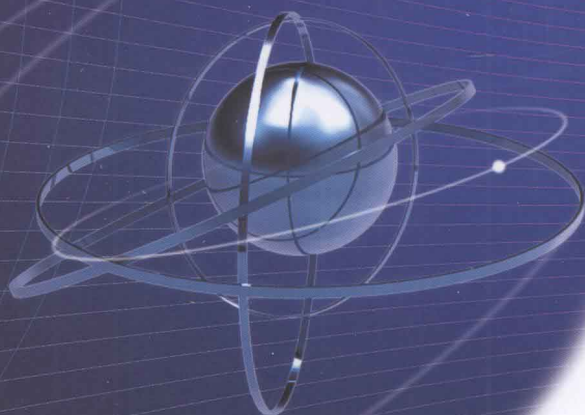


高等学校物理学习辅导教材

如何学习 大学物理

HOW TO STUDY UNIVERSITY PHYSICS

母继荣 主编 江铁臣 副主编

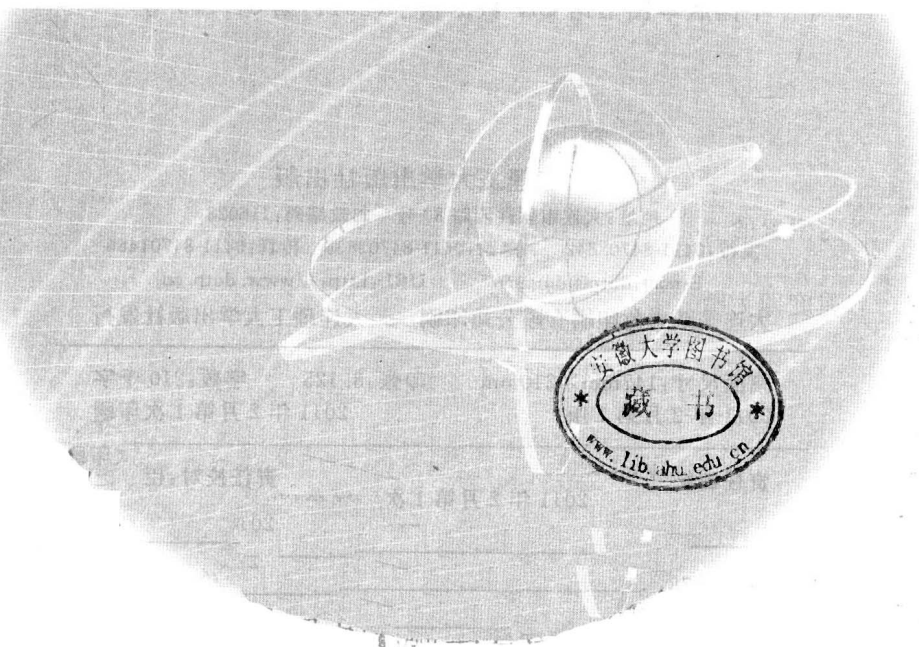


大连理工大学出版社
DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

如何学习 大学物理

HOW TO STUDY UNIVERSITY PHYSICS

母继荣 主编 江铁臣 副主编



大连理工大学出版社
DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

如何学习大学物理 / 母继荣主编. —大连: 大连理工大学出版社, 2011. 2

ISBN 978-7-5611-6019-0

I. ①如… II. ①母… III. ①物理学—高等学校—教学参考资料 IV. ①O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 017109 号

大连理工大学出版社出版

地址: 大连市软件园路 80 号 邮政编码: 116023

发行: 0411-84708842 邮购: 0411-84703636 传真: 0411-84701466

E-mail: dutp@dutp.cn URL: <http://www.dutp.cn>

大连美跃彩色印刷有限公司印刷 大连理工大学出版社发行

幅面尺寸: 147mm×210mm	印张: 8.125	字数: 210 千字
2011 年 2 月第 1 版	2011 年 2 月第 1 次印刷	

责任编辑: 王颖鑫

责任校对: 臣 芝

封面设计: 孙 元

ISBN 978-7-5611-6019-0

定 价: 20.80 元

前 言

物理学是自然科学和各类工程技术专业的重要基础课程,对提高学生解决相关专业问题的能力和培养综合素质具有重要作用。对物质基本结构、基本运动形式、相互作用及其转化规律的研究,形成了物理学完整而庞大的理论体系,其基本理论渗透在自然科学的各个领域。

