



全国煤炭高职高专“十一五”规划教材

# 应用物理

## 基 础

主 编 穆丽娟  
车金桐  
高林中

煤炭工业出版社

全国煤炭高职高专“十一五”规划教材

# 应用物理基础

主编 穆丽娟 车金桐 高林中

煤炭工业出版社

·北 京·

## 内 容 提 要

本书为全国煤炭高职高专“十一五”规划教材之一。

全书共分十六章,内容包括:力、直线运动、牛顿运动定律、曲线运动、万有引力定律、功和能、机械振动、机械波、分子动理论、热量和内能、静电场、恒定电流、磁场、电磁感应、电磁振荡、电磁波、几何光学、光的本性、原子和原子核基础以及学生实验,附有国际单位制、部分中英文名词对照表,以方便学生学习使用。

本书是煤炭高等职业技术学院及高等专科学校物理通用教材,也可作为中等专业学校、技工学校、成人高校的物理教材或参考书,亦可供初、高级技术人员、中学教师 and 自学青年学习参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

应用物理基础/穆丽娟,车金桐,高林中主编. —北京:  
煤炭工业出版社,2007.7

ISBN 978-7-5020-3150-3

I. 应… II. ①穆…②车…③高… III. 应用物理学—  
高等学校:技术学校—教材 IV. O59

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 106420 号

煤炭工业出版社 出版  
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)  
网址: [www.cciph.com.cn](http://www.cciph.com.cn)  
环球印刷(北京)有限公司 印刷  
新华书店北京发行所 发行

\*  
开本 787mm×1092mm<sup>1</sup>/<sub>16</sub> 印张 22  
字数 520 千字 印数 1—5,000  
2007 年 7 月第 1 版 2007 年 7 月第 1 次印刷  
社内编号 5951 定价 42.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换

# 全国煤炭高职高专基础课程类“十一五”规划教材

## 编审委员会

主 任：杨及耕

副 主 任：苗耀华 邱雨生 徐 强 冷德军

委 员（以姓氏笔画为序）：

|     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 马 武 | 王 宁 | 王 杰 | 王国廷 | 王福和 |
| 王晓玲 | 车金桐 | 白秀琴 | 白春盛 | 冯素芬 |
| 许 峰 | 郑世玲 | 闫建国 | 李宇伟 | 李朝雯 |
| 李建华 | 李燕凤 | 李秀珍 | 季 春 | 武振琦 |
| 张定海 | 张秀琴 | 张素芳 | 张海泉 | 杜彦鹏 |
| 吴春蕾 | 陈贵仁 | 赵灵绸 | 赵文茹 | 赵光耀 |
| 侯路山 | 贾书申 | 徐泽光 | 高林中 | 塔怀锁 |
| 韩国廷 | 缪煌熔 | 穆丽娟 | 籍拴贵 |     |

# 前 言

本书为全国煤炭高职高专“十一五”规划教材,由中国煤炭教育协会与中国矿业大学(北京)教材编审室共同组织编写。

本教材从职业教育对物理知识、能力和素质的要求出发,结合学生的知识水平和接受能力,选择编写内容;注重联系工程技术和实际,适当展示物理学与高新技术的关系,注重渗透物理学所体现的科学精神与科学方法。

本教材充分体现“实用为主,够用为度,应用为本”的特色。对物理概念和规律的引入,只作定性分析,不作过多的理论推导;知识面宽,内容有新意,拓宽了与技术应用相关的知识点;适当介绍了与物理学相关的现代科学技术。

本教材力求做到科学性、新颖性和趣味性相结合,可读性和实用性较强。

除了基本教学内容外,本教材还选编了以下内容,作为对知识面的扩展:

