



普通高等学校基础课程类应用型规划教材

大学物理学习指导

王秀敏 主 编

赵 卓 副主编



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

普通高等学校基础课程类应用型规划教材

大学物理学习指导

王秀敏 主 编
赵 卓 副主编

北京邮电大学出版社
·北京·

内 容 简 介

本书是《大学物理》(北京邮电大学出版社)教学用书的辅助教材,旨在加强学生对相关物理内容学习方法的指导。本教材依据《大学物理》教学用书的内容安排顺序,对于每章内容分基本要求、重点和难点、知识框图、内容提要及典型习题详解、巩固练习五个环节加以整理,力求做到对学习者的学习方法指导的针对性和实用性,同时通过一题多解等方面的训练加强对内容重、难点的分析和强化训练,以实现学习者对重难点内容的理解和掌握。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理学习指导/王秀敏主编. —北京:北京邮电大学出版社,2009

ISBN 978-7-5635-1969-9

I. 大… II. 王… III. 物理学—高等学校—教学参考资料 IV. O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 063246 号

书 名: 大学物理学习指导

主 编: 王秀敏

副 主 编: 赵 卓

责任编辑: 陈 瑶

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(邮编:100876)

发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E - mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京源海印刷有限责任公司

开 本: 787 mm×960 mm 1/16

印 张: 14

字 数: 303 千字

版 次: 2009 年 6 月第 1 版 2009 年 6 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-1969-9

定 价: 23.00 元

· 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 ·

前 言

大学物理是理工科院校各相关专业的一门重要基础课,它对于学生素质的提高,知识结构的形成,智能训练,以及能力的培养等诸方面都起着重要的作用。但由于物理学科的知识相对抽象,进而对逻辑思维能力、数学推演能力等要求较高,故在学习物理课程时,刚进入校门不久的大学低年级学生往往会遇到许多困难。例如,应用高等数学知识解决物理问题的思路不够明确,综合分析问题的灵活性和技巧性不强等。做题时表现为老师讲时觉得很简单,但学生自己做时则茫无头绪;或者,即使知道题目该用何种方法,但具体解题时又不知该从何处下手,思路不清晰等。为了帮助学生加深对基本概念和基本规律的理解,加强对解题思路和解题方法的指导,使学生从中逐步领悟并学会分析问题和解决问题的方法,熟悉题目的类型,掌握解题的基本步骤,我们在总结教学经验的基础上,编写了《大学物理学习指导》一书。

作为学习《大学物理》课程的辅助教材,本教材力求做到对学习者的学习方法指导的针对性和实用性,同时加强对内容重点、难点的详细分析和强化训练,加强一题多解的方法训练。对于每一章的内容,本教材分基本要求、重点和难点、知识框图、内容提要及典型习题详解、巩固练习五部分加以整理。

- 基本要求——给出该章内容所包含的知识点,并对各知识点的学习程度分为了解、理解、掌握及运用等几个层次进行区分,从而使学习者明确该章内容的基本要求,对全章有一个宏观的把握。

- 重点和难点——对该章内容的重点和难点分别给予说明,并对这些内容进行细分,从而使学习者明确该章内容的学习重点,并对需要克服的难点有所准备。重点和难点是基本要求中的精华。

- 知识框图——对该章的知识点以树状结构给出整体框图,从而使学习者明确各知识点之间的联系及区别,同时也明确该章知识的脉络结构。这有利于学习者一目了然地了解该章的知识体系,有利于提高学生对所学知识点归纳和总结的能力。知识框图是基本要求及重点和难点的图示。

• 内容提要及典型习题详解 对该章知识的重点和难点作出深入、细致分析,配备典型的习题并作出详细的分析和求解,并力求做到一题多解,从而使学习者加深对重点和难点内容的理解和掌握,掌握解题的基本思路和方法,增强解题的正确性、规范性和灵活性。本书所编典型习题精选了一些《大学物理》(北京邮电大学出版社)的习题。

• 巩固练习——根据该章的重点和难点,结合典型习题的特点,配备适量的具有一定难度或综合性的练习,以帮助学生加深理解所学知识,明确重点,巩固训练。巩固练习是典型习题的有效补充和巩固,也是对学习效果的一种检验。

参与本书编写的还有何英昊、姜绍君、王占鳌、于海霞几位老师。

由于编者水平有限,书中难免会有疏漏和不妥之处,恳请读者和同行批评指正。

编 者

目 录

第一篇 力学

第 1 章 质点运动学

1.1 基本要求	3
1.2 重点和难点	4
1.3 知识框图	4
1.4 内容提要及典型习题详解	5
1.5 巩固练习	14

第 2 章 质点动力学

2.1 基本要求	15
2.2 重点和难点	16
2.3 知识框图	17
2.4 内容提要及典型习题详解	17
2.5 巩固练习	33

第 3 章 刚体的定轴转动

3.1 基本要求	36
3.2 重点和难点	37
3.3 知识框图	37
3.4 内容提要及典型习题详解	38
3.5 巩固练习	46

第 4 章 狭义相对论

4.1 基本要求	49
4.2 重点和难点	49

4.3	知识框图	50
4.4	内容提要及典型习题详解	50
4.5	巩固练习	56

第二篇 机械振动和机械波

第5章 机械振动

5.1	基本要求	59
5.2	重点和难点	60
5.3	知识框图	60
5.4	内容提要及典型习题详解	60
5.5	巩固练习	75

第6章 机械波

6.1	基本要求	77
6.2	重点和难点	77
6.3	知识框图	78
6.4	内容提要及典型习题详解	78
6.5	巩固练习	89

第三篇 热 学

第7章 气体动理论

7.1	基本要求	95
7.2	重点和难点	95
7.3	知识框图	96
7.4	内容提要及典型习题详解	96
7.5	巩固练习	101

第8章 热力学基础

8.1	基本要求	103
8.2	重点和难点	103
8.3	知识框图	104

8.4	内容提要及典型习题详解	104
8.5	巩固练习	110

第四篇 波动光学

第 9 章 光的干涉

9.1	基本要求	115
9.2	重点和难点	115
9.3	知识框图	116
9.4	内容提要及典型习题详解	116
9.5	巩固练习	124

第 10 章 光的衍射

10.1	基本要求	126
10.2	重点和难点	126
10.3	知识框图	127
10.4	内容提要及典型习题详解	127
10.5	巩固练习	134

第 11 章 光的偏振

11.1	基本要求	136
11.2	重点和难点	136
11.3	知识框图	137
11.4	内容提要及典型习题详解	137
11.5	巩固练习	140

第五篇 电磁学

第 12 章 静电场

12.1	基本要求	145
12.2	重点和难点	146
12.3	知识框图	147
12.4	内容提要及典型习题详解	147
12.5	巩固练习	162

第 13 章 恒定磁场

13.1 基本要求	164
13.2 重点和难点	165
13.3 知识框图	165
13.4 内容提要及典型习题详解	165
13.5 巩固练习	176

第 14 章 电磁感应

14.1 基本要求	178
14.2 重点和难点	179
14.3 知识框图	179
14.4 内容提要及典型习题详解	179
14.5 巩固练习	188

第六篇 量子物理初步

第 15 章 量子物理初步

15.1 基本要求	193
15.2 重点和难点	193
15.3 知识框图	194
15.4 内容提要及典型习题详解	194
15.5 巩固练习	198
附录一 学习计划	200
A.1 第一学期学习计划	200
A.2 第二学期学习计划	202
A.3 热学内容学习计划(根据专业需求单独设课)	205
附录二 习题参考答案	206

第一篇 力学

第1章 质点运动学



物质的一种最基本的运动形式是物体位置的变动,这就是机械运动。本章所研究的质点运动学,就是在允许将物体看做质点的情况下,来描述物体的机械运动。

在本章中,我们首先从描述物体运动的相对性出发,引入参考系和坐标系等概念;然后,给出描述物体运动时在空间所占位置与时间的关系——运动方程,以及描述物体运动轨迹的方程——轨迹方程,介绍几个描述物体运动的物理量——位矢、位移、速度、加速度等,并详细分析直线运动、抛体运动、圆周运动中各物理量的特点和关系;最后,介绍运动的相对性原理,即在不同的参考系中观察同一物体运动所得结果间的关系——坐标转换关系和速度转换关系。

1.1 基本要求

1. 了解质点、参考系、坐标系的概念。
2. 理解运动方程的作用和意义,能够根据运动方程求解质点运动的轨迹方程,并根据轨迹方程判断轨迹的形状和特点。
3. 掌握位矢、位移、路程、速度、速率、加速度等物理量的定义和性质(相对性、矢量性、瞬时性),并能够根据运动方程求解以上各物理量。
4. 掌握直线运动、抛体运动和圆周运动的基本规律及对应的描述方法;掌握圆周运动中线量、角量描述方案及线量和角量的关系。
5. 了解运动学的两类问题,并掌握第一类问题的求解方法。
6. 理解相对运动中坐标变换和速度变换表达式,并能够应用速度变换式求解简单的相对运动问题。

