

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

初级中学教科书 物理 第一册



致同学们

同学们：

欢迎你们开始学习物理。

这套初中物理教科书共有两册，本书是第一册。教科书是学习的重要依据。为了帮助你们用好教科书，下面介绍一下本书编写上的一些特点。

每章开头都有两三个问题，它们的作用主要是提示这一章讲述的主要内容。

许多节的开头有个大问号，问号后面通过故事、现象或实验提出问题，这些问题或者能激发你们的学习兴趣，或者能启发你们进一步思考。

每节中都有加了花边的小标题。这些小标题可以帮助你们抓住本节的中心内容。

许多节的最后有“想想议议”，如果能予以认真地思考、讨论，将会使你们加深理解，活跃思维，并提高表述能力。

有些节的标题上就写着“实验： ”这是要求同学们自己动手做的。许多节的课文里还列出了一些实验，这些实验可以由同学们自己做，也可以由教师做，同学们观察。

有些节里安排了小字排印、并用花边框了起来的内容，主要是在学习方法上给予提示，或者提供些有益的或有趣的信息。

每章后面都有供课外阅读的“阅读材料”和课外自己动手做的“小实验”，前者有助于扩展知识，后者有助于提高动手能力。

各章最后的“学到了什么”是这一章的小结，是供总结、复习这一章用的。

书中有大量插图，它们是教学内容的必要组成部分，有些插图形象生动地说明课文的内容，有些插图本身包含了重要的物理知识，应认真阅读。

祝同学们在学习中不断取得成功。

编著者

引言

1. 物理有趣吗？
2. 物理有用吗？
3. 学习物理要特别注意什么？

物理研究什么

图 0—1 中的那些现象你想过吗？物理研究的就是这类关于力的、热的、光的、电的现象，找出它们发生的原因，研究怎样利用它们来为人类服务。

物理是有趣的

面对着多种多样、千变万化的物理现象，从幼年起，我们就怀有好奇心和神秘感，觉得一个个物理现象是一个个谜，总想把它们解开。在这些谜中，有许多是初中物理研究的对象，将在以后的学习过程中得到答案。物理课不是仅仅简单地向我们揭穿谜底，而是将引导我们像科学家那样去研究、探索这些物理现象。这样，我们在物理课上，不但由于解开长期困惑我们的谜而欢欣，还能使我们初步体验科学家们的研究方法，领略他们获得研究成果时的喜悦。

物理课研究的现象，除了有许多我们熟悉但不理解的以外，还有许多我们没有见过也没有想过的，例如下面几个实验中的现象，先猜一猜，然后做做看。

实验

1. 把鸡蛋放在硬纸片上（图 0—2），把硬纸片突然弹出去。
2. 把刚刚从火焰上拿开、水已停止沸腾的烧瓶塞好，倒过来（图 0—3），向瓶底浇冷水。
3. 先用放大镜看自己的指纹，再用放大镜看窗外的物体（图 0—4）。
4. 将下端散开的塑料捆扎绳，用清洁干燥的手自上而下地捋几次（图 0—5）。

这些出乎意料的现象包含着重要的物理知识，学了物理，就会知道它们是怎么回事了。

物理是有用的

自行车、缝纫机为什么要经常加润滑油？洗衣机、电风扇为什么应该用三脚插头？照明电路出了毛病，灯泡不亮，故障发生在哪里。要懂得这些事情，要更好地使用现代生活中日益普及的机械、电器，都需要懂得物理知识。说工农业生产中的内燃机、电动机、播种机、收割机，交通运输业中的火车、汽车、轮船、飞机，现代尖端技术中的人造卫星、核能发电、光纤通信、电脑，都是在物理研究的基础上发展起来的，要懂得它们的道理，更好地利用它们，也都需要物理知识。

物理知识对于学好化学、地理、生物等课程，也是必不可少的基础。

所以，物理是一门很有用的课程。

物理研究工作对我国社会主义现代化建设做出了重要贡献，使我国在发射和回收人造卫星，制造原子弹、氢弹等尖端技术方面，取得了卓越的成就，成为世界上掌握这些先进技术的少数国家之一。

怎样学好物理

重视观察和实验 物理是一门以观察、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认真地加以总结和思索得来的。在物理课的学习过程中，要观察许多现象，观察教师做的实验，还要自己动手做实验。在观察的时候，要有明确的观察目的，要注意发现引起变化的原因和条件。在实验的时候，要有严肃认真、实事求是的科学态度，要按规则操作，仔细观察，如实记录，根据记录进行分析，得出结论；还必须注意安全，爱护仪器。

勤于思考，着重理解 观察、实验、看书、听课都要多动脑子，勤于思考。对物理知识不应满足于会背诵定义或条文，要力求理解，知道它是根据哪些物理事实，经过怎样的分析和思考得来的，了解它同有关知识的联系，知道它的意义和应用。

重视应用知识 学习的目的在于应用。要特别注意教科书和教师运用知识解决问题的思路和方法，努力应用学过的知识去解释简单的现象、进行简单的计算、分析解决简单的实际问题。

注意了以上几点，才能学好物理知识。

第一章 测量的初步知识

1. 为什么要测量？
2. 怎样正确使用刻度尺？
3. 怎样正确记录测量结果？

一、长度的测量 误差

图 1—1 中的帽沿直径和帽子高度哪个更长？图 1—2 中中心的两个圆哪个的面积大？先看看，再用尺量。我们的视觉总可靠吗？

请一位同学看着表的秒针，自己闭上眼睛，估计闭了 1 分钟时睁开。我们对时间的感觉总可靠吗？

测 量

在观察、实验和日常生活中，少不了比较距离的远近、物体的轻重、时间的长短、温度的高低。靠我们的感觉器官去判断，很难精确，而且有时会出错。所以，要作出准确的判断，要得到精确的数据，必须用测量仪器来测量。

尺、秤、钟表、温度计等是我们熟悉的测量工具或仪器。它们都有刻度，测量时需要正确使用它们，正确记录测量结果。

长度测量是最基本的测量，最常用的工具是刻度尺。学会使用刻度尺，有助于我们学会使用其他测量仪器和了解测量的初步知识。

长度的单位

测量任何物理量都必须首先规定它的单位。长度的单位就是我们在小学数学中已经学过的米。我们走两步的距离大约是 1 米（图 1—3）。课桌的高度约 0.75 米（图 1—4）。我们这个年龄多数同学的身高在 1.5~1.6 米之间。

比米大的单位有千米，比米小的单位有分米、厘米、毫米、微米等。它们同米的关系是：

- 1 千米=1000 米= 10^3 米，
- 1 分米=0.1 米= 10^{-1} 米，
- 1 厘米=0.01 米= 10^{-2} 米，
- 1 毫米=0.001 米= 10^{-3} 米，
- 1 微米=0.000 001 米= 10^{-6} 米。

正确使用刻度尺

使用刻度尺之前，要先对它认真观察。观察你使用的刻度尺，回答下面的问题：

1. 它的零刻线在哪里？是否磨损了？

2. 它的量程，也就是它一次能测出的最大长度，是多少？

3. 它的最小刻度值是多少？

图 1—5、1—6、1—7 能帮助我们学会正确使用刻度尺的方法。

在日常生活中测长度并不要求很精确。通常是根椐所测长度末端靠近的刻线来读取数值的。例如图 1—5 甲中所测长度取 28 毫米。在物理实验中测长度往往要求更精确些，这就要估读到最小刻度值的下一位。例如图 1—5 甲中所测长度就要取作 27.8 毫米。这最末一位数 8 虽然是估读的，并不准确，但它对我们还是有用的。它告诉我们木块的长度在 27 毫米到 28 毫米之间更接近 28 毫米。所以这三位数字 2、7 和 8 都属于有效数字。假如取作 27.85 毫米，由于第三位数字 5 已不准确，这第四位数字 5 就没有意义了，所以它是无效数字，是不应该读取的。

正确记录测量结果

如果你看到一份测量记录上写着某本书的厚度是 5，你能知道书的厚度吗？

测量结果是由数字和单位组成的。只写了数字未标明单位的记录是无用的，而忘记写单位是初学物理者最容易犯的错误之一。

初中代数第一册中讲过：一个近似数，四舍五入到哪一位，就说这个数精确到哪一位。这时从左边第一个不是零的数字起，到精确到的数位止，所有的数字，都叫做这个数的有效数字。在物理测量中，由仪器测得的，从左边第一个不是零的数字起，包括最后一位是估测出来的数字，都叫做有效数字。这两种有效数字的说法，都是说有效数字的最末一位是不准确的，有误差的。

误差

即使估读到最小刻度值的下一位，由于眼睛不可能估得非常准，测得的数值和真实值之间也必然存在差异，这个差异叫做误差。同一个长度，多测量几次，由于其中几次的估测可能偏大些，另外几次的估测可能偏小些，所以它们的平均值会更接近真实值，误差较小。

多次测量求平均值可以减小误差，但不能消灭误差。再加上测量仪器不可能制造得绝对准确，环境的温度、湿度对测量仪器有影响等原因，所以任何测量结果都有误差。误差只能尽量减小，而不能消除。

误差不是错误。错误是由于不遵守测量仪器的使用规则，或读取、记录测量结果时粗心等原因造成的，是不该发生的，是能消除的。

想想议议

椐图 1—5、1—6、1—7，用自己的话把正确使用刻度尺（包括读取数值）的规则归纳成几条。

练习

1. 把下列用指数表示的长度改用普通整数表示：

1. 852×10^3 米 = ____ 米； 2. 99792458×10^8 米 = ____ 米。

2. 变换单位：

3.6 千米 = ____ 米 = ____ 分米 = ____ 厘米；

72 米 = ____ 千米 = ____ 厘米 = ____ 毫米；

0.025 米 = ____ 分米 = ____ 厘米 = ____ 毫米；

57 厘米 = ____ 米 = ____ 分米 = ____ 毫米；

32 毫米 = ____ 米 = ____ 厘米 = ____ 微米。

3. 同一长度的五次测量记录是：17.82 厘米、17.83 厘米、17.81 厘米、17.28 厘米、17.81 厘米。这五次测量记录中有一次错了，哪个数值是错的？

二、实验：用刻度尺测长度

〔目的〕练习正确使用刻度尺测长度和记录测量结果；练习估测到最小刻度值的下一位。

〔器材〕刻度尺，三角板（2块），铅笔，作业本，物理课本，硬币，细铜丝（或细铁丝，约30厘米长）。

〔步骤〕

1. 观察你使用的刻度尺，并将上节中三个问题的答案填在下行的横线上：

零刻线是否磨损：____；量程：____；最小刻度值：。

2. 测作业本和物理课本的长、宽，将结果填入下表。

作业本长	作业本宽	课本长	课本宽

3. 把细铜丝在铅笔上紧密排绕若干圈（图1—8），测出这个线圈的总长度，算出细铜丝的直径。把这些数据填入下表。

线圈长度	线圈圈数	铜丝直径

4. 怎样利用刻度尺和三角板测出硬币的直径？画图表示出你的测量方法，将硬币的面值和直径填在下行的横线上。

硬币面值：____；硬币直径：____。

阅读材料：国际单位制

要测量长度，首先要规定长度的单位。长期以来，各国都有不同的长度单位。例如，过去我国用市尺作长度单位，英、美等国用英尺作长度单位。这给国际交流带来不便。1960年国际计量大会通过了一套单位制，称为国际单位制，推荐各国采用。目前世界上大多数国家和地区已决定采用国际单位制。我国规定的法定计量单位也是以国际单位制为基础的。

词头名称	倍数
兆	$10^6=1\ 000\ 000$
千	$10^3=1000$
分	$10^{-1}=0.1$
厘	$10^{-2}=0.01$
毫	$10^{-3}=0.001$
微	$10^{-6}=0.000\ 001$

在国际单位制中，长度的单位是米。米这个单位来源于法国。1791年，法国决定把通过巴黎的子午线长度的 $\frac{1}{40\ 000\ 000}$ 规定为1米。后来根据测量结果把这个长度用铂铱合金制成了标准米原器，保存在巴黎国际计量局里，作为米的标准。

随着科学技术的发展，1983年国际计量大会决定用光速来定义米：
米等于光在真空中 $\frac{1}{299\ 792\ 458}$ 秒时间间隔内所经路径的长度。

国际单位制中还规定了其他物理量的单位，我们将在以后陆续学习。

一些距离和长度

原子的半径 $0.5 \sim 3 \times 10^{-10}$ 米
最薄的金箔的厚度 9.1×10^{-8} 米
链球菌的半径 $3 \sim 5 \times 10^{-7}$ 米
人头发的直径（约） 7×10^{-5} 米
一张纸的厚度（约） $0.7 \sim 1 \times 10^{-4}$ 米
我国铁道的标准轨距 1.435 米
南京长江大桥铁路桥全长 6772 米

珠穆朗玛峰高度 8848.13 米
地球的半径 6.4×10^6 米
万里长城全长 6.7×10^6 米
地球到月球的距离 3.8×10^8 米
太阳的半径 7×10^8 米
银河系的半径 6×10^{19} 米

小实验：用自制的卷尺测身高

用宽约 1 厘米的牛皮纸条，自制量程为 2 米、最小刻度值为 1 厘米的卷尺。用这个卷尺测家里某个人（或某个同学）的身高；起床后和临睡前各测一次，你会发现什么？

习 题

1. 测出自己拇指指甲的宽度、中指的长度、一（图 1—7）的长度、手臂（从腋窝到中指尖）的长度。
2. 测出自己正常走 20 步的距离。算出自己正常走路时每两步的平均距离。
3. 一名粗心学生的测量记录中忘记了写单位，请你替他补上：
一支新铅笔的长度：0.175
一本外文字典的厚度：3.5
一枚壹角硬币的厚度：2.4
4. 怎样用刻度尺测乒乓球的直径？写出你需要的辅助器材，画出你的测量方法。

学到了什么

1. 使用刻度尺前要注意观察它的零刻线、量程和最小刻度值。
2. 用刻度尺测量时，尺要沿着所测长度，不利用磨损的零刻线，读数时视线要与尺面垂直。在精确测量时，要估读到最小刻度值的下一位。
3. 测量结果由数字和单位组成。

第二章 简单的运动

1. 怎样判定物体是运动的还是静止的？
2. 什么运动最简单？
3. 怎样表示运动的快慢？

一、机械运动

？

《趣味物理学》这本书里提到：第一次世界大战期间，一名法国飞行员在 2000 米高空飞行的时候，发现脸旁有一个小东西。飞行员以为是一只小昆虫，敏捷地把它一把抓了过来。令他吃惊的是，抓到的竟是一颗德国子弹。这名法国飞行员怎么会有这么大的本领呢？什么情况下我们也能顺手抓住一颗飞行的子弹呢？

什么是机械运动

“运动”是个多义词。这里要学习的“运动”，指的是物体位置的变化。为了含义明确，物理学里把物体位置的变化叫机械运动。

机械运动是宇宙中最普遍的现象。飞舞的流萤、奔驰的骏马、刺破夜空的流星、角逐在绿茵场上的足球健儿，都在做机械运动。平时认为不动的房屋、桥梁、树木、山岭，都跟随地球自转，同时绕太阳公转，整个太阳系，以至整个银河系，也都在不停地做机械运动。

运动和静止的相对性

静坐在汽车里的乘客（图 2—3），司机说他静坐没动，路旁的孩子们赞叹他前进得真快。一个说他静止，一个说他运动，谁说得对？两个人说得都有道理。司机是以车厢作标准，看到乘客的位置没改变。孩子们是以路面作标准，看到乘客的位置迅速改变。可见，说物体在运动还是静止，要看是以另外的哪个物体作标准。这个被选作标准的物体叫参照物。

同一个物体是运动还是静止，取决于所选的参照物。这就是运动和静止的相对性。

以同样快慢、向同一方向前进的卡车和联合收割机，选地面为参照物，它们都在运动；选它们中的任何一个为参照物，另一个是静止的——相对静止。

研究地面上物体的运动，常选地面或固定在地面上的物体为参照物；在这种情况下，参照物可以略去不提。

现在大家来讨论一下：法国飞行员为什么能顺手抓住一颗飞行的子

弹？

匀速直线运动

快慢不变、经过路线是直线的运动，叫做匀速直线运动。有不少运动可以近似地看作是匀速直线运动（图 2—5）。匀速直线运动是最简单的机械运动，而物理学里研究问题总是从最简单的情况着手。

想想议议

我国自 1984 年 4 月 8 日发射第一颗地球同步通信卫星（图 2—6）以来，已经陆续发射了多颗这类通信卫星。这类卫星虽然绕地心转动，但是地球上的人却觉得它在空中静止不动。为什么？它绕地心转动一周需要多少小时？

练习

1. 地球上的房屋，如果以太阳作参照物，则它是_____的。

2. 小船在河里顺流而下，船上坐着一个人，河岸上有树。相对于树来说，人是_____的，小船是_____的。相对于船来说，人是_____的，树是_____的。

3. 在平直轨道上行驶的一列火车中，放在车厢小桌上的苹果相对于下列哪个物体是运动的？

- A. 这列火车的机车； B. 坐在车厢椅子上的乘客；
C. 在旁边走过的列车员； D. 关着的车门。

答：[]

4. 坐在逆水行驶的船中的乘客，我们说他静止是以下列哪个物体为参照物？

- A. 河岸上的树； B. 船舱；
C. 迎面驶来的船； D. 河水。

答：[]

二、速度和平均速度

？

同时起程的步行人和骑车人，我们是怎样看出他们的快慢的？

同是百米运动员，我们是怎样比较他们的快慢的？

如果把我们的百米短跑同万米冠军的长跑比一比，要知道谁快谁慢，应该怎么办？

速 度

一切事物发展变化的快慢都可以用速度这个词来表示，如植物的生长速度，经济的增长速度，等等。物理学里，速度用来表示物体运动的快慢。

小学数学课里学过，速度的大小等于每小时（或每秒、每分）内通过的路程。实际上，这个说法只对匀速直线运动正确。秒、分、小时，物理学里都叫做单位时间。所以

在匀速直线运动中，速度等于运动物体在单位时间内通过的路程。

算出物体的速度，就可以比较它们的快慢了。

速度的计算

有三件玩具，汽车、机车、拖拉机各一件，要比较它们的快慢，可以先测出每件玩具做匀速直线运动的时间和它在这段时间内通过的路程，填入下表，然后再分别算出每件玩具 1 秒内通过的路程。

用时间去除这段时间内物体通过的路程，就可以求出匀速直线运动的速度。

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

通常用 v 表示速度， s 表示路程， t 表示时间，速度的公式就是

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

上表最右一栏就是求出的三件玩具的速度。

速度的单位

如果路程的单位用米，时间的单位用秒，从上表右栏可以看出，速度的单位就是米/秒，其中的“/”表示除的意思，读作“每”，所以“米/秒”就读作“米每秒”。交通运输中常用“千米/时”作速度的单位。

“千米/时”应该怎样读？

一列火车的速度是 72 千米/时，这表示它的快慢程度是每小时行驶 72 千米。相当于每秒行驶多少米呢？某人跑步的速度是 4 米/秒，这表示

他的快慢程度是每秒钟跑 4 米。相当于每小时跑多少千米呢？

$$72 \text{ 千米/时} = 72 \times \frac{1000 \text{ 米}}{3600 \text{ 秒}} = 72 \times \frac{1}{3.6} \text{ 米/秒}$$

$$= 20 \text{ 米/秒}$$

$$4 \text{ 米/秒} = 4 \times \frac{\frac{1}{1000} \text{ 千米}}{\frac{1}{3600} \text{ 时}} = 4 \times 3.6 \text{ 千米/时}$$

$$= 14.4 \text{ 千米/时。}$$

$$= 14.4 \text{ 千米/时。}$$

平均速度

常见的运动物体的速度是变化的，这种运动叫变速运动。例如，从乌鲁木齐开往上海的火车，有时快，有时慢，有时还停在中间站上。

变速运动比匀速运动复杂，在不要求很精确，只作粗略研究的情况下，也可以用 $v = \frac{s}{t}$ 求它的速度。不过这时求出的速度 v ，表示的是物体在通过路程 s 中的平均快慢程度，应该叫平均速度。

日常所说的速度，多数情况下指的是平均速度。

〔例题〕一架飞机在 2 小时内飞行了 1440 千米，它的速度是多少米/秒？

已知： $s=1440 \text{ 千米}=1440000 \text{ 米}$ ， $t=2 \text{ 时}=7200 \text{ 秒}$ 。

求： v 。

$$\text{解：} v = \frac{s}{t} = \frac{1440000 \text{ 米}}{7200 \text{ 秒}} = 200 \text{ 米/秒。}$$

答：这架飞机的速度是 200 米/秒。

想想议议

$v = \frac{s}{t}$ 是用单位时间内通过的路程来表示运动快慢的。能不能用通过单位路程所用的时间 $\frac{t}{s}$ 来表示运动的快慢？假如可以，哪个表示方法好一些？

练习

1. 将图 2—7 中人步行、自行车、正常运行的客车、高速公路上的小汽车、正常飞行的大型喷气客机的速度换算为以“千米/时”为单位。

2. 1992 年在巴塞罗那奥运会上，我国选手杨文意在女子 50 米自由泳决赛中荣获冠军，还以 24 秒 79 的优异成绩刷新了她自己保持的 24 秒 98 的世界纪录。假如她以 25 秒游完全程，她的平均速度是多少米/秒？是多少千米/时？

3. 北京到天津的铁路线长 137 千米，一列快车约用 1.5 小时从北京

到达天津。求这列车的平均速度是多少千米/时，是多少米/秒。

三、实验：测平均速度

〔目的〕练习用刻度尺和表测平均速度。

〔器材〕斜面，小车（或小球），刻度尺，手表（或停表），金属片。

〔步骤〕

1. 使斜面保持很小的坡度，把小车放在斜面顶端，金属片放在斜面底端，测出小车将通过的路程 s_1 （图 2—8）。把 s_1 和以后测得的数值填入下页表中。

路程	运动时间	平均速度
$s_1 =$	$t_1 =$	$v_1 =$
$s_2 =$	t_2	$v_2 =$
$s_3 = s_1 - s_2$	$t_3 = t_1 - t_2$	$v_3 =$

2. 测小车从斜面顶端滑下到撞击金属片的时间 t_1 。在正式测 t_1 以前应该先练习几次，熟练以后， t_1 会测得准些。

3. 根据测得的 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 s_1 的中点，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 。

5. 求出小车通过下半段路程 s_3 所用的时间 t_3 和平均速度 v_3 。

想想议议

在物理学里说到某一物体的平均速度是多少的时候，为什么要指明是在哪段路程内的平均速度？

四、路程和时间的计算

〔例题一〕 已经测出自己正常步行时的平均速度是 1.2 米 / 秒。从家门到校门要走 15 分钟。那么上学要走的路程大约是多少米？

从基本公式 $v = \frac{s}{t}$ 变形得到公式 $s = vt$ ，可以用来计算路程。

计算以前要把时间改用秒作单位。

已知： $v=1.2$ 米 / 秒， $t=15$ 分 $=15 \times 60$ 秒 $=900$ 秒。

求： s 。

解：由 $v = \frac{s}{t}$ 可得

$s=vt=1.2$ 米 / 秒 $\times 900$ 秒 $=1080$ 米。

答：上学要走的路程大约是 1080 米。

〔例题二〕 郑州到上海的铁路线长约 1000 千米 (图 2—9)。从郑州开往上海的快车，要运行 16 小时到达上海。已知南京、郑州间的铁路线长约 700 千米。假设快车在郑州、南京间的平均速度跟郑州、上海间的相等，那么从郑州开出的快车大约经过多长时间到达南京？

先根据郑州、上海间的铁路线长 s 和运行时间 t ，求出快车的平均速度 v ，再根据 v 和南京、郑州间的铁路线长 s' ，利用从基本公式

$s = \frac{s'}{v} t$ 变形得来的公式 $t' = \frac{s'}{v}$ ，求出从郑州到达南京需要的时间。

画一幅图 2—10 那样的示意图，将有助于我们分析和解答问题。

已知： $s = 1000$ 千米， $t = 16$ 时， $s'=700$ 千米。

求： t' 。

解： $v = \frac{s}{t} = \frac{1000 \text{千米}}{16 \text{时}} = 62.5 \text{千米 / 时}$ ，

$t' = \frac{s'}{v} = \frac{700 \text{千米}}{62.5 \text{千米 / 小时}} = 11.2 \text{小时}$ ，

答：大约经过 11.2 小时到达南京。

想想议议

在上面两道例题中，根据平均速度算出的路程、时间，为什么只是“大约”值，而不是精确值？

练习

1. 猎豹是动物界的短跑冠军，速度可达 28 米 / 秒。它 5 分钟能跑多远？

2. 1965 年，一名科学家在一只灰面鹁 (d ng) 身上装了一个微型发

报机后放飞，测出这只鸟飞行的平均速度约 80.5 千米/时，连续飞行了 43 小时才落下，它飞行的路程是多长？3. 张明的家到学校的路程是 1500 米，他骑自行车的平均速度是 15 千米/时，他骑车上学路上要花几小时？合多少分？

4. 上海和南京相距约 300 千米，如果修一条高速公路，并且规定汽车的速度为 120 千米/时，那么汽车要跑完这条公路需用几小时？

阅读材料：谁快？谁慢？你知道吗？

“慢得像只蜗牛”，这话很有道理，因为蜗牛爬行的速度只有 1.5 毫米/秒，它拼命地快爬，要越过这页书也得 2 分钟。毛虫也不比蜗牛快，但是变成蝴蝶，它飞的速度能达到 5 米/秒。

大一些的动物，有的也很慢。像产于南美大陆的出了名的懒汉——树懒，是一种体长约 70 厘米的哺乳动物。它一生的大部分时间把自己倒挂在树上。当它下决心要运动的时候，它的最好成绩不过 0.2 米/秒，要从足球场的这个球门跑到那个球门起码要 8 分钟，而好的足球运动员只要 11 秒。

海洋中的动物，最快的要算旗鱼、箭鱼了，它们都有尖尖的嘴，细长、光滑的身躯，游动起来受到水的阻力小，速度能达到 28 米/秒，跟陆上的猎豹差不多。

空气的阻力比水的阻力小，在空气里飞翔的鸟类能比水中游动的鱼类更快。凶猛的鹰、鹫捕捉猎物时的速度接近 45 米/秒。小巧的雨燕，从嘴到尾只有 15 厘米，它的速度可以达到 48 米/秒。

跟其他动物相比，我们人类的速度不能算快。1991 年世界田径锦标赛上，男子百米冠军，美国的著名短跑运动员刘易斯的成绩是 9.86 秒，创造了新的世界纪录，他在这 100 米内的平均速度是 10.14 米/秒。但是，靠了智慧，我们的速度能比最快的雨燕还要快几倍、几十倍、几百倍。远程大型客机的速度约 250 米/秒，高速歼击机的速度能超过 700 米/秒。

小实验：测自己的步行速度

学校操场上跑道的长度是已经知道的。利用这条跑道和手表，测定自己散步时、正常步行时、竞走时的平均速度。

测出自己从家门正常步行到校门所用的时间，根据这个时间和正常步行时的平均速度，求出上学要走的路大约有多远。

习 题

1. 两个同学并肩走在林荫路上。相对于_____，两个人都在运动，相对于_____，每个人都可以说自己是静止的。

2. 当我们静坐在教室里的时候, 相对于_____, 我们是静止的, 相对于_____, 我们是运动的。

3. 正在操场上练习正步走的学生, 当他左脚着地右腿前跨时, 他身体的哪一部分相对于篮球架是静止的?

4. 举两个实例, 说明描述一个物体是运动还是静止, 因为所选择的参照物不同而不同。5. 一种军用喷气式飞机的速度是 2500 千米/时, 普通炮弹飞离炮口的速度是 1000 米/秒, 这两个速度哪个大?

6. 如果火车钢轨每根长 12.5 米^我, 在 45 秒内听到车轮和钢轨接头处的撞击声 75 次, 火车的速度是多少千米/时? (这是坐火车时测车速的简便方法)

7. 汽车司机坐位前面安装着速度计, 它可以指出汽车的行驶速度。如果速度计的指针如图 2-12 所示, 汽车用这个速度行驶, 经过 45 分钟能行驶多远?

8. 向月球发射的无线电波到达月球并返回地面共需 2.56 秒。无线电波的传播速度是 3×10^8 米/秒, 求月球跟地球间的距离。

9. 光在真空中的速度是 3×10^8 米/秒。太阳距地球 1.5×10^{11} 米, 太阳发出的光到达地球需要多长时间?

10. 你懂得图 2-13 中的两个交通标志牌的含义吗? 在遵守交通规则的前提下, 从看到这两个标志牌的地方到达西大桥, 匀速行驶的汽车最快要几分钟?

11. 某人要骑自行车去相距 5 千米的地方上课, 他骑自行车的速度是 5 米/秒, 为了不迟到, 他至少要提前几分钟动身?

12. 一列火车长 200 米, 以 15 米/秒的速度通过 1.6 千米的大桥。求这列火车通过大桥用的时间。

13. 南京长江大桥, 下层铁路桥全长 6772 米, 其中江面的正桥长 1577 米。一列长 300 米的火车通过江面正桥用了 2 分钟, 这列火车以这个速度行驶, 通过整个铁路桥要多长时间?

