5.4-4乙）。



甲 远视眼成像于视网膜后

乙 矫正后

图5.4-4 远视眼及其矫正

通常人们上了年纪以后，睫状体对晶状体的调节能力减弱，太近、太远的物体都看不清楚。



科学世界

眼镜的度数

透镜焦距 f 的长短标志着折光本领的大小。焦距越短，折光本领越大。通常把透镜焦距的倒数叫作透镜焦度，用 Φ 表示，即

$$\Phi = \frac{1}{f}$$

如果某透镜的焦距是 0.5 m，它的焦度就是

$$\Phi = \frac{1}{0.5 \text{ m}} = 2 \text{ m}^{-1}$$

如果远视很严重，眼镜上凸透镜的折光本领应该大一些，透镜焦度就要大一些。平时说的眼镜片的度数，就是镜片的透镜焦度乘 100 的值。例如，100 度远视镜片的透镜焦度是 1 m^{-1} ，它的焦距是 1 m。

凸透镜（远视镜片）的度数是正数，凹透镜（近视镜片）的度数是负数。

请回答以下问题：

1. 看书上的字，测出你的近点，和其他同学的近点比较一下。正常眼、近视眼、远视眼的近点相同吗？有什么规律？
2. +300 度和 -200 度的眼镜片，哪个是远视镜片？它的焦度是多少？焦距是多少？
3. 取一副老花眼镜，测定它的两个镜片的度数。



练习与应用

- ① 晶状体和角膜的共同作用相当于一个凸透镜。当我们看远处或近处的物体时，这个凸透镜的焦距有什么不同？图 5.4-5 模拟的是近视眼还是远视眼看远处物体的成像情况？应该用什么透镜矫正？配镜矫正时，应看远处的物体还是近处的物体？

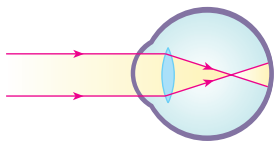


图 5.4-5

- ② 某同学想进一步了解远视眼矫正的原理，于是利用探究凸透镜成像规律的装置（图 5.3-2）进行实验。

他将凸透镜和光屏的位置固定，移动发光物体，在光屏上得到了清晰的像。

- (1) 如果要模拟远视眼看不清近处物体的情况，他应该怎样移动光屏？
(2) 如果要模拟远视眼的矫正，他在移动光屏后，保持发光物体、凸透镜和光屏的位置不变，那么在发光物体和凸透镜之间放置一个什么透镜才能使光屏上再次出现清晰的像？

- ③ 细心的小明观察到爷爷看报纸时会戴着眼镜，而看电视时又会摘下眼镜。因此，小明判断爷爷戴的是老花镜。请你说说小明是怎样判断的。
④ 6月6日是全国爱眼日。根据你的观察和了解，生活中有哪些不当的用眼习惯会导致近视？提出两条预防近视的措施。



图5.5-1 自制的望远镜

项目提出

科学家利用巨大的天文望远镜接收来自遥远星系的信息。通过分析这些信息，人们对宇宙了解得越来越深入了。根据透镜成像的知识，你也可以自己制作一个如图5.5-1所示的望远镜。或许你能用它获得新的发现呢！

项目分析

要自己制作望远镜，你需要完成以下任务。

1. 了解望远镜的基本原理。
2. 设计一个望远镜，能够用它观察校园内远处的物体。
3. 根据你的设计方案，选用合适的器材，制作一个望远镜并进行调试。

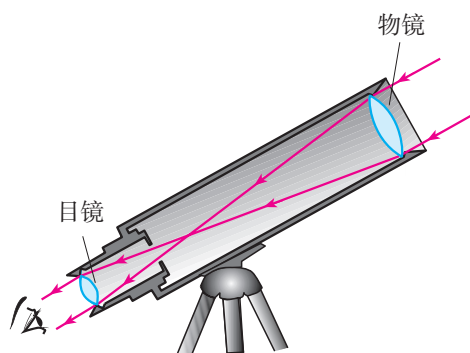


图5.5-2 天文爱好者用的望远镜

项目实施

1. 了解望远镜的基本原理

望远镜有不同的类型，其中有一种望远镜是由两组凸透镜组成的。靠近眼睛的叫作目镜，靠近被观测物体的叫作物镜（图5.5-2）。物镜的作用

是使远处的物体在焦点附近成实像，目镜的作用相当于一个放大镜，用来把这个像放大。

细心的同学可能会有疑问：物体距离物镜很远，它的像却离物镜很近，根据前面探究的结果，这样所成的像是缩小的，为什么使用望远镜观察物体时会感到物体被放大了呢？

原来，我们能不能看清一个物体，它对我们的眼睛所成“视角”（图5.5-3）的大小十分重要。视角的大小不仅和物体本身的大小有关，还和物体到眼睛的距离有关。望远镜的物镜所成的像虽然比原来的物体小，但它离我们的眼睛很近，再加上目镜的放大作用，视角就可以变得很大。

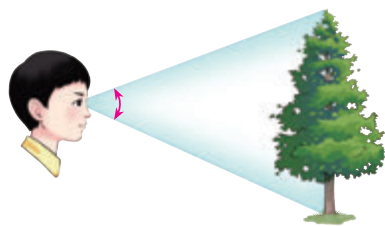


图5.5-3 视角

进一步的分析表明，像图5.5-2这样的望远镜的放大倍率为物镜的焦距与目镜的焦距之比。

2. 设计简易望远镜

（1）确定望远镜的放大倍率

自制的望远镜可以采用单片的凸透镜作为目镜和物镜。为了让成像质量好一些，其放大倍率不宜过大，取放大倍率为2~3倍即可。

（2）选择物镜和目镜

望远镜的物镜和目镜可以选择老人阅读用放大镜的镜片，也可以使用老花镜的镜片，还可以直接购买凸透镜。利用本章所学知识测量凸透镜的焦距，并根据放大倍率的要求，选择适当焦距的凸透镜分别作为物镜和目镜。

在选择两块凸透镜时，除了需要满足焦距的要求，物镜的直径还要比目镜的直径大一些。测量凸透镜的直径，以便制作直径合适的镜筒。

由此，应选择焦距较长、直径较大的凸透镜作为物

镜，焦距较短、直径较小的凸透镜作为目镜。

(3) 设计镜筒

在用望远镜对不同远近的物体进行观察时，需要调节两块凸透镜间的距离。如图 5.5-4 所示，镜筒可以设计成两段，让物镜的镜筒较目镜的镜筒粗一些，这样套在一起，便于在使用时调节。观察最远处的物体时，两块凸透镜间的距离约等于两块凸透镜的焦距之和；观察较近处的物体时，两块凸透镜间的距离要稍大一些。

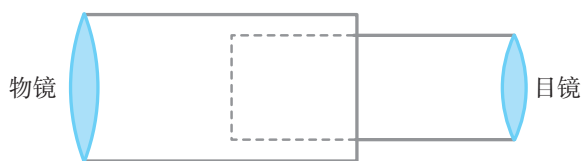


图5.5-4 自制望远镜的结构

3. 制作及调试望远镜

(1) 制作

根据所选凸透镜的焦距和直径制作镜筒。例如，可以选用如图 5.5-5 所示的两块凸透镜。其中，物镜的焦距约为 20 cm，直径约为 5 cm；目镜的焦距约为 10 cm，直径约为 4 cm。想一想：对于图 5.5-4 的制作方案，你有没有办法减小望远镜两个镜筒间的缝隙？另外，还应注意每段镜筒的长度需合适，以便留出前后调节的空间。



图5.5-5 选用的凸透镜

制作时，根据凸透镜的焦距、直径等数据，以及对镜筒长度的要求，我们可以利用现成的圆筒状物品（如装羽毛球的筒），也可以通过截取适当尺寸的长方形纸板（如瓦楞纸板或其他材料），并把它卷起来制成镜筒（图 5.5-6）。

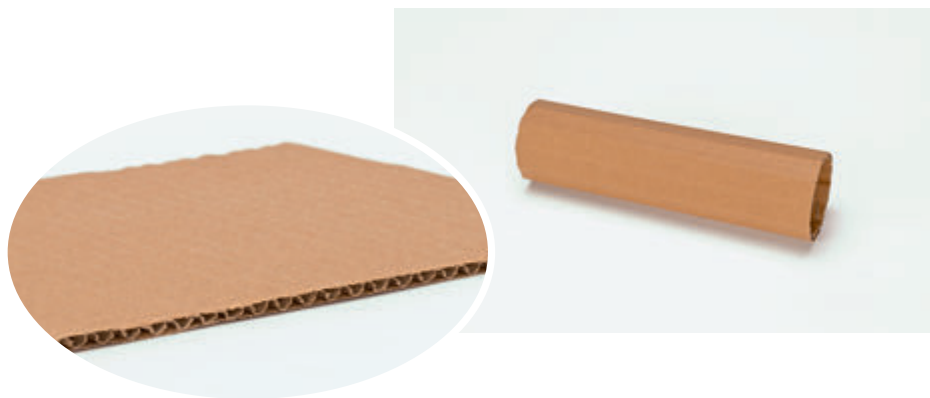


图5.5-6 利用瓦楞纸板制作镜筒

此外，还要考虑如何把物镜和目镜方便地固定在镜筒上。

（2）试用与调整

把目镜镜筒插入物镜镜筒内，把目镜放到眼前，通过望远镜观察远处的物体。在观察时要通过对镜筒长度的调节，改变物镜与目镜间的距离，直到在望远镜中看到远处物体清晰的像为止。

展示交流

向其他同学展示你的成果，介绍你的制作方案，分享你的收获。例如，在制作望远镜的过程中，你发现了哪些问题？你是如何改进的？还要倾听其他同学的讲解，看看对你有什么启发。同学之间相互评价，比一比谁的望远镜更完善。



望远镜与宇宙探索

在人类历史的早期，人们利用肉眼观测天象。后来人们通过测量天体的运动、制定历法，指导人们的生产生活。例如，战国时期的文献中记载：“斗柄东指，天下皆春；斗柄南指，天下皆夏；斗柄西指，天下皆秋；斗柄北指，天下皆冬。”这说明人们很早就发现了北斗七星一年中的周回运转在昭示四季、节气变迁方面的重要作用。

望远镜的发明大大扩展了人类观测天空的视野。第一位把望远镜指向天空的是意大利物理学家伽利略。1609年，伽利略用自制的望远镜观察天体（图5.5-7），以确凿的证据支持了哥白尼的“日心说”。他还第一个观察到了木星的卫星、太阳黑子和月球上的环形山。

1846年，科学家根据牛顿发现的万有引力定律，猜想天王星外还存在一颗未知的行星，并计算出这颗行星的运动轨道。不久，人们用望远镜在预测的位置发现了这颗行星，它被命名为“海王星”。这一发现为万有引力定律提供了有力的支持。

1990年，科学家把哈勃空间望远镜送入太空，使人类观测宇宙的能力空前提高。除光学天文望远镜外，人们还发明了其他观测太空的仪器，如射电天文望远镜，这使人类对宇宙的了解越来越深入。



图5.5-7 伽利略时代的望远镜



图5.5-8 郭守敬望远镜

我国不仅古代在天文观测上取得了丰硕的成果，在现代也对宇宙探索作出了很大贡献。2009年，郭守敬望远镜建成，并于2011年启动光谱巡天任务，成为世界上第一个获取光谱数突破千万量级的望远镜（图5.5-8）。2020年，中国天眼正式开放运行，它是目前全球单口径最大、

灵敏度最高的射电天文望远镜。

通过对宇宙的不懈探索，我们现在知道，宇宙中拥有上千亿个星系，银河系只是这上千亿个星系中的一个。银河系异常巨大，一束光穿越银河系需要约10万年的时间。太阳不过是银河系中几千亿颗恒星中的一员（图5.5-9）。太阳周围有水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星等行星绕它运行，地球在离太阳比较近的第三条轨道上。此外，还有若干其他天体绕太阳转动。

