



21 世纪高等院校经典教材同步辅导
ERSHIYISHIJIGAODENGYUANXIAOJINGDIANJIAOCAITONGBUFUDAO

<<<<< 清华大学张三慧

大学基础物理学

College Fundamental Physics

全程导学及习题全解

- ◆ 知识归纳 梳理主线重点难点
- ◆ 习题详解 精确解答教材习题
- ◆ 提高练习 巩固知识迈向更高

主 编 苗明川
副主编 王天磊 原 昆
审 核 董 平



中国时代经济出版社
China Modern Economic Publishing House



21 世纪高等院校经典教材同步辅导

ERSHIYISHIJI GAODENGYUANXIAO JINGDIANJIAOCAITONGBU FUDAO

— 2975567 —

<<<<< 清华大学张云慧

大学基础物理学

College Fundamental Physics

全程导学及习题全解

- ◆ 知识归纳 梳理主线重点难点
- ◆ 习题详解 精确解答教材习题
- ◆ 提高练习 巩固知识迈向更高

主 编	苗明川			
副主编	王天磊	原 昆		
审 核	董 平			
编 委	苗明川	王天磊	原 昆	
	杨 皓	刘 猛	董 平	



中国时代经济出版社

China Modern Economic Publishing House

图书在版编目 (CIP) 数据

大学基础物理学全程导学及习题全解/苗明川主编. —北京: 中国时代经济出版社, 2006.6

(21 世纪高等院校经典教材同步辅导)

ISBN 7 - 80221 - 046 - 1

I. 大… II. 苗… III. 物理学 - 高等学校 - 教学参考资料 IV. 04

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 028547 号

大学
基础
物理学
全程
导学
及习
题全
解

苗明川
主 编

出 版 者	中国时代经济出版社
地 址	北京东城区东四十条 24 号 青蓝大厦东办公区 11 层
邮政编码	100007
电 话	(010)68320825(发行部) (010)88361317(邮购)
传 真	(010)68320634
发 行	各地新华书店
印 刷	北京鑫海达印刷有限公司
开 本	787 × 1092 1/16
版 次	2006 年 9 月第 1 版
印 次	2006 年 9 月第 1 次印刷
印 张	17.75
字 数	370 千字
印 数	1 ~ 5000 册
定 价	19.50 元
书 号	ISBN 7 - 80221 - 046 - 1/G · 030

版权所有 侵权必究

内 容 简 介

本书是根据清华大学出版社出版的,张三慧主编的《大学基础物理学》教材所编写的教学参考书。全书紧扣教材内容,针对各章节每章分为“知识要点”、“典型例题讲解”、“思考题解答”、“习题解答”四个部分。对各章知识要点做了简要全面的归纳,有助于读者对基础知识的把握;对每章的思考题及习题给出了尽可能全面详细的解答,逻辑严谨,深入浅出,旨在加深学生对所学知识的理解和掌握,提高学生的思考能力。

本书适合于高等院校工科各专业《大学基础物理学》课程的教学辅导材料和复习参考用书及工科考研强化复习的指导书,也可供自考等相关人员以及《大学基础物理学》课程教师的教学参考书。

前言

物理学是大学生重要的基础理论课程,在学习过程中,应注重理解和掌握物理学的基本概念和规律,对所研究的问题建立起清晰的物理图象,有助于学生分析和解决问题。

为了培养学生扎实的基础,对物理问题的正确把握,建立起合理的解题思路,我们在解题中注重物理现象的分析,给出了详细的推导过程,使学生在解题过程中能有所回味,体会物理问题中所含的规律和意义,能够触类旁通,举一反三,对相关的物理问题和规律有更深入的认识。编者企望本书对读者的学习能力的提高和学习素质的培养有所帮助。

本书内容按各章节每章分为“知识要点”、“典型例题讲解”、“思考题解答”、“习题解答”四个部分。

知识要点:精练了各章中的主要知识点,理清各知识点之间的脉络联系,囊括了主要定理及相关推论和重要公式等,帮助读者迅速了解本章重要知识点,系统理解各章的体系结构,奠定扎实的理论基础。

典型例题讲解:精选具有代表性的重点题型进行讲解,分析问题的突破点,指引解决问题的思路,旨在帮助读者学会独立思考的方式和分析问题的办法。

思考题解答、习题全解:依据教材各章节的习题,进行详尽的解答。考虑到不同层次读者的需求,在解答过程中,对于重点和难点习题进行了分析和讲解,归纳解题技巧。

本书由苗明川、王天磊、原昆、杨皓、刘猛等编写,董平审核全书。本书编写过程中得到张颖、赵素芬、于磊等老师的大力协助,并得到中国时代经济出版社的领导和有关编辑的大力支持,为此表示衷心的感谢!对《大学基础物理学》教材的作者张三慧老师,表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,加之时间仓促,本书难免有错误和疏漏,存在一些不妥之处,敬请各位专家及广大读者批评指正。

