

物理　八年级　下册

ESPH

教育科学出版社

批准文号：京发改规〔2016〕13号
价格举报电话：12315
绿色印刷产品

义务教育教科书

物理

八年级　下册

ISBN 978-7-5191-4194-3

教育科学出版社

ESPH

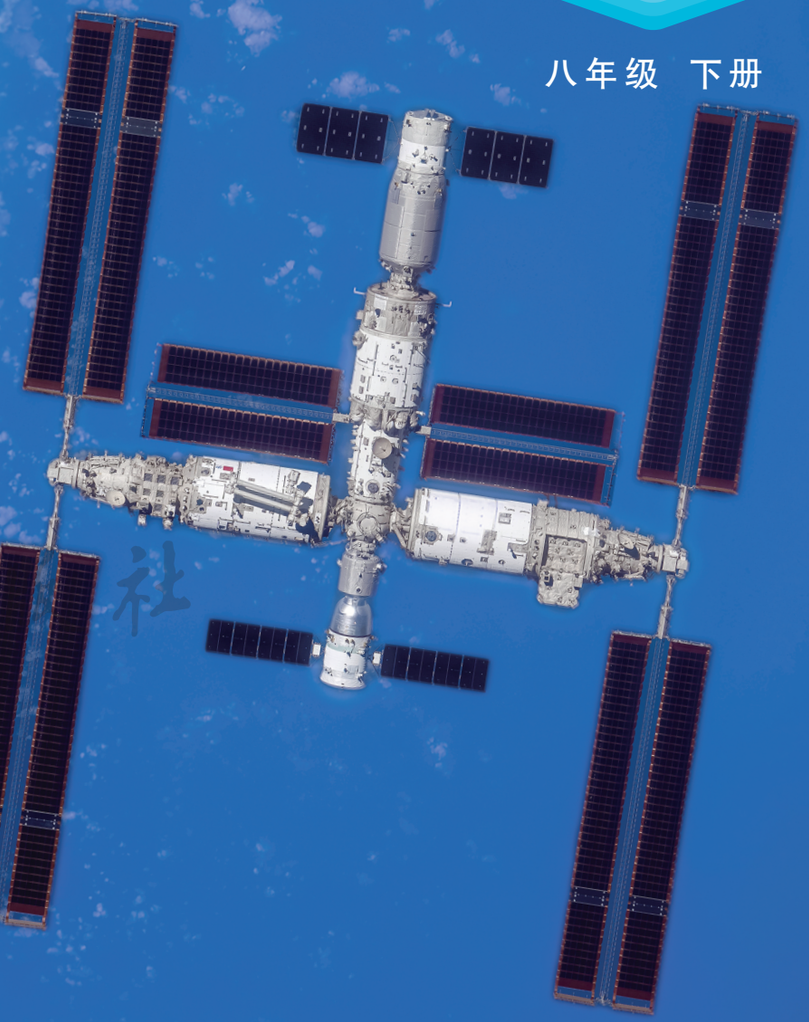
国家教材委员会专家委员会审核通过

2024

义务教育教科书

物理

八年级　下册



教育科学出版社

ESPH　Educational Science Publishing House

义 务 教 育 教 科 书

物理



八年级 下册

ESPH 教育科学出版社

教育科学出版社
·北 京·

致同学们

本套物理教科书将呈现一个神奇的物理世界，一个令人流连忘返的科学乐园。在这里，我们将像科学家一样，用智慧和双手去探索、去发现。本书的一些栏目将引导同学们亲历科学探究的过程，参与跨学科实践活动，更加深入地理解物理世界。



实验探究

动手实验，经历探究过程，是同学们自主获取物理知识的主要学习方式。



演示实验

老师通过实验展示物理现象，探究物理规律，同学们将在老师引导下观察、思考、分析。



理论探究

通过逻辑推理解决问题，是发展逻辑思维的重要方式。



数字实验

应用计算机及其相关软件，通过人机对话的方式开展实验。



观 察

通过观察自然现象、生活现象、实验现象等，培养同学们的观察能力。



讨论交流

以小组的形式讨论交流，探讨各种各样的问题，充分体现同学们的合作精神。



跨学科实践

主题与日常生活、工程实践及社会发展密切相关，旨在发展跨学科运用知识的能力、分析和解决问题的能力、动手实践的能力。



动手做

通过动脑动手，促进同学们核心素养的全面发展。



活 动

这是以应用物理知识解决实际问题为主的实践活动，引导同学们深入理解生活中的现象与问题。



调 查

运用各种途径、各种方式，有计划、有目的地了解真实情况，获取丰富的信息资料，是探究实践的一种活动方式。



家庭实验室

在课外开展小实验、小制作，可以与家人、朋友一起来分享实验探究的快乐。



自我评价

可以检查同学们学习的效果，有效地提高同学们的思维能力，深化对知识的理解。



物理在线

引导同学们走进图书馆、互联网，可以开阔同学们的科学视野。



走向社会

关注科学、技术、社会、环境，关注它们之间的相互联系，为同学们成为未来社会的主人奠定基础。

教育科学出版社

目 录

第 7 章　力



1　力 …… 2
2　力的描述 …… 5
3　弹力　弹簧测力计 …… 9
4　重　力 …… 13



第 8 章　运动和力

1　牛顿第一定律　惯性 …… 20
2　力的平衡 …… 25
3　摩擦力 …… 29
4　力改变物体的运动状态 …… 34
5　跨学科实践：桥 …… 36

教育科学出版社 ESPH

第 9 章　压　强



1　压　强 …… 44
2　液体的压强 …… 48
3　跨学科实践：船闸 …… 54
4　大气压强 …… 57

第 10 章　流体的力现象

1　在流体中运动 …… 64
2　认识浮力 …… 68
3　科学探究：浮力的大小 …… 71
4　沉与浮 …… 76
5　跨学科实践：潜艇 …… 80





第 11 章　机械与功

1　杠　杆 …… 86
2　滑　轮 …… 92
3　功　功率 …… 96
4　机械效率 …… 100
5　改变世界的机械 …… 104

第 12 章　机械能

1　动能与势能 …… 112
2　机械能及其转化 …… 115
3　水能和风能 …… 118
4　跨学科实践：自行车 …… 120



附　录 …… 124

教育科学出版社

科学探究活动目录

观察

生产、生活中的力 …… 2
力的作用效果 …… 3
平衡 …… 27
生活中的大气压强 …… 57
鸡蛋的沉浮 …… 76
他们的效果相同吗 …… 96
自行车中的物理 …… 121

实验探究

用弹簧测力计测量力的大小 …… 11
重力与质量的关系 …… 14
滑动摩擦力与什么因素有关 …… 30
探究几何体的稳定性 …… 39
液体内部的压强与哪些因素有关 …… 48
探究浮力大小与哪些因素有关 …… 72
杠杆的平衡条件 …… 88
使用动滑轮 …… 93
测量滑轮组的机械效率 …… 102
摆球的动能和重力势能的转化 …… 115

活动

力的作用是相互的 …… 4
力的作用效果与哪些因素有关 …… 5
物体的惯性 …… 22
体验滑动摩擦力 …… 30
体验拱桥的支撑作用 …… 38
估测大气压强的值 …… 58
感受浮力 …… 68
做一个热气球 …… 78
了解中国潜艇 …… 82
计算机械效率 …… 101

讨论交流

如何开门 …… 6
免费旅游的办法可行吗 …… 22
纸飞机的运动状态 …… 35
冰面救人 …… 47
谁受的压强大 …… 51
船闸的工作原理 …… 54
大气压强与天气 …… 60
沉在水底的铁球有没有受到浮力 …… 69
死海之谜 …… 74
打捞中山舰 …… 77
控制物体沉浮的方式 …… 80
人体中的杠杆 …… 89
使用定滑轮 …… 92
滑轮的组合 …… 94

教育科学出版社

做功的不同办法 …… 100
从杠杆到轮轴 …… 104
螺旋——特殊的斜面 …… 106
限速标志牌 …… 112
过山车的能量转化 …… 116

演示实验

阻力对运动的影响 …… 20
同一直线上二力的合成 …… 25
二力平衡的条件 …… 27
改变物体的运动状态 …… 34
桥面承重时的形变和受力 …… 37
压力的作用效果 …… 44
液体内部的压强有多大 …… 50
连通器中液面的特点 …… 51
鸟翼的升力 …… 64
研究气体压强与流速的关系 …… 65
测量浮力 …… 70
浮力大小与排开液体重力的关系 …… 73
重力势能的大小与哪些因素有关 …… 113

理论探究

支撑结构受力情况 …… 37

跨学科实践

桥 …… 36
船闸 …… 54
潜艇 …… 80
自行车 …… 120

家庭实验室

观察微小形变 …… 12
惯性游戏 …… 23
确定形状不规则物体的重心 …… 28
自行车运动过程中的摩擦 …… 33
气球滚钉板 …… 47
裂桶实验 …… 52
用水做“托里拆利实验” …… 61
冷热水混合淋浴器 …… 67
浮力产生的原因 …… 70
探究阿基米德原理 …… 75
自制密度计 …… 79
研究指甲剪 …… 90
设计一个升降装置 …… 95

走向社会

调查机械的功率 …… 99
巧妙的自动机构 …… 108
立轴式大风车 …… 119

物理在线

牛顿 …… 8
惯性与交通安全 …… 24
桥梁 …… 40
考察海洋 …… 53

教育科学出版社 ESPH

第7章
力

力是什么?

人们在近2 000年的寻觅中，才逐渐认识了力。

力作为科学概念的出现，开拓了人类社会的一个新时代，是奠定科学大厦的一块重要基石。

- 力
- 力的描述
- 弹力　弹簧测力计
- 重力

ESPH 教育科学出版社



1 力



图 7-1-1　力

物理学中的许多概念来自生产、生活。人们对力的认识也是从日常生活开始的。

什么是力？力有什么作用效果和特点呢？

认识力

我们可以通过活动来感受力，可以通过仪器来测量力，可以通过实验来探究力的作用效果。

观察

生产、生活中的力

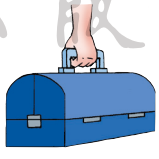
请认真观察图 7-1-2 所示的各种现象，其中有几个物体？哪个物体施加了力？哪个物体受到了力？



（a）人推车



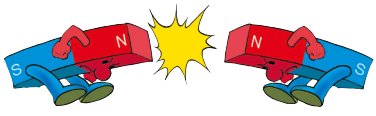
（b）压路机压路面



（c）手提箱子



（d）苹果落向地面



（e）同名磁极相互排斥（异名磁极相互吸引）



（f）毛衣摩擦过的气球能吸引纸屑

图 7-1-2　生产、生活中与力有关的现象

教育科学出版社 ESPH

我们日常所见的推、拉、提、压、摩擦、吸引和排斥等现象，都属于力的作用。一个物体受到了力，一定有别的物体对它施加力。所以，力（force）是物体对物体的作用。

力的作用效果

力作用到物体上会产生什么效果呢？

观察

力的作用效果

进行以下活动，观察力作用到物体上所产生的效果。

1. 观察图7-1-3，分析弹簧和钢片分别有什么变化。



（a）用力拉弹簧　（b）用力折弯钢片

图7-1-3　对弹簧和钢片施加力



图7-1-4　足球场上踢、顶、接的动作

2. 观察图7-1-4，分析踢、顶、接的动作分别使足球的运动发生了什么变化。

教育科学出版社 ESPH

力可以使物体伸长、缩短、弯曲、扭转。力也可以使物体由静到动或由动到静；使物体的运动由快到慢或由慢到快；使物体的运动方向发生改变。

物理学中，把物体形状的变化叫作物体的形变，把物体动静的变化、快慢的变化和运动方向的变化都叫作物体运动状态的变化。

总之，力可以使物体发生形变，也可以改变物体的运动状态。

力的作用是相互的

活动

力的作用是相互的

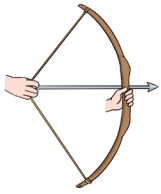
请通过图7-1-5所示的活动，体会施力和受力的感觉。和同学讨论力的作用有什么特点。



（a）甲推乙，乙也推甲



（b）手按球，球也推手



（c）手拉弦，弦也拉手

图7-1-5 力的作用是相互的



图7-1-6 手对工具施力，工具也会对手产生力的作用，如果不戴手套保护，手就容易受伤

力不能脱离物体而独立存在。只要有力发生，就一定会涉及两个物体：一个是施力物体，另一个是受力物体。

两物体之间发生力的作用时，每一个物体既是受力物体，同时也是施力物体。它们之间力的作用是相互的，力总是成对出现的（图7-1-6）。

教育科学出版社

发展空间

自我评价

1. 观察图7-1-2并与同学讨论：每一幅图中的力对受力物体和施力物体的作用效果相同吗？

2. 小明与小聪在观看足球比赛。小明认为，踢球时足球发生了形变，这说明足球受力；小聪认为，踢球时足球由静止变为运动，这说明足球受力。他们的看法正确吗？为什么？

3. 用球拍击打网球时，球拍与网球之间发生了相互作用，以网球为研究对象，施力物体和受力物体分别是什么？

2 力的描述



图 7-2-1　足球场上

足球场上，球员带球如风，急停、转身、飞起一脚，球若流星，破门！运动员作用在足球上的力的大小、方向、位置稍有不同，就会使足球的运动大不相同（图 7-2-1）。那么，力作用于物体所产生的不同效果，与力的哪些因素有关呢？

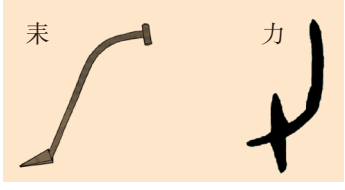


图 7-2-2　甲骨文中的“力”字像一把翻松泥土的农具“耒（lěi）”。翻土要用力，这是我国古代对力的一种描述

力的三要素

我们一般会想到，力有大有小，有不同的指向，这些因素对力的作用效果可能会有影响。

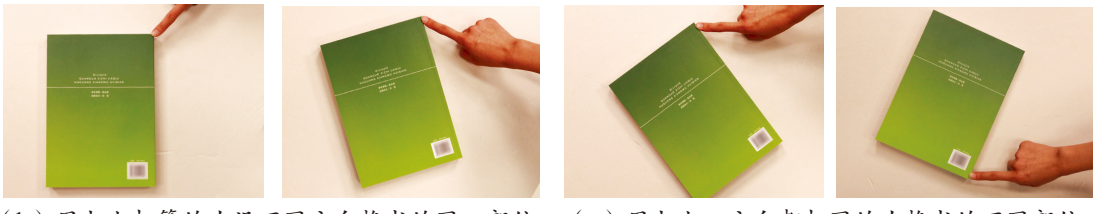
活动

力的作用效果与哪些因素有关

请做一个简单的实验：把一本比较厚的书放在课桌上，按照图 7-2-3 操作，观察书的运动情况。



（a）分别用很小的力和较大的力沿同一方向推书脊的中间部位



（b）用大小相等的力沿不同方向推书的同一部位　（c）用大小、方向都相同的力推书的不同部位

图 7-2-3　力的作用效果与哪些因素有关

教育科学出版社

实验表明，力的作用效果不但与力的大小、方向有关，而且还与力的作用点有关。我们把力的大小、方向和作用点叫作**力的三要素**。

力一般用字母F表示。在国际单位制中，力的单位是**牛顿**，简称牛，用符号N表示。这是为了纪念英国科学家牛顿而命名的。

1 N的力有多大呢？将两个鸡蛋静止放在手上，手托鸡蛋的力约为1 N。一名中学生站在地面上，其对地面的压力约为500 N。



（a）托两个鸡蛋用的力约为1 N



（b）大型卡车的拉力约为4×10^4 N



（c）长征五号运载火箭的起飞推力超过1×10^7 N

图7-2-4 一些力的大小

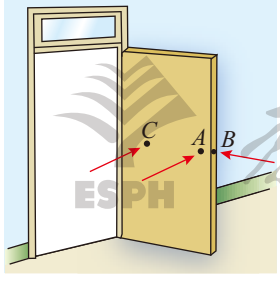


图7-2-5 开门

讨论交流

如何开门

开门的时候（图7-2-5），用不同大小的力在图中的A点沿箭头方向施力，其效果不同。再用同样大小的力依次在A、B、C点沿箭头方向施力，其效果也不相同。试用力的三要素解释这些现象。

力的示意图

力的三个要素可以用图示的方法描述。

如图7-2-6所示，小明用绳子以80 N的力拉木箱，我们可以用图示的方法来表示这个力。规定一个合适的长度，比如取5 mm的线段表示20 N的

教育科学出版社 ESPH

力；以绳子拉力的作用点O为起点，沿绳子拉力的方向，连续画4个5 mm长的线段即20 mm，来表示大小为80 N的力；最后在线段的末端画上箭头表示力的方向。

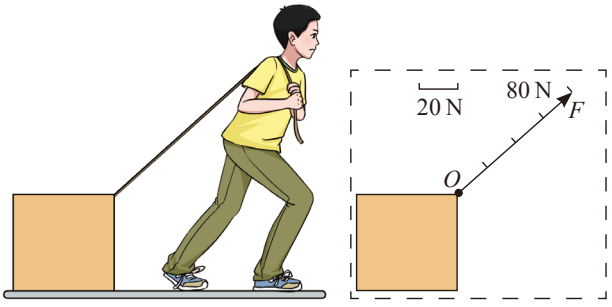


图7-2-6　力的图示

在上述示例中，我们用一条带箭头的线段来表示力——线段的长度表示力的大小，箭头的方向表示力的方向，线段的起点或终点表示力的作用点。这种表示力的方法叫作力的图示。

在一般情况下分析物体受力时，常常只从作用点开始画一条长度适当、沿力的方向带箭头的线段来表示力，如图7-2-7所示，这样的图叫作力的示意图。

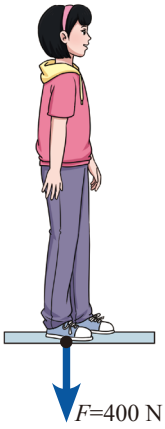


图7-2-7　力的示意图

教育科学出版社

发展空间

自我评价

1. 如图7-2-8所示，小明用装满水的矿泉水瓶做实验：他用水平力轻推矿泉水瓶底部时，瓶子沿桌面平稳地移动；用大小、方向都相同的水平力轻推瓶盖时，瓶子翻倒。这说明了什么？

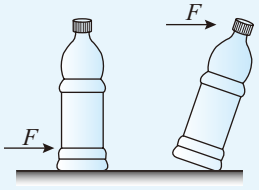


图7-2-8　轻推矿泉水瓶

2. 如图 7-2-9 所示，用 12 N 的力沿水平方向拉一根弹簧。用力的示意图把手拉弹簧的力表示出来，并指出这个力的施力物体和受力物体。此时，手是否能感受到弹簧的拉力？如果这个力存在，请指出施力物体和受力物体。

3. 用力的示意图表示图 7-2-10 中绳对灯竖直向上的 10 N 的力。



图 7-2-9　手拉弹簧



图 7-2-10　灯

物理在线

牛　顿

牛顿是英国物理学家和数学家。他在 1687 年出版的不朽著作《自然哲学的数学原理》中，用数学方法阐明了宇宙中最基本的法则——万有引力定律和三大运动定律。这四条定律构成了一个统一的体系。

牛顿的理论可对卫星、彗星、落体等物体运动的规律进行定量的描述，可以分析海洋潮汐、大气流动等现象的原因，也可以对我们身边各种物体的运动作出解释，使人们对大自然的了解获得了前所未有的扩展。

关于牛顿的更多故事和理论，请查阅图书馆资料或查询互联网进行了解。

ESPH 教育科学出版社

3 弹力　弹簧测力计



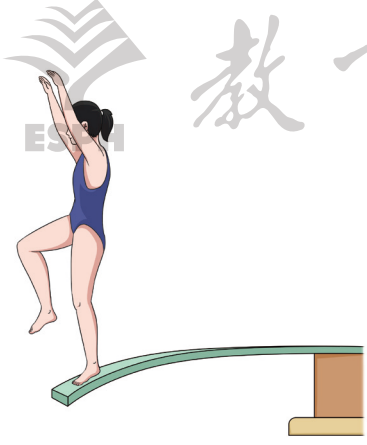
图 7-3-1　球与球拍的相互作用

轻盈的羽毛球，从空中掠过。每一次挥拍，都是力度与角度的完美结合（图 7-3-1）。球拍网面的形变，便是力的体现。

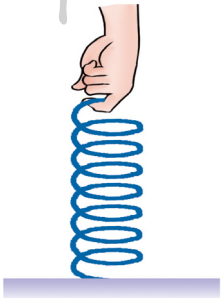
弹力

如图 7-3-2 所示，当跳水运动员向下踩压跳板时，跳板受压变弯，发生形变，会给运动员施加一个向上的力，把运动员弹起来。用手拉（或压）一根弹簧时，弹簧受力而发生形变，会对手施加一个拉（或推）的力。

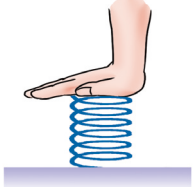
教育科学出版社



（a）变弯的跳板能把运动员弹起来



（b）拉长的弹簧对手有向下的拉力



（c）压缩的弹簧对手有向上的推力

图 7-3-2　弹力



图 7-3-3　杯子放在桌面上，接触面之间有微小的形变。桌面对杯子的支持力和杯子对桌面的压力都是弹力

跳板、弹簧等物体在受力时会发生形变，不受力时又恢复原来的形状，物体的这种性质叫作**弹性**。发生形变的物体要恢复原状，会对跟它接触的物体产生力的作用，这种力就叫作**弹力（elastic force）**。

实验：用弹簧测力计测量力的大小

测力计是测量力的大小的仪器。在物理实验中，常用弹簧测力计来测量力的大小。在一定范围内，弹簧受到的拉力越大，则它的伸长量越大，弹簧测力计就是根据弹簧的这个特性制成的。请对照弹簧测力计的实物，认真阅读以下说明书，熟悉弹簧测力计的主要结构和使用方法。

弹簧测力计使用说明书

用途：测量力的大小。

结构：如图 7-3-4 所示。

测量范围：0～5 N。

分度值：0.1 N。

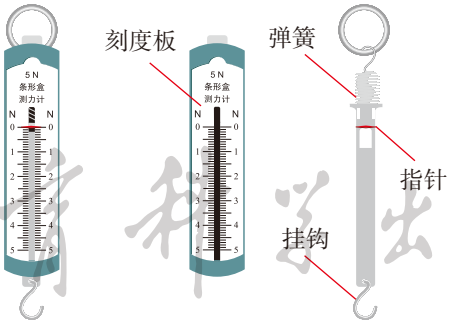


图 7-3-4　弹簧测力计及其构造

使用方法：

使用弹簧测力计测力前，应先将测力计在受力方向上调零，使指针对准零刻度线。测量时，让测力计中的弹簧伸长方向与受力方向一致，指针最后所指刻度就是所测力的大小。

注意事项：

使用弹簧测力计时，首先要看清它的测量范围。一旦超过了允许测量的最大值，就可能会损坏测力计。

ESPH 教育科学出版社

实验探究

用弹簧测力计测量力的大小

材料
- 弹簧测力计
- 木块

1. 观察弹簧测力计的测量范围、分度值，并在竖直方向上调节弹簧测力计，使指针与零刻度线重合；

2. 如图 7-3-5 所示，用手竖直向下拉挂钩，使指针指到0.6 N、2 N，感受一下0.6 N、2 N的力有多大；

3. 如图 7-3-6所示，用弹簧测力计拉着木块沿水平方向做匀速直线运动，读出拉力的大小。

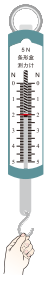


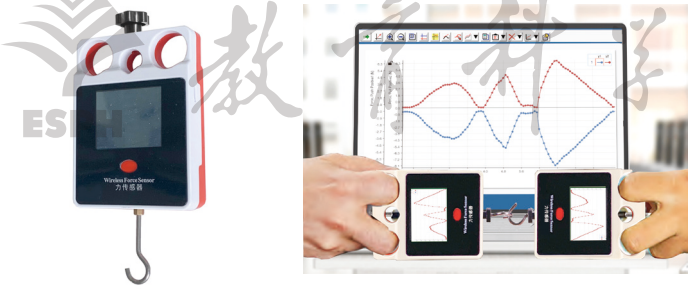
图 7-3-5　用手竖直向下拉挂钩



图 7-3-6　用弹簧测力计沿水平方向拉着木块匀速前进

想一想，第 3 步操作之前，我们需要对弹簧测力计进行调零吗？

利用力传感器进行测量，每秒钟可采集上千个数据，实时传送到计算机后可绘出图像(图 7-3-7)。



（a）力传感器　　（b）两个力传感器互拉的实时数据

图 7-3-7　用力传感器测量力的大小

为了满足测量力的不同需要，人们还制造了其他样式的测力计，如握力计、弹簧秤、推拉力测试仪等（图 7-3-8 ）。



（a）握力计



（b）家用弹簧秤



（c）实验室推拉力测试仪

图 7-3-8 不同用途的测力计

发展空间

家庭实验室

观察微小形变

如图 7-3-9 所示，玻璃瓶中灌满红色的液体，将细玻璃管穿过橡皮塞上的孔，插入瓶中。双手用力握玻璃瓶，观察细玻璃管中液柱高度的变化。这个变化说明了什么？（此过程中温度对实验影响很小）

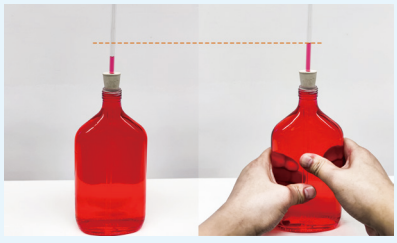


图 7-3-9 观察微小形变

自我评价

1. 如图 7-3-10 所示，小明将西红柿放在薄长木板上，木板和西红柿均发生形变，请分析西红柿所受弹力产生的原因。

2. 如图 7-3-11 所示，测量力的大小时，要使弹簧的伸长方向与受力方向_____，弹簧测力计的测量范围为_____N，分度值为_____N，此时弹簧测力计的示数为_____N。

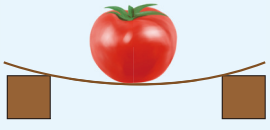


图 7-3-10 将西红柿放在薄长木板上

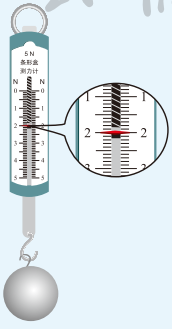


图 7-3-11 测量力的大小

3. 试用弹簧测力计测一根头发丝能够承受的最大拉力。

4 重　力



图 7-4-1　牛顿与苹果的传说

为什么树上掉落的苹果总是竖直地落向地面而不会飞向天空？

什么是重力

牛顿研究发现，地球对它周围的物体有引力，因此能把它们“拉”向地面。地面附近的物体由于地球吸引而受到的力叫作**重力（gravity）**。重力用符号 G 表示。

地面附近的一切物体都受到重力（图 7-4-2）。



（a）球飞得很高，但总会落回地面



（b）水总是由高处往低处流



（c）神舟十五号载人飞船返回舱成功着陆

图 7-4-2　重力导致的一些现象

重力的大小

我们托起不同的物体，会有轻重不同的感觉，

这表明不同物体受到的重力是有大有小的。那么，如何来测量重力的大小呢？

物体所受的重力大小可以用弹簧测力计进行测量。把物体悬挂在竖直的弹簧测力计下端的挂钩上，当测力计和物体都静止时，其示数就等于物体所受重力的大小。

物体所受的重力与它的质量有什么关系呢？

实验探究

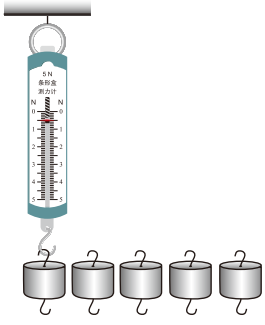


图 7-4-3　用弹簧测力计测量钩码所受重力

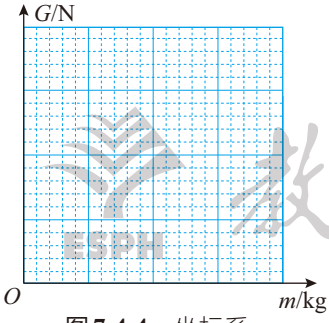


图 7-4-4　坐标系

重力与质量的关系

1. 如图 7-4-3 所示，用弹簧测力计分别测出 1 个或多个钩码所受的重力，并把数据填入下表中。

材料
- 弹簧测力计
- 50 g 钩码 5 个
- 铁架台

钩码数 / 个	质量 m/kg	重力 G/N	G 与 m 之比 /（N·kg^{-1}）
1	0.05		
2	0.10		
3	0.15		
4	0.20		
5	0.25		

