

物理学

(上册)

李随源 周香 鲁建国 等编



西安地图出版社

物 理 学

(上 册)

李随源 周香 鲁建国 等编

西安地图出版社

图书在版编目 (C I P) 数据

物理学/李随源, 周香, 鲁建国编. —西安: 西安地图出版社, 2006. 6

ISBN 7-80670-945-2

I. 物... II. ①李...②周...③鲁... III. 物理学—高等学校—教材 IV. 04

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 073093 号

物 理 学

李随源 周香 鲁建国 等编

西安地图出版社出版发行

(西安市友谊东路 334 号 邮编: 710054)

新华书店经销 河南省宏大印业有限公司印刷

787 毫米×1092 毫米 1/16 开本 32 印张 846 千字

2006 年 7 月第 1 版 2006 年 7 月第 1 次印刷

印数 01~3000

ISBN7-80670-945-2/O · 21

定价(上、下册): 51.00 元

说 明

经国家教育部批准,从20世纪90年代初期起,我国部分师范院校相继开始招收初中起点的五年制“小学教育专业”实验班,旨在为小学培养具有专科层次的合格小学教师.十多年来,五年制“小学教育专业”实验班稳步发展,为小学和社会培养了一大批高素质的人才,为我国基础教育事业和经济的发展做出了突出贡献.

《物理学》是五年制“小学教育专业”的一门必修课,但长期以来没有适合该专业使用的专用教材.在教学过程中,我们根据学生的实际情况曾使用过普通高中物理教材和中等师范学校物理教材.但在教学实践中我们发现,这两种教材虽然各有其优点和长处,却都不能很好地满足培养专科层次小学教师的需要.为此,我们根据五年制“小学教育专业”物理教学大纲,把多年来在物理教学中使用的讲义进行了整理、充实,编写成了这套《物理学》教材.

在编写过程中,我们力求与《基础教育课程改革纲要(试行)》中的课程标准保持一致.不仅强调知识的学习和能力的培养;更重视让学生体验获取知识的过程,学会学习的方法,为终身学习奠定基础;同时注重培养学生具有正确的情感态度和价值观,全面提高其综合素质.鉴于此,我们根据五年制“小学教育专业”学生的实际情况,确立了编写本书的整体思路,即降低难度,拓展广度.在保证物理学整体知识结构完整的基础上,删去了过于繁难的部分,降低了习题中计算题的难度,增加了运用物理规律解释生活中的物理现象方面的思考题,非常适合学生进行自主学习.课文中的“学生实验”可在教师指导下由学生自主完成,学生也可以不拘泥于课本上的实验步骤自行设计实验,通过实验使其受到实验方法和技能的训练.“阅读材料”和“科学家的故事”供学生课外阅读,用以开阔视野,拓宽知识面,培养其科学素养.“动手做”和“小实验”可由学生在课外利用日常生活中的废旧材料完成,用以培养他们的动手能力,提高学习兴趣,使其真正从生活走向物理,从物理走向社会.

本书可用作五年制“小学教育专业”和其他专业的基础课教材,也适合“幼儿师范专业”和职业技术学校的公共基础课使用.

本书上册第一章、第二章、第七章、第八章由宋春东编写;第三章、第四章、第五章、第六章由申小海编写;第九章、第十章、第十一章、第十二章由鲁建国编写.下册第一章、第二章、第六章由李随源编写;第三章、第四章、第七章由周香编写;第五章、第八章、第九章由都宝平编写.李随源负责全书的整体编写和最后统稿,周香负责校对.

由于我们水平有限,书中难免会有诸多不足之处,恳请有关专家和同行对本书提出宝贵意见,给予批评指正.

编者
2006.4

目 录

第一章 力	1
§ 1-1 力	1
§ 1-2 重力	4
§ 1-3 弹力	7
§ 1-4 摩擦力	12
§ 1-5 力的合成	15
§ 1-6 力的分解	19
第二章 直线运动	24
§ 2-1 运动的描述	24
§ 2-2 速度	28
§ 2-3 加速度	30
§ 2-4 匀变速直线运动的规律	32
§ 2-5 运动图像	36
第三章 牛顿运动定律	43
§ 3-1 牛顿第一定律	43
§ 3-2 物体运动状态的改变	46
§ 3-3 牛顿第二定律	48
§ 3-4 牛顿第三定律	51
§ 3-5 牛顿运动定律的应用	53
§ 3-6 自由落体运动	56
§ 3-7 超重和失重	59