随着技术的进步，更多的大型望远镜和空间望远镜将提供更高的分辨率和更广的观测范围，继续挑战和超越我们对宇宙的现有认识，帮助我们揭示更多宇宙的奥秘。

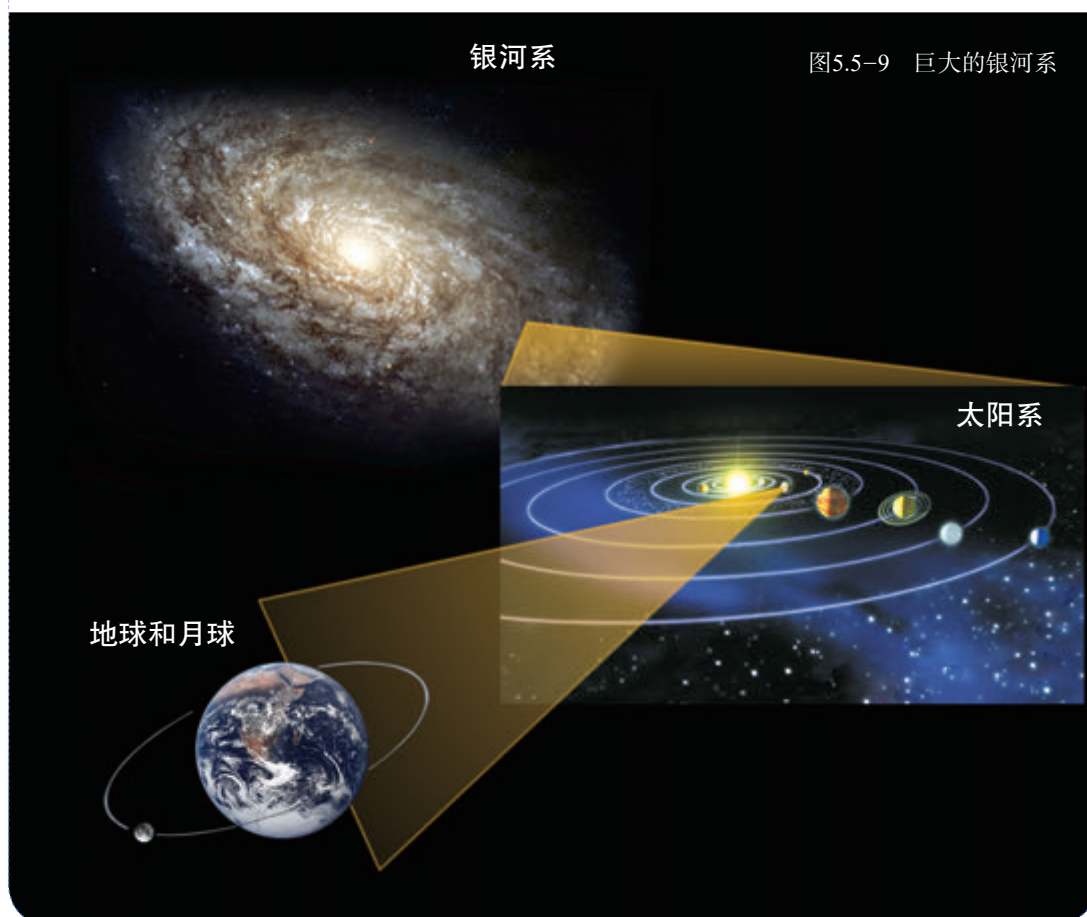


图5.5-9 巨大的银河系

- ① 某同学把近视眼镜放在台灯下，看到眼镜镜片后面的区域比眼镜周围暗，如图5-1所示。请你说说产生这一现象的原因。
- ② 某同学用焦距为10 cm的凸透镜自制了一个照相机（图5.2-3）。为了使景物在薄膜上成缩小的像，制作时，应使薄膜和镜头间的距离在什么范围内调节？拍照时，如果想让景物的像变大一些，他应该怎样操作？
- ③ 某同学用如图5-2所示的实验装置观察凸透镜的成像情况。



图5-1

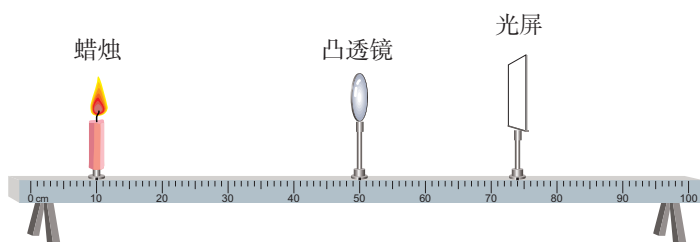


图5-2

- (1) 他调节烛焰、凸透镜和光屏三者的中心，使它们大致在同一高度。这样做的目的是什么？
- (2) 当蜡烛、凸透镜和光屏的位置如图5-2所示时，光屏上呈现一个倒立、缩小的像。保持蜡烛和光屏的位置不变，当他把凸透镜移动到光具座34 cm刻度位置时，光屏上又呈现一个清晰的像。这个像比原来的像大还是小？为什么？
- (3) 有人说，根据以上数据可以判断该凸透镜的焦距 f 必定满足： $12\text{ cm} < f < 20\text{ cm}$ 。这个判断是否正确？为什么？
- ④ 某同学通过实验验证凸透镜成像的规律，实验器材有凸透镜、光屏、高度为6 cm的光源、卷尺等。下表是部分成实像的实验数据。

物距/cm	20.0	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0	60.0	80.0	100.0
像高/cm	18.0	9.0	6.0	4.5	3.6	3.0	2.6	2.0	1.4	1.1

他发现这些数据和凸透镜成像的规律吻合。他还想从中发现其他一些规律，例如，当物距和焦距的关系满足什么条件时，实像高度将小于光源高度的一半。请你根据以上数据，总结出这个规律。

- ⑤ 太阳光通过凸透镜后会在焦点处形成一个亮点，这个亮点可以看作太阳的实像。焦距可以理解为太阳的实像到凸透镜的距离，约等于远处物体的实像到凸透镜的距离。据此，请你回答下列问题。

(1) 手持一个凸透镜，在室内正对窗户的白墙与窗户之间移动（离墙近些），在墙上能看到窗外远处景物的像。这个现象启发我们，阴天怎样估测凸透镜的焦距？

(2) 如果航拍摄像机的镜头焦距为 50 mm，那么感光元件到镜头的距离约为多少？说说你的理由。

- ⑥ 如果用眼不当，例如长时间盯着屏幕，就有可能患上近视。请你在图 5-3 甲中大致画出来自远处的光进入近视眼晶状体后的折射光线，在图 5-3 乙的虚线框中画出矫正近视眼需要佩戴的透镜。

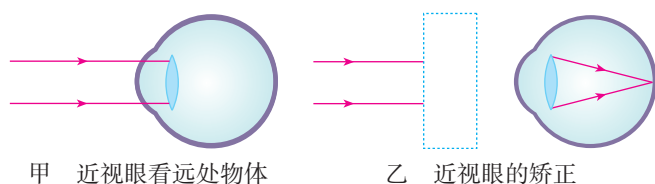


图5-3

- ⑦ 如图 5-4 所示，把一滴水滴在玻璃板上，在玻璃板下面放置一个用眼睛看不清楚的小物体，可以看到水滴就是一个放大镜。如果还看不清小物体，再拿一个放大镜位于水滴的上方。慢慢调节放大镜与水滴之间的距离，你就可以看清玻璃板下的微小物体！动手做一做。

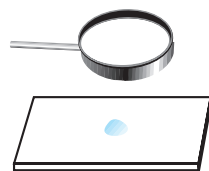


图5-4

- ⑧ 收集人类建造天文望远镜探索宇宙历程的资料，注意核查资料的可靠性。自拟题目，就你喜欢的相关问题写一篇科学小短文。

第六章 质量与密度

轻质高强的碳纤维材料有“黑金”之称。它为北斗卫星巡天插上太阳之翼；它为歼-20战斗机展翅云霄披上战甲；它为“奋斗者”号潜水器叩开深海大门助力……

碳纤维能“上天入海”，在诸多领域大显身手，与它自身的轻量化、高强度等优点有关。材料的“轻”与“重”涉及质量与密度的概念，本章我们将学习这些知识。



第1节 质量

问题

从日月星辰、山河湖海，到我们周围的所有物体，包括我们自己，都是由物质组成的。人们很早就用天平测量物质的多少了（图6.1-1）。现在人们又是怎样表示和测量物质的多少呢？比如多少粮食、多少菜。

