

HEADSPRING
源泉

高等学校经典教材配套辅导丛书

大学物理学

习题全解

清华二版

徐 浦 编著

- ★ 名校名师倾力编写
- ★ 涵盖学科知识概念
- ★ 教材各类习题详解
- ★ 注重思路方法指导
- ★ 旨在提升综合能力
- ★ 复习应试必读参考

新版



陕西师范大学出版社
SHAANXI NORMAL UNIVERSITY PRESS

04
102=2A4

2006



高等学校经典教材配套辅导丛书

大学物理学

习题全解

清华二版

徐 浦 编 著



陕西师范大学出版社
SHAANXI NORMAL UNIVERSITY PRESS

图书代号:JF6N0706

图书在版编目(CIP)数据

大学物理学习题全解/徐浦主编. —西安:陕西师范大学出版社,2006.8
(高等学校经典教材配套辅导丛书)

ISBN 7-5613-3613-6/O·97

I. 大… II. 徐… 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 057342 号

责任编辑 陈光明 彭 青

装帧设计 王静婧

出版发行 陕西师范大学出版社

社 址 西安市陕西师大 120[#] (邮政编码:710062)

网 址 <http://www.snuph.com>

经 销 新华书店

印 刷 南京金阳彩色印刷有限公司

开 本 787×960 1/16

印 张 25.75

字 数 447 千

版 次 2006 年 8 月第 1 版

印 次 2006 年 8 月第 1 次印刷

定 价 28.50 元

开户行:光大银行西安电子城支行 账号:0303080—00304001602

读者购书、书店添货或发现印装问题,请与本社营销中心联系、调换。

电 话:(029)85307864 85233753 85251046(传真)

E-mail:if-centre@snuph.com

前 言

大学物理学是理工院校本科教学中一门重要的基础课,对培养和提高学生的科学素质起着其它课程不能替代的特殊作用,其重要性随着科学技术的发展日益提高,许多边缘学科以及高新技术都是以物理学为基础而发展起来的。因此,理工科学生必须打好物理学基础,才有可能在以后的专业课学习及科研新领域的开拓中取得较高的成就。要想学好大学物理学这门课程,做思考题和习题是一个重要的方法,通过做习题和思考题,可以帮助学生了解物理学理论和知识体系中的各个细节及其奥妙;帮助学生加深对物理学的基本概念、基本规律和基本方法的理解和掌握;有助于培养学生运用科学的思想方法分析和解决实际问题的能力;能够复习和巩固所学知识,加深对教学内容的理解,启发学生的思维,培养解题的技巧和能力。

这本《大学物理学(第二版)习题全解》是根据张三慧主编的《大学物理学》(第二版)编写的,全书对教材中所有的习题都作了详尽的解答。在解答过程中,力求做到思路清晰、条理清楚、概念准确无误。作者编写本书的目的是为了帮助学生加深对物理学基本概念和基本知识的理解,加强对解题思路和解题方法的指导,使学生从中领悟并学会分析问题和解决问题的方法,掌握解题的基本步骤,熟悉题目的类型,开阔思路,进而掌握学习的主动性。希望同学们在做题时,要深入钻研,先自己思考分析和解题,再看题目解答,通过比较来检查自己掌握知识的程度。不要仅仅满足于得到一个正确的答案,而是要对每一道题目所反映的物理学内容有一个透彻的理解和掌握。

由于编者水平有限,书中难免有错误和不当之处,恳请广大教师和同学批评指正。

编 者

2006年6月

常用物理基本常数表^①

物理量	符号	数值 ^①	单位
真空中光速	c	3.00×10^8	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
真空磁导率	μ_0	$4\pi \times 10^{-7}$	$\text{N} \cdot \text{A}^{-2}$
真空电容率	ϵ_0	8.85×10^{-12}	$\text{C}^2 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$
引力常量	G	6.67×10^{-11}	$\text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$
普朗克常量	h	6.63×10^{-34}	$\text{J} \cdot \text{s}$
		4.14×10^{-15}	$\text{eV} \cdot \text{s}$
基本电荷	e	1.6×10^{-19}	C
电子质量	m_e	9.11×10^{-31}	kg
质子质量	m_p	1.67×10^{-27}	kg
中子质量	m_n	1.67×10^{-27}	kg
里德伯常量	R_∞	1.0973731×10^7	m^{-1}
阿伏伽德罗常数	N_A	6.02×10^{23}	mol^{-1}
摩尔气体常量	R	8.31	$\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
玻尔兹曼常量	k	1.38×10^{-23}	$\text{J} \cdot \text{K}^{-1}$
斯特藩—玻尔兹曼常量	σ	5.67×10^{-8}	$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$
维恩位移定律常量	b	2.90×10^{-3}	$\text{m} \cdot \text{K}$
康普顿波长	λ_c	2.43×10^{-12}	m
标准重力加速度	g	9.81	$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
玻尔磁子	μ_B	9.27×10^{-24}	$\text{J} \cdot \text{T}^{-1}$

^① 本表各物理常量取国际科技数据委员会(CODATA)1986年推荐值的三位有效数字。

目 录

1 力 学

第 1 章 质点运动学·····	(3)
第 2 章 牛顿运动定律·····	(16)
第 3 章 动量和角动量·····	(35)
第 4 章 功和能·····	(48)
第 5 章 刚体的定轴转动·····	(69)
第 6 章 狭义相对论基础·····	(85)

2 热 学

第 1 章 温度·····	(103)
第 2 章 气体动理论·····	(110)
第 3 章 热力学第一定律·····	(126)
第 4 章 热力学第二定律·····	(144)

3 电 磁 学

第 1 章 静止电荷的电场·····	(157)
第 2 章 运动电荷的电场·····	(176)
第 3 章 电势·····	(179)
第 4 章 静电场中的导体·····	(196)
第 5 章 静电场中的电介质·····	(204)
第 6 章 恒定电流·····	(220)
第 7 章 磁力·····	(227)
第 8 章 磁场的源·····	(239)
第 9 章 磁场中的磁介质·····	(260)

第 10 章 电磁感应	(267)
第 11 章 麦克斯韦方程组和电磁辐射	(282)

4 波动与光学

第 1 章 振动	(293)
第 2 章 波动	(317)
第 3 章 光的干涉	(332)
第 4 章 光的衍射	(344)
第 5 章 光的偏振	(354)

5 量子物理

第 1 章 波粒二象性	(363)
第 2 章 薛定谔方程	(375)
第 3 章 原子中的电子	(380)
第 4 章 固体中的电子	(393)
第 5 章 核物理	(398)

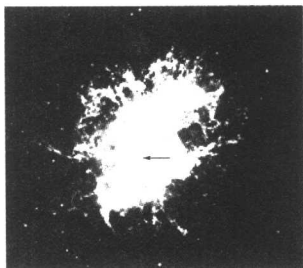
力学

1

第 1 章 质点运动学

习题与解答

题 1.1 蟹状星云(题图 1.1)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)的速度膨胀, 当时蟹状星云的范围为 $180''$ 。假定膨胀速度是恒定的, 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”出现年代 1054 年相符。举世公认该记载的权威性。)



题图 1.1 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】 所求年代为

$$t = 1920 - \frac{180}{0.21} = 1062(\text{年})$$

与 1054 年基本相符。

题 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 2.74×10^9 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】 该星云飞行的时间为

$$\begin{aligned} \Delta t &= \frac{\Delta l}{v} = \frac{2.74 \times 10^9 \times 9.46 \times 10^{15}}{3.93 \times 10^7} \\ &= 659 \times 10^{17} \text{ S} = 2.09 \times 10^{10} \text{ a} \end{aligned}$$

此即该星云与我们银河系分离的时间。

题 1.3 木星的一个卫星——木卫 1——上面的珞玕火山喷发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】 由上抛运动知识, 可知

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 1.80 \times 200 \times 1000} = 849 \text{ m/s}$$

题 1.4 一种喷气推理的实验车,从静止开始可以 1.80s 内加速到 1600km/h 的速率。按匀加速运动计算,它的加速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】 由匀加速直线运动知识,有

$$a = \frac{v_t - v_0}{\Delta t} = \frac{1600 \times 10^3 / 3600}{1.8}$$

$$= 2.47 \times 10^2 \text{ m/s} = 25.2g$$

在 1.80s 内实验车跑的距离为

$$l = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 = 0 + \frac{1}{2} \times 2.47 \times 10^2 \times 1.8^2 = 400 \text{ m}$$

题 1.5 一辆卡车为了超车,以 90km/h 的速度入左侧逆行道时,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刹车所经过的时间),他们刹车后的减速度都是 8.5 m/s^2 ,试问两车是否会相撞?如果会相撞,相撞时卡车的速度多大?

【解】 $v_{10} = 90 \text{ km/h} = 25 \text{ m/s}$, $v_{20} = 65 \text{ km/h} = 18 \text{ m/s}$

$$S_0 = 80 \text{ m}, \Delta t = 0.70 \text{ s}, a = 7.5 \text{ m/s}^2$$

两车开始刹车时,其间的距离为

$$S'_0 = S_0 - (v_{10} + v_{20}) \Delta t$$

$$= 80 - (25 + 18) \times 0.70 = 50 \text{ m}$$

卡车到停止需继续前进的距离

$$S_1 = \frac{v_{10}^2}{2a} = \frac{25^2}{2 \times 7.5} = 41.7 \text{ m}$$

汽车到停止需继续前进的距离

$$S_2 = \frac{v_{20}^2}{2a} = \frac{18^2}{2 \times 7.5} = 21.7 \text{ m}$$

由于 $S_1 + S_2 = 63.4 \text{ m} > S'_0$, 所以两车会相撞。

以 t 表示二车刹车后到相反撞所用的时间,则有

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

$$= (v_{10} + v_{20}) t - a t^2$$

代入已知数为

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

解上述方程,可得

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

碰撞时卡车的速度为

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

题 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】 $h_0 = 1200\text{m}, v_1 = 200\text{km/h} = 55.6\text{m/s}$

$$v_2 = 18\text{km/h} = 5\text{m/s}, h_2 = 50\text{m}$$

运动员起初加速运动阶段所用的时间为

$$\Delta t_1 = \frac{v_1}{a_1} = \frac{v_1}{g/2} = \frac{2 \times 55.6}{9.8} = 11.3\text{s}$$

在此过程中,下落的距离为

$$h_1 = \frac{v_1^2}{2a_1} = \frac{v_1^2}{g} = \frac{55.6^2}{9.8} = 315\text{m}$$

以速率 v_1 匀速下落的时间为

$$\Delta t_2 = \frac{h_0 - h_1 - h_2}{v_1} = \frac{1200 - 315 - 50}{55.6} = 15.0\text{s}$$

以速率 v_2 匀速下落的时间为

$$\Delta t_3 = \frac{h_2}{v_2} = \frac{50}{5} = 10\text{s}$$

所以运动员在空中总共经历的时间为

$$\Delta t = \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 = 11.3 + 15.0 + 10 = 36.3\text{s}$$

题 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 $v = 26\text{m/s}$. 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】 由上抛运动知识, 可得水流上升的高度为

$$h = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{26^2}{2 \times 9.8} = 34.5\text{m}$$

每一滴水在空中运动的时间为

$$\Delta t = 2\Delta t_0 = 2 \frac{v_0}{g} = \frac{2 \times 26}{9.8} = 5.31\text{s}$$

在任一瞬间空中所有的水即在 Δt 内喷嘴喷出的水, 所以

$$V = g\Delta t = 280/60 \times 5.31 = 24.7\text{L}$$

题 1.8 在以初速率 $v = 15.0\text{m/s}$ 竖直向上扔一块石头后,

(1) 在 1.0s 末又竖直向上扔出第二块石头, 后者在 $h = 11.0\text{m}$ 高度处击中前者, 求第二块石头扔出时的速率;

(2) 若在 1.3s 末竖直向上扔出第二块石头, 它仍在 $h = 11.0\text{m}$ 高度处击中前者, 求这一次第二块石头扔出时的速率。

【解】 (1) 设第一块石头扔出后 t 秒末被第二块石头击中, 则此时第一块石头对应的高度公式为

$$h = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$$

将 $v_0 = 15.0\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, $h = 11.0\text{m}$ 代入, 可得方程的两个解:

$$t_1 = 1.84\text{s}, \quad t_2 = 1.22\text{s}$$

第一块石头上升到最高点所用的时间为

$$t_p = \frac{v_0}{g} = \frac{15.0}{9.8} = 1.53\text{s}$$

由于 $t_1 > t_p$, 这对应于第一块石头回落时与第二块石头相碰; 对于 $t_2 < t_p$, 这对应于第一块石头上升时被第二块石头赶上相碰。因此对应两个解 t_1, t_2 , 第二块石头有两个扔出速率 v_{10}, v_{20} , 由竖直上抛公式, 有

$$h = v_{10}(t_1 - \Delta t_1) - \frac{1}{2}g(t_1 - \Delta t_1)^2$$

所以有

$$\begin{aligned} v_{10} &= \frac{h + \frac{1}{2}g(t_1 - \Delta t_1)^2}{t_1 - \Delta t_1} \\ &= \frac{11 + \frac{1}{2} \times 9.8 \times (1.84 - 1)^2}{1.84 - 1} \\ &= 17.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \end{aligned}$$

同理有

$$\begin{aligned} v_{20} &= \frac{h + \frac{1}{2}g(t_2 - \Delta t_1)^2}{t_2 - \Delta t_1} \\ &= \frac{11 + \frac{1}{2} \times 9.8 \times (1.22 - 1)^2}{1.22 - 1} \\ &= 51.1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \end{aligned}$$

(2) 由题意, $\Delta t_2 = 1.3 \text{ s}$, $\Delta t_2 > t_2$, 所以第二块石头不可能在第一块石头上升时与第一块石头相碰, 对应于 t_1 时刻相碰, 所以, 第二块石头的速率为

$$\begin{aligned} v'_{10} &= \frac{h + \frac{1}{2}g(t_1 - \Delta t_2)^2}{t_1 - \Delta t_2} \\ &= \frac{11.0 + \frac{1}{2} \times 9.8 \times (1.84 - 1.3)^2}{1.84 - 1.3} \\ &= 23.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \end{aligned}$$

题 1.9 一只在星际空间飞行的火箭, 当它以恒定速率燃烧它燃料时, 其运动函数可表示为 $x = ut + u\left(\frac{1}{b} - t\right)\ln(1 - bt)$, 其中 u 是喷出气流相对于火箭体的喷射速度, 是一个常量, b 是与燃烧速率成正比的一个常量。

(1) 求此火箭的速度表达式;

(2) 求此火箭的加速度表达式;

(3) 设 $u = 3.0 \times 10^3 \text{ m/s}$, $b = 7.5 \times 10^{-3} / \text{s}$, 并设燃料在 120s 内燃烧完, 求 $t = 0 \text{ s}$ 和 $t = 120 \text{ s}$ 时的速度;

(4) 求在 $t = 0 \text{ s}$ 和 $t = 120 \text{ s}$ 的时的加速度。

【解】 (1) 由速度定义式, 有

$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt} \left[ut + u \left(\frac{1}{b} - t \right) \ln(1 - bt) \right] = -u \ln(1 - bt)$$

(2) 由加速度定义, 有

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{ub}{1 - bt}$$

(3) 由(1)中速度表达式 $v = -u \ln(1 - bt)$, 可得 $t = 0 \text{ s}$ 时, $v = 0$

$$t = 120\text{s时}, v = -3 \times 10^3 \ln(1 - 75 \times 10^{-3} \times 120) = 6.91 \times 10^3 \text{m/s}$$

(4) 由(2)中加速度表达式

$$a = \frac{ub}{1-bt}$$

可得

$$t = 0\text{s时}, a = \frac{3 \times 10^3 \times 7.5 \times 10^{-3}}{1-0} = 22.5 \text{m/s}^2$$

$$t = 120\text{s时}, a = \frac{3 \times 10^3 \times 7.5 \times 10^{-3}}{1-7.5 \times 10^{-3} \times 120} = 225 \text{m/s}^2$$

题 1.10 一质点在 xy 平面上运动, 运动函数为 $x = 2t, y = 4t^2 - 8$.

(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】 (1) 在参数方程中消去参数 t , 可得轨道方程为

$$y = x^2 - 8$$

可见, 轨道曲线为一抛物线。如图解 1.10 所示。

(2) 质点的位置矢量为

$$\boldsymbol{r} = x\boldsymbol{i} + y\boldsymbol{j} = 2t\boldsymbol{i} + (4t^2 - 8)\boldsymbol{j}(\text{m})$$

当 $t = 1\text{s}$ 时, $\boldsymbol{r}_1 = 2\boldsymbol{i} - 4\boldsymbol{j}(\text{m})$

$t = 2\text{s}$ 时, $\boldsymbol{r}_2 = 4\boldsymbol{i} + 8\boldsymbol{j}(\text{m})$

质点的速度为

$$\boldsymbol{v} = \frac{d\boldsymbol{r}}{dt} = 2\boldsymbol{i} + 8t\boldsymbol{j}(\text{m/s})$$

当 $t = 1\text{s}$ 时, $\boldsymbol{v}_1 = 2\boldsymbol{i} + 8\boldsymbol{j}(\text{m/s})$

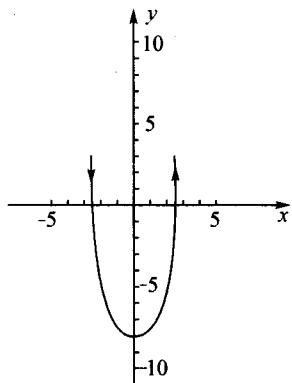
$t = 2\text{s}$ 时, $\boldsymbol{v}_2 = 2\boldsymbol{j} + 16\boldsymbol{j}(\text{m/s})$

质点的加速度为

$$\boldsymbol{a} = \frac{d\boldsymbol{v}}{dt} = 8\boldsymbol{j}(\text{m/s}^2)$$

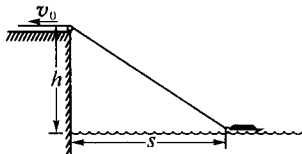
当 $t = 1\text{s}$, $\boldsymbol{a}_1 = 8\boldsymbol{j}(\text{m/s}^2)$

$t = 2\text{s}$ 时, $\boldsymbol{a}_2 = 8\boldsymbol{j}(\text{m/s}^2)$

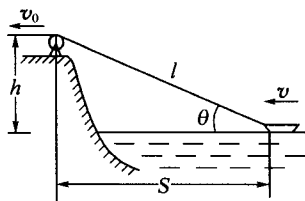


图解 1.10

题 1.11 如题图 1.11 所示, 在离水面高度为 h 的岸边上, 有人用绳子的拉船靠岸, 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。



题图 1.11



图解 1.11

【解】 设从滑轮到船之间绳的长度为 l , 此时绳与水面成 θ 角, 小船离岸距离为 s , 满足

$$l^2 = (s^2 + h^2)$$

绳收缩速度(即人拉绳速率)为

$$v_0 = \left| \frac{dl}{dt} \right|$$

小船在水面上作直线运动,小船速率为 $v = \left| \frac{ds}{dt} \right|$,对①式两边求导可得:

$$2l \frac{dl}{dt} = 2s \frac{ds}{dt} \tag{2}$$

即

$$\frac{ds}{dt} = \frac{l}{s} \frac{dl}{dt} = \frac{\sqrt{s^2+h^2}}{s} \frac{dl}{dt} \tag{3}$$

因此小船运动的速度为

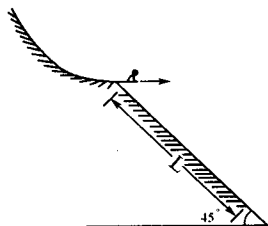
$$v = \left| \frac{ds}{dt} \right| = \frac{\sqrt{s^2+h^2}}{s} v_0 \tag{4}$$

可注意到 v 是大于 v_0 的。

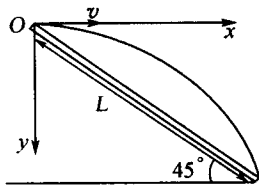
小船的加速度为

$$\begin{aligned} a &= \frac{dv}{dt} = \frac{s \frac{dl}{dt} - l \frac{ds}{dt}}{s^2} v_0 = \frac{-v_0 s + lv}{s^2} v_0 \\ &= \frac{\left(-s + \frac{l^2}{s}\right) v_0^2}{s^2} = \frac{h^2 v_0^2}{s^2} \end{aligned}$$

题 1.12 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 $\theta = 45^\circ$ (题图 1.12)。



题图 1.12



图解 1.12

- (1) 计算滑雪运动员着陆时沿斜坡的位移 L 是多大?(忽略起飞点斜到面的距离。)
- (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) 如图解 1.12 所示,运动员着陆点的坐标为

$$x = L\cos 45^\circ = x \quad y = L\sin 45^\circ = \frac{1}{2}gt^2$$

联立可得

$$t = \frac{2v}{g}$$

所以

$$L = \frac{x}{\cos 45^\circ} = \frac{2v^2}{g\cos 45^\circ} = \frac{2\left(\frac{110 \times 10^3}{3600}\right)^2}{\frac{\sqrt{2}}{2} \times 9.8} = 269\text{m}$$

(2) 实际上 L 的数值小于上述计算值, 是由于空气阻力对运动员的影响。

题 1.13 一个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】 如图解 1.13 所示, 石头的运动方程为

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

其轨迹方程为

$$y = x \tan\theta - \frac{1}{2} \frac{gx^2}{v_0^2 \cos^2\theta}$$

因为

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

代入上式中, 有

$$\frac{gx^2}{2v_0^2} \tan^2\theta - x \tan\theta + \left(\frac{gx^2}{2v_0^2} + y \right) = 0$$

能击中该目标的 θ 角必须满足上式, 将 $x = L, y = h$ 代入上式中, 可得

$$\tan\theta = \frac{v_0^2}{gL} \left[1 \pm \sqrt{1 - \frac{2g}{v_0^2} \left(h + \frac{gL^2}{2v_0^2} \right)} \right]$$

将数据代入后, 可得根号内的值为

$$1 - \frac{2g}{v_0^2} \left(h + \frac{gL^2}{2v_0^2} \right) = -0.022 < 0$$

由此可知 θ 无实数解, 所以该目标不在可能的轨迹上, 所以不能被石头击中。

只有当 $1 - \frac{2g}{v_0^2} \left(h + \frac{gL^2}{2v_0^2} \right) \geq 0$ 时, θ 才有解

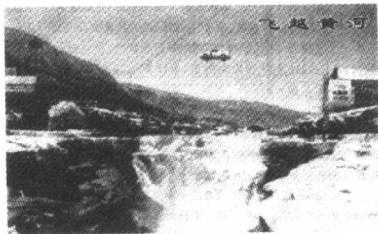
由此得

$$h \leq \frac{v_0^2}{2g} - \frac{gL^2}{2v_0^2} = \frac{25^2}{2 \times 9.8} - \frac{9.8 \times 50^2}{2 \times 25^2} = 12.3\text{m}$$