第四章 曲线运动	63
§ 4-1 曲线运动	63
§ 4-2 平抛运动	65
§ 4-3 匀速圆周运动	69
§ 4-4 向心力 向心加速度	73
§ 4-5 匀速圆周运动实例分析	76
§ 4-6 离心现象及其应用	80
第五章 天体运动 万有引力	85
§ 5-1 天体的运动	85
§ 5-2 万有引力定律	90
§ 5-3 万有引力定律在天文学上的应用	94
§ 5-4 人造地球卫星 宇宙速度	96
§ 5-5 行星 恒星 星系和宇宙	100
第六章 机械能	103
§ 6-1 功 功率 功和能	103
§ 6-2 动能 动能定理	107
§ 6-3 物体的势能	110
§ 6-4 机械能守恒定律及其应用	112
第七章 物体的平衡	120
§ 7-1 共点力作用下物体的平衡	120
§ 7-2 有固定转动轴物体的平衡	122
§ 7-3 平衡的种类 稳度	127
第八章 动量守恒定律	131
§ 8-1 动量和冲量	131
§ 8-2 动量定理	133
§ 8-3 动量守恒定律	135
§ 8-4 动量守恒定律的应用	138

第九章 机械振动	143
§ 9-1 机械振动	143
§ 9-2 简谐振动	145
§ 9-3 单摆	148
§ 9-4 简谐振动的图像	153
§ 9-5 阻尼振动 共振	155
第十章 机械波 声音	161
§ 10-1 波的形成和传播	161
§ 10-2 波的图像	164
§ 10-3 频率 波长和波速	166
§ 10-4 波的衍射和干涉	169
§ 10-5 乐音和噪声	173
§ 10-6 次声波和超声波	178
* § 10-7 多普勒效应	180
第十一章 分子的热运动 能量守恒	183
§ 11-1 分子的热运动	183
§ 11-2 分子间的相互作用力	186
§ 11-3 物体的内能及其改变	188
§ 11-4 热力学第一定律 能量守恒定律	191
* § 11-5 热力学第二定律 能源的开发和利用	193
第十二章 固体、液体和气体	199
§ 12-1 固体	199
§ 12-2 固体的微观结构	201
§ 12-3 液体的表面张力	202
§ 12-4 毛细现象	205
§ 12-5 液晶	207
§ 12-6 气体的状态参量	208

§ 12-7 气体的等温变化	213
§ 12-8 气体的等容变化	217
§ 12-9 理想气体定律	221
§ 12-10 气体实验定律的应用	225
§ 12-11 饱和汽和未饱和汽	228
§ 12-12 空气的湿度	230

第一章 力

力学是物理学的一个分科, 主要研究机械运动的规律及其应用. 力学所要解决的主要问题是力和运动的关系. 本章我们在复习初中所学有关力学知识的基础上, 进一步学习力的知识, 以加深对力的理解.

§ 1-1 力

一、力是物体对物体的作用

从生产和生活经验我们知道, 当一个物体受到力的作用时, 一定有另外的物体施加这种作用. 施加力的作用的物体, 叫做施力物体; 受到力的作用的物体, 叫做受力物体. 施力物体和受力物体中, 缺少任何一个, 也不会有力的作用. 例如, 手提水桶, 手对水桶施了力, 同时, 水桶对手也有力的作用; 磁铁吸引铁钉, 磁铁对铁钉施了力, 同时, 铁钉对磁铁也有力的作用. 可见, 力是物体对物体的作用.

需要指出的是: 只要有力发生, 就一定有施力物体和受力物体. 有时为了方便, 只说物体受到了力, 而没有指明施力物体, 但施力物体一定是存在的.

总之, 产生力的作用时, 总是有两个物体, 力不能脱离施力物体和受力物体而单独存在.

二、力是矢量

力是有大小的. 我们在初中学过, 力的大小可以用测力计来测量. 图 1-1 是实验室常用的测力计. 在国际单位制中, 力的单位是牛顿, 简称牛, 符号是 N.

力不但有大小, 而且有方向. 物体受到的重力方向是竖直向下的, 物体在液体中受到浮力的方向是竖直向上的. 力的方向不同, 其作用效果也不同. 用力拉弹簧, 弹簧就伸长; 用反方向的力压弹簧, 弹簧就缩短. 作用在运动物体上的力, 如果方向与运动方向相同, 将推动物体向前运动; 如果方向与运动方向相反, 将阻碍物体的运动. 可见, 要把一个力清楚地表达出来, 除了要说明力的大小外, 还要指明力的方向.

力的方向可以从它产生的作用来判断. 例如, 马拉车的力向前, 手提水桶的力向上, 铁球受到磁铁的吸引力指向磁铁的磁极, 如图 1-2 所示.

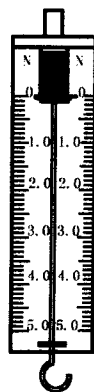


图 1-1

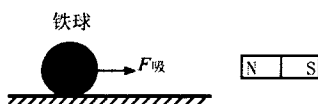


图 1-2

在物理学中，像力这样，既有大小又有方向的量叫做矢量；只有大小没有方向的量叫做标量。如时间、质量、温度等都是只有大小，没有方向的物理量，是标量。

三、力的三要素

力是物体对物体的作用。力的作用效果既与力的大小有关，又与力的方向有关，还与力的作用点有关。例如，手对水桶向上施力时，如果所施加的力小于水桶的重力，就不能把水桶提起来；如果手对水桶所施加的力的方向是水平的，而且作用点在水桶的上部，则将会使水桶翻倒。因此，我们把力的大小、方向、作用点称为力的三要素。

四、力的图示

在研究有关力的问题时，力的大小和方向可以用一条带箭头的线段来表示。线段的长短是按一定比例（标度）画出的，表示力的大小，箭头的指向表示力的方向，箭尾或箭头表示力的作用点，力的方向所沿的直线叫做力的作用线。这种表示力的方法，叫做力的图示。如图 1-3 表示作用在小车上的力为 100N，方向水平向左。

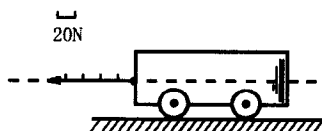


图 1-3

有时为了简便起见，只需要画出力的示意图。即只在图中画出力的方向，表示物体在这个方向上受到了力。

练 习

1. 举出几个例子，说明力是物体对物体的作用。
2. 有人说：“施力物体同时也一定是受力物体”，这句话对吗？试用两三个例子来说明。
3. 画出以下几个力的图示，并指出受力物体和施力物体。
 - (1) 人对车水平向右的推力 250N。
 - (2) 铁锤对钉子竖直向下的打击力 4N。
 - (3) 水对船竖直向上的浮力 3.5×10^5 N。
 - (4) 某人沿着跟水平面成 30° 角的方向用 25N 的力斜向上拉一辆小车。

牛 顿

一、生平简介

牛顿(1643—1727)，英国著名的物理学家、数学家和天文学家，经典力学的创史人，他是十七世纪最伟大的科学巨匠。

1643年1月4日，牛顿诞生于英格兰林肯郡的小镇乌尔斯索普的一个农民家庭。12岁进入离家不远的格兰瑟姆中学。1661年以减费生的身份进入剑桥大学三一学院，1664年成为奖学金获得者，1665年获学士学位。1669年10月27日年仅26岁的牛顿担任卢卡斯讲座的教授。1672年起他被接纳为皇家学会会员，1703年被选为皇家学会主席。

牛顿于1696年谋得造币厂监督职位，1699年升任厂长，1701年辞去剑桥大学工作。1705年受封为爵士。

牛顿晚年患有膀胱结石、风湿等多种疾病，于1727年3月30日深夜在伦敦去世，葬在威斯特教堂，终年84岁。人们为了纪念牛顿，特地用他的名字来命名力的单位，简称“牛”。

二、科学成就

牛顿一生对科学事业所做的贡献，遍及物理学、数学和天文学等领域。

1. 创立了经典力学的基本体系。
2. 致力于光的颜色和光的本性的研究，作出了重大贡献。
3. 在数学方面，总结和发展了前人的研究成果，提出了“流数法”，建立了二项式定理，创立了微积分。
4. 在天文学方面，发现了万有引力定律，设计制作了反射望远镜，并且用它初步观察到了行星运动的规律。