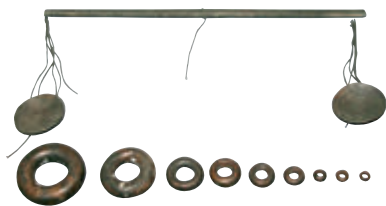


图6.1-1 战国时期的天平

生活中人们常常会关心物质有多少以及如何衡量物质的多少等问题，下面我们就来学习相关内容。

质量

一把铁锤比一枚铁钉所含的物质多，一杯水比一桶水所含的物质少。物体所含物质的多少叫作**质量**（mass），通常用字母 m 表示。

质量的基本单位是**千克**，符号是kg。常用的比千克小的单位有克（g）、毫克（mg），比千克大的单位有吨（t）。它们之间的关系是

$$1\text{ g} = 10^{-3}\text{ kg}$$

$$1\text{ mg} = 10^{-3}\text{ g} = 10^{-6}\text{ kg}$$

$$1\text{ t} = 10^3\text{ kg}$$



表6.1-1 一些物体的质量

物体	质量/kg	物体	质量/kg
大头针	约 8.0×10^{-5}	蓝鲸	可达 1.8×10^5
A4打印纸	约 4×10^{-3}	超大的集装箱船	可达 2.3×10^8
鸡蛋	约 6×10^{-2}	地球	约 6.0×10^{24}
排球	约 2.6×10^{-1}	太阳	约 2.0×10^{30}



想想议议

在下面这几种情况中，物体的质量是否发生了变化？

1. 钢锭被轧成钢板。
2. 冰块融化成水。
3. 把“冰墩墩”从地面带到空间站（图6.1-2）。



图6.1-2 “冰墩墩”在空间站

钢锭被轧成钢板，虽然形状变了，但是所含钢的多少并没有变，因此质量也不会变；一块冰融化成水，虽然物态变了，但是质量不变；“冰墩墩”无论是在地面上还是被带上空间站，它的质量都不会改变。物体的质量不随它的形状、物态和位置而改变。

质量的测量工具

我们到市场买蔬菜、水果或粮食，售货员通常要用秤来称量货物的质量（图6.1-3）。



图6.1-3 几种秤

在学校的实验室常用天平称质量。下面，我们将一边学习，一边操作，练习使用托盘天平。

▮ 托盘天平的使用

为了不使天平损坏，在操作之前要注意下面的几条要求。

1. 每个天平都有自己的“称量”，也就是它所能称的最大质量。被测物体的质量不能超过称量。
2. 向盘中加减砝码时要用镊子，不能用手接触砝码，不能把砝码弄湿、弄脏。
3. 潮湿的物体和化学药品不能直接放到天平的托盘中。

请你逐条分析，如果不按这些要求做，会出现什么问题。



用托盘天平测量物体的质量

观察托盘天平的结构（图 6.1-4），边思考边练习使用托盘天平测量物体的质量。

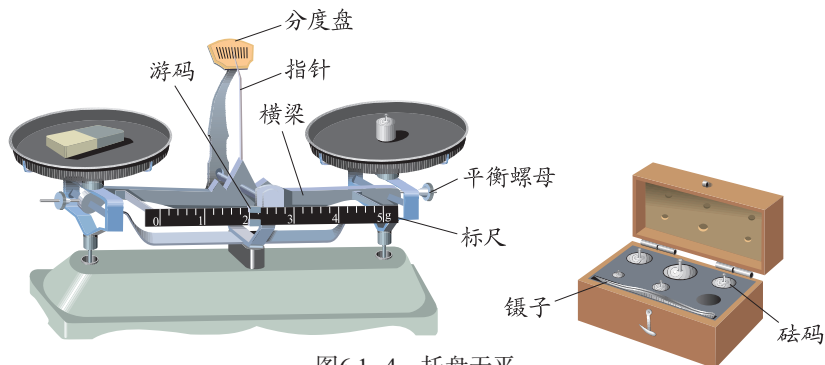


图 6.1-4 托盘天平

1. 把托盘天平放在水平的桌面上。
2. 把游码移到标尺左端的零刻度线处，调节横梁上的平衡螺母，使指针指在分度盘的中线处，这时横梁水平平衡。
3. 把被测物体放在左盘中，在右盘中加减砝码，并调节游码在标尺上的位置，直到横梁恢复水平平衡。这时盘中砝码的总质量加上游码左端在标尺上所对应的质量，就等于被测物体的质量。

用天平称出橡皮、铅笔的质量。

如果要用天平称出小瓶中水或粉状物体（例如食盐）的质量，该如何称量？

上面所用的天平是一种机械天平，现在也常用电
子天平来测量质量。有的电子天平精确度很高，对
 $5 \times 10^{-11} \text{ kg}$ 大小的质量（相当于一个红细胞的质量）都
能反映出来。



质量单位——千克的由来

自古以来，各国采用过各种不同的质量单位。例如，我国曾经用斤、两、钱作为质量单位，英、美等国曾经用磅作为质量单位。现在世界各国普遍采用国际

单位制，在国际单位制中质量的基本单位是千克。

1791年，法国在规定了长度的单位米的基础上规定了质量单位，即规定4℃的1 dm³纯水的质量为1 kg，之后用铂制作了标准千克原器。后来，人们又以此为标准，用铂铱合金制作了国际千克原器（图6.1-5）。1889年，第1届国际计量大会批准以这个国际千克原器作为质量的标准。

这种作为质量测量标准件的具体实物，终会因为外界环境的变化而引起质量的变化。例如，近年来科学家就发现国际千克原器质量大约减少了 5×10^{-5} g，相当于一小粒沙子的质量。2018年，第26届国际计量大会决定更新千克的定义，在不使用具体实物的情况下定义了质量单位。



图6.1-5 国际千克原器
(复制品)



练习与应用

- ① 当航天员身着航天服在地面上行走时，航天服很沉重；而当航天员在太空出舱行走时，却让人感觉航天服轻飘飘的。在地球上或在太空中航天服的质量有没有改变？为什么？
- ② 把一块质量为100 g的冰敲成碎冰，碎冰的质量是多少？这些碎冰熔化成水后的质量又是多少？你判断的依据是什么？
- ③ 某同学注意到如图6.1-4所示的托盘天平上有两个平衡螺母。如果称量前指针偏向分度盘右侧，他该怎样调节平衡螺母？
- ④ 某同学想用托盘天平测量烧杯中水的质量。他先测量出烧杯的质量。当天平平平衡时，他一共使用了3个砝码，其中1个50 g、1个20 g和1个5 g。另外，游码在标尺上的位置如图6.1-6所示。烧杯的质量是多少？后来，他又把水倒入烧杯，测量出烧杯和水的总质量是179.2 g。烧杯中水的质量是多少？
- ⑤ 现有一盒规格相同的回形针（图6.1-7），怎样利用天平测量出一枚回形针的质量？怎样估计出这盒回形针的数量？写出你的方法。

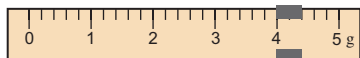


图6.1-6



图6.1-7

第2节 密度



问题

长度和横截面积都相同的铝柱（图6.2-1）和钢柱，哪个质量大？如果它们的体积很大，质量不便直接测量，我们如何间接地得到它们的质量呢？



图6.2-1 铝柱

物质的质量与体积的关系

为了解决上面的问题，我们可以思考一下：如果一个铝块的体积是另一个铝块的2倍、3倍……那么它的质量也是另一个的2倍、3倍……吗？也就是说，同种物质的质量与它的体积成正比吗？



实验

探究物质的质量与体积的关系

实验思路

要探究物质的质量与体积的关系，我们可以先根据生活中的经验提出猜想，再选用相同物质组成的不同大小的物体做实验。例如，取大小不同、外形规则的若干铝块（不同的实验组可选择铁块或木块）做实验。用天平测出不同铝块的质量，想办法得出不同铝块的体积。根据实验数据，研究铝块的质量与体积的关系。

实验过程

测量被测物体的质量和体积，把实验数据填写到下面设计的表格中。

被测物体	m/g	V/cm^3
铝块1		
铝块2		
铝块3		
铝块4		
.....		

