



从高考到竞赛专题讲座丛书

高中物理培优 助学讲义

◎ 王平杰 编著



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

从高考到竞赛专题讲座丛书

高中物理培优助学讲义

王平杰 编著



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

高中物理培优助学讲义/王平杰编著. —杭州: 浙江大学出版社, 2010. 9

ISBN 978-7-308-07932-7

I. ①高… II. ①王… III. ①物理课—高中—教学参考资料 IV. ①G634. 73

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 167786 号

高中物理培优助学讲义

王平杰 编著

责任编辑 沈国明

封面设计 刘依群

出版发行 浙江大学出版社

(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310007)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 杭州大漠照排印刷有限公司

印 刷 杭州日报报业集团盛元印务有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 26.5

字 数 897 千

版 次 2010 年 9 月第 1 版 2010 年 9 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-308-07932-7

定 价 38.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话 (0571) 88925591

前 言

目前围绕高考及竞赛辅导用书,可算得上琳琅满目,但内容方面大同小异,真正“编”出新意的并不多见。好的教辅用书不但能为高考或竞赛备考做支撑,同时也为同步学习做依托。好的教辅用书如同优秀教师上课一样,它能帮你启动思维,打开思路,使你豁然开朗!

基于这种思考,我们深入研究了最新的课改方向和高考动态,汇集了最先进的教学研究成果,全力打造出一套重在培养自主学习和力求做到无师自通的全新助学用书。不但为尖子生锦上添花,更为后进生雪中送炭!我们突破经典,再创经典!

本书立意和特点如下:

◎ 单元知识讲解

知识聚焦:点击单元知识要点,把握知识精髓;阐明解题方法,归纳解题规律。帮助读者将本单元所学教材内容系统化,形成对考点知识的二次提炼与升华,全面提高学习效率。

疑难辨析:紧扣教材,步步推进,剖析重点,释疑解难,迁移延伸,逐步深入剖析教材重点知识中的疑点、难点问题,突破学习瓶颈。

典例剖析:典例问题设置精练,例题剖析皆提供详细的解题步骤和思路点拨,一题多解,一题多问,避免随意性,注重迁移性,避免孤立性,实现由知识到能力的过渡。

◎ 高考真题诠释

汇集各章高考真题,教纲、考纲双向例释。讲解细致入微、透彻明了,不但让你知其然,且知其所以然,帮助你养成良好的规范的答题习惯。

◎ 解题错点诊断

诊断:指出同学们在解题过程中可能出现的知识与思维障碍;排除方法:对于常见题型的解题错点,总结原因,指出技巧与方法;解题指导:对于每道题涉及的知识点,深入浅出地分析,及时总结解题方法。

◎ 解题快捷规律

诠释核心知识,理解解题规律,熟知推论引申,以不变应万变。当你熟练地掌握了一定数量的解题快捷规律之后,貌似高深(竞赛题目)的题目,在你面前实为浅易;貌似繁杂(压轴题目)的题目,在你面前实为简明;貌似无序(发散题目)的题目,在你面前实为有序,你能达到举一反三,触类旁通,见解即知答案的解题境界。让学生有限的精力得到最大回报!

◎ 变式训练及解题指导

针对本单元重难点和高考、竞赛热点问题,精选训练题,与经典例题点对点配套训练,变

式递进,螺旋提升。以求触类旁通,举一反三,并检验学习的效果。每章附有变式训练题的解题指导,解题指导解析精准到位,起到画龙点睛、点石成金的作用,真正让学生理解其中的要义和精妙,体验解题过程的愉悦。

本书得到了董克剑、董五川、袁湛江、朱永健、雷自平、王丽营、贺海军、周红卫、牛忠军、陈定密、刘占想、刘国健、李好、孙奎、陈俊等专家、领导和同仁的指导、支持和帮助。在此一并表示感谢!

限于时间仓促,水平有限,疏漏之处在所难免。敬请广大师生批评指正,以便再版时修正、完善。

王平杰

2010年6月20日于甬城

目 录

第一章 直线运动	1
第一讲 描述运动的基本概念·运动图象	1
第二讲 匀速直线运动·匀变速直线运动	4
第三讲 高考真题诠释	9
第四讲 解题错点诊断	13
第五讲 解题快捷规律	16
第六讲 变式训练解题指导	20
第二章 力 物体的平衡	26
第一讲 三种常见力·物体受力分析	26
第二讲 力的合成与分解·共点力作用下的物体的平衡	31
第三讲 高考真题诠释	35
第四讲 解题错点诊断	38
第五讲 解题快捷规律	41
第六讲 变式训练解题指导	45
第三章 牛顿运动定律	50
第一讲 牛顿运动定律	50
第二讲 动力学的两类基本问题·超重和失重	55
第三讲 高考真题诠释	59
第四讲 解题错题诊断	63
第五讲 解题快捷规律	67
第六讲 变式训练解题指导	71
第四章 曲线运动 万有引力定律	76
第一讲 运动的合成和分解·平抛运动	76
第二讲 圆周运动	81
第三讲 万有引力定律·人造地球卫星	85
第四讲 高考真题诠释	89

第五讲 解题错点诊断	94
第六讲 解题快捷规律	99
第七讲 变式训练解题指导	105
第五章 机械能	115
第一讲 功·功率	115
第二讲 动能定理·机械能守恒定律	119
第三讲 高考真题诠释	123
第四讲 解题错点诊断	128
第五讲 解题快捷规律	134
第六讲 变式训练解题指导	139
第六章 电场	146
第一讲 库仑定律·电场强度	146
第二讲 电势能·电势差	149
第三讲 电容·带电粒子在电场中的运动	153
第四讲 高考真题诠释	160
第五讲 解题错点诊断	167
第六讲 解题快捷规律	175
第七讲 变式训练解题指导	180
第七章 恒定电流	189
第一讲 部分电路·电功和电功率	189
第二讲 闭合电路欧姆定律	192
第三讲 电表·电阻的测量	197
第四讲 高考真题诠释	202
第五讲 解题错点诊断	210
第六讲 解题快捷规律	214
第七讲 变式训练解题指导	219
第八章 磁场	228
第一讲 磁场对电流的作用	228
第二讲 磁场对运动电荷的作用	233
第三讲 高考真题诠释	240
第四讲 解题错点诊断	248
第五讲 解题快捷规律	258
第六讲 变式训练解题指导	262

第九章 电磁感应	273
第一讲 电磁感应现象·楞次定律	273
第二讲 法拉第电磁感应定律·自感	276
第三讲 电磁感应规律的综合应用	280
第四讲 高考真题诠释	283
第五讲 解题错点诊断	294
第六讲 解题快捷规律	299
第七讲 变式训练解题指导	302
第十章 交变电流 电磁场和电磁波	311
第一讲 交变电流	311
第二讲 电磁场和电磁波	315
第三讲 高考真题诠释	318
第四讲 解题错点诊断	321
第五讲 解题快捷规律	326
第六讲 变式训练解题指导	328
第十一章 分子运动论、热力学定律	331
第一讲 分子热运动·能量守恒	331
第二讲 气体	334
第三讲 高考真题诠释	337
第四讲 解题错点诊断	339
第五讲 解题快捷规律	344
第六讲 变式训练解题指导	346
第十二章 机械振动和机械波	350
第一讲 机械振动	350
第二讲 机械波	355
第三讲 高考真题诠释	360
第四讲 解题错点诊断	364
第五讲 解题快捷规律	370
第六讲 变式训练解题指导	373
第十三章 光学	379
第一讲 光的折射	379
第二讲 光的本性	383
第三讲 高考真题诠释	386

第四讲	解题错点诊断	391
第五讲	解题快捷规律	393
第六讲	变式训练解题指导	396
第十四章	原子和原子核	400
第一讲	原子结构 · 能级	400
第二讲	原子核反应 · 核能	402
第三讲	高考真题诠释	404
第四讲	解题错点诊断	407
第五讲	解题快捷规律	411
第六讲	变式训练解题指导	412

第一章 直线运动

第一讲 描述运动的基本概念·运动图象

知识聚焦

一、描述运动的基本概念

1. 机械运动：一个物体相对于另一个物体的位置的改变叫做机械运动，简称运动。它包括平动、转动和振动等运动形式。

2. 参考系：为了研究物体的运动而假定为不动的物体，叫做参考系。

对同一个物体的运动，所选择的参考系不同，对它的运动的描述就会不同。通常以地球为参考系来研究物体的运动。

3. 质点：研究一个物体的运动时，如果物体的形状和大小属于无关因素或次要因素，为使问题简化，就用一个有质量的点来代替物体。用来代替物体的有质量的点叫做质点。像这种突出主要因素，排除无关因素，忽略次要因素的研究问题的思想方法，即为理想化方法，质点即是一种理想化模型。

4. 时刻和时间：时刻指的是某一瞬时，在时间轴上用一个点来表示，对应的是位置、速度、动量、动能等状态量。时间是两时刻间的间隔，在时间轴上用一段线段来表示，对应的是位移、路程、功等过程量。

5. 位移和路程：位移描述物体位置的变化，是从物体运动的初位置指向末位置的矢量。路程是物体运动轨迹的长度，是标量。

6. 速度：是描述物体运动的方向和快慢的物理量。

(1) 平均速度：在变速运动中，物体在某段时间内的位移与发生这段位移所用时间的比值叫做这段时间内的平均速度，即 $\bar{v} = \frac{s}{t}$ ，单位：m/s，其方向与位移的方向相同。它是对变速运动的粗略描述。

对于一般的变速直线运动，只能根据定义式 $\bar{v} = \frac{s}{t}$ 求平均速度。对于匀变速直线运动可根据 $\bar{v} = \frac{v_0 + v_t}{2}$ 求平均速度。