学到了什么

1. 物体位置的变化叫做机械运动。

判断物体是静止还是运动以及在怎样运动, 要看选哪个物体作参照物。通常选地面为参照物。

2. 匀速直线运动是最简单的机械运动。物理学里研究问题总是从最简单的情况着手。速度变化的运动叫变速运动。

^我 国铁路钢轨的标准长度有 12.5 米和 25 米两种。

3 . 速度是表示运动快慢的物理量。

在匀速直线运动中 $v = \frac{s}{t}$; 在变速运动中利用这个公式求出的是平均速度。

第三章 声现象

1. 声音是怎样发生的？
2. 声音靠什么传播？
3. 为什么会有各种各样、千差万别的声音？
4. 什么是噪声？噪声有什么危害？

一、声音的发生和传播

？

我们有两只耳朵，能听到各种各样的声音。听老师讲课可以获得各种知识，听电台广播可以知道天下大事。声音是我们了解周围事物的重要渠道。那么，声音是怎样发生的？它是怎样传到我们耳朵里的？

我们用实验研究声音是怎样发生的。实验时注意观察物体发声和不发声时有什么不同。

实验

1. 敲响音叉，用悬吊着的泡沫塑料球接触发声的叉股。
2. 拨动张紧的橡皮筋。
3. 用手指摸着颈前喉头部分，同时发出声音。

发声体在振动

一切正在发声的物体都在振动；振动停止，发声也停止。

人说话、唱歌时的发声靠的是声带的振动。婉转的鸟鸣声靠的是气管和支气管交界处鸣膜的振动。清脆的蟋蟀叫声靠的是左右翅摩擦发出的振动。

振动物体靠什么把振动传给我们的耳朵引起听觉呢？

实验

敲响右边的音叉，左边完全相同的音叉也会发声，并且把泡沫塑料球弹起（图 3—2）。

声音靠介质传播

图 3—2 中两个音叉之间只有空气。正如平静的水池中投入的石块会激起向四周传播的水波（图 3—3），振动的音叉（或其他发声体）也会在空气中激起向周围传播的声波，只是我们看得见水波，看不见声波。声波传到我们的耳朵，会引起鼓膜振动，产生听觉（图 3—4）。

通常我们听到的声音是靠空气传来的。实际上，液体也能够传播声音。将要上钩的鱼，会被岸上的说话声或脚步声吓跑，表明水能够传声。鱼也能被它们喜欢的声音吸引；渔民可以利用电子发声器把鱼吸引到网里。“土电话”表明固体也能够传声。

声音能靠一切气体、液体、固体物质作媒介传播出去，这些作为传播媒介的物质常简称为介质。真空不能传声。月球上没有空气，所以，登上月球的宇航员们即使相距很近也只能靠无线电交谈，因为无线电波在真空中也能传播。

声音在固体、液体中比在空气中传播得快。

一些物质中的声速（米/秒）

空气（15℃）340

空气（25℃）346

软木 500

煤油（25℃）1324

蒸馏水（25℃）1497

海水（25℃）1531

铜 3810

大理石 3810

枫木（顺纤维）4110

铝 5000

铁、钢 5200

回 声

对着山崖、高墙喊话，声音会被山崖、墙壁反射回来，再传入耳朵，就听到了回声。如果回声到达人耳比原声晚 0.1 秒以上，人耳能把回声跟原声区分开；如果不到 0.1 秒，回声和原声混在一起，使原声加强。在屋子里谈话比在旷野里听起来响亮，就是这个缘故。

利用回声可以测定海底的深度、冰山的距离、敌方潜水艇的远近。

想想议议

利用回声测定海底的深度需要先知道什么？需要测出什么？然后利用什么公式计算？

练习

1. 声音是由发声体的_____而产生的。物体的_____停止，发声也就停止。

2. 声音要靠_____传播。_____不能传声。

3. 声音在 15℃ 空气中的传播速度是_____米/秒，合_____千米/时。

4. 声音在金属中比在液体中传播得_____；在液体中比在空气中传播得_____。

5. 要能区别自己的拍手声和高墙反射回来的回声，你至少要离高墙多远？

二、音调、响度和音色

声音，千差万别，多种多样。有悦耳动听、使人愉快的乐音（像钢琴家的演奏声、歌唱家的唱歌声）；有嘈杂刺耳、令人烦躁的噪声（像刹车时的摩擦声、劈木柴的破裂声）。同是乐音，有的调子高，有的调子低，有的声音大，有的声音小，这是什么缘故呢？

既然声音是由振动着的物体发出的，声音的差别必然跟物体振动情况有关系。我们先注意观察音调——人们感觉到的声音的高低跟振动快慢的关系。

实验

1. 拿一张硬纸片，让它在木梳齿上划过，一次快些，一次慢些（图 3—8）。

2. 先拨动张紧的细橡皮筋，再拨动张紧的粗橡皮筋（图 3—9）。

音调

实验表明，纸片、橡皮筋振动得越快，音调越高。

物体在 1 秒内振动的次数叫频率。物体振动得越快，频率越大。

所以，音调跟发声体振动的频率有关系。频率越大，音调越高；频率越小，音调越低。

钢琴中央 C 的频率是每秒 261.6 次^过。人发出的声音的频率，大约是从每秒 85 次到 1100 次。男低音歌唱家可以低到每秒 65 次，而女高音歌唱家可以高达每秒 1180 次。

人对高音和低音的听觉有一定的限度，大多数人能够听到的声音的频率范围，大约是每秒 20 次到 20000 次。狗、猫能够听到的频率范围分别是每秒 15 ~ 50000 次和 60 ~ 65000 次。它们能听到人听不到的高频率的声音。所以常有这种情况：对某些高频率的声音人不能觉察，狗、猫却竖起耳朵警觉地谛听。

实验

1. 先轻敲音叉，再稍重敲音叉，比较这两次听到的声音大小有什么不同，叉股振动的幅度有什么不同。

2. 先轻轻拨动张紧的橡皮筋，再稍用力拨动张紧的橡皮筋，注意这两次听到的声音大小有什么不同，橡皮筋振动的幅度有什么不同。

响度

^过 去规定中央 C 的频率是每秒 256 次。

物体在振动时偏离原来位置的最大距离叫振幅。实验表明，音叉叉股、橡皮筋的振幅越大，人们听到的声音越大。

所以，人耳感觉到的声音的大小——响度，跟发声体的振幅有关系。振幅越大，响度越大；振幅越小，响度越小。

响度还跟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，所以人们距发声体越远，听到的声音越小。如果能想办法减小声音的分散，就可以使声音响度更大些。图 3—12 中是一些常见的增大响度的方法，你能说出他们用的办法吗？

音 色

胡琴、钢琴、吉他、笛子等乐器发出的声音，即使音调、响度都相同，我们也可以分辨出来，可见乐音除了音调和响度这两个特征外，还另外有一个特征；这第三个特征叫做音色，我们能够分辨出各种不同乐器的声音，就是由于它们的音色不同。人的声音的音色也因人而异，所以我们闭着眼也听得出是哪位熟人在讲话。

同一个人的音色会随着年龄的增长，以及饮食、起居、健康、训练等因素而变化。我国许多著名的戏剧家、歌唱家，数十年如一日，不畏酷暑严寒，坚持每天清晨锻炼嗓子，年过花甲还能保持年青时期那样优美动听的音色。

不同发声体发出的音色为什么不同，也是可以用物理道理来解释的。由于同学们的准备知识不够，在这里就不讲了。

想想议议

一名男低音歌手正在放声歌唱，为他轻声伴唱的是位女高音。他们谁的音调高？谁的响度大？

三、噪声的危害和控制

噪声污染，跟水污染、大气污染、固体废物污染一起，是当代社会的四大污染，四大公害。在一些地区，一些单位，噪声成为危害人们身心健康的主要公害。噪声是哪来的？究竟有哪些危害？用什么办法来减弱噪声呢？

噪声的来源

从物理学角度看，噪声是指发声体做无规则的杂乱无章的振动时发出的声音。但是从环境保护的角度看，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起干扰作用的声音，都属于噪声。从这个角度看，噪声的来源是非常多的。例如，在家里，几名同学聚在一起旁若无人地高声说话、放声大笑、引吭高歌，或者开大收音机、录音机或电视机的音量，都会干扰家里人和邻居的生活，成为令人厌烦的噪声来源。

在工厂里，发动机的运转声，通风机吸气或排气声，材料的锯割、冲压、切削声……使得一些工厂成为噪声污染非常严重的单位。

在公路上，噪声的主要来源是来往机动车辆的鸣叫声、发动机振动声和排气声，以及车身的振动声。这里的“罪魁祸首”是拖拉机和重型卡车，其次是摩托车。

人类发明的最吵人的机器要算喷气式飞机了，这类飞机的起飞和降落，是机场附近居民最恼人的噪声来源。

噪声的等级和危害

人们用分贝来划分声音的等级。0分贝是人们刚刚能听到的最弱声——听觉下限，10分贝相当于微风吹落树叶的沙沙声。下页表及图3—13给出了一些声音的分贝数和人的感觉。

30~40分贝是较理想的安静环境。超过50分贝就会影响睡眠和休息。70分贝以上会干扰谈话，影响工作效率。长期生活在90分贝以上的噪声环境，会严重影响听力和引起神经衰弱、头疼、血压升高等疾病。如果突然暴露在高达150分贝的噪声环境中，听觉器官会发生急剧外伤，引起鼓膜破裂出血，双耳完全失去听力。

为了保护听力，应控制噪声不超过90分贝；为了保证工作和学习，应控制噪声不超过70分贝；为了保证休息和睡眠，应控制噪声不超过50分贝。

怎样减弱噪声

减弱噪声的途径有三条：20分贝

在声源处减弱。例如，改造噪声大的机器或换用噪声小的机器，做个外罩把噪声源罩起来，在内燃机排气管上加消声器（图 3—14）。

在传播过程中减弱。例如，使装有噪声源的厂房门窗背向居民区，来减弱传向居民区的噪声；在马路和住宅间设立屏障或植树造林，使传来的噪声被反射或部分吸收而减弱。

在人耳处减弱。例如，可以戴上防噪声耳塞，或者在耳孔中塞一小团棉花。

想想议议

我们教室里令人心烦的噪声有哪些？来源在哪里？用什么办法可以减弱这些噪声？

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，其中有三处建筑有非常美妙的声音现象：回音壁、三音石、圜丘。

圜丘在天坛公园的南部，始建于明嘉靖九年（1530），是座分成三层的圆形平台（参看彩图），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 米，半径约 11.5 米，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，你会觉得声音特别宏亮。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，跪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老天爷。

其实，这不过是建筑师利用声音反射造成的音响效果。圜丘第三层台面实际并不平，台面中心略高（图 3—15），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板反射，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 米，从发声到回声返回中心仅 0.07 秒，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，同学们可在课外读物《物理世界第一册》中找到介绍。

小实验：真空不能传声

照图 3—16 甲那样，把小铃铛拴在线上，线的上端穿出橡皮塞。照图乙那样，把橡皮塞塞到烧瓶上，然后摇动烧瓶，记住小铃铛通过空气传出的铃声有多么响。

取下橡皮塞，向烧瓶中倒少许水，给烧瓶加热，待烧瓶中水沸腾，大量水蒸气涌出赶出部分空气，停止加热，并迅速照图乙那样塞紧橡皮塞。冷却一会儿，待烧瓶中水蒸气大部分凝结，瓶中气体稀薄时再摇动烧瓶，把这时听到的铃声同瓶中充满空气时的铃声比较，可以得出什么结论？

习 题

1. 锣发声的时候，用手按住锣面，锣声就消失了。为什么？

2. 北宋时代的沈括，在他的著作《梦溪笔谈》中记载着：行军宿营，士兵枕着牛皮制的箭筒睡在地上，能及早听到夜袭的敌人的马蹄声。

沈括的这段记载有什么科学道理吗？

3. 甲同学把耳朵贴在长铁管的一端，乙同学在长铁管的另一端敲一下这根铁管，甲同学听到了两下响声。这是什么缘故？

4. 用牙轻轻咬住铅笔上端，用手指轻敲铅笔下端（图 3—17），注意听这个敲击声。然后张开嘴使牙不接触铅笔，而保持铅笔位置不变，手指用与前同样的力轻敲铅笔下端。比较这两次听到的敲击声。这个实验能说明什么问题？

5. 站在百米赛跑终点的计时员，如果他听到起跑的枪声才开始计时，那么他开始计时的时间将比实际的起跑时间晚多少？设当时气温为 15 。

6. 把恰好没在海面下的钟敲响。钟声传到海底，再反射回海面，共经过 2.5 秒。求海的深度。设海水中的平均声速为 1500 米/秒。

学到了什么

1. 听到声音的条件：

发声体—— 介质—— 耳朵

（振动发声）（声音在介质中以声波形式传播）（接收到声波引起听觉）

2. 声音	乐音——三个特征	音调——跟发声体的频率有关系
		响度——跟发声体的振幅、声源与听者的距离有关系
噪声——减弱途径	在声源处减弱	
	在传播过程中减弱	
	在耳朵处减弱	

第四章 热现象

1. 怎样使用温度计？
2. 物质存在的状态有几种？
它们是怎样相互转化的？

一、温度计

物体的冷热程度叫温度。温度跟人类的关系太密切了。我们穿的衣服，要根据气温的变化来增减。我们吃的粮食，只能在适宜的气温下生长。人一旦生了病，医生要测量体温作为诊断的重要依据……

温度的高低可以凭感觉来判断，但往往不可靠。

实验

照图 4—1 那样，先把两手分别插入热水和冷水中，过一会儿，把左手插入温水中，说出你左手的感觉，然后再把右手插入温水中，说出你右手的感觉。

实验用温度计

要准确地判断或测量温度需要使用温度计。家庭和物理实验室常用的温度计，是利用水银、酒精、煤油等液体的热胀冷缩来测量温度的。找一支实验室常用的温度计来仔细观察。你能描述它的构造吗？知道它上面的字母 C 是什么意思吗？知道它能测量的最高温度、最低温度是多少吗？知道它的最小刻度值是多少吗？

摄氏温度

温度计上的字母 C 表示采用摄氏温度，它是这样规定的：把冰水混合物的温度规定为 0 度，把沸水的温度规定为 100 度^①，0 度和 100 度之间分成 100 等分，每一等分是摄氏温度的一个单位，叫做 1 摄氏度。摄氏度用符号 $^{\circ}\text{C}$ 来表示。例如，人的正常体温（口腔温）是“37 $^{\circ}\text{C}$ ”，读作“37 摄氏度”；北京一月份的平均气温是“-4.7 $^{\circ}\text{C}$ ”，读作“零下 4.7 摄氏度”或“负 4.7 摄氏度”。

热力学温度

宇宙中温度的下限大约是 -273 $^{\circ}\text{C}$ ，这个温度叫绝对零度。在地球上要使温度降低到接近绝对零度需要极复杂的技术。由于存在温度的下限

^① 第十一章“大气压强”中将学到水的沸点在标准大气压下才是 100 $^{\circ}\text{C}$ 。通常情况下的气压比标准大气压低，水的沸点也低于 100 $^{\circ}\text{C}$ 。

——绝对零度，科学家们提出以绝对零度为起点的温度，叫热力学温度。

国际单位制中采用热力学温度，这种温度的单位名称叫开尔文，简称开，符号是 K。热力学温度 T 和摄氏温度 t 的关系是：

$$T=t+273K。^{\text{准}}$$

体温计

测体温用的医用温度计——体温计里装的液体是水银。由于人体温度的变化范围是 35 到 42 ，所以它的刻度范围通常也是 35 到 42 ；每一小格是 0.1 。体温计盛水银的玻璃泡上方有一段做得非常细的缩口，测体温时水银膨胀能通过缩口升到上面玻璃管里，读体温计时体温计离开人体，水银变冷收缩，水银柱来不及退回玻璃泡，就在缩口处断开，仍然指示原来的温度。所以体温计离开人体后还能表示人体的温度。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（不是体温计的普通温度计不能用）。

想想议议

家庭用的寒暑表的刻度值是从多少摄氏度到多少摄氏度？它的刻度范围为什么这样？为什么与实验用温度计不同？

练习

1. 摄氏温度是这样规定的：把_____的温度规定为 0 度，把_____的温度规定为 100 度，它的单位叫_____。

2. 下面是从一条新闻报导中摘出的一句话，如果这句话中有不恰当之处，请把它改正过来：

“到目前为止，人类在实验室里获得的最高温度为摄氏 25000 万度。”

3. 图 4—2 中实验用温度计和体温计的最小刻度值分别是_____、_____。

4. 图 4—4 中甲、乙、丙、丁各温度计的最小刻度值是 1 ，它们的读数分别是：_____、_____、_____。

^准 确的关系是 $T=t+273.15K。$

二、实验：用温度计测水的温度

在使用温度计以前，应该：

1. 观察它的量程——能测量的温度范围。如果估计待测的温度超出它能测的最高温度，或低于它能测的最低温度，就要换用一只量程合适的温度计，否则温度计里的液体可能将温度计胀破，或者测不出温度值。

2. 认清它的最小刻度值，以使用它测量时可以迅速读出温度值。

在用温度计测液体温度时，正确的方法是：

1. 温度计的玻璃泡全部浸入被测的液体中，不要碰到容器底或容器壁。

2. 温度计玻璃泡浸入被测液体后要稍候一会儿，待温度计的示数稳定后再读数。

3. 读数时玻璃泡要继续留在被测液体中，视线与温度计中液柱的上表面相平。

〔目的〕 学习使用温度计；练习估测温度。

〔器材〕 温度计，暖瓶中的热开水，杯子。

〔步骤〕

1. 倒一杯热开水，用温度计测出它的温度。

2. 让开水冷却到你的手指可以插进去但觉得烫的程度，估计这时水的温度，再用温度计实际测量。把这次及以后每次的估计值和实测值都记在后面的表格里。

3. 继续让水冷却，到手指伸进去觉得热的程度；到手指伸进去觉得不冷不热的程度；每次都事先估计水的温度，然后用温度计实际测量。

热开水的温度：

气温：

手指的感觉	估测温度	实测温度
烫		
热		
不冷不热		

练 习

1. 使用温度计以前，如果没有观察它的量程，可能出现什么问题？如果没有先认清它的最小刻度值，测量时会有什么不便？

2. 用温度计测液体的温度时，温度计的玻璃泡为什么不要碰容器底或容器壁？读取温度数值时，为什么不能将温度计从液体中取出来？

3. 图 4—2 中，实验用温度计、体温计、家庭用的寒暑表能测量的最高温度、最低温度各是多少？

三、熔化和凝固

黑龙江省北部一月份的平均气温在负 30 以下，漠河镇的最低气温达到过负 52.3。在这样冷的地区测气温应该用水银温度计还是用酒精温度计呢？根据什么来选择呢？

状态变化

固体、液体、气体是物质存在的三种状态。例如，固态的冰会随着温度升高而变为液态的水、气态的水蒸气；水蒸气会随着温度降低而变成水、冰。这种状态变化的现象是很普遍的。通常是固态的铝、铜、铁等金属，在很高的温度时也会变为液态、气态。通常是气态的氧气、氮气、氢气等，在很低的温度时也会变为液态、固态。

物质从固态变成液态叫做熔化，从液态变成固态叫做凝固。

实验

用图 4—7 所示的装置观察熔化现象。同时观察海波（或冰）、松香的熔化。注意观察状态变化过程，并且每隔半或 1 分钟记录一次温度，直到全部熔化后再过几分钟为止。

照图 4—8 那样，在方格纸上画一根横轴表示时间，画一根纵轴表示温度，标出各个时刻所记录的物质的温度，然后用平滑曲线把这些点连接起来，得到熔化图象。

熔点和凝固点

图 4—8 甲表示海波的熔化图象。结合实验中观察到的状态和温度变化，可以看到，在加热过程中，图象中 AB 段表示固态物质温度逐渐升高；BC 段表示熔化过程，在这个过程中虽然继续加热，但是温度不变；直到物质全部熔化为液态，温度才继续上升，这是 CD 段所表示的。

图 4—8 乙表示松香的熔化图象。加热过程中，固态松香先变软，然后逐渐变稀，到 C 点全部成为液态，整个过程温度不断上升，没有一定的熔化温度。

固体分晶体和非晶体两类。海波、冰、石英、水晶、食盐、明矾、萘、各种金属都是晶体。松香、玻璃、蜂蜡、沥青都是非晶体。

晶体和非晶体的一个重要区别，就是晶体都有一定的熔化温度，叫做熔点，非晶体没有一定的熔点。

从实验得到，液体在冷却中凝固成晶体的图象如图 4—9 甲所示，它

表明晶体有一定的凝固温度，叫做凝固点，而且同一种物质的凝固点跟它的熔点相同。液体在冷却中凝固成非晶体的图象如图 4—9 乙所示，它随着温度降低，逐渐变稠、变黏、变硬，最后成为固体。非晶体没有一定的凝固点。

几种物质的熔点（ ，在标准大气压下）

钨	3410	铝	660	固态水银	-38.8
纯铁	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

从熔点表上查出水银和酒精的熔点，应该能够回答这节开头的问题了。

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要吸热。反过来，液体在凝固成晶体的过程中要放热，但是温度不变。非晶体在熔化或凝固过程中也要吸热或放热，但是温度改变。

北方冬天菜窖里放几桶水，可以利用水凝固时放的热使窖内温度不致太低，菜不致冻坏。

想想议议

在图 4—9 甲晶体凝固图象中，EF、FG、GH 各段分别表示温度怎样变化和物质处于什么状态？

练习

1. 固体分_____和_____两类，它们的一个重要区别是_____。
2. 物质从_____态变成_____态的现象叫做凝固，物质凝固时要_____热。物质从_____态变成_____态的现象叫做熔化，物质熔化时要_____热。
3. 热总是从温度高的物体传给温度低的物体。如果两个物体温度相同，它们之间就没有热传递。把一块 0 的冰投入 0 的水里（周围气温也是 0 ），过了一段时间，下面的说法哪个正确？
 - A. 有些冰熔化成水使水增多；
 - B. 有些水凝固成冰使冰增多；
 - C. 冰和水的数量都没变；
 - D. 以上三种情况都可能发生。

答:[]

四、蒸发

？

夏天，游泳后刚从水中上岸会感到冷，如果有风，甚至会冷得打颤，为什么？

液态和气态可以相互转化。物质从液态变为气态叫做汽化；从气态变为液态叫做液化。蒸发和沸腾是汽化的两种方式。

洒了水的地面、倒上酒精的碟子会变干，是由于水、酒精蒸发，变成了气体。蒸发是液体在任何温度下都能发生的、并且只在液体表面发生的汽化现象。

影响蒸发快慢的因素

同样湿的衣服，晾在阳光下干得快，晾在树荫下干得慢。这表明液体的温度越高，蒸发得越快。

同样多的水，倒在碟子里干得快，装在瓶子里干得慢。这表明液体的表面积越大，蒸发得越快。

同样湿的衣服挂在有风的地方干得快，挂在没有风的地方干得慢。这表明液体表面上的空气流动得越快，蒸发得越快。

可见，要加快液体的蒸发，可以提高液体的温度，增大液体的表面积和加快液体表面上的空气流动；而要减慢蒸发，应该采取相反的措施。

水是人类的宝贵资源，在干旱地区尤其珍贵。我国的一些山区、半山区和北方一些缺水的平原地区采用的喷灌技术，利用管道代替沟渠输水，好处之一就是减少输水过程中的渗漏和蒸发，同普通地面灌溉相比，喷灌可节省约 50% 的水。

蒸发吸热

在胳膊上擦一些酒精，随着酒精的蒸发，会感到擦酒精处凉，这是因为液体在蒸发过程中吸热。夏天在地上洒水感到凉快，是利用水蒸发吸热来降低气温。人们在盛暑天气大汗淋漓，是靠汗的蒸发吸热，保持体温不致升高。而没有汗腺的狗，酷暑时不能靠身体出汗来散热，只得伸长舌头，大口大口喘气，靠加快呼吸，增加蒸发量来散热了。

练习

1. 物质从____态变成____态的现象叫汽化。
2. 蒸发是发生在____的汽化现象，它是在____温度下都可以发生的。
3. 要减慢液体的蒸发，可以_____。
4. 为了确定风向，可以把手臂浸入水中，然后向上举起，手臂的哪一面感到凉，风就是从哪一面吹来的。试说明理由。

五、实验：观察水的沸腾

〔目的〕观察沸腾现象和水沸腾时的温度情况。

〔器材〕烧杯，水，温度计，铁架台，石棉网，酒精灯，火柴，中心有孔的纸板，钟表（可以全班共用1只）。

〔步骤〕

1. 把水倒在烧杯里。照图4—14那样，把烧杯放在铁架台石棉网上，杯上盖上纸板，把温度计穿过纸板孔插入水中。

2. 用酒精灯给盛了水的烧杯加热。注意观察温度计的示数。

3. 当水温升到90左右时，每隔1或2分钟记录1次水的温度，直到水沸腾后5分钟左右为止。注意观察水的沸腾现象，并且把记录的温度填在下面的表格里。

时间(分)	0	1	2	3	4	5	6
温度()								

4. 在方格纸上，以时间为横轴，温度为纵轴，根据记录作出水的沸腾图象。从沸腾图象得出水的沸腾温度是多少摄氏度？

沸 腾

从上面的实验看到，沸腾的时候水中发生剧烈的汽化现象，形成大量的气泡，上升，变大，到水面破裂开来，里面的水蒸气散发到空气中。在水沸腾的过程中，虽然继续对它加热，它却保持一定的温度不变。

所以，沸腾是在一定温度下在液体内部和表面同时发生的剧烈的汽化现象；液体在沸腾过程中要吸热。液体沸腾时的温度叫做沸点。不同液体的沸点不同。

绝对禁止用酒精灯引燃另一只酒精灯；用完酒精灯必须用灯帽盖灭；不要碰倒酒精灯，万一洒出的酒精在桌上燃烧起来，不要惊慌，应立刻用湿抹布扑盖。

酒精灯外焰部分温度最高，应该用它的外焰部分加热。

几种液体的沸点（ ，在标准大气压下）

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	78.5	液态氢	-253
亚麻仁油	287	液态氨	-33.5	液态氦	-268.9

想想议议

蒸发和沸腾这两种汽化方式有哪些相同点？有哪些不同点？

练习

1. 沸腾是液体_____同时发生的汽化现象。沸腾是在_____温度下发生的。液体在沸腾过程中要_____热。

2. 液体_____叫做沸点。在标准大气压下液态氮、水、水银、液态铁的沸点分别是_____。

六、液化

降低温度气体液化

小学自然和初中一年级的地理课本中都讲过，温度降低，大气中的水蒸气会凝结成小水珠，形成降水。这是大自然中的液化现象。这样的液化现象在日常生活中也经常看到。例如，掀开沸水锅的锅盖，可以看到有水从锅盖上滴下，这些水是沸水的蒸气遇到比较冷的锅盖凝结成的；北方的冬天，可以看到户外的人不断地呼出“白气”，这是呼出的水蒸气遇到冷空气凝结成的“雾状物”；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，这是室内的水蒸气遇到冷镜片凝结成的。

实验表明，所有的气体，在温度降到足够低的时候都可以液化。

实 验

取一支大的注射器。拉动活塞使注射器里吸进一些乙醚。取下针头，用橡皮帽把注射器的小孔堵住。向外拉活塞，到一定程度时，注射器里的液态乙醚消失，全部变为乙醚蒸气。然后推活塞，压缩乙醚蒸气体积，注意观察有没有液体出现。

压缩体积气体液化

从实验可以看出，当乙醚蒸气被压缩到一定程度时，注射器内会有液态乙醚出现。这表明用压缩体积的办法可以使气体液化。

现在许多地方使用的液化石油气，就是在普通温度下用压缩体积的办法，把石油气液化装在钢罐里的。气体打火机用的丁烷气体，也是用压缩体积的办法使它成为液态，贮存在打火机里的。

但是，有的气体单靠压缩不能使它液化，必须使它温度降低到一定温度以下，才能设法使它液化。例如氮气必须低于 -147 才能用压缩的办法液化。这就促使物理学家研究获得低温的技术。

随着低温技术的进展，到 19 世纪末，一些通常情况下是气态的物质，除氦气以外，都被液化了，到 20 世纪初，氦气也被液化了。

将气体液化的最大好处是使它的体积缩小，便于贮存和运输。我国向国际市场提供的发射人造卫星用的长征 3 号运载火箭的第三级，要用氢作燃料，用氧作助燃剂，这些氧和氢都是以液体状态装在火箭里的。

液化放热

液体汽化的时候要吸热，跟这相反，气体液化的时候要放热。烧水、做饭的时候，被 100 的水蒸气烫伤往往会伤得很厉害，就不只是因为水蒸气的温度高，还因为水蒸气液化时放热的缘故。

练 习

1. 物质从____态变成____态的现象叫液化。
2. 液化的方法有两种，一是____，二是____。
3. 夏天，打开冰棒的包装纸，常常会看到冰棒在冒“白气”。这些“白气”是冰棒融化后蒸发的水蒸气，还是周围空气中水蒸气液化而成的小水滴？

七、升华和凝华

物质不但可以发生固态、液态间的相互转化，液态、气态间的相互转化，还可以发生固态、气态间的相互转化。物质从固态直接变成气态叫升华，从气态直接变成固态叫凝华。

实验

在烧瓶里放少量的碘，并且对烧瓶微微加热（图 4-17），注意观察碘的状态有什么变化。停止加热，仍注意烧瓶中碘的状态变化。

在实验中看到，固态的碘没有熔化，而直接升华成紫色的碘蒸气。停止加热，碘蒸气没有液化，而直接凝华成固态碘，一部分附着在烧瓶壁上。

升华、凝华都是常见的现象。冬天，晾在室外的湿衣服会结成冰，但冰冻的衣服也会干，这是因为冰升华为水蒸气。冬天寒冷的早晨，室外物体上常常挂着一层霜，这是空气中水蒸气直接凝华而成的小冰粒。

物质在升华过程中要吸热，在凝华过程中要放热。生产中可以利用升华吸热来得到低温，例如利用干冰（固态二氧化碳）的升华吸热，来使运输中的食品降温，防止食品腐烂变质。

练习

1. 物质从____态直接变为____态的现象叫升华。升华过程中要____热。物质从____态直接变为____态的现象叫凝华。凝华过程中要____热。

2. 指出下列现象中哪一种属于凝华现象：冬天，室外冰冻的衣服干了；屋顶的瓦上结了一层霜；早晨有浓雾；洒在室内地上的水干了。

阅读材料 电冰箱的原理

烈日炎炎的夏天，电冰箱冷冻室内却可以保持零下几摄氏度，零下十几摄氏度，甚至更低的温度，使存放的食物、药品保持新鲜。电冰箱怎样得到这样的低温呢？

原来电冰箱利用了一种叫做氟利昂的物质作为热的“搬运工”，把冰箱冷冻室里的“热”，“搬运”到了冰箱外面。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，就像搬运工把包裹扛上了肩；液化时它放热，就像搬运工把包裹卸了下来。

图 4—18 表示出了电冰箱的构造和原理。电动压缩机使氟利昂蒸气压缩并把它压入冰箱外面的冷凝器管里，在这里蒸气变成液体并放热，放出的热被周围的空气带走。冷凝器里的液态氟利昂，经过一段很细的

毛细管缓慢地进入冰箱内冷冻室的管子里，在这里迅速汽化，吸热，使冰箱内温度降低。生成的蒸气又被压缩机抽走，压入冷凝器，再液化并把从冰箱内带来的热放出。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。

