



工业和信息化普通高等教育  
“十二五”规划教材

21世纪高等学校规划教材

# 物理学 学习与提高指南

许丽萍 薛锐 主编

21st Century University  
Planned Textbooks



中国工信出版集团



人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS



工业和信息化普通高等教育  
“十二五”规划教材

21世纪高等学校规划教材

# 物理学 学习与提高指南



许丽萍 薛锐 主编

21st Century University  
Planned Textbooks

人民邮电出版社

北京

## 图书在版编目 (C I P) 数据

物理学学习与提高指南 / 许丽萍, 薛锐主编. — 北京: 人民邮电出版社, 2016.2  
ISBN 978-7-115-41599-8

I. ①物… II. ①许… ②薛… III. ①物理学—高等学校—教学参考资料 IV. ①04

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第017151号

## 内 容 提 要

本书是根据许丽萍、田瑞生、魏天杰主编的《物理学原理简明教程》(上下册)的主要内容,结合参与该课程教学的专任教师多年的教学经验及切身体会而编写的。内容主要涉及《物理学原理简明教程》中对应章节的重要概念、基本规律、学习要求、例题精解、应用示例、思考题解答及习题解答等。在例题精解中更注重对物理规律的把握,明确解题思路;在应用示例中介绍了物理学在工程技术中的相关应用,注重理工融合。全书内容主要包括:力学、振动与波、热学、电磁学、波动光学、近代物理。

本书可作为高等院校工科各专业的基础物理学教学的参考书,也可供相关专业研究生、教师或其他人员参考使用。

- 
- ◆ 主 编 许丽萍 薛 锐  
责任编辑 邹文波  
责任印制 沈 蓉 彭志环
  - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号  
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷
  - ◆ 开本: 787×1092 1/16  
印张: 30.25 2016年2月第1版  
字数: 687千字 2016年2月河北第1次印刷
- 

定价: 65.00 元

读者服务热线: (010)81055256 印装质量热线: (010)81055316  
反盗版热线: (010)81055315

# 前 言

1993年3月,在美国亚特兰大召开的第23届国际纯粹物理和应用物理联合会代表大会上所通过的决议,深刻地阐述了物理学对社会的重要性。

物理学——研究物质、能量和它们的相互作用的科学——是一项国际事业,它对人类未来的进步起着关键的作用。对物理教育的支持与研究,在所有的国家都是重要的,这是因为:

(1) 物理学是一项激动人心的智力探险活动,它鼓舞着年轻人,并扩展着我们关于大自然知识的疆界。

(2) 物理学发展着未来技术进步所需要的基本知识,而技术进步将持续驱动世界经济发动机的运转。

(3) 物理学有助于技术的基本建设,它为科学进步和发明的利用提供所需的训练有素的人才。

(4) 物理学在培养化学家、工程师、计算机科学家以及其他物理科学和生物医学科学工作者的教育中,是一个重要的组成部分。

(5) 物理学扩展和提高我们对其他科学的理解,诸如地球科学、农业科学、化学、生物学、环境科学以及天文学和宇宙学——这些学科对世界上所有民族都是至关重要的。

(6) 物理学提供了应用于医学的新设备和新技术所需的基本知识,如计算机层析术(CT)、磁共振成像、正电子发射层析术、超声波成像和激光手术等,改善了我们的生活质量。

物理学在推进人类文明进步、为技术进步提供理论支撑等方面的巨大作用已成为有识之士的共识。

物理学家费恩曼曾经说过:“我们能够更好地帮助学生的一个办法是,多花一些精力去编撰一些能够阐明讲课中某些概念的习题。习题能够充实课堂讲授,使讲过的概念更加实际、更加完整和更加易于记忆。”

但由于授课时数的限制,在大学物理教学过程中,只能是配置适量的习题与应用实例。为了适应当前高等教育改革中注重素质培养和能力提高、加强基础、拓宽专业的需要,帮助学生更好地理解物理学基本理论及其在工程技术中的应用,在多年教学累积的基础上,结合教学工作的需要,针对现时学生的学习要求,我们编写了《物理学学习与提高指南》一书。

与其他同类参考书相比,本书具有如下特点。

(1) 注重基本概念、基本规律的归纳、总结。

(2) 注重解题思路与方法的讲解。在例题精解部分, 选取应用基本原理解决相关问题的典型例题。解题过程中, 对有一定难度的例子, 先给出解题思路, 明确解决相关问题用到的基本方法、物理原理或定律及相关数学运算等, 然后再进行具体求解。

