



中等职业教育精品系列教材

ZHONGDENG ZHIYE JIAOYU JINGPIN XILIE JIAOCAI

# 物理

## Wuli

主编 / 闫喜秋



立信会计出版社

LIXIN ACCOUNTING PUBLISHING HOUSE

中等职业教育精品系列教材

# 物理

主 编 闫喜秋

副主编 史立文 李 吟

责任编辑 郭金明  
封面设计 郭金明  
版式设计 郭金明  
文字编辑 郭金明

版 权

出版发行 立信会计出版社  
社址 上海市中山南路33号  
电话 021-64411386  
E-mail: jiaoxue@立信出版社.com  
www.liaxinc.com  
Telp: 021-64411071

ISBN 7-309-04529-8  
定价 18.00元

立信会计出版社

### 图书在版编目(CIP)数据

物理/闫喜秋主编. —上海:立信会计出版社, 2008. 7

(中等职业教育精品系列教材)

ISBN 978-7-5429-2110-9

I. 物… II. 闫… III. 物理课 — 专业学校 — 教材  
IV. G634. 71

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 105213 号

策划编辑 赵新民  
责任编辑 张巧玲  
特约编辑 张柳青  
封面设计 周崇文

### 物 理

---

|      |                   |                        |
|------|-------------------|------------------------|
| 出版发行 | 立信会计出版社           |                        |
| 地 址  | 上海市中山西路 2230 号    | 邮政编码 200235            |
| 电 话  | (021)64411389     | 传 真 (021)64411325      |
| 网 址  | www.lixinaph.com  | E-mail lxaph@sh163.net |
| 网上书店 | www.lixinbook.com | Tel: (021)64411071     |
| 经 销  | 各地新华书店            |                        |

---

|     |                                 |      |
|-----|---------------------------------|------|
| 印 刷 | 立信会计常熟市印刷联营厂                    |      |
| 开 本 | 787 毫米×1092 毫米                  | 1/16 |
| 印 张 | 10.25                           |      |
| 字 数 | 217 千字                          |      |
| 版 次 | 2008 年 7 月第 1 版                 |      |
| 印 次 | 2008 年 7 月第 1 次                 |      |
| 印 数 | 1—3 000                         |      |
| 书 号 | ISBN 978-7-5429-2110-9/O · 0014 |      |
| 定 价 | 16.00 元                         |      |

---

如有印订差错 请与本社联系调换

# 前言

## FOREWORD

本书是根据新颁布的《中等职业学校物理教学大纲(试行)》“2+1”模式编写的。遵循中等职业教育“实际、实用、实效”的原则,凸显职业教育特色。突出夯实基础,强化能力的精神。

我们组织了我校多年从事《物理》教学的一线教师参加本书的编写。在教材的编写上,首先,考虑了我国中等职业教育的现状和中等职业学校学生的认知规律,确保教材内容易于接受。其次,根据不同的专业情况,对内容的安排和繁简进行了统一的优化,做到“为专业服务,知识点够用,实用性增强”。

本教材适合中等职业学校机械、电子、汽车、计算机等各类工科专业使用。考虑到中等职业学校教育现状,教材内容有一定的弹性,可以根据不同专业特点,适当调整学习内容。

本教材共由十二章和实验部分组成。张汉林对本书提出整体策划和编写指导思想,闫喜秋任主编,由史立文、李晗任副主编。具体编写分工为第一章由史立文编写,第二章由徐旭华编写,第三章由赵文堂编写,第四、第六、第七章由杜香翠编写,第五章由杨晓峰编写,第八、第九章由杨超编写,前言、第十章和第十一章由李晗编写,第十二章由文向前编写,学生实验由闫喜秋编写,后期审阅、校对和编排工作由史立文和李晗完成。

由于编者水平有限,书中难免有错误和不足之处,恳请广大读者在使用中提出批评和修改意见。

编者

2008年3月10日

# 目 录

## CONTENTS

### □ 第一章

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 力 物体的平衡 .....           | 001 |
| § 1-1 力 .....           | 001 |
| § 1-2 重力 弹力 摩擦力 .....   | 003 |
| § 1-3 力的合成 .....        | 006 |
| § 1-4 力的分解 .....        | 008 |
| § 1-5 物体受力分析 .....      | 010 |
| § 1-6 共点力作用下物体的平衡 ..... | 012 |
| § 1-7 有固定转动轴物体的平衡 ..... | 013 |
| 本章小结 .....              | 015 |
| 习题 1 .....              | 016 |

