

盲校义务教育实验教科书

物理

| 八年级 下册 |

人民教育出版社 课程教材研究所
物理课程教材研究开发中心 编著

人教版®

人民教育出版社

· 北京 ·

主 编：彭前程
分册主编：孙 新 韩 萍
编写人员：付荣兴 谷雅慧 金新喜
彭前程 魏 昕 张 颖
责任编辑：彭 征
美术编辑：张傲冰

盲校义务教育实验教科书 物理 八年级 下册

人民教育出版社 课程教材研究所 编著
物理课程教材研究开发中心

出版发行 人民教育出版社 出版发行
(北京市海淀区中关村南大街17号院1号楼 邮编100081)

网 址 <http://www.pep.com.cn>

经 销 全国新华书店经销

印 刷 北京盛通印刷股份有限公司

版 次 2017年11月第1版

印 次 2019年1月第2次印刷

开 本 890毫米×1240毫米 1/16

印 张 10.75

字 数 117千字

书 号 ISBN 978-7-107-31972-3

定 价 12.35元

价格依据文件号：京发改规〔2016〕13号

版权所有·未经许可不得采用任何方式擅自复制或使用本产品任何部分·违者必究

如发现内容质量问题，请登陆中小学教材意见反馈平台：jeyjfk.pep.com.cn

如发现印、装质量问题，影响阅读，请与本社联系。电话：400-810-5788

绿色印刷 保护环境 爱护健康

亲爱的同学们：

你们手中的这本教科书采用绿色印刷标准印制，在它的封底印有“绿色印刷产品”标志。从2013年秋季学期起，北京地区出版并使用的义务教育阶段中小学教科书全部采用绿色印刷。

按照国家环境标准（HJ2503-2011）《环境标志产品技术要求 印刷 第一部分：平版印刷》，绿色印刷选用环保型纸张、油墨、胶水等原辅材料，生产过程注重节能减排，印刷产品符合人体健康要求。

让我们携起手来，支持绿色印刷，选择绿色印刷产品，共同关爱环境，一起健康成长！

北京市绿色印刷工程

目录



第七章 力 1

第1节 力 2

第2节 弹力 9

第3节 重力 15



第八章 运动和力 29

第1节 牛顿第一定律 30

第2节 二力平衡 37

第3节 摩擦力 42



第九章 压强 51

第1节 压强 52

第2节 液体的压强 59

第3节 大气压强 70

第4节 流体压强与流速的关系 79



第十章 浮力 88

第1节 浮力 89

第2节 阿基米德原理 96

第3节 物体的浮沉条件及应用 103



第十一章 功和机械能 114

第1节 功 115

第2节 功率 120

第3节 动能和势能 124

第4节 机械能及其转化 130



第十二章 简单机械 139

第1节 杠杆 140

第2节 滑轮 148

第3节 机械效率 155

人教版®

第七章 力

在险峻的绝壁上，徒手攀岩者稳如壁虎又矫似雄鹰。这项挑战自然、超越自我的惊险运动，被誉为勇敢者的“岩壁芭蕾”。说它惊险，是因为攀岩者仅靠手脚灵活运用抓、撑、蹬等动作，用“力”实现身体的平衡，从而到达难以企及的顶点。

像很多体育项目一样，攀岩运动中蕴含了非常丰富的力学知识。从本章开始，让我们一起走进力学的世界，揭开它神秘的面纱。



第1节 力



押加是我国少数民族体育项目之一，又称为大象拔河。比赛中，将布带两端分别套在选手的脖子上，两个人通过腿、腰、肩和颈用“力”拖动布带互拉，以决胜负。

力

生活中，我们经常要用力（force）。人推车，人用了力，车受到了力；双手拉弹簧，人用了力，弹簧受到了力。人可以对物体施力，其他物体也可以对别的物体施力。推土

机推土时，推土机对土施力；磁铁吸引铁钉时，磁铁对铁钉施力。

为了研究问题方便，在物理学中常把生活中所说的“推”“拉”“吸引”等概括为“作用”。这样，我们可以说，力是物体对物体的作用。发生作用的两个物体，一个是施力物体，另一个是受力物体。

在物理学中，力用符号 F 表示，它的单位是牛顿 (newton)，简称牛，符号是N。托起两个鸡蛋所用的力大约是1 N。

力的作用效果

用力捏橡皮泥（图7.1-1甲），松开手后，观察橡皮泥的形状有什么变化；用力压或拉弹簧（图7.1-1乙），观察弹簧的形状（长度）发生了怎样的变化。

用力捏橡皮泥时，橡皮泥的形状发生了变化。用力压或拉弹簧时，弹簧的形状也发生了变化。

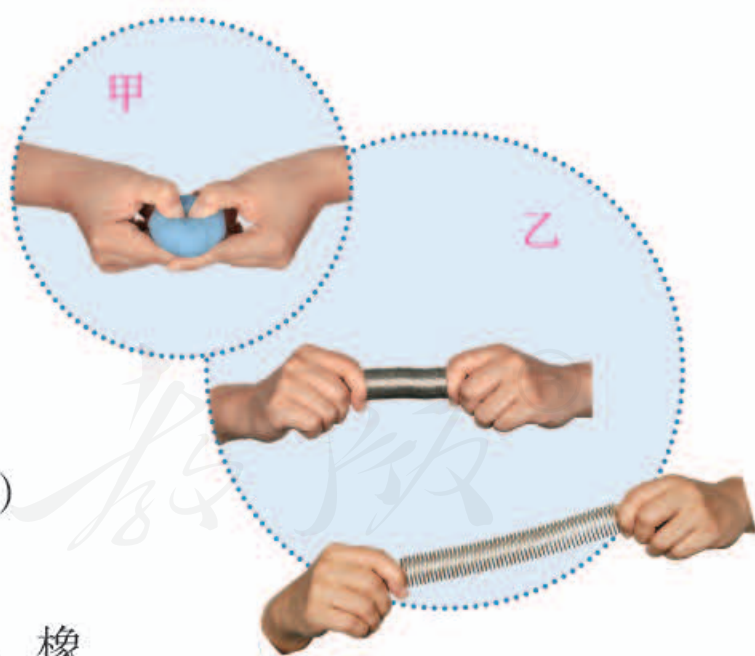


图7.1-1 物体的形状发生怎样的变化？

可见，力能改变物体的形状，使它发生形变。

力除了可以使物体发生形变外，还有其他作用效果吗？

演示

1. 一个小铁球静止在水平桌面上，当一个磁体靠近它时，会出现什么现象？

2. 让小铁球从斜面上滚下，沿着它的运动方向放一个磁体（图 7.1-2 甲），观察小铁球运动速度的变化情况。

3. 再次让小铁球从斜面上滚下。在它运动路径的侧旁放一个磁体（图 7.1-2 乙），观察小铁球运动的变化情况。

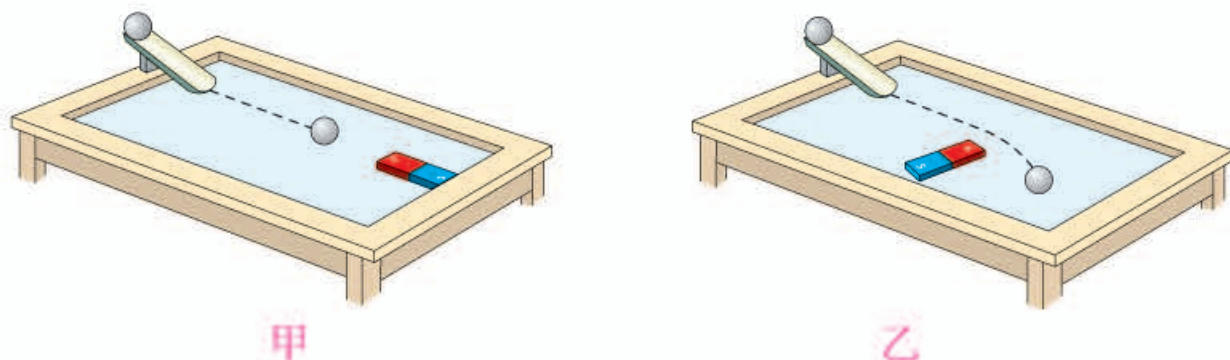


图 7.1-2 小铁球受到磁体的作用

在物理学中，物体由静止开始运动或由运动变为静止、物体运动的快慢或方向发生改变，这几种情况都叫做“物体的运动状态”发生了变化。上面的实验现象表明，力可以改变物体的运动状态。

力的三要素和力的示意图

用力越大，弹簧被拉得越长（或压得越短）；打台球

时，击球用力的大小和方向都会影响到球能否入袋。更多的事实告诉我们：力的大小、方向不同，作用效果就不同。除了大小和方向以外，还有什么会影响力的作用效果？



想想做做

分别在门把手处、门的中部和靠近门轴处（即图7.1-3中A、B、C处）用同样大小的力推门，感受手推门的难易程度有什么不同。

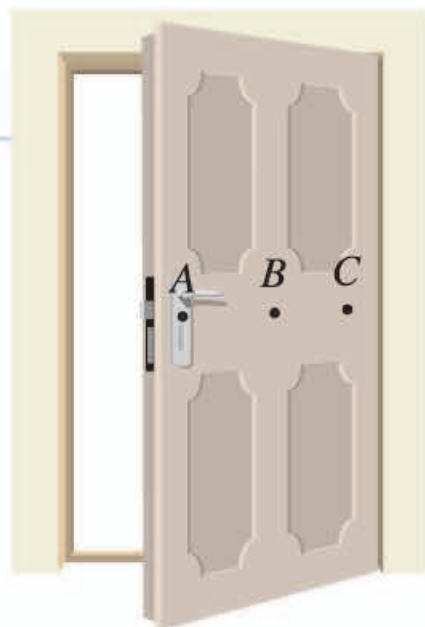


图7.1-3 力作用的位置不同，其作用效果一样吗？

越靠近门轴推门，越费力。可见，不仅力的大小、方向会影响力的作用效果，力的作用点也会影响力的作用效果。我们把力的**大小、方向、作用点**叫做力的三要素。

在研究力的问题中怎样简单、方便地表示力？物理学中通常用一条带箭头的线段表示力。如图7.1-4，在受力物体上沿着力的方向画一条线段，在线段的末端画一个箭头表示力的方向，线段的起点或终点表示力的作用点。在同一图中，力越大，线段应该越长。有时还可以在力的示意图上用数值和单位标出力的大小。于是，这样一条带箭头的线段就把力的大小、方向、作用点都表示出来了。

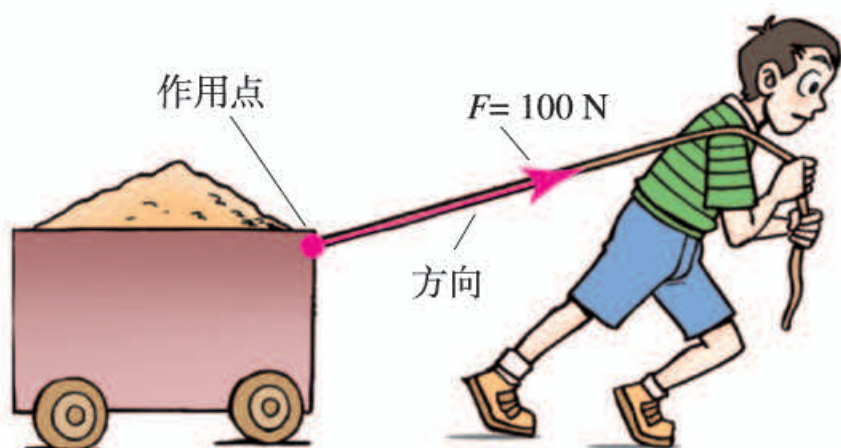


图7.1-4 用100 N 的力拉车

力的作用是相互的

我们提水桶时，会感到手也受到水桶向下的拉力。可见，不但手对水桶施加了力，水桶对手也施加了力。



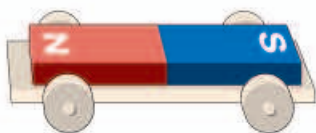
想想做做

1. 如图 7.1-5 甲，在两个靠得较近的小车上分别放一块磁体，松手后观察发生的现象。

2. 让一位同学穿上旱冰鞋推墙（图 7.1-5 乙），观察发生的现象。



甲 磁体之间的相互作用



乙 用手推墙

图7.1-5 力的作用是相互的

实验结果表明，一个物体对另一个物体施力时，另一个物体也同时对它施加力的作用。也就是说，物体间力的作用是相互的。



动手动脑学物理

1. 请举例说明：

- (1) 力能使物体发生形变；
- (2) 力能改变物体的运动状态；
- (3) 力的作用效果与力的大小、方向、作用点有关系。

2. 用绳将吊灯悬挂在天花板上，绳对灯的拉力 $F=4\text{ N}$ 。

图7.1-6中甲、乙、丙三位同学分别画出了拉力 F 的示意图。说一说，哪一个是正确的？

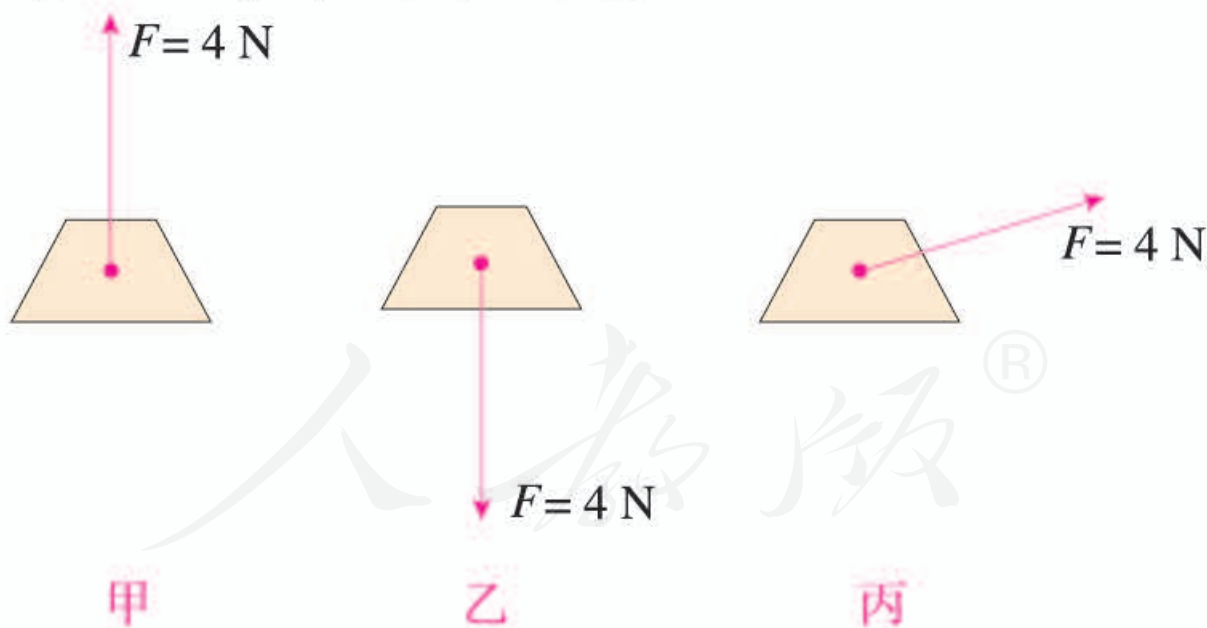


图7.1-6

3. 下列现象中，物体的运动状态是否发生了变化？请说明理由。

A. 公共汽车正在减速进站。

B. 木块在斜面上匀速下滑。

C. 小明正在荡秋千。

4. 如图7.1-7，人坐在小船上，用力推另一艘小船，能够把另一艘小船推开而自己坐的小船不动吗？为什么？



图7.1-7 人推船

人教版®

第2节 弹力

轻压一把直尺，使它发生形变，撤去压力，直尺会恢复原状；把橡皮筋拉长，松手后，橡皮筋会恢复原来的长度。撑竿跳高运动员将竿压弯（图7.2-1），松手后，撑竿也会恢复原状。



图7.2-1 撑竿跳高

弹力

直尺、橡皮筋、撑竿等，在受力时会发生形变，不受力时，又恢复到原来的形状，物体的这种性质叫做弹性。有些物体，如橡皮泥，形变后不能自动地恢复到原来的形状，物体的这种性质叫做塑性。

我们把尺子压弯、把橡皮筋拉长时，可以感受到它们对手有力的作用。物体由于发生弹性形变而产生的力叫做**弹力**（elastic force）。放在桌面上的水杯受到桌面对它的支持力，支持力是弹力；桌面受到水杯的压力，压力也是弹力。

物体的弹性有一定的限度，超过这个限度就不能恢复到原来的形状。例如，使用弹簧时不能超过它的弹性限度，否则会使弹簧损坏。

弹簧测力计

测量力的大小的工具叫做测力计。在弹性限度内，弹簧受到的拉力越大，弹簧的伸长量就越长。利用这个道理做成的测力计，叫做弹簧测力计。在物理实验室中常用的几种弹簧测力计如图7.2-2所示。

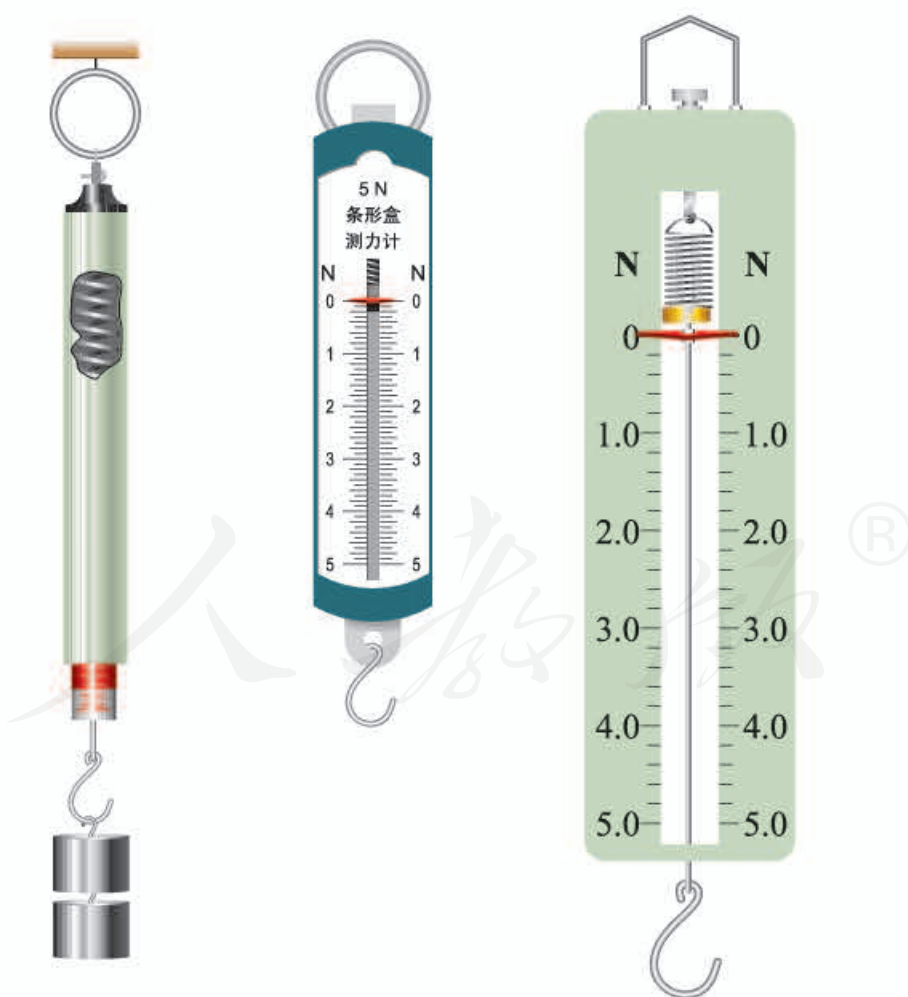


图7.2-2 弹簧测力计

使用弹簧测力计的时候，首先要认清它的量程。加在弹簧测力计上的力不允许超过它的最大测量值，否则会损坏弹簧测力计。

下面让我们通过实验，学习弹簧测力计的使用方法。



实验

练习使用弹簧测力计

1. 观察弹簧测力计的量程，并认清它的每个小格表示多少牛。

2. 检查弹簧测力计的指针是否指在零刻度线上，如果不在，应该把指针调节到零刻度线上。

3. 用手拉弹簧测力计的挂钩，分别使指针指到 1 N 、 3 N 、 5 N 的位置，感受 1 N 、 3 N 、 5 N 的力。

4. 测量身边小物体对弹簧测力计的拉力。

(1) 把文具袋悬挂在弹簧测力计的挂钩上，测量文具袋对弹簧测力计的拉力 $F_1 =$ _____。

(2) 用弹簧测力计沿水平方向拖动桌面上的文具袋，测量文具袋对弹簧测力计的拉力 $F_2 =$ _____。

5. 总结使用弹簧测力计时应该注意的几点操作要求。

测力计的种类很多，除了图 7.2-2 所示的几种弹簧测力计，人们还制造了其他形式的测力计，如握力计、弹簧秤、托盘秤等（图 7.2-3）。其中，弹簧秤和托盘秤测量的是弹簧

受到的拉力或压力，为了在生活中使用方便，其刻度盘以“kg”定标。



图7.2-3 各种测力计



材料的力学性能

材料的力学性能，是指材料受力时的形变行为及其抵抗破坏的能力，通常包括弹性与塑性、脆性与韧性等。无论是何种材料，受力时一般要发生形变，有的发生弹性形变，有的发生塑性形变。不同材料发生弹性形变、塑性形变的难易程度不同。

有些材料当受力达到一定值时，会突然断裂，且无明显的塑性形变，这种性质叫做脆性。例如，轻轻一掰，饼干就会变成碎片。

力学性能是选择材料的重要指标。

1986年1月28日，挑战者号航天飞机在升空时意外爆炸，举世震惊。在随后的事故调查中，物理学家费恩曼用一个简单的实验说明了问题的原因：航天飞机上有一个环形圈，它嵌在火箭两个部件的接合处，为的是防止燃料从缝隙泄漏出来。发射当天的天气非常寒冷，环形圈变得非常坚硬，密封效果变差，造成燃料泄漏，酿成惨剧。

随着科技的发展，人们逐渐发明了很多具有特殊力学性能的新材料。有的材料不但很轻，而且强度很高，例如铝合金、碳纤维等。有的合金材料还具有形状记忆功能，用这种材料制作的产品，经过冷却，可以揉做一团，受热后形状会自动恢复。



动手动脑学物理

1. 在“橡皮泥上留下漂亮的指印”“跳板被跳水运动员压弯（图7.2-4）”两个现象中，发生的是不是弹性形变？说说你的理由。

2. 小强用弹簧拉力器锻炼身体，刚拉开时没感到太费力，可是两手拉开的距离越大，就感到越费力。这是什么原因？



图7.2-4

3. 试分析一个旧弹簧测力计不能准确测量的原因。

4. 一个弹簧测力计的量程为 2.5 N ，刻度分为 5 个大格，1 个大格又分为 10 个小格。用这个测力计测一拉力时，指针指在 2 个大格又 3 个小格的位置。则此拉力为多少牛？

5. 如图 7.2-5，将椭圆形厚玻璃瓶装满水，把细玻璃管通过带孔的橡皮塞插入瓶中。沿着不同的方向用力捏厚玻璃瓶，观察细管中水面高度的变化。请你从力使物体产生形变的角度解释所观察到的现象。



图7.2-5 椭圆形玻璃瓶

人教版®

第3节 重力

水总是由高处向低处流；向空中撒开的渔网，会飘落到水里；向空中抛出的石块，最终也会落向地面……



图7.3-1 下落的物体

生活中，你可以随处发现像上面一样的例子。这些现象的产生，是因为地球对它附近的物体有吸引作用。由于地球的吸引而使物体受到的力叫做**重力**（gravity），通常用字母 G 表示。地球附近的所有物体都受到重力的作用。



想想议议

飞机投放的物资，受到地球对它的重力作用，会落向地面。你能举出几个例子来证明重力的存在吗？

如果没有重力，我们的生活会是什么样子？

重力的大小

托起质量不同的物体，会感觉所用的力不同。大量的生活经验告诉我们，质量不同的物体所受的重力不同。那么，地球附近的物体所受的重力跟它的质量之间有什么关系？我们可以通过实验，测量物体所受的重力和它的质量，找出二者之间的关系。

实验

研究重力的大小跟质量的关系

钩码的质量是已知的，实验中可以选取钩码为被测物体。如图7.3-2，把钩码挂在弹簧测力计上，当钩码静止时，弹簧测力计的示数等于钩码所受重力的大小。

1. 逐次增挂钩码，分别测出它们所受的重力，并记录在下面的表格中。

质量 m/kg						
重力 G/N						

2. 在图7.3-3中，以质量为横坐标、重力为纵坐标描点并连接这些点。观察后思考：钩码所受的重力跟它的质量之间有什么关系？

精确的实验表明，物体所受的重力跟它的质量成正比。如果

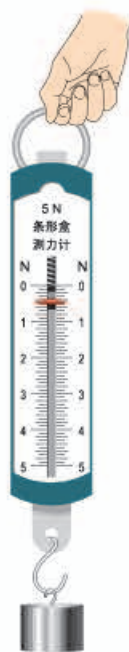


图7.3-2 测量钩码所受的重力

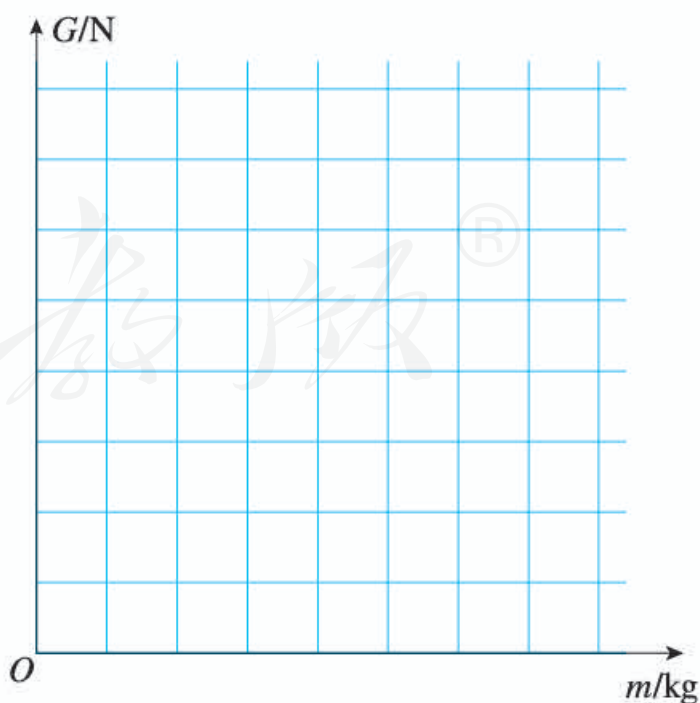


图7.3-3 重力跟质量关系的图象

用 G 表示重力, m 表示质量, g 表示重力与质量的比值, 地球附近的物体所受的重力跟它的质量之间的关系可以写成 $g = \frac{G}{m}$, 即

$$G = mg$$

公式中重力的单位是牛, 质量的单位是千克, 因此比值 g 的单位是牛每千克, 符号是 N/kg 。其中, 比值 g 的大小

$$g = 9.8 \text{ N/kg}$$

在粗略计算时, g 可以取 10 N/kg 。

例题 质量为 0.25 kg 的木块, 受到的重力是多少牛? 一个人所受的重力为 450 N , 那么, 他的质量是多少千克? g 取 10 N/kg 。

解 由 $G = mg$ 可知, 木块受到的重力

$$\begin{aligned} G_{\text{木}} &= m_{\text{木}} g \\ &= 0.25 \text{ kg} \times 10 \text{ N/kg} \\ &= 2.5 \text{ N} \end{aligned}$$

由 $G = mg$ 可得 $m = \frac{G}{g}$, 因此人的质量

$$\begin{aligned} m_{\text{人}} &= \frac{G_{\text{人}}}{g} \\ &= \frac{450 \text{ N}}{10 \text{ N/kg}} \\ &= 45 \text{ kg} \end{aligned}$$

木块所受的重力为 2.5 N , 人的质量为 45 kg 。

重力的方向

用细线把物体悬挂起来，线的方向跟物体所受重力的方向一致，这个方向就是我们常说的“竖直向下”的方向。

建筑工人在砌墙时常常利用铅垂线来确定竖直的方向（图7.3-4），以此来检查所砌的墙壁是否竖直。

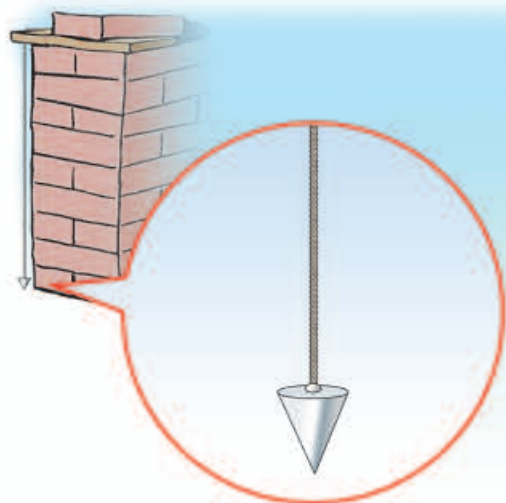


图7.3-4 利用铅垂线确定竖直方向



想想议议

我们站在地面上，脚朝下，站得很稳。但地球是球形的，在我们脚“下”的南美洲居民，好像是脚朝“上”的（图7.3-5），他们为什么也站得很稳呢？

想想看，通常所说的“下”，到底指的是什么方向？



图7.3-5 “下”在哪里？

重心

地球吸引物体的每一部分。但是，对于整个物体，重力作用的表现就好像它作用在某一个点上，这个点叫做物体的**重心**（center of gravity）。形状规则、质量分布均匀的物体，它的重心在它的几何中心上（图7.3-6）。例如，方形薄板的重心在两条对角线的交点，球的重心在球心，粗细均匀的直棒的重心在它的中点。

有时为了研究问题方便，在受力物体上画力的示意图时，常把力的作用点画在重心上（图7.3-7）。

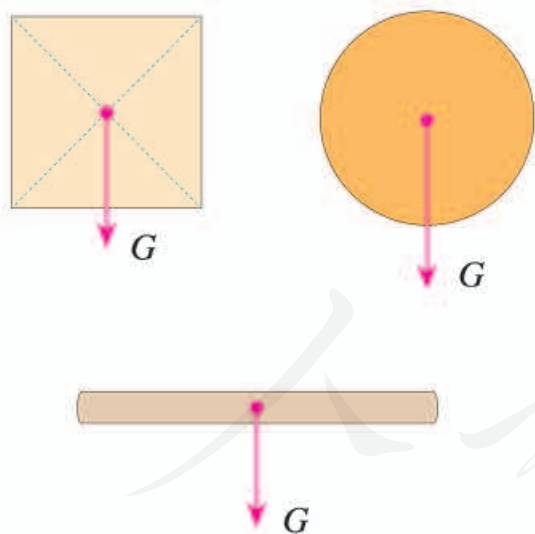


图7.3-6 几种形状规则、质量分布均匀的物体的重心



图7.3-7

重力的由来



想想做做

用一根细线拴一个小木块，在桌面上甩起来，使小木块绕手做圆周运动。这时，你会觉得小木块需要用线拉住才不会跑掉。

牛顿认为，地球和月球之间存在互相吸引的力。正是地球吸引月球的力，使月球绕地球转动而不会跑掉，这个力跟地球吸引它附近的物体使物体下落的力，是同一种力。在这个基础上，牛顿精心研究了历史上其他科学家的工作成果后提出：宇宙间的物体，大到天体，小到尘埃，都存在互相吸引的力，这就是万有引力（universal gravitation）。正是地球对它附近物体的引力，使得水向低处流、抛出的石块落向地面……事实证明，牛顿的结论是正确的。



科学世界

飞出地球

人类一直向往插上翅膀，飞向太空，探索宇宙的奥秘。但是，由于技术条件的限制，要克服地球引力的束缚去太空旅行，几千年来曾经只是一个美丽的幻想。

随着科学技术的发展，现在人类终于有能力离开所居住的星球去探索太空。自1957年10月4日苏联成功发射了世界上第一颗人造地球卫星以来，在短短半个多世纪的时间里，人类对太空的探索已取得了长足的进步。

1961年4月12日，苏联航天员加加林乘坐载人飞船进入太空；

1969年7月20日，美国航天员阿姆斯特朗和奥尔德林乘坐阿波罗11号飞船登陆月球（图7.3-8）；



图7.3-8 人类首次登上月球

1971年4月19日，苏联成功发射了世界上第一个试验性载人空间站——礼炮1号空间站；

.....