(2) 瞬时速度：运动物体在某一时刻(或某一位置)的速度，方向沿轨迹上质点所在点的切线方向指向前进的一侧。瞬时速度是对变速运动的精确描述。瞬时速度的大小叫速率，是标量。

7. 加速度：是描述速度变化的快慢和方向的物理量，是速度的变化和所用时间的比值(速度的变化率)： $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ ，单位：m/s²。加速度是矢量，它的方向与速度变化(Δv)的方向相同。

二、运动图象

表示函数关系可以用公式，也可以用图象。图象也是描述物理规律的重要方法，不仅在力学中，在电磁学中、热学中也是经常用到的。图象的优点是能够形象、直观地反映出函数关系。

位移和速度都是时间的函数，因此描述物体运动的规律常用位移—时间图象($s-t$ 图)和速度—时间图象($v-t$ 图)。

对于图象要注意理解它的物理意义，即对图象的纵、横轴表示的是什么物理量，图线的斜率、截距代表什么意义都要搞清楚。形状完全相同的图线，在不同的图象(坐标轴的物理量不同)中意义会完全不同。下表

是对形状一样的 $s-t$ 图和 $v-t$ 图(图 1-1) 意义上的比较.



图 1-1

$s-t$ 图	$v-t$ 图
① 表示物体做匀速直线运动(斜率表示速度 v) ② 表示物体静止 ③ 表示物体向反方向做匀速直线运动 ④ 交点的纵坐标表示三个运动质点相遇时的位移 ⑤ t_1 时刻物体位移为 s_1	① 表示物体做匀加速直线运动(斜率表示加速度 a) ② 表示物体做匀速直线运动 ③ 表示物体做匀减速直线运动 ④ 交点的纵坐标表示三个运动质点的共同速度 ⑤ t_1 时刻物体速度为 v_1 (图中阴影部分面积表示 ① 质点在 $0 \sim t_1$ 时间内的位移)

1. 注意时间和时刻的区别. 在课本和资料中常见到一些关于时间和时刻的表述, 对这些表述要能正确理解. 如: 第 4 秒末、4 秒时(即第 4 秒末)、第 5 秒初(也为第 4 秒末)等均为时刻; 4 秒内(0 至第 4 秒末)、第 4 秒(第 3 秒末至第 4 秒末)、第 2 秒至第 4 秒内(第 2 秒末至 4 秒末)等均为时间.

2. 注意位移和路程的区别与联系. 位移是矢量, 是由初始位置指向终止位置的有向线段; 路程是标量, 是物体运动轨迹的总长度. 一般情况位移大小不等于路程, 只有当物体做单向直线运动时路程才等于位移的大小.

3. 注意速度和加速度两个概念的区别. 速度是描述物体运动快慢和方向的物理量, 是位移和时间的比值; 加速度是描述物体速度变化快慢和方向的物理量, 是速度变化和时间的比值. 速度和加速度都是矢量, 速度的方向就是物体运动的方向, 而加速度的方向不是速度的方向, 而是速度变化的方向, 所以加速度方向和速度方向没有必然的联系. 只有在直线运动中, 加速运动时加速度与速度方向一致; 减速运动时加速度与速度方向相反. 另外, 物体的速度大, 加速度不一定大, 例如空中匀速飞行的飞机, 速度很大, 加速度为零; 物体的速度小, 加速度不一定小, 例如弹簧振子在最大位移处速度为零, 但加速度却是最大. 还有在变加速运动中加速度在减小而速度却在增大, 以及加速度不为零而物体的速度大小却不变(匀速圆周运动)等情况. 通过结合这些实例进行分析, 可进一步认识速度和加速度这两个基本概念的区别.

4. 加速度是表示速度(大小和方向)改变快慢的物理量. 物体做变速直线运动时, 其加速度方向与速度方向在同一直线上, 该加速度表示速度大小改变的快慢; 物体做匀速圆周运动时, 加速度方向跟速度方向垂直, 该加速度表示速度方向改变的快慢. 当然, 若加速度方向跟速度方向既不共线又不垂直, 则物体速度的大小和方向均变化, 加速度表示了速度(大小和方向)改变的快慢(例如平抛运动).

5. 加速度的定义式 $a = \frac{\Delta v}{t}$ 不是加速度的决定式, 加速度并不是由速度变化量 Δv 和时间 t 决定, 不能由此得出 a 与 Δv 成正比、与时间 t 成反比的结论. 加速度的决定式为 $a = \frac{F}{m}$, 即物体的加速度由合外力和物体的质量决定, 加速度跟合外力成正比, 跟质量成反比, 加速度的方向与合外力的方向相同.

6. 物体做加速直线运动还是做减速直线运动, 判断的依据是加速度的方向和速度方向是相同还是相反. 只要加速度方向跟速度方向相同, 物体的速度一定增大; 只要加速度方向跟速度方向相反, 物体的速度一定减小.

