



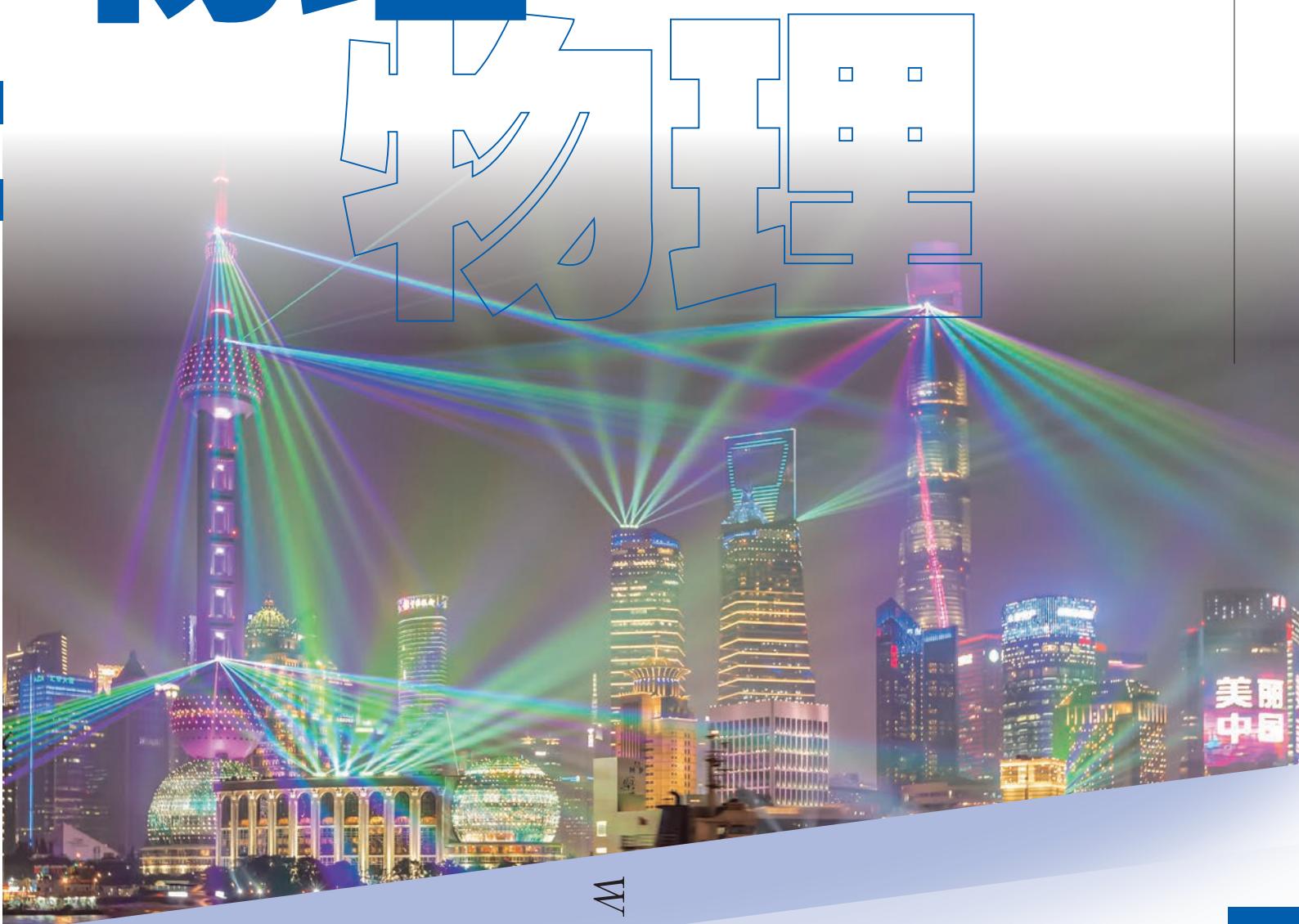
九年义务教育课本

物理

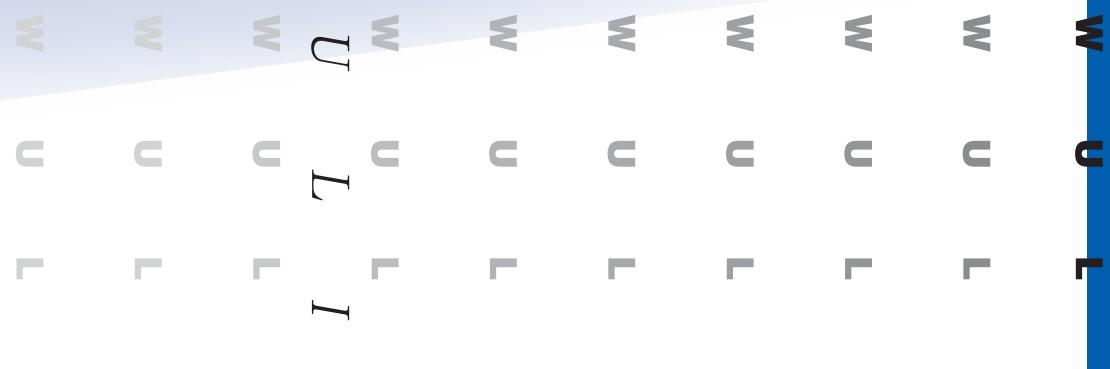
八年级 第一学期

(试用本)

上海教育出版社



W



九年义务教育课本

物 理

八年级第一学期

(试用本)



上海教育出版社

C O N 目 录 N T S



让我们启航

1	去物理之海冲浪——致同学们	2
2	有用的物理学	4
3	测量的历史	8



第一章 声

1.1	声波的产生和传播	14
1.2	声音的特征	19



第二章 光

2.1	光的反射	30
2.2	光的折射	33

2.3	透镜成像	36
2.4	光的色散	45



第三章 运动和力

3.1	机械运动	54
3.2	直线运动	58
3.3	力	64
3.4	重力 力的合成	67
3.5	二力平衡	71
3.6	惯性 牛顿第一定律	75

让我们启航

Let's sail off

- 1 去物理之海冲浪——致同学们
- 2 有用的物理学
- 3 测量的历史



1 去物理之海冲浪——致同学们

Surfing into physics

同学们，物理是一门与我们生活密切相关的科学，它研究力、热、声、光、电等现象，这些现象时时刻刻发生在我们身边。你也许听说过牛顿这个名字吧？他是一位在物理学上作出过巨大贡献的英国物理学家，他一生都在探索科学之谜，发现了一些重要的物理规律。牛顿有一段名言对大家很有启示，他说：“我不知道世界将怎样看待我，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和比较漂亮的贝壳，以此为乐。而我面前则是一片尚待发现的真理的大海。”学习物理就好比驾船到科学真理的大海中去冲浪、去探险。教材就像这条船，老师好比船上的舵手，而同学们就是船上的水手。你必须努力划桨，船才能破浪前进；你必须知道怎样驾驭风帆，船才不会迷失航向……

现在，就让我们先了解一下这条船各个部分的性能和操作要领吧！



教科书

你面前的这本物理教科书就像船体一样，是教材的重要组成部分。你必须在课内和课外认真阅读教科书中的文字和图片。认真读懂科学文字是探索物理世界的基本功。如果只听不读不写，你就不可能获得全面的知识。“你知道吗”栏目向你提供了一些有趣的相关信息。认真地思考并回答每节后面的问题，能帮助你更好地理解所学的知识。某些节后有 STS 栏目，它是 Science（科学）、Technology（技术）和 Society（社会）三个英文单词的缩写。物理学推动了社会和科技的进步，它们反过来又促进了物理学的发展。我们身边的许多技术发明和社会问题，例如纳米技术和能源问题都与物理学密切相关。“概念图”栏目会帮助你学会总结知识间



的联系。“科学与人文”栏目让你体会科学与人文的和谐。“指路牌”栏目向你提供一些相关的书刊、参观地点、电视节目栏目和网址，你可以由此获得更多的信息，从而提出和解决更多的问题……教科书中打*号的内容属于拓展选学要求。

学习活动卡

就像没有了桨和帆，船不会航行一样，教科书还要与学习活动卡一起使用才能真正发挥作用。在课堂上，你将在学习活动卡的指导下，结合教科书进行学习。物理学是一门以实验为基础的科学，不动手去做一做，不通过思考提出一些问题，单靠死记硬背或者反复做习题，怎么能领会到其中的奥妙呢？诺贝尔物理学奖获得者李政道博士曾经勉励我们：“**做学问，要学问；只学答，非学问。**”你懂得这句话的意思吗？学习活动卡将引导你去观察、实验、记录、阅读、思考和讨论。通过学习活动卡上提供的各种实践活动，你才能学懂教科书中的内容，才能体验到科学探究的艰辛和乐趣。

为了使教科书和学习活动卡能更加密切地相互配合使用，学习活动卡上标有与教科书相对应的章节编号和名称。在学习活动卡中，用一些图标和标题来表示不同的学习活动，例如， **阅读和理解**表示你在进行某项活动时应阅读和思考教科书中的有关内容。教科书和学习活动卡是教材的两个有机组成部分，两者互为补充、相得益彰。

好了，你已经初步了解了这条物理学探险之舟的构造和操作规则。现在，就让我们开始物理学探秘之旅，到科学真理的大海中去冲浪吧！

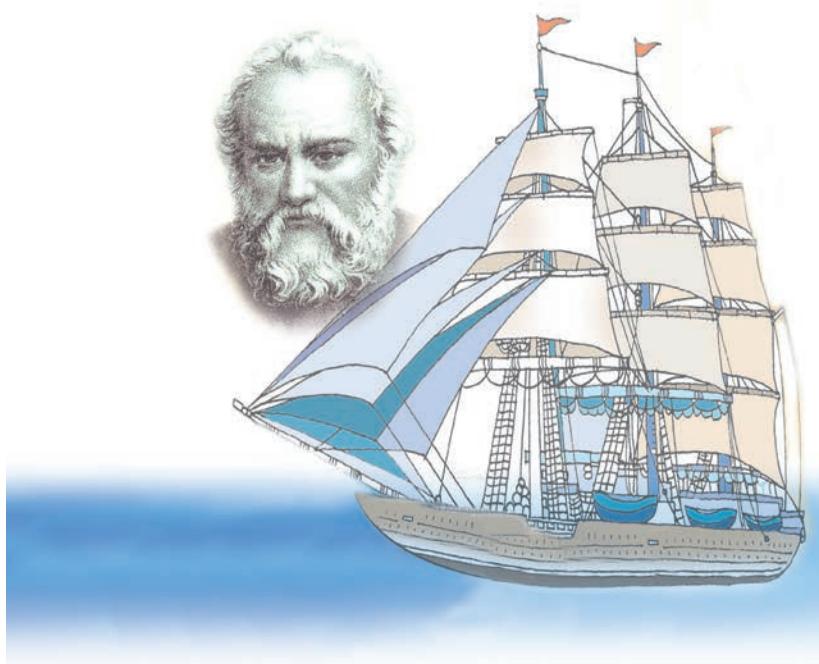


2 有用的物理学

useful physics

物理学有用吗？当然有用！可以说，没有物理学的发现，就不可能有现代生活中的一切。就让我们从身边常见的事物谈起吧！今天，汽车、火车、轮船、飞机等交通工具，在我们的生活中已经习以为常了。

早在哥伦布发现新大陆之前，我们的祖先就有郑和驾船七下西洋的壮举。那么，船为什么能浮在水面上？船触礁进水后为什么会沉没呢？古希腊有一位伟大的科学家叫阿基米德，他发现了物体在水中所受浮力大小的规律。有了这一物理规律为基础，人们后来才发明了潜水艇和航空母舰。此外，阿基米德还发现了杠杆、滑轮等机械的工作原理，始创了机械理论。从我们日常生活中的指甲钳到建筑工地上推土机、起重机，各种各样简单的或复杂的机器，无一例外地都受这一物理原理的支配。



阿基米德曾使用滑轮、螺旋等简单机械移动了一艘很重的三桅大木船

现在，形形色色的电器，例如电灯、电视机、手机、计算机，已经与我们的生活密不可分，如果一旦没有了它们，很难想像我们的生活会变成什么样子。而这一切都得归功于物理学家，正是他们发现了“电”和“磁”的性质及变化规律，于是各式各样的电器才应运而生。就拿电视这个“魔盒”来说，它是怎样将远在千万里之外的五彩缤纷的画面和悦耳的音乐“搬”到我们家里来的呢？



物理学家发现了“电磁波”，它是一种看不见摸不着、跑得跟光一样快的物质。人们就让它作“快递员”，把图像和声音传给千家万户

人类早就渴望能像鸟儿一样在天空中自由翱翔。如同鸟儿有翅膀，现代飞机都有机翼。那么，飞机为什么要有机翼才能飞上天空呢？物理学家经过实验研究发现，机翼在空气中所受的升力和阻力与机翼、机身的形状有关。在物理学中，研究物体在空气中运动规律的学问叫做空气动力学，它是飞机设计师进行计算和制造模型的基础。飞机制造工程师正是根据物理学原理设计出了许多机翼和机身形状各异的飞机来。



航空工程师在设计和建造飞机前，一般要在风洞中对飞机模型进行大量的研究

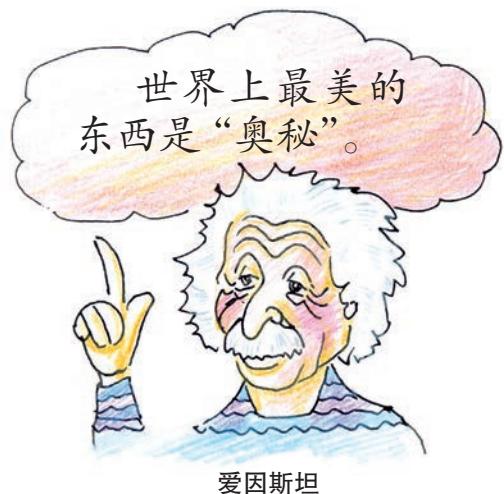


月亮与人造卫星、宇宙飞船等航天器，都在万有引力的作用下环绕地球运动

物理学家常常对人们习以为常的现象感兴趣，有时甚至异想天开。据说 300 多年前，牛顿从苹果落地联想到月亮为什么不会从天上掉下来呢。在总结前人研究的基础上，经过锲而不舍的探索和思考，牛顿终于发现了支配天体的万有引力定律。有了这一伟大发现，人类才认识到了宇宙中天体的运动和变化，并制造出人造卫星、宇宙飞船、航天飞机等航天器，为通信、气象、资源勘探和进一步的宇宙探索提供了条件。

雷电也是一种常见的天象。美国科学家富兰克林曾冒着生命危险，在雷雨天用风筝把闪电导下来，并写了一篇阐述雷电本质的论文。他还根据风筝上的细铁丝能吸取“闪电”的发现，提出了制造避雷针的设想。至今，他发明的避雷针仍屹立在高大建筑物的顶上，保护它们免遭雷击。

一代又一代的物理学家毕生都在探寻物质世界的奥秘，直到今天，他们仍在探索新的未知世界之谜。你可曾想过，太阳是怎样生成的？它有多大年纪了？我们的地球母亲又是怎样生成的？她有没有年龄呢？……在学习物理的过程中，你或许会找到这些问题的答案，也许同时又会产生更多新的疑问。



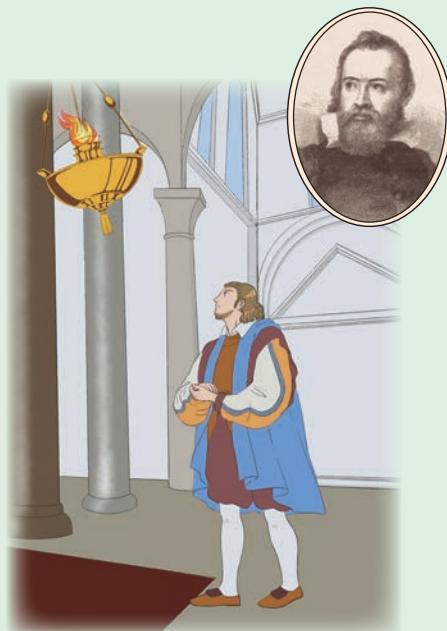
思考与练习

- 物理学研究力、热、声、光、电等方面的知识，试根据已学过的科学知识各举一例说明这些知识在生活中的应用。
- 阅读下面短文，讨论并回答问题。

摆的故事和启示

事情发生在 400 多年前的意大利比萨，年轻的伽利略当时正在比萨大学学习。有一天，伽利略在教堂内做弥撒。教堂穹顶上挂着的吊灯不停地来回摆动，这本是司空见惯的现象却引起了伽利略的注意，他被吊灯摆动的节律性吸引住了。伽利略看得出了神，尽管吊灯摆动的幅度越来越小，但每摆动一次的时间似乎是相等的。这个现象令他大为惊奇，于是他决定仔细地观察。

他记起医学老师讲过，脉搏的跳动是有规律的，于是，他一面按住手腕数脉搏跳动的次数，一面注视着灯的摆动。果然不错，灯每往返一次摆动的时间完全相同。接着，又一个疑问冒了出来：假如吊灯受到强风吹动，摆得高了些，它每摆动一次的时间还是一样吗？回到宿舍，伽利略模仿吊灯开始了实验，他把铁块固定在绳子的一端后挂起来，将铁块从竖直位置向侧面拉开不同的距离，仍用脉搏测量摆动的时间。实验结果证明他最初的假设是正确的，即“不论摆动的幅度大些还是小些，完成一次摆动的时间是相同的”。在物理学中这叫做摆的等时性原理。直到今天仍在使用的各种机械摆钟，都是根据这个原理制成的。



伽利略在教堂里观察灯的摆动



伽利略的实验装置

发现摆的等时性后，伽利略决定继续研究下去。他换用不同质量的铁块系在绳端作为摆锤，结果发现，只要绳子的长度一样，摆动一次的时间并不受摆锤质量的影响。随后伽利略又猜测：如果将摆绳缩短，摆是否会摆动得快些？于是他固定摆锤的质量，改变摆绳的长度进行实验，结果也证实了他的猜测：摆绳越短，摆动一次的时间就越短。

多年之后，荷兰物理学家惠更斯发明了摆钟，并找到了摆的周期与摆长之间的定量关系。后来，牛顿发现了万有引力定律，摆的等时性终于从理论上得到了圆满的解释。

- (1) 为什么说伽利略是在“观察”吊灯的摆动，而不是仅仅在“看”吊灯的摆动？
- (2) 通过观察，伽利略提出了什么假设？
- (3) 伽利略认为有几个因素可能会影响摆动快慢？他又怎样分别研究每个因素对摆动快慢的影响？

3 测量的历史

The history of measurement

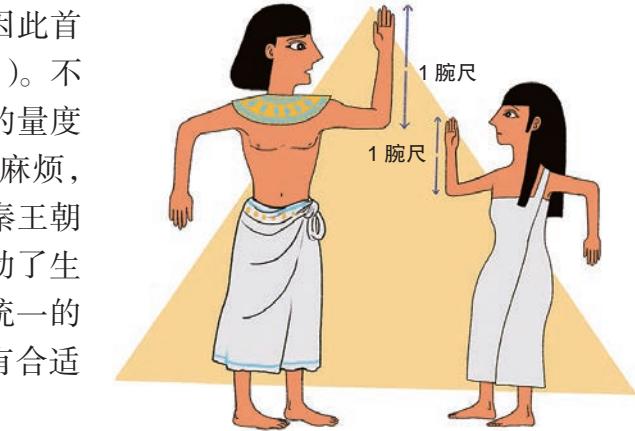
从古至今，人们在日常生活、生产、贸易和科学实验等活动中，总离不开比较和判断，例如比较事物的大小、轻重、冷热、快慢。我们知道，单凭人的感官来比较、判断事物间的差异，有时既不准确也不可靠。

测量的目的就是进行可靠的定量比较，因此首先要有一个公认的比较标准，叫做单位 (unit)。不同国家在历史上的不同时期，往往使用不同的量度单位。单位的不统一给生产和贸易带来许多麻烦，于是就有了统一量度单位的需要。我国古代秦王朝第一次统一了全国的度量衡制，这有力地推动了生产和经济的发展。现在，国际上制定了一套统一的量度单位，叫做国际单位制 (SI)。其次，要有合适的测量工具或仪器。

测量的单位和工具的发展历史，反映出人类科学技术和社会文明发展演变的历程。古代，人们经常把自己肢体的某些部分作为长度的单位，例如：我国曾用“步”作为长度单位，“百步穿杨”中的“步”就是一种长度单位；英语单词 feet (英尺)，就起源于脚的长度。直到今天，我们还时常用这些“随身带着”的工具来估测长度。

你知道吗？

古希腊，人们为了制定运动场的长度，让一个武士刚看见太阳从地平线升起时开始，以普通的速度走路，一直走到太阳完全升起时为止，这段距离（约 180 米）就作为希腊奥林匹克运动场跑道的长度。



古埃及人常用腕尺作为长度单位，但腕尺的标准常常是不一样的



在 SI 制中，长度的单位是米，用符号 m 表示。最初规定在通过法国巴黎的子午线上从地球赤道到北极（地球圆周的 $1/4$ ）距离的千万分之一为 1 米，并按照这个长度用铂 - 铱合金铸成一根“米原器”，存放在巴黎的国际度量衡局里，作为全世界统一使用的 1 米基准。现在，已改用更精确、更稳定的标淮，即规定“真空中光在 $1/299\ 792\ 458$ 秒内传播的距离为 1 米”。

时间的单位起源于地球自转和公转产生的四季和昼夜交替现象。四季轮回一周的时间叫做年，月圆月缺的周期叫做月，昼夜交替的周期叫做日，一日分为 24 个小时。我国古代将一天分为 100 个“刻”，后来又将一天平均分为 12 个“时辰”，在《水浒》等古典文学名著中就用时

辰来作为时间单位。



在 SI 制中，时间的单位是秒，用符号 s 表示。受古代巴比伦天文学的影响，秒、分、时均采用 60 进位制，这种根据地球自转周期来确定时间单位秒的方法一直沿用到 19 世纪。到了 20 世纪，因为发现地球自转存在不规则变化，于是决定不再按照地球自转来确定“秒”的基准。目前是以铯原子的振动为基准来确定“秒”的长短，校准时间单位的工具改用铯原子钟，原子钟工作非常准确稳定，已经达到几千万年相差 1 秒的程度。我国中央电视台播报的时间就是用铯原子钟来校准的。

质量表示物体所含物质的多少。在 SI 制中，质量的单位是千克，用符号 kg 表示。在巴黎的国际度量衡局里保留着用铂 - 铑合金制成的“千克原器”，人们曾经把它作为“千克”的基准。2018 年 11 月 16 日，第二十六届国际计量大会正式更新质量单位“千克”的定义，并于 2019 年 5 月 20 日世界计量日启用。用基本物理常数重新定义千克，可以提高质量测量的稳定性和精确度。

今天，测量工具和技术的发展更是与现代生活和科技进步密不可分。从每家每户的自来水表、电能表、煤气表，到布满飞机驾驶舱的各种测量仪表，从第一次世界大战后兴起的航空测量到全球卫星定位、卫星遥感等，无不说明测量的重要。我国发射的“神舟”系列宇宙飞船，就是由停泊在三大洋上的航天测量船来执行飞行实验的海上测控任务的。

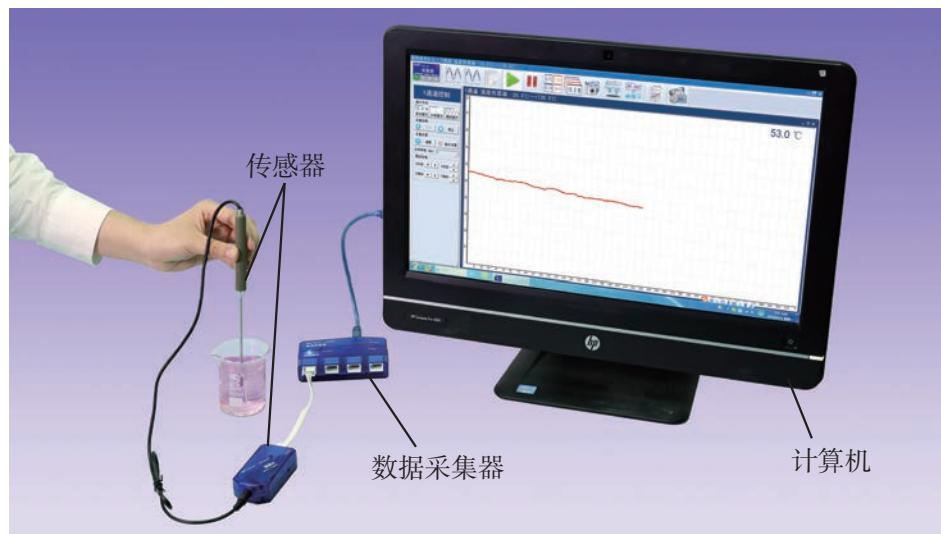


飞机驾驶舱内的各种仪表



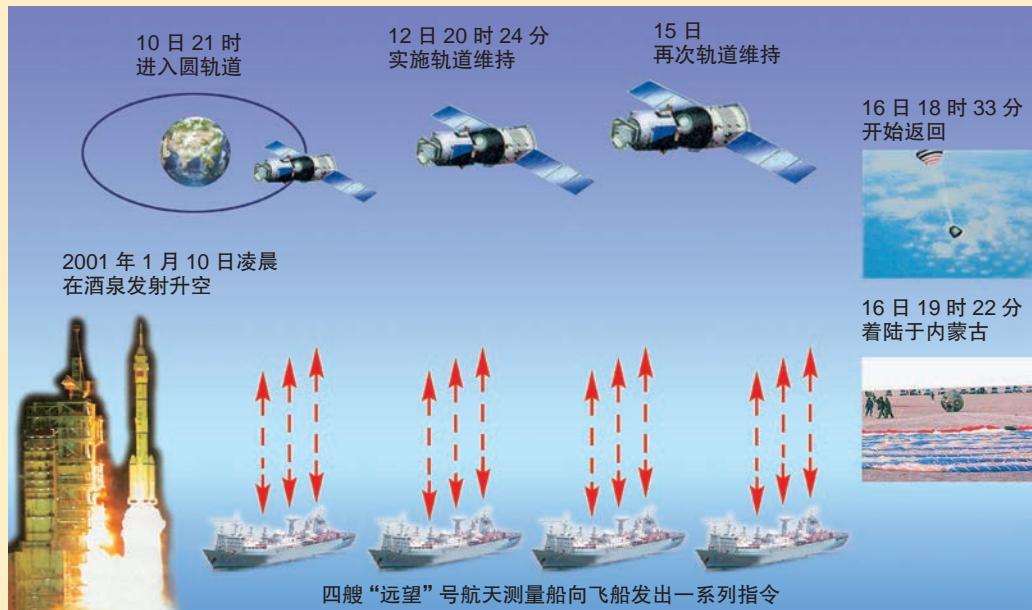
上海临港新城卫星遥感照片

当今,工程技术和科研上还经常采用一种实时数据采集和分析的测量技术。这种技术是将各种传感器和计算机相结合,实现距离、速度、温度、压力等物理量的瞬时测量和数据处理,它能快速准确地测量出各种数据,并立即以图表方式呈现出分析的结果。如今在中学实验里,也常用数字化信息系统(简称DIS)来做实验。DIS实验系统是一种将传感器、数据采集器和计算机组合起来,对物理量进行瞬时测量和数据处理的装置。



用DIS研究水的冷却实验

你知道吗?



