

义务教育教科书

# 物理

## 八年级 上册

人民教育出版社 课程教材研究所  
物理课程教材研究开发中心 | 编著

人民教育出版社

·北京·

主 编：彭前程  
副主编：杜 敏

义务教育教科书

物 理

八年级 上册

人民教育出版社 课程教材研究所  
物理课程教材研究开发中心 编著

\*

人民教育出版社 出版发行

网址：<http://www.pep.com.cn>

北京天宇星印刷厂印装 全国新华书店经销

\*

开本：787 毫米×1 092 毫米 1/16 印张：8 字数：135 000

2012 年 6 月第 1 版 2012 年 6 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-107-24500-8 定价：8.00 元

著作权所有·请勿擅用本书制作各类出版物·违者必究

如发现印、装质量问题，影响阅读，请与本社出版二科联系调换。

(联系地址：北京市海淀区中关村南大街 17 号院 1 号楼 邮编：100081)

义务教育教科书

# 物 理

WULI

八年级 上册

# 致同学

同学们，从现在开始，这本书将成为你们的好朋友。

本书是按照教育部2011年修订的《义务教育物理课程标准》编写的，它倡导探究式的学习，强调科学与实际、科学与社会的联系。因此，我们又给这本书取了一个名字：

## 《探索物理》

为了便于同学们对物理知识海洋的探索，《探索物理》设计了以下栏目。

**实验** 同学们自己动手、动脑，探究、学习物理知识，体会科学研究的方法。

**演示** 由教师通过实验展示物理现象、探究物理规律等。

**想想做做** 以动手为主的学习活动。通过简单易做的小活动，你可以体会生活中各种现象蕴含的物理道理。

**想想议议** 以思考、讨论为主的学习活动。在对问题进行讨论时，既要勇于发表自己的观点，又要倾听其他同学的想法。

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

**STS** STS是Science-Technology-Society（科学·技术·社会）的简称，介绍和探讨科学、技术与社会之间相互关联的问题。这部分也是扩展性内容。

**扩展性实验** 主要展现以传感器、电脑等仪器自动记录和处理数据的实验，供有条件的学校选做。

**动手动脑学物理** 课内或课后的学习活动，包括问题讨论、练习、实验、社会实践以及小论文写作等。

**学到了什么** 这一章所学主要内容的梳理、总结，供同学们自己总结时参考。

设置这些栏目的目的，是希望同学们在参观、认识物理世界这个广阔、绚丽的科学殿堂时，学到科学知识，体验、领悟科学的方法，逐步树立科学的价值观。

祝同学们在新的学期里取得更大的成绩。

# 目录

致同学	1
科学之旅	2
第一章 机械运动	9
第1节 长度和时间的测量	10
第2节 运动的描述	16
第3节 运动的快慢	19
第4节 测量平均速度	23
第二章 声现象	26
第1节 声音的产生与传播	27
第2节 声音的特性	32
第3节 声的利用	38
第4节 噪声的危害和控制	42
第三章 物态变化	46
第1节 温度	47
第2节 熔化和凝固	53
第3节 汽化和液化	58
第4节 升华和凝华	64





## 第四章 光现象 68

第1节 光的直线传播 69

第2节 光的反射 73

第3节 平面镜成像 77

第4节 光的折射 81

第5节 光的色散 85

## 第五章 透镜及其应用 89

第1节 透镜 90

第2节 生活中的透镜 94

第3节 凸透镜成像的规律 97

第4节 眼睛和眼镜 100

第5节 显微镜和望远镜 103

## 第六章 质量与密度 107

第1节 质量 108

第2节 密度 113

第3节 测量物质的密度 117

第4节 密度与社会生活 120

# 科学之旅

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

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

是呀，大海究竟是怎样一个世界？这需要我们去发现。物理学是个知识的海洋，它更需要我们去探索。在对知识海洋的探索中，我们不是正像上面的孩子一样吗？我们发现了漂亮的卵石和贝壳，并且为此而欢欣鼓舞，我们更渴望探知波涛汹涌的大海！让我们扬起理想的风帆，登上《探索物理》这叶小舟，开始我们既充满乐趣又不乏艰辛的科学之旅吧！



## 有趣有用的物理

物理学（physics）是一门十分有趣的科学，它研究声、光、热、力、电等形形色色的物理现象。让我们先观察几个有趣的实验，感受一下其中的奥妙。

### 演示

水沸腾后把烧瓶从火焰上拿开，水会停止沸腾。迅速塞上瓶塞，把烧瓶倒置并向瓶底浇冷水，如图1。

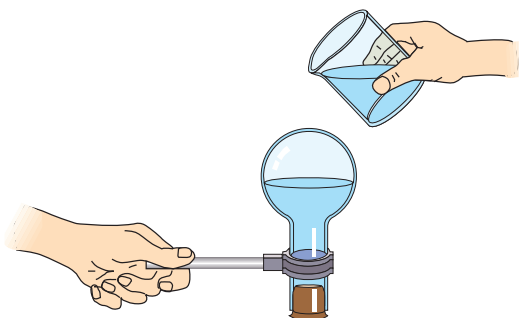


图1 停止沸腾的水，  
浇上冷水后会怎样？

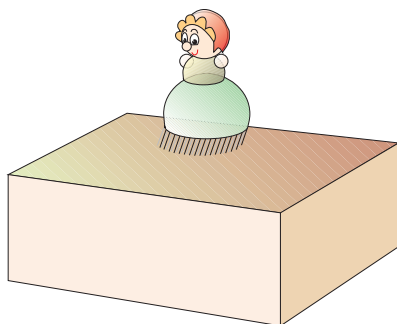


图2 小“人”为什么会  
随着音乐起舞？

用硬纸片把一个音箱糊起来，做成一个“舞台”，台上的小人在音乐声中翩翩起舞，如图2。

上面的演示有趣吗？让我们亲自做几个有趣的小实验吧。

### 想想做做

1. 如图3，用放大镜看自己的指纹，再用放大镜看窗外的物体。



图3 透过放大镜看，物体总是放大的吗？



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

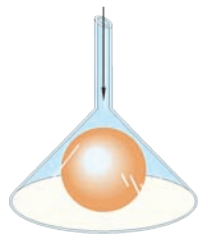


图4 乒乓球会下落吗?

这些现象不仅有趣, 而且都包含一定的科学道理。随着学习的深入, 我们会逐渐弄清其中的奥秘。

物理学不仅有趣而且非常有用。例如, 我们的生活越来越离不开“电”, 从电灯和琳琅满目的家用电器到电子计算机都要用电。又比如, 300多年前, 英国物理学家牛顿(I. Newton, 1643—1727)在实验时发现, 白光可以分解成不同颜色的光。没有这一发现, 我们就无法解释天空为什么是蓝色的、落日为什么是红色的、彩虹是怎样形成的, 也不可能制出彩色电视机。牛顿常对人们习以为常的现象进行不懈的思考和探究, 并由此发现了万有引力定律。



图5 牛顿的猜想对吗?

牛顿猜想: 地球吸引月球使它不能逃离的力, 跟吸引物体使它落向地面的力, 也许是同一种力?

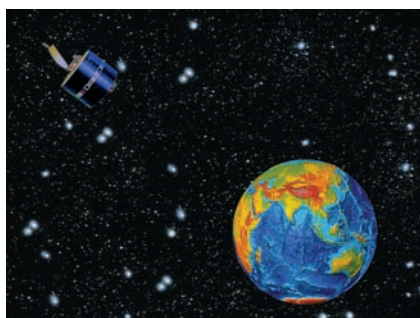


图6 上面的猜想促使牛顿发现了万有引力定律, 这样才有了今天的通信卫星。

物理学在现实生活中的应用不胜枚举。汽车、火车、飞机，电灯、电话、电视，X光检查、CT检查、核磁共振检查……物理学与人们的生活息息相关。

## 怎样学习物理

**善于观察，乐于动手。**物理学是一门以观察、实验为基础的科学，人们的许多物理知识是通过观察和实验，经过认真的思索而总结出来的。

观察，必须是有目的的，不然，很多常见的现象你都会“视而不见”。

要学好物理，不仅要善于观察，还要乐于动手，多做实验。



图7 冰棍“冒”出的“白气”向上飘还是向下飘？为什么？



图8 架空的高压输电线是裸露的，为什么小鸟却能若无其事地停在电线上呢？



图9 用开水把杯子烫热，立即扣在气球上，气球能把杯子“吸”住。这说明了什么？

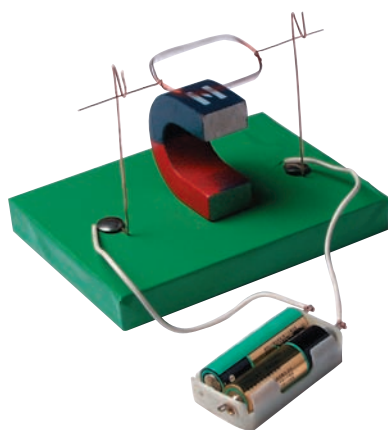


图10 通上电的线圈放在磁场中会转起来，为什么？

**勤于思考，重在理解。**观察、实验、看书、听课，都要多动脑子，勤于思考。要养成爱问“为什么”的习惯，用疑问的眼光看待各种现象，探究我们不知道的自然现象和规律。对于所学科学知识不应满足于背诵条文，要力求理解，注意它们是根据哪些实验或事实，经过怎样的分析和思考得来的，它们和其他知识有什么联系，对我们有什么用处。

**联系实际，联系社会。**物理知识是从实际中来的，又要应用到实际中去，读过前面的课文，做过前面的实验，你大概对物理知识在社会生活中的广泛应用已经有了些体会，随着学习的深入你会有更多的体会。

另外，我们也应该注意，不恰当地使用科技成果，会给我们的生活带来麻烦。例如，长时间用耳机听音乐、长时间打游戏，会对人的耳朵、眼睛造成伤害。

在今后物理课的学习中，要注意从不同的层面去思考科学技术与社会的关系。没有物理学就不会有今天的科技发展，没有物理学就不会有当今的社会发展。

图11 绿色节能的太阳能建筑——现代社会对能源的需求越来越多，而煤炭和石油等不可再生能源越用越少。太阳能可以说取之不尽，而且是清洁能源。太阳能建筑综合运用了太阳能热水供应、采暖、制冷、光伏发电等技术，实现了太阳能与建筑的完美结合。



## 伽利略对摆动的研究

意大利科学家伽利略（1564—1642）是物理学的伟大先驱。他在比萨大学读书时对摆动规律的研究，是他第一个重要的科学发现。据说，某个星期天，伽利略在比萨大教堂参加活动，教堂穹顶上的吊灯因风吹过不停地摆动。伽利略被摆动的节奏吸引住了。他发现，尽管吊灯的摆动幅度越来越小，但每一次摆动的时间似乎相等。

伽利略决定仔细地观察。他知道脉搏的跳动是有规律的，于是便按着脉注视着灯的摆动，发现每往返摆动一次的时间的确相同。这使他又冒出一个疑问：假如吊灯受到强风吹动，摆得高了一些，以后每次摆动的时间还是一样的吗？回到宿舍后，他用铁块制成一个摆，把铁块拉到不同高度，用脉搏细心

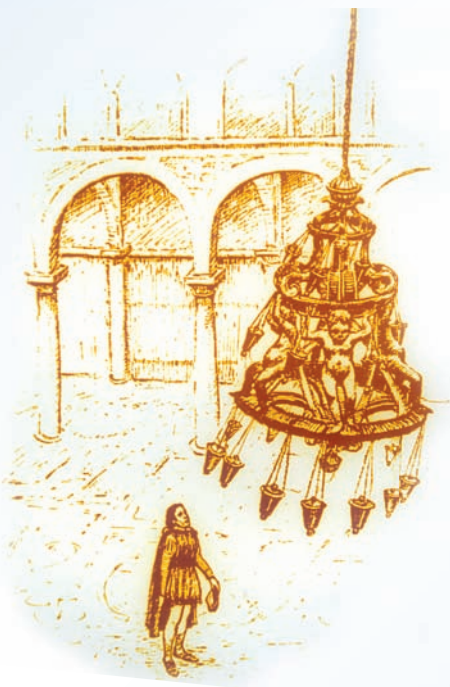


图12 年轻的伽利略在想什么？

地测定摆动所用的时间。结果表明，每次摆动的时间仍然相同。尽管用脉搏测量时间并不精确，但已经可以证明他最初的想法是正确的，即“不论摆动的幅度大些还是小些，完成一次摆动的时间是一样的”。这在物理学中叫做“摆的等时性”。各种机械摆钟都是根据这个原理制作的。

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

人们对摆动的研究是逐步深入的。伽利略逝世30多年后，荷兰物理学家惠更斯找到了摆的周期与摆长间的数学关系。直到牛顿发现了万有引力定律，才对摆动的规律做出了圆满的解释。

摆的等时性研究，使人们对钟表的计时研究得到了发展，方便了人们的生活。



阅读了以上材料后，讨论下面几个问题。

1. 伽利略怎样观察吊灯的摆动，并发现了值得注意的现象？
2. 伽利略在观察中提出了什么疑问？对于这些疑问做出了什么猜想？
3. 伽利略是怎样设法证实自己的猜想的？
4. 伽利略对摆动规律的探究经历了怎样的历程？这说明了什么？

图13 伽利略开创了以实验为基础并具有严密逻辑体系和数学表述形式的近代科学，被后人誉为“近代科学之父”。

学习物理，要仔细观察周围的世界，从中发现问题，提出假设，甚至是异想天开的猜想；要善于动手，只有实践，才能证明猜想或假设是否正确，也才能最终发现事物发展变化的规律。一代又一代的物理学家，为追寻科学问题的答案锲而不舍。直到今天，人们仍在探究新的未知世界。

什么是科学之旅？科学之旅就是人类永无止境的探究历程。伟大的物理学先驱——牛顿，有一段名言值得我们回味：

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

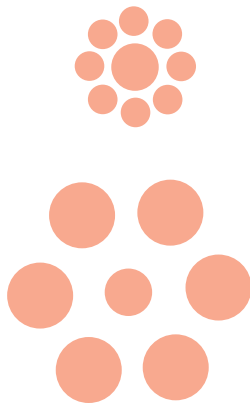
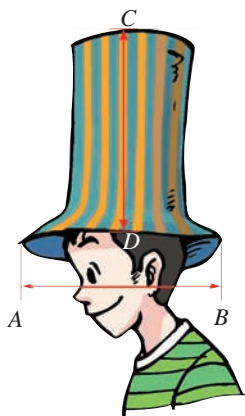


# 第一章 机械运动

我们生活在一个运动的世界中，白云在空中飘荡、小河在静静地流淌、鸟儿在蓝天上翱翔……而人与鸟“比翼齐飞”，令人惊奇和感动。

地面上的观众看滑翔者和鸟都飞得很快，滑翔者看鸟也飞得这样快吗？我们怎样来描述物体的运动、如何测定物体的运动速度？让我们从简单的运动开始，共同认识这个运动的世界吧！

# 第1节 长度和时间的测量



生活中我们常通过眼睛直接判断物体的大小、长短。上面左图中的帽檐直径 $AB$ 与帽子高度 $CD$ 哪个较长？右图中，中心的两个圆哪个面积较大？先看看，再用尺量。我们的视觉总是可靠的吗？

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

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

## 长度的单位

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

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

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

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

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

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

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

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

### 小资料



1983年国际计量大会做出规定：光在真空中  $\frac{1}{299\,792\,458}$  s 内所经路程的长度定义为 1 m。

## 长度的测量

为了准确测量长度，人们设计、制造出了各种测量长度的工具。我们可以根据对测量结果的要求选择不同的测量工具。

图 1.1-1 是一些常用的测量长度的工具。仔细观察你自己的刻度尺，回答下面的问题。

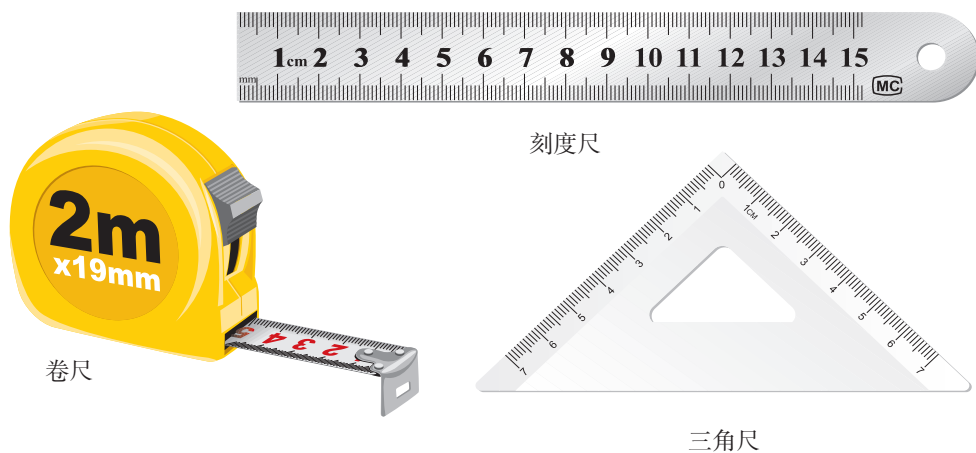


图1.1-1 常用的长度测量工具

1. 它的零刻度线在哪里？
2. 它的量程，也就是它的测量范围是多少？
3. 它的分度值（相邻两刻度线之间的长度，它决定测量的精确程度）是多少？

如果需要物体进行更精确的测量，就要选用精确度比较高的测量工具进行测量，如游标卡尺、螺旋测微器等（图 1.1-2）。



使用任何一种测量工具时，都要首先了解它的量程和分度值。



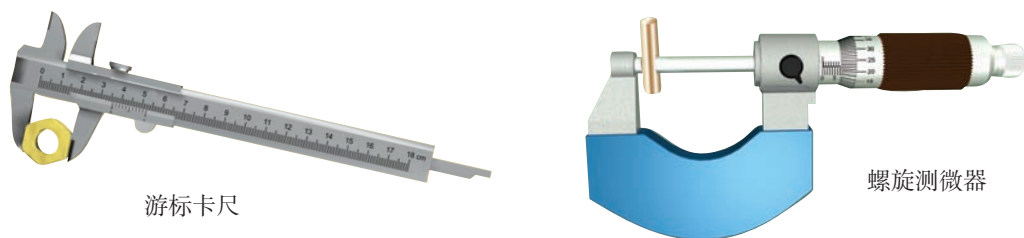


图 1.1-2 比较精确的长度测量工具

## 实验

### 用刻度尺测量长度

#### 1. 练习使用刻度尺

测量铅笔（或其他物体）的长度，说一说如何正确地使用刻度尺。

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

(1) 正确放置刻度尺：零刻度线对准被测物体的一端，有刻度线的一边要紧靠被测物体且与被测长度保持平行（图 1.1-3 甲），不能歪斜（图 1.1-3 乙）。



图 1.1-3

(2) 读数时，视线要正对刻度线；要注意区分大格及小格的数目，如图 1.1-4 所示。

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

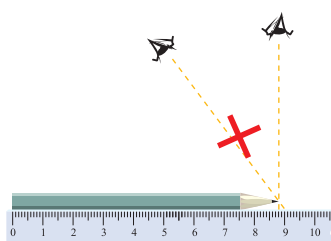


图 1.1-4

#### 2. 使用刻度尺测量长度

测量作业本和物理课本的长度和宽度，将测量结果填入下表。

测量对象	长度	宽度
课 本		
作 业 本		

## 小资料

### 一些长度和距离

链球菌半径	$(3\sim 5) \times 10^{-7} \text{ m}$	珠穆朗玛峰海拔高度	8 844.43 m
人头发直径	约 $7 \times 10^{-5} \text{ m}$	地球半径	$6.4 \times 10^6 \text{ m}$
一张纸厚度	约 $10^{-4} \text{ m}$	太阳半径	$7 \times 10^8 \text{ m}$
我国铁道标准轨距	1.435 m	银河系半径	$7.6 \times 10^{20} \text{ m}$

## 想想议议

生活中，我们常常采用一些粗略的方法来测量长度。人体的哪些部位可以作为“尺”，用来估测长度？

比一比，看看谁知道的最多。用这些“尺”来估测某个物体的长度（如教室的宽度）。

## 时间的测量

像长度一样，时间也是我们经常要测量的量。测量时间也要先规定它的单位，很久以前人类就以地球自转一周的时间作为时间单位，称做一天（日）。

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

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

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

## 小资料

在1967年的国际计量大会上确定，铯133原子振动9 192 631 770次所需的时间定义为1s。

铯原子钟的精确度非常高，大约每百万年只有1s的误差。

在古代，人们用日晷（图 1.1-5）、沙漏等计时仪器来测量时间。你还知道有哪些测量时间的方法？

在现代生活中，我们通常使用钟、表（图 1.1-6）来测量时间；在运动场和实验室，经常用停表（图 1.1-7）来测量时间。随着科学技术的发展，人们还制造出了更精确的计时仪器，如铯原子钟。



图1.1-5



甲 石英钟

乙 电子手表

图1.1-6



甲 机械停表

乙 电子停表

图1.1-7

## 实验

### 用停表测量时间

1. 练习使用停表。按动停表上的按钮，观察指针（或数字）的变化，了解停表的使用方法。
2. 用停表测量你脉搏跳动 10 次所用的时间是\_\_\_\_s，1 min 内你的脉搏跳动的次数是\_\_\_\_次。

## 误差

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

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

## 国际单位制

测量实际上是一个比较过程，就是将一个待测的量与一个公认的测量标准进行比较。测量某个物理量时用来进行比较的标准量叫做单位（unit）。长期以来，世界上不同地区（甚至同一地区的不同年代）选定的测量标准各不相同。例如，测量长度时，我国过去采用的单位是“尺”（古代的“尺”与现代的“尺”也不一样），一些欧洲、美洲国家采用的单位是“英尺”。这样，同一物体的长度用不同的单位来表示，国际交流就会很不方便。

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

在国际单位制中，长度的单位是米，时间的单位是秒。国际单位制还规定了其他物理量的单位，我们将在以后陆续学习。



### 动手动脑学物理

1. 同学之间交流：怎样才能更精确地测量硬币的直径、硬币的周长、一页纸的厚度、铜丝的直径？你能想出多少种测量硬币周长的方法？

2. 你知道吗？人的身体中藏有很多“尺”，比如在通常情况下，人站立时身高大约是脚长的7倍。请你根据这一常识，设计一个方案，估测你的身高约为多少。

3. 一天等于多少秒？

4. 在一条长绳的一端系一个小铁块就做成了一个摆（图1.1-8）。要测出它摆动一个来回所用的时间（周期），怎样能测得更准确？你能做一个周期为1s的摆吗？



图1.1-8

## 第2节 运动的描述



### 想想议议

和同学们一起讨论图1.2-1所示的运动及类似的运动。想想看，人们根据什么说这些物体是运动的？

### 机械运动

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

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

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

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



图1.2-2 地壳运动使珠穆朗玛峰高度变化

## 参照物

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



### 想想议议

你也许有过这样的体验：两列火车并排停在站台上，你坐在车厢中向另一列车厢观望（图1.2-3）。突然，你觉得自己的列车开始缓缓地前进了，但是，“驶过”了旁边列车的车尾你才发现，实际上你乘坐的列车还停在站台上，而旁边的列车却向相反方向开去了。这是怎么回事呢？



图1.2-3

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**。

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

我们在判断一个物体是静止还是运动时，首先要选定参照物。参照物可以根据需要来选择。如果选择的参照物不同，描述同一物体的运动情况时，结

论一般也不一样。例如，如果以地面为参照物，房屋、桥梁、树木等物体，都是静止的；如果以太阳为参照物，这些物体又都是运动的。在图1.2-4中，卡车和联合收割机以同样快慢、向同一方向前进。如果以地面为参照物，它们都在运动；以它们中的任何一个为参照物，则另一个是静止的。可见，物体的运动和静止是相对的。



图1.2-4 卡车和联合收割机相对静止



### 想想议议

说说图1.2-5甲、乙两图中的人与战机选什么样的参照物是运动的，选什么样的参照物是静止的。



甲 运行中的自动扶梯



乙 空中加油机正在加油

图1.2-5



### 动手动脑学物理

1. 分别以火车头、车厢的座椅、路边的树木、房屋为参照物，在平稳行驶的列车中，放在行李架上的物品相对于哪些是静止的，相对于哪些是运动的？

2. 鲁迅的《社戏》中有这样的描写：“淡黑的起伏的连山，仿佛是踊跃的铁的兽脊似的，都远远地向船尾跑去了……”其中“连山……向船尾跑去了”所选的参照物是（ ）。

- A. 山                  B. 船                  C. 流水                  D. 河岸

3. 看电视转播的百米赛跑时，我们常常感觉运动员跑得很快，但实际上他们始终处于屏幕上。人们怎么会认为他们是运动的呢？谈谈你的看法。

## 第3节 运动的快慢



### 想想议议

学校运动会上，短跑比赛正在紧张地进行着。

1. 在比赛过程中，你是如何判断谁跑得快的？
2. 运动员跑完全程后，裁判员是怎样计算成绩的？你与裁判员所用的方法一样吗？为什么？
3. 小聪同学的100 m跑成绩为17 s，小明同学的50 m跑成绩为8 s，要知道他俩谁跑得快，应该怎么办？

### 速度

运动的物体，有的运动得快，有的运动得慢。

比较物体运动快慢有两种方法：一种是在相同的时间内，比较物体经过的路程，经过路程长的物体运动得快；另一种是在物体运动相同路程的情况下，比较它们所花的时间，所花时间短的物体运动得快。

在百米赛跑过程中（图1.3-1），运动员所用的时间相同，如果要比较谁跑得快，就要看谁经过的路程长，也就是谁跑在前面。运动员到达终点时，他们都经过了相同的路程，那么所用时间最短的运动员跑得最快。可见，表示运动快慢必须考虑路程和时间两个因素。



