



高等院校经典教材配套指导丛书

配清华社张三慧主编《大学物理学》(第2版)

大学物理学

释疑与习题详解

(上册)

何丽珠
武青 编著
刘兵

- ▲ 考核知识点
- ▲ 专题释疑
- ▲ 原教材习题详解
- ▲ 原教材思考题详解
- ▲ 自测试卷及答案



海洋出版社

高等院校经典教材配套指导丛书

大学物理学 释疑与习题详解

Daxue Wulixue Shiyi yu Xiti Xiangjie

(配清华社张三慧主编《大学物理学》第2版)

何丽珠 武青 刘兵 编著

上册



海洋出版社

2005年·北京

内 容 提 要

本书是一本与清华大学出版社出版的由张三慧主编的《大学物理学》(第2版)教材相配合的辅导教材,内容上紧扣本课程教学大纲,体例上与原教材保持一致。

本书特点:针对学生平时学习和考研需要,总结了各知识点的主要内容和基本概念,给出各章的基本要求、考点和难点。并对教材中较难理解的部分进行了专题论述,剖析典型例题,提供解题思路。对教材上的习题及思考题进行了详细的分析与解答,并在题后进行了总结或提示,以达到举一反三的目的。每一章提供了自测题及答案以供自测,其中部分试题筛选自近年各重点高校考研真题。

读者对象:本书可作为工科院校非物理类专业本科生的辅导教材和报考硕士研究生的复习资料,同时也可供有关教师及工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理学释疑与习题详解. (上、中、下册) / 何丽珠等编著.
北京:海洋出版社, 2005.10
ISBN 7-5027-6467-4

I. 大… II. 何… III. 物理学—高等学校—教学参考资料
IV. 04

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 123020 号

策划编辑: 邹华跃
责任编辑: 郑安敏 张丽萍
责任印制: 严国晋

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

(100081 北京市海淀区大慧寺路8号)

北京顺义兴华印刷有限公司印刷 新华书店发行所经销

2005年10月第1版 2005年10月北京第1次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 41.75

字数: 1000千字 印数: 1~3000册

总定价: 60.00元 (本册定价: 20.00元)

海洋版图书印、装错误可随时退换

前 言

本书是与张三慧先生主编的《大学物理学》(第2版)教材相对应的辅导教材。它包括例题、思考题解答、有关问题说明和测验题四部分。例题的选择有两个目的:一是为了加深学习对基本概念、基本定律的理解和掌握;二是为了和教材上的例题、习题相对应,力求在方法和内容上起到辅助作用。本书对《大学物理学》第二版教材上的思考题做了全面的解答,有助于学生自学,也有利于激发学生学习物理的兴趣。书中说明的一些问题,有的是教学中的体会,有的是对某些问题的强调,有的是学生感兴趣经常问及的问题。安排测验题则是为学生提供自我检查学习的机会,一些选择题是有目的地针对一些基础概念,有助于学生对一些基本概念的理解。本书可以作为使用《大学物理学》教材的院校学生的自学辅导书,也可以作为教研者的参考书。

物理学是自然科学的许多领域和工程技术的基础。大学物理(普通物理)课程是高等工科院校各专业学生的一门重要的必修基础课。它包括的经典物理、近代物理和物理在科学技术上应用的初步知识等都是一个高级工程人员所必备的。

通过大学物理课的教学,使学生对课程中的基本概念、基本理论、基本方法能够有比较全面和系统的认识 and 正确的理解,并具有初步应用的能力。

全书由三册组成,其中上册含力学、热学部分;中册含电磁学部分;下册含波动与光学、量子物理部分。

本书在内容上以清华大学出版社出版、由张三慧主编的《大学物理学》(第2版)为准,各章的章名与顺序、习题与思考题的编号都与原教材篇章顺序一致。各篇的每一章由考核知识点、专题释疑、配套教材习题解析、配套教材思考题参考解、自测试卷五部分组成。

考核知识点由基本要求、重点、难点、内容提要等四部分组成,内容提要对本章的基本内容进行了归纳,加强了知识的系统性;专题释疑是对基本内容的理解提出的一些看法,作了一定的分析及应注意的问题;配套教材习题解析是对原教材习题进行了分析、列出参考答案和说明;配套教材思考题参考解是对原教材中的思考题列出参考答案;自测试卷供学生学完各章节后作自我练习和复习巩固之用,自测试题大多选自清华大学主编的工科物理试题库试题和历年考研试题,试题综合性较强,具有一定的难度,使学生从中学习一些物理学的研究方法,提高分析问题和解决问题的能力。

本书《力学》、《热学》部分由何丽珠编写,《电磁学》由武青编写,《波动与光学》中的振动和波部分由何丽珠编写,光学由刘兵编写,《量子物理》由刘兵编写。本书在编写过程中参考了原教材及习题解答,还参考了许多其他相关书籍。李文文等录入了全部书稿与插图,在本书编写过程中,得到刘海疆老师和出版社的大力帮助,在此表示衷心的感谢。

由于时间仓促,编者水平有限,书中难免有不妥之处,望读者批评指正。

编 者

2005年7月

目 次

第1篇 力 学

第1章 质点运动学	(1)
1.1 考核知识点	(2)
1.1.1 基本要求	(2)
1.1.2 内容提要	(2)
1.2 专题释疑	(7)
1.2.1 关于物理量的矢量性	(7)
1.2.2 关于物理量的瞬时性	(8)
1.2.3 关于运动的相对性	(8)
1.2.4 解题要点与技巧	(9)
1.3 配套教材习题解析	(10)
1.4 配套教材思考题参考解答	(18)
1.5 自测试卷及答案	(20)
1.5.1 自测试卷	(20)
1.5.2 自测试卷答案	(21)
第2章 牛顿运动定律	(23)
2.1 考核知识点	(24)
2.1.1 基本要求	(24)
2.1.2 内容提要	(24)
2.2 专题释疑	(26)
2.2.1 关于摩擦力分析	(26)

2.2.2 关于牛顿定律的应用	(27)
2.3 配套教材习题解析	(28)
2.4 配套教材思考题参考解答	(42)
2.5 自测试卷及答案	(45)
2.5.1 自测试卷	(45)
2.5.2 自测试卷答案	(47)
第3章 动量与角动量	(49)
3.1 考核知识点	(50)
3.1.1 基本要求	(50)
3.1.2 内容提要	(50)
3.2 专题释疑	(52)
3.2.1 动量定理、角动量定理、动量守恒定律和角动量守恒定律的应用	(52)
3.2.2 应用动量(角动量)定理和动量(角动量)守恒定律解题的要点	(53)
3.3 配套教材习题详解	(54)
3.4 配套教材思考题参考解答	(64)
3.5 自测试卷及答案	(66)
3.5.1 自测试卷	(66)
3.5.2 自测试卷答案	(68)
第4章 功和能	(69)
4.1 考核知识点	(70)
4.1.1 基本要求	(70)
4.1.2 内容提要	(70)
4.2 专题释疑	(72)
4.2.1 关于变力的功	(72)
4.2.2 关于动能定理、功能原理和机械能守恒定律的应用	(73)
4.3 配套教材习题解析	(76)
4.4 配套教材思考题参考解答	(90)
4.5 自测试卷及答案	(92)
4.5.1 自测试卷	(92)
4.5.2 自测试卷答案	(94)

第 5 章 刚体的定轴转动	(95)
5.1 考核知识点	(96)
5.1.1 基本要求	(96)
5.1.2 内容提要	(96)
5.2 专题释疑	(98)
5.2.1 关于变力矩的功	(98)
5.2.2 关于刚体问题的求解	(99)
5.3 配套教材习题解析	(100)
5.4 配套教材思考题参考解答	(109)
5.5 自测试卷及答案	(111)
5.5.1 自测试卷	(111)
5.5.2 自测试卷答案	(113)
第 6 章 狭义相对论基础	(115)
6.1 考核知识点	(116)
6.1.1 基本要求	(116)
6.1.2 内容要点	(116)
6.2 专题释疑	(119)
6.2.1 正确理解相对论中的时空观	(119)
6.2.2 如何正确地进行相关变换和计算	(120)
6.3 配套教材习题解析	(122)
6.4 配套教材思考题参考解答	(132)
6.5 自测试卷及答案	(133)
6.5.1 自测试卷	(133)
6.5.2 自测试卷答案	(135)

第 2 篇 热 学

第 1 章 温 度	(137)
1.1 考核知识点	(138)
1.1.1 基本要求	(138)
1.1.2 内容提要	(138)
1.2 专题释疑	(140)
1.2.1 温标	(140)

1.2.2 理想气体状态方程	(141)
1.3 配套教材习题解析	(141)
1.4 配套教材思考题参考解答	(146)
1.5 自测试卷及答案	(147)
1.5.1 自测试卷	(147)
1.5.2 自测试卷答案	(148)
第2章 气体动理论	(149)
2.1 考核知识点	(150)
2.1.1 基本要求	(150)
2.1.2 内容提要	(150)
2.2 专题释疑	(152)
2.2.1 理想气体的压强公式	(152)
2.2.2 温度的统计解释	(153)
2.2.3 能量均分原理	(153)
2.2.4 气体分子速率分布规律	(154)
2.2.5 求解本章习题的注意事项	(155)
2.3 配套教材习题解析	(156)
2.4 配套教材思考题参考解答	(168)
2.5 自测试卷及答案	(171)
2.5.1 自测试卷	(171)
2.5.2 自测试卷答案	(172)
第3章 热力学第一定律	(173)
3.1 考核知识点	(174)
3.1.1 基本要求	(174)
3.1.2 内容提要	(174)
3.2 专题释疑	(177)
3.2.1 准静态、非静态过程判别	(177)
3.2.2 热力学第一定律及其应用	(177)
3.3 配套教材习题解析	(179)
3.4 配套教材思考题参考解答	(192)
3.5 自测试卷及答案	(194)
3.5.1 自测试卷	(194)
3.5.2 自测试卷答案	(196)

第4章 热力学第二定律	(197)
4.1 考核知识点	(198)
4.1.1 基本要求	(198)
4.1.2 内容提要	(198)
4.2 专题释疑	(199)
4.2.1 热力学第二定律	(199)
4.2.2 熵	(200)
4.3 配套教材习题解析	(202)
4.4 配套教材思考题参考解答	(210)
4.5 自测试卷及答案	(214)
4.5.1 自测试卷	(214)
4.5.2 自测试卷答案	(215)

第1篇 力学

第1章 质点运动学

本章考点

- 位置矢量、位移、速度、加速度
- 变速直线运动、变速圆周运动和抛体运动的规律
- 运用直角坐标系和自然坐标系解决运动学两类问题

本章难点

- 速度、加速度的瞬时性、矢量性和相对性
- 用高等数学的微积分手段解决质点运动学问题

1.1 考核知识点

本章的任务是描述物体的运动,讨论物体作直线、曲线、抛体和圆周运动的规律,最后讨论物体运动中的相对性问题。引入质点模型,这种理想模型将在大学物理中大量运用。采用矢量和微积分的方法来表述物理概念,这是首次应用高等数学来解决物理问题。

1.1.1 基本要求

- 理解描述质点运动的必要条件(参考系、惯性系、物理模型、初始条件);
- 掌握运动学的工作语言和描述质点运动状态的方法,确切理解位置矢量、位移、速度、加速度等描述质点运动和运动变化的物理量,明确它们的相对性、矢量性、瞬时性;
- 熟练掌握用数学工具——微积分来处理运动学中的问题;
- 熟练掌握和运用变速直线运动、抛体运动和变速圆周运动的规律;
- 掌握相对运动的有关概念和基本计算方法。