三、趣闻轶事

1. 关于苹果落地的故事

一个偶然的事件往往能引发一位科学家思想的闪光。

1666年夏末的一个傍晚，在英格兰林肯郡乌尔斯索普，牛顿腋下夹着一本书走进他母亲家的花园里，坐在一棵树下。当他翻动书页时，头顶的树枝中有样东西晃动起来。一只历史上最著名的苹果落了下来，打在23岁的牛顿的头上，

恰巧在那天，牛顿正苦苦思索着一个问题：是什么力量使月球保持在环绕地球运行的轨道上，以及使行星保持在其环绕太阳运行的轨道上？为什么这只打中他脑袋的苹果会坠落到地上？正是从思考这一问题开始，他找到了这些问题的答案——万有引力理论。

2. 科学研究的痴情

牛顿对于科学研究专心到痴情的地步。据说有一次牛顿煮鸡蛋，他一边看书一边干活，糊里糊涂地把一块怀表扔进了锅里，等水煮开后，揭盖一看，才知道错把怀表当鸡蛋煮了。还有一次，一位来访的客人请他估价一个棱镜。牛顿一下就被这个可以用作科学研究的棱镜吸引住了，毫不迟疑地回答说：“它是一件无价之宝！”客人看到牛顿对棱镜垂涎三尺，表示愿意卖给他，还故意要了一个高价。牛顿立即欣喜地把它买了下来，管家老太太知道了这件事，生气地说：“咳，你这个笨蛋，你只要照玻璃的重量折一个价就行了！”

§ 1-2 重力

在物理学中,按照力的性质分类,力学中常见的力有:重力、弹力和摩擦力.我们知道的拉力、压力、支持力、动力、阻力等,是根据力的作用效果来命名的.效果不同的力,性质可以相同.例如,压力和支持力都是弹力,只是效果不同.性质不同的力,效果可以相同,例如不论是什么性质的力,只要效果是加快物体的运动的,就可以称它为动力;效果是阻碍物体运动的,就可以称它为阻力.今后我们还会遇到更多根据力的作用效果来命名的力.本节我们就来学习重力.

一、重力

地球上的一切物体都会受到地球的吸引力作用,这种由于地球的吸引而使物体受到的力叫做重力.通常用 G 表示.重力的大小也可以说成重量.例如,一个物体受到 10N 的重力,也可以说这个物体的重量是 10N .

重力不但有大小,而且有方向.悬挂物体的绳子静止时总是竖直下垂的,由静止开始落向地面的物体总是竖直下落的,可见,重力的方向总是竖直向下的.

物体所受重力 G 的大小跟物体的质量 m 成正比,用关系式表示为

$$G = mg$$

式中 $g = 9.8\text{N/kg}$.以后我们会知道,式中的 g 叫做重力加速度.在地面附近,通常取 $g = 9.8\text{ m/s}^2$.

上面的关系式表示,质量为 1 kg 的物体受到的重力是 9.8 N .这样,我们在已知物体质量的情况下,很容易计算出物体受到的重力.

另外,物体所受重力的大小,可以用测力计测出.物体静止时对测力计的拉力或压力等于它的重力,如图 1-4 所示.物体在静止的情况下,对竖直悬挂绳的拉力或对水平支持物的压力的大小也等于物体受到的重力.

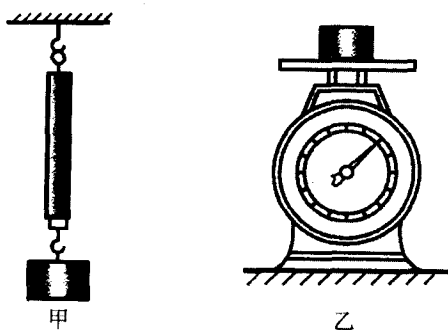


图 1-4 测力计

二、重心

一个物体的各个部分都要受到重力的作用. 从效果上看, 我们可以认为各部分受到的重力集中作用在一点, 这一点叫做物体的重心.

质量分布均匀的物体, 重心的位置只跟物体的形状有关. 如果其形状有规则, 重心就在它的几何中心上. 例如, 均匀球体的重心在球心, 均匀圆环的重心在环心处. 图 1-5 示出了几种不同形状物体的重心位置.