图1.3-1 百米赛跑

在物理学中，为了比较物体运动的快慢，采用“相同时间比较路程”的方法，也就是将物体运动的路程除以所用时间。这样，在比较不同运动



物体的快慢时，可以保证时间相同。在物理学中，把路程与时间之比叫做速度（velocity）。

通常用字母  $v$  表示速度， $s$  表示路程， $t$  表示时间，那么有

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

速度是表示物体运动快慢的物理量，在数值上等于物体在单位时间内通过的路程，这个数值越大，表明物体运动得越快。

速度的单位由长度单位和时间单位组合而成。在国际单位制中，速度的基本单位是米每秒，符号是  $\text{m/s}$  或  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ，这种单位叫做组合单位。在交通运输中速度的单位也常用千米每小时，符号是  $\text{km/h}$  或  $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ 。这两个单位的关系是

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

一些交通工具中的速度表可以直接显示出速度（图 1.3-2）。



图1.3-2 汽车速度表

### 小资料



#### 一些物体运动的速度

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

## 匀速直线运动

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



### 想想议议

图 1.3-3 记录了两辆汽车在平直的公路上行驶时，在相同的时间内通过的路程。甲图中汽车在各段时间内的速度有什么特点？乙图中汽车在各段时间内的速度相等吗？

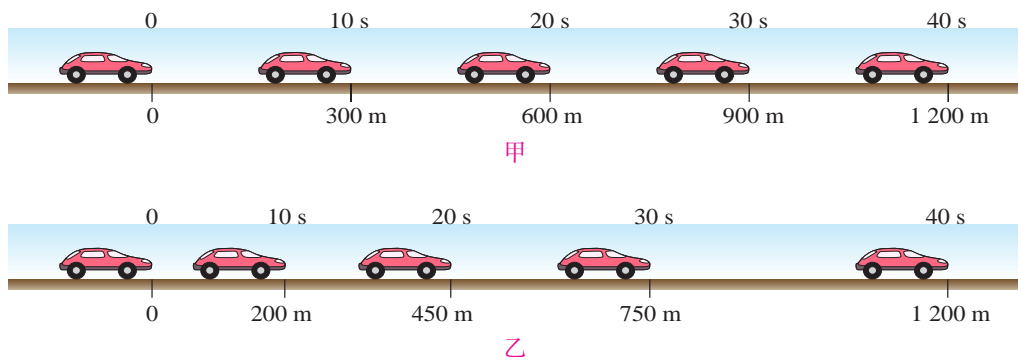


图1.3-3

图 1.3-3 甲中的小汽车做直线运动时，在相同的时间内通过的路程相等，它的速度是不变的。我们把物体沿着直线且速度不变的运动，叫做**匀速直线运动**（uniform rectilinear motion）。匀速直线运动是最简单的机械运动，它是研究其他复杂运动的基础。



图1.3-4 平直轨道上平稳行驶的列车有时可认为在做匀速直线运动

物体做直线运动时，其速度的大小常常是变化的，即在相等的时间内通过的路程不相等，如图 1.3-3 乙中汽车的运动，这种运动叫做**变速直线运动**。变速运动比匀速运动复杂，如果只做粗略研究，也可以用  $v = \frac{s}{t}$  来描述运动的快慢，这样算出来的速度叫做**平均速度**。日常所说的速度，多数情况下指的是平均速度。

**例题** 我国优秀运动员刘翔在 2004 雅典奥运会上勇夺 110 m 跨栏金牌并打破奥运会纪录，成绩是 12.91 s。他的平均速度是多少？

**解：**刘翔在运动过程中通过的路程  $s=110\text{ m}$ ，所用的时间  $t=12.91\text{ s}$ 。

利用公式  $v = \frac{s}{t}$ ，可以算出他的平均速度为

$$\begin{aligned}v &= \frac{s}{t} \\ &= \frac{110 \text{ m}}{12.91 \text{ s}} \\ &= 8.52 \text{ m/s}\end{aligned}$$

即刘翔的平均速度是 8.52 m/s。

 计算中要注意：

1. 不能只写公式和数字，一定要把必要的文字说明写出。
2. 数字的后面要写上正确的单位。



### 想想议议

我们在媒体上常常可以看到“两地车程 1 小时”之类的说法，请你说一说“车程”一词的含义。



### 动手动脑学物理

1.  $v = \frac{s}{t}$  是用单位时间内通过的路程来表示运动快慢的。能不能用单位路程所用的时间来表示运动的快慢？
2. 有些公路旁每隔 1 km 就立着一个里程碑。如何利用里程碑估测自行车的速度？
3. 小明在跑百米时前 50 m 用时 6 s，后 50 m 用时 7 s，小明前、后 50 m 及百米全程的平均速度各是多少？
4. 北京南站到上海虹桥站的 G11 次高速列车运行时刻表（2011）如下表所示。

站次	站名	到达时间	开车时间	运行时间	里程
1	北京南	始发站	08:00	0分	0
2	济南西	09:32	09:34	1小时32分	406千米
3	南京南	11:46	11:48	3小时46分	1 023千米
4	上海虹桥	12:55	终点站	4小时55分	1 318千米

根据列车运行时刻表回答下列问题：

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

## 第4节 测量平均速度

从速度的公式  $v = \frac{s}{t}$  可知，如果我们测出了物体运动的路程  $s$  和通过这段路程所用的时间  $t$ ，就可以算出物体在这段时间内运动的平均速度。

下面我们实际测量一个物体运动的平均速度。

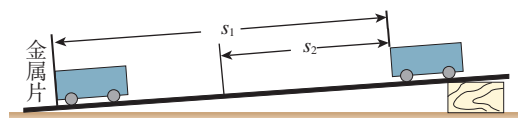


图1.4-1

### 实验

#### 测量物体运动的平均速度

实验装置如图 1.4-1 所示，斜面的一端用木块垫起，使它保持很小的坡度。实验步骤如下。

1. 把小车放在斜面顶端，金属片放在斜面底端，用刻度尺测出小车将要通过的路程  $s_1$ ，把  $s_1$  和后面测得的数据填入下表中。
2. 用停表测量小车从斜面顶端滑下到撞击金属片的时间  $t_1$ 。
3. 根据测得的  $s_1$ 、 $t_1$ ，利用公式  $v_1 = \frac{s_1}{t_1}$  算出小车通过斜面全程的平均速度  $v_1$ 。
4. 将金属片移至斜面的中部，测出小车到金属片的距离  $s_2$ 。
5. 测出小车从斜面顶端滑过斜面上半段路程  $s_2$  所用的时间  $t_2$ ，算出小车通过上半段路程的平均速度  $v_2$ 。

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

## 扩展性实验

物体运动的情况还可以通过另外一种办法即时测定、显现出来。如图1.4-2所示，A为可在斜面上自由移动的小车，B为固定在斜面一端的位移传感器。位移传感器B利用超声波可以测出不同时刻小车A与它的距离，这样计算机就可以算出运动的小车在不同位置时的速度。

计算机把在不同时间测出的运动物体的速度显示在屏幕上（横轴为时间，纵轴为速度），我们就可以直观地看出物体的速度是增大的、减小的还是不变的。

用图1.4-2所示的装置，做下面的实验。

1. 测量小车在斜面上运动的速度。
2. 将位移传感器B放置在合适的位置，实验者面对传感器B，前后行走，在计算机屏幕上观察行走速度的变化情况。

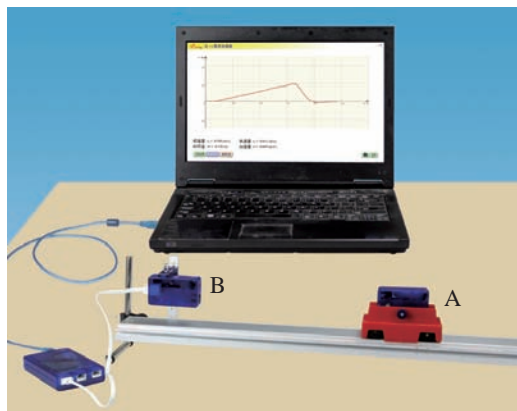


图1.4-2 实验装置

## 科学世界

### 超声波测距

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

超声波在空气中的传播速度约为340 m/s。超声波的指向性强，在空气中传播的距离较远，因而经常用于距离的测量、汽车倒车防撞、智能机器人等领域。

超声波测距原理如图1.4-3所示。发射器向某一方向发射超声波，在发射的同时开始计时。超声波传播时碰到障碍物会被反射，接收器收到反射波就停止计时。根据计时器记录的时间 $t$ ，仪器自动计算出发射点与障碍物之间的距离。

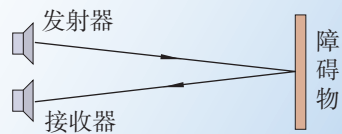


图1.4-3 超声波测距原理

如果障碍物是运动的物体，超声波测量仪可以根据算出的障碍物移动的距离，再根据两次自动发射超声波的时间，算出物体移动的速度。



## 动手动脑学物理

1. 在测量平均速度的实验中，应该用\_\_\_\_\_测量小车通过的路程 $s$ ，用\_\_\_\_\_测量小车运动的时间 $t$ ，通过公式\_\_\_\_\_求出平均速度 $v$ 。
2. 在用图 1.4-1 的方法测量平均速度的实验中，小车两次运动的平均速度不一样，你认为可能的原因是什么？请简要列出两条可能的原因。
3. 学校操场上跑道的长度是已知的。怎样利用这条跑道和手表，测定自己正常步行时、竞走时、长跑时的平均速度？
4. 有一个量程为 1 m 的卷尺，请你设计一个简单的方法估测你家到学校的路程，写出具体的步骤。



## 学到了什么

### 1. 正确使用刻度尺

使用刻度尺前要注意观察它的零刻度线、量程和分度值。

用刻度尺测长度时，尺要紧贴所测的直线；读数时视线要正对刻度线。

测量结果由数字和单位组成。

### 2. 参照物

物体位置的变化叫做机械运动。

当我们判断一个物体是在运动还是静止时，总是选取某一物体作为标准，这个物体叫做参照物。参照物的选取是任意的，通常选地面为参照物。

### 3. 速度

速度是表示物体运动快慢的物理量。

物体沿着直线且速度不变的运动，叫做匀速直线运动。在匀速直线运动中，速度等于物体通过的路程除以所用的时间，用公式表示就是  $v = \frac{s}{t}$ 。如果知道公式中的任意两个物理量，就可以算出另一个物理量。

在变速运动中，常用平均速度  $v = \frac{s}{t}$  来粗略地描述运动的快慢。

## 第二章 声现象

在非洲干旱炎热的草原上，万籁俱寂。一群大象慢慢地向前走。这群象要去哪里？也许，它们发现了水源，或者可口的食物。象群的行进速度虽然缓慢，但方向是确定的。忽然，不知什么原因，象群停住了。一些象竖起鼻子站在那儿，另一些则左顾右盼犹豫着。但是很快，它们又继续前进了，不过这次它们改变了方向。

这些大象的活动是在无声无息中进行的，这与声有什么关系？实际上，大象可以用我们人类听不到的“声音”进行交流。

现在我们就来学习这看似简单，但又藏有许多奥秘的声。



# 第1节 声音的产生与传播



鸟鸣清脆如玉，琴声婉转悠扬……声音对我们来说再熟悉不过了，但是你知道声音是怎么产生的，又是如何被我们听到的呢？

## 声音的产生



### 想想做做

拨动张紧的橡皮筋，观察橡皮筋的变化（图2.1-1）；边说话，边用手摸颈前喉头部分（图2.1-2）。

观察、体验、总结物体发声时的共同特征。



图2.1-1



图2.1-2



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

物体振动发声的现象真是太多了，你能说出一些发声现象的道理吗？比如，蝈蝈是怎么发声的（图2.1-3）？如果让发声的物体不再发声，又该怎么做？



图2.1-3 蝈蝈

振动可以发声。如果将发声的振动记录下来，需要时再让物体按照记录下来的振动规律去振动，就会产生与原来一样的声音，这样就可以将声音保存下来。

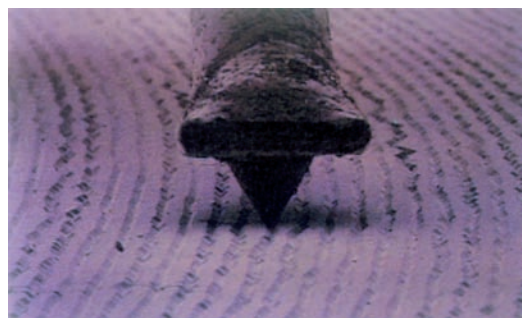


图2.1-4 早期的机械唱片表面

图2.1-4是早期机械唱片表面的放大图。从图片上可以看到，唱片上有一圈圈不规则的沟槽。当唱片转动时，唱针随着划过的沟槽振动，这样就把记录的声音重现出来。随着技术的进步，人们还发明了用磁带、激光唱盘和存储卡等记录声音的方法。

## 声音的传播

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

### 演示

如图2.1-5，把正在响铃的闹钟放在玻璃罩内，逐渐抽出其中的空气，注意声音的变化。再让空气逐渐进入玻璃罩，注意声音的变化。



图2.1-5 真空罩中的闹钟

这个实验告诉我们，正是平时大家并不十分留意的空气传送了声音。如果没有空气，人们就无法正常交流。太空中没有空气，哪怕离得再近，航天员也只能通过无线电交谈。

声音在空气中是怎样传播的呢？以击鼓为例：鼓面的振动带动周围的空气振动，形成了疏密相间的波动，向远处传播（图2.1-6）。这个过程跟水波的传播相似。用一支铅笔不断轻点水面，水面就会形成一圈一圈的水波，不断向远处传播。因此，声音以波的形式传播着，我们把它叫做声波（sound wave）。

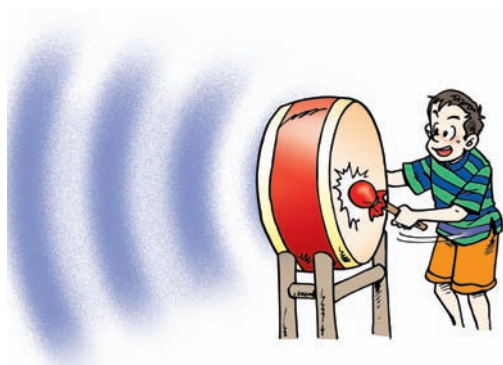


图2.1-6 空气的疏密部分的传播形成声波

### 想想做做



用一张桌子做实验。一个同学轻敲桌子（不要使附近的同学听到敲击声），另一个同学把耳朵贴在桌面上。由实验能得出什么结论？

图2.1-7 桌子能否传声？

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

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

## 声速

远处一道闪电划过漆黑的夜空，过一会才会听到隆隆的雷声。这个现象表明，远处的声音传到我们的耳朵需要一段时间。声音传播的快慢用声速描述，

它的大小等于声音在每秒内传播的距离。声速的大小跟介质的种类有关，还跟介质的温度有关。15℃时空气中的声速是340 m/s。

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

### 小资料

#### 一些介质中的声速

介质	声速/(m·s <sup>-1</sup> )	介质	声速/(m·s <sup>-1</sup> )
空气(0℃)	331	海水(25℃)	1 531
空气(15℃)	340	冰	3 230
空气(25℃)	346	铜(棒)	3 750
软木	500	大理石	3 810
煤油(25℃)	1 324	铝(棒)	5 000
水(常温)	1 500	铁(棒)	5 200

### 科学世界

#### 我们是怎么听到声音的

人靠耳朵听声音，那么耳朵通过什么途径感知声音呢？生物课上大家已经知道了人们感知声音的基本过程：外界传来的声音引起鼓膜振动，这种振动产生的信号经过听小骨及其他组织传给听觉神经，听觉神经把信号传给大脑，人就听到了声音（图2.1-8）。

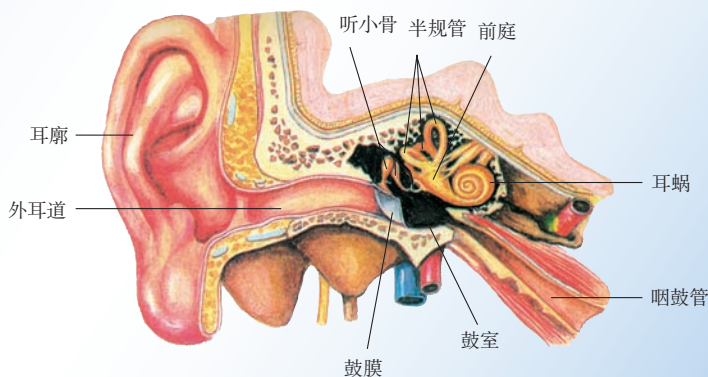


图2.1-8 人耳构造

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



图2.1-9 体验骨传导

取两个棉花球塞住耳朵，用橡皮锤敲击音叉，这时你基本听不到音叉发出的声音；再把振动的音叉尾部先后抵在前额、耳后的骨头或牙齿上（图2.1-9），你都能清楚地听到音叉发出的声音，一旦把音叉移开，马上就听不到这一声音了。实际上，第二种情况就是利用了骨传导。一些失去听觉的人可以利用骨传导来听声音。据说，音乐家贝多芬耳聋后，就是用牙咬住木棒的一端，另一端顶在钢琴上来听自己演奏的琴声，从而继续进行创作的。骨传导不用空气传声，可以有效避免嘈杂环境的干扰，常应用在工业、战场等特殊场合中。而利用骨传导原理制成的助听器、耳机等更是在生活中得到了广泛的应用。

想一想，我们梳头、刷牙、吃饼干发出的各种声音是怎样传进大脑，产生听觉的？

### 动手动脑学物理

1. 用手拨动绷紧的橡皮筋，我们听到了声音，同时观察到橡皮筋变“胖”变“虚”了，这是因为橡皮筋在振动。请你举出其他的例子说明发声体在振动，在你所举的例子中，请说明是哪个物体振动发出声音的。
2. 阅读课本中的声速表，你能获得关于声速的哪些信息？
3. 将耳朵贴在长铁管的一端，让另外一个人敲一下铁管的另一端，你会听到几次敲打的声音？试一试，并说出其中的道理。
4. 在室内讲话比旷野里响亮，这是为什么？
5. 向前传播的声音遇到障碍物能反射回来。一个同学向一口枯井的井底大喊一声，约1.5 s后听到回声，那么这口枯井的深度大约是多少米？

## 第2节 声音的特性

振动会发出声音，为什么我们听不到蝴蝶翅膀振动发出的声音，却能听到讨厌的蚊子声？为什么用力鼓掌比轻轻拍掌发出的声音大？要知道这些问题的答案，就需要研究声音的特性。

### 音调

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

#### 演示

如图2.2-1所示，将一把钢尺紧按在桌面上，一端伸出桌边。拨动钢尺，听它振动发出的声音，同时注意钢尺振动的快慢。改变钢尺伸出桌边的长度，再次拨动钢尺。

比较两种情况下钢尺振动的快慢和发声的音调。

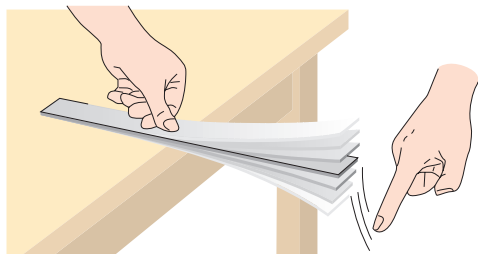


图2.2-1 探究音调和频率的关系

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

为了很好地了解物体振动发声的情况，我们可以将声音的波形在示波器或计算机上展现出来。

## 演示

如图2.2-2所示，把音叉发出的声音信号输入示波器或计算机，观察声音的波形。换一个不同频率的音叉做实验，边听边分析它们的波形有何不同。



图2.2-2 声音的波形

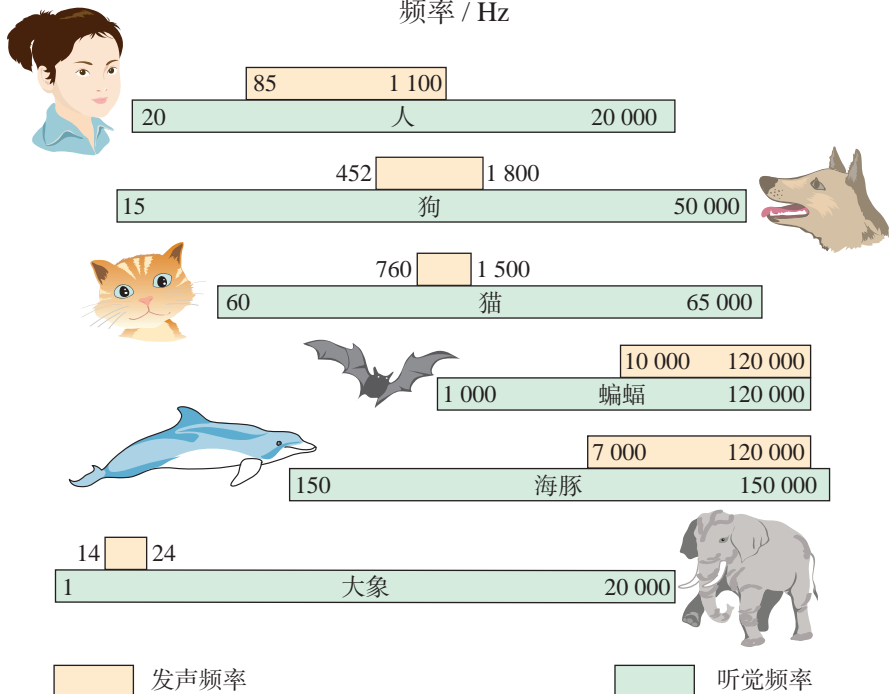
通过屏幕上的波形，我们可以清楚地看到，高音调的波形更密集一些，声音的频率高；低音调的波形更稀疏一些，声音的频率低。

人能感受的声音频率有一定的范围。大多数人能够听到的频率范围从20 Hz到20 000 Hz。人们把高于20 000 Hz的声叫做**超声波**（supersonic wave），因为它们超过人类听觉的上限；把低于20 Hz的声叫做**次声波**（infrasonic wave），因为它们低于人类听觉的下限。通常人们将人类能听到的声叫声音，将声音、超声波、次声波统称声。

动物的听觉范围通常与人的不同。一些动物对高频声波反应灵敏。或许你曾经注意过，有时在你认为很静、没有任何声音时，猫或者狗却突然表现得非常警觉。猫能够听到的频率范围是60~65 000 Hz，狗能够听到的频率范围是15~50 000 Hz，海豚能听到声的上限是150 000 Hz。

### 人和一些动物的发声和听觉的频率范围

频率 / Hz



## 响度

声音有音调的不同，也有强弱的不同。例如，用力击鼓比轻轻击鼓产生的声音大。物理学中，声音的强弱叫做**响度**（loudness）。什么因素决定声音的响度呢？

### 演示

如图 2.2-3，将正在发声的音叉轻触系在细绳上的乒乓球，观察乒乓球被弹开的幅度。

使音叉发出不同响度的声音，重做上面的实验。

响度与什么因素有关？



图 2.2-3

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

人听到声音是否响亮，除跟发声体发声时的响度有关外，还跟人距离发声体的远近有关系。声音是从发声体向四面八方传播的，越到远处越分散。所以距离发声体越远，听到的声音越小。用喇叭可以减少声音的分散，使声音传播得更远些。

## 音色

频率的高低决定声音的音调，振幅的大小影响声音的响度。但是，不同的物体发出的声音，即便音调和响度相同，我们还是能够分辨出它们的不同。这表明在声音的特性中还有一个特性是十分重要的，它就是**音色**（musical quality）。不同发声体的材料、结构不同，发出声音的音色也就不同。

### 演示

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

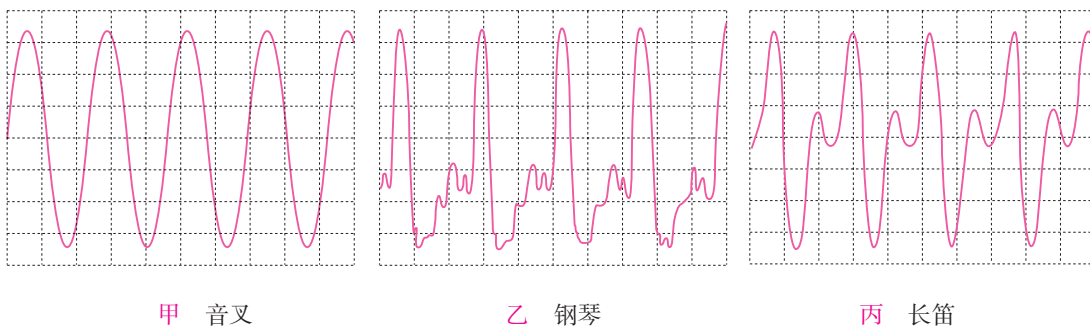


图2.2-4 声音波形图

观察上面的声音波形（图2.2-4）可以知道，音调相同的不同乐器发出的波形总体上的疏密程度是相同的，即频率相同；但是波的形状不同，即音色不同。



## 乐音和乐器

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

从钢琴和长笛的波形图中可以看出，乐音的波形是有规则的。

**乐器** 为了欣赏各种乐音，千百年来自世界各地、各民族的人民发明了各种各样的乐器。虽然各种乐器看上去千差万别，音色和演奏方式也各不相同，但所有乐器的物理原理都是一样的：通过振动发出声音。

乐器可以分为三种主要的类型：打击乐器、弦乐器和管乐器。

**打击乐器** 鼓、锣等乐器受到打击时发生振动，产生声音。以鼓为例，鼓皮绷得越紧，振动得越快，音调就越高。击鼓的力量越大，鼓皮的振动幅度就越大，声音就越响亮。

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

**管乐器** 长笛、箫等乐器，包含一段空气柱，吹奏时空气柱振动发声。抬起不同的手指，就会改变空气柱的长度，从而改变音调。长的空气柱产生低音，短的空气柱产生高音。各种号也是常见的管乐器。



图2.2-5 编钟是我国春秋战国时代的乐器，敲击大小不同的钟能发出不同的音调。



图2.2-6 交响乐队

## 动手动脑学物理

1. 观察一件乐器。它是由什么振动发出声音的，又是怎样改变音调和响度的？
2. 某种昆虫靠翅的振动发声。如果这种昆虫的翅在2 s内做了700次振动，频率是多少？人类能听到吗？
3. 生活中经常用“高”“低”来形容声音，如“女高音”“男低音”“引吭高歌”“低声细语”。这4个词语中的“高”“低”描述的各是声音的哪些特性？
4. 小小音乐会。