中国是世界上第五个自主研制和发射人造地球卫星的

国家。

1970年4月24日，我国成功发射了东方红一号人造地球卫星；

2003年10月15日，我国神舟五号宇宙飞船在酒泉卫星发射中心成功发射，杨利伟成为我国进入太空的第一位航天员；

2007年10月24日，我国成功发射月球探测卫星嫦娥一号，迈出了航天深空探测的第一步；

2011年9月29日，我国成功发射天宫一号目标飞行器，开始了建立空间站的探索之路；

2016年9月15日，我国天宫二号空间实验室发射成功（图7.3-9），它是中国第一个真正意义上的空间实验室；

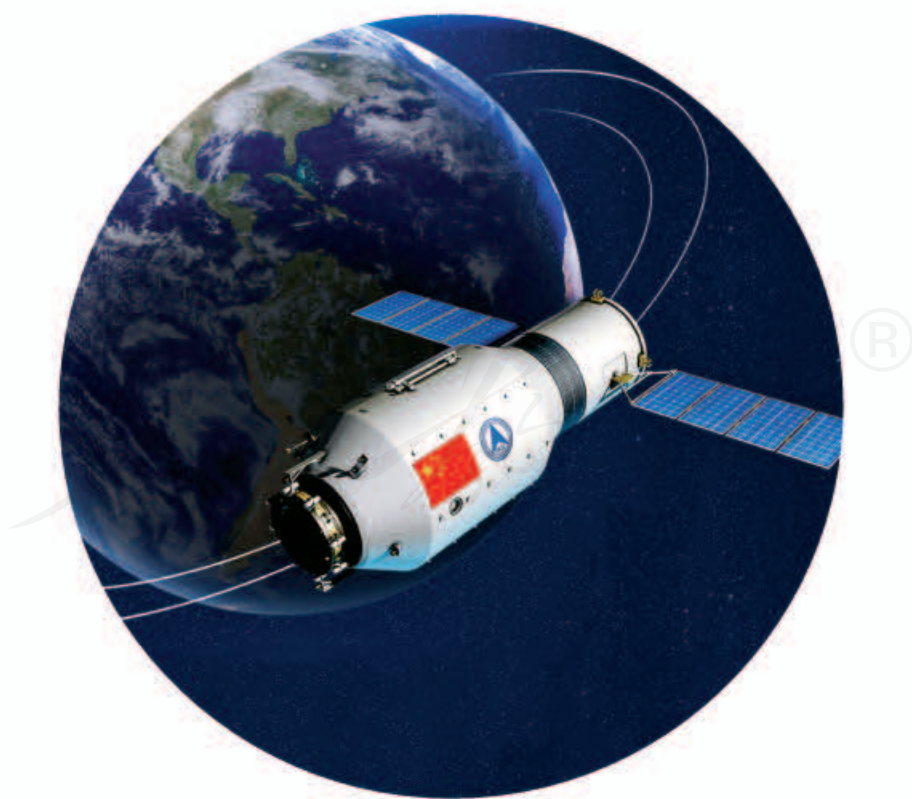


图7.3-9 天宫二号

.....

俄罗斯学者齐奥尔科夫斯基曾经说过：“地球是人类的摇篮，但是人类不会永远生活在摇篮里。”现在，科学家已经把目光投向了太空中的多个星球。

展望未来，你对探索星空有哪些设想？



动手动脑学物理

1. 一个南瓜所受的重力是 30 N，它的质量是多少千克？
2. 月球对它表面附近的物体也有引力，这个力大约是地球对地面附近同一物体引力的 $\frac{1}{6}$ 。若一个连同随身装备共 90 kg 的航天员到达月球表面，月球对他的引力大约是多少牛？
3. 一个桥头立着圆形限重标志牌，上面写着 15 t。汽车对该桥面的压力超过多少牛时，桥就可能被损坏？
4. 若用三角尺判断桌面或地面是否水平，还需要哪些物品？怎样操作？
5. 一个木块从斜面上滑下，并在水平面上继续滑动。甲、乙、丙三位同学分别画出木块在斜面和水平面时所受重力的示意图（图 7.3-10），请找出其中正确的一个。

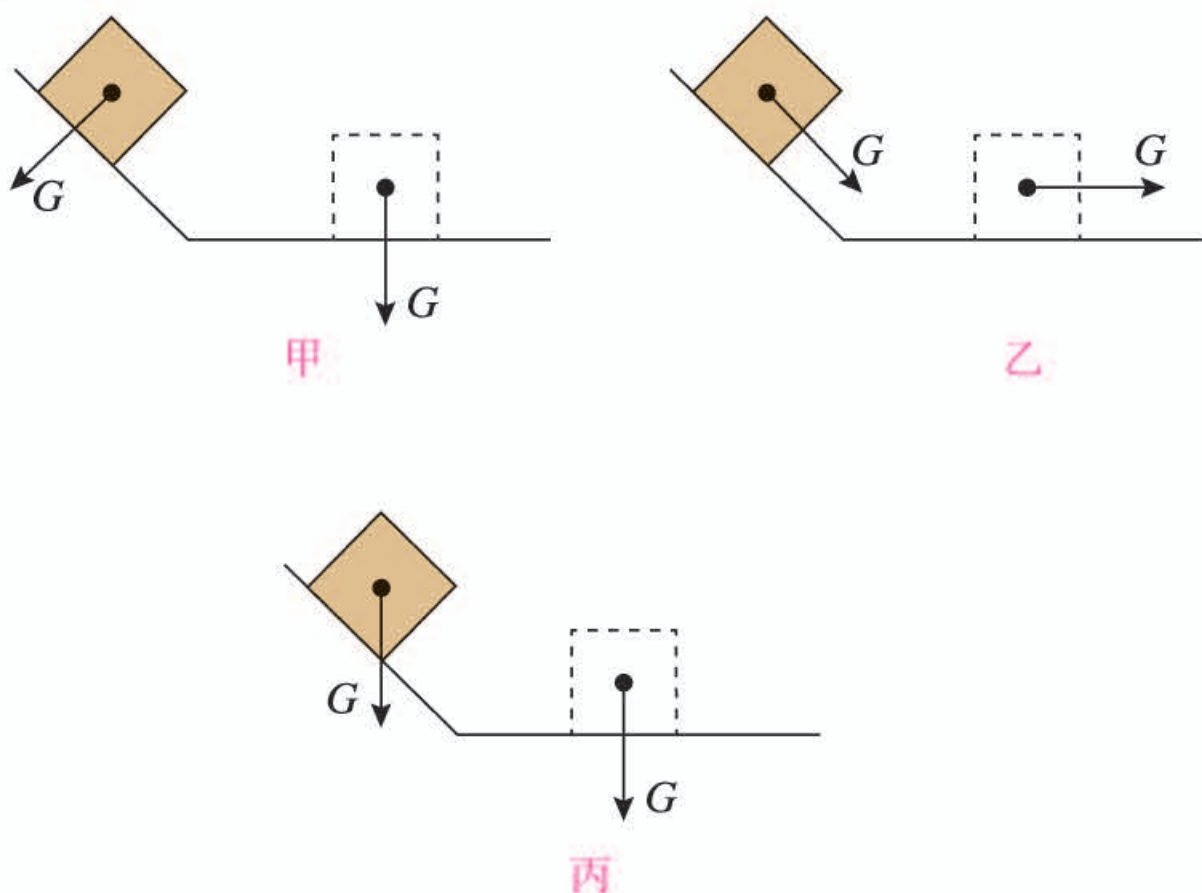


图7.3-10



学到了什么

1. 力

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。力的作用效果与力的大小、方向和作用点有关。力可以用力的示意图来表示。力的作用是相互的，一个物体对另一个物体施力时，另一个物体也同时对它施加力的作用。

2. 弹力

物体由于发生弹性形变而产生的力叫做弹力。在弹性限

度内，物体的形变越大，产生的弹力越大。弹簧测力计就是利用这个道理做成的。

3. 重力

由于地球的吸引而使物体受到的力叫做重力。地球附近的所有物体都受到重力的作用。重力跟质量的关系可以用公式 $G = mg$ 表示，重力与质量之比 $g = 9.8 \text{ N/kg}$ 。重力的方向竖直向下，重力的等效作用点叫做重心。



章后练习

1. 网球选手将网球击出时，网球的_____发生改变，主要体现了力可以改变物体的_____。

2. 在以“力”为主题的辩论赛中，正方和反方提出了许多观点，小明把他们的观点归纳整理如下。你认为正确的观点有_____。（只填序号）

正方观点：

- A. 两个物体相接触，就一定有力的作用。
- B. 两个物体不接触，一定没有力的作用。
- C. 力不能脱离物体而单独存在。
- D. 力的产生总涉及两个物体。

反方观点：

- E. 两个物体相接触，不一定有力的作用。
- F. 两个物体不接触，也可能有力的作用。

G. 力可以脱离物体而单独存在。

H. 一个物体也可以产生力的作用。

3. 人站在跳板上，使跳板变弯的施力物体是_____。

4. 弹簧测力计的主要构件是弹簧，如果某次错误地使用，使弹簧测力计的指针再也无法回复到零刻度线，你估计具体的错误可能是_____。

5. 下列各力中，不属于弹力的是（ ）

A. 弹簧对手的拉力

B. 跳板对人的支持力

C. 拉弓时，弓对手的拉力

D. 磁铁对小铁球的吸引力

6. 关于重力，下列说法中正确的是（ ）

A. 空中飞行的飞机不受重力的作用

B. 汽车上坡时，汽车受到的重力是沿斜坡向下的

C. 地球吸引物体，物体受到重力，同时地球也受到物体的吸引力

D. 将质地均匀球体的球心挖去后，该球的重心就消失了

7. 关于弹力，下列说法中不正确的是（ ）

A. 发生弹性形变的物体会对它所接触的物体产生弹力的作用

B. 平时所说的压力、支持力、拉力，就其力的性质而言，都是弹力

C. 同一根弹簧，受到的拉力越大，它的形变就越大

D. 两个物体不接触也可能有弹力

8. 放在斜面上的铁块所受重力为 3.2 N ，若将它放在水平地面上，该铁块的质量为多大？ g 取 10 N/kg 。

人教版®

第八章 运动和力

跳台滑雪运动员由高处急速滑下，在即将到达赛道底部时，他的速度已达到 100 km/h 。这时，他双膝弯曲，使劲一蹬，顺势跃向空中。然后，为了减小空气阻力的影响，他上身前倾，双臂后摆，整个身体就像飞机一样，向前滑翔。最终，滑雪板稳稳地落在地面上。

滑雪运动包含很多科学知识。运动是自然界普遍存在的现象，运动和力又是紧密相关的。学好关于运动的科学，不仅能够使你深入认识体育运动，还能深入了解自然。



第1节 牛顿第一定律



滑板车在沿水平方向运动时，如果我们不再蹬地，它最终就会停下来；关闭发动机后列车会停下来；自由摆动的秋千也会停下来。日常生活中常常会遇到这类现象。运动的物体为什么会停下来呢？

阻力对物体运动的影响

自古以来，就有很多人认为：如果要使一个物体持续运动，就必须对它施加力的作用；如果这个力被撤掉，物体就会停止运动。也就是说，运动是要靠力来维持的！然而，伽利略通过实验分析得出：物体的运动并不需要力来维持，运动的物体之所以会停下来，是因为受到了阻力。也就是说，

运动是不需要力来维持的！

到底哪个说法正确呢？下面我们通过实验来研究这个问题。



图8.1-1 哪个说法正确？

演示

阻力对物体运动的影响

实验装置如图8.1-2所示，水平木板连接于斜面底端。

将棉布铺在水平木板上，让小车从斜面顶端由静止滑下，观察小车滑行的距离；去掉木板上的棉布，再次让小车从斜面顶端由静止滑下，观察小车滑行的距离。

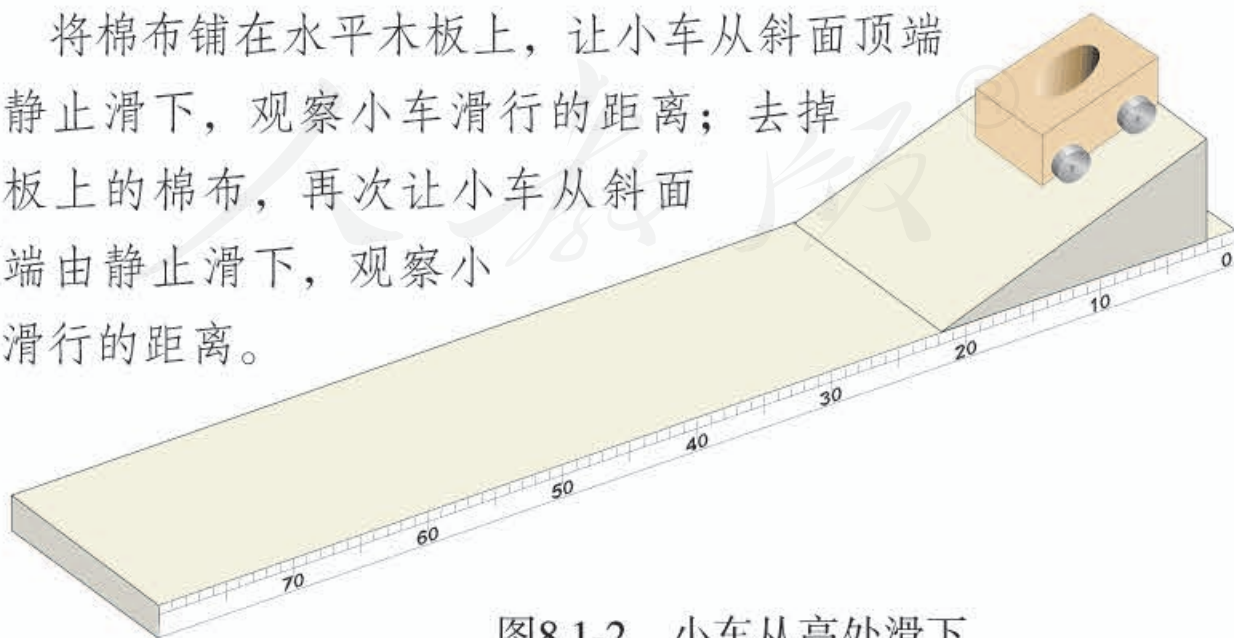


图8.1-2 小车从高处滑下

由实验可以发现，去掉木板上的棉布，运动的小车所受的阻力减小，向前滑行的距离变大。设想一下，如果小车运动时不受阻力，它是不是就不会停下了？

牛顿第一定律

伽利略对类似的实验进行了分析，并进一步推测：如果物体受到的阻力为零，速度就不会减小，物体将以恒定不变的速度永远运动下去。后来，英国科学家牛顿总结了伽利略等人的研究成果，概括出一条重要的物理规律：一切物体在没有受到力的作用时，总保持静止状态或匀速直线运动状态。这就是著名的牛顿第一定律（Newton's first law）。

牛顿第一定律是在大量经验事实的基础上，通过进一步的推理而概括出来的。我们周围的物体，都要受到力的作用，因此不可能用实验来直接验证这一定律。但是，从这个定律得出的一切推论，都经受住了实践的检验，因此，牛顿第一定律已经成为公认的物理学基本定律之一。

牛顿第一定律不是直接由实验得出的，其中符合逻辑的科学推理是非常重要的。

惯性

从牛顿第一定律可以知道，如果物体不受力的作用，

原来静止的物体将一直保持静止状态；原来运动的物体将保持其速度一直运动下去。一切物体都有不受力时保持其静止或匀速直线运动状态不变的性质，我们把这种性质叫做惯性（inertia）。



想想议议

1. 观察惯性演示器，在仪器底座的上方有一个固定的立柱，立柱顶端有一个凹坑，立柱旁边装有一个竖立的簧片。把金属片放在立柱顶，在金属片上放置一个小球，使小球的位置正对立柱中心。拨动簧片，把小球与支座之间的金属片弹出，小球并没有随金属片飞出（图8.1-3）。你能说说发生这一现象的原因吗？



图8.1-3 小球的惯性

2. 行驶中的汽车突然刹车时，乘客身体会前倾；汽车突然开动时，乘客身体会向后仰。

想想看，身体向前倾、向后仰的原因是什么？

金属片被弹出时，上面的小球由于惯性要保持原来的静止状态，所以不会随金属片飞出。汽车突然刹车时，站着的乘客的脚已随车停止运动，而身体的上部要保持原来运动的状态，因此身体会前倾。同样的道理，当汽车突然开动时，站着的乘客的脚已随车开始运动，而身体的上部要保持原来静止的状态，因此身体会向后仰。

生活中，人们常常利用物体的惯性。例如，跳远运动员快速助跑后，飞身一跃，利用自身的惯性，在空中继续前进，以提高成绩；锤子的锤头变松了，人们常用撞击锤柄下端的方法使锤头紧套在锤柄上（图 8.1-4），这是因为锤柄突然



图8.1-4 利用惯性紧固锤头

停止时，锤头由于惯性会继续向下运动，这样锤头就会牢牢地套在锤柄上了。

惯性有时也给人们带来危害，需要防范。例如，交通工具必须配备刹车系统，以免造成危险。



汽车安全带和安全气囊

快速行驶的汽车，一旦发生碰撞，车身就停止运动，而乘客身体由于惯性会继续向前运动，在车内与车身撞击，严重时可能把挡风玻璃撞碎而飞出车外。为防止撞车时发生类似的伤害，公安交通管理部门要求小型客车的驾驶员和前排乘客必须使用安全带，万一发生碰撞，安全带能对人体的运动起到缓冲作用。在多数轿车上，除了前、后排座位都有安全带外，还安装了安全气囊，一旦车辆发生严重撞击，气囊会自动充气弹出（图8.1-5），使人不致撞到车身。



图8.1-5 安全带和安全气囊



动手动脑学物理

1. 同学们在一起讨论运动和力的关系。小明认为，一切物体只有受力才能保持匀速直线运动，不受力总是静止的；小华认为，一切物体只有受力才能保持静止，不受力总是做匀速直线运动。他们的说法对吗？为什么？

2. 如图 8.1-6，用钢尺快速击打一摞棋子中间的一个，该棋子飞出而上面的棋子落下。你能解释这是为什么吗？



图8.1-6 用钢尺击打棋子

3. 分析下列现象是怎样利用惯性的。

(1) 通过拍打窗帘清除它上面的浮灰。

(2) 标枪运动员为取得好成绩，掷标枪前需要助跑。

4. 在一列匀速直线行驶的列车内，一位同学相对于车厢竖直向上跳起，他是否会落在车厢内原来的起跳点？说出你的理由。

第2节 二力平衡

我们周围的物体都受到力的作用，不受力的物体是不存在的。在受力的情况下，物体有时也会保持静止或匀速直线运动状态，即运动状态不变。

如图8.2-1，桌面上的花瓶、天花板上悬挂的吊灯、在平直道路上匀速行驶的汽车，虽然它们都受到力的作用，但却保持静止或匀速直线运动状态。物体受到几个力作用时，如果保持静止或匀速直线运动状态，我们就说这几个力相互平衡（equilibrium），物体处于平衡状态。



图8.2-1 它们为什么会保持静止或匀速直线运动状态？

二力平衡的条件

二力平衡的情况最简单，下面让我们通过实验来研究这个问题。



实验

探究二力平衡的条件

如图8.2-2，在水平桌面两端各固定一个滑轮，把小车放在桌面上，小车前后两端分别用细线系好，并将细线分别绕过滑轮，各自吊一个托盘，使小车两端受到细线拉力的作用。

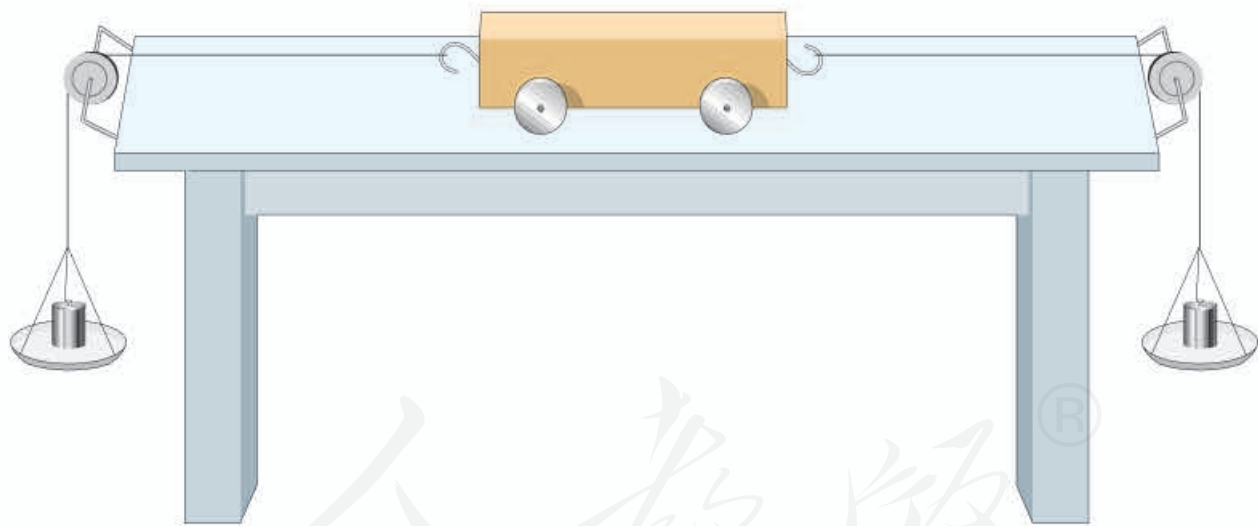


图8.2-2 研究二力平衡条件的一种方法

向挂在小车两端的托盘里加砝码。观察小车在什么条件下会保持运动状态不变？

1. 使两托盘里的砝码质量不相等；
2. 使两托盘里的砝码质量相等；

3. 保持两托盘里的砝码质量相等，把小车在水平桌面上扭转一个角度后释放；

.....

小车在水平方向受方向相反的两个拉力作用，观察小车的运动状态是否随受力情况的不同而改变，请把实验结果记录在下面的表格中。

大小	是否共线	运动状态是否改变
不相等		
相等		
相等		
.....		

与其他同学交流讨论实验结果，总结二力平衡需要的条件。

作用在同一物体上的两个力，如果大小相等、方向相反，并且在同一条直线上，这两个力就彼此平衡。

二力平衡条件的应用

我们在用弹簧测力计测量物体所受的重力时，就曾利用二力平衡条件。这时物体所受的重力与弹簧测力计对它的拉力大小相等，方向相反，作用在同一条直线上。放在桌面上的花瓶，受到竖直向下的重力和桌面对它竖直向上的支持力，二力平衡。如果已知花瓶所受的重力，就能知道支持力。悬挂着的吊灯，受到竖直向下的重力和吊线对

它竖直向上的拉力，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；在竖直方向，汽车受到向下的重力和路面对它向上的支持力，二力平衡。

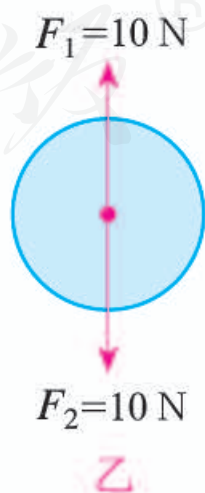
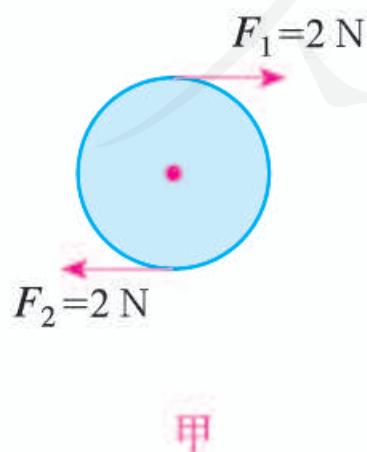
在图 8.2-3 中，如果跳伞运动员在空中匀速直线下降，已知人和伞所受的总重力是 $1\,000\text{ N}$ ，你能说出阻力的大小和方向吗？



图8.2-3 跳伞表演

动手动脑学物理

1. 在图 8.2-4 中， F_1 和 F_2 是物体所受的方向相反的两个力，哪些情况下，这两个力是平衡的？



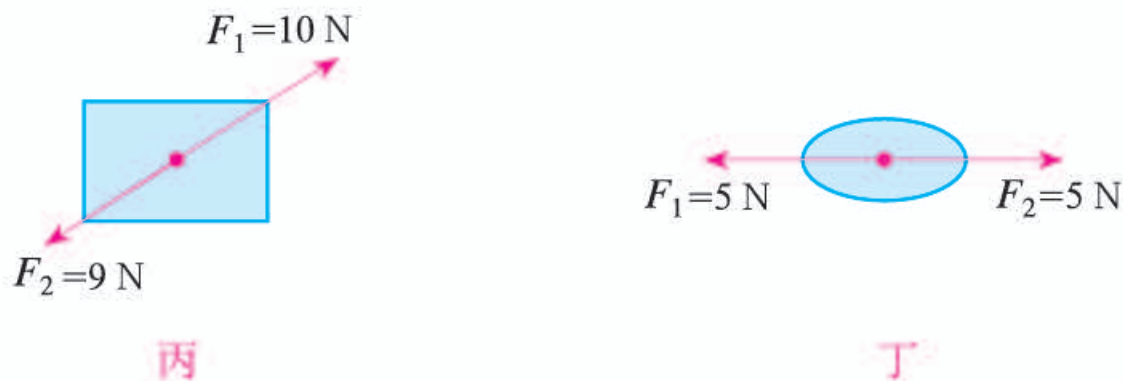


图8.2-4

2. 在平直的地面上，一个人沿水平方向用 20 N 的力推一辆小车匀速向西运动，说一说小车所受阻力的大小和方向。

3. 质量 40 kg 的小船静止在水面上，它除了受到重力之外，还受到另一个力的作用，这个力的大小等于多少？方向如何？试着画出小船受力的示意图。

4. 在水平公路上匀速行驶的太阳能汽车受到几对平衡力的作用（图8.2-5）？为什么说它们是互相平衡的？请在图8.2-6上画出汽车受力的示意图。

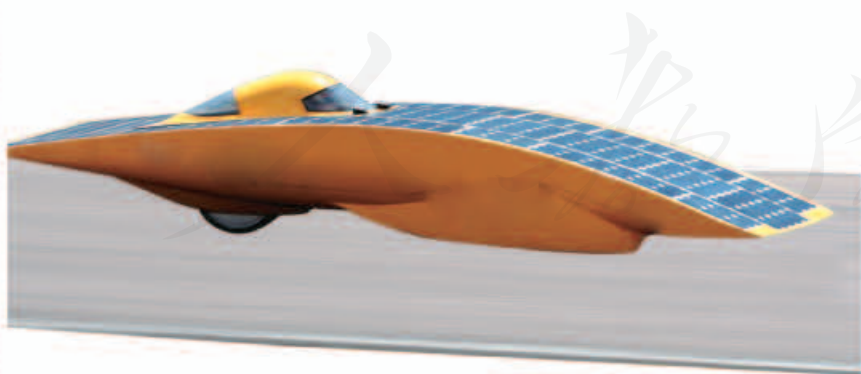


图8.2-5 太阳能汽车

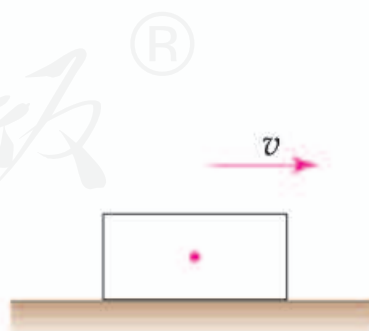


图8.2-6

第3节 摩擦力

将手掌压在桌面上，并在其上滑动，你是否感到桌面对手掌有阻碍作用？

摩擦力

摩擦力是一种很常见的力。两个相互接触的物体，当它们相对滑动时，在接触面上会产生一种阻碍相对运动的力，这种力叫做滑动摩擦力（friction force）。

相互接触的物体的两个面，有时摸起来很光滑，但是放到显微镜下观察，就会像图8.3-1显示的那样凹凸不平。当相互接触的物体发生相对运动时，就会彼此阻碍，产生滑动摩擦力。

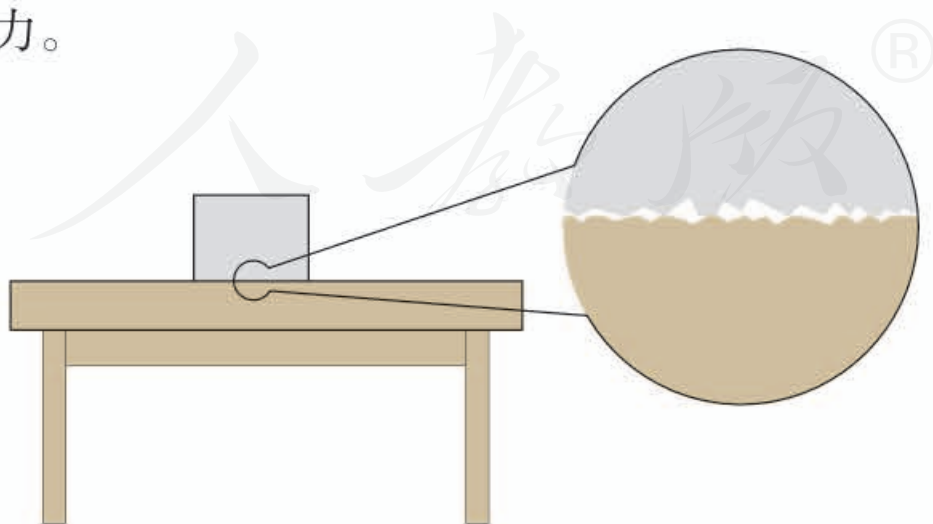


图8.3-1 接触面凹凸不平示意图

使用弹簧测力计可以粗略测量滑动摩擦力的大小。



实验

测量滑动摩擦力

如图8.3-2，用弹簧测力计水平拉动木块，使它沿长木板做匀速直线运动。根据前面学过的二力平衡知识，可知弹簧测力计对木块的拉力与木块受到的滑动摩擦力大小相等。

这样，我们读出弹簧测力计所示的拉力就可以得到木块与长木板之间的滑动摩擦力。

木块在水平木板上滑动时受到的摩擦力

$F =$ _____。

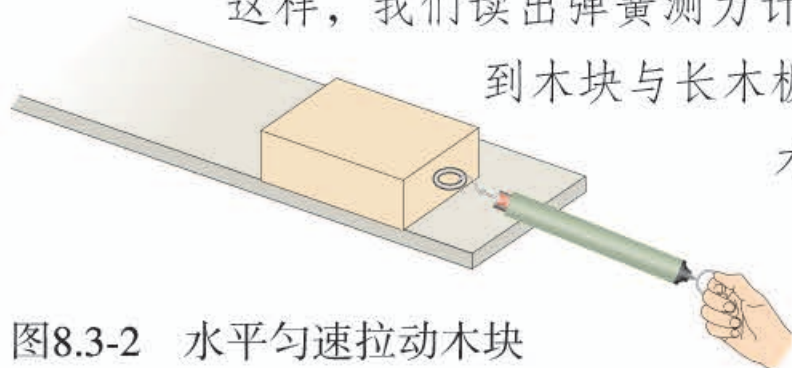


图8.3-2 水平匀速拉动木块

滑动摩擦力的大小跟哪些因素有关呢？下面让我们通过实验来研究这个问题。



实验

研究影响滑动摩擦力大小的因素

当你推箱子时，箱子越重，推起来越费力；地面越粗糙，推起来越费力。那么，影响滑动摩擦力大小的因素可能有：

- 接触面所受的压力
- 接触面的粗糙程度

.....

