

MEDICAL PHYSICS

医学 物理学

长沙医学院 中南大学 / 编著

[中文版]



湖南科学技术出版社

MEDICAL PHYSICS

医学 物理学

长沙医学院 中南大学 / 编著

[中文版]



湖南科学技术出版社

主 编：张惠安 何建军 刘 蓉 王 华
邓雪英 唐燕妮 高媛媛

主 审：张沁衡

副主编：熊政纲 谢东迅 刘翠翠 李红艳
孙 华 陈 实 汪一百 刘泽麟
王文柯 唐列娟 沈 蜜 罗爱民
张西倩 张晓青 谭能堃 彭利红
张 燕

编 者：张惠安 何建军 刘 蓉 王 华
熊政纲 唐燕妮 邓雪英 高媛媛
谢东迅 刘翠翠 李红艳 孙 华
陈 实 汪一百 刘泽麟 王文柯
唐列娟 沈 蜜 罗爱民 张西倩
张晓青 谭能堃 彭利红 张 燕



图书在版编目 (C I P) 数据

医学物理学: 中文 / 张惠安等编著. —长沙: 湖南科学技术出版社, 2008.9

ISBN 978-7-5357-5458-5

I. 医… II. 张… III. 医用物理学 IV. R312

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 140376 号

医学物理学 (中文版)

编 著: 长沙医学院

中南大学

责任编辑: 陈一心

出版发行: 湖南科学技术出版社

社 址: 长沙市湘雅路 276 号

<http://www.hnstp.com>

印 刷: 衡阳博艺印务有限责任公司

(印装质量问题请直接与本厂联系)

厂 址: 湖南省衡阳市黄茶岭光明路 21 号

邮 编: 421008

出版日期: 2008 年 9 月第 1 版第 1 次

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 12

字 数: 293000

书 号: ISBN 978-7-5357-5458-5

定 价: 25.00 元

(版权所有·翻印必究)

前 言

物理学是研究自然界中物质基本结构、运动形态及相互作用规律的一门科学，旨在揭示物质各层次的内部结构和物质运动的普遍规律。它也是其他科学、生产技术及现代高科技发展的基础。可以说，没有物理学的重大突破就不会产生人类社会生产力的巨大飞跃。

医学物理学则是物理理论与技术在医学领域的具体应用的一门科学，它的发展是与物理学的理论、方法、技术的发展紧密联系在一起的。医学物理学的发展得益于医学发展的需要，反过来它也促进了医学和物理学的良性循环发展。其相互关系具体体现在：

(1) 医学物理学是用物理原理和方法来认识生物及生命现象。众所周知，不管是人和其他生物的呼吸、消化、血液循环等系统的工作状态，还是人和其他生物的健康或病态的过程无不与其物理机制密切相关。要了解人体在各种不同情况下的活动规律，就必须对它的客观环境及人体差异进行分析研究，这其中就涉及力、热、光、电、磁等物理原理。

(2) 医学物理学利用物理的方法和技术为了解、诊断和治疗疾病提供科学的理论指导和先进的技术手段。比如各类医用显微镜，X线机， γ 刀，心电、脑电、超声、各种磁共振检测，激光医疗及各种机械器件在医学中的应用等就是最好的证明。

(3) 医学物理学同时也促进了物理学本身的发展，拓宽了物理学的应用领域，并且，对物理学的发展不断提出新的要求和提供新的条件。

医学物理学与理工科物理学有着很大的差异性。医学物理学是物理学与医学基础、医学临床应用相互交叉的一门科学。由于医学研究的对象主要是基于生物体及生命现象的各个层次，所以相应的医学物理学也就是在这些领域的具体应用，它对医学的研究发展既提供了理论指导，也提供了技术支持；而理工科物理学的应用主要是体现在非医学领域。它们的基础是有差异的，研究对象、研究手段和实验方法也是不一样的，因而对物理学基础的要求是不同的。

本书在编排构架、取材和表述方面都兼顾到学生的物理基础。材料编排由浅入深，避免了同类书籍中面面俱到、拖沓冗长的缺点。内容简练，自成体系，力求避免繁复的数学推导，突出其结论及意义，从而有效地降低了学生的自学难度。