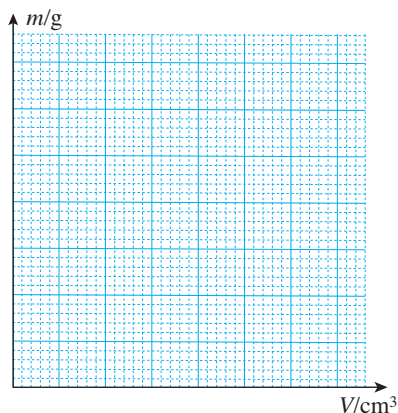


图6.2-2 质量与体积的关系图像

实验结论

以体积 V 为横坐标，以质量 m 为纵坐标（图 6.2-2），在坐标纸上描点，再把这些点连起来，看看它们是否大致在一条直线上。通过所作的图像，可以直观地看到铝块的质量与体积的关系。你从中能得出什么结论？与你的猜想一样吗？

结论：铝块的质量与体积_____。

在上面的探究中，铝块的质量与体积之比不变。

铁块或木块的质量与体积之比是否也是不变的？这个比值跟铝块的一样吗？

密度

同种物质的质量与体积之比是一定的，物质不同，这个比值一般也不同。在物理学中，**某种物质组成的物体的质量与它的体积之比叫作这种物质的密度**（density）。如果用 ρ 表示密度、 m 表示质量、 V 表示体积，那么用公式表示就是

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

密度 ρ 的单位是由质量单位和体积单位组成的。在国际单位制中，密度的单位是**千克每立方米**，符号是 kg/m^3 。有时候也用克每立方厘米作为密度的单位，符号是 g/cm^3 。这两个密度单位的关系是

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



小资料

表6.2-1 一些固体的密度（常温常压）

物质	密度 / ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	物质	密度 / ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)
金	19.3×10^3	铝	2.7×10^3
铅	11.3×10^3	花岗岩	$(2.6 \sim 2.8) \times 10^3$
银	10.5×10^3	冰 (0°C)	0.9×10^3
铜	8.9×10^3	蜡	0.9×10^3
铁	7.9×10^3	干松木	0.5×10^3

表6.2-2 一些液体的密度（常温常压）

物质	密度 / ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	物质	密度 / ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)
水银	13.6×10^3	纯水	1.0×10^3
硫酸	1.8×10^3	酒精	0.8×10^3
海水	1.03×10^3	汽油	0.71×10^3

表6.2-3 一些气体的密度（ 0°C ，标准大气压）

物质	密度 / ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	物质	密度 / ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)
二氧化碳	1.98	一氧化碳	1.25
氧气	1.43	氨气	0.18
空气	1.29	氢气	0.09



例题

已知铝棒的直径 d 为0.1 m, 长 l 为2.5 m, 铝棒的质量是多少?

解 铝棒的体积

$$V = \pi \left(\frac{d}{2} \right)^2 l = 3.14 \times \left(\frac{0.1 \text{ m}}{2} \right)^2 \times 2.5 \text{ m} = 0.02 \text{ m}^3$$

根据公式 $\rho = \frac{m}{V}$, 有

$$m_{\text{铝}} = \rho_{\text{铝}} V = 2.7 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \times 0.02 \text{ m}^3 = 54 \text{ kg}$$

铝棒的质量是54 kg。



科学世界

密度与温度

温度能够改变物质的密度。在常见的物质中, 气体的热胀冷缩最显著, 它的密度受温度的影响也最大。一般固体、液体的热胀冷缩不像气体那样明显, 因而它们的密度受温度的影响比较小。

在我国的北方, 冬天对自来水管的保护十分重要。如果保护不好, 水管内的水结了冰, 不仅影响正常的生活用水, 有时还会把水管冻裂, 造成设备的损坏。水管为什么会被冻裂? 从密度表中, 我们可以看到冰的密度比水的密度小, 因此水冻成冰后体积增大, 这样就把水管胀裂了。

一般来说, 同种物质温度越高密度越小, 遵从热胀冷缩的规律, 但是水比较特殊。水在4℃时密度最大。温度高于4℃时, 随着温度的升高, 水的密度越来越小; 温度低于4℃时, 随着温度的降低, 水的密度也越来越小。水凝固成冰时体积变大, 密度变小。图6.2-3为冬天湖水温度分布示意图。在寒冷的冬天, 湖面封冻了, 较深湖底的水却有可能保持4℃的水温, 鱼儿仍然可以自在地游动呢!

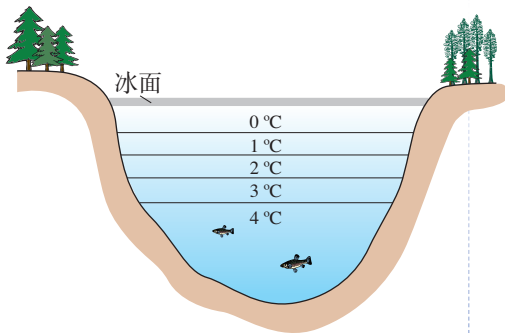


图6.2-3 冬天湖水温度分布示意图



练习与应用

- ① 某小组在探究某物质的质量与体积的关系时，得到了如下表所示的实验数据。请你根据实验数据在图 6.2-4 中作出图像。由图像你能得出什么结论？

实验次数	1	2	3	4	5	6
体积 V/cm^3	10	15	25	35	45	60
质量 m/g	4.9	7.4	12.6	17.4	22.6	30.1

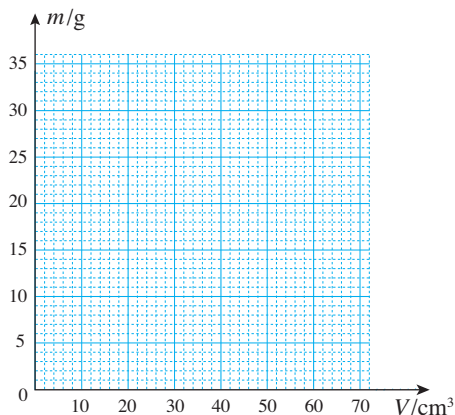


图 6.2-4

- ② 金属钨是迄今人们发现的地球上密度最大的金属。225.9 g 金属钨的体积为 10 cm^3 ，它的密度是多少？中子星的密度可达 $2 \times 10^{18} \text{ kg/m}^3$ ，中子星的密度约为金属钨的多少倍？
- ③ 一个澡盆大致是长方体，其长、宽、高分别约为 1.2 m、0.5 m、0.3 m。它最多能装多少千克的水？
- ④ 猜一猜你们教室里空气的质量有多少。几克？几十克？还是几千克、几十千克？测出你们教室的长、宽、高，算一算里面空气的质量。你猜得对吗？
- ⑤ 人体的密度跟水的密度差不多，根据你的质量估算一下自己身体的体积。
- ⑥ 把一大块冰制成一个冰雕作品，冰块密度会不会发生变化？说说你的理由。
- ⑦ 在学习了公式 $\rho = \frac{m}{V}$ 后，某同学认为根据公式可以推出“物体的质量越大，密度越大；物体的体积越大，密度越小”的结论。你认为这种推论正确吗？说说你的理由。