试着制作一件小乐器，在班里举行的小型音乐会上用自己制作的乐器进行演奏，看看谁的乐器有新意，谁演奏得好。看看以下制作方案能否给你启发。

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

方案二：在筷子上捆一些棉花或碎布，做一个活塞。用水或油蘸湿棉花后插入两端开口的塑料管或竹管中。用嘴吹管的上端，可以发出悦耳的哨音。上下推拉“活塞”，音调就会改变（图2.2-8）。

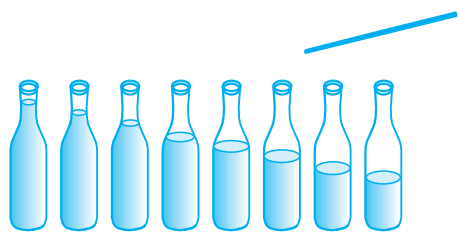


图2.2-7 水瓶琴



图2.2-8 音调可变的哨子

## 第3节 声的利用

人从呱呱坠地时起，就开始利用声音了。妈妈会从婴儿的啼哭声中发现宝宝情绪的变化；经验丰富的水手可以通过汽笛的回声判断悬崖的距离；医生会用各种各样的超声仪器为患者诊病……



### 想想议议

自然界中的声现象实在是太多了。除了人类，动物中也有不少是利用声的高手。你能举出一些例子吗？

### 声与信息

不同的动物感受声波的频率范围不同。有些动物对高频声波有很好的反应，有些动物对低频声波有很好的反应。还记得吗，本章开始时说过“大象可以用我们人类听不到的‘声音’进行交流”，这种“声音”是一种什么声呢？实际上，此时大象发出的声就是一种次声波。

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

蝙蝠通常只在夜间出来活动、觅食。但它们从来不会撞到墙壁、树枝上，并且能以很高的精度确



图 2.3-1 火山爆发会产生次声波

认目标。它们的这些“绝技”靠的是什么呢？原来，蝙蝠在飞行时会发出超声波（图2.3-2），这些声波碰到墙壁或昆虫时会反射回来，根据回声到来的方位和时间，蝙蝠可以确定目标的位置。

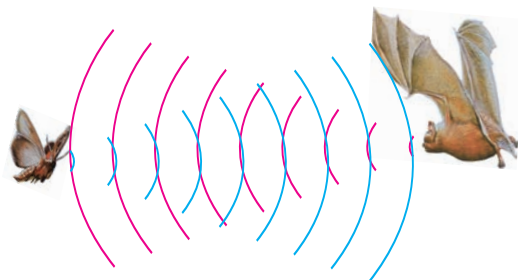


图2.3-2 蝙蝠靠超声波发现昆虫

蝙蝠采用的方法叫做回声定位。现在，采用这个原理制成的超声导盲仪可以探测前进道路上的障碍物，以帮助盲人出行。倒车雷达更是在汽车上得到了广泛的应用（图2.3-3）。科学家利用这个原理发明了声呐（sonar）。利用声呐系统，人们可以探知海洋的深度，绘出水下数千米处的地形图。捕鱼时还可以利用声呐来获得水中鱼群的信息。



图2.3-3 倒车雷达

中医诊病通过“望、闻、问、切”四个途径，其中“闻”就是听。医生利用听诊器捕获人体内的声音信息，来诊断疾病。而借助超声波，医生还可以准确地获得人体内部脏器的图像信息。医生用B型超声波诊断仪向病人体内发射



图2.3-4 医生用B超查看胎儿的发育情况

超声波，然后接收体内脏器的反射波，反射波携带的信息经过处理后显示在屏幕上。这就是常说的“B超”。在图2.3-4中，医生正在用B超查看胎儿的发育情况。

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

## 声与能量

把一块石头扔进水里，可以看到一圈一圈的波纹向四周散去，水面上的树叶

也随之起伏。我们说，扔石头的能量通过水波传给了树叶。声波是一种波动，那么，声波能传递能量吗？

## 演示

如图 2.3-5 所示，将扬声器对准烛焰，播放音乐，你看到了什么现象？这说明了什么问题？

声波传递能量的性质应用在社会生活的很多方面。一般来说，超声波产生的振动比可闻声更加强烈，常被用来清洗物体（图 2.3-6）。把被清洗的物体放在清洗液里，超声波穿过液体并引起激烈的振动，振动把物体上的污垢敲击下来而不会损坏被洗的物体。外科医生常利用超声波振动除去人体内的结石。向人体内的结石发射超声波，结石会被击成细小的粉末，从而可以顺畅地被排出体外。



图 2.3-5 发声扬声器旁的烛焰



图 2.3-6 超声波清洗机

## 科学世界

### 不是老天爷显灵，是建筑师的杰作

驰名中外的北京天坛，是明清两代皇帝祈谷、祈雨、祈天的地方，其中的回音壁（图 2.3-7）、三音石、圜丘（图 2.3-8）三处建筑有非常美妙的声音现象，反映出我国古代高水平的建筑声学。



图 2.3-7 天坛的回音壁。人站在圆形围墙内附近说话，声音经过多次反射，可以在围墙的任何位置听到。



图 2.3-8 天坛的圜丘。人站在中央台上说话，会感到声音特别洪亮。

圜丘在天坛公园的南部，始建于明嘉靖九年（公元1530年），是座分成三层的圆形平台，每层周边都有汉白玉栏杆，每个栏杆和栏板都有精雕细刻的云龙图案，每层平台的台面都由光滑的石板铺成。第三层台面高出地面约5 m，半径约11.5 m，中心是一块圆形大理石，俗称天心石或太极石。当你站在天心石上说话或唱歌时，你会觉得声音特别洪亮。但是站在天心石以外的人听起来，却没有这种感觉，站在天心石以外说唱，也没有这种感觉。传说，皇帝每年都要到这里来祈祷上天，在圜丘的天心石上祷告：“苍天保佑，五谷丰登。”当他听到远比自己平时说话大得多的声音时，认为是老天爷显灵，觉得自己的虔诚感动了上天。

其实，这不过是声音反射造成的音响效果。圜丘第三层台面中心略高（图2.3-9），四周微微向下倾斜。当有人在台中心喊叫一声，传向四周的声音有一部分被四周的石栏杆反射，射到稍有倾斜的台面后又反射到台中心。因为圜丘第三层半径仅11.5 m，从发声到回声返回中心约需0.07 s，所以回声跟原来的声音混在一起，分辨不开，只觉得声音格外响亮，还使人觉得似乎有声音从地下传来。

关于回音壁、三音石的声学特性，同学们还可以寻找到更多的资料。

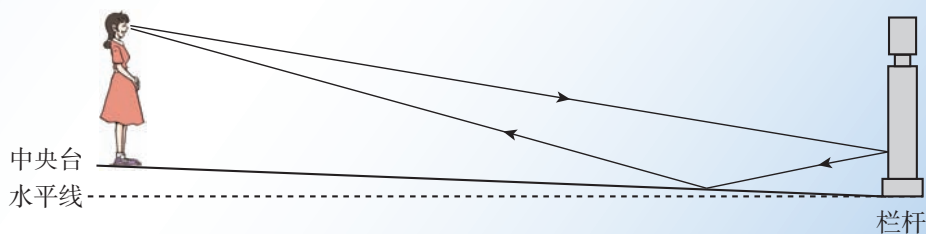


图2.3-9 圜丘反射声的示意图

## 动手动脑学物理

1. 请你分析下列事例是利用声传递能量还是利用声传递信息。

- (1) 利用超声波给金属工件探伤；
- (2) 医生通过听诊器给病人诊病；
- (3) 通过声学仪器接收到的次声波等信息判断地震的方位和强度；
- (4) 利用超声波排除人体内的结石。

2. 用超声测位仪向海底垂直发射声波，经过4 s后收到回波。如果海水中声音的平均传播速度为1 500 m/s，此处海水约有多深？

3. 以“声的利用”为关键词，查询有关资料，写出利用声的主要方面。

## 第4节 噪声的危害和控制

优美的乐音令人心情舒畅，而杂乱的声音——**噪声**（noise）则令人心烦意乱。噪声是严重影响我们生活的污染之一。噪声是怎样产生的？它对人有哪  
些危害？怎样才能有效地防止或减弱噪声？

### 噪声的来源

从物理学的角度讲，发声体做无规则振动时会发出噪声。

#### 演示

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

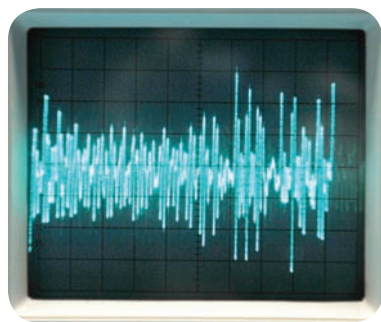


图2.4-1 噪声的波形

从环境保护的角度讲，凡是妨碍人们正常休息、学习和工作的声音，以及对人们要听的声音产生干扰的声音，都属于噪声。从这个意义上说，噪声的来源是非常多的。街道上的汽车声、安静的图书馆里的说话声、建筑工地的机器声，以及邻居电视机过大的声音，都是噪声。

#### 想想议议

你周围常有哪些噪声？请说说自己的感受并找到这些噪声的来源。

## 噪声强弱的等级和噪声的危害

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



### 人对不同强度的声音的感觉

主观感觉	声音强弱的等级/dB	声音的来源	
无法忍受	150	火箭、导弹发射	140 dB 
	140	喷气式飞机起飞	
	130	螺旋桨飞机起飞	
感到疼痛	120	球磨机工作	90 dB 
	110	电锯工作	
很吵	100	拖拉机开动	60 dB 
	90	很嘈杂的马路	
较吵	80	一般车辆行驶	20 dB 
	70	大声说话	
较静	60	一般说话	
	50	办公室	
安静	40	图书馆阅览室	
	30	卧室	
极静	20	轻声耳语	
	10	风吹落叶沙沙声	
	0	刚刚引起听觉	

图 2.4-2 一些声源的分贝数



## 控制噪声

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

声源的振动产生声音——空气等介质的传播——鼓膜的振动

因此，控制噪声也要从这三个方面着手，即

防止噪声产生——阻断噪声传播——防止噪声进入耳朵



甲 摩托车的消声器



乙 穿过北京动物园的“隔音蛟龙”



丙 工厂用的防噪声耳罩

图 2.4-3 几种控制噪声的措施

图 2.4-3 中控制噪声的措施分别属于哪一类？

### 想想做做

把正在响铃的闹钟放入盒中，听听声音的变化。取出后，分别用报纸、海绵等不同材料包住它，再放入盒中，听声音的变化。由此你有什么启示？你能举出一些生活中采用不同方法控制噪声的实例吗？

由于噪声严重影响人们的工作和生活，因此人们把噪声叫做“隐形杀手”。现代的城市把控制噪声列为环境保护的重要项目之一。在需要安静环境的医院、学校和科学研究部门附近，一般有禁止鸣笛的标志（图 2.4-4）。家用电器、机动车等在设计时都应考虑噪声对环境的影响。



图 2.4-4



## 动手动脑学物理

1. 调查一下校园里或者你家周围有什么样的噪声。应该采取什么控制措施？与班里的同学交流，看看谁的调查更详细，采取的措施更好。

2. 为了使教室内的学生免受环境噪声干扰，采取下面的哪些方法是有效、合理的？如果你认为无效或不合理，简单说明理由。

- (1) 老师讲话声音大一些；
- (2) 每个学生都带一个防噪声的耳罩；
- (3) 在教室周围植树；
- (4) 教室内安装噪声监测装置。

3. 在安静环境里，测量你的脉搏在1 min内跳动的次数。在声音过大的环境里，你的脉搏有变化吗？测量一下。

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



## 学到了什么

### 1. 声音的产生与传播

声音是由物体的振动产生的。声音的传播需要介质，真空不能传声。15 °C时空气中的声速是340 m/s。

### 2. 声音的特性

物体振动的频率高，发出声音的音调高；物体振动的振幅大，发出声音的响度大。不同发声体的材料、结构不同，发出声音的音色也不同。

### 3. 声的利用

声作为一种波，既可以传递信息，又可以传递能量，应用非常广泛。人们把高于20 000 Hz的声叫做超声波，把低于20 Hz的声叫做次声波。次声波传播的距离很远。超声波产生的振动比可闻声更加强烈。

### 4. 噪声的危害和控制

噪声是严重影响我们生活的污染之一。人们以分贝（dB）为单位来表示声音强弱的等级。0 dB是人刚能听到的最微弱的声音。控制噪声可以从“防止噪声产生——阻断噪声传播——防止噪声进入耳朵”三个方面着手。



## 第三章 物态变化

初冬。一夜之间，小城变成了冰清玉洁的银色世界。落光了叶子的树枝上挂满了毛茸茸、亮晶晶的银色冰花，在阳光下耀人眼目。树上的枝条在风中摇曳，不时飘下点点冰晶，宛如晨雾漫卷。

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

# 第1节 温度



温度和人们的生活息息相关。物理学中通常把物体的冷热程度叫做**温度** (temperature)，热的物体温度高，冷的物体温度低。人们有时凭感觉判断物体的冷热，这种感觉真的可靠吗？

如上图所示，把两只手分别放入热水和冷水中。过一会，再把双手同时放入温水中。两只手对“温水”的感觉相同吗？

## 温度计

要准确地判断温度的高低，就要用测量温度的工具——温度计进行测量。



### 想想做做

#### 自制温度计

在小瓶里装满带颜色的水。给小瓶配一个橡皮塞，橡皮塞上插进一根细玻璃管，使橡皮塞塞住瓶口，如图3.1-1。

将小瓶放入热水中，观察细管中水柱的位置，然后把



图3.1-1

小瓶放入冷水中，观察水柱的位置。

想想看，自制的温度计是根据什么道理来测量温度的？为什么要用小瓶？为什么要用细管？怎样用自制温度计测量温度？

家庭和实验室里常用的温度计是根据液体热胀冷缩的规律制成的，里面的液体有的用酒精，有的用水银，有的用煤油。图3.1-2是各种常用的温度计：甲为实验室用温度计，乙为体温计，丙为寒暑表。

## 摄氏温度

温度计上的符号 $^{\circ}\text{C}$ 表示的是摄氏温度。摄氏温度是这样规定的：把在标准大气压下冰水混合物的温度定为0摄氏度，沸水的温度定为100摄氏度，分别用 $0^{\circ}\text{C}$ 和 $100^{\circ}\text{C}$ 表示； $0^{\circ}\text{C}$ 和 $100^{\circ}\text{C}$ 之间分成100个等份，每个等份代表 $1^{\circ}\text{C}$ 。例如，人的正常体温是“ $37^{\circ}\text{C}$ ”左右（口腔温度），读做“37摄氏度”；北京一月份的平均气温是“ $-4.7^{\circ}\text{C}$ ”，读做“负4.7摄氏度”或“零下4.7摄氏度”。

下表是自然界的一些温度，你能将括号中的空白填上吗？

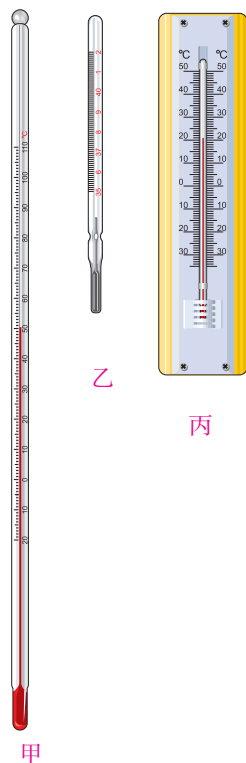


图3.1-2 实验室用的温度计、体温计和寒暑表。

## 小资料

### 自然界的一些温度

氢弹爆炸中心	$5 \times 10^7^{\circ}\text{C}$	压力锅内的沸水	( ) $^{\circ}\text{C}$	我国最低气温	( ) $^{\circ}\text{C}$
太阳表面	约 $6000^{\circ}\text{C}$	我国最高气温	( ) $^{\circ}\text{C}$	地球表面最低气温	$-88.3^{\circ}\text{C}$
金的熔点	$1064^{\circ}\text{C}$	人的正常体温	( ) $^{\circ}\text{C}$	酒精的凝固点	$-117^{\circ}\text{C}$
铅的熔点	$328^{\circ}\text{C}$	水银的凝固点	$-39^{\circ}\text{C}$	绝对零度	$-273.15^{\circ}\text{C}$

## 温度计的使用

使用温度计时，首先要看清它的量程，即温度计所能测量温度的范围。如果所要测的温度过高或过低，超出了温度计所能测量的范围，就要换用一支量程合适的温度计，否则温度计里的液体可能将温度计胀破，或者读不出温度。其次，需要看清温度计的分度值，也就是一个小格代表的值，以保证读数的正确。

观察图3.1-2中的各种温度计，说出它们的量程和分度值各是多少。为什么这样设计它们的量程和分度值？

### 实验

#### 用温度计测量水的温度

在测量水的温度前，思考图3.1-3中哪些做法和读数方法是正确的，哪些是错误的，错误的错在哪里。

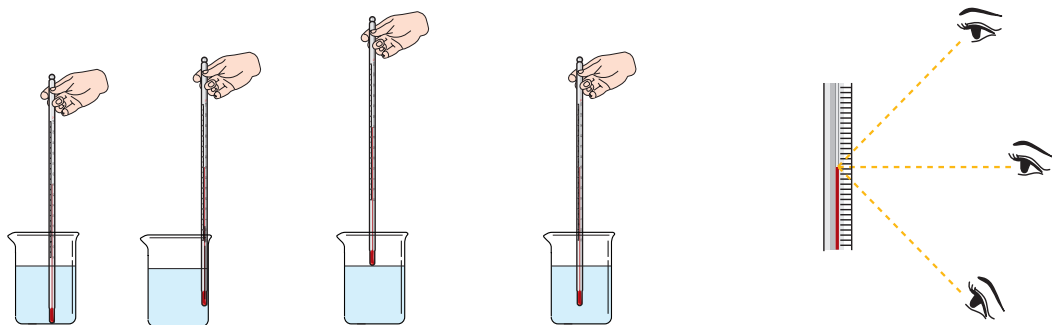


图3.1-3 哪种使用温度计的方法正确？

分别向烧杯中倒入冷水、温水和热水，用温度计测量它们的温度，记录测量结果。

通过以上实验可以发现，正确使用温度计应该注意以下几点。

1. 温度计的玻璃泡应该全部浸入被测的液体中，不要碰到容器底或容器壁。

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

3. 读数时温度计的玻璃泡要继续留在液体中，视线要与温度计中液柱的液面相平。

## 体温计

体温计用于测量人体温度。根据人体温度的变化情况，体温计的刻度范围通常为 $35\sim 42\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。用体温计测量体温，读数时要把它从腋下或口腔中拿出来，这时它下面玻璃泡的温度会改变。为了使读数不变，仍能代表体温，体温计的玻璃泡和直玻璃管之间的管做得很细，水银不会自动流回玻璃泡内（图3.1-4）。

测体温时，玻璃泡内的水银随着温度升高，发生膨胀，通过细管挤到直管；当体温计离开人体时，水银变冷收缩，细管内的水银断开，直管内的水银不能退回玻璃泡内，所以它表示的是人体的温度。要使已经升上去的水银再回到玻璃泡里，可以拿着体温计用力向下甩，把水银甩下去（其他温度计不允许甩）。

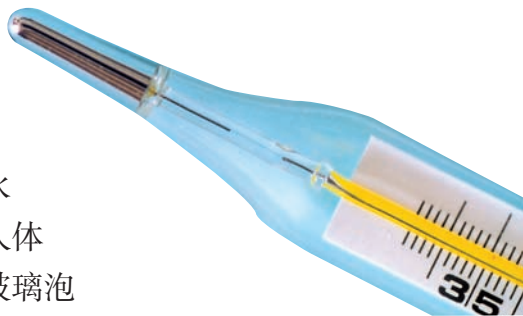


图3.1-4 体温计  
(细管处水银柱断开)



### 从体温计说起

我们看病的时候常常要检查体温，实际上人体各部分的温度并不一样。医生检查病人的体温时，常选三个地方的温度：直肠温度正常时为 $36.9\sim 37.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；口腔舌下温度正常时为 $36.7\sim 37.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；腋窝的温度正常时为 $36.0\sim 37.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。直肠温度最稳定，但是腋窝温度测量起来最方便。

通过体温诊断疾病的方法是1858年德国医生冯德利希创造出来的：让病人用嘴含着水银温度计，他不时低头去看上边的温度。他不敢让病人把温度计拿出来，因为

温度计出来一遇冷空气，指示的温度就降下来了。后来，英国医生阿尔伯特想出了一个好办法：在温度计的水银管里造一处狭道。这样，体温计放在嘴里水银柱可以上升到实际体温的刻度，取出体温计以后水银柱并不下落，而是在狭道那里断开，使狭道以上的部分始终保持体温读数。这样便诞生了专用的体温计。

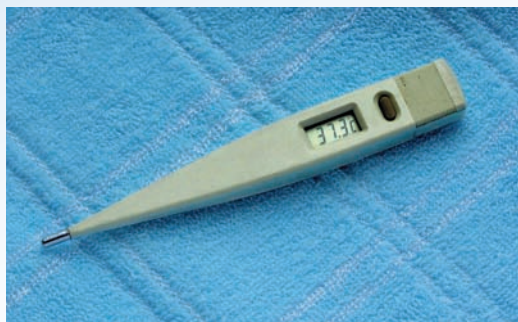


图3.1-5 电子体温计

随着电子技术的发展，20世纪70年代出现了电子体温计（图3.1-5），现在的电子体温计通过液晶直接显示体温，有的可以精确到 $0.01\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

温度的测量看起来简单，实际上在很多场合需要一些技巧。体温计只是一例。又如，炼铁时的温度高达 $1\ 000\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上，这时不能使用通常的温度计，因为玻璃会熔化。应该使用什么样的温度计呢？



图3.1-6 热电偶温度计

1821年，人们发现：两根不同的金属线组成的闭合环路中，如果有一个接头被加热，环路里就会产生电流；两个接头的温度差越大，电流越强。此后，有人根据这个道理制造出了热电偶温度计，它能直接放入高温炉里测温（图3.1-6）。辐射温度计也能测量上千摄氏度甚至上万摄氏度的高温。它通过光学方法测定物

体的辐射，进而得知那个物体的温度。新式“非接触红外线温度计”又叫“测温枪”（图3.1-7），只要把“枪口”对准待测物体，“枪尾”的显示屏里就能用数字直接报告那个物体的温度。除了可以方便地测量体温，这种奇妙的“手枪”还可以测量零下几十摄氏度到上千摄氏度范围内的温度呢！

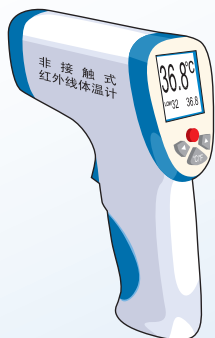


图 3.1-7 测温枪



## 动手动脑学物理

1. 图 3.1-8 中各个温度计的示数分别是多少 (每个温度计的单位都是摄氏度)?

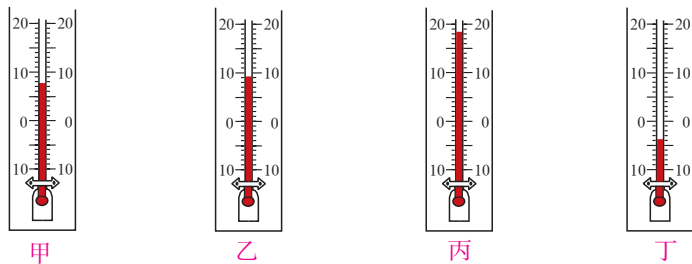


图3.1-8

2. 在教室挂一只寒暑表, 在每个课间测出教室的温度, 将数据记录在表格中。以横轴为时间、纵轴为温度, 分别在图 3.1-9 上描点并画出晴天及阴天两种天气的温度—时间图象。通过比较, 你能看出这两种天气温度变化的规律吗?