“神舟”二号飞船海上测控示意图

我国第二艘无人飞船“神舟”二号经过7天的太空旅行,环绕地球108圈,完成各项任务后,顺利返回地面。北京航天指挥控制中心和西安卫星测控中心,运用先进的测控手段,先后对飞船实行了变轨和轨道维持。四艘“远望”号航天测量船执行海上测控任务,准确及时地捕获跟踪目标,获取各种有效数据。

你知道吗？

在测量中会涉及许多物理量的单位。其中，有七个属于国际单位制(SI)的基本单位，而其他物理量的单位都可以通过物理量之间存在的关系，也即物理规律，用公式找到这些单位与基本单位之间的联系，这些单位在物理学中叫做导出单位。例如，后面将要学到的力的单位——牛顿就可以用质量、长度和时间这三个基本单位的组合来表示，所以牛顿是一个导出单位。下表是国际单位制中七个基本物理量的单位、符号。

物理量	单位名称	单位符号
长度	米	m
质量	千克	kg
时间	秒	s
电流	安(培)	A
热力学温度	开(尔文)	K
物质的量	摩(尔)	mol
发光强度	坎(德拉)	cd

思考与练习

1. 测量为什么要有单位？测量结果怎样表示？
2. 举几个你身边的测量事例，分别说明测量什么物理量，用什么仪器测量，单位是什么。
3. 在网上用搜索引擎来查询并摘录以下科学名词和英文缩写的全称：
3S 技术 GIS 技术 GPS 技术 RS 技术

第一章 声

Sound

- 1.1 声波的产生和传播
- 1.2 声音的特征



著名物理学家霍金，因患有运动神经元疾病，不能说话和写字。他就靠计算机和语音合成器发声来与外界交流



“探险者 2”号装载的“地球之音”唱片，唱片上记录有地球上的各种声音，其中包括我国的京剧唱段和古典名曲《高山流水》片段

1978 年在湖北省随县(今随州市)擂鼓墩出土的战国早期曾国国君曾侯乙墓内的编钟

我们生活在一个充满各种声音的世界里，声音是人类自身以及人类与自然之间相互沟通的一种基本方式。从 2 400 多年前的编钟到太空探测器“探险者 2”号上携带的录有地球上各种声音的特制唱片，无不证明了人类对声音永恒的探求。声学是研究声波的产生和传播过程以及声音的特征、规律和应用的物理学分支。

1.1 声波的产生和传播

Sound wave

我们生活在声音的世界里，潺潺的流水声、悠悠的琴声、隆隆雷鸣声、吱吱的电锯声……有的声音悠扬悦耳，让人心旷神怡；有的声音嘈杂刺耳，让人心烦意乱。各种各样的声音是怎样产生的，又是如何传到我们耳朵里的呢？

声波的产生和传播

任何声音都是由于物体的振动而产生的。拨动琴弦，琴弦在振动；敲击大鼓，鼓面在振动；吹笛时，管内的空气柱在振动；讲话时，声带在振动。

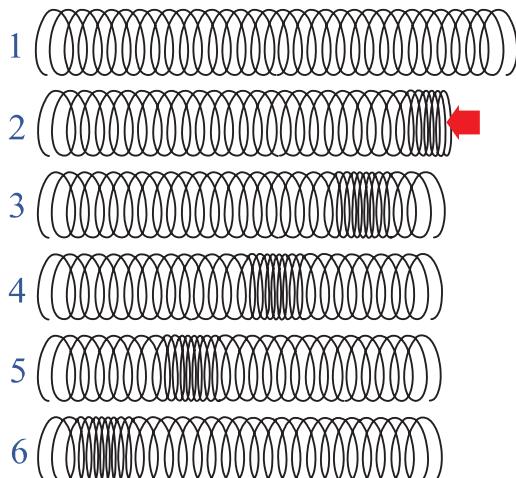


图 1-1-2 弹簧中的疏密波

发声体的振动在空气中究竟是怎样传播的呢？我们可以用振动在弹簧中传播的情况来模拟。一根水平放置的长弹簧，原先每一圈弹簧的间距是相等的，推动它的右端，可以看到弹簧每一圈的间距发生了有规律的变化，弹簧中出现的疏密相间的形状会从右端逐渐传向左端，这就是弹簧中的疏密波（图 1-1-2）。

当我们敲击音叉时，音叉便会发生快速振动，使其附近的空气一起振动。就像弹簧中发生的情形一样，这些空气的振动也以疏密波的形式向四周传播开来，便形成了声波（图 1-1-3）。

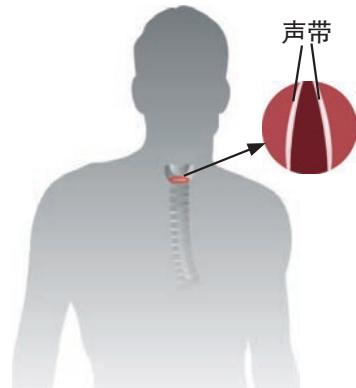


图 1-1-1 人说话时声带在振动

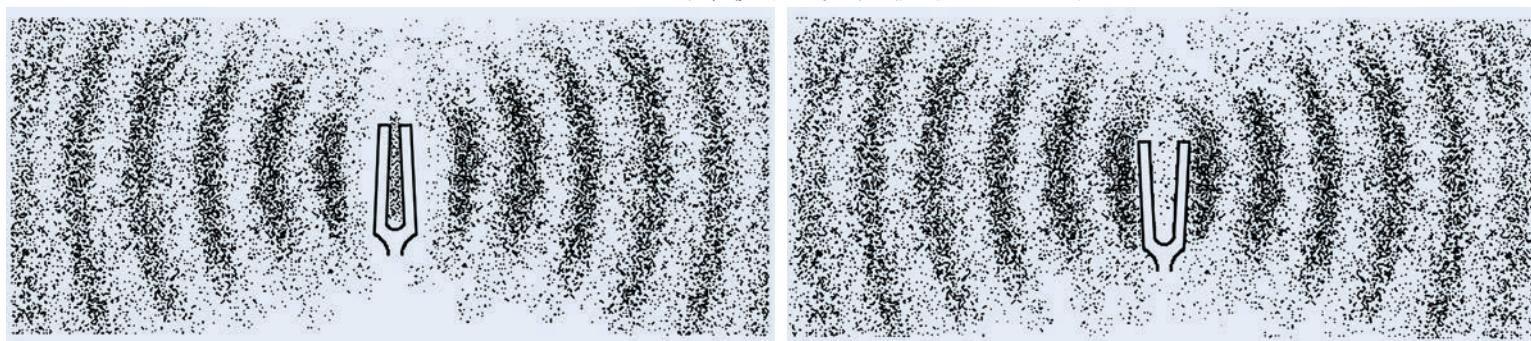


图 1-1-3 振动的音叉在空气中产生的疏密波

物理学中把发声体的振动在空气或其他物质中的传播叫做声波。

就像弹簧的每一圈并没有随着疏密波的传播向前移动一样，在声波传播过程中，振动的空气也没有随着声波向前移动，只不过是在原处振动。声波实际上是声源振动的信息和能量通过周围物质（通常叫做介质）传播开去。

声波无法在真空中传播，这是由于真空中没有可以传播振动的物质，不能形成疏密状的声波。因此宇航员在没有空气的月球表面，虽然近在咫尺，如果不用无线电也听不到对方讲话。

声波不但能在空气中传播，而且也能在液体和固体中传播（图 1-1-5）。声波在不同介质中的传播速度是不同的。空气中的声速还与温度有关，温度低，声速就小。在 0℃ 的空气中声速约为 332 米 / 秒，而在 100℃ 的干燥空气中声速约为 386 米 / 秒。

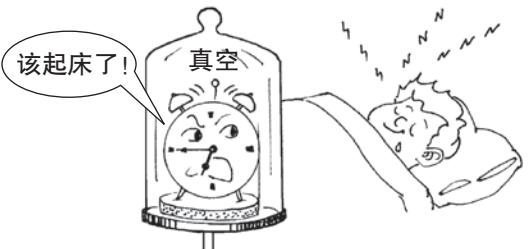
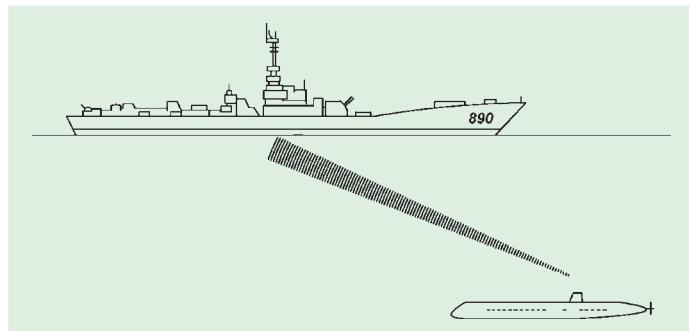


图 1-1-4

声波的传播速度（声速）		
物质	速度 / 米·秒 ⁻¹	与空气中声速的比较
空气(15℃)	340	1.0 倍
水	1 500	4.4 倍
木材(松树)	3 300	9.7 倍
铁、玻璃	5 000	14.7 倍



(a) 固体传声：工人师傅用螺丝刀探听电动机内部运转是否正常



(b) 液体传声：猎潜艇靠接收到的潜艇发动机的声音来判定潜艇的方位

图 1-1-5

回声

声波在传播过程中遇到障碍物时会发生以下现象：一部分声波被反射回来，这就是回声。例如，在山谷中大喊一声，有时就会听到回声。而另一部分声波会穿入或绕过障碍物。例如，我们有时能隔墙听到相邻房间内的声音。

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。不同形状的反射表面对声波的反射效果也不同。北京天坛回音壁的光滑圆形墙壁能使声波发生多次反射，这样就能听到人在另一端的讲话声。



图 1-1-6 天坛回音壁

(图 1-1-6)；露天音乐舞台的抛物状后幕能反射舞台上的声波，集中向观众席传播。

在峰峦林立的山中大喊一声，可以听到好几次回声。如果反射的声波在直接传入耳中的声波终止 0.1 秒以后传入耳中，人耳就能把它们区分开来；如果两种声波先后到达人耳的时间间隔小于 0.1 秒，人耳就无法区分它们，听到的声音加强或延长，倒相式音箱就是利用这一原理设计的，部分由箱背反射的声波从低音孔泄出，从而使音乐听起来有一种余音缭绕的丰厚感。

利用回声可以测量距离，只要测出从发声到接收到回声的时间，知道了声速就可算出发声处到反射物间的距离。现在广泛应用的超声定位器——声呐就是利用回声测定海水中目标物位置的一种装置，它常用来测定沉船、潜艇和鱼群的位置(图 1-1-8)以及海底地形。

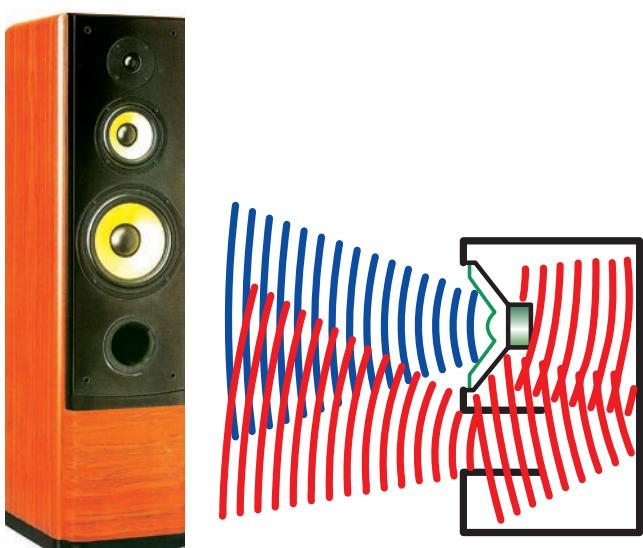


图 1-1-7 倒相式音箱及其工作原理



图 1-1-8 利用声呐测定鱼群的位置



图 1-1-9 上海交响乐团音乐厅

某些场合必须削弱回声的影响，例如为了使录音室、音乐厅内的声音清晰，使体育馆内的声音不过分嘈杂，这些建筑物的内壁都用吸音材料来减弱声波的反射。如何利用和减弱声波在建筑物内反射的科学，称为建筑声学。例如，在设计音乐厅内部的结构、形状、墙体，甚至座椅面料时，都要从声学角度全面考虑。这样，听众才能真正置身于时而似雷霆震宇、时而似天籁之声的音乐之中。

声波的接收——耳

人和某些动物的耳是接收声波的器官。耳是一个精巧的生物力学系统，外耳廓相当于一个声波收集器，声波进入耳道后引起底部的鼓膜振动，鼓膜的振动又通过三块听小骨组成的精巧杠杆系统传到耳蜗中，使耳蜗中的液体振动。耳蜗中的听觉神经受到刺激，然后将振动信息传至大脑皮层听觉区，于是产生了听觉。

我们讲话时，声带的振动往往经过牙床、上下颌骨等骨头，传入内耳，引起听觉。但这跟接收从空气传来的声波的感觉并非完全一样，我们听录音机播放自己的录音时，总感觉不像自己的声音就是这个原因。

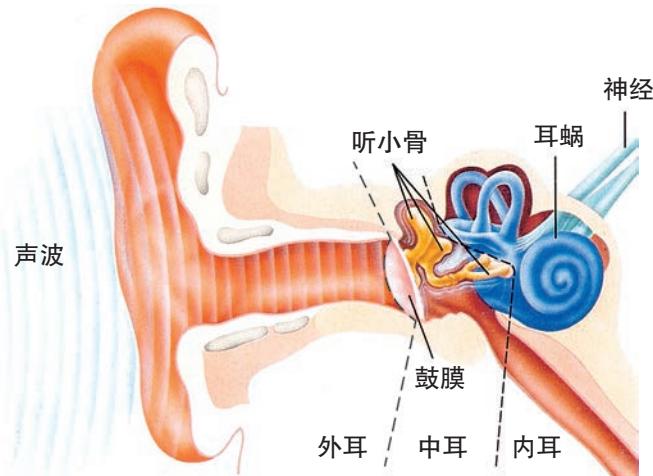


图 1-1-10 声波的接收器官——耳



声音的记录

声音记录技术是人类文明发展史的一个重要方面，它与物理学的发展密不可分。记录声音就是把发声体的振动情况保留下来并可随时将其还原。从爱迪生的留声机到今日的 CD 机，声音记录技术的发展大致经历了机械时代、电磁时代和光电数字时代三个阶段。

(1) 机械时代(留声机)

特点：将声源的振动直接记录在唱片上并可以还原出来。制作唱片时，按照声源的振动情况在唱片上刻下凹痕；放唱片时，唱针在凹痕中滑移，将声源的振动情况再现，从而产生跟原先相同的声音。

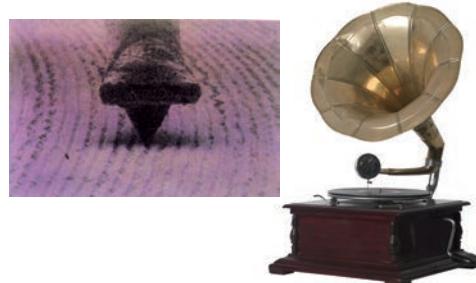
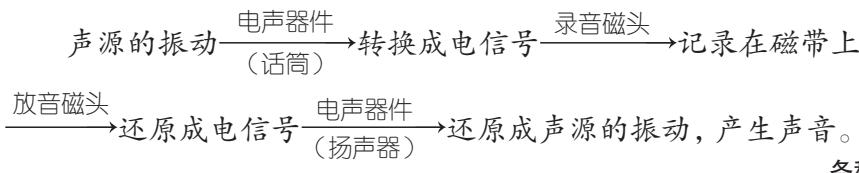


图 1-1-11 留声机

(2) 电磁时代(录音机)

特点：



录音把磁畴排列成各种形状，这些形状与声音信号相对应

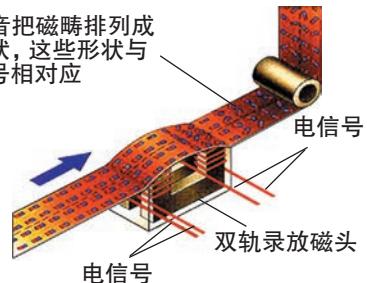


图 1-1-12 录音机的工作原理

(3) 光电数字时代(CD 机、MP3、MP4 等)

特点：

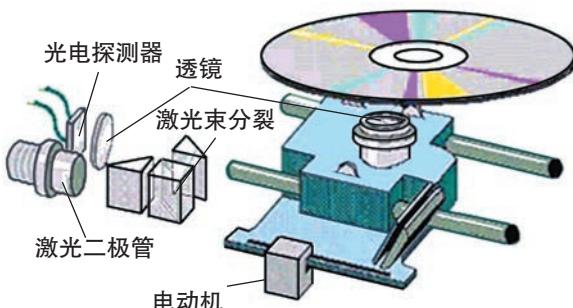
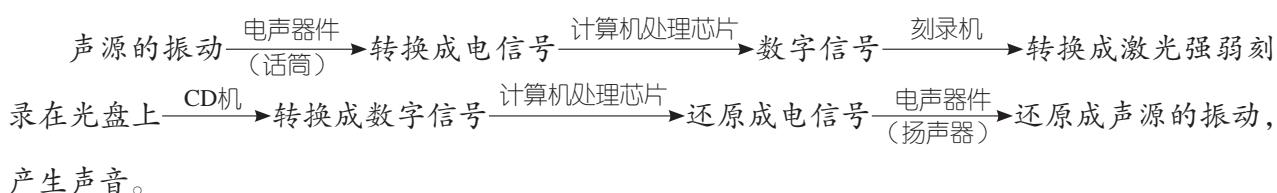


图 1-1-13 CD 机的工作原理

思考与练习

- 敲击大鼓，鼓面振动，在鼓周围振动的空气并没有到达你的耳朵，但你还是听到了鼓声。简要分析其原因。
- 小明将机械手表放在枕头下，结果晚上睡不着觉（图 1-1-14），说明其中的原因。
- 若有一根长 100 米左右的钢管，当甲敲击钢管的一端时，乙用耳朵紧贴着钢管的另一端，他一共听到几次声音？为什么？
- 如果你在看见闪电 5 秒后才听到第一声惊雷，试估算发生闪电的云层离你有多远。有时在第一声惊雷之后，又能听到一阵隆隆的雷声，这隆隆的雷声是如何产生的？



图 1-1-14

- “空谷回音”显示了大自然的奇妙。为了听到自己呐喊的回声，你离开悬崖至少多少米？

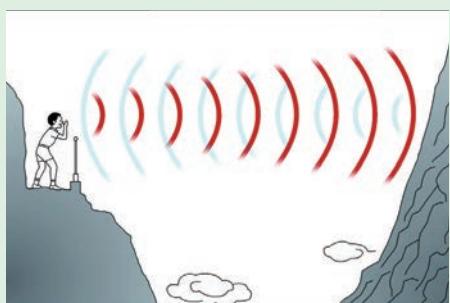


图 1-1-15 空谷回音

- 用声呐探测海底深度时，声呐发出声波信号后 4.6 秒收到反射回的信号，试估算该处海底的深度。

- 长耳蝙蝠长着一对奇特的大耳朵，这对大耳朵有什么作用？（查阅相关书籍或网站后回答）



图 1-1-16 蝙蝠

1.2 声音的特征

Loudness, pitch and quality of sound

人们平时常用轻声大声、低音高音等来描绘声音，这些都是声音的特征。

响度

声音有响有轻，隆隆的雷声使人感到震耳欲聋，沙沙的细雨声须侧耳才能听到。物理学中把人耳感觉到的声音强弱的程度叫做响度（也叫音量）。声音的响度跟什么因素有关呢？

发声体振动的幅度叫做振幅。实验证明，响度跟发声体的振幅有关，振幅越大，响度就越大。用力拨动琴弦和敲击鼓面，琴弦和鼓面的振动幅度越大，它们发出声音的响度就越大。我们可以将拾音器连接到示波器上来显示振动的波形（图 1-2-1）。振幅越大，示波器上显示波形的幅度越大，我们听到的声音就越响；振幅逐渐变小，示波器上显示波形的幅度也随之减小，我们听到的声音也逐渐变轻。

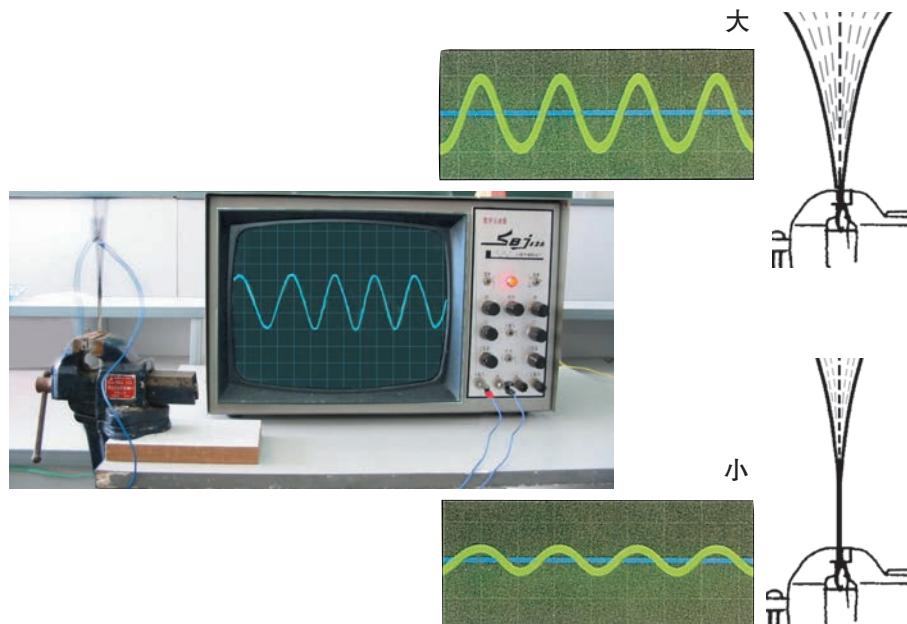


图 1-2-1 将钢锯条的下端夹紧在台钳上，上端用手扳动一下，使它振动。锯条振动幅度大，发出的声音就响，示波器上显示的相应波形幅度也就大

此外，响度还跟离发声体的远近有关。例如，当手机铃声响起时，手机产生的能量以一个球面的形式向四面八方传播。若不计传播过程中的能量损耗，远近不同的球面上分布的总能量应该是相同的，也就是在图 1-2-2 中夹角为 θ 的 A 面上与距离更远的 B 面上，声波的能量是相同的，但面积与 A 相同的 C 面上的能量就比 A 面上的能量小得多。

由此可以看出，离发声体越远，单位面积上得到声音的能量就越少，听到的声音就越轻。若使声音集中向某一方向传播，可以减小声音的分散，增大响度。

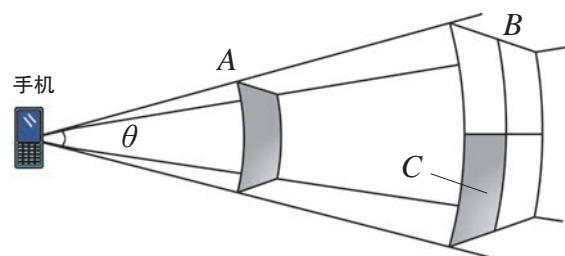


图 1-2-2

你知道吗？



图 1-2-3 分贝仪显示屏

声音的响度是人耳对声音强弱的一种主观感觉，通常分贝数越大，人耳感觉到的响度也越大。一般情况下，当声音达到 100 分贝（如打桩机发出的声音）时，人感觉到的响度就是震耳的。

人耳是敏感的声音接收器，如果声音达到 80 分贝，就有可能伤害到人的耳朵。怎样才能避免耳朵受到伤害呢？

第一，不要把加大音量当作淹没其他声响的手段。例如乘车的时候，你如果把 MP3 的音量加大到别的什么声音都听不见了，那肯定会对你的耳朵有害。

第二，如果周围的声音大到两个人说话互相听不清楚，最好换个地方。

第三，如果有时候无法避免过大的声音，那么等能避开时，要让你的耳朵休息一段时间。

第四，经常接触响声的人应专备一副耳塞。

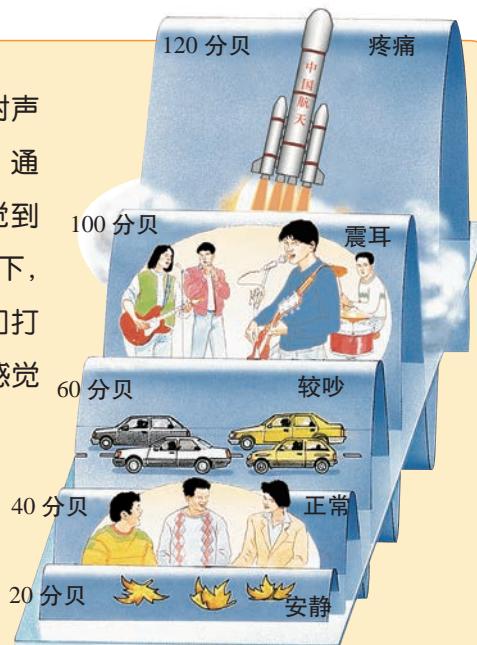


图 1-2-4

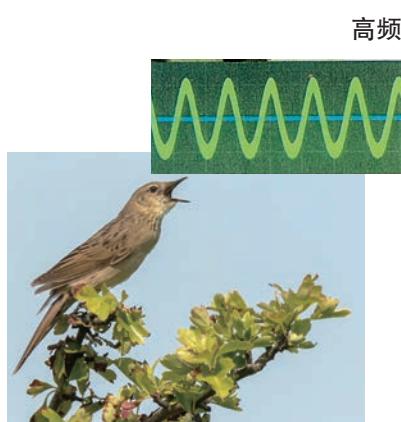
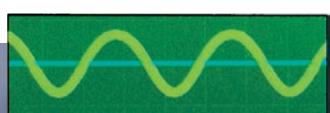


图 1-2-5

音调

唱歌时，女生的声音通常比男生的高，这里所说的声音高低，就是指音调的高低。钢琴右边琴键弹出的音调比左边琴键弹出的音调高，狮子吼叫声的音调比鸟鸣声的音调低（图 1-2-5）。



音调的高低与发声体振动的快慢有关，在物理学中把物体每秒钟振动的次数叫做频率 (frequency)，用 f 表示。频率的单位是赫兹，简称赫，符号是 Hz，例如音叉每秒钟振动 1 000 次，可表示为 $f = 1\,000$ 赫。声源的振动快慢用频率的高低表示，发声体振动越快，声音的频率就越高，音调也就越高；反之，振动越慢，声音的频率就越低，音调也就越低。物体的振动频率同样可以用示波器来显示：振动频率高，示波器上显示的波形就密；振动频率低，示波器上显示的波形就疏。

发声体振动的快慢通常与其结构有关。早在战国时期，我国就有“大弦小声，小弦大声”的记载。弦越短、越细、张得越紧，它振动时发出声音的音调就越高，弦乐器和管乐器就是通过改变振动弦或空气柱的长度来发出不同音调的声音。成年男子的声带长而厚，儿童和妇女的声带短而薄，所以成年男子的音调比儿童和妇女的低。男低音频率约为 65 赫，女高音频率约为 1 100 赫。我国战国时期铸造的编钟（见章导图）由 65 个大小不同的青铜钟组成，大钟音调低沉，小钟音调高亢。

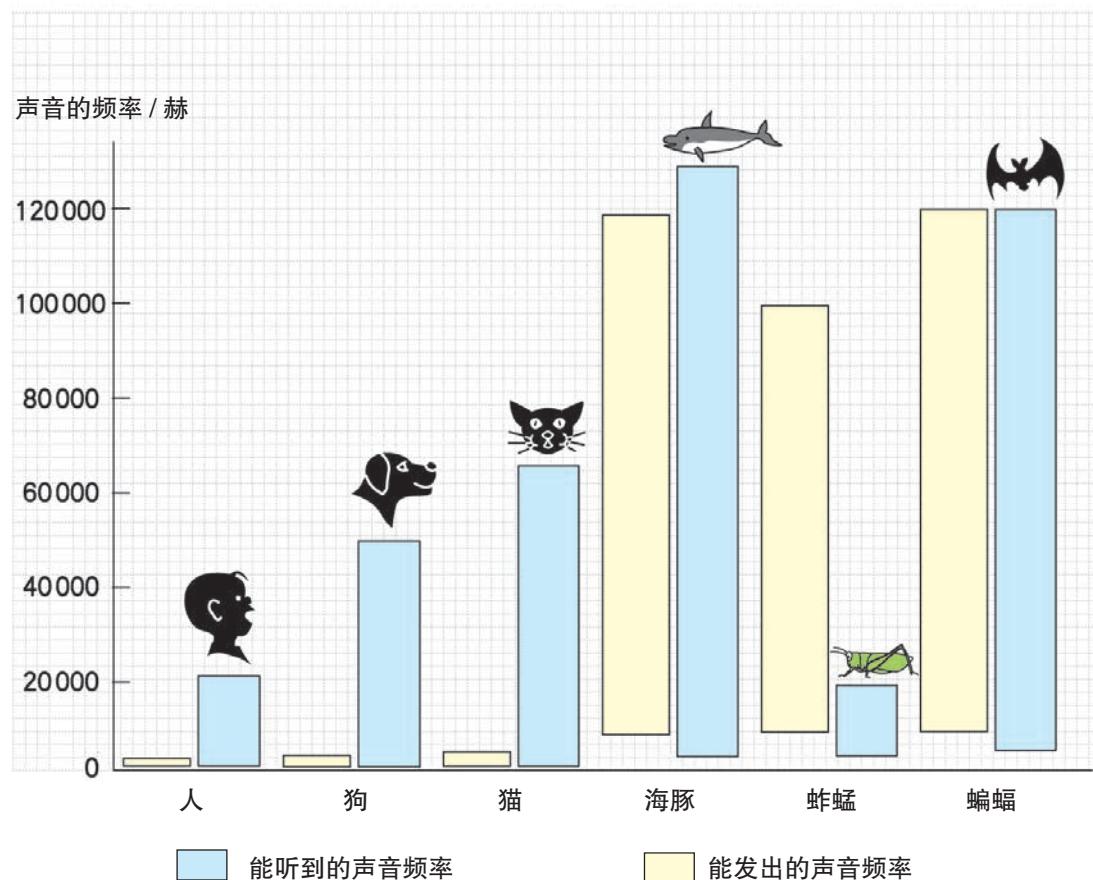


图 1-2-6 人和动物通常都有不同的发声频率和听觉频率

频率超过 20 000 赫的声波叫做超声波 (supersonic wave)，频率低于 20 赫的声波叫做次声波，它们都超出了人耳的听觉频率范围。从图 1-2-6 所示的图表中，我们可以看到人类既不能发出超声波，也听不到超声波。但自然界中有许多动物不仅能发出超声波，而且也能听到超声波。例如，蝙蝠能发出和听到频率达 120 000 赫的超声波。

你知道吗?



