



21 世 纪 高 等 院 校 教 材
新编大学物理 **立体化** 系列教材

新 编

大学物理学习指导

王济民 编 ◆

6



科学出版社
www.sciencep.com

21 世纪高等院校教材
新编大学物理立体化系列教材

新编大学物理学习指导

王济民 编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是“新编大学物理立体化系列教材”之三,是《新编大学物理》一书的辅助教材.全书共分17章,涵盖力学、电磁学、热学、振动、波动与光波、狭义相对论及量子物理等内容.每章均包括基本要求、内容提要、难点浅释、解题示例、目标测试五部分内容.

本书可作为高等工科院校学生学习大学物理的指导性读物,也可作为有关教师的教学参考书以及相关专业的考研辅导资料.

图书在版编目(CIP)数据

新编大学物理学习指导/王济民编. —北京:科学出版社,2005
21世纪高等院校教材·新编大学物理立体化系列教材

ISBN 7-03-014726-X

I. 新… II. 王… III. 物理-高等学校-教学参考资料 IV. O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 003000 号

责任编辑:昌盛 陈玉琢 姚庆典/责任校对:包志虹

责任印制:安春生/封面设计:陈敬

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>

西源印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005年2月第一版 开本:B5(720×1000)

2005年2月第一次印刷 印张:18

印数:1—4 000 字数:341 000

定价:22.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈路通〉)

前 言

大学物理是高等工科院校重要的理论基础课,对于高素质科技人才的培养具有举足轻重的作用,世界发达国家大学物理课程的学时高达 400 多,足见物理教育在人才培养中的地位与作用.多年来的教学实践表明,学生在学习大学物理过程中,存在着一定的困难,特别是近年来高等教育大众化趋势使得这一问题更为突出.好的导向性读物,可以使学生少走弯路,在同样的条件下获得最大的收益,这正是编写本书的初衷.

作为本书开篇的绪论,我们对于贯穿物理学整体内容的若干基本问题首先加以阐述,以期对整个物理学的学习起到一定的指导作用.正文各章均包括基本要求、内容提要、难点浅释、解题示例、目标测试五个方面的内容.

“内容提要”不是教材内容的简单缩写,而是突出了物理学知识体系的归纳概括,使之系统化、条理化,帮助学生清脉络、辨主从,掌握步入物理学殿堂的途径,也为学生课后复习提供了一套系统完整的资料.

“难点浅释”针对学生学习中常犯的错误和容易混淆的理论、概念以及运用条件进行了深入分析,并为正确理解与运用物理定律作了大量细致而有说服力的阐述.

“解题示例”给出了 140 多道例题,在方法上不限于就题论题,而是着眼于学生基本科学素质的训练,强调思维模式的转变,强化建立坐标系意识,培养合理运用符号的能力,并突出解题应用的物理思路.每道例题之后设立的“解后点评”就解题方法和技巧、题目所涉及的技术背景和学生常犯错误的根源等进行了综述,以达到开阔眼界、培养能力、防范错误的目的.

“目标测试”是依据教学目标而精心设计的自测性题目,以便分阶段地进行自我检测.

本书是在编者多年教学实践的基础上编写的,反映了编者在教学中的一些经验和体会.由于水平所限,书中的疏漏和错误之处,恳请读者不吝指正.

在本书的编写过程中,得到了西北工业大学理学院及应用物理系领导和同事们的支持和帮助,在此谨致以衷心的感谢.

编 者
2004 年 7 月

目 录

绪论	1
0.1 掌握物理学体系的基本架构	1
0.2 强化建立坐标系的意识	2
0.3 培养合理运用符号的能力	4
0.4 注重思维模式的转变	6
0.5 物理解题思路概要	6

第一篇 力 学

第1章 质点运动学	8
1.1 基本要求	8
1.2 内容提要	8
1.3 难点浅释	10
1.4 解题示例	13
1.5 目标测试	26
第2章 质点动力学	28
2.1 基本要求	28
2.2 内容提要	28
2.3 难点浅释	30
2.4 解题示例	36
2.5 目标测试	50
第3章 刚体力学	52
3.1 基本要求	52
3.2 内容提要	52
3.3 难点浅释	54
3.4 解题示例	56
3.5 目标测试	65

第二篇 电 磁 学

第4章 真空中的静电场	67
4.1 基本要求	67

4.2	内容提要	67
4.3	难点浅释	69
4.4	解题示例	71
4.5	目标测试	82
第5章	静电场中的导体和电介质	84
5.1	基本要求	84
5.2	内容提要	84
5.3	难点浅释	86
5.4	解题示例	88
5.5	目标测试	100
第6章	恒定磁场	101
6.1	基本要求	101
6.2	内容提要	101
6.3	难点浅释	103
6.4	解题示例	106
6.5	目标测试	114
第7章	电磁感应	116
7.1	基本要求	116
7.2	内容提要	116
7.3	难点浅释	117
7.4	解题示例	120
7.5	目标测试	131
第8章	麦克斯韦电磁场理论	133
8.1	基本要求	133
8.2	内容提要	133
8.3	难点浅释	134
8.4	解题示例	136
8.5	目标测试	140

第三篇 热 学

第9章	气体动理论	142
9.1	基本要求	142
9.2	内容提要	142
9.3	难点浅释	145
9.4	解题示例	146

9.5 目标测试	155
第 10 章 热力学的物理基础	156
10.1 基本要求	156
10.2 内容提要	156
10.3 难点浅释	158
10.4 解题示例	161
10.5 目标测试	168

第四篇 振动和波

第 11 章 振动	169
11.1 基本要求	169
11.2 内容提要	169
11.3 难点浅释	172
11.4 解题示例	176
11.5 目标测试	185
第 12 章 波动	187
12.1 基本要求	187
12.2 内容提要	187
12.3 难点浅释	190
12.4 解题示例	193
12.5 目标测试	202
第 13 章 光的干涉	204
13.1 基本要求	204
13.2 内容提要	204
13.3 难点浅释	206
13.4 解题示例	209
13.5 目标测试	214
第 14 章 光的衍射	216
14.1 基本要求	216
14.2 内容提要	216
14.3 难点浅释	218
14.4 解题示例	219
14.5 目标测试	226
第 15 章 光的偏振	228
15.1 基本要求	228

15.2	内容提要·····	228
15.3	难点浅释·····	230
15.4	解题示例·····	231
15.5	目标测试·····	235

第五篇 近代物理学

第 16 章	狭义相对论基础 ·····	237
16.1	基本要求·····	237
16.2	内容提要·····	237
16.3	难点浅释·····	239
16.4	解题示例·····	243
16.5	目标测试·····	248
第 17 章	量子力学基础 ·····	250
17.1	基本要求·····	250
17.2	内容提要·····	250
17.3	难点浅释·····	255
17.4	解题示例·····	256
17.5	目标测试·····	263
目标测试题答案 ·····		265
附录 ·····		272
附录 A	国际单位制词头·····	272
附录 B	常见函数的幂级数展开式·····	273
附录 C	常用物理技术名词英文缩略语·····	274
附录 D	中国古代计时法与方位标记·····	278

绪 论

物理学是研究物质结构、相互作用和物质运动的基本规律的学科.物理学与其他自然科学关系密切,是许多相关学科群的带头学科,对自然科学的诸多领域有着极为重要的影响.要想进入科学技术的任何一个领域,都必须首先敲开物理学的大门,物理学是通向科学殿堂的阶梯.对理工科大学生来说,物理学是一门很重要的理论基础课.多年来的教学实践表明,在学习大学物理的过程中,学生不同程度地存在着许多困难.造成困难的原因是多方面的.就课程本身而论,物理学内容广泛,涵盖“力”、“热”、“光”、“电”等领域;时空跨度大,从“经典”讲到“近代”,从“宏观”讲到“微观”和“宇观”;方法变化大,从中学的常量问题到应用矢量代数及微积分处理的复杂的变量问题.这无疑都会给学生带来不少困难.好的导向性读物,可以使学生少走弯路,通过便捷途径获得事半功倍的收益,这也正是我们编写此书的目的.

涉及物理学各部分内容的具体问题,我们将分章论述.对于贯穿物理学整体内容的几个基本问题,我们单列出来,作为先导,放在卷首加以阐述,以期对整个物理课程的学习起到一定的指导作用.

0.1 掌握物理学体系的基本架构

物理学中有许多原理、定律、定则、定理等,当问及它们之间的区别时,不少同学的回答是“都差不多”.这个“差不多”的回答,反映出同学们对自然科学体系的基本架构缺乏清晰的认识.一个学生如果在学科体系上骨架含混、脉络不清,那么他所学的知识必然是许多零散现象的罗列和定律杂乱的堆砌.无层次,少联系,甚至可能主从不分,盲目地陷入一些细枝末节的纠缠之中.很显然,掌握物理学知识体系的基本架构,是打开物理学大门的钥匙.

我们知道,整个物理学就是由物理概念、物理量、物理规律等组成的有机体系.为了定量地研究物质运动的规律,首先就得定义一系列必要的物理量.物理量的定义形成了物理学的第一类公式.而反映相关物理量之间相互联系的结论就是所谓的物理规律.物理规律的数学方程形成了物理学的第二类公式.物理规律包含物理原理、物理定律、物理定理等内容.其中原理是指在自然科学的某一领域中,具有普遍意义的、最基本的、可以作为其他规律的基础的规律.它实际上是在大量实践的基础上,人们所提出来的合理假设,其正确性要通过由它所导出的其他结论与实验事实是否一致来检验.自然科学的各个学科都是从基本原理出发,推演出各种具体

的定理、命题、结论等,形成了各自的学科体系.例如爱因斯坦的狭义相对论就是建立在“光速不变原理”和“相对性原理”的基础上.由此出发导出了物体在高速运动情况下的运动规律及动力学结论.定律则是通过大量实验事实归纳概括而成的客观规律.例如牛顿定律、热力学定律、库仑定律等都是这样的规律.从基本定律出发,也可以推演出有关的物理定理、物理结论等.例如从牛顿定律出发,导出了动量定理、动能定理等;从库仑定律出发,导出了高斯定理等.很显然,定理是指由原理或定律出发,经过一定的推演而得到的理论结论.一般来说,定理较为抽象,但其物理内涵却更为深刻.

综上所述,我们可做如下比喻:物理概念、物理量好比建筑工程中的砖块,物理定理好比是由联结砖块组成的建筑部件(如外墙、内墙等),而物理原理、物理定律则扮演了建筑基石的角色.正是由这些基石、砖块、部件等构筑成了整个物理学的大厦.在学习过程中,掌握了物理学知识体系的基本架构,也就掌握了登堂入室的途径,就能使你做到层次分明,脉络清晰,主从有序,步步深入地去探索浩瀚的物质世界.

0.2 强化建立坐标系的意识

物理学是严格的、量化的自然科学,要对物体运动进行定量研究,首先就得选用适当的坐标系.中学物理对坐标系的运用没有明确要求,初学《大学物理》的同学建立坐标系的意识比较淡薄,影响大学物理课程的学习.为此,我们对坐标系及其有关应用的问题作如下简要介绍.

1. 常用坐标系

坐标系是参考系的数学抽象.实际中常用的坐标系如图 0.1 所示.

直角坐标系是描述质点运动最常用的坐标系.直角坐标系的 x 轴、 y 轴和 z 轴在方向上构成右手螺旋系.在直角坐标系中,质点的空间位置用坐标 (x, y, z) 来描述.

在处理平面问题时,选用二维坐标系也就够了.常用的二维坐标系有二维直角坐标系和平面极坐标系.在极坐标系中,质点的空间位置用极径和极角,亦即 (r, θ) 来描述.

自然坐标系是沿质点的运动轨道建立的一种“流动”坐标系,它的两个坐标轴分别沿轨道的切向和法向.在自然坐标系中,质点的空间位置用从坐标原点 O 算起的轨道长度 s 来描述.

球坐标系是一种三维坐标系,在球坐标系中,质点的空间位置用径向坐标 r , 天顶角 θ 和方位角 ϕ , 即 (r, θ, ϕ) 来描述.

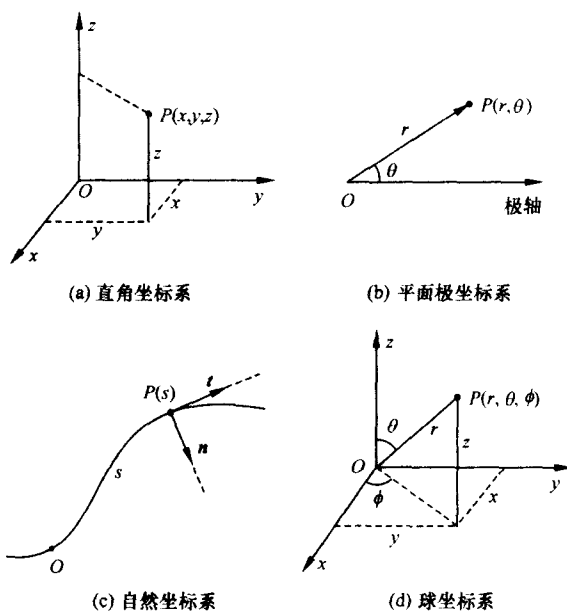


图 0.1

2. 坐标系在物理学中的应用

(1) 选用坐标系的一般原则

对物体运动的定量研究,必须借助于坐标系.处理具体问题时,究竟选用什么坐标系,唯一的原则就是以方便分析和计算为前提.坐标系选择得当,可以使运动的描述变得简便,处理问题的过程大为简化.在大学物理中,最常用的是直角坐标系.在平面问题中,利用极坐标系研究曲线运动,特别是圆周运动将是非常方便的.当质点运动的轨道已知时,一般采用自然坐标系.例如,火车的轨道,矿山运输中常用的空中索道,游乐场中过山车的离心轨道和滑道等都是已知轨道.处理已知轨道问题,如分析火车转弯时对于铁轨的侧向压力,应用自然坐标系就很方便.当所处理的问题具有球对称性时,应用球坐标系较为简便.例如量子力学中的氢原子问题,原子系统的势能函数 $U(r) = -\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r}$ 只与距离 r 有关,而与方向无关,具有球对称性.因此,在求解氢原子的定态薛定谔方程时,采用球坐标系要比直角坐标系简便得多.当所研究的问题具有轴对称性时,常用柱坐标系研究问题.光纤是圆柱形介电波导,描述光在光纤中的传输过程,采用柱坐标系较为方便.

(2) 矢量及其坐标分量

在物理学中,许多物理量都是矢量.建立坐标系以后,矢量就可以用它的坐标

分量来表示.例如,在直角坐标系中,速度 $\boldsymbol{v}$ 就可以用它的坐标分量表示为

$$\boldsymbol{v} = v_x \boldsymbol{i} + v_y \boldsymbol{j} + v_z \boldsymbol{k}$$

式中的 (v_x, v_y, v_z) 即为速度矢量 $\boldsymbol{v}$ 的坐标分量.应该强调指出的是,矢量的坐标分量仍然是矢量,但它的方向却可以用正负号来表示.已知矢量的坐标分量,其指向与所选坐标轴的正向相同时为正,反之为负.未知矢量的未知分量可以暂不考虑其正负,只用一个代数符号(字母)代表它即可,计算结果,它的量值连同方向($\pm$ 号)自然分明.当用一个未知矢量表示另一个未知矢量时,也需考虑正负号,其正负取决于二者的指向相同还是相反.显然用坐标分量来表示矢量,就可以以坐标分量的代数运算来代替矢量运算,这样就会使具体结果的计算简便得多.应该指出的是,坐标分量的正负号规则应与物理规律的原始方程配套使用.如在列方程(非求解方程)时,所写出的不是原始方程的形式,而随意地将一些项移到了方程的另一边,却仍然套用上述正负号规则,这就会引起正负号的混乱,最终导致错误的结果.这也是学生中常见错误之一,望能引起注意.

(3) 矢量方程的坐标分量式

物理方程中有许多方程是矢量方程,而矢量方程的求解,往往需要写出它的坐标分量式.特别是矢量积分,则必须先将矢量方程化为一组坐标分量式,然后才能按普通积分进行运算.要将矢量方程化为坐标分量式,坐标系的建立无疑是首先必须完成的工作.

0.3 培养合理运用符号的能力

物理量要用适当的符号来表示,物理规律要靠符号所构成的数学方程来表述.处理实际问题,也得设定必要的物理符号,还要进行一系列的符号运算.合理而科学地运用符号的能力,是一个理工科大学生最基本的科学素质之一.在符号的运用上,学生中最常见的错误是选用符号随心所欲,符号寓意不够妥切,符号设置比较混乱,甚至有的学生解题时不设符号,不作符号运算,喜欢直接进行数字运算.为了纠正这类错误,提高学生书面表达能力,培养良好的科学素质,我们就物理符号的选择途径以及标识方法作如下简单介绍.

所谓合理地运用符号,就是要求所用符号寓意确切、标识简洁、易于分辨、兼顾习惯.一般来说,物理量多采用英语或希腊语中的单个字母来表示.在具体选择上,常用物理量的词头作为它的符号.例如,速度 $\boldsymbol{v}$ (velocity)、加速度 $\boldsymbol{a}$ (acceleration)、力 $\boldsymbol{F}$ (force)、功 W (work)、能量 E (energy)、振幅 A (amplitude)、频率 f (frequency)等.

在实际应用中,常常会碰到许多物理量具有同一词头的情况,在不至于引起混淆的前提下,可以用同一字母表示不同的物理量.例如,功率 p (power)和压强 p

(pressure); 能量 E (energy) 和电场强度大小 E (electric field intensity) 等. 在可能引起混淆的情况下, 就必须设法加以区分. 常用的方法之一就是采用小写, 大写或手写体字母进行区分. 例如, 速度大小 v 和体积 V 、加速度大小 a 和振幅 A 、电子电量 e 、电场强度大小 E 和电动势 $\mathcal{E}$ (手写体) 等; 另外一种行之有效的方法就是在基本符号的适当部位加上适当的辅助标识符号. 常用的标识符号有“角标”和“顶标”两大类.

1. 角标

(1) 用字母作为角标

例如, 滑动摩擦力 f_k , 静摩擦力 f_s , 动能 E_k , 势能 E_p , 机械能 E_m , 电偶极子的电矩 p_e , 载流线圈的磁矩 p_m 等. 角标所用字母一般是根据标识符号所要表达的词汇确定的. 现就国际通用的角标举例如下:

m ——力学的、机械的 (mechanical); 磁的 (magnetic); 摩尔的 (mole, 克分子 (量))

e ——电的 (electric)、电子的 (electronic)

v ——视觉的、光的 (visual)

a ——原子的 (atomic); 绝对的 (absolute)

r ——相对的 (relative)

k ——动力学的、动的 (kinetic)

p ——势的、潜在的 (potential)

n ——标准的、正常的、垂直的、法向的 (normal)

t ——正切的、切向的 (tangential)

eff ——有效的 (effective)

max ——最大的 (maximum)

min ——最小的 (minimum)

(2) 用数字作为角标

例如, x_0, v_0, φ_0 等. 用“0”表示“初始的”, “基本的”. 又如 (p_1, V_1, T_1) 和 (p_2, V_2, T_2) 分别表示理想气体的两个不同的状态.

2. 顶标

标识符号置于物理量符号的上方. 常见的顶标有短横和波纹号等. 例如, 平均速度 $\bar{v}$ 、平均冲力 $\bar{F}$ 、波数 $\tilde{\nu}$ 等.

综上所述, 我们介绍了物理量符号的选择以及它们的标识方法. 知道了物理符号的由来, 就可以加深对它的理解, 有助于对易混概念的区分. 同时, 也使学生明确了自行选择符号的途径和方法, 在解题时就可以合理地设定符号, 从而有效地防止

符号混乱所导致的错误.

0.4 注重思维模式的转变

在大学物理的学习过程中,不少同学觉得听课基本能听懂,而课后完成作业却比较困难.面对物理习题常常感觉无从下手.究其原因,应该说是多方面的.但在诸多原因中,单一的算术思维模式是妨碍问题解决的关键.

在中学阶段,课程内容限定在常量问题的范围内.例如匀速运动、匀变速运动、恒力作用下的动力学问题等.就问题的性质而言,多是一环套一环的一维链式问题.求解方法基本上是逐环解开的算术处理方法,即就是由已知条件推算出一个中间结果,再由此结果依次向下推演,直到求得最后结果.然而大学物理所涉及的问题却是复杂的变量问题.就问题的性质而言,它是多维的网式问题.带着业已习惯的常量思维定势去思索变量问题,当然找不到求解途径.用算术思维模式去处理网式问题,总想先求出一个中间结果来,再依次推演下去.然而网式问题的一个环节却同时受到多个方面的限制,要想一步先拿出其中的一环来,这是办不到的.处理多维的网式问题,要果断地放弃算术思维模式,采用代数思维模式,根据已知条件及有关物理规律建立必要的方程组去求解.这就是说,大学物理要求同学们跳出常量思维定势的圈子,建立变量思维的方法.完成由算术思维模式(逐环解开的方式)向代数思维模式(用方程组求解的方式)的转变,并注意形象思维与抽象思维的互补作用.充分运用好图表、图线、示意图等有用工具,这对求解问题往往能起到很好的辅助作用.

0.5 物理解题思路概要

找不到解题思路,面对具体问题无从下手,这是初学者经常碰到的问题.对此,我们就物理问题的求解过程和思路作如下几点常规性的论述,希望对同学们有所启示.

1. 问题切入过程

- ① 阅读所给题目,明确已知条件是什么,特别要注意隐含条件的发掘和利用.
- ② 弄清楚题目所涉及的物理量(包括已知量和未知量)有哪些?这些量是如何定义的?其定义式是什么?将这些未知量和已知量联系在一起的物理规律有哪些?

2. 画图示意过程

用示意图乃至视图作为思维空间的延伸,将所研究的问题用简图画出来,使抽

象问题形象化,隐含条件明朗化.组织构图过程也就是进一步理清思路的过程,还要在示意图上合理地标注有关物理量的符号,并建立适当的坐标系,为后面列方程奠定必要的基础.

3. 方法选择过程

解题方法的选择包括物理原理的选择和数学方法的选择.解决物理问题的方法往往不止一个,我们首先要明确哪些方法是可行的,然后再考虑什么方法最简便,以此来决定解题所运用的物理原理和规律.另外,还要考察所给问题的数学性质,例如矢量问题和标量问题、常量问题和变量问题、一维问题和多维问题等.根据数学性质的不同,选用不同的数学方法进行处理.值得一提的是,解决某些问题,作图法和列表法比较简便,这一点容易被同学所忽视.

4. 定量求解过程

在上述定性分析的基础上,根据题目所给条件,运用所选定的物理规律和数学方法,建立将未知量和已知量联系在一起的物理方程,特别要注意将题目的隐含条件转化为相应的数学方程.建立了相关的物理方程或方程组,剩下的问题就是数学处理和所得结果的分析 and 讨论.

第一篇 力 学

第 1 章 质点运动学

1.1 基本要求

1. 掌握描述质点运动的基本物理量($r, \Delta r, v, a$)的定义及物理意义,明确 v 与 a 的矢量性、瞬时性、相对性及独立性.
2. 明确运动方程的物理意义,熟练掌握利用运动方程处理运动学问题的方法.
3. 理解叠加原理的意义,会用叠加原理分析问题.

1.2 内 容 提 要

本章研究物体的运动状态随时间变化的关系,而不涉及运动状态变化的原因.

1. 描述运动的基本物理量

- 位置矢量 r
- 位移 $\Delta r = r_2 - r_1$
- 速度与速率 $v = \frac{dr}{dt}$
 $v = \frac{ds}{dt}$
- 加速度 $a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2 r}{dt^2}$

2. 运动学的基本量在直角坐标系中的分量表示式

- 位矢 $r = xi + yj + zk$
- 位移 $\Delta r = \Delta xi + \Delta yj + \Delta zk$
- 速度 $v = \frac{dr}{dt} = \frac{dx}{dt}i + \frac{dy}{dt}j + \frac{dz}{dt}k$
 $v_x = \frac{dx}{dt}, \quad v_y = \frac{dy}{dt}, \quad v_z = \frac{dz}{dt}$

● 加速度

$$\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{dv_x}{dt} \mathbf{i} + \frac{dv_y}{dt} \mathbf{j} + \frac{dv_z}{dt} \mathbf{k}$$

$$\begin{cases} a_x = \frac{dv_x}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} \\ a_y = \frac{dv_y}{dt} = \frac{d^2y}{dt^2} \\ a_z = \frac{dv_z}{dt} = \frac{d^2z}{dt^2} \end{cases}$$

3. 自然坐标系中的加速度

$$\mathbf{a} = \mathbf{a}_n + \mathbf{a}_t$$

$$\begin{cases} a_n = \frac{v^2}{R} \\ a_t = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2s}{dt^2} \end{cases}$$

4. 运动方程

● 矢量式

$$\mathbf{r} = x(t)\mathbf{i} + y(t)\mathbf{j} + z(t)\mathbf{k}$$

● 分量式

$$x = x(t), \quad y = y(t), \quad z = z(t)$$

5. 运动学的两类问题

(1) 已知运动方程, 求 $\mathbf{v}$, $\mathbf{a}$ (方法——求导法)

由运动方程可求出质点的位置、速度、加速度、轨道. 掌握了运动方程, 也就掌握了质点运动的全貌, 故探讨运动方程乃是整个力学的中心课题之一.

(2) 已知 $\mathbf{v}$ 或 $\mathbf{a}$, 并附以初始条件 ($t=0, x=x_0, \mathbf{v}=\mathbf{v}_0$), 求运动方程 (方法——积分法)

6. 处理曲线运动的基本方法

在运动叠加原理成立的前提下, 曲线运动可分解成直线运动进行研究.

7. 相对运动

基本参考系(K系); 运动参考系(K'系).

绝对运动; 相对运动; 牵连运动.

经典力学的平动坐标系变换: