国家教材委员会专家委员会审核通过
2024

义务教育教科书

物理

WULI

八年级　全一册

北京师范大学出版社

义务教育教科书

物理

八年级　全一册

北京教育科学研究院　编写

主　　编：李春密

副 主 编：李子恒

本册主编：秦晓文

编写人员：（按照姓氏笔画排序）

丁光成　田成良　白晓豫

徐国萍　谢万媛　鲍建中

北京师范大学出版社

致　同　学

学习物理，需要积极动脑**想一想**，交流讨论**议一议**，动手探究**做一做**，经历**演示与观察**，还要勇于**实践与探索**。

想一想　针对现象，积极思考，提出问题。

议一议　针对问题进行分析，与同学交流和讨论。

做一做　根据具体任务，动手实验或制作，解决问题。

演示与观察　通过观察演示实验，引发思考。

实践与探索　课后巩固知识，进行实践和应用，探索新问题。

学生实验包括课程标准要求的测量类和探究类必做实验，可以提高实验探究能力和科学素养。可采用相关实验方法和步骤进行探究，并思考实验过程为什么要如此设计。

提出问题	收集证据	分析论证	交流与评估
基于观察和实验提出物理问题，形成猜想与假设。	设计实验与制订方案，获取实验数据等信息。	处理信息，基于证据得出结论并作出解释。	对探究过程和结果进行交流、评估和反思。

还可以利用课余时间了解一下**相关链接**，互相帮助**提个醒**，进行**阅读与拓展**。

相关链接　链接扩展性内容，促进对内容的理解，提升学习兴趣。

提个醒　提示实验注意事项、实验方法，归纳物理学研究方法。

阅读与拓展　课后阅读，扩展视野，培养良好的行为习惯，形成主动学习和思考的意识，发挥自己的主观能动性。

跨学科实践：学以致用，通过知识的运用以及探索和思考完成任务，提高实践应用能力和创新能力。

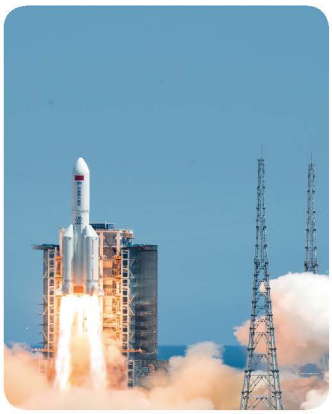
目　录

第三章 光现象

第四章 透镜及其应用

第五章 机械运动的描述

第六章 质量和密度



第七章 物体间的相互作用

第八章 压 强

第九章 浮 力

第十章 功和机械能

第十一章 简单机械

附 录

走进物理世界

近年来，我国在载人航天、探月探火、深海探测、超级计算机、卫星导航、量子信息、核电技术、大飞机制造等领域取得重大成果。我国完成了载人航天工程“三步走”发展战略，自主建成了独立运行的中国空间站；嫦娥五号探测器由长征五号运载火箭送上月球，实现了我国首次月面采样与封装、月面起飞、月球轨道交会对接等多项重大突破；世界最大单口径、最灵敏的射电望远镜“中国天眼”能观测到射电流量极弱的毫秒脉冲星；我国自主建设、独立运行的北斗卫星导航系统全面建成，为构建人类命运共同体，推动人类社会发展作出重大贡献……我国科技发展取得的这些举世瞩目的成就，都离不开物理学研究的贡献。物理学与我们的现代生活息息相关。让我们登上科学的航班，走进丰富多彩的物理世界吧！

在日常生活中，你只要留心观察，就会发现与物理有关的奇妙现象随处可见。

你抖过空竹吗？抛出后的空竹为什么能不停地转动（图1）？为什么又能从低处“自动”地爬向高处？装点节日氛围的小彩灯为什么能闪闪发光（图2）？为什么电饭煲通电煮饭时会发热，而与它相连的导线温度却不高？

图1　抖空竹

图2　小彩灯

刚出锅的饺子上方的“白气”是从哪里来的（图3）？从电冰箱中取出的冰镇饮料，过一会儿瓶壁上为什么会有一层水雾？海市蜃楼的奇特景观是怎样形成的？在观赏鱼缸中的鱼时，为什么有时感觉鱼会变形？为什么有时感觉看到的鱼的数目比实际数目多（图4）？

图3　饺子上方的“白气”

图4　鱼缸中的鱼

这些都是日常生活中常见的物理现象，你一定想知道它们形成的原因。从现在开始，你将学习一门新课——物理。通过学习物理，你会逐步理解这些现象背后的原理。

你现在一定想了解与物理相关的一系列问题，诸如：什么是物理？为什么要学习物理？怎样学好物理？以下是编者对这些问题的初步回答，供你在学习物理的过程中随时查阅，慢慢体会。

什么是物理

你在小学期间学过科学，知道科学是一种认识世界的方式，科学探究是认识未知领域、发现规律、获取科学知识的主要途径。你还学习了物质科学、生命科学等领域的科学知识，其中物质科学的大部分知识属于物理知识，如速度、力、温度等都是物理知识。

物理属于自然科学的一个分支，是自然科学中的基础学科。物理跟其他自然科学学科，如化学、生物学等一样，都是科学探究和科学知识的统一体，都以物质世界的某个领域作为研究对象。物理跟其他自然科学学科的主要区别是研究领域不同，物理学是研究物质性质（包括运动、热、电、磁等）和物质结构的科学。

什么是物质？物质就是在这个世界中客观存在的东西。物质包括实物和场。在物理中经常会提到的带电体、磁体、天体、分子、原子、电子、质子、中子等都是物质，电场、磁场、电磁场等也都是物质。

物质有很多性质，在小学科学中所提到的机械运动、冷（热）、电（性）、磁（性）等就是物理性质，涉及的现象就是通常所说的物理现象。你可以通过观察和测量感受到物质的性质，物理就是以观察和测量为基础开展研究的。在物理学发展史上，人们对上述物理性质开展了相对独立的研究，形成了物理学的多个分支，如力学、热学、光学、电磁学等。力学以机械运动为研究对象，热学以热现象为研究对象，光学以光为研究对象，电磁学以电和磁为研究对象。

为什么要学习物理

物理作为自然科学的基础学科，研究领域大至宇宙，小至微观粒子。物理学的基本定律反映了自然界的基本运行规律，被誉为“宇宙法则”。今天，无论是人类文明的进步、社会的发展，还是国家的富强、个人的幸福都离不开物理。

物理的发展改变了人类文明的进程。你可能听说过伽利略（Galileo Galilei，1564—1642）、牛顿（Isaac Newton，1643—1727，图 5）、麦克斯韦（James Clerk Maxwell，1831—1879，图 6）、爱因斯坦（Albert Einstein，1879—1955，图 7）、普朗克（Max Karl Ernst Ludwig Planck，1858—1947）等一些物

理学家的名字。早在欧洲文艺复兴时期，伽利略就开创了实验与科学思维相结合的研究方法，找到了探索自然奥秘的钥匙，为人们打开了通向物理世界的大门。牛顿在前人研究的基础上，发现了万物运动的物理规律。麦克斯韦提出了完整的电磁学理论。爱因斯坦创立了相对论。普朗克提出了能量量子化。这些辉煌的成就为人们描绘了自然界的清晰图景，在满足人类好奇心的同时，改变了人们认识世界的方式，改变着人类社会的物质生活和精神生活。

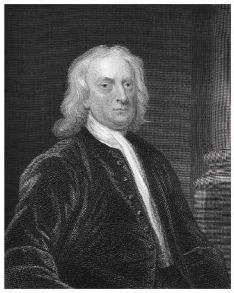


图 5　牛顿

图 6　麦克斯韦

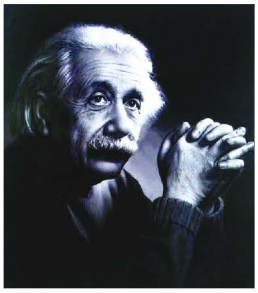


图 7　爱因斯坦

物理推动了社会的发展。物理的发展极大地提高了生产力，改变了人类的生产和生活方式（图 8）。18 世纪，人们对热学的研究促进了蒸汽机的广泛使用，使手工业生产走向了大规模机器生产，人类社会进入机械化时代；19 世纪，人们对电磁学的研究促进了电力工业的发展，人类社会进入电气时代；20 世纪，人们对现代物理的研究开创了微电子工业，人类社会进入信息时代。我们生活中随处可见的家用电器，上课使用的投影仪、计算机，游乐场里的娱乐设施，都是利用物理原理制成的。

蒸汽机车

电力动车组

智能机器人

图 8　物理改变了人类的生产和生活方式

学习物理对每位同学的发展都具有重要意义。

学习物理，可以帮助你更好地理解和欣赏我们赖以生存的世界，学到理解世界的科学知识和探索世界的认知方式——科学探究。

学习物理，可以为你将来进行更高层次的科学或技术的学习奠定基础，有助于将自身的发展与国家的发展统一起来。科学技术是第一生产力，是影响国家发展和民族振兴的关键因素之一。要实现中华民族伟大复兴，需要大量高技术人才和拔尖创新人才。只有学好物理，才能成为其中的一员，才能更好地建功立业、报效祖国。物理学家王淦昌（1907—1998，图 9）、彭桓武（1915—2007，图 10）、于敏（1926—2019，图 11）等是我国的“两弹一星”元勋，他们之所以能为祖国的强大作出卓越贡献，成为民族的脊梁、祖国的骄傲，是因为他们具有深厚的物理学专业基础和卓越的能力以及奉献精神。

图 9　王淦昌

图 10　彭桓武

图 11　于敏

学习物理，可以为你成为具有良好科学素养的公民奠定基础。今天我们生活的社会充满了科学发展与技术创新所带来的丰富产品，也充满了各种各样的挑战，如环境污染、能源转型、可持续发展等问题，需要你运用科学知识和科学方法作出判断或决策。解决这些问题要靠每个公民科学素养的提高，也要靠现代科学技术的进一步发展。

怎样学好物理

勤于观察

物理现象是物理的研究对象，对物理现象的研究就是从观察开始的。通过观察可以发现各种物理现象的共同点和不同点，这是建立物理概念的基础。通过观察物理现象，你会产生各种疑问，提出很多问题。如图 12 所示是官厅水库清晨的美景，观察后你可以提出很多问题。例如：天空中的晨光为什么是橙红色的？天空中的云是怎样形成的？远处的“风车”是做什么用的？船为什么能浮在水面上？这些疑问会引发你的思考和探索，提高你学习物理的积极性和

图 12 官厅水库的清晨

主动性。

勤于观察生活、自然中的物理现象，你不仅能积累更丰富的感性经验，也能提出更多的问题，从而更顺利地建构物理概念、探究物理规律。

深入思考

要寻找物理现象产生的原因，发现不同现象之间内在的逻辑关系，仅凭观察是不够的，还需要运用科学思维方法深入思考，也就是要运用科学概念、按照逻辑规则进行思考。前面提到的实物和场，如磁体、原子、电子、磁场等是物理学中的物质概念。用于描述物理现象的概念，如机械运动、惯性、熔化、沸腾等是物理学中的定性概念。用于测量物理性质的概念，如速度、力、温度、电流等是物理学中的定量概念，又称为物理量。学习物理，就要学会用这些物理概念进行思考，尤其要重点学习各个物理量，知道它们的定义，知道它们是用来描述和量度物质什么性质的（如电阻是用来量度导体阻碍电流的性质的），知道如何测量物理量（如用电压表和电流表可测量导体的电阻）。要获得对物理学的深层理解，就应自觉运用分类、分析、抽象、概括、建构模型、推理、论证等科学思维方法，经历从经验事实到物理概念的思维过程，经历运用物理概念、规律解释物理现象、解决实际问题的过程。

乐于探究

解决科学问题的方法之一是科学探究。在小学科学的学习中，你已经进行过许多简单的科学探究。生活中，你观察到人们为了使湿衣服干得快一些，总是把湿衣服展开放在通风、向阳的地方晾晒。这是为什么呢？你的脑海里会冒出各种关于这个问题的答案。你可以设计一个实验来检验这些答案。假设在通风环境中湿衣服里的水分蒸发得快，根据这个假设，你可以作出预测，然后通

过实验去检验。

在完成这个实验的过程中，你需要控制很多可能影响实验结果的变量。你可以用两条完全相同的毛巾做实验，除通风情况不同外，必须保证所有的条件——毛巾的含水量、温度、展开的程度，以及光照等都相同。这样，你就可以通过改变通风情况，测量毛巾变干的时间，发现毛巾变干与通风情况之间的关系，从而检验假设是否正确。

科学家通常把原因变量叫作自变量，就是你在实验中有目的地改变的变量。上述实验中，通风情况是自变量，改变通风情况就是改变自变量。结果变量叫作因变量，毛巾变干所用的时间就是因变量。科学家永远不能肯定地说自己控制了所有影响结果的变量。因此，他们永远也不能绝对地说自己得出的结论是正确的。越多的结果与假设一致，结论就越可靠。

科学探究方法有一个共同的特征，即允许其他科学家按照相同的程序和方法重复实验，这样才能保证结论是有效的、可交流的。

积极主动地进行科学探究既有助于你建构物理知识，又能不断提高你的科学探究能力，帮助你更好地应对未来的变化和挑战。

善于阅读

阅读学习是自主学习的主要方式之一，阅读物理教科书是学习物理的重要途径。本套教科书是按照知识和活动两条线索组织内容的。每一节基本都采用知识叙述中穿插栏目的方式展开。知识叙述按照知识的内在逻辑展开，重点呈现物理概念、物理规律等重要知识。栏目主要是安排各类活动，启发思考，引导讨论，指导实验、制作等，为形成物理概念、发现规律做铺垫。

除了阅读教科书之外，“查阅资料”是另一种常用的阅读学习方式。“查阅资料”就是通常所说的检索，是指在大量的信息中筛选有价值的信息，带着“问题”有目的地收集和利用信息。

怎样有效地收集和利用信息呢？下面列出了一些基本原则。

明确查阅的目的，列出与你的研究相关的最重要的关键词。

选择适当的信息来源：互联网、论文、一般书籍、专门的工具书等。为保证信息的可靠性，一般应使用多个信息来源。

快速浏览并筛选信息：这些信息资源能告诉你什么？是你所需要的信息

吗？记录、整理筛选出的信息，列出这些信息的来源。

通过互联网查阅资料无疑是最便捷的方式之一，但是互联网中的信息来源非常复杂，信息的真实性也需要加以判断。因此，要学会鉴别、评价网络信息的方法。在查找信息的过程中要关注以下几个方面。

权威性：网页的创始人和主办者是谁？谁发布的信息？信息是由公共组织提供的吗？

准确性：信息是真实准确的吗？能够被检验吗？谁对信息的准确性负责？如果是用图表显示的统计数据，有清楚的标注吗？

时效性：网页上显示信息发布的日期了吗？是否有其他提示告诉你网页上的信息是当前最新的？

完整性：是否有提示告诉你网页已建成或正在建设中？是否有与它匹配的印刷品？是否有清楚的提示告诉你，相关作品是完整的还是只是一部分？

“查阅资料”这种学习方式，不仅能够帮助你快速找到与想解决的问题相关的各种观点或答案，开阔视野，启发思维，而且能锻炼鉴别、评价信息的能力，从而不断提高自主解决问题的能力。

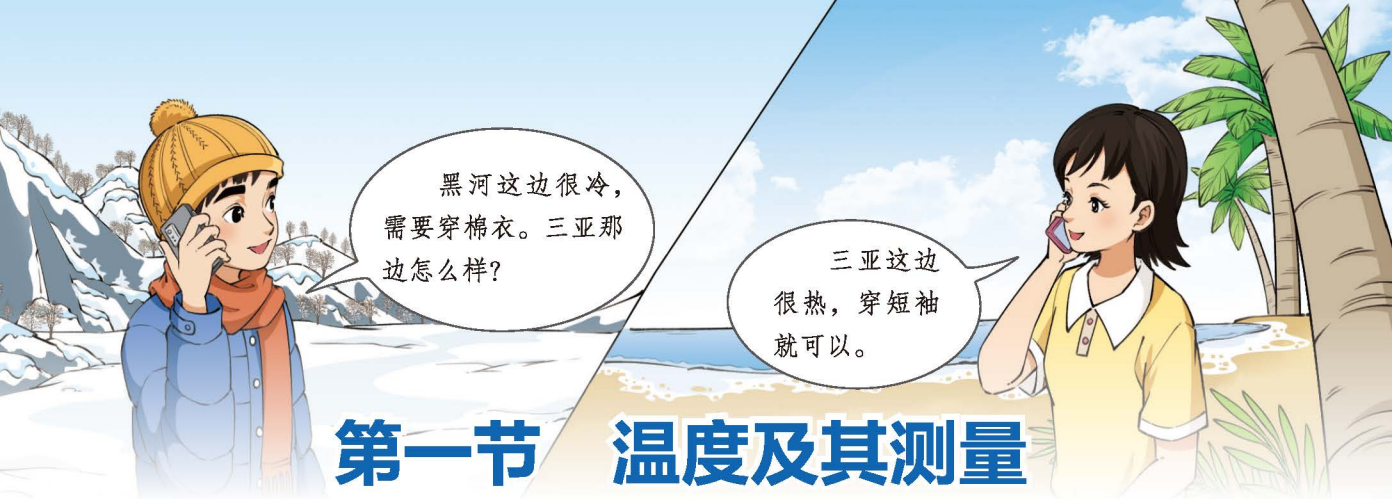
希望“走进物理世界”这部分内容能帮助你初步认识什么是物理，了解学好物理的基本方法，树立正确的学习观。奇妙的物理世界正等待着你去探索！

1

第一章
热现象

自然界中，春夏秋冬，四季更迭；风卷云涌，雨露霜雪。生活中，烹炸煎蒸，美味飘香；冷暖阴晴，衣物增减。生产中，高炉运转，工件铸造……这些现象中物质的形态及其变化都与温度有着密不可分的联系。

我们如何认识和解释物质的形态及其变化呢？这些变化蕴含着什么规律？这些规律又有哪些应用？让我们开启热现象的探究之旅吧！



第一节　温度及其测量

生活中人们经常用冷、热、烫等词描述物体的冷热程度，你还知道哪些描述冷热程度的词语？身处黑龙江省黑河市和海南省三亚市的两人通过电话描述当地的气温，对方能准确感知吗？

温　度

演示与观察

如图 1.1–1 所示，将盛有冷水、温水、热水的三个杯子依次摆放，再将两根手指分别放在热水（注意不要过热）和冷水中片刻，然后同时放入温水中，两根手指对温水的感觉一样吗？这说明什么？

图 1.1–1　感受物体的冷热程度

为了描述自然界和生活中的冷热现象，人们创造了很多词语，如“清冷”“热乎”“炙热”等，但仍不能准确描述冷热程度。为此，物理学建立了温度这一概念。物理学中把描述物体冷热程度的物理量叫作**温度**。

温度的测量需要先规定测量标准，我们日常生活中使用的标准为摄氏温标。采用摄氏温标表示的温度称为摄氏温度，摄氏温度的单位是摄氏度，符号为 ℃。0 摄氏度记为 0 ℃。若温度比 0 ℃低，则用负值表示。例如，比 0 ℃低 5 ℃，记为“−5 ℃”，读作“负 5 摄氏度”或“零下 5 摄氏度”。摄氏温度用符号 t 表示。

这样，我们用温度就可以准确地描述物体的冷热程度了。如黑河与三亚两地同一天的最高气温分别是 −14 ℃和 28 ℃。

相关链接

热力学温度与摄氏温度

在国际单位制中，温度的量度使用热力学温标。热力学温度的单位是开尔文，简称开，用符号 K 表示。

摄氏温标曾经是这样规定的：把 1 标准大气压[①]下，冰水混合物的温度规定为 0 ℃，沸水的温度规定为 100 ℃，将 0 ℃到 100 ℃之间分成 100 等份，每一等份称为 1 ℃。1990 年国际温标对摄氏温标作了新规定：摄氏温标由热力学温标导出。摄氏温标的零点等于热力学温标中的 273.15 K。在表示温度变化时，1 K 与 1 ℃ 的大小是相同的。热力学温度 T 与摄氏温度 t 之间的数量关系是 $T = t + 273.15$。

温度计

做一做

在一个透明小玻璃瓶里装满带颜色的水，然后将一个插有透明细管的橡胶塞塞在瓶口上，记录细管中液面的位置，如图 1.1–2 所示。将小玻璃瓶分别放入盛有冷水、温水、热水的杯子中，待液柱稳定后，观察并记录细管中液面的位置。

图 1.1–2　自制液体温度计

通过实验发现：温度升高，液面升高；温度降低，液面随之降低。这表明液体具有热胀冷缩的性质。因此，我们可以用细管中液柱的长度表示温度的高低。

如图 1.1–3 所示为一种实验室中常见的液体温度计，它就是根据液体热胀冷缩的性质设计制作的。液体温度计由玻璃泡、红液、玻璃管组成，玻璃管上有刻度和符号℃等。温度计所能测量温度的范围是温度计的量程，温度计上刻度的最小格代表的值是温度计的分度值。

图 1.1–3　实验室中常见的液体温度计

① 气压值为 1.01×10^5 Pa。

在实验室中使用液体温度计测量物体的温度时，一般按照以下步骤进行。

1. 估计被测物体的温度，选择量程和分度值合适的温度计。

2. 将温度计的玻璃泡与被测物体充分接触，不要碰到容器底或容器壁。

3. 使温度计的玻璃泡在被测物体中保持适当的时间，待温度计的示数稳定后再读数。

4. 在读数时，温度计的玻璃泡不能离开被测物体，且视线应与温度计中液柱的液面相平（图 1.1–4）。

5. 记录数据。在记录数据时，要标明单位。

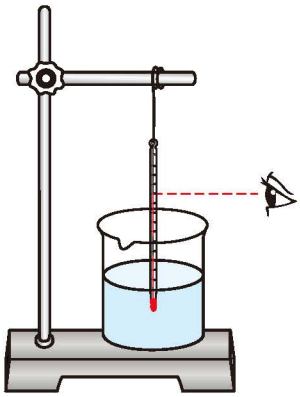


图 1.1–4　正确使用温度计

表 1.1–1 给出了一些与生活有关的温度，其中哪些温度可以用图 1.1–3 所示的温度计进行测量？

表 1.1–1　一些与生活有关的温度（1 标准大气压下）

与生活有关的温度	温度 / ℃	与生活有关的温度	温度 / ℃
地球表面的最低气温	约 −90	淋浴用热水的温度	约 40
家用电冰箱内的最低温度	约 −24	地球表面的最高气温	约 60
冰水混合物的温度	0	沸水的温度	100
人体感觉舒适的气温	约 25	普通火炉内的最高温度	约 1 100
人的正常体温	约 36.5	太阳表面的温度	约 5 750

学生实验：用常见温度计测量温度

1. 测量教室的气温。

估计教室中空气的温度。根据估计的温度，选用的温度计的量程为_____℃，分度值为_____℃。将该温度计悬挂在铁架台上，待温度计示数稳定后，温度计的示数即为此时空气的温度。将估计结果和测量结果记录在表 1.1–2 中。

2. 测量水的温度。

估计烧杯中自来水的温度。根据估计的温度，选用的温度计的量程为_____℃，分度值为_____℃。用该温度计测量烧杯中自来水的温度，

将估计结果和测量结果记录在表 1.1–2 中。

表 1.1–2　用常见温度计测量温度

被测物体	教室中的空气	自来水
估计温度 / ℃		
测量温度 / ℃		

做一做

仿照用液体温度计测量温度的方法，用图 1.1–5 所示的数字温度计完成上面的测量。比较一下使用这两种温度计测量温度的优缺点。

图 1.1–5　数字温度计

阅读与拓展

多种多样的温度计

物体的体积、电阻等往往会随着温度的变化而变化，据此人们设计了各种各样的温度计（图 1.1–6）。水银体温计是目前生活中使用的测量体温的温度计，由于水银体温计容易破碎，并易造成水银污染，我国自 2026 年起将禁止生产含水银的体温计。红外体温计、热成像温度计是环保型体温计。此外，寒暑表、双金属片温度计和热电偶温度计也是生产和生活中常用的温度计。查阅资料，了解这些温度计各有什么特点。

水银体温计

红外体温计

热成像温度计

寒暑表

双金属片温度计

热电偶温度计

图 1.1-6 各种各样的温度计

实践与探索

1. 用手触摸放在室内较长时间的木块、铁块和泡沫塑料块，感受它们的冷热程度是否相同（图 1.1-7）。再用红外温度计实际测量它们的温度。请解释一下你观察到的现象。

图 1.1-7 感受物体的冷热程度

2. 观察如图 1.1-8 所示的体温计，并将其与实验室中常见的液体温度计进行对比，说一说它们的结构和使用方法有什么不同。用体温计和液体温度计实际测一下你的体温，尝试说明测量结果不同的原因。

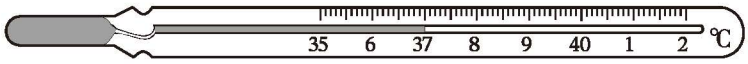


图 1.1-8 体温计

3. 科技小组的同学设计了一款如图 1.1-9 所示的温度计。请你判断：当气温升高时，U 形管中左侧液柱会_____（填“上升”或“下降”）；当气温降低时，U 形管中左侧液柱会_____（填“上升”或“下降”）。根据你的分析，说一说这款温度计的测温原理是什么。

图 1.1-9 自制温度计

4. 请你利用周末进行一次温度测量活动。将温度计放在室外没有阳光照射的地方，从早晨 8:00 开始，每隔 1 h 记录一次温度计的示数，直到 18:00 为止。设计一个表格记录测量结果，并画出一天中温度随时间变化的曲线。

第二节　熔化和凝固

铸造于商代后期的“后母戊”大方鼎是我国现存单体最重的商代青铜器，高 133 cm，质量为 832.84 kg。鼎腹内有铭文“后母戊”三个字，器腹、器耳以及柱足上部、下部都铸有多种浮雕纹样，反映了我国古代青铜器铸造的高超技艺。这么重的青铜器是怎样铸造而成的呢？铸造过程中材料的状态又有哪些变化？

物质的状态

如图 1.2–1 所示，像冰块这样有一定体积和形状的物质，其状态称为**固态**；像水这样有一定体积，但没有固定形状的物质，其状态称为**液态**；像空气这样既没有一定的体积，也没有固定形状的物质，其状态称为**气态**。自然界中的物质通常是以这三种状态存在的。

图 1.2–1　不同状态的物质

熔化与凝固

固态的冰遇热变成液态的水（图 1.2–2），这一过程称为**熔化**。液态的水遇

冷又会变成固态的冰，这一过程称为**凝固**。这说明，物质的状态在一定条件下是可以发生变化的。物质由一种状态变成另一种状态的过程叫作**物态变化**。

图 1.2-2 冰块熔化

演示与观察

比较海波和石蜡的熔化特点

如图 1.2-3 所示，向两支试管中分别装入适量的海波和石蜡，并在海波和石蜡中分别插入一支温度计，再将试管放入盛水的烧杯中，用两个完全相同的电加热器分别缓慢加热烧杯中的水。

图 1.2-3 熔化实验装置

实验时将分别装有海波和石蜡的试管放入水中加热，这种加热方式称为“水浴加热”。水浴加热能够使被加热物质均匀受热，更清晰地呈现物质的熔化过程。为使试管内外保持较小的温度差，实验时在试管内部、外部同时放置温度计进行监测。

仔细观察温度计的示数变化情况，以及试管内海波和石蜡的状态变化情况。当海波和石蜡的温度升至 40 ℃左右时，开始记录温度计的示数。每隔 1 min 记录一次，在海波和石蜡完全熔化后再记录几次，之后停止加热。将测温时间、测得的温度，以及海波和石蜡对应的状态分别记录在表 1.2-1 和表 1.2-2 中。

表 1.2-1 海波的熔化

时间 / min												
海波的温度 / ℃												
海波的状态												

表 1.2-2　石蜡的熔化

时间 / min												
石蜡的温度 / ℃												
石蜡的状态												

根据实验数据，在图 1.2-4 中以时间为横轴、温度为纵轴，作出海波和石蜡熔化过程中的温度-时间图像。

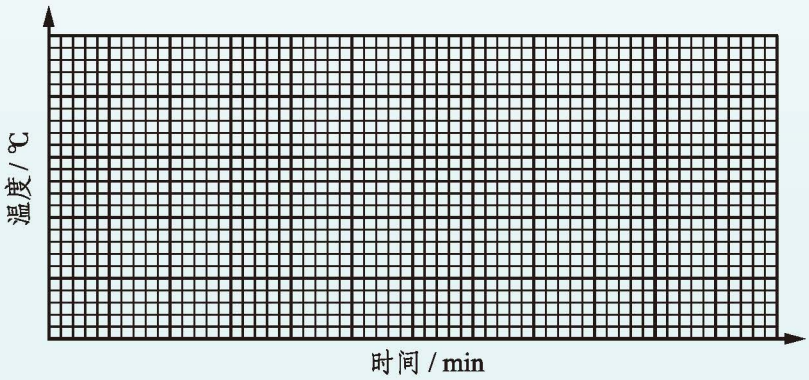


图 1.2-4　物质熔化的温度-时间图像

注意：建议在实验中使用 70 ℃电热保温底座作为电加热器。若用其他电加热器或酒精灯，要严格按照要求规范操作，避免烫伤。

大量实验表明，海波经过缓慢加热，温度逐渐升高，当温度达到 48 ℃时，海波开始熔化。在熔化过程中，虽然继续加热，但海波的温度仍保持在 48 ℃，直到海波全部熔化后，温度才继续上升。

石蜡的熔化过程则不同。在熔化过程中，随着不断加热，石蜡的温度持续上升，石蜡先变软，然后逐渐变稀，最后熔化为液体。可见，石蜡不像海波那样有确定的熔化温度。

实验中，停止对海波加热后，液态的海波温度逐渐降低，当温度降低到 48 ℃时开始凝固。在凝固过程中，虽然持续放热，但海波的温度仍保持在 48 ℃，直到海波全部凝固，温度才继续下降。停止对液态石蜡加热后，石蜡逐渐由稀变黏稠，再变成比较软的固态，最后成为比较硬的固体，整个过程中温度持续下降。可见，石蜡不像海波那样有确定的凝固温度。

晶体与非晶体

图 1.2–5 天然水晶

像海波、冰、食盐、天然水晶（图 1.2–5）和各种金属等有确定的熔化温度的固体都是晶体，这个确定的熔化温度叫作**熔点**。晶体在熔化过程中吸热。液态物质在凝固形成晶体的过程中放热，温度也保持不变，这个确定的凝固温度叫作**凝固点**。同一种物质的熔点和凝固点是相同的。像石蜡、松香、玻璃等物质都是非晶体，它们没有确定的熔化温度，液态的这些物质变为固态时，也没有确定的凝固温度。

人们测出不同晶体的熔点，便可以指导生产和生活中的实践活动。表 1.2–3 给出了一些物质的熔点。分析表格中的数据，你有什么发现？

表 1.2–3 1 标准大气压下一些物质的熔点

物 质	熔点 /℃	物 质	熔点 /℃	物 质	熔点 /℃	物 质	熔点 /℃
钨	3 410	银	962	锡	232	固态酒精	−117
钢	1 515	青铜（铜锡合金）	约 800	海 波	48	固态氮	−210
铜	1 083	铝	660	冰	0	固态氧	−218
金	1 064	铅	327	固态水银	−38.8	固态氢	−259

不同晶体的熔点一般是不同的。熔点是晶体的一种特性，人们可以根据这一特性来初步鉴别某物质是否属于晶体，是什么物质。

做一做

在一块冰上撒一些食用盐，仔细观察冰块上有食用盐的位置发生的变化。

冰块上撒有食用盐的位置很快就熔化了。由此可见，晶体中掺入其他物质时，其熔点会发生变化。冬天，人们常在有冰雪的路面上撒融雪剂（主要成分为氯盐），降低冰雪的熔点，使其快速熔化，避免路面过滑。

熔化与凝固的应用

早在四千多年前，我国就已经利用金属的熔化和凝固铸造出了七星纹铜镜（图 1.2–6）。在生产实践中，我国劳动人民还不断探索青铜冶铸技术，商朝青铜器的冶铸已达到相当高的技术水平。到春秋时期，我国已经掌握了冶铁铸造技术。

物质在熔化过程中吸热、在凝固过程中放热的特点，在生产和生活中有着广泛的应用。例如：人们常常用冰袋使水果保鲜（图 1.2–7）；石蜡热敷贴利用石蜡凝固放热的特点来维持较长时间的适宜温度，从而对患处进行热敷。

图 1.2–6　七星纹铜镜

图 1.2–7　用冰袋使水果保鲜

议一议　请解释以上实例中利用了熔化、凝固的哪些特点。熔化和凝固还有哪些应用？请举例说明。

阅读与拓展

“冰丝带”中的科技创新

国家速滑馆“冰丝带”（图 1.2–8）采用了目前世界上最环保、最安全的二氧化碳跨临界直冷制冰技术，是全球首个采用此技术的冬奥会速滑场馆。这种制冰技术能够使冰面温差不超过 0.5 ℃（远低于国际滑冰联合会要求的“冰面温差不能超过 1.5 ℃”）。冰面温差越小，硬度就越均匀，冰面就越平整。

图 1.2–8　国家速滑馆内景

这种制冰技术使国家速滑馆的碳排放量接近于零。整个系统一年的碳减排量，相当于减少了近 3 900 辆汽车一年的碳排放量，充分践行了“绿色奥运”的理念。

实践与探索

1. 图 1.2–9 是两种物质熔化时温度随时间变化的图像。请根据图像说明这两种物质在熔化过程中温度的变化特点。判断一下：哪种物质是晶体？哪种物质是非晶体？并说明理由。

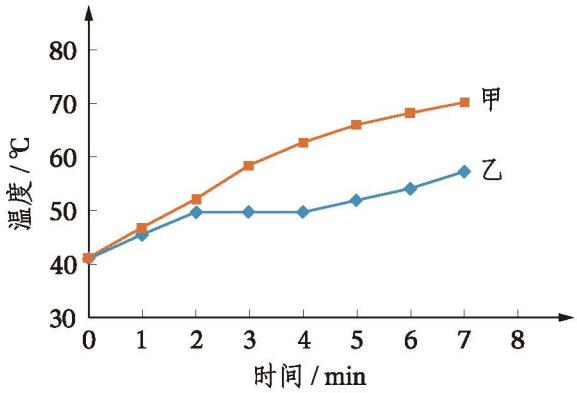


图 1.2–9 两种物质熔化时的温度–时间图像

2. 从气温为 −10 ℃ 的室外取一块冰，拿到温度为 20 ℃ 的房间内，它会不会立即开始熔化？为什么？

3. 寒冷的冬天，为防止汽车水箱结冰，人们常常向水箱中加入防冻液，请你解释防冻液能够防止水结冰的原因。

4. 有一种恒温杯，将 100 ℃ 的开水倒入杯中，摇动约 1 min，开水会快速降温成 50 ℃ 左右的温水。饮完后再倒入冷水，不一会儿冷水又可以变为适合人饮用的温水。据了解，这个杯子的夹层中放入了一种熔点为 50 ℃ 的晶体，才使它具有了如此神奇的功能。

（1）请你解释一下恒温杯能够保持恒温的原理。

（2）如果向一个没有倒过热水的恒温杯中倒入冷水，冷水的温度会明显升高吗？

第三节　汽化和液化

热电厂的凉水塔上方水雾袅袅，烧水时壶嘴上方出现大量水雾，这些水雾是怎样形成的？

观察图 1.3–1 所示的情景，水雾和壶嘴之间有什么物质？烧水时间过长，壶中的水会减少甚至被烧干。在烧水过程中壶中的水发生了哪些物态变化？

图 1.3–1　壶嘴上方的水雾

汽　化

想一想

用湿墩布擦过的地面过一会儿会变干，壶中烧开了的水随着继续加热会逐渐减少。这些水都到哪里去了？这两种情况有什么不同呢？

物质由液态变为气态的过程，叫作**汽化**。汽化有蒸发和沸腾两种方式。蒸发是在液体表面进行的缓慢的汽化现象。沸腾是在液体表面和液体内部同时进行的剧烈的汽化现象。地面上的水以蒸发的方式变为气态，水壶中烧开了的水以沸腾的方式变为气态。

蒸　发

议一议　观察图 1.3–2 所示晒衣服的情景。请你说一说：为什么把湿衣服展开晾在通风、向阳处干得快？如果想通过科学探究的方法回答这个问题，就需要把“为什么”的问题转化为若干单因素问题。例如，湿衣服干的快慢跟温度有关吗？请尝试就湿衣服干的快慢的其他影响因素提出问题。

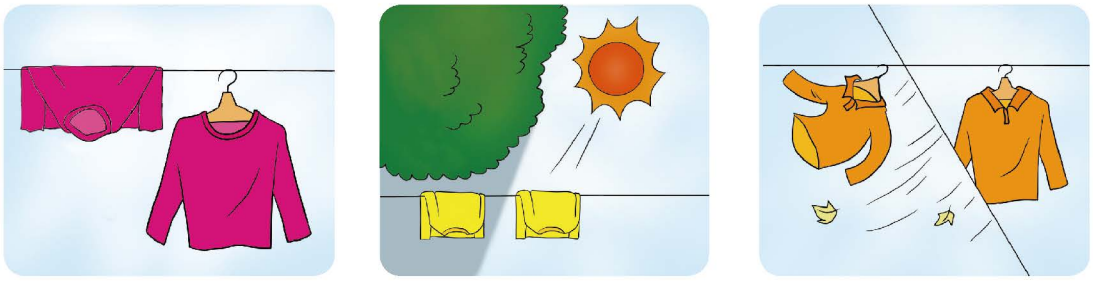


图 1.3-2 哪种情况下湿衣服干得快

做一做

探究影响蒸发快慢的因素

用滴管在三块相同的纸巾上分别滴相同滴数的酒精，然后分别将纸巾贴在三个烧杯的侧壁上。分别向甲、乙、丙三个烧杯中倒入等量的冷水、温水（约 40 ℃）和热水（约 60 ℃），如图 1.3-3 所示。比较三块纸巾上酒精蒸发的快慢情况。

图 1.3-3 比较酒精蒸发的快慢

通过实验可以看出，温度会影响酒精蒸发的快慢，温度越_____，酒精蒸发越快。

请仿照上述实验方法，分别探究酒精蒸发快慢与酒精表面积、酒精表面附近空气流动速度的关系。

通过实验可以看出，酒精的温度、表面积及附近空气的流动情况都影响着酒精蒸发的快慢。大量实验表明：液体的温度越高，液体的表面积越大，液体表面附近的空气流动越快，蒸发就越快。

按照如图 1.3-4 所示的装置进行实验。一支温度计插入密闭在试管里的酒精中，另一支温度计放在试管外面。一段时间后，观察两支温度计的示数。取出酒精中的温度计，再次观察两支温度计的示数，发现此时两支温度计示数_____，从酒精中取出的温度计示数_____。这

图 1.3-4 探究酒精蒸发时是否吸热

说明酒精蒸发需要_____。大量事实表明，蒸发在任何温度下都能发生，蒸发过程中需要吸热。

沸　腾

沸腾是生活中常见的一种汽化现象。烧开水时，随着对水持续加热，我们会看到水中出现的气泡逐渐增多、变大。当观察到水中出现大量气泡且气泡急剧上升、变大，到达水面破裂的现象时，我们就可以判断出水沸腾了（图 1.3–5）。

水在沸腾前和沸腾时温度是怎样变化的？

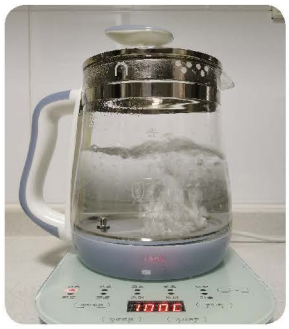


图 1.3–5　沸腾的水

学生实验：探究水在沸腾前后温度变化的特点

提出问题　水在沸腾前后温度随加热时间的变化有哪些特点？

针对这个问题，提出你的猜想与假设。

收集证据　根据你的猜想与假设，利用下面提供的实验器材，设计实验与制订方案，进行实验，并记录数据。

1. 实验器材：双层电加热杯（350 mL）、密封杯盖（有排气孔和温度计插孔）、水、温度计、秒表等。实验装置如图 1.3–6 所示。

图 1.3–6　探究水的沸腾

2. 设计实验：先思考下面的问题，然后设计实验方案。

（1）怎样测量水的温度？

（2）怎样测量加热时间？什么时候开始记录时间？

（3）间隔多长时间测量一次水的温度比较合适？

（4）怎样判断水是否沸腾？

3. 进行实验：根据设计的实验方案进行实验，并把实验数据记录在表 1.3–1 中。

表 1.3–1　探究水在沸腾前后温度变化的特点

时间 / min									
温度 / ℃									
是否沸腾									

提个醒

为确保安全，避免烫伤，实验中要严格按照老师的要求规范操作，并注意以下事项：

（1）确保实验装置稳定，避免实验装置晃动、倾斜，避免热水溅出。

（2）电加热杯的排气孔不要对着人，加热过程中不允许徒手触碰电加热杯。

分析论证 根据表 1.3–1 中的数据，在图 1.3–7 中以时间为横轴，温度为纵轴作出水的温度–时间图像。从图像中你能得出什么结论？

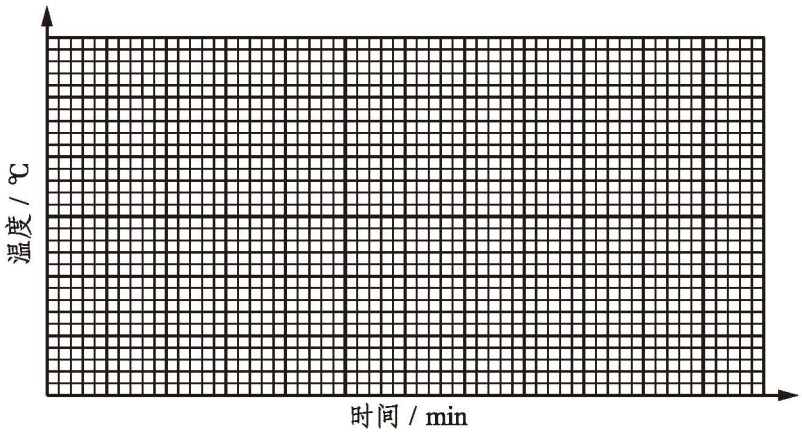


图 1.3–7 水的温度–时间图像

由实验数据、图像可知：沸腾前，水的温度随加热时间增加持续升高；沸腾后，水的温度随加热时间增加不再变化。

交流与评估 对比各小组的实验数据，各小组将水加热到沸腾所需要的时间一样吗？各小组测得的水沸腾后的温度一样吗？

沸点与气压

各种液体沸腾时都有确定的温度，这个温度叫作**沸点**。

议一议 表 1.3–2 给出了一些液体在 1 标准大气压下的沸点，分析表格中的数据，你有哪些发现？

表 1.3-2　1 标准大气压下一些液体的沸点

物　质	沸点 / ℃	物　质	沸点 / ℃
液态铁	2 861	酒　精	78.5
水　银	357	液态氧	−183
食用油	约 250	液态氮	−196
水	100	液态氢	−253

从表 1.3-2 可以看出，不同的液体沸点不同。同种液体的沸点会发生改变吗？

如图 1.3-8 所示，在水停止沸腾后，用塑料管连接注射器与电加热杯上的排气孔，然后利用注射器向外抽气，观察电加热杯中出现的现象。

电加热杯中的气体被抽出，水面上方的气压减小，可以观察到水又重新沸腾起来，这说明水的沸点与液面上方的气压有关，气压减小时，沸点降低。大量事实表明，液体的沸点与液体表面上方的气压有关，气压越大，沸点越高；气压越小，沸点越低。

图 1.3-8　沸点与气压

相关链接

沸点与气压

液体表面上方的气压越大，液体的沸点越高。使用高压锅做饭时，锅内水面上方的气压高于 1.01×10^5 Pa，因此水的沸点高于 100 ℃。所以，用高压锅炖肉、煮饭都比较省时间。在青藏高原等海拔较高的地区，由于大气压较小，使用普通锅做饭时，水的沸点低于 100 ℃，食物不容易煮熟。高压锅给当地人们的生活带来了便利。

液 化

雾是生活中常见的现象，你知道眼镜上的水雾（图 1.3–9 甲）、大山中缥缈的雾（图 1.3–9 乙）是怎样形成的吗？你还能说出更多类似的实例吗？

甲

乙

图 1.3–9 生活中出现的雾

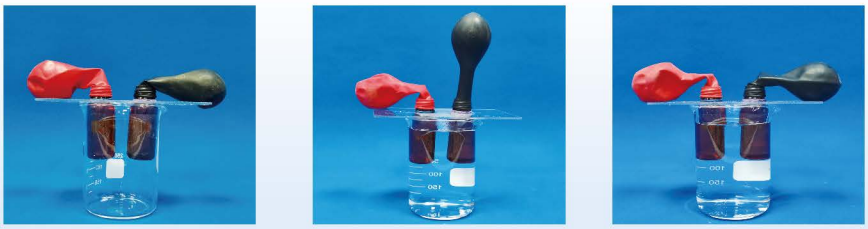
水蒸气遇到温度较低的镜片或空气就变成了小水珠。这些小水珠聚集在镜片上就形成了我们看到的水雾，若在空气中聚集就形成了雾，山雾就是这样形成的。物质由气态变为液态的过程叫作**液化**，液化是汽化的相反过程。

提个醒

水蒸气是水的气体状态，用肉眼无法直接观察到。烧水时，人们常说的“白气”是指在某一空间中的水以气、液两种状态同时存在的现象。图 1.3–1 中壶嘴上方出现的白色水雾就是这种情况。

做一做

在两个小玻璃瓶的瓶口处各套一只气球（右侧的小玻璃瓶中事先注入少量酒精），然后将它们放入水杯中（图 1.3–10 甲）。向水杯中注入热水，观察瓶口处两只气球的变化（图 1.3–10 乙）。再将两个小玻璃瓶放入冷水中，观察瓶口处两只气球的变化（图 1.3–10 丙）。根据观察到的现象，你能判断出酒精发生了怎样的变化吗？



甲　　乙　　丙

图 1.3-10　酒精的汽化与液化

大量事实表明，一般气体在温度降到足够低时都可以液化。气体液化时要放热。

做一做

准备如下实验器材：双层透明电加热杯（底部为金属板）、装有酒精的喷壶、大注射器、橡胶帽。向注射器内喷入适量酒精，并用橡胶帽封住锥头孔。将注射器放入约 60 ℃的热水中（图 1.3-11 甲），液态酒精变成酒精蒸气，观察注射器筒壁，可以清晰地看到注射器筒壁上的刻度。用力推活塞慢慢压缩注射器内的气体（图 1.3-11 乙），观察到注射器筒壁上出现小液珠，筒壁上的刻度已看不清楚。这说明酒精蒸气被压缩后变成了液态。

甲　　乙

图 1.3-11　加压使气态酒精液化

本实验的注意事项如下。

1. 实验时，将电加热杯调至 60 ℃保温状态，温度过高会影响实验效果。

2. 小心缓慢地下压注射器活塞，防止损坏器材、造成人员烫伤。

大量事实表明，在一定温度下，压缩气体的体积也可以使气体液化。液化气罐中的液体燃料（液化石油气）就是采用这种方式由气态变成液态的。

阅读与拓展

电冰箱的制冷原理

家用电冰箱内的制冷系统主要由蒸发器、压缩机和冷凝器三部分组成，如图 1.3–12 所示。电冰箱所用的制冷物质很容易液化和汽化，并且在汽化时能吸收大量的热。

压缩机用压缩体积的方法将气态制冷物质压入冷凝器使其液化，同时被液化的制冷物质通过冷凝器将热散发到外界空气中。液态制冷物质经节流阀进入电冰箱内的蒸发器，在蒸发器里迅速汽化而吸热，使电冰箱内的温度降低。在蒸发器中汽化的制冷物质又不断被压缩机抽走，重新压入冷凝器中液化，并且放出在蒸发器中吸收的热量。通过这样的循环，制冷物质不断地在蒸发器内蒸发吸热，从而使电冰箱达到制冷的效果。

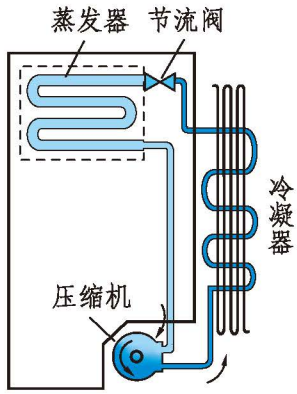


图 1.3–12 电冰箱的工作原理

实践与探索

1. 在卫生间洗过热水澡后，室内的玻璃镜面会变得模糊不清。过一段时间，玻璃镜面又会变清晰。在此过程中玻璃镜面上先后发生的物态变化是_____、_____。

图 1.3–13 干手器

2. 图 1.3–13 是公共场所常用的干手器。洗手后，将手张开并置于干手器下方，干手器便会吹出热风，使湿手迅速变干。请你说一说：在使湿手变干的过程中，用到了哪些使水快速蒸发的方法？

3. 在用黄油或巧克力等材料制作美食时，如果用火直接加热，由于温度太高，很容易使食材变质，影响口味，因此常常采用如图 1.3–14 所示的隔水加热的方式给这样的食材加热。请你说说这样加热的好处。

4. 闷热的夏天，将冷藏的饮料倒入杯中。过一会儿，杯子的外壁会出现一层水雾（图 1.3–15）。水雾中的小水珠是从哪里来的？小华认为水珠是从杯中渗出的。你认为小华的观点正确吗？请设计一个实验加以说明。

图 1.3–14　隔水加热食材

图 1.3–15　杯子外壁上的水雾

5. 吐鲁番是我国极端干旱的地区之一，年降水量只有约 16 mm，而水的蒸发量却高达 3 000 mm。我国劳动人民早在 2 000 多年前就开始建造“坎儿井”，它由竖井、地下渠道、地面渠道和涝坝（小型蓄水池）组成（图 1.3–16）。吐鲁番虽然酷热少雨，但夏季来临时雪山的大量融雪和雨水流向盆地，渗入戈壁，汇成潜流，为“坎儿井”提供了丰富的地下水源。请你查阅资料了解“坎儿井”，并解释“坎儿井”能够减少水分蒸发的原因。

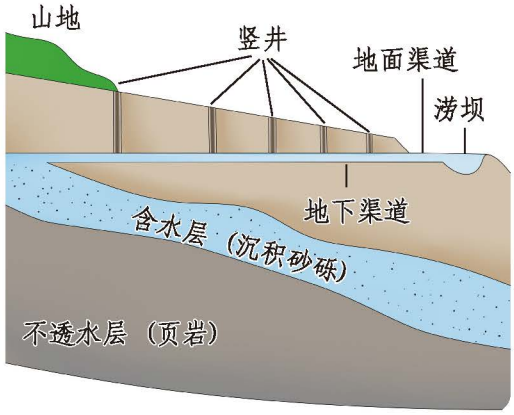


图 1.3–16　坎儿井

第四节　升华和凝华

严寒的北方，洁白的雾凇挂满枝头，装点了美丽的世界，雾凇是怎样形成的？日光灯内两端有由钨丝制成的灯丝，用久的日光灯玻璃管两端会变黑（图 1.4–1），为什么只有靠近灯丝位置的管壁变黑了呢？

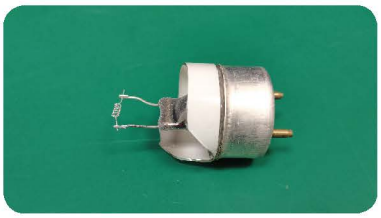


图 1.4–1　日光灯灯丝和变黑的日光灯玻璃管

升　华

演示与观察

按照图 1.4–2 所示的方式将碘锤有碘的一端放在一杯热水中，仔细观察，碘被加热后发生了什么现象？在加热过程中有没有液态的碘出现？

碘的熔点为 113.7 ℃，请结合你观察到的现象进行分析。

图 1.4–2　碘的物态变化

像碘这样，物质没有熔化，由固态直接变为气态的过程，叫作**升华**。升华过程要吸热。

类似的现象在日常生活中也很常见。如图 1.4–3 所示，长时间放在衣箱中

的樟脑球会变小，我国北方冬季晾在室外冰冻的衣服也能变干，雪人没有熔化却在一天天地变小。请你解释一下这些现象发生的原因。

图 1.4-3　生活中的升华现象

凝　华

在碘的升华实验中，碘锤上部温度较低的玻璃壁内侧没有出现液态的碘，而是直接出现了固态的碘颗粒。这说明气态的碘直接变成了固态。

物质由气态直接变为固态的过程，叫作**凝华**。凝华过程要放热。

议一议　观察如图 1.4-4 所示的几种凝华现象，请你说出各图中分别是什么物质在什么条件下发生了凝华。

北方初冬早晨叶子上的霜　　北方严冬时节窗上的冰花　　电冰箱里出现的霜

图 1.4-4　生活中的凝华现象

日光灯启动时两端灯丝的温度很高，此时灯丝会升华成钨蒸气，这些钨蒸气遇到温度较低的日光灯管壁时，就会放热凝华成固态的钨，所以用久的日光灯两端会变黑。

自然界中的水循环

自然界中的云、雾、露、霜、雪等都是水的物态发生变化形成的。自然界中的水通过降水、蒸发和径流等主要环节循环着（图 1.4–5），循环过程中水以多种物态形式存在。我们可以用物态变化规律解释自然界中的这些现象。

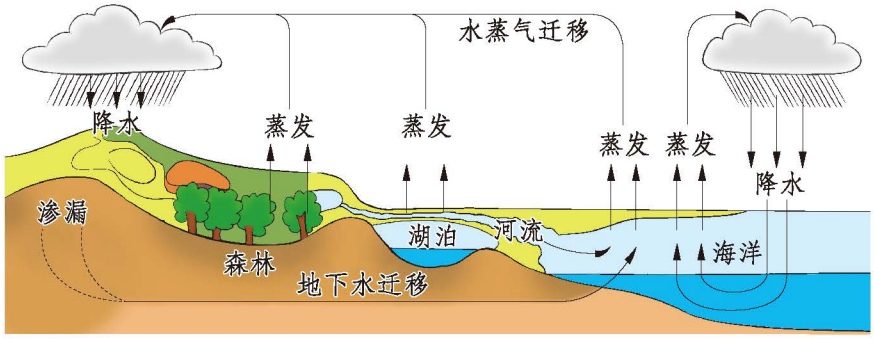


图 1.4–5　自然界中的水循环

海洋、湖泊、河流、土壤和植物中的水蒸发后，在高空遇到冷空气，会液化成小水滴或凝华为小冰晶。大量的小水滴或小冰晶集中悬浮在高层空气中，就形成了云。云中的小水滴和小冰晶相遇后越聚越大，当空气不能够托住它们的时候就会下落。当气温在 0 ℃以上时，冰晶在下落过程中吸热熔化成水滴，与原来的水滴一起落到地面，这就是雨。当气温降到 0 ℃以下时，冰晶在下落过程中与周围的水蒸气接触，使水蒸气凝华，下落到地面，这就是雪。落到地上的雨、雪再汇入湖泊、河流和海洋等，蒸发后又可以回到空中，从而形成了不断的水循环。

地面附近的水蒸气在低空遇冷后，会液化成小水滴或凝华成小冰晶。大量的小水滴附着在地表的草木等物体上，就形成了露；如果悬在地面上方，就形成了雾。水蒸气在地面附近凝华成的小冰晶是霜。随着气温的变化，这些小水滴和小冰晶以不同的形式参与到自然界的水循环中。

对于整个自然界而言，水通过循环经历着物态变化，水的总量不会改变，但对于地球上的不同区域而言，存在着水资源分布不均匀的情况。我国有若干城市缺水或严重缺水，属于世界贫水国家之一。近年来，我国坚持科学配置、全面节约、循环利用，提高了水资源的利用率。

阅读与拓展

世纪工程——南水北调

我国幅员辽阔，南北地区的水资源量差距极大，南方地区水资源丰富，北方地区多地严重缺水。2014 年，南水北调中线一期工程正式投入使用（图 1.4–6）。该工程每年向北方地区运送数十亿立方米的水资源，直接受益人口超过 1.5 亿，大大缓解了天津、北京、河北、河南的水资源紧缺状况。该工程线路的起点位于丹江口水库，沿途为数十座大型城市提供了生活用水和农业、工业用水。如此浩大的工程在世界水利工程中都非常罕见，是名副其实的世纪工程。

图 1.4–6　南水北调项目人工运河——江汉运河

实践与探索

1. 将下列现象与相应的物态变化用线连接起来。

雪糕化了	熔化
湿衣服晾干	凝固
衣柜内的樟脑球变小	汽化
电冰箱冷冻室内壁上出现冰霜	液化
用铝水浇铸铝锭	升华
夏天清晨树叶上出现露珠	凝华

2. 科学家研发出一种“激光橡皮”，专门用来除去白纸上的黑色碳粉字迹。在激光的照射下，纸张上的黑色碳粉_____热量，直接_____（填物态变化名称）变为高温碳蒸气，字迹便消失了；经过特殊冷却装置，高温碳蒸气_____热量，又直接_____（填物态变化名称）成碳粉。这样，废纸和碳粉得到了重新利用，有效地节约了资源，保护了环境。

3. 实施人工增雨的一种方法是通过飞机在高空播撒干冰（固态二氧化碳），如图 1.4-7 所示。干冰进入云层，很快_____成气体，并从周围吸收大量的热。高空中的水蒸气便_____成小冰晶或_____成小水滴，云中的小冰晶增多，小水滴增大，从而形成降雨。（以上各空均填物态变化名称）

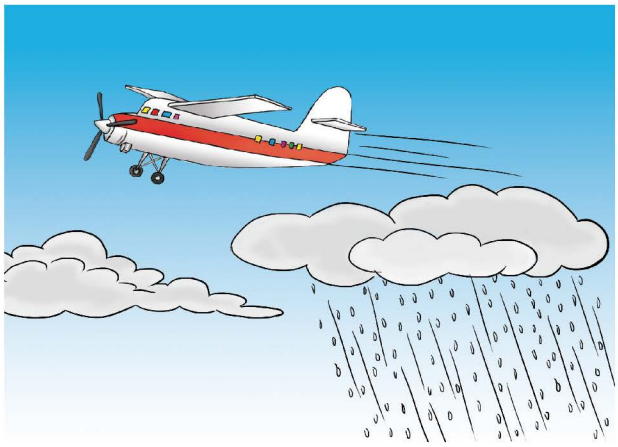


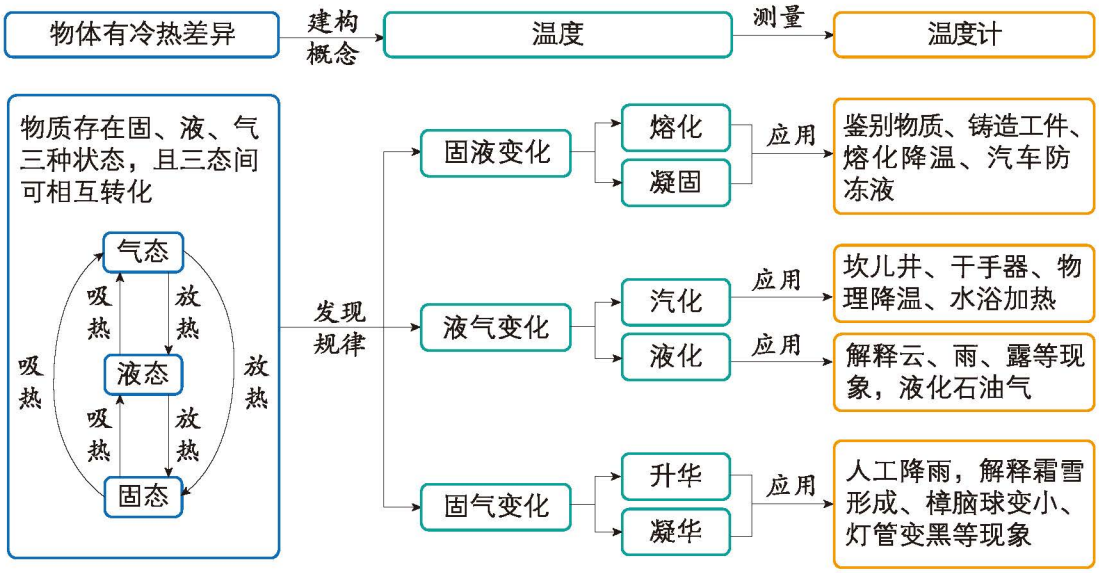
图 1.4-7　人工增雨

4. 二氧化碳灭火器（图 1.4-8）是将加压后的液态二氧化碳装进小钢瓶制成的，它具有灭火后不污染物体、不留痕迹的特点。灭火时打开阀门，二氧化碳喷出，可以通过隔绝燃烧物周围的氧气和降低温度达到灭火的目的。请你查阅资料，分析一下：二氧化碳灭火器为什么可以降低燃烧物周围的温度？

图 1.4-8　二氧化碳灭火器

5. 调查学校、社区绿植浇水或农田灌溉采用的主要方式有哪些，结合你的调查提出几条可行的水资源利用措施。

学到了什么



· 物体的冷热程度可以用温度描述，温度可以用温度计测量。

· 使用温度计时首先要观察量程、分度值及零刻度线，并根据实际测量需要选择适当的温度计，按照要求正确操作。

· 物质存在的形态是多样的，固态、液态、气态是最常见的物态。

· 物质的各种形态之间可以转化，转化需要一定的条件。

· 利用物态变化规律可以解释、预测常见的物态变化现象，可以趋利避害，改进生产方式，改善生活。

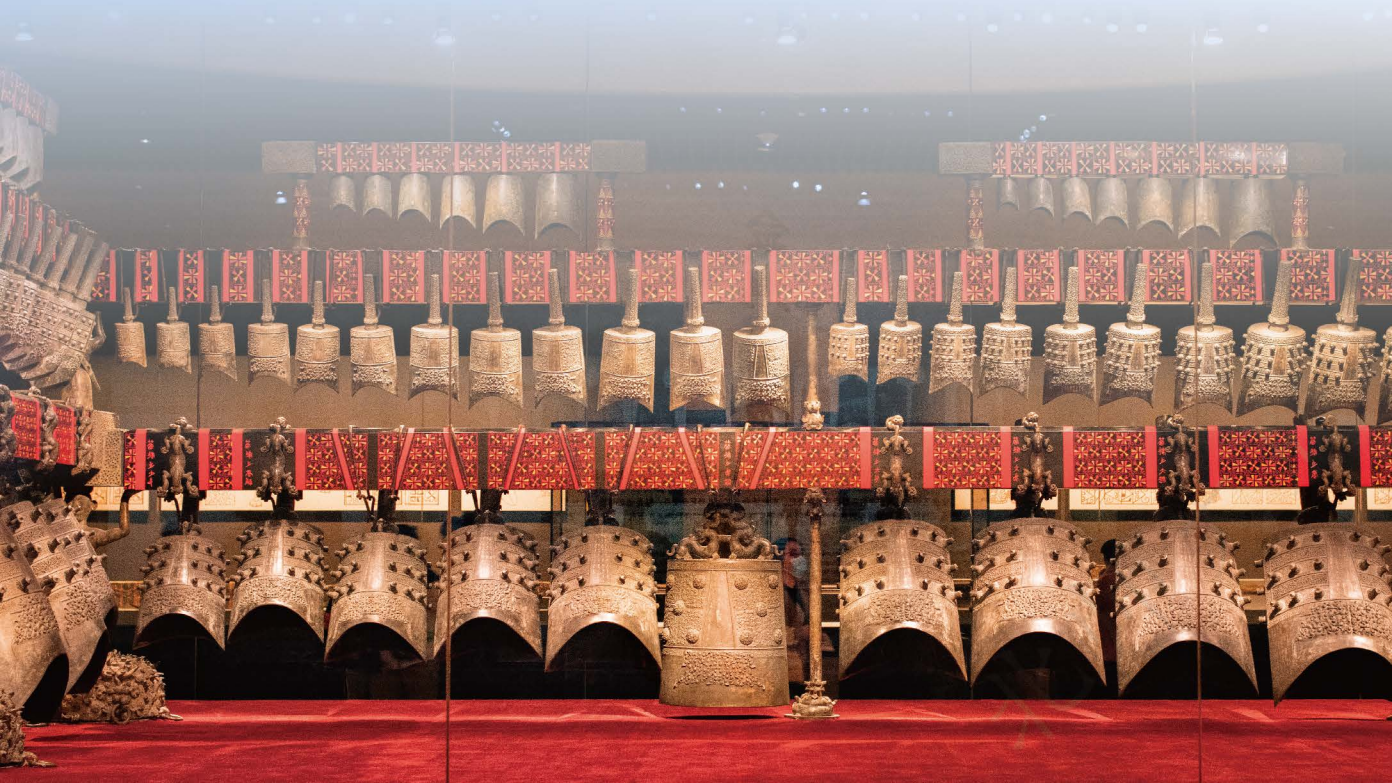
· 水资源对人类的生存和发展非常重要，地球上的水资源分布不均衡，节约用水、运用科学技术提高水资源的利用率是解决水资源短缺的基本途径。

2

第二章
声现象

“风声雨声读书声，声声入耳……”声音在我们的周围无处不在。校园中琅琅的读书声带我们进入知识的海洋，悠扬的琴声令人陶醉，小鸟欢快的鸣叫声是人与自然和谐共生的欢歌……

这些声音是怎样产生的？又是怎样被人们听到的？如何描述声音的特性？声音又有哪些应用？让我们一起来探究声现象吧！



第一节　声音的产生与传播

2008 年北京奥运会开幕式上千人击缶的表演，气势恢宏，震撼了全世界，向世人发出了“有朋自远方来，不亦乐乎”的邀请！

磅礴雄壮的声音是怎样产生的？又是怎样传播的呢？

声音的产生

做一做

1. 用手触摸发声的音叉，手有什么感觉？音叉停止发声后，手的感觉有什么变化？

2. 用手触摸自己的喉头，发出声音时，手有什么感觉？停止发声，手的感觉有什么变化？

3. 分别在鼓面和琴弦上放一些纸屑，使鼓和琴发出声音，观察纸屑的运动情况（图 2.1–1）。使它们停止发声，再次观察纸屑的运动情况。

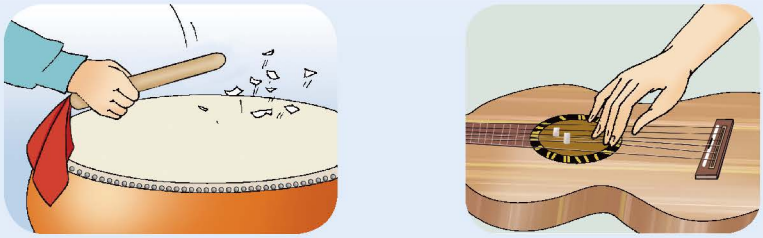


图 2.1–1　探究声音如何产生

你还可以使其他物体发出声音。请注意观察使物体发声的方法，物体发声时有哪些共同特点？

音叉发声时，我们很难观察到它的振动情况。我们可以在音叉的一端贴

一个小镜片，然后让一束激光照射在镜片上，镜片将激光反射到一个屏上（图 2.1–2）。敲击音叉，观察到屏上的光点变成了一条亮线，说明发声的音叉在振动。

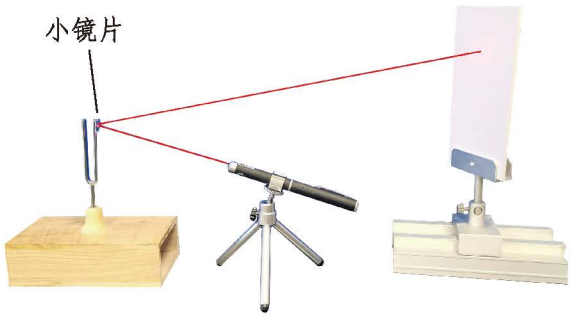


图 2.1–2　观察音叉的振动

提个醒

将音叉的振动转换成光点的变化，使不易观察到的振动现象变得更加明显，这种研究问题的方法叫作转换法。在制作液体温度计时，也用到了转换法，用温度计内液柱的长度表示温度。

大量事实和实验表明，一切发声的物体都在**振动**。振动是物体运动的一种形式。声音是由物体的振动产生的。正在发声的物体叫作**声源**。音乐会上正在演奏的钢琴、小提琴，节日里敲击的锣鼓都是声源。

相关链接

鬃　人

鬃人是北京独具特色的一项民间艺术（图 2.1–3），创始于清朝末年，受京剧及皮影戏的影响而产生，集戏剧脸谱、服饰绘制于一身，2007 年被列为北京市非物质文化遗产。

图 2.1–3　鬃人

鬃人作品以表现戏剧人物为主，制作鬃人时在每个人物底部巧妙地安装了一圈鬃毛，数个鬃人组成一组戏剧人物。表演时，将人物放在铜盘中，轻轻敲打铜盘的边沿，通过鬃毛的作用，盘中的人物便会舞动起来，再配上京剧的唱腔，就如同真人在舞台上表演一般。通过鬃人的舞动，我们也可以判断出发声的铜盘在振动。

声音的传播

物体发出的声音是怎样传播的呢？

演示与观察

如图 2.1-4 所示，把一个正在发声的悬浮音箱放在密封的玻璃罩内。用抽气机逐渐抽出玻璃罩内的空气，注意听音箱发出的声音有什么变化。这说明了什么？

打开进气门，让空气慢慢进入玻璃罩，你听到了什么？这说明了什么？

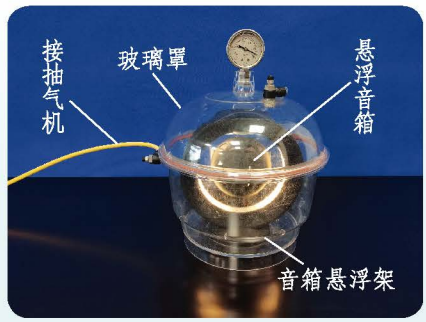


图 2.1-4　探究声音的传播

当玻璃罩内的空气逐渐减少时，可以听到来自音箱的声音逐渐变小；玻璃罩内的空气十分稀薄时，几乎听不到音箱发出的声音。空气逐渐进入玻璃罩中时，又可以听到音箱发出的声音。大量实验表明，声音可以通过空气传播，真空不能传声。

做一做

1. 探究桌子能否传声。

甲、乙两位同学保持一定的距离坐在桌子的两侧，甲同学用笔在置于桌面上的白纸上连续画线，乙同学听不到画线声。保持两人的距离不变，让乙同学将耳朵紧贴在桌面上（图 2.1-5）。试一试，能不能听到画线声？这一现象说明了什么？

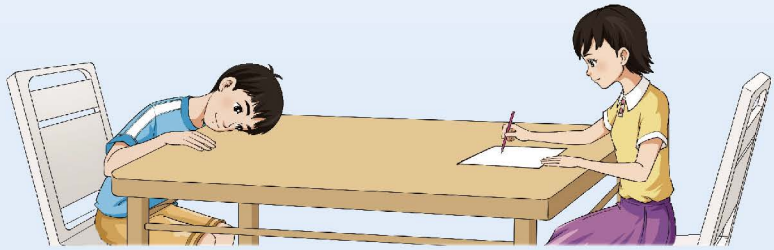


图 2.1-5　探究桌子能否传声

2. 探究水能否传声。

将发声的音箱放在密封的塑料袋中，然后将塑料袋放入装满水的玻璃容器内，注意观察在音箱沉入水底的过程中（图 2.1–6），是否还能听到音箱发出的声音。这说明了什么？

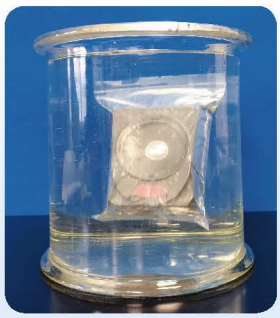


图 2.1–6 探究水能否传声

大量实验和事实表明，不仅空气能传播声音，木材、钢铁等固体也能传播声音，水、油等液体同样能传播声音。传播声音的物质叫作**介质**。声音是通过介质传播的。

议一议 2022 年 9 月，我国航天员陈冬、刘洋首次从问天实验舱气闸舱出舱实施舱外活动（图 2.1–7）。出舱期间两位航天员能否像在地面上那样直接面对面交谈呢？如果能，说明理由。如果不能，请你想个办法让他们能够交流。

图 2.1–7 航天员出舱

声 速

声源发声时振动，会带动其周围的介质振动。声音在介质中以波的形式向周围传播（图 2.1–8），这就形成了**声波**。

声音在介质中传播的速度叫声速。声音在空气中的传播速度约为 340 m/s。一般情况下，声音在气体中的传播速度小于在液体、固体中的传播速度。表 2.1–1 给出了常温常压下声音在一些介质中的传播速度。

图 2.1–8 声波

表 2.1-1　常温常压[①]下声音在一些介质中的传播速度

介　质	传播速度 / (m/s)	介　质	传播速度 / (m/s)
空　气	340	花岗石	6 000
水	1 500	钢　铁	5 000
松　木	3 320	玻　璃	5 000～6 000

相关链接

声速曾被人们认为是飞机飞行时不可逾越的速度。这是因为飞机的飞行速度接近声速时，飞机前方的空气被挤压产生压力波，压力波以锥形形状向飞机后方传播，阻碍飞机的运动。当压力波到达地面时人们便听到雷鸣般的爆炸声，这就是人们常说的声震或声爆。飞机的飞行速度接近声速时出现的这种阻碍飞行的现象被称为声障。如图 2.1-9 所示是我国的歼-16 战机突破声障时产生的“声爆云”奇观。

图 2.1-9　声爆云

回　声

声音在介质中传播，当遇到障碍物后就会被反射回来，形成**回声**。声音从传播出去到被反射回来所用的时间大于 0.1 s 时，人们才能辨别出原声与回声。

如图 2.1-10 所示是我国国家大剧院的音乐厅，大厅四周的墙体犹如竖立起来的钢琴琴键，其凹凸的形状和尺寸是经过精确计算的，能使声音均匀、柔和地传播、反射。为了达到完美的声效，在顶棚下面还悬挂了一面龟背形状的集中式反声板，它的作用是将声音向四面八方散射。音乐厅内一切建筑和装饰设计都为声学效果服务，实现了建筑美和声学美的完美结合。

① 常温常压通常指 25 ℃，1 标准大气压。

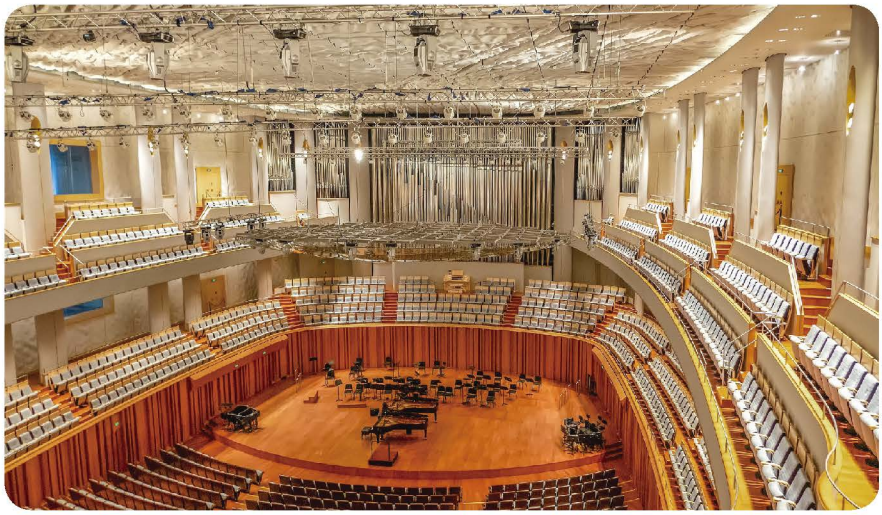


图 2.1-10 国家大剧院音乐厅

一些松软多孔的物质还能吸收声音，像音乐教室、录音棚、电影院等场所常采用这种材料做吸音墙，有效减小了回声对声音效果的影响。

阅读与拓展

我国的回声建筑

我国古代的建筑师利用回声的特点，为我们留下了许多堪称奇观的声学建筑，如北京天坛的回音壁、河南省三门峡市宝轮寺的舍利塔（又称蛤蟆塔）、山西省永济市普救寺的莺莺塔、重庆市大佛寺的石琴（图 2.1-11）。

北京天坛的回音壁是围绕在皇穹宇外的一道圆形围墙，墙壁表面致密而光滑，非常有利于声音反射。当一个人对着回音壁讲话时，声音会在回音壁上多次反射，传到回音壁另一侧附近的人的耳朵中。

河南省三门峡市宝轮寺的舍利塔始建于唐朝。舍利塔塔内中空，塔檐上具有特殊的复杂结构。当游人离塔 10 m 左右，叩击石头或拍打手掌时，塔内就会传出类似蛤蟆“咕哇、咕哇”的叫声。叩石或击掌越快、越响，叫声就越逼真、越响亮，所以人们将其称为“蛤蟆塔”。

北京天坛回音壁

河南宝轮寺舍利塔

山西普救寺莺莺塔

重庆大佛寺石琴

图 2.1-11　我国的回声建筑

山西省永济市普救寺莺莺塔的声学结构、声学特征与河南省宝轮寺的舍利塔相似。大佛寺石琴位于重庆市大佛寺大佛阁右侧的一条上山石道中，从主洞口的第四级石阶起，直到第十九级石阶，凡步履所及，都会发出悠扬婉转、音色颇似古琴的声音。其中以两侧岩壁最高处的七级石阶发声最响，古人称其为“七步弹琴”，并题有“石磴琴声”四个大字。

实践与探索

1. 下列关于声现象的说法不正确的是（　　）。

A. 悦耳动听的歌声是由歌唱家的声带振动发出的

B. 音叉停止振动，仍有声音发出

C. 声音传播需要介质，真空不能传声

D. 声音在固体中的传播速度大于在空气中的传播速度

2. 为研究玻璃杯的发声，芳芳向玻璃杯中注入一定量的水（图 2.1–12），然后观察水面状态。手指上沾一些水，沿玻璃杯口按照一个方向转动摩擦，玻璃杯就发出美妙的声音。请你仿照芳芳的做法试一试，注意观察在玻璃杯发出声音时还有什么现象发生。这一现象说明了什么？你还有其他方法证明这一结论吗？

图 2.1–12 盛有水的玻璃杯

3. 为了证明液体可以传声，晶晶和小华在鱼缸周围拍手，鱼儿被吓跑了（图 2.1–13）。晶晶认为，鱼儿是因为听见了拍手声而被吓跑的，说明液体可以传声。小华认为，鱼儿有可能是因为看到了人在拍手才被吓跑的，不能说明液体可以传声。针对小华的质疑，请你改进实验方案进行研究。

4. 晶晶和小华用两只纸杯和细线制作了一个土电话，然后按照图 2.1–14 所示的方式通话，想要说明固体（细线）可以传声。你认为他们的做法是否合理？如果你认为合理，请你做一个土电话试一下。如果你认为不合理，请结合你的制作体验，指出图中的不当之处，并提出改进措施。

图 2.1–13 在鱼缸附近拍手

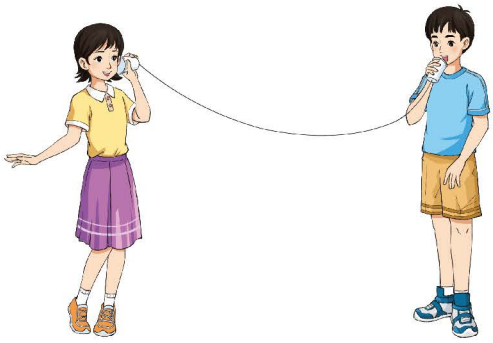


图 2.1–14 利用土电话传声

第二节　乐音与噪声

美妙动听的音乐令人心情愉悦、精神振奋，震耳欲聋的嘈杂声音让人烦躁不安、工作学习效率低下。

生活中的这些声音有什么不同？如何才能降低嘈杂的声音对人们的影响呢？

乐音及其特性

通常人们把比较和谐悦耳的声音称为**乐音**。乐音是由物体做有规律的振动产生的。

弹奏不同的琴键，能够发出高低不同的声音。人的说话声、歌声，自然界一切发声物体发出的声音，都会有高有低。声音的高低是由什么决定的呢？

演示与观察

如图 2.2–1 所示，塑料片接触齿轮后发声，调节齿轮的转速，塑料片发出的声音有什么变化？是什么因素引起的？

图 2.2–1　发声齿轮

在图 2.2–1 所示的实验中，齿轮转速越大，塑料片振动得越快，声音就越尖细；齿轮转速越小，塑料片振动得越慢，声音就越低沉。

振动物体在一定时间内振动的次数与所用时间的比叫作**频率**。频率的单位是赫兹，简称赫，用符号 Hz 表示。1 Hz 表示物体在 1 s 内振动 1 次。

物理学中把声音的高低叫作**音调**。音调是由发声物体振动的频率决定的。

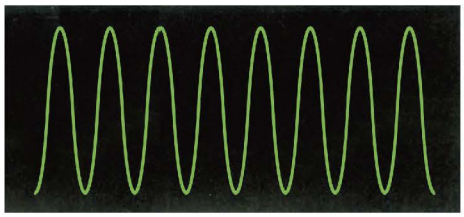
频率高，音调就高，声音听起来就尖细；频率低，音调就低，声音听起来就低沉。

对于胡琴、吉他等弦乐器，当弦的粗细、长短和绷紧程度不同时，弦振动的频率就不同，因此它们可以发出不同音调的声音。

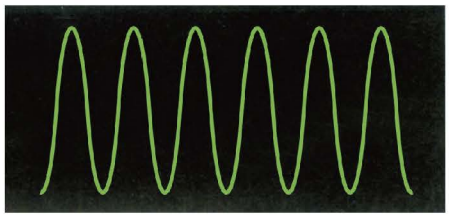
相关链接

用示波器研究音叉的音调

我们可以用示波器（或音频软件）来研究声音，将话筒连接到示波器上用于接收音叉发出的声音，示波器就可以将声音的频率显示出来。不同的音叉发声时，示波器显示的波形有所不同。声音的音调越高，示波器显示的波形就越密，说明声音的振动频率就越高（图 2.2–2）。



高频声音波形



低频声音波形

图 2.2–2　不同频率的声音的波形

做一做

如图 2.2–3 所示，将直尺紧压在桌面边缘，使其一部分伸出桌面。用不同大小的力拨动直尺的端部，观察直尺的振动情况，并仔细听声音的强弱如何变化。想一想：声音的强弱与什么因素有关？

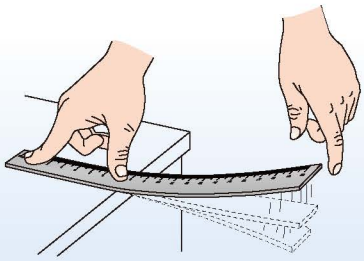


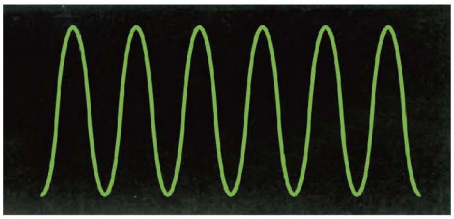
图 2.2–3　声音的强弱与什么有关

物理学中把人耳感受到的声音的强弱称为**响度**。响度主要与发声物体振动的幅度有关。发声物体振动的幅度越大，声音的响度就越大。响度还跟人到声源的距离有关，距离越远，听到的声音越弱，响度就越小。

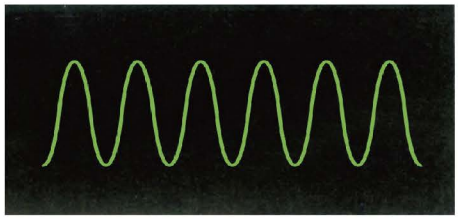
相关链接

用示波器研究鼓声的响度

用力敲鼓时，鼓面振动的幅度大，因此响度就大。用不同的力度分别重拨和轻拨六弦琴的同一根琴弦，能听到强弱不同的声音，我们还可以看到琴弦振动的幅度不同。通过示波器可以更加直观、清晰地看到强弱不同的声音振动幅度之间的差别（图 2.2-4）。



较大鼓声的波形



较小鼓声的波形

图 2.2-4　不同响度的声音的波形

议一议　图 2.2-5 中扩音器和听诊器的喇叭口分别起到什么作用？你认为这是用什么方法增大声音响度的？生活中还有应用这种方法的实例吗？

图 2.2-5　扩音器和听诊器

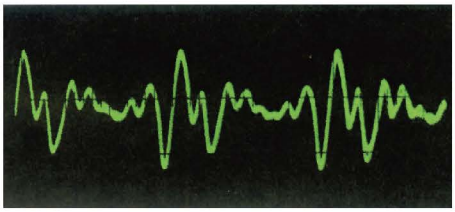
用二胡和小提琴分别演奏同一首乐曲，我们很容易就能分辨出是用哪种乐器演奏的。这是为什么？

演奏同一首乐曲时，二胡、小提琴发出的声音的音调和响度可能一样，我们仍然能把这两种乐器发出的声音区分开，这是因为它们的**音色**不同。音色也叫音质或音品，是由发声物体的材料、形状等因素决定的。

相关链接

用示波器研究不同乐器的音色

用不同乐器演奏同一首乐曲时，我们可以通过示波器观察到它们的波形是不同的（图 2.2-6）。



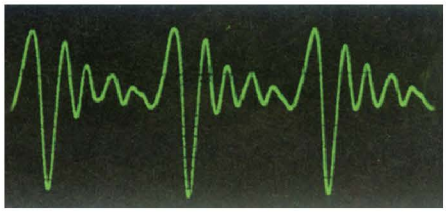


图 2.2-6　不同音色的声音的波形

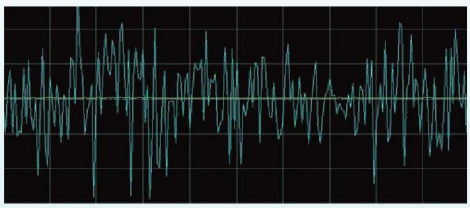
声音的**音调、响度、音色，称为声音的三要素。**

噪声及其防治

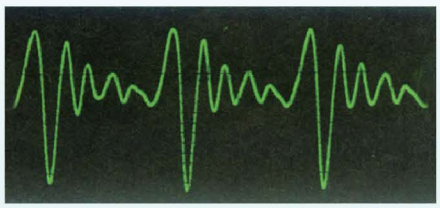
先用泡沫塑料在玻璃板上摩擦发出声音，再用小提琴演奏一段乐曲，仔细感受一下两种声音的不同。为什么会产生这样的感觉呢？

演示与观察

如图 2.2-7 所示是用示波器显示的噪声波形图和乐音波形图，根据波形图分析两种声音的不同。



噪声波形图



乐音波形图

图 2.2-7　噪声与乐音的波形图

从环境保护的角度来看，凡是妨碍我们正常学习、工作和休息的声音，都

是**噪声**。从物理角度来看，噪声一般是指发声物体做无规则振动时发出的声音。声音的强弱可以用声级来表示。声级的单位是分贝，符号是 dB。我们把人刚刚能听到的声音的声级规定为 0 dB，15～40 dB 是比较理想的生活环境，超过 70 dB，人就会心烦意乱，神经紧张，学习和工作效率下降。

表 2.2–1 给出了一些物体发出的声音或环境中声音的声级。

表 2.2–1　一些声音的声级

声　音	声级 / dB	声　音	声级 / dB
火箭、导弹发射	150	大声说话	70
喷气飞机起飞	140	一般说话	60
螺旋桨飞机起飞	130	图书馆、阅览室	40
电锯工作	110	理想的睡眠环境	30
嘈杂的马路	90	轻声耳语	20

噪声会对人造成生理损伤，长期在噪声环境中工作，会引起听力损失或噪声性耳聋，甚至会导致神经衰弱、血压升高。噪声会造成不良的心理影响，分散注意力，降低学习和工作的效率。噪声已成为影响人们正常生活的一大公害。

议一议　图 2.2–8 是生活中一些常见的噪声，在你周围还有哪些噪声的来源？人们通常采用哪些方法防治噪声？

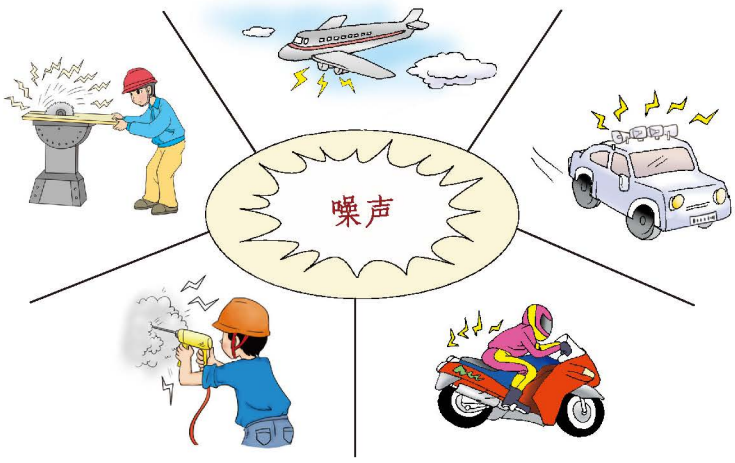


图 2.2–8　生活中的噪声

为了监控生活环境中噪声的情况，在一些居民小区或路口，安装了噪声检测和显示仪器（图 2.2-9）。

图 2.2-9 环境噪声监测仪

噪声污染环境，对人体有害，但又不可避免。在现代化城市里，应该在保证正常工作需要的前提下，用最经济有效的方法把噪声降低到允许的范围内。对噪声的防治可以从以下三个环节入手。

1. 在源头处减弱噪声，如给机器加减震装置，给汽车、摩托车加消声器（图 2.2-10 甲）。

2. 在噪声传播路径上隔声、吸声、消声，如在公路、铁路和住宅区之间设置噪声隔离墙（图 2.2-10 乙）或植树。

3. 在人耳处减弱噪声，避免射击、爆破、飞机起飞等高分贝噪声直接传入人耳，如在这些场合戴上耳罩（图 2.2-10 丙）。


甲


乙


丙

图 2.2-10 噪声的防治措施

相关链接

各类声环境功能区的环境噪声限值

为了保护人们的生活和学习环境，我国政府制定了《声环境质量标准》，环境噪声限值见表 2.2-2。

表 2.2-2 我国城市环境噪声限值

声环境功能区类别	白 天	夜 间
康复疗养区等（0 类）	50 dB	40 dB
居民文教区等（1 类）	55 dB	45 dB
商业中心区等（2 类）	60 dB	50 dB

续表

声环境功能区类别		白　天	夜　间
工业集中区等（3 类）		65 dB	55 dB
交通干线两侧（4 类）	4a 类	70 dB	55 dB
	4b 类	70 dB	60 dB

为了防治噪声污染，我国自 1997 年 3 月 1 日施行了《中华人民共和国环境噪声污染防治法》。随着我国经济社会的发展，噪声污染防治状况发生了重大改变。为了进一步加强对噪声污染的防治，该法案修改为《中华人民共和国噪声污染防治法》，并于 2021 年 12 月 24 日颁布。新法案增加了噪声污染的防治对象，扩大了法律适用范围，进一步用法律的手段保障公众健康，保护和改善生活环境，维护社会和谐，推进生态文明建设，促进经济社会可持续发展。

阅读与拓展

“文明的先声”——贾湖骨笛

贾湖骨笛出土于我国河南省舞阳县贾湖遗址，是目前我国出土年代最早的乐器实物。到目前已出土数十支，其中最完整的一支全长 23.6 cm，管身有七个均匀分布的圆形音孔，通体棕色，笛身光滑，是河南博物院的镇馆之宝（图 2.2-11）。

图 2.2-11　贾湖骨笛

贾湖骨笛管身多用鹤类的尺骨制成，管径约 1.5 cm，管内中空无簧哨，上下两端管口皆为通孔。音孔大多为圆形，分布在管身的同一侧，一般为四到八个。测试发现，贾湖骨笛已经具备七声音阶，并能完整吹奏现代乐曲。可见新石器时代的工匠在制作骨笛时，提前做过精确的计算和设计，当时的人们已经具备较高的音阶水平和设计水准。

实践与探索

1. 如图 2.2-12 所示，把橡皮筋绷在直尺上，用两支铅笔将橡皮筋垫起。分别改变橡皮筋的绷紧程度、两支铅笔之间的距离、拨动橡皮筋的幅度，听一听拨动橡皮筋产生的声音的音调、响度有什么变化。由此判断是什么因素影响了橡皮筋发声的音调和响度。

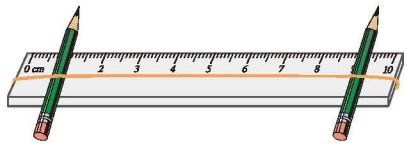


图 2.2-12 能发声的橡皮筋

2. 取一个纸筒，在其中间部位开一个长方形的孔，再取两个纸杯，分别在其侧面各开一个圆孔，插在纸筒的两端，这样就制成了一个简易小音箱（图 2.2-13）。将正在播放音乐的手机的喇叭端插入音箱中（纸筒的长方形孔处），与插入音箱前比较一下，声音有什么不同？说明声音改变的原因。

3. 向玻璃杯中注入不同量的水，用筷子敲击一下或用手指沾水后在杯子边沿摩擦，听一听声音有什么不同。是什么因素影响了声音？根据你的研究结果向几个杯子中注入不同量的带颜色的水，分别调出不同音阶，按照音阶顺序组合在一起就制作出了水杯琴（图 2.2-14）。请你用水杯琴演奏一首简单的乐曲，跟同学分享一下。


图 2.2-13 自制简易小音箱


图 2.2-14 水杯琴

4. 调查学校（或社区）附近的噪声污染情况及采取的防治措施，并提出进一步减少噪声污染的建议。做一期宣传海报，普及噪声防治的科学知识。

第三节　声的应用

为了防止鸟啄食果树上的水果，果农需要将鸟驱离果园。有一款智能驱鸟器，接通电路后便可以发出令鸟不适的声音，达到将鸟驱离的效果。这种声音人耳听不到，不会影响人的正常工作、学习和休息。

这种驱鸟器发出的声音人耳为什么听不到？声的世界中还有哪些声音不能被人耳听到？这些人耳听不到的声音又有哪些特点和应用呢？

声波与听觉

想一想

我国劳动人民总结出了许多预报地震的谚语："鱼浮水面向上跳，鸡飞上树高声叫，老鼠搬家往外逃，鸽子惊飞不归巢，狗在静夜狂奔叫，预示地震要来到。"如图 2.3-1 所示为地震发生前一些动物的反应，为什么动物会有这些反应呢？其中蕴含什么科学道理？

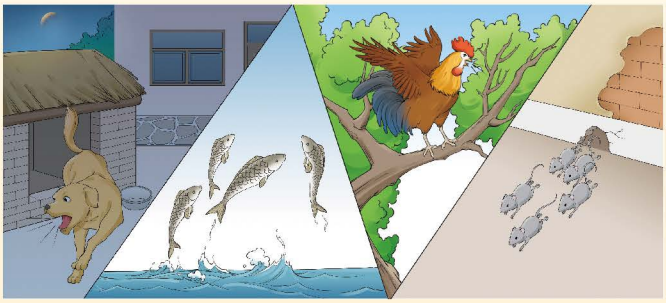


图 2.3-1　地震发生前一些动物的反应

物体振动所发出声音的频率范围是很宽的。其中，能引起人听觉的声音频率在 20～20 000 Hz 范围内。频率高于 20 000 Hz 的声波叫**超声波**，频率低于

20 Hz 的声波叫**次声波**。

人的耳朵听不到超声波，也听不到次声波。人的发声系统不能发出超声波和次声波。但在自然界中，有一些动物对声音的敏感程度大大超过人类（图 2.3–2）。如我们熟知的狗，既能听到超声波，也能听到次声波。

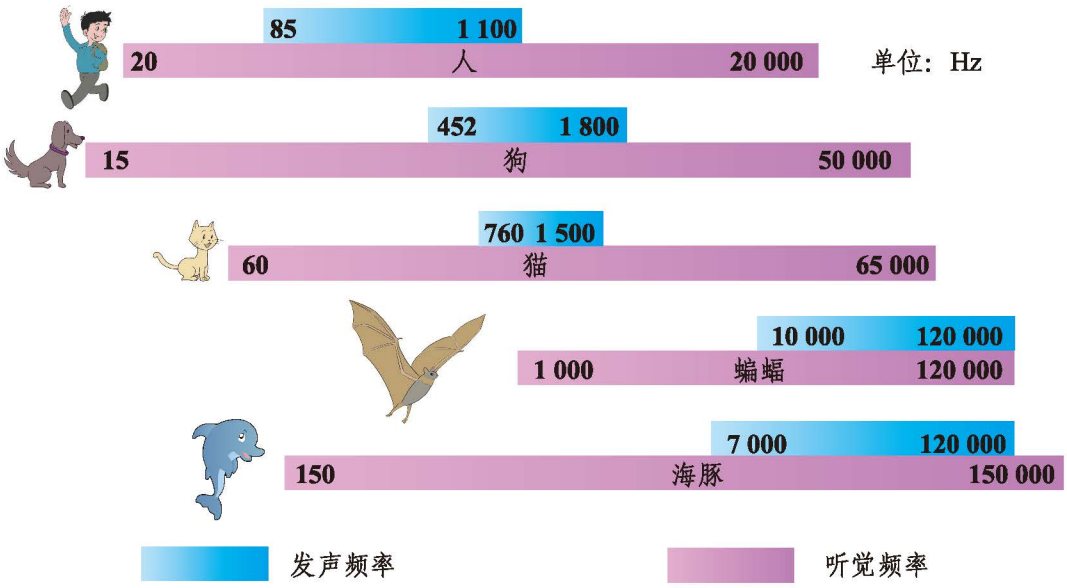


图 2.3–2　人和一些动物的发声、听觉频率范围

超声波

超声波和次声波都具有传播性能好的特点。超声波由于频率高，还具有能量大，易透射、折射和反射，对人体危害性小等优点。

随着科技和社会的发展，超声波已被广泛应用于各个领域。

在工业上，可利用超声波检测金属构件。通常，均匀材料中存在的缺陷将造成材料的不连续，这种不连续往往会导致一些物理特性的不一致。超声波在两种物理特性不同的介质界面处会发生反射，通过接收反射回来的能量和相关物理特性的信号可以检测金属的内部情况（图 2.3–3）。

图 2.3–3　超声波检测

在农业上，对种子、作物进行超声处理，有利于种子的发芽和作物的生长。超声波射到浸泡在水中的种子上时，会对种子产生一种类似摩擦的作用，大大提高种皮的透水性和透气性，种子就能提前发芽。同时，超声波能促使种子内储存的淀粉、脂肪和蛋白质变成易被种胚吸收的养料，使幼苗茁壮成长。超声波还能杀死寄生在种子里的某些病菌和虫卵。此外，超声波雾化技术已被广泛应用于温室无土栽培中，可以增加温室内的湿度，提高作物的产量（图 2.3–4）。

图 2.3–4　利用超声波雾化技术进行温室无土栽培

在医学上，超声波（B 型超声）检查已成为不可缺少的诊断方法（图 2.3–5）。医生把能发射超声波的探头放在患者体表的适当位置，让超声波在人体内传播。当某脏器发生病变时，反射回来的信号与正常情况不同。医生据此就可以作出诊断，并分析病变的性质，从而确定治疗方案。另外，超声波碎石已经广泛应用于临床治疗。

图 2.3–5　超声影像

在工程与海洋开发方面，声波是水中探测、信息传输的主要手段。超声波在水中能按一定方向沿直线传播几十千米，甚至几百千米。当遇到障碍物时，一部分超声波会被反射回来，人们根据回声信号就可以确定目标的距离和方位。声呐就是利用超声波对水下目标进行探测、定位的电子设备。

2020 年 11 月 10 日，我国自主研发的全海深载人潜水器“奋斗者”号（图 2.3–6）成功坐底世界最深处——马里亚纳海沟。“奋斗者”号安装了我国自主研发的全海深水声通信机、地形地貌探测声呐、多波束前视声呐、多普勒测速仪、避碰声呐等声学系统。利用这一系统首次实现了 10 909 m 深度的海底地形地貌精细探测，并将彩色图像、数据、文字和语音等信息传输至地面，展示出我国在水声通信技术上的先进水平。

图 2.3–6　“奋斗者”号载人潜水器

次声波

次声波具有来源广、能够绕过障碍物传得很远的特点。次声波具有极强的穿透力，不仅能穿透大气、海水、土壤，而且能穿透坚固的钢筋水泥构成的建筑物。次声波会干扰人神经系统的正常功能，危害人体健康，甚至致人死亡。

自然界中的次声波来源主要有海上风暴、火山爆发、大陨石落地、海啸、地震等，核爆炸、导弹飞行、火炮发射等人类活动也可以产生次声波。2022 年 1 月 15 日，汤加海域火山发生大规模喷发并引发局地海啸，在大气层中激发出强烈的冲击波，我国的次声波监测台阵均观测到了此次火山喷发引起的次声波。

次声波的传播速度大于风暴传播的速度。因此，人们利用仪器监测风暴发出的次声波，可在风暴到来之前发出警报。利用类似方法，也可预报火山爆发、雷暴等自然灾害。

实践与探索

1. 关于超声波的应用，下列说法正确的是（　　）。

A. 人们利用声呐测量海底的深度，说明超声波能够在水中传播

B. 航天员可以利用超声波在月球上传递信息

C. 汽车上安装的倒车雷达是利用超声波工作的

D. 利用超声波清洗眼镜，是利用超声波传递信息

2. 夜间出来觅食的蝙蝠不是用眼睛“看到”前方的食物或障碍物，而是用声波来判断前方的情况，并由此来改变飞行线路的（图 2.3–7）。请你说一说蝙蝠怎样判断出食物或障碍物的方位。

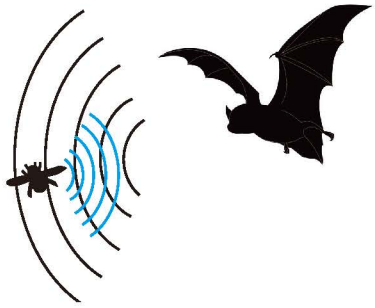
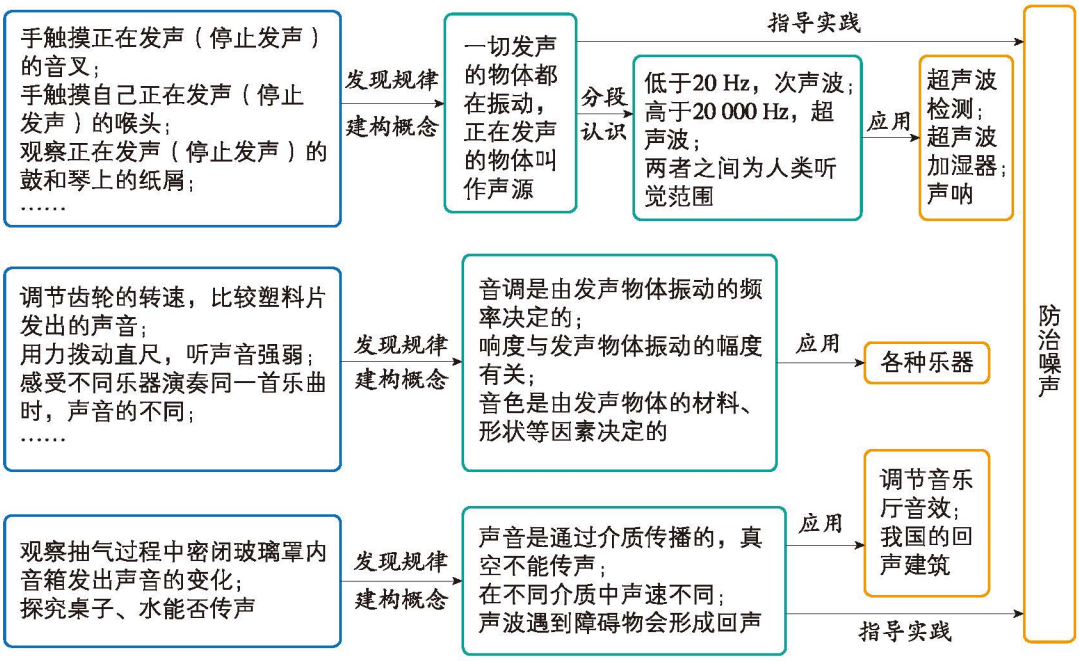


图 2.3–7　蝙蝠觅食

3. 找一个家用超声波加湿器，研究一下它的结构，并查询超声波加湿器的相关知识，与同学交流分享。

学到了什么



· 声音是由物体振动产生的，并以声波的形式在介质中传播。

· 声音可以用音调、响度和音色来描述，用示波器或计算机音频软件可以观察、比较不同声音的音调、响度和音色。

· 研究声现象需要运用分类、转换、控制变量等方法，通过观察、测量来收集证据，依据证据进行科学论证并得出结论。

· 声音具有能量，在传播过程中声音的能量会损耗。

· 声音可以传递信息，利用声音传递信息是人类交流的基本形式。

3

第三章
光现象

仰望夜空，漫天的星光让我们感受到宇宙的浩瀚；阳光下，我们登高望远，看山河之壮丽……正因为有光传到我们的眼睛，我们才能看到这个绚丽多彩的世界。

我们如何认识和描述光现象？如何解释光的传播规律？如何利用光的知识为人类服务？让我们开启光现象的探究之旅吧！

第一节　光的传播

在漆黑的房间里，我们什么都看不见！点亮灯，就能看到房间里的物体，这是因为物体自身发出的光或物体反射的光进入了我们的眼睛。

光的直线传播

能够自行发光的物体叫作**光源**，如太阳、日光灯、栉水母等（图 3.1–1）。其中太阳和栉水母属于自然光源，日光灯属于人造光源。观察一下你的周围，哪些光源是自然光源？哪些是人造光源？

太阳

日光灯

栉水母

图 3.1–1　不同的光源

“影子”是一种常见的光现象。它是如何形成的呢？要想解释各种有关光的现象，就需要知道光是如何传播的。

演示与观察

1. 向空气中喷洒水雾，将一束激光射入空气中，观察光束传播的路径。

2. 向水中滴几滴牛奶并搅拌均匀，将一束激光射入水中，观察光束传播的路径。

向空气中喷洒的水雾，向水中滴入的牛奶，会形成很多微小的液滴或颗粒，借助它们可以把光传播的路径显现出来，如图 3.1–2 和图 3.1–3 所示。

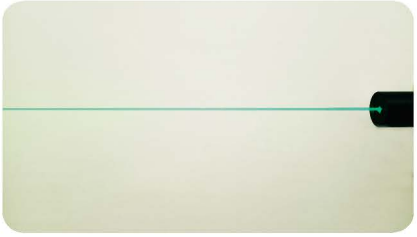


图 3.1–2　光束在空气中传播

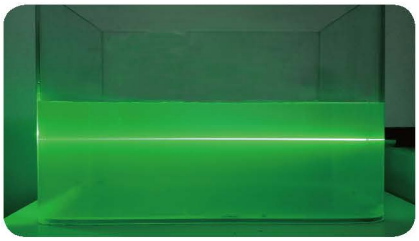


图 3.1–3　光束在水中传播

为了便于研究问题，人们常用标有箭头的直线来描述光的传播路径和方向，并将这种标有箭头的直线称为光线（图 3.1–4 甲）。手电筒发出的光束（图 3.1–4 乙）可以用一组光线来表示（图 3.1–4 丙）。

提个醒

在使用激光笔时应正确操作，避免激光照射人的眼睛、皮肤等处。

甲　光线　　乙　手电筒射出的发散光束　　丙　用光线表示光束

图 3.1–4　光线与光束

在日常生活中见到的光都是光束。光线是一种物理模型，它能直观地表示光是如何传播的。

通过前面的实验可以看到，光源发出的光在空气中是沿直线传播的，在水中也沿直线传播。那么，光总是沿直线传播吗？

做一做

1. 在充满烟雾的玻璃缸里，将一束激光斜射到镜面上，观察光束传播的路径是否发生改变。

2. 将一束激光由空气斜射入可显示光路的玻璃砖中，观察光的传播路径是否发生改变。

实验表明：光束由空气射到镜面上时，光束的传播方向在镜面处会发生改变。光束由空气斜射入玻璃砖中时，在两种介质的交界面处传播方向会发生改变。

演示与观察

如图 3.1–5 所示，将一束激光射入浓度不均匀的盐水中，观察光束的传播路径是否发生改变。

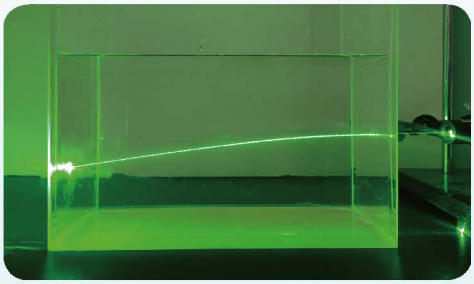


图 3.1–5　光在不均匀的介质中传播

实验表明：光束在浓度不均匀的盐水中传播时，传播方向会发生改变。

大量实验表明，光在真空或同种均匀介质中是沿直线传播的。

沿直线传播的光遇到不透明的物体时，会在物体后面形成影子。我国古代的日晷（图 3.1–6）就是一种通过观测晷针的影子来计时的仪器。日食、月食和医院手术室里的无影灯（图 3.1–7）等，都是与影子有关的实例。

图 3.1–6　日晷

图 3.1–7　手术室里的无影灯

相关链接

我国古代关于光在空气中沿直线传播的认识

战国时期墨家著作《墨经》是迄今为止发现的世界上最早记载小孔成像实验的文献资料。如图 3.1–8 所示是小孔成像现象及其示意图。

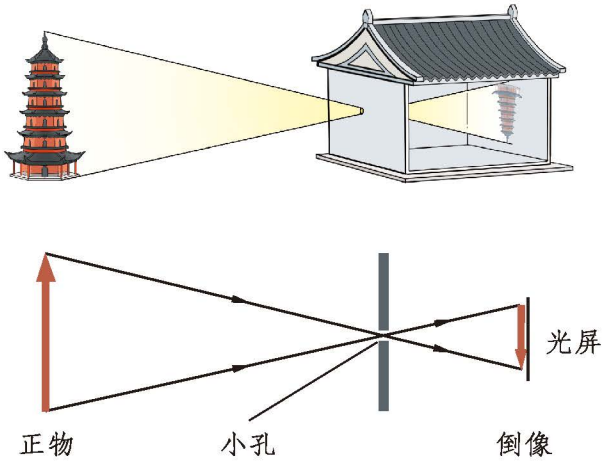


图 3.1–8 小孔成像

宋末元初的科学家赵友钦，在他的著作《革象新书》中也记录了他研究小孔成像的实验过程。他让光源、小孔和承接像的白屏保持一定距离，只改变光源的形状，做了“小景随日月亏食”的模拟实验；又分别只改变孔的大小和形状、只改变小孔到白屏的距离、只改变小孔到光源的距离，观察对所成“小景”的影响。书中详细记录了实验环境、器材、步骤、结论及理论分析，无论研究方法的科学性，还是实验程序的完整性，都非常接近现代的探究实验。

光在同种均匀介质中沿直线传播的性质，在生产生活中也有许多应用。排队时，若后面的同学只能看到前一位同学的头部，长长的队伍就排成了整齐的一列；挖掘隧道时使用的隧道激光准直仪，正是利用了激光准直的性质来导引掘进的方向（图 3.1–9）。与此类似，激光定位指向仪、地线仪也是以激光为光源给出直线方向的仪器，它们广泛应用于矿山、铁路隧道掘进，以及建筑施工和管道铺设中的放线、定位等。

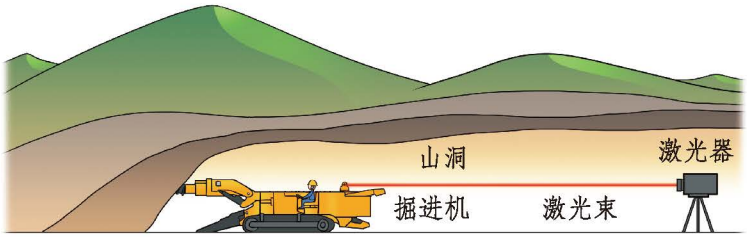


图 3.1-9 激光准直的应用

光的传播速度

光的传播速度有多大呢？让我们通过查阅资料回答这个问题。

相关链接

光速的测量

17 世纪以前，人们普遍认为光速是无限大的，但意大利物理学家伽利略对此提出疑问，并试图通过实验来验证他的猜想。1607 年，伽利略首次用速度公式进行光速的测量。他让两个人分别站在相距 1.5 km 的两个山头上，每人手提一盏有盖子的信号灯。实验开始，第一个人先打开灯盖，对方看到灯光，也马上打开灯盖，把光信号再传回来。伽利略认为，测出这段时间就能计算得出光速。可是，他的实验失败了。

1676 年，丹麦天文学家通过观测木星的卫星发生“掩食”现象证实，光是以有限的速度传播的。根据他的观测数据计算出的光速为 2.1×10^8 m/s，受当时的条件所限，这个测量结果并不准确。1728 年，英国天文学家用恒星光行差现象估算出光速为 3.1×10^8 m/s，这一数值与光速的真实值比较接近。

到了 19 世纪，科学家已经能够通过多种实验方法准确地测量出光速了。

光在真空中的传播速度是 299 792 458 m/s，通常用符号 c 表示，一般我们说光在真空中的传播速度 $c=3\times10^8$ m/s。光在空气中的传播速度十分接近在真空中的传播速度。光在不同介质中的传播速度是不同的，光在水中的传播速度大约是在空气中的 3/4，光在玻璃中的传播速度大约是在空气中的 2/3。

实践与探索

1. 请你在合适的光照条件下，模仿图 3.1–10 中的手影并与家人分享。

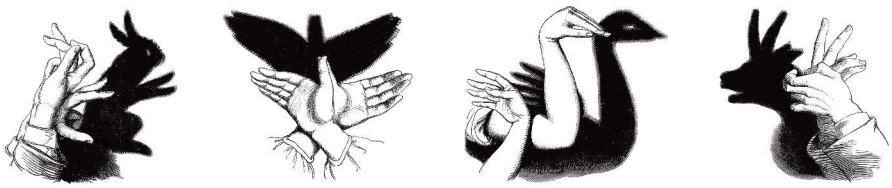


图 3.1–10 手影

2. 在一个封闭的纸箱里装着一个点光源（可以认为光束是从一个点发出的），在纸箱侧壁上钻两个小孔，有两束光从小孔中射出，如图 3.1–11 所示。请利用作图的方法确定出纸箱内点光源的位置（用 *A* 表示）。想一想：若纸箱上只开一个小孔，能不能确定点光源的位置？

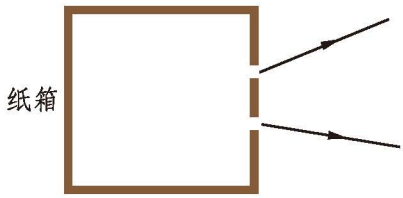


图 3.1–11 确定纸箱内点光源的位置

3. 借助一块较长且平整的泡沫塑料板、刻度尺、细线和一盒大头针，设计一个实验证明“光在空气中是沿直线传播的”。

4. 皮影戏旧称“影子戏”或“灯影戏”（图 3.1–12）。请查阅资料或借助网络了解我国传统文化中的皮影戏，并与同学交流分享。

图 3.1–12 皮影戏

第二节　探究光的反射定律

哈密 50 兆瓦熔盐塔式光热发电站是我国新疆首个大型太阳能光热发电站，当太阳升起的时候，太阳光照射到高塔周围的镜面上，每块镜面都能将太阳光准确地反射到高塔顶端的吸热器上。那么，镜面要怎样跟随着太阳光的方向而改变角度，才能实现这种精确的控制呢？

光的反射

做一做

用图 3.2–1 所示的装置模拟镜面将阳光反射到塔顶的过程。*M* 是一个放置在旋转支架上的小镜子，铁架台上固定一支激光笔作为光源，射出的激光束照射在镜面上的点为 *O* 点，光屏表示塔顶，利用喷雾器产生水雾显示光传播的路径，观察实验现象。

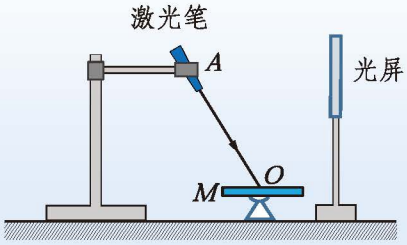


图 3.2–1　模拟镜面对阳光的反射

可以看到：光从空气射向另一种介质时，会有光返回空气中。我们把这种现象称为**光的反射**。

图 3.2–2 中 *AO* 表示射到镜面上的光传播的路径和方向，叫作**入射光线**，*OB* 表示被镜面反射的光传播的路径和方向，叫作**反射光线**，*O* 点叫作**入射点**。

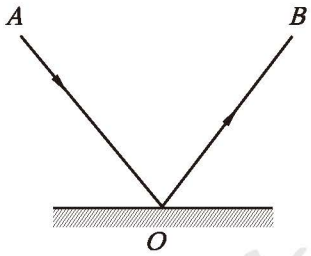


图 3.2–2　用光线描述光的反射

要把太阳光准确地反射到塔顶，就需要知道太阳光从什么方向来，要到哪个方向去。为此，可以提出探究问题：反射光线

OB 的方向和入射光线 *AO* 的方向有什么关系？

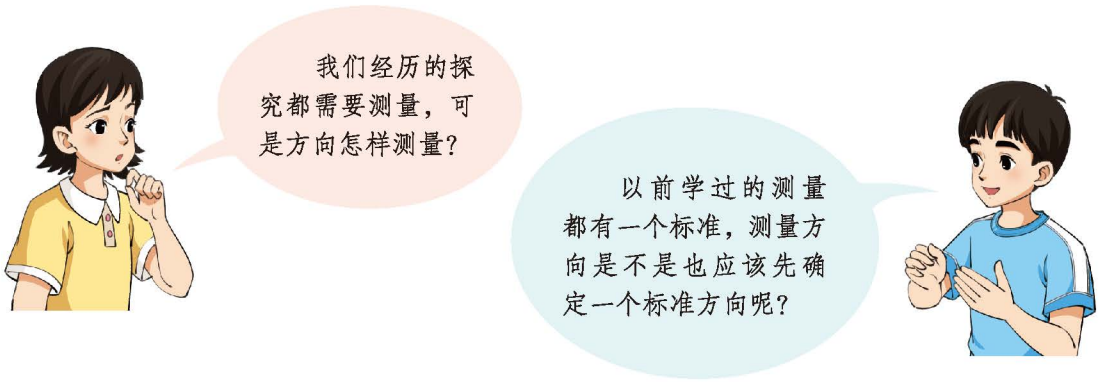


图 3.2–3　测量方向是否需要确定标准方向

我们可以用角度描述光的传播方向，如图 3.2–4 所示。在图 3.2–5 中，过入射点 *O* 画一条垂直于镜面的直线 *ON*，称为镜面的**法线**。法线就是基准线，这样就可以利用光线与法线的夹角来描述光传播的方向了。把入射光线 *AO* 与法线 *ON* 的夹角 ∠*AON* 叫作**入射角**，反射光线 *OB* 与法线 *ON* 的夹角 ∠*BON* 叫作**反射角**。

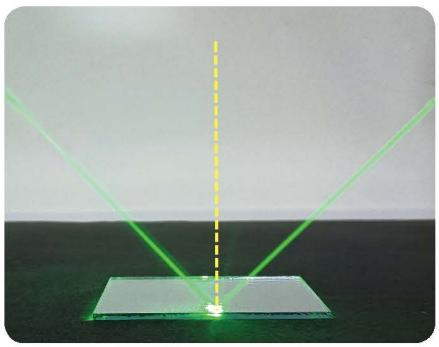


图 3.2–4　用角度描述光的传播方向

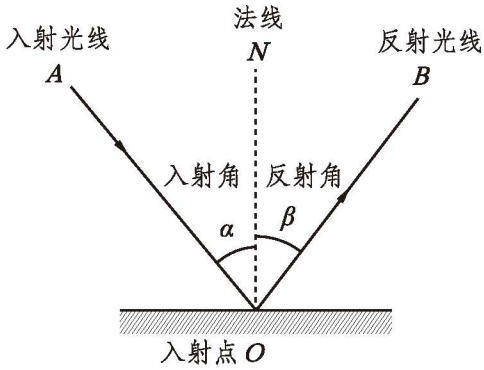


图 3.2–5　入射角与反射角

学生实验：探究光的反射定律

提出问题　光在发生反射时，反射角与入射角有什么关系？

针对这个问题，提出你的猜想与假设。

收集证据 根据你的猜想与假设，利用下面提供的实验器材，设计实验与制订方案，进行实验，并记录数据。

1. 实验器材：两支激光笔、小镜子、可以显示光路的玻璃砖、量角器等。实验装置如图 3.2–6 所示。

图 3.2–6 探究光的反射定律

2. 设计实验：先思考下面的问题，然后设计实验方案。

（1）怎样测量入射角？

（2）怎样测量反射角？

（3）如何改变入射角？计划改变几次？

3. 进行实验：根据设计的方案进行实验，并把实验数据记录在表 3.2–1 中。

表 3.2–1 探究反射角与入射角的关系

入射角						
反射角						

分析论证 分析表 3.2–1 中记录的实验数据，可以得出：光束照射到镜面上发生反射时，反射角_____入射角。

交流与评估 只要反射角等于入射角，就能根据入射光线和法线准确找到反射光线吗？

做一做

在泡沫塑料板上插入两根不同颜色的塑料棒，红色塑料棒代表入射光线，蓝色塑料棒代表法线，如图 3.2–7 所示。请你依据“反射角等于入射角”的探究结论，在泡沫塑料板上插上代表反射光线的塑料棒。

大家所插塑料棒的方向都一样吗？哪根塑料棒代表的反射光线是真正的反射光线？

图 3.2–7 模拟光的反射

看来，仅仅知道反射角等于入射角还不能完全反映光的反射规律，还需要进一步的探究。

提出问题 反射光线跟入射光线和法线在同一个平面内吗？

收集证据 继续利用图 3.2–6 所示的实验装置进行实验。改变入射光线和法线所在的平面，从侧面观察（图 3.2–8），看反射光线能不能把法线和入射光线同时挡住。如果可以，就说明三条线在同一平面内。

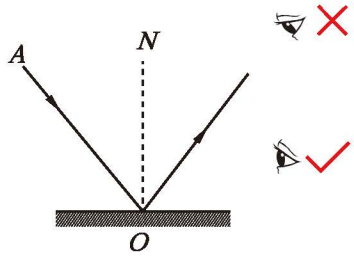


图 3.2–8 观察光的反射

分析论证 通过实验可以发现：无论怎样改变入射光线和法线所在的平面，反射光线总跟入射光线和法线_____同一平面内。

交流与评估 符合反射角等于入射角，而且跟入射光线和法线在同一个平面内的光线，就一定是反射光线吗？图 3.2–9 中的光线 *OB* 是 *AO* 的反射光线吗？

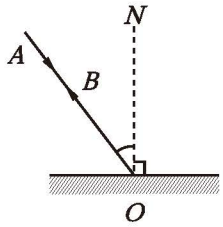


图 3.2–9 *OB* 是反射光线吗

做一做

改变入射角大小，观察反射光线和入射光线的位置，可以得出：反射光线、入射光线位于法线的_____。

通过实验探究，可以得到：**光在发生反射时，反射角等于入射角，反射光线、入射光线与法线在同一平面内，反射光线和入射光线分别位于法线两侧。这就是光的反射定律。**

注意，当入射角为 0° 时，入射光线与法线重合，反射光线与入射光线重合，但传播方向相反，此时反射角也是 0°。

在探究光的反射定律实验中，如果让光束逆着反射光线的方向射

提个醒

在上述实验中，分别探究了光的反射现象中“角”“面”“线”的关系。这种将复杂问题分解逐步探究的方法，是物理研究的基本方法，在后面的学习中还会用到。

向镜面，可以看到反射光线逆着原来入射光线的方向射出。这表明，在反射现象中光路是可逆的。

光的反射定律的应用

定日镜是指将太阳或其他天体发出的光反射到固定方向的光学装置。光热发电站的定日镜在控制系统的帮助下，每时每刻跟踪着太阳，利用光的反射定律，把阳光反射到高塔的顶端。

做一做

当太阳从位置 1 运动到位置 2 时，如何摆放小镜子 M 才能恰好让太阳光通过反射照射到塔顶 A 点呢？请运用光的反射定律，在图 3.2–10 中以 O 为入射点，画出太阳在位置 2 时照射在定日镜上的入射光线，借助量角器确定此时镜面的位置。

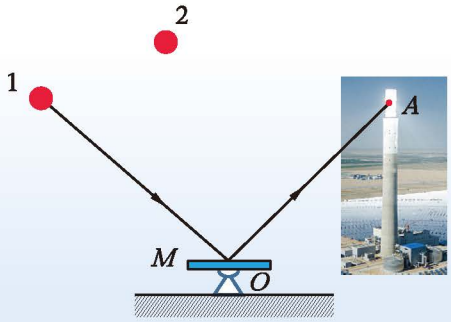


图 3.2–10　定日镜反射太阳光

当代“绿色建筑”大都有自然采光辅助照明系统，主动式集光器是比较常见的一种。它的定日镜能自动调整角度跟踪太阳，极大地提高了采集阳光的效率。采集到的阳光通过反射型导光管（内壁有金属镜面）多次反射，长距离传输到室内（图 3.2–11）。

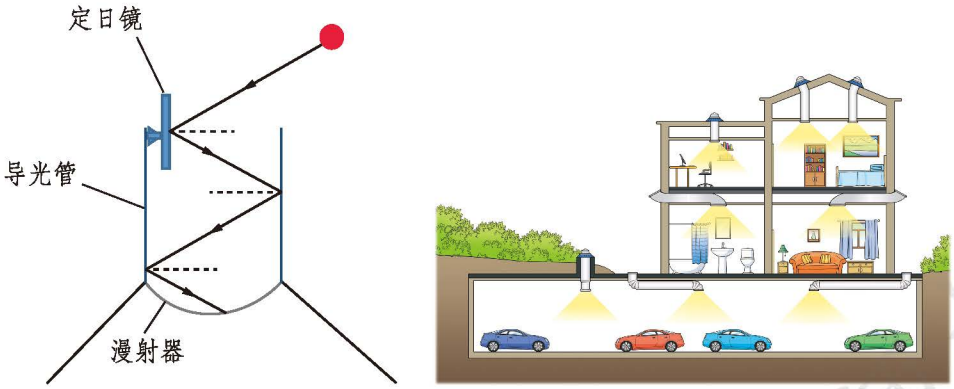


图 3.2–11　自然采光辅助照明系统

镜面反射和漫反射

在日常生活中有很多光的反射现象，如看到雄伟壮丽的长城，楼台在水中出现倒影，玻璃幕墙反射阳光（图 3.2–12）。

朝阳下的长城

楼台倒影

玻璃幕墙反射阳光

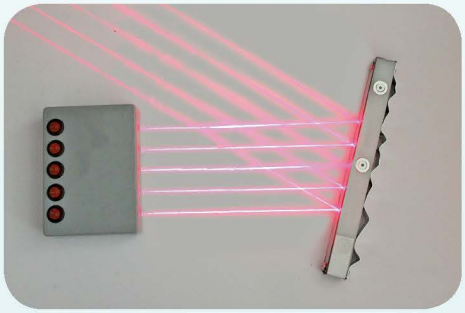
图 3.2–12　生活中的光的反射现象

这些光的反射现象都一样吗？有什么不同呢？它们都遵循光的反射定律吗？

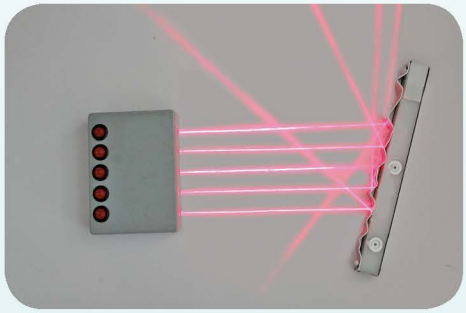
演示与观察

1. 如图 3.2–13 甲所示，让平行光束照射在平滑的反射面上，观察反射光的路径有什么特点。

2. 如图 3.2–13 乙所示，让平行光束照射在不平整的反射面上，观察反射光的路径有什么特点。



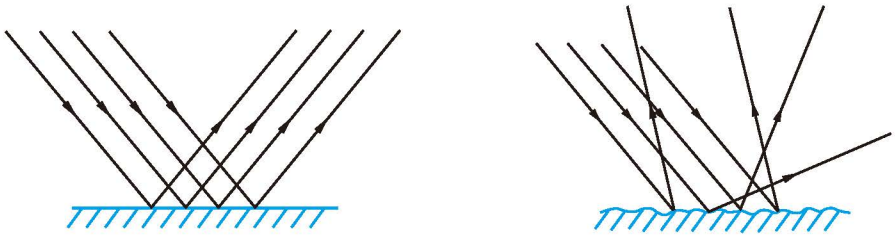
甲　平行光照射平滑的反射面



乙　平行光照射不平整的反射面

图 3.2–13　观察光在两种反射面上的反射

一束平行光射向光滑的平面，反射光也是平行的，这种现象叫作**镜面反射**（图 3.2-14 甲）。太阳光可以看成平行的光束，将太阳光用一面小镜子反射到教室里的墙上，反射光也是平行的，并不向四周发散，所以会形成一个明亮的光斑。



