

提分攻略系列  
最新修订版

# 疑难与规律详解

Y I N A N Y U G U I L U X I A N G J I E



# 高中物理

## 物理模型

丛书主编：福生 本册主编：闫洪兴

 提分攻略系列  
最新修订版

YINAN YU GUILÜ XIANGJIE

疑难与规律详解

# 高中物理 物理模型

GAOZHONG WULI WULI MOXING

本册主编：闫洪兴

 GUANGXI NORMAL UNIVERSITY PRESS  
广西师范大学出版社

· 桂林 ·

## 图书在版编目 (CIP) 数据

疑难与规律详解. 高中物理. 物理模型 / 闫洪兴主编. — 桂林: 广西师范大学出版社, 2012.5 (2013.5 重印)  
(提分攻略系列 / 福生主编)  
ISBN 978-7-5495-1694-0

I. 疑… II. 闫… III. 中学物理课—高中—教学参考资料 IV. G634

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 084564 号

广西师范大学出版社出版发行

( 广西桂林市中华路 22 号 邮政编码: 541001 )  
( 网址: <http://www.bbtpress.com> )

出版人: 何林夏

全国新华书店经销

三河市华晨印务有限公司印刷

( 河北省三河市杨庄镇杨庄村 邮政编码: 065200 )

开本: 710 mm × 960 mm 1/16

印张: 18 字数: 461 千字

2012 年 5 月第 1 版 2013 年 5 月第 3 次印刷

印数: 21 001~36 000 册 定价: 29.80 元

---

如发现印装质量问题, 影响阅读, 请与印刷厂联系调换。



# PREFACE 序言

新课标和新课改理念越来越重视对学生的思维能力、实践能力和创新能力的培养。考试大纲要求考试命题要全面落实新课改理念，把对能力的考查放在首要位置，把以测试能力为主导的命题思想落实到每道题目中。“提分攻略”系列图书正是在这种背景下经过精心策划而出版，该系列包括“疑难与规律详解”和“常考题型强化训练”两个子系列，涵盖数学、物理、化学三个学科。

其中，“疑难与规律详解”子系列侧重深入分析讲解，针对学习中的重、难、疑点进行透彻解读，并配有典型例题，起到举一反三的作用。“常考题型强化训练”子系列侧重加强训练，通过基础知识回顾和专项练习对“疑难与规律详解”中的重、难、疑点进行针对性训练。二者搭配使用，可以全方位解决学生学习中遇到的问题。

“疑难与规律详解”系列图书由多位优秀的一线骨干教师结合新课标和考试大纲的要求精心编写，分学科、分专题编排成册。

该系列图书主要特点：

## 紧扣课标，提升综合能力

本系列图书追踪新课改，透析新教材，整合各版本教材内容，覆盖全部核心考点，知识结构体系完整，实现知识整合、思维拓展、规律探索、能力提升等方面的全面收获。

## 科学分册，构建知识体系

本系列图书以数学、物理、化学各学科知识体系为主线，以知识专题为依据划分编排成册，使学生对各专题知识由浅入深逐步了解和学习，既方便跟进学习进度，也便于复习使用。





### 内容精致，结构设计合理

本系列图书以知识重、难、疑点为主，解决学生在学习过程中遇到的常见问题，同时，为保证知识的连贯性和学习的需要，对非重、难、疑点部分也进行必要的阐述，满足各类学生的需要。

### 疑难规律，全面解读透视

本系列图书避免对知识进行简单堆积，重在对疑难的突破和规律的总结，避免使学生学习仅停留在知识的表面，达到由浅入深、由点及面、循序渐进的效果，实现对知识的灵活运用。

根据内容特点，本分册分为两部分：第一部分为“模型精讲”，针对物理学科中涉及的有关模型进行“构建”，并设置例题对“构建的模型”进行示范性应用；第二部分为“迁移训练”，针对前面涉及的有关知识及时练习，实现知识的巩固，并形成良好的理解、分析与推理能力。

