

物理学学习指南

主编 聂东山 王玉香 曹东波



南海出版公司

物理学学习指南

主 编 聂东山 王玉香 曹东波

南海出版公司

1996 年·海口

琼新登字 01 号

主 审 梁家昌
主 编 聂东山 王玉香 曹东波
副主编 王 缓 王国强 胡 毅
徐辑彦 李燕山 齐 虹
编 委 王 宏 尹承红 刘美琪
时建群 徐海如 章 平
宋德山

物 理 学 学 习 指 南

聂东山 王玉香 曹东波 主 编

总 经 理 霍宝珍
责任编辑 原式溶
封面设计 刘金廷

南海出版公司出版发行
新 华 书 店 经 销
费县第二印刷厂印刷

787×1092 毫米 1/32 开 12.625 印张 291 千字
1996 年 9 月第 1 版 1996 年 9 月第 1 次印刷
印数:1—4000

ISBN7-80570-675-1/G·173

定价:11.90 元

序

在我们童年时代,常有人说:学会数、理、化,走遍天下都不怕。此话颇具哲理。作为大学教师,不仅要讲数学公式,更重要的是使学生学会数学的逻辑思维方法。对于物理学,不仅要给同学们介绍物理学的理论与实验知识,更重要的是要使同学们学会辩证思维方法。教师与教材,对学生正确思维方法的培养,起着十分重要的作用。

普通物理学是理工科各专业的一门重要基础课程。这本《物理学学习指南》则是按国家教委对非物理专业教学大纲的要求、结合编者多年的教学经验和体会,为物理学的教与学而精心编写的参考书。全书取材恰当、重点突出、主次分明、便于学习。每章都归纳成要点与要求、重点与难点、并伴以颇具启发性的典型例题,使本书确能起到物理学学习指南的作用。本书在适度保证基础理论及其系统性的同时,又强调了物理原理的应用,达到了理论联系实际的目的,这对提高工程专科教学质量无疑是颇有裨益的举措。

著名物理学家杨振宁先生曾经讲过,在教学过程中,固然要尽可能不让一个学生掉队,但也应兼顾少数优秀学生。本书的出版,能使学习较差的学生获得一本便于学习物理学的指导书;同时,对少数学习优秀的学生,也是一本不无启迪的好书。

乐为序。

梁家昌

1996年9月于天津

前 言

普通物理学是理工院校的一门重要基础理论课。为了帮助学生学好这门课,根据学生学习物理学的特点和要求,力图使学生全面掌握物理学的重点、难点以及解决疑难问题的简便方法,我们参照工科院校和师范院校非物理专业《普通物理学》教学大纲的基本要求,并结合作者多年的教学经验和体会,以及学生学习过程中普遍反映出来的疑难问题,编写了“物理学学习指南”这本学习指导书。本书由中国民航学院梁家昌教授主审并作序。

本书内容包括力学、热学、电磁学、光学,近代物理学 5 部分内容,共 24 章。每章又分为:知识要点与要求、重点与难点分析、典型例题、练习题等。每部分后面有自测题,可供复习测试用。书后面有练习题和自测题答案。

本书突出了基本概念、基本定理和基本规律的阐述,对于疑难问题和容易模糊的物理概念进行详细的分析,有利于学生理解和领会这些难点问题。通过典型例题和一题多解的分析解答,不仅指导了学生的解题方法和技巧,还培养了学生独立分析和解决问题的能力。

本书理论联系实际、语言通俗、深入浅出、内容新颖、重点突出、便于自学,可作为理工科高等院校学生学习的辅导教材。也可作为自学者和从事物理教学者的参考书。

参加本书编写的学校有:中国民航学院、天津城市建设学

院、东北民族学院、中州大学、南阳理工学院、乌鲁木齐成人教育学院、秦皇岛教育学院、南阳教育学院、安阳教育学院、安阳电大、遵义师专、驻马店师专、上饶师专、鄱阳师专、益阳师专、临沂师专等。

梁家昌教授对本书进行了详细的审阅,并提出了宝贵意见和建议,对本书的修改和完善帮助很大。南海出版公司和本书编者所在学校的领导也对本书的出版和编写工作给予了大力支持,编者在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,且时间仓促,疏漏之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

1996年9月

目 录

第一章	质点运动学	1
	知识要点与要求.....	1
	重点与难点分析.....	1
	典型例题.....	9
	练习题	18
第二章	质点动力学	20
	知识要点与要求	20
	重点与难点分析	21
	典型例题	37
	练习题	54
	自测题一	59
第三章	刚体力学	62
	知识要点与要求	62
	重点与难点分析	62
	典型例题	68
	练习题	75
第四章	流体力学	77
	知识要点与要求	77
	重点与难点分析	77
	典型例题	80
	练习题	82
第五章	机械振动	85
	知识要点与要求	85