甲　镜面反射光路图　　乙　漫反射光路图

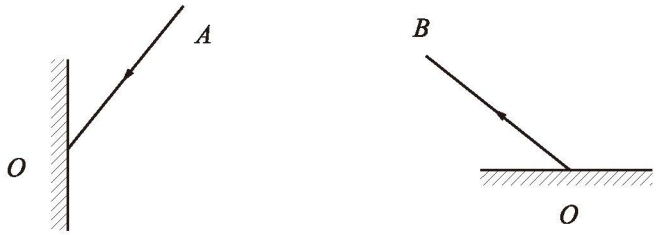
图 3.2-14　镜面反射和漫反射

一般物体的表面往往比较粗糙，凹凸不平，平行光经这样的表面反射后，反射光不再平行，而是杂乱无章地射向各个方向，这种现象叫作**漫反射**（图 3.2-14 乙）。物体凹凸不平的表面可以看成是由无数个极小的反射面组成的，由于各个反射面所在的平面不同，所以各个入射点的法线方向也不一致，这就造成平行入射的光向不同方向反射，形成漫反射。正是由于漫反射，我们才能从不同的方向看到不发光的物体。

无论镜面反射还是漫反射，都遵循光的反射定律。

实践与探索

1. 在图 3.2-15 甲中画出光线 *AO* 的反射光线，在图 3.2-15 乙中画出光线 *OB* 的入射光线。



甲　　乙

图 3.2-15　光路图

2. 如图 3.2-16 所示，在较暗的房间里，用手电筒照射白墙（N）和挂在墙上的小镜子（M）。观察一下，是镜子亮还是镜子四周的白墙亮？想一想这是为什么。请根据光的反射定律在图中画出手电筒发出的光照射在小镜子上时，入射光和反射光的传播路径（画出一条即可），并分析从哪个角度观察，看到的镜子会比白墙亮。

图 3.2-16 实验示意图

3. 如图 3.2-17 所示是一个用光电屏控制液面高度的仪器。它工作时，激光器和光电屏保持不动，通过反射光束照射在光电屏上位置的变化来判断液面的高低。请你根据光的反射定律分析一下：当液面上升时，光电屏上的光斑将向哪一侧移动？这样的仪器还可以用来做什么？

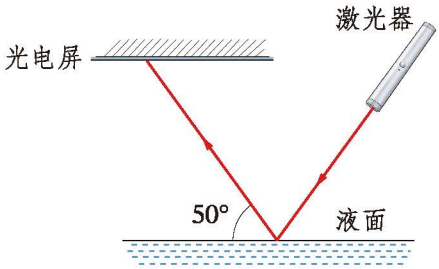


图 3.2-17 用光电屏控制液面高度

4. 小华通过观察发现，同一辆汽车车灯的灯光照射在雨后的路面上比照射在干燥的路面上看起来要暗很多。请你帮他分析一下产生该现象的原因。

5. 随着现代都市的发展，出现了一种新的污染——光污染。请你调查居住的社区周边或居住城市的光污染情况，并提出改进建议。

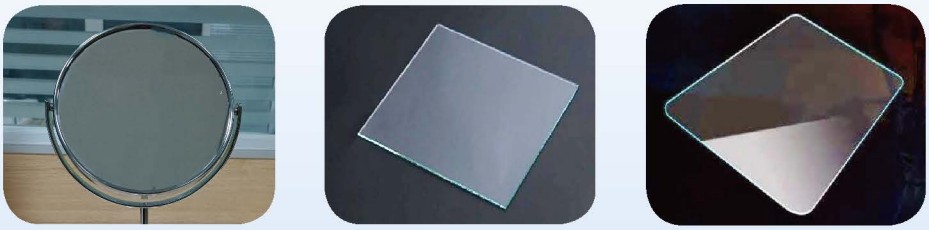
第三节　探究平面镜成像的特点

平静水面上白云的倒影，镜子里的“自己”，都属于镜面反射形成的像。在物理学中，把反射面为平面的反射镜称为**平面镜**。平静的水面、抛光的金属表面、玻璃表面等都可以看作平面镜。

镜前真实物体到平面镜的距离叫作**物距**，用符号 u 表示；镜中的“物体”是该物体的**像**，像到平面镜的距离叫作**像距**，用符号 v 表示。

做一做

分别用镜子、薄玻璃和钢化膜（图 3.3–1）当作平面镜，以手中的笔为物体，观察笔在平面镜中成的像。



镜子　　薄玻璃　　钢化膜

图 3.3–1　各种平面镜

这三种平面镜成像最清晰的是哪一种？最差的是哪一种？你认为成像效果不好的原因是什么？

在上面的体验活动中，你还有什么发现？看看手中的笔，再看看平面镜中它的像，你觉得像的大小与物体的大小相等吗？当笔远离平面镜时，是不是感觉像也在远离平面镜？是不是感觉像的大小同时也发生了变化？

学生实验：探究平面镜成像的特点

提出问题 物体在平面镜中成像时，像与物体大小相等吗？

物体的大小是指体积大小，还是指长、宽、高的大小？为了明确问题，可以仿照探究光的反射定律中“提出问题”部分的思路，将“物体大小”简化为一个维度，即物体高度。这样问题就转化为：像的高度和物体的高度相等吗？

针对这个问题，提出你的猜想与假设。

收集证据 根据你的猜想与假设，利用下面提供的实验器材，设计实验与制订方案，进行实验，并记录数据。

1. 实验器材：带有格的塑料板、两支相同规格且可以改变高度的电子蜡烛（*A* 和 *B*）、薄玻璃板、支架、刻度尺等。实验装置如图 3.3–2 所示。

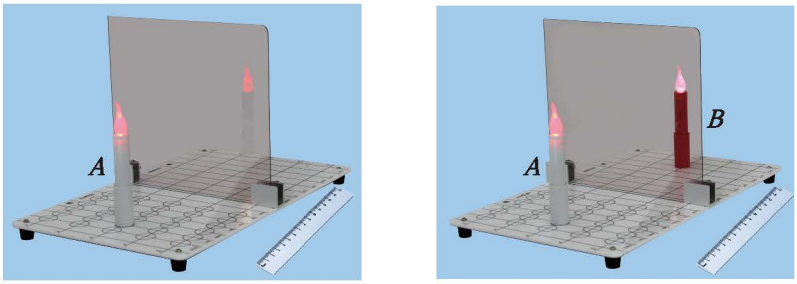


图 3.3–2 探究平面镜成像的特点

2. 设计实验：先思考下面的问题，然后设计实验方案。

（1）怎样测量蜡烛的高度？

（2）怎样测量蜡烛的像的高度？

如果通过调节蜡烛 *B* 使其与蜡烛 *A* 的像重合，则蜡烛 *A* 的像的高度等于蜡烛 *B* 的高度，测量出蜡烛 *B* 的高度即可。

（3）怎样改变蜡烛的高度？

3. 进行实验：根据设计的方案进行实验，并把实验数据记录在表 3.3–1 中。

表 3.3–1 探究像的高度与物体高度是否相等

物体高度 / cm						
像的高度 / cm						

分析论证 分析表 3.3–1 中记录的实验数据，可以得出：物体在平面

镜中成像，像的高度与物体的高度_____。

交流与评估 交流讨论一下，实验中都有哪些疑问？或者有什么新的发现？例如：

1. 为什么薄玻璃板要与桌面保持垂直？不垂直时可以成像吗？会对实验产生哪些影响？

2. 为什么要多次改变物体的高度？

3. 实验中，有的小组保持蜡烛 A 的位置（物距）不变，有的小组却没有注意到这一点，那么探究过程中有没有必要保持物距不变呢？

做一做

利用上面的实验装置，进行下面两个实验。

1. 探究物体在平面镜中成像时，像的高度与物距是否有关。

2. 探究物体在平面镜中成像时，像距与物距的关系。

大量实验表明：**平面镜所成的像与物大小相等，像距与物距相等，像和物对应点的连线与平面镜垂直**。我们称这种关系为**像与物关于平面镜对称**。

平面镜所成的像只能用眼睛观察，不能用光屏承接，这样的像叫作**虚像**。能够呈现在光屏上的像叫作**实像**。实像也可以用眼睛直接观察。

相关链接

平面镜所成的像是由于光的反射现象形成的，能否用光的反射定律来解释呢？

如图 3.3–3 所示，从平面镜 MN 前的发光点 S 发出许多条光线射到平面镜上，其中的两条光线分别入射到平面镜上的 A、B 两点，经平面镜反射后的光线是 AC 和 BD。分别把反射光线 AC 和 BD 向反方向延长，它们相交于 S' 点。人眼沿 CA 和 DB 方向看时，会感到光线好像是从 CA 和 DB 的延长线的交点 S' 发出的，S' 就是发光点 S 的虚像。实际上 S' 处并没有光

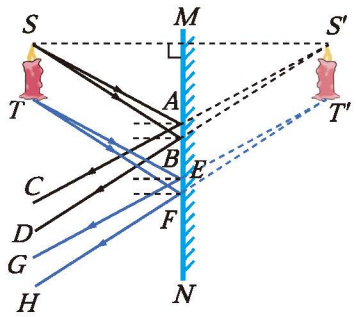


图 3.3–3 平面镜成像光路图

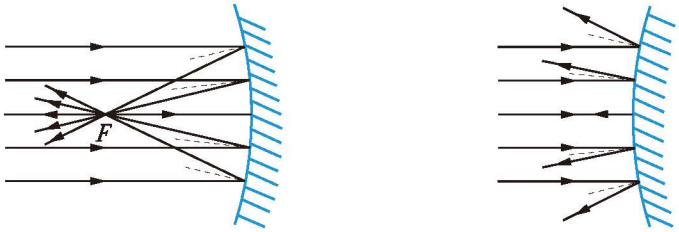
发出，这也是用光屏承接不到像的原因。

从图中可以看到 S' 与 S 的连线跟镜面垂直，它们到镜面的距离相等，像距（$S'M$）等于物距（SM）。

用相同的方法可以找到物点 T 所成的虚像点 T'。蜡烛上的每一个物点在平面镜里都对应着一个虚像点，这些虚像点集合起来就构成了整个蜡烛的虚像。通过作图，除了能看到等距、垂直的特点之外，还能看到像与物关于平面镜对称的特点，理论推理与实验结果是完全吻合的。

球面镜

反射面为球面一部分的镜面叫作球面镜。球面镜分为凹面镜和凸面镜两类。用球面的内表面做反射面的球面镜叫作凹面镜，用球面的外表面做反射面的球面镜叫作凸面镜。如图 3.3–4 所示，凹面镜对光有会聚作用，凸面镜对光有发散作用。



凹面镜对光有会聚作用　　凸面镜对光有发散作用

图 3.3–4　凹面镜和凸面镜对光的作用

如图 3.3–5 所示，人们利用凹面镜对平行光束的会聚作用制作了太阳灶、医用反光镜、手电筒的灯碗等。

太阳灶

医用反光镜

手电筒的灯碗

图 3.3–5　凹面镜的应用

如图 3.3-6 所示，人们利用凸面镜对平行光束的发散作用制作了汽车外视镜、交通转角镜等。

汽车外视镜

交通转角镜

图 3.3-6　凸面镜的应用

阅读与拓展

“透光”铜镜

在古代，人们最初用水中的倒影来修整仪容，在冶金术发明后才逐渐有了铜镜。平整光洁的铜镜来自高超的铸造和打磨技术，由于它能原原本本地反射出物体的特征，因此古人还赋予铜镜明亮公正的寓意。

汉代有一种被称为透光镜的铜镜，它的外形与一般铜镜几乎没有差别，但是当光照射镜面时，镜面将光反射到墙壁上，就会出现与铜镜背面铭文和纹饰相同的影像，令人啧啧称奇。厚厚的铜镜是不透光的，影像是怎么产生的呢？

原来，在制造这种铜镜时，并不是简单地将镜面铸成一个平面，而是通过前期铸造和后期打磨使镜面形成与背面铭文和纹饰相对应的微小曲面，就像一个个极小的凸面镜和凹面镜。光被会聚时，投射在墙上的光斑就亮，光被发散时，投射在墙上的光斑就暗，这样明明暗暗的光斑就勾勒出背面铭文和纹饰的样子了。图 3.3-7 是现代仿制的透光镜。

图 3.3-7　现代仿制的透光镜

实践与探索

1. 人站在平面镜前，当他走近平面镜时，下列说法正确的是（　　）。

A. 他的像变大，像距变小　　B. 他的像变大，像距变大

C. 他的像大小不变，像距变小　　D. 他的像大小不变，像距不变

2. 夜晚，平静的水面上映着月亮的像（图 3.3–8）。芳芳说："水中的月亮在水面上。"晶晶说："荷塘里的水有多深，水中的月亮就有多深。"她们的说法对吗？说说你的观点。

3. 如图 3.3–9 所示，把一平面镜水平放置在灯的正下方，从平面镜的左侧开始观察，沿虚线观察到另一侧，看看都有哪些位置能观察到灯的像，借助光路图来解释看到的现象。

图 3.3–8　月亮在水中成像

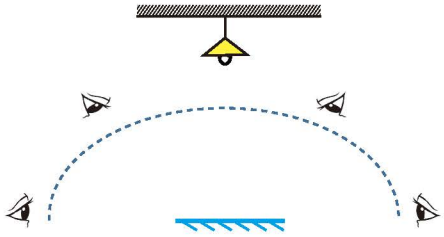
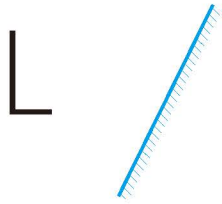


图 3.3–9　观察灯的像

4. 商场为了方便顾客观察新鞋的试穿效果，会在地面倾斜放置平面镜，如图 3.3–10 甲所示。在图 3.3–10 乙中，用"L"表示新鞋，请你根据平面镜成像的特点画出"L"在平面镜中所成的像。把一张硬纸片剪成"L"形，放在倾斜的平面镜前（或去商场体验一下），看看你画的像和实际所成像的情况是否一致。

甲



乙

图 3.3–10　平面镜在生活中的应用

5. 潜望镜是一种从海面下伸出海面或从低洼坑道伸出地面进行观察的光学仪器。最简单的潜望镜由两块装在管子里的互相平行的平面镜组成，两块平面镜都与管壁成 45° 角。参照图 3.3-11，找两块小平面镜，把它们固定在用硬纸板制成的镜筒中，制成一个简单的潜望镜，用它观察一下周围的景物。

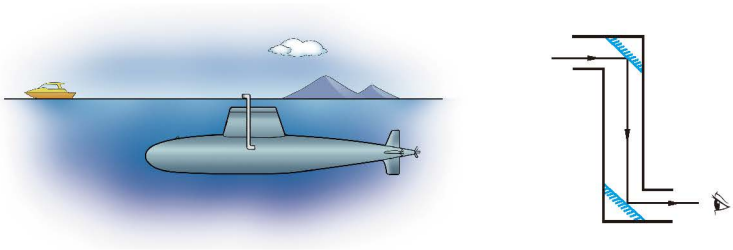


图 3.3-11　潜望镜及其结构示意图

第四节　跨学科实践：平面镜成像在生活中的应用

晶晶去医院检查视力时发现检查室的空间并不大，医务人员为了保证被检查者到视力表有足够远的“距离”，在对面的墙上安装了一面镜子。晶晶坐在椅子上突然想到，要是在镜子对面的墙上再安装一面镜子，是不是检查室的空间可以再小一些呢？

她将自己的想法告诉了同学。有的同学认为这种想法可行，只要检查室里能同时坐下两个人，再小的空间都可以；有的同学却觉得不可行，会遇到一些难以预料的现象干扰检查。他们决定通过实验来验证晶晶的想法是否可行。

活动一：两块相互平行的平面镜成像

活动目的

观察物体在两块相互平行的平面镜中成像的情况，验证晶晶的想法是否可行。

活动器材

电子蜡烛、两块大小相同的方形平面镜、支架、直角三角板。

活动内容

1. 将电子蜡烛放在水平桌面上充当视力表，在它的两侧放置两块相互平行的平面镜，使两镜面相对，借助直角三角板使镜面与桌面垂直，并用支架固定，如图 3.4–1 所示。

2. 点亮电子蜡烛，观察多次反射成的像，并记录下来。想一想为什么会有这种现象。

图 3.4–1　两块相互平行的平面镜成像

3. 评估一下晶晶的想法，说一说能不能用平行放置两块平面镜的方法减小检查室的空间。

放在两平行镜面中间的电子蜡烛为什么会成那么多像呢？有兴趣的同学可以利用光的反射定律进行分析。

有的同学在组装器材时观察到，两块平面镜没有平行摆放时，电子蜡烛在平面镜中所成的像似乎不是无限多个。他把自己的想法告诉了其他同学，经过讨论，同学们一致认为：两块平面镜所成像的个数与它们摆放时所成的夹角存在某种关系。

活动二：两块成一定夹角的平面镜成像

活动目的

观察物体在两块成一定夹角的平面镜中所成像的个数。

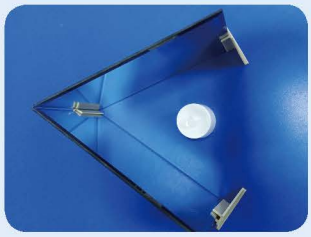
活动器材

电子蜡烛、两块大小相同的方形平面镜、量角器、支架、直角三角板。

活动内容

1. 将两块平面镜竖直放置在水平桌面上，且成 60° 夹角，将电子蜡烛放在两块平面镜中间（图 3.4–2 甲），观察电子蜡烛在平面镜中所成像的个数，并记录。

2. 将两块平面镜的夹角分别调整成 90°（图 3.4–2 乙）和 120°（图 3.4–2 丙），观察电子蜡烛在平面镜中所成像的个数，并记录。



甲

乙

丙

图 3.4–2　两块成一定夹角的平面镜成像

与同学交流所看到的现象，说一说物体在两块平面镜中所成像的个数与镜

面之间的夹角有什么关系。

物体通过两块平面镜可以成多个相同的像，而且像的个数还可以用两块平面镜所成的夹角来控制。这些像的大小、形状（或动作）和真实的物体完全一样，混在一起时往往会产生真假难辨的效果。

有的同学产生了这样的疑问：我看到过舞台上演员与多个“自己”共舞的场景，但是表情和动作都不一样，而且是立体的。这是怎么回事呢？

活动三：制作“3D 投影仪”（选做）

活动目的

制作“3D 投影仪”。

活动器材

透明薄塑料板（透明包装盒）、剪刀、硬卡纸、胶棒、刻度尺、胶带。

活动内容

1. 在硬卡纸上画出一个上底为 1.5 cm，下底为 9 cm，高为 5.5 cm 的等腰梯形，以它为模板，用剪刀剪出四个完全相同的薄塑料板。

2. 用胶带将四块薄塑料板的斜边两两粘在一起，组成如图 3.4–3 所示的梯形台。

3. 通过网络搜索“3D 投影视频资源”并播放。将制作好的梯形台较小的底面朝下放在视频画面中央，关闭周围的灯光。

图 3.4–3　3D 投影仪

与同学交流分享制作“3D 投影仪”的经验和观影体验。

实践与探索

1. 用大块的平面镜装饰墙面可以增大视觉上的空间感，但是人们一般不会在同一房间里安装相对平行的两块平面镜，请你说一说这是为什么。

2. 万花筒是一种常见的多平面镜反射玩具，它因形成的图像千变万化、五彩绚丽深受人们喜爱。请你通过网络查阅万花筒的制作方法，并尝试做一个。

3. 角反射器是由三面相互垂直的平面镜组成的装置。请你查阅资料，了解角反射器的工作原理，说一说它在生活中和我国探月工程中的应用。

第五节　探究光的折射特点

在图 3.5–1 中，白色救生椅的高度为 2 m，请你以救生椅为参照，目测一下游泳池中水的深度大约是多少。

图 3.5–1　从岸上看游泳池底

提个醒

由于从岸上看到的水底要比实际浅一些，所以青少年不要去陌生水域游泳，防止被假象所迷惑，发生溺水事故。

这是一个水深均为 2 m 的游泳池，这和你的猜测一致吗？为什么游泳池看上去会变浅呢？

光的折射现象

借助烟雾和加入少许牛奶的水，观察光由空气斜射入水中时的传播路径。如图 3.5–2 所示，光在空气中是沿直线传播的，在水中也是沿直线传播的，但是光在空气与水的交界面处发生了明显的偏折。

光从一种介质斜射入另一种介质时，传播方向会发生改变，这种现象叫作**光的折射**。如图 3.5–3 所示，借鉴研究光的反射规律时获得的经验，引入一条

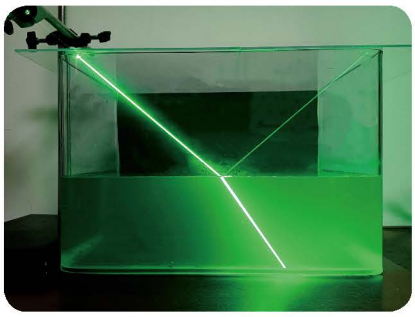


图 3.5–2　光的折射现象

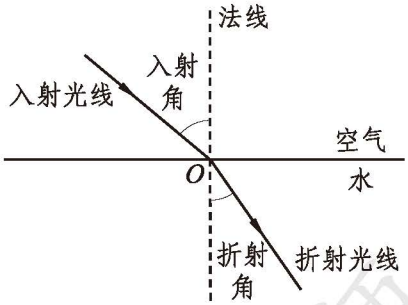


图 3.5–3　光的折射光路图

过入射点且垂直于水面的直线——法线，作为基准线。入射光线与法线的夹角叫作入射角，折射光线与法线的夹角叫作**折射角**。

探究光的折射特点

光的折射现象有哪些特点？折射光线、入射光线与法线在同一个平面内吗？折射光线、入射光线的位置关系是什么？折射角与入射角的大小关系如何？

做一做

探究光的折射特点

如图 3.5-4 所示，向光的折射演示仪的水槽里添加滴有牛奶的水，直至水平刻线处。用激光笔 *A* 发出的激光代表法线，激光笔 *B* 发出的激光代表入射光线。

1. 观察折射光线、入射光线与法线的位置关系，比较折射角与入射角的大小。改变入射角的大小，观察折射角的大小怎样变化。设计实验数据记录表，观察现象，记录实验数据。

2. 取下激光笔 *A*，让激光笔 *B* 发出的激光垂直入射到水面上，观察现象。

图 3.5-4 探究光的折射特点

议一议 与同学交流分享你的实验结论。

将水换成玻璃等其他介质，重复以上实验，可以发现：光从空气斜射到不同介质表面上时，都会发生折射现象。若光从空气以相同的入射角斜射入不同的介质中，折射角一般也不同。

大量实验表明：光在发生折射时，折射光线、入射光线和法线在同一平面内，折射光线和入射光线分别位于法线两侧。当光从空气斜射入水或玻璃等介

质中时，折射角小于入射角，当入射角增大（或减小）时，折射角随之增大（或减小）；当光垂直入射到两种不同介质的交界面上时，传播方向不发生改变。

在以上探究光的折射特点实验中，如果让光逆着折射光线的方向射向界面，可以看到折射光线将逆着原来入射光线的方向射出（图 3.5–5）。这表明，在折射现象中光路是可逆的。

图 3.5–5　折射现象中光路可逆

生活中的折射现象

图 3.5–6　筷子在水面处“折断”

将一根笔直的筷子斜放在装有清水的碗里，筷子就像在水面处被折断似的，水中的部分会向上翘起（图 3.5–6），这是为什么呢？

如图 3.5–7 所示，假设在水面下方有一个发光物体 A，它从水面下发出的光线 AO 和 AO' 在进入空气时传播方向发生改变，它们的折射光线分别为 OB 和 $O'C$。当这两条光线射入人眼时，人会认为光线是从 A' 处射来的。这样人所看到的物体位置要比它实际的位置浅。人看到筷子浸入水中的部分上翘也是类似的道理。

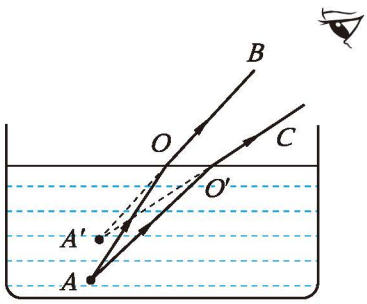


图 3.5–7　从水面上方看水下物体的光路图

议一议　你能解释装有水的游泳池底部看起来变浅的原因吗？

阅读与拓展

光疏介质和光密介质

光在两种介质中传播时，传播速度一般不同。通常我们把光在其中传播速度较大的介质称为光疏介质，光在其中传播速度较小的介质称为光密介质。光疏介质和光密介质是相对的，如水相对于空气而言是光密介质，水相对于玻璃而言是光疏介质。无论光是从光疏介质斜射入光密介质，还是从光密介质斜射入光疏介质，光疏介质中光线与法线的夹角总是大于光密介质中光线与法线的夹角。

实践与探索

1. 唐诗《钓鱼湾》中诗人用“潭清疑水浅，荷动知鱼散”的诗句描绘出一幅生动的画面，“潭清疑水浅”这句诗所蕴含的物理原理是_____。

2. 如图 3.5-8 所示，一束光从空气斜射到某液面上，与液面的夹角为 30°，反射光与折射光的夹角为 90°，则反射角为_____，折射角为_____。

3. 如图 3.5-9 所示，小猫看到的水中的“鱼”是实像还是虚像？小猫为什么想叉鱼却叉到了鱼上方的水草？请你解释其中的原因。

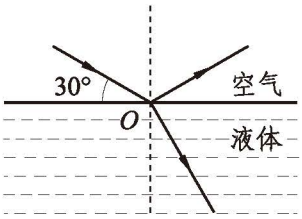


图 3.5-8 光的反射和折射

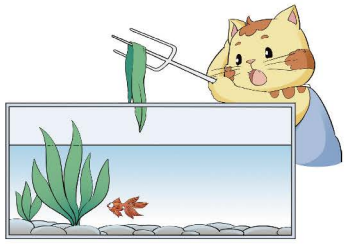


图 3.5-9 小猫为什么叉不到鱼

4. 如图 3.5-10 所示，将一塑料圆片粘贴在瓷杯底部，观察者盯着塑料圆片，慢慢远离杯口，直到塑料圆片恰好被瓷杯边缘完全挡住时停止移动。再请他人缓慢地向瓷杯里加水，观察者会看到什么现象？请你做一做，并尝试解释其中的原因。

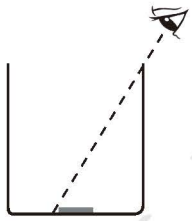


图 3.5-10 实验示意图

第六节　物体的颜色

雨后天空中出现了一道彩虹，这美丽的景色让人不禁驻足欣赏。这么绚丽的色彩是怎样形成的呢？

光的色散

1666 年，牛顿在一个较暗的房间的窗户上开了一个小孔，让适量的阳光射进来，并把三棱镜放在光的入口处。穿过小孔的光束经棱镜折射后，照射到对面的墙上，呈现的景象让他感到无比兴奋。他看到了什么呢？

演示与观察

让一束太阳光斜射到三棱镜的一个侧面上，光通过三棱镜折射后照射到屏上，观察实验现象。

图 3.6–1　光的色散

实验现象如图 3.6–1 所示，白光通过三棱镜折射后照射到屏上，形成一条大体包括红、橙、黄、绿、蓝、靛、紫七种颜色的光组成的光带。这表明白光不是单色的，是由各种色光混合而成的。

各种色光在棱镜中的折射角不同，在进入棱镜的一个表面时，就分开向不同的方向传播。接着经过另一个表面时，再一次发生折射。这样白光就分散形成了一条彩色的光带。这种现象叫作**光的色散**。

雨后天空中出现的彩虹就是色散现象。阳光射到空气中接近球形的小水

滴上，在进入水滴时发生偏折，到达水滴另一侧内壁之后，再反射回来。光由水滴再进入空气时，又会经历一次折射。由于不同色光在两种介质中穿梭时偏折程度不同，不同的色光就被分开了，这就是彩虹形成的原因（图 3.6–2）。天气晴朗时，在瀑布附近或背对着太阳向空中喷洒水雾，都可以看到彩虹。

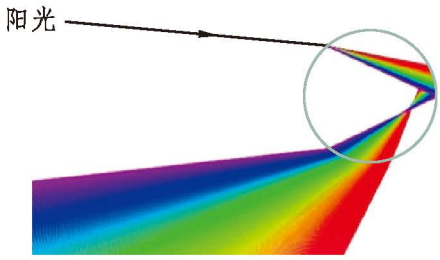


图 3.6–2 彩虹形成的原因

物体的颜色

各种物体都有自己的颜色。物体的颜色是物体固有的吗？还是与照射在物体上的光的颜色有关？

做一做

1. 在暗室中，分别将红、绿、蓝三种颜色的玻璃纸罩在发出白光的手电筒上，观察射出的光分别是什么颜色。

2. 分别用白光、红光、绿光和蓝光照射放置在白纸上的绿色树叶，你看到了什么现象？

分别将红、绿、蓝三种颜色的玻璃纸罩在发出白光的手电筒上，手电筒射出的光分别是红光、绿光、蓝光。这表明：在白光照射下，透明物体的颜色是由它所能透过的色光的颜色决定的，而其余的色光被这个透明物体吸收了。

用白光照射绿色树叶时，看到的树叶是绿色的，说明树叶反射的光只有绿光，其他色光都被树叶吸收了。这表明：不透明物体的颜色是由它反射的色光的颜色决定的。能反射所有色光的物体是白色的。

当用红光（蓝光）照射绿色树叶时，红光（蓝光）被吸收，没有色光反射回来，所以看到树叶几乎是黑色的；当用绿光照射时，绿光被反射，所以看到树叶是绿色的。

你能解释为什么各种色光照射在白纸上，白纸上都是所照射的色光的颜色吗？

光的三原色原理

人们很早就发现所看到的自然界绝大多数的彩色光，都可以利用红、绿、蓝三种色光按不同比例混合而成。红、绿、蓝三种色光称为光的三原色（图 3.6–3）。

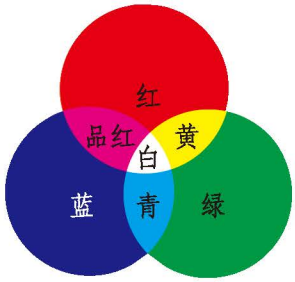


图 3.6–3　光的三原色

如果把红光和蓝光按照一定的比例同时重叠地照在白墙上，你看到的就是品红色光；如果把绿光和蓝光按照一定的比例同时重叠地照在白墙上，你看到的就是青色光；如果把红光和绿光按照一定的比例同时重叠地照在白墙上，你看到的就是黄色光。将等量的红、绿、蓝三色光同时重叠地照在白墙上，你看到的就是白色光。

生活中的液晶电视机和激光电视机，其屏幕上丰富多彩的画面都是由三原色光叠合而成的。

各种色光让这个世界变得五彩斑斓。在九年级的学习中，你将进一步认识到光是一种电磁波，它不仅能传递信息，而且具有能量。

阅读与拓展

多彩的农膜

农膜是农用地膜和棚膜的统称。一般来说地膜较薄，棚膜较厚。不同颜色的农膜对色光的吸收和反射规律不同，对农作物生长及杂草、病虫害、地温的影响也不一样。各种色彩的农膜（图 3.6–4）都有什么特殊作用呢？



图 3.6–4　多彩的农膜

无色透明的农膜透光率好，广泛用于春季增温和蓄水保墒，对提高土壤微生物活性、提高土壤有机质含量有一定作用；黑色地膜，透光率

低，能有效防止土壤中水分的蒸发和抑制杂草的生长；由于植物进行光合作用时，叶绿体中的叶绿素主要吸收红光和蓝紫光，所以红色地膜可以使农作物的长势更加旺盛；绿色光被称为“生物无效光”，很少被植物吸收利用，但绿色地膜可以有效抑制杂草生长。请你查阅资料，了解蓝色地膜有什么特殊的作用。

实践与探索

1. 暗室中有一盏发着蓝光的灯，透过一块红色玻璃观察，看到的现象是灯（　　）。

A. 发红光　　B. 发蓝光

C. 发白光　　D. 变得很暗

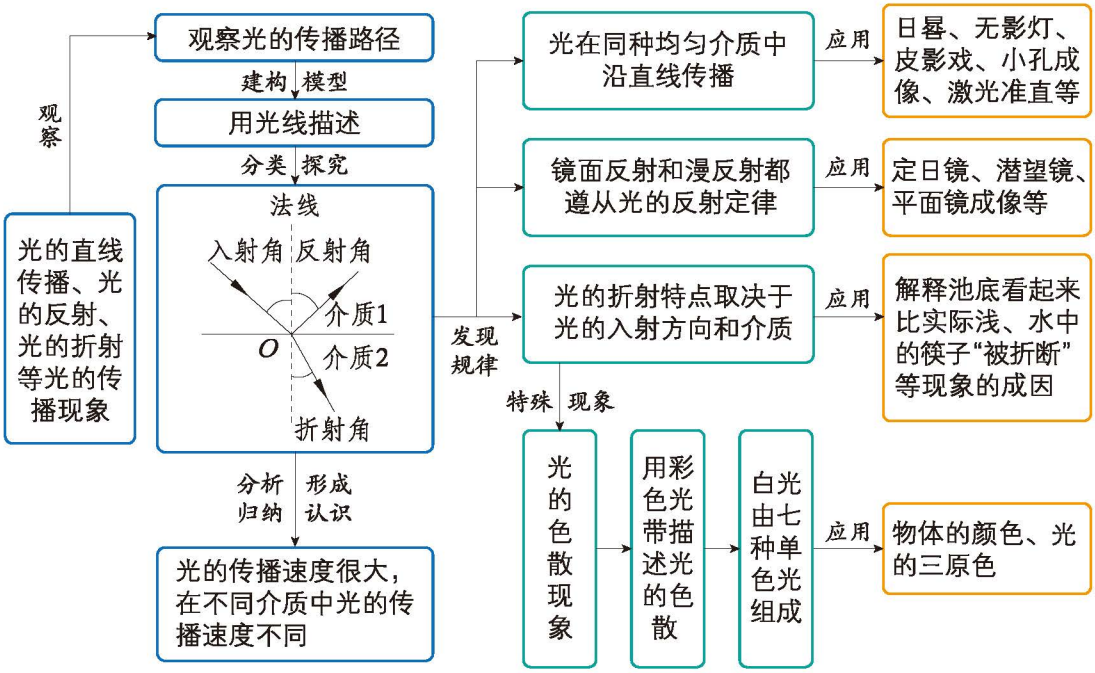
2. 当计算机显示器或手机屏幕显示白色时，向屏幕上喷溅少许极小的水滴，用放大镜观察，描述一下你看到了什么。请你解释这种现象。

3. 夏天，人们穿浅色衣服会感到比较凉爽；而冬天，人们穿的衣服深色居多。请你解释一下其中的道理。

4. 在晴朗的早晨或下午，背对着太阳向空气中喷洒水雾，尝试制造出美丽的“人造彩虹”。

5. 查阅资料，了解与颜色相关的知识，与同学交流分享。

学到了什么



· 通过构建光线模型，可以用几何方法描述光的传播规律和成像现象。

· 光在空间中传播，可以在一个平面内研究光的传播和成像问题。将复杂问题进行分解，逐一探究，是物理研究的基本途径。

· 建立法线的概念，就可以用“角”定量地描述光的传播方向，将反射光的传播规律问题明确为三个可探究的科学问题。

· 通过科学探究可以认识光的反射定律、光的折射特点、平面镜成像特点等，探究过程中用到了观察法、控制变量法、等效替代法。

4

第四章
透镜及其应用

我们用眼睛看清了这美丽的大自然，眼睛的主要结构之一——晶状体可以看成凸透镜；我们要看清微小物体或探索微观世界，需要用到放大镜或显微镜；我们要看清远处物体或探索宇宙，需要用到望远镜。显微镜和望远镜中都有透镜，它们极大地拓宽了人类的视域。

我们如何认识和描述透镜？如何解释透镜的成像规律？透镜又有哪些应用呢？让我们一起来探究透镜吧！

第一节　透　镜

我国西汉时期《淮南万毕术》中记载：“削冰令圆，举以向日，以艾承其影，则火生。”古人能用寒冷的冰“生出”火来，真是很神奇啊！你知道其中的原理吗？

透　镜

由透明物质制成的光学元件（图 4.1–1）对光有折射作用，它们可以有规律地改变光的传播路径。其中，透镜的应用较为广泛。

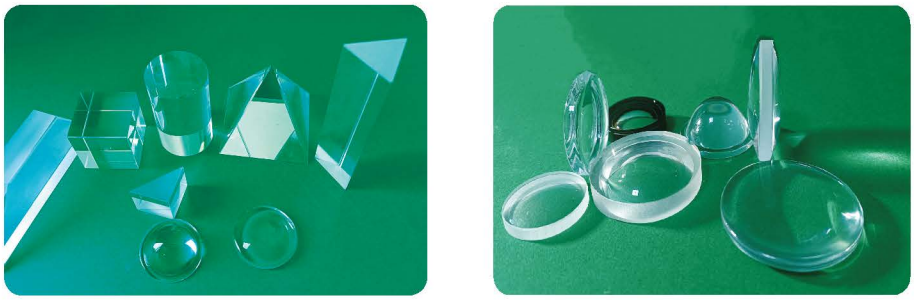


图 4.1–1　各种透明光学元件

如图 4.1–2 所示，透镜有两种，中间厚边缘薄的称为**凸透镜**，中间薄边缘厚的称为**凹透镜**。

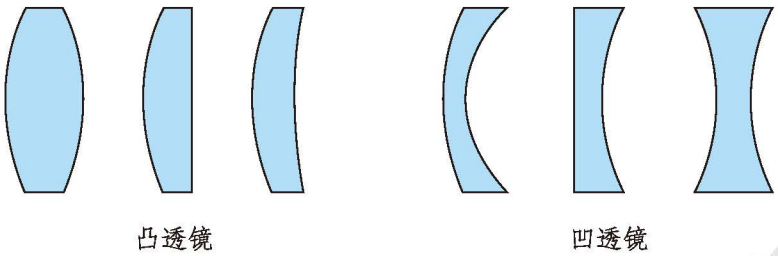


图 4.1–2　两种透镜

最常见的透镜两个表面都是球面的一部分，通过两个球心 C_1、C_2 的直线（图 4.1-3）叫作透镜的**主轴**（也称主光轴）。若透镜的厚度比球面的半径小得多，这种透镜称为薄透镜。薄透镜的中心 O 点叫作透镜的**光心**。

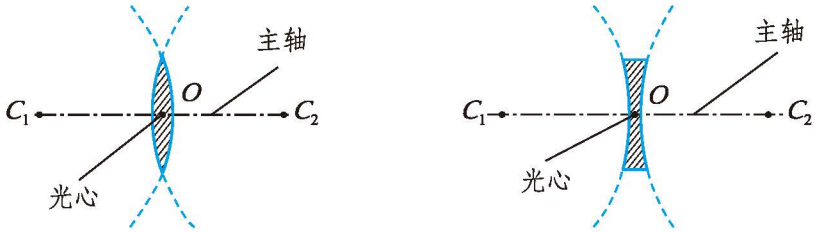


图 4.1-3　透镜的主轴和光心

透镜对光的作用

一般情况下，光从空气射入玻璃时，光的传播方向会发生改变。那么，光通过透镜时，透镜对光有什么作用呢？

做一做

如图 4.1-4 所示，在暗室中，用一组平行于主轴的光束分别照射在凸透镜和凹透镜上。观察光束通过凸透镜和凹透镜后传播方向发生了怎样的变化，把观察到的现象用光线描述出来。

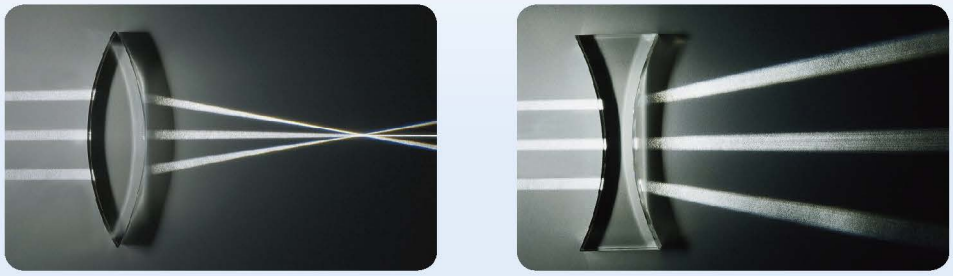
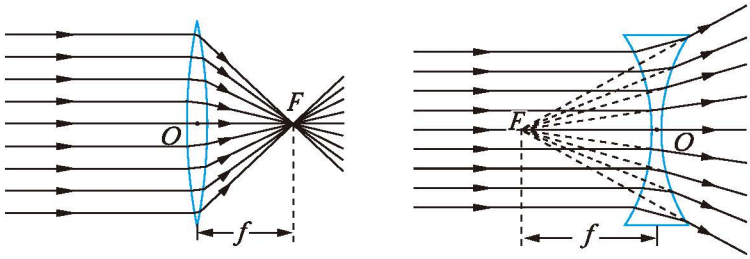


图 4.1-4　平行于主轴的光束分别通过凸透镜和凹透镜

大量实验表明：平行于主轴的光束通过凸透镜后相交于一点，平行于主轴的光束通过凹透镜后会发散。这说明凸透镜对平行于主轴的光束有会聚作用，凹透镜对平行于主轴的光束有发散作用。

平行于凸透镜主轴的光，通过凸透镜后在主轴上的 F 点会聚（图 4.1–5 甲）。F 点叫作凸透镜的**焦点**，焦点到凸透镜光心 O 点的距离叫作凸透镜的**焦距**，用 f 表示。



甲　凸透镜　　乙　凹透镜

图 4.1–5　透镜的焦点和焦距

平行于凹透镜主轴的光，通过凹透镜后形成发散光，这些发散光的反向延长线会相交到凹透镜另一侧主轴上的某一点 F（图 4.1–5 乙）。F 点叫作凹透镜的虚焦点，虚焦点到凹透镜光心 O 点的距离叫作凹透镜的焦距，用 f 表示。

相关链接

粗略测量凸透镜的焦距

太阳发出的光照射到地球上时，可以近似看作平行光。让凸透镜正对着太阳光，移动光屏，直到光屏上得到最小、最亮的光斑，如图 4.1–6 所示。此时凸透镜的光心到光屏的距离就是凸透镜的焦距。

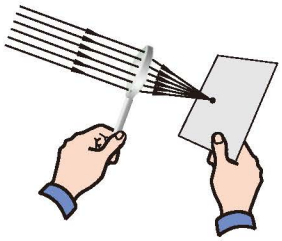


图 4.1–6　粗略测量凸透镜的焦距

古人“削冰”，并不是将冰磨制成厚薄均匀的圆饼状，而是把冰磨制成中间厚边缘薄的凸透镜。把艾草放在焦点处，由于焦点会聚了几乎所有射向冰面的太阳光，因此焦点处的温度就会逐渐升高，达到艾草的燃点，艾草就被点燃了。

平行于凸透镜主轴的光，通过凸透镜后会向靠近主轴的方向偏折，并会聚于一点，那么凸透镜对与主轴不平行的光有没有会聚作用呢？

做一做

探究凸透镜对光的作用：在暗室中，将一束激光沿不同角度分别照射在凸透镜上。观察激光束通过凸透镜后传播方向发生了怎样的变化，并在图 4.1-7 中记录下来。

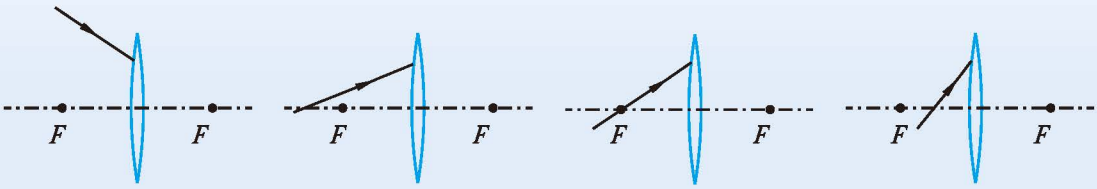


图 4.1-7　凸透镜对光的作用

实验表明：从不同方向射向凸透镜（不过光心）的光束，通过凸透镜后传播方向都会向主轴偏折。这说明凸透镜对光有会聚作用，所以凸透镜也叫会聚透镜。

凹透镜能够将平行于主轴的光发散，那么对与主轴不平行的光有没有发散作用呢？

做一做

探究凹透镜对光的作用：在暗室中，将一束激光沿不同角度分别照射在凹透镜上。观察激光束通过凹透镜后传播方向发生了怎样的变化，并在图 4.1-8 中记录下来。

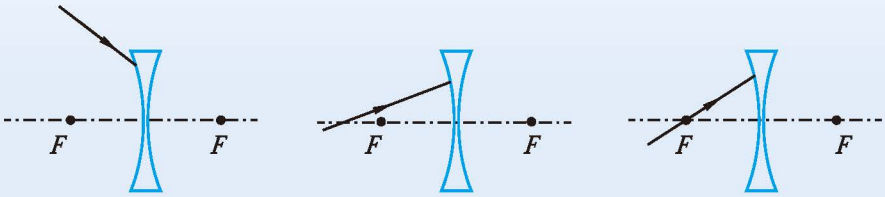


图 4.1-8　凹透镜对光的作用

实验表明：从不同方向射向凹透镜（不过光心）的光束，通过凹透镜后传播方向都会向远离主轴的方向偏折。这说明凹透镜对光有发散作用，所以凹透镜也叫发散透镜。

在图 4.1-4 中可以观察到：与主轴重合的光，通过透镜后传播方向并没有发生改变。想一想：是只有与主轴重合的光通过透镜后传播方向不变，还是从不同方向通过光心的光传播方向都不变呢？

做一做

在暗室中，让一束激光从不同方向分别通过凸透镜和凹透镜的光心，观察激光的传播方向是否发生了改变。

实验表明：从各个方向射向透镜（凸透镜或凹透镜）光心的光束，传播方向都不发生变化。

实践与探索

1. 在图 4.1-9 中画出入射光线或折射光线。

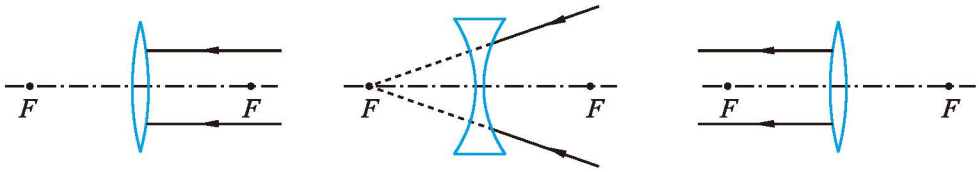


图 4.1-9　光线经过透镜发生折射

2. 凸透镜的材质和形状都固定时，凸透镜的焦距是固定不变的。说一说：怎样制作一个焦距可以改变的凸透镜？

3. 在干净透明的塑料尺上滴一滴清水，手持塑料尺与桌面保持平行，在灯光下缓慢地靠近桌面或远离桌面，如图 4.1-10 所示。当塑料尺逐渐接近桌面时，观察水滴在桌面上形成的亮斑在形状和亮度上有什么变化。请你描述观察到的现象，说一说这是为什么。

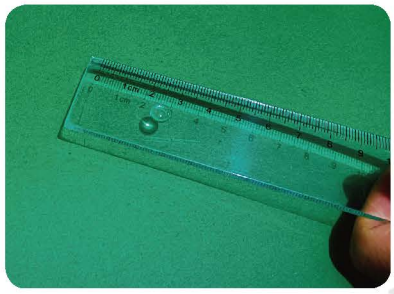


图 4.1-10　观察水滴形成的亮斑

4. 位于主轴上的点光源发出的多条光束，经凸透镜折射后，能否会聚到某一点？为什么？若经过凹透镜呢？

第二节　探究凸透镜成像的规律

小华去看望爷爷奶奶时发现，他们用的放大镜虽然规格不同，但都是凸透镜（图 4.2–1 甲）。他先将爷爷的放大镜（*A*）放在距离邮票较近的位置观察，看到的情景如图 4.2–1 乙所示；再将放大镜放在距邮票约 50 cm 的位置，发现邮票居然“倒过来”了，如图 4.2–1 丙所示。他将奶奶的放大镜（*B*）同样放在距邮票约 50 cm 的位置，看到的情景如图 4.2–1 丁所示。

A　*B*　　*A*　　*A*　　*B*

甲　　乙　　丙　　丁

图 4.2–1　用放大镜观察邮票

通过观察，小华发现凸透镜成的像有时是正立的，有时是倒立的；有时是放大的，有时是缩小的。那么，凸透镜成像的特点是由哪些因素决定的呢？

学生实验：探究凸透镜成像的规律

我们把物体到凸透镜光心的距离叫物距（u），像到凸透镜光心的距离叫像距（v）。那么，凸透镜成像的特点（倒正、大小和虚实）跟物距有关吗？

提个醒

物体在平面镜中所成的像是虚像，在凸透镜成像实验中你会观察到物体的实像。当在光屏上不能观察到实像时，需要把光屏从光具座上取下，在原来插光屏的一侧透过凸透镜观察物体是否成虚像。

做一做

探究凸透镜成像的特点与物距是否有关

1. 如图 4.2-2 所示，将光具座水平放置，取一个焦距为 10 cm 的凸透镜 A，安装在光具座 50 cm 刻度线处。

2. 将电子蜡烛安装在凸透镜 A 的左侧，光屏安装在凸透镜 A 的右侧，并将三者靠在一起，通过调节使电子蜡烛的烛焰中心、凸透镜光心和光屏中心在同一高度。

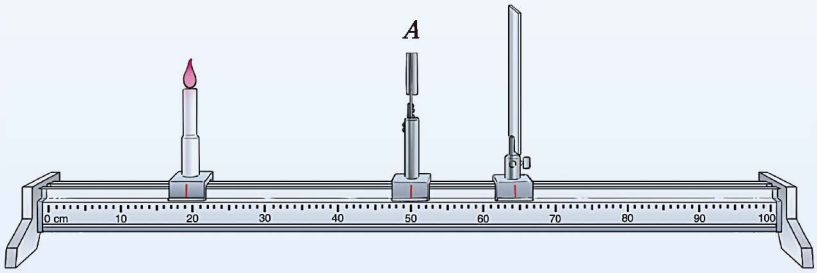


图 4.2-2　探究凸透镜成像规律

3. 点亮电子蜡烛，并将其移至最左端，测量并记录此时的物距 u。调节光屏位置，直至光屏上出现电子蜡烛烛焰清晰的像。观察像的高度，看一看像与烛焰相比是放大还是缩小了，以及像的倒正和虚实情况，记录在表 4.2-1 中。

4. 多次改变物距，观察对应的像的情况，并将数据记录在表 4.2-1 中。

表 4.2-1　探究凸透镜成像的特点与物距是否有关（f= 10 cm）

物距 u/cm										
成像情况	正立或倒立									
	放大或缩小									
	虚像或实像									

实验表明：凸透镜成像的特点与物距有关。

根据小华观察到的现象，我们还可以提出问题：凸透镜成像的特点与凸透镜的焦距是否有关？

做一做

1. 将焦距为 10 cm 的凸透镜 A 固定在光具座 50 cm 刻度线处，将点亮的电子蜡烛放置在光具座 35 cm 刻度线处，观察成像情况，记录实验数据。

2. 取一个焦距为 5 cm 的凸透镜 B，替换凸透镜 A，并保持位置不变。仍将电子蜡烛放置在光具座 35 cm 刻度线处，观察成像情况，记录实验数据。

实验表明：凸透镜成像的特点与凸透镜的焦距有关。

想一想

从获得的实验数据中，我们看到凸透镜可以成三种特点的像，分别是“倒立、缩小的实像”“倒立、放大的实像”和“正立、放大的虚像”。通过对实验数据的分析，你能推测出凸透镜成这三种像的条件吗？

提出问题 物距大于二倍焦距是凸透镜成“倒立、缩小的实像”的条件吗？

针对这个问题，提出你的猜想与假设。

收集证据 根据你的猜想与假设，利用下面提供的实验器材，设计实验与制订方案，进行实验，并记录数据。

1. 实验器材：电子蜡烛、凸透镜（A 和 B）、光屏、光具座、刻度尺等。实验装置如图 4.2–2 所示。

2. 设计实验：先思考下面的问题，然后设计实验方案。

（1）怎样更加准确地观察、判断像是缩小的像？

把物体大小简化为物体高度，观察、比较像的高度和物体高度，判断像是不是缩小的像。当像的高度与物体高度相差不大时，还要通过测量进行判断。

（2）怎样选取物距？改变物距几次？

（3）怎样设计实验数据记录表？

3. 进行实验：根据设计的实验方案进行实验，并记录实验数据。

分析论证 分析实验数据可以发现，物距大于二倍焦距时，凸透镜成

的像都是倒立、缩小的实像。当物距等于或小于二倍焦距时，凸透镜成的像不是倒立、缩小的实像。由此可推断出，凸透镜成倒立、缩小的实像的条件是物距大于二倍焦距。

交流与评估 请与同学交流讨论以下问题。

1. 倒立、缩小的像是相对于物体而言的，实验中的物体为什么要用正立方式放置？用倒立方式放置可以吗？

2. 物距大于二倍焦距是凸透镜成实像的条件吗？理由是什么？

做一做

请你仿照上面的实验过程，探究以下两个问题：

1. 物距大于一倍焦距且小于二倍焦距是凸透镜成“倒立、放大的实像”的条件吗？

2. 物距小于一倍焦距是凸透镜成“正立、放大的虚像”的条件吗？

大量实验表明，物体通过凸透镜成像的情况跟物距和凸透镜的焦距都有关，只要确定了物距与焦距的关系，就能确定成像情况。在图 4.2–3 中：

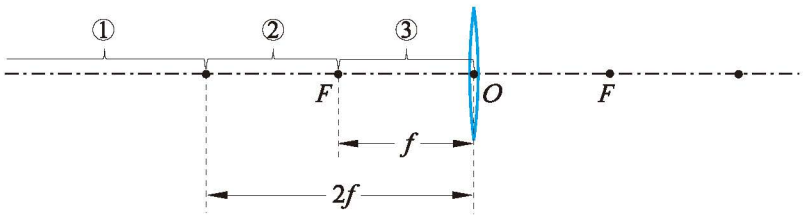


图 4.2–3 凸透镜成像情况示意图

当物体在区域①，即 $u > 2f$ 时，凸透镜成倒立、缩小的实像。

当物体在区域②，即 $f < u < 2f$ 时，凸透镜成倒立、放大的实像。

当物体在区域③，即 $u < f$ 时，凸透镜成正立、放大的虚像。

相关链接

凸透镜成像的原理也可以通过光线模型用几何学方法推理出来。为了方便作图，我们用两端带箭头的线段来表示凸透镜。如图 4.2–4 所示，将

蜡烛置于凸透镜二倍焦距处时，我们把烛焰看成一个“点（A）”，点 A 能发出无数条光线，其中有三条光线比较特殊：平行于主轴的光线经凸透镜折射后，会经过凸透镜另一侧的焦点；过光心的光线传播方向不变；过焦点的光线经凸透镜折射后，会平行于主轴射出。三条出射光线会相交到一点（A'），点 A' 就是烛焰的实像。点 A 发出的所有光线经凸透镜折射后都会会聚到点 A'。实际作图时，任选三条特殊光线中的两条就可以找到像的位置。

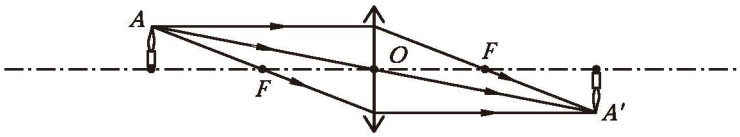


图 4.2-4　用几何学方法研究凸透镜成像规律

当物距等于二倍焦距时，用几何学方法可以得出像的高度与物体的高度相等。可见，二倍焦距处确实是凸透镜成缩小的实像与放大的实像的分界点。

实践与探索

1. 当物体位于凸透镜一倍焦距与二倍焦距之间时，在凸透镜另一侧的光屏上可以得到什么特点的像？这样的像有什么用途？

2. 有一个焦距为 8 cm 的凸透镜，将点亮的电子蜡烛从距凸透镜 30 cm 处逐渐移动到 10 cm 处，请你描述一下这一过程中像的大小和像距的变化情况。

3. 在探究了凸透镜成像规律之后，同学们提出了几个新问题。

（1）物体通过凸透镜成实像时，像与物的左右是否颠倒？

（2）把凸透镜挡住一半，像会有怎样的变化？

（3）在实验中，发现无论怎样移动光屏都不能在光屏上承接到清晰的像，原因有哪些？

请你对上述问题作出猜想，并借助实验室里的器材进行验证。

4. 小华在实验中发现“凸透镜成实像时，像距会随着电子蜡烛位置的改变而改变”。请你设计一个实验，体验一下小华的发现，思考像距随物距变化的原因。

第三节　生活中的透镜

到了假期，晶晶和同学们经常去敬老院做志愿者。他们看到爷爷奶奶们在看报纸或相册时，会将放大镜放在距离报纸或相册很近的位置。晶晶想：“为什么要将放大镜放置得那么近呢？还有什么办法可以帮助爷爷奶奶们看得更清楚、更轻松呢？”

放大镜

放大镜本身就是凸透镜，凸透镜当作放大镜使用时，需要使物体成正立、放大的像。由上一节所学知识可知，当物距小于一倍焦距时，物体经凸透镜成正立、放大的虚像。放大镜正是利用了这个成像原理。

生活中，人们常用放大镜观察物体的细小结构。例如，修表师佩戴“寸镜”（也是一种放大镜）后，可以看清微小、复杂的机械结构（图 4.3–1）。

图 4.3–1　利用寸镜观察微小的机械结构

幻灯机和投影仪

由于放大镜距离物体很近，观看稍大一点的照片如全家福、集体照时很不方便。晶晶想到一个好办法：把爷爷奶奶们的照片翻拍成电子相片，做成电子相册，再用投影仪播放出来。

图 4.3–2 是教室里常见的投影仪，它的镜头是凸透镜，能将要投影的内容

放大并呈现在屏幕上。

图 4.3–2 投影仪

图 4.3–3 幻灯机

议一议 你能分析一下投影仪所成像的特点吗？

投影仪和幻灯机的工作原理基本相同，让我们先来了解一下幻灯机（图 4.3–3）的工作原理。

如图 4.3–4 所示，幻灯片本身是不能发光的，幻灯片左侧的光源和聚光镜的作用都是让幻灯片更明亮一些。当幻灯片到镜头的距离在镜头一倍焦距与二倍焦距之间时，幻灯片经过镜头（凸透镜）在右侧屏幕上成放大的实像。

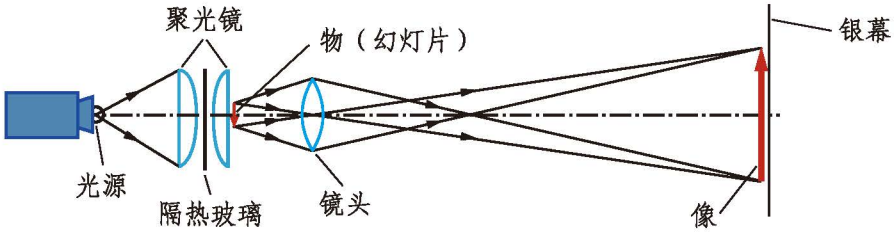


图 4.3–4 幻灯机成像的光路示意图

议一议 根据图 4.3–4 所示幻灯机成像的光路示意图，交流讨论以下问题。

1. 比较图中的物（幻灯片）和银幕上像的大小，找出哪一段距离是物距，哪一段距离是像距。物距和像距哪个更大？

2. 为了让观众看到“正立”放大的像，幻灯片应如何放置？

3. 要使屏幕上的像更大一些，应如何调节？

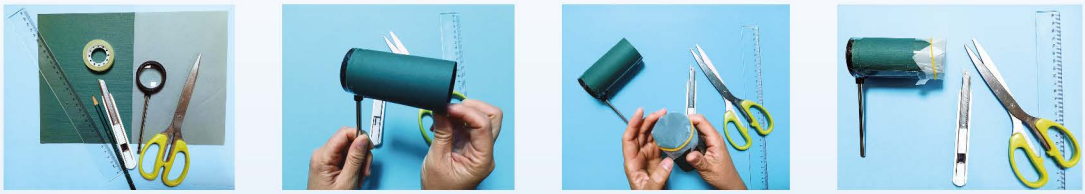
随着科学技术的快速发展，投影设备也在更新换代，幻灯机早已被投影仪取代。常见的数字投影仪的工作原理是将影像信号经过数字处理，再使信号经过投影镜头在屏幕上成像。

照相机

老人们相册里的照片记录了他们生活中美好的瞬间。他们年轻时使用的是胶片相机，像是成在底片上的。让我们一起制作一架简易照相机吧！

做一做

准备焦距为 10 cm 的凸透镜 1 只、硬卡纸 2 张、硫酸纸（半透明薄纸）1 张、剪刀、裁纸刀、铅笔、胶带、直尺等，如图 4.3–5 甲所示。



甲　　乙　　丙　　丁

图 4.3–5　自制简易照相机

1. 把一张硬卡纸裁剪成长约 10 cm、宽略大于凸透镜周长的矩形，并卷成圆筒，将凸透镜嵌入一端，用胶带固定好，如图 4.3–5 乙所示。

2. 把另一张硬卡纸制成长 8 cm、比第一个纸筒略粗的纸筒，将硫酸纸蒙在一端，并用胶带粘接好，如图 4.3–5 丙所示。

3. 将第一个纸筒插入第二个纸筒，如图 4.3–5 丁所示。

4. 在较暗的室内对着明亮的景物，不断调整硫酸纸（光屏）与凸透镜的距离，直到景物的像清晰地呈现在硫酸纸上，一架简易照相机就做好了。

请描述所看到的“像”的特点，并分析它的成像原理。

如图 4.3–6 所示，物体到镜头的距离大于二倍焦距时，物体在底片上成倒立、缩小的实像。物体距透镜越远，像就越小。若要使底片上的像大一些，应

当减小物距、增大像距，即让照相机离物体近一些，并调节相机镜头向外移动，使镜头距离底片远一些。

现代照相机的镜头是由多个镜片组成的，可以弥补单个镜片的诸多不足，总体上近似于一个理想的凸透镜，可以实现变焦等功能。如果在底片处换上图像传感器，并增加图像处理器和存储器，就制成了数码照相机（图 4.3–7）。

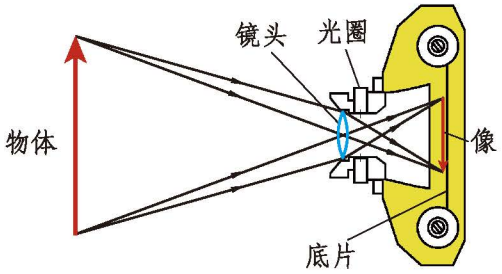


图 4.3–6　简易照相机成像原理图

图 4.3–7　数码照相机

光学显微镜

光学显微镜对像的放大能力比放大镜强得多。光学显微镜是由两组镜头构成的，每组镜头都相当于一个凸透镜。物镜的焦距较小，目镜的焦距较大。使用时，物体通过物镜成倒立、放大的实像，这个实像通过目镜进一步放大，成正立、放大的虚像，如图 4.3–8 所示。