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

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

4. 不同物质在升高同样温度时, 膨胀的多少通常是不同的。如果把铜片和铁片铆在一起, 当温度变化时这样的双金属片就会弯曲。怎样用它制成温度计? 画出你的设计草图。市场上有一种指针式寒暑表 (图 3.1-10), 就是用双金属片做感温元件的。到商店去看一看, 有没有这样的寒暑表。

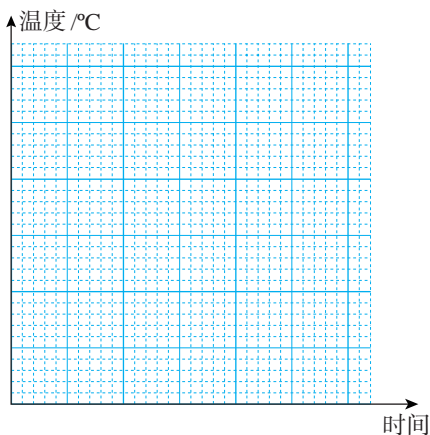


图 3.1-9 温度—时间变化曲线



图3.1-10 指针式寒暑表

# 第2节 熔化和凝固

## 物态变化

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

## 熔化和凝固

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

结合生活中冰的熔化过程，想一想，冰的熔化需要什么条件，不同的物质熔化时温度将会如何变化？

## 实验


### 探究固体熔化时温度的变化规律

#### 提出问题

不同物质在由固态变成液态的过程中，温度的变化规律相同吗？

#### 猜想和假设

请同学们根据生活经验提出自己的猜想。

 任何科学猜想都不是凭空产生的，它需要根据所观察到的现象，运用学过的知识和已有经验，对问题的可能答案作出假定。

## 设计实验

研究海波（硫代硫酸钠）和蜡的熔化过程。参照图3.2-1选择需要的实验器材。

## 进行实验与收集证据

将温度计插入试管后，待温度升至40℃左右开始，每隔大约1 min记录一次温度；在海波或者蜡完全熔化后再记录4~5次。

时间/min	0	1	2	3	4	...
海波的温度/℃						
蜡的温度/℃						

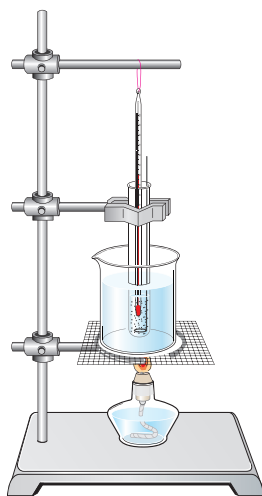


图3.2-1 观察熔化现象的实验装置

## 分析与论证

图3.2-2和图3.2-3中的纵轴表示温度，温度的数值已经标出；横轴表示时间，请你自己将数值写上。根据表中各个时刻的温度在方格纸上描点，然后将这些点连接起来，便得到熔化时温度随时间变化的图象。

图象可以用来表示一个物理量（如温度）随另一个物理量（如时间）变化的情况，很直观。

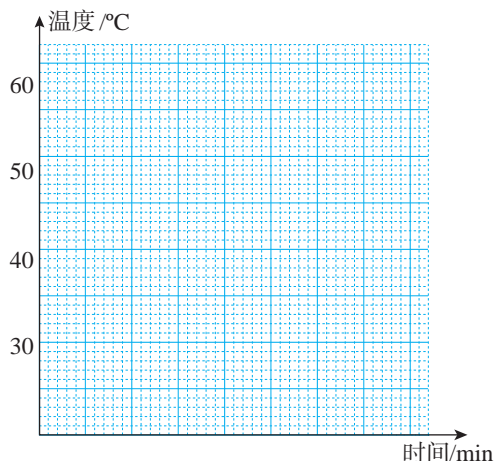


图3.2-2 绘制海波熔化时温度随时间变化的图象

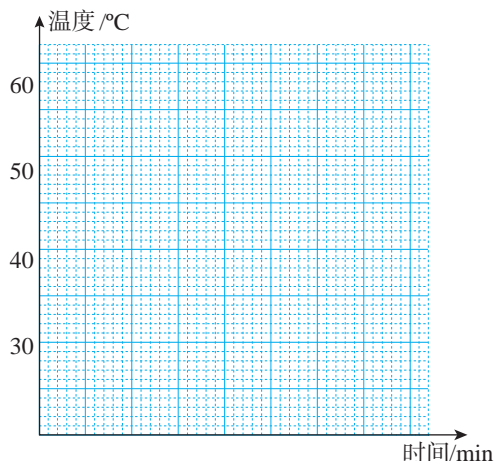


图3.2-3 绘制蜡熔化时温度随时间变化的图象

根据你对实验数据的整理和分析，总结海波和蜡在熔化前、熔化中和熔化后三个阶段的温度特点。

## 评估

回想实验过程，有没有可能在什么地方发生错误？进行论证的根据充分吗？实验结果可靠吗？

## 交流与合作

与同学进行交流。你们的结果和别的小组的结果是不是相同？如果不同，怎样解释？

写出实验报告。

## 熔点和凝固点

有些固体在熔化过程中尽管不断吸热，温度却保持不变，有固定的熔化温度，例如冰、海波、各种金属。这类固体叫做**晶体**（crystal）；有些固体在熔化过程中，只要不断地吸热，温度就不断地上升，没有固定的熔化温度，例如蜡、松香、玻璃、沥青。这类固体叫做**非晶体**（noncrystal）。晶体熔化时的温度叫做**熔点**（melting point）。非晶体没有确定的熔点。

晶体和非晶体熔化时温度的变化曲线分别如图3.2-4甲和乙所示。

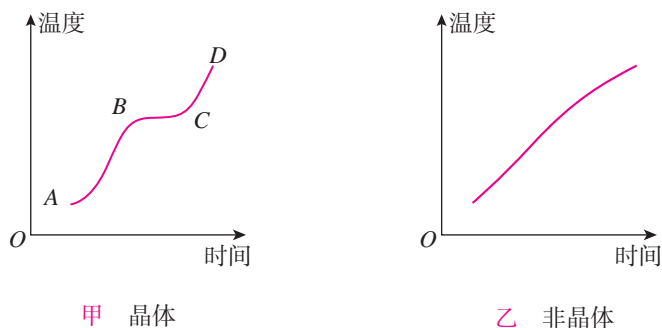


图 3.2-4 物质熔化时的温度变化曲线

液体凝固形成晶体时也有确定的温度（图3.2-5甲），这个温度叫做**凝固点**（solidifying point）。同一种物质的凝固点和它的熔点相同。非晶体没有确定的凝固点（图3.2-5乙）。

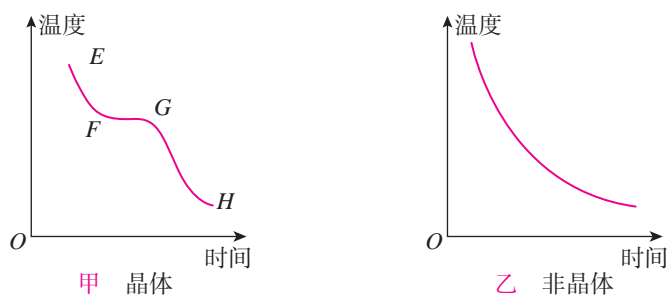


图 3.2-5 物质凝固时的温度变化曲线

### 小资料



#### 几种晶体的熔点 (标准大气压)

晶体	熔点/ $^{\circ}\text{C}$	晶体	熔点/ $^{\circ}\text{C}$	晶体	熔点/ $^{\circ}\text{C}$
钨	3410	铝	660	固态水银	-39
铁	1535	铅	328	固态甲苯	-95
钢	1515	锡	232	固态酒精	-117
灰铸铁	1177	萘	80.5	固态氮	-210
铜	1083	海波	48	固态氧	-218
金	1064	冰	0	固态氢	-259



### 想想议议

1. 在图 3.2-5 甲中,  $EF$ 、 $FG$ 、 $GH$  各段分别表示温度怎样变化? 吸热、放热情况如何? 物质处于什么状态?
2. 黑龙江省北部最低气温曾经达到  $-52.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 这时还能使用水银温度计吗? 应该使用什么样的液体温度计?

## 熔化吸热 凝固放热

晶体在熔化过程中虽然温度不变, 但是必须继续加热, 熔化过程才能完成, 这表明晶体在熔化过程中吸热。反过来, 液体在凝固成晶体的过程中放热, 但是温度不变。非晶体在熔化或凝固过程中也吸热或放热, 但是温度改变。

夏天, 如果我们要喝冰凉的饮料, 往往会在饮料中加上几个冰块, 而不是

直接加冷水。一方面是因为冰块的温度更低，另一方面是因为冰块融化成水的过程中吸热，从而使饮料的温度下降得更多。

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

### 动手动脑学物理

1. 日常生活中有哪些利用熔化吸热、凝固放热的例子？熔化吸热、凝固放热会给我们带来哪些不利的影响？请各举一个例子。

2. 在探究固体熔化过程温度的变化规律时，如果记录温度的时间间隔过长，可能会带来什么问题？

3. 图3.2-6是某种物质熔化时温度随时间变化的图象。根据图象的什么特征可以判断这种物质是一种晶体？它的熔点是多少？从晶体开始熔化到所有晶体完全熔化，大约持续了多长时间？

4. 小明想从酒精和水的混合液体中把酒精分离出来。他想，水的凝固点是 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，酒精的凝固点是 $-117\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，只要把混合液体放入电冰箱的冷冻室（冷冻室温度可达 $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）中就可以了。小明按照这样的想法进行了实验，但是经过相当长的时间后，从冷冻室取出酒精和水的混合液体时，却发现水和酒精并没有分离。就这个现象你能提出什么问题？针对你提出的问题能做出的合理猜想是什么？

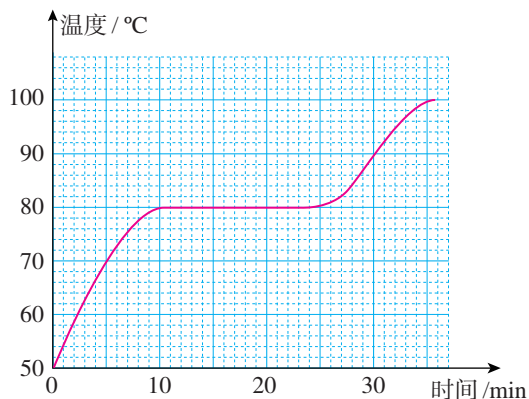


图 3.2-6

## 第3节 汽化和液化

生活中我们会发现，洒在地上的水过一会就不见了，晾在太阳下的湿衣服不久后也干了。地上和衣服上的水到哪里去了呢？



### 想想做做

如图 3.3-1，在透明塑料袋中滴入几滴酒精，将袋挤瘪，排尽空气后用绳把口扎紧，然后放入热水中。你会看到什么变化？

从热水中拿出塑料袋，过一会又有什么变化？

怎样解释这些变化？



甲 在塑料袋中滴入酒精



乙 把袋挤瘪，把口扎紧



丙 放到热水里面

图 3.3-1 观察塑料袋的变化

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

### 沸腾

生活中我们常将冷水烧开以便饮用，所谓烧开就是将冷水加热到有大量的

气泡冒出。“水开了”这一生活用语在物理学中叫做**沸腾** (boiling)，沸腾是液体内部和表面同时发生的剧烈汽化现象。

## 实验

### 探究水沸腾时温度变化的特点

你认真观察过水的沸腾吗？水在沸腾时有什么特征？

水沸腾后如果继续加热，是不是温度会越来越高？

按图 3.3-2 安装实验仪器。

用酒精灯给水加热至沸腾。当水温接近  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$  时每隔  $0.5\text{ min}$  记录一次温度。仿照绘制晶体熔化图象的做法，在图 3.3-3 上绘制水沸腾时温度和时间关系的图象。

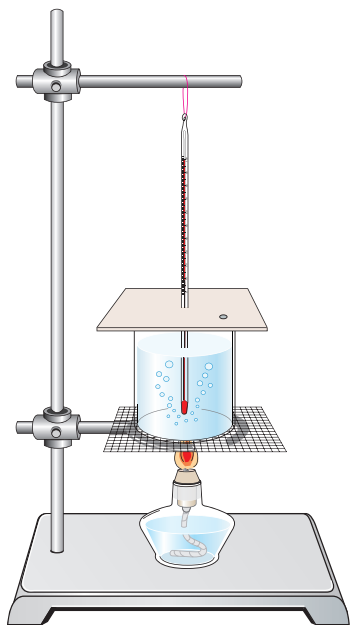


图 3.3-2 观察水沸腾的装置

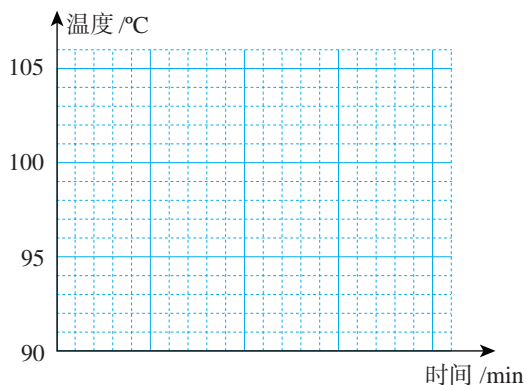


图 3.3-3 绘制水沸腾时温度变化的图象

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

从实验中可以看到，水的沸腾是一种剧烈的汽化现象。这时形成的大量气泡不断上升、变大，到水面破裂开来，里面的水蒸气散发到空气中。在沸腾的过程中，虽然水的温度保持不变，但酒精灯要持续加热，所以说液体在沸腾的过程中不断吸热。

各种液体沸腾时都有确定的温度，这个温度叫做**沸点** (boiling point)。不同液体的沸点不同。



## 小资料

### 几种液体的沸点 (标准大气压)

液体	沸点/°C	液体	沸点/°C	液体	沸点/°C
液态铁	2750	甲苯	111	液态氧	-183
液态铅	1740	水	100	液态氮	-196
水银	357	酒精	78	液态氢	-253
亚麻仁油	287	液态氨	-33.4	液态氦	-268.9

## 想想做做

### 纸锅烧水

着火点是物质可以燃烧的最低温度。纸的着火点大约是 $183\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，就是说，只要它的温度达到 $183\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，它就会自动燃烧起来。

普通煤炉的火焰温度约 $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。酒精灯的火焰温度约 $400\sim 500\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。那么，能用纸做的锅在火上把水烧开吗？

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

实际做一做，说明纸锅为什么不会燃烧。

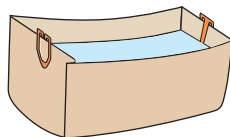


图 3.3-4 烧开水用的小纸锅

## 蒸发

洒了水的地面、晾在阳光下的湿衣服，温度没有达到水的沸点也会变干。这是由于水汽化，变成了气体。这种在任何温度下都能发生的汽化现象叫做蒸发 (evaporation)。蒸发只发生在液体的表面。

蒸发和沸腾是汽化的两种方式。

## 想想做做

1. 把酒精擦在手背上，手背有什么感觉？
2. 把酒精反复涂在温度计的玻璃泡上，用扇子扇，温度计读数有什么变化？如果温度计上不涂酒精，用扇子扇，温度计读数会变化吗？

手背擦上酒精后，随着酒精的蒸发，擦酒精的位置会感到凉。这是因为液体在蒸发过程中吸热，致使液体及与液体接触的物体温度下降。夏天在地面上洒水会感到凉快，是利用水蒸发吸热来降低温度。人们在高温的天气里大汗淋漓，是人体自我保护的生理现象，汗液蒸发吸热，使体温不致升得太高。

图 3.3-5 中，人游泳之后刚从水中出来，感觉特别冷；天热时，狗常把舌头伸出来。你能解释这些现象吗？

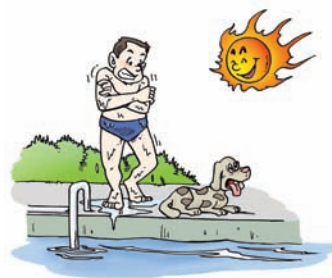


图 3.3-5

## 液化

北方的冬天，可以看到户外的人不断呼出“白气”，这是呼出的水蒸气遇到冷空气凝结成了小雾滴；戴眼镜的人从寒冷的室外进入温暖的室内，镜片会蒙上一层小水珠，这是室内空气中的水蒸气遇到冷镜片凝结成的。清晨，人们有时会看到路边的草或树叶上结有露珠（图 3.3-6），这是空气中的水蒸气遇冷凝结成小水滴而形成的。

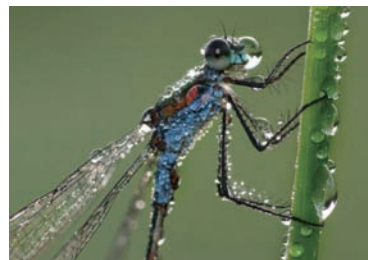


图 3.3-6 昆虫和植物上的露珠

实验表明，所有气体在温度降到足够低时都可以液化。另外，在一定的温度下，压缩气体的体积也可以使气体液化。将气体液化的最大好处是体积缩小，便于储存和运输。火箭中用做燃料和助燃剂的氢和氧，都是以液体状态装在火箭里的。有些家庭用石油加工时产生的可燃气体做饭，这些气体也是液化后储存在钢瓶内的，称做液化石油气（图 3.3-7）。

液体汽化时要吸热，与此相反，气体液化时要放热。烧水、做饭的时候，水蒸气引起的烫伤往往比开水烫伤更严重，这是因为水蒸气和开水的温度虽然差不多，但是水蒸气液化的时候还要放出一部分热。



图 3.3-7 液化石油气

## 电冰箱与臭氧层

过去常用的电冰箱利用了一种叫做氟利昂的物质作为热的“搬运工”，把冰箱里的“热”“搬运”到冰箱的外面。氟利昂是一种既容易汽化又容易液化的物质，汽化时它吸热，液化时它放热。图3.3-8表示出了电冰箱的构造和原理。液态的氟利昂经过很细的毛细管进入冰箱内冷冻室的管子，在这里汽化、吸热，使冰箱内温度降低。之后，生成的蒸气又被电动压缩机压入冷凝器，在这里液化并把从冰箱内带来的热通过冰箱壁上的管子放出。氟利昂这样循环流动，冰箱冷冻室里就可以保持相当低的温度。

太阳辐射来的过量紫外线对于地球上的生命是有害的。在距地面20~50 km的高层大气中，有一种叫做臭氧的物质，它具有吸收紫外线的功能，这是地球上的生物得以生存和进化的重要条件。传统的冰箱制冷剂使用氯氟烃类的氟利昂如R12，当电冰箱损坏后，这种氟利昂扩散到大气中会破坏臭氧层，对地球的生态环境构成威胁。为了保护人类生存的环境，1987年在世界范围内签署了限量生产和使用这类物质的《蒙特利尔议定书》。我国在1991年签署了《蒙特利尔议定书》，目前我国主要使用对臭氧层破坏较小的R134a、R600a等新型物质作为冰箱的制冷剂。

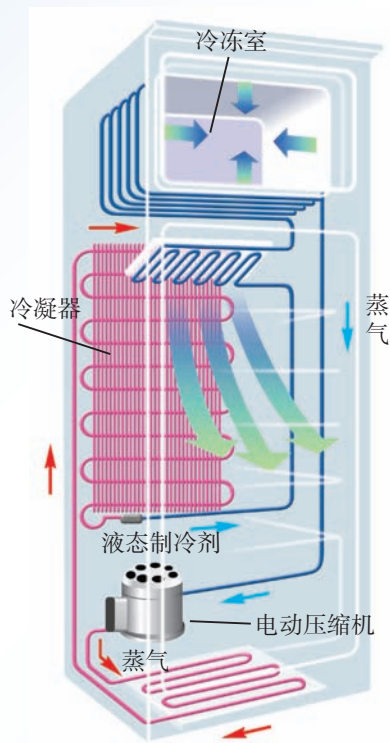


图3.3-8 电冰箱原理图

读过这篇文章后你认为下表中介绍的电冰箱会破坏臭氧层吗？其中的“能效等级”你知道是什么意思吗？

××××型电冰箱主要技术参数

冷冻能力 (kg/24h)	制冷剂	重量 (kg)	外形尺寸 深×宽×高 (mm)	额定 电压 (V~)	输入总 功率 (W)	额定耗 电量 (kW·h/24h)	能效 等级	总有效 容积 (L)	冷冻室有 效容积 (L)
3.0	R600a 42g	60	624×525 ×1439	220	110	0.46	1级	176	68

## 动手动脑学物理

1. 盛一盆水，在盆里放两块高出水面的砖头，砖头上搁一只比盆小一点的篮子。篮子里有剩饭、剩菜，再把一个纱布袋罩在篮子上，并使袋口的边缘浸入水里（图3.3-9），就做成了一个简易冰箱。把它放在通风的地方，即使经过一天时间里面的饭菜也不会变质。试着分析简易冰箱的工作原理。

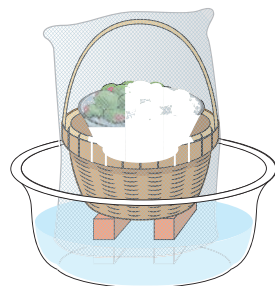


图3.3-9

2. 一块金属在冰箱中被冷冻后，取出放一会儿，可以发现变湿了。如果马上用干毛巾擦，能擦干吗？为什么？

3. 吐鲁番是全国有名的“火炉”，常年高温少雨，水贵如油。当地流行使用坎儿井，大大减少了输水过程中水的蒸发和渗漏。坎儿井由明渠、暗渠、竖井组成（图3.3-10）。暗渠即地下水道，是坎儿井的主体，宽约1.2 m。井的深度因地势和地下水位高低不同而有深有浅，最深的井可达90 m以上，井内的水在夏季约比外界低5~10℃。请你分析一下坎儿井是如何减少水的蒸发的。

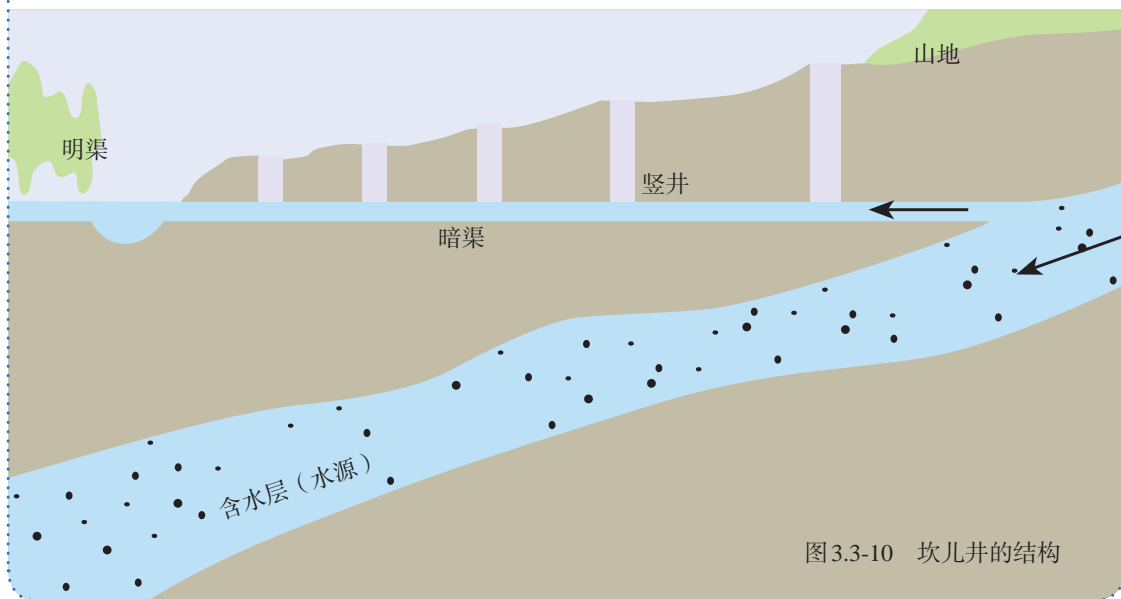


图3.3-10 坎儿井的结构

## 第4节 升华和凝华

冰块吸热后融化成水，再继续吸热就变成水蒸气，这是生活中常见的现象。物质吸热后能不能从固态直接变为气态呢？反过来，气态能不能直接变为固态呢？



### 想想做做

在试管中放少量碘，塞紧盖子后放入热水中。当固态的碘变为紫色的碘蒸气并充满试管后，将试管从热水中拿出，再放入凉水中，碘蒸气又会变为固态的碘。

物质从固态直接变成气态的过程叫做**升华**（sublimation），从气态直接变成固态的过程叫做**凝华**（deposition）。

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

北方秋、冬两季，早晨出现霜、窗玻璃上出现冰花（图3.4-1）、树枝上出现雾凇（章首图），这些都是凝华现象。

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



图3.4-1 水蒸气在寒冷的玻璃上凝华形成的花纹



### 想想议议

水的三种状态分别是冰、水和水蒸气。给图3.4-2填字，说明它们三者之间转化过程的名称以及吸热、放热的关系。

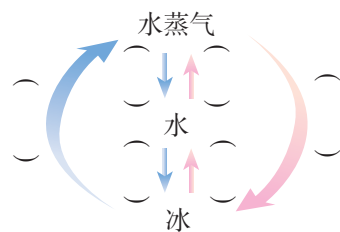


图 3.4-2 水的三态联系



## 科学·技术·社会

### 水循环

水是人类环境的重要组成部分。通过水的三态变化，地球上的水在不停地循环：阳光晒暖了海洋，海水吸热蒸发成为水蒸气上升到空中；当水蒸气上升到高空以后，与冷空气接触，水蒸气便液化成为小水滴，大量的小水滴悬浮在高空中，就形成了云；小水滴相互聚集，就会凝结成大水滴下降成为雨；如果在高空遇到更加寒冷的气流，小水滴就会凝固成小冰珠，最后有可能形成冰雹降落到地面；冬天，水蒸气在寒冷的高空急剧降温，从而凝华成微小的冰晶，这些冰晶聚集起来，就变成雪花飘落大地；这些天空的降水落到地面，一部分直接变为小溪，另一部分渗入地下，涌出地表后变成股股清泉，许多小溪汇合，形成江河，又注入大海。