	重点与难点分析	85
	典型例题	89
	练习题	98
第六章	机械波	100
	知识要点与要求	100
	重点与难点分析	100
	典型例题	110
	练习题	115
	自测题二	116
第七章	气体分子运动论	119
	知识要点与要求	119
	重点与难点分析	119
	典型例题	128
	练习题	130
第八章	热力学基础	132
	知识要点与要求	132
	重点与难点分析	132
	典型例题	140
	练习题	145
第九章	真实气体 液体	148
	知识要点与要求	148
	重点与难点分析	149
	典型例题	156
	练习题	159
	自测题三	161
第十章	真空中的静电场	165
	知识要点与要求	166

重点与难点分析·····	167
典型例题·····	177
练习题·····	186
第十一章 静电场中的导体和电介质·····	188
知识要点与要求·····	188
重点与难点分析·····	189
典型例题·····	197
练习题·····	204
第十二章 稳恒电流·····	206
知识要点与要求·····	206
重点与难点分析·····	206
典型例题·····	212
练习题·····	217
自测题四·····	219
第十三章 电流的磁场·····	222
知识要点与要求·····	222
重点与难点分析·····	222
典型例题·····	230
练习题·····	235
第十四章 磁介质·····	237
知识要点与要求·····	237
重点与难点分析·····	237
典型例题·····	243
练习题·····	246
第十五章 电磁感应 电磁波·····	247
知识要点与要求·····	247
重点与难点分析·····	248

典型例题	258
练习题	264
自测题五	267
第十六章 光的干涉	272
知识要点与要求	272
重点与难点分析	272
典型例题	284
练习题	288
第十七章 光的衍射	290
知识要点与要求	290
重点与难点分析	290
典型例题	301
练习题	304
第十八章 光的偏振	306
知识要点与要求	306
重点与难点分析	306
典型例题	317
练习题	318
自测题六	319
第十九章 狭义相对论基础	322
知识要点与要求	322
重点与难点分析	322
典型例题	334
练习题	336
第二十章 光的粒子性	337
知识要点与要求	337
重点与难点分析	337

典型例题·····	343
练习题·····	345
第二十一章 原子的量子理论·····	346
知识要点与要求·····	346
重点与难点分析·····	346
典型例题·····	354
练习题·····	357
第二十二章 原子核·····	359
知识要点与要求·····	359
重点与难点分析·····	359
典型例题·····	366
练习题·····	368
第二十三章 激光·····	369
知识要点与要求·····	369
重点与难点分析·····	370
典型例题·····	370
练习题·····	372
第二十四章 半导体与超导体·····	373
知识要点与要求·····	373
重点与难点分析·····	373
典型例题·····	376
练习题·····	377
自测题七·····	377
练习题答案·····	381
自测题答案·····	388

第一章 质点运动学

知识要点与要求

一、理解质点、参照系和坐标系的概念以及选择参照系和坐标系的重要性。

二、掌握描述质点运动的几个基本物理量:位置矢量、位移、速度、加速度的定义及其主要性质(瞬时性、矢量性、相对性)。

三、掌握质点运动的基本规律,并熟练应用由运动方程求位移、速度、加速度和由加速度及其初始条件求速度、运动方程等基本方法。

四、掌握平面曲线运动的基本规律以及求法向加速度和切向加速度的计算方法。

五、理解物体在相对运动中的绝对速度、相对速度、牵连速度的概念,掌握求3种速度的方法。

重点与难点分析

一、运动的相对性、参照系和坐标系

1. 运动的相对性

自然界中的一切物体都在不停地运动着,绝对静止的物体是没有的,这就是运动的绝对性。但是,为了描述物体的运动,总

是选择另外一个物体(或物体组)作为标准,而相对于不同的标准物,物体运动的描述却是不同的,这就是运动的相对性。

2. 参照系

由于运动是相对的,为了描述物体运动而选择的标准物称为参照系。同一物体的运动对不同参照系的描述是不同的。

3. 坐标系

为了定量地描述物体在空间相对于参照系的运动,必须在参照系上建立一个固定的坐标系,用一组数(坐标)来表示质点的位置。常用的有直角坐标系、平面极坐标系、自然坐标系等。

二、描述质点运动的基本物理量

1. 位置矢量

位置矢量是由坐标原点O指向质点所在点P的有向线段, $\mathbf{r} = \overrightarrow{OP}$ (图 1-1)。简称位矢或矢径,它是描述质点在空间位置的物理量。

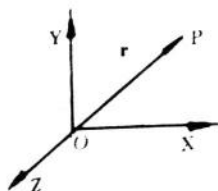


图 1-1

2. 位移

位移是由初位置引向末位置的矢量,它等于位矢的增量,即 $\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}_B - \mathbf{r}_A$,它是描述质点位置变动的物理量(图 1-2)。