本书是根据教育部理工科类大学物理课程教学基本要求(2008版),为进一步提高学生掌握大学物理知识的能力,并结合编者长期教学实践经验编写而成的。本书涵盖了理工科类大学物理课程教学基本要求的所有A类知识点及部分B类知识点内容,共分15章,包括力学、热学、电磁学、波动光学、狭义相对论、量子物理学等相关内容,适合作为高等院校大学物理教学指导用书(80~110学时)。

本书在结构设计上安排了学习方法指导、章节知识点归纳、典型例题剖析以及各类习题训练等内容,以提高学生理解和掌握教学要求的实战能力,对学生理解、掌握大学物理应知应会内容具有较好的指导作用,形成了本书理论与实践相结合的特色。

本书编者均为长期从事大学物理教学的一线教师,具有丰富的教学经验,对大学物理教学基本要求把握准确。本书由母继荣任主编,江铁臣任副主编,主要编写人员有王春晖、王运滨、母继

荣、江铁臣、卢海云、杨坤、邵婷丽(排名按姓氏笔画,不分先后),丁艳丽、钟国宁也参与了部分编写工作。

由于编者水平有限,难免有疏漏之处,敬请读者批评指正。

编 者

2010 年 11 月

目 录

如何学习大学物理 /1

第 1 章 运动学 /7

一、主要知识点 /7

三、练习题 /13

二、典型例题 /9

四、习题答案 /17

第 2 章 动力学 /18

一、主要知识点 /18

三、练习题 /27

二、典型例题 /20

四、习题答案 /34

第 3 章 刚体定轴转动 /36

一、主要知识点 /36

三、练习题 /44

二、典型例题 /37

四、习题答案 /52

第 4 章 狭义相对论基础 /54

一、主要知识点 /54

三、练习题 /62

二、典型例题 /57

四、习题答案 /67

第 5 章 机械振动 /69

一、主要知识点 /69

三、练习题 /76

二、典型例题 /72

四、习题答案 /82

第 6 章 机械波 /83

一、主要知识点 /83

三、练习题 /90

二、典型例题 /85

四、习题答案 /96

第 7 章 光的干涉 /98

一、主要知识点 /98

二、典型例题 /100

三、练习题 /104	四、习题答案 /109
第 8 章 光的衍射 /111	
一、主要知识点 /111	二、典型例题 /112
三、练习题 /115	四、习题答案 /118
第 9 章 光的偏振 /119	
一、主要知识点 /119	二、典型例题 /120
三、练习题 /121	四、习题答案 /123
第 10 章 气体动理论 /125	
一、主要知识点 /125	二、典型例题 /129
三、练习题 /134	四、习题答案 /139
第 11 章 热力学基础 /141	
一、主要知识点 /141	二、典型例题 /145
三、练习题 /154	四、习题答案 /162
第 12 章 静电场 /164	
一、主要知识点 /164	二、典型例题 /170
三、练习题 /178	四、习题答案 /187
第 13 章 稳恒磁场 /190	
一、主要知识点 /190	二、典型例题 /192
三、练习题 /200	四、习题答案 /209
第 14 章 电磁感应 /212	
一、主要知识点 /212	二、典型例题 /215
三、练习题 /221	四、习题答案 /229
第 15 章 量子物理学基础 /230	
一、主要知识点 /230	二、典型例题 /235
三、练习题 /242	四、习题答案 /250

如何学习大学物理

一、大学物理课程的特点、任务和意义

大学物理是理工科大学各专业学生的一门重要的通识性必修基础课。本课程的任务是使学生通过学习,能够具有从复杂现象中总结出以理论为指导的物理模型的能力;能够具有利用适当的数学工具,对物理问题进行定性分析和定量计算的能力;能够具有基本的科学思维方法及研究问题方法的能力的素质等。打好物理基础,不仅对学生在校学习十分重要,而且对学生毕业后在工作中进一步学习新理论、新知识、新技术也具有深远的影响。因此,学生应重视并使自己喜欢本课程的学习,掌握基本概念,理解物理模型以及掌握模型化概念下基本规律的应用。

二、关于概念、定理和定律

物理学的任务是观察现象,进行实验,构造模型,创立概念,发现规律。

关于概念。物理概念反映了物理现象的本质,在物理学中具有举足轻重的地位。学习物理,如果概念不清,则寸步难行。有些物理概念是用文字语言来定义和叙述的,也有些是直接用数学语言(即数学表达式)进行量化表达,例如,电流元 Idl 、线电荷元 $dq = \lambda dl$ 、平面载流线圈的磁矩 $\mathbf{P}_m = IS$ 等,这些都是物理概念的具体表达形式。另外,还要注意物理概念是对实际物理现象本质的近似描述,一般物理概念都具有一定的成立条件与适用范围。例如,点电荷的概念,只有当带电体的线度与其他有关长度相比可忽略不计时,才可以视其为点电荷。

物理学的特点是概念化、模型化。物理学中的概念很多,这也

是使学生感到物理难学的原因之一。而且有些物理概念之间既有区别,又有相似,因而容易混淆。所以在学习物理的过程中,就必须准确理解概念的含义以及相互之间的联系与区别,从而可应用不同的物理概念,解决不同的物理问题。例如,位矢和位移,位矢是在某一时刻,以坐标原点为起点,以运动质点所在位置为终点的有向线段 $\mathbf{r} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} + z\mathbf{k}$,描述的是在某一时刻运动质点在空间中的位置;而位移是在一段时间间隔内,从质点的起始位置引向质点的终止位置的有向线段, $\Delta\mathbf{r} = \mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1 = \Delta x\mathbf{i} + \Delta y\mathbf{j} + \Delta z\mathbf{k}$,描述的是在某一时间间隔内运动质点位置变动的大小和方向。二者的共同点都是矢量;二者的区别是位矢与时刻相对应,是状态量,位移与时间间隔相对应,是过程量。

关于定理和定律。定理与定律都是由概念组成的,反映的是概念之间的相互关系,是规律性的东西。任何一个物理定律,都是在一定条件下,运用物理的理想过程和理想实验的思想方法得到的。因此,每个定律都有它的适用范围。物理规律同样可以用数学语言(即数学表达式或称为公式)来表达。因此,在学习掌握这些物理规律时,要弄清物理定律本身所表达的真正含义、适用范围及公式中各字母符号所代表的概念及物理意义。

例如,关于库仑定律 $\mathbf{F} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \mathbf{e}_r$ 的问题,

①当 $r \rightarrow 0$ 时, q_1 和 q_2 间的作用力

$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$ 不成立,体现了点电荷的概念及其适用条件(适用于真空中的点电荷);

②如图 1 所示,点电荷 q_1 、 q_2 分别处于任意形状的导体空腔内、外,其间 $\otimes$ 距为 d ,则这两个点电荷间的作用力仍

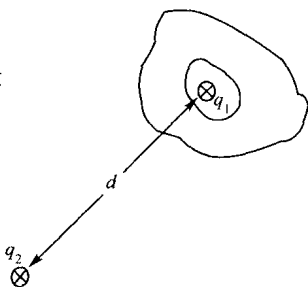


图 1

为 $\frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 d^2}$, 体现了库仑定律的真正意义, 即: 两个固定的点电荷之间的库仑力, 不会因为其他一些电荷(此处为感应电荷)的存在而改变。

同一物理规律书写形式不同, 其所表述的内涵也有所不同, 例如牛顿第二定律, 我们可以写成 $F = m \frac{dP}{dt}$, 有时也写成 $F = ma$, 前者更具普适性, 后者除受质点的约束外, 还受到质量不变的约束。因此, 学习物理规律, 只有知道了它们的物理意义和适用范围, 才更有利于掌握和应用它们。

三、多方法、多视角理解所学知识

学物理不能不记不背, 但它不能光靠死记硬背, 在理解的基础上去记忆一些概念、规律和解决问题的思路、方法会更好。在实际学习过程中, 应从多方位、多视角去看待我们所学习的内容。

有些物理量可以有不同的定义式, 但它们所表述的物理意义是相同的。一个物理量的每一个定义式都代表了一种物理现象和规律, 我们可以根据定义式从不同的侧面来了解同一个物理量, 例如, 磁感应强度的定义式就有三个: ①利用运动电荷 qv 在磁场中所受洛伦兹力 $f = qv \times B$ 来定义 B ; ②根据电流元 Idl 在磁场中所受安培力 $df = Idl \times B$ 来定义 B ; ③根据磁矩 P_m 在磁场中所受磁力矩 $M = P_m \times B$ 来定义 B , 这三种定义, 分别从三个方面展现了磁场对运动电荷、电流元和载流线圈具有磁作用的性质。

有些物理量可以有不同的单位名称, 每一个单位名称都代表了一种物理现象和规律, 我们可以根据单位名称的不同来理解物理量的不同性质, 例如, 电场强度就有两个截然不同的单位牛顿每库仑(N/C)和伏特每米(V/m), 仅从单位名称我们就可以更好地理解, 电场强度与电荷在电场中受力有关, 是 $E = \frac{F}{q}$ 的关系; 电场强度还与电势的空间变化率有关, 是 $E = -\nabla V$ 的关系。

有些物理量具有等效性,我们可以利用某些物理量的等效特征,对相应的规律和公式中的量进行等效置换,加深理解,节省记忆空间。例如,运动电荷 q ,以速度 v 通过某点 P 时,在通过 P 点的 dt 瞬间,电荷发生位移 $d\mathbf{l}$,此瞬间运动电荷也可视为 P 点处的远流电流元 $I d\mathbf{l}$,且有 $I d\mathbf{l} = \frac{q}{dt} d\mathbf{l} = q\mathbf{v}$,可见 $I d\mathbf{l}$ 与 $q\mathbf{v}$ 具有等效性,这在以下两组公式中也充分地体现了出来,即洛伦兹力公式 $\mathbf{f} = q\mathbf{v} \times \mathbf{B}$ 与安培力公式 $d\mathbf{f} = I d\mathbf{l} \times \mathbf{B}$,以及运动电荷产生的磁场 $\mathbf{B} = \frac{\mu_0 I q \mathbf{v} \times \mathbf{r}}{4\pi r^3}$ 与毕奥-萨伐尔定律 $d\mathbf{B} = \frac{\mu_0 I d\mathbf{l} \times \mathbf{r}}{4\pi r^3}$ 。这样的例子还有不少,同学们在学习中可以自己总结。

四、典型问题、举一反三

学习物理要夯实三个基本:基本概念要清楚,基本规律要熟悉,基本方法要熟练,在此基础上对待典型问题(尤其是基本问题)要做到脉络清晰、深入挖掘、举一反三。下面举例予以说明。

例如,如图 2 所示,将一个试验电荷 q_0 (正电荷)放在带有负电荷的大导体附近 P 点处,测得它所受的力为 F ,若考虑到电量 q_0 不是足够小,则正确的是()。

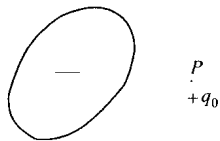


图 2

- (A) $\frac{F}{q_0}$ 比 P 点处原先的场强数值大
- (B) $\frac{F}{q_0}$ 比 P 点处原先的场强数值小
- (C) $\frac{F}{q_0}$ 等于原先 P 点处场强的数值
- (D) $\frac{F}{q_0}$ 与 P 点处原先的场强数值关系无法确定

要正确选择答案,首先要明晰两个问题:① $\frac{F}{q_0}$ 等于什么? ② 它与 P 点处原来场强有何不同? 根据电场强度的定义,电场中某点的电场强度等于放入该点的点电荷所受静电力 F 与其电荷量的

比值,即 $E = \frac{F}{q_0}$,且适用于一切电场。因此, $\frac{F}{q_0}$ 是放入正点电荷 q_0 后, P 点的总电场强度值。由于电量 q_0 不是足够小,会发生静电感应,大导体除了原有的电荷外,在靠近 P 点的一侧及远离 P 点的另一侧分别感应出等量负电荷和正电荷,并且负感应电荷在 P 点激发的电场强于正感应电荷在 P 点激发的电场,总感应效果相当于在大导体上附加了负电荷,而导体原来本身就带有负电荷,负负加强,所以考虑了电量 q_0 的静电感应现象后, P 点的电场比原来增强了,此时 $\frac{F}{q_0}$ 的值比 P 点处原先的场强数值大,故选择(A)。

此问题还可以进一步探讨,若大导体改带正电荷呢? 由于试验电荷 q_0 对导体的总感应效果不因导体带电情况而改变,仍然相当于在大导体上附加了负电荷,正负抵消, P 点的电场比原来减弱了,此时 $\frac{F}{q_0}$ 的值比 P 点处原先的场强数值小,故选择(B)。

此问题还可以更进一步探讨,若试验电荷 q_0 为负电荷(电量不是足够小),而大导体分别带正、负电荷呢? 请同学们自己讨论。
[提示:结果应分别选择(A)、(B)选项]。

五、透过现象看本质,透过试题看考点

为了检验在课堂上所学知识的掌握程度,通常的方法就是理论测试,即通常所说的考试。拿到理想的考试成绩,自然是所有学生的学习目标。多年的教学实践发现,有相当多的同学“能学懂”,但“不会考”。究其原因,主要是学生在做题和考试的过程中,糊里糊涂地做题、糊里糊涂地考试,不能明晰试题的考点。

所谓考点就是测试题所要考查的知识点。在考查的知识点中,有一些出现的频率较高,是高频考点,也是考试的“必考点”,这通过任何一部教材或教学参考书的章节练习题都可以体现出来。统计发现,通常考试,高频考点约占总考点比例的 80% 左右,也就是说,掌握了高频考点,也就掌握了考试的金钥匙,而这要从掌握

试题考点的基本功练起。下面通过一个例子说明如何透过试题看考点。

例如,如图 3 所示,在真空中半径分别为 R 和 $2R$ 的两个同心球面,其上分别均匀地带有电量 $+q$ 和 $-3q$ 。今将一电量为 $+Q$ 的带电粒子从内球面处由静止释放,则该粒子到达外球面时的动能为()。

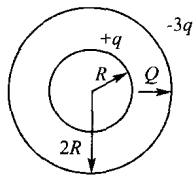


图 3

- (A) $\frac{qQ}{2\pi\epsilon_0 R}$ (B) $\frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 R}$
(C) $\frac{qQ}{8\pi\epsilon_0 R}$ (D) $\frac{3qQ}{8\pi\epsilon_0 R}$

这是一道很普通的选择題,但要正确答对此題,首先要明白带电粒子从内球面由静止出发到达外球时所具有的动能是因为电场力做功所致,服从动能定理 $A = E_2 - E_1$,这是第一个考点;其次电场力做功与运动电荷始末两点的电势差有关,满足公式 $A = Q(V_1 - V_2)$,这是第二个考点;第三,要知道两点间的电势差与电场强度的线积分有关,满足公式 $V_1 - V_2 = \int_1^2 \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l}$,这是第三个考点;第四,要会求出积分区域电场强度的函数表达式,这是一个高度对称的球带电体系模型,可以利用高斯定理来求解场强,高斯定

理表达式为 $\oint_S \mathbf{E} \cdot d\mathbf{S} = \frac{\sum q_i}{\epsilon_0}$,理解和会应用高斯定理是第四个考点;除此之外,还要具有一定的数学运算基本功,经过一系列的計算可知(C)为正确选项。可见此題虽小,考点之多。

虽然感觉上大学物理难学、难掌握,但实际上只要真正理解物理概念的内涵,真正理解各种定义、规律的物理概念,无论是学还是考,都将易如反掌。以上是多年“教”“学”过程中的点滴所得,与同学们共勉!

第 1 章 运动学

一、主要知识点

1. 参考系: 描述物体运动时用作参考的其他物体。

2. 位矢和位移

位置矢量: $\mathbf{r} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} + z\mathbf{k}$ (简称位矢)

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

$$\text{也可以表示为} \begin{cases} x = x(t) \\ y = y(t) \\ z = z(t) \end{cases}$$

轨道方程: 上式中消去 t 得到有关 x, y, z 的方程即为质点运动的轨迹, 称为轨道方程。

$$\text{即} \begin{cases} x = x(t) \\ y = y(t) \\ z = z(t) \end{cases} \text{消去 } t \text{ 得 } f(x, y, z) = 0$$

任意曲线运动都可以视为沿 x, y, z 轴的三个各自独立的直线运动的叠加(矢量加法)。这叫做运动的独立性原理或运动叠加原理。

位移: $\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}(t + \Delta t) - \mathbf{r}(t)$

3. 速度和速率

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

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

$$\text{分量式} \begin{cases} v_x = \frac{dx}{dt} \\ v_y = \frac{dy}{dt} \\ v_z = \frac{dz}{dt} \end{cases}$$

在自然坐标系中 $\mathbf{v} = v\mathbf{e}_t$

注意:速度是矢量,既有大小又有方向。速度大小即为速率 v ,速度方向为质点运动轨迹的切线方向。

$$\text{速率: } v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$$

4. 加速度

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

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

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

$$\text{加速度大小: } a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$$

$$\text{在自然坐标系中 } \mathbf{a} = a_t\mathbf{e}_t + a_n\mathbf{e}_n = \frac{dv}{dt}\mathbf{e}_t + \frac{v^2}{R}\mathbf{e}_n$$

$$\text{分量式} \begin{cases} \text{切向加速度: } a_t = \frac{dv}{dt} & (\text{沿切线方向}) \\ \text{法向加速度: } a_n = \frac{v^2}{R} & (\text{指向圆心方向}) \end{cases}$$

式中, R 为曲率半径。

$$\text{加速度大小: } a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2}$$

5. 圆周运动

$$\begin{aligned}
 &\left. \begin{array}{l} \text{角量} \end{array} \right\} \begin{cases} \text{角位移: } \theta = \theta(t) \\ \text{角速度: } \omega = \frac{d\theta}{dt} \\ \text{角加速度: } \beta = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\theta}{dt^2} \end{cases} \\
 &\left. \begin{array}{l} \text{线量} \end{array} \right\} \begin{cases} \text{走过弧长: } s = s(t) = R\theta(t) \\ \text{线速度(速率): } v = \frac{ds}{dt} = R\omega \\ \text{切向加速度: } a_t = \frac{dv}{dt} = R\beta (\text{沿切向方向}) \\ \text{法向加速度: } a_n = \frac{v^2}{R} = R\omega^2 (\text{指向圆心方向}) \\ \text{总加速度大小: } a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2} \end{cases} \\
 &\text{匀加速圆周运动} \left\{ \begin{array}{l} \omega = \omega_0 + \beta t \\ \theta = \theta_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2}\beta t^2 \\ \omega^2 - \omega_0^2 = 2\beta\theta \end{array} \right.
 \end{aligned}$$

6. 运动学的两类问题

第一类问题: 求导 $\mathbf{r}(t) \rightarrow \mathbf{v}(t) \rightarrow \mathbf{a}(t)$

第二类问题: 积分 $\mathbf{a}(t) \rightarrow \mathbf{v}(t) \rightarrow \mathbf{r}(t)$

二、典型例题

例 1-1 已知质点位矢随时间变化的函数关系式为 $\mathbf{r} = 4t^2\mathbf{i} + (3+2t)\mathbf{j}$, 式中 r 的单位为米, t 的单位为秒。求:

- (1) 质点运动的轨道方程;
- (2) $t=1$ 秒和 $t=2$ 秒时刻的速度;
- (3) 从 $t=1$ 秒到 $t=2$ 秒的位移, 这段时间内的平均速度;
- (4) t 时刻的切向加速度和法向加速度。

解: (1) 由 $\mathbf{r} = 4t^2\mathbf{i} + (3+2t)\mathbf{j}$ 可知

$$\left. \begin{array}{l} x = 4t^2 \\ y = 3 + 2t \end{array} \right\}$$

消去 t 得轨道方程为

$$x = (y - 3)^2$$

$$(2) \text{速度 } \mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} = 8t\mathbf{i} + 2\mathbf{j}$$

$$\mathbf{v}(1) = 8\mathbf{i} + 2\mathbf{j}; \quad \mathbf{v}(2) = 16\mathbf{i} + 2\mathbf{j}$$

$$(3) \text{位移 } \Delta\mathbf{r} = \mathbf{r}(2) - \mathbf{r}(1) = 12\mathbf{i} + 2\mathbf{j}$$

$$\text{平均速度 } \bar{\mathbf{v}} = \frac{\Delta\mathbf{r}}{\Delta t} = \frac{\mathbf{r}(2) - \mathbf{r}(1)}{2 - 1} = 12\mathbf{i} + 2\mathbf{j}$$

$$(4) \text{速率 } v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = 2\sqrt{16t^2 + 1}$$

$$\text{总加速度大小 } a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \sqrt{\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{d^2y}{dt^2}} = 2\sqrt{2}$$

$$\text{切向加速度 } a_t = \frac{dv}{dt} = \frac{32t}{\sqrt{16t^2 + 1}}$$

$$\text{法向加速度 } a_n = \sqrt{a^2 - a_t^2} = 2\sqrt{\frac{2 - 224t^2}{16t^2 + 1}}$$

注释:根据运动方程可以直接写出分量式,再从中消去参数 t ,即可得到质点运动的轨道方程。平均速度反映质点在一段时间内位置的变化率 $\bar{\mathbf{v}} = \frac{\Delta\mathbf{r}}{\Delta t}$,它与时间间隔 Δt 有关;当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时,平均速度即为瞬时速度 $\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt}$ 。

例 1-2 一质点沿半径为 0.1 m 的圆周运动,其角位置(以弧度表示)可用公式 $\theta = 2 + 4t^3$ 表示,式中 t 以秒计。求:

(1) $t = 1$ s 时,它的法向加速度和切向加速度,各为何值?

(2) 当切向加速度恰为总加速度大小的一半时, θ 为何值?

(3) 在哪一时刻,切向加速度和法向加速度恰有相等的值?

解:(1)角速度为

$$\omega = d\theta/dt = 12t^2 = 12 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$$

法向加速度为

$$a_n = r\omega^2 = 14.4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$