### □ 第二章

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 直线运动 .....              | 019 |
| § 2-1 机械运动 .....        | 019 |
| § 2-2 变速直线运动 .....      | 020 |
| § 2-3 匀变速直线运动 加速度 ..... | 022 |
| § 2-4 匀变速直线运动的规律 .....  | 025 |
| § 2-5 自由落体运动 .....      | 027 |
| 本章小结 .....              | 029 |
| 习题 2 .....              | 030 |

### □ 第三章

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 牛顿运动定律 .....          | 032 |
| § 3-1 牛顿第一定律 .....    | 032 |
| § 3-2 物体运动状态的改变 ..... | 033 |
| § 3-3 牛顿第三定律 .....    | 034 |
| § 3-4 牛顿第二定律 .....    | 035 |
| § 3-5 力学单位制 .....     | 038 |
| § 3-6 牛顿运动定律的运用 ..... | 038 |
| 本章小结 .....            | 040 |

## □ 第四章

|            |     |
|------------|-----|
| 习题 3 ..... | 040 |
|------------|-----|

|            |     |
|------------|-----|
| 曲线运动 ..... | 043 |
|------------|-----|

|                    |     |
|--------------------|-----|
| § 4-1 匀速圆周运动 ..... | 043 |
|--------------------|-----|

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| § 4-2 向心力 向心加速度 ..... | 046 |
|-----------------------|-----|

|            |     |
|------------|-----|
| 本章小结 ..... | 048 |
|------------|-----|

|            |     |
|------------|-----|
| 习题 4 ..... | 049 |
|------------|-----|

## □ 第五章

|           |     |
|-----------|-----|
| 机械能 ..... | 050 |
|-----------|-----|

|                 |     |
|-----------------|-----|
| § 5-1 功和能 ..... | 050 |
|-----------------|-----|

|                     |     |
|---------------------|-----|
| § 5-2 动能 动能定理 ..... | 054 |
|---------------------|-----|

|                |     |
|----------------|-----|
| § 5-3 势能 ..... | 057 |
|----------------|-----|

|                     |     |
|---------------------|-----|
| § 5-4 机械能守恒定律 ..... | 058 |
|---------------------|-----|

|            |     |
|------------|-----|
| 本章小结 ..... | 061 |
|------------|-----|

|            |     |
|------------|-----|
| 习题 5 ..... | 062 |
|------------|-----|

## □ 第六章

|               |     |
|---------------|-----|
| 动量 动量守恒 ..... | 065 |
|---------------|-----|

|                        |     |
|------------------------|-----|
| § 6-1 动量 冲量 动量定理 ..... | 065 |
|------------------------|-----|

|                    |     |
|--------------------|-----|
| § 6-2 动量守恒定律 ..... | 068 |
|--------------------|-----|

|            |     |
|------------|-----|
| 本章小结 ..... | 071 |
|------------|-----|

|            |     |
|------------|-----|
| 习题 6 ..... | 072 |
|------------|-----|

## □ 第七章

|                |     |
|----------------|-----|
| 机械振动 机械波 ..... | 073 |
|----------------|-----|

|                  |     |
|------------------|-----|
| § 7-1 机械振动 ..... | 073 |
|------------------|-----|

|                 |     |
|-----------------|-----|
| § 7-2 机械波 ..... | 076 |
|-----------------|-----|

|            |     |
|------------|-----|
| 本章小结 ..... | 080 |
|------------|-----|

|            |     |
|------------|-----|
| 习题 7 ..... | 080 |
|------------|-----|

## □ 第八章

|          |     |
|----------|-----|
| 电场 ..... | 082 |
|----------|-----|

|                      |     |
|----------------------|-----|
| § 8-1 真空中的库仑定律 ..... | 082 |
|----------------------|-----|

|                     |     |
|---------------------|-----|
| § 8-2 电场和电场强度 ..... | 084 |
|---------------------|-----|

|                        |     |
|------------------------|-----|
| § 8-3 电势能 电势 电势差 ..... | 086 |
|------------------------|-----|

|                    |     |
|--------------------|-----|
| § 8-4 电容和电容器 ..... | 088 |
|--------------------|-----|

|            |     |
|------------|-----|
| 本章小结 ..... | 089 |
|------------|-----|

|            |     |
|------------|-----|
| 习题 8 ..... | 091 |
|------------|-----|