在距地面 20 ~ 50 千米的高空有一层臭氧。臭氧层能大量吸收大阳射来的对生命有害的紫外线，是地球上的生物得以生存和进化的重要条件。而氟利昂如果从电冰箱中散逸、泄漏出来，上升到臭氧层会破坏那里的臭氧，对地球的生态环境构成威胁。现在我国和世界其他主要国家都在研制氟利昂的代用品，来逐步淘汰这种破坏臭氧层的物质。

小实验：纸锅烧水

听说过“着火点”这个词儿吗？着火点是物质用不着靠近火焰就能自己着火的温度。纸的着火点是 183℃，就是说，只要它的温度达到 183℃，它就会自动燃烧起来。

知道火焰的温度吗？普通煤炉的火焰约 600℃。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 4-19 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。过一会儿水就会沸腾，而纸锅不会烧着。

实际做一做，并且说明纸锅为什么不会烧着。

习 题

1. 气象学里的日平均温度，是一日当中的 2 时、8 时、14 时、20 时这四个时刻气温的平均值。如果某地某日这四个时刻的气温如图 4-20 所示。那么该地的日平均气温是多少℃？

2. 要给体温计消毒应采用下面的哪种方法：

- A. 用蘸了酒精的棉花球擦；
- A. 用自来水冲洗；
- C. 在沸水中煮；
- D. 在酒精灯火焰上烧。

答：[]]

3. 甲、乙两盆水里都有冰块，甲盆里的冰块多些，乙盆里的冰块少些，甲盆放在阳光下，乙盆放在背阴处。两盆里的冰块都未完全融化。

那么

答：[]]

- A. 甲盆水的温度比乙盆的高；
- B. 两盆水的温度相同；
- C. 乙盆水的温度可能比甲盆的高；
- D. 不能判定，必须用温度计测量后才能知道。

答：[]

4. 假如我们要生产这样三种温度计：实验室用的能测出铅、锡熔点的温度计；便宜的测室温用的寒暑表；便宜的能测开水温度的温度计。假如我们手边可以利用的液体有：比较贵的水银、很便宜的甲苯和酒精。那么，制造每种温度计应该用哪种液体呢？说明理由。

5. 电灯泡发光时灯丝的温度达到 2000 。能用铁、金、铅来制造电灯泡的灯丝吗？如果由你来挑选，你准备选哪种金属来制造电灯泡的灯丝？说明你的理由。

6. 晒粮食的时候，为什么要把粮食放在向阳的地方，并且要把粮食摊开？

7. 夏天扇扇子并不能降低气温，但是觉得凉快。这是为什么？

8. 你知道什么叫中暑吗？这是在高温环境下，体温调节功能不能适应，体温上升，而头痛、眩晕、恶心。在中暑患者身上擦酒精对中暑有治疗作用。你能说明其中的道理吗？说说看。

9. 设计一个从酒精和水的混合液中分离出酒精的办法。

10. 火箭在大气中飞行时，它的头部跟空气摩擦生热，温度可达几千摄氏度。在火箭头上涂一层特殊材料，这种材料在高温下熔化并且汽化，能起到防止烧坏火箭头部的作用。为什么？

11. 用笔划线把下列现象同该现象属于哪种物态变化连起来。

烧开水时冒的“白气”	汽化
夏天湿衣服晾干	熔化
冬天早晨看到草上的霜	凝固
用久了的灯泡钨丝比新时细	液化
钢水浇铸成火车轮	凝华
吃冰棒解热	升华

学到了什么

1. 常用的温度计是利用液体热胀冷缩的性质测量温度的。使用温度计要注意：选用量程合适的温度计；认清温度计的最小刻度值；测液体温度时，玻璃泡要全部浸入被测液体中，待温度计示数稳定后再读数；读数时不要从液体中取出温度计，视线要与液柱上表面相平。

2. 一切物质都可以发生右图所示的状态变化：

3. 固体分晶体和非晶体两类。晶体有一定的熔点和凝固点，非晶体没有。

4. 汽化有蒸发和沸腾两种方式，这两种方式都要吸热。不同的是：蒸发是任何温度下都能发生的、只在液体表面进行的缓慢汽化，沸腾是在一定温度下发生的、在液体内部和液体表面同时进行的剧烈汽化。

影响蒸发快慢的因素有：温度高低，表面积大小，表面上气流的快慢。

5. 使气体液化可以采用两种办法：降低温度，压缩体积。

第五章 光的反射

1. 从光源发出的光怎样传播？
2. 光的反射遵从什么规律？
3. 平面镜成像的原理是什么？

在漆黑的屋子里，我们什么也看不见。你们早已知道，这是由于没有光的缘故。我们要看见东西，必须有光射入我们的眼睛。

能够发光的物体叫做光源。太阳就是一个巨大的自然光源，它发出的光照耀万物，使我们在白天能看到周围的一切。可是一到夜晚，没有太阳光了，人们为了能看见东西，就不得不自己制作人造光源。

人造光源有一段漫长的发展史。自从学会用火以来，穴居的原始人就靠篝火照明，以后逐渐学会了用火把。大约到两千多年前的战国时代，已经用油灯照明，后来又发明了蜡烛。现代普遍使用的电灯，是美国发明家爱迪生在 1878 年发明的，传到我国，已是 20 世纪初了。电灯是迄今为止人类制造出来的最好的人造光源，百余年来，已迅速普及到全世界的各个地区。当然，在这个时期，电灯也不断地得到改进和发展，今后也还将继续得到改进和发展。

一、光的直线传播

光的直线传播

在小学自然中我们已经学过光的直线传播。例如，在有雾的天气里，可以看到从汽车头灯射出的光束是直的；穿过森林的光束是直的（参看彩图）；在电影院中可以看到放映机射向银幕的光束是直的（图 5—2）。光不仅在空气中沿直线传播，在水、玻璃等透明物质中的传播路线也是直的。

由于光是沿直线传播的，我们就可以沿光的传播路线画一条直线，并在直线上画上箭头表示光的传播方向。这种表示光的传播方向的直线叫做光线。

在挖掘长的隧洞时，为了保证隧洞是直的，工程师们就用能沿直线传播很远的激光^{激光}束，引导掘进机沿直线前进（图 5—3）。

^{激光} 光是由激光器发射出来的，激光的特点是非常亮，能集中射向个方向而不散开，因而能射得很远而亮度减弱很小。

光的直线传播可以解释许多常见的光现象，例如影的形成。光在传播过程中，遇到不透明的物体，在物体后面光不能到达的区域便产生影。你玩过手影游戏吗？图 5—4 手影的形状为什么会随手形变化？

日食和月食也可以用光的直线传播来解释。图 5-5 和图 5—6 表示出日食和月食的成因。

需要注意的是，光在同一介质中沿直线传播是有条件的，如果介质不均匀，光线也会发生弯曲。例如地球周围的大气就是不均匀的，离地面越高，空气越稀薄，从大气层外射到地面的光线就会发生弯曲。早晨，当太阳还在地平线以下时，我们就看见了它，就是因为不均匀的大气使光线变弯了的缘故（图 5—7）。因此应该说，光在均匀介质中是沿直线传播的。

光的速度

打雷时，雷声和闪电是同时发生的，但是我们总是先看到闪电，后听到雷声，这说明光的传播速度比声的传播速度快得多。由于光的速度很大，不容易测量，直到本世纪 20 年代才测出了比较准确的值。现在公认的光在真空中的速度是 3×10^8 米/秒。光在其他介质中的速度比在真空中的速度小。光在空气中的速度十分接近光在真空中的速度，也可

以认为是 3×10^8 米/秒。光在水中的速度是上述值的 $\frac{3}{4}$ ，在玻璃中的速度是上述值的 $\frac{2}{3}$ 。

想想议议

你能不能想出一个办法来估测发生雷电的地方离你有多远？

练习

1. 光在均匀介质中是沿__传播的，影、日食都是__产生的现象。
2. 排纵队时，如果看到自己前面的一位同学挡住了前面所有的人，队就排直了，这可以用_____来解释。
3. 光在空气中的速度是__米/秒。发生雷电时，先看到闪电，后听到雷声，是由于__。

二、光的反射

所有的物体表面都反射光，我们能够看到不发光的物体，就是因为被它们反射的光射入了眼睛。磨光的金属、油漆得很好的家具看上去光亮耀眼，砖瓦、石块看上去比较暗淡，这是由于不同的表面反射光的情况不同，

下面我们用实验来研究光是怎样反射的。

实 验

1. 照图 5—8 甲那样，把一个镜子 M 平放在平板上，把一个画有角度的白色硬纸板竖立在镜面上，硬纸板是由 E、F 两块粘接起来的，可以绕接缝 ON 转动，ON 垂直于镜面。使 E、F 在同一平面上，让入射光线沿纸板射向镜面上的 O 点，观察从镜面反射的光线的方向。

改变入射光线的方向，观察反射光线的方向怎样改变。

2. 把纸板的半面 F 向前折或向后折（图 5-8 乙），还能看到反射光线吗？

光的反射定律

从光的入射点 O 所做的垂直于镜面的线 ON 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。从实验得出的下述结论叫做光的反射定律：

反射光线与入射光线、法线在同一平面上；反射光线和入射光线分居法线的两侧；反射角等于入射角。

光的反射定律可以用图 5—9 来表示，图中 i 是入射角， r 是反射角， $r = i$ 。

在上面的实验中，如果让光线逆着反射光线的方向射向镜面，可以看到，反射光线将逆着原来入射光线的方向射出。这表明，在反射时光路是可逆的。

镜面反射和漫反射

让一束太阳光斜射到平面镜上，在反射光的方向可以看到耀眼的亮光。太阳光斜射到白纸上，从各个方向都看不到耀眼的亮光了。这是为什么呢？原来白纸看上去虽然很平，但是实际上却有许多细微的凸凹不平，平行光线射到它上面时，反射光线是向着不同方向的（图 5—10），这种反射叫做漫反射。而镜面很光滑，射到平面镜上面的平行光线反射后仍然是平行的（图 5—11）。光滑镜面的反射叫做镜面反射。

我们能从各个方向看到桌子、墙壁、书本，正是由于它们发生漫反射，我们无论站在哪个方向，它们总能把一部分光反射到我们眼睛里。

练 习

1. 光线与镜面成 30° 角射在平面镜上(图 5—12), 入射角是多大? 试画出反射光线, 标出入射角和反射角。

2. 入射光线与平面镜的夹角是 30° , 入射光线与反射光线的夹角是_____。

3. 光线垂直射到镜面上时, 入射角是_____度, 反射光线的方向是_____。

4. 我们能从不同方向看到本身不发光的物体, 是由于光射到物体上时发生_____的缘故。

三、平面镜

？

日常生活中用的镜子是平的，叫做平面镜。从平面镜中可以看到镜前物体的像。你知道平面镜成像有什么特点吗？

实 验

照图 5—13 那样，在桌面上竖立一块玻璃板作为平面镜，把一支点燃的蜡烛放在玻璃板前面，可以看到玻璃板后面出现蜡烛的像。另外拿一支相同的蜡烛在玻璃板后面移动，直到看上去它跟像完全重合。后一支蜡烛的位置就是前支蜡烛的像的位置。记下两支蜡烛的位置。

观察比较蜡烛和它所成的像的大小，它们一样吗？

改变点燃的蜡烛的位置，重做上面的实验。量出每次实验中两支蜡烛到玻璃板的距离，并比较它们的大小。

平面镜成像

从上面的实验可以看出，无论蜡烛到玻璃板的距离是远还是近，平面镜所成的像和物体到镜面的距离都相等，像与物体大小相同。如果把像和物体的位置用直线连起来，还可以看出，它们的连线与镜面垂直。

利用光的反射定律可以说明平面镜成像的原理。如图 5—14 所示，镜前物体上的点 S 射向平面镜的光线，经平面镜反射后进入眼睛，看起来就觉得这些光线好像是从它们在镜后延长线的交点 S_1 射来的（图 5—14 甲），跟 S_1 处真有一光源时产生的感觉一样（图 5-14 乙）。 S_1 就是 S 点在镜中的像。但是镜子后面实际上并没有这个发出光线的点，所以 S_1 叫虚像。物体上的每个点在镜子里都有一个像点，所有的像点就组成整个物体的虚像。

平静的水面，抛光的金属平面，都具有平面镜的作用，能形成清晰的像。在古代没有玻璃镜子的时候，贵族妇女就是对着铜镜梳妆打扮的（图 5—15）。我国大约在四千多年前夏王朝时代就有了铜镜。战国时代铜镜非常盛行，制作精美，在出土文物中时有发现。

平面镜的应用

平面镜不但用于生活中，还用于其他方面。练功房里演员用平面镜来观察自己的姿势。牙科医生用小平面镜来观察患者牙齿不易看到的部分。

平面镜还用来制作潜望镜。照图 5—17 那样在管子的上、下拐角处各安装一个平面镜，两块平面镜互相平行，都跟水平方向成 45° 角，这样就做成了最简单的潜望镜。

潜水艇下潜后，艇内人员就是用潜望镜来观察水面上情况的（图 5-

18)。当然，他们使用的潜望镜比我们讲的简单潜望镜要复杂得多。

想想议议

岸边的树木和房屋等在水中的像看上去都是倒立的，为什么？

练习

1. 某人站在穿衣镜前 1 米处，他在镜中的像到镜面的距离是____米。
当他向镜面前进 0.5 米时，人与像间的距离是_____米。

2. 把一只墨水瓶逐渐向平面镜靠近时，它的像将

A. 变大； B. 变小； C. 不变。

答：[]

3. 图 5—19 中平面镜前有一个发光点 S，你能确定它的像的位置吗？
请在图中画出来。

4. 平面镜所成的像为什么叫虚像？

*四、球面镜

?

拧下手电筒前面的玻璃盖，可以看到小灯泡后面的反射面是凹形的。汽车头灯里面也有凹形的反射面。汽车驾驶室外面的观后镜和公路拐弯处的镜子镜面是凸的。这些特殊的镜子各起什么作用呢？

实 验

让凹镜正对着太阳，拿一小纸片在镜前移动，直到纸片上的光斑变得最小、最亮。

凹镜的作用

反射面是球面的一部分的镜子叫做球面镜。用球面的内表面作反射面的，叫做凹面镜，简称凹镜。用球面的外表面作反射面的，叫做凸面镜，简称凸镜。

实验表明，凹镜能把射向它的平行光线会聚在一点（图 5—20），这一点叫做凹镜的焦点。如果把纸片放在这里，过一会儿，纸片就会烧焦。

利用凹镜能会聚光的性质，可以制作太阳灶（图 5-21），用会聚的太阳光来烧水、煮饭，既节省燃料，又清洁卫生。

凹镜的面积越大，能够会聚的太阳光越多，焦点处的温度就越高。大的太阳炉可以用来焊接金属，或使锅炉里的水变成蒸汽，推动发电机发电。

天文学家们用凹镜制作大型反射式望远镜。口径达数米的巨大凹镜把来自遥远宇宙空间的微弱星光会聚在焦点上，再用照相机拍摄下来进行研究。

如果把小灯泡放在凹镜的焦点上，灯泡发出的光经凹镜反射后，就成为平行光射出（图 5—22）。

手电筒、汽车头灯中用凹镜作反射面，其作用就是使放在焦点附近的灯泡发出的光向同一方向近似平行地射出，使光束集中，亮度大，照射的距离远（图 5—23、5—24）。

安装在北京天文台是远东最大的天文望远镜 2.16 米，是远东最大的天文望远镜。夜晚能看到亮度相当于 2 万米外的一根点着的火柴发出的光那样的星。5—24）。

凸镜的作用

射到凸镜上的平行光线，经凸镜反射后变得发散（图 5—25），凸镜

对光线起发散作用。

光亮的金属勺的背面可以当作凸镜。用勺的背面照自己的脸（图 5—26），你在镜中看到的像是放大的还是缩小的？

凸镜所成的像是缩小的，但是从凸镜中观察到的范围比从大小相同的平面镜中观察到的范围大。汽车上的观后镜用凸镜，就是为了使司机从镜中能观察汽车后面较大范围内的物体（图 5—27），以利于行车安全。马路拐弯处安装大的凸镜，可以使来往车辆和行人看到较大范围的弯路那边的交通情况，避免发生交通事故。

阅读材料 汇丰银行大楼上的日光镜

香港的汇丰银行大楼用日光镜给大楼的办公大厅提供天然照明（图 5—28）。在办公大楼外面高 50 米的空中悬挂着一个由许多块平面镜组成的阵列，它长 30 米，宽 5 米。天空射来的太阳光先由这个平面镜阵列反射到办公大厅顶部的凸镜阵列上，凸镜阵列再把太阳光向下反射，照亮大厅。整个系统由电脑控制，随着太阳光方向的改变，反射镜阵列的方向也跟着改变。

小实验：制作针孔照相机

在较暗的屋子里，把一支点燃的蜡烛放在一块半透明的塑料薄膜前面，在它们之间放一块钻有小孔的纸板。由于光沿直线传播，塑料薄膜上就出现烛焰的倒立的像（图 5—29）。这种现象叫做小孔成像。

利用小孔成像可以制作针孔照相机。

如图 5—30 所示，做两个可以套在一起的硬纸筒，在外筒前端蒙上一块黑纸，黑纸上穿一个小孔（直径约 1 毫米）。在内筒的一端蒙上半透明的塑料薄膜。让小孔对着屋子外面明亮的物体，塑料薄膜上就形成室外物体倒立的像。前后拉动内筒，像的大小和明亮程度就随着变化。

早在公元前 4 世纪成书的《墨经》中就记载了小孔成像的实验，并且用光的直线传播对小孔成像作出了正确的解释。你会解释吗？试试看。

制作潜望镜

用一个长方形硬纸盒和两块平面镜，自制一个潜望镜。

习 题

1. 为了检查一块木板的楞是否直,可以闭住一只眼睛,用另一只眼睛沿楞的长度方向看过去(图 5—31)。这是利用了_____

2. 一位在北京的剧场里看演出的观众,坐在离演奏者 30 米远处。另一位在上海的观众,坐在家里的电视机前看同一演出。上海与北京相距 1460 千米,哪位观众先听到演奏声?(电视靠无线电波传播,无线电波的传播速度与光速相同)

3. 光在 1 秒钟内传播的距离大约相当于地球赤道周长的多少倍?(地球赤道半径约 6400 千米)

4. 水平方向的光线与镜面成 45° 角射在平面镜上(图 5—32),反射光线将沿什么方向?

5. 眼睛看到从平面镜反射来的光线方向如图 5—33 所示,试确定入射光线的方向。

6. 池中水的深度是 2 米,月球到地球的距离为 3.8×10^5 千米,月球在池中的像到水面的距离是_____。

7. 玻璃是透光的,镜子却能很好地反射光,为什么?找一块破镜片,刮去它背面的部分涂层,这部分还能照出像来吗?镜子是靠什么来反射光的?

8. 图 5—34 中,AB 是放在平面镜前的物体,A B 表示物体在镜中所成的像。甲、乙、丙三个图哪个是正确的?

9. 晚上,在桌上铺一张白纸,把一块小平面镜平放在纸上,让手电筒的光正对着平面镜照射(图 5—35),从侧面看去,白纸被照亮,而平面镜却比较暗。做做看,并解释为什么。

学到了什么

1. 光的直线传播

光在均匀介质中沿_____传播。

光在真空中的速度是_____千米/秒,光在其他介质中的速度比在真空中的速度小。

2. 光的反射

(1)光的反射定律:反射光线与入射光线、法线在同一平面上;反射光线和入射光线分居法线的两侧;反射角等于入射角。

光在反射时光路是可逆的。

(2)物体对光的反射分镜面反射和漫反射两类。漫反射使我们从不同方向都能看到物体。

3. 平面镜成像

平面镜所成的像叫虚像。像与物体到平面镜的距离相等，像与物体大小也相等。

*4. 球面镜

球面镜分凹镜和凸镜两种。

凹镜能使平行光线会聚在焦点；使焦点发出的光线平行射出。太阳灶就是利用凹镜来会聚太阳光的。手电筒、汽车头灯利用凹镜作反射面，使光线近似平行地射出。

凸镜使光线发散。凸镜可以扩大视野。汽车上的观后镜用凸镜是为了扩大视野。

第六章 光的折射

1. 什么是光的折射现象？
2. 凸透镜能成像吗？
能成些什么像？
3. 照相机、幻灯机、放大镜的成像原理是什么？

一、光的折射

？

插在水中的筷子，看上去好像在水面处折断了（图 6—1）；盛了水的碗，看上去好像变浅了。这是为什么呢？

光从一种介质斜射入另一种介质时，传播方向一般会发生变化，这种现象叫做光的折射。

下面我们来研究光从空气射入水中方向怎样改变。

实 验

照图 6—2 那样，让光以某一角度射向水面，观察进入水中的光线的方向怎样改变。

改变入射角，再做一次。

让光垂直射向水面，水中光线沿什么方向前进？

光的折射

图 6—3 表示光从空气射入水中的光路图，折射光线与法线的夹角叫做折射角。实验表明，光从空气斜射入水或其他介质中时，折射光线与入射光线、法线在同一平面上；折射光线和入射光线分居法线两侧；折射角小于入射角；入射角增大时，折射角也随着增大；当光线垂直射向介质表面时，传播方向不改变。

如果让光线逆着折射光线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线就逆着原来入射光线的方向射出，就是说，在折射中光路也是可逆的。想一想，这时的折射角是大于还是小于入射角？上一章曾讲到，光在不均匀的空气中传播路径是弯曲的，这实际上也是折射现象。

眼睛受骗

清澈见底、看起来不过齐腰深的池水，不会游泳的人可千万不要冒失下去，因为它实际深度将没过胸部，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？

这是因为从池底的一点 A 射向空气的光线，在水面处发生折射，折射角大于入射角，眼睛逆着折射光线看去，觉得好像是从水中的 A_1 点射来的（图 6—4），眼睛看到的是 A 点的虚像 A_1 ， A_1 在 A 的上方，所以看起来池底升高，池水变浅了。盛了水的碗看起来变浅，也是这个道理。

想想议议

插入水中的筷子，在水中的部分看起来向上弯折，你能利用图 6—5 说明道理吗？

练 习

1. 光从空气斜射入水中时，折射角_____入射角。

2. 池水看起来比实际的浅，这是由于光从水中射入空气时发生_____造成的。

3. 图 6—6 中哪个图正确地表示了光从空气射入玻璃中的情况？

二、透镜

？

在照相机和显微镜中都有有一些玻璃元件，它们的表面是球面的一部分，叫做透镜。这些玻璃元件起什么作用呢？

透镜有两类，中间厚边缘薄的叫凸透镜，中间薄边缘厚的叫凹透镜（图 6—7）。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。下面我们只研究薄透镜。

通过两个球面球心的直线叫做透镜的主光轴（图 6—8），主光轴上有个特殊的点。通过它的光线传播方向不改变，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。

下面我们来观察凸透镜和凹透镜对光线的作用。

实 验

1. 让凸透镜正对着太阳光，拿一张白纸在它的另一侧来回移动，直到纸上的光斑变得最小、最亮（图 6—9）。

2. 换用凹透镜再做上面的实验，纸上还能得到最小、最亮的光斑吗？

凸透镜使光线会聚

实验表明，凸透镜能使跟主光轴平行的光线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。凸透镜两侧各有一个焦点。两侧的两个焦距相等。跟主光轴平行的光线通过凸透镜的光路如图 6—10 所示，图中 F 表示焦点，f 表示焦距。凸透镜对光线有会聚作用，所以也叫会聚透镜。

如果把小灯泡放在凸透镜的焦点处，光源射向凸透镜的光，经凸透镜后将变为平行光（图 6—11）。因此利用凸透镜可以产生平行光（见章后的小实验）。

凹透镜使光线发散

图 6—12 是平行光通过凹透镜的情况，从空气射向凹透镜的光，经过凹透镜后变得发散。因此在上面的实验中用凹透镜不能在白纸上得到最小、最亮的光斑。所以凹透镜也叫发散透镜。

跟主光轴平行的光线经过凹透镜后变得发散，这些发散光线的反向延长线相交在主光轴上的一点（图 6—12），这点叫做凹透镜的焦点。由于它不是实际光线的会聚点，所以叫虚焦点。

想想议议

1. 图 6—13 是一个玻璃棱镜和射向它侧面的一束光。这束光通过棱镜后，从另一侧面射出的折射光线将向什么方向偏折？

2. 凸透镜可以近似看作图 6—14 甲那样放置的棱镜和玻璃块的组合，凹透镜可以近似看作是图 6—14 乙那样放置的棱镜和玻璃块的组合。你能说明平行光通过凸透镜后会聚和通过凹透镜后发散的道理吗？

练 习

1. 凸透镜能使平行于主光轴的光线会聚于一点，这点叫做凸透镜的_____，这一点到凸透镜光心的距离叫做_____。

2. 要想利用凸透镜使小灯泡发出的光线变成平行光，应该把小灯泡放在凸透镜的_____上。3. 图 6—15 所示的光线通过透镜后的光路图，哪个是正确的？

三、照相机

?

照相机能使人 and 物体在相片上形成缩小的像。你知道照相机是怎样照出相片来的吗？

下面我们做实验来研究。

〔目的〕观察凸透镜成缩小实像的条件。

〔器材〕凸透镜，蜡烛，光屏，刻度尺，火柴，粉笔。

〔步骤〕

1. 用粉笔在桌面上画一直线，在直线上标出凸透镜的位置 O、焦点 F、2 倍焦距处 P (图 6—16)。

2. 照图 6—16 那样，把凸透镜、蜡烛、光屏放在直线上。点燃蜡烛，调整蜡烛、凸透镜、光屏的高度，使烛焰、凸透镜、光屏的中心大致在同一高度。

远在公元前 2 世纪，我国就有人用冰磨成凸透镜，会聚太阳光取火。冰遇火会熔化，但做成冰透镜却可以取火，真是出人意料的创造。

3. 把蜡烛放在离凸透镜远大于 2 倍焦距的地方，沿直线移动光屏，直到光屏上出现明亮、清晰的烛焰的像。

观察这个像是倒立的还是正立的，是放大的还是缩小的？

4. 把蜡烛移向凸透镜，仍保持它们的距离大于 2 倍焦距。移动光屏，像到凸透镜的距离有什么变化？像的倒正、大小有什么变化？像仍是缩小的吗？

5. 让蜡烛到凸透镜的距离等于 2 倍焦距，移动光屏，观察像到凸透镜的距离，像的倒正和大小。

凸透镜成缩小实像的条件

实验表明，凸透镜到物体（蜡烛）的距离大于 2 倍焦距时，成倒立、缩小的像。这个像是蜡烛射向凸透镜的光经过凸透镜后会聚成的，能用光屏承接，叫做实像（图 6—17）。

照相机

照相机就是利用上面的原理制作的。照相机的镜头相当于一个凸透镜，胶卷相当于光屏。选定被拍摄的景物后，调节镜头到胶片的距离，胶片上就会出现景物的清晰的倒立、缩小的像（图 6—18）。胶片上有对光敏感的物质，曝光后发生化学变化，经过显影处理就成为底片，再用底片洗印就可以得到相片。

为了使远近不同的景物在胶片上产生清晰的像，需要旋转镜头上的

调焦环，调节镜头到胶片的距离，拍摄近的景物时，镜头往前伸，离胶片远一些；拍摄远的景物时，镜头往后缩，离胶片近一些。调焦环上刻有数字，表示出拍摄的景物到镜头的距离。

照相时，胶片曝光适当，才能洗出好的相片。曝光过度，洗出的相片发白；曝光不足，洗出的相片很暗，都不能令人满意。为了控制曝光量，一是用光圈控制进入镜头的光的多少，一是用快门控制曝光的时间。光圈可以开大或缩小、光圈环上刻有光圈数。曝光时间可以从快门上的数字知道。拍照时，要根据景物的明亮程度，选择适当的光圈和快门。

练 习

1. 物体到凸透镜的距离大于 2 倍焦距时，能成_____、_____的实像。
2. 照相机的镜头相当于一个_____镜，胶片相当于_____，照相时景物到镜头的距离应该_____焦距。

四、幻灯机放大镜

？

幻灯机能将小小的幻灯片上的画面放大到屏幕上，供大家观看。放大镜能把细小的物体放大，使我们看清楚它们。幻灯机和放大镜的原理是什么呢？

让我们来做下面的实验。

〔目的〕观察物体距离凸透镜近于2倍焦距时的成像情况。

〔器材〕凸透镜，蜡烛，光屏，刻度尺，火柴，粉笔。

〔步骤〕

1. 照上节图6—16那样在桌上用粉笔画出直线，把凸透镜、蜡烛、光屏放置在直线上，调整好它们的高度。

2. 把蜡烛放在离凸透镜稍小于2倍焦距的地方，沿直线移动光屏，直到光屏上出现明亮、清晰的烛焰的实像。

观察这个实像是倒立的还是正立的，是放大的还是缩小的。

把蜡烛移近凸透镜，仍保持它们的距离大于焦距，移动光屏，观察像的大小和像到凸透镜的距离有什么变化。

3. 把蜡烛移到凸透镜的焦点以内，移动光屏，在光屏上还能看到烛焰的像吗？

从光屏这一侧透过凸透镜观察烛焰（图6—21），是不是看到了一个正立、放大的烛焰的像？这个像不是实际光线会聚成的，因此不能用光屏承接，是虚像。

把蜡烛移近焦点，仍保持它离凸透镜的距离小于焦距，观察正立的虚像是变大还是变小。

凸透镜成放大的实像、虚像的条件

上面的实验表明：

物体到凸透镜的距离在2倍焦距和焦距之间时，成倒立、放大的实像。

物体到凸透镜的距离小于焦距时，成正立、放大的虚像。

幻灯机

幻灯机就是利用凸透镜能成倒立、放大的实像这个原理制成的（图6—22）。幻灯机的镜头也相当于一个凸透镜，透明的幻灯片到镜头的距离比镜头的焦距稍大，用强光照射幻灯片，就可以把幻灯片上的画面放映到屏幕上，形成倒立、放大的实像。为了使观众看到正立的像，幻灯片要倒着插在架上。

教学中常用的投影器(图 6—23)的结构与幻灯机相似,主要区别是投影器用两块大的塑料螺纹透镜作聚光器(螺纹透镜的作用相当于凸透镜),同时用一块平面镜把像反射到屏幕上。投影器能放映大画面的幻灯片,也可以投射直接书写在透明胶片上的文字,使用方便。

放大镜

放大镜就是一个短焦距的凸透镜,用来成正立、放大的虚像。把凸透镜靠近要观察的物体,让凸透镜到物体的距离小于焦距,透过凸透镜就可以看到物体正立、放大的虚像。

放大镜放大的倍数一般只有几倍,最多不过 20 多倍,要想进一步提高放大倍数,就要用显微镜(图 6—25)。显微镜的镜筒两端各有一个凸透镜,靠近眼睛的凸透镜叫目镜,靠近被观察物体的凸透镜叫物镜。物体通过物镜成放大的实像,再通过目镜成放大的虚像,经过两次放大,于是提高了放大倍数。

练 习

1. 要想用凸透镜形成倒立、放大的实像,物体到凸透镜的距离应该_____。当物体到凸透镜的距离_____焦距时,透过凸透镜能看到正立、放大的_____像。
2. 幻灯机在银幕上所成的是_____像。幻灯片到镜头的距离应该_____。
3. 从放大镜中看到的像是_____。被观察物体到放大镜的距离应该_____。

*五、颜色之谜

？

衣服、花朵、图画、彩色电视节目里都有各种各样的颜色。我们生活在绚丽多彩的颜色世界中已经很习惯了。但是，物体为什么会呈现出不同的颜色呢？

光的色散

在很长的时间里，人们一直认为白色是最单纯的颜色，白光是最单纯的光。直到 17 世纪牛顿用棱镜使太阳光产生色散，才揭开了颜色的秘密。下面我们来做牛顿的色散实验。

实 验

1. 让一束太阳光通过棱镜射到白屏上（图 6—26 甲），在白屏上看到什么？

2. 把另一个相同的棱镜按相反的方向放在前一个棱镜旁边（图 6—26 乙），在白屏上又看到了什么？

人眼能直接看清大小为 0.1 毫米的物体，例如 1 根头发；用放大镜能看清约 0.01 毫米的物体，例如蚊子的腿；用显微镜能看清 1 微米的物体，例如细菌；用电子显微镜能看到大分子。

从实验看到，太阳光通过棱镜后，分解成各种颜色的光，在白屏上形成一条彩色的光带，叫做光谱。彩色光带的颜色从一端到另一端依次是：红、橙、黄、绿、蓝、靛、紫。如果把另一个棱镜反向放置在棱镜旁边，彩色光带将重新会聚成白光。这表明，白光不是单色的，而是由各种色光混合成的。

物体的颜色

光射到物体上时，一部分光被物体反射，一部分光被物体吸收。如果物体是透明的，还有一部分光透过物体。不同物体，对不同色光的反射、吸收和透过的情况不同，因此呈现出不同的颜色。

在图 6—26 甲所示的实验中，在棱镜和白屏之间放一块红玻璃，白屏上就只出现一条红光带（图 6—27）；如果放一块蓝玻璃，白屏上就只出现一条蓝光带。这表明，有色的透明体透过什么色光，它就是什么颜色。透明体的颜色是由它透过的色光决定的。

在图 6—26 甲的实验中，如果在白屏上贴一张红纸，屏上就只有被红光照射的地方是亮的，其他地方是暗的；如果在白屏上贴一张绿纸，屏上就只有被绿光照射的部分是亮的（图 6—28）。就是说，有色的不透明体反射与它颜色相同的光。

如果在白屏上贴一张黑纸，不论什么色光照射的地方都是黑的，没有亮光。这表明黑色物体吸收各种颜色的光。相反，在白屏上能看到各种色光，表明白色物体反射各种色光。所以白色物体在红光照射下呈红色，在蓝光照射下呈蓝色。

色光的混合

彩色电视机里的各种颜色是怎样产生的呢？下面的实验可以帮助我们弄清这个问题。

实 验

照图 6—29 那样，在白色圆形纸板上贴上红、绿、蓝三种色纸，把圆纸板安装在陀螺上，使陀螺快速旋转，观察纸板上的颜色。

去掉圆形纸板上的某一种色纸，重做实验。

红、绿、蓝叫做色光的三原色，利用这三种色光可以混合出不同的色彩来（参看彩图）。

彩色电视就是利用色光的混合调出各种色彩来的。彩色电视机的荧光屏上有很多微小的格子，分别涂有能发出红、绿、蓝色光的物质，当三束电子流分别打到这三种物质上时，就发出红、绿、蓝色的光，这三束电子流的强弱分别影响着这三种色光的强弱，由此混合出绚丽多彩的各种色彩。看电视时，如果用放大镜观察电视机的荧光屏，就能看到屏上红、绿、蓝的光点。

颜料的混合

画家用颜料调出各种颜色的道理与上面所讲的色光的混合不同，颜料的三原色是红、黄、蓝，这三种颜料按一定比例混合，能调出各种不同的颜色来（见彩图）。这是因为每种颜色的颜料，在阳光照射下，除了反射跟它相同的色光以外，还反射一些其他的色光，例如黄颜料除了反射黄光，还反射橙光和绿光，同时吸收其他色光；蓝颜料除了反射蓝光，还反射绿光，同时吸收其他色光；这两种颜料混合在一起，就反射绿光，混合颜料就呈绿色了。

阅读材料 海市蜃楼

下面是 1988 年 6 月 20 日《北京日报》刊登的一条消息。

山东电视台拍摄到海市蜃楼奇观

据新华社济南 6 月 19 日电（记者刘关权）山东电视台记者孙玉平在国内首次拍摄到海市蜃楼的现场实况，18 日晚在电视台播出，山东观众

大饱眼福。

这次海市蜃楼发生在被称为人间仙境的蓬莱阁对面海域。从 17 日下午 14 时 20 分延续到 19 时左右。从蓬莱阁向北望去，在长达 100 多里的辽阔海面上出现了种种奇观，忽而是多孔桥般的奇景，忽而显现出从未见过的岛屿。其间有清晰的高楼大厦，周围有冒烟的烟囱，在波涛万顷的海面上展现出一幅多姿多彩的画卷。无数游人涌向海边竞相观看。

海市蜃楼是光的折射产生的一种现象。夏天海面附近的温度比高空低，空气由于热胀冷缩，上层的空气就比海面附近的空气稀疏，远处物体反射的太阳光，在射向空中的过程中，由于空气疏密发生变化而折射，逐渐向地面弯曲（图 6—30），进入观察者眼中，逆着光线望去，就觉得好像是从海面上空的物体射来的一样。

电 影

电影放映机（图 6—31）的原理与幻灯机是一样的，只是它放映的不是单张的幻灯片，而是连续的电影胶片。电影胶片上拍摄的活动景物是按每秒拍摄 24 张的速度拍下来的，由于前后两张胶片相隔的时间很短，所以两张胶片上的活动景物变化也很小。放映时，胶片按每秒 24 张的速度通过镜头，每张胶片在镜头前停顿一会儿。在更换下一张胶片时，有一个装置把镜头遮住，使银幕暂时变黑。因为人的眼睛有一种视觉暂留作用（即眼睛看到的景物消失后，视神经对景物的印象还能保留大约 0.1 秒），就觉得银幕上总有图像，并且产生银幕上的景物是连续活动的感觉。

如果拍摄电影胶片时每秒拍 24 张，放映时也是每秒通过 24 张，即拍摄电影的速度跟放映电影的速度相同，我们看到的景物活动情况就跟实际的一样。如果拍摄的速度加快，例如每秒拍 2400 张，而放映时仍是每秒 24 张，那么，我们看到的银幕上的景物活动就比实际的慢，把 1 秒钟内的动作拉长到 100 秒了，这就是电影里的慢镜头。反之，如果拍摄速度减慢，例如 1 秒钟只拍 1 幅画面，放映时仍是每秒 24 张的速度映出，我们看到的银幕上的景物活动就比实际的快，把 24 秒内的动作缩短到 1 秒内完成了，这就是电影里的快镜头。

电影中的快镜头和慢镜头，不但可以达到一定的艺术效果，在科学研究中也很重要。例如，体育运动中用慢镜头来使运动员的动作变慢，以便仔细观察分析。在研究植物的生长、发育、开花、结果过程时，用快镜头把过程缩短，使人在短时间内就可以看到植物生长的全过程。

小实验：自制平行光源

照图 6—33 那样，在一个侧面开有 3 条细缝的小盒中，安装一个手电筒用的小灯泡和一个充满水的链霉素小瓶（相当于一个水凸透镜），用 2 节干电池使小灯泡发光。移动小瓶的位置当小灯泡位于水透镜的焦点处时，就有三束平行光线从细缝中射出。利用得到的平行光线做以下实验：

1. 用另一个充水的链霉素瓶作水凸透镜，会聚平行光。
2. 让平行光射到平面镜上，观察光的反射。
3. 让平行光射到凸镜和凹镜上（可用铝箔或罐头盒来自己做），观察凸镜对光线的发散作用和凹镜对光线的会聚作用。

研究物体的颜色

找几张颜色不同的纸：白的、黑的、红的、绿的、蓝的，再找几张颜色与上面相同的透明玻璃纸和一个光比较强的手电筒。把几张色纸排列在墙上，在黑屋子里，先用手电筒射出的白光依次照射各张色纸，记下它们的颜色。再用各张透明的色纸蒙住手电筒的前端，用不同的色光依次照射各张色纸，把观察到的各张色纸的颜色填入下页表中。

纸的颜色 \ 光的颜色	白	黑	红	绿	蓝
白					
红					
绿					
蓝					

根据观察和记录下的现象你能得出什么结论？

习 题

1. 画出图 6—34 中折射光线的大致方向。
2. 从水面上看水中的鱼，看到的鱼的位置比实际的浅，这是由于：
 - A. 光在水中不沿直线传播；
 - B. 光在水面处发生反射；
 - C. 光从水中射入空气中发生折射；
 - D. 人们眼睛产生的错觉。

答：[]

3. 在碗底放一枚硬币，把碗移动到眼睛刚好看不到硬币的地方（图 6—35），保持眼睛和碗的位置不变，请另一位同学向碗里倒水，你观察到什么现象？产生这种现象的原因是什么？

4. 有一个不知焦距的凸透镜，你用什么办法可以粗略测出它的焦距？

5. 画出图 6—36 中经凸透镜折射后的光线和射入凸透镜的光线。

6. 找一副老花镜，把镜片对着电灯，变化镜片到灯泡的距离，用白纸作光屏观察灯丝所成的像。老花镜的镜片是凸透镜还是凹透镜？

7. 把一张透明塑料纸铺在桌面上，用筷子在塑料纸上滴一个水珠（直径约 5 毫米），双手平拿着塑料纸，透过水珠看报纸上的字（图 6—37），字是放大了还是缩小了？看到的是实像还是虚像？小水珠起了什么作用？

8. 有一个焦距是 15 厘米的凸透镜，要想用它产生缩小的实像，物体到凸透镜的距离应____厘米。要想用它产生放大的虚像，物体到凸透镜的距离应____厘米。

9. 放映幻灯时，幻灯片应放在离镜头

- A. 大于 2 倍焦距处，倒立放置；
- B. 2 倍焦距和焦距之间，倒立放置；
- C. 2 倍焦距和焦距之间，正立放置；
- D. 大于 2 倍焦距处，正立放置。

答 []

10. 下面是一个关于凸透镜成像情况的表，请你在表的空格中填入适当的内容。

物体到凸透镜的距离	像的情况	
	倒立或正立	放大或缩小 实像或虚像
大于 2 倍焦距		
在 2 倍焦距和焦距之间		
小于焦距		

学到了什么

学到了什么

第七章 质量和密度

1. 质量的单位是什么？
2. 怎样用天平称物体的质量？
3. 什么是物质的密度？

一、质量

质量

一把铁锤比一个铁钉含的铁多，一条木船比一把木椅含的木材多。物体中含有物质的多少叫做质量。

现在国际上通用的质量单位是千克，它等于保存在巴黎国际计量局内的国际千克原器的质量，国际千克原器是一个用铂铱合金做成的圆柱体（图 7—1）。1 立方分米纯水的质量大约是 1 千克。

为了使用方便，通常还用比千克小的单位克、毫克和比千克大的单位吨。

1 吨=1000 千克；

1 千克=1000 克；

1 克=1000 毫克。

把一块铁压成铁片，形状变了，但所含铁的多少没有变，质量也就不变。一块冰融化成水，状态变了，质量也不会变。一个罐头，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。物体的质量不随形状、状态和位置而改变。

一些物体的质量（单位：千克）

质量的测量

你到商店里去买粮、买菜、买水果，售货员都要称货物的质量。图 7—2 是常用的测质量的器具，你认识吗？

在学校实验室和工厂化验室里常用天平称质量，常用的天平有托盘天平（图 7—3）和物理天平（图 7—4）。托盘天平使用比较简便，使用的方法是：

1. 把天平放在水平台上，把游码放在标尺左端的零刻线处。
2. 调节横梁右端的平衡螺母，使指针指在分度盘的中线处，这时横

梁平衡。

3. 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。

对于物理天平，在调节横梁平衡之前要先调节底板上的底脚螺钉，让重垂线上的小锤尖端跟底板上小锥体的尖端正对，使底板水平。

为了保持天平测量精确，使用时要注意：

1. 不能超过最大称量。每台天平能够称的最大质量叫做天平的最大称量，也叫称量。用天平称的物体的质量不能超过天平的最大称量。用镊子往盘里加减砝码时要轻拿轻放。

2. 保持天平干燥、清洁。不要把潮湿的物体和化学药品直接放在天平盘里，不要把砝码弄湿弄脏，以免锈蚀。

练 习

1. 根据第 78 页表中的数字回答：大头针的质量是多少毫克？苹果的质量是多少克？鲸的质量是多少吨？

2. 太阳的质量大约是地球质量的多少倍？地球的质量大约是月球质量的多少倍？

二、实验：用天平称固体和液体的质量

〔目的〕学习用天平称固体和液体的质量。

〔器材〕天平和砝码，体积相同的长方木块、铝块、铁块，墨水瓶，水。

〔步骤〕

1. 把天平放在水平台上，观察天平的最大称量值以及游码标尺上的最小刻度值。

2. 把游码放在标尺的零刻线处。调节横梁上的螺母，使横梁平衡。

(使用物理天平时还要先调节底板水平)

3. 用天平称出木块、铁块、铝块的质量，把得到的数据记在下面。

木块的质量：

铁块的质量：

铝块的质量：

4. 用天平称出 1 墨水瓶水的质量 (想想应该怎样称)。

空墨水瓶的质量：

墨水瓶和水的总质量：

瓶中水的质量：

如何称出一张邮票的质量？

想想议议

三、密度

从上节的实验知道，体积相同的铁块、铝块、木块，它们的质量不相等，铁块质量最大，铝块较小，木块最小。那么，对同一种物质来说，它的质量跟体积又有什么关系呢？

实 验

1. 用天平称出两个体积不同的长方铁块的质量，测出它们的体积，然后求出每个铁块的质量跟体积的比值。把这些数据都填在下面的表里。

	质量(克)	体积(厘米 ³)	质量/体积(克/厘米 ³)
铁块 1			
铁块 2			
松木块 1			
松木块 2			

2. 用两个体积不同的长方松木块重做上面的实验。把得到的数据都填在上面的表里。

实验表明，铁块的质量跟体积的比值是一定的，铁块的体积增大几倍，它的质量也增大几倍，即它的质量跟它的体积成正比。换用木块做实验，也得到同样的结果，只是它质量跟体积的比值与铁的不同。

密 度

质量跟体积的比值等于单位体积的质量。不同种类物质单位体积的质量一般不同，可见单位体积的质量反映了物质的特性，物理学中用密度表示物质的这种特性。

某种物质单位体积的质量叫做这种物质的密度。

知道物质的质量和体积，就可以算出密度，计算的公式是

$$\text{密度} = \frac{\text{质量}}{\text{体积}}$$

通常用 ρ 表示密度， m 表示质量， V 表示体积，计算密度的公式可以写作

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

〔例题〕一铁块质量是 1.97 吨，体积是 0.25 米³，铁块的密度是多大？

已知： $m=1.97$ 吨= 1.97×10^3 千克， $V=0.25$ 米³。

求： 。

$$\text{解： } \rho = \frac{m}{V} = \frac{1.97 \times 10^3 \text{ 千克}}{0.25 \text{ 千米}^3} = 7.9 \times 10^3 \text{ 千克/米}^3$$

答：铁块的密度是 7.9×10^3 千克 / 米³。

从上面的计算可以看出，密度的单位是由质量单位和体积单位组成的，常用的质量单位是千克，体积单位是米³，密度的单位就是千克 / 米³，读作千克每立方米。在一般物理实验中，由于所用物质不多，因此，质量的单位常用克，体积的单位常用厘米³，密度的单位就用克 / 厘米³。根据千克与克、米³与厘米³的关系，你应该能够推导出千克 / 米³与克 / 厘米³的关系是：

$$1 \text{ 克 / 厘米}^3 = 1000 \text{ 千克 / 米}^3。$$

练 习

1. 测得一木块的质量是 10.8 克，体积是 24 厘米³，木块的密度是多大？
2. 一杯水和一桶水的密度哪个大？
3. 一块砖的密度是 1.5 克 / 厘米³，把它平分成两块，每块的密度应是：(1)0.75 克 / 厘米³；(2)1.5 克 / 厘米³；(3)3 克 / 厘米³。哪个对？

四、实验：用天平和量筒测定 固体和液体的密度

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 7—6）。

观察你的量筒或量杯的刻度，它的最大刻度是多少？它的每小格代表多少厘米³？图 7—6 和图 7—7 告诉你量筒和量杯的使用方法。

〔目的〕用天平和量筒测定固体和液体的密度。

〔器材〕天平和砝码，量筒（或量杯），石块，玻璃杯，水，盐水，细线。

〔步骤〕

1. 用天平称出石块的质量。

2. 用量筒测出石块的体积。

把步骤 1、2 中测得的数据记在表 1 中，求出石块的密度。

表 1

石块的质量 m (克)	石块放入前 水的体积 V_1 (厘米)	石块和水 的总体积 $V_2 =$ (厘米 ³)	石块的体积 $V = V_2 - V_1$ (厘米 ³)	石块的密度 (克/厘米 ³)

3. 在玻璃杯中盛盐水，称出它们的质量。

4. 把玻璃杯中的盐水倒入量筒中一部分，记下量筒中盐水的体积。

5. 称出玻璃杯和杯中剩下的盐水的质量。

把步骤 3、4、5 中测得的数据填入表 2 中，求出盐水的密度。

表 2

玻璃杯 和盐水 的质量 m_1 (质量)	玻璃杯和 剩余盐水 的质量 m_2 (克)	量筒中盐 水的质量 $m = m_1 - m_2$ (克)	量筒中盐 水的体积 V (厘米) ³	盐水的密度 (克/厘米 ³)

想想议议

蜡块不沉入水中，也能用天平和量筒测出蜡块的密度吗？想想看，

应该怎么办？

五、密度知识的应用

?

矗立在天安门广场的人民英雄纪念碑，它的碑心石是一整块巨大的花岗岩，怎样知道它的质量？

一卷细铜电线，怎样方便地知道它的长度？

一个看上去像是金的戒指，怎样才能知道它是不是纯金的？

有了密度的知识，你就能解决这些实际问题了。

由于密度的知识很有用，科学家们测出了各种物质的密度，供大家使用。下面是一些物质的密度表。

一些固体的密度

物质	密度(千克/米 ³)	物质	密度(千克/米 ³)
钨	22.5×10^3	铝	2.7×10^3
金	19.3×10^3	花岗岩	$(2.6 \sim 2.8) \times 10^3$
铅	11.3×10^3	砖	$(1.4 \times 2.2) \times 10^3$
银	10.5×10^3	冰	0.9×10^3
铜	8.9×10^3	蜡	0.9×10^3
钢、铁	7.9×10^3	干松木	0.5×10^3

一些液体的密度

物质	密度(千克/米 ³)	物质	密度(千克/米 ³)
水	1.0×10^3	植物油	0.9×10^3
银	13.6×10^3	煤油	0.8×10^3
硫酸	1.8×10^3	酒精	0.8×10^3
海水	1.03×10^3	汽油	0.71×10^3
纯水	1.0×10^3		

一些气体的密度(0℃, 在标准大气压下)

物质	密度(千克/米 ³)	物质	密度(千克/米 ³)
二氧化碳	1.98	一氧化碳	1.25
氧	1.43	氦	0.18
空气	1.29	氢	0.09

现在我们来研究利用密度知识解决本节开头的三个问题的方法。求质量

从密度的公式 $\rho = \frac{m}{V}$ 可以得出

$$m = \rho V。$$

这个式子告诉我们，物体的质量等于它的密度乘以体积。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。对于不便于直接称量的庞大物体，这是求出它的质量的很方便的办法。

现在你能计算出人民英雄纪念碑碑心石的质量吗？算算看。

求体积

从公式 $\rho = \frac{m}{V}$ 还可以得出

$$V = \frac{m}{\rho}。$$

利用这个式子，知道了物体的质量，查出它的密度，就可以算出它的体积。对于形状不规则的或不便于直接测量的较大的物体，这是求它的体积的很方便的办法。

现在你会求出铜电线的长度吗？根据这卷铜线的质量和铜的密度可以计算出它的体积。知道了体积以后，又怎样进一步求出它的长度呢？请同学们想一想。也许，你们还可以想出别的办法来，试试看。

水是地球上最常见的物质，宇宙中的白矮星密度大约是水的一百万倍，中子星的密度大约是白矮星的一亿倍。一艘万吨级轮船，只能装几个足球大的白矮星物质或芝麻粒大的一点中子星物质。

鉴别物质

从密度表可以看出，各种物质的密度是一定的，不同物质的密度一般不同。要知道一个物体是什么物质做的，只要测出它的密度，把测得的密度跟密度表中各种物质的密度比较一下，就可以知道物体可能是什么物质做的了。

你会用密度知识来鉴别戒指是不是纯金的吗？怎样做？这种鉴别方法是不是一定可靠？为什么？

〔例题〕一个瓶子能盛 1 千克水，用这个瓶子能盛多少煤油？

要知道瓶子能盛多少煤油，需要知道瓶子的容积和煤油的密度。由瓶子能盛 1 千克水和水的密度可以求出水的体积，这个体积就是瓶子的容积，也就是瓶子能盛的煤油的体积。水和煤油的密度可以从密度表中查出来。

已知： $m_{\text{水}} = 1$ 千克， $V_{\text{水}} = V_{\text{煤油}}$ ， $\rho_{\text{水}} = 1000$ 千克 / 米³，
 $\rho_{\text{煤油}} = 800$ 千克 / 米³。

求： $m_{\text{煤油}}$ 。

解：由公式 $V = \frac{m}{\rho}$ 可以求出 1 千克水的体积，

$$V_{\text{水}} = \frac{m_{\text{水}}}{\rho_{\text{水}}} = \frac{1\text{千克}}{1000\text{千克/米}^3} = 0.001\text{米}^3;$$

$V_{\text{煤油}} = V_{\text{水}}$ ，由公式 $m = \rho V$ 可以求出煤油的质量，

$$m_{\text{煤油}} = \rho_{\text{煤油}} V_{\text{煤油}}$$

$$= 800\text{千克/米}^3 \times 0.001\text{米}^3 = 0.8\text{千克}。$$

答：这个瓶子能盛 0.8 千克煤油。

练习

1. 一个容积为 2.5 升的塑料瓶，用它装水，最多能装多少千克？用它装酒精呢？（1 升=1 分米³）

2. 一块 1 米³的冰融化成水后，质量是多大？体积是多大？

3. 有甲、乙两个金属块，从外观上很难认出它们是什么物质的，现测得它们的体积和质量分别为：（甲）15 厘米³，290 克；（乙）5.4 厘米³，48 克。你能鉴别出每块可能是什么金属的吗？

阅读材料：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、钱作质量单位；英、美等国曾经用磅作质量单位。现在国际上普遍采用国际单位制，在国际单位制中质量的单位是千克。

法国为了改变国内计量制度的混乱情况，在规定通过巴黎的地球子午线的四千万分之一为 1 米的同时，在米的基础上规定了质量单位，即规定 1 分米³的纯水在 4 时的质量为 1 千克（因为水在 4 时的密度最大）。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，决定以法国的档案千克为标准，用铂铱合金制作标准千克的复制品，分送 100 个国家。1883 年在制作的复制品中，选了一个质量与“档案千克”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。

细微差别中的重大发现

在 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，发现由空气中取得的氮的密度是 1.2572 千克/米³，从氨中取得的氮的密度是 1.2505 千克/米³。虽经多次重复测量，仍然存在这个令人奇怪的差异。后来，他在化学家拉姆萨的合作下，于 1894 年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，它的密度就比从氩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，尽可能精确地进行测量是多么重要。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，荣获 1904 年的诺贝尔物理学奖。

小实验：自制小天平

用均匀的细木条（或塑料尺）作天平的横梁，在横梁的中间穿孔，拴一个提纽。再在横梁两端距中间孔等距离的地方穿孔，用两个同样的硬纸片作为秤盘。把提纽挂起来，就成了一个小天平（图 7—9）。用几个质量已知的硬币作砝码。可以用自制的小天平来测量你的铅笔、橡皮、牙膏皮等的质量。

自制量筒

用玻璃罐头瓶（或玻璃杯）自制一个量筒（或量杯）。

在瓶的外壁上贴一个纸条，用实验室里的量筒量出 20 厘米³的水，倒入瓶中，在纸条上画出水面的位置。再用量筒量出 20 厘米³的水，倒入瓶中，画出水面的位置……（如果瓶的中间部分是粗细均匀的，你可以用较为简便的办法标定刻度。想想看，怎么做？）

有了自制的小天平和量筒，就可以用它们来测定橡皮、牙膏皮等的密度了。测测看，牙膏皮可能是用什么物质做的。

习 题

1. 有一堆大头针约几百个，利用天平你能很快地知道它的数量吗？说出你的办法来，并实际做一做。这样求出的大头针个数跟实际的个数完全一致吗？为什么？

2. 一块体积为 100 厘米³的冰融化成水后，水的体积(1)仍是 100 厘米³；(2)大于 100 厘米³；

(3)小于 100 厘米³。哪个对？

3. 甲、乙两块矿石质量相等，甲的体积是乙的 2 倍，则 $\rho_{甲} = \frac{\quad}{\quad} \rho_{乙}$ 。

乙。

4. 不用天平，只用量筒，如何量出 1 千克的酒精来？

5. 用秤能否测出墨水瓶的容积？如果能，说出你的办法来。

6. 猜一猜你们教室里的空气有多少，几克？几十克？还是几千克？几十千克？测出你们教室的长、宽、高，算一算里面的空气质量是多少。你猜得对吗？

7. 人的密度跟水的密度差不多，根据你的质量算一算自己的体积有多大。

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

学到了什么

1. 质量

(1) 物体中所含物质的多少叫做质量。

千克、克、毫克、吨都是质量的单位。

1 吨=___ 千克；1 千克=___ 克；1 克=___ 毫克。

(2) 天平是测量质量的仪器。

使用天平时，应先把天平放在___上，把游码放在标尺的___刻线处，调节横梁上的___，使横梁___。

2. 密度

(1) 某种物质单位体积的质量叫做这种物质的密度。各种物质的密度可以从密度表中查得。

计算密度的公式是： $\rho = \frac{m}{V}$ 。

密度的单位是：千克/米³。在物理实验中还常用克/厘米³。

(2) 用天平称出物体的质量。用量筒测出它的体积，就可以算出组成它的物质的密度。

(3) 把公式 $\rho = \frac{m}{V}$ 变形为 $m = \rho V$ 和 $V = \frac{m}{\rho}$ ，可以用来计算物体的质量和体积。

第八章 力

1. 什么是力？怎样测量力的大小？
2. 什么是重力？物体受到的重力跟它的质量有什么关系？
3. 怎样求同一直线上两个力的合力。

一、什么是力

？

我们常常使用“力”这个字，力这个字的含义是非常广泛的。在物理学中我们也要研究力，只是在物理学中力的含义要狭窄得多，并有确切的含义。那么，什么是物理学中的力呢？

力是物体对物体的作用

人推车，人用了力，车受到了力。人拉椅子，人用了力，椅子受到了力。人用力的时候，肌肉会紧张。物理学中的力，最初就是从肌肉的紧张中抽象出来的。

不但人能够对物体施力，其他物体也能够对别的物体施力。推土机推土的时候，推土机就对土施力。拖拉机拉犁的时候，拖拉机就对犁施力。磁铁吸引铁钉的时候，磁铁就对铁钉施力。

物理学中研究的力，就是这种物体对物体的推或拉的作用。一个物体受到了力，一定有别的物体对它施力。

物体间力的作用是相互的

用手提水桶时，会感到水桶向下拉手。穿着旱冰鞋的小孩用手推墙，会感到墙在推他，他自己也会后退（图 8—1）。这表明，手对别的物体施力的同时，受力物体也对手施力。

大量事实表明，物体间力的作用是相互的。就是说，一个物体对别的物体施力时，也同时受到后者对它的力。

力的作用效果

力作用到物体上会产生什么效果呢？

图 8—2、8—3、8—4 告诉我们，力可以使物体由静止变为运动，由运动变为静止，或者改变运动方向。就是说，力可以改变物体的运动状态。

同学们一定还可以举出许多力使物体运动状态发生改变的例子。大家试试看。

图 8—5、图 8—6 的例子又告诉我们，力还可以改变物体的形状。请同学们再自己举出一些力使物体改变形状的例子。

想想议议

现在，请你们议论一下，什么是物理学中说的力？它能够产生哪些效果？

练习

1. 踢球时，球受到的力的施力物体是__，这时__也受到球的作用力。
2. 磁铁能够吸引铁钉。铁钉也能够吸引磁铁吗？找个磁针和铁钉来试试，看你的回答对不对。

二、力的测量

项羽用“力拔山兮气盖世”来说明他的力气很大，古小说中常用“手无缚鸡之力”来形容文弱书生的力气很小。我们从生活中早就知道力有大小的区别。为了准确地搞清力的大小，就要进行力的测量。

力的大小不同，产生的效果也不同。在物理学中，我们就是利用力产生的效果的大小来测量力的。

力的单位

我们知道，要测量长度，需要先规定长度的单位——米。要测量时间，需要先规定时间的单位——秒。同样地，要测量力，也需要先规定力的单位。国际上通用的力的单位叫做牛顿，简称牛。这个名称是为了纪念伟大的科学家牛顿而命名的。我国也用牛顿作为力的单位。

牛顿这个单位是怎样规定出来的，我们在初中就不讨论了。你拿起两个鸡蛋所用的力，大约就是1牛顿。下面的一些例子可以进一步帮助你领会1牛顿是多大的力：成年男子右手的拉力大约是700牛顿，女子大约是390牛顿，一般人右手的最大握力大约是560牛顿，左手的大约是430牛顿。

弹簧秤

测量力的大小的工具叫做测力计。弹簧受到的拉力越大，弹簧的伸长就越长。利用这个道理做成的测力计，也叫弹簧秤，在物理实验中经常使用。常用的两种弹簧秤的构造和测力方法如图8—9、8—10所示。

使用弹簧秤的时候，首先要看清它的量程，也就是它的最大刻度值。加在弹簧秤上的力不许超过它的量程，否则就会损坏弹簧秤。

除了弹簧秤以外，人们还制造了其他形式的测力计，例如测量手的握力的握力计（图8—11）就是其中的一种。

现在我们来做实验，练习使用弹簧秤，学习正确使用弹簧秤的方法。

〔器材〕弹簧秤，木块，长木板，一根头发。

〔步骤〕

1. 观察弹簧秤的量程，认清刻度上每一小格表示多少牛。
2. 用手拉秤钩，使指针指到1牛、5牛，感受一下1牛、5牛的力有多大。
3. 在水平放置的长木板上，用弹簧秤拉木块匀速前进，读出拉力的大小。
4. 在倾斜放置的长木板上，用弹簧秤拉木块匀速上升，读出拉力的大小。
5. 把一根头发拴在弹簧秤的秤钩上，用力拉头发，读出头发被拉断时拉力的大小。

头发能承受的拉力随年龄而变化，20岁组人的头发能承受的拉力最大，平均约1.72牛，30岁组的平均约1.5牛，40岁组的平均约1.38牛，60岁组的平均约0.95牛。10岁以下的平均给0.84牛。

想想议议

1. 在使用弹簧秤之前，最好轻轻来回拉动它的挂钩几次。这样做有什么好处？

2. 如果你用的弹簧秤在使用前指针并不是指在零位置，你该怎么办？

练习

1. 力的单位是_____，简称_____。

2. 弹簧秤是测量_____的工具。加在弹簧秤上的力不能超过它的_____。

3. 图8—9左边的弹簧秤能测量的最大力是_____牛，图8—10中弹簧秤指示的拉力是_____牛。

三、力的图示

力的三要素

想想看，除了大小外，力还有哪些因素能够影响它的作用效果？在排球运动中，二传手用力向上托球，球就向上运动，主攻手用力向下扣球，球就改变运动方向，急速下落。马向东拉车，车就向东前进；马向南拉车，车就向南前进。可见，力的方向能够影响它的作用效果。

推门的时候，推力作用到离门轴较远的点，比作用到离门轴较近的点，易于把门推开。用扳手拧螺母的时候，手握在把的末端比握在把的中间，易于把螺母拧紧。可见，力的作用点也能够影响它的作用效果。

力的大小、方向、作用点，叫做力的三要素，它们都能够影响力的作用效果。

力的图示

你们在这本书里看到了不少插图。其实，在任何科学技术读物中，图都是很重要的，甚至是必不可少的，因为图往往能够把有关现象或过程简单明了地表现出来，给人的印象有时比文字叙述更清楚。

在物理学中经常要研究力，因此需要一个通用的在图中表示力的方法。通常用一根带箭头的线段来表示力。具体的作法是：沿力的方向画一条线段，线段的长短表示力的大小，在线段的末端画个箭头表示力的方向，用线段的起点或终点表示力的作用点。有时，为了精确表示力的大小，还要在图中附上标度，指出某一长度表示多少牛的力（图 8—15）。像这样用一根带箭头的线段把力的三要素都表示出来就叫做力的图示。

有时只需要画出力的示意图，即在受力物体上沿力的方向画个箭头，表示物体在这个方向上受到了力，线段的起点代表力的作用点（图 8—17）。

想想议议

除了书上讲的力的图示外，你还能想出别的办法在图中把力的三要素表示出来吗？图 8—18 是某外国课本中表示力的方法，你看这样的表示方法行吗？

练习

1. 影响力的作用效果的三要素是：___。
2. 画出下列力的图示：
 - (1) 用 200 牛的力提起一袋粮食；
 - (2) 用 80 牛的力水平向右推桌子；
 - (3) 用与地面成 30° 角的 150 牛的力向右上方拉小车。

四、重力

我们在前几节中已经学到一些力的知识，现在就用这些知识来研究我们最常见的一种力——重力。

图 8—19、8—20 只是两个例子，实际上，一切物体在没有支持的时候都要向地面降落。这是因为地球对它周围的物体有引力，因此能把它们拉向地面。地面附近物体由于地球吸引而受到的力叫做重力。

地面附近的一切物体都受到重力。为了叙述简便，我们常把物体受到的重力简称为物重。

重力的大小

我们从实验中已经知道，不同物体受到的重力是有大有小的。物体所受重力的大小可以用弹簧秤来测量，把物体挂在弹簧秤钩上，当物体静止时，弹簧秤的读数就等于物体所受的重力。下面我们用弹簧秤来测量不同质量的物体受到的重力。

实 验

照图 8—21 那样，把质量分别是 100 克、200 克、300 克的钩码依次挂在弹簧秤上，分别读出它们重多少牛，记在下面的表格中，并算出每次重力跟质量的比值。

质量 (千克)	重力 (牛)	重力跟质量的比值 (牛 / 千克)
0.10		
0.20		
0.30		

实验表明，质量增大几倍，重力也增大几倍，即重力跟质量成正比，它们的比值是 9.8 牛 / 千克，是个定值。如果用 G 表示物体受到的重力， m 表示物体的质量， g 表示比值 9.8 牛 / 千克，重力跟质量的关系可以写作

$$G / m = g \text{ 或 } G = mg .$$

$G = mg$ 就是计算重力的公式。利用这个公式时需要注意， m 的单位要用千克，计算出的重力 G 的单位才是牛。

在粗略计算时， g 的值也可以取作 10 牛 / 千克。

重力的方向

用一根线把物体悬挂起来，物体静止时，线的方向跟重力方向一致，这个方向叫做竖直方向。所以重力的方向是竖直向下的（图 8—22）。

建筑工人砌墙时常利用重垂线来检查所砌的墙壁是否竖直（图 8—23）。如果你善于动脑筋，还可以用重垂线来检查桌面或窗台是否水平，想想看应该怎样做。

重 心

重力在物体上的作用点叫做重心。质地均匀、外形规则的物体的重心，在它的几何中心上，例如粗细均匀的棒的重心在它的中点；球的重心在球心；方形薄板的重心在两条对角线的交点（图 8—24）。

想想议议

我们站在地面上，脚朝下，站得很稳。但地球是圆球形，在我们“脚下”的阿根廷人，好像是脚朝上的（图 8—25），他们为什么也站得很稳呢？

练 习

1. 重力的方向是_____。物体受到的重力大小跟它的质量成_____比。
2. 一位同学的质量是 50 千克，他受到的重力是多大？
3. 质量是 300 克的书重多少牛？
4. 重 3 牛的石块，质量是多少克？

五、同一直线上二力的合成

两个小孩能提起的一桶水，一个大人就能提起（图 8—26）。两个小孩能推动的一个木箱，一个大人就能推动（图 8—27）。这就是说，一个大人作用的力产生的效果跟两个小孩共同作用的力产生的效果相同。

如果一个力产生的效果跟两个力共同作用产生的效果相同，这个力就叫做那两个力的合力。求两个力的合力叫做二力的合成。两个力沿同一直线作用在一个物体上时求合力最简单。我们先来研究这种情况。

实 验

照图 8—28 甲那样，用两个弹簧秤同时竖直向上拉下端固定的弹簧 S，使它伸长，记下这时弹簧 S 上端到达的位置 A 和两个弹簧秤的读数 F_1 和 F_2 。

再照图 8—28 乙那样，用一个弹簧秤竖直向上拉弹簧 S，使它的上端仍到达位置 A，记下这时弹簧秤的读数 F。

比较 F 与 $F_1 + F_2$ 的大小。它们有什么关系？

上面实验中， F_1 、 F_2 是同一直线上同方向的两个力，它们共同作用的效果跟 F 的相同，所以 F 是 F_1 、 F_2 的合力。实验结果告诉我们，同一直线上、方向相同的两个力的合力大小等于这两个力的大小之和，合力的方向跟这两个力的方向相同。

沿同一直线作用在物体上的两个力，方向相反时，合力又是怎样的呢？先猜猜，再做下面的实验。

实 验

照图 8—29 甲那样，使上端固定的弹簧 S 下端同时受到竖直向下的拉力 F_1 和竖直向上的拉力 F_2 ($F_1 > F_2$)，弹簧伸长。记下这时弹簧 S 下端到达的位置 B 和 F_1 、 F_2 的数值。

再照图 8—29 乙那样，用一个弹簧秤竖直向下拉弹簧 S，使它的下端仍伸长到 B，记下这时弹簧秤的读数 F。

比较 F 与 $F_1 - F_2$ 的大小，能得出什么结论？

实验告诉我们，同一直线上，方向相反的两个力的合力大小等于这两个力的大小之差，合力的方向跟较大的那个力相同。

一个物体受到同一直线上的两个力作用的例子是很多的。一辆车，一个人沿水平方向向前拉，另一个人沿水平方向向前推，这时车受到的合力等于两个力之和（图 8—30 甲）。两个人向相反方向水平推桌子，桌子受到的合力等于两个力之差（图 8—30 乙）。

练 习

1. 甲、乙两同学推一张桌子，甲用 30 牛的力向右推，乙用 50 牛的力向左推，两力沿同一直线，桌子受到的合力是多大？方向如何？

2. 一人用 250 牛的力竖直向上提起一个重 200 牛的水桶，水桶受到的合力是多大？方向怎样？

3. 一辆车沿坡路上行。一个人在车前面用 200 牛的力沿坡路向上拉车，另一人在车后面用 150 牛的力沿坡路向上推车，车受到的这两个人的合力是多大？方向怎样？

*六、互成角度的二力的合成

作用在物体上的两个力常常不在同一条直线上，而是互成角度。例如两人打夯时，两人用力的方向就互成角度（图 8—31）。这时合力怎样呢？

我们来观察下面的实验。

实 验

照图 8—32 甲那样，把橡皮圈固定在木板上，用两个弹簧秤互成角度拉橡皮圈 S，使它伸长，记下橡皮圈终端的位置 O 和两个弹簧秤拉力的方向和读数 F_1 、 F_2 。

再照图 8—32 乙那样，用一个弹簧秤拉橡皮圈 S，使它的终端仍到达位置 O。记下这时弹簧秤拉力的方向和读数 F。

比较 F 与 F_1 、 F_2 的大小。F 比 F_1 与 F_2 之和大还是小？比 F_1 与 F_2 之差呢？

在上面的实验中，如果用力 F_1 与 F_2 的图示为邻边作成平行四边形，这个平行四边形的对角线就可以表示出它们的合力 F 的大小和方向（图 8—33）。

改变两个力的夹角重做这个实验，可以看出，上述的用平行四边形的对角线来表示它们合力的方法都是成立的。两个力互成角度时，它们的合力小于这两个力之和，大于这两个力之差。两个力的夹角减小时，合力增大；夹角增大时，合力减小。当两个力的夹角减小到 0° 时，合力就等于两个力之和。当两个力的夹角增大到 180° 时，合力就等于两个力之差。因此可以说，我们在上节所学的在同一直线上二力的合成，是这里所学知识的特殊情况。

练 习

有两个力， $F_1=5$ 牛， $F_2=3$ 牛。用平行四边形的方法画出两个力的夹角分别是 30° 、 90° 、 120° 时的合力，看看合力的大小如何随夹角改变，结果是否与本节最后一段中说的一致？

阅读材料：失重状态

我们生活在地球上，一举一动都受到重力的影响，人们也早已习以为常了。要是一旦失去了重力，我们的生活又会变成什么样子呢？这是一个很有趣的问题。有了宇宙飞船和航天飞机，宇航员们体验到了人在失去重力的情况下的生活。

宇宙飞船和航天飞机上的宇航员，也还是受到重力的，只不过由于

他们高速围绕地球飞行，就好像不受重力似的（道理要到高中物理中才能学习）。这种状态通常叫做失重状态。

在失重状态下，人可以飘浮在空中，要举起笨大的物体，也不用费很大的力气，真是“轻而易举”。宇航员要睡觉，躺着站着都行，没有不同的感觉。实际上，宇航员是钻进固定在舱壁上的睡袋里去睡的，就像虫茧挂在树枝上那样。

在太空中吃饭也很特别。不能吃碎渣飞溅的饼干，以免碎渣长久飘浮在空中，吸入气管。早先宇航员的食物是装在像牙膏那样的管里，吃的时候往嘴里挤。现在制成了可以在太空吃的普通饭菜，如一口一个小面包，外面裹着一层蛋白质薄膜的蛋糕，用塑料袋装的各种冷冻压缩食品等。在失重状态下，杯里的水倒不进嘴里，宇航员喝水时要把水挤到嘴里去。

希望本书的读者中将来有的能当上宇航员，飞到太空中去，从事新奇的科学研究，也体验一下失重状态下的生活。

小实验：制作橡皮筋测力计

用一条或几条橡皮筋，一块硬纸板，一个小盒盖，自制一个简单的橡皮筋测力计（图 8—34）。用几个质量已知的同样重的玻璃球或硬币当砝码，在纸板上画出重力的刻度值。用自制的测力计来测量钢笔、橡皮、牙膏等物体各重多少。

习 题

1. 用手拍桌面，手会感到痛，这是因为__。
2. 游泳时，用手和脚向后划水，人就前进。这是为什么？
3. 画出下列力的图示。
 - (1)用 3 牛的力沿水平方向拉弹簧；
 - (2)用 60 牛的力向下砸钉子；
 - (3)用 90 牛的力沿斜面向上拉箱子。
4. 用力的图示画出图 8—35 中物体所受的重力（图中的 O 表示重心）。
 5. 在桥头上往往可以看到如图 8—36 那样的限重标志牌（它上面的 t 表示吨）。想想看，为什么要有这种限制？这座桥允许通过的最重的车是多少牛？
 6. 月球对它表面附近的物体也有引力，这个引力大约是地球对地面附近物体引力的 $\frac{1}{6}$ 。一个连同随身装备共 90 千克的宇航员，在月球上重多少牛？
 7. 胖、瘦二人用一条绳子向同一方向拉一只船，胖子用力 300 牛，

瘦子用力 170 牛，船受到的拉力是多大？

8. 起重机用 5050 牛的力向上吊起质量为 500 千克的一个钢件。这个钢件受到的合力是多大。方向如何？

学到了什么

1. 力的一般知识

(1) 力是物体对物体的作用。物体间力的作用是相互的。

(2) 力的作用效果是改变物体的运动状态或改变物体的形状。

(3) 力的单位是__，简称__，物理实验中常用来测量力的大小。

(4) 影响力的作用效果的三个要素是力的__。可以用力的图示或示意图来表示力。

2. 重力

(1) 重力是地面附近的物体由于地球吸引而受到的力。重力的方向是_____。

(2) 重力与质量成正比，计算重力的公式是 $G=mg$ ，其中 g 为__。

3. 二力的合成

(1) 同一直线上、方向相同的两个力的合力大小等于两个力的大小之和，方向跟两个力相同。

同一直线上、方向相反的两个力的合力大小等于两个力的大小之差，方向跟较大的那个力相同。

* (2) 作用在同一物体上的互成角度的两个力它们的合力的大小和方向，可用以这两个力的图示为邻边的平行四边形的对角线来表示。

第九章 力和运动

1. 什么是牛顿第一定律？什么是惯性？
2. 二力平衡的条件是什么？
物体受到的两个力彼此
平衡时将怎样运动？
3. 摩擦力的大小跟什么因素有关系？

一、牛顿第一定律

？

我们从前一章知道，力能使静止的物体运动，使运动物体的速度加快、减慢或改变运动的方向。现在来考虑这样一个问题，如果物体不受力，将会怎样呢？

下面的实验可以帮助我们研究这个问题。

实 验

1. 照图 9—1 那样，让小车从斜面顶端滑下，滑到铺有毛巾的平面上，观察小车前进的距离。
2. 让小车从斜面顶端滑下，滑到铺有棉布的平面上，观察小车前进的距离有何变化。
3. 让小车从斜面顶端滑下，滑到木板平面上，观察小车前进的距离有何变化。

从实验中看到，在同样条件下，平面越光滑，小车前进得越远。我们在小学自然课中学过摩擦，我们知道，小车在平面上运动时，由于存在摩擦，总是要受到阻碍它前进的力，所以终于要停下来。表面越光滑，小车受到的摩擦阻力越小。它前进得就越远。

三百多年前，伽利略对类似的实验进行了分析，认识到运动物体受到的阻力越小，它的速度减小得就越慢，它运动的时间就越长。他还进一步通过推理得出，在理想情况下，如果表面绝对光滑，物体受到的阻力为零，它的速度将不会减慢，这时物体将以恒定不变的速度永远运动下去。

法国科学家笛卡儿（1596～1650）进一步补充了伽利略的结论，指出如果运动物体不受任何力的作用，不仅速度大小不变，而且运动方向也不变，将沿原来的方向匀速运动下去。

后来英国科学家牛顿总结了伽利略等人的研究成果，从而概括出一条重要的物理定律：

一切物体在没有受到外力作用的时候，总保持静止状态或匀速直线

运动状态。这就是著名的牛顿第一定律。

牛顿第一定律是在大量经验事实的基础上，通过进一步的推理而概括出来的。我们周围的物体，都要受到这个力或那个力的作用，因此不可能用实验来直接证明这一定律。但是，从定律得出的一切推论，都经受住了实践的检验，因此，牛顿第一定律已成为大家公认的力学基本定律之一。

二、惯性 惯性现象

惯性

从上一节的牛顿第一定律还可以知道，一切物体都有保持静止状态或匀速直线运动状态的性质。我们把物体保持运动状态不变的性质叫做惯性。所以牛顿第一定律也叫惯性定律。

惯性现象

一切物体都具有惯性。图 9—2、9—3 是几个表现出物体具有惯性的有趣实验。能试的最好自己试试，好好想想惯性所起的作用。

物体表现出惯性的现象我们经常遇到。例如当汽车突然起动时，车上乘客的脚已随车向前运动，而身体的上部由于惯性还要保持静止状态，这时乘客就要向后倒。反之，当汽车突然刹车时，车上的乘客会向前倒，你能说明向前倒的原因吗？

惯性是造成许多交通事故的原因。行驶中的汽车和自行车刹车时，由于惯性不能立即停止，即使紧急刹车，也要向前运动一段距离才能停下来。车的速度越快，刹车后向前运动的距离越长。在交通要道对机动车辆行驶的最大速度有所限制，骑自行车时不要骑得太快，都是为了避免由于来不及停车而造成交通事故。

现在汽车的速度越来越快，有时又需要紧急刹车。为了防止高速行驶的汽车紧急刹车时乘员由于惯性而撞伤，公安部门要求小型客车的驾驶员和前排乘客必须使用安全带（图 9—5）。在汽车紧急刹车时，安全带起缓冲作用，防止人向前撞到车的其他部件上受伤。

想想议议

本书编者之一上小学的时候，听教师说由于地球自转当地地面的速度大约是 360 米 / 秒，便产生了一个想法：地球既然转得这么快，那么当自己跳起来落回地面时，地面一定转过了一段很大的距离，自己就不会落在原地。下课后便急忙地跑到操场上去试试。使劲向上跳，但总是落回到原地。当时他怎么也不明白其中的道理。你能予以解释吗？

练 习

1. 本书引言图 0—2 所示的实验中，突然弹出硬纸片时，鸡蛋会掉入杯中，而不是随硬纸片一起飞出。你能说明原因吗？
2. 把一个光滑的小石块放在纸条上，快速抽动纸条时，小石块会随纸条一起运动吗？做做看。
3. 跳远运动员都是先跑一段距离才起跳，这是为什么？
4. 举出几个生活和生产中利用惯性的例子。

三、二力平衡

惯性定律告诉我们，物体在不受外力的时候要保持静止状态或匀速直线运动状态。能不能反过来说，凡是保持静止状态或匀速直线运动状态的物体，都没有受到外力呢？稍稍想一想就知道不能这样说。我们周围的物体总是要受到力的。悬挂着的电灯是静止的，但它受到重力和电线的拉力。桌子上的书是静止的，但它受到重力和桌子的支持力。在平直轨道上匀速行驶的火车，除了受到重力和地面的支持力，还受到水平方向的牵引力和阻力。可见，物体在受到外力作用时，也可能保持静止状态或匀速直线运动状态。

物体在受到几个力作用时，如果保持静止状态或匀速直线运动状态，我们就说这几个力相互平衡。

二力平衡的情况最简单，下面我们来研究这种情况。

二力平衡的条件

在两个力的作用下，物体并不是总能保持静止状态或匀速直线运动状态的。例如，把书放在光滑斜面上时，书受到重力和斜面的支持力，但书要下滑，不能处于静止状态。汽车刚开动时，受到牵引力和阻力的作用，速度越来越快，并不处于匀速直线运动状态。那么，物体受到的两个力，要满足什么条件才能平衡，使物体保持静止状态或匀速直线运动状态呢？

让我们先用实验来研究这个问题。

实 验

1. 如图 9—6 所示，把木块放在光滑的水平桌面上，向挂在木块两端的小盘里加砝码，先使两盘里的砝码不相等；再使砝码相等；观察木块在什么条件下静止，在什么条件下发生运动。

2. 保持两盘里的砝码相等，把木块扭转一个角度，使拉力 F_1 和 F_2 不在一条直线上，观察木块的情况。

可见，一个物体在二力作用下保持静止的条件是，这两个力必须大小相等，方向相反，并且在同一直线上。

我们这里还不能做实验来研究一个物体在二力作用下保持匀速直线运动的条件。大量实验结果表明，这个条件也是这两个力必须大小相等，方向相反，并且在同一直线上。

概括起来，可以得到结论：

作用在一个物体上的两个力，如果大小相等，方向相反，并且在同一直线上，这两个力就彼此平衡。

根据上一章学过的同一直线上二力合成的知识可知，彼此平衡的两

个力的合力一定为零。

二力平衡条件的应用

懂得了二力平衡的条件，我们就会知道，悬挂着的电灯，受到向下的重力和电线对它向上的拉力（图 9—7），当电灯静止不动时，这两个力一定大小相等，方向相反，并且在同一直线上，如果知道电灯受到的重力大小，就能知道电线对灯的拉力。放在桌子上的书，受到向下的重力和桌面对它向上的支持力（图 9—7），当书静止不动时，如果已知书重，你能说出支持力的大小吗？

在平直公路上做匀速直线运动的汽车，受到向前的牵引力和地面、空气对它的向后的阻力（图 9—8），这时牵引力和阻力一定是大小相等，方向相反，并且在同一直线上，知道了牵引力，就能知道阻力。

在图 9—9 中，跳伞运动员和伞在空中匀速直线下降，如果已知人和伞的总重，你能说出他们所受的阻力吗？

想想议议

你能较完整地说出物体保持静止状态或匀速直线运动状态的条件吗？试试看。你还能进一步较完整地说出物体的这两种状态不能保持的条件吗？再试试。

练习

1. 某人沿水平方向用 20 牛的力推着一辆车匀速向西运动，车受到的阻力大小是_____牛，方向是_____。

2. 图 9—10 中哪些物体受到的两个力是彼此平衡的？

3. 质量 0.4 千克的电灯悬挂在电线上静止不动，电线对灯的拉力是多大？方向如何？4. 箱子放在地面上静止不动，它除了受到重力，还受到什么力？这个力的大小和方向跟箱子受到的重力有什么关系？

四、摩擦力

摩擦力

摩擦是一种常见的现象。你用不大的力推箱子，推不动它，这就是由于箱子和地面之间产生了摩擦力，与你的推力平衡了^严。你再使劲用更大的力推，箱子终于被推动了，这时你用的推力已经超过了摩擦力，箱子才能被推动。你继续推箱子匀速前进，还要用力，这时你用的推力是用来平衡摩擦力的。可见，两个互相接触的物体，当它们要发生或已经发生相对运动时，就会在接触面上产生一种阻碍相对运动的力，这种力就叫做摩擦力。

现在我们来研究一个物体在另一个物体表面上滑动时摩擦力的大小跟哪些因素有关系。

实 验

1. 把木块放在水平长木板上，用弹簧秤拉木块，使木块匀速运动，读出这时的拉力（图 9—11 甲）。

2. 在木块上放砝码，重做实验 1（图 9—11 乙）。这次读出的拉力比实验 1 的拉力大还是小？

3. 在水平长木板上固定好砂纸或棉布，放上木块（不加砝码），重做上面的实验（图 9—11 丙）。也把这次读出的拉力跟实验 1 的拉力相比较。

上面实验中的木块做匀速直线运动，因此拉力的大小就等于滑动摩擦力。木块压在木板上的力叫做压力。大量实验表明，滑动摩擦力的大小既跟压力大小有关系，又跟接触面的粗糙程度有关系。压力越大，滑动摩擦力越大；接触面越粗糙，滑动摩擦力越大。

在日常生活和生产活动中，摩擦有时是有益的，有时是有害的。我们应该知道增大有益摩擦和减小有害摩擦的方法。

增大有益的摩擦

人走路要利用鞋底与地面间的摩擦，这个摩擦是有益的。为了增大摩擦，鞋底上有凸凹不平的花纹（图 9—12），使接触面粗糙些。要使制动后的汽车停下来，就要利用轮胎与地面间的摩擦。下雪天路滑，摩擦小，刹车时不容易停住，所以交通事故多。为了增大摩擦，轮胎上做有凸凹不平的花纹，下雪天还常在马路上撒些灰渣。

骑自行车的人要停下来，就要刹车。刹车用力越大，自行车就停得越急。想想看，这又是什么道理？如果你没骑过自行车，最好找一辆来，

^严 严格地说，推力和摩擦力并不作用在同一直线上，但在初步讨论这个问题时，可以认为这两个力是作用在同一直线上的。

先让车轮转动，再用不同的力刹车，看看实际发生的现象。

很可能，你们还知道一些增大有益摩擦的事例，不妨想一想，大家交流一下。

减小有害的摩擦

一部机器工作时，有些部件要转动，有些部件要滑动，这时都要产生摩擦。这种摩擦不但使机器发热，白白消耗动力，而且使机器磨损，性能变坏。这些情况下摩擦是有害的，要设法减小它。

你们很容易想到，减小接触面的粗糙程度，减小压力，都可以减小摩擦。这是对的。不过，用这样的办法还往往不能把有害的摩擦减小到令人满意的程度，人们还找出了更好的减小摩擦的方法。

还是在古代，人类就已经发现用滚动来代替滑动可以大大减小摩擦。你在本节的实验 1 中，如果在木块下垫两三根圆铅笔（图 9—13），使木块匀速运动所用的拉力就大大减小了。大家试试看。根据这个道理，各种车辆上都安装了车轮。许多机器的转动部分，安装了滚动轴承（图 9—14）。轴承的内圈紧套在轴上，外圈固定在轮上，两圈之间装有许多光滑的钢珠或钢柱，轮转动时带动外圈转动，钢珠或钢柱就在内外圈之间滚动，摩擦就大大减小了。自行车的前后轮都是装在滚动轴承上的，你拆下来看过吗？

另一种减小摩擦的方法是使两个互相接触的摩擦面彼此离开。加润滑油可以在摩擦面间形成一层油膜，使摩擦面不接触，运动部件只在油膜上滑过，大大减小了摩擦。利用压缩气体在摩擦面间形成一层气垫，使摩擦面脱离接触，可以使摩擦变得更小。气垫轴承、气垫船（图 9—15）就是利用气垫来减小摩擦的。

练习

1. 举出几个表明摩擦存在的现象。
2. 滑动摩擦力的大小跟哪些因素有关系？举例说明。
3. 在同样的室内地面上，推动重的家具比推动轻的家具费力，原因是什么？

阅读材料：牛顿的故事

牛顿是英国著名的物理学家和数学家，1642 年圣诞节他出生在英国北部一个偏僻的农村里，这正是伽利略去世的那年。牛顿在力学、光学、天文学、数学方面有许多贡献，他发现了万有引力定律和光的色散，总结概括出了著名的牛顿运动三定律，奠定了经典物理学的基础。

牛顿自幼喜欢读书和思考。后来有人问他为什么能在科学上做出那么多的贡献时，牛顿说：“靠的是日以继夜的思考。”牛顿读书和思考时非常专心，对其他的事就往往漠不关心了，由此闹出过许多笑话。一

次，他一边读书一边煮鸡蛋，等他揭开锅准备吃鸡蛋的时候，发现锅里煮的竟是自己的怀表。还有一次，他请一位朋友吃饭，菜已摆到桌上，可是牛顿突然想到一个问题而回到自己的书房，很久也不出来。朋友等得不耐烦，便自己吃起来，还把牛顿的那一份鸡也吃光了，骨头留在盘子里，然后不辞而别。牛顿从书房里出来到饭桌上后，看到盘子里的鸡骨头，自言自语地说：“我还以为自己没有吃饭，原来已经吃过了。”

牛顿在科学上做出了重大的贡献，获得了崇高的荣誉，但是他非常尊重前人的研究成果。他说：“如果说我曾经看得远一些，那是因为我站在巨人们的肩上。”

勤奋和悉心钻研，是牛顿取得重大成就的主要原因，这是非常值得我们学习的。

汽车刹车之后

现代社会汽车大量增加，发生事故的一个重要原因是遇到意外情况时车不能立即停止。因为司机从看到情况到肌肉动作操纵制动器需要一段时间，这段时间叫反应时间，在这段时间内汽车要前进一段距离。叫反应距离。从操纵制动器刹车，到车停下来，汽车又要前进一段距离，这段距离叫制动距离。以上两段距离之和即为汽车的停车总距离。

下面是一个机警的司机开一辆保养得很好的汽车在干燥的公路上以不同的速度行驶时，测得的刹车后的反应距离和制动距离。

速度 (千米/时)	反应距离 (米)	制动距离 (米)	停车总距离 (米)
40	7	8	15
50	9	13	22
60	11	20	31
80	15	34	49
100	19	54	73

想一想影响汽车制动距离的主要因素是什么？在雨雪天制动距离将怎样变化？如果可能，用自行车自己试验一下，并找司机了解一下，看看你的想法是否正确。

小实验：筷子提米

在玻璃杯里装上半杯大米，把一根筷子插在中间，将米压紧，使筷子直立。再继续往里加少许水，等一会儿，拿起筷子就可以把装满米的玻璃杯提起来（图 9—16）。做做看，想想这是什么道理。

巧找重心

形状不规则物体的重心，一般不容易确定。但是对于薄板，却可以用简单的实验来确定。下面的方法你可以试一试。

照图 9—17 那样，在薄板上的某一点 A 用线把它悬挂起来。当薄板静止时，它受到的重力与线对它的拉力平衡，两力在一条直线上。用铅笔沿悬线在薄板上画出竖直线 AB，重心一定在直线 AB 上。再通过另一点 C 用线把薄板悬挂起来，在薄板静止时沿悬线画出另一条竖直线 CD，重心一定也在直线 CD 上。因此，AB、CD 两条直线的交点 O 就是薄板的重心。

习 题

1. 子弹从枪膛里射出后，虽然不再受到火药的推力，但是仍然向前运动，这是为什么？

2. 向前飞行的飞机投掷救灾物资时，如果在投掷目标正上方投下，能落到目标处吗？应怎样投掷才行？

3. 人走路时，被石头绊倒会向前倒，这是为什么？

4. 锤头松了，把锤柄的一端在物体上撞击几下（图 9—18），锤头就能紧套在锤柄上。为什么？

5. 质量是 150 克的文具盒托在手中静止不动。用力的图示画出文具盒受到的重力和支持力的大小和方向。（取 $g=10$ 牛 / 千克）

6. 质量是 50 克的钩码挂在弹簧下面静止不动，钩码受几个力？每个力多大？施力物体各是什么？（取 $g=10$ 牛 / 千克）

7. 一人用 100 牛的力沿水平方向推着一个木箱在地板上匀速前进，箱重 250 牛，木箱受到的摩擦力是多大？

8. 观察一辆自行车或一架缝纫机，看看工作中哪些互相接触的部件间要相对运动，这些地方都有摩擦，找出哪些摩擦是有益的，哪些摩擦是有害的，都用了些什么方法来增大有益摩擦和减小有害摩擦？比比看谁观察得仔细。

9. 想想看，我们在生活中哪些地方要利用摩擦？假如没有摩擦，这些地方会变成什么样子？

学到了什么

1. 牛顿第一定律：一切物体在没有受到外力作用的时候，总保持静止状态或匀速直线运动状态。牛顿第一定律也叫惯性定律。

根据牛顿第一定律，原来静止的物体在不受外力时将_____，原来运动的物体在不受外力时将_____。

2. 惯性：物体有保持静止或匀速直线运动的性质，这种性质叫做惯性。

行驶的汽车刹车后不能立即停止，汽车紧急刹车时乘客向前摔倒等现象，都是物体惯性的表现。

3. 二力的平衡

物体在受到两个力作用时，如果保持静止状态或匀速直线运动状态，我们就说这两个力彼此平衡。

作用在物体上的两个力，如果大小相等，方向相反，并且在同一直线上，这两个力就彼此平衡。二力平衡时合力为零。

4. 摩擦力

(1)两个互相接触的物体，当它们要发生或已经发生相对运动时，在接触面上产生的阻碍相对运动的力叫做摩擦力。

(2)滑动摩擦力的大小跟物体间的压力和接触面的粗糙程度有关。

(3)滚动摩擦比滑动摩擦小。

(4)我们常常需要增大有益摩擦和减小有害摩擦。你学到什么增大或减小摩擦的知识？注意把这些知识用到实践中去。

第十章 压强

液体的压强

1. 什么叫压强？怎样改变压强的大小？
2. 液体的压强有什么特点？
3. 液体压强的大小跟什么有关系？

一、压力和压强

？

在茫茫雪原上，步行的人为陷入及膝深的雪而苦恼（图 10—1），滑雪者却几乎不陷下去，这是什么原因呢？

压 力

人站在地面上对地面有一个向下的作用力，茶杯放在桌面上对桌面也有一个向下的作用力，人对地面、茶杯对桌面的作用力都垂直压在它们的表面上，物理学中把垂直压在物体表面上的力叫做压力。

上面两个例子中地面、桌面所受的压力，是由于人和茶杯受到重力而产生的。但是压力并不都是由重力产生的，也不一定都与重力的方向相同。例如往墙上按图钉时，图钉对墙的压力来自手对图钉的作用，压力的方向垂直于墙面。

压力对受力面作用的效果跟压力的大小有关系，例如要想把图钉按进墙里，必须用较大的力按才行。但是在图 10—1 中，步行的人和滑雪者对雪的压力差不多，他们对雪地产生的效果为什么不同呢？两种情况明显不同的是滑雪板的面积比鞋底的面积大得多。这会引发你什么猜想？

有的同学可能会猜想：是不是滑雪板把压力分散到大的面积上，减弱了压力的作用？压力作用的效果是不是跟受压面积的大小有关系？

猜想得对不对，要靠事实来检验。

实 验

照图 10—3 甲那样，把小桌腿朝下放在泡沫塑料上；再照图乙那样，把小桌翻过来。注意这两次实验时泡沫塑料被压下的深浅，这显示压力作用的效果。

压 强

压力作用的效果不仅跟压力的大小有关系，还跟受力面积的大小有关系。所以，比较压力作用的效果需要比较单位面积上受到的压力。

物体单位面积上受到的压力叫做压强。

压强的计算公式是

$$\text{压强} = \frac{\text{压力}}{\text{受力面积}}$$

通常用 p 表示压强， F 表示压力， S 表示受力面积，压强的公式可以写成

$$p = \frac{F}{S}$$

在国际单位制中，力的单位是牛，面积的单位是米²，压强的单位是“牛/米²”，它有一个专门名称叫做帕斯卡，简称帕，这是为了纪念法国科学家帕斯卡。

1 帕=1 牛/米²。

帕斯卡是一个很小的单位，一张报纸平放时对桌面的压强约 0.5 帕。成年人站立时对地面的压强约 15×10^3 帕。实际中，常用百帕（ 10^2 帕）、千帕（ 10^3 帕）、兆帕（ 10^6 帕）作压强的单位。

〔例题〕比较图 10—4 中芭蕾舞演员足尖对舞台的压强和图 10—5 中大象对地面的压强，哪个大？

已知：(1)对演员来说 $F_1=G_1=475$ 牛， $S_1=9.5$ 厘米² = 9.5×10^{-4} 米²。

(2)对大象来说 $F_2=G_2=60000$ 牛， $S_2=600$ 厘米² $\times 4=0.24$ 米²。

求：芭蕾舞演员对地面的压强 p_1 ，大象对地面的压强 p_2 。

$$p_1 = \frac{F_1}{S_1} = \frac{475 \text{牛}}{9.5 \times 10^{-4} \text{米}^2} = 5 \times 10^5 \text{牛/米}^2$$

$$=5 \times 10^5 \text{帕}$$

$$p_2 = \frac{F_2}{S_2} = \frac{60000 \text{牛}}{0.24 \text{米}^2} = 2.5 \times 10^5 \text{牛/米}^2$$

$$=2.5 \times 10^5 \text{帕}$$

答：芭蕾舞演员足尖对地面的压强比大象脚对地面的压强大。

解题时要注意面积的单位一定要换算成米²，得出的压强单位才是帕。

怎样减小或增大压强

任何物体能够承受的压强都有一定的限度，超过这个限度，物体会被压坏。砖能承受的压强大约是 5×10^6 帕，混凝土是 $5 \sim 50 \times 10^6$ 帕，花岗岩是 $120 \sim 260 \times 10^6$ 帕。

为了不压坏物体，例如拖拉机不压坏田地而陷进地里，雪上飞机不压坏雪地而陷进雪里，要设法减小压强；而有些情况下又需要增大压强，例如用刀切东西、向墙上按图钉，必须有足够大的压强，它们才能进入物体里。

根据压强的公式以及图 10—6 和图 10—7 中的实例，同学们一定可

以找出在压力不变的情况下，减小压强的办法和增大压强的办法，说说话。

想想议议

有两组同样的砖，A组一块，B组两块。每块砖的长：宽：高=4：2：

1。要使这两组砖对地面的压强相等，可以怎样放？要使A组砖对地面的压强比B组砖对地面的压强大，应该怎样放？你能各想出几种放法？

练习

1. 锯、剪刀、斧头等，用过一段时间就要磨一磨，为什么？背书包为什么用扁而宽的带，而不用细绳？

2. 啄木鸟有个细长而坚硬的尖嘴，这对它的生存为什么特别重要？假如尖嘴变钝了，它还能成为“森林医生”吗？

3. 骆驼的体重比马大不了一倍，而它的脚掌面积是马蹄子的3倍。这为“沙漠之舟”提供了什么有利条件？

4. 铁路的钢轨为什么不直接铺到路基上，而铺在枕木上（图10—8）？

5. 目前世界上的主战坦克的质量从30多吨到60多吨，履带着地面积在4米²以上，求质量是40吨、履带着地面积为5米²的坦克对地面的压强。（取g=10牛/千克）

6. 质量45千克的一位同学站在地面上，每只脚与地面的接触面积是150厘米²，他对地面的压强是多大？要想很快地使地面受到的压强增大一倍，可以怎么办？（取g=10牛/千克）

二、实验：研究液体的压强

固体由于受到重力作用，对支承它的物体有压强。液体也受到重力作用，对支承它的物体——容器底也有压强（图 10—9）。

固体有固定的形状，不能流动。液体没有固定的形状，能流动，因此对阻碍它流散开的容器壁也有压强（图 10—10）。液体的这种不同于固体的性质，使液体产生的压强会有哪些特点呢？

〔目的〕研究液体的压强。

〔器材〕压强计（图 10—11），大烧杯，水，盐水，刻度尺。

〔步骤〕

全班分为若干组，有的组用盐水、有的组用清水做实验。

1. 将水倒入烧杯，将压强计的金属盒放入水中，观察 U 形管两边液面是否出现高度差。水的内部是否存在压强？

改变橡皮膜所对方向，观察压强计。水是否向各个方向都有压强？

2. 保持压强计金属盒所在的深度不变，例如保持在水面下 3 厘米处，使橡皮膜朝上、朝下、朝任何侧面（图 10—12），分别记下 U 形管两边的液面位置，并求出液面高度差，填入下页表中。

根据求出的液面高度差，比较同一深度处橡皮膜朝各个不同方向时所受压强的大小。在同一深度，水向各个方向的压强有什么关系？

3. 改变金属盒的深度，例如先移至 6 厘米深处，再移至 9 厘米深处，分别求出压强计的液面高度差，填入下表。

深度 (厘米 ³)	橡皮膜 方 向	水(盐水)		
		压强计		
		左液面 (毫米)	右液面 (毫米)	液面高度差 (毫米)
3	朝上			
3	朝下			
3	朝侧面			
6				
9				

水的压强随深度增加怎样改变？

4. 向其他小组了解实验情况，比较同一深度处水的压强和盐水的压强哪个大。

在深度相同的情况下，不同液体的压强跟密度有什么关系？

想想议议

在这一节里，关于液体的压强，你们学到了哪些知识？

三、液体压强的计算

?

许多同学从电影、电视中看到过：屏住呼吸的潜水者在海底采集海参、珍珠贝，背着氧气瓶的潜水员在较深的海中观察鱼类的生活，要在更深的海水中工作，就要穿潜水服了。这是由于海水的压强随深度而增大，在深水中要采用特殊的防护装备，以防胸腔被海水压坏。

液体在某一深度处的压强有多大，应该怎样计算呢？液体的压强从上节的实验知道，由于液体有流动性，它的压强有不同于固体的特点。

液体对容器底和侧壁都有压强，液体内部向各个方向都有压强。

液体的压强随深度增加而增大。在同一深度，液体向各个方向的压强相等；不同液体的压强还跟密度有关系。

液体压强的计算

由于在同一深度，液体向各个方向的压强相等，我们只要算出某一深度液体竖直向下的压强，也就同时知道了液体在这一深度各个方向上的压强。

假如要知道水面下 20 厘米处竖直向下的压强，可以设想在 20 厘米深处有个水平放置的正方形平面，边长为 1 厘米（图 10—14），计算这个正方形平面上方的 20 厘米高的水柱对这个底面的压强。

同学们可以按下面的步骤思考：

1. 这个水柱的体积多大？ $V=Sh$

$$= 20 \text{ 厘米}^3。$$

2. 这个水柱的质量多大？ $m= \rho V= \rho sh$

$$= 20 \text{ 克}。$$

3. 这个水柱有多重？对底面的压力是多少牛？（取 $g=10 \text{ 牛/千克}$ ）

$$F=G=mg= \rho gsh=0.2 \text{ 牛}。$$

4. 底面受到的压强是多少帕？ $p= \frac{F}{S}= \rho gh$

$$= 2000 \text{ 帕}。$$

因此，深度为 h 处液体的压强为

$$p= \rho gh。$$

注意，利用这个公式计算液体压强的时候， ρ 的单位一定要用千克/米³， h 的单位要用米，计算出的压强单位才是帕。

根据上面推出的计算液体压强的公式，想一想，液体的压强跟哪些因素有关系？是什么关系？跟所取的面积有关系吗？

〔例题〕计算图 10—15 中甲、乙两个煤油柱对底面产生的压强和压力。（取 $g=10 \text{ 牛/千克}$ ）

煤油柱对底面产生的压强只跟深度有关系，跟底面积没有关系，图

10—15 中甲、乙两个煤油柱的高度相同，所以对底面产生的压强也相同。

已知： $g=10$ 牛/千克， $\rho_{\text{煤油}}=800$ 千克/米³， $h_{\text{甲}}=h_{\text{乙}}=20$ 厘米 $=0.2$ 米， $S_{\text{甲}}=1$ 厘米 $\times 1$ 厘米 $=10^{-4}$ 米²，

$S_{\text{乙}}=3$ 厘米 $\times 3$ 厘米 $=9 \times 10^{-4}$ 米²。

求： $p_{\text{甲}}$ ， $p_{\text{乙}}$ ， $F_{\text{甲}}$ ， $F_{\text{乙}}$ 。

解： $p_{\text{甲}}=\rho_{\text{煤油}}gh_{\text{甲}}=800$ 千克/米³ $\times 10$ 牛/千克 $\times 0.2$ 米 $=1600$ 牛/米² $=1600$ 帕。

因为 $h_{\text{乙}}=h_{\text{甲}}$ ，所以 $p_{\text{乙}}=p_{\text{甲}}=1600$ 帕。

$F_{\text{甲}}=p_{\text{甲}}S_{\text{甲}}=1600$ 帕 $\times 10^{-4}$ 米² $=0.16$ 牛。

$F_{\text{乙}}=p_{\text{乙}}S_{\text{乙}}=1600$ 帕 $\times 9 \times 10^{-4}$ 米² $=1.44$ 牛。

答：两个煤油柱对底面的压强相等，都是 1600 帕。甲对底面的压力为 0.16 牛，乙对底面的压力为 1.44 牛。

想想议议

工程师们为什么要把拦河坝设计成下宽上窄的形状（图 10—16）？

练习

1. 一个空的塑料药瓶，瓶口扎上橡皮膜，竖直地浸入水中，一次瓶口朝上，一次瓶口朝下，这两次药瓶在水里的位置相同（图 10—17）。为什么每次橡皮膜都向内凹？为什么橡皮膜在下端时比在上端时凹进得更多？

2. 图 10—18 的两容器中盛同种液体，哪个容器底受到的压强大？

3. 潜到海面下 50 米的潜水员，受到的海水压强是多大？

4. 刘家峡水电站的水库大坝高 147 米，当水库水位为 130 米时，坝底受到的水的压强是多大？

四、连通器船闸

?

图 10—19、10—20、10—21 中的茶壶、锅炉水位计、乳牛自动喂水器，在形状、尺寸、用途上都不相同，但是在结构上有共同点。你能发现这个共同点吗？

连通器

上端开口、下部相连通的容器叫连通器。图 10—22 的实验表明：连通器里的水不流动时，各容器中的水面总保持相平。

根据液体压强的知识容易理解连通器各容器中水面相平的道理。设想图 10—23 所示连通器下部有一个小液片 AB，要使 AB 不动，必须 AB 左右两侧受到的压强大小相等，而只有两边水柱高度相等，它们对液片 AB 的压强才能相等。

船 闸

船闸是利用小道理解决大问题的一个好例子。利用河水发电、灌溉，往往需要修建拦河坝，把河水拦住，提高上游水位。例如，目前我国最大的水电站——葛洲坝水电站的拦河坝长 2595 米，高 47 米，上、下游水位相差 20 多米。河水被几十米高的拦河坝截断后，为了保持航运畅通，在拦河坝旁修建了船闸，这里利用了连通器的道理（参看彩图）。

图 10—24 表示出了船闸的构造和船从上游驶往下游的过程。葛洲坝 2 号船闸的闸室长 280 米，宽 34 米，每座闸门都有两扇门，下游闸门每一扇高 34 米，宽 19.7 米，比一个篮球场大得多。

阀门 A 打开，水从上游流进闸室。

闸室中水面与上游相平时，闸门 C 打开，船驶入闸室。

关闭阀门 A 和闸门 C，打开阀门 B，水从闸室流向下流。

闸室中水面与下游相平时，闸门 D 打开，船驶往下游。

想想议议

如果船从下游经过船闸驶向上游，船闸的阀门、闸门的开、闭顺序应该怎样？

阅读材料 开发海洋

我们的地球，确切些说应该叫“水球”，因为海洋占整个地球表面的 71%。海洋可能提供的食物要比全部可耕地提供的多 1000 倍，海洋底部有各种矿石 1000 亿吨，目前人类从海洋得到的，跟它蕴藏的相比，只是少量的鱼、虾、海盐、石油、天然气等。所以海洋是个极有开发潜力

的资源宝库。

要开发利用海洋，必须研究海洋，就需要潜入到海洋的深处去。深潜的最大困难是海水的巨大压强：每下降 10 米，压强约增加 0.1 兆帕，到 10000 米深处，增加到相当于 130 多米高的铁柱对底面的压强。潜水员穿抗压潜水服只能下潜几百米深。为了下潜到更深处去考察，科学家们制造了各种耐压的深潜设备。

1929 年美国科学家毕比和巴顿设计了一个直径 1.45 米的潜水球，上面有 3 个用 76 毫米厚的石英玻璃做的观察窗。潜水球用粗钢缆连接到海面的母船上。1934 年他们曾用这个球潜到 924 米的深度。瑞士物理学家皮卡尔第一个设计出不用钢索能独立活动的潜水器——深水潜艇，1954 年用它创造了 4050 米的深潜记录。1960 年，皮卡尔的儿子和美国人沃尔什，乘经过改进的深水潜艇“的里雅斯特 2 号”，在世界最深的太平洋马利亚纳海沟，深潜到 10916 米的海底。他们惊奇地发现一条长约 30 厘米的扁鱼在海底游动，证实了在世界最深处也有高度发达的脊椎动物。他们浮出海面后发现，艇的直径竟被巨大的水压压缩了 1.5 毫米。

我国资源虽然相当丰富，但人口众多，人均占有资源相对不足。因而研究海洋，开发海洋，对我国人民的生存和发展是很重要的。

小实验：你对地面的压强有多大

测出你身体的质量和鞋底的支承面积，求出你双脚着地和单脚着地时对地面的压强。

测鞋底的支承面积时可以参照图 10—26 那样，在方格纸上描下鞋底贴地部分的轮廓，数一下图形里包含的方格数（对于不满一格的，凡大于半格的都算一格，小于半格的都不算），再乘以每一方格的面积。

习 题

1. 一块砖，平放、侧放、立放在地上（图 10—27），哪种放法对地面的压力大？哪种放法对地面的压强大？为什么？

2. 图钉帽的面积是 1 厘米^2 ，图钉尖的面积是 0.05 毫米^2 ，手指对图钉的压力是 20 牛。求手对图钉帽的压强和图钉尖对墙的压强。后者是前者的几倍？

3. 履带拖拉机对地面的压强约为 3×10^4 帕，一台质量 5000 千克的履带拖拉机，它每条履带与地面的接触面积大约是多大？（取 $g=10 \text{ 牛/千克}$ ）

4. 测出物理课本 1 张纸对桌面的压强。说出你的办法。

5. 一个人，违犯公园规定，在冰还不够厚的湖上穿行，掉进了冰窟窿。公园的工作人员需要接近冰窟窿去救他。旁边有梯子和木板。它们的长、宽都差不多。为了救人，工作人员应该把梯子还是把木板铺在冰

上，以便从上面爬过去拉落水者？说说你的理由。

6. 轮船舱底在水面下 3.5 米，舱底穿了一个面积为 0.2 米^2 的洞，要想堵住这个洞，需要对挡板施多大的力？（取 $g=10 \text{ 牛/千克}$ ）

7. 长 1 米的竖直玻璃管内装有 76 厘米高的水银柱，这个水银柱对管底产生的压强是多大？如果玻璃管加粗一倍但水银柱的高度不变，压强又是多大？（取 $g=10 \text{ 牛/千克}$ ）

8. 一个正立方体浸没在水中（图 10—28），下面哪些说法正确？

A. 它的上、下表面都受到水的压强，上表面受到的压强比下表面大；

B. 上、下表面都受到水的压力，这两个表面受到的压力相等；

C. 下表面受到的压强比上表面大，下表面受到的压力也比上表面大；

D. 上表面受到的压力竖直向下，下表面受到的压力竖直向

上。 答：[]

9. 用一块塑料片挡住两端开口的玻璃筒下端，竖直地插入水中（图 10—29）。塑料片为什么不下沉？向玻璃筒内缓慢倒水，注意观察筒内水面多高时塑料片下沉，并且说明原因。

学到了什么

1. 压力和压强

垂直压在物体表面上的力叫__。

物体__受到的__叫压强。压强的计算公式是 $p=$ __。压强的单位是__，简称__， $1 \text{ 牛/米}^2=1$ __。

在压力一定的情况下，增大受力面积可以减小压强，减小受力面积可以增大压强。

2. 液体的压强

液体对容器__都有压强，液体内部__都有压强。

液体的压强随深度增加而__。在同一深度，液体向各个方向的压强__，不同液体的压强还跟__有关系。

计算液体压强的公式是 $p=$ __。

3. 连通器里的水不流动时，各容器中的水面总保持相平。茶壶、锅炉水位计都是连通器。船闸是利用连通器的道理来工作的。

第十一章 大气压强

1. 哪些事实表明存在着大气压强？
2. 大气压强有多大？

一、大气的压强

？

1654年5月8日，德国马德堡市的市民们看到了一件令人既惊奇又困惑的事情：他们的市长，就是发明抽气机的奥托·格里克，把两个直径30多厘米的空心铜半球紧贴在一起，用抽气机抽出球内的空气，然后用两队马向相反的方向拉两个半球，“连16匹马（拚命挣扎着）都不能把它们拉开，或者只有费了很大的劲才能拉开它们，当马用尽了全力把两个半球最后拉开的时候，还发出了很大的响声，像放炮一样。”^这市民们惊奇地问：“是什么力量把它们压合得这么紧呢？”“没有什么，是空气。”市长这样回答。而如果把铜半球上的阀门拧开，空气经阀门流进球里，用手一拉球就开了。这就是著名的马德堡半球实验。

空气怎么会有这么大的力呢？

大气压强

地球周围被厚厚的空气层包围着。包围地球的空气层又叫大气层，我们就生活在大气海洋的底层。

空气，也像液体那样，受到重力的作用，而且能流动，因而空气内部向各个方向都有压强，大气对浸在它里面的物体的压强叫做大气压强，简称大气压或气压。

马德堡半球实验就是奥托·格里克为了让人们确信大气压强的存在而设计的。现在用皮碗很容易模拟这个实验（图11—2）。

能够显示大气压存在的实验很多，图11—3和图11—4都是这类实验。

大气压强有多大？

马德堡半球实验使人们对大气压很大获得深刻印象，但是大气压到底有多大呢？这个问题，实际在格里克做他的著名实验之前11年，已由伽利略的学生托里拆利解决了。他用图11—5所示的装置测出了大气压强的值。

在长约1米、一端封闭的玻璃管里灌满水银，将管口堵住，然后倒插在水银槽中，放开堵管口的手指时，管内水银面下降一些就不再下降，这时管内外水银面的高度差约760毫米。

玻璃管内水银面上方是真空，而管外水银面上受到大气压强，正是

^这 这段话引自奥托·格里克写的1672年出版的一本书《在无空气空间里进行的所谓新的马德堡实验》。

大气压强支持着玻璃管内 760 毫米高的水银柱。也就是大气压强跟 760 毫米高水银柱产生的压强相等。

水银的密度是 13.6×10^3 千克/米³，根据前一章讲的，可以算出 760 毫米 (= 0.76 米) 高水银柱产生的压强 $p = \rho gh = 1.01 \times 10^5$ 帕，即大气压强的值约为 10^5 帕。这相当于有 10 牛的压力作用在每厘米²的面积上，比大象躺倒时对地面的压强还大。

大气压强这么大，为什么我们感觉不到呢？这是因为人体内部也有压强，还因为人类长期生活在这样条件下，习惯了的缘故。

想想议议

把装满水的量筒浸入水中，口朝下。照图 11—6 那样抓住筒底向上提，在筒口离开水面前，量筒露出水面的部分：(1)是空的；(2)有水，但不满；(3)充满水。哪个说法对？为什么？实际做做看。

练习

1. 把塑料挂衣钩紧贴在光滑的墙上 (图 11—7)，就能用它挂衣服或书包，这是为什么？

2. 用麦杆从瓶子中吸饮料时 (图 11—8)，是什么力使饮料上升到嘴里的？

3. 假如用水来做托里拆利实验，管内水面上方是真空，那么大气压大约能支持多高的水柱？

二、大气压的变化

大气压随高度减小

大气压是由于大气层受到重力作用而产生的，离地面越高的地方，上面的大气层越薄，那里的大气压强越小。图 11—9 表示出了大气压随高度变化的情况。

如果预先测出不同高度处的大气压强值，列成表，那么到一个高度未知的地点，只要测出大气压强值，就可以知道当地的高度。

气压计

用来测定大气压的仪器叫气压计。在托里拆利实验中，如果在玻璃管旁立一个刻度尺，就可以直接读出大气压相当于多少毫米水银柱，这就成了一个气压计。这种气压计叫水银气压计。水银气压计测量结果准确，但是携带不方便。实际上常用的气压计是金属盒气压计，也叫无液气压计。它的主要部分是一个抽成真空的金属盒及一个与盒盖中央相连的弹簧片（图 11—10 乙），盒的表面是波纹状的。大气压变化时，盒的厚度及弹簧片的弯曲程度随着变化，固定在弹簧片末端的连杆就通过传动机构带动指针旋转，指出大气压强的值。

若无液气压计的刻度盘上标的不是大气压的值，而是高度，就成了航空、登山用的高度计。

标准大气压

大气压不但随高度变化，在同一地点也不是固定不变的，通常把等于 760 毫米水银柱的大气压叫标准大气压，1 标准大气压等于 1.01325×10^5 帕。

标准大气压的值在一般计算中常取 1.01×10^5 帕（101 千帕），在粗略计算中还可取作 10^5 帕（100 千帕）。

沸点随气压改变

许多物理现象跟气压的大小（通常说气压的高低）有关系，对人类的生活、健康有重要影响。例如，在几千米高的山上，如果没有高压锅，连一顿熟饭都吃不上，就是由于水的沸点随气压改变的缘故。

实 验

烧瓶中的水沸腾（图 11—11 甲）后移去酒精灯，水停止沸腾；待水温降低一些后将大注射器接到烧瓶口上（图 11—11 乙），向外拉注射器活塞，看到了什么现象？这个实验说明了什么问题？

实验表明气压减小时水的沸点降低。

换用其他液体，在各种气压下实验，表明一切液体的沸点，都是气压减小时降低，气压增大时升高。

由于气压随高度减小，所以水的沸点随高度降低：海拔 1 千米处约 97℃，3 千米处约 91℃，6 千米处约 80℃，9 千米处约 70℃。在海拔 8848

米的珠穆朗玛峰顶，大约 72 水就沸腾了。所以在高山上烧饭要用高压锅（压力锅）。高压锅由于不漏气，锅内气压可高于标准大气压，水的沸点高于 100 ，不但饭熟得快，还可以节省燃料。

想想议议

第四章中几种液体的沸点表为什么要注明“在标准大气压下”？

练习

1. 根据图 11—9 查一查珠穆朗玛峰顶的气压大约是多大？相当于海平面上大气压的百分之几？

2. 在制糖工业中，要用沸腾的办法除去糖汁中的水分。为了使糖在沸腾的时候不致变质，沸腾的温度要低于 100 。想想看，怎样可以做到这一点。

三、活塞式抽水机和离心泵

人类生活、农田灌溉、工业生产都离不开水。在多数地区，人们需要的水要从河里或地下抽取，大气压在这方面帮了我们大忙。

活塞式抽水机

抽水机也叫水泵，是利用大气压把水从低处抽到高处的。图 11—12 是一种常见的活塞式抽水机，叫吸取式抽水机。图中表示出了它的工作过程，但是下边的说明文字写得不完整，请同学们把它填写完整。

离心式水泵

离心式水泵通常叫离心泵。图 11

—13 是它的示意图。它的主要部分是

泵壳和装在泵壳里的叶轮。叶轮的轴跟

电动机（或柴油机）的轴相连。水泵起动前，先往泵壳里灌满水。起动后，叶轮在电动机带动下高速旋转，泵壳里的水也随叶轮高速旋转，同时被甩入出水管中，这时叶轮转轴附近压强减小，大气压迫使低处的水推开底阀，沿进水管进入泵壳。进来的水又被叶轮甩进出水管……这样就不断把水抽到高处。

选用最合适的设备

提水设备种类很多，除了吸取式抽水机和离心泵以外，还有靠人力的龙骨水车、压力式抽水机，靠畜力的水车，靠电力的轴流泵、混流泵，靠水力的水轮泵，等等。这些提水设备中哪种更好呢？这样笼统地提问题，意义不大。因为每种设备都有它的优点、缺点、适用条件，应该根据我们的实际需要和财力、能源及技术力量等条件，考虑哪一种对我们最合适。

吸取式抽水机，构造简单，价格便宜，不需要配套的电动机或柴油机，维护、修理都比较容易，一般人都能胜任，但是它的出水量小，提水高度小。所以它很适合于从不太深的井里提水供家庭生活用。

离心式水泵，出水量大，提水高度高，但是价格贵，需要电动机或柴油机带动，维护、修理都比较复杂，需要专门受过训练的人管理。所以它适用于大块农田的灌溉，或工厂用水。

应该根据需求和具体条件选择最合适的设备。

想想议议

学校和家庭附近有哪些提水设备？从实际需要和具体条件看，它们是不是合适？有什么改进建议？

*四、气体的压强跟体积的关系

？

实验

我们每时每刻都要呼吸。你能描述我们吸气和呼气时的动作吗？你知道这时利用了什么物理现象吗？

把注射器活塞推至注射器筒的中部，用手指堵住前端小孔，这样就在注射器内封住了一定质量的空气。

向筒内压活塞使筒内空气体积缩小（图 11—15），手有什么感觉？向外拉活塞使筒内空气体积增大，手有什么感觉？

这个实验表明空气的压强跟体积有什么关系？

气体压强跟体积的关系

大量实验表明：在温度不变时，一定质量的气体，体积越小，压强越大；体积越大，压强越小。

我们吸气时，胸部扩张，胸内肺泡跟着扩张，于是肺的容积增大，肺内空气压强减小，小于体外的大气压强，大气压将新鲜空气经鼻腔、气管压入肺中。呼气时，胸部收缩，肺的容积缩小，肺内空气压强增大，大于体外的大气压强，肺中一部分空气经气管、鼻腔排出体外。

抽气机、打气筒、空气压缩机等都是利用气体压强跟体积的关系制成的。

打气筒

使用打气筒时，要把它的出气管接到自行车轮胎的气门上。气门的作用是只允许空气从打气筒进入轮胎，不允许空气从轮胎倒流入打气筒。

图 11—16 表示出了打气筒的构造和工作情况。它的活塞和筒壁之间有空隙，活塞上有个向下凹的橡皮盘。向上拉活塞的时候，活塞下方的空气体积增大，压强减小，活塞上方的空气就从橡皮盘四周挤到下方。向下压活塞的时候，筒外的空气从筒上端的空隙进入活塞上方，同时活塞下方空气体积缩小，压强增大，使橡皮盘紧抵着筒壁不让空气漏到活塞上方，继续向下压活塞，当空气压强足以顶开轮胎的气门芯时，压缩空气就进入轮胎。

从打气筒得到的压缩空气，压强只有通常大气压的两三倍。要得到压强更大的压缩空气，可以用结构比打气筒复杂的空气压缩机。

压缩空气的应用

许多机器设备利用压缩空气来工作，例如，矿山上用压缩空气开动风镐、风钻，火车上用压缩空气制止车轮转动——制动，无轨电车、公共汽车上用压缩空气开关车门，等等。

图 11—17 是火车制动的示意图。能看懂这类表示机器、设备的构造和工作过程的示意图，对于将来的学习、工作都很有用。所谓看懂，就

是能根据平面图想象出立体情况，根据静止图想象出运动情况。这种想象能力需要我们自己注意锻炼，逐步培养。目前可以先注意以下几点：

首先，分清哪些部件可以运动，哪些部件是静止的。在图 11—17 中，活塞（及相连的闸瓦）、制动阀、阀门是可动的，其余部件是静止的。

其次，分清可动部件可以怎样动。图 11—17 中，活塞可以左右移动，制动阀可以转 90° ，阀门可以开闭。

再次，分清谁主动，谁被动。图 11—17 乙里，贮气筒中的压缩空气使阀门关闭（压缩空气不能从阀门经主气路、制动阀流出），同时推动活塞向右移动。

请同学们把图 11—17 下边的说明填写完整。

阅读材料 大气压发现的历史

17 世纪以前的哲学家们都认为自然界不存在真空，即所谓“自然界厌恶真空”。对于抽水机能把水抽上来，认为是活塞上升后，水要立即填满活塞原来占据的空间，以阻止真空的形成。

在 17 世纪中叶，著名意大利物理学家伽利略听到一个奇特的事实：一台抽水机至多能把水抽到 10 米高，无论怎样改进抽水机，也不能把水抽得再高了。他想可能是因为自然界害怕真空是有限度的，这个限度可以用水柱的高度量出来。不久他便去世了。对这个问题的研究由他的学生托里拆利继续进行。

托里拆利预料，因为水银的密度大约是水的 14 倍，如果用水银代替水，水银升起的高度应该是水升起高度的 $1/14$ 。托里拆利设计了用水银柱检验这个预想的方案。1643 年他的学生做了这个实验，结果证明了他的预想是正确的。在托里拆利实验中，玻璃管内水银面的上方就是真空，可见自然界是可以存在真空的。管内的水银柱是由大气压支持着的。托里拆利实验不但揭示了大气压的存在，而且测出了大气压的值。

托里拆利实验的消息传到法国，引起了科学家们的广泛兴趣。帕斯卡推论说，如果水银柱是大气压支持的话，那么在海拔较高的地方，水银柱应该较短。1648 年他的朋友沿多姆山山坡从山脚到山顶设立了若干观察站，每个站上装一个托里拆利气压计，结果发现水银柱随高度的增加而减小，证明了帕斯卡推论的正确。

同一时期，德国科学家格里克也进行了大气压的实验研究。他做了一个水气压计，水能升高到他住房的第三层，格里克认为水的上升是大气压的作用。通过长期的观测，他还发现水柱高度的变化与天气有关。1660 年他根据一次气压的突然下降，预报了一次大的风暴。

小实验：观察大气压随高度的变化

取一个瓶子，装上适量带色的水。取一根两端开口的细玻璃管，在它上面画上刻度，使玻璃管穿过橡皮塞插入水中。从管子上端吹入少量气体，使瓶内气体压强大于大气压强，水沿玻璃管上升到瓶口以上（图 11—19）。

请你拿着它从楼下到楼上（或从山下到山上），观察玻璃管内水柱高度的变化情况，并给以解释。注意瓶口必须密合，不能漏气。不要用手直接拿瓶子，以免瓶子受热，影响瓶内气体的压强。

习 题

1. 医生用注射器打针前，要把药液吸进注射器。简单描述医生如何把药液吸进注射器，并且作出解释。

2. 一位同学学习了大气压强的知识后，自己做了一个给鸡自动喂水的装置（图 11—20），把装满水的瓶子倒立在容器内的水中，当容器内的水被鸡喝掉，瓶口露出水面时，瓶内的水就流出一些，到水面封住瓶口时，瓶内的水就不再流出。请你做做看。

3. 屋顶的面积是 45 米^3 ，大气对屋顶的压力有多大？这么大的压力为什么没有把屋顶压塌呢？

4. 已经知道海平面上的大气压强值是 10^5 帕，能不能根据海平面上的空气密度是 $1.29 \text{ 千克} / \text{米}^3$ ，按照计算液体内部压强的思路，算出大气层的高度？为什么？

学到了什么

1. 著名的表明大气压强存在的实验有_____。

可以测出大气压强值的实验有_____。

2. 大气压随高度的增加而减小。

大气压强可以用气压计测量。1 标准大气压约为_____帕。

液体的沸点与压强有关系，压强增大，沸点_____；压强减小，沸点_____。3. 活塞式抽水机和离心式水泵，都利用大气压强把水抽上来。

选用机器设备，应该根据实际需要、财力、能源、技术力量等条件选用最合适的。

*4. 温度不变时，一定质量的气体，体积越小，压强_____；体积越大，压强_____。

第十二章 浮力

1. 浮力产生的原因是什么？
2. 浮力的大小等于什么？
3. 怎样控制物体的浮沉？

一、浮力

船、木块为什么能浮在水面上？浸没在水中的皮球、乒乓球为什么能浮上来（图 12—1）？这是因为它们都受到了水的浮力。那么，在水里要下沉的铁球、石块，受不受到水的浮力呢？

实 验

1. 照图 12—2 那样，先称出石块受到的重力 G ，再把石块浸没在水中，观察弹簧秤读数的变化。弹簧秤读数减小到 F ，根据同一直线上二力合成的知识，这表明石块在水中除受到竖直向下的重力 G 外，还受到水对它竖直向上的作用力——浮力 $F_{\text{浮}}$ ，弹簧秤读数 F 就是重力 G 与浮力 $F_{\text{浮}}$ 的合力， $F = G - F_{\text{浮}}$ 。

2. 将烧杯中的水换成酒精或煤油，重做上面的实验。

物体的浮沉

一切浸入液体的物体，都受到液体对它竖直向上的浮力。

浸入液体的物体同时受到重力和浮力的作用。想一想，在下述条件下物体将怎样运动：1. 浮力大于物重；2. 浮力等于物重；3. 浮力小于物重。

物体浮在水面不动，浮力跟物重有什么关系？

图 12—3 在下面的浮力 $F_{\text{浮}}$ 和物重 G 间填 $>$ 、 $=$ 或 $<$ ，括号中填甲、乙、丙或丁：

下沉， $F_{\text{浮}} < G$ （甲）；上浮， $F_{\text{浮}} \underline{\hspace{1cm}} G$ （ ）；

悬浮， $F_{\text{浮}} \underline{\hspace{1cm}} G$ （ ）；漂浮， $F_{\text{浮}} \underline{\hspace{1cm}} G$ （ ）。

浮力产生的原因

设想一个立方体浸没在水里（图 12—4），它的 6 个表面都受到水的压力。它的左右两侧面、前后两侧面，受到的压力都是大小相等、方向相反，互相平衡的，只有上下两面由于深度不同，受到水的压强大小不同，压力也因而而不相等，下表面受到水的向上的压力 $F_{\text{下}}$ ，大于上表面受到水的向下的压力 $F_{\text{上}}$ ，向上和向下这两个压力差就是液体对浸入物体的浮力 $F_{\text{浮}}$ 。

$$F_{\text{浮}} = F_{\text{下}} - F_{\text{上}}$$

浮力总是竖直向上的。

物体在气体中也受到浮力。氢气球脱手后会上升，就是因为受到空气对它的浮力。

想想议议

浮上来的皮球，从它刚露出水面到最后漂在水面上不动的过程中，它受到的重力怎样变化？浮力怎样变化？浸没在水里的体积怎样变化？浮力的大小可能跟什么有关系？

练习

1. 从日常生活和常见的自然现象中举两个例子说明浸入液体的物体受到浮力。

2. 用什么实验可以证明在水中要下沉的物体也受到水的浮力。浮力的方向如何？

3. 一个1牛的钩码，挂在弹簧秤钩上，当钩码浸没在水中时弹簧秤的示数是0.87牛，这个钩码受到水的浮力是多少牛？

4. 图12—5中是3个体积相同而材料不同的物体甲、乙、丙，浸没在同一种液体中，它们的受力情况如图中所示。那么，上浮的物体是__，下沉的物体是__，悬浮的物体是__。

5. 设图12—4表示的是边长为0.1米的立方体铝块，它的每个正方形表面的面积是_____米²，如果它下表面受到水向上的压力是20牛，下表面受到水的压强是_____帕，上表面受到水的压强是_____帕，上表面受到水向下的压力是_____牛，铝块受到水的浮力是_____牛。（取 $g=10$ 牛/千克）

二、阿基米德原理

浸入液体中的物体受到的浮力有多大呢？

实验

1. 照图 12—6 那样，先在空气中称出石块重，再把石块浸没在溢水杯的水中，求出石块受到的浮力。然后称出被石块从溢水杯排到小桶中的水重。

2. 照图 12—7 那样，先称出木块重，再把木块轻轻放在溢水杯的水面上，然后称出被漂浮着的木块从溢水杯排到小桶中的水重。木块受到的浮力多大？

物体受到的浮力跟它排开的液体受到的重力（液重）有什么关系？

阿基米德原理

浸入液体里的物体受到向上的浮力，浮力的大小等于它排开的液体受到的重力。这就是 2000 多年前希腊学者阿基米德发现的著名的阿基米德原理。

如果用 $V_{排}$ 表示物体排开的液体的体积， $\rho_{液}$ 表示这种液体的密度，那么 $\rho_{液}gV_{排}=G_{排}$ 就是被物体排开的液体受到的重力，而阿基米德原理可以用下面的公式表示：

$$F_{浮}=G_{排}=\rho_{液}gV_{排}。$$

阿基米德原理也适用于气体。浸没在气体里的物体受到的浮力的大小，等于它排开的气体受到的重力。

推导阿基米德原理

阿基米德原理是从实验得出的，但是根据浮力产生的原因——物体受到液体向上和向下的压力差，也可以把它推导出来。

设想边长为 l 的立方体浸没在密度为 $\rho_{液}$ 的液体里（图 12—8），它上表面受到液体向下的压强 $P=\rho_{液}gh_1$ ，下表面受到液体向上的压强 $p=\rho_{液}gh_2=\rho_{液}g(h_1+l)$ 。根据 $F=p_1l^2$ ， $F_2=p_2l^2$ ， $F_{浮}=F_2-F_1$ ， $l^3=V_{排}$ ，可得 $F_{浮}=\rho_{液}gV_{排}$ 。

〔例题〕铁块、铝块各一个，都重 7.02 牛，当它们浸没在水中时，各受到多大的浮力？（取 $g=10$ 牛/千克）

要求出铁块、铝块受到的浮力 $F_{浮铁}$ 和 $F_{浮铝}$ 需要先求出它们的体积 $V_{铁}$ 、 $V_{铝}$ ，这就是它们浸没在水中时排开的水的体积。在已知它们受到的重力的条件下，根据 $G=mg$ 可以求出它们的质量，再从密度表查出 $\rho_{铁}$ 、 $\rho_{铝}$ 就可以求出它们的体积。

已知： $G_{铁}=G_{铝}=7.02$ 牛， $\rho_{铁}=7.9\times 10^3$ 千克/米³，
 $\rho_{铝}=2.7\times 10^3$ 千克/米³， $\rho_{水}=1\times 10^3$ 千克/米³。

求： $F_{浮铁}$ ， $F_{浮铝}$ 。

解：由 $G = mg$ 可得 $m = \frac{G}{g}$ ，

$$m_{\text{铁}} = m_{\text{铝}} = \frac{7.02 \text{ 牛}}{10 \text{ 牛/千克}} = 0.702 \text{ 千克。}$$

$$V_{\text{铁}} = \frac{m_{\text{铁}}}{\rho_{\text{铁}}} = \frac{0.702 \text{ 千克}}{7.9 \times 10^3 \text{ 千克/米}^3} = 8.9 \times 10^{-5} \text{ 米}^3$$

$$V_{\text{铁}} = V_{\text{排}}$$

$$F_{\text{浮}} = \rho_{\text{水}} g V_{\text{排}}$$

$$= 1 \times 10^3 \frac{\text{千克}}{\text{米}^3} \times 10 \frac{\text{牛}}{\text{千克}} \times 8.9 \times 10^{-5} \text{ 米}^3$$

$$= 0.89 \text{ 牛}$$

$$V_{\text{铝}} = \frac{m_{\text{铝}}}{\rho_{\text{铝}}} = \frac{0.702 \text{ 千克}}{2.7 \times 10^3 \text{ 千克/米}^3} = 2.6 \times 10^{-4} \text{ 米}^3$$

$$V_{\text{铝}} = V_{\text{排}}$$

$$F_{\text{浮}} = \rho_{\text{水}} g V_{\text{排}}$$

$$= 1 \times 10^3 \frac{10 \text{ 千克}}{\text{米}^3} = 10 \frac{\text{牛}}{\text{千克}} \times 2.6 \times 10^{-4} \text{ 米}^3 = 2.6 \text{ 牛}$$

答：铁块受的浮力是 0.89 牛，铝块受的浮力是 2.6 牛。

数学公式可以简明、准确地表示物理概念、规律，还可以用来计算、解决问题。所以很多学生重视记公式。但是，必须先理解清楚公式中每个符号代表什么，整个公式表示什么意思。千万不要死记，乱套。

就这道例题来说，求铁块浸没时受的浮力， $V_{\text{铁}}$ 才等于 $V_{\text{排}}$ ，如果只有一半没入液体，那么 $V_{\text{排}} = V_{\text{铁}}/2$ 。因为是浸没在水中，阿基米德原理公式中才用 $\rho_{\text{水}}$ 。如果是浸没在油中，就要用 $\rho_{\text{油}}$ 。

练习

1. 浸没在水中的石块，它受到的浮力跟它在水中浸没的深度有没有关系？用什么样的实验可以检验你的答案？

2. 两手分别拿着一个小木块和一个大石块，把它们都浸没到水中，同时松开手，小木块上浮，大石块下沉，哪个受到的浮力大？

3. 同样重的铁块甲和乙，甲浸没在水中，乙浸没在煤油中，哪个铁块受到的浮力大？为什么？4. 体积是 0.01 米^3 的铜球浸没在酒精中，它受到的浮力是多少牛？如果是同样体积的铝球呢？（取 $g = 10 \text{ 牛/千克}$ ）

5. 试证明：浸没在液体中的物体，如果由密度大于液体的物质制成，则下沉；如果由密度小于液体的物质制成，则上浮；如果由密度等于液体的物质制成，则悬浮。

三、浮力的利用

人类利用浮力从远古时代就开始了，最初可能从抓住漂浮的树木免于灭顶之灾得到启示，而抱住或骑在一段树干上顺水漂流。这是人类最早的航行，利用了密度小于水的木材受到的浮力。

后来人们发现，把树干挖空成为独木舟，不但乘坐舒适，还能承载更多的人和物(图 12—9)。从浮力利用的角度看，这是个了不起的进步：采用“空心”的办法增大可以利用的浮力。即使现代化的轮船。也保持着这种古老的办法。

实 验

把废牙膏皮底部剪掉，卷成一团，照图 12—11 甲那样放入水中，它能浮到水面上吗？照图 12—11 乙那样，使它成空心筒状放入水中，它能浮在水面上吗？

牙膏皮是由密度大于水的材料制成的，卷成团后比同体积的水重，放入水中时受到的重力大于浮力，只能下沉。把它做成空心，虽然受到的重力没有改变，但是体积增大很多，排开的水增多，受到的浮力增大，所以能够浮在水面上。

轮 船

要用密度大于水的材料制成能够浮在水面的物体，可以把它做成空心，使它能够排开更多的水。根据这个道理，人们用密度大于水的钢铁制造了轮船。

轮船的大小通常用排水量来表示。排水量就是轮船按设计的要求装满货物——满载时排开的水的质量。如果有一只轮船，它的排水量是 10000 吨，在密度是 1×10^3 千克/米³ 的河水中，它满载时排开的河水的体积多大？如果它是在密度是 1.03×10^3 千克/米³ 的海水中，它排开的海水的体积多大？它从河流驶入海里是浮起一些还是沉下一些？

潜 水 艇

潜水艇能潜入水下航行，进行侦察和袭击，是一种很重要的军用舰艇。潜水艇两侧有水舱(图 12—13)。向水舱中充水时，潜水艇逐渐加重，就逐渐潜入水中。当水舱充满水时，潜水艇重等于同体积的水重，潜水艇可以悬浮在水中。当用压缩空气将水舱里的水排出一部分时，潜水艇变轻，从而浮出水面。

普通潜水艇的潜水深度可达 300 米。

气 球 和 飞 艇

气球里充的是密度小于空气的气体。例如节日放飞的气球、携带气象仪器的高空探测气球，充的是氢气；作为一种体育、娱乐活动的热气球，充的是被燃烧器烧热而体积膨胀的热空气。

为了能定向航行而不随风飘荡，人们把气球发展成飞艇：在大的气

囊下面装了带螺旋桨的发动机和载人、装货的吊篮。本世纪 20 至 30 年代，飞艇曾盛极一时，被用来进行军事侦察、轰炸或作为空中交通工具。后来由于连续发生几次气囊中氢气爆炸，造成悲惨的事故，飞行速度又不及飞机，便逐渐被飞机取代。近来由于能源危机，还由于可以用不会爆炸的氦气代替氢气，人们对造价低廉、消耗燃料少、装载量大的飞艇又重新重视起来。

想想议议

假如由你来设计一个可以载人的带吊篮的气球，气球里充的是氦气，为了使乘客能降回地面，你打算采用什么办法？如果气球里充的不是氦气而是热空气，你又打算用什么办法？

练习

1. 一个质量是 50 克的鸡蛋悬浮在盐水中不动时，它受到的浮力是__牛。（取 $g=10$ 牛/千克）

2. 排水量为 1000 吨的轮船在河水中航行，船及所装货物共重__牛，受到河水的浮力是__牛。

如果河水密度为 1×10^3 千克/米³，船排开的河水体积是_____米³。（取 $g=10$ 牛/千克）

3. 一艘轮船从海里驶入河里，它受到的重力大小_____，它受到的浮力_____，它排开水的体积_____。

（填“变大”、“变小”或“不变”）

4. 下面说法中不正确的是：

A. 浮在水面的铁球一定是空心的；

B. 悬浮在水中的铁球一定是空心的；

C. 沉在水底的铁球一定是实心的；

D. 沉在水底的铁球可能实心也可能空心。答：[]

5. 在 0 和 1 标准大气压的情况下，一个 10 米³的氢气球，在空气中受到多大的浮力？（取 $g=10$ 牛/千克）

阅读材料 阿基米德的故事

传说，二千多年前，叙拉古王国的国王希罗找了一个珠宝商，给了他一些金子让他制作一顶王冠。王冠制作得非常漂亮，也跟原来给的黄金一样重。但是希罗怀疑珠宝商盗窃了他一部分黄金，而在王冠中掺进了同样重的白银。他请阿基米德鉴定王冠是不是纯金的，但不准弄坏王冠。阿基米德冥思苦想许多天，没有结果。一天，他到盛满了水的浴缸中洗澡。当他跨入浴缸时，他注意到浴缸里的水向外溢，顿时豁然开朗，兴奋地喊：“我找到了！我找到了！”

盛满水的浴缸相当于图 12—6 中的什么？同样重的纯金王冠和掺了

白银的王冠，它们的体积相同吗？阿基米德从水的外溢找到了什么样的办法来鉴定王冠？

气球小史

千百年来，人类就幻想着像鸟儿那样飞上高空，在天空自由翱翔，去探索天空的秘密。直到 18 世纪 80 年代，在热气球的帮助下，才实现了多年的愿望。

法国的蒙格尔费兄弟从袅袅上升的炊烟得到启示，他们把浓烟装进糊制的大纸袋中，做成了最早的热气球。

1783 年 9 月的一天，兄弟俩在巴黎的凡尔赛宫前面，当着法国国王路易十六和王后以及上万群众的面，让热气球携带着第一批空中旅客——一只羊、一只鸭和一只鸡，升到了 450 米的高空。羊和鸭返回地面后都安然无恙，只有鸡受了点伤。

动物能够升空，人也一定能。两个月后，渴望升上天空的人们进行了首次热气球载人飞行。两位勇敢的人乘气球升到了 900 米。开辟了人类航空的历史。

接着，1783 年 12 月 1 日，法国学者查理利用性能更好的氢气球上升到了 2000 米。氢气球为探索高空提供了重要工具。许多科学家乘气球观测高空的气压、温度、湿度及雨、雪、雹的形成。为了探索新的领域，人们在提高气球飞行高度方面展开了竞赛。在这个过程中，探索者们经历了艰苦的历程。一些航空先驱者献出了宝贵的生命。

1803 年 7 月 18 日，比利时人罗伯逊和他的同伴，乘气球升到了 7000 米的高度，亲身经受了 7000 米高空严酷的自然环境：低气压、缺氧、寒冷，人在这种环境中会出现高空病。当时，7000 米几乎成了不可逾越的障碍。

求知和探索的欲望，促使科学家们战胜困难，向新的高度进军。1875 年春天，法国的西维、济山吉和科罗契乘“天顶”号气球起飞，升到 7000 米时，他们虽然已经呼吸困难，浑身无力，双手冻僵，但是为了升到新的高度，他们不顾安危，让气球继续上升，到了 8000 米高度，他们先后失去了知觉。根据仪器记录，他们最后升到了 8600 米。后来，气球瘪了，掉到地面上。当济山吉醒来时，他的两位战友已经离开了人间。为了纪念这两位英勇的航空先驱者，好几万巴黎市民为他们举行了葬礼。墓碑上刻着他们用宝贵生命换来的高度记录——8600 米。

以后，科学家们用密闭式吊舱代替过去使用的敞开式吊舱，使人乘气球到达了二万多米的高度。

随着科学技术的发展，无人气球探测器代替了有人驾驶的气球。气球上携带着各种仪器，可以把得到的资料用无线电波及时发回地面。

小实验：自制潜水艇模型

找一个装眼药水的小塑料瓶和一根铁钉，用胶布把它们缠在一起，在紧靠铁钉的塑料瓶侧壁上戳几个小孔，在瓶口接上橡胶管，这就做成了潜水艇模型（图 12—17）。

把模型浸入水中，从管里吸气，模型将怎样？向管里吹气，模型将怎样？

习 题

解下列题时，取 $g=10$ 牛/千克。

1. 在盛着水的缸中放入一块质量是 500 克的木块，木块静止不动，它受到的浮力是_____牛。

2. 图 12—18 中甲、乙、丙、丁是 4 个材料、体积、形状互不相同的物体，图中注明了它们的浮沉情况，和每个物体受到的重力 G 。在图中补画出每个物体受到的浮力 $F_{浮}$ 。

3. 关于物体受到的浮力，下面说法中正确的是：

- A. 漂在水面的物体比沉在水底的物体受到的浮力大；
- B. 物体排开水的体积越大受到的浮力越大；
- C. 物体没入水中越深受到的浮力越大；
- D. 物体的密度越大受到的浮力越小。

答：{ }

4. 图 12—19 中甲、乙、丙、丁是 4 个体积、形状相同而材料不同的球，图中表示的是把它们投入水中后静止不动时的情况。它们中受到浮力最小的是

- A. 甲；B. 乙；C. 丙；D. 丁。

答：{ }

5. 有甲、乙两杯不同的液体。把同一个鸡蛋放入甲杯，它下沉，放入乙杯，它漂浮。哪个杯中的液体对这个鸡蛋的浮力大？

6. 1783 年法国物理学家查理做成的世界上第一个氢气球，体积是 620 米³。这个气球在地面附近受到的浮力多大？它上升的过程中（气球体积不变），浮力将怎样变？为什么？（设地面附近是 0 和 1 标准大气压）

7. 体积是 1 厘米³的小钢球有多重？把它投入水银里，在它静止不动时受到的浮力多大？

8. 在水平地面上放只木桶，桶里装满了水（图 12—20 甲），水面平了桶沿儿。轻轻地向水面上放一段 2 千克的圆木，它受到的浮力多大？从桶中溢出的水的质量是多少？

9. 浮在水面上的木块（图 12—21），它没入水中部分的体积是 50 厘米³，它在水面上的部分是 25 厘米³，它受到的浮力多大？它的质量多大？密度多大？

10. 配制适当密度的盐水，可以用来选种：把种子放在盐水中，漂

浮的种子是不饱满的，沉底的种子是饱满的。请说明道理。

11. 密度计（图 12—22 甲）是测定液体密度的仪器，它是个密封的玻璃管，下端装有铅粒，上端有刻度。把它放在待测的液体中时，它浮在液面上，液面所对的刻度值就是待测液体的密度值。说明为什么它的刻度值越靠下越大。

12. 自制一个密度计：找一段细木棍，表面涂上蜡，在它的一端绕上适量的保险丝或铜丝。把这个自制的密度计放在食油、水、盐水中，比较这三种液体的密度。

学到了什么

1. 浸入液体（或气体）里的物体，受到竖直向上的浮力。浮力是由于周围液体（或气体）对物体向上和向下的_____差产生的。

2. 阿基米德原理：_____。

用公式表示： $F_{浮} = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

阿基米德原理也适用于气体。

3. 浸没在液体中的物体，当它受到的浮力 < 物重，下沉；浮力 = 物重，悬浮；浮力 > 物重，上浮。

浮在液面上的物体，受到的浮力等于物重。

第十三章 简单机械

1. 使用杠杆有什么好处？

2. 使用滑轮有什么好处？

人们在劳动中经常使用机械。有些机械是很简单的。例如钳子、扳手、螺丝刀，等等。有些机械是很复杂的，例如缝纫机、车床、收割机，等等。复杂的机械又常常叫做机器，由许多元部件组成，其中就有不少简单机械。所以，简单机械的知识是理解复杂机械的基础。在初中物理中，我们只学习简单机械。

一、杠杆

？

“给我一个立足点和一根足够长的棍，我就能搬动地球。”这是发现杠杆原理的阿基米德说过的豪言壮语。阿基米德虽然没能搬动地球，但是他的话却生动地告诉人们：利用杠杆能产生巨大的力。人们很早就会使用杠杆了。三千多年前，古埃及人修建金字塔，就是靠杠杆搬动巨大石块的（图 13—1）。

什么是杠杆？利用杠杆为什么能用小的力产生大的力呢？

什么是杠杆

图 13—2 中撬石头的撬棒，小孩玩的跷跷板，抽水机的柄，都是杠杆。从这些例子可以看出，一根硬棒，在力的作用下如果能绕着固定点转动，这根硬棒就叫杠杆。

为了了解杠杆的作用，我们先来熟悉几个有关的名词。

支点 杠杆绕着转动的点（图 13—2 中的 O 点）。

动力 使杠杆转动的力（图 13—2 中的 F_1 ）。

阻力 阻碍杠杆转动的力（图 13—2 中的 F_2 ）。

动力臂 从支点到动力作用线^通的距离（图 13—2 中的 l_1 ）。

阻力臂 从支点到阻力作用线的距离（图 13—2 中的 l_2 ）。

研究杠杆的平衡条件

通常是在杠杆平衡或非常接近平衡的情况下使用杠杆的。下面我们做实验来研究杠杆的平衡条件。

〔器材〕 杠杆和支架（图 13—3），钩码，尺，线。

〔步骤〕

1. 调节杠杆两端的螺母，使杠杆在水平位置平衡。

2. 照图 13—3 那样，在杠杆两边挂上不同数量的钩码，调节钩码的位置，使杠杆在水平位置重新平衡。这时杠杆两边受到钩码的作用力都

^通 过力的作用点沿力的方向所画的直线，叫做力的作用线。

等于钩码重。

把支点右方的钩码重当作动力 F_1 ，支点左方的钩码重当作阻力 F_2 ；用尺量出杠杆平衡时的动力臂 l_1 和阻力臂 l_2 ；把 F_1 、 l_1 、 F_2 、 l_2 的数值填入下表中。

实验次数	动力 F_1 (牛)	动力臂 l_1 (厘米)	动力 \times 动力臂	阻力 F_2 (牛)	阻力臂 l_2 (厘米)	阻力 \times 阻力臂
1						
2						
3						

3. 改变力和力臂的数值，再做两次实验，将结果填入上表。

4. 求出各次实验中动力 \times 动力臂和阻力 \times 阻力臂的值。你能归纳出杠杆的平衡条件吗？

杠杆的平衡条件

从上面的实验和大量实验可以得出杠杆的平衡条件是：

$$\text{动力} \times \text{动力臂} = \text{阻力} \times \text{阻力臂}。$$

$$\text{或写作 } F_1 l_1 = F_2 l_2$$

这个平衡条件也就是阿基米德发现的杠杆原理。

上面的关系式也可以写成下面的形式：

$$\frac{\text{阻力}}{\text{动力}} = \frac{\text{动力臂}}{\text{阻力臂}}, \text{ 或 } \frac{F_2}{F_1} = \frac{l_1}{l_2}$$

练习

1. 图 13—4 甲、乙中的两个杠杆都处于平衡状态。在图中画出钩码和弹簧秤对杠杆的作用力的力臂。

2. 如果图 13—4 甲中每个钩码重都是 2 牛，左边钩码对曲臂杠杆作用力的力臂是 20 厘米，杠杆重忽略不计，那么右边钩码的作用力的力臂是多少。

3. 图 13—4 乙中，如果已知弹簧秤对杠杆拉力的力臂与钩码对杠杆拉力的力臂之比为 7 : 3，弹簧秤读数是 4.2 牛，杠杆重忽略不计，那么钩码多重？

二、杠杆的应用

三种杠杆

根据杠杆的平衡条件 $\frac{\text{阻力}}{\text{动力}} = \frac{\text{动力臂}}{\text{阻力臂}}$ 或 $\frac{F_2}{F_1} = \frac{l_1}{l_2}$, 可以知道杠杆的应

用可能分成三种情况。

1. 动力臂大于阻力臂, 即 $l_1 > l_2$, 平衡时 $F_2 > F_1$, 阻力大于动力。

用较小的动力就可以克服较大的阻力, 这是省力杠杆。

2. 动力臂小于阻力臂, 即 $l_1 < l_2$, 平衡时 $F_2 < F_1$, 阻力小于动力。

这是费力杠杆。

3. 动力臂等于阻力臂, 平衡时阻力等于动力。这样的杠杆既不省力也不费力。

图 13—5 是几个杠杆的例子, 请同学们画出每个杠杆的动力臂和阻力臂, 看看哪个是省力杠杆, 哪个是费力杠杆。

省力杠杆的优点是明显的。但是使用费力杠杆有什么好处呢? 我们来看图 13—5 丙的缝纫机踏板。大家可能已经分析出这是个费力杠杆, 脚加在踏板上的力 F_1 比要克服的连杆的阻力 F_2 大; 但是脚掌只要向下移动较小的距离, 就能使连杆移动较大的距离, 费了力, 却省了距离, 使工作方便。与此相反, 省力杠杆虽然省力, 但是动力移动的距离却比阻力移动的距离大, 省了力, 费了距离。同学们分析一下图 13—5 中的省力杠杆, 看看是不是这样的?

天平和秤

等臂杠杆最重要的应用是天平。第七章中学过的托盘天平、物理天平, 都是支点在中间的等臂杠杆。根据物体质量跟所受重力的关系, 以及杠杆的平衡条件, 同学们自己可以说明天平平衡时砝码质量等于被称物体质量的道理。

许多称质量的秤, 如杆秤、案秤, 都是根据杠杆原理制成的。图 13—6 是商店里常用的案秤, 是个不等臂杠杆。每台案秤都有一套砝码, 秤杆上还有个游码。由于秤盘离支点很近, 砝码盘离支点较远, 因此用几个不重的砝码就能平衡秤盘中重得多的货物。

练习

1. 什么样的杠杆省力? 什么样的杠杆费力? 利用费力杠杆还有什么好处吗? 什么样的杠杆既不省力又不费力?

2. 举两个课文中未讲到的应用杠杆的实例, 说明它们是费力杠杆还是省力杠杆。

3. 图 13—7 中的铡刀、瓶盖起子、手推车、铁锹都属于杠杆。图中画出了它们的支点、动力和阻力, 但是代表力的箭头的长度并不表示力的大小。试画出它们的动力臂和阻力臂, 指出哪个是省力杠杆, 哪个是

费力杠杆。

三、滑 轮

？

图 13—8 是一幅科学漫画。学过本节知识后，你就能明白其中的道理了。

定滑轮和动滑轮

要想把货物提到高处，可以用图 13—9 甲所示的固定在高处的定滑轮，也可以用图 13—9 乙所示的随同货物上升的动滑轮。使用这两种滑轮各有什么好处呢？

实 验

1. 照图 13—10 那样，先用弹簧秤直接挂钩码；再通过定滑轮拉钩码。比较两次弹簧秤的读数。

2. 照图 13—11 那样，用弹簧秤通过动滑轮来拉钩码，弹簧秤的读数是多少？

从上面的实验可以看出，通过定滑轮来拉钩码并不省力。通过或不通过定滑轮，弹簧秤的读数是一样的。可见，使用定滑轮不省力，但是能改变动力的方向。在不少情况下，改变力的方向会给工作带来方便。

上面的实验还表明，使用动滑轮来提钩码，弹簧秤的读数减小一半。可见使用动滑轮能省一半力。这是因为使用动滑轮时，钩码由两段绳子吊着，每段绳子只承担钩码重的一半。

图 13—11 的实验中，使用动滑轮虽然省了力，但是动力移动的距离大于钩码升高的距离，即费了距离。

滑轮是杠杆的变形

定滑轮实质是个等臂杠杆，图 13—13 甲是定滑轮的杠杆示意图，动力臂 l_1 、阻力臂 l_2 都等于滑轮半径。根据杠杆平衡条件也可以得出定滑轮不省力的结论。

动滑轮实质是个动力臂 (l_1) 为阻力臂 (l_2) 二倍的杠杆 (图 13—13 乙)。根据杠杆平衡条件动滑轮可以省多少力？

滑轮组

为了既节省力又能改变动力的方向，可以把定滑轮和动滑轮组合成滑轮组。

图 13—14 是由 4 个滑轮组成的滑轮组，甲图中货物由 4 段绳子吊着，每段绳子承担物重的四分之一。所以用这样的滑轮组提起货物，用的力只是物重的四分之一。乙图呢？

使用滑轮组时，滑轮组用几段绳子吊着物体，提起物体所用的力就是物重的几分之一。

用图 13—14 甲所示的滑轮组做实验，很容易看出，使用滑轮组虽然省了力，但是费了距离——动力移动的距离大于货物升高的距离。

想想议议

请解释一下图 13—8 的科学漫画。一个人要拉住比他体重大得多的重物，用定滑轮行吗？应该怎么办？

练习

1. 使用动滑轮可以_____；但不能_____；使用定滑轮不能_____；但可以_____。

2. 如图 13—16 所示，一根绳子绕过定滑轮，一端拴在重物 G 上，手执另一端，分别用力 F_1 、 F_2 、 F_3 拉起重物，则：

A. F_1 较大；B. F_2 较大；

C. F_3 较大；D. 三个力一样大。答：〔 〕

3. 图 13—17 中，当弹簧秤 A 的读数是 5 牛时，弹簧秤 B 的读数是_____牛，滑轮和重物总重是_____牛。这是个_____滑轮。

4. 图 13—18 甲、乙中的货物各由几段绳子承担？

在滑轮组中，承担物重的是吊着动滑轮的那几段绳子，这包括拴在动滑轮框上的和最后从动滑轮引出的拉绳。而跨过定滑轮的绳子，包括最后从定滑轮引出的拉绳，只起改变作用力方向的作用。

所以，只要数有几段绳子吊着动滑轮，就能算出省力到几分之一

*四、轮轴

图 13—19 中的汽车方向盘和门把手属于另一类简单机械——轮轴。它们由一个轴和一个大轮组成。轻轻转动门把手，就可以把门打开；司机用不大的力转动方向盘，在轴上就能产生较大的力，使汽车转弯；所以轮轴是一种省力机械。也可以用摇臂来代替大轮，例如图 13—20 中的辘轳、卷扬机的摇臂都相当于大轮。

轮轴的原理可以用图 13—21 来说明。轮轴相当于一个杠杆，轮和轴的中心 O 是支点，作用在轮上的力 F_1 是动力，作用在轴上的力 F_2 是阻力，动力臂是 OA ，阻力臂是 OB 。而 OA 即为轮半径 R ， OB 即为轴半径 r 。由杠杆的平衡条件可知：

$$F_1 R = F_2 r$$

或写作

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{R}{r}$$

因为轮半径 R 大于轴半径 r ，所以作用在轮上的动力 F_1 总小于轴上的阻力 F_2 。

想想议议

拧螺丝钉的螺丝刀（图 13—22）也是个轮轴。它的哪一部分相当于轮，哪一部分相当于轴？

阅读材料：我国古代的杠杆

杠杆在我国古代就有了许多巧妙的应用。大约在三千多年以前就有用来捣谷的舂（chōng 图 13—23），用来在井上汲水的桔槔（jiégāo 图 13—24），还有能够做精确称量的天平和杆秤等。

1981 年在长沙发掘出土的一架战国时代的天平和砝码（图 13—25），做得很精细，大小跟现在我们做实验用的差不多。木制的横梁长 27 厘米。横梁中点拴丝线提纽，离开横梁两端各 0.7 厘米处，用丝线各系了一个直径是 4 厘米的铜盘。砝码共有 9 个，最大的 12.5 克，最小的只有 0.6 克。从这架天平看，当时的称量已经相当精确了。

对于杠杆的原理，我国古代也很注意研究，在古书《墨经》中就对杆秤做了科学的说明。

小实验：研究自行车的构造

找一辆自行车，观察它各部分的构造，并进行下列活动：

1. 把自行车架起来，使后轮可以自由转动。慢慢转动脚踏，研究脚踏的旋转是怎样传到后轮，带动后轮转动的。
2. 转动车把，观察车把是怎样控制前轮方向的。
3. 依次捏紧左右两个刹车把手，观察它们是怎样使前闸和后闸刹车的。
4. 说出自行车的哪些部分是杠杆，哪些部分是轮轴。

蜡烛跷跷板

取长蜡烛 1 支，大号缝衣针 1 根，杯子 2 个，薄铁皮（或塑料板）1 块，小碟 2 个。按下述方法自制一个跷跷板。

1. 把蜡烛底端的蜡刮掉一些，让它像顶端一样露出烛芯。
2. 把缝衣针从蜡烛中部穿过，露出的针头、针尾架在两只杯子的边缘上（图 13—27）。

3. 用薄铁皮（或塑料板）剪成两个小人，用腿间的尖头插立在蜡烛上，两个小人的位置到缝衣针（转轴）的距离相等。

4. 点燃蜡烛两头，就做成一个蜡烛跷跷板。

仔细观察跷跷板，想一想它的两端为什么不断地翘起、落下。（为了不使掉下的蜡烛油弄脏桌子，可以在蜡烛下方放两个小碟。）

习 题

1. 在用棒挑着重物扛在肩上行走时，都照图 13—28 甲那样，而不照乙那样。因为照乙那样，胳膊费力、肩也压得疼些，用学过的知识说明为什么会这样。

2. 图 13—29 表示出了人的前臂曲肘时的情况。这时上端与肩胛骨和肱骨相连接，下端与尺骨相连接的肱三头肌松弛，上端与肩胛骨相连接，下端与桡骨相连接的肱二头肌收缩。图中标出了支点位置及桡骨、茶杯的受力方向。这是个省力杠杆还是个费力杠杆？对我们有什么好处？

3. 图 13—30 是用道钉撬撬起道钉的示意图。求道钉对道钉撬的阻力。（不计道钉撬重）

4. 用铁锤拔钉子（图 13—31）也是利用杠杆原理。试画出这个杠杆的示意图，在图上标出支点、动力、阻力、动力臂和阻力臂。

5. 图 13—32 是锅炉上的保险阀。当阀门受到的蒸汽压强超过安全值时，阀门被顶开，蒸汽跑出一部分，使锅炉内的蒸汽压强减小。已知杠杆重可以忽略不计，阀门的面积是 3 厘米^2 ，要保持锅炉内的蒸汽压强

是 1.2×10^5 帕，试求应将多重的物体挂在杠杆的 B 点。（自己从图上量出动力臂和阻力臂）。

6. 用图 13—33 中的滑轮组提起 3000 牛的重物，每段绳子承担的拉力是多少？（不计动滑轮重）

7. 图 13—34 是一种塔式起重机的起重滑轮组，它是由一个动滑轮和两个定滑轮组成的。假如我们把钢丝绳照图甲、乙、丙那样绕在滑轮上，每种绕法中起作用的滑轮是哪几个？哪种绕法最省力？为什么？如果钢丝绳只能支持 10^4 牛的力，这三种绕法能吊起的最大物重各是多少牛？（不计动滑轮重）

8. 要用 15 牛的力刚好提起重 20 牛的物体，可以应用下列简单机械中的哪一种？（不计机械本身重）

- A. 杠杆；
- B. 一个定滑轮；
- C. 一个动滑轮；
- D. 一个定滑轮和一个动滑轮组成的滑轮组。

答：[]

学到了什么

第十四章 功

1. 力学里功的两个必要因素是什么？
2. 机械能省功吗？
3. 什么叫机械效率？
4. 怎样表示做功的快慢？

一、功

力学中的“功”

“功”是个多义词，有“贡献”的意思，如功劳、立功；有“成效”的意思，如大功告成、事半功倍……大家还可以举出别的意思。力学里所说的“功”，吸收了“成效”的意思，但是还有它特殊的含义。

力学主要研究力和运动的关系。当一个力作用在物体上，物体在这个力作用下通过了一段距离，这个力的作用就有了成效，力学里就说这个力做了功。图 14—1 是几个做功的实例。我们可以说：叉车的举力对货物做了功，直升机的拉力对铁塔做了功，燃烧的气体的压力对火箭做了功，马的拉力对原木做了功。也可以简单地说叉车、直升机、燃烧的气体或马做了功。

请注意：力学里所说的功包括两个必要的因素：一是作用在物体上的力，二是物体在力的方向上通过的距离。

图 14—2 的两个例子是有作用在物体上的力，但物体没有在力的方向上移动，力的成效等于零，力学里就说没有做功；这是“劳而无功”。在极光滑的水平冰面上滑动的冰块，是靠惯性做匀速直线运动，虽然在水平方向上通过了距离，但并没有水平方向的力作用于它，所以没有什么力做功；这是“不劳无功”。

功的计算

力越大，使物体移动的距离越大，力做的功就越多。力学里规定：功等于力跟物体在力的方向上通过的距离的乘积。

$$\text{功} = \text{力} \times \text{距离}。$$

如果用 F 表示力， s 表示物体在力的方向上通过的距离， W 表示功，上式可以写成

$$W = Fs。$$

在国际单位制中，力的单位是牛，距离的单位是米，功的单位是牛·米，它有一个专门名称叫做焦耳，简称焦。

1 焦=1 牛·米.

把 1 个鸡蛋举高 2 米, 做的功大约是 1 焦。

〔例题〕在平地上, 用 50 牛的水平推力推动重 100 牛的箱子, 前进了 10 米 (图 14—3), 推箱子的小朋友做了多少功? 如果把这个箱子匀速举高 1.5 米, 他做了多少功?

水平推箱子做的功 W_1 , 等于水平推力 F 和水平前进的距离 s 的乘积 Fs 。匀速举箱子时用的力 F 与箱子重 G 大小相等、方向相反。举箱子是 F 克服重力 (阻力) G 使箱子在 F 方向上升高 h , 所做的功 $W_2 = F \cdot h = Gh$, 这种情况下, 常常为了简便而说: 克服阻力 G 做的功 $W = Gh$ 。

已知: $F=50$ 牛, $s=10$ 米, $G=100$ 牛, $h=1.5$ 米。

求: W_1 和 W_2 。

解: $W_1 = Fs = 50 \text{ 牛} \times 10 \text{ 米} = 500 \text{ 焦}$ 。

$W_2 = Gh = 100 \text{ 牛} \times 1.5 \text{ 米} = 150 \text{ 焦}$ 。

答: 他推箱子做功 500 焦, 举箱子做功 150 焦。

想想议议

举几个用了力但没有做功的例子。

练习

1. 力学里的功的两个必要因素是: _____ 和 _____。

2. 箱子重 100 牛, 把它从地面匀速搬到 10 米高的楼上, 做了多少功?

3. 马拉着质量是 2000 千克的车在平路上前进了 400 米, 做了 3×10^5 焦的功, 求马的水平拉力是多少牛。

题中给了两个力: 50 牛、100 牛, 也给了两个距离: 10 米、1.5 米。千万不要死记乱套公式, 算出两个功: $W_1 = 100 \text{ 牛} \times 10 \text{ 米} = 1000 \text{ 焦}$, $W_2 = 50 \text{ 牛} \times 1.5 \text{ 米} = 75 \text{ 焦}$ 。

对于公式, 务必要在理解的基础上记忆、运用。 $W=Fs$ 中的 F 是使物体在它的方向上通过距离 s 的力, s 是物体在 F 方向上通过的距离。

二、功的原理

使用杠杆、滑轮这些简单机械能够省力，是不是在省力的同时也能省距离呢？假如能既省力又省距离，功=力×距离，我们就省了功——使用简单机械比直接用手少做些功；这办得到吗？

实 验

1. 照图 14—4 那样，利用杠杆提起砝码。将砝码重 G 、动力——手的拉力 F （由计算得出），以及测出的砝码斗高的距离 h 和手移动的距离 s ，填入下表，算出直接用手将砝码提高 h 所做的功 Gh 和使用杠杆把它提高 h 所做的功 Fs 。

	砝码重 G (牛)	砝码提 升高度 h (米)	直接用手所 做的功 Gh (焦)	动 力 F (牛)	手移动 的距离 s (米)	使用机械 所做的功 Fs (焦)
杠杆						
动滑轮						

2. 照图 14—5 那样利用动滑轮提起砝码，将实验数据及计算结果填入上表。比较上述两个实验中使用机械时所做的功和直接用手所做的功，它们有什么关系？

功的原理

大量实验表明：使用机械时，人们所做的功，都等于不用机械而直接用手所做的功，也就是使用任何机械都不省功。这个结论叫做功的原理。

功的原理是一个普遍的结论，对于任何机械都适用。

斜 面

向车上装重东西时，常用木板（或梯子）搭成个斜面，把重东西推上去（图 14—6）。斜面也是一种可以省力的简单机械。它能省多少力呢？可以利用功的原理求出来。

假设物重为 G ，提升高度为 h ，斜面长为 L ，沿斜面方向的推力是 F 。假设斜面很光滑，没有摩擦，根据功的原理 $FL=Gh$ ，所以

$$F = G \frac{h}{L}$$

可见，斜面长是斜面高的几倍，推力就是物重的几分之一。这个结论可以用图 14—7 乙、丙的实验来检验。

想想议议

使用任何机械都不能省功，为什么人们还要使用机械呢？

三、机械效率

?

要把重 100 牛的砂子运上三楼。图 14—9 中画了三种办法，同学们讨论一下：哪种办法最好，哪种办法最不好，为什么？

有用功和额外功

我们的目的是运砂子上楼，所以把重 100 牛的砂子提高 6 米所做的功是有用功，是无论采取哪种运法都必须做的功。图 14—9 中的有用功是多少？

砂子要装在桶里或口袋里，桶或口袋要由人或动滑轮提到楼上。所以要完成运砂子的有用功，还不得不做功把桶或口袋、人或动滑轮提高 6 米。这部分并非我们需要但又不得不做的功叫额外功。图 14—9 中三种办法的额外功各是多少？你希望额外功多呢，还是希望额外功少？

有用功加额外功是总共做的功，叫总功。

机械效率

任何机械本身都受到重力作用，相对运动的零件间又存在摩擦，所以使用任何机械，除了做有用功外，都不可避免地要做额外功。这时动力所做的总功等于有用功加额外功。

有用功跟总功的比值叫机械效率。

如果用 $W_{\text{总}}$ 表示总功， $W_{\text{有用}}$ 表示有用功， η 表示机械效率，那么

$$\eta = \frac{W_{\text{有用}}}{W_{\text{总}}}$$

有用功总小于总功，所以机械效率总小于 1。机械效率通常用百分数表示。例如总功是 500 焦，有用功是 400 焦，机械效率就是

$$\frac{400\text{焦}}{500\text{焦}} = 0.8 = 80\%。$$

起重机的机械效率是 40 ~ 50%，滑轮组的机械效率是 50 ~ 70%，抽水机的机械效率是 60 ~ 80%。

提高机械效率，更充分地发挥机械设备的作用，有重要的经济意义。提高机械效率的主要办法是改进结构，使它更合理、更轻巧。在使用中按照技术规程经常保养，定时润滑，使机械处于良好的运转状态，对于保持和提高机械效率也有重要作用。

想想议议

用水桶从井中提水的时候，所做的功哪部分是有用功，哪部分是额外功？如果桶掉到井里，从井里捞桶的时候，捞上的桶里带了一些水，

这种情况下哪部分是有用功，哪部分是额外功？

练习

1. 用一个动滑轮把重 100 牛的砂子提到 9 米高的脚手架上，所用的力是 60 牛，那么做的总功是____焦，有用功是____焦，机械效率是____。

2. 用动力臂是阻力臂 2 倍的杠杆将重 400 牛的货物抬高 20 厘米，手向下压杠杆的力是 220 牛，手下降的高度是____厘米，人做的总功是____焦，有用功是____焦，这根杠杆的机械效率是____。

四、实验：测滑轮组的机械效率

〔目的〕测滑轮组的机械效率。

〔器材〕刻度尺，钩码，弹簧秤，铁架台，图 4—10 甲、乙所示的两个滑轮组，长约 2 米的细绳。

〔步骤〕

1. 照图 14—10 甲那样，把滑轮组安装好，记下钩码和弹簧秤的位置。

2. 匀速拉动弹簧秤使钩码 G 升高，从弹簧秤读出拉力 F 的值，用刻度尺测出钩码提升的高度 h 和弹簧秤移动的距离 s，填入记录表格。

现代社会是讲效率的社会，时时、事事、处处都要求高效率，以尽可能少的消耗，取得尽可能多的效益。“优胜劣汰”的“优”中，高效率是个重要的内容。

3. 算出有用功 $W_{\text{有用}}$ 、总功 $W_{\text{总}}$ 、机械效率，填入表中。

G (牛)		
h (米)		
$W_{\text{有用}}$ (焦)		
F (扣)		
s (米)		
$W_{\text{总}}$ (焦)		
(%)		

4. 照图乙那样安装滑轮组，重做上面的实验。想想议议影响滑轮组的机械效率高低的因素有哪些？

练习

在测滑轮组的机械效率的实验中，对于钩码提升的高度 h 和弹簧秤移动的距离 s，下面说法中错误的是：

A. h 和 s 都由尺测出；

B. 只需要用尺测出 h，对于已经组合好的滑轮组，s 可以根据测得的 h 算出来；

C. h 和 s 都不需要用尺测出具体数值，对于已经组合好的滑轮组，h 和 s 的比值是可以知道的，而知道这个比值再结合测得的 G、F 就可以算出；

D. h 和 s 都不需要用尺测出具体数值，对于已经组合好的滑轮组，

$h=s$, 而知道这个关系再结合测得的 G 、 F 就可以算出 。

答 : []

五、功率

建筑工地上要把几百块砖送到楼顶，如果用定滑轮往上运，要几小时，如果用起重机，几分钟就行了。怎样表示做功的快慢呢？

我们曾经用单位时间里通过的路程表示运动的快慢，仿照这个办法，用单位时间里完成的功表示做功的快慢。

单位时间里完成的功，叫做功率。

$$\text{功率} = \frac{\text{功}}{\text{时间}}$$

如果用 W 表示功， t 表示时间， P 表示功率，上式可以写成

$$P = \frac{W}{t}$$

在国际单位制中，功的单位是焦，时间的单位是秒，功率的单位是焦/秒，它有一个专门名称叫做瓦特，简称瓦。

$$1 \text{ 瓦} = 1 \text{ 焦/秒}.$$

工程技术[‡]上还常用千瓦、兆瓦作功率的单位，1 千瓦=1000 瓦，1 兆瓦=10⁶ 瓦。

功率是机器的主要技术性能之一，选购机器时，要根据实际需要和可能选择功率合适的机器。

[例题]高出水面 30 米处有一个容积是 50 米³的水箱，要用一台离心式水泵抽水给水箱，1 小时能把水箱充满即可。这台水泵的功率至少是多少千瓦？（取 $g=10$ 牛/千克）

这道题要求的是功率。功率 $P = \frac{W}{t}$ ，其中 t 是 1 小时，而 W 可以根据 $W=Gh$ 求出，其中 G 是 50 米³ 水重， h 是 30 米。 G 的值，从水的体积 V 和密度 求出质量 m 以后就知道了。

已知： $V=50$ 米³， $\rho=1 \times 10^3$ 千克/米³， $h=30$ 米， $t=1$ 时=3600 秒， $g=10$ 牛/千克。

求： P 。

解：

$$m = \rho V = 1 \times 10^3 \text{ 千克/米}^3 \times 50 \text{ 米}^3 = 5 \times 10^4 \text{ 千克},$$

$$G = mg = 5 \times 10^4 \text{ 千克} \times 10 \text{ 牛/千克} = 5 \times 10^5 \text{ 牛}.$$

$$W = Gh = 5 \times 10^5 \text{ 牛} \times 30 \text{ 米} = 15 \times 10^6 \text{ 焦}.$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{15 \times 10^6 \text{ 焦}}{3600 \text{ 秒}} = 4200 \text{ 瓦} = 4.2 \text{ 千瓦}$$

[‡] 工程技术中过去常用马力作功率的单位，1 马力 = 735 瓦。

答：水泵的功率应不小于 4.2 千瓦。

想想议议

两个人同时开始登山，甲先到山顶，乙后到山顶。你能判定哪个人的功率大吗？为什么？

练习

1. 功率表示___的快慢程度。物体在___做的功，叫做功率。在国际单位制中，功率的单位有个专门名称叫做___，简称___，1___=1 焦/秒。

2. 判断题（下列说法中正确的在题后括号内打“ ”，错的在括号内打“ × ”）

- (1) 机器的功率越大，做的功越多。（ ）
- (2) 机器的功率越大，做的有用功在总功中占的百分比越大。（ ）
- (3) 机器的功率越小，做功越慢。（ ）
- (4) 机器的功率越小，效率越低。（ ）
- (5) 抽水机的功率越大，抽的水越多。（ ）

3. 一架机器在 5 秒钟里做了 2×10^4 焦的功，它的功率是___。

4. 观察两三台机器设备的铭牌，记下它们的功率。

阅读材料 机器铭牌上的功率

这里说的铭牌，是指机器上的一个小牌子，上面标有机器的主要性能，其中有机器的功率，例如有一台水泵，它的铭牌如下：

型号	8B13	扬程	12.7 米
流量	270 米 ³ /小时	允许吸上真空高度	5 米
轴功率	11.3 千瓦	转速	1450 转/分
配套功率	17 千瓦	效率	83%
出厂编号		重量	111 公斤
		水泵厂	出厂日期 年 月

铭牌上的轴功率，是指水泵在流量、扬程和转速都正常的情况下，水泵轴从动力机得到的功率，配套功率是指与这台水泵配套的动力机的功率。

如果用电动机带动这台水泵，就应选择功率是 17 千瓦的电动机。电动机的功率比 17 千瓦小，带不动水泵；比 17 千瓦大，是一种浪费。就像小马拉大车，拉不动，大马拉小车，又没有充分发挥马的作用一样。在购买和选用机器时，要仔细看一看它的铭牌，了解它的性能是不是符合要求。

小实验：比比谁的功率大

三、五个同学一组，测出每个同学上楼（或上山、爬杆）的功率。比比谁的功率大。实验前想好需要测出哪些物理量，需要什么测量仪器，怎样分工和怎样测量。

习 题

1. 马拉着重 10^4 牛的车在水平公路上匀速前进，30 分钟走了 5 千米。如果车受的阻力是 100 牛，那么马在这段时间内对车做了多少功？

2. 一列火车以 20 米/秒的速度在平直轨道上匀速行驶，整列火车受到的阻力是 90000 牛。求这列火车行驶 1 分钟机车做了多少功。

3. 以 36 千米/时匀速行驶的汽车，在 1 分钟内做了 3.6×10^6 焦的功，它受到的阻力是多少牛？

4. 在一次 40 千米的马拉松比赛中，运动员甲穿的跑鞋，每只的质量是 0.7 千克，运动员乙穿的跑鞋，每只的质量是 0.375 千克。如果他们在跑的过程中，两个相邻的脚印之间的距离都是 1 米，脚每次抬离地面的最大高度都是 20 厘米。那么，跑完全程甲运动员比乙运动员对跑鞋多做了多少功？（取 $g=10$ 牛/千克）

5. 一个人用 50 牛的力往下按杠杆，把一个物体举高了 0.5 米，如果手下降的高度是 2 米，这时人做了多少功？被举高的物体有多重？

6. 用本身重可以忽略的动滑轮提起 50 牛的重物，人对绳做的功是 100 焦，求动滑轮把物体提起的高度。

7. 一个工人用类似图 14—14 所示的滑轮组提起 2000 牛的货物，所用的拉力是 800 牛，绳子自由端被拉下 4 米。下面哪些说法正确：

A. 总功是 3200 焦，效率是 40%；*

B. 有用功是 8000 焦，效率是 40%；

C. 有用功是 3200 焦，效率是 62.5%；

D. 总功是 3200 焦，效率是 62.5%。

答：[]

8. 一台起重机将重 3600 牛的货物提高 4 米，如果额外功是 9600 焦，起重机做的有用功是多少？总功是多少？机械效率是多少？

9. 已知一台水泵每小时可把 200 米^3 的水扬到 9 米高的地方，求它每小时做的功和它的功率。（取 $g=10$ 牛/千克）

10. 功率是 25 千瓦的拖拉机，它 4 小时做的功如果由平均功率是 0.4 千瓦的耕牛去完成，需要多长时间？

11. 一台抽水机的功率是 1.2 千瓦，它在 5 分钟内可以做多少功？这些功可以把重多少牛的水抽到 20 米高的水塔上去？

学到了什么

1. 力学里的功包括两个必要的因素：_____

_____。

功的计算公式： $W=$

在国际单位制中，功的单位是_____，简称_____。

2. 功的原理：_____

_____。

3. 利用机械的时候，对人们有用的功叫_____，人们不需要但又不得不做的功叫_____，_____叫总功。

机械效率 =_____。

4. 做功的快慢是用功率表示的。

功率 $P=$ _____。

在国际单位制中，功率的单位是_____，简称_____。

