

大学物理 学习指导

张 涛 袁心平 谢兴盛 编



电子科技大学出版社

UESTC PUBLISHING HOUSE

大学物理学习指导

张 涛 袁心平 谢兴盛 编

电子科技大学出版社

内 容 提 要

本书是我们编写的《大学物理教程》(上、下册)的配套辅导教材。书中对每一章的教学重点、主要内容作了明确的提示、精选的例题有助于提高读者的解题能力。对《大学物理教程》(上、下册)中的思考题与习题给出了参考解答。

本书可供工科院校各专业师生教学参考,也可供自学考试、电视大学的读者参考。

声 明

本书无四川省版权防盗标识,不得销售;版权所有,违者

电话:(028)6636481 6241146 3201496

大学物理学习指导

张 涛 袁心群 谢兴盛 编

出 版:电子科技大学出版社。(成都建设北路二段四号,邮编:61005)

责任编辑:黄礼玲

发 行:新华书店经销

印 刷:四川峨眉电影制片厂印刷厂

开 本:850×1168 1/32 印张 13.4375 字数 348 千字

版 次:1998年11月第一版

印 次:1998年11月第一次印刷

书 号:ISBN 7-81065-024-6/O·1

印 数:1—7000 册

定 价:15.00 元

编 者 的 话

为了与我们编写的《大学物理教程》(上、下册)配套使用,我们编写了这本《大学物理学习指导》。书中对教材中的思考题与习题都给了解答,以供使用该书的老师和同学们参考。

对于理工科大学生(包括成人教育理工类大学生)来说,学习大学物理的主要目的,在于掌握物理学的基本概念、基本规律和基本方法,培养运用物理学的基础知识分析和解决问题的能力。但不少学生在运用物理学的概念、定律和公式解决各种物理问题时,会遇到许多具体困难,特别是缺少辅导者,困难会更多一些。编写本书的目的就是希望能帮助理工科大学生对物理学的基本内容理解得更深一些,运用得更活一些,并希望有助于广大自学者和已经学完大学物理的读者,在原有知识的基础上总结提高,增强解答物理问题的能力。

本书是按辅导教材形式编写的,每一章大致可分为前后两部分,前一部分是教学要求、内容提要和解题示例,除指明教学重点和对内容提纲挈领外,还包括一些基本概念和公式。“解题示例”所举例题都是综合性的,对这些例题解答的指导思想是:力求概念准确,思路清楚,推理严密,方法简练,启发性强。后一部分则是思考题和习题的解答,仅供读者参考。我们不希望读者没有通过必要努力就匆忙去看题解,若演算某章习题常遇到障碍而需要求助于题解,这表明你对本章内容尚未很好理解,这时,最好的办法是再认真复习一次这一章的基

本概念,直到全部弄通为止,这是我们的愿望。

本书由张涛(第一至第九章)、袁心平(第十至第十六章)、谢兴盛(第十七至第二十二章)编写。在编写和出版过程中,得到了电子科技大学教务处和基础物理教研室的大力支持,我们在此致以衷心的感谢。本书不免有疏漏和错误之处,祈广大教师和读者不吝指正。

编 者

1998 年 4 月

目 录

第一章 我们的宇宙观	(略)
------------------	-----

第二章 物理学的理论体系与方法	(略)
-----------------------	-----

第三章 质点的运动规律	(1)
-------------------	-----

一、教学要求	(1)
--------------	-----

二、内容提要	(1)
--------------	-----

三、解题示例	(4)
--------------	-----

四、思考题	(11)
-------------	------

五、习题	(18)
------------	------

第四章 动量守恒	(28)
----------------	------

一、教学要求	(28)
--------------	------

二、内容提要	(28)
--------------	------

三、解题示例	(29)
--------------	------

四、思考题	(32)
-------------	------

五、习题	(34)
------------	------

第五章 能量守恒	(43)
----------------	------

一、教学要求	(43)
--------------	------

二、内容提要	(43)
--------------	------

三、解题示例	(44)
--------------	------

四、思考题	(48)
-------------	------

五、习题	(50)
第六章 角动量守恒	(62)
一、教学要求	(62)
二、内容提要	(62)
三、解题示例	(64)
四、思考题	(68)
五、习题	(71)
第七章 狭义相对论基础	(83)
一、教学要求	(83)
二、内容提要	(83)
三、解题示例	(85)
四、思考题	(86)
五、习题	(89)
第八章 静电场	(96)
一、教学要求	(96)
二、内容提要	(96)
三、解题示例	(98)
四、思考题	(102)
五、习题	(108)
第九章 稳恒磁场	(131)
一、教学要求	(131)
二、内容提要	(131)
三、解题示例	(133)
四、思考题	(137)