## □ 第九章

|            |     |
|------------|-----|
| 稳恒电流 ..... | 093 |
|------------|-----|

|                  |     |
|------------------|-----|
| § 9-1 电阻定律 ..... | 093 |
|------------------|-----|

|                    |     |
|--------------------|-----|
| § 9-2 电功和电功率 ..... | 094 |
|--------------------|-----|

|                  |     |
|------------------|-----|
| § 9-3 串联电路 ..... | 096 |
|------------------|-----|

|        |                          |     |
|--------|--------------------------|-----|
|        | § 9-4 并联电路 .....         | 097 |
|        | § 9-5 电动势 全电路欧姆定律 .....  | 099 |
|        | 本章小结 .....               | 100 |
|        | 习题 9 .....               | 102 |
| □ 第十章  | 磁场 .....                 | 104 |
|        | § 10-1 磁场 磁感应强度 .....    | 104 |
|        | § 10-2 磁感应强度 磁通量 .....   | 107 |
|        | § 10-3 磁场对电流的作用 .....    | 109 |
|        | § 10-4 运动电荷在磁场中的偏转 ..... | 110 |
|        | 本章小结 .....               | 111 |
|        | 习题 10 .....              | 113 |
| □ 第十一章 | 电磁感应 .....               | 116 |
|        | § 11-1 电磁感应现象 .....      | 116 |
|        | § 11-2 楞次定律 .....        | 118 |
|        | § 11-3 电磁感应定律 .....      | 119 |
|        | 本章小结 .....               | 121 |
|        | 习题 11 .....              | 122 |
| □ 第十二章 | 光学基础 .....               | 125 |
|        | § 12-1 光的折射 .....        | 125 |
|        | § 12-2 全反射 .....         | 127 |
|        | § 12-3 光的色散 .....        | 128 |
|        | § 12-4 透镜成像公式 .....      | 129 |
|        | § 12-5 常用光学仪器 .....      | 132 |
|        | § 12-6 光的干涉 衍射 .....     | 133 |
|        | § 12-7 光的电磁理论 .....      | 136 |
|        | § 12-8 光电效应 .....        | 138 |
|        | § 12-9 光的本性 .....        | 140 |
|        | 本章小结 .....               | 141 |
|        | 习题 12 .....              | 144 |
| □ 学生实验 | .....                    | 145 |
| □ 参考文献 | .....                    | 154 |

## 第一章

## 力 物体的平衡

力学是物理学的一个重要组成部分,它解决的中心课题是力和运动的关系。本章主要介绍力的概念和研究力学问题的基本方法。

### § 1-1 力

#### 1.1.1 力的概念

我们在初中已经学过,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。

物体之间的相互作用,可以产生于相互接触的物体之间,如机车牵引列车前进;也可以产生于没有直接接触的物体之间,如磁铁对磁针的相互作用。

一个物体受到力的作用,一定是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,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。

力总是成对出现。当甲物体受到乙物体施加的力的作用时,乙物体一定同时也受到甲物体施加的力的作用。如机车牵引列车前进,机车对列车施加了力,同时列车对机车也施加了力。

#### 1.1.2 力的作用效果

物体受到力的作用,会产生什么效果呢?

我们用力压弹簧,可以使弹簧缩短;用力拉橡皮筋,可以使橡皮筋伸长;高速运动的汽车经刹车后很快就会停下来;直线运动的小铁球在经过侧面的磁铁时,会改变运动方向。通过上面的例子我们可以得出,力的作用效果有两个方面:①力可以改变物体的形状(形变);②力可以改变物体的运动状态。有力作用时,这两个方面可以同时发生,也可以是某一方面发生。

力作用时物体的形变有大有小,例如用相同的力捏一气球和铁块,气球的形变很明

显,铁块的形变几乎看不到,但我们必须肯定:铁块也发生了形变。

物体运动状态的改变包括:① 速度大小的变化;② 运动方向的变化。可以同时发生,也可以单独发生。

### 1.1.3 力的三要素

力不但有大小,而且有方向。物体受到的重力总是竖直向下的,物体在液体中受到的浮力是竖直向上的。力的方向不同,它的作用效果也不同。作用在运动物体上的力,如果方向与运动方向相同,将加快物体的运动;如果方向与运动方向相反,将阻碍物体的运动。可见,要把一个力完全表达出来,除了力的大小,还要指明力的方向。

力的作用效果除了跟力的大小、方向有关,还与力在物体上的作用点有关,作用点不同,作用效果可能不同。如图 1-1(a)所示的情况中,木块可能水平向右移动;而在图 1-1(b)所示的情况中,木块可能被推倒。

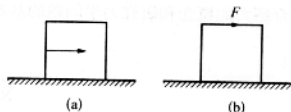


图 1-1

力的大小、方向和作用点称为力的三要素。

力的大小可用弹簧秤测量。在国际单位制中,力的单位是牛顿,简称牛,符号是 N。

### 1.1.4 力的图示

为了直观地表示物体的受力情况,可以用一条有向线段表示一个力。线段是按一定比例(标度)画出来的,它的长度表示力的大小,箭头的指向表示力的方向,线段的起点或终点表示力的作用点,力的方向所沿的直线叫做力的作用线。这种用有向线段表示力的方法叫做力的图示。图 1-2 中力的图示表示作用在木块上的力为 60 N,方向水平向右。