可以通过图 8.3-3 所示的实验验证你的猜想。

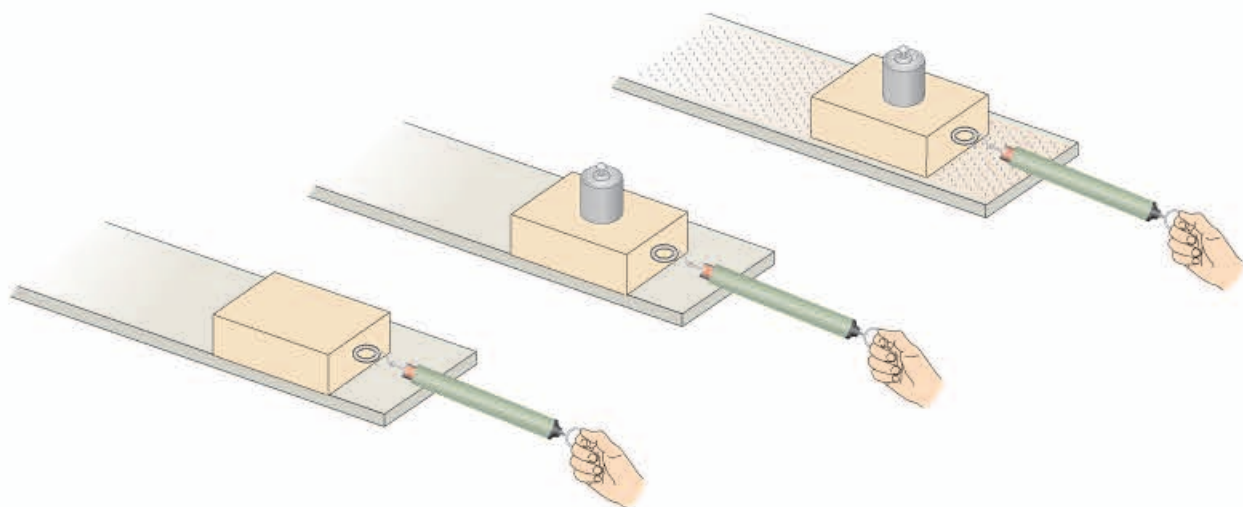


图8.3-3 研究影响滑动摩擦力大小的因素

1. 用弹簧测力计匀速拉动木块，使它沿水平长木板滑动，从而测出木块与长木板之间的滑动摩擦力。
2. 将砝码放在木块上，从而改变木块对长木板的压力，测出此种情况下的滑动摩擦力。
3. 换用材料相同但表面粗糙的长木板，保持木块上的砝码不变，测出此种情况下的滑动摩擦力。

.....

自己设计表格，记录测量数据。

通过这个实验，你得出了什么结论？

滑动摩擦力的大小跟接触面所受的压力有关，接触面受到的压力越大，滑动摩擦力越大。滑动摩擦力的大小还跟接触面的粗糙程度有关，接触面越粗糙，滑动摩擦力越大。

摩擦的利用与防止

许多情况下摩擦是有用的，人们常常设法增大它。例如，人跑步时要利用鞋底与地面间的摩擦（图8.3-4）。



图8.3-4

摩擦在很多情况下又是有害的。例如，机器工作时，运动的部件间要产生摩擦。这种摩擦不但白白消耗动力，而且使机器磨损。这时就要设法减小摩擦。



想想议议

生活中有许多利用与防止摩擦的实例。例如，自行车的车闸；体操运动员握住单杠的手要涂防滑粉；冰壶运动员用冰刷刷冰面（图8.3-5）。



甲 自行车的车闸



乙 涂有防滑粉的手



丙 冰壶运动

图8.3-5 摩擦的利用与防止

以上三例中，哪些是要增大摩擦的？哪些是要减小摩擦的？通过什么方法增大或减小摩擦？

根据影响摩擦力大小的因素我们知道：可以通过改变压力或接触面的性质来改变摩擦力的大小。比如，用力捏车闸，是通过增大压力来增大摩擦的。在手上涂防滑粉，是通过改变接触面的粗糙程度来增大摩擦的。冰壶运动员用冰刷刷冰面，是通过改变接触面的粗糙程度来减小摩擦的。

科学世界

减小摩擦的方法

在古代，人们就已经发现用滚动代替滑动可以大大减小摩擦。现在许多机器的转动部分都安装了滚动轴承（图8.3-6）。滚动轴承的内圈紧套在轴上，外圈固定在轮上，两圈之间装着许多光滑的钢球或钢柱，轮子转动时带动外圈转动，钢球或钢柱在内外圈之间滚动，摩擦就大大减小了。自行车的前后轮都是安装在滚动轴承上的，你知道它的结构吗？



图8.3-6 滚动轴承

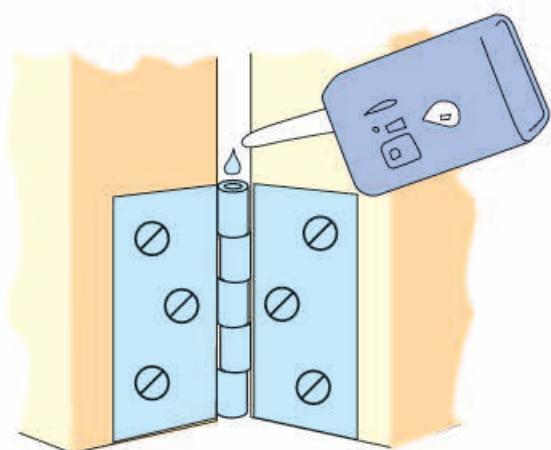


图8.3-7 合页

使两个互相接触的表面隔开，也能减小摩擦。例如给门轴上的合页加润滑剂可以在两个表面之间形成油膜，使它们互不接触，这样就减小了摩擦（图8.3-7）。气垫船利用压缩空气使船体与水面脱离接触（图8.3-8），可以大大减小摩擦。



图8.3-8 气垫船



动手动脑学物理

1. 有些北方城市常常在下大雪后将煤渣撒在结冰的路面上，你知道这是为什么吗？
2. 在自行车中有的设计是为了增大摩擦，有的是为了减小摩擦。请各举两例说明是通过什么方法来增大或减小摩擦的。
3. 冰壶比赛时，运动员需要不断调节自己的运动。一名运动员穿的两只鞋的鞋底材质并不相同：蹬冰脚的鞋底为橡胶制成，而滑行脚的鞋底为塑料制成。请你利用本节知识说明其中的道理。

4. 在做“研究影响滑动摩擦力大小的因素”的实验中，有的同学提出滑动摩擦力的大小与接触面积有关。如果要做这项研究，你认为应该如何设计这个实验？

5. 如果上课时教室内的摩擦力突然消失10 s，我们身边的情境将会发生哪些变化？描述两个可能出现的场景。



学到了什么

1. 运动和力的关系

一切物体在没有受到力的作用时，总保持静止状态或匀速直线运动状态。这就是牛顿第一定律。

2. 二力平衡

物体受到两个力的作用时，如果保持静止状态或匀速直线运动状态，这两个力彼此平衡。

作用在同一物体上的两个力，如果大小相等、方向相反，并且在同一条直线上，这两个力就彼此平衡。

3. 滑动摩擦力

两个相互接触的物体发生相对滑动时，在接触面上会产生一种阻碍相对运动的力，这种力叫做滑动摩擦力。滑动摩擦力的大小与接触面所受的压力和接触面的粗糙程度有关。接触面所受的压力越大，接触面越粗糙，滑动摩擦力就越大。



章后练习

1. 作为经典力学的先驱,伽利略在实验的基础上运用科学推理的方法,揭示了:力不是维持物体运动的原因,而是_____物体运动状态的原因。

2. 惯性与日常生活的联系非常密切,请分别列举一个利用惯性和防止惯性危害的实例。

3. 关于惯性,下列说法中正确的是()

- A. 静止的物体没有惯性
- B. 物体从运动变为静止时,才有惯性
- C. 不受力的物体没有惯性
- D. 物体在任何情况下都有惯性

4. 一个杯子放在水平桌面处于静止状态,下列各对力中,属于平衡力的是()

- A. 桌子受到的重力和杯子对桌面的压力
- B. 桌子受到的重力和桌面对杯子的支持力
- C. 杯子受到的重力和杯子对桌面的压力
- D. 杯子受到的重力和桌面对杯子的支持力

5. 下列事例中,属于有害摩擦的是()

- A. 走路时鞋底与路面间的摩擦
- B. 机械运转时轴承间的摩擦
- C. 拿东西时手与物品间的摩擦
- D. 写字时粉笔与黑板间的摩擦

6. 请写出一种避免汽车在冰雪路面上行驶时出现打滑

现象的具体做法，并说出理由。

7. 如图 8-1 所示，同一水平桌面上放有形状相同的长方体木块和铁块，哪个下表面更粗糙？请你只利用一个量程满足实验要求的弹簧测力计，设计一个实验来研究这个问题，写出实验步骤和分析结果。



图8-1

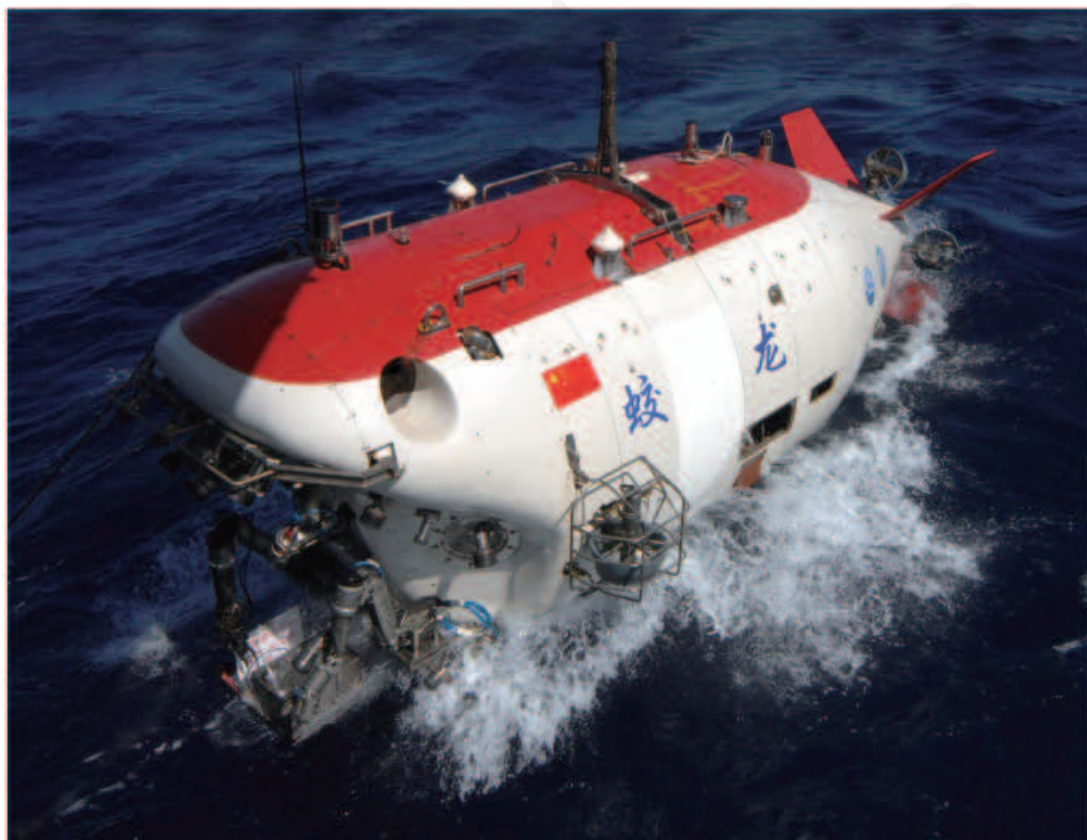
人教版®

第九章 压强

人类通向深海的道路十分崎岖和艰难，其原因之一，是深海的海水压力大得令人难以置信，人要潜入深海，是一个高科技难题。2012年，我国自主研制的蛟龙号载人潜水器潜入了7 km级的深海中，敲开了这一神秘“龙宫”的大门。

深海7 km意味着什么？有人说，设想你在7 km深的蛟龙号潜水器中把一只脚伸到外面的水里，海水对你脚背的压力相当于1 500个人叠起来踩在你的脚上！

海水的压力果真有这么大吗？



第1节 压强



茫茫白雪中一个人脚踩滑雪板在雪面上轻快地滑行，另一个没有踩滑雪板的人双脚深陷雪中，艰难地挪动，身后留下深深的脚印。这两个人对雪地的压力是差不多的，看来压力作用的效果并不只跟压力有关。请你想一想，还可能跟什么因素有关？



想想议议

小小的蚊子能轻而易举地用口器把皮肤刺破（图9.1-1），重重的骆驼却不会陷入沙中（图9.1-2），这是为什么？



图9.1-1 蚊子尖尖的口器
可以插入皮肤吸吮血液



图9.1-2 骆驼具有宽
大的脚掌

压强

从上述事例可以发现，蚊子的口器对皮肤的压力虽然不大，但由于口器十分尖锐，因而能轻易刺穿皮肤；骆驼虽重，但脚掌面积很大，因而不会深陷沙中。这使我们想到：压力对物体作用的效果不仅跟压力的大小有关，还应该跟受力面积有关。让我们尝试通过实验来检验上述想法。



实验

研究影响压力作用效果的因素

如图 9.1-3 所示，做下面三个实验。

甲：把小桌放在海绵上；

乙：在桌面上放一个砝码；

丙：把小桌翻过来，桌面朝下，并在其上放一个砝码。

注意观察三次实验时海绵被压下的深浅，这显示了压力作用的效果。

考虑海绵所受小桌对它的压力和受力面积两个因素，甲和乙相比，哪个因素相同、哪个因素不同？乙和丙相比，哪个因素相同、哪个因素不同？压力作用的效果各有什么区别？

想一想，从上面的实验中你能得到什么结论？

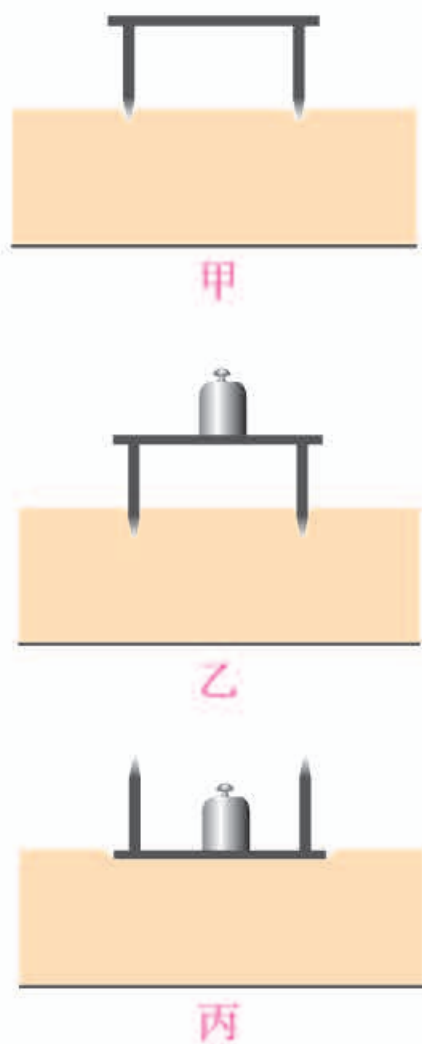


图9.1-3 压力作用的效果

实验结果表明，压力作用的效果不仅跟压力的大小有关，而且跟受力面积有关。要比较压力作用的效果，就应取相同的受力面积。在物理学中，物体所受压力的大小与受力面积之比叫做压强（pressure）。

如果用 p 表示压强、 F 表示压力、 S 表示物体的受力面积，那么有

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

压强在数值上等于物体单位面积所受的压力。压强越大，压力产生的效果越明显。

在国际单位制中，力的单位是牛，面积的单位是平方米，压强的单位则是牛每平方米，它有一个专用名称叫做帕斯卡（pascal），简称帕，符号是Pa。

例题 水平桌面上放一本书，书所受的重力为3 N，与桌面的接触面积为 $5 \times 10^{-2} \text{ m}^2$ ，计算书对桌面的压强。

解 书对桌面的压力等于它所受的重力，即

$$\begin{aligned} F &= G \\ &= 3 \text{ N} \end{aligned}$$

桌面的受力面积

$$S = 5 \times 10^{-2} \text{ m}^2$$

所以压强

$$\begin{aligned} p &= \frac{F}{S} \\ &= \frac{3 \text{ N}}{5 \times 10^{-2} \text{ m}^2} \\ &= 60 \text{ Pa} \end{aligned}$$

书对桌面的压强为60 Pa。

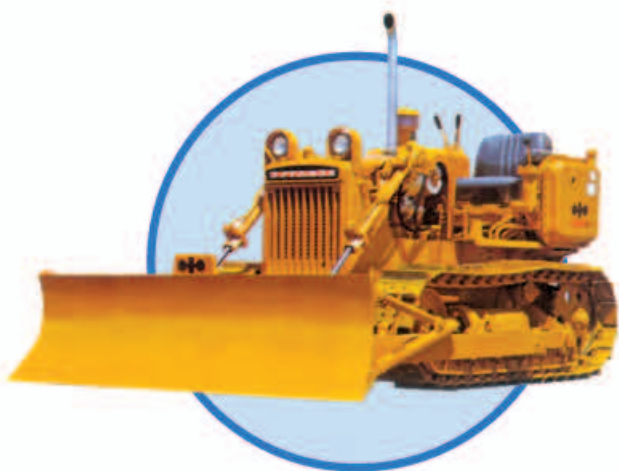
怎样减小或增大压强

在田间耕作时，为了不使拖拉机陷进土里，要设法减小它对地面的压强。而切菜、把图钉按进墙里，就要增大刀刃对菜、图钉尖对墙的压强。



想想议议

如图9.1-4所示，在推土机、篆刻刀、破窗锤、火车轨道中，哪些地方要增大压强？哪些地方要减小压强？它们是通过什么方法增大或减小压强的？



推土机



篆刻刀



破窗锤



火车轨道

图9.1-4 通过什么方法增大或减小压强？

要增大压强，可以增大压力或者减小受力面积；要减小压强，可以减小压力或者增大受力面积。推土机的推土铲刃、篆刻刀的刀口做得很锋利，破窗锤的敲击端做成锥状，这些是通过减小受力面积来增大压强的；铁轨下面铺放枕木，推土机用宽大履带来支承，这些是通过增大受力面积来减小压强的。

任何物体所能承受的压强都有一定的限度，超过这个限度，物体就会被损坏。例如，货车超载，就很容易把公路的路面压坏。交通管理部门规定，货车每一车轴的平均承载质量不得超过 10 t (图9.1-5)，这是通过限定每一车轴平均承载的压力来控制货车对路面压强的大小的。



图9.1-5 多轴平板货车



动手动脑学物理

1. 估测你站立时对地面的压强。

根据你的体重可以得到你对地面的压力，再测量你站立时鞋底和地面的接触面积。为简单起见，假设双脚站立时，整个鞋印范围都与地面接触（图9.1-6）。自己或请同学在方格纸上画出鞋底的轮廓，数数鞋底占有多少个小格

(不满一格时,大于半格的算一格,小于半格的不算),再乘以每一小格的面积,算出整个鞋底的面积。

根据得到的数据,计算你对地面的压强。

如果某同学测出一只鞋底的面积为 150 cm^2 ,他的质量为 50 kg ,他对地面的压强是多大?与你对地面的压强相比哪个大?

2. 解释下列现象。

锯、剪刀、斧头等,用过一段时间就要磨一磨,为什么?

书包为什么要用宽的背带,而不用细绳?啄木鸟有个坚硬而细长的喙,这对它的生存为什么特别重要?

3. 骆驼的体重比马大不了一倍,而它的脚掌面积是马蹄的三倍。这为它在沙漠行走提供了什么有利条件?

4. 一个图钉帽的面积是 0.8 cm^2 ,图钉尖的面积是 $5 \times 10^{-4}\text{ cm}^2$,手指对钉帽的压力是 20 N ,手对图钉帽的压强和图钉尖对墙的压强各是多大?

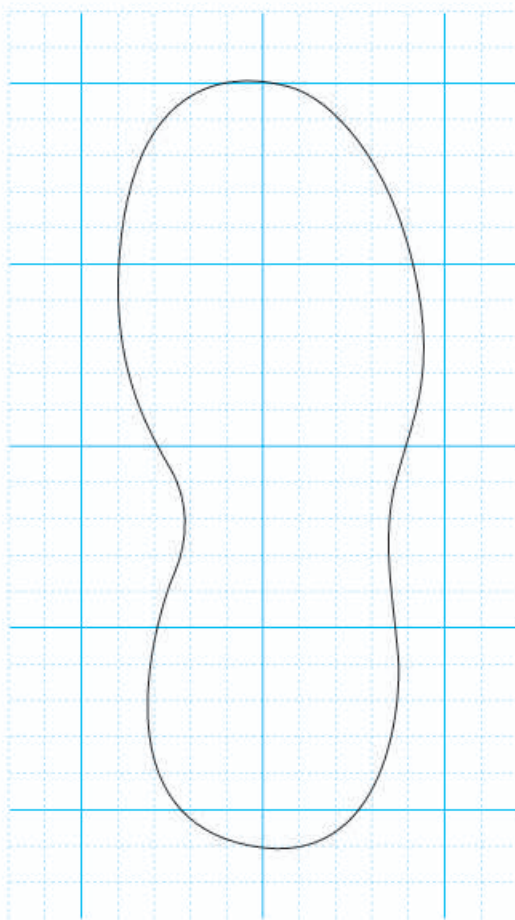


图9.1-6 测量鞋底面积

第2节 液体的压强

静止在桌面上的水杯，对支承它的桌面有压力，因而对桌面产生压强。杯中的水对杯底也有压强吗？



想想做做

家里洗菜池中没有水时，要提起池底排水口的橡皮塞很容易；洗菜池装满水时，要提起橡皮塞就比较费力，这说明水对池底的橡皮塞有向下的压力，水对橡皮塞有压强。

液体内部对侧面、对上方有压强吗？

液体压强的特点

如图9.2-1，在盛满水的饮料瓶侧面打有小孔，液体会从孔中喷出，说明液体对侧面有压强；喷泉中的水柱能向上喷出，说明液体内部向上也有压强。由于液体具



图9.2-1 液体从容器侧壁的孔中喷出

有流动性，液体内向各个方向都有压强。

液体内部压强的大小有什么特点呢？

如图9.2-2，测量液体内部压强的仪器由盛有液体的U形玻璃管、橡胶管、探头组成。探头是由空金属盒蒙上橡皮薄膜构成的。如果液体内部存在压强，放在液体里的薄膜就会发生形变，U形管左右两侧液面就会产生高度差，高度差的大小反映了薄膜所受压强的大小。



演示

研究液体内部的压强

1. 如图9.2-2，把探头放进盛水的容器中，观察液体内部是否存在压强。保持探头在水中的深度不变，改变探头的方向，观察液体内部同一深度各方向的压强是否相等。



图9.2-2 同一深度液体向各个方向的压强是否相等？

2. 增大探头在水中的深度，观察液体内部的压强与深度有什么关系。

3. 换用不同的液体（例如酒精、硫酸铜溶液），观察在深度相同时，液体内部的压强是否与液体的密度有关。

液体内部压强的大小具有这样的特点：在液体内部的同一深度，向各个方向的压强都相等。深度越深，压强越大。液体内部压强的大小还跟液体的密度有关，在深度相同时，液体的密度越大，压强越大。

液体压强的大小

我们研究容器中液体内部的压强跟深度、液体的密度之间的定量关系。

要想知道液面下某处的压强，可以设想这里有一个水平放置的“平面”。这个平面以上的液柱对平面的压力等于液柱所受的重力，所以计算出液柱所受的重力是解决问题的关键。在图9.2-3中，设液柱的高度为 h ，平面的面积为 S 。这个平面上方的液柱对平面的压力

$$F = G = mg = \rho Vg = \rho Shg$$

平面受到的压强

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

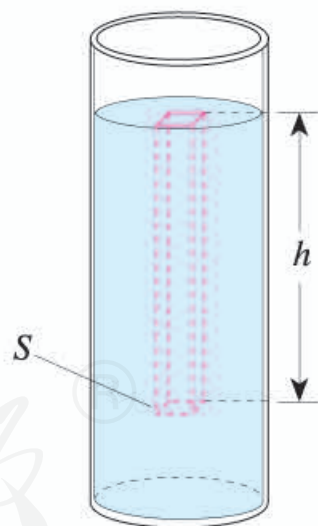


图9.2-3

因此，液面下深度为 h 处液体的压强为

$$p = \rho gh$$

人们在水中活动要承受一定的压强。屏住呼吸的潜水员在浅海中采集海参、珍珠贝；背着氧气瓶的潜水员在浅海中可以长时间地停留（图9.2-4）；若要在较深的海水中工作，就要穿抗压潜水服了，这是由于海水的压强随着深度的增加而增大，人体此时已无法承受海水的压强。如果要潜入更深的海底，抗压潜水服也无能为力，需要专门的潜水器，以抵抗巨大的水压。2016年8月，我国自主研发的“海斗”号无人潜水器最大潜深达10 767 m（图9.2-4），创造了当时我国无人潜水器的最大下潜及作业深度纪录。

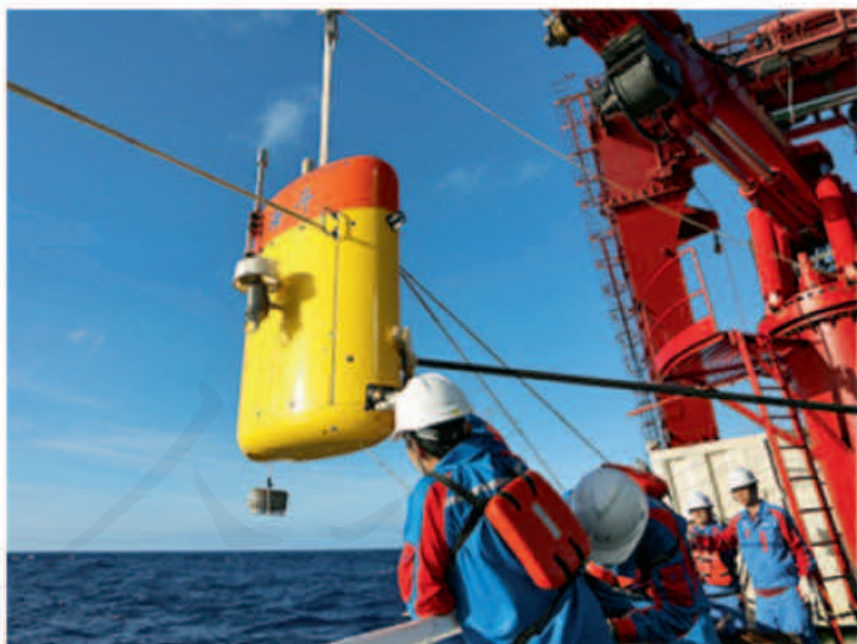


图9.2-4 “海斗”号无人潜水器

例题 有人说，“设想你在7 km深的蛟龙号潜水器中把一只脚伸到外面的水里，海水对你脚背压力的大小相当

于1 500个人所受的重力！”海水压力真有这么大吗？请通过估算加以说明。

解 因为是估算，海水的密度可以取 $\rho = 1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ， g 取 10 N/kg 。

脚背宽度取 $8 \sim 10 \text{ cm}$ ，脚背长度取 $12 \sim 15 \text{ cm}$ ，则脚背面积为 $96 \sim 150 \text{ cm}^2$ ，近似取 $S = 130 \text{ cm}^2 = 1.3 \times 10^{-2} \text{ m}^2$ 。

7 km深处海水的压强为

$$\begin{aligned} p &= \rho gh \\ &= 1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \times 10 \text{ N/kg} \times 7 \times 10^3 \text{ m} \\ &= 7 \times 10^7 \text{ Pa} \end{aligned}$$

脚背受的压力为

$$\begin{aligned} F &= pS \\ &= 7 \times 10^7 \text{ N/m}^2 \times 1.3 \times 10^{-2} \text{ m}^2 \\ &= 9 \times 10^5 \text{ N} \end{aligned}$$

一个成年人的质量约为 60 kg ，所受的重力

$$\begin{aligned} G &= mg \\ &= 60 \text{ kg} \times 10 \text{ N/kg} \\ &= 6 \times 10^2 \text{ N} \end{aligned}$$