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



图3.4-3 水循环造就了雪山和湖泊

的源泉。在历史发展中人类总是向有水的地方集聚、生活。随着社会的发展、技术的进步，人类对水的依赖程度越来越大。除了日常的生活用水以外，工业生产也必须用水，在电力、纺织、印染、造纸、钢铁、石油、化工以及食品工业等各个领域都需要大量的水资源，农业生产更需要大量的水进行灌溉。此外，城市的消防、绿化、公共场所的清洁卫生都少不了水。随着人口的膨胀和经济的快速增长，水资源已经出现了严重的危机。我国是严重缺水的国家，水资源人均占有量只是世界平均值的25%，是世界上人均水资源最贫乏的国家之一。全国有一半以上的城市存在不同程度的缺水，有些城市因地下水过度开采，造成地下水位下降，甚至地面沉降。人们不仅直接消耗了大量水资源，在生产和生活中还造成了水的污染，进一步加剧了水资源危机，这已经敲响了影响人类生存的警钟。因此，我们不仅需要在技术上使用节水器具、优化用水系统的运行，更需要每个人提高节水意识、养成良好的用水习惯，共同保卫我们的蓝色家园。



图3.4-4 因缺水而龟裂的稻田

### 动手动脑学物理

1. 使用樟脑丸可以让棉毛织物等免受虫蚁的侵害。经过一段时间以后，打开存放衣服的箱子，就会闻到刺鼻的气味，还会观察到樟脑丸变小了，甚至变没了。请你分析樟脑丸变小的原因。

2. 冻肉出冷库时比进冷库时重，这是为什么？

3. 二氧化碳气体若被加压、降温到一定程度，就会形成白色的、像雪一样的固体。这种固体在常温下不经融化就会直接变成气体，所以叫干冰。干冰具有很好的致冷作用，可用于人工降雨。这是由于干冰在常温下会迅速变为气体，吸收热量，促使水蒸气遇冷凝结成水滴或小冰晶，从而达到降雨的条件。

你能试着分析上面一段描述中包含了哪些物态变化吗？

4. 美丽的树挂、霜都是怎样形成的？请你动手做一做下面的实验，并思考形成霜的条件。

如图3.4-5，将冰块放于易拉罐中并加入适量的盐。用筷子搅拌大约半分钟，用温度计测量罐中冰与盐水混合物的温度，可以看到冰水混合物的温度低于 $0^{\circ}\text{C}$ 。这时观察

易拉罐的下部和底部，就会发现白霜（图3.4-6）。



图3.4-5



图3.4-6

5. 调查学校和家庭水的使用状况，提出在生活中节约用水的若干建议。



## 学到了什么

### 1. 温度

物体的冷热程度叫做温度。测量温度的工具是温度计。常用的温度计是根据液体热胀冷缩的规律制成的。

### 2. 物态变化

固态、液态和气态是物质常见的三种状态。在一定条件下，物质会在各种状态之间变化，叫做物态变化。

### 3. 熔化和凝固

物质从固态变成液态的过程叫做熔化，从液态变成固态的过程叫做凝固。熔化的过程需要吸热，而凝固的过程要放热。固体分为晶体和非晶体。晶体熔化和凝固都有确定的温度，分别叫做熔点和凝固点。

### 4. 汽化和液化

物质从液态变为气态的过程叫做汽化，从气态变为液态的过程叫做液化。汽化有蒸发和沸腾两种方式，这两种方式都需要吸热。液体沸腾时有确定的温度，这个温度叫做沸点。液化的过程会放出热量，使气体液化可以采用降低温度和压缩体积两种方法。

### 5. 升华和凝华

物质从固态直接变成气态的过程叫做升华，从气态直接变成固态的过程叫做凝华。升华需要吸热，而凝华会放热。



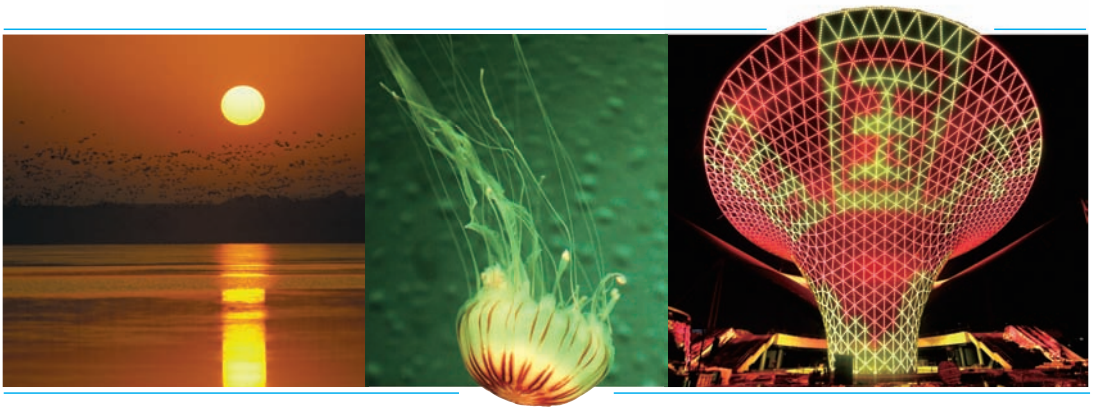
# 第四章 光现象

雨过天晴，一条彩虹挂在天空，它的美丽和神奇曾引起了人们无限的遐想。是谁在天空架起了这样色彩缤纷的桥梁？在中国神话中，女娲炼五色石补天，彩虹即五色石发出的彩光；在希腊神话中，彩虹是沟通天上与人间的使者。

当通过实验在阳光中找到这些色彩时，我们才逐渐揭开了彩虹的神秘面纱。



# 第1节 光的直线传播



要研究光现象，首先要看看哪些物体能够发光，是谁给我们带来了光明。

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

所有这些能够发光的物体都叫做**光源**（light source）。现代社会中有很多人造光源（如右上图中的LED灯）。你周围有哪些人造光源？

## 光的直线传播

在有雾的天气，可以看到透过树丛的光束是直的（图4.1-1）；从汽车前灯射出的光束是直的；电影放映机射向银幕的光束也是直的。这些现象说明，光在空气中是沿直线传播的。光在空气中沿直



图4.1-1 光在空气中沿直线传播

线传播，那么在液体中是不是也沿直线传播呢？

## 演示

### 光在水中的传播

如图4.1-2所示，在盛水的玻璃水槽内滴几滴牛奶，用激光笔将一束光射到水中，观察光在水中的传播径迹。



图4.1-2 光在水中的传播

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



图4.1-3 光线

为了表示光的传播情况，我们通常用一条带有箭头的直线表示光传播的径迹和方向（图4.1-3）。这样的直线叫做**光线**（light ray）。

由于光沿直线传播，在开凿隧道时，工人们可以用激光束引导掘进机，使掘进机沿直线前进，保证隧道方向不出偏差（图4.1-4）。

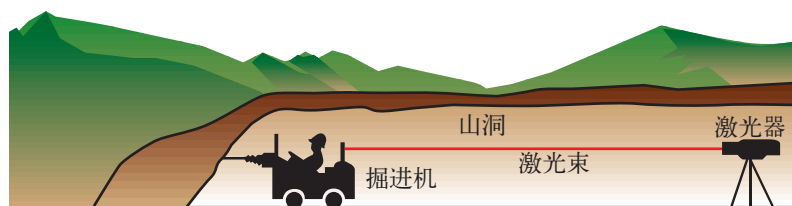


图4.1-4 激光引导掘进方向

## 想想做做

如图4.1-5所示，在一个空罐的底部中央打一个小孔，再用一片半透明的塑料膜蒙在空罐的口上。将小孔对着烛焰，我们可以看到烛焰在薄膜上呈现的像。



图4.1-5 小孔成像

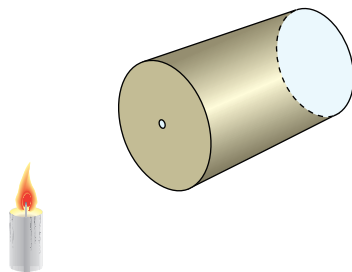


图4.1-6 小孔成像的原理

仔细观察小孔成像的特点。从烛焰的不同位置发出的光穿过小孔后是怎样传播的？试着在图4.1-6中画一画，也许能帮助你解释为什么能成这样的像。

## 光的传播速度

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

与声音不同，光不仅可以在空气、水等物质中传播，而且可以在真空中传播。真空中的光速是宇宙间最快的速度，在物理学中用字母 $c$ 表示。光在真空中1 s能传播299 792 000 m，也就是说，真空中的光速为

$$c = 2.997\ 92 \times 10^8 \text{ m/s}$$

在通常情况下，真空中的光速可以近似取为

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

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



图4.1-7 如果一个人以光速绕地球飞行，他在1 s的时间内能绕地球转7.5圈。



### 我们看到了古老的光

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

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

宇宙中恒星间的距离都非常大。为了表达起来方便一些，天文学家使用一个非常大的距离单位——光年，它等于光在1年内传播的距离。这样说来，牛郎星和织女星的距离就是16光年。

离太阳系最近的恒星是半人马座的“比邻星”（只能在南半球看到），它距离我们4.3光年。也就是说，我们现在观测到的比邻星的光，是4.3年前发出的，经过了4年多才到达我们的眼睛。想一想，那时候你正在上几年级？很有趣吧！

银河系是超过1 000亿颗恒星组成的星系。在银河系之外，离我们最近的星系是大、小麦哲伦云（很遗憾，也只能在南半球看到），它们距离我们16万~19万光年。想一想，我们今天看到的麦哲伦云的光，是它们什么时候发出的？那时候人类在进化过程中正处于哪个阶段？



图 4.1-8 仙女座大星云

秋天的夜晚可以在东北方向的天空找到一个亮斑，看起来像个纺锤，那就是仙女座大星云（图4.1-8）。它是北半球唯一可用肉眼看到的银河外星系，与我们的距离是225万光年。

光——宇宙的使者，它不仅告诉我们宇宙的现在，而且还在告诉我们遥远的过去。请回答以下问题：

1. “光年”是什么物理量的单位？
2. 牛郎星和织女星的距离是多少千米？
3. 为什么在形容一个数字很大、很大的时候，常说这是个“天文数字”？

## 动手动脑学物理

1. “井底之蛙”这个成语大家都都很熟悉。请根据光的直线传播知识画图说明为什么“坐井观天，所见甚小”。

2. 做一做手影游戏（图4.1-9），用光的直线传播知识解释影子是怎样形成的。



图4.1-9 手影

3. 举出一些例子，说明光的直线传播在生活中的应用。

4. 太阳发出的光，要经过大约8 min到达地球。请你估算太阳到地球的距离。如果一辆赛车以500 km/h的速度不停地跑，它要经过多长时间才能跑完这段路程？

## 第2节 光的反射

光遇到桌面、水面以及其他许多物体的表面都会发生反射（reflection）。我们能够看见不发光的物体，是因为物体反射的光进入了我们的眼睛（图4.2-1）。

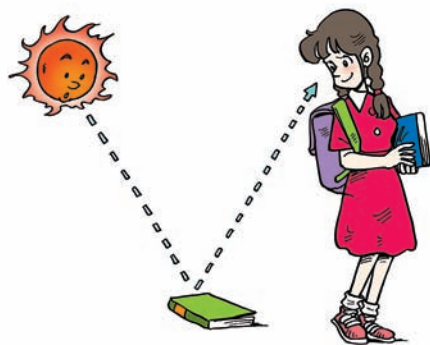


图4.2-1

### 光的反射定律

#### 实验

#### 探究光反射时的规律

光反射时遵循什么规律？也就是说，反射光沿什么方向射出？

把一个平面镜放在水平桌面上，再把一张纸板  $ENF$  竖直地立在平面镜上，纸板上的直线  $ON$  垂直于镜面，如图4.2-2所示。

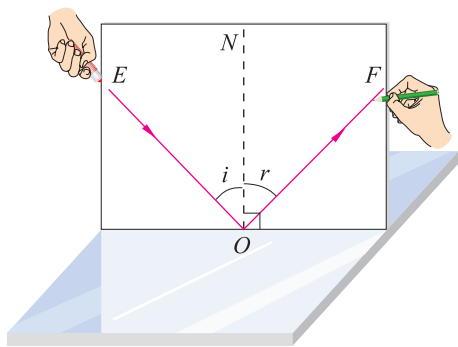


图4.2-2 研究光反射时的规律

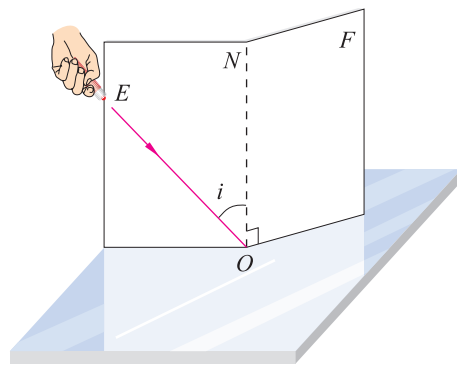


图4.2-3 还能看到反射光线吗？

1. 使一束光贴着纸板沿某一个角度射到  $O$  点，经平面镜反射，沿另一个方向射出。在纸板上用笔描出入射光  $EO$  和反射光  $OF$  的径迹。改变光束入射的角度，多做几次，换用不同颜色的笔记录每次光的径迹。

取下纸板，用量角器测量  $ON$  两侧的  $\angle i$  和  $\angle r$ ，将数据记录在下表中。

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

2. 纸板  $ENF$  是用两块纸板连接起来的。把纸板  $NOF$  向前折或向后折 (图 4.2-3), 在纸板上还能看到反射光线吗?

关于光的反射, 你发现了什么规律?

物理学中把经过入射点  $O$  并垂直于反射面的直线  $ON$  叫做法线, 入射光线与法线的夹角  $i$  叫做入射角, 反射光线与法线的夹角  $r$  叫做反射角 (图 4.2-4)。根据上面的探究活动, 可以归纳出如下的规律:

在反射现象中, 反射光线、入射光线和法线都在同一平面内; 反射光线、入射光线分别位于法线两侧; 反射角等于入射角。

这就是光的反射定律 (reflection law)。

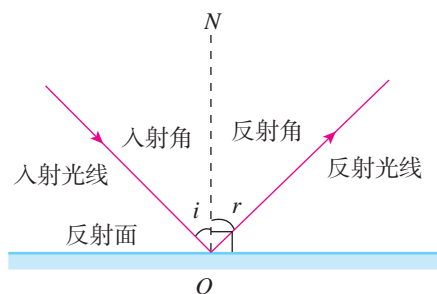


图4.2-4 光的反射

## 光路的可逆性

在上面的实验中, 如果让光逆着反射光的方向射到镜面, 那么, 它被反射后就会逆着原来的入射光的方向射出 (图 4.2-5)。这表明, 在反射现象中, 光路可逆。

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

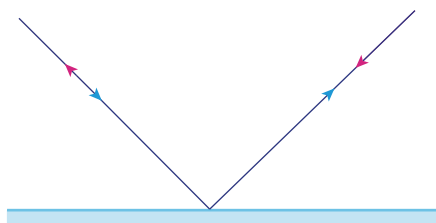


图4.2-5

## 镜面反射和漫反射

阳光射到镜子上，迎着反射光的方向可以看到刺眼的光，而在其他方向却看不到反射的阳光。如果阳光射到白纸上，则无论在哪个方向看，都能看到纸被照亮了，但不会感到刺眼。这是为什么？

原来，镜面很光滑，一束平行光照射到镜面上后，会被平行地反射（图4.2-6甲）。这种反射叫做**镜面反射**（mirror reflection）。而看上去很平的白纸，如果在显微镜下观察，可以看出实际是凹凸不平的。凹凸不平的表面会把平行的入射光线向着四面八方反射（图4.2-6乙）。这种反射叫做**漫反射**（diffuse reflection）。正是由于桌椅、书本等物体会对照射到其上的光线产生漫反射，我们才可以从不同方向看到它们。

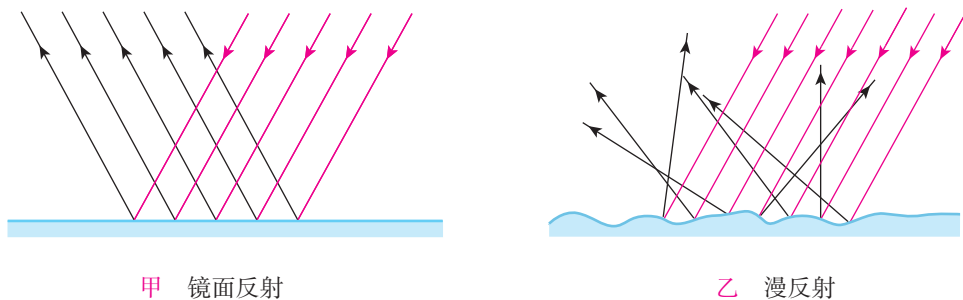


图4.2-6

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



### 想想议议

有时，黑板反射的光会“晃”着一些同学的眼睛。请画出这种现象的光路。为了保护同学们的眼睛，请你根据所学的知识提出改变这种状况的建议。



## 动手动脑学物理

1. 光与镜面成 $30^\circ$ 角射在平面镜上,反射角是多大?试画出反射光线,标出入射角和反射角。如果光垂直射到平面镜上,反射光如何射出?画图表示出来。

2. 自行车尾灯的结构如图4.2-7所示。夜晚,用手电筒照射尾灯,看看它的反光效果。试着在图4.2-7左图上画出反射光线。

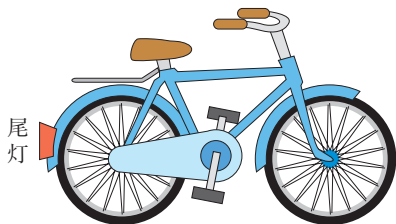
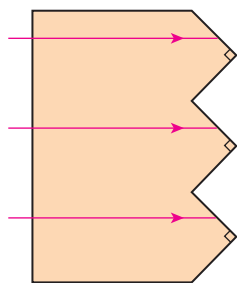


图4.2-7

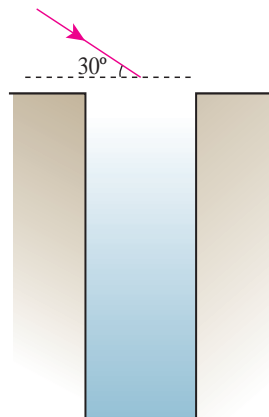


图4.2-8

3. 如图4.2-8所示,小明想要利用一块平面镜使此时的太阳光竖直射入井中。请你通过作图标出平面镜的位置,并标出反射角的度数。

4. 雨后晴朗的夜晚,为了不踩到地上的积水,人们根据生活经验判断:迎着月光走,地上发亮的是水;背着月光走,地上发暗的是水。请你依据所学光的反射知识进行解释。

5. 激光测距技术广泛应用在人造地球卫星测控、大地测量等方面。激光测距仪向目标发射激光脉冲束,接收反射回来的激光束,测出激光往返所用的时间,就可以算出所测天体与地球之间的距离。现在利用激光测距仪测量月、地之间的距离,精度可以达到 $\pm 10\text{ cm}$ 。已知一束激光从激光测距仪发出并射向月球,大约经过 $2.53\text{ s}$ 反射回来,则地球到月球的距离大约是多少千米?

## 第3节 平面镜成像

当你照镜子的时候可以在镜子里看到另外一个“你”，镜子里的这个“人”就是你的像（image）。在平静的水面，国家大剧院和它的倒影相映成趣，宛如一个巨大的蛋壳（图4.3-1）。这个“倒影”实际上就是大剧院在水中的像。探究平面镜成像的特点后，你就会知道其中的道理了。



图4.3-1 有趣的倒影

### 平面镜成像的特点



#### 实验

#### 探究平面镜成像的特点

平面镜成像时，像的位置、大小跟物体的位置、大小有什么关系？

#### 设计和进行实验

照图4.3-2那样，在桌面上铺一张大纸，纸上竖立一块玻璃板作为平面镜。沿着玻璃板在纸上画一条直线，代表平面镜的位置。把一支点燃的蜡烛放在玻璃板的前面，可以看到它在玻璃板后面的像。再拿一支外形相同但不点燃的蜡烛，竖立着在玻璃板后面移动，直到看上去它跟前面那支蜡烛的像完全重合。这个位置就是前面那支蜡烛的像的位置。在纸上记下这两个位置。实验时注意观察蜡烛的大小和它的像的大小是否相同。

移动点燃的蜡烛，重做实验。

用直线把每次实验中蜡烛和它的像在纸上的位置连起来，并用刻度尺分别测量它们到玻璃板的距离，

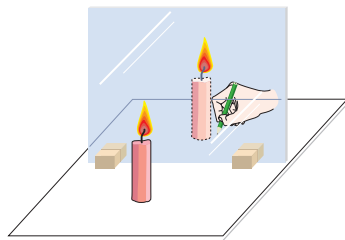


图4.3-2 探究平面镜成像的装置



设计实验时，应根据所提问题和猜想等，提出切实可行的方案。实验中要如实、准确地记录实验结果。

将数据记录在下表中。

次数	蜡烛到平面镜的距离/cm	蜡烛的像到平面镜的距离/cm	蜡烛的像与蜡烛的大小关系
1			
2			
3			
...			

### 分析和论证

蜡烛及蜡烛的像在位置上有什么关系？它们的大小有什么关系？

平面镜所成像的大小与物体的大小相等，像和物体到平面镜的距离相等，像和物体的连线与镜面垂直。

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

### 平面镜成虚像

在上面的实验中，平面镜后面并没有点燃的蜡烛，但是，我们却看到平面镜后面好像有烛焰。这是为什么？

在图4.3-3中，光源 $S$ 向四处发光，一些光经平面镜反射后进入了人的眼睛，引起视觉。由于有光沿直线传播的经验，人会感觉这些光好像是从进入人眼光线的反向延长线的交点 $S'$ 处发出的。 $S'$ 就是 $S$ 在平面镜中的像。

由于平面镜后并不存在光源 $S'$ ，进入眼睛的光并非真正来自 $S'$ ，所以把 $S'$ 叫做虚像（virtual image）。

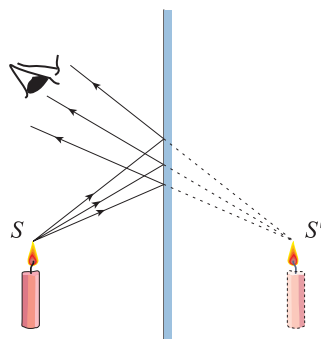


图4.3-3 平面镜中的像是虚像

### 平面镜的应用

平面镜的使用历史悠久，古代人们就用磨光的铜面作为镜子。现代生活中我们都离不开镜子（图4.3-4）。



图4.3-4 演员对着镜子画脸谱

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

如果把许多平面镜按照一定的规律排列起来，就可以把太阳光反射后汇聚到同一个位置，从而利用太阳能来发电。这就是塔式太阳能电站（图4.3-5）的原理。



图4.3-5 塔式太阳能电站

## 科学世界

### 凸面镜和凹面镜

除了平面镜外，生活中也常见到凸面镜和凹面镜，它们统称球面镜。餐具中的不锈钢勺子，它的里外两面就相当于凹面镜和凸面镜。

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

汽车前灯的反光装置（图4.3-7）则相当于凹面镜，有了它，射出的光接近于平行光。利用凹面镜制成的太阳灶（图4.3-8）可以将会聚的太阳光用来烧水、煮饭，既节省燃料，又不污染环境。凹面镜的面积越大，会聚的太阳光越多，温度也就越高。大的太阳炉甚至可以用来熔化金属。



图4.3-6 凸面镜可以扩大视野

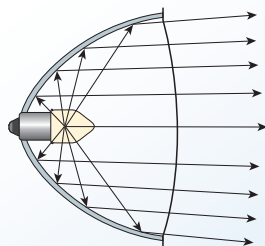


图4.3-7 汽车前灯的反光装置



图4.3-8 利用太阳灶烧水



## 动手动脑学物理

1. 小芳站在穿衣镜前1 m处，镜中的像与她相距多少米？若她远离平面镜0.5 m，则镜中的像与她相距多少米？镜中像的大小会改变吗？

2. 试画出图4.3-9中小丑的帽子在平面镜中的像。

3. 如图4.3-10所示， $A'O'$  是  $AO$  在平面镜中的像。画出平面镜的位置。

4. 检查视力的时候，视力表放在被测者头部的后上方，被测者识别对面墙上镜子里的像（图4.3-11）。视力表在镜中的像与被测者相距多远？与不用平面镜的方法相比，这样安排有什么好处？

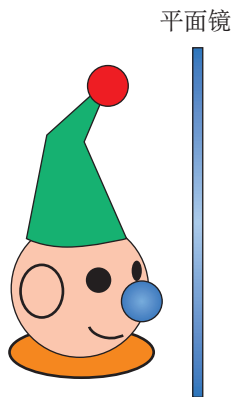


图4.3-9 画出小丑的帽子在镜中的像

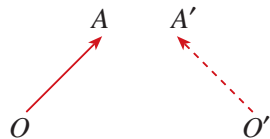


图4.3-10 平面镜在哪里？

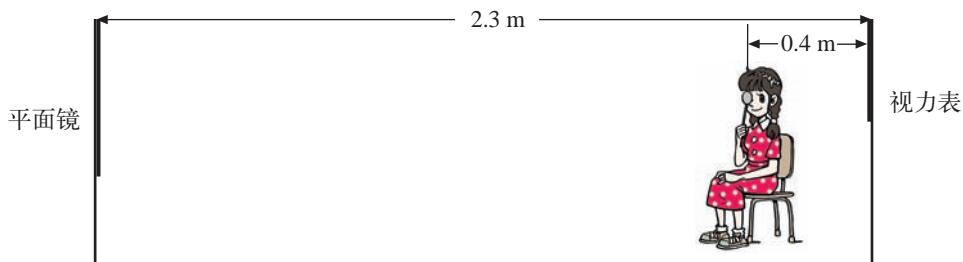


图4.3-11 检查视力

5. 小明在做平面镜成像的实验时，认为在玻璃板后所成的像是实像。你能通过什么方法来证明小明的想法是错误的？

6. 潜水艇下潜后，艇内的人员可以用潜望镜来观察水面上的情况。我们利用两块平面镜就可以制作一个潜望镜（图4.3-12）。自己做一个潜望镜并把它放在窗户下，看看能否观察到窗外的物体。

如果一束光水平射入潜望镜镜口，它将经过怎样的路径射出？画出光路图来。

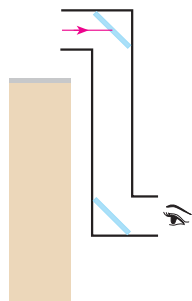


图4.3-12 潜望镜

## 第4节 光的折射

清澈见底、看起来不过齐腰深的池水，不会游泳的人千万不要贸然下去，因为它的实际深度会超过你看到的深度，可能会使你惊慌失措而发生危险。为什么池水看起来比实际的浅呢？这与光的折射现象有关。

### 光的折射

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

#### 实验

#### 探究光折射时的特点

让一束光从空气以不同的角度射入水中（图4.4-1），观察光束在空气中和水中的径迹。光束进入水中以后传播方向是否发生了偏折？向哪个方向偏折？

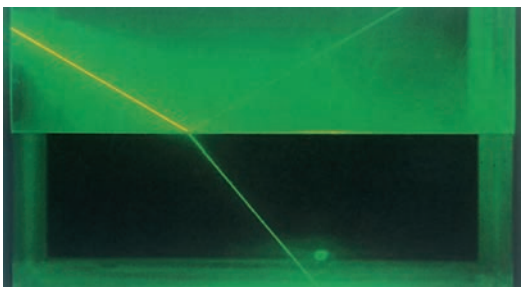


图4.4-1 光射入水中时的折射现象

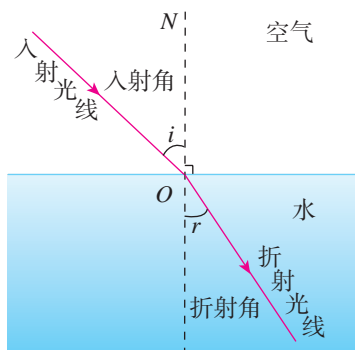


图4.4-2 光从空气斜射入水中，折射光线发生偏折。

如图4.4-2所示，以经过入射点 $O$ 并垂直于水面的直线 $ON$ 作为法线，入射光线与法线的夹角 $i$ 叫做入射角，折射光线与法线的夹角 $r$ 叫做折射角。由实验可以发现，光从空气斜射入水中时，传播方向发生了偏折，这种现象叫做光的折射（refraction）。

光从空气斜射入水中或其他介质中时，折射光线向法线方向偏折，折射角小于入射角。当入射角增大时，折射角也增大；当入射角减小时，折射角也减小。当光从空气垂直射入水中或其他介质中时，传播方向不变。

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

## 生活中的折射现象

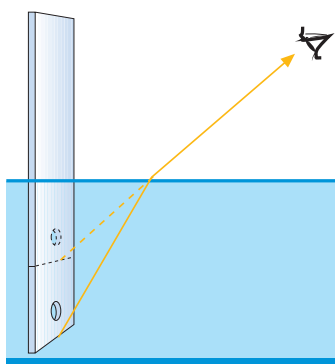


图4.4-3 池水变“浅”了

用光的折射现象可以解释本节开始提出的问题。池底某点发出的光从水中斜射向空气时会发生偏折，逆着折射光看去，就会感觉这点的位臵升高了（图4.4-3），即池水看起来比实际的浅。利用同样的道理，还可以解释筷子在水中“折断”等现象。

鱼儿在清澈的水中游动，可以看得很清楚。然而，沿着你看见鱼的方向去叉它，却又不到。有经验的渔民都知道，只有瞄准鱼的下方才能叉到鱼（图4.4-4）。

图4.4-4 鱼在哪里？





## 想想议议

在图4.4-5中，起初茶碗看起来是空的，但当你慢慢往茶碗中倒水时，就会发现碗中原来还藏着一枚硬币。想一想，这是为什么？尝试着在家里表演这个小魔术，并向其他人解释。



图4.4-5



## 科学世界

### 海市蜃楼

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

海市蜃楼是怎样发生的？

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

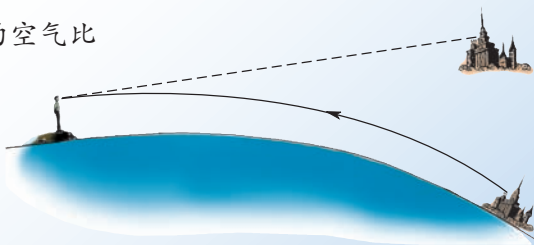


图4.4-6 海市蜃楼的成因



## 动手动脑学物理

1. 图 4.4-7 中，哪一幅图正确地表示了光从空气进入玻璃中的光路？

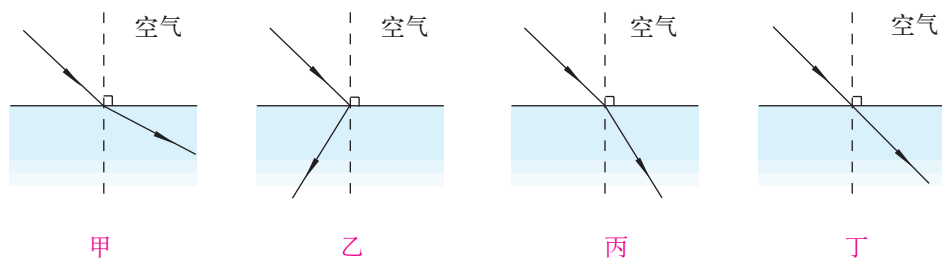


图4.4-7

2. 一束光射向一块玻璃砖 (图 4.4-8)，并穿过玻璃砖。画出这束光进入玻璃和离开玻璃后的光线 (注意标出法线)。

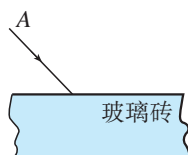


图4.4-8

3. 小明在平静的湖边看到“云在水中飘，鱼在云上游”。请你说一说这一有趣的现象是怎么形成的。

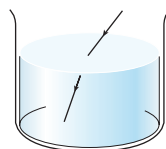


图4.4-9

4. 如图 4.4-9 所示，有束光射入杯中，在杯底形成光斑。逐渐往杯中加水，则观察到的光斑将会如何移动？

## 第5节 光的色散

太阳发出的光，照亮了地球，使万物生辉。17世纪以前，人们一直认为白色是最单纯的颜色。直到1666年，英国物理学家牛顿用玻璃三棱镜“分解”了太阳光，这才揭开了光的颜色之谜。彩虹就是太阳光在传播中遇到空气中的水滴，经反射、折射后产生的现象。

### 色散



#### 演示

让一束太阳光照射到三棱镜上（图4.5-1）。从三棱镜射出的光有什么变化？

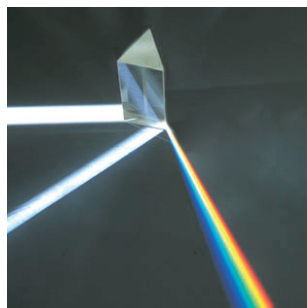


图4.5-1 光的色散

太阳光是白光，它通过棱镜后，被“分解”成各种颜色的光，这种现象叫光的色散（dispersion）。如果用一个白屏来承接，在白屏上就形成一条彩色的光带，颜色依次是红、橙、黄、绿、蓝、靛、紫。这说明，白光是由各种色光混合而成的。



#### 想想做做

##### 太阳光的色散

如果没有三棱镜，也可以用图4.5-2所示的装置来进行光的色散实验。在深盘中盛一些水，盘边斜放一个平面镜。使太阳光照射在平面镜上，并反射到白色的墙壁或白纸上。观察墙壁或白纸上反射光的颜色。

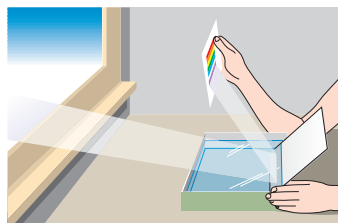


图4.5-2 光的色散实验

## 色光的混合

人们发现，把红、绿、蓝三种色光按不同比例混合后，可以产生各种颜色的光（图4.5-3），因此把红、绿、蓝叫做色光的三原色。彩色电视机画面上的丰富色彩就是由三原色光混合而成的（图4.5-4）。

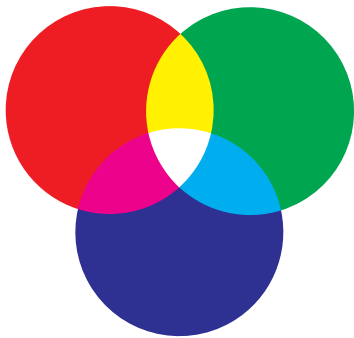


图4.5-3 色光的三原色

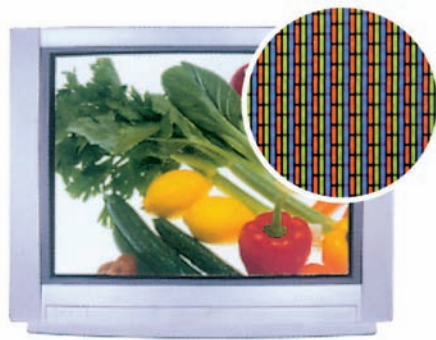


图4.5-4 电视画面的颜色是由红、绿、蓝三种色条合成的。

## 看不见的光

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



图4.5-5 太阳的可见光谱。在红光之外是红外线，紫光之外是紫外线，人眼都看不见。

太阳的能量以光的形式辐射到地球。如果把非常灵敏的温度计放到棱镜后面，让光照射，能够检测到温度的上升。值得注意的是，在红光以外的部分，温度上升得更快，说明这里也有能量辐射，只不过人眼看不见。我们把红光之外的辐射叫做**红外线**（infrared ray）。

一个物体，当它的温度升高时，尽管看起来外表还跟原来一样，但它辐射的红外线却大大增强。人体生病的时候，局部皮肤的温度异常，如果在照相机里装上对红外线敏感的胶片，给皮肤拍照并与健康人的照片（图4.5-6）对比，有助于诊断疾病。



图4.5-6 用红外胶片拍摄的“热谱图”

夜间人的体温比野外草木、岩石的温度高，人体辐射的红外线比它们强。人们根据这个道理制成了红外线夜视仪。

红外线还可以用来遥控。电视机遥控器的前端有一个发光二极管，按下不同的键时，可以发出不同的红外线，来实现对电视机的遥控。

在光谱的紫端以外，还有一种看不见的光，叫做**紫外线**（ultraviolet ray）。紫外线也和人类生活有非常重要的关系。适当的紫外线照射对于骨骼的生长和身体健康的许多方面都有好处。紫外线能杀死微生物。在医院的手术室、病房里，常用紫外线灯来灭菌。紫外线能使荧光物质发光。钞票或商标的某些位置用荧光物质印上标记，在紫外线下识别这些标记，这是一种有效的防伪措施（图4.5-7）。



过量的紫外线照射对人体有害，轻则使皮肤粗糙，重则引起皮肤癌。

图4.5-7 紫外线使钞票上的荧光物质发光



### 动手动脑学物理

1. 用放大镜观察彩色电视机工作时的屏幕，对比发白光的区域和其他颜色的区域，看看红、绿、蓝三种色条的相对亮度有什么不同。

2. 请将下面左侧列出的各种现象在右侧找出对应的物理知识。

例：射击瞄准时要做到“三点一线”	—————	光的直线传播
在平静的湖面可以看到蓝天白云		光的直线传播
游泳池注水后，看上去好像变浅了		光的反射
光遇到不透明物体后，可以形成影子		光的折射
太阳光经过三棱镜后可以产生彩色光带		光的色散
早晨太阳还在地平线以下时人就可以看到它		
阳光透过树叶间的缝隙射到地面上，形成圆形光斑		

3. 红外线、紫外线跟你的生活有什么联系？各举两例。



### 1. 光的直线传播

能够发光的物体叫做光源。

光既可以通过空气、水、玻璃等介质传播，也可以在真空中传播。光在同种均匀介质（或真空）中沿直线传播。

光在真空中的传播速度约为  $3 \times 10^8$  m/s。

### 2. 光的反射定律

光遇到水、玻璃以及其他许多物体的表面都会发生反射。经过入射点并垂直于反射面的直线叫做法线，入射光线与法线的夹角叫做入射角，反射光线与法线的夹角叫做反射角。

发生反射时，反射光线、入射光线和法线都在同一个平面内；反射光线、入射光线分别位于法线两侧；反射角等于入射角。

在反射现象中，光路可逆。

### 3. 平面镜成像

物体经平面镜可成大小相等的虚像，像和物体到平面镜的距离相等，二者的连线与镜面垂直。也就是说，平面镜所成的像与物体关于镜面对称。

### 4. 光的折射

光从一种介质斜射入另一种介质时，传播方向会发生偏折。入射光线与法线的夹角叫做入射角，折射光线与法线的夹角叫做折射角。

光从空气斜射入水或其他介质中时，折射光线向法线方向偏折，折射角小于入射角。当入射角增大时，折射角也增大；当入射角减小时，折射角也减小。

在折射现象中，光路可逆。

### 5. 光的色散

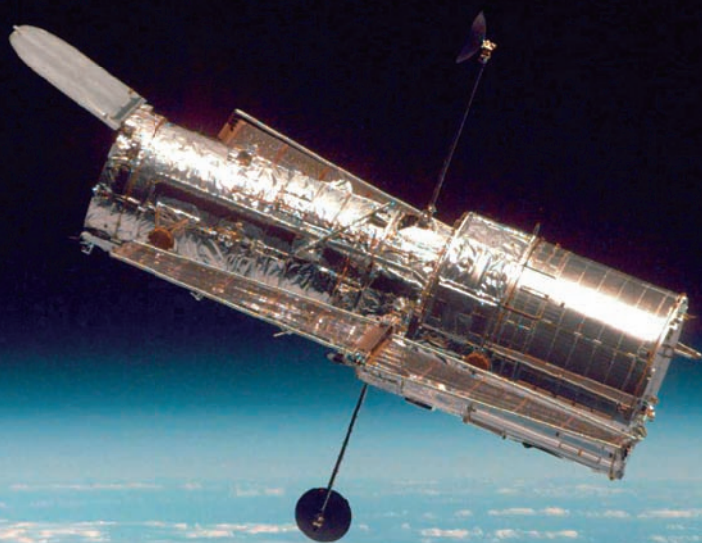
白光可以分解为红、橙、黄、绿、蓝、靛、紫各种单色光，它们按照一定的顺序排列成为可见光谱。红、绿、蓝是光的三原色，它们按不同比例混合后，可以产生各种颜色的光。

可见光红光之外是不可见光红外线，高温物体会向外辐射较强的红外线；紫光之外是不可见光紫外线，适量的紫外线对于骨骼的生长和身体健康等有益。

# 第五章 透镜及其应用

世界有多大？宇宙是什么样的？这些亘古以来就吸引并困惑着人类的问题，也经常萦绕在你的心头。人类怎样才能解开这些疑团呢？科学家们正在使用的一种方法就是，利用巨大的天文望远镜来观察、接收来自宇宙的信息。通过分析这些信息，人们对宇宙了解得越来越多了。然而你知道吗，这项伟大的事业竟然与小小的透镜密切相关。

这一章我们就来学习透镜的知识。



# 第1节 透镜



生活中人们经常使用眼镜、照相机、投影仪、显微镜等光学仪器。用照相机拍照，可以把瞬间情景留为永恒的记忆；利用投影仪，可以使教室里的同学看到放大的图片；医院化验室的医生，在显微镜下可以看见血液中的各种细胞。这些光学仪器与我们的生活息息相关，它们的主要部件都是**透镜**（lens）。

## 凸透镜和凹透镜

如果仔细观察眼镜，你会发现不同镜片的中间和边缘的厚薄不一样。远视镜片中间厚、边缘薄，这样的镜片是**凸透镜**（convex lens），如图5.1-1甲；近



图5.1-1 凸透镜和凹透镜

视镜片中间薄、边缘厚，这样的镜片是**凹透镜**（concave lens），如图5.1-1乙。透镜的两个表面中一般至少一个表面是球面的一部分。如果透镜的厚度远小于球面的半径，这种透镜就叫做薄透镜。

如图5.1-2，通过两个球面球心的直线叫做**主光轴**，简称**主轴**。主轴上有个特殊的点，通过这个点的光传播方向不变，这个点叫做透镜的**光心**。可以认为薄透镜的光心就在透镜的中心。

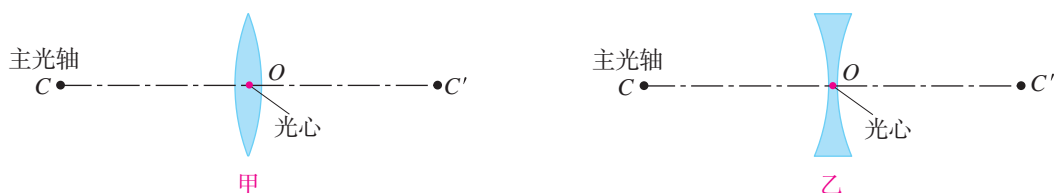


图5.1-2

除了眼镜外，很多光学仪器和日常用品也用到了透镜。例如照相机镜头就是由一组透镜组成的（图5.1-3）。

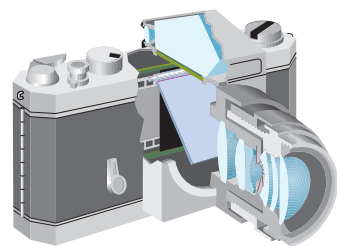


图5.1-3 照相机镜头剖面图

## 透镜对光的作用

许多同学可能做过这样的游戏：把一只放大镜正对着太阳光，再把一张纸放在它的另一侧，调整放大镜与纸的距离，纸上会出现一个很小、很亮的光斑（图5.1-4）。



图5.1-4 放大镜使光会聚

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

下面我们通过实验来仔细研究这两种透镜对光的作用。



## 演示

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

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

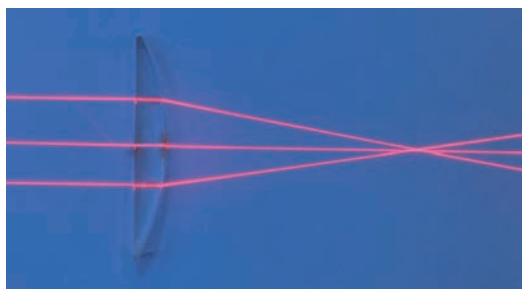


图5.1-5 凸透镜使光会聚

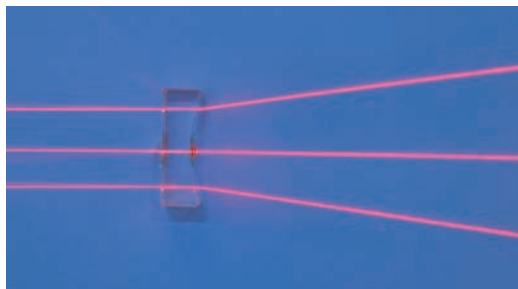


图5.1-6 凹透镜使光发散

实验表明，凸透镜对光有会聚作用，凹透镜对光有发散作用。因此，凸透镜又叫做会聚透镜，凹透镜又叫做发散透镜。

## 焦点和焦距

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

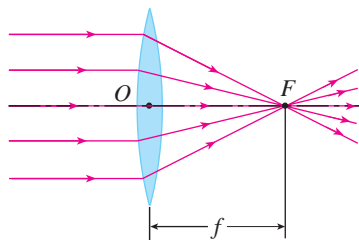


图5.1-7 凸透镜的焦点和焦距

## 想想做做

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



## 动手动脑学物理

1. 如图 5.1-8, 甲、乙两个凸透镜的焦距分别是 3 cm 和 5 cm。按照 2:1 的比例画出平行光经过它们之后的光线。哪个凸透镜使光偏折得更显著些?

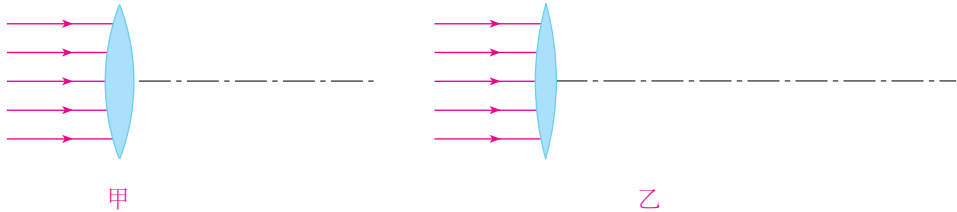


图 5.1-8

2. 要想利用凸透镜使小灯泡发出的光变成平行光, 应该把小灯泡放在凸透镜的什么位置? 试试看。在解决这个问题的时候, 你利用了前面学过的什么知识?

3. 一束光通过透镜的光路如图 5.1-9 所示, 哪幅图是正确的?

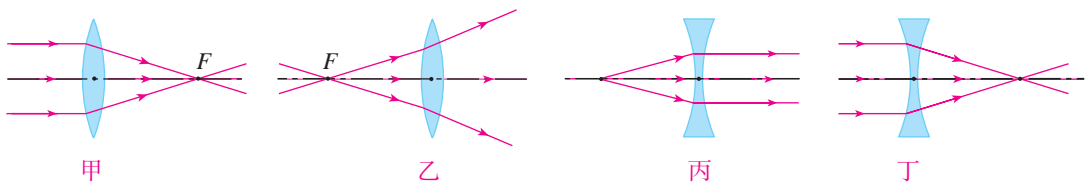


图 5.1-9 哪幅图是正确的?

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

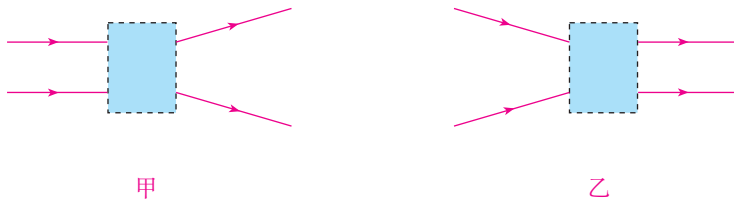
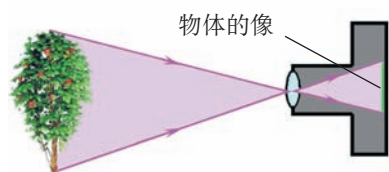


图 5.1-10

## 第2节 生活中的透镜

### 照相机

仔细观察照相机，你会发现所有照相机的前面都有一个镜头。镜头是由一组透镜组成的，相当于一个凸透镜。来自物体（人或景物）的光经过照相机镜头后会聚在胶片上，形成被照物体的像（图5.2-1甲）。照相时，物体离照相机镜头比较远，像是缩小、倒立的。早期照相馆里，摄影师取景时看到的像就是缩小、倒立的（图5.2-1乙）。现在的相机利用光学或电子技术，把倒立的像转变成正立的，以便于观察。



甲 照相机原理



乙 照相机成缩小、倒立的实像

图5.2-1



### 想想做做

#### 自制模型照相机

用硬纸板做两个粗细相差很少的纸筒，使一个纸筒刚好能够套入另一个纸筒内，并能前后滑动（图5.2-2）。在一个纸筒的一端嵌上一个焦距为5~10 cm的凸透镜，另一个纸筒的一端蒙上一层半透明薄膜。这样就做成了模型照相机。

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

观察时请注意，薄膜上的景物是不是倒立的？

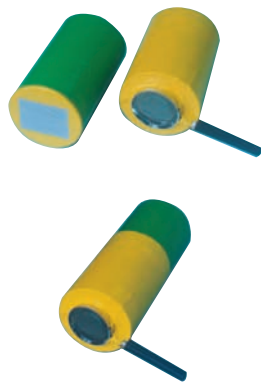


图5.2-2

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

无论是胶片相机还是数码相机，它们的成像都离不开透镜。

## 投影仪

投影仪也是利用凸透镜来成像的。

### 演示

把投影仪上的平面镜（反光镜）取下，投影片放到载物台上。调节镜头，在天花板上就能得到投影片上图案清晰的像（图5.2-3）。观察像的大小、正倒。

投影仪上有一个相当于凸透镜的镜头，来自投影片上图案（物体）的光，通过凸透镜后会聚在天花板上，形成图案的像。物体离投影仪镜头比较近，像是放大、倒立的。



图5.2-4 便携式投影仪

## 放大镜

生活中常用的放大镜就是一个凸透镜，它是最常用的光学仪器之一。把放大镜放在物体跟眼睛之间，适当调整距离，我们就能看清物体的细微之处。这时我们看到的像是放大、正立的（图5.2-5）。

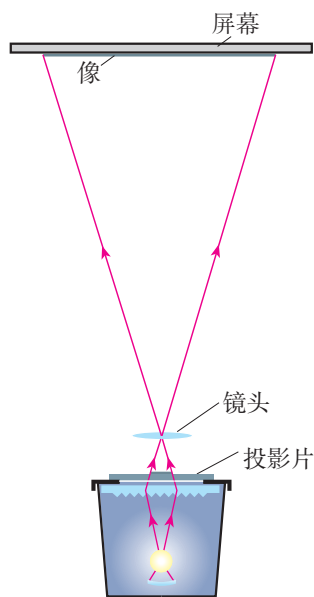


图5.2-3 投影仪成像原理

现在会议室、教室用的投影仪（图5.2-4），通常与电脑相连，电脑上的字或图通过投影仪被放大的原理和上面说的投影仪的类似。



图5.2-5 放大镜

## 实像和虚像

照相机和投影仪所成的像，是光通过凸透镜射出后会聚而成的。如果把感光胶片放在像的位置，确实能够记录下所成的像。这种像叫做**实像**（real image）。由于实像是来自物体的光通过凸透镜射出后会聚而成的，所以物体和实像分别位于凸透镜的两侧（图 5.2-6）。

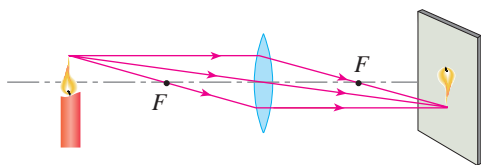


图5.2-6 凸透镜成实像情景：光屏能承接到所成的像，物和实像在凸透镜两侧。

平面镜所成的像是虚像，放大镜所成的像也是虚像。凸透镜成虚像时，通过凸透镜出射的光没有会聚，只是人眼逆着出射光的方向看去，感到光是从放置物体那一侧成虚像处发出的，物体和虚像位于凸透镜的同侧（图 5.2-7）。

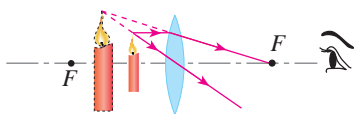


图5.2-7 凸透镜成虚像情景：光屏不能承接到所成的像，物和虚像在凸透镜同侧。

### 动手动脑学物理

1. 照相机的镜头相当于一个凸透镜，照片底片是照相时形成的像。判断图 5.2-1 中的树所成像的正倒。
2. 凸透镜是许多光学仪器的重要元件，可以呈现不同的像。应用凸透镜，在照相机中成\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_立的\_\_\_\_\_像；在投影仪中成\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_立的\_\_\_\_\_像；直接用凸透镜做放大镜时，成\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_立的\_\_\_\_\_像。
3. 手持一个凸透镜，在室内的白墙和窗户之间移动（离墙近些），在墙上能看到什么？这个现象启发我们，阴天怎样估测凸透镜的焦距？为使估测结果更准确，操作时应注意什么？
4. 请你根据本节课的“想想做做”，试着总结照相机、投影仪或幻灯机工作时是通过怎样的操作改变像的大小的。

# 第3节 凸透镜成像的规律

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

像的虚实、大小、正倒跟物距有什么关系呢？



## 实验

### 探究凸透镜成像的规律

#### 设计实验

我们可以把物体放在距凸透镜较远的地方，然后逐渐移近，观察成像的情况。由于凸透镜对光的偏折程度跟透镜的焦距 $f$ 有直接关系，所以研究物距 $u$ 的变化时，焦距可能是个应该注意的参照距离。比如，我们可以注意观察物距等于、大于或小于一倍焦距、二倍焦距……时，物体成像的情况（图5.3-1）。

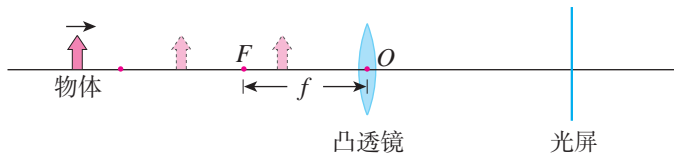


图5.3-1

#### 进行实验与收集证据

用一支蜡烛作为发光物体，一块白色的硬纸板作为承接烛焰像的屏，研究蜡烛的成像情况（图5.3-2）。

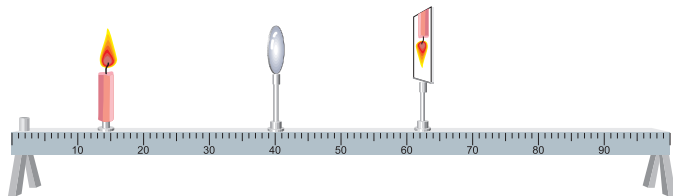


图5.3-2 探究凸透镜成像规律的装置

把蜡烛放在较远处，调整光屏到凸透镜的距离，使烛焰在屏上成清晰的实像。观察实像的大小和正倒，测出物距 $u$ 和像距 $v$ （像到凸透镜的距离）。

把蜡烛向凸透镜移近几厘米，放好后重复以上操作。

继续向凸透镜移动蜡烛并调整光屏的位置，你总能在屏上得到蜡烛的像吗？撤去光屏，变换观察的角度，看看能否观察到蜡烛的像？像在什么位置？

把实验中得到的数据和观察结果填入下表中。每个小组可以自己选择适当的物距，并与各小组共享测量的数据。

像与物距的关系

凸透镜的焦距 $f = \underline{\hspace{2cm}}$  cm

物距与焦距的关系	物距 $u/cm$	像的性质			像距 $v/cm$
		虚实	大小	正倒	
.....					


### 分析与论证

分析上表的记录，找出凸透镜成像的规律。

1. 像的虚实：凸透镜在什么条件下成实像？在什么条件下成虚像？

2. 像的大小：凸透镜在什么条件下成缩小的实像？在什么条件下成放大的实像？有没有缩小的虚像？

3. 像的正倒：凸透镜在什么条件下成正立的像？在什么条件下成倒立的像？

 根据实验数据，仔细分析，得出结论，是非常重要的能力。探究中要注意发现规律，得出正确的结论。



### 想想议议

查看上表的数据，凸透镜成放大的实像时，物距跟像距相比，哪个比较大？成缩小的实像时，物距跟像距相比，哪个比较大？由此你可以得出什么结论？凸透镜所成的像有没有正立的实像？有没有倒立的虚像？

## 动手动脑学物理

1. 照相机、投影仪、放大镜的成像都遵循凸透镜成像的规律，说一说它们分别应用了凸透镜成像的哪个规律。

2. 找一个圆柱形的玻璃瓶，里面装满水。把一支铅笔水平地放在玻璃瓶的一侧，透过玻璃瓶，可以看到那支笔

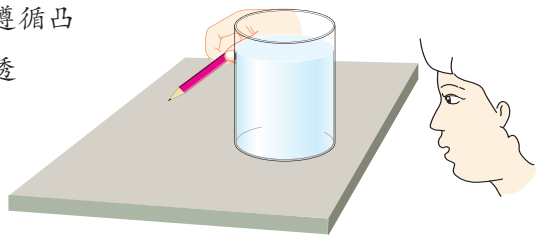


图5.3-3

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

与前面用凸透镜所做的实验相比，这两个实验有什么共同之处？有什么不同？

3. 学习使用照相机，向有经验的人了解光圈、快门和调焦环的作用。“傻瓜相机”有没有光圈和快门？是不是需要“调焦”？

4. 一位同学在利用图5.3-2所示的装置做实验，先用焦距为20 cm的透镜甲进行实验，在屏上得到了清晰的缩小实像。接下来他想改用焦距为10 cm的透镜乙继续进行实验。如果不改变发光体和屏的位置，透镜乙应该放在透镜甲的左侧还是右侧？

5. 小明同学在做探究凸透镜成像规律的实验中，光屏上得到发光体清晰的实像，但他不小心用手指指尖触摸到了凸透镜中，这时光屏上会出现怎样的情况？小勇说，光屏上会有指尖的像；小强说，光屏上会出现指尖的影子。你说呢？

6. 在天安门广场某处，小丽想拍摄天安门城楼的全景，但发现在该位置无论如何调节调焦环都不能实现。请你利用本节课学到的凸透镜成像的规律，帮小丽想想办法。应如何做，才能拍摄到天安门城楼的全景？



# 第4节 眼睛和眼镜

## 眼睛

你知道眼睛是如何看到物体的吗？

眼球好像一架照相机，它的结构如图 5.4-1 所示。晶状体和角膜的共同作用相当于一个凸透镜，把来自物体的光会聚在视网膜上，形成物体的像。视网膜上的感光细胞受到光的刺激产生信号，视神经把这个信号传输

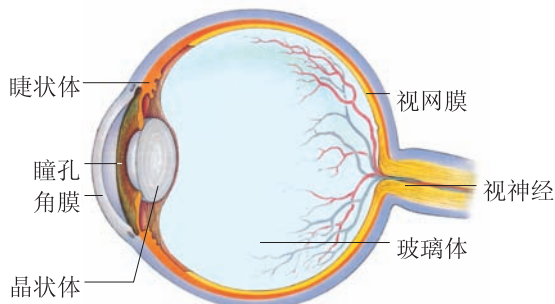
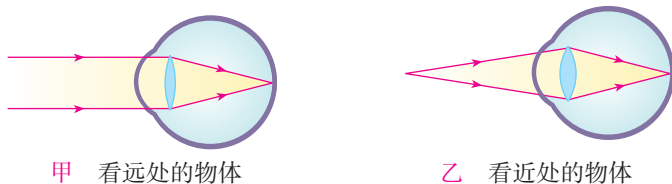


图5.4-1 眼球的结构

给大脑，我们就看到了物体。眼睛通过睫状体来改变晶状体的形状：当睫状体放松时，晶状体比较薄，远处物体射来的光刚好会聚在视网膜上，眼睛可以看清远处的物体（图 5.4-2 甲）；当睫状体收缩时，晶状体变厚，对光的偏折能力变大，近处物体射来的光会聚在视网膜上，眼睛就可以看清近处的物体（图 5.4-2 乙）。



甲 看远处的物体

乙 看近处的物体

图5.4-2 正常的眼睛调节

依靠眼睛调节所能看清的最远和最近的两个极限点分别叫做远点和近点。正常眼睛的远点在无限远，近点在大约 10 cm 处。正常眼睛观察近处物体最清晰而又不疲劳的距离大约是 25 cm，这个距离叫做明视距离。预防近视眼的措施之一，就是读写时眼睛与书本的距离应保持在 25 cm 左右。

## 近视眼及其矫正

近视眼只能看清近处的物体，看不清远处的物体。形成近视眼的原因是

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



甲 近视眼成像于视网膜前

乙 矫正后

图 5.4-3 近视眼及其矫正

## 远视眼及其矫正

远视眼只能看清远处的物体，看不清近处的物体。形成远视眼的原因是晶状体太薄，折光能力太弱，或者眼球在前后方向上太短，因此来自近处某点的光还没有会聚成一点就到达视网膜了，在视网膜上形成一个模糊的光斑（图 5.4-4 甲）。凸透镜能使光会聚，在眼睛前面放一个合适的凸透镜，就能使来自近处物体的光会聚在视网膜上（图 5.4-4 乙）。

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



甲 远视眼成像于视网膜后

乙 矫正后

图 5.4-4 远视眼及其矫正



科学世界

### 眼镜的度数

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

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

如果某透镜的焦距是 0.5 m，它的焦度就是

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

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

凸透镜（远视镜片）的度数是正数，凹透镜（近视镜片）的度数是负数。

请回答以下问题：

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



### 动手动脑学物理

1. 根据眼睛的构造和成像原理，和同学讨论：为了保护我们的视力，应该注意哪些用眼卫生，为什么？

2. 如果一束来自远处某点的光经角膜和晶状体折射后所成的像落在视网膜\_\_（填“前”或“后”），这就是近视眼。矫正的方法是戴一副由\_\_（填“凸”或“凹”）透镜片做的眼镜。矫正前像离视网膜越远，所配眼镜的“度数”越\_\_\_\_\_。

3. 仔细观察近视眼镜和远视眼镜，它们有什么不同？度数深的和度数浅的有什么不同？

你能鉴别一副老花眼镜的两个镜片的度数是否相同吗？说明方法和理由。

4. 某同学为进一步了解“视力矫正”的原理，用了探究凸透镜成像规律的装置做实验，他在发光体和凸透镜之间放置不同类型的眼镜片，观察到了如下现象。

（1）将近视眼镜片放在发光体与凸透镜之间，光屏上原来清晰的像变模糊了；使光屏远离透镜，又能在光屏上看到发光体清晰的像。这说明近视眼镜对光线有\_\_\_\_\_作用，它应该是\_\_\_\_\_透镜。由此可知，在近视眼得到矫正之前，物体的像成在视网膜的\_\_\_\_\_（填“前方”或“后方”）。

（2）取下近视眼镜片，重新调整光屏的位置，使它上面的像再次变得清晰，然后将另一个镜片放在发光体和光屏之间，光屏上原来清晰的像又变模糊了，再使光屏靠近透镜，又可以在光屏上看到发光体清晰的像。这说明戴上这个眼镜可以矫正\_\_\_\_\_眼。

# 第5节 显微镜和望远镜

## 显微镜

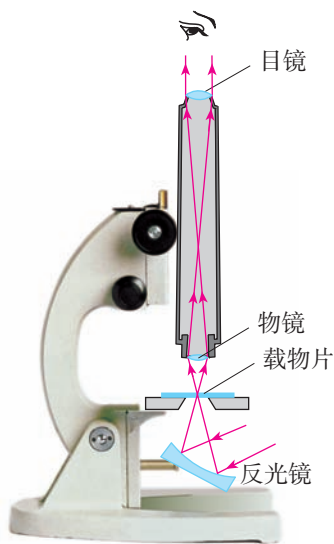


图5.5-1 显微镜的结构

一般的放大镜，放大的倍数有限，要想看清楚动植物的细胞等非常小的物体，就要使用显微镜。

显微镜镜筒的两端各有一组透镜，每组透镜的作用都相当于一个凸透镜。靠近眼睛的凸透镜叫做目镜，靠近被观察物体的凸透镜叫做物镜（图5.5-1）。

来自被观察物体的光经过物镜后成一个放大的实像，道理就像投影仪的镜头成像一样；目镜的作用则像一个普通的放大镜，把这个

像再放大一次。经过这两次放大作用，我们就可以看到肉眼看不见的小物体，例如细胞（图5.5-2）。

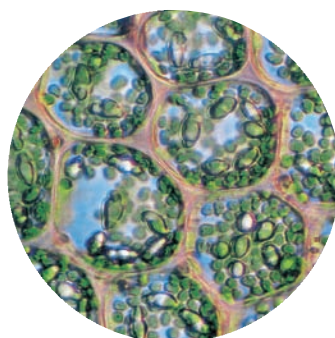


图5.5-2 显微镜下的植物细胞

## 望远镜

有一种望远镜是由两组凸透镜组成的。靠近眼睛的叫做目镜，靠近被观测物体的叫做物镜（图5.5-3）。

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

有的同学可能会有疑问：物体距离物镜很远，它的像却离物镜很近，根据前面探究的结果，这样

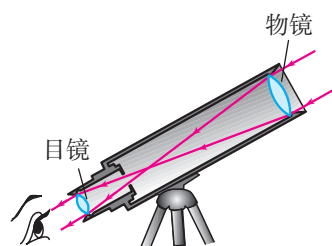


图5.5-3 天文爱好者用的望远镜

所成的像是缩小的，为什么使用望远镜观察物体时会感到物体被放大了？

原来，我们能不能看清一个物体，它对我们的眼睛所成“视角”（图5.5-4）的大小十分重要。望远镜的物镜所成的像虽然比原来的物体小，但它离我们的眼睛很近，再加上目镜的放大作用，视角就可以变得很大。

望远镜物镜的直径比我们眼睛的瞳孔大得多，这样它可以会聚更多的光，使得所成的像更加明亮。这一点在观测天空中的暗星时非常重要。现代天文望远镜都力求把物镜的口径加大，以便观测到更暗的星。

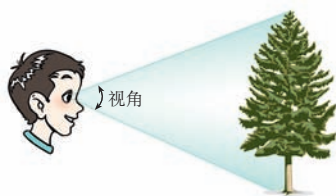


图5.5-4 物体对眼睛所成视角的大小不仅和物体本身的大小有关，还和物体到眼睛的距离有关。



### 想想做做

取两个焦距不同的放大镜，一只手握住一个，通过两个透镜看前面的物体（图5.5-5）。调整两个放大镜间的距离，直到看得最清楚为止。物体是变大了还是变小了？把两个放大镜的位置前后对调，你有什么新的发现？



图5.5-5 模拟望远镜

## 探索宇宙

第一位把望远镜指向天空的是意大利物理学家伽利略。1609年，伽利略用自制的望远镜（图5.5-6）观察天体，以确凿的证据支持了哥白尼的“日心说”。他还第一个观察到了木星的卫星、太阳黑子和月球上的环形山。

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



图5.5-6 伽利略望远镜

1990年，科学家把“哈勃”太空望远镜送入太空，使人类观测宇宙的能力空前提高。除光学望远镜外，人们还发明了其他观测太空的仪器，如射电望远镜，这使得人类对宇宙的了解越来越深入。

目前，人类观测到的最远的天体距离我们约130亿光年。也就是说，如果有一束光以 $3 \times 10^8$  m/s的速度从这个天体发出，那么要经过约130亿年才能到达地球。

我们的宇宙 (universe) 中拥有上千亿个星系，银河系 (Galaxy) 只是这上千亿个星系中的一个。银河系异常巨大，一束光穿越银河系需要10万年的时间。太阳 (sun) 不过是银河系中几千亿颗恒星中的一员 (图5.5-7)。太阳周围有水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星等行星绕它运行，地球 (earth) 在离太阳比较近的第三条轨道上。此外，还有若干其他天体绕太阳转动。

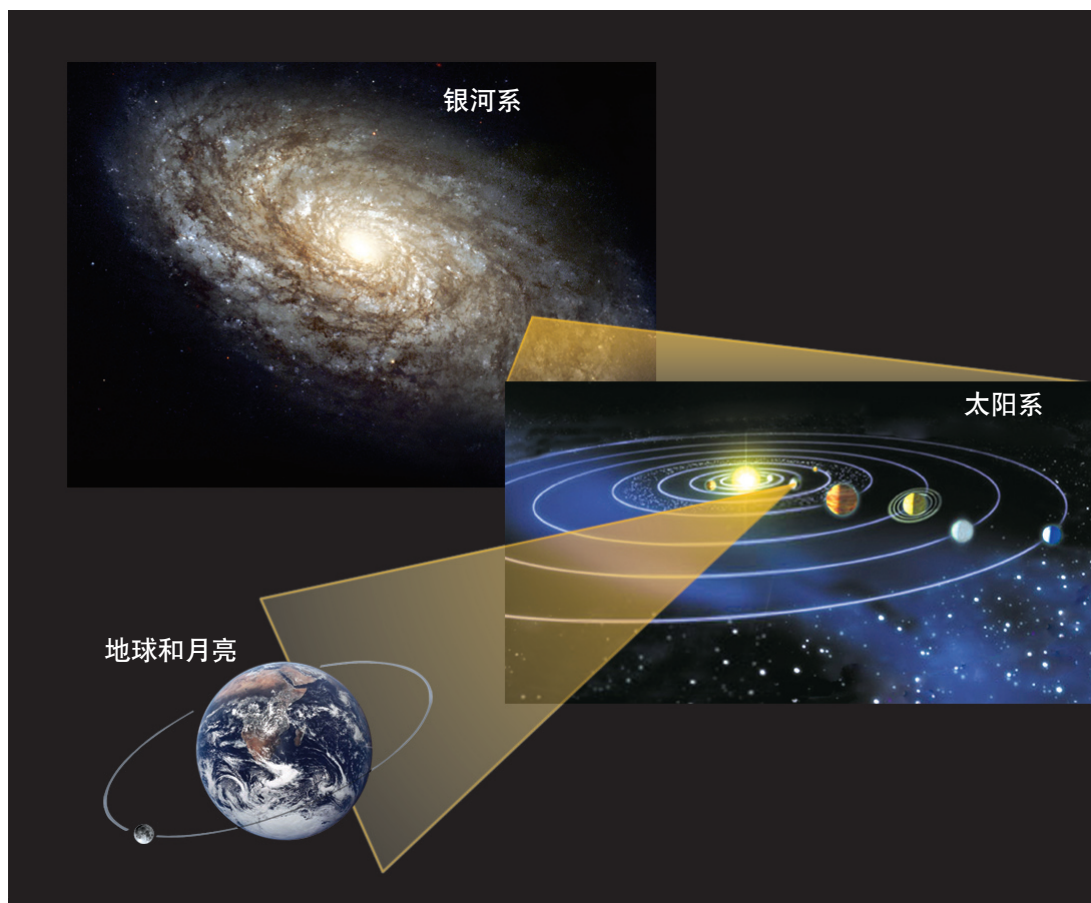
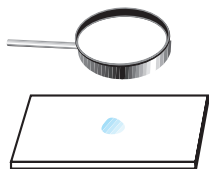


图5.5-7 太阳只是银河系中几千亿颗恒星中的一员，地球是太阳系中的一颗普通行星。

## 动手动脑学物理



1. 如图 5.5-8 所示, 把一滴水滴在玻璃板上, 在玻璃板下面放置一个用眼睛看不清楚的小物体。可以看到水滴就是一个放大镜。如果还看不清小物体, 再拿一个放大镜位于水滴的上方。慢慢调节放大镜与水滴之间的距离, 你就可以看清玻璃板下的微小物体!

2. 收集人类探索宇宙历程的资料, 自拟题目就你喜欢的相关问题写一篇科学小短文。

图 5.5-8 自制显微镜

## 学到了什么

### 1. 凸透镜与凹透镜

中间厚、边缘薄的透镜叫做凸透镜, 中间薄、边缘厚的透镜叫做凹透镜。

凸透镜对光有会聚作用, 凹透镜对光有发散作用。凸透镜能使跟主光轴平行的光会聚在主光轴上的一点, 这个点叫做凸透镜的焦点。焦点到凸透镜光心的距离叫做焦距。

### 2. 凸透镜的成像规律及其应用

当物距大于 2 倍焦距时, 成倒立、缩小的实像。照相机就利用了这条规律。

当物距等于 2 倍焦距时, 成倒立、等大的实像。

当物距小于 2 倍焦距、大于焦距时, 成倒立、放大的实像。投影仪就利用了这条规律。

当物距小于焦距时, 成正立、放大的虚像。放大镜就利用了这条规律。

显微镜和望远镜中, 物镜的作用是成实像, 目镜的作用是把这个实像放大。

### 3. 眼睛和眼镜

眼睛可以调节晶状体的焦距, 从而看清楚远近不同的物体。正常眼睛的明视距离大约是 25 cm。

通过近视眼镜(凹透镜)的发散作用和远视眼镜(凸透镜)的会聚作用, 可以在视网膜上得到物体的清晰的像, 从而达到矫正视力的目的。

# 第六章 质量与密度

在上海世博会湖南活动周庆典上，姑娘们穿着节日盛装，表演苗族银饰舞《苗山银月》。漂亮的苗银饰物把她们打扮得美丽、动人。你知道这些银白色的饰物是由什么材料制成的吗？我们怎样才能鉴别出来？





# 第1节 质量



地球上高山、大海、空气，有树木、花草、鸟兽，有人类赖以生存的衣、食、住、行所必需的物品。浩瀚的宇宙中有数不清的星体，如太阳、月亮等。这些物体尽管形态各异，但都是由物质组成的。

组成物体的物质有多有少，一个铁锤所含的物质就比一个铁钉所含的物质多。生产、生活中经常需要知道物质的多少，比如粮食的多少，金属的多少。古埃及人很早就用“天平”粗略地测量物质的多少了（上图）。

## 质量

物理学中，物体所含物质的多少叫做**质量**（mass），通常用字母  $m$  表示。

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

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

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

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

### 一些物体的质量

物体	质量 / kg	物体	质量 / kg
流感病毒	约 $10^{-19}$	成人	$(4\sim 9) \times 10$
细菌	约 $10^{-11}$	大象	可达 $6.0 \times 10^3$
大头针	约 $8.0 \times 10^{-5}$	鲸	可达 $1.5 \times 10^5$
一元硬币	约 $6 \times 10^{-3}$	大型远洋货轮	约 $10^7$
苹果	约 $1.5 \times 10^{-1}$	地球	$6.0 \times 10^{24}$
新生儿	约 $2\sim 5$	太阳	$2.0 \times 10^{30}$

## 质量的测量

到市场买粮、买菜，售货员要称货品的质量。图6.1-1是常用的称质量的器具——秤。

在学校的实验室和工厂的化验室常用天平称质量。下面，我们将一边学习，一边操作，练习使用天平。



图6.1-1 秤

## 天平的使用

为了不使天平损坏，在操作之前要牢记下面的几条要求。

1. 每个天平都有自己的“称量”，也就是它所能称的最大质量。被测物体的质量不能超过称量。
  2. 向盘中加减砝码时要用镊子，不能用手接触砝码，不能把砝码弄湿、弄脏。
  3. 潮湿的物体和化学药品不能直接放到天平的盘中。
- 请你逐条分析，如果不按这些要求做，会出现什么问题。

## 用天平测量固体和液体的质量

测量橡皮、铅笔、瓶中水的质量。

观察天平的结构，并在练习使用天平的过程中，思考下面几个问题。

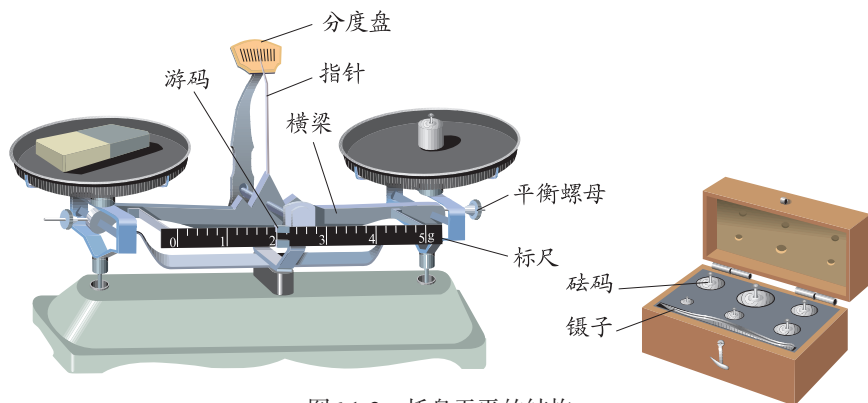


图6.1-2 托盘天平的结构

### 1. 天平应水平放置

你的天平有没有检查天平底座是否水平的装置？如果有，应该怎样调平？

### 2. 天平使用前要使横梁平衡

把游码放到标尺左端的零刻度线处。指针指在什么位置表示横梁平衡了？每台天平都有平衡螺母，用来调整横梁的平衡。你的天平的平衡螺母安装在什么位置？如果指针偏左，应该向哪个方向旋动平衡螺母？

