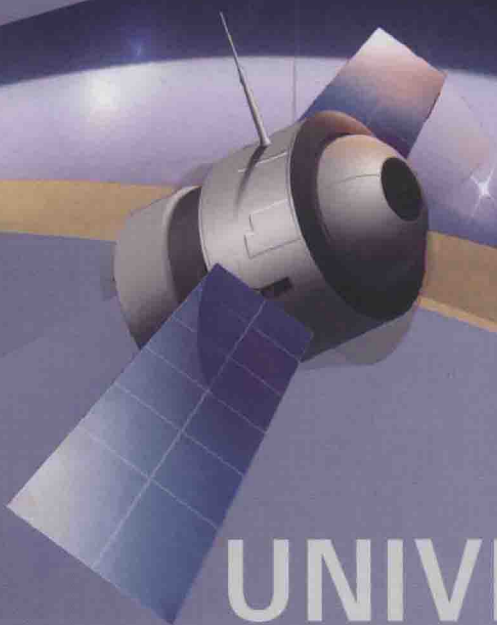


大学物理

(上册)

主 编 王 瑞 宿 刚
副主编 姚建明



UNIVERSITY
PHYSICS



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

大学物理

(上册)

主编 王瑞宿刚

副主编 姚建明



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

内 容 简 介

本书是编者结合自己多年使用的多媒体课件编写的。本书强调物理知识介绍的系统性、内容的可读性,并力求简单明了的编写风格。本书每一章的最前面都给出了学习建议,可以帮助读者学习;每一章的最后面都有“知识扩展”、“历史连接”或“实验连接”,开阔读者的视野;习题只给出最基本的要求题目,力求少而精,针对性强,并给出复习简表。全书分为17章,上下两册,本书是上册。

本书可供综合大学和师范大学理工科非物理类专业90~130学时基础物理学课程作为教材使用,也可供其他高等学校的理工科专业选用,并可供中学物理教师进修、自学使用。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理.上册/王瑞,宿刚主编. —杭州:浙江大学出版社,2013.12

ISBN 978-7-308-12644-1

I. ①大… II. ①王… ②宿… III. ①物理学—高等学校—教材 IV. ①04

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第296843号

大学物理(上册)

主编 王 瑞 宿 刚

责任编辑 邹小宁

文字编辑 吴琦骏

封面设计 朱 琳

出 版 浙江大学出版社

(杭州市天目山路148号 邮政编码 310007)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 杭州教联文化发展有限公司

印 刷 浙江云广印业有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 15.5

字 数 358千

版 次 2013年12月第1版 2013年12月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-308-12644-1

定 价 32.00元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

前言

1999年第23届国际纯粹物理与应用物理联合会大会的第五号决议指出“物理学是研究物质、能量和它们的相互作用的学科”。这和我们通常所讲的物理学是研究物质的结构、相互作用以及运动规律的学科并无二致,只是在这一决议强调了能量在物理学中的基础地位,而这正是大学阶段的物理学区别于中学教育阶段的物理学的关键之处。所以,在大学物理的学习中我们将致力于寻找最基本的能量。

伴随着人类的历史,物理学已经进入了我们生活的每一个领域。我们要生活就离不开物理,我们的吃穿住行都与物理有关,比如房屋的建筑、汽车的行驶、电力的使用等,物理学的这种渗透使得我们每天都在接触物理,却能产生一种“它似乎不存在”的感觉,因为一切看上去都是自然而然的。这给我们一个很大的假象或困惑:我们只要会使用这些建立在物理学基础上的科技成果就可以了,至于从更深的程度上理解这些东西的原理和背景是没什么必要的。但我们想说,在当前这样的一个科学和科技的世界里,如果我们对这些科学和科技的背景知识一无所知,那么我们就不能很好地享受和利用这些科学和技术给我们带来的好处。所以,多少了解和掌握一些物理的基础还是很有必要的。为此,我们重新编订了这本《大学物理》,我们着眼于讨论经典物理中最基本的那一部分,然后用尽可能简单的语言和尽可能少的数学去分析和研究这些基本原理。

第1章是矢量和运动学。这其中关于矢量的定义和运算也许是本书中最困难的数学概念,我们从解析和几何两方面都仔细进行了分析,这是整个《大学物理学》的基础。

第2章是力的概念,我们讨论了牛顿定律,重点分析了它的应用,我们用大量的习题作为对牛顿定律的说明,致力于说明如何运用数学来解决物理问题,而不是数学技巧本身。

第3、4章我们把牛顿定律做了适当的推广,得到了比牛顿定律更基本的动量守恒和机械能(能量)守恒定律。

第5章是关于转动的一些分析和讨论。我们常觉得转动的特性难以理解,在很大程度上是缺乏对转动的经验认识,所以我们借助于几何论证,强调物理上的推理,并给出了大量的例题来说明转动的相关规律和角动量守恒定律。

第6章是狭义相对论的基本原理和一些应用,我们强调了与经典的物理思想之间的一致性和拓展性。如各种守恒性以及相对论在低速情况下与经典图像的符合性。

第7、8章我们讨论了牛顿定律中合外力是弹性力的情况,研究了在以该力作用下



物体的运动及其在空间的传播情况,它们涉及振动和波动。

第9、10章里我们讨论了光的干涉,你可以认为这一部分是第8章的一个延续,因为第8章中所有关于波的结论都是普适的,那么这些结论就天然适合于光波这一横波。

第11章我们对光的偏振特性作了简要的分析,这些分析对我们理解光的物质和能量组成以及后续的电磁学有着重要的意义。

我们和学生们的经验表明,不要被动地学习物理学。同时,做题目是一个学习物理学的必要方法,甚至是一个很好的途径。你总可以在做题目的过程中理解和领悟物理学中各种抽象定理和概念的真正意义和精妙之处,而这会给你带来一种满足感,这种满足感不论是在学习物理学还是其他的知识的过程中都有着至关重要的动力作用。

本书的编写工作,第1~8章由王瑞老师完成,第9~11章由宿刚老师完成,王瑞老师负责通稿和最后审定。我们还要很高兴地感谢对本书做了许多贡献的同事和学生,特别要对李金玉老师致以谢意,她为本书提供了大量的例题和习题。本书与《大学物理》(下册)和《大学物理复习指南》是一套系列教材,是我们所编写的《大学物理》系列教材的第三版。在此感谢前几版老师、同事们所做的工作。《大学物理》系列教材由姚建明老师统筹。

由于编者水平有限,书中难免出现错误和不当之处,希望使用本书的老师、学生和其他读者,随时提出宝贵意见。

编者

2013年10月于浙江舟山

目 录

第 1 章 矢量和运动学	1
1.1 矢量和矢量运算	1
1.2 物体运动的形式	6
1.3 质点运动的描述	10
1.4 加速度恒定的运动	18
1.5 圆周运动	21
1.6 相对运动	27
习题 1	31
第 2 章 牛顿运动定律	33
2.1 牛顿定律	33
2.2 单位和量纲	36
2.3 常见的力	37
2.4 牛顿定律的应用	40
2.5 牛顿定律的适用范围	44
习题 2	46
第 3 章 动 量	49
3.1 动量定理	49
3.2 动量守恒定律	54
习题 3	57
第 4 章 功和能	60
4.1 动能定理和功	60
4.2 几种常见力的功	65
4.3 机械能守恒定律	69
4.4 碰 撞	72
习题 4	78



第5章 转动和角动量	80
5.1 质点的角动量和力矩	81
5.2 刚体的定轴转动	83
5.3 刚体定轴转动定律的应用	92
5.4 转动中的功和能	94
5.5 角动量守恒定律	96
5.6 物理摆	100
习题5	103
第6章 狭义相对论	106
6.1 经典的时空观	106
6.2 狭义相对论基础	109
6.3 狭义相对论的时空观	110
6.4 狭义相对论的动量与能量	116
习题6	124
第7章 振 动	126
7.1 简谐振动	127
7.2 简谐振动的旋转矢量法	130
7.3 简谐运动的能量	135
7.4 简谐运动的合成	137
7.5 阻尼振动和受迫振动	145
习题7	150
第8章 机械波	153
8.1 机械波的基本概念	153
8.2 平面简谐波的波函数	156
8.3 波的能量	163
8.4 波的衍射、反射和折射	165
8.5 波的干涉	168
8.6 驻 波	171
8.7 声 波	175
8.8 多普勒效应	177
习题8	184
第9章 光的干涉	187
9.1 相干光	187

9.2 光的干涉现象	189
9.3 光程与薄膜干涉	194
9.4 等厚干涉	199
9.5 等倾干涉	203
9.6 迈克耳孙干涉仪	204
习题 9	208
第 10 章 光的衍射	210
10.1 衍射现象、惠更斯—菲涅耳原理	210
10.2 单缝的夫琅禾费衍射	212
10.3 圆孔衍射与光学仪器的分辨本领	216
10.4 光栅衍射	218
10.5 X 射线的衍射	222
习题 10	226
第 11 章 光的偏振	228
11.1 光的偏振性	228
11.2 反射光和折射光的偏振	231
11.3 双折射与偏振棱镜	233
习题 11	237
参考文献	239

1.1 矢量和矢量运算

当我们试图去描述一个物体的运动时,我们会发现传统的方式不足以描述物体运动的全部信息。比如我们事先已知了一个物体的位置,记为 $\mathbf{r}$, 物体在接下来的 Δt 时

第1章 矢量和运动学

学习建议

1. 课堂讲授为6学时左右。
2. 本章为力学中的运动学部分,与下一章动力学知识一起构成了经典力学的基础。
3. 学习基本要求:
 - (1)掌握位置矢量、位移、加速度等描述质点运动及运动变化的物理量。理解这些物理量的矢量性、瞬时性和相对性。
 - (2)理解运动方程的物理意义及作用,掌握运用运动方程确定质点的位置、位移、速度和加速度的方法,以及已知质点运动的加速度和初始条件求速度、运动方程的方法。
 - (3)能计算质点在平面内运动时的速度和加速度,以及质点作圆周运动时的角速度、角加速度、切向加速度和法向加速度。
 - (4)理解伽利略速度变换式,并会用它求简单的质点相对运动问题。

物理学是研究物质运动中最普遍、最基本运动形式的基本规律的学科。其中力学则是研究物质运动中最简单、最常见的运动——机械运动规律的学科。所谓机械运动是指一个物体相对于另一个物体的位置随时间发生变化;或者一个物体内部的各部分之间的相对位置随时间发生变化的运动。力学一般分为运动学和动力学两大部分。运动学倾向于描述物体在某一时刻的空间位置和不同时刻所对应位置之间的关系;动力学则主要研究物体产生这种空间位置变换的原因(如果我们把静止也看做一种特殊的运动的话)。从章节上看,上册的第1章为运动学部分,第2章为动力学部分,我们会在后面看到,运动学方程在数学上是动力学方程的一个解,这就是两者之间的联系。

1.1 矢量和矢量运算

当我们试图去描述一个物体的运动时,我们会发现传统的方式不足以描述物体运动的全部信息。比如我们事先已知了一个物体的位置,记为 p_1 , 物体在接下来的1秒



内运动了5米的距离,问物体在此刻的位置 p_2 , 我们会发现,我们完全不能确定物体的末位置。造成这一结果的原因在于我们对运动的描述是不完备的,亦即“1秒内运动了5米”不足以完全描述该物体在这1秒内的真实运动。这种描述只告诉了我们运动的距离,而没有说明运动的方向,而方向恰恰是运动非常重要的一个属性。所以,一般的描述应该是“物体向东或北偏东30度等任意一个方向运动了5米”,这种描述既说明了运动的方向,也说明了物体在这个方向上移动的距离,在这个描述下,我们就可以精确说出在1秒末时物体的位置 p_2 。看到这种“大小”加“方向”的表达形式在解释运动或位置等问题是必需和必要的。

1.1.1 矢量

在几何上,矢量是一个有方向的线段,在书写中,在一个(或多个)字母的上方加一个箭头就可以表示一个矢量。如 $\vec{a}$ 、 $\vec{A}$ 、 $\vec{AB}$ 都可以表示一个矢量。在印刷时,我们习惯于用黑斜体字表示矢量,如 $\boldsymbol{A}$ 、 $\boldsymbol{AB}$ 。

在描述任一个矢量 $\boldsymbol{A}$ 时,我们必须同时给出它的长度和方向。矢量的长度即线段的长度叫做矢量的大小,用 $|\boldsymbol{A}|$ 表示,也可以直接写为 A ,从而我们有一个矢量的大小 $A=|\boldsymbol{A}|$ 。需要指出的是,平行移动不改变一个矢量的任何信息(大小和方向)。图 1.1(a)所示的都表示同一个矢量。若两个矢量的大小和方向都相同,则我们称这两个矢量彼此相等,见图 1.1(b),记为 $\boldsymbol{B}=\boldsymbol{C}$,我们当然可以把左侧的三个矢量写为 $\boldsymbol{A}=\boldsymbol{A}=\boldsymbol{A}$ 。

与矢量相对,一个只有大小而没有方向的量称为标量,标量就是我们传统意义上的数加单位,如上面例子中的“运动了5米”中的“5米”就是一个最常见的标量,矢量的大小就是标量。

特别的,当一个矢量的长度为一个标准单位时,我们称其为单位矢量,一般用字母加字母上方的“ $\hat{}$ ”符号来表示,如矢量 $\boldsymbol{A}$ 的单位矢量记为 $\hat{\boldsymbol{A}}$,有 $\hat{\boldsymbol{A}}=\frac{\boldsymbol{A}}{|\boldsymbol{A}|}$,或者 $\boldsymbol{A}=|\boldsymbol{A}|\hat{\boldsymbol{A}}$ 。

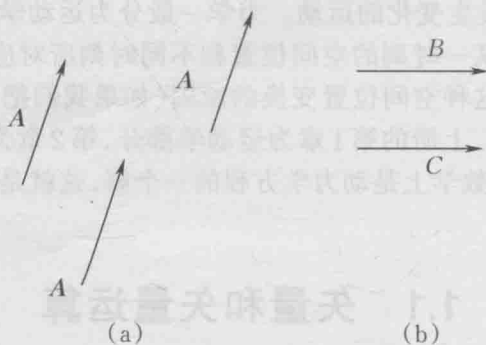


图 1.1 空间中的矢量

1.1.2 矢量的运算

1. 矢量与标量相乘

首先,一个矢量不能和一个标量进行加减运算,因为它们所代表的意义完全不同,就如同不能把速度和时间直接相加。但矢量和标量之间可以相乘。一个标量 b 与一个矢量 A 相乘,得到一个新的矢量 $C=bA$,当标量 b 大于零时,新矢量 C 平行于 A 且其大小比原长度大 b 倍,有 $|C|=b|A|$ 。

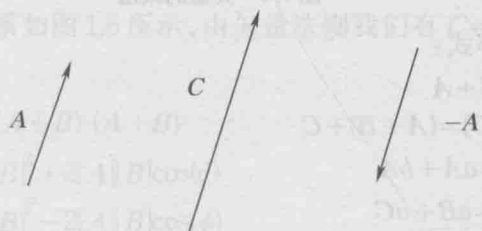


图 1.2 矢量

比较特殊的是当标量 b 小于零的情况,以 $b=-1$ 为例,则新矢量 $C=bA=-A$,可以看出,新矢量在大小上和原矢量完全相同,其前面的“-”号表示新矢量和原矢量方向相反,即反平行。由此,我们强调“-”号在矢量表示中仅仅表示方向和原先的方向或事先规定好的正方向方向相反,而不表示小于零。在这一基础上,我们说当用负的标量和矢量相乘时,既要改变矢量的大小,又要改变矢量的方向。

特别的,当标量 b 等于 0 时,标量与矢量的乘积为 0。

2. 矢量的加法

两个矢量 A 和 B 相加,也称为矢量的叠加原理,满足如下的规则:

首先通过平移矢量 B ,将 B 的起端接在 A 的箭头的顶端,则这两个矢量的和,就是由 A 的起端引向 B 的顶端所成的矢量,如图 1.3 所示。

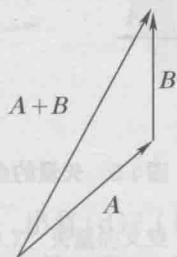


图 1.3 矢量的加法

矢量的减法可以看做是加法的逆运算,有 $A-B=A+(-B)$,表示由矢量 A 减去矢量 B 时,可以先将 B 反向成为 $-B$,再计算 A 与 $-B$ 的矢量和,如图 1.4(a)、(b)所示。矢量相减还有一个等效的方法,把 B 的箭头顶端平移到 A 的顶端,则从 A 的起端到 B 的起端的矢量就是 $A-B$,如图 1.4(c)所示。

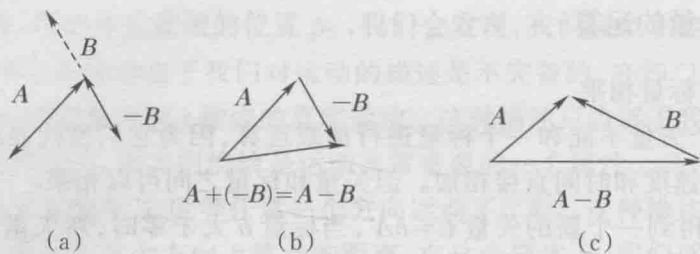


图 1.4 矢量的减法

【练习】证明下列等式：

$$A+B=B+A$$

$$A+(B+C)=(A+B)+C$$

$$(a+b)A=aA+bA$$

$$a(B+C)=aB+aC$$

3. 矢量的乘法

相比与矢量的加法、矢量与标量的乘法,矢量之间的乘法要复杂得多,也有很多种不同的乘法,我们将只定义两种最广泛的乘法。

a. 矢量的标积

标积就是把两个矢量结合成一个标量的方法,用 $A \cdot B$ 表示两个矢量的标积,中间的符号是“ $\cdot$ ”,所以标积也叫做点积。标积定义为:

$$C=A \cdot B=|A||B|\cos(\theta)$$

其中, θ 是当 A 、 B 两个矢量的起端在同一点时,它们之间的夹角,它总是取一个小于 π 的值,如图 1.5(a)所示。

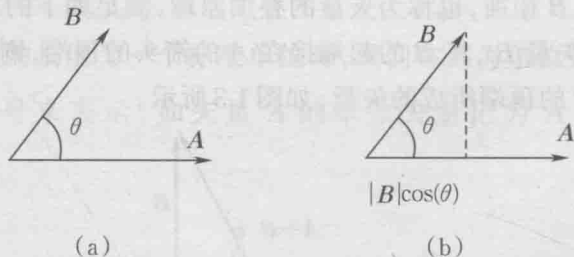


图 1.5 矢量的点乘

矢量点乘的物理意义可以从图 1.5(b)看出, $|B|\cos(\theta)$ 是矢量 B 在矢量 A 方向的投影,所以矢量点积可以认为是一个矢量乘以另一个矢量在其方向的投影。特别的,当两个矢量相等时,我们有

$$A \cdot A=|A||A|\cos(0)=|A||A|=|A|^2$$

上式也是一个求矢量大小的方法 $|A|=\sqrt{A \cdot A}$ 。

矢量的点乘可以很好地解释我们所熟知的三角形余弦定理。

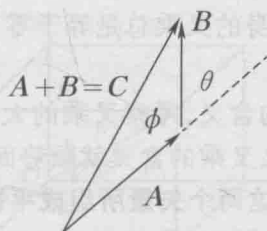


图 1.6 余弦定理的证明

矢量 A 、 B 的相互关系如图 1.6 所示,由矢量法则我们有 $C=A+B$,考察矢量 C 的大小,有

$$\begin{aligned} |C|^2 &= C \cdot C = (A+B) \cdot (A+B) \\ &= |A|^2 + |B|^2 + 2|A||B|\cos(\theta) \\ &= |A|^2 + |B|^2 - 2|A||B|\cos(\phi) \end{aligned}$$

这正是我们所熟知的三角形余弦定理。

b. 矢量的叉乘

矢量的第二种乘法表示两个矢量结合成第三个矢量,字母表达为 $C=A \times B$,中间的符号是“ $\times$ ”,这也是叉乘这一名称的由来。矢量叉乘要比点乘更复杂,因为得到的是一个新矢量,它既有大小,也有方向。新矢量的大小遵守下面的法则:

$$|C| = |A \times B| = |A||B|\sin(\theta)$$

新矢量的方向则遵循右手法则,如图 1.7 所示。

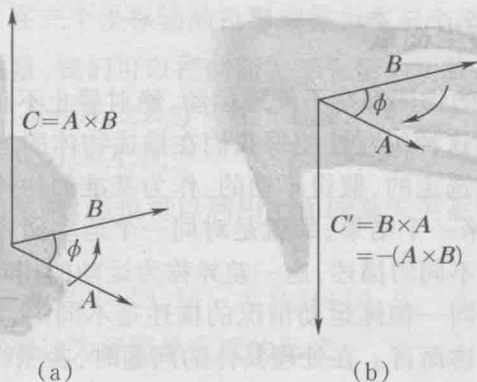


图 1.7 矢量的叉乘

右手法则:当两个矢量叉乘时,伸开右手,大拇指和其余四个指头保持垂直,使四个指头指向第一个矢量的方向,然后转动右手使这四个指头指向第二个矢量的方向,那么此时大拇指的指向就是新矢量的方向,如图 1.7 所示。可以看出,新矢量垂直于两个矢量所组成的平面。从图 1.7 还可以看出,交换两个矢量的顺序,其叉乘的结果是正好相反的,这称为叉乘的反交换率:

$$C = A \times B \quad -C = B \times A$$



一个有意思的结果是矢量与自身的叉乘总是等于零

$$\mathbf{A} \times \mathbf{A} = 0$$

图1.8显示了叉乘所代表的含义,考察叉乘的大小会发现 $|\mathbf{B}|\sin(\theta)$ 正好是两个矢量所组成平行四边形的高度,那么叉乘的含义就顺势而出了:

两个矢量叉乘的大小等于这两个矢量所组成平行四边形的面积。

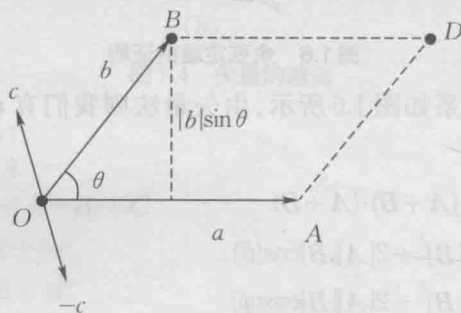


图1.8 叉乘的物理意义

矢量是物理学中一个非常重要和核心的概念,对矢量的运算和操作也是物理学最基础的知识之一。我们将在以后的学习中不断接触和深入这些概念和运算。

1.2 物体运动的形式

1.2.1 参考系与坐标系

在自然界中所有的物体都在不停地运动,绝对静止不动的物体是没有的,这称为运动的绝对性。运动的这种绝对性使得我们在描述物体的运动时,通常要事先选择好参照物。参照物指事先选定的、假设不动的、作为基准的物体。一般而言,参照物是可以任意选择的,这就带来一个结果,那就是对同一个运动而言,不同的观测者会由于参照物选取的不同而产生不同的描述,这一差异称为运动的相对性。

不同的参照物对同一物体运动情况的描述是不同的,因此,在描述物体运动时,必须指明是对什么参照物而言。在处理具体的问题时,参照物的选取一般遵循以下原则:

(1)选取要具有“易得性”,即尽量选取常见的目标作为参照物。

(2)选取要具有“简单性”,即在可能的参照物中选择两者关系最容易描述的,或选择使运动描述最为简单的作为参照物。

(3)选取要具有“可转换性”,由于参照物的选择是任意的,所以,被选中的参照物之间应该有某种必然的联系。

选定了参照物后,我们就可以定性地去描述一个物体的运动。为了定量地描述运动,我们还需要建立参考系。物理学中,参考系指在参照物的基础上,用以定量测量并记录一个物体的位置、定向以及其他物理属性的坐标系。常见的坐标系有:直角坐标系、极坐标系、自然坐标系等。

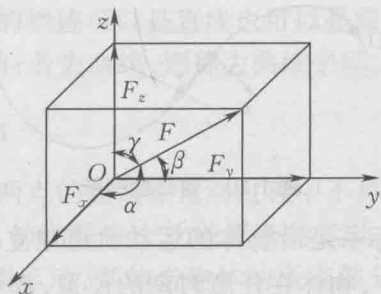


图 1.9 直角坐标系

直角坐标系也称为笛卡尔坐标系,是最常用的坐标系。直角坐标系由三个相互垂直的坐标轴 Ox 、 Oy 、 Oz 组成,三个方向的基本矢量分别为 i 、 j 、 k 。有相互关系

$$i \cdot j = j \cdot k = k \cdot j = 0$$

和

$$i \times j = k;$$

$$j \times k = i;$$

$$k \times i = j;$$

我们把满足以上叉乘关系的坐标系称为右手坐标系,一般情况下,我们选择的坐标系都是右手坐标系。

在坐标系中,任一个以坐标原点为起端的矢量 F 均可由基本矢量表示为:

$$F = F_x i + F_y j + F_z k$$

这里 F_x 、 F_y 、 F_z 分别为 F 在三个坐标轴的投影或称为在三个坐标轴方向的分量。

借助于坐标轴和单位矢量,我们可以把前面关于矢量的运算进一步写为:

$$A \pm B = (A_x \pm B_x)i + (A_y \pm B_y)j + (A_z \pm B_z)k;$$

$$A \cdot B = A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z;$$

稍微复杂一点是矢量的叉乘,但也可以利用上面的基矢关系得出,两个矢量叉乘的分量表达式

$$A \times B = (A_y B_z - A_z B_y)i - (A_x B_z - A_z B_x)j + (A_x B_y - A_y B_x)k;$$

这个式子可以用行列式表达为更简单直观的形式

$$A \times B = \begin{vmatrix} i & j & k \\ A_x & A_y & A_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix}.$$

【练习】证明三矢量叉乘的公式

$$(A \times B) \times C = B(A \cdot C) - A(B \cdot C)$$

这是一个非常有用的公式,我们会在后面不断的用到这个公式。

下面再简单介绍一下自然坐标系。

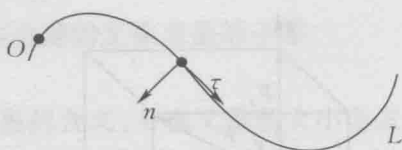


图 1.10 自然坐标系

如图 1.10 所示,自然坐标系是沿物体的运动轨道建立的坐标系。在物体运动轨道上任取一点作为坐标原点 O ,物体在任意时刻的位置,都可用它到坐标原点 O 的轨迹的长度来表示。自然坐标系中两个单位矢量定义为:切向单位矢量 τ ,沿物体所在点的轨道切线方向;法向单位矢量 n ,垂直于在同一点的切向单位矢量而指向曲线的凹侧。这两个单位矢量的方向随物体位置的不同而不同。

1.2.2 物体的平动

我们已经讨论了矢量以及矢量的基本运算,在物理学中引入矢量的原因非常简单,那就是矢量天然适合于描述物体的运动定律。这些定律决定了运动的性质,而要讨论力学就必须从运动开始。

最简单的运动——机械运动有平动和转动两种基本形式,而其他更复杂的机械运动都可以看做是这两种基本运动形式的合成。

平动指物体在运动过程中体内各点的位置没有相对变化的运动。如图 1.11 所示,考虑一任意形状物体的运动,在这一物体上任选两点并做连线,那么在物体的运动过程中,在任意时刻 t_1 和 t_2 ,若这两点的连线都保持彼此平行且大小(连线的长度)相等,则我们说该物体所做的运动就是平动。也可以选择把 t_0 时刻——表示物体刚开始运动的那个时刻的连线定义为参考线,那么此后的任意一个时刻 t ,所做连线与参考线相平行且相等的运动即为平动。这里我们强调任意两点之间连线在任意时刻保持长度相同的意义在于表明物体没有发生形变。可以看出,当物体做平动时,其体内各点的运动路径(轨迹)完全相同。利用这一点,我们就可以用物体上任意一点的运动(轨迹)来表示整个物体的运动(轨迹),通过对这一点的运动轨迹描述就可以知道整个物体的运动轨迹。值得指出的是我们一般选择物体的质心作为“任意一点”的代表,来表示物体的平动。

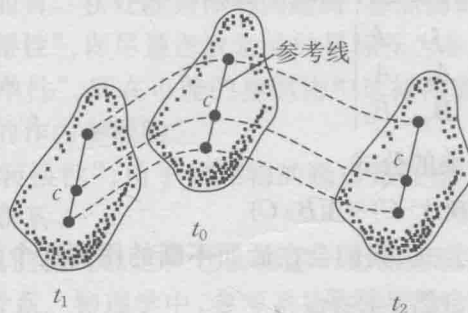


图 1.11 物体的平动

物体平动时,物体内部各点的轨迹可以是直线也可以是曲线。若各点的轨迹为直线,则把物体的平动称为直线平动;若为曲线,则称为曲线平动。

1.2.3 物体的转动

对一物体,若其体内任意两点的连线在运动过程中不再保持时刻平行,则我们说物体发生了转动。相对于平动,转动是一个比较复杂的运动,我们只研究最简单的转动——物体的每一部分都做圆周运动,具体指物体的所有部分或点都绕同一个公共轴做半径恒定的旋转,公共轴称为转动的转轴。这里要注意的有三点:

(1)转轴可以在物体内部也可以在物体外部,同一个物体可以有不止一个转轴,但对一确定时刻的某一转动而言,转轴只有一个。以地球为例,地球本身要自转,转轴为通过地球北极和南极的地轴;同时,地球还要绕太阳做近似圆周运动的公转,对于公转,转轴则为通过太阳且垂直于太阳和地球所在平面的直线。

(2)物体各个部分到转轴的距离即为这一部分做圆周运动的半径,这一半径可以取大于等于零的数,当转轴通过这一部分时,所对应的半径就为0,不同部分的圆周运动的半径可以不同。

(3)转动过程中,一般不考虑物体的形变。

转轴相对参考系静止的转动为定轴转动;转轴上只有一点相对参考系静止,转动方向不断变动的转动为定点转动。例如,门的转动是定轴转动,陀螺的转动是非定轴转动。如图1.12所示,(a)为定轴转动,(b)为定点转动。

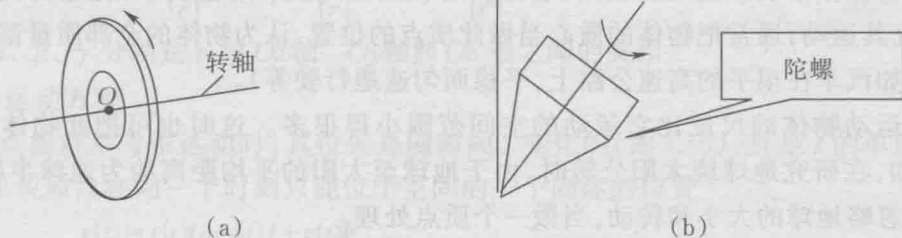


图 1.12 物体的转动

物体转动时,物体上各个部分或点的轨迹圆所在的平面叫做转动平面。物体各个部分转动平面相互平行,都垂直于转轴。

1.2.4 物体的一般运动

任何物体所作的复杂运动都可分解为质心的平动和绕质心的转动。如图1.13所示,一密度均匀的圆盘在水平面上作无滑动的滚动。

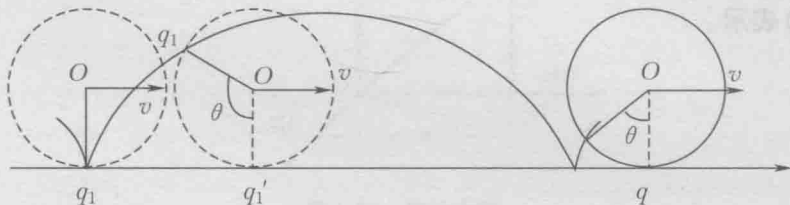


图 1.13 物体的一般运动