扉　页

致同学

同学们，欢迎步入奇妙的物理世界！

在小学科学课程中，我们已经接触了水、空气以及各种奇特的物质，知道了物体是运动的，物体运动状态的改变与力有关，对声、光、热、电等现象进行了初步探索……你知道吗，这些都是物理学研究的内容。物理学是研究物质结构、相互作用和运动规律的一门基础学科。它能帮助我们科学地认识自然，解决实际问题，认识科学、技术、社会、环境之间的关系。

按照《义务教育物理课程标准（2022 年版）》编写的这套教科书，将带领我们探索奇妙的物理世界。通过初中物理课程的学习，我们将初步形成物质、运动和相互作用、能量观念，掌握探索自然奥秘的方法，培养动手、动脑的能力。八年级上册教科书将带领我们观察声现象、光现象、物态变化等，了解物理与生活、社会的联系，感受中华优秀传统文化，领略我国科学家胸怀祖国、服务人民的爱国精神和勇攀高峰、敢为人先的创新精神等。

为便于同学们学习，本书设计了以下栏目：

活动 —— 创设真实问题情境，指导利用简易的器材和随手可得的物品进行观察、实验等，经历知识的发现过程。

学生实验 —— 必须动手做的实验。通过观察和测量培养探究技能，或通过实验探究培养发现问题、解决问题的能力，形成严谨认真、实事求是的科学态度。

实践与练习 —— 将所学内容应用于实践，从而巩固知识、深化理解。

素养进阶 —— 引导梳理所学内容、反思认知过程、解决真实问题，提升核心素养。

方法技巧 —— 对研究问题的方法、技巧进行点拨和说明。

信息快递 —— 为学习活动提供及时、必要的帮助。

读一读 —— 从物理学的视角观察和解释现象，回顾物理学发展历史。

生活 物理 社会 —— 结合具体实例，感受物理与生活、社会和科技发展的联系，了解物理学在生产、生活中的应用。

国家工程 —— 介绍我国的重大科技工程，激发爱国热情，弘扬科学家精神。

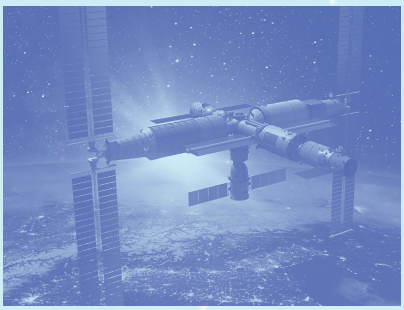
祝同学们在新学期取得更大的进步！

编　者

目　录

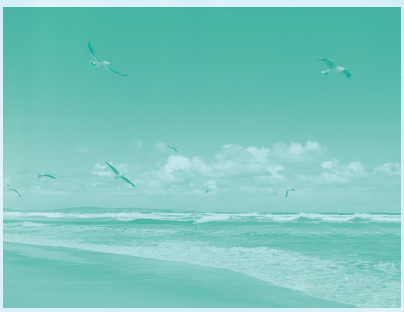
引　言　1

一、奇妙的物理现象　2
二、物理学与科技强国　5
三、体验科学探究　8



第一章　声现象　11

一、声音是什么　12
二、声音的特性　18
三、噪声及其控制　23
四、人耳听不到的声音　28
跨学科实践　31



第二章　光现象　35

一、光的色彩　36
二、光的直线传播　41
三、平 面 镜　47
四、光的反射　52



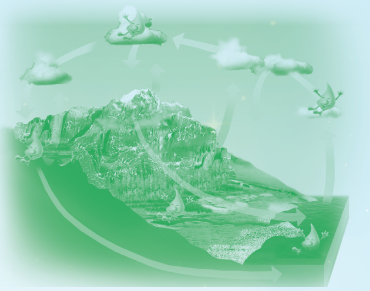
第三章　光的折射　透镜　61

一、光的折射　62
二、透　镜　67
三、凸透镜成像的规律　71
四、透镜的应用　75
五、人眼看不见的光　82
跨学科实践　86



第四章　物态变化　91

一、物质的三态　温度的测量　92
二、汽化和液化　99
三、熔化和凝固　105
四、升华和凝华　109
五、水　循　环　112
跨学科实践　117



第五章　物体的运动　121

一、长度与时间的测量　122
二、速　度　130
三、直线运动　135
四、运动的相对性　140

附　录　147



走进奇妙的物理世界

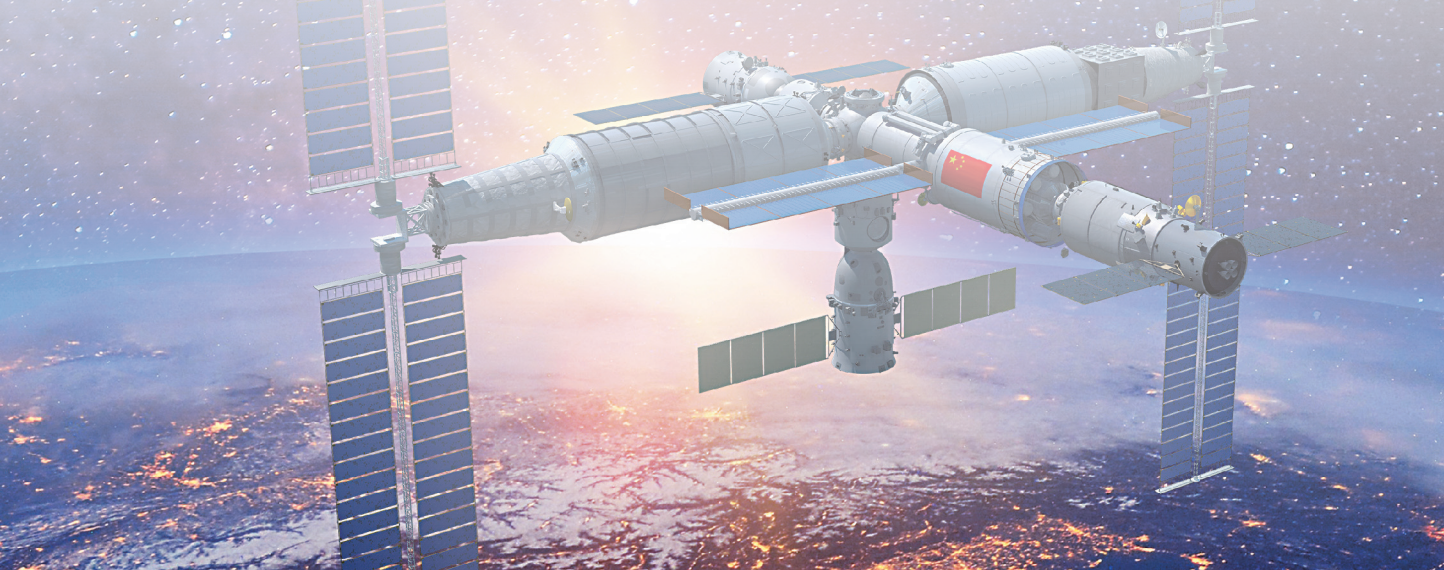
引言

- 奇妙的物理现象
- 物理学与科技强国
- 体验科学探究

观自然，
日有东升西落，月有阴晴圆缺；
天有风云变幻，海有潮起潮落。

忆历史，
蒸汽机的发明标志工业化时代的来临，
电力的应用推动人类社会迈入一个新纪元。

看今朝，
“上九天揽月”不再是神话，
“下五洋捉鳖”也不再是梦想。
……
这一切都与物理学有关。
让我们一起走进奇妙的物理世界！



一、奇妙的物理现象

阳光照耀下的天空，为什么有时阳光明媚，有时霞光万丈，有时还会出现七色彩虹（图 0–1）？



图 0–1 晚霞和彩虹

自然界中的水，为什么会呈现云、雨、露、雾、霜、雪、冰等不同形态（图 0–2）？



图 0–2 云雾和冰挂

夜幕降临，仰望璀璨星空（图 0–3），我们会不由自主地浮想联翩。地球以外的世界究竟是什么样的？



图 0–3 璀璨星空

自然界和生活中还有许多扑朔迷离、变幻莫测的现象，等待着我们去探索。

探索世界的奥秘是从提出问题开始的，而提出问题离不开观察和实验。在观察和实验中，我们能发现许多意想不到的有趣现象。

活动 0.1 观察有趣的实验现象

1. 如图 0–4 所示，将手指蘸水后沿着高脚杯杯口摩擦。猜一猜，你会听到什么样的声音？向杯中加水后再次摩擦杯口，声音有什么不同？

2. 如图 0–5 所示，将玻璃板、教科书、铁板、铝板、塑料板等分别置于条形磁体与铁质回形针之间，回形针每次都能悬在空中吗？



图 0–4 摩擦高脚杯杯口

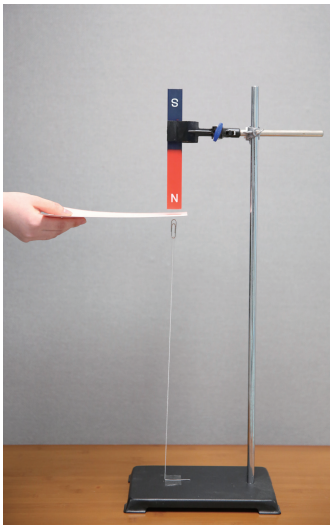


图 0–5 回形针能悬在空中吗

3. 如图 0–6 所示，用金属框架可以拉出很大的肥皂泡。请你试着做一做，并观察肥皂泡的形成过程、形状和颜色的变化。

根据观察到的现象，提出你渴望探究的问题。



图 0–6 拉肥皂泡

在今后的学习中，我们将会发现更多奇妙的物理现象。不断的探索和发现会让我们感到其乐无穷！

实践与练习

1. 如图 0–7 所示，将一个生鸡蛋放入盛有清水的烧杯中，然后逐渐向水里加食盐并轻轻搅动。观察发生的现象，并针对现象提出问题。

2. 如图 0–8 所示，将五颜六色的彩虹糖沿圆形容器内壁依次排放，然后从容器中央注入少量清水。静置一段时间后，观察并描述所发生的现象。你能提出哪些问题？



图 0–7



图 0–8

二、物理学与科技强国

物理学是自然科学领域的一门基础学科，它与我们的日常生活和社会发展息息相关。

活动 0.2 讨论物理学在日常生活中的应用

从衣食住行、文化娱乐等方面，列举物理学在日常生活中的应用实例。说一说，这些应用对我们日常生活有什么影响。

物理学在日常生活中的应用随处可见，人们充分享受着科学技术的创新成果。电灯，让黑暗的夜晚变得明亮；空调，让人们在夏日享受到清凉，在冬天享受到温暖；高速列车，让人们“跑”得更快，穿山越岭、风雨无阻（图 0–9）；手机、计算机、互联网，改变了通信、购物、娱乐等生活方式（图 0–10）。物理学理论为技术发明提供了原理依据和方法路径。物理学的创新发展，不断引发全球化的技术更新，推动着能源、材料、制造业等各领域生产方式的变革。



图 0–9 高速列车穿山越岭

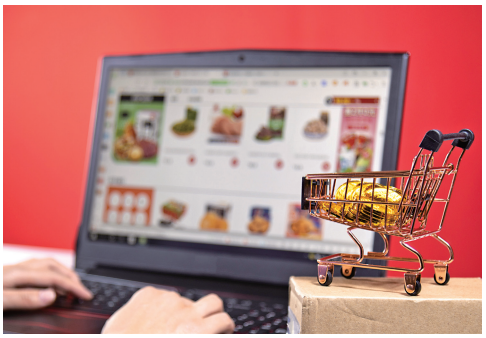


图 0–10 网上购物

长期以来，一代又一代科学家怀着深厚的爱国主义情怀，凭借精湛的学术造诣、宽广的科学视野，为祖国和人民作出了彪炳史册的重大贡献。在他们的不懈奋斗下，今天的中国，机械化、电气化、自动化和智能化水平飞速提升。在广袤田野，集翻耕与播种、收割与脱粒于一体的农业机械，在北斗卫星导航系统的指引下巡察农情、喷洒农药的无人机等，绘就了一幅生动的现代农业图景（图 0–11）；在辽阔山河，高压、

超高压电网纵横交错，水电、风电、光电和核电齐头并进，谱写了“绿色低碳”能源新篇章（图 0–12）；在深远太空，带有五星红旗的中国空间站、“嫦娥”系列月球探测器、“天问一号”火星探测器圆梦苍穹，开启了我国太空探索的新征程……



图 0–11 无人机喷洒农药



图 0–12 风力发电

生活 物理 社会 赤子归来 无私奉献

1949 年，中华人民共和国成立，中国人民从此站立起来。消息传到海外，大批留学生和科学家冲破重重阻挠回到祖国怀抱，投身于波澜壮阔的社会主义建设事业。

中华人民共和国成立不久，享誉海内外的杰出科学家钱学森（图 0–13）决意回国，但受到美国政府的百般阻挠和迫害，被囚禁在一个海岛上。即便如此，钱学森想要回国的脚步仍未就此停住，最终在 1955 年完成了他的艰难归国之路。回国后的钱学森立即投入火箭、导弹研究开发工作，为中国的航天事业作出了杰出贡献。

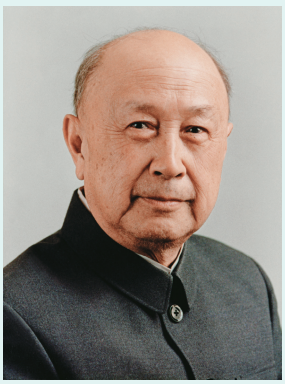


图 0–13 钱学森（1911—2009），中国科学院、中国工程院院士，“两弹一星”功勋奖章获得者

怀着同样的理想与信念，著名力学家、应用数学家郭永怀放弃美国大学的优厚待遇，拒绝参加美国绝密研究项目的邀请，并将自己没有公开发表的所有书稿付之一炬。1956 年国庆节前夕，他携妻挈女回国。同样，朱光亚、邓稼

先、程开甲、钱三强、王承书等也回来了。到 1956 年底，回国的留学生和科学家有 2 000 多人，新中国的科技事业顿时群星璀璨。他们主持或参与了我国的“两弹一星”工程、核潜艇工程、载人航天工程、探月工程等，为国家的建设事业奉献了青春甚至生命。

邓稼先回国后投身于核武器研制工作，隐姓埋名 28 年。在一次核试验中，他不顾个人安危，亲自搜寻未爆炸的空投氢弹核心部件碎片，以致受到致命核辐射。郭永怀为解决试验中的问题乘飞机返回北京，不幸因飞机失事而壮烈牺牲。当人们在现场辨认遗体时，发现那只装有绝密试验数据的公文包还紧紧地抱在他的胸前，完好无损……一代代科学家爱国奉献、求真创新的精神值得我们永远铭记和学习。

今天的中国，开启了全面建设社会主义现代化国家的新征程。这项事业任重道远！亲爱的同学们，时代呼唤你们树立远大理想，坚定报国信念，努力筑牢科学文化基础，掌握为人民服务的本领，为投身中华民族伟大复兴的事业时刻准备着！

实践与练习

1. 参观现代农业基地、工业生产车间或物流中心等，感受科学技术给社会发展带来的巨大变化。

2. 查阅资料，了解我国科学家爱国奉献、求真务实的故事，并在班级与同学分享。

三、体验科学探究

自然界有着无穷的奥秘。科学家就像侦探一样，通过科学探究寻找证据、揭示真相，从而得出科学结论。虽然不是所有科学探究都遵循相同的顺序或步骤，但其基本过程大多与以下对影子的探究相似。

如图 0–14 所示，人在路灯下行走，地面上影子的长度会发生改变。影子长度的变化与哪些因素有关？有同学根据生活经验猜想，影子长度可能与人和路灯的距离有关。还有同学发现，人在行走时，灯光照射的角度也在变化，于是提出猜想：影子长度可能与灯光照射的角度有关。

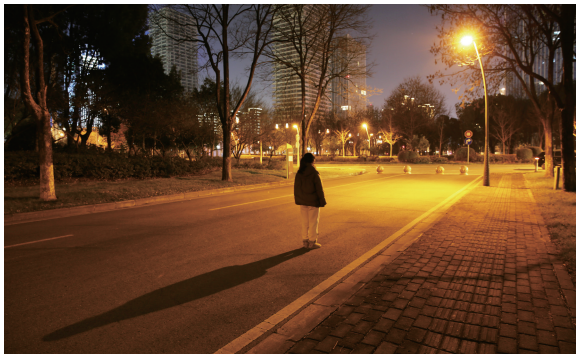


图 0–14 路灯下的影子

信息快递

问　题

科学探究从问题开始。科学家提出某个科学问题时，通常还会根据相关知识或经验，进行猜想和假设，从而明确探究的方向。

为了验证猜想，我们可以进行图 0–15 所示的实验。

（1）手电筒与墙壁保持一定距离，将一块橡皮擦分别竖放在电筒前不同位置（如 10 cm、20 cm），观察影子的变化并测量其纵向长度。再改变手电筒与墙壁的距离，重复上述实验。

信息快递

证　据

要验证猜想，就需要多角度收集证据。实验是收集证据最主要的途径之一。

（2）保持橡皮擦与墙壁的距离不变，改变灯光照射的角度，观察影子的变化，并进行测量。

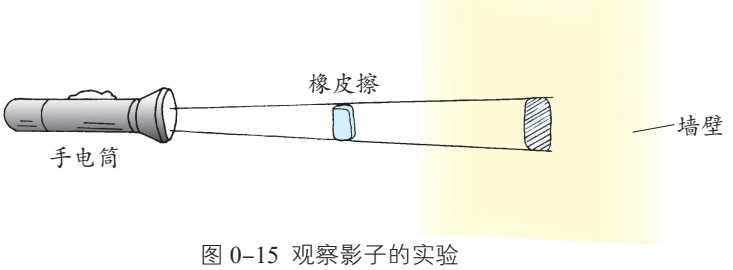


图 0–15 观察影子的实验

实验表明，影子长度既跟物体（橡皮擦）到光源（手电筒）的距离有关，也跟物体到影子落点（墙壁）的距离有关；灯光照射的角度改变时，影子的落点和长度都会随之改变。人在路灯下行走，影子落在地面，并具有靠近路灯时影子短、远离路灯时影子长的特点。

在交流过程中，有同学提出问题：影子的边缘比较模糊，这是什么原因造成的？影子的大小是否与光源（手电筒口径）的大小有关？……这些问题将引发对影子的进一步探究。

概括地说，科学探究主要包括问题、证据、解释、交流等要素。此外，科学探究往往需要多人甚至多个研究团队合作。这种情况下，所有参与者的团结协作精神就显得特别重要。

科学探究并不神秘。对于探究意识较强的人来说，随时可以捕捉到有价值且可探究的问题。

信息快递

解　释

实验后，要根据实验证据进行分析和归纳，得出结论，并由此解释原先提出的问题或更多的现象。

信息快递

交　流

科学探究需要进行交流。交流能促进对探究过程是否完善、证据是否充分、结论是否准确等进行反思与评估，甚至提出新的问题，让探究更加全面、深入。

活动 0.3 装满水的杯子里还能放多少回形针

1. 如图 0–16 所示，取一个透明玻璃杯（或塑料杯），向杯中加水，直至不能再加为止。

猜一猜，若将一枚回形针放入水中，水会溢出吗？试一试，结果怎样？

2. 在水不溢出的前提下，杯中最多能放入多少枚回形针？

继续向杯中放入回形针，数一数，到水开始溢出时一共放入了多少枚？与你猜测的数量相差多少？



图 0–16　装满水的杯子和回形针

3. 与同学交流，谁放入的回形针最多？能放入回形针的最大数量可能与哪些因素有关？

装满水的杯子里竟还能放入如此多的回形针！为什么会这样？要回答这个问题，就必须对其进行探究。

科学探究是科学家研究问题的主要途径，也是我们学习物理、解决日常生活中问题的重要方式。通过科学探究，我们不仅可以更好地经历知识的形成过程、学习科学方法、发展科学思维、提高探究能力，还可以领略科学的神奇与美妙。

实践与练习

1. 如图 0–17 所示，用纸可以折出各种样式的纸飞机。你也试着折一折，并与其他同学比一比，看谁折的纸飞机飞得更远，尝试讨论影响纸飞机飞行距离的因素有哪些。

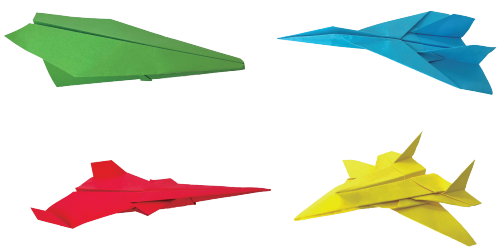


图 0–17

2. 想一想，晚间照镜子时，灯应放在什么位置才能看清自己的脸？关闭房间的灯，用手电筒试一试，你的想法对吗？

3. 你认为“活动 0.3”中放入回形针的最大数量可能与哪些因素有关？请设计实验验证自己的猜想。

奇特的声

第一章 声现象

- 声音是什么
- 声音的特性
- 噪声及其控制
- 人耳听不到的声音
- 跨学科实践

风声、雨声，诉说着大自然的变化；
歌声、笑声，表达着人们的情感。

壶内的水声，能告诉我们水是否沸腾；
心音的变化，可以帮助医生诊断病情。
……

声音是平常的，又是奇特的。
声音是什么？它有哪些特性？
自然界中存在人耳听不到的声音吗？



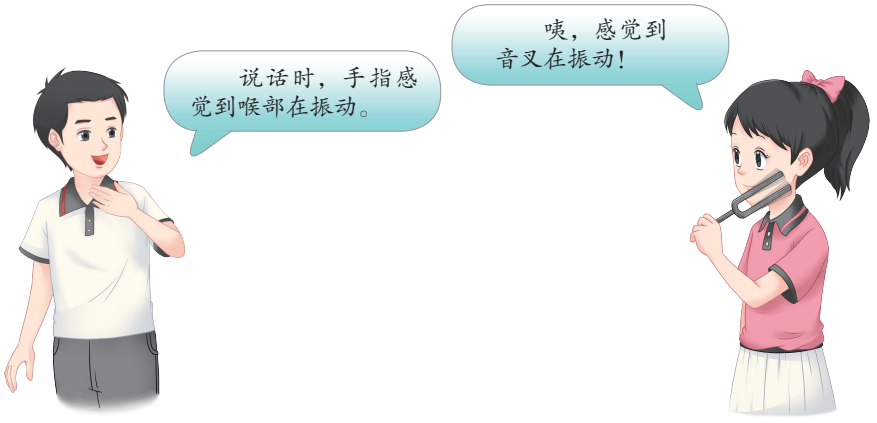
一、声音是什么

声音让自然界充满生机和活力。听一听，你周围有哪些声音？这些声音是如何产生的？又是怎样传播到人耳的？

声音的产生

活动 1.1 感受发声物体的振动

1. 如图 1–1（a）所示，把手指放在喉部，说话时手指有什么感觉？如图 1–1（b）所示，使发声的音叉接触面颊，面颊有什么感觉？



（a）把手指放在喉部　　（b）使发声的音叉接触面颊

图 1–1 感受发声物体的振动

2. 如图 1–2 所示，敲击音叉发声，再使它与悬挂着的乒乓球接触，你看到什么现象？这说明什么问题？

信息快递

物体经过一个中心位置不断往复的运动叫作振动（vibration）。

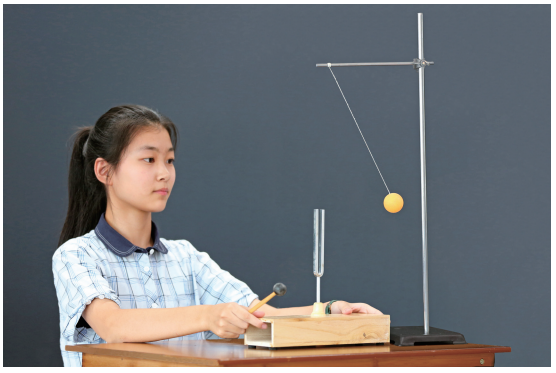


图 1–2 乒乓球被发声的音叉弹开

大量实验表明，**声音是由物体振动产生的**。物理学中，把正在发声的物体叫作**声源**（acoustic source）。固体、液体、气体都能发声，都可以成为声源。

读一读 声带是怎样发声的

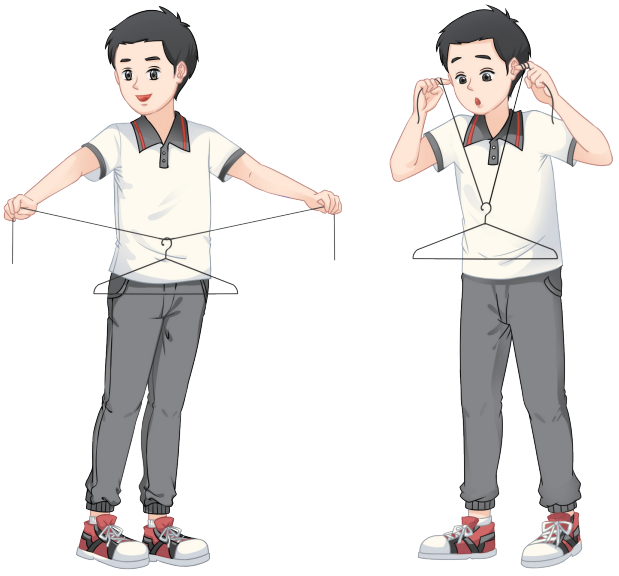
人的喉管内有两片与肌肉相连的带状薄膜，称为声带。来自肺部的气流冲击声带引起振动，从而发出声音。声带的紧张程度，通过喉管内的气流以及咽、舌、唇的动作等，都可以改变人发出的声音，从而实现人与人之间的语音交流。

声音的传播

活动 1.2 探究声音的传播

1. 如图 1–3（a）所示，将衣架悬挂在细绳中央，当同伴用铅笔轻轻敲击衣架时，你听到的声音是通过什么传到你耳中的？

将细绳的两端分别绕在两只手的食指上，再用食指堵住双耳，如图 1–3（b）所示。猜一猜，当同伴再次敲击衣架时，你还能听到衣架发出的声音吗？试一试，你有什么发现？



（a） （b）

图 1–3 探究声音能否在固体中传播

2. 如图 1–4 所示，将正在发声的手机装入塑料袋，扎紧袋口后用细线悬挂在水中。你还能听到手机发出的声音吗？

3. 将正在响铃的机械闹钟悬挂在与抽气机相连的密闭玻璃罩内，如图 1–5 所示。用抽气机抽气，你听到的铃声有什么变化？停止抽气，并打开阀门，你听到的铃声又有什么变化？

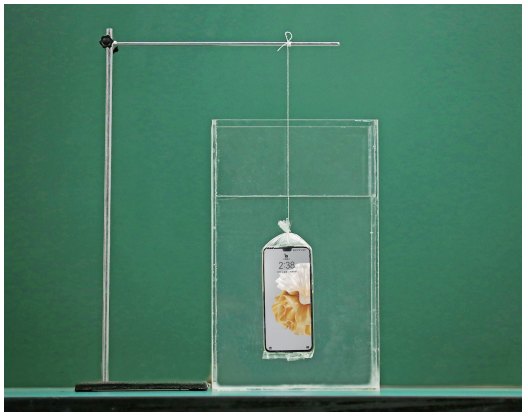


图 1–4　探究声音能否在液体中传播



图 1–5　探究声音能否在真空中传播

上述活动说明，**声音能在固体、液体和气体中传播**。我们把固体、液体和气体统称为传播声音的介质。

在图 1–5 所示的实验中，不断抽气，罩内的空气越来越稀薄，我们听到的铃声越来越小。由此推测，当玻璃罩内达到真空状态时，我们将听不到铃声。研究表明，**声音传播需要介质，不能在真空中传播**。

声音是一种波

石头落入水中，激起的水波从石头入水处向四周传播，如图 1–6 所示。

如图 1–7 所示，用手轻推弹簧的一端，弹簧中就会形成疏密相间的波动形态，并向另一端传播。



图 1–6　水波



图 1–7　弹簧中的疏密波

声音也是以类似的方式传播的，只是人眼看不到。我们可以用图 1–8 形象地描述声音在空气中的传播。当音叉的叉股向外侧运动时，会向外挤

压邻近的空气，使外侧的空气变密（形成“密部”）；当叉股向内侧运动时，外侧邻近的空气又会变疏（形成“疏部”）……随着音叉的不断振动，空气中就形成了疏密相间的波动，并向远处传播。当这种波动传入人耳时，会引起鼓膜振动，于是人就听到了声音。

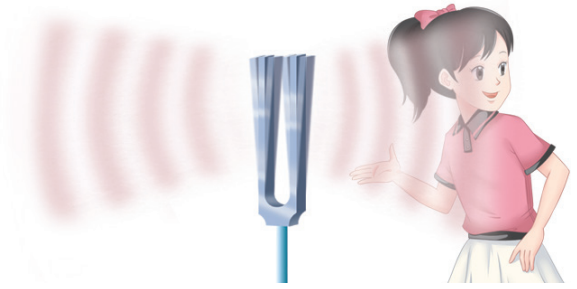


图 1–8 声音在空气中传播

由此可见，声音是一种波，我们把它叫作**声波**（sound wave）。声波遇到障碍会反射回来。在空旷的山谷中大喊一声“喂——”，可以听到绵延不断的“喂——喂——”声，这就是回声。它是声音在传播过程中经山体反射而形成的。

声波在不同介质中传播的速度不同。通常情况下，声波在空气中传播的速度约为 340 m/s，在水中传播的速度约为 1 500 m/s，在钢铁中传播的速度可达 5 200 m/s。

读一读 声波具有能量

如图 1–9 所示，将三支点燃的蜡烛排列在音箱前方，当音箱播放音乐时，可以看到烛焰随着音乐的节奏晃动。人能够听到声音，就是由于声波能够传递能量（energy）。人们常说“震耳欲聋”，就是形容声波传递的能量大。

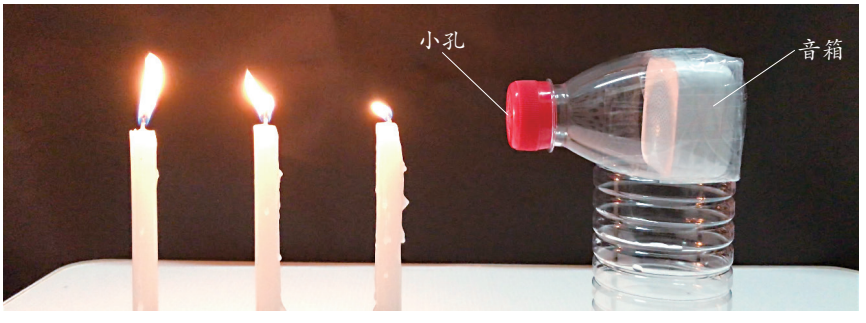


图 1–9 演示声波具有能量

生活 物理 社会　中国古代的回声建筑

在我国古代，工匠们在长期的实践中积累了丰富的经验，建造了如天坛、莺莺塔等具有奇特声学效果的建筑，令人叹为观止。

图 1–10 所示是天坛的回音壁，它是环绕皇穹宇的一堵圆形围墙，高约为 3.7 m，直径约为 61.5 m。回音壁的表面比较光滑，非常有利于声波反射。



图 1–10　皇穹宇和回音壁

若两人分别站在东、西配殿后的围墙边，一人斜对着围墙轻声说话，另一人则可清楚地听到对方的声音。两人借助墙壁对声音的反射实现对话，一呼一应、一问一答，妙趣横生。如有机会，你也可以去现场体验这种奇妙的现象。

实践与练习

1. 一张纸、一根橡皮筋、一个笔帽、一杯水……怎样才能使它们发出声音？请你试一试，并与其他同学交流。

2. 在两端开口的圆筒的一端蒙上橡皮膜，并在橡皮膜的中央贴一块平面镜，将圆筒插入挡光板的圆孔中。当激光笔发出的一束光射向镜面时，在激光笔后方的光屏上会呈现一个亮点。如图 1–11 所示，对着圆筒发出声音，你在光屏上看到什么现象？这说明什么问题？

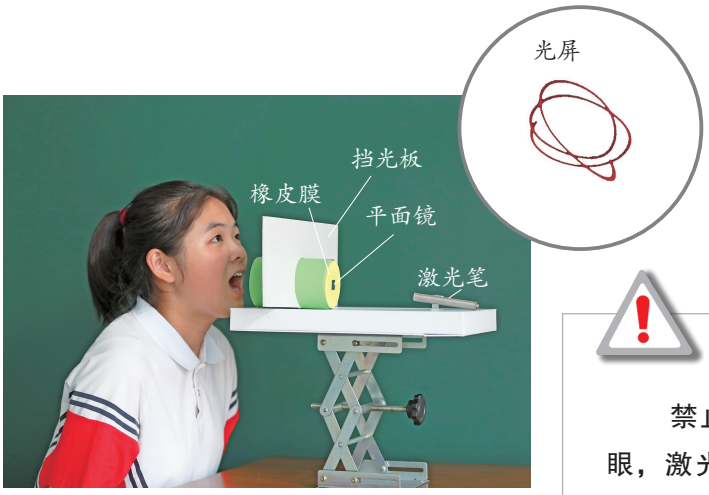


图 1–11

禁止将激光束射向人眼，激光会对眼睛造成严重伤害！

3. 如图 1–12 所示，用两个一次性纸杯自制一个“土电话”。与你的同学合作，使细线分别处于松弛状态和拉紧状态，比较通话效果。再改用不同材料、不同粗细的线，比较通话效果。

如果用三个纸杯，能实现三人之间的通话吗？请你试一试。



图 1–12

二、声音的特性

我们欣赏交响乐时，会感到各种乐器的声音有所不同：小号声清脆嘹亮，小提琴声悠扬柔和，大提琴声深沉浑厚，双簧管声甜美圆润，箫声则低沉飘逸……它们有强有弱，有高有低，有的浑厚，有的清脆。

声音有哪些基本特性？这些特性又与什么因素有关？

响　度

物理学中，把人耳感觉到的声音的强弱叫作**响度**（loudness）。

活动 1.3 探究响度与声源振动的关系

想一想

敲鼓时，要使鼓声更响，你会怎样做？

鼓声的强弱与鼓面振动的幅度是否有关？

做一做

如图 1–13 所示，在鼓面上撒一些红豆。敲鼓时，你观察到什么现象？分别轻敲、重敲鼓面，你观察到的现象有什么不同？这说明什么问题？



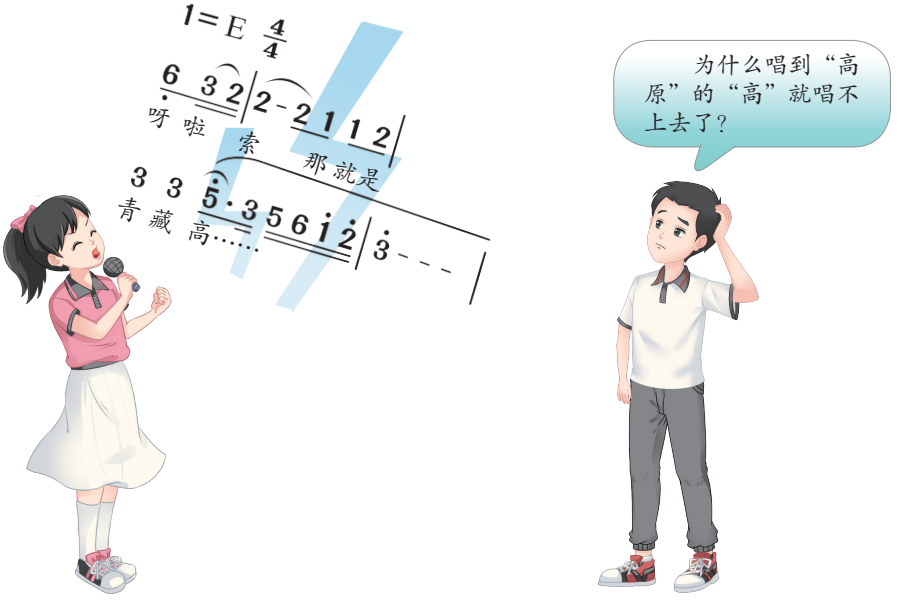
图 1–13　敲鼓

信息快递

振动的幅度简称振幅。

由上述活动可知，**声音的响度与声源的振幅**（amplitude）**有关**。声源的振幅越大，在一定位置接收到的声波的振幅就越大，因而响度就越大。

音　调



物理学中，将声音的高低叫作**音调**（pitch）。

活动 1.4 探究音调与声源振动的关系

如图 1–14 所示，用一张硬卡片先后两次从梳齿上划过，一次快，一次慢，你听到卡片发出声音的音调有什么不同？

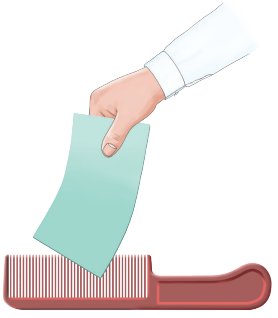


图 1–14　卡片从梳齿上划过

卡片从梳齿上划过，梳齿拨动卡片使其振动。快划时，卡片振动快，音调高；慢划时，卡片振动慢，音调低。该实验说明，卡片发出声音的音调与卡片振动的快慢有关。

信息快递

物体振动的次数与时间之比叫作频率（frequency）。频率的单位是赫兹，简称赫，符号为 Hz。一个物体在 2 s 内振动 10 次，它的频率是 5 Hz。

实验表明，**音调与声源振动的频率有关**。频率越高，音调越高；频率越低，音调越低。

人唱歌时，声音的频率在 60 Hz（男低音）到 2 500 Hz（女高音）之间。通常，成年男性说话声音的频率为 90~140 Hz，而成年女性说话声音的频率为 270~550 Hz，所以成年女性声音的音调一般比成年男性高。

生活 物理 社会　钢琴调音

钢琴中使用了大量木材。木材受空气湿度、温度等环境因素的影响会发生形变，固定在它上面的弦的松紧就会改变，因而影响钢琴发出的声音。为了保持琴音的准确性，需要对钢琴进行定期检查和适当调整。从事这项工作的人被称为钢琴调律师。

一架钢琴有 200 多根弦，其中 2~3 根组成一组同音弦。钢琴调律师首先用音锤敲击音叉，让它发出具有固定频率的纯音，以此作为标准音来判断被调试弦发出的音是否准确；然后使用一种专用工具改变弦的松紧程度，使音调升高或降低，直至达到标准音（图 1–15）。

一位优秀的钢琴调律师需要具备很高的音乐素养、敏锐的听觉和精准的调节技术。



图 1–15　钢琴调律师正在调音

音　色

活动 1.5　辨别不同物体发出的声音

1. 听一段交响乐，你能发现其中有哪些乐器参与了演奏？

2. 使用不同的乐器（如笛子、口琴、小提琴、胡琴等）先后发出音调相同的声音，如 C 调中的“1（do）”。凭听觉，你能否分辨出这些声音分别是由哪些乐器发出的？

不同的乐器，即使发出声音的响度和音调都相同，我们也可以很轻松地将它们区分开来。后面座位的同学交流时，即使没有看到人，凭借其说话的声音，你也能知道他们是谁。这是为什么呢？原来，声音还有另外一个特性——**音色**（timbre）。

不同的声源，由于它们的材料、结构等不同，因而发出声音的音色不同，人对这些声音的感觉也就不一样。借助仪器，我们还可以观察到不同音色的声音的波形，如图 1–16 所示。

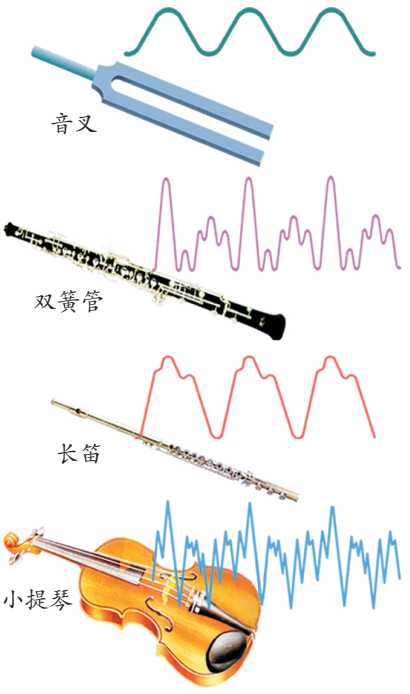


图 1–16 不同音色的声音的波形

响度、音调和音色可以描述声音的特性，通常称为声音的三要素。

生活 物理 社会　曾侯乙编钟

如图 1–17 所示是湖北随州曾侯乙墓出土的战国时期的编钟，距今已有 2 400 多年，是世界上现存规模最大、最完整的编钟。这套编钟共 65 件，依大小次序分成 3 层 8 组，悬挂在钟架上。迄今为止，人们用这套编钟还能演奏古今乐曲，且音域宽广、音色优美。



图 1–17 编钟

实践与练习

1. 歌曲《东方红》简谱中有如下片段：

$$5\ \overset{\frown}{5\,6}\ |\ 2\ -\ |\ 1\ \overset{\frown}{1\,\dot{6}}\ |\ 2\ -\ |\ 5\ 5\ |\ \overset{\frown}{6\,\dot{1}}\ \ 6\,5\ |\ 1\ \overset{\frown}{1\,\dot{6}}\ |\ 2\ -\ |$$

其中的数字符号表示声音的什么特性？这种特性与什么因素有关？

2. 如图 1–18 所示，在试管中加入少量水，对着试管口吹气，使其发出声音。试一试，改变试管内的水量，发出的声音是否变化？你认为是声音的什么要素发生了改变？随着试管中水量的增大，这个要素怎样变化？



图 1–18

3. 利用手机的录音功能记录自己朗读或唱歌的声音，再播放出来。播放出来的声音和你刚才朗读或唱歌时听到的声音相同吗？请其他同学也听一听这两种声音并进行比较，他们又有什么感觉？

4. 我国古代描述自然界或生活中声现象的诗文有很多，如白居易的《琵琶行》、苏轼的《石钟山记》等。请你查阅相关资料，找出与声现象有关的诗句，并谈谈你的感想。

三、噪声及其控制

声音能传递很多信息，丰富了我们的生活。例如，我们听到的音乐，它悦耳动听、令人愉悦，被称为**乐音**（musical tone）。乐音是声源做有规律振动产生的。除乐音外，还有一些刺耳难听、令人厌烦的声音，如家庭装修时电钻发出的声音。这类声音会干扰人们正常的学习、工作和休息，被称为**噪声**（noise）。

想一想，在我们生活中，有哪些声音属于噪声？

噪声的来源

结合图 1–19 和自己生活中的感受，与同学讨论噪声的主要来源有哪些，并尝试将它们分类。



图 1–19 令人厌烦的噪声

噪声的危害

人们把噪声称为“隐形杀手”。这是因为噪声除了使人烦躁、注意力分散，妨碍工作和休息，还会对人的健康产生不良影响。

分别在安静的环境和噪声强度较大的环境中测量人的脉搏，会发现强烈的噪声会使脉搏加快。长期在强噪声环境中工作的人，除听力下降外，还常常伴有头昏、头痛、神经衰弱、消化不良等症状。此外，研究表明，噪声还是诱发心脏病和高血压的原因之一。

生活 物理 社会　不同声强级的声音对人的影响

物理学中，用声强级来客观描述声音的强弱，它的单位是分贝（符号为 dB）。声强级为 1 dB 的声音，人耳刚刚能听到它；90 dB 以上的声音会对人的听力造成损伤。下表反映了不同声强级的声音对人的影响。

声音的来源	声强级 /dB	对人的影响
火箭、导弹发射	160	短时间内会导致永久性耳聋
喷气式发动机（附近）	140	
喷气式飞机起飞（距离 100 m 左右）	130	鼓膜被震痛
音量很大的摇滚乐	120	
电锯、风钻	110	长时间会导致永久性耳聋
重型载货汽车	100	
摩托车、汽车喇叭	90	引起听觉疲劳
一般的城市交通噪声	80	令人烦躁干扰交谈
大声呼喊	70	
正常交谈	50	安静舒适
空调	40	
轻声耳语	20	稍有察觉
正常呼吸	10	

噪声的控制

科学技术是一把双刃剑。它在促进现代工业、交通运输和城市建设发展的同时，也对环境产生了负面影响。例如，随之而生的噪声日益严重，它已成为污染环境的公害之一。世界各国都很重视噪声问题，包括我国在内的许多国家都制定了不同环境的噪声排放标准，并用法律手段来治理噪声。环保部门常在一些重点场所设置噪声监测仪，实时监测噪声，如图 1–20 所示。



图 1–20 噪声监测仪

人们通常在声源处、声音传播途中和声音接收处采取措施控制噪声。

如图 1–21 所示，禁止车辆在学校、医院、图书馆等附近鸣喇叭；在摩托车发动机上安装消声器，以减小声源发出的噪声；在道路两旁植树，既能美化环境，又能吸收车辆行驶过程中产生的噪声；在强噪声环境中工作的人（如飞机引导员）佩戴耳罩，可避免过强的声音进入人耳。



（a）禁止鸣喇叭



（b）在摩托车发动机上安装消声器



（c）在道路两旁种植行道树



（d）飞机引导员佩戴有耳罩的头盔

图 1–21 噪声控制

你还能举出其他控制噪声的实例吗？

在日常生活中，我们应当具有保持安静，注意不影响他人学习、工作和休息的意识。例如，在图书馆里不要大声喧哗；在音乐厅欣赏音乐时，不要交头接耳；在公共场合，要把手机铃声调小或设置成静音状态。

生活 物理 社会　高速列车如何降低车内噪声

“哐当——哐当——哐当——”这是过去人们乘坐火车时留下的印象。随着我国高速列车（图 1–22）的迅速发展，令人心烦意乱的噪声问题得到了很好的解决。

在高速列车设计和制造过程中，工程师们从以下三个方面来降低噪声。首先，将车头设计成流线型，与车厢整体密封，并在内壁使用隔声、吸声性能好的材料，这样既减小空气阻力，降低气动噪声，又减弱了外部噪声的影响。其次，减小车体的质量，在活动部件之间安装性能好的弹簧或胶垫，减小彼此间的作用力。最后，铺设轨道时，采用无缝技术来降低车轮与轨道之间碰撞产生的噪声。

我国高速列车的飞速发展给人们的美好生活带来了新福祉，为世界高速列车的发展树立了新标杆。



图 1–22　高速列车

实践与练习

1. 如图 1–23 所示，在城市高架道路或高速公路的某些路段两侧设有 3～4 m 高的由特殊材料制成的板墙。安装这些板墙的作用是什么？



图 1–23

2. 为了控制噪声，许多国家制定了不同环境的噪声排放标准。查阅资料，了解我国制定的社会生活环境噪声排放标准。

3. 请对你所在学校的噪声情况做一个调查，要求：

（1）列出学校环境中噪声的主要来源。

（2）在不同时段，和同学一起去现场体验，并在校园地图上标注对噪声的感觉程度（感觉程度可以分为四级：A 级——觉察不到，B 级——能觉察到，C 级——令人烦躁，D 级——难以忍受）。

（3）根据调查结果向学校提出改进建议。



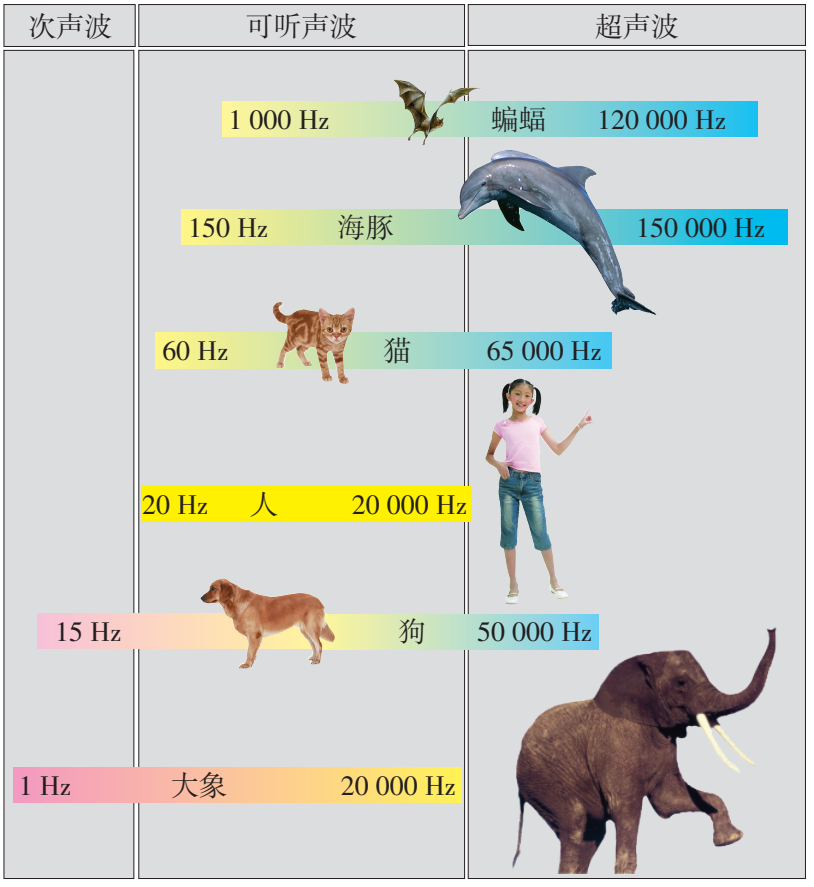
四、人耳听不到的声音

人耳只能听到一定频率范围内的声音。人耳能听到的声音叫作可听声波，它的频率范围通常为 20 ~ 20 000 Hz。频率高于 20 000 Hz 的声音叫作**超声波**（ultrasonic wave），频率低于 20 Hz 的声音叫作**次声波**（infrasonic wave）。超声波和次声波虽然人耳听不到，但它们同样会对人类的生活产生重要影响。

读一读　人和一些动物听觉的频率范围

不同的人听觉的频率范围不完全相同。例如，有些年轻人就能听到频率低于 20 Hz 的声音。一般情况下，人的年龄越大，能听到的声音的频率范围越小。

不同动物听觉的频率范围差别较大，如蝙蝠、海豚等能听到超声波，而狗、大象等则能听到次声波。



超 声 波

蝙蝠多在夜幕降临后活动，在黑暗中捕食飞虫。有人曾将蝙蝠的眼睛蒙住，发现它仍可以在布满纵横交错细线的空间里穿梭自如。蝙蝠为什么会有如此高超的本领？原来，它不是靠眼睛看清目标，而是靠发射超声波和接收反射回来的超声波进行目标定位的。

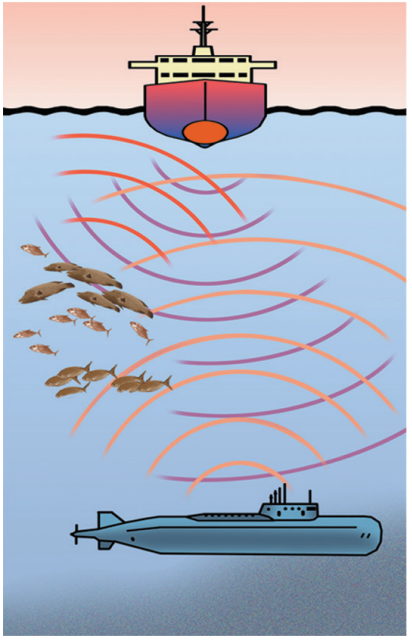


图 1–24 声呐的应用

在人们发现蝙蝠的回声定位原理之前，科学技术人员利用超声波方向性好、在水中传播距离远等特性，发明了超声波定位与测距系统，即声呐。它用于水下目标的探测、定位、跟踪、识别，以及水下导航、通信等，在海洋科学探测、海洋资源开发和海洋军事等方面也发挥了重要作用。如图 1–24 所示，舰船上的声呐向水中发射超声波，超声波遇到鱼群、潜艇、海底山峦和礁石时反射回来，经声呐系统处理，从而确定它们的位置、距离等信息。

在医疗领域，人们利用超声波成像技术发明了超声诊断仪。这种诊断仪通过探头发射的超声波进入人体，并从体内组织结构产生的回声中提取信息组成图像。例如，利用 B 型超声诊断仪（简称 B 超）可以观察母体内的胎儿，如图 1–25 所示。



图 1–25 胎儿的 B 超图像

在工业领域，超声波探伤仪能利用超声波在物体中的传播、反射和衰减等物理特性，快速、精确地进行工件内部缺陷的检测、定位、评估和诊断。例如，可以用它探测铁轨内部是否存在裂纹、气孔和杂质等。

人们还利用超声波的特性发明了超声波清洗机（图 1–26）、超声波焊接机、超声波雾化器等。有一种超声波马达（图 1–27），它能把超声振动的形式转换为移动的形式，比传统电动机体积更小，并具有低速、高精度等优点，不少数码照相机的光学镜头都采用了这项技术。



图 1–26　超声波清洗机

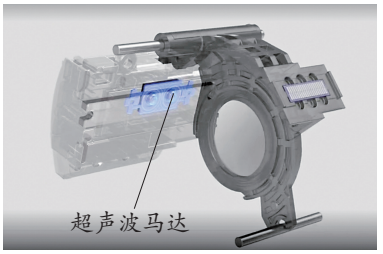


图 1–27　超声波马达

次 声 波

次声波广泛存在于我们的周围。许多自然现象都会产生次声波，如狂风暴雨、电闪雷鸣、火山爆发、地震、海啸等。人为产生次声波的现象也很多，如核爆炸、火箭发射、飞机飞行和列车行驶等都会产生次声波。

次声波在传播过程中能量衰减较慢，且不易被障碍物遮挡，因而可以传播得很远。强烈地震、火山爆发产生的次声波，能绕地球传播 2~3 圈。

较强的次声波会对人体产生严重损害，使人恶心、神经衰弱甚至内脏破裂。强度更大的次声波还会对机器设备、建筑物等造成破坏。

目前，科学家正在研究、监测和控制次声波，以便有效避免它的危害，或从次声波中获取信息来预报地震、台风等。风暴生成后产生的次声波，传播速度远大于风暴移动速度，人们根据监测到的次声波，即可在风暴到来之前发出警报。人们还通过研究次声波在大气层中传播的特性，来探测某些大规模气象过程的性质和规律，预报沙尘暴、龙卷风等。

实践与练习

1. 蝴蝶飞行时翅膀每秒振动 5～6 次，蚊子飞行时翅膀每秒振动 300～600 次。为什么我们凭听觉能发现飞行的蚊子，却不能发现飞行的蝴蝶？

2. 查阅资料，了解你感兴趣的动物发出声音的频率范围，并与同学交流。

3. 查阅资料，进一步了解超声波的主要特性以及与之相关的实际应用，并到电器商场等场所观察应用超声波工作的设备（如超声波清洗器等），了解它们是如何利用超声波工作的。

跨学科实践　乐器的调查与制作

音乐是一门用声音创造美的艺术。人们通过它抒发情感、愉悦身心、陶冶情操、丰富精神世界。器乐和声乐是音乐的主要门类，它们既蕴含了丰富的文化内涵，又包含了许多科技知识。用声学知识研究乐器，尝试制作和演奏乐器，十分有趣且有意义。

任务与要求

1. 对一种中国传统乐器进行调查，如编钟、骨笛、古琴等。了解它的历史由来、特点和简单的声学原理。

生活 物理 社会　贾湖骨笛

图 1–28 所示是河南博物院收藏的贾湖骨笛，它器形完整，是我国目前出土的年代最早的乐器实物，被称为“中华第一笛”。

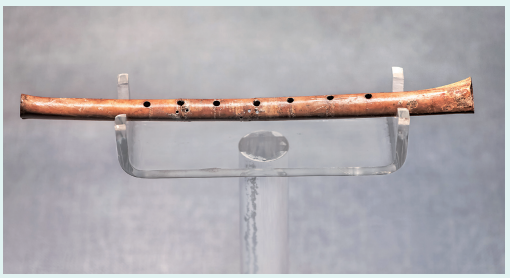


图 1–28 贾湖骨笛

贾湖骨笛不只是中国年代最早的乐器实物，更被专家认定为世界上最早的可吹奏乐器。它不仅能够演奏传统的五声或七声调式的乐曲，而且能够演奏富含变化音的少数民族乐曲等。它的出土，改写了先秦音乐史乃至整部中国音乐史，也为我们研究中国音乐与乐器发展史提供了弥足珍贵的实物资料。

2. 选择一种自己喜爱或擅长的乐器，如二胡（图 1–29）、竹笛、小提琴等，研究它的结构、发声原理以及怎样实现对声音三要素的控制等。走访与乐器有关的职业人员，如音乐教师、演奏家、乐器生产维修人员等，了解他们使用乐器的工作感受与职业要求。



图 1–29　二胡

3. 利用生活中常见的材料，自制一种简易乐器，如单弦琴、竹笛、排箫、活塞音哨、酒杯打击乐器（图 1–30）等。在制作过程中进行一些有趣的探究活动。



图 1–30　酒杯打击乐器

交流与评价

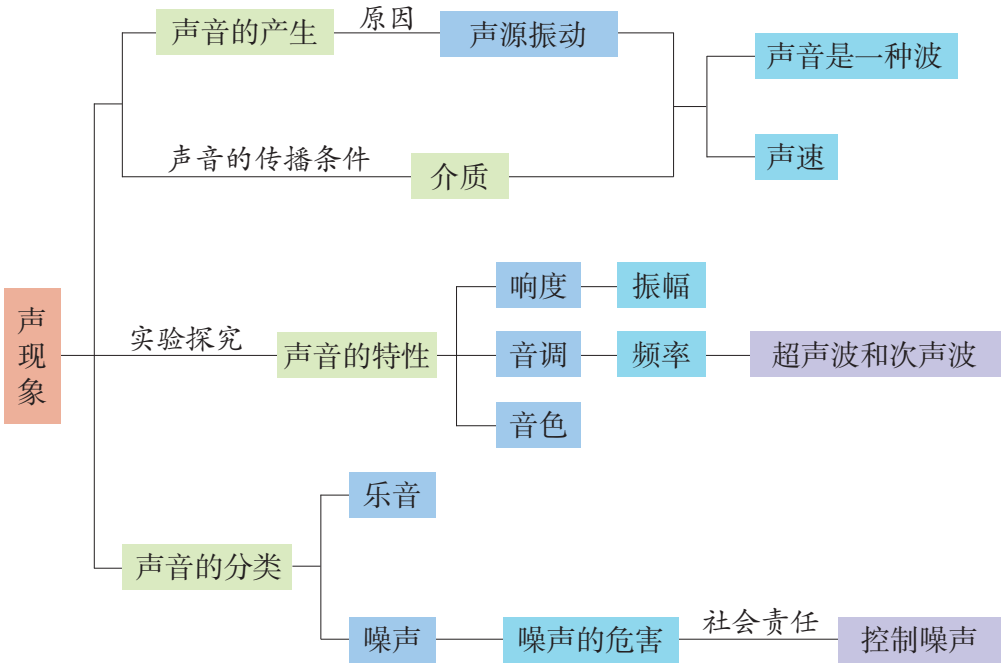
1. 以短文的形式介绍一种中国传统乐器，内容主要包括乐器的结构、发音特点、历史渊源、演奏要求等。

2. 向同学展示自制的简易乐器，说明制作过程的关键环节以及你是怎样调整和控制响度、音调和音色的。

3. 对短文内容的准确性与完整性等进行评价，对自制乐器的结构、声音效果和创新性等进行评价。

素养进阶

内容梳理



反思提升

1. 声音是由物体振动产生的。我们如何知道发声的物体在振动？

2. 在探究声音能否在真空中传播时，用抽气机抽气后声音变小；打开阀门让空气进入玻璃罩后，声音又变大。你是怎样通过这一实验现象推理出声音不能在真空中传播的？

3. 声音千变万化，响度、音调、音色是声音的三个基本特性。响度和音调分别与什么因素有关？我们是如何通过实验获得证据的？

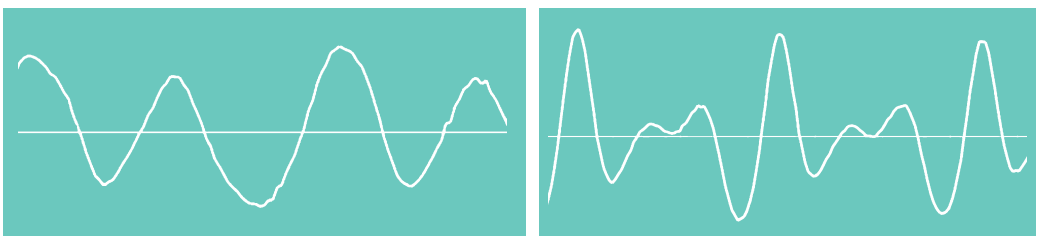
4. 物体振动发出声音，但人和动物不一定都能听到。有人认为，这是由声音响度过小导致的，经过本章的学习，你认为可能还有什么原因？

5. 音箱发出的声音使烛焰晃动，说明声音具有能量。你还能举出哪些实例说明声音具有能量？

问题解决

1. 医生常依据病人心、肺发出的声音诊断病情；铁道维护工通过敲击铁轨发出声音，判断铁轨是否存在松动或损伤等情况。在生活中还有哪些类似的利用声音的例子？

2. 声音看不见、摸不着，但利用计算机可以显示声音的波形图。试一试，观察你说话时声音的波形，改变声音的响度、音调，观察波形的变化。某同学声音的波形如图 1–31 所示。



（a）说话时声音的波形　　（b）改变响度、音调后声音的波形

图 1–31

3. 回顾摩擦高脚杯杯口发声的活动，你认为有哪些因素会影响其发声的音调？选择其中一个因素，通过实验来验证。

4. 安静舒适的环境需要大家共同维护。在日常生活和学习中，你是如何自觉控制噪声的？对于他人大声喧哗的行为，你会怎么做？

5. 请你发挥想象，写一篇“假如这个世界没有声音”的小短文。

在明媚的阳光下

第二章 光现象

- 光的色彩
- 光的直线传播
- 平 面 镜
- 光的反射

“烟花三月，我和几个同学相约去公园游玩。只见桃红柳绿连绵数里，蓝天、白云倒映在碧水之中，好似‘天上有行云，人在行云里’。远眺五亭桥，湖水倒映着她的倩影。一阵微风吹来，湖面上波光粼粼，让人眼花缭乱……”

以上摘自小明的日记。你是否也有类似的经历？你能提出哪些与光有关的问题？

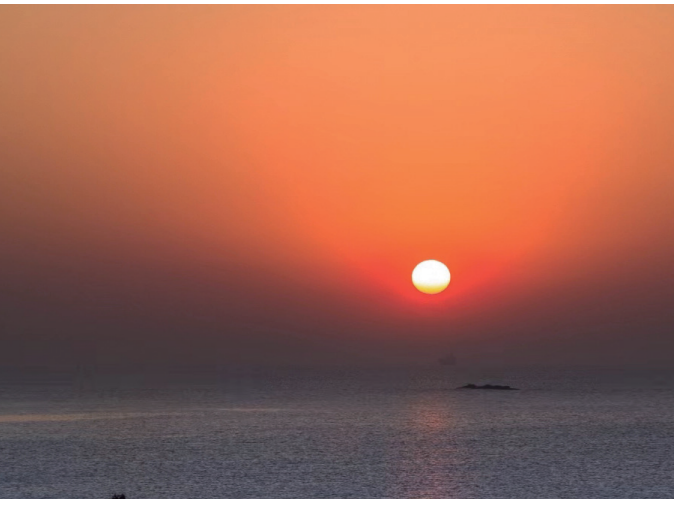


一、光的色彩

光给我们带来了光明，让我们看到了五彩缤纷的世界。你是否想过，大自然是怎么创造出如此丰富的色彩的？

光　源

观察图 2–1 并思考：哪些物体是发光的？你所看到的光来自哪里？



（a）美丽的夕阳



（b）夜幕中的月亮



（c）城市的灯光



（d）五颜六色的鲜花

图 2–1　五彩缤纷的世界

明亮的物体，有的本身发光，有的本身并不发光。我们把本身发光的物体叫作**光源**（light source）。例如，太阳是光源，月亮不是光源。

光源分为天然光源和人造光源。太阳是天然光源，电灯是人造光源。你还能列举出其他天然光源和人造光源吗？

光的色散

太阳光是白光。很多人认为，在五光十色的世界中，白光是最单纯的。真是这样的吗？

活动 2.1 分解太阳光

1. 将太阳光引入室内，透过狭缝观察置于狭缝后的光屏，描述你看到的现象。

2. 如图 2–2 所示，将三棱镜置于狭缝与光屏之间，适当调整三棱镜的方位，观察光屏，你看到什么现象？与步骤 1 中的现象有什么不同？



图 2–2 分解太阳光

如图 2–3 所示，太阳光通过三棱镜后发生偏折，分解为红、橙、黄、绿、蓝、靛、紫等色光，这种现象叫作光的**色散**（dispersion）。光的色散现象表明，**太阳光是由多种色光混合而成的**。

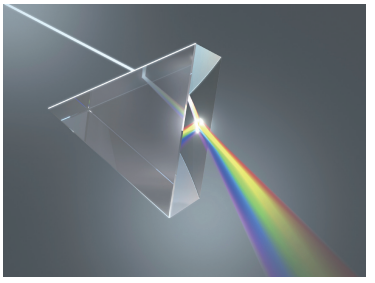


图 2–3 太阳光通过三棱镜

最早通过实验研究光的色散现象的是英国物理学家牛顿（Isaac Newton，1643—1727）。牛顿还通过实验将分解得到的各种色光混合还原为白光，进一步证实了白光是由多种色光混合而成的。他的这一发现使人类在认识光的道路上迈出了重要的一步。

色光的混合

色散后的各种色光可以混合还原成白光。那么，只将两种不同的色光混合，能否得到一种新的色光呢?

活动 2.2 观察色光混合的现象

想一想

怎样用简便的方法从白光中得到一种色光?

做一做

当太阳光通过红色（或蓝色、绿色）玻璃纸时，你会看到什么现象?