第3节

测量液体和固体的密度

问题

良种是增产的重要因素之一。农民选种有多种方式。例如，为了选出饱满的种粒，可以配制适当密度的盐水进行选种。将种粒浸没在盐水中并适当搅拌，静置一段时间后，清除水面漂浮的空粒、瘪粒，就可以选出较好的种子（图 6.3-1）。怎样测量盐水的密度呢？



图6.3-1 空粒、瘪粒漂浮在盐水表面

实验

测量盐水的密度

实验思路

首先测出盐水的质量和体积，然后通过公式 $\rho = \frac{m}{V}$ 就能计算出盐水的密度。

对于液体，我们可以用量筒直接测量它的体积。

这需要我们先了解一下量筒的使用方法。

1. 观察你所用的量筒是以什么单位标度的，量筒的最大测量值是多少，量筒的分度值是多少。

2. 如图 6.3-2 所示，读数时，视线要与液面相平。

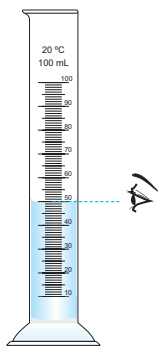


图6.3-2 量筒的读数方法

实验过程

一杯水因溶入不同质量的盐而密度不同。自己用盐和水配制一杯盐水，利用天平测量盐水的质量，利用量筒测量盐水的体积。将测量数据及计算结果记录在下表中。

杯和盐水的质量 m_1/g	杯和剩余盐水的质量 m_2/g	量筒中盐水的质量 $m (=m_1-m_2)/\text{g}$	量筒中盐水的体积 V/cm^3	盐水的密度 $\rho/(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$

以上是对液体密度的测量。想一想：对于形状不规则的固体，又该如何测量它的密度呢？



实验

测量小石块的密度

实验思路

小石块是形状不规则的固体，怎样测出它的体积呢？图6.3-3给出了一种用量筒测量固体体积的方法。请你描述这种方法，并与同学交流。

测出不吸水的小石块的体积和质量，就可以利用公式 $\rho = \frac{m}{V}$ 得到小石块的密度了。

实验过程

1. 用天平测量小石块的质量，并将数据记录在自己设计的表格中。
2. 用量筒测量小石块的体积，并记录数据。
3. 根据公式 $\rho = \frac{m}{V}$ 求出小石块的密度。

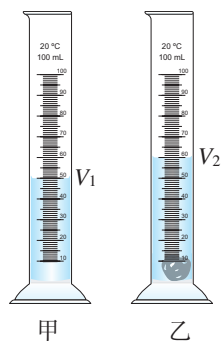


图6.3-3 用量筒测量形状不规则固体的体积



科学世界

细微差别中的重大发现

19世纪末，英国物理学家瑞利在精确测量各种气体的密度时，发现从空气中取得的氮的密度是 $1.257\ 2\ \text{kg/m}^3$ ，而从氨中取得的氮的密度却是 $1.250\ 5\ \text{kg/m}^3$ 。虽经多次重复测量，但仍然存在这个令人奇怪的差异。

后来，他与化学家拉姆塞合作，于1894年在从空气中取得的氮里，分离出另一种当时还不知道的气体——氩，这个谜才解开了。原来，氩的密度较大，空气中的氮混有少量氩，它的密度就比从氨中取得的纯氮的密度稍大一点儿。

这是科学史上一个很有名的故事，它说明在科学实验中，精确的测量是多么重要。正是由于瑞利不放过这一细微差异而执着地研究下去，氩才得以被发现。瑞利因此荣获1904年的诺贝尔物理学奖。



练习与应用

- ① 使用量筒测量液体的体积，读数时会出现如图 6.3-4 所示的三种情况，其中正确的是哪一种？在测量体积约为 80 mL 的液体时，我们应该选择规格是“100 mL 1 mL”的还是“500 mL 5 mL”的量筒？为什么？

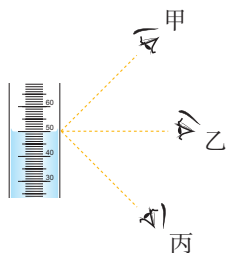


图 6.3-4

- ② 一个容积为 2.5 L 的塑料瓶，用它装水，最多装多少千克？用它装植物油呢？取植物油的密度为 $0.9 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 。
($1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3$)
- ③ 有一个表面光滑、浑然一体的铜制工艺品，它的质量为 89 g，体积为 20 cm^3 。请你通过计算判断这个工艺品是不是中空的。
- ④ 为确定某种金属块的密度，首先用天平测量金属块的质量。当天平平衡时，放在右盘中的砝码和游码的位置如图 6.3-5 甲所示，则金属块的质量 m 是多少？然后用量筒测量金属块的体积。将水倒入量筒，液面达到的位置如图 6.3-5 乙所示，再把金属块完全浸没在量筒的水中，水面升高，如图 6.3-5 丙所示，则该金属块的体积 V 是多少？根据测量结果可知该金属块的密度是多少？

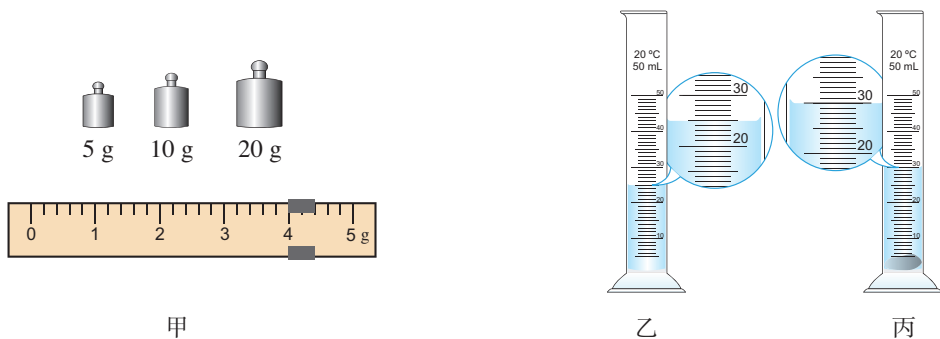


图 6.3-5

- ⑤ 某同学想测量盒装牛奶的密度。他把一盒牛奶放在天平上，测出总质量为 270.0 g；把牛奶倒入量筒 30 mL 后，测得剩余部分的质量为 238.5 g。这种盒装牛奶的密度是多少？