五、习题·····	(145)
第十章 电磁感应·····	(162)
一、教学要求·····	(162)
二、内容提要·····	(162)
三、解题示例·····	(163)
四、思考题·····	(170)
五、习题·····	(179)
第十一章 麦克斯韦电磁场理论的基本概念·····	(197)
一、教学要求·····	(197)
二、内容提要·····	(197)
三、解题示例·····	(198)
四、思考题·····	(200)
五、习题·····	(204)
第十二章 振动学基础·····	(209)
一、教学要求·····	(209)
二、内容提要·····	(209)
三、解题示例·····	(210)
四、思考题·····	(215)
五、习题·····	(220)
第十三章 波动力学基础·····	(234)
一、教学要求·····	(234)
二、内容提要·····	(234)
三、解题示例·····	(236)
四、思考题·····	(240)

五、习题·····	(247)
第十四章 光的干涉·····	(261)
一、教学要求·····	(261)
二、内容提要·····	(261)
三、解题示例·····	(263)
四、思考题·····	(267)
五、习题·····	(272)
第十五章 光的衍射·····	(282)
一、教学要求·····	(282)
二、内容提要·····	(282)
三、解题示例·····	(283)
四、思考题·····	(287)
五、习题·····	(292)
第十六章 光的偏振·····	(301)
一、教学要求·····	(301)
二、内容提要·····	(301)
三、解题示例·····	(302)
四、思考题·····	(304)
五、习题·····	(310)
第十七章 气体动理论·····	(316)
一、教学要求·····	(316)
二、内容提要·····	(316)
三、解题示例·····	(318)
四、思考题·····	(322)

五、习题	(327)
第十八章 热力学基础	(336)
一、教学要求	(336)
二、内容提要	(336)
三、解题示例	(338)
四、思考题	(344)
五、习题	(352)
第十九章 量子光学基础	(368)
一、教学要求	(368)
二、内容提要	(368)
三、解题示例	(370)
四、思考题	(374)
五、习题	(378)
第二十章 量子力学基础	(389)
一、教学要求	(389)
二、内容提要	(389)
三、解题示例	(390)
四、思考题	(394)
五、习题	(398)
第二十一章 固体的能带结构	(405)
一、教学要求	(405)
二、内容提要	(405)
三、解题示例	(405)
四、思考题	(406)

五、习题·····	(408)
第二十二章 原子核和基本粒子简介·····	(412)
一、教学要求·····	(412)
二、内容提要·····	(412)
三、解题示例·····	(414)
四、习题·····	(417)

第三章 质点的运动规律

一、教学要求

1. 掌握位矢、位移、速度、加速度、角速度和角加速度等描述质点运动和运动变化的物理量,明确它们的相对性、瞬时性和矢量性。

2. 确切理解法向加速度和切向加速度的物理意义;掌握圆周运动的角量和线量的关系,并能灵活应用计算问题。

3. 理解伽利略相对性原理,理解伽利略坐标、速度变换。能分析与平动有关的相对运动问题。

4. 掌握牛顿三定律及其适用条件。能用微积分方法求解一维变力作用下的质点动力学问题。

二、内容提要

1. 参考系

为了确定物体的位置而选作参考的物体称为参考系。要作定量描述,还应在参考系上建立坐标系。

2. 位矢与运动方程

位置矢量(位矢),是从坐标原点引向质点所在处的有向线段,用矢量 r 表示。位矢用于确定质点在空间的位置。位矢与时间 t 的函数关系:

$$r = r(t) = x(t)i + y(t)j + z(t)k$$

称为运动方程。

位移矢量,是质点在时间 Δt 内的位置改变,即位移:

$$\Delta r = r(t + \Delta t) - r(t)$$

轨道方程,质点运动轨迹的曲线方程。

3. 速度和加速度

平均速度定义为单位时间内的位移,即

$$\bar{\mathbf{v}} = \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t}$$

速度,是质点位矢对时间的变化率:

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

平均速率定义为单位时间内的路程:

$$\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

速率,是质点路程对时间的变化率:

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

加速度,是质点速度对时间的变化率:

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

4. 法向加速度与切向加速度

加速度 $\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = a_n \mathbf{n} + a_t \boldsymbol{\tau}$

法向加速度 $a_n = \frac{v^2}{\rho}$,方向沿半径指向曲率中心(圆心),反映速度方向的变化。

切向加速度 $a_t = \frac{dv}{dt}$,方向沿轨道切线,反映速度大小的变化。

在圆周运动中,角量定义如下:

角速度 $\omega = \frac{d\theta}{dt}$

角加速度 $\beta = \frac{d\omega}{dt}$

而 $v = \omega R$

$$a_n = \frac{v^2}{R} = R\omega^2, \quad a_t = \frac{dv}{dt} = R\beta$$

5. 相对运动

对于两个相互作用平动的参考系,有

$$r_{pk} = r_{pk'} + r_{k'k}$$

$$v_{pk} = v_{pk'} + v_{k'k}$$

$$a_{pk} = a_{pk'} + a_{k'k}$$

6. 牛顿定律

第一定律:任何物体都保持静止的或沿一直线作匀速运动的状态,直到作用在它上面的力迫使它改变这种状态为止。

第二定律:运动的变化与所加的动力成正比,并且发生在这力所沿的直线方向上。即

$$F = \frac{dp}{dt}, \quad p = mv$$

当质量 m 为常量时,有

$$F = ma$$

在直角坐标系中有

$$F_x = ma_x, \quad F_y = ma_y, \quad F_z = ma_z$$

对于平面曲线运动有

$$F_t = ma_t, \quad F_n = ma_n$$

第三定律:对于每一个作用总有一个相等的反作用与之相反,或者说,两个物体之间对各自对方的相互作用总是相等的,而且指向相反的方向。即

$$F_{12} = -F_{21}$$

7. 非惯性系与惯性力

质量为 m 的物体,在平动加速度为 a_0 的参照系中受的惯性力为

$$F_0 = -ma_0$$

在转动角速度为 ω 的参照系中,惯性离心力为

$$F_0 = mr\omega^2 \hat{r}$$

三、解题示例

例3-1 在离船的高度为 h 的岸边,绞车以恒定的速率 v_0 收缆绳拉船靠岸。求当船头与岸的水平距离为 x 时,船的速度和加速度。

解 首先讨论如下问题,明确收绳速率 v_0 与绳的速度以及船的速度三者的区别与联系。

(1) 现取绳上的两点 A 和 B 。对地面参照系说,在收绳使船前移过程中,经过一段时间 Δt , A 运动到 A' 处, B 运动到 B' 处,如图3-1所示。二者移动的距离不同,位移的方向也不同,但时间间隔是相同的,因此绳上各点的移动速度均不相等。而 v_0 是绳上各点沿绳方向运动的速率,它不代表绳上各点的运动速率。

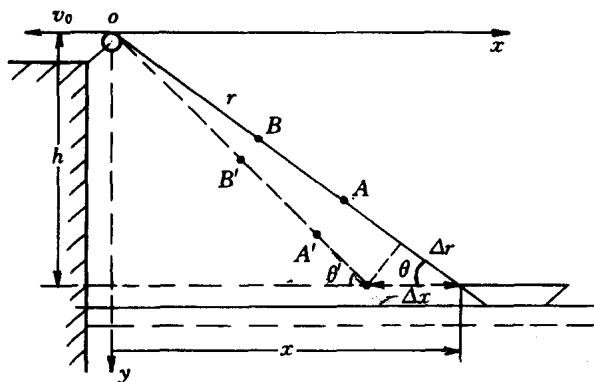


图3-1

(2) 如果认为 v_0 是船头的速率,运动方向沿着绳,则船沿水面运动的速度是这一速度的水平分量。设绳与水平方向夹角为 θ , 船的水平速度为

$$v = v_0 \cos \theta < v_0$$

显然这个结论是错误的。由图3-1看出当船行走了 Δx 后,绳与水平

面夹角由 θ 变为 θ' , 而绳缩短了 Δr , 其关系为 $\frac{\Delta r}{|\Delta x|} = \cos\theta$ 。由于 $|v| = \frac{|dx|}{dt}$, $v_0 = \left| \frac{dr}{dt} \right|$, 所以应有 $v_0 = v \cos\theta$, 而不是 $v = v_0 \cos\theta$ 。

(3) 建立如图3-1所示的坐标(设滑轮为质点), 视船为一质点。从图中看出在收绳拉船过程中, 绳与水平面的夹角是逐渐增大的($\theta' > \theta$), $\cos\theta$ 值减小, 由关系式 $\frac{\Delta r}{|\Delta x|} = \cos\theta$ 可知 $\frac{\Delta r}{|\Delta x|}$ 的值是减小的。若取同样的时间间隔, Δr 相同, 则 $|\Delta x|$ 必然增大, 可见船的速率 v 增大。船并不是以 v_0 速率均匀地移动, 所以 $v_0 \neq \left| \frac{dr}{dt} \right|$ 。

通过上述讨论, 已基本明确了 v_0 的物理意义。 v_0 是 $\left| \frac{dr}{dt} \right|$, 即矢径大小的变化率, 也就是绳子长短的变化率, 可称为收绳速率。

解法一

由图3-1看出船的位矢为

$$\mathbf{r} = x\mathbf{i} + h\mathbf{j}$$

而

$$x = \sqrt{r^2 - h^2}$$

由速度定义有

$$\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} = \frac{dx}{dt}\mathbf{i} + \frac{dh}{dt}\mathbf{j} = \frac{dx}{dt}\mathbf{i}$$

$$v_x = \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt} \sqrt{r^2 - h^2}$$

$$= \frac{r \frac{dr}{dt}}{\sqrt{r^2 - h^2}}$$

因绳子变短, 故 $\frac{dr}{dt} = -v_0$, 代入上式有

$$v_x = - \frac{rv_0}{\sqrt{r^2 - h^2}} = - \frac{v_0 \sqrt{x^2 + h^2}}{x}$$

故

$$\mathbf{v} = - \frac{v_0 \sqrt{x^2 + h^2}}{x} \mathbf{i}$$

负号表示 $\boldsymbol{v}$ 的方向与 x 轴正向相反。

根据加速度的定义

$$\begin{aligned} \boldsymbol{a} &= \frac{d\boldsymbol{v}}{dt} = -v_0 \frac{d}{dt} (\sqrt{x^2 + h^2}/x) \boldsymbol{i} \\ &= v_0 \frac{h^2}{x^2 \sqrt{x^2 + h^2}} \cdot \frac{dx}{dt} \boldsymbol{i} \\ &= -\boldsymbol{i} \frac{v_0^2 h^2}{x^3} \end{aligned}$$

解法二

因

$$\frac{|\Delta r|}{|\Delta x|} = \cos\theta$$

则有

$$|\Delta x| = \frac{|\Delta r|}{\cos\theta}$$

$$\frac{|dx|}{dt} = \frac{|dr/dt|}{\cos\theta}$$

即

$$|v_x| = \frac{|v_0|}{\cos\theta}$$

因

$$\cos\theta = \frac{x}{\sqrt{x^2 + h^2}}$$

考虑到 v_x 的方向有

$$v_x = -\frac{v_0 \sqrt{x^2 + h^2}}{x}, \quad v_y = 0$$

$\boldsymbol{a}$ 的解法同上。

解法三

根据 v_0 的物理意义

$$\begin{aligned} v_0 &= -\frac{dr}{dt} = -\frac{d}{dt} \sqrt{x^2 + h^2} \\ &= -\frac{x}{\sqrt{x^2 + h^2}} \cdot \frac{dx}{dt} = -\frac{x}{\sqrt{x^2 + h^2}} v_x \end{aligned}$$

所以有