本系列图书从策划、编写到出版都经过精心设计和细致实施，但囿于水平，疏漏之处在所难免，敬请广大读者不吝批评指正。

编者  
2013年5月



# CONTENTS 目录

|                 |           |                  |            |
|-----------------|-----------|------------------|------------|
| 第一部分 模型精讲       | 1         | 专题七              | 83         |
| <b>专题一</b>      | <b>1</b>  | 静电场              |            |
| 直线运动            |           | 模型1 电场力的性质       | 83         |
| 模型1 匀变速直线运动     | 1         | 模型2 电场能的性质       | 88         |
| 模型2 追及与相遇       | 5         | 模型3 带电粒子在电场中的运动  | 93         |
| 模型3 自由落体和竖直上抛   | 11        | <b>专题八</b>       | <b>98</b>  |
| 模型4 运动图像        | 15        | 恒定电流             |            |
| <b>专题二</b>      | <b>19</b> | 模型1 串、并联电路       | 98         |
| 力和运动            |           | 模型2 闭合电路欧姆定律     | 102        |
| 模型1 三种性质的力      | 19        | <b>专题九</b>       | <b>108</b> |
| 模型2 力的合成与分解     | 24        | 磁场               |            |
| 模型3 物体的平衡       | 29        | 模型1 匀强磁场中的通电导线   | 108        |
| <b>专题三</b>      | <b>34</b> | 模型2 匀强磁场中的运动电荷   | 112        |
| 牛顿运动定律          |           | 模型3 带电粒子在复合场中的运动 | 118        |
| 模型1 动力学中的两类基本问题 | 34        | <b>专题十</b>       | <b>123</b> |
| 模型2 动力学中的瞬时问题   | 38        | 电磁感应             |            |
| 模型3 动力学中的临界问题   | 41        | 模型1 楞次定律         | 123        |
| 模型4 动力学中的连接体问题  | 45        | 模型2 法拉第电磁感应定律    | 127        |
| <b>专题四</b>      | <b>49</b> | 模型3 电磁感应中的综合问题   | 132        |
| 曲线运动            |           | <b>专题十一</b>      | <b>138</b> |
| 模型1 运动的合成与分解    | 49        | 交变电流             |            |
| 模型2 平抛运动        | 53        | 模型1 正弦交流电        | 138        |
| 模型3 圆周运动        | 57        | 模型2 理想变压器        | 142        |
| <b>专题五</b>      | <b>62</b> | <b>专题十二</b>      | <b>146</b> |
| 万有引力与航天         |           | 选考部分             |            |
| 模型1 天体运动        | 62        | 模型1 分子动理论        | 146        |
| 模型2 人造卫星        | 67        | 模型2 理想气体         | 151        |
| <b>专题六</b>      | <b>71</b> | 模型3 振动与波         | 156        |
| 机械能             |           | 模型4 光的折射和全反射     | 161        |
| 模型1 功和功率        | 71        | 模型5 动量守恒定律       | 166        |
| 模型2 动能定理        | 75        | 模型6 原子物理         | 172        |
| 模型3 机械能守恒定律     | 79        | 第二部分 迁移训练        | 177        |
|                 |           | 答案与解析            | 241        |



# 第一部分 模型精讲

## 专题一

# 直线运动

## 模型1 匀变速直线运动

### 模型构建

#### 疑难点① 模型的提出

匀变速直线运动实际上是一种要求非常苛刻的运动,只有在任意相等的时间(足够长或足够短)内速度的改变量都相等的直线运动才是匀变速直线运动。对匀变速直线运动,可从速度和加速度两个方面来理解:速度随时间均匀变化的直线运动;加速度不变的直线运动。

#### 疑难点② 匀变速直线运动的基本公式

(1)速度—时间公式: $v=v_0+at$ 。

(2)位移—时间公式: $x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$ 。

(3)速度—位移关系式: $v^2-v_0^2=2ax$ 。

说明:①以上各式中  $v_0$ 、 $v$ 、 $a$ 、 $x$  均为矢量,应用时必须先确定正方向。②以上各式中涉及  $v_0$ 、 $v$ 、 $a$ 、 $t$ 、 $x$  五个物理量,但每个公式只涉及四个物理量,故只要已知其中三个物理量,其余两个就能求出。

#### 疑难点③ 匀变速直线运动的几个推论

(1)做匀变速直线运动的物体,在任意两个连续相等的时间内的位移之差是个定值,即  $\Delta x=x_{\text{II}}-x_{\text{I}}=x_{\text{III}}-x_{\text{II}}=\cdots=x_{\text{N}}-x_{\text{N-1}}=aT^2$ 。

(2)做匀变速直线运动的物体,在某段时间内的平均速度等于初、末速度的平均值,且还等于该段时间的中间时刻的瞬时速度,即  $\bar{v}=\frac{v_0+v}{2}=v_{t/2}$ 。

(3)做匀变速直线运动的物体,在某段位移的中间位置的瞬时速度  $v_{x/2}=\sqrt{\frac{v_0^2+v^2}{2}}$ 。

(4)做初速度为零的匀加速直线运动(设  $T$  为相等的时间间隔)的一组比式:

①  $1T$  末、 $2T$  末、 $3T$  末、 $\cdots$ 、 $nT$  末瞬时速度的比值为

$$v_1 : v_2 : v_3 : \cdots : v_n = 1 : 2 : 3 : \cdots : n$$

②  $1T$  末、 $2T$  末、 $3T$  末、 $\cdots$ 、 $nT$  末位移的比值为

$$x_1 : x_2 : x_3 : \cdots : x_n = 1^2 : 2^2 : 3^2 : \cdots : n^2$$

③第一个  $T$  内、第二个  $T$  内、第三个  $T$  内、…、第  $N$  个  $T$  内位移的比值为

$$x_1 : x_{II} : x_{III} : \cdots : x_N = 1 : 3 : 5 : \cdots : (2n-1)$$

④从静止开始通过连续相等的位移所用时间的比值为

$$t_1 : t_{II} : t_{III} : \cdots : t_N = 1 : (\sqrt{2}-1) : (\sqrt{3}-\sqrt{2}) : \cdots : (\sqrt{n}-\sqrt{n-1})$$

#### 疑难点 4 解决匀变速直线运动的常用方法

(1)一般公式法:一般公式是指速度—时间公式、位移—时间公式、速度—位移关系式。它们均是矢量式,使用时注意方向性。一般以  $v_0$  的方向为正方向,其余与正方向相同者取正,与正方向相反者取负。

(2)平均速度法:使用该方法时要注意定义式  $\bar{v} = \frac{x}{t}$  对任何性质的运动都适用,而  $\bar{v} = \frac{v_0 + v}{2} = v_{1/2}$  只适用于匀变速直线运动。

(3)比例法:对于初速度为零的匀加速直线运动与末速度为零的匀减速直线运动,可利用初速度为零的匀加速直线运动的四个重要的比例关系,用比例法求解。

(4)逆向思维法(反演法):逆向思维法是把运动过程的“末态”作为“初态”来反向研究问题的方法。如将物体做加速运动看成反向的减速运动,将物体做减速运动看成反向的加速运动处理。该方法一般用在末状态已知的情况。若采用逆向思维方法,往往能收到事半功倍的效果。

(5)图像法:应用  $v-t$  图像,可把较复杂的问题转变为较简单的数学问题。尤其应用图像定性分析,可避开繁杂的计算,快速找出答案。

(6)巧用推论  $\Delta x = x_{n+1} - x_n = aT^2$  解题:匀变速直线运动中,在连续相等的时间  $T$  内的位移之差为一恒量,即  $x_{n+1} - x_n = aT^2$ 。可进一步推出,第  $N$  个时间  $T$  内的位移和第  $n$  个时间  $T$  内的位移之差  $x_N - x_n = (N-n)aT^2$ 。对一般的匀变速直线运动问题,若出现相等的时间间隔问题,则应优先考虑用  $\Delta x = aT^2$  求解。

(7)巧选参考系解题:物体的运动是相对一定的参考系而言的。研究地面上物体的运动常以地面为参考系,有时为了研究问题方便,也可巧妙地选用其他物体作参考系,甚至在分析某些较为复杂的问题时,为使解题更简捷,还需灵活地转换参考系。

### 模型应用

#### 规律 1 单个物体的匀变速直线运动

##### 例 1

有一个做匀变速直线运动的质点,它在两段连续相等的时间内通过的位移分别为 24 m 和 64 m,连续相等的时间为 4 s,求质点的初速度和加速度的大小。

解析—质点运动示意图如图 1-1-1 所示,本题可用如下多种方法求解。

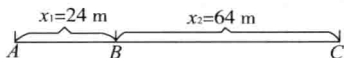


图 1-1-1



解法一:(基本公式法)

由位移公式可得: $x_1 = v_A T + \frac{1}{2} a T^2$ ,  $x_1 + x_2 = v_A \times 2T + \frac{1}{2} a (2T)^2$ 。将  $x_1 = 24 \text{ m}$ 、 $x_2 = 64 \text{ m}$ 、 $T = 4 \text{ s}$  代入解得: $v_A = 1 \text{ m/s}$ 、 $a = 2.5 \text{ m/s}^2$ 。

解法二:(平均速度法一)

AB段的平均速度为  $\bar{v}_1 = \frac{x_1}{T} = 6 \text{ m/s}$ , BC段的平均速度为  $\bar{v}_2 = \frac{x_2}{T} = 16 \text{ m/s}$ 。两段运动的平均速度即两段运动时间中间时刻的瞬时速度,即  $v_1 = \bar{v}_1 = 6 \text{ m/s}$ ,  $v_2 = \bar{v}_2 = 16 \text{ m/s}$ 。由  $v_2 = v_1 + aT$  解得  $a = 2.5 \text{ m/s}^2$ , 由  $x_1 = v_A T + \frac{1}{2} a T^2$  解得  $v_A = 1 \text{ m/s}$ 。

解法三:(平均速度法二)

AB段的平均速度为  $\bar{v}_1 = \frac{x_1}{T} = 6 \text{ m/s}$ , BC段的平均速度为  $\bar{v}_2 = \frac{x_2}{T} = 16 \text{ m/s}$ 。匀变速直线运动的平均速度为初、末速度的平均值,即  $\bar{v}_1 = \frac{v_A + v_B}{2}$ ,  $\bar{v}_2 = \frac{v_B + v_C}{2}$ 。又因为AC段的平均速度为  $\bar{v} = \frac{v_A + v_C}{2}$ , 且  $\bar{v} = \frac{x_1 + x_2}{2T} = 11 \text{ m/s}$ , 联立以上各式可解得  $v_A = 1 \text{ m/s}$ ,  $v_B = 11 \text{ m/s}$ ,  $v_C = 21 \text{ m/s}$ , 加速度  $a = \frac{v_B - v_A}{T} = 2.5 \text{ m/s}^2$ 。

解法四:(巧用  $\Delta x = x_{n+1} - x_n = aT^2$ )

由  $x_2 - x_1 = aT^2$  代入  $x_1 = 24 \text{ m}$ 、 $x_2 = 64 \text{ m}$ 、 $T = 4 \text{ s}$ , 解得  $a = 2.5 \text{ m/s}^2$ , 由  $x_1 = v_A T + \frac{1}{2} a T^2$  解得: $v_A = 1 \text{ m/s}$ 。

答案—1 m/s 2.5 m/s<sup>2</sup>

### ●规律解读

单个物体的匀变速直线运动比较简单,在准确理解基本公式和相关推论的基础上可以直接运用它们进行求解。但由于匀变速直线运动的规律、解题方法较多,对于具体问题要具体分析,方法运用恰当能使解题步骤简化,起到事半功倍之效。

## 规律 2 多过程的匀变速直线运动

### 例 2

摩托车在平直公路上从静止开始以加速度  $a_1 = 1.6 \text{ m/s}^2$  匀加速启动,稍后匀速运动,然后以加速度  $a_2 = 6.4 \text{ m/s}^2$  匀减速运动,直到停止,共历时 130 s,行程 1 600 m。试求:

(1) 摩托车行驶的最大速度  $v_m$ 。

(2) 若摩托车从静止启动,  $a_1$ 、 $a_2$  不变,直到停止,行程不变,所需最短时间为多少?

解析—(1) 整个运动过程分三个阶段:匀加速运动、匀速运动、匀减速运动,可借助  $v-t$  图像表示,如图 1-1-2 所示。

$$\frac{v_m^2}{2a_1} + \left(130 - \frac{v_m}{a_1} - \frac{v_m}{a_2}\right)v_m + \frac{v_m^2}{2a_2} = 1\ 600$$

解得: $v_m = 12.8 \text{ m/s}$ (另一根舍去)

(2) 首先要回答摩托车以什么样的方式运动可使得时间最短。

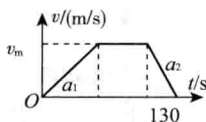


图 1-1-2

借助  $v-t$  图像可以证明:当摩托车先以  $a_1$  匀加速运动,当速度达到  $v_m$  时,紧接着以  $a_2$  匀减速运动直到停止时,行程不变,而时间最短,如图 1-1-3 所示。

设最短时间为  $t_{\min}$ , 则  $t_{\min} = \frac{v_m'}{a_1} + \frac{v_m'}{a_2} + \frac{v_m'^2}{2a_1} + \frac{v_m'^2}{2a_2} = 1\ 600$

由上述二式解得:  $v_m' = 64\ \text{m/s}$ , 故  $t_{\min} = 50\ \text{s}$ , 即最短时间为  $50\ \text{s}$ 。

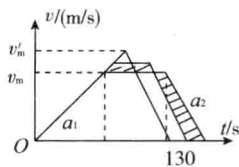


图 1-1-3

答案—(1)12.8 m/s (2)50 s

### • 规律解读

求解多过程的匀变速直线运动问题,要养成根据题意画出物体运动示意图的习惯,画出图像可使运动过程直观,物理情景清晰,便于分析计算;同时要注意分析研究对象的运动过程,搞清整个运动过程依时间的先后顺序按运动性质可分为哪几个运动阶段,各个阶段遵循什么规律,各个阶段存在什么联系。图像法是处理这类问题常用的方法。

## 规律 3 多个物体的匀变速直线运动

### 例 3 (2011 · 全国)

甲、乙两辆汽车都从静止出发做加速直线运动,加速度方向一直不变。在第一段时间间隔内,两辆汽车的加速度大小不变,汽车乙的加速度大小是甲的两倍;在接下来的相同时间间隔内,汽车甲的加速度大小增大为原来的两倍,汽车乙的加速度大小减小为原来的一半。求甲、乙两车在这两段时间间隔内走过的总路程之比。

解析—设汽车甲在第一段时间间隔末(时间  $t_0$ )的速度为  $v$ ,第一段时间间隔内行驶的路程为  $s_1$ ,加速度为  $a$ ,在第二段时间间隔内行驶的路程为  $s_2$ 。由运动学公式得

$$v = at_0 \quad (1)$$

$$s_1 = \frac{1}{2} at_0^2 \quad (2)$$

$$s_2 = vt_0 + \frac{1}{2} (2a) t_0^2 \quad (3)$$

设乙车在时间  $t_0$  的速度为  $v'$ ,在第一、二段时间间隔内行驶的路程分别为  $s'_1$ 、 $s'_2$ 。同样有  $v' = (2a)t_0$  (4)

$$s'_1 = \frac{1}{2} (2a) t_0^2 \quad (5)$$

$$s'_2 = v' t_0 + \frac{1}{2} a t_0^2 \quad (6)$$

设甲、乙两车行驶的总路程分别为  $s$ 、 $s'$ , 则有  $s = s_1 + s_2$  (7)

$$s' = s'_1 + s'_2 \quad (8)$$

联立以上各式解得,甲、乙两车各自行驶的总路程之比为  $\frac{s}{s'} = \frac{5}{7}$  (9)

答案—5 : 7

### • 规律解读

求解多个物体做匀变速直线运动的题目,关键是要明确每个物体在各阶段之间各物理量的联系和不同物体之间各物理量的联系。在列出各物体在不同阶段的规律式的同时,要借助各种联系把对应的关系式一并列出,最后才能求解出结果。

**疑难点 1 模型的提出**

追及与相遇问题是一类常见的运动学问题。从时间和空间的角度来讲,相遇是指同一时刻到达同一位置。当两个物体在同一直线上运动时,由于两物体的运动情况不同,所以两物体之间的距离会不断发生变化,两物体间距越来越大或越来越小,这时就会涉及追及、相遇或避免碰撞等问题。

**(1) 追及问题**

两个物体在同一直线上同向运动时,不管追上追不上,通常都称为追及问题。当前者的运动速度大于后者的运动速度时,两者间的距离将逐渐增大,不论两者做什么运动均如此。反之,两者间的距离将逐渐减小。在实际追及问题中,若后者能追上前者,则追上时两者处于同一位置,后者的速度一定不小于前者的速度;若后者追不上前者,则当后者的速度与前者相等时,两者相距最近。可见,在追及与相遇问题中,“速度相等”是两物体相距最近或最远的临界点,后者能否追上前者往往需要考虑此时的位置关系。

**(2) 相遇问题**

广义的相遇问题既包括相向运动的物体相遇,也包括同向运动的物体追及后的相遇。相向运动的物体,当各自发生的位移大小之和等于开始时两物体的距离时即相遇,同向运动的两物体追及,当追及发生时即相遇。

**疑难点 2 处理追及与相遇问题的基本思想和方法****(1) 解答追及与相遇问题的基本思路**

- ① 分别对两物体研究,明确各自的运动性质;
- ② 画出运动过程示意图;
- ③ 根据运动性质列出相应的位移、速度等规律方程;
- ④ 找出时间关系、速度关系、位移关系,列出相应物理量之间的关系式;
- ⑤ 解出结果,必要时对结果的合理性进行讨论。

**(2) 解答追及与相遇问题的常用方法**

- ① 物理分析法:抓好“两物体能否同时到达空间某位置”这一关键。当追者与被追者到达同一位置,且两者速度相同时,则恰能追上或恰追不上(也是二者避免碰撞的临界条件)。
- ② 相对运动法:巧妙地选取参考系,找两物体的运动关系。
- ③ 数学法:设相遇时间为  $t$ ,根据条件列方程,得到关于  $t$  的一元二次方程,用判别式进行讨论,若  $\Delta > 0$ ,即有两个解,则说明可以相遇两次;若  $\Delta = 0$ ,则说明刚好追上或相碰;若  $\Delta < 0$ ,则说明追不上或不能相碰。也可用不等式进行限制,求出追上或追不上的取值范围。
- ④ 图像法:将两者的速度—时间图像在同一坐标系中画出,然后利用图像的相关规律求解。

**(3) 分析追及与相遇问题应注意的两个问题**

- ① 一个条件:即两个物体的速度所满足的临界条件,例如两个物体距离最大或距离最小、后面的物体恰好追上前面的物体或恰好追不上前面的物体等情况下,速度所满足的条件。

常见的情形有三种：一是做初速度为零的匀加速直线运动的物体甲，追赶同方向做匀速直线运动的物体乙，这种情况一定能追上，在追上之前，两物体的速度相等（即  $v_{甲} = v_{乙}$ ）时，两者之间的距离最大；二是做匀速直线运动的物体甲，追赶同方向做匀加速直线运动的物体乙，这种情况不一定能追上，若能追上，则在相遇位置满足  $v_{甲} \geq v_{乙}$ ；若追不上，则两者之间有最小距离，当两物体的速度相等时，距离最小；三是做匀减速直线运动的物体追赶做匀速直线运动的物体，情况和第二种情况相似。

②两个关系：即两个运动物体的时间关系和位移关系。其中通过画草图找到两个物体位移之间的数值关系是解决问题的突破口。

相遇的物体必然存在以下两个关系：一是相遇位置与各物体的初始位置之间存在一定的位移关系。若同地出发，则相遇时位移相等为空间条件。二是相遇物体的运动时间也存在一定的关系。若物体同时出发，则运动时间相等；若甲比乙早出发  $\Delta t$ ，则运动时间关系为  $t_{甲} = t_{乙} + \Delta t$ 。要使物体相遇，就必须同时满足位移关系和时间关系。

## 模型应用

### 规律 1 速度小者追速度大者

#### 例 1

小汽车从静止开始以  $3 \text{ m/s}^2$  的加速度行驶，恰有一自行车以  $6 \text{ m/s}$  的速度从车边匀速驶过。

(1) 小汽车从运动到追上自行车之前，经过多长时间两者相距最远？此时距离是多少？

(2) 什么时候追上自行车，此时汽车的速度是多少？

解析—(1)解法一：(物理分析法)汽车开动时速度由零逐渐增大，而自行车速度是定值，当汽车速度还小于自行车速度时，两者的距离越来越大，当汽车的速度大于自行车速度时，两者距离越来越小，所以当两车的速度相等时，两车的距离最大，有

$v_{汽车} = at = v_{自行车}$ ，所以  $t = \frac{v_{自行车}}{a} = 2 \text{ s}$ ，根据二者的位移关系，此时二者距离为：

$$\Delta x = x_{自行车} - x_{汽车} = v_{自行车} \cdot t - \frac{1}{2}at^2 = 6 \text{ m}.$$

解法二：(图像法)在同一坐标系中画出汽车和自行车的  $v-t$  图像，如图 1-2-1 所示。

由图像可知，当  $t$  时两车速度相等，二者距离最大，所以  $v_{汽车} = at = 6 \text{ m/s}$ ，解得  $t = 2 \text{ s}$ ，最大距离可用图中阴影面积表示，故最大距离为  $\Delta x_{max} = \frac{1}{2} \times 2 \times 6 \text{ m} = 6 \text{ m}$ 。