第4节 密度的应用



问题

矗立在天安门广场的人民英雄纪念碑（图6.4-1），碑身高37.94 m，由413块花岗岩石块砌成。碑心石由一整块花岗岩经多次加工而成，当这块花岗岩被加工成长14.7 m、宽2.9 m、厚1.0 m的长方体巨石时，它的质量约为多少？



图6.4-1 人民英雄纪念碑

利用密度求出质量

根据公式 $\rho = \frac{m}{V}$ ，可以推导出 $m = \rho V$ 。物体的质量等于它的密度与体积的乘积。因此，知道了物体的体积，查出组成物质的密度，就可以算出物体的质量。对于不易直接称量质量的庞大物体，这种办法很方便。

节前“问题”栏目中已经给出巨石的长 l_1 、宽 l_2 、厚 l_3 ，巨石的体积就可以计算出来，即

$$\begin{aligned} V &= l_1 l_2 l_3 \\ &= 14.7 \text{ m} \times 2.9 \text{ m} \times 1.0 \text{ m} \\ &= 42.6 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

查表，取花岗岩的密度 $\rho = 2.8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ，把数据代入公式，就可以得到巨石的质量

$$\begin{aligned} m &= \rho V \\ &= 2.8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \times 42.6 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 119.3 \times 10^3 \text{ kg} \\
 &= 119.3 \text{ t}
 \end{aligned}$$

D 利用密度求出体积

根据公式 $\rho = \frac{m}{V}$ ，可以推导出 $V = \frac{m}{\rho}$ 。利用这个公式，知道了物体的质量，查出组成物质的密度，就可以算出物体的体积。对于形状不规则或不便于直接测量体积的物体，这是一种很方便的求体积的办法。

修缮某文物需要使用厚度为 $0.15 \mu\text{m}$ 的金箔，这种金箔主要由黄金制成（图 6.4-2）。假设没有损耗，那么 10 g 的黄金能修缮多大面积？

查表，把金的密度 $\rho = 19.3 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 代入公式，可以得到 10 g 黄金的体积

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{10 \times 10^{-3} \text{ kg}}{19.3 \times 10^3 \text{ kg/m}^3} = 5.2 \times 10^{-7} \text{ m}^3$$

由于所用金箔的厚度 $d = 0.15 \mu\text{m}$ ，则能修缮的面积

$$S = \frac{V}{d} = \frac{5.2 \times 10^{-7} \text{ m}^3}{0.15 \times 10^{-6} \text{ m}} = 3.5 \text{ m}^2$$



图6.4-2 金箔

D 利用密度鉴别物质

如果测出由某种物质组成的物体的密度，再把测得的密度跟密度表中各种物质的密度比较一下，就可以知道该物体可能是由什么物质构成的了。

体育锻炼用的一个实心“铅球”的质量是 4 kg ，经测量知道它的体积是 0.57 dm^3 。这个球是用纯铅制造的吗？

要想知道制造铅球的材料是否为纯铅，可以先求出

它的密度，再与纯铅的密度进行比较。

此铅球的密度

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{m}{V} \\ &= \frac{4 \text{ kg}}{0.57 \times 10^{-3} \text{ m}^3} \\ &= 7.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

查表可知铅的密度是 $11.3 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ，可见这个铅球不是纯铅制成的。

银饰品深受人们喜爱（图 6.4-3），但是银饰品不一定都用纯银制成。有些银饰品的成分除银之外，还可能有铜、镍等。通过测量密度可以对其是否为纯银作出初步判断。

不同物质的密度可能是相同的。例如，酒精和煤油都是液体，它们的密度都是 $0.8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ，但是通过气味可以区分它们。因此，要准确地鉴别物质，常常需要多种方法并用。

密度是物质的基本性质之一，每种物质都有自己的密度。密度在我们的社会生活中还有其他重要的应用。例如，通过对样品密度等信息的采集，可以确定它的种类及经济价值。鉴定牛奶、酒的品质，都要用到密度的知识。

很多材料的选择需要考虑物质的密度。例如，拍摄电影时的石头道具使用密度很小的泡沫塑料制成；机床底座则需要用坚固、密度大的材料制成；飞机的外壳常采用高强度、低密度的合金或新型合成材料制成；超过百米的海上风力发电机的叶片采用了具有密度小、强度高、耐腐蚀、抗疲劳等优异性能的碳纤维材料（图 6.4-4）。



图6.4-3 银饰品



图6.4-4 风力发电机的叶片



材料与社会发展

我们周围的生活用品是由各种材料制成的：金属、陶瓷、玻璃、塑料，等等。一般来说，不同的材料具有不同的物理性质。除密度不同外，材料的导电性、磁性、弹性、硬度、延展性等也往往各不相同。在生产生活中，人们利用各种材料的特性，设计出所需的物品。

某一种新材料的问世及其应用，往往会引起人类社会的重大变革。

在旧石器时代，人类通过简单加工获得石器，用来狩猎，维持生存。随着石器加工制作水平的提高，人类社会进入了新石器时代，出现了原始手工业，如制陶和纺织。青铜器（图6.4-5）的出现大大促进了农业和手工业的发展。青铜是由铜、锡等元素组成的合金，它的熔点低、硬度高、耐用性强。

我国是世界上冶铁业出现较早的国家之一。春秋战国时代，由铁制作的农具、手工工具及各种兵器得以广泛应用。铁器时代的到来，大大促进了社会的发展。随着钢铁、水泥等材料的出现和广泛应用，人类社会从农业和手工业社会进入了工业社会。随着我国工业技术的发展，目前，我国自主研发的“手撕钢”比纸还要薄（图6.4-6），被不断应用到许多高新技术领域。

20 世纪，各种新材料层出不穷。例如，气凝胶（图6.4-7）是当今世界上密度最小的固体。这种新材料具有隔热、耐高温等性能，在新能源汽车、航空航天等领域有多种用途。而半导体等新材料的出现和广泛应用，则把人类社会由工业社会推向信息社会。基于材料对社会发展的作用，人们将信息、能源和材料并列为现代文明的三大支柱。在这三大支柱中，材料又是能源和信息的基础。



图6.4-5 商代后期用于蒸煮的青铜器——甗



图6.4-6 “百炼钢做成了绕指柔”



图6.4-7 气凝胶



练习与应用

- ① 建筑工地需用沙子 400 m^3 ，若用载质量为 4 t 的卡车运送，需运多少车？取沙子的密度为 $1.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 。
- ② 一捆铜线的质量为 89 kg ，铜线的横截面积是 25 mm^2 。这捆铜线的长度是多少？
- ③ 用天平和尺能不能得出一块长方形铝箔的厚度？如果能，写出你的办法。
- ④ 生活中铝箔的应用非常广泛。下表给出的是厨房中使用的某厚质铝箔的长度、宽度和厚度等相关信息。假设铝箔由纯铝制作，请你根据表中的数据，判断它的质量是否与标称的相同。