所以在 $L = 50\text{m}$ 这个距离上, 他能击中的目标的最高高度为 12.3m 相应有

$$\theta = \arctan \frac{v_0^2}{gl} = \arctan \frac{25^2}{9.8 \times 50} = 51.9^\circ$$

题 1.14 为迎接香港回归, 柯受良 1997 年 6 月 1 日驾车飞越黄河壶口(题图 1.14)。东岸跑道长 265m , 柯驾车从跑道东端起动, 到达跑道终端时速度为 150km/h , 他随即以仰角 5° 冲出, 飞越跨度 57m , 安全落到西岸木桥上。



题图 1.14



图解 1.13

- (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) 若起习点高出河面 10.0m,柯驾车飞行的最高点离河面几 m?
- (4) 西岸木桥桥面和起飞点的高度差是多少?

【解】 由题意可知,在图解 1.14 中,

$$s = 265\text{m}, v_0 = 150\text{km/h} = 41.7\text{m/s}, \theta = 5^\circ$$

$$L = 57\text{m}, h_1 = 10\text{m}$$

- (1) 柯在东岸驱车的加速度为

$$a = \frac{v_0^2}{2s} = \frac{41.7^2}{2 \times 265} = 3.28\text{m/s}^2$$

驱车加速的时间为

$$t_1 = \frac{v_0}{a} = \frac{2s}{v_0} = \frac{2 \times 265}{41.7} = 12.7\text{s}$$

- (2) 柯跨越黄河所用的时间为

$$t_2 = \frac{L}{v_0 \cos \theta} = \frac{57}{41.7 \times \cos 5^\circ} = 1.37\text{s}$$

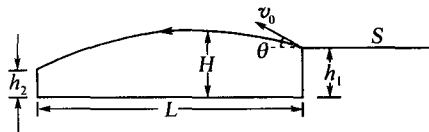
- (3) 柯飞行的最高点离河面跑离为

$$H = h_1 + \frac{v_0^2 \sin^2 \theta}{2g} = 10 + \frac{41.7^2 \times \sin^2 5^\circ}{2 \times 9.8} = 10.67\text{m}$$

- (4) 西岸桥面与起飞点的高度差为

$$\Delta h = h_2 - h_1 = v_0 \sin \theta t_2 - \frac{1}{2} g t_2^2$$

$$= 41.7 \times \sin 5^\circ \times 1.37 - \frac{1}{2} \times 9.8 \times 1.37^2 = -4.22\text{m}$$



图解 1.14

负号表示西岸桥面比起飞点低。

题 1.15 在生物物理实验中用来分离不同种类的分子的超级离心机的转速是 $6 \times 10^4 \text{r/min}$ 。在离心机的转子内,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】 所求倍数为

$$N = \frac{a_n}{g} = \frac{\omega^2 r}{g} = \frac{(2\pi n)^2 r}{g}$$

$$= \frac{4\pi^2 \times (6 \times 10^4 / 60)^2 \times 0.1}{9.8}$$

$$= 4 \times 10^5$$

题 1.16 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】 所求速度为

$$v = v_{\text{自}} \cos \theta = \frac{2\pi R_E}{T} \cos \theta$$

$$= \frac{2\pi \times 6378 \times 10^3}{86400} \cos 39.9^\circ$$

$$= 356\text{m/s}$$

所求加速度为

$$a = \omega^2 R_E \cos \theta = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 R_E \cos \theta$$