

大学物理教程

系列化习题 • 学习指导

孔令达 严燕来 徐志和 编

上海交通大学出版社

大学物理教程

系列化习题·学习指导

孔令达 严燕来 徐志和 编

上海交通大学出版社

(沪)新登字205号

内 容 提 要

本书是上海交通大学以国家教委 1987 年颁布的《高等工业学校物理课程教学基本要求》为依据,遵照循序渐进、逐层深化、温故知新的学习规律编写的大学物理系列化习题和学习指导书。全书将大学物理教材内容分为十个单元、四个阶段。每一单元包括知识体系综述、习题、综合讨论题及选解;每一阶段各备两套自我检测题供学生复习时选用;书后还附有两套选优测试题以满足因材施教的需要。

本书既可与吴锡珑主编的《大学物理教程》配套使用,也可作为一本独立的理工科大学及专科院校的物理习题集,并可供其他高等院校师生及中学物理教师参考。

责任编辑 戴柏诚

封面设计

大学物理教程

系列化习题·学习指导

出版:上海交通大学出版社

(上海市华山路1954号 邮政编码:200030)

发行:新华书店上海发行所 印刷:常熟市印刷二厂

开本:850×1168(毫米)1/32 印张:14 字数:361000

版次:1994年8月 第1版 印次:1994年9月 第1次

印数:1-12000 科目:819-280

ISBN7-313-01318-3/G·4 定价:11.60元

前 言

“习题作业”是学习物理过程中一个不可或缺的重要环节。编者试图在大学物理课程的编题、选题以及习题排列上有所讲究与创新,使本册《系列化习题·学习指导》在介入学生的作业与复习等学习活动时能够顺应教学的自身规律,引发学生的学习兴趣,从而使学生的物理学习水平得到大面积提高。

本书的前身是上海交通大学物理教研室基于上述想法于年五前推出的《普通物理系列习题集》,在校内使用后业已取得良好的教学效果。其基本素材粹取于教研室与编者多年积累的习题精华,此次重编时进一步融入了编者在近五年统考命题中的新题源。本书自编习题的比例较高,力求做到物理概念深化,数学计算简捷,题意新颖,具有一定的灵活性、思考性与应用性。编排中注意在删减题目数量的同时适当留有选择的余地;既配合课堂教学,又有所扩充与引伸;有些习题前呼后应,相互启示,着重于训练和提高学生思考、分析以及解决问题的能力。

设计编排本套习题的着眼点是系列化。遵照循序渐进、温故知新的学习规律,本书对所编、选习题作了系列化的分解式编排,让学生所接触的习题由浅入深、由易至难、逐层深化,在作业与复习的进程中感觉到学有所得,能够比较自然地提高到教学设计中的高水平,从而在系列化的同时推进“习题作业”的科学化,充分发挥这一重要环节在物理教学中的活力与作用。

本书中的“知识体系综述”对所学内容的知识梗概以及发展线索作了提纲挈领的概述,对教材中分别出现的相关或可比规律用列表的方式予以比较,帮助和引导学生将点滴、枝节的概念从知识体系上理顺关系,摸清脉络、加深认识。

本书将大学物理教学内容划分为质点运动学和动力学,功、能和动量、角动量,刚体力学和狭义相对论,热物理学,静电学,稳恒磁场和磁介质,变化电磁场,振动与波,波动光学以及量子物理基础等十个单元。每单元的习题又分为习题和综合讨论题两部分,其中习题与教材内容同步配套,可供学生作业或复习之用;综合讨论题中有帮助学生深化理解物理概念的多层次讨论题,也有指导学生运用概念分析解决问题的综合应用题,为各单元的习题讨论课提供一些精选素材,并对其中少量习题作了讨论式的示范解答。书后的八套自我检测题对应于一年物理学习中的四个阶段,可供学生温故复习时选用。此外,从编者过去五年编选上海交通大学选优物理竞赛卷中筛选出两套选优测试题,以适应因材施教的需要,让不同层次的学生能够各得其所。

孔令达、严燕来、徐志和是本书的主要编写者,孔令达、严燕来负责统稿、审定。顾希知为本书作了大量的校复及新编选习题的解答工作,陶宗瑜为本书绘制了全部图稿,秦树艺为本书作了校核工作。