(3) 注重基础理论知识与工程实际应用的结合。在应用示例部分, 选取与各章基本原理密切相关的应用实例。这样, 既保证了学生对基本知识的掌握, 又与工程应用实例融合到一起, 使学生感到物理学好玩、好学、好用。

各章内容由重要概念、基本规律、学习要求, 例题精解、应用示例、思考题解答、习题解答等组成。

参加本书编写的教师都是近年来在第一线讲授“大学物理”课程的教师。本书编写分工如下: 赵瑞娟负责第1章及第2章; 许丽萍负责第3章及第19章; 段美玲负责第4章; 李向荣负责第5章及第6章; 李慧生负责第7章及第8章; 郑忠喜负责第9章及第10章; 于慧负责第11章及第12章; 薛锐负责第13章及第14章; 李志坚负责第15章; 齐晓霞负责第16章及第17章; 苏宁宁负责第18章; 牛万青负责第20章及第21章。

全书完成后, 也请其他讲授相关课程的教授仔细审阅了全稿, 并提出很多宝贵意见, 进一步提高了本书的质量。编者谨在此一并表示衷心的感谢。

编者

2015年12月

# 目 录

## 第一篇 力学

<b>第 1 章 质点运动学</b> .....	<b>2</b>
1.1 重要概念 .....	2
1.2 基本规律 .....	5
1.3 学习要求 .....	5
1.4 例题精解 .....	6
1.5 应用示例 .....	9
1.6 思考题解答 .....	13
1.7 习题解答 .....	17
<b>第 2 章 牛顿定律</b> .....	<b>35</b>
2.1 重要概念 .....	35
2.2 基本规律 .....	36
2.3 学习要求 .....	37
2.4 例题精解 .....	37
2.5 应用示例 .....	43
2.6 思考题解答 .....	47
2.7 习题解答 .....	49
<b>第 3 章 动量守恒定律和能量守恒定律</b> .....	<b>64</b>
3.1 重要概念 .....	64
3.2 基本规律 .....	66
3.3 学习要求 .....	68
3.4 例题精解 .....	68
3.5 应用示例 .....	73
3.6 思考题解答 .....	83
3.7 习题解答 .....	86
<b>第 4 章 刚体的转动</b> .....	<b>96</b>
4.1 重要概念 .....	96
4.2 基本规律 .....	97

4.3 学习要求 .....	99
4.4 例题精解 .....	99
4.5 应用示例 .....	106
4.6 思考题解答 .....	113
4.7 习题解答 .....	116

## 第二篇 振动与波

<b>第5章 机械振动</b> .....	<b>127</b>
5.1 重要概念 .....	127
5.2 基本规律 .....	128
5.3 学习要求 .....	129
5.4 例题精解 .....	129
5.5 应用示例 .....	135
5.6 思考题解答 .....	139
5.7 习题解答 .....	142
<b>第6章 机械波</b> .....	<b>151</b>
6.1 重要概念 .....	151
6.2 基本规律 .....	153
6.3 学习要求 .....	154
6.4 例题精解 .....	154
6.5 应用示例 .....	158
6.6 思考题解答 .....	162
6.7 习题解答 .....	166

## 第三篇 热学

<b>第7章 气体动理论</b> .....	<b>173</b>
7.1 重要概念 .....	173
7.2 基本规律 .....	174
7.3 学习要求 .....	175
7.4 例题精解 .....	175
7.5 应用示例 .....	177
7.6 思考题解答 .....	181
7.7 习题解答 .....	183
<b>第8章 热力学基础</b> .....	<b>187</b>
8.1 重要概念 .....	187

8.2 基本规律 .....	188
8.3 学习要求 .....	190
8.4 例题精解 .....	190
8.5 应用示例 .....	193
8.6 思考题解答 .....	196
8.7 习题解答 .....	197