编者

2006年8月

目 录

第一篇 力学	(1)
第 1 章 质点运动学	(1)
第 2 章 牛顿运动定律	(14)
第 3 章 动量与角动量	(30)
第 4 章 功和能	(39)
第 5 章 刚体的定轴转动	(51)
第 6 章 狭义相对论基础	(62)
第二篇 热学	(72)
第 7 章 温度	(72)
第 8 章 气体动理论	(80)
第 9 章 热力学第一定律	(92)
第 10 章 热力学第二定律	(108)
第三篇 电磁学	(119)
第 11 章 静止电荷的电场	(119)
第 12 章 电势	(130)
第 13 章 有导体和电介质存在时的静电场	(141)
第 14 章 电流和磁力	(153)
第 15 章 磁场的源	(164)
第 16 章 有磁介质存在时的磁场	(176)
第 17 章 电磁感应	(182)
第 18 章 麦克斯韦方程组和电磁波	(192)
第四篇 波动与光学	(198)
第 19 章 振动	(198)
第 20 章 波动	(210)
第 21 章 光的干涉	(224)
第 22 章 光的衍射	(234)
第 23 章 光的偏振	(243)
第五篇 量子物理基础	(247)
第 24 章 量子物理的基本概念	(247)
第 25 章 原子中的电子	(257)
第 26 章 固体中的电子	(268)
第 27 章 核物理	(273)

第一篇 力 学

第 1 章 质点运动学

本章知识要点

1. 参考系

描述物体运动时用作参考的其他物体和一套同步的钟.

2. 质点的速度和加速度

速度

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

加速度

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

3. 匀加速直线运动

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

4. 圆周运动

角速度

$$\omega = \frac{d\theta}{dt} = \frac{v}{R}$$

角加速度

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

加速度

$$a = a_n + a_t$$

法向加速度

$$a_n = \frac{v^2}{R} = R\omega^2, \text{指向圆心}$$

切向加速度

$$a_t = \frac{dv}{dt} = R\alpha, \text{沿切线方向}$$

5. 速度变换

$$v = v' + u$$

$$a = a' + a_0$$

科里奥利加速度

$$a_k = 2v \times \omega$$

典型例题讲解

例 1 一质点沿 x 轴作直线运动. 位置与时间关系为 $x=2t+3t^3$. 求:

(1) 从 $t=1$ 到 $t=1.1$ 质点的平均速度与平均加速度;

(2) 从 $t=1$ 到 $t=1.01$ 质点的平均速度和平均加速度;

(3) $t=1$ 时质点的瞬时速度和瞬时加速度.

解: (1)
$$v = \frac{dx}{dt} = 2 + 9t^2$$

$t=1$ 时, $x=5, v=11$

$t=1.1$ 时, $x=6.193, v=12.89$

$\Delta x=1.193 \quad \Delta v=1.89$

$\bar{v} = \Delta x / \Delta t = 11.93 \text{ m/s}$

$\bar{a} = \Delta v / \Delta t = 18.9 \text{ m/s}^2$.

(2) $t=1.01$ 时, $x=5.110903, v=11.1809$

$\bar{v} = \Delta x / \Delta t = 11.0903 \text{ m/s}$

$\bar{a} = \Delta v / \Delta t = 18.09 \text{ m/s}^2$.

(3) $v=2+9t^2, a=dv/dt=18t$

$t=1$ 时

$v=11 \text{ m/s}, a=18 \text{ m/s}^2$.

例 2 一质点沿 x 轴运动, 其加速度与位置关系为 $a=3+4x$. 已知质点在 $x=0$ 处速度为 3, 试求质点在 $x=5$ 处的速度.

解:
$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dx} \frac{dx}{dt} = \frac{v dv}{dx}$$

$$a dx = v dv$$

积分
$$\int a dx = \int v dv$$

$$3x + 2x^2 + c = \frac{1}{2} v^2 \quad (c \text{ 为常数})$$

$x=0$ 时 $v=3$

得 $c=4.5$

当 $x=5$ 时

$$\frac{1}{2} v^2 = 3 \times 5 + 2 \times 25 + 4.5 = 69.5$$

$v=11.79 \text{ m/s}$.

例 3 质点作匀加速直线运动, 通过某一个 s 的距离用时 t_1 , 通过下一个 s 的距离用时 t_2 . 求加速度.

解:
$$\begin{cases} s = v_0 t_1 + \frac{1}{2} a t_1^2 \\ s = (v_0 + a t_1) t_2 + \frac{1}{2} a t_2^2 \end{cases}$$

解得
$$a = \frac{2s(t_1 - t_2)}{t_1 t_2 (t_1 + t_2)}.$$

思考题解答

1.1 说明做平抛实验时小球的运动用什么参考系?说明湖面上游船运动用什么参考系?说明人造地球卫星的椭圆运动以及土星的椭圆运动又各用什么参考系?

答:平抛实验时小球的运动用的是实验室参考系;湖面上游船运动用的是地面参考系;人造地球卫星的椭圆运动用到地心参考系;土星的椭圆运动用了太阳参考系.

1.2 有人说,考虑到地球的运动,一幢楼房的运动速率在夜里比在白天大.这是对什么参考系说的?

答:这是针对太阳参考系来说明.把地球的自转和公转一同考虑的话,就得出了题目所述结果,因为所考虑的最大运动是地球公转,所以是针对太阳参考系来说的.

1.3 回答下列问题:

(1)位移和路程有何区别?

(2)速度和速率有何区别?

(3)瞬时速度和平均速度的区别和联系是什么?

答:(1)位移表示位置的变化,是矢量;路程是位置变化的过程量,是标量.

(2)速度是表示运动的快慢和方向的量;速率只表示运动的快慢.

(3)瞬时速度是瞬间运动的快慢和方向,它对时间积分就得到位移.而平均速度是位移对时间的平均,

分别表示为 $v = \frac{dr}{dt}$, $\bar{v} = \frac{\Delta r}{\Delta t}$. 一个是微分量,一个是这些微分量对时间的加权平均.

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)有,如匀速圆周运动.

(2)速度为零时,加速度不一定为零.汽车启动时,速度为零而加速度不为零.加速度为零时,速度也不一定为零,匀速度直线运动,加速度为零而速度不为零.

(3)可能,简谐运动中,向平衡位置运动时,速度越来越大而加速度越来越小.

(4)当物体作平抛运动时,加速度不变而速度方向在改变.

1.5 圆周运动中质点的加速度是否一定和速度的方向垂直?如不一定,这加速度的方向在什么情况下偏向运动的前方?

答:不一定,当物体所作圆周运动不是匀速圆周运动时,加速度的方向就会不垂直于运动方向,当作加速圆周运动时,加速度偏向运动的前方.

1.6 任意平面曲线运动的加速度的方向总指向曲线凹进那一侧,为什么?

答:因为速度方向是曲线的切线方向,切线方向又是向曲线的凹侧变化的,所以速度方向的变化是指向凹侧的.又因为速度变化的方向就是加速度方向,所以加速度方向总指向曲线凹侧.

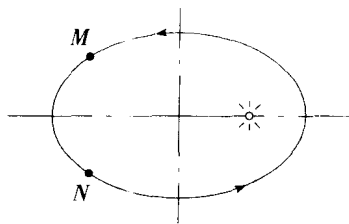
1.7 质点沿圆周运动,且速率随时间均匀增大,问 a_n , a_t , a 三者的大小是否都随时间改变?总加速度 a 与速度 v 之间的夹角如何随时间改变?

答:因为 $|v|$ 均匀增大,所以 a_t 不随时间改变.因为 $|v|$ 增大,根据 $a_n = \frac{v^2}{R}$ 得, a_n 随时间增大.设 a 和 v 的

夹角为 θ ,那么 $\tan\theta = \frac{a_n}{a_t}$, $\theta = \arctan \frac{a_n}{a_t}$.

设 $v=a, t$, 那么 $\theta=\arctan\left(\frac{a_1 t^2}{R}\right)$.

1.8 根据开普勒第一定律, 行星轨道为椭圆(思考题 1.8 图). 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在减小?



思考题 1.8 图

答: 从动力角度考虑:

经过 M 点时, 速度和加速度成角为钝角, 所以加速度在速度上的投影为负值, 速率减小; 同理经过 N 点时, 速度与加速度成角为锐角, 速率增大.

从能量角度考虑:

经过 M 点时, 将远离太阳, 势能增加, 动能就减少, 所以速率减小; 当经过 N 点时, 将靠近太阳, 势能减少, 动能增大, 所以速率增加.

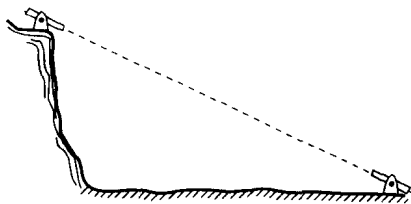
1.9 一斜抛物体的水平初速度是 v_{0x} , 它的轨道的最高点处的曲率圆的半径是多大?

答: 经过最高点时, 加速度(重力加速度)和速度(只有水平速度)垂直, 所以 $a_n = g = \frac{v^2}{R}$, 因为 $v = v_{0x}$, 所以 $R = \frac{v_{0x}^2}{g}$.

1.10 自由落体从 $t=0$ 时刻开始下落. 用公式 $h=gt^2/2$ 计算, 它下落的距离达到 19.6m 的时刻为 $+2s$ 和 $-2s$. 这 $-2s$ 有什么物理意义? 该时刻物体的位置和速度各如何?

答: 计时是从 $t=0$ 时进行的, 当 $t=-2s$ 时表示计时开始前 2s. 当考虑上抛运动时, $t=0$ 时刻为最高点, $t=-2s$ 时就表示物体上抛过程中运动到距最高点 19.6m 处. 设向下为正, $t=-2s$ 时 $v=-19.6m/s$ ($v=gt$).

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(思考题 1.11 图), 这两枚炮弹会不会在空中相碰? 为什么? (忽略空气阻力.)

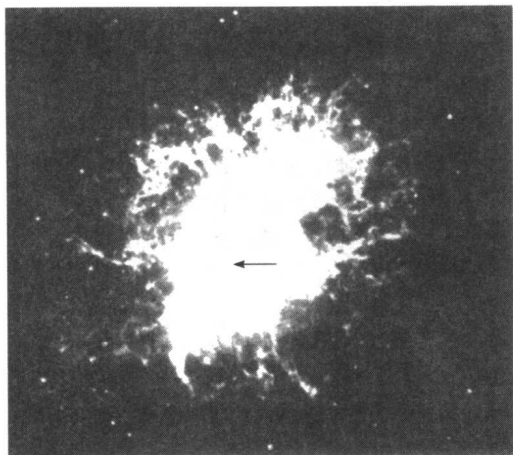


思考题 1.11 图

答: 设有一参考系在炮弹射出的同时以 g 的加速度自由下落. 因为炮弹受 mg 的重力以 g 的加速度同时下落, 因此在此参考系中炮弹将沿原先的方向运动, 而这个方向是两炮弹正对的方向, 所以两炮弹一定在空中相碰.

习题全解

1.1 蟹状星云(习题 1.1 图)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 $0.21''/a$ ($''$ 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, 试问该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”出现的年代 1054 年相符. 举世公认该记载的权威性.)



习题 1.1 图 蟹状星云现状(箭头所指处是一颗中子星,它是 1054 年爆发的超新星的残骸)

解:

$$\frac{180''}{0.21''/\text{a}} \approx 857 \text{ 年}$$

$$1920 \text{ 年} - 857 \text{ 年} = 1063 \text{ 年}$$

1063 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去.例如牧夫座内一星云离我们银河系的距离为 $2.74 \times 10^9 \text{ l. y.}$ (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?(根据宇宙产生于一次大爆炸的学说,可以认为这一段时间就是宇宙的年龄.)

解:

$$2.74 \times 10^9 \text{ 光年} \times 9.46 \times 10^{15} \text{ m} = 2.592 \times 10^{25} \text{ m}$$

$$2.592 \times 10^{25} (\text{m}) / (3.93 \times 10^7) \text{ m/s} \approx 6.596 \times 10^{17} \text{ s}$$

$$6.596 \times 10^{17} \text{ s} = 2.09 \times 10^{10} \text{ 年}$$

所以该星系在 2.1×10^{10} 年前,此星云与银河系分离.

1.3 木星的一个卫星——木卫 1——上面的洛玳火山喷发出的岩块上升高度可达 200km,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:因为没有空气,所以岩块在空中运动不受阻力

根据 $(v^2 - v_0^2)/2s = a$ 得

$$v_0^2 = -2sa$$

已知

$$v = 0, s = -200 \text{ km}, a = 1.80 \text{ m/s}^2$$

所以

$$v_0^2 = 720000 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$v_0 = 849 \text{ m/s}$$

喷出速度为 849m/s.

1.4 一种喷气推进的实验车,从静止开始可在 1.80s 内加速到 1600km/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 $25g$? 这 1.80s 内该车跑了多大距离?

解:

$$1600 \text{ km/h} \times \frac{1000}{3600} = 444.4 \text{ m/s}$$

$$v = at$$

当 $t = 1.8 \text{ s}$, $v = 444.4 \text{ m/s}$ 时

$$a = 247 \text{ m/s}^2$$

$$= 25.2g \approx 25g$$

所以人体基本能忍受此加速度

根据

$$s = \frac{1}{2}at^2 \text{ 得}$$

$$s = 400\text{m}$$

所以过 1.8s 内该车跑了 400m.

1.5 一辆卡车为了超车,以 90km/h 的速度驶入左侧逆行道时,猛然发现前方 80m 处一辆汽车正迎面驶来.假定该汽车以 65km/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 0.70s(即司机发现险情到实际启动刹车所经过的时间),他们刹车后的减速度都是 7.5m/s^2 ,试问两车是否会相撞?如果相撞,相撞时卡车的速度多大?

解:相向速度为

$$155\text{km/h} \times \frac{1000}{3600} = 43.1\text{m/s}$$

因为 0.7s 后才制动,此时两车相距

$$80 - 43.1 \times 0.7 \approx 50\text{m}$$

总减速度为 15m/s^2

根据 $s = v_0t + \frac{1}{2}at^2$ 得(其中 $v_0 = 43.1\text{m/s}$, $a = -15\text{m/s}^2$, $s = 50\text{m}$)

$$t = 1.61\text{s} \quad (t = 4.13\text{s} \text{ 舍去})$$

当 $t = 1.61\text{s}$ 时两车相距的距离为零

而 $25 - 7.5t = 13\text{m/s} > 0$ (卡车速度)

$18 - 7.5t = 6\text{m/s} > 0$ (汽车速度)

相遇时两车速率均大于零,必然相撞,相撞时卡车速度为 13m/s .

1.6 跳伞运动员从 1200m 高空下跳,起初不打开降落伞作加速运动.由于空气阻力的作用,会加速到一“终极速率”200km/h 而开始匀速下降.下降到离地面 50m 处时打开降落伞,很快速率会变为 18km/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,此跳伞运动员在空中一共经历了多长时间?

解:下落过程分 4 个阶段:

①速度从零加速到 200km/h 的过程

$$v = at, a = \frac{g}{2}, v = \frac{200}{3.6}\text{m/s}$$

所以 $t_1 = 11.34\text{s}$

下落高度 $h_1 = \frac{1}{2}at^2 = 513\text{m}$;

②以 $v = 200\text{km/h}$ 的匀速下落过程

下落高度为

$$\begin{aligned} h_2 &= h - h_1 - h_4 \quad (h \text{ 为总高 } 1200\text{m}, h_4 \text{ 为最后 } 50\text{m}) \\ &= 835\text{m} \end{aligned}$$

$$t_2 = h_2/v = 15.03\text{s};$$

③开伞减速过程

因为阻力太大,此过程很快,可忽略不计.

$$h_3 = 0, t_3 = 0;$$

④开伞匀速下落过程, $v = 18\text{km/h}$

因为

$$h_4 = 50\text{m}, v = 5\text{m/s}$$

所以

$$t_4 = \frac{h_4}{v} = 10\text{s}$$

得

$$t = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 = 11.34 + 15.03 + 0 + 10 = 36.37\text{s}$$

下落共经历了 36.37 秒.

1.7 由消防水龙带的喷嘴喷出的水的流量是 $q=280\text{L}/\text{min}$, 水的流速 $v=26\text{m}/\text{s}$. 若这喷嘴竖直向上喷射, 水流上升的高度是多少? 在任一瞬间空中有多少升水?

解: 加速度为 $-g$, 初速为 v , 至最高点速度为 0

根据
$$h = \frac{-v^2 + 0}{2a} \text{ 得}$$

$$h = \frac{26^2}{9.8 \times 2} = 34.5\text{m}$$

水流上升高度为 34.5m

水流上升至最高点又落回地面这一段时间, 其一直在空中, 这段时间为 $t = \frac{2v}{g} = 5.31\text{s}$

在这段时间内, 喷嘴喷出的水都在空中, 所以任一瞬间在空中的水量为

$$V = qt = \frac{280\text{L}/\text{min}}{60} \times 5.31 = 24.8\text{L}.$$

1.8 一质点在 xy 平面上运动, 运动函数为 $x=2t, y=4t^2-8$ (采用国际单位制).

(1) 求质点运动的轨道方程并画出轨道曲线;

(2) 求 $t_1=1\text{s}$ 和 $t_2=2\text{s}$ 时, 质点的位置、速度和加速度.

解:
$$\begin{cases} x=2t \\ y=4t^2-8 \end{cases}$$

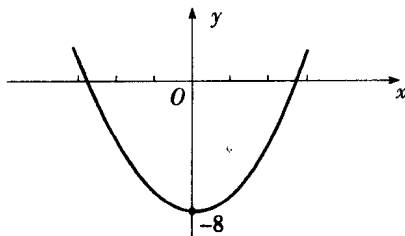
(1) 因 $t = \frac{x}{2}$

所以

$$\begin{aligned} y &= 4\left(\frac{x}{2}\right)^2 - 8 \\ y &= x^2 - 8 \end{aligned}$$

即轨道方程.

(2) $t_1=1\text{s}$ 时
$$\begin{cases} x=2 \\ y=-4 \end{cases}$$



解 1.8 图

$$v_x = \frac{dx}{dt}, v_y = \frac{dy}{dt}, a_x = \frac{d^2x}{dt^2}, a_y = \frac{d^2y}{dt^2}$$

即

$$\begin{cases} v_x = 2 \\ v_y = 8t \end{cases} \quad \begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = 8 \end{cases}$$

所以当 $t_1=1\text{s}$ 时

$$\begin{aligned} \begin{cases} x=2 \\ y=-4 \end{cases} & \quad \begin{cases} v_x=2 \\ v_y=8 \end{cases} & \quad \begin{cases} a_x=0 \\ a_y=8 \end{cases} \\ \mathbf{r} &= 2\mathbf{i} - 4\mathbf{j} & \quad \mathbf{v} &= 2\mathbf{i} + 8\mathbf{j} & \quad \mathbf{a} &= 8\mathbf{j} \end{aligned}$$

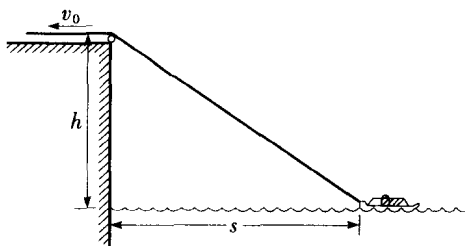
当 $t_2=2\text{s}$ 时

$$\begin{aligned} \begin{cases} x=4 \\ y=8 \end{cases} & \quad \begin{cases} v_x=2 \\ v_y=16 \end{cases} & \quad \begin{cases} a_x=0 \\ a_y=8 \end{cases} \\ \mathbf{r} &= 4\mathbf{i} + 8\mathbf{j} & \quad \mathbf{v} &= 2\mathbf{i} + 16\mathbf{j} & \quad \mathbf{a} &= 8\mathbf{j}. \end{aligned}$$

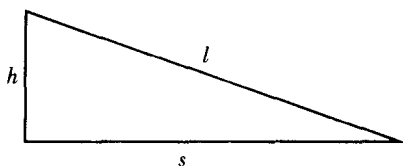
1.9 如习题 1.9 图所示, 在离水面高度为 h 的岸边上, 有人用绳子拉船靠岸, 收绳的速率恒为 v_0 , 求船在离岸边的距离为 s 时的速度和加速度.

解:

$$\begin{aligned} \frac{dl}{dt} &= -v_0 \\ s &= \sqrt{l^2 - h^2} \end{aligned}$$



习题 1.9 图



解 1.9 图

$$v = \frac{ds}{dt} = \frac{2l}{2\sqrt{l^2 - h^2}} \frac{dl}{dt} = -\frac{lv_0}{\sqrt{l^2 - h^2}} = -\frac{v_0\sqrt{s^2 + h^2}}{s}$$

$$a = \frac{dv}{dt} = -\frac{v_0\sqrt{l^2 - h^2} - lv_0 \frac{l}{\sqrt{l^2 - h^2}} \frac{dl}{dt}}{l^2 - h^2}$$

$$= \frac{-v_0^2 h^2}{(l^2 - h^2)^{3/2}} = \frac{-v_0^2 h^2}{s^3}$$

1.10 滑雪运动员离开水平滑雪道飞入空中时的速率 $v = 110\text{km/h}$, 着陆的斜坡与水平面夹角 $\theta = 45^\circ$ (习题 1.10 图).

(1) 计算滑雪运动员着陆时沿斜坡的位移 L 是多大? (忽略起飞点到斜面的距离).

(2) 在实际的跳跃中, 滑雪运动员所达到的距离 $L = 165\text{m}$, 这个结果为什么与计算结果不符?

解: (1) 如解 1.10 图 AB 为斜坡, 把人看成以 v 的初速以 45° 角斜上抛, 在上抛过程中人受向下 $\frac{\sqrt{2}}{2}g$ 的加速度和向前 $\frac{\sqrt{2}}{2}g$ 的加速度.

在图示竖直方向:

$$v_y = \frac{\sqrt{2}}{2}v = 21.61\text{m/s}$$

$$a_y = \frac{\sqrt{2}}{2}g = 6.93\text{m/s}^2$$

所以人抛落回斜坡的时间为

$$t = 2 \frac{v_y}{a_y} = 6.236\text{s}$$

在图示水平方向:

$$v_x = 21.61\text{m/s}$$

$$a_x = 6.93\text{m/s}^2$$

在 t 的时间内向前的路程为

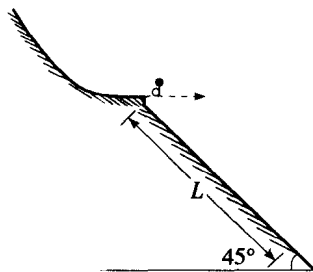
$$L = v_x t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$= 269.5\text{m}$$

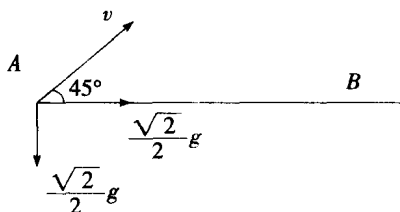
(2) 实际 $L = 165\text{m}$, 小于理论值, 一般是由空气阻力的影响造成的.

1.11 一个人扔石头的最大出手速率 $v = 25\text{m/s}$, 他能击中一个与他的手水平距离 $L = 50\text{m}$, 高 $h = 13\text{m}$ 处的一个目标吗? 在这个距离内他能击中的目标的最高高度是多少?

解: 设以 θ 角扔出石头



习题 1.10 图



解 1.10 图

若能击中目标,那么在空中飞行时间为

$$t = \frac{L}{v \cos \theta}$$

在这个时间内向上运动为 h

$$h = v \sin \theta t - \frac{1}{2} g t^2$$

把 t 代入得

$$\frac{L^2 g}{2v^2 \cos^2 \theta} - \tan \theta L + h = 0$$

因为 $\frac{1}{\cos^2 \theta} = (1 + \tan^2 \theta)$

所以得 $\frac{L^2 g}{2v^2} \tan^2 \theta - L \tan \theta + h + \frac{L^2 g}{2v^2} = 0$

因为当 $h = 13\text{m}$, $L = 50\text{m}$, $v = 25\text{m/s}$, $g = 9.8\text{m/s}^2$ 时

$$L^2 - \frac{2L^2 g}{v^2} \left(h + \frac{L^2 g}{2v^2} \right) = -55.84 < 0$$

所以方程无解,也就是说击中目标是不可能的.

由方程知

当

$$1 - \frac{2g}{v^2} \left(h + \frac{gL^2}{2v^2} \right) \geq 0$$

方程才有解

所以

$$h + \frac{gL^2}{2v^2} \leq \frac{v^2}{2g}$$

即

$$h \leq \frac{v^2}{2g} - \frac{gL^2}{2v^2} = 12.29\text{m}$$

在 $L = 50\text{m}$ 上,能击中最高目标为 $h = 12.29\text{m}$ 处的.

此时

$$\tan \theta = \frac{v^2}{Lg} = 1.28$$

$$\theta = \arctan 1.28 = 51.9^\circ$$

1.12 为迎接香港回归,柯受良 1997 年 6 月 1 日驾车飞越黄河壶口(习题 1.12 图).东岸跑道长 265m,柯驾车从跑道东端起,到达跳道终端时速度为 150km/h,他随即以仰角 5° 冲出,飞越跨度为 57m,安全落到西岸木桥上.



习题 1.12

- (1)按匀加速运动计算,柯在东岸驱车的加速度和时间各是多少?
 (2)柯跨越黄河用了多长时间?
 (3)若起飞点高出河面 10.0m,柯驾车飞行的最高点离河面几米?
 (4)西岸木桥桥面和起飞点的高度差是多少?

解:(1)路程为 265m, $v=41.67\text{m/s}$, $v_0=0$

$$a = \frac{v^2}{2s} = 3.28\text{m/s}^2$$

$$t = \frac{v}{a} = 12.7\text{s}.$$

(2)飞越时间

$$t = \frac{L}{v_x} = \frac{57}{v \times \cos 5^\circ} = 1.37\text{s}.$$

(3)

$$v_y = 3.63\text{m/s}, h_0 = 10\text{m}$$

$$h' = \frac{v_y^2}{2g} = 0.67\text{m}, h = h_0 + h' = 10.67\text{m}$$

所以高出河面 10.67 米.

(4)飞越时间为 1.37s

在这段时间里竖直方向的路程

$$h = v_y t - \frac{1}{2} g t^2 = -4.22\text{m}$$

所以西岸木桥与起飞点高差 4.22m.

1.13 在生物物理实验中用来分离不同种类分子的超级离心机的转速是 $6 \times 10^4 \text{r/min}$. 在这种离心机的转子内,离轴 10cm 远的一个大分子的向心加速度是重力加速度的几倍?

解:

$$a_n = R\omega^2$$

$$R = 0.1\text{m}, \omega = 6 \times 10^4 \text{r/min} = \frac{6 \times 10^4 \times 2\pi}{60} \text{s}^{-1} \\ = 2\pi \times 10^3 \text{s}^{-1}$$

所以

$$a_n = 4\pi^2 \times 10^5 \text{m/s}^2 \\ = 3.95 \times 10^6 \text{m/s}^2 \\ a_n/g = 4 \times 10^5 \text{倍}.$$

1.14 北京天安门所处纬度为 39.9° ,求它随地球自转的速度和加速度.