本书可与《大学物理教程》(吴锡琬主编)配套使用,亦可作为一本独立的大学物理学习指导和习题集,供理工科大学学生和教师参考、选用。

尽管本书内的大部分习题已在前期教学或考试中使用过,限于编者水平,其疏漏、错误之处仍在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

1993年2月

目 录

第一单元 质点运动学·动力学	1
知识体系综述.....	1
第一章 质点运动学.....	5
第二章 质点动力学.....	13
综合讨论题(1)	21
综合讨论题(1) 选解.....	25
第二单元 机械能和功·动量和角动量	30
知识体系综述.....	30
第三章 机械能和功.....	36
第四章 动量和角动量.....	44
综合讨论题(2)	53
综合讨论题(2) 选解.....	57
第三单元 刚体力学·狭义相对论基础	63
知识体系综述.....	63
第五章 刚体力学.....	68
第六章 狭义相对论基础.....	79
综合讨论题(3)	82
综合讨论题(3) 选解.....	87
第一阶段自我检测题	92
试题 A.....	92
试题 B.....	98
第四单元 热物理学	104
知识体系综述.....	104

第七章 热力学平衡态.....	111
第八章 热力学定律.....	116
第九章 气体和凝聚态.....	126
综合讨论题(4)	129
综合讨论题(4) 选解.....	134
第五单元 静电学	138
知识体系综述.....	138
第十章 静电场.....	144
第十一章 导体电学.....	153
第十二章 电介质.....	163
综合讨论题(5)	172
综合讨论题(5) 选解.....	178
第二阶段自我检测题	183
试题 A.....	183
试题 B.....	189
第六单元 稳恒磁场·磁介质	195
知识体系综述.....	195
第十三章 稳恒磁场.....	201
第十四章 磁介质.....	214
综合讨论题(6)	220
综合讨论题(6) 选解.....	225
第七单元 变化电磁场	230
知识体系综述.....	230
第十五章 变化电磁场.....	235
综合讨论题(7)	253
综合讨论题(7) 选解.....	258
第三阶段自我检测题	263
试题 A.....	263
试题 B.....	269

第八单元 振动·波	274
知识体系综述	274
第十六章 振动	282
第十七章 机械波	291
第十八章 电磁波	298
综合讨论题(8)	302
综合讨论题(8) 选解	306
第九单元 波动光学	310
知识体系综述	310
第十九章 光的偏振	316
第二十章 光的干涉和衍射	322
综合讨论题(9)	334
综合讨论题(9) 选解	339
第十单元 量子物理基础	344
知识体系综述	344
第二十一章 量子光学基础	350
第二十二章 量子力学基础	353
第二十三章 固体量子理论基础	357
综合讨论题(10)	358
综合讨论题(10) 选解	361
第四阶段自我检测题	365
试题 A	365
试题 B	370
选优测试题	375
试题 A	375
试题 B	380
参考答案	386

第一单元 质点运动学·动力学

知识体系综述

本单元着重讨论质点运动的描述方法以及作用力与质点运动之间的因果规律。

一、质点运动学

1. 质点运动的坐标系描述

三种坐标系中描述质点运动的比较(以二维运动为例):

