

物理学学习指导

叶英模 钟亮佩 黄月霞 编



华南理工大学出版社

物理学学习指导

叶英模 钟亮佩 黄月霞 编



华南理工大学出版社
• 广州 •

图书在版编目(CIP)数据

物理学学习指导/叶英模,钟亮佩,黄月霞编. —广州:华南理工大学出版社,1998.1 (2000.4 重印)

ISBN 7-5623-1221-4

I. 物…

Ⅱ. ①叶…②钟…③黄…

Ⅲ. 物理-高等学校-教学参考资料

Ⅳ. O4

华南理工大学出版社出版发行

(广州五山 邮编510640)

责任编辑 潘宜玲

各地新华书店经销

广州市新明光印刷有限公司印装

1998年1月第1版 2000年4月第3次印刷

开本:850X1168 1/32 印张:17.25 字数:442千

印数:5 001 — 8 000

定价:26.00元

前 言

本书为高等工程专科及自考教材《物理学》的学习指导书,是编者为指导成人学生学习《物理学》,参阅高等学校工科物理课程的教学基本要求,总结多年来的教学实践经验整理而成的。

本书的特点是各章的“学习要求”简明扼要;“学习指导”重点明确;“解题指导”由浅入深,释疑解难注意做到启发、引导、分析,以期达到培养读者的逻辑思维及综合分析能力的目的。

本书作为高等工程专科及成人自学考试物理课程的辅助教材,还可作为大学本科非物理类专业、职工夜大、电大和函授学员的参考书。

本书编写具体分工:叶英模负责第一部分中第一篇、第二篇、第三篇、第五篇的编写;钟亮佩负责第一部分中第四篇、第六篇的编写;黄月霞负责第二部分的编写。由于编者水平所限,书中如有不当之处,恳请读者提出宝贵意见。

编 者

1997年2月

目 录

第一部分 学习指导

第一篇 力学	3
第一章 质点运动学	3
一、学习要求	3
二、内容提要和学习指导	4
三、解题指导	10
第二章 质点动力学	21
一、学习要求	21
二、内容提要和学习指导	22
三、解题指导	37
第三章 刚体的定轴转动	49
一、学习要求	49
二、内容提要和学习指导	49
三、解题指导	55
力学自测练习	65
第二篇 机械振动和机械波	73
第四章 机械振动	73
一、学习要求	73
二、内容提要和学习指导	74
三、解题指导	86
第五章 机械波	103

一、学习要求	103
二、内容提要 with 学习指导	104
三、解题指导	116
机械振动 with 机械波自测练习	133
第三篇 热学	139
第六章 气体分子运动论	140
一、学习要求	140
二、内容提要 with 学习指导	141
三、解题指导	153
第七章 热力学基础	157
一、学习要求	157
二、内容提要 with 学习指导	157
三、解题指导	169
热学自测练习	176
第四篇 电磁学	182
第八章 静电场	184
一、学习要求	184
二、内容提要 with 学习指导	184
三、解题指导	194
第九章 静电场中的导体和电介质	214
一、学习要求	214
二、内容提要 with 学习指导	214
三、解题指导	222
静电学自测练习	231
第十章 稳恒电流的磁场	237
一、学习要求	237
二、内容提要 with 学习指导	237
三、解题指导	251

第十一章 电磁感应 电磁场	265
一、学习要求	266
二、内容提要与学习指导	266
三、解题指导	277
磁学自测练习	284
第五篇 波动光学	292
第十二章 光的干涉	293
一、学习要求	293
二、内容提要与学习指导	293
三、解题指导	306
第十三章 光的衍射	318
一、学习要求	318
二、内容提要与学习指导	318
三、解题指导	327
第十四章 光的偏振	336
一、学习要求	336
二、内容提要与学习指导	336
三、解题指导	342
光学自测练习	350
第六篇 近代物理简介	355
第十五章 狭义相对论	355
一、学习要求	355
二、内容提要与学习指导	355
三、解题指导	362
第十六章 光与实物粒子的波粒二象性	365
一、学习要求	365
二、内容提要与学习指导	365
三、解题指导	374

第十七章 原子的量子理论	376
一、学习要求	376
二、内容提要与学习指导	376
三、解题指导	384
近代物理自测练习	387

第二部分 习题题解

第一篇 力学	393
第一章	393
第二章	398
第三章	410
第二篇 机械振动和机械波	415
第四章	415
第五章	425
第三篇 热学	435
第六章	435
第七章	442
第四篇 电磁学	455
第八章	455
第九章	469
第十章	474
第十一章	486
第五篇 波动光学	496
第十二章	496
第十三章	501
第十四章	507
第六篇 近代物理简介	513
第十五章	513

第十六章·····	516
第十七章·····	521
综合自测试题·····	524
练习和试题答案·····	533

第一部分 学习指导

第一篇 力 学

在这一篇里,主要研究如何描写物体的运动,物体为什么作这样或那样的运动,即运动学和动力学的规律及其应用。

第一章 质点运动学

一、学 习 要 求

(1)理解质点模型和参照系、坐标点的概念。

(2)掌握描述质点运动的四个基本物理量——位置矢量、位移矢量、速度和加速度及它们的主要性质——矢量性、瞬时性和相对性。

(3)掌握 $x-t$, $v-t$, $a-t$ 的运动图像。

(4)理解运动方程的物理内容,能熟练地根据已知运动方程用求导法求出某一时刻的位移和加速度,并了解根据速度、加速度和初始条件用积分法求出位移公式和运动方程的方法。

(5)能借助于直角坐标系熟练计算质点在抛体运动时的速度和加速度;能借助于自然坐标系熟练计算质点作圆周运动时的切向加速度和法向加速度。

二、内容提要与学习指导

物体的运动是绝对的,描述物体的运动是相对的。宇宙万物都在不停地运动着,自然界没有绝对静止不动的物体,这是运动的绝对性。然而要描述物体的运动,首先必须确定参考物。相对参考物有位置变化则称之在运动,否则称之为静止;这参考物就叫做参考系。在定量描述物体相对于参考系的位置时,还必须要在参考系上建立适当的坐标系。参考系和坐标系不同,则运动的描述也不同。因此在定量计算中一定要首先选好参考系和坐标系。

(一) 描述质点运动的四个基本物理量

1. 位置矢量 r

位置矢量是描写质点在空间中位置的物理量,是描写质点状态的一个参量。关于位置矢量 r ,应明确它有以下三个特征:

(1) 矢量性: r 是矢量,它不仅有大,而且有方向。表示为

$$r = xi + yj + zk$$

(2) 瞬时性:质点在运动过程中,不同时刻的位置矢量是不相同的,也就是说,位置矢量是描写质点在某时刻的位置。

(3) 相对性:空间中某一点的位置,用不同的坐标系来描述,结果是不同的。如图 1-1 所示,空间任一点的位置,相对于各对应互相平行的两个坐标系 $OXYZ$ 和 $O'X'Y'Z'$ 是不相同的。相对于 $OXYZ$ 坐标系, P 点位置可用 $r_{P对O}$ 来表示;相对于 $O'X'Y'Z'$ 坐标系, P 点的位置可用 $r_{P对O'}$

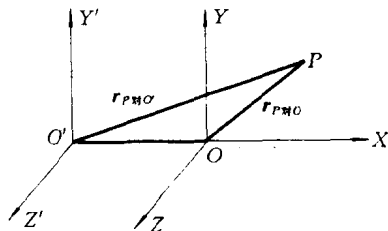


图 1-1

来表示。而 $r_{P\text{对}O}$ 和 $r_{P\text{对}O'}$ 的关系为

$$r_{P\text{对}O'} = r_{P\text{对}O} + r_{O\text{对}O'}$$

2. 位移矢量

$$\Delta r = r_2 - r_1$$

位移矢量是描写初始时刻和终止时刻质点位置变动大小和方向的物理量。它是从初始位置引至终止位置的一个有向线段。同样也应注意它具有以下三个特征：

(1) 矢量性：位移 Δr 不等于路程 Δs 。路程 Δs 是质点沿其运动轨道所经路径的总长度。 Δs 是标量，只有在直线直进运动中位移大小才等于路程。位移 Δr 是矢量。 Δr 的方向是由始点指向终点。其表示式为

$$\Delta r = r_2 - r_1 = (x_2 - x_1)\mathbf{i} + (y_2 - y_1)\mathbf{j} + (z_2 - z_1)\mathbf{k}$$

(2) 瞬时性：由于质点在不同的时刻处于不同的位置，因此从初始位置引向任一时刻所处的终止位置的有向线段其大小和方向都是不同的。

(3) 相对性：位移的大小和方向是与参考系的选择有关的。例如：船在流动的河水中航行，船相对于水从南向北行，水相对于岸从西向东流，则船相对岸是向东北方向航行。如图 1-2，其 Δr_1 表示船相对于水的

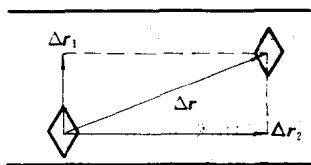


图 1-2

位移， Δr_2 表示水相对于岸的位移， Δr 则表示船相对于岸的位移。由此可见，船对岸的位移 $\Delta r_{\text{船对岸}}$ ，船对水的位移 $\Delta r_{\text{船对水}}$ 和水对岸的位移 $\Delta r_{\text{水对岸}}$ 是符合矢量平行四边形法则的，即有

$$\Delta r_{\text{船对岸}} = \Delta r_{\text{船对水}} + \Delta r_{\text{水对岸}}$$

如果以符号 P 表示所研究的物体(船)，以符号 O 表示第一参考系(水)，以符号 O' 表示第二参考系(岸)，则上式可写成一般形式：

$$\Delta \mathbf{r}_{P \text{ 对 } O'} = \Delta \mathbf{r}_{P \text{ 对 } O} + \Delta \mathbf{r}_{O \text{ 对 } O'}$$

这就是变换参考系时的位移变换法则,又叫为位移合成定理。

3. 速度 $\mathbf{v}$

速度是描述质点位置变动的快慢和方向的物理量,是描述质点运动状态的一个参量。从最简单的直进运动开始研究,对于质点的变加速直线运动或曲线运动,存在“曲”与“直”、“变”与“不变”、“近似”与“精确”的矛盾,处理方法是取小段、求极限。要理解瞬时速度(速度)是平均速度的极限,瞬时速度的大小是速率。关于速度应明确它具有的三个特性:

(1) 矢量性:速度是矢量,它既有大小,又有方向。速度的合成与分解,应遵循平行四边形法则。它的表示式为

$$\mathbf{v} = v_x \mathbf{i} + v_y \mathbf{j} + v_z \mathbf{k} = \frac{dx}{dt} \mathbf{i} + \frac{dy}{dt} \mathbf{j} + \frac{dz}{dt} \mathbf{k}$$

(2) 瞬时性:速度描述的是某时刻的瞬时速度。所谓匀速直线运动,实际上是各个时刻的速度大小都相同而已。

(3) 相对性:对于不同的参考系,速度的大小和方向是不相同的。根据位置矢量的相对性关系,可以得到速度合成定理:

$$\mathbf{v}_{P \text{ 对 } O'} = \mathbf{v}_{P \text{ 对 } O} + \mathbf{v}_{O \text{ 对 } O'}$$

4. 加速度 $\mathbf{a}$

加速度是描述质点运动速度变化快慢和变化方向的物理量。处理方法与速度类似。要理解瞬时加速度是平均加速度的极限。关于加速度也应明确以下三个特性:

(1) 矢量性:加速度是矢量,它的方向就是速度增量 $\Delta \mathbf{v}$ 的方向。它的表示式为

$$\begin{aligned} \mathbf{a} &= \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{d^2 \mathbf{r}}{dt^2} = a_x \mathbf{i} + a_y \mathbf{j} + a_z \mathbf{k} \\ &= \frac{d^2 x}{dt^2} \mathbf{i} + \frac{d^2 y}{dt^2} \mathbf{j} + \frac{d^2 z}{dt^2} \mathbf{k} \end{aligned}$$

(2)瞬时性:加速度描述的是某时刻的瞬时加速度。所谓匀加速直线运动实际上是各时刻的加速度大小都相同而已。

(3)相对性:对于不同的参考系,加速度大小和方向是不相同的。根据速度合成定理,很容易得到:

$$a_{P\text{对}O} = a_{P\text{对}O'} + a_{O\text{对}O'}$$

(二)直线运动的两种表示方法

1. 数学公式表示法

根据质点在直线运动中,位移、速度、加速度各矢量全都在同一直线上的特点,建立一个与运动轨迹相重合的一维坐标系,选一适当的原点 O ,并规定一个坐标轴的正方向。在这个一维坐标系内,用坐标 x 来描写质点在任一时刻的位置。质点运动时,它的位置坐标 x 是时间 t 的函数,即 $x = x(t)$,此式就是质点作直线运动的运动方程。

要求同学们熟练掌握以下两种类型的计算:

① 已知质点的运动方程,用微分的方法,求出质点在各个时刻的位置、速度和加速度以及某时间间隔内的位移。

② 已知加速度(或速度)与时间的函数关系以及初始条件,用积分的方法求出质点的运动方程。

2. 图线表示法

常用的图线有三种:一是表示坐标随时间变化的,叫做坐标-时间图线,简称 $x-t$ 图;二是表示速度随时间变化的,叫做速度-时间图线,简称 $v-t$ 图;三是表示加速度随时间变化的,叫做加速度-时间图线,简称 $a-t$ 图。

(三)曲线运动的两种处理方法

1. 平面曲线运动采用平面直角坐标系

平面曲线运动比直线运动要复杂,作曲线运动的质点不能用

一个坐标的数值来描述它在空间中的位置,必须用两个坐标 x, y 来描述。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成运动。

例如把平抛运动看成是在水平方向作匀速直线运动与竖直方向作自由落体运动的合成;斜上抛运动看成是在水平方向作匀速直线运动和竖直方向作上抛运动的合成,等等。

2. 平面圆周运动采用自然坐标系

(1) 匀速圆周运动:匀速圆周运动是在任意相等时间内质点通过的弧度都相等的运动,也就是质点每一时刻的速率都相等,但其运动方向随时间在改变。匀速圆周运动具有法向加速度 a_n , 其值为 $a_n = v^2/R$ (R 为圆周运动的半径)。而切向加速度 a_t 为零,即 $a_t = 0$ 。其总加速度 $a = a_n + a_t$, 总加速度 a 的大小是

$$|a| = \sqrt{a_n^2 + a_t^2} = a_n = v^2/R$$

总加速度 a 的方向总指向圆心。

(2) 变速圆周运动:变速圆周运动是质点在圆周上各点的速率都随时间变化的圆周运动。变速圆周运动的法向加速度为 $a_n = v^2/R$, 方向沿轨迹法线指向圆心, v 是该点的速率的大小。它的切向加速度为 $a_t = dv/dt$, 方向与 v 相同(注意 a_t 的大小等于速率 v 对时间的变化率,而不是等于速度矢量对时间的变化率)。变速圆周运动的总加速度 $a = a_n + a_t$, 总加速度的大小为

$$|a| = \sqrt{a_n^2 + a_t^2} = \sqrt{(v^2/R)^2 + (dv/dt)^2}$$

方向如用 a 与 a_t 的夹角 β 来表示,即为 $\beta = \text{tg}^{-1}(a_n/a_t)$ 。

本章学习内容的线框图见图 1-3。