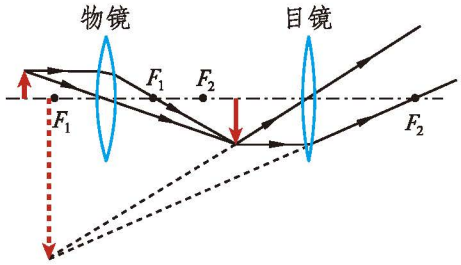


图 4.3–8　光学显微镜及其成像原理

光学显微镜的放大倍数等于物镜放大倍数与目镜放大倍数的乘积。用光学显微镜可以看到微生物、细胞等人眼不能直接观察到的物体。

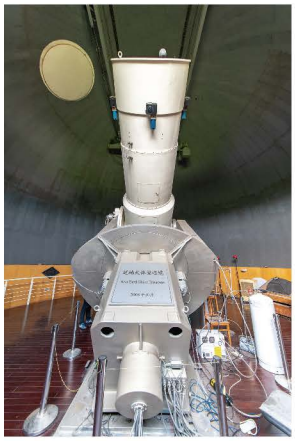
光学望远镜

望远镜也有两组镜头，它能使很远的物体在眼前成像。望远镜有许多种类，如普通望远镜、天文望远镜等（图 4.3-9）。大家可以查阅资料，了解不同种类望远镜的成像原理。

伽利略式双筒望远镜

棱镜式普通望远镜

小型天文望远镜



近地天体望远镜

图 4.3-9　不同种类的望远镜

早在 2 500 年前，人类已经会通过烧制的方法制作凸透镜了，在漫长的岁月中人们逐渐了解它，利用它的成像规律制造了许多光学仪器，在天文、军事、交通、医学、艺术等领域发挥着重要作用。

实践与探索

1. 胶片电影放映机（图 4.3-10）与幻灯机的工作原理基本相同。为了使观众看到正立的像，胶片应该如何进入片门（胶片被强光照亮的金属窗口）？屏幕上所成的像是虚像还是实像？

2. 请你结合照相机成像原理说一说：在给同一个人照半身像和全身像时，底片上的像大小有何变化？为什么拍半身像时人离镜头近，拍全身像时人离镜头远？若有一架照

图 4.3-10　胶片电影放映机

相机在人与镜头距离不变的情况下，既能拍出半身像，又能拍出全身像，你猜想一下是什么原因。

3. 暑假，小华和爸爸、妈妈去郊游。小华被一只五彩斑斓的小昆虫吸引住了，由于昆虫太小不容易观察，于是小华就利用旅行携带的一些物品，做了一个“微小物体观察仪”。他将空纸杯的底部剪掉，用一张透明的塑料薄膜覆盖，让薄膜中间微微下陷，然后用橡皮筋绑好，再将水轻轻地倒在薄膜的凹陷部位，最后将另一张透明的塑料薄膜盖在上面，用第二根橡皮筋绑好。这样，“微小物体观察仪”就做好了（图 4.3–11）。

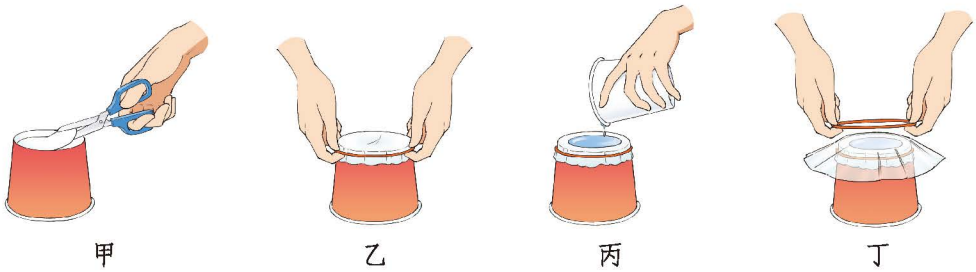


图 4.3–11 微小物体观察仪的制作过程

（1）请你判断小华制作的“微小物体观察仪”能否起到放大的作用。

（2）小华在实际使用“微小物体观察仪”时发现观察效果并不好。请你根据小华的制作过程猜想有哪些因素影响观察效果，实践一下并提出改进建议。

4. 查找关于显微镜、望远镜发明和发展的历史资料，谈谈显微镜、望远镜对于人类认识世界和改善生活的贡献。

第四节　跨学科实践：小小验光师

最近，晶晶看黑板上的字有些模糊，她担心自己的眼睛可能变成了“近视眼”。她迫切地想知道：近视眼是怎么回事？如何矫正？于是她带着疑问和同学们一起走进了实验室。

了解眼睛

要想解答晶晶的疑问，首先要了解眼睛的结构和功能。

通过观察眼球的结构模型和查阅资料，晶晶和同学们认识到：人的眼睛近似于球体，成年人正常眼球前后径平均为 24 mm，垂直径平均为 23 mm。眼球由眼球壁和内容物组成。角膜、房水、晶状体和玻璃体构成了眼球的折光系统（图 4.4–1）。

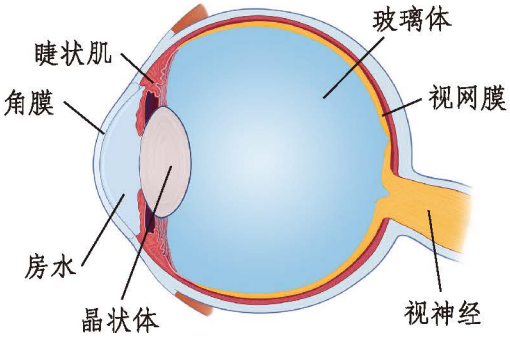


图 4.4–1　人眼的基本结构

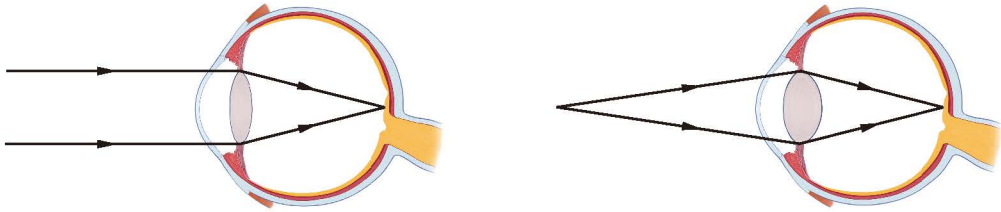
当物体发出或反射的光进入人眼时，其中晶状体对光的偏折能力最强，相当于一个凸透镜，通过睫状肌的伸缩，可以调节晶状体的曲度，因此晶状体等效于一个焦距可变的凸透镜。人眼可以使远近不同的物体在视网膜上清晰地成像。视网膜上的感光细胞获得图像信息时，会通过视神经将信息传到大脑的视觉中枢进行处理，形成视觉。

晶晶和同学们惊叹于眼球结构的复杂精密，无论光线明亮还是昏暗，无论远在天边的山峦还是近在眼前的物体，都能在视网膜上成清晰的像。那么人眼是如何实现视远（看远处物体）、视近（看近处物体）都清晰的呢？

人眼的自动调节

我们用一个简单的可变焦凸透镜来表示人眼复杂的折光系统，使问题的研

究过程简单化，如图 4.4-2 所示。



甲 正常眼看远处物体　　乙 正常眼看近处物体

图 4.4-2 正常眼看远处与近处物体的光路情况

成年人在视远和视近时，眼球的前后径几乎是不变的，折光系统中晶状体起主要调节作用。我们可以用水透镜（一种两面为透明弹性膜、内部充水、凸起程度可调的透镜）模拟晶状体，完成下列活动。

活动一：用水透镜模拟人眼晶状体的调节功能

活动目的

1. 用水透镜模拟晶状体，通过对水透镜进行注水和抽水，观察水透镜两面弹性膜的形状变化，了解它的变焦功能。

2. 通过调节水透镜的焦距，模拟正常眼视远和视近时的情况，进一步认识晶状体在人眼成像过程中的作用。

活动器材

LED 发光体、水透镜 *A*、光具座、注射器、阻断器和光屏等（图 4.4-3）。

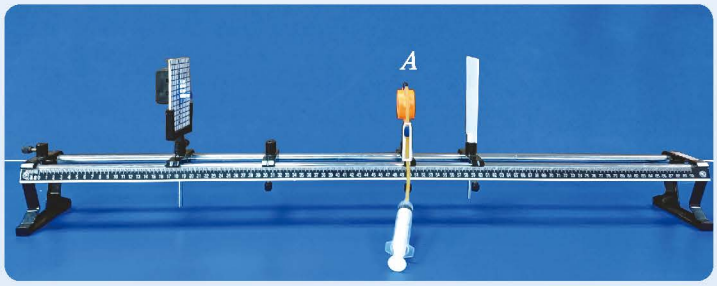


图 4.4-3 用水透镜模拟人眼晶状体的调节功能的实验装置

活动内容

1. 将水透镜 *A* 固定在光具座 50 cm 刻度线处，光屏固定在 60 cm 刻度线

处，LED 发光体置于距水透镜 A 约 40 cm 的位置，通过向水透镜里注水（相当于睫状肌收缩，晶状体变厚）或抽水（相当于睫状肌舒张，晶状体变薄），直至在光屏上呈现清晰的像。观察此时水透镜两面弹性膜的形状。

2. 用阻断器阻断进出水透镜的水流，保持水透镜和光屏的位置不变，将发光体置于距水透镜约 20 cm 的位置，思考一下：为什么要保持水透镜到光屏的距离不变？这时应该是注水还是抽水才能使像清晰地呈现在光屏上？请验证你的猜想。

人的正常眼睛的“焦距”都小于 2 cm，睫状肌牵动悬韧带可以改变晶状体的曲度，使物体所成的像总能落在视网膜上。眼睛能看清的最远位置叫作远点，正常眼睛的远点在无穷远处。当晶状体凸起程度最大时，眼睛能看清的最近的位置叫作近点。在合适的照明条件下，距眼睛 25 cm 处的物体在视网膜上所成的像最清晰，眼睛又不易疲劳，因此把 25 cm 的距离叫作正常眼睛的**明视距离**。

总体来说，眼睛就像一架精密的照相机，能在视网膜上成倒立、缩小的实像。

议一议 近视眼的远点、近点相对正常眼发生了什么变化？这些变化会带来哪些问题？

近视眼的成因及矫正

活动二：用水透镜模拟近视眼视近和视远的过程

活动目的

了解近视眼形成的原因。

活动器材

LED 发光体、水透镜 A、注射器、阻断器、光具座和光屏等。

活动内容

1. 在活动一的基础上，再将 LED 发光体置于距水透镜 A 约 25 cm 的位置，

通过抽水或注水，直至在光屏上呈现清晰的像，模拟出近视眼看近处物体时的情景。此时用阻断器将进出水透镜的水流阻断。

2. 将 LED 发光体移至距水透镜 *A* 较远的位置，观察光屏上的成像情况。取下光屏，用光屏找到此时成清晰的像的位置，看看像是在光屏原位置的前面（像距变短），还是在原位置的后面（像距变长），再将光屏插回原处。

分析实验结果可知：近视眼的晶状体过于凸起，折光能力较强，睫状肌对晶状体的调节作用不足，所以近视眼看远处的物体时，成像的位置始终在视网膜前方（图 4.4-4）。

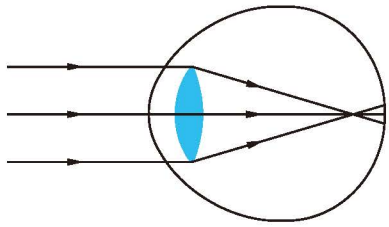


图 4.4-4　近视眼成像在视网膜前方

近视眼的成因有很多，有先天的，也有后天形成的。后天形成原因主要是经常长时间、近距离用眼，眼睛的睫状肌长时间处于紧张状态，晶状体长时间处于凸起状态。当视远时，凸起的晶状体变薄的过程比较缓慢，就会出现看不清楚远处物体的情况，形成假性近视。如果晶状体长期恢复不了正常状态，就会成为近视眼。

议一议　了解了近视眼的成因之后，你能想到哪些矫正近视眼的方法？

人类利用透镜来矫正视力有近千年的历史，为什么戴上合适的眼镜后人们就可以看清楚物体了？

活动三：探索用透镜矫正近视眼

活动目的

1. 模拟给近视眼配眼镜时的情景。
2. 了解用凹透镜矫正近视眼的基本原理。

活动器材

LED 发光体、光具座、光屏、注射器、阻断器、水透镜 *A* 和水透镜 *B* 等

（图 4.4-5）。

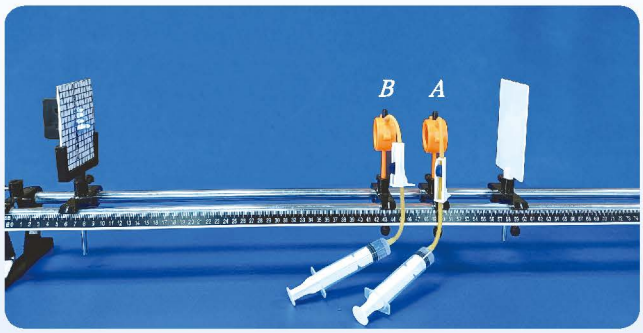


图 4.4-5　探索用透镜矫正近视眼的实验装置

活动内容

1. 在活动二中模拟近视眼看远处物体的实验基础上，保持水透镜 *A* 中的水量不变（用它充当近视眼的晶状体），观察此时 LED 发光体在光屏上的成像情况。

2. 将水透镜 *B*（此时对光没有偏折能力）安装在水透镜 *A* 与 LED 发光体之间、距水透镜 *A* 约 1 cm 的位置，充当矫正视力的透镜。

3. 想一想：要让清晰的像重新呈现在光屏上，应该向水透镜 *B* 中注水还是抽水？验证你的猜想。

通过实验我们发现，抽出水透镜 *B* 中适量的水后，可以使清晰的像重新回到光屏上。此时，水透镜 *B* 相当于一个凹透镜，可以用来矫正近视眼（图 4.4-6）。

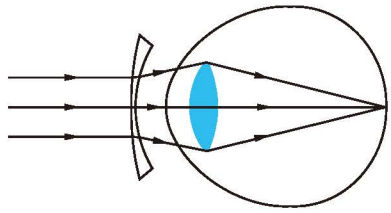


图 4.4-6　用凹透镜矫正近视眼

晶晶已经认识到爱护眼睛的重要性。现在困扰她的问题只剩下最后一个：近视眼镜和远视眼镜的矫正原理是否相同？

议一议　远视眼看物体有什么特点？远点、近点相对于正常眼发生了什么变化？能说明什么问题？

远视眼的成因及矫正

远视眼只能看清远处的物体，当看近处的物体时，晶状体的凸起程度达到最大时也看不清楚物体。

活动四：用水透镜模拟远视眼视远和视近的过程

活动目的

了解远视眼的形成原因。

活动器材

LED 发光体、光具座、光屏、注射器、阻断器和水透镜 *A* 等。

活动内容

1. 将水透镜 *A* 固定在光具座 50 cm 刻度线处，光屏固定在 60 cm 刻度线处，LED 发光体分别置于距水透镜 45 cm 和 40 cm 的位置，通过向水透镜 *A* 中注水或抽水使光屏上呈现清晰的像，模拟出远视眼看远处物体时的情景。此时用阻断器将进出水透镜的水流阻断。

2. 将发光体移至距水透镜 *A* 较近的位置，观察光屏上的成像情况。取下光屏，用光屏找到此时成清晰的像的位置，看看像是在光屏原位置的前面（像距变短），还是在原位置的后面（像距变长），再将光屏插回原处。

分析实验结果可知：远视眼的晶状体折光能力较弱，睫状肌对晶状体的调节作用不足，所以远视眼看近处的物体时，成像位置始终在视网膜后方（图 4.4–7）。

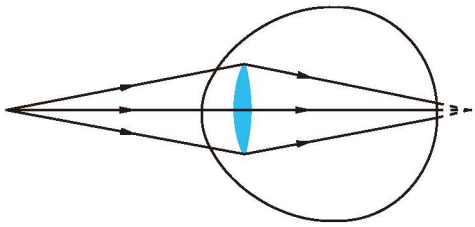


图 4.4–7　远视眼成像在视网膜后方

儿童由于生长发育的原因，眼球的前后径较短，成的像在视网膜后面，会形成“远视眼”。大多数人在 40～50 岁时晶状体的调节能力开始变弱，看近处物体时，成的像也在视网膜后面，此时眼睛的状态称为“老视”，俗称“老花眼”。

想一想：远视眼用何种透镜矫正呢？

活动五：探索用透镜矫正远视眼

活动目的

了解用凸透镜矫正远视眼的基本原理。

活动器材

LED 发光体、光具座、光屏、注射器、阻断器、水透镜 A 和水透镜 B 等。

活动内容

1. 在活动四中模拟远视眼看近处物体的实验基础上，保持水透镜 A 中的水量不变（用它充当远视眼的晶状体），观察此时光屏上的成像情况。

2. 将水透镜 B（此时对光没有偏折能力）安装在水透镜 A 与 LED 发光体之间、距水透镜 A 约 1 cm 的位置，充当矫正视力的透镜。

3. 想一想：要让清晰的像重新呈现在光屏上，应该向水透镜 B 中注水还是抽水？验证你的猜想。

通过实验发现：向水透镜 B 中注入适量的水后，可以使清晰的像重新回到光屏上，此时水透镜 B 相当于一个凸透镜，可以用来矫正远视眼（图 4.4-8）。

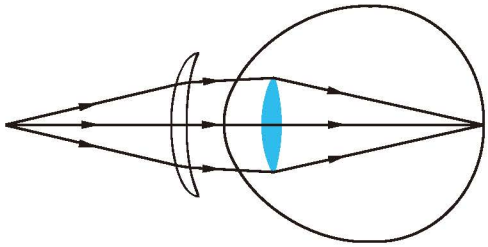


图 4.4-8　用凸透镜矫正远视眼

相关链接

眼镜的度数

眼镜的度数 $D=\frac{1}{f}\times 100$（公式中焦距 f 必须用 m 作单位）。近视眼镜用凹透镜制成，焦距 f 取负值；远视眼镜用凸透镜制成，焦距 f 取正值。如果某人所戴的近视眼镜的度数为 1 000 度，则眼镜的焦距为 −0.1 m。

晶晶检查视力时，验光师告诉晶晶，她的眼睛是假性近视，平时注意用眼卫生，劳逸结合，有助于恢复正常的视力。他了解到晶晶和同学们的探索过程后，夸赞他们都是小小验光师了。

实践与探索

1. 分析图 4.4-9 所示的情景，图_____表示近视眼的成像情况，图_____表示近视眼的矫正情况。

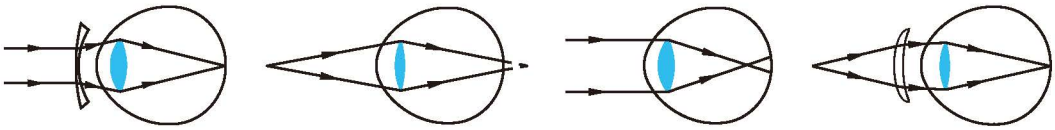


图 4.4-9 几种不同的成像情况

2. 小华用自制水透镜模拟人眼的晶状体。如图 4.4-10 所示，图甲中的水透镜表示正常眼睛的晶状体，测得其焦距为 5 cm。通过注水和抽水让该水透镜分别形成图乙、图丙所示的形状，并分别测量其焦距。

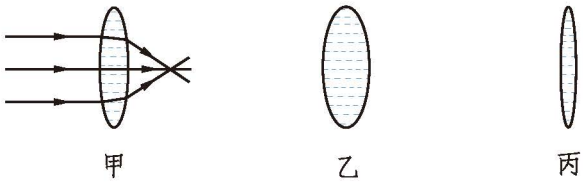


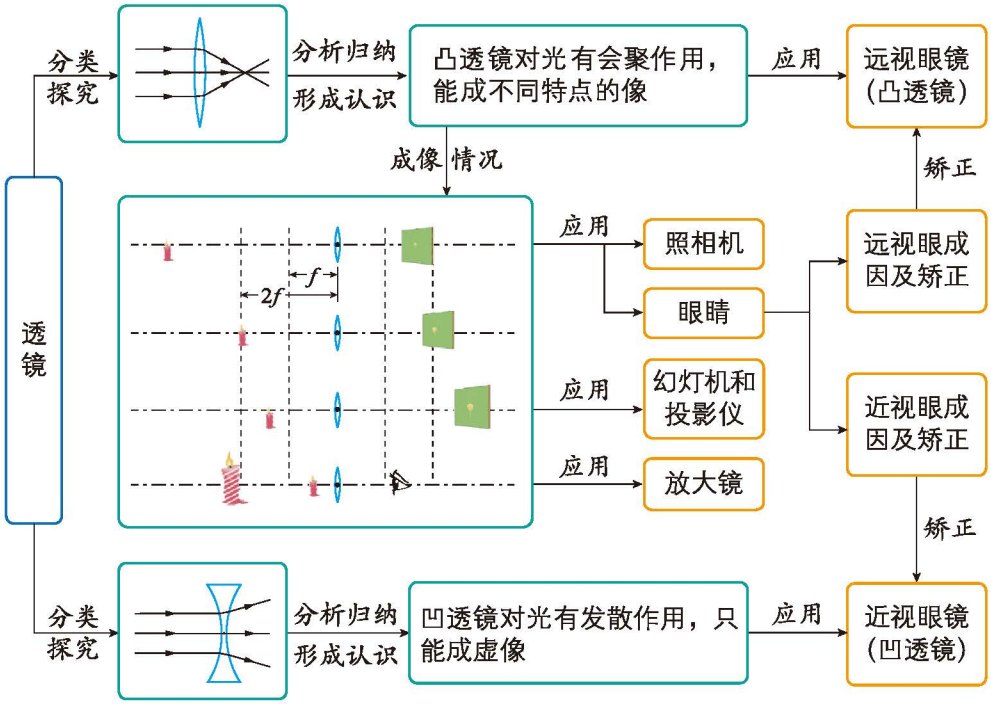
图 4.4-10 用水透镜模拟人眼的晶状体

（1）在图乙和图丙中，焦距大于 5 cm 的是图_____所示的水透镜，能模拟近视眼的是图_____所示的水透镜。

（2）若要让平行于图丙所示的水透镜主轴的平行光，通过该水透镜后会聚在距水透镜中心 5 cm 处，除了注水外，通过在该水透镜前放置一个适当的_____透镜也可以实现（选填“凸”或“凹”）。

3. 随着手机、计算机在生活中的普遍使用，青少年更应该增强爱眼护眼意识。每年的 6 月 6 日是全国爱眼日，请你通过调查了解一下近视眼的形成原因，提出可行的预防措施。

学到了什么



· 薄透镜是一种理想化的物理模型，其厚度忽略不计，可以认为从各个方向射向光心的光传播方向不变。

· 晶状体是人眼中曲度可以调节的结构，我们将人眼的折光系统简化成一个焦距可调的凸透镜，运用“简化眼”模型开展相关研究。

· 研究透镜对光的作用，就是结合折射规律研究透镜对光的传播方向的影响。

· 在探究凸透镜成像规律的实验中，经历了提出问题、形成猜想与假设、设计实验与制订方案、获取与处理信息、基于证据得出结论并作出解释、交流与评估的科学探究过程。

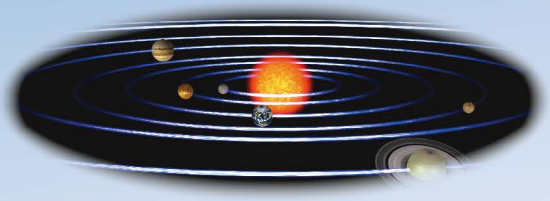
· 人们利用透镜的成像原理制造了各种光学仪器，为人类的生产和生活服务，同时也促进了科学技术的进步。

5

第五章 机械运动的描述

我们生活在一个运动的世界中，同学们在操场上跑步，鸟儿在天空中翱翔，鱼儿在海洋里遨游，列车在城乡间穿行，地球在宇宙中绕太阳转动……我们居住的房屋看似不动，其实也在随着地球一起绕太阳转动。

什么是运动？如何描述物体的运动？让我们从最简单的机械运动开始，认识这个运动的世界吧！



第一节　长度和时间的测量

在庆祝中华人民共和国成立 70 周年大会上，受阅徒步方队接受检阅时，战士们步调一致昂首向前。战士们是如何做到整齐同步向前运动的呢？

整齐同步的运动体现了战士们对长度、时间有很好的认识和控制，他们每迈一步的步幅几乎相等，所用时间几乎相同。日常生活中，我们也经常用到长度和时间。例如：篮球场地的长为 28 m，宽为 15 m；课间休息时间为 10 min。

长度和时间是两个基本的物理量，长度和时间的测量是物理学中最基本的测量。

长度的测量

你知道跳远沙坑的长和宽是多少吗？你会测量长度吗？如图 5.1–1 所示，同学们在用自己的方法测跳远沙坑的长度，为什么会有不同的测量结果？

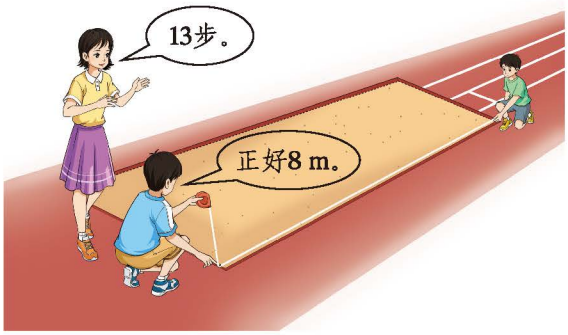


图 5.1–1　测跳远沙坑的长度

在上述实例中，同学们在测量长度时分别采用了不同的测量标准，使得测得的结果不相同。通过步长这个“工具”可以比较容易地测量日常生活中一些物体的长度，但这样测量的结果显然是因人而异的。

因此，为了便于比较和交流，必须采用统一的测量标准、恰当的测量工具和正确的测量方法。

相关链接

国际单位制

国际单位制是国际计量大会（CGPM）采纳和推荐的一种一贯单位制，由基本单位、导出单位及倍数单位构成。米、千克、秒、安培、开尔文、摩尔和坎德拉为国际单位制的 7 个基本单位。

《中华人民共和国计量法》（2018 年 10 月第五次修正）指出：国际单位制计量单位和国家选定的其他计量单位为国家法定计量单位。国家实行法定计量单位制度。

在国际单位制中，长度的基本单位是**米**（m）。此外，还有千米（km）、分米（dm）、厘米（cm）、毫米（mm）、微米（μm）、纳米（nm）等，它们和米（m）之间的换算关系是

$$1\ \text{km} = 10^3\ \text{m},\quad 1\ \text{m} = 10\ \text{dm},$$
$$1\ \text{m} = 10^2\ \text{cm},\quad 1\ \text{m} = 10^3\ \text{mm},$$
$$1\ \text{m} = 10^6\ \mu\text{m},\quad 1\ \text{m} = 10^9\ \text{nm}。$$

生活中，人们还常用寸、尺、丈、里、海里等作为长度单位。

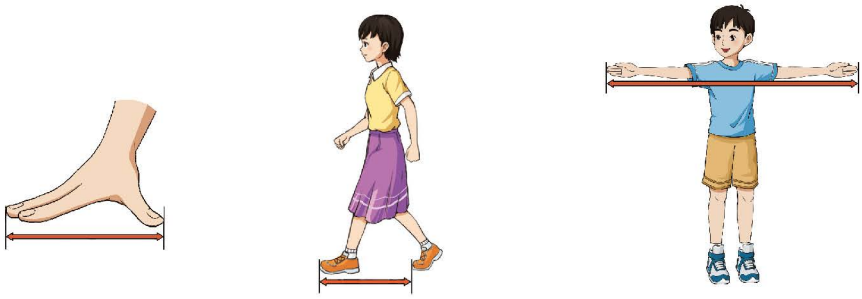
相关链接

米是怎样规定的

2018 年，第 26 届国际计量大会通过如下定义：当真空中光速以 m/s 为单位表示时，将其固定数值取为 299 792 458 来定义米。

古代人们经常用自己身上的“尺”来测量长度。例如：张开手掌，大拇指和中指两端间的距离为“一拃（zhǎ）”（图 5.1–2 甲）；行走时，两脚脚尖之间的距离为“一步”（图 5.1–2 乙）；伸平双臂，左手中指尖到右手中指尖之间的

距离为“一庹（tuǒ）”（图 5.1–2 丙）。这些“尺”只能用来估测长度，不能用来精确地测量长度。



甲　一拃　　乙　一步　　丙　一庹

图 5.1–2　我们身上的“尺”

现代人们测量长度通常用到的工具有直尺、卷尺和游标卡尺等刻度尺（图 5.1–3）。

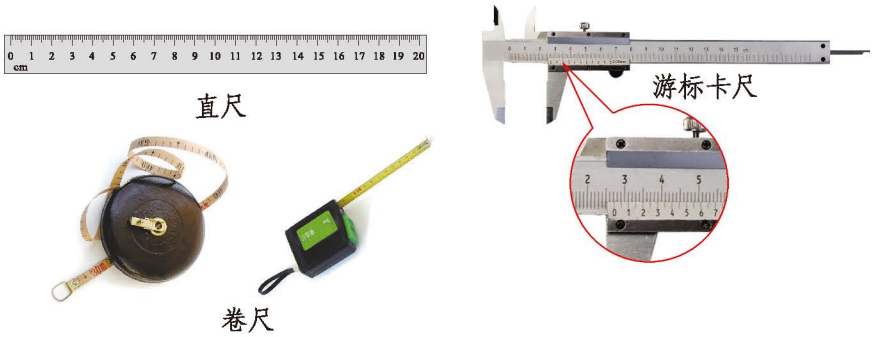


图 5.1–3　测量长度的工具

图 5.1–3 中直尺的量程（刻度尺能测量的长度范围）是 0～20 cm，分度值（刻度尺上相邻两条刻度线之间的长度）是 1 mm，它的读数可以准确到 1 mm。

想要准确测量长度，需要选择合适的测量工具，并掌握正确的测量方法。使用刻度尺测量物体的长度时，需要注意如下事项。

1. 根据被测物体的估计长度和测量要求，选择量程和分度值合适的刻度尺。

2. 放置刻度尺时，将刻度尺的零刻度线对准被测物体的一端，刻度尺有刻度的一边紧贴被测物体（图 5.1–4）。

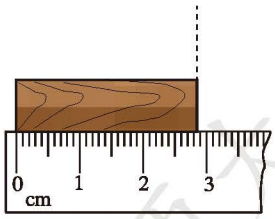


图 5.1–4　测量木块的长度

3. 观察测量结果时，视线正对被测物体末端所对的刻度线。

4. 读数时，读出准确值和估计值。如图 5.1-4 所示，2.8 cm 是准确值，0.05 cm 是估计值。

5. 记录数据时，不但要记录数值，还必须注明单位。图 5.1-4 中木块长度的测量结果是 2.85 cm。

提个醒

由于所用刻度尺的分度值是 1 mm，所以数据中的“2”和“8”是从刻度尺上准确读出来的，而“5”只能通过目测估计得出。这样由准确数字和一位估计数字组成的数字，叫作有效数字。

学生实验：用刻度尺测量长度

估计物理课本的长度和宽度，选择合适的刻度尺进行测量。你选择的刻度尺的量程为 _____ cm，分度值为 _____ cm。将测量结果记录在表 5.1-1 中。

表 5.1-1　用刻度尺测量长度

被测物体	长度 / cm	宽度 / cm
物理课本		

用刻度尺分别测量出自己“一拃”“一步”和“一庹”的长度，有了这些数据，就有了随身携带的测量长度的工具。在日常生活中，随时可以用自己身上的“尺”来估测长度。

相关链接

科学记数法

在科学研究中常遇到一些很大或很小的数据，为了方便地表示这些数据，人们常采用科学记数法。在科学记数法中，把 1 000 记作 10^3，也就是说 $1\ 000 = 10^3$；把 0.001 记作 10^{-3}，也就是说 $0.001 = 10^{-3}$。例如：太阳的半径约为 700 000 000 m，用科学记数法可写为 7×10^8 m；人头发的直径约为 0.000 07 m，用科学记数法可写为 7×10^{-5} m。

为了追求测量的精确性，人类不断改进测量工具和测量方法，使测量值更接近真实值，但任何测量结果都不可能绝对精确。测量值与真实值之间总会有差异，这种差异叫作误差。引起误差的原因有很多，如测量工具不够精确、测量方法不够完善等。误差和错误不同，误差是不可避免的，但可以想办法减小。为了减小某些不确定因素造成的误差，可以采用多次测量求平均值的方法。

时间的测量

在国际单位制中，时间的基本单位是秒（s）。此外，时间的单位还有小时（h）、分（min）、毫秒（ms）、微秒（μs）等。它们之间的换算关系是

$$1\ \mathrm{h} = 60\ \mathrm{min} = 3.6 \times 10^3\ \mathrm{s},$$

$$1\ \mathrm{s} = 10^3\ \mathrm{ms},$$

$$1\ \mathrm{ms} = 10^3\ \mu\mathrm{s}。$$

相关链接

秒是怎样规定的

在人类观察到的自然现象中，天空中发生的现象最明显，也最有规律，所以时间的量度早期以地球自转的周期作为基准，这就是所谓的太阳日。1 秒 =1/86 400 太阳日。

随着科技的进步，科学家对时间和频率的测量技术有了很大发展。2018 年，第 26 届国际计量大会规定，当铯-133 原子基态的超精细能级跃迁频率以单位 Hz（即 s^{-1}）表示时，将该频率的固定数值取为 9 192 631 770 来定义秒。

人们还常用日、月、年作为计时单位。其实从人类意识觉醒开始，“时间”便如影随形，我们的祖先很久以前就依据太阳东升西落的规则运动，确定了一年的长度。

相关链接

《授时历》是我国古代一部很精良的历法，于1281年施行，由元朝的郭守敬（图5.1–5）、王恂、许衡等创制，因《尚书·尧典》“敬授人时”得名，是我国历史上施行最久的历法。郭守敬（1231—1316）使用圭表历经三年半进行约200次的表影测量，定出十分精确的冬至时刻，又结合历史上的可靠资料加以分析、归纳，得出一个回归年的长度为365.242 5日。这个值与近代观测值仅差25.92秒，精度与公历（指1582年的《格里历》）相当，但比西方早了300多年。

图5.1–5 郭守敬

中华民族是勤劳智慧的民族，我国古代人民很早就会利用自然界中有规律的运动来计时，如圭表、日晷和漏壶（图5.1–6）等。依据圭表正午时表影长度的变化，能推算出二十四节气，依据表影长短的周期性变化，能确定一回归年的天数。日晷由晷盘和晷针组成，有太阳照射时，人们可以通过晷针影子的长度、方向，以及晷针影子在晷盘上的位置来确定时间。漏壶是利用水的恒定流量来计量时间的。

圭表

日晷

漏壶

图5.1–6 古代计时工具

现在我们在生活中一般用时钟计时，物理实验室中一般用秒表（又称停表）来计时（图5.1–7）。随着现代科技的发展，计时工具越来越精确。机械秒表可以精确到0.1 s，运动会上的电子测时系统可以精确到0.001 s，科学实验中使用的计时仪器还可以精确到1 μs，甚至更小。

图 5.1–7　秒表

学生实验：用表测量时间

用秒表或其他计时工具测量时间。

1. 测量自己的脉搏跳动 30 次所用的时间，测量结果为_____ s。

2. 测量同学从教室前面走到后面的时间，测量结果为_____ s。

阅读与拓展

北京时间的奥秘

北京时间是我国国家标准时间，由位于陕西的国家授时中心发出。时间的产生、保持，以及把时间信息通过一定的方式传送出去，叫作“授时”。我国经过几代科研人员一次次的关键技术突破，实现授时技术自主可控，跻身世界先进行列。

20 世纪 70 年代末，我国通过国产原子钟建立起国际通行的原子时系统。20 世纪 80 年代，建成了长波授时台系统，精度比短波授时提高 1 000 倍，达到微秒量级。2005 年，我国在相关研究“零基础”的情况下开启了高性能原子钟的研究，经过 15 年的努力，在 2020 年陆续成功研制了两台具有自主知识产权的铯原子喷泉基准钟，使北京时间有了自主的校准能力；此外，还研发出了打破国外垄断的新型小铯钟。这两项技术的成功研发，解决了守时的核心问题，实现了自主可控。目前，我国标准时间准确度和稳定度不断攀升，与国际标准时间偏差小于 5 ns，远优于 100 ns 偏差的国际要求。

如今，我国已经形成了“原子钟—守时—授时—用时”完整的时间频率学科链，以及以“时间—信号—轨道”为特色的卫星导航系统研发技术优势。2020 年北斗三号全球卫星导航系统的全面建成和开通，有助于我国在未来构建主要由基于太空的卫星授时、空间站授时和基于地面的长波无线电授时、光纤有线授时等组成的立体交叉授时系统。

实践与探索

1. 估测学校升旗仪式中播放一遍中华人民共和国国歌《义勇军进行曲》所需的时间，用秒表测出这个时间，比较估测和用秒表测量的时间，并计算二者相差多少。从语文课本上选一首古诗，用秒表测出你朗诵一遍这首古诗所用的时间。

2. 想知道教室的长度，若用你自身的“尺”（如一拃、一步、一度）进行测量，你会用哪个“尺”？为什么？用你自身的“尺”和刻度尺分别测量教室的长度，比较这两个值并计算二者相差多少。

3. 有一个长 28 cm、宽 20 cm、高 1 cm 的硬质档案盒，这个盒子能放下你的物理课本吗？说一说你的解决方法，并进行实际测量，根据数据作出分析和判断。

4. 怎样测量乒乓球的直径？如何测量一张纸的厚度？简述你的测量方法，进行实际测量，并与其他同学交流测量结果。

5. 查阅资料，以“华夏之光——我国古代测量长度和时间的工具”为主题，做一份手抄报，并与同学交流。

第二节　常见的机械运动

生活中，当你坐在快速行驶的列车里，会看到车外的树木快速向后运动，远处的村庄和田野也在缓缓后退。

是列车在运动，还是车外的树木、村庄和田野在运动？怎样判断物体是运动的还是静止的？

机械运动

在上述情景中，以行驶的列车作为参照，坐在列车里的乘客相对于列车的位置没有变化，乘客是静止的；车外的树木、村庄和田野相对于列车的位置发生了变化，树木、村庄和田野是运动的。

图 5.2-1　乘观光电梯上楼

想一想

如图 5.2-1 所示，在人乘坐观光电梯上升的过程中，以什么作为参照，人是静止的？以什么作为参照，人是运动的？

在图 5.2-1 所示情景中，以上升的观光电梯作为参照，电梯里的人相对于电梯位置没有变化，所以人是静止的；以地面作为参照，电梯里的人相对于地面位置发生了变化，所以人是运动的。

人们判断物体是运动的还是静止的，总是先选取某一物体作为参照，这个被选作参照的物体叫作**参照物**。相对于参照物，物体的位置变化了，我们就说它是运动的；物体的位置没有变化，我们就说它是静止的。

一个物体相对于另一个物体的位置随时间的变化，叫作**机械运动**，通常简称为运动。

议一议 图 5.2-2 是特技跳伞运动员在空中表演时的情景，通过镜头我们感觉他们悬浮在空中几乎不向下运动，轻松地完成着各种动作，难道他们真的能悬浮在空中完成各种造型吗？

图 5.2-2 特技跳伞表演

其实，运动员都在空中快速地向地面运动着，但是由于镜头和他们向下运动的情况几乎相同，当两个运动得很快的物体向同一方向运动时，会出现好像“运动变慢”甚至“不运动”的现象，于是镜头中的运动员好像是悬浮在空中完成表演的。

如图 5.2-3 所示是赛龙舟时的情景，以龙舟上的鼓为研究对象，鼓是静止的还是运动的呢？若以龙舟为参照物，鼓就是静止的。若以岸边的树为参照物，鼓就是运动的。可见，判断鼓是运动的还是静止的与选择的参照物有关。

图 5.2-3 赛龙舟

判断一个物体的运动情况，与所选的参照物有关。选择不同的参照物，对同一物体运动情况的描述就有可能不同。所以，我们所说的运动和静止是相对的。我们可以根据研究问题的需要选择适当的参照物。通常所说的运动和静止，都是以地面作为参照物的。

实践与探索

1. 中秋节的夜晚，小华看到月亮在云中穿行，他选择的参照物是_____。

2. 在敦煌曲子词《浣溪沙·五两竿头风欲平》中有一句词："满眼风波多闪灼，看山恰似走来迎。仔细看山山不动，是船行。"这句词刻画了船与河岸、山的运动关系。看山好像"走来迎"，是以什么为参照物的？觉得船在"行"，是以什么为参照物的？

3. 观察生活中的机械运动现象，举出一个说明机械运动具有相对性的实例。

4. 2022 年 11 月，天舟五号货运飞船与空间站组合体两小时完成自主快速交会对接，创造了世界纪录。天舟五号货运飞船和天和核心舱对接成功后，以天和核心舱为参照物，天舟五号货运飞船是运动的还是静止的？

5. 怎样在不改变气球位置的情况下，让气球看起来像是做"向上飞起来"的运动呢？如图 5.2-4 所示，拿一张纸，画上条纹背景，再吹一个气球。自己动手试一试，并与同学交流你的做法和依据。

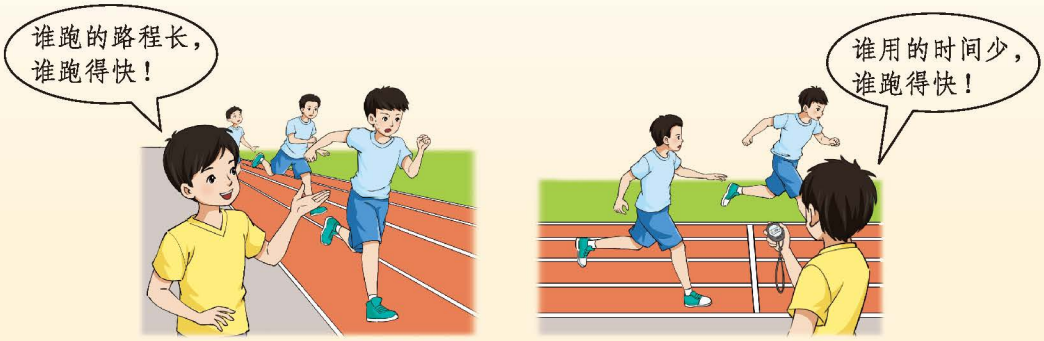
图 5.2-4　让气球"向上飞起来"

第三节　比较运动的快慢

随着裁判员一声枪响，参加 100 m 赛跑的运动员像离弦的箭一样，飞奔出去，相对地面而言，运动员都在运动，但是他们运动的情况又不尽相同。人们不仅能判定第一个到终点的人是这组百米赛跑中跑得最快的人，还能从不同组百米赛跑运动员中选出跑得最快的人，你知道依据是什么吗？

想一想

图 5.3–1 甲中，裁判员是按时间相同，比较路程的长短，来判定运动员跑的快慢的；图 5.3–1 乙中，裁判员是按路程相同，比较时间的多少，来判定运动员跑的快慢的。用这两种方法，是不是可以比较生活中所有物体运动的快慢呢？



甲　运动员 12 min 跑　　乙　运动员 100 m 赛跑

图 5.3–1　比较运动的快慢

图 5.3–1 所示的两种方法都可以比较物体运动的快慢，但在生活中，不是所有物体的运动情况都像这两种情况一样容易比较。比如景区的游船在水面上行驶，游船运动的时间和路程一般都不相同，我们该如何比较它们运动的快慢呢？

速　度

比较物体运动的快慢，要涉及路程和时间两个物理量。在物理学中，用速度来描述物体运动的快慢，物体通过的路程与通过这段路程所用时间的比叫作**速度**。通常用符号 v 表示速度，s 表示路程，t 表示时间，速度的公式是

$$v=\frac{s}{t}。$$

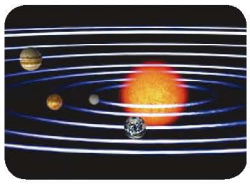
在国际单位制中，长度的基本单位是米（m），时间的基本单位是秒（s），因此速度的单位就是 m/s，读作“米每秒”。如飞机可以在 1 s 内飞行 300 m，它的速度就是 300 m/s，读作“三百米每秒”。常用的速度单位还有 km/h，读作“千米每小时”。

$$1\ \text{m/s} = 3.6\ \text{km/h}。$$

一般来说，物体在通过某段路程的过程中，运动的快慢并不是一成不变的。在这种情况下，上面定义的速度实际上是平均速度，它表示的是物体在某一段路程内（或某一段时间内）运动的平均快慢程度，通常用 $\bar{v}$ 表示，因此有

$$\bar{v}=\frac{s}{t}。$$

如图 5.3–2 所示为一些速度的近似值。



地球公转的平均速度
约为 30 km/s

中国空间站运动的速度
约为 7.9 km/s

动车运行的速度
约为 300 km/h

丹顶鹤飞行的速度
约为 40 km/h

猎豹奔跑的速度
约为 100 km/h

蜗牛爬行的速度
约为 0.002 m/s

图 5.3–2　一些速度的近似值

例题 京张高铁是我国第一条采用自主研发的北斗卫星导航系统的智能化高速铁路（图 5.3-3）。列车实现区间自动运行、到站自动停车、停车自动开门……铁路主线从北京北站至张家口站，设 10 个车站，全长约 174 km，设计的最高速度为 350 km/h。若某次列车从北京北站至张家口站的行驶时间为 1 h，则列车全程行驶的平均速度为多少 m/s？

图 5.3-3 京张高铁

分析 根据题目的描述，我们知道列车行驶过程中的速度是有变化的，列车全程行驶的路程 $s = 174\ \text{km} = 174\ 000\ \text{m}$，全程所用时间 $t = 1\ \text{h} = 3\ 600\ \text{s}$，因此根据平均速度的计算公式，可以求出列车从北京北站行驶到张家口站的平均速度。

解 根据平均速度的计算公式

$$\bar{v} = \frac{s}{t} = \frac{174\ 000\ \text{m}}{3\ 600\ \text{s}} = 48.3\ \text{m/s}。$$

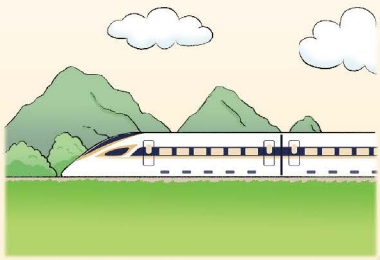
答 列车从北京北站行驶到张家口站的平均速度为 48.3 m/s。

直线运动和曲线运动

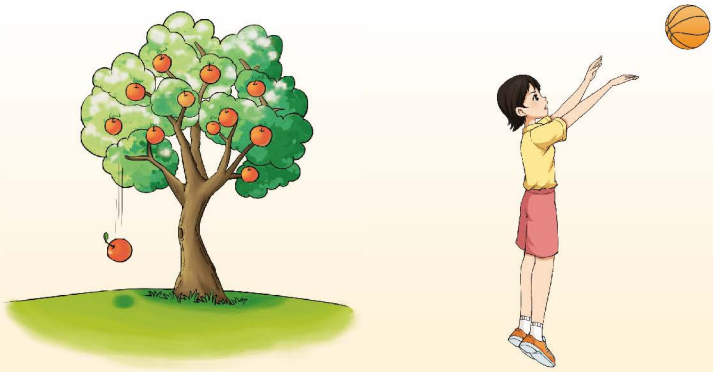
想一想

观察图 5.3-4 所示的情景，想一想：物体运动的路线都是直线吗？物体运动的速度始终都保持不变吗？

在小路上行走的人



沿轨道行驶的列车



从树上掉落的苹果　　抛出的篮球

图 5.3–4　生活中的运动

机械运动有多种不同的运动情况。为了便于研究，根据运动路线的不同，我们可以将运动分为直线运动和曲线运动。经过的路线是直线的运动叫作**直线运动**，经过的路线是曲线的运动叫作**曲线运动**。直线运动可分为匀速直线运动和变速直线运动。如果物体在某一段时间内，沿直线运动了一段路程，且速度始终不变，这个物体做的就是**匀速直线运动**。如一辆汽车在一段平直的公路上始终以不变的速度行驶，我们就可以认为它做的是匀速直线运动。速度变化的直线运动叫作**变速直线运动**。

实践与探索

1. 某同学骑自行车上学，他家到学校的距离是 2 400 m，通常要用 10 min，他骑车的平均速度是多少？

2. 行人信号灯上的绿色数字表示绿灯亮的时间，也就是行人能通行的时间。如图 5.3–5 所示，小华在路一侧的斑马线前看到绿灯亮的时间还有 6 s，道路宽度为 7 m，如果他步行的速度为 1.3 m/s，他在 6 s 的时间内能否安全通过马路？

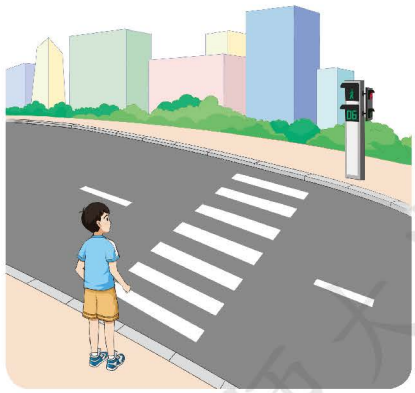


图 5.3–5　能安全过马路吗

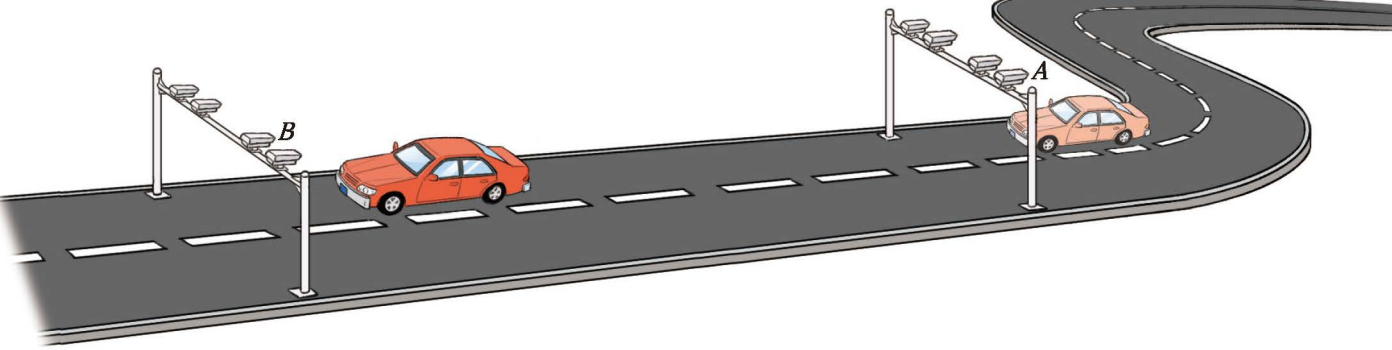
3. 颐和园是我国古代皇家园林，被誉为“皇家园林博物馆”。图 5.3–6 为颐和园游览路

线图的一部分。同学们去颐和园游玩，他们约好上午 11:00 在颐和园的东宫门集合。10:30 时，一组同学还在佛香阁，距东宫门步行距离约为 800 m，按一般步行速度 1.3 m/s 计算，这组同学最晚何时出发才能在约定时间赶到集合地点？

图 5.3-6 颐和园游览路线图（部分）

4. 在海洋探测中，军舰利用超声波探测水下的潜艇，从发出信号到接收信号共需 3.6 s。请计算潜艇距军舰的距离。（超声波在海水中传播的速度按 1 500 m/s 计算）

5. 查阅资料，以“中国速度——我国高速列车的运动速度”或“中国铁路交通的发展历程”为主题，与小组同学合作撰写一篇小论文或制作一份电子画册。



第四节　测量物体运动的速度

在高速公路区间测速路段，一辆汽车经过位置 A 时，摄像头抓拍并记录此时的时间，当该车经过位置 B 时，摄像头抓拍并记录此时的时间，后台数据中心就可以计算出这辆车在这两个位置间的路段上行驶的平均速度。区间测速的原理是什么？测量方法又是什么？

根据平均速度的计算公式 $\overline{v}=\frac{s}{t}$，测量出物体运动的路程和所用的时间，就可以计算出物体运动的平均速度。

学生实验：测量物体运动的速度

测量小车运动的平均速度。

1. 如图 5.4–1 所示，将长轨道的一端用小物块垫起，形成一个坡度较小的斜面，把小车放在斜面最高端，在车头处的位置做出标记 A，在斜面下端固定好挡柱，并做出标记 B。让小车（车头与 A 点对齐）沿斜面向下运动，用秒表测量出小车从 A 运动到 B 所用的时间 t，将数据记录在表 5.4–1 中。

图 5.4–1　测量小车运动的平均速度

2. 用刻度尺测量出 A、B 间的距离 s，将数据记录在表 5.4–1 中。

3. 根据 $\bar{v}=\frac{s}{t}$，计算出小车运动的平均速度 $\bar{v}$，将数据记录在表 5.4-1 中。

表 5.4-1 测量小车运动的平均速度

t/s	s/m	$\bar{v}$/(m/s)

提个醒

实验中，如果小车在斜面上运动得太快，不利于测量时间，可通过减小斜面的坡度延长小车运动的时间，也可以将布铺在斜面上，通过减小小车的运动速度延长小车运动的时间。

做一做

1. 测量人跑步的平均速度。

活动器材：秒表、卷尺、小红旗。

活动准备：3 名同学一组，分别做发令员、计时员和选手。

活动过程：

（1）在操场的跑道上测出 60 m 的距离，在起点和终点处用小红旗做好标记。让选手做好热身活动，计时员在终点做好准备。

（2）发令员在起点处举起小红旗，在小红旗落下的同时发出开始的口令，计时员开始计时。当选手到达终点时，终止计时。记录选手跑步的时间。

（3）计算选手跑 60 m 的平均速度。

2. 测量人骑自行车的平均速度。

请你选择实验器材或身边的工具，设计实验方案，测量人骑自行车行进的平均速度。

实践与探索

1. 芳芳利用如图 5.4–2 所示的装置测量小车运动的平均速度。第一次，她让小车（车头）对齐斜面上的 *A* 点由静止向下运动，小车从位置 *A* 运动到 *B* 所用时间为 1.3 s。第二次，她仍然让小车（车头）对齐斜面上的 *A* 点由静止向下运动。小车从位置 *A* 运动到 *C* 所用时间为 1.8 s，*B* 到 *C* 的路程为 0.2 m。根据她的实验数据，计算小车在 *BC* 段运动的平均速度。

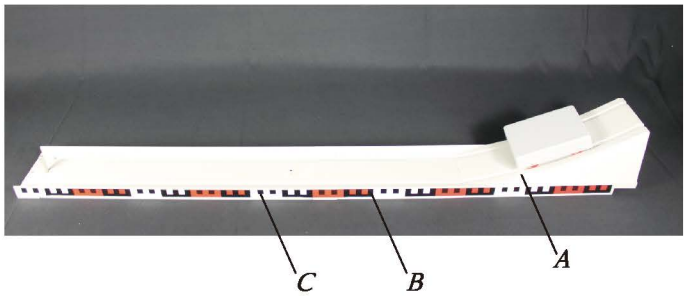


图 5.4–2　测量小车运动的平均速度

2. 频闪摄影是研究运动常用的实验手段。频闪仪每隔相同的时间对运动物体进行一次拍摄，于是照片上就记录了物体在几个闪光时刻的位置。如图 5.4–3 所示是小球从静止开始沿斜面向下运动过程中的频闪照片，请你用所学知识描述小球的运动情况。若小球的直径为 2.2 cm，相邻两次频闪拍照的时间为 0.2 s，估算出小球从 *A* 到 *B*、从 *D* 到 *E* 的平均速度。（可根据小球的直径大小估计小球运动的距离大小）

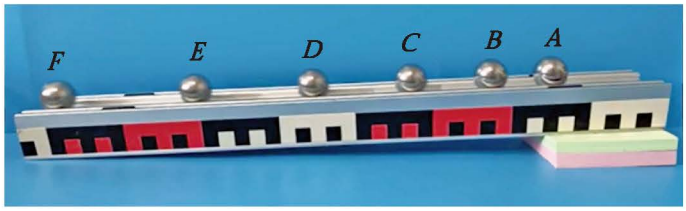
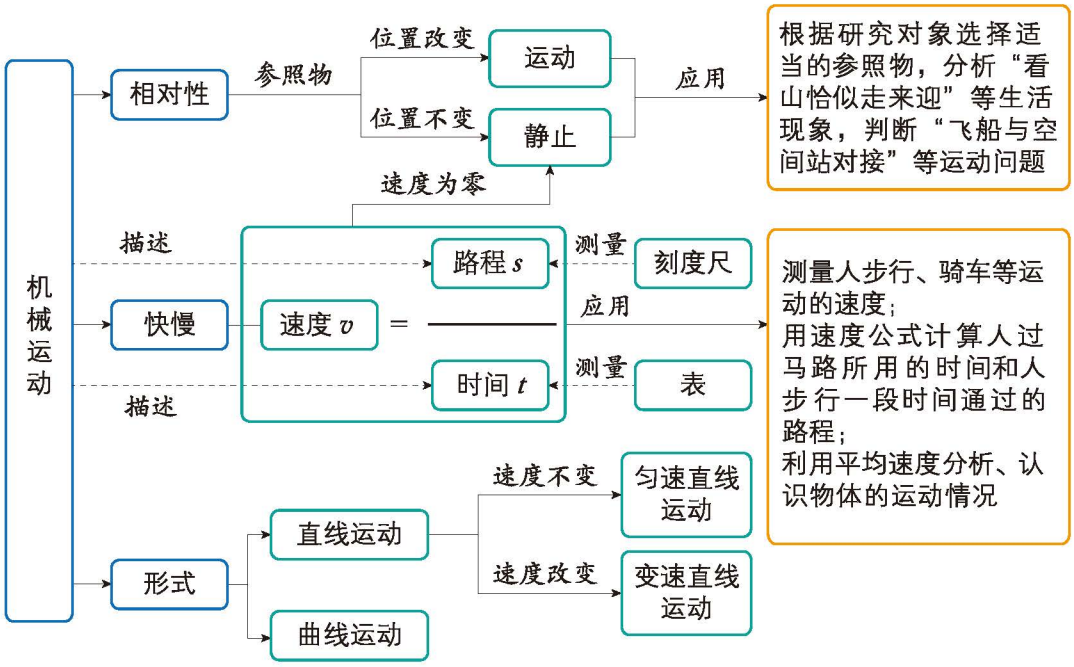


图 5.4–3　小球沿斜面运动的频闪照片

3. 怎样测量出图 5.4–1 所示实验中小车在斜面上运动时后半段路程的平均速度？写出你的实验操作方法。

学到了什么



· 要进行准确的测量，需要采用统一的测量标准（我国采用国际单位制），还需要选择适当的测量工具和正确的测量方法。

· 物体的运动是相对的，要描述物体的运动情况首先需要选取参照物。

· 用路程、时间、速度可以定量描述物体的机械运动，比较机械运动的快慢。

· 用刻度尺测量路程、用表测量时间是定量描述机械运动的基础。日常生活中，可以根据生活经验估测物体运动的路程和时间。

· 通过两个物理量的比可以定义一个新的物理量，速度就是采用这种方法定义的。

6

第六章
质量和密度

宇宙中的太阳、地球、月球……地球上的高山、大海、森林……人类生存需要的水、食物、空气……我们使用的桌子、书本、铅笔……一切物体都是由物质组成的。物质世界多种多样，质量和密度是人们认识和描述物质及其特性的两个重要物理量。

质量和密度的含义是什么？有哪些应用？如何测量它们？让我们一起来探寻吧！

第一节　质量及其测量

如图 6.1–1 所示，一杯水和一壶水相比，哪个含有的水多？一根铁钉和一把铁锤相比，哪个含有的铁多？物理学中如何描述物质的多少呢？

一杯水和一壶水

一根铁钉和一把铁锤

图 6.1–1　物质的多少

质　量

图 6.1–1 中，一壶水比一杯水所含的水多，一把铁锤比一根铁钉所含的铁多，可见不同物体含有的物质有多有少。物体所含物质的多少叫作**质量**，通常用符号 m 表示。在国际单位制中，质量的基本单位是千克，用符号 kg 表示。除此之外，质量的单位还有吨（t）、克（g）、毫克（mg）、微克（μg）等。它们之间的换算关系是

$$1\ \mathrm{t} = 10^3\ \mathrm{kg},\qquad 1\ \mathrm{kg} = 10^3\ \mathrm{g},$$
$$1\ \mathrm{g} = 10^3\ \mathrm{mg},\qquad 1\ \mathrm{mg} = 10^3\ \mu\mathrm{g}。$$

物体的质量不随形状、状态和位置的改变而改变。把一块铁压成铁片，把一块冰熔化成水，把陀螺带到中国空间站（图 6.1–2），它们的质量都不会改变。

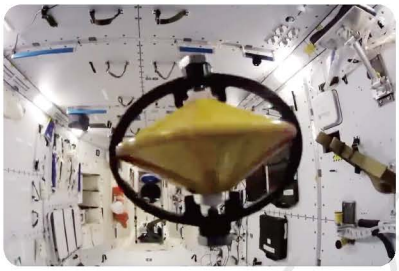


图 6.1–2　带到中国空间站的陀螺

2020 年，我国嫦娥五号返回器带回了 1 731 g 月球样品。想一想：这些月球样品被带回地球后质量会改变吗？

相关链接

千克的定义

千克是国际单位制中质量的基本单位，符号为 kg。1889 年第 1 届国际计量大会规定，1 kg 等于国际千克原器的质量。国际千克原器用 90% 铂和 10% 铱的合金制成，为高度和直径均为 39 mm 的圆柱体。

2018 年，第 26 届国际计量大会更新了千克的定义：当普朗克常量以单位 J·s（即 kg·m^2/s）表示时，将其固定数值取为 $6.626\ 070\ 15 \times 10^{-34}$ 来定义千克。新的定义取代了原来的国际千克原器，于 2019 年 5 月 20 日起正式生效。

质量的测量

冰熔化成水后，其质量真的不变吗？我们可以用秤测量冰和水的质量进行检验。到市场买蔬菜或水果时，售货员都要称物品的质量。如图 6.1–3 所示是常用的测量质量的工具。

托盘天平

数字电子秤

台秤

戥子

人体秤

图 6.1–3　一些测量质量的工具

托盘天平是实验室常用的测量质量的工具。

想一想

托盘天平的结构和各部件的名称如图 6.1–4 所示，想一想如何调节和使用它测量物体的质量。

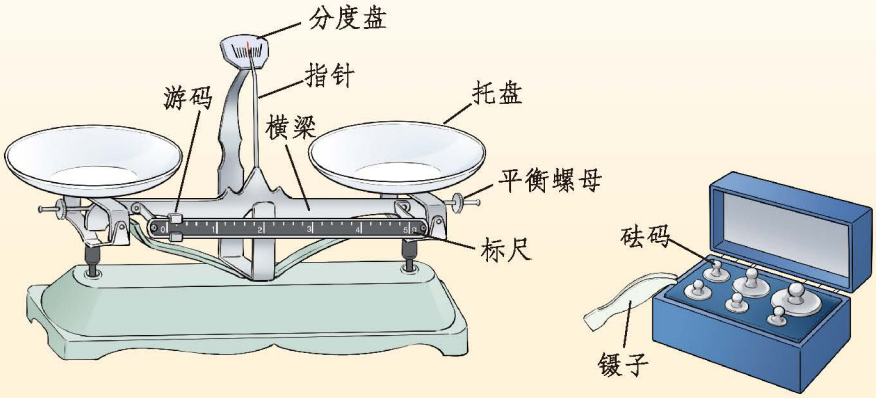


图 6.1–4 托盘天平

托盘天平的调节和使用方法：

1. 把托盘天平放置在水平桌面上，取下两侧防止横梁摆动的垫圈，摆正托盘。用镊子把游码轻轻拨至标尺左端零刻度线处，调节平衡螺母，直至指针指到分度盘中央，或指针在中央刻度线左右两侧摆动幅度相等为止。此时可认为天平横梁已调节至水平平衡。