物理学家:介绍著名物理学家,旨在培养学生正确的价值观,增强社会责任感。

阅读:拓展与课堂知识相关的内容,介绍与物理相关的高新技术,以激发学生学习兴趣。

小实验:培养学生的感悟能力、动手能力和创新能力。

本教材为高职高专院校物理教学用书,也可作为成人高职高专院校、中等专业学校和技工学校的物理教学用书。

本教材共十六章,并有配套的学生实验。本教材由穆丽娟、车金桐、高林中担任主编,曹茂盛、许峰、周世春、陈晋担任副主编。参加编写的有:山西煤炭职业技术学院高林中(第一章、学生实验部分),长治职业技术学院王大林(第二、十六章),山西建筑职业技术学院阎霄霞(第三章),山西工贸学校李水龙(第四章),平顶山工业职业技术学院许峰(第五章)、王广云(第六章)、冯小妞(第七章),长治职业技术学院曹茂盛(第八章),山西煤炭职业技术学院穆丽娟(第九、十章),石家庄工程技术学校车金桐(第十一、十三章),宁夏第一工业学校周世春(第十二章)、骆金洪(第十四章),山西大同大学工学院王存莲(第十五章),河南理工大学高等职业学院刘士合(学生实验部分),北京工业职业技术学院陈晋(学生实验部分)。

本书在编审过程中,得到了山西煤炭职业技术学院、石家庄工程技术学校、平顶山工业职业技术学院、北京工业职业技术学院、长治职业技术学院、宁夏第一工业学校、河南理工大学高等职业学院、山西大同大学工学院、山西建筑职业技术学院、山西工贸学校等院校的大力支持;冷志高老师对全书进行了审读,并提出了宝贵意见,在此,我们一并表示感谢!

由于时间仓促,水平有限,书中难免有不妥之处,恳请读者提出宝贵意见,以便修订时参考。

编 者  
2007年5月

# 目 录

|           |     |
|-----------|-----|
| 绪 论 ..... | (1) |
|-----------|-----|

## 力 学

|                         |      |
|-------------------------|------|
| 第一章 力 .....             | (3)  |
| 第一节 力 重力 .....          | (3)  |
| 第二节 弹 力 .....           | (5)  |
| 第三节 摩擦力 .....           | (8)  |
| 第四节 力的合成 .....          | (11) |
| 第五节 力的分解 .....          | (14) |
| 第六节 共点力的平衡 .....        | (18) |
| 第七节 力矩 力矩的平衡 .....      | (19) |
| 本章小结 .....              | (22) |
| 第二章 直线运动 .....          | (27) |
| 第一节 基本概念 .....          | (27) |
| 第二节 速度 .....            | (29) |
| 第三节 加速度 .....           | (32) |
| 第四节 匀变速直线运动的规律及应用 ..... | (35) |
| 第五节 自由落体运动 .....        | (39) |
| 本章小结 .....              | (42) |
| 第三章 牛顿运动定律 .....        | (45) |
| 第一节 牛顿第一定律 .....        | (45) |
| 第二节 牛顿第二定律 .....        | (47) |
| 第三节 牛顿第三定律 .....        | (50) |
| 第四节 物体受力分析 .....        | (52) |
| 第五节 牛顿运动定律的应用 .....     | (54) |
| 第六节 超重和失重* .....        | (57) |
| 第七节 动量 动量定理 .....       | (59) |
| 第八节 动量守恒定律 反冲运动 .....   | (63) |
| 第九节 牛顿定律的适用范围 .....     | (68) |
| 本章小结 .....              | (69) |
| 第四章 曲线运动 万有引力定律 .....   | (73) |
| 第一节 曲线运动 .....          | (73) |

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| 第二节 运动的合成和分解 平抛运动·····    | (74)  |
| 第三节 匀速圆周运动·····           | (77)  |
| 第四节 向心力和向心加速度·····        | (79)  |
| 第五节 离心现象及其应用·····         | (82)  |
| 第六节 万有引力定律·····           | (84)  |
| 第七节 人造地球卫星 宇宙速度·····      | (85)  |
| 本章小结·····                 | (86)  |
| <b>第五章 功和能</b> ·····      | (90)  |
| 第一节 功·····                | (90)  |
| 第二节 功率·····               | (93)  |
| 第三节 功和能·····              | (94)  |
| 第四节 动能 动能定理·····          | (95)  |
| 第五节 重力势能·····             | (98)  |
| 第六节 机械能守恒定律·····          | (100) |
| 本章小结·····                 | (103) |
| <b>第六章 机械振动 机械波</b> ····· | (106) |
| 第一节 简谐运动·····             | (106) |
| 第二节 单摆和单摆的周期·····         | (108) |
| 第三节 共振现象·····             | (111) |
| 第四节 机械波·····              | (113) |
| 第五节 波的干涉和衍射·····          | (115) |
| 第六节 超声波 噪声·····           | (117) |
| 本章小结·····                 | (119) |

## 热 学

|                        |       |
|------------------------|-------|
| <b>第七章 分子动理论</b> ····· | (121) |
| 第一节 基本概念·····          | (121) |
| 第二节 物态的变化·····         | (124) |
| 第三节 气体的状态参量·····       | (127) |
| 第四节 理想气体的状态方程·····     | (129) |
| 第五节 饱和汽 空气的湿度·····     | (131) |
| 本章小结·····              | (133) |
| <b>第八章 热量和内能</b> ····· | (136) |
| 第一节 内能 热量·····         | (136) |
| 第二节 热力学第一定律·····       | (138) |
| 第三节 能量守恒定律·····        | (140) |
| 本章小结·····              | (143) |

# 电 磁 学

|                            |       |
|----------------------------|-------|
| <b>第九章 静电场</b> .....       | (145) |
| 第一节 库仑定律 .....             | (145) |
| 第二节 电场 电场强度 .....          | (147) |
| 第三节 电势能 电势 电势差 .....       | (151) |
| 第四节 等势面 电势差与场强的关系 .....    | (154) |
| 第五节 静电场中的导体 .....          | (155) |
| 第六节 电容器 电容 .....           | (158) |
| 第七节 带电粒子在电场中的运动 .....      | (162) |
| 第八节 静电的防止及静电技术的应用 .....    | (165) |
| 本章小结 .....                 | (167) |
| <b>第十章 恒定电流</b> .....      | (170) |
| 第一节 电流 .....               | (170) |
| 第二节 电阻定律 电阻率 .....         | (172) |
| 第三节 电功 电功率 .....           | (174) |
| 第四节 电阻的连接 .....            | (176) |
| 第五节 闭合电路欧姆定律 .....         | (178) |
| 第六节 电池组 .....              | (181) |
| 本章小结 .....                 | (184) |
| <b>第十一章 磁场</b> .....       | (188) |
| 第一节 基本概念 .....             | (188) |
| 第二节 磁感应强度 磁通量 .....        | (193) |
| 第三节 磁场对通电导线的作用力 .....      | (196) |
| 第四节 磁场对运动电荷的作用力 .....      | (198) |
| 本章小结 .....                 | (201) |
| <b>第十二章 电磁感应</b> .....     | (205) |
| 第一节 电磁感应现象 .....           | (205) |
| 第二节 楞次定律 .....             | (207) |
| 第三节 法拉第电磁感应定律 .....        | (210) |
| 第四节 互感和自感 .....            | (214) |
| 第五节 交流电 .....              | (219) |
| 本章小结 .....                 | (223) |
| <b>第十三章 电磁振荡 电磁波</b> ..... | (227) |
| 第一节 电磁振荡 .....             | (227) |
| 第二节 电磁场 电磁波 .....          | (229) |
| 第三节 电磁波的发射和接收 .....        | (231) |
| 第四节 传真 电视 雷达 .....         | (234) |

|            |       |
|------------|-------|
| 本章小结 ..... | (238) |
|------------|-------|

## 光 学

|                      |       |
|----------------------|-------|
| 第十四章 几何光学 .....      | (241) |
| 第一节 光的反射和折射 .....    | (241) |
| 第二节 全反射 .....        | (243) |
| 第三节 透镜成像作图法 .....    | (246) |
| 第四节 成像公式 .....       | (249) |
| 第五节 光学仪器 .....       | (250) |
| 本章小结 .....           | (253) |
| 第十五章 光的本性 .....      | (255) |
| 第一节 光的波动性 .....      | (255) |
| 第二节 光的电磁说 电磁波谱 ..... | (258) |
| 第三节 光的粒子性 .....      | (260) |
| 第四节 光电器件 .....       | (263) |
| 第五节 光的波粒二象性 .....    | (265) |
| 本章小结 .....           | (266) |

## 近代物理

|                     |       |
|---------------------|-------|
| 第十六章 原子和原子核基础 ..... | (270) |
| 第一节 光谱 光谱分析 .....   | (270) |
| 第二节 原子模型 .....      | (272) |
| 第三节 天然放射性 .....     | (275) |
| 第四节 原子核的组成 .....    | (277) |
| 第五节 核能 裂变 聚变 .....  | (279) |
| 本章小结 .....          | (282) |

## 学生实验

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| 学生实验必读 .....              | (284) |
| 实验一 规则物体密度的测定 .....       | (288) |
| 实验二 验证力的平行四边形定则 .....     | (292) |
| 实验三 用气垫导轨测平均速度和瞬时速度 ..... | (294) |
| 实验四 用气垫导轨测加速度 .....       | (298) |
| 实验五 验证牛顿第二定律 .....        | (299) |
| 实验六 验证动量守恒定律 .....        | (302) |
| 实验七 验证机械能守恒定律 .....       | (304) |

|                               |       |
|-------------------------------|-------|
| 实验八 研究单摆的振动周期 测定重力加速度 .....   | (306) |
| 实验九 验证理想气体状态方程 .....          | (308) |
| 实验十 电场中等势线与电场线的测绘 .....       | (310) |
| 实验十一 伏安法测定导体的电阻 .....         | (312) |
| 实验十二 测电源电动势和内阻 .....          | (315) |
| * 实验十三 电源的输出功率 .....          | (317) |
| * 实验十四 扩大电表的量程 .....          | (319) |
| 实验十五 用多用表测量直流电压、电流和电阻 .....   | (321) |
| 实验十六 示波器的使用 .....             | (324) |
| 实验十七 楞次定律 .....               | (326) |
| 实验十八 测定玻璃的折射率 .....           | (328) |
| 实验十九 测定凸透镜焦距并研究凸透镜的成像规律 ..... | (330) |
| * 实验二十 观察光的干涉和衍射 .....        | (333) |
| 主要参考文献 .....                  | (335) |
| 附录 .....                      | (336) |

# 绪 论

## 一、物理学研究的对象

物理学是研究物质结构和运动基本规律的学科。物理学有许多分科,如力学、热学、电磁学、光学、统计物理学、量子力学、原子和原子核物理学、凝聚态物理学、粒子物理学等。物理学的研究范围非常广阔。

## 二、物理学的地位和作用

物理学是自然科学的基础之一。物理学的研究成果和研究方法,在自然科学的各个领域中都起着重要的作用。

研究化学、生物学、天文学、地质学、气象学等都需要物理学,并与物理学形成了一些交叉学科,如生物物理、地球物理、物理化学等。当前科学中最活跃、最令人关注的课题如生命科学、宇宙起源、材料科学等都与物理学的研究成果和研究方法密切相关。

物理学是现代技术的基础。许多高新技术如航天与空间技术、电子与计算机技术、现代通信技术、激光技术、生物技术、现代医疗技术等的发展都与物理学密不可分。

物理学对推动社会发展具有重要作用。物理学作为科学技术的基础,对人类社会的发展起着十分重要的作用。物理学研究的重大突破,每每促进生产技术的飞跃进展,推动了人类社会的发展。

由于力学和热学的发展,从18世纪开始,各种动力设备相继问世。蒸汽机的使用,促进了手工生产向机械化大生产的直接转变,并使陆上和海上较大规模的长途运输成为可能,大大推动了社会发展。

19世纪后半叶,电流磁效应和电磁感应规律的发现,很快促成了商用发电机、电动机的发明和创造,给生产和生活带来深刻的影响,使人类社会进入了电的时代。现在人类社会已时刻离不开电了。

电磁波的发现极大地丰富了信息传递的手段,声、电、磁、光四种信号之间可转换性的陆续发现,促进了电话、广播、电视、传真、光纤等系列技术的采用。

20世纪中叶,半导体理论成果,使得微电子技术和信息储存技术飞速发展,再加上计算机的自动、高速、准确的信息处理功能,终于造就了现代信息产业的高度繁荣以及机器人产业的崛起。

20世纪,原子核物理学的研究向人们展示了新的能源——核能,人类社会已经进入了核能时代,许多国家都建起了核能发电站。目前核能发电量已达到世界总发电量的30%。

迄今为止的大多数工程技术,包括航空航天技术都还是以经典物理学为基础的,许多新材料(磁性材料、超导体)、新工艺(辐射加工)、新仪器(电子显微镜)、新能源(核能)的开发和利用,密切地依赖于以相对论和量子力学为基础的近代物理学。

工程技术人员就是要经济地创造性地利用能源和设备,把原材料转化成社会所需的产品,任何机器设备、任何工艺过程都需要用到物理学,要掌握现代生产技术,就必须具备一定

的物理知识。

### 三、怎样学好物理学

#### 1. 重视观察和实验

物理知识来源于实践,特别是来源于观察和实验。要认真观察物理现象,分析物理现象产生的条件和原因。要认真做好实验,学会使用仪器和处理数据,了解用实验研究问题的基本方法。要通过观察和实验,有意识地提高自己的观察能力和实验能力。

#### 2. 重在理解

学习物理,应该对基本概念和基本规律的内涵有确切的理解,切忌死记硬背。物理知识是在分析物理现象的基础上通过抽象、概括得来的,或者是经过推理得来的。获得知识,要有一个科学思维的过程。不重视这个过程,头脑里只剩下一些干巴巴的公式和条文,就不能真正理解知识,思维也得不到训练。要重在理解,有意识地提高自己的科学思维能力。

#### 3. 学会运用知识

学到的知识,要善于应用到实际中去。运用的范围很广,包括解释现象、讨论问题、设计实验、吸取新知识、解决物理问题等等。不注意知识的运用,学到的知识就是死的、不丰满的,不能在运用中学会分析问题的方法。要在不断的运用中,扩展和加深自己的知识,学会对具体问题具体分析,提高分析和解决问题的能力。

#### 4. 做好练习

做练习是学习物理知识的一个环节,是运用知识的一个方面,可以加深理解,融会贯通。切忌死套公式,要通过解题过程的逻辑推理训练,提高分析问题和解决问题的能力。

# 力 学

力学是物理学的基础,它将引导我们进入物理世界。我们要学好力学知识,为学习物理课程打好基础,更为深入学习工程技术的基础课程和专业课程奠定基础。

## 第一章 力

自然界有许多种力。本章将具体研究机械运动中常见的三种力——重力、弹力和摩擦力,以及力所遵守的平行四边形定则。

通过本章的学习,我们还将了解到物体在共点力作用下的平衡条件和有固定转动轴物体的平衡条件,了解它们在实际中的应用。

### 第一节 力 重力

#### 一、力

力是物体之间的相互作用。用手提水桶,手对水桶施加了力,同时我们感到水桶向下拉手,即水桶对手也施加了力。用手压弹簧,手对弹簧施加了力,同时弹簧对手也施加了力。汽锤锻打工件,汽锤对工件施加了力,同时工件对汽锤也施加了力。

一个物体受到力的作用,一定有另外的物体施加这种作用。前者是受力物体,后者是施力物体。只要有力发生,就一定有受力物体和施力物体。有时为了方便,我们只说物体受到了力,而没有指明施力物体,但施力物体一定是存在的。

力的大小可以用测力计(弹簧秤)来测量。在国际单位制中,力的单位是牛顿,简称牛,用符号  $N$  表示。

力不但有大小,而且有方向。弹簧受到的拉力和压力是方向不同的作用力,它们分别会使弹簧伸长和压缩。物体受到的重力是竖直向下的,物体在液体中受到的浮力是竖直向上的。作用在运动物体上的力的方向,如果与运动方向相同,物体的运动将加快;如果与运动方向相反,运动将减慢。可见,要把一个力完全表达出来,除了力的大小,还要指明力的方向。力的作用位置叫做力的作用点。

力的大小、方向和作用点构成力的三要素。

#### 二、力的图示

力可以用一根带箭头的线段来表示。线段是按一定比例(标度)画出的,它的长短表示力的大小,它的指向表示力的方向,箭头或箭尾(一般是箭尾)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。

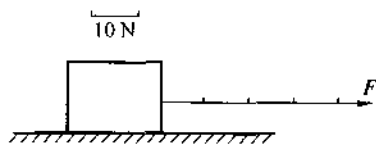


图 1.1 表示作用在物体上的力  $F$ , 方向是水平向右,

图 1.1

大小为 50 N。

### 三、力的种类

按力的性质分类,力学中经常遇到的有重力、弹力和摩擦力。按力的作用效果来分类,可以将力分为拉力、压力、支持力、动力和阻力等。

作用效果不同的力,性质可以相同。压力和支持力都是弹力,只是作用效果不同。性质不同的力,作用效果可以相同。不论是什么性质的力,只要使物体的运动加快,就可以称它为动力;使物体的运动减慢,就可以称它为阻力。根据力的作用效果,今后我们还将接触到其他一些力。

### 四、重力

人类世世代代生活在地球上,从地上跳起来,还要落下;就连空气也只能分布在地球的上空,不会脱离地球而散布到宇宙空间去。这一切都是因为地球对其周围的各种物体有吸引力,并且地球不需要跟这些物体接触就能吸引它们。

地球上的一切物体都受到地球的吸引。这种由于地球的吸引而使物体受到的力,叫做重力。

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,可见重力的方向是竖直向下的。

重力的大小可以用弹簧秤测出。用悬绳挂着的静止物体,用静止的水平支持物支持的物体,对竖直悬绳的拉力或对水平支持物的压力,大小都等于物体受到的重力。质量为  $m$  的物体所受的重力  $G$  为

$$G = mg \quad (1.1)$$

式中,  $g = 9.8 \text{ N/kg}$ , 表示质量是 1 kg 的物体受到的重力是 9.8 N。

一个物体受到 10 N 的重力,也可以说这个物体的重量是 10 N。

### 五、重心

物体上的每一个部分,都要受到重力的作用。从效果上看,我们可以把重力看成集中作用于物体的一点上,并把这个点叫做重心。

质量分布均匀的物体,重心位置只取决于物体的形状。形状规则的均匀物体,其重心位于物体的几何中心。均匀球体的重心在球心,均匀细直棒的重心在棒的中点,均匀圆柱的重心在轴线的中点。如图 1.2 所示。

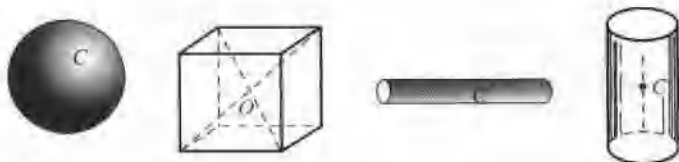


图 1.2

质量分布不均匀物体的重心位置,既跟物体的形状有关,又跟物体内部质量的分布有关。载重汽车的重心随着装货多少和装载位置的变化而变化(图 1.3)。起重机的重心随着提升物的重量和高度而变化。



图 1.3

### 【小实验 1.1】重心的确定

薄板的重心位置可以用悬挂法求出(图 1.4)。在 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直线上,所以物体的重心一定在通过 A 点的竖直线 AB 上。然后在 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。AB 和 DE 的交点 C,就是薄板重心的位置。

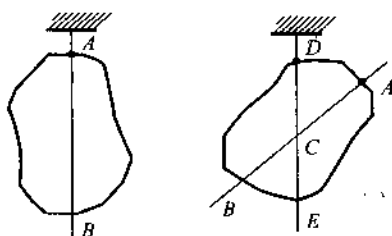


图 1.4

## 练 习 一

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 250 N。
- (2) 铁锤对钉子竖直向下的打击力 400 N。
- (3) 水对船竖直向上的浮力  $3.5 \times 10^5$  N。
- (4) 抛出后在空中飞行的质量  $m = 4$  kg 的铅球所受的重力。

## 第二节 弹 力

### 一、弹力

当小车挤压弹簧时,被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(图 1.5)。当人用细竹竿推动河水中的圆木时,被压弯的细竹竿对跟它接触的圆木产生力的作用,可以把圆木推开(图 1.6)。运动员跳水时,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(图 1.7)。

物体的伸长、缩短、弯曲等,都是物体的形状或体积的改变,叫做形变。任何物体都能发生形变,不能发生形变的物体是不存在的。把物体挂在弹簧上,弹簧将明显伸长;把物体挂在细线上,细线也将伸长,只是细线的伸长很微小,直接观察不到,要用仪器才能显示出来。

发生形变的物体,由于要恢复原状,就对跟它接触、使它发生形变的物体产生力的作用,这种力叫做弹力。

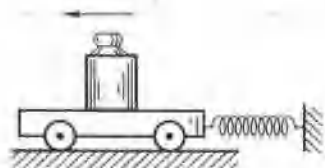


图 1.5



图 1.6



图 1.7

如果物体的形变过大,超过了一定的限度,撤销作用力后,它就不能完全恢复原状了,这个限度叫做**弹性限度**。在外力停止作用后能够恢复原状的形变叫做**弹性形变**。物体超过弹性限度的形变就不再是弹性形变了。通常情况下,没有特别说明,物体所发生的形变,我们都可以认为它是弹性形变。弹力产生在直接接触并发生形变的物体之间。

用绳把桶悬挂起来,桶会把绳向下拉,绳就发生了弹性伸长,绳就对桶作用了向上的弹力,也就是通常所说的拉力。放在水平桌面上的书,由于重力的作用而压迫桌面,使书和桌面同时发生微小的形变。书由于发生微小的形变,对桌面产生垂直于桌面向下的弹力  $F_1$ ,这就是书对桌面的压力;桌面由于发生微小的形变,对书产生垂直于书面向上的弹力  $F_2$ ,这就是桌面对书的支持力(图 1.8)。拉力、支持力、压力都是弹力。

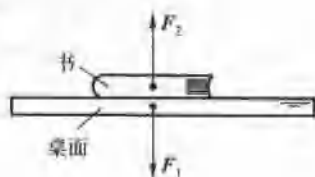


图 1.8

压力的方向垂直于支持面而指向被压的物体,支持力的方向垂直于支持面而指向被支持的物体。绳的拉力的方向总是沿着绳而指向绳收缩的方向。

## 二、胡克定律

弹力的大小跟施力物体的形变大小有关系,形变越大,弹力越大,形变消失,弹力就随着消失。对于拉伸或压缩形变,伸长或缩短的长度越大,产生的弹力就越大。对于弯曲形变,弯曲得越厉害,产生的弹力就越大。把弓拉得越满,箭就射出得越远。用力扭横杆,可以使金属丝发生扭转变形(图 1.9)。扭转得越厉害,产生的弹力就越大。

实验表明,在弹性限度内,弹簧弹力  $F$  的大小跟弹性形变的长度(伸长或压缩的长度)  $x$  成正比。这个规律叫做**胡克定律**,用公式表示为

$$F = kx \quad (1.2)$$

式中,  $k$  叫做弹簧的**劲度系数**,单位是牛/米(N/m)。

$k$  在数值上表示弹簧每单位长度的形变所产生的弹力大小。不同材料,不同形状的弹簧,劲度系数一般不同。火车车厢下粗大的弹簧,劲度系数很大;自动化仪表、器件中纤细的弹簧,劲度系数很小。

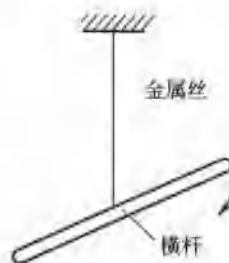


图 1.9

通常情况下我们可以认为,在弹性限度内,某一弹簧的劲度系数不随其所发生的形变大小而变化。

**[例 1.1]** 一根弹簧被从 5 cm 拉长到 7 cm 时,由于弹性形变产生的弹力为 400 N,它的劲度系数是多少? 如果再把它拉长到 8 cm,劲度系数又是多少? 它在 8 cm 长度时能产生多大的弹力?

**解** 已知弹簧原长  $l_0 = 5 \text{ cm} = 0.05 \text{ m}$ , 弹簧被拉长到  $l_1 = 7 \text{ cm} = 0.07 \text{ m}$  时,产生的弹力  $F_1 = 400 \text{ N}$ 。

(1)  $F_1 = 400 \text{ N}$  的弹力所对应的形变

$$x_1 = l_1 - l_0 = (0.07 - 0.05) \text{ m} = 0.02 \text{ m}$$

所以由胡克定律  $F = kx$  得劲度系数

$$k = \frac{F_1}{x_1} = \frac{400}{0.02} \text{ N/m} = 2 \times 10^4 \text{ N/m}$$

(2) 同一根弹簧的劲度系数不变,所以弹簧伸长到 8 cm 时,劲度系数仍为  $2 \times 10^4 \text{ N/m}$ 。

(3) 弹簧被拉长到  $l_2 = 8 \text{ cm} = 0.08 \text{ m}$  时的形变为

$$x_2 = l_2 - l_0 = (0.08 - 0.05) \text{ m} = 0.03 \text{ m}$$

由胡克定律  $F = kx$  得其弹力大小为

$$F_2 = kx_2 = 2 \times 10^4 \times 0.03 \text{ N} = 6 \times 10^2 \text{ N}$$

该弹簧的劲度系数是  $2 \times 10^4 \text{ N/m}$ , 它在 8 cm 长度时能产生的弹力是  $6 \times 10^2 \text{ N}$ 。

## 【小实验 1.2】显示微小的弹性显形

图 1.10 和图 1.11 所示为两种显示微小形变的装置,它们能够把微小形变“放大”到可以直接看出来。

在图 1.10 中,将一个大玻璃瓶装满水,把很细的玻璃管穿过瓶塞插入水中。用手按压瓶时,细管中水面会上升;松开手时,管中水面又回到原处。

在图 1.11 中,在大桌面上放置两面平面镜  $M$  和  $N$ ,让一束光依次被这两面镜子反射,最后照射到一个刻度尺上,形成一个光点。用力  $F$  按压桌面时,桌面会发生微小形变,向下

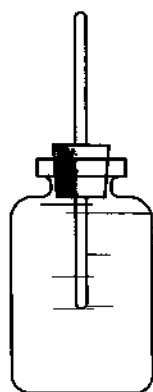


图 1.10

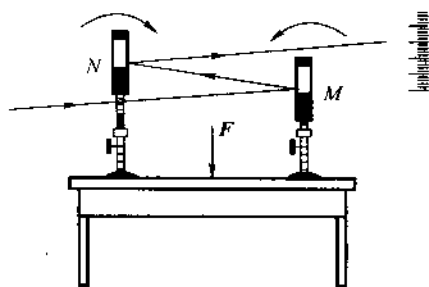


图 1.11