图 1-2-7

人们在挑选西瓜时，往往用手指在西瓜上弹几下，如果声音较清脆、音调高，就知道是生瓜；声音较沉闷，音调低，就是熟瓜。医生常用叩诊术来检查胸腹内器官是否正常（图 1-2-7），脏器正常与不正常的叩诊声音是不同的。

有趣的是，300 多年前，一个奥地利人用敲击酒桶的方法来判断桶中酒的多少（图 1-2-8），叩诊术就是从中得到启示而发明的。



图 1-2-8

音色

我们只要一听到熟人的讲话声，就能判断出讲话者是谁；用不同的乐器演奏同一音符（如 C 调的 do），熟悉音乐的人能分辨出用的是什么乐器。这些都是根据声音的第三个特征——音色作出判断的。通常一切乐器或发声体发出的声音都是由不同频率的声波组成的。研究表明，频率组合情况不同，声音的音色就不同。用示波器显示吉他和萨克斯管发同一个音符的振动情况，观察到它们的波形是不同的，这说明它们的音色也是不同的（图 1-2-9）。

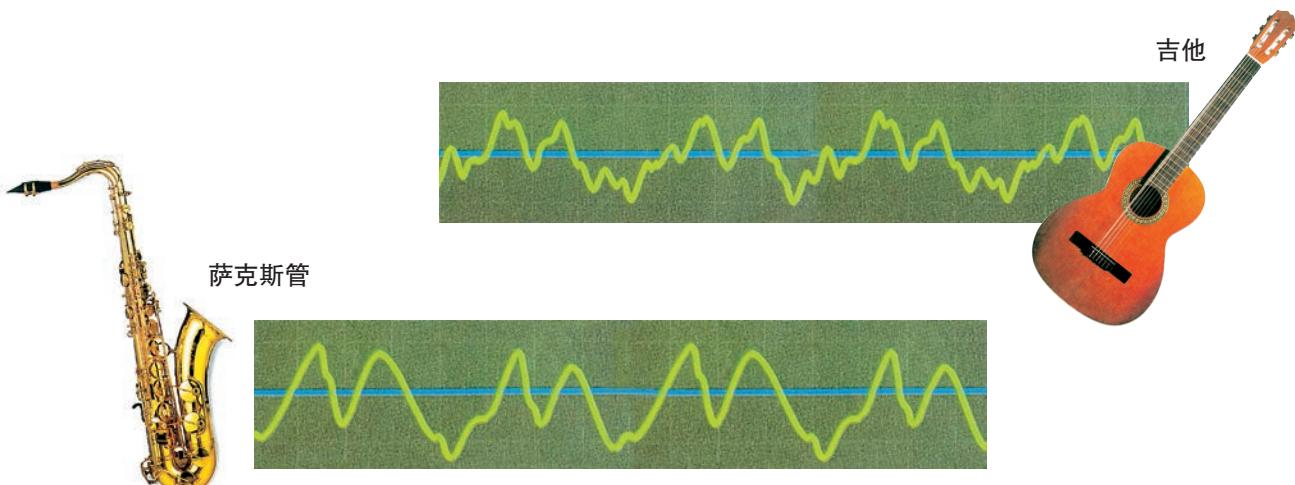


图 1-2-9

乐音 噪声

悠扬、悦耳的声音，令人心旷神怡，如演奏家演奏的乐曲声、歌唱家的歌声。人们把这类声音叫做乐音。从吉他和萨克斯管发音的振动波形可以看出，乐音的振动波形是有规律的。

刺耳、难听的声音，令人心烦意乱，如电锯声、工厂里冲床的机器声。人们把这类声音叫做噪声（noise）。从图 1-2-10

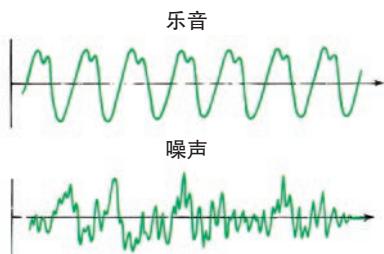


图 1-2-10 乐音和噪声的振动波形

可以看出，噪声的振动波形是杂乱的、无规律的。物理学中把发声体做无规律振动时发出的声音叫做噪声。从环境保护的角度来看，凡是妨碍人们正常休息、学习和工作的声音，都属于噪声。从这个意义上讲，在夜深人静时很响的乐曲声也会成为影响他人睡眠的噪声。

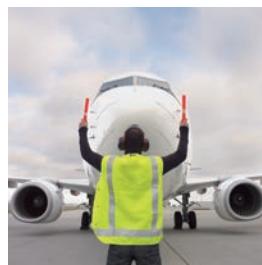
噪声对人们的心理和生理具有一定的伤害作用，轻则分散注意力、影响情绪，重则伤害身体，造成听力损伤，因此控制噪声十分重要。为了减少噪声的危害，人们应该积极有效地控制噪声，可以分别从控制噪声源、控制噪声的传播途径以及保护受噪声影响者这三个环节进行控制（图 1-2-11）。



摩托车的消声器



轻轨两旁的声屏障



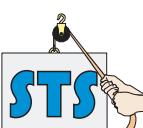
机场工作人员佩戴的防声耳罩

图 1-2-11

你知道吗？

《中华人民共和国环境噪声污染防治法》规定，社会生活噪声是指人为活动所产生的除工业噪声、建筑施工噪声和交通运输噪声之外的干扰周围生活环境的声音。

为了防治社会生活噪声污染，保护和改善生活环境，《上海市社会生活噪声污染防治办法》于 2013 年 3 月 1 日起正式施行。该办法明确了公园等公共场所噪声、住宅小区装修噪声等噪声污染认定标准问题，对社会反响强烈的商店室内外使用音响设备行为进行了规范，创设了住宅小区公用设施噪声、车辆防盗报警装置噪声等相关污染防治规定。想一想，这些法律条文主要是从哪一环节来控制噪声的？



次声和超声

产生次声的声源相当广泛，在火山爆发、极光、地震、海啸、台风、龙卷风等自然现象中都会产生次声，用人工方法也能产生次声，如核爆炸、火箭发射、化学爆炸等。

次声最显著的特点是传播距离远，而且不容易被吸收。印度尼西亚的喀拉喀托火山爆发时，它所产生的次声围绕地球转了三圈，传播了十几万千米。次声不但跑得远，而且其速度大于风暴的传播速度，所以它就成了海洋风暴来临的前奏曲，科学工作者可以通过仪器监测，来预报这类自然灾害的发生，从而减少人员伤亡和财产损失。另外，一些动物如大象和鲸也是通过次声进行联络的。



图 1-2-12 大象靠次声交流

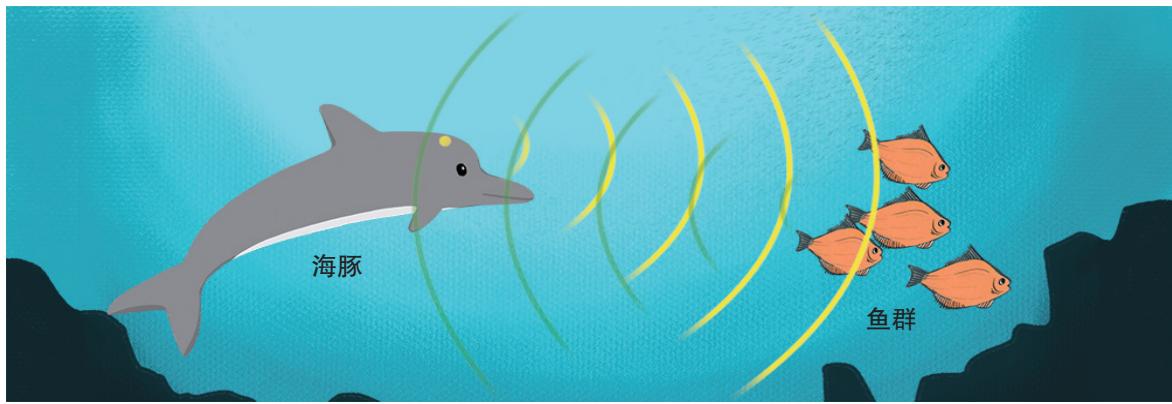


图 1-2-13

有些动物对超声非常敏感，例如海豚和蝙蝠。海豚能向前发射一连串超声，并接收被鱼群反射回的超声信号，从而确定鱼群的位置进行捕食（图 1-2-13）。

超声的能量可以集中在某一方向上发射，并能与电能、机械能等进行相互转化。因此，超声在许多领域中有着广泛应用。例如超声金属探伤，超声除垢，B 型超声探测人体器官或检查孕妇腹中的胎儿，用超声来粉碎肾脏结石等。

思考与练习

1. 蝴蝶飞行时，它的翅膀在不停地振动，它发出声音了吗？为什么？
2. 蜜蜂飞出去采蜜时，双翅每秒钟振动 440 次，采蜜回来时双翅每秒钟振动 300 次。养蜂人根据蜜蜂飞行时发出声音的什么特征，来判断蜜蜂是去采蜜，还是采了蜜回巢？
3. 选取一种管乐器或弦乐器，说出它是怎样改变发声音调的。
4. 取两只相同的玻璃杯，分别在杯中注水，使它们的液面高度有较明显差别。如图 1-2-14 所示，用一金属棒（或金属调羹）分别敲击玻璃杯壁下方，它们发声的音调一样吗？
5. 小白兔能分辨出门外不是自己的外婆（图 1-2-15），主要是根据声音的什么特征来判断的？



图 1-2-14



图 1-2-15



(a)

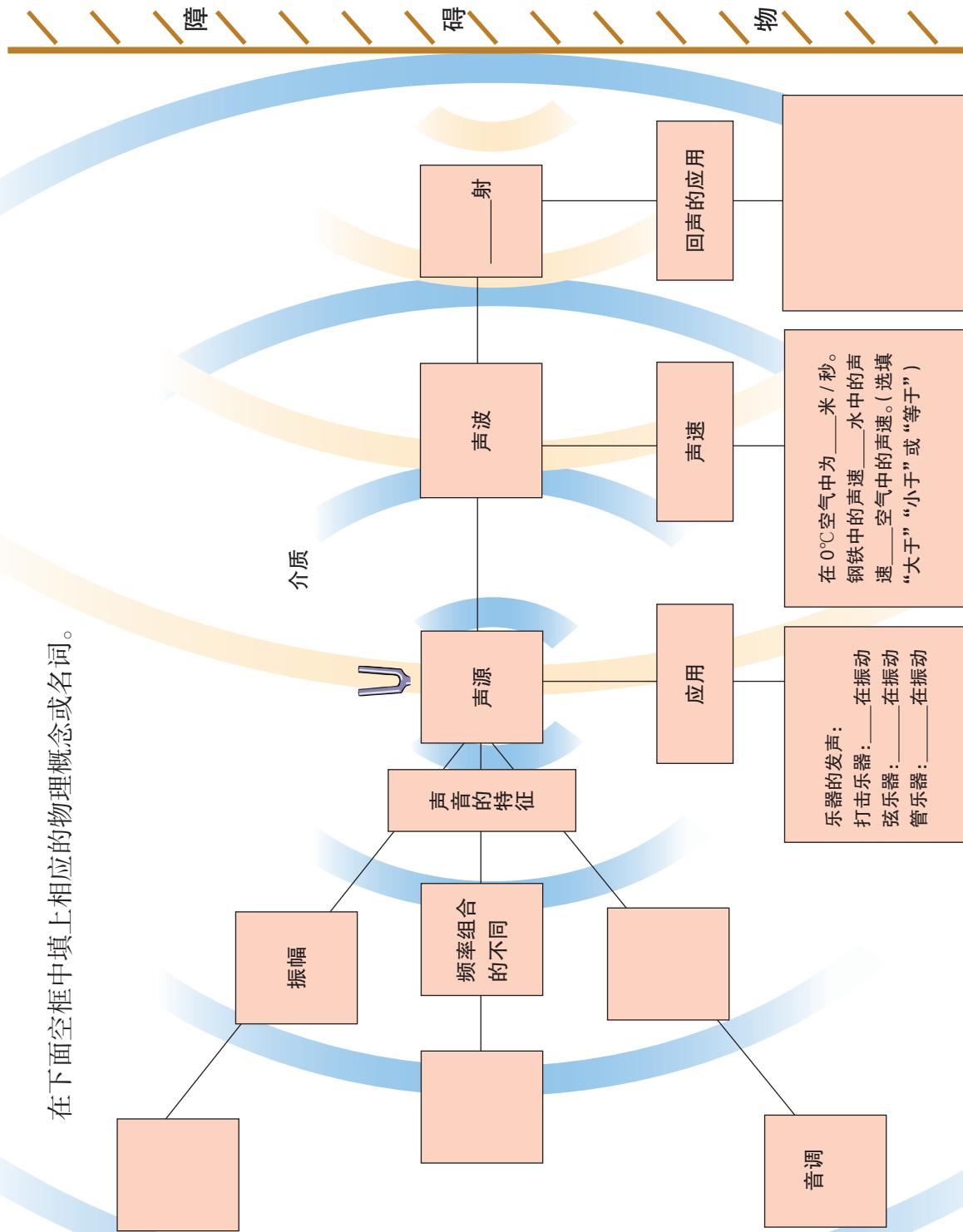


图 1-2-16

6. 图 1-2-16 说明如何减弱城市交通噪声的传播。观察其他场所，提出减弱各种噪声传播已经采取和可以采取的措施。

概念图

在下面空框中填上相应的物理概念或名词。

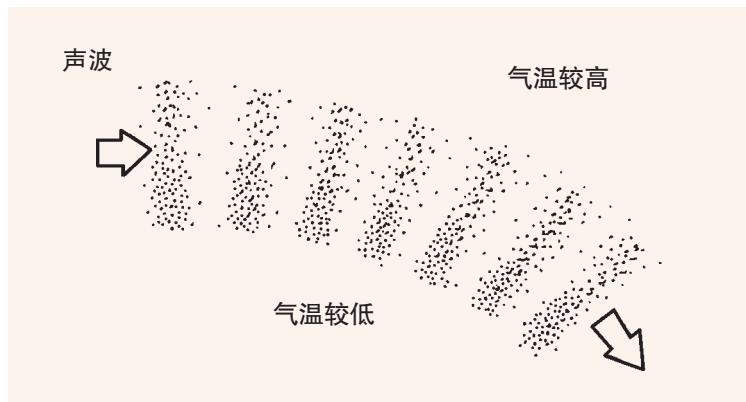


枫桥夜泊 唐 张继				
夜半钟声到客船	姑苏城外寒山寺	江枫渔火对愁眠	月落乌啼霜满天	



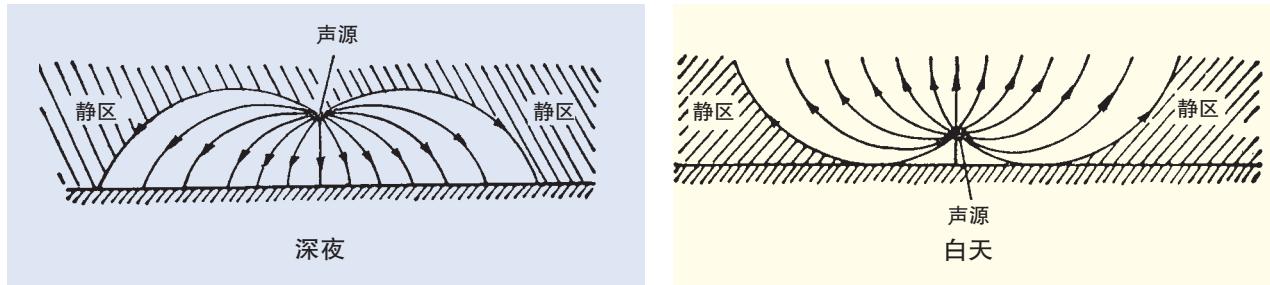
吟诵着这首脍炙人口的千古绝唱，我们仿佛在夜幕中看到了江中的点点渔火，仿佛听到了从清冷的初冬夜空中传来的阵阵悠扬钟声。现在寒山寺的钟声已成了国内外游客的“圣乐”。每年除夕，众多游客特地赶到寒山寺去撞钟一百零八响。那么，为什么寒山寺的钟声能回荡在姑苏城的夜空，在客船上听起来如此清晰呢？从声学角度来探讨，这却是一个很有趣的问题。

我们知道声波在空气中的传播速度与空气的温度有关。地面上方不同高度处的空气温度是不同的，声波向前传播时会向温度低的空气层方向偏折。这就像由一列小孩和一列大人组成两人一排的队列，小孩和大人手挽手以相同节奏向前行进，由于大人的步距比小孩的步距大，结果队伍前进的方向会偏向小孩一侧。



冬日深夜，地面降温快，地面附近空气温度低，而离地较高处气温相对较高，声源发出的声波的传播方向是向下弯曲的，声波的能量集中在地面附近，地面附近很大范围内能接收到声波，加上夜深

人静，在地面上能听到较远处的声响，这就是《枫桥夜泊》一诗中描写的意境。



夏日白昼，地面升温快，附近的空气温度高，离地越高空气温度越低，地面上声源发出的声波的传播方向是向上弯曲的，在地面附近能接收到声波的范围较小，而接收不到声波的静区较大，加上白天各种活动的嘈杂声大，所以白天在地面上听不清远处的声响。在白天，越往上，能接收到声波的范围越大，静区越小，所以，如果在十几层高的楼上打开窗户，你就能听到远处各种交通工具传来的声响。



1. 《十万个为什么(物理分册)》，少年儿童出版社。2013年8月，第6版。
2. 《科学画报》，月刊，16开，上海科学技术出版社。
3. CCTV10（科教频道）
(1)《原来如此》

这是一档以实验体验为特征的科普栏目，它针对生活中人们熟视无睹或似是而非的科学疑点和困惑，通过科学实验、实际验证等，给出科学、正确、权威的解答，最终给人以“原来如此”、豁然开朗式的顿悟，进而普及科学知识，提高科学素养，倡导科学生活。

登录央视网CCTV10，观看以下视频：

20171201 “噪音的秘密”。

(2)《走近科学》

该栏目针对新闻热点背后的科学问题、社会生活中的焦点问题等，给予科学的解释，引发观众对科学的兴趣，弘扬科学精神，提倡科学方法，传播科学知识。

登录央视网CCTV10，观看视频：

20170216 “声纹攻防战”；

20171012 “声波驱鸟”。

4. 参观场所：东方乐器博物馆

该博物馆是我国艺术院校中第一个乐器博物馆，主要分为“中国古代乐器”“中国现代乐器”“少数民族乐器”“外国民族乐器”四个展区。其中，“中国古代乐器”展区有距今8000多年的贾湖骨笛、汉代铜鼓、仿曾侯乙编钟、镶有翡翠和玛瑙的仿唐琵琶等藏品，全面而生动地展示了我国灿烂悠久的民族乐器文化。

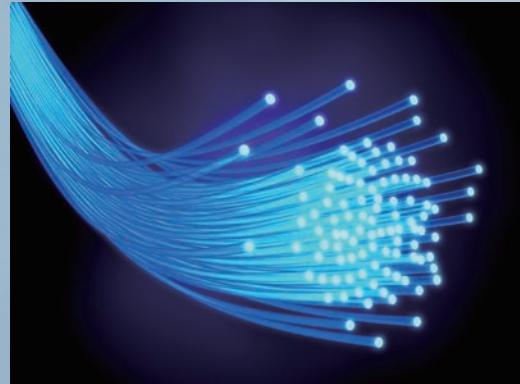
第二章 光

light

- 2.1 光的反射
- 2.2 光的折射
- 2.3 透镜成像
- 2.4 光的色散



距今 1700 多年的青铜镜。我们的祖先很早就开始使用铜镜，他们把金属磨光制成镜子，磨光的一面作为镜面用，背面则雕刻有纹饰和钮环



每根光导纤维都是一根很细的
玻璃丝，全反射使光沿着光纤传播，
即使光纤弯曲也无妨

绚丽的彩虹是由阳光和水滴
创作出来的一幅自然界艺术杰作

光使人类能认识自己和了解周围的世界，没有光，人类几乎一无所知。很难想像没有光，自然界将是什么样子。从我国古镜到今天的光纤通信，光与人类文明的发展密不可分。几个世纪以来，物理学家对光的传播规律、光的本质进行了不懈的探究。现在，我们每天都能分享到光学研究带来的丰硕成果。

2.1 光的反射

Reflection of light

我们之所以能够看见物体，是因为来自物体的光进入我们的眼睛，从而引起了视觉。自身能够发光的物体叫做光源，例如太阳、电灯和萤火虫。大多数物体自身并不发光，例如课本、黑板、镜子和月亮。人们能够看见不发光的物体，是因为这些物体能反射光源射来的光。



图 2-1-1 穿过树叶缝隙射下的太阳光束

光在同种均匀介质中是沿直线传播的。光在真空中的传播速度为 3×10^8 米 / 秒，在其他介质中的速度比真空中都小。光的传播路径通常不容易看到，但在清晨，我们往往能在树林里看见穿过树叶缝隙射下的太阳光束（图 2-1-1），或在电影院里看见放映机投射到银幕上的光束。这是由于空气中存在着大量的尘埃、雾或烟等微粒，这些微粒将光束散射到我们的眼里。通常，物理学中用一条带箭头的直线来形象地表示光的传播路径和方向，这样的直线叫做光线。

光的反射定律

光射到物体表面上时会发生反射。光滑的反射面叫做镜面，反射面是平面的镜面叫做平面镜（plane mirror），例如穿衣镜、玻璃板、平静的水面和抛光的平面。在图 2-1-2 中， AO 是入射光线， OB 是反射光线，入射光线在平面镜上的投射点 O 叫做入射点；过入射点 O ，且与镜面垂直的直线 ON 叫做法线；入射光线与法线之间的夹角 α 叫做入射角，反射光线与法线之间的夹角 β 叫做反射角。

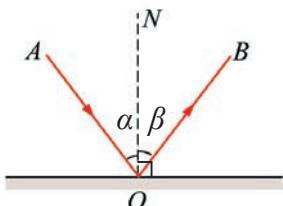


图 2-1-2

实验证明：光发生反射时，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。

如果让光逆着反射光线的方向射到镜面上，反射后它将逆着原来入射光线的方向射出，因此在光的反射中光路是可逆的。

根据光的反射定律，当平行光线射到平面镜上时，反射光线仍为平行光线，这种反射叫做镜面反射 [图 2-1-3 (a)]。一般物体的表面往往比较粗糙，粗糙的表面可以看成是由大量法线方向不同的小平面组成的，根据反射定律，平行光线经这些小平面反射后，反射光线不再平行，而是射向各个方向，这种反射叫做漫反射 [图 2-1-3 (b)]。正是因为漫反射，我们才能从不同方向看到那些表面不光滑的物体，如黑板上的粉笔字、书本上的字。

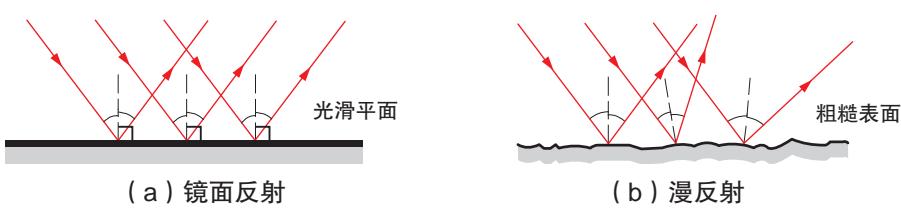


图 2-1-3

平面镜成像

这张照片(图 2-1-4)上下两半几乎是 对称的, 照片下面一半是山、蓝天和白云在 平静湖面中的倒影。湖中的倒影实际上 是 山、蓝天和白云的像, 平静的湖面为什么能 成像? 所成的像有什么特点?



图 2-1-4 湖中倒影

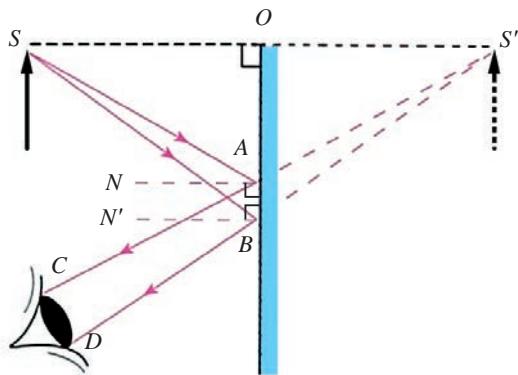


图 2-1-5

为该点实际上并没有光线射出。其实, 从 S 点射向平面镜的光线有无数条, 它们经平面镜反射后, 所有反射光线的反向延长线都交于 S' 点, S' 点是这些发散反射光线的起点(图 2-1-6)。根据光的反射定律和几何知识, 可证明 $\triangle SAO \cong \triangle S'A O$, 所以 $SO = S'O$, 即物体和虚像到平面镜的距离相等。物体上每一点发出的光线被镜面反射后, 都能在镜后形成相应的虚像点, 这些虚像点组成的虚像与物体等大。由此可得出结论: 平面镜所成的像是虚像; 像和物体到平面镜的距离相等; 像和物体的大小相等。所以像和物体对镜面来说是对称的。

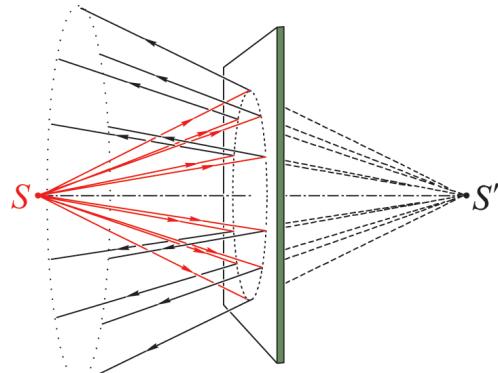


图 2-1-6

你知道吗?



图 2-1-7

仔细观察图 2-1-7, 你会觉得镜中的那只“手”是一个人的右手, 其实它是左手在平面镜中的像。这种现象也是平面镜成像的一个特点, 即物与平面镜中的像是左右倒置的。图 2-1-8 中是一辆救护车, 你会发现车头中间有一行英文字母“AMBULANCE”的写法是左右倒置的。

这样写的目的是, 让前面行驶车辆的司机通过后视镜看到正常的字样, 以便及时作出反应。



图 2-1-8

平面镜的应用

日常生活中人们常用镜子来端正衣冠；演员和运动员常用镜子进行化妆和纠正姿势；商店常用平面镜来装潢，从而显得宽敞明亮。

平面镜可以改变光的传播方向，简易潜望镜就是利用这一原理制作的。潜望镜被广泛应用在科学的研究和国防中。科学家利用潜望镜在地下室观察火箭的发射；在进行放射性实验时，科研工作者利用潜望镜隔着厚厚的保护墙，观察实验情况；潜水艇在水下巡逻时，可利用潜望镜观察海面上的情况。潜望镜中所观察到的像 S' ，是水面上的物 S 发出的光线经平面镜 M_1 、 M_2 两次反射所成的虚像，如图2-1-9所示。

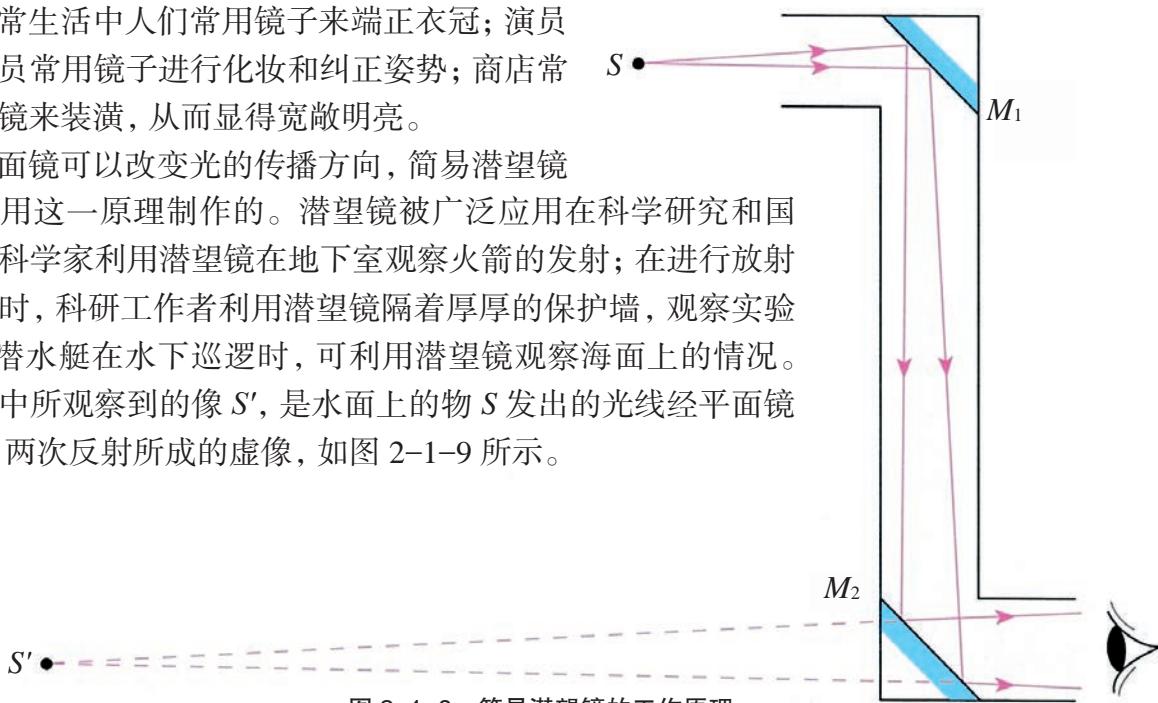


图 2-1-9 简易潜望镜的工作原理

思考与练习

- 入射光线与平面镜之间的夹角是 30° ，则反射角等于多少度？试画出光路图。
- 根据光的反射定律，将图2-1-10中的光路图画完整。
- 平静的湖面映出了山的倒影，它说明了什么物理现象？
- 为什么晚上玻璃窗上能映射出明亮室内的景物？并由此说明为什么晚间驾车时，不能开亮车厢内的灯。
- 根据平面镜成像的特点，在图2-1-11中作出物体AB在平面镜MN中的像 $A'B'$ 。
- 口腔科医生观察患者口腔内的情况时，常用一片带柄的小平面镜。试说明这种情况下平面镜的作用。
- 检查视力时，常规大小的视力表与眼睛的距离必须为5米。若房间的最大宽度只有3米，如何用平面镜解决这一问题？用简图配合文字简要说明。
- 利用网络查找有关城市建筑采用大面积玻璃幕墙结构的资料，从光的反射角度进行简要分析。

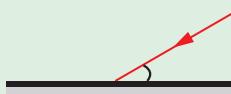


图 2-1-10

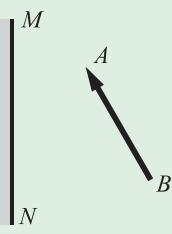


图 2-1-11

2.2 光的折射

Refraction of light

斜插在水中的铅笔看上去好像折成了两段，雨后天晴时天空中会出现美丽的彩虹，放大镜能将邮票上的图案放大，海市蜃楼……这些现象都跟光的折射有关。

当光斜射到水面上时，不仅会发生反射，同时还会发生折射，一部分光进入水中，而且改变了原来的传播方向（图 2-2-1）。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。

在图 2-2-2 中， AO 是入射光线， OB 是折射光线，过入射点 O 垂直于分界面的直线 NN' 叫做法线，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；入射光线和法线之间的夹角 α 叫做入射角，折射光线和法线之间的夹角 γ 叫做折射角。

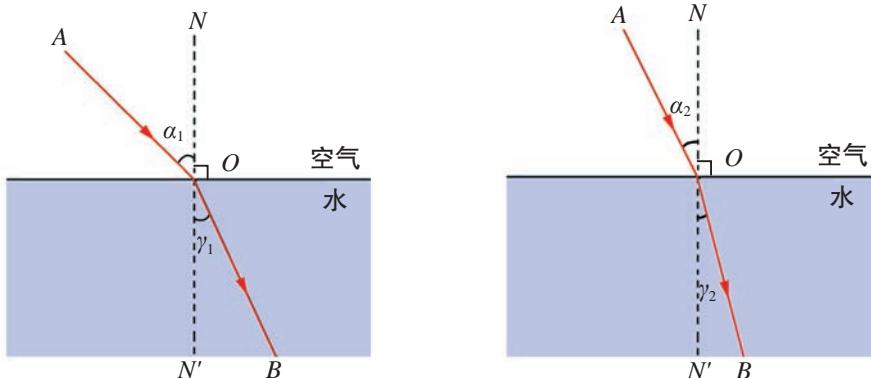


图 2-2-2 当入射光线向法线靠拢时，折射光线也向法线靠拢 ($\alpha_2 < \alpha_1$, $\gamma_2 < \gamma_1$)

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 γ 小于入射角 α 。减小入射角，折射角也随之减小（图 2-2-2）；反之，增大入射角，折射角也随之增大。当光垂直于界面射入时，光的传播方向不发生偏折。

当光线以相同的入射角分别从空气斜射入水和玻璃中时，在玻璃中的折射光线向法线偏折得更明显，这说明玻璃对光的折射本领比水强（图 2-2-3）。实验表明，不同介质对光的折射本领是不同的。

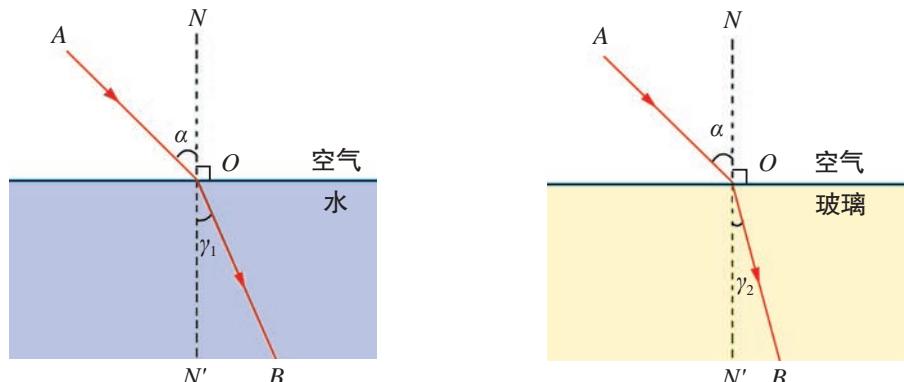


图 2-2-3 当入射角 α 相同时，玻璃中的折射角比水中的折射角小 ($\gamma_2 < \gamma_1$)

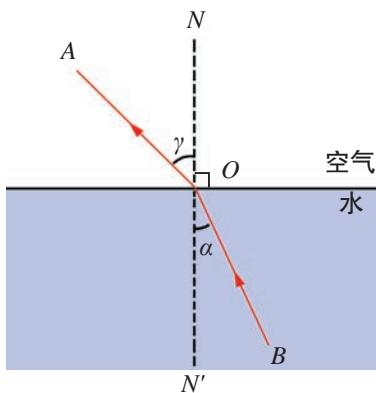


图 2-2-4

在光的折射中,光路也是可逆的。从水或玻璃斜射入空气中的光线将偏离法线(图 2-2-4)。把铅笔斜插入水中,铅笔看上去似乎在水面处折断了(图 2-2-5),这是由于光的折射引起的。铅笔在水下的部分射出的光线射入空气中时偏离法线,逆着折射光线的方向看去,折射光线反向延长线的交点就是铅笔在水下的虚像(图 2-2-6),且虚像比实物在水中的位置浅,所以看起来铅笔好像在水面处折断了。从岸上看游泳池的底感觉比实际深度要浅些,就是由于光的折射产生的错觉。

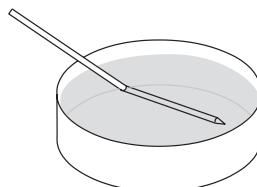


图 2-2-5

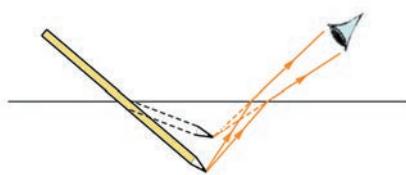


图 2-2-6

思考与练习

1. 光线从空气斜射入水中(图 2-2-7),若入射角为 30° ,则折射角是大于 30° 还是小于 30° ? 在图中画出折射光线的大致方向。

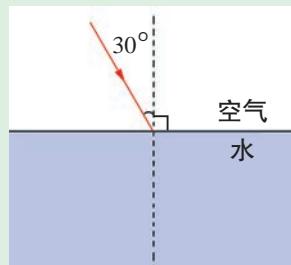


图 2-2-7

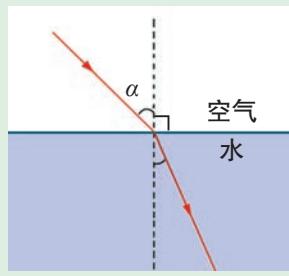
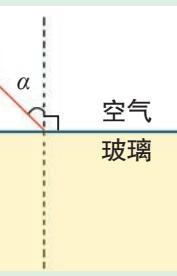


图 2-2-8



(b)

2. 已知玻璃对光的折射本领比水强,图 2-2-8 (a) 中给出了光从空气斜射入水中的光路图。若光以同样的入射角射入玻璃,试在图 2-2-8 (b) 中画出折射光线的大致方向。

3. 根据光的折射知识,用文字或光路图解释漫画(图 2-2-9)中的现象。

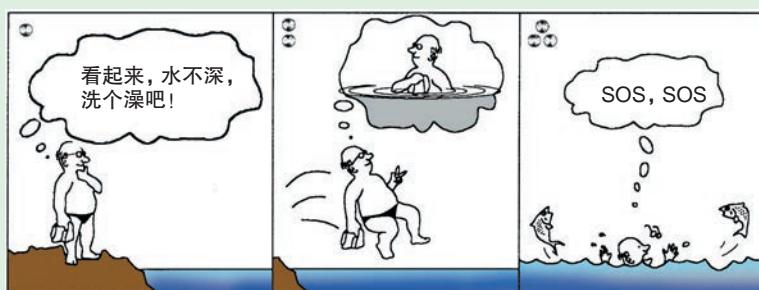


图 2-2-9



光的全反射

当光从水斜射入空气中时，一部分光线在界面上反射回水中，另一部分进入空气。进入空气的折射光线偏离法线，折射角大于入射角[图 2-2-10 (a)]。增大入射角，折射角也随之增大，当入射角增大到一定值 C 或超过 C 时，折射光线消失了，光全部反射回水中[图 2-2-10 (b)]，这种现象叫做光的全反射。反射回水中的光线同样遵循光的反射定律。

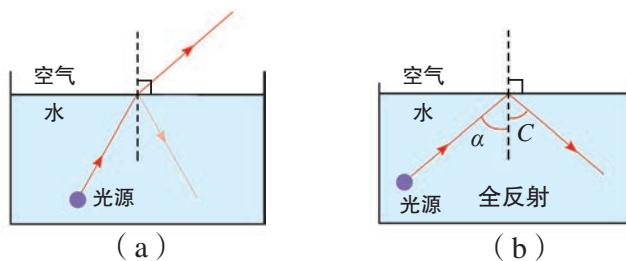


图 2-2-10

只有当光从水或玻璃之类介质斜射入空气中时，才会发生全反射现象。全反射现象在生活中经常可以见到，露珠格外明亮耀眼就是光在水珠内发生全反射的缘故，美丽的钻石光彩夺目也是全反射的结果。

全反射现象在技术上的一个重要应用是装有全反射棱镜的潜望镜和双筒望远镜。全反射棱镜的横截面是等腰直角三角形，当光射入棱镜后，就在直角面或斜面上发生全反射，改变传播方向。

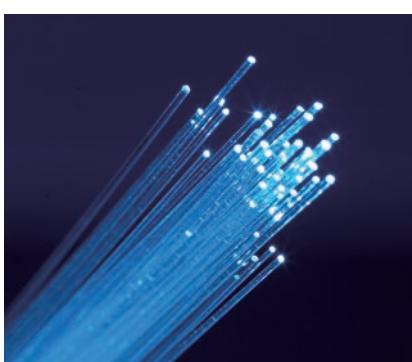


图 2-2-12 光导纤维

全反射现象另一个非常重要的应用是光导纤维。光导纤维是很细的玻璃丝，外表涂有很薄的另一种材料，光在分界面上发生全反射。无论玻璃丝怎样弯曲，从一端射入的光都可以在其中发生多次全反射而到达玻璃丝的另一端。

许多根光导纤维可做成光缆，它传递光信号的速度、质量和信息量都远远超过了用金属做成的电缆。目前光缆已成为现代通信的重要方式。在医学上，光导纤维是内窥镜的主要部分，医生利用内窥镜可以直接观察到胃、肠等脏器发生的病变情况(图 2-2-13)。



图 2-2-11 双筒望远镜



图 2-2-13

2.3 透镜成像

Lenses

我们的眼睛怎么能看到外界的各种物体呢？电影院银幕上的画面又是怎样放映出来的呢？眼镜为什么能矫正视力呢？学习了透镜对光的折射规律后，你就会明白其中的道理。

凸透镜和凹透镜

透镜在我们的生活中随处可见，眼镜的镜片、照相机、望远镜、投影仪和显微镜的镜头，都是透镜。其中最常用的透镜是凸透镜（convex lens），其他还有凹透镜（concave lens）。凸透镜中间的厚度大于边缘的厚度，凹透镜中间的厚度小于边缘的厚度，通常透镜的两个表面都是球面，或者一面是球面，另一面是平面。通过透镜球面的球心

图 2-3-2

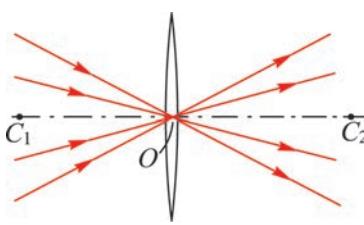


图 2-3-2

图 2-3-2 中展示了光从空气或其他物质进、出透镜时会发生折射。图中显示了一块凸透镜，其左侧有两条平行于主光轴的光线，经透镜折射后，光线发散；右侧有一条平行于主光轴的光线，经透镜折射后，光线会聚于一点，该点即为焦点。透镜中心的点O为光心。

图 2-3-1

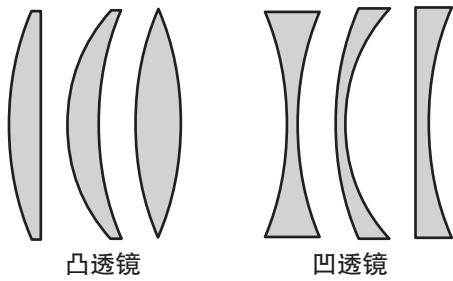


图 2-3-1 展示了凸透镜和凹透镜的形状。左侧展示了三个凸透镜，它们的中间厚度大于边缘厚度，且随着透镜的变厚，其焦距变短。右侧展示了三个凹透镜，它们的中间厚度小于边缘厚度，且随着透镜的变薄，其焦距变长。

图 2-3-1

图 2-3-3 展示了凸透镜对光线的会聚作用。图中显示了一块凸透镜，其左侧有四条平行于主光轴的光线，经透镜折射后，光线会聚于一点F，该点即为焦点。透镜中心的点O为光心。图中还标注了焦距f，即从光心O到焦点F的距离。

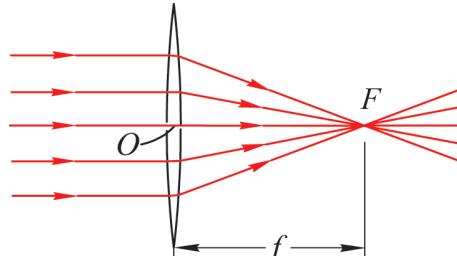
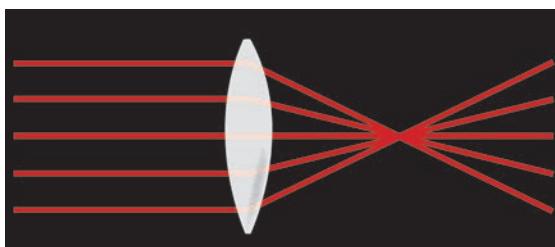


图 2-3-3 凸透镜对光线的会聚作用

图 2-3-4

图 2-3-4 展示了一个实验：一只手持放大镜，另一只手拿着一张白纸，将阳光射向放大镜，使阳光会聚于纸上的一点，从而点燃纸张。这说明凸透镜对光线具有会聚作用。

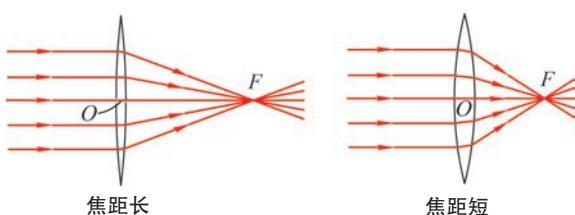


图 2-3-5

图 2-3-5 展示了凸透镜焦距与透镜厚度的关系。左侧展示了较厚的凸透镜，其焦距较长，即光会聚点距离光心较远。右侧展示了较薄的凸透镜，其焦距较短，即光会聚点距离光心较近。



图 2-3-4 凸透镜会聚的阳光使纸片燃烧

凸透镜可将平行的太阳光会聚在焦点上。在 CD 机和 DVD 机中，一个很小的凸透镜将激光光束会聚在光盘的凹痕上来读取数字信息。根据光路可逆原理，如果在透镜焦点处放一光源，它能将光源发出的发散光束会聚成平行光束，幻灯机、投影仪、舞台追光灯等光学仪器就是利用了这一原理。

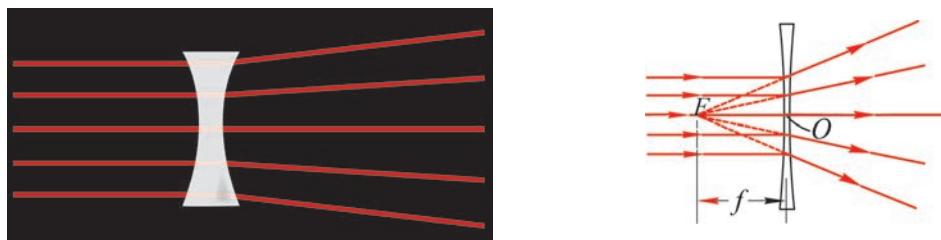


图 2-3-6 凹透镜对光线的发散作用

凹透镜对光线有发散作用，因此凹透镜又叫做发散透镜。平行于主光轴的光线经凹透镜折射成为发散光线，它们的反向延长线相交于主光轴上一点，该点叫做凹透镜的虚焦点 F 。“虚”表示该点并不是实际光线的交点。物体发出的光线，经凹透镜折射后成为发散光线，逆着发散光线看去，在一定范围内我们只能看到一个缩小的虚像（图 2-3-7）。

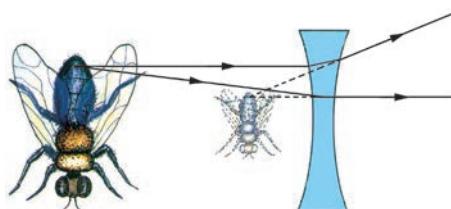


图 2-3-7

凸透镜成像

实验表明，凸透镜既能成实像，也能成虚像。实像是物体发出的光线经凸透镜折射后，在透镜另一侧由实际光线会聚而成的倒立的像，它能显示在光屏上，也可对着凸透镜在一定范围内用眼睛观察到。虚像只能用眼睛观察到，无法显示在光屏上。我们把物体到透镜的距离叫做物距，用 u 表示，把像到透镜的距离叫做像距，用 v 表示（图 2-3-8）。实验证明，对于一个焦距确定的凸透镜，物距和像距是一一对应的。也就是说，对于某一个凸透镜，像距是由物距决定的。那么像距与物距之间有什么关系呢？

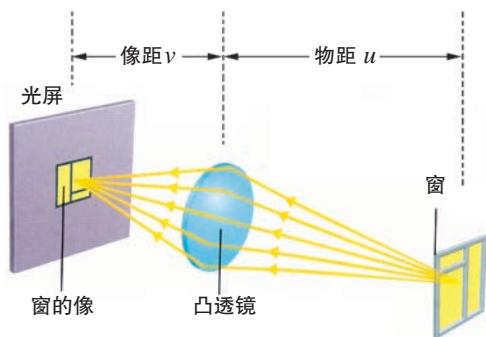


图 2-3-8



图 2-3-9 盛水烧瓶相当于凸透镜，透过它可观察到人脸所成的倒立的实像

$u > 2f$ 时，它在凸透镜另一侧大于 f 而小于 $2f$ 处成一个倒立缩小的实像。人眼、普通照相机的成像都属于这种情况。

使用照相机时，调节镜头和感光底片之间的距离，就是在找像距，可以使一定距离处的物体在底片上清晰成像（称为调焦 focusing）。人的眼球深度（从晶状体到视网膜的距离）是确定的，即像距是固定的。因此，人眼只能通过调节晶状体的弯曲程度来改变它的焦距大小，才能使不同距离处的物体在视网膜上清晰成像。例如，人眼看远处物体时，射向眼球的光线几乎是平行的，这时眼球处于放松状态，晶状体弯曲小，焦距大，焦距与眼球的深度相吻合，远处物体正好在

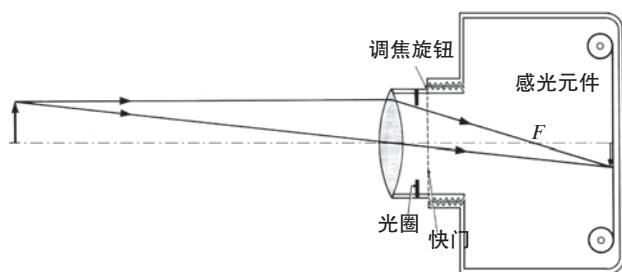


图 2-3-10 照相机成像示意图

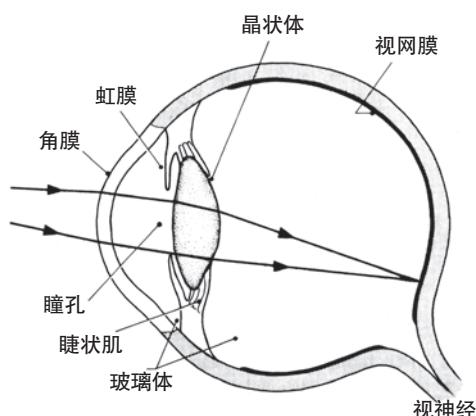


图 2-3-11 人眼成像示意图

视网膜上清晰成像。当人眼看近处物体时，射向眼球的光线是发散的。这时眼球必须处于紧张状态，晶状体弯曲变大，焦距变小，对光线的会聚作用增强，这样发散光线仍能会聚在视网膜上，使近处物体清晰成像。因此可以说，人眼相当于“自动变焦照相机”。



图 2-3-12

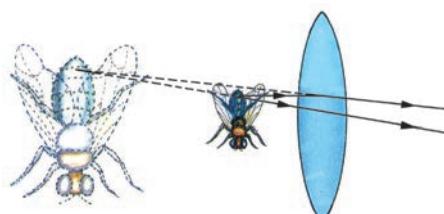


图 2-3-13

当 $u < f$ 时，它发出的光线经凸透镜会聚后，在另一侧仍成发散光线。对着凸透镜用眼观察，感到光线似乎是从发散光线的反向延长线交点处发出的。此时，在物体同侧的后面成一个正立放大的虚像（图 2-3-13）。放大镜、显微镜目镜的成像都属于这种情况。

你知道吗?

