



义务教育教科书
(五·四学制)

物理

八年级 上册

上海科学技术出版社

义务教育教科书

(五·四学制)

物理

八年级

上册



上海科学技术出版社

主 编：高 景

执行主编：朱 璀

本册主编：於 丰

核心编写人员：（以姓氏笔画为序）

王 捷 朱俊葵 陈浔颖 陈嘉月 徐蓓蓓

责任编辑：陈 鹏 陈慧敏

美术设计：房惠平 诸梦婷

义务教育教科书（五·四学制）物理 八年级 上册

出 版 上海世纪出版（集团）有限公司 上海科学技术出版社

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

发 行 上海新华书店

印 刷 上海新华印刷有限公司

版 次 2024 年 8 月第 1 版

印 次 2024 年 8 月第 1 次

开 本 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 9.75

字 数 159 千字

书 号 ISBN 978-7-5478-6617-7/G · 1219

定 价 10.00 元

价格依据文号 沪价费〔2017〕15 号

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

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

前　　言

同学们，欢迎你们踏入充满神奇的物理世界！这套教材将陪伴你们度过一段富有挑战和乐趣的物理学习旅程。

本套教材是根据教育部最新颁布的《义务教育物理课程标准（2022年版）》编写的。共分为四册，涵盖17章内容。每一章都设有反映核心概念、规律或物理思想的章首图，对章内主要内容进行简要介绍和引导。每一节都通过真实情境引入，以问题为导向进行探究，进而阐述物理概念和规律，融入科学的研究方法，并将其应用于实际生活，充分体现从生活走向物理，再从物理走向社会的理念。

为了激发同学们的学习兴趣，引导你们主动建构知识，开阔视野，促进核心素养的发展，本教材特别设计了以下栏目：

自主活动

包括简单的演示实验、学生实验和学生活动，引导同学们经历知识的建构过程，体现自主学习。

想一想

用具有启发性的问题为后续教学内容做铺垫；也可以在完成学习后引发讨论与交流，帮助同学们深化对学习内容的理解，针对所学内容进行思辨，进而迁移所学内容分析、解释实际物理情境。

拓展视野

是教材所涉内容的适度拓展，为学有余力的同学开启进一步学习的窗口，提升物理观念。

STSE

结合具体事例简要介绍物理学在科学研究、技术进步和社会生活中所产生的影响和作用，体现科学·技术·社会·环境之间的关系。

科学与人文

用于配合教材正文适当介绍相关的物理学史，重在体现科学态度、科学精神和科学家的社会责任。

跨学科实践

包括调研报告、实验探究和科技制作等任务形式，旨在培养同学们乐于实践、敢于创新的精神。

练一练

注重题目的典型性和基础性，根据内容的具体情况设置长作业——主题学习，以体现该单元教学的整体性。

回顾与复习

作为各章小结，包括对各章基本概念、基本规律或基本方法的梳理，并设置知识结构框图和章练习。

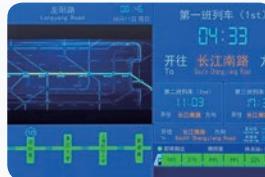
目录

序言 踏上物理学奇妙旅途 1

第1章 测量

7

第1节 · 长度的测量	8
第2节 · 时间的测量	15
第3节 · 质量的测量	20
跨学科实践 · 体质的测量与评价	25



第2章 机械运动

30

第1节 · 运动与静止	31
第2节 · 运动的快慢	35
第3节 · 速度的测量	40



第3章 声现象

47

- 第1节·声音的产生和传播 48
- 第2节·声音的特性 54
- 第3节·声波的应用和控制 61
- 跨学科实践·简单乐器的制作 66



第4章 光现象

72

- 第1节·光的反射 73
- 第2节·平面镜成像 82
- 第3节·光的折射 89
- 第4节·凸透镜成像 95
- 第5节·透镜的应用 103





第5章 运动和力

114

第1节·力 115

第2节·弹力 重力 120

第3节·二力合成 二力平衡 126

第4节·摩擦力 132

第5节·牛顿第一定律 137



序 言

踏上物理学奇妙旅途

图1是一名游客在海洋公园所拍摄的照片，图中憨态可掬的北极熊看上去似乎已“身首异处”却仍旧怡然自得。用一次性塑料杯（图2）舀一杯沸水并放回水盆的沸水中继续加热，无论经过多久，杯中的水也不再沸腾。这些类似魔术的有趣生活现象是否引起了你的好奇？在今后的物理学奇妙旅途中，我们将逐步揭开更多有趣现象的“面纱”，探寻这些现象背后的科学原理。



图1 海洋馆中的北极熊



图2 给塑料杯中的水加热

什么是物理学？

同学们听说过“皇冠的秘密”和“曹冲称象”吗？这是古人巧妙地运用浮力的原理解决实际问题的两个小故事，而浮力相关的问题大多属于物理学的研究范畴。在小学的科学课程中，我们已经初步接触了这些物理问题。现在开始，我们将进一步深入学习自然科学的重要组成部分——物理学。

我们生活的宇宙（图3）是由运动着的物质和能量组成的。物质的形态、大小和结构等因素都会影响物质的运动方式，并取决于物质组元之间的相互作用类型。物理学是通过实验观测和理论分析相结合的方法，深入研究物质结构及其相互作用等基本的科学。



图3 宇宙星云和星系

实验物理学家通过精心设计的实验和细致入微的观测，定量地展现物质世界出人意料的奇妙特性和丰富多彩的运动规律；理论物理学家则要通过新的猜想建立和发展理论、通过数学推演和逻辑分析预言新的物理效应、解释已有实验结果。而这些新的科学猜想和理论预言又需要进一步的实验来验证。在这样理论—实验密切结合的过程中，物理学家总是要抓住主要矛盾、化繁

为简、分解问题，通过建立一系列理想模型逼近真实的研究对象，揭示物质世界本质，从而使一些实际问题获得比较令人满意的解决。

由于物质世界具有结构和运动形态之美，描述其基本结构及其相互作用规律的物理学自然应该是大道至简，具有独特的美感。这些基本的物理学规律可以通过日常生活中常见的力、热、声、光、电等物理现象反映出来，图 1 和图 2 所展现的情景分别是光现象和热现象。物理学的终极目标是将各种物理现象的内在规律纳入一个统一的思想框架中，并用准确且普适的科学语言（数学和逻辑）加以表达，追求这一宏大的目标也是现代物理学的最重大的前沿问题。

物理学对人类社会的影响是什么？

物理学起源于古代哲学家对自然现象的思考和探索。古希腊亚里士多德首先提出了最初的物理学概念。我国战国时代的典籍《墨经》中就有不少关于物理学效应的论述（如针孔成像）。自 17 世纪培根（F.Bacon, 1561—1626）（图 4）和伽利略（G.Galilei, 1564—1642）（图 5）提出科学实验的方法以后，物理学才作为一门独立学科开始了飞跃式的发展，契合了此后的工业革命。19 世纪以来，物理学已经发展成为包含力学、热学、电磁学、光学、原子物理学和天体物理学等多个分支的完整知识体系。因此，物理学的研究对象涵盖了细微至基本粒子，浩瀚如宇宙的所有物质存在形式。经过三个多世纪，物理学对人类社会的发展产生了巨大而深远的影响，人类社会每一个重大的科技进步都与物理学有关。



图 4 培根

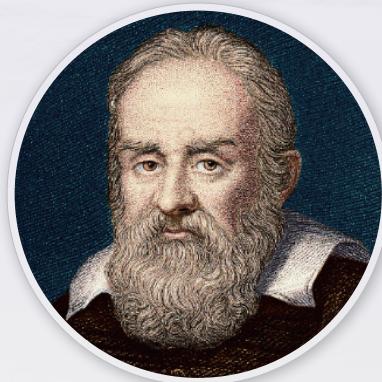


图 5 伽利略

作为当代科学重要组成部分和重要支柱，物理学对数学和自然科学的其他领域发展有着重要的推动作用。物理学家使用数学语言来描述和预测物理现象，这也促使数学自身的不断发展。一个典型的例子就是牛顿在研究物体运动规律的过程中创立了重要的数学工具——微积分。物理学对原子和分子结构（图 6）的探索帮助化学家理解化学现象的机制、揭示化学键的本质。物理学中关于热学的知识则为我们理解生物体内的代谢过程提供了重要线索，X 光衍射技术导致了 DNA 双螺旋结构（图 7）的发现、导致了当代的分子生物学革命。此外，物理学家在探寻科学规律的过程中所表现出来的大胆质疑、严谨求证、勇于创新的科学精神和思想方法都为人类社会贡献了巨大的精神财富。

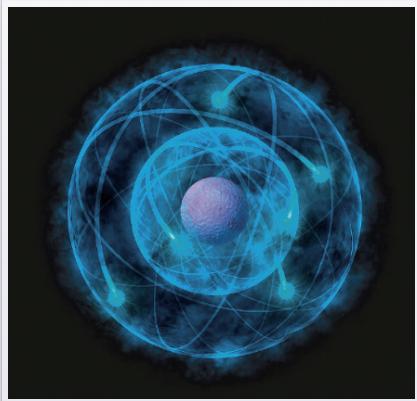


图 6 原子结构

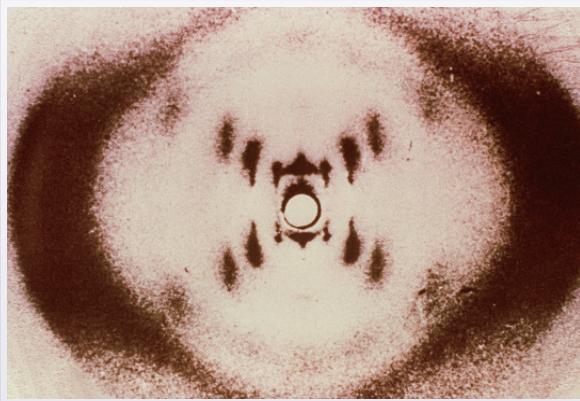


图 7 DNA 分子的 X 射线衍射图样

物理学在工程和技术领域有着重要的应用。从古代最原始的杠杆到现代社会中包括机器人在内的各种机械设备和工程建设等都离不开力学的原理（图 8），而热学、电磁学的研究则为这些设备解决了能量来源的问题，极大地提高了工业生产和工程建设的效率。物理学从微观层面对物质特性的研究为新材料（图 9）的开发提供了理论指导，使得人类可以制造出更轻、更坚固、更耐用的优质材料，推动了产品质量和工程技术的提升。物理学导致原子能技术不仅在工业、农业、军事等国家需求方面有着不可或缺的地位，而且其和平利用推动了当代的能源革命。



图 8 北盘江大桥

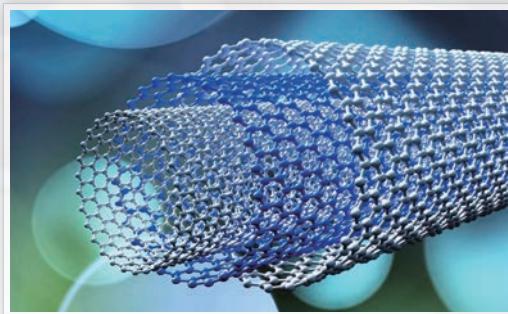


图 9 碳纳米管

物理学的许多研究成果改变了人们的生活方式，提高了人们的生活质量。电脑、智能化手机乃至许多智能化家用电器设备的核心部件是半导体芯片（图 10），芯片的诞生主要归功于原子物理学和电磁学的研究成果。而海量信息的高速传输通道——光纤（图 11）则离不开电磁学和光学的基本原理。计算机断层扫描（CT）、核磁共振、放射性疗法、质子重离子疗法等为人们的健康生活提供了重要的技术保障，这些现代化的医疗设备和技术手段的发明都离不开物理学。



图 10 半导体芯片

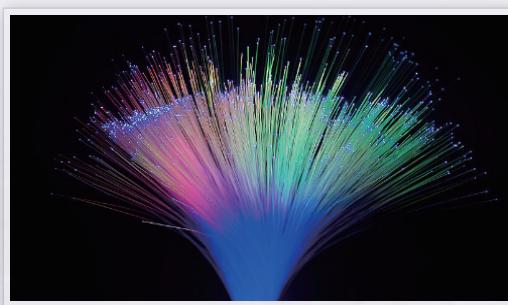


图 11 光纤

如何学好初中阶段的物理？

初中阶段的物理课程偏重于对物理现象、物理概念和物理规律的直观把握、定性描述和简单分析，为后继物理课程的学习奠定基础。要学好初中的物理，除了认真完成老师所规定的学习任务以外，有以下三点建议。

物理学是一门实践性很强的学科，学好物理，不能只是机械地记忆教材上的知识。我们的日常生活中蕴含着丰富的学习素材。建议同学们加强对生活中简单物理现象的观察，结合课堂上学到的物理原理和规律思考、分析这些现象成因，做到学以致用。

物理学是一门基于实验的学科，除了做好教材所规定学生实验、认真观察并分析课堂上的演示实验以外，希望同学们积极主动地开展各种课外实验活动，培养自己的动手能力和探究意识，这也有助于我们更好地理解课堂上学到的物理概念和规律。

真实世界里的实际问题往往不是依靠单一学科的知识就能解决的。建议同学们主动寻求跨学科实践学习的机会，将物理学与其他学科的知识和方法综合运用，提高解决实际问题的能力。要善于运用数学手段分析和解决物理问题。

物理学对大自然的探索永远不会停止，热诚地期待同学们通过认真学习物理保持对科学的好奇心和探索自然的求知热情。欢迎同学们加入探索物理学、追求真理的奇妙之旅！



第①章 测量

一名学生正在中学生体质健康测试的现场进行坐位体前屈测试，图中刻度尺的示数反映了学生的身体柔韧程度。体质健康测试包含了多种项目，其中跑步要测量时间，跳远要测量距离，体质指数需要测量质量和身高。测量是物理实验的基础，是认识世界的方法。本章我们将学习测量的基础知识。

通过本章内容的学习，你将学会用工具测量基本物理量——长度、时间和质量；提升与其他同学进行有效交流的能力；感悟实事求是的科学态度。



图 1-1-1 测量身高

第1节

长度的测量

开学了，你又长高了。如图 1-1-1 所示，要知道身高，既可以目测，也可以用工具测量。两种方法得出的结果可能不同，怎样才能测得更准呢？

● 长度测量的方式如何演变？

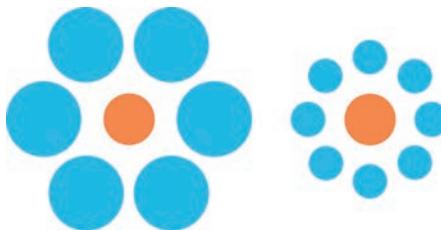
从古到今，生活、生产、贸易和科学的研究等活动都离不开测量。测量的目的就是进行可靠的定量比较。

人类祖先在劳动过程中逐渐形成依靠主观感受进行比较的习惯。图 1-1-2（a）中哪条黄色线段更长？图 1-1-2（b）中哪个橙色圆面积更大？若仅凭肉眼观察，似乎上方的黄色线段更长，右边的橙色圆面积更大。用刻度尺测量

后发现，两条线段一样长，两个圆的直径相同，面积也一样大。



(a)



(b)

图 1-1-2 比较线段的长短、圆的大小

由此可见，仅凭人的主观感受来比较事物的差异，往往不可靠。要进行可靠的定量比较，需要有一个公认的标准量作为比较的依据，这个标准量叫做单位 (unit)。“布指知寸，布手知尺，舒肘知寻”，古人曾用手和手臂来测量长度。

**自主活动**

如图 1-1-3 所示，“1 抻”为大拇指和中指伸开的距离，试用“拃”为单位估测课桌的长度。

课桌长度为_____拃。

和其他同学交流测量结果，看看是否一致。

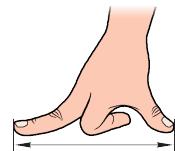


图 1-1-3 1 抻

用手测量课桌的长度，同学们的测量结果大小不一。可见这样测量虽然比较便捷，但测量结果的差异明显。

在人类历史上的不同时期、不同地区往往使用不同的单位，给文化交流和生产贸易带来诸多不便。秦朝第一次统一了度量衡，有力地推动了

社会和经济的发展。

目前，国际上有一套统一的单位，叫做**国际单位制**（International System of Units），简称SI。在国际单位制中，长度的基本单位是**米**（metre），用符号m表示。18世纪末，人们曾利用地球经线来定义米，并依此用铂-铱合金铸成一根“米原器”，作为全世界统一的长度测量基准。2019年起，国际计量大会规定1/299 792 458秒内光在真空中传播的距离为1 m。图1-1-4是一些常见物体长度的数量级。

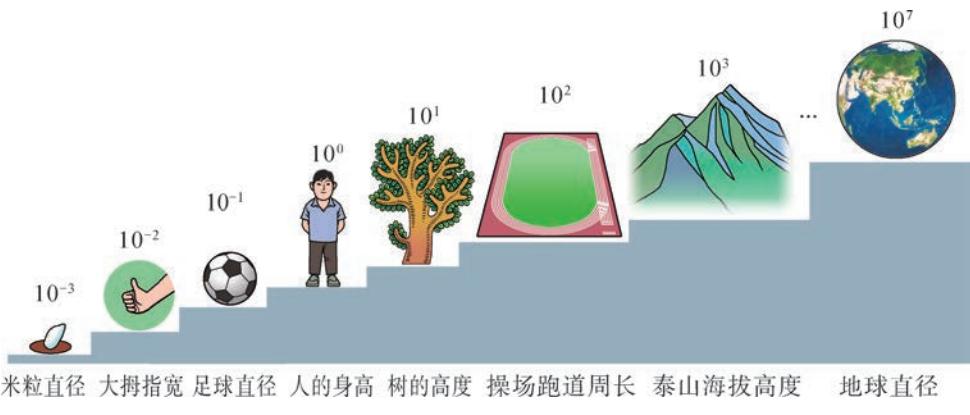


图1-1-4 一些物体长度的数量级（单位：m）

常用的长度单位还有千米（km）、分米（dm）、厘米（cm）和毫米（mm）等。它们与米的换算关系如下：

$$1 \text{ km} = 1000 \text{ m} = 10^3 \text{ m}$$

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

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

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

随着科技的进步，测量长度的工具也在不断发展。如图1-1-5所示，目前常见的长度测量工具有刻度尺、卷尺、游标卡尺和激光测距仪。



(a) 刻度尺



(b) 卷尺



(c) 游标卡尺



(d) 激光测距仪

图 1-1-5 长度测量工具

人类借助先进的测量工具完成了许多高难度测量。2018年，我国科学家首次成功利用激光精确地测量地月距离，也使我国成为世界上极少数实现地月激光精确测量的国家。2020年12月8日，我国科研人员通过北斗卫星导航系统采集的信号精确测量了珠穆朗玛峰的“身高”。

● 如何使用刻度尺测量长度？

刻度尺是最常用的长度测量工具。使用刻度尺前，先要明确刻度尺的量程和分度值。刻度尺的量程是指它的测量范围，分度值是指两条相邻刻度线之间的长度。使用不同分度值的刻度尺测量同一物体的长度，测量结果可能不同。

学生实验

用刻度尺测量长度

观察刻度尺

选择一把刻度尺，观察它的量程和分度值分别是多少？

学习使用刻度尺

- 如图 1-1-6 所示，测量时将刻度尺的零刻度线与物体的一端对齐，并使刻度尺有刻度的一边紧贴待测物体。

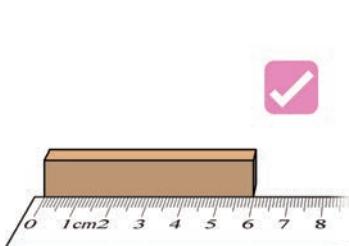


图 1-1-6 刻度尺的摆放

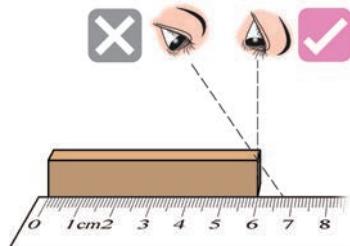


图 1-1-7 读数时的视线位置

- 如图 1-1-7 所示，读数时测量者的视线要正对刻度线。

- 记录的测量结果应包含数值和单位。

测量时，测量结果和真实值相比可能会偏大或偏小，我们把这种差异称为误差。可以采用多次测量取平均值的方法来减小误差。

测量教科书的长和宽

用刻度尺测量教科书的长和宽，将测量结果记录在表 1-1-1 中。

表 1-1-1 数据记录表

序号	教科书的长度 /cm	教科书的宽度 /cm
1		
2		
3		

教科书长度的平均值：_____

教科书宽度的平均值：_____

交流讨论

如图 1-1-8 所示，有一把零刻度线缺损的刻度尺，能用它测量教科书的长和宽吗？如果可以，你会如何测量？

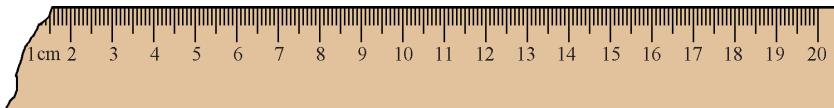


图 1-1-8 缺损的刻度尺

若要测量门的宽度、课桌的高度，选用量程更大的卷尺更合适。选择合适的测量工具，掌握正确的测量方法，可以使测量更准确。

练一练

1. 完成下列长度单位的换算。

$$2 \times 10^3 \text{ km} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}; 7 \text{ mm} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m};$$

$$3000 \text{ cm} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}; 10^6 \text{ mm} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ km}.$$

2. 给下列测量数值填上适当的单位。

(1) 一本书的长度为 29 ；

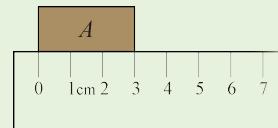
(2) 一支圆珠笔的长度为 143 ；

(3) 某位同学的身高为 16.8 ；

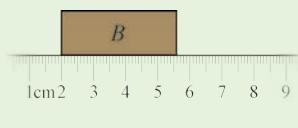
(4) 课桌的宽度为 0.65 。

3. 如图 1-1-9 所示，物体 A 的长度为
____ cm，物体 B 的长度为 ____ cm。

4. 简述利用身边的测量工具测量一枚
一元硬币的直径、周长和厚度的方法。



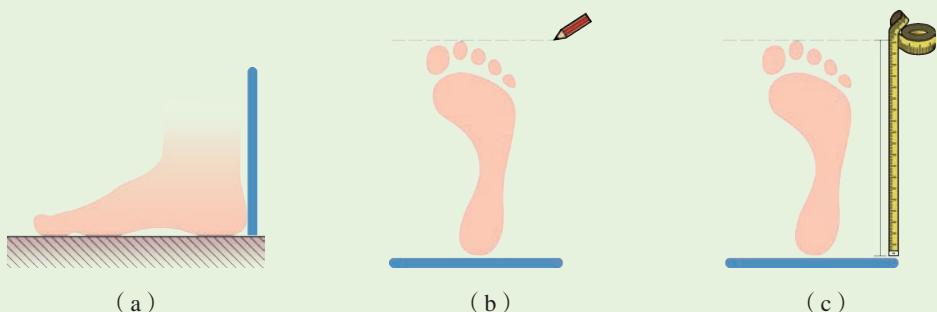
(a)



(b)

图 1-1-9

5. 试用图 1-1-10 所示的方法测量自己的脚长。结合其他同学的测量结果，归纳鞋码与测量结果的对应关系。



第一步：将一张白纸放在地面上，脚尖向前，脚跟紧靠墙面站在白纸上。

第二步：在纸上标记出脚的最长部位。

第三步：用尺测量标记到脚跟之间的距离。

图 1-1-10

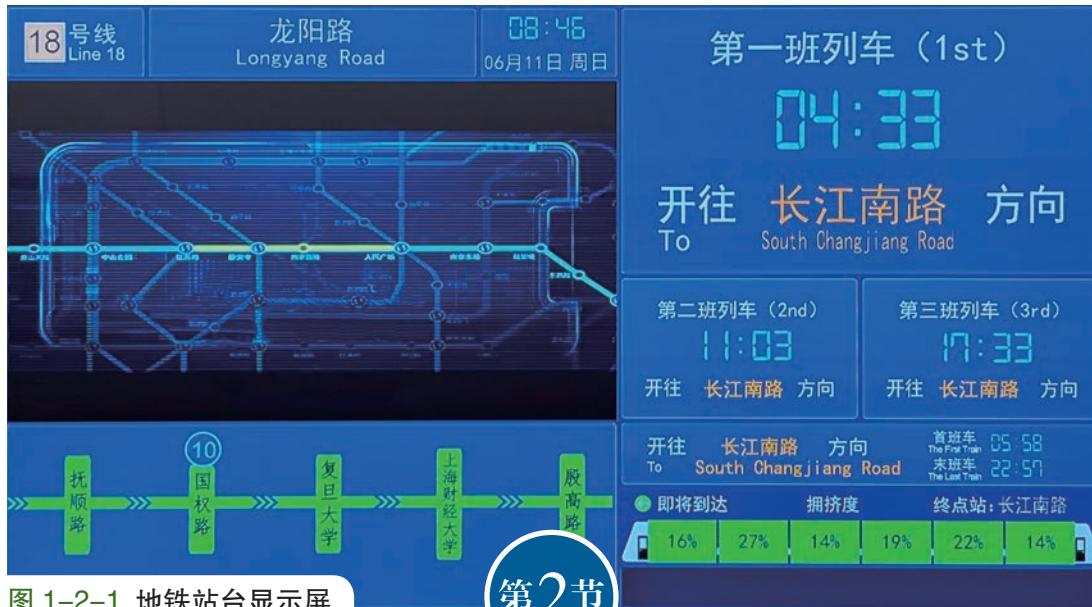


图 1-2-1 地铁站台显示屏

第2节

时间的测量

如图 1-2-1 所示，地铁站台显示屏上的信息预告了地铁到站的时间，方便乘客安排行程。随着信息技术的发展，人们获知时间的方式变得越来越便捷。用刻度尺可以测量长度，用什么工具来测量时间呢？

● 时间的单位如何演变？

“日月忽其不淹兮，春与秋其代序。”古人观察大自然，发现白昼黑夜、四季冷暖会周而复始地出现。以太阳连续两次出现在天空同一位置所用的时间为“日”；根据月亮的盈亏变化、四季的更替，有了“月”和“年”，这才确定了“日”“月”“年”这些时间单位。各种连续的、具有周期性的现象都可以用来测量时间。



想一想

图 1-2-2 中的现象是否可以用来测量时间？



(a) 荡秋千



(b) 转动的摩天轮

图 1-2-2 一些周期性现象

“时”和“刻”是比年、月、日更小的时间单位。如图 1-2-3 所示，为了满足生产、生活的需要，古人发明了日晷、漏刻等工具来测量时间。日晷利用一天中不同时刻晷针影子的位置变化将晷面划分为十二时辰。



(a)



(b)

图 1-2-3 日晷和漏刻

1583 年，意大利物理学家伽利略（G. Galilei, 1564—1642）发现同一吊灯完成一次摆动的时间大致相同。以此为基础，荷兰物理学家惠更斯（C. Huygens, 1629—1695）发明了摆钟，摆钟

经不断改进沿用至今。

人类测量时间的工具随着科技的进步不断发展，时间的测量也越来越精确。

在物理学中，时间用字母 t 表示。在国际单位制中，时间的基本单位是秒（second），符号是 s。人们曾根据地球自转等天文现象来确定 1 s 的长短。目前以铯原子的振动为基准来确定 1 s 的长短。铯原子钟非常稳定，几千万年才相差 1 s。

比秒大的单位有分（min）、时（h），比秒小的单位有毫秒（ms）和微秒（μs），它们与秒之间的换算关系如下：

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

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

$$1 \text{ ms} = 10^{-3} \text{ s}$$

$$1 \text{ } \mu\text{s} = 10^{-6} \text{ s}$$



(a)



(b)



(c)

● 如何测量时间？

我们通常用时钟、手表和秒表等工具来测量时间。图 1-2-4 中时钟的最小单位是分，手表的最小单位一般是秒，使用电子秒表计时最小单位可以到百分之一秒。记录短跑成绩时，就会用到比时钟、手表更精确的秒表。

图 1-2-4 不同的计时工具

学生实验

用电子秒表测量时间

观察电子秒表

- 观察实验室提供的电子秒表，它的最小单位是什么？
- 电子秒表的“启动”“暂停”和“归零”按钮在哪里？

学习使用电子秒表

在计时模式下，按下“启动”按钮，电子秒表开始计时。按下“暂停”按钮，电子秒表停止计时，屏幕上会显示记录的时间。按下“归零”按钮后电子秒表显示的时间会重置为零。大部分电子秒表有分段计时功能，不仅可以将整个计时过程分解，还可以递加计时。

用电子秒表测量脉搏跳动 30 次的时间

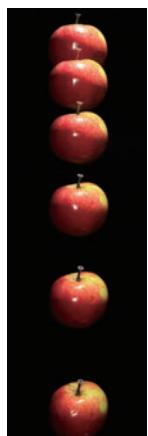
测量脉搏跳动 30 次所用的时间，将测量结果填入表 1-2-1 中。

表 1-2-1 数据记录表

序号	脉搏跳动 30 次所用的时间 /s
1	
2	
3	
脉搏跳动 30 次所用时间的平均值: _____ s	

交流讨论

由上述测量结果能否知道脉搏跳动一次的时间？为什么不用电子秒表直接测量脉搏跳动一次的时间？



A

B

C

D

E

F

图 1-2-5 是苹果下落过程中依次经过位置 A、B、C、D、E、F 的照片，它是每隔 0.1 s 拍摄一次而得。表 1-2-2 记录了苹果从图中位置 A 到其他各个位置所用的时间。

表 1-2-2 数据记录表

位置	A	B	C	D	E	F
运动时间 /s	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5

图 1-2-5 苹果下落

我们也可以把苹果下落的时间信息记录在数轴上。图 1-2-6 中的 t_{AD} 表示苹果从位置 A 下落到位置 D 所用的时间，线段 AD 的长度可以直观地表示 t_{AD} 的长短。

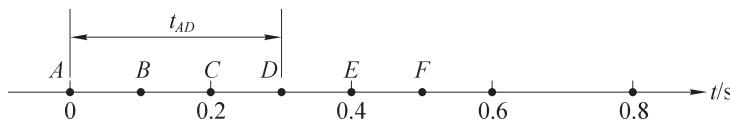


图 1-2-6 记录时间的数轴

练一练

- 完成下列时间单位的换算。
 $1.5 \text{ h} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ min} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ s}; 1800 \text{ s} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ min} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ h}.$
- 我国古代将一天分为 100 个“刻”。古代时间单位“刻”和如今的“一刻钟”相比是否一致？它们之间的换算关系是怎样的？
- 分别用脉搏和手表作为计时工具测量从教室一端走到另一端的时间，对两种结果进行比较，并简述差异。
- 试在图 1-2-7 中的数轴上标注出你从一年级到八年级对应的时段。畅想未来会发生哪些值得纪念的事情，将其标注到数轴上。



图 1-2-7

- 人的反应时间存在差异，这导致使用秒表计时会出现误差。通过互联网查找测量“反应时间”的方法，了解自己的反应时间。在哪些测量中反应时间不能忽略？举例说明。



第3节

质量的测量



(a)



(b)

图 1-3-2 不同质量的物体

食盐是日常饮食中必不可少的调味品，菜肴的烹饪都离不开它。但摄入过多的食盐可能会引发健康问题，一般成年人每天的摄入量不应超过 5 g。如何判断图 1-3-1 中一勺食盐的质量是否超过了 5 g？

● 什么是质量？

图 1-3-2 中瓶子里的牛奶比杯子里的多，勺子比锅用到的金属少。

物理学中，将物体所含物质的多少称为质量 (mass)，符号为 m 。将月球车从地球送到月球表面，将橡皮泥捏成不同的形状，冰化成水，它们的

质量都不会改变。

在国际单位制中，质量的基本单位是千克 (kilogram)，符号是 kg。如图 1-3-3 所示，人们曾经用铂 - 铱合金制成“千克原器”作为 1 kg 的基准。目前，1 kg 由基本物理常数重新定义，提高了质量测量的稳定性和精确度。



图 1-3-3 国际千克原器

常用的质量单位还有吨 (t)、克 (g)、毫克 (mg)。它们与千克之间的换算关系如下：

$$1 \text{ t} = 1000 \text{ kg}$$

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

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

表 1-3-1 中是一些常见物体质量的近似值。

表 1-3-1 一些常见物体质量的近似值

物体	质量	物体	质量
一粒米	0.02 g	实心球	2 kg
一元硬币	6 g	家用轿车	1.5×10^3 kg
鸡蛋	50 g	地球	6×10^{24} kg
一瓶 500 mL 的水	500 g	太阳	2×10^{30} kg



● 如何测量质量？

生活中我们常用图 1-3-4 中的电子秤来测量质量，实验室中则常用托盘天平或电子天平测量质量，如图 1-3-5 所示。

图 1-3-4 电子秤



(a) 托盘天平的结构示意图



(b) 电子天平

图 1-3-5 实验室测量质量的常用工具

学生实验

用托盘天平测量物体的质量

观察托盘天平

1. 实验室中托盘天平的标尺的分度值和量程分别为多少？
2. 砝码盒中有几种不同规格的砝码？

学习使用托盘天平

1. 把托盘天平放在水平桌面上。用镊子把游码调至标尺左端的零刻度线，调节平衡螺母，使指针指在分度盘的中央。
2. 将待测物体轻放在天平的左盘，用镊子在右盘中添加砝码，并移动游码使指针对准分度盘的中央。此时，砝码质量与游码示数值之和即为待测物体的质量。

3. 完成测量后，用镊子将砝码放回砝码盒，将游码移回标尺左端的零刻度线。

用托盘天平测量小木块的质量

测量小木块的质量，将测量结果填入表 1-3-2 中。

表 1-3-2 数据记录表

序号	小木块质量 $m_木/g$
1	
2	
3	
$m_木$ 的平均值：_____	

用托盘天平测量烧杯中水的质量

测量烧杯中水的质量，将相关测量结果填入表 1-3-3 和表 1-3-4 中。

表 1-3-3 数据记录表

序号	烧杯的质量 m_1/g
1	
2	
3	
m_1 的平均值：_____	

表 1-3-4 数据记录表

序号	水和烧杯的总质量 m_2/g
1	
2	
3	
m_2 的平均值：_____	

烧杯中水的质量 $m_水$ ：_____。

交流讨论

如果把物体放在右盘，砝码放在左盘，能否准确测出物体的质量？

练一练

1. 完成下列质量单位的换算。

$$20 \text{ t} = \underline{\quad} \text{ kg}; 50 \text{ kg} = \underline{\quad} \text{ g}; 0.02 \text{ g} = \underline{\quad} \text{ kg}; 10^9 \text{ mg} = \underline{\quad} \text{ g}.$$

2. 给下列测量数值填上适当的单位。

(1) 一头大象的质量为 3 ；

(2) 一个西瓜的质量为 5 ；

(3) 一张 A4 纸的质量为 4 。

3. 选择 3 种常见的物品，先估计它们的质量，再用电子天平测量，并将测量结果填入表 1-3-5 中。

表 1-3-5

测量对象			
估计值 /g			
测量结果 /g			

4. 航天员将质量为 5 kg 的物体带进空间站，该物体的质量是否会发生变化？简述理由。

5. 简述如何用托盘天平测量一枚回形针的质量。



跨学科实践

物理学与日常生活

体质的测量与评价

人民健康是民族昌盛和国家富强的重要标志，我们每个人都是自己健康的第一责任人。关注自身体质、定期记录自身健康状况是对自身健康负责的第一步。

● 跨学科实践任务

任务 1：体质检测中使用体质指数（body mass index，BMI）作为衡量胖瘦程度与健康状况的一个依据，其计算公式为：

$$BMI = \frac{m}{h^2} \text{。其中，身体质量 } m \text{ 的单位为 kg，身高 } h \text{ 的单位为 m。}$$

通过小组合作完成测量与计算，并查阅资料，确定自己的体质指数所对应的等级。把结果填入表 1 中。

表 1

质量 /kg	身高 /m	体质指数 / (kg·m ⁻²)	体质指数对应等级

任务 2：同样身高、身体质量的人体质指数相同，但他们体内的脂肪含量和肌肉含量不一定相同。搜集评估一个人是否“超重”或“偏瘦”的指标。设计记录表并搜集信息，更全面地评估小组成员的胖瘦程度与健康状况，给出营养膳食与体育运动的针对性建议，小组进行交流与展示。

● 评价与反思

评价项目	评价要点（☆☆☆）	自评	互评
实践计划	能制订分工合理、任务明确、进度可行的实践计划		
	能在规定的时间内完成计划		
实践成果	会选用合适的工具完成身高、身体质量的测量，能通过计算得到体质指数		
	在评估人体健康时能进行多种测量		
	能制作进一步搜集信息的记录表，体现长期关注自身健康的意识		
	能通过咨询专业人士，得到合理的营养膳食与体育运动的针对性建议		
	定期使用记录表，关注自身体质，保持健康的生活方式		
信息搜集	能有效搜索所需学习资源，注意数据的可靠性和时效性		
	能规范地标注引用数据、图片等相关信息的来源		
交流合作	能利用数字设备开展交流活动		
	在完成各自任务的同时，能与其他成员团结协作，开展合作		
	在规定时间内完成展示，表达方式合理、流畅、自然		
评分方法：完全符合评价要点得☆☆☆，部分符合得☆☆，少量符合得☆			

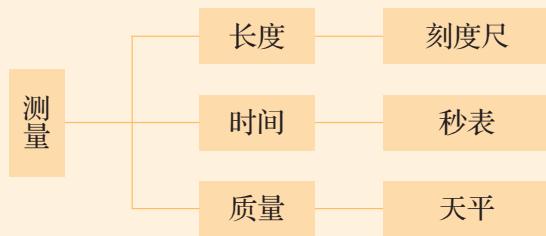
回顾与复习

本章小结

基本概念和基本规律

- 单位：测量中公认的标准。
- 质量：物体所含物质的多少。

知识结构图



本章练习

1. 填写表 1 中空缺的部分。

表 1

物理量	基本单位名称	单位符号	测量工具
长度			
		kg	
	秒		

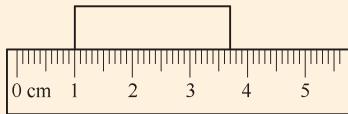
2. 给以下测量值填上适当的单位。

一堂物理课的时间 2 400 _____ 学校课桌的高度 0.8 _____

一个篮球的质量 600 _____ 一只鞋子的长度 25 _____

3. 查阅太阳系中八颗行星的直径，按从小到大的顺序排列。其中最大的那颗行星的直径约是地球的多少倍？

4. 如图 1 所示，一位同学测量小木块的长度，并记录了测量结果。由于粗心，他的测量出现了一些问题。帮他找出问题，并在图中改正。



小木块的长度： 3.7

图 1

5. 某同学用托盘天平测量一个鸡蛋的质量（约为 50 g），砝码盒中配备的砝码规格有：100 g、50 g、20 g、10 g、5 g。

(1) 调节横梁平衡：将天平放在水平桌面上，取下两侧的垫圈，指针就开始摆动，稳定后指针指在分度盘的位置如图 2 (a) 所示。他调节横梁平衡的过程是 _____。

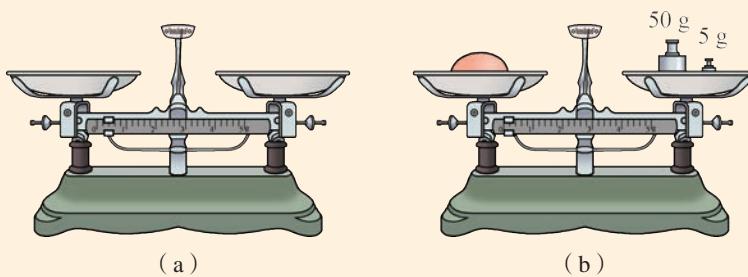


图 2

(2) 调节天平横梁平衡后,他将鸡蛋放在左盘中,用镊子在右盘中加减砝码,当放入5 g的砝码时,指针偏向分度盘的右侧,如图2(b)所示。则接下来的操作是 _____, 直到横梁恢复平衡。

6. 中国的日晷以赤道式日晷为主,即倾斜安放的晷盘与地球赤道面平行,在晷盘表面划分12个大格,每个大格代表2 h。晷针垂直穿过晷盘中心,上端指向北天极。当太阳光照在日晷上时,晷针的影子就会投向晷面,并随着太阳的移动而移动。晷针的影子就像是现代钟表的指针,晷面则是表盘,日晷就以此来显示时间。

(1) 判断日晷能反映的具体时间是某一天的日出到日落,还是从第一天的日出到第二天的日出。

(2) 查阅相关资料,说明上海地区一处日晷的晷针每天在晷面上投影转过的角度是大于 180° ,还是小于 180° ?

7. 测量一级台阶高度,如何由此进一步得到大楼的层高。

8. 生活中一些场景需要测量长度、时间和质量等物理量,试将相关信息记录在表2中。结合你的体会,说说测量的意义。

表 2

场景	物理量	测量结果(近似值)
50 m跑	时间	8.8 s



第②章 机械运动

图示为“复兴号”动车组在高铁线路上迅速驶过桥梁的场景。运动是宇宙中的普遍现象，大到星系、小到原子，宇宙万物都在运动。本章我们将学习最基本的运动形式——机械运动，并用物理学的语言和方法来描述机械运动。

通过本章内容的学习，你将了解机械运动、速度和匀速直线运动等基本概念，知道运动有相对性；体验建立物理模型的过程；学会测量速度。在描述运动、研究运动的过程中初步建立运动观念。



图 2-1-1 飞行编队

第1节

运动与静止

在图 2-1-1 所示的飞行表演中，9 架飞机组成的编队在天空中拉出 8 道“彩带”，构成一幅“彩带当空舞”的美景。地面上的人通过这些“彩带”可以看出飞机的运动路径。从其中一架飞机驾驶员的视角看来，队中其他飞机的运动情况是怎样的？

● 什么是机械运动？

从微观世界里的分子、原子，到身边常见的物体，再到浩瀚的宇宙，无论肉眼是否可见，世间万物都在以各种不同的形式运动着。

在物理学中，把一个物体相对于另一个物体的位置随时间的变化叫做 **机械运动**（mechanical motion），简称运动。

● 如何判断运动与静止？



图 2-1-2 车厢中的乘客

A、B 两列列车并排停在站台旁，图 2-1-2 中 A 车上的乘客望向窗外。过了一会儿，乘客觉得自己乘坐的列车动了。当 A 车“驶过”并排的 B 车车尾后，乘客才发现窗外仍然是静止的站台和轨道，自己其实没动过。

以行驶中的 B 车为参照，A 车是运动的；以站台为参照，A 车是静止的。

描述物体的运动时，总要先选取一个物体作为标准，这个物体叫做参照物。人们通常所说的“运动”与“静止”都具有相对性，这是相对于参照物而言的。绝对静止的物体是不存在的。

图 2-1-1 中飞行编队的队形保持不变。以其中一架飞机为参照物，其余 8 架飞机都是静止的。

图 2-1-3 是神舟飞船与空间站对接时的示意图。在此过程中，飞船和空间站相对地球运动的速度很大，实现对接有很大的难度。飞船靠近空间站时，相对于空间站是运动的。完成对接后，飞船和空间站同步运动，飞船相对于空间站是静止的。

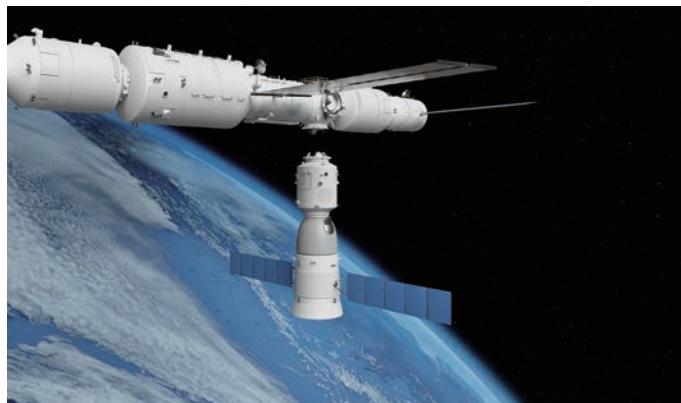


图 2-1-3 神舟飞船与空间站对接的示意图 (模拟)

练一练

1. 下列几种现象中，不属于机械运动的是（ ）。
 - A. 行星运动
 - B. 气温上升
 - C. 骏马奔腾
 - D. 枯叶飘落

2. 我国航天员从距地面约 350 km 的天宫空间站看地球，不仅能欣赏到它的美丽，还能观察到平时在地面上不易觉察的地球自转。以下表述正确的是（ ）。
 - A. 空间站相对于地球是静止的
 - B. 航天员相对于地球是静止的
 - C. 航天员和空间站相对于地球都是静止的
 - D. 航天员和空间站相对于地球都是运动的

3. 妈妈和小东正乘自动扶梯下行（图 2-1-4）。小东突然想要跑下去，妈妈说：“这样很危险，乘自动扶梯时你要牵着妈妈的手，站着不动。”

妈妈让小东站着不动，保持静止，是以_____为参照物来说的。相对于地面，妈妈和小东是_____的。

4. 从表 2-1-1 的诗句中选定一个研究对象，并选择一个参照物，判断研究对象是运动还是静止的。



图 2-1-4

表 2-1-1

诗句	研究对象	参照物	研究对象运动情况
卧看满天云不动，不知 云与我俱东			
看山恰似走来迎，仔细 看山山不动，是船行			

5. 小明在乘坐高速动车组列车旅行时，发现列车要经停很多站点，这样就延长了列车的运行时间，有没有不用停站也能让乘客上下车的方法呢？

他设想：下车的乘客先集中在尾部的车厢，当列车进站时，末尾的车厢脱落，滑行后留在站台上。不过这样只能解决下车的问题，而且车厢会越来越少。

简述如何利用运动的相对性完善上述设想。



图 2-2-1 运行的列车

第2节

运动的快慢

图 2-2-1 中上海轨道交通 5 号线列车正在轨道上运行。从华宁路站到文井路站约 1.4 km，列车的行驶时间为 3 min；从文井路站到闵行开发区站约 1.1 km，行驶时间为 2 min。列车在哪两站间行驶得更快？

● 如何比较运动的快慢？

如图 2-2-2 (a) 所示，某学校举行的一场 25 m 游泳比赛中，观众觉得领先的运动员乙游得快。这是因为比赛开始时，三位运动员同时出发，他们运动时间相等，运动员乙通过的路径长度最大，游得最快。

如图 2-2-2 (b) 所示，裁判认定运动员甲游得最快。这是因为三位运动员都游到终点，他

们通过的路径长度相等，运动员甲用时最短，游得最快。

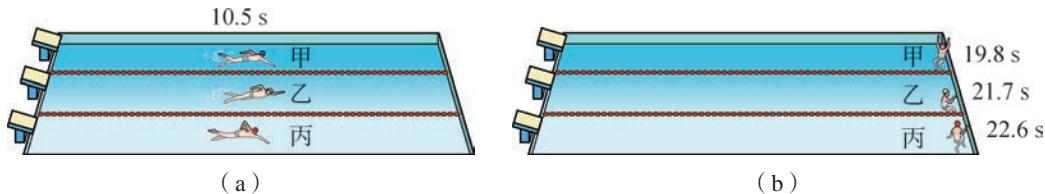


图 2-2-2 谁游得快

运动物体通过的路径长度叫做路程。比较物体运动的快慢需要同时考虑物体通过的路程和时间。如果物体运动的时间相同，路程越长，运动得越快；如果路程相等，运动时间越短，运动得越快。

图 2-2-1 中列车通过两段路程的长短和所用的时间都不同，可以分别将列车的路程除以所用的时间，即计算列车单位时间内通过的路程来比较运动快慢。

我们把物体通过的路程与所用时间之比叫做速度 (velocity)，用符号 v 表示。像这样，用两个物理量的“比”来定义一个新的物理量的方法叫做比值定义法。

用 v 表示速度， s 表示物体通过的路程， t 表示通过这段路程所用的时间，那么速度

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

速度的单位是由路程和时间的单位组合而成的。在国际单位制中，路程的单位是米，时间的单位是秒，因此速度的单位是米 / 秒，读作“米每秒”，符号是 m/s 或 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。 1 m/s 表示物体在 1 s 内通过的路程为 1 m 。

示例 · 上海轨道交通5号线列车从莘庄站始发，沿途经过多个车站到达闵行开发区站，全长17.2 km，行驶约26 min。求5号线列车的速度。

解：已知列车通过的路程 $s=17.2\text{ km}$ ，运动时间 $t=26\text{ min}\approx0.43\text{ h}$ 。

$$\text{列车运动的速度 } v = \frac{s}{t} = \frac{17.2\text{ km}}{0.43\text{ h}} = 40\text{ km/h}.$$

想一想

图2-2-3为某辆汽车仪表盘上的速度表，该车在1 s内通过的路程为多少米？



图2-2-3 汽车速度表

图2-2-4为一些常见物体速度的近似值。



图2-2-4 一些常见物体速度的近似值

● 什么是匀速直线运动？

如果做直线运动的物体速度不变，这样的运

动称为匀速直线运动 (uniform rectilinear motion)。做匀速直线运动的物体在相等时间内通过的路程都相等。

自主活动

尝试用手拉着细线，带动图 2-2-5 中的物块沿直线做匀速直线运动。俯视物块，每隔相同时间记录物块的位置，如图 2-2-6 所示。

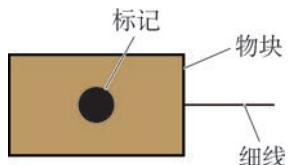


图 2-2-5 俯视的物块

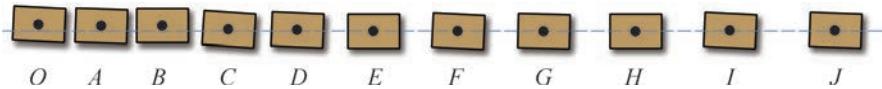


图 2-2-6 物块运动

在上述活动中，相对于笔直的参考线，我们可以看到物块开始运动时的运动轨迹会偏离直线，在相等时间内通过的路程长短不一。但从位置 E 到位置 I，物块上标记点的运动轨迹接近直线，且间距近似相等，这段运动最接近匀速直线运动。

如果改用电动机牵引图 2-2-5 中的物块沿平直导轨运动，可以使物块的运动更接近匀速直线运动。动车组列车在平直轨道上平稳地行驶，乘客随自动扶梯缓慢上行，都可以近似看成匀速直线运动。

自然界中很难找到严格地做匀速直线运动的物体。匀速直线运动是一种理想化的物理模型，是从实际运动抽象出来的。建立物理模型是一种重要的物理学思想方法。

练一练

1. 做匀速直线运动的物体在相等_____内通过的_____相等，其运动轨迹是_____。
2. 图 2-2-7 所示的情境中最接近匀速直线运动的物体是（ ）。



- A. 运行中的旋转木马
- B. 触地后向上弹起的篮球
- C. 在水平路面上转弯的汽车
- D. 运行中的水平步扶梯

图 2-2-7

3. 在某场自由泳比赛后，解说员说选手 A 的成绩打破了选手 B 保持的世界纪录。用比较运动快慢的方法说明谁游得快。
4. 小明经常慢跑，他慢跑的速度为 4.0 m/s 。小明从家出发，慢跑 4.3 km 到达图书馆，他跑了多长时间？

► 主题学习：身边的机械运动 1

以小组为单位，选择常见的运动物体，如蜗牛、自行车等，拍摄一段直线运动的视频。

- (1) 你所在的小组选择什么物体作为研究对象？
- (2) 用点代替物体描出其运动轨迹，选出其中最接近匀速直线运动的一段标为 AB。



图 2-3-1 被吊起的集装箱

第3节

速度的测量

如图 2-3-1 所示，上海洋山深水港的超大型自动化集装箱码头现场空无一人。一个个集装箱被平稳地吊起，由无人驾驶的导引车井然有序地自动“派送”。集装箱上升的速度有多大？