假设脚背所受压力的大小相当于 n 个成年人所受的重力，则

$$n = \frac{9 \times 10^5 \text{ N}}{6 \times 10^2 \text{ N}} = 1\,500$$

估算结果表明，在深7 km的海底，水对脚背的压力确实相当于1 500个人所受的重力。

在利用公式 $p = \rho gh$ 计算的时候，密度 ρ 的单位一定要用

kg/m^3 ，液体深度 h 的单位要用 m ，计算出的压强 p 的单位才是 Pa 。

连通器

上端开口、下端连通的容器叫做连通器，如图9.2-5。连通器里装的是相同的液体，当液体不流动时，连通器各部分中的液面高度总是相同的。



图9.2-5 连通器



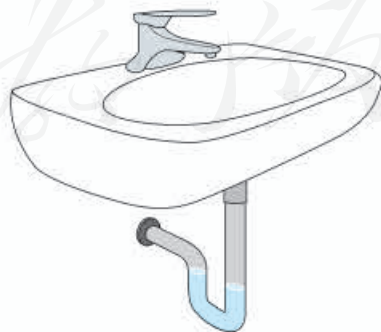
想想议议

生活中常会遇到一些连通器，想想看，它们各有什么功能？它们是怎样利用连通器的特点来实现自己的功能的？

例如，水壶的壶嘴与壶身组成连通器；排水管的U形“反水弯”也是一个连通器（图9.2-6）；锅炉和外面的水位计组成连通器。



水壶



排水管

图9.2-6 生活中常见的连通器

三峡船闸——世界上最大的人造连通器

我国三峡工程是举世瞩目的跨世纪工程。三峡大坝上、下游的水位差最高可达113 m。巨大的落差有利于生产可观的电力，但也带来了航运方面的问题：下游的船只驶往上游，怎样把这些船只举高一百多米？上游的船只驶往下游，又怎样让船只徐徐降落一百多米？解决这个问题的重要途径就是修建船闸。

船闸由闸室和上、下游闸门以及上、下游阀门组成。下面描述了一艘轮船由上游通过船闸驶往下游的情况。

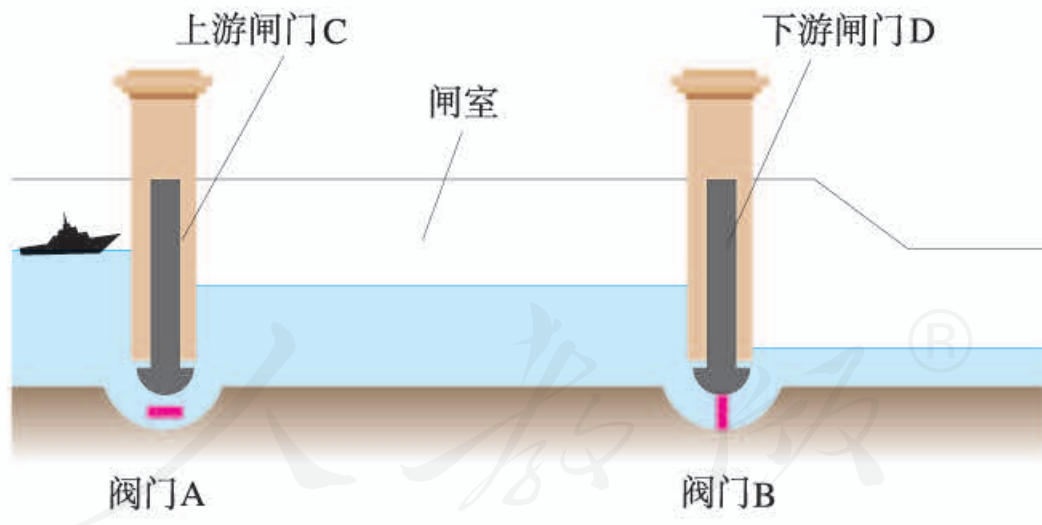


图9.2-7

上游的船只欲驶往下游，需关闭下游闸门D和阀门B，打开上游阀门A，闸室和上游水道构成了一个连通器，闸室水面开始上升（图9.2-7）。

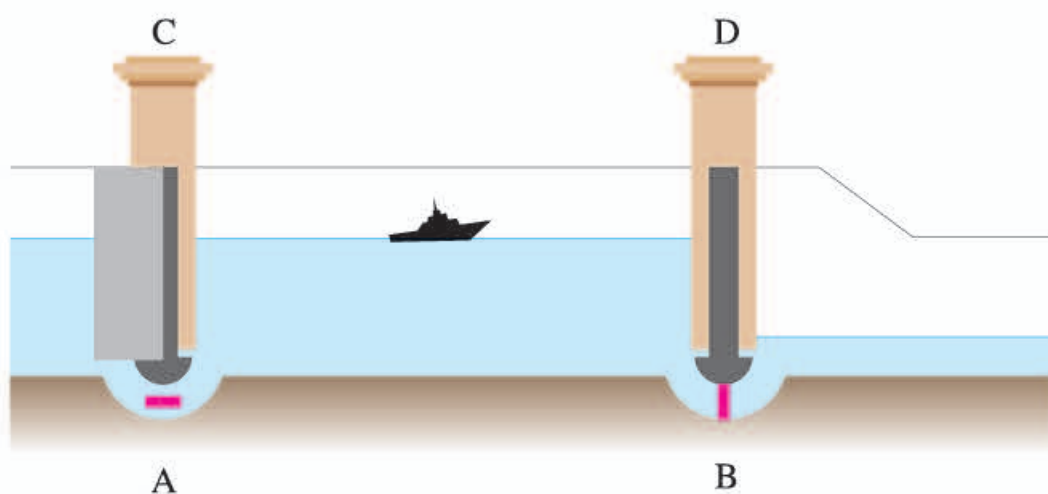


图9.2-8

当闸室水面上升到和上游水面相平后，打开上游闸门 C，船驶入闸室（图 9.2-8）。

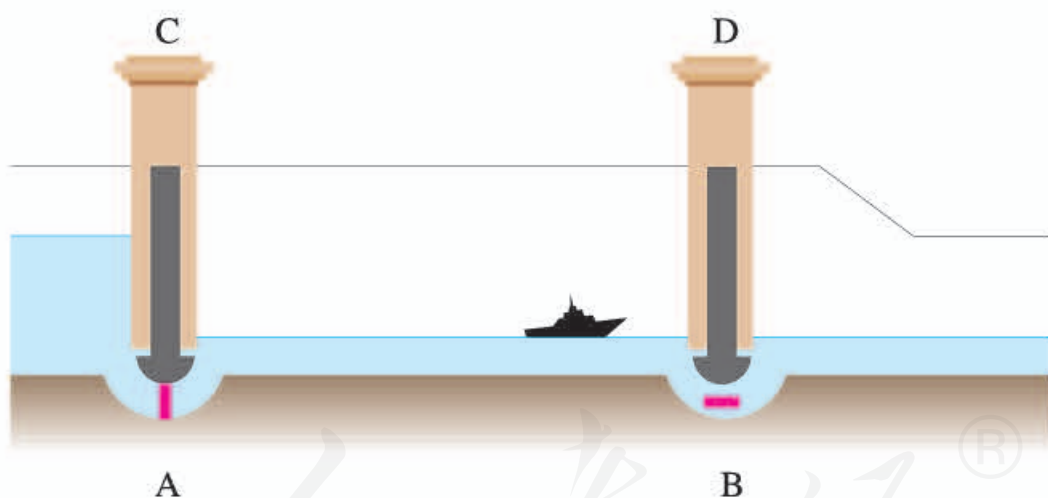


图9.2-9

接下来，再关闭上游闸门 C 和阀门 A，打开下游阀门 B，闸室和下游水道构成了一个连通器。闸室水面开始下降（图 9.2-9）。

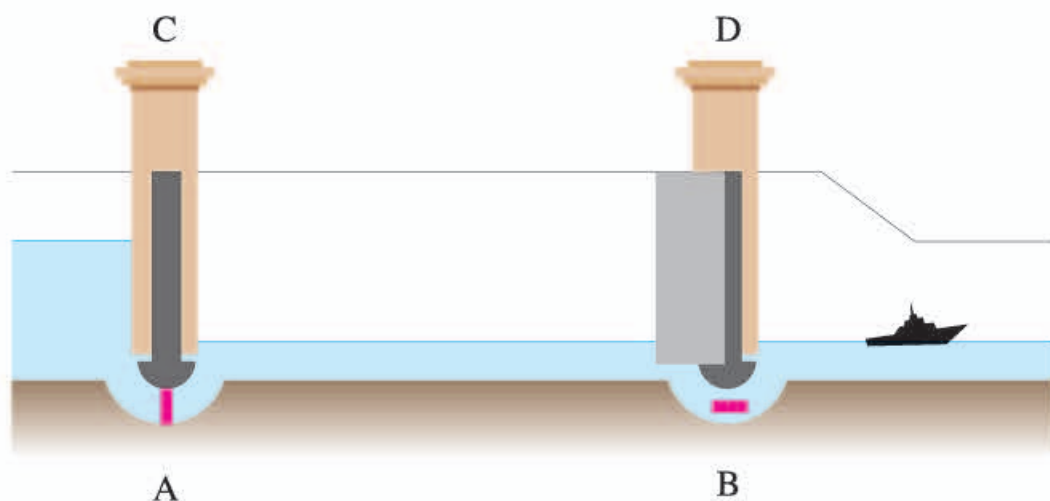


图9.2-10

当闸室水面下降到跟下游水面相平后，打开下游闸门D，船驶向下游（图9.2-10）。

三峡船闸总长1 621 m，是世界上最大的船闸。船只在船闸中要经过5个闸室使船体逐次升高（或降低）。每个闸室水位变化超过20 m，因而三峡船闸的闸门非常高大，其首级人字闸门每扇门高近40 m，宽近20 m，如果平放在地面上，有两个篮球场大。倘若门外的水压在闸门上，设想有10万人每人都用1 000 N的力来顶着门，也抵挡不住水的压力，可见水对闸门的压力之大。为此，三峡船闸的闸门足足有3 m厚，无愧是“天下第一门”。



动手动脑学物理

1. 一个空的塑料药瓶，瓶口扎上橡皮膜，竖直地浸入水中，一次瓶口朝上，一次瓶口朝下，这两次药瓶在

水里的位置相同（图9.2-11）。为什么每次橡皮膜都向内凹？哪一次凹进得更多？为什么？

2. 如图9.2-12，两个粗细不同的圆柱形容器中盛有同种相同质量的液体，哪个容器底受到的压强大？

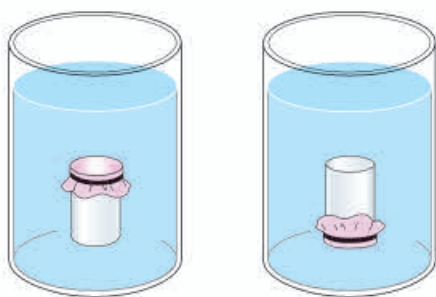


图9.2-11

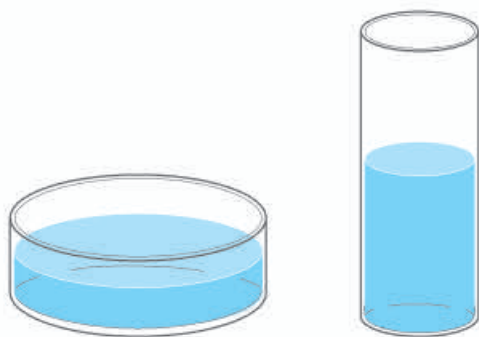


图9.2-12

3. 如图9.2-13，容器中间用隔板分成左右两部分，隔板下部有一圆孔用薄橡皮膜封闭，橡皮膜两侧压强不同时其形状发生改变。它可以用来做“探究液体压强是否跟深度、液体密度有关”的实验。

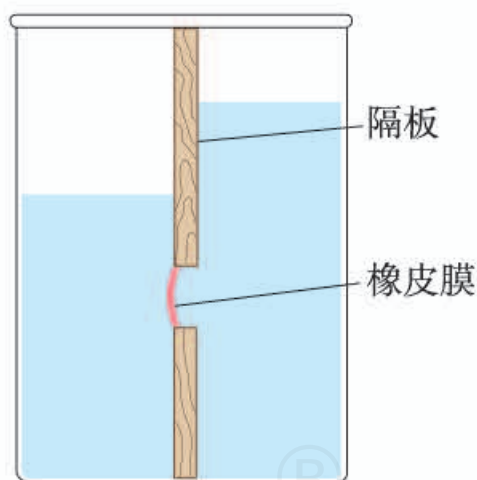


图9.2-13

（1）若要检验“在同种液体中液体压强跟深度有关”这一结论，应该怎样实验？说出实验步骤和橡皮膜形状可能的变化。

（2）若要检验“在深度相同时液体压强跟密度有关”这一结论，应该怎样实验？说出实验步骤和应该观察到的现象。

4. 工程师为什么要把拦河坝设计成下宽上窄的形状？三峡水电站的水库大坝高185 m，当水库水深为125 m时，坝底受到的水的压强是多大？

5. 如图9.2-14，自己或和家人一同观察卫生间地漏的结构，请你分析地漏存水杯的作用。

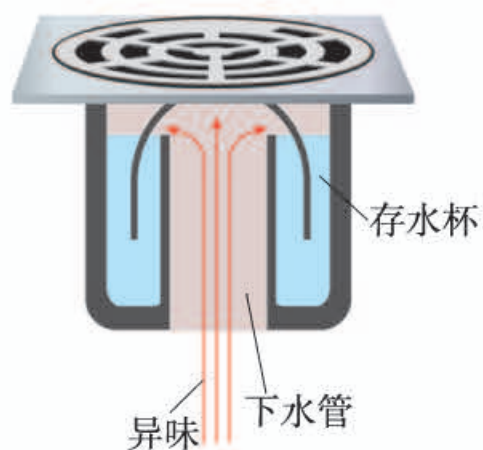


图9.2-14

人教版®

第3节 大气压强

液体内部朝各个方向都有压强，这是由于液体能够流动。空气也能流动，空气中是否也存在朝各个方向的压强？

大气压强的存在

你能举出几个实例或者做几个简单的实验，来证实或否定大气压强的存在吗？

下面我们一起来做几个实验。

1. 如图9.3-1甲，将塑料吸盘吸在光滑的墙上，想一想，是什么力把吸盘压在墙上的？

如果把塑料吸盘戳个小孔，空气通过小孔进入吸盘和光滑的墙面之间，内外压强相等，吸盘便不能贴在光滑的墙面上。

2. 如图9.3-1乙，将一端开口的塑料管盛满水，用一张硬纸片将塑料管口盖上，一只手握住管的底端，另一只手压住纸片，上下颠倒塑料管。慢慢移开压住硬纸片的手，你会发现纸片并不会掉下来。想一想，是什么力使塑料管里的水不会流出来的？



甲 什么力把塑料吸盘压在光滑的墙上？



乙 什么力使塑料管里的水不会流出来？



丙 什么力使饮料上升到嘴里？

图9.3-1 这些现象是大气压强引起的吗？

如果把悬空倒置的塑料管的上端跟大气相通，上、下大气压强相等，水就不能留在管中。

3. 如图9.3-1丙，将饮料倒入杯中，可以用吸管将饮料吸入嘴里。想一想是什么力使饮料上升到嘴里？

如果把杯口密封起来，使空气不能进入杯内，我们便无法不断地吸到饮料。

这些实验证明，大气压强确实存在的。大气压强简称为**大气压**（atmosphere）或气压。

大气压的测量

如图9.3-2，如果在薄皮铁桶内放少量的水，用火加热，沸腾之后把桶口堵



图9.3-2 大气压把铁桶压扁了

住，然后浇上冷水。在大气压的作用下，铁桶就会被压扁。

大气压究竟有多大？在上述实验2中，大气压可以把纸片上的液柱托住。根据大气压所能托起液柱的最大高度，我们就能精确地测出大气压的数值。



演示（录像）

大气压的测量

如图9.3-3，在长约1 m、一端封闭的玻璃管里灌满水银，用手指（戴橡胶手套）将管口堵住，然后倒插在水银槽中。放开手指，管内水银面下降到一定高度时就不再下降，这时管内外水银面高度差约760 mm。把玻璃管倾斜，竖直高度差不发生变化。

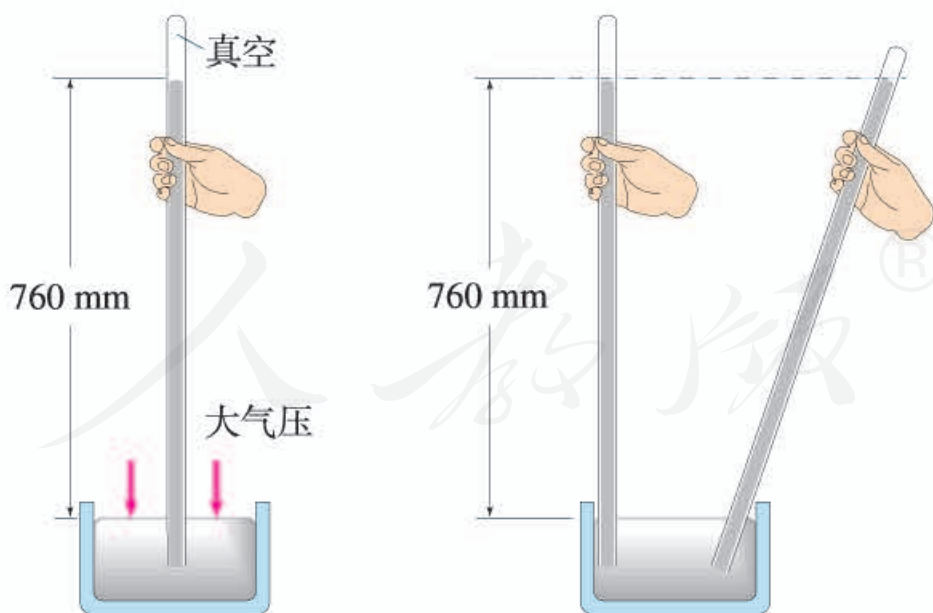


图9.3-3 托里拆利实验

实验中玻璃管内水银面的上方是真空，管外水银面的上方是空气，因此，是大气压支持管内这段水银柱不会落下，大气压的数值等于这段水银柱产生的压强。这个实验最早是由意大利科学家托里拆利做的，他测得管内外水银面的高度差为760 mm，通常把这样大小的大气压叫做标准大气压 p_0 。

$$\begin{aligned} p_0 &= \rho gh \\ &= 1.36 \times 10^4 \text{ kg/m}^3 \times 9.8 \text{ N/kg} \times 0.76 \text{ m} \\ &= 1.013 \times 10^5 \text{ Pa} \end{aligned}$$

在粗略计算中，标准大气压可以取为 $1 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。

测量大气压的仪器叫做**气压计**（barometer）。在图9.3-3的托里拆利实验中，如果玻璃管旁立一个刻度尺，读出水银柱的高度就知道当时的大气压了。这就是一个简单的水银气压计。水银气压计比较准确，但携带不便，用得比较多的气压计是金属盒气压计，又叫做**无液气压计**（图9.3-4甲），它的主要部分是一个波纹状真空金属盒。气压变化时，金属盒厚度会发生变化，传动装置将这种变化转变为指针的偏转，指示出气压的大小。氧气瓶和灭火器上的气压计，也是一种无液气压计（图9.3-4乙）。

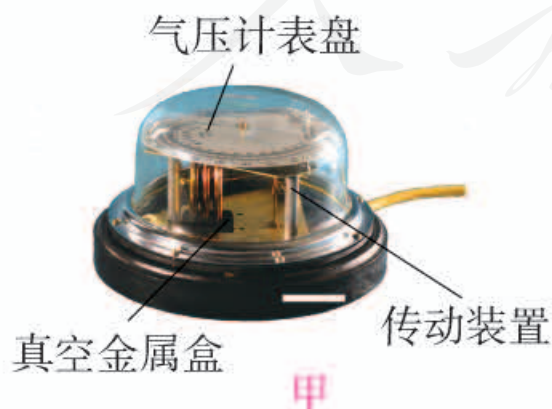


图9.3-4 无液气压计



想想做做

观察大气压随高度的变化

取一个瓶子，装入适量带色的水，再取一根两端开口的细玻璃管，在它上面画上刻度，使玻璃管穿过橡皮塞插入水中。从管子上端吹入少量气体，使瓶内气体压强大于大气压，水沿玻璃管上升到瓶口以上(图9.3-5)。

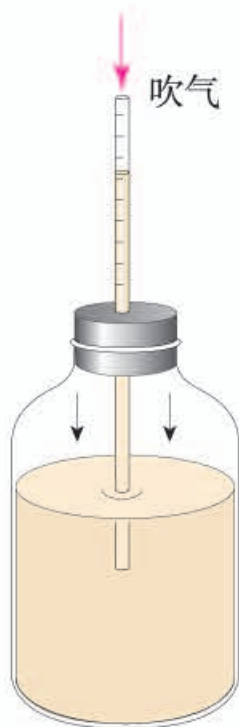


图9.3-5 自制气压计

拿着它从楼下到楼上(或从山下到山上),观察玻璃管内水柱高度的变化情况,并给出解释。

实验结果表明,随着高度的增加,玻璃管中水柱的高度会逐渐升高,这表明瓶外的大气压在逐渐减小。在海拔3 000 m以内,大约每升高10 m,大气压减小100 Pa。

珠穆朗玛峰上的大气压约是海平面的30%左右,空气稀薄、少氧,燃烧困难。2008年为实现奥运火炬在高海拔地区的点火传递(图9.3-6),我国科研人员开展了一系列高科技攻关活动。其中火种灯、引火器和火炬的设计经受住了低温、低压和强风等恶劣条件的考验,确保了火炬登顶珠穆朗玛峰的成功。

水的沸点在标准大气压下是 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，随着大气压的减小，水的沸点也会降低。在我国的青藏高原，大部分地区水的沸点仅为 $84\sim 87\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。有的哨所海拔五千多米，水的沸点不足 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，这样的温度，连面条也煮不熟。战士们在日常生活中必须使用压力锅做饭（图9.3-7）。



图9.3-6 2008年北京奥运会实现火炬在珠穆朗玛峰的传递



图9.3-7 高原边防哨所战士用压力锅煮面条



活塞式抽水机

抽水机也叫水泵。活塞式抽水机中，活塞跟筒壁紧密接触但是可以上下滑动，A、B是只能向上开启的阀门。使用时，若提起活塞，阀门A受到大气压的作用而关闭，活塞的下面空气稀薄，气压小于外界的大气压。于是，低处的水受到大气压的作用推开阀门B进入圆筒（图9.3-8甲）；当压下活塞时，阀门B被水压下而关闭，水被阻不能向下流动，于是冲开阀门A进入圆筒的上部（图

9.3-8 乙)；再提起活塞时，活塞上面的水迫使阀门A关闭，水从侧管流出。与此同时，井里的水又在大气压的作用下推开阀门B而进入圆筒（图9.3-8 丙）。这样，活塞不停地上下移动，水就从管口连续不断地流出。

想想看，这样的抽水机提升水的最大高度是多少？

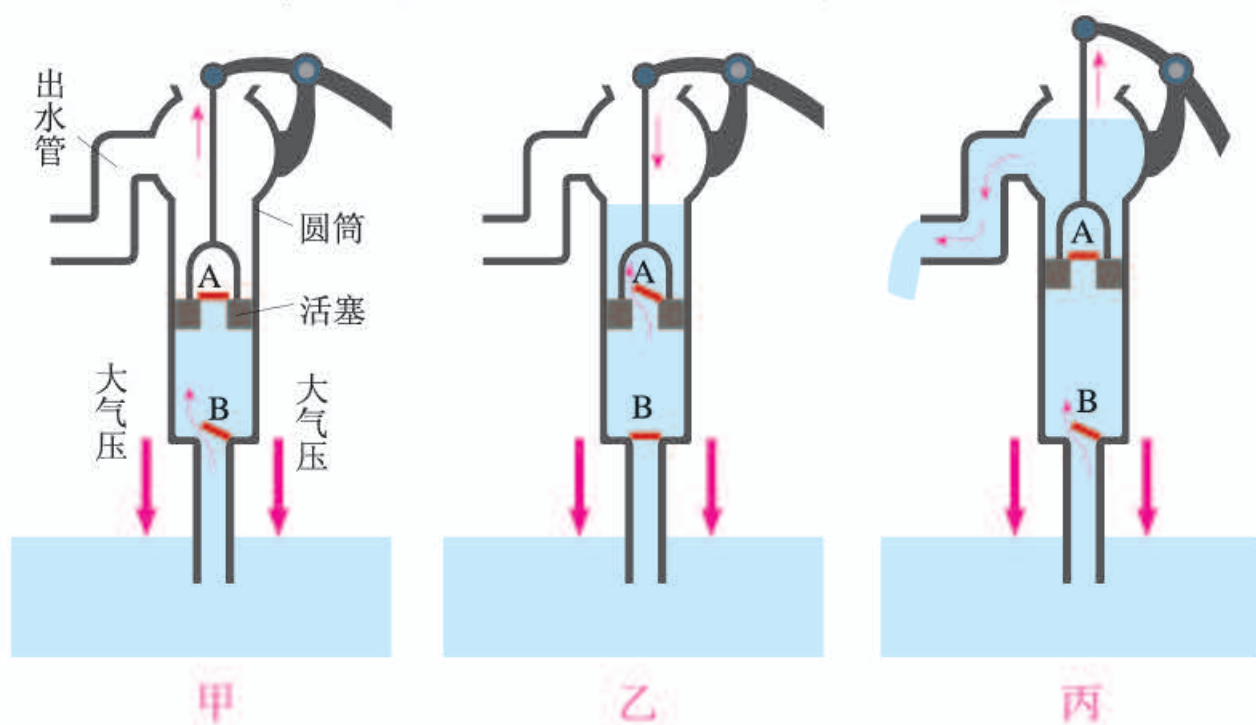


图9.3-8 活塞式抽水机工作示意图



动手动脑学物理



图9.3-9

1. 人的血压的正常值（收缩压和舒张压）大约是多少帕？自己查找资料进行估算。

2. 1654年，在德国马德堡市的广场上曾经做过一个著名的马德堡半球实验。人们把两个铜制空心半球合在

一起，抽去里面的空气，用两支马队向相反的方向拉两个半球。当两侧的马匹达到16匹时，才将半球拉开，并发出巨大的响声。如图9.3-9，同学们利用压力锅代替空心铜半球模拟马德堡半球实验。如果所用压力锅的直径是26 cm，将压力锅拉开需要的力有多大？实际用力会比计算的结果小。请你解释这是为什么。

3. 小明为家中的盆景设计了一个自动供水装置。如图9.3-10，他用一个塑料瓶装满水倒放在盆景盘中，瓶口刚刚被水浸没。当盘中的水位下降到使瓶口露出水面时，空气进入瓶中，瓶中就会有水流出，使盘中的水位升高，瓶口又被浸没，瓶中的水不再流出。这样盆景盘中的水位可以保持一定的高度。请问：是什么原因使得水不会全部流掉而能保留在塑料瓶中？

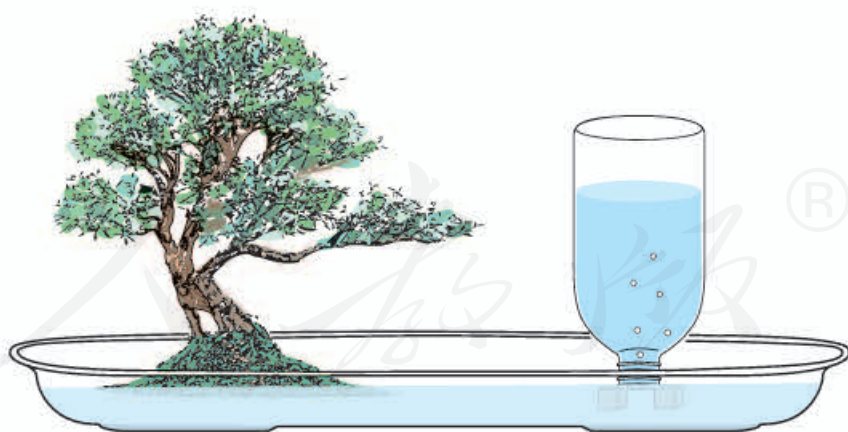


图9.3-10

4. 屋顶的面积是 45 m^2 ，大气对屋顶的压力有多大？这么大的压力为什么没有把屋顶压塌呢？

5. 小强利用图9.3-5所示的自制气压计研究大气压与高度的关系。他将气压计从1楼带到5楼的过程中，观察到管内水柱的高度发生了变化，如下表所示。根据表中的数据，可以大致得到怎样的结论？

楼层	1	2	3	4	5
管内与瓶内水面的高度差/cm	5.0	5.3	5.7	6.0	6.3

人教版®

第4节 流体压强与流速的关系

物理学中把具有流动性的液体和气体统称为流体。前面我们已经学过液体内部的压强和大气压，它们都是流体静止时的压强。当液体和气体处于流动状态时其压强又会怎样？



想想做做

如图 9.4-1，在离桌边 20~30 cm 的地方放一枚铝质硬币，在硬币前 10 cm 左右放置一个高度约 2 cm 的木块，在硬币后放置一本与硬币厚度相当的笔记本。在硬币上方沿着与桌面平行的方向用力吹一口气，硬币就可能跳过木块。



图9.4-1 口吹硬币跳越木块

是什么力使得硬币向上“跳”起来了？

流体压强与流速的关系

实验中的硬币，上面只有空气与它接触。吹气时硬币向

上“跳”，说明它上面空气向下的压力比较小，下面空气向上的压力比较大。硬币上下两面的面积相同，因此一定是下面空气向上的压强比较大。由于吹气，硬币上面空气的流速变大了。由此我们猜想：是不是气体的压强跟气体的流速有关系？

实验

如图9.4-2，手握两张纸，让纸自由下垂。在两张纸的中间向下吹气。如果空气的压强真的跟空气的流速有关系，这两张纸应该怎样运动？

做一做，检验你的猜想。

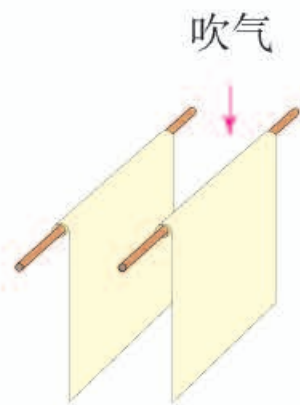


图9.4-2 这两张纸怎样运动？

更多的实验结果表明，在气体和液体中，流速越大的位置，压强越小。

飞机的升力

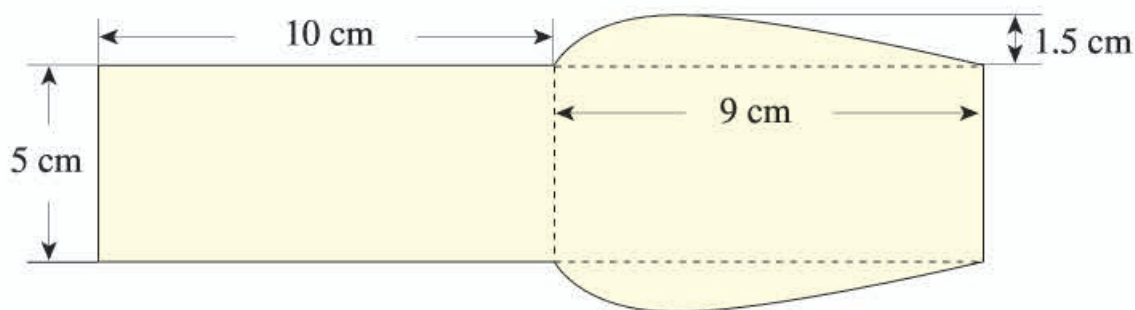
几十吨的飞机为什么能够在空中飞行？秘密在于机翼。你观察过飞机的机翼吗？



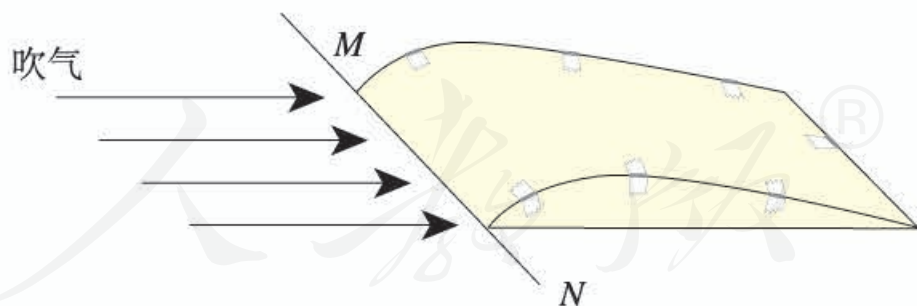
想想做做

把纸按图9.4-3甲的尺寸剪下,折成图9.4-3乙的形状,并用小段胶带固定,这就是飞机机翼的模型。 MN 是固定在“机翼”前端的细线。

把细线拉平绷紧,用嘴对着“机翼”前端细线的位置用力沿水平方向吹气,可以发现“机翼”在气流的作用下向上翘起。这是什么原因?