1.1.2 内容提要

(1) 物体运动的描述

①参考系。物体的运动是绝对的,运动的描述是相对的。为了描述物体的运动,必须选择另一个或几个物体作为参考标准,选作参考标准的物体或物体群被称为参考物。与参考物固连的三维空间称为参考空间。另外,物体位置的变动总是伴随着时间的变动,所谓考察物体的运动,也就是考察物体的位置变动与时间的关系。因而,考察物体的运动还必须有时计装置(比如时钟等装置)。参考空间和与之相固连的钟的组合被称为参考系。但习惯上,常把参考物简称为参考系,不再特别指出与之相连的参考空间和钟。确定物体运动首先要确定参考系,考查物体相对参考系的位置是否随时间发生变化,如果位置随时间发生了变化,就说明这个物体在运动,否则这个物体是静止的。相对不同的参考系,同一物体的运动,会表现为不同的运动形式。如下雨天雨滴的运动,无风时在地面上观察,即以地面为参考物,雨滴的运动是竖直直线运动;如果在飞驰的汽车中观察,即以飞驰的车为参考物,则雨滴作曲线运动。这就是运动的相对性。研究某一物体的运动,在运动学中参考系的选取是任意的(在动力学中则不然),可视问题的性质而定。参考系选定后,为定量描述物体的运动又必须在参考物上建立适当的坐标系。

②坐标系。所谓坐标系就是固定在参考空间的一组坐标轴和用来确定物体位置的

一组坐标。建立坐标系时应注意,在描述物体运动的问题中,坐标系必须依附于参考系,离开了参考系,坐标系就失去了意义。前面提到,相对不同的参考系,同一物体的运动,会表现为不同的运动形式。而在相同的参考系上建立不同的坐标系,同一物体的运动规律不变,即物体的运动状态完全由参考系决定,与坐标系的选取无关。但坐标系的选取会影响分析和计算的繁简。

常用坐标系有笛卡尔直角坐标系和本性坐标系(自然坐标系)等。

a. 直角坐标系。坐标原点 O 取在参考系的一固定点上,过原点 O 的 3 条相互垂直的带有刻度的坐标轴,即 x 轴、 y 轴和 z 轴,应满足右手螺旋关系,即当右手四指由 x 轴方向转向 y 轴方向时,伸直的拇指则指向 z 轴的正方向。

b. 本性坐标系(自然坐标系)。自然坐标系是沿物体的运动轨道建立的。在轨道上任一点 P ,将 P 点切向方向和法向方向看成随时间变化的正交坐标系的两个轴,这样的正交坐标系称为本性坐标系。在物体运动轨道上任取一点作为坐标原点,质点在任意时刻的位置,都可用它到坐标原点 O 的轨道的长度 s 来表示。

③质点。实际的物体结构复杂,大小各异,为了从最简单的研究开始,引入质点模型,即具有一定质量的点来代替物体。物体是否可以看成质点,视所讨论的问题的具体情况而定。当物体的大小和形状对于所研究的问题无关紧要时,可以把物体当成一个质点,如地球,在讨论它的公转时,就可以把它看成质点。如果在所讨论的问题中,物体的形状、大小不能忽略时,就不能把物体视为质点,例如在讨论地球自转时则不能再把它看成质点。质点是一个理想模型,它突出了物体具有质量和占有位置这两个主要因素,而忽略了形状、大小及内部运动等次要因素。在物理上,这种突出研究对象的主要特征而忽略次要特征的理想模型是常用的,如刚体、理想气体、点电荷等都是。

(2) 描述物体运动的物理量

①位移。

a. 位置矢量。位置矢量是由参考点 O (一般选在原点)引向质点位置 P 的有向线段,也称位矢或矢径,如图 1.1.1 中的 OP 。

b. 位移。位移是位置矢量的增量,是由初位置引向末位置的矢量,如图 1.1.1 所示 PQ 。

$$\Delta r = r_2 - r_1 = r(t + \Delta t) - r(t)$$

c. 位移与位置矢量的区别。位移和位置矢量都是矢量,都与参考系的选取有关。但位置矢量与参考点的选取有关,而位移与参考点的选取无关。因而,须注意不能将这两个物理量混淆。位置矢量是表示质点的位置,总是与某一确定时刻相对应;位移矢量是表示质点位置的变化的,总是与某一确定时间间隔相对应,它只与始、末位置

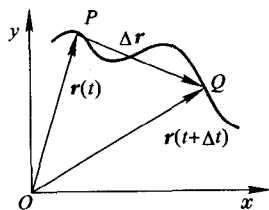


图 1.1.1

有关,与质点运动的轨迹及质点在其间往返的次数无关。

d. 位移与路程。位移和路程是两个不同的概念。路程是质点在空间运动所经历的轨迹的总长度,是标量,恒为正,用 Δs 表示,一般情况下

$$|\Delta \mathbf{r}| \neq \Delta s$$

但在质点作单向直线运动或 $\Delta t \rightarrow 0$ 时,有

$$|\Delta \mathbf{r}| = \Delta s$$

e. $|\Delta \mathbf{r}|$ 与 $|\Delta r|$ 。由于矢量的增量既有方向又有大小的改变,故应区分 $|\Delta \mathbf{r}|$ 与 $|\Delta r|$ 不同。

$$\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1 = \mathbf{r}(t + \Delta t) - \mathbf{r}(t)$$

$|\Delta \mathbf{r}| = |\mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1|$ 是位移矢量的模。

$|\Delta r| = |\mathbf{r}_2| - |\mathbf{r}_1|$ 是末位置矢量 $\mathbf{r}_2$ 与始位置矢量 $\mathbf{r}_1$ 的长度之差。

② 速度与速率。速度是描述质点空间位置变更快慢和变更方向的物理量。平均速度是位移 $\Delta \mathbf{r}$ 和发生这段位移所经历的时间之比。速度(瞬时速度)是平均速度在 Δt 趋于零时的极限值,即等于位置矢量随时间的变化率,或位置矢量对时间的微商。速度的大小叫速率。但平均速度的大小不等于平均速率。

平均速度 $\bar{\mathbf{v}} = \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t}$

平均速率 $v = \frac{\Delta s}{\Delta t} > 0$ (Δs 为路程)

平均速度的大小 $|\bar{\mathbf{v}}| = \left| \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} \right| \neq \frac{\Delta s}{\Delta t}$ (平均速率)

平均速度不能反映位移变化相对于时间的不均匀性。

瞬时速度(速度) $\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt}$

瞬时速率(速率) $v = \frac{ds}{dt}$

因为 $\Delta t \rightarrow 0$ 时,有 $|\Delta \mathbf{r}| = \Delta s$

所以 $|\mathbf{v}| = \left| \frac{d\mathbf{r}}{dt} \right| = \frac{ds}{dt} = v$

在直角坐标系中 $\mathbf{v} = \frac{dx}{dt} \mathbf{i} + \frac{dy}{dt} \mathbf{j} + \frac{dz}{dt} \mathbf{k} = v_x \mathbf{i} + v_y \mathbf{j} + v_z \mathbf{k}$

在自然坐标系中 $\mathbf{v} = v\boldsymbol{\tau}$

$\boldsymbol{\tau}$ 是轨道切线方向的单位矢量。

对于速度要注意以下几个问题:

a. 速度的瞬时性:速度反映了质点在某一瞬时或某一位置上运动的快慢和方向。这点与平均速度不同,平均速度不能反映位移变化相对于时间的不均匀性。

b. 速度的方向性:速度的方向是平均速度的极限方向,即沿运行轨道切线并指向

质点前进的方向。

c. 速度的相对性: 位移与参考系的选择有关, 所以速度与参考系的选择也有关。参考系不同, 速度的大小和方向也不同。

③加速度。加速度是描述质点运动速度随时间变化的物理量。

平均加速度
$$\bar{a} = \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t}$$

说到平均加速度, 一定要明确是哪一段时间或哪一段位移中的平均加速度。一般来说, $\Delta \mathbf{v}$ 与 $\mathbf{v}$ 的方向不同。即一般加速度的方向不是速度的方向, 而是速度增量的方向。对初学者一定要注意这点。

加速度
$$\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{d^2\mathbf{r}}{dt^2}$$

加速度是矢量, 一般加速度的方向和速度的方向不同。

在直角坐标系中
$$\mathbf{a} = \frac{dv_x}{dt}\mathbf{i} + \frac{dv_y}{dt}\mathbf{j} + \frac{dv_z}{dt}\mathbf{k} = a_x\mathbf{i} + a_y\mathbf{j} + a_z\mathbf{k}$$

在自然坐标系中
$$\mathbf{a} = \frac{dv}{dt}\boldsymbol{\tau} + \frac{v^2}{\rho}\mathbf{n} = a_\tau + a_n$$

切向加速度 a_τ 沿轨道的切向方向, $a_\tau > 0$ 表示 a_τ 与 $\mathbf{v}$ 的方向相同, 质点速率不断增大。

对加速度应注意: 加速度是速度的变化率。它反映了速度变化的快慢, 这种变化既包括速度大小的变化, 也包括速度方向的变化。速度的大小与加速度的大小之间没有必然的联系。速度的大或小反映了质点运动的快慢, 而加速度的大小, 反映了质点速度变化的快或慢。若一个质点运动的速度很大而变化很小, 或者根本不变化, 那么这个质点的加速度就很小, 甚至为零, 但是, 如果在很短的时间里其速度发生了很大的变化, 那么这个质点的加速度就很大。

(3) 运动学的两类问题

①已知质点的运动方程, 求质点的速度和加速度等。这类问题主要是利用求导的方法。

如已知质点的运动方程为

$$\mathbf{r} = \mathbf{r}(t)$$

则质点的速度和加速度分别为

$$\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt}, \quad \mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{d^2\mathbf{r}}{dt^2}$$

②已知质点的加速度和初始条件, 求质点的运动学方程。这类问题用积分的方法。如设初始条件为

$$t=0 \text{ 时, } \mathbf{v} = \mathbf{v}_0, \quad \mathbf{r} = \mathbf{r}_0$$

若 $\mathbf{v} = \mathbf{v}(t)$, 则因

$$\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt}$$

所以

$$\int_{r_0}^r dr = \int_0^t \mathbf{v}(t) dt$$

即

$$\mathbf{r} = \mathbf{r}_0 + \int_0^t \mathbf{v}(t) dt$$

(4) 运动学方程与轨道方程

运动学方程: 相对于一定参考系表示的质点位置随时间变化的关系, 即 $\mathbf{r} =$

$\mathbf{r}(t)$, $\mathbf{r}(t)$ 为质点在 t 时刻的位置矢量。

建直角坐标系 $o-xyz$, 令坐标原点与参考点重合, 则

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

$\mathbf{i}$ 、 $\mathbf{j}$ 、 $\mathbf{k}$ 分别为 x 、 y 、 z 轴方向的单位矢量, x 、 y 、 z 是质点的位置坐标。

标量式:

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

如 $x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$ 等。

自然坐标系中

$$s = s(t)$$

轨道方程: 质点在运动过程中描出的曲线方程。

在运动方程中消去 t 就是轨道方程, $y = y(x)$ 如

$$x = 2\cos \frac{\pi}{6} t, y = 2\sin \frac{\pi}{6} t, z = 0, x^2 + y^2 = 4, z = 0$$

(5) 特殊的曲线运动——圆周运动

描述圆周运动的两种方法:

线量描述	角量描述
线位移 $d\mathbf{r} = ds\boldsymbol{\tau}$	角位移 $d\theta$
线速度 $\mathbf{v} = v\boldsymbol{\tau}$	角速度 $\boldsymbol{\omega} = \frac{d\theta}{dt}$
线加速度 $\mathbf{a} = \frac{dv}{dt}\boldsymbol{\tau} + \frac{v^2}{\rho}\mathbf{n}$	角加速度 $\boldsymbol{\alpha} = \frac{d\boldsymbol{\omega}}{dt}$

线量与角量的关系:

$$dr = R d\theta$$

$$v = \omega R \quad (\text{方向沿切向方向})$$

$$a_{\tau} = \frac{dv}{dt} = aR \quad (\text{方向沿切向方向})$$

$$a_n = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R \quad (\text{方向指向圆心, 故称向心加速度})$$

(6) 相对运动

运动的描述是相对的, 与所选用的参考系有关。有时, 实测得的或已知的是物体

相对某一参考系 S' 的运动,但希望知道的是它相对另一参考系 S 的运动,而 S' 相对 S 在运动。例如天文观察总是相对于地球作的,但天文学家却总是希望知道天体相对于恒星系的运动。这就要知道在两个参考系上观察到的运动的关系。若两个参考系的相对运动只是平动而没有转动,设相对于观察者静止的参考系为 S ,相对于 S 作平动的参考系为 S' ,则某质点相对于 S 系和 S' 系的位置矢量、速度、加速度变换关系分别为

$$\boldsymbol{r} = \boldsymbol{r}_0 + \boldsymbol{r}' \quad \boldsymbol{v} = \boldsymbol{v}_0 + \boldsymbol{v}' \quad \boldsymbol{a} = \boldsymbol{a}_0 + \boldsymbol{a}'$$

式中, $\boldsymbol{r}$ 、 $\boldsymbol{v}$ 、 $\boldsymbol{a}$ 分别表示质点相对于静系 (S 系) 的位矢、速度、加速度; $\boldsymbol{r}'$ 、 $\boldsymbol{v}'$ 、 $\boldsymbol{a}'$ 分别表示质点相对于动系 (S' 系) 的位矢、速度、加速度; $\boldsymbol{r}_0$ 、 $\boldsymbol{v}_0$ 、 $\boldsymbol{a}_0$ 分别表示动系 (S' 系) 的原点相对于静系 (S 系) 原点的位矢、速度、加速度。

上述变换关系只在低速 ($v \ll c$) 运动条件下成立。如果 S' 系相对于 S 系有转动,则上述关系中的速度变换关系亦成立,而加速度变换关系不成立。

1.2 专题释疑

1.2.1 关于物理量的矢量性

位矢、速度、加速度均为矢量,即既具有大小又具有方向,其随时间的变化也既有大小的改变,又有方向的改变。在分析计算时尤其要注意其矢量性。

(1) 注意区分矢量模的增量 $\Delta|\boldsymbol{A}| = |\boldsymbol{A}_2| - |\boldsymbol{A}_1|$ 和矢量增量的模 $|\Delta\boldsymbol{A}| = |\boldsymbol{A}_2 - \boldsymbol{A}_1|$ 含义不同。例如,图 1.1.2 中,在 dt 时间内质点位移矢量 $d\boldsymbol{r}$ 的大小 $|d\boldsymbol{r}| = \overline{AB}$,而位置矢量大小的变化 $dr = |\boldsymbol{r}_{OB}| - |\boldsymbol{r}_{OA}| = \overline{CB}$ 。

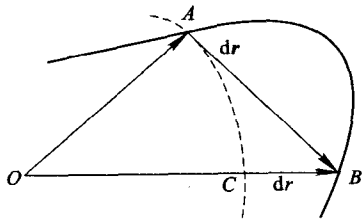


图 1.1.2

速度的大小 $v = \left| \frac{d\boldsymbol{r}}{dt} \right| \neq \frac{dr}{dt}$, 而 $\frac{dr}{dt} = v_r$ 是速度径向分量的大小。

加速度大小 $a = \left| \frac{d\boldsymbol{v}}{dt} \right| \neq \frac{dv}{dt}$, $\frac{dv}{dt} = a_t$ 是切向加速度的大小。切向加速度是质点总加速度的一部分,即切向分量,其物理意义是描述速度大小的变化;法向加速度则描述速度方向的变化。

(2) 切忌将矢量与标量连等,比如 $\boldsymbol{v} = 3\boldsymbol{i} + 4\boldsymbol{j} = 5 \text{ m/s}$ 是错误书写。

(3) 用矢量方法描述物理规律,具有鲜明的物理意义。具体计算时,简单的可直接用矢量计算,较难的需要将矢量沿各坐标轴分解。例质点以初速 $\boldsymbol{v}_0$, 向与水平方向