你用的砝码盒中最小砝码的质量是多少？总质量是多少？

游码能够分辨更小的质量，相当于一个“砝码”，它在标尺上每向右移动一格，就等于在右盘中增加一个更小的砝码。在你用的天平标尺上，一个这样的小格相当于多大质量的砝码？

把被测物体放在左盘中，在右盘中加减砝码，并调节游码在标尺上的位置，直到横梁恢复平衡。这时盘中砝码的总质量加上游码在标尺上所对的刻度值，就等于被测物体的质量。

用天平称出橡皮、铅笔的质量。

用天平称出小瓶中水的质量（想想应该如何称量）。

想一想：

1. 在左盘放上准备称量的物体后，向右盘中尝试着加砝码时，应该先加质量大的还是先加质量小的？为什么？

2. 如果要称粉状物体（例如盐），应该怎样做？

上面所用的天平是一种机械天平，现在也常用电子天平（图6.1-3）来测量质量。有的电子天平精确度很高，对 $5 \times 10^{-11} \text{ kg}$ （相当于一个红血球的质量）大小的质量都能反应出来。

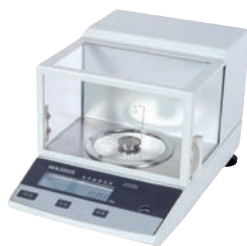


图6.1-3 电子天平



### 想想做做

1. 用天平称一个塑料瓶的质量，然后将其剪碎再放到天平上称，比较这个物体在形状变化前后的质量。
2. 称量一小杯水与一小匙白糖的总质量，然后使白糖溶于水，再称糖水的质量。比较两次称量的结果。

通过以上两个实验，你能得出什么结论？

如果把铁块压成铁片，虽然形状变了，但是所含铁的多少并没有变，所以质量也不会变。一块冰融化成水，虽然物态变了、体积变了，但是质量不会变。一盒罐头，不论放在地球上什么地方，或是被宇航员带到太空中，它的质量也不会变。物体的质量不随它的形状、状态和位置而改变。



图6.1-4 从地球带到太空的食品，质量变了吗？



### 科学世界

#### 质量单位——千克的由来

自古以来，各国采用过各种不同的质量单位。例如，我国曾经用斤、两、钱做质量单位；英、美等国曾经用磅做质量单位。现在世界各国普遍采用国际单位制，在国际单位制中质量的基本单位是千克。

1791年，法国为了改变计量制度的混乱情况，在规定了长度的单位米的同时，在米的基础上规定了质量单位，即规定 $1 \text{ dm}^3$ 的纯水在 $4 \text{ }^\circ\text{C}$ 时的质量为 $1 \text{ kg}$ ，并且用铂制作了标准千克原器，保存在法国档案局。因此，这个标准千克原器也叫“档案千克”。

1872年，科学家们通过国际会议，决定以法国档案千克为标准，用铂铱合金制作

标准千克的复制品，分发给其他国家。1883年，在复制品中选了一个与“档案千克”质量最接近的作为国际千克原器，保存在国际计量局（设在巴黎）。1889年，第一届国际计量大会批准以这个国际千克原器作为质量的标准，沿用到现在。

这种作为质量测量标准件的具体实物，终会因为外界环境的变化而引起质量的变化。例如近年来科学家就发现国际千克原器质量大约减少了 $5 \times 10^{-5}$  g，相当于一小粒沙子的质量，具体原因仍旧是一个谜。目前，科学家正在寻找一种方式，能够在不使用具体实物的情况下定义质量单位。



图6.1-5 国际千克原器（复制品）

### 动手动脑学物理

1. 一艘船把货物从赤道运到南极，在运输过程中货物没有损失，这些货物的质量改变吗？

2. 如何称出一个大头针的质量？说出你的测量方法，并实际测一测。

3. 一块质量为100 g的冰熔化成水后，它的质量（ ）。

A. 仍是100 g                      B. 大于100 g                      C. 小于100 g

4. 某同学用天平测量一块金属的质量时，使用了3个砝码，其中1个100 g、1个50 g、1个20 g，游码在标尺上的位置如图6.1-6所示。这块金属的质量是多少？



图6.1-6

5. 有些商店里使用一种案秤（图6.1-7），它的工作原理与天平相同，不过两臂长度不等。这种案秤的哪两部分相当于天平的两个盘？什么相当于天平的砝码、游码？怎样判定它的横梁是否平衡？它的平衡螺母在什么位置？怎样调整才能使横梁平衡？

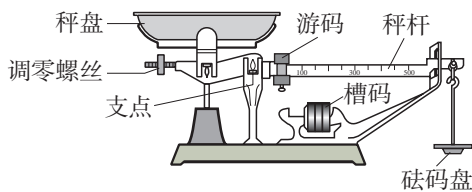


图6.1-7 案秤

## 第2节 密度

体积相同的木块、铝块和铁块，它们的质量并不相同。铁块质量最大，铝块较小，木块最小。而同一种物质，体积越大，质量越大。如果体积增大到原来的2倍，质量也会增加到原来的2倍吗？也就是说，同种物质的质量与它的体积成正比吗？

### 实验

#### 探究同种物质的质量与体积的关系

我们用铝块做实验，研究铝块质量与体积的关系。取大小不同的若干铝块，分别用天平测量它们的质量，用直尺测量边长后计算出它们的体积，列出表来。然后以体积 $V$ 为横坐标，以质量 $m$ 为纵坐标，在坐标纸上描点，再把这些点连起来，看看它们是否大致为一条直线。

下面的表格可供参考。

	$m/g$	$V/cm^3$
铝块1		
铝块2		
铝块3		
铝块4		
……		

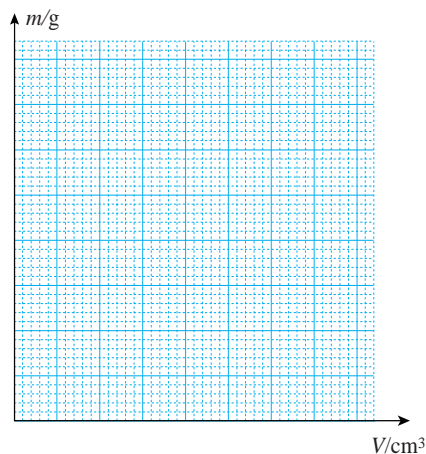



图6.2-1

 体积为0时质量也是0，所以根据 $m=0$ 和 $V=0$ ，也可以作出一个点。

通过所作的图象，可以直观地看到铝块的质量随体积的变化关系。你从中得到了什么结论？与你的猜想一样吗？

结论：铝块的质量跟体积\_\_\_\_\_。

在上面的探究中，铝块质量与体积的比值不变。如果是铁块或者木块，这个比值会跟铝块的一样吗？

## 密度

同种物质的质量与体积的比值是一定的，物质不同，其比值一般也不同，这反映了不同物质的不同性质。在物理学中，某种物质组成的物体的质量与它的体积之比叫做这种物质的密度（density）。如果用 $\rho$ （读做rou）表示密度、 $m$ 表示质量、 $V$ 表示体积，那么用公式写出来就是

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

密度在数值上等于物体单位体积的质量。

密度 $\rho$ 的单位是由质量单位和体积单位组成的。在国际单位制中，密度的基本单位是千克每立方米，符号是 $\text{kg/m}^3$ 。有时候也用克每立方厘米做密度的单位，符号 $\text{g/cm}^3$ 。这两个密度单位的关系是

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

### 小资料



#### 1. 一些固体的密度（常温常压下）

物质	密度 / ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ )	物质	密度 / ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ )
钨	$22.5 \times 10^3$	铝	$2.7 \times 10^3$
金	$19.3 \times 10^3$	花岗岩	$(2.6 \sim 2.8) \times 10^3$
铅	$11.3 \times 10^3$	砖	$(1.4 \sim 2.2) \times 10^3$
银	$10.5 \times 10^3$	冰 ( $0^\circ\text{C}$ )	$0.9 \times 10^3$
铜	$8.9 \times 10^3$	蜡	$0.9 \times 10^3$
钢、铁	$7.9 \times 10^3$	干松木	$0.5 \times 10^3$

## 2. 一些液体的密度 ( 常温常压下 )

物质	密度 / (kg·m <sup>-3</sup> )	物质	密度 / (kg·m <sup>-3</sup> )
水银	$13.6 \times 10^3$	植物油	$0.9 \times 10^3$
硫酸	$1.8 \times 10^3$	煤油	$0.8 \times 10^3$
海水	$1.03 \times 10^3$	酒精	$0.8 \times 10^3$
纯水	$1.0 \times 10^3$	汽油	$0.71 \times 10^3$

## 3. 一些气体的密度 ( 0 °C, 标准大气压下 )

物质	密度 / (kg·m <sup>-3</sup> )	物质	密度 / (kg·m <sup>-3</sup> )
二氧化碳	1.98	一氧化碳	1.25
氧	1.43	氮	0.18
空气	1.29	氢	0.09

**例题** 矗立在天安门广场的人民英雄纪念碑 ( 图 6.2-2 ) 碑身高 37.94 m, 由 413 块花岗岩石块砌成。碑心石是一块整的花岗岩, 长 14.7 m、宽 2.9 m、厚 1.0 m, 它的质量约为多少?

**分析** 碑心的巨石不能直接称量。如果从密度表中查出花岗岩的密度, 再用密度乘以碑心石的体积, 就能得到碑心石的质量。

**解** 碑心石的长、宽、厚  $l_1$ 、 $l_2$ 、 $l_3$  已经给出, 碑心石的体积

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

查表可取花岗岩的密度

$$\rho = 2.8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$$



图6.2-2 人民英雄纪念碑



由密度的计算公式

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

可以得碑心石的质量约为

$$\begin{aligned} m &= \rho V \\ &= 2.8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \times 42.6 \text{ m}^3 \\ &= 119.3 \times 10^3 \text{ kg} \\ &= 119.3 \text{ t} \end{aligned}$$

这道例题告诉我们，物体的质量等于它的密度与体积的乘积。因此，知道了物体的体积，查出组成物质的密度，就可以算出它的质量。对于不能直接称量的庞大物体，这种办法很方便。



### 动手动脑学物理

1. 一个澡盆大致是长方体，长、宽、高分别约为 1.2 m、0.5 m、0.3 m，它最多能装多少千克的水？
2. 猜一猜你们教室里空气的质量有多少。几克？几十克？还是几千克、几十千克？测出你们教室的长、宽、高，算一算里面空气的质量。你猜得对吗？
3. 人体的密度跟水的密度差不多，根据你的质量估算一下自己身体的体积。
4. 一个容积为 2.5 L 的塑料瓶，用它装水，最多装多少千克？用它装植物油呢？(1 L = 1 dm<sup>3</sup>)
5. 一捆铜线，质量是 89 kg，铜线的横截面积是 25 mm<sup>2</sup>，不用尺去量，你能知道这捆铜线的长度吗？它有多长？

## 第3节 测量物质的密度

生活、生产中常要知道某种物质的密度，那么如何进行测量呢？只要测出物体的质量和体积，通过 $\rho = \frac{m}{V}$ 就能算出物质的密度。液态物质的体积可以用量筒测出。

### 量筒的使用



#### 想想做做

#### 量筒的使用方法

观察你所用的量筒，思考下面几个问题。

1. 量筒是以什么单位标度的？是毫升（mL）还是立方厘米（ $\text{cm}^3$ ）？
2. 量筒的最大测量值（量程）是多少？
3. 量筒的分度值是多少？
4. 图6.3-1中画出了使用量筒读数时的几种做法。请指出哪种做法正确，哪种错误，错在哪里。

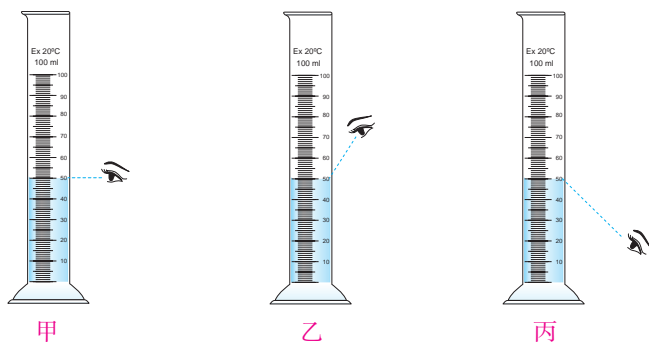


图6.3-1 哪种读数方法正确？

## 测量液体和固体的密度

要测出物体的密度，需要测出它的质量和体积。质量可以用天平测出。液体和形状不规则的固体的体积可以用量筒或量杯来测量。图6.3-2给出了用量筒测量不规则形状物体体积的一种方法。口头描述这种方法，与同学交流，然后用这种方法实际测量小石块的体积。

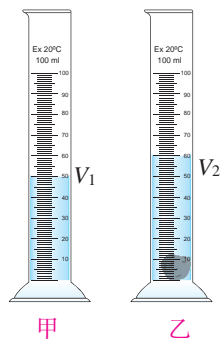


图6.3-2 用量筒测量不规则形状物体的体积

### 实验

#### 测量盐水和小石块的密度

1. 一杯盐水因溶入不同质量的盐而密度不同。自己用盐和水配制一杯盐水，利用天平和量筒测量盐水的密度。将测量盐水密度时所得的数据及结果记录在下表中。

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

2. 用天平、量筒测量小石块的密度。

请你自己设计实验方案，画好记录实验数据的表格。然后做实验，测出不吸水的小石块的密度。

### 科学世界

#### 细微差别中的重大发现

19世纪末，英国物理学家瑞利在精确测量各种气体的密度时，发现从空气中取得的氮的密度是 $1.2572 \text{ kg/m}^3$ ，从氨中取得的氮的密度是 $1.2505 \text{ kg/m}^3$ 。虽经多次重复测量，仍然存在这个令人奇怪的差异。后来，他与化学家拉姆塞合作，于1894年在从空气中取得的氮里分离出另一种当时还不知道的气体——氩，这个谜才解开了。原来，氩的密度较大，空气中的氮混有少量氩，它的密度就比从氨中取得的纯氮的密度稍大。这是科学史上一个很有名的故事，它说明在科学实验中，精确的测量是多么重要。瑞利由于不放过这一细微差异而执着地研究下去，终于导致氩的发现，并因此荣获1904年的诺贝尔物理学奖。

## 动手动脑学物理

1. 一块长方形的均匀铝箔，用天平和尺能不能求出它的厚度？如果能，说出你的办法。

2. 建筑工地需用沙石  $400 \text{ m}^3$ ，若用载重  $4 \text{ t}$  的卡车运送，需运多少车 ( $\rho_{\text{沙}} = 2.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ )？

3. 长江三峡水库的容量约为  $3.93 \times 10^{11} \text{ m}^3$ ，这个水库的蓄水量是多少吨？

4. 为确定某种金属块的密度，首先用天平测量金属块的质量。当天平平衡时，放在右盘中的砝码和游码的位置如图 6.3-3 甲所示，则金属块的质量  $m$  为 \_\_\_\_\_  $\text{g}$ 。然后，用量筒测量金属块的体积。将水倒入量筒，液面达到的位置如图 6.3-3 乙所示，再把金属块完全浸没在量筒的水中，水面升高，如图 6.3-3 丙所示，则该金属块的体积  $V$  为 \_\_\_\_\_  $\text{cm}^3$ 。根据测量结果可知该金属块的密度为 \_\_\_\_\_  $\text{g/cm}^3$ ，相当于 \_\_\_\_\_  $\text{kg/m}^3$ 。

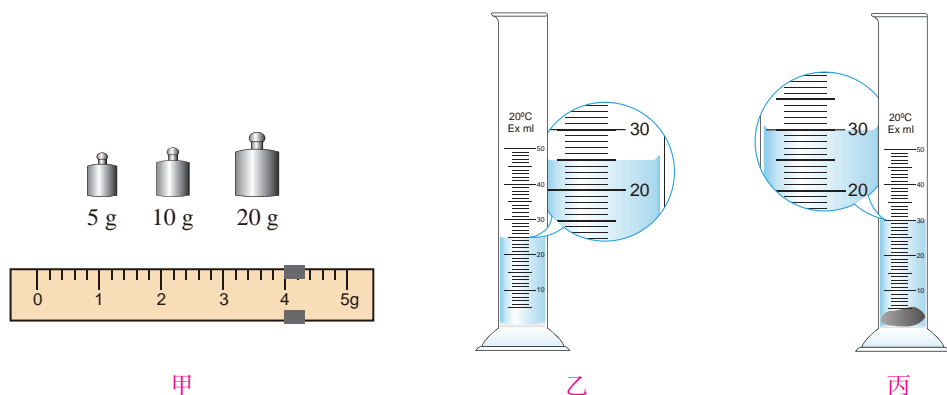


图6.3-3

# 第4节 密度与社会生活

## 密度与温度



### 想想做做

1. 在室温下，吹鼓两个气球。分别把它们放在冰箱的冷藏室内和炉火旁。过一会儿，你会发现什么现象？

2. 按图 6.4-1 做一个纸风车。如果把风车放在点燃的酒精灯上方，风车能转动起来。

你知道是什么推动了风车吗？

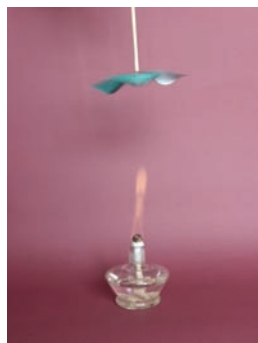


图6.4-1

在上述实验中，气体受热膨胀。由于密度  $\rho = \frac{m}{V}$ ，一定质量的气体体积膨胀后，密度变小而上升。热空气上升后，冷空气就从四面八方流过来，从而形成风。

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

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

一般来说，同种物质温度越高密度越小，遵从热胀冷缩的规律，但是水比较特殊。水在  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  时密度最大。温度高于  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  时，随着温度的升高，水的密度越来越小；温度低于  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  时，随着温度的降低，水的密度也越来越小。水凝固成冰时体积变大，密度变小。图 6.4-2 为冬天湖水温度分布示意图。在寒冷的

冬天，湖面封冻了，较深湖底的水却有可能保持4℃的水温，鱼儿仍然可以自在地游动呢！

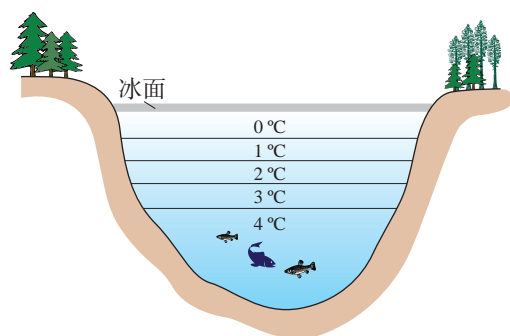


图6.4-2

## 密度与物质鉴别

如果测出某种物体的密度，把测得的密度跟密度表中各种物质的密度比较一下，就可以知道该物体可能是由什么物质做的了。

体育锻炼用的一个实心铅球的质量是4 kg，经测量知道它的体积是0.57 dm<sup>3</sup>。这个铅球是用铅制造的吗？

要想知道制造铅球的材料是否为纯铅，可以先求出它的密度，再与纯铅的密度进行比较。

此铅球的密度为

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

由于铅的密度是11.3 × 10<sup>3</sup> kg/m<sup>3</sup>，可知这个铅球不是纯铅制成的。

银饰品深受人们喜爱。但是银饰品不一定都用纯银制成，有些银饰品其成分除银之外，还可能有铜、镍等。测量密度可以对其是否为纯银做出初步判断。

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

密度是物质的基本性质之一，每种物质都有自己的密度。密度在我们的社会生活中还有其他重要的应用。例如，通过对样品密度等信息的采集，可以确定它的种类及其经济价值；鉴定牛奶、酒的品质，农业选种时配制盐水等，都要用到密度的知识。在工业生产中密度知识的应用也很广泛。航空器材常采用高强度、低密度的合金、玻璃钢等材料。坚若磐石的机床底座则需要用坚固、密度大的材料制成。可见，密度的知识与人们社会生活的关系十分密切。

## 材料与社会发展

我们周围的生活用品是由各种材料制成的：金属、陶瓷、玻璃、塑料等等。一般来说，不同的材料具有不同的物理性质，除密度外还有导热性、导电性、磁性、弹性、硬度、延展性等。生活、生产中，人们利用各种材料的优点，设计出所需的物品。

某一种新材料的问世及其应用，往往会引起人类社会的重大变革。

在群居洞穴的旧石器时代，人类通过简单加工获得石器，用来狩猎护身、维持生存。随着对石器加工制作水平的提高，



图6.4-3 商代后期用于蒸煮的青铜器——鬶(yǎn)

出现了原始手工业如制陶和纺织，人类进入了新石器时代。

青铜时代大约源于四千多年前。青铜是由铜、锡等元素组成的合金，它的熔点低、硬度高，比石器容易制作而且耐用。青铜器大大促进了农业和手工业的发展。

我国是世界上冶铁业出现最早的国家之一。春秋战国时代，由铁制作的农具、手工工具及各种兵器得以广泛应用。铁器时代的到来大大促进了社会的发展。随着钢铁、水泥等材料的出现和广泛应用，人类社会开始从农业和手工业社会进入了工业社会。

20世纪，半导体等新材料的出现和广泛应用，则把人类由工业社会推向信息社会。基于材料对社会发展的作用，人们将信息、能源和材料并列为现代文明的三大支柱。在三大支柱中，材料又是能源和信息的基础。



图6.4-4 沧州铁狮子



图6.4-5 气凝胶是世界上密度最小的固体。这种新材料具有隔热、耐高温等性能，在航天探测上有多种用途。



## 动手动脑学物理

1. 下表列出了几种金属的密度、熔点、导热性能及导电性能等物理特性。研究表中的数据,你有什么新的发现?

金属	全球年产量 ( $10^4$ t)	密度/ $(10^3$ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3})$	熔点/ $^{\circ}\text{C}$	导热性能 1表示最强 9表示最弱	导电性能 1表示最强 9表示最弱	市场价格 (元·吨 $^{-1}$ ) (大约)
铝	15 000	2.7	660	4	4	16 000
铜	8 000	8.9	1 083	2	2	58 000
金	2	19.3	1 063	3	3	350 000 000
钢铁	301 430	7.9	1 540	8	7	4 000
铅	3 000	11.3	327	9	9	15 000
镍	800	8.9	1 453	7	6	140 000
银	8	10.5	961	1	1	7 000 000

综合考虑表中各方面的因素,通过小组讨论,回答以下问题。不仅要阐明你的观点,还要说清楚理由。

(1) 哪两种金属的导电性能好? 在你认为导电性能好的金属中,哪种更适宜做导线?

(2) 哪一种金属的导热性能好? 生活中常用的各种锅是用什么金属做的? 为什么人们炒菜时宁愿用铁锅而不愿用铝锅?

(3) 哪一种金属的密度最小? 生活中什么地方使用这种金属? 综合评价为什么使用它。

2. 有一种1角硬币,看上去好像是铝制的。它真是铝制的吗? 请你想办法测量它的密度。写出你选用的实验器材、实验方法,你所采用的实验步骤。1角、5角和1元硬币所用的金属一样吗? 通过实验验证你的判断。

3.  $1\text{ cm}^3$ 的冰融化成水后,质量是多少? 体积是多少?

4. 根据气体的密度随温度升高而变小的现象,试分析房间里的暖气一般都安装在窗户下面的道理。





### 1. 质量

物体所含物质的多少叫做质量。当物体的位置、形状、状态改变时，物体的质量不会改变。质量用字母  $m$  表示。质量的单位是千克，符号是 kg。

### 2. 质量的测量

质量可用天平、台秤等来称量。

使用托盘天平称量质量时，要把天平放在水平台面上；把游码放在标尺左端的零刻度线处，调节横梁两端的平衡螺母，使指针指在分度盘的中线处，这时横梁平衡；把被测物体放在左盘里，用镊子向右盘里加减砝码并调节游码在标尺上的位置，直到横梁恢复平衡。这时盘中砝码的总质量加上游码在标尺上所对的刻度值，就等于被测物体的质量。

### 3. 密度

某种物质组成的物体的质量与它的体积之比叫做这种物质的密度。密度的公式为  $\rho = \frac{m}{V}$ 。

测量物体的密度，可根据物体的质量和体积，利用公式  $\rho = \frac{m}{V}$  计算。质量可以用天平测出，液体和形状不规则的固体的体积可以用量筒或量杯来测量。

### 4. 物质的鉴别

不同物质的密度一般不同，可以根据密度来鉴别物质。如果仅通过密度无法鉴别，就需要根据物质的其他性质，如颜色、气味、硬度、电学特性等进一步鉴别。

# 索引

(名词后面的数字是它第一次出现的页码)

A		镜面反射	75
凹透镜	91		
C		M	
超声波	33	漫反射	75
次声波	33	米	10
		密度	114
		秒	13
D		N	
地球	105	凝固	53
		凝固点	55
F		凝华	64
反射	73	P	
反射定律	74	频率	32
非晶体	55	Q	
沸点	59	汽化	58
沸腾	59	R	
分贝	43	熔点	55
		熔化	53
G		S	
光线	70	色散	85
光源	69	声波	29
		升华	64
H		实像	96
赫兹	32	速度	20
红外线	86	T	
J		太阳	105
机械运动	16		
焦点	92		
焦距	92		
介质	29		
晶体	55		

透镜	90	音调	32
凸透镜	90	音色	35
		银河系	105
W		宇宙	105
温度	47	匀速直线运动	21
物理学	3		
		Z	
X		噪声	42
响度	34	折射	82
像	77	振动	28
虚像	78	振幅	35
		蒸发	60
Y		质量	108
液化	58	紫外线	87