甲



乙

图9.4-3 机翼模型的实验

借助图9.4-4，我们可以观察机翼横截面的大致形状，其上表面弯曲，下表面比较平。

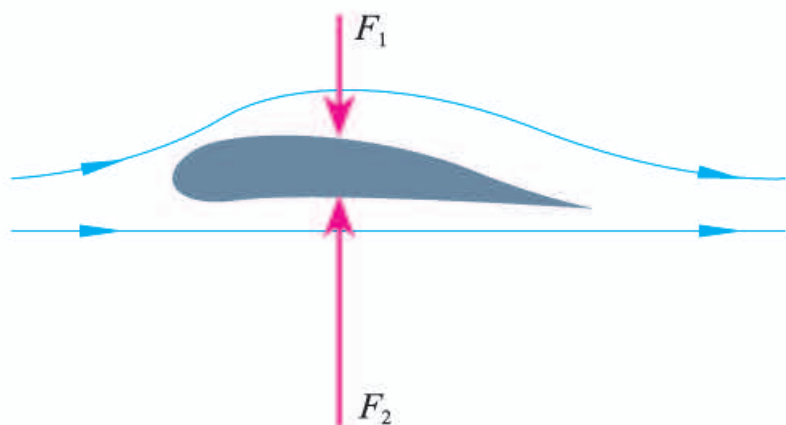


图9.4-4 飞机升力产生的示意图

飞机前进时，机翼与周围的空气发生相对运动，相当于气流迎面流过机翼。气流被机翼分成上、下两部分，由于机翼横截面的形状上、下不对称，机翼上方气流的速度较大，对机翼上表面的压强较小；下方气流的速度较小，对机翼下表面的压强较大。这样，机翼上、下表面就存在着压强差，因而有压力差，这就是产生升力的原因。

扩展性实验介绍

如图9.4-5，三节直径不同的塑料管连接在一起，然后与抽气机相通。当抽气机抽气时，在同一时间内，通过三个管子的气体总量是相同的，所以细管内气体的流速一定比粗管内气体的流速大。将三个气体压强传感器分别放入管内，将传感器与计算机相连，从计算机上就可以读出三个位置气体的压强值。比较一下是不是气体流速大的地方压强小。

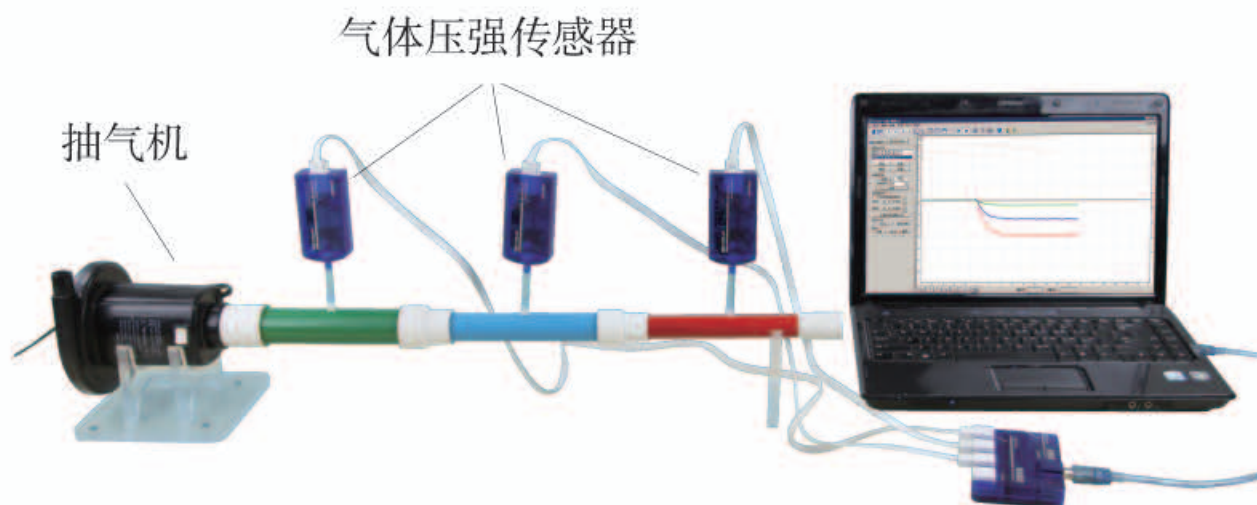


图9.4-5 用传感器研究气体流速与压强的关系



动手动脑学物理

1. 如图 9.4-6，在火车站或地铁站，离站台边缘一定距离的地方标有一条安全线，人必须站在安全线以外的区域候车。请分析，为什么当列车驶过时，如果人站在安全线以内，即使与车辆保持一定的距离，也是非常危险的。

2. 风沿着窗外的墙面吹过时，窗口悬挂的窗帘会飘向窗外；居室前后两

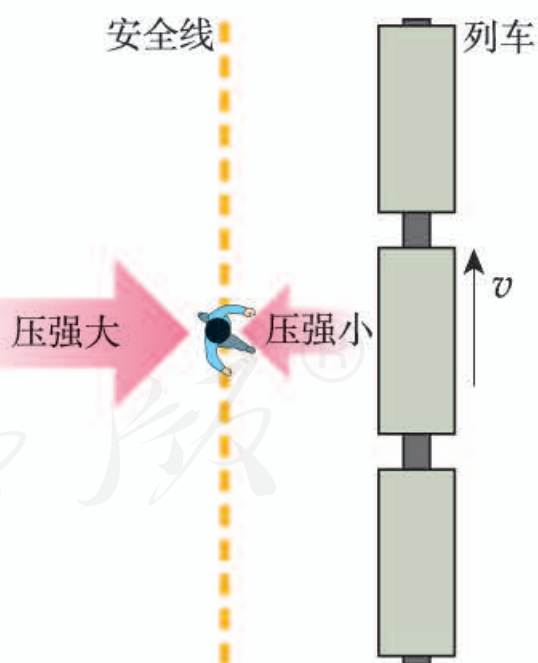


图9.4-6

面的窗户都打开时，“过堂风”会把居室侧面摆放的衣柜门吹开。请解释以上现象的原因。

3. 据说1912年秋天，当时世界上最大的轮船之一——奥林匹克号在海上全速前进，另一艘比它小得多的霍克号军舰，沿着与它的航线几乎平行的方向疾驶，两船最初相距100 m左右，随后相互靠近。一件令人吃惊的事发生了：霍克号突然偏离了自己的航道，向奥林匹克号直冲过来。最后，两船剧烈相撞，霍克号把奥林匹克号撞出了一个大洞。请你用所学的物理知识解释这一事故发生的原因。

4. 如图9.4-7，把长20 cm左右的饮料吸管A插在盛水的杯子中，另一根吸管B的管口贴靠在A管的上端。往B管中吹气，可以发现A管中的水面上升，这是什么原因？

如果用力吹气，A管中的水将从管口流出，想一想，这个现象有什么实用价值？

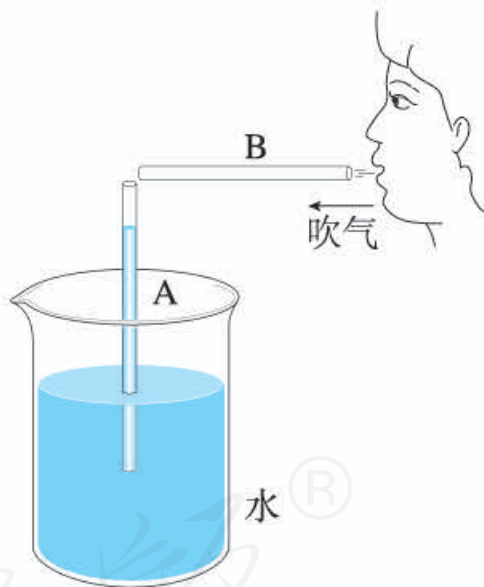


图9.4-7



1. 压强

物体所受压力的大小与受力面积之比叫做压强，它在数值上等于物体单位面积所受的压力。因此，要增大压强，可以增大压力或（和）减小受力面积；要减小压强则相反。

2. 液体的压强

在密度为 ρ 的液体内部深度为 h 的地方，液体向各个方向压强 p 的大小都为 $p = \rho gh$ 。当连通器里的同种液体不流动时，连通器各部分中的液面高度总是相同的。

3. 大气压

大气压是大气产生的压强，标准大气压等于760 mm高水银柱产生的压强，其大小为 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。大气压可用水银气压计或无液气压计来测量。大气压随高度的升高而降低。

4. 流体压强与流速的关系

气体和液体都是流体，流体中流速越大的位置，压强越小。



章后练习

1. 质量为45 kg的某同学站在水平地面上，两脚与地面的总接触面积为 300 cm^2 ，则他对地面的压强 $p_1 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Pa}$ 。若他走路时对地面的压强为 p_2 ，则有 $p_1 \underline{\hspace{2cm}} p_2$ （填

“>” “<” 或 “=”)。(g 取 10 N/kg)

2. 如图9-1所示, 水平地面上甲、乙两圆柱形容器的液面相平, A 、 B 、 C 三点液体的压强分别为 p_A 、 p_B 和 p_C ($\rho_{\text{酒精}} = 0.8 \times 10^3\text{ kg/m}^3$)。

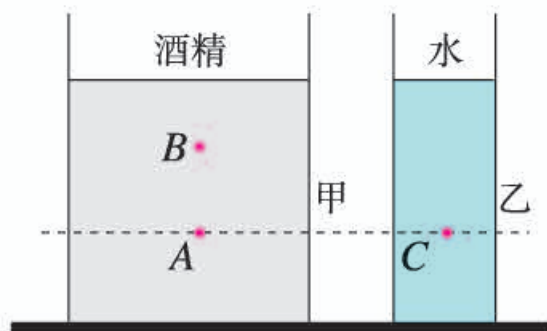


图9-1

(1) p_A 、 p_B 和 p_C 的大小关系是_____。

(2) 要使水在 C 点的压强 p_C 变小, 可以采取怎样的做法?

3. 下列实例中, 属于增大压强的是 ()

- A. 坦克装有宽大的履带
- B. 书包背带做得较宽
- C. 斧刃磨得很锋利
- D. 在铁轨下面铺枕木

4. 某同学用嘴对小空瓶吸一口气, 空瓶就能“挂”在嘴唇上, 原因是 ()

- A. 唾液把瓶粘住了
- B. 瓶内气压减小了
- C. 瓶外气压增大了
- D. 瓶子质量减小了

5. 下列实例中能够说明流体压强与流速关系的是 ()

A. 拦河坝设计成下宽上窄

B. 龙卷风把房屋顶掀走

C. 高压锅容易把食物煮熟

D. 玻璃厂用吸盘搬运玻璃

6. 打开水坝的闸门时, 液体压强使坝底的水奔流而出。那么, 决定坝底水的压强大小的是水的体积的多少, 还是坝的高度, 还是其他什么因素?

7. 撑一把雨伞行走在雨中, 一阵大风吹来, 伞面可能被“吸”得严重变形。请用你学过的物理知识解释一下。

8. 一箱用长方体纸箱包装的牛奶放在水平桌面上, 要求测出这箱牛奶对桌面的压强, 请你完成下列问题。

(1) 选择生活中的测量工具进行测量, 请写出所需测量工具的名称。

(2) 写出每种测量工具直接测出的物理量名称。

(3) 用(2)中测出的物理量, 计算出这箱牛奶对桌面的压强。(可以用文字叙述)

人教版®

第十章 浮力

水天一色。在广阔无垠的海洋上，威武、壮观的中国第一艘航空母舰“辽宁舰”破浪前行……

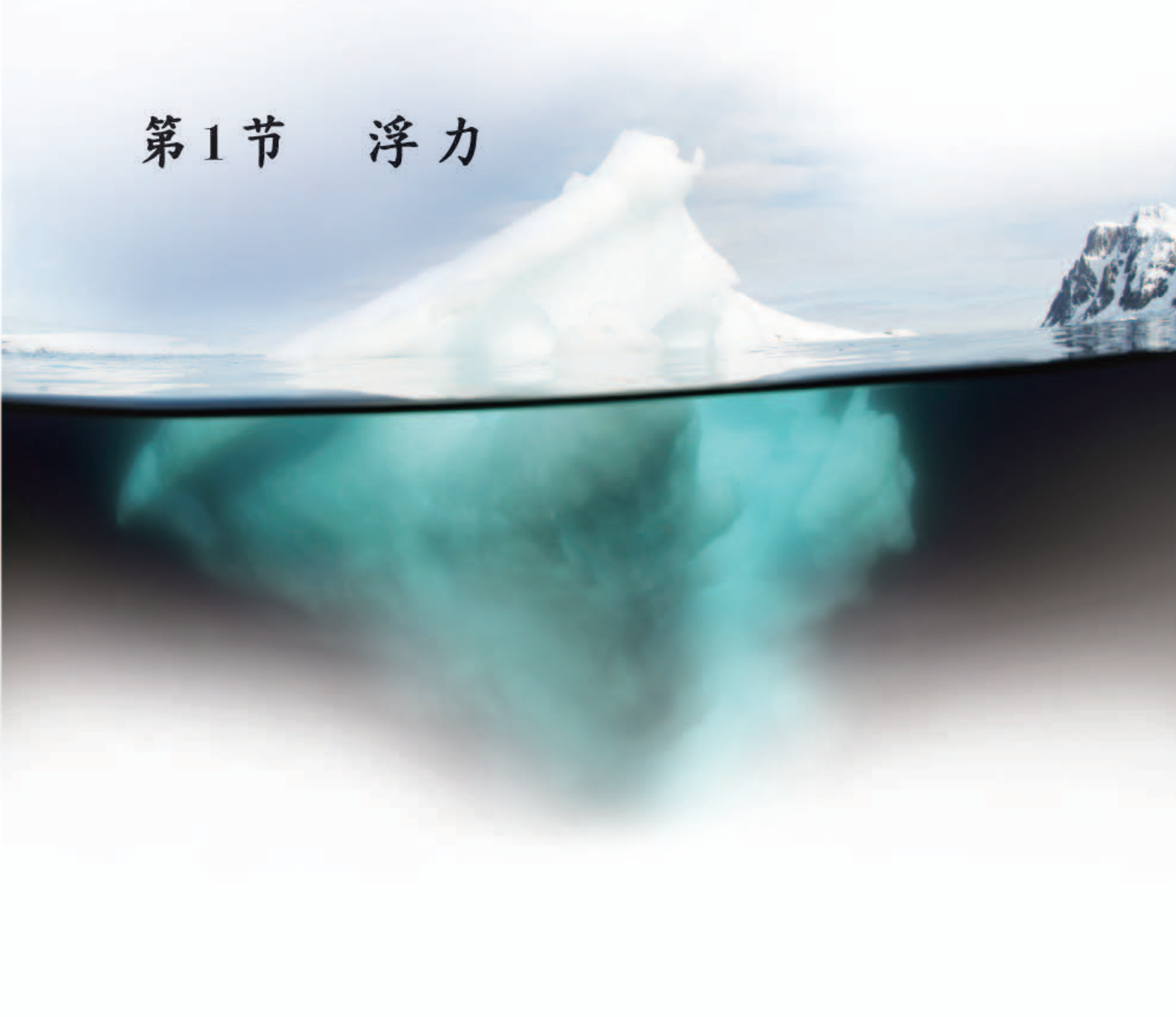
辽宁舰于2012年9月25日正式交付海军使用，它满载排水量67 500 t，舰长304 m，舰宽70.5 m，面积相当于两个足球场的大小。

一个小铁块放入水中会下沉，而这又大又重的航空母舰不仅不会下沉，还能承载非常重的物体，这究竟是因为什么？用钢铁来造船，如何计算自重、载重和形状间的关系呢？

学完了这一章，以上这些问题你就都会清楚了。



第1节 浮力



海洋中巨大的冰山能在水上漂浮，游船、鸭子能在水面游弋。是什么力量把它们托起来的？

浮力

冰山、游船、鸭子都受到重力的作用，但却没有因此而沉入水底，这表明水对它们有一个向上托起的力。浸在液体中的物体受到向上的力，这个力叫做**浮力**（buoyancy force）。

漂浮在水面的物体（如木块、乒乓球）受到浮力，这好理解；浸没^①在水中的物体（如铁块）也受到浮力吗？图10.1-1中，掉入水里的苹果会受到浮力吗？



图10.1-1



演示

测量铝块浸没水中所受的浮力

1. 如图10.1-2甲，在弹簧测力计下悬挂一个铝块，读出弹簧测力计的示数，这就是铝块所受的重力 G 。

2. 把铝块浸没在水中（图10.1-2乙），观察示数有什么变化。



甲



乙

图10.1-2 测量铝块所受的浮力

^① “浸没”指物体完全处在液面下方。

想一想，为什么示数会有变化，它说明什么问题？
读一读，弹簧测力计的示数变化了多少？

从以上实验可以发现，铝块浸入水中时，弹簧测力计的示数 $F_{\text{拉}}$ 变小了，这说明浸入水中的铝块受到了浮力的作用。弹簧测力计示数减小的值，就是浮力的大小，即 $F_{\text{浮}}=G-F_{\text{拉}}$ 。

由此可知，浸没在液体中的物体也受到浮力的作用。

为什么浸没在液体中的物体会受到浮力？

这是因为液体内部存在压强，而且深度不同，其压强不同。如图10.1-3，我们研究浸没在液体中的长方体，分析它受力的情况。长方体两个相对的侧面所受液体的压力相互平衡，对物体水平方向的受力没有影响。长方体上、下表面所处的深度，即从液面到长方体上、下表面的距离，分别记为 h_1 、 h_2 ， $h_2 > h_1$ ，因此，液体对长方体下表面的压强要大于液体对上表面的压强。考虑到长方体上、下表面的受力面积是相同的，所以，液体对长方体向上的压力 F_2 大于液体对它向下的压力 F_1 。浸没在液体中的物体，其上、下表面受到液体对它的压力不同，这就是浮力产生的原因。

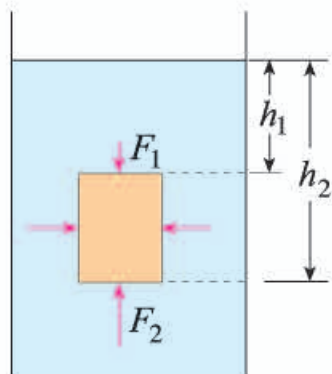


图10.1-3 水对长方体上、下表面的压力不同

决定浮力大小的因素

浮力产生的原因我们知道了，那么浮力的大小跟哪些因素有关？



实验

探究浮力的大小跟哪些因素有关

日常的生活经验能使我们对影响浮力大小的因素产生很多猜想……

例如，木头在水中是漂浮的，但是铁块在水中会下沉。那么，是不是浮力的大小跟浸在液体中的固体的密度有关？

又如，人在水中会下沉，但是在死海中却能漂浮于水面（图10.1-4）。那么，是不是浮力的大小跟液体的密度有关？



图10.1-4 人能漂浮在死海上

再如，人在水中越往深处走就越觉得所受的浮力大。那么，是不是浮力的大小跟人浸入水中的深度有关？或者跟人浸在水中的体积有关？等等。

上面所说的固体的密度、液体的密度、固体浸入液体中的体积和固体浸入液体的深度这几个量是实验中的“变量”。对于这种多因素（多变量）的问题，常常可以采用控制变量

的办法，把多因素的问题变成多个单因素的问题，分别加以研究，最后再综合解决。因此，在检验浮力与其中某一个量的关系时，必须使其他量保持不变，或者确认浮力跟这些量无关。

1. 浮力的大小是否跟物体浸没的深度有关？

研究浮力与深度的关系时，要保证浸入液体中物体的体积不变，而物体浸没后深度变化时，体积并不改变。

如图 10.1-5，把弹簧测力计下悬挂的物体浸没在一种液体中，并分别停在液体内部不同的深度，观察弹簧测力计的示数是否不同，由此确定浮力的大小是否跟浸没的深度有关。

2. 浮力的大小是否跟物体浸在液体中的体积有关？

如图 10.1-6，把一个柱状固体竖直悬挂在弹簧测力计下，

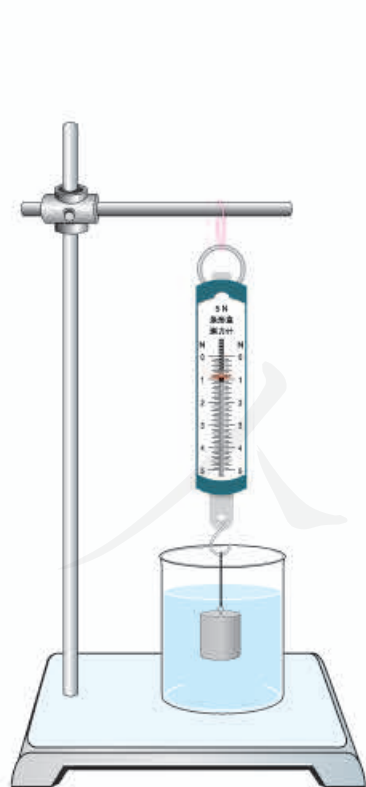


图10.1-5 浮力的大小是否跟物体浸没的深度有关？

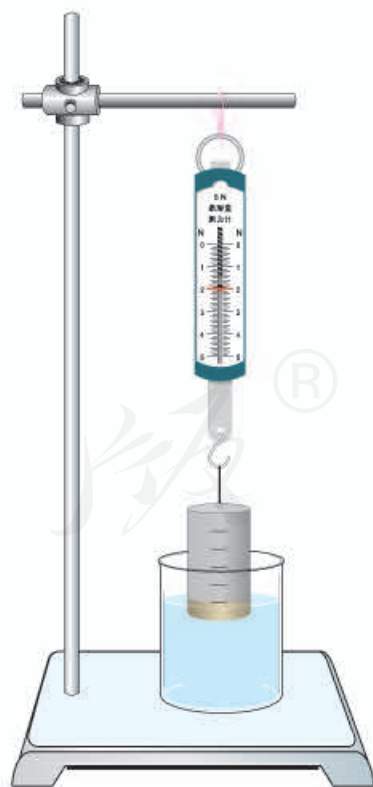


图10.1-6 浮力的大小是否跟物体浸在液体中的体积有关？

当物体浸在液体中的体积逐渐增大时，弹簧测力计的示数是否变化？若有变化，它是增大还是减小？这说明什么问题？

3. 浮力的大小是否跟液体的密度有关？

准备好不同密度的液体（如清水和盐水等），把这些液体按密度大小的顺序排列。再把悬挂在测力计下的同一物体先后浸没在这些液体中，看看浮力的大小是否跟液体的密度有关。若有关，有怎样的定性关系？

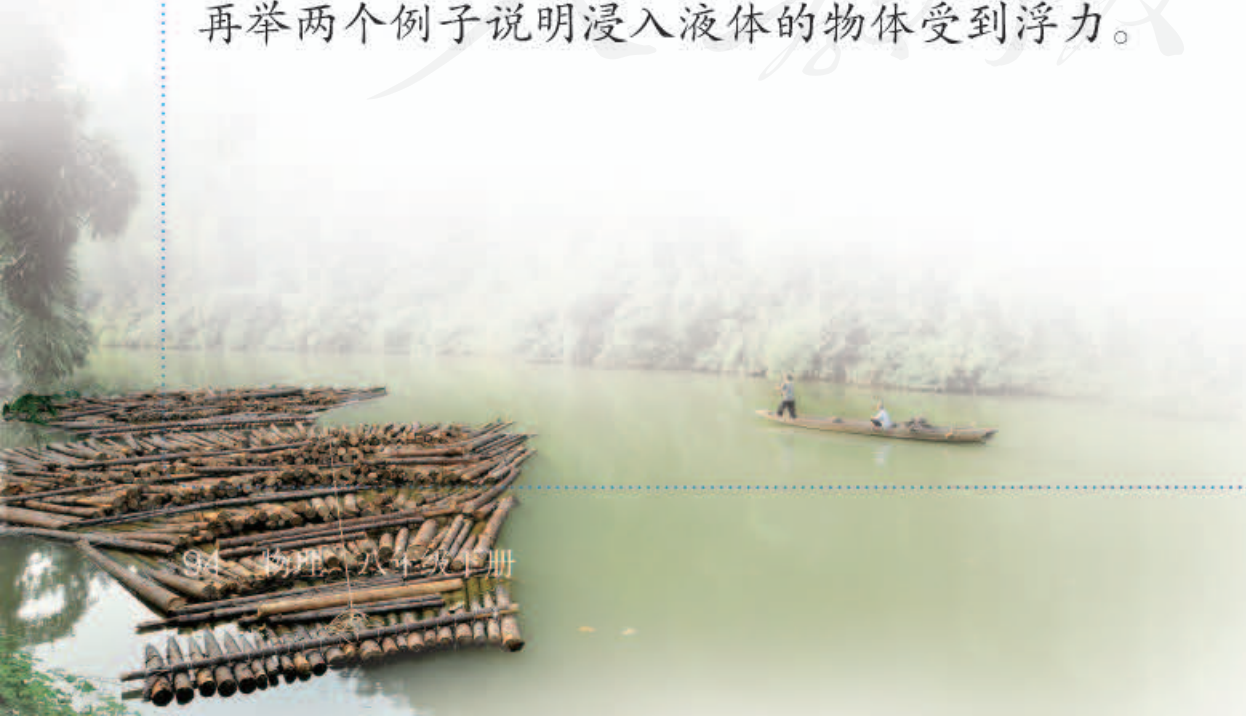
4. ……还可以检验其他猜想。

实验结果表明，物体在液体中所受浮力的大小，跟它浸在液体中的体积有关、跟液体的密度有关。物体浸在液体中的体积越大、液体的密度越大，浮力就越大。



动手动脑学物理

1. 为了能把砍伐的木材从林场方便地运出，有水道的地方常将木材联结成木排使其顺流而下。这个例子中，木排受到河水的浮力。请你从日常生活或常见的自然现象中再举两个例子说明浸入液体的物体受到浮力。



2. 用什么实验可以证明，沉入水中的物体受到浮力的作用？

3. 一个弹簧测力计的量程为 5 N ，刻度分为 5 个大格，1 个大格又分成 10 个小格。在这个弹簧测力计下悬挂一个重物，在空气中称量时，指针指在 3 个大格又 2 个小格的位置。把重物浸在水中时，指针指在 2 个大格又 2 个小格的位置。重物浸在水中时所受的浮力是多大？

4. 一个竖直悬挂在水中的圆柱体，上表面受到水的压力为 5 N ，底部受到水的压力为 13 N 。你认为这个物体受到水的浮力为多大？

5. 有人猜想：“浸没在液体中的固体所受的浮力可能跟固体的形状有关。”请你为检验这个猜想设计一个实验。说出实验所需的器材和实验步骤。

人教版®

第2节 阿基米德原理

阿基米德的灵感

据说两千多年以前，古希腊学者阿基米德为了鉴定王冠是否是用纯金制成的，要测量王冠的体积，冥思苦想了很久都没有结果。一天，当他跨进盛满水的浴缸洗澡时，看见浴缸里的水向外溢，突然想到：物体浸在液体中的体积，不就是物体排开液体的体积吗？随后，他设计了实验，解决了王冠的鉴定问题。

阿基米德的故事，给了我们很大的启示。我们知道，物体浸在液体中的体积越大、液体的密度越大，它受到的浮力就越大。现在我们用“物体排开液体的体积”取代“浸在液体中物体的体积”来陈述这个结论，就是：物体排开液体的体积越大、液体的密度越大，它所受的浮力就越大。



想想做做

通过图 10.2-1 的操作，让我们亲自动手，来体验“物体排开液体的体积越大，它所受的浮力就越大”这个结论。

把装满水的烧杯放在盘子里，再把空的饮料罐按入水中，在手感受到浮力的同时，会发现排开的水溢至盘中。

试试看，当饮料罐浸入水中更深、排开的水更多时，浮力是否更大？



图10.2-1

由于物体的体积与密度的乘积等于物体的质量，物体的体积越大、密度越大，其质量就越大。因此，在上述实验中，如果排开的液体体积越大、液体的密度越大，溢出在盘中液体的质量也就越大。由此我们推想，浮力的大小跟排开液体的质量密切相关，而液体的重力大小跟它的质量成正比，因此，可以进一步推想，浮力的大小跟排开液体所受的重力也密切相关。

浮力的大小

物体所受浮力的大小跟它排开液体所受的重力有什么定量关系？下面我们通过实验来研究。



实验

探究浮力的大小跟排开液体所受重力的关系

我们首先设计实验方案。

第一，浸在液体中的物体都会受到浮力的作用，所受浮力的大小可以用弹簧测力计测出：先测出物体所受的重力，再读出物体浸在液体中时测力计的示数，两者之差就是浮力的大小。

第二，物体排开液体所受的重力可以用溢水杯和测力计测出：溢水杯中盛满液体，再把物体浸在液体中，让溢出的液体流入一个小桶中，桶中的液体就是被物体排开的液体，用测力计测出排开液体所受的重力。