典例剖析

典例 1 下列说法正确的是

()

A. 加速度增大,速度一定增大

B. 速度变化量 Δv 越大,加速度就越大

C. 物体有加速度,速度就增加

D. 物体速度很大,加速度可能为零

【解题指导】 加速度描述的是速度变化的快慢,加速度大小是 Δv 与所需时间 Δt 的比值,不能只由 Δv 大小判断加速度大小,故 B 错. 加速度增大说明速度变化加快,速度可能增大加快,也可能减小加快,或只是方向变化加快,故 A、C 错. 加速度大说明速度变化快,加速度为零说明速度不变,但此时速度可以很大,也可以很小,故 D 正确.

【答案】 D**【思考】** 请用典型的实例说明下列运动是否存在?

(1) 加速度恒定,速度的大小和方向都时刻在变.

(2) 速度越来越大,加速度越来越小.

(3) 速度时刻在变,加速度大小却不变.

(4) 速度最大时加速度为零,速度为零时加速度却最大.

(5) 物体有加速度,但速度大小却不变.

思考提示: (1) 平抛运动; (2) 弹簧振子从最大位移处向平衡位置运动; (3) 匀变速直线运动; 匀速圆周运动; (4) 弹簧振子到达平衡位置时,速度最大,加速度为零; 弹簧振子到达最大位移处时,速度为零,加速度却最大; (5) 匀速圆周运动.

【说明】 加速度是表示速度变化快慢的物理量,根据加速度大小不能判断物体速度的大小,也不能判断物体的速度是增大还是减小. 应根据加速度方向跟速度方向的关系判断物体做加速运动还是减速运动; 无论物体的加速度大小如何以及如何变化,只要加速度方向跟速度方向相同,物体一定做加速运动; 只要加速度方向与速度方向相反,物体一定做减速运动.

【设计意图】 帮助学生深刻理解加速度的含义,明确加速度跟速度及速度变化量的区别.**【变式训练 1】** 关于速度、速度变化量、加速度的关系,下列说法中正确的是 ()

A. 物体的加速度增大时,速度也增大

B. 物体的速度变化越快,加速度越大

C. 物体的速度变化越大,加速度越大

D. 物体的加速度不等于零时,速度大小一定变化

典例 2 如图 1-2 所示, I、II 两条直线分别描述 P、Q 两个物体的位移—时间图象,下列说法中,正确的是 ()

A. 两物体均做匀速直线运动

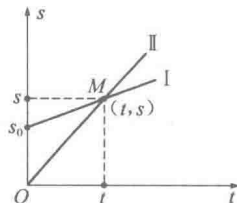
B. M 点表示两物体在时间 t 内有相同的位移C. t 时间内 P 的位移较大D. $0 \sim t$, P 比 Q 的速度大, t 以后 P 比 Q 的速度小

图 1-2

【解题指导】 由于 I、II 均是直线,所以 P、Q 两物体均做匀速直线运动,选项 A 正确. M 点的坐标 (t, s) 表示的是 t 时刻物体的位置,讨论位移要对应两个时刻、两个位置. 在 t 时间内物体 P 的初位置为 s_0 ,末位置为 s ,它的位移为 $s_P = s - s_0$. 物体 Q 的位移 $s_Q = s$. 所以选项 B、C 不正确. 位移图象的斜率就等于速度的大小,所以二者的速度均不变,且物体 Q 的速度较大,故选项 D 错. 正确的答案为 A.

【答案】 A**【思考】** 若将图象的纵轴换成速度 v ,图线形状不变,则

(1) P、Q 两物体做什么运动?

(2) 谁的加速度大?

(3) 交点 M 的含义是什么?

思考提示: (1) P、Q 两物体均做匀加速直线运动; (2) Q 的加速度大; (3) M 点表示在 t 时刻 P、Q 两物体速度相同.

【说明】 图象可以直观地描述物理规律,利用图象分析问题时特别关注它的斜率、截距、面积、正负号等所包含的物理意义. 不同的图象,以上量值的含义也不相同. 遇到图象题,首先要认准是什么图象,然后再分析求解.

【设计意图】 帮助学生理解运动图象的含义,并能根据运动图象判断物体的运动情况.

【变式训练 2】 如图 1-3 甲所示为物体做直线运动的 $v-t$ 图象.若将该物体的运动过程用 $s-t$ 图象表示出来(其中 s 为物体相对出发点的位移),则图 1-3 乙中的四幅图象描述正确的是 ()

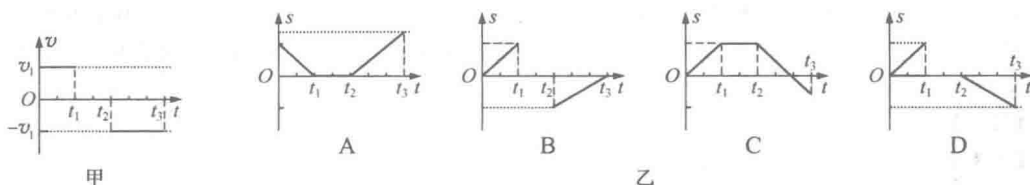


图 1-3

典例 3 一空间探测器从某一星球表面竖直升空,假设探测器的质量不变,发动机的推动力为恒力,探测器升空过程中发动机突然关闭,如图 1-4 表示探测器速度随时间的变化情况.