2. 把待测物体轻放在左盘中（每架天平都有一定的称量范围，放在天平上的物体质量不得超过天平的称量范围）。称量潮湿的物品、有腐蚀性的药品时要用器皿盛放。

3. 估计待测物体质量的大小，用镊子夹取适当的砝码轻放在右盘中，观察指针的偏转方向，判断是否需要更换、增减砝码或调整游码（取放砝码或移动游码时要用镊子），使指针指到分度盘中央或在中央刻度线左右两侧摆动幅度相等。这时，盘中砝码的总质量加上游码在标尺上所对的刻度值，就等于被测物体质量的测量值。

4. 称量完毕后要用镊子把砝码放回砝码盒中，用镊子把游码拨回标尺零刻度线处。

学生实验：用托盘天平测量物体的质量

用托盘天平测量一块小木块的质量。

主要实验步骤：

1. 把天平放在水平桌面上，调节天平，使天平处于水平平衡状态。

2. 将待测小木块轻放在左侧的托盘上。

3. 改变右盘中砝码的个数和游码的位置，使天平横梁在水平位置重新平衡，记下砝码的总质量和游码在标尺上所对的刻度值。

实验结果：小木块的质量为_____ g。

做一做

观察数字电子秤，说一说如何调节和使用它测量物体的质量。

使用数字电子秤测出一小块冰及其熔化后水的质量，想一想如何让实验过程简洁合理，制订实验计划，并设计实验数据记录表。动手做一做，做好数据记录，并与同学交流实验方法、步骤和结论。

表 6.1–1 给出了一些物体质量的近似值。

表 6.1–1　一些物体质量的近似值

物　体	质量 / kg	物　体	质量 / kg	物　体	质量 / kg
一个氢原子	1.7×10^{-27}	一个篮球	0.6	地　球	6.0×10^{24}
一张 A4 打印纸	4.4×10^{-3}	一瓶 500 mL 矿泉水	0.5	太　阳	2.0×10^{30}

实践与探索

1. 关于托盘天平的使用，下列说法正确的是（　　）。

A. 把已调节好的天平移到另一处使用，天平不需要重新调节

B. 判断天平横梁是否水平平衡时，一定要等到指针完全静止下来

C. 从砝码盒中取用砝码时，必须用镊子夹取

D. 天平横梁水平平衡后，两个托盘可以互换

2. 用手掌托住一个鸡蛋，估测一下它的质量。用数字电子秤测量这个鸡蛋的质量，比较鸡蛋质量的估测值与测量值。

3. 如图 6.1–5 所示，小华利用托盘天平测量水的质量，此时烧杯和水的总质量是多少克？请说说游码读数的要点，以及要测出水的质量还需要进行哪些测量。

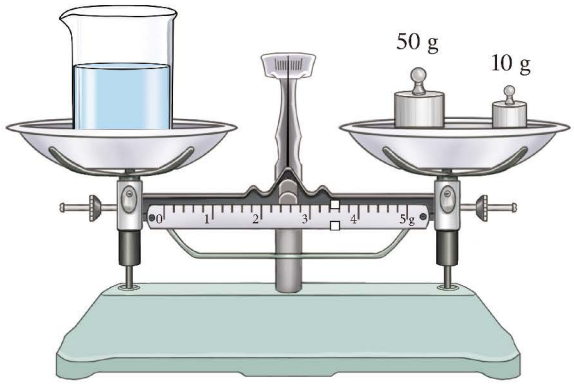


图 6.1–5　用托盘天平测量水的质量

4. 有一个量程是 0～3 kg 的电子秤（电子天平），能称量的最小质量是 0.1 g，想用它测出一粒大米的质量，但把一粒大米放在电子秤上时，电子秤的示数没有变化，怎样用电子秤测出一粒大米的质量？写出你的实验方案。

5. 如果有一捆铁丝，我们手边只有电子秤和刻度尺（图 6.1–6），这捆铁丝的质量远大于电子秤的最大测量值，怎样用刻度尺和电子秤测量出这捆铁丝的质量？写出你的实验方案。

图 6.1–6　如何测量一捆铁丝的质量

第二节 密 度

2022 年，北京冬奥会主火炬“飞扬”点燃了全世界对北京冬奥会的热情和期待。火炬的外壳使用碳纤维制作，碳纤维比金属轻，那么“轻”到底指的是什么意思呢？

想一想

人们常说“木头比铁轻”，是想表达“木头的质量比铁的质量小”吗？如图 6.2–1 所示，体积相同的铁块和木块，哪个轻呢？

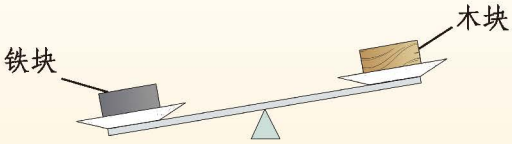


图 6.2–1　两物块的体积相等

取一个小铁块，重新放在天平左端，如图 6.2–2 所示，木块还比铁块轻吗？

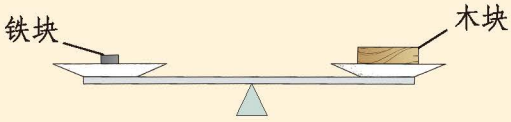


图 6.2–2　两物块的体积不相等

图 6.2–1 中，铁块与木块体积相等，但质量不同。图 6.2–2 中，铁块与木块体积不相等，但质量相同。这是为什么呢？

做一做

探究同种物质的质量与体积的关系

选择多个体积不相等的长方体铁块，测量每一个铁块的质量和体积，计算其质量与体积的比，将实验数据记录在表 6.2-1 中，分析数据，看看你有哪些发现。

表 6.2-1　探究铁块的质量与体积的关系

V/m^3			
m/kg			
$\frac{m}{V}/(\mathrm{kg/m}^3)$			

测一测多个体积不相等的铝块的质量和体积，计算每一个铝块的质量与体积的比，将实验数据记录在表 6.2-2 中，分析数据，看看你有哪些发现。

表 6.2-2　探究铝块的质量与体积的关系

V/m^3			
m/kg			
$\frac{m}{V}/(\mathrm{kg/m}^3)$			

分析表 6.2-1 中记录的实验数据，可以得出：铁块质量与体积的比_____（改变 / 不改变）。

分析表 6.2-2 中记录的实验数据，可以得出：铝块质量与体积的比_____（改变 / 不改变）。

铁块的质量与体积之比和铝块的质量与体积之比_____（相等 / 不相等）。

再用铜块和铅块等其他物体进行实验，看看情况如何。

大量实验表明，由同种物质组成的物体，质量与体积的比通常是一个常量，它反映了物质固有的一种性质，不同物质质量与体积的比一般不同。

密　度

在物理学中，把物体的质量与其体积的比叫作**密度**。用 ρ 表示密度，m 表示质量，V 表示体积，则密度可以表示为

$$\rho=\frac{m}{V}。$$

在国际单位制中，质量的单位是千克（kg），体积的单位是立方米（m^3），因此密度的单位就是 kg/m^3，读作“千克每立方米”。密度的单位有时也用 g/cm^3，读作“克每立方厘米”。它们之间的换算关系是

$$1\ g/cm^3 = 10^3\ kg/m^3。$$

提个醒

通过两个物理量的比来定义新物理量的方法，是物理学常用的研究方法。密度的定义也使用了这种方法。

铁的密度是 $7.9\times10^3\ kg/m^3$，表示的物理含义为 $1\ m^3$ 的铁质量为 $7.9\times10^3\ kg$。干松木的密度是 $0.5\times10^3\ kg/m^3$，表示的物理含义为 $1\ m^3$ 的干松木质量为 $0.5\times10^3\ kg$。可见，日常生活中我们常说木头比铁“轻”，是指在体积相等的情况下，木头的质量比铁的质量小，也就是木头的密度比铁的密度小。

影视剧拍摄中滚落的大石块等道具通常是用泡沫塑料制作的，这利用了泡沫塑料密度小的特点，可避免对演员造成伤害。

表 6.2-3、表 6.2-4 和表 6.2-5 给出了一些物质的密度。

表 6.2-3　常温常压下一些固体的密度

物　质	密度 / (10^3 kg / m^3)	物　质	密度 / (10^3 kg / m^3)
铂	21.5	铝	2.7
金	19.3	花岗岩	2.5～2.8
铅	11.3	普通混凝土	2～2.8
银	10.5	海　波	1.69
铜	8.9	冰	0.9

续表

物　质	密度 / (10^3 kg/m^3)	物　质	密度 / (10^3 kg/m^3)
钢、铁	7.9	蜂　蜡	0.95～0.97
钻　石	3.51	油松（干）	0.42

表 6.2-4　常温常压下一些液体的密度

物　质	密度 / (10^3 kg/m^3)	物　质	密度 / (10^3 kg/m^3)
汞（水银）	13.6	柴　油	0.85
硫　酸	1.80	煤　油	0.80
海　水	1.03	酒　精	0.80
纯　水	1.00	汽　油	0.71

表 6.2-5　温度为 0 ℃，压强为 1 标准大气压时一些气体的密度

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

实践与探索

1. 如图 6.2-3 所示是甲、乙两种固体物质的 $m-V$ 图像，下列说法正确的是（　　）。

A. 若甲、乙物质体积相等，则甲的质量大

B. 若甲、乙物质质量相等，则甲的体积大

C. 甲物质的密度是乙物质密度的 2 倍

D. 乙物质的密度为 2 g/cm^3

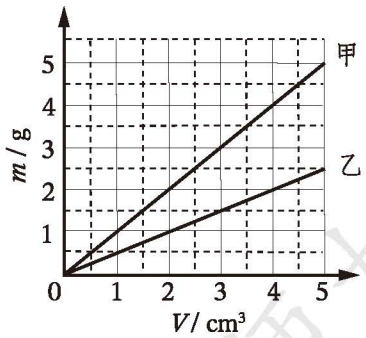


图 6.2-3　两种物质的 $m-V$ 图像

2. 分析下列情景中物体的质量、体积和密度的变化情况，并说出你的依据。

（1）一个铝块，切掉一部分之后，剩下的铝块与原铝块相比，质量、体积和密度如何变化？

（2）一支蜡烛燃烧掉一半后，它的质量、体积和密度如何变化？

（3）一块冰化成水后，它的质量、体积和密度如何变化？

（4）将注射器的锥头孔堵住，使针筒内的气体密封，当压活塞时，针筒内气体的质量、体积和密度如何变化？

3. 有的同学认为，已知某种物质的密度值，就能确定它是什么物质。查阅资料，举例说明这种说法是否正确。

4. 某种液体样本的质量为 24 g，体积为 30 mL，该液体的密度是多少？

5. 猜一猜你身体的体积是多少。人体的平均密度和水的密度比较接近，根据你的质量估算一下自己身体的体积。

6. 工程师要选择一种密度较大的金属制作零件。现有两种待选金属 A 和 B，金属 A 制成的样品质量为 70 g，体积为 10 cm^3；金属 B 制成的样品质量为 40 g，体积为 5 cm^3。你推荐工程师选择哪种金属制作零件呢？请写出计算、推理过程和结论。

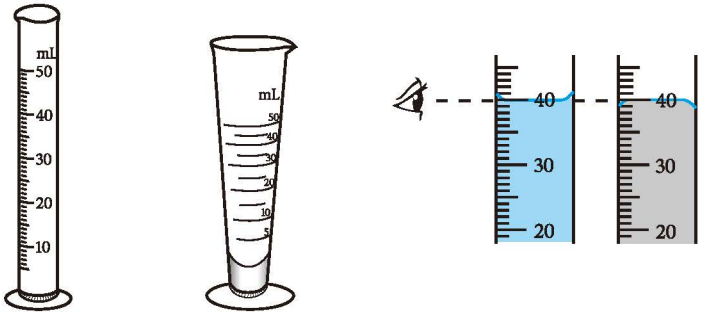
第三节　测量固体和液体的密度

从外观看，人民币 5 角硬币的颜色和铜的颜色比较接近（图 6.3–1），那么 5 角硬币是用铜制成的吗？如果可以测出它的密度，就能对照密度表进行判断。那么，物体的密度应该如何测量呢？

图 6.3–1　5 角硬币和铜块

根据密度的定义式，只要测出物体的质量和体积，就可以计算出组成物体的物质的密度。前面我们已经学习了物体质量的测量方法，物体的体积如何测量呢？对于形状规则的固体，通过测量它们的长、宽、高、棱长或直径，可以计算出体积。对于液体，可以利用量筒、量杯等测量体积。

如图 6.3–2 甲、乙所示，量筒、量杯上标有刻度，刻度的单位是 mL。不同容量的量筒（或量杯）的规格不同，测量的精度也不同。量筒读数时视线要与凹形液面的底相平，或与凸形液面的顶相平（图 6.3–2 丙）。量杯的读数方法与量筒相同。



甲　量筒　　乙　量杯　　丙　量筒的读数方法

图 6.3–2　量筒、量杯及量筒的读数方法

议一议　对于形状不规则的固体，如何测量它们的体积呢？与同学交流你的想法。

对于一些形状不规则的固体，可以利用量筒（或量杯）测量它们排开水的体积，从而间接得出固体的体积。如图 6.3–3 所示，在量筒中倒入适量的水，记下量筒的示数 V_1。用细线拴住待测的固体使其没入水中（若一些固体不能沉入水中，可下压物体使其全部没入水中），记录此时量筒的示数 V_2。固体的体积 $V = V_2 - V_1$。

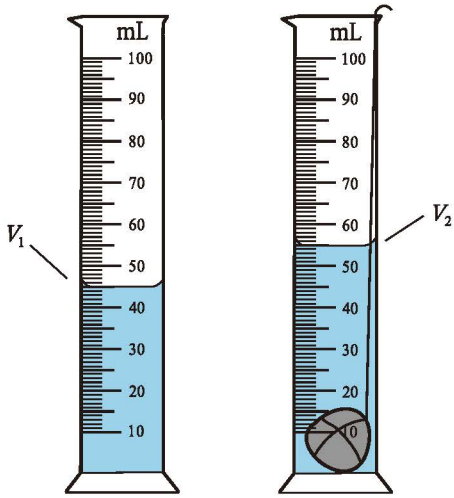


图 6.3–3　排水法测体积

学生实验：测量固体的密度

用托盘天平和量筒测量小石块的密度。

主要实验步骤：

1. 用托盘天平测出小石块的质量 m。
2. 用量筒测出小石块的体积 V。
3. 根据密度公式 $\rho = \frac{m}{V}$，计算出小石块的密度 ρ。

将实验数据记录在表 6.3–1 中。

表 6.3–1　测量小石块的密度

小石块的质量 m/ kg	水的体积 V_1/ m^3	小石块和水的总体积 V_2/ m^3	小石块的体积 V/ m^3	小石块的密度 ρ/（kg/m^3）

用同样的实验方法测量木块的密度。虽然石块和木块都是固体，但是采用排水法测量木块的体积时，你会遇到一些需要解决的问题，把问题和解决方案与同学交流一下，选出你的最佳方案，通过实验试一试。

水是人类生存不可缺少的资源，水的密度是多少？如何测量呢？

学生实验：测量液体的密度

用天平和量筒测量水的密度。

主要实验步骤：

1. 在烧杯中倒入适量水，用托盘天平测出烧杯和水的总质量 m_1。

2. 将烧杯中的一部分水倒入量筒中，记录此时量筒中液面对应刻度的示数 V。

3. 用托盘天平测出剩余水和烧杯的总质量 m_2。

4. 计算出倒入量筒中的水的质量 $m = m_1 - m_2$，根据密度公式 $\rho = \frac{m}{V}$，计算出水的密度 ρ。

将实验数据记录在表 6.3–2 中。

表 6.3–2 测量水的密度

m_1 / kg	m_2 / kg	m / kg	V / m^3	ρ / (kg/m^3)

将我们测量出的石块和水的密度值与表 6.2–3、表 6.2–4 中相应物质的密度值进行对比，测量值与表中的值相同吗？影响物体密度测量结果的因素有哪些？查阅相关资料，说出你的观点和证据，并与同学交流。

实践与探索

1. 两个完全相同的小烧杯分别盛有相同体积的醋和酱油（图 6.3–4）。

（1）根据电子秤的示数，如何判断醋和酱油哪个的密度大？说出你的判断依据。

（2）选择合适的器材，设计并完成实验，测出醋和酱油的密度，写出简要的实验报告。

醋（86.1 g）　　酱油（91.1 g）

图 6.3-4　相同体积的醋和酱油

2. 请你通过实验测出人民币 5 角硬币的密度和物理课本内文所用纸密度的近似值（不损坏物理课本）。

3. 芳芳测量金属块的密度时，先将金属块放在调节好的天平上测量其质量，天平平衡后，右盘中所放砝码及游码在标尺上的位置如图 6.3-5 甲所示，再将金属块用细线系好放进盛有 40 mL 水的量筒中，量筒中的水面升高到如图 6.3-5 乙所示的位置，则金属块的密度是多少？

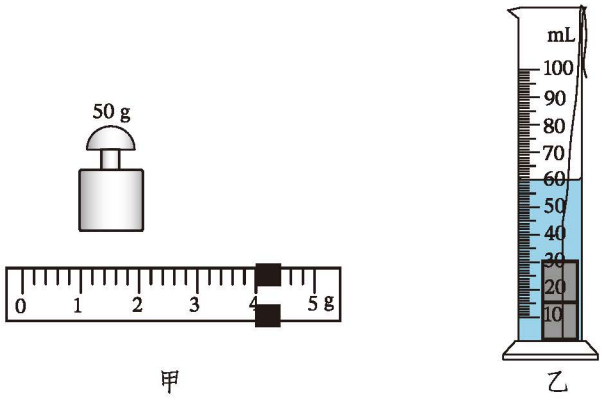


图 6.3-5　测量金属块的密度

4. 有一块长方体大石块，为安排合适的车辆将其运输到建筑工地，需要知道大石块的质量。现有一块与大石块材质相同的小石块，请你利用所学的知识估测大石块的质量，写出你的方案。

第四节　密度与社会生活

走马灯是能够旋转的灯笼，是我国传统的观赏性花灯之一。依据走马灯的原理，人们制作了各种新型走马灯（图 6.4–1），点燃蜡烛后，装饰物会转动起来。

为什么点燃走马灯底部的蜡烛，装饰物就会转动起来呢？

图 6.4–1　新型走马灯

密度与温度

蜡烛火焰上方的装饰物是如何转动起来的呢？当蜡烛点燃后，蜡烛附近的气体受热膨胀，密度减小，气体向上运动，形成气流，从而推动叶轮旋转，于是装饰物随轮轴转动，形成物换景移的现象。

物体受热或受冷时，它的体积一般都会发生变化。通常情况下，物体受热时体积会膨胀，遇冷时体积会收缩，物理学中把这种现象称为热胀冷缩。例如，液体温度计就是利用液体热胀冷缩的性质制成的测量温度的仪器。当物体的质量不变时，物体体积的变化会带来密度的变化。

想一想

一塑料瓶内装有适量水，冷冻前，记录水面对应的位置，如图 6.4–2 甲所示。水冷冻结冰后，冰的体积如图 6.4–2 乙所示。你观察到了什么现象？通过该现象，你能得到水的密度与冰的密度的大小关系吗？

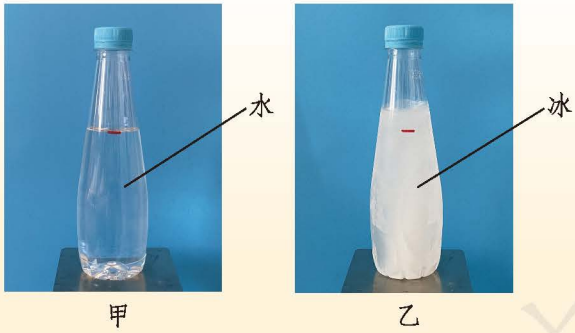


图 6.4–2　水结冰后体积发生变化

瓶中的水凝固成冰后，冰的质量等于水的质量，但冰的体积大于水的体积，由密度公式可知，冰的密度小于水的密度。在自然界中像水这样结成冰后密度变小的物质是非常罕见的，也正是由于冰的密度小于水的密度，冰才能漂浮在水面上，从而为一些动物提供了栖息的场所。

相关链接

水的密度随温度变化的特点

一般来说，同种物质温度越高体积越大、密度越小，遵循热胀冷缩的规律，但是水比较特殊。水在温度为 4 ℃时密度最大，温度高于 4 ℃时，随着温度的升高，水的密度会变小；温度低于 4 ℃时，随着温度的降低，水的密度也会变小。

水的密度随温度变化的特点和冰的密度小于水的密度的特点，对江河湖泊中的生物有着重要的意义。寒冷的冬天来临后，湖水温度逐渐下降，当湖泊中的水冷却到 4 ℃时，表层的水继续冷却降温，水的体积不但不缩小反而膨胀，即表层水的密度比下面水的密度小，因而这部分水就不再下沉。表层水的温度先于下面的水降至 0 ℃，开始结冰。冰的密度比水小，所以冰一直浮在水面上而不下沉。冰下面的水，从上到下温度可为 0 ℃至 4 ℃。若湖水很深，冬天湖水是不会被冻透的，湖泊中生存的鱼类就可以在水中安然过冬了（图 6.4–3）。

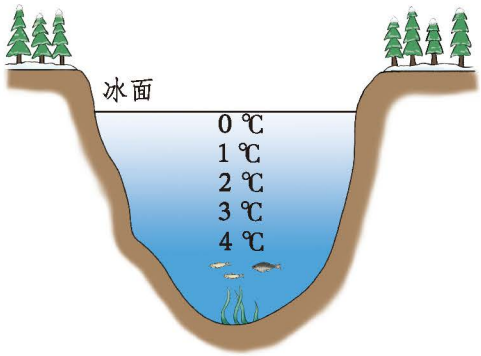


图 6.4–3　不会被冻透的湖水

密度与生产生活

根据密度的大小，人们可以鉴别物质。根据密度的定义，在质量、密度和体积三个物理量中，知道其中任意两个，就可以求出第三个。对于难以称量质

量的物体，如矿山、油田等，可以根据体积和密度估算储量。对于形状复杂不便测定体积的物体，也可以根据质量和密度算出体积。

议一议 生活中，我们经常使用的铅笔芯真的是纯铅做的吗？如何测出铅笔芯的密度？思考、分析以下问题：

1. 对于相同型号的细铅笔芯，测多根铅笔芯的质量和测一根铅笔芯的质量，哪种方法更准确？

2. 如何测铅笔芯的体积？根据铅笔芯盒上标记的铅笔芯的直径和铅笔芯的长度，可以计算出铅笔芯的体积吗？

例题 1 某同学测得他使用的 10 根铅笔芯（图 6.4–4）总质量为 0.6 g，每根铅笔芯的直径为 0.7 mm，长度为 75 mm，你能计算出他所使用的铅笔芯的密度吗？他使用的铅笔芯是用纯铅做的吗？

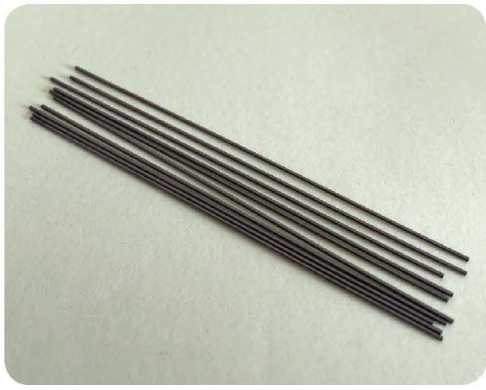


图 6.4–4 铅笔芯

分析 根据已知条件，可以知道 10 根铅笔芯的总质量，还可以求出这些铅笔芯的总体积。再求出铅笔芯的密度，将它与铅的密度进行比较，就可以知道铅笔芯是不是用纯铅做的。

解 10 根铅笔芯的总质量为 6×10^{-4} kg。根据圆柱体体积的计算公式，可以求出 10 根铅笔芯的总体积为 2.88×10^{-7} m^3。

根据密度公式

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{6 \times 10^{-4}\ \text{kg}}{2.88 \times 10^{-7}\ \text{m}^3} = 2.08 \times 10^3\ \text{kg/m}^3。$$

由表 6.2–3 可知，铅的密度是 11.3×10^3 kg/m^3。可见铅笔芯不是用纯铅做的。

答 铅笔芯的密度是 2.08×10^3 kg/m^3，它不是用纯铅做的。

由例题 1 可知，铅笔芯不是用纯铅做的，可以查询相关资料了解铅笔芯的主要成分是什么。

提个醒

不同物质的密度可能是相同的，要准确鉴别某种物质，仅用一种方法是不可靠的，常常需要多种方法并用。例如，酒精和煤油都是液体，它们的密度都是 0.8×10^3 kg/m^3，通过密度无法区分，但是可以通过气味和颜色来区分。

例题 2 人民英雄纪念碑（图 6.4-5）是我国大型纪念性建筑，矗立在北京天安门广场中心。纪念碑的碑心正面镌刻着“人民英雄永垂不朽”八个大字。正面碑心石为一整块花岗岩，长 14.4 m，宽 2.72 m，厚约 0.6 m，估算正面碑心石的质量。

图 6.4-5 人民英雄纪念碑

分析 查表 6.2-3 可知，花岗岩的密度是（2.5～2.8）$\times 10^3$ kg/m^3。假设正面碑心石使用的是密度均匀的实心花岗岩，花岗岩密度取 2.6×10^3 kg/m^3，根据正面碑心石的长、宽、厚可以计算出体积，再根据密度公式就可以求出正面碑心石的质量。

解 正面碑心石的质量为

$$m = \rho V$$
$$= 2.6 \times 10^3\ \text{kg/m}^3 \times 14.4\ \text{m} \times 2.72\ \text{m} \times 0.6\ \text{m}$$
$$= 6.11 \times 10^4\ \text{kg}。$$

答 正面碑心石的质量约为 6.11×10^4 kg。

密度在社会生活中有很多重要的应用。例如：通过采集样品密度等信息，可以确定它的种类及价值；农业选种时配制盐水等，都要用到密度的知识。在工业生产中密度知识的应用也很广泛。例如，可以根据需要自主研发符合密度要求的新物质、新材料。

阅读与拓展

密度极小的固体——气凝胶

气凝胶（图 6.4-6）被称为“冻结的烟”，也被称为“固体空气”，是密度极小的固体，因其内部有很多孔隙、充斥着空气而得名。把 10 g 气凝胶材料完全铺展开，它的表面可以覆盖一个标准足球场。气凝胶是非常理想的吸附水中污染物的材料，可用于处理生态灾难。

图 6.4-6 气凝胶

气凝胶是迄今为止保温性能最好的材料。与传统绝热材料相比，它用更轻的质量达到了更好的隔热效果，在航空航天、隔音降噪、节能环保等领域发挥了重要作用。

2021 年 5 月 15 日，天问一号探测器携祝融号火星车，成功着陆于火星（图 6.4-7）。随后，祝融号火星车开始了巡视探测任务。天问一号上一共应用了两种气凝胶材料，分别用来应对“极热”和“极寒”考验。

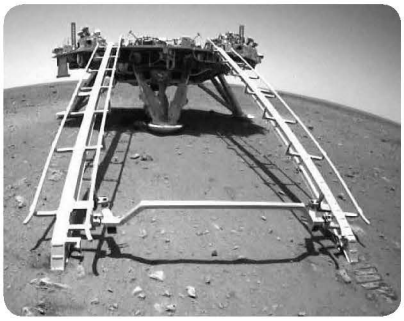


图 6.4-7 天问一号着陆平台

“极热”考验出现在火星车着陆阶段，着陆发动机产生的热量使周围的温度超过 1 000 ℃，仅约 10 mm 厚的气凝胶隔热组件就能阻隔高温，保证整个着陆过程中其身后的温度处于可承受的范围，就像消防员身上穿的防火服。“极寒”考验出现在火星车巡视阶段，通过在火星车的表面铺设大面积的气凝胶板，确保火星车在 −130 ℃ 的环境下正常工作，就像登山运动员身上穿的防寒服。

实践与探索

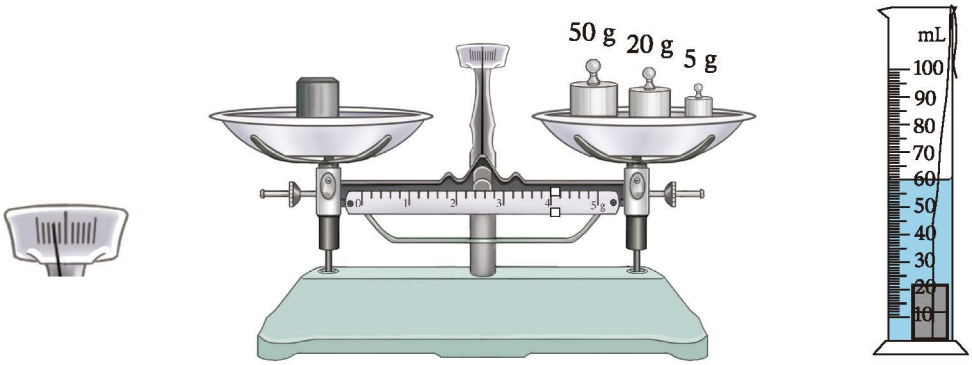
1. 晶晶用托盘天平和量筒测量金属块的密度，进行了如下实验。

（1）将天平放在水平台面上，游码拨至零刻度线处后，发现指针指示的位置如图 6.4-8 甲所示，她应将平衡螺母向_____调节（选填“左”或“右”），

才能使天平横梁在水平位置平衡。

（2）将金属块放在调节好的天平左盘内，改变右盘中砝码的个数和游码的位置，使天平横梁重新在水平位置平衡，右盘中所放的砝码及游码在标尺上的位置如图 6.4-8 乙所示，则金属块的质量为_____ g。

（3）晶晶将系好细线的金属块放入盛有 50 mL 水的量筒中，量筒中的水面升高到如图 6.4-8 丙所示的位置，则金属块的体积为_____ cm^3。



甲　　乙　　丙

图 6.4-8　用托盘天平和量筒测量金属块的密度

（4）该金属块的密度为_____ g/cm^3。根据表 6.2-3 中的数据可判断组成该金属块的物质可能是_____。

2. 如图 6.4-9 所示，变瘪的乒乓球放在盛有热水的杯子中，乒乓球能恢复原状。请分析此过程中，球内空气的质量、体积和密度的变化情况。

图 6.4-9　变瘪的乒乓球在热水中恢复原状

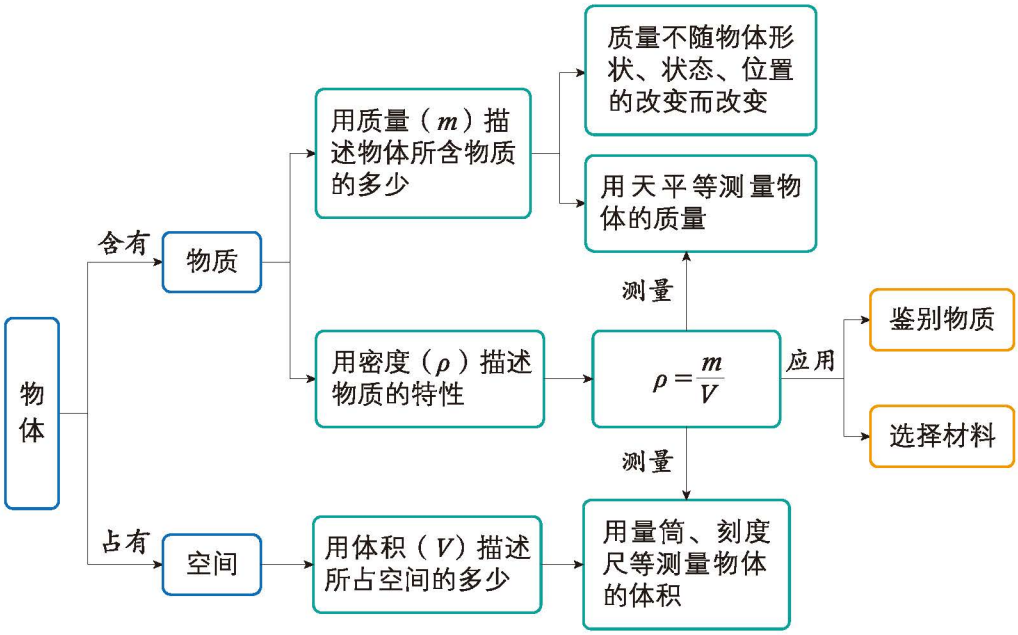
3. 我国一些地区的加油站有两种计费方式，一种是以所加油的质量计费，另一种是以所加油的体积计费。哪种计费方式公平合理？请说出你的理由。

4. 有一个玻璃瓶，质量是 160 g，用它装 80 mL 的某种液体时，瓶子和液体的总质量为 228 g，则所装液体的密度是多少？

5. 一捆裸铝线的质量为 16.2 kg，铝线的横截面积是 3 mm^2。利用密度公式，计算这捆铝线的长度。

6. 查阅资料，了解密度知识在社会生产中的应用，举出一些应用的实例，并与同学交流。

学到了什么



· 质量是描述物体所含物质多少的物理量，质量不随物体的形状、状态、位置的改变而改变。

· 可用托盘天平、数字电子秤等工具测量物体的质量。对于测量工具，需要了解测量原理，认识工具的特点，掌握正确的使用方法，明确使用注意事项，等等。

· 密度是描述单位体积的物体质量大小的物理量。同种物质的密度随温度、压强的改变而改变。

· 建立密度概念运用了比较、类比、用物理量之比定义新物理量等科学方法。

· 依据 $\rho=\frac{m}{V}$，选用适当的工具可以测量物质的密度。

7

第七章
物体间的相互作用

掷标枪时，运动员用力将标枪掷出，标枪会飞出很远；游泳时，人用力向后划水，就会向前运动；高速动车组列车启动后在牵引力的作用下运动得越来越快；长征五号运载火箭将质量高达 23 t 的问天实验舱成功送入太空。这些现象的发生都与力的作用有关。

我们如何认识和描述力？力有哪些作用效果？物体运动是否需要力的作用？让我们一起走进力学世界，探究其中的奥秘吧！

第一节　力

举重赛场上运动员举起杠铃要用力，上学时我们提起书包要用力。“力”这个词对我们来说并不陌生，我们随时随地都能感受到力的存在。上楼、开门、投篮球、骑自行车、写字……我们做这些事情时都有力的作用。那么，物理学中人们是如何认识和描述力的呢？

力

想一想

仔细观察和分析图 7.1-1 所示的情景，其中都存在力的作用。想一想：它们有哪些共同特点？

甲　人推车　　乙　人拉行李箱　　丙　手提购物袋

丁　人压双杠　　戊　两磁体相互吸引

图 7.1-1　物体间力的作用

物理学中，通常将物体之间的推、拉、提、压、举、吸引和排斥等叫作物体之间的相互作用，把一个物体对另一个物体的作用叫作**力**。

力用符号 F 表示。在国际单位制中，力的单位是**牛顿**，简称牛，用符号 N 表示。

1 N 的力有多大呢？两个鸡蛋放在手中静止时，对手的压力大约为 1 N（图 7.1–2）。

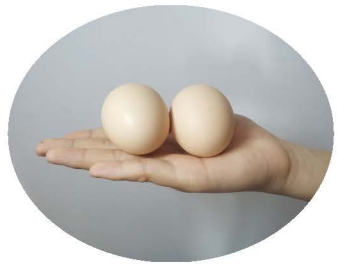


图 7.1–2　感受力的大小

力是一个物体对另一个物体的作用，其中一个物体是施力物体，另一个物体是受力物体。

在图 7.1–1 甲中，人推车时，人是施力物体，车是受力物体。

议一议　请你分析图 7.1–1 乙～戊所示的情景中，哪个物体是施力物体，哪个物体是受力物体？

力的作用效果

想一想

观察如图 7.1–3 所示的情景，在这些情景中都存在力的作用。想一想：作用在物体上的力分别产生了哪些效果？

跳板被压弯　　篮球被投出　　棒球被接住　　足球被顶回去

图 7.1–3　力的作用效果

跳板在力的作用下被压弯，跳板的形状发生了改变；篮球被投出，由静止变为运动；棒球被接住，由运动变为静止；足球被顶回去，运动方向发生了改变。在物理学中，把物体形状的改变称为**形变**；把物体由静止到运动，由运动到静止，以及速度大小或方向的改变，称为物体的运动状态发生了改变。

可见，力可以使物体发生形变，也可以使物体的运动状态发生改变。

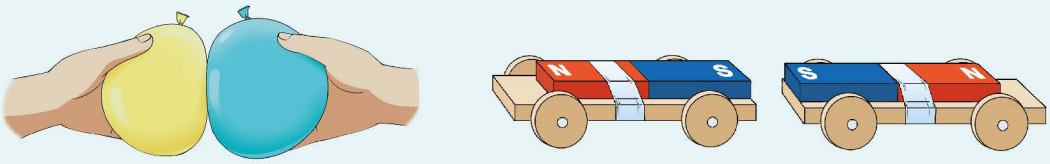
议一议 你通过什么现象判断物体是否受到了力的作用？把你观察和思考的结果与同学交流一下。

力的作用是相互的

演示与观察

如图 7.1-4 甲所示，将两只气球相互靠近，先用左边的气球挤压右边的气球，再用右边的气球挤压左边的气球。两次实验中左右两边气球都受到力的作用了吗？你的判断依据是什么？这说明了什么？

如图 7.1-4 乙所示，在两辆相同的小车上各绑一块相同的条形磁体，让小车适当靠近并静止在水平桌面上，松手后看到什么现象？这又说明了什么？



甲　两只气球相互作用　　乙　两块磁体相互作用

图 7.1-4　力的作用是相互的

大量事实说明，若甲物体对乙物体施加力，则乙物体对甲物体也同时施加力，可见**物体间力的作用是相互的**。

做一做

如图 7.1-5 所示，用手拍一下桌子，穿着轮滑鞋用力推墙，体验一下施力和受力的感觉。你认为物体间力的作用都是相互的吗？你是依据什么来判断手和人都受到了力的作用的呢？

甲　手拍桌子　　乙　用力推墙

图 7.1-5　物体间力的作用是相互的

当手拍桌子时，手对桌子有一个力的作用，则手是施力物体，桌子是受力物体；同时桌子对手也有力的作用，此时桌子是施力物体，手是受力物体。当穿着轮滑鞋的同学用力推墙时，人对墙有一个推力作用，人是施力物体，墙是受力物体；同时墙对人也有力的作用，此时墙是施力物体，人是受力物体。

议一议　在日常生活中存在着许多力学现象，你能举几个例子说明物体间力的作用是相互的吗？

力的描述

在物理学中，通常把力的大小、方向和作用点叫作**力的三要素**。在研究与力相关的问题时，如何方便、直观地描述力呢？

通常我们用一根带箭头的线段形象地表示力，这种表示力的方法叫作**力的示意图**。如图 7.1-6 所示，一辆小车受到水平向右、大小为 40 N 的拉力作用，可以在受力物体上沿着力的方向画一条水平向右的线段，在线段的末端画一个箭头表示拉力的方向，在箭头旁标注“F = 40 N”表示拉力的大小，线段的起点表示力的作用点。这样用一根带箭头的线段就把力的三要素都表示出来了。

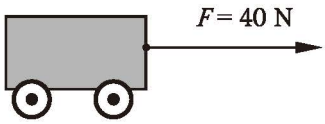
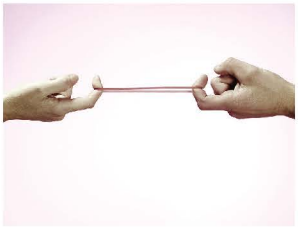


图 7.1-6　力的示意图

如果要在同一图中表示物体受到几个力的作用，除了画出每个力的作用点和方向外，还需要注意力越大，对应的线段就越长。

实践与探索

1. 观察如图 7.1–7 所示的情景，你可以得出关于力的哪些认识？



手拉橡皮筋，橡皮筋也拉手

手捏面团，面团形状改变

守门员用力使足球由运动变为静止

图 7.1–7　生活中的一些现象

2. 静止在水平地面上的木箱，在 A 点受到 80 N 的水平向左的推力，请在图 7.1–8 中画出这个推力的示意图。

3. 我国在过春节时有挂灯笼的习俗。一个悬挂在绳子下面的灯笼，在 A 点受到绳子向上的 10 N 的拉力。请在图 7.1–9 中画出这个拉力的示意图。

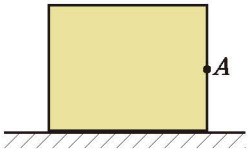


图 7.1–8　静止在地面上的木箱

图 7.1–9　挂在绳子下的灯笼

4. 游泳运动员奋力向后划水，就会快速向前运动。请你解释这种现象。

5. 有如下实验器材：一块长木板、一根弹簧、两块条形磁体、两辆小车、两个皮球。请你从中任选器材设计一个实验，说明物体间力的作用是相互的。

第二节　弹　力

射箭运动员用力拉满弓，松手后箭会被弓射出去很远（图 7.2–1）。为什么拉弯的弓能将箭射出去呢？

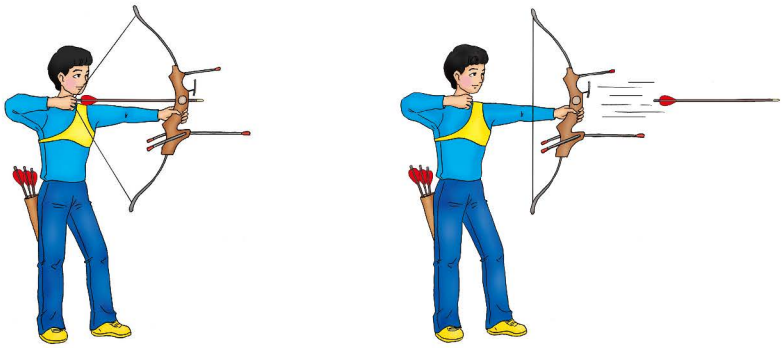
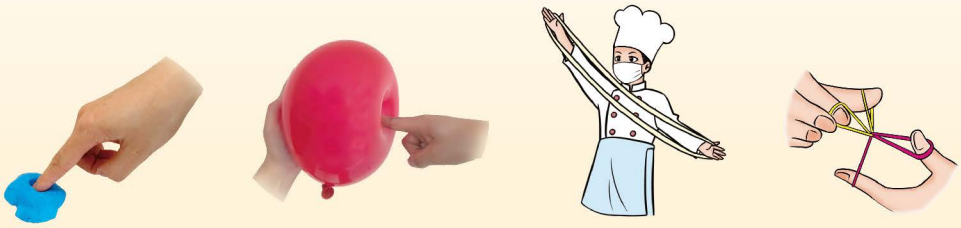


图 7.2–1　射箭过程示意图

弹　力

想一想

如图 7.2–2 所示，用手分别按压一下橡皮泥和气球，松手后它们的形变情况有什么不同？用手分别拉柔软的面条和橡皮筋，松手后它们的形变情况又有什么不同？



按压橡皮泥　　按压气球　　拉面条　　拉橡皮筋

图 7.2–2　生活中的形变

橡皮泥、面条等物体，在受到外力时会发生形变，在撤去外力时，不能自动恢复原来的形状，这种形变叫作塑性形变。被吹鼓的气球、橡皮筋等物体，

在受到外力时会发生形变，撤去外力时，能自动恢复原来的形状，这种形变叫作弹性形变。

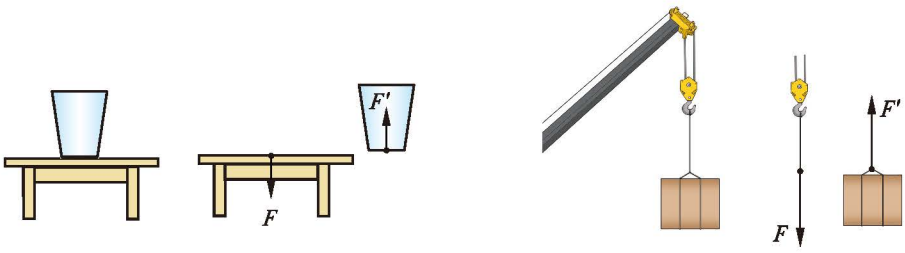
我们用力压瘪气球、拉长橡皮筋，使它们发生弹性形变时，可以感受到它们对手有力的作用。这种物体由于发生弹性形变而产生的力叫作**弹力**。

有些物体（如桌面、绳子等）受力时也会发生形变，只是发生的形变较小，用肉眼不易观察，因此与它们接触的物体也会受到弹力。弹力是一种很常见的力，平时所说的地面对物体的支持力、书本对桌面的压力、弹簧对挂在下面物体的拉力等都属于弹力。

议一议 如图 7.2–3 所示，水杯放在水平桌面上静止时，水杯对桌面有压力，桌面对它有支持力；货物被钢丝绳悬吊在空中，货物与钢丝绳之间也有相互作用的拉力。这些压力、支持力和拉力的方向是怎样的呢？

在图 7.2–3 甲中，把水杯放在桌面上，水杯与桌面在两者的接触处都发生了微小的形变，水杯对桌面产生向下的弹力，也就是水杯对桌面产生向下的压力 F；同时桌面也对水杯产生向上的弹力，也就是桌面对水杯产生向上的支持力 F'。

大量事实表明，压力（支持力）的方向总是垂直于接触面指向被压（被支持）的物体。



甲　相互作用的压力和支持力的方向　　乙　相互作用的拉力的方向

图 7.2–3　弹力的方向

在图 7.2–3 乙中，货物被钢丝绳悬吊在空中，货物和钢丝绳都发生了微小的形变，货物对钢丝绳产生向下的弹力，也就是货物对钢丝绳产生向下的拉力 F；同时钢丝绳也对货物产生向上的弹力，也就是钢丝绳对货物产生向上的拉力 F'。

大量事实表明，物体所受拉力的方向总是沿着绳子指向绳子收缩的方向。

物体的弹性有一定的限度，超过这个限度物体就不能恢复到原来的形状。因此，在使用弹簧时不能超过它的弹性限度，否则会损坏弹簧。

测力计

演示与观察

在图 7.2–4 所示的情景中，手对同一弹簧的拉力或压力大小不同时，弹簧长度的改变量有什么不同？

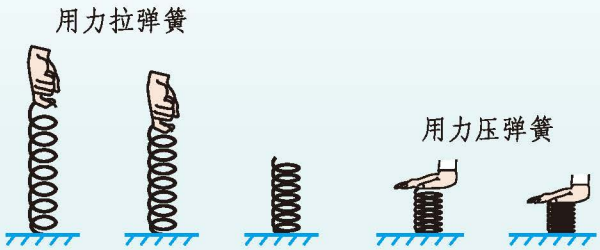


图 7.2–4　弹力的大小与弹簧长度的改变

上述情景中，弹簧受到的拉力或压力大小发生改变时，弹簧形变量的大小也随着改变。在弹性限度内，拉力或压力越大，弹簧的形变量就越大。根据这个原理，人们制作了一种弹簧测力计（图 7.2–5），用弹簧的伸长量来反映拉力的大小。

提个醒

与观察音叉的振动类似，在利用弹簧测力计测量力时，也用到了转换的科学研究方法，把力的大小转换为弹簧的伸长量的大小。

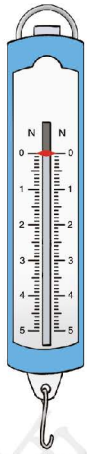
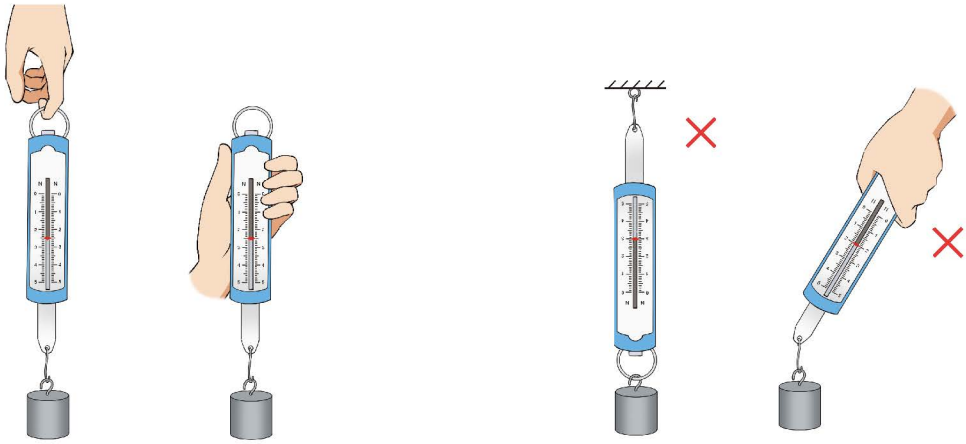


图 7.2–5　弹簧测力计

观察图 7.2–6 所示使用弹簧测力计的情景，你能说明弹簧测力计是如何测量力的吗？怎样才能正确地使用弹簧测力计呢？



甲 正确的使用方法　　乙 错误的使用方法

图 7.2-6 使用弹簧测力计的方法

在实验室中，我们要规范地使用弹簧测力计测量力。使用弹簧测力计测量力时，要注意如下事项。

1. 测量前，注意观察弹簧测力计的量程和分度值。估计所要测的力的大小，选择合适量程的测力计，以保证加在测力计上的力不超过它的量程。检查测力计的指针是否与零刻度线对齐，若没有对齐，要进行调节。

2. 测量时，要使待测的力竖直向下作用在弹簧测力计的挂钩上，让力的方向沿弹簧的中心轴线方向，尽量不要让指针、拉杆、弹簧等与测力计的外壳接触。弹簧测力计要保持静止或匀速直线运动，指针要与刻度线平行。

学生实验：用弹簧测力计测量力

1. 观察如图 7.2-7 所示的弹簧测力计，它的量程是_____N，分度值是_____N。将调节好的弹簧测力计上端固定，用手轻轻向下拉弹簧测力计的挂钩，使指针分别指到 1 N、2 N、4 N 的位置，感受一下手受到力的大小。

2. 估计 1 个钩码对弹簧测力计的拉力大小。选择合适量程的弹簧测力计，将 1 个钩码挂在弹簧测力计的挂钩上，当钩码静止时，记录弹簧测力计的示数 F_1= _____N，该示数就是钩

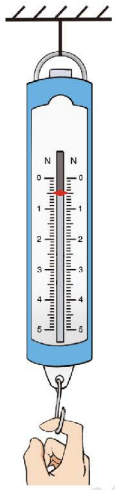


图 7.2-7 用弹簧测力计测量力

码对弹簧测力计向下的拉力大小。用同样的方法测出 2 个、4 个同样的钩码对弹簧测力计向下的拉力大小，F_2= _____ N，F_3= _____ N。

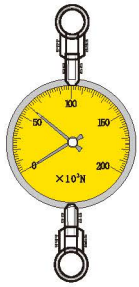
3. 用同样的方法测出你的学习用品对弹簧测力计的拉力，如文具袋、物理课本等，记录实验数据。

注意：使用弹簧测力计时不能使其长时间受力，否则会影响弹簧的弹性。

阅读与拓展

各种测力计和弹簧

如图 7.2–8 所示是三种常见的测量力的工具，分别是牵引力测力计、握力测力计、数字测力计。



牵引力测力计

握力测力计

数字测力计

图 7.2–8　三种测力计

弹簧种类很多，按照使用时弹簧能够承受的弹力及形变情况，可分为压缩弹簧、拉伸弹簧、扭转弹簧和弯曲弹簧等（图 7.2–9）。请你查阅资料，了解这些弹簧的功能和在生产生活中的用途。

压缩弹簧

拉伸弹簧

扭转弹簧

弯曲弹簧

图 7.2–9　常用的弹簧

实践与探索

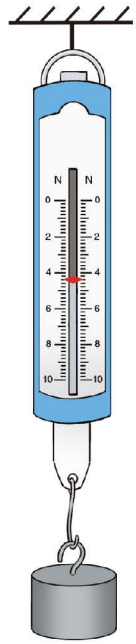


图 7.2-10 用弹簧测力计测量力

1. 如图 7.2-10 所示是实验室常用的弹簧测力计。这个弹簧测力计的量程是 _____ N，分度值是 _____ N。此时弹簧测力计的示数是 _____ N。

2. 在使用弹簧测力计测量之前，如果指针没有与零刻度线对齐，而是指在零刻度线的上方，则测量得到的数值与真实值相比，是偏大、偏小，还是相同？

3. 小华用弹簧健身器锻炼身体，刚开始拉伸时感到只要用较小的力就可以拉开，可是随着两手拉开的距离逐渐变大，他感到要用的力越来越大（图 7.2-11）。请你用学过的物理知识进行解释。

4. 想要测量一根头发所能承受的最大拉力是多少，先想一想该怎么做，再和同学交流一下。确定测量方法后，先估计一根头发所能承受的最大拉力，再用弹簧测力计测一根头发实际所能承受的最大拉力是多少，看看你的估计是否准确。

5. 利用身边的物品自制一个简易的测力计（可参考图 7.2-12），与实验室中的弹簧测力计进行比较，看看它们对同一个力的测量结果是否相同，并说明其中的原因。

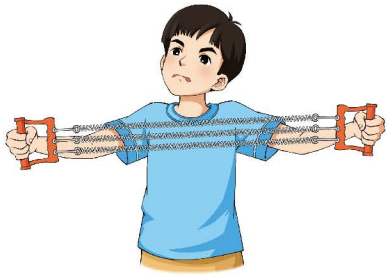


图 7.2-11 用力拉弹簧健身器

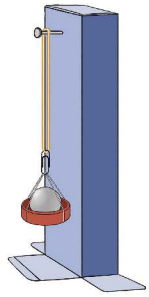


图 7.2-12 自制简易测力计

第三节　重　力

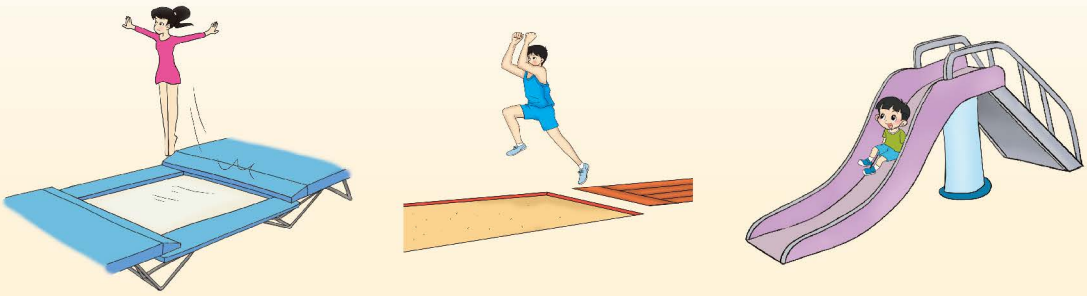
投向空中的篮球总会落到地面，水总是由高处流向低处，树上掉下来的苹果也总会落向地面……

为什么地面附近的一切物体在没有其他物体支撑时总会落到地面呢？

重　力

想一想

观察图 7.3–1 所示的情景，被蹦床弹到高处的运动员、起跳后的跳远运动员、从滑梯上滑下的小孩，他们的运动结果具有什么共同特点呢？



被蹦床弹到高处的运动员　　起跳后的跳远运动员　　从滑梯上滑下的小孩

图 7.3–1　人在地面附近的运动

被蹦床弹到高处的运动员、起跳后的跳远运动员、从滑梯上滑下的小孩，最终都会落向地面。这是由于地球对它附近的一切物体都有一种吸引作用。这种由于地球的吸引而使物体受到的力，叫作**重力**，通常用符号 G 表示，重力的方向总是竖直向下的。

重力的方向是物体由静止自由下落时的运动方向，也是用轻软细线悬挂重物静止时悬线下垂的方向（图 7.3–2 甲）。通常我们把与重力方向一致的线叫作重垂线。重垂线在生产和生活中有着广泛的应用。我国宋代建筑工程典籍《营造法式》中记载的“垂绳视正”，介绍的就是重垂线在建筑工程中的应用。利用重垂线可以检查墙体砌得是否竖直，检查桌面（或地面）是否水平（图 7.3–2 乙）。

提个醒

竖直向下的方向就是与水平面垂直向下的方向。

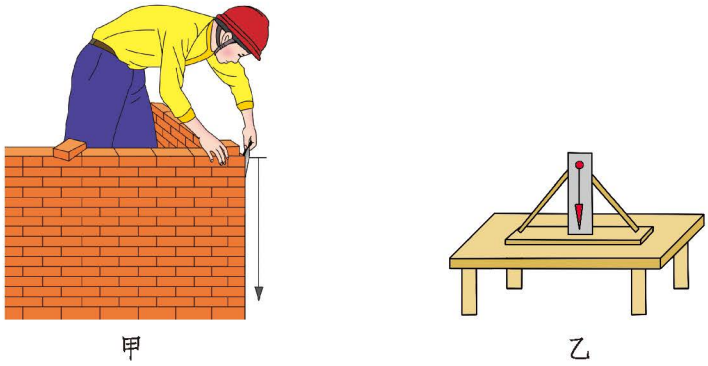


图 7.3–2 重力的方向

将物体悬挂在弹簧测力计下端，当物体静止时，弹簧测力计的示数就等于该物体所受重力的大小（图 7.3–3）。

议一议 你能再举出几个例子来证明重力的存在吗？如果没有重力，我们的生活会是什么样子？

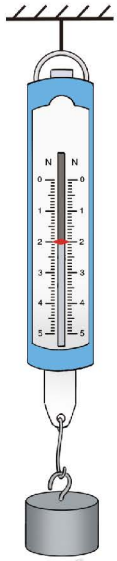


图 7.3–3 测量物体所受的重力

重力与质量的关系

在弹簧测力计下端加挂的钩码越多，钩码的总质量越大，弹簧测力计的示数就越大，表明钩码所受的重力也越大。那么，物体所受的重力大小与它的质量有什么关系呢？

做一做

探究重力与质量的关系

1. 用天平分别测出质量不同的两个木块、两个铝块、两个铁块的质量，并记录在表 7.3–1 中。

2. 用弹簧测力计依次测出上述物体所受的重力，并记录在表 7.3–1 中。比较不同质量的物体所受重力的大小。

表 7.3–1　探究重力与质量的关系

质量 m/kg						
重力 G/N						

分析表 7.3–1 中记录的数据可以得出，物体所受重力的大小与它的质量有什么关系？

从表 7.3–1 中记录的数据可以看出，物体受到的重力跟它的质量成正比。

大量实验表明，在地球附近同一地点，物体受到的重力与其质量的比是一个常量。若用 G 表示重力，m 表示质量，g 表示重力与质量的比，则地球附近的物体所受的重力跟它的质量的关系可以写成 $g=\frac{G}{m}$，即

$$G=mg。$$

公式中重力的单位是牛（N），质量的单位是千克（kg），因此 g 的单位是 N/kg，读作“牛每千克”。

一般 g 为 9.8 N/kg，表示地球附近质量为 1 kg 的物体受到的重力为 9.8 N。在粗略计算时，g 可以取 10 N/kg。

例题　一名质量为 50 kg 的同学，他受到的重力为多少牛？一个物体所受的重力是 19.6 N，它的质量是多少千克？

解　由 $G=mg$ 可知，这名同学受到的重力

$$G=mg=50\ \text{kg}\times 9.8\ \text{N/kg}=490\ \text{N}。$$

由 $G=mg$ 可得，这个物体的质量

$$m'=\frac{G'}{g}=\frac{19.6\ \text{N}}{9.8\ \text{N/kg}}=2\ \text{kg}。$$

答 这名同学受到的重力是 490 N，这个物体的质量是 2 kg。

相关链接

在地球上的不同位置，g 的数值一般是不同的。在地球的赤道附近 g 值最小，越靠近两极 g 值越大。

重 心

由于地球对物体的每一部分都有吸引作用，所以物体的各部分都受到重力的作用。在处理实际问题时，物体所受的重力可以看成作用在某一点上，这一点叫作物体的**重心**。如图 7.3–4 所示，形状规则、质量分布均匀的物体，其重心在它们的几何中心处。

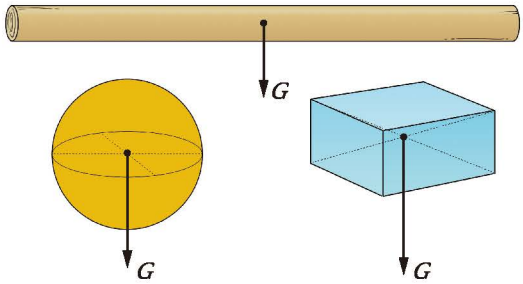


图 7.3–4 形状规则、质量分布均匀的物体的重心

为了研究问题方便，在画物体受力的示意图时，常常把力的作用点画在物体的重心上。如图 7.3–5 所示为静止在水平地面上的铅球受力的示意图。

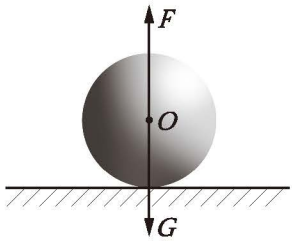


图 7.3–5 铅球受力的示意图

实践与探索

1. 静止在水平桌面上的排球受到哪几个力的作用？这几个力的施力物体分别是什么？请在图 7.3–6 中画出排球所受力的示意图。

2. 物体 A 静止在斜面上，在图 7.3–7 中画出 A 受到的重力和斜面支持力的示意图。

图 7.3–6　排球静止在桌面上

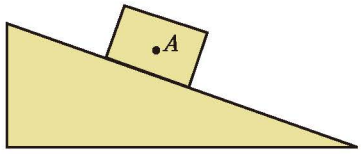


图 7.3–7　物体静止在斜面上

3. 为了解同学们的身体情况，学校每年都要组织同学们进行体检，体检时总说某同学的体重是多少千克，由于在物理中体重指人受到的重力的大小，所以体检时应该说某同学身体的质量是多少千克。你身体的质量是多少千克？计算一下：你的体重是多少牛？

4. 一座乡村公路桥的桥头有一个如图 7.3–8 所示的限重标志牌。为了保证桥的安全使用，汽车等通行车辆的总重力不能超过多少牛？

图 7.3–8　限重标志牌

5. 月球对它表面附近的物体也有吸引力，这个力大约是地球对地面附近同一个物体引力的 1/6。如果一名航天员连同装备受到月球的引力大约是 145 N，那么这名航天员连同装备的质量大约是多少千克？（g 取 10 N/kg）

第四节　二力平衡

放在水平桌面上的苹果受到重力和支持力的作用，保持静止不动；在平直的道路上匀速直线行驶的汽车受到牵引力和阻力的作用，保持匀速直线运动状态（图 7.4–1）。

苹果在水平桌面上静止

汽车匀速直线行驶

图 7.4–1　物体静止或做匀速直线运动

力可以改变物体的运动状态。为什么物体在受力的情况下，有时还会保持静止状态或者匀速直线运动状态呢？

二力平衡

在图 7.4–1 所示的情景中，物体虽然都受到了力的作用，但却保持静止或匀速直线运动状态。物体受到几个力作用时，如果仍能保持静止或匀速直线运动状态，我们就称物体处于**平衡状态**。处于平衡状态的物体所受的力叫作**平衡力**。

一个物体在两个力的作用下处于平衡状态，我们就说这两个力相互平衡，简称为**二力平衡**。

议一议　观察如图 7.4–2 所示的情景，分析一下：这些物体受到了什么力的作用？处于怎样的运动状态？

甲 灯笼在屋檐下静止

乙 跳伞运动员竖直匀速降落

丙 物体被匀速竖直提升

图 7.4-2 处于平衡状态的物体

二力平衡的条件

一个物体处于二力平衡时，这两个力要满足什么条件呢？

做一做

探究二力平衡的条件

如图 7.4-3 所示，在一张长方形轻质硬纸板的对角位置打两个孔 A 和 B，并在 A、B 间画一条直线。将两根细线分别系在轻质硬纸板的 A、B 两个孔上，并按如图 7.4-4 所示进行组装。

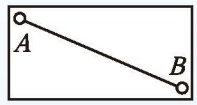
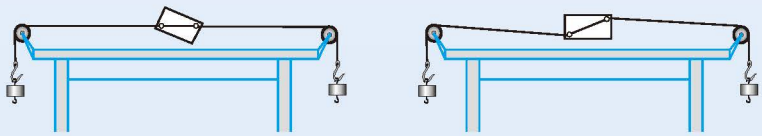


图 7.4-3 轻质硬纸板

1. 如图 7.4-4 甲所示，在细线两端各悬挂一个 50 g 的钩码，放手后轻质硬纸板能否保持平衡状态？此时轻质硬纸板受到的两个拉力的大小有什么关系？方向有什么关系？