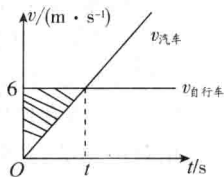


图 1-2-1

解法三：(数学法)设汽车追上自行车之前， $t$  时刻相距最远，则二者最远距离为：

$$\Delta x = x_{自行车} - x_{汽车} = v_{自行车} \cdot t - \frac{1}{2}at^2 = 6t - \frac{3}{2}t^2$$

利用二次函数求极值条件知：当  $t = -\frac{b}{2a} = 2 \text{ s}$  时， $\Delta x$  最大， $\Delta x_{max} = 6 \text{ m}$ 。

解法四:(相对运动法)以自行车为参考系,汽车追上自行车之前初速度大小为  $6 \text{ m/s}$ ,方向向后,加速度大小为  $3 \text{ m/s}^2$ ,方向向前。经分析汽车先远离自行车做匀减速直线运动,末速度为零时相距最远,再靠近自行车做匀加速直线运动。由运动学公式,二者的最远距离为: $\Delta x_{\text{max}} = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$ ,代入数据解得: $\Delta x_{\text{max}} = \frac{0 - 6^2}{-2 \times 3} \text{ m} = 6 \text{ m}$ 。

(2)由第一问第二种方法中可以知道当  $t = 4 \text{ s}$  时汽车追上自行车,此时汽车速度为  $12 \text{ m/s}$ 。

答案—(1)  $2 \text{ s}$   $6 \text{ m}$  (2)  $4 \text{ s}$   $12 \text{ m/s}$

●规律解读

速度较小的物体追速度较大的物体,通常有以下几种情况:

| 类型      | 图像 | 说明  |
|---------|----|---|
| 匀加速追匀速  |    | ① $t = t_0$ 以前,后面物体与前面物体间距离增大<br>② $t = t_0$ ,即速度相等时,两物体相距最远,为 $x_0 + \Delta x$ |
| 匀速追匀减速  |    | ③ $t = t_0$ 以后,后面物体与前面物体间距离减小<br>④ 能追及且只能相遇一次                                   |
| 匀加速追匀减速 |    | 注: $x_0$ 是追及前两物体之间的距离, $\Delta x$ 是速度相同时二者位移之差                                  |

规律 2 速度大者追速度小者

例 2

如图 1-2-2 所示,一辆汽车由静止开始以加速度  $a_1 = 1 \text{ m/s}^2$  沿直线前进,在车后  $s_0 = 25 \text{ m}$  处,与车行驶方向相同的小莉同时以

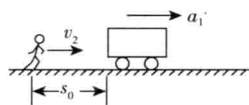


图 1-2-2

$v_2 = 6 \text{ m/s}$  的速度匀速追汽车,试分析小莉能否追上汽车?若能追上,求追上的时间;若追不上,求人和车间的最小距离  $\Delta L_{\text{min}}$  是多少?

解析—在追及与相遇问题中,一定要注意分析临界条件。在本题中,在人和车的速度相等前,人的速度大于车的速度,则人和车的距离减小;如果在  $v_{\text{人}} = v_{\text{车}}$  时人不能追上,那么在车的速度大于人的速度后,人和车的距离增大,人就不可能再追上去了。

从运动示意图 1-2-3 可知: $v_{\text{人}} = v_{\text{车}} = v_2$  时,若人和车间的位移差  $\Delta s = s_2 - s_1 > s_0$ ,则人能够追上;若  $\Delta s = s_2 - s_1 < s_0$ ,则人不能追上;若  $\Delta s = s_0$ ,则刚好追上。

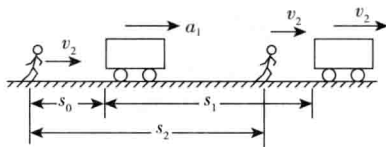


图 1-2-3

解法一:(根的判别式法)

由题意可知,人和车的运动时间相等,设经过  $t$  时间,人追上车,此时有位移关系  $s_2 - s_1 = s_0$

$$\text{将 } s_1 = \frac{1}{2} a_1 t^2 \text{ 和 } s_2 = v_2 t \text{ 代入上述方程可得: } v_2 t - \frac{1}{2} a_1 t^2 = s_0 \quad \textcircled{1}$$

$$\text{将 } v_2 = 6 \text{ m/s, } a_1 = 1 \text{ m/s}^2, s_0 = 25 \text{ m 代入上式可得: } t^2 - 12t + 50 = 0 \quad \textcircled{2}$$

由于方程根的判别式  $\Delta = b^2 - 4ac = -56 < 0$ , 故能够追上车的方程无解, 即不能追上。

$$\text{设人和车间的距离为 } \Delta L, \text{ 则 } \textcircled{2} \text{ 式可化简为 } \Delta L = \frac{1}{2} (t-6)^2 + 7 \quad \textcircled{3}$$

由此可知: 当  $t=6 \text{ s}$  时, 人和车的距离最小, 最小值为:  $\Delta L_{\min} = 7 \text{ m}$ 。

解法二:(分析法)

因为人的速度只要大于车的速度, 人和车间的距离就会越来越小, 车的速度大于人的速度时, 人、车间的距离会越来越大, 所以当  $v_{\text{人}} = v_{\text{车}} = v_2$  时, 人和车间的距离最小。