本书适合高等专科和本科院校医学类临床、基础、口腔、儿科、法医、检验、卫检、预防医学、护理等专业的师生使用，也可以作为生物、生命科学等专业工作者的参考书籍。

本教材的问世，首先应感激长沙医学院董事长何彬生教授、院长胡冬煦教授、党委书记陈建民教授、教务处长周启良教授、人事处长邹春花教授，他们共同的支持与鼓励是本书诞生的动力。此外，张沁衡教授审阅书稿，张浩伟博士、倪小娟博士、易义珍教授提供了具体的帮助，在此一并致谢。

参加本书编写的有张惠安、唐燕妮、刘蓉、王华、熊政纲、唐列娟、高媛媛、谢东迅、刘翠翠、李红艳、陈实、孙华、王文柯、汪一百、刘泽麟、张西倩、张晓青、罗爱民、谢能堃、沈蜜、彭利红、张燕等。

由于编者水平有限及时间仓促，错误及缺点在所难免，恳请专家及读者批评指正。

张惠安

目 录

第一章 力学基本定律..... (1)	第五章 振动和波 (62)
第一节 力和物体..... (1)	第一节 简谐振动 (62)
第二节 功、功率、效率..... (2)	第二节 阻尼振动 (64)
第三节 简单机械..... (4)	第三节 简谐振动的合成 (65)
第四节 动量和动量守恒定律..... (7)	第四节 波动 (67)
第五节 转动惯量..... (9)	第五节 波的干涉和反射 (72)
第六节 角动量守恒定律 (15)	习题五 (75)
第七节 作用在人体内的力 (17)	第六章 声学 (77)
习题一 (24)	第一节 声波 (77)
第二章 物体的弹性 (25)	第二节 声强与声强级 (79)
第一节 应力和应变 (25)	第三节 多普勒效应 (82)
第二节 弹性模量 (28)	第四节 超声波及其医学应用 (84)
第三节 弯曲和扭转 (31)	习题六 (86)
第四节 骨骼及骨骼的弹性形变 ... (34)	第七章 分子物理学 (88)
习题二 (37)	第一节 平衡态 (88)
第三章 流体的运动 (38)	第二节 热学平衡和热力学温标 ... (90)
第一节 理想流体的稳定流动 (38)	第三节 气体定律 (91)
第二节 伯努利方程 (40)	第四节 气体定律应用举例 (92)
第三节 粘性流动 (44)	第五节 能量均分定理与理想气体 的内能 (94)
第四节 泊肃叶定律与斯托克斯定律 (47)	第六节 麦克斯韦速率分布 (96)
习题三 (50)	习题七 (99)
第四章 液体的表面现象 (52)	第八章 热力学基础..... (101)
第一节 表面能与表面张力 (52)	第一节 功和能..... (101)
第二节 弯曲液面的附加压强 (54)	第二节 热量和热力学第一定律 (102)
第三节 毛细现象与气体栓塞 (57)	第三节 等值过程..... (103)
第四节 表面活性吸附 (60)	第四节 卡诺循环..... (107)
习题四 (61)	

第五节 热力学第二定律····· (108)	第二节 光的衍射····· (139)
第六节 熵及其熵增原理····· (110)	第三节 光的偏振····· (144)
习题八····· (111)	第四节 光的双折射····· (144)
第九章 静电场····· (113)	习题十一····· (145)
第一节 电场····· (113)	第十二章 几何光学····· (147)
第二节 高斯定理····· (116)	第一节 单球面折射····· (147)
第三节 电势、电势差····· (119)	第二节 薄透镜····· (148)
习题九····· (122)	第三节 厚透镜····· (150)
第十章 稳恒磁场与电磁感应····· (124)	第四节 眼睛····· (152)
第一节 磁感应强度····· (124)	第五节 视力的缺陷····· (153)
第二节 磁场中带电粒子的运动····· (127)	习题十二····· (155)
第三节 法拉第电磁感应定律····· (129)	附录 I 物理基本常数表····· (156)
第四节 感应电动势····· (130)	附录 II 单位换算表····· (156)
习题十····· (134)	附录 III 专业术语对照表····· (157)
第十一章 波动光学····· (136)	参考文献····· (183)
第一节 光的干涉····· (136)	

第一章 力学基本定律

力学是人类建立最早且发展最完美的学科之一。它起源于公元前 4 世纪古希腊学者亚里士多德关于力产生运动的说法,以及我国《墨经》中关于杠杆原理的论述等;但其成为一门科学理论则始于 17 世纪伽利略论述惯性运动及牛顿提出的力学三个运动定律。以牛顿运动定律为基础的力学理论称为牛顿力学或经典力学。经典力学所研究的对象是机械运动,它有着严谨的理论体系和完备的研究方法,在相对论和量子理论诞生之前,经典力学曾被人们誉为最完美最普遍的理论。现在,经典力学仍然是不可或缺的重要基本理论。它是现代许多理论和技术包括现代医学理论和技术的基础。它的广泛应用性是我们学习经典力学的一个重要原因。

第一节 力和物体

众所周知,运动是物质的存在形式,运动是物质的固有属性。从这种意义上说,运动是绝对的,任何物体在任何时刻都在不停地运动着。然而,运动又是相对的,此物体相对彼物体运动或静止。有的运动得非常缓慢,以至于需要用特殊的方法才能探测到;而有的又运动得非常快,同样需要用特殊的方法才能探测到。

物体或质点运动状态的改变是由力的作用而引起的。事实上,物体运动状态的任何改变都是外力作用的结果。我们知道,当作用在一个物体上的所有力的合力为零时,是不能改变物体的运动状态的,即物体处于平衡状态。而当物体所受合力不为零时,则需要用牛顿运动定律来解决问题。

1.1.1 牛顿第一定律

牛顿第一运动定律指出:一切物体总保持匀速直线运动状态或静止状态,直到有外力迫使它改变这种状态为止。牛顿第一定律又叫惯性定律。它表示的是一种理想化的状态。一辆汽车行驶在一条水平的公路上,速度显示仪没有变化,因为它几乎是匀速行驶;平静大气中雨雪的降落则是自然界中仅有的一种匀速运动的现象。

在通常情况下,汽车频繁的启动和制动,使其速度不会一直保持为一个定值。然而,如果我们用总距离 s 除以总时间 t ,即 $\frac{s}{t}$,这就是物体的平均速度,用 $\bar{v}$ 表示,则

$$\bar{v} = \frac{s}{t} \quad (1-1)$$

1.1.2 牛顿第二定律

1.1.2.1 牛顿第二定律

当不同的力作用于相同质量的物体或相同的力作用于不同质量的物体时,研究发现,物体运动的加速度与其所受的合外力成正比,与物体的质量成反比,即

$$F \propto a, \quad (1-2)$$

也可以表示成以下形式

$$F \propto m, \quad (1-3)$$

此式表明,在加速度一定时,物体所受的力随物体质量的改变而改变.综上所述,可得

$$F = kma, \quad (1-4)$$

式中的 k 为比例系数,在 SI 单位制中,力的单位为 N.

1.1.2.2 加速度的分类

加速度通常分为三类,第一类为线加速度,即物体沿直线运动所具有的加速度.第二类为角加速度,也就是做圆周运动的质点其角速度的变化率.第三类为向心加速度,例如飞机在小范围内做急转弯运动或离心机运作所具有的加速度.我们知道,一个运动的物体只有在不受外力作用下才能做匀速直线运动.若它需做圆周运动,就需要有一个力不断地改变其运动方向,这个力称为向心力,其方向指向圆心.根据牛顿第二定律,向心加速度的方向与向心力的方向相同.

1.1.3 牛顿第三定律

牛顿第三运动定律可表述为:物体之间的作用力总是相互成对地出现的,两个力的大小相等,方向相反,并且作用在同一直线上.可以说明该定律的一实例为,做圆周运动的物体会受一向心力的作用,向心力的反作用力即离心力,它们之间大小相等、方向相反.在离心机及超高速离心机工作时,离心力的数值可以很大.特别是后者,离心力甚至能达到其重力的 20 万~30 万倍,这就大大提高了沉降速度,因而被广泛地应用于分离蛋白质.

第二节 功、功率、效率

1.2.1 基本概念

(1) 功为力与在力的方向上发生一段位移的乘积.如果力和物体运动的方向是垂直的,当物体沿着水平方向运动时,该力所做的功为零.如果我们提着手提箱上楼,我们就做了功,因为我们所用的力和手提箱运动的方向都是向上的.如果把行李箱放在楼梯上,我们用绳子拖上去,这

也做了功,因为力使行李箱在力的方向上有位移. 功用力 and 位移可表示为:

$$W = Fs. \quad (1-5)$$

把一个重 6N 的木箱子举到桌上 2.5m 的高处,如图 1-1 所示,做的功为 $15\text{N} \cdot \text{m}$. 做相同的功的途径是多样的. 可以沿台阶提上去,也可以顺着斜坡推上去,还可以用升降机吊到房顶,然后再放到桌子上. 不管以什么形式,只要物体不受摩擦力作用,从始到终的高度仍是 2.5m,做的功仍然为 $1.5\text{N} \cdot \text{m}$. 这当然是物体不受摩擦力作用的前提下. 如图 1-2 所示,物体沿此斜面拉上去做的功是 Fl . 它和物体从下面举上去做的功 mgh 是相等的.

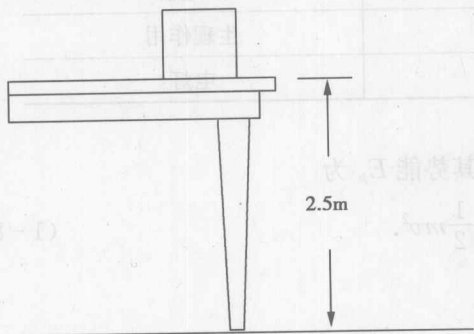


图 1-1

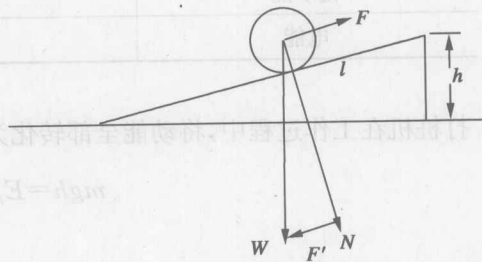


图 1-2

能是指一个物体或物体系统做功的本领. 运行的钟表、蒸汽、燃料、食物或正降落的炸弹都具有能量.

功率是指做功的快慢,单位为 $\text{J} \cdot \text{s}^{-1}$. $1\text{J} \cdot \text{s}^{-1}$ 为 1W(瓦), $1\text{kW} = 1000\text{W}$.

$$P = \frac{W}{t} = F \frac{s}{t} = Fv. \quad (1-6)$$

1.2.2 能量的转换与守恒

通常我们所见的能源需要转化才能利用. 因为能量不会凭空产生,也不会凭空消失,它只有一种形式转化为另一种形式,从一个物体转移到另一个物体而能的总量保持不变. 这就是能量守恒定律. 我们可以把电能转化为热能,也可以转化为光能,还可以转化为化学能等. 通常能量的转化如表 1-1 所示,其实能量还有许许多多其他的转换方式.

1.2.3 能量的分类

可以把能量分为动能和势能. 物体由于运动而具有的能量叫动能.

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2. \quad (1-7)$$

物体由于所处位置或形态而具有的能量叫势能. 高高举起的打桩锤、在水库里的水、表的主发条、锅炉中压力下的蒸汽、炸药、燃料和食物这些都是具有势能的例子.

表 1-1 一些能量间的转换

转换前	转换后	转换方式
机械能	热能	摩擦生热
机械能	电能	发电机
机械能	化学能	火柴
电能	化学能	充电器
化学能	电能	放电器
化学能	热能	生理作用
电能	光能	电灯

打桩机在工作过程中,将动能全部转化为势能. 其势能 E_p 为

$$mgh=E_p=E_k=\frac{1}{2}mv^2. \tag{1-8}$$

1.2.4 机械效率

所有的机器都有摩擦,故没有机械效率能大于 100% 的机器. 机械效率的定义: 机器所做的功与它做的总功的比值.

$$\eta=\frac{W_{\text{有}}}{W_{\text{总}}}. \tag{1-9}$$

可用百分率来表示机器的效率.

例 1-1 $\frac{1}{4}$ 马力的电动机,效率为 80% 时需要的总功率为多少?

$$\text{解 } P=\frac{1}{80\%}\times\frac{746}{4}=233(\text{W}).$$

需要的总功率为 233W.

第三节 简单机械

1.3.1 杠杆

在日常生活中,人们经常使用一些简单的机械. 从早上我们关掉闹钟,到晚上回家打开门等都需要利用杠杆. 如图 1-3(a)(b)(c),表示三类不同的杠杆,它们的分类是由支点、施力点(也称力点)、阻力作用点(也称重点)的位置决定的. 第一类杠杆的支点在中间;第二类杠杆的阻力作用点在中间;第三类杠杆的施力点在中间. 支点就是杠杆旋转的轴. 另外,还需要注意两个物理量,动力 F 与支点间位移 d 和阻力 W 与支点间的位移 s . 对所有杠杆,都满足

$$Fd=Ws. \tag{1-10}$$

如果忽略摩擦力,那么外力对杠杆做的功等于杠杆克服外力做的功.

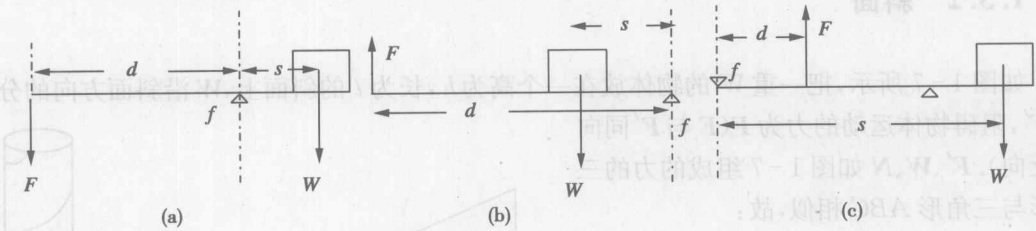


图 1-3

第一类杠杆: W, F 在支点的两侧, s 可以比 d 大, 也可以比 d 小或与 d 相等. 曲杠杆可归于第一类杠杆, 拔钉子的榔头就可以看成是这样的一个杠杆. 如图 1-4 所示.

第一类杠杆的另一种样式为有轮和轴的杠杆, 如图 1-5 所示. 如果用外半径 R 代替 d, s 为轴半径. 那么 $FR = Wr$. 图 1-6 所示等臂天平也属于第一类杠杆.

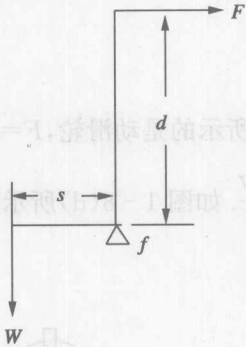


图 1-4

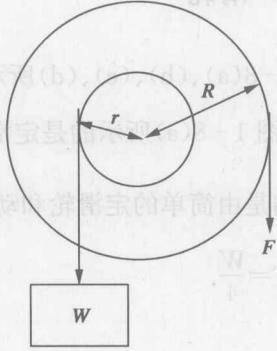


图 1-5

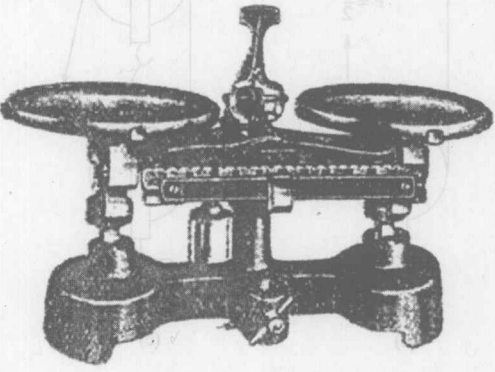


图 1-6 等臂天平

第二类杠杆: W, F 在支点的同一侧, s 通常比 d 短得多.

第三类杠杆: s 通常比 d 长得多, 作用于支点的力的方向与另外一臂相反.

1.3.2 斜面

如图 1-7 所示,把一重 W 的物体放在一个高为 h ,长为 l 的斜面上, W 沿斜面方向的分量为 F' ,阻碍物体运动的力为 F (F 与 F' 同向或反向). F' 、 W 、 N 如图 1-7 组成的力的三角形与三角形 ABC 相似,故:

$$\frac{F}{W} = \frac{h}{l}. \quad (1-11)$$

轮子的滚动、物体在面上的滑动、凿子、斧子甚至螺丝等都是利用斜面的原理. 如图 1-7.

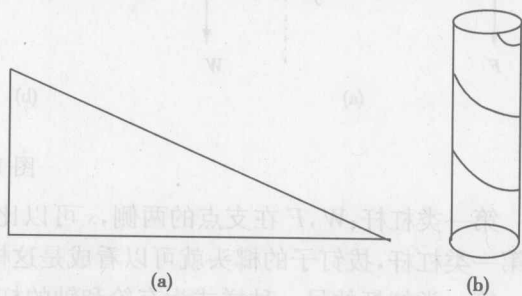


图 1-7

1.3.3 滑轮

如图 1-8(a)、(b)、(c)、(d) 所示,为各种滑轮. 如图 1-8(a) 所示的是定滑轮, $F=W$. 如图 1-8(b) 所示的是动滑轮, $F=\frac{W}{2}$. 如图 1-8(c) 所示的是由简单的定滑轮和动滑轮组成的滑轮组, $F=\frac{W}{2}$. 如图 1-8(d) 所示的是较复杂的滑轮组, $F=\frac{W}{4}$.

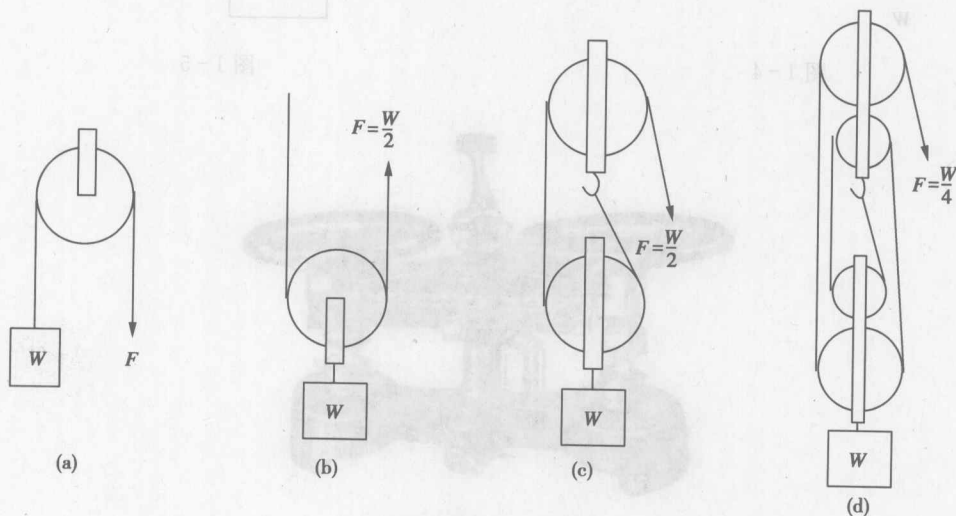


图 1-8

所有的机械制作都是有目的的,有的是为了省力,有的是为了改变施力方向,有的是为了提高物体的转速,等等. 根据式(1-9),机械效率的好坏由 $\frac{W_{有}}{W_{总}}$ 决定. 一般情况下,机械效率总是小于 1,没有摩擦力的机械是理想状态的机械. 在许多情况下,机械效率是由机械的几何形

状决定的. 表 1-2 给出了常见机械的效率限制因素.

表 1-2 常见机械的效率限制因素

机械名称	效率限制因素
杠杆	d/s
轮轴	R/r
斜面	l/h
齿轮	$2\pi r/p$
滑轮组	动滑轮上绳子的股数

1.3.4 应用

在医院里有许多简单机械的应用,如折叠床上装滑轮等. 如图 1-9 所示,医院里的一些仪器(工具),像钳子、剪刀、手术刀用了第一类杠杆的工作原理,镊子用了第三类杠杆的原理.



图 1-9 一些利用杠杆原理的医疗器械

第四节 动量和动量守恒定律

1.4.1 力与动量、冲量的微分关系

我们已经知道物体的动量定义为物体的质量和速度的乘积,即 $p=mv$. 它是描述物体运动状态的物理量. 当物体受到外力的作用时,它的运动状态将会发生变化,即它的速度要发生变化,所以其动量随之也会发生变化. 牛顿指出,力等于在极短时间 Δt 内,动量的增量 $\Delta(mv)$,或 $F=\frac{\Delta(mv)}{\Delta t}$. 由于时间很短,可以用 dt 代替 Δt ,则牛顿第二定律用微分形式表示成

$$F=\frac{d(mv)}{dt}=\frac{dp}{dt} \tag{1-12}$$

式(1-12)还可变形为

$$Fdt=dp,$$

上式中,乘积 Fdt 表示力 F 在 dt 时间内的累积量,也就是物体在 dt 时间内所受合外力的冲量,用 I 表示. 冲量和动量都是矢量,它们既有大小,也有方向.

对式(1-12)两边同时积分有,

$$\int_{t_1}^{t_2} F dt = \int_{p_1}^{p_2} dp = mv_2 - mv_1. \quad (1-13)$$

这就是动量定理的微分表达式,它告诉我们:质点所受合外力的冲量等于质点动量的增量.

上述动量定理的表达式是矢量式,为计算方便,我们建立直角坐标系,用正交分解法,把冲量和动量分解成沿 x 轴, y 轴和 z 轴的分量,于是动量定理也可写成分量形式:

$$\int_{t_1}^{t_2} F_x dt = mv_{2x} - mv_{1x}, \quad (1-14)$$

$$\int_{t_1}^{t_2} F_y dt = mv_{2y} - mv_{1y}, \quad (1-15)$$

$$\int_{t_1}^{t_2} F_z dt = mv_{2z} - mv_{1z}, \quad (1-16)$$

动量定理在打击和碰撞等情形中特别有用. 两物体碰撞时互相作用的力称为冲力. 冲力的特点是作用时间极短,而力的大小变化则极大. 一般而言,冲力大小随时间而变化的情况比较复杂,所以很难把每一时刻的冲力测量出来. 但若我们能够知道两物体在碰撞前、后的动量,那么根据动量定理,就可得出物体所受的冲量;若我们还能测出碰撞时间 Δt ,那么也可以从冲量算出在碰撞时间 Δt 内的平均冲力 $\bar{F}$ 为

$$\bar{F} = \frac{mv_2 - mv_1}{\Delta t}. \quad (1-17)$$

例 1-2 质量为 2.5g 的乒乓球以 $10\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的速率飞来,被板推挡后,又以 $20\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的速率飞出. 设两速度在垂直于板面的同一平面内,且它们与板面法线的夹角分别为 45° 和 30° ,求:

(1) 乒乓球得到的冲量;

(2) 若撞击时间为 0.01s ,求板施于球的平均冲力的大小和方向.

解 取挡板和球为研究对象,由于作用时间很短,忽略重力影响(图 1-10). 设挡板对球的冲力为 F ,则有

$$I = \int_{t_1}^{t_2} F dt = mv_2 - mv_1.$$

取坐标系,将上式投影,有:

$$I_x = \int_{t_1}^{t_2} F_x dt = mv_2 \cos 30^\circ - (-mv_1 \cos 45^\circ) = \bar{F}_x \Delta t,$$

$$I_y = \int_{t_1}^{t_2} F_y dt = mv_2 \sin 30^\circ - mv_1 \sin 45^\circ = \bar{F}_y \Delta t.$$

代入下列数值:

$$\Delta t = 0.01\text{s}, v_1 = 10\text{m} \cdot \text{s}^{-1}, v_2 = 20\text{m} \cdot \text{s}^{-1}, m = 2.5\text{g},$$

$$\text{可得: } I_x = 0.061\text{N} \cdot \text{s}, I_y = 0.0073\text{N} \cdot \text{s},$$

$$I = \sqrt{I_x^2 + I_y^2} = 6.14 \times 10^{-2}\text{N} \cdot \text{s}.$$

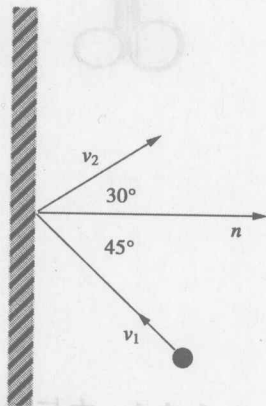


图 1-10

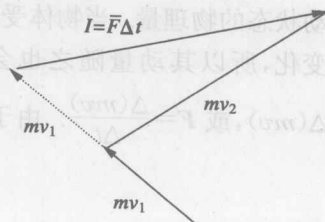


图 1-11

1.4.2 动量守恒定律

按牛顿第二运动定律和第三运动定律,可以证明:(1)系统内一切内力的矢量和等于零,(2)系统所受外力的矢量和等于系统总动量的时间变化率,即

$$\frac{d}{dt}(\sum m_i v_i) = \sum F_i, \quad (1-18)$$

式中 $\sum m_i v_i$ 为系统的总动量, $\sum F_i$ 是系统所受外力的矢量和。

如果该系统不受外力或所受外力的矢量和为零(即 $\sum F_i = 0$),从式(1-18)可知:

$$\frac{d}{dt}(\sum m_i v_i) = 0.$$

于是

$$\sum m_i v_i = \text{恒量} \quad (\text{在 } \sum F_i = 0 \text{ 的条件下}). \quad (1-19)$$

这一结论称为动量守恒定律:在系统不受外力或外力矢量和为零时,系统的总动量守恒。

注意,动量守恒定律只适用于惯性系。定律中的速度应是对同一惯性系的速度,动量和应是同一时刻的动量之和。

动量守恒定律也可以写成以下分量形式:

$$m_1 v_{1x} + m_2 v_{2x} + \cdots + m_n v_{nx} = \text{恒量} \quad (\text{在 } \sum F_{ix} = 0 \text{ 条件下}), \quad (1-20a)$$

$$m_1 v_{1y} + m_2 v_{2y} + \cdots + m_n v_{ny} = \text{恒量} \quad (\text{在 } \sum F_{iy} = 0 \text{ 条件下}), \quad (1-20b)$$

$$m_1 v_{1z} + m_2 v_{2z} + \cdots + m_n v_{nz} = \text{恒量} \quad (\text{在 } \sum F_{iz} = 0 \text{ 条件下}). \quad (1-20c)$$

动量守恒定律虽然可以从牛顿定律推导得出,但在高速和微观领域,牛顿定律则已不再适用,而动量守恒定律仍然成立。因此,动量守恒定律是自然界最普遍的规律之一。

第五节 转动惯量

刚体是不能发生形变的物体,因而它的运动一般只能分解为平动和转动。当刚体平动时,其上任意两个质点之间的距离均不变,且它们的速度大小和方向每时每刻都相同,当刚体转动时,两质点旋转的角速度也完全相同。这表明,从运动学角度看,刚体上任何一点的运动都可以代表整个刚体的运动。力使物体产生加速度,那么,刚体定轴转动时,是什么原因使刚体获得角加速度呢?

在实践中知道,门窗必须被施加力矩才能开启或关闭;静止的飞轮必须施加力矩才能使它转动,而转动中的飞轮又施加反向阻力矩才能使它静止。可见力矩是改变刚体转动状态而产生角加速度的原因。表述刚体定轴转动中力矩与角加速度的定律就称为刚体定轴转动定律。它是牛顿第二定律在刚体转动中的表现。