甲 乙

图 7.4-4 探究二力平衡的条件

2. 在图 7.4-4 甲中，在其中一个钩码下端再挂一个 50 g 的钩码，轻质硬纸板还能保持平衡状态吗？此时轻质硬纸板受到的两个拉力的大小有什么关系？方向有什么关系？

3. 将轻质硬纸板逆时针扭转一下，使轻质硬纸板的一边与桌面平行（图 7.4–4 乙），放手后轻质硬纸板还能保持平衡状态吗？放手时轻质硬纸板受到的两个拉力的大小有什么关系？方向有什么关系？

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

在前面用弹簧测力计测量物体受到的重力大小时，就利用了二力平衡条件。当挂在弹簧测力计下端的物体静止不动时，物体受到竖直向下的重力和弹簧测力计对它竖直向上的拉力，两力大小相等，方向相反，作用在同一直线上，即二力平衡。测出弹簧测力计对物体的拉力大小，就能得出物体所受的重力大小。

在图 7.4–1 中，在水平桌面上静止的苹果，受到竖直向下的重力和桌面对它竖直向上的支持力，二力平衡。若已知苹果所受重力的大小，就能知道支持力的大小。在平直的公路上匀速直线运动的汽车，在水平方向上受到向前的牵引力和向后的阻力，二力平衡；在竖直方向上，受到竖直向下的重力和路面对它竖直向上的支持力，二力平衡。

议一议 小华和小亮两位同学进行手拉手拉力比赛的过程中，小华给小亮的拉力为 F_1，小亮给小华的拉力为 F_2，已知 $F_1 = F_2$，那么这两个力属于平衡力吗？为什么？

相关链接

如何找出形状不规则的平板状物体的重心

形状不规则的平板状物体可用支撑法找出它的重心位置。如图 7.4–5 所示，当这块平板状物体在手指上平衡时，其所受重力与手指对它的支持力一定是一对平衡力，所以重心一定在支撑点上方。

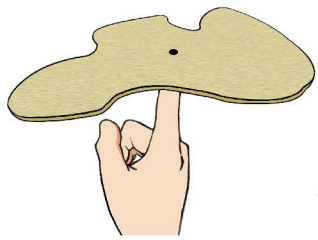


图 7.4–5 支撑法找重心

形状不规则的平板状物体也可用悬挂法

找出它的重心位置。如图 7.4–6 甲所示，在待确定重心的物体上任意选一点 A 并扎上小孔，用细线把物体悬挂起来。当物体静止时，根据二力平衡条件可知，细线的拉力方向与物体的重力方向在一条直线上，重心也一定在这条直线上。为了记录这条线的位置，我们用铅笔和直尺在物体上画出悬线的延长线 AB。在物体上另找一点 D 并扎上小孔，把物体悬挂起来（图 7.4–6 乙）。按照上述方法画出此时悬线的延长线 DE。DE 与 AB 的交点 C 就是这个物体的重心。

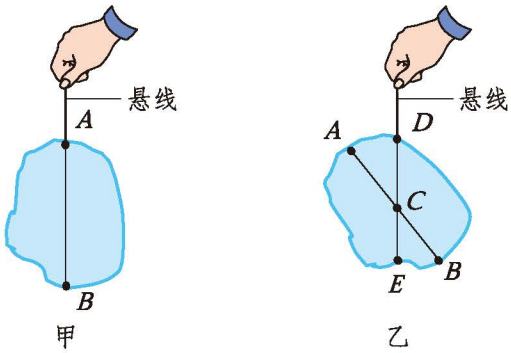


图 7.4–6　悬挂法找重心

实践与探索

1. 在图 7.4–7 所示的各种情景中，F_1 与 F_2 大小均相等，属于二力平衡的是（　　）。

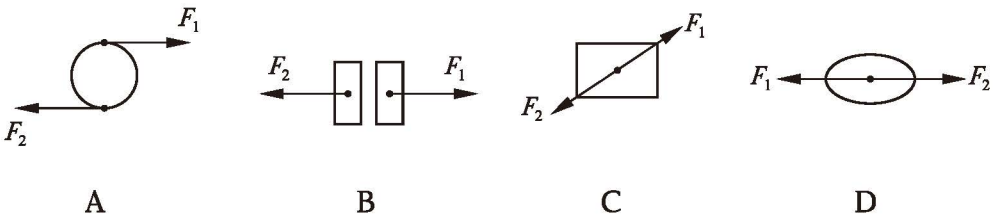
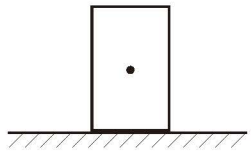


图 7.4–7　物体受力示意图

2. 芳芳站在水平放置的体重秤上静止时，她受到哪几个力的作用？体重秤受到哪几个力的作用？

3. 如图 7.4-8 甲所示，静止放在水平桌面上的水杯的质量为 0.25 kg，水杯除了受到重力的作用外，还受到什么力的作用？这个力的大小是多少？方向如何？请在图 7.4-8 乙中画出水杯所受力的示意图。（g 取 10 N/kg）

甲

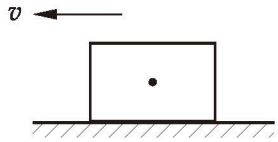


乙

图 7.4-8　水杯及其受力示意图（待画）

4. 如图 7.4-9 甲所示，在水平铁轨上做匀速直线运动的高速列车受到哪几个力的作用？这些力中有几对平衡力？请在图 7.4-9 乙中画出高速列车所受力的示意图。

甲

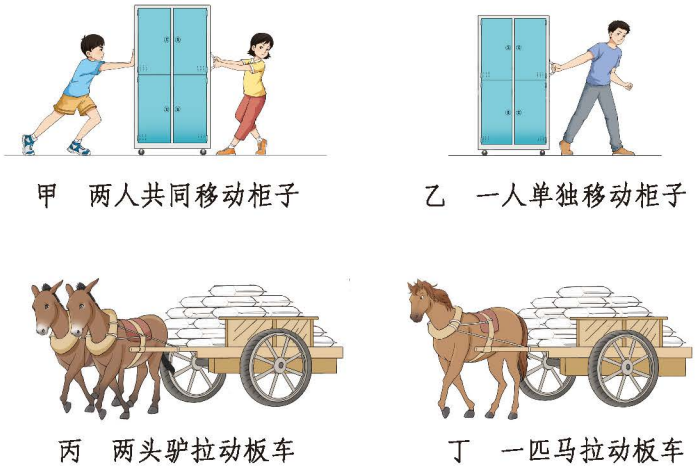


乙

图 7.4-9　高速列车及其受力示意图（待画）

第五节　同一直线上二力的合成

在图 7.5–1 甲、乙所示的两种情景中，使同一柜子向右运动的力分别有几个？在图 7.5–1 丙、丁所示的两种情景中，拉动同一板车向左运动的力分别有几个？在图 7.5–1 中物体受一个力与受两个力的作用效果有什么关系？



甲　两人共同移动柜子　　乙　一人单独移动柜子

丙　两头驴拉动板车　　丁　一匹马拉动板车

图 7.5–1　一个力与两个力的作用效果

像图 7.5–1 中的情景这样，如果一个力的作用效果和几个力共同作用的效果相同，那么这个力称为那几个力的**合力**。已知几个力的大小和方向，求合力的大小和方向，称为**力的合成**。

同一直线上二力的合成

一个物体同时受到沿同一直线的两个力的作用时，如何确定合力的大小和方向呢？

演示与观察

1. 如图 7.5–2 甲所示，取一根橡皮筋，将其左端固定，其右端自然伸长至 E 点。用方向相同的两个力 F_1 和 F_2 拉橡皮筋，让它伸长到 E' 点，其中 F_1 是 2 个钩码对橡皮筋的拉力，F_2 是 1 个钩码对橡皮筋的拉力，F_1 和 F_2 在同一

条直线上，方向相同。

2. 如图 7.5-2 乙所示，用一个力 F 代替 F_1 和 F_2 拉橡皮筋，让它也伸长到 E' 点。

观察图 7.5-2 甲、乙所示的实验现象，思考以下问题：

（1）如何观察拉力 F_1 和 F_2 拉橡皮筋的效果？

（2）拉力 F 拉橡皮筋的效果跟拉力 F_1 和 F_2 拉橡皮筋的效果相同吗？

（3）根据观察到的实验现象，你能提出关于力 F 跟 F_1、F_2 的大小和方向之间关系的猜想吗？

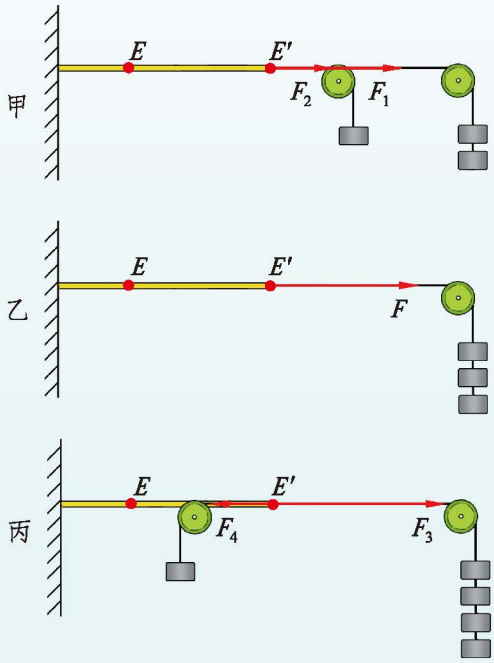


图 7.5-2　同一直线上二力的合成

3. 如图 7.5-2 丙所示，用方向相反的两个力拉橡皮筋，让它仍然伸长到 E' 点，其中 F_3 是 4 个钩码对橡皮筋的拉力，F_4 是 1 个钩码对橡皮筋的拉力，F_3 和 F_4 在同一条直线上，方向相反。

观察图 7.5-2 乙、丙所示的实验现象，思考以下问题：

（1）如何观察拉力 F_3 和 F_4 拉橡皮筋的效果？

（2）拉力 F 拉橡皮筋的效果跟拉力 F_3 和 F_4 拉橡皮筋的效果相同吗？

（3）根据观察到的实验现象，你能提出关于力 F 跟 F_3、F_4 的大小和方向之间关系的猜想吗？

大量实验表明：

1. 同一直线上方向相同的两个力，其合力的方向跟这两个力的方向相同，大小等于这两个力的大小之和。

2. 同一直线上方向相反的两个力，其合力的方向跟较大的那个力的方向相同，大小等于这两个力的大小之差。

生活中，一个物体受到同一直线上两个力的作用的例子有很多。例如：一个同学水平向前拉装满物品的手推车，另一个同学水平向前推车，这时手推车在水平方向上受到的合力的大小就等于这两个力的大小之和，方向与这两个力的方向相同；一个同学竖直向上提起书包时，书包受到竖直向上的拉力和竖直向下的重力，书包在竖直方向上受到的合力的大小就等于这两个力的大小之差，方向与较大的力方向相同。

议一议 在龙舟赛上运动员齐心协力奋力划桨，也用到了合力的知识。分析一下运动员们是如何应用合力知识的。你还可以举出日常生活中其他应用合力的例子吗？两个力的合力大小一定比其中的一个力大吗？

我们周围的物体都要受到力的作用，在受力的情况下，物体有时也会保持静止状态或匀速直线运动状态，这是因为它们受到平衡力的作用，而平衡力的合力为零。

阅读与拓展

神舟十六号载人飞船发射取得圆满成功

2023 年 5 月 30 日，搭载神舟十六号载人飞船的长征二号 F 遥十六运载火箭在酒泉卫星发射中心点火发射，运载火箭以巨大的推力，克服地球引力的束缚将载人飞船推向太空，约 10 min 后，神舟十六号载人飞船与火箭成功分离，进入预定轨道，航天员乘组状态良好，发射取得圆满成功（图 7.5–3）。

图 7.5–3 神舟十六号载人飞船成功发射

飞船入轨后，按照预定程序与空间站组合体进行自主快速交会对接，神舟十六号航天员乘组与神舟十五号航天员乘组进行在轨轮换。在空间站工作、生活期间，神舟十六号航天员乘组进行出舱活动，开展空间科学实（试）验，完成舱内外设备安装、调试、维护维修等各项任务。

此次任务是我国载人航天工程进入空间站应用与发展阶段的首次载人飞行任务。

实践与探索

1. 一名质量为 50 kg 的同学站在水平地面上静止不动，该同学受到哪些力的作用？这些力的合力是多大？

2. 如图 7.5-4 所示，左边的晶晶用 100 N 的力水平作用在柜子上，右边的小华用 200 N 的力水平作用在柜子上（二力在同一直线上）。在图 7.5-4 甲、乙中，两人的作用力的合力大小分别为多少牛？合力的方向如何？

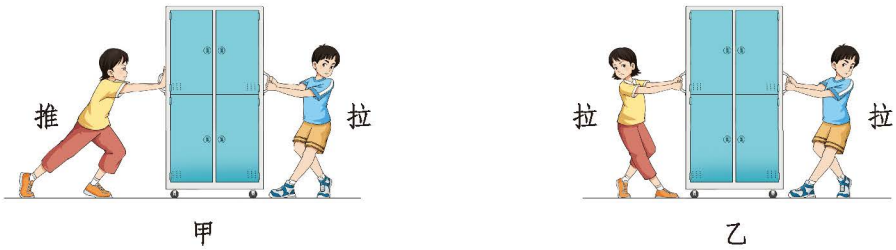


图 7.5-4　两人对柜子施加力的作用

3. 假设跳伞运动员和装备总重为 950 N，他从飞机上跳下，打开降落伞后竖直下落的某个时刻受到的空气阻力为 250 N，则这时跳伞运动员和装备受到的合力的大小是多少牛？合力的方向如何？

第六节　摩擦力

同学们在用黑板擦擦黑板时，发现黑板对黑板擦的滑动有一种阻碍作用，将黑板擦按压得越紧，感觉黑板对黑板擦的阻碍作用就越大。黑板对黑板擦阻碍作用的大小与哪些因素有关呢？

摩擦力

想一想

图 7.6–1 甲中，要想推动放在地面上的纸箱，需要用一定的力；图 7.6–1 乙中，运动员掷出的冰壶，在冰面上运动一段距离后就会慢慢停下来；图 7.6–1 丙中用橡皮在纸上擦掉错字，图 7.6–1 丁中用抹布擦桌子时，都会感到有阻碍作用。你还能举出其他类似的实例吗？

图 7.6–1　感受滑动摩擦力

上述实例中都存在着一种对物体滑动的阻碍作用。两个相互接触的物体，当一个物体在另一个物体表面上发生相对滑动时，会产生阻碍相对滑动的力，

我们把阻碍相对滑动的力叫作**滑动摩擦力**。

把肉眼看起来表面很平滑的物体，放到显微镜下观察，就会发现物体表面其实是凹凸不平的（图 7.6-2）。当相互接触的物体发生相对运动时，它们就会彼此阻碍，产生滑动摩擦力。

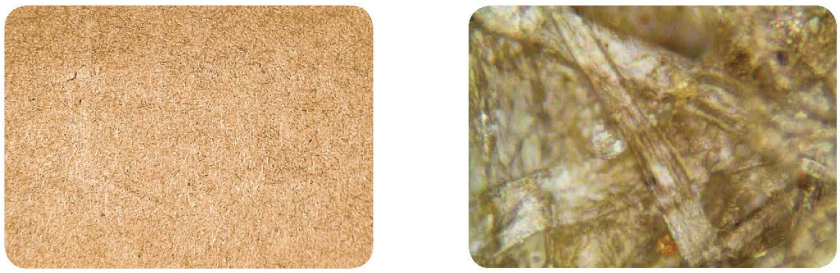


图 7.6-2　肉眼和显微镜下分别观察到的纸板表面

大量事实表明，物体所受滑动摩擦力的方向与物体相对运动的方向相反。

如何测量滑动摩擦力的大小呢？

做一做

测量滑动摩擦力

如图 7.6-3 所示，闭合电动机电源开关，电动机拉动木板在底板上水平运动，当物块相对于底板静止不动时，物块在水平方向受到拉力 $F_{拉}$和滑动摩擦力 $F_{摩}$的作用。这两个力是一对平衡力，$F_{摩}=F_{拉}$。因此，我们只要用弹簧测力计测出拉力 $F_{拉}$的大小，便可得知物块受到的滑动摩擦力 $F_{摩}$的大小。

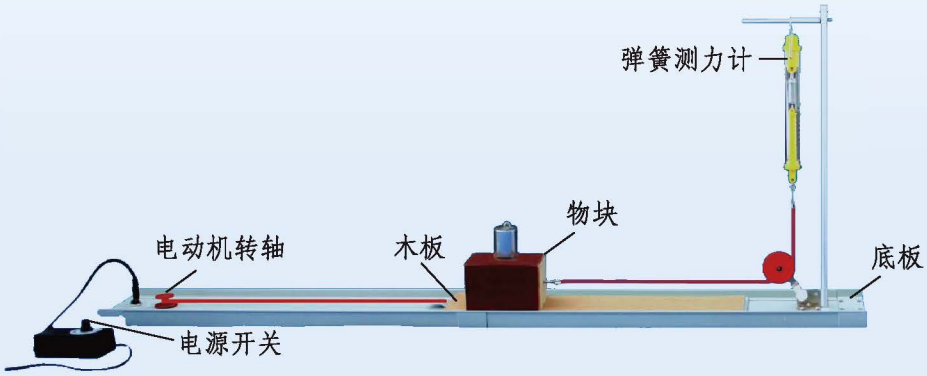


图 7.6-3　测量滑动摩擦力

学生实验：探究滑动摩擦力大小与哪些因素有关

提出问题 把手掌按在桌面上滑动，你能感到手受到了滑动摩擦力作用。当加大手掌对桌面的压力后再滑动时，你感到滑动摩擦力有什么变化？在相同压力下，先将手掌按在铺有毛巾的桌面上滑动，再将手直接放在桌面上滑动，你感到两种情况下的滑动摩擦力有什么不同？

根据我们的体验和生活经验，针对影响滑动摩擦力大小的因素可以提出一个值得探究的问题：滑动摩擦力的大小与接触面的粗糙程度是否有关？

针对这个问题，提出你的猜想与假设。

收集证据 根据你的猜想与假设，利用下面提供的实验器材，设计实验与制订方案，进行实验，并记录数据。

1. 实验器材：带有支架和定滑轮的底板、弹簧测力计、带有挂钩的木板、带有挂钩的长方体物块、三种材料相同目数不同的砂纸、两段细线、电源、电动机、钩码等。实验装置参考图 7.6–3。

2. 设计实验：先思考下面的问题，然后设计实验方案。

（1）怎样测量自变量——接触面的粗糙程度？实验中，在长方体物块表面贴上打磨物体用的砂纸，用砂纸目数表示接触面的粗糙程度，目数越大，砂纸越细腻，表示接触面越光滑。

（2）怎样测量因变量——物块受到的滑动摩擦力？

（3）怎样改变自变量？实验中，可以将不同目数的砂纸贴在物块表面上，从而改变接触面的粗糙程度。

（4）怎样控制影响滑动摩擦力的其他变量不变？

3. 进行实验：根据设计的实验方案进行实验，并把实验数据记录在表 7.6–1 中。

表 7.6–1 探究滑动摩擦力大小与接触面的粗糙程度是否有关

粗糙程度 / 目			
$F_{拉}$/N			
$F_{摩}$/N			

分析论证 分析表 7.6–1 中记录的实验数据，可以得出：_____

_____。

交流与评估 在上述探究实验中，你得到的结论与你的猜想一样吗？你在实验中遇到了什么问题？你还想探究什么问题？

做一做

请你仿照上面的实验，探究下面的问题：滑动摩擦力的大小与接触面受到的压力大小是否有关？

分析实验数据，可以得出：_____

_____。

你还可以提出你感兴趣的问题并进行探究。

大量实验表明，滑动摩擦力的大小与接触面受到的压力、接触面的粗糙程度有关，接触面受到的压力越大，接触面越粗糙，滑动摩擦力就越大。

相关链接

当我们用力握住瓶子向上提时，瓶子因受重力，相对于手有向下滑动的趋势。手与瓶子相互挤压，瓶子受到一个与重力方向相反的力，这个力也是摩擦力（图 7.6–4）。由于产生摩擦力的两个物体（手和瓶子）之间相对静止，所以这种摩擦力称为静摩擦力。我们平时用手握住一些物体时，都利用了静摩擦力；我们推桌子时没有将桌子推动，是由于桌子与地面之间存在静摩擦力；汽车能够停在倾斜的路面上而不下滑，是由于汽车受到路面对它的静摩擦力。

图 7.6–4 静摩擦力

沿水平地面推动柜子、桌子等物体时，会比较费力。在它们下面装上小轮子后，再推动时就很省力了。这说明在其他条件相同的情况下，用滚动代替滑动，可以减小摩擦。我们将一个物体在另一个物体上滚动时，受到的一种阻碍滚动的作用叫作滚动摩擦。

给车安装车轮、在古代搬运货物时加垫“滚木”、给转轴的部分加装

滚珠轴承等方法（图 7.6-5），都是利用滚动代替滑动来减小摩擦的。

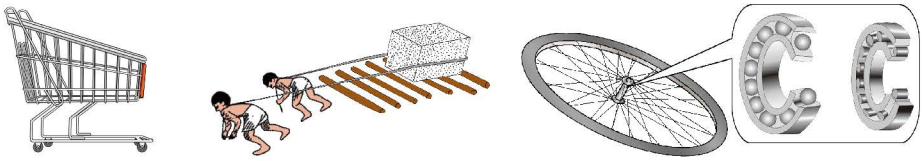


图 7.6-5　滚动摩擦

增大摩擦和减小摩擦

摩擦是自然界和生产生活中广泛存在的现象。有些摩擦能够给我们带来便利。正是因为有了摩擦，我们才能稳稳地坐在这里拿起书本学习、拿起笔写字，才能在地面上行走，汽车才能在公路上奔驰。有些摩擦也会给我们带来不利和危害。例如：汽车运行过程中，摩擦的存在会造成机件的磨损和能量的消耗；在地面上移动货物时，要克服摩擦的影响必须耗费额外的能量。

议一议　在生产和生活中，人们需要根据不同的情况来增大有益摩擦或减小有害摩擦。在图 7.6-6 中，人们是要增大摩擦还是减小摩擦？分别是采取什么措施来增大或减小摩擦的？你还能举出其他一些实例吗？

用力捏自行车车闸

自行车轮胎上刻有花纹

在车轮上安装防滑链

给车轴加润滑油

冰壶运动员用力刷冰

穿轮滑鞋

图 7.6-6　生活中增大或减小摩擦的实例

相关链接

减小阻力方法的不断创新

为了减小阻力，人们一直在不断探索创新。研究发现，使船、车不与地面或水面接触是减小阻力的一种方法，由此相继发明了气垫船和磁悬浮列车（图 7.6–7 甲、乙）。为了减小船、车等运动物体在空气或水中的阻力，人们又利用仿生学的知识（图 7.6–7 丙）设计了具有流线型外形的交通工具（图 7.6–7 丁）。

甲　黄河滩上的气垫船

乙　上海磁悬浮列车

丙　海水中游动的鲨鱼

丁　复兴号高速列车

图 7.6–7　减小阻力的实例

实践与探索

1. 在浴室中，为了防止人因地面湿滑而打滑跌倒，可以采取多种方法来增大摩擦。请你举出两个例子并说明各是通过什么方法来增大摩擦的。

2. 如图 7.6–8 所示，做“探究滑动摩擦力大小与哪些因素有关”实验时，拉动水平木板向左运动，让物块分别在不同实验条件下相对底板保持静止。下列说法中正确的是（　　）。

A. 比较甲、乙两图实验情景，可知滑动摩擦力的大小跟作用在物体表面的压力有关

B. 比较乙、丙两图实验情景，可知滑动摩擦力的大小跟作用在物体表面

的压力有关

C. 比较甲、丙两图实验情景，可知滑动摩擦力的大小跟接触面的粗糙程度有关

D. 比较乙、丙两图实验情景，可知滑动摩擦力的大小跟接触面的粗糙程度有关

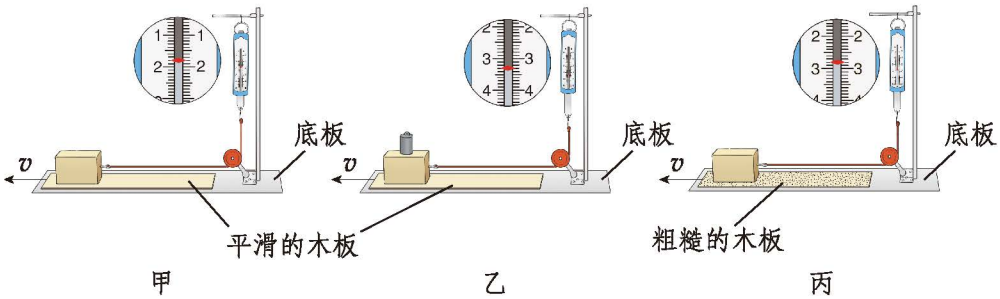


图 7.6-8　探究滑动摩擦力大小的影响因素

3. 在生产和生活中，经常看到如下现象，请你用学过的摩擦力知识分析：在这些现象中是为了增大摩擦还是减小摩擦？采取了哪些措施？

（1）滑梯的下滑段表面做得比较平滑。

（2）拉杆箱的底部装有滚轮。

（3）我们平常穿的鞋，鞋底上都刻有花纹。

（4）体操运动员在上器械前，会在手上抹一些白色粉末。

4. 小华想探究滑动摩擦力的大小与物体运动速度的大小是否有关。请你先和同学讨论，然后帮小华设计实验方案，利用相应实验器材进行探究，写出探究结论。

5. 请你大胆设想一下：如果摩擦力突然消失，我们生活的世界将会发生哪些变化？说出两个可能发生的现象。

第七节　牛顿第一定律

在田径运动会上，运动员竭尽全力冲向 100 米比赛的终点。运动员冲过终点后，并不能立即停下来，还要向前冲出一段距离。这是为什么呢？

阻力对物体运动的影响

图 7.7–1　物体运动是否需要力来维持

长期以来，人们从身边的许多类似事例中经常看到：要使原来静止的物体运动起来，就需要对它施加力的作用；如果撤去这个力，物体就会停止运动。

古希腊学者亚里士多德（Aristotle，前 384—前 322）也认为：静止是物体的自然状态，没有作用力就没有运动，物体的运动需要力来维持。

意大利物理学家伽利略，根据自己的观察和思考对这种观点进行了质疑。他通过思想实验分析得出：物体的运动并不需要力来维持。

谁的说法对呢？下面我们通过实验来研究这个问题。

做一做

探究阻力对物体运动的影响

如图 7.7–2 所示，取一物块，三次都用该物块将弹簧弹射装置的弹簧压缩至相同形变量处，然后松手释放，物块在水平轨道面上由静止开始运动。每次水平轨道面的光滑程度不同，第一次在水平轨道面上铺毛巾，第二次铺毡布，第三次铺牛皮纸，以改变物块在水平轨道面上受到的阻力，比较物块三次在水平轨道面上的运动距离有什么不同。

图 7.7–2　探究阻力对物体运动的影响

测量物块每次在水平轨道面上运动的距离 s，将物块在水平轨道面上受到的阻力情况和运动距离的大小记录在表 7.7–1 中。

表 7.7–1　探究阻力对物体运动的影响

接触面的材料	物块受到的阻力的大小（大、较大、小）	物块在水平轨道面上运动的距离 s / m
毛巾（粗糙）		
毡布（比较光滑）		
牛皮纸（光滑）		

每次都用物块将弹簧弹射装置的弹簧压缩至相同形变量处，再松手释放，这保证了物块每次在水平轨道面上运动的初速度相同。物块在水平轨道面上的运动速度会逐渐减小并最终停下来，这是物块在运动过程中受到了阻力的缘故。这也表明力可以改变物体的运动状态。

分析上面的实验结果可以发现，水平面越光滑，物块所受的阻力就越小，物体运动的距离就越长。

由此进行推理，假如水平面绝对光滑，物块在运动过程中不受阻力，物块的运动速度就不会减小，它将保持原来的速度、沿原来的方向永远运动下去。

提个醒

物理学中的“光滑”是一种理想状态，现实中并不存在。因此，可以在大量可靠的实验事实基础上，通过科学推理得出结论。

相关链接

伽利略曾进行了关于运动和力的关系的研究，并提出了如图 7.7–3 所示的思想实验。让小球从静止沿光滑倾斜轨道滚下，小球总能上升到原来释放时的高度。由此可以推想，当轨道的一端水平放置时，小球将沿水平面匀速运动下去。

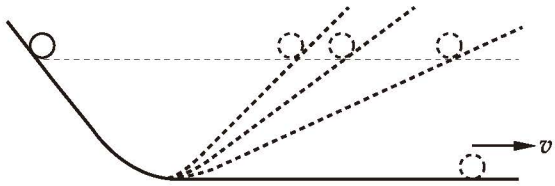


图 7.7–3 伽利略的思想实验

牛顿第一定律

早在几百年前，伽利略就进行了类似的实验和推理。牛顿总结和深化了伽利略、笛卡儿（René Descartes，1596—1650）等人的研究成果，概括出一条重要的定律：**一切物体总保持匀速直线运动状态或静止状态，直到有外力迫使它改变这种状态**。这个定律叫作**牛顿第一定律**。

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

牛顿第一定律并不是直接由实验得出的，而是在大量事实的基础上，通过进一步的科学推理概括出来的。我们周围的物体都要受到力的作用，因此不能用实验来直接验证牛顿第一定律。但通过大量事实可以推证，牛顿第一定律是正确的。

惯　性

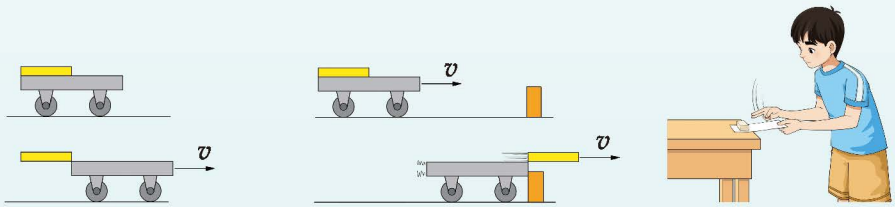
从牛顿第一定律可以知道，如果物体不受力的作用，原来静止的物体将一直保持静止状态，原来运动的物体将一直保持原来的速度做匀速直线运动。我们将物体具有保持静止或匀速直线运动状态不变的性质称为**惯性**。一切物体，无论是静止的还是运动的，都具有惯性，惯性是物体的一种属性。因此，牛顿第一定律也称为**惯性定律**。

演示与观察

如图 7.7–4 甲所示，将一个长方体木块平放在表面比较光滑的小车上，当小车突然开始运动时，木块是否会随车一起运动呢？

如图 7.7–4 乙所示，在木块随小车一起匀速运动的过程中，当小车遇到障碍物突然停止运动时，木块是否也会立即停止运动呢？

如图 7.7–4 丙所示，将橡皮放在桌边的纸条上，当突然快速击打纸条而抽出纸条时，橡皮是否会随纸条一起运动而从桌边掉落呢？



甲　　乙　　丙

图 7.7–4　惯性现象

通过上述实验，你看到了什么现象？想一想：发生这些现象的原因是什么？

在图 7.7–4 甲中，小车突然开始运动时，木块由于具有惯性要保持原来的静止状态，所以不随小车一起运动；在图 7.7–4 乙中，小车突然停止运动时，木块由于具有惯性要保持原来的运动状态，所以会继续运动而飞离小车；在图 7.7–4 丙中，纸条被快速抽出时，橡皮由于具有惯性而“原地不动”。

议一议 现在你能用学过的知识解释本节一开始提出的问题吗？

我们周围有许多利用物体惯性的实例。如图 7.7–5 甲所示，投出的篮球，在失去推力后，由于具有惯性会继续向前飞行命中远处的篮筐；如图 7.7–5 乙所示，斧子的斧头变松了，人们常用让手柄的下端撞击石墩的方法紧固斧头，这是因为手柄突然停止运动时，斧头由于具有惯性会继续向下运动，这样斧头就能套紧在手柄上了。

有时惯性也会给人们带来不利和危害。如图 7.7–5 丙所示，疾驰的汽车遇紧急情况刹车时，车厢内的人由于惯性会继续向前运动，容易发生事故，因此驾驶员和乘客必须系好安全带。

甲　　乙　　丙

图 7.7–5　物体的惯性

请你再举出一些生活中与惯性有关的实例，与同学交流一下，并说说在这些实例中我们是利用物体的惯性，还是采取某些措施防范惯性带来的危害。

阅读与拓展

牛顿运动定律——经典力学的重要基础

物理学是自然科学领域研究物质的基本结构、相互作用和运动规律的一门基础学科。从古代的自然哲学，到近代的相对论、量子论等，物理学引领着人类对自然奥秘的探索，深化着人类对自然界的认识，对人类的思维方式、价值观等都产生了深远影响，为人类文明和社会进步作出了巨大贡献。物理学大厦的重要基石之一是经典力学，而牛顿运动定律又是经典力学的重要基础。

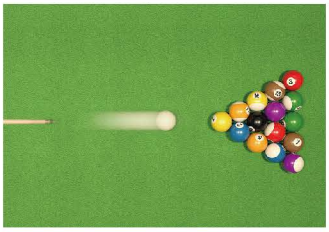
牛顿全面系统地总结了前人有关力学研究的成果，在1687年发表了著作《自然哲学的数学原理》。这本书的出版标志着经典力学体系的确立，牛顿在书中概括出了三条基本定律，奠定了经典力学的基础。牛顿第一定律定性地指出了力和运动的关系，牛顿第二定律定量地揭示了力和运动的关系，牛顿第三定律揭示了物体间的相互作用力之间的关系。牛顿第二定律和牛顿第三定律在以后的学习中会学到。

实践与探索

1. 在图 7.7–6 所示的各种情景中，物体的运动状态是否发生了改变？物体运动状态发生改变的原因分别是什么？

水流喷射出去

飞机着陆后在滑行中



台球被击出

图 7.7–6　物体运动的几种情景

2. 如果你站在公共汽车上，当公共汽车突然启动时，你的身体会发生什么现象？当司机突然刹车时，你的身体又会发生什么现象？为什么会出现这样的现象？

3. 分析下列现象中人们是怎样利用惯性的。

（1）跳远运动员为了取得好成绩，跳远前要助跑。

（2）衣服掉在地上会沾上一些灰尘，通过拍打衣服就能清除它上面的灰尘。

4. 如图 7.7–7 所示，在一个装有适量水的杯子上面放置一个硬纸板，在硬纸板上放一个鸡蛋，用木棍迅速击打鸡蛋下的硬纸板时，会看到什么现象？先猜想，再实际动手做一做，并解释产生这种现象的原因。

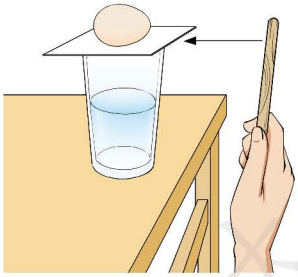
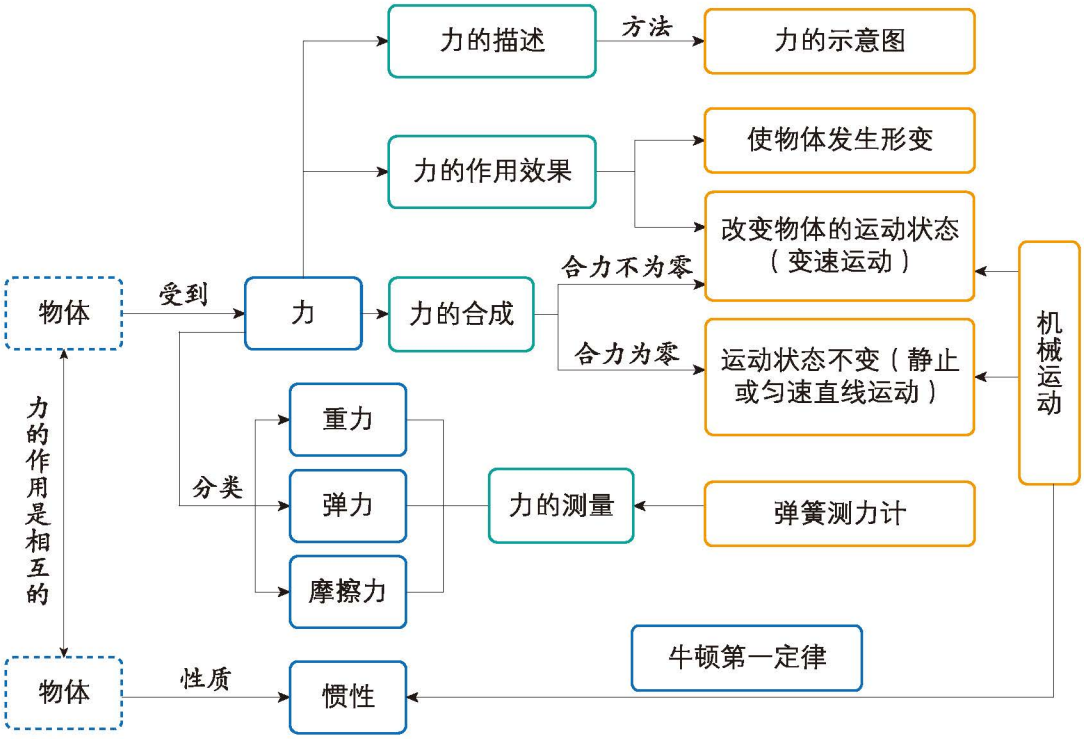


图 7.7–7　鸡蛋会如何运动

学到了什么



· 力是物体对物体的作用，力的作用是相互的。力可以使物体发生形变，也可以改变物体的运动状态。

· 力既有大小，又有方向。力的大小可用测力计测量。

· 物体所受力的大小、方向、作用点可用力的示意图描述，对物体进行受力分析是解决运动与力的关系问题的基本方法。

· 牛顿第一定律揭示了物体具有惯性，即物体具有保持静止状态或匀速直线运动状态的性质。

· 在建立力、重力、弹力、摩擦力等概念，以及获得二力平衡条件、同一直线上二力合成的方法、牛顿第一定律的过程中，运用了分类、等效、控制变量、推理、论证等科学方法。

8

第八章
压　强

载重五万多吨的液压平板车，轮胎多达上千个；一般潜艇下潜的极限深度约 500 m，我国自主研制的“奋斗者”号载人潜水器却能潜至 10 909 m 深的海底；在海拔 8 000 m 以上，攀登珠穆朗玛峰的登山者每向上一步都要大口喘气；重达数十吨的大型飞机能够在蓝天上翱翔……这些现象都与压强有关。

我们如何认识和解释这些现象？其中蕴含着什么道理？让我们一起来探寻吧！

第一节　压力　压强

动物进化是大自然选择的结果，经过漫长的进化，存活下来的动物都具有适应环境的身体结构特点。骆驼生活在沙漠地带，宽大的脚掌为它博得了“沙漠之舟”的美誉。啄木鸟有坚硬且尖锐的喙，可以啄破树干逮到藏在里面的虫子。

从力与形变的角度来看，宽大的脚掌和尖锐的喙为它们带来了什么优势？

压　力

观察图 8.1–1 中描述的作用力，画出这些力的示意图，说一说它们的方向有什么特点。

手指按压手腕

手指按压泵帽

手指按压电梯按键

图 8.1–1　手指对物体的作用力

图 8.1–1 中所示的力都是垂直作用在物体表面上的力，我们把这种垂直作用在物体表面上的力叫作**压力**。

议一议　站在水平地面上的骆驼，对地面施加的压力与它的重力有什么关系？

骆驼对地面的压力和它受到的重力是不同的力。当骆驼站在水平地面上

时，其对地面的压力和自身受到的重力方向相同、大小相等，但施力物体和受力物体不同。当骆驼站在斜坡上时，其对斜坡的压力和自身受到的重力大小、方向、作用点都不相同。

压力的作用效果

压力可以使物体发生形变，物体由于受到压力而产生的形变，就是压力的作用效果。这种形变有的很明显，很容易观察，有的却很微小，不易观察。例如，用手捏玻璃瓶，玻璃瓶的形变我们不易看到，此时需要通过转换的方法来观察。

演示与观察

在图 8.1–2 所示的实验中，用手指将气球顶在墙上保持静止，观察实验现象。加大手指给气球的压力，观察实验现象。思考一下：你能提出什么可探究的问题？

图 8.1–2　手指按压气球

做一做

探究压力的作用效果与压力是否有关

1. 实验器材：3 块规格相同的长方体铁块（12 cm×8 cm×3 cm），1 块海绵（12 cm×8 cm×10 cm），1 个内底为 12 cm×8 cm、高为 13 cm 的塑料盒（侧面标有刻度），如图 8.1–3 所示。

图 8.1–3　实验器材

2. 先思考下面的问题，然后设计实验方案。

（1）用什么物理量表示压力的作用效果？这个物理量如何测量？

（2）压力怎么测量？如何改变？

（3）实验中需要控制什么量不变？

3. 根据实验方案进行实验（图 8.1–4），记录实验数据。

图 8.1–4 探究压力的作用效果与压力是否有关

实验表明，压力的作用效果与压力大小有关，在受力面积相同时，压力越大，压力的作用效果越_____。

做一做

探究压力的作用效果与受力面积是否有关

1. 实验器材：1 块长方体铁块（12 cm × 8 cm × 3 cm），3 个底面积不同的塑料盒（侧面标有刻度），3 块高度相同、底面分别与 3 个塑料盒内底面相同的海绵（图 8.1–5）。

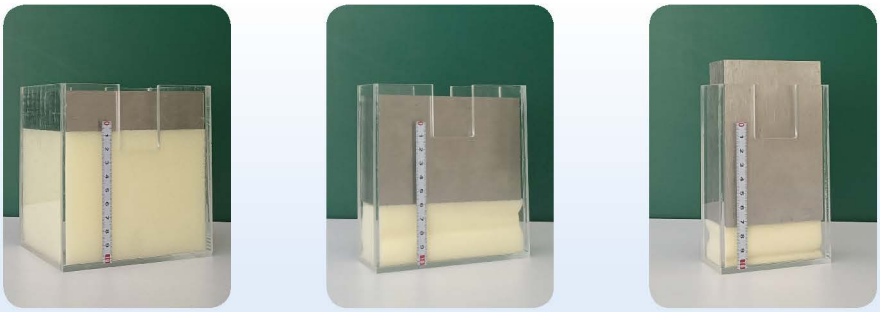
图 8.1–5 3 个装有海绵的不同规格的塑料盒

2. 先思考下面的问题，然后设计实验方案。

（1）受力面积如何测量？如何改变？

（2）实验中需要控制什么量不变？

3. 根据实验方案进行实验（图 8.1–6），记录实验数据。



铁块平放　　铁块侧放　　铁块立放

图 8.1-6　探究压力的作用效果与受力面积是否有关

实验表明，压力的作用效果与受力面积有关，在压力相同时，受力面积越小，压力的作用效果越_____。

议一议　请你和同学讨论如下问题。

1. 将一个铁块分别平放、侧放和立放在水平桌面上，看不到桌面的形变，还能比较压力的作用效果吗？

2. 假如压力不相等，受力面积也不同，如何比较压力的作用效果？

压　强

类比速度概念的建立，把作用在物体上的压力与受力面积的比叫作**压强**。用 p 表示压强，F 表示压力，S 表示受力面积，则压强可以表示为

$$p=\frac{F}{S}。$$

在国际单位制中，力的单位是牛（N），面积的单位是平方米（m^2），压强的单位是 N/m^2，读作“牛每平方米”。在物理学中，将帕斯卡作为压强的单位，简称帕，用符号 Pa 表示。$1\ Pa = 1\ N/m^2$。

帕斯卡是一个很小的单位。7 张普通 A4 纸摞在一起平放在水平桌面上时，对桌面的压强大约为 5 Pa。

例题　一头成年阿拉善双峰骆驼的平均质量约为 430 kg，一只脚掌的面积约为 350 cm^2；啄木鸟啄树干时喙对树干的压力约为 0.5 N，喙与树干的接触面积约为 1 mm^2。根据以上数据，你能计算出一头阿拉善双峰骆驼站在水平地面

上时，对地面的压强有多大吗？啄木鸟啄树干时，喙对树干的压强有多大？（g取 10 N/kg）

分析 要回答这个问题，需要先确定压力来自哪里，大小是多少，受力面积有多大。

解 骆驼站在水平地面上时，对水平地面的压力大小等于它的重力，即

$$F_{驼}=G_{驼}=m_{驼}g=430\ \text{kg}\times 10\ \text{N/kg}=4\ 300\ \text{N},$$

受力面积为骆驼四只脚掌的总面积，即

$$S_{驼}=4\times 350\ \text{cm}^2=1\ 400\ \text{cm}^2=0.14\ \text{m}^2,$$

骆驼对水平地面的压强

$$p_{驼}=\frac{F_{驼}}{S_{驼}}=\frac{4\ 300\ \text{N}}{0.14\ \text{m}^2}=3.07\times 10^4\ \text{Pa}。$$

啄木鸟啄树干时，喙对树干的压力 $F_{喙}=0.5\ \text{N}$，受力面积 $S_{喙}=1\ \text{mm}^2=1\times 10^{-6}\ \text{m}^2$，喙对树干的压强

$$p_{喙}=\frac{F_{喙}}{S_{喙}}=\frac{0.5\ \text{N}}{1\times 10^{-6}\ \text{m}^2}=5\times 10^5\ \text{Pa}。$$

答 骆驼对水平地面的压强为 3.07×10^4 Pa，啄木鸟的喙对树干的压强为 5×10^5 Pa。

由计算结果可知，啄木鸟啄树干时喙对树干的压强大约是骆驼对水平地面压强的 16 倍。

议一议 在生产和生活中，有时需要增大压强，有时需要减小压强。你能说出图 8.1–7 中的实例是增大了压强还是减小了压强吗？为什么要这样做？

铁轨下面铺有宽大的轨枕

滑雪时穿滑雪板

用锋利的刀切菜

图 8.1–7 增大或减小压强的实例

根据压强的定义，想要增大压强，可以增大压力或减小受力面积；想要减小压强，可以减小压力或增大受力面积。

相关链接

冰 刀

冰刀是装在冰鞋底下的钢制刀状物，是冰上运动员必不可少的核心装备（图 8.1–8）。冰刀的刀刃很薄，即使是刀刃最长的速滑刀，与冰面的最大接触面积也不到 10 cm^2。为什么要把刀刃制作得这么薄呢？

图 8.1–8 速度滑冰

在一定的温度范围内，冰受到的压强越大，熔点就越低。滑冰时，锋利的冰刀会对冰面产生很大的压强，使冰的熔点降低很多，与冰刀接触的冰就会熔化成水，冰与冰刀之间就像涂抹了润滑油一样，摩擦力变得很小，更有利于冰鞋的滑动。运动员滑过冰面后，压力消失，水又凝固成冰。

阅读与拓展

我国古代的桥梁

始建于北宋的洛阳桥（图 8.1–9 甲）位于福建泉州，它的 46 座宽大的船形桥墩，有效减小了桥身对河床的压强，使桥体不容易发生沉降和形变，同时减小了水流对桥墩的冲击力，所以历经千年，它依旧十分稳固。

甲 洛阳桥

乙 赵州桥

图 8.1–9 我国古代的桥梁

建于隋朝的赵州桥（图 8.1–9 乙）是世界上现存跨度最大、保存最完

整的古代单孔坦弧敞肩石拱桥。它有一个拱形的大桥洞，左右两边还各有两个拱形的小桥洞。这样的设计既能节省石料，减轻桥身对桥基的压力，又能在发大水的时候，减小水流对桥身的冲击力。它和巨大的桥基一起，保证了赵州桥屹立 1 400 多年而不垮塌。

实践与探索

1. 观察生活中的场景和物品，举出一些增大压强和减小压强的实例。

2. 轮式农用车辆很容易陷到松软的泥土里（图 8.1–10）。请你分析轮式农用车辆陷入泥土的原因，并提供一些解决方案。

图 8.1–10　车轮陷入泥土

3. 请你估算一下自己一只脚与地面的接触面积（你可以用画小方格的办法估算自己的鞋底面积），并结合自己的体重，算一算你站立和行走时对水平地面的压强。

4. 为减少一次性塑料购物袋的使用，晶晶的奶奶购买了如图 8.1–11 所示的塑料筐，并将它当作菜篮，其规格见表 8.1–1。

图 8.1–11　塑料筐

表 8.1–1　塑料筐规格

材　料	塑　料
长 / cm	（底）33 /（沿）43
宽 / cm	9
高（底部到上沿）/ cm	28
塑料厚度 / mm	1.5

有一次奶奶买的菜比较多，发现这个菜篮有设计缺陷。你能指出这个“缺陷”是什么吗？请你给奶奶提供一个解决方案，并向厂家提出改进建议。

第二节　液体压强

潜艇（图 8.2–1）下潜到接近极限深度时，潜艇兵总能听到四周传来“嘎嘎嘎”的响声，潜艇兵把这种声音称为“钢铁的呻吟”。是什么原因使潜艇发出“嘎嘎嘎”的响声呢？

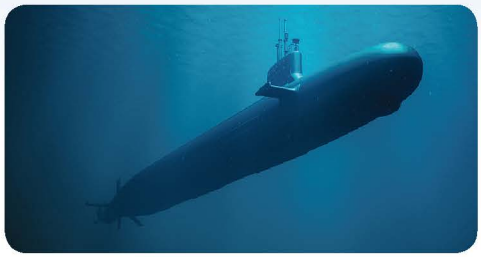


图 8.2–1　潜艇下潜

液体压强的特点

做一做

1. 用右手握住左手，感受一下手对手的压强。

2. 将一只手慢慢伸进水里，感受一下水对手的压强。

3. 在手上套上保鲜袋，将手慢慢伸入水中，观察手四周塑料膜的凹陷方向（图 8.2–2）。

图 8.2–2　感受水的压强

当手被握住时，能感受到来自另一只手的压力和压强；当手伸入水中时，能感受到来自水的压力和压强；观察保鲜袋的形变，能够看到塑料膜从各个方向向手部贴近。

实验表明：浸入水中的物体各个表面都受到水的压强。

演示与观察

如图 8.2–3 所示，甲容器两端开口，底部蒙有橡胶膜；乙容器上部和侧壁开口，侧壁开口处蒙有橡胶膜。分别向容器中加入适量的水，观察橡胶膜的凸起方向。

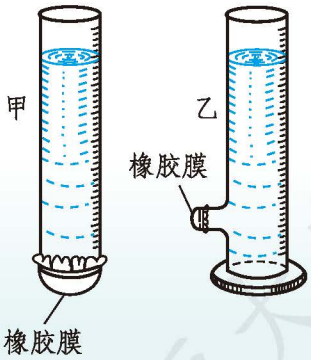


图 8.2–3　液体的压强

可以观察到：随着水倒入容器，蒙在容器底部和侧壁的橡胶膜逐渐向外凸起。这说明水对容器的底部和侧壁都有压强。

学生实验：探究液体压强与哪些因素有关

提出问题 在图 8.2-2 所示的实验中可以观察到，随着手进入水中深度的增加，塑料膜与手贴合得越来越紧密。那么，是不是深度越深，水产生的压强就越大呢？

针对这个问题，提出你的猜想与假设。

收集证据 根据你的猜想与假设，利用下面提供的实验器材，设计实验与制订方案，进行实验，并记录数据。

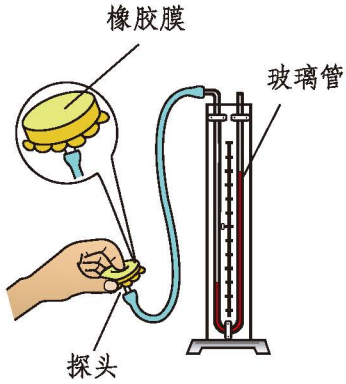


图 8.2-4 微小压强计

1. 实验器材：微小压强计（图 8.2-4）、水槽、水等。

观察微小压强计的结构，思考以下问题。

（1）U 形管两侧液面的高度差与橡胶膜所受压强的大小有什么关系？

（2）微小压强计是经过哪几个过程将液体的压强转换成 U 形管两侧液面的高度差的？

2. 设计实验：先思考下面的问题，然后设计实验方案。

（1）自变量是什么？如何测量？如何改变？

（2）因变量是什么？如何测量？

（3）实验中需要控制什么量不变？

3. 进行实验：根据实验设计方案（参考图 8.2-5）进行实验，并把实验数据记录在表 8.2-1 中。

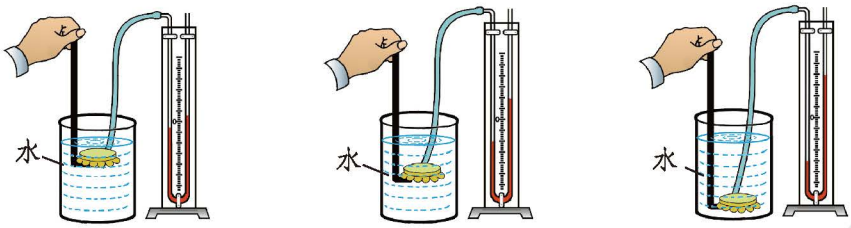


图 8.2-5 探究液体压强与液体深度是否有关

表 8.2-1 探究液体压强与液体深度是否有关

水的深度 h / cm			
U 形管两侧液面的高度差 Δh / cm			

分析论证 分析表 8.2-1 中记录的实验数据，可以得出：_____。

交流与评估 在实验中，有的小组没有使橡胶膜始终朝着一个方向，这是否会影响探究结论的正确性？

做一做

将微小压强计的探头放入水中某一深度处，不断调节橡胶膜的朝向，观察微小压强计 U 形管两侧液面高度差是否发生变化。

实验表明：在水中同一深度处，水向各个方向的压强大小相等。

相关链接

如图 8.2-6 所示，将一个装有水的圆柱形容器放在水平桌面上，假设容器的底面积为 S，水的深度为 h，我们运用压强的定义推导水对容器底部的压强。

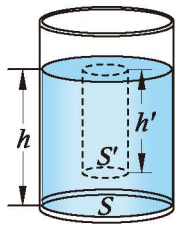


图 8.2-6 利用液柱研究液体压强

容器底部所受水的压力大小等于水的重力大小，根据压强公式有

$$p=\frac{F}{S}=\frac{G_{水}}{S}=\frac{m_{水}g}{S}=\frac{\rho_{水}V_{水}g}{S}=\frac{\rho_{水}Shg}{S}=\rho_{水}gh。$$

在图 8.2-6 中，取水中任意底面积 S'、任意深度 h' 的圆柱形液柱（图中的虚线圆柱）作为研究对象，采用上面的推导方法可以得出水内部任意深度处的压强。

从推导出的结果发现，液体压强还与液体密度有关，是这样吗？

做一做

探究液体压强与液体密度是否有关

利用图 8.2-7 所示的装置，探究液体压强与液体密度是否有关。

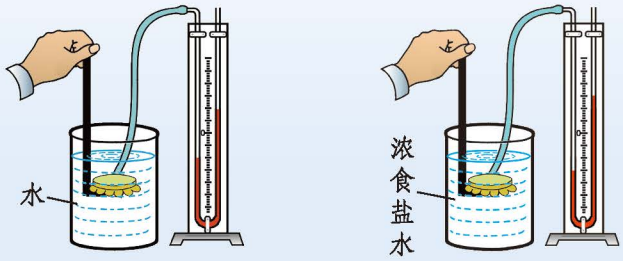


图 8.2-7 探究液体压强与液体密度是否有关

分析实验数据，可以得出：_____。

通过大量实验，对于液体内部的压强，我们可以得出如下结论：

（1）液体内部各处都存在压强。

（2）在同种液体内部的同一深度处，液体向各个方向的压强都相等。

（3）同种液体内部的压强随深度的增加而增大。

（4）液体内部的压强跟液体的密度有关。

液体压强的大小

理论研究表明：液体内部深度为 h 处的液体压强为

$$p = \rho_{液} gh。$$

式中 $g = 9.8\ \mathrm{N/kg}$，h 的单位是 m，$\rho_{液}$ 的单位是 $\mathrm{kg/m^3}$，压强 p 的单位是 Pa。这个公式定量地说明了液体内部压强的规律。

潜艇下潜至 400 m 深处时，我们估算一下它受到的压强有多大。假定海水的密度为 $1.03 \times 10^3\ \mathrm{kg/m^3}$，$g$ 取 10 N/kg。

$$p_{海水} = \rho_{海水} gh = 1.03 \times 10^3\ \mathrm{kg/m^3} \times 10\ \mathrm{N/kg} \times 400\ \mathrm{m} = 4.12 \times 10^6\ \mathrm{Pa}。$$

这个数值相当于一只摊开的手掌托着质量约为 6 t 的物体时受到的压强。

相关链接

裂桶实验

1648 年，法国科学家帕斯卡（Blaise Pascal，1623—1662）做了一个实验（图 8.2–8）。他在一个封闭的木桶内装满水，从桶盖上面插进一根细长的管子。他从楼房的阳台上向细管中倒水，结果只倒了几杯水，桶就裂了。这个实验被称为裂桶实验。

液体压强虽然源于液体的重力作用，却不由重力大小决定，而是由液体密度和液体深度决定。由于细管的管径较小，向细管中倒入几杯水后，水面升得很高，水的深度很大，所以水产生的压强就能够把木桶压裂了。

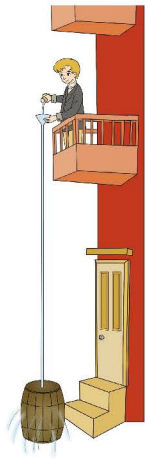


图 8.2–8　裂桶实验

由于同种液体中越深的地方压强越大，人们在生产生活中设计、制造相关设备和设施时就要考虑液体的这一特点。蓄水大坝（图 8.2–9 甲）通常修建成上窄下宽的梯形结构，这样的结构不但稳定性极高，而且具有很好的抗压性，能够承受住水在深处产生的较大压强。潜水员深海作业时穿着的深海潜水服（图 8.2–9 乙），也要具备很强的抗压能力。

甲　蓄水大坝

乙　深海潜水服

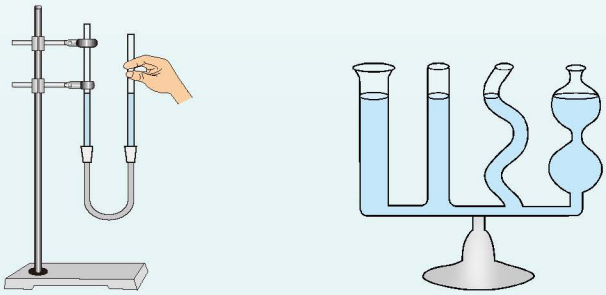
图 8.2–9　与液体压强有关的设备和设施

连通器

演示与观察

1. 如图 8.2-10 甲所示，将两根玻璃管下端用橡胶管连在一起。将其中一根玻璃管固定在铁架台上，向管中注入适量的水，观察两根玻璃管中的液面是否相平。将另一根玻璃管缓缓提高、下降或倾斜，待液面静止后，观察两根玻璃管中的液面是否相平。

2. 向图 8.2-10 乙所示的容器中注入适量的水，待液体不流动时，观察各液面是否相平。再将容器放在斜面上，观察各液面是否相平。

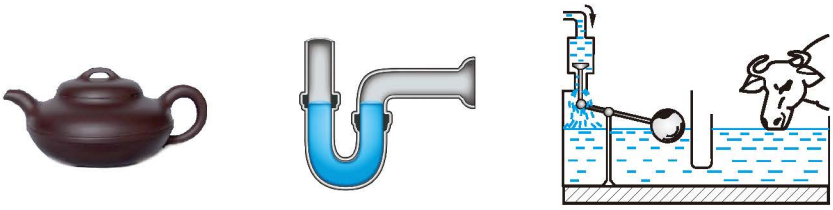


甲　实验 1 示意图　　乙　实验 2 示意图

图 8.2-10　探究连通器的特点

实验表明：在上部开口、底部连通的容器中装入同种液体，当液体静止时，液面总是相平的。这种容器称为“连通器”。

家里的茶壶、洗手池下水的回水管、农场里的牲畜自动饮水器等都是连通器（图 8.2-11）。



茶壶　　洗手池回水管　　牲畜自动饮水器

图 8.2-11　生活中的一些连通器

为什么连通器内的同种液体静止时液面总是相平的呢？请说明其中的道理。

相关链接

U 形连通器内装有某种液体，在管道中央选取一个假想的“液片”，“液片”的质量可以忽略，它的面积与 U 形管横截面积相同，如图 8.2-12 甲所示。

以“液片”为研究对象，“液片”左、右两侧都受到来自液体的压力，同一“液片”左右两个面的面积相等，且处于静止状态，说明液片受到的左侧管内液体向右的压强和右侧管内液体向左的压强相等，如图 8.2-12 乙所示，即 $p_{左}=p_{右}$。根据 $p=\rho_{液}gh$，由于 U 形管内装的是同一种液体，所以两侧液体的深度相同。

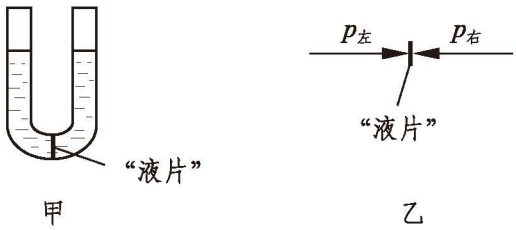


图 8.2-12 利用假想“液片”研究连通器的特点

假想“液片”让我们有了具体的研究对象，使研究更清晰。

实践与探索

1. 我国“奋斗者”号载人潜水器在马里亚纳海沟成功下潜至 10 909 m 深的海底，体现了我国在海洋高技术领域的综合实力。潜水器的侧部有开孔，安装上透明玻璃作为观察窗，假设其中一个观察窗的面积为 0.01 m^2，请你估算这个观察窗在 10 000 m 深的海底受到海水的压强和压力大小。

2. 取一段长约 50 cm 的橡胶管，将橡胶管的一端与圆珠笔杆连接在一起，另一端接一个大漏斗，这样便做成了一个人工喷泉装置。在橡胶管上夹一个小夹子，向大漏斗中灌水，松开小夹子，使连接圆珠笔杆的一端下降，就可以看到喷泉，如图 8.2-13 所示。你也动手试一

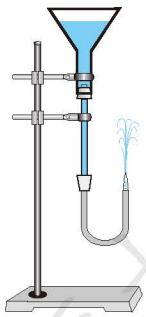


图 8.2-13 自制喷泉

试吧。

3. 车辆不慎落水之后，车门往往很难打开，这给司乘人员带来了很大的危险。请你分析一下落水车辆车门难以打开的原因，说一说有哪些自救办法。

4. 船闸在工作过程中也利用了连通器原理。图 8.2-14 描绘了一艘轮船通过船闸，从上游顺利驶向下游的过程。

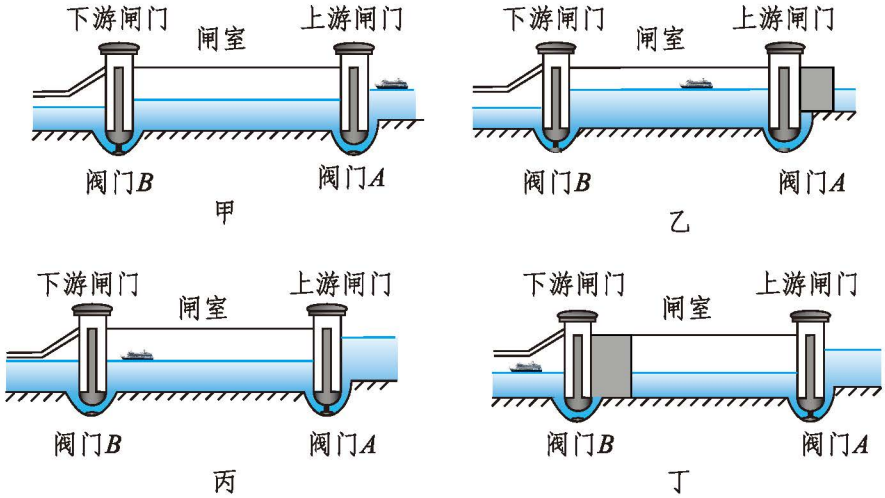


图 8.2-14 船闸工作过程示意图

请结合图 8.2-14 分析船闸的工作过程。查阅关于三峡大坝的资料，了解一下它的五级船闸。

第三节　大气压强

晶晶家买了一壶酱油，壶是塑料制品，密封得很好。做饭时，只在壶嘴处扎了一个小孔，发现酱油居然很难从小孔处流出来（图 8.3–1）。这是为什么呢？

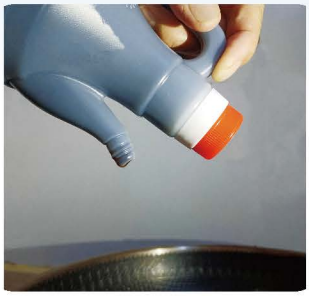


图 8.3–1　酱油倒不出来

大气压的存在

做一做

如图 8.3–2 所示，在瓶子里装满蓝色的水，瓶口盖上纸片，用手摁住纸片，将瓶子倒过来，松开摁着纸片的手，你会观察到什么现象？

图 8.3–2　纸片不掉落

在图 8.3–2 所示的实验中，瓶子倒过来后，纸片没有掉落，水也没有从瓶中流出来。纸片是被水沾上去的，还是被周围的空气压上去的？究竟是哪个因素在起作用呢？

演示与观察

1. 将图 8.3–2 中的瓶子倒扣在支架上，放入玻璃罩中，如图 8.3–3 所示。

2. 打开抽气机，将玻璃罩中的空气向外抽出，在抽气的过程中观察纸片是否掉落。

图 8.3–3　探寻纸片不掉落的原因

玻璃罩内充满空气时，纸片未掉落；当部分空气被抽出之后，纸片落了下来。实验表明，空气对纸片有向上的压强。

地球周围包裹着空气，空气和液体一样受到重力，具有流动性，在各个方向上都有压强，这个压强叫作**大气压强**，简称大气压。

相关链接

马德堡半球实验

1654 年，德国物理学家、时任马德堡市市长的格里克（Otto Von Guericke，1602—1686）进行了一次大气压强实验（图 8.3-4），这个实验被后人称为“马德堡半球实验”。