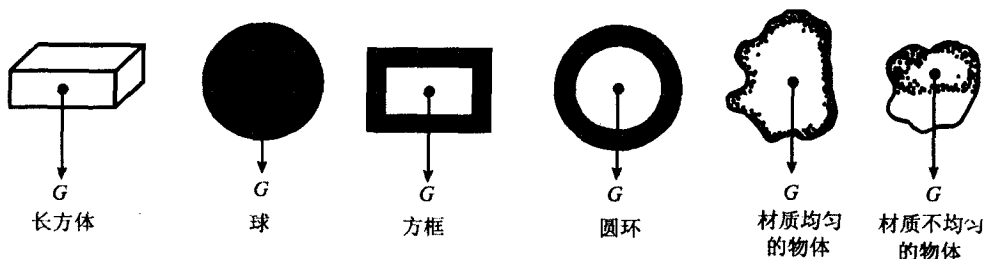


图 1-5 物体的重心

质量分布不均匀的物体, 重心的位置除了跟物体的形状有关外, 还跟物体内部质量的分布有关. 例如, 载重汽车的重心随着装货多少和装载位置而变化, 如图 1-6 所示.

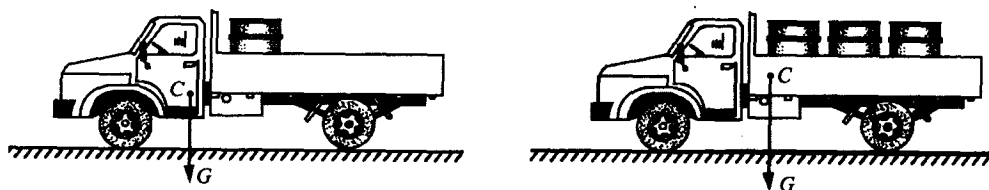


图 1-6

小实验

用悬挂法求薄板重心

对于质量分布不均匀、形状不规则的物体来说, 其重心可以用悬挂法求出. 同学们可以照图 1-7 所示, 求出薄板的重心.

先用绳子系住物体的 A 点把物体悬挂起来, 当物体处于平衡时, 由二力平衡条件知道, 物体所受的重力跟悬绳的拉力在同一条直线上, 所以物体的重心一定在通过 A 点的竖直线 AB 上, 用铅笔过 A 点沿着竖直方向画一条直线 AB. 然后, 用绳子系住物体的 D 点把物体悬挂起来, 同样可以知道, 物体的重心一定在通过 D 点的竖直线 DE 上, 用铅笔过 D 点沿着竖直方向画一条直线 DE. AB 和 DE 的交点 C, 就是薄板重心的位置.

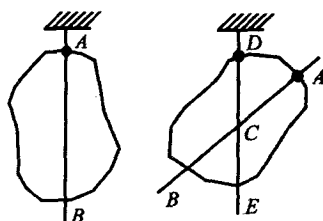


图 1-7 悬挂法求物体重心

练习

1. 画出图 1-8 几个物体所受重力的图示。

- (1) 静止在桌面上的重量为 6N 的书本(图 1-8 甲)。
- (2) 正在起飞中的质量为 10t 的飞机(图 1-8 乙)。
- (3) 正在下落的质量为 50g 的小球(图 1-8 丙)。

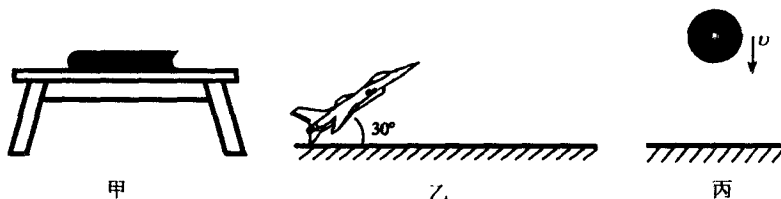


图 1-8

2. 重 30N 的物体静止放置在斜面上, 图 1-9 中的哪个图正确地画出了它所受的重力方向?

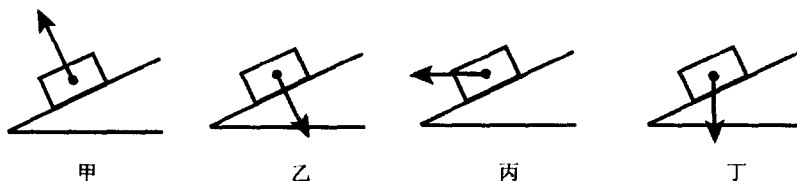


图 1-9

3. 重量为 10N , 质量分布均匀的等厚正三角形薄板, 被一根细绳系着一个角悬吊起来处于静止状态, 试标出薄板重心的位置. 并根据初中学过的二力平衡条件, 求出绳子对薄板作用力的大小和方向, 画出薄板受力的图示。

§ 1-3 弹力

一、弹性形变和弹力

物体的形状或体积的改变,叫做形变.发生形变的物体,由于要恢复原状,对跟它接触的物体会产生力的作用.这种力叫做弹力,弹力的作用到处可见.例如,被拉长或压缩的弹簧对跟它接触的小车产生力的作用,可以使小车运动起来,如图 1-10 所示.被压弯的细木棍或细竹竿对跟它接触的圆木产生力的作用,可以把圆木推开,如图 1-11 所示.发生弯曲的跳板对跟它接触的运动员产生力的作用,可以把运动员弹起来,如图 1-12 所示.

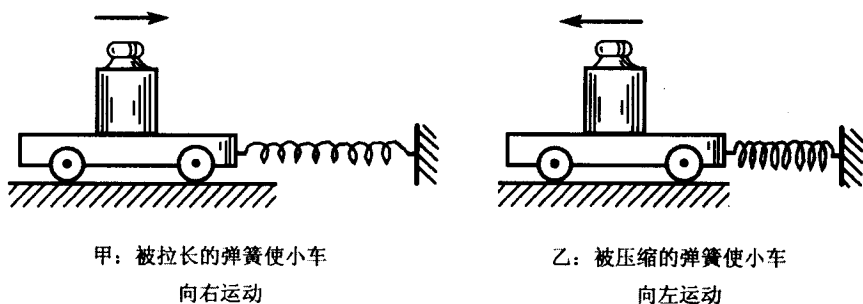


图 1-10

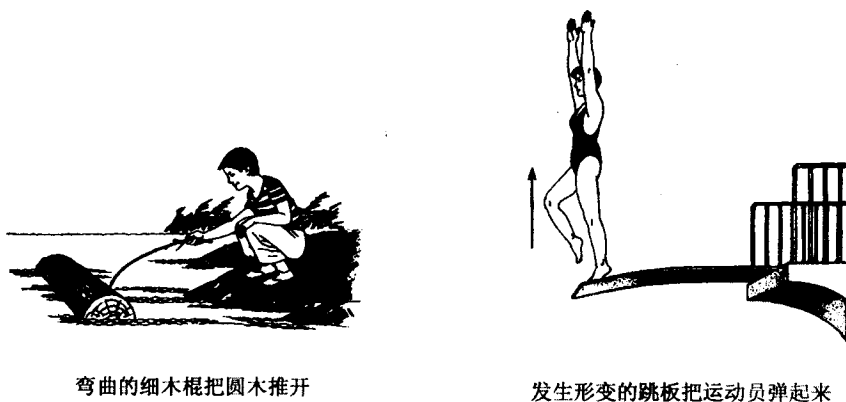


图 1-11

图 1-12

如果形变过大,超过了一定限度,物体的形状将不能完全恢复,这个限度叫做弹性限度.超过了弹性限度,发生形变的物体就不能再恢复原状.当外力消失后,仍能恢复原来的形状的形变,叫做弹性形变.

不仅细木棍、弹簧等能发生形变,任何物体都能发生形变,不能发生形变的物体是不存在的,不过有的形变明显,可以直接看出;有的形变极其微小,要用仪器才能显示出来.

例如，把物体挂在弹簧上，弹簧伸长，对被挂物体产生向上的弹力。把物体挂在细线上，细线也伸长，对被挂物体产生向上的弹力，只是细线的伸长很微小，直接观察不到。再如，放在桌面上的书，压在桌面上，使桌面受到向下的压力而发生微小形变。发生形变的桌面对书产生向上的弹力，这就是桌面对书的支持力 F_N ，如图 1-13 所示。

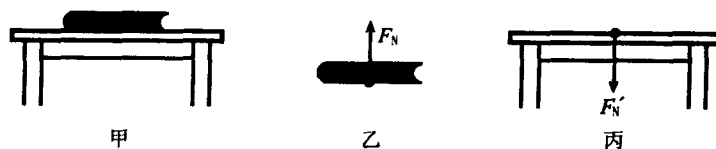


图 1-13

可见，弹力发生在互相接触并发生形变的物体之间。通常所说的压力和支持力都是弹力，压力的方向总是垂直于支持面，指向被压的物体；支持力的方向总是垂直于支持面，指向被支持的物体。拉力也是弹力。绳子对物体的拉力是绳对所拉物体的弹力，方向沿着绳指向绳收缩的方向，如图 1-14 所示。