品名	食品用 厚质铝箔
规格	$30 \text{ cm} \times 8 \text{ m}$ 质量 98 g
使用原料	铝箔 $0.015 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$

- ⑤ 我国唐代的“黄河铁牛”是世界桥梁史上的瑰宝，巨大的铁牛（图 6.4-8）起到固定索桥的作用。若最大的一尊铁牛的质量为 72 t ，要用密度为 $1.35 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 的石膏制作一个体积是铁牛万分之一的模型，需用石膏的质量约为多少？假设铁牛的密度为 $7.9 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 。



图 6.4-8



- ① 请用直线把下列物体与对应的质量连起来。

一张邮票的质量约	50 mg
一枚鸡蛋的质量约	50 kg
一位中学生的质量约	5 t
一头大象的质量约	50 g

- ② 我国嫦娥五号月球探测器探月成功并携带 1 731 g 月球样品返回地球。这些月球样品的质量在月球和地球上有没有变化？合多少千克？

- ③ 某老师做升华实验所用干冰的密度是 $1.56 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ，干冰升华为二氧化碳气体（ 0°C ，标准大气压）后，体积变为原来的多少倍？（结果取整数）

- ④ 有两瓶净含量为 100 mL 的便携式酒精消毒液，某同学测得还没有使用的消毒液的总质量为 105.1 g。他把使用过的空瓶装上同体积的水后，测得的总质量为 119.6 g。这种消毒液的密度是多少？查阅课本，看看消毒液与酒精的密度有什么不同，说说原因。

- ⑤ 捏泥人是我国传统的民间技艺，其所用的土坯质量分布均匀。现用一块边长为 10 cm、质量为 2.5 kg 的立方体土坯捏泥人。最后雕琢成型的泥人质量变为 2.0 kg，则泥人的体积是多少？

- ⑥ 甲、乙两组同学各自用盐水探究物质的质量与体积的关系，图 6-1 是他们根据各自的实验数据画出的质量与体积的关系图像。图中两条直线不重合的原因是什么？从图像中你还能知道哪些信息？

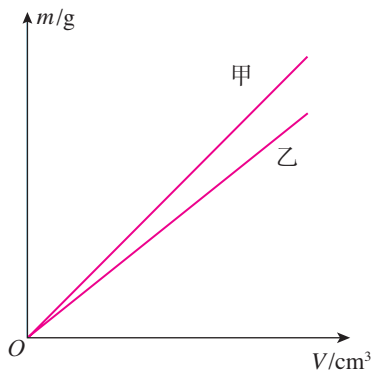


图6-1

- ⑦ 有些口罩上边缘有一种铝制金属条用作鼻夹，利用金属的可塑性使口罩上边缘与鼻子及周围贴合紧密，从而起到防护作用。若铝条长 8 cm、宽 0.5 cm、厚 0.25 mm，则 1 kg 铝可以制成多少个这样的铝条？

- ⑧ 建筑工地上的脚手架一般由钢管搭设而成。有一种钢管的外径为 D ，壁厚为 d ，长为 l ，其横截面如图 6-2 所示。这种钢管的质量是多少？钢的密度用 ρ 表示。

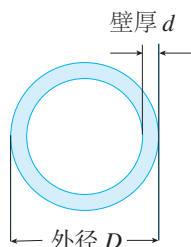


图6-2

⑨ 某同学洗绿豆时发现绿豆是沉在水底的。他想测量绿豆的密度，于是进行了下列实验。

(1) 用一个小矿泉水瓶装水，使水面与瓶口平齐，用天平测出瓶和水的总质量为 m_1 ；

(2) 把矿泉水瓶中的水倒出一小部分后，再次测出瓶和水的总质量为 m_2 ；

(3) 用碗装一些绿豆，测出碗和绿豆的总质量为 m_3 ；

(4) 把碗中的绿豆慢慢倒入瓶中，直至水面又与瓶口平齐，测出此时碗和绿豆的总质量为 m_4 。

已知水的密度为 $\rho_{\text{水}}$ ，根据以上实验数据推导出绿豆密度的表达式。

在步骤(1)中，这位同学让水面与瓶口平齐（或者使水面到达瓶口附近某个有标记的位置），而不是让水面位于矿泉水瓶横截面积较大的位置，这样做有什么好处？

索引

(名词后面的数字是该名词中、英文第一次出现的页码)

A		焦距	116	升华	77
凹透镜	114	介质	34	速度	21
C		晶体	66	T	
超声波	39	镜面反射	96	透镜	114
次声波	39	M		凸透镜	114
D		漫反射	96	W	
单位	11	米	11	温度	58
F		密度	145	X	
反射	93	秒	14	响度	40
反射定律	95	N		像	98
非晶体	66	凝固	64	Y	
沸点	72	凝固点	67	液化	70
沸腾	70	凝华	77	音调	37
分贝	50	P		音色	41
G		频率	38	匀速直线运动	22
光线	90	Q		Z	
光心	114	汽化	70	噪声	49
H		R		折射	104
赫兹	38	熔点	66	振动	32
红外线	109	熔化	64	振幅	40
J		S		蒸发	73
机械运动	17	色散	107	质量	139
焦点	116	声波	34	紫外线	109

后 记

本套教科书（八~九年级）由人民教育出版社课程教材研究所物理课程教材研究开发中心依据教育部《义务教育物理课程标准（2022年版）》编写。

本套教科书集中反映了基础教育课程改革的最新成果，总结了上一版《义务教育教科书 物理》的编写经验，凝聚了教育专家、学科专家、教材编写人员、教研人员及一线教师的集体智慧。本套教科书的统稿人为彭前程、黄恕伯，由张颖协助主编主持编写工作。参加本册教科书习题编制的有叶晓军、郑军辉、石广召、韩华中、王瑞。本套教科书封面设计由中央美术学院设计团队完成，人民教育出版社设计部制作。本册教科书版式设计为房海莹，内文插图绘制为潘伟，摄影为张朝平。我们感谢上一版《义务教育教科书 物理》的编写人员孙新、秦晓文等，感谢所有对教科书的编写、审读、试教、出版等提供过帮助与支持的同仁和社会各界朋友。

本册教科书出版之前，我们通过多种渠道与教科书选用作品的作者进行了联系，得到了他们的大力支持。视觉中国、IC PHOTO、全景视觉、中新图片、北京师范大学附属实验中学等机构为本册教科书提供了图片素材。对此，我们表示衷心的感谢！但仍有部分作者未能取得联系，恳请入选作品的作者与我们联系，以便支付稿酬。

我们真诚地希望广大教师、学生及家长在使用本册教科书过程中提出宝贵的意见和建议。我们将本着精益求精的态度，集思广益，不断修订，努力使教科书日趋完善。

联系方式

电 话：010-58758391，58758866

电子邮箱：jcfk@pep.com.cn

中小学教材意见反馈平台：jcyjfk.pep.com.cn

人民教育出版社 课程教材研究所



义务教育教科书

物理

八年级

上册

YIWU JIAOYU JIAOKESHU

WULI



绿色印刷产品

ISBN 978-7-107-38258-1



9 787107 382581 >