然后进行实验操作。

1. 如图 10.2-2 甲，将物体悬挂在弹簧测力计的挂钩上，用测力计测出物体所受的重力。

2. 如图 10.2-2 乙，在盛满水的溢水杯开口下端放置一个小桶，将物体浸没在溢水杯中，再读出这时测力计的示数。同时，用小桶收集物体排开的水。

想一想，通过步骤 1 和 2 的数据能计算出哪个物理量？

3. 如图 10.2-2 丙，将装有水的小桶悬挂在弹簧测力计的挂钩上，用测力计测出小桶和物体排开的水所受的总重力。

4. 如图 10.2-2 丁，将小桶内的水倒空，然后再次将小桶悬挂在弹簧测力计的挂钩上，用测力计测出小桶所受的重力。

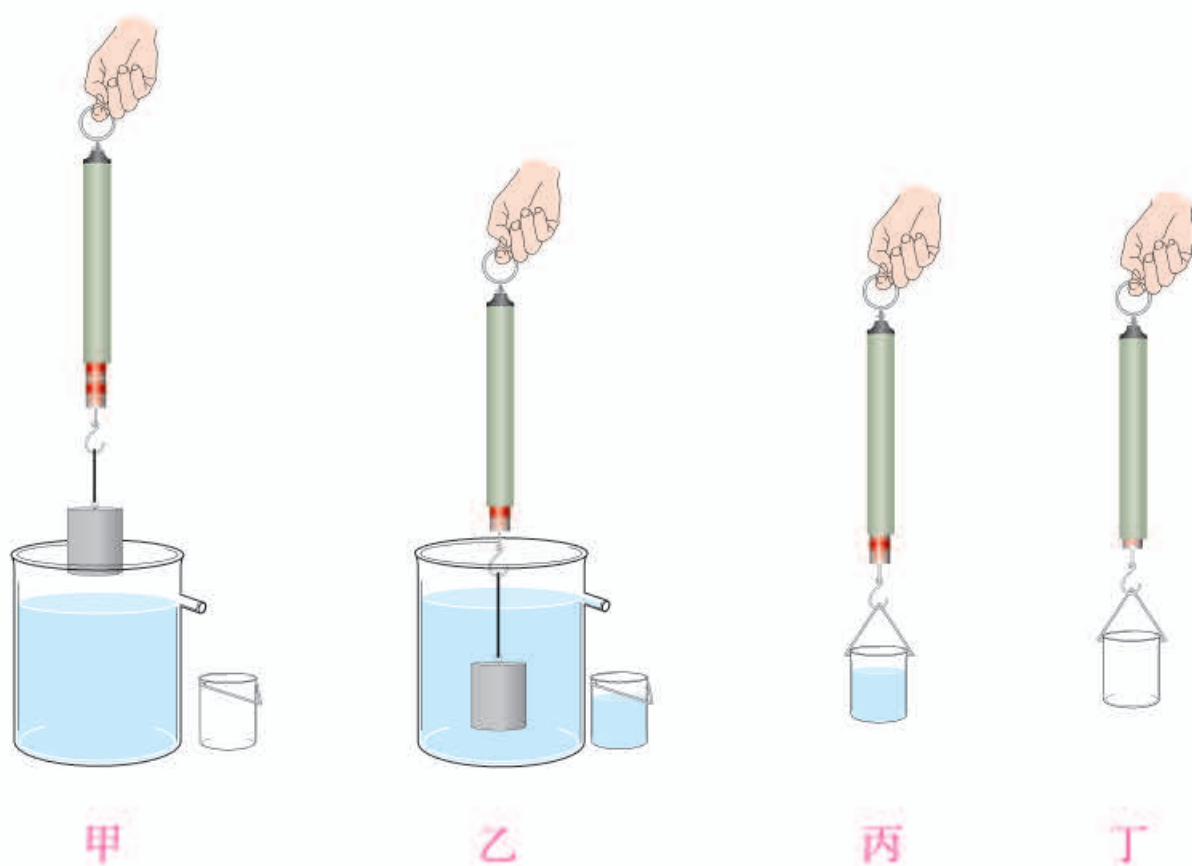


图10.2-2 探究浮力的大小跟排开液体所受重力的关系

想一想,通过步骤3和4的数据又能计算出哪个物理量?
把测量的实验数据记录在下面的表格中。

次数	1	2	3	...
物体所受的重力/ N				
物体在水中时测力计的读数/ N				
浮力/ N				
小桶和排开的水所受的总重力/ N				
小桶所受的重力/ N				
排开的水所受的重力/ N				

根据实验数据,想一想,该物体所受的浮力跟它排开的

水所受的重力有什么关系。

更换大小不同的物体做实验，想一想，是否都存在这种关系。

大量的实验结果表明，浸在液体中的物体受到向上的浮力，浮力的大小等于它排开的液体所受的重力。这就是著名的阿基米德原理。用公式表示就是

$$F_{\text{浮}} = G_{\text{排}}$$

阿基米德原理不仅适用于液体，也适用于气体。

例题 有一个重7 N的铁球，当它浸没在水中时受到多大的浮力？ g 取10 N/kg。

解 根据阿基米德原理，铁球受到的浮力等于它排开的水所受的重力，即 $F_{\text{浮}} = G_{\text{排}}$ 。由于铁球浸没在水中，它排开的水的体积等于铁球的体积，而铁球的体积可以由体积、质量、密度的关系式 $V = \frac{m}{\rho}$ 求出。

由铁球所受的重力 $G_{\text{铁}} = 7 \text{ N}$ 可以求得铁球的质量

$$\begin{aligned} m_{\text{铁}} &= \frac{G_{\text{铁}}}{g} \\ &= \frac{7 \text{ N}}{10 \text{ N/kg}} \\ &= 0.7 \text{ kg} \end{aligned}$$

铁球的体积

$$\begin{aligned} V_{\text{铁}} &= \frac{m_{\text{铁}}}{\rho_{\text{铁}}} \\ &= \frac{0.7 \text{ kg}}{7.9 \times 10^3 \text{ kg/m}^3} \end{aligned}$$

$$= 8.9 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

铁球排开水的体积等于铁球的体积

$$\begin{aligned} V_{\text{排}} &= V_{\text{铁}} \\ &= 8.9 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \end{aligned}$$

铁球排开的水所受的重力

$$\begin{aligned} G_{\text{排}} &= m_{\text{水}} g = \rho_{\text{水}} V_{\text{排}} g \\ &= 1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \times 8.9 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \times 10 \text{ N/kg} \\ &= 0.89 \text{ N} \end{aligned}$$

根据阿基米德原理，铁球受到的浮力与它排开的水所受的重力相等，即

$$F_{\text{浮}} = G_{\text{排}} = 0.89 \text{ N}$$

同学们可以仿照以上方法自己计算重7 N的铝球受到的浮力。在计算之前请大家想一想，同样重的铝球，它的体积比铁球大些还是小些？铁球、铝球都浸没在水中时谁受到的浮力更大些？



动手动脑学物理

1. 北京“水立方”中游泳池的水深设计比一般标准游泳池深了0.5 m。有人说，水的深度越深，其产生的浮力就越大，因此，各国运动员在“水立方”的比赛成绩普遍提高就不足为奇了。

你认为他的说法正确吗？为什么？

2. 请比较以下浮力的大小。

(1) 同样重的两个铜块甲和乙，甲浸没在水中，乙浸没在煤油中，哪个受到的浮力大？

(2) 同样重的铝块和铜块，都浸没在煤油中，哪个受到的浮力大？

(3) 同样重的铝块和铜块，铜块浸没在煤油中，铝块浸没在水中，哪个受到的浮力大？

3. 一个在节日放飞的气球，体积是 620 m^3 。这个气球在地面附近受到的浮力有多大？设地面附近气温是 0°C ，气压是 $1 \times 10^5 \text{ Pa}$ ，空气的密度是 1.29 kg/m^3 。

4. 在弹簧测力计下悬挂一个金属零件，示数是 7.5 N 。当把零件浸没在密度为 $0.8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 的油中时，测力计的示数是 6.6 N ，金属零件的体积有多大？

5. 某同学用阿基米德原理测量一种未知液体的密度：他把一个铁块用细绳悬挂在弹簧测力计的挂钩上，铁块在空气中时弹簧测力计的示数是 4.74 N ，把铁块浸没在该液体中时弹簧测力计的示数是 4.11 N ，该液体的密度是多少？铁的密度为 $7.9 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 。

第3节 物体的浮沉条件及应用

浸没在液体中的物体都会受到浮力的作用，但是有的物体要上浮，有的却要下沉。这是为什么？

物体的浮沉条件

浸没在液体中的物体，受到两个力：竖直向下的重力和竖直向上的浮力。根据物体所受浮力与重力大小的不同，物体的浮沉存在上浮、悬浮、下沉三种情况（图 10.3-1），物体的受力示意图如图 10.3-2 所示。

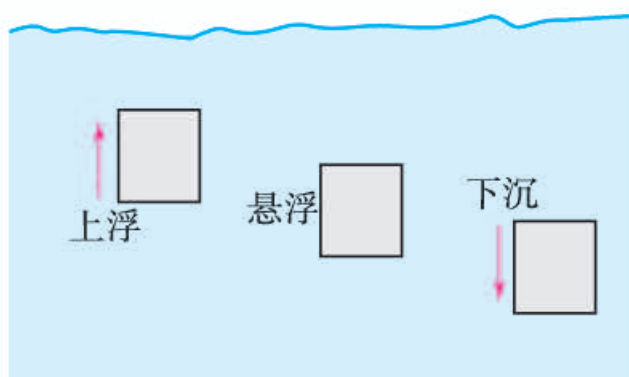


图10.3-1 物体的浮沉

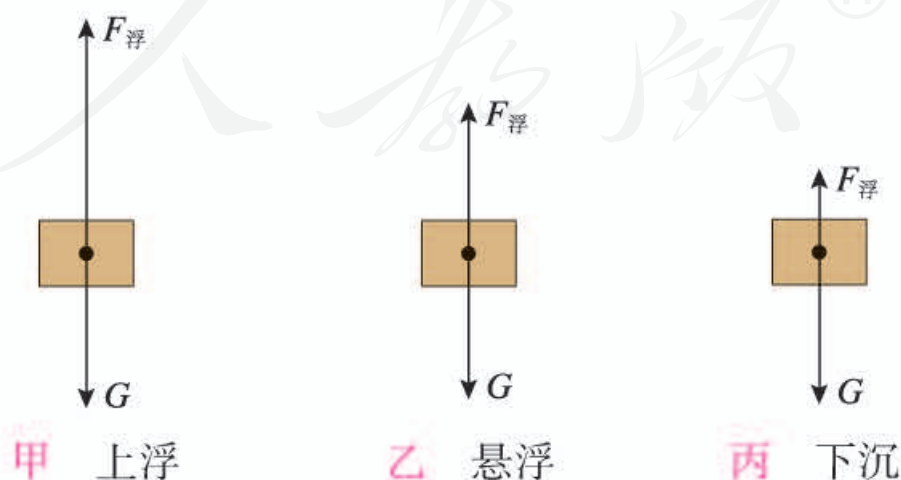


图10.3-2 物体的浮沉受力示意图

通过分析可知，物体的浮沉条件如下：

浮力大于重力时，物体上浮。

浮力等于重力时，物体受力平衡，可以悬浮在液体内。

浮力小于重力时，物体下沉。

由于浸没在液体中的物体，其排开液体的体积跟物体自身的体积相等，因此物体的浮沉情况也可以用物体的密度跟液体密度的大小来描述。

浸没在液体中的物体，如果它的密度小于液体的密度，物体上浮；如果它的密度等于液体的密度，物体可以悬浮在液体中；如果它的密度大于液体的密度，物体下沉。人们正是根据这个原理，在用盐水选种时，把漂浮的种子清除掉，保留下沉的饱满种子。



想想做做

盐水浮鸡蛋

如图 10.3-3，将新鲜的鸡蛋分别浸入盛有水和浓盐水的容器中，用手分别轻轻向下按压两个鸡蛋，松开手，观察它们在容器中的位置。



水



浓盐水

图10.3-3

浮力的应用

人类从远古时代就开始利用浮力了，最初可能是抱住或骑在一段树干上顺水漂流，这是人类最早的航行方式。后来人们发明了船（图 10.3-4），它能承载更多的人和物。据记载，1405 年郑和下西洋时乘坐的木船长约 147 m，是当时世界上最大的木船，要动用两三百人才能起航。在郑和下西洋 600 周年之际，我国发行了邮票以示纪念（图 10.3-5）。票面上的郑和宝船扬帆远航，正驰骋在波澜壮阔的洋面上。



图10.3-4 小船



图10.3-5 郑和下西洋600周年纪念邮票

轮船 轮船是用钢铁制造的，钢铁的密度远大于水，怎样用沉重而坚硬的钢铁制成可以承载那么多货物的船呢？



想想做做

橡皮泥的密度比水大，它在水中会下沉。根据阿基米德原理，怎样把橡皮泥做成一条小船，使它能漂浮在水面，并能承载重物（图 10.3-6）？



图10.3-6 能承载重物的橡皮泥船

把橡皮泥捏成瓢状放在水面，虽然它所受的重力没有改变，但是排开的水较多，因而受到较大的浮力，所以能漂浮在水面上。轮船就是根据这个道理制造的。

轮船的大小通常用排水量来表示。排水量就是轮船装满货物时排开水的质量。例如一艘轮船的排水量是 $1 \times 10^4 \text{ t}$ ，表示此船满载时，货物质量和船身质量之和为 $1 \times 10^4 \text{ t}$ 。

潜水艇 潜水艇能潜入水下航行，进行侦察和袭击，是一种很重要的军用舰艇。潜水艇的艇身装有水舱（图 10.3-7），向水舱充水时，潜水艇变重，逐渐潜入水中。当水舱充水后潜水艇重等于同体积的水重时，它可以悬浮在水中。当用压缩空气将水舱里的水排出一部分时，潜水艇变轻，从而上浮。实际航行时，上浮和下潜过程中潜水艇总要开动推进器加快上浮和下潜的速度。

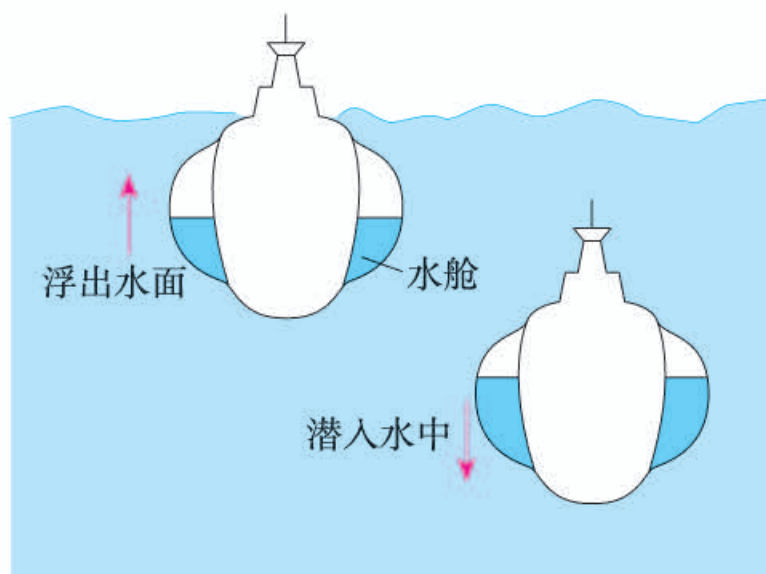


图10.3-7 潜水艇截面示意图

气球和飞艇 如果气球里充的是密度小于空气的气体，那么气球可以飘在空中。例如，节日放飞的气球、携带气象仪器的高空探测气球，充的是氢气或氦气；体育、娱乐活动用的热气球，充的是被燃烧器加热而体积膨胀的热空气（图 10.3-8）。



图10.3-8 热气球



想想做做

做一个塑料袋热气球

取一个稍大的薄塑料袋，袋口用很细的铜丝框成一个圆口，开口朝下，用电吹风向袋内吹热空气。放手后，塑料袋热气球便冉冉上升。

为了能定向航行而不随风飘荡，人们还制成了飞艇（图10.3-9）。飞艇有一个巨大的、外形类似橄榄球状的大气囊，在气囊下面装了带螺旋桨的发动机和载人、装货的吊篮。20世纪20至30年代，飞艇曾盛极一时，用来进行军事侦察、轰炸敌方目标或作为空中交通工具。后来连续发生了几次气囊中氢气爆炸的事故，飞行速度又不及飞机，便逐渐被飞机取代。近年来由于能源危机，且可以用不会爆炸的氦气代替氢气，人们对造价低廉、消耗燃料少、装载量大的飞艇又重新重视起来。



图10.3-9 飞艇



动手动脑学物理

1. 排水量为1 000 t的轮船在河水中航行，满载时船及所装货物总共有多重？所受河水的浮力是多少牛？如果河水密度为 $1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ，船排开河水的体积是多少立方米？ g 取 10 N/kg 。

2. 测量液体密度的仪器叫做密度计。将其插入被测液体中，待静止后直接读取液面处的刻度值（图10.3-10甲）。在木棒的一端缠绕一些铜丝，便制成了简易密度计（图10.3-10乙和图10.3-10丙）。将其放入盛有不同液体的两个烧杯中，它会竖直立立在液体中，并且不同液体中所处

的位置深浅不同。由这个现象可以判断哪杯液体的密度大。说出你的理由。

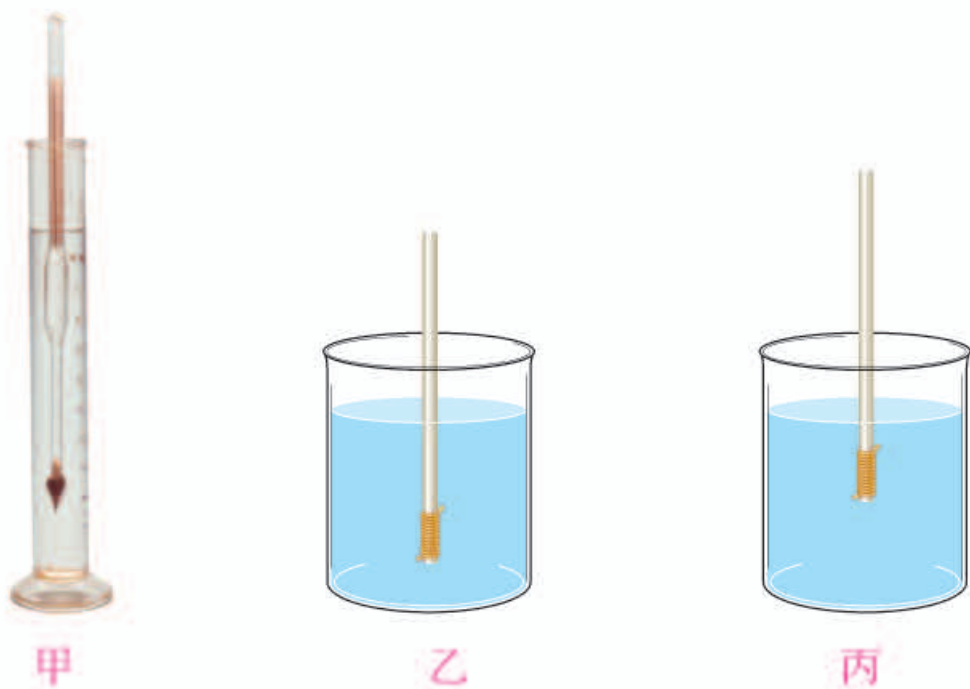


图10.3-10

3. 某一木块的体积为 200 cm^3 ，密度为 $0.8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 。把它浸没在水中后放手，为什么木块不能悬浮在水中？木块最终漂浮在水面上静止时，浸在水中的体积有多大？

4. 体积为 120 cm^3 的一块固体，重 1.8 N ，放在密度为 $1.1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 的盐水中为什么会下沉？当固体浸没在盐水中静止时，容器底部对它的支持力有多大？

5. 一个飞艇充入气体后的质量是 1.5 t ，体积为 1500 m^3 。当装入多少货物时，飞艇能够悬浮在空中？空气的密度为 1.29 kg/m^3 。



1. 浮力的大小

浸在液体中的物体受到向上的浮力，浮力的大小等于它排开的液体所受的重力。这一原理也适用于气体。

2. 物体的浮沉条件及应用

浸没在液体中的物体受到重力和液体对它的浮力，如果浮力大于重力，物体上浮；如果浮力等于重力，物体悬浮在液体中；如果浮力小于重力，物体下沉。

漂浮在液面上的物体所受的浮力与所受的重力大小相等。

气球和飞艇在空气中也遵循相同的浮沉条件。



章后练习

1. 浸在液体中的物体，受到向上的浮力，浮力的大小决定于（ ）

- A. 物体的体积和液体的密度
- B. 物体的密度和物体浸入液体的深度
- C. 物体排开液体的体积和液体的密度
- D. 物体的质量、体积、形状以及浸入液体的深度等因素

2. 将小铁块和小木块放入同一盆水中。木块浮在水面上，铁块沉入水底。就此现象，下列分析中正确的是（ ）

- A. 木块受到浮力，铁块不受浮力

B. 铁块沉入水底，所受浮力一定小于所受的重力

C. 木块受到的浮力一定大于铁块所受的浮力

D. 木块浮在水面上，所受浮力大于所受的重力

3. 一个弹簧测力计的量程为 5 N ，刻度分为 5 个大格， 1 个大格又分成 10 个小格。这个弹簧测力计挂着一个重为 3 N 的物体，物体浸没并静止在水中，测力计的指针指在 1 个大格又 2 个小格的位置。

(1) 弹簧测力计的示数是_____ N 。物体所受浮力是_____ N 。

(2) 如果测力计不拉着物体，物体在水中会_____ (填“下沉”“上浮”或“悬浮”)。判断的依据是_____。

4. 一位物理实验小组的同学利用一只塑料可乐瓶与一只乒乓球做“研究浮力产生的原因”的实验。他们将剪去底部的可乐瓶倒置，把乒乓球放在瓶内，从上面倒入水，观察到有少量水从乒乓球与瓶颈缝隙中流出，但乒乓球并不上浮，这是为什么？

若用手堵住瓶口，可以观察到乒乓球浮起，这是为什么？

5. 将一个铜块放入盛满水的烧杯中，铜块所受的浮力为 1.5 N ，若烧杯中原有重 5 N 的水，则现在杯中剩余的水重为_____ N 。

6. 小明漂浮在水面上，他的质量为 50 kg ，则他所受的浮力是_____ N 。

7. 同学们在探究如何比较两种液体密度大小的实验中, 提出以下两种方案:

(1) 把家中常用的木筷下端缠绕适量的细铜丝, 漂浮在两种液体的液面上, 通过比较木筷浸在两种液体中的深度, 就可以比较两种液体的密度。

(2) 将一个长方体木块漂浮在两种液体的液面上, 通过比较木块浸在两种液体中的深度, 也可以比较两种液体的密度。

请你对同学们提出的两种方案进行对比评价。

8. 为增加国防知识, 某班同学到东海舰队参观某型号潜水艇。潜水艇的艇壳是用高强度的特种钢板制造的, 最大下潜深度可达 350 m, 潜水艇的总体积为 $1.5 \times 10^3 \text{ m}^3$ 。艇内两侧有水舱, 通过向水舱中充水或从水舱向外排水来改变潜水艇的自重, 从而使其下沉或上浮。(海水密度为 $1.03 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$)

(1) 水舱未充海水时, 潜水艇总重为 $9.27 \times 10^6 \text{ N}$, 此时漂浮在海面的潜水艇排开海水的体积是多少?

(2) 为使潜水艇完全潜入海水中, 至少要向水舱中充入多少吨海水?

(3) 潜水艇的艇壳要用高强度的特种钢板制造的原因是什么?

9. 三国时代曹冲称象的故事中, 曹冲把象牵到船上, 看船在水中沉下多深, 在船的侧面做个记号, 然后牵象上岸, 再把石头装上船, 使船沉到相同的位置, 则这些石头所

受的重力与象所受的重力相等。这是为什么？请用物理知识分析回答。

10. 要证明沉入水中的物体会受到浮力的作用，我们可以选取相同的两个物体挂于直杆两端，当用绳将杆从中点吊起时，杆是水平的（图10-1）。

如果将一端的物体沉入水中，然后再用绳将杆从中点吊起（此时物体仍在水中），杆还会是水平的吗？说一说，该实验是怎样证明浮力的存在的。

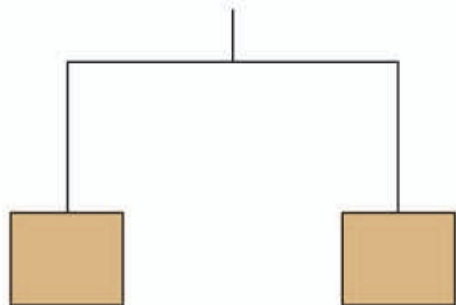


图10-1

人教版®

第十一章 功和机械能

满载游客的过山车，在机械的带动下向着轨道的最高端攀行……忽然，它像一匹脱缰的野马，从轨道的最高端飞驰而下！它又如一条蛟龙，时而上下翻腾，时而左摇右摆，时而驶上高高耸立着的大回环的顶端……

你知道过山车的速度为什么有那么多的变化吗？你知道过山车为什么能够到达大回环的最高处吗？



第1节 功



用叉车搬运货物时，叉车把货物从地面提升到一定高度。叉车用力托起货物，使货物在这个力的方向上发生了位置的移动。这是叉车工作的成效。

力学中的功

在叉车举高货物的过程中，货物受到一个向上的力 F 的作用，并且在这个力的作用下，向上移动了一段距离 s （图11.1-1），力 F 作用

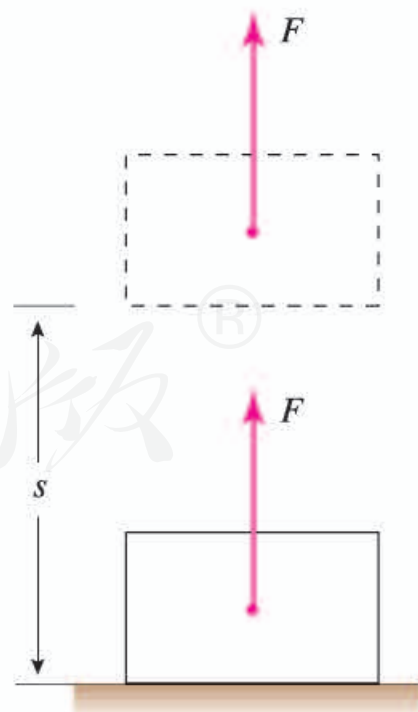


图11.1-1 货物在力 F 的方向移动距离 s

的成效体现在货物被举高了。对于这种情况，物理学中就说叉车托起货物的力做了功（work）。

通常而言，如果一个力作用在物体上，物体在这个力的方向上移动了一段距离，就说这个力对物体做了功。



想想议议

1. 力对物体做功

小车在推力的作用下向前运动了一段距离；物体在绳子拉力的作用下升高（图11.1-2）。想一想，这些力对物体做功的实例有什么共同点？



图11.1-2

2. 力对物体没有做功

小男孩手提着滑板在水平路面上前行；小女孩用力搬重的石头而未搬起（图11.1-3）。想一想，力为什么没有做功？



图11.1-3

在力对物体做功的实例中，小车在推力的作用下前进，在推力的方向上移动了距离，推力做了功；物体在绳子拉力的作用下被提升，在拉力的方向上移动了距离，拉力做了功。力学里所说的做功，包含两个必要因素：一个是作用在物体上的力；另一个是物体在这个力的方向上移动的距离。

在力对物体没有做功的实例中，人提着滑板在路上行走，手对滑板的力是向上的，而滑板只在水平方向上移动，并没有在提滑板的力的方向上移动，人提滑板的力没有做功。用力搬一块大石头而没有搬动，石头在力的方向上没有移动，人对石头的作用力也没有做功。

有时为了叙述方便，某个力做功往往也说成施力的物体做了功。如人推小车，推力做了功，也常说人做了功。

功的计算

作用在物体上的力越大、物体在力的方向上移动的距离越大，力所做的功也就越多。物理学中，**功等于力与物体在力的方向上移动的距离的乘积**。

如果用 F 表示力， s 表示沿力的方向移动的距离， W 表示功，则功的表达式为

$$W = Fs$$

在国际单位制中，力的单位是牛，距离的单位是米，则功的单位是牛米，它有一个专门的名称叫做**焦耳**（joule），简称**焦**，符号是J。

例题 质量为50 kg的雪橇上装载了350 kg的原木，一匹马拉着雪橇沿着平直的路面匀速前行，将原木运到了3 000 m外的货场。如果雪橇行进中受到的摩擦力是800 N，求马的水平拉力做的功。

解 雪橇在平直路面上做匀速直线运动，马的水平拉力 F 与摩擦力 $F_{\text{摩}}$ 大小相等，即

$$F = F_{\text{摩}} = 800 \text{ N}$$

雪橇沿水平拉力的方向移动的距离

$$s = 3\,000 \text{ m}$$

所以，马的水平拉力做的功

$$\begin{aligned} W &= Fs \\ &= 800 \text{ N} \times 3\,000 \text{ m} \end{aligned}$$

$$= 2.4 \times 10^6 \text{ J}$$

马的水平拉力做的功是 $2.4 \times 10^6 \text{ J}$ 。



动手动脑学物理

1. 在水平地面上，用 50 N 的力沿水平方向拉着重为 100 N 的小车前进 5 m ，拉力做的功等于____J，重力做的功等于____J。

2. 马拉着质量是 $2\,000 \text{ kg}$ 的车在水平路上前进 400 m ，马的水平拉力做了 $3 \times 10^5 \text{ J}$ 的功，马的水平拉力是多大？

3. 2008 年 8 月 11 日在北京奥运会上，中国选手张湘祥在男子举重 62 kg 级的决赛中摘得金牌（图 11.1-4），挺举成绩是 176 kg 。估算一下，他在挺举过程中对杠铃大约做了多少功？

4. 小华的家住在 5 楼。一天，他把装有 30 个鸡蛋的塑料袋从 1 楼提到家里，提鸡蛋的力大约做了多少功？



图11.1-4 举重

第2节 功率

建筑工地上要把几百块砖送到楼顶，无论是人工搬运还是用起重机搬运，我们对砖块做的功是相同的。然而，人工搬运需要几个小时，如果用起重机搬运，几分钟就可以完成。看来做功有快慢之分。怎样表示做功的快慢？



想想议议

不同的物体做相同的功，所用的时间可能不同，时间短的做功快。

不同的物体做功的时间相同，它们做功的多少可能不同，在相同时间内，做功多的物体，做功比较快。

如图 11.2-1，一个大人和一个小孩一起爬相同的楼梯，做功相同吗？做功的快慢相同吗？



图11.2-1

爬相同的楼梯，大人比小孩的质量大，他们移动的距离相同，两者做的功却不同，大人比小孩做的功多。如果两人在相同时间内爬完，做功的快慢不相同，大人比小孩做功快。

就像用速度表示运动的快慢一样，在物理学中，用功率表示做功的快慢。**功与做功所用时间之比叫做功率 (power)**，它在数值上等于单位时间内所做的功。

如果用 W 表示某个力做的功， t 表示做这些功所用的时间， P 表示这个力做功的功率，则功率的表达式为

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

功率的单位由功的单位和时间的单位组合而成。在国际单位制中，功的单位是焦耳，时间的单位是秒，则功率的单位是焦耳每秒，它有个专门的名称叫做**瓦特 (watt)**，简称**瓦**，符号是 W 。工程技术上还常用**千瓦 (kW)** 作为功率的单位。

$$1 \text{ kW} = 10^3 \text{ W}$$

生活中许多运动物体做功的功率可达若干千瓦。例如，优秀运动员短时间运动的功率约一千瓦；小轿车的功率为数十千瓦至数百千瓦；电力机车和内燃机车的功率为数千千瓦；万吨级远洋货轮的功率可达一万千瓦以上。

