



华腾教育

HUA TENG EDUCATION

高等学校教材经典同步辅导丛书数理类

配高教社《大学基础物理学》第二版 张三慧 编著



大学基础物理学

College Fundamental Physics

上、下册合订本

同步辅导及习题全解

华腾教育教学与研究中心

丛书主编 清华大学 高玉斌

本书主编 清华大学 张霄鹏

- ◆ 紧贴教材: 学习点拨 知识归纳 精讲重点
- ◆ 课后习题: 分析要点 精准解答 总结方法
- ◆ 应考必备: 突出考点 经典试题 联系考研
- ◆ 网络增值: 资料下载 海量试题 互动论坛

中国矿业大学出版社

最新版

高等学校教材经典

大学基础物理学

同步辅导及习题全解

华腾教育教学与研究中心

丛书主编 清华大学 高玉斌

本书主编 清华大学 张霄鹏

中国矿业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

大学基础物理学同步辅导及习题全解/张霄鹏主
编. —徐州:中国矿业大学出版社,2007.2
(高等学校教材经典同步辅导丛书)
ISBN 978-7-81107-593-9
I. 大… II. 张… 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(2007)第 022447 号

书 名 大学基础物理学同步辅导及习题全解
主 编 张霄鹏
责任编辑 罗 浩
出版发行 中国矿业大学出版社
(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)
网 址 <http://www.cumtp.com> **E-mail:** cumtpvip@cumtp.com
印 刷 北京市昌平百善印刷厂
经 销 新华书店
开 本 787×1092 1/16 **本册印张** 19.25 **本册字数** 517 千字
版次印次 2007 年 2 月第 1 版 2007 年 2 月第 1 次印刷
总 定 价 80.20 元(共四册)
(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

高等学校教材

经典同步辅导丛书编委会

主任：清华大学 王 飞

副主任：清华大学 夏应龙

中国矿业大学 李瑞华

编 委(按姓氏笔画排序):

王 焯	王雷荣	甘 露	史雯菲
吕现杰	朱凤琴	刘小燕	刘传平
刘桂波	刘胜志	刘晓晶	刘淑红
苏昌景	李凤军	李 波	李晓红
李海燕	李雅平	李燕平	张旭东
张守臣	张 迪	张鹏林	张 慧
陆 扬	陈晓东	陈 磊	范登峰
孟庆芬	赵 勇	侯信真	聂飞平
顾 妍	郭 江	魏 馨	魏文晋

前言

PREFACE

物理学是高等院校理工科专业重要的基础课。为了帮助读者更好地学好这门课程,掌握更多知识,我们根据多年的教学经验编写了这本《大学基础物理学同步辅导及习题全解》。书中对教材中的思考题和习题做了详细的解答,对一些概念性较强的题目给出了基本理论和解题方法,并对重点、难点和疑点作了注释。

本书作为一类习题性的辅助教材,旨在使读者掌握更多的知识,扩展解题思路。考虑到读者的不同情况,我们在内容上做了以下安排:

1. 知识点归纳:总结每章的重要知识点及常考公式定理。

2. 思考题选答:对每章的思考题做了详细的分析,以加深学生对基本概念及公式的理解。

3. 课后习题全解:给出各章课后习题的答案。我们不仅给出了详细的解题过程,而且还对解题思路或方法作了简要的说明。

编写本书时,依据大学本科现行教材及教学大纲的要求,参考了清华大学、北京大学、同济大学、浙江大学、东南大学、人民大学、复旦大学等高等院校的教材,并结合教学大纲的要求进行编写。

我们衷心希望本书提供的内容能够对读者在掌握课程内容、提高解题能力上有所帮助。同时,由于编者的水平有限,本书难免出现不妥之处,恳请广大读者批评指正。

华腾教育教学与研究中心

目 录

CONTENTS

第 1 篇 力学

第 1 章 质点运动学	3
知识点归纳	3
思考题选答	4
课后习题全解	6
第 2 章 牛顿运动定律	16
知识点归纳	16
思考题选答	17
课后习题全解	19
第 3 章 动量与角动量	31
知识点归纳	31
思考题选答	32
课后习题全解	33
第 4 章 功和能	41
知识点归纳	41
思考题选答	42
课后习题全解	44
第 5 章 刚体的定轴转动	56
知识点归纳	56

思考题选答	57
课后习题全解	58
第 6 章 狭义相对论基础	69
知识点归纳	69
思考题选答	70
课后习题全解	71

第 2 篇 热学

第 7 章 温度	81
知识点归纳	81
思考题选答	82
课后习题全解	82
第 8 章 气体动理论	87
知识点归纳	87
思考题选答	88
课后习题全解	89
第 9 章 热力学第一定律	96
知识点归纳	96
思考题选答	97
课后习题全解	99
第 10 章 热力学第二定律	111
知识点归纳	111
思考题选答	112
课后习题全解	113

第 3 篇 电磁学

第 11 章 静止电荷的电场	123
知识点归纳	123
思考题选答	124
课后习题全解	125

第 12 章 电势	135
知识点归纳	135
思考题选答	136
课后习题全解	137
第 13 章 有导体和电介质存在时的静电场	148
知识点归纳	148
思考题选答	149
课后习题全解	150
第 14 章 电流和磁力	162
知识点归纳	162
思考题选答	163
课后习题全解	163
第 15 章 磁场的源	174
知识点归纳	174
思考题选答	175
课后习题全解	176
第 16 章 有磁介质存在时的磁场	190
知识点归纳	190
思考题选答	191
课后习题全解	192
第 17 章 电磁感应	197
知识点归纳	197
思考题选答	198
课后习题全解	198
第 18 章 麦克斯韦方程组和电磁波	208
知识点归纳	208
思考题选答	209
课后习题全解	209

第 4 篇 波动与光学

第 19 章 振动	215
知识点归纳	215
思考题选答	216
课后习题全解	217
第 20 章 波动	227
知识点归纳	227
思考题选答	228
课后习题全解	230
第 21 章 光的干涉	241
知识点归纳	241
思考题选答	242
课后习题全解	243
第 22 章 光的衍射	249
知识点归纳	249
思考题选答	250
课后习题全解	250
第 23 章 光的偏振	256
知识点归纳	256
思考题选答	257
课后习题全解	257

第 5 篇 量子物理基础

第 24 章 量子物理的基本概念	261
知识点归纳	261
思考题选答	263
课后习题全解	263
第 25 章 原子中的电子	270
知识点归纳	270

思考题选答	272
课后习题全解	274
第 26 章 固体中的电子	281
知识点归纳	281
思考题选答	282
课后习题全解	282
第 27 章 核物理	286
知识点归纳	286
思考题选答	287
课后习题全解	287



第 1 篇

力 学

- 第 1 章 质点运动学
- 第 2 章 牛顿运动定律
- 第 3 章 动量与角动量
- 第 4 章 功和能
- 第 5 章 刚体的定轴转动
- 第 6 章 狭义相对论基础

第 1 章

质点运动学

知识点归纳

1. 参考系

一个固定在参考物上的坐标系和相应的一套同步的钟叫做一个参考系。

2. 运动函数

运动函数是表示运动中的质点的位置随时间变化的函数。质点的位置用位矢(从坐标原点到质点所在点的矢量线段) r 表示,运动函数为

$$r=r(t)$$

用直角坐标系表示则有

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

其中 i, j, k 分别为沿 x, y 和 z 轴的单位矢量。

质点在时间间隔 t 到 $t+\Delta t$ 的位移矢量为

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

Δr 是位矢大小(即位矢长度)的差 $[r(t+\Delta t)-r(t)]$ 在曲线运动中,

$$|\Delta r| \neq \Delta r$$

Δs 指质点沿轨道经过的路程,

$$|\Delta r| \approx \Delta s, |dr| = ds$$

3. 速度和加速度

$$v = \frac{dr}{dt}, a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2 r}{dt^2}$$

在直角坐标系中

$$v = v_x i + v_y j + v_z k$$

$$a = a_x i + a_y j + a_z k$$

在自然坐标系中



$$\boldsymbol{a} = \boldsymbol{a}_n + \boldsymbol{a}_t = \frac{v^2}{\rho} \boldsymbol{e}_n + \frac{dv}{dt} \boldsymbol{e}_t$$

(1) 匀加速运动

$$\boldsymbol{a} = \text{常矢量}$$

$$\boldsymbol{v} = \boldsymbol{v}_0 + \boldsymbol{a}t$$

$$\boldsymbol{r} = \boldsymbol{r}_0 + \boldsymbol{v}_0 t + \frac{1}{2} \boldsymbol{a} t^2$$

(2) 匀加速直线运动

$$v = v_0 + at, \quad x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$$

$$v^2 - v_0^2 = 2ax$$

(3) 抛体运动

$$a_x = 0, a_y = -g$$

$$v_x = v_0 \cos \theta, v_y = v_0 \sin \theta - gt$$

$$x = v_0 \cos \theta \cdot t, y = v_0 \sin \theta \cdot t - \frac{1}{2} gt^2$$

(4) 圆周运动

$$\omega = \frac{d\theta}{dt}, \alpha = \frac{d\omega}{dt}$$

$$\boldsymbol{a} = \boldsymbol{a}_n + \boldsymbol{a}_t, a_n = \frac{v^2}{R} = R\omega^2, a_t = \frac{dv}{dt} = R\alpha$$

4. 伽利略速度变换

设 S' 参考系在 S 参考系中以速度 $\boldsymbol{u}$ 匀速运动, 在 S' 系中质点的速度为 $\boldsymbol{v}'$, 则在同一时刻它在 S 系中的速度为

$$\boldsymbol{v} = \boldsymbol{v}' + \boldsymbol{u}$$



思考题选答

1.4 回答下列问题并举出符合你的答案的实例:

- (1) 物体能否有一不变的速率而仍有一变化的速度?
- (2) 速度为零的时刻, 加速度是否一定为零? 加速度为零的时刻, 速度是否一定为零?
- (3) 物体的加速度不断减小, 而速度却不断增大, 这可能吗?
- (4) 当物体具有大小、方向不变的加速度时, 物体的速度方向能否改变?

答 (1) 能。因为速度是矢量, 其大小和方向两者中有一变化, 速度即变化。速率是速度的大小, 它不变时, 速度的方向如变化, 也会有变化的速度。例如, 匀速圆周运动。

- (2) 速度为零的时刻, 加速度不一定为零。由定义知, 加速度是速度对时间的变化率, 与速度的变化量有关, 速度为零但其对时间的变化率并不一定为零。例如, 单摆在偏离平衡位置最大时, 速度为零但加速度不为零。

加速度为零的时刻, 速度也不一定为零。例如, 单摆在到达平衡位置时, 其加速度为零但速度并不为零。

- (3) 可能。因为决定物体是加速运动还是减速运动取决于加速度与速度的方向是否一致。当加速度减小时, 只要它与速度的方向仍相同, 物体仍作加速运动, 只是速度加快的程度较前



面小。

(4)可以。因为匀加速运动不一定是直线运动,它取决于初速度方向与加速度方向是否一致。

两者一致就是直线运动,不一致就是曲线运动,前者举例为竖直上抛运动,后者举例为平抛运动(忽略空气阻力)。

- 1.8 根据开普勒第一定律,行星轨道为椭圆(图 1.1)。已知任一时刻行星的加速度方向都指向椭圆的一个焦点(太阳所在处)。分析行星在通过图中 M 、 N 两位置时,它的速率分别应正在增大还是正在减小?

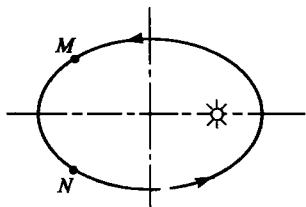


图 1.1 思考题 1.8 用题

答 由图 1.1 知,在 M 点, a 与 v 的夹角大于 $\frac{\pi}{2}$ 小于 π , 即

$$a \cdot v < 0$$

因而为减速运动,行星速率正在减小。

在 N 点, a 与 v 的夹角大于 0 小于 $\frac{\pi}{2}$, 即

$$a \cdot v > 0$$

因而为加速运动,行星速率正在增大。

- 1.9 一斜抛物体的水平初速度是 v_{0x} , 它的轨道的最高点处的曲率圆的半径是多大?

答 设抛物体的初速度值为 v_0 、抛射角为 θ , 则运动方程为

$$x = v_0 \cos \theta \cdot t$$

$$y = v_0 \sin \theta \cdot t - \frac{1}{2} g t^2$$

整理得

$$y = x \tan \theta - \frac{g}{2 v_0^2 \cos^2 \theta} x^2$$

$$\frac{dy}{dx} = \tan \theta - \frac{gx}{v_0^2 \cos^2 \theta} = \tan \theta - \frac{gt}{v_0 \cos \theta}$$

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = -\frac{g}{v_0^2 \cos^2 \theta}$$

在轨道最高点 $\frac{dy}{dx} = 0$, 因而在该点处的曲率圆的半径为

$$R = \left| \frac{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 \right]^{3/2}}{\frac{d^2 y}{dx^2}} \right| = \frac{v_0^2 \cos^2 \theta}{g} = \frac{v_{0x}^2}{g}$$

- 1.11 山上和山下两炮各瞄准对方同时以相同初速各发射一枚炮弹(图 1.2), 这两枚炮弹会不会在空中相碰? 为什么? (忽略空气阻力。)

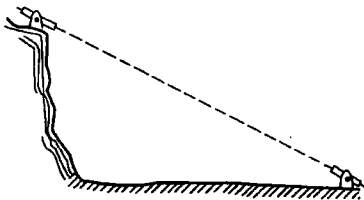


图 1.2 思考题 1.11 用图

答 会相碰。

设两炮水平距离为 s , 竖直距离为 h , 山下炮的发射角为 θ , 炮弹的初速度均为 v_0 。在 t 时刻, 山上炮弹水平路程 s_1 和竖直路程 h_1 分别为

$$s_1 = v \cos \theta \cdot t, h_1 = v \sin \theta \cdot t + \frac{1}{2} g t^2$$

山下炮弹水平路程 s_2 和竖直路程 h_2 分别为

$$s_2 = v \cos \theta \cdot t, h_2 = v \sin \theta \cdot t - \frac{1}{2} g t^2$$

当 $s_1 + s_2 = 2v \cos \theta \cdot t = s$ 时, 有

$$h_1 + h_2 = 2v \sin \theta \cdot t = 2v \sin \theta \cdot \frac{s}{2v \cos \theta} = \tan \theta \cdot h$$

即两炮弹在某时刻有相同的空间位置, 会相碰。

课后习题全解

- 1.1 蟹状星云被认为是一次超新星爆发后的遗物。1920 年已发现它的范围正在以 $0.21''/\text{a}$ (为 [角] 秒, a 为年) 的速率膨胀, 当时蟹状星云的范围为 $180''$ 。假定膨胀速率是恒定的, 试问超新星是哪一年爆发的? (计算结果与我国《宋会要》上记载的一次“客星”出现的时间公元 1054 年相符。举世公认该记载的权威性。)

解
$$1920 - \frac{180}{0.21} \approx 1060 \text{ (年)}$$

与 1054 年基本相符。

- 1.2 观察发现: 离我们越远的星系正以越大的速率远离我们飞走。例如牧夫座内一星云离我们银河系的距离为 $2.74 \times 10^3 \text{ l.y.}$ (l.y. 为光年, $1 \text{ l.y.} = 9.46 \times 10^{15} \text{ m}$), 它正以 $3.93 \times 10^7 \text{ m/s}$ 的速率飞离。假定飞离速率是恒定的, 试问它是多少年前和我们的银河系分离的? (根据宇宙生于一火大爆炸的学说, 可以认为这一段时间就是宇宙的年龄。)

解 该星云飞离的时间为

$$\frac{2.74 \times 10^3 \times 9.46 \times 10^{15}}{3.93 \times 10^7} = 6.59 \times 10^{17} \text{ (s)} = 2.09 \times 10^{10} \text{ (a)}$$

即该星云是 2.09×10^{10} 年前和银河系分离的。

- 1.3 木星的一个卫星——木卫 1——上面的珞玑火山喷发出的岩块上升高度可达 200 km, 这些石块的喷出速度是多大? 已知木卫 1 上的重力加速度为 1.80 m/s^2 , 而且在木卫 1 上没有空气。

解
$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 1.80 \times 200 \times 10^3} = 849 \text{ (m/s)}$$



1.4 一种喷气推进的实验车,从静止开始可在 1.80 s 内加速到 1600 km/h 的速率。按匀加速运动计算,它的加速度是否超过了人可以忍受的加速度 25 g? 这 1.80 s 内该车跑了多大距离?

分析 本题为初速度为零的匀加速度直线运动,应用公式 $a = \frac{v}{t}$, $s = \frac{1}{2}at^2$ 即可求解。

解 实验车的加速度为

$$a = \frac{v}{t} = \frac{1600 \times 10^3}{3600 \times 1.80} = 2.47 \times 10^2 \text{ (m/s}^2\text{)} \approx 25 g$$

基本上未超过 25 g。

1.80 s 内实验车跑的距离

$$s = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2} \times 2.47 \times 10^2 \times 1.80^2 \approx 400 \text{ (m)}$$

1.5 一辆卡车为了超车,以 90 km/h 的速度驶入左侧逆行道时,猛然发现前方 80 m 处一辆汽车正迎面驶来。假定该汽车以 65 km/h 的速度行驶,同时也发现了卡车超车。设两司机的反应时间都是 0.07 s (即司机发现险情到实际刹车所经过的时间),他们刹车后的减速度都是 7.5 m/s²,试问两车是否会相撞? 如果会相撞,相撞时卡车的速度多大?

分析 本题为匀减速运动问题。先根据匀加速直线运动公式 $v^2 - v_0^2 = 2as$ 分别求出卡车与汽车从发现对方到假设不相撞的情况下彼此停止而行驶的路程,再与已知条件中所给的距离比较

即可判断是否相撞。根据 $s = v_0t + \frac{1}{2}at^2$ 和 $v = v_0 + at$ 可求出相撞时卡车的速度。

解 卡车初速 $v_{10} = 90 \text{ km/h} = 25 \text{ m/s}$, 汽车初速 $v_{20} = 65 \text{ km/h} = 18 \text{ m/s}$, 初始距离 $s_0 = 80 \text{ m}$, 时间间隔 $\Delta t = 0.70 \text{ s}$, 加速度 $a = 7.5 \text{ m/s}^2$ 。

两车开始刹车时,它们之间的距离为

$$s'_0 = s_0 - (v_{10} + v_{20})\Delta t = 80 - (25 + 18) \times 0.70 = 50 \text{ (m)}$$

卡车到停止需继续行驶的距离为

$$s_1 = \frac{v_{10}^2}{2a} = \frac{25^2}{2 \times 7.5} = 41.7 \text{ (m)}$$

汽车到停止需继续行驶的距离为

$$s_2 = \frac{v_{20}^2}{2a} = \frac{18^2}{2 \times 7.5} = 21.7 \text{ (m)}$$

因为 $s_1 + s_2 > s'_0$, 所以两车会相撞。

以 t 表示两车刹车后到相撞所用的时间,据题意有

$$s'_0 = v_{10}t - \frac{1}{2}at^2 + v_{20}t - \frac{1}{2}at^2 = (v_{10} + v_{20})t - at^2$$

代入已知数据,并整理得

$$50 = (25 + 18)t - 7.5t^2$$

解得

$$t = 1.62 \text{ s}, t = 4.11 \text{ s (舍去)}$$

相撞时卡车的速度为

$$v_1 = v_{10} - at = 25 - 7.5 \times 1.62 = 12.9 \text{ (m/s)} = 46 \text{ (km/h)}$$

1.6 跳伞运动员从 1200 m 高空下跳,起初不开降落伞作加速度运动。由于空气阻力的作用,会加速到一“终极速率”200 km/h 而开始匀速下落。下降到离地面 50 m 处时打开降落伞,很快速率会变为 18 km/h 而匀速下降着地。若起初加速运动阶段的平均加速度按 $g/2$ 计,此跳伞