视力的矫正

近视眼患者的眼球较长或晶状体的焦距偏短，远处物体的像成在视网膜前，视网膜上的像是模糊的。因此，用凹透镜先将远处物体射来的光线稍稍发散一下，就能在视网膜上清晰成像，于是他便能看清远处的物体。

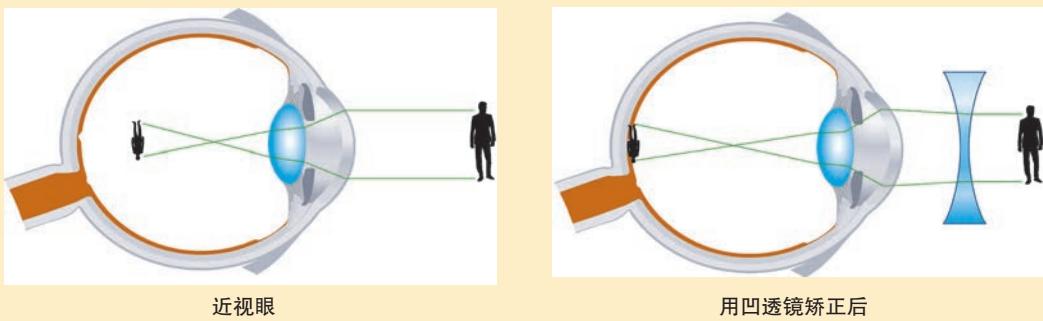


图 2-3-14

远视眼患者的眼球偏短或者晶状体的焦距偏长，近处物体的像成在视网膜后，视网膜上的像是模糊的。因此，用凸透镜先将近处物体射来的光线会聚一下，就能在视网膜上清晰成像，于是他便能看清近处的物体。

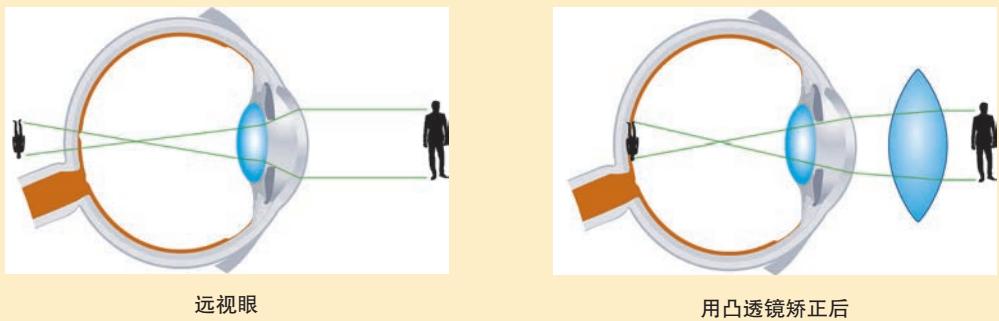


图 2-3-15

* 凸透镜成像作图及公式

除了根据实验可得出透镜成像的规律外，用作图法和公式法也可找出透镜成像的各种情况。作图法和公式法的基础是光路图，也就是用光线直观地表示光的传播路径。从发光点射向透镜的发散光束中有无数条光线，它们经透镜折射后只形成一个像点，因而这些光线经透镜折射后(或它们的反向延长线)只交于一点。因此，我们只要在这些光线中找出几条符合凸透镜折射规律的特殊光线，用作图法画出它们经透镜折射后的传播方向，就能找到它们相交的像点。这几条特殊光线是：

- 跟主光轴平行的入射光线。根据凸透镜的会聚作用，这些光线经凸透镜折射后，折射光线通过焦点[图 2-3-16 (a)]。
- 通过焦点的入射光线。根据光路可逆原理，这些光线经凸透镜折射后，折射光线跟主光轴平行[图 2-3-16 (b)]。
- 通过透镜光心的入射光线。这些光线经凸透镜折射后，折射光线的方向保持不变[图 2-3-16 (c)]。

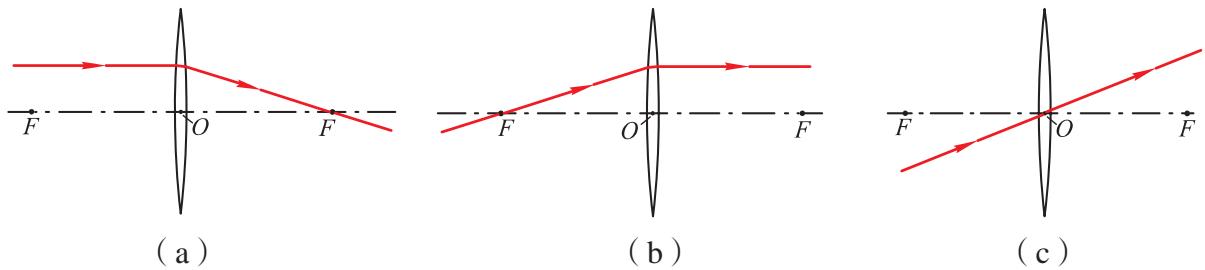


图 2-3-16

利用这三条特殊光线中的任意两条，就能方便地画出物体经凸透镜所成的像。由于光路可逆，根据像的位置用作图法也能方便地找出物体所在的位置。

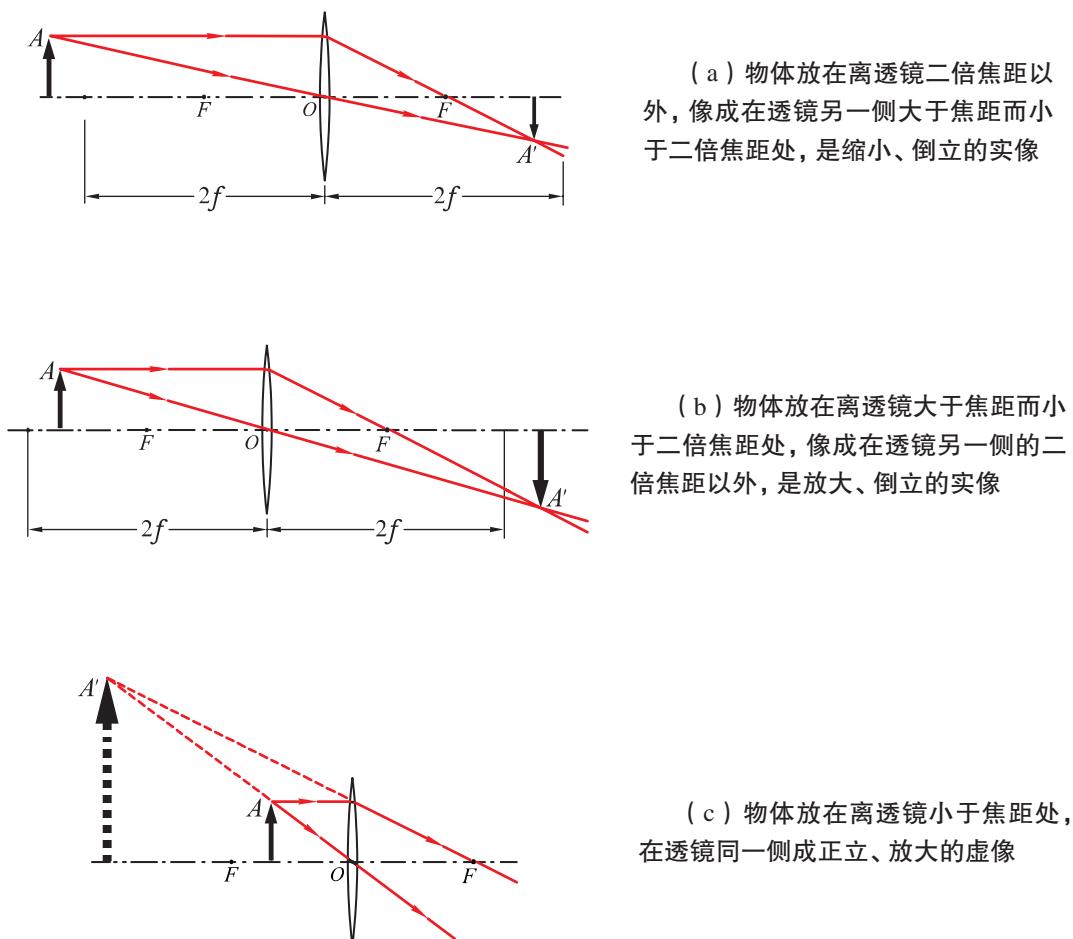


图 2-3-17

光路图能使光学仪器的成像过程一目了然。图 2-3-18 是曾经常用的书写投影仪，图 2-3-19 是书写投影仪结构示意图和成像光路图，它下面的盒是聚光器，盒中光源发出的光线经盒面上一个很大的凸透镜折射后，集中而又均匀地照射在

置于盒面上的透明投影片上。盒面上方有一成像凸透镜 L ，它与投影片的距离为 $f \sim 2f$ 。根据作图法可知，在距透镜 L 上方 $2f$ 外将成一个倒立放大的实像。显然，用天花板作显示实像的光屏不便观察，所以，在 L 上方用一个

与水平面成 45° 角的平面镜来改变光路，把向上的光线向前反射，于是这一放大的实像便成在前面屏幕上。平面镜的作用只是把原先由凸透镜成的像转过 90° 角而已。通常投影仪到屏幕的距离是确定的，也即像距大致确定，所以我们可以通过齿轮装置来调节凸透镜 L 与投影片之间的距离（即物距），从而使屏幕上的像变清晰，此过程叫做光学仪器的调焦。



图 2-3-18 书写投影仪

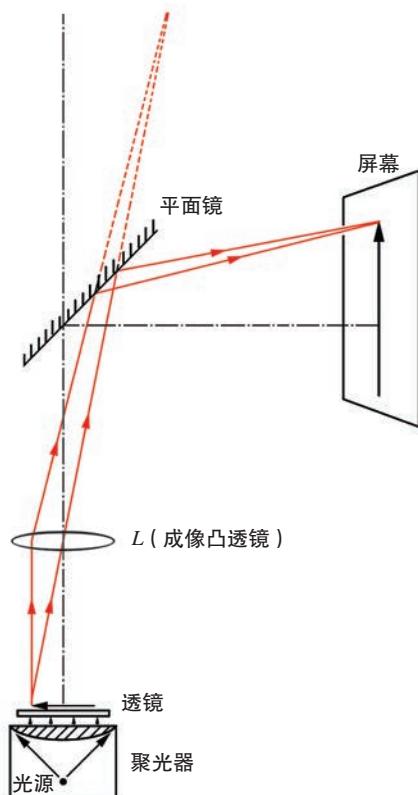


图 2-3-19 书写投影仪结构示意图和成像光路图

你知道吗？

图 2-3-20 中的光路图表明了显微镜这种常用的光学仪器是怎样“显微”的。 L_1 是物镜，它的焦距 f_1 较短。标本位于 $f_1 \sim 2f_1$ 之间，它射向物镜 L_1 的光线经折射后，在 $2f_1$ 之外成一个倒立放大的实像 I_1 。形成实像后，光线继续射向目镜 L_2 ，因此实像 I_1 对目镜 L_2 来说可视为物。目镜 L_2 的焦距 f_2 较长， I_1 位于它的焦点以内，所以在 L_2 后成一个放大的虚像 I_2 。

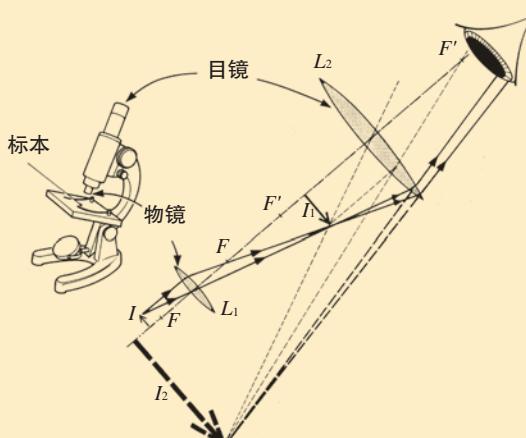


图 2-3-20

根据凸透镜成像的光路图,应用数学中相似三角形知识,可推导出透镜成像的公式:设透镜的焦距为 f ,物体到透镜的距离(物距)为 u ,像到透镜的距离(像距)为 v ,它们之间的关系为

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}.$$

对于凸透镜,公式中的 u 和 f 为正值,实像的像距 v 为正,虚像的像距 v 为负。

只要知道焦距 f 、物距 u 、像距 v 三个量中任何两个量,运用上面的透镜成像公式便可求出第三个量。例如,只要用实验测出物距 u 和像距 v ,便可将数据代入公式求出透镜的焦距。



人类最早将影像直接记录下来的技术是小孔成像。由于光沿直线传播,从景物反射的光线透过小孔,在暗室的墙上映出景物倒立的实像。我国古代的学者和文艺复兴时期的达·芬奇对此都有描述。15世纪后,欧洲的画家为了迅速把景物画下来,制作了针孔绘图暗箱,景物在贴有半透明纸的毛玻璃上映出实像,画家在纸上描图。到19世纪初,由于光学的发展,针孔暗箱被镜头暗箱所替代,这种暗箱正是照相机的前身。光线通过镜头(用凸透镜或透镜组制成)折射后,在暗箱后面的毛玻璃上形成很清晰的实像。这样,画家就可以在纸上描出更为逼真的景物了。然而,这种记录影像的方式实际上还只是一种描图术。

能不能把在毛玻璃上映出的清晰景物永远固定在上面呢?19世纪30年代,法国画家达盖尔注意到瑞典化学家发现了一种遇光会分解的化合物。经过反复研究,他发明了可真正录下景物像的底板。他用一块金属底板代替暗箱后的毛玻璃,并在上面涂了一层感光化学物质碘化银;然后他用水银蒸气和盐来处理感光过的底板,得到了保存在底板上的景物照。不久,一位英国物理学家用涂有碘化银的透明纸制成底片,并把底片放在镜头暗箱后感光几十秒钟;然后,再把感过光的底片放入化学溶液中冲洗,底片上被明亮的光照射过部分的碘化银晶体会变黑,而未被光照射部分的碘化银则被冲洗掉。因为景物像上明亮的部位在冲洗后的底片上是黑的,而景物像上黑暗的部位在底片上则几乎是透明的,这种与实物明暗相反的底片称为负片。最后,再让光通过



图 2-3-21 电影胶片

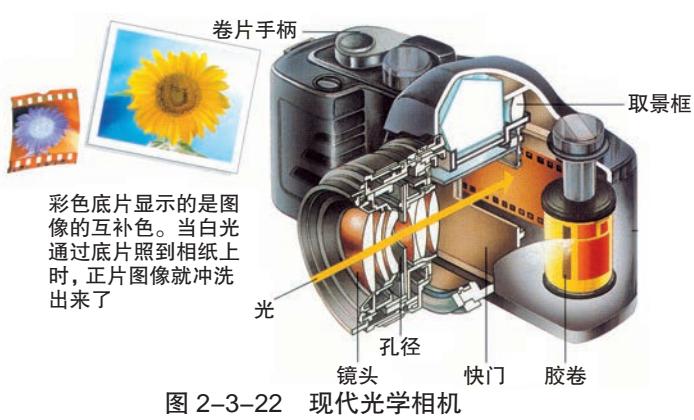


图 2-3-22 现代光学相机

负片照在涂有感光化学物质的相纸(称为正片)上,于是景物的像便还原在正片上了。用一张底片(负片)可印出许多张照片(正片),这种正负片印相技术一直沿用至今。19世纪末,人们发明了在弹性透明胶片上涂有一层溴化银的底片——胶卷。从此,影像的连续记录便有了可能,利用视觉暂留效应使活动影像再现——电影也就应运而生了。

今天，虽然镜头暗箱已发展成了现代光学相机，黑白底片发展成了彩色底片，但光学照相的全过程依旧没有改变。下表简要地归纳了照相的全过程。

步骤名称	调焦	曝光	冲洗	印相
操作及目的	调节镜头至底片的距离(像距)，能使清晰的实像成在底片上	按动快门，打开镜头上的遮光物，使底片感光一段时间	将底片放入化学溶液中，得到与景物亮度和色彩互补的负片	让白光通过负片照在涂有感光剂的照相纸上，得到与景物亮度和色彩一致的正片

20世纪中期，随着电磁学和电子技术的发展，与声音记录一样，影像记录也进入电磁时代，摄像机的摄像头把光信号转换成电信号，然后用通过录像磁头产生的磁场把电信号存贮在录像磁带上。而放像机的放像磁头则将录像磁带上的信号再还原成电信号，电视机的显像管再把电信号还原成光信号，于是影像就再现出来了。

21世纪初我们迎来了数字信息化时代。数字相机或数字摄像机(俗称数码相机或数码摄像机)已进入了我们的生活。它们的透镜成像系统跟传统的光学相机一样，但它用一片称为CCD和CMOS光电传感器的半导体材料代替了底片。电子电路扫描这块感光片，把影像的光信号转换成二进制数字信号，最后将数字信号存贮在如CF、SD卡等各种存储卡或光盘中。显像时，通过计算机芯片的处理，再将数字信号转换成电信号，用打印机把影像的亮度和色彩的信息逐点打印出来，而且数码相机的CCD感光片是可反复使用的“底片”。虽然目前数码相片还无法达到传统照相底片的分辨率，但是它还是比录像磁带所记录影像的分辨率要高。CCD感光片的分辨率用“像素”表示，它是组成数字图像的基本单元。如果利用图像编辑软件将图像放大至无法再放大时，我们会发现它实际上是由许多小方点组成的，这些小方点就是像素。组成图像的像素数目越多，图像也就越清晰。常用的数码相机约为1500万~6000万像素，数码摄像机约为300万像素。

从上述影像记录的发展过程来看，自从人类发明了摄影术以来，尽管不断出现各种记录、存贮图像信息的新技术和新材料，但它们的成像光学系统依然是透镜。正如自然界的大部分动物都是通过眼睛来观察世界一样，各种影像记录技术中的光学成像原理永远是相同的。



图 2-3-23 数码相机



图 2-3-24 存储卡和光盘

思考与练习

1. 在图 2-3-25 中, 哪一些是有会聚作用的透镜? 哪一些是有发散作用的透镜? 为什么?

2. 舞台上用的一种追光灯是由凸透镜和光源组成的。要使它产生的平行光束照射到演员身上, 光源应当放在什么位置?

3. 为了防火, 禁止在森林中乱丢玻璃瓶, 这是为什么?

4. 比较图 2-3-26 中照相机和眼睛的结构, 把照相机与眼睛功能相类似的部位填入下表。

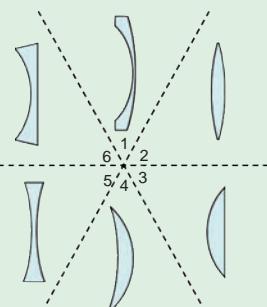


图 2-3-25

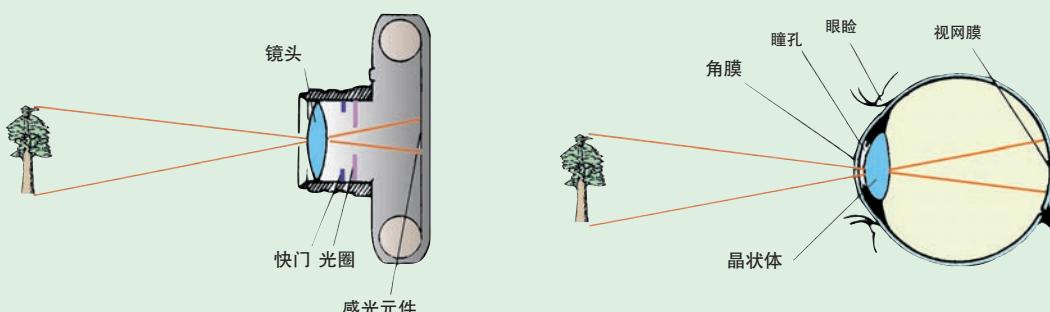


图 2-3-26

照相机		感光元件		快门
眼睛	角膜、晶状体		瞳孔	

5. 将以下物体按凸透镜成像的不同情况归类: 电影放映机、照相机、幻灯机、放大镜、人眼。

6. 阅读课文, 解释眼睛和照相机的聚焦功能(使成像清晰的功能)有什么不同? 为什么长时间阅读, 眼睛会感到疲劳? 为什么眺望远处一段时间可消除疲劳?

7. 物体放在凸透镜前 12 厘米处, 在透镜另一侧的光屏上成一个倒立放大的像, 则凸透镜的焦距可能为()

- A. 6 厘米。
- B. 8 厘米。
- C. 12 厘米。
- D. 24 厘米。

*8. 用放大镜观察很细小的物体或照片时, 要看清物体或照片的细节, 应使放大镜靠近还是离开观察物体或照片? 先试一试, 然后用光路图说明结论。

2.4 光的色散

Dispersion of light

我们生活在一个五光十色、色彩缤纷的世界里，鲜花、烟火、彩色电视的画面、天空和落日等都呈现出不同的色彩，光怎么会有不同的颜色呢？

白光的色散

17世纪，牛顿发现了日光的色散现象。他让一束日光穿过棱镜，结果白光会分散成许多不同颜色的光，在屏上会出现由红到紫连续排列的七彩光带，此光带叫做光谱。如果让其中一种色彩的光再经过三

棱镜，它不能再发生色散，这种色光叫做单色光。由于棱镜的玻璃对各种单色光的折射程度不同，对红光折射最小，对紫光折射最大，所以才会产生白光的色散现象。由几种单色光合成的光叫做复色光，白光就是一种复色光。

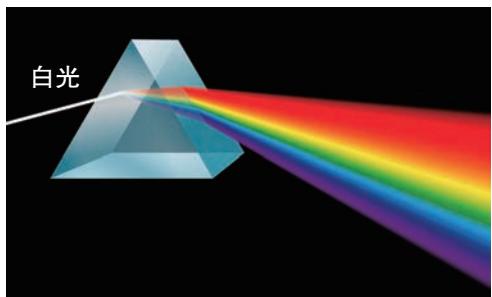


图 2-4-2 光的色散原理



图 2-4-1 三棱镜使白光分散成各种色光

你知道吗？

彩虹是怎样形成的？当阳光从你的身后射向你前方悬浮在空中密集的小水滴时，便形成了彩虹。阳光射入小水滴时发生色散，各种色光在小水滴后壁发生全反射，并从水滴中折射出来，射向你的眼睛，于是你便看到了红色在上、蓝紫色在下的一条美丽光环，这就是彩虹。

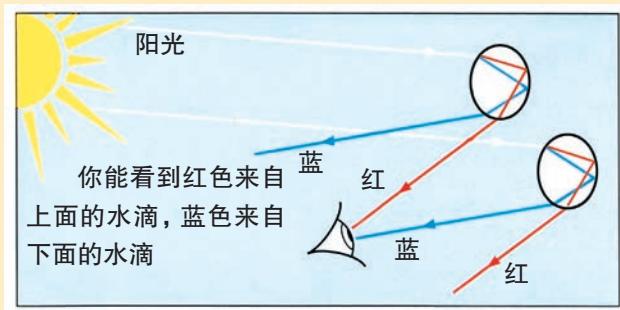


图 2-4-3 彩虹形成的原理

在各种不同色光中，红、绿、蓝叫做三原色光，因为它们按不同比例组合，会引起眼睛感觉不同的颜色。早期的彩色电视机荧光屏上有成千上万个密集的红、绿、蓝小色点，它们亮度比例不同时，荧光屏上该部位发出的光的颜色就不同。

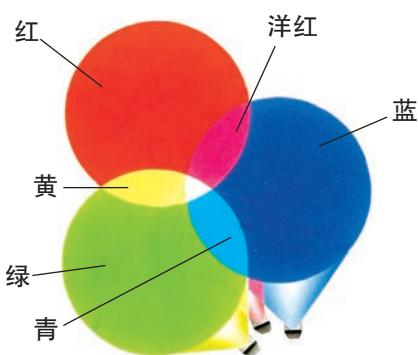


图 2-4-4 只要把红、绿和蓝光合成在一起就成了白光



图 2-4-5 电视屏上红、绿、蓝点组合的亮度比例变化时，我们看到图像的颜色也随着变化（圆圈中的黑色条块表示该处不发光）

你知道吗？

激光是一种单色性极高、能量很集中的狭窄光束。1960年3月，西奥多·梅曼首先制得了人造激光，这束仅仅持续了3亿分之一秒的红色激光标志着人类文明史上一个新时刻的来临。如今激光技术已获得巨大发展，出现了各种形式的激光。



图 2-4-6 用高强度的激光切割厚钢板

由于激光具有高定向性、高亮度的特点，所以它突破了普通光源的种种局限，引起了现代光学应用技术的革命性发展。在工业上，可利用激光在金属上打孔、切割和焊接；激光照排技术大大加快了排版速度；在医学上，用激光手术刀可以在瞬间切开皮肤而不会大量失血；在计算机和通讯业中，激光广泛应用于电子元件的微处理、

信息记录和光纤信号的传送。在军事上，采用激光制导，可以大大提高导弹的命中率；用激光雷达测定地球到月球的距离，误差不超过10厘米。超级市场中用的条码扫描器和激光唱片都是激光在日常生活中的典型应用。



图 2-4-7

* 颜色

透光物体的颜色是由能透过它色光的颜色所决定的。无色透明玻璃能透过各种色光，而红色玻璃只能让红光透过（图 2-4-8）。

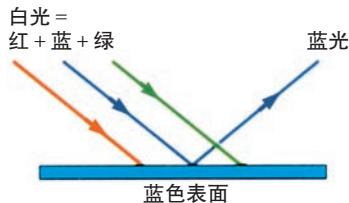


图 2-4-9

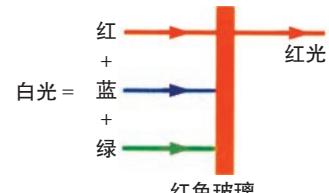
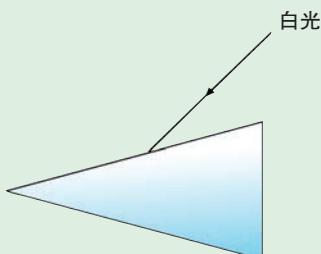


图 2-4-8

不透光物体的颜色是由它能反射色光的颜色所决定的。例如白色物体能反射各种色光，而黑色物体能吸收各种色光；蓝色物体只反射蓝光，而吸收其他色光（图 2-4-9）；黄色物体主要反射黄光，同时反射少量橙光和绿光。

思考与练习

- 在图 2-4-10 中，一束白光照在三棱镜上，试在屏上注明七色的顺序。它们之间是否有清晰的界线？



屏
图 2-4-10

- 在暗室中将三原色光（红、绿、蓝光）投射到白色屏上，其结果如图 2-4-11（a）所示；将颜料的三原色（品红、青、黄）涂在白纸上，其结果如图 2-4-11（b）所示。描述两图的差异。



(a)



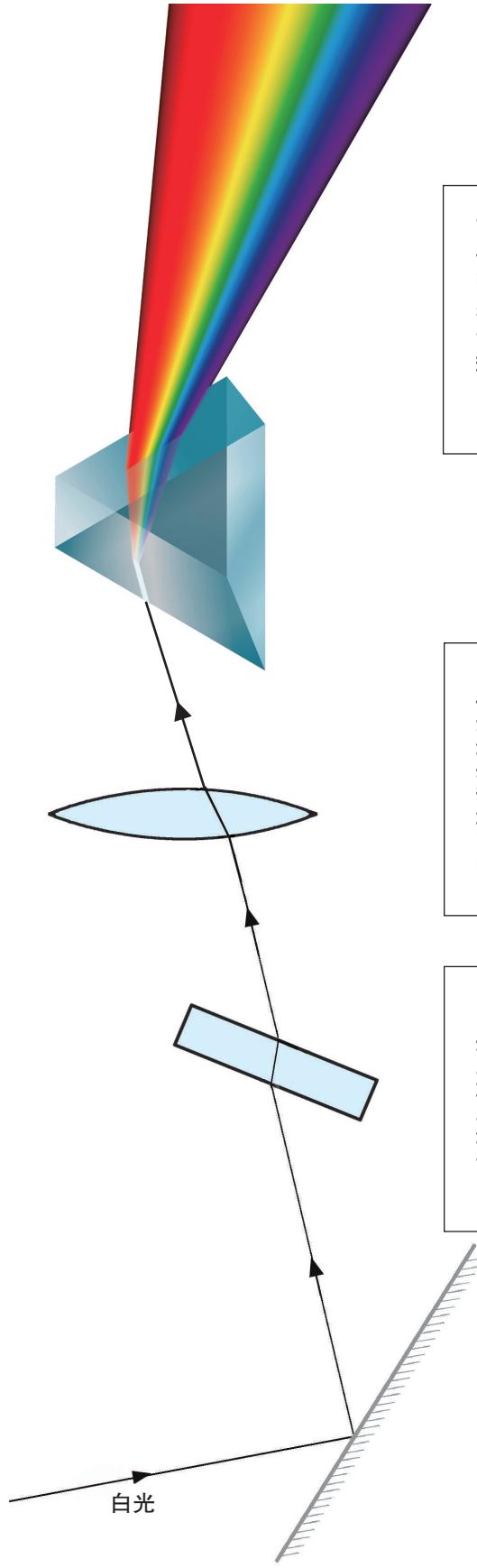
(b)