设从人开始追车到  $v_{\text{人}} = v_{\text{车}} = v_2$  用时为  $t$ , 人比车多运动的位移为  $\Delta s$ , 则由  $v_{\text{车}} = a_1 t$  可得,  $t = \frac{v_{\text{车}}}{a_1} = \frac{6}{1} \text{ s} = 6 \text{ s}$

$$\Delta s = s_2 - s_1 = \left( 6 \times 6 - \frac{1}{2} \times 1 \times 6^2 \right) \text{ m} = 18 \text{ m} < s_0$$

由于  $\Delta s < s_0$ , 故人不能追上汽车, 人和车间的最短距离

$$\Delta L_{\min} = s_0 - \Delta s = 25 \text{ m} - 18 \text{ m} = 7 \text{ m}。$$

解法三:(图像法)

由题意作出人和车的速度—时间图像, 如图 1-2-4 所示, 由图像可知: 人在追车的过程中, 人比车多运动的位移  $\Delta s$  等于图中阴影部分的“面积”。

由题意和  $a_1 = 1 \text{ m/s}^2$  可知: 经过  $6 \text{ s}$  人和车的速度相等

$$\Delta s = \frac{1}{2} \times 6 \times 6 \text{ m} = 18 \text{ m} < 25 \text{ m}$$

所以人不能追上汽车。

人和车间的最小距离  $\Delta L_{\min} = s_0 - \Delta s = 25 \text{ m} - 18 \text{ m} = 7 \text{ m}$ 。

解法四:(巧选参考系法)

若选汽车为参考系(即假设汽车不动), 则人做初速度为  $v_0 = v_2 = 6 \text{ m/s}$ , 加速度为  $a_1 = -1 \text{ m/s}^2$  的匀减速直线运动。当人的速度减小到零时, 人就追不上车了, 运动的示意图如图 1-2-5 所示, 人运动的最大位移(相对于车)为  $s_{\max}$ 。

由速度位移公式  $v_1^2 - v_0^2 = 2as$  可得

$$s_{\max} = -\frac{v_0^2}{2a} = \frac{6^2}{2 \times 1} \text{ m} = 18 \text{ m} < 25 \text{ m}$$

所以, 人追不上汽车。

人和车的最小距离为

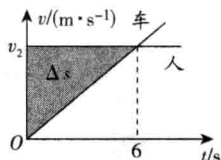


图 1-2-4

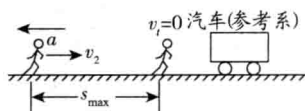


图 1-2-5

$$\Delta L_{\min} = s_0 - s_{\max} = 25 \text{ m} - 18 \text{ m} = 7 \text{ m}.$$

答案—不能追上,最小距离是7 m。

●规律解读

速度较大的物体追速度较小的物体,通常有以下几种情况:

| 类型      | 图像 | 说明  |
|---------|----|---|
| 匀减速追匀速  |    | 开始追及时,后面物体与前面物体间的距离在减小,当两物体速度相等时,即 $t=t_0$ 时刻:  |
| 匀速追匀加速  |    | ①若 $\Delta x = x_0$ ,则恰能追及,两物体只能相遇一次,这也是避免相撞的临界条件<br>②若 $\Delta x < x_0$ ,则不能追及,此时两物体最小距离为 $x_0 - \Delta x$ |
| 匀减速追匀加速 |    | ③若 $\Delta x > x_0$ ,则相遇两次,设 $t_1$ 时刻 $\Delta x_1 = x_0$ ,两物体第一次相遇,则 $t_2$ 时刻两物体第二次相遇                       |

特别提示

- (1)表中的 $\Delta x$ 是开始追及以后,后面物体因速度大而比前面物体多运动的位移;
- (2) $x_0$ 是开始追及以前两物体之间的距离;
- (3) $t_2 - t_0 = t_0 - t_1$ ;
- (4) $v_1$ 是前面物体的速度, $v_2$ 是后面物体的速度。

规律 3 不在一条直线上的追及、相遇问题

例 3

在某市区内,一辆小汽车在公路上以速度 $v_1$ 向东行驶,一位观光游客正由南向北从斑马线上横过马路。汽车司机发现游客途经D处时,经过0.7 s作出反应紧急刹车,但仍将正步行至B处的游客撞伤,该汽车最终在C处停下,如图1-2-6所示。为了判断汽车司机是否超速行驶以及游客横过马路的速度是否过快,警方派一警车以法定最高速度 $v_m = 14.0 \text{ m/s}$ 行驶在同一马路的同一地段,在肇事汽车的起始制动点A紧急刹车,经14.0 m后停下来。在事故现场测得 $\overline{AB} = 17.5 \text{ m}$ , $\overline{BC} = 14.0 \text{ m}$ , $\overline{BD} = 2.6 \text{ m}$ 。肇事汽车的刹车性能良好,问:

- (1)该肇事汽车的初速度 $v_A$ 是多大?
- (2)游客横过马路的速度是多大?

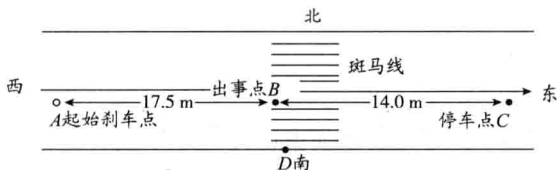


图 1-2-6

解析—(1)警车和肇事汽车刹车后均做匀减速运动,其加速度大小  $a = \frac{\mu mg}{m} = \mu g$ ,与车子

的质量无关,可将警车和肇事汽车做匀减速运动的加速度  $a$  的大小视作相等。

对警车,有  $v_m^2 = 2as$ ;对肇事汽车,有  $v_A^2 = 2as'$ ,则  $v_m^2/v_A^2 = s/s'$ ,即

$$v_m^2/v_A^2 = s/(\overline{AB} + \overline{BC}) = 14.0/(17.5 + 14.0),$$

$$\text{故 } v_A = \sqrt{\frac{17.5 + 14.0}{14.0}} v_m = 21 \text{ m/s.}$$

(2)对肇事汽车,由  $v_0^2 = 2as \propto s$  得

$$v_A^2/v_B^2 = (\overline{AB} + \overline{BC})/\overline{BC} = (17.5 + 14.0)/14.0,$$

故肇事汽车至出事点  $B$  的速度为

$$v_B = \sqrt{\frac{14.0}{17.5 + 14.0}} v_A = 14.0 \text{ m/s.}$$

肇事汽车从刹车点到出事点的时间  $t_1 = 2\overline{AB}/(v_A + v_B) = 1 \text{ s}$ ,

又司机的反应时间  $t_0 = 0.7 \text{ s}$ ,故游客横过马路的速度

$$v' = \overline{BD}/(t_0 + t_1) = 2.6/(0.7 + 1) \approx 1.53 \text{ m/s.}$$

从上面的分析求解可知,肇事汽车为超速行驶,而游客的行走速度并不快。

答案—(1)21 m/s (2)1.53 m/s

•规律解读

这类问题涉及的知识点并不复杂,只不过物理情景紧密联系生活实际,主要考查大家的信息提取能力和分析推理能力。从空间的角度来讲,相遇是两物体经过一段时间到达同一位置,所以确定空间关系和时间关系是解决该类问题的切入点。特别说明的是在圆周运动中的追及相遇问题,要根据两个物体转过的角度关系来判断二者的追及相遇。如两物体沿同一圆从同一起点同方向追及,当二者转过的角度差  $|\theta_1 - \theta_2| = 2n\pi (n=0, 1, 2, \dots)$  时表明两物体相遇(例如:求解钟表时针和分针重合的时间间隔)。



**疑难点 1 模型的提出**

## (1) 自由落体运动

任何一个物体在重力作用下下落时都会受到空气阻力的作用,从而使运动情况变得复杂。若想办法排除空气阻力的影响(如:改变物体的形状和大小,也可以把下落的物体置于真空的环境之中),让物体下落时只受重力作用,那么物体的下落运动就是自由落体运动。显然,物体只在重力作用下,从静止开始下落的运动叫做自由落体运动。自由落体运动的实质是初速度为零的竖直向下的匀加速直线运动。

## (2) 竖直上抛运动

将物体以一定的初速度沿竖直方向向上抛出,物体所做的运动叫竖直上抛运动。竖直上抛运动是初速度  $v_0 \neq 0$ 、竖直向上、加速度竖直向下的匀变速直线运动。通常以向上为正方向,则竖直上抛运动可以看做是初速度为  $v_0$ 、加速度  $a = -g$  的匀减速直线运动。竖直上抛运动可以根据运动方向的不同,分为上升阶段的匀减速直线运动和下降阶段的自由落体运动。

**疑难点 2 运动规律**

## (1) 自由落体运动的规律

自由落体运动是初速度  $v_0 = 0$ 、加速度  $a = g$ 、竖直向下的匀加速直线运动,故匀变速直线运动的规律在自由落体运动中都是适用的。常用规律公式有:  $v_t = gt$ ,  $h = \frac{1}{2}gt^2$ ,  $v_t^2 = 2gh$ ,  $h = \frac{1}{2}v_t t$ 。另外,初速度为零的匀加速直线运动的一组比式对自由落体运动也是适用的,在此不再赘述。

## (2) 竖直上抛运动的规律

选定竖直向上的初速度方向为正方向,那么加速度  $g$  的方向应为负。考虑到重力加速度  $g$  是一个特定的加速度,不宜将  $g$  写做  $-9.8 \text{ m/s}^2$ ,应在公式中符号“ $g$ ”的前面加一个负号。常用规律公式有:  $v_t = v_0 - gt$ ,  $h = v_0 t - \frac{1}{2}gt^2$ ,  $v_t^2 = v_0^2 - 2gh$ ,  $h = \frac{1}{2}(v_0 + v_t)t$ 。由上述公式可以进一步推出竖直上抛运动的如下几个特点:①物体上升的最大高度为  $H = \frac{v_0^2}{2g}$ ;②上升到最大高度所需要的时间为  $t = \frac{v_0}{g}$ ;③物体返回抛出点所用的时间为  $T = \frac{2v_0}{g}$ ;④物体返回抛出点时的速度为  $v_t = -v_0$ 。

**疑难点 3 竖直上抛的处理方法**

(1) 分段法:竖直上抛运动可分为“上升阶段”和“下落阶段”。前一阶段是匀减速直线运动,后一阶段则是初速度为零的匀加速直线运动(自由落体运动),具备的特征主要有: