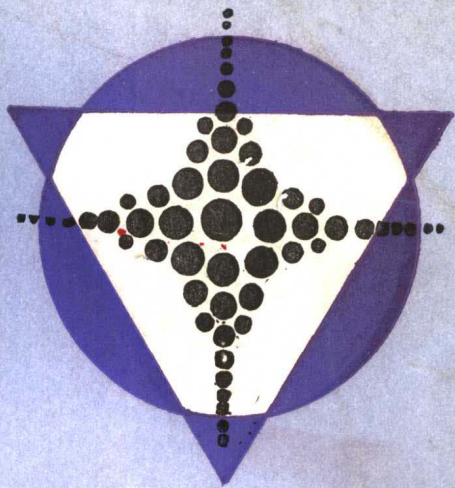


广播 电视 大学



普通物理学习辅导

**PU TONG WU LI
XUE XI
FU DAO**

湖北教育出版社

广 播 电 视 大 学

普通物理学习辅导

十七所电大联合编写组

湖 北 教 育 出 版 社

广播电视大学
普通物理学习辅导
十七所电大联合编写组

湖北教育出版社出版、发行 新华书店湖北发行所经销

武汉大学出版社印刷总厂印刷

787×1092毫米32开本 15印张 343 000字

1987年10月第一版 1987年10月第一次印刷

印数：1 - 2 000

ISBN 7-5351-0253-0/G·219

统一书号：7306·503 定价：2.60元

前 言

本书由安徽、福建、甘肃、广东、广西、广州、河南、河北、湖北、江苏、江西、内蒙、山东、山西、上海、武汉、西安(以拼音为序)等十七所广播电视大学联合编写。它是在原八省四市联合编写的“普通物理辅导材料”的基础上修订的。原书由于紧扣电大普通物理教学大纲和主讲教师的教学要求,经八四级电大师生使用后,受到了广大电大师生的欢迎。很多省、市、自治区电大的物理教师对此书给予了充分的肯定和较高的评价,并提出了许多宝贵的意见。不少兄弟省市电大的物理教师来信要求再版,为了满足广大读者的要求,我们决定修订再版。

本书各章均由四大部分组成:一、教学目的与要求;二、内容提要;三、思考题与例题;四、自测题与参考答案。这次修订,除对原书各章进行了认真修改和校正外,还根据中央电大一九八五年十月在天津召开的“全国广播电视大学理工科基础课教学大纲讨论会”修订的“电大普通物理学教学大纲”的精神,增加了“稳恒电流”、“狭义相对论基础”和“普通物理实验”等重要内容。本书不仅可作为电大师生的教学参考书,对职大、函大、夜大及一般工科院校的师生也有一定的参考价值。

本书第一章由王金藩、第二章由郑振忠、第三章由赵国新、第四章由柯惟力和李敏康、第五章、第二十章和第二十一章由严德武、第六章由臧耀臣、第七章由李敏康、第八章由廖建华、第九章由徐敦阳、第十章、第十一章和第十三章由曹锋、第十二章由程汝骥、第十四章由刘勇、第十五章由张宏利、第十六

章、十七章和十八章由黄东、第十九章由李家炯、“普通物理实验”由王祥林和吴光晟同志编写。本书由严德武和曹锋同志负责统稿，集体交叉审稿，除上述同志外，还有周富生、宁雅丽、张锡韩、董良杰、袁承阳、张永春、赵凤鸣等同志参与了原书的整理或本书的部分审稿工作，在该书的编审过程中，还曾得到电大有关领导和同志们热情支持和帮助，在此一并表示感谢。

由于时间仓促，编者水平有限，书中难免还有不少错误和不妥之处，敬请使用本书的老师和同学们批评指正。

编 者

一九八五年十二月于武汉

目 录

第一篇 力学	1
第一章 运动的描述	1
一 教学目的与要求	1
二 内容提要	1
三 思考题与例题	6
四 自测题与参考答案	15
第二章 质点动力学	19
教学目的与要求	19
牛顿运动定律部分	20
一 内容提要	20
二 思考题与例题	24
三 自测题与参考答案	32
功和能部分	36
一 内容提要	36
二 思考题与例题	41
三 自测题与参考答案	50
动量、动量守恒定律部分	53
一 内容提要	53
二 思考题与例题	57
三 自测题与参考答案	61
第三章 刚体定轴转动动力学	66
一 教学目的与要求	66
二 内容提要	66
三 思考题与例题	73

四 自测题与参考答案	89
第四章 振动学基础	92
一 教学目的与要求	92
二 内容提要	92
三 思考题与例题	102
四 自测题与参考答案	113
第二篇 分子物理学和热力学	117
第五章 气体分子运动论	117
一 教学目的与要求	117
二 内容提要	118
三 思考题与例题	127
四 自测题与参考答案	141
第六章 热力学的物理基础	146
一 教学目的与要求	146
二 内容提要	146
三 思考题与例题	155
四 自测题与参考答案	177
第三篇 电磁学	181
第七章 真空中的静电场	181
一 教学目的与要求	181
二 内容提要	182
三 思考题与例题	190
四 自测题与参考答案	204
第八章 静电场中的导体和电介质	209
一 教学目的与要求	209
二 内容提要	209
三 思考题与例题	214
四 自测题与参考答案	225
第九章 稳恒电流	231

一 教学目的与要求	231
二 内容提要	231
三 思考题与例题	237
四 自测题与参考答案	242
第十章 稳恒磁场	245
一 教学目的与要求	245
二 内容提要	245
三 思考题与例题	251
四 自测题与参考答案	260
第十一章 磁场对电流和运动电荷的作用	264
一 教学目的与要求	264
二 内容提要	264
三 思考题与例题	267
四 自测题与参考答案	274
第十二章 电磁感应	279
一 教学目的与要求	279
二 内容提要	279
三 思考题与例题	285
四 自测题与参考答案	292
第十三章 物质的磁性	295
一 教学目的与要求	295
二 内容提要	296
三 思考题与例题	303
四 自测题与参考答案	308
第十四章 电磁场理论的基本概念和电磁波	311
一 教学目的与要求	311
二 内容提要	311
三 思考题与例题	316
第四篇 波动光学	319

第十五章 波动学基础	319
一 教学目的与要求	319
二 内容提要	320
三 思考题与例题	331
四 自测题与参考答案	340
第十六章 光的干涉	342
一 教学目的与要求	342
二 内容提要	342
三 思考题与例题	349
四 自测题与参考答案	356
第十七章 光的衍射	359
一 教学目的与要求	359
二 内容提要	359
三 思考题与例题	365
四 自测题与参考答案	370
第十八章 光的偏振	372
一 教学目的与要求	372
二 内容提要	372
三 思考题与例题	379
四 自测题与参考答案	385
第五篇 近代物理	388
第十九章 狭义相对论基础	388
一 教学目的与要求	389
二 内容提要	389
三 思考题与例题	397
四 自测题与参考答案	402
第二十章 光的量子性	405
一 教学目的与要求	405
二 内容提要	405

三 思考题与例题	409
四 自测题与参考答案	415
第二十一章 原子的量子理论	419
一 教学目的与要求	419
二 内容提要	419
三 思考题与例题	431
四 自测题与参考答案	446
普通物理实验	449

第一篇 力 学

第一章 运动的描述

一 教学目的与要求

1. 确切理解描述质点运动的位置矢量、位移、速度和加速度等四个基本物理量；注意速度、加速度的瞬时性和矢量性。

2. 掌握 $x-t$ 、 $v-t$ 的运动图象。

3. 明确运动方程的物理内容，会熟练的根据已知运动方程用求导法求出速度和加速度，并会根据速度、加速度和初始条件用积分法求出位移公式和运动方程。

4. 明确研究质点曲线运动的处理方法，并会计算抛体运动和圆周运动的有关问题。

5. 理解描述刚体定轴转动的四个基本物理量——角坐标、角位移、角速度和角加速度的概念；掌握角量和线量的关系。

二 内 容 提 要

1. 四个基本物理量

(1) 位置矢量是描写质点在空间位置的物理量，是描写质点状态的一个参量。它具有三性，一是矢量性；二是由于它选择不同参照系，以及在同一参照系上建立不同的坐标系，它的数值和方向是不同的，所以亦具有相对性；三是质点在运动过

程中，位置矢量是随时间改变的，在各个时刻的大小和方向一般亦是不同的，所以它还具有瞬时性。

(2) 位移是描写质点位置变动的大小和方向的物理量，它是从初始位置引向终止位置的一有向线段，它具有矢量性和相对性。要注意位移与路程的严格区分，两者不能混为一谈。

(3) 速度是描写质点位置变动快慢和方向的物理量，也是描写质点运动状态的一个参量。

关于速度又有平均速度和瞬时速度之分。平均速度是指质点的位移 $\vec{\Delta r}$ 与所经历这段位移的时间的比值，写成数学式

即
$$\vec{v} = \frac{\vec{\Delta r}}{\Delta t}。$$

显然，平均速度也具有相对性和矢量性。因为平均速度只能反映在一段时间内位移的平均变化，所以用它来描写物体的运动，是比较粗糙的。需要精确地知道质点在某一时刻 t （或某一位置）的运动情况，应使 Δt 尽量减小而趋近于零，用平均速度 $\frac{\vec{\Delta r}}{\Delta t}$ 所趋的极限值——瞬时速度来描述。数学式为

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\vec{\Delta r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt}。$$

显然，瞬时速度等于矢径对时间的一阶导数。

当质点做曲线运动时，运动的快慢和方向的描写方法，一般可采用把任一条曲线看成是由无限多个无限短的直线段所组成的，这样，任一平面的曲线运动，就可看成是由无限多个无限短的直线运动所组成。于是可按直线

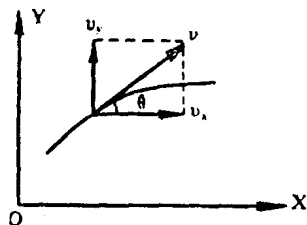


图 1-1

运动来描述质点在各个时刻运动的快慢和方向,

$$\text{即 } \vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt}.$$

上式中 $\vec{v}$ 矢量, 在本章只采用直角坐标分析法求 $\vec{v}$ (不讲述矢量微分), 如图1—1所示, 可把速度写为

$$\vec{v} = \frac{dx}{dt} \vec{i} + \frac{dy}{dt} \vec{j}.$$

而矢径 $\vec{r}$ 在直角坐标轴上的分量是 x , y , 所以速度的两个分量分别是

$$\frac{dx}{dt} = v_x, \quad \frac{dy}{dt} = v_y,$$

速度的大小为

$$|\vec{v}| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2},$$

方向可用图1—1中的 θ 角表示

$$\theta = \text{tg}^{-1} \frac{v_y}{v_x}.$$

同样, 瞬时速度也具有瞬时性、矢量性和相对性的性质。

(4) 加速度是描写质点运动速度变化快慢的物理量。在最简单的变速直线运动中, 质点在任意相等的时间间隔内, 其速度的改变量相等, 这种运动叫匀变速直线运动。其特点是速度的改变量与所经过的时间的比值为一恒量, 该恒量可以反映出质点速度变化的快慢。于是, 匀变速直线运动中的加速度定义是

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}.$$

加速度的方向就是速度改变量的方向。在直线运动中, 如

果 $v > v_0$, 即 $\Delta v > 0$, 则 $a > 0$, 这就是说质点做加速直线运动; 如果 $v < v_0$, 即 $\Delta v < 0$, 则 $a < 0$, 说明质点做减速运动。

瞬时加速度能精确地反映质点在各个时刻速度的变化的快慢和方向, 数学表达式为

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt}.$$

用直角坐标法表示为

$$\vec{a} = \frac{dv_x}{dt} \vec{i} + \frac{dv_y}{dt} \vec{j},$$

在直角坐标轴上的分量分别是

$$a_x = \frac{dv_x}{dt}, \quad a_y = \frac{dv_y}{dt}.$$

变速圆周运动中质点的总加速度为

$$\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_t,$$

$\vec{a}$ 的大小以及 $\vec{a}$ 与瞬时速度 $\vec{v}$ 所成的角 θ 分别由下列二式决定:

$$a = \sqrt{a_n^2 + a_t^2}, \quad \operatorname{tg} \theta = \frac{a_n}{a_t},$$

其中: $a_n = \frac{v^2}{R}; \quad a_t = \frac{dv}{dt}.$

加速度同样具有瞬时性、矢量性和相对性。

2. 曲线运动

曲线运动比直线运动要复杂, 做曲线运动的质点, 不能只用一个坐标的数值来描写它在空间中的位置, 必须用两个坐标 x 、 y 来描写。也可用另一种方法: 从原点向质点所在位置引

有向线段 $\vec{r}$ ，如图1—2所示。 $\vec{r}$

叫做位置矢量，简称为矢径。 x 、

y 分别是矢径 $\vec{r}$ 在 x 、 y 轴上的

投影。因此：

$$\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j};$$

运动方程的两个分量形式为

$$x = f_1(t), \quad y = f_2(t).$$

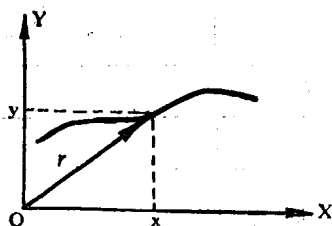


图 1—2

鉴于运动的独立性，在研究质点平面曲线运动的处理方法时，往往把它视为两个相互垂直的直线运动的合运动。例如，把平抛运动看成在水平方向做匀速直线运动与竖直方向做自由落体运动的合运动；斜上抛运动是水平方向匀速直线运动和竖直方向上抛运动的合运动。

研究刚体定轴转动中的角坐标、角位移、角速度和角加速度等四个基本物理量；角量与线量的关系和定轴转动方程，应和研究质点的平动运动状态的基本物理量和方程对比学习，这样会加深对问题的理解。列对照表如下(P6)：

注意：①速度和加速度是重要而又难于掌握的两个概念。主要是它们具有三个特性——相对性、瞬时性和矢量性。特别是矢量性，不少同学易忽视。速度和加速度不仅有大小，还有方向，在求导的时候一定是矢量求导。在研究直线运动时，可以把矢量按代数量来处理，方向用正负号表示就够了。在研究平面运动和空间运动时，速度和加速度不仅大小而且方向也时刻在变化，平面曲线运动中的速度的方向是轨迹上某一点的切线方向，用单位矢量 $\vec{\tau}$ 来表示。则速度 $\vec{v}$ 可写成 $\vec{v} = v\vec{\tau}$ 。

某一时刻的加速度

$$\vec{a} = a_{\tau}\vec{\tau} + a_n\vec{n} = \frac{dv}{dt}\vec{\tau} + \frac{v^2}{\rho}\vec{n},$$

	质点的直线运动	刚体定轴转动
位 置	$\vec{r}$	$\vec{\theta}$
位 移	$\Delta \vec{r}$	$\Delta \vec{\theta}$
速 度	$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$	$\vec{\omega} = \frac{d\vec{\theta}}{dt}$
加 速 度	$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$	$\vec{\beta} = \frac{d\vec{\omega}}{dt}$
公 式	$v = v_0 + at$ $s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$ $v^2 - v_0^2 = 2as$	$\omega = \omega_0 + \beta t$ $\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2} \beta t^2$ $\omega^2 - \omega_0^2 = 2\beta\theta$

式中 $\vec{n}$ 表示法线方向的单位矢量, ρ 表示曲线上某一点的曲率半径。

在直线运动中 $\vec{r}$ 不变, 则 $\frac{d\vec{r}}{dt} = 0$, 那么加速度 $\vec{a} = \frac{dv}{dt} \vec{r}$,

显然, 直线运动是曲线运动的一个特例。

②运动学解题不外乎两类。

第一类: 已知运动方程, 可用微分的方法求出描述运动的四个量, 即各个时刻的位置, 各个时间间隔的位移, 各个时刻的速度和加速度。

第二类: 已知速度或加速度与时间的关系和初始条件, 用积分的办法求质点(物体)的运动方程。

三 思考题与例题

【例题一】 内有一重物的气球, 加速上升到10米高处, 突

然系绳断开，重物下落至地面，另一物体从10米高处自由下落到地面，两者相比，下列哪一种说法正确？

- (1) 下落的时间相同；
- (2) 下落的路程相同；
- (3) 下落的位移相同；
- (4) 落地时的速度相同。

答：(3)

【例题二】 下列几种情况中，哪种情况不可能？

- (1) 物体同时具有向东的速度和向南的加速度；
- (2) 物体同时具有恒定的加速度和变化的速度；
- (3) 物体同时具有变化的加速度和恒定的速度。

答：(3)

【例题三】 已知质点的运动方程为 $x = 8 + t - 2t^2$ ，式中 t 以秒计， x 以米计，试求：

- (1) 质点在第2秒末时的速度和加速度；
- (2) 质点在第2秒内的位移；
- (3) 什么时刻质点的速度为零？质点作什么运动？

解 取质点为研究对象，用微分法可求得速度和加速度的表达式分别为

$$v = \frac{dx}{dt} = 1 - 4t \quad \text{m/s,}$$

$$a = \frac{dv}{dt} = -4 \quad \text{m/s}^2.$$

(1) 第2秒末表示 $t = 2$ 秒（注意：第2秒末与第3秒初的含义是相同的）。由上式得

$$v_2 = 1 - 8 = -7 \text{ m/s,}$$

$$a_2 = -4 \text{ m/s}^2.$$