2. 根据数据在图 7-4-4 的坐标系中描点，并用光滑曲线连接起来。图像表明，物体所受的重力和它的质量有什么关系？

实验表明，物体所受的重力跟它的质量成正比，重力与质量的关系可以写成如下公式

$$G = mg$$

G：物体所受的重力（单位：N）
m：物体的质量（单位：kg）
g 通常取 9.8 N/kg

教育科学出版社

【例题】提在手中的一条鱼，质量是700 g，鱼受到的重力是多大？

解　已知鱼的质量 $m = 700\ \text{g} = 0.7\ \text{kg}$，$g = 9.8\ \text{N/kg}$，则鱼受到的重力

$$G = mg = 0.7\ \text{kg} \times 9.8\ \text{N/kg} = 6.86\ \text{N}$$

重力的方向

用一根线把物体悬挂起来，物体静止时，重力方向跟线的方向一致。可以看到，重力的方向总是竖直向下的（图7-4-5）。

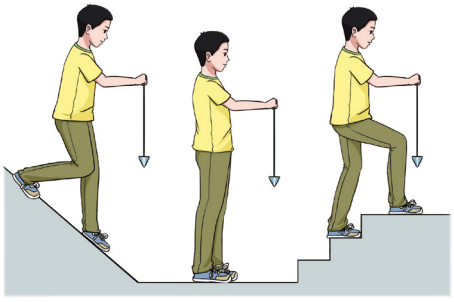


图7-4-5　重力的方向

悬挂重物的细线叫作铅垂线，可以用来确定竖直方向（图7-4-6）。

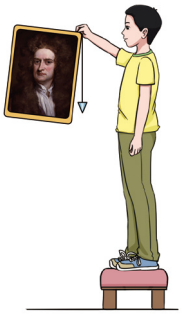


图7-4-6　用铅垂线来检查墙壁上的画是否挂正

重心

一个物体的各部分都要受到重力的作用。对于整个物体，从效果上看，可以认为物体各部分受到的重力作用集中于一点，这一点叫作物体的**重心（center of gravity）**。

质量分布均匀、形状规则的物体的重心，在它的几何中心。例如，粗细均匀的直棒的重心在它的中点，尺子的重心在两条对角线的交点（图7-4-7），球的重心在球心（图7-4-8）。

教育科学出版社

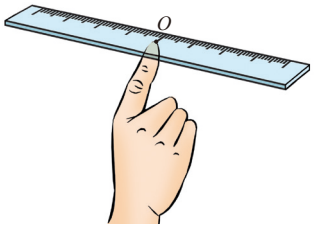


图 7-4-7 尺子的重心在两条对角线的交点——*O* 点

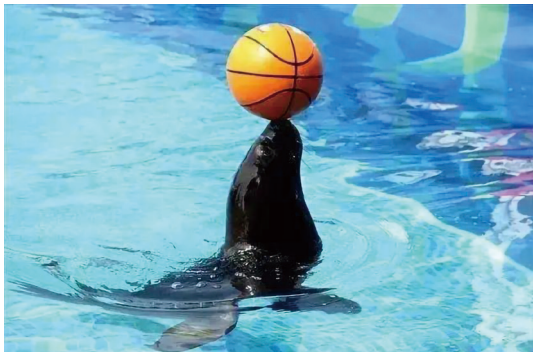


图 7-4-8 球的重心在球心

重心位置在工程上有相当重要的意义。例如，起重机在工作时，重心位置不合适，就容易翻倒；高速旋转的轮子，若重心不在转轴上，就会引起剧烈的振动。增大物体的支撑面，降低它的重心，有助于提高其稳定程度（图7-4-9、图7-4-10）。



图 7-4-9 赛车车身很低，轮子相距尽量远，在快速行驶时不易翻倒



图 7-4-10 冲浪者弓着腰，叉开腿，更有助于在惊涛骇浪中保持平稳

发展空间

自我评价

1. 小明家中的冰箱好像放置得不平稳，你能利用家中的日常生活用品帮他设计一个方案进行检测吗？

2. 如图 7-4-11 所示为立在某桥头的限重标志牌，一辆货车所受的总重力为 2.45×10^5 N，该货车能否通过该桥？



图 7-4-11　限重标志牌

3. 如图 7-4-12 所示，滑雪运动员从斜面滑到水平面上，请分别画出运动员在斜面和水平面上所受重力 G 的示意图。

4. 如果没有重力，会产生什么现象？请以“没有重力的世界”为题，写一篇小短文。



图 7-4-12　滑雪

知识要点

1. 力是物体对物体的作用。力可以使物体发生形变，也可以改变物体的运动状态。力不能脱离物体而独立存在。力的作用是相互的。

2. 力的大小、方向和作用点叫作力的三要素。力的单位是牛顿，简称牛，用符号 N 表示。力可以用力的图示表示，也可以用力的示意图表示。

3. 发生形变的物体要恢复原状，会对跟它接触的物体产生力的作用，这种力就叫作弹力。

4. 测量力的大小的仪器是测力计。在物理实验中，常用的测力计是弹簧测力计。

5. 地面附近的物体受到的重力是由于地球对物体的吸引而产生的，重力的方向总是竖直向下的。

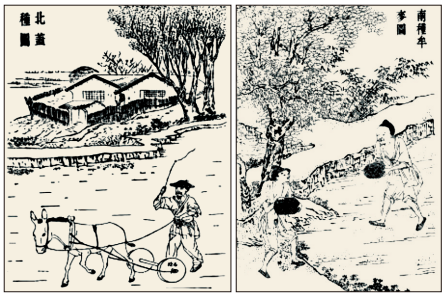
6. 物体所受的重力跟它的质量成正比，即 $G=mg$，其中 g 通常取 9.8 N/kg。

7. 一个物体的各部分都要受到重力的作用。对于整个物体，从效果上看，可以认为物体各部分受到的重力作用集中于一点，这一点叫作物体的重心。

教育科学出版社 ESPH

本章复习题

1. 我国古代科技著作《天工开物》描述了南北方耕种时的情形。甲“北盖种图”描述播种后，用驴拉石陀压土埋麦，驴费劲拉石陀说明力的作用是_____的；乙“南种牟麦图”描述播种后用脚压土，土地上留下脚印，说明力可以改变物体的_____。



甲　　乙

（第1题图）

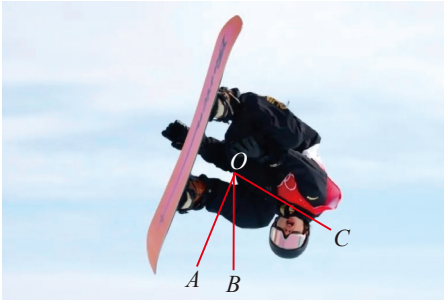
2. 唐诗《咏鹅》中有“白毛浮绿水，红掌拨清波”的诗句，请解释鹅为什么能够向前游。

3. 自由式滑雪是冬季奥运会的重要比赛项目，结合滑雪运动员滑雪时的情境，回答下列问题。

（1）为什么用力向后下方撑滑雪杖的运动员会向前滑行？

（2）运动员用力撑滑雪杖时，滑雪杖为什么会变形？

4. 如图所示是2022年北京冬奥会单板滑雪大跳台比赛中运动员在空中运动时的情形。此时他所受重力的方向是沿图中_____（选填“*OA*”“*OB*”或“*OC*”）的方向。重力的方向总是_____的。



（第4题图）

5. 如图所示是甲骨文中的“射”字，宛如搭弓射箭。人们射箭时，弓背和弓弦都发生了_____，产生了弹力；与弹簧类似，在一定限度内，弓拉得越满，弹力越_____。



（第5题图）

教育科学出版社

第8章
运动和力

纸飞机画出一道道优美的弧线，像诗一样在空中滑翔、飘荡、回旋……

纸飞机为什么会飞向空中？为什么越飞越慢？为什么最终要回旋落地？

力会告诉我们其中的奥秘。



ESPH 教育科学出版社

- 牛顿第一定律　惯性
- 力的平衡
- 摩擦力
- 力改变物体的运动状态
- 跨学科实践：桥

1 牛顿第一定律　惯性



图 8-1-1　滑板向前滑行

如果人不再蹬地，滑板会永远运动下去吗？

科学家探索自然界的秘密，不仅需要观察和实验，更需要理性的推理。对运动和力的关系的认识，就是一个典范。

牛顿第一定律

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

演示实验

阻力对运动的影响

如图 8-1-2 所示，在水平轨道上铺上棉布，让小车从斜面某固定点由静止自由滑下，记录小车在水平轨道上前进的距离。去掉轨道上的棉布，让小车从斜面同一位置由静止自由滑下，记录小车在水平轨道上前进的距离。

材料
- 运动和力演示器
- 钢直尺

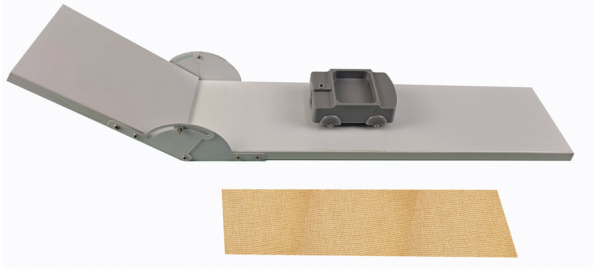


图 8-1-2　观察小车在水平轨道上前进的距离

教育科学出版社 ESPH

实验表明，其他条件相同时，水平面越光滑，小车前进得越远。可见，水平面对小车的阻力越小，小车速度减小得越缓慢。假如水平面非常光滑，阻力小到可以忽略，小车运动的情况将会怎样？

1638年，伽利略在《两门新科学》中，对类似实验进行了分析，认识到运动的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。他进一步通过推理得出，在理想情况下，如果水平面绝对光滑，物体受到的阻力为零，它的速度将不会减小，这时物体将以恒定不变的速度永远运动下去。伽利略的研究成果，改变了人类对物体运动的认识。

牛顿在前人研究成果的基础上，总结出如下规律。

一切物体总保持静止状态或匀速直线运动状态，直到有外力迫使它改变这种状态为止。这就是著名的**牛顿第一定律（Newton's first law）**。

牛顿第一定律说明，一切物体在不受外力作用时，总保持静止状态或匀速直线运动状态。在自然界中不受任何外力的物体是不存在的，但是很多情形下物体所受的多个外力的效果互相抵消了，此时的状态等效于不受力。因此，牛顿第一定律有着广泛的应用，是力学基本定律之一。

惯性

当行驶中的汽车紧急刹车时，乘客的身体会突然向前倾（图8-1-3）。要认识这种现象，就需要引入一个新的概念——**惯性（inertia）**。



图8-1-3　汽车紧急刹车，乘客的身体向前倾

活动

物体的惯性

1. 取一块橡皮竖直放在书上，如图 8-1-4 所示。当书突然开始运动或突然停住时，观察橡皮运动状态的变化。

2. 如图 8-1-5 所示，将笔帽立在靠近桌子边沿的位置，在笔帽的下方放一张纸条。用铅笔向下猛击纸条，观察笔帽的运动情况。

材料

- 橡皮
- 笔帽
- 纸条
- 铅笔
- 书本

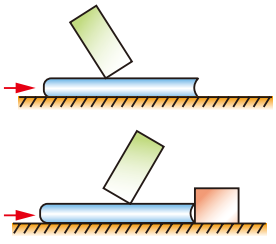


图 8-1-4

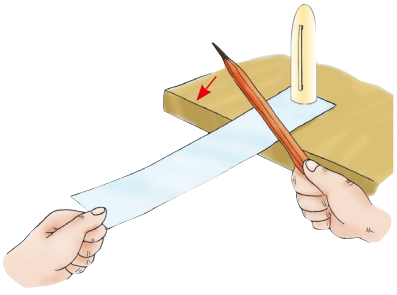


图 8-1-5

在图 8-1-4 中，当书突然停住时，橡皮要保持原来的运动状态，会向前倾倒，这说明物体具有保持原来运动状态的性质。在图 8-1-5 中，当纸条突然运动时，笔帽要保持原来的静止状态，仍会留在原地，这说明物体具有保持原来静止状态的性质。

讨论交流

免费旅游的办法可行吗

某同学想出了一个免费旅游的办法。由于地球自转速度很快，如北京随地球自转的速度大约是 360 m/s，那么当他跳起来落回地面时，地面已经转过了一段很大的距离，自己就不会落在原地，所以他只要不停地跳跃，就能周游世界（图 8-1-6）。该同学的想法可行吗？

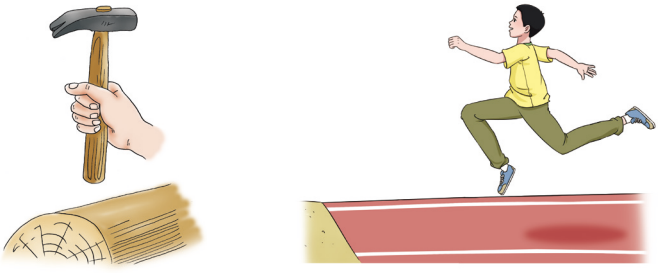


图 8-1-6

教育科学出版社 ESPH

可见，物体有保持原有的静止状态或匀速直线运动状态的性质。我们把物体的这种性质叫作**惯性**（图8-1-7）。事实上，这也是牛顿第一定律所描述的内容，因此牛顿第一定律也称**惯性定律（law of inertia）**。

进一步的实验和研究表明，一切物体不管它是否受力，也不管它是否运动和怎样运动，都具有惯性。惯性是一切物体固有的属性。



（a）把锤柄在固定的物体上撞几下，锤头就牢牢地套在锤柄上了　（b）跳远时利用助跑，使自己跳得更远

图8-1-7　常见的惯性现象

发展空间

家庭实验室

惯性游戏

如图8-1-8所示，把卡片放在瓶口上面，再把扣子放在卡片上。用手指使劲弹卡片，卡片飞了出去，扣子却落入瓶中。试一试，并解释其中的道理。



图8-1-8　惯性游戏

自我评价

1. 设想你坐在沿直线平稳行驶且速度不变的火车上，在车内竖直向上抛一块石子，这块石子会落到车厢后部吗？请说明原因。

教育科学出版社 ESPH

2. 如图 8-1-9 所示，《天工开物》记载了古人收获稻粒的方法：通过摔打将稻粒从秆上打落下来。这是为什么？

3. 子弹离开枪口后，已失去了向前的推力，但它仍能继续向前飞行，这是为什么？

4. 在日常生活中，有时需要利用物体的惯性，有时需要克服惯性带来的影响。请分别举例说明。



图 8-1-9

物理在线

惯性与交通安全

为了预防或减小汽车紧急刹车时以及车辆发生碰撞时由于惯性而造成的伤害，《中华人民共和国道路交通安全法》要求：机动车行驶时，驾驶人、乘坐人员应当按规定使用安全带；机动车载物应当符合核定的载质量，严禁超载。请通过互联网、图书馆或请教有经验的驾驶员，了解驾车和乘车的有关安全规定，并利用惯性及相关知识对这些规定进行解释。


（a）不系安全带，易受伤　　（b）安全带具有保护作用

图 8-1-10

ESPH 教育科学出版社



2 力的平衡

图 8-2-1 吊环是男子体操项目之一

如图8-2-1所示，体操馆内，运动员轻轻一跃，双手紧握吊环，前摆上成直角支撑、仰身燕式支撑、直体大回环摆动成手倒立……运动员的每一个平衡动作，都是力与美的完美体现。

合力

在日常生活中，我们常见到以下情况：一个大人能提起的一桶水，需要两个学生才能提起（图8-2-2、图8-2-3）。可见，一个力作用在物体上产生的效果可以与两个力或几个力同时作用在这个物体上产生的效果相同。



图 8-2-2 一个大人用力提起一桶水



图 8-2-3 两个学生用力提起同一桶水

如果一个力对物体的作用效果与几个力同时对物体作用的效果相同，那么这个力就叫作那几个力的**合力（resultant force）**。

演示实验

同一直线上二力的合成

1. 在竖直板面上，如图8-2-4（a）所示，将一根橡皮条的左端固定，其右端自然伸长至E

材料

- 橡皮条（一端拴细线）
- 定滑轮（2套）
- 钩码（50 g，5个）

教育科学出版社 ESPH

点。沿水平方向拉橡皮条，使其到达位置O，记录拉力F。

2.如图8-2-4（b）所示，用方向相同的两个力F_1和F_2同时沿水平方向拉橡皮条，使其伸长到位置O，记录两组钩码产生的拉力F_1和F_2。

3.如图8-2-4（c）所示，用方向相反的两个力F_3和F_4同时沿水平方向拉橡皮条，使其伸长到位置O，记录两组钩码产生的拉力F_3和F_4。

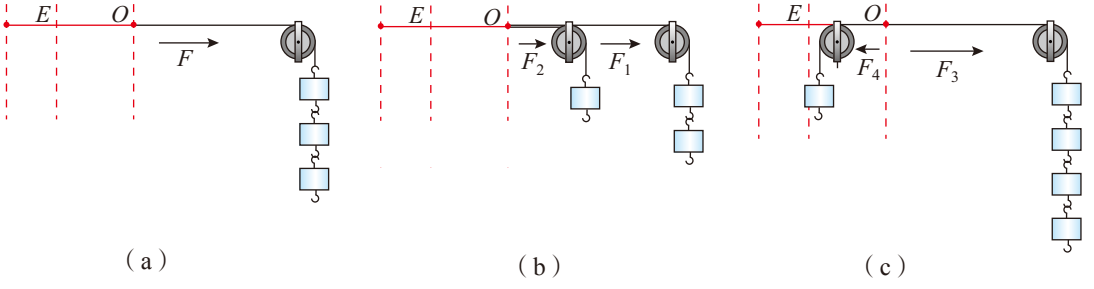


图8-2-4

F_1和F_2共同作用的效果与F的作用效果相同，所以F是F_1、F_2的合力。比较F和F_1、F_2的大小、方向之间的关系。同样，可研究F和F_3、F_4的大小、方向之间的关系。

实验表明，同一直线上方向相同的两个力，其合力的大小等于这两个力的大小之和，方向跟这两个力的方向相同；同一直线上方向相反的两个力，其合力的大小等于这两个力的大小之差，方向跟这两个力中较大的力的方向相同。

教育科学出版社

力的平衡

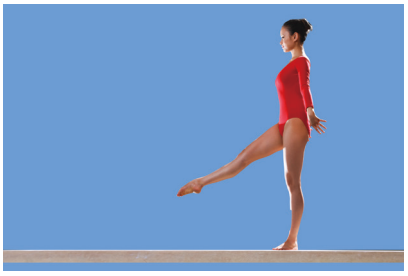
牛顿第一定律告诉我们，一切物体在不受外力作用时，总保持静止状态或匀速直线运动状态。这时物体所处的状态叫作平衡状态。

但是不能反过来说，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。

物体在受到几个力共同作用时，也可能保持静止状态或匀速直线运动状态。这是因为物体所受的这几个力的合力为零，这时我们就说这几个力平衡（equilibrium），并把这几个力称为一组平衡力。

观察

平　衡



（a）静止在平衡木上的体操运动员



（b）在平直公路上做匀速直线运动的汽车



（c）跳伞运动员和降落伞在空中匀速直线下降

图8-2-5　分析各物体的受力情况

如图8-2-5所示，体操运动员受几个力而处于静止状态？汽车和跳伞运动员各受几个力而处于匀速直线运动状态？

二力平衡的条件

物体在多个力的作用下可以处于平衡状态，其中二力平衡的情况最简单。作用在物体上的两个力，要满足什么条件才能使物体保持平衡状态呢？

演示实验

二力平衡的条件

材料

- 斜面小车
- 支杆定滑轮
- 钩码组
- 细绳

按图8-2-6组装实验装置。通过实验，分析小车在水平方向上所受的两个拉力的关系。

1. 增减两端钩码的数目，观察小车在什么条件下保持静止，在什么条件下不能保持静止。

2. 保持两端钩码数相等，观察拉力F_1和F_2是不是在一条直线上。用手把小车在水平面上扭转一个角度，观察拉力F_1和F_2是否在一条直线上。放手后，观察小车的情况。

整理实验结果，分析二力平衡需要什么条件。

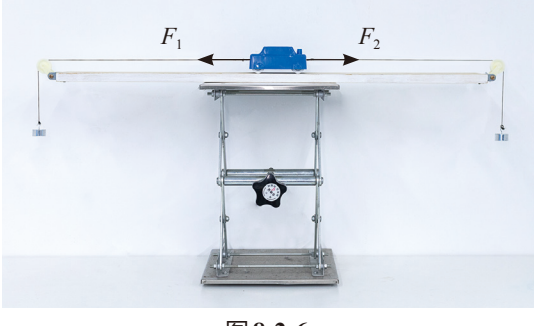


图8-2-6

教育科学出版社 ESPH

进一步的实验表明，二力平衡的条件是：**同时作用在一个物体上的两个力，大小相等，方向相反，并且在同一直线上。**

水平静置的箱子、杂技演员头顶上的碗（图8-2-7），都受到竖直向下的重力和竖直向上的支持力，二力平衡。在水平道路上做匀速直线运动的汽车，水平方向受到向前的牵引力和向后的阻力，二力平衡。



图8-2-7

发展空间

家庭实验室

确定形状不规则物体的重心

如图8-2-8所示，在薄板上的某一点A用细线把它悬挂起来。当薄板静止时，用铅笔沿悬线在板上画出竖直线AB；再通过另一点C用细线把薄板悬挂起来，当它静止时沿悬线画出另一条竖直线CD。AB、CD两条直线的交点O就是薄板的重心位置。

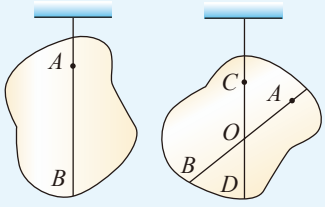


图8-2-8

自我评价

1. 在图8-2-9中，当F_1等于F_2时，哪几对力属于二力平衡？

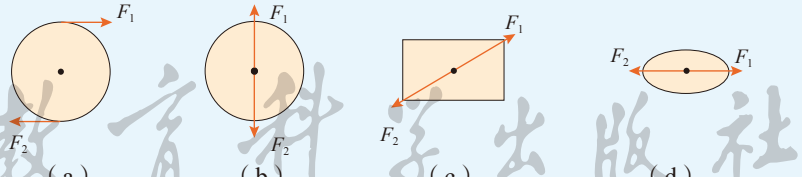


图8-2-9

2. 质量为0.05 kg的电灯挂在悬绳上静止不动，悬绳对灯的拉力是多大？方向如何？

3. 如图8-2-10所示，运动员尝试做出以下四个动作，你认为哪个动作是无法保持平衡的？请说出理由。



图8-2-10

ESPH 教育科学出版社

3 摩擦力



图 8-3-1　运动员在冰面滑行

如图 8-3-1 所示，在水平冰面上，如果不再用力蹬冰面，滑冰运动员就会慢慢停下来，这是为什么？

滑动摩擦力

滑冰运动员会慢慢停下来，是因为他受到了冰面的摩擦力。

一个物体在另一个物体表面上发生相对运动时，在两个物体接触面之间会产生阻碍物体相对运动的力，这种力叫作**滑动摩擦力（sliding friction force）**。摩擦力无处不在。从滑梯上滑下的小朋友，便受到了滑动摩擦力。

如图 8-3-2 所示，物体间相互接触的两个面，当用显微镜观察时，我们会发现它们并不像肉眼看到的那么光滑。当两个接触面相对运动时，细微的凹凸不平就会彼此阻碍，产生滑动摩擦力。

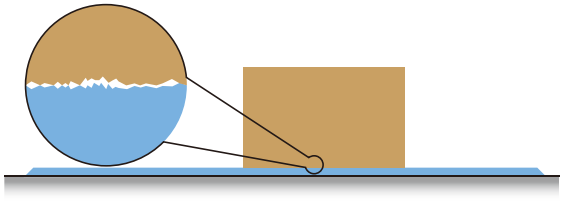


图 8-3-2　物体间相互接触的两个面

教育科学出版社 ESPH

探究滑动摩擦力大小与哪些因素有关



图8-3-3

活动

体验滑动摩擦力

如图8-3-3所示，用手压课本并抽出直尺。当手压课本的力大小不同时，抽出直尺需要的力一样大吗？换用不同大小、不同材料的直尺，再试一试，有什么变化？

对影响滑动摩擦力大小的因素，请提出你的猜想。



实验探究

滑动摩擦力与什么因素有关

以木块为研究对象，使木块在弹簧测力计拉力的作用下，沿水平方向匀速滑动。根据二力平衡条件，滑动摩擦力的大小就等于弹簧测力计拉力的大小。实验装置如图8-3-4所示。

材料
- 平面（附摩擦材料固定夹）
- 摩擦块（木块）
- 摩擦材料
- 弹簧测力计
- 砝码

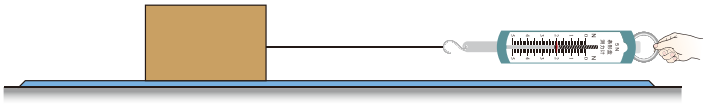


图8-3-4 拉动木块沿水平方向匀速滑动

影响滑动摩擦力大小的因素可能有多个。因此，在探究时要分步进行研究：保持其他因素不变，每一次只改变其中一个因素，研究滑动摩擦力的大小跟这个因素的关系。可设计如下表格记录数据。

实验次数	实验条件		弹簧测力计的示数 F/N
	压力大小	接触面粗糙程度	
1			
2			
3			
4			

最后，把研究的结果综合起来，得出结论。

在上面的实验中，我们可以用力传感器代替弹簧测力计进行实验，得出滑动过程中摩擦力大小的变化曲线（图8-3-5）。

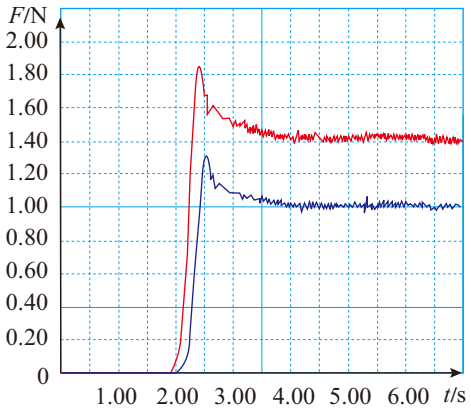


图8-3-5　两条曲线分别对应两种不同压力情况下摩擦力大小的变化（计算机绘制）

实验表明，滑动摩擦力的大小与作用于接触面的压力大小有关，当其他条件相同时，接触面受到的压力越大，滑动摩擦力就越大；滑动摩擦力的大小与接触面的粗糙程度有关，当其他条件相同时，接触面越粗糙，滑动摩擦力越大。