## 第四篇 电磁学

<b>第9章 静电场</b> .....	<b>203</b>
9.1 重要概念 .....	203
9.2 基本规律 .....	203
9.3 学习要求 .....	204
9.4 例题精解 .....	205
9.5 应用示例 .....	212
9.6 思考题解答 .....	215
9.7 习题解答 .....	216
<b>第10章 静电场中的导体和电介质</b> .....	<b>225</b>
10.1 重要概念 .....	225
10.2 基本规律 .....	226
10.3 学习要求 .....	227
10.4 例题精解 .....	227
10.5 应用示例 .....	233
10.6 思考题解答 .....	234
10.7 习题解答 .....	236
<b>第11章 恒定电流</b> .....	<b>248</b>
11.1 重要概念 .....	248
11.2 基本规律 .....	249
11.3 学习要求 .....	249
11.4 例题精解 .....	249
11.5 应用示例 .....	253
11.6 思考题解答 .....	261
11.7 习题解答 .....	262
<b>第12章 恒定磁场</b> .....	<b>265</b>
12.1 重要概念 .....	265
12.2 基本规律 .....	266



12.3	学习要求 .....	268
12.4	例题精解 .....	269
12.5	应用示例 .....	276
12.6	思考题解答 .....	290
12.7	习题解答 .....	293
<b>第 13 章</b>	<b>电磁感应 .....</b>	<b>303</b>
13.1	重要概念 .....	303
13.2	基本规律 .....	305
13.3	学习要求 .....	305
13.4	例题精解 .....	306
13.5	应用示例 .....	309
13.6	思考题解答 .....	315
13.7	习题解答 .....	317
<b>第 14 章</b>	<b>物质的磁性 .....</b>	<b>328</b>
14.1	重要概念 .....	328
14.2	基本规律 .....	329
14.3	学习要求 .....	330
14.4	例题精解 .....	330
14.5	应用示例 .....	333
14.6	思考题解答 .....	335
14.7	习题解答 .....	336
<b>第 15 章</b>	<b>麦克斯韦方程组、电磁场与电磁波 .....</b>	<b>340</b>
15.1	重要概念 .....	340
15.2	基本规律 .....	341
15.3	学习要求 .....	342
15.4	例题精解 .....	342
15.5	应用示例 .....	344
15.6	思考题解答 .....	347
15.7	习题解答 .....	348

## 第五篇 波动光学

<b>第 16 章</b>	<b>光的干涉 .....</b>	<b>357</b>
16.1	重要概念 .....	357
16.2	基本规律 .....	358

16.3	学习要求 .....	360
16.4	例题精解 .....	360
16.5	应用示例 .....	363
16.6	思考题解答 .....	366
16.7	习题解答 .....	368
<b>第 17 章</b>	<b>光的衍射 .....</b>	<b>374</b>
17.1	重要概念 .....	374
17.2	基本规律 .....	375
17.3	学习要求 .....	376
17.4	例题精解 .....	376
17.5	应用示例 .....	379
17.6	思考题解答 .....	384
17.7	习题解答 .....	385
<b>第 18 章</b>	<b>光的偏振 .....</b>	<b>390</b>
18.1	重要概念 .....	390
18.2	基本规律 .....	391
18.3	学习要求 .....	392
18.4	例题精解 .....	392
18.5	应用示例 .....	394
18.6	思考题解答 .....	396
18.7	习题解答 .....	397
<b>第六篇 近代物理</b>		
<b>第 19 章</b>	<b>狭义相对论 .....</b>	<b>401</b>
19.1	重要概念 .....	401
19.2	基本规律 .....	402
19.3	学习要求 .....	404
19.4	例题精解 .....	404
19.5	应用示例 .....	411
19.6	思考题解答 .....	422
19.7	习题解答 .....	424
<b>第 20 章</b>	<b>光的量子性 .....</b>	<b>432</b>
20.1	重要概念 .....	432
20.2	基本规律 .....	433

20.3	学习要求 .....	434
20.4	例题精解 .....	434
20.5	应用示例 .....	436
20.6	思考题解答 .....	441
20.7	习题解答 .....	443
<b>第 21 章</b>	<b>量子物理基础 .....</b>	<b>450</b>
21.1	重要概念 .....	450
21.2	基本规律 .....	451
21.3	学习要求 .....	452
21.4	例题精解 .....	453
21.5	应用示例 .....	455
21.6	思考题解答 .....	461
21.7	习题解答 .....	463
<b>参考文献</b>	<b>.....</b>	<b>474</b>