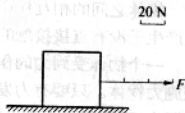


图 1-2

还有一种简便的表示力的方法,叫做力的示意图。力的示意图不用画标度,只需用带箭头的有向线段表示作用点和方向,在箭头处标明力的大小即可。

### 1.1.5 力的分类

力的分类一般有两种方法:一是按力的性质来分,力学中经常遇到的有重力、弹力、摩擦力。二是按力的作用效果分,有拉力、压力、支持力、动力、阻力等,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运动的,就称它为动力;效果是阻碍物体运动的,就可以称它为阻力。

### 1.1.6 矢量和标量

力既有大小,又有方向。在物理学中,像这样既有大小,又有方向的物理量叫做矢量。力是矢量,我们在初中学过的速度也是矢量。而像长度、质量、时间、温度等物理量,只有

大小,没有方向,这样的物理量叫做标量。

## § 1-2 重力 弹力 摩擦力

### 1.2.1 重力

#### 一、重力的概念

地球上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。一个物体受到 20 N 的重力,可以说这个物体的重量是 20 N。

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。

#### 二、重力的大小

重力的大小可以用弹簧秤测出。物体静止时对弹簧秤的拉力或压力,大小等于物体受到的重力。重力的大小  $G$  跟物体的质量  $m$  成正比,用关系式  $G = mg$  表示。 $g$  的取值是随地球上的不同位置而不同的,在赤道  $g$  的取值为  $9.780 \text{ N/kg}$ ,在北京  $g$  的取值为  $9.801 \text{ N/kg}$ ,在北极  $g$  的取值为  $9.832 \text{ N/kg}$ 。可见, $g$  的取值随着纬度的增大而略有增大,但变化不大。因此,我们通常取  $g$  值为  $9.8 \text{ N/kg}$ ,表示质量是  $1 \text{ kg}$  的物体受到的重力是  $9.8 \text{ N}$ 。

#### 三、重心

物体的各个部分都受到重力的作用。但是从效果上看,我们可以认为各部分受到的重力都集中于一点,这个点就认为是重力的作用点,叫做物体的重心。

物体重心的位置跟物体的形状和物体质量分布的情况有关。如果是质量分布均匀的物体,其重心只由物体的形状决定。如果物体质量分布均匀并且形状是中心对称的,对称中心就是物体的重心。例如均匀球体的重心在球心,均匀直棒的重心在它的中点,均匀圆柱体的重心在它的轴线的中点等。

质量分布不均匀或形状不规则的物体,它的重心可以用实验的办法来确定。如果是一根细杆,把细杆平放在一个支点(如手指)上,当细杆水平静止不动时,支点上方即为细杆的重心。如果是一个不规则的薄板状物体,可以用如图 1-3 所示的方法来判断重心的位置。先在 A 点把物体悬挂起来,当薄板平衡时,它的

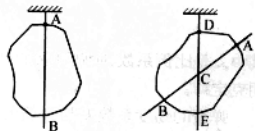


图 1-3

重心在通过 A 点的竖直线 AB 上;然后,在 D 点把物体悬挂起来,当薄板平衡时,它的重心通过 D 点的竖直线 DE 上。AB 和 DE 的交点 C 就是这个物体的重心。这种方法叫做悬挂法。

请同学们思考:为什么要强调是薄板状物体?对于较厚的板状物体,能否用悬挂法判断物体的重心?

### 1.2.2 弹力

#### 一、弹力的概念

用力拉橡皮筋时,橡皮筋就会伸长,弹簧受到压力作用就会缩短。不同的物体在受到相同力的作用时,所产生的形变往往不同,有的形变明显,有的形变不明显。事实证明,任何物体无论受到多么微小的作用力,都会发生形变。有些发生形变的物体,一旦除去外力,就会恢复原状,如被压缩的弹簧、被拉长的橡皮筋等。像这种在外力停止作用后能够恢复到原来状态的形变,叫做弹性形变。然而物体的这种形变是有条件的,若施加在物体上的作用力超过了一定限度,撤去作用力后,物体就不能恢复到原来的状态,这个限度叫做弹性限度。

弹簧只有被拉长或被压缩的时候才对跟它接触的物体产生力的作用。其他物体也是这样,只有在发生形变时,才会对使之形变的物体产生力的作用。这种发生形变的物体,由于要恢复原状,就会对引起它形变的物体产生力的作用,这种力叫做弹力。

#### 二、弹力产生的条件

产生弹力的条件是:① 两物体间必须接触;② 接触的物体间要发生形变。

#### 三、弹力的方向

物体放在支持物上,支持物对物体产生弹力,是因为支持物发生形变而对物体产生的,因此支持力的方向总是垂直于接触面,并且指向被支持的物体。

绳子对物体的拉力,是绳子由于伸长形变而对物体产生的,因此绳子拉力的方向总是沿着绳子,并且指向绳子收缩的方向。

总之,弹力的方向总是与引起形变的外力方向相反。

#### 四、胡克定律

弹力大小与形变的关系,一般来说比较复杂,然而弹簧的弹力与形变的关系比较简单。实验表明,在弹簧的弹性限度内,弹簧弹力  $F$  的大小和弹簧伸长(或压缩)的长度  $x$  成正比。即:

$$F = kx$$

其中  $k$  是比例系数,叫做弹簧的劲度系数。这一定律是英国科学家胡克发现的,因此叫做胡克定律。

弹簧的劲度系数  $k$  与弹簧的材料、长度、弹簧丝的粗细等有关。它是一个有单位的量。在国际单位制中,  $F$  的单位是 N,  $x$  的单位是 m,  $k$  的单位是 N/m。劲度系数在数值上等于弹簧伸长(或压缩)单位长度时所产生的弹力。显然,弹簧的劲度系数  $k$  是表明弹簧软硬程度的物理量。

**【例题 1】**一根弹簧的原长为 10 cm,第一次悬挂重力为 50 N 的重物时,弹簧的长度为 12 cm,第二次悬挂重物时,弹簧的长度为 15 cm,两次均未超过弹簧的弹性限度,求第二次悬挂重物的重力?

解:由第一次悬挂重物求出弹簧的劲度系数  $k$ :

$$k = \frac{F_1}{x_1} = \frac{50}{0.12 - 0.10} = \frac{50}{0.02} = 2\,500 \text{ N/m}$$

利用  $k$  值求出第二次悬挂重物的重力:

$$G_2 = F_2 = kx_2 = 2\,500 \times (0.15 - 0.10) = 125 \text{ N}$$

答:第二次悬挂重物的重力是 125 N。

### 1.2.3 摩擦力

摩擦力也是发生在两个相互接触的物体之间。摩擦力分为:静摩擦力和滑动摩擦力等。

#### 一、静摩擦力

##### 1. 静摩擦力的概念

放在水平地面上的桌子,对它施加一个水平的推力,桌子要发生运动,当推力较小时,桌子没有推动,仍然保持静止状态。这表明桌子在水平方向上除受推力之外,还受到一个与推力大小相等,方向相反的力,这个力起到阻碍桌子运动的作用,这个力就是桌子受到的地面给它的摩擦力。这种发生在两个相对静止的物体之间的摩擦力,叫做静摩擦力。

##### 2. 静摩擦力产生的条件

产生静摩擦力的条件是:①两个物体必须接触;②两个物体必须有相互挤压(有形变);③两个物体保持相对静止,但必须有相对运动趋势。

静摩擦力是很常见的,在日常生活和生产实际中有着广泛的应用。拿在手中的瓶子不会脱落;线能织成布;传送带能把货物送到高处甚至人能走路,机动车能够行驶,这些都离不开静摩擦力的作用。

请同学们想象一下,如果没有静摩擦力,我们的生活会是什么样子?

##### 3. 静摩擦力的方向

静摩擦力的方向总是与接触面相切,与物体的相对运动趋势方向相反。例如皮带输送机将货物运送到高处。货物相对于皮带有向下滑的趋势,因此货物受到皮带的静摩擦力是沿皮带向斜上方的。而人走路时,脚向后蹬地面,如果不打滑,脚相对于地面有向后运动的趋势,因此脚受到的地面静摩擦力是向前的。

##### 4. 静摩擦力的大小

放在水平面上的桌子,当没有外力推它的时候,桌子不受地面的摩擦;当用外力推它时,例如外力  $F_1 = 1 \text{ N}$ ,没有推动,此时桌子受到的静摩擦力  $f_1 = 1 \text{ N}$ ;当外力增到  $F_2 = 10 \text{ N}$  时,仍然没有推动,此时桌子受到的静摩擦力  $f_2 = 10 \text{ N}$ 。可见静摩擦力随着外力的增大而增大,保持和外力相等。但是静摩擦力增大有一个限度,静摩擦力的最大值叫做最大静摩擦力。最大静摩擦力等于使桌子开始运动所需的最小推力。

#### 二、滑动摩擦力

##### 1. 滑动摩擦力的概念

当一个物体在另一个物体表面上做相对滑动时,要受到另一个物体阻碍它相对运动

的力,这种力叫做滑动摩擦力。

## 2. 滑动摩擦力产生的条件

滑动摩擦力产生的条件是:① 两物体必须相互接触;② 两个物体必须有相互挤压(有形变);③ 两物体要有相对滑动;④ 两物体接触面不光滑。

## 3. 滑动摩擦力的方向

滑动摩擦力的方向总是跟接触面相切,并且跟物体的相对运动方向相反。

## 4. 滑动摩擦力的大小

大量实验表明:两个物体间的滑动摩擦力的大小  $f$  与这两个物体表面间的压力的大小成正比。即:

$$f = \mu F_N$$

其中  $F_N$  是两物体间的压力,单位是 N;  $\mu$  称为滑动摩擦因数,没有单位,它的数值跟相互接触的两个物体的材料有关,还跟接触面的情况(如粗糙程度等)有关。表 1-1 列出了几种常见材料间的滑动摩擦系数。

表 1-1 几种常见材料间的滑动摩擦因数

| 材 料   | 滑动摩擦因数 | 材 料        | 滑动摩擦因数    |
|-------|--------|------------|-----------|
| 钢—钢   | 0.25   | 钢—冰        | 0.02      |
| 木—木   | 0.30   | 木头—冰       | 0.03      |
| 木—金属  | 0.20   | 橡胶轮胎—路面(干) | 0.70~0.90 |
| 皮革—铸铁 | 0.28   |            |           |

除了滑动摩擦,还有滚动摩擦。滚动摩擦是一个物体在另一个物体表面上滚动时产生的摩擦,它比滑动摩擦要小得多,滚动轴承就是利用滚动摩擦小的事实制成的。

# § 1-3 力的合成

## 1.3.1 共点力

在大多数实际问题里,物体不只受到一个力,而同时受到几个力。一个物体同时受到几个力共同作用的时候,我们常常可以求出一个力,这个力产生的效果跟原来几个力共同产生的效果相同,那么这个力就叫做那几个力的合力。组成合力的每一个力叫分力。求几个力的合力叫做力的合成。

在初中物理中我们已经学过:在同一直线上,方向相同的两个力的合力,大小等于这两个力的大小之和,方向跟这两个力的方向相同;同一直线上方向相反的两个力的合力,

大小等于这两个力的大小之差,方向跟较大的那个力的方向相同。

请同学们思考一下:如果在同一直线上有多个力,应该如何求它们的合力?如果两个力不在同一条直线上,那么又应该如何求它们的合力?

共点力:几个力如果都作用在物体的同一点,或者它们的作用线相交于同一点,这几个力叫做共点力。下面用实验研究两个共点力的合成。

### 1.3.2 力的全合成

图1-4甲表示橡皮筋GE在两个力的共同作用下,沿着直线GC伸长了EO这样的长度。图1-4乙表示撤去 $F_1$ 和 $F_2$ ,用一个力 $F$ 作用在橡皮筋上,使橡皮筋沿着相同的直线伸长相同的长度。力 $F$ 对橡皮筋产生的效果跟力 $F_1$ 和 $F_2$ 共同产生的效果相同,所以力 $F$ 等于 $F_1$ 和 $F_2$ 的合力。合力 $F$ 跟 $F_1$ 和 $F_2$ 有什么关系呢?

在力 $F_1$ 和 $F_2$ 的方向上各作线段OA和OB,根据选定的标度,使它们的长度分别表示力 $F_1$ 和 $F_2$ 的大小,以OA和OB为邻边作平行四边形OACB,量出OA、OB两邻边所夹的对角线OC的长度,可以看出,根据同样的标度,合力 $F$ 的大小和方向可以用对角线OC表示出来。

改变力 $F_1$ 和 $F_2$ 的大小和方向,重做上述实验,可以得到同样的结论。

实验表明,如果用表示两个共点力 $F_1$ 和 $F_2$ 的线段为邻边作平行四边形,那么,合力 $F$ 的大小和方向就可以用这两个邻边之间的对角线表示出来。这就叫力的平行四边形定则。

如果有两个以上的共点力作用在同一物体上,我们也可以应用平行四边形定则求出它们的合力:先求出任意两个力的合力,再求出这个合力跟第三个力的合力,直到把所有的力都合成进去,最后得到的结果就是这些力的合力。

根据力的平行四边形定则作图,可以看出,力 $F_1$ 和 $F_2$ 的合力 $F$ 的大小和方向随着 $F_1$ 和 $F_2$ 之间的夹角而变化。当夹角等于 $0^\circ$ 时,力 $F_1$ 和 $F_2$ 在同一直线上且方向相同, $F = F_1 + F_2$ ,合力的大小等于两个力的大小之和,合力的方向跟两个力的方向相同。当夹角等于 $180^\circ$ 时,力 $F_1$ 和 $F_2$ 在同一直线上但方向相反, $F = F_1 - F_2$ ,合力的大小等于两个力的大小之差,合力的方向跟两个力中较大的那个力的方向相同。

**【例题2】**如图1-5所示,力 $F_1 = 45\text{ N}$ ,方向水平向右,力 $F_2 = 60\text{ N}$ ,方向竖直向上,求这两个力的合力 $F$ 的大小和方向。

**解:**用作图法求解,选择某一标度,例如用1 cm长的线段表示15 N的力,作出力的平行四边形,如图1-5所示,表示 $F_1$ 的线段长3 cm,表示 $F_2$ 的线段长4 cm。

用刻度尺量得表示合力 $F$ 的对角线长50 mm(5 cm),所以合力的大小 $F = 15 \times 5 = 75\text{ N}$ 。

用量角器量得合力 $F$ 与力 $F_1$ 的夹角为 $53^\circ$ 。

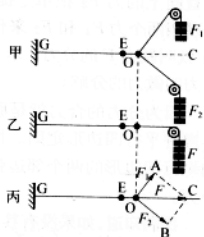


图 1-4

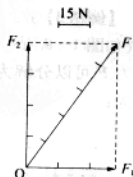


图 1-5

## § 1-4 力的分解

## 1.4.1 力的分解

作用在物体上的一个力往往产生几个效果。如拖拉机拉着犁来犁地,对犁的拉力是斜向上方的,这个力产生两个效果:一是使犁克服泥土的阻力前进,二是把犁上提。这两个效果相当于两个力产生的(如图 1-6 所示):一个水平的力  $F_1$  使犁前进,一个竖直向上的力  $F_2$  把犁上提。可见,力  $F$  可以用两个力  $F_1$  和  $F_2$  来代替,力  $F_1$  和  $F_2$  就叫做力  $F$  的分力。求一个已知力的分力叫做力的分解。

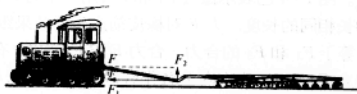


图 1-6

因为分力的合力就是原来被分解的那个力,所以力的分解是力的合成的逆运算,同样遵守平行四边形定则。把一个已知力  $F$  作为平行四边形的对角线,那么,与力  $F$  共点的平行四边形的两个邻边就表示力  $F$  的两个分力。在图 1-6 中,  $F_1$  和  $F_2$  是  $F$  的两个分力。

我们知道,如果没有其他限制,对于同一条对角线,可以作出无数个不同的平行四边形(如图 1-7 所示)。也就是说,同一个力  $F$  可以分解为无数对大小、方向不同的分力。一个已知力究竟应该怎样分解,这要根据实际情况来决定。下面我们看两个实例:

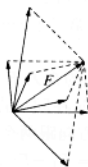


图 1-7

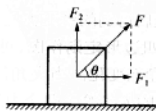


图 1-8

**【例题 3】** 放到水平面上的物体受到一个斜向上方的拉力  $F$ , 这个力与水平方向成  $\theta$  角(如图 1-8 所示), 这个力产生两个效果: 水平向前拉物体, 同时竖直向上提物体。因此力  $F$  可以分解为沿水平方向的分力  $F_1$  和沿竖直方向的分力  $F_2$ , 力  $F_1$  和  $F_2$  的大小为:

$$F_1 = F \cos \theta, F_2 = F \sin \theta$$

**【例题 4】** 把一个物体放在斜面上, 物体受到竖直向下的重力, 但它并不能竖直下落, 而要沿着斜面下滑, 同时使斜面受到压力。这时重力产生两个效果: 使物体沿斜面下滑以

及使物体紧压斜面。因此重力  $G$  可以分解为这样两个分力：平行于斜面使物体下滑的分力  $F_1$ ，垂直于斜面使物体紧压斜面的分力  $F_2$  (如图 1-9 所示)。

如果已知斜面的倾角  $\theta$ ，就可以求出分力  $F_1$  和  $F_2$  的大小，由于直角三角形  $ABC$  和  $OQN$  相似，所以分力  $F_1$  和  $F_2$  的大小为：

$$F_1 = G \sin \theta, F_2 = G \cos \theta$$

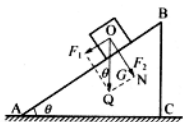


图 1-9

可以看出，分力  $F_1$  和  $F_2$  的大小都和斜面的倾角有关。斜面的倾角增大时， $F_1$  增大， $F_2$  减小。车辆上桥时，分力  $F_1$  阻碍车辆前进；车辆下桥时，分力  $F_1$  使车辆运动加快。为了行车方便与安全，高大的桥要建造很长的引桥，来减小桥面的坡度。

从这些实例可以看出，在进行力的分解时，首先要分析这个力实际上产生哪些效果，然后再根据它产生的效果来进行分解。

#### 1.4.2 力的正交分解

将一个力沿两个互相垂直的方向进行分解的方法，叫做力的正交分解法。当物体受到同一平面内的几个共点力作用时，用正交分解法来解决力学中的有关问题往往比较方便。如图 1-10 所示，把力  $F$  沿  $x$  轴和  $y$  轴的方向进行分解，两个分力的大小分别为：

$$F_x = F \cos \theta, F_y = F \sin \theta$$

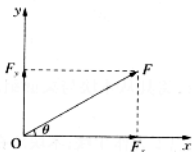


图 1-10

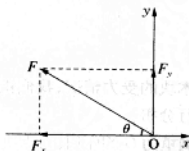


图 1-11

因为坐标轴的方向已经确定，所以分力的方向可以用正、负号来表示。如果分力的方向和坐标轴的正方向一致，则分力取正值；反之则分力取负值。如图 1-11 所示，力  $F$  沿两个坐标轴的分力分别为：

$$F_x = -F \cos \theta, F_y = F \sin \theta$$

应当注意的是，在运用正交分解法求解问题时，坐标原点和坐标轴的选取应力求使问题简化。不一定总是选择水平、竖直方向。如在图 1-9 中，我们对重力进行正交分解，建立直角坐标系  $xy$  时就应使  $x$  轴与斜面平行， $y$  轴与斜面垂直。这样，由重力  $G$  分解出来的分力  $F_1$  和  $F_2$  就是重力沿斜面向下的分力  $F_1$  和垂直于斜面的分力  $F_2$ 。

## § 1-5 物体受力分析

## 1.5.1 物体受力分析实例

在实际问题中,一个物体往往同时跟几个物体产生相互作用,因此正确分析物体的受力情况就显得尤为重要。在具体分析某个物体的受力情况时,应先把这个物体从与它发生相互作用的物体中隔离开来,单独考虑它的受力情况,并将各物体对它施加的作用力的大小、方向、作用点,在图中一一表示出来。这样的图叫做受力图,这种分析物体受力的方法通常叫做隔离法。用隔离法分析物体受力时,既不能遗漏,也不能凭空添加,这是研究力学问题的关键。

下面通过两个具体的实例来学习物体的受力分析。

## 一、水平面上物体的受力分析

水平面上物体受力分析如图 1-12(a)所示,在水平桌面上有一木块,受到一水平向右的拉力  $F$ ,但木块保持静止,试分析木块的受力情况。

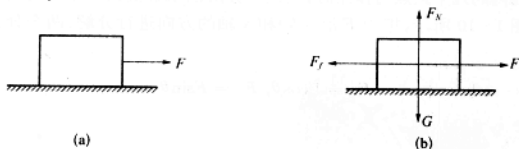


图 1-12

要研究木块的受力情况,我们把木块作为研究对象,将其从木块与桌面组成的整体中隔离出来进行分析。

木块受到重力  $G$  的作用,由木块的重心竖直向下画出重力作用线;木块压在桌面上,桌面受压发生微小形变所产生的对木块向上的支持力  $F_N$ ,由木块的重心画出竖直向上的支持力作用线。重力  $G$  和支持力  $F_N$  的大小相等,方向相反。所以木块在竖直方向上是静止的。

木块除了在竖直方向上受到重力和支持力,还受到水平向右的拉力作用,由木块重心画出水平向右的拉力作用线  $F$ ,由于木块受到水平向右的拉力作用,虽然它保持静止状态,但它有向右运动的趋势,所以木块还受到一个方向和它的运动趋势方向相反的静摩擦力的作用,由木块的重心画出水平向左的静摩擦力作用线  $F_f$ 。静摩擦力  $F_f$  和拉力  $F$  大小相等,方向相反,所以,它在水平方向上也保持静止状态。木块的受力图如图 1-12(b)所示。

## 二、斜面上物体的受力分析

## 1. 若有一木块沿光滑斜面下滑,试分析它的受力情况

以木块为研究对象,首先,木块受到竖直向下的重力  $G$  的作用;其次,由于斜面受到木