



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

大学基础物理学

(第三版)

金仲辉 柴丽娜 主编



科学出版社

www.sciencep.com

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

大学基础物理学

(第三版)

主 编 金仲辉 柴丽娜
副主编 李 萍 武秀荣
参 编 康念铅 申兵辉 杨 威

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,是作者结合多年教学研究的成果和目前学时压缩、学生学习特点等现状编写而成。本书包括力学、热学、电磁学、光学和近代物理的最核心内容。作者言简意赅、提炼精华的编写风格既保证了物理学的完整性,又满足在有限的时间内把物理学的核心内容传授给学生的要求,同时又不失物理学的思想和方法。

本书适合普通高等学校非物理专业的学生学习大学物理课程使用,也可作为相关人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

大学基础物理学/金仲辉,柴丽娜主编.—3版.—北京:科学出版社,2010
普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-03-028691-8

I. ①大… II. ①金… ②柴… III. ①物理学-高等学校-教材 IV. ①O4

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第161556号

责任编辑:胡云志 唐保军 / 责任校对:刘小梅

责任印制:张克忠 / 封面设计:耕者设计工作室

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京市农林印务有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2000年3月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2006年1月第 二 版 印张:25 1/4

2010年8月第 三 版 字数:610 000

2010年8月第十五次印刷 印数:56 001—60 000

定价:39.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

第三版前言

本书自 2000 年第一版出版后,已经过 14 次印刷.这次修订更多考虑了在某些物理概念、物理规律的阐明上更为严谨、物理图像更为清晰,其中不少的内容为编者的教学内容研究的成果.同时,为了使本书有更多的读者群,删除了一些属于非教学大纲要求的内容,如原子核和粒子、广义相对论和物理技术在农业中的应用等章节,还有在一些物理公式的数学推导上采用更简捷而又不失严密性的方法.这次修订中还删除了一些又难又繁的习题,同时在书后的附录中给出了习题解答,供读者参考使用.

参与《大学基础物理学》(第三版)修订工作的有中国农业大学金仲辉教授、申兵辉副教授、王家慧副教授、王卫副教授、韩萍副教授,江西农业大学李萍教授、杨威讲师,山西农业大学武秀荣教授、康念铅和北京农学院的柴丽娜教授.

编者

2010 年 6 月

第一版前言

本书编者参加了国家教育委员会面向 21 世纪农林牧院校物理教学和课程体系改革课题,取得了一定的成果,在此基础上,结合长期讲授大学基础物理课程的经验撰写了本书.对大学基础物理教材中传统的五大部分内容(力学、热学、电磁学、光学和近代物理学),编者从框架上作了一些变动.例如,将原热学中有关热力学第一定律的内容作为能量守恒定律的应用移到力学部分,以便在讲授力学时,突出动量、角动量和能量三个守恒定律在物理学中的地位.又如,将原光学中的“振动与波”也移到力学部分,原因之一是“振动与波”这一章主要是讲机械振动和机械波,原因之二是在学习“电磁学”中的电磁波时,已经有了振动与波的基础.本书删除了原教材中积分形式的欧姆定律、直流电路、基尔霍夫定律、温差电、光度学和色度学以及核物理等内容,以适应农业院校物理课教学学时数远低于工科院校的情况.考虑到物理教学现代化以及提高学生科学素质和能力的重要性,本书适当地增加了近代物理学的内容,除在不同章节中有选择地简要介绍若干当代物理前沿的内容以开阔视野、启迪思维、加深对基础内容的理解外,还适当介绍了一些物理学原理和技术在生物学及农学中的应用,借以说明物理学是一切自然科学(包括生物学和农学)的基础;同时体现农业院校基础物理教材的特色.

农业院校的物理教学长期受学时数少(一般院校为 70 学时左右,其中包括实验课教学)的困扰,原因之一是我们的一些同志不够了解生物学、农学和物理学的密切关系,从而未认识到物理学课程在提高学生素质和能力方面所能起的特殊作用.我们的上述努力是期望为扭转当前农业院校物理教学的滑坡略尽绵薄之力.当然,物理学原理和技术在生物学和农学中的应用是一个广泛的课题,本书只是稍稍涉及.

此外,本书每章后都附有一定数量的思考题和习题,以供读者复习使用,书后还附有物理基本常数表和有关的文献目录.

本书请从事物理教学 40 年,并对基础物理教学研究有很深造诣的北京大学物理系陈秉乾教授审稿.他指出了原书稿中的一些疏失,并提出了一些中肯的意见和建议,使本书生色不少.本书的第 3 章、第 4 章、第 6 章和第 7 章由中国农业大学申兵辉副教授执笔,第 12 章和第 13 章由中国农业大学王家慧副教授执笔,第 15~17 章的部分章节由湛江海洋大学梁德余副教授执笔,绪论和其余章节均由中国农

业大学金仲辉教授执笔. 全书由金仲辉教授和梁德余副教授定稿. 限于水平, 书难免有不妥之处, 请读者不吝指正.

本书可供高等农林牧院校中农科各专业及水产、林业、畜牧、兽医等专业使用.

编 者

1999年10月

目 录

第三版前言

第一版前言

第一篇 力 学

第 1 章 运动和力	2
1.1 质点运动学	2
1.2 牛顿运动定律.....	11
习题	19
第 2 章 动量守恒 角动量守恒	21
2.1 动量定理 动量守恒定律.....	21
2.2 角动量定理 角动量守恒.....	26
习题	33
第 3 章 能量守恒	35
3.1 功.....	35
3.2 动能 动能定理.....	36
3.3 势能.....	38
3.4 机械能守恒定律.....	41
3.5 三种宇宙速度.....	42
习题	44
第 4 章 流体力学	46
4.1 流体静力学.....	46
4.2 理想流体的定常流动.....	50
4.3 黏滞流体的运动.....	55
4.4 黏滞流体中运动物体受到的阻力.....	61
习题	62

第二篇 热 学

第 5 章 气体动理论	64
5.1 平衡态 状态方程.....	64
5.2 气体的微观模型.....	67

5.3	理想气体的压强公式	69
5.4	理想气体的温度公式	72
5.5	麦克斯韦速率分布律	73
5.6	玻尔兹曼分布律	79
5.7	能量均分定理	83
5.8	气体分子的平均碰撞频率与平均自由程	86
5.9	气体内的输运过程	88
5.10	范德瓦耳斯方程	91
	习题	92
第6章	热力学基础	94
6.1	热力学第一定律	94
6.2	热力学第一定律对理想气体的应用	97
6.3	循环过程 卡诺循环	102
6.4	热力学第二定律	105
6.5	熵	109
6.6	熵的微观实质与统计意义	112
	习题	115
第7章	液体的表面性质	117
7.1	液体的表面张力	117
7.2	球形液面的附加压强	119
7.3	毛细现象	122
	习题	124
第三篇 电 磁 学		
第8章	静电场	128
8.1	电场强度 场强叠加原理	128
8.2	静电场的高斯定理	136
8.3	静电场环路定理 电势	141
8.4	静电场中的导体	148
8.5	静电场中的电介质	151
8.6	静电场的能量	156
	习题	158
第9章	恒定磁场	161
9.1	电流密度矢量 欧姆定律 电动势	161

9.2	磁感应强度 毕奥-萨伐尔定律	169
9.3	恒定磁场的基本性质	176
9.4	磁场对载流导线的作用	181
9.5	带电粒子在磁场中的运动	184
9.6	磁介质	189
	习题	197
第 10 章	电磁感应	202
10.1	法拉第电磁感应定律	202
10.2	动生电动势和感生电动势	204
10.3	自感和互感	207
10.4	磁场的能量	210
10.5	超导体	213
	习题	215
第 11 章	麦克斯韦方程组 电磁波	218
11.1	麦克斯韦方程组	218
11.2	电磁波	221
	习题	226

第四篇 光 学

第 12 章	振动与波	228
12.1	振动	228
12.2	波动	239
	习题	251
第 13 章	光波	254
13.1	光的干涉	254
13.2	光的衍射	274
13.3	光的偏振	290
	习题	304
第 14 章	光的吸收、散射和色散	308
14.1	光的吸收	308
14.2	光的散射	312
14.3	光的色散	316
	习题	318

第五篇 近代物理基础

第 15 章 量子物理基础	320
15.1 光的粒子性和实物粒子的波动性	320
15.2 原子的量子理论	336
15.3 氢原子	348
习题	356
第 16 章 激光	358
16.1 光的吸收和辐射	358
16.2 激光产生的条件	360
16.3 激光的特性及其应用	365
习题	367
第 17 章 狭义相对论基础	368
17.1 狭义相对论的基本假设	368
17.2 相对论运动学	371
17.3 狭义相对论动力学基础	377
习题	381
附录	383
附录 1 基本物理常量 1998 年的推荐值	383
附录 2 保留单位和标准值	383
附录 3 习题答案	384

第一篇 力学

宇宙最突出的特征之一是运动,而在物质的各种各样、千变万化的运动中,最简单的一类是物体间或物体各部分间相对位置的变动,例如,天体的运动、机器的运转、大气和河水的流动等.这类运动形态称为机械运动.力学的研究对象就是机械运动及其规律.

通常把力学分为运动学、动力学和静力学三部分.运动学研究物体在运动过程中位置和时间关系;动力学研究物体的运动与物体间相互作用的内在联系;静力学研究物体在相互作用下的平衡问题,也可以把它看作是动力学的一部分.

本篇讨论的力学属于经典力学,它有一定的适用范围,那就是讨论的客体都是由大量原子构成的宏观物体,且其速度比真空中的光速(约 3×10^8 m/s)要小很多.量子力学理论可以证明,对那些能量比较大且处于比较缓慢变化力场中的微观粒子,仍然可运用经典力学描述它们的运动;在低温下,超导体(宏观物体)的一些物理性质呈现在量子化的特征.还有,经典力学所涉及的时间尺度为 $10^{-3} \sim 10^{15}$ s,这对应着从声振动的周期到太阳绕银河系中心转动的周期.

本篇共 4 章,均为力学的基础知识.力学是物理学的起点,它也是物理学的基础.掌握力学对学好物理学其他部分是至关重要的.例如动量、角动量和能量的三个守恒定律不仅对宏观客体是成立的,同样对微观客体也是正确的.

第 1 章 运动和力

1.1 质点运动学

1.1.1 质点 参考系 坐标系

在物理学中,为了突出研究对象的主要性质,而不考虑一些次要的因素,经常引入一些理想化的模型来代替实际的物体,“质点”就是一个理想化的模型.任何物体都有一定的大小和形状.若物体在运动过程或与其他物体相互作用过程中,它的形状和大小在研究的现象中所起的作用可忽略不计.这样一来,物体的形状和大小与研究的问题无关,可以把它们当作一个具有质量的几何点(质点)来处理.例如,人们常将弹簧振子的物体、单摆的摆球、绕日公转的地球等看作为质点.但是,同一个地球,在研究它的自转问题时,就不能把它当作质点来处理了.

当我们研究某一物体的运动时,必须具体指明,运动是相对于哪一个物体或哪一个物体群的.这种选用具体研究物体运动的依据的物体或物体群,称为参考系.例如,研究地球相对于太阳的运动,则太阳就是参考系.若研究月球相对于地球的运动,则地球就是参考系.研究某一物体的运动,究竟选用哪一个物体或哪一个物体群为参考系,要看问题的性质和计算的方便.

选定了参考系后,要把物体在各个时刻相对于参考系的位置定量地表示出来,还需要在参考系上选择适当的坐标系(是笛卡儿创立的).常用的三维坐标系有直角坐标系 (x, y, z) 、球面坐标系 (r, θ, φ) 和圆柱面坐标系 (r, φ, z) .若运动被约束在一个曲面上,则坐标系被简化为二维.例如,在研究行星相对于太阳的运动时,可选用二维极坐标 (r, φ) ;若质点限定在一个球面上,便取坐标 (θ, φ) 来表示质点位置.

1.1.2 时间和空间的计量

在一定的参考系和坐标系中观察和描述运动,需用时间和空间两个物理量.

时间表征物质运动的持续性,凡已知其运动规律的物理过程,都可以用来作时间的计量,通常采用能够重复的周期现象来计量时间.自然界中存在着许多重复的周期现象就可作为时间的计量标准.例如,太阳的升落表示天;四季的循环称作年;月亮的盈亏是农历的月等.在国际单位制(SI)中,时间的单位为秒.原来,国际上统一用1900年回归年的 $1/31\,556\,925.974\,7$ 为1秒(1 s).回归年是指地球连续两次通过春分点所需的时间.当前则认为最精密的时间标准为原子标准.1967年10月在第13届国际度量衡会议上,规定1秒(1 s)的时间为位于海平面上的 ^{133}Cs 原子

的基态的两个超细能级在零磁场中跃迁辐射的周期 T 的 9 192 631 770 倍。

空间反映物质运动的广延性. 空间中两点的距离为长度, 任何长度的计量都是通过某一长度基准比较而进行的. 18 世纪末, 法国规定通过巴黎的子午线从北极到赤道距离的千万分之一为 1 米(1 m). 1889 年第一届国际计量大会通过, 将保存在法国的国际计量局中铂铱合金棒在 $0.00\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时两刻线间的距离定义为 1 米(1 m). 由于长度的实物基准很难保证不随时间改变和意外的灾害, 1960 年第 11 届国际计量大会曾决定用⁸⁶Kr 的橙黄色波长多少倍来定义“米”. 如今“米”的新定义是 1983 年 10 月第 17 届国际计量大会通过的, “米”是光在真空中 $1/299\,792\,458\text{ s}$ 的时间间隔内运行路程的长度.

物理学研究的对象从微观到宏观, 跨越了巨大的数量级范围, 单一的单位(如秒、米)用起来就很不方便了, 通常的做法是采用一些词头来代表一个单位的十进倍数或十进分数, 如千(kilo)代表倍数 10^3 , 厘(centi)代表分数 10^{-2} 等. 国际单位制所用的词冠如表 1-1 所示.

表 1-1 国际单位制词头

因数	英文名称	符号	中文名称	因数	英文名称	符号	中文名称
10^{-1}	deci	d	分	10	deca	da	十
10^{-2}	centi	c	厘	10^2	hecto	h	百
10^{-3}	milli	m	毫	10^3	kilo	k	千
10^{-6}	micro	μ	微	10^6	mega	M	兆
10^{-9}	nano	n	纳[诺]	10^9	giga	G	吉[咖]
10^{-12}	pico	p	皮[可]	10^{12}	tera	T	太[拉]
10^{-15}	femto	f	飞[母托]	10^{15}	peta	P	拍[它]
10^{-18}	atto	a	阿[托]	10^{18}	exa	E	艾[可萨]
10^{-21}	zepto	z	仄[普托]	10^{21}	zetta	Z	泽[它]
10^{-24}	yocto	y	幺[科托]	10^{24}	yotta	Y	尧[它]

1.1.3 位置矢量 位移

质点的位置也可以用矢量来表示, 如图 1-1 所示, 设质点在时刻 t 的位置为 A , 如果从坐标原点 O 向 A 点作一有向线段 OA , 并记作矢量 \boldsymbol{r} , 则 \boldsymbol{r} 的方向表明了 A 点相对于坐标轴的方位, \boldsymbol{r} 的长度表明 A 点到 O 点的距离. 方位和距离都知道了, A 点的位置也就确定了. 因此称 \boldsymbol{r} 为位置矢量, 简称位矢, 也叫矢径.

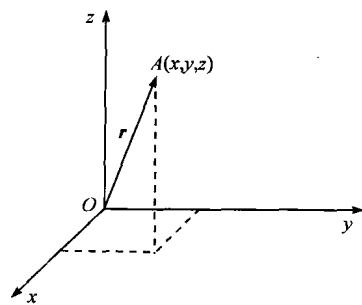


图 1-1 位置矢量

质点在一段时间内位置的改变,称为质点在这段时间内的位移.由于质点的位置用位矢表示,所以位移就是位矢的增量.如图 1-2 所示,设质点在时刻 t 和 $t + \Delta t$ 分别在 A 点和 B 点,它们的位矢分别为 r_A 和 r_B ,则在 Δt 时间间隔内质点的位移为

$$\Delta r = r_B - r_A \quad (1-1)$$

位移是个矢量,它除了表明 A、B 两点之间的距离外,还表明它们之间的方位.

一般情况下,有限位移的数值并不代表质点运动的路程,只有当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时,位移的数值才与质点运动路程相同.

若采用直角坐标系,图 1-1 中质点在时刻 t 运动至 A 点的位置矢量可写为

$$r_A(t) = x_A(t)i + y_A(t)j + z_A(t)k \quad (1-2)$$

式中 i, j, k 分别表示沿 x, y, z 轴正方向的单位矢量.式(1-2)称为质点的运动方程,而 $x(t), y(t)$ 和 $z(t)$ 为运动方程的分量式,若从中消去参量 t 便可得到质点运动的轨迹方程.

同理,图 1-2 中的位移可表示为

$$\Delta r = r_B - r_A = (x_B - x_A)i + (y_B - y_A)j + (z_B - z_A)k \quad (1-3)$$

1.1.4 速度 加速度

为了描述质点的运动状态,就需要引入速度的概念.定义质点位移 Δr 和发生这段位移所经历的时间 Δt 的比值为质点在这段时间内的平均速度,即

$$v = \frac{\Delta r}{\Delta t} \quad (1-4)$$

平均速度只是描述质点在 Δt 时间内位置的平均变化率,而不能反映质点在某一瞬时的运动情况.为了描述质点在任一时刻运动的快慢和方向,还需引入瞬时速度的概念.当 Δt 趋于零时,取式(1-4)的极限,此极限称为质点在 t 时刻的瞬时速度,简称速度,即

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta r}{\Delta t} = \frac{dr}{dt} \quad (1-5)$$

速度 v 也是矢量,速度的方向是当

$\Delta t \rightarrow 0$ 时, $\frac{\Delta r}{\Delta t}$ 的极限方向,如图 1-3 中

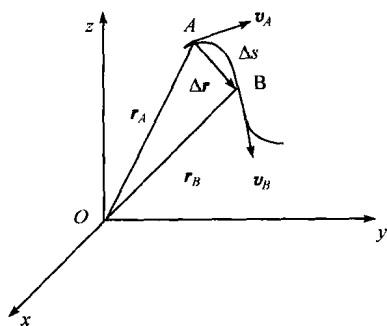


图 1-2 位移矢量

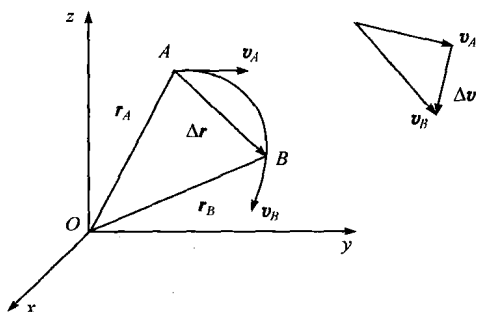


图 1-3 速度和加速度

质点经过 A 点时的 $\frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t}$ 的极限方向也就是曲线在 A 点的切线方向. 速度的大小称为速率 v , 由于 Δt 趋于零时, $|\Delta \mathbf{r}|$ 与质点在 Δt 时间内沿轨迹所经过的路程 Δs 趋于一致(图 1-3), 于是有

$$v = |\mathbf{v}| = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{|\Delta \mathbf{r}|}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{ds}{dt} \quad (1-6)$$

式(1-6)说明速率等于质点所经过路程对时间的变化率.

若采用直角坐标系, 由式(1-5), 速度 \mathbf{v} 可表示为

$$\mathbf{v} = \frac{dx}{dt} \mathbf{i} + \frac{dy}{dt} \mathbf{j} + \frac{dz}{dt} \mathbf{k} = v_x \mathbf{i} + v_y \mathbf{j} + v_z \mathbf{k} \quad (1-7)$$

式中 $v_x = \frac{dx}{dt}$, $v_y = \frac{dy}{dt}$, $v_z = \frac{dz}{dt}$. 式(1-7)等号右边的三项分别表示沿三个坐标轴方向的分速度, 它表明质点的速度是各分速度的矢量和. 由于式(1-7)中各分速度相互垂直, 于是有

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2} \quad (1-8)$$

根据速度的定义, 若质点的运动方程, 即式(1-2)已知, 就可通过微分运算求出它的速度.

不同物体的运动速度值可以相差很大. 大陆板块的移动速度为 $10^{-9} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 飞人跑速度 $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 空气中声速 $340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 空气分子热运动速度 $460 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 现代歼击机速度 $900 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 人造卫星速度 $7.9 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$, 地球公转速度 $30 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$, 太阳绕银河系中心速度 $300 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$, 距我们很遥远的类行星的退行速度可达 $2.8 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 北京正负电子对撞机中的电子速度 $0.99999998 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 光在真空中传播速度 $3.0 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

在一般情况下, 质点的速度随时间变化, 图 1-3 示出了在 Δt 时间间隔的质点速度的改变量 $\Delta \mathbf{v}$. 可类似于速度一样来定义质点在某一瞬时的加速度 \mathbf{a} , 即速度随时间的变化率定义为加速度

$$\mathbf{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} \quad (1-9)$$

加速度是描述速度变化的物理量, 它是一个矢量, 它的方向为 $\frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t}$ 的极限方向. 如果速度的大小和方向都保持不变, 则加速度为零. 反之, 不论速度大小或方向有变化, 加速度就不为零. 由式(1-5), 可得

$$\mathbf{a} = \frac{d^2 \mathbf{r}}{dt^2} \quad (1-10)$$

若采用直角坐标系, 加速度 \mathbf{a} 可表示为

$$\mathbf{a} = \frac{dv_x}{dt}\mathbf{i} + \frac{dv_y}{dt}\mathbf{j} + \frac{dv_z}{dt}\mathbf{k} = a_x\mathbf{i} + a_y\mathbf{j} + a_z\mathbf{k} \quad (1-11)$$

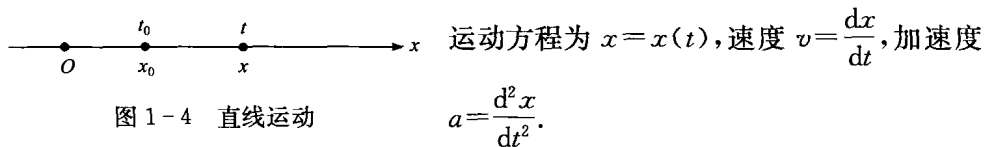
式中 $a_x = \frac{dv_x}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2}$, $a_y = \frac{dv_y}{dt} = \frac{d^2y}{dt^2}$, $a_z = \frac{dv_z}{dt} = \frac{d^2z}{dt^2}$ 为加速度 \mathbf{a} 沿三个坐标轴的分量. 这些分量和加速度的大小关系为

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} \quad (1-12)$$

1.1.5 几种典型的质点运动

1. 直线运动

当质点沿直线运动时, 如果将质点运动的轨道取作 x 轴(图 1-4), 则质点的



直线运动中, 如果质点的速度保持不变, 则加速度为零, 即 $v = \text{常量}$, $a = 0$. 由于 $v = \frac{dx}{dt}$, 于是有

$$dx = vdt$$

对上式两边积分, 即可求出质点坐标随时间变化的关系. 设 $t=0$ 时, 质点的坐标为 x_0 , 则任一时刻 t 质点的坐标为

$$\int_{x_0}^x dx = \int_0^t vdt$$

由于 v 为常量, 所以由上式可得

$$x = x_0 + vt \quad (1-13)$$

式(1-13)就是质点做匀速直线运动的运动方程.

在变速直线运动中, 最简单的是匀变速直线运动. 在这种运动中, 质点的加速度保持不变, 即 $a = \frac{dv}{dt} = \text{常量}$. 同样, 可求出

$$\int_{v_0}^v dv = \int_0^t a dt = a \int_0^t dt = at$$

于是有

$$v = v_0 + at \quad (1-14)$$

式中 v_0 是质点在 $t=0$ 时刻的速度, 式(1-14)是质点做匀变速直线运动时速度随时间变化的关系式. 又根据 $v = \frac{dx}{dt}$, $dx = vdt$, 将式(1-14)代入此式, 并设 $t=0$ 时, $x=0$, 则有

$$\int_0^x dx = \int_0^t v dt = \int_0^t (v_0 + at) dt$$

即

$$x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2 \quad (1-15)$$

式(1-15)就是匀变速直线运动的运动方程。

从式(1-14)和式(1-15)中消去参数 t , 就可得到速度随坐标变化的关系

$$v^2 - v_0^2 = 2ax \quad (1-16)$$

在地面附近, 如果忽略空气的阻力, 物体的自由下落、竖直上抛和竖直下抛运动都是匀变速直线运动, 它的加速度就是重力加速度, 即 $a=g$ 。

2. 抛体运动

设在地面附近, 一物体以初速 v_0 沿与水平面上 Ox 轴的正方向成 α 角被抛出, 物体在空中的运动称为抛体运动。如果忽略空气的影响, 物体的运动轨迹被限制在通过抛出点的竖直方向和投射速度方向所确定的平面内, 所以是二维运动。如图 1-5 所示, 以抛出点为坐标原点 O , 沿水平方向和竖直方向取平面直角坐标系 xOy 。物体沿 x 方向和 y 方向的两个分运动的速度方程和运动方程分别为

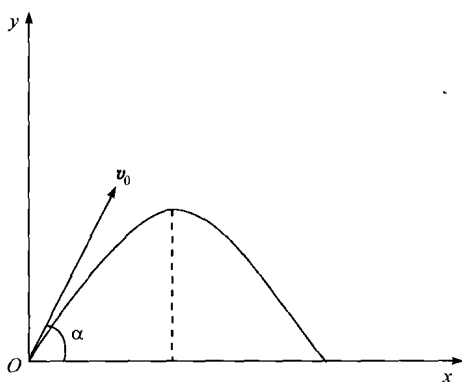


图 1-5 抛体运动

$$v_x = v_0 \cos \alpha \quad (1-17)$$

$$v_y = v_0 \sin \alpha - gt$$

和

$$\begin{aligned} x &= v_0 \cos \alpha t \\ y &= v_0 \sin \alpha t - \frac{1}{2} gt^2 \end{aligned} \quad (1-18)$$

消去式(1-18)中的参数 t , 可得

$$y = x \tan \alpha - \frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} x^2 \quad (1-19)$$

式(1-19)就是抛出物体的轨迹方程, 它表明在忽略空气影响下, 抛体在空中所经历的路径为一抛物线。若将物体落地点与原点 O 间的距离 X 称为射程, 那么将 $y=0$ 代入式(1-19)可得

$$X = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} \quad (1-20)$$