图 2-4-11



概念图

完成下面空框的填写。



光的折射规律：

凸透镜成像的特点：
平面镜成像的特点：

描述你观察到
的色散现象：

唐朝大诗人白居易曾在江南苏杭等地任官。晚年他移居洛阳后，对江南的美景梦萦魂绕。为此，他挥笔写下了脍炙人口的词《忆江南》。

词中“日出江花红胜火，春来江水绿如蓝”已成为描绘自然美景的千古传诵佳句。诗人的神来之笔源自对自然现象的仔细观察。事实上，我们周围五彩缤纷的世界正是阳光在大自然中所绘就的一幅杰作。

如果我们在大海边或高山上观日出，太阳像一个喷薄欲出的火球穿过红色的朝霞冉冉升起，随着太阳升高，它的颜色由红变为橙红再变为黄白。太阳当空，仰首望去，蓝天白云令人心旷神怡。那么，阳光是如何创造这一美景的呢？

我们知道，太阳光是由红、橙、黄、绿、蓝、靛、紫七种色光组成的白光。当阳光通过大气层时，大气中十分微小的尘埃粒子和空气分子会使色光发生散射，它们对红、橙色光的散射能力弱，而对蓝、紫色光的散射能力强。在大气层中大量被散射的蓝、紫色光进入眼帘。由于白天人眼对紫光不如对蓝光敏感，所以看到的天空是蓝色的。天空的蓝色程度经常变化，这与大气的混浊程度有关。如果大气较混浊，大气中的粗粒尘埃就多，这些粗粒尘埃会散射除蓝、紫外的其他颜色的色光，它们一起被眼接收，这时天空看起来就变成灰白色。所以说，燃煤多的地区空气质量差，天空常常是灰蒙蒙的。雨后初晴，空气清新。雨水把大气中的粗粒尘埃带到地面，空气中



忆江南

[唐] 白居易

江南好，风景旧曾谙。
日出江花红胜火，
春来江水绿如蓝，
能不忆江南！



很细小的尘埃较多，它们对蓝光散射强，所以天蓝如洗。那么蓝天中为什么飘着朵朵白云呢？这是由于云是由许多小水滴组成的，这些小水滴比空气中粗的尘埃粒子还大得多，它们对各种色光都能反射，穿入云层的阳光被漫反射后进入眼中，所以浮云看上去是白的。

日出、日落时，阳光透过很厚的大气层斜射到地面，除红、橙以外的大部分色光都被大气层散射掉了，只有散射最少的红、橙色光进入眼帘，太阳看起来如同红色火球。江边的花朵也被这红光映射得艳丽似火了，于是诗人便吟出了“日出江花红胜火”这一佳句。



日出江花红胜火



春来江水绿如蓝

如果我们从江中或大海里舀上一碗水，水几乎是无色透明的，但为什么大海是蔚蓝色的，而春天的江水却“绿如蓝”呢？（“绿如蓝”中的蓝是一种用于染青的草本植物。）这也与光在水中的散射有关。阳光照射到水面上，一部分光被反射，另一部分折射进入水中。进入水中的光被水分子和水中悬浮物质有选择地吸收和散射，其中红、橙色光很快被吸收，蓝、绿色光被水分子和微小的悬浮颗粒大量散射，于是水呈现出蓝绿色。在水深处，由于蓝光的散射比绿光强，看上去就特别蓝。

水的成分和水中的悬浮物直接影响着水在阳光下的颜色。例如含盐多的海水在阳光照射下，颜色发蓝。江河口的海水中泥砂和悬浮物多，它们散射黄光明显，所以海水发黄。如果海水受到大量悬浮海藻和微生物的污染，它们散射红光明显，于是在阳光照射下海水发红，我们称之为“赤潮”。

从光的色散角度来解读白居易的这首词是别有情趣的，这说明科学知识是解释自然现象的犀利武器。





1.《儿童科学大百科》，英国 DK 公司编著，田彩环译，中信出版社。2018 年 6 月，第 2 版。

2.《中国少年儿童百科全书(科学·技术卷, 经典版)》，林崇德主编，浙江教育出版社。2017 年 4 月，第 1 版。

3. CCTV10 (科教频道)

(1)《原来如此》

这是一档以实验体验为特征的科普栏目，它针对生活中人们熟视无睹或似是而非的科学疑点和困惑，通过科学实验、实际验证等，给出科学、正确、权威的解答，最终给人以“原来如此”、豁然开朗式的顿悟，进而普及科学知识，提高科学素养，倡导科学生活。

登录央视网 CCTV10，观看以下视频：

20171029 “望远镜为何能望远”；

20161106 “望向更远”。

(2)《走近科学》

该栏目针对新闻热点背后的科学问题、社会生活中的焦点问题等，给予科学的解释，引发观众对科学的兴趣，弘扬科学精神，提倡科学方法，传播科学知识。

登录央视网 CCTV10，观看视频：

20180226 “走近激光显示”；

20110806 “数码影像的诱惑”。

(3)《科技之光》

这是一档为广大科技界、知识界、青少年以及热爱和关注科学的人士打造的专业化、新闻性科技栏目。栏目关注国内外科技新闻事件、科学问题或者前沿科技，弘扬科学精神，倡导科学方法。

登录央视网 CCTV10，观看视频：

20171129 “绚烂夺目的灯光秀”；

20170505 “解读‘护眼灯’”；

20160627 “神奇的虚拟现实技术”；

20131126 “真实的光剑”。

第三章 运动和力

Motion and force

- 3.1 机械运动
- 3.2 直线运动
- 3.3 力
- 3.4 重力 力的合成
- 3.5 二力平衡
- 3.6 惯性 牛顿第一定律



力的较量



夜间用长时间曝光方法
拍摄的高速公路上的车流

运动和力一直是物理学研究的基本问题。我国古代思想家墨子提出了“力，刑(形)之所以奋也”的观点。17世纪牛顿则提出了著名的运动定律，从而奠定了物理学的基础。自然界中的一切物体都处在永恒的运动中。本章要介绍最基本最简单的运动形式——机械运动，以及如何描述物体运动的快慢。

力是指物体间的相互作用，自然界中一切物体间都存在着力的作用。本章要介绍一些常见的力和力的平衡知识。

3.1 机械运动

Motion

机械运动



图 3-1-1

图 3-1-1 中的这两幅照片拍摄于同一地点，前后相隔一段时间，照片中的轮船是否在运动？你是怎样判断的？在物理学中，把一个物体相对于另一个物体的位置变化叫做机械运动，简称运动。



图 3-1-3 冰川的缓慢移动

宇宙中的一切物体都在运动。组成物体的分子和原子都在做无规则运动。地球的自转运动引起昼夜更替，地球绕太阳的公转引起四季变化。平缓的地壳运动能使山“长”高、大陆漂移，自 1988 年起的 5 年时间内，上海天文台通过设在上海与日本鹿岛的射电基站测出两地正以每年 2.9 厘米的速度相互靠近。剧烈的地壳运动可能会引起地震和火山喷发。看似静止的冰川，其实也在以缓慢的速度移动。随着现代科技的发展，高速摄影可以将物体瞬间的运动记录下来，从而把运动的奇妙情景展现出来。



图 3-1-4 用高速摄影方法拍摄的水滴滴落到水面瞬间的情景

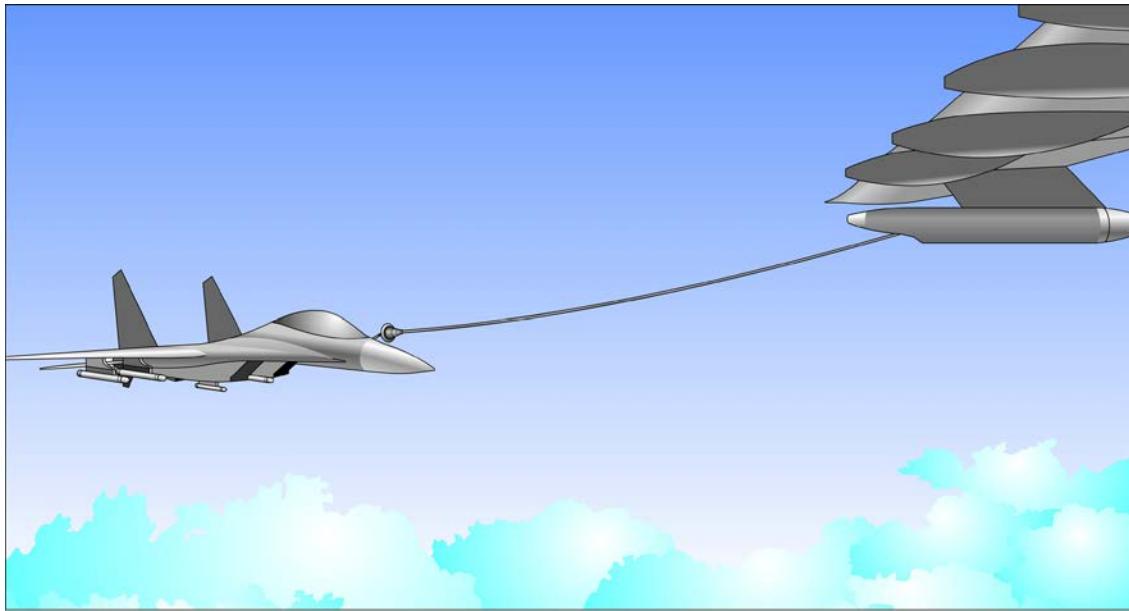


图 3-1-5 空中加油机(运油-20)在给歼击机(歼-16)加油

运动和静止 参照物

即使静静地坐在教室里，我们仍随着地球在宇宙中运动着。自然界中一切物体都在运动，绝对静止的物体是不存在的。

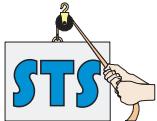
在机械运动中，我们所描述的物体的运动和静止都是相对的。如果物体 A 相对于物体 B 的位置没有发生变化，则称物体 A 是静止的；如果物体 A 相对于物体 B 的位置发生变化，则称物体 A 是运动的。我们把用来判断物体 A 是否运动的物体 B 叫做参照物。

例如，只有在歼击机相对于加油机静止的情况下，空中加油机才能在空中给歼击机加油（图 3-1-5）。此时，若以地面为参照物，加油机和歼击机都在高速运动；但是若以加油机为参照物，歼击机便是静止的。坐在行驶的公共汽车上的乘客，若以车内的其他乘客为参照物，是静止的；若以路边的建筑为参照物，便是运动的。

由此可见，参照物可以任意选取，但所选参照物不同，得出物体是运动还是静止的结论也可能不同。因此为了研究问题方便，应选择合适的物体作为参照物。



图 3-1-6 在距地面 400 千米的高空，航天员正在进行太空作业。虽然航天员和中国空间站一起以 7 660 米 / 秒的速度运动着，但航天员相对于中国空间站却是静止的



运动的相对性

我们知道，世间万物都在运动着。但是，人们在描述某一物体的运动情况时，无不是对于另一个假定不动的物体（参照物）而言的，这表明了描述物体运动的相对性。

伽利略在他著名的科学论著《两种新科学的对话》中，用生动的例子说明他对运动相对性的看法。

“把你和你的一些朋友关在一条大船的甲板下的主舱里，再带上几只苍蝇、蝴蝶和其他小飞虫。舱内放一缸水，把几条鱼放到里面。再挂起一只装水的瓶子，让水一滴一滴地滴到下面的一个广口瓶里。当船停着不动时，你留神观察，可以看到鱼向各个方向随便游动；水滴滴进下面的瓶子里……当你仔细地观察这些现象之后，再使船以任何速度前进，只要运动是匀速的，同时也不这样那样地摆动（请注意，伽利略加上这样的条件无疑是经过了深思熟虑，这些条件是非常必要的）。这时你将发现，所有上述现象没有丝毫变化，你也无法从其中任何一个现象来确定船是在运动还是停着不动。即使船运动得相当快，在跳跃时，你将和以前一样，在船底板上跳过相同距离，跳向船尾也绝不会比跳向船头来得远。水滴将像先前一样，垂直滴进下面的瓶子里，一滴也不会滴向船尾，虽然水滴在空中时，船已经行驶了一段距离。鱼在水中游向水缸前部所用的力，不会比游向水缸后部所用的力大，它们可以一样悠闲地游向放在水缸边缘任何地方的食饵……所有这些现象都与船静止时一致，其原因在于船的运动是船上一切物体（包括空气）所共有的。”

在高速行驶的列车上，乘客相对于列车是静止的，但相对于地面却运动得非常快。随手抛出的物体对地面上的路人来说速度很大，因此容易造成伤害事故。上海的地铁和磁浮列车等轨道交通均采用全封闭的车厢，其原因之一是要防止高速运行的列车上抛出物体，以避免伤害事故发生。同样，在高速行驶的汽车或火车上，我们也必须遵守社会公德，不要向窗外乱扔杂物。

历史上就曾发生过类似的航空事故。1962年11月的一天，正在美国马里兰州上空飞行的“子爵”号飞机突然发生一声巨响，结果机毁人亡。事后调查发现，“肇事者”竟是一只天鹅。飞得很慢的天鹅为什么会像炮弹一样厉害呢？这就要从相对运动中寻找答案。虽然以地面为参照物，天鹅飞得很慢，但是以速度极快的飞机为参照物，天鹅就运动得很快了，当它撞向飞机时成为毁灭性的“炮弹”也就不足为奇了。因此，为了避免类似悲剧的发生，机场附近常用各种方法驱赶飞鸟。



× × 新闻

飞鸟撞裂“子弹头”玻璃 高铁被迫换车

2013年06月03日

我们知道机场通常都配备有驱鸟装置和专门人员，目的是保障飞行安全。小小的鸟儿撞上高速运行的飞机，产生的瞬间撞击力足以使飞机挡风玻璃破碎，造成重大危险。高铁作为目前速度仅次于飞机的大众交通工具，也会产生类似的问题吗？昨天中午，一列由杭州开往北京的高铁列车，在镇江被一只鸽子撞到了挡风玻璃，导致一伤一亡，“肇事”鸽子当场死亡，“受伤”列车前挡风玻璃大面积开裂送修，全部旅客在南京南站下车换乘。

思考与练习

- “太阳钻进了厚厚的云层里”“乌云渐渐遮住了太阳”是描写同一情景的两种说法。它们分别以什么为参照物？
- 写出下表中描述物体运动的参照物。

运动	参照物
地球绕太阳公转	
太阳东升西落	
“小小竹排江中游”	
“巍巍青山两岸走”	
车中乘客说：“房屋、树木在后退。”	
地球同步卫星静止在空中	

- 两辆汽车都向南行驶，甲车运动得快，乙车运动得慢。若以甲车为参照物，乙车向_____运动；若以乙车为参照物，甲车向_____运动。
- 图 3-1-7 中是特技跳伞运动员在空中所做的造型。试分别以地面和其中一位跳伞运动员为参照物来描述他们的运动情况。



图 3-1-7 特技跳伞运动员

- 根据章导图中(右上角)高速公路上的夜景照片，说明为什么黄色线条和红色线条表示了运动中的车流。

3.2 直线运动

Rectilinear motion

匀速直线运动

轻轨列车在平直的轨道上平稳地行驶，站在自动扶梯上的乘客慢慢地上升……运动路径是直线的运动叫做直线运动。在所有直线运动中，最简单的是运动快慢保持不变的运动，也就是匀速直线运动。



图 3-2-1 行驶中的轻轨列车



图 3-2-2 自动扶梯上的乘客

跟用打点计时器记录的纸带类似，频闪照片也能记录运动物体经过相等时间间隔的位置。拍摄频闪照片用的光源是频闪灯，它在 1 秒内可以快速地闪光多次，相邻两次闪光的时间间隔都是相同的。在暗室内固定一架照相机，打开频闪灯并始终开着照相机的快门，让一辆小车沿长木板做直线运动，得到多次曝光的频闪照片如图 3-2-3 所示。

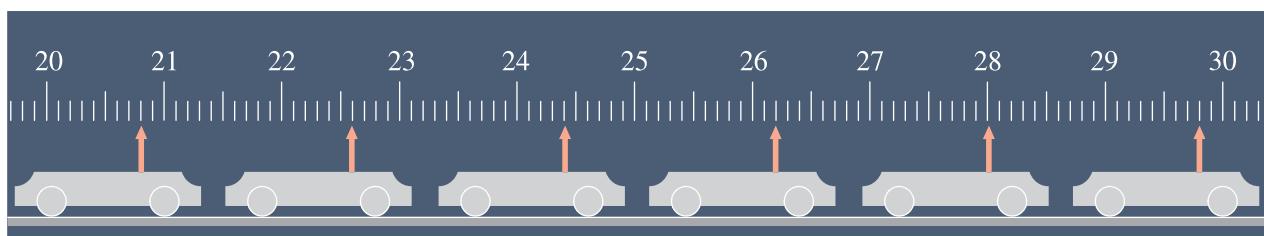


图 3-2-3 做直线运动小车的频闪照片

设频闪灯闪光的频率是 30 赫，即 1 秒内闪光 30 次，则相邻两次闪光的时间间隔都是 $\frac{1}{30}$ 秒，因此频闪照片上小车经过相邻位置的时间间隔都是 $\frac{1}{30}$ 秒。用直尺测出图 3-2-3 中小车经过相邻位置间的距离，可以发现相邻位置间的距离都是相等的。

运动物体通过路径的长度叫做路程。物体沿直线运动时，如果在相等时间内通过的路程相等，这种运动就叫做匀速直线运动。

在自然界中，物体真正做匀速直线运动的情况是很少见的。但是，在许多情况下，我们可以将某些物体的运动（例如车辆在平直道路上行驶途中的运动等）近似地看作匀速直线运动。

速度

做匀速直线运动的物体，运动的快慢各不相同。猎豹奔跑时运动得很快，而沿直线爬行的蜗牛则运动得很慢（图 3-2-4）。

比较物体运动的快慢通常有两种方法：一种是比较物体在相同时间内通过路程的长短，通过路程较长的运动得较快。例如百米赛跑途中，冲在最前面的运动员跑得最快[图 3-2-5 (a)]。另一种是比较物体通过相同路程所用时间的长短，所用时间较短的运动得较快。例如



图 3-2-4

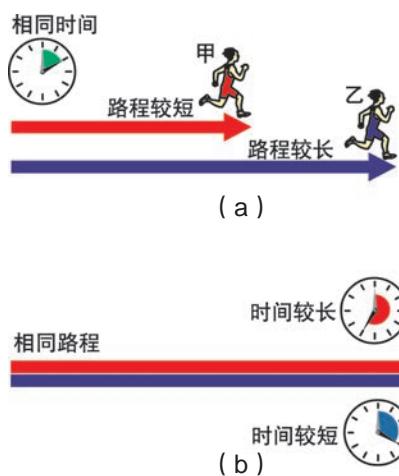


图 3-2-5

运动员到达百米赛跑的终点时，计时表显示所用时间最短的运动员跑得最快[图 3-2-5 (b)]。由此可见，研究或比较物体运动的快慢必须同时考虑路程和时间这两个因素。

如果两个运动物体各自通过的路程和所用的时间都不同，怎样比较它们运动的快慢呢？只要将路程和时间相除，算出各自在单位时间内通过的路程，就可以比较它们运动的快慢。

在物理学中，我们把物体在单位时间内通过的路程叫做该物体运动的速度。速度是表示物体运动快慢的物理量，匀速直线运动的速度公式是

$$\text{速度} = \frac{\text{路程}}{\text{时间}}$$

用 v 表示速度， s 表示路程， t 表示通过这段路程所用的时间，那么

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

在 SI 制中，路程的单位是米（m），时间的单位是秒（s），因此速度的单位就是米 / 秒（m/s），读作“米每秒”。速度的常用单位还有千米 / 时（km/h）。

路程 – 时间图像

根据数学知识可知，在平面直角坐标系中，正比例函数 $y = kx$ 的图像是一条过原点 O 的倾斜直线。这条直线直观地反映了函数 y 与自变量 x 的正比关系。

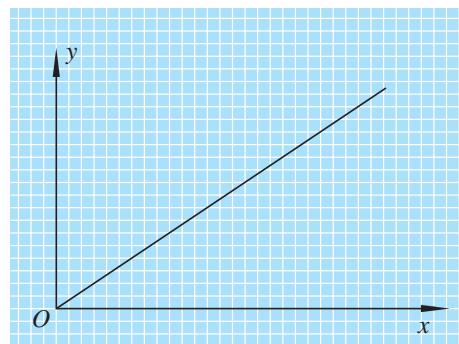


图 3-2-6 正比例函数 $y = kx$ 的图像

匀速直线运动的路程 s 跟时间 t 之间的关系为 $s = vt$, 式中的路程 s 相当于正比例函数 $y = kx$ 中的 y , 时间 t 相当于 x , 保持不变的速度 v 相当于比例系数 k 。因此, 匀速直线运动的路程 - 时间 ($s-t$) 图像是一条过原点的倾斜直线。

在图 3-2-3 所示频闪照片中, 以小车在左侧的第一个位置为起点, 可得到做匀速直线运动小车的路程和时间数值(见右表)。取纵坐标表示小车运动的路程 s , 横坐标表示小车运动的时间 t 。表中每一组对应的 s 、 t 值都可以用 $s-t$ 坐标系中的一个点来表示, 将这些点连起来就是一条过坐标原点的倾斜直线。

路程 $s/10^{-2}$ 米	0	1.8	3.6	5.4	7.2	9.0
时间 $t/秒$	0	1/30	2/30	3/30	4/30	5/30

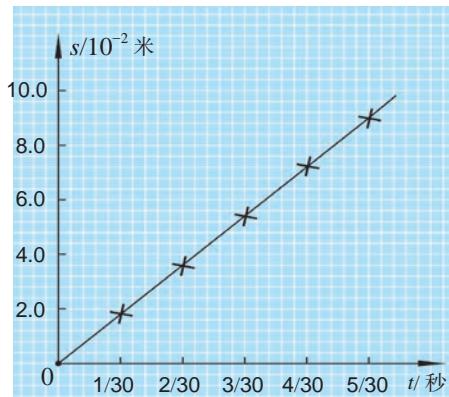


图 3-2-7 路程 - 时间图像

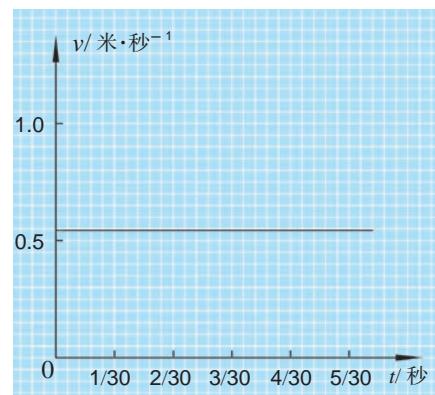


图 3-2-8 速度 - 时间图像

由此可见, 匀速直线运动的路程 - 时间 ($s-t$) 图像是一条过坐标原点的倾斜直线。

若用纵坐标表示速度 v , 横坐标表示时间 t , 匀速直线运动也可用速度 - 时间 ($v-t$) 图像来表示。由于做匀速直线运动的物体的速度是恒定的, 所以速度 - 时间图像是一条平行于时间 t 轴的直线。

从 $s-t$ 图像中可以直接找到做匀速直线运动的物体在某一段时间内通过的路程 s , 或者通过某一段路程所用的时间 t ; 也能计算出匀速直线运动的速度 v 。

根据匀速直线运动的速度公式, 在通过的路程 s 、所用的时间 t 和速度 v 三个物理量中, 只要已知其中任意两个量, 便可求出第三个量。

[例题 1] 大型喷气式客机的飞行速度为 990 千米 / 时, 它每分钟飞行多少千米? 如果骑自行车(速度约为 5 米 / 秒), 得用多长时间才能骑完这段路程?

[解答] 该飞机飞行的时间 $t_1 = 1$ 分 $= \frac{1}{60}$ 时,

该飞机每分钟飞行的路程为

$$s = v_1 t_1 = 990 \text{ 千米 / 时} \times \frac{1}{60} \text{ 时} = 16.5 \text{ 千米} = 16500 \text{ 米}.$$

骑车通过这段路程所用的时间为 $t_2 = \frac{s}{v_2} = \frac{16500 \text{ 米}}{5 \text{ 米 / 秒}} = 3300 \text{ 秒} = 55 \text{ 分}.$

[例题2] 假期小李同学随父母去外地旅游。当大客车在平直的高速公路上行驶时，他想利用刚学过的物理知识，算出到达最近服务区的时间。此时，他观察到标牌上显示距离服务区恰好为36千米。然后，他通过秒表计时和数车行道分界线条数（图3-2-9）的方法，记录了一组数据，如下表所示。请帮助小李同学完成表格中路程数据的填写。假设客车一直这样行驶，问到达服务区需要多长时间？

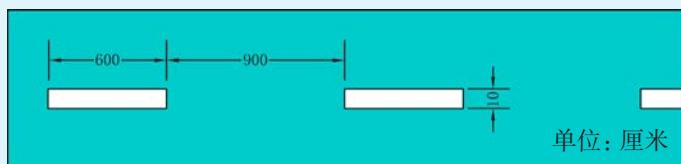


图3-2-9 高速公路上的车行道分界线示意图

车行道分界线条数	0	10	20	30	40	50
s/米	0	150				
t/秒	0	7.5	15.1	22.6	30.0	37.3

[解答] 根据数车行道分界线条数的方法可得，路程一行中的空格（从左到右）依次填写：300, 450, 600, 750。

建立 $s-t$ 坐标系，纵轴表示客车通过的路程 s ，横轴表示所用的时间 t ，表中每一组数值可用 $s-t$ 坐标系中的一个点来表

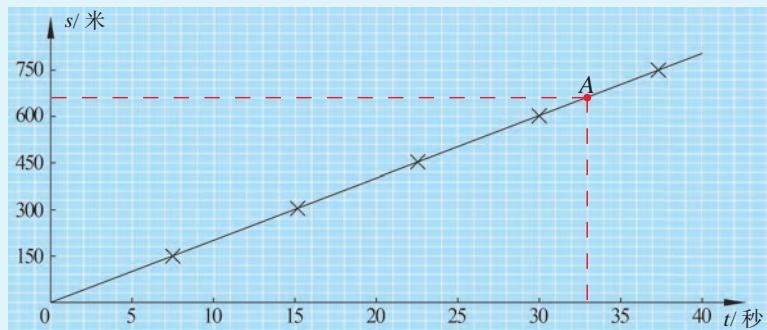


图3-2-10

示。表中有6组数值，可得到6个相应的点。观察发现，这6个点几乎在过原点的一条直线上，作出这条直线，即该客车的 $s-t$ 图像（图3-2-10）。

由 $s-t$ 图像可知，客车的路程 s 和时间 t 满足正比例函数关系，因此客车做匀速直线运动。客车的速度可用 $s-t$ 图线上任意一点（如图中A点）对应的路程（ s ）和时间（ t ）值求得：

$$v = \frac{s}{t} = \frac{660 \text{ 米}}{33.0 \text{ 秒}} = 20 \text{ 米/秒} = 72 \text{ 千米/时}.$$

到达服务区需要的时间 $t' = \frac{s'}{v} = \frac{36 \text{ 千米}}{72 \text{ 千米/时}} = 0.5 \text{ 时}$ 。

* 变速直线运动

物体在空中由静止开始竖直下落，速度逐渐增大。踢出去的足球在草地上沿直线运动，速度逐渐减小。地铁列车从站台由静止起出发，速度逐渐增大；到站时速度又逐渐减小直到停止……像这样的一些运动都是变速直线运动。

如果运动物体在相等的时间内通过的路程不相等，那么这种运动就叫做变速运动。物体沿直线做变速运动就叫做变速直线运动。

在日常生活中，物体的直线运动大多属于变速直线运动。汽车在平直的公路上行驶，它启动加速和刹车减速过程中都在做变速直线运动，速度的改变可从驾驶员面前的速度计上看出。

高楼大厦中的升降电梯，无论向上运动还是向下运动，在启动阶段，速度逐渐增大，做

变速直线运动；中间阶段做匀速直线运动；快要到达阶段，速度逐渐减小，做变速直线运动。所以，升降电梯在整个运动过程中是做变速直线运动。

* 平均速度

某京沪高铁列车从北京出发，行驶 1 318 千米到达上海，用了约 5 小时。显然，列车在行驶途中需要多次加速、减速和停靠，它的速度不是恒定的。这时，我们可以用“平均速度”来粗略地描述列车在全程中运动的快慢。

$$\text{平均速度} = \frac{\text{路程}}{\text{时间}}。$$

做变速直线运动的物体通过的路程除以所用的时间，就是该物体在这段时间内运动的平均速度。

如果用 \bar{v} 表示平均速度， s 表示通过的路程， t 表示所用的时间，那么

$$\bar{v} = \frac{s}{t}。$$

[例题 3] 因为京沪高铁列车不同车次停靠点不同，所以不同车次的运行时间也各不相同。右表列出了三趟车次的运行时间，求运行最快车次的平均速度。

[解答] 因为不同车次通过的路程相同，均为 1 318 千米，所以用时最少的车次 2 运行最快。

车次	运行时间 / 时
1	5.8
2	4.7
3	6.3

$$\text{车次 2 的平均速度 } \bar{v} = \frac{s}{t} = \frac{1\,318 \text{ 千米}}{4.7 \text{ 时}} \approx 280.4 \text{ 千米 / 时}。$$

你知道吗？

举世瞩目的上海磁浮列车示范运营线，正线全长 30 千米，它将上海市区与东海之滨的浦东国际机场连接起来，单向运行时间约 8 分钟。运行时，磁浮列车与轨道间约有 10 毫米的间隙。除起动加速和减速停车两个阶段外，列车大部分时间的运行速度约为 300 千米 / 时，从启动到最高设计速度 430 千米 / 时，只需要 20 多秒的时间。



图 3-2-11 上海磁浮列车

思考与练习

- 计算表中物体运动的速度或完成速度单位间的变换。
- 著名的“冰海沉船”泰坦尼克号初航的速度是 21 海里 / 时，它合多少千米 / 时？合多少米 / 秒？(1 海里 = 1 852 米)
- “光年”是指光在 1 年内传播的距离，1 光年合多少千米？(光在真空中的传播速度为 3×10^8 米 / 秒)
- 根据图 3-2-12 所示的 $s-t$ 图像，用两种方法比较做匀速直线运动的物体 A 和 B 的速度大小。

一些物体的速度	图片	米 / 秒	千米 / 时
猎豹			100
马(小跑)			13.5
猫		11.2	
客机			900
自行车(优秀自行车运动员的平均速度)			39.5
100 米短跑运动员		10.3	
滑板(运动场上)			89.2
小明 7.5 秒跑完 50 米			

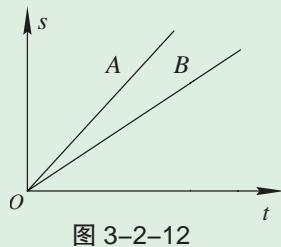


图 3-2-12

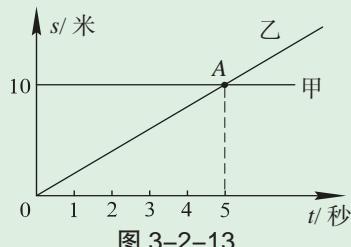


图 3-2-13

- 甲、乙两辆小车运动的 $s-t$ 图像如图 3-2-13 所示，你能否判断出甲、乙分别处于什么状态？图中 A 点的含义是什么？

*6. 图 3-2-14 为子弹射穿苹果瞬间的高速摄影照片(此照片的缩放比例为 1:5)。分析研究发现，该过程持续的时间约为 0.000 2 秒，试估算子弹射穿苹果的平均速度。

*7. 寓言故事“龟兔赛跑”中，比赛最初阶段谁的平均速度大？全程谁的平均速度大？

*8. 2018 年 2 月 7 日，我国短跑名将苏炳添在国际田联世界室内巡回赛男子 60 米决赛中跑出了 6.43 秒的好成绩。求他在该时段内运动的平均速度。

*9. 假设上海的磁浮列车做直线运动，根据“你知道吗”中的数据，计算磁浮列车全程的平均速度。

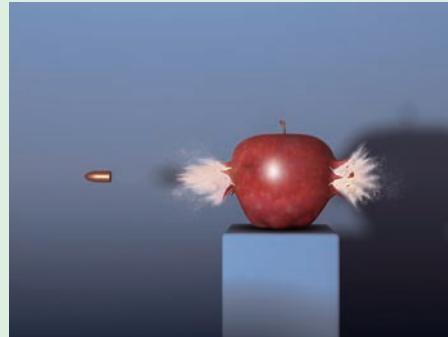


图 3-2-14

3.3 力

Forces

力

在日常生活中，当我们推、拉、提、压物体时，就会对物体产生推力、拉力、提力、压力，这些力的产生一般需要两个物体相互接触。



图 3-3-2 滑板上的男孩用力推墙，同时他也受到墙壁对他的作用力而远离墙壁

也有一些力的产生并不需要物体相互接触，一个物体可以隔一段距离对另一个物体施加力的作用。例如磁铁对铁质回形针的吸引力（图 3-3-1）、地球对地球表面物体的吸引力等。

任何力都不能离开物体

而存在，力是物体间的相互作用。例如，人在用力推墙的同时，自己也受到墙的推力（图 3-3-2）。手提书包时手对书包施加向上的拉力，同时书包对手也有一个向下的拉力；在墙上按图钉时，手指对图钉施加一个压力，同时手指也受到图钉所施加的压力。同样，地球在吸引地表物体时，它也受到地表物体的吸引。总之，如果甲物体对乙物体施加一个力的作用，那么同时乙物体也对甲物体施加一个方向相反的作用力。实验表明，这两个力大小相等。

力的作用效果

力可以使物体发生形变。蹦床受到杂技运动员的压力而下陷；跳板由于运动员的压力而弯曲；油压机的压力使钢锭变形（图 3-3-3）。在力的作用下有些物体发生的形变非常微小，难以用肉眼观察到。例如，吊杆在风扇拉力的作用

下、桌面在书本压力的作用下都会发生微小的形变。

力可以使静止的物体发生运动。例如原先静止的铅球受到手的推力而发生运动（图 3-3-4）。力可以使正在运动的物体停止运动。例如用力刹车可以使自行车停下来。力也可以改变运动物体的速度大小。例如，关闭发动机的机车在阻力的作用下速度逐渐变小，最后停止运动；用力蹬车可以使自行车的速度变大。力还



图 3-3-4

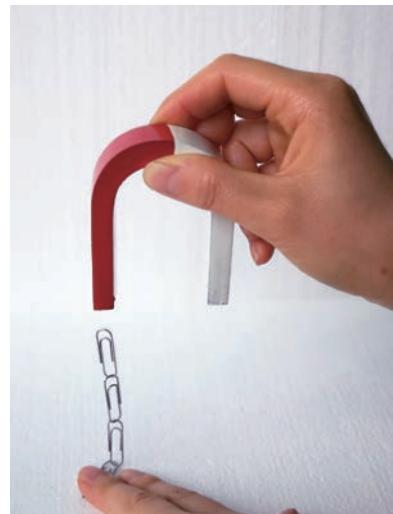


图 3-3-1

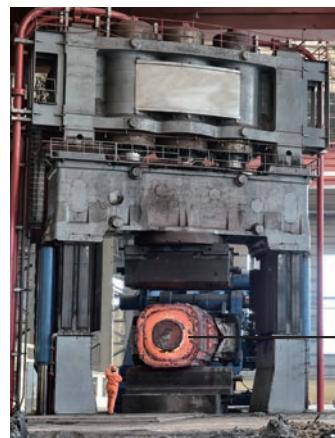


图 3-3-3 钢锭在油压机的压力下变形

可以改变物体的运动方向。例如用头顶运动中的足球，可以改变足球的运动方向；在轨运行的“神舟”号飞船受到地球引力的作用，运动方向时刻发生变化（图 3-3-5）。物理学中把上述物体运动速度大小或方向的变化叫做运动状态的改变。



图 3-3-6

因此，力可以使物体发生形变；力可以使物体的运动状态发生变化。

在许多实际情况下，力既可使物体发生形变，又可同时使物体的运动状态发生变化。例如，用球拍击网球时，网球在受到球拍的作用发生形变的同时，原来的运动状态也发生了变化（图 3-3-6）。

力的三要素

力产生的效果与哪些因素有关呢？

力的作用效果与力的大小、方向有关。用力压弹簧，弹簧会缩短；用力拉弹簧，弹簧会伸长；弹簧受到的拉力越大，它的伸长量就越大。力的作用效果还与力的作用点有关。例如开门时，在门把手处推门，要比在门的中间处推省力。

为了比较力的大小，先要确定力的单位。在 SI 制中力的单位是牛顿，简称牛，符号是 N。1 牛力的大小约等于拿着两个鸡蛋所用的力。

我们通常把力的大小、方向和作用点叫做力的三要素。用一根带箭头的线段把力的三要素表示出来，这就是力的图示法。例如，要用力的图示法来表示一个大小为 50 牛的水平推力（图 3-3-8），具体的作法是：先用 1 厘米长的线段表示 10 牛的力，在力的作用处画一个圆点表示作用点；再从力的作用点起沿力的方向画一条线段，线段的长度是 5 厘米（即 1 厘米的 5 倍）；最后在线段的末端画上箭头表示力的方向。

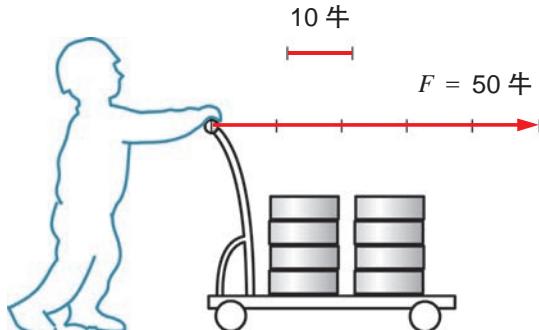


图 3-3-8

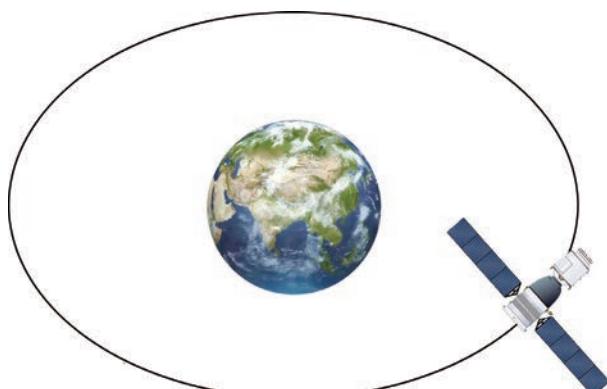


图 3-3-5

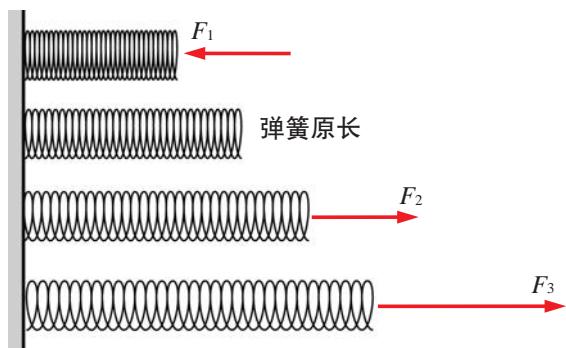
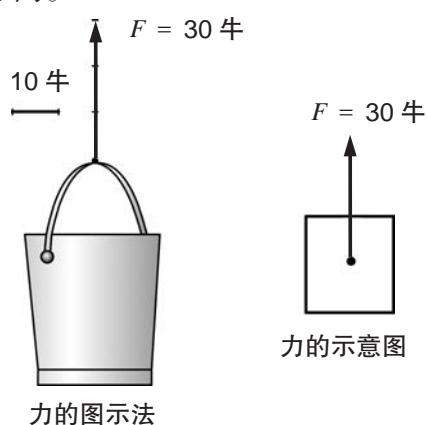


图 3-3-7



力的图示法

图 3-3-9

在很多情况下，不需要严格按照力的图示法表示力，而只沿力的方向画一条带箭头的线段来表示物体受到的力，且不过分强调有向线段的长短和起点，这种表示力的方法叫做力的示意图。例如，用 30 牛的力竖直向上提着一桶水，我们可以分别用力的图示法和力的示意图画出这个力（图 3-3-9）。

力的测量

测量力的仪器叫做测力计，实验室中常用的测力计是弹簧测力计。

弹簧测力计由外壳、面板、弹簧、圆环、拉杆、指针和挂钩组成。圆环和外壳相连接，弹簧的上端固定在圆环上，下端与指针一起和拉杆相连接，拉杆下端有挂钩。弹簧测力计面板上有经过校准的刻度，刻度值表示力的大小。将圆环固定，挂钩受到拉力时，弹簧就伸长，指针便随着弹簧的伸长而移动，指示着挂钩上拉力的大小。在一定范围内，拉力越大，弹簧的伸长就越长，指针所指示的刻度值就越大。

研究发现，当拉力由小到大均匀增加时，弹簧伸长的长度也随之均匀增加，因此测力计的刻度是均匀的。不同的测力计有不同的量程和分度值，图 3-3-10 (c) 中测力计的量程为 0~5 牛，它的分度值为 0.1 牛，此时的读数是 2.4 牛。

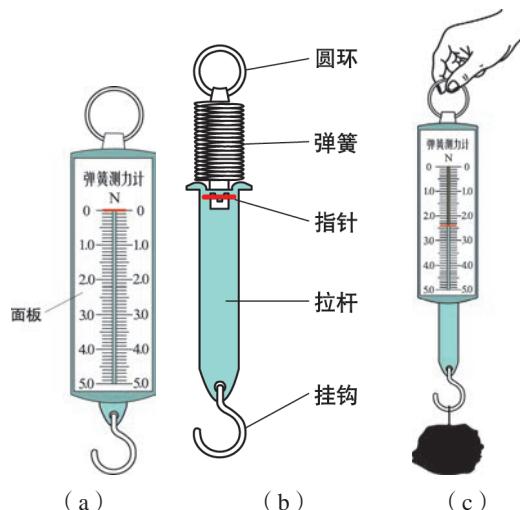


图 3-3-10

思考与练习

1. 力的作用效果主要有哪些？试各举两例说明。
2. 推铅球时，铅球离手后是否还受到推力？

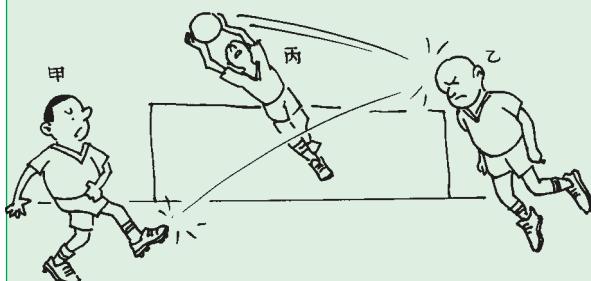


图 3-3-11

3. 皮划艇运动员用桨划水前行，桨对水的作用力方向为_____，水对桨的作用力方向为_____。（均选填“向前”或“向后”）

4. 足球场上，进攻方运动员甲发出任意球，进攻方运动员乙头球攻门，对方守门员丙接住来球（图 3-3-11）。

(1) 在乙头球攻门的

过程中，足球的运动状态发生了什么变化？为什么？

(2) 在丙接住来球的过程中，足球的运动状态发生了什么变化？为什么？

5. 使用起钉锤拔钉子，人在锤柄的 A 点用力的大小为 30 牛，用力的方向为斜向上、且与锤柄垂直。试用力的图示法表示该力。

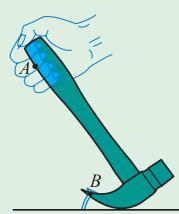


图 3-3-12

3.4 重力 力的合成

Gravity Composition of forces

重力

地球对它表面及周围的一切物体都有吸引作用。若没有这种吸引作用，投出的篮球再也不会落回地面，大气层便会从地球周围逃逸。很难想象一个没有地球吸引作用的世界会是个什么样子。人类要探索外太空，就首先必须挣脱地球吸引力的束缚。

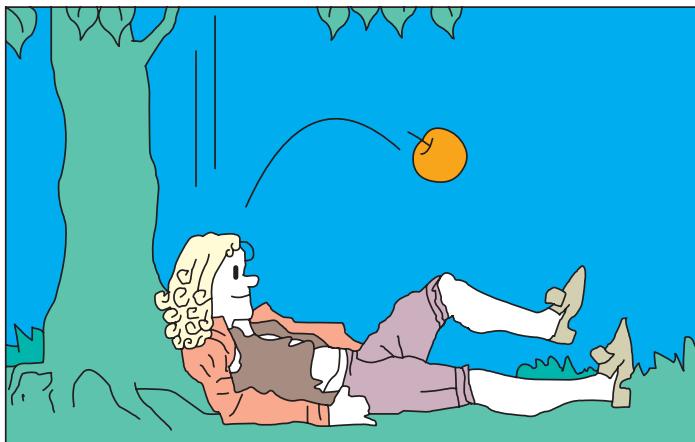


图 3-4-2 “引力”的概念和规律是牛顿在 300 多年前提出的

在重力作用下，任何物体从空中由静止下落的方向都是竖直向下的，而且下落的速度越来越大，这表明重力的方向总是竖直向下的。在一根线的下端悬挂重物，重物静止时线总是竖直下垂的，我们把它叫做重垂线。与重垂线平行的线或面都是竖直的，与重垂线垂直的线或面都是水平的。在生产和生活中，我们常用重垂线来检验一条线是否竖直或一个面是否水平。

物理学中把物体所受重力的作用点叫做重心 (center of gravity)。

物体的质量不同，受到重力的大小也就不同。一大桶水受到的重力比一小杯水受到的重力大，这是因为一大桶水的质量比一小杯水的质量大。那么，物体受到的重力与它的质量之间有什么定量关系呢？

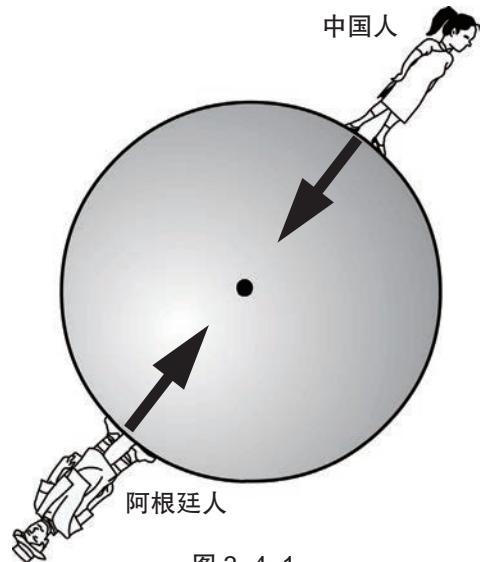


图 3-4-1

地球表面附近的物体，由于地球的吸引而受到的力叫做重力，用字母 G 表示。物体在其他星球表面同样也会受到重力。



图 3-4-3 冰箱摆放不平会产生噪声，可利用重垂线来调整冰箱水平

用天平测出物体的质量，用测力计测出它受到的重力。通过实验可以发现，物体受到的重力大小与它的质量成正比，比值记为 g ，在 SI 制中 g 的单位是牛 / 千克，用符号表示为 N/kg。于是，物体受到的重力与其质量的关系表示为

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

实验测得，在地球表面附近比值 g 的大小约为 9.8 牛 / 千克，读作 9.8 牛每千克，它表明在地球上质量为 1 千克的物体受到的重力为 9.8 牛。

[例题 1] 一架普通客机的质量为 1.2×10^5 千克，它受到的重力为多少？

[解答] $m = 1.2 \times 10^5$ 千克， $g = 9.8$ 牛 / 千克。

这架飞机受到的重力为

$$G = mg = 1.2 \times 10^5 \text{ 千克} \times 9.8 \text{ 牛 / 千克} = 1.18 \times 10^6 \text{ 牛}。$$

物体受到的重力是由于它所在星球对它的吸引而产生的。同一物体在不同星球上受到的重力大小是不同的，由于在不同星球上同一物体的质量保持不变，根据 $g = \frac{G}{m}$ ，在不同星球上 g 值的大小不同。 g 的大小反映了物体所在的星球对物体吸引作用的强弱。例如，登月宇航员在月球上受到的重力大约只有在地球上的六分之一，所以月球上的比值 g 大约只有地球上的六分之一。由于体重轻了，宇航员在月球表面“行走”时像在跳跃前进。

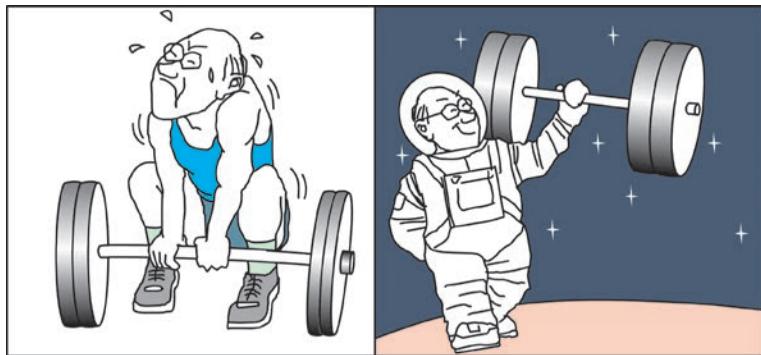


图 3-4-4 在月球上“举重”并非难事

[例题 2] 一登月宇航员的质量为 60 千克，他在地球上受到的重力为多少牛？当他登上月球表面时，他的质量为多少千克？他受到的重力又为多少牛？

[解答] (1) 在地球表面，比值 $g = 9.8$ 牛 / 千克，所以

$$G_{\text{地}} = mg = 60 \text{ 千克} \times 9.8 \text{ 牛 / 千克} = 588 \text{ 牛}。$$

(2) 物体的质量不随所在星球的变化而改变，所以宇航员在月球上的质量仍为 60 千克。

(3) 月球表面的比值 $g_{\text{月}} \approx g/6 = 1.6$ 牛 / 千克，所以

$$G_{\text{月}} = mg_{\text{月}} = 60 \text{ 千克} \times 1.6 \text{ 牛 / 千克} = 96 \text{ 牛}。$$

同一直线上力的合成

移动一辆较重的车子，需要两个小孩合作，一个拉车，另一个推车。但是一个大人就可以推动这辆车子（图 3-4-5）。因此我们可以说，这个大人推力产生的作用效果跟两个小孩既推又拉产生的作用效果是相同的。

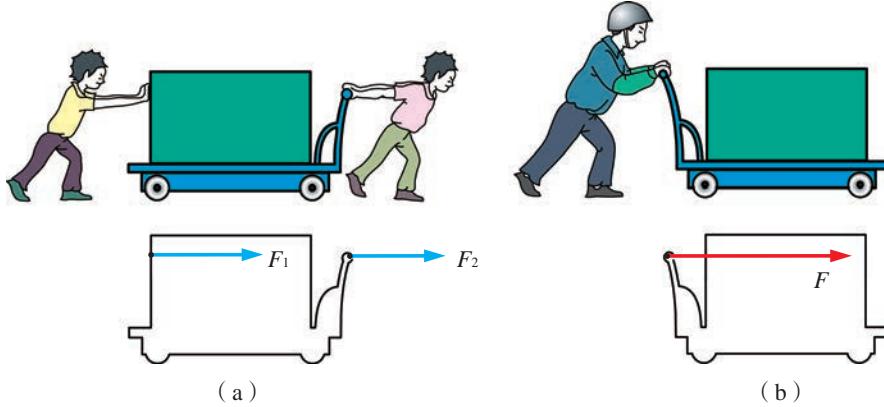


图 3-4-5

如果一个力 F 产生的作用效果，跟两个力 F_1 和 F_2 产生的作用效果相同，如图 3-4-5 (a) 和 (b) 所示，那么我们就可以用力 F 来替代这两个力 F_1 和 F_2 。其中， F 叫做 F_1 和 F_2 的合力， F_1 和 F_2 叫做 F 的分力。

求两个或两个以上力的合力的过程叫做力的合成。用一个力来替代两个力的作用，就是求 F_1 和 F_2 这两个力的合力 F 。

实验证明：在同一直线上，方向相同的两个力的合力大小等于两力之和，合力的方向跟两个力的方向相同；方向相反的两个力的合力大小等于两力之差，合力的方向跟两个力中较大的那个力的方向相同。

[例题 3] 一辆汽车沿平直公路行驶，汽车发动机产生的动力是 2 000 牛，它所受的阻力是 1 200 牛。（1）试画出汽车的受力示意图。（2）求出此时汽车所受合力的大小和方向，并用力的示意图表示出这个合力。

[解答] （1）此时汽车受到动力 $F_{\text{动}}$ 和阻力 $F_{\text{阻}}$ 两个力的作用，它们的方向相反，其受力示意图如图 3-4-6 (a) 所示。



图 3-4-6

(2) $F_{\text{动}} = 2 000$ 牛， $F_{\text{阻}} = 1 200$ 牛。

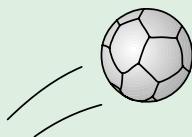
因为 $F_{\text{动}} > F_{\text{阻}}$ ，所以此时汽车所受的合力

$F_{\text{合}} = F_{\text{动}} - F_{\text{阻}} = 2 000$ 牛 - 1 200 牛 = 800 牛，其方向与动力 $F_{\text{动}}$ 的方向相同。

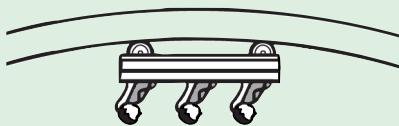
合力 $F_{\text{合}}$ 的示意图如图 3-4-6 (b) 所示。

思考与练习

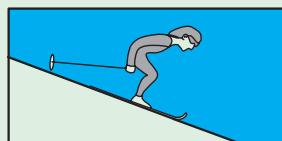
1. 画出图 3-4-7 中的各个物体所受重力的示意图。



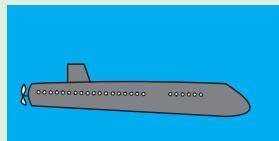
在空中运动的足球



过山车里的游客



滑雪运动员



水中的潜艇

图 3-4-7

2. 质量为 0.5 千克的物体位于地球表面附近。关于这个物体受到的重力大小, 下列说法中正确的是()

- A. 只有静止时, 它受到的重力才等于 4.9 牛。
- B. 将它举高时, 它受到的重力小于 4.9 牛。
- C. 将它抛出时, 它受到的重力等于 0。
- D. 无论静止还是运动, 它受到的重力都等于 4.9 牛。

3. 将质量为 1.5 千克的砖块削去一半, 剩下的砖块受到的重力为多少牛?

4. 一辆小汽车受到的重力为 19 600 牛, 它的质量是多少?

5. 质量为 20 克的冰雹从高空竖直下落, 受到 0.1 牛的阻力, 求它受到的合力大小和方向。此冰雹总共受到几个力的作用?

6. 两个力 $F_1 = 30$ 牛、 $F_2 = 50$ 牛, 同时作用在一个物体上, 在下列情况中分别求这两个力的合力大小和方向:(1)这两个力的方向都水平向右;(2) F_1 水平向左, F_2 水平向右。

3.5 二力平衡

Balanced forces

力的平衡

在两个或几个力作用下，物体保持静止或匀速直线运动状态，物理学中就称该物体处于平衡状态。此时，这两个或几个力相平衡。力可以使物体的运动状态发生变化，而处于平衡状态的物体，虽然受到几个力的作用，但是它的运动状态却没有发生变化。这表明作用在该物体上的这几个力所产生的效果相互抵消了，也就是说这几个力的合力为零。

在图 3-5-1 中，货车在水平方向上沿直线匀速行驶，挂车受到的拉力 F 与阻力 $F_{\text{阻}}$ 相平衡。在图 3-5-2 中，在我国传统杂技“顶缸”表演中，缸处于静止状态时，它受到的重力 G 与杂技演员对它的支持力 N 相平衡。



图 3-5-2

实验证明，
作用在同一物
体上的两个力，
只有当它们沿同一条直
线，且大小相等、方向
相反时，它们才能使该
物体保持平衡状态。

根据二力平衡的条件，用“悬挂法”可以确定某些物体重心的位置。例如，要确定一块

形状不规则薄木板的重心，如图 3-5-3 所示，可先通过板上任意一点 A 将板悬挂起来，在板上画出重垂线的方向。然后，换一个悬挂点 B，再将板悬挂起来，同样画出此时重垂线的方向。前后两次重垂线的交点就是薄木板的重心 O。

根据同一直线上力的合成和二力平衡的条件可知，当作用在某物体上沿同一直线的力有两个以上时，若指向一个方向的合力等于指向相反方向的合力，此时该物体受到的合力也为零。例如，图 3-5-4 中地面对行李包的支持力 N 和手对它的拉力 F 的合力，就跟行李包所受的重力 G 相平衡。

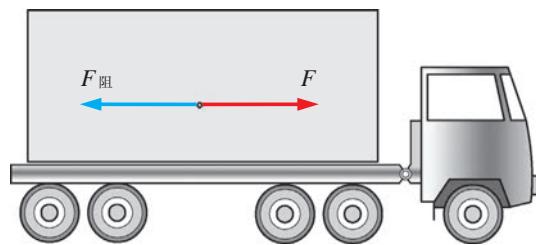


图 3-5-1

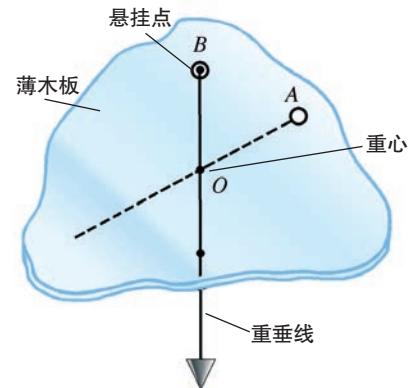


图 3-5-3



图 3-5-4

摩擦力

在冰面上沿水平方向用力推一下物体，物体虽然能够运动较长一段时间，但它的速度仍会逐渐减小，并最终停下来。这说明，冰面与物体之间存在着阻碍滑动的力。当一个物体在另一个物体表面滑动时接触面间产生的阻力，叫做滑动摩擦力。

沿水平方向用力推讲台，但没有推动。这表明，讲台虽有运动趋势，但仍保持平衡状态，根据二力平衡的条件，在水平方向上除受推力外，讲台还受到地面对它的阻力。当两个

物体具有相对运动趋势时，在接触面上产生阻碍物体间发生相对运动的力，叫做静摩擦力。

物体在滚动时也受到阻碍运动的滚动摩擦。实践证明，在相同情况下，滚动摩擦要比滑动摩擦小得多。例如，汽车、自行车和旱冰鞋中的轴承就利用了这一原理（图 3-5-5）。

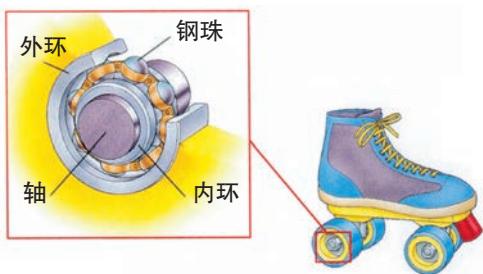


图 3-5-5 旱冰鞋的轴承

有时摩擦是有用的，我们就希望增大

它。增加接触面间的粗糙程度可以增大摩擦。例如常在鞋底、篮球或汽车轮胎的橡胶表面压制凹凸不平的花纹，从而增大它们与地面之间的摩擦。增大压力也可以增大摩擦。例如自行车刹车时，用力按刹车把手，刹车橡皮便紧压钢圈，使它与钢圈间产生很大摩擦。

在许多场合摩擦是有害的，例如机器高速运转时，各零件之间的摩擦就是有害的，它使机器发热，既降低了工作效率，又加快了零件的磨损。为了减小有害摩擦，可采取许多有效的办法。例如使接触面尽可能平整光洁，在摩擦面之间加润滑油，减小两物体之间的压力等，这些方法都能减小摩擦。在许多情况下，将滑动改变为滚动也可以大大减小有害摩擦。

你知道吗？

20世纪60年代，轴承家族中出现了两位新成员——液压轴承和气体轴承，它们使摩擦减小到滚动摩擦的百分之一。液压轴承的奥秘就在于，它使固体与固体之间的“干摩擦”变成了固体与液体之间的“湿摩擦”。在滑动轴承里加润滑油，轴和轴瓦之间形成了一层液体薄膜，摩擦力便立即减少到原来的 $1/10 \sim 1/8$ 。于是，人们就干脆用油泵不断地将具有一定压强的润滑油打进轴承内，转轴便悬浮起来极其轻快地转动。

固体与气体之间的摩擦力更小，人们把高压空气打入轴承里，形成“气垫”，支撑起转轴，转轴只与空气膜接触，转动极其轻快，转速可达每分钟几十万转，这是滚动轴承所望尘莫及的。

空气轴承有许多优点：它可以在 $-260^{\circ}\text{C} \sim 1500^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内正常工作；由于转轴几乎没有磨损，因此寿命极长，可以连续工作几十年；轴承不必用特殊合金制造，甚至用工程塑料就行了；振动轻微，工作噪声小；不怕核辐射，能在核反应堆的压缩泵里埋头苦干。



图 3-5-6 汽车轮胎表面有凹凸不平的花纹



物体的稳定性

生活和生产中的许多物体，如建筑物、家具等，它们所受的重力和支持力相平衡，都处于静止状态。这些物体和支承物之间的接触面称为支面。只有当物体所受重力的作用线通过支面时，物体才不会倾倒。意大利著名的比萨斜塔倾斜程度逐年增大，最近，一些工程技术人员已采取了有效措施，以使它所受重力的作用线仍然通过其支面。

大量事实表明：处于平衡状态的物体，支面越大，重心越低，物体越稳定。

因此在生产和生活中，人们常采用降低重心、增大支面的办法来增加物体的稳定性。例如船卸货以后还要用“压舱物”来增加船的稳定性；不准双层公共汽车上层的乘客站立也是为了增加汽车的稳定性。你能说出图3-5-8中的物体分别是靠什么办法来增加它们的稳定性的吗？



图3-5-7 比萨斜塔



厚底杯



照相机的三脚架



酒杯



人字梯



铁架台



东方明珠塔

图3-5-8

思考与练习

1. 某钢索能承担的最大拉力为 10^4 牛。能否用它吊起一辆质量为 2×10^3 千克的小汽车？

2. 一位跳伞者，在空气阻力与他及其装备所受的重力相平衡时，他便匀速下降（图 3-5-9）。设跳伞者及其装备的总质量为 110 千克，问此时空气对跳伞者及其装备的阻力为多少？

3. 图 3-5-10 中甲、乙两队进行拔河比赛，当绳被拉紧且不动时，甲队对绳的拉力和乙队对绳的拉力是否是一对平衡力？为什么？章导图中两头大象正在“较劲”，左边象对右边象的力和右边象对左边象的力是否是一对平衡力？为什么？图 3-5-11 中作用在汽车方向盘上的两个力 F_1 、 F_2 是否是一对平衡力？为什么？



图 3-5-9

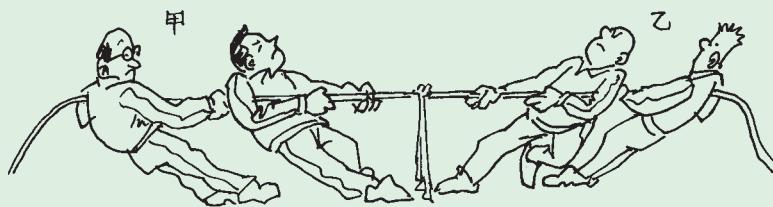


图 3-5-10



图 3-5-11

4. 某人用水平力推静止在地面上的箱子，但没有推动。试画出箱子所受推力和摩擦力的示意图。若推力为 200 牛，则地面对箱子的摩擦力为多少牛？它是哪一种摩擦力？

*5. 一列火车做匀速直线运动，若它受到的牵引力为 5.0×10^5 牛，轨道对火车的摩擦力为 4.0×10^5 牛，求这列火车受到的空气阻力大小。

6. 在拔河比赛中，运动员对绳子、鞋底、场地有怎样的要求？为什么？

3.6 惯性 牛顿第一定律

Inertia Newton's first law

惯性

我们都有这样的生活体验：你站在公共汽车中，当汽车突然开动时，你的身体会后倾。这是由于当你的脚随车开始向前运动时，身体仍保持静止状态。当汽车突然刹车时，你的身体会前倾。这是由于当你的脚随车突然停止运动时，身体仍在向前运动。当汽车突然转弯时，你的身体会外倾。这是由于当你的脚随车改变运动方向时，身体仍沿着原方向运动。

大量事例说明，一切物体不论它是静止的还是运动的，都具有一种维持它原先运动状态（静止也是一种运动状态）的性质，物理学中把这种性质叫做惯性，在拉丁语中它的意思是惰性。也就是说，一切物体都具有一种不愿改变它们原先运动状态的惰性。惯性是物体本身固有的一种属性。

正因为物体具有惯性，所以才需要外力迫使它改变原来的运动状态。例如在冰面上滑行的冰球，因为受球棍击打而改变运动的快慢或方向。原先静止在草坪上的足球，如果不踢它，它就不会滚动起来。如果不存在阻力，原先飞驰的列车便不可能减速。

你知道吗？

安全带、安全气囊和头枕可减少由于车祸而造成的伤害事故。当汽车受到来自前方的猛烈撞击或在高速行驶中急刹车，如果没有安全带、安全气囊，驾驶员就会因惯性而继续高速向前冲去，撞上方向盘或挡风玻璃而在瞬间造成惨祸。安全带、安全气囊能防止突然停车时人体快速前冲而造成各种伤害。当汽车受到来自后方的猛烈撞击而突然加速时，如果没有头枕，头部因惯性而突然后仰，可能会造成颈椎断裂。当汽车在高速公路上因车距太小而发生追尾撞车时，上述两种情况都可能发生。



图 3-6-2



图 3-6-3



图 3-6-4 摩托艇质量小，容易转向或掉头

惯性的大小与物体的质量有关。物体的质量越大，惯性就越大，改变它的运动状态就越困难。例如，要使正在行驶的火车停止运动就远不如自行车刹车那么容易；超级油轮的发动机停止工作后，它还要继续前行数千米才能停下。反之，物体的质量越小，惯性就越小，要改变它的运动状态就越容易。例如，战斗机、鱼雷快艇的质量比较小，它们能很灵活地改变航向或很快地加速、减速，以适应战斗的需要。有些场合需要增大物体的惯性，例如为了

让柴油发动机的转子转动平稳，发动机的转轴上都有一个质量很大的飞轮。而有些场合需要减小物体的惯性，例如为了使赛车在高速行驶中顺利地急转弯，赛车的质量就不能太大。

你知道吗？

“泰坦尼克”号在撞上冰山前就已发现了前方的冰山而紧急减速和改变航向。但由于船身巨大的惯性，船体难以很快减速和大幅度改变航向，船身一侧还是与冰山发生了相撞，结果撞出了大洞而沉没。

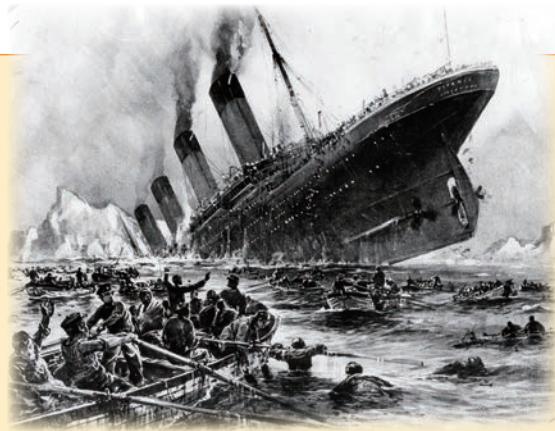


图 3-6-5 “泰坦尼克”号撞冰山沉没

牛顿第一定律

沿草地踢出去的足球，虽然由于惯性会继续前进，但速度逐渐减小，并最终停下来；马路上行驶的汽车，关闭发动机后会慢慢停下来。古希腊的亚里士多德早就注意到了类似现象：原先运动的物体一旦停止用力推或拉，就会停下来。他认为，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。在他以后大约两千年的时间里，人们都认为这个结论是正确的。

但是，到了 17 世纪，伽利略发现亚里士多德的观点是错误的。他通过以下理想实验的科学推理，提出了一种新观点：维持运动不需要力，也就是说力不是维持物体运动的原因。

伽利略设想，如果小球从一个绝对光滑的斜面上滑下并滑上第二个光滑斜面，它应当能到达开始滑下的等高处（图 3-6-6）。所以，如果逐渐减小第二个斜面的坡度，小球将在第二个斜面上越滑越远。最后，如果把第

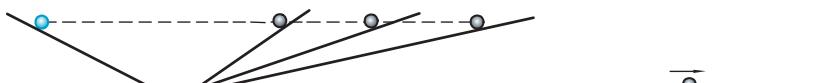


图 3-6-6

二个斜面放平，让小球从光滑斜面滑上光滑水平面。根据上述推理，小球将在此光滑平面上滑下去，永远不会停下来，而且此时小球在水平方向上不受任何力的作用。由此，伽利略否定了亚里士多德关于力是维持物体运动的错误结论。显然，这仅仅是伽利略基于科学推理之上的理想实验，现实生活中绝对光滑的表面是不存在的。

牛顿在伽利略研究的基础上，概括出以下极其重要的规律：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状态为止。这就是著名的牛顿第一定律，又叫做“惯性定律”。

由牛顿第一定律可知，当物体不受力时，总是保持原来的运动状态不变，如果原先静止，就始终静止不动；如果原先运动，就始终以原来的速度（大小、方向都不变）做匀速直线运动。

当然，“物体不受力”只是一种理想状况，在现实生活中这种理想状况几乎不可能存在。事实上，物体总是受到力的作用，而且只有在平衡力的作用下才能保持运动状态（静止或匀速直线运动）不变。放在水平桌面上的书本保持静止，是因为它受到的重力 G 跟桌面的支持力 N 相平衡。当飞机受到的重力 G 跟空气的举力 N 相平衡、由发动机产生的动力 $F_{\text{动}}$ 跟空气阻力 $F_{\text{阻}}$ 相平衡时，飞机就保持平衡状态，做匀速直线运动。

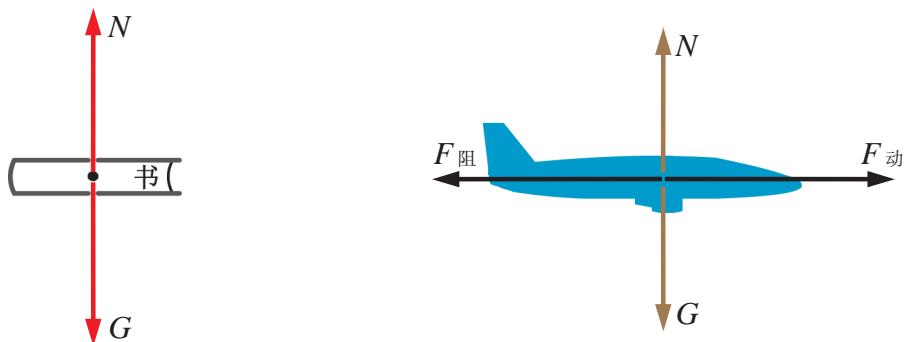


图 3-6-7 书本在桌面上静止时的受力情况

图 3-6-8 飞机做匀速直线运动时的受力示意图

你知道吗？

绊马索是一种隐蔽在地面附近的绳索，飞奔的马匹绊上它，就会人仰马翻，我们常常在电影中看到这种场景。显然，这是马的惯性在作怪。现代的登月宇航员，通常背着很大的背包到月球上去探险。虽然月球的引力比地球的小，背起来并不费力，但他走路时却仍十分小心，不能突然移动或停止。这是因为背包在月球上虽然变轻了，但惯性并没有减小，质量大的背包仍有很大的惯性。如果宇航员的脚突然停下来，大背包还会靠惯性向前移动，这跟在地球上被绊马索绊了相似，他会向前跌倒。



图 3-6-9

思考与练习

- 阅读这则新闻报道，指出其中的错误。
- 用你学过的物理原理和词汇来解释漫画（图 3-6-10）中的故事。（漫画中的动作有危险，决不可模仿）



图 3-6-10

- 图 3-6-11 中，一滑雪者沿斜坡匀速滑下，滑雪者保持匀速下滑的原因是（ ）

- A. 没有力作用在滑雪者上。
- B. 作用在滑雪者上的力相平衡。
- C. 只受到一个竖直向下的力。
- D. 只受到一个沿斜坡向下的力。

根据牛顿第一定律和有关合力的知识，解释你选择的理由。

- 分析汽车在平直的路面上做匀速直线运动（保持平衡状态）的原因，并画出汽车受力示意图。



图 3-6-11

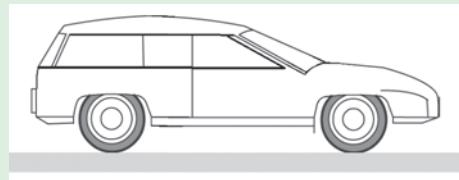
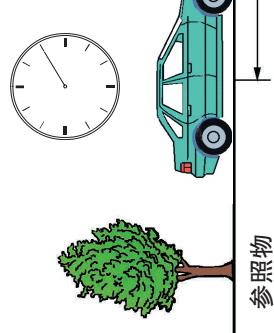


图 3-6-12

遇险情急刹车 乘客受伤

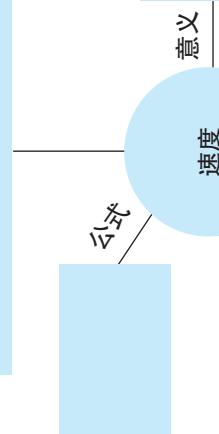
本报讯 今天清晨 6 : 30, 本市 ×× 路公共汽车在行驶途中遇险情，司机紧急刹车，有三名坐在后排的乘客由于突然失去惯性向前急冲而受伤。 

概念图



运动

机械运动：



意义



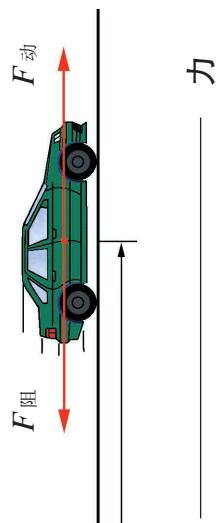
牛顿第一定律：

惯性：

牛顿第一定律：

重力：

摩擦力：

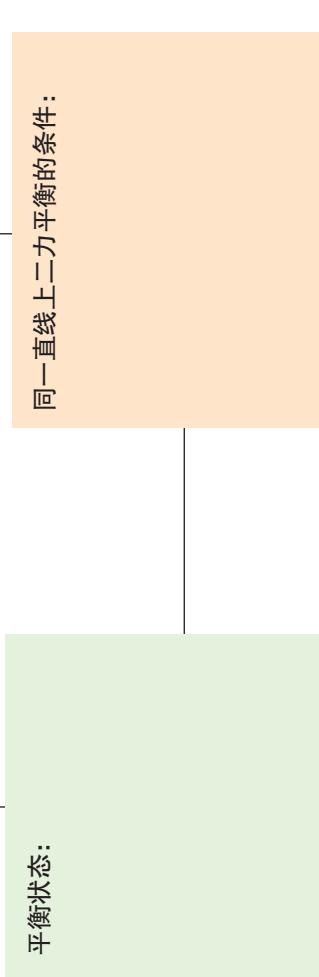


牛顿第一定律



平衡状态：

同一直线上二力平衡的条件：



关于参照物和运动的相对性，我国古代诗人早就有过生动的描述。其中一首是大家熟悉的唐代大诗人李白的《早发白帝城》，诗中最后两句是：“两岸猿声啼不住，轻舟已过万重山。”以“万重山”为参照物，轻舟一日就经过了“千里江陵”，诗人轻松欢快的心情，跃然纸上。无独有偶，唐代的一首敦煌曲子词（词牌名为《浣溪沙》）在描述运动的相对性上更为鲜活生动。

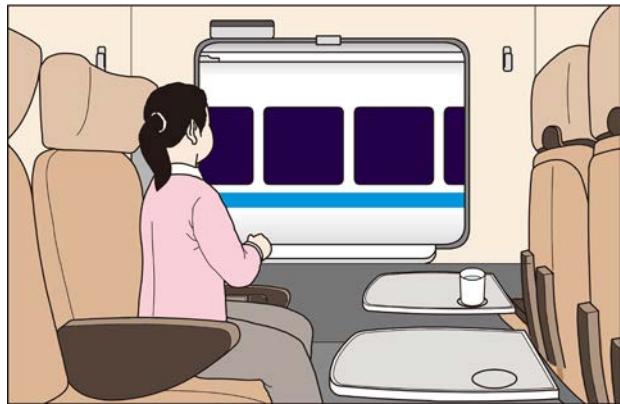
五两竿头风欲平，长风举棹觉船行。
柔橹不施停却棹，是船行。
满眼风波多闪烁，看山恰似走来迎。
子（仔）细看山山不动，是船行。

词中描写了船夫扬帆出航、乘风行船时的感受。五两鸡毛系于竿头，随风轻飘，风势渐弱。顺风张开风帆，打起船桨，轻舟行于江面。行至江心后，风徐徐吹着帆，船夫不再摇橹、打桨，船缓缓而行。极目远眺，水面上波光粼粼，青山好像迎面走来；再定神凝望，山仍然挺立，是船在水中行。由于坐在航行的船上，将船选为参照物，相对于船来说，山就在做“走来迎”的运动；选岸上的青山为参照物，就觉得山不动而船行了。

现代歌词中也有船行江中的描述，如“小小竹排江中游，巍巍青山两岸走”。以岸边青山为参照物，竹排在江中“游”，而以水中竹排为参照物，则青山就在岸边“走”了。还有“月亮在白莲花般的云朵里穿行”，这句歌词也描写了相对运动。美丽的夜空，皓月当空，风吹白云，飘过天际。以白云为参照物，明月就在云中穿行。



类似的感觉，我们在生活中也经常会遇到。设想有一天你坐在待发的高速旅客列车上，旁边也有一列并排的待发高速旅客列车。当那列列车离站时，你会误以为是自己坐的列车在离站。等到那列列车的车尾驶离你的视线时，你才发觉你坐的列车仍停在刚才的站台边。这是由于刚才你以旁边运动的列车为参照物，而后来又以站台为参照物来判断自己所乘列车的运动情况。这种感受显然与前面古词中“看山恰似走来迎”的感受是相同的。



- 1.《科学革命：牛顿与他的巨人们（“科学的力量”科普译丛“科学的故事”系列）》，[美]乔伊·哈基姆著，仲新元译，上海教育出版社。2017年12月，第1版。
- 2.《趣味力学现象》，胡宁生著，江苏凤凰教育出版社。2017年2月，第1版。
- 3.畅游科学天地——上海科技馆

上海科技馆以科学传播为宗旨，以科普展示为载体，围绕“自然·人·科技”的大主题，安排有生物万象、地壳探秘、设计师摇篮、智慧之光、地球家园、信息时代、机器人世界、探索之光、人与健康、宇航天地、彩虹儿童乐园等常设展区，以及蜘蛛和动物世界2个特别展区。大到宇宙苍穹，小到生物细胞，许多科学原理和科技成果在这里得到声情并茂的展示。

其中，智慧之光展区以大量的互动展品为主要展示手段，演示物理、数学、化学、生物学等学科的典型现象，揭示其基本规律和原理。展区包括“辉光球群”“环形激光琴”“能量穿梭机”“高空骑车”“击鼓共振”“怒发冲冠”“魔屋”“天上水”等项目。

在这里，你会感受到自然的奇妙和科技的力量。这里将是你成就科学梦想的摇篮！

说 明

本册教材根据上海市中小学(幼儿园)课程改革委员会制定的课程方案和《上海市中学物理课程标准(试行稿)》编写,供九年义务教育八年级第一学期试用。

本教材由华东师范大学、浦东新区社会发展局主持编写,经上海市中小学教材审查委员会审查准予试用。

本册教材的编写人员有:

主编:张越 徐在新 分册主编:曹磊

特约撰稿人(按姓氏笔画排列):汤清修 张溶菁 陈颂基 曹磊 蔡吟吟

修订主编:贾慧青

修订人员(按姓氏笔画排列):王春浩 朱建波 刘展鸥 沈文萍 张俊雄 张溶菁
胡静雯 戴金平

本册教材图片提供信息:

图片由 VEER 图库、图虫创意、壹图网、新华通讯社等,以及教材编写人员提供;上海市中小学数字化实验系统研发中心(P.10 用 DIS 研究水的冷却实验);插图绘制:陈颂基、郑艺、麦詠恩、金一哲。

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。



经上海市中小学教材审查委员会审查
准予试用 准用号 II-CB-2021016

责任编辑 李 祥

九年义务教育课本

物 理

八年级第一学期

(试用本)

上海市中小学(幼儿园)课程改革委员会

上海世纪出版股份有限公司出版
上 海 教 育 出 版 社

(上海市闵行区号景路159弄C座 邮政编码:201101)

上海新华书店发行

上海信老印刷厂印刷

开本 890×1240 1/16 印张 5.5

2019年7月第1版 2023年7月第5次印刷

ISBN 978-7-5444-9300-0/G·7662

定价:12.80元

(本册含学习活动卡)

全国物价举报电话:12315

如发现内容质量问题,请拨打 021-64319241;

如发现印、装问题,请拨打 021-64373213, 我社负责调换。



绿色印刷产品

ISBN 978-7-5444-9300-0

9 787544 493000 >