(1) 升空后 9s、25s、45s,即在图线上 A、B、C 三点探测器的运动情况如何?

(2) 求探测器在该星球表面达到的最大高度.

(3) 计算该星球表面的重力加速度.

(4) 计算探测器加速上升时的加速度.

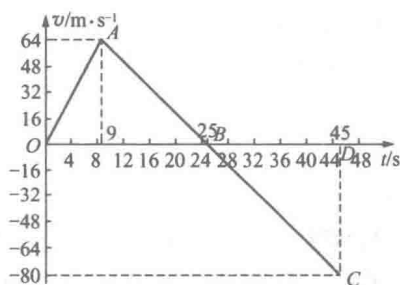


图 1-4

【解题指导】 (1) 从 $v-t$ 图象可知,探测器在 $0 \sim 9s$ 加速上升,9s 末发动机突然关闭,此时上升速度最大为 $64m/s$. $9s \sim 25s$

探测器仅在重力作用下减速上升,25s 末它的速度减小到零,上升到最高点.25s 以后探测器做自由落体运动,由于 $S_{OAB} = \frac{1}{2} \times 64 \times 25m = 800m$, $S_{BDC} = \frac{1}{2} \times 80 \times 20m = 800m$,所以 45s 末它恰好到达星球表面,此时它落地的速度为 $80m/s$.

(2) 探测器达到的最大高度为 $h_{max} = S_{OAB} = 800m$.

(3) 由 $v-t$ 图 AB 段或 BC 段知,该星球表面的重力加速度大小为

$$g = \frac{v_t - v_0}{t} = \frac{80 - 0}{20} m/s^2 = 4m/s^2$$

(4) 探测器加速上升时加速度为

$$a = \frac{v_t - v_0}{t} = \frac{64 - 0}{9} m/s^2 = 7.1m/s^2$$

【设计意图】 练习根据图象进行有关分析、计算和判断的方法.

【变式训练 3】 空间探测器从某一星球表面竖直升空,发动机推力为恒力.探测器升空后发动机因故障突然关闭,探测器升空到落回星球表面的速度随时间变化的图象如图 1-5 所示,根据图象,求:

(1) 该探测器在加速上升时的加速度大小及上升的最大高度 H_m ;

(2) 探测器落回星球表面的速度大小 v ;

(3) 探测器从最大高度到落回星球表面所用的时间 t .

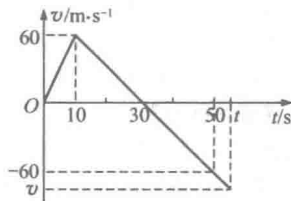


图 1-5

第二讲 匀速直线运动·匀变速直线运动

知识聚焦

一、匀速直线运动

1. 定义: 在相等的时间里位移相等的直线运动叫做匀速直线运动.

2. 特点: $a = 0, v = \text{恒量}$.

3. 位移公式: $s = vt$

二、匀变速直线运动

1. 定义: 在相等的时间内速度变化相等的直线运动叫做匀变速直线运动.

2. 特点: $a = \text{恒量}$.

3. 公式:

$$(1) v_t = v_0 + at \quad (2) s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2 \quad (3) v_t^2 - v_0^2 = 2as \quad (4) s = \frac{v_0 + v_t}{2} t$$

说明: (1) 以上公式只适用于匀变速直线运动。(2) 四个公式中只有两个是独立的, 即由任意两式可推出另外两式. 四个公式中有五个物理量, 而两个独立方程只能解出两个未知量, 所以解题时需要三个已知条件, 才能有解。(3) 式中 v_0, v_t, a, s 均为矢量, 应用时要规定正方向, 凡与正方向相同者取正值, 相反者取负值; 所求矢量为正值者, 表示与正方向相同, 为负值者表示与正方向相反. 通常将 v_0 的方向规定为正方向, 以 v_0 的位置做初始位置。(4) 以上各式给出了匀变速直线运动的普遍规律. 一切匀变速直线运动的差异就在于它们各自的 v_0, a 不完全相同. 例如: $a = 0$ 时, 匀速直线运动; 以 v_0 的方向为正方向; $a > 0$ 时, 匀加速直线运动; $a < 0$ 时, 匀减速直线运动; $a = g, v_0 = 0$ 时, 自由落体运动.

4. 推论

(1) 匀变速直线运动的物体, 在任两个连续相等的时间里的位移之差是个恒量, 即

$$\Delta s = s_{i+1} - s_i = aT^2 = \text{恒量}$$

(2) 匀变速直线运动的物体, 在某段时间内的平均速度, 等于该段时间的中间时刻的瞬时速度, 即

$$v_{t/2} = \bar{v} = \frac{v_0 + v_t}{2}$$

以上两个推论在“测定匀变速直线运动的加速度”等学生实验中经常用到, 要熟练掌握.

(3) 初速度为零的匀加速直线运动(设 T 为等分时间间隔):

① $1T$ 末、 $2T$ 末、 $3T$ 末……瞬时速度的比为:

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

② $1T$ 内、 $2T$ 内、 $3T$ 内……位移的比为:

$$s_1 : s_2 : s_3 : \dots : s_n = 1^2 : 2^2 : 3^2 : \dots : n^2$$

③ 第一个 T 内, 第二个 T 内, 第三个 T 内, ……位移的比为:

$$s_I : s_{II} : s_{III} : \dots : s_n = 1 : 3 : 5 : \dots : (2n-1)$$

④ 从静止开始通过连续相等的位移所用时间的比

$$t_1 : t_2 : t_3 : \dots : t_n = 1 : (\sqrt{2}-1) : (\sqrt{3}-\sqrt{2}) : \dots : (\sqrt{n}-\sqrt{n-1})$$

5. 自由落体运动是初速度为 0、加速度为 g 的匀加速直线运动, 初速度为零的匀加速直线运动的所有规律和比例关系均适用于自由落体运动.

疑难辨析

1. 追及和相遇问题

在两物体同直线上的追及、相遇或避免碰撞问题中关键的条件是: 两物体能否同时到达空间某位置. 因此应分别对两物体研究, 列出位移方程, 然后利用时间关系、速度关系、位移关系而解出.

(1) 追及

追和被追的两者的速度相等常是能追上、追不上、二者距离有极值的临界条件.

如匀减速运动的物体追同向的匀速运动的物体时, 若二者速度相等了, 追者位移仍小于被追者位移, 则永远追不上, 此时二者间有最小距离. 若二者位移相等(追上)了, 追者速度等于被追者的速度, 则恰能追上,

也是二者避免碰撞的临界条件;若二者位移相等时追者速度仍大于被追者的速度,则被追者还有一次追上追者的机会,其间速度相等时二者的距离有一个较大值.

再如初速为零的匀加速运动的物体追同向匀速运动的物体时,当二者速度相等时二者有最大距离,位移相等即追上.

(2) 相遇

同向运动的两物体追及即相遇,分析同(1).

相向运动的物体,当各自发生的位移的绝对值的和等于开始时两物体间的距离时即相遇.

2. 解题方法指导

(1) 要养成根据题意画出物体运动示意图的习惯. 特别对较复杂的运动,画出草图可使运动过程直观,物理图景清晰,便于分析研究.

(2) 要注意分析研究对象的运动过程,搞清整个运动过程按运动性质的转换可分为哪几个运动阶段,各个阶段遵循什么规律,各个阶段间存在什么联系.

(3) 由于本章公式较多,且各公式间有相互联系,因此,本章的题目常可一题多解. 解题时要思路开阔,联想比较,筛选最简捷的解题方案. 解题时除采用常规的公式解题指导法外,图象法、比例法、极值法、逆向转换法(如将一匀减速直线运动视为反向的匀加速直线运动)等也是本章解题中常用的方法.



典例剖析

典例 1 以速度为 10m/s 匀速运动的汽车在第 2 秒末关闭发动机,以后为匀减速运动,第 3 秒内平均速度是 9m/s ,则汽车加速度是 $\underline{\hspace{2cm}}\text{m/s}^2$,汽车在 10s 内的位移是 $\underline{\hspace{2cm}}\text{m}$.

【解题指导】 第 3 秒初的速度 $v_0 = 10\text{m/s}$,第 3.5 秒末的瞬时速度 $v_t = 9\text{m/s}$ (推论 2)

所以汽车的加速度: $a = \frac{v_t - v_0}{t} = \frac{9 - 10}{0.5}\text{m/s}^2 = -2\text{m/s}^2$. “-” 表示 a 的方向与运动方向相反.

汽车关闭发动机后速度减到零所经时间: $t_2 = \frac{0 - v_0}{a} = \frac{0 - 10}{-2}\text{s} = 5\text{s} < 8\text{s}$

则关闭发动机后汽车 8s 内的位移为: $s_2 = \frac{0 - v_0^2}{2a} = \frac{0 - 10^2}{2 \times (-2)}\text{m} = 25\text{m}$

前 2s 汽车匀速运动: $s_1 = v_0 t_1 = 10 \times 2\text{m} = 20\text{m}$

汽车 10s 内总位移: $s = s_1 + s_2 = 20\text{m} + 25\text{m} = 45\text{m}$

【说明】 (1) 求解类似于本题第二个空的问题时,一定要判断清楚所给时间内物体的运动情况,否则乱套公式,得到的多是错误的结论.

(2) 本题求 s_2 时也可用公式 $s = \frac{1}{2}at^2$ 计算. 也就是说:“末速度为零的匀减速运动”可倒过来看作“初速度为零的匀加速运动”.

【设计意图】 通过本例说明对“刹车”类问题,要注意确定“刹车”时间.

【变式训练 4】 一物体以 $v_0 = 20\text{m/s}$ 的初速度水平向右作匀减速滑行,1s 末速度减为 $v = 16\text{m/s}$,求:

(1) 物体的加速度大小与方向.

(2) 3s 末的速度是多大?物体在前 3s 内的位移多大?

(3) 8s 内的位移多大?

典例 2 一物体放在光滑水平面上,初速度为零.先对物体施加一向东的恒力 F ,历时 1s;随即把此力改为向西,大小不变,历时 1s;接着又把此力改为向东,大小不变,历时 1s;如此反复,只改力的方向,共历时 1min. 在此 1min 内

A. 物体时而向东运动,时而向西运动,在 1min 末静止于初始位置之东

B. 物体时而向东运动,时而向西运动,在 1min 末静止于初始位置

C. 物体时而向东运动,时而向西运动,在 1min 末继续向东运动

D. 物体一直向东运动,从不向西运动,在 1min 末静止于初始位置之东

【解题指导】 物体初速度为零,在恒力的作用下将做匀变速直线运动. 第 1 秒内向东匀加速,末速度为 v ,第 2 秒内力的方向改为向西,由于初速度向东,所以物体向东做匀减速运动,第 2 秒末时速度减为零. 之后

物体将重复前 2s 内的运动,因此在 1min 内的整个过程中,物体的运动方向始终向东,1min 末时的速度为零,所以选项 D 正确。

本题利用“图象法”求解亦很简单。根据题意,物体的速度图象如图 1-6 所示。

由图象很容易得出:物体始终沿正方向(东)运动,位移 $s > 0$, 1min 末时速度为零,答案为 D。

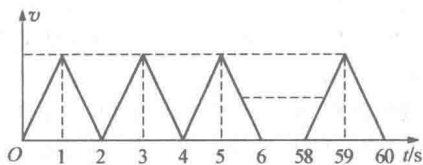


图 1-6

【答案】 D

【思考】 如果在奇数秒末物体的速度 $v_m = 10\text{m/s}$,则物体在 1min 内的位移多大?

思考提示:若物体在奇数秒末的速度为 10m/s ,则物体在 1min 内的平均速度为 $\bar{v} = \frac{v}{2} = 5\text{m/s}$,则物体在 1min 内的位移为 $s = \bar{v}t = 300\text{m}$ 。

【设计意图】 通过本例说明,当物体的加速度周期变化时,如何判断物体的速度变化及位移,如何总结物体的运动规律。

【变式训练 5】 一物体在 A、B 两点的正中间由静止开始运动(设不会超越 A、B),其加速度随时间变化如图 1-7 所示。设向 A 的加速度为为正向,若从出发开始计时,则物体的运动情况是 ()

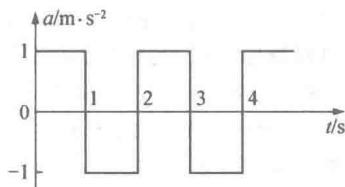


图 1-7

- A. 先向 A,后向 B,再向 A,又向 B,4s 末静止在原处
- B. 先向 A,后向 B,再向 A,又向 B,4s 末静止在偏向 A 的某点
- C. 先向 A,后向 B,再向 A,又向 B,4s 末静止在偏向 B 的某点
- D. 一直向 A 运动,4s 末静止在偏向 A 的某点

【典例 3】 跳伞运动员做低空跳伞表演,当飞机离地面 224m 时,运动员离开飞机在竖直方向做自由落体运动。运动一段时间后,立即打开降落伞,展伞后运动员以 12.5m/s^2 的平均加速度匀减速下降。为了运动员的安全,要求运动员落地速度最大不得超过 5m/s 。 $g = 10\text{m/s}^2$ 。求:

- (1) 运动员展伞时,离地面的高度至少为多少?着地时相当于从多高处自由落下?
- (2) 运动员在空中的最短时间为多少?

【解题指导】 运动员跳伞表演的过程可分为两个阶段,即降落伞打开前和打开后。由于降落伞的作用,在满足最小高度且安全着地的条件下,可认为 $v_m = 5\text{m/s}$ 的着地速度方向是竖直向下的,因此求解过程中只考虑其竖直方向的运动情况即可。在竖直方向上的运动情况如图 1-8 所示。

(1) 由公式 $v_t^2 - v_0^2 = 2as$ 可得

$$\text{第一阶段: } v^2 = 2gh_1$$

$$\text{第二阶段: } v^2 - v_m^2 = 2ah_2$$

$$\text{又: } h_1 + h_2 = H$$

解 ①②③ 式可得展伞时离地面的高度至少为 $h_2 = 99\text{m}$ 。

设以 5m/s 速度着地相当于从高 h' 处自由下落,则

$$h' = \frac{v'^2}{2g} = \frac{5^2}{2 \times 10}\text{m} = 1.25\text{m}$$

(2) 由公式 $s = v_0t + \frac{1}{2}at^2$ 可得:

$$\text{第一阶段: } h_1 = \frac{1}{2}gt_1^2 \quad (4)$$

$$\text{第二阶段: } h_2 = vt_2 - \frac{1}{2}at_2^2 \quad (5)$$

$$\text{又: } t = t_1 + t_2 \quad (6)$$

解 ④⑤⑥ 式可得运动员在空中的最短时间为 $t = 8.6\text{s}$ 。

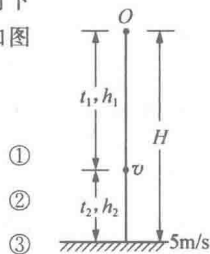


图 1-8

【思考】 为什么展伞高度至少为 99m?为什么 8.6s 为运动员在空中的最短时间?

思考提示: 因为展伞高度 99m 和在空中的运动时间 8.6s 是按最大落地速度 5m/s 求得, 实际落地速度应为 $v \leq 5\text{m/s}$, 故展伞高度 $h \geq 99\text{m}$, 在空中运动时间 $t \geq 8.6\text{s}$.

【说明】 简要地画出运动过程示意图, 并且在图上标出相对应的过程量和状态量, 不仅能使较复杂的物理过程直观化, 长期坚持下去, 更能较快地提高分析和解决较复杂物理问题的能力.

【设计意图】 通过本例说明, 对于这种多过程问题, 应注意通过作图等手段, 分析清楚各过程的特点及相互联系, 然后根据各自的特点列方程求解.

【变式训练 6】 一跳水运动员从离水面 10m 高的平台上向上跃起, 举双臂直体离开台面, 此时其重心位于从手到脚全长的中点, 跃起后重心升高 0.45m 达到最高点, 落水时身体竖直, 手先入水 (在此过程中运动员水平方向的运动忽略不计) 从离开跳台到手触水面, 他可用于完成空中动作的时间是 _____ s. (计算时, 可以把运动员看作全部质量集中在重心的一个质点, g 取 10m/s^2 , 结果保留二位数)

【典例 4】 火车以速度 v_1 匀速行驶, 司机发现前方同轨道上相距 s 处有另一列火车沿同方向以速度 v_2 (对地、且 $v_1 > v_2$) 做匀速运动, 司机立即以加速度 a 紧急刹车. 要使两车不相撞, a 应满足什么条件?

【解题指导】 此题有多种解法.

解法 1: 两车运动情况如图 1-9 所示, 后车刹车后虽做匀减速运动, 但在其速度减小至和 v_2 相等之前, 两车的距离仍将逐渐减小; 当后车速度减小至小于前车速度, 两车距离将逐渐增大. 可见, 当两车速度相等时, 两车距离最近. 若后车减速的加速度过小, 则会出现后车速度减为和前车速度相等之前即追上前车, 发生撞车事故; 若后车减速的加速度过大, 则会出现后车速度减为和前车速度相等时仍未追上前车, 根本不可能发生撞车事故; 若后车加速度大小为某值时, 恰能使两车在速度相等时后车追上前车, 这正是两车恰不相撞的临界状态, 此时对应的加速度即为两车不相撞的最小加速度. 综上所述可知, 两车恰不相撞时应满足下列两方程:

$$v_1 t - \frac{1}{2} a_0 t^2 = v_2 t + s$$

$$v_1 - a_0 t = v_2$$

$$\text{解之可得: } a_0 = \frac{(v_2 - v_1)^2}{2s}.$$

所以当 $a \geq \frac{(v_2 - v_1)^2}{2s}$ 时, 两车即不会相撞.

解法 2: 要使两车不相撞, 其位移关系应为 $v_1 t - \frac{1}{2} a t^2 \leq s + v_2 t$

$$\text{即 } \frac{1}{2} a t^2 + (v_2 - v_1) t + s \geq 0$$

对任一时间 t , 不等式都成立的条件为

$$\Delta = (v_2 - v_1)^2 - 2as \leq 0$$

$$\text{由此得 } a \geq \frac{(v_2 - v_1)^2}{2s}$$

解法 3: 以前车为参照物, 刹车后后车相对前车做初速度 $v_0 = v_1 - v_2$, 加速度为 a 的匀减速直线运动. 当后车相对前车的速度减为零时, 若相对位移 $s' \leq s$, 则不会相撞. 故由 $s' = \frac{v_0^2}{2a} = \frac{(v_1 - v_2)^2}{2a} \leq s$

$$\text{得 } a \geq \frac{(v_2 - v_1)^2}{2s}.$$

【说明】 解法 1 注重对运动过程的分析, 抓住两车间距离有极值时速度应相等这一关键条件来求解; 解法 2 中由位移关系得到一元二次方程, 然后利用根的判别式来确定方程中各系数间的关系, 这也是中学物理中常用的数学方法; 解法 3 通过巧妙地选取参照物, 使两车运动的关系变得简明.

【设计意图】 (1) 说明追及、相遇和避碰问题的分析方法; (2) 说明如何根据临界条件求解临界问题; (3) 说明一个物理问题可有多种分析方法.

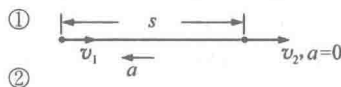


图 1-9