静摩擦和滚动摩擦

除了滑动摩擦外，还有另外两种摩擦现象。

当用力推一个较重的木箱时，木箱没有动，是因为它受到了地面摩擦的作用（图8-3-6），这种摩擦叫作**静摩擦（static friction）**。手握住杯子，杯子掉不下来，也是受到了静摩擦的作用（图8-3-7）。



图8-3-6　木箱与地面之间有静摩擦



图8-3-7　杯子与手之间有静摩擦

当一个物体在另一个物体表面滚动时，物体所受到的摩擦叫作**滚动摩擦（rolling friction）**。在一般情况下，滚动摩擦比滑动摩擦小得多。所以，在搬动笨重物体时，在物体下垫上滚木，移动起来要省力得多（图8-3-8）；在机器转轴上常常以滚动轴承代替滑动轴承，从而减小摩擦（图8-3-9）。

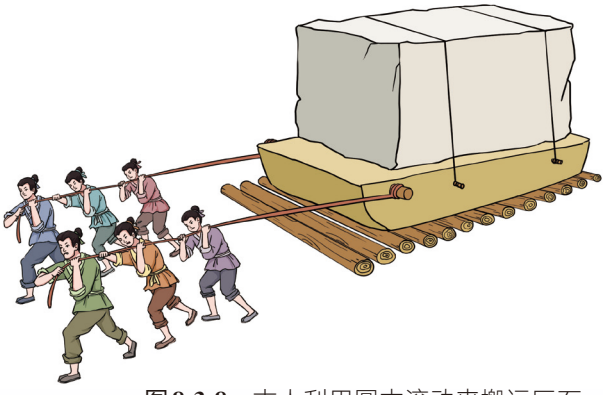


图 8-3-8　古人利用圆木滚动来搬运巨石



图 8-3-9　轴承

摩擦的利和弊

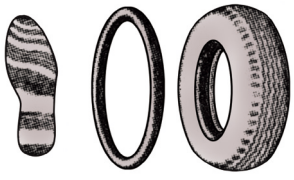


图 8-3-10　在鞋底、轮胎上做凹凸不平的花纹，以增大摩擦

摩擦是自然界和人们生活中十分普遍的现象。人走路便要利用鞋底与地面间的摩擦，类似这样的摩擦是有益的。为了增大摩擦，在鞋底上做凹凸不平的花纹，使接触面粗糙些。要使汽车车轮与地面之间不打滑，也要利用轮胎与地面间的摩擦，在轮胎上做凹凸不平的花纹（图 8-3-10）。

在另外一些情况下，摩擦是有害的，需要减小。除了用滚动代替滑动减小摩擦外，还可以使摩擦面分离来减小摩擦，如加润滑油可以在两表面之间形成油膜，使它们互不接触。磁悬浮列车与气垫船都是根据这个原理来减小摩擦力的（图 8-3-11、图 8-3-12）。

ESPH 教育科学出版社



图 8-3-11　磁力把磁悬浮列车从轨道上微微托起，使它们互不接触，减小摩擦



图 8-3-12　气垫船的船底与水面之间有一层空气，使船在航行中所受摩擦力减小

发展空间

家庭实验室

自行车运动过程中的摩擦

自行车是人类的一项伟大发明。100多年来，经过技术人员的不断改进，现在的自行车骑起来已十分轻便。请仔细观察、研究自行车（图8-3-13），看看车上哪些部位需要增大摩擦，哪些部位需要减小摩擦，分别是用什么方法来增大或减小摩擦的。



图8-3-13　自行车

自我评价

1. 如图8-3-14所示，将鞋刷按压在木板上，向右拖动鞋刷，观察刷毛形变方向，判断刷毛所受的滑动摩擦力方向。



图8-3-14

2. 在拔河比赛中，运动员常穿上比较新的鞋，并且不希望地上有沙子，这是为什么？

3. 骑自行车的人要快速停下来，就要刹车。刹车时捏闸用力越大，自行车就停得越急。请说明其中的道理。

4. 想一想，如果没有摩擦，世界将会怎样？以“没有摩擦的世界”为题，写一篇小短文。

ESPH 教育科学出版社

4 力改变物体的运动状态



图 8-4-1　实弹射击训练

牛顿第一定律告诉我们，一切物体总保持静止状态或匀速直线运动状态，直到有外力迫使它改变这种状态为止。如果物体受到的几个力合力为零，物体同样处于平衡状态。若物体受到一个力或所受合力不为零时，它的运动状态将怎样呢？

演示实验

改变物体的运动状态

如图 8-4-2 所示，利用小铁球、磁体，在光滑桌面上进行实验。怎样操作才能使小铁球的运动发生如下的变化？

（1）由静到动；

（2）由快到慢；

（3）由慢到快；

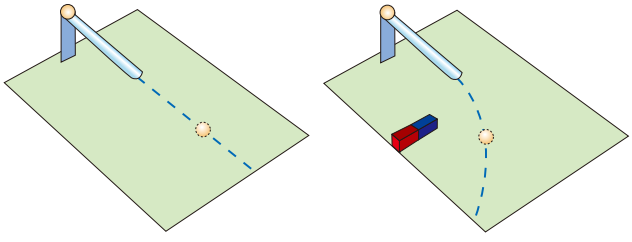
（4）改变运动方向。

实验过程中，你观察到什么现象？在什么情况下物体的运动状态发生变化，发生怎样的变化？

材料

- 小铁球
- 磁体
- 小斜槽

教育科学出版社

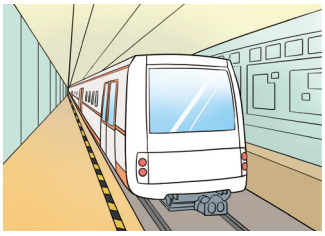


（a）小球在重力的作用下沿斜槽从静止开始滑下　（b）小球在磁力的作用下运动

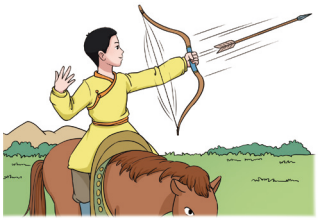
图 8-4-2

力改变物体运动的快慢

物体由静止变为运动，或由运动变为静止，或者运动快慢发生改变，这些现象都是物体运动状态的变化。参照图8-4-3的事例，举例说明哪些力改变了我们周围物体运动速度的大小。



（a）由于阻力的作用，关闭发动机后的火车速度逐渐减小，最后停下来



（b）弦对箭的作用力使箭飞速射出

图8-4-3　力改变物体运动的快慢

力改变物体运动的方向

力的作用不仅可以改变物体的速度大小，图8-4-4中的情形说明，力的作用也可以改变物体运动的方向。我们周围的一切物体，只要受到的力不平衡，它的运动状态就会改变。



（a）用力拉住链球，链球沿弧线运动，运动方向不断变化



（b）用球拍改变乒乓球的运动方向

图8-4-4　力改变物体运动的方向

讨论交流

纸飞机的运动状态

请从力的角度分析，投掷的纸飞机为什么会飞向空中？空中的纸飞机为什么越飞越慢？纸飞机为什么最终要回旋落地？

教育科学出版社

跨学科实践

5 桥



图 8-5-1　港珠澳大桥

几千年前，人们为跨越小溪，将树干跨放在小溪两岸，发明了最早的桥。早期的桥梁通常由木材和石块组成，现代桥梁通常由钢、混凝土和其他高强度材料构建，形状多种多样（图 8-5-1）。其中，材料与结构是桥梁设计的两大关键。

桥梁的结构

桥梁可以根据其形状和结构分类。常见的桥梁包括梁桥、拱桥、悬索桥和斜拉桥（图 8-5-2）。



图 8-5-2　常见的桥梁模型

桥梁由桥面和承重结构组成。桥梁的承重结构具有不同的设计和样式。但是桥梁总体设计原则都是一样的——防止桥面弯曲（图 8-5-3）。

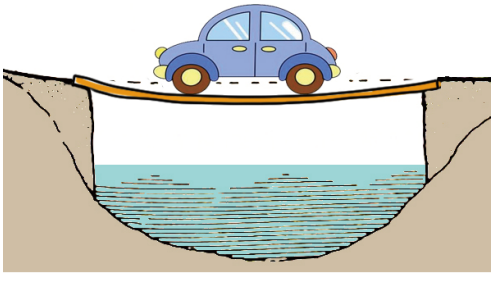


图 8-5-3　车压弯桥面

桥梁的力学分析

演示实验

桥面承重时的形变和受力

用一块表面画有方格的海绵块模拟桥面，用手按压海绵块来模拟负载（桥梁承载的车辆、行人等对桥面的压力）。如图8-5-4所示，海绵块在负载作用下发生了弯曲形变，上层方格被挤压变窄，下层方格被拉伸变宽。

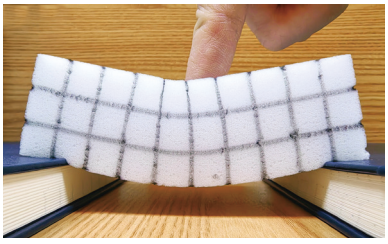


图8-5-4　海绵块模拟桥面

分析可知，桥梁上表面受到压力，下表面受到拉力。当负载增加时，桥梁弯曲形变程度会随之增加，如果弯曲形变超出桥梁允许的形变范围，桥梁就可能发生坍塌。

如果你是一名桥梁工程师，如何提高桥梁承重能力，避免桥梁发生大的弯曲形变而导致坍塌呢？

理论探究

支撑结构受力情况

梁桥是结构最简单的桥，为减小桥面弯曲形变，在桥面下加一个桥墩，即可为桥面提供一个向上的力［图8-5-5（a）］。所有支撑桥面的力的合力（用向上的蓝色箭头表示），与桥面及负载的合力（用向下的红色箭头表示）平衡。可见，根据二力平衡条件，无论什么样的桥梁结构，都会产生一个向上的合力作为桥面的支撑力（图8-5-5）。

教育科学出版社 ESPH

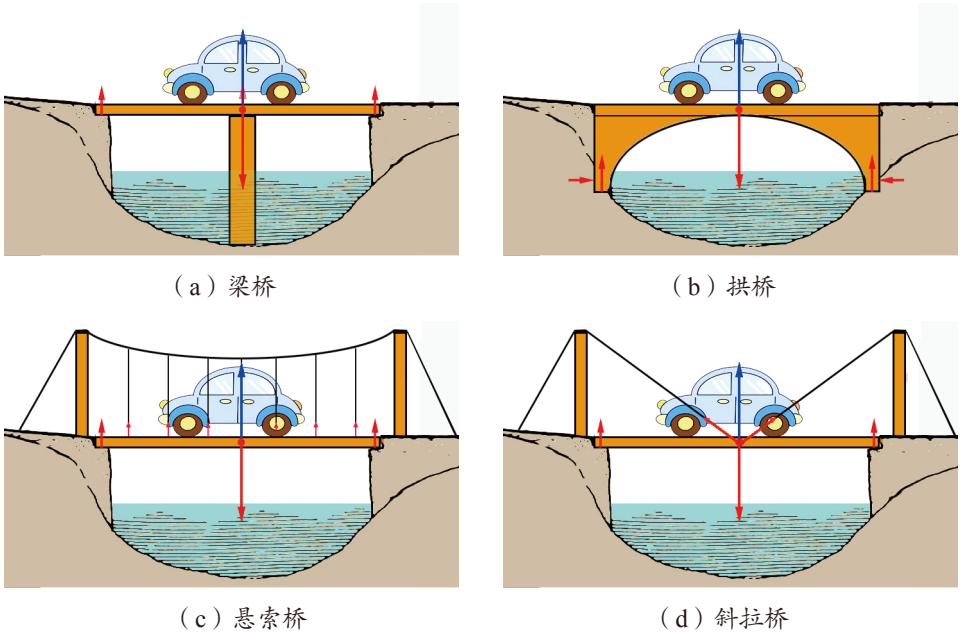


图 8-5-5 支撑结构产生一个向上的合力，与桥面及负载的合力平衡

活动

体验拱桥的支撑作用

找一个硬直筒圈，中间套一根橡皮筋，如图 8-5-6 所示，用手轻压顶部，观察橡皮筋的形变，思考拱桥形状与桥面负载的关系。



图 8-5-6 模拟拱桥的支撑作用

ESPH 教育科学出版社

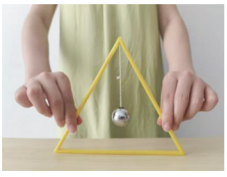
如何在桥梁负载增加时保持桥梁结构稳定、不易弯曲，这也是设计桥梁应考虑的问题。哪种几何元素构成的物体稳定性好呢?

实验探究

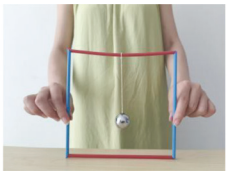
探究几何体的稳定性

将几根橡皮筋连接起来后，穿过吸管再首尾连接，分别搭成三角形和矩形结构。如图8-5-7所示，通过悬挂重物，对以上结构施加向下的力。请比较三角形、矩形结构的稳定性有什么不同。

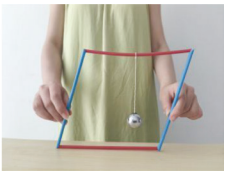
材料
◆ 吸管、橡皮筋、细线等



（a）三角形结构的物体受力时形状保持不变



（b）矩形结构的物体受力时水平部分弯曲



（c）矩形结构的物体受力时还可能变形为平行四边形结构

图8-5-7　三角形与矩形结构的物体的受力特征



图8-5-8　武汉长江大桥的三角形桁架结构

实验发现，三角形具有很好的结构稳定性。三角形是现代桥梁的基本结构元素，它有相对较轻的自重且能承受更大的压力和拉力。因此，在设计上常常利用三角形结构来加固桥梁（图8-5-8）。

设计并制作一座自己的桥

设计并制作一座可承载重物的纸桥，至少能跨越25 cm的“峡谷”，宽度大于10 cm，最小承重为0.2 N。

材料与工具选用参考
A4纸、双面胶、剪刀、刻度尺、铅笔、砝码和硬币等。

测试要求

1.在桥中间放置重物，要求放上重物后至少保持5 s，纸桥不塌落，记下纸桥承重；

2. 每组可尝试3次，取最高承重值。



图8-5-9 茅以升(1896—1989)，土木工程学家，桥梁专家，主持修建了我国自行设计并建造的第一座现代化大型桥梁——钱塘江大桥

交流评估

各小组介绍设计思路，展示制作的纸桥，交流存在的问题和需要改进的地方。例如，可以使用哪些新技术？设计过程中如何对设计的模型进行负载测试？

中国正从桥梁大国迈向桥梁强国！一座座雄伟壮丽的现代化桥梁正在把跨越大江、大河、高山、峡谷的千年梦想变成现实。纵观祖国大地百万座大桥，从赵州桥到港珠澳大桥，连接时代文明的宏伟大桥正在贯通华夏大地！

发展空间

物理在线

桥　梁

请查阅资料或查询互联网，对中国古代和现代的桥梁从桥的类型、桥的制造材料、桥的用途、桥的地点等方面进行调查，了解桥梁的发展史，以及对交通、经济、文化等方面的促进作用。



图8-5-10 赵州桥是中国古代石拱桥，距今已有1 400多年的历史。桥全长64.4 m，桥面宽约10 m

知识要点

1. 牛顿第一定律：一切物体总保持静止状态或匀速直线运动状态，直到有外力迫使它改变这种状态为止。

2. 物体有保持原有的静止状态或匀速直线运动状态的性质，物体的这种性质叫作惯性。

3. 如果一个力对物体的作用效果与几个力同时对物体作用的效果相同，那么这个力就叫作那几个力的合力。

4. 物体所处的静止状态或匀速直线运动状态叫作平衡状态。同时作用在一个物体上的两个力，若大小相等，方向相反，作用在同一直线上，则物体处于平衡状态，这种情况叫作二力平衡，这两个力称为一对平衡力。

5. 一个物体在另一个物体表面上发生相对运动时，在两个物体接触面之间会产生阻碍物体相对运动的力，这种力叫作滑动摩擦力。滑动摩擦力的大小与作用于接触面的压力大小有关，当其他条件相同时，接触面受到的压力越大，滑动摩擦力就越大；滑动摩擦力的大小与接触面的粗糙程度有关，当其他条件相同时，接触面越粗糙，滑动摩擦力越大。

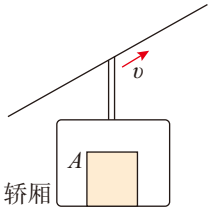
6. 力的作用可以使物体的运动状态发生变化。

ESPH 教育科学出版社

本章复习题

1. 在玩具车顶部叠放几枚一元硬币，在玩具车前方放一本书，书与玩具车差不多高。让玩具车向书本冲去，预测一下玩具车和硬币会发生什么现象，试一试，检验你的猜测并作解释。

2. 2022年北京冬奥会期间，滑雪场内的索道设施可将物资从山脚运往山顶。如图所示，封闭式轿厢随钢索向右上方做匀速直线运动，请画出静止在轿厢内的物体受到的所有力的示意图。



（第2题图）

3. 一本书静止放置在水平桌面上，分析书受到的一对平衡力并说明施力物体与受力物体。

4. 图7-1-4是足球运动中“头球攻门”的情境。当足球离开地面后，足球由于_____，它在空中还能继续向前运动，用头顶球时球的运动方向改变了，说明力能改变物体的_____（选填“形状”或“运动状态”）。顶球时运动员给球施加了力，但是头也会感到痛，说明物体间力的作用是_____的。足球在地面上滚动一段距离后最终会停下来，是因为_____。

5. 同一直线上有两个力，分别为10 N、15 N，这两个力的合力可能是多少？

ESPH 教育科学出版社

第9章
压　强

从儿时的喷水枪到杯中的吸管，从滑雪板到重型坦克，从三峡大坝到深海潜水器，都联系着一个重要的概念——压强。

- 压强
- 液体的压强
- 跨学科实践：船闸
- 大气压强



教育科学出版社

1 压　强



图9-1-1　在雪地前行

在厚厚的积雪中行走，会陷到雪里，这是小聪的烦恼。但是，如果穿上一副滑雪板，即便总重力变大了，也不会陷下去（图9-1-1）。为什么穿上滑雪板后结果不同呢？

认识压强



教育科学出版社

演示实验

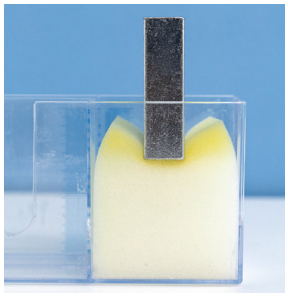


图9-1-2　海绵块受力发生形变

压力的作用效果

压力是我们之前学过的弹力的一种，它垂直作用于物体表面，它的作用效果与哪些因素有关？

海绵块的形变可以显示压力的作用效果。如图9-1-2所示，把一个长方体金属块分别竖直、水平放置在海绵块上，观察海绵块的形变；换一个同样大小的木块分别竖直、水平放置在海绵块上，观察海绵块的形变。

实验表明，压力的作用效果不仅与压力的大小有关，还与受力面积的大小有关。

要比较压力的作用效果，就要取相同的受力面积。物理学中，把压力的大小与受力面积的比叫作**压强（pressure）**。

计算压强的公式是

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

p 表示压强（单位：Pa）
F 表示压力（单位：N）
S 表示受力面积（单位：m^2）

利用上式计算出的压强，数值上等于物体在单位面积上受到的压力。在国际单位制中，压强的单位是**帕斯卡**，简称帕，符号是Pa。这一名称是为了纪念法国科学家帕斯卡（B. Pascal，1623—1662）。

$$1\ Pa = 1\ N/m^2$$

帕斯卡是一个很小的单位。一粒西瓜籽平放在手上，对手的压强约为20 Pa。成年人站立时对地面的压强约为1.5×10^4 Pa。常用的压强单位还有百帕（hPa）、千帕（kPa）、兆帕（MPa）。



图9-1-3　取一支一端平整、一端削尖了的铅笔，轻轻按压，两个手指的感觉有什么不同

【例题】某同学利用体重计测得自己的质量是50 kg，他通过图9-1-4所示的方法测出每只脚与地面的接触面积是175 cm^2。这位同学双脚站立在水平地面上时，对地面的压强是多大？

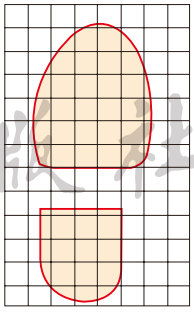


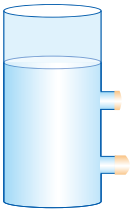
图9-1-4　在方格纸上描下鞋底接触地面部分的轮廓，数一下图形里包含的方格数（对于不满一格的，凡大于或等于半格的都算一格，小于半格的都忽略不计），再乘每一方格的面积，就可以得到鞋底接触地面部分的面积

解　地面受到的压力

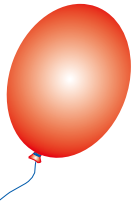
$$F = G = mg = 50\ kg \times 9.8\ N/kg = 490\ N$$

地面的受力面积

$$S = 2 \times 175\ cm^2 = 0.035\ m^2$$



（a）容器中的水受重力作用，会相互挤压，对容器也产生挤压。所以，不仅水的内部存在压强，水对容器壁和容器底也有压强



（b）气球内的气体分子之间相互碰撞，使气体内部存在压强。此外，气体分子对气球壁的碰撞也使气体对气球壁产生压强

图9-1-5

所以人对地面的压强

$$p=\frac{F}{S}=\frac{490\ \mathrm{N}}{0.035\ \mathrm{m}^2}=1.4\times10^4\ \mathrm{Pa}$$

请估计你对地面的压强是多大，并利用体重计和方格纸实际测一测。

流体的压强

不论是固体、液体还是气体，由于重力或其他力的作用，或发生碰撞，只要有相互挤压，就会产生压力和压强（图9-1-5）。

液体和气体有很强的流动性，统称为**流体（fluid）**。

控制压强的大小

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。在生活和生产中，有时需要增大压强，有时需要减小压强。你能利用计算压强的公式分析图9-1-6中的实例吗？



（a）蚊子有尖锐的口器



（b）书包有宽宽的背带



（c）剪刀有锋利的刃



（d）越野汽车装有非常宽大的轮子

图9-1-6

ESPH 教育科学出版社

讨论交流

冰面救人

一名儿童在冰面上玩耍时，不慎落入水中（图9-1-7）。如果你是专业救援人员，在没有任何工具的情况下，应怎样避免压破冰层，靠近并救出儿童？



图9-1-7　如何救出落入水中的儿童

压强是一个非常有用的概念。有许多现象，仅考虑力的大小是不够的，还需要考虑受力面积才有意义。装有很宽履带的拖拉机不容易陷进松软的泥土里；铁路的钢轨下铺着一根根轨枕；刺猬身上有许多刺，可以保护自己……从压强的角度去分析这些例子，我们会有更清晰的认识。

发展空间

家庭实验室

气球滚钉板

用气球、钉子板、木板、木锤做一个实验：如图9-1-8所示，把气球放在钉子板上，再把木板放在气球上，用木锤砸木板，气球会被扎破吗？这个实验能帮我们认识杂技中滚钉板表演的原理。



图9-1-8　气球滚钉板

教育科学出版社

ESPH

自我评价

1. 某块苏州御窑金砖的长、宽、高分别为70 cm、70 cm、10 cm，金砖的密度为2.0×10^3 kg/m^3。g取10 N/kg。

（1）求金砖所受的重力G；

（2）试通过计算分析放置在水平地面上的金砖对地面的压强有多大。

2. 图9-1-9是高铁车厢中的破窗锤，请从改变压强的角度分析它头部的设计特点及目的。

3. 一辆坦克的质量为40 t，每条履带与水平地面的接触面积为2 m^2，计算该坦克在水平地面行驶时对地面的压强。g取10 N/kg。



图9-1-9　破窗锤

2 液体的压强

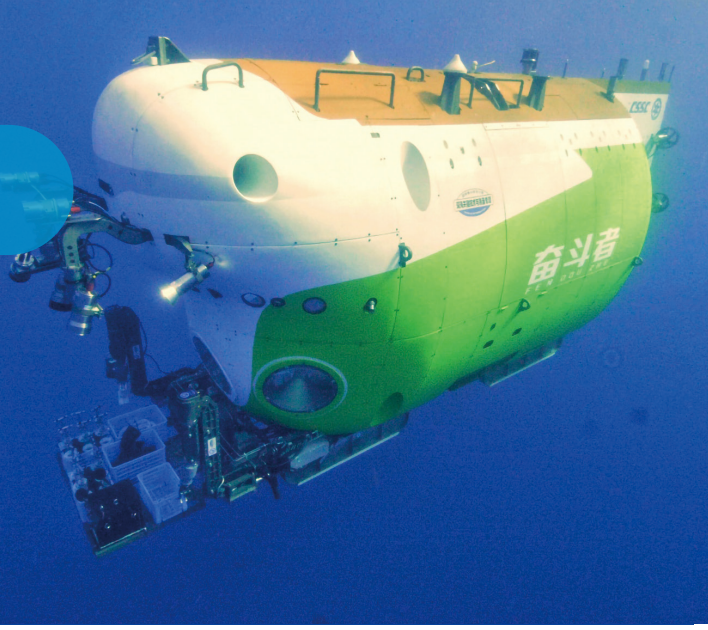


图9-2-1 中国载人潜水器奋斗者号

从古至今，人类一直没有停止探索深海奥秘的脚步。2020年11月10日，中国载人潜水器奋斗者号（图9-2-1）在马里亚纳海沟成功坐底，坐底深度10 909 m。它的载人舱是由我国自主研发的高强度钛合金材料加工而成的。为什么潜水器需要这种特制的“铠甲”呢？

液体压强的特点

潜水器受到的压强是由液体的重力产生的，水的重力向下，所以潜水器只受到水向下的压强。



潜水器潜得越深，它上面的水越多，水给它的压强可能就越大。

实验探究

液体内部的压强与哪些因素有关

微小压强计和液体内部压强实验器是研究液体压强的仪器。将液体内部压强实验器的探头放入水（或盐水）中，可以研究液体内不同位置的压强情况。

材料

- 微小压强计
- 液体内部压强实验器
- 透明盛液筒
- 水、盐水

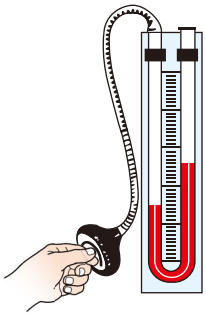


图9-2-2　当探头上的橡皮膜受到压强时，微小压强计的U形管两边液面出现高度差；压强越大，液面的高度差也越大

对于液体的压强，你有哪些猜想？请利用微小压强计和液体内部压强实验器，对压强的方向，压强与深度、液体密度的关系等进行实验探究，如图9-2-3所示。

把观察到的现象记录在下面的表格中，并进行分析。

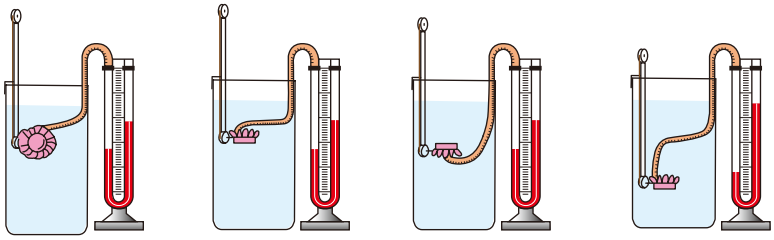


图9-2-3　将探头放入水中，改变橡皮膜的方向和探头的深度

实验次数	探头深度 /cm	橡皮膜方向	U 形管液面高度差 /mm	
			水	盐水
1	5	朝侧面		
2	5	朝下		
3	5	朝上		
4	10	朝下		
5	15			

实验表明，在液体内部向各个方向都有压强，同种液体在同一深度，向各个方向的压强大小_____，深度越深，压强_____；液体内部的压强大小还跟液体的密度有关，在同一深度，液体的密度越大，压强_____。

液体压强的大小

对液体内部压强实验器来说，探头上橡皮膜的凹凸程度反映了液体压强的大小。据此，我们将一端带橡皮膜的玻璃管竖直插入水中（图9-2-4），来定量研究液体压强的大小。

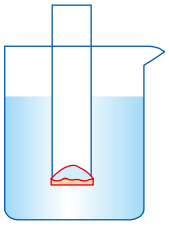


图9-2-4

可以向管中注入水，管中的水会对凸起的橡皮膜施加一个向下的力，使橡皮膜恢复水平。由管中水柱所受重力、管中水柱对橡皮膜向下的力以及烧杯中的水对橡皮膜向上的压力的大小关系，可计算出液体内部的压强。

演示实验

液体内部的压强有多大

如图9-2-5所示，向玻璃管中注入水，观察橡皮膜的变化。当橡皮膜没有凹凸时，观察玻璃管内水的高度，你会发现什么？

设水的密度是ρ，玻璃管的内截面积是S，橡皮膜距水面的深度是h。橡皮膜没有凹凸时，烧杯中的水对橡皮膜向上的压力$F_{向上}$与玻璃管内水柱对橡皮膜向下的压力$F_{水柱}$平衡，即

$$F_{向上}=F_{水柱}$$

而 $F_{向上}=pS$，$F_{水柱}=$_____

由此可知，在深度为h处水产生的压强

$$p=\frac{F_{水柱}}{S}=\text{\_\_\_\_\_}$$

$$=\text{\_\_\_\_\_}$$

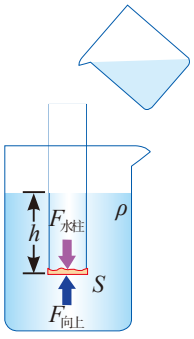


图9-2-5 橡皮膜处于二力平衡状态

材料
- 玻璃管
- 橡皮膜
- 烧杯
- 水、盐水

如果向玻璃管中注入的是盐水，要使得橡皮膜没有凹凸，玻璃管中液柱的高度会有什么变化？

帕斯卡在1648年验证了液体产生的压强与深度成正比的结论。后来，科学家进一步研究得出液体内深度为h处的压强。

$$p=\rho gh$$

p：液体压强（单位：Pa）
ρ：液体密度（单位：kg/m^3）
h：液体的深度（单位：m）
g通常取9.8 N/kg

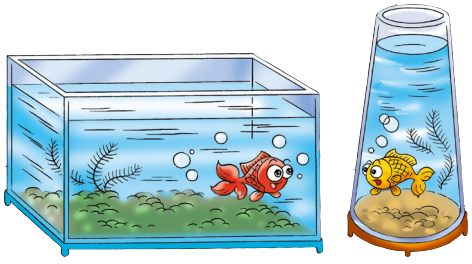
教育科学出版社

讨论交流

谁受的压强大

不同鱼缸里的两条鱼在水底争论不休。它们谁说得对呢？

压强是由水的重力产生的，我这儿的水比你那里的水多得多，所以我在水底受的压强比你大！



我上面的水比你的深，所以我在水底受的压强比你大！

图9-2-6　两条鱼的争论

连通器

连通器（communicating vessel）是上端开口、下端相连通的容器。这样的容器中液面有什么特点呢？

演示实验

连通器中液面的特点

材料
- 注射器两个
- 胶管
- 水

如图9-2-7所示，把两个注射器筒拔去活塞，用胶管连接，做成一个连通器，在连通器中加入水，观察两个筒里水面的高度。

保持一个筒不动，使另一个筒升高、下降或倾斜，待水面静止时观察两个筒中的水面高度。

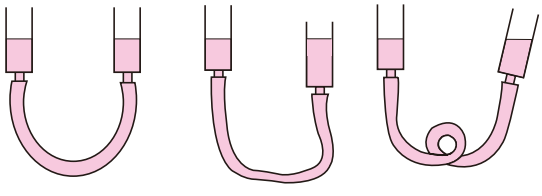


图9-2-7　观察连通器中水面的高度

实验表明，连通器里的同一种均匀液体不流动时，各开口处的液面高度总是相同的。

教育科学出版社 ESPH

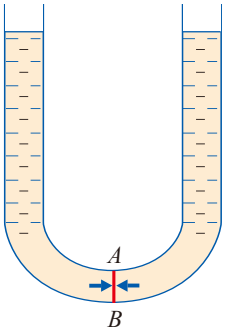
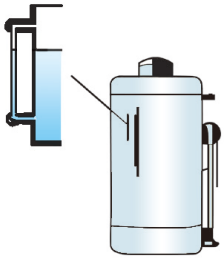


图9-2-8 设想连通器底部有一个小液片AB，要使AB不动，AB左右两侧受到的压强必须大小相等；而只有两边液柱高度相等时，它们对液片AB的压强才能相等

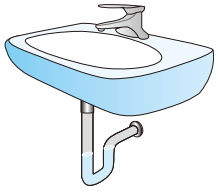
图9-2-9中的几种装置，是连通器在我们生活中的常见应用，你能说出它们的道理吗？



（a）茶壶的壶嘴与壶体组成连通器



（b）锅炉与其外面的水位计组成连通器



（c）水封

图9-2-9 生活中的连通器

发展空间

家庭实验室

裂桶实验

帕斯卡曾做过一个实验：他在一个装满水的密闭木桶上插了一根细长、坚固的管子，向细管子里灌水，结果只加了几杯水，就产生了很大的压强，竟把木桶压裂了（图9-2-10）。

请你和同学一起用细胶管和气球来模拟帕斯卡的裂桶实验，看用多少水能把气球胀破，并估算气球能承受的最大压强。（注意安全！）

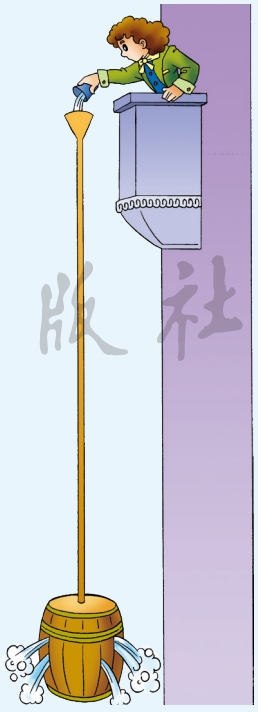


图9-2-10 裂桶实验

自我评价

1. 如果水的压强仅仅是向下的，而不是作用于所有的方向，水中的鱼将出现什么现象？

2. 在水杯中加半杯水，然后将一根吸管分别插入水中不同的深度，用嘴吹气，使水下冒气泡，你会感觉有什么差别？说说其中的道理。

3. 奋斗者号下潜深度为10 909 m时，它的表面受到的海水产生的压强是多大？海水密度近似为1×10^3 kg/m³，g取10 N/kg。

4. 雨天驾驶切勿涉险经过涵洞积水路段。

ESPH 教育科学出版社

如果汽车不慎驶入水中，随着水位的升高，车内的人越来越难推开车门脱离险境，为什么？

物理在线

考察海洋

海洋是个极具开发潜力的资源宝库，不仅可以提供人类所需的食物，海洋底部还蕴藏着丰富的石油、天然气等资源。

要研究、开发利用海洋，就需要潜到海洋的深处。深潜的最大困难是海水的巨大压强。屏住呼吸的潜水者能在浅海中采集海参、珍珠贝等；背着氧气瓶的潜水员能在较深的海中观察鱼类的生活；要想在更深的海水中工作，就要穿潜水服，以防胸腔被海水压破。为了下潜到更深的海底考察，科学家们还制造了各种耐压的深潜设备。

我国是世界上少数几个掌握大深度载人深潜技术的国家之一。从蛟龙号、深海勇士号到奋斗者号，我国向海洋深处进发的脚步从未停歇。

请到图书馆或互联网上查一查，有哪些潜水工具？不同的潜水工具能下潜的最大深度有多深？



跨学科实践

3 船 闸



图9-3-1　三峡大坝五级船闸

三峡大坝是三峡水电站的主体工程，也是当今世界上最大的水利枢纽建筑之一。三峡大坝具有强大的水力发电和抗旱、防洪等功能。大坝上、下游落差100多米，船舶怎样才能顺利通过这么大落差的大坝呢？

工程师在三峡大坝左侧的山体中修建五级船闸（图9-3-1），解决了这个问题。

船闸的力学原理

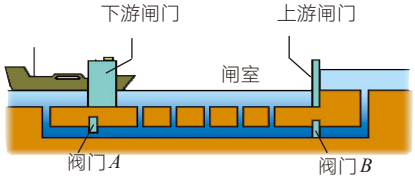
三峡船闸是一项非常巨大的工程，其基本原理却是我们刚刚学习的连通器。

教育科学出版社

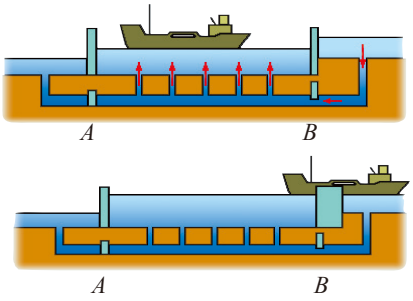
讨论交流

船闸的工作原理

结合图9-3-2，利用连通器的工作原理，请说一说船只是怎样从下游驶向上游的，又是怎样从上游驶向下游的。



上、下游闸门关闭。阀门A打开，B关闭。闸室和下游水道构成了一个连通器，水从_____流向_____。闸室水面与下游相平时，下游闸门打开，船驶入闸室。



关闭阀门A和下游闸门，打开阀门B，闸室和上游水道构成了一个连通器，水从_____流向_____。

闸室中水面与上游相平时，打开上游闸门，船驶往上游。

图9-3-2　船只经过船闸从下游驶往上游的过程

通过控制闸门和阀门的开合，三峡大坝建造了世界上最大的可控制水面高低的连通器。长江上的轮船便是通过控制闸门和阀门，调节“连通器”水面高低，一级一级地跨越三峡大坝的。

那么，当水面相平后，如何开合巨大的闸门呢？这需要巨大的力。在互联网上搜索关键词“液压技术”和“‘人’字闸门”（图9-3-3），也可以查找并观看轮船通过三峡船闸的视频，了解更多信息。

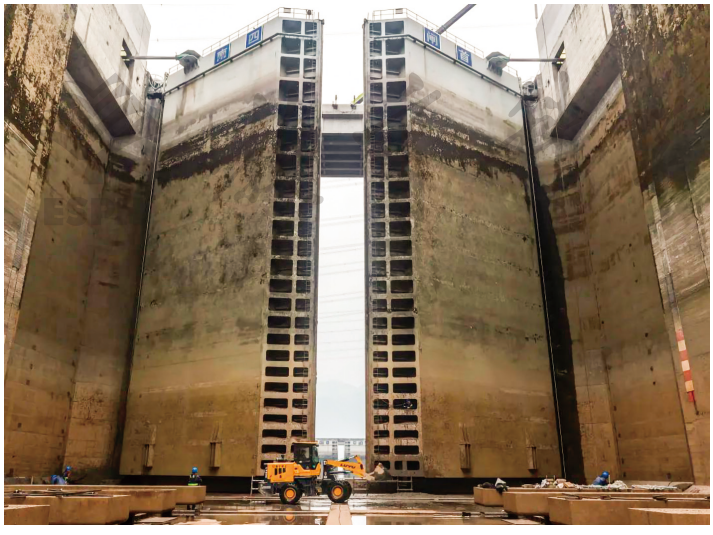


图9-3-3　利用液压技术控制闸门开合

出版社

雄伟的三峡大坝在有效防范洪涝灾害的同时，产生了巨大电能，为社会生产生活提供重要保障。三峡船闸能使几千吨级的船舶“跳跃”百米高的“龙门”，畅游于大坝上下。

设计、制作一个船闸

船闸包括闸首（上、下游挡水墙）、闸门、阀门、闸室（控制船舶垂直升降）、输水系统（供闸室灌水和泄水的连通器）、引航道（连接船闸和主航道）等部分。

请以小组为单位，根据掌握的知识进行工程设计和模型制作。

工程设计是对项目提供技术依据的设计说明和图纸的活动过程，是对项目进行整体规划、体现具体实施意图的重要过程，主要包括设计结构、选择材料、确定工艺、绘制图纸等。模型制作要求能展示船闸的主要结构，验证工程设计的可行性（图9-3-4）。

材料与工具选用参考

矿泉水瓶、A4纸、硬纸壳、塑料板、泡沫板、吸管、热熔胶枪、透明胶带、美工刀、刻度尺等。



图9-3-4

根据设计说明和设计图纸制作模型，并进行模型展示和现场答辩。对此次活动的评价，可以从技术可行性、安全性、经济性和模型的艺术性等方面展开。

ESPH 教育科学出版社

4 大气压强



图9-4-1　大气层

我们的地球被厚厚的大气层包围（图9-4-1）。其中，大部分气体分布在从地球表面到几十千米高空的范围内。我们生活在大气“海洋”的底层。

大气压强

处在大气中的物体会受到来自大气的压强，这个压强叫作大气压强，简称**大气压（atmosphere）**。生活中有许多例子能使你感受到大气压强的存在（图9-4-2）。

观察

生活中的大气压强



（a）塑料吸盘吸在墙上



（b）薄薄的纸托住了水



（c）轻轻一吸，牛奶即可入口

图9-4-2　大气压强引起的现象

生活中还有哪些能说明大气压强存在的事例？

教育科学出版社

为了证明大气压强的存在，1654年，德国马德堡市的居里克（Otto von Guericke，1602—1686）把两个直径约36.6 cm的空心铜半球扣在一起，抽出球内的空气，然后分别在两个半球上各拴了8匹马向两边拉，才艰难地把它们拉开（图9-4-3）。但如果不抽去空气，两个半球轻轻一拉就开。



图9-4-3 马德堡半球实验

大气压强有多大

马德堡半球实验中，是什么力把两个半球压得这么紧呢？大气压强有多大？

活动

估测大气压强的值

用两个塑料挂钩的吸盘可以模拟马德堡半球实验（图9-4-4）。用测力计测出拉开吸盘时大气对吸盘的压力，再测算出吸盘的面积，就可以估算出大气压强的值。

材料

- 刻度尺
- 两个带吸盘的挂钩
- 测量范围为0～300 N的测力计

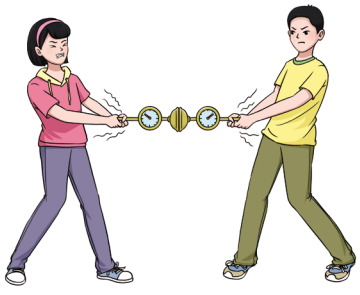


图9-4-4 模拟马德堡半球实验

教育科学出版社

1643年，意大利科学家托里拆利（E. Torricelli，1608—1647）用图9-4-5所示的装置，精确地测出了大气压强的值。

如图9-4-5所示，在长约1 m、一端封闭的玻璃管里灌满水银，用手指将管口堵住，然后倒插在水银槽中。放开手指，管内水银面下降一定高度便不再下降，这时管内外水银面的高度差约为760 mm。

把管子倾斜，或换更长一些的管子，或换其他形状的管子，管内外水银面的高度差仍约为760 mm。

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，正是大气压强支持着玻璃管内760 mm高的水银柱。也就是说，大气压强跟760 mm高的水银柱产生的压强相等。

根据液体内部压强公式，可以算出760 mm高水银柱产生的压强

$$p = \rho_{水银} gh$$
$$= 13.6 \times 10^3\ \text{kg/m}^3 \times 9.8\ \text{N/kg} \times 0.76\ \text{m}$$
$$\approx 1.01 \times 10^5\ \text{Pa}$$

通常把这样大小的大气压强规定为**标准大气压（standard atmospheric pressure）**。这相当于有10 N的压力作用在1 cm^2的面积上（图9-4-6），比大象躺倒时对地面的压强还大。

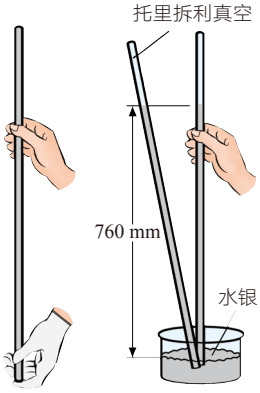


图9-4-5　托里拆利实验

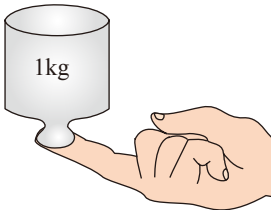


图9-4-6　感受大气压强的大小

大气压强的变化

1648年，帕斯卡发现，离地面越高的地方，大气压强越小。图9-4-7表示出了大气压强随高度变化的情况。

教育科学出版社 ESPH

水的沸点随大气压强的减小而降低。在海拔5 km 的高原，由于气压偏低，水达到83 ℃便会沸腾。温度过低，使煮熟食物成为难题。因此，在高原做饭，需要用高压锅。

利用大气压强随高度变化的关系，可以测量海拔高度。许多运动手表便是通过内置的气压计，获得大气压强数值，从而知晓所处位置的海拔高度。

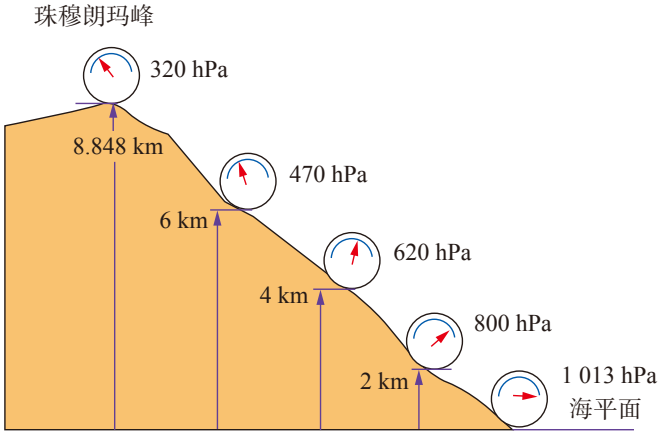


图9-4-7 大气压强随高度变化的情况

讨论交流

大气压强与天气

由于太阳的照射、地形的差异等因素，地球表面的大气压强不是均匀分布的。大气压强的地区差异引起空气的流动（图9-4-8）。饱含水蒸气的热空气上升，在高空形成云，由此产生一系列的天气现象。所以大气压强是天气预报的重要气象要素之一。

当大气压强降低时，常伴有多云天气，想一想其中的道理，和同学交流你的想法。

ESPH 教育科学出版社

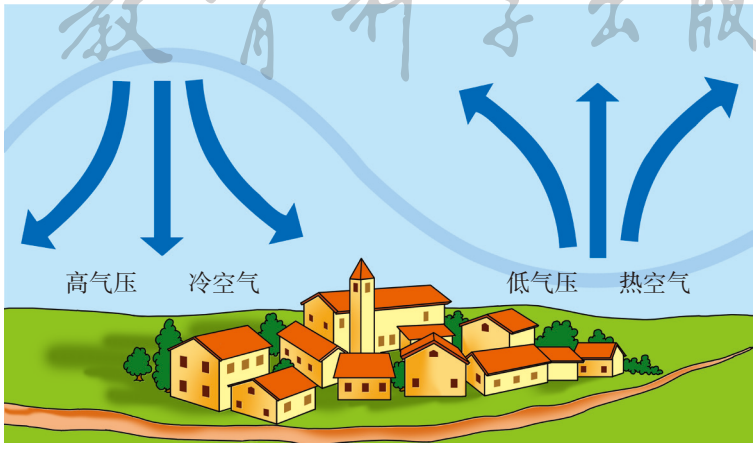


图9-4-8 冷空气下沉，形成高压区；热空气上升，形成低压区

发展空间

家庭实验室

用水做“托里拆利实验”

找一根12 m长的透明软管，管中灌满水，将一端封闭，另一端放在盛水的桶中，将封闭端用细绳吊起，看一看大气压强能支持的管内水柱有多高。（注意安全！）

自我评价

1. 如图9-4-9所示，用吸管从瓶子中吸饮料时，是什么力使饮料上升到嘴里？如果把瓶口密封，你还能不断地吸到饮料吗？

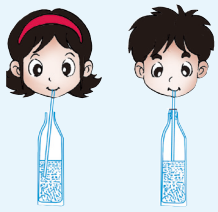


图9-4-9

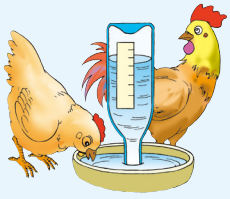


图9-4-10

2. 图9-4-10是小明发明的给鸡自动喂水的装置，请说一说它的原理。

3. 房顶面积是45 m^2，大气作用在房顶上的压力有多大？这么大的压力为什么没有把房顶压塌？

知识要点

1. 压力的大小与受力面积的比叫作压强。在国际单位制中，压强的单位是帕斯卡，简称帕（Pa）。常用的压强单位还有百帕（hPa）、千帕（kPa）、兆帕（MPa）。

2. 液体和气体有很强的流动性，统称为流体。

3. 实验表明，在液体内部向各个方向都有压强，同种液体在同一深度，向各个方向的压强大小相等，深度越深，压强越大；液体内部的压强大小还跟液体的密度有关，在同一深度，液体的密度越大，压强越大。

4. 连通器是上端开口、下端相连通的容器。连通器里的同一种均匀液体不流动时，各开口处的液面高度总是相同的。

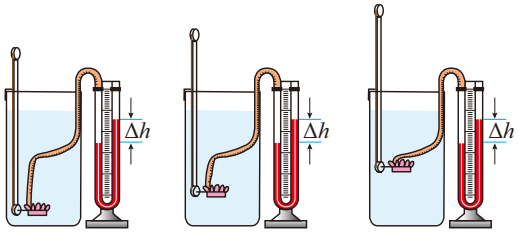
5. 处在大气中的物体会受到来自大气的压强，这个压强叫作大气压强，简称大气压。1个标准大气压为 1.01×10^5 Pa，跟760 mm高的水银柱产生的压强相等。

教育科学出版社 ESPH

本章复习题

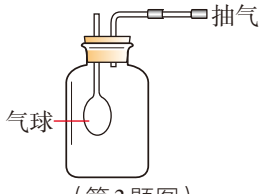
1. 一头质量为 6×10^3 kg 的大象，每只脚掌的面积为 600 cm^2，g 取 10 N/kg，它四脚着地时对水平地面的压强为_____Pa。若大象抬起一条腿，它对地面的压强_____（选填“变大”“变小”或“不变”）。

2. 小明在探究液体压强的大小与液体密度的关系时，三次实验现象如图所示。三个透明盛液筒中的液面相平，U形管两侧液面的高度差相同，探头在液体中的深度不同。据此判断三种液体密度的大小关系。



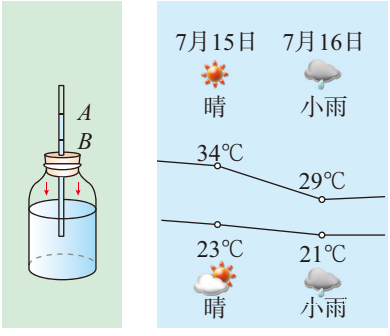
（第2题图）

3. 如图所示，在橡皮塞中插入两根两端开口的玻璃管，一根玻璃管口套上一个小气球，并用线扎紧；另一根通过橡胶管与抽气筒相连。当抽气筒抽出瓶中的部分空气时，请预测气球的变化情况并解释原因。



（第3题图）

4. 大气压强与空气的疏密有关系，地表大气压强的变化情况是天气预报的重要依据之一。夏季，当高空的冷空气下降，会使地面空气密度增大，大气压强_____（选填“升高”或“降低”）。由于高空缺乏水蒸气，无法形成降水，所以当地面附近大气压强较高时天气常常为_____（选填“晴”或“阴雨”）。小明制作了一个如图（a）所示的水气压计。图（b）所示为北京市某一年7月15日和16日的天气，图（a）中的A、B两点为这两天水柱的液面位置，则15日水柱液面应该在什么位置？



（a）　（b）
（第4题图）

5. 三峡船闸通过5个闸室使船体升高（或降低）100多米。小明觉得五级船闸过于烦琐，如果设计成一级船闸则船舶通行更为快捷。小聪认为如果设计成一级船闸，闸门和阀门将承受巨大的压力，特别是阀门将有很大的安全隐患，五级船闸才是较好的方案。你支持谁的观点？请叙述理由。

ESPH

第10章
流体的力现象

在流体中，压力无处不在，它的大小分布随流体的流速、深度而变化。

通过对流体中力现象的研究，我们能够凭借大气使巨大的飞机凌空飞行，能够制造出纵横四海的航空母舰和上浮下沉的潜艇……



- 在流体中运动
- 认识浮力
- 科学探究：浮力的大小
- 沉与浮
- 跨学科实践：潜艇

教育科学出版社

1 在流体中运动



图 10-1-1　翱翔在天空的鸟儿

人类一直幻想着像鸟儿一样在天空飞翔。1891年，奥托·利林塔尔（Otto Lilienthal，1848—1896）模仿仙鹤的翅膀形状，设计和制造了实用的滑翔机，实现了飞行的梦想。今天，飞机已成为我们生活中的重要交通工具。

制作一个鸟翼模型

演示实验

鸟翼的升力

鸟类的翅膀形状各异，飞行方式也各不相同，但它们有一个共同的特点：鸟翼横截面的边线是弯曲的，如图 10-1-2 所示。

如图 10-1-3 所示，用硬纸做一个鸟翼模型，在其中间插一根吸管，穿过吸管将模型套在一根竖直的细铁杆上，使它可以自由地上下移动。用吹风机对着模型吹风，观察气流对鸟翼模型有什么作用。

材料

- 硬纸
- 吸管
- 透明胶带
- 吹风机
- 铁杆



图 10-1-2　鸟翼的横截面



图 10-1-3　鸟翼模型研究

教育科学出版社

水平的气流，能使鸟翼获得向上的升力。升力是怎样产生的呢？

流体压强与流速的关系

1738 年，伯努利（Daniel Bernoulli，1700—1782）发现流体压强与流速有关，这不仅解开了鸟在天空中翱翔的奥秘，也成为人类打开空中旅行大门的钥匙。

演示实验

研究气体压强与流速的关系

利用压强传感器，可以进行图 10-1-4 的实验。抽气机抽气时，在同一时间内，通过连在一起的三节直径不同的管内气体总量相同，所以管越细，管内气体流速越大。接在管侧壁的压强传感器把管内气体压强实时传到计算机上，由此可清晰地看到气体压强与流速的关系。

材料
- 压强传感器
- 直径不同的三节塑料管
- 电动抽气机
- 学生电源

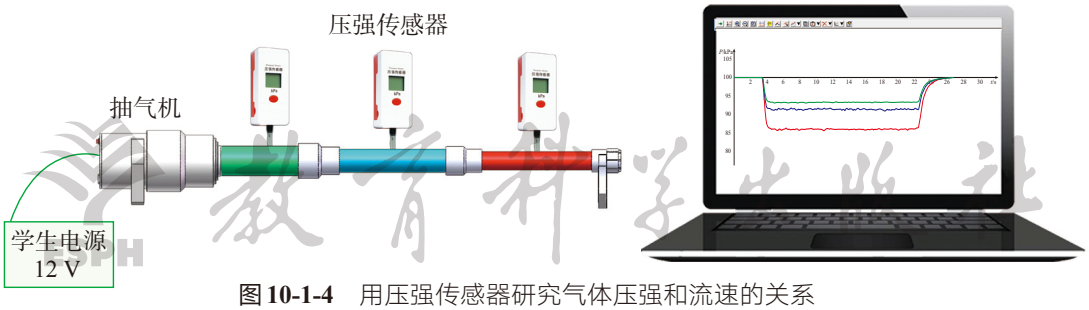


图 10-1-4　用压强传感器研究气体压强和流速的关系

科学家通过大量实验发现，**对于流动的液体和气体，在流速大的地方压强小，流速小的地方压强大。**

实际生活中有许多设施和规则，便是因循以上关系设计的。列车进出站时，车体附近的空气会被运动的车体带动起来，流速增大，压强减小。站在



图 10-1-5　列车站台的安全线

站台上的人，身体前后承受的气压大小不同。这样的气压差形成的合力会将人推向行驶的列车，十分危险。为此，列车站台上设置了一条十分醒目的白色安全线（图 10-1-5）。站在这条白线外，气压差形成的合力低于一定数值，可以确保人身安全。

升力

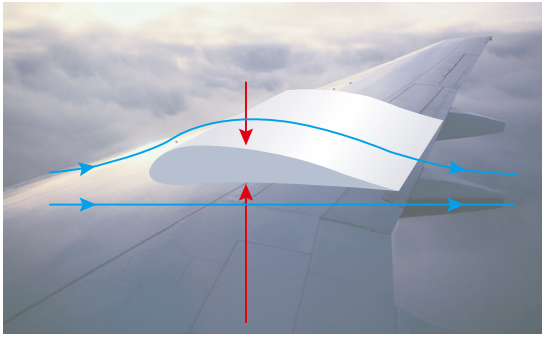


图 10-1-6　升力产生的原因

鸟在空中翱翔，空气沿着鸟翼流过，由于鸟翼的特殊造型，使通过鸟翼上方的空气流速比鸟翼下方的空气流速大，于是鸟翼上方的空气压强小于下方的空气压强，这个压强差就使鸟翼获得了**升力（ascensional force）**（图 10-1-6）；当升力跟鸟所受的重力相平衡时，鸟便能翱翔在蓝天了。

飞机结构复杂，但它和鸟类有相似的外形（图 10-1-7）。类似的升力也作用在机翼上，使庞然大物能够滑行起飞、翱翔蓝天。

在海洋中，企鹅、海豚等许多动物是靠水翼在水中自由滑翔、升降的。

ESPH 教育科学出版社



图 10-1-7　飞机和鸟类有相似的外形，飞机的成功研制是仿生学中的一个典型例子

发展空间

家庭实验室

冷热水混合淋浴器

压强与流速的关系在日常生活中也有许多应用，图10-1-8是某同学制作的淋浴器，请你分析它的原理，也设计一个淋浴器。

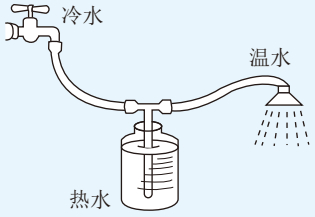


图10-1-8　某同学制作的冷热水混合淋浴器

自我评价

1. 简单解释飞机的升力是怎样产生的。

2. 取一张纸条，从纸条上方沿水平方向吹气，如图10-1-9所示，纸条是怎样运动的？这个现象说明了什么道理？

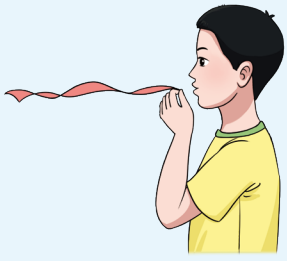


图10-1-9

3. 取一根长吸管，从中间切开一个口，如图10-1-10所示折成直角，一端插在水中，向水平管中吹气，将观察到什么现象？在生活、生产中，哪些装置的原理和它是一样的？

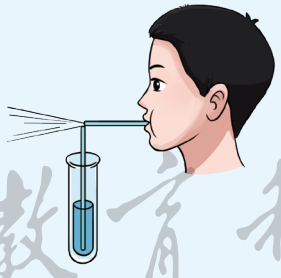


图10-1-10

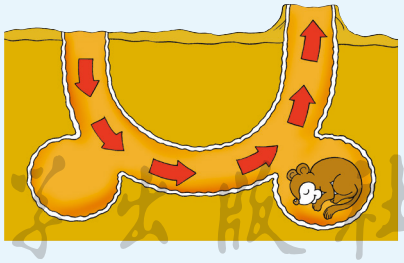


图10-1-11

4. 草原犬鼠是大草原常见的小动物，它挖的洞有多个洞口，一些洞口比较平整，一些洞口由圆锥形土堆围成，如图10-1-11所示。这样的结构能改善洞内的通风情况，为什么？

5. 结合本节内容谈一谈古诗“八月秋高风怒号，卷我屋上三重茅”中蕴含的物理原理。

ESPH 教育科学出版社

2 认识浮力



图 10-2-1　缓慢升起的孔明灯

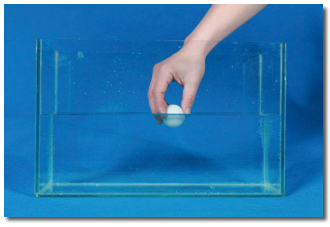
一盏，两盏，三盏……

古时候，到了中秋月夜，会有一盏盏孔明灯从湖面的小船上缓缓升起，在夜空中闪烁着温暖的光芒。每一盏灯里，都写满了梦想与祝福。

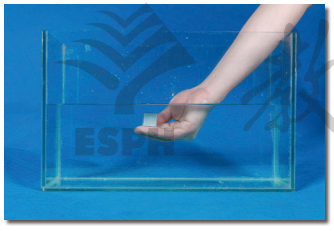
孔明灯为什么能升到空中？小船为什么能浮在水面？

什么是浮力

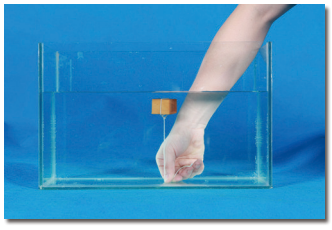
一切浸入流体中的物体，都受到流体对它向上的力，这个力叫作**浮力（buoyancy force）**。



（a）用手把乒乓球按入水中



（b）把物块从水中托出



（c）用线把木块拉入水中

图 10-2-2　感受浮力

活动

感受浮力

1. 把乒乓球按入水中，有什么感觉？

2. 把物块从水中托出，有什么感觉？

3. 用线把木块系好，然后拉入水中，观察线的方向。

通过以上活动（图 10-2-2），你感受到浮力的存在了吗？对浮力的方向有什么猜测？

教育科学出版社

浮力产生的原因

液体对浸入其中的物体的四周都有压强。浮力的产生与液体压强有没有关系呢？如图 10-2-3 所示，液体内部的压强随深度的增加而增大，因此物体受到的向上的压力要比其受到的向下的压力大。这些压力的总效果，就形成了一个作用于这个物体的向上的力（图 10-2-4），即浮力。

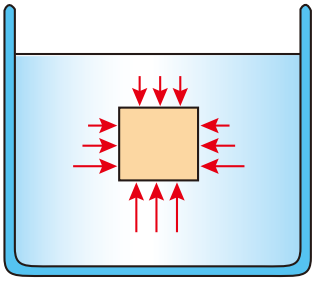


图 10-2-3　物体四周都受到液体的压强

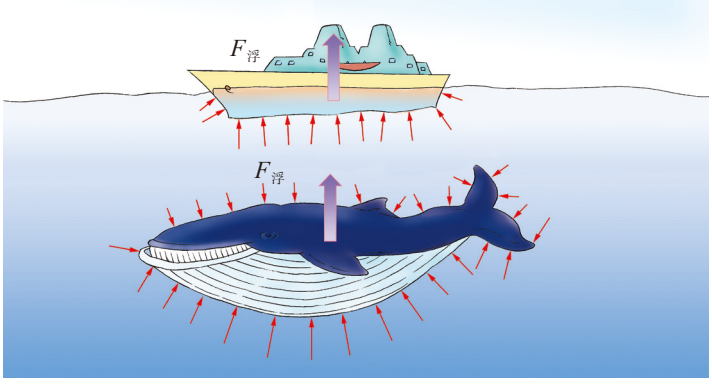


图 10-2-4　船和鲸鱼受到的浮力

讨论交流

沉在水底的铁球有没有受到浮力

沉在水底的铁球有没有受到浮力？和同学讨论，看一看图 10-2-5 中哪条小鱼说得对。

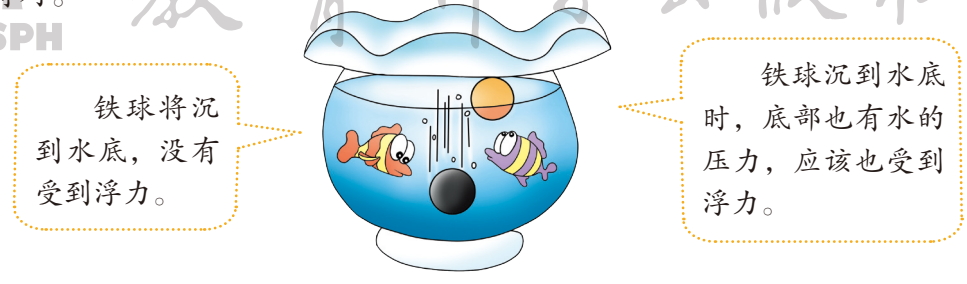


图 10-2-5　小鱼的辩论

只要存在上、下表面的压力差，液体中的物体就会受到浮力，这与它的沉浮无关。

教育科学出版社 ESPH

测量浮力

在前面的活动中，我们用手可以感受浮力。而要得出浮力的确切数值，就需要借助仪器。

演示实验

测量浮力

在弹簧测力计的挂钩上竖直悬挂一个重物，读出测力计的示数F_1；把重物浸入水中，再读出测力计的示数F_2，示数怎样变化？这个变化说明了什么？

物体受到的浮力沿什么方向？浮力的大小与F_1和F_2有什么关系？写出计算公式。

材料
- 重物
- 弹簧测力计
- 盛有水的烧杯

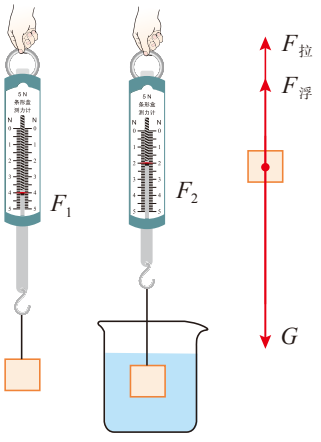


图 10-2-6　测量浮力

发展空间

家庭实验室

浮力产生的原因

如图 10-2-7 所示，将玻璃筒两端蒙上橡皮膜，当玻璃筒水平浸入水中时，观察左、右两个橡皮膜的凹陷程度；当玻璃筒竖直浸入水中时，观察上、下两个橡皮膜的凹陷程度。橡皮膜的凹陷程度体现橡皮膜的受力情况，据此可分析浮力产生的原因。

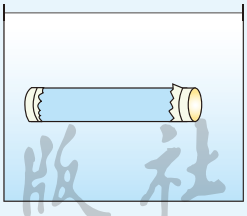


图 10-2-7

自我评价

1. 小明说：“在液体中上浮的物体受浮力，下沉的物体不受浮力。”这种说法正确吗？

2. 物体A浸入水中前后，弹簧测力计的示数如图 10-2-8 所示。求A受到的重力和它在水中受到的浮力。

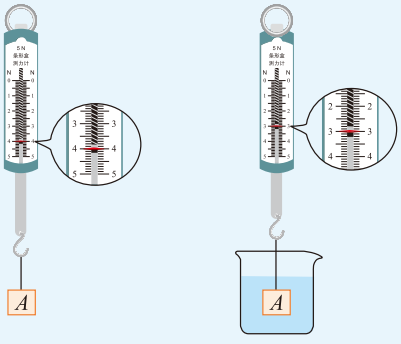


图 10-2-8

3 科学探究：浮力的大小



图 10-3-1 山东舰航母编队犁浪而来

海上战舰犁浪，守护每寸山河（图 10-3-1）。谈论舰船，总会提到“排水量”，它意味着什么？

传说古希腊科学家阿基米德（Archimedes，前 287—前 212）在洗澡时发现，身体越往水下浸，从盆中溢出的水越多，人感到身体越轻。通过进一步研究，他发现了浮力的规律。



图 10-3-2 传说阿基米德在洗澡时发现浮力的秘密

浮力大小与什么因素有关

浮力大小与什么因素有关系呢？你有什么猜想？说一说你提出猜想的依据。

教育科学出版社 ESPH



实验探究

探究浮力大小与哪些因素有关

猜想：浮力的大小可能与物体浸在液体中的体积、物体所处的深度、液体的密度等因素有关。

为了方便调节浸在液体中的物体的体积，可以选取带有刻度线的圆柱体为研究对象（图10-3-3）。应用控制变量的思想，实验设计如下。

（1）探究浮力的大小与圆柱体浸在液体中的体积的关系：测量、比较圆柱体在液体中浸入$\frac{1}{4}$、$\frac{1}{2}$、$\frac{3}{4}$体积和浸没时的浮力大小；

（2）探究浮力的大小与圆柱体浸没深度的关系：测量、比较圆柱体浸没在同一液体中不同深度时的浮力大小；

（3）探究浮力的大小与液体的密度的关系：测量、比较圆柱体分别浸没在水中、盐水中的浮力大小。

请设计实验步骤和实验记录表，比较各种情况中浮力的大小，验证猜想。

材料
- 铁架台
- 升降台
- 弹簧测力计
- 烧杯
- 圆柱体
- 水、盐水



图10-3-3

如图10-3-4所示，将弹簧测力计换成力传感器，逐渐增加升降台的高度，改变物块浸在水中的体积V，计算机可绘制出$F_{浮}$–V图像（图10-3-5）。



图10-3-4

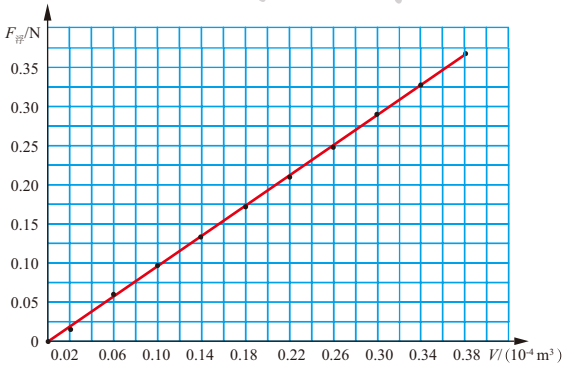


图10-3-5 $F_{浮}$–V图像

实验表明，浸在液体中的物体受到的浮力大小，跟物体浸在液体中的体积和液体的密度有关；浸没在同种液体中的物体所受浮力跟物体在液体中的深度无关。

阿基米德原理

演示实验

浮力大小与排开液体重力的关系

我们可以先在空气中测量出铁块所受重力的大小，再把铁块浸没在装满水的溢水杯中（图10-3-6），读取弹簧测力计的示数，计算出铁块受到的浮力。

材料
- 阿基米德原理实验器
- 弹簧测力计

然后，测量出被铁块从溢水杯排到小桶中的水所受的重力。你有什么发现？

如果用体积相同的铝块做实验，你又有什么发现？

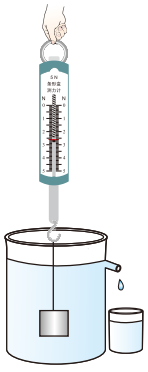


图10-3-6

浸在液体中的物体受到竖直向上的浮力，浮力的大小等于它排开的液体所受到的重力。这就是著名的**阿基米德原理（Archimedes principle）**。用公式表示为

$$F_{浮}=G_{排}$$

无论物体是漂浮、悬浮还是沉在水中，它所受的浮力都等于其排开的水所受到的重力（图10-3-7）。

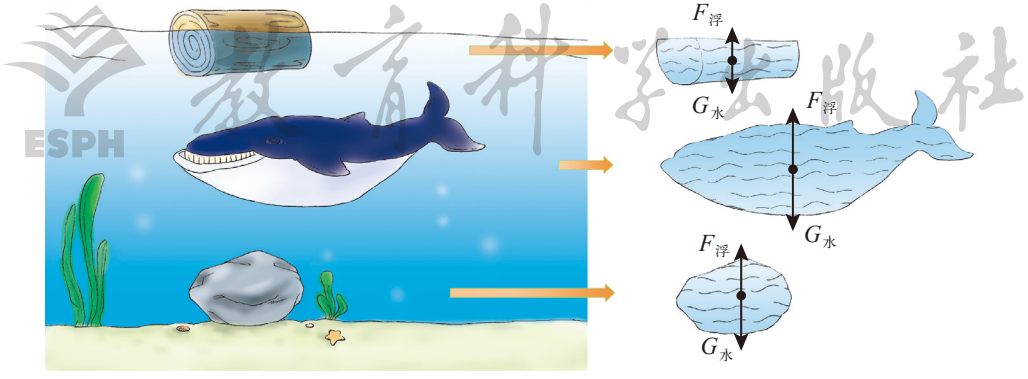


图10-3-7　物体在水中受到的浮力等于它排开的水所受到的重力

物体在气体中也受到浮力。气球脱手后会上升，就是因为受到空气对它的浮力。阿基米德原理也适用于气体。

阿基米德原理的应用

讨论交流



图 10-3-8　死海中的惬意

死海之谜

在死海中，海水的密度高达 $1.18\times10^3\ \mathrm{kg/m^3}$。如图 10-3-8 所示，人们可以很轻松地在海面仰卧，甚至还可以看书呢！

请应用阿基米德原理作出解释。



图 10-3-9　用橡皮泥捏成的小船浮在水面上

【例题】一个边长为 3 cm，密度为 $2\times10^3\ \mathrm{kg/m^3}$ 的立方体橡皮泥块浸没在水中时受到的浮力是多少？如果把这块橡皮泥捏成一只小船浮在水面上（图 10-3-9），小船所受浮力是多少？g 取 10 N/kg。

分析　根据阿基米德原理，橡皮泥块受到的浮力等于它所排开的水所受的重力。如果把橡皮泥捏成小船，因其处于二力平衡状态，所以浮力等于橡皮泥所受的重力。

解　如果橡皮泥块浸没在水中，它排开水的体积

$V_{排}=V_{橡}=0.03\ \mathrm{m}\times0.03\ \mathrm{m}\times0.03\ \mathrm{m}=2.7\times10^{-5}\ \mathrm{m^3}$

排开水的质量

$m_{排}=\rho_{水}V_{排}=1\times10^3\ \mathrm{kg/m^3}\times2.7\times10^{-5}\ \mathrm{m^3}=2.7\times10^{-2}\ \mathrm{kg}$

排开的水受到的重力

$G_{排}=m_{排}g=2.7\times10^{-2}\ \mathrm{kg}\times10\ \mathrm{N/kg}=0.27\ \mathrm{N}$

根据阿基米德原理，可以得到

$F_{浮}=G_{排}=0.27\ \mathrm{N}$

如果把这块橡皮泥捏成小船，橡皮泥的质量不变，其所受重力不变。橡皮泥在水中漂浮时处于二力平衡状态，有

$F'_{浮}=G_{橡}=m_{橡}g=\rho_{橡}V_{橡}g=2\times10^3\ \mathrm{kg/m^3}\times2.7\times10^{-5}\ \mathrm{m^3}\times10\ \mathrm{N/kg}$

$=0.54\ \mathrm{N}$

教育科学出版社

橡皮泥小船比橡皮泥立方体能排开更多的水，这说明采用“空心”的办法能增大可供利用的浮力，据此人们用密度远大于水的钢铁制造了轮船。

发展空间

家庭实验室

探究阿基米德原理

［实验验证］如图10-3-10所示，用弹簧测力计吊起一个装满水的小塑料袋（袋内不留空气），观察弹簧测力计的示数。然后把这袋水逐渐浸入水中，弹簧测力计示数怎样变化？这袋水完全浸入水中时受到的浮力是多少？通过受力分析可以得到什么启示？

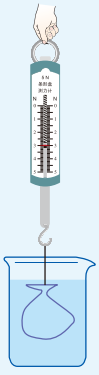
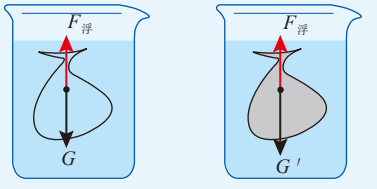


图10-3-10

［理论探究］把小塑料袋中的水看作是从整杯水中隔出的一部分水。这部分水静止，根据二力平衡条件（图10-3-11），袋中水受到的浮力等于袋中水受到的重力。

如果把袋中的水换成相同体积、相同形状的固体，根据图10-3-10的实验结论，水对这块固体的作用和对袋中水的作用是一样的，这个作用就是浮力，等于袋中水所受的重力，即等于固体排开的水所受到的重力。



一袋水　　与一袋水形状、体积相同的固体

图10-3-11

自我评价

1. 我国055型驱逐舰首舰南昌舰的排水量为1.2×10^4 t，表示它浮在海面上排开的海水质量是1.2×10^4 t。此时舰船所受的浮力是多少？g取10 N/kg。

2. 2022年5月15日，用于大气观测的极目一号Ⅲ型浮空艇从海拔4 270 m的科考营地顺利升空。该浮空艇体积约为9 000 m^3，它在营地升空时所受空气浮力有多大？它上升的过程中（气球体积不变），浮力将怎样变化？为什么？海拔4 270 m处空气密度为0.80 kg/m^3，g取10 N/kg。

3. 小明试图通过“理论探究”推导浮力的大小。

第一步：建立模型——选取浸没在液体中的长方体进行研究，如图10-3-12所示；

第二步：理论推导——由长方体上下的压力差推导浮力的大小。

请你协助小明写出推导过程。

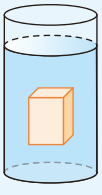


图10-3-12

教育科学出版社 ESPH

4 沉与浮



图 10-4-1　海上的冰山

冰山（图 10-4-1）、海豚、沉船……浸在水中的物体，有浮有沉。这是为什么呢？

物体的沉浮条件

观察

鸡蛋的沉浮

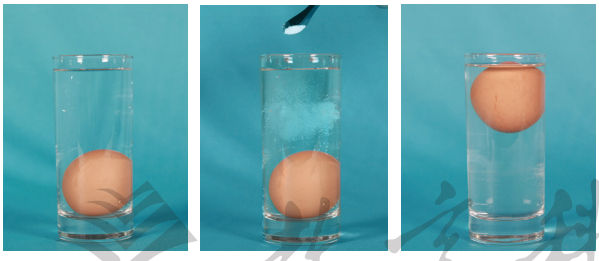


图 10-4-2　鸡蛋沉浮实验

如图 10-4-2 所示，取一枚生鸡蛋，放在清水中，观察它在水中沉浮的情况。向水中慢慢加些盐，并轻轻搅拌，鸡蛋怎样运动？如果再加些清水，又会发生什么现象？

教育科学出版社 ESPH

水中的鸡蛋同时受到重力和浮力的作用。当浮力大于重力时，鸡蛋上浮；当浮力小于重力时，鸡蛋下沉；当浮力等于重力时，鸡蛋悬浮在水中。

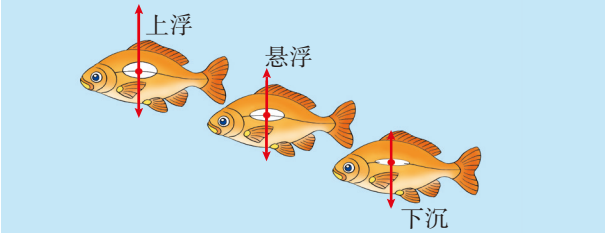


图 10-4-3　某些鱼类的鳔的大小变化能使鱼在水中的沉浮发生变化

对于浸没在液体中的物体，如果只受到重力和浮力：

$F_{浮} > G_{物}$ 时，物体上浮；

$F_{浮} = G_{物}$ 时，物体悬浮；

$F_{浮} < G_{物}$ 时，物体下沉。

对海洋生物来说，浮力非常重要。浩瀚的海洋中，许多生物用不同的方式控制沉与浮，这是一个精彩的世界（图10-4-4）！



抹香鲸靠加热或冷却脑油来控制沉浮

鹦鹉螺具有螺旋形的外壳，壳内有很大的充气囊





乌贼的骨中有许多小的充气分隔室

图10-4-4

控制沉与浮

我国古代很早就将浮力应用于生产、生活中。从独木舟到郑和下西洋所用的大型“宝船”船队，从孔明灯到浮船打捞技术，从盐水选种到密度计，都体现出中华民族的智慧。

借浮力起重，是我国古代的一个创造。900多年前，僧人怀丙让人把两艘很大的木船并排拴在一起，船上装满了泥沙。将铁索一端拴在船上，另一端系在铁牛上。然后把船上的泥沙卸到河里，打捞起沉落江中的万斤大铁牛（图10-4-5）。这一打捞方法一直沿用至今。

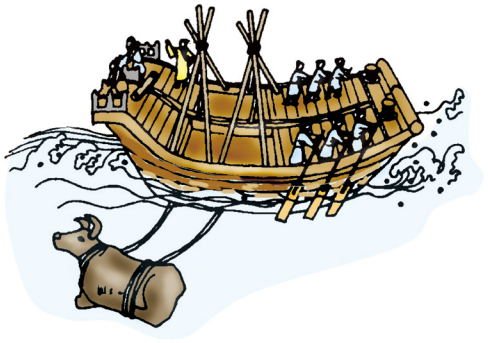


图10-4-5　我国古代曾用浮船打捞沉落江中的万斤大铁牛

教育科学出版社

讨论交流

打捞中山舰

中山舰是中国近现代史上的一代名舰，其排水量为780 t，长为62.9 m，宽为8.9 m，1938年在长江被日军击中，沉入19 m深的江底。1997年中山舰被打捞出水（图10-4-6）。

假如由你们来组织打捞中山舰，请设计一个打捞方案。



图 10-4-6　中山舰

在体育、娱乐活动中，经常看到天空中飘浮着色彩绚丽的热气球。你知道它的构造和原理吗？

活动

做一个热气球

取一个大的轻纸袋，用细铁丝编一个简单的小筐，再用几条胶带把小筐挂在纸袋下面，筐里面放一团用酒精浸湿的棉花。把热气球拿到室外，点燃酒精棉，热气球就能慢慢升起来了（图 10-4-7）。

假如由你来设计一个带吊篮的热气球，为了使它能降回地面，你打算采用什么办法？



当心火灾

材料

- 轻纸袋
- 铁丝
- 胶带
- 酒精
- 棉花
- 火柴

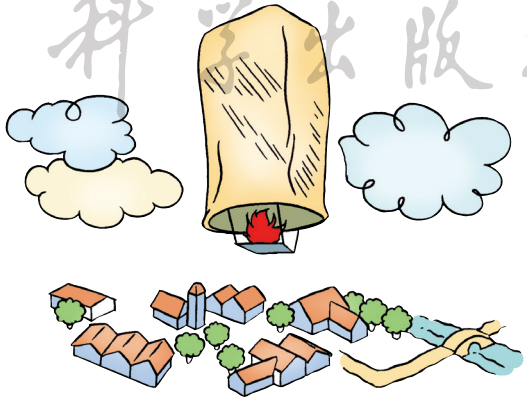


图 10-4-7　做一个热气球

教育科学出版社

热气球通过加热球内的空气以减小热气球整体所受的重力。当热气球所受的重力小于受到的浮力时，热气球就可以升空了（图10-4-8）。其自带的加热器可以调节气囊中气体的温度，从而控制气球升降。



图10-4-8　热气球

发展空间

家庭实验室

自制密度计

可以用圆珠笔芯自制一个密度计：如图10-4-9所示，找一根快用完了的圆珠笔芯，金属笔头向下（也可在笔头上缠几圈金属丝），放入水中，笔芯静止时，在笔杆上标出水面的位置，作为水的密度标记。然后把笔芯放在盐水中，你有什么发现？你知道它的原理吗？

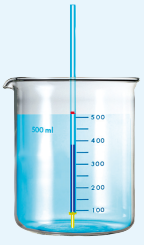


图10-4-9　自制密度计

自我评价

1. 选取苹果、大枣、葡萄，将其浸没在水中后松手，观察到的浮沉情况如图10-4-10所示。请比较各自重力与浮力的大小关系。

2. 小明与小聪发现，实心的铁块在水中下沉，实心的木块全部压入水中松手后上浮，据此他们推测：实心物体的密度大于液体密度，物体则下沉；实心物体的密度小于液体密度，物体则上浮。请说明理由。

3. 如图10-4-11所示是小聪制作的“浮沉子”，它由一个盛水的大塑料瓶和一个开口向下的小玻璃瓶组成，大瓶的瓶盖拧紧密封，两瓶内均有少量空气。挤压大瓶可以控制小瓶的上浮、下沉或悬浮。试说明其中的道理。



图10-4-10



图10-4-11

ESPH

跨学科实践

5 潜　艇



图 10-5-1　核潜艇

潜艇是一种利用力学原理控制沉浮，能够在水下执行任务的舰艇（图 10-5-1），广泛应用于水中作战、海洋科学研究、勘探及开采、设备维护、搜索救援、水下旅游观光等领域。

潜艇的沉与浮

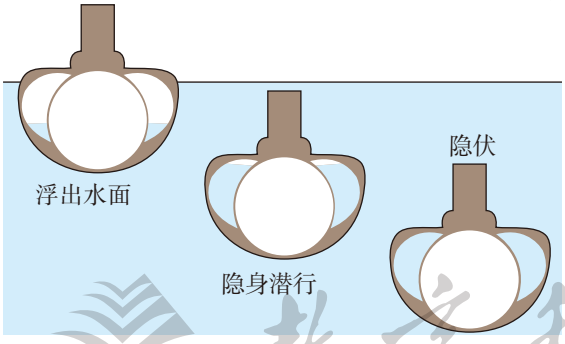


图 10-5-2　打开舱门充水，潜艇下沉；将压缩空气压入水舱，排出海水，潜艇上浮

从鱼儿潜水得到启示，人们设计出有“鳔”的潜艇，它的“鳔”是用钢铁做成的水舱。不过，与鱼不同的是，潜艇是通过人工的方法排水、吸水，来改变潜艇自身所受的重力，从而达到上浮和下沉的目的（图 10-5-2）。

讨论交流

控制物体沉浮的方式

控制潜艇的沉浮与上一节控制鸡蛋的沉浮采取的方式有什么不同？

潜艇在水面时，如果重力大于浮力，则艇体会自动下沉，浸没在水中的体积增大，浮力增大，达到新的平衡状态；反之，如果重力小于浮

力，则艇体会自动上浮，部分露出水面，浮力减小，同样可达到新的平衡状态。所以，水面的潜艇在一定范围内具有自动调整平衡状态的能力。潜艇在水下，如果受到的重力或浮力有变化，将会破坏它的平衡状态，从而引起潜艇的下潜或者上浮。

当潜艇潜入深水时，由于不同区域海水密度不同，浮力也会不同。此时，必须精确地调整潜艇水舱中水的多少，改变潜艇整体所受的重力，使之与浮力相等，才能达到新的平衡，保持悬浮状态。可见，精确控制潜艇重力，是潜艇正常工作的关键。

军用潜艇

军用潜艇是国家海军的重要海上作战武器。潜艇空间分为人员工作生活区和水舱。工程师通过调节水舱内水的多少控制潜艇沉浮，依靠动力装置推动螺旋桨前进，利用声呐、潜望镜等设备充当潜艇的耳朵和眼睛，设置了导弹、鱼雷等武器系统。潜艇的设计与制造以物理学原理为基础，结合机械动力、电子技术、材料科学、仿生学等多个领域的知识，是十分复杂的工程技术。

教育科学出版社

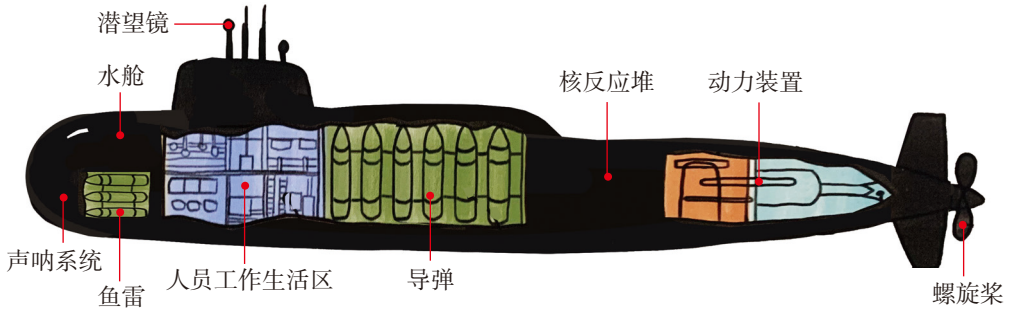


图 10-5-3　核潜艇基本结构

活动

了解中国潜艇

中国潜艇的发展史是一部奋斗史、创新史。中国工程院院士、共和国勋章获得者、国家最高科学技术奖获得者黄旭华，为祖国“深潜”30年，使我国成为少数可以制造核潜艇的国家之一。请查阅资料，了解相关事迹，并与同学分享。

潜艇模型制作比赛

制作要求

1.人员工作生活区和水舱独立分开。

2.人员工作生活区大于水舱。

比赛任务

1.完成从水面下潜到指定位置悬浮。

2.完成从水下上浮到指定位置悬浮。

制作材料

带盖的大、小饮料瓶各两个、配重物、注射器、塑料管、胶枪(包括热熔胶)、剪刀、透明胶等。

展示、交流与评价

1.各小组介绍潜艇的设计思路，展示设计图纸和制作的潜艇，交流存在的问题和需要改进的地方。

2.下面是某组同学的作品以及本次活动评价表，请参照它设计自己的评价表，对实践活动进行评价。



图10-5-4

ESPH 教育科学出版社

评价表

小组名称		时间	
评价指标	评价等级	总评	
实现沉浮			
吸排水			
艺术性			
展示交流			
说明：评价等级用“★”表示，等级从低到高分为3级，分别为“★”“★★”“★★★”			

知识要点

1. 伯努利发现流体压强与流速有关。科学家通过大量实验发现，对于流动的液体和气体，在流速大的地方压强小，流速小的地方压强大。这个规律是设计飞机机翼的基本依据。

2. 一切浸入流体中的物体，都受到流体对它向上的力，这个力叫作浮力。

3. 浸在液体中的物体受到竖直向上的浮力，浮力的大小等于它排开的液体所受到的重力。这个规律叫作阿基米德原理，用公式表示为

$$F_{浮}=G_{排}$$

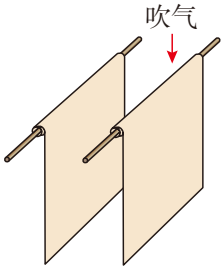
阿基米德原理也适用于气体。

4. 对于浸没在液体中的物体，如果只受到重力和浮力，当它受到的浮力小于它所受到的重力时，物体下沉；当它受到的浮力等于它所受到的重力时，物体悬浮；当它受到的浮力大于它受到的重力时，物体上浮。漂浮在液面上的物体，它受到的浮力等于它所受到的重力。

ESPH 教育科学出版社

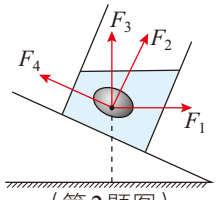
本章复习题

1. 如图所示，若向两张自然下垂的纸中间吹气，吹气时两张纸将会发生什么现象？请解释原因。



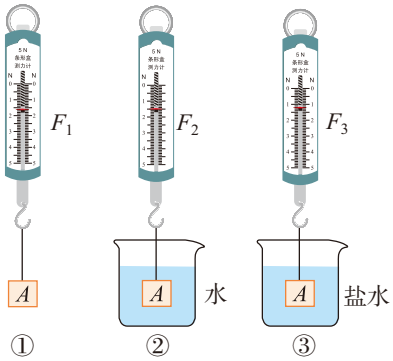
（第1题图）

2. 如图所示，鸡蛋在盐水中受到浮力，这个浮力的施力物体和受力物体分别是什么？图中画出了几个力的方向，鸡蛋所受浮力的方向是哪一个？



（第2题图）

3. 为了测量盐水的密度，某同学用弹簧测力计、烧杯、水（密度用$\rho_{水}$表示）、金属块A、盐水以及不吸水的细线等器材完成了图中实验。请推导出盐水的密度表达式$\rho_{盐水}$（用F_1、F_2、F_3、$\rho_{水}$表示）。



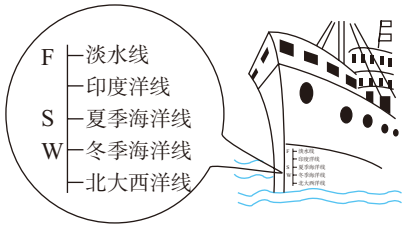
（第3题图）

4. 为保证安全，轮船的船舷上画有载重线。载重线是船舶在允许的最大载重情况下水面位置的水平线。在如图所示的载重线中，最上面的一条是淡水线，表示轮船在淡水中航行，淡水的水面与这条线齐平时，轮船已装足了货物。其他四条线分别是印度洋线、夏季海洋线、冬季海洋线和北大西洋线。请回答下列问题：

（1）为什么淡水线在最上面？

（2）当轮船从北大西洋区域驶入印度洋区域时，轮船的总重力不变，受到的浮力是否变化？

（3）根据图中的载重线，请判断印度洋和北大西洋的海水密度哪个大，为什么？



（第4题图）

教育科学出版社

第11章
机械与功

人类用智慧创造了机械，机械以其强大的力量和人力无法比拟的做功效率，改变了世界，造福了人类。让我们从简单机械开始，一起来认识机械，认识功……

- 杠杆
- 滑轮
- 功　功率
- 机械效率
- 改变世界的机械



ESPH 教育科

1 杠　杆

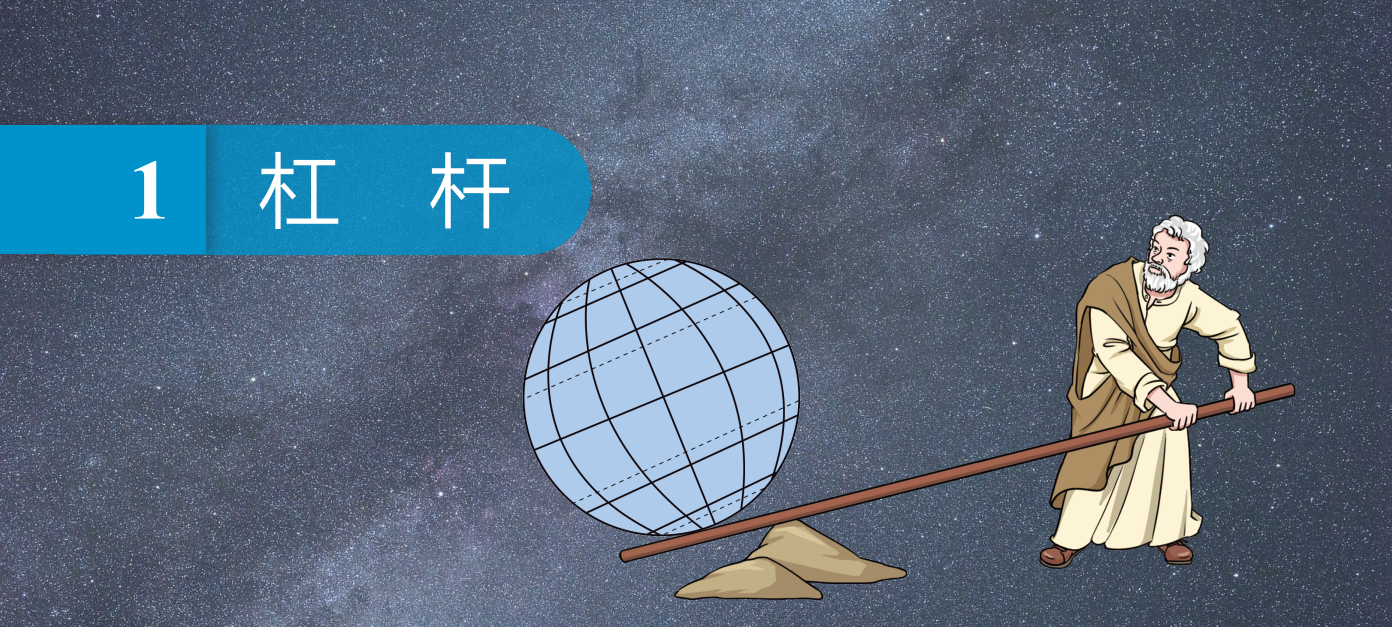


图 11-1-1　阿基米德“撬”地球

“给我一个支点，我能撬动整个地球。”这是阿基米德的豪言（图 11-1-1）。

人的力量是有限的，但人的智慧是无穷的，人类在漫长的历史中创造了各种各样的工具，使工作更省力、更方便，这些工具统称为**机械（machinery）**。

杠杆

机械种类繁多、结构复杂，为了方便研究，人们将机械的各种构件归并为杠杆、滑轮、轮轴、斜面、螺旋等，并把它们称为简单机械。



图 11-1-2　杠杆示意图

杠杆（lever）是最简单的机械。只要在力的作用下能够绕支撑点转动的坚实物体都可以看作杠杆。杠杆绕着转动的支撑点叫作**支点**，使杠杆转动的力叫作**动力**，阻碍杠杆转动的力叫作**阻力**，如图 11-1-2 所示。

图 11-1-3 所示的工具，是生活中常见的杠杆。找一找，它们的支点、动力和阻力在哪里。

复杂的机械是由简单机械组成的。挖掘机（图 11-1-4）、拖拉机、汽车、起重机（图 11-1-5）等许多机器中都包含了各式各样的杠杆。


（a）羊角锤


（b）筷子

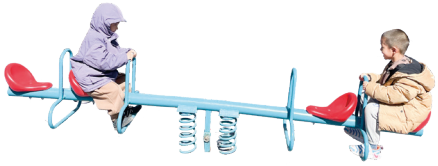

（c）跷跷板

图 11-1-3　生活中常见的杠杆


图 11-1-4　挖掘机利用杠杆来控制翻斗


图 11-1-5　塔式起重机的吊臂也是杠杆

杠杆的平衡条件

当动力和阻力对杠杆的转动效果互相抵消时，杠杆将处于平衡状态，这种状态叫作**杠杆平衡**。

图 11-1-6 是一个杠杆。杠杆的平衡不仅与动力和阻力的大小有关，还与力的作用点及力的方向有关。

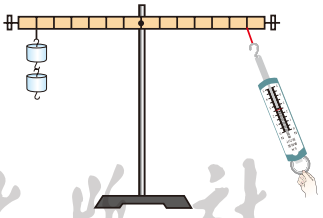


图 11-1-6　杠杆的平衡

为了便于描述，我们引入力臂的概念。它是由力的作用点和力的方向共同决定的。如图 11-1-7 所示，通过力的作用点沿力的作用方向的直线叫作力的作用线。从支点到力的作用线的距离叫作**力臂（arm of force）**。从支点 O 到动力 F_1 的作用线的距离 L_1 叫作**动力臂**；从支点 O 到阻力 F_2 的作用线的距离 L_2 叫作**阻力臂**。

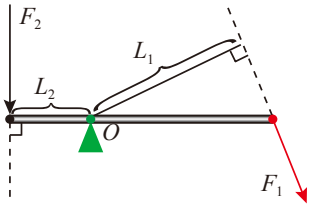


图 11-1-7　杠杆的力臂

教育科学出版社 ESPH

力臂包含了力的两个要素，我们讨论力对杠杆的作用效果时，确定了支点之后，只要考虑力的大小和它的力臂就可以了。

实验探究

杠杆的平衡条件

杠杆究竟在什么条件下才平衡？请设计一个实验方案进行探究。

材料
- 杠杆
- 钩码
- 弹簧测力计

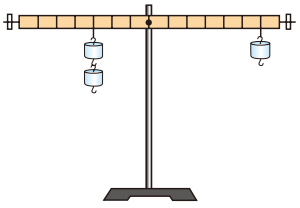


图 11-1-8　探究杠杆平衡条件的装置



根据上面的讨论，请写出实验步骤。

把实验数据填入下面的表中。

实验次数	动力 F_1/N	动力臂 L_1/m	阻力 F_2/N	阻力臂 L_2/m
1				
2				
3				
4				

杠杆每次平衡时，两边力的大小是否相等？力臂是否相等？请分析实验数据，归纳出杠杆的平衡条件。

教育科学出版社

从实验中我们可以知道，杠杆的平衡条件是

动力×动力臂=阻力×阻力臂

或写成

$$F_1L_1=F_2L_2$$

杠杆的分类

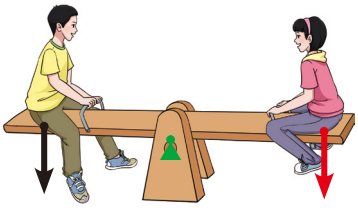
生产、生活中的杠杆有很多，根据动力臂和阻力臂的大小关系，杠杆可以分为省力杠杆、费力杠杆和等臂杠杆（图11-1-9）。请你和同学讨论它们的特点。



省力杠杆：动力臂大于阻力臂，平衡时，用较小的动力就可以克服较大的阻力。但是动力作用点移动的距离大于阻力作用点移动的距离



费力杠杆：动力臂小于阻力臂，平衡时，动力大于阻力。但是动力作用点移动较小的距离就可以使阻力作用点移动较大的距离



等臂杠杆：动力臂等于阻力臂，平衡时，动力等于阻力，这样的杠杆既不省力也不费力，既不省距离也不费距离，但是可以改变力的方向

图11-1-9　三种类型的杠杆

教育科学出版社 ESPH

讨论交流

人体中的杠杆

人的许多动作都是通过人体中精妙的杠杆来完成的。如图11-1-10所示，骨骼和肌肉组成了什么样的杠杆？它的支点在哪里？找一找，人体中还有哪些杠杆？

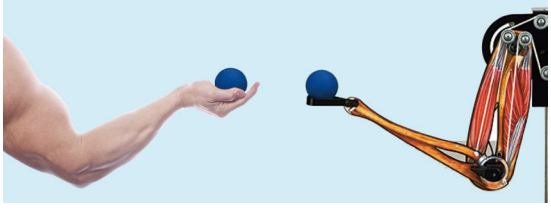


图11-1-10

通过图中的对比可以看到，由一些简单机械组合起来的机械手臂，可以完成人体的常规动作。

杠杆在我国古代有许多巧妙的应用。在3 000多年以前就出现了能精确称量的天平，有用来捣谷的舂和用来在井上汲水的桔槔（图11-1-11）。在2 000多年前的《墨经》中，对杠杆的原理就有了精辟论述。



图11-1-11　舂和桔槔（选自《天工开物》）

发展空间

家庭实验室

研究指甲剪

仔细观察如图11-1-12所示的指甲剪，可以发现它是由几个杠杆组合起来的，你能画出指甲剪的杠杆结构示意图吗？请试试看。

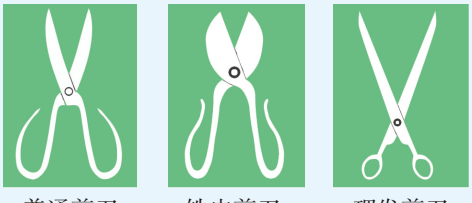


图11-1-12　指甲剪

自我评价

1. 比较图11-1-13中普通剪刀、铁皮剪刀和理发剪刀的不同，请说明各自的特点。

2. 在古代，为了抵御外敌入侵，常在城池周围建造护城河，通过吊桥的升降控制人员进出。图11-1-14是吊桥被拉起时的模型图，请在图中画出拉力F的力臂。



普通剪刀　铁皮剪刀　理发剪刀

图11-1-13

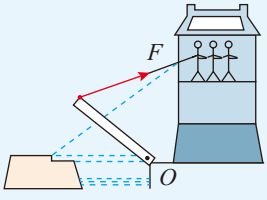


图11-1-14

3. 如图 11-1-15 所示的杠杆处于平衡状态，每个钩码重 0.5 N，弹簧测力计的示数应该是多少？当弹簧测力计从图 11-1-15（a）转到（b），要使杠杆保持平衡状态，其示数会如何变化？请解释原因。

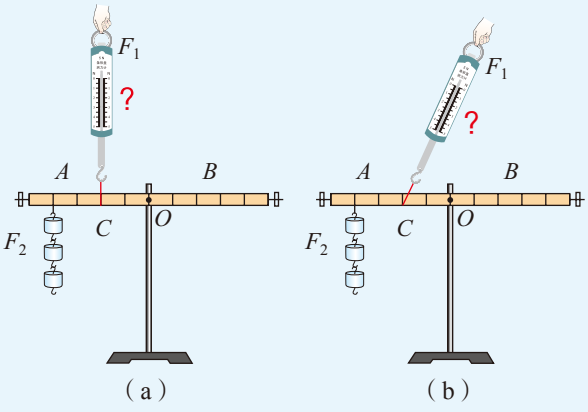


图 11-1-15

4. 图 11-1-16 是锅炉上的安全阀门示意图。请说明它是怎样控制锅炉内气体的压强的。

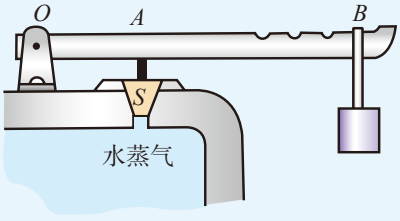


图 11-1-16

ESPH 教育科学出版社

2 滑　轮



图 11-2-1　港口的起重机

港口的起重机（图 11-2-1）一次就能把几吨重的货物吊起，你知道起重机是怎样把它们拉上去的吗？

定滑轮

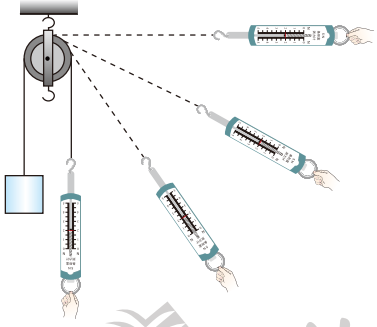


图 11-2-2　定滑轮

起重机上的轮子就是滑轮。滑轮（pulley）是一个周边有槽，并可以绕轴转动的轮子。使用时，滑轮的位置固定不变的叫作定滑轮（fixed pulley）。

使用定滑轮吊起物体时，滑轮的轴固定不动，只是为了改变动力的作用方向，使操作更方便。图 11-2-2 的情形可以证明定滑轮在改变动力方向时，不会改变拉力的大小。

教育科学出版社

讨论交流

使用定滑轮

在图 11-2-3 中，小明用力将物体提到高处。和同学讨论，你们都在哪些场合见过小明使用的这种滑轮，它能带来哪些方便？



图 11-2-3　不能省力的定滑轮

动滑轮

滑轮的位置随被拉动物体一起改变的叫作**动滑轮（movable pulley）**。

图11-2-4是个动滑轮，向上提绳子可以将重物和挂着重物的动滑轮一起提到高处。相比于所提升的重物，动滑轮通常很轻，其所受的重力常常可以忽略。根据力的平衡条件，重物所受的重力G的大小与来自两段绳子的拉力F_1、F_2的合力相等。那么动滑轮究竟有什么特点呢？

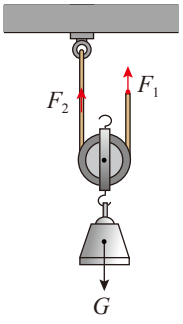


图11-2-4　动滑轮

实验探究

使用动滑轮

动滑轮两端绳子的拉力是否相等？用动滑轮提重物有什么优越性？我们可以通过以下实验进行探究。

1. 按图11-2-5组装实验装置。

2. 在动滑轮下方悬挂所受重力为G的钩码，读出弹簧测力计的示数F_1和F_2，看一看是否相等。用F_2竖直向上匀速拉弹簧测力计，分别测出钩码升高的高度H_1和手拉弹簧测力计将动滑轮上绳子的自由端提起的高度H_2。

3. 完善下列表格并填入测量的物理量。改变钩码个数，重复上述实验过程。

材料
- 动滑轮
- 钩码若干
- 弹簧测力计2个
- 细绳
- 铁架台
- 刻度尺

次数	直接测量的物理量					计算物理量	
						GH_1	F_2H_2
1							
2							
3							

通过实验，可以得到以下关系：

F_1_____F_2，$G=$_____；H_1_____H_2。

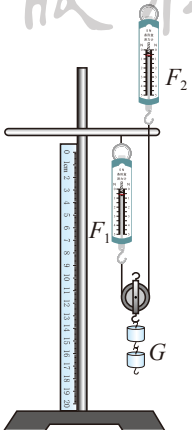


图11-2-5

教育科学出版社

相对于定滑轮，用动滑轮提起重物，如果忽略滑轮的自重、绳重及摩擦，可以省一半的力，但要多移动一倍的距离。在上面的实验中，你发现 GH_1 和 F_2H_2 基本相等的关系了吗？这是我们后面需要进一步研究的问题。

滑轮组

通过探究我们发现，使用定滑轮能改变动力方向，但不能省力；使用动滑轮可以省力，但不能改变动力方向。有什么办法能将二者的优点结合起来呢？

讨论交流

滑轮的组合

图 11-2-6 分别是两种形式滑轮的组合。和同学一起分析，这样的组合各有什么特点。

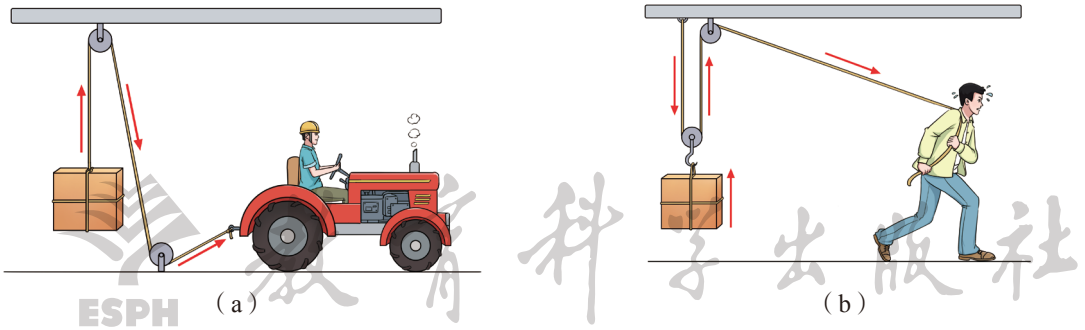


图 11-2-6 滑轮的组合

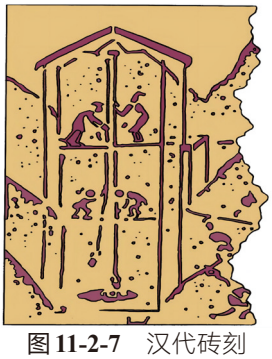


图 11-2-7 汉代砖刻

在实际应用中，我国很早就有使用滑轮的记载，图 11-2-7 说明我国古代在矿物开采中早已使用滑轮做起吊机械了。为了既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（pulley blocks）**。滑轮组在起重机械中被广泛应用。



图11-2-8　实验室中的滑轮组



图11-2-9　滑轮组被广泛应用在吊车等工程机械上

发展空间

家庭实验室

设计一个升降装置

将重物从楼下搬到楼上是很辛苦的。有一位同学学习了滑轮的知识后，利用滑轮设计了一个升降装置，并在家长的帮助下把它安装在家里的阳台上，通过它把物体吊上楼来。如果让你来设计，你能画出这个升降装置的示意图吗？请试试看。

自我评价

1. 如图11-2-10所示，一根绳子绕过定滑轮，一端拴在钩码上，手执另一端，分别用力 F_1、F_2、F_3 匀速拉起钩码，请尝试判断 F_1、F_2、F_3 的大小关系，并说明理由。

2. 如图11-2-11所示，用竖直向上的拉力 F 匀速提起物体 A。已知物体 A 和滑轮的总重 $G_{总}$ 为50 N，不计绳重和摩擦，求拉力 F 的大小。

3. 如图11-2-12所示，用滑轮组将120 kg的物体匀速提起1 m，动滑轮重为300 N，不计绳重和摩擦，g 取10 N/kg，求：

（1）物体所受的重力；

（2）作用在绳自由端的拉力大小；

（3）绳自由端移动的距离。

ESPH　教育科学出版社

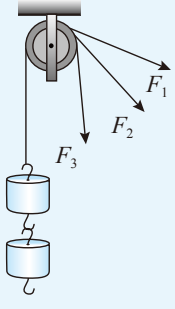


图11-2-10

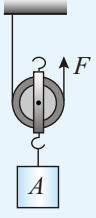


图11-2-11

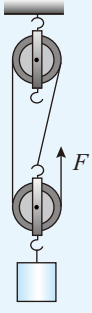


图11-2-12

3 功　功率



图 11-3-1　用叉车搬运货物

生活中常常需要把粮食、蔬菜、水果和其他的生活用品从楼下拿到楼上，也常用叉车把机器、材料和产品从一个地方运送到另一个地方（图 11-3-1）……这些过程需要推、拉、搬、提等，要耗费一定的力气，在物理学中如何来描述这个过程呢？

做功

物理学中规定：如果力作用在物体上，并使物体沿力的方向移动一段距离，我们就说力对物体做了**功（work）**。

教育科学出版社

观察

他们的效果相同吗

如图 11-3-2 所示，小明水平推箱子，虽然费了力气，但箱子没有移动；小聪用力将箱子拉动了。他们的效果相同吗？如何解释呢？

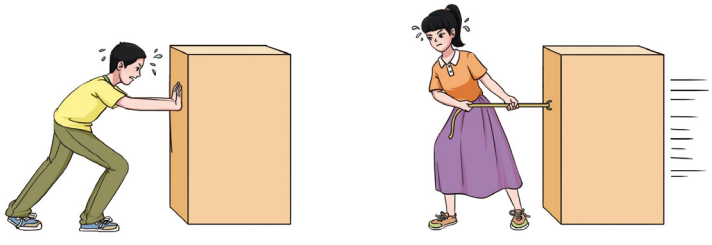


图 11-3-2　用力推拉箱子

小聪水平拉动箱子，对箱子做了功；小明没有推动箱子，所以并未做功。这个过程中，箱子在竖直方向上没有移动，所以重力并未做功。前面学过的送粮上楼、搬运机器，以及弦推箭、马拉车、磁铁吸起小铁钉……都是做功的过程。

功的计算

物理学中规定：**功等于力与物体沿力的方向移动距离的乘积**。如果用F表示力，s表示物体沿力的方向移动的距离，W表示功，则有

$$W = Fs$$

在国际单位制中，功的单位是**牛顿米**，简称牛米，符号是N·m。为了纪念英国物理学家焦耳（J. P. Joule，1818—1889），人们给了这个单位一个专门名称——**焦耳**，简称焦，符号是**J**。

1 J=1 N·m



图11-3-3　把1个鸡蛋从地上拿起举高2 m，做的功大约是1 J

【例题】如图11-3-4所示，用20 N的水平推力，使重为100 N的物体在水平桌面上移动0.5 m。试求推力和重力对物体做的功。

解　推力20 N，物体在推力的方向上移动的距离是0.5 m，则推力做功

$W = Fs$ =20 N × 0.5 m =10 J

重力沿竖直方向，而物体在竖直方向上没有发生移动，所以重力做功为零。

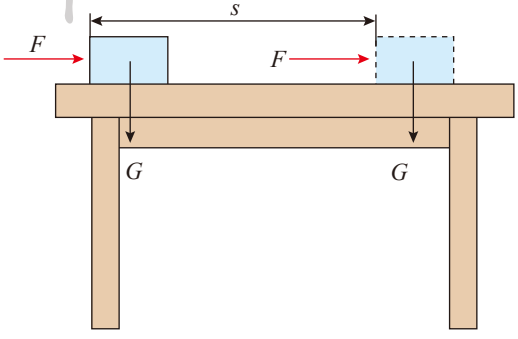


图11-3-4

教育科学出版社



上一节的实验表明，使用动滑轮能省力，但不能省功。事实上，使用任何机械都不能省功，这个结论叫作**功的原理**。它对机械的使用和研制具有重要的指导意义。

功率

建筑工地上，吊车几分钟内就可以把一车砖吊到楼上，如果由人工搬运，则需要很长时间。可见，吊车比人做功快。物理学上如何描述做功的快慢呢？

我们曾用单位时间内通过的距离来表示运动的快慢，同样也可用单位时间内完成的功来表示做功的快慢。

功与完成这些功所用时间之比叫作**功率（power）**。用W表示功，t表示做功的时间，P表示功率，则计算功率的公式可写成

$$P=\frac{W}{t}$$

国际单位制中，功率的单位是焦/秒，符号是J/s。为纪念英国科学家瓦特（James Watt，1736—1819），人们给了这个单位一个专门名称，叫作**瓦特**，简称瓦，符号是W，1 W=1 J/s。

功率是机器的主要性能指标之一，要根据实际需要选择功率合适的机器。

常用的功率单位还有千瓦（kW）、兆瓦（MW）：

1 kW=10^3 W

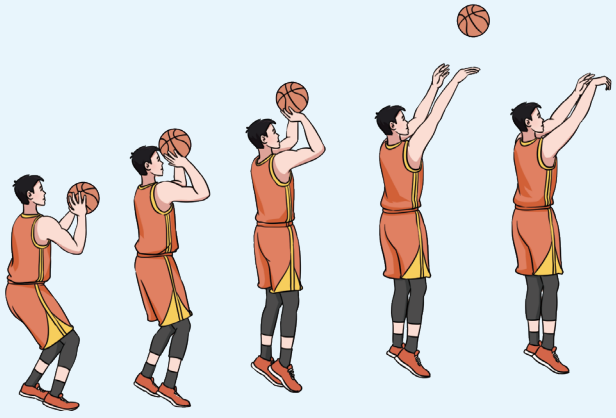
1 MW=10^6 W

教育科学出版社 ESPH

发展空间

自我评价

1. 图11-3-5是一场篮球比赛中某同学某次投篮过程的分解动作示意图，第一阶段将球举过头顶，第二阶段球出手，在第一阶段和第二阶段手对篮球的作用力是否做了功？



第一阶段　　第二阶段

图11-3-5

2. 如图11-3-6所示，超市中，小李用20 N的水平力推重为300 N的购物车，购物车在10 s内沿水平方向前进了10 m。求推力对购物车所做的功和功率。



图11-3-6

3. 小聪和小明各自把一捆质量相等的书从一楼搬上三楼，小明用了60 s，小聪只用了40 s，小明和小聪相比，谁对书做功的功率更大一些？

教育科学出版社 ESPH

走向社会

调查机械的功率

每台机械都有它的额定功率。请查阅资料或查询互联网，了解什么是额定功率，并调查下表中列出的几种机械，把它们的型号和额定功率填入表内。

机械名称	汽车	电动自行车	摩托车	洗衣机
型号				
额定功率 /kW				

4 机械效率



图11-4-1 给自行车链条上机油

每过一段时间，要给自行车的车轴和链条上机油（图11-4-1），汽车也需要定期更换润滑油。这样做的目的是什么？任何机械都不省功，那么会有一些机械“费功”吗？

有用功和额外功

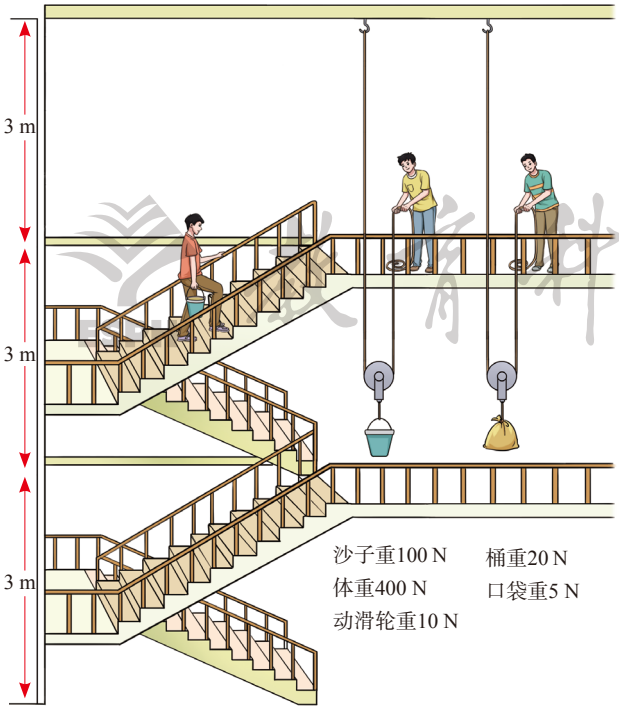


图11-4-2 把沙子运上三楼的三种方法

讨论交流

做功的不同办法

要把重100 N的沙子运上三楼。图11-4-2中画了三种方法，如果是你，你会选择哪种方法？为什么？

我们的目的是把沙子运上楼，所以把重100 N的沙子提高6 m所做的功叫作**有用功**，是无论采取哪种方法都必须做的功。

沙子要装在桶或口袋里，桶或口袋可重复使用，是机械的附属部分。所以要完成运沙子的有

用功，还不得不另外做功，即把桶或口袋、人或动滑轮提高 6 m。这部分并非我们需要但又不得不做的功叫作**额外功**。图 11-4-2 中三种办法的额外功各是不同的。我们一定都希望额外功少一些吧？

有用功加上额外功是总共做的功，叫作**总功**。试着完成下表的空白部分吧！

做功方式	有用功	额外功	总功
桶装，手提上楼	100 N×6 m	（400+20）N×6 m	
桶装，动滑轮吊运	100 N×6 m	$\frac{1}{2}$×（20+10）N×12 m	
袋装，动滑轮吊运	100 N×6 m	$\frac{1}{2}$×（5+10）N×12 m	

机械效率

如果用 $W_{总}$ 表示总功，$W_{有用}$ 表示有用功，$W_{额外}$ 表示额外功，则它们的关系是

$$W_{总}=W_{有用}+W_{额外}$$

由上式可以看出，任何机械所做的有用功只是总功中的一部分。物理学中把有用功跟总功的比值叫作**机械效率（mechanical efficiency）**。机械效率越高，说明有用功在总功中所占的比例越大。

机械效率的符号是 η，常用百分数来表示。

$$\eta=\frac{W_{有用}}{W_{总}}\times 100\%$$

教育科学出版社 ESPH

活动

计算机械效率

在图 11-4-2 的三种不同做功方法中，我们已经计算出有用功、额外功和总功。下面计算三种不同方法的机械效率。

$$\eta_1=\frac{600\ \mathrm{J}}{W_{总1}}\times 100\%=\_\_\_\_\_$$

$$\eta_2=\frac{600\ \mathrm{J}}{W_{总2}}\times 100\%=\_\_\_\_\_$$

$$\eta_3=\frac{600\ \mathrm{J}}{W_{总3}}\times 100\%=\_\_\_\_\_$$

在上述做功过程中，我们并没有考虑与摩擦力有关的额外功，在实际机械中，这部分额外功往往是不可以忽略的，对提高机械效率、更充分地发挥机械设备的作用有重要的意义。提高机械效率的主要方法是改进结构或减小摩擦。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。通常，起重机的机械效率是40 %～50 %，抽水机的机械效率是60 %～80 %。

实验探究

测量滑轮组的机械效率

按图11-4-3将实验器材安装好（注意滑轮组的绕线方式）。设计实验步骤，进行实验。改变所挂钩码数量，分别测出有用功和总功，算出机械效率，并将结果填入下表。

教育科学出版社 ESPH

材料

- 刻度尺
- 弹簧测力计
- 钩码
- 铁架台
- 一个定滑轮和一个动滑轮组成的滑轮组
- 长约2 m的细绳

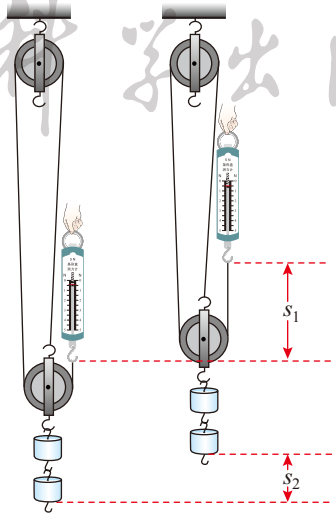


图11-4-3　测量滑轮组的机械效率

次数	钩码重 / N	钩码上升高度 / m	有用功 / J	弹簧测力计示数 / N	绳子自由端移动距离 / m	总功 / J	机械效率
1							
2							
3							

所挂钩码数量不同时，或者采用不同的绕线方式时，滑轮组的机械效率有什么变化？分析测量结果，看看影响滑轮组的机械效率的因素有哪些。

小小滑轮组，也有不同的机械效率。采用结构更优越的机械，减小机械部件中的摩擦，尽量减少额外功，是我们应用机械做功的共同追求。各类型机械的效率普遍提高，是助力我国在2030年前实现碳达峰、2060年前实现碳中和的重要一环。

发展空间

自我评价

1. 用一个动滑轮把重100 N的沙袋从地面提到9 m高的脚手架上，所用的力是60 N，那么这一过程所做的总功和有用功分别是多少？这个动滑轮的机械效率是多少？

2. 用滑轮组把重720 N的货物匀速提高10 m，滑轮组做的有用功是多少？若此时滑轮组的机械效率为60%，则总功和额外功各是多少？

3. 用如图11-4-4所示的滑轮组将重为300 N的物体以0.1 m/s的速度匀速向上提升10 s。

（1）若不计动滑轮重、绳重和滑轮与轴间的摩擦，求人对绳的拉力F；

（2）实际中动滑轮重为40 N，人的拉力做功400 J，求滑轮组的机械效率以及克服绳重和摩擦所做的额外功。

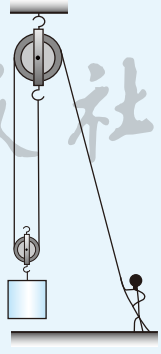


图11-4-4

ESPH

5 改变世界的机械



图 11-5-1　黄河号盾构机

盾构机是南水北调穿黄工程施工期间用到的大型机器（图11-5-1）。它们由许多简单机械构成。让我们从简单到复杂，领略机械改变世界的力量吧！

简单机械的家族

除了前面我们学习过的杠杆和滑轮，简单机械的家族中还有其他一些成员，如轮轴、斜面、螺旋等。

讨论交流

从杠杆到轮轴

可以把杠杆改造成可连续转动的机械吗？图11-5-2表示了杠杆变形成轮轴的过程。与同学讨论后，试着说一说其中的道理。

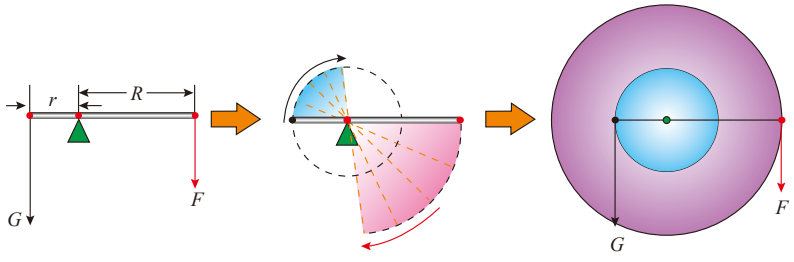


图11-5-2　杠杆变形成轮轴

教育科学出版社 ESPH

轮轴由两个半径不等的圆柱固定在同一轴线上组成，大的称为轮，小的称为轴，如图11-5-3所示。

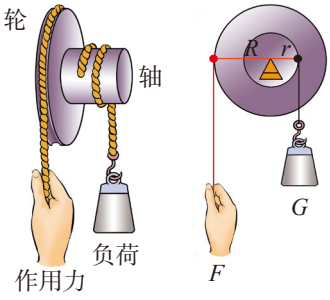
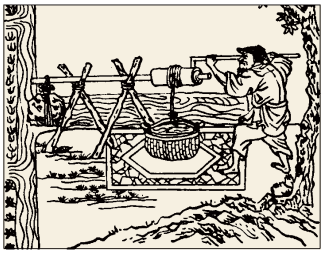


图11-5-3　轮轴

根据杠杆的平衡条件可知，作用在轮上的力F与作用在轴上的力G的关系为$FR = Gr$。

轮轴将直线运动和圆周运动互相联系起来，实现了二者的相互转化，是机械传动的重要装置。没有轮轴就没有汽车、火车……



（a）辘轳是一种轮轴（选自《天工开物》）



（b）汽车方向盘是常见的轮轴

图11-5-4　轮轴的实际应用

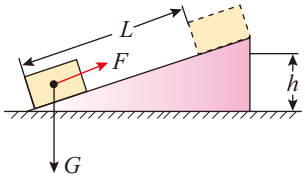
斜面（inclined plane）是与水平面成一定夹角的倾斜平面。如图11-5-5所示，通过斜面将一个大箱子推进车厢，通常要比把箱子直接从地面搬到车厢省力。



（a）徒手搬运



（b）利用斜面搬运



（c）斜面的分析

图11-5-5　利用斜面搬运重物

根据功的原理，我们知道使用任何机械都不能省功。如图11-5-5（c）所示，如果不计物体与

斜面之间的摩擦，用力F沿斜面把物体匀速推（或拉）上去所做的功，应该等于直接将物体抬高所做的功，即$Gh = FL$。据此可知，推力或拉力F的计算公式为$F=\frac{Gh}{L}$。

可以看出，如果不计摩擦，斜面长是斜面高的几倍，拉力或推力就是物体所受重力的几分之一。所以说斜面是一种省力机械。

讨论交流

螺旋——特殊的斜面

螺旋可以看作是绕在圆柱上的斜面。饮料瓶瓶盖、木螺钉、螺杆、螺母、螺旋式汽车千斤顶等都是应用螺旋的装置。为什么木螺钉较容易被旋进木板中？为什么用螺旋式千斤顶能轻松地把汽车抬起来？这就可以从“螺旋是特殊的斜面”去理解。

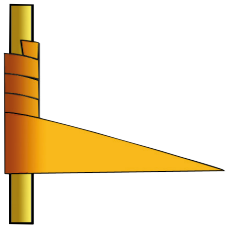
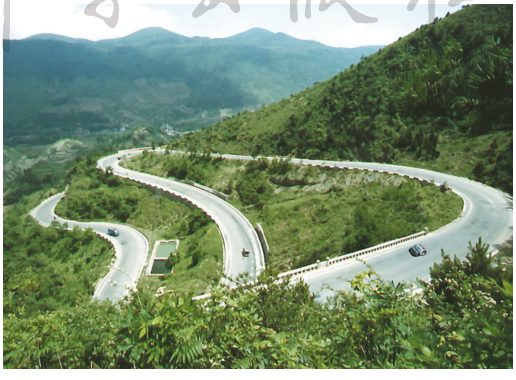


图11-5-6 把三角形的纸片绕在圆柱上，你可以体会到斜面变形成为螺旋的过程

螺旋有一个特点，可以将旋转运动与沿轴向的运动进行互相转化，所以螺旋有许多巧妙应用（图11-5-7）。



（a）螺旋式千斤顶



（b）盘山公路

图11-5-7 各种形式的螺旋

教育科学出版社

杠杆、滑轮、轮轴、斜面、螺旋……简单机械家族的成员可以进行变形和彼此合作，由此创造出各种复杂机械，以满足我们生产生活中的需要。

世界因机械而改变

火和工具的应用，铺下了人类文明道路的第一块基石。

物理学的发展推动了蒸汽机、内燃机和电力机械的发明与改进，吹响了两次伟大的工业革命的号角，使人类进入机械化、电气化时代。回望历史，是科学的进步、机械的创新，形成了先进的生产力，改变了整个世界。

随着钢铁工业和机器制造业的空前发展，人类正制造出各种各样的大型机械设备。天上飞的，海里游的，陆上行的……庞大的机械设备帮助人类打造出更庞大的工具与建筑物。

同时，机械设备的微型化、精密化也在改变着我们对微观世界的洞察力与操控力。各种各样的精密仪器，是科学家在天文、物理、化学、生命科学等领域研究的有力武器。日臻精巧的微型机械设备，也日渐参与到我们的生活中来。

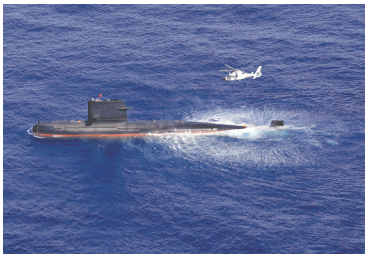
当代人类的智慧和力量，相当程度上通过制造各种强大机械设备得以表现。移山填海，拦河筑坝，创造了现代化的文明。

“假舆马者，非利足也，而致千里；假舟楫者，非能水也，而绝江河。”现代机械工业制造出来的车、船、飞机乃至空间飞行器，极大地扩大了人类的活动范围——从陆地、海洋、天空直到太空（图11-5-9）。

教育科学出版社



图 11-5-8 大型挖掘机在抗洪救灾中抢修路基塌方段



（a）潜艇浮出海面



（b）火箭飞向太空

图 11-5-9 瀚海苍穹任遨游

信息时代，大量自动化、智能化的机械设备进入我们的生活，改变着我们的生活，创造着越来越多的奇迹（图 11-5-10）。



（a）会打乒乓球的机器人



（b）自动巡检设备的机器人

图 11-5-10 智珠在握夺天工

发展空间

走向社会

巧妙的自动机构

图 11-5-11 是一个由简单机械组成的巧妙设计。当一份报纸从右边门上的小窗口投入后，整个装置就会运转起来。根据前面学过的知识，请说明图中的各个部件所起的作用以及最后的结果。

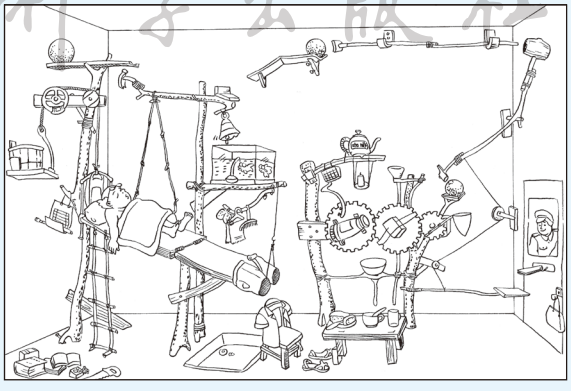


图11-5-11

教育科学出版社 ESPH

知识要点

1. 杠杆是最简单的机械。对它的研究要考虑支点、动力、动力臂、阻力、阻力臂五个方面。杠杆的平衡条件是

$$\text{动力} \times \text{动力臂} = \text{阻力} \times \text{阻力臂}$$

2. 使用滑轮时，滑轮的位置固定不变的叫作定滑轮，使用定滑轮可以改变力的方向，但不能改变力的大小。

3. 使用滑轮时，滑轮的位置随被拉动物体一起改变的叫作动滑轮，使用动滑轮可以改变力的大小。

4. 可以把定滑轮和动滑轮组合在一起来完成一项工作，这样的组合叫作滑轮组。

5. 功等于力与物体沿力的方向移动距离的乘积。

6. 使用任何机械都不能省功，这个结论叫作功的原理。

7. 功与完成这些功所用时间之比叫作功率。

8. 有用功跟总功的比值叫作机械效率。机械效率越高，说明有用功在总功中所占的比例越大。

9. 机械效率的符号是 η，常用百分数来表示。

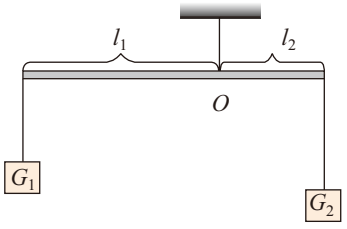
$$\eta = \frac{W_{有用}}{W_{总}} \times 100\%$$

10. 除了杠杆和滑轮，简单机械还包括轮轴、斜面、螺旋等。

ESPH 教育科学出版社

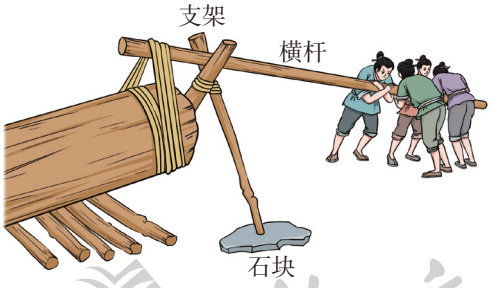
本章复习题

1. 如图所示是我国古代汲水装置桔槔水平静止时的简化模型，此时配重物重为G_1，水桶重为G_2，$l_1 : l_2 = 2 : 1$，若不计杆重，则$G_1 : G_2 =$_____。



（第1题图）

2. 如图所示是古人搬动巨木的劳作场景，他们通过横杆、支架、石块等，将巨木的一端抬起，垫上滚木，以便将其移到其他地方，请分析：

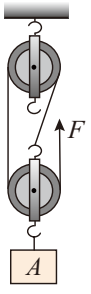


（第2题图）

（1）支架上的横杆是_____（选填“省力”“费力”或“等臂”）杠杆；

（2）如果他们无法将巨木抬起，请你提出一个抬起巨木的改进方案：_____。

3. 如图所示，用拉力F通过滑轮组匀速提升重为G的物体，若物体被提升的距离为h，则拉力F的作用点移动的距离为_____，所做总功的大小为_____，滑轮组的机械效率为_____，由此可知滑轮组的机械效率与物体被提升的距离_____（选填“有关”或“无关”）。



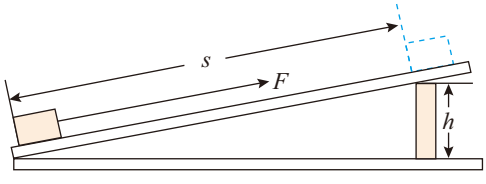
（第3题图）

4. 在体育课的跳绳测试中，小明1 min跳了180次，若他的质量为50 kg，每次跳起的高度约为4 cm，g取10 N/kg，求：

（1）小明跳一次绳所做的功；

（2）小明跳绳1 min的功率。

5. 如图所示，斜面长$s = 3$ m，高$h = 0.6$ m。工人在6 s内将重600 N的物体从底端沿斜面向上匀速拉到顶端，拉力是150 N。求此过程中工人做功的功率和斜面的机械效率。



（第5题图）

教育科学出版社

第12章
机械能

风吹动风力发电机的扇叶，日夜不息，仿佛力量无穷；三峡大坝拦江而建，滔滔江水冲击水轮转动……



- 动能与势能
- 机械能及其转化
- 水能和风能
- 跨学科实践：自行车

ESPH 教育科学出版社

1 动能与势能



图12-1-1　汽车在盘山公路上行驶

微风轻拂，小鸟飞翔，日落月升，江水奔涌……在这变化万千的世界中，能量无处不在。

动能



图12-1-2　运动的子弹具有动能

高速运动的子弹把物体射穿，滚动的钢球将木块推远……这些现象说明运动的物体能对其他物体做功，即运动的物体都具有能量。我们把物体由于运动而具有的能量叫作**动能（kinetic energy）**。

讨论交流

限速标志牌

如图 12-1-3 所示是我们在高速公路上经常能看到的限速标志牌。为什么要对机动车的最高行驶速度进行限制呢？对于相同的道路，为什么针对不同的车型设定不一样的最高限速呢？



图12-1-3

教育科学出版社

汽车速度越快，出事故时破坏就越严重，这说明物体动能的大小同它的运动速度有关。质量相同的物体，速度越大动能就越大。一辆汽车以同一速度运动，重载比空载时出事故会更严重，这说明物体的动能还跟物体的质量有关。速度相同的物体，质量越大动能就越大。



图12-1-4　打桩机将桩体打入地层

势能

我们的祖先很早就懂得筑坝，用高处的水去冲击水轮碾米、磨面。打夯机的工作就是反复地举高重物，下落夯实地基。打桩机可将桩体打入地层（图12-1-4）。可见，被举高的物体也具有做功的本领。受到重力的物体被举高而具有的能量叫作**重力势能（potential energy of gravity）**。



（a）德天瀑布



（b）滑梯

图12-1-5　高处的物体具有重力势能

教育科学出版社

演示实验

重力势能的大小与哪些因素有关

怎样才能快速地将桩体打入地层呢？

如图12-1-6所示，用不同质量的铁块从不同高度落下，撞击小桌桌面，桌腿陷入细沙的深度有怎样的不同呢？

材料

- 小桌
- 铁块
- 水槽
- 细沙

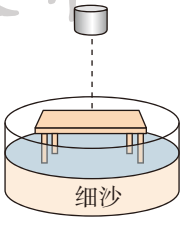


图12-1-6　模拟打桩机工作过程的实验

物体的质量越大，位置越高，它具有的重力势能就越大。

“弓开如满月，箭去似流星。”拉开的弓能把箭射出去，说明变形的弓可以对箭做功，即具有能量（图12-1-7）。有弹性的物体，在被外力改变形状时会产生一个弹力来对抗这种改变。这种形状的改变是一种弹性形变。发生弹性形变的物体产生的弹力可以做功，我们把物体由于发生弹性形变而具有的能量叫作**弹性势能（elastic potential energy）**。

重力势能和弹性势能是常见的两种**势能（potential energy）**。



图12-1-7　张弓待发

发展空间

自我评价

1. 爬行的蜗牛具有动能吗？放在阳台上的花盆具有重力势能吗？拉开的弹弓具有弹性势能吗？空中的飞机同时具有动能和重力势能吗？为什么？

2. 竖直上抛的皮球在未到达最高点前具有_____能和_____能，当皮球到达最高点时具有_____能。

3. 如图12-1-8所示，货架上放着A、B、C、D四个体积相同的实心球，其中A和B为铜球，C和D为铁球。A与B相比，_____的重力势能大，原因是_____。B与C相比，_____的重力势能大，原因是_____。C与D相比，_____的重力势能大，原因是_____。

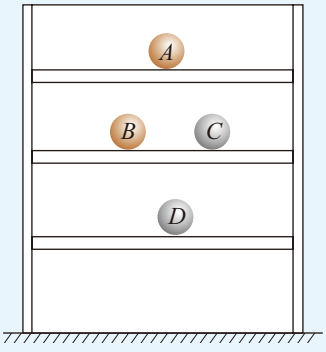


图12-1-8

教育科学出版社 ESPH

2 机械能及其转化

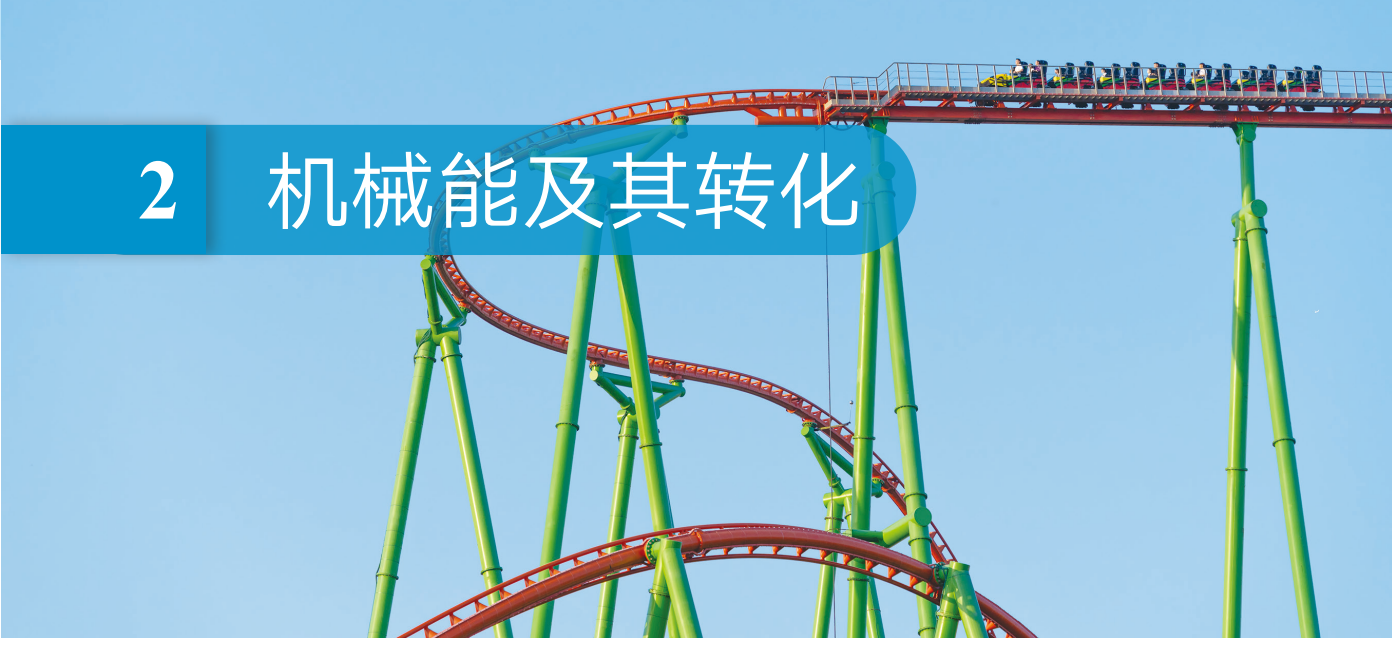


图12-2-1　过山车

过山车呼啸着，左转右爬，忽上忽下……所有人在尖叫！能量转化带来了多么惊险刺激的体验啊（图12-2-1）！

机械能

动能和势能统称为**机械能（mechanical energy）**，单位是焦耳。一个物体可以既有动能，又有势能。空中飞行的球由于运动而具有动能，又由于它在高处而具有重力势能。如果球的动能是4 J，重力势能是5 J，这两种能量相加等于9 J，就是球的总机械能。



图12-2-2　荡秋千

教育科学出版社

动能和势能的转化

你荡过秋千吗？闭上眼睛，那种时高时低、时快时慢的感觉如同在飞。你知道其中能量的转化过程吗？

材料
- 单摆

实验探究

摆球的动能和重力势能的转化

图12-2-2中小聪荡秋千的过程可简化为一个球的摆动过程。如图12-2-3所示，用细线把一个

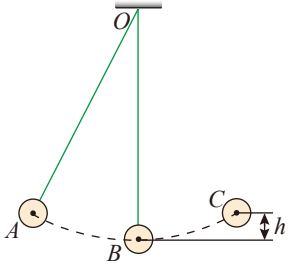


图12-2-3　小球的摆动

小球悬挂起来，将小球从位置B拉到位置A，释放小球，观察它在$A\rightarrow B\rightarrow C$过程中高度和速度的变化，分析这一过程中动能和重力势能的变化情况。

将分析的结果填入下表。

状态或过程	A	$A\rightarrow B$	B	$B\rightarrow C$	C
动能	零				
重力势能	最大				
动能和重力势能的转化	—		—		—



图12-2-4 滚摆在上下滚动的过程中动能和势能相互转化

实验表明，物体的动能和重力势能是可以相互转化的，动能可以转化为重力势能，重力势能也可以转化为动能。

滚摆在运动过程中动能和重力势能也在相互转化（图12-2-4）。物体的动能和势能相互转化是生产生活中常见的过程。运动员在运动场上撑竿跳的过程，也在进行着动能和势能的转化（图12-2-5）。



图12-2-5 动能和势能的相互转化，使撑竿跳高运动员完成了助跑、撑竿、过杆、落地的过程

讨论交流

过山车的能量转化

游乐场的过山车，可让你充分感受上起下落的乐趣，体验重力势能和动能的转化。

图12-2-6是一幅简单的过山车漫画。假如在以下情形中过山车已经关闭了动力系统，在轨道上滑行，请描述这个过程中能量是怎样转化的。

人民教育出版社

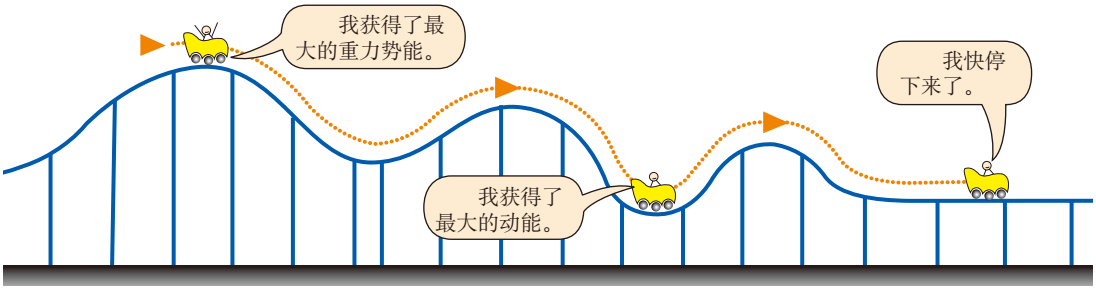


图12-2-6　过山车的能量转化

在图12-2-6中，过山车最后为什么会耗尽机械能而停了下来呢？因为机械能也可以向其他形式的能量转化。

机械能同其他形式能量的相互转化

物质世界中，能量的形式是多样的。机械能是与物体的机械运动相关的能量。不仅动能和势能之间可以相互转化，在一定的条件下，机械能还可以与内能、声能、电能等其他形式的能量相互转化（图12-2-7）。



图12-2-7　研磨轮高速转动，炽热的金属屑从工件上飞出，研磨轮的机械能转化为金属屑的动能和内能

教育科学出版社

发展空间

自我评价

1. 骑自行车下坡，尽管停止蹬车，速度却在不断增大，这是为什么？

2. 小明把弹力玩具车上满发条后松手，小车可以往前运动。请说明这个过程中能量是如何转化的。

3. 木块从水平地面冲上斜面，最终停在斜面上，在此过程中重力势能和机械能如何变化？

3 水能和风能



图12-3-1 壮观的黄果树大瀑布

在地球上，海水朝夕涨落，江河日夜奔流；有时微风拂面，有时狂风劲吹。从能量的角度来看，自然界的流水和风都是具有大量机械能的天然资源。我们该如何利用这些资源呢？

水能

自然界中的瀑布、河水和海浪都具有能量。

早在1 900多年前，我们的祖先就制造了木制的水轮，让流水冲击水轮转动，用来汲水、磨粉、碾谷。如图12-3-2所示的就是古老的水磨。

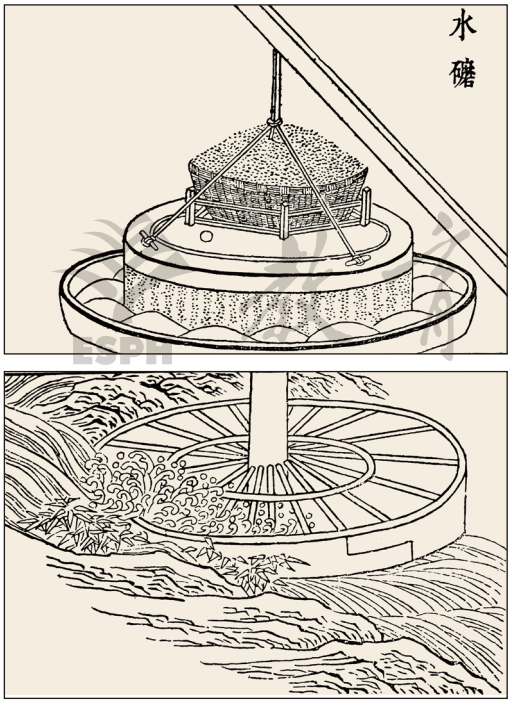


图12-3-2 水磨（选自《天工开物》）

我国境内较大的河流有1 500多条，水能蕴藏量约6.8×10^8 kW，居世界第一位，大部分集中在我国西南部。通过水轮机带动发电机，可以将水的机械能转化为电能，再通过输电线送到用电地区（图12-3-3）。

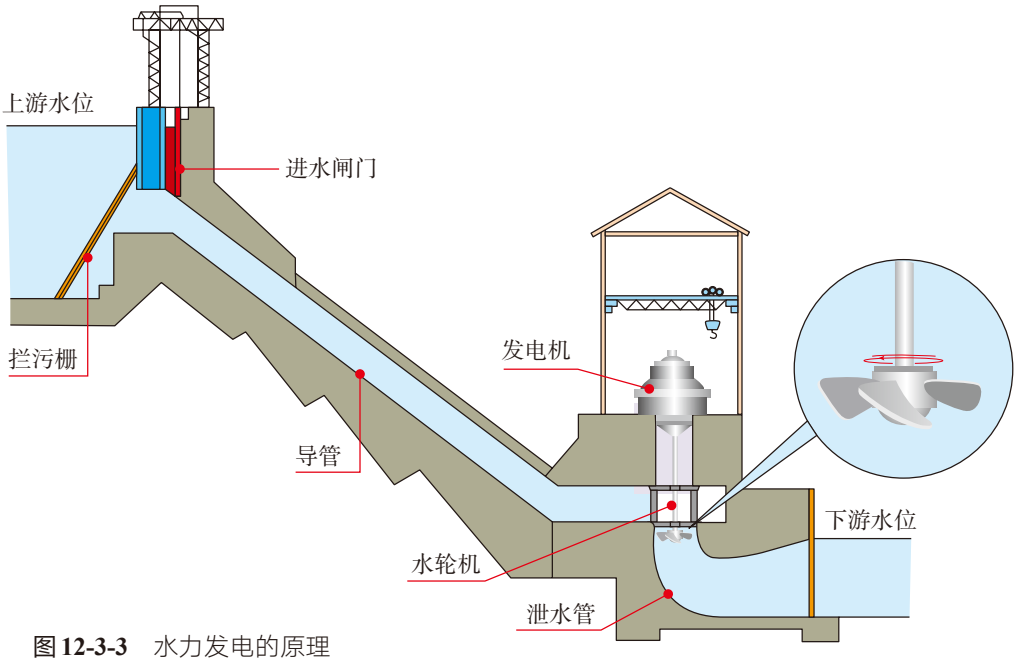


图 12-3-3　水力发电的原理

风能

风把风筝吹到天空，也就是对风筝做了功；风使你做的小风车飞转，即对小风车做了功。所以，风具有机械能。

风能作为一种清洁的新能源，已经广受世界各国的重视。我国风能储量很大、分布面广，仅陆地上的风能储量就有约 2.53×10^5 MW，我国已将大力发展风力发电作为新能源战略的重点方向之一。

利用风吹动风车叶片旋转，将风的动能转移为风车叶片的动能，再通过发电机或其他机器将动能转化为电能，这就是风力发电的原理。截至 2022 年底，我国风电装机容量达 3.65×10^5 MW，已经连续多年稳居世界第一。

发展空间

走向社会

立轴式大风车

我国大力实施新能源发展战略，风力发电机遍布山川、平原和海洋。风的流动无休无止，风能似乎取之不尽，这也曾启发了古人利用风来做功的设想。早在宋代之前就有了关于立轴式大风车的发明和使用的记载。这一类型风车的构造是怎样的？它如何借助风力来转动？

请查阅资料后回答这些问题，并试着做一个立轴式大风车模型。

跨学科实践

4 自行车



图12-4-1　自行车比赛

自行车——伟大的人力机械发明，由杠杆、轮轴等简单机械组成。200多年来，工程师们利用物理学、材料学、人体工程学等的研究成果不断对自行车进行改进，使其从最初的简单、粗糙，演变为如今的精致、舒适、多样。今日的自行车体现了技术的发展和人类智慧的长期积累（图12-4-1）。

自行车的设计、制造、使用、保养，处处都有物理学的身影。

自行车的结构

自行车有不同的类型，常见的有普通型自行车、载重型自行车、运动型自行车、竞赛型自行车、轻便型自行车、特种型自行车等。自行车的车架常常设计成三角形，这种结构有助于提高自行车的稳定性和安全性。不同类型自行车各部件均有其特定的性能，下面是某自行车的结构（图12-4-2）。

自行车主要由支撑系统、轮组系统、变速系统、刹车系统、避震系统等组成。

ESPH 教育科学出版社

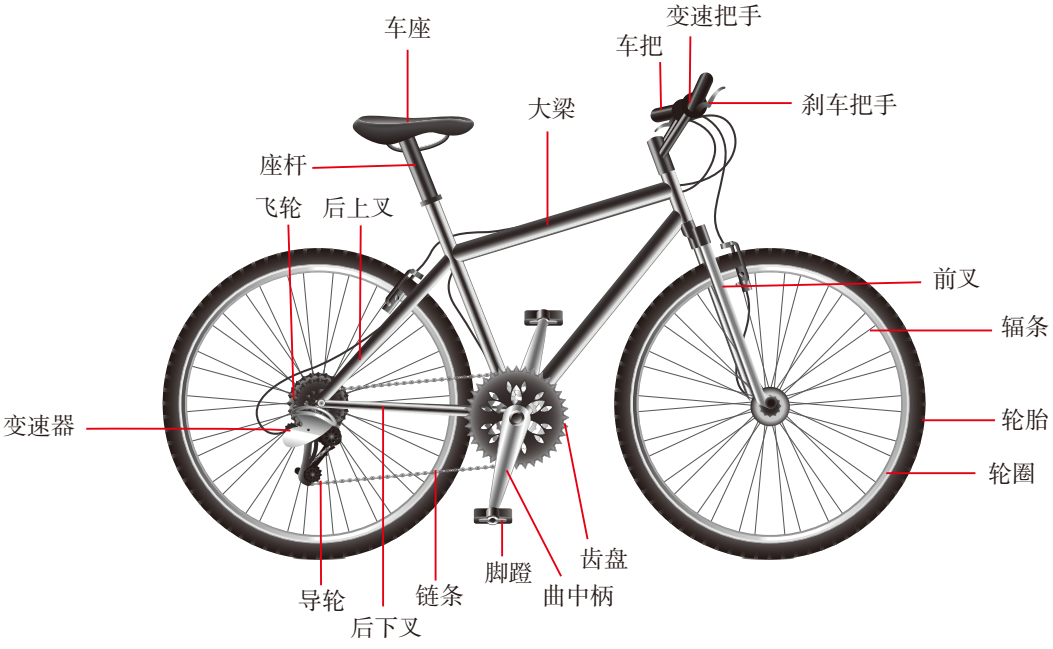


图12-4-2　自行车结构图

自行车与物理

观 察

自行车中的物理

1. 观察一辆自行车，看一看自行车上有哪些简单机械。想一想，这些机械有什么作用？

2. 观察自行车的轮胎，看一看轮胎是由什么材料做成的。想一想，这种材料有什么优点？为什么自行车轮胎有花纹？

3. 观察自行车的各种部件，想一想，哪些设计增强了骑行的舒适性？

4. 观察自行车是如何传动的，想一想，为什么自行车比人运动得快？

在骑行过程中，自行车受到哪些力的作用？这些力产生了怎样的效果？自行车车铃是如何发声的？

教育科学出版社

为什么骑行比走路更省力？……

小小自行车有大妙处。无论是结构、材料、受力、运动还是能量转化，自行车的许多细节，都蕴含着物理。

围绕自行车来探索

活动 1　拆装自行车

1. 查阅资料，了解自行车轮胎、刹车、链条等关键结构的保养和维修方法。

2. 尝试在家长或老师的指导下，对自行车（或其一部分）进行拆解、保养、组装与调试。

3. 用图片、表格或文字记录下你对自行车进行拆装的过程。

活动 2　自行车主题征文与展示

通过资料查阅、商店咨询和实物研究等方式，选择感兴趣的主题写一篇300字的小论文。主要选题参考以下主题：

自行车发展史

设计一辆自己的自行车（含设计图纸）

自行车与环境保护

自行车里的简单机械

自行车与仿生学

自行车与体能训练

自行车与交通安全

小小自行车大用途

……

一起来展示和交流你们的自行车主题论文吧！

ESPH 教育科学出版社

知识要点

1. 物体由于运动而具有的能量叫作动能。

2. 受到重力的物体被举高而具有的能量叫作重力势能。

3. 物体由于发生弹性形变而具有的能量叫作弹性势能。

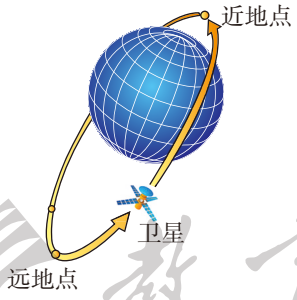
4. 重力势能和弹性势能是常见的两种势能。

5. 动能和势能统称为机械能。

6. 动能和势能可以相互转化，在一定条件下其他形式的能量也可以和机械能相互转化。

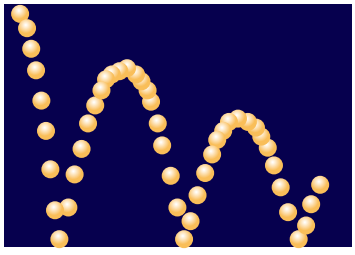
本章复习题

1. 如图所示是人造地球卫星的轨道示意图，人造地球卫星在大气层外环绕地球运行过程中，如何比较它在远地点和近地点的势能？它在从近地点向远地点运行的过程中，动能如何变化？为什么？



（第1题图）

2. 如图所示，掉在地上的弹性小球会反复跳起落下，但会越跳越低，这是为什么？



（第2题图）

3. 关于《天工开物》中记载的3 000多年前的汲水工具——桔槔，我们在上一章已经有所了解。在桔槔末端悬挂一个重物，前端悬挂水桶，汲水时一起一落，可以省力。该桔槔工作时能量是如何转化的？

4. 《天工开物》记载了古人用脚踏碓将稻谷去皮的情境。该脚踏碓是用柱子架起一根木杠，杠的前端装有碓头，脚连续踏踩杠的后端，木杠可绕支点上下运动，碓头就不断砸打稻谷。碓头被抬得越高，砸打时稻谷越容易去皮。请分析这种装置使稻谷容易去皮的原因。

5. 河北丰宁抽水蓄能电站是2022年北京冬奥会的电力保障项目之一，该电站可以利用风能、太阳能资源充足时发电获得的部分_____能，将水抽到高处转化为水的_____能储存起来，需要时再利用这些储存的能量发电，从而弥补了风能、太阳能不稳定且转化的电能难储存的不足，堪称电力系统的巨型“充电宝”。

教育科学出版社 ESPH

附录

常用物理量及其单位

物理量		单位		备注
名称	符号	名称	符号	
长度（路程）	l（s）	米	m	$1\ \text{km}=10^3\ \text{m}$ $1\ \text{m}=10^2\ \text{cm}=10^3\ \text{mm}$
面积	S	平方米	m^2	$1\ \text{m}^2=10^4\ \text{cm}^2=10^6\ \text{mm}^2$
体积（容积）	V	立方米	m^3	$1\ \text{m}^3=10^6\ \text{cm}^3=10^9\ \text{mm}^3$ $1\ \text{mL}=1\ \text{cm}^3$ $1\ \text{L}=10^3\ \text{mL}$
质量	m	千克	kg	$1\ \text{t}=10^3\ \text{kg}$ $1\ \text{kg}=10^3\ \text{g}$ $1\ \text{g}=10^3\ \text{mg}$
时间	t	秒	s	$1\ \text{h}=3.6\times10^3\ \text{s}$
摄氏温度	t	摄氏度	℃	
速度	v	米每秒	m/s	$v=\frac{s}{t}$
密度	ρ	千克每立方米	kg/m^3	$\rho=\frac{m}{V}$
力（重力）	F（G）	牛顿（牛）*	N	$G=mg$
压强	p	帕斯卡（帕）	Pa	$p=\frac{F}{S}$ $1\ \text{Pa}=1\ \text{N/m}^2$
功	W	焦耳（焦）	J	$W=Fs$ $1\ \text{J}=1\ \text{N}\cdot\text{m}$
功率	P	瓦特（瓦）	W	$P=\frac{W}{t}$ $1\ \text{W}=1\ \text{J/s}$

* 括号内是该单位的中文简称。

教育科学出版社

中英文索引

（名词后面的数字是它第一次出现的页码）

A

阿基米德原理（Archimedes principle） 73

B

标准大气压（standard atmospheric pressure） 59

D

大气压（atmosphere） 57
定滑轮（fixed pulley） 92
动滑轮（movable pulley） 93
动能（kinetic energy） 112

F

浮力（buoyancy force） 68

G

杠杆（lever） 86
功（work） 96
功率（power） 98
惯性（inertia） 21
惯性定律（law of inertia） 23
滚动摩擦（rolling friction） 31

H

合力（resultant force） 25
滑动摩擦力（sliding friction force） 29
滑轮（pulley） 92
滑轮组（pulley blocks） 94

J

机械（machinery） 86
机械能（mechanical energy） 115
机械效率（mechanical efficiency） 101
静摩擦（static friction） 31

L

力（force） 3
力臂（arm of force） 87
连通器（communicating vessel） 51
流体（fluid） 46

N

牛顿第一定律（Newton's first law） 21

P

平衡（equilibrium） 26

S

升力（ascensional force） 66
势能（potential energy） 114

T

弹力（elastic force） 10
弹性势能（elastic potential energy） 114

X

斜面（inclined plane） 105

Y

压强（pressure） 45

Z

重力（gravity） 13
重力势能（potential energy of gravity） 113
重心（center of gravity） 15

教育科学出版社

后　记

为全面落实立德树人根本任务，着力发展学生的核心素养，根据《义务教育课程方案（2022年版）》的精神，我们按照《义务教育物理课程标准（2022年版）》的要求组织编写了本套物理教科书。

编写团队由来自科研院所、高校和中学物理教学一线的学者、教研员以及优秀物理教师组成。编写过程中，我们得到了物理学界和教学教研领域诸多专家的支持与帮助。在刘锋、青春、李勇强、周昌鲜、夏伟宁、郎会金、刘云峰、李建雄、朱行建等同志的组织下，93位教师审阅了本书的复审稿，并提出了宝贵意见；由12人组成的研究小组对教科书中的习题进行了编制和优化。此外，还有很多单位、专家和同仁为我们提供了专项审查、插图、资料等方面的专业指导与支持。他们的参与为确保教科书内容的科学性、适切性提供了重要支撑，在此一并表示诚挚的谢意！

我们真诚地欢迎广大师生和社会各界人士对教科书提出宝贵意见，帮助我们共同打造培根铸魂、启智增慧的精品教材。

电　　话：010-64989519，010-64989094

电子邮箱：wuli@esph.com.cn

ESPH 教育科学出版社

教育科学出版社

主　　编　吴祖仁
副 主 编　刘　锋
本册主编　李勇强
本册编者　周昌鲜　宋怀彬　郑其武　王利峰
　　邱庄亮　冉智勇　曹海粟

出 版 人　郑豪杰
责任编辑　莫永超　吕文娟
责任美编　郝晓红　李　顺
责任校对　贾静芳
责任印制　叶小峰
插图绘制　北京心合文化有限公司
图文制作　北京东翰祥业科技发展有限公司

义务教育教科书
物理
WULI
八年级　下册
教育科学出版社出版发行
（北京 • 朝阳区安慧北里安园甲9号）
邮编：100101