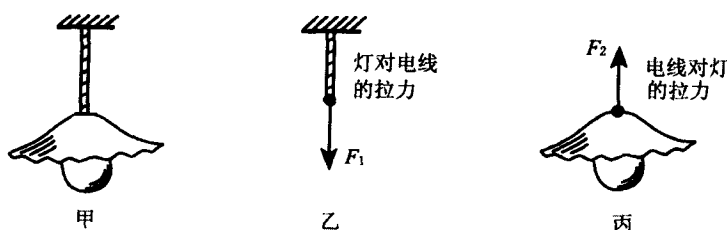


图 1-14

弹力的大小跟物体的材料和形变的大小有关。在弹性限度内，形变越大，弹力也越大，形变消失，弹力就随着消失。对于拉伸形变（或压缩形变）来说，伸长（或缩短）的长度越大，产生的弹力就越大。例如弹簧伸长或缩短的长度越大，弹力就越大。对于弯曲形变来说，弯曲得越厉害，产生的弹力就越大。例如射箭时，把弓拉得越满，形变越大，弹力也越大，箭就射出得越远。如图 1-15 所示，用力扭横杆，可以使金属丝发生扭转变形，扭转的越厉害，产生的弹力就越大。

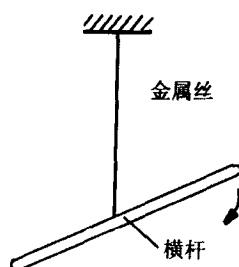


图 1-15 扭转变形

二、胡克定律

弹簧产生的弹力是最常见、最简单的弹力. 下面, 我们通过实验来研究弹簧的弹力跟弹簧伸长量之间的关系.

如图 1-16 所示, 把一根弹簧悬挂起来, 测出弹簧的原长度. 给弹簧挂上 1 个钩码. 这时弹簧的弹力跟钩码所受重力相等. 再量出弹簧伸长后的长度.

然后再分别给弹簧挂上 2 个、3 个质量相同的钩码, 重复上述操作.

实验表明, 在弹性限度内, 弹簧发生伸长形变时, 弹力的大小跟它伸长的长度成正比; 弹簧发生压缩形变时, 弹力的大小跟它缩短的长度成正比.

可见, 在弹性限度内, 弹力的大小跟物体形变的大小成正比. 例如, 弹簧发生形变时, 弹力用 F 表示, 弹簧伸长(或缩短)的长度用 x 表示, 上述规律可以用公式表示为

$$F = kx$$

式中的 k 叫做劲度系数, 简称劲度. 在国际单位制中, 力的单位是牛顿, 符号是 N , 长度的单位是米, 符号是 m , 所以劲度系数的单位是牛顿每米, 符号是 N/m .

劲度系数与金属丝的材料、粗细, 弹簧的长度、直径都有关系. 不同弹簧的劲度系数一般是不同的.

上述规律是英国物理学家胡克(1635—1703)在 1660 年发现的, 叫做胡克定律.

例题: 测力计是根据胡克定律制成的. 某测力计弹簧的自然长度为 5cm , 劲度系数为 600N/m . 当用它称某一重物时, 弹簧伸长到 8cm . 求物体的重量.

解: 测力计的原长 $l_0 = 5\text{ cm}$, 伸长后的长度 $l = 8\text{ cm}$, 劲度 $k = 600\text{ N/m}$. 弹簧伸长的长度 $x = l - l_0$, 如图 1-17 所示.

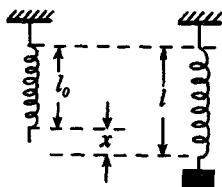


图 1-17

根据胡克定律 $F = kx$ 知道, 弹簧的弹力的大小

$$\begin{aligned} F &= k(l - l_0) \\ &= 600 \times (8 - 5) \times 10^{-2} \\ &= 18\text{ N} \end{aligned}$$

由于弹簧的弹力等于所称物体受到的重力, 所以该物体的重量是 18 N .

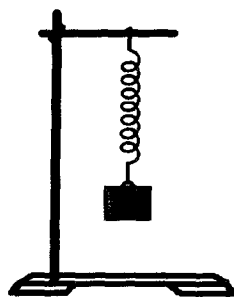


图 1-16