解:速度为

$$v = R\omega = \frac{2\pi R}{T} = \frac{2\pi R_E}{T} \cos \theta$$

$$R_E = 6378 \times 10^3 \text{m}, T = 86400\text{s}$$

所以

$$v = \frac{2\pi \times 6378 \times 10^3}{86400} \cos 39.9^\circ = 356\text{m/s}$$

加速度为

$$a = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 R = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 R_E \cos \lambda = \left(\frac{2\pi}{86400}\right)^2 \times 6378 \times 10^3 \times \cos 39.9^\circ \\ a = 2.59 \times 10^{-2} \text{m/s}^2.$$

1.15 按匀速圆周运动计算,地球公转的速度和加速度各是多少?

解:公转周期 $T = 3.16 \times 10^7 \text{s}$ (365 天)

日地距离 $R_{SE} = 1.5 \times 10^{11} \text{m}$

所以公转速度

$$v = \frac{2\pi R_{SE}}{T} = \frac{2\pi \times 1.5 \times 10^{11}}{3.16 \times 10^7} = 2.98 \times 10^4 \text{ m/s}$$

$$= 29.8 \text{ km/s}$$

公转加速度

$$a = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 R_{SE} = \left(\frac{2\pi}{3.16 \times 10^7}\right)^2 \times 1.5 \times 10^{11}$$

$$= 5.93 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2.$$

1.16 太阳在我们的银河系中离银河系中心(银心)的距离为 $2.9 \times 10^4 \text{ l. y.}$ ($1 \text{ l. y.} = 9.46 \times 10^{15} \text{ m}$). 它绕银河系中心运动的速度和加速度各是多少?

解: 太阳绕银河运动周期 $T = 2.5 \times 10^8$ 年

所以速度为

$$v = \frac{2\pi R_{GS}}{T} = \frac{2\pi \times 2.9 \times 10^4 \times 9.46 \times 10^{15}}{2.5 \times 10^8 \times 3.15 \times 10^7}$$

$$= 2.2 \times 10^5 \text{ m/s} = 220 \text{ km/s}$$

加速度为

$$a = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 R_{GS} = \frac{(2\pi)^2 \times 2.9 \times 10^4 \times 9.46 \times 10^{15}}{(2.5 \times 10^8 \times 3.15 \times 10^7)^2}$$

$$= 1.8 \times 10^{-10} \text{ m/s}^2.$$

1.17 按玻尔模型, 氢原子处于基态时, 它的电子围绕原子核做圆周运动. 电子的速率为 $2.2 \times 10^6 \text{ m/s}$, 离核的距离为 $0.53 \times 10^{-10} \text{ m}$. 求电子绕核运动的频率和向心加速度.

解: 圆周运动频率为

$$\nu = \frac{v}{2\pi r} = \frac{2.2 \times 10^6}{2\pi \times 0.53 \times 10^{-10}} = 6.6 \times 10^{15} \text{ Hz}$$

加速度为

$$a = \frac{v^2}{r} = \frac{(2.2 \times 10^6)^2}{0.53 \times 10^{-10}} = 9.1 \times 10^{22} \text{ m/s}^2.$$

1.18 北京正负电子对撞机的储存环的周长为 240 m , 电子要沿环以非常接近光速的速率运行. 这些电子运动的向心加速度是重力加速度的几倍?

解: 加速度为

$$a = \frac{v^2}{R} = \frac{(3 \times 10^8)^2 \times 2\pi}{240} = 2.36 \times 10^{15} \text{ m/s}^2$$

倍数为

$$\frac{a}{g} = 2.4 \times 10^{14}.$$

1.19 汽车在半径 $R = 400 \text{ m}$ 的圆弧弯道上减速行驶. 设在某一时刻, 汽车的速率为 $v = 10 \text{ m/s}$, 切向加速度的大小为 $a_t = 0.20 \text{ m/s}^2$. 求汽车的法向加速度和总加速度的大小和方向?

解: 法向加速度

$$a_n = \frac{v^2}{R} = \frac{10^2}{400} = 0.25 \text{ m/s}^2$$

总加速度

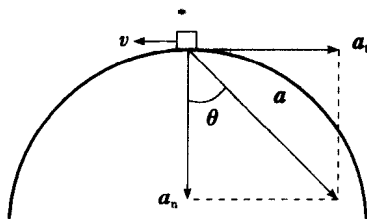
$$a = \sqrt{a_n^2 + a_t^2} = \sqrt{0.1025} = 0.32 \text{ m/s}^2$$

方向如图所示

$$\text{ctg} \theta = \frac{a_n}{a_t} = 1.25$$

所以 $\theta = 38.7^\circ$, a 与 v 的夹角为 $90^\circ + \theta = 128.7^\circ$.

1.20 一张致密光盘(CD)音轨区域的内半径 $R_1 = 2.2 \text{ cm}$, 外半径为 $R_2 = 5.6 \text{ cm}$ (习题 1.20 图), 径向



解 1.19 图