如图 2–4 所示，将红、绿、蓝中任意两种色光照射到白纸上，相互重叠的区域是什么颜色? 请将观察结果填入下表。

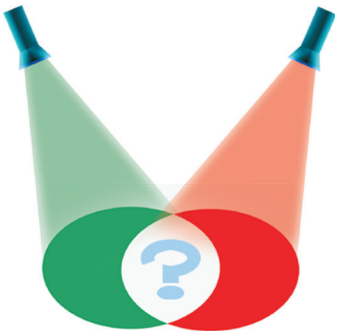


图 2–4　色光的混合

色光的混合			

研究表明，将红、绿、蓝三种色光按不同比例混合，能产生任何一种其他颜色的光，而它们自身却无法用其他色光混合得到。因此，我们将红、绿、蓝叫作光的三原色。电视机和计算机显示器能呈现彩色图像，就是运用了三原色光混合的原理。在屏幕上排列着许多由红、绿、蓝三色发光点组合而成的微小发光单元，这些发光点在电路的控制下发出不同强度的三原色光，从而使发光单元整体产生不同的色彩。

生活 物理 社会　光具有能量

光不仅能使周围变得明亮、温暖，还能帮助绿色植物进行光合作用，甚至可以用来切割金属（图 2–5）……所以，光具有能量，这种能量叫作光能。

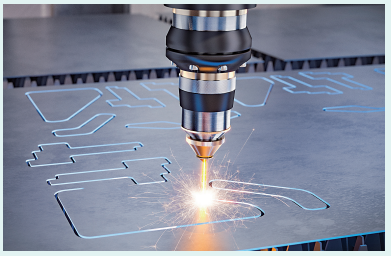


图 2–5 激光切割金属

通过某种方式，光能可以转化为其他形式的能。如图 2–6 所示，太阳能热水器将光能转化为内能，太阳能路灯、太阳能电池板将光能转化为电能，植物光合作用将光能转化为化学能等。



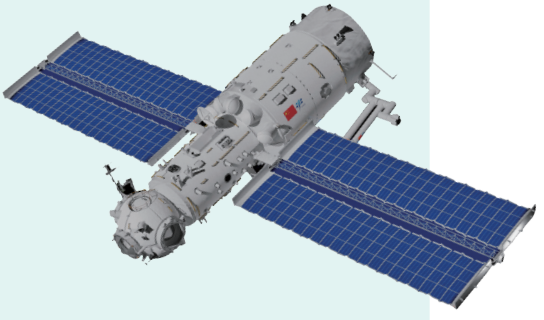
（a）太阳能热水器



（b）太阳能路灯



（c）植物的光合作用



（d）“天和”核心舱上的太阳能电池板

图 2–6 光能可以转化为其他形式的能

实践与练习

1. 如图 2–7 所示，在水盆中斜插一块平面镜，让太阳光斜射到平面镜上，适当调整平面镜的位置、角度，可以在墙壁上看到彩色的光带。用手指轻轻搅动盆中的水，你又会看到什么现象？在自然界和生活中你还看到过哪些类似的现象？



图 2–7

2. 图 2–8 所示是偶尔在城市街头看到的“人工虹”。我国唐代的张志和在《玄真子》中记载了“人工虹”现象：“背日喷乎水，成虹霓之状。”据《杜阳杂编》记述，这一实验流传很广，当时连长安（今西安）的儿童都能表演。请你也做一做。

图 2–8



二、光的直线传播

我们能看到周围的物体，是因为有来自物体的光进入了我们的眼睛。经验告诉我们，光可以在气体、液体和固体中传播。那么，光的传播路径是怎样的？

光在均匀介质中的传播

活动 2.3 观察光的传播路径

1. 如图 2–9 所示，试一试，你能将杆的影子踩在脚下吗？

2. 如图 2–10 所示，做几个有趣的影子游戏。想一想，手影为什么会随手形的变化而改变？



图 2–9 踩影子



图 2–10 手影

3. 图 2–11 所示是一束激光在充满烟雾的空气中传播的路径。在容器中注入水，再看一看，光在水中传播的路径还是直线吗？

方法技巧

为了清楚地看到光在空气和水中传播的路径，可以在空气中喷些烟雾或在水中滴几滴牛奶。

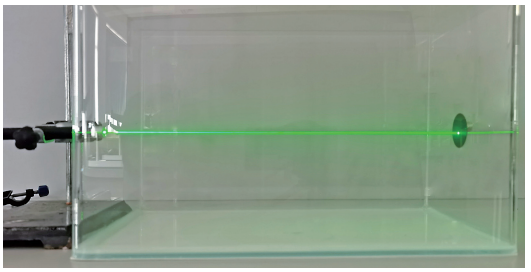


图 2–11 光在空气中传播的路径

在自然界和日常生活中，也能观察到光的传播路径。清晨，太阳光穿过树木间的空隙射入林中，犹如一缕缕笔直的金线，如图 2–12（a）所示；夜晚，各种各样的灯光化作一道道色彩斑斓的光柱，如图 2–12（b）所示。



（a）林间的光束

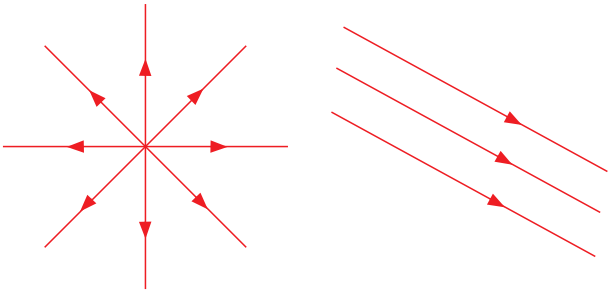


（b）夜空里笔直的光柱

图 2–12　光的传播

事实表明，**光在均匀介质中是沿直线传播的**。与声音不同，光不仅可以在空气、水等物质中传播，还可以在真空中传播。

为了研究光的传播特点，我们通常用带箭头的直线表示光传播的路径和方向。这样的线叫作**光线**（light ray）。光线是人们为了便于研究和表示光的传播而引入的物理模型。实际问题中，往往用多条光线来描述光的传播特点。例如，当烛焰、灯泡等离我们较远时，可以看成一个点光源，光由其中心点向四周传播，如图 2–13（a）所示。又如，在地面上接收到的太阳光，可看成平行光，用如图 2–13（b）所示的光线表示。



（a）表示点光源的光线　　（b）表示平行光的光线

图 2–13　光线

生活 物理 社会　中国古人对小孔成像的研究

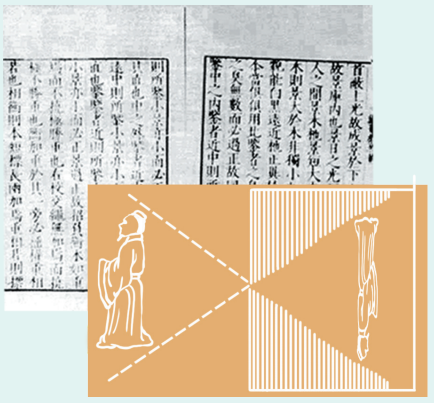


图 2–14　小孔成像

《墨经》是《墨子》一书的重要部分，也是中国古代重要的哲学、逻辑学和科学著作，其中记载了小孔成像现象及其解释（图 2–14）“景（影）到（倒），在午有端，与景长，说在端。”“景：光之人，煦（照）若射。下者之人也高，高者之人也下……”这里的“景（影）”指所成的像，“午”指遮光屏，“端”指小孔。意思是，像之所以倒转，是由于遮光屏上有一个小孔，光如箭那样笔直地射入，通过小孔后上下位置颠倒。我国北宋科学家沈括所著的《梦溪笔谈》中，也有关于小孔成像的记载。书中形象地描述了飞鸢通过窗户缝隙形成的影，其上下颠倒、左右相反。宋元时期的赵友钦还利用实验得到了小孔成像的大小、明暗与物距和孔的大小之间的关系，从而证明了光沿直线传播的特性。这些实验比西方类似的实验要早得多。

打开电灯，灯光立即照亮整个房间，难道光的传播不需要时间？

研究表明，光的传播需要时间，只是它传播得非常快。光在真空中每秒约传播 3×10^8 m。

日食和月食

在我国古代殷商时期的甲骨文中，就有关于日食和月食现象的记载。那时的人们还不能解释这种现象，以为是灾难降临的预兆。实际上，日食和月食都是与光沿直线传播有关的天文现象。

如图 2–15 所示，月球运行到地球和太阳之间时，太阳光被月球挡住，在地球上形成阴影区，处在阴影区的人看不到太阳或只能看到太阳的一部

分，这种现象叫作日食。太阳光全部被月球挡住时形成日全食，部分被挡住时形成日偏食。

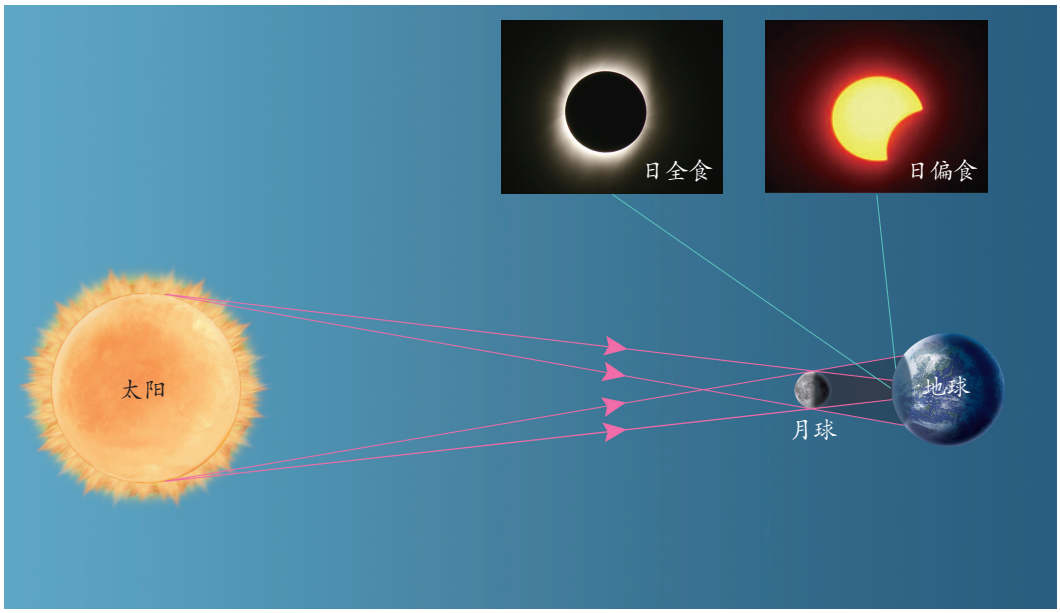


图 2–15　日食成因示意

如图 2–16 所示，地球绕着太阳运转，在背对太阳一侧形成长长的阴影区——地影，一旦月球进入这个阴影区，就会发生月食。太阳光全部被地球挡住时形成月全食，部分被挡住时形成月偏食。

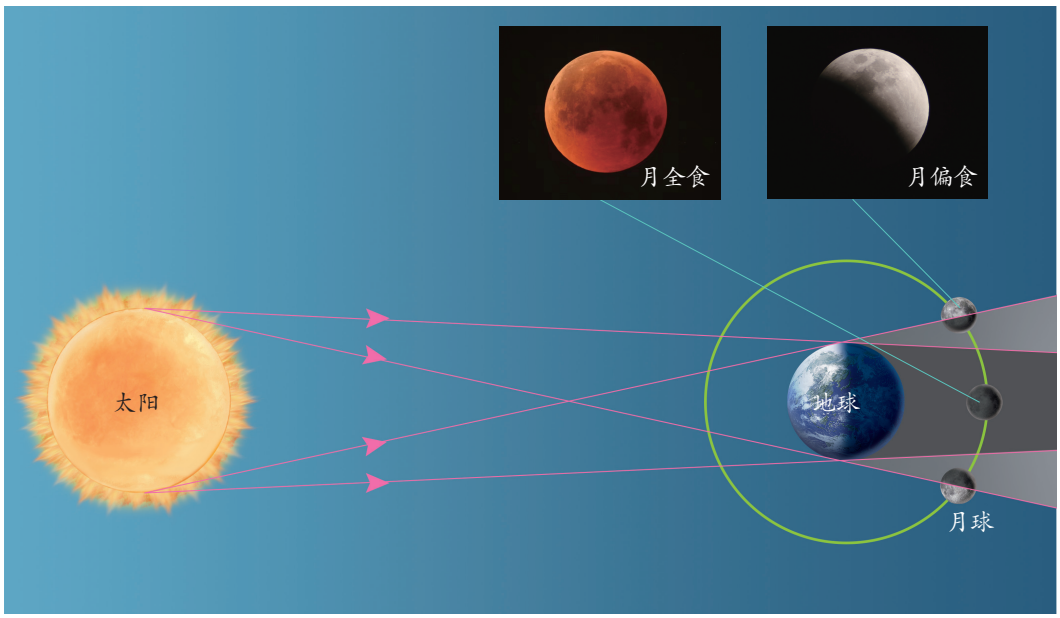


图 2–16　月食成因示意

生活 物理 社会　日食、月食与“夏商周断代工程”

中国的夏、商、周三代历时 2 000 多年，创造了灿烂的古代文明。但由于历史文献中没有关于这三个王朝具体年代的记载，使得中华 5 000 年文明史中有 2 000 多年的历史年代模糊不清，无法得到世界公认。中国的文明史到底有多长？怎样确定夏、商、周的具体年代？科学家联想到了日食和月食。

1996 年，我国首次实施人文社会科学与自然科学相结合，多学科交叉联合攻关的大型科学研究项目——“夏商周断代工程”。科学家根据古籍中“天再旦”“天再昏”等天象的记载，利用物理学得出的天体运行规律，推算出历史上日食、月食发生的年代，再结合文献、考古等方面的研究成果，为夏、商、周三个王朝确切年代的确定提供了重要依据。

实践与练习

1. 如图 2–17 所示，怎样才能通过三个小孔看见烛焰？试一试。



图 2–17

2. 参考如下方法制作一个简易的针孔照相机：如图 2–18 所示，在空易拉罐底部的中央戳一个小孔；将易拉罐的顶部剪去后，蒙上一层半透明的塑料薄膜。将小孔对准窗外的景物，说一说你在塑料薄膜上看到的像的特点。



图 2–18

3. 如图 2–19 所示，在水平板上竖直固定一支铅笔，并将其放在太阳光下。在 11：00 ~ 14：00 之间，每过 15 min 在铅笔影子的顶端做一个记号，并测量影长。分析实验数据，找出影长最短的时刻。向地理老师请教：怎样利用以上数据确定本地的正北方向。

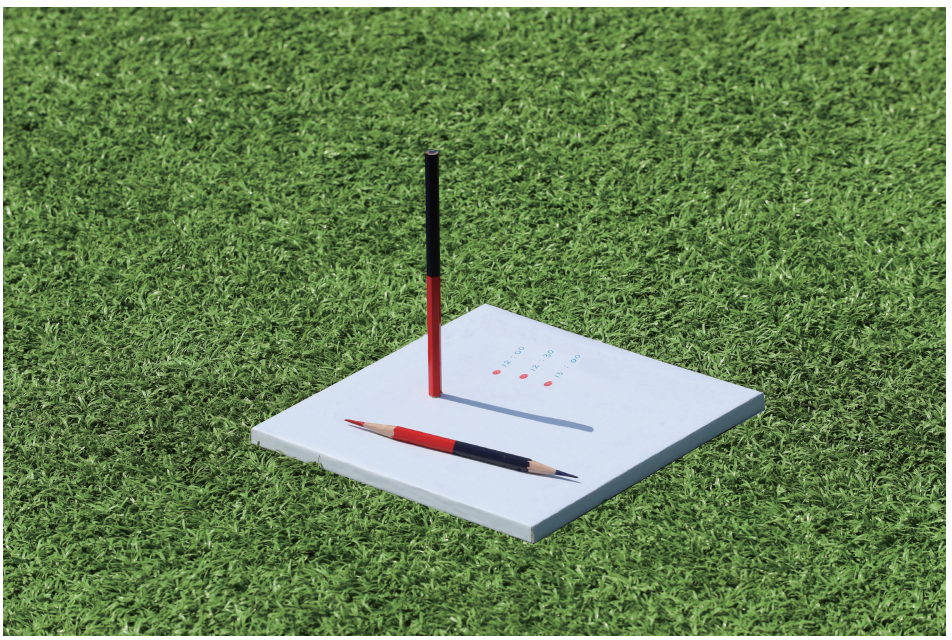


图 2–19

三、平 面 镜

图 2–20 是一张令人惊讶的照片，茶色玻璃板后面有一支蜡烛，它竟然能在水中燃烧！



图 2–20 浇不灭的烛焰



平面镜成像的特点

生活中常用的镜子表面是平的，叫作**平面镜**。从平面镜中能观察到物体的**像**（image）。平面镜所成的像有何特点呢？

活动 2.4 观察平面镜中的像

看一看

如图 2–21 所示，通过平面镜观察自己的像；改变人到镜面的距离，像到镜面的距离如何变化？

从平面镜中观察周围远近不同的物体的像。



图 2–21 观察平面镜所成的像

说一说

根据你观察到的现象，你认为平面镜所成的像在镜前、镜后还是在镜面上？像和物的大小有什么关系？

学生实验　探究平面镜成像的特点

实验设计

要探究平面镜成像的特点，就必须设法确定像的位置并比较像与物的大小。

以茶色玻璃板为平面镜，在玻璃板前放一个棋子（或其他物体），在玻璃板后再放一个同样的棋子。试一试，是否能通过这个棋子找到像的位置？怎样比较像与物的大小？

操作与记录

1. 如图 2–22 所示，将一张方格纸平铺在水平桌面上，再将茶色玻璃板（平面镜）竖直放置在方格纸上，并标出玻璃板的位置。

2. 在玻璃板前放一个棋子 A，再将另一个相同的棋子 B 放到玻璃板后，调整棋子 B 的位置能不能使它与棋子 A 所成的像重合？重合时，棋子 B 与棋子 A 所成像的大小和位置是什么关系？两者重合时，在方格纸上标出棋子 A、B 的位置，并比较棋子 A 与棋子 B 到镜面的距离。

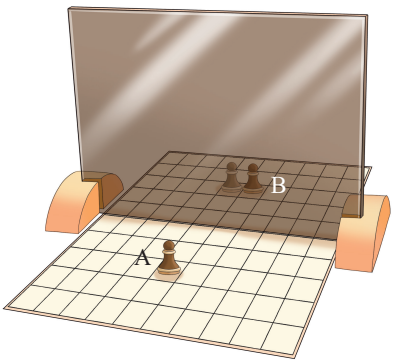


图 2–22　平面镜成像

信息快递

能被人看见，但不能在屏幕上呈现的像叫作虚像（virtual image）。

3. 将一张白卡片竖直放在棋子 B 所在的位置。能否从白卡片上直接观察到棋子 A 的像？

4. 多次改变棋子 A 的位置，重复上面的实验。根据方格纸上的标记，测量物和像到平面镜的距离，并把数据记录在下表中。

实验序号	①	②	③
物到平面镜的距离 /cm			
像到平面镜的距离 /cm			

交流与小结

像和物的大小有什么关系？像和物的位置有什么关系？你是怎么知道平面镜所成的像是虚像的？

实验表明：**平面镜所成的像是虚像，像和物大小相等，且它们到平面镜的距离也相等，像与物关于镜面对称。**

例题　如图 2–23（a）所示，*MN* 表示平面镜，*AB* 表示镜前的一个物体。试根据平面镜的成像特点，作出 *AB* 经平面镜所成的像。

分析　平面镜成像时像和物关于镜面对称。要作出 *AB* 的像，只要作出点 *A* 和点 *B* 关于镜面的对称点，再将这两点连接起来，即可得到 *AB* 的像。

作图　如图 2–23（b）所示，过点 *A* 作镜面 *MN* 的垂线 *AO*（垂足为 *O*）并延长至点 *A′*，使 *A′O*=*AO*，点 *A′* 就是点 *A* 的像。用同样的方法作出点 *B* 的像点 *B′*，用虚线连接点 *A′*、点 *B′*，并根据上下的对应关系标上箭头。图中的 *A′B′* 就是 *AB* 的像。

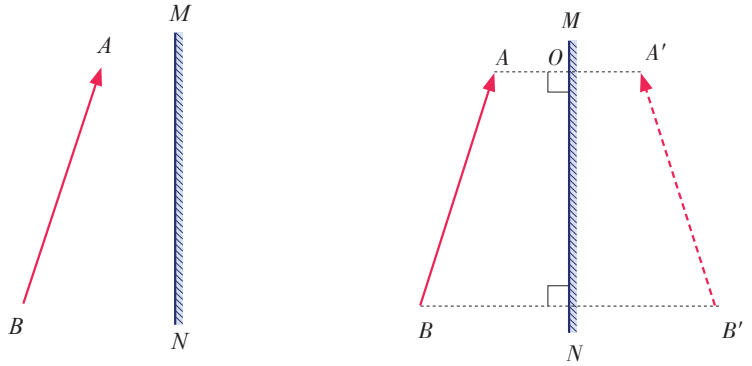


图 2–23

平面镜成像的应用

观察图 2–24 ~ 2–27，想一想：平面镜在日常生活中有哪些应用？



图 2–24　借助平面镜矫正姿势



图 2–25　利用平面镜扩大视觉空间



图 2–26　牙医借助平面镜观察牙齿的背面



图 2–27　利用平面镜成像打造视觉美

平面镜的应用非常广泛。人们利用平面镜观察并矫正舞蹈姿势和动作，利用平面镜扩大视觉空间。牙医用于查看牙齿背面的反光镜也是平面镜。苏州博物馆的精美设计，巧妙地应用了平面镜成像的特点，既表现出我国江南建筑的特色，又突显了现代美感。

但平面镜有时也会带来负面影响，甚至造成光污染。如图 2–28 所示，夜间行车时，车内人或物通过风挡玻璃成像会干扰驾驶员的视线。建筑物的玻璃幕墙反射出的刺眼阳光，不仅会影响人们正常的工作和休息，还会影响行人和行驶车辆的安全，如图 2–29 所示。导致光污染的原因较多，我们应该采取有效措施加以控制。



图 2–28　车内人或物通过风挡玻璃成像会干扰驾驶员视线



图 2–29　玻璃幕墙会造成光污染

实践与练习

1. 在图 2–30 中作出三角形 ABC 通过平面镜所成的像。

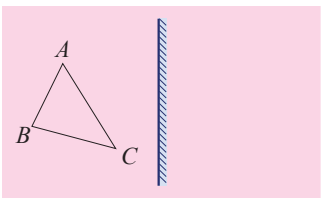
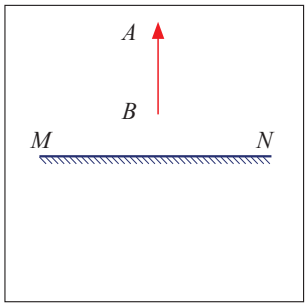


图 2–30

2. 观察图 2–31（a），描述你看到的现象，并尝试用平面镜成像的特点加以解释。图 2–31（b）中，*MN* 表示水面，*AB* 表示岸边的一棵树，请画出树在水中所成的像。



（a）



（b）

图 2–31

3. 用反光纸制作柱面镜、哈哈镜，观察它们所成的像有什么特点，并与同学交流。

4. 我国古代诗词中有许多与光现象有关的精彩句子。例如，辛弃疾的“溪边照影行，天在清溪底。天上有行云，人在行云里”。请用物理知识说明它们所描述的现象，再查找一些类似的诗句，并与同学交流。

四、光的反射

光射到物体表面时，有一部分会被物体表面反射回来，这种现象称为光的**反射**（reflection）。为什么平面镜能成像？这与光的反射有关。那么，光的反射有什么规律呢？

光的反射定律

活动 2.5 初识光的反射

试一试

如图 2–32 所示，将一束光照射到平面镜上，它的反射光在光屏（或白色墙壁）上形成一个光斑。尝试改变入射光照射到平面镜上的角度，观察反射光和光斑位置的变化。

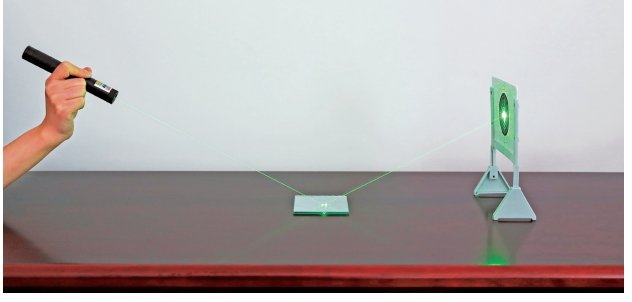


图 2–32 初识光的反射

猜一猜

根据你观察到的现象猜测：当入射光的方向改变时，反射光的方向如何变化？在什么情况下反射光与入射光重合？反射角与入射角之间可能有什么关系？

信息快递

如图2–33所示，过入射点 O 并垂直于镜面的直线 ON 称为法线；入射光线与法线的夹角 α 称为入射角，反射光线与法线的夹角 β 称为反射角。

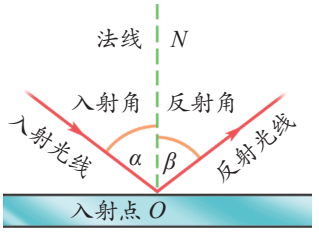


图 2–33 光的反射

学生实验 探究光的反射定律

想一想：怎样才能方便地改变和测量入射角与反射角？

实验与记录

1. 如图 2–34 所示，平面镜水平放置，将一束光斜射到平面镜上，尝试用一块白板去寻找入射光和反射光，并使它们同时呈现在白板上。看一看，此时白板和镜面的位置关系。在白板上画出入射光线、反射光线和法线。

2. 使入射光与法线重合，从 0° 开始逐步增大入射角，多次测量入射角和对应的反射角，将数据记录在下表中。

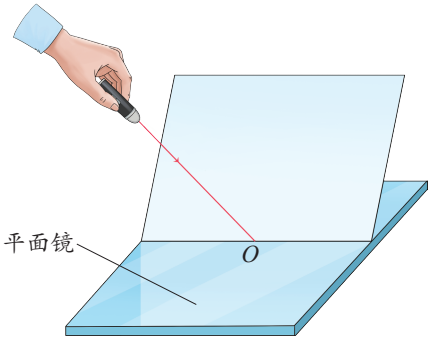


图 2–34 探究光的反射定律

实验序号	入射角 α / °	反射角 β / °
①		
②		
③		

交流与小结

反射光线与入射光线所在的平面与镜面之间有什么位置关系？反射角与入射角的大小有什么关系？

实验表明：**光反射时，反射光线、入射光线和法线在同一平面内，反射光线、入射光线分居在法线两侧，反射角等于入射角。**这就是光的反射定律。

信息快递

在上面的实验中，让光逆着反射光的方向射到镜面，反射后的光会逆着原来入射光的方向射出。这表明光路是可逆的。用光路可逆可以解释生活中的很多现象。例如，如果你在平面镜中看到了另外一位同学，那么对方通过这面镜子也能看到你。

射到平面镜的任何一条入射光的反射光都遵循这个规律。如图 2–35 所示，透明玻璃罩内充有烟雾，将一束激光射向平面镜中心处，入射光、反射光的光路就会清楚地显示出来。改变入射光的方向，反射光的方向随之改变。

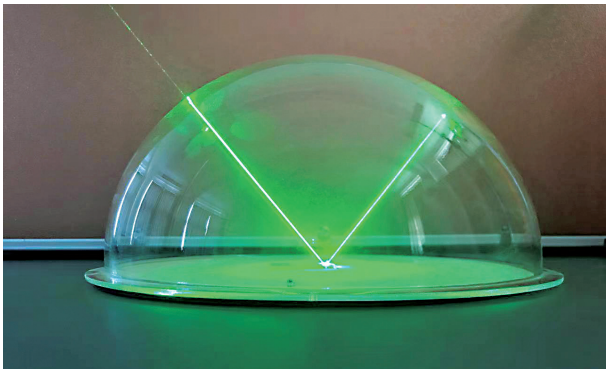
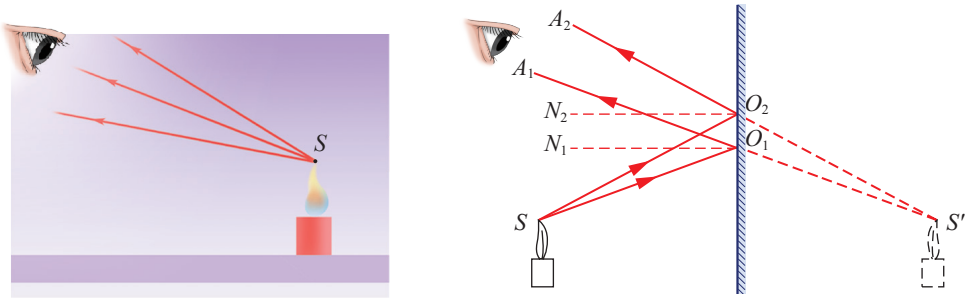


图 2–35　光的反射

读一读　人眼怎样看到平面镜所成的像

如图 2–36（a）所示，烛焰上的一点 S 向周围发出光，其中有一部分光射入人眼，人就看到了这个点。烛焰上所有点发出的光，都会有一部分进入人眼，因此人就会看到整个烛焰。

如图 2–36（b）所示，设来自烛焰上点 S 的两条光线经平面镜反射后进入人眼，这两条光线的入射点分别为 O_1 和 O_2，根据光的反射定律，可作出反射光线 O_1A_1 和 O_2A_2。它们的反向延长线（虚线）相交于平面镜后的点 S'，人会感到光好像是从点 S' 发出的，点 S' 就是点 S 的虚像。同理，烛焰上的其他点也都能通过平面镜形成对应的虚像点，因而形成整个烛焰的虚像。由此可见，烛焰的虚像并不发光，它是由射入人眼的反射光所形成的视觉效果。



（a）人眼看到蜡烛　　（b）人眼看到蜡烛在平面镜中成的像

图 2–36　人眼怎样看到平面镜所成的像

镜面反射与漫反射

在暗室里，将一块小平面镜平放在较大的白纸上，用手电筒照射镜面，避开镜面反射光的方向观察，镜面和白纸被光照射的部分哪个显得更亮？



图 2–37 用手电筒照射置于白纸上的镜面

观察发现，镜面是暗的，而白纸显得较亮，如图 2–37 所示。这是为什么呢？

原来，不同的物体表面对光的反射是有差异的。平面镜的表面平整、光洁，当平行光入射到平面镜上时，反射光仍是平行的，如图 2–38 所示。这种反射叫作**镜面反射**（mirror reflection）。如果眼睛不在反射光的方向上，反射光就不会进入眼睛，因此看到的镜面是暗的。而白纸表面相对粗糙，图 2–39 所示是在显微镜下看到的白纸表面的情形。当平行光射到白纸上时，由于白纸的表面凹凸不平，反射光就会射向四面八方，如图 2–40 所示。这种反射叫作**漫反射**（diffuse reflection）。由于无论在什么方向上，眼睛都能接收到白纸反射的光，因此除特定方向外，白纸比镜面显得更亮。在光照环境中，我们在各个方向上都能看见不发光的物体，就是因为光在物体表面发生了漫反射。

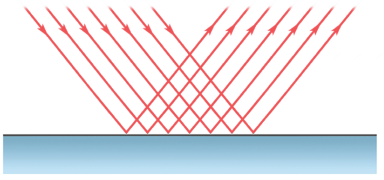


图 2–38 镜面反射

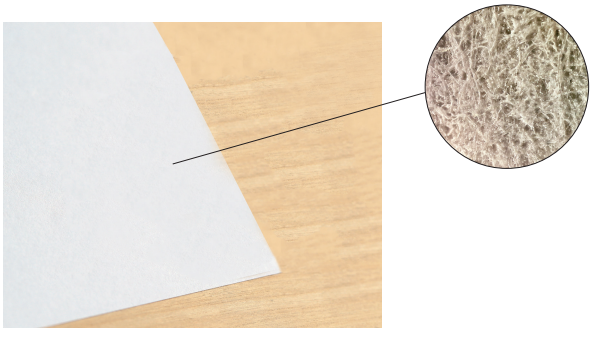


图 2–39 显微镜下看到的白纸表面

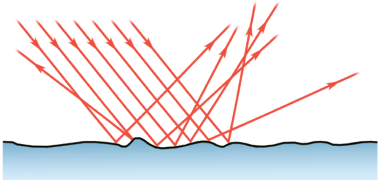
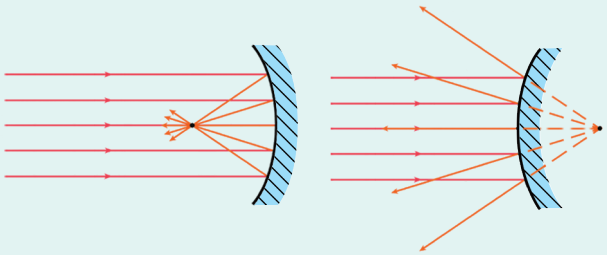


图 2–40 漫反射

生活 物理 社会　凹面镜和凸面镜

平面镜的镜面是平的，而有些镜子的表面是曲面，如凹面镜和凸面镜。如图 2–41 所示，凹面镜对光有会聚作用，凸面镜对光有发散作用，它们都能成像且有很多应用。



（a）凹面镜　　（b）凸面镜

图 2–41　凹面镜和凸面镜对光的反射

利用凹面镜对光的会聚作用，可使光的能量集中。手电筒中的反光罩、太阳灶、点燃杭州亚运会圣火的装置（图 2–42）等都是凹面镜。

与平面镜相比，凸面镜能扩大视野。汽车的后视镜、道路拐弯处的反光镜（图 2–43）等大多是凸面镜。在山区道路的拐弯处设置凸面镜，有利于避免交通事故的发生。



图 2–42　点燃杭州亚运会圣火的凹面镜

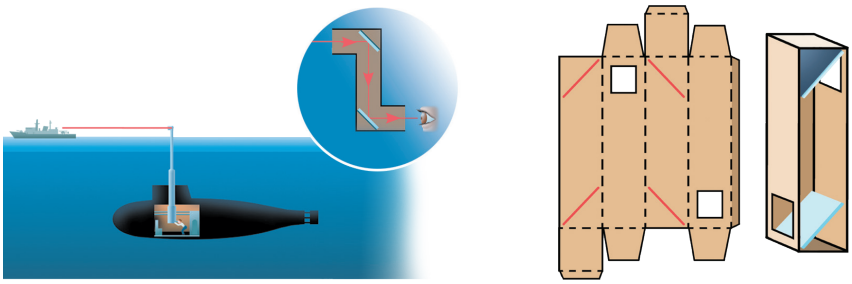


图 2–43　道路拐弯处的反光镜

实践与练习

1. 找出自己身边利用光的反射来工作的器具，并和同学交流。

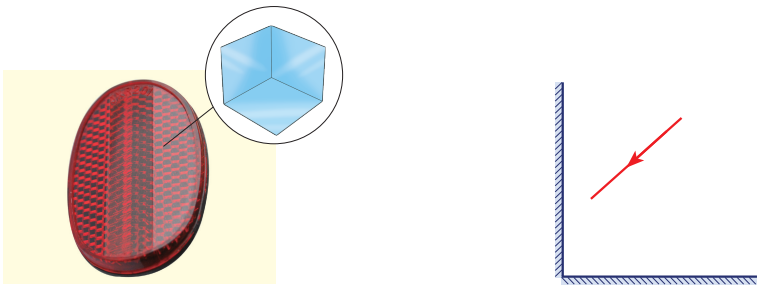
2. 利用潜望镜，潜艇中的人在水下也能观察水面上的情况，如图 2–44（a）所示。请参考图 2–44（b），利用两块平面镜自制一个简易潜望镜。



（a）　　（b）

图 2–44

3. 如图 2–45（a）所示，自行车尾灯本身并不发光，它是由许多角反射器组成的反光装置。角反射器是由互相垂直的反光面组成的，当汽车的灯光照在它上面时，它能将光反射回来，以引起司机的注意。请在图 2–45（b）中画出入射光线经两个平面反射的光路，看看最终的反射光线和最初的入射光线在方向上有何关系。



（a）　　（b）

图 2–45

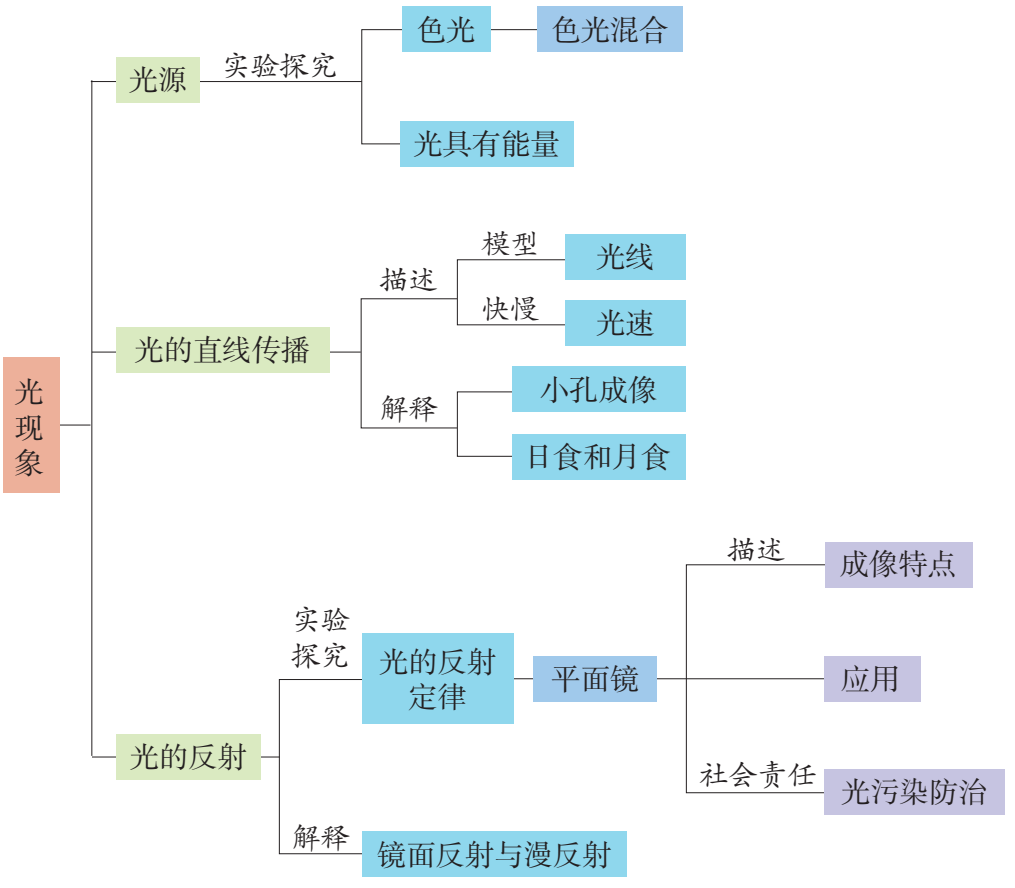
4. 参照图 2–46，拍摄几张含有反射现象的照片，用你所学的知识解释照片中的现象。



图 2–46

素养进阶

内容梳理



反思提升

1. 绿色植物光合作用、太阳能热水器、太阳能电池板等都利用了光能。你还能举出哪些实例说明光具有能量？

2. 光在均匀介质中沿直线传播。为了清楚地看到光在空气和水中的传播路径，我们采取了什么方法？如图 2–47 所示，光照到物体上形成影子，为什么能够说明光是沿直线传播的？此外，有哪些证据说明光可以在真空中传播？



图 2–47

3. 光线是一种物理模型，它可以形象地描述光的传播路径和方向。请说出本章用光线描述光传播路径的例子。

4. 平面镜所成的像是虚像，像与物关于镜面对称。在探究平面镜成像特点时，为什么用茶色玻璃板代替平面镜？如何确定像的大小和像的准确位置？

5. 平面镜在日常生活中有哪些应用？用光的反射定律解释其原理。

问题解决

1. 通过调查，了解学校或家庭所在的社区有哪些光污染现象，它们对你的生活和学习有什么影响？了解光污染的防治措施，提出减少光污染的合理化建议。

2. 如图 2–48 所示，被隔板隔开的两个人偶不能直接“看到”对方，但人偶 A 可以从平面镜中“看到”人偶 B。人偶 B 能否看到人偶 A？请你和同学试着做一做，并解释实验现象。

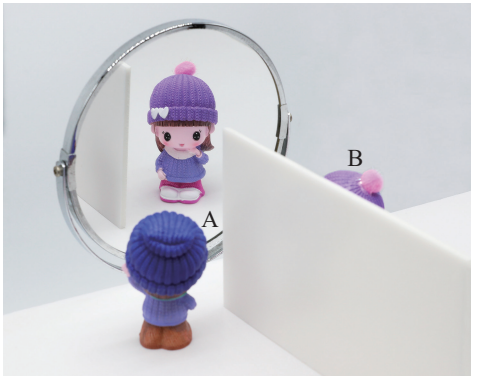


图 2–48

3. 晴天，树荫下的地面上有许多光斑，如图 2–49 所示。请在中午时到树荫下观察，描述你看到的光斑的特点。尝试通过实验来探究影响树荫下光斑形状和亮度的因素。



图 2–49

拓展视力的“神镜”

第三章 光的折射 透镜

- 光的折射
- 透　镜
- 凸透镜成像的规律
- 透镜的应用
- 人眼看不见的光
- 跨学科实践

远在古代，人类就渴望认识神秘的宇宙。

他们崇拜眼睛，想象把自己的眼睛延长……

透镜使人类的夙愿成为现实。

眼镜，矫正人的视力；

显微镜、望远镜，延展人类的视觉空间；

照相机，捕捉美好瞬间。

……

这些形形色色的仪器，乃至我们的眼睛，都与透镜成像有关。

透镜为什么会成像？

透镜成像有什么特点？



一、光的折射



从岸上看，为什么会觉得水的深度比它的实际深度要浅呢？

折射现象

活动 3.1 观察光的折射现象

1. 如图 3–1 所示，将一束光斜射到容器底面点 O 处；向容器中注水，观察底面上光斑的位置是否发生变化。

2. 设法使光束在空气和水中的传播路径显示出来，观察光传播的方向是否变化。

3. 使光束垂直于水面射入，观察光的传播方向；改变光的入射方向，观察光的传播方向怎样变化。

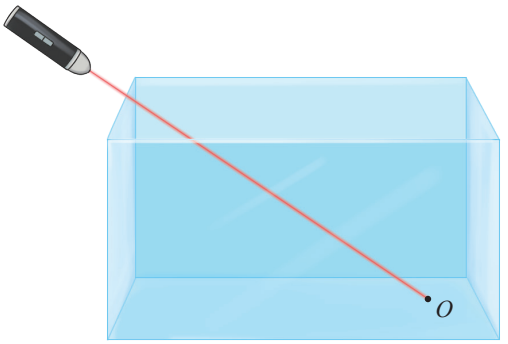


图 3–1 观察光的折射现象

通过上述活动发现，当光垂直射入水中时，传播方向不变；当光斜射入水中时，传播方向会发生偏折。光从一种介质斜射入另一种介质时，传播方向发生偏折的现象叫作光的**折射**（refraction）。

信息快递

如图 3–2 所示，过入射点 O 且垂直于分界面的直线 NN' 称为法线。AO 是入射光线，OB 是折射光线；入射光线与法线的夹角 α 称为入射角，折射光线与法线的夹角 γ 称为折射角。

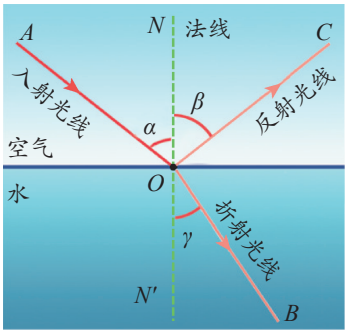


图 3–2 光的折射

折射的特点

活动 3.2 探究光的折射特点

1. 实验装置如图 3–3 所示。向水槽中注水，使水面恰好通过背景屏的圆心 O。

将一束光从空气经圆心 O 射入水中，观察背景屏上显示的光路。折射光线、入射光线和法线是否在同一平面内？从垂直入射开始，逐次增大入射角，折射角如何变化？折射角与入射角的大小关系如何？

使一束光从水中经圆心 O 射入空气，逐次改变入射角，比较折射角和入射角的大小。

光从空气斜射入水中和从水斜射入空气中，折射情况有什么不同？

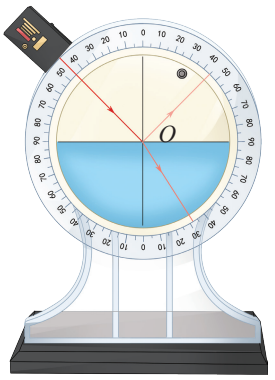


图 3–3 探究光的折射特点

2. 如图 3–4 所示，假设一束光从空气射入玻璃砖，再从它的另一侧射出。光在经过两个界面时分别向哪个方向偏折？试一试。

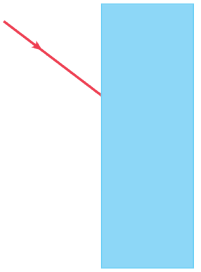


图 3–4 光射入玻璃砖

实验发现，当光从空气斜射入水（或玻璃）中时，折射光线偏向法线方向，即折射角小于入射角；当光从水（或玻璃）斜射入空气中时，折射光线偏离法线方向，即折射角大于入射角。

人们由大量实验归纳出光的折射特点：

当光从一种介质斜射入另一种介质时，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；入射角增大（或减小）时，折射角也随之增大（或减小）。

例题　如图 3–5 所示，将硬币放在碗底，然后后退至恰好看不到硬币的位置停下。请另一位同学向碗中缓缓注水（注意不要移动硬币的位置），当水面上升到一定高度时，你就能再次看到硬币了。试一试，并解释其原因。

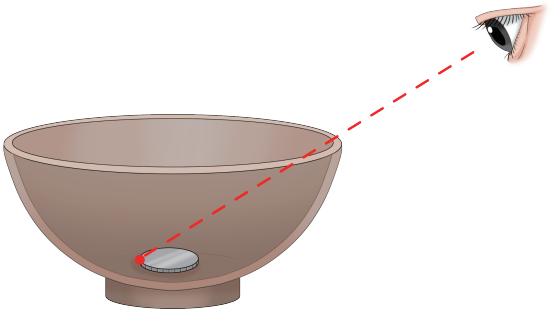
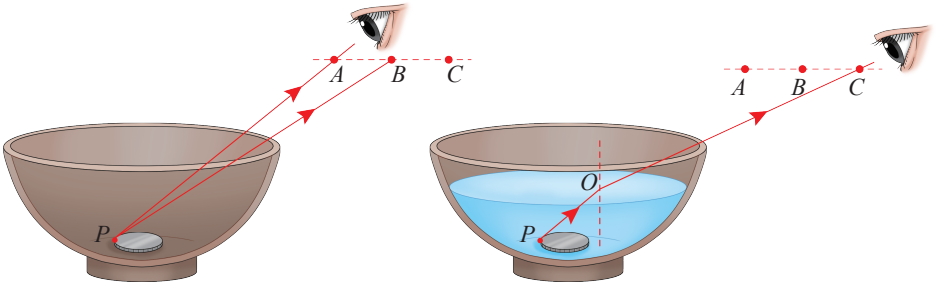


图 3–5

分析　看不到硬币，是由于来自硬币的光被碗壁挡住了。加水后，光从水射向空气，由于折射角大于入射角，因而能再次看到硬币。解答时可借助示意图说明。

解答　如图 3–6（a）所示，眼睛从 A 处移到 B 处的过程中都能看到硬币，再稍向后移（如 C 处），碗壁挡住了来自硬币的光，因而看不到硬币。如图 3–6（b）所示，加水后来自硬币 P 的光 PO 从水射向空气，由于折射角大于入射角，折射光 OC 得以进入眼睛，因而能再次看到硬币。



（a）　　（b）

图 3–6

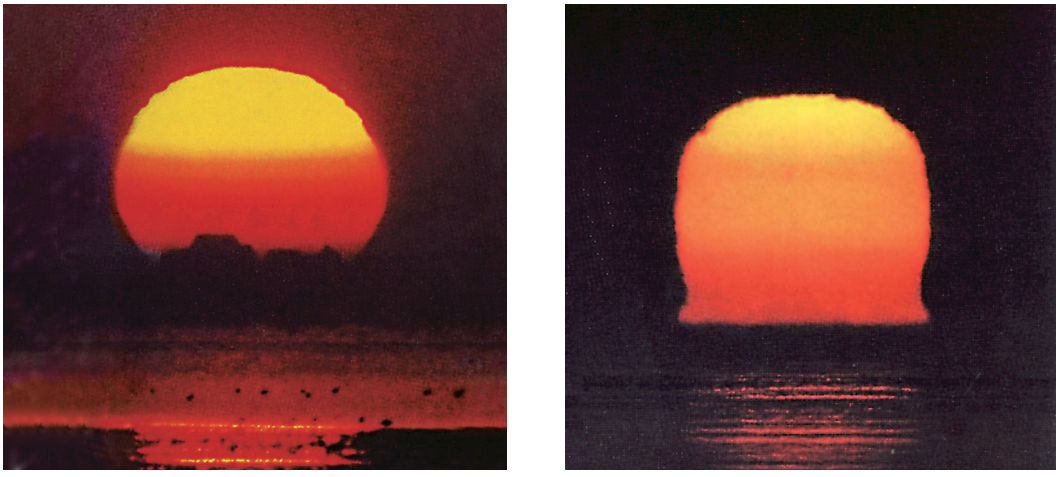
反思　回顾本节开头的情景，现在你知道从岸上看会觉得水的深度比它的实际深度浅的原因了吗？

读一读 太阳奇观

太阳变形的奥秘

我们知道，光从一种介质进入另一种介质时会发生折射。其实，即使在同一种介质中，如果介质的疏密分布不同，光也会发生折射。

例如，夏天的傍晚，海水温度和空气温度相差较大，造成海面附近空气的疏密分布不同。当光在疏密分布不同的空气中传播时，就会发生折射。图 3–7 所示是我们看到的由于光的折射而变形的太阳。



（a）变扁的太阳　　（b）变方的太阳

图 3–7 变形的太阳

罕见的“三日同辉”——幻日

如图 3–8 所示，在太阳的左右两侧各有一个特别明亮的地方，看上去像天空中同时有三个大小不同的太阳，这种现象称为幻日。产生这种奇特现象的原因是什么？

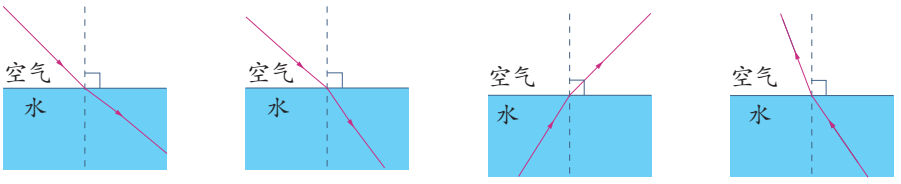
原来，高空中悬浮着许多形状规则的小冰晶，当太阳光经过它们时，会发生反射和折射，在特定的环境下就会产生幻日现象。



图 3–8 幻日

实践与练习

1. 图 3–9 是同学们探究光的折射特点时猜想的光路图，哪些是错误的？



（a）　（b）　（c）　（d）

图 3–9

2. 光从空气斜射到玻璃表面，除了发生折射，还会发生反射。试在图 3–10 中标明入射光线、折射光线和反射光线，并用箭头标出光的传播方向。

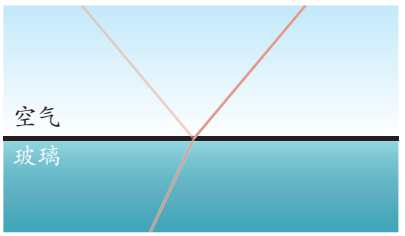


图 3–10



图 3–11

3. 把玻璃杯放在有字的卡片上，往杯内注水近满，如图 3–11 所示，由上向下观察，比较你看到的杯外和杯内的文字。描述你看到的现象，并解释产生这一现象的原因。

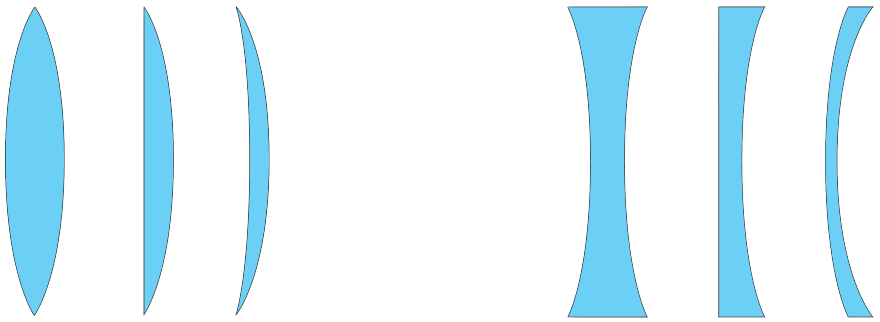
4. 如图 3–12 所示，将筷子插入圆柱形的透明玻璃杯中。请用多种方式试一试：改变筷子在水杯中的位置和角度，从不同的方向观察，并分别拍摄照片与同学分享。



图 3–12

二、透　镜

生活中常见的眼镜，它的镜片就是透镜（lens）。透镜通常可以分为凸透镜（convex lens）和凹透镜 (concave lens)，如图 3–13 所示。



（a）凸透镜中央厚、边缘薄　　（b）凹透镜中央薄、边缘厚

图 3–13　凸透镜和凹透镜

初识透镜

活动 3.3 初识凸透镜和凹透镜

1. 如图 3–14 所示，分别通过凸透镜和凹透镜观察书上的文字（透镜距书较近），你有什么发现？

2. 用眼镜代替透镜进行上述观察，辨别你或其他同学眼镜的镜片属于哪种类型的透镜。



图 3–14　通过透镜观察书上的文字

观察发现，用凸透镜可以看到正立、放大的像，而用凹透镜看到了正立、缩小的像。

通常所说的放大镜就是凸透镜。老年人戴的老花镜的镜片也是凸透镜。近视眼镜的镜片是凹透镜。

认识透镜对光的作用

活动 3.4 观察平行光通过透镜后的现象

分别将凸透镜和凹透镜正对着太阳，或是正对着平行光源，再将光屏放在透镜的后方，改变光屏到透镜的距离，你看到了哪些现象？

在图 3–15 中把你观察到的现象画出来。

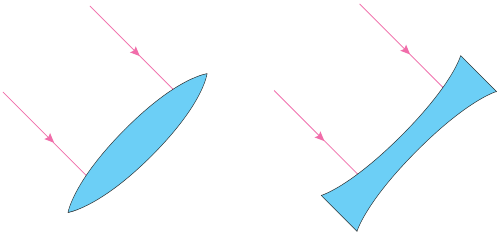
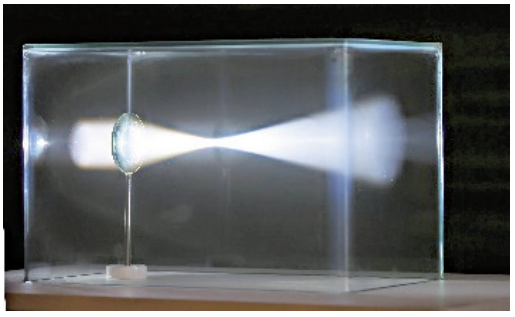
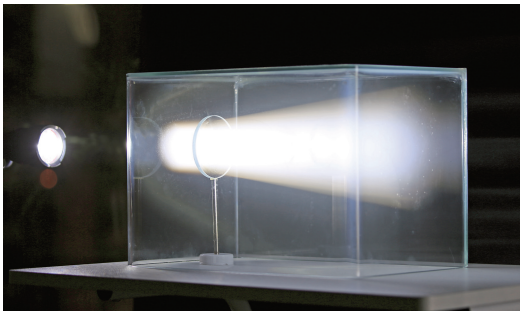


图 3–15　画出平行光通过透镜的现象

图 3–16 是在充满烟雾的容器内，用平行光照射凸透镜和凹透镜观察到的现象。



（a）凸透镜对光的会聚作用



（b）凹透镜对光的发散作用

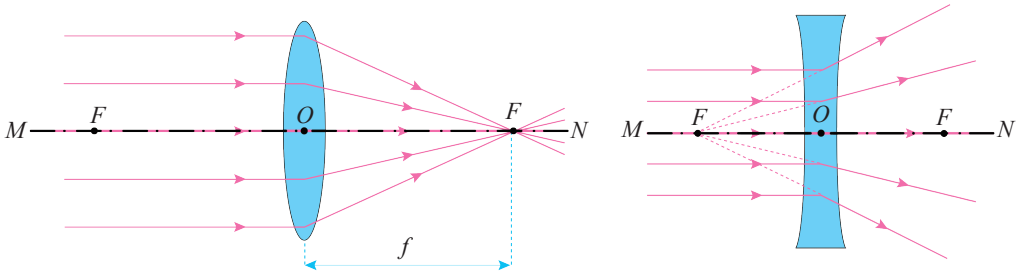
图 3–16　透镜对光的作用

由实验可知，凸透镜对光有会聚作用，所以凸透镜又叫会聚透镜。凹透镜对光有发散作用，所以凹透镜又叫发散透镜。

凸透镜能使平行于主光轴的光会聚于一点，这个点叫作**焦点**（focus），用 F 表示。焦点到光心的距离叫作**焦距**（focal length），用 f 表示，如图 3–17（a）所示。平行光通过凹透镜后会发散开来，如图 3–17（b）所示。

信息快递

一般把透镜的中心称为光心（图 3–17 中的 O 点），把通过光心且垂直于透镜表面的直线称为主光轴（图 3–17 中的直线 MN）。



（a）平行光通过凸透境的光路　　（b）平行光通过凹透镜的光路

图 3–17　平行光通过透镜的光路

观察凸透镜成像



图 3–18　正立、放大的像

如图 3–18 所示，用凸透镜观察邮票，可以看到正立、放大的像。能否因此认为凸透镜所成的像都是正立、放大的呢？

活动 3.5　用凸透镜观察物体

1. 用凸透镜观察书上的文字。从贴近书上的文字开始，逐渐增大凸透镜与书的距离，你看到的文字是怎样变化的？你有什么发现？

2. 通过凸透镜观察窗外的景物，你看到的像有什么特点？它是倒立的还是正立的，是放大的还是缩小的？如图 3–19 所示，在凸透镜后面放一张白卡纸，并调整它到凸透镜的距离，在白卡纸上能否看到窗外景物的像？



图 3–19　白卡纸上能呈现窗外景物的像吗

观察发现，适当调整物体和光屏到凸透镜的距离，也能看到倒立、缩小或倒立、放大的像，并且有的像还可以呈现在光屏上。

实践与练习

1. 如图 3–20 所示，用铁丝绕成一个内径约 4 mm 的圆环，将圆环在清水中浸一下后取出，圆环内部形成的水膜犹如一个透镜。试用一种简易的方法辨别它是凸透镜还是凹透镜。轻轻甩去少量的水（保持水膜完好），结果又会怎样？



图 3–20



图 3–21

2. 如图 3–21 所示，照片中的眼镜是近视眼镜还是远视眼镜？

3. 在利用太阳光测量凸透镜的焦距时，小明将凸透镜正对着太阳，再把一张纸放在它的下方，如图 3–22 所示。当在纸上呈现一个并非最小的光斑时，测得这个光斑到凸透镜的距离为 l。小明推断，凸透镜的焦距 f 一定大于 l。你认为小明的推断正确吗？请说明理由。



图 3–22

三、凸透镜成像的规律

在活动 3.5 中，我们看到凸透镜能成不同的像，且成像的情况与物体到透镜的距离有关。凸透镜成像有怎样的规律呢？

学生实验　探究凸透镜成像的规律



组装与调节

1. 按图 3–23 所示组装实验器材，了解凸透镜的焦距并记录。



图 3–23　探究凸透镜成像的规律

2. 为了使烛焰的像呈现在光屏的中央，想一想，应该如何调节？调节后，将凸透镜固定在光具座中央。

实验与记录

1. 点燃蜡烛，并使之远离凸透镜。调整光屏位置，直至光屏上呈现烛焰的像。测量物距和像距，并将成像的情况记录在下表中。

2. 逐次减小物距，重复上述操作并记录，直至在光屏上无法呈现烛焰的像。

信息快递

物体到透镜的距离称为物距（u）。像到透镜的距离称为像距（v）。能在光屏上呈现的像称为实像（real image），它是由实际光线会聚形成的。

凸透镜的焦距 f = _____ cm

实验序号	物距 u / cm	像距 v / cm	像的性质		
			正立或倒立	放大或缩小	实像或虚像
①					
②					
③					
④					
⑤					
⑥					

3. 当物距小到一定程度时，就不能从光屏上观察到像，此时物距是多大？回顾用放大镜观察邮票的情景，移开光屏，用眼睛通过凸透镜观察，你看到了什么？

4. 在逐次减小物距的过程中，像的大小如何变化？由此推测，是否存在像和物大小相等的情况？如果有，这时像距、物距和焦距的大小有什么关系？试一试，你的推测正确吗？

交流与小结

回顾实验过程，并与其他组的同学交流，总结凸透镜成像的规律，并填写下表。

物距	像的性质	像距
$u > 2f$		
$u = 2f$		
$f < u < 2f$		
$u < f$		

实验表明，**物体通过凸透镜成像的性质与物距有关**。主光轴上有两个位置是成像性质变化的分界点，一个是二倍焦距处，另一个是一倍焦距处（焦点处）。**二倍焦距处，是物体成缩小像与放大像的分界点；一倍焦距处，是物体成倒立实像与正立虚像的分界点。**

实践与练习

1. 图 3–24 记录了三次改变物距的成像情况，请用 A'、B'、C' 分别对应标出物体在位置 A、B、C 时所成的像。

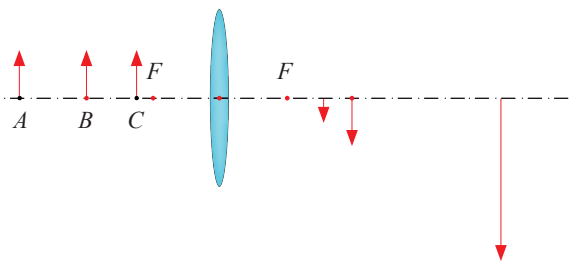


图 3–24

2. 想一想，生活中哪些地方用到了凸透镜？为什么这些地方要用凸透镜？

3. 将一个凸透镜正对着太阳，可在距凸透镜 20 cm 处得到一个最小、最亮的光斑，如图 3–25 所示。若将一个物体放在此透镜前 30 cm 处，请写出在凸透镜的另一侧得到的像的性质。



图 3–25

4. 当物体通过凸透镜成实像时，物体距离凸透镜越远，所成的像越接近焦点。若物体距离凸透镜足够远（大于 10 倍焦距），则所成的像到凸透镜的距离就近似等于透镜的焦距。请你据此设计一种估测凸透镜焦距的简便方法。试着测一测，并简要写出实验步骤。

四、透镜的应用

照相机和眼球

照相机是利用凸透镜能成缩小实像的原理制成的。以现在最常用的数码相机为例，数码相机的镜头相当于一个凸透镜，来自物体的光通过镜头成像在感光器件上，如图 3–26 所示，感光器件将光信号转换为电信号，可在显示屏上显示出来。

人的眼球像一架神奇的照相机，晶状体相当于照相机的镜头，视网膜相当于照相机的感光器件。来自物体的光通过晶状体成像于视网膜上，如图 3–27 所示，视觉神经把信息传递给大脑，人就产生了视觉。

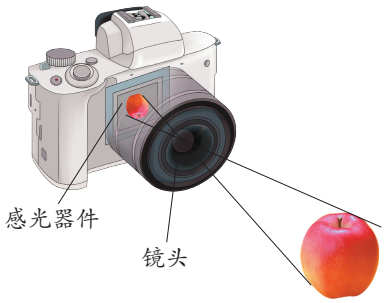


图 3–26 数码相机

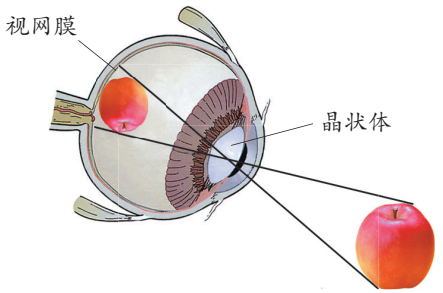
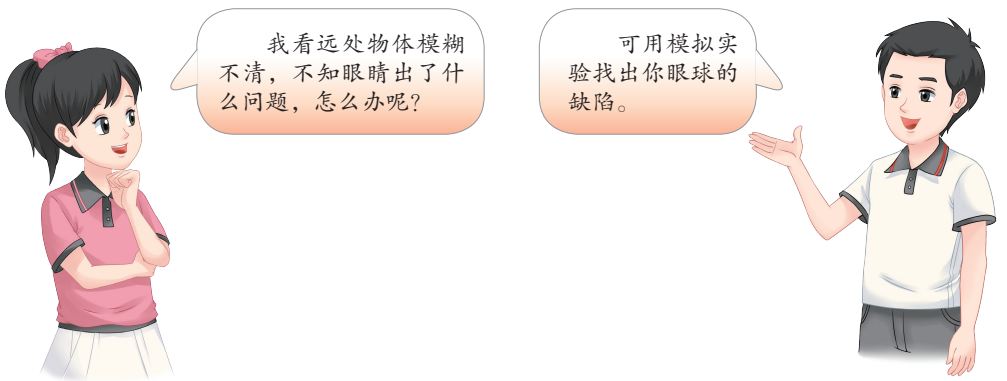


图 3–27 眼球

当被观察的物体与人眼的距离改变时，人眼可以通过调节肌肉的松紧来改变晶状体的弯曲度，即可改变晶状体的焦距，使物体仍能在视网膜上成像。与人眼相似，现在大多数照相机镜头的焦距也是可以调节的。

视力的缺陷与矫正



活动 3.6 模拟探究近视眼的缺陷

做一做

如图 3–28 所示，将凸透镜看作眼球的晶状体、光屏看作视网膜，给“眼睛”戴上近视眼镜，使烛焰在“视网膜”上成像，并标出此时光屏的位置。移去近视眼镜，光屏上的像变得模糊了，这就是近视眼所看到的景象。

移动光屏，使光屏上烛焰的像重新变清晰，标出光屏的位置。

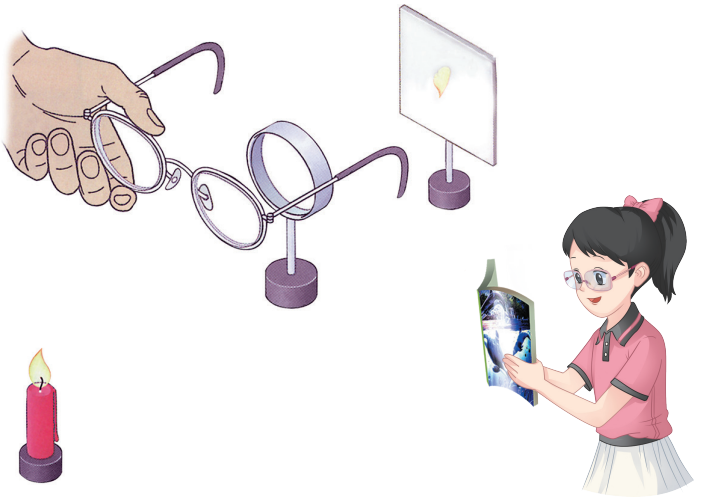


图 3–28　模拟探究近视眼的缺陷

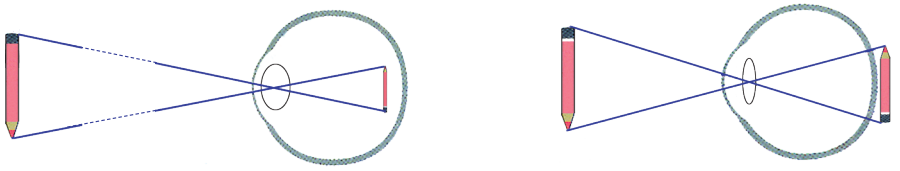
说一说

近视眼看远处的物体时，物体通过晶状体所成的像落在视网膜前方还是后方？

常见的视力缺陷有近视和远视，它们都是由于人眼的调节功能降低，不能使物体成像在视网膜上引起的。

近视眼看不清远处的物体，是因为晶状体的弯曲度经调节后，物体的像仍落在视网膜的前方，如图 3–29（a）所示。利用凹透镜能使光发散的特点，在眼球前面放一个合适的凹透镜，就能使像向后移到视网膜上。

远视眼看不清近处的物体，是因为晶状体的弯曲度经调节后，物体的像仍落在视网膜的后面，如图 3–29（b）所示。利用凸透镜能使光会聚的特点，在眼球前面放一个合适的凸透镜，就能使像向前移到视网膜上。



（a）近视眼（成像于视网膜前）　　（b）远视眼（成像于视网膜后）

图 3–29　近视眼与远视眼

读一读　眼镜的度数

眼镜的度数表示的是镜片（透镜）折光本领的大小。我们知道，近视或远视程度越严重，所配眼镜的度数越高。镜片的度数越高，焦距就越短，发散或会聚光的本领就越大。

眼镜的度数在数值上等于镜片焦距（以米为单位）倒数的 100 倍。远视镜片（凸透镜）度数为正，近视镜片（凹透镜）度数为负。例如，焦距为 0.5 m 的远视镜片度数为 200 度，焦距为 0.2 m 的近视镜片度数为 –500 度。

望远镜和显微镜

望远镜（telescope）能使远处的物体在近处成像。观看演出时，借助望远镜可以清晰地看到远处舞台上的精彩表演；旅行时，也可用望远镜来欣赏远处的风景。图 3–30 所示是一架双筒望远镜。

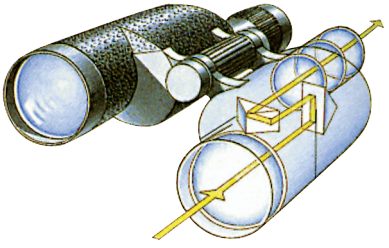


图 3–30　双筒望远镜

不能用望远镜直接观察太阳或其他强光源！

1608 年，荷兰的一位眼镜制造师在通过两个透镜看远处的物体时，意外地发现远处的物体好像变近了，从而使望远镜得以发明。

如图 3–31 所示，一般的单筒天文望远镜可看作是由两个透镜组成的，靠近人眼的透镜叫作目镜，靠近被观察物体的透镜叫作物镜。目镜的焦距较短，物镜的焦距较长。将它对准远处的物体（如月球）进行观察时，物体发出的光经物镜折射后成缩小的实像，再通过目镜的放大作用，增大视角，我们就能清楚地看到远处物体的像。



图 3–31　单筒天文望远镜

信息快递

视角是指从物体两端向眼的光心引出的两条光线的夹角。如图 3–32 所示，当远处的物体移近时，视角增大，因此能更清楚地看到物体。用望远镜观察物体时，望远镜所成的像离我们的眼睛很近，增大了视角，因而通过望远镜能清楚地看到远处的物体。

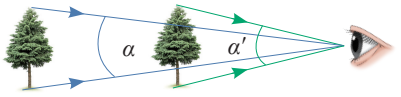


图 3–32　物体移近，视角增大

生活　物理　社会　光学天文望远镜的发展

第一位把望远镜用于天文观测的是意大利物理学家伽利略。他用自制的望远镜（图 3–33）观察天体，并以确凿的证据支持了哥白尼的“日心说”。伽利略制作的望远镜是用一块凸透镜作为物镜、用一块凹透镜作为目镜制成的，通常叫作伽利略望远镜。



图 3–33　伽利略望远镜

1611 年，德国天文学家开普勒用两个凸透镜组成望远镜。这种望远镜更适宜于观察天体，通常称为开普勒望远镜。

1668 年，牛顿用金属磨成的凹面镜代替凸透镜作为物镜，制

成了第一架反射式望远镜，如图 3–34 所示。由于这种望远镜可以使接收光的口径更大并能较好地消除色差，因此现代大型天文望远镜大多采用这种结构。

1990 年，哈勃空间望远镜（图 3–35）被送入太空，它避免了大气层的干扰，将人们的视觉范围扩展到遥远的宇宙深处。



图 3–34 牛顿制造的反射式望远镜



图 3–35 哈勃空间望远镜

显微镜（microscope）可以帮助我们看清肉眼看不见的微小物体，如微生物、动植物的细胞等。显微镜的物镜和目镜都是凸透镜，与开普勒望远镜不同的是，它的物镜的焦距很短、目镜的焦距较长。微小的物体经过物镜和目镜两次放大后，人眼就可以看清楚了。图 3–36 和图 3–37 所示是光学显微镜和光学显微镜下的洋葱鳞片叶表皮。



图 3–36 光学显微镜

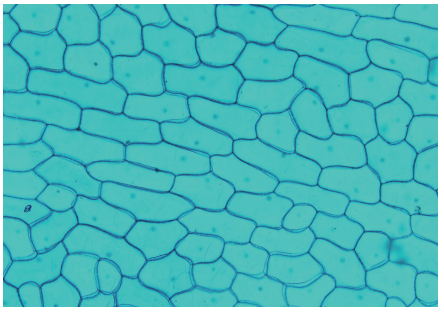


图 3–37 光学显微镜下的洋葱鳞片叶表皮

国家工程　南极巡天望远镜和月基光学望远镜

南极巡天望远镜（图 3–38）是我国自主研发的可远程遥控、无人值守运行的天文光学望远镜。它安装在位于南极大陆最高点冰穹 A 的昆仑站，包括三台通光口径为 50 cm 的望远镜。冰穹 A 所处位置大气层透过率高、受大气湍流影响小，且全年有数月连续黑夜，因此它是地球上最理想的天文观测点之一。

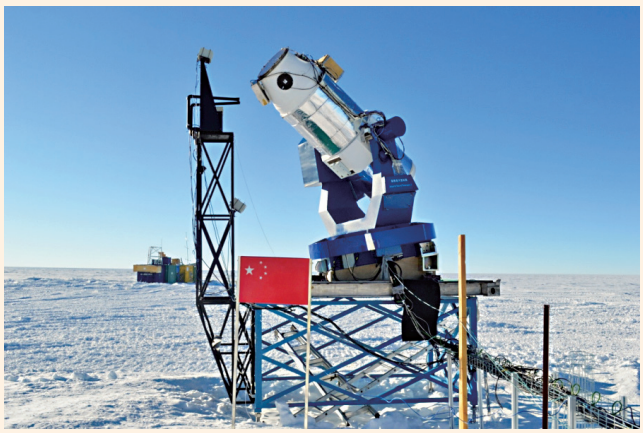


图 3–38　南极巡天望远镜

2017 年，南极巡天望远镜克服极寒、暴风雪等恶劣天气，首次实现无人值守的越冬运行和连续观测，发现了大量高置信度的系外行星候选体，并于当年 8 月 18—28 日开展有效观测，成功追踪探测到国际上双中子星并合引力波事件的首例光学信号，为本次引力波的全球探测提供了重要观测数据。

我国在月球上的天文观测也取得突破性进展。月球上没有大气层，进行天文观测不受大气层干扰，且月球自转较慢，可利用望远镜对同一天体进行持续观测。因此，月球表面具有得天独厚的天文观测条件。2013 年，我国“嫦娥三号”月球探测器成功发射并着陆月球表面，它携带的月基光学望远镜首次从月球观测太空，获得了大量第一手科学探测数据。月基光学望远镜实现了人类首次依托地外天体平台开展自主天文观测，使我国在恒星演化、高能天体等领域的研究水平得到进一步提高。月基光学望远镜的研制和运行，为人类在月球开展更复杂的重大天文观测奠定了良好基础。

实践与练习

1. 人眼的晶状体相当于凸透镜。观察物体时，物体在视网膜上所成的像有哪些特点？

2. 向眼镜销售或制造人员请教，有哪些辨别眼镜类型及估测眼镜度数的简便方法？请尝试用学过的光学知识加以解释。

3. 如图 3–39 所示，透过盛有水的水杯观察人偶。改变人偶与水杯的距离，描述你所看到的像的特点，并分析原因。



图 3–39

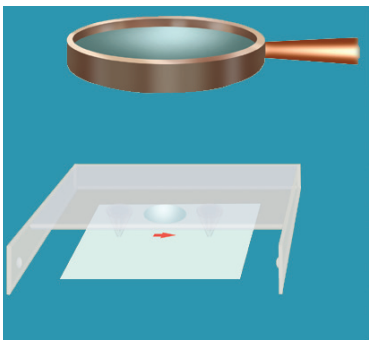


图 3–40

4. 小水滴相当于一个焦距较短的凸透镜，再选用一个焦距较长的凸透镜作为目镜，自制一个水滴显微镜，如图 3–40 所示，并用它观察细盐粉、头发丝、昆虫翅膀等。

5. 调查班上同学的视力状况和用眼习惯（如连续看电视、看手机、看书、做作业的时间），并查阅资料，了解保护视力的方法，对用眼卫生等提出合理的建议。

五、人眼看不见的光

红 外 线

1800 年，英国科学家赫歇尔（Frederick William Herschel，1738—1822）在研究各种色光的热效应时发现一个奇怪的现象：当温度计放在色散光带红光外侧时，其示数也会增大。由此，他推测这一区域存在一种人眼看不见的光。今天，人们利用灵敏的温度传感器，很容易再现赫歇尔当年的实验现象。

活动 3.7 观测红外线的热效应

如图 3–41 所示，一束白光通过三棱镜获得色散光带，将温度传感器与计算机连接，把温度传感器探头分别放在红光内侧和外侧，你观察到什么现象？这说明什么问题？

当温度传感器探头放在红光外侧时，在计算机屏幕上可以看到温度随着时间上升的图像，如图 3–42 所示。

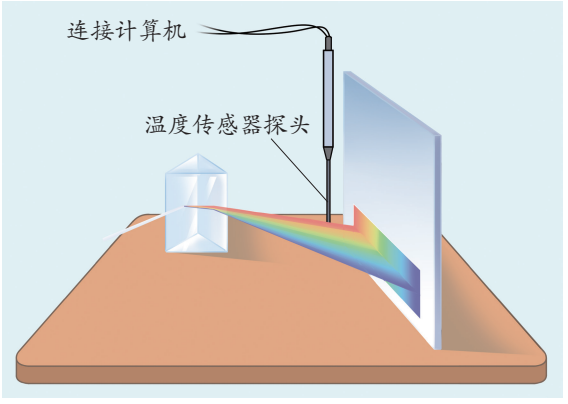


图 3–41 观测红外线热效应的实验装置

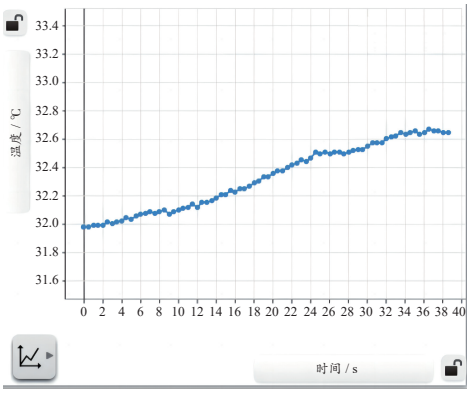


图 3–42 温度—时间图像

实验发现，太阳光中，除了人眼能感受到的可见光，还有一些光人眼无法察觉，这些光称为不可见光。在色散光带红光外侧能使物体发热的不可见光，称为**红外线**（infrared ray）。红外线具有比较显著的热效应。

生活 物理 社会 红外线的应用

自然界中的物体都在不停地辐射红外线。物体辐射的红外线的强度与温度有关，因此可以通过物体辐射的红外线来测量物体的温度。例如，在机场、铁路车站、医院等人流密集的入口处，可以利用红外热成像仪检测人体的温度，如图 3–43 所示。在工业领域，还可以借助红外线检测设备准确识别机械设备正在发热的疑似故障位置，从而可以实现在线工业检测、设备维护等。红外线在遥控技术、远距离探测、医学等方面也有广泛的应用。

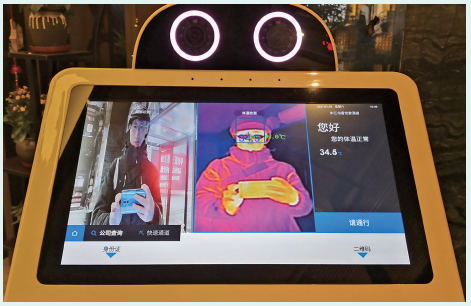


图 3–43 红外热成像仪

紫 外 线

1801 年，德国物理学家里特（Johann Wilhelm Ritter，1776—1810）偶然发现，放在太阳光色散光带紫光外侧的照相底片感光了。里特没有忽视这个小问题，经过反复研究，终于发现这里有一种不可见光——**紫外线**（ultraviolet ray）。

紫外线能使荧光物质发光。如图 3–44 所示，验钞机利用紫外线的这种性质鉴别人民币的真伪。此外，紫外线还有很多应用。例如，医院、厨房等常用紫外线进行灭菌（图 3–45），生产电子芯片的光刻设备中也能见到紫外线的身影。



图 3–44 紫外线验钞机



图 3–45 紫外线消毒柜

紫外线与人类的生活、健康密切相关。适当的紫外线照射对人体有益；过量的紫外线照射则对人体有害，它能引发白内障，导致皮肤过早衰老甚至发生癌变。因此，人们越来越重视对紫外线过量照射的防护。

随着物理学的发展，除了红外线和紫外线，物理学家还发现了更多人眼看不见的光。

生活 物理 社会　紫外线与臭氧层

臭氧（O_3）是一种有轻微腥臭气味的淡蓝色气体，主要聚集在离地面10~50 km的平流层内，科学家称之为臭氧层。

臭氧层是地球的“保护伞”（图3–46），它能吸收绝大部分来自太阳的紫外线，使地球上的生物免受强烈紫外线的直接照射。但是，由于人类大量使用会破坏臭氧层的氯氟碳化物，如早期冰箱中所用的氟利昂等，它们蒸发出的气体释放到大气层中，破坏了大气臭氧层，导致臭氧层的浓度越来越稀薄，甚至在南极上空形成了臭氧层空洞（图3–47），使得太阳对地球表面的紫外辐射量增加，对生态环境和人类健康产生了严重影响。因此，全世界的科学家都在呼吁“拯救臭氧层，禁止使用氯氟碳化物”。自2007年7月1日起，我国禁止生产以氯氟碳化物为制冷剂、发泡剂的家用电器产品。保护臭氧层，从我做起，从身边的小事做起。尽量使用带有“爱护臭氧层”或“无氯氟碳化物”标志的产品，用实际行动保护臭氧层，保护人类赖以生存的地球家园。



图3–46　地球的“保护伞”

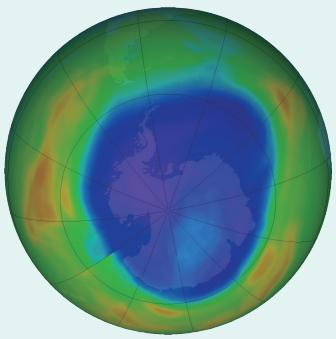


图3–47　南极上空的臭氧层空洞（深蓝色区域）

实践与练习

1. 一些大型商场、酒店等公共场所的卫生间，常使用感应水龙头，只需将手放在水龙头的出水口附近就能自动出水（图 3–48），离开后即停止出水。你知道这种感应水龙头的工作原理吗？查阅相关资料，并与同学交流。



图 3–48

2. 天气预报中常出现的“紫外线指数”、防紫外线用品上标注的“防晒系数”（SPF），它们的含义是什么？查阅相关资料，并与同学交流。

跨学科实践

自制天文望远镜观察月球

仰望星空，我们不禁浮想联翩。天文望远镜的发明和应用为人类揭开宇宙的神秘面纱提供了可能。利用我们所学的知识，设计并制作一架简易的天文望远镜，观察月球或木星、土星等，相信一定会非常有趣！

任务与要求

一、自制天文望远镜

取两个焦距不同的凸透镜，以焦距较大的为物镜、焦距较小的为目镜。通过两个凸透镜观察较远的物体，同时试着调节透镜之间的距离，直到看清楚为止，如图 3–49 所示。你看到的像有什么特点？



图 3–49 用凸透镜观察物体

选择两个刚好可以套在一起的圆筒，分别把物镜和目镜固定在两个圆筒的一端，如图 3–50 所示。再利用光的直线传播原理，制作一个辅助寻找待观测星球的寻星装置，装在望远镜套筒上，如图 3–51 所示。将望远镜固定在三脚架上。观察时，首先通过寻星镜找到目标星球，再通过望远镜进行观察。

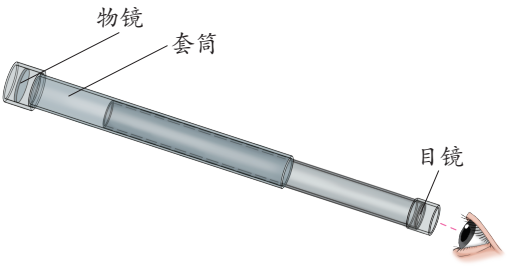


图 3–50 望远镜套筒

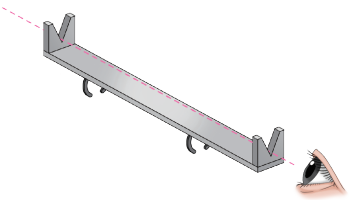


图 3–51 寻星装置

二、用天文望远镜观察月球

1. 用裸眼直接观察月球。

选择周围没有灯光干扰的环境，可以在多个夜晚的多个时段进行观

察，了解月球上升和下落，以及月相的变化情况。

2. 用自制的天文望远镜观察月球或其他星球。

以观察月球为例，调节天文望远镜直至通过它能清晰地看到月球表面的细节。多时段连续观察并描述月相。用自制的天文望远镜观察月球的重点在于发现肉眼看不清楚的细节之处。

查阅资料，结合观察的结果，了解月球概况、我国古人对月相的记载、中国探月工程等。

交流与评价

1. 展示自制的天文望远镜，说明制作过程与关键步骤。

2. 撰写观察报告，介绍相关背景资料，观察记录的月球或其他星球的信息（图 3–52），以及基于观察提出的问题和进一步探究的设想等。



（a）月球　　（b）木星　　（c）土星

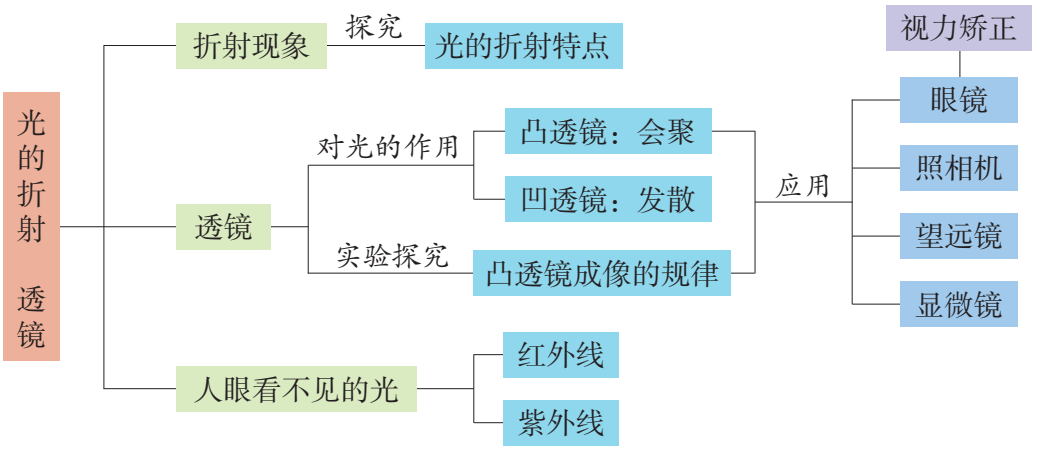
图 3–52 通过天文望远镜观察到的月球、木星、土星

3. 对自制望远镜结构设计的合理性、外观和工艺水平、观察效果等进行评价。同学之间进行讨论和交流，对望远镜的设计和制作提出改进意见。

4. 对观察报告的科学性、规范性和问题与探究的价值等进行评价。

素养进阶

内容梳理



反思提升

1. 比较光的反射和光的折射现象，两者有什么共同点和不同点？

2. 透镜是精密光学仪器，随意用手触摸它的表面会造成什么不良影响？要判断一个透镜是凸透镜还是凹透镜，有哪些简单方法？说明判断的依据和做法。

3. 眼睛近视，晶状体发生了怎样的变化？为什么可以用凹透镜进行矫正？

4. 太阳光通过三棱镜发生色散，人们认识到白光是由多种色光混合而成的。根据上述现象可知，不同色光发生折射时，偏折角度有什么不同？在对色散现象进一步的研究中，又有哪些新的发现？这些发现的实验证据是什么？

问题解决

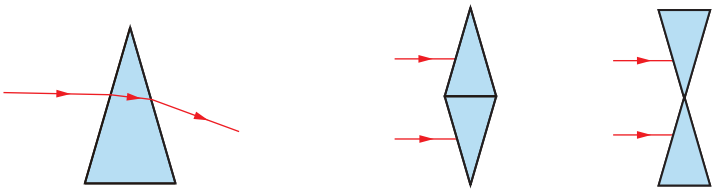
1. 烧杯中只有一条玩具小鱼，图 3–53 所示是从某一角度观察到的现象。与同学一起观察类似现象，并讨论：从玩具小鱼身上某一点发出的光，可以经过哪些不同的路径传播到观察者的眼中？



图 3–53

2. 你能利用周围的景物，不借助其他工具，判断一块平板玻璃厚度是否均匀吗？请说出你的做法和判断的依据。

3. 如图 3–54（a）所示，一束光斜射到三棱镜上，出射光向底面偏折。凸透镜和凹透镜都可近似看成是两个三棱镜的组合，如图 3–54（b）所示，请在图上画出折射光线。由此看出，凸透镜和凹透镜分别对光有什么作用？



（a）　　（b）

图 3–54

4. 图 3–55 是激光束通过糖水溶液的照片。我们知道，光在均匀介质中是沿直线传播的，为什么在这里看到光传播的路径是弯曲的？自然界中还有许多类似的现象，例如，海市蜃楼；晴朗的夏天，车辆在高速公路上行驶时，前方路面出现的镜面现象；等等。查阅相关资料，了解并试着解释这些现象。

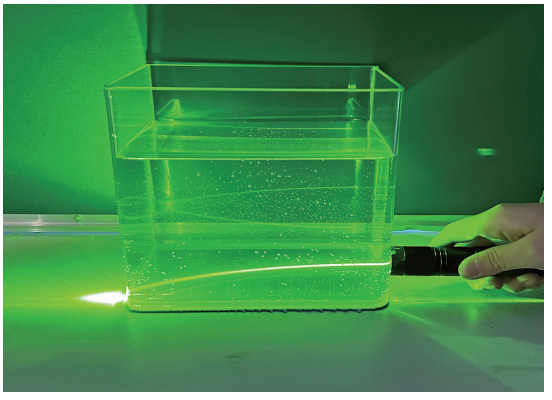


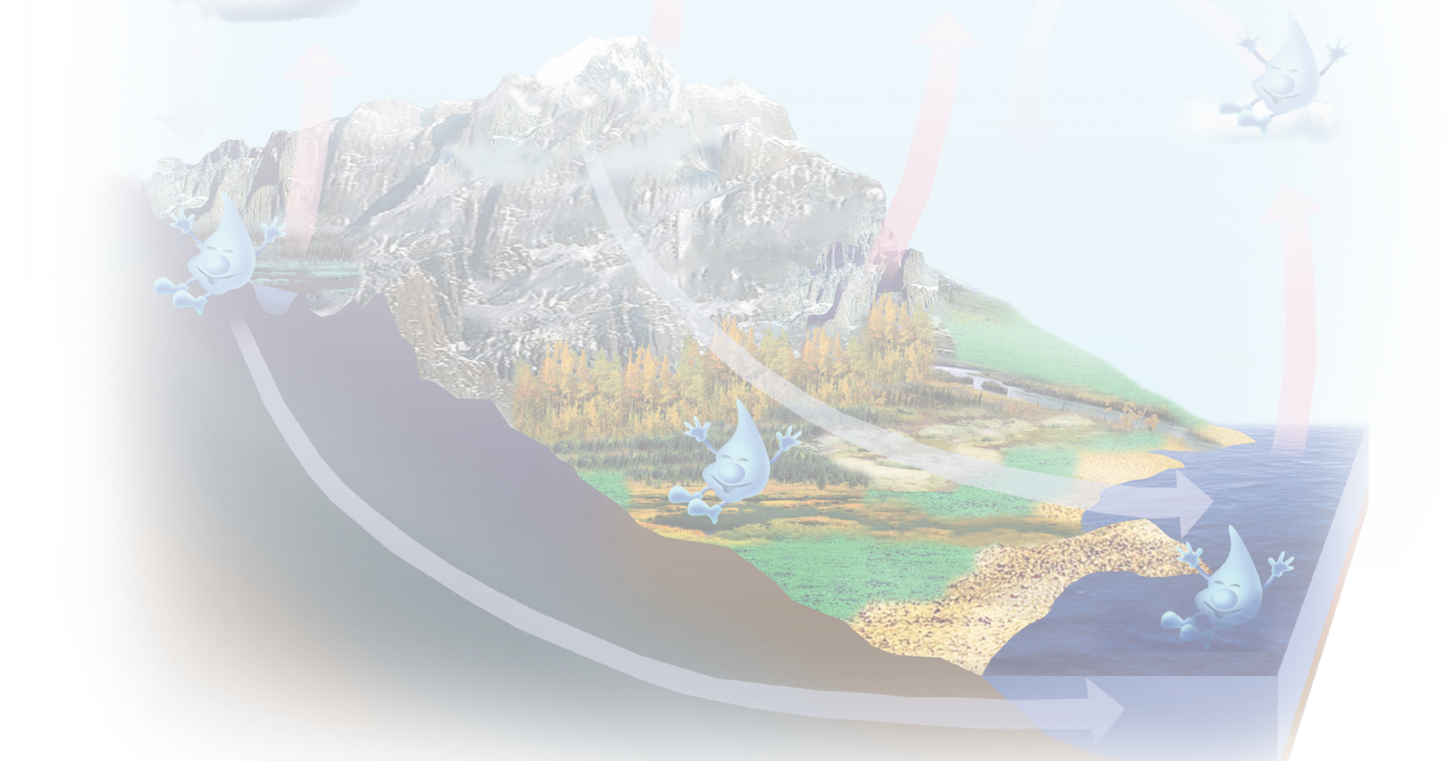
图 3–55

漫游世界的小水滴

第四章 物态变化

- 物质的三态　温度的测量
- 汽化和液化
- 熔化和凝固
- 升华和凝华
- 水 循 环
- 跨学科实践

云、雨、露、雾，冰、霜、雪、雹，姿态万千，
你可知道，它们都是我们小水滴的“化身”。
我们千变万化，不断循环，
与自然生态和人类生活息息相关。
其他物质也有状态的变化吗？
变化的规律是什么？



一、物质的三态　温度的测量

云、雨、雾、露、冰、霜、雪、雹等都是大自然的杰作。它们是水的状态发生转变而形成的。

物质的三态

活动 4.1 观察水的三态及其特征

做一做

如图 4–1 所示，在烧杯中放入一些小冰块，并用酒精灯加热，观察冰的变化。

信息快递

使用酒精灯的注意事项

1. 酒精灯火焰的外焰部分温度最高，应该用外焰给物体加热。

2. 禁止用一盏酒精灯去点燃另一盏酒精灯。

3. 熄灭酒精灯时，必须用灯帽盖灭，不可用嘴吹灭。

4. 万一洒在桌上的酒精燃烧起来，要立即用湿抹布盖灭。



图 4–1　观察冰的变化

议一议

根据观察到的现象，说一说：水有哪些状态？不同状态的水，它们的形状、体积有何特点？

水有三种状态：固态、液态、气态。通常所说的水是液态水，冰是固态的水，水蒸气是气态的水。其他物质一般也有三种状态（图 4–2）。



（a）固态二氧化碳（干冰）



（b）液态铁（铁水）



（c）气球中的氦气

图 4–2　物质的三态

物质的状态（简称物态）在一定条件下可以转变。**物质从一种状态转变为另一种状态的过程叫作物态变化**。

你还能列举出自然界和日常生活中的其他物态变化现象吗？

温度的测量

在小学我们就已经知道，物态变化与**温度**（temperature）密切相关，要想深入研究，首先应该学会测量温度。

实验室中常用的液体温度计如图 4–3 所示，它是利用测温液体热胀冷缩的性质制成的。请对照实物进一步认识温度计（thermometer）的构造和工作原理。

常用温度计上的标度一般采用摄氏温标，单位是摄氏度，用符号℃表示。

信息快递

摄氏温标

瑞典天文学家摄尔西斯创立了摄氏温标。该温标规定，标准大气压下冰水混合物的温度为 0 ℃，水沸腾时的温度为 100 ℃，将其间等分为 100 份，每一等份为 1 ℃。

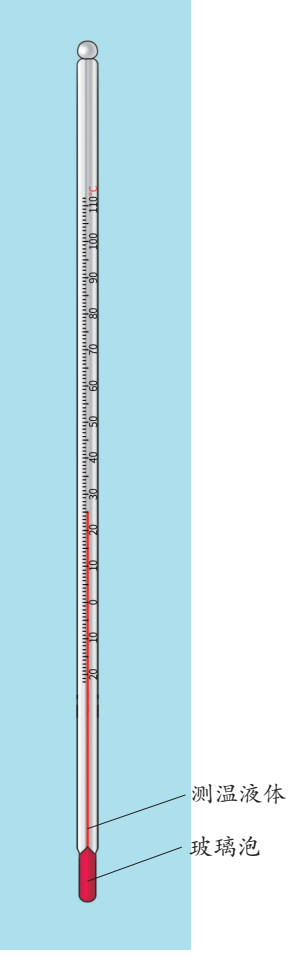


图 4–3　实验室常用的液体温度计

学生实验　练习使用温度计

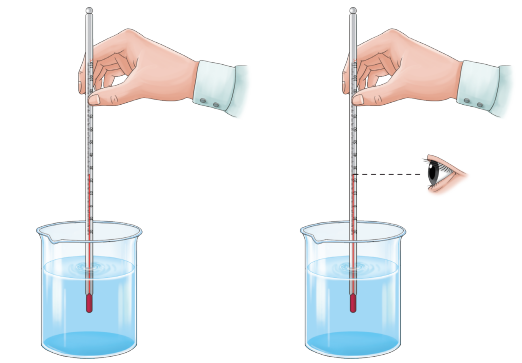
信息快递

使用温度计的注意事项

测量前，应观察并了解温度计的量程（测量范围）和分度值（一小格表示的温度值）。

测量时，应使温度计的玻璃泡与被测物体充分接触。测量液体温度时，玻璃泡要浸没在被测液体中，不要碰到容器底或容器壁，如图 4–4（a）所示。

一般情况下，需要等温度计的示数稳定后再读数。读数时，温度计不能离开被测物体，视线应与温度计液柱的上表面相平，如图 4–4（b）所示。



（a）玻璃泡浸没在被测液体中　　（b）视线与温度计液柱上表面相平

图 4–4　使用温度计的正确方法

实验与记录



小心，防止热水烫伤！

1. 观察温度计，记录温度计的量程和分度值。

2. 将冰块、冷水、温水分别放在三个烧杯中，先估计它们的温度，再用温度计测量。你的估计值和测量值相差多大？

3. 将适量热水倒入烧杯中，用温度计测量水的初温；让水自然冷却，每隔 2 min 测量一次水温，将测量数据记录在下表中。

温度计的量程为_____，分度值为_____

时间 /min	0	2	4	6	8	10
温度 /℃						

交流与讨论

根据表格中记录的测量数据，描述水温变化的特点。

温度—时间图像

可以用表格的形式记录实验数据。例如，将一杯 100 mL 的热水放在室温下自然冷却，下表记录了热水温度变化的情况。

时间 /min	0	2	4	6	8	10	12
温度 /℃	80	71	65	60	56	52	49

还可以用图的形式来表达和分析这些数据。例如，将表中的温度值标在图 4–5 所示的与时间对应的温度计上，并用平滑的曲线将各标记点连起来，就可以直观地反映温度的变化情况。请试一试。

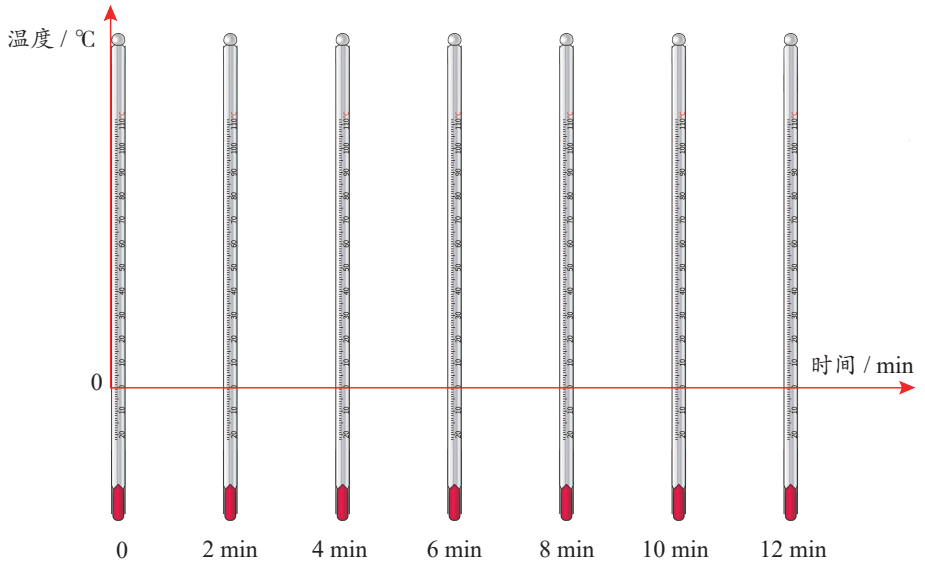


图 4–5　用温度计记录不同时刻热水的温度

若以时间为横坐标轴、温度为纵坐标轴建立平面直角坐标系，将温度计隐去，留下的曲线如图 4–6 所示，该曲线就是热水冷却过程中温度随时间变化的图像，简称温度—时间图像。从这个图像中你能获得哪些信息？



图 4–6　热水冷却过程中温度随时间变化的图像

随着现代信息技术的发展，采集和处理数据更加方便了。将传感器与计算机相连并打开对应的数字采集软件，正确设置后，将温度传感器的探头插入装有热水的试管内开始测量，如图 4–7 所示。实验结束后，计算机就可以根据采集的数据画出热水冷却过程的温度—时间图像，如图 4–8 所示。

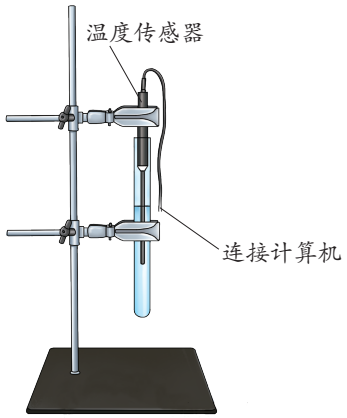


图 4–7　探究热水冷却过程中温度变化的装置

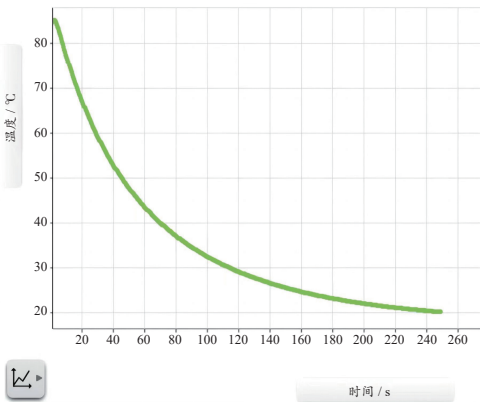


图 4–8　水冷却过程的温度—时间图像

显然，采用数字化实验可以提高测量的精准度，比较方便迅速地获取实验数据，有助于发现有关规律。

生活 物理 社会　温室效应

如图 4–9 所示，太阳对地球的热辐射约有一半能透过大气层到达地球，而大气层中的水蒸气、二氧化碳、甲烷等，会阻碍地表的热量向大气层外散发。大气层的这种“保暖”作用就像玻璃温室一样，故被称为温室效应。人类在生产、生活中燃烧煤、石油等化石燃料，排放出大量的二氧化碳，使得温室效应不断加剧，全球气候悄悄变暖、冰川慢慢熔化、海平面逐渐上升，从而导致了一系列自然灾害。人们已认识到温室效应加剧的危害，正在采取一系列措施控制温室气体的排放。

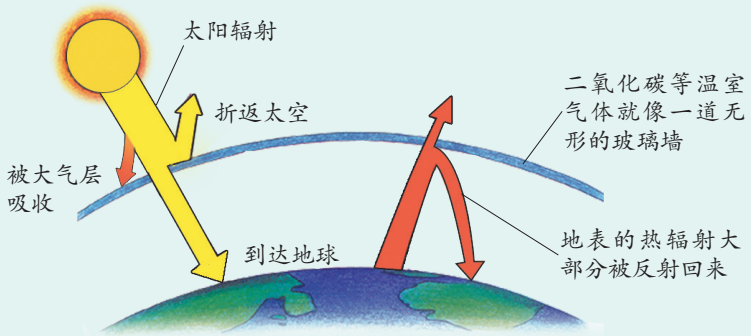
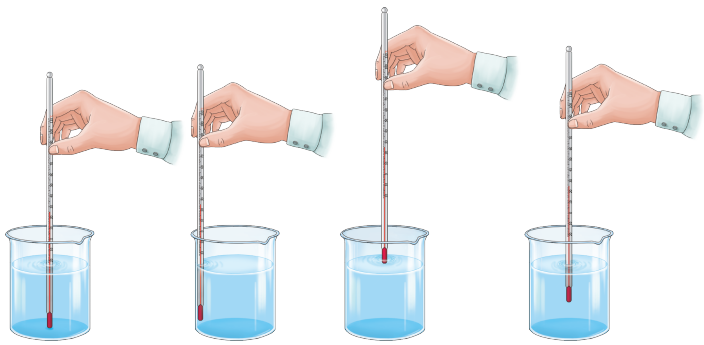


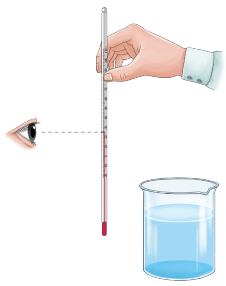
图 4–9　温室效应的成因示意

实践与练习

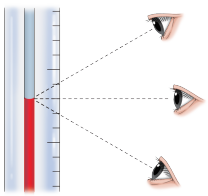
1. 图 4–10 所示是测量液体温度的一系列操作。请指出其中哪些操作是错误的，并说明原因。



（a）



（b）



（c）

图 4–10

2. 家用体温计有多种，如液体体温计、电子体温计、红外线体温计等。观察液体体温计的构造，我们会发现它的玻璃泡与毛细管连接处的管径更细，且略有弯曲，如图 4–11 所示。这种构造的好处是什么？用你家的体温计给家人测量体温。说一说，它与实验室常用的温度计有什么不同？

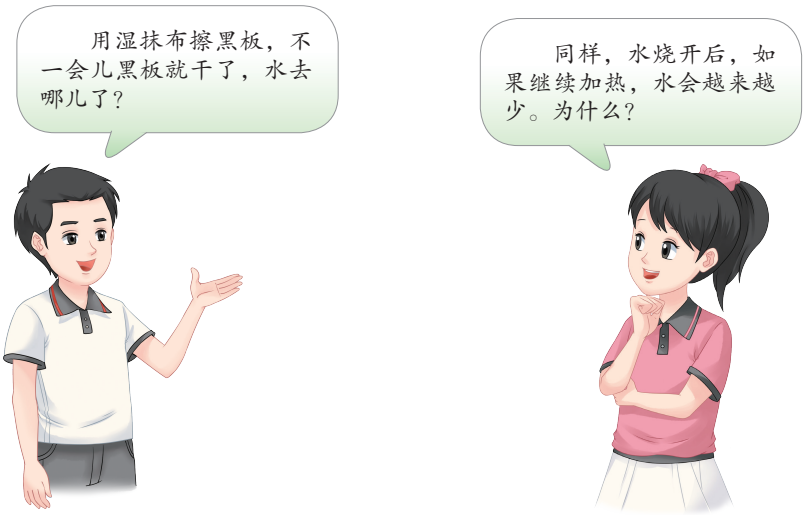


图 4–11

3. 查阅资料，了解“温室效应”和“热岛效应”，尝试对环境温度问题发表自己的看法。



二、汽化和液化



汽　化

物质由液态变为气态叫作汽化（vaporization），汽化有两种方式：蒸发（evaporation）和沸腾（boiling）。

活动 4.2 观察蒸发现象

做一做

1. 在手背上涂些酒精，观察酒精的变化。涂酒精的部位有何感觉？

2. 将温度计插入盛有酒精的烧杯中，测量酒精的温度；再将温度计从酒精中取出，观察温度计的示数会怎样变化。

想一想

上述实验说明了什么？生活中还有哪些经验能支持你的结论？

物理学中，把只在液体表面发生的汽化现象叫作**蒸发**。**蒸发在任何温度下都能发生，液体蒸发时会吸热**。

生活 物理 社会　“火洲”里的坎儿井

我国新疆的吐鲁番市夏季炎热，常年干旱少雨，自古就有“火洲”之称。在这里，水显得尤为珍贵。为了减少输水过程中的蒸发和渗漏，当地人利用自己的聪明才智，修建了著名的地下灌溉工程——坎儿井，如图 4–12 所示。

如图 4–13 所示，从飞机上看，一个个坎儿井仿佛是大地上星罗棋布的明珠，十分壮观。正是这些神奇的坎儿井，把吐鲁番这个“火洲”变成了一片绿洲。

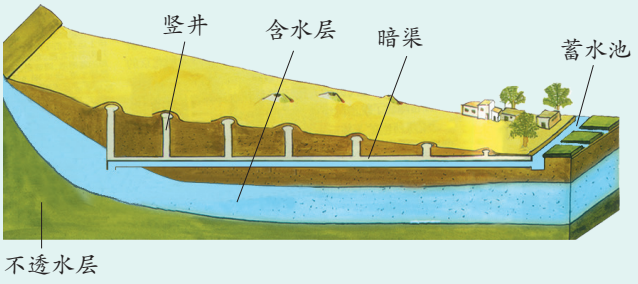


图 4–12　坎儿井示意



图 4–13　从飞机上俯瞰坎儿井

学生实验　探究水在沸腾前后温度变化的特点

实验与记录

1. 如图 4–14 所示，向水壶中注入适量的水，闭合开关加热，观察水的温度变化和水中发生的现象。

切勿碰翻水壶，小心烫伤！



图 4–14　观察水的沸腾

2. 在水温升高到 90 ℃后，每隔 10 s 记录一次温度计的示数，同时注意观察水中发生的现象，直到水沸腾并持续 30 s 后停止加热。停止加热后，观察水是否继续沸腾。

时间 / s	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	…
温度 /℃												

3. 如图 4–15 所示，以时间为横坐标轴、温度为纵坐标轴，建立平面直角坐标系。根据实验数据在坐标系中标出各个时刻水的温度，然后用平滑的曲线将它们连接起来，得到水沸腾前后温度随时间变化的图像。

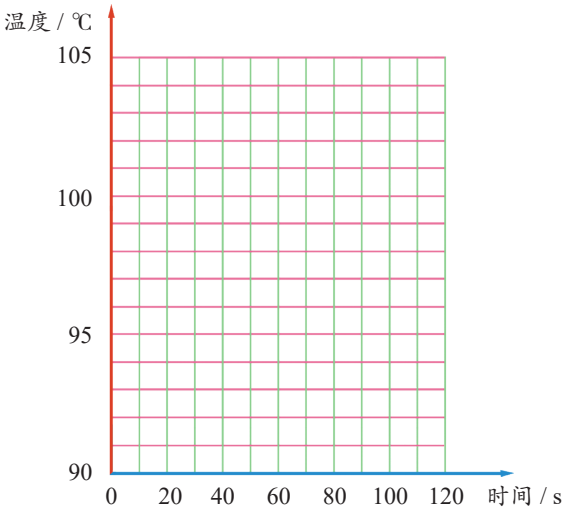


图 4–15 绘制水沸腾前后温度随时间变化的图像

交流与小结

1. 水中的气泡在沸腾前和沸腾时各有什么特点？

2. 沸腾前和沸腾时，水温的变化有什么不同？

3. 停止加热后，水还能继续沸腾吗？这说明什么问题？

实验可见：水沸腾时，液体内部有大量气泡产生，气泡上升过程中迅速变大，至水面快速破裂，说明**沸腾是在液体内部和表面同时发生的剧烈汽化现象**。分析温度—时间图像可知：沸腾前水的温度不断升高；沸腾过程中，继续加热，但温度几乎保持不变。停止加热，沸腾立即停止，这说明要维持沸腾状态，需要继续吸热。

大量实验表明，不同液体在沸腾时都有温度不变的特点。**液体沸腾时的温度叫作沸点**。在标准大气压下，水的沸点是 100 ℃。

一些液体的沸点（在标准大气压下）

液　体	沸点 /℃	液　体	沸点 /℃	液　体	沸点 /℃
液态铁	2 750	甲　苯	111	液态氧	−183
液态铅	1 740	水	100	液态氮	−196
水　银	357	酒　精	78	液态氢	−253
亚麻籽油	287	液态氨	−33.5	液态氦	−268.9

液　化

你知道吗，雨水主要是由大气中的水蒸气形成的。类似这样，物质由气态变为液态叫作**液化**（liquefaction）。

活动 4.3 观察水蒸气的液化

1. 在水壶中注入适量的水，对水壶加热。当水接近沸腾或正在沸腾时，在壶嘴附近，你看到什么现象？

2. 如图 4–16 所示，在壶嘴上方倾斜放置一块玻璃板，你看到什么现象？该现象说明什么？



图 4–16　观察水蒸气的液化



图 4–17　气体打火机

实验中，壶嘴上方稍远处出现一团人们常说的“白气”，那是水蒸气遇冷液化形成的小水滴；“白气”碰到温度较低的玻璃板，小水滴凝结成更大的水滴，沿倾斜的玻璃板流下。

以上是通过降温的方法使气体液化的。实验表明，所有气体在温度降到足够低时都可以液化。除此之外，还可以通过压缩体积的方法使气体液化。如图 4–17 所示，气体打火机中的燃料就是通过压缩体积的方法由气体变成液体的。

雾和露都是水蒸气液化形成的。空气中的水蒸气在气温降低时液化成微小水珠，当它附着在浮尘等小颗粒上并弥漫在空气中时，就形成雾，如图 4–18 所示；当它凝结在花草、石块等物体上时，形成较大水珠，这就是露，如图 4–19 所示。



图 4–18 雾



图 4–19 露

与液体汽化需要吸热相反，**气体液化会放热**。汽化、液化现象与人们的生活息息相关，在生产和科学研究中也有着广泛的应用。

生活 物理 社会　给“天路”降温的“空调器”——热棒

青藏铁路是世界上海拔最高、线路最长的高原铁路，人们形象地将它称为“天路”。青藏铁路沿线高寒缺氧，地质复杂，冻土广布，工程十分艰巨。保持路基冻土坚固、稳定是青藏铁路建设中的难题之一。特别是到了夏季，冻土会熔化，路基硬度减小，高速列车的重压会使路基及铁轨严重变形。我国科技工作者通过“热棒”等，创造性地解决了这一难题。

热棒被称为不耗电的“空调器”。如图 4–20 所示，青藏铁路两旁插有碗口粗细的金属棒，这就是热棒。它是封闭、中空的，里面灌有很容易汽化的液态氨，上端装有散热片，下端直接埋入冻土中。热棒利



图 4–20 铁路旁的热棒

用蒸发吸热、液化放热的原理实现单向导热。当土壤温度升高时，液态氨吸收冻土深处的热量而汽化，上升到热棒的上端，通过散热片向空气中散热。之后，气态氨又液化成液态氨，下沉到热棒的下部。如此循环往复，热棒不断将路基中的热散发到空气中，使路基的温度保持基本不变，从而保证路基的坚固、稳定。

实践与练习

1. 炎热的夏天，开放式的环境如体育比赛场所、大型养殖场等，无法使用空调设备降温，而喷雾风扇（图 4–21）却能较好地发挥作用。尝试解释喷雾风扇能够降温的原理。



图 4–21



图 4–22

2. 纸的着火点约为 190 ℃，酒精灯外焰的温度高达 800 ℃。那么，能用如图 4–22 所示的一次性纸杯在酒精灯上烧开水吗？试一试，并说明其中的道理。

3. 观察用蒸汽熨斗（图 4–23）熨烫衣物的过程，说出利用蒸汽熨烫衣物的优点。



图 4–23

三、熔化和凝固

长江是我国的第一大河。你可曾想过，这气势磅礴、奔腾万里的滔滔巨流，其源头竟是由各拉丹冬雪山（图 4–24）冰雪消融的点点水滴汇集而成的！



图 4–24 各拉丹冬雪山

物质从固态变为液态叫作熔化（melting），**从液态变为固态叫作凝固**（solidification）。

熔化、凝固的特点

活动 4.4 探究冰和石蜡的熔化特点

做一做

将温度传感器与计算机连接，设置好数据采集软件。如图 4–25 所示，取适量碎冰放入试管中，插入温度传感器探头，再将试管置于放有水的烧杯中。采集实验数据并观察计算机屏幕上显示的冰熔化的温度—时间图像，同时观察冰的状态变化情况。

将上述装置中的碎冰换成碾碎的石蜡，并且用酒精灯对烧杯加热，如图 4–26 所示，观察计算机屏幕上显示的石蜡熔化的温度—时间图像，同时观察石蜡的状态变化情况。

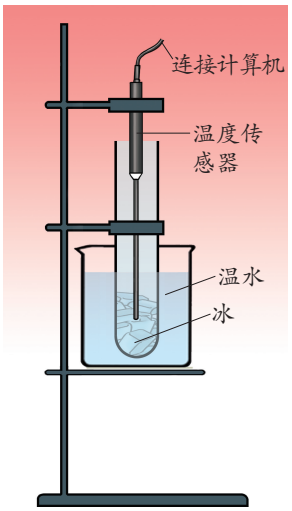


图 4–25 冰熔化的实验装置

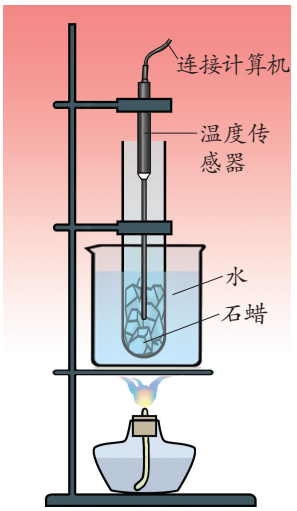


图 4–26 石蜡熔化的实验装置

图 4–27 和图 4–28 分别为实验中获得的冰熔化时的温度—时间图像和石蜡熔化时的温度—时间图像。

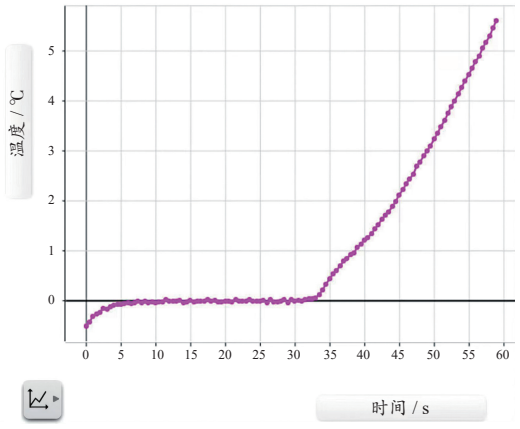


图 4–27　冰熔化时的温度—时间图像

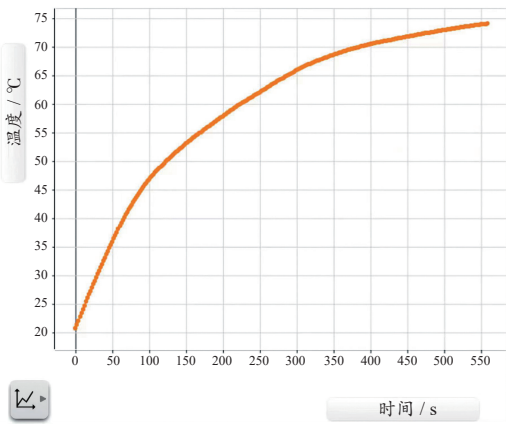


图 4–28　石蜡熔化时的温度—时间图像

交流与讨论

1. 冰和石蜡熔化时，它们的温度变化各有什么特点？

2. 冰和石蜡在熔化过程中是否需要吸热？

固体在熔化时需要吸热。有些固体（如冰）在熔化过程中尽管不断吸热，但温度却保持不变，即具有固定的熔化温度，这类固体属于**晶体**。**晶体熔化时的温度叫作熔点**。还有一些固体（如石蜡），它们在熔化过程中，只要不断吸热，温度就会不断升高，即没有固定的熔化温度，这类固体属于**非晶体**。

一些晶体的熔点（在标准大气压下）

晶　体	熔点 /℃	晶　体	熔点 /℃	晶　体	熔点 /℃
钨	3 410	铅	328	固态水银	–39
铁	1 535	锡	232	固态甲苯	–95
铜	1 083	钠	98	固态酒精	–117
金	1 064	萘	80	固态氮	–210
银	962	海波（硫代硫酸钠）	48	固态氧	–218
铝	660	冰	0	固态氢	–259

实验研究表明：晶体熔化后再凝固时也有一定的凝固温度，这个温度叫作**凝固点**。同种晶体的凝固点与熔点相同，非晶体没有熔点也没有凝固点。液体在凝固时会放热。

熔化、凝固的应用

如图 4–29 所示，超市用冰来冷冻保鲜食品，病人受伤部位可以用冰袋来冷敷，熔化的麦芽糖被手工艺人塑造成千姿百态的造型，工厂将玻璃加热到熔融状态，然后用它制作各种玻璃制品。



（a）食品冷冻保鲜



（b）冰敷受伤部位



（c）糖塑



（d）将熔融状态的玻璃制成玻璃制品

图 4–29 熔化、凝固的应用

你能举出更多有关熔化和凝固的应用实例吗？

想一想，熔化或凝固会不会对我们的生产和生活造成不利影响？如何避免这些不利影响？

生活 物理 社会　我国古代的冶炼技术

冶炼技术反映了社会生产力的水平。我国古代的冶炼技术曾走在世界的前列。

早在商周时期，我们的祖先就已经熟练掌握了青铜铸造技术。他们通过控制铜、锡、铅等金属的比例，熔炼成各种性能的青铜合金，铸成各种农具、兵器、乐器和祭礼器等。

春秋战国时期，我国发明了生铁冶炼技术，这比欧洲要早约

2 000 年。生铁是在 1 150～1 300 ℃的高温下冶炼出来的，质地比较硬且可铸性强。生铁冶炼技术的进步推动了铁质农具的广泛应用，出现了铁犁牛耕的生产方式，推动了生产力的发展和井田制的解体，促进了农业、手工业、土木建筑业的迅速发展。

随着生铁冶炼技术的发展，各种炼钢技术也应运而生。例如，在南北朝时期普遍使用的灌钢法（图 4–30），它利用“生铁碳高、熟铁碳低”的特点，将生铁和熟铁按比例混合熔炼以改变碳含量，从而生产出硬度高、性能好的钢。这项技术的发明为世界冶炼技术的发展作出了贡献。



图 4–30 灌钢法（《天工开物》）

实践与练习

1. 查阅资料，我国北方的最低气温大致是多少？为什么在寒冷的北方不用水银温度计来测量气温？

2. 图 4–31 是一些小冰块在加热过程中温度随时间变化的图像。从图像中你能获得哪些信息？

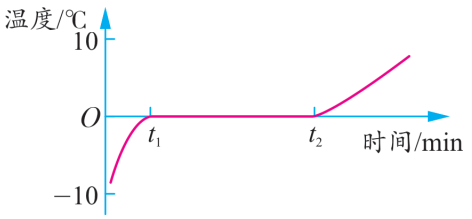


图 4–31

3. 在生活中，你会见到许多固态物质，如食盐、玻璃等。你想知道它们属于晶体还是非晶体吗？查阅资料寻求答案，并与同学交流。

四、升华和凝华

我们知道，固态物质吸热会熔化成液态，液态物质吸热会变成气态。那么，物质能否由固态直接变成气态，或者由气态直接变成固态？

活动 4.5 观察“碘锤”中的物态变化

如图 4–32 所示，密封的锤形玻璃泡内装有少量碘颗粒，打开电吹风机热风挡对碘锤加热。观察碘的状态发生了什么变化。

当紫红色的碘蒸气弥漫于玻璃泡内的空间时停止加热，观察冷却过程中碘的状态变化。

在整个过程中，你有没有看到液态的碘？这说明了什么？



图 4–32 碘的升华和凝华

物质由固态直接变为气态叫作升华（sublimation），**由气态直接变为固态叫作凝华**（deposition）。**物质升华需要吸热，凝华则会放热。**

在日常生活中也可以见到升华和凝华现象。如图 4–33 所示，由于冰的升华，即使在寒冷的冬天，冰冻的衣服也能晾干。如图 4–34 所示，我国北方的冬季会出现美丽的雾凇，它是由水蒸气凝华等产生的现象。



图 4–33 冰冻的衣服也能晾干



图 4–34 雾凇

生活 物理 社会　人工降水

人工降水有三种常用方法：第一种是向云层中播撒冷却剂，如用飞机在适当的云层中播撒干冰，干冰升华吸收大量的热，使云层中的小冰晶增多、小水滴增大，从而形成降水；第二种是向高空播撒盐粉、碘化银等，作为吸附水汽、加速水蒸气液化或凝华的凝结核，使云层中的冰晶增多、小水滴增大，从而形成降水；第三种是用飞机在适当的云层中直接喷洒直径约为 0.05 mm 的小水滴，使云层中的小水滴相互合并变大，从而形成降水。

实践与练习

1. 农谚说：“霜前冷，雪后寒。”你能用物理知识说明其中的道理吗？

2. 如图 4–35 所示，舞台上经常用干冰制造白雾，以渲染气氛。你知道这种白雾是怎么形成的吗？



图 4–35

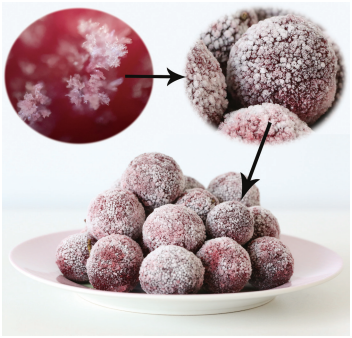


图 4–36

3. 从冰箱冷冻室取出的杨梅，一会儿表面就出现了一层白霜，如图 4–36 所示。猜一猜，这层白霜究竟是什么？它是怎样形成的？从冰箱冷冻室中取出的其他食品，有没有类似的现象？

4. 真空冷冻干燥食品（图 4–37），简称冻干食品，曾是航天员的专用食品，现如今已经走进大众生活。请查阅资料，了解真空冷冻干燥技术，并与晒干、煮干、烘干等传统干燥技术进行比较，说出它们的区别。



图 4–37

五、水 循 环

浩瀚的海洋，奔腾的江河，平静的湖泊，皑皑的冰山雪岭，还有那飘浮的云朵……地球上的水在不停地运动着、变化着，形成了一个巨大的循环系统。

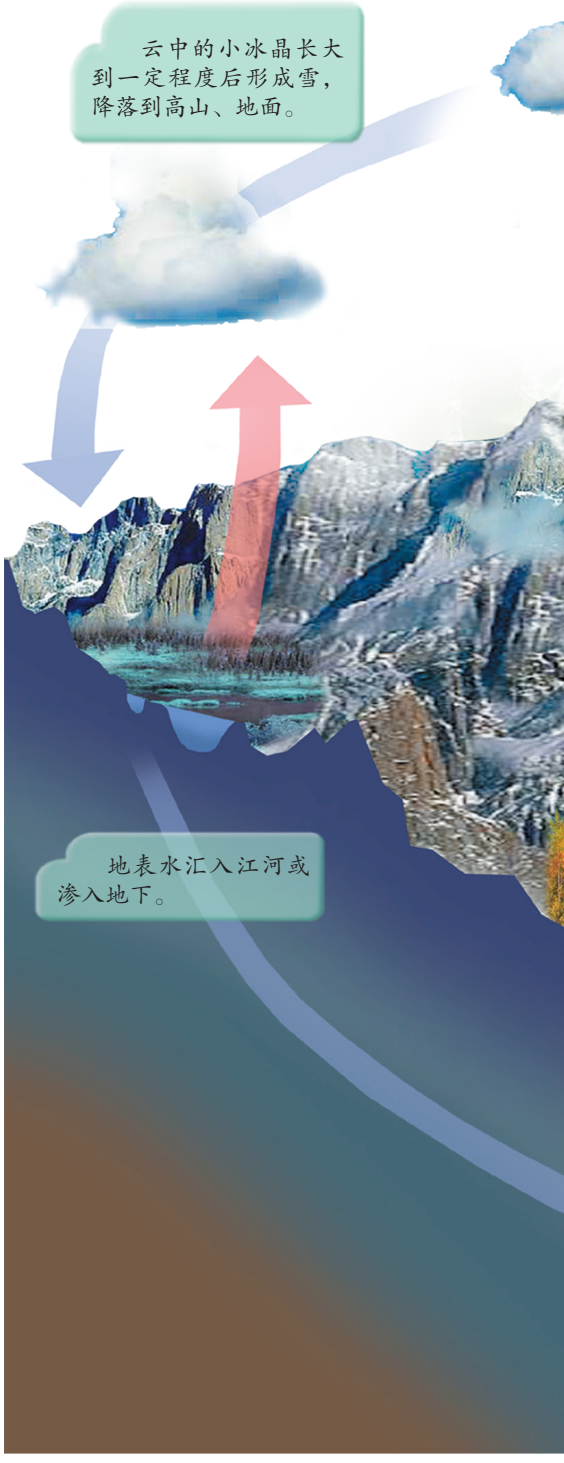
地球上的水循环

活动 4.6 认识水循环

观察如图 4–38 所示的“水循环示意”，将对应的物态变化名称填在图中的空格内。

地球上的水在陆地、海洋、大气层之间不断地循环。

陆地（包括江河湖泊、土壤、植物等）和海洋中的水不断地蒸发成水蒸气，高山积雪和冰也会升华成为水蒸气。水蒸气随气流运动，升到高空后遇冷液化成小水滴或凝华成小冰晶，飘浮在空中形成云。而云中的小水滴和小冰晶会变大，当大到不能被上升气流托住时，就会降落到地面，形成雨、雪或雹。在一定条件下，陆地上的积雪熔化成水，汇入江河湖泊，或渗入地下成为地下水。最后，其中大部分水又流入大海。



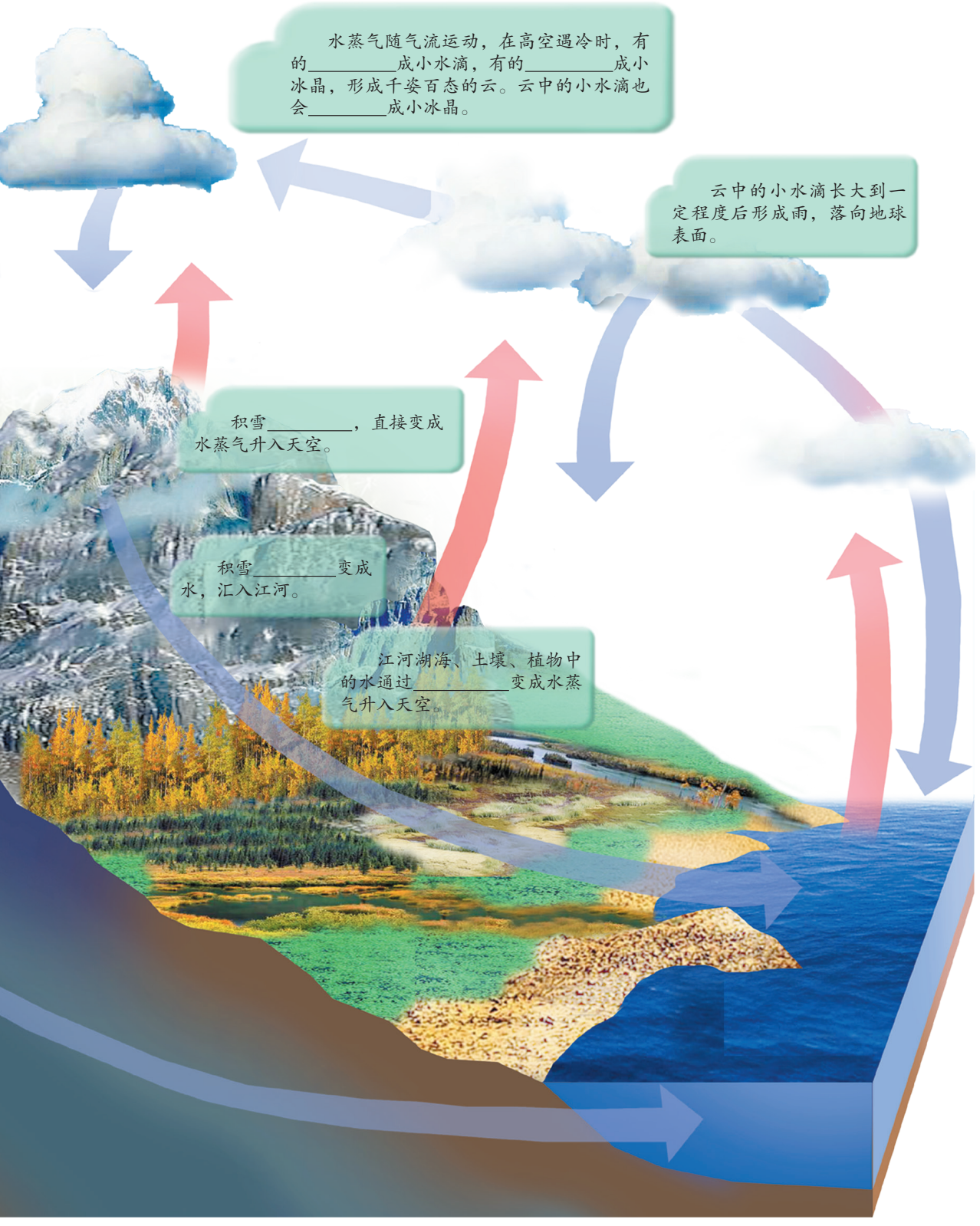

水蒸气随气流运动，在高空遇冷时，有的_____成小水滴，有的_____成小冰晶，形成千姿百态的云。云中的小水滴也会_____成小冰晶。
云中的小水滴长大到一定程度后形成雨，落向地球表面。
积雪_____，直接变成水蒸气升入天空。
积雪_____变成水，汇入江河。
江河湖海、土壤、植物中的水通过_____变成水蒸气升入天空。

图 4–38 水循环示意

珍贵的水资源

水是生命的乳汁、经济的命脉，是自然界奉献给人类的宝贵资源。

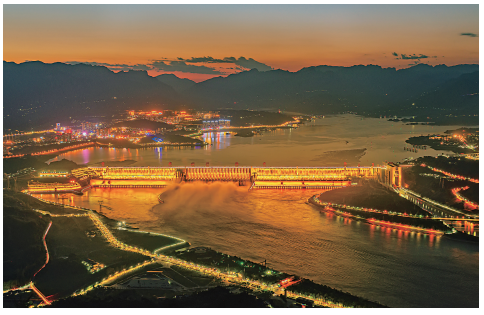
如图 4–39 所示，生活在非洲草原上的斑马常常为寻找水源而四处奔波；京杭运河是我国古代劳动人民的一大创举，作为南北航运的“黄金水道”，对沿线地区的经济、文化发展作出了巨大贡献；宏伟的三峡工程是开发和治理长江的关键性工程，具有防洪、发电、航运和水利资源利用等综合效益；水还是自然美景的创造者，有了它，才有了秀美的山川、清澈的溪水、湛蓝的海洋……



（a）水是生命之源



（b）京杭运河是南北航运的“黄金水道”



（c）宏伟的三峡工程利用水来发电



（d）水是自然美景的创造者

图 4–39　水资源的重要作用

地球表面约 71% 被海水覆盖着，这说明地球拥有大量的水。而且，水即使变成水蒸气上升到天空，它最终还是会回到地球表面。那么，为什么人类还会面临“水荒”呢？

这是因为，地球上的淡水主要来自降雨、降雪、冰川和地下水，它们的总和仅约占地球上总水量的 2.5%；而可利用的淡水，只占地球上淡水资源的 1% 还不到！这说明，地球上的水虽然很多，但可利用的淡水却很少。

同时，随着人口和经济的快速增长，水污染日益加剧，因此可利用的淡水资源正面临危机。

水是生命之源，为了人类幸福的今天和美好的未来，我们必须对它倍加爱护。

国家工程　南水北调工程

南水北调工程是我国为解决北方地区缺水，进行水资源优化配置的一项基础设施工程。它是世界上规模最大、受益人口最多、涉及范围最广的调水工程，也是极端复杂的系统性工程。

都说水往低处流，而南水北调工程，却要让水往高处走。仅东线一期工程，全线共设立 13 个梯级泵站，共 22 处枢纽、34 座泵站，总扬程 65 m。这个庞大的泵站群，从江苏扬州江都水利枢纽（图 4–40）开始，将长江水逐级提升，一路送至黄河南岸。

在中线工程中，“南水”从长江支流汉江上的丹江口水库引水，依太行、过黄河，沿线地质条件复杂，需要攻克膨胀土、煤矿采空区等世界级难题。全程建有各种渡槽、倒虹吸、暗渠、隧洞、泵站、控制建筑物、铁路交叉建筑物和公路交叉建筑物等，将全长 1 432 km 的水脉串联贯通，接力把“南水”护送到北方。

南水北调工程的实施，不仅可实现丰水流域与缺水流域连通互补，提高我国水资源综合利用效率，还可大大改善生态环境，造福于中华民族的子孙后代。



图 4–40　江都水利枢纽

实践与练习

1. 在自然界的水循环中，水的状态发生了哪些变化？水在状态发生变化时会吸热或放热，请对这些变化以及对应的吸热或放热情况进行归纳，并将结果填在图 4–41 中相应的方框内。

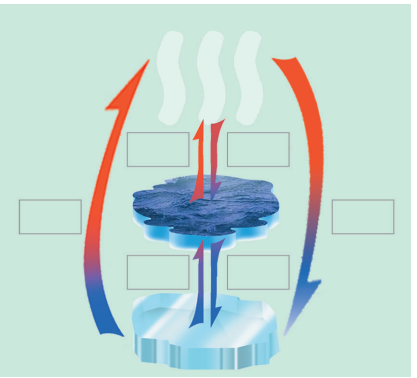


图 4–41

2. 降雨是地球上淡水资源的重要来源，然而，现实中人们在收集和利用雨水方面仍有很多不足。查阅有关资料，并调查生活中各种用水的场合，提出收集雨水和合理使用雨水资源的建议。

3. 红河哈尼梯田（图 4–42）距今已有 1 300 多年的历史。它是由森林、村寨、梯田和江河共同构成的复合生态系统，不仅有利于山地农耕、提高农作物产量，还能抵御干旱等极端天气。查阅资料，从水循环角度说明红河哈尼梯田是如何有效利用水资源的。



图 4–42

跨学科实践

对冰箱中热现象的探究

冰箱具有食品保鲜等功能，它给人们的生活带来了便捷。冰箱一般包括冷藏室和冷冻室，且它们内部通常被分隔成多层。冰箱内的温度分布有什么特点？冰箱能制冷，但能否用它代替空调来持续给室内降温？

任务与要求

一、制作冻豆腐和冰淇淋

1. 将一块豆腐放入冷冻室内，几个小时后普通的豆腐就变成冻豆腐了。与普通豆腐相比，冻豆腐发生了什么变化？解冻后切开（图 4–43），观察冻豆腐内部有什么变化。试解释你看到的现象。烹调后观察并品尝，说说它与普通豆腐有何不同。



图 4–43 冻豆腐



图 4–44 冰淇淋

2. 取蛋黄 2 个、砂糖 25 g、鲜奶 200 g，放入奶锅内充分搅拌，再用小火加热并不断搅拌，直至蛋奶变得浓稠。用过滤网将蛋奶过滤到较小的食品盒内，自然冷却后，加入 200 g 奶油并搅拌均匀。盖上盒盖，将食品盒放到冰箱中冷冻。每隔 30 min 取出搅拌一次，共进行四次。这样，冰淇淋就制成了（图 4–44）。观察物质的状态有什么变化。

二、探究冰箱内外的“热环境”

1. 在冰箱储藏室的上、中、下层设置多个测温点，将多支温度计分别放在不同的测温点上，5 min 后读出各温度计的示数（如有条件，可以用无线温度传感器进行测量）。比较各测温点的温度，看一看冰箱内的温度分布有什么特点。根据观测结果，对各类食品在冰箱中存放的位

置提出改进方案。

2. 冰箱工作时，其内部是一个低温空间，它对外部环境有什么影响呢？图 4–45 是某次拍摄的冰箱外部的红外照片。请你用温度传感器或红外线测温仪测量冰箱外壳各处的温度，并分析其温度分布特点。

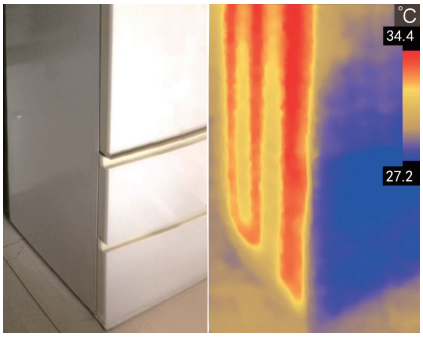


图 4–45　冰箱外部的红外照片

3. 把冰箱门打开几分钟，冰箱周围的温度是升高了还是降低了？它与空调有什么区别？设想城市中的千家万户都把冰箱和空调的制冷温度调得很低，会对环境造成什么影响？

交流与评价

1. 与同学、老师或家长分享自己制作的冷饮美食，简要介绍制作的主要步骤。

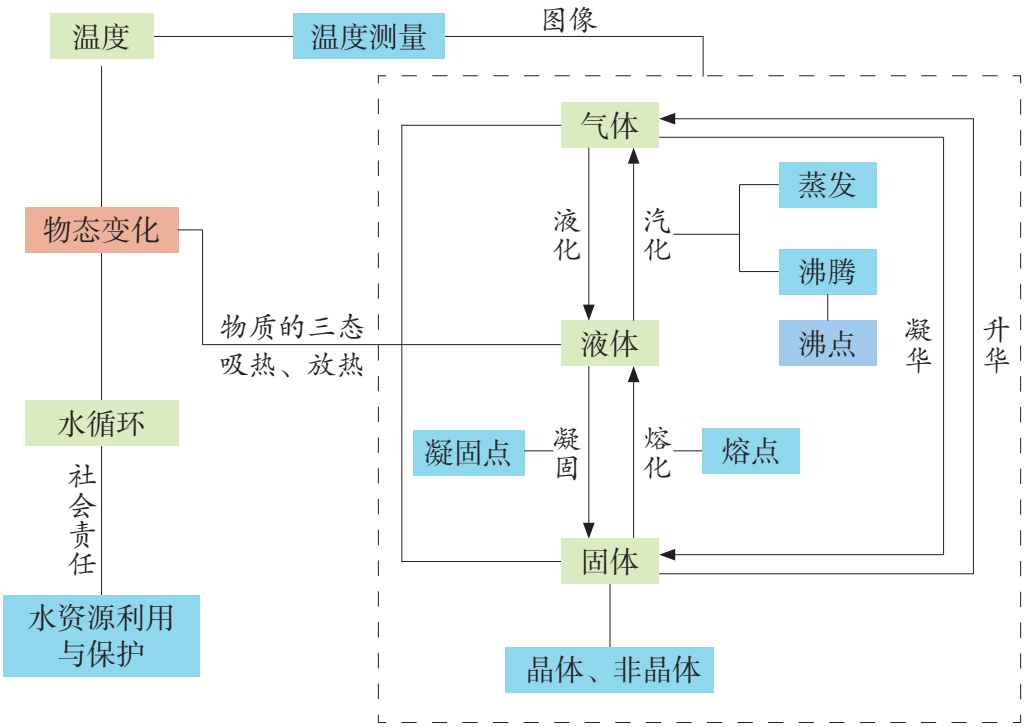
2. 了解冷冻食品加工、运输等有关情况和被访问者对各自所从事职业的感受。

3. 以“探究冰箱内外的‘热环境’”为题，撰写一篇小论文。

4. 制订评价指标，对活动成果进行评价。以小论文为例，可以从内容是否科学、表述是否准确、科学探究过程是否规范等方面进行评价。

素养进阶

内容梳理



反思提升

1. 物态变化多种多样，变化的条件也各不相同。它们有没有共同特征？如果有，是什么？

2. 我们知道，在标准大气压下，水的沸点是 100 ℃，酒精的沸点是 78 ℃，能用酒精温度计做“探究水在沸腾前后温度变化的特点”实验吗？为什么？

3. 做饭时，锅盖周围出现“白气”；打开冰箱时，箱门附近也会出现“白气”。“白气”是什么？上述两种情况中，“白气”的形成过程有什么不同？

4. 地球上有很多水，水是循环的，可是为什么人类还会面临“水荒”呢？人类在利用水资源的同时，应该如何承担起保护水资源的责任？

5. 一杯热水的初温为 60 ℃，在其自然冷却过程中，每隔 2 min 测量一次水温。描点作出温度—时间图像，则图 4–46 中的两个图像哪个正确？为什么另一个图像是错误的？如果要证明你的判断，可以怎么做？

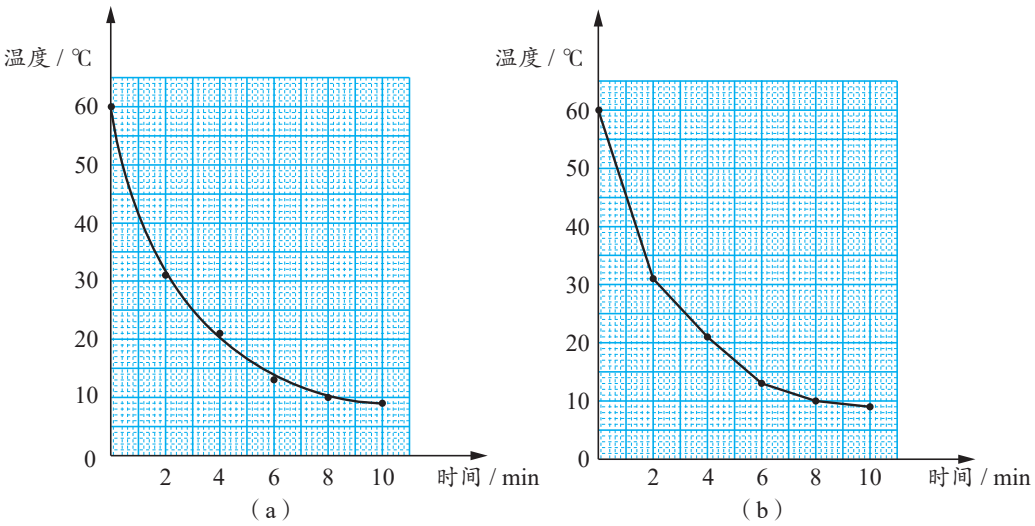


图 4–46

问题解决

1. 生活中处处有物理。水煮面条，面条越煮越烂，但颜色几乎不变；而炸油条时，一会儿油条颜色就由白色变成焦黄色。这是什么原因？请用物理知识解释。

2. 图 4–47 所示是坎儿井的暗渠。请用汽化的相关知识解释，坎儿井地下水利灌溉工程为什么能减少输水过程中水分的蒸发。



图 4–47

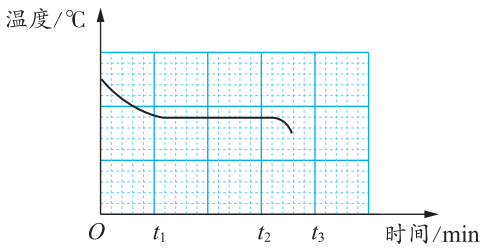


图 4–48

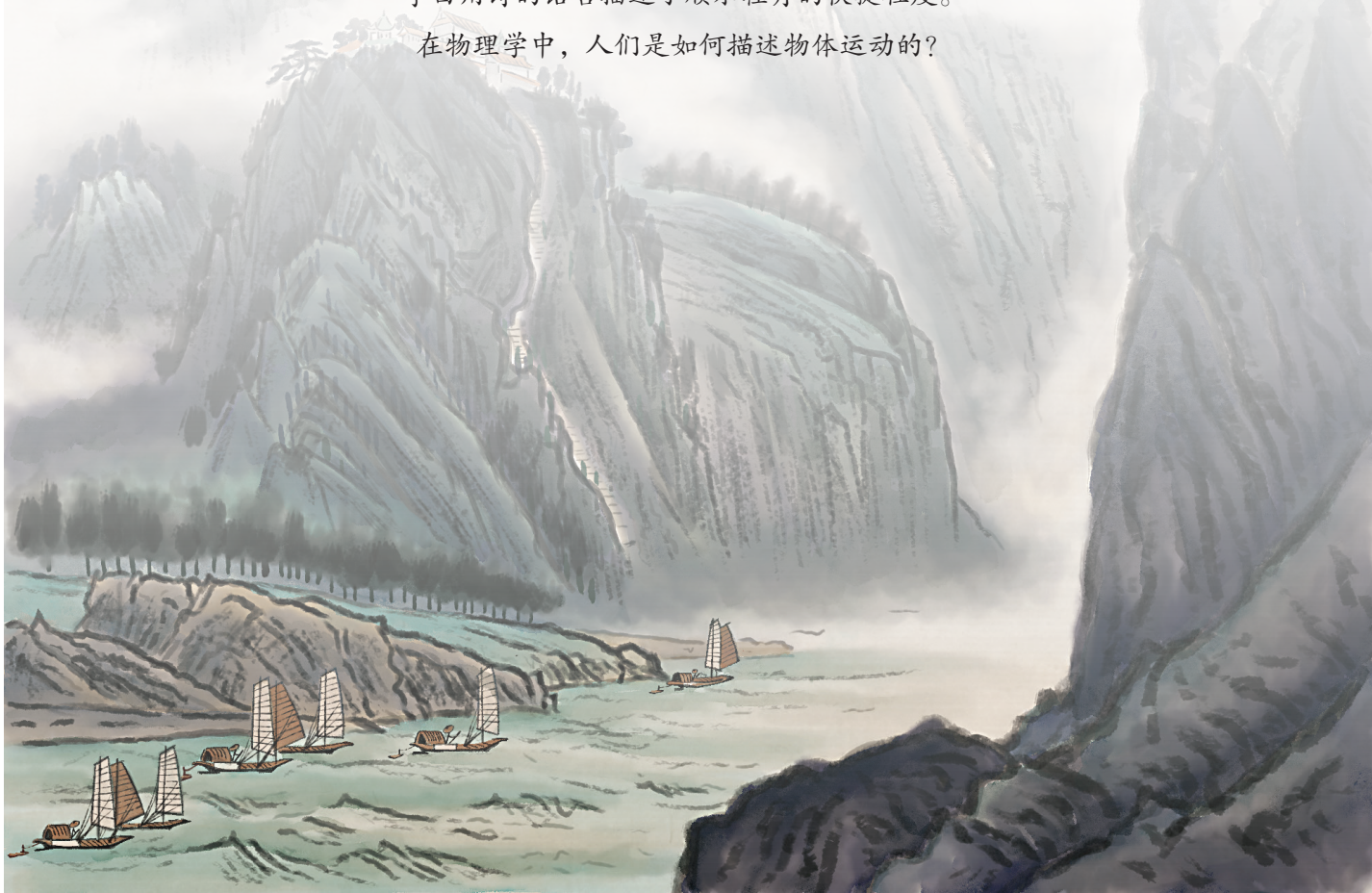
3. 图 4–48 所示是某种物质发生物态变化过程中温度随时间变化的图像。该物质发生的是哪种物态变化？它属于晶体还是非晶体？请根据图像说明理由。

千里江陵一日还

第五章 物体的运动

- 长度与时间的测量
- 速　度
- 直线运动
- 运动的相对性

“朝辞白帝彩云间，千里江陵一日还。
两岸猿声啼不住，轻舟已过万重山。”
李白用诗的语言描述了顺水轻舟的快捷程度。
在物理学中，人们是如何描述物体运动的？



一、长度与时间的测量

当你听到“运动”一词时，呈现在脑海中的是什么？是骏马飞奔、烟花绽放，还是运动员飞身灌篮（图 5–1）？骏马、烟花、运动员的位置，都在随时间而变化。为了研究物体的运动，我们首先要学会测量长度和时间。



（a）飞奔的骏马



（b）绽放的烟花



（c）飞身灌篮的运动员

图 5–1 物体的运动

长度的测量

活动 5.1 比较课桌的长、宽、高

1. 目测课桌的长、宽、高，并将它们按从大到小的顺序排列。

2. 不用尺，你如何证实自己目测的结果？说出你的做法。

3. 每名同学估测的课桌长、宽、高的结果相同吗？不同的原因是什么？

从上面的活动可知，各人估测的结果差异较大，原因是没有规定一个公认的标准。

信息快递

测量就是将待测的量与一个公认的标准量进行比较，这个公认的标准量叫作单位。

在我国古代，人们选择身体的某个部位作为长度的标准。所谓“布指知寸、布手知尺、舒肘知寻”，即用手指、手和手臂等作为标准来测量长度，但还是不够准确。直到秦始皇统一度量衡，我国对长度的测量才有了统一的标准。18 世纪中后期，国际计量大会将米确定为国际制长度单位。

在国际单位制（SI）中，长度的单位是米，用符号 m 表示。常用的长度单位还有千米（km）、分米（dm）、厘米（cm）、毫米（mm）、微米（μm）和纳米（nm）等。

信息快递

$1\ \text{km} = 10^{3}\ \text{m}$　　$1\ \text{dm} = 10^{-1}\ \text{m}$

$1\ \text{cm} = 10^{-2}\ \text{m}$　　$1\ \text{mm} = 10^{-3}\ \text{m}$

$1\ \mu\text{m} = 10^{-6}\ \text{m}$　　$1\ \text{nm} = 10^{-9}\ \text{m}$

学生实验　练习使用刻度尺

实验与记录

1. 图 5–2 展示了一些常用的测量长度的工具，你使用过哪些？写出你所知道的长度测量工具的名称，并与同学交流。

2. 取出你的刻度尺，仔细观察：它的量程和分度值分别是多少？

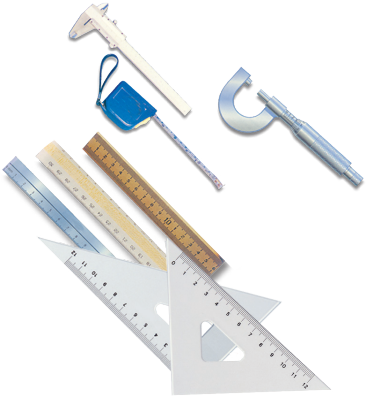


图 5–2　测量长度的工具

信息快递

刻度尺使用注意事项

1. 使刻度尺有刻度的一边紧靠被测物体，放正尺的位置，如图 5–3 所示。

2. 刻度尺的“0”刻度线与被测物体的一端对齐，读数时视线与尺面垂直，如图 5–4 所示。

3. 测量时，应估读到分度值的下一位；记录测量结果时，要写出数字和单位。

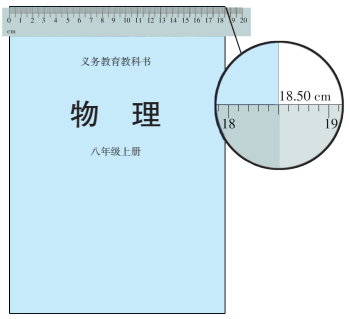


图 5–3　测量教科书的宽度

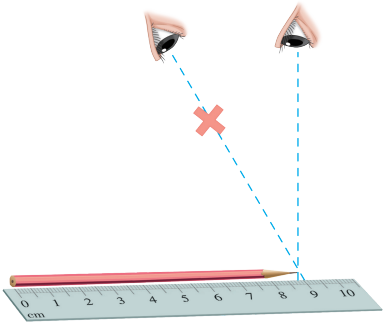


图 5–4　测量铅笔的长度

3. 测量教科书的长度和宽度，把测量结果填写到下表中，并注意单位。

实验序号	长度 /cm	宽度 /cm
①		
②		
③		
平均值		

4. 自制一把分度值为 1 cm 的刻度尺，并用它测量教科书的长度，把测量结果记录在下表中。

实验序号	长度 / cm
①	
②	
③	
平均值	

思考与讨论

1. 用相同的刻度尺多次测量同一长度，测量的结果相同吗？如果不同，原因可能是什么？

2. 用分度值不同的刻度尺测量同一长度，测量的结果相同吗？如果不同，原因可能是什么？

在上述测量过程中，我们会发现，用相同的刻度尺多次测量同一长度，结果可能不一样；用分度值不同的刻度尺测量同一长度，结果也不一样。

任何测量都存在误差。误差和错误是不同的，误差不能消除，但可以减小，而错误是不应该发生的，如使用工具的方法不正确、因粗心看错了数值等。

其实，许多物理量的测量都是以长度的测量为基础的。例如，实验室常用的温度计，就是通过其中液柱长度的变化来反映被测物体温度的。当温度升高时，液柱会变长；当温度降低时，液柱会变短。

信息快递

对同一测量对象的估读值有时偏大、有时偏小，这种误差可以通过多次测量取平均值的方法减小。

生活 物理 社会　港珠澳大桥沉管隧道工程

港珠澳大桥，犹如绚丽而飘逸的海上纽带，连接着香港、珠海和澳门。作为世界级跨海桥梁工程，它的建成是人类建桥史上的壮举，使得香港到珠海、澳门的车程由 3 个多小时缩减到了 1 h 内。便利的交通极大地促进了港澳与内地的经济和文化交流。

港珠澳大桥由桥梁、人工岛和沉管隧道等组成，全长 55 km。沉管隧道长约 6.7 km，其中海底部分约 5.7 km，由 33 节巨型沉管与一个合龙接头组成。每节标准沉管长 180 m、宽 37.95 m、高 11.4 m，质量超过 7×10^4 t。

在水下 40 多米深的海床上铺设沉管（图 5–5），先要挖出沟槽，然后再铺上 2~3 m 厚的基石，其平整度误差必须在 4 cm 以内。这里地处外海，环境复杂，既有风浪、暗流，又有回淤，施工的难度大得难以想象。沉管铺设最后的合龙，是通过插入一段质量达 6×10^3 t 的接头实现的。插入时，两侧的间隙只有 15 cm，安装到位的误差必须在 5 cm 以内，其施工难度堪比“海底绣花”。我国工程技术和施工人员不畏艰难险阻、精益求精，成功破解了一个个世界级难题。合龙后的测试表明，接头安装的误差定格在毫米数量级。

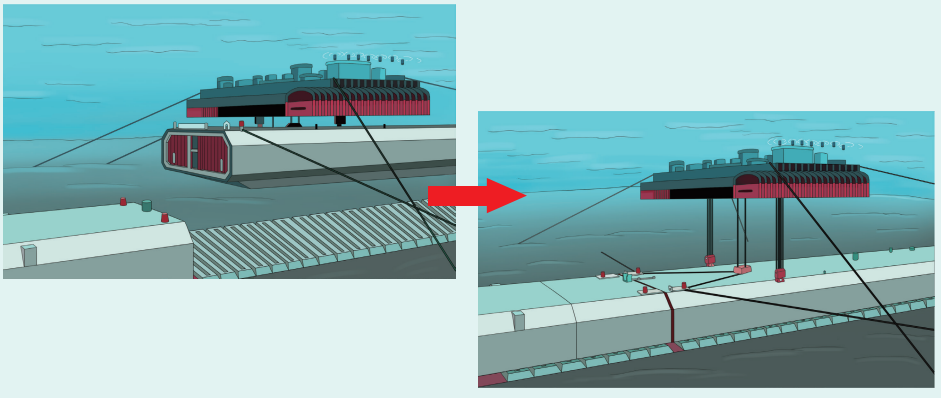


图 5–5 沉管安装示意

时间的测量

在国际单位制中，**时间的单位是秒**，用符号 s 表示。生活中常用的时间单位还有分、小时。分用符号 min 表示，小时用符号 h 表示。它们之间的换算关系为

$$1\ \text{min} = 60\ \text{s}，\ 1\ \text{h} = 60\ \text{min} = 3\ 600\ \text{s}$$

如图 5–6 所示，实验室常用的计时工具有机械秒表、电子秒表。手机也有秒表计时功能，使用起来非常方便。



（a）机械秒表　　（b）电子秒表　　（c）手机秒表

图 5–6　一些常见的计时工具

学生实验　用秒表测量时间

1. 观察秒表，了解它的功能键和使用方法。

2. 按动秒表上的按键，使之启动、暂停和归零。

3. 如图 5–7 所示，细线的一端拴住一串钥匙（或橡皮等），将其悬挂起来。使钥匙摆动起来，用秒表测量摆动 10 个来回所需要的时间。多次测量，将实验数据记录在下表中。



图 5–7　用秒表测量钥匙摆动的时间

实验序号	摆动 10 个来回所需要的时间 /s	摆动 1 个来回所需要的时间 /s
①		
②		
③		

生活 物理 社会　计时器的发展

日常生活、科学研究等都离不开时间的测量。古代，人们利用周期性变化的自然现象来测量时间。太阳的东升西落、月亮的盈亏圆缺，给人类计量时间提供了原始标准，逐渐形成了“日”和“月”的概念。

日晷（图 5–8）是我国古代的一种计时工具，它由晷盘和晷针组成。针影随太阳运转而转动，晷盘上的不同位置表示不同的时刻。古人还利用物质流动的规律性制成了早期的计时工具，如滴漏（图 5–9）等。



图 5–8 日晷

1583 年，意大利物理学家伽利略发现了摆振动的等时性原理。以此原理为基础，荷兰物理学家惠更斯于 1656 年发明了摆钟（图 5–10）。

目前世界上最准确的计时工具是原子钟。2019 年，中国计量科学研究院成功研制出铯原子喷泉基准钟（图 5–11），它在 5.4×10^7 年内误差不超过 1 s。



图 5–9 滴漏



图 5–10 摆钟



图 5–11 铯原子喷泉基准钟

国家工程　北斗卫星导航系统——定位与授时

北斗卫星导航系统（图 5–12）是我国着眼于国家安全和经济社会发展需要，自主建设、独立运行的卫星导航系统。它可为全球用户提供全天候、全天时、高精度的定位、导航和授时服务。该系统由 30 颗北斗三号卫星、15 颗北斗二号卫星以及多颗试验卫星和备份星组成，它的建成使我国成为独立拥有全球卫星导航系统的国家。

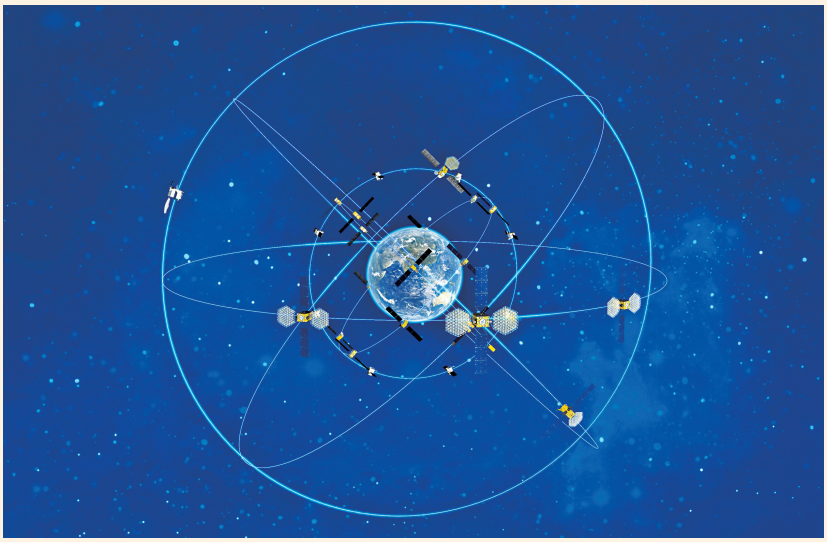


图 5–12　北斗卫星导航系统示意

北斗卫星导航系统配备了国产高精度星载原子钟，核心部件全部自主可控。当前北斗卫星导航系统运行稳定，全球范围水平定位精度优于 9 m，测速精度优于 0.2 m / s，授时精度优于 20 ns。除定位、导航和授时服务外，系统还拥有短报文通信和国际搜救等多种服务功能。

北斗卫星导航系统以世界一流的技术深刻影响着人类的生活。它和其他信息技术的结合，让我们可以随时得知购买的商品何时抵达，在驾驶汽车的同时获取实时交通路况信息，在机场、铁路和港口享受更智能的服务……

实践与练习

1. 如何测量一张纸（图 5–13）的厚度？

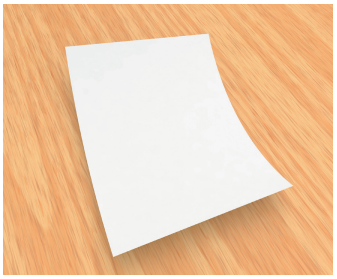


图 5–13

2. 测量出你正常步行时一步所走的距离，这样你就有了随身携带的“尺”。请用这样的“尺”估测绕学校操场一圈的长度，并与体育老师交流。

3. 选用合适的工具，测量你和家人拳头的周长、脚长和身高，你有哪些有趣的发现？

4. 如图 5–14 所示，静静地坐在椅子上，测出自己 10 次脉搏的时间，并记录下来。这样，在没有秒表等计时工具时，就可以利用自己的脉搏来估测时间。试一试，利用你的脉搏估测旗手升旗所用的时间。



图 5–14

二、速　度

比较物体运动的快慢

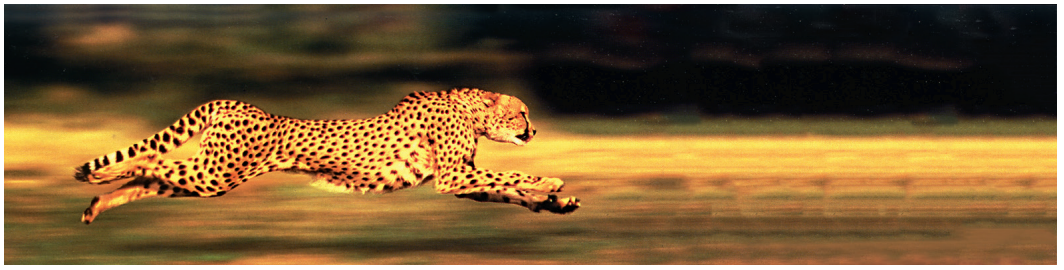


图 5–15　奔跑的猎豹

物体的运动有快有慢，如奔跑的猎豹（图 5–15）和爬行的蜗牛（图 5–16）。我们是如何比较不同物体运动的快慢呢？



图 5–16　爬行的蜗牛

活动 5.2　比较纸锥下落的快慢

做一做

按图 5–17 所示剪两个等大的圆纸片，并分别剪出大小不等的扇形缺口，再将它们粘贴成两个纸锥。

将两个纸锥从同一高度同时释放，哪一个纸锥下落得快？

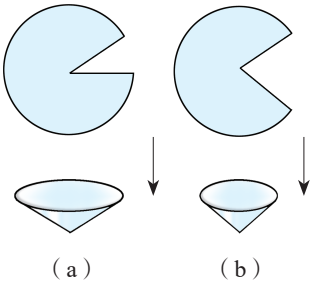


图 5–17　比较纸锥下落的快慢

想一想

1. 你是怎样比较纸锥运动快慢的？有没有其他比较物体运动快慢的方法？

2. 如果将两个纸锥从不同高度同时释放，怎样比较它们运动的快慢？

比较物体运动的快慢有两种方法：一种方法是在相同时间内比较物体通过的路程，通过路程长的物体运动得较快；另一种方法是在物体运动路程相同的情况下，比较物体运动所花的时间，所花时间短的物体运动得较快。

图 5–18 所示是百米赛跑的场景。观众是怎样知道哪位运动员跑得快的？裁判员是依据什么评判哪位运动员跑得快的？其实，无论你怎样判断物体运动的快慢，都必须同时考虑路程和时间这两个因素。



图 5–18　百米赛跑

速度及其测量

速度（velocity）是描述物体运动快慢的物理量，在物理学中，把路程与时间之比叫作速度。

若用符号 v 表示速度，s 表示路程，t 表示时间，则速度公式可写成

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

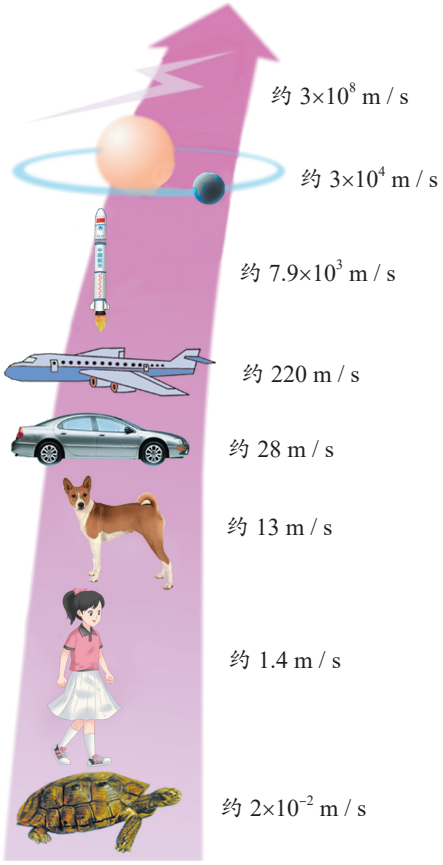


图 5–19　一些速度值

在国际单位制中，**速度的单位是米 / 秒**，读作“米每秒”，符号为 m / s。

常用的速度单位还有厘米 / 秒（cm / s）、千米 / 时（km / h）。一些速度值如图 5–19 所示。

一些交通工具的速度表能实时显示其运动速度的大小，图 5–20 所示是汽车的速度表。



图 5–20　汽车的速度表

活动 5.3 测量纸锥下落的速度

1. 要测量纸锥下落的速度，你认为需要测量哪些物理量？

2. 你准备选用什么实验器材？

3. 请你先设计一个实验数据记录表，然后测量并计算纸锥下落的速度。

例题　如图 5–21 所示，一辆汽车在沪宁高速公路上行驶。

（1）以“m/s”为速度单位，汽车的速度是多少？

（2）如果保持该速度不变，那么汽车到达上海还需要多长时间？



图 5–21

分析　我们从图 5–21 可以获得的信息有：一是汽车所在的位置到上海的距离 $s = 180\ \text{km}$；二是由速度表可知，汽车的速度 $v = 100\ \text{km/h}$。根据路程、时间和速度的关系，就可以求得到达上海所需的时间。

解　（1）以 m/s 为速度单位，汽车的速度

$$v = 100\ \text{km/h} = \frac{100\times10^3\ \text{m}}{3\ 600\ \text{s}} \approx 27.8\ \text{m/s}$$

（2）由 $v = \frac{s}{t}$ 得，汽车到达上海还需要的时间

$$t = \frac{s}{v} = \frac{180\ \text{km}}{100\ \text{km/h}} = 1.8\ \text{h}$$

反思　在本题第（2）问的解答中，路程和时间的单位未使用国际单位制中的“m”和“s”，这样做有什么好处？

生活 物理 社会　凭借速度为国争光

继 2008 年北京夏季奥林匹克运动会（简称“夏季奥运会”）后，奥林匹克旗帜于 2022 年 2 月 4 日再次在国家体育场（鸟巢）

升起，北京成为世界上首个既举办过夏季奥运会又举办冬季奥运会的“双奥之城”！此次冬季奥运会，任子威、曲春雨、范可新、武大靖和张雨婷，一举夺得短道速滑男女 2 000 m 混合接力赛冠军（图 5–22），为中国体育代表团收获了该届冬季奥运会首枚金牌。

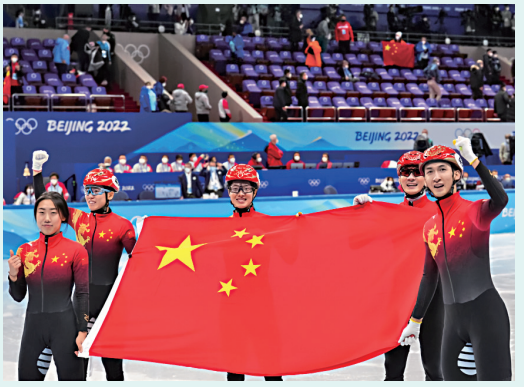


图 5–22　中国短道速滑男女混合接力队夺冠场景

在历届奥运会上，中国运动员在许多竞速项目中获得优异成绩，人们饱含着热泪在国歌声中见证五星红旗在赛场上一次次升起。下表展示了一些中国运动员在奥运会竞速项目中获得的好成绩。

运动会	运动员	项目	成绩	速度 /（m・s^{-1}）
2008 北京第 29 届夏季奥运会	刘子歌	女子 200 m 蝶泳	2 min 4.18 s	1.61
2010 温哥华第 21 届冬季奥运会	王　濛	女子 500 m 短道速滑	43.048 s	11.61
2012 伦敦第 30 届夏季奥运会	叶诗文	女子 400 m 混合泳	4 min 28.43 s	1.49
2016 里约热内卢第 31 届夏季奥运会	刘　虹	女子 20 km 竞走	1 h 28 min 35 s	3.76
2018 平昌第 23 届冬季奥运会	武大靖	男子 500 m 短道速滑	39.584 s	12.63
2020 东京第 32 届夏季奥运会	汪　顺	男子 200 m 混合泳	1 min 55.00 s	1.74
2022 北京第 24 届冬季奥运会	任子威	男子 1 000 m 短道速滑	1 min 26.768 s	11.52

实践与练习

1. 陆地上，猎豹奔跑的速度可达 30 m / s；海洋里，旗鱼游水的速度可达 100 km / h；天空中，雨燕飞翔的速度可达 3 km / min。它们中谁的速度最大？

2. 沪宁高速公路上，小轿车限速 120 km/h。一辆小轿车 9：00 从苏州进入高速公路，9：30 到达上海，驶出高速公路。苏州到上海高速路段的路程约为 70 km。如果你是值勤交警，是否要对该车司机作出超速处罚？你的依据是什么？

3. 如图 5–23 所示，在塑料小瓶底面中心钻一小孔，再取一段塑料管，用胶带把它固定在小瓶上；然后将一根长线穿过塑料管，水平拉直后固定在两侧支架上。

将吹大的气球套在小瓶瓶口上，松手后测量气球运动的距离和时间。比一比，谁的气球运动得快。

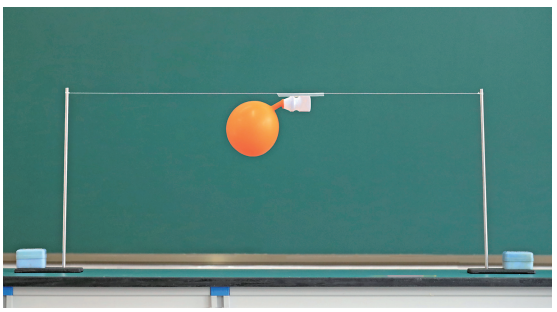


图 5–23

三、直线运动

物体的运动，按运动路径的曲直可分为直线运动和曲线运动。在直线运动中，按照速度是否改变，又可分为匀速直线运动和变速直线运动。

匀速直线运动

我们把**物体沿直线且速度不变的运动叫作匀速直线运动**。匀速直线运动是一种最简单的运动。

在日常生活中，匀速直线运动并不常见，但有一些运动可以近似看成匀速直线运动。例如，沿直线滑冰停止用力后的一段滑行（图 5–24），站在商场自动扶梯上人的运动（图 5–25），等等。



图 5–24 滑冰

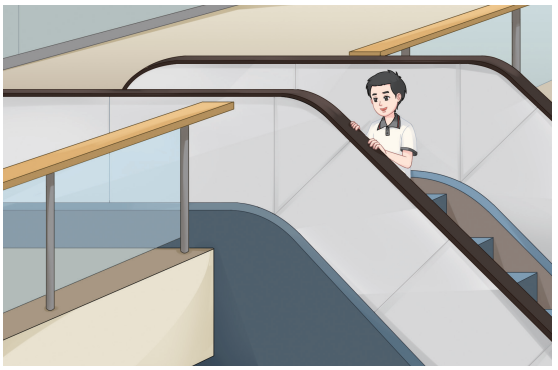


图 5–25 自动扶梯上人的运动

学生实验 研究气泡的运动速度

通过测量物体运动的速度，可以研究它的运动特点。

实验与记录

1. 在长约120 cm的玻璃管中注水近满，上端留一小段空气柱，用橡皮塞塞住管口。

2. 先将玻璃管右端抬高，使气泡处在右端；再把右端放到桌面上，观察气泡的运动情况，如图 5–26 所示。

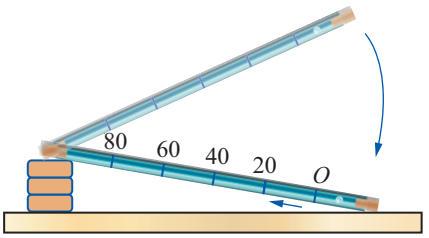


图 5–26 研究气泡的运动速度

3. 测量气泡从点 O 运动到 20 cm、40 cm、60 cm 和 80 cm 处所用的时间，并填入表 1。

表 1

从点 O 开始的路程 s/cm	0	20	40	60	80
从点 O 开始计时的时间 t/s					

数据处理

1. 根据表 1 中的数据，计算气泡通过各区间的时间和相应的速度，填入表 2。

表 2

区间 s'/cm	0~20	20~40	40~60	60~80
通过各区间的时间 t'/s				
通过各区间的速度 v/（m·s^{-1}）				

2. 根据表 1 中的数据，在图 5–27 所示的坐标系中，画出气泡运动的 $s-t$ 图像。

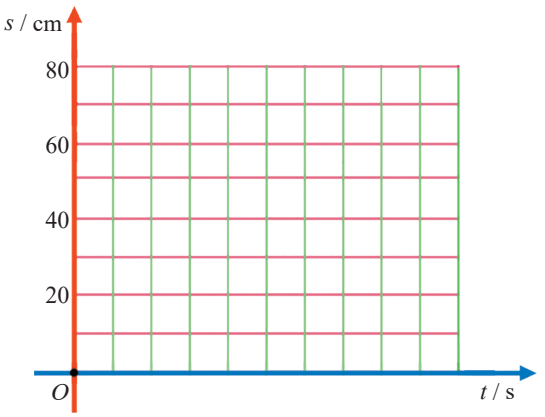


图 5–27　画出气泡运动的 $s-t$ 图像

交流与小结

1. 根据气泡通过各区间的速度，你能得出什么结论？

2. 对你画出的 $s-t$ 图像进行分析：气泡运动一段距离后，其通过的路程与所用的时间有什么关系？

实验表明：**做匀速直线运动的物体，在相等的时间内通过的路程相等，路程与时间成正比**。

变速直线运动

图 5–28 是苹果下落过程中每隔相等时间曝光一次所得到的照片。从图中可以看出，苹果下落的速度越来越大。我们把**速度变化的直线运动叫作变速直线运动**。变速直线运动的速度是变化的，所以用速度公式求得的速度，只能粗略地反映物体运动的快慢，这个速度称为平均速度。我们在“活动 5.3”中测得的纸锥下落的速度就是平均速度。



图 5–28 苹果下落的频闪照片

例题 如图 5–29 所示，南京长江大桥是长江上第一座由我国自行设计和建造的双层式铁路、公路两用桥梁。铁路桥全长 6.77 km，设一辆全长为 400 m 的高速列车通过铁路桥，所用时间为 2 min。请问：该高速列车运行的速度是多少？高速列车以该速度从上桥开始行驶到扬州，全程为 95 km，需要多长时间？



图 5–29

分析 “高速列车通过铁路桥”是指从车头驶上大桥到车尾离开大桥（图 5–30），运行的距离 s_1 为桥长 s 加上车长

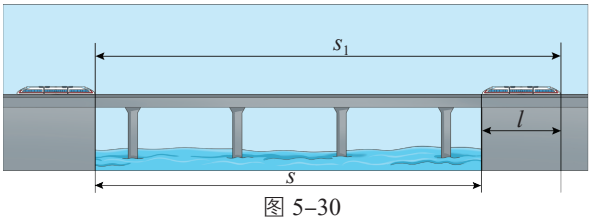


图 5–30

l，即 $s_1 = 6.77\ \text{km} + 0.4\ \text{km} = 7.17\ \text{km}$。

如图 5–31 所示，高速列车从上桥开始行驶到扬州的路程为 $s_2 = 95\ \text{km}$，此路程比高速列车的长度要长得多，因此在计算时可以不考虑高速列车的长度。

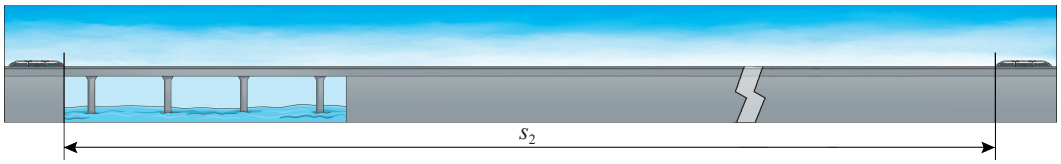


图 5–31

解答　高速列车通过铁路桥运行的路程

$$s_1 = s + l = 6.77\ \text{km} + 0.4\ \text{km} = 7.17\ \text{km}$$

在桥上运动的时间

$$t_1 = 2\ \text{min} = \frac{1}{30}\ \text{h}$$

则高速列车运行的速度

$$v = \frac{s_1}{t_1} = \frac{7.17\ \text{km}}{\frac{1}{30}\ \text{h}} = 215.1\ \text{km/h}$$

高速列车以该速度从上桥开始行驶到扬州，需要的时间

$$t_2 = \frac{s_2}{v} = \frac{95\ \text{km}}{215.1\ \text{km/h}} \approx 0.44\ \text{h} = 26\ \text{min}$$

反思　物理公式不仅反映了各物理量之间的数量关系，而且反映了它们之间的单位关系，我们可以通过单位运算来检验解题过程。

实践与练习

1. 物体运动快慢通常用速度来描述，为什么运动会竞速项目的成绩可以用时间来描述？

2. 从地球表面向月球表面发射的一束激光，经 2.56 s 后被反射回地球。已知光在真空中传播的速度为 3×10^8 m/s，从地球表面到月球表面的距离为多少米？

3. “朝辞白帝彩云间，千里江陵一日还”，这是唐朝诗人李白的名句。试根据诗中的描述，估算他所乘船的平均速度。

4. 下表是某高速列车从上海到南京的运行时刻表。

站　名	上　海	苏　州	无　锡	常　州	南　京
到站时刻		10:25	10:42	10:58	11:40
发车时刻	10:00	10:27	10:44	11:00	
路程 / km	0	84	126	165	301

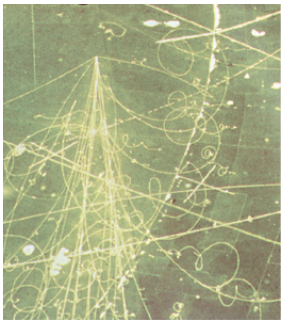
根据列车运行时刻表回答下列问题。

（1）列车由上海驶往南京的平均速度是多大？

（2）列车从苏州到无锡和从常州到南京，它在哪一路段的平均速度较大？

四、运动的相对性

我们处在一个不断运动和变化的世界中，无论是微观粒子还是宇宙中的天体，都在不停地运动着，如图 5–32 所示。



（a）照相胶片显示了微观粒子运动的轨迹



（b）彗星飞近太阳



（c）“长征”系列运载火箭升空

图 5–32 世界是运动的

参照物和机械运动

如图 5–33 所示，小明和小华谁说得对？如何判断物体是运动的还是静止的？

人们判断物体的运动和静止，总要选取某一物体作为标准。如果一个物体的位置相对于这个标准发生了变化，就说它是运动的；如果没有变化，就说它是静止的。这个作为标准的物体叫**参照物**，我们通常选取地面为参照物。

物理学中，把**一个物体相对于另一个物体位置的变化叫作机械运动**（mechanical motion），简称运动。

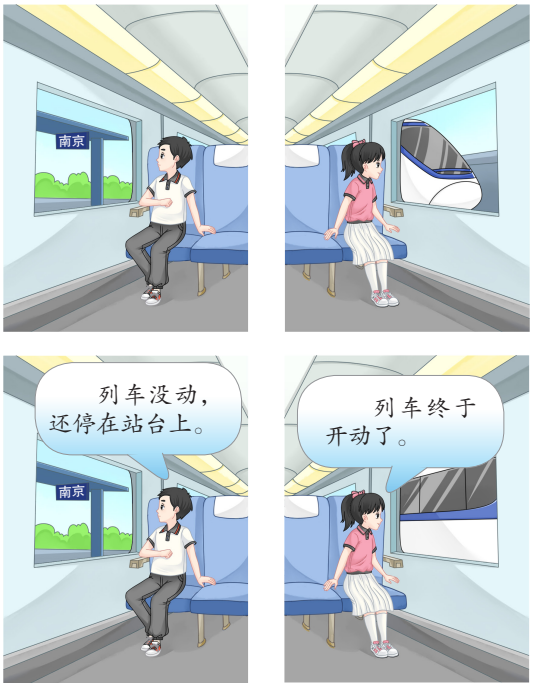


图 5–33 小明与小华坐在同一列车中

运动与静止

图 5–34 是用数码相机的连拍功能记录的某学生跑步时的一组照片，图中的学生、跑道边上的盆栽是运动的还是静止的？你是如何判断的？



图 5–34 某学生跑步时的一组照片

图 5–35 中，云朵和月亮究竟谁在运动？

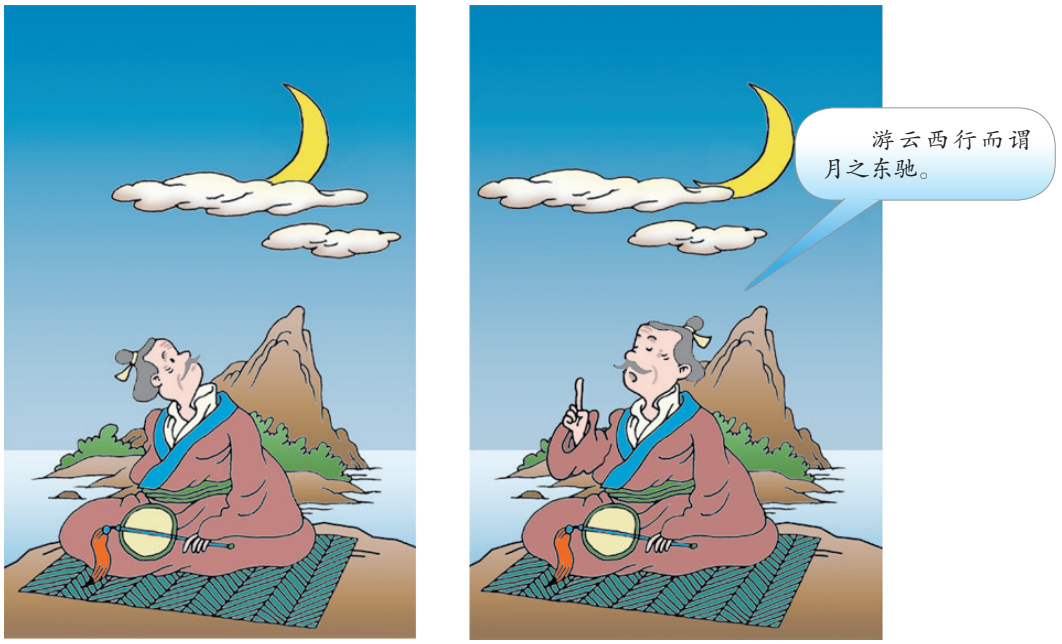


图 5–35 云朵和月亮究竟谁在运动

老者认为云朵向西运动，是以什么为参照物的？若认为月亮向东运动，则又是以什么为参照物的？

对于同一个物体，由于选取的参照物不同，我们可以说它是运动的，也可以说它是静止的。机械运动的这种性质叫作运动的相对性。

生活 物理 社会　运动相对性的应用

在生产、科研和军事上，常常要应用运动相对性的知识。

战斗机为了提高巡航里程，需要在空中加油。实施空中加油时，受油机必须和加油机保持相对静止，如图 5–36 所示。“天舟二号”货运飞船入轨后，采用自主快速交会对接模式与“天和”核心舱成功对接，对接时，两者也必须保持相对静止，如图 5–37 所示。



图 5–36　空中加油

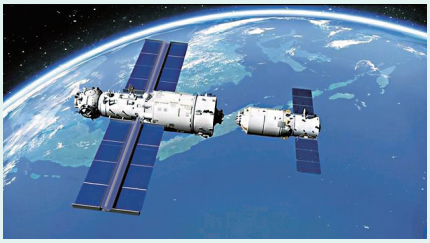


图 5–37“天舟二号”货运飞船与“天和”核心舱对接示意

在飞机等飞行器的研制中，需要进行风洞试验。试验时，将飞行器固定在风洞中，风洞能模拟实际气流，让风迎面吹来，利用空气和飞行器间的相对运动，模拟研究飞行器在空中的飞行情况，如图 5–38 所示。采用这种方法就能发现并解决研发中存在的问题，降低试飞失败的可能性，减少科研损失。风洞是推动航空航天事业发展的国之重器，一代风洞技术决定一代飞行器的研制水平。我国自主研制的 JF–22 超高速激波风洞，可复现 40～90 km 高空、约 30 倍声速的高超声速飞行条件，整体性能处于国际领先水平。它与 JF–12 激波风洞一起，使我国成为高超声速领域唯一具备覆盖全部“飞行走廊”实验能力的国家。

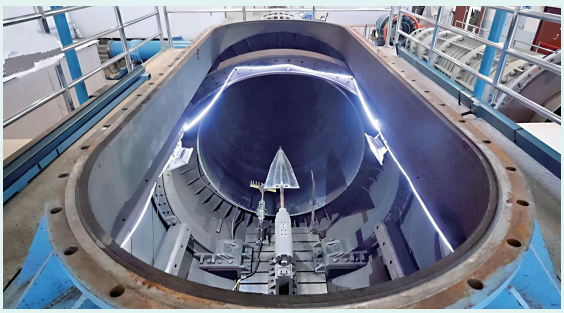


图 5–38　JF–22 超高速激波风洞

实践与练习

1. 当你站在商场中上升的自动扶梯上时，你是运动的还是静止的？

2. 当你乘坐交通工具时，请观察并描述周围的行人、其他交通工具以及周围建筑物等的运动情况。

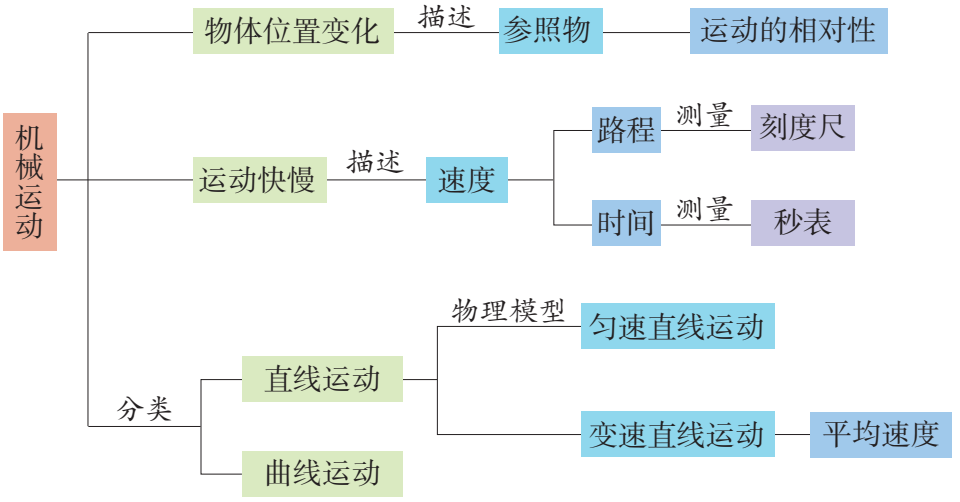
3. 在 4 × 100 m 接力赛中，公认的强队偶尔也会因交接棒时（图 5–39）的失误而与冠军失之交臂。为保证交接棒的顺利进行，你能给他们提出什么建议？



图 5–39

素养进阶

内容梳理



反思提升

1. 凭视觉判断图 5–40 所示的两根棒的长度，你的结论是什么？如何证实你的判断是否正确？结合此例，说一说你对测量的认识。

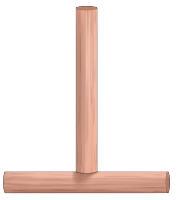
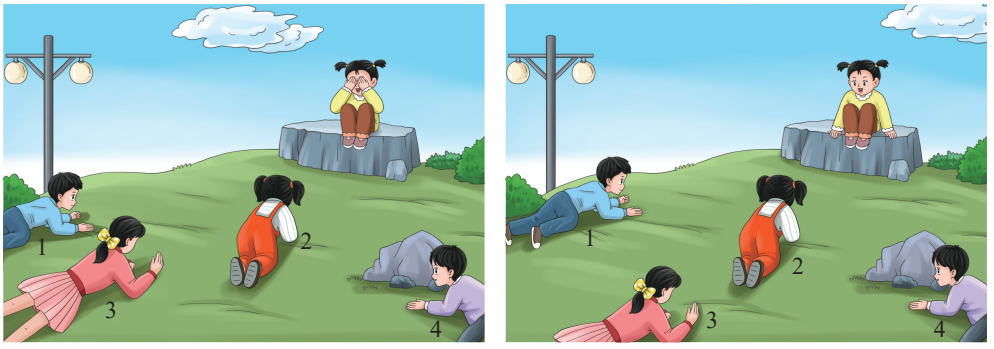


图 5–40

2. 通过“练习使用刻度尺”的实验，我们认识到“误差不可避免，但可以减小；而错误必须避免”。请结合该实验，说一说我们是如何减小误差的，在哪些环节必须避免错误的发生。

3. 几位小朋友做游戏。坐着的女孩先记住其他小朋友的位置，然后用手蒙住眼睛，如图 5–41（a）所示。放开手后，坐着的女孩看到的情景如图 5–41（b）所示。假如坐着的女孩是你，你如何判断其他小朋友是否运动了？判断时选择的参照物唯一吗？



（a）　　（b）

图 5–41

4. 比较物体运动的快慢，可用“相同时间比路程”，也可以用“相同路程比时间”。在物理学中，用的是“相同时间比路程”，即用路程与时间之比来定义速度（$v=\frac{s}{t}$），为什么不用另一种方法来定义速度？

5. 在做“研究气泡的运动速度”实验时，如果气泡运动较快，来不及计时，可对装置做怎样的调节？实验中，先在管上标出点“O”“20 cm”“40 cm”“60 cm”“80 cm”的位置，这样做的目的是什么？

问题解决

1. 回顾日常测量身高的方法。如果要较准确地测量一节电池（图 5–42）的长度和直径，你选择什么测量工具？怎样操作？有哪些注意事项？测一测。



图 5–42

2. 如图 5–43 所示，小华坐在高速列车上，观察到窗外另一轨道上也有一辆高速列车。请根据图示情景说明两列高速列车可能的运动情况以及你判断的理由。

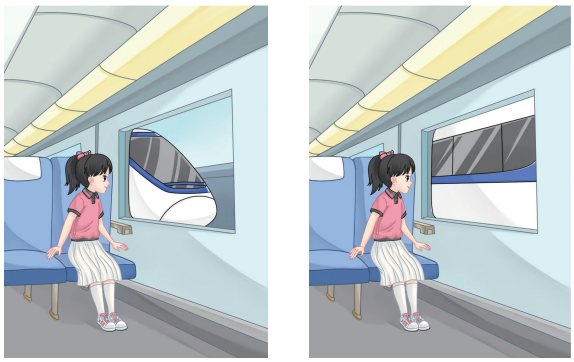


图 5–43

3. 下表是根据录像资料获得的某运动员在一次 110 m 跨栏比赛过程中的相关数据。

路程 /m	0	13.72	22.86	32.00	41.14	50.28	59.42	68.56	77.70	86.84	95.98	110.00
时间 /s	0	2.50	3.40	4.50	5.50	6.50	7.50	8.50	9.50	10.50	11.40	12.91

请根据表中数据，画出该运动员运动路程随时间变化的图像，说明他的运动有什么特点。（提示：可借助信息技术手段绘制图像）

附　录

常用物理量及其单位

物理量		单位		备注
名　称	符　号	名　称	符　号	
长度（路程）	l（s）	米 千米 分米 厘米 毫米	m km dm cm mm	$1\ \mathrm{km}=10^{3}\ \mathrm{m}$ $1\ \mathrm{dm}=10^{-1}\ \mathrm{m}$ $1\ \mathrm{cm}=10^{-2}\ \mathrm{m}$ $1\ \mathrm{mm}=10^{-3}\ \mathrm{m}$
面积	A，S	平方米 平方厘米	m^2 cm^2	$1\ \mathrm{cm}^2=10^{-4}\ \mathrm{m}^2$
体积	V	立方米 立方厘米 升 毫升	m^3 cm^3 L，（l） mL，（ml）	$1\ \mathrm{cm}^3=10^{-6}\ \mathrm{m}^3$ $1\ \mathrm{L}=10^{-3}\ \mathrm{m}^3$ $1\ \mathrm{mL}=10^{-6}\ \mathrm{m}^3$
温度	t	摄氏度	℃	
频率	f	赫兹	Hz	
时间	t	秒 分 时	s min h	$1\ \mathrm{min}=60\ \mathrm{s}$ $1\ \mathrm{h}=3\ 600\ \mathrm{s}$
速度	v	米 / 秒 千米 / 时	m / s km / h	$1\ \mathrm{m/s}=3.6\ \mathrm{km/h}$

物理学名词中英文索引

词　汇	英文对照	页　码
A		
凹透镜	concave lens	67
C		
超声波	ultrasonic wave	28
次声波	infrasonic wave	28
F		
反射	reflection	52
沸腾	boiling	99
G		
光线	light ray	42
光源	light source	36
H		
红外线	infrared ray	82
J		
机械运动	mechanical motion	140
焦点	focus	68
焦距	focal length	68
镜面反射	mirror reflection	55
M		
漫反射	diffuse reflection	55
N		
能量	energy	15
凝固	solidification	105
凝华	deposition	109
P		
频率	frequency	19
Q		
汽化	vaporization	99

续 表

词 汇	英文对照	页 码
R		
熔化	melting	105
S		
色散	dispersion	37
声波	sound wave	15
声源	acoustic source	12
升华	sublimation	109
实像	real image	72
速度	velocity	131
T		
透镜	lens	67
凸透镜	convex lens	67
W		
望远镜	telescope	77
温度	temperature	93
温度计	thermometer	93
X		
显微镜	microscope	79
响度	loudness	18
像	image	47
虚像	virtual image	48
Y		
液化	liquefaction	102
音调	pitch	19
音色	timbre	21
乐音	musical tone	23
Z		
噪声	noise	23
折射	refraction	62
振动	vibration	12
振幅	amplitude	18
蒸发	evaporation	99
紫外线	ultraviolet ray	83