1.2 重点和难点

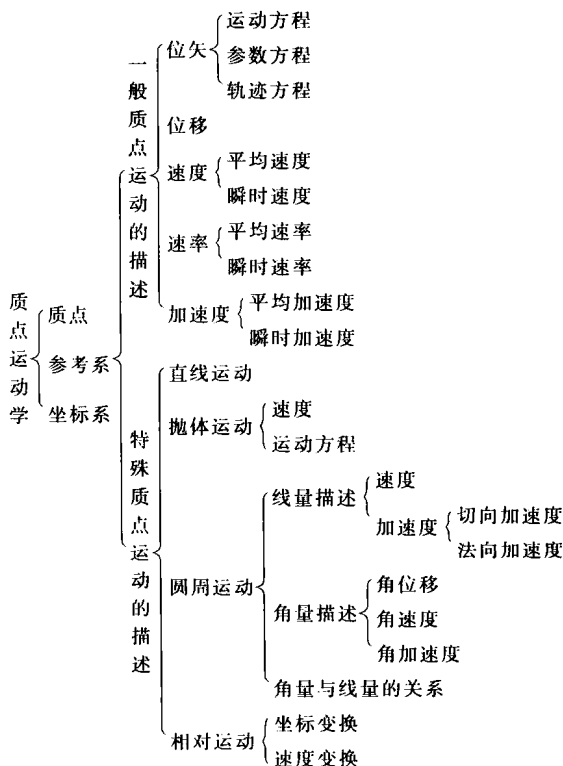
重点

1. 对位矢、位移、速度、加速度等物理量的理解。
2. 运动方程、轨迹方程的意义,以及根据运动方程或轨迹方程求解描述质点运动各相关物理量的方法。
3. 直线运动、抛体运动、圆周运动的特点及描述方案。
4. 相对运动中速度变换式的理解及应用。

难点

1. 运动方程的意义及应用运动方程求解描述质点运动的相关物理量。
2. 圆周运动的描述方案。
3. 运动学的第二类问题及求解方法。
4. 相对运动中速度变换式的理解及应用。

1.3 知识框图



1.4 内容提要及典型习题详解

1.4.1 一般质点运动的描述

1. 三个方程及其意义

(1) 运动方程:描述质点位置随时间变化的函数关系

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

(2) 参数方程:描述质点位置坐标随时间变化函数关系(参数方程是运动方程在直角坐标系中各坐标轴上的分量表示形式,也称为运动方程的参数形式)。

$$\begin{cases} x=x(t) \\ y=y(t) \\ z=z(t) \end{cases}$$

(3) 轨迹方程:描述质点运动轨迹形状的函数关系

$$f(x, y, z)=0$$

根据参数方程,消去时间函数 t ,则可得到反映质点运动时所在位置的对应坐标之间的关系 $f(x, y, z)=0$,根据坐标之间的函数关系,则可判断质点所经历轨迹形状的性质,因而,这个坐标之间的函数关系称为轨迹方程。

例题 1-1(教材 P30 1-1) 一质点做平面运动,坐标随时间变化的关系为 $x=3t+5$, $y=t^2+3t-4$ (SI)。试求:①质点的运动方程;②质点的轨迹方程,并描绘轨迹的形状。

分析 本题为已知参数方程求解运动方程、轨迹方程,并描绘轨迹形状的类型题。将参数方程代入运动方程的表达式,即可得运动方程;由参数方程消去参数 t ,即可求得轨迹方程;根据数学知识中函数与曲线的对应关系,由轨迹方程即可判断轨迹的形状及性质。

解 ① 由运动方程的表达形式 $\boldsymbol{r}=x(t)\boldsymbol{i}+y(t)\boldsymbol{j}+z(t)\boldsymbol{k}$,可得运动方程为

$$\boldsymbol{r}=(3t+5)\boldsymbol{i}+(t^2+3t-4)\boldsymbol{j}$$

② 在参数方程 $\begin{cases} x=3t+5 \\ y=t^2+3t-4 \end{cases}$ 中,根据 $x=3t+5$ 可得

$$t=\frac{x-5}{3}$$

把此式代入 $y=t^2+3t-4$ 中,消去 t ,并整理,可得轨迹方程为

$$y=\frac{1}{9}(x^2-x-56)$$

根据函数和曲线的对应关系可知,质点运动的轨迹为一条开口向上的抛物线,形状如图 1-1 所示。

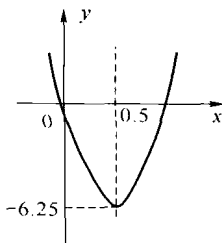


图 1-1

2. 五个物理量及其意义

(1) 位矢:描述质点的位置。

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

(2) 位移:描述质点位置的变化。

$$\Delta\mathbf{r} = \mathbf{r}_B - \mathbf{r}_A = \Delta x\mathbf{i} + \Delta y\mathbf{j} + \Delta z\mathbf{k}$$

(3) 速度:描述质点运动的快慢(是矢量,有方向)。

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

(4) 速率:描述质点运动的快慢(是标量,无方向)。

$$v = \frac{ds}{dt}$$

速度的大小等于速率,即 $|\mathbf{v}| = v$;但平均速度的大小不等于平均速率,即 $|\bar{\mathbf{v}}| \neq \bar{v}$ 。

(5) 加速度:描述质点速度变化的快慢。

$$\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{dv_x}{dt}\mathbf{i} + \frac{dv_y}{dt}\mathbf{j} + \frac{dv_z}{dt}\mathbf{k} = a_x\mathbf{i} + a_y\mathbf{j} + a_z\mathbf{k}$$

例题 1-2(教材 P31 1-2) 一质点在平面内运动,其运动方程为 $\mathbf{r} = 3\sin 2\pi t\mathbf{i} + 4\cos 2\pi t\mathbf{j}$ 。试求:①轨迹方程,并描绘轨迹的形状;②质点的速度表达式;③质点的加速度表达式。

分析 此题第①问属于根据运动方程求解轨迹方程的问题,求解方案与例题 1-1 相同,即由参数方程消 t 得轨迹方程,由轨迹方程函数特点判断轨迹形状;第②、③两问属于运动学第一类问题,求解方法为对运动方程逐步求导。即通过运动方程对时间求一阶导数得速度表达式,再通过速度表达式对时间求一阶导数得加速度表达式。

解 ① 根据运动方程 $\mathbf{r} = 3\sin 2\pi t\mathbf{i} + 4\cos 2\pi t\mathbf{j}$,可得质点运动的参数方程为

$$\begin{cases} x = 3\sin 2\pi t \\ y = 4\cos 2\pi t \end{cases}$$

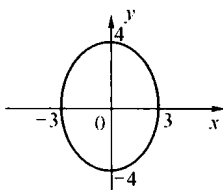


图 1-2

根据参数方程,消去 t (对上面两表达式两侧分别平方,然后相加,根据 $\sin^2 2\pi t + \cos^2 2\pi t = 1$,可消去参数 t),得轨迹方程为

$$\frac{x^2}{3^2} + \frac{y^2}{4^2} = 1$$

根据轨迹方程可知,此质点的运动轨迹为椭圆,形状如图 1-2 所示。

② 根据 $\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt}$ 得,速度表达式为

$$\mathbf{v} = \frac{d(3\sin 2\pi t\mathbf{i} + 4\cos 2\pi t\mathbf{j})}{dt} = 6\pi\cos 2\pi t\mathbf{i} - 8\pi\sin 2\pi t\mathbf{j}$$

③ 根据 $\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{d^2\mathbf{r}}{dt^2}$ 得,加速度的表达式为

$$\mathbf{a} = \frac{d(6\pi\cos 2\pi t\mathbf{i} - 8\pi\sin 2\pi t\mathbf{j})}{dt} = -12\pi^2\sin 2\pi t\mathbf{i} - 16\pi^2\cos 2\pi t\mathbf{j}$$

1.4.2 特殊质点运动的描述

1. 直线运动

由于直线运动中描述质点运动的各物理量的方向仅有两种可能,因而,在直线运动中,位移、速度、加速度等矢量都可以写成标量形式,各物理量的方向由其值的正负来反映。值为正,则说明该矢量的方向沿坐标轴的正向;值为负,则说明该矢量的方向沿坐标轴的负向。

(1) 运动方程 $x=x(t)$

(2) 速度 $v=\frac{dx}{dt}$

(3) 加速度 $a=\frac{dv}{dt}=\frac{d^2x}{dt^2}$

(4) 运动学的两类问题

质点运动学的问题一般分为两类。

第一类问题:已知运动方程,求质点的速度和加速度。这类问题的求解方案是:首先逐步求运动方程对时间的导数,然后带入相应的时间值。前面的例题 1-2 即属于这类问题。

第二类问题:已知加速度及初始条件,求质点的速度表达式和运动方程。这类问题的求解方案是:首先对加速度积分得速度表达式,对速度积分得运动方程,然后再带入相应的初始条件,求具体的问题。

*** 例题 1-3**(教材 P32 1-19) 一做直线运动的质点,加速度与速度的关系为 $a=kv$, 式中 k 为常量。设初始质点速度为 v_0 。试求:此质点的速度随时间变化的表达式。

分析 本题已知加速度与速度的关系,求速度随时间变化的表达式,这属于运动学的第二类问题。我们可从加速度的定义出发,结合已知条件,并作适当的变形,从而导出 $v-t$ 的微分关系,然后通过积分得出所需结果。

解 根据加速度的定义 $a=\frac{dv}{dt}$, 变形可得

$$dv=adt$$

把已知条件 $a=kv$ 代入上式,有

$$dv=kvdt$$

对此式变形,得 $v-t$ 的微分关系为

$$\frac{dv}{v}=kdt$$

两边积分,并代入对应量的积分上、下限,得

$$\int_{v_0}^v \frac{dv}{v} = \int_0^t k dt$$

即

$$\ln \frac{v}{v_0} = kt$$

整理可得速度随时间变化的表达式为

$$v = v_0 e^{kt}$$

对于运动学的第二类问题,虽然总的求解方案是采用逐步积分的方法,但由于具体问题中已知条件不同,因而变形整理出被积分函数时所采用的方法不同。也就是说,变形整理被积函数过程需要有熟练和灵活的数学运算技巧,因而,这类问题往往不易处理,故本书也不做更多的讨论和练习。

2. 抛体运动

(1) 运动叠加原理

大量事实表明,一个运动可以看成由几个各自独立进行的运动叠加而成,其中叠加而成的运动称为合运动,参与叠加的运动称为分运动,描述合运动和分运动的各物理量之间满足矢量运算的平行四边形法则。

(2) 描述抛体运动的基本方法

首先,把复杂的抛体运动分解成相互垂直的两个方向的直线运动,对两个直线运动分别研究;然后运用运动叠加原理把两个直线运动叠加,从而得到抛体运动的相关规律。

若两相互垂直方向分别选择为水平、竖直方向,则抛体运动可按如下规律分析。

速度: $v = v_x i + v_y j = (v_0 \cos \theta) i + (v_0 \sin \theta - gt) j$ (θ 为初速度与水平方向夹角)

运动方程: $r = xi + yj = (v_0 t \cos \theta) i + \left(v_0 t \sin \theta - \frac{1}{2} g t^2 \right) j$

轨迹方程: $y = (\tan \theta)x - \frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \theta} x^2$

例题 1-4(教材 P31 1-8) 如图 1-3 所示,一滑雪运动员离开水平雪道飞入空中的速率为 $v_0 = 108 \text{ km/h}$ 。斜坡的倾角为 $\alpha = 45^\circ$,不计空气阻力。试求:①运动员的着陆点 B 到脱离滑道点 A 之间的距离;②运动员在空中飞行的时间。

分析 由运动叠加原理可知,忽略空气阻力等因素时,运动员在水平方向做匀速直线运动,在竖直方向做自由落体运动。这两种直线运动都是特殊的,也是简单的直线运动,速度、位移等量都可以由公式直接写出。

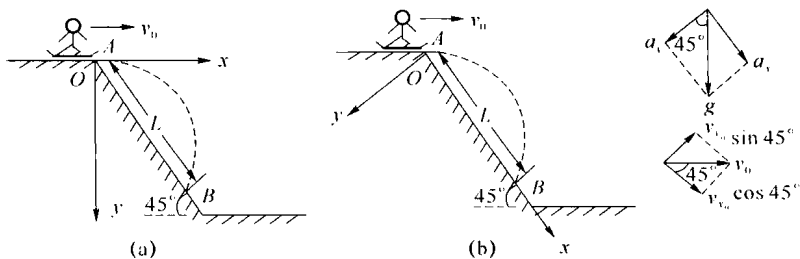


图 1-3

• 方法一

解 以水平向右为 x 轴正向,竖直向下为 y 轴正向,跳出点为坐标原点,建立直角坐