例题 大石头质量为 6 t ，起重机在 15 s 内将大石头沿竖直方向匀速提升 1 m (图 11.2-2)，起重机提升大石头的功率是多少？ g 取 10 N/kg 。



图11.2-2 起重机提升大石头

解 因为匀速提升，起重机提升大石头的拉力与大石头所受的重力相等，即

$$\begin{aligned} F &= G = mg \\ &= 6 \times 10^3 \text{ kg} \times 10 \text{ N/kg} \\ &= 6 \times 10^4 \text{ N} \end{aligned}$$

大石头在拉力的方向上移动的距离

$$s = 1 \text{ m}$$

所以拉力做的功

$$\begin{aligned} W &= Fs \\ &= 6 \times 10^4 \text{ N} \times 1 \text{ m} \\ &= 6 \times 10^4 \text{ J} \end{aligned}$$

功率

$$\begin{aligned}P &= \frac{W}{t} \\&= \frac{6 \times 10^4 \text{ J}}{15 \text{ s}} \\&= 4 \times 10^3 \text{ W}\end{aligned}$$

起重机提升大石头的功率是 $4 \times 10^3 \text{ W}$ 。



动手动脑学物理

1. 甲乙二人同时开始登山，甲先到达山顶。你能判定哪个人的功率大吗？为什么？
2. 某建筑工地上有一台升降机的厢体连同货物的质量为 1.2 t ，在 10 s 内从楼的2层上升到5层。如果每层楼高 3 m ，升降机电机的功率至少是多大？
3. 功率是 25 kW 的拖拉机，它 4 h 做的功如果由功率是 0.4 kW 的耕牛去完成，需要多长时间？
4. 一辆重型卡车匀速行驶时发动机的功率为 202 kW ，速度为 80 km/h 。汽车行驶 2 h ，发动机做的功是多少？卡车的牵引力是多大？

第3节 动能和势能

湍急的流水能推动水车（图11.3-1），拉开的弹弓能将弹丸射出，流水、弹弓都做了功。物体能够对外做功，我们就说这个物体具有能量（energy），简称能。能量的单位与功的单位相同，也是焦耳。



图11.3-1 运动的水具有动能

一个物体能够做的功越多，表示这个物体的能量越大。

动能

运动的钢球打在木块上，木块被撞走，钢球对木块做了功。钢球能够做功，表明钢球具有能量。物体由于运动而具

有的能，叫做动能（kinetic energy）。一切运动的物体都具有动能。动能的大小跟哪些因素有关呢？



实验

探究物体的动能跟哪些因素有关

如图 11.3-2，钢球 A 从高为 h 的斜槽上滚下，在水平面上运动。运动的钢球碰上木块 B 后，能将木块撞出一段距离 s 。在同样的水平面上，木块被撞得越远，钢球对木块做的功就越多，钢球的动能越大。

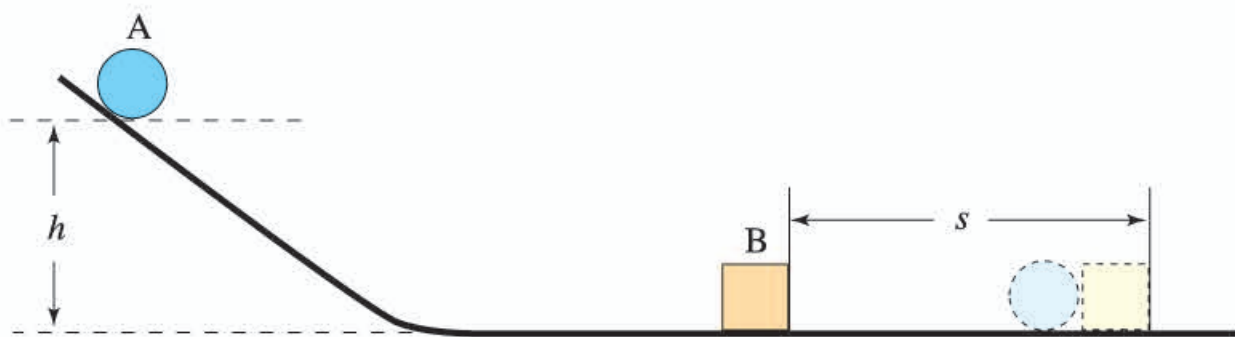


图11.3-2

1. 让同一钢球分别从不同的高度由静止开始滚下，钢球运动到水平面时的快慢一样吗？哪次木块被撞得远？

实验表明，钢球从高处滚下，高度 h 越高，钢球运动到水平面时速度越_____，木块被撞得越远。所以，质量相同时，钢球的速度越大，动能越_____。

2. 改变钢球的质量，让不同的钢球从同一高度由静止开始滚下。哪个钢球把木块撞得远？

实验表明，速度相同时，质量越_____的钢球将木块撞得越远。所以，钢球的速度相同时，质量越大，动能越_____。

质量相同的物体，运动的速度越大，它的动能越大；运动速度相同的物体，质量越大，它的动能也越大。



想想议议

某段道路的标志牌显示：小型客车最高行驶速度不得超过 100 km/h；大型客车、载货汽车最高行驶速度不得超过 80 km/h（图 11.3-3）。

请你用物理知识解释，为什么要对机动车的最高行驶速度进行限制？为什么在同样的道路上，对不同车型设定不一样的最高行驶速度？

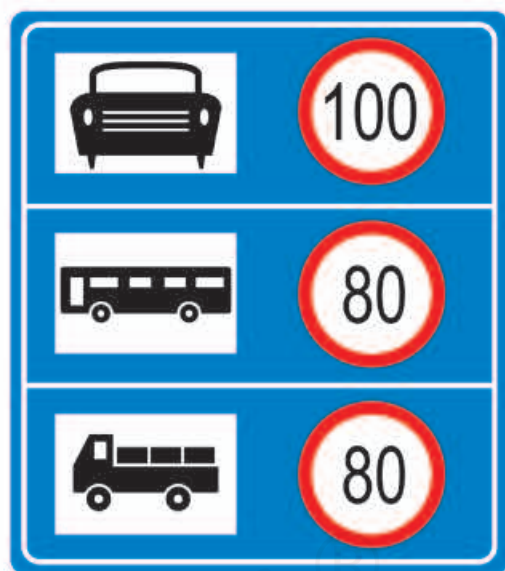


图11.3-3 交通标志牌

车型不同，车的质量有大有小。如果车的行驶速度相同，质量大的，动能大，行驶时危险性就大。因此，在同样的道路上，交通管理部门会对不同车型设定不同的最高行驶速度。



一些物体的动能

物体	动能/J
抛出去的篮球	约30
行走的牛	约60
从10 m的高处落下的砖块	约 2.5×10^2
跑百米的运动员	约 3×10^3
飞行的步枪子弹	约 5×10^3
行驶的小汽车	约 2×10^5

势能

打桩机在工作时（图 11.3-4），先把重锤高高举起，重锤落下，可以把桩打入地里，重锤对桩做了功。这说明高处的重锤具有能量。在地球表面附近，物体由于受到重力并处在一定高度时所具有的能，叫做重力势能。物体的质量越大，位置越高，它具有的重力势能就越大。例如，水力发电站要想发出更多的电来，就要想办法储存更多的水，将水位提得更高，也就是尽量使水的重力势能更大。发生形变的物体在恢复形变时可以做功，因此也具有能量。例如，发生形变的网球拍能将网球弹出，具有能量（图 11.3-5）；拉弯的弓能将箭射出，具有能量（图 11.3-6）；被压弯的跳板能将运动员弹起，具有能量……物体由于发生弹性形变而具有的能叫做弹



图11.3-4 举高的重锤具有重力势能



图11.3-5 发生形变的网球拍具有弹性势能

性势能。射箭时弓的形变越大，箭射得越远。物体的弹性形变越大，它具有的弹性势能就越大。

重力势能和弹性势能是常见的两种势能 (potential energy)。



图11.3-6 拉弯的弓具有弹性势能



动手动脑学物理

1. 请你从能量的角度解释，为什么骑自行车时速度不能太快？

2. 请你判断下列物体具有哪种形式的能量:

(1) 在水平公路上行驶的汽车;

(2) 悬挂在天花板上的吊灯;

(3) 在空中飞行的飞机;

(4) 被拉开的弹弓。

3. 据1990年6月10日《新民晚报》报道, 195次列车上飞出一只馒头, 一铁路职工“中弹”晕倒。用物理知识解释: 为什么此时的馒头能把人砸伤?

4. 物体的质量和它的速度都能影响物体的动能。请你根据本节小资料“一些物体的动能”提供的数据回答, 质量与速度哪个因素对物体的动能影响更大?

5. 拦河大坝使上游的水位升高(图 11.3-7), 提高水的重力势能。水从大坝的上游流下时冲击水轮机发电, 水的势能最终转化为电能。

瑞士的大笛克桑斯大坝高 285 m, 我国葛洲坝水电站的拦河坝高 70 m。有人说前者水的重力势能比后者的大, 能够这样简单地得出结论吗? 为什么?



图11.3-7 拦河大坝

第4节 机械能及其转化

动能、重力势能和弹性势能统称为机械能（mechanical energy）。一个物体可以既有动能，又有势能，如飞行中的飞机因为它在运动而具有动能，又因为它处于高空而具有重力势能，把这两种能量加在一起，就得到它的总机械能。

机械能及其转化

一个物体从高处下落，物体的重力势能转化成了它的动能；弯弓射箭时，弓的弹性势能转化成箭的动能；蹦床运动员从高处落下（图11.4-1），在与蹦床面将要接触时，具有一定的动能，与蹦床面接触后，床面发生弹性形变，运动员的动能转化成蹦床的弹性势能。可见，动能和势能可以相互转化。



图11.4-1 蹦床运动

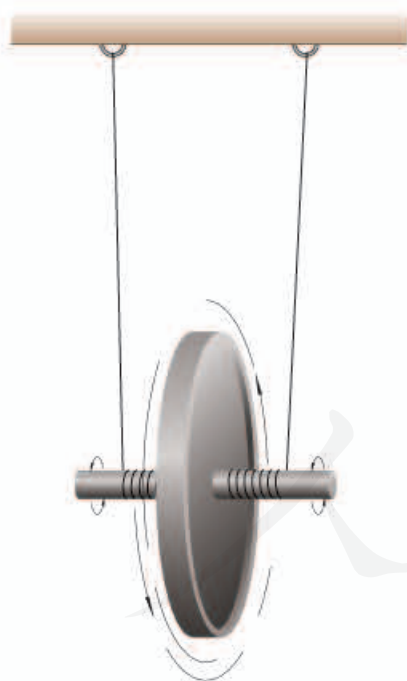


想想做做

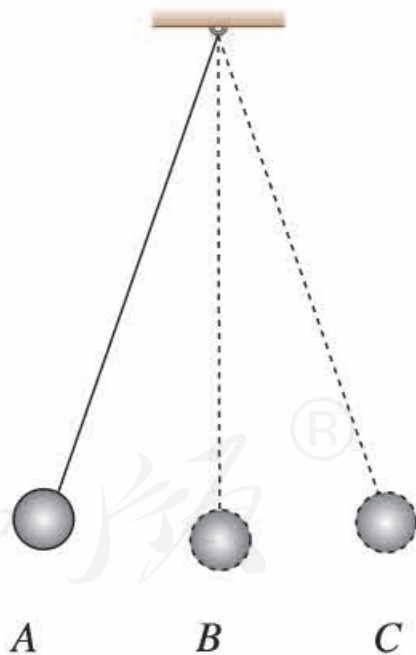
1. 观察滚摆的构造。与同学一起捻动滚摆的轴，使滚摆上升到顶点时松手，滚摆开始旋转下降；下降到底部时，由于滚摆仍继续旋转，它又开始缠绕悬线从而上升（图 11.4-2 甲）。

根据滚摆的往复运动，讨论一下，滚摆在运动过程中动能和势能是如何转化的。

2. 如图 11.4-2 乙，将用细线悬吊的小球轻轻拉起，使细线偏离竖直方向，松开手，小球往复摆动。分析小球在摆动过程中动能和势能的相互转化。



甲 滚摆



乙 小球从A点摆动到C点

图 11.4-2 动能和势能的转化

在活动1中，滚摆下降时，它的重力势能越来越小，动能越来越大，重力势能转化为动能。滚摆上升时，它的动能越来越小，重力势能越来越大，动能转化为重力势能。

在活动2中，小球从A点下落到B点，重力势能逐渐转化成动能，到最低点B时动能最大，之后又从B点上升到C点，动能逐渐转化成重力势能。

大量研究结果表明，如果只有动能和势能相互转化，尽管动能、势能的大小会变化，但机械能的总和不变，或者说，机械能是守恒的。



想想做做

把一个铁锁用绳子悬挂起来，将铁锁拉到自己的鼻子附近，稳定后松手，铁锁向前摆去（图11.4-3）。

想想看，铁锁摆回时会打到你的鼻子吗？



图11.4-3 铁锁摆回时会打到鼻子吗？

水能和风能的利用

地球上，海水朝夕涨落，江河日夜奔腾；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。我们的祖先很早就开始利用水能和风能了。让水流冲击水轮转动，用来汲水、磨粉；船靠风力鼓起帆来推动它们航行。到19世纪，人类开始利用水能发电（图11.4-4）。

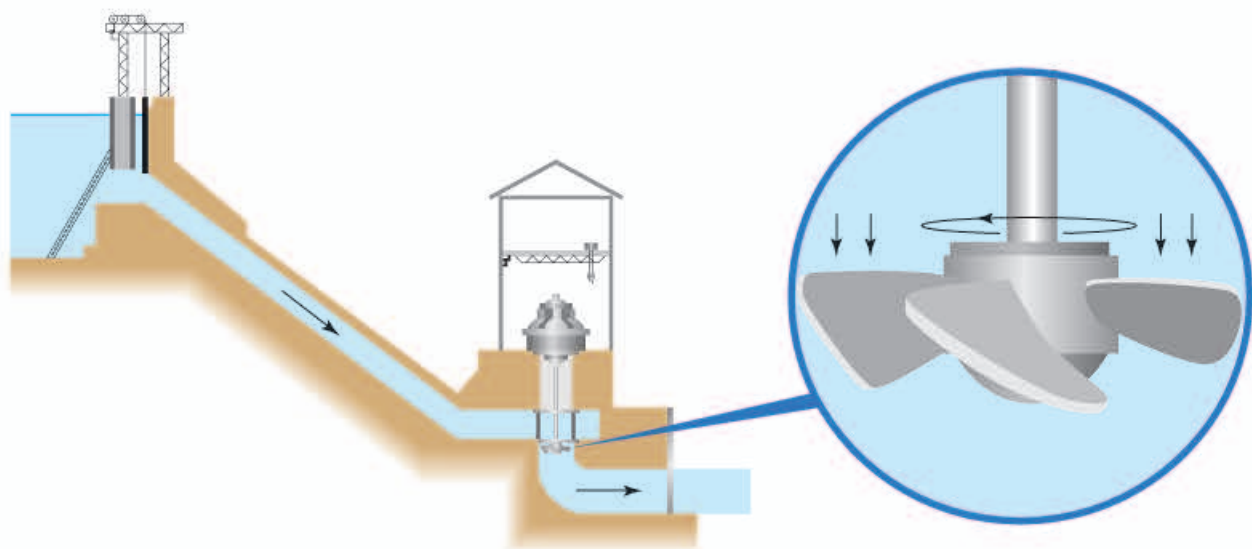


图 11.4-4 水电站剖面图

人们修筑拦河坝来提高上游的水位，在坝底安装水轮机，发电机装在水轮机的上面，它们的轴连接在一起，水轮机带动发电机发电。一定量的水，上、下水位差越大，水的重力势能越大，能发出的电就越多。

风能也可以用来发电，风吹动风车（图11.4-5），可以带动发电机发电。单个风力发电机的输出功率较小，在风力资源丰富的地区，可以同时安装几十台到几百台风力发电机，组成“风车田”，联在一起供电。



图 11.4-5 风车



人造地球卫星的机械能转化

人造地球卫星在大气层外环绕地球运行。它的速度很快，有的一天内可以绕地球飞行几圈到十几圈。人造地球卫星广泛用于全球通信、军事侦察、气象观测、资源普查、环境监测、大地测量等方面。

许多人造地球卫星沿椭圆轨道绕地球运行（图 11.4-6）。离地球最近的一点叫

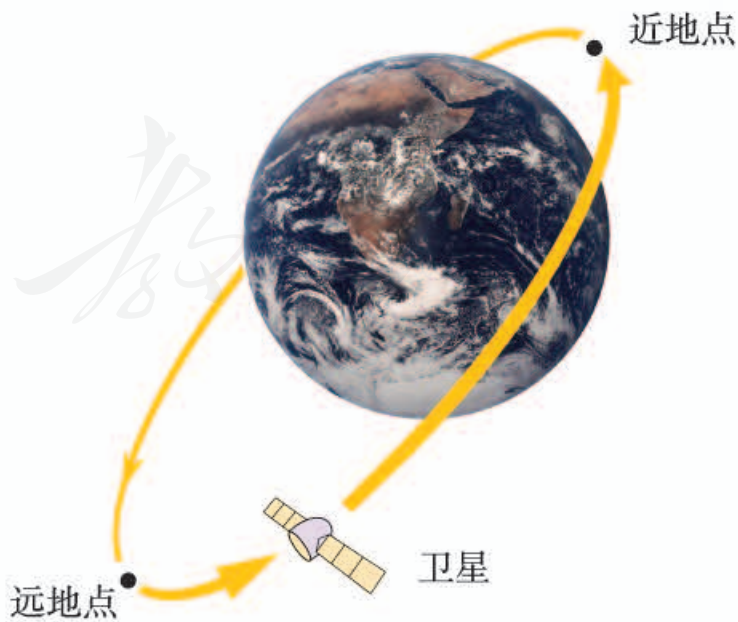


图 11.4-6 人造地球卫星的轨道示意图

近地点,最远的一点叫远地点。卫星在大气层外运行,不受空气阻力,只有动能和势能的转化,因此机械能守恒。卫星在远地点时势能最大,当它从远地点向近地点运动时势能减小、动能增大,速度也就增大。当卫星从近地点向远地点运动时,它的势能增大、动能减小,速度也就减小。



动手动脑学物理

1. 分析过山车在运动过程中的能量转化情况。
2. 怎样向地板抛乒乓球,才能使它弹跳到高于原来抛球的位置?说明这种抛法的理由。
3. 2011年蹦床世锦赛中我国运动员以优异成绩夺得金牌和奖牌总数第一。设想有一个重物从蹦床上方某点下落,经蹦床反弹后上升。请你说说这个过程中机械能是如何转化的。
4. 在一个罐子的盖和底各开两个小洞。将小铁块用细绳绑在橡皮筋的中部穿入罐中,橡皮筋两端穿过小洞用竹签固定(图11.4-7)。做好后将它从不太陡的斜面滚下。观察有什么出人意料的现象。怎样解释观察到的现象?



图11.4-7



1. 功

如果一个力作用在物体上，物体在这个力的方向上移动了一段距离，就说这个力对物体做了功。力对物体做的功等于力与物体在力的方向上移动的距离的乘积，即 $W = Fs$ 。

2. 功率

功率表示做功的快慢，功与做功所用时间之比叫做功率，即 $P = \frac{W}{t}$ 。功率在数值上等于单位时间内所做的功。

3. 动能和势能

一个物体能够对外做功，表示这个物体具有能量。

物体由于运动而具有的能叫做动能。物体的质量越大、运动的速度越大，动能就越大。在地球表面附近，物体由于受到重力并处在一定高度时所具有的能，叫做重力势能。物体的质量越大，位置越高，重力势能就越大。物体由于发生弹性形变而具有的能叫做弹性势能。物体的弹性形变越大，弹性势能就越大。

4. 机械能及其转化

动能、重力势能和弹性势能统称为机械能。动能和势能可以相互转化。如果只有动能和势能相互转化，机械能是守恒的。



章后练习

1. 一位同学拾起落在地面上的苹果，并将其放在书桌上。他对苹果做的功大约是_____J。

2. 质量较大的大雁与质量较小的燕子在空中飞行，如果它们的动能相等，那么_____飞得快。

3. 一个在空中飞行的篮球的动能大约是15 J，它的重力势能大约是20 J，它的机械能大约是_____J。

4. 某工地用起重机运送重物。它先将重物提升了两层楼的高度，然后沿水平方向平移了35 m。在这个过程中，钢丝绳的拉力一直都在对重物做功吗？为什么？

5. 同学们课间进行引体向上比赛，你能估测出谁的功率大吗？说出你的判断方法。

6. 我国许多地方风力资源十分丰富。一般说来，3级风就有利用的价值。从经济角度出发，风速越大，风力发电机的功率越大，经济效益也就越高。为什么风力越大，在相同时间内，风力发电机输出的能量越多？

7. 同学们要研究弹性势能的大小与什么因素有关，甲同学猜想可能与物体发生的弹性形变大小有关。他采用橡皮筋水平弹射纸团的方法进行研究，下表是研究过程中记录的测量结果。

橡皮筋伸长量/cm	5	10	15
纸团飞行距离	短	长	更长

根据以上测量结果可以得出的结论是什么？橡皮筋的

弹性势能还可能与什么因素有关？试着猜想一下。

8. 用 200 N 的水平力推着质量是 50 kg 的小车在水平路面上前进，做了 $3 \times 10^4\text{ J}$ 的功，小车前进的距离是多少？

9. 小明将一个质量为 10 kg 的箱子匀速举高 2 m ，所用时间为 4 s ，他对箱子做功的功率是多少？

10. 一台起重机的功率是 20 kW ，它在 5 s 内可以做多少功？做 $5 \times 10^6\text{ J}$ 的功需要多长时间？

人教版®

第十二章 简单机械

我们的周围有各种各样的机械：提升重物的起重机械，计时的钟表，甚至小小的瓶起子……现在，机械更进入了太空。2005年7月30日，美国宇航员史蒂夫·罗宾逊就在机械臂的辅助下，对“发现号”航天飞机的隔热层进行了维修。

各种各样的机械展现了人类的智慧。有的机械简单，有的机械复杂。不管机械多么复杂，都可以从中找到构成它们的基本元素——杆、轮、链条等。本章我们就从最简单的机械入手，了解它们是如何为人类服务的！



第1节 杠杆



人类很早以前就使用杠杆了。壮丽辉煌的咸阳宫曾巍然矗立于八百里秦川。司马迁在《史记》中有关于这座宫殿的描述。我们的祖先在建造宫殿时就曾利用木棒做杠杆搬动巨大的木料。你能讲出其中的道理吗？

杠杆

当你用筷子夹菜、用剪刀剪纸、用天平称量时，你就在使用杠杆了。杠杆是最简单的机械之一。

如图 12.1-1，一根硬棒，在力的作用下能绕着固定点 O 转动，这根硬棒就是杠杆（lever）。

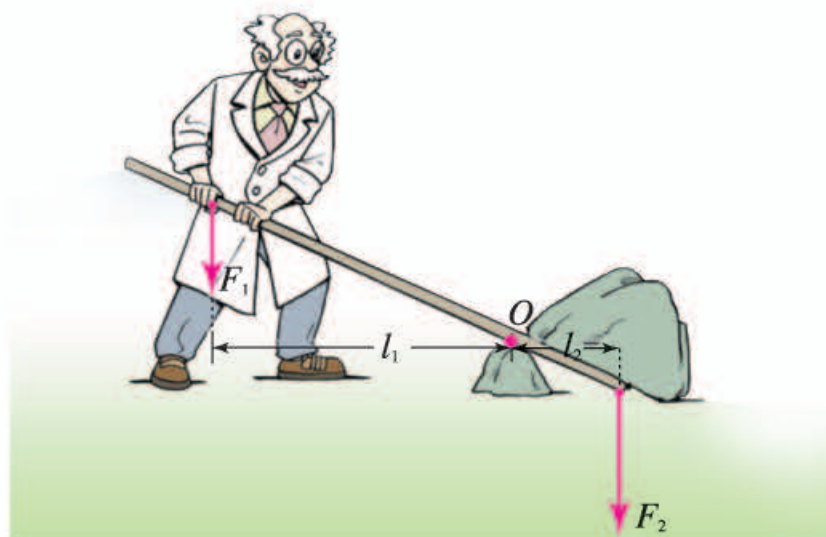


图12.1-1 杠杆

在了解杠杆的作用之前，我们先熟悉几个名词。

支点：杠杆可以绕其转动的点 O

动力：使杠杆转动的力 F_1

阻力：阻碍杠杆转动的力 F_2

动力臂：从支点 O 到动力 F_1 作用线的距离 l_1

阻力臂：从支点 O 到阻力 F_2 作用线的距离 l_2

当杠杆在动力和阻力作用下静止时，我们就说杠杆平衡了。

杠杆的平衡条件

在杠杆的使用中，杠杆的平衡状态是一种非常重要的状态。杠杆在满足什么条件时才会平衡？



实验

探究杠杆的平衡条件

如图 12.1-2，一把刻度尺的零刻度线在中央位置，在零刻度处有一小孔。固定在铁架台上的横梁穿过小孔作为转轴，尺子可以绕轴自由转动，就构成了一个杠杆。调节杠杆两端的螺母，使杠杆在不挂钩码时，保持水平并静止，达到平衡状态。

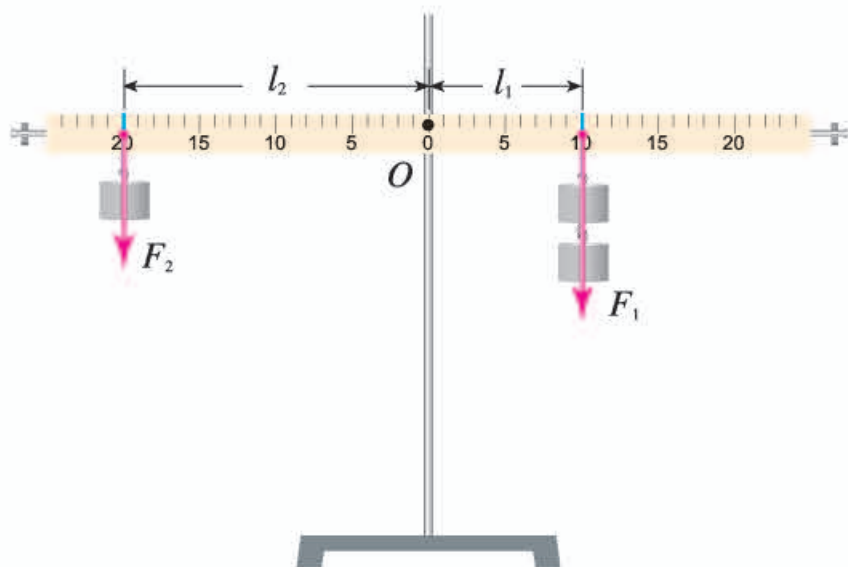


图12.1-2 探究杠杆的平衡条件

1. 给杠杆两侧挂上不同数量的钩码，移动钩码的位置，使杠杆重新在水平位置平衡。这时杠杆两侧受到的作用力等于各自钩码所受的重力。

(1) 设右侧钩码对杠杆施加的力为动力 F_1 ，左侧钩码对杠杆施加的力为阻力 F_2 ；

(2) 测出杠杆平衡时的动力臂 l_1 和阻力臂 l_2 ；

(3) 把 F_1 、 F_2 、 l_1 、 l_2 的数值填入表格中。

2. 改变动力 F_1 和动力臂 l_1 的大小，相应调节阻力 F_2 和

阻力臂 l_2 ，再做几次实验。

次数	1	2	3	...
动力 F_1/N				
动力臂 l_1/m				
阻力 F_2/N				
阻力臂 l_2/m				

分析表中的数据，找出它们之间的关系。

实验结果表明，杠杆的平衡条件是

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

或写为

$$F_1 l_1 = F_2 l_2$$

这个平衡条件就是阿基米德发现的杠杆原理。

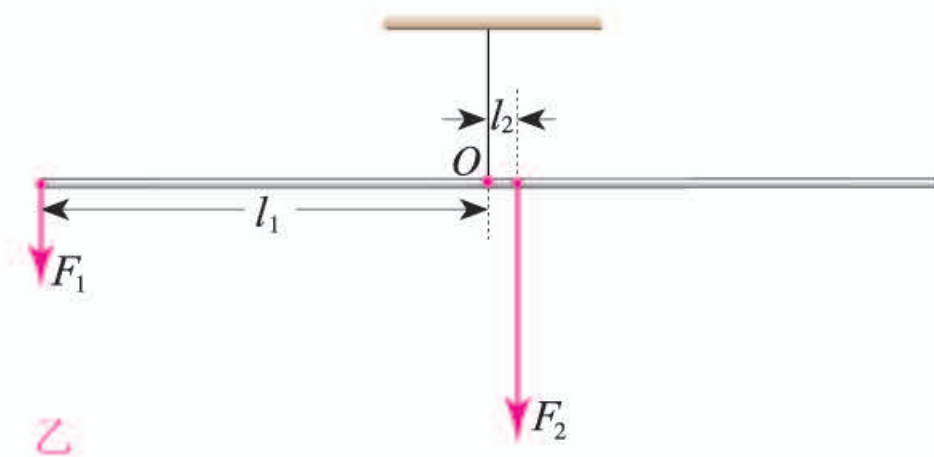
例题 据《杭州日报》报道，2001年6月22日，在杭州动物园内，一位物理老师利用杠杆原理，仅用小小的弹簧测力计就测出了一头大象的质量（图12.1-3甲）。测量时利用了一根长度为12 m的槽钢作为杠杆。如图12.1-3乙，吊钩固定于槽钢的中点 O 。当槽钢水平静止时，弹簧测力计示数 F_1 为200 N。测得支点 O 到 F_1 的作用线的距离 l_1 为6 m，支点 O 到大象对杠杆的拉力 F_2 的作用线的距离 l_2 为4 cm。若不计铁笼的质量，请估算大象的质量。 g 取10 N/kg。

解 人通过弹簧测力计对杠杆的拉力为动力 $F_1 = 200 \text{ N}$ ，



动力臂 $l_1 = 6 \text{ m}$ ；不计铁笼的质量，则大象对杠杆的拉力为阻力 F_2 ，它等于大象所受的重力 G ，阻力臂 $l_2 = 4 \text{ cm} = 0.04 \text{ m}$ 。

甲



乙

图12.1-3 现代版曹冲称象

根据杠杆的平衡条件 $F_1 l_1 = F_2 l_2$ ，有

$$\begin{aligned} F_2 &= \frac{F_1 l_1}{l_2} \\ &= \frac{200 \text{ N} \times 6 \text{ m}}{0.04 \text{ m}} \\ &= 3 \times 10^4 \text{ N} \end{aligned}$$

大象的质量

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{G}{g} = \frac{F_2}{g} \\
 &= \frac{3 \times 10^4 \text{ N}}{10 \text{ N/kg}} \\
 &= 3 \times 10^3 \text{ kg} = 3 \text{ t}
 \end{aligned}$$

大象的质量是3 t。

生活中的杠杆

我们身边有很多杠杆。例如，小朋友玩的跷跷板、拔钉子用的羊角锤、划船用的船桨……仔细观察这些杠杆，想想它们各自的动力臂和阻力臂有什么关系。

等臂杠杆 天平的动力臂与阻力臂相等，是一种等臂杠杆。

省力杠杆 利用图 12.1-1 中的撬棒，只要用很小的力，就能撬动很重的石头。这类杠杆是省力杠杆，它的动力臂比阻力臂长。这类杠杆虽然省力，但是动力作用点移动的距离却比阻力作用点移动的距离大，省了力，却费了距离。

费力杠杆 赛艇的船桨也是一种杠杆。人坐在船上观察，划船时船桨的轴是不动的，所以，轴的位置是支点。手加在桨上的动力比水对桨的阻力大，但是手只要移动较小的距离，就能使桨在水中移动较大的距离（图 12.1-4）。这类杠杆的特点是，杠杆的动力臂比阻力臂短，动力比阻力大，所以把它叫做费力杠杆。这类杠杆动力作用点移动的距离比阻力作用点移动的距离小，虽然费力，却省了距离。



图12.1-4 赛艇的桨是杠杆

动手动脑学物理

1. 车间里的工人师傅剪断铁片要用到剪刀，园丁修理枝叶要用到剪刀，裁缝裁剪布匹也要用到剪刀。各式各样的剪刀都是一对对的杠杆（图 12.1-5）。请你说说，



图12.1-5 各种剪刀

以上各种剪刀，哪些是省力杠杆，哪些是费力杠杆？要剪断铁片，应该使用哪种剪刀？

2. 在图 12.1-6 中指出钳子、自行车手闸这两个杠杆工作时的支点、动力和动力臂、阻力和阻力臂。

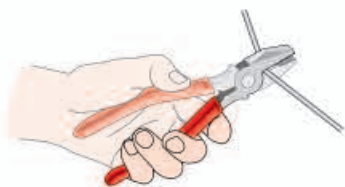


图12.1-6



图12.1-7

3. 图 12.1-7 中的指甲剪有几个杠杆？哪个是省力杠杆，哪个是费力杠杆？

4. 搬运砖头的独轮车可以看作一个杠杆。杠杆的支点在轮子的轴心，阻力是总重力，动力是人施加的力。

如图 12.1-8 所示，一辆独轮车的车箱和装载的砖头所受的总重力 $G = 1\,000\text{ N}$ ，支点到重力作用线的距离为 0.3 m ，到人施加的力的作用线的距离为 1 m 。推车时，人施加的向上的力 F 应为多大？

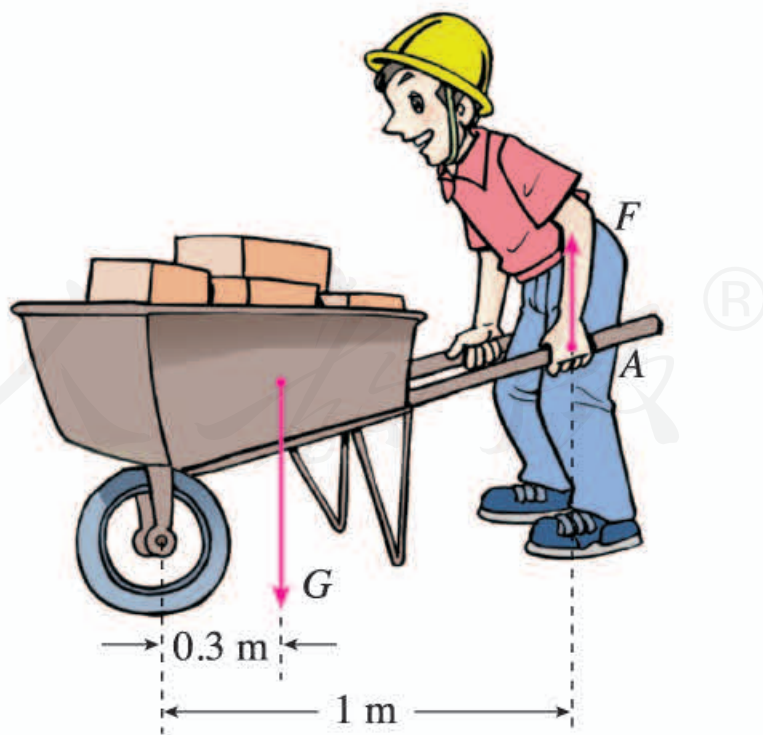


图12.1-8

第2节 滑轮

杠杆是一种常用的简单机械。除了杠杆之外，滑轮（pulley）也是一种简单机械，它在日常生活中的应用也很广泛。使用滑轮能给我们带来哪些好处呢？



想想议议

一位成年人站在楼下，想利用固定在高处的滑轮将重物吊到二楼。一个孩子想帮忙拽住系着重物的绳子，不料重物却落了下来，反而把自己吊了上去（图12.2-1）。



图12.2-1 有什么科学道理？

想想看，为什么会出现这样的笑话？你能解释其中的道理吗？

定滑轮和动滑轮

高高的旗杆矗立在操场上。旗手缓缓向下拉绳子，旗子就会徐徐上升。这是因为旗杆顶部有一个滑轮（图12.2-2），它的轴固定不动，这种滑轮叫做**定滑轮**。

电动起重机吊钩上有一种滑轮（图12.2-3），它的轴可以随被吊物体一起运动，当电动机转动并收绳子时，物体和滑轮就被提起，这种滑轮叫做**动滑轮**。

请你说出一些生活或工作中使用定滑轮和动滑轮的实例。下面让我们通过实验来研究定滑轮和动滑轮的特点。



图12.2-2 旗杆顶的定滑轮



图12.2-3 电动起重机的动滑轮

研究定滑轮和动滑轮的特点

先用弹簧测力计测量重物（钩码）所受的重力（图12.2-4甲），然后进行以下两个实验。

实验1 如图12.2-4乙，用弹簧测力计并借助定滑轮缓慢地提升钩码，读取弹簧测力计的示数，该示数为绳的拉力。比较绳移动的距离与重物升高的距离。

实验2 如图12.2-4丙，用弹簧测力计并借助动滑轮缓慢地提升同样重的钩码，读取弹簧测力计的示数。比较绳移动的距离与重物升高的距离。

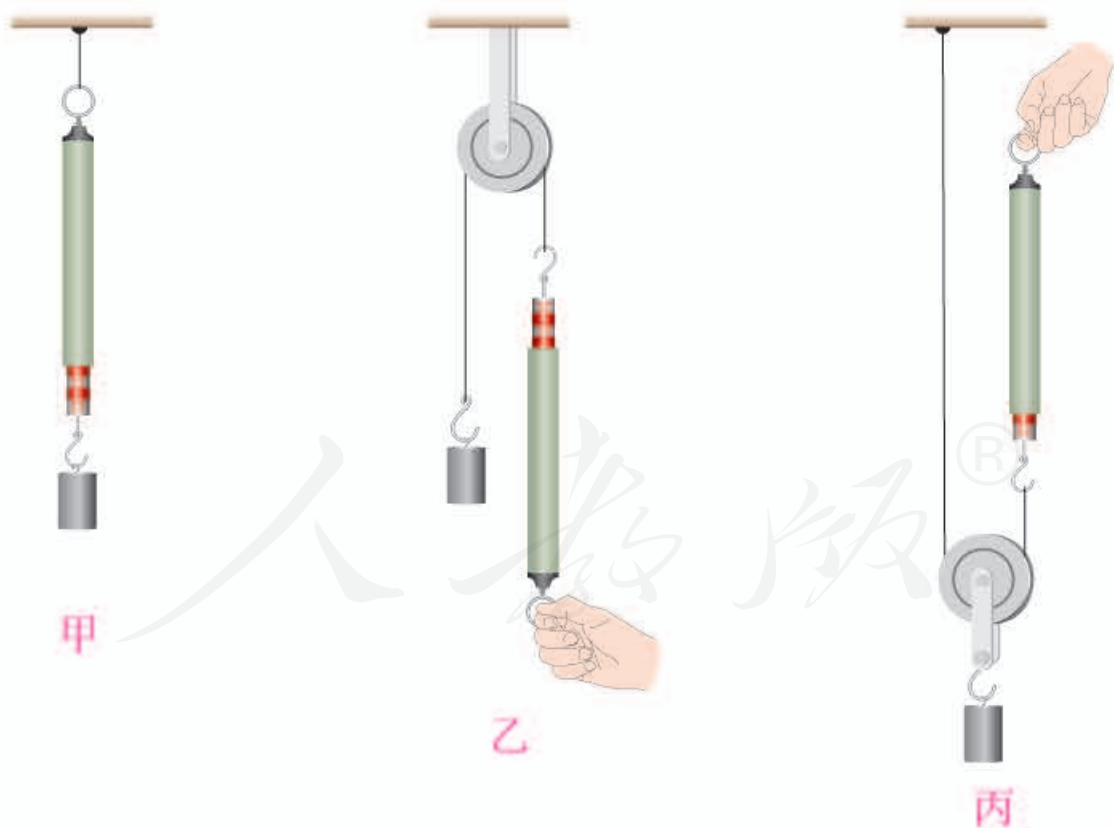


图12.2-4

将两次拉力的大小与钩码所受的重力进行比较。有差别吗？根据实验结果，回答下面几个问题。

1. 使用定滑轮、动滑轮是否省力？
2. 使用定滑轮、动滑轮是否省了距离？
3. 什么情况下使用定滑轮，什么情况下使用动滑轮？

实验结果表明，使用定滑轮不省力，但可以改变力的方向；使用动滑轮可以省力，但不改变力的方向，而且费距离。

滑轮组

如果既需要改变力的方向，又需要省更多的力，单独使用定滑轮或动滑轮都无法满足我们的需要。在实际应用中，人们常常把定滑轮和动滑轮组合在一起，构成滑轮组。

图 12.2-5 是一个动滑轮和一个定滑轮组成的滑轮组。图 12.2-5 甲中的重物由三段绳子通过动滑轮吊着，每段绳子都要承担物重。用这个滑轮组提起重物，如果忽略动滑轮的自重、

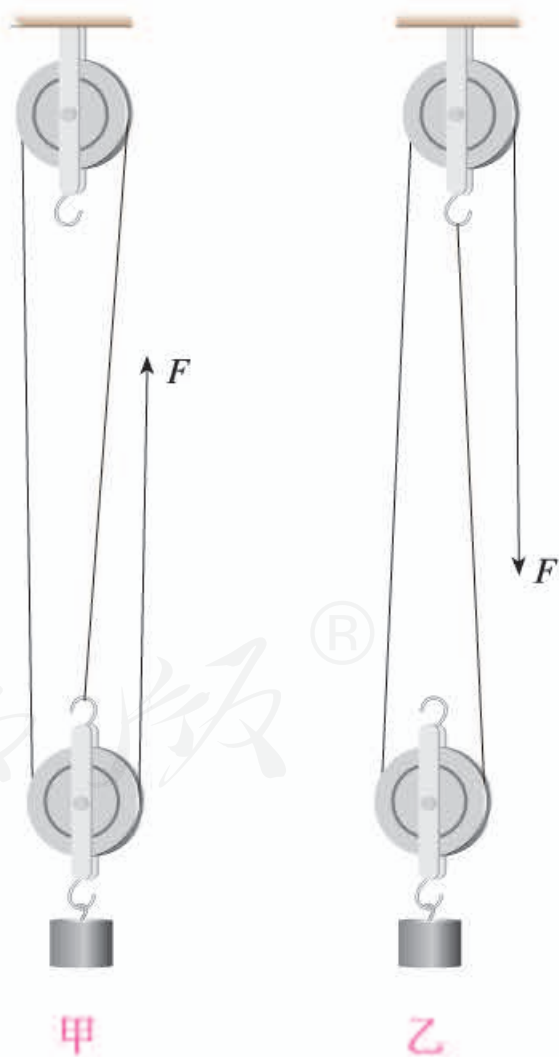


图12.2-5 定滑轮和动滑轮可以组成滑轮组

绳重及摩擦，只要用物重 $\frac{1}{3}$ 的力就可以提起重物。

用滑轮组提起重物时，动滑轮上有几段绳子承担物重，提起物体的力就是物重的几分之一。

想一想，如果用图 12.2-5 乙的方式提起重物，需要用多大的力？



轮轴和斜面

轻轻转动门把手，就可以把门锁打开；司机用不大的力转动方向盘，在轴上就能产生较大的力使汽车转弯。门把手、方向盘等属于又一类简单机械——轮轴（图 12.2-6）。轮轴由具有共同转动轴的大轮和小轮组成。通常把大轮叫轮，小轮叫轴。

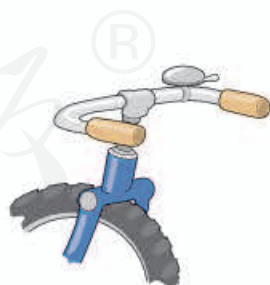
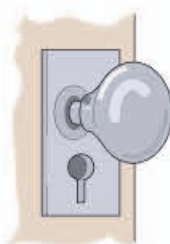


图12.2-6 一些轮轴

汽车沿着盘山公路，可以驶上高耸入云的山峰。上山的公路为什么修得弯弯曲曲如盘龙，而不是从山下直通山顶？

剪一张直角三角形的纸，把它较短的直角边与一支筷子对齐，然后将纸以筷子为中心卷起来，就可以模拟盘山公路的形状（图12.2-7）。可以想象，若将盘山公路“拉直”，就相当于将这张纸展开，汽车是沿着三角形的斜边（斜面）爬到山峰的。汽车沿这个边爬到山峰，比起直通山顶的路，走的路程要长得多，但是要省力得多。

斜面也是一种简单机械，在生活和生产中随处可见。请各举出一个生活或生产中应用斜面或轮轴的例子。

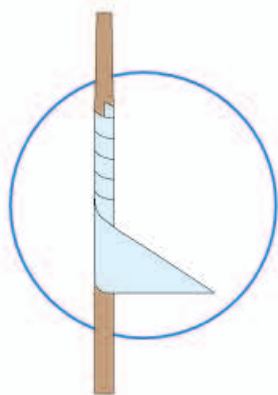


图12.2-7 盘山公路



动手动脑学物理

1. 物体重 $1\,000\text{ N}$ ，如果用一个定滑轮提起它，需要用多大的力？如果用一个动滑轮提起它，又要用多大的力（不计摩擦及滑轮自重）？
2. 仔细观察自行车，想想它上面有几种简单机械，分

别说明它们各起到了什么作用。

3. 一个人要吊起比他体重大的重物，用定滑轮行吗？应该怎么办？

4. 一位同学组装了如图 12.2-5 乙所示的滑轮组，钩码重为 2 N 。如果不计滑轮重和摩擦，要匀速提升钩码，所需的拉力 F 为多少牛？如果不计摩擦，每个滑轮重 0.4 N ，要匀速提升钩码，所需的拉力 F 为多少牛？

人教版®

第3节 机械效率

生活中我们常常会遇到“效率”这个词，例如学习效率、工作效率等。利用机械帮助我们完成某项任务，也会涉及效率问题，我们称为机械效率。要研究机械效率，就要先研究使用机械做功的情况。

有用功和额外功

不使用机械直接提升物体做的功，与使用机械提升物体时做的功相同吗？



演示

使用动滑轮是否省功

1. 如图 12.3-1 甲，用弹簧测力计将钩码缓慢地提升一定的高度，测量拉力移动的距离，计算拉力所做的功。

2. 如图 12.3-1 乙，用弹簧测力计

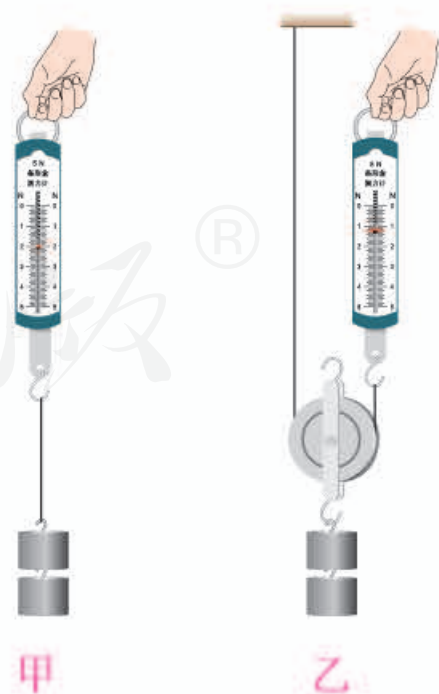


图12.3-1

并借助一个动滑轮将同样的钩码缓慢地提升相同的高度，再次计算拉力所做的功。

这两次拉力所做的功一样吗？为什么？

实验结果表明，虽然在两次实验中钩码被提升了相同的高度，但第二次拉力做的功反而要多一些。这说明，尽管使用动滑轮会省力，但由于滑轮本身所受的重力以及摩擦等因素的影响，我们要多做功。

在上面的实验中，无论是否使用滑轮，钩码都被提升了，这部分功是必须要做的，叫做**有用功**，用 $W_{\text{有}}$ 表示。若用滑轮组提升钩码，我们还不得不克服动滑轮本身所受的重力以及摩擦力等因素的影响而多做一些功，这部分功叫做**额外功**，用 $W_{\text{额}}$ 表示。有用功与额外功之和是总共做的功，叫做**总功**，用 $W_{\text{总}}$ 表示。总功、有用功和额外功之间的关系为

$$W_{\text{总}} = W_{\text{有}} + W_{\text{额}}$$

机械效率

在保证所做有用功一定的情况下，人们总是希望额外功越少越好，即额外功在总功中所占的比例越少越好。物理学中，将有用功跟总功的比值叫做**机械效率**。如果用 η 表示机械效率，那么有

$$\eta = \frac{W_{\text{有}}}{W_{\text{总}}}$$

使用任何机械都不可避免地要做额外功，有用功总是小于总功，所以机械效率总是小于1的。机械效率通常用百分数表示。

例题 起重机把质量为0.5 t的重物匀速提升了3 m，而它的电动机所做的功是 3.4×10^4 J，起重机的机械效率是多少？ g 取10 N/kg。

解 起重机匀速提升重物所用的力与物体所受的重力大小相等

$$\begin{aligned} F &= G = mg \\ &= 0.5 \times 10^3 \text{ kg} \times 10 \text{ N/kg} \\ &= 5 \times 10^3 \text{ N} \end{aligned}$$

起重机提升重物所做的功是有用功

$$\begin{aligned} W_{\text{有}} &= Fh \\ &= 5 \times 10^3 \text{ N} \times 3 \text{ m} \\ &= 1.5 \times 10^4 \text{ J} \end{aligned}$$

起重机的电动机所做的功是总功

$$W_{\text{总}} = 3.4 \times 10^4 \text{ J}$$

因此，起重机的机械效率

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{W_{\text{有}}}{W_{\text{总}}} \\ &= \frac{1.5 \times 10^4 \text{ J}}{3.4 \times 10^4 \text{ J}} \\ &= 0.44 = 44\% \end{aligned}$$

这台起重机的机械效率为44%。

起重机的机械效率一般为40%~50%，抽水机的机械效率一般为60%~80%。

下面我们通过实验测量滑轮组的机械效率。实验之前应该考虑：需要测量哪几个量？怎样计算有用功？怎样计算总功？



实验

测量滑轮组的机械效率

1. 用弹簧测力计测量钩码所受的重力 G 并填入表格。
2. 按照图 12.3-2 安装滑轮组，将绳子的一端系在动滑轮的挂钩上，绕过定滑轮后再绕过动滑轮，系在弹簧测力计上。分别记下钩码和绳端的位置。

3. 缓慢拉动弹簧测力计，使钩码升高，读出拉力 F 的值，用刻度尺测出钩码上升的高度 h 和绳端移动的距离 s ，将这三个量填入表格。

4. 算出有用功 $W_{\text{有}}$ 、总功 $W_{\text{总}}$ 、机械效率 η 并填入表格。

改变钩码的数量，重复上面的实验。

你在三次实验中测得的

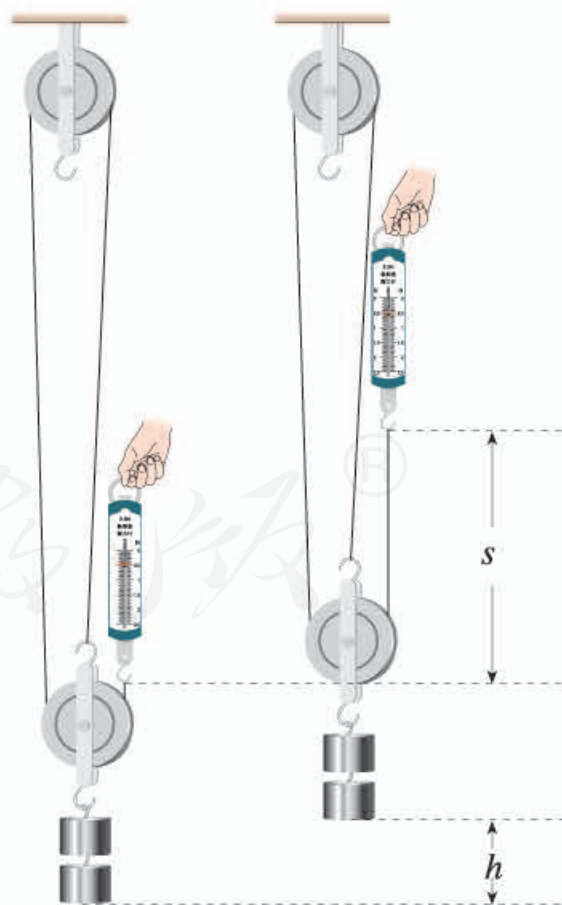


图12.3-2

机械效率一样吗？分析你的测量结果，想想影响滑轮组的机械效率的因素有哪些。

次数	1	2	3
钩码所受的重力 G/N			
提升的高度 h/m			
有用功 $W_{\text{有}}/\text{J}$			
拉力 F/N			
绳端移动的距离 s/m			
总功 $W_{\text{总}}/\text{J}$			
机械效率 η			

提高机械效率可以充分地发挥机械设备的作用，对节能减排、提高经济效益有重要的意义。提高机械效率的主要办法是改进结构，使它更合理、更轻巧。在使用中按照技术规程经常保养，使机械处于良好的状态，对于保持和提高机械效率也有重要作用。

动手动脑学物理

1. 有没有机械效率为 100% 的机械？为什么？举例说明，通过什么途径可以提高机械效率。

2. 一台起重机将重 3 600 N 的货物提高 4 m，起重机做的有用功是多少？如果额外功是 9 600 J，总功是多少？机械效率是多少？起重机所做的额外功是由哪些因素引起的？

3. 在斜面上将一个重 4.5 N 的物体匀速拉到高处 (图 12.3-3), 沿斜面向上的拉力为 1.8 N , 斜面长 1.2 m 、

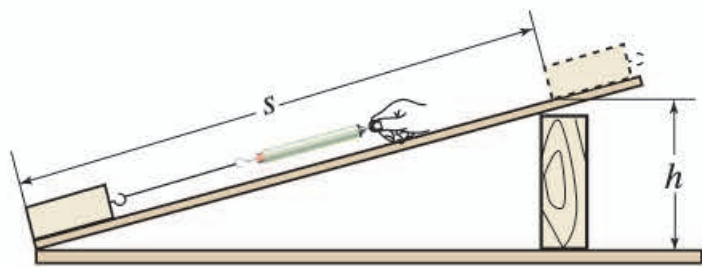


图12.3-3

高 0.3 m 。把重物直接提升 h 所做的功作为有用功, 求这个斜面的机械效率。

4. 用一个动滑轮在 5 s 内将一个重为 200 N 的物体匀速向上提起 3 m , 拉力为 150 N 。这个动滑轮的机械效率是多少? 拉力的功率有多大?

学到了什么

1. 杠杆的平衡条件

杠杆平衡时, 其动力 F_1 、动力臂 l_1 和阻力 F_2 、阻力臂 l_2 之间满足关系 $F_1 l_1 = F_2 l_2$ 。

2. 定滑轮、动滑轮、滑轮组

使用定滑轮不省力, 但可以改变力的方向; 使用动滑轮可以省力, 但不改变力的方向, 而且费距离; 使用滑轮组可以既省力又改变力的方向。

用滑轮组吊起重物时, 动滑轮上有几段绳子承担物重, 绳端所用的拉力就是物重的几分之一。

3. 机械效率

使用机械做功时，有用功 $W_{\text{有}}$ 跟总功 $W_{\text{总}}$ 的比值叫做机械效率 η ，即

$$\eta = \frac{W_{\text{有}}}{W_{\text{总}}}$$



章后练习

1. 几位同学利用滑轮设计了下列四种匀速提升同一重物的方法。不计动滑轮重和摩擦，其中最省力的是_____，最费力的是_____。

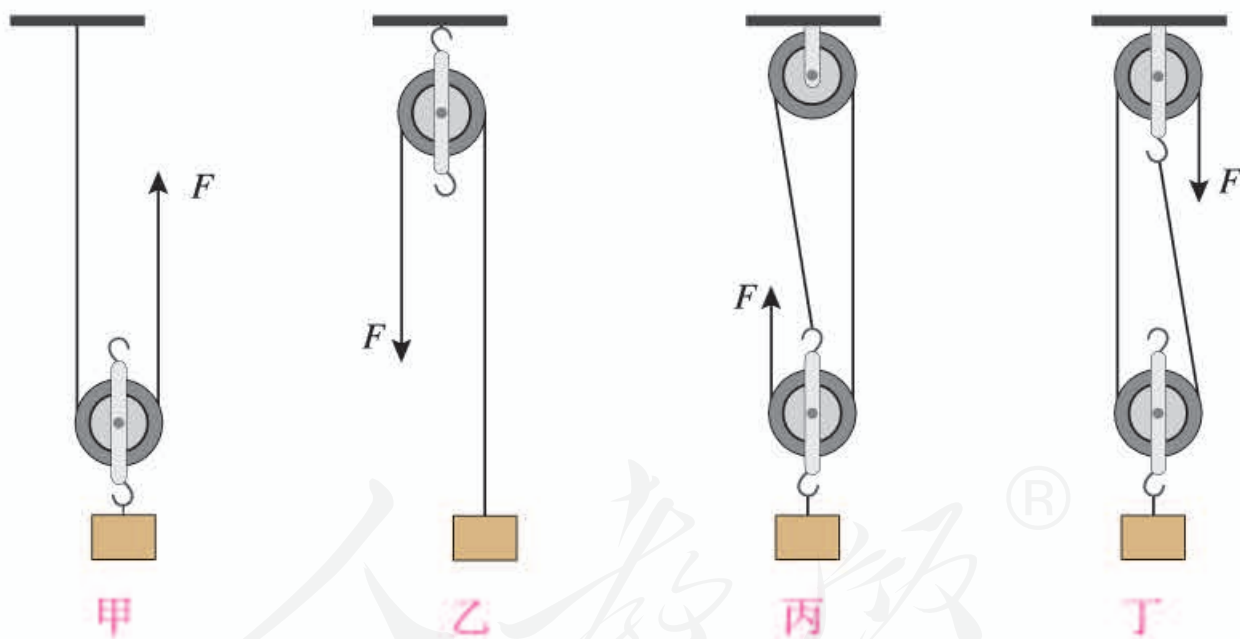


图12-1

2. 在测定“滑轮组的机械效率的实验”中，用同一绕绳方法的滑轮组先后两次将重力不同的两组钩码匀速提升相同的高度。第二次比第一次钩码重，两次实验中摩擦均不计。比较两次实验中有用功、额外功、滑轮组的机械效率的大小，即

有用功 $W_{\text{有甲}}$ _____ $W_{\text{有乙}}$ ，额外功 $W_{\text{额甲}}$ _____ $W_{\text{额乙}}$ ，滑轮组的机械效率 $\eta_{\text{甲}}$ _____ $\eta_{\text{乙}}$ （填“>”“=”或“<”）。由此可知，可采用 _____ 的方法来提高滑轮组的机械效率。

3. 对比机械效率与功率，说出它们的区别。

4. 下列各种工具中属于费力杠杆的是（ ）

A. 钓鱼竿 B. 起子 C. 镊子 D. 钢丝钳

5. 如图 12-2 所示，一根绳子绕过定滑轮，一端拴在一个物体上，分别用力 F_1 、 F_2 、 F_3 拉物体匀速上升。 F_1 水平拉动、 F_2 向斜下方拉动、 F_3 竖直向下拉动，下列说法中正确的是（ ）

A. F_1 较大 B. F_2 较大
C. F_3 较大 D. 三个力一样大

6. 图 12-3 是一位同学组装的提升重物的装置的示意图，他用 80 N 的力，在 10 s 内把重为 120 N 的物体匀速提升 5 m，则此过程中（ ）

A. 他做的总功是 1 200 J
B. 他做的有用功是 800 J
C. 他对滑轮组做功的功率是 60 W
D. 该滑轮组的机械效率是 75%

7. 俯卧撑是一项常见的健身项目。人的身体可视为杠杆。杠杆的支点在人的双脚处，阻力是人所受的重力 G ，动力是地面

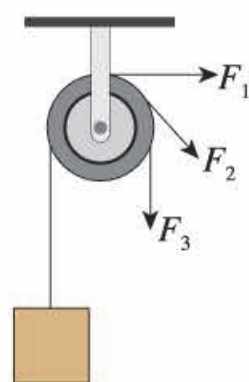


图 12-2 用定滑轮提起重物



图 12-3 提升重物的装置

对人手的支持力 F 。如图12-4所示,若 $l_1=1.0\text{ m}$, $l_2=0.8\text{ m}$,人所受的重力为 500 N ,求地面对人手支持力的大小。

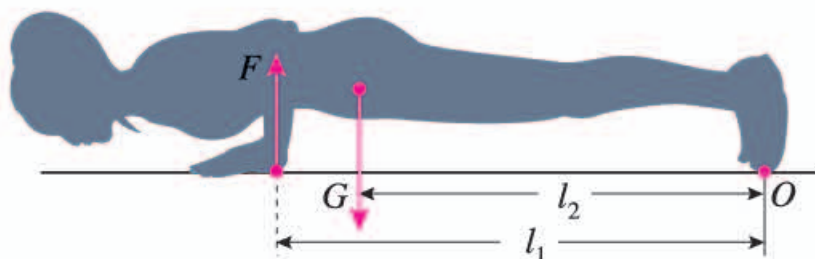


图12-4 人做俯卧撑中杠杆受力示意图

8. 某人用动滑轮提起重物。物重 180 N ,动滑轮重 20 N ,绳重和摩擦不计。在拉力 F 的作用下,物体正以 0.1 m/s 的速度匀速上升。求:

- (1) 拉力 F 为多大?
- (2) 拉力做功的功率是多少?
- (3) 动滑轮的机械效率是多少?

人教版®