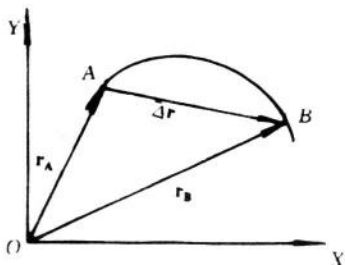


图 1-2

值得注意的是,位移与位矢虽然都是矢量,且都与坐标系的选择有关,但位移与位矢是有区别的。位矢与坐标系原点的选择有关,位移却与坐标原点的选择无关。同时位矢与某一确定的时刻相对应,是瞬时量,而位移与一定的时间间隔相对应,是过程量。另外位移与路程也是有区别的。位移表示质点位置的变化,是矢量,路

程表示质点所通过路径的长短,是标量,用 ΔS 表示。

3. 速度

速度是描述质点运动状态,即质点运动快慢程度的物理量。

质点的位移 $\Delta \mathbf{r}$ 与相应时间间隔 Δt 的比值称为质点在该时间间隔内的平均速度: $\bar{\mathbf{v}} = \Delta \mathbf{r} / \Delta t$ 是一个矢量。平均速度的方向与位移的方向相同。一般地说,对于不同的时间间隔,平均速度大小和方向都是不同的,平均速度只能反映在某段时间内质点位置变化的大概情况。

瞬时速度是精确描述某时刻质点运动快慢和方向的物理量,它是位矢对时间的一阶导数,等于 $\Delta t \rightarrow$

0 时平均速度的极限值: $\mathbf{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t}$

$= \frac{d\mathbf{r}}{dt}$ 。因此瞬时速度反映运动质点

在各个时刻位置变化的细节情况,其方向指向质点所在处轨迹的切线

方向,简称速度,应注意速度的瞬时性。在 $x-t$ 图中,质点在某时刻 t 的速度等于 $x-t$ 图线上与该时刻对应点的切线的斜率,即 v

$= \frac{dx}{dt} = \operatorname{tg} \theta$, 如图 1-3 所示。

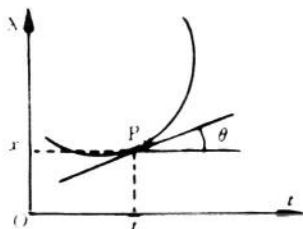


图 1-3

平均速率 $\bar{v} = \Delta s / \Delta t$, 瞬时速率 $v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{ds}{dt}$ 也是描述质点运动快慢程度的物理量,但它们都是标量。质点在某一时刻的瞬时速率与瞬时速度的量值是相同的。在某一段时间内,平均速率的量值与平均速度的量值只有在直线运动中才相等。

4. 加速度

加速度是描述质点速度变化快慢程度的物理量,它是矢量。因为加速度 $\mathbf{a}$ 是由速度的变化 $\Delta \mathbf{v}$ 引起的,所以既取决于速度量

值的变化,又取决于速度方向的变化。但在一般情况下,速度的量值和方向都在不断地发生变化。

平均加速度: $\bar{\mathbf{a}} = \Delta \mathbf{v} / \Delta t$, 粗略描述质点在某段时间内速度变化的快慢。 $\bar{\mathbf{a}}$ 的方向与 $\Delta \mathbf{v}$ 的方向一致, 一般与 $\mathbf{v}$ 的方向不同。

瞬时加速度是平均加速度的极限, 即速度对时间的一阶导数, 或位矢对时间的二阶导数, 即

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

它是某时刻质点运动速度变化快慢的精确描述。瞬时加速度简称加速度。

加速度是矢量, 其方向为速度增量极限 $d\mathbf{v}$ 的方向, 一般与速度 $\mathbf{v}$ 的方向不同。在 $v-t$ 图线上, 加

速度由速度图线的斜率表示: $a = \frac{dv}{dt} = \operatorname{tg} \varphi$ (图 1-4)。对于一般的运动, 加速度也是随时间变化的, 即加速度是时间 t 的函数: $a = a(t)$ 。

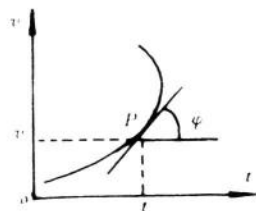


图 1-4

三、质点运动描述的 3 种方法

1. 矢量法

在描述质点运动的基本物理量中, 位置矢量、位移、速度和加速度都是矢量, 质点运动时, 质点的位置矢量 $\mathbf{r}$ 是时间 t 的函数, 即 $\mathbf{r} = \mathbf{r}(t)$, 这就是质点的矢量运动方程。根据 $\mathbf{r} = \mathbf{r}(t)$, 可求出任意时刻的位矢、速度和加速度。当质点作直线运动时, 运动方程为 $\mathbf{r} = x(t)\mathbf{i}$; 质点作平面运动时, $\mathbf{r} = x(t)\mathbf{i} + y(t)\mathbf{j}$ 。

2. 解析法

质点的运动方程 $\mathbf{r} = \mathbf{r}(t)$ 可以应用直角坐标系进行投影表示为分量式, 称为质点运动的解析法。

(1) 位矢的解析法: 通常把位矢写成直角坐标的分量式

$$\mathbf{r} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} + z\mathbf{k} \quad (1-1a)$$

由位矢的 3 个分量 x, y, z , 可得位矢的大小和方向分别为

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad (1-1b)$$

$$\cos\alpha = \frac{x}{r}, \cos\beta = \frac{y}{r}, \cos\gamma = \frac{z}{r} \quad (1-1c)$$

(2) 运动方程的解析法: 运动方程的直角坐标分量式为

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

$$\text{或} \quad \begin{cases} x = x(t) \\ y = y(t) \\ z = z(t) \end{cases} \quad (1-2a)$$

当质点做平面运动时, 运动方程只有两个分量

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

$$\text{或} \quad \begin{cases} x = x(t) \\ y = y(t) \end{cases} \quad (1-2b)$$

当质点做直线运动时, 运动方程只有一个分量

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

$$\text{或} \quad x = x(t) \quad (1-2c)$$

(3) 位移的解析法: 位移的直角坐标分量式为

$$\begin{aligned} \Delta\mathbf{r} &= \Delta x\mathbf{i} + \Delta y\mathbf{j} + \Delta z\mathbf{k} \\ &= (x_2 - x_1)\mathbf{i} + (y_2 - y_1)\mathbf{j} + (z_2 - z_1)\mathbf{k} \end{aligned} \quad (1-3)$$

(4) 速度的直角坐标分量式:

$$\mathbf{v} = v_x\mathbf{i} + v_y\mathbf{j} + v_z\mathbf{k} \quad (1-4)$$

式中: $v_x = \frac{dx}{dt}$; $v_y = \frac{dy}{dt}$; $v_z = \frac{dz}{dt}$ 。因而, 已知运动方程可求得速度。

(5) 加速度的直角坐标分量式:

$$\mathbf{a} = a_x\mathbf{i} + a_y\mathbf{j} + a_z\mathbf{k} \quad (1-5)$$

$$\text{式中: } a_x = \frac{dv_x}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2}, a_y = \frac{dv_y}{dt} = \frac{d^2y}{dt^2}, a_z = \frac{dv_z}{dt} = \frac{d^2z}{dt^2},$$

已知运动方程或速度可求得加速度。

加速度在自然坐标系中的分量式为

$$\mathbf{a} = \mathbf{a}_n + \mathbf{a}_\tau = a_n \mathbf{n} + a_\tau \boldsymbol{\tau} \quad (1-6)$$

式中: $a_n = \frac{v^2}{\rho}$ (ρ 为曲率半径), $a_\tau = \frac{dv}{dt}$, $\mathbf{n}$ 、 $\boldsymbol{\tau}$ 分别为法向和切向的单位矢量。

3. 图线法

质点运动规律可用图线表示,这种方法更为直观形象。常用的运动图线有 $x-t$ 图线、 $v-t$ 图线以及 $a-t$ 图线。图 1-5 为某质点的 $x-t$ 图线,

由图线可知,平均速度 $\Delta x / \Delta t$ 等于 $x-t$ 图线上割线 AB 的斜率。当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时, $v = \frac{dx}{dt}$, 它是 $x-t$ 曲线上 A 点切线的斜率,表示相应时刻质点瞬时速度 v 的大小。同理,在 $v-t$ 图线上某点切线斜率即表示该时刻瞬时加速度 a 的大小。

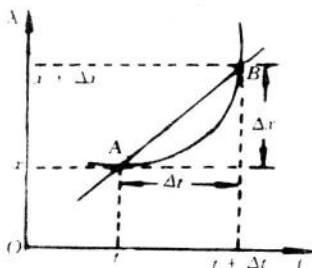


图 1-5

四、直线运动

质点沿一直线运动时,如取直线为 x 轴,则描述运动的各物理量($\mathbf{r}$ 、 $\Delta \mathbf{r}$ 、 $\mathbf{v}$ 、 $\mathbf{a}$)均只有一个 x 分量,各矢量可用代数量表示

$$\mathbf{r} = x\mathbf{i} \longrightarrow x$$

$$\mathbf{r}(t) = x(t)\mathbf{i} \longrightarrow x(t)$$

$$\Delta \mathbf{r} = \Delta x\mathbf{i} \longrightarrow \Delta x$$

$$\bar{\mathbf{v}} = \frac{\Delta x}{\Delta t}\mathbf{i} \longrightarrow \bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$