● 如何测量速度？

我们可以在实验室模拟图 2-3-1 所示的情境，用安装在铁架台上的电动机带动钩码平稳上升。

学生实验

测量物体运动的速度

实验原理与方案

要测量钩码上升的速度，需要测量钩码通过的路程 s 和通过这段路程所用的时间 t ，再利用公式 $v = \frac{s}{t}$ 即可计算出钩码速度 v 的大小。

实验装置与方法

本实验要用到刻度尺、电子秒表、电动机、细线、钩码和铁架台等。搭建如图 2-3-2 所示的实验装置。电动机稳定运行时，能够通过细线带动钩码缓慢平稳地竖直上升。

实验操作和数据收集

- 刻度尺紧靠立柱，平行于细线放置。在刻度尺上每隔 10 cm 贴一条标记线。
- 打开电动机，当钩码经过标记线 O 处开始计时，此后钩码每经过一个标记线记录一次时间。

数据处理

将相关测量数据填入表 2-3-1 中，并求出钩码上升的速度。

表 2-3-1 数据记录表

过程	路程 s/cm	时间 t/s	速度 $v/(m\cdot s^{-1})$
$O \rightarrow A$			
$A \rightarrow B$			
$B \rightarrow C$			
$C \rightarrow D$			
$D \rightarrow E$			

交流讨论

根据所得数据，描述钩码的运动情况。

我们也可以根据上述速度测量原理实地粗略地测量上海洋山深水港集装箱上升的速度。

生活中有很多需要测速的场景，例如高速公路上用雷达测速监测车辆是否超速（图 2-3-3），跑步时可用运动手环测量速度。

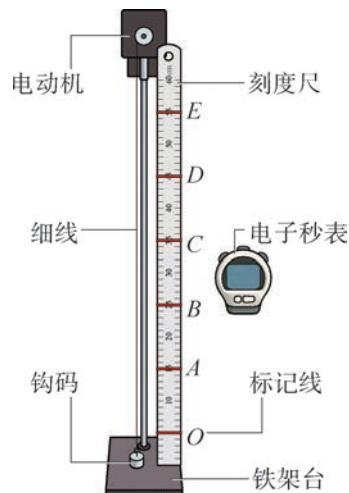


图 2-3-2

测量速度的实验装置



图 2-3-3 雷达测速

● 如何描述运动？

在物理学中除了文字、表达式以外，还可以用图像来描述运动。以时间 t 为横轴、路程 s 为纵轴建立平面直角坐标系，将实验数据以点的形式标记到坐标系中，再用光滑的线将这些点连起来，就得到了 $s-t$ 图像。 $s-t$ 图像能反映物体运动的路程随时间变化的规律。



自主活动

某位同学做了测量钩码运动速度的实验，表 2-3-2 记录了钩码到达各标记线所用的时间。

表 2-3-2 数据记录表

过程	时间 t/s	路程 s/cm
$O \rightarrow A$	3.67	10
$O \rightarrow B$	6.35	20
$O \rightarrow C$	9.19	30
$O \rightarrow D$	12.32	40
$O \rightarrow E$	15.04	50

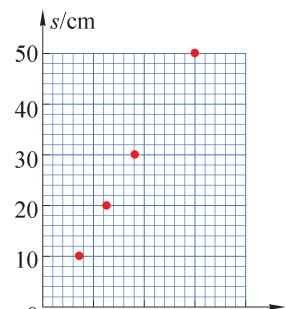


图 2-3-4 $s-t$ 图像

- 根据表 2-3-2 的数据，在图 2-3-4 的 $s-t$ 图中标出遗漏的数据点。
- 观察数据点的分布特征，将它们用光滑的线连起来。

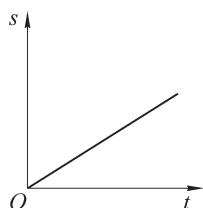


图 2-3-5

匀速直线运动的 $s-t$ 图像

如图 2-3-5 所示，匀速直线运动的 $s-t$ 图像是过原点 O 的一条倾斜直线。实验中记录的数据点个数是有限的，而通过数据点得到的图线由无数个点组成。我们可以从图象上的任意一点知道物体通过的路程和对应的运动时间，从而得到物体运动的速度。

练一练

- 在“测量物体运动的速度”的实验中，如果一接通电动机电源就开始计时，会对实验造成什么影响？
- 一辆小车在5 s内一直停在离出发点20 m处。在图2-3-6的s-t坐标平面中描出1 s、5 s时的数据点，并把这5 s内的s-t图像画完整。

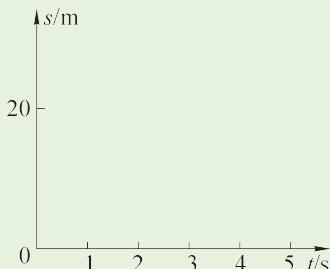


图 2-3-6

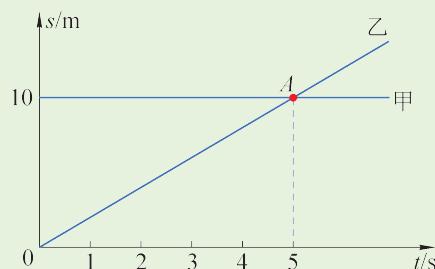


图 2-3-7

- 甲、乙两辆小车运动的s-t图像如图2-3-7所示，乙车做什么运动？乙车的速度是多大？图中A点有什么含义？
- 小明用手机导航查询从A地去B地的步行路线，查询结果显示：435 m，7 min。试通过估算判断手机导航给出的步行时间是否合理。

► 主题学习：身边的机械运动 2

分析第2节主题学习中拍摄直线运动的视频，提取物体运动的相关信息。

- 如何知道物体AB段运动经过的路程和所用的时间？
- 物体的速度是多少？
- 还有其他实验方案能测量运动物体的相关数据吗？

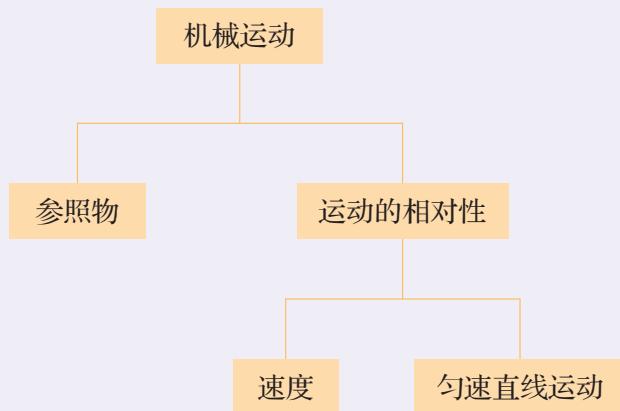
回顾与复习

本章小结

基本概念和基本规律

- 机械运动：一个物体相对于另一个物体的位置随时间的变化。
- 匀速直线运动：速度不变的直线运动。
- 速度：物体通过的路程与所用时间之比。

知识结构图



本章练习

- 在物理学中，把一个物体相对于另一个物体的_____随时间的变化叫做机械运动。自然界中一切物体都在_____，绝对_____的物体是不存在的。
- 两辆列车都向南行驶，甲车运动得快，乙车运动得慢。若以乙车为参照物，甲车向____运动；若以甲车为参照物，乙车向____运动。
- 试将图1中三种运动与对应的速度连线。



人步行速度



喷气式客机飞行速度



高速动车组行驶速度

约 250 m/s

约 80 m/s

约 1 m/s

图 1

- 列举生活中接近匀速直线运动的实例。
- 求某列“复兴号”动车组按时速 350 km/h 行驶 4.5 h 通过的路程。
- 自然界中的最大速度是真空中的光速，约为 $3 \times 10^8\text{ m/s}$ 。光从太阳到地球所花的时间为 $8\text{ min }20\text{ s}$ ，则地球与太阳之间的距离约是_____。
- 某大型喷气式客机的飞行速度为 990 km/h ，它 1 min 飞行多少千米？估算骑自行车要用多长时间才能通过客机 1 min 内飞过的路程？

8. 一列长约为 200 m 的“复兴号”动车组列车在京沪高铁路线上以 300 km/h 的速度匀速行驶。

(1) 求列车行驶 5 km 所需时间。

(2) 若列车完全通过一个隧道仅耗时 18 s, 求隧道的长度。

9. 如图 2 所示, 一辆处于自动驾驶状态的汽车以 10 m/s 的速度匀速行驶。它探测到前方 200 m 处的人行道上有一位行人正在以 2 m/s 的速度通过没有红绿灯的路口, 路宽为 16 m。为保证人安全地通过路口, 并预留 10 s 的安全时间, 试判断车辆是否需要停下?

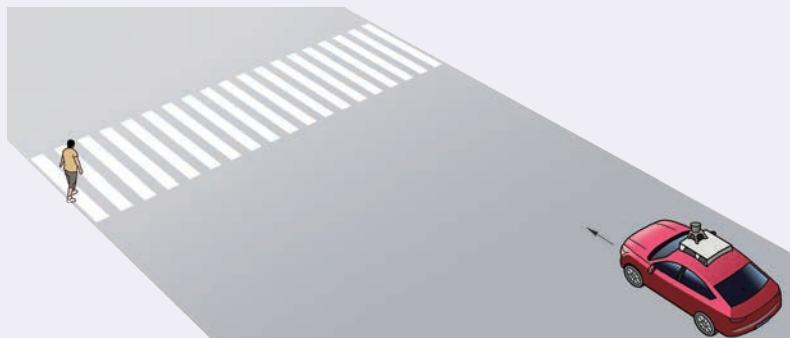


图 2

► 主题学习：身边的机械运动 3

交流前两个主题学习中的研究过程, 说说遇到的困难和解决方法。

- (1) 哪个小组记录的运动最接近匀速直线运动? 判断依据是什么?
- (2) 哪个小组选定的物体做匀速直线运动的速度最快? 简述比较的方法。



第③章 声现象

许多动物都通过声音感知环境，互相交流。海豚视力不佳，它们主要通过声音彼此交换信息。在物理学中，声学是历史悠久的分支学科之一。本章我们将学习与常见声现象有关的声学基础知识。

通过本章内容的学习，你将了解声音的产生和传播、声音的特性等基本概念和规律；认识声波的应用和危害；体验观察现象、归纳结论的科学方法；增强环境保护和健康生活的意识。



图 3-1-1 弹奏琵琶

第1节

声音的产生和传播

我国的民族乐器种类繁多，常见的有古筝、古琴、琵琶等。如图 3-1-1 所示，用手指拨动琴弦，就能听到悠扬婉转的声音。声音是如何产生、传播，并被我们听到的呢？

● 声音是如何产生的？



图 3-1-2 拨动皮筋

我们的生活中充满各种声音，说话声、鸟鸣声、琴声、电扇声……人、动物、乐器、机械都能发出各种各样的声音。

如图 3-1-2 所示，拨动紧绷在笔盒上的皮筋，皮筋振动，就能听到皮筋发出的声音。将手指放在正在播放音乐的扬声器上，手指会感到扬声器在振动。



自主活动

如图 3-1-3 所示，将橡皮薄膜绷紧在杯口上，用手指敲击橡皮膜，能听到橡皮膜发出“嘭嘭”声，这时可以观察到橡皮膜的振动吗？

若在橡皮膜上放几粒泡沫塑料颗粒，再敲击橡皮膜，听到声音的同时看到泡沫塑料颗粒弹跳起来，这是为什么呢？



图 3-1-3 敲击橡皮膜

如图 3-1-4 (a) 所示，在音叉的叉臂上固定一根钢针，敲击音叉，再用熏黑的玻璃片迅速滑过针尖，玻璃片上会出现如图 3-1-4 (b) 所示的锯齿状划痕，说明音叉发出声音时也在来回振动。

大量的事实表明，声音是由物体的振动产生的。

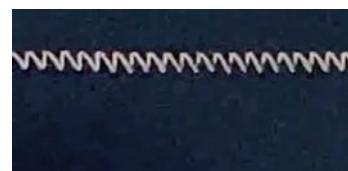
琵琶、铃铛、竹笛分别是靠琴弦、壳体、空气柱振动发声的。物理学中将这些发声物体统称为声源 (sound source)。

● 声音是如何传播的？

如图 3-1-5 所示，将扬声器对准烛焰。随着扬声器发出有节奏的声音，烛焰随之摆动，



(a)



(b)

图 3-1-4 记录音叉的振动



图 3-1-5 扬声器前的烛焰



图 3-1-6 固体传声

表明烛焰处的空气受到了扬声器上薄膜振动的影响。进一步研究表明，由于声源的振动带动周围空气的振动，从而使声音在空气中向四周传播。

如图 3-1-6 所示，将发声的蜂鸣器放在课桌上，一侧耳朵紧贴在桌面，另一侧耳朵用手塞住，就能听到蜂鸣器的声音，表明课桌能传播声音。游泳时，我们在水面下也能听到岸上的声音，说明水也能传播声音。

固体、液体、气体都可以成为传播声音的介质。声源的振动在介质中的传播，叫做声波 (sound wave)。

自主活动

如图 3-1-7 所示，把正在发声的扬声器放入连接抽气装置的透明玻璃罩中。隔着玻璃罩，能听到扬声器发出的声音，并能看到扬声器上方的泡沫塑料颗粒不断跳动。逐渐抽出玻璃罩内空气，再打开阀门让空气重新充入玻璃罩内。在此过程中，听到的声音有什么变化？泡沫塑料颗粒的跳动情况如何变化？

若玻璃罩内变成真空，会出现怎样的情况？

图 3-1-7
玻璃罩内的扬声器

以上实验中，扬声器上的泡沫塑料颗粒始终在跳动，说明扬声器一直在振动。在玻璃罩外听到的声音随玻璃罩内空气的减少而变弱，说明声音的传播需要介质。声波无法在真空中传播。

物理学中用声速来描述声音在介质中传播的快慢。表 3-1-1 列出了声音在一些常见介质中的传播速度。

表 3-1-1 声音在一些常见介质中的传播速度

介质	声速 / (m·s ⁻¹)	介质	声速 / (m·s ⁻¹)
空气 (0 °C)	332	冰	3 230
空气 (15 °C)	340	松木	3 320
空气 (30 °C)	349	大理石	3 810
纯水 (25 °C)	1 493	钢铁	5 200
海水 (25 °C)	1 533	玻璃	5 000 ~ 6 000

从表 3-1-1 中的数据可以看出，声速的大小不仅与介质的种类有关，还与介质的温度有关。

声音在介质中传播，遇到障碍物时，一部分被反射回来，形成回声。如果传到人耳的前后两次声音的间隔超过 0.1 s，人耳就能将回声和原声区分开。在山谷里喊一声，可以听到回声。如图 3-1-8 所示，北京天坛公园回音壁的圆心处有一块三音石，站在它上面拍一下手后，可以听到多次较明显的回声。

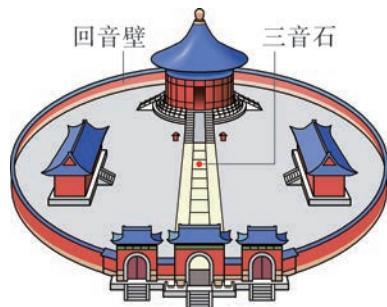


图 3-1-8 天坛回音壁示意图



图 3-1-9 是人耳的结构示意图。耳郭相当于一个声波收集器，声波传入耳道中，引起鼓膜振动，鼓膜的振动通过听小骨传至耳蜗，然后通过听觉神经将信息传到大脑，产生听觉。

讲话时，声带的振动往往经过牙床、上下颌骨等传入内耳，引起听

觉。图 3-1-10 中的骨传导耳机借助头骨的振动，将声音信号传递到耳蜗和听觉神经。在嘈杂环境中，人们会不自觉地把耳机音量调大。长期佩戴耳机，不论是入耳式耳机还是骨传导耳机，都会对听力造成伤害。

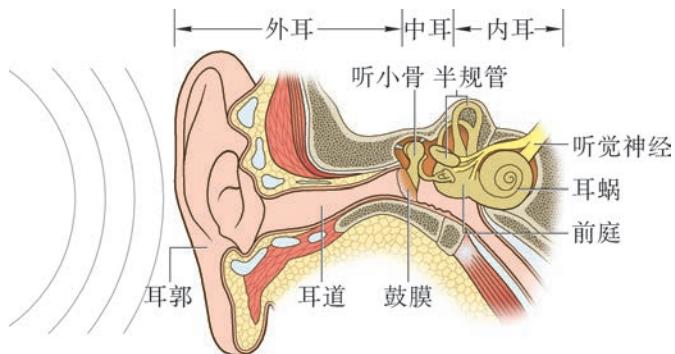


图 3-1-9 人耳的结构示意图



图 3-1-10 骨传导耳机

练一练

- 说明图 3-1-11 中物体的发声部分。



(a) 风铃



(b) 琵琶



(c) 大鼓

图 3-1-11

2. 如图 3-1-12 所示，敲击音叉后，将音叉靠近悬挂着的乒乓球。简述观察到的现象，并对此进行解释。



图 3-1-12

3. 根据表 3-1-1 中的数据描述空气中的声速与温度之间的关系，分析、归纳声波在不同介质中传播速度的差异。
4. 北京天坛公园中的“回音壁”是一道圆形的围墙，半径 32.5 m。站在圆心处三音石上拍掌，若声速为 340 m/s，经过多长时间听到第一次回声？
5. 某小组同学计划在教室里测量空气中的声速，其中一位同学在讲台处拍手，另一位同学在最后一排座位处手持秒表，看到拍手时开始计时，听到拍手声结束计时。
- (1) 简要说明以上实验中，除了时间还需要测量什么物理量。
 - (2) 评价他们的方法是否切实可行，并提出优化建议。



图 3-2-1 古筝调音

第2节

声音的特性

古筝的声音优美动听，有“东方钢琴”之称。如图 3-2-1 所示，调音师边拨动琴弦，边用工具转动古筝旁的琴钉调节琴弦的松紧，古筝发出了高低不同的声音。不同的声音有不同的特性，声音有哪几种特性？

• 为什么听到的声音有强弱之分？



图 3-2-2 拨动琴弦

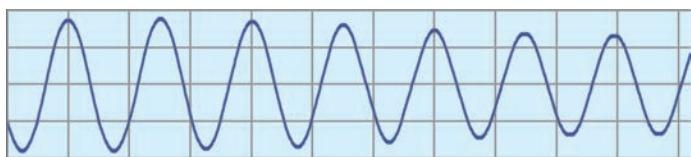
如图 3-2-2 所示，用手指拨动琴弦，将它拨到不同的位置后松手，听到声音的强弱不同。我们把声音的强弱程度叫做响度，这是声音的特性之一。若拨动琴弦的距离较大，琴弦振动的幅度也较大，听到的声音就较强。物理学中用振幅来描述声源振动的幅度。

声源的振动可以用传感器来研究。如图 3-2-3 (a) 所示，敲击音叉使其发声，振动的音叉带动

周围空气振动，传感器和计算机将空气的振动情况转化为图像。图像的横轴表示时间，图像沿纵轴的起伏程度反映了振动幅度的变化。



(a)



(b)

图 3-2-3 用计算机显示声音的振动图像

自主活动

敲击音叉，我们听到音叉发出的声音逐渐变弱，屏幕上显示的振动图像如图 3-2-3 (b) 所示。随着时间的变化，音叉的振幅如何变化？

上述实验表明，音叉的振幅随着时间推移逐渐减小，发出的声音逐渐变弱。声音的响度与声源的振幅有关，振幅越大，响度就越大。

响度还与观察者距离声源的远近有关。声源发出的声音向四面八方传播，传得越远就越分散。若要增大某一位置声音的响度，可以借助喇叭之类的工具减小声音的分散程度，使声音集中向某一方向传播。

● 为什么听到的声音有高低之分？

乐器发出的声音时强时弱，时高时低。物理学中用音调来描述声音的高低，这是声音的又一种特性。



自主活动

如图 3-2-4 所示，将钢尺伸出桌面，用拇指按压在桌边的钢尺处，另一只手拨动钢尺，使之振动。倾听钢尺发出的声音，并观察钢尺振动的快慢。逐渐减小钢尺伸出桌面的长度，重复上述操作。钢尺发出声音的音调高低会如何变化？

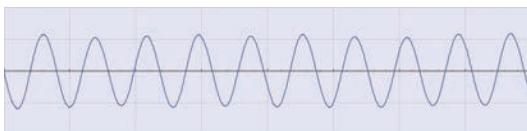


图 3-2-4 钢尺振动发声

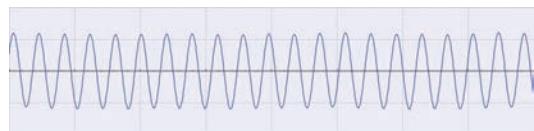
由上述实验可知，钢尺伸出桌面的长度不同，钢尺振动的快慢也不同，钢尺振动发出声音的音调就不同。音调的高低与声源振动的快慢有关。

物理学中用频率来描述振动的快慢。频率是振动物体在一定时间内振动的次数与所用时间的比，数值上等于单位时间内振动的次数，用 f 表示。频率的单位是赫兹，简称赫，符号是 Hz。例如，音叉每秒振动 256 次，其频率可表示为 $f = 256 \text{ Hz}$ 。频率高表示物体振动得快，频率低表示物体振动得慢。声源的振动频率决定了声音的频率。

敲击大小不同的音叉，听到的声音高低不同。用传感器接收音叉发出的声音，如图 3-2-5 (a) 所示，音调低的声音振动图像较稀疏，声音



(a)



(b)

图 3-2-5 不同频率声音的振动图像

的频率较低；如图 3-2-5（b）所示，音调高的声音振动图像较密集，声音的频率较高。因此音调的高低反映了声音频率的高低。

声源振动的频率通常与其形状、尺寸、材料等因素有关。古筝、琵琶等乐器的琴弦被拨动时，较细的琴弦发出声音的音调较高，较粗的琴弦发出声音的音调较低。如图 3-2-1 所示，通过转动古筝的琴钉，可以调节琴弦的松紧，改变琴弦的粗细，从而改变其振动的频率。

生活中，人们可以通过音调来分辨西瓜的生熟。向保温瓶灌水时，可以根据音调的变化来判断瓶内水是否加满。在加水过程中，随着瓶内水位上升，水上方的空气柱变短，空气柱振动的频率变大，发出的声音音调变高。



自主活动

用声波发生器发出不同频率的声音，记录你能听到声音的最高频率和最低频率。与其他同学比较一下能听到的声音频率范围是否相同。

人耳能听到的声音频率范围通常为 $20 \sim 20\,000\text{ Hz}$ 。频率大于 $20\,000\text{ Hz}$ 的声波叫超声波，频率低于 20 Hz 的声波叫做次声波。

图 3-2-6 是人和一些动物的发声频率和听觉频率的范围，可以看出有些动物对超声波很敏感，如海豚和蝙蝠能发出超声波也能听到超声波；还有些动物对次声波敏感，如大象能感知频率低达 1 Hz 的次声波。超声波和次声波特点不同，它们的应用和对环境的影响也不同。

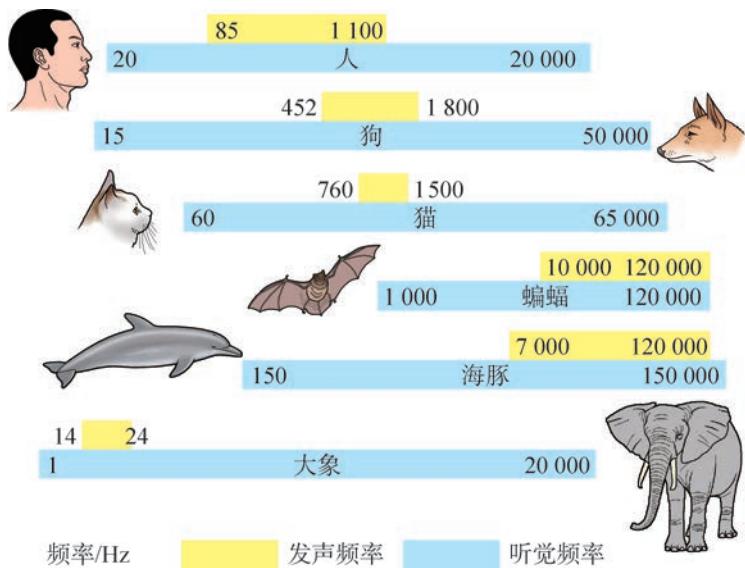


图 3-2-6 人和一些动物的发声频率和听觉频率的范围

● 可以通过声音分辨发声体吗？

古筝的声音悠扬，钢琴的声音浑厚。我们能轻松分辨的原因是由于它们的音色不同。

如图 3-2-7 所示，钢琴和尤克里里发出同一音调的声音时，振动图像的疏密程度大致相同，即振动的频率相同；振动图像的形状却有差异，这说明两种乐器的音色不同。

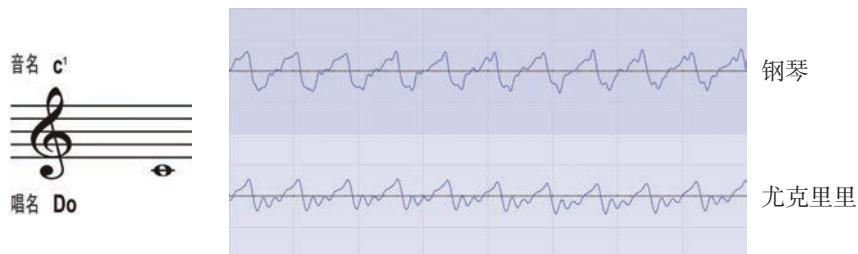


图 3-2-7 钢琴和尤克里里发出同一音调声音时的振动图像

大量实验表明，声源的材料、结构等不同，它们发出声音的音色不同，音色也是声音的一种

特性。接听熟人电话时，我们一下子就能分辨出是谁在讲话，这是因为每个人的喉头、声带、鼻腔等器官在尺寸和形态方面的差异，使每个人发出的声音有不同的音色。



科学与人文

考古发现，我国古代先民很早就开始制作乐器。

图 3-2-8 所示的贾湖骨笛距今已有 8 000 多年，是迄今为止我国考古发现的最古老的乐器。在贾湖骨笛流传的 1 000 余年中，骨笛从早期的四按音孔发展到晚期的七按音孔，吹奏者从管口吹入气体，使管内空气柱振动发出声音。按压管身的按音孔可以改变振动的空气柱长度，从而改变空气振动的频率，发出不同音调的声音。骨笛的发展反映了中原地区从旧石器时期到新石器时期音乐文化的历史，表明我们的祖先很早就进入了音乐文明时期。

图 3-2-9 所示的曾侯乙编钟是战国早期的大型礼乐重器。全套编钟共 65 件。大钟与小钟的形状和尺寸不同，敲击后发出的声音音调也不同。大钟声音低沉，小钟声音高亢。敲击每口钟的前面和侧面，会发出两个音调的声音，65 件编钟对应了 130 个音调。这套编钟表明我国当时的工匠在音乐声学、青铜器冶炼、乐器制造等方面已掌握了丰富的科学知识和高超的工艺技能，是人类在青铜时代创造的伟大艺术作品。

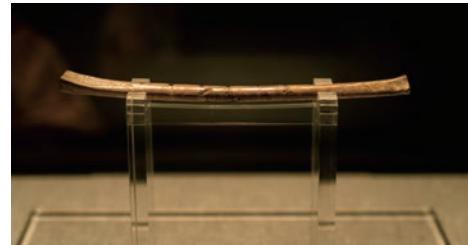


图 3-2-8 贾湖骨笛



图 3-2-9 曾侯乙编钟复原件

练一练

1. 说出图 3-2-10 中的乐器发声时是怎样改变音调的。



(a) 古琴



(b) 竹笛

图 3-2-10

2. “夜半钟声到客船”中的“钟”声是根据声音的_____判断出来的；“转轴拨弦三两声，未成曲调先有情”从物理学的角度来看，弹琵琶之前“转轴”是为了改变弦的松紧程度，从而改变弦发声的_____。

3. 早在战国时期就有“大弦小声，小弦大声”的记载，其中“大弦”“小弦”是指弦乐器的弦长短和粗细不同，“小声”“大声”则是指琴弦振动时发出声音的_____不同，原因是_____。

4. 频率是表示物体_____的物理量，数值上等于单位时间内振动的次数。蝴蝶飞行时，它的翅膀在不停地振动，每秒振动 5~6 次，我们听不到蝴蝶翅膀振动时发出的声音的原因是_____。



第3节

声波的应用和控制

图 3-3-1 为“长江口二号”古船整体打捞工程的主作业船。2022 年 11 月 21 日，经过长达 7 年的水下考古调查勘探，“长江口二号”古船被成功打捞出水，实现了我国水下考古的历史性突破。作业船打捞古船前，需先确定古船在水底的情况，而长江口是江海交汇水域，水下能见度几乎为零。在这种复杂的情况下，如何开展水下探测呢？

● 声波有哪些应用？

声波能传递信息，如列车员通过列车鸣笛声的长短可判断列车运行的情况。人们根据声波在水中能远距离传播的特点，制成声呐装置。如图 3-3-2 所示，利用声呐装置能对水下物体进行定位。在探测“长江口二号”古船位置的过程中，

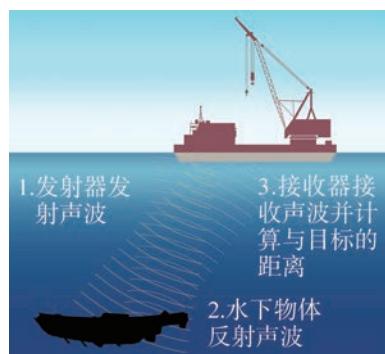


图 3-3-2 声呐

我国考古工作者和科技人员利用声呐设备对长江口水域进行全面勘测，最终确定了“长江口二号”古船的外形及沉船位置处的水底地貌，为整体打捞工作提供了重要的基础数据。

超声波有较强的穿透能力。图 3-3-3 中技术员用超声波探伤仪检测钢结构的缺陷。图 3-3-4 中医生用 B 型超声波观察母体中胎儿的发育情况。



图 3-3-3 超声探伤



图 3-3-4 B 型超声波诊断

超声波具有较强指向性，如海豚借助超声波能发现百米外的猎物。如图 3-3-5 所示，汽车自动泊车系统通过计算发射超声波与接收障碍物反射信号的时间差，获得障碍物与车辆之间的距离，从而实现自动泊车。



图 3-3-5 自动泊车

次声波主要来源于地震、火山爆发、海啸、龙卷风、雷暴、台风等自然现象。此外，火箭发射、飞机飞行、机器运转等过程中也会产生次声波。大象、鲸等动物能用次声波交流信息。

声波也能传递能量。脉冲超声波的能量能治疗运动性损伤，加湿器利用超声波的能量将水

“打碎”成直径为几微米的小水珠。

次声波传播时能量损失小，能绕过障碍物传播得很远。2022年，位于南太平洋的海底火山爆发后，我国沿海地区多次监测到了火山爆发传出的次声波。

● 如何控制噪声？

两根钢锯条摩擦发出的声音听起来很刺耳，该声音的振动图像（图3-3-6）是紊乱、断续的，说明钢锯条摩擦发声的振动是无规律的。物理学中，将声源做无规律振动时发出的声音称为噪声。

从环境保护角度而言，干扰人们的生活、学习、工作的声音都属于噪声，如考场外的喧闹声、列车驶过的呼啸声、建筑工地机械的运转声等。

噪声会使人感到不适，轻则分散注意力，影响情绪；重则伤害身体，造成听力损伤。特别强的噪声还会对仪器设备和建筑结构带来严重的破坏，因此控制噪声十分必要。

自主活动

把正在发声的蜂鸣器放入笔盒中，或者分别用纸巾和海绵包裹。比较不同材料的降低噪声能力。

控制噪声可以从控制声源入手，如潜水艇的螺旋桨采用特殊合金制造，即使螺旋桨高速转动，

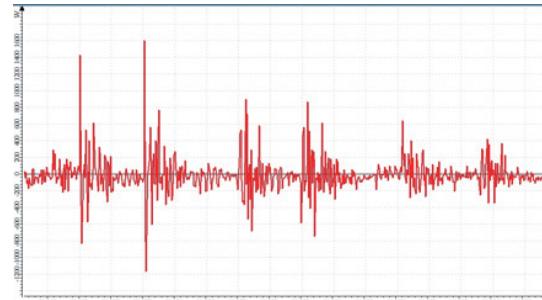


图3-3-6 噪声的振动图像

发出的声音也很轻。也可以在噪声的传播途径中采用吸收、反射的方法来降低噪声，如录音室、音乐教室等墙壁上常安装图 3-3-7 所示的吸音材料。控制噪声还可以从保护受噪声影响对象方面着手，如图 3-3-8 所示，机场的地勤人员在指挥飞机停机时会佩戴耳罩。



图 3-3-7
吸收声音的材料

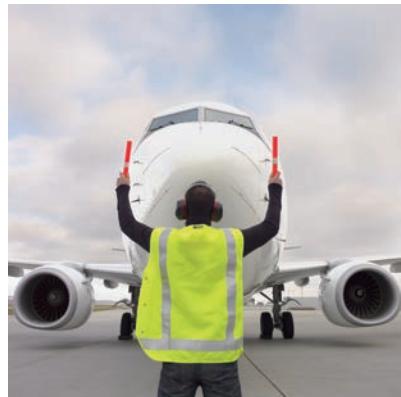


图 3-3-8
机场工作人员佩戴的防声耳罩

练一练

1. 声波可以传递信息和能量，将下列实例的编号填入表 3-3-1 相应的分类中，并根据生活常识或查阅相关资料再各补充一例填入表中。

- ① 海豚利用回声定位以确定猎物的位置和距离；
- ② 医生通过听诊器了解病人心、肺的状况；
- ③ 超声波清洁器用超声波清除眼镜镜片上的垢迹；
- ④ 医生用超声波为病人打碎体内的结石；
- ⑤ 抹香鲸之间用次声波交流；
- ⑥ 超声波加湿器将水雾化。

表 3-3-1

声波传递信息	声波传递能量
补充:	补充:

2. 小区内竖立了图 3-3-9 所示的交通标志牌，这表示禁止_____，这是在_____处控制噪声；有些人睡觉时使用耳塞，这是在保护_____。



图 3-3-9

3. 轻轨列车轨道两侧安装的隔音屏障，主要用来减少列车行驶时造成的噪声污染，属于从_____控制噪声。以下减少噪声污染的方法同属这类的是（_____）。
- A. 住宅区的窗户安装真空玻璃
 B. 处于钢材切割车间时，在耳朵上戴防声耳罩
 C. 车辆行驶时在市区禁止鸣笛
 D. 给机器加减震装置
4. 列举学校或居住小区周边的噪声源，并提出减小噪声影响的建议。



跨学科实践

物理学与日常生活

简单乐器的制作

如图 1 所示的《斫（zhuó）琴图》是迄今唯一展现古人制琴过程的古画。画面展示了古人斫琴的大致工序。



图 1 摹顾恺之《斫琴图》

● 跨学科实践任务

任务 1：利用身边的材料，制作一个简单的乐器，使其能够发出不同音调的声音。

记录制作方案，记录内容可参照图 2，同时将改变音调的方法以及相应的频率记录在表 1 中。

简单乐器的名称：	_____
发声原理：	_____
材料：	_____
制作方法：	_____
简单乐器照片 粘贴处	

图 2 制作方案

表 1

记录改变声音音调的方法（可以图文说明）		频率 /Hz
方法一		
方法二		
方法三		
.....		

任务 2：展示自制乐器的使用方法，如怎样发声，怎样调节响度和音调等。

分享乐器从选材到成型的制作过程，以及在此过程中遇到的困难和解决困难的方法。

与其他小组交流讨论，提出改进自制乐器的设想。

● 评价与反思

评价项目	评价要点（☆☆☆）	自评	互评
实践计划	能制订分工合理、任务明确、进度可行的实践计划		
	能在规定的时间内完成计划		
实践成果	能应用相关学科知识，设计切实可行的简单乐器制作方案		
	能自制乐器，通过调试让它发出不同的音调，并测出相应的频率		
	能说明自制乐器发声的原理		
信息搜集	能有效搜索所需学习资源，注意数据的可靠性和时效性		
	能规范地标注引用数据、图片等相关信息的来源		

(续表)

评价项目	评价要点(☆☆☆)	自评	互评
交流合作	能利用数字设备开展交流活动		
	在完成各自任务的同时，能与其他成员团结协作，开展合作		
	在规定时间内完成展示，表达方式合理、流畅、自然		

评分方法：完全符合评价要点得☆☆☆，部分符合得☆☆，少量符合得☆

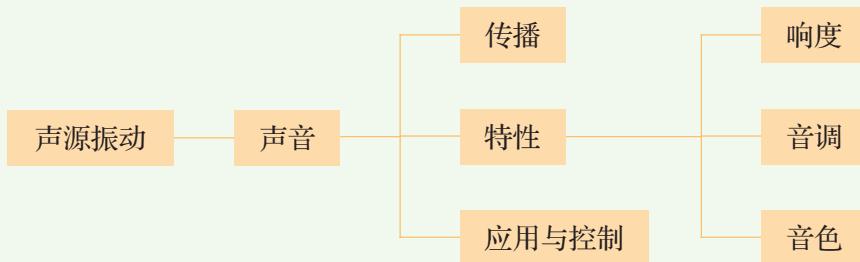
回顾与复习

本章小结

基本概念和基本规律

- 声音的产生：声音是由物体的振动产生的。
- 声音的传播：气体、液体、固体都能够传播声音。声源的振动在介质中的传播形成声波。声波不能在真空中传播。
- 声音的特性：响度、音调和音色是声音的三个特性。

知识结构图



本章练习

1. 为什么用手按压正在发声的琴弦，琴声会消失？
2. 声波在遇到障碍物时有一部分会发生反射，一部分会绕过障碍物，还有一部分会被障碍物吸收。不同的障碍物表面对声波的反射和吸收能力不同。通常坚硬光滑的表面反射声波的能力强，松软多孔的表面吸收声波的能力强。

试根据以上信息，为下列各个场景选择质地合适的材料，将字母选填在横线上。

A. 松软多孔 B. 坚硬光滑

 - (1) 室内音乐厅的墙壁: _____；
 - (2) 露天音乐舞台背景: _____；
 - (3) “回音壁”表面: _____；
 - (4) 录音教室的天花板与墙面: _____。
3. 一名男低音歌唱家正在放声歌唱，为他轻声伴唱的是位女高音歌唱家，这里的“高”和“低”指的是声音的_____；安静的图书馆中，我们如果需要交流，一定要“小”声，这里的“小”指的是声音的_____；在教室里，未看到人，我们一般也能分辨室外讲话的是哪位同学，依据的是不同同学声音的_____不同。（均选填“响度”“音调”或“音色”）
4. 为什么在远离发声音箱的过程中，我们听到的声音会越来越小？
5. 声呐被称为潜水器的耳目。它发出声波的频率大多为 $10 \sim 30 \text{ kHz}$ 。若悬停在海水中的潜水器发出的声波在 10 s 内被海底反射回来并接收，试估算潜水器与海底间的距离。（已知声波在海水中传播的速度是 1500 m/s ）
6. 在教室里上课时，我们一般听不到老师讲话的回声；走廊里的

喧闹声有时会传入教室产生干扰。试说明听不到回声的原因并提出改善教室隔音效果的建议。

7. 有一根足够长的钢管，当甲同学敲击钢管的一端时，乙同学用耳朵紧贴着钢管的另一端，参考表 3-1-1 中列出的声音在钢铁和空气中的传播速度，试说明乙同学是紧贴钢管的那只耳朵先听到声音，还是另一只耳朵先听到声音？
8. 我们能听见蝙蝠用于回声定位的超声波吗？试说明理由。
9. 在二楼教室，如果你拖动桌椅，楼下教室里的同学可以听到响声。试描述声音是怎么传到楼下同学耳中的。此过程中声波在哪些介质中传播？



第④章 光现象

阳光照向地球，送来光明和温暖。光可以传递能量和信息。本章我们将学习常见的光现象及其基本规律。

通过本章内容的学习，你将了解光的反射现象、折射现象；经历光的反射定律、平面镜成像特点和凸透镜成像规律的探究过程，感受观察、比较、归纳、推理等科学方法，增强合作交流的意识。了解我国古代对光现象研究的成就，激发民族自豪感。



图 4-1-1 塔式光热电站

第1节

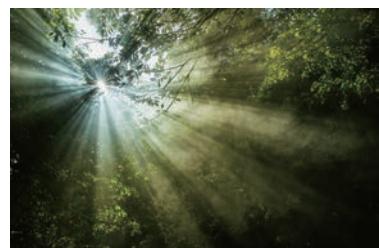
光的反射

图 4-1-1 为建于敦煌市的塔式光热电站，它利用大量的镜面反射阳光，并使其汇聚于中心塔的吸热器上，将塔内的熔盐温度加热到 500℃，可实现 24 h 连续发电。照在镜面上的阳光为什么都恰好能反射到吸热器上？

● 光是如何传播的？

我们用肉眼看到的大部分星星是像太阳一样能自身发光的恒星，自然界中也有如萤火虫、藻类等发光的生物，人类还发明了各种各样的灯。这些能够自行发光的物体叫做光源。

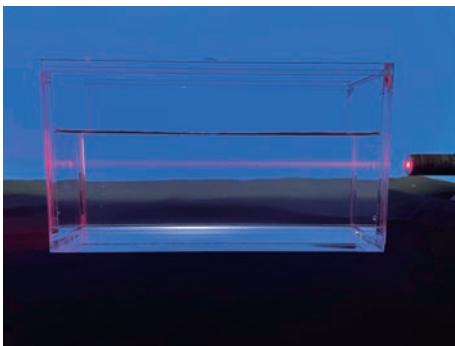
如图 4-1-2 所示，清晨的阳光穿过树叶间的缝隙沿直线照射下来。汽车前灯的光束和投影仪的光束也是直的，表明光在空气中是沿直线传播的。

图 4-1-2
清晨穿过树叶缝隙的阳光

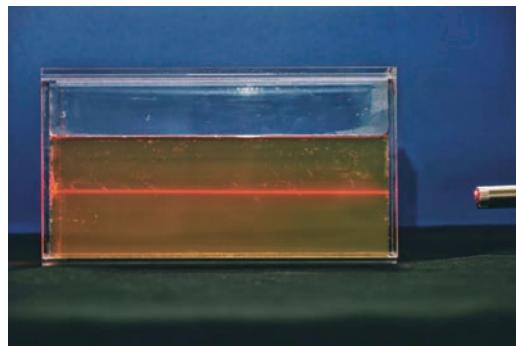


自主活动

如图 4-1-3 所示，将激光分别射向浓盐水和明胶，观察光在水和明胶中的传播路径。



(a) 光在水中传播



(b) 光在明胶中传播

图 4-1-3 光的传播路径

由上述实验可知，光在水和明胶中都是沿直线传播的。空气、水、明胶和玻璃等都是能透光的介质，大量实验表明，**光在同种均匀介质中沿直线传播**。因此，高层建筑安装电梯轨道时，可用激光束检测电梯轨道是否竖直。



图 4-1-4 光线

为了描述光的传播情况，我们用直线表示光在均匀介质中的传播路径，用箭头表示光的传播方向。图 4-1-4 中带箭头的直线叫做**光线** (light ray)，而光束可以看成由许多这样的光线所构成。

与声音不同，光不仅能在介质中传播，也能在真空中传播。在物理学中，用字母 c 表示真空中的光速，通常可近似取 $c = 3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$ 。光每秒走过的路程相当于绕地球赤道 7 圈半。

光在介质中的传播速度比在真空中的小。光在空气中的传播速度接近 c ，在水中的传播速度约为 $\frac{3}{4}c$ ，在玻璃中的传播速度约为 $\frac{2}{3}c$ 。



科学与人文

小孔成像实验的记载最早见于《墨经》。如图 4-1-5 所示，一块带有小孔的板遮挡在物体和墙面之间，由于光在均匀介质中沿直线传播，从物体发出的光，沿直线穿过小孔，照在小孔另一侧的墙上，墙面上就出现了物体倒立的像。

元代天文学家赵友钦专门建造了实验专用房屋，以研究光源、孔的大小等相关因素对小孔成像效果的影响。

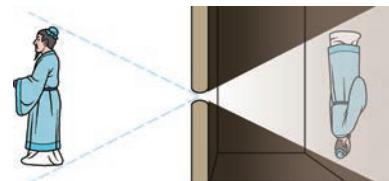


图 4-1-5 小孔成像

● 光的反射遵循什么规律？

如图 4-1-6 所示，微风吹过水面，水波荡漾，水面上出现粼粼的波光，这是因为射向水面的阳光经水面反射后，改变了传播方向，进入我们的眼睛，引起了视觉。光从一种介质射向另一种介质时，一部分光返回到原介质的现象称为光的反射（reflection）。

通过一束光斜射向平面镜发生反射的现象可以研究光的反射所遵循的规律。如图 4-1-7 所示，用斜射向平面镜的光线 AO 表示入射光线； O 点表示入射光线在平面镜上的入射点，用光线 OB 表示反射光线。



图 4-1-6 波光粼粼的湖面

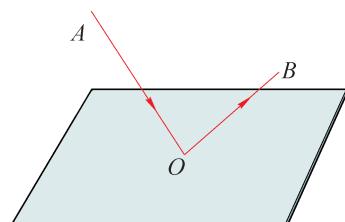


图 4-1-7
入射光线和反射光线

学生实验

探究光的反射定律

实验一 探究反射光线与入射光线的关系

提出问题

在水平桌面上放一块平面镜，光源发出的光束斜射向平面镜发生反射。改变入射光的方向或调整平面镜的方向，都会使反射光的方向发生变化。反射光与入射光的方向与平面镜有怎样的关系？提出你的猜想并说明依据。

搜集证据

• 器材

平面镜、激光笔、蜡烛灯、彩色卡纸、喷雾水瓶。

本实验不需要的器材是_____。

• 方案

① 如 4-1-8 所示，把标记好入射点 O 的平面镜水平放置，将一束激光斜射向镜面上的 O 点，喷水雾显示入射光和反射光的位置。

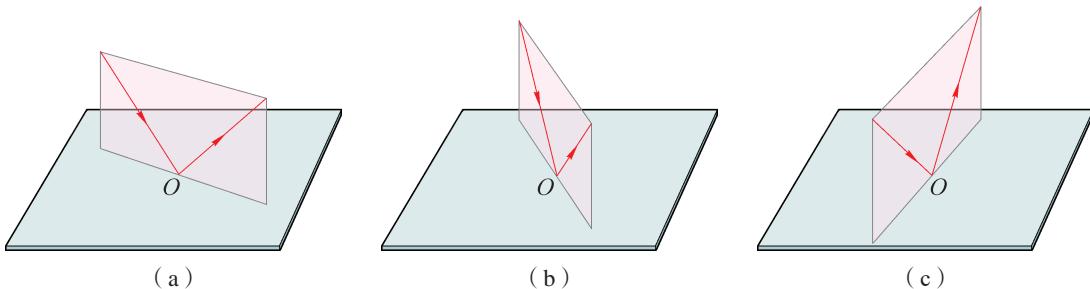


图 4-1-8 反射光和入射光的位置关系

② 转换视角观察入射光和反射光，并用卡纸寻找入射光和反射光构成的平面，在卡纸上记录入射光线和反射光线的路径和方向。

③ 观察卡纸平面和镜面的关系。

④ 通过调整激光笔的位置来改变入射光方向，重复上述实验。

注意

不能用激光照射人的眼睛，否则会损伤眼睛。

作出解释

- 分析

反射光线和入射光线与镜面的关系。

- 结论

由上述实验可知：反射光线和入射光线在_____；反射光线和入射光线构成的平面始终与镜面_____。

如图 4-1-8 所示，光沿不同方向射向入射点 O ，可以找到各入射光线与其对应的反射光线所在的平面。如图 4-1-9 所示，这些平面相交于同一条直线 ON ，这条直线过入射点 O 且垂直于镜面，叫做法线（normal line）。实验表明：反射光线在入射光线与法线决定的平面内；反射光线和入射光线分别位于法线的两侧。

我们可以将光反射时的立体图简化为如图 4-1-10 所示的平面图。入射光线与法线的夹角 θ_1 叫做入射角，反射光线与法线的夹角 θ_2 叫做反射角。

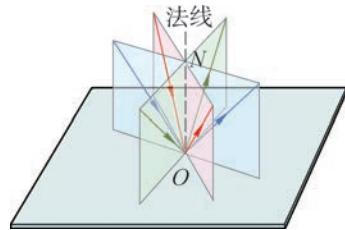


图 4-1-9
反射光线、入射光线和法线的空间关系

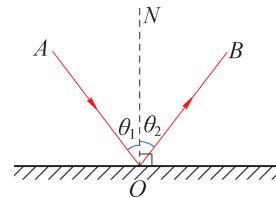


图 4-1-10 光的反射

实验二 探究反射角与入射角的大小关系

提出问题

如图 4-1-11 所示，将平面镜安装在光具盘中央，打开激光源，让入射光线从法线的右侧射向平面镜，增大入射角，反射角的大小如何变化？反射角和入射角的大小有怎样的关系？

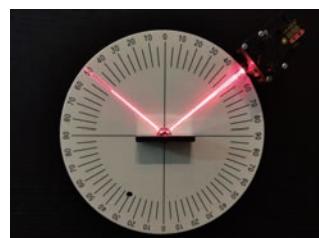


图 4-1-11 光具盘

搜集证据

- 器材

激光源、平面镜、光具盘。

- 方案

改变入射角的大小，观察反射角的变化情况，量出_____，归纳两者间的对应规律。

- 记录

将入射角与反射角的大小填入表 4-1-1 中。

表 4-1-1 数据记录表

入射角	30°			0°
反射角				

作出解释

- 分析

比较反射角和入射角的大小。

- 结论

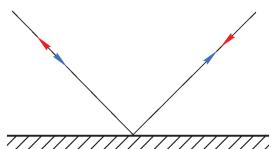
由上述实验可知：反射角与入射角_____。

交流反思

实验一中彩色卡纸的作用是什么？

大量实验表明：

在反射现象中，反射光线、入射光线与法线在同一平面内；反射光线和入射光线分别位于法线的两侧；反射角等于入射角。这就是光的反射定律（reflection law）。



如图 4-1-12 所示，如果让光逆着反射光线的方向射到镜面上，反射后它会逆着原来入射光线的方向射出。这表明，在光的反射现象中，光的传播路径是可逆的。

图 4-1-12 光的传播路径可逆

● 生活中哪些现象与光的反射有关？

照进教室的阳光经文具上的金属部件反射，在墙面上形成亮斑，移动文具，亮斑的位置也随之移动。橡皮、木杆铅笔等文具的表面却不会引起这类现象，这是由于不同材质的表面对光的反射情况不同。

如图 4-1-13 所示，平行激光束经平面镜反射后依旧相互平行，这种反射现象叫镜面反射（mirror reflection）。太阳光照射到建筑物外的玻璃幕墙时也会发生镜面反射。如图 4-1-14 所示，明亮耀眼的反射光会对人们的生活和生产环境造成不良影响，这种“光污染”现象越来越引起人们的重视。

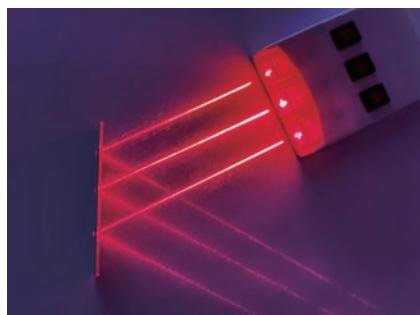


图 4-1-13 射向镜面的激光束



图 4-1-14 光污染

如图 4-1-15 所示，将平行的激光束射向纸面，纸面上映出一片红光，无法观察到明显的反射光线。这是因为将看似光滑平整的纸面放到显微镜下，可以观察到它的表面是凹凸不平的。这种凹凸不平的表面可以看成是由大量法线方向不同的小平面组成的。如图 4-1-16



图 4-1-15 射向纸面的激光束

所示，根据光的反射定律，相互平行的光束经这些方向各异的小平面反射后，反射光线射向各个方向，这种反射叫做漫反射（diffuse reflection）。我们能看到桌椅、墙壁等自身不发光的物体的原因就是光在这些物体的表面发生了漫反射，反射光射向各个方向。

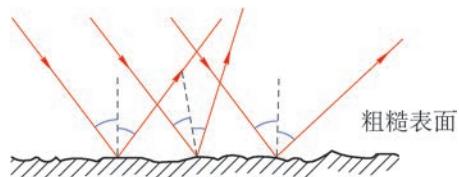


图 4-1-16 漫反射

练一练

1. 根据光的直线传播知识，说明图 4-1-17 中的学生在逐渐远离路灯的过程中，其影子的长度如何变化。



图 4-1-17

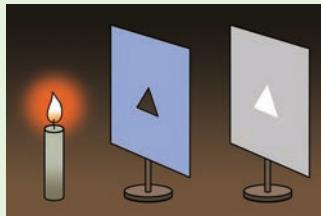
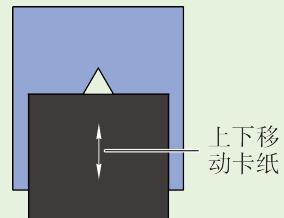


图 4-1-18



(b)

2. 如图 4-1-18 (a) 所示，在暗室的水平桌面上依次放置蜡烛、开有三角形孔洞的卡纸、一块作为光屏的白色硬纸板。点燃蜡烛后，光屏上有一个较亮的三角形光斑。然后如图 4-1-18 (b) 所示，移动黑色卡纸逐渐改变三角形孔洞的大小，简述在光屏上出现的变化。

3. 与镜面夹角为 30° 的入射光线AO经平面镜反射后，反射角多大？在图4-1-19中，画出反射光线OB，并标出入射角和反射角。

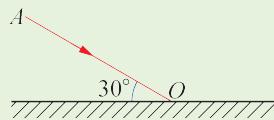


图4-1-19

4. 图4-1-20中，AB为光热电站的中心塔。利用镜面可将太阳光反射到塔上某处。 POQ 为其中一束光线经平面镜反射的路径示意图。试通过作图标出平面镜的位置和入射角的度数。

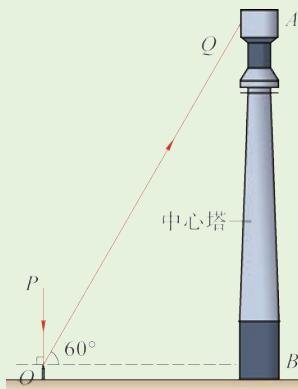


图4-1-20

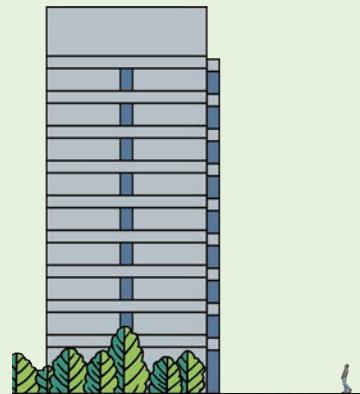


图4-1-21

5. 激光测距技术广泛应用于人们的生产和生活中。激光测距仪向目标发射激光束并接收反射回来的激光束，通过测出激光往返的时间，可以算出激光测距仪与目标物之间的距离。若站在图4-1-21所示位置，用激光测距仪测量学校教学楼的高度，简述测量方法。



平面镜成像

如图 4-2-1 所示，国家大剧院的中心建筑是人工湖环绕的半椭球体。建筑实体在水中形成倒影。为什么水中倒影与水面上的实体完全对称，宛如悬浮于空中的飞艇？

• 什么是平面镜？

生活中有各种各样的镜面。如图 4-2-2 所

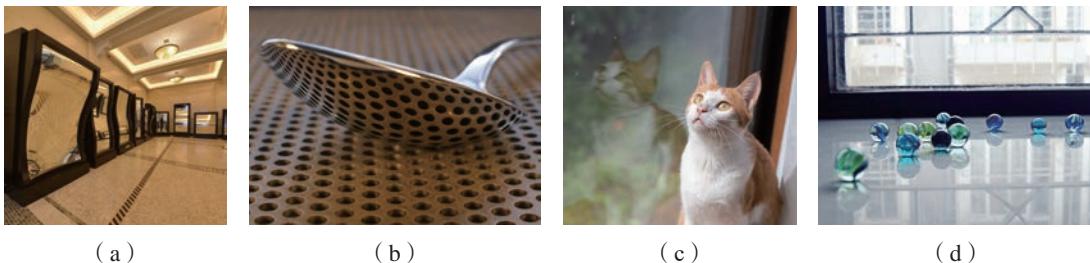


图 4-2-2 生活中的镜面

示的哈哈镜、不锈钢勺表面、透明玻璃板、抛光大理石地面等都可视为镜面。

有些镜面的反射面是曲面，如金属勺和哈哈镜；有些镜面的反射面是平面，如玻璃板、大理石地面、平静的水面和穿衣镜的表面。反射面是平面的镜面称为平面镜（plane mirror）。图 4-2-2 中玻璃板内的“猫”、大理石地面下的“玻璃球”都是物体通过平面镜所成的像。

● 平面镜成像有什么特点？

照镜子时，我们常会远离镜子看看整体形象，靠近镜子看看细节。此时镜中像的位置、像的大小似乎也在随着人的移动发生变化。

如图 4-2-3 所示，将一盏点亮的蜡烛灯置于竖直放置的镜子前，能看到蜡烛灯的像。若将手伸到镜后摸一下，不仅摸不到像，也无法在镜中看到手。

乘坐地铁时，看到玻璃窗外广告牌的同时也能看到自己的像。我们可以用玻璃板作为平面镜来研究平面镜成像的特点。

如图 4-2-4 所示，将玻璃板竖直立于水平桌面上，在玻璃板前放一盏点亮的蜡烛灯，看到蜡烛灯的像在玻璃板的后面。将光屏放置在玻璃板后，直接观察光屏，无论怎么移动光屏，都不能在光屏上看到蜡烛灯的像。

平面镜所成的这种能被人眼观察到，但不能呈现在光屏上的像是虚像。



图 4-2-3 平面镜成像

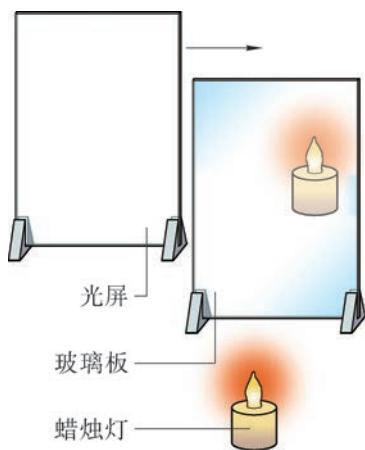


图 4-2-4 玻璃板成像

学生实验

探究平面镜成像的特点

提出问题

在直立的玻璃板前放一盏点亮的蜡烛灯 A，像在玻璃板后。当蜡烛灯 A 靠近或远离玻璃板时，玻璃板中的像如何变化？描述你观察到的现象，猜想像和物的位置和大小之间存在什么关系？

搜集证据

• 器材

薄玻璃板、白纸、激光笔、蜡烛灯（如图 4-2-5 所示，其中 A、B 蜡烛灯完全相同）、刻度尺。本实验不需要的器材是_____。

• 方案

① 如图 4-2-6 所示，在水平桌面上铺一张白纸，将薄玻璃板竖直置于白纸上，记下玻璃板的位置 OO' 。

② 在玻璃板前放一盏点亮的蜡烛灯 A，透过玻璃板观察蜡烛灯 A 的像。

③ 在玻璃板后分别放置未点亮的另外三盏蜡烛灯 B、C、D，移动玻璃板后的蜡烛灯寻找蜡烛灯 A 所成像的位置。从玻璃板前面不同位置看去，当玻璃板后的蜡烛灯与 A 的像重合，好像也被点亮时，玻璃板后蜡烛灯的高度即像的高度，玻璃板后蜡烛灯的位置即像的位置。

④ 在白纸上用圆点记录蜡烛灯 A 和像的位置。

⑤ 比较像与蜡烛灯 A 的高度。

⑥ 改变蜡烛灯 A 的位置，重复实验。

• 记录

用直线把每次实验中蜡烛灯 A 和像在纸上的标记连起来，观察这些连线与 OO' 之间的关系，分别用刻度尺量出蜡烛灯 A 和像到 OO' 的距离。

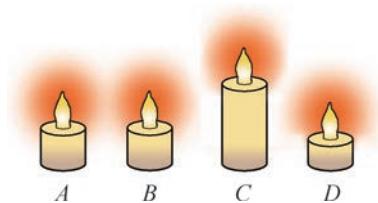


图 4-2-5 蜡烛灯

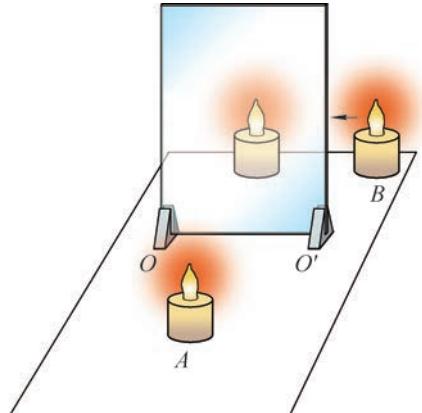


图 4-2-6 探究平面镜成像特点

将蜡烛灯 A 到平面镜的距离、像到平面镜的距离填入表 4-2-1 中。

表 4-2-1 数据记录表

实验次数	蜡烛灯 A 到平面镜的距离 /cm	像到平面镜的距离 /cm
1		
2		
3		

作出解释

- 分析

比较像与物的大小、像与物到平面镜的距离，像与物连线与镜面的关系，像的大小与位置的关系。

- 结论

由上述实验可得：像与蜡烛灯 A 的大小_____；像到平面镜的距离_____蜡烛灯 A 到平面镜的距离；像和蜡烛灯 A 的连线_____于镜面；像与蜡烛灯 A 关于镜面对称。

交流反思

判断同样大小的物体在镜子里成的像是否“近大远小”，简述理由。

大量实验表明：

平面镜所成的像是虚像；像和物体的大小相等；像和物体到平面镜的距离相等。

● 为什么平面镜所成的像是虚像？

在实验中，我们发现平面镜后的蜡烛灯虽然没有点亮，但是在平面镜中却能看到一盏点亮的蜡烛灯，这是因为它与镜前已点亮的蜡烛灯的像

重合了。如图 4-2-7 所示，平面镜前蜡烛灯上的点 S 向四处发光，其中部分光经平面镜反射后进入我们的眼睛，引起视觉感受，我们的眼睛主观上会感觉这些反射光线好像是从反射光线的反向延长线的交点 S' 发出的，似乎点 S' 也在镜后向四处发光。点 S' 是点 S 在平面镜中所成的像。由于光并非真的从点 S' 处发出，所以平面镜所成的像是虚像。临水而建的国家大剧院在水中的倒影为虚像，虚像与水面上实体关于水面对称，宛如一个完整的椭球体。

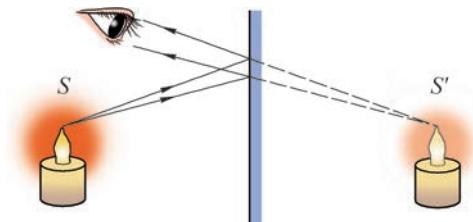
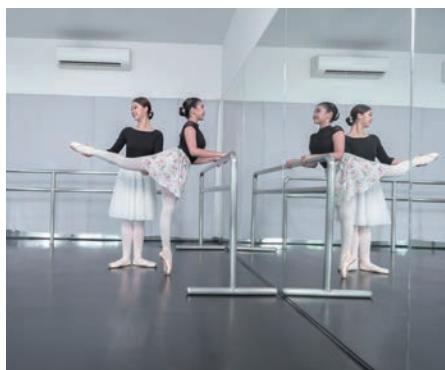


图 4-2-7 平面镜成虚像

平面镜在生活中的应用非常广泛。如图 4-2-8 所示，电梯间用平面镜装饰，使乘客感觉空间更宽敞；舞蹈演员通过平面镜观察和修正自己的动作；牙科医生利用小镜子来看清口腔内的情况等。



(a)



(b)



(c)

图 4-2-8 平面镜的应用

拓展 视野

除了平面镜，生活中常见的镜面还有凸面镜和凹面镜。金属勺子的上表面相当于凹面镜，下表面则相当于凸面镜。

凹面镜对光有会聚作用，图 4-2-9 中的太阳灶和医生用的额带反光镜都是由凹面镜制成。额带反光镜能将反射光聚在一起，便于医生更清晰地观察患处。



(a) 太阳灶烧水



(b) 额带反光镜



(a) 广角镜



(b) 汽车后视镜

图 4-2-9 凹面镜的应用

图 4-2-10 凸面镜的应用

凸面镜对光有发散作用。图 4-2-10 所示的广角镜和汽车后视镜等都是由凸面镜制成，能显示更大的视野。

图 4-1-1 中的塔式光热电站，需让尽可能多的阳光反射后会聚于同一位置，所用的镜面并不是平面镜，有像碗碟的碟形镜面，也有向内弯曲的抛物镜面。

练一练

- 某同学站在平面镜前整理校服，他与镜面的距离为 1 m，当他走近平面镜时，镜中像的长度_____（选填“变小”“不变”或“变大”）；此时他与镜面的距离变为 0.4 m，则他与镜中像的距离应为_____m。
- 如图 4-2-11 所示，将平面镜竖直放置在方格纸上。在方格纸上标出物体 A 对应的像 A' 的位置，并标出像 B' 对应的物体 B 的位置。

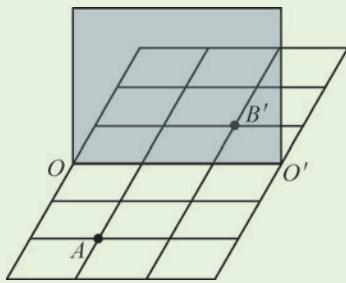


图 4-2-11

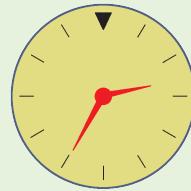


图 4-2-12

3. 将钟竖直悬挂在平面镜前，图 4-2-12 为钟在平面镜中的像，此时钟面显示的时间是_____。

4. 图 4-2-13 为眼镜店的平面图，墙上贴有视力表。按规定，视力检测的标准距离为 5 m，超过了这家眼镜店室内的左右距离。请你帮助店主解决这个问题，并在图中相应位置标注检测者站立的位置及方向。

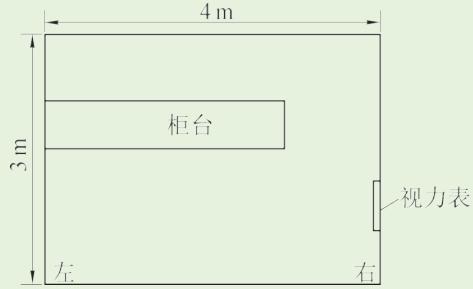


图 4-2-13

► 主题学习：生活中的光现象 1

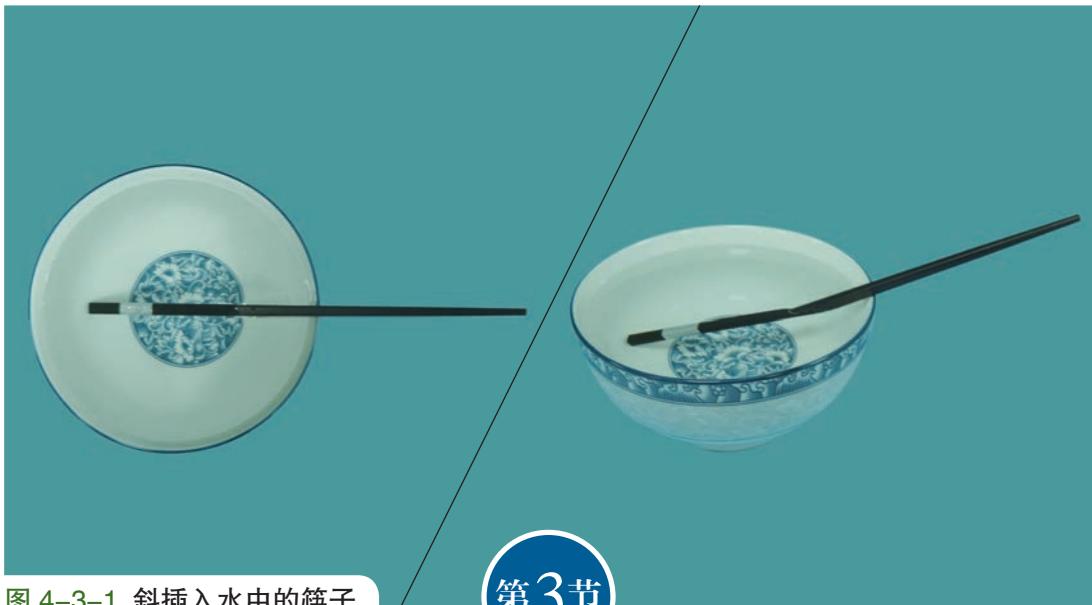
如图 4-2-14 所示，小石堤将河水一分为二，右侧的水面呈现出房屋的倒影，左侧的水面则是波光粼粼。

(1) 右侧的水面为什么能形成倒影？

(2) 为什么小石堤两侧水面的光现象不同？



图 4-2-14



第3节

光的折射

如图 4-3-1 所示，将筷子斜插入盛有水的碗中。从碗的正上方看，整根筷子似乎是笔直的。而从侧上方看，筷子看起来向上弯折了，为什么会出现这种现象？

● 什么是光的折射现象？

我们知道，光在同种均匀介质中是沿直线传播的。自然界中的光不总在一种介质中传播，当光从一种介质射向另一种介质时，一部分光返回原介质中，发生光的反射现象。还有一部分光会进入另一种介质。我们通过实验来观察进入另一种介质的那一部分光的传播路径。

自主活动

如图 4-3-2 所示，玻璃容器中盛有浓盐水，水面上方有烟雾。一束激光从空气斜射向水面，分别从侧面和上方观察激光的传播情况。

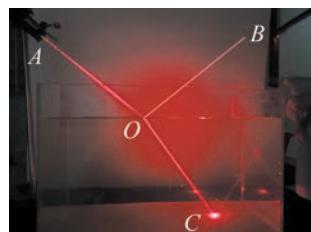


图 4-3-2 光斜射入浓盐水

实验表明，光从空气斜射入浓盐水，光的传播方向发生变化。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，叫做光的折射 (refraction)。

实验中发现，从上方竖直向下看，反射光线恰好遮住水中的折射光线，说明折射光线、反射光线和法线在同一平面内。我们可以将光的折射现象用图 4-3-3 所示的平面图表示。光线 AO 表示入射光线，光线 OC 表示折射光线， O 为入射点。 NN' 为过入射点 O 且垂直于分界面的法线，入射光线与法线的夹角 θ_1 叫做入射角，折射光线与法线的夹角 θ_3 叫做折射角。

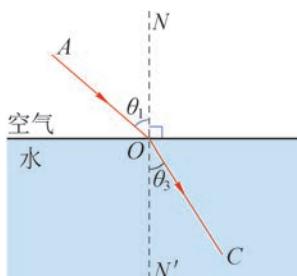


图 4-3-3 光的折射

自主活动

如图 4-3-4 所示，在光具盘中央放一块半圆形玻璃砖。一束激光从空气斜射向半圆形玻璃砖的中心 O 。观察玻璃砖中的折射光线，比较折射角与入射角的大小关系。改变入射角的大小，观察折射角的变化情况。

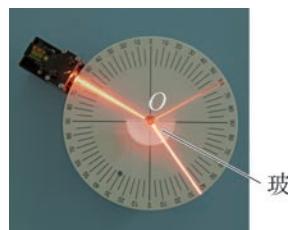


图 4-3-4 光从空气斜射入玻璃

把玻璃砖换成水槽重复上述实验。

实验发现，当光从空气斜射入水或其他透明介质中时，折射光线向法线偏折，折射角小于入射角。减小入射角，折射角也随之减小；增大入射角，折射角也随之增大。当光垂直于界面入射时，光的传播方向不发生偏折。

大量研究表明：

光发生折射时，折射光线、入射光线和法线在同一平面内，折射光线和入射光线分别位于法线的两侧。不同介质对光的折射本领是不同的。

● 生活中哪些现象与光的折射有关？

炎炎夏日，清澈见底的山中潭水（图 4-3-5），让人有下水嬉戏的欲望，但千万不要觉得水看起来不深就贸然下水，在潭边上看水的深度总比实际的要浅一些，这是因为光发生了折射。如图 4-3-6 所示，在容器底部有一个石块，它从水下发出的光线 AO 和 AO' 在斜射向空气时发生折射，折射光线 OB 和 $O'C$ 进入人眼时，由于人感觉光是沿着直线传播的，会认为光线是从 OB 与 $O'C$ 反向延长线的交点 A' 射出的。人看到的石块的像在石块实际位置的上方。图 4-3-1 中的筷子看上去折成两段也是同样的道理所致。

光的折射还会形成许多有趣的现象。图 4-3-7



图 4-3-5 潭清疑水浅

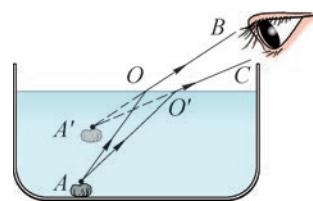
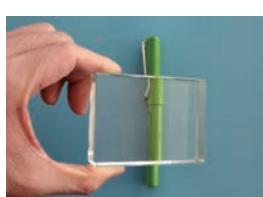


图 4-3-6 水变“浅”



(a)



(b)

图 4-3-7 与折射有关的生活现象

中的笔好像被玻璃砖分成了三段、水中的一条小鱼似乎变成了两条小鱼等，这些现象都与光的折射有关。

● 白光是单色光吗？



图 4-3-8 雨后彩虹

“赤橙黄绿青蓝紫，谁持彩练当空舞？雨后复斜阳，关山阵阵苍”，《菩萨蛮·大柏地》一开始便以破空而来的生花妙笔描绘了傍晚雨后彩虹高悬天际的斑斓夏景，令人赞叹。如图 4-3-8 所示，彩虹是阳光照射到空气中的水珠后形成的视觉效果。



自主活动

图 4-3-9 中无色透明的玻璃三棱柱叫做三棱镜。让一束太阳光通过狭缝照射三棱镜，从三棱镜射出的光照射到光屏上，可以观察到光屏上出现_____。



图 4-3-9 白光通过三棱镜

实验中观察到白色的太阳光通过三棱镜后在光屏上形成一条由红到紫连续排列的彩色光带。像这种白光被三棱镜分解成许多不同颜色的光的现象称为光的色散 (dispersion)。

进一步研究表明，白光可以分解为由红到紫连续排列的彩色光带。由多种色光合成的光叫做复色光，白光就是一种复色光。

如图 4-3-10 所示，将红色激光斜射至三棱镜的一边，发现红光经过三棱镜折射后，不会发生色

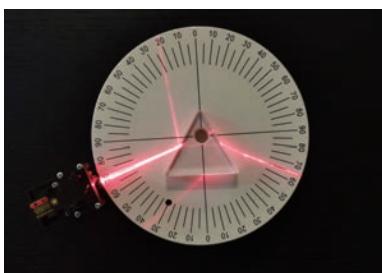


图 4-3-10 激光斜射入三棱镜

散现象，这样的色光叫做单色光。若绿色激光从同一方向斜射至三棱镜的一边，绿光通过三棱镜后偏折程度大于红光。这说明三棱镜对不同色光的折射程度不同。正是因为这个缘故，由各种单色光组成的白光经过三棱镜后才会形成彩色的光带。

用放大镜观察计算机或手机屏幕上的白色图像，发现白色的图像并不是由白色光点组成的，而是由红、绿、蓝三种颜色光点组成的。

进一步研究表明，红、绿、蓝三种色光是无法用其他色光混合而成的。如果把红、绿、蓝光按照一定的比例照射在白色光屏上，将看到的如图 4-3-11 所示的各种色光。

我们通过电视、手机的屏幕看到的影像都是由红、绿、蓝三种颜色的光点按照不同的比例混合，引起的视觉感受。



图 4-3-11 光的三原色

练一练

- 在图 4-3-12 中，光线从空气斜射入水中，入射角为 50° ，试在图中画出折射光线的大致方向。

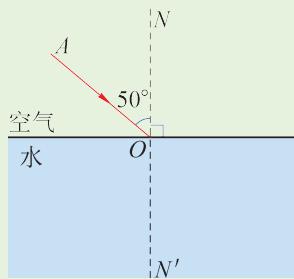


图 4-3-12

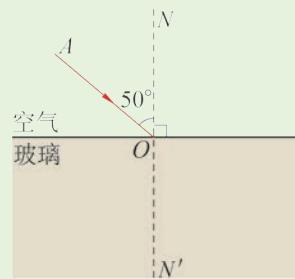


图 4-3-13

- 玻璃对光的折射本领比水强。如图 4-3-13 所示，光线从空气

斜射入玻璃中，入射角为 50° ，试在图中画出折射光线的大致方向。与图4-3-12作比较并简述理由。

3. 如图4-3-14所示，鱼在清澈的水中游动，若渔夫沿着看到鱼的方向叉鱼，能否叉到鱼？简述原因。



图 4-3-14

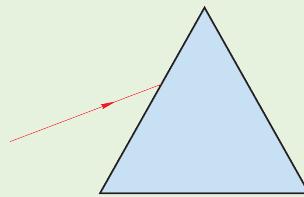


图 4-3-15

4. 观察图4-3-9中白光通过三棱镜产生的色散现象。在图4-3-15中画出自光通过三棱镜的大致光路图和七彩光带的大致位置。

► 主题学习：生活中的光现象 2

图4-3-16中可以看到“鱼在云中游”的神奇现象。

- (1) 图中的鱼和云是实物还是像？
- (2) 简述“鱼在云中游”这种光现象是怎么形成的。



图 4-3-16



图 4-4-1 水滴中的黄瓜花

第4节

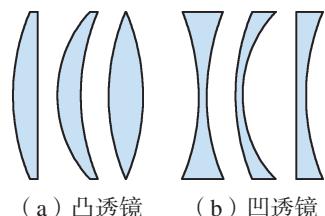
凸透镜成像

图 4-4-1 中有一水滴挂在枝头。透过水滴，我们看到一朵黄瓜花，它是上下倒置且缩小的。能否透过水滴看到放大的黄瓜花？

- 什么是透镜？

我们把两侧表面都是球面的一部分或一侧表面是球面的一部分而另一侧表面是平面的透明体叫做透镜（lens）。厚度远小于球面半径的透镜叫做薄透镜。

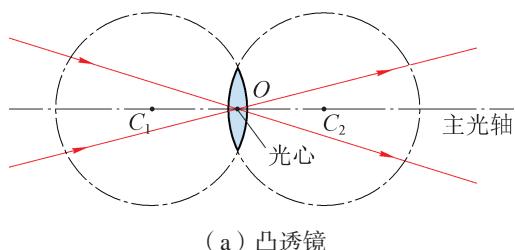
根据透镜中间与边缘厚度的差异，常把透镜分为凸透镜和凹透镜两类，如图 4-4-2 所示，中间比边缘厚的透镜叫做凸透镜（convex lens），中间比边缘薄的透镜叫做凹透镜（concave lens）。图 4-4-1 中的水滴可以看作一块天然的凸透镜。



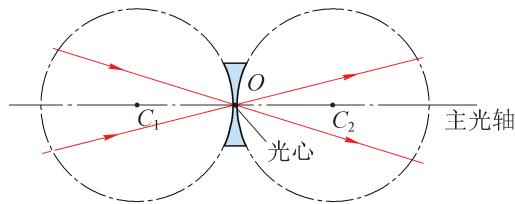
(a) 凸透镜 (b) 凹透镜

图 4-4-2 两种透镜

如图 4-4-3 所示，通过透镜两个球面球心的直线 C_1C_2 叫做透镜的主光轴，简称主轴。光通过透镜会发生折射，使光的传播方向发生偏折。但在主轴上有一个特殊点，通过该点的光传播方向不发生改变，这个点叫做透镜的光心，用字母 O 表示。薄透镜的光心可被视作透镜的中心。



(a) 凸透镜



(b) 凹透镜

图 4-4-3 透镜的主光轴和光心

想一想

生活中哪些常见物品上用到了透镜？

● 透镜对光有什么作用？



图 4-4-4 冰透镜取火

俗话说“冰火两重天”，但我国古代很早就掌握了用冰取火的巧妙方法。据公元前 2 世纪成书的《淮南万毕术》记载：“削冰令圆，举以向日，以艾承其影，则火生。”如图 4-4-4 所示，将冰做成凸透镜，然后对着太阳，使太阳光会聚为一个很小的光斑，放在光斑处的易燃物就会燃烧起来。



自主活动

用平行于主轴的激光束照射凸透镜，观察平行光束通过凸透镜后的偏折情况。可以看到上、下两束平行光通过凸透镜后向_____（选填“靠近”或“远离”）主轴的方向偏折，它们_____（选填“会”或“不会”）交于一点。

凸透镜对光有会聚作用，也被称为会聚透镜。如图 4-4-5 所示，平行于主轴的光经凸透镜折射后，会聚于主轴上的一点，该点叫做凸透镜的焦点（focus），用字母 F 表示，凸透镜的焦点到光心的距离叫做焦距（focal length），用字母 f 表示。

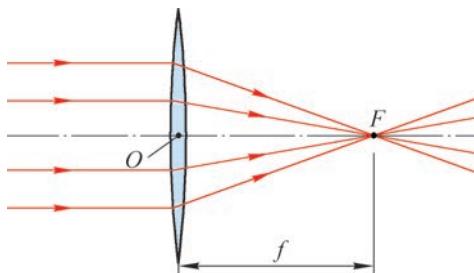
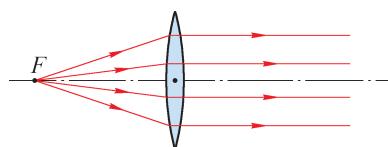


图 4-4-5 凸透镜的焦点和焦距

凸透镜的两侧各有一个焦点，凸透镜的焦距能反映凸透镜对光会聚作用的强弱，焦距越短，对光的会聚作用就越强。

如图 4-4-6 所示，位于凸透镜焦点处光源发出的光经凸透镜折射后，平行于主轴射出。有些强光手电筒巧妙地运用了这一特点，将光源置于凸透镜的焦点处，光源发出的光经凸透镜折射后成为平行光束射出，这样就能在夜晚照亮前方较长的一段距离。

图 4-4-6
焦点处光源发出的光经
凸透镜折射

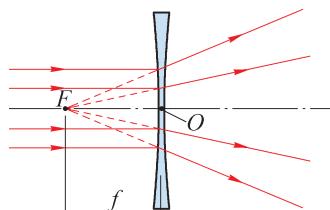


图 4-4-7

凹透镜的虚焦点和焦距

凹透镜对光有发散作用，也被称为发散透镜。如图 4-4-7 所示，平行于主轴的光通过凹透镜后，会向远离主轴的方向偏折，这些发散光的反向延长线相交于主轴上一点。由于这个点不是实际光线的交点，该点叫做凹透镜的虚焦点，也用字母 F 表示。虚焦点到凹透镜光心的距离叫做凹透镜的焦距，也用字母 f 表示。凹透镜两侧各有一个虚焦点。

● 凸透镜成像有什么规律？

放大镜是一个凸透镜，可以用它来研究凸透镜的成像情况。我们将物体到凸透镜的距离称为物距，用符号 u 表示，像到凸透镜的距离称为像距，用符号 v 表示。如图 4-4-8 所示，把放大镜置于书本上方，然后将放大镜渐渐远离书本，增大物距，看到的像先是正立、放大的，然后变成倒立、放大的，最后变成倒立、缩小的像。

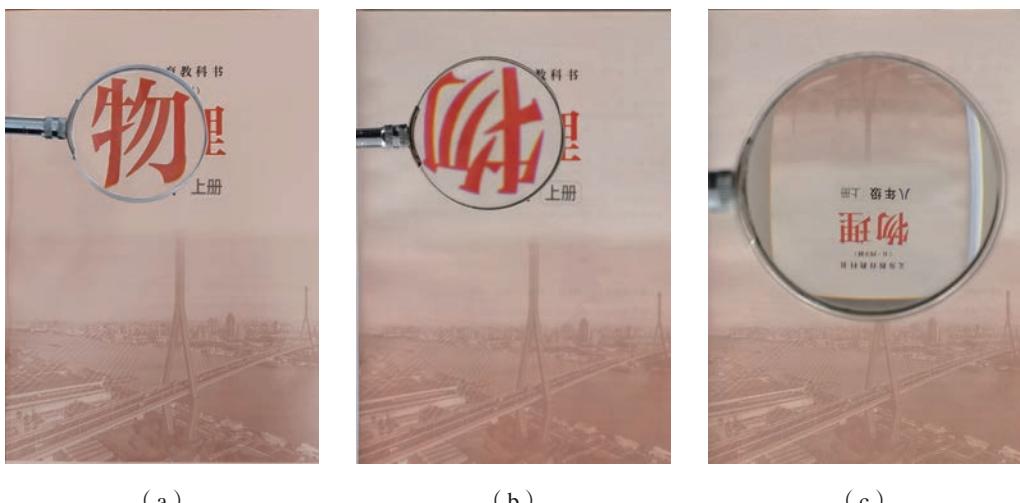


图 4-4-8 放大镜所成的像

学生实验

探究凸透镜成像的规律

提出问题

我们看到随着放大镜与物体之间距离的改变，所成像的大小、正倒会发生变化。看来成像情况与_____密切相关。猜想它们之间的关系，并简述你的依据。

搜集证据

- 器材

焦距已知的凸透镜、发光物、光屏、带刻度的光具座。

- 方案

① 如图 4-4-9 所示，把发光物、凸透镜和光屏放置在光具座上，将它们的中心位置调节到高度一致，保持凸透镜位置不变。

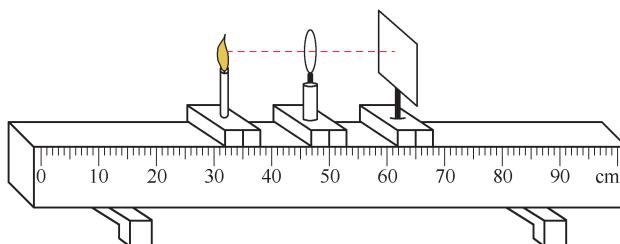


图 4-4-9 探究凸透镜成像规律实验装置

② 把发光物放在距离凸透镜较远的位置，在光具座上慢慢移动光屏找像。如果能在光屏上找到像，即为实像，确定其最清晰的位置，记录物距、像距、像的正倒、大小等情况。

③ 逐渐减小物距，重复以上实验操作，做好记录。

④ 如果无法用光屏找到实像，尝试移除光屏，用眼睛透过凸透镜观察虚像。

- 记录

凸透镜焦距 f 为_____cm，发光物高度 h 为_____cm，并将其他实验数据填入表 4-4-1 中。

表 4-4-1 数据记录表

实验序号	物距 u/cm	像的情况				
		像距 v/cm	像高 h'/cm	虚或实	正或倒	像的大小
1						
2						
3						
4						
5						

作出解释

- 分析

如图 4-4-10 所示, 汇总使用焦距相同的凸透镜进行实验的相关数据, 用数字 1 ~ 6 标出物体在主轴上的位置, 用 $1'$ ~ $6'$ 标出与之对应的像的位置。用带箭头的线段表示物体、像的大小与正倒情况, 可以得到凸透镜成实像时的物、像关系。

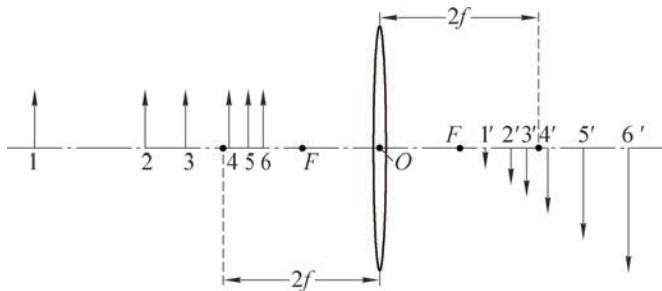


图 4-4-10 某一焦距凸透镜的物、像关系

- 结论

由上述实验可得:

当物距 $u > 2f$ 时, 凸透镜成一个倒立、缩小的实像;

当物距 $2f > u > f$ 时, 凸透镜成一个倒立、放大的实像;

当物距 $u < f$ 时, 凸透镜成一个正立、放大的虚像。

交流反思

各实验小组比较所用凸透镜的焦距, 各组成像情况是否均与上述结论一致。

大量实验表明：

当 $u > 2f$ 时，物体在凸透镜另一侧 $f < v < 2f$ 的范围内成一个倒立、缩小的实像。

当 $u = 2f$ 时，物体在凸透镜另一侧 $v = 2f$ 处成一个倒立、等大的实像。

当 $f < u < 2f$ 时，物体在凸透镜另一侧 $v > 2f$ 范围内成一个倒立、放大的实像。

当 $u < f$ 时，在物体同侧成一个正立、放大的虚像。

图 4-4-1 中的水滴就是一个凸透镜。黄瓜花位于水滴的 2 倍焦距之外，可以通过水滴看到的是缩小、倒立的实像。如果水滴与黄瓜花的距离足够近，也有可能看到放大的像。

练一练

1. 如图 4-4-11 所示的四个透镜中，具有会聚作用的透镜是_____。
(选填“A”“B”“C”或“D”)

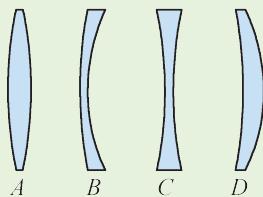


图 4-4-11

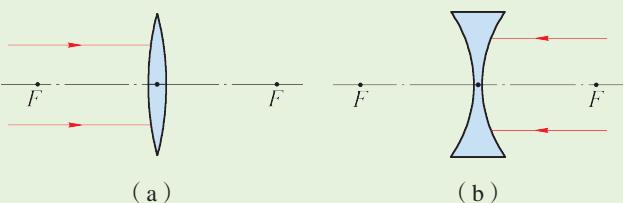


图 4-4-12

2. 将图 4-4-12 中的入射光线通过透镜后的折射光线补全。
3. 将一个凸透镜正对太阳，可以在另一侧距凸透镜 10 cm 处得到一个最小、最亮的光斑。若将一个物体放在距此透镜前 30 cm 处，可

以在凸透镜的另一侧得到一个()。

- A. 倒立、放大的实像
- B. 倒立、缩小的实像
- C. 正立、放大的虚像
- D. 正立、缩小的实像

4. 图4-4-13是某小组同学做“探究凸透镜成像的规律”实验的装置图，此时物距是____cm，像距是____cm，凸透镜成_____像。

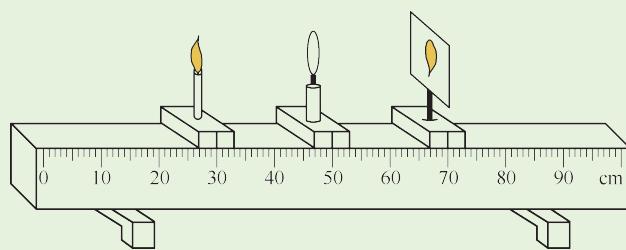


图4-4-13

5. 在“探究凸透镜成像的规律”实验之后，某小组做了以下研究，将物体从2倍焦距外逐步移至1倍焦距以内。

- (1) 在逐渐调整物距的过程中，成像情况如何变化？
- (2) 物体经过哪些特殊位置时，成像情况会发生转变？比如从实像变为虚像，从放大实像变为缩小实像。
- (3) 成实像时，像与物是否左右倒置？



图 4-5-1 远望近观

第5节

透镜的应用

我们能看到物体是因为光通过眼睛到达视网膜，视网膜上的感光细胞受到光的刺激产生信号，视神经把这个信号传输给大脑，大脑通过信息处理，引起视觉感受使我们看到物体。如图4-5-1所示，为什么眼睛既能看清远处的景物，也能看清近处书上的图案和文字？

● 眼睛是如何看清物体的？

图4-5-2为人眼结构的示意图。眼睛前端的晶状体和角膜的共同作用相当于一个凸透镜，能将光会聚在视网膜上。睫状肌可以控制晶状体的厚度，从而调节晶状体的焦距。

眼睛在看物体时，物距通常大于2倍焦距，因此从物体射入眼睛的光经过角膜和晶状体的折射后，在视网膜上成的是倒立、缩小的实像。当

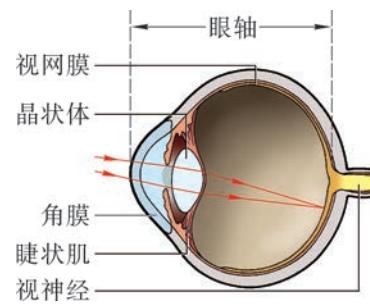


图 4-5-2 人眼结构示意图

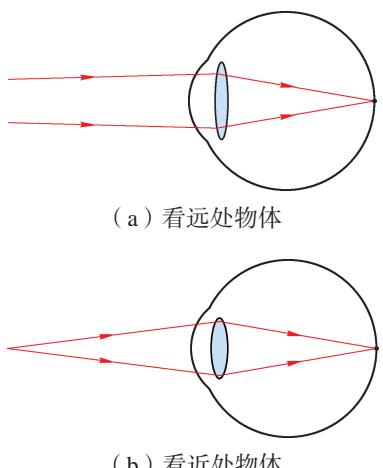


图 4-5-3

人眼看远近不同物体时的情形

被观察的物体到眼睛的距离发生变化时，睫状肌会通过调节晶状体的弯曲程度来改变焦距，使视网膜上的像保持清晰。如图 4-5-3 (a) 所示，物体在远处时，射向眼睛的光几乎是平行的，这些光刚好会聚在视网膜上，清晰成像。如图 4-5-3 (b) 所示，物体在近处时，射向眼睛的光是发散的，需要睫状肌收缩，进一步弯曲晶状体使焦距变小，才能使光重新会聚在视网膜上成像。

睫状肌的调节能力是有限的，眼睛观察近处物体最清晰而又不容易疲劳的距离大约是 25 cm，这个距离叫做明视距离。为了保护视力，学习时应保持眼睛与书本的距离在 25 cm 左右。长时间用眼看书，特别是近距离看书会让睫状肌始终处于收缩状态，容易损害眼睛的调节功能，造成近视。



自主活动

图 4-5-4 是一个自制水透镜，可以通过注射器向水透镜的透明水袋中注水或抽水，改变水袋的弯曲程度从而改变水透镜的焦距，模拟睫状肌调节焦距的作用。

将水透镜、发光物、光屏放在光具座上，观察水透镜水量变化时，光屏上像的变化情况。



图 4-5-4 水透镜

● 眼镜是如何矫正视力的？

近视的同学如果不戴眼镜的话，能看清近处的物体，但是无论眼睛的睫状肌如何努力调节都

不能看清远处的物体。戴上合适的眼镜就能改善视力，看清远处的物体。

如图 4-5-5 (a) 所示，形成近视眼的原因是晶状体的焦距偏短或者眼轴偏长，来自远处物体的光会聚在视网膜前，到达视网膜时已经不是一个点，而是一片模糊的光斑。如图 4-5-5 (b) 所示，利用凹透镜使光发散的特点，在眼睛前放一个合适的凹透镜，就能使光重新会聚在视网膜上，便能看清远处的物体了。

如图 4-5-6 (a) 所示，形成远视眼的原因是晶状体的焦距偏长或者眼轴较短，近处物体的光还没有会聚成一点就到达视网膜了，这时看到的物体也是模糊的。如图 4-5-6 (b) 所示，我们可以利用凸透镜对光的会聚作用，在眼睛前放一个合适的凸透镜，使近处物体的光会聚在视网膜上，便能看清近处的物体了。

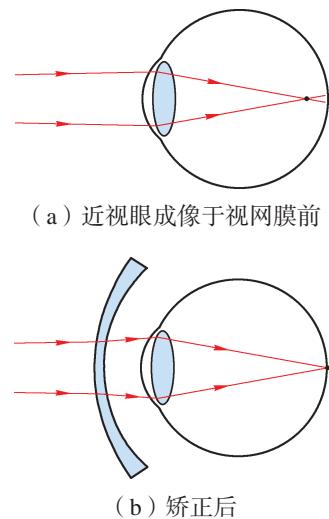


图 4-5-5 近视眼及其矫正

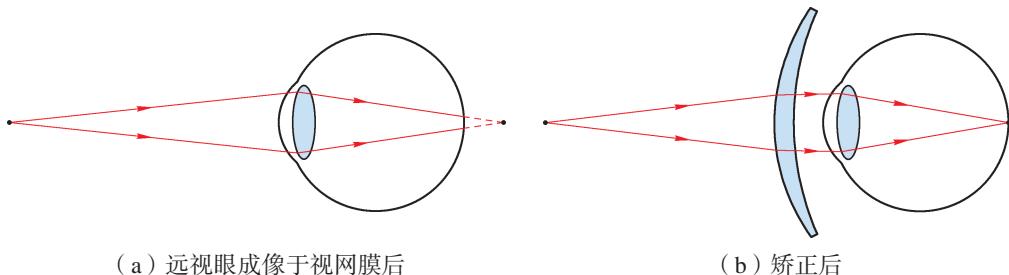


图 4-5-6 远视眼及其矫正

● 透镜在生活中还有哪些应用？

人们利用透镜成像的原理，发明了许多光学设备。

照相机的镜头可视为凸透镜，被拍摄物体的位置一般在 2 倍焦距之外，感光元器件上的像

是倒立、缩小的。为了使像清晰地成在感光元器件上，可以利用调焦旋钮调节镜头与感光元器件间的距离。图 4-5-7 是一台数码相机的成像原理图。

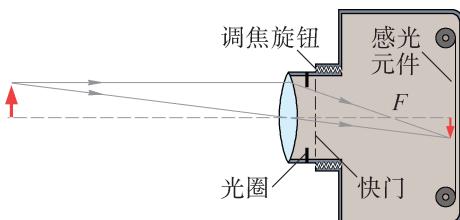


图 4-5-7 照相机的成像原理



图 4-5-8 显微镜

如图 4-5-8 所示，显微镜的镜筒两端各有一组透镜，每组透镜都相当于一个凸透镜，靠近眼睛的一组透镜叫做目镜，靠近被观察物体的一组透镜叫做物镜。经过物镜和目镜两次放大，可以观察到肉眼无法直接看到的微小物体。

如图 4-5-9 所示，望远镜也有两组透镜，开普勒式望远镜的物镜和目镜均为凸透镜。通过开普勒式望远镜观察到的是远处天体倒立的像。



图 4-5-9 开普勒式望远镜

显微镜和望远镜的发明具有里程碑的意义，而透镜则是构筑这一里程碑的基石。



光学显微镜的发明开启了人类认识微生物、细胞等微小生命体之门，但是光学显微镜的放大倍数是有限的，要观察更微小的物体就需要更先进的技术与设备。随着物理学的发展，人们又发明了电子显微镜（图4-5-10）、场离子显微镜、扫描隧道显微镜等，它们与光学显微镜的原理不同，可以将物体放大 $10^6 \sim 10^8$ 倍，帮助人们“看到”分子、原子等。这不仅改变了人们对微观世界的认知，也极大地推动了新材料、新工艺、生物医药等领域的跨越式发展。

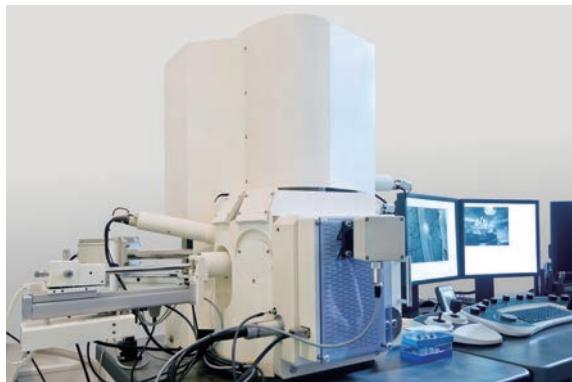


图4-5-10 电子显微镜

练一练

- 人眼的结构中，_____对光有会聚作用，像呈现在_____上。
- 图4-5-11是某人眼睛成像的示意图，他的眼睛属于_____（选填“近视眼”或“远视眼”），他需要戴_____（选填“凸”或“凹”）透镜来矫正视力。

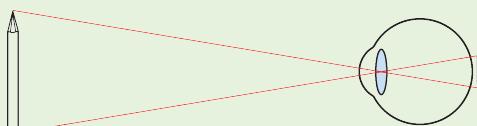


图4-5-11

3. 将一副远视眼镜与一副近视眼镜按照图 4-5-12 所示的方式放置，可知图中上面的是_____透镜；某同学需要戴近视眼镜，他应该选择_____（选填“上面”或“下面”）的眼镜。



图 4-5-12

4. 眼睛是心灵的窗户，是人类感官中最重要的器官，它有着精细的结构。照相机是参考眼睛的结构发明的。通过查阅资料，比较照相机和眼睛的结构，把它们功能相似的部位填入表 4-5-1 中。

表 4-5-1

照相机		感光元件		快门
眼睛	角膜、晶状体		瞳孔	

5. 自制简易望远镜：如图 4-5-13 所示，取两个焦距不同的放大镜，两手各拿一只。通过两个透镜观察远处的景物，调整两个凸透镜间的距离，直到看得最清楚为止，物体是变大还是缩小了？将两个凸透镜的位置互换，重复操作，看看分别会有什么样的变化。（注意：不要正对光源）



图 4-5-13

回顾与复习

本章小结

基本概念和基本规律

- 光的反射现象：光从一种介质射向另一种介质时，一部分光返回到原介质中的现象。
- 光的反射定律：在反射现象中，反射光线、入射光线与法线在同一平面内；反射光线和入射光线分别位于法线的两侧；反射角等于入射角。
- 平面镜成像特点：平面镜所成的像是虚像；像和物体的大小相等；像和物体到平面镜的距离相等。
- 光的折射现象：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。
- 透镜：两侧表面都是球面的一部分或一侧表面是球面的一部分而另一侧表面是平面的透明体。
- 凸透镜成像规律：当 $u > 2f$ 时，物体在凸透镜另一侧 $f < v < 2f$ 的范围，成一个倒立、缩小的实像；当 $u = 2f$ 时，物体在凸透镜另一侧 $v = 2f$ 处成一个倒立、等大的实像；当 $f < u < 2f$ 时，物体在凸透镜另一侧 $v > 2f$ 范围，成一个倒立、放大的实像；当 $u < f$ 时，在物体同侧成一个正立、放大的虚像。

知识结构图



本章练习

1. 图 1 为生活中常见的各种光学现象，试用连线的方式将它们归类。



(a) 墙上彩色光带



(d) 树影清晰



(b) 瞄准：三点一线

光的直线传播



(e) 小狗照镜子



(c) 铅笔“折断”

光的折射



(f) 盐湖倒影

图 1

2. 为了防火，禁止在森林中乱丢玻璃瓶，是因为玻璃瓶往往类似于一个_____透镜，使阳光_____（选填“会聚”或“发散”）于_____处，如果该处恰好有枯草或干树叶，容易被点燃，引起火灾。

3. 根据图 2 中已有的光线，将入射光线补画完整。

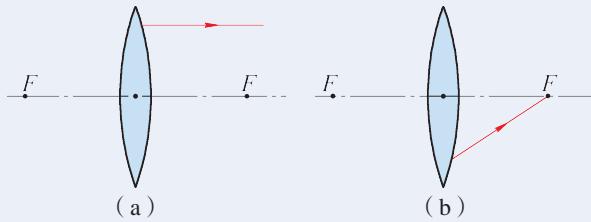


图 2

4. 如果一束平行光经过眼睛的角膜和晶状体折射后，会聚在视网膜_____（选填“前”或“后”），这就是近视眼。戴一副焦距合适由_____透镜做的眼镜可以矫正。

5. 如图 3 所示，一束光在平面镜上发生反射，反射光恰好照在固定光屏上的 A 处。现要使反射光照在光屏上的 B 处，你能想到几种方法？通过作图标出平面镜的新位置。

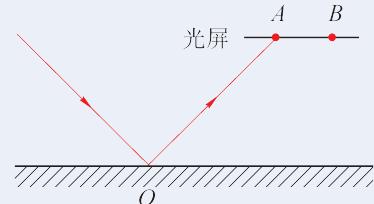


图 3

6. 摄像机的镜头相当于一个_____，成_____、_____的_____像。图 4 为车站工作人员用摄像机拍摄列车进站视频中的两张截图，可以看出物距（列车到摄像机之间的距离）逐渐_____，所成像逐渐_____。（后两空均选填“变大”或“变小”）



(a)



(b)

图 4

7. 如图 5 所示，反射光线 OB 与平面镜的夹角是 30° ，反射角是多大？画出入射光线 AO ，并标出入射角和反射角。



图 5

8. 根据平面镜成像的特点，在图 6 (a) 中画出像 $A'B'$ 对应的物体 AB ，图 6 (b) 中画出物体 AB 通过平面镜所成的像 $A'B'$ ，及图 6 (c) 中画出平面镜 OO' 的位置。

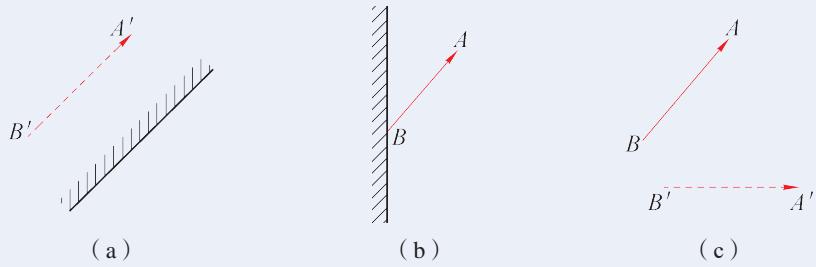


图 6

9. 如图 7 所示，在“探究凸透镜成像规律”的实验中，保持凸透镜的位置不变，先后把发光物放在 a 、 b 、 c 、 d 和 e 点，回答以下问题。

- (1) 把发光物放在_____点，光屏上出现的像最小。
- (2) 把发光物放在_____点，光屏上出现的像最大。
- (3) 把发光物放在_____点，光屏上不出现发光物的像。
- (4) 如果把发光物从 d 点移到 a 点，像到凸透镜的距离_____，像的大小_____。(均选填“变大”“变小”或“不变”)

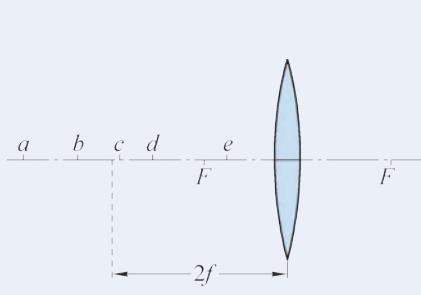


图 7

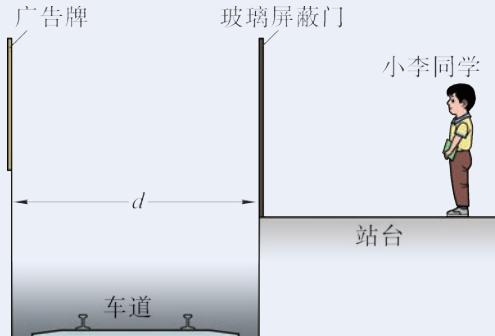


图 8

10. 如图 8 所示，小李同学站在地铁站台上，他透过玻璃板制成的屏蔽门，可以看到车道对面墙壁上的广告牌，以及自己在屏蔽门后面的虚像。小李同学根据该现象设计了在站台上估测玻璃屏蔽门到对面墙壁之间距离 d 的实验，并在小王同学的帮助下估测出了这段距离，试填写相关实验步骤。

- (1) 小李同学相对于玻璃屏蔽门前后移动，直到小王同学从不同位置都能观察到_____。
- (2) 标出_____的位置。
- (3) 量出_____的距离。
- (4) 步骤(3)中量得的距离等于玻璃屏蔽门到对面墙壁之间的距离 d ，这是因为_____。

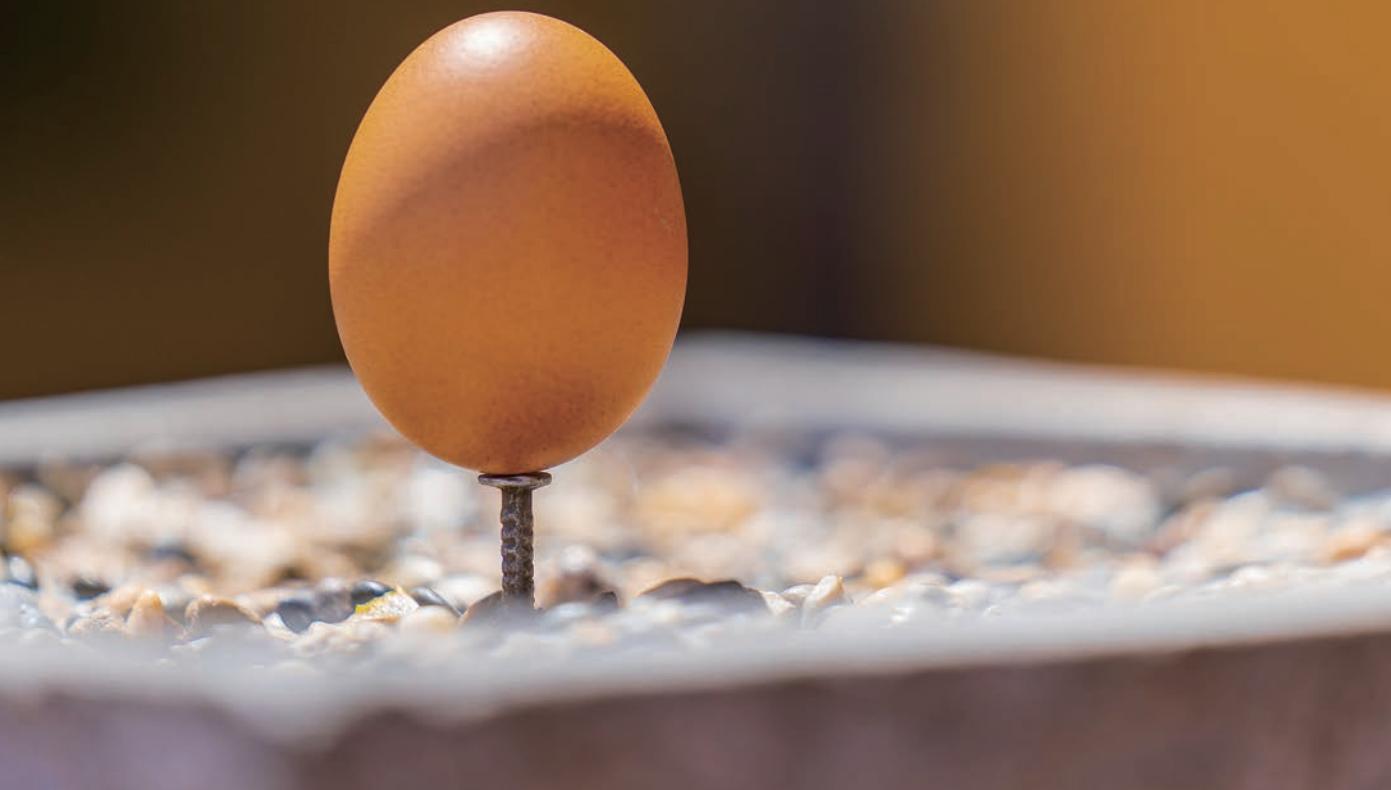
► 主题学习：生活中的光现象 3

如图9所示，一根笔直的玻璃吸管斜放入玻璃桌面上的一杯水中。

- (1) 吸管为什么看起来分为三段？
(2) 为什么三段吸管的粗细不同？



图9



第⑤章 运动和力

“春分到，蛋儿俏”。我国民间在春分有“竖蛋”的习俗。将鸡蛋竖立在一颗螺丝钉上保持不动，其背后涉及物体受力的平衡。本章我们将学习力的基本知识，从物理学视角认识物体间的相互作用。

通过本章内容的学习，你将了解力、力的作用效果和生活中常见的力；认识二力平衡的条件和牛顿第一定律；学会力的测量方法；经历探究影响滑动摩擦力因素的过程，体会控制变量和等效替代等思想方法在科学探究中的作用；初步建立运动和相互作用的观念；感悟人类认识客观世界的方式由思辨向实证的演化。



图 5-1-1 拔河

第1节

力

图 5-1-1 为拔河比赛中一位运动员正用力拉绳的情境。比赛时，双方各执绳的一端，通过手、腰、腿一齐用力，向相反方向拽动绳子，决出胜负。人们在用力时总会感到肌肉绷紧，“力”最早是人们在劳动时从肌肉的紧张中感受到的。那么，力就是“肌肉的紧张”吗？

- **什么是力？**

拔河时，人对绳子施加了“拉”的作用。提水桶时，人对水桶施加了“提”的作用。短道速滑接力时，后面的运动员对前面的运动员施加了“推”的作用，如图 5-1-2 所示。

在物理学中常把生活中的“拉”“提”“推”等称为“作用”。这样，我们可以说，力 (force)



图 5-1-2 短道速滑接力

是物体对物体的作用。发生作用的两个物体，一个是施力物体，另一个是受力物体。拔河时人拉绳子，人是施力物体，绳子是受力物体。

在物理学中，力的符号用 F 表示，力的单位是牛顿（newton），简称牛，符号是 N。用手托着两个鸡蛋所需的力大约为 1 N。



自主活动

如图 5-1-3 所示，在木板上放置一个装水的气球。将两根相同弹簧的上端分别固定在铁架台上，把装水的气球悬挂在一根弹簧的下端挂钩上。观察弹簧与气球在悬挂前后的变化。



(a)



(b)

图 5-1-3 装水的气球挂在弹簧下

上述实验中，弹簧被气球拉长，挂在弹簧下端的气球形状也发生了变化。图 5-1-4 中，两辆相距很近的小车上各固定一块条形磁体，异名磁极相对。由于两车上的条形磁体相互吸引，松手后两车将互相靠近。

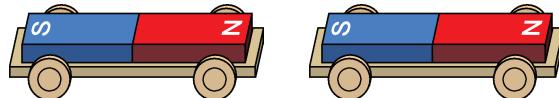


图 5-1-4 磁体间的相互作用

这些现象表明一个物体对另一个物体施力时，受力物体也会反过来对施力物体施加力的作用。也就是说，力的作用是相互的。提水桶时，

手也感受到水桶向下的拉力。可见，手对水桶施加力的同时，水桶对手也施加了力。

● 力有哪些作用效果？

如图 5-1-5 所示，用力揉面团，面团会被揉成各种形状；坚硬的钢锭受到液压机巨大的压力而变形。大量事实证明，力可以使物体发生形变。



(a)



(b)

图 5-1-5 物体受力后形状的变化



自主活动

如图 5-1-6 所示，在锥形瓶中装满水，塞上穿有细玻璃管的橡皮塞，用手压瓶底后再松开，观察细玻璃管中水面位置的变化。



图 5-1-6 锥形瓶受力变形

上述实验中，用手压锥形瓶底部，细玻璃管中水面上升。松手后，水面就恢复到原来的位置。由于锥形瓶内水的体积是一定的，管内水面上升说明锥形瓶底部受到压力时发生了微小的形变。

除了可以使物体发生形变外，力还有其他的作用效果吗？

用电吹风吹静置于水平桌面上的塑料小球，小球将由静止变为运动。如图 5-1-7 (a) 所示，让塑料小球从斜面上滚下，在它的运动路径上用电吹风正对着它吹，小球运动会变慢。如图 5-1-7 (b) 所示，再用电吹风在塑料小球的运动路径上对其侧吹，小球的运动方向会发生改变。

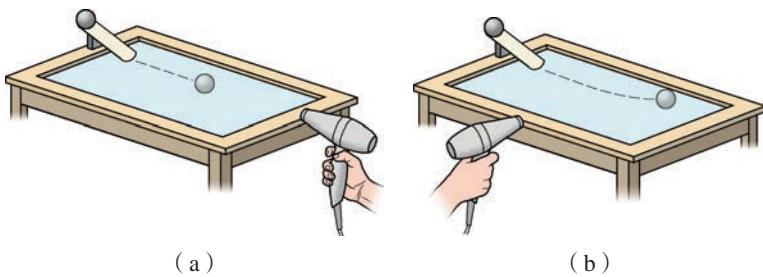


图 5-1-7 运动的塑料小球受到力的作用

大量事实证明，力可以改变物体运动的快慢，也可以改变物体运动的方向，即力可以改变物体的运动状态。

● 力的作用效果与力的哪些因素有关？

手拉（或压）弹簧时，用力越大，弹簧被拉得越长（或压得越短）。打乒乓球时，球拍击球的力的大小和方向都会影响乒乓球运动的情况。生活经验表明，力的作用效果与力的大小和方向有关。

如图 5-1-8 所示，分别在 A、B、C 三处推窗，在靠近窗把手处的 A 点推窗最容易，靠近窗轴处的 C 点推窗最费力。由此可见，力的作用效果还与力的作用点有关。我们把力的大小、方向和作用点叫做力的三要素。

物理学中经常用一根带箭头的线段来表示

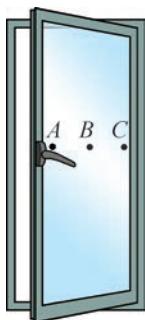


图 5-1-8 不同的推窗位置

力。如图 5-1-9 所示，从力的作用点开始沿着力的方向画一条线段，在线段的末端处画一个箭头表示力的方向，并在线段旁标出力的名称，这样的方法叫做力的示意图。如果在同一图中表示多个力，力越大，线段越长。

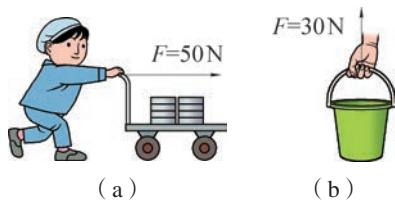


图 5-1-9 不同力的示意图

练一练

- 划船时，手拿船桨向后划水时会感觉船桨受到“阻碍”，简述这个“阻碍”是如何产生的？
- 两人站在滑板上，双手相抵，若其中一人用力推另一人的手掌，简述可能出现的现象及原因。
- 试举例说明力的作用效果与力的大小、方向、作用点有关。
- 用线将吊灯悬挂在天花板上，线对灯的拉力 $F = 6\text{ N}$ 。在图 5-1-10 中画出拉力 F 的示意图。

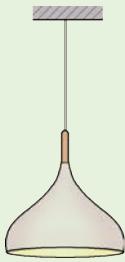


图 5-1-10



图 5-1-11

- 一位同学沿水平方向用 50 N 的力推箱子，在图 5-1-11 中画出这个力的示意图。



图 5-2-1 蹦床

第2节

弹力 重力

蹦床运动有“空中芭蕾”之称。图 5-2-1 中运动员借助蹦床高高跃起，在空中做出各种高难度的动作。为什么运动员借助蹦床能跳得很高呢？

• 什么是弹力？



图 5-2-2 捏橡胶球

把橡皮筋拉长，松手后橡皮筋会恢复到原来的长度。如图 5-2-2 所示，手捏橡胶球使它发生形变，松手后，橡胶球会恢复原状。蹦床运动员将蹦床床面压得凹陷，运动员离开床面后，床面也会恢复原状。

橡皮筋、橡胶球、蹦床床面等物体在外力作用下发生形变，撤去外力后又能恢复到原来的形状，物体的这种性质叫做弹性。橡皮泥、面团等物体发生形变后不能自动地恢复到原来的形状，物体的这种性质叫做塑性。我们用手捏橡胶球或

拉伸橡皮筋时，可以感受到它们对手有力的作用。具备弹性的物体发生形变时产生的力叫做弹力（elastic force）。蹦床床面发生形变时对运动员产生了向上的弹力，帮助运动员跳得更高。

弹力是生活中普遍存在的力。如图 5-2-3 所示，汽车静止在水平地面上，在轮胎与地面接触处，地面向下发生了微小的形变。由于地面要恢复原状，对车轮产生向上的弹力，这个弹力就是地面对车轮的支持力 F ，它的方向垂直地面向上。



图 5-2-3 地面对车轮的弹力



图 5-2-4 悬线对小球的弹力

图 5-2-4 中，小球被悬线挂起，悬线发生了微小的形变。悬线要恢复原状，就会对小球产生向上的弹力，这个力就是悬线对小球的拉力 F ，它的方向沿悬线向上。



自主活动

如图 5-2-5 所示，用手指压缩弹簧，感受弹力的大小。



图 5-2-5 感受弹力

上述实验中，手对同一弹簧施加大小不同的压力，弹簧的形变程度不同。形变程度越大，弹

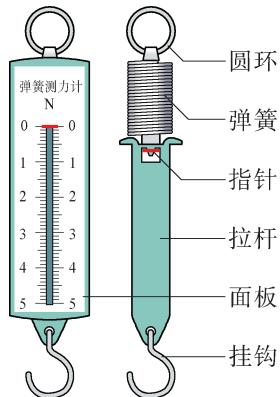


图 5-2-6 弹簧测力计

● 如何测量力的大小?

在一定范围内，弹簧所受的拉力越大，弹簧的形变程度越大。根据这个原理，人们制造了实验室中常用的测力仪器——弹簧测力计，其结构如图 5-2-6 所示。使用弹簧测力计时，先将圆环固定，当挂钩受到拉力时，弹簧就会伸长，指针会随弹簧的伸长而移动。弹簧形变稳定时，指针所指的刻度值即为此刻挂钩所受的拉力大小。

学生实验

用弹簧测力计测量力

观察弹簧测力计

实验室提供的弹簧测力计的量程和分度值是多少？

学习使用弹簧测力计

1. 使用前将弹簧测力计沿待测力的方向调零。
2. 测量时保持待测力的方向与弹簧伸长方向沿同一直线。
3. 用手拉弹簧测力计的挂钩，使指针分别指到 1 N、2 N、4 N 的刻度位置，体验 1 N、2 N、4 N 力的大小。

使用弹簧测力计测量力

1. 将笔袋悬挂在弹簧测力计的挂钩上，测量笔袋静止时对弹簧测力计的拉力 $F_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ N。
2. 用弹簧测力计沿水平方向缓慢拉动桌面上的教科书，测量教科书对弹簧测力计的拉力 $F_2 = \underline{\hspace{2cm}}$ N。

交流讨论

上述实验中，在测量教科书对弹簧测力计的水平拉力前，是否需要重新对弹簧测力计进行调零？

如图 5-2-7 所示，除了弹簧测力计外，生活中常见的测力计还有握力计等。在科学的研究中，还可以使用传感器测量力的大小。



● 什么是重力？

图 5-2-7 握力计

在图 5-2-1 中，无论蹦床运动员跳得多高，最终仍要落回床面。瀑布“飞流直下三千尺”，水滴自屋檐滴落，都是因为地球对它附近的物体有吸引的作用。

物理学中，地球表面附近的物体由于地球吸引而受到的力叫做重力 (gravity)，用 G 表示。

自主活动

如图 5-2-8 所示，将绳子的下端系一重物后悬挂，绷直的绳子和重物构成一条重垂线。改变图中斜面倾角，观察绳子方向的变化。

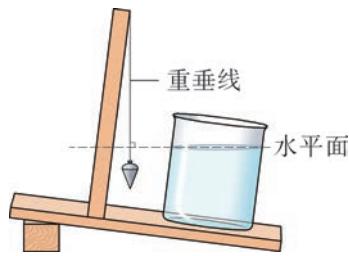


图 5-2-8 重垂线与水平面

上述实验中，绳子由于物体受到重力而绷直，且绳子的方向总是和水平面垂直，因此重力的方向总是竖直向下的。

双手分别拿着质量不同的两瓶水时，感觉用力大小不同。这说明物体受到的重力与它的质量有关。

研究表明，地球表面附近的物体所受的重力

大小与物体的质量成正比。物理学中，将重力与质量的比用字母 g 表示，物体所受的重力 G 与它的质量 m 之间的关系可以写为：

$$g = \frac{G}{m}, \text{ 即 } G = mg。$$

在国际单位制中，重力的单位是牛，质量的单位是千克，因此 g 的单位是牛 / 千克，符号是 N/kg，读作牛每千克。实验测得，在地球表面附近， g 的大小约为 9.8 N/kg，它表明在地球表面附近，质量为 1 kg 的物体所受的重力约为 9.8 N。

示例 · 一辆汽车的质量为 1.2 t，它受到的重力大小为多少？

解：已知地球表面附近 $g = 9.8 \text{ N/kg}$ ，汽车的质量 $m_{\text{车}} = 1.2 \text{ t} = 1.2 \times 10^3 \text{ kg}$ 。

汽车受到的重力

$$G_{\text{车}} = m_{\text{车}} g = 1.2 \times 10^3 \text{ kg} \times 9.8 \text{ N/kg} = 11760 \text{ N}。$$

物体的各个部分都受到重力的作用。对于整个物体而言，各部分所受到的重力可以看成是作用在某一个点上，这个点叫做重心（center of gravity）。如图 5-2-9 所示，粗细均匀的直棒的重心在它的几何中心，均匀球的重心在球心。

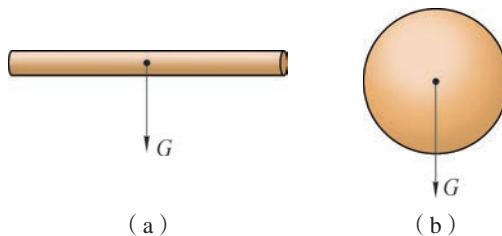


图 5-2-9 形状规则、质量分布均匀的物体的重心

练一练

- 小明用弹簧拉力器锻炼身体，拉开的距离越大，就感到越费力，这是什么原因？
- 蹦床运动员在蹦床最低点时受到哪几个力的作用？分别说出它们的施力物体。在图 5-2-10 中画出这几个力的示意图。



图 5-2-10



图 5-2-11

- 如图 5-2-11 所示，该弹簧测力计的量程为_____N，分度值为_____N，图中弹簧测力计的示数为_____N。
- 某根钢索能承受的最大拉力为 1×10^4 N，能否用它吊起一辆质量为 2×10^3 kg 的汽车？
- 如图 5-2-12 所示，用几根橡皮筋代替弹簧制作一个简易测力计。当拉力均匀增加时，橡皮筋伸长量增加不均匀。该测力计的刻度和量程如何确定？该测力计的刻度是否均匀？

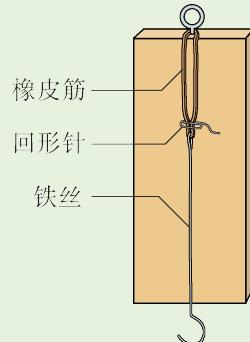


图 5-2-12



图 5-3-1 保持平衡的丹顶鹤

第3节

二力合成 二力平衡



(a) 两只蚂蚁搬运树叶



(b) 多人救援抛锚汽车

图 5-3-2 不同的力

图 5-3-1 中的国家一级保护野生动物丹顶鹤单腿站立，细长的鹤腿支撑着整个身体保持稳定的静止状态。物体的静止状态在自然界中普遍存在，保持静止状态的物体要满足怎样的条件？

● 什么是二力合成？

如图 5-3-2 所示，两只蚂蚁能搬动的一片树叶，一只蚂蚁也可以搬动；几个人一起用力能把抛锚的汽车从雪地里推出，用一辆牵引车也能将其拖出。可见，一个力作用在物体上产生的效果可以与几个力共同作用在这个物体上产生的效果相同。

如果一个力对物体产生的作用效果与几个力同时对物体产生的作用效果相同，那么就可以用这个力代替这几个力，这个力就叫做这几个力的

合力，这几个力叫做这个力的分力，这种思想方法叫做等效替代。

求几个力的合力的过程叫做力的合成。当两个力沿同一直线作用于同一物体时，怎样求它们的合力呢？

如图 5-3-3（a）所示，将橡皮筋一端固定，用两个力传感器通过细线同时沿同一方向拉橡皮筋的另一端。橡皮筋在 F_1 、 F_2 的共同作用下被拉长。 F_1 、 F_2 的合力应使橡皮筋发生同样的形变。

如图 5-3-3（b）所示，使用单个力传感器，将橡皮筋的另一端拉到图 5-3-3（a）中同样的位置，此时的拉力 F_3 即为 F_1 和 F_2 的合力。

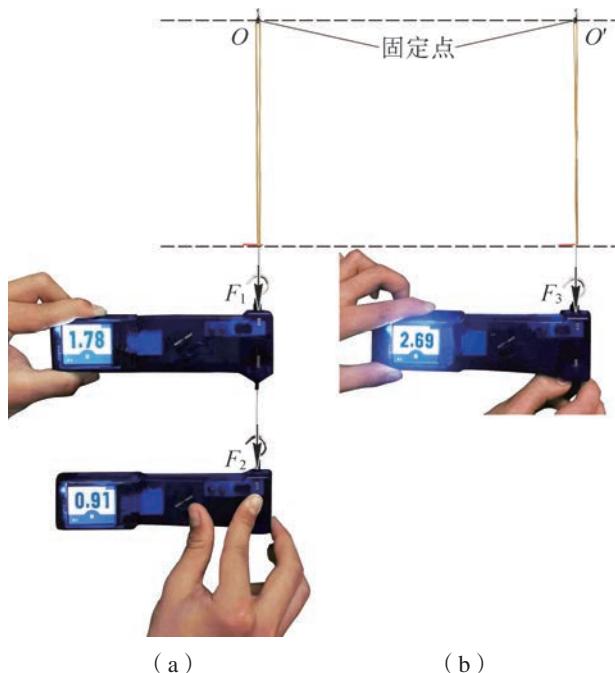


图 5-3-3 研究同一直线上二力合成的实验

通过比较发现，作用于同一直线上方向相同的二力合成时，合力与分力的方向相同，合力的大小等于分力之和。

想一想

若力 F_1 与 F_2 的方向相反，如何利用图 5-3-3 中的器材来研究合力与分力的关系？

大量实验表明：

在同一直线上，方向相同的两个力的合力大小等于两力大小之和，合力方向与两力的方向相同；方向相反的两个力的合力大小等于两力大小之差，合力方向与两力中较大力的方向相同。

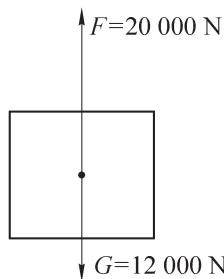


图 5-3-4 力的示意图

示例 · 一台吊车用 20 000 N 竖直向上的拉力 F ，提起重力 G 为 12 000 N 的物体。求物体所受合力的大小和方向。

分析：如图 5-3-4 所示，以物体为研究对象，画出力的示意图，根据求合力的方法，方向相反的两个力的合力大小等于两个力大小之差，因此合力 $F_{合}$ 的大小应为拉力 F 与重力 G 的差值。合力方向应与较大力的方向相同，即与拉力 F 的方向一致。

解： $F_{合} = F - G = 20 000 \text{ N} - 12 000 \text{ N} = 8 000 \text{ N}$ ，其方向与拉力 F 方向一致，竖直向上。

由上题可知，如果将拉力 F 减小为 12 000 N，则物体所受的合力为零。

● 如何使物体保持静止或匀速直线运动？

图 5-3-1 中，丹顶鹤的身体保持静止，物体静止时，速度始终为零，运动状态不变。图 5-3-5 中，神舟飞船返回舱正在以近似匀速的状态下落，做匀速直线运动物体的运动状态也保持不变。

在物理学中，将物体保持静止或匀速直线运



图 5-3-5
神舟飞船返回舱降落

动的状态称为平衡状态。如果物体在两个力的作用下处于平衡状态，称为二力平衡状态，这两个力就构成了一对平衡力。



自主活动

如图 5-3-6 所示，用细绳连接电动机与力传感器，将钩码挂在力传感器上保持静止，比较力传感器对钩码的拉力 F 与钩码重力 G 的大小和方向。

电动机带着钩码沿竖直方向匀速上升或匀速下降，比较力传感器对钩码的拉力 F 与钩码重力 G 的大小和方向。



图 5-3-6 研究二力平衡的实验装置

大量实验表明：

当物体处于二力平衡时，作用在该物体上的这两个力大小相等，方向相反，且作用在同一直线上。此时物体所受合力为零。

单脚站立的丹顶鹤，悬挂在弹簧测力计上匀速上升的钩码，都在两个力的作用下处于平衡状态。如图 5-3-7 所示，放置在水平桌面上的杯子受重力与桌面对它的支持力的作用，这两个力的合力为零，杯子处于平衡状态。

根据二力平衡的条件，用“悬挂法”可以确定一块形状不规则薄木板的重心。如图 5-3-8 所示，先通过板上任意一点 A 将板悬挂起来，木板在拉力和重力的作用下平衡，在木板上画出重

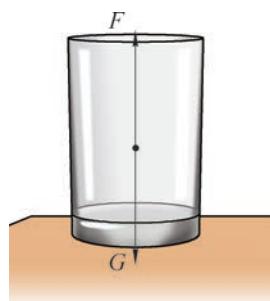


图 5-3-7 杯子的受力示意图

垂线的方向，重心一定在这条直线上。然后换一个悬挂点 B ，再将板悬挂起来，画出此时重垂线的方向。两条重垂线的交点 O 就是薄木板重心。

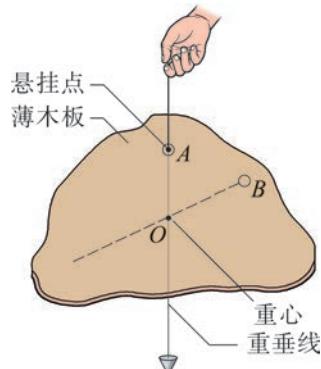


图 5-3-8 悬挂法测重心

练一练

- 一位成年人将重力为 200 N 的水桶缓慢提起，两位同学合作也能将这个水桶提起。两位同学对水桶的合力是多少？为什么？
- 大小为 20 N 、水平向右的力 F_1 与大小为 10 N 的力 F_2 沿同一直线作用在同一物体上，求 F_1 和 F_2 合力的大小与方向。
- 在图 5-3-5 中用力的示意图表示匀速下落的神舟飞船返回舱受到的力。
- 图 5-3-9 中是形状不同的四块薄硬纸片，用悬挂法确定它们的重心。



(a) 圆形



(b) 长方形



(c) 等边三角形



(d) 圆环

图 5-3-9

通过这一活动，可以得出结论：形状规则、质量分布均匀的物体的重心在它的_____。重心_____（选填“一定”或“不一定”）在物体上。

5. 甲同学说：物体受两个大小相等、作用在同一直线上的力的作用，就能处于平衡状态。乙同学说：物体在两个力的作用下处于平衡状态，这两个力一定大小相等、作用在同一直线上。简要评价两位同学的观点。



图 5-4-1 冰壶比赛

第4节

摩擦力

冰壶比赛展现动静之美，考验运动员的体力与智慧，是北京冬奥会的比赛项目之一。如图 5-4-1 所示，运动员推动冰壶向前运动，达到一定的速度后释放冰壶，冰壶会继续向前运动一段距离直至停止。什么力阻碍了冰壶的运动，使它逐渐减速？

● 什么是摩擦力？

冰壶离开运动员后，还能在冰面上滑行较长距离，直至最终停下，这是因为冰壶在冰面上滑行时受到摩擦力（friction force）的作用。人沿着滑梯下滑时，人和滑梯之间也有摩擦力。这类摩擦力是在两个物体发生相对滑动时产生的，叫做滑动摩擦力。

另一类摩擦力叫做静摩擦力。如图 5-4-2 所示，手握水瓶使其静止，松手后，水瓶会因受到重力作用下落。因此水瓶被握住时能保持静止是受到了静摩擦力和重力这一对平衡力的作用。



图 5-4-2 手握水瓶

● 滑动摩擦力大小与哪些因素有关？

学生实验

探究滑动摩擦力大小与哪些因素有关

提出问题

冰壶运动员投出的冰壶，可以在冰面上滑行较长距离，是因为冰壶受到的滑动摩擦力很小吗？根据生活中的现象，猜想滑动摩擦力的大小与哪些因素有关，并说明猜想的依据。

搜集证据

• 器材

弹簧测力计（或力传感器）、木块、毛巾、棉布、木板、砝码、天平等。
本实验中，不需要的器材是_____。

• 方案

影响滑动摩擦力大小的因素可能有多个，我们可以控制接触面粗糙程度等因素相同，仅改变压力大小，比较滑动摩擦力的大小；也可以控制压力大小等因素相同，仅改变接触面粗糙程度，比较滑动摩擦力的大小。这种思想方法叫做控制变量法。



图 5-4-3 测量滑动摩擦力

① 如图 5-4-3 所示，将木块置于已固定在桌面的木板上，使用弹簧测力计沿_____缓慢拉动木块。记录弹簧测力计的示数，即为_____的大小。

② 在木块上增加砝码从而改变木块对接触面的_____，测出此时滑动摩擦力的大小。

③保持_____相同，改变_____，测出此时滑动摩擦力的大小。

- 记录

将实验数据填入表 5-4-1 中。

表 5-4-1 数据记录表

实验序号	接触面	压力	弹簧测力计示数 F/N	滑动摩擦力大小 F_f/N
1	木板	不放置砝码		
2		放置 1 个砝码		
3		放置 2 个砝码		
4	木板	相同		
5	毛巾			
6	棉布			

作出解释

- 分析

分析实验序号 1、2 与 3 可得：控制_____不变，_____，滑动摩擦力大小_____。

分析实验序号 4、5 与 6 可得：控制_____不变，改变接触面情况，滑动摩擦力大小_____。

- 结论

由上述实验可得：_____。

交流反思

将本小组的实验数据、结论和其他小组交流、比较。有同学猜想滑动摩擦力大小还与接触面的面积有关。试设计实验方案验证这一猜想。

大量实验表明：

滑动摩擦力的大小与接触面所受压力有关，压力越大，滑动摩擦力越大。滑动摩擦力的大小还与接触面的粗糙程度有关，接触面越粗糙，滑动摩擦力越大。

● 生活中哪些现象与摩擦力有关？

生活中处处存在摩擦力。走路时，鞋与地面间存在摩擦力，否则人就会滑倒；用橡皮擦擦字时，橡皮擦与纸面间也要有摩擦力，否则就擦不干净。

通常，人们通过改变接触面所受压力、接触面的粗糙程度来改变摩擦力的大小。如图 5-4-4 所示，用力捏自行车的刹车把手，能增大刹车片与车轮间的压力，从而增大摩擦力以降低车速；在轮胎上绑一条防滑链，能增加接触面的粗糙程度，从而增大摩擦力，提升汽车在冰雪路面上行驶的安全性。为了减小摩擦的影响，我们可以减小压力，使接触面变光滑，也可以在接触面之间加润滑油，还可以用滚动替代滑动。



(a) 自行车的刹车



(b) 汽车轮胎防滑链

图 5-4-4 生活中的摩擦力

如图 5-4-5 所示，在冰壶比赛中，运动员要拿着刷子不停地“刷冰”。“刷冰”就是通过冰刷对冰面的摩擦改变冰面条件，改变冰壶受到的摩擦力，从而在一定程度上改变冰壶的行进路线和旋转速度，使冰壶最终停留在预想的位置。



图 5-4-5
冰壶运动中的“刷冰”

练一练

1. 有同学认为用力推一个重物没有推动，是因为推力小于摩擦力，简要分析这个观点是否正确。
2. 下列实例中，属于滑动摩擦的是_____。
 - A. 用铅笔写字时，笔尖与纸的摩擦
 - B. 手握瓶子时，手与瓶子之间的摩擦
 - C. 擦黑板时，黑板擦与黑板的摩擦
 - D. 扫地时，扫帚与地面的摩擦
 - E. 写字时，手与笔之间的摩擦
3. 如图 5-4-6 所示，一辆车在泥地中行驶，车轮陷入泥坑中打滑，简述帮助驾驶员驶出泥坑的方法。
4. 一物体所受重力为 30 N，用 10 N 的水平拉力使其在水平桌面上做匀速直线运动，该物体所受的滑动摩擦力大小为_____ N；其他条件不变，改用 20 N 的水平拉力使物体做直线运动时，物体受到的滑动摩擦力大小为_____ N。
5. 冰壶比赛中，运动员向右推动冰壶后释放，冰壶继续向右运动。试在图 5-4-7 中，用力的示意图画出此时冰壶所受的力。



图 5-4-6



图 5-4-7



图 5-5-1 高尔夫球杆击球

第5节

牛顿第一定律

图 5-5-1 是用频闪摄影记录的高尔夫球杆将球击出后球与杆的运动影像。球受到球杆的击打时，由静止变为运动。球与球杆分离后，虽然不再受到球杆的作用，但球为什么还会继续向前运动而不是立刻停下呢？

- 物体的运动需要力来维持吗？

如图 5-5-2 (a) (b) 所示，要使滑板车加速向前需用力蹬地，否则滑板车就会慢慢停下；装有轮子的手推车可以被轻松地推动，松手后手推车会慢慢停下。生活中有许多类似的现象，使静止的物体运动，要对物体施加力的作用，而一旦停止施力，运动的物体就会逐渐停止运动。



(a) 运动的滑板车



(b) 运动的手推车

图 5-5-2 生活中的运动



自主活动

如图 5-5-3 所示，小车从同一斜面上的同一位置由静止沿斜面下滑至水平面。更换水平面的材质，重复上述实验，比较小车在不同材质的水平面上滑行的距离。

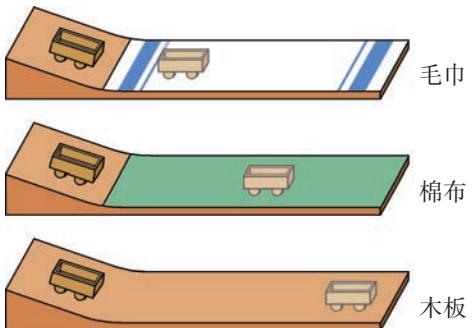


图 5-5-3 小车在不同材质的水平面上滑行

上述实验中，小车在水平面滑行的距离与小车受到的摩擦力有关。水平面越光滑，小车在水平面上滑行时所受的摩擦力越小，滑行距离也越长。假设水平面是光滑的，小车不受摩擦力，它会保持刚进入水平面时的速度大小和方向一直运动下去，做匀速直线运动。可见，物体的运动并不需要力来维持。



科学与人文

人类很早就开始研究运动与力的关系。2 000 多年前，古希腊哲学家亚里士多德认为，只有不断用力才能维持物体的运动，所以力是维持物体运动的原因。直到 17 世纪，人们还认为这个观点是正确的。

如图 5-5-4 所示，意大利物理学家伽利略设想小球从一个光滑斜面上 A 处由静止滑下并滑上第二个光滑斜面，小球应当能到达与 A 等高的 B 处。若逐渐减小右边斜面的坡度，小球在到达与 A 等高处之前滑行的距离越来越长。若将右边斜面放平，根据上述推理，小球因无法到达与 A 处等高的位置，将在光滑的水平面上一直滑下去，永远不会停下来。

由此，伽利略否定了亚里士多德的说法。

伽利略创造性地将实验与推理相结合是人类科学史上的重要里程碑。伽利略的发现以及他所开创的科学方法是人类思想史上最伟大的成就之一，标志着物理学的真正开端。

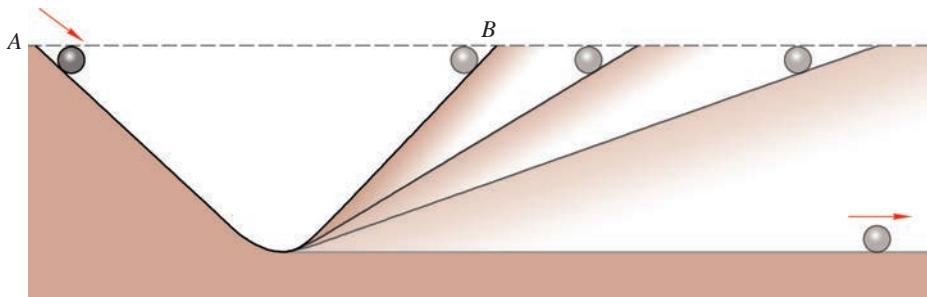


图 5-5-4 伽利略斜面理想实验

牛顿 (I. Newton, 1643—1727) (图 5-5-5) 在伽利略等人的研究基础上，得出一条重要的规律：

一切物体总保持原来的静止状态或匀速直线运动状态，直到有外力迫使它改变这种运动状态为止。这就是牛顿第一定律 (Newton's first law)。

牛顿第一定律明确指出当物体不受力作用时，总保持原来的静止或匀速直线运动状态不变，否定了力是维持物体运动的原因。牛顿第一定律是在大量事实的基础上，通过推理、抽象概括出来的。

当然，“物体不受力”是一种理想状态，在现实生活中这种理想状态不存在。图 5-5-1 中被球杆击出的高尔夫球，虽然做近似的匀速直线运动，但它在水平方向上仍受到一定的阻力，所



图 5-5-5 牛顿

以最终一定会停下。事实上，物体总是受到力的作用，比如在地球表面附近的一切物体都受到重力的作用，但只要物体所受合力为零，物体就能保持静止或匀速直线运动状态。

● 什么是惯性？

由牛顿第一定律可知，物体不受力时，原来静止的物体，保持静止状态；原来运动的物体，保持原来的速度做匀速直线运动。物理学中把物体保持原来运动状态不变的性质叫做惯性（inertia）。乘车时，若汽车突然启动，乘客身体却还保持原来静止的状态，会相对于车后仰；反之，若汽车突然刹车，乘客身体仍保持原来运动的状态，会相对于车前倾。这是物体具有惯性的表现。一切物体都具有惯性，惯性是物体本身固有的一种属性。

高速行驶的汽车，一旦紧急刹车或碰撞，车身突然减速，而驾驶员身体由于惯性会继续向前运动。如果没有安全带的保护，驾驶员会撞上方方向盘、挡风玻璃等物体，甚至会冲出车外造成严重伤害。如图 5-5-6 所示，在汽车碰撞测试中，汽车如果突然撞到了障碍物，安全带能防止驾驶员身体的高速前冲，减少驾驶员身体受到的伤害。



图 5-5-6 汽车碰撞测试

日常生活中有许多与惯性相关的现象。停止蹬地后，滑板车能够继续滑行；跳远运动员快速助跑后，飞身一跃，身体会在空中继续前进；拍打身上的灰尘、抖落伞上的雨滴也是利用了灰尘和水滴的惯性。

练一练

1. 如图 5–5–7 所示，运动员正跳起投篮。投出的篮球会在空中继续运动，是因为篮球_____，最终篮球会因受到重力作用落地。如果没有重力的作用，投出的篮球会沿着_____（选填“①”“②”或“③”）号轨迹运动。



图 5–5–7

2. 图 5–5–8 所示的事例中，属于防止惯性造成危害的是（ ）。



A. 跳远运动员助跑后起跳



B. 抖落掸子上的灰尘



C. 汽车座椅上的头枕



D. 北极熊甩去身上的水

图 5–5–8

3. 下列关于惯性的说法中，正确的是（ ）。

- A. 人走路时没有惯性，跑步时才有惯性
- B. 跑步比赛到终点时运动员不能立刻停下是由于惯性，停下后惯性消失
- C. 静止的足球和运动的足球都具有惯性
- D. 航天员将一个苹果带入空间站，苹果的惯性会消失

4. 如图 5-5-9 (a) 所示, 木块与小车一起做匀速直线运动。小车在力的作用下改变了运动状态, 使木块向右倾倒, 如图 5-5-9 (b) 所示。

- (1) 分析小车此时的运动情况和木块向右倾倒的原因。
- (2) 当卡车运输如图 5-5-9 (c) 所示的圆筒状重物时, 应采取哪些安全措施?

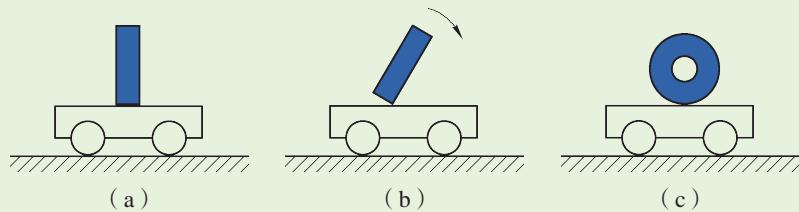


图 5-5-9

5. 如图 5-5-10 所示, 传送带上的货物正匀速向右运动。有同学认为, 货物在水平方向受到传送带摩擦力的作用, 受到的合力不为零, 与物体处于匀速运动状态相矛盾。简要分析这个观点是否正确。



图 5-5-10

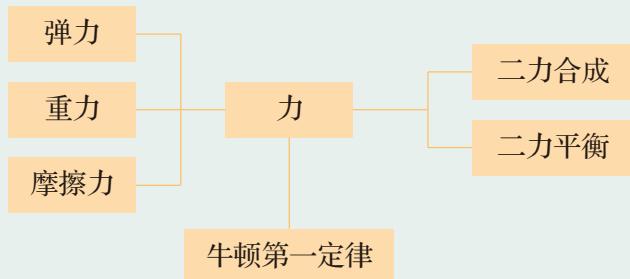
回顾与复习

本章小结

基本概念和基本规律

- **力**：物体对物体的作用。
- **弹力**：具备弹性的物体发生形变时产生的力叫做弹力。
- **重力**：地球表面附近的物体由于地球吸引而受到的力叫做重力。
- **合力**：一个力对物体产生的作用效果与几个力同时对同一物体产生的作用效果相同，这个力叫做几个力的合力。
- **平衡状态**：静止或匀速直线运动状态。
- **滑动摩擦力**：当两个物体发生相对滑动时，在接触面上产生的阻碍相对滑动的力。
- **牛顿第一定律**：一切物体总保持原来的静止状态或匀速直线运动状态，直到有外力迫使它改变这种运动状态为止。
- **惯性**：一切物体不论是静止的还是运动的，都具有保持原来运动状态的性质。

知识结构图



本章练习

1. 如图1所示，尾部安装了小电扇的小车静置在水平导轨上，打开小电扇向左吹风，车会向哪个方向移动，为什么？



2. 图2(a)(b)分别是一张弓未上弦和装上弦并调好后的样子。如果将弦松开，弓的形状会如何变化？简述理由。



(a)



(b)

图2

3. 下列选项中，大小最接近1 N的力是()。

- A. 一头大象受到的重力 B. 举起5 kg哑铃所需的力
C. 托着两只鸡蛋所需的力 D. 一根头发丝受到的重力

4. 关于运动和力，下列说法正确的是()。

- A. 投球时，手的推力使篮球在空中继续飞行
B. 静止在桌面上的杯子受到的支持力与它对桌面的压力是一对平衡力
C. 用力推木箱，木箱没动是由于推力小于木箱受到的摩擦力
D. 如果运动的物体不受力，它将做匀速直线运动

5. 将重为 G 的苹果竖直向上抛，若苹果在空中所受阻力小于 G ，则（ ）。

- A. 苹果在竖直上升过程中受到的合力大小小于 G
- B. 苹果在竖直下落过程中受到的合力大小小于 G
- C. 苹果在竖直上升过程中和竖直下落过程中受到的合力大小相等
- D. 苹果在最高点时受到的合力为 0

6. 运动员将羽毛球向上击出，表明力可以改变物体的_____，羽毛球由于_____会继续向上运动；在_____力的作用下，羽毛球最终会落向地面。

7. 如图 3 所示，重为 4 N 的小球静止在水平地面上，用力的示意图画出小球所受的力。

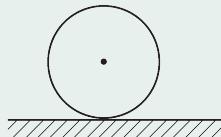


图 3

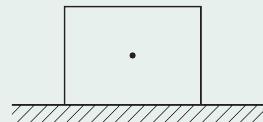


图 4

8. 如图 4 所示，物体受到水平向右，大小为 2 N 的拉力，用力的示意图画出物体所受的拉力 F 。

9. 自行车刹车时，捏刹车把手的力越大，车子就停得越快。利用本单元所学知识解释产生这种现象的原因。

10. 某学生的质量为 50 kg，他受到的重力多大？

11. 运动鞋有很多类型，如足球鞋、篮球鞋、跑步鞋、登山鞋等。不同类型的运动鞋，鞋底会采用不同的材料或不同样式的花纹。设计实验方案探究不同类型的鞋底与地面之间的滑动摩擦力大小是否相同。

后记

本教材根据教育部颁布的《义务教育物理课程标准（2022年版）》编写。

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

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

欢迎广大师生来电来函指出教材中的差错和不足，提出宝贵意见。

联系方式：

联系电话：021-64848025

电子邮箱：jc@sstp.cn

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

本册教材图片提供信息：

本册教材中的图片由视觉中国、IC photo、交通运输部上海打捞局、上海飞果信息技术等提供。

义务教育教科书

(五·四学制)

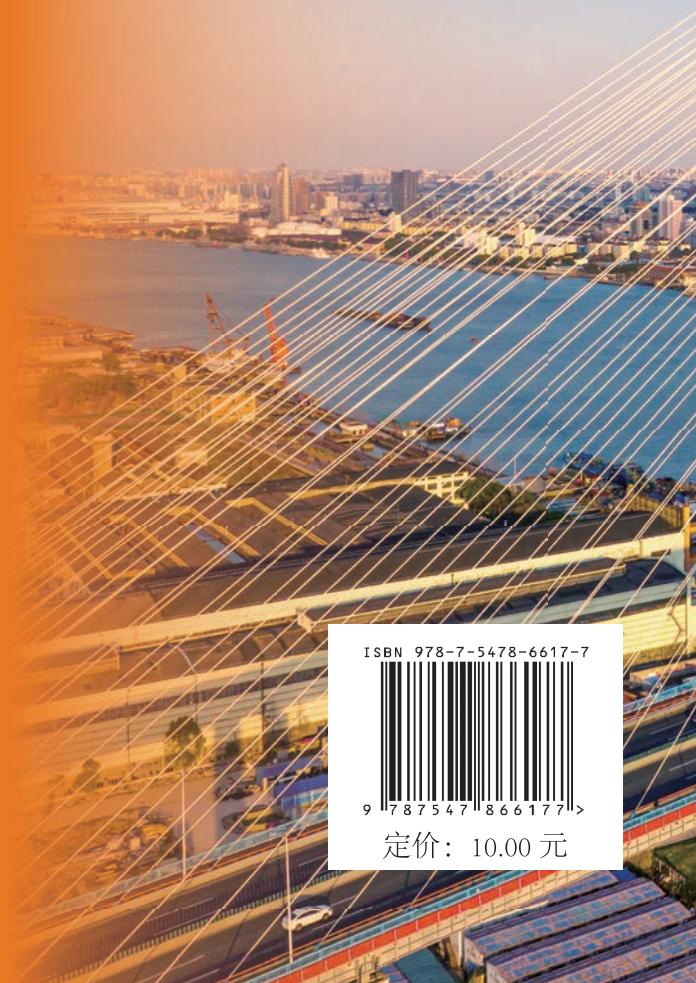
物理

WULI

八年级 上册



绿色印刷产品



ISBN 978-7-5478-6617-7

9 787547 866177 >

定价：10.00 元