# 第一篇

# 力 学

力学是研究物体运动规律的一门科学。它研究物体在力的作用下运动的状态和规律。力学是物理学的一个分支，也是工程技术的理论基础。力学的发展经历了漫长的历史过程，从古代的力学到现代的力学，经历了从定性到定量、从经验到理论、从宏观到微观、从经典力学到量子力学、从牛顿力学到相对论力学的过程。力学在自然科学和工程技术中都有广泛的应用。力学是研究物体运动规律的一门科学。它研究物体在力的作用下运动的状态和规律。力学是物理学的一个分支，也是工程技术的理论基础。力学的发展经历了漫长的历史过程，从古代的力学到现代的力学，经历了从定性到定量、从经验到理论、从宏观到微观、从经典力学到量子力学、从牛顿力学到相对论力学的过程。力学在自然科学和工程技术中都有广泛的应用。

## 总 要 要 重

力学是研究物体运动规律的一门科学。

力学是物理学的一个分支。

力学是研究物体在力的作用下运动的状态和规律的一门科学。它研究物体在力的作用下运动的状态和规律。力学是物理学的一个分支，也是工程技术的理论基础。力学的发展经历了漫长的历史过程，从古代的力学到现代的力学，经历了从定性到定量、从经验到理论、从宏观到微观、从经典力学到量子力学、从牛顿力学到相对论力学的过程。力学在自然科学和工程技术中都有广泛的应用。

力学是研究物体运动规律的一门科学。它研究物体在力的作用下运动的状态和规律。力学是物理学的一个分支，也是工程技术的理论基础。力学的发展经历了漫长的历史过程，从古代的力学到现代的力学，经历了从定性到定量、从经验到理论、从宏观到微观、从经典力学到量子力学、从牛顿力学到相对论力学的过程。力学在自然科学和工程技术中都有广泛的应用。

力学是研究物体运动规律的一门科学。

力学是物理学的一个分支。

$$F = ma$$

# 第1章 质点运动学

物理学是研究物质最普遍、最基本的运动形式规律的一门学科，这些运动形式包括机械运动、分子热运动、电磁运动、原子和原子核运动以及其他微观粒子运动等。机械运动是这些运动中最简单、最常见的运动形式，其基本形式有平动和转动。在平动过程中，若物体各点的位置没有相对变化，那么各点所移动的路径完全相同，可用物体上任一点的运动来代表整个物体的运动，从而可研究物体的位置随时间而改变的情况。我们提到的质点是一个抽象（理想）模型，当在一个力学问题中物体的大小、形状可以忽略时，我们可以把物体当作一个只具有质量而忽略几何尺度的点来处理。在物理学的研究中，这种理想模型的建立是十分重要的。研究物体机械运动的规律时，就是从质点运动的规律入手，再研究刚体运动的规律，从而逐步深入的。本章的内容绝对不是高中物理内容的简单重复，它包含许多新的物理思想和数学方法，一定要重视。

## 1.1 重要概念

### 1.1.1 参考系、质点

#### 1. 参考系和坐标系

为描述物体的运动而选择的标准物（或物体组）称为参考系。不同的参考系对同一物体运动情况的描述是不同的。因此，在讲述物体的运动情况时，必须指明是对什么参考系而言的。参考系的选择是任意的。在讨论地面上物体的运动时，通常选地球作为参考系。

为了定量描述物体（质点）的运动，必须将参考系进行量化。量化后的参考系就称为坐标系。量化方式的不同就形成了不同的坐标系。力学中常用的坐标系有固定直角坐标系和自然坐标系。

#### 2. 质点

质点是一个理想化的力学模型。当物体的大小和形状忽略不计时，可以把物体当做只有质量而没有形状和大小点，这就是质点。

### 1.1.2 位置矢量、位移矢量

#### 1. 位置矢量

$$\boldsymbol{r} = x\boldsymbol{i} + y\boldsymbol{j} + z\boldsymbol{k}$$

## 2. 运动学方程 (kinematics equation)

$$\mathbf{r} = \mathbf{r}(t) = x(t)\mathbf{i} + y(t)\mathbf{j} + z(t)\mathbf{k}$$

分量表示

$$x = x(t), y = y(t), z = z(t)$$

## 3. 轨道方程

消去参数  $t$ ,  $y = y(x)$ 

## 4. 位移

$$\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1$$

分量表示

$$\Delta x = x_2 - x_1$$

$$\Delta y = y_2 - y_1$$

$$\Delta z = z_2 - z_1$$

## 1.1.3 速度、加速度、切向加速度、法向加速度

## 1. 平均速度 (average velocity)

$$\bar{\mathbf{v}} = \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} = \frac{\mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1}{t_2 - t_1}$$

## 2. 瞬时速度 (instantaneous velocity)

$$\mathbf{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{r}}{dt}$$

速度的分量

$$v_x = \frac{dx}{dt}, \quad v_y = \frac{dy}{dt}, \quad v_z = \frac{dz}{dt}$$

## 3. 位移公式

$$\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r} - \mathbf{r}_0 = \int_0^t \mathbf{v} dt$$

## 4. 平均加速度 (average acceleration)

$$\bar{\mathbf{a}} = \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t} = \frac{\mathbf{v}_2 - \mathbf{v}_1}{t_2 - t_1}$$

## 5. 瞬时加速度 (instantaneous acceleration)

$$\mathbf{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{d^2 \mathbf{r}}{dt^2}$$

加速度的分量

$$a_x = \frac{dv_x}{dt} = \frac{d^2 x}{dt^2}, \quad a_y = \frac{dv_y}{dt} = \frac{d^2 y}{dt^2}, \quad a_z = \frac{dv_z}{dt} = \frac{d^2 z}{dt^2}$$

## 6. 速度公式

$$\Delta \mathbf{v} = \mathbf{v} - \mathbf{v}_0 = \int_0^t \mathbf{a} dt$$

## 7. 法向加速度

$$a_n = \frac{v^2}{r} \quad (\text{方向指向圆心})$$

## 8. 切向加速度

$$a_{\tau} = \frac{dv}{dt}$$

质点速率增加时,  $a_{\tau} > 0$ , 即  $\mathbf{a}_{\tau}$  沿速度  $v$  的方向。

## 1.1.4 几种典型的质点运动

## 1. 直线运动 (linear motion)

$$\rho \rightarrow \infty, \quad a_n = 0$$

## 匀速直线运动 (uniform motion)

$$a_{\tau} = 0, \quad v = \text{常量}$$

## 匀变速直线运动 (uniformly accelerated rectilinear motion)

$$a_{\tau} \neq 0, \quad a_{\tau} = \text{常数}$$

## 变速直线运动 (change speed linear motion)

$$a_{\tau} \neq 0, \quad a_{\tau} \neq \text{常数}$$

## 2. 一般曲线运动 (curvilinear motion)

$$\mathbf{a} = \mathbf{a}_n + \mathbf{a}_{\tau} = \frac{v^2}{\rho} \mathbf{e}_n + \frac{dv}{dt} \mathbf{e}_{\tau}$$

## 3. 匀速率圆周运动 (uniform circular motion)

$$\rho = R = \text{常数}, \quad a_{\tau} = 0, \quad v = \text{常数}, \quad \mathbf{a} = \mathbf{a}_n = \frac{v^2}{R} \mathbf{e}_n$$

## 4. 变速率圆周运动 (variable-rate circle motion)

$$\rho = R = \text{常数}, \quad \mathbf{a} = \mathbf{a}_n + \mathbf{a}_{\tau} = \frac{v^2}{\rho} \mathbf{e}_n + \frac{dv}{dt} \mathbf{e}_{\tau}$$

$$a = \sqrt{a_n^2 + a_{\tau}^2}$$

$$\theta(\mathbf{a}, \mathbf{v}) = \arctan \frac{a_n}{a_{\tau}}$$

## 1.1.5 角量描述、线量与角量间关系

## 1. 角位移、角速度和角加速度 (angular displacement, angular velocity and angular acceleration)

角位移

$$\Delta\theta = \theta_{t+\Delta t} - \theta_t$$

平均角速度

$$\bar{\omega} = \Delta\theta / \Delta t$$

角速度

$$\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{d\theta}{dt}$$

平均角加速度

$$\bar{\alpha} = \Delta\omega / \Delta t$$

瞬时角加速度

$$\alpha = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\theta}{dt^2}$$

匀变速圆周运动中,  $\alpha = \text{常数}$ , 若  $t=0$  时,  $\omega = \omega_0, \theta = \theta_0$ , 由  $d\omega = \alpha dt$ , 有

$$\int_{\omega_0}^{\omega} d\omega = \int_0^t \alpha dt, \quad \omega = \omega_0 + \alpha t$$

由  $d\theta = \omega dt$ , 有

$$\int_{\theta_0}^{\theta} d\theta = \int_0^t (\omega_0 + \alpha t) dt, \quad \theta = \theta_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2$$

## 2. 线量与角量间的关系

角位移与路程的关系

$$\Delta s = R\Delta\theta \quad (\text{圆周角 } \Delta\theta \text{ 对应的弧长})$$

质点速率

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

质点的切向加速度

$$a_t = \frac{dv}{dt} = R \frac{d\omega}{dt} = R\alpha$$

质点的法向加速度

$$a_n = \frac{v^2}{R} = v\omega = R\omega^2$$

## 1.2 基本规律

**运动叠加原理:** 当物体同时参与两个或多个运动时, 其总的运动是各个独立运动的叠加, 这个结论称为运动叠加原理或运动的独立性原理。任意曲线运动都可以视为沿  $x$ ,  $y$ ,  $z$  轴的三个各自独立的直线运动的叠加 (矢量加法)。

## 1.3 学习要求

(1) 掌握位矢、位移、速度、加速度、角速度、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) 掌握应用微分和积分求运动量或运动方程的方法; 能借助直角坐标系计算质点在平面内运动的速度、加速度; 能计算质点做圆周运动时的角速度、角加速度、切向加速度和法向加速度。



(3) 理解伽利略相对性原理, 理解伽利略坐标、速度变换瞬时速度和瞬时加速度。确切理解法向加速度和切向加速度的物理意义。

(4) 了解非惯性参考系及不同参考系中各物理量之间的关系等。

## 1.4 例题精解

**例 1-1** 如图 1-1 所示, 一炮弹发射后在其运行轨道的最高点  $h = 19.6 \text{ m}$  处炸裂成质量相等的两块, 其中一块在爆炸后以  $\boldsymbol{v} = 1000\boldsymbol{i} + 14.7\boldsymbol{j}$  (SI) 的速度运动; 另一块在爆炸后落到爆炸点正下方的地面上, 设此处与发射点的距离  $s_1 = 1000 \text{ m}$ 。问另一块落地点与发射点的距离  $s_2$  是多少 (设空气阻力不计)?

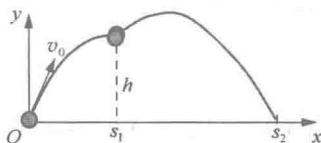


图 1-1 例 1-1 图

**分析:** 考查斜抛运动。炮弹的运动分为三个过程, 分别对其用质点运动学斜抛物体运动规律进行分析, 运用质点的位移公式不用考虑具体运动的轨迹过程, 直接列方程求解。

**解:** 过程 1: 炮弹自发射至轨道最高点炸裂前的斜抛运动过程。

过程 2: 炮弹在最高点炸裂的过程。

过程 3: 两碎片炸裂后的运动过程。

考查作斜抛运动的碎片, 设其初速的两个分量分别为  $v_{x0}$ 、 $v_{y0}$ , 开始抛出的时刻为  $t_0 = 0$ 。

$x$  方向匀速直线运动

$$x - s_1 = v_{x0}t \quad (1)$$

$y$  方向上抛运动

$$y - h = v_{y0}t - \frac{1}{2}gt^2 \quad (2)$$

落地时  $y = 0$ , 代入已知条件  $h = 19.6 \text{ m}$  和  $v_x = 1000 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $v_y = 14.7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  得

$$s_2 = s_1 + v_x t = (1000 + 1000 \times 4) \text{ m} = 5000 \text{ m}$$

**例 1-2** (1) 对于做匀速圆周运动的质点, 试用直角坐标和单位矢量  $\boldsymbol{i}$  和  $\boldsymbol{j}$  表示其位置矢量  $\boldsymbol{r}$ , 并由此导出速度  $\boldsymbol{v}$  和加速度  $\boldsymbol{a}$  的矢量表达式。

(2) 试证明加速度  $\boldsymbol{a}$  的方向指向轨道圆周的中心。

**分析:** (1) 考查对质点位移公式、速度公式、加速度概念及公式的理解, 质点的速度为位移对时间的一阶导数, 加速度为位移对时间的二阶导数。位移矢量可以分解为两个相互垂直方向的分量, 同样, 速度矢量也可以分解为两个互相垂直方向的分量, 加速度同理。

(2) 由推导出的加速度的表达式整理即可得到, 方向与位置矢量  $\boldsymbol{r}$  的方向相反即可, 因为  $\boldsymbol{r}$