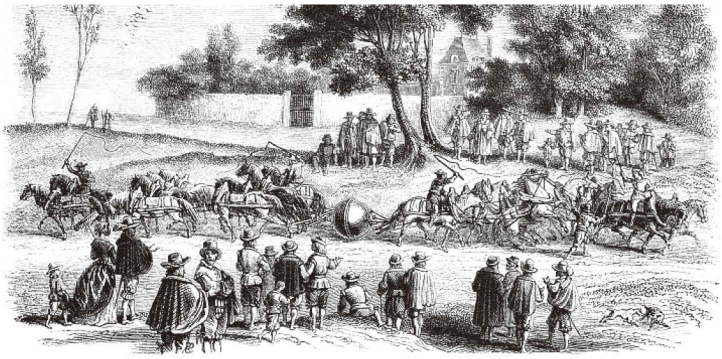


图 8.3-4　马德堡半球实验

他将两个制作精密、直径约 37 cm 的空心铜半球对合起来，并用抽气筒把球里的空气抽走形成一个真空球，在两个半球侧面各拴上 8 匹马。格里克一声令下，16 匹马分别向相反的方向拉这个真空球，可奇怪的是，真空球怎么也拉不开。最后，在赶马人的大声吆喝下，16 匹马一起用劲，随着一声巨响，两个半球终于被拉开了。

这个实验不仅证明了大气压强的存在，也向人们揭示了真空的知识。格里克当年进行实验的两个半球现仍保存在慕尼黑的德意志博物馆中。

认真观察，你会发现生活中有很多现象都能揭示大气压强的存在，如图 8.3-5 所示。

吸盘挂钩

用注射器吸药水

壶盖上的小孔

图 8.3-5 生活中与大气压强有关的现象

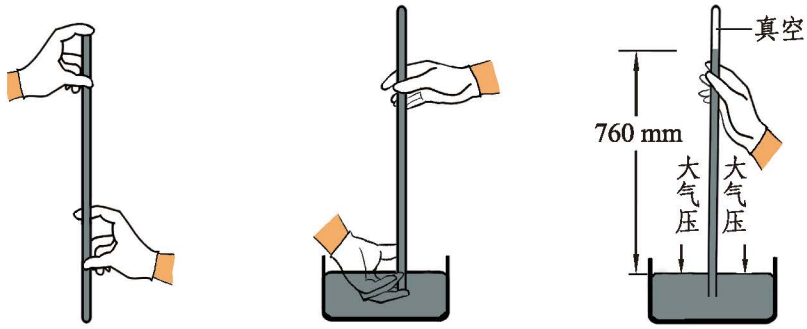
吸盘能够“吸附”在光洁的墙面上，药水被“吸”入针筒，这都是大气压强的作用。茶壶盖上如果不开小孔，在大气压的作用下，倒茶时茶水就会流出不畅。这也是只在酱油壶嘴上开一个小孔，酱油不易流出的原因。

大气压强的测量

大气压强究竟有多大呢？我们先来看看科学家是怎么测量的。

1643 年，意大利物理学家托里拆利（Evangelista Torricelli，1608—1647）依据“大气压强与液体压强相平衡”的原理，首先用实验的方法测出了大气压强的数值。

如图 8.3-6 所示，取一根长约 1 m、一端封闭的玻璃管，将管内灌满水银；堵住玻璃管的开口端，把管倒立在水银槽中；松开管口，管内的水银面就会下降，当管内外水银面高度差约为 760 mm 时，水银柱不再下降。



玻璃管内灌满水银　　将玻璃管倒立在水银槽中　　水银柱不再下降

图 8.3-6 托里拆利实验

由于玻璃管内水银面上方为真空，当管内的水银柱静止时，作用在玻璃管外水银面上的大气压强与管内 760 mm 高的水银柱产生的压强正好相等。根据液体压强公式，760 mm 高的水银柱产生的压强为

$$
\begin{aligned}
p &= \rho_{水银} gh \\
&= 13.6 \times 10^3\ \mathrm{kg/m^3} \times 9.8\ \mathrm{N/kg} \times 0.76\ \mathrm{m} \\
&= 1.01 \times 10^5\ \mathrm{Pa}。
\end{aligned}
$$

所以大气压强的值为 1.01×10^5 Pa。

下面我们利用一个注射器来测算大气压强的值。

做一做

粗略测量大气压强

1. 实验器材：弹簧测力计（量程为 0～100 N，分度值为 2 N）、刻度尺（量程为 0～15 cm，分度值为 1 mm）、密封性良好的注射器（量程为 0～100 mL，分度值为 2 mL）、密封帽、可悬挂弹簧测力计的铁架台等。

2. 实验步骤：

（1）观察针筒的刻度，读取适当的体积 V，用刻度尺测量所读取的体积对应的长度 L。

（2）将弹簧测力计悬挂在铁架台的横杆上，将活塞推至针筒的最前端，活塞芯杆的另一端挂在弹簧测力计的挂钩上（图 8.3-7），调节弹簧测力计的指针，使其与零刻度线对齐。

（3）竖直向下匀速拉动针筒，待弹簧测力计示数稳定后读出弹簧测力计的示数，记为 F_1。

图 8.3-7 粗略测量大气压强

（4）取下注射器，将活塞推至针筒的最前端。将锥头孔用密封帽封好，活塞芯杆的另一端挂在弹簧测力计的挂钩上，调节弹簧测力计的指针，使其与零刻度线对齐。

（5）竖直向下缓慢拉针筒，直到活塞相对于针筒匀速向上运动，读出此时弹簧测力计的示数，记为 F_2。

（6）利用 $S=\dfrac{V}{L}$ 计算活塞的横截面积，利用 $F = F_2 - F_1$ 计算大气作用在

活塞横截面上的压力，利用 $p=\frac{F}{S}$ 计算大气压强的大小。

将以上实验数据记录到表 8.3–1 中。

表 8.3–1 粗略测量大气压强

V/m^3	L/m	S/m^2	F_1/N	F_2/N	F/N	p/Pa

议一议 比较一下你的测量结果和托里拆利测出的大气压强数值有多大差异，并尝试分析产生差异的原因。

从图 8.3–8 可以看出，在海平面附近的大气压值约为 1.01×10^5 Pa，相当于 760 mm 高的水银柱产生的压强，我们把这个气压叫作 1 标准大气压。由于大气密度不均匀，且边界不清晰，一般情况下，在海拔 2 000 m 以内，大约每升高 12 m，大气压强减小 133 Pa。超过这个高度，大气压强的变化就不再那么有规律了。

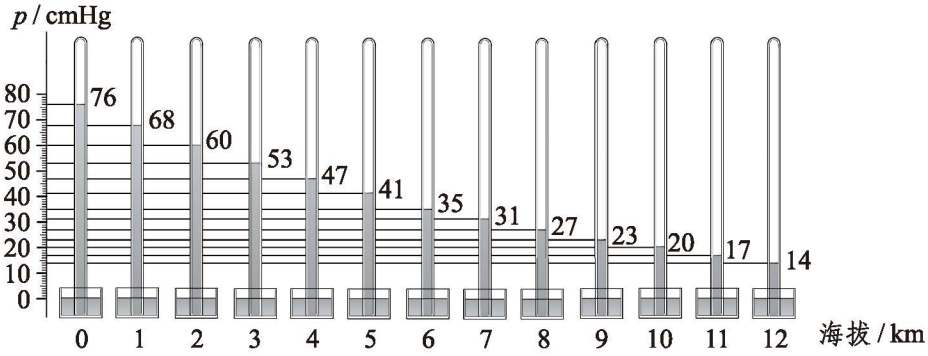


图 8.3–8 不同海拔下大气压能够支撑起的水银柱高度

地球被厚厚的大气层包围着，海平面处于大气的底部，大气压强较大，越往高处，能够压迫它的大气就越少，所以大气压强的值就越小。由于海拔 8 000 m 的高山上大气压约为海平面处的三分之一，所以攀登珠穆朗玛峰的人即使用力呼吸，也达不到在低海拔地区呼吸的效果。除此之外，大气压强还会受到天气等因素的影响。

在日常生活和生产中，人们使用气压计来测量大气压强。

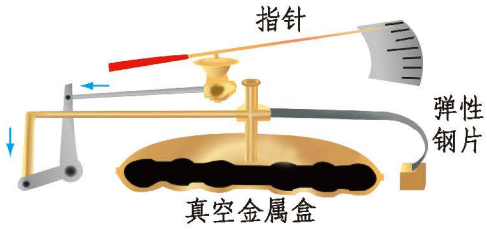
相关链接

气 压 计

气压计是测定大气压强的装置。水银气压计是利用托里拆利实验的原理制造的，利用水银柱的高度反映大气压强的大小。

还有一种常见的气压计是金属盒气压计，它的主要组成部分是一个表面为波纹状的真空金属盒（图 8.3–9 甲）。为了使金属盒不被大气压扁，盒外安装的弹性钢片会给金属盒一个向外的拉力。大气压强增大，盒盖凹进去一些；大气压强减小，弹性钢片就把盒盖拉起来一些。盒盖的变化情况可以通过传动机构传给指针，使指针偏转。从指针下面刻度盘上的示数，就可以知道大气压强的数值。

随着时代的发展，数字气压计已经普及并广泛应用于气象、科研、环保、军事和体育等领域，是实验室的常备仪表（图 8.3–9 乙）。



甲 金属盒气压计外观及内部构造示意图

乙 数字气压计

图 8.3–9 两种气压计

气体压强的应用

不仅大气存在压强，封闭容器中的气体也有压强。

做一做

1. 使注射器针筒内吸入一定质量的空气，用橡胶塞把锥头孔堵住。
2. 将注射器锥头孔向下竖直固定在铁架台上，在活塞的正上方放一个

小铁块（图 8.3–10），活塞静止后，记录针筒内空气的体积。

3. 依次在活塞上叠放 2 个、3 个规格相同的小铁块，分别记录活塞静止后针筒内空气的体积。

想一想：当针筒内气体的体积逐渐变小时，气体对活塞的压强是如何变化的？

图 8.3–10 研究气体压强随体积的变化

大量实验表明：在温度不变的条件下，一定质量的气体，体积减小，压强就增大，体积增大，压强就减小。生活中有很多实例可以说明这一点。打气筒的活塞下移，筒内气体的体积减小，压强增大，所以越向下压活塞越费力；用注射器从药瓶中吸药水时，注射器的活塞被拉动后，针筒内的空气体积增大，压强变小，注射器外的液体在大气压强的作用下被压入注射器内。人们根据这样的原理，还制造了活塞式抽水机和离心式水泵。

议一议 如图 8.3–11 所示为活塞式抽水机的工作过程，请你描述一下活塞式抽水机是如何工作的，并把下面的文字填写完整。

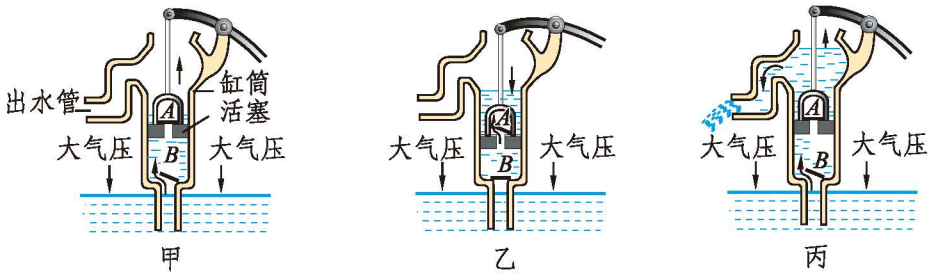


图 8.3–11 活塞式抽水机的工作过程

图 8.3–11 甲中，提起活塞时，阀门_____关闭，大气压迫使水推开阀门_____，进入缸筒。

图 8.3–11 乙中，压下活塞时，阀门 B_____，活塞下面的水推开阀门_____，涌到活塞上面。

图 8.3–11 丙中，再次提起活塞时，阀门_____关闭，它上面的水从出水管流出。同时大气压迫使水又推开阀门_____，进入缸筒。

离心式水泵的主要部件是泵壳和壳里的叶轮，如图 8.3-12 所示。启动前应先往泵里灌满水。启动后，旋转的叶轮带动泵里的水高速旋转，水向外甩出并被压入出水管。水被甩出后，叶轮转轴附近就形成一个低压区。这里的压强比大气压强低得多，外面的水就在大气压强的作用下，冲开底部的进水阀门从进水管进入泵壳。冲进来的水又随着叶轮的高速旋转被甩出，并压入出水管。叶轮在电动机（或其他动力）的带动下不断高速旋转，水就源源不断地从低处被输送到高处。

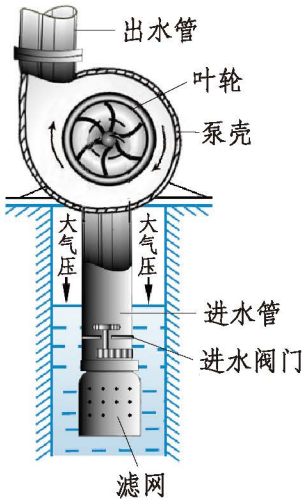


图 8.3-12 离心式水泵

实践与探索

1. 某房屋房顶的面积约为 50 m^2，请你估算一下大气对房顶的压力有多大。压力的方向如何？为什么这么大的压力没有把房顶压塌？

2. 利用一支较细的吸管，完成下列四个动作，就可以把水杯里的水转移到另一个空杯里。

a. 用手指封住管口；b. 松开封住管口的手指；c. 将吸管插入水中；d. 将吸管移出水面到空杯上方。

请你实践一下，将这四个动作按照正确的操作方式排序：_____。想一想：为什么这样做能将水取出来？

3. 在一个玻璃瓶中装入适量染色后的水（便于观察），瓶口用中央打有小孔的橡胶塞塞紧，再将一根比小孔略粗、用完墨的透明塑料笔芯插入小孔，伸入水中。通过笔芯向瓶内吹送少许气体，使管内液面高出瓶口少许（图 8.3-13），最后在笔芯上画上刻度，一个能大致反映大气压强随高度变化的仪器就做好了。请你拿着它，从一层乘坐电梯前往较高楼层，观察笔芯内水柱高度的变化情况，并分析水柱高度变化的原因。


图 8.3-13 自制气压计

第四节　流体压强与流速的关系

“像鸟一样飞翔”曾经是人类的梦想，飞机的出现让这种梦想成为现实，让人类最为真切地感受到了科技的震撼（图 8.4-1）。

图 8.4-1　探索飞翔之路

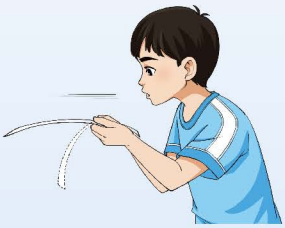
你知道飞机为什么能够飞上天空吗？

流体压强与流速的关系

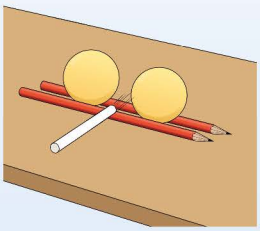
做一做

1. 如图 8.4-2 甲所示，用手拿一张纸条放在嘴边，纸条自然下垂，沿纸条上方向前吹气，会发生什么现象？为什么会出现这种现象？

2. 如图 8.4-2 乙所示，取两支铅笔平行放在桌面上，将乒乓球放在两支铅笔上，使乒乓球刚刚能离开桌面，两球之间的距离大约为 3 cm。用一支吸管向两只乒乓球之间吹气，你会观察到什么现象？出现这种现象的原因是什么？



甲



乙

图 8.4-2　气体压强与流速的关系

沿纸条上方吹气时，纸条上方的气体流速大，纸条下方的气体流速小。纸条向上“升”了起来，说明纸条上方的气体压强小，纸条下方的气体压强大。

向两只乒乓球中间吹气时，两球之间的气体流速大，外侧的气体流速相对较小。可以看到两只乒乓球向中间靠拢，说明两球外侧气体对球的压强大于内侧气体对球的压强。

那么，气体在流速大的地方压强一定小吗？

做一做

探究气体压强与流速的关系

1. 实验器材：流体压强与流速关系实验器、风速仪等（图 8.4-3）。

2. 设计实验：先思考下面的问题，然后设计实验方案。

（1）实验中自变量是什么？如何测量自变量？怎么改变自变量？

（2）实验中因变量是什么？如何测量因变量？

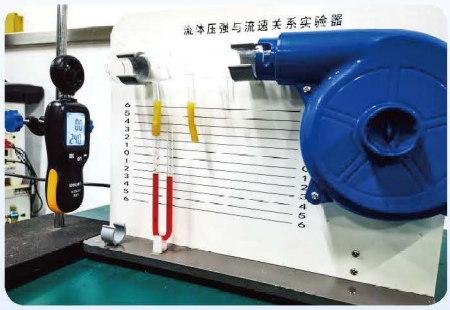


图 8.4-3　探究气体压强与流速的关系

3. 进行实验：根据你设计的实验方案进行实验，并把实验数据记录在表 8.4-1 中。

表 8.4-1　探究气体压强与流速的关系

空气流速 v/（m/s）			
Δh/格			

根据实验过程及表 8.4-1 中记录的数据可以得出：在气体中的某一位置，气体流速越大，U 形管两侧液面的高度差就越大，说明该处气体压强越小。可见，在气体中，流速越大的位置压强越小。

利用图 8.4-4 所示的实验装置，可以研究液体流动时压强与流速的关

系。通过实验可以得出：在液体中，流速越大的位置压强越小，流速越小的位置压强越大。

气体和液体都很容易流动，它们统称为**流体**。大量实验表明：流体在流速大的地方压强小，在流速小的地方压强大。

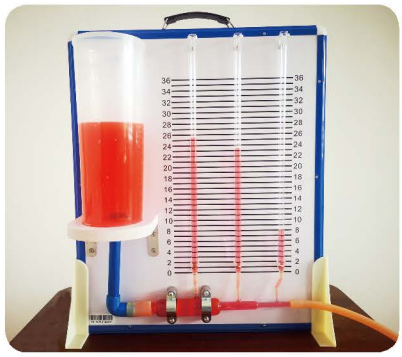


图 8.4-4　实验装置

流体压强与流速关系的应用

利用流体压强的这个特点，能不能解释飞机为什么能够升上天空呢？

演示与观察

如图 8.4-5 所示，把飞机机翼模型放在桌面上，用吹风机从水平位置向机翼模型吹风，观察机翼的运动情况，你看到了什么？

观察图 8.4-6 中机翼的截面图，上部和下部的形状是对称的吗？你能尝试解释飞机飞上天的原因吗？

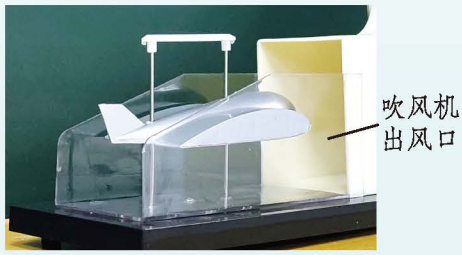


图 8.4-5　机翼运动演示实验

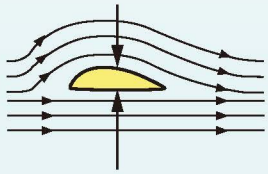


图 8.4-6　机翼截面图

当机翼跟气流方向平行时，由于机翼上方空气流程长，流速大，机翼下方空气流程短，流速小，所以机翼下方的压强大于机翼上方的压强。这样就产生了作用在机翼上的向上的力，这个向上的力对飞机升空有重要作用。

与飞机的升力类似，利用液体压强与流速的关系也可使在水中运动的物体产生升力。水翼船就是根据这个原理设计出来的。如图 8.4-7 所示，水翼船的

下部安装有与飞机机翼类似的水翼。在船高速航行时，船体下部的水翼受到升力将船体托起，可以减小水的阻力。

图 8.4-7　高速行驶的水翼船和水翼结构

议一议　水翼船的水翼上下两个表面对称吗？表面弧度较大的是上部还是下部？

与流体形成较大相对运动速度的物体，流体对其不对称的两个面很容易产生不等的压强，从而形成偏向某一侧的合力。

例如，人们在一些赛车的尾部，设计安装了一种叫作“气流偏导器”（图 8.4-8）的装置。它的上表面较为平直，下表面呈弧形凸起，相当于一个倒置的飞机机翼。当赛车高速行驶时，气流偏导器上方与下方的压强差形成了一个向下的力，以增大车轮的附着力。

图 8.4-8　赛车的气流偏导器

生活中有很多现象都可以用流体压强的特点去解释。例如：刮风时教室里的窗帘会飘出窗外；有穿堂风吹过时，敞开的门能“自动”关上；等等。

流体压强与安全

生活中流体无处不在，由此带来的安全问题也有很多。例如，在炎热的夏天人们喜欢在河边玩耍，往往认为靠近岸边的水比较浅，没有危险。而实际情况是：靠近岸边的水受到的阻力相对较大，流速较小，而河中央的水流速相

对较大，由此带来的压强差会把人在不知不觉中推到河的中央，从而发生溺水事故。

大风天，由于房屋内外空气流速差异较大，形成了较大的压强差，安装不牢固的玻璃窗就容易向外脱落，造成意外伤害；由于峡谷里风的流速很大，穿行其中的列车易发生脱轨事故。这些都是流体流速不同带来的压强差造成的。

考虑到运动的车体带动气流产生压强差，地铁站台和火车站台上都设有安全标线。

议一议 表 8.4–2 给出了安全标线与站台边缘的距离，为什么不同运行速度的列车对应的安全标线与站台边缘的距离不同呢？与同学交流讨论。

表 8.4–2 安全标线与站台边缘的距离（普速列车非高铁站台）

列车速度	安全标线与站台边缘的距离
不大于 120 km/h	1 000 mm
120 km/h 至 160 km/h	1 500 mm
160 km/h 至 200 km/h	2 000 mm

实践与探索

1. 人们常用“天上掉馅饼”来形容那些不付出努力就坐享其成的人。最近芳芳浏览网页时看到一则“天上掉馅饼”的新闻，只不过掉的不是馅饼，而是鱼。新闻里说：南美洲某地，有一天在一场龙卷风持续两三小时之后，数百条活鱼从天空跌落到地面上。请你查阅一下关于龙卷风的知识，从科学的角度判断这则新闻里描述的场景有没有可能发生。

2. 两艘轮船在同向并排行驶的时候，发生了侧碰事故（图 8.4–9）。双方都说自己看到对方船只时，两船相隔还有一小段距离。请你分析一下此事故发生的原因。

图 8.4–9 两艘船侧碰

3. 如图 8.4-10 所示是非洲草原犬鼠洞穴的横截面示意图，犬鼠的洞穴有两个出口，一个周围是平的（标记为 *A*），另一个周围则是隆起的土堆（标记为 *B*），这样的结构能够改善洞穴内的通风情况。请你对此现象作出解释，并在图中标出洞穴中空气流动的方向。

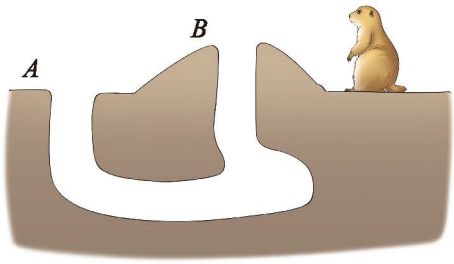


图 8.4-10　犬鼠洞穴示意图

4. 喷雾器广泛应用于生产和生活中，它的原理很简单，用两支吸管就能制作一个简易喷雾器。将两支吸管按图 8.4-11 所示放置，向 *B* 管内吹气，就可以看到水雾从 *A* 管喷出。请你动手试一试并解释该现象产生的原因。

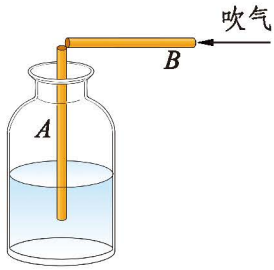
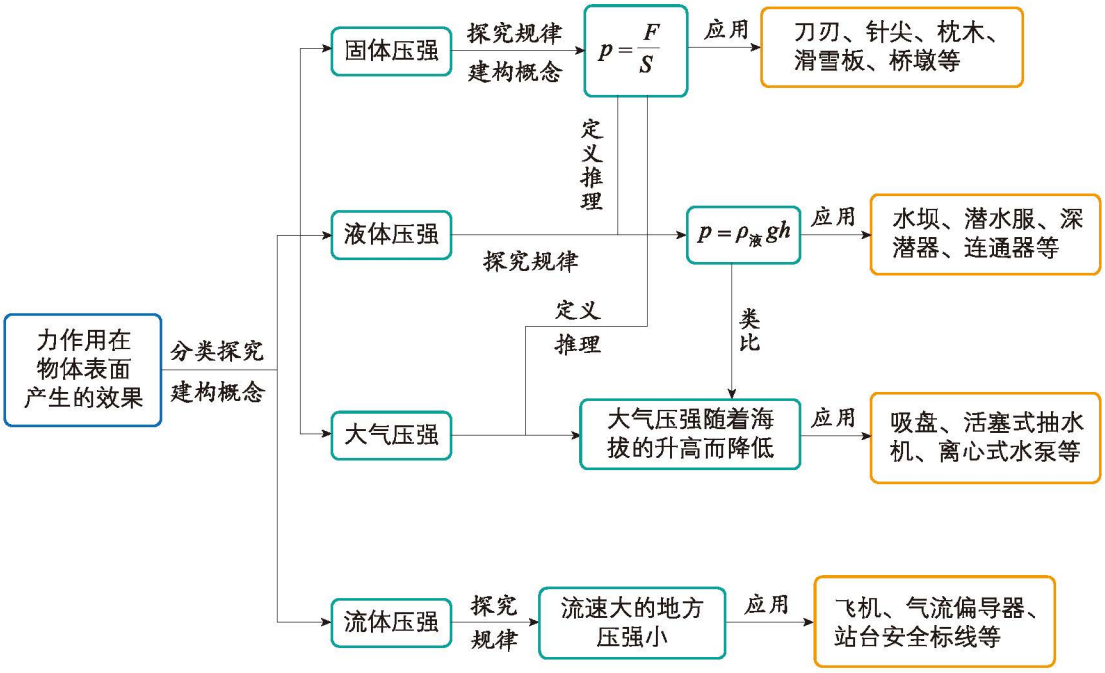


图 8.4-11　自制简易喷雾器

学到了什么



· 压力可以来自固体，也可以来自液体和气体。不同来源的压力都能使物体发生形变，它们的作用效果在本质上是相同的。

· 通过研究压力的作用效果，并采用了用物理量之比定义新物理量的方法，建立了压强的概念。测量大气压时采用了转换的研究方法，把气体压强的测量转换成液体压强的测量。

· 在推导液体压强公式的过程中建构了液柱模型，在研究连通器原理的过程中建构了液片模型。基于科学模型的解释、推理需要与事实相一致。

· 在生产和生活中有许多与压强知识相关的应用，设置站台安全标线就是流体压强与流速关系的应用。通过学习这些知识和规律，我们也要增强生命安全意识。

9

第九章
浮　力

我们的祖先“见窾（kuǎn）木（有孔洞的树木）浮而知为舟”，继而制造了各种样式的木制船只。几千年来，人类经过不断的航海实践和探索，已经可以用钢铁制成大型船舶，实现跨越海洋的运输……钢铁制成的轮船可以浮在水面上，潜艇可以在大海中浮沉自如，这些现象都离不开浮力。

我们如何认识浮力？如何定性和定量地描述浮力的大小？又如何应用浮力知识呢？要揭开这些奥秘，让我们一起来探究浮力吧！

第一节　探究浮力大小的影响因素

把一个香瓜和一个李子放入水中，静止后，香瓜漂浮在水面上，李子沉到水槽底部（图 9.1–1）。香瓜和李子都受到重力的作用，香瓜为什么没有沉到水槽底部呢？

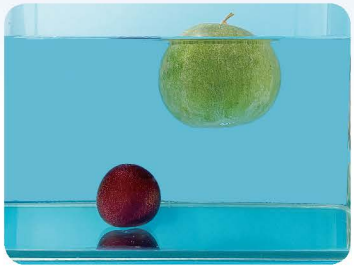


图 9.1–1　浮瓜沉李

浮　力

在图 9.1–1 所示情景中，香瓜受到重力的作用却没有沉到水槽底部，说明水对它施加了向上托的力。落到水槽底部的李子也会受到水对它的向上托的力吗？如何验证你的猜想？

做一做

1. 如图 9.1–2 甲所示，把铁块挂在调节好的弹簧测力计的挂钩上，铁块静止时，读取弹簧测力计的示数。

2. 如图 9.1–2 乙所示，用手轻轻向上托起铁块，观察弹簧测力计的示数有什么变化。示数变化量与手对铁块的托力有什么关系？

3. 如图 9.1–2 丙所示，缓慢地使铁块浸没在水中，观察弹簧测力计的示数有什么变化。

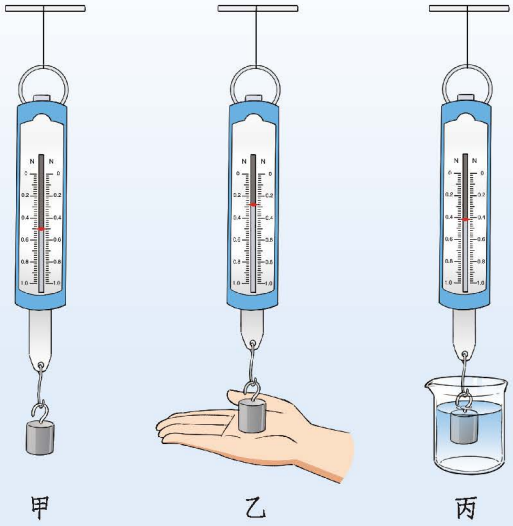


图 9.1–2　浮力的效果

由实验可知，当铁块受到手对它向上的托力作用时，弹簧测力计的示数变小了；当铁块浸没在水中时，弹簧测力计的示数也变小了。这说明浸没在水中

的铁块受到了水对它向上托的力。

我们把漂浮在液面上的物体和浸没在液体中的物体称为浸在液体中的物体。大量实验表明，浸在液体中的物体受到液体向上托的力，这个力叫作**浮力**。浮力的方向总是竖直向上的。图 9.1–2 甲、丙所示的实验中，弹簧测力计示数减小的值就等于铁块所受的浮力大小。

学生实验：探究浮力大小与哪些因素有关

提出问题 在图 9.1–2 丙所示的实验中可以观察到，随着铁块缓慢浸入水中，弹簧测力计的示数慢慢变小，烧杯中的液面逐渐升高。那么，浸在液体中的物体所受浮力的大小与物体排开液体的体积是否有关呢？

针对这个问题，提出你的猜想与假设。

收集证据 根据你的猜想与假设，利用下面提供的实验器材，设计实验与制订方案，进行实验，并记录数据。

1. 实验器材：弹簧测力计、带有挂钩的圆柱形金属块、装有适量水的量筒、铁架台、升降台、细线等。实验装置如图 9.1–3 所示。

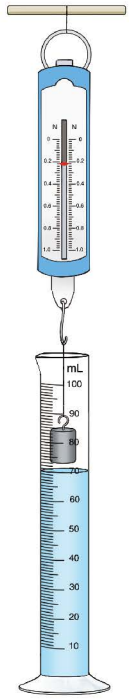


图 9.1–3 实验装置

2. 设计实验：先思考下面的问题，然后设计实验方案。

（1）怎样测量自变量——物体排开液体的体积？

（2）怎样测量因变量——物体受到的浮力大小？

（3）怎样改变物体排开液体的体积？

（4）需要控制哪些量不变？如何控制？

3. 根据设计的实验方案进行实验，并将实验数据记录在表 9.1–1 中。

表 9.1–1 探究浮力大小与物体排开液体的体积是否有关

量筒中水的体积 V_0/m^3	金属块浸在水中时，金属块和水的总体积 V/m^3	金属块排开水的体积 $V_{排}/\mathrm{m}^3$	金属块所受的重力 G/N	弹簧测力计的示数 F/N	金属块所受的浮力 $F_{浮}/\mathrm{N}$

分析论证 分析表 9.1-1 中记录的实验数据，可以得出：_____。

交流与评估 为了得到更具有普遍性的实验结论，换用密度与水不同的液体再进行几次实验并记录数据。通过分析这些数据，你能得出什么结论？与前面得到的实验结论相同吗？你还有什么发现？

做一做

仿照上面的实验，探究浸在液体中的物体受到的浮力大小与液体的密度是否有关。

分析实验数据，可以得出：_____。

大量实验表明，浸在液体中的物体所受浮力的大小，跟它排开液体的体积有关，跟液体的密度有关。物体排开液体的体积越大，液体的密度越大，物体所受的浮力就越大。

阅读与拓展

浮　桥

我国是世界上应用浮力最早的国家之一，大约在殷商时期，我们的祖先就开始认识和应用浮力了。当时，我们的祖先把较粗的树干中间挖成槽形，利用这样的树干在江河中漂流，这就是最早的独木舟。周朝以后，浮力得到了进一步应用。人们将很多木船连在一起，铺上木板架成浮桥（图 9.1-4）。浮桥是我国古代历史上应用浮力的伟大奇迹。

图 9.1-4　浮桥

实践与探索

1. 如图 9.1–5 所示，苹果静止漂浮在水面上，苹果所受浮力的方向为_____，简要写出你的分析和推理过程：_____。

图 9.1–5　漂浮的苹果

2. 图 9.1–1 所示情景中香瓜和李子哪个所受的浮力较大？写出你的分析推理过程和结论。

3. 为了验证“浸在水中的物体所受浮力大小跟物体排开水的体积有关”，小华选用图 9.1–6 所示的圆柱体 A（$\rho_A > \rho_水$）、弹簧测力计和装有适量水的烧杯进行实验。

图 9.1–6　圆柱体

（1）以下是他的部分实验步骤，请你帮他补充完整。

① 将圆柱体 A 悬挂在弹簧测力计下，静止时记录弹簧测力计的示数 F_1。

② 将圆柱体 A 下部的一格浸入水中，圆柱体不接触容器，静止时记录弹簧测力计的示数 F_2。

③ _____，静止时记录弹簧测力计的示数 F_3。

（2）由 $F_1 - F_2$_____$F_1 - F_3$（选填“=”或“≠”），可以验证“浸在水中的物体所受浮力大小跟物体排开水的体积有关”。

4. 观察图 9.1–7 所示的实验现象，有的同学说，当物体排开水的体积增加时，物体浸在水中的深度也增加，因此认为：物体所受的浮力大小与物体浸入水中的深度有关。请你设计一个实验检验这个同学的猜想是否正确，写出主要实验步骤，设计实验数据记录表。实际做一做并得出结论。

图 9.1–7　探究浮力大小与物体浸入水中的深度是否有关

5. 找一些身边的物品放入家里的水桶或浴缸中，然后向家长解释、论证：物品即使沉到水底也受到了浮力。

第二节　阿基米德原理

“东方红 3”科考船是我国自主创新研发的新一代深远海综合科学考察实习船，是国内首艘、世界第四艘获得静音科考级证书的排水量最大的海洋综合科考船。排水量是什么？为什么要用排水量作为衡量轮船大小的指标呢？

浮力产生的原因

演示与观察

如图 9.2–1 所示，在玻璃圆筒的两端蒙上绷紧程度相同的橡胶膜，将其浸没在水中。当玻璃圆筒沿不同方向放置时，玻璃圆筒两端的橡胶膜可能处于水中相同的深度，也可能处于不同的深度。观察玻璃圆筒两端橡胶膜的凹陷程度，你观察到了什么现象？这些现象说明了什么？

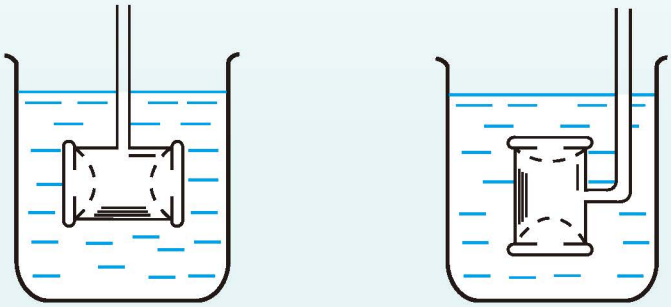


图 9.2–1　探究浮力产生的原因

由于液体内部存在压强，所以浸在其中的物体会受到压力的作用。如图 9.2–2 所示，以浸没在液体中的正方体物体为研究对象，对它进行受力分析。正方体左右两个相对的侧面和前后两个相对的侧面，每对侧面所受液体的压力

相互平衡，物体在水平方向所受的合力为零。正方体上、下表面所处的深度分别记为 h_1 和 h_2，$h_1 < h_2$，由液体内部压强的特点可知，液体对正方体下表面的压强要大于液体对正方体上表面的压强，而正方体上、下表面的受力面积 S 是相同的，所以，液体对正方体向上的压力 F_2 大于液体对正方体向下的压力 F_1。因此，总的效果表现为正方体受到一个液体给的向上的压力，这就是浮力产生的原因。

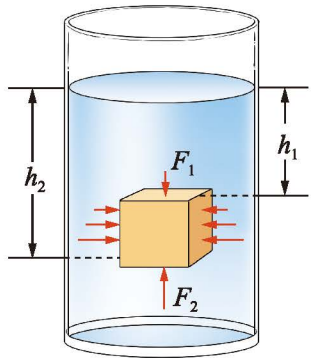


图 9.2-2 浮力产生的原因

进一步推算，有 $F_1 = \rho_{液} g h_1 S$，$F_2 = \rho_{液} g h_2 S$，则

$F_{浮} = F_2 - F_1 = \rho_{液} g h_2 S - \rho_{液} g h_1 S = \rho_{液} g (h_2 - h_1) S$。

$(h_2 - h_1) S$ 为物体排开液体的体积 $V_{排液}$，

可以得出，

$F_{浮} = \rho_{液} g V_{排液} = m_{排液} g = G_{排液}$。

阿基米德原理

公元前 200 多年，古希腊学者阿基米德（Archimedes，前 287—前 212）就得出了上面这个结论，即**阿基米德原理：浸在液体中的物体受到竖直向上的浮力，浮力的大小等于物体排开的液体所受的重力大小。**

你能设计一个实验验证阿基米德原理吗？

做一做

验证阿基米德原理

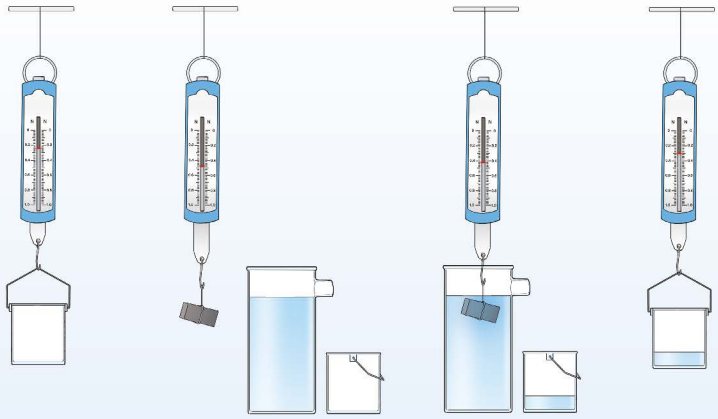
1. 实验器材：弹簧测力计、金属块、溢水杯、小桶、细线等。

2. 设计实验：先思考下面的问题，然后设计实验方案。

（1）如何测量浸在液体中的物体所受的浮力大小？

（2）如何收集物体浸入液体时排开的液体并测量其所受重力的大小？

3. 根据设计的实验方案进行实验（图 9.2-3），并将实验数据记录在表 9.2-1 中。



甲　　乙　　丙　　丁

图 9.2-3　验证阿基米德原理

表 9.2-1　验证阿基米德原理

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

分析表 9.2-1 中记录的实验数据，可以得出：_____

_____。

换用形状不规则的物体和其他液体再进行几次实验，可知阿基米德原理也适用于形状不规则的物体和其他液体。

轮船的排水量即轮船排开水的质量 $m_{排水}$，而 $m_{排水}g=G_{排水}=F_{浮}$，所以轮船的排水量实际上标志的是其所受浮力的大小。

阿基米德原理不仅适用于各种液体，也适用于气体。气体也能够对物体产生浮力。浸在气体中的物体受到竖直向上的浮力，浮力的大小等于物体排开的气体所受的重力大小。节日里安全放飞的气球就受到空气对它的浮力（图 9.2-4）。

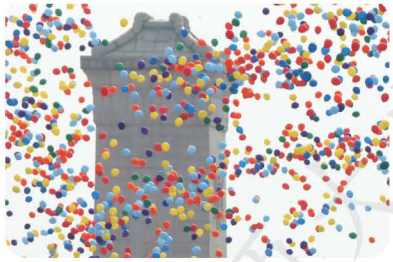


图 9.2-4　安全放飞的气球

阅读与拓展

阿基米德

阿基米德在力学、数学和天文学方面都有很多成就。他在总结前人经验的基础上，系统地研究了物体的重心和杠杆原理，为静力学奠定了基础；他发现的阿基米德原理，奠定了流体静力学的基础；在数学上，他确定了各种几何图形的面积和物体的表面积、体积的计算方法；在天文学上，他精确地测定到夏至点和冬至点。

相传阿基米德为了解决王冠是否掺假的问题而发现了阿基米德原理。国王要求阿基米德在不破坏王冠的前提下鉴定王冠是否掺假，阿基米德整日苦思冥想，以至于洗澡时澡盆中放入了太多的水都没有注意到，他的身体进入澡盆的时候水溢了出来，他受到启发通过王冠排出的水量解决了国王的疑问。从中我们也能够理解溢水杯的作用。

实践与探索

1. 为了计算浸在水中的钢笔帽所受的浮力，同学们进行了如下实验：先在量筒中注入适量水，如图 9.2-5 甲所示，将钢笔帽放入量筒内的水中，如图 9.2-5 乙所示。实验中钢笔帽排开液体的体积为_____ m^3，钢笔帽排开的液体所受的重力为_____ N，钢笔帽所受的浮力为_____ N。（g 取 10 N/kg）

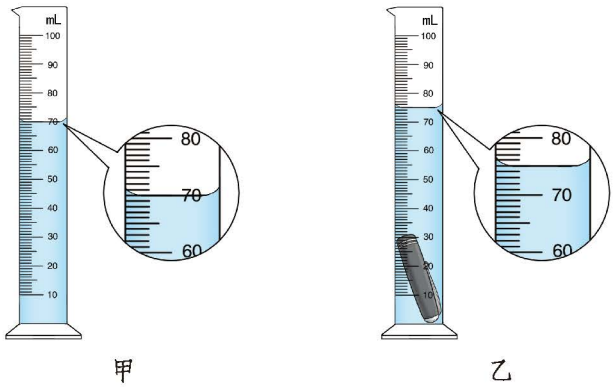
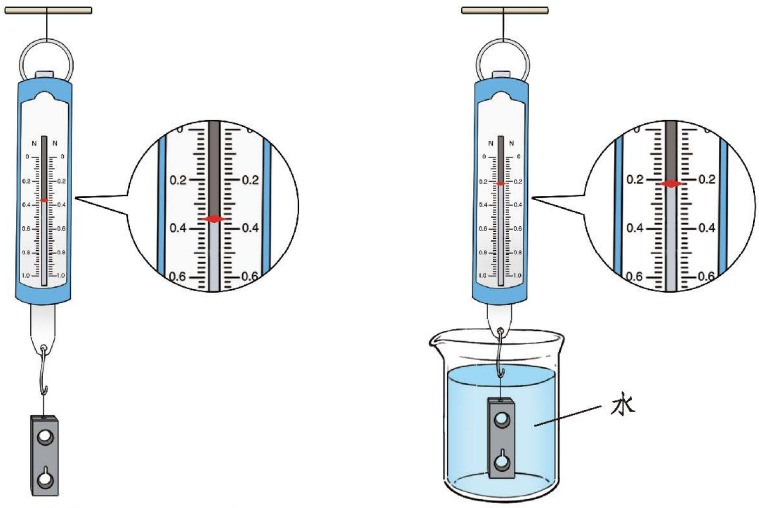


图 9.2-5 测量钢笔帽所受的浮力

2. 有一个形状不规则的金属零件，为了求出零件的体积，小华进行了如图 9.2–6 所示的实验。根据他的实验过程和实验数据，请你求出零件的体积，简要地写出你的分析推理过程和结论。（g 取 10 N/kg）



甲 弹簧测力计下挂着零件　　乙 零件浸没在水中

图 9.2–6 测量形状不规则物体的体积

3. 某科考船的设计吨位为 5 602 t，空船排水量为 1 680 t。吨位是船的最大载重量，为满载排水量与空船排水量之差。该科考船满载时所受的浮力是多少？（g 取 10 N/kg）

4. 每个人在空气中都会受到浮力作用，但是为什么我们没有感受到呢？如果一个同学排开的空气体积是 0.07 m^3，那么他在空气中所受的浮力是多少？人体的平均密度与水的密度近似相等，则这位同学所受的重力约为多少？请你解释我们在空气中没有感受到浮力的原因。（空气的密度为 1.29 kg/m^3，g 取 10 N/kg）

第三节　跨学科实践：探秘潜艇的浮沉原理

在庆祝中国人民解放军海军成立 70 周年海上阅兵活动中，首先接受检阅的是潜艇群，其中有首次亮相的新型核潜艇。

潜艇既能在水面航行，又能潜入水下活动，为什么它可以在大海中浮沉自如呢？

认识物体的浮沉条件

演示与观察

如图 9.3-1 所示，装入较多水的密闭大塑料瓶中有一个装有适量水的开口向下的小玻璃瓶，改变手握塑料瓶的力的大小，观察小玻璃瓶的运动情况，思考为什么会出现这种现象。

图 9.3-1　浮沉自如的小玻璃瓶

仔细观察你会发现，改变手对塑料瓶的力可以使小玻璃瓶内的水量发生变化，从而使小玻璃瓶的运动状态发生变化。小玻璃瓶浸没在水中静止时，用力挤压塑料瓶侧壁使小玻璃瓶内水量增加，小玻璃瓶及瓶内水整体所受重力增加，浮力不变，重力大于浮力时，小玻璃瓶向下运动；在小玻璃瓶向下运动的过程中，调整手对塑料瓶的压力大小，从而调整小玻璃瓶内水量的多少，使小玻璃瓶及瓶内水整体所受的重力等于浮力，小玻璃瓶可以静止悬浮在水中；在小玻璃瓶处于静止悬浮状态后，减小手对塑料瓶的力，使小玻璃瓶内的水量减少，小玻璃瓶及瓶内水整体所受重力减小，浮力不变，重力小于浮力时，小玻璃瓶就会向上运动。

活动一：装配“浮沉由你”的玻璃瓶

使空玻璃瓶浸没在水中静止（图 9.3–2），松手后玻璃瓶向上运动，最终漂浮在水面上。你能结合所学知识，通过向瓶中加水使其放入水中后悬浮吗？先与同学和老师交流你的实验设计方案，然后通过实验试一试。

图 9.3–2 浸没在水中的玻璃瓶

活动目的

1. 选择器材测量玻璃瓶受到的浮力和重力。

2. 了解通过改变瓶中水的质量从而改变装置所受重力的方法，能根据二力合成的知识，正确完成玻璃瓶的上浮、下沉和悬浮实验。

3. 尝试分析、交流、归纳浸没在水中的玻璃瓶的受力情况与浮沉情况的关系。

活动器材

盛有适量水的水槽、溢水杯（带接水小桶）、弹簧测力计、带盖玻璃瓶、细线、细针等。

活动内容

任务一：使玻璃瓶悬浮在水中。

1. 用细线系好带盖的空玻璃瓶，用弹簧测力计测出玻璃瓶所受的重力，为_____N。

2. 用弹簧测力计测出接水小桶所受的重力，为_____N。

3. 把空玻璃瓶缓慢地浸没在盛满水的溢水杯中，用弹簧测力计测出接水小桶和水所受的重力，为_____N。

4. 为了让玻璃瓶处于悬浮状态，向玻璃瓶内装水，直至用弹簧测力计测出玻璃瓶（包含瓶盖）和水所受的重力为_____N。将盖好瓶盖的玻璃瓶浸没在水中静止，松手后玻璃瓶处于悬浮状态。

任务二：将玻璃瓶浸没在水中，松手后，使玻璃瓶下沉。

任务三：将玻璃瓶浸没在水中，松手后，使玻璃瓶上浮。

请依据上面的实验和数据，进行分析和交流，并填写表 9.3–1。

表 9.3–1 玻璃瓶的运动情况与受力情况的关系

玻璃瓶的运动情况	玻璃瓶所受浮力 / N	玻璃瓶所受重力 / N	浮力和重力的大小关系
悬 浮			
下 沉			
上 浮			

浸没在液体中的物体受到竖直向上的浮力，同时还受到竖直向下的重力。物体的受力情况与浮沉情况的关系如下：当物体所受的**浮力小于重力**时，物体就会**下沉**；当物体所受的**浮力大于重力**时，物体就会**上浮**；当物体所受的**浮力等于重力**时，即二力平衡，物体就会**悬浮**在液体中。

探秘潜艇的浮沉原理

潜艇一般由艇体、动力装置、作战系统、操纵系统和生存保障系统等组成，这个上万吨的庞然大物的浮沉是如何操纵的呢？

如图 9.3–3 所示为与潜艇浮沉有关的内部构成及工作过程示意图，仔细观察并思考，潜艇通过改变所受的什么力实现上浮或下潜？是如何改变的？

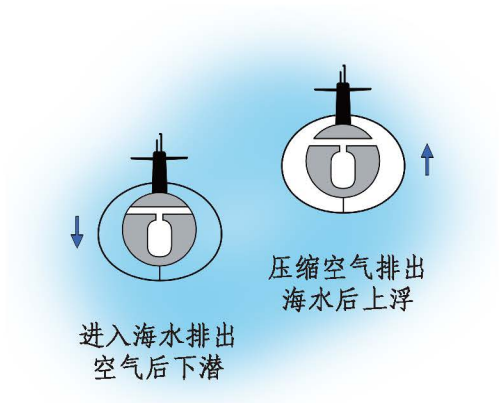


图 9.3–3 潜艇浮沉示意图

在潜艇内部有装有压缩空气的储罐，潜艇的艇身有水舱，水舱有进水阀和排水阀。潜航深海的潜艇，最易取得的物质就是海水，所以潜艇依靠改变水舱内海水的质量来改变所受的重力。如果想要潜艇下潜，需要打开水舱的进水阀，让海水进入水舱，潜艇（包括水舱内的水）所受的重力就增加了，当它所受的重力大于它受到的浮力时，它就会下潜。如果想要潜艇上浮，需要打开排水

阀，并用压缩空气产生的压力把水舱里的水向外排出，潜艇所受的重力减小，当它所受的重力小于它受到的浮力时，它就会上浮。实际航行时，潜艇的运动是由多个系统协作共同完成的。

活动二：制作“浮沉自如”的潜艇模型

改装塑料注射器针筒（图 9.3–4），用它模拟潜艇。你能不接触这个“潜艇”，通过改变其中的水量让它浮沉自如吗？

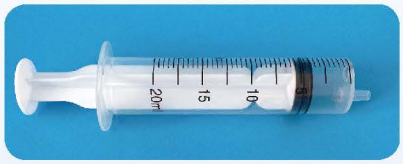


图 9.3–4　塑料注射器针筒

活动目的

1. 观察潜艇模型的结构，了解它实现上浮和下沉的方法。
2. 选择器材，制作一个操纵方便的可多次上浮和下沉的潜艇模型。
3. 应用物体的浮沉条件解释潜艇模型的浮沉问题。

活动器材

两个连有软管的塑料注射器针筒、防水橡皮泥、锥子、盛有适量水的水槽等。

活动内容

1. 选择一个注射器针筒作为潜艇模型，在针筒的下部用锥子钻一个小孔，有小孔的一侧作为潜艇模型的底部，在底部粘一些橡皮泥使潜艇模型更稳定，可调整橡皮泥的多少和位置，使潜艇“水舱”内进水时潜艇模型能稳定地沉入水底，如图 9.3–5 所示。

2. 按图 9.3–6 所示，把潜艇模型放在水槽中，调节水槽外注射器针筒的活塞，增加或减少水槽中注射器针筒内的空气，观察潜艇“水舱”内水量的多少和潜艇模型的上浮、下沉等情况。

3. 在小组和班级内展示潜艇模型的浮沉实验，并交流潜艇模型是如何应用物体的浮沉条件实现浮沉的。

图 9.3–5 两个连有软管的注射器针筒

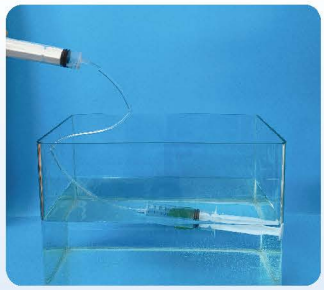


图 9.3–6 潜艇模型的浮沉实验

阅读与拓展

潜海追梦

我国自 20 世纪 90 年代开始研制载人潜水器，目前我国的载人深潜技术已经达到世界领先水平。“蛟龙”号载人潜水器（图 9.3–7 甲）实现了我国大深度载人潜水器从无到有的突破，“深海勇士”号载人潜水器（图 9.3–7 乙）实现了我国载人深潜技术自主可控，“奋斗者”号载人潜水器（图 9.3–7 丙）实现了我国载人潜水器全海深的作业能力。

甲 “蛟龙”号载人潜水器

乙 “深海勇士”号载人潜水器

丙 “奋斗者”号载人潜水器

图 9.3–7 我国的载人潜水器

2012 年 6 月，“蛟龙”号载人潜水器在西太平洋马里亚纳海沟创造了下潜 7 062 m 的中国载人深潜纪录，这也是世界同类作业型潜水器最大下潜深度纪录。

2017 年 9—10 月，“深海勇士”号载人潜水器在南海完成全部海上试验任务，实现了我国深海装备由集成创新向自主创新的历史性跨越。

2020 年 11 月 10 日，“奋斗者”号载人潜水器在西太平洋马里亚纳海沟成功坐底，下潜深度达到 10 909 m，再创我国载人深潜的新纪录。

2021 年，“奋斗者”号载人潜水器在马里亚纳海沟正式投入常规科考应用。2022 年，“深海勇士”号载人潜水器和“奋斗者”号载人潜水器成功开展水下联合作业，初步形成两台载人潜水器联合作业规程。未来，我国的载人潜水器将在深海和深渊科学研究、海洋资源调查、应急救捞等工作中发挥更大作用。

实践与探索

1. 在图 9.1–1 所示的情景中，香瓜漂浮在水面上，李子沉在水槽底部，你能判断出此情景中香瓜的密度、李子的密度和水的密度的大小关系吗？写出你的分析推理过程和结论。

2. 按图 9.3–8 所示，将一个鸡蛋浸没在水中由静止释放，请你根据鸡蛋的受力情况分析其可能出现的运动情况（可画受力示意图辅助说明）。实际做一做，分析松手瞬间鸡蛋的受力情况属于哪一种。不破坏鸡蛋，怎样改变鸡蛋的浮沉情况？简述你的方法，若有条件用实验检验一下你的方法是否可行。

3. 我国在古代就用孔明灯作为军事信号。制作孔明灯时，用竹篾扎成框架，外面用薄纸糊严，在下面留个开口。点燃灯内底座上的燃料，过一段时间，孔明灯就慢慢地升到空中了（图 9.3–9）。你能解释孔明灯升空的原理吗？查阅资料，了解孔明灯的历史以及现在我国对燃放孔明灯的要求，写一篇报告并与同学交流。

图 9.3–8　浸没在水中的鸡蛋

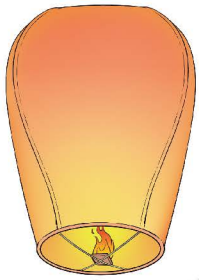
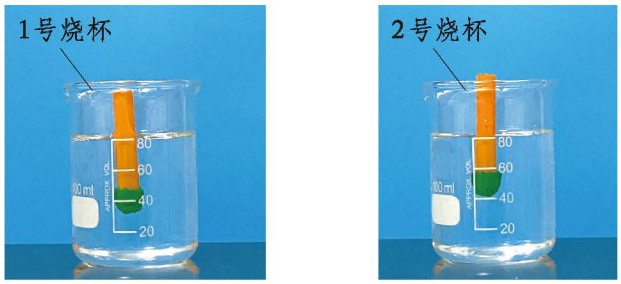


图 9.3–9　孔明灯

4. 两个完全相同的烧杯中分别装有体积相等的水和酒精，为了鉴别哪个烧杯中盛的是酒精，小华利用塑料吸管和防水橡皮泥自制了一个检测装置。将此装置放入 1 号烧杯中的情景如图 9.3-10 甲所示，将此装置放入 2 号烧杯中的情景如图 9.3-10 乙所示。结合现象，他得出 1 号烧杯中盛的是酒精，你同意他的观点吗？写出你的观点和主要的推理过程。（$\rho_{水} > \rho_{酒精}$）

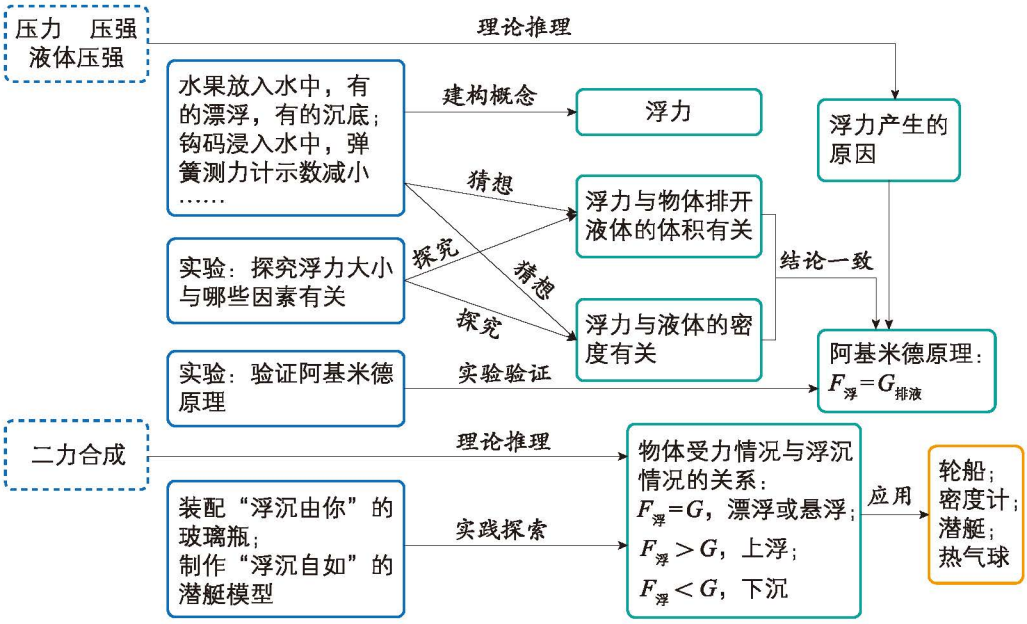


甲　　乙

图 9.3-10　鉴别水和酒精

5. 查阅资料，了解我国“奋斗者”号载人潜水器是如何实现下潜和上浮的，撰写一篇小论文，并与同学交流。

学到了什么



· 浮力是浸在液体（或气体）中的物体受到的液体（或气体）施加的力的合力。

· 在探究浮力大小的影响因素时，运用了控制变量的方法。阿基米德原理通过替代思想的巧妙应用，给出了计算物体所受浮力的方法。

· 物体的浮沉条件是力与运动的关系“力可以改变物体的运动状态”在物体浸没在液体（或气体）中时的具体体现，只要分析出了物体所受浮力与重力的大小关系，就能判断出浸没在液体（或气体）中的物体的运动状态。

· 物体的浮沉条件及其应用紧密结合了重力、二力合成、二力平衡、浮力、密度等知识，是力学知识的综合应用。人们应用物体的浮沉条件制造了轮船、潜艇等，促进了社会的发展和科学技术的进步。

10 第十章 功和机械能

自然界中蕴藏着巨大的能量，我们的生活时时刻刻离不开能量。三峡大坝泄洪时，水从高处流下，水的速度会变大，流水能推动水轮机转动而做功。塔吊把货物提升一定的高度，拉力对货物做了功……

什么是功？如何认识机械能？功和能之间又有着怎样的联系？让我们一起走进功和能的世界吧！

第一节　功

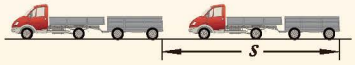
小华帮妈妈把快递箱搬回家，但是其中一个快递箱太重了，他用尽了全力也没有把箱子搬起来（图 10.1–1）。虽然小华用尽了全力，但从物理学的角度来看，他并没有对箱子做功。那么，在物理学中怎么样才算做功呢？

图 10.1–1　搬箱子

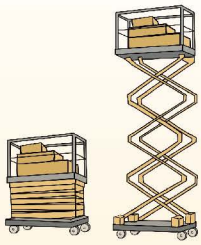
功

想一想

观察图 10.1–2 所示的情景，你能找出力做功有什么共同的特征吗？



甲　汽车拉动拖车



乙　升降机举高箱子

丙　推土机推土前进

丁　起重机提起货物

图 10.1–2　机械的应用

图 10.1–2 甲中拖车沿汽车拉力方向向左移动一段距离，图 10.1–2 乙中箱子沿支持力方向移动一段距离，图 10.1–2 丙中土沿着推力的方向移动一段距离，图 10.1–2 丁中货物沿起重机拉力方向上升一段距离。它们的共同特点是：物体沿力的方向移动了一段距离。

物理学中规定，如果**力作用在物体上，并使物体沿力的方向移动了一段距离**，我们就说这个**力对物体做了功**。

要判断力是否对物体做功，就要明确物体是否沿力的方向移动了一段距离。图 10.1–3 甲中，叉车举起货物的过程中，叉车的支持力竖直向上，货物沿支持力的方向移动了一段距离，叉车的支持力就对货物做了功；图 10.1–3 乙中，人举着哑铃不动，虽然哑铃受到向上的支持力，但哑铃沿支持力的方向并没有移动距离，因此支持力没有做功。

甲　叉车举起货物

乙　人举着哑铃不动

丙　塔吊沿水平方向匀速运输货物

丁　雪地摩托车拉着雪地香蕉船前行

图 10.1–3　判断力是否对物体做功

议一议　图 10.1–3 丙和丁中，塔吊钢丝绳的拉力和雪地摩托车的拉力对物体做功了吗？说出你的理由。

功的计算

物理学中规定，力对物体做的功等于力与物体在力的方向上移动的距离的乘积。如图 10.1–4 所示，如果用 F 表示力，s 表示物体沿力的方向移动的距离，W 表示功，那么功可以表示为：$W=Fs$。

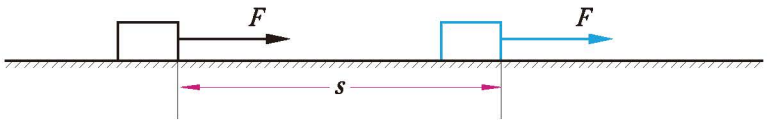


图 10.1–4　力对物体做功的示意图

力的单位是牛（N），距离的单位是米（m），功的单位就是 N·m，读作“牛米”。在物理学中，将焦耳作为功的单位，简称焦，符号为 J。

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

例题 在水平地面上，小华推一个重 200 N 的箱子，箱子在 100 N 的水平推力作用下，沿着推力的方向前进了 5 m。撤去推力后，箱子又前进了 2 m。求推力对箱子所做的功。

分析 如图 10.1–5 所示，箱子在推力的作用下，沿着推力的方向前进了 5 m，用公式 $W = Fs$ 可以求出推力所做的功。撤去推力后推力为零，此时 $W = 0$。

解 $W = Fs = 100\ \mathrm{N} \times 5\ \mathrm{m} = 500\ \mathrm{J}$。

答 推力对箱子所做的功是 500 J。

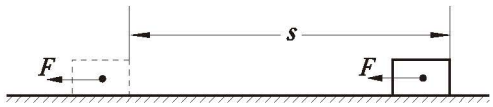


图 10.1–5 推箱子前进

实践与探索

1. 汽车牵引着质量为 20 t 的拖车，在水平公路上前进了 400 m。汽车对拖车的水平牵引力为 7 500 N，求牵引力对拖车做的功和拖车所受的重力对拖车做的功。

2. 为了给一幢高楼供水，每天需要用水泵把 100 m^3 的水送到 40 m 高的水箱里去，水泵每天至少要对水做多少功？（g 取 10 N/kg）

3. 送水工用车运输桶装水，已知每桶水的质量为 10 kg，若车沿水平路面行驶了 200 m，则车的支持力是否对桶装水做了功？若工人师傅利用电梯，匀速把一桶水运到 10 m 高的住户家里，则电梯的支持力对一桶水做的功是多少？（g 取 10 N/kg）

4. 如图 10.1–6 所示是某工地施工现场，塔吊匀速提升质量为 5×10^3 kg 的建筑材料，塔吊的拉力对其做了 6×10^5 J 的功。求塔吊提升建筑材料的高度。（g 取 10 N/kg）


图 10.1–6 工地施工现场

第二节　功　率

小华和晶晶参加了给生态园运肥料的活动（图 10.2–1），他们分别用绳子将质量为 5 kg 的肥料从地面匀速提升到 3 m 高的阳台上。小华用了 0.5 min，晶晶用了 1 min，小华和晶晶对肥料的拉力所做的功是否相同？他俩做功的快慢是否相同？

小华和晶晶做的功是相同的，但小华做功所用的时间比晶晶所用的时间少，所以小华做功比晶晶做功快。就像运动有快慢一样，做功也有快慢。

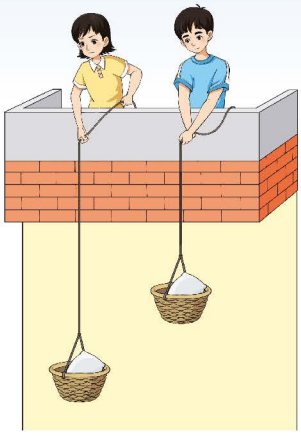
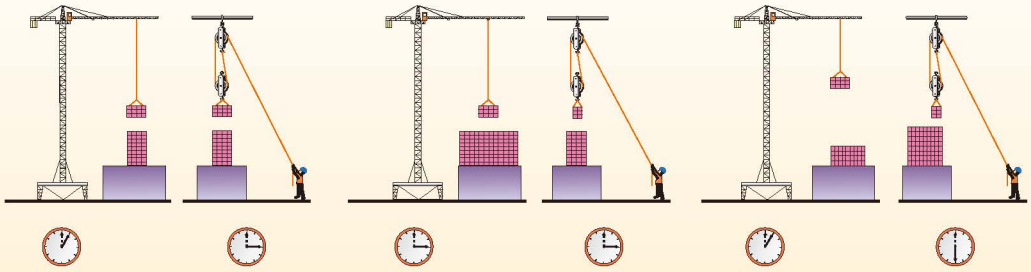


图 10.2–1　运肥料

功　率

想一想

观察图 10.2–2 所示的情景，想一想：比较做功的快慢应考虑哪些因素？



运送同样多的砖到同样高的地方，谁做功快？

在相同的时间内，把砖运送到同样高的地方，谁做功快？

在不同的时间内把数量不同的砖运送到高度不同的地方，谁做功快？

图 10.2–2　比较做功的快慢

做同样多的功，所用的时间越少，做功越快；用同样长的时间，做的功越多，做功越快。如果做功多少不同，做功时间也不同，则功与时间的比越大说明做功越快。

我们知道，比较物体的运动快慢时，不仅要关注物体运动的距离，还要关注运动的时间，即关注物体在单位时间内运动的距离。同理，要比较做功的快慢，既要关注做功的多少，又要关注做这些功所用的时间。一个力在单位时间内做功的多少反映了其做功的快慢。

我们用功率描述做功的快慢，把做的功与做功所用时间的比叫作**功率**。用 W 表示功，t 表示做功所用的时间，P 表示功率，则功率可以表示为

$$P=\frac{W}{t}。$$

在国际单位制中，功的单位是焦（J），时间的单位是秒（s），功率的单位是 J/s，读作“焦每秒”。在物理学中，将瓦特作为功率的单位，简称瓦，符号为 W。1 W = 1 J/s。功率的单位还有千瓦（kW）和兆瓦（MW），它们与瓦（W）之间的换算关系是

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

$$1\ \text{MW}=10^6\ \text{W}。$$

如图 10.2-3 所示为生产和生活中的一些功率值。

自行车运动员短时间运动的功率可达 1 kW

马长时间运动的功率约为 300 W

小轿车行驶的功率在 100 kW 以上

我国大型客机 C919 的功率在 1 000 kW 以上

复兴号高速列车行驶的功率为 1 000 kW ～ 20 000 kW

我国首艘航母辽宁舰的功率约为 1.5×10^5 kW

图 10.2-3　生产和生活中的一些功率值

测功率

做一做

估测攀岩的功率

在班内选出三名同学，让他们进行攀岩比赛，如图 10.2–4 所示。为估测攀岩的功率，需要测量哪些物理量？谈谈你的测量方案。

请把有关数据填在表 10.2–1 中，并计算出攀岩的功率。

图 10.2–4 攀岩

表 10.2–1 估测攀岩的功率

姓 名	G/N	h/m	t/s	W/J	P/W

注意：攀岩中要系好安全绳，做好安全防护。

例题 根据图 10.2–1 所示的情景，分别计算小华和晶晶运肥料的功率。（篮子质量忽略不计，g 取 10 N/kg）

分析 匀速提升肥料所用的拉力 F 等于肥料所受的重力 G，拉力所做的功 W 等于拉力 F 与肥料沿拉力方向上升的高度 h 的乘积。已知做功所用的时间 t，由 $P=\frac{W}{t}$ 可计算出拉力的功率。

解 小华匀速提升肥料的拉力等于肥料所受的重力，即

$$F_1 = G_1 = m_1g = 5\ \text{kg} \times 10\ \text{N/kg} = 50\ \text{N},$$

小华将肥料提升 3 m 所做的功

$$W_1 = F_1h_1 = 50\ \text{N} \times 3\ \text{m} = 150\ \text{J},$$

做功所用的时间

$$t_1 = 0.5\ \text{min} = 30\ \text{s},$$

小华做功的功率

$$P_1 = \frac{W_1}{t_1} = \frac{150\ \text{J}}{30\ \text{s}} = 5\ \text{W}。$$

同理，晶晶做功的功率

$$P_2 = \frac{W_2}{t_2} = \frac{150\ \text{J}}{60\ \text{s}} = 2.5\ \text{W}。$$

答 小华做功的功率是 5 W，晶晶做功的功率是 2.5 W。

实践与探索

1. 晶晶两次把相同的箱子从一楼匀速搬到三楼，分别用时 70 s、50 s。关于晶晶在两次搬箱子的过程中所做的功和做功的功率的大小关系，下列判断正确的是（　　）。

A. 用时少的做功多　　B. 用时少的做功的功率大

C. 用时多的做功多　　D. 用时多的做功的功率大

2. 功率是描述物体做功快慢的物理量，做功越多的物体，功率一定越大吗？请结合生活实例进行说明。

3. 如图 10.2–5 所示，一辆叉车把质量为 1.5 t 的货物沿竖直方向匀速举高了 2 m，用时 1 min，求这段时间内叉车支持力的功率大小。（g 取 10 N/kg）

图 10.2–5　叉车举高货物

4. 一台拖拉机耕地的功率为 25 kW，一头牛耕地的功率约为 300 W。若这台拖拉机 4 h 做的功由这头牛来单独完成，大约需要多长时间？

5. 如图 10.2–6 所示是体育测试中的引体向上项目，测试者用双臂使自己提升一定的高度。想一想：要估测测试者在引体向上运动中做功的功率，需要测量哪些物理量？写出具体的估测方案。

图 10.2–6　引体向上

第三节　动能和势能

水车在湍急的水流中转动，跳水运动员从高处落入水中，弯曲的撑竿将运动员高高弹起（图 10.3–1），河水、运动员和撑竿为什么能对外做功？



图 10.3–1　河水、运动员和撑竿做功

流动的河水、下落的运动员、变形的撑竿都可以对外做功，即具有做功的本领，也就是具有**能量**。物体能够做的功越多，它具有的能量就越多。能量简称**能**，通常用符号 E 表示。能量的单位与功的单位相同，是焦耳（J），简称焦。

动　能

想一想

观察图 10.3–2 所示的情景，思考它们具有能量的共同原因。


流动的空气推动帆船


滚动的保龄球击倒球瓶


飞行的足球击中球网

图 10.3–2　运动的物体能做功

流动的空气、滚动的保龄球、飞行的足球都能对其他物体做功，说明它们具有能量。物体由于运动所具有的能叫作**动能**，一切运动的物体都具有动能。

高速飞行的足球和缓慢划过的足球，哪个的动能大？以相同速度飞行的足球和乒乓球，哪个的动能大？物体的动能大小跟什么因素有关？

做一做

探究动能大小的影响因素

1. 探究动能大小与物体的质量是否有关。

利用小球、斜面、木板、木块等器材设计实验方案，如图 10.3-3 所示。

图 10.3-3　探究动能大小的影响因素

将质量不同的小球放在斜面不同轨道的同一高度处，让小球由静止释放，观察小球滚到水平面时的速度是否相同。

想一想：如何使小球获得动能？动能大小如何显示？怎样改变小球的质量？怎样控制小球的速度相同？

（1）让质量为 m_1 的小球从斜面高 h 处由静止滚下，撞击木块，记下木块滑行的距离 s_1。

（2）让质量为 m_2（$m_2 < m_1$）的小球从斜面高 h 处由静止滚下，撞击木块，记下木块滑行的距离 s_2。

（3）让质量为 m_3（$m_3 < m_2$）的小球从斜面高 h 处由静止滚下，撞击木块，记下木块滑行的距离 s_3。

由实验现象可知：小球从相同高度由静止滚下，小球的质量越大，木块被推动的距离越_____，说明小球滚下斜面后的动能越_____。即速度相同的物体，质量越大，它具有的动能越_____。

2. 探究动能大小与物体的速度是否有关。

仿照上面的思路和方法，设计实验方案并进行实验，可以得出：质量相同的物体，速度越大，它具有的动能越_____。

大量实验表明，物体具有的动能大小与物体的质量和运动速度大小有关，物体的质量越大，运动的速度越大，它具有的动能就越大。

势 能

从空中落向地面的铅球（图 10.3–4）会把地面砸出一个深坑，打桩机（图 10.3–5）的桩锤由高处落下时，能把桩打入地里。这说明被举高的物体具有对其他物体做功的本领，也具有能。物体由于被举高而具有的能叫作**重力势能**。

图 10.3–4 铅球砸向地面

图 10.3–5 打桩机

桩锤被举起的高度不同，桩被打入地里的深度相同吗？不同质量的桩锤从同一高度落下时，桩被打入地里的深度相同吗？物体的重力势能大小跟哪些因素有关？

做一做

探究重力势能大小的影响因素

1. 探究重力势能大小与物体所处的高度是否有关。

请利用图 10.3–6 中的器材（质量不同的钢球、透明塑料管、泡沫板、长铁钉等）探究物体的重力势能大小与物体所处的高度是否有关。

想一想：如何使小球获得重力势能？如何显示小球的重力势能？怎样控制小球的质量？如何改变小球所处的高度？

图 10.3–6 探究重力势能大小的影响因素

（1）让质量为 m 的小球，从高度为 h_1 的塑料管顶部由静止释放，砸到泡沫板上的长铁钉上，测量长铁钉陷入泡沫板的深度 s_1。

（2）让质量为 m 的小球，从高度为 h_2（$h_2 > h_1$）的塑料管顶部由静止释放，砸到泡沫板上的长铁钉上，测量长铁钉陷入泡沫板的深度 s_2。

（3）让质量为 m 的小球，从高度为 h_3（$h_3 > h_2$）的塑料管顶部由静止释放，砸到泡沫板上的长铁钉上，测量长铁钉陷入泡沫板的深度 s_3。

由实验现象可知，物体质量一定时，所处位置越高，具有的重力势能越_____。

2. 探究重力势能大小与物体的质量是否有关。

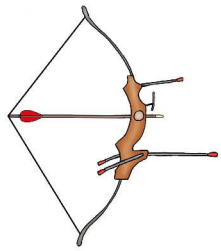
仿照上面的思路和方法，设计实验方案并进行实验，可以得出：物体所处位置的高度一定时，质量越大，具有的重力势能越_____。

大量实验表明，物体具有的重力势能大小与物体的质量和所处位置的高度有关，物体的质量越大，所处的位置越高，它具有的重力势能就越大。

如图 10.3–7 甲所示，高速飞行的网球撞击球拍，球拍发生弹性形变，变形的球拍在恢复原状时能把球弹出；在图 10.3–7 乙中，将弓拉弯，弓发生弹性形变，拉弯的弓在恢复原状时能把箭射出。这些现象说明发生弹性形变的物体具有对其他物体做功的本领。物体由于发生弹性形变而具有的能叫作**弹性势能**。同一物体发生的弹性形变越大，它具有的弹性势能就越大。重力势能与弹性势能是两种常见的势能。

我们把动能、重力势能和弹性势能统称为**机械能**。

甲　打网球



乙　射箭

图 10.3–7　发生弹性形变的物体能做功

相关链接

风力发电

风力发电机（图 10.3–8）工作时，流动的空气推动风轮转动，风能转化为风轮的动能，发电机在风轮的带动下发电。风力发电既没有燃料

问题，也不会产生空气污染，能有效助推绿色发展。

我国的风力资源极为丰富，绝大多数地区的平均风速都在 3 m/s 及以上，特别是东北、西北、西南高原和沿海岛屿，平均风速更大。所以说，在这些地区发展风力发电是大有前景的。

图 10.3-8 风力发电机

实践与探索

1. 如图 10.3-9 所示，某段道路的限速标志牌显示：小型客车最高行驶速度不得超过 120 km/h，大型客车、载货汽车最高行驶速度不得超过 100 km/h。请你解释：为什么要对机动车的最高行驶速度进行限制？小型客车和载货汽车的限速为什么不同？

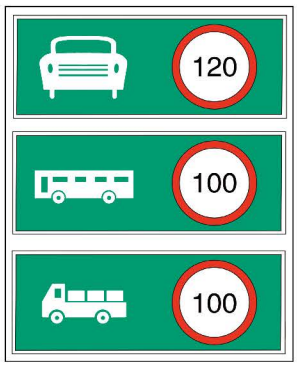


图 10.3-9 限速标志牌

2. 针对高空抛物现象，2019 年 11 月 14 日，我国出台了《关于依法妥善审理高空抛物、坠物案件的意见》。请分析为何从建筑物的高处抛出的物体会对地面上的物和人造成危害。

3. 小亮利用跑步机探究动能大小的影响因素。他先把质量为 m 的铁块，放在速度为 v_1 的跑步机上，铁块被甩出后在地面上滑行的距离为 s_1；将跑步机的速度调整为 v_2（$v_2 > v_1$），铁块被甩出后在地面上滑行的距离为 s_2，如图 10.3-10 所示。由此你能得出什么结论？

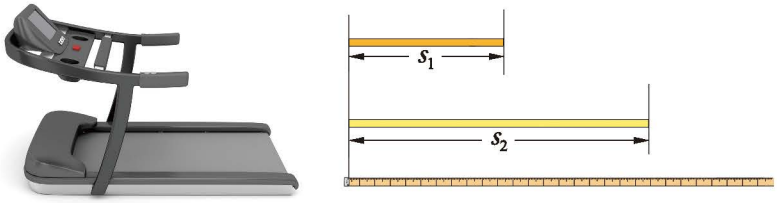


图 10.3-10 探究动能大小的影响因素

第四节　机械能及其转化

滑雪运动员从高山上滑下的过程中（图 10.4–1），速度越来越大，高度越来越低，人的动能和重力势能有什么变化？从山下高速冲上山坡的运动员（图 10.4–2），速度和高度怎样变化？动能和重力势能怎样变化？

图 10.4–1　运动员从山上滑下

图 10.4–2　运动员从山下冲向山坡

机械能的转化

篮球比赛开始时，裁判员将篮球竖直上抛，篮球获得了一定的动能。篮球在上升的过程中，速度减小，高度升高，动能逐渐减少，重力势能逐渐增加。篮球在下落的过程中，高度降低，速度增大，重力势能逐渐减少，动能逐渐增加。可见，动能和势能是可以相互转化的。

观察图 10.4–3 所示的情景，荡秋千时，人从一定高度由静止释放后自由摆动。分析人在从最高点到最低点、从最低点到最高点的过程中，动能和势能的变化情况。

如图 10.4–4 所示的装置叫作滚摆。捻动滚摆的轴使细线在轴上缠绕，从而使滚摆上升。滚摆升高到一定高度时由静止释放，

图 10.4–3　荡秋千

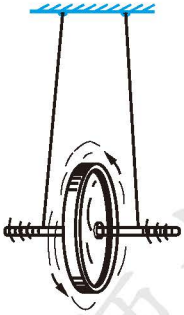


图 10.4–4　滚摆实验

观察滚摆的运动情况。滚摆上下运动时，它的速度不断变化。在滚摆从最高点向最低点运动的过程中，它的动能和重力势能如何变化？在滚摆从最低点向最高点运动的过程中，动能和重力势能又如何变化？

机械能的利用

水力发电是将自然界的水所蕴藏的机械能转化成电能的一种生产过程，其发电原理如图 10.4-5 所示。在河流上游修建拦水坝，提高水位，使水具有更大的重力势能，当水从坝上流下时水的重力势能转化为动能，带动水轮机转动，再带动发电机发电，使机械能转化为电能。我国水能资源丰富，且水能没有污染，具有良好的应用前景。

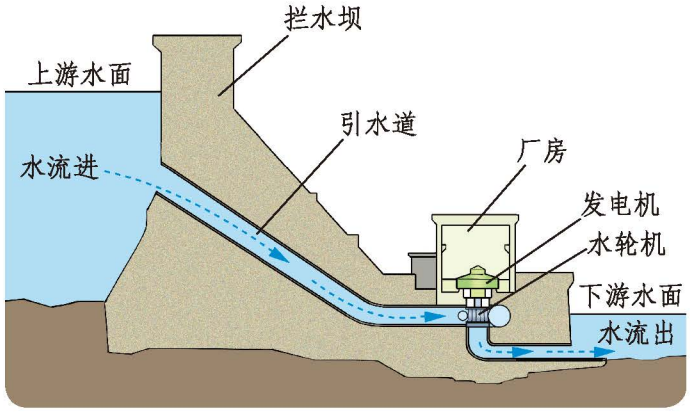


图 10.4-5 水力发电示意图

阅读与拓展

水碓与水力磨坊

我国《后汉书·西羌传》中记载了“水舂河漕”，即水碓。水碓（图 10.4-6）是利用水流的力量自动舂米的机械，其原理是把水流的动能转化为碓杆的重力势能，从而实现自动舂米。水轮立于河水急流之上，轮上装有叶片，随着水流而转动。随着水轮不停地转动，通过拨板持续带动拨杆，从而实现舂臼有节奏地抬起落下，完成舂米工作。水碓能日夜不

息地工作，节省了大量人力。

水力磨坊利用辘轳或者水涡轮来驱动机械，生产出面粉、木材或纺织品等产品。如图 10.4-7 所示，我国早在汉朝时期就开始利用水力磨坊加工谷物。水能作为一种可以持续不断提供动力的自然力量，我国古代劳动人民对它的开发和利用可谓淋漓尽致。

图 10.4-6　水碓

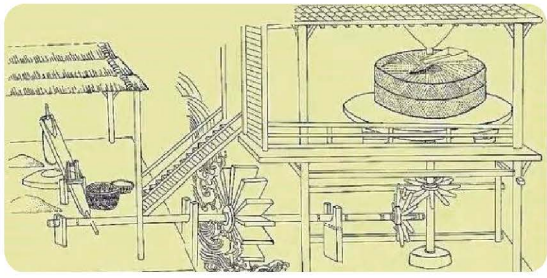


图 10.4-7　古代水力磨坊示意图

实践与探索

1. 神舟飞船的返回舱在进入大气层一段时间后，由于受空气阻力作用会匀速下降。关于返回舱匀速下降过程中动能和重力势能的变化情况，下列分析正确的是（　　）。

A. 动能变大　　B. 动能不变

C. 重力势能不变　　D. 重力势能变小

2. 小亮和妈妈去超市购物，乘坐自动扶梯从一楼匀速上升到二楼。在这个过程中，他们的重力势能如何变化？动能如何变化？机械能如何变化？

3. 下列实例中，动能和势能是如何转化的？

（1）苹果从树上落下。

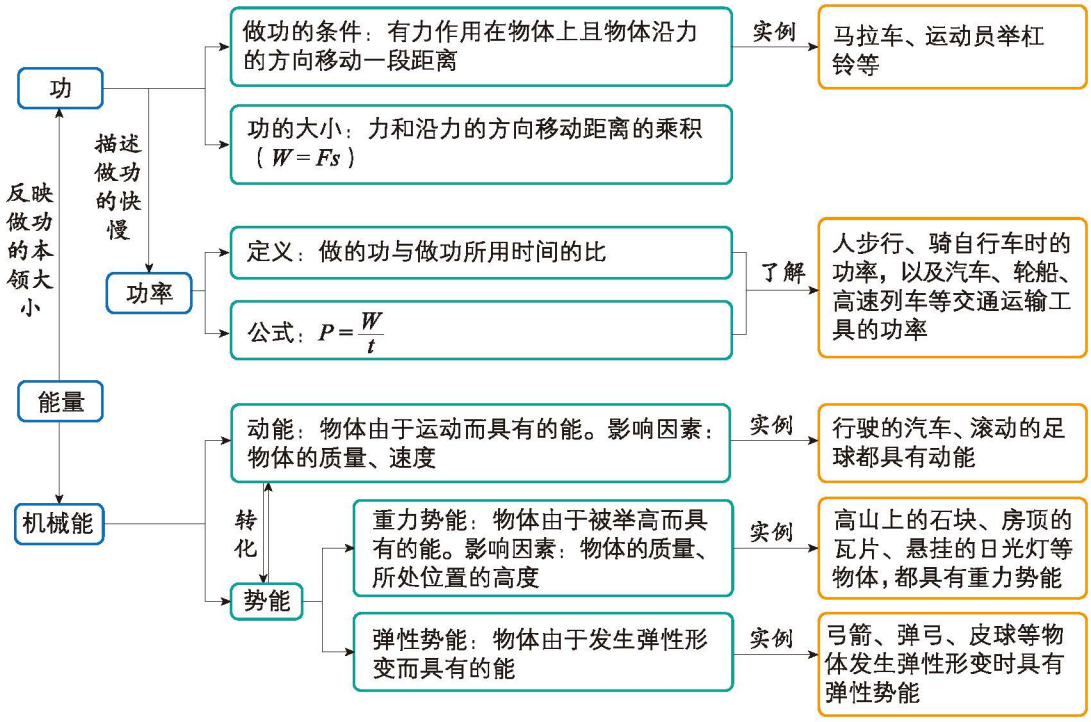
（2）小朋友从滑梯上滑下。

（3）橡皮筋将纸团射出。

（4）瀑布从山顶流到山谷。

4. 乒乓球从高处由静止落下，经地面反弹后再弹起的最大高度总低于原来下落时的高度，这是为什么？向下抛出乒乓球，怎样才能使它弹起到高于抛出时的位置？先动手做一做，再用能量转化的观点说明。

学到了什么



- 通过对做功实例的观察和分析建立了功的概念，认识了做功的条件。
- 在比较做功快慢的过程中，通过类比和利用物理量之比定义新物理量的方法建立了功率的概念。
- 机械能是能量的一种，它包含动能和势能。动能和势能可以相互转化。
- 在探究动能和重力势能大小的影响因素时，用到了控制变量、转换等方法。

11

第十一章
简单机械

从古至今，机械始终伴随着人类的生产和生活。随着社会的发展，机械的使用越来越广泛，技术化程度越来越高。从古代的桔槔，到今天的塔吊和机械臂，机械的复杂化和智能化程度也越来越高。认真观察，就会发现大部分复杂的机械都是由简单机械组成的。

如何认识和描述简单机械？使用简单机械能给人们带来哪些便利？简单机械又有什么应用呢？让我们一起来学习简单机械吧！

第一节　杠　杆

生活中，我们经常会使用一些简单的机械，用如图 11.1–1 所示的羊角锤很容易就能把钉子从木板中拔出来，这是为什么？

图 11.1–1　用羊角锤起钉子

杠　杆

想一想

认真观察图 11.1–2 中使用简单机械的工作过程，分析一下：它们有什么共同特点？

用撬棍起钉子

用开瓶器打开瓶盖

用剪刀剪纸

图 11.1–2　生活中的简单机械

上述简单机械在使用过程中都是绕某一固定点转动的。在力的作用下，绕固定点转动的硬棒叫作**杠杆**。这个固定点叫作**支点**，一般用 O 表示。通常把驱使杠杆转动的力称作**动力**，用 F_1 表示，把阻碍杠杆转动的力称作**阻力**，用 F_2 表示。如图 11.1–3 所示。当杠杆静止或匀速转动时，我们称杠杆处于平衡状态。

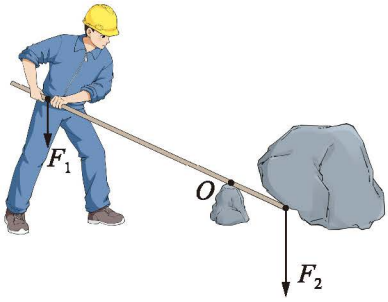


图 11.1–3　认识杠杆

议一议　如图 11.1–4 所示，保持杠杆右侧钩码的数量和位置不变，用弹簧测力计拉住杠杆右侧，使杠杆水平平衡，缓慢改变拉力的方向，使杠杆始

终保持水平平衡。影响杠杆水平平衡的是支点 O 到动力作用点的距离，还是支点 O 到动力作用线的距离？与同学交流你的想法。

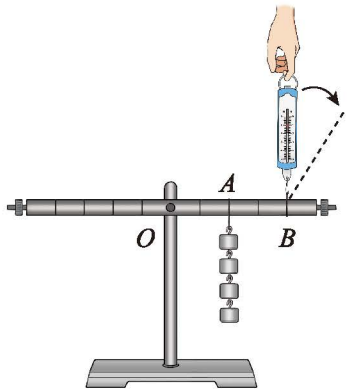


图 11.1-4　哪段距离影响杠杆水平平衡

在图 11.1-4 所示的实验中，影响杠杆水平平衡的是支点到动力作用线的距离。支点到力的作用线的距离称为力臂。

我们把支点到动力作用线的距离称为**动力臂**，用 L_1 表示；支点到阻力作用线的距离称为**阻力臂**，用 L_2 表示。力和力臂的关系如图 11.1-5 所示。通常把支点、动力、阻力、动力臂和阻力臂称为杠杆的五要素。

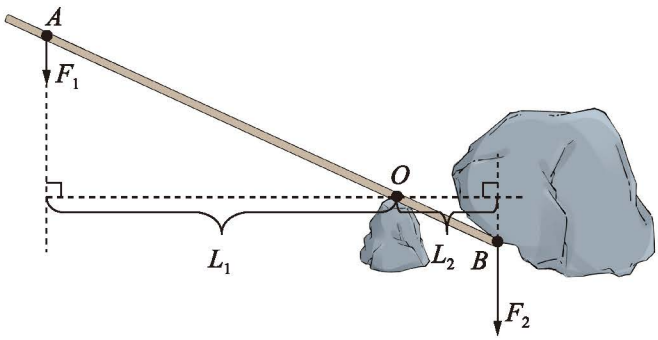


图 11.1-5　杠杆的五要素

杠杆的平衡条件

做一做

如图 11.1-6 所示，在杠杆两侧挂上钩码，使杠杆水平平衡。

1. 以左侧钩码对杠杆的力作为阻力，右侧钩码对杠杆的力作为动力，测量阻力臂的大小。

2. 保持阻力、阻力臂大小不变，怎样改变动力和动力臂才能使杠杆保持水平平衡？

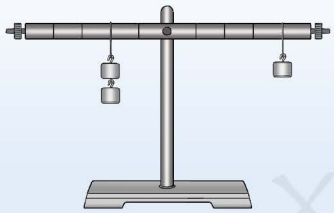


图 11.1-6　杠杆水平平衡

学生实验：探究杠杆的平衡条件

提出问题 通过图 11.1–6 所示的实验发现，动力臂随动力的改变而变化，那么，杠杆水平平衡时，保持阻力和阻力臂不变，动力臂与动力有什么关系？

针对这个问题，提出你的猜想与假设。

收集证据 根据你的猜想与假设，利用下面提供的实验器材，设计实验与制订方案，进行实验，并记录数据。

1. 实验器材：铁架台、杠杆、刻度尺、弹簧测力计、钩码等，如图 11.1–7 所示。

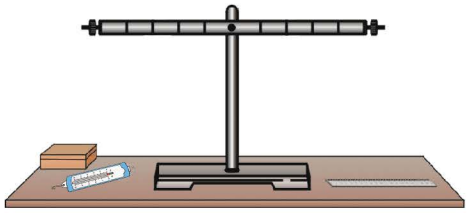


图 11.1–7 实验器材

2. 设计实验：先思考下面的问题，然后设计实验方案。

（1）实验中需要控制什么量不变？

（2）如何测量和改变动力的大小？

（3）如何测量对应的动力臂的大小？

3. 根据设计的实验方案进行实验，并将实验数据记录在表 11.1–1 中。

表 11.1–1 探究动力臂与动力的关系

F_1 / N						
L_1 / m						

分析论证 分析表 11.1–1 中记录的实验数据，可以得出：_____。

进一步分析实验数据发现，动力与动力臂的乘积不变，近似等于阻力与阻力臂的乘积。这是巧合还是普遍规律？

提出问题 杠杆平衡时，动力跟动力臂的乘积等于阻力跟阻力臂的乘

积吗？

收集证据 利用图 11.1-8 所示的两种方法分别进行实验。确定阻力和阻力臂后，改变动力和动力臂，或确定动力和动力臂后，改变阻力和阻力臂，使杠杆在水平位置平衡。将实验数据记录在表 11.1-2 中。

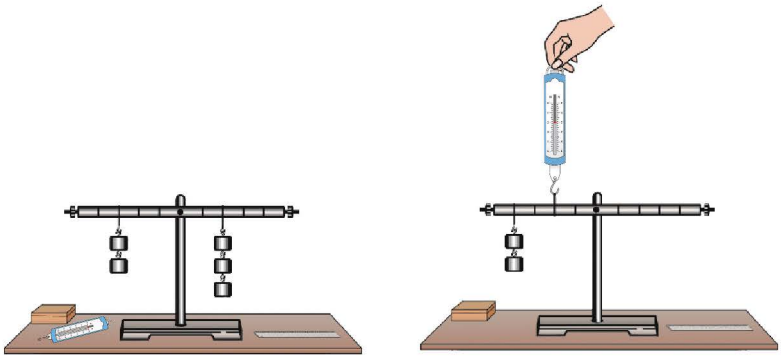


图 11.1-8 探究杠杆的平衡条件

表 11.1-2 探究杠杆的平衡条件

F_1/N	L_1/m	$F_1 \times L_1$/(N·m)	F_2/N	L_2/m	$F_2 \times L_2$/(N·m)

分析论证 分析表 11.1-2 中记录的实验数据，可以得出：_____。

交流与评估 实验前，为什么要调节杠杆水平平衡？你认为还有哪些因素会对实验有影响？请与同学交流讨论。

大量实验表明，杠杆的平衡条件是**动力 × 动力臂 = 阻力 × 阻力臂**。

若用 F_1、F_2 分别表示动力和阻力，用 L_1、L_2 分别表示动力臂和阻力臂，杠杆的平衡条件可以表示为 $F_1 \times L_1 = F_2 \times L_2$。

杠杆的种类

人们在生产和生活中使用杠杆有时是为了省力，如图 11.1–9 所示，用较小的力就可以夹破核桃。有些杠杆虽然不省力，但是可以省距离。如图 11.1–10 所示，用镊子夹取棉球时虽然费力，但是能够省距离。还有一类杠杆，它们的特点是动力臂与阻力臂相等，使用时既不省力也不省距离，但使用它们可以改变力的方向。

图 11.1–9　核桃夹

图 11.1–10　镊子

议一议　生活中还有哪些杠杆是省力的？哪些杠杆是省距离的？举出实例，并与同学交流。

相关链接

寻找人体中的杠杆

人的运动系统由骨骼、关节和肌肉等构成，尽管人体的运动系统相当复杂，但最基本的运动都是由骨骼绕关节转动产生的，其模型就是杠杆。

如图 11.1–11 所示，手拿瓶子时，肘关节是支点，肱二头肌所用的力是动力，瓶子对手的作用力是阻力。这时我们的前臂是一种费力杠杆，举起一个重物，肌肉要花费 6 倍以上的力气，虽然费力，但是可以省距离。

除此之外，人体中还有许多杠杆。如人的腿部可以看作一个杠杆，曲小腿时，膝关节是支点，大腿肌肉的拉力是对杠杆施加的动力，小腿的重力是对杠杆施加的阻力。它属于哪种类型的杠杆？你还能举出更多人体中的杠杆吗？

图 11.1–11　手拿瓶子

阅读与拓展

杆　秤

根据杠杆平衡条件制作的杆秤（图 11.1–12），是人类早期生产和生活中的重要工具。杆秤是我国古代杠杆应用的杰作，杆秤上提绳的位置相当于杠杆的支点，秤钩位置相当于阻力作用点，悬挂秤砣的位置相当于动力作用点。所称物体对秤杆的作用力（大小等于物体的重力）相当于阻力，秤砣对秤杆的作用力（大小等于秤砣的重力）相当于动力。使用某一提绳时，杆秤的阻力臂是固定不变的，根据杠杆的平衡条件，所称物体越重，秤砣离提绳就越远，动力臂就越长，杆秤称量出的物体的质量就会越大。

图 11.1–12　杆秤

实践与探索

1. 请在图 11.1–13 中画出动力 F_1 的动力臂 L_1。

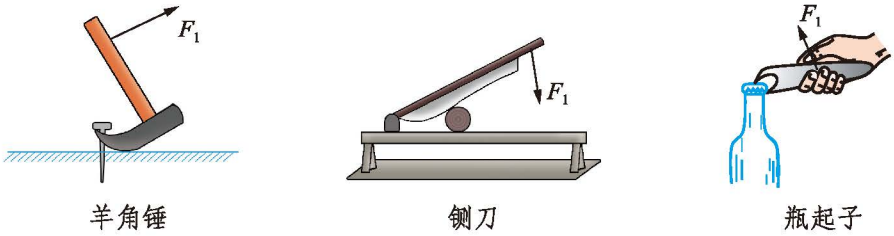


图 11.1–13　几种简单机械

2. 分析图 11.1–14 所示用钳子剪铁丝的实例，请找出它的动力臂和阻力臂。分析一下：它在使用时是省力杠杆，还是费力杠杆？

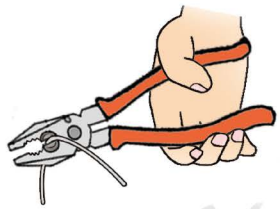


图 11.1–14　钳子

3. 汽车起重机行走方便，操作简单，使用广泛。图 11.1–15 是它的结构示意图。起重臂就是杠杆，当 A 杆伸缩时，起重臂的长短发生变化；B 杆伸缩时，起重臂的角度发生变化。汽车起重机上装有卷扬机，它牵引钢丝绳提升货物。请

画出汽车起重机起重臂的动力臂和阻力臂。

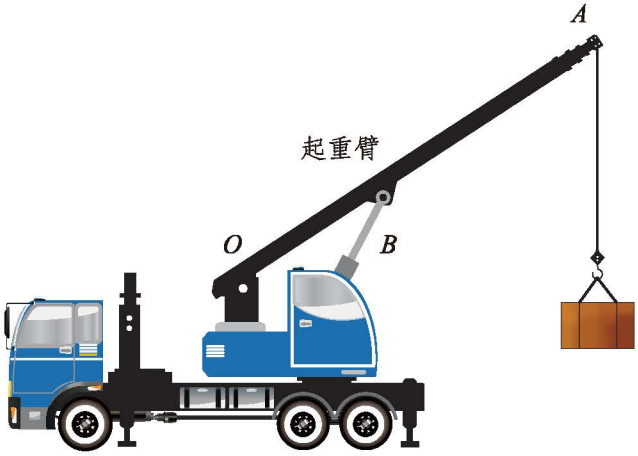


图 11.1-15 汽车起重机

4. 根据杠杆平衡条件可知，杠杆的力臂长短不同，省力情况也不同。由此我们可以对杠杆进行分类，请结合生活实例将分类情况填写在表 11.1-3 中。

表 11.1-3 力臂关系不同的三种杠杆

力臂情况	是否省力	是否省距离	生活实例
$L_{阻} > L_{动}$			
$L_{阻} = L_{动}$			
$L_{阻} < L_{动}$			

5. 生活中的剪刀是一种杠杆，图 11.1-16 甲是修剪树枝的剪刀，图 11.1-16 乙是剪线头的剪刀。认真观察它们的结构，说一说：它们分别属于哪种杠杆？工作时具有什么特点？

甲 修剪树枝的剪刀

乙 剪线头的剪刀

图 11.1-16 两种剪刀

第二节　滑　轮

学校举行升旗仪式时，为什么升旗手站在地上也能把国旗升到旗杆的顶端（图 11.2–1）？

原来旗杆上有个特殊装置——滑轮，滑轮也是一种简单的机械。

图 11.2–1　升旗

滑　轮

做一做

认真观察滑轮的结构，利用图 11.2–2 所示的细线、铁架台和滑轮等器材，设计两种不同的方案把钩码提升一定的高度，并在方框中画出你的实验装置示意图。

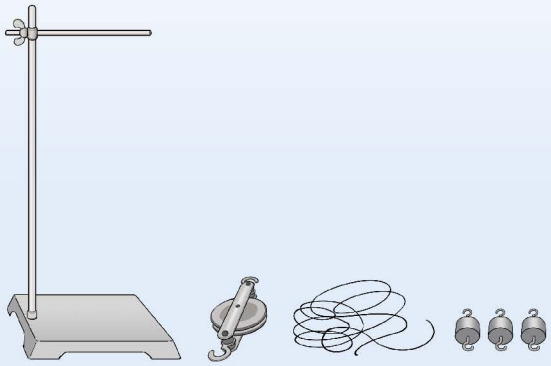
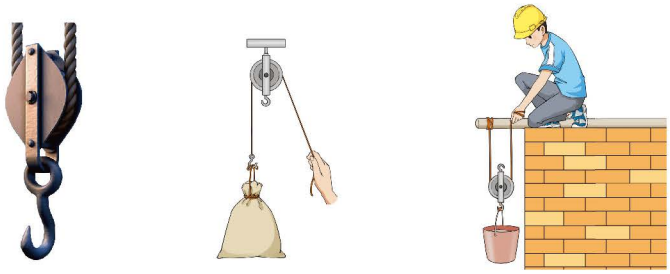


图 11.2–2　实验器材

如图 11.2–3 甲所示，滑轮是可绕中心轴转动的、周边有槽的圆轮，其周边可以绕绳子（或钢索、链条）。图 11.2–3 乙中滑轮的轴是固定的，这样的滑轮称为**定滑轮**。图 11.2–3 丙中滑轮的轴跟物体一起运动，这样的滑轮称为**动滑轮**。



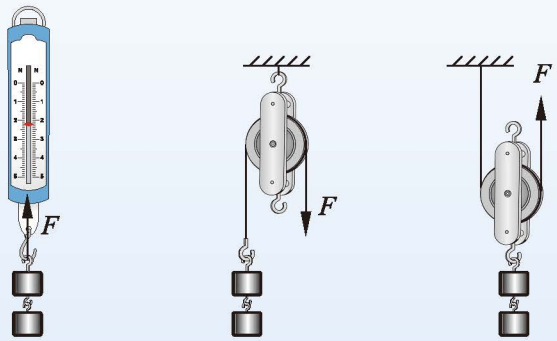
甲　　乙　　丙

图 11.2-3　滑轮的结构与使用

滑轮的实质

做一做

分别按图 11.2-4 所示的甲、乙、丙三种方式匀速向上拉同样数量的钩码。将拉力 F 的大小和方向、钩码移动的距离 h、拉力作用点移动的距离 s 等数据记录在表 11.2-1 中。



甲　　乙　　丙

图 11.2-4　用不同的方式提升钩码

表 11.2-1　用不同的方式提升钩码

方　式	甲	乙	丙
F / N			
拉力的方向			
h / cm			
s / cm			

比较甲、乙两种方式可以得出：使用定滑轮不能_____，但可以改变拉力的_____。

比较甲、丙两种方式可以得出：使用动滑轮可以_____，但不可以_____。

如图 11.2–5 所示，把定滑轮看作杠杆，滑轮的轴是支点，动力臂和阻力臂都与定滑轮的半径相等。当定滑轮平衡时，动力 F_1 与阻力 F_2 的关系为_____，定滑轮相当于一个等臂杠杆。

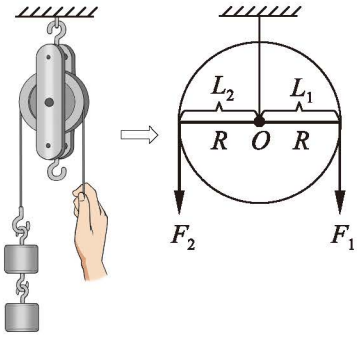


图 11.2–5　定滑轮

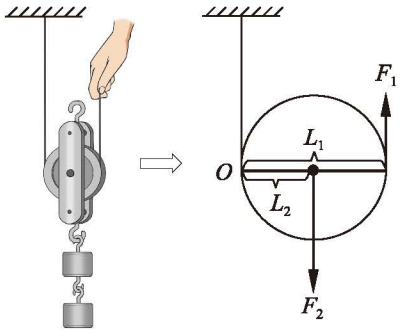


图 11.2–6　动滑轮

如图 11.2–6 所示，把动滑轮看作杠杆，O 点为支点，滑轮的轴受到的力为阻力。当两边绳子平行时，动力臂为阻力臂的两倍，在提升物体的过程中，当动滑轮平衡时，动力 F_1 与阻力 F_2 的关系为_____。

按照上述理论分析，使用动滑轮能省一半的力，但在实验中动力的大小却大于阻力的一半，你认为其中的原因是什么？

滑轮组

人们在使用滑轮时，为了既可以省力又可以改变拉力的方向，常常用一根绳子把定滑轮和动滑轮按一定的方式组合成**滑轮组**。

把定滑轮与动滑轮组合成如图 11.2–7 所示的滑轮组，测出竖直匀速提升物体时拉力 F 与物重 G 的大小，并比较二者的大小关系。物体的重力被几段绳子承担？每段绳子承担的拉力是多大？

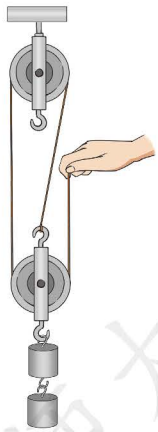


图 11.2–7　滑轮组

在忽略绳重和轴的摩擦的情况下，将动滑轮和物体看作一个整体，进行受力分析，有 $3F=G_{物}+G_{动}$，可得 $F=(G_{物}+G_{动})/3$，即拉力大小等于吊起物体和动滑轮总重力的 1/3。

由此可知使用滑轮组提升重物时，若不计绳重和轴的摩擦，动滑轮由几段绳子吊起，所用拉力就是物体和动滑轮总重力的几分之一。

使用图 11.2-8 所示的滑轮组提升重物，在不考虑绳重、滑轮重和轴的摩擦的情况下，拉力大小与所提升物重的关系是什么？当重物升高的距离为 h 时，拉力作用点移动的距离 s 是多少？

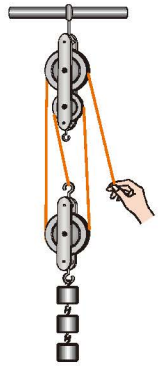
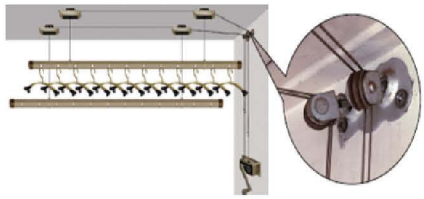


图 11.2-8 用滑轮组提升重物

滑轮在生产和生活中有着广泛的应用。仔细观察图 11.2-9 所示的情景，想一想：人们使用的滑轮是定滑轮还是动滑轮？有什么作用？

起重机



升降式晾衣架

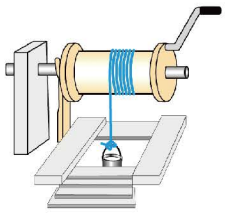
图 11.2-9 生产和生活中的滑轮

相关链接

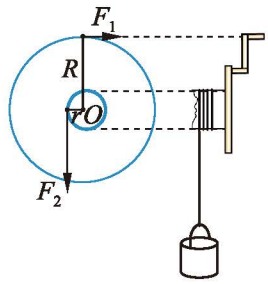
轮　轴

由轮和轴组成、能绕共同轴线旋转的简单机械称作轮轴。半径较大者是轮，半径较小者是轴。轮轴是能够连续旋转的杠杆，支点就在转轴线上。

如图 11.2-10 所示，辘轳就是典型的轮轴，R 为轮半径，r 为轴半径，F_1 为作用在轮上的力，F_2 为作用在轴上的力。当轮轴平衡时，根据杠杆的平衡条件有：$F_1R=F_2r$（动力 × 轮半径 = 阻力 × 轴半径）。



辘轳



辘轳工作原理示意图

图 11.2-10　一种典型的轮轴

生活中常见的汽车方向盘、阀门、螺丝刀（图 11.2-11）等都是轮轴类机械。

汽车方向盘

阀门

螺丝刀

图 11.2-11　生活中的轮轴类简单机械

实践与探索

1. 通过定滑轮提升重力为 G 的物体，按图 11.2-12 所示分别用 F_1、F_2、F_3 三个力匀速提升物体，则 F_1、F_2、F_3 的大小有什么关系？说明你的理由。

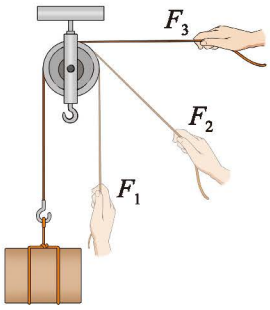


图 11.2-12　用定滑轮提升物体

图 11.2-13　用滑轮组提升物体

2. 如图 11.2-13 所示，物体重 900 N，不考虑滑轮轴的摩擦以及动滑轮和绳的重力，至少要用多大的力才能提起重物？如果每段绳子只能承受 400 N

的拉力，滑轮组最多能提起多重的物体？

3. 利用如图 11.2–14 所示的滑轮组提升重物，动滑轮总重力为 40 N，至少要用多大的力才能把重 800 N 的物体提起？

4. 要利用图 11.2–15 所示的滑轮组提升重物，已知物体重 1 000 N，绳端的拉力为 200 N。请在图中画出符合要求的绳子绕法。（不计动滑轮重、绳重及摩擦）

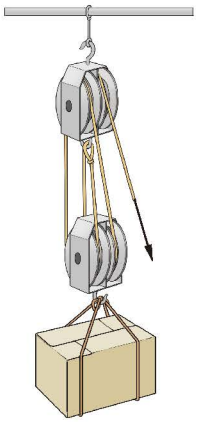


图 11.2–14　利用滑轮组提升重物

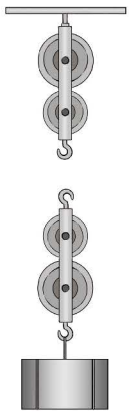


图 11.2–15　待绕绳的滑轮组

第三节　机械效率

工人师傅要把一楼的建筑材料搬运到三楼，可以通过动滑轮提上来，也可以直接用绳子拉上来（图 11.3–1）。用动滑轮匀速提升重物比人直接用手匀速提升重物更省力吗？将重物提升相同的高度，是否省功？

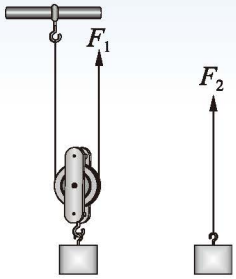


图 11.3–1　用不同的方式搬运物体

功的原理

做一做

判断使用动滑轮是否省功

利用滑轮、钩码、细绳、弹簧测力计、直尺等器材模拟搬运建筑材料，分别按图 11.3–2 所示的甲、乙两种方式进行实验。

在两次实验中均用弹簧测力计拉起一个质量为 250 g 的物体，并将物体提升相同的高度 h。计算两次实验中拉力 F 所做的功，并比较功的大小。

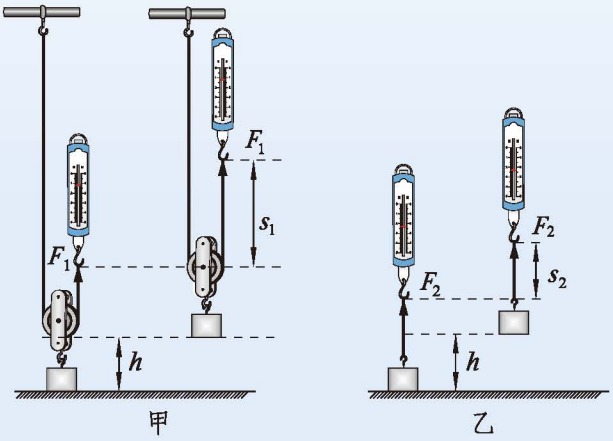


图 11.3–2　模拟搬运建筑材料

实验中要保持物体做匀速直线运动，将所测的数据及计算出的结果填写在表 11.3–1 中。

表 11.3-1 判断使用动滑轮是否省功

方 式	F/N	s/m	W/J
使用动滑轮提升物体			
直接用手提升物体			

由实验可知，使用动滑轮提升物体的拉力 F_1 与直接用手提升物体的拉力 F_2 相比，F_1_____ F_2，拉力所做的功 W_1_____ W_2。

议一议 提升相同的物体，为什么使用动滑轮比直接用手做的功多？

大量实验表明：**使用任何机械都不能省功**。人们把这个结论称为**功的原理**。

机械效率

在使用动滑轮提升物体的过程中，作用于绳子自由端的拉力做的功叫作**总功**（$W_{总}$），动滑轮对物体的拉力所做的功叫作**有用功**（$W_{有用}$）。在提升物体时，不可避免地要克服绳重、动滑轮的重力和摩擦力做功，这部分功叫作**额外功**（$W_{额外}$）。

总功等于有用功与额外功的总和，即

$$W_{总} = W_{有用} + W_{额外}。$$

有用功在总功中所占的比例越大，说明机械对外界输入的能量利用程度越高，也就是机械的工作效率越高。我们用有用功与总功的比来描述机械的这种性能，称为**机械效率**，用 η 表示。

$$\eta = \frac{W_{有用}}{W_{总}}。$$

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

议一议 使用机械提升重物，机械效率 η 为什么不能达到 1？

测量滑轮组的机械效率

测量滑轮组的机械效率，也就是求出有用功与总功之比。为此要测出钩码的重力 G、钩码上升的高度 h、绳端的拉力 F 和绳子自由端移动的距离 s，求出有用功和总功，就可以求出机械效率 η。

做一做

测量滑轮组的机械效率

1. 按照图 11.3–3 所示组装滑轮组，测出钩码的重力 G 并记录在表 11.3–2 中，标记出钩码和弹簧测力计的位置。

2. 竖直匀速拉动弹簧测力计，使钩码匀速竖直上升，读出拉力 F 的值，并用刻度尺量出钩码上升的高度 h 和弹簧测力计移动的距离 s，将数据记录到表 11.3–2 中。

3. 算出有用功 $W_{有用}$、总功 $W_{总}$、机械效率 η，并填入表 11.3–2 中。

4. 改变钩码的数量，重复两次上面的实验。

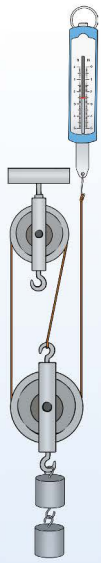


图 11.3–3 测量滑轮组的机械效率

表 11.3–2 测量滑轮组的机械效率

实验序号	G/N	h/m	$W_{有用}$/J	F/N	s/m	$W_{总}$/J	η
1							
2							
3							

大量实验表明：使用同一个滑轮组提升不同质量的钩码，机械效率并不相同。

议一议 在使用滑轮组提升物体的过程中，影响其机械效率的因素可能有哪些？提高滑轮组机械效率的途径有哪些？

相关链接

斜　面

斜面也是一种简单机械。把重物直接搬上汽车会很费力。如图 11.3–4 所示，将一块木板斜搭在汽车上，构成一个斜面，把重物沿着斜面推上汽车会比较省力。这样做省功吗？怎样提高斜面的机械效率？

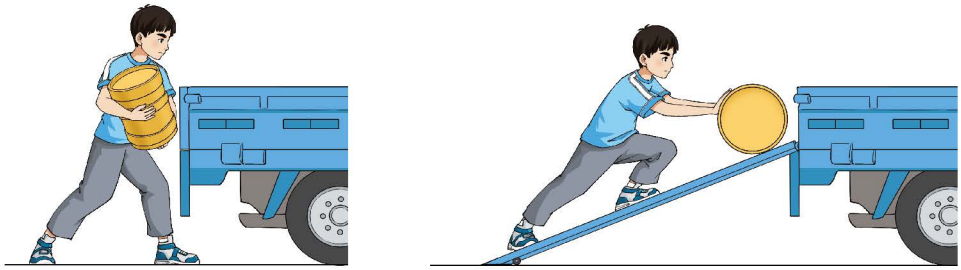


图 11.3–4　斜面

议一议　观察图 11.3–5，请你分别从做功和能量的角度，谈谈机械效率 η 与总功 $W_{总}$、有用功 $W_{有用}$ 的关系，以及 η 与输入能量 $E_{输入}$、有效输出的能量 $E_{有效输出}$ 的关系。

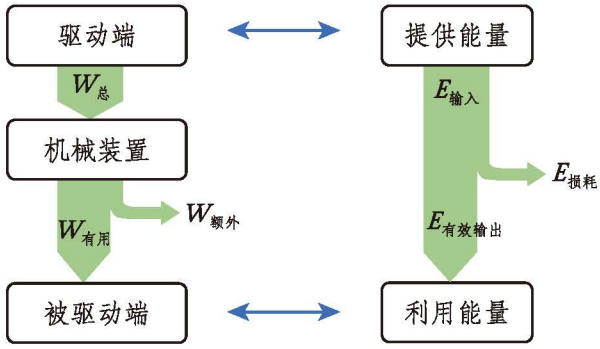


图 11.3–5　功和能视角下的机械效率

阅读与拓展

机械的使用对社会发展的作用

机械是人类物质文明的重要组成部分。机械技术与人类发展一样源远流长，是推动人类社会进步的重要因素。

大约 15 000 年前，古人类开始了农耕和畜牧，并大量使用简单机械，生产效率不断得到提高。在 1750 年到 1850 年之间，蒸汽机的发明引发了一场工业革命，人们靠人力或畜力进行的手工生产逐步被以蒸汽为动力

的机械化生产所取代，极大地推动了社会发展的进程。18 世纪后期，蒸汽机的应用从采矿业推广到纺织、冶金等行业。后来，随着人们对电力的广泛应用，以及计算机的发明，人类的生活发生了革命性改变。机械已成为推动人类历史进步的工具。

我国的机械工程技术历史悠久，成就辉煌。我国古代人民发明了用于谷物脱壳、粉碎的臼和磨，用来提水的桔槔和辘轳，装有轮子的车，航行于江河的船等。这不仅对我国的物质文化和社会经济发展起到了重要促进作用，而且对世界技术文明的进步作出了重大贡献。

实践与探索

1. 一台起重机将重 3 600 N 的货物匀速竖直向上提升 4 m，若额外功是 9 600 J，则总功是多少？机械效率是多少？

2. 工人通过一个质量为 5 kg 的动滑轮把质量为 70 kg 的建筑材料沿竖直方向匀速提升了 6 m。不计绳重和摩擦，请计算动滑轮所做的有用功和机械效率。（g 取 10 N/kg）

3. 如图 11.3–6 所示，小华分别用甲、乙两种不同的滑轮把同一桶沙子从一楼地面匀速竖直向上提到二楼。用甲滑轮时所做的总功为 W_1，机械效率为 η_1；用乙滑轮时所做的总功为 W_2，机械效率为 η_2。请分别比较 W_1 和 W_2、η_1 和 η_2 的大小关系，并说明理由。

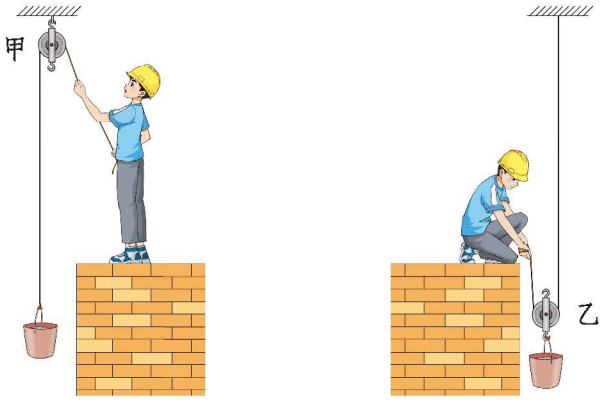
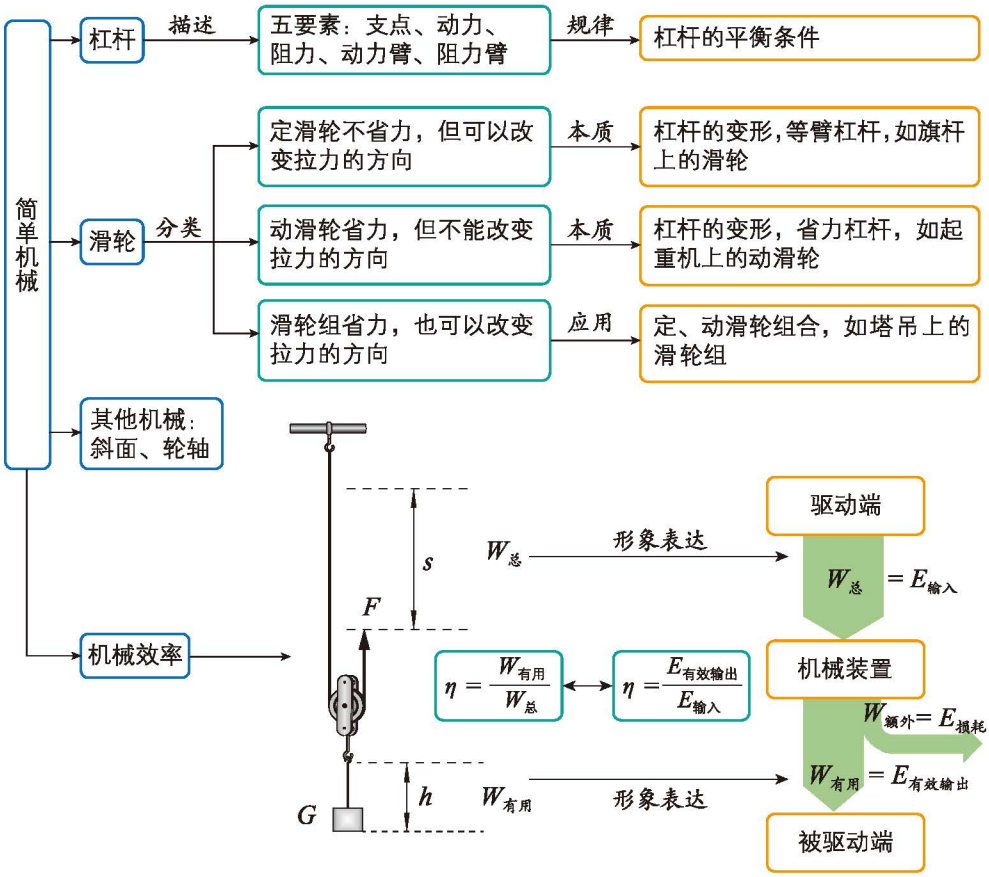


图 11.3–6　利用滑轮提升沙子

学到了什么



· 杠杆是常见的简单机械。在杠杆的五要素中，力臂是影响杠杆平衡的重要因素，力臂不同，省力情况往往也不同。

· 滑轮是变形的杠杆，使用滑轮的目的是省力或改变拉力的方向。滑轮组整合了定滑轮、动滑轮的优点，滑轮组的绕绳方式不同，可以带来不同的省力效果。

· 人们使用机械的目的是做功，在分析做功的过程中，认识有用功、额外功和总功，并建立机械效率的概念。

· 通过测量滑轮组的机械效率了解提高机械效率的途径，从而更好地为人类的生产和生活服务。

附　　录

本册书中用到的物理量及其单位

物理量		单　位		备　注
名　称	符　号	名　称	符　号	
温　度	T t	开［尔文］ 摄氏度	K ℃	
长　度	L	米	m	1 km = 10^3 m 1 m = 10^2 cm = 10^3 mm
时　间	t	秒	s	1 h = 3.6×10^3 s
速　度	v	米每秒	m/s	
质　量	m	千　克	kg	1 t = 10^3 kg 1 kg = 10^3 g 1 g = 10^3 mg
密　度	ρ	千克每立方米	kg/m^3	1 g/cm^3 = 10^3 kg/m^3
力	F	牛［顿］	N	
压　强	p	帕［斯卡］	Pa	1 Pa = 1 N/m^2
功	W	焦［耳］	J	1 J = 1 N · m
功　率	P	瓦［特］	W	1 W = 1 J/s 1 kW = 10^3 W 1 MW = 10^3 kW

后　　记

本套教科书依据《义务教育课程方案（2022年版）》和《义务教育物理课程标准（2022年版）》编写。

本套教科书以落实立德树人根本任务、发展学生核心素养为宗旨，遵循学生身心发展规律，培养学生学习物理的兴趣，养成科学思维习惯、求实的科学精神；贴近生活、社会，密切联系实际，引领学生认识科学、技术、社会、环境之间的关系；加强实验探究、实践活动和跨学科实践活动，培养学生的实践能力、问题解决能力和创新意识。

本套教科书的编写集中反映了我国义务教育课程改革的成果，吸取了2014年版《义务教育教科书 物理》的编写经验，凝聚了参与课改实验的教育专家、学科专家、教研人员和一线教师的集体智慧。相关院士、物理学家对本套教科书的编写提出了指导性的意见。

参与本册教科书修改与讨论的人员有：卢慕稚、张芳、马山、范佳午、李新娟。在教科书试教试用过程中，广大一线教师给予了大力支持，反馈了很多意见和建议，保证了教学的适切性，为教科书的进一步完善提供了保障。中国载人航天工程办公室提供了载人航天领域的相关图片。我们感谢所有对教科书的编写出版提供过帮助与支持的同仁和社会各界朋友。

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

北京师范大学出版社