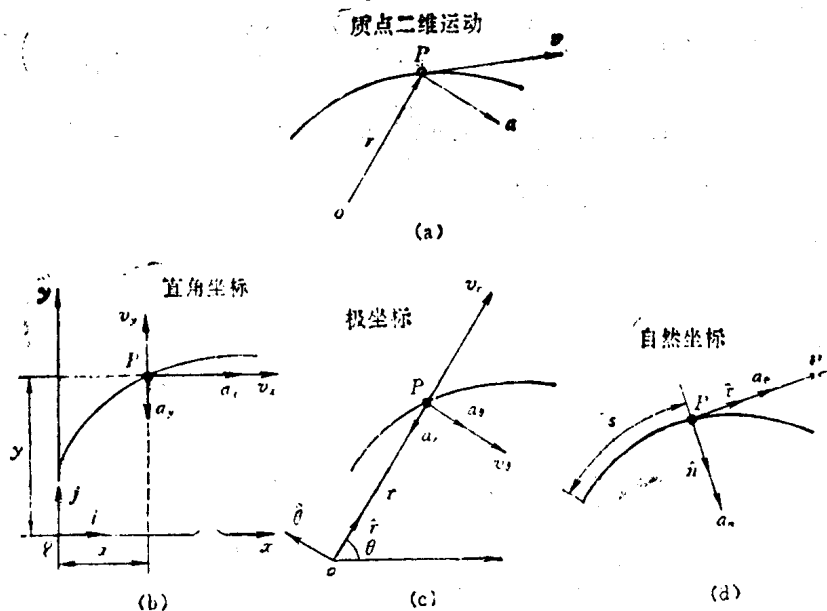


图 1.1

位矢方程: $\mathbf{r}(t)$

矢量式: $\mathbf{r}(t) = x\mathbf{i} + y\mathbf{j}$

$\mathbf{r}(t) = r\hat{\mathbf{r}}$

$s(t)$

分量式: $x(t), y(t)$

$r(t), \theta(t)$

速度:

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

矢量式: $\mathbf{v} = v_x\mathbf{i} + v_y\mathbf{j}$

$\mathbf{v} = v_r\hat{\mathbf{r}} + v_\theta\hat{\boldsymbol{\theta}}$

$\mathbf{v} = v\hat{\boldsymbol{\tau}}$

分量式: $v_x = \frac{dx}{dt}$

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

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

$v_y = \frac{dy}{dt}$

$v_\theta = r\frac{d\theta}{dt}$

加速度: $\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{d^2\mathbf{r}}{dt^2}$

矢量式: $\mathbf{a} = a_x\mathbf{i} + a_y\mathbf{j}$

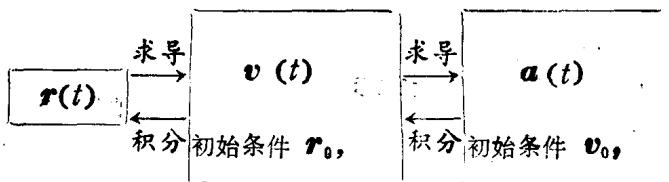
$\mathbf{a} = a_r\hat{\mathbf{r}} + a_\theta\hat{\boldsymbol{\theta}}$

$\mathbf{a} = a_n\hat{\mathbf{n}} + a_\tau\hat{\boldsymbol{\tau}}$

分量式: $a_x = \frac{dv_x}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2}$ $a_r = \frac{d^2r}{dt^2} - r\left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2$ $a_n = \frac{v^2}{\rho} = \frac{1}{\rho}\left(\frac{ds}{dt}\right)^2$

$a_y = \frac{dv_y}{dt} = \frac{d^2y}{dt^2}$ $a_\theta = r\frac{d^2\theta}{dt^2} + 2\frac{dr}{dt}\frac{d\theta}{dt}$ $a_\tau = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2s}{dt^2}$

2. 两类运动学问题



3. 相对运动

以时空绝对性为前提, 讨论同一质点的运动在两个相对作平动的参考系中的变换关系。

(1) 相对运动的变换式:

$$\mathbf{r} = \mathbf{R} + \mathbf{r}'$$

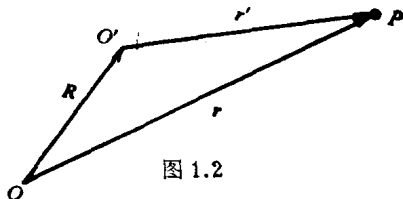


图 1.2

$$\mathbf{v} = \mathbf{u} + \mathbf{v}',$$

$$\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{u}}{dt} + \mathbf{a}'.$$

(2) 伽利略变换：相互作用匀速直线运动的两个参考系中的运动变换，设 x 与 x' 轴重合且同向， o 与 o' 重合时， $t = t' = 0$ ，

$$x = x' + ut,$$

$$y = y',$$

$$z = z'.$$

二、质点动力学

1. 惯性参考系中的力学规律 牛顿三定律

(1) 牛顿第一定律： $\mathbf{F} = 0$ 时， $\mathbf{v} = \text{恒矢量}$ 。牛顿第一定律阐明了惯性与力的概念，定义了惯性系。

(2) 牛顿第二定律：

$$\text{普遍形式：}\mathbf{F} = \frac{d(m\mathbf{v})}{dt},$$

$$\text{经典形式：}\mathbf{F} = m\frac{d\mathbf{v}}{dt} = m\mathbf{a} \quad (m \text{ 为恒量}).$$

(3) 牛顿第三定律： $\mathbf{F}_{12} = -\mathbf{F}_{21}$ 。

牛顿运动定律是物体作低速运动($v \ll c$)时所遵循的动力学基本规律，是经典力学的基础。

2. 非惯性参考系中的力学规律

(1) 惯性力：

$$\mathbf{F}_I = -m(\mathbf{a} - \mathbf{a}') = \begin{cases} \rightarrow \text{平移加速系 } \mathbf{F}_I = -m\mathbf{a}_0, \\ \rightarrow \text{匀速转动系 } \mathbf{F}_I = -m\omega^2 \mathbf{r}, (\mathbf{a}' = 0). \end{cases}$$

惯性力既无施力者，亦无受力者，但同样能改变物体的运动状态，体现了参考系的加速效应。

(2) 力学规律: $\mathbf{F} + \mathbf{F}_I = m\mathbf{a}'$,

是引入惯性力后非惯性系中的牛顿第二定律。

3. 相互作用力

(1) 常见的接触力: 宏观上的接触力是微观上分子、原子间电磁相互作用力的总和。

弹性力: $\mathbf{F} = -kx\mathbf{i}$ 。

摩擦力: $f_{\text{静}} = \mu_s N$ (最大值), $f_k = \mu_k N$ 。

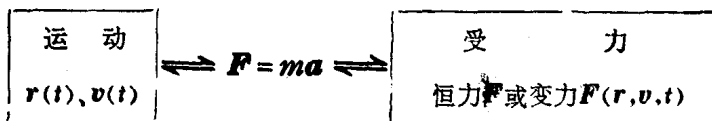
流体阻力: $f = -bv$ 或 $f = -cv^2$ 。

(2) 基本的自然力: 质引力、电磁力、强力和弱力。

自然界多种不同形式的力都是上述四种基本相互作用的实际表现。

三、解决动力学问题的思想方法

1. 运动学与动力学问题交叉



动力学问题主要是运动学与牛顿运动定律的结合, 而加速度是两者结合的桥梁。

2. 求解动力学问题的主要步骤

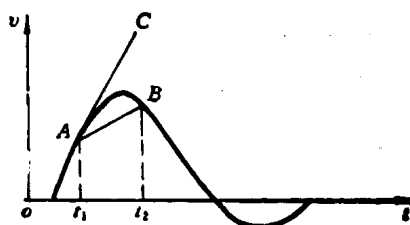
恒力作用下的连接体约束运动: 选取研究对象, 分析运动趋势, 画出隔离体示力图, 列出分量式的运动方程。

变力作用下的单质点运动: 分析力函数, 选取坐标系, 列运动方程, 用积分法求解。

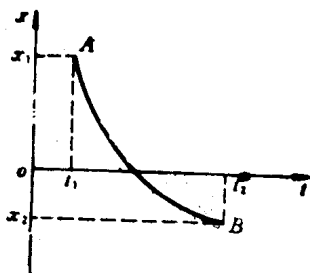
第一章 质点运动学

1.1 一质点作直线运动，其速度与时间的关系曲线如图所示。

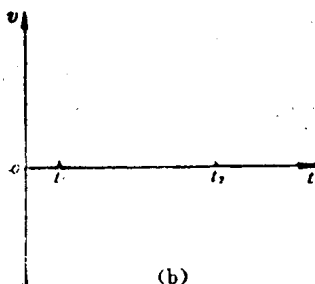
图中过A点的切线AC的斜率表示什么？割线AB的斜率表示什么？曲线下面积 $\int_{t_1}^{t_2} v(t) dt$ 表示什么？



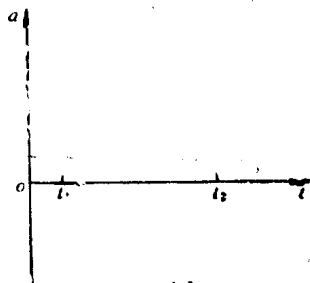
题 1.1 图



(a)



(b)



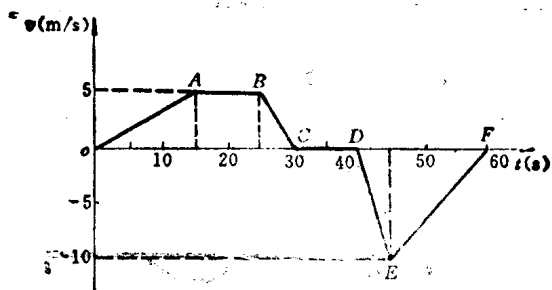
(c)

题 1.2 图

1.2 某质点的运动方程曲线如图a所示, AB 为抛物线的一部分。试在图b、c中画出与该运动曲线相应的速度图线和加速度图线的大致情况, 并扼要地说明该质点从 $0 \sim t_2$ 时间中的运动情况。

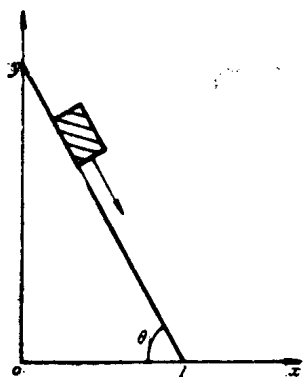
1.3 一辆汽车沿着笔直的公路行驶, 速度与时间的关系如图中折线 $OABCDEF$ 所示。

(1) 试画出加速度-时间变化曲线;



题 1.3 图

(2) 根据速度-时间曲线计算汽车在整个行驶过程中走过的路程和位移。



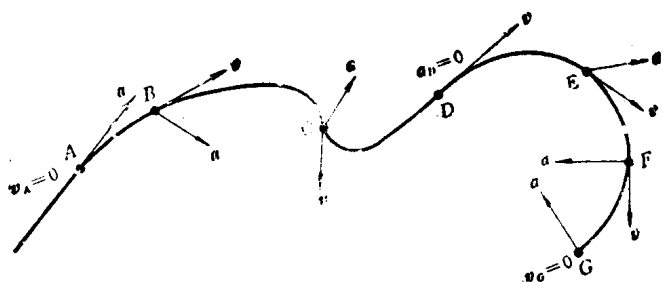
题 1.4 图

1.4 一物体沿底边为 l , 高为 h 的光滑斜面下滑, 自顶端静止开始滑至底边, 取如图所示直角坐标,

(1) 写出物体的运动方程 $x(t)$ 和 $y(t)$;

(2) 若底边长度固定, 物体从什么高度的斜面滑到底边所需的时间最短?

1.5 一质点沿着轨迹 $ABCDEFGF$ 运动, 如图所示。试分析图中各点的运动情况, 其中哪些是可能的? 哪些是不可能的? 并填在表中。

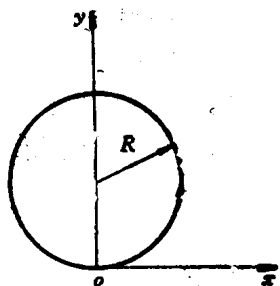


题 1.5 图

各点情况	A	B	C	D	E	F	G
运动是否可能							
通过该点速度值 将增加还是减小							
通过该点速度方向 将改变还是不改变							

1.6 一质点在半径 $R=3\text{m}$ 的圆周上沿逆时针方向作匀速率运动，完成一周所需要的时间为 20s ， $t=0$ 时质点从原点开始运动，如图所示。试用矢量解析式表达：

- (1) 质点的运动方程；
- (2) 第 5s 到第 10s 时的质点位移及这段时间内的平均速度；



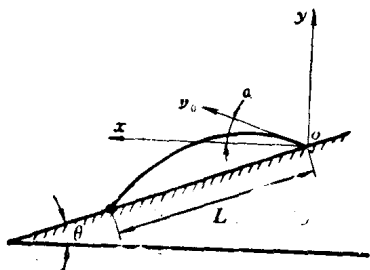
题 1.6 图

- (3) 第 5s 到第 10s 时间内的平均加速度。

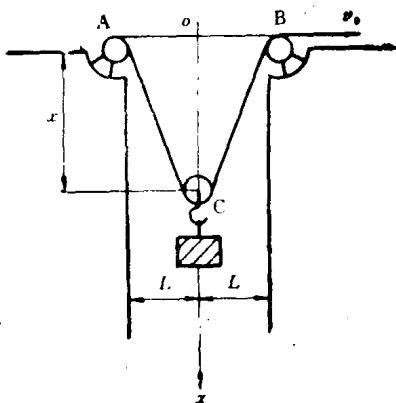
1.7 在倾角为 θ 的斜坡上，沿与水平成仰角 α 的方向抛出一石

块。设石块落地点离抛射点的距离为 L ,如图所示。

- (1) 设取如图所示坐标系,写出石块的运动方程 $x(t)$ 和 $y(t)$;
- (2) 计算石块的初速度 v_0 。



题 1.7图



题 1.8图

1.8 一重物起吊装置如图所示,C为动滑轮,B为定滑轮。现以速率 v_0 抽拉绳子,试求滑轮C在 x 位置时重物的速度和加速度。

1.9 一质点在 XY 平面上运动,运动方程为 $x=2t$, $y=19-2t^2$ (x, y 的单位为m, t 的单位为s)。

- (1) 计算并图示质点运动的轨迹;
- (2) 写出 $t=2$ s时,质点的位置矢量式;
- (3) 写出2s末的瞬时速度和瞬时加速度矢量式。

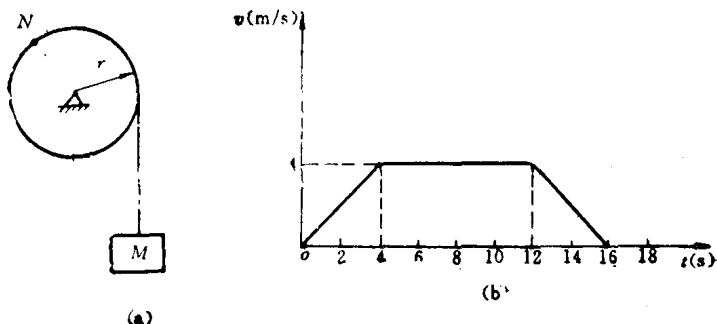
1.10 承上题:

(1) 什么时候位置矢量与速度矢量垂直,这时它们的 x, y 分量各为多少?

(2) 质点何时离原点最近,求出相应的距离 r 。

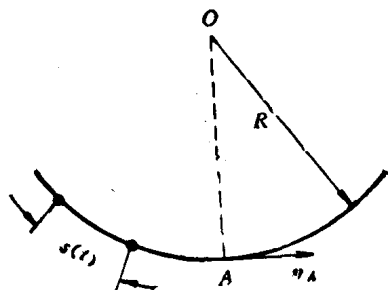
1.11 图a为矿井提升机,绞筒的半径 $r=0.5$ m,图b为料斗 M 工作时的速度图线。试求 $t=2, 8, 14$ s时刻绞筒边缘上 N 点的加速度。

1.12 如图所示,飞机绕半径 $R=1$ km的圆弧在竖直平面内



题 1.11图

飞行, 飞行的路程服从 $s(t) = 50 + t^3(\text{m})$ 的规律, 飞机飞过最低点 A 时速率 $v_A = 192\text{m/s}$. 试求飞机飞过最低点 A 时的切向、法向和总加速度。

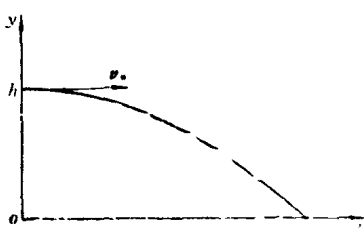


题 1.12图

1.13 汽车沿一圆周以 $v_0 = 7.0\text{m/s}$ 的初速率作匀减速率行驶, 经过时间 $t_1 = 5\text{s}$ 后, 汽车的加速度与速度之间的夹角 $\theta_1 = 135^\circ$; 又经过 $t_2 = 3\text{s}$ 后, 汽车的加速度与速度之间夹角 $\theta_2 = 150^\circ$. 试求:

- (1) 圆周半径 R ;
- (2) 切向加速度;
- (3) 该两时刻汽车的法向加速度 a_{n1} 和 a_{n2} .

1.14 一质点在高度 h 处以初速度 v_0 水平抛出, 计算质点轨迹在抛出点和落地点处的曲率半径。



题 1.14图

1.15 xy 平面内有一运动质点, 其运动方程为

$$\begin{cases} x = t^2, \\ y = 2t, \end{cases}$$