



GAOKAO BEIKAO ZHINAN

新课程 新考纲

2009

高考备考指南

物理

系统复习用书

广州市教育局教学研究室 编



华南理工大学出版社

2009 高考备考指南

物 理

系统复习用书

(第十二版)

广州市教育局教学研究室 编

华南理工大学出版社

·广州·

《2009 高考备考指南》编委会

主 编 黄 宪

副主编 谭国华 张经纬

编 委 语文分册主编 谭健文 李月容
数学分册主编 曾辛金 陈镇民
英语分册主编 黄丽燕 何 琳 镇祝桂
政治分册主编 张云平 胡志桥
历史分册主编 何 琼 刘金军
地理分册主编 许少星
物理分册主编 刘雄硕 陈信余 符东生
化学分册主编 李南萍 马文龙
生物分册主编 麦纪青 钟 阳

图书在版编目(CIP)数据

物理系统复习用书/广州市教育局教学研究室编. —12 版. —广州:华南理工大学出版社,2008.6

(2009 高考备考指南/黄宪主编)

ISBN 978-7-5623-2919-0

I. 物… II. 广… III. 物理课-高中-升学参考资料 IV. G634.603

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 036965 号

总 发 行: 华南理工大学出版社(广州五山华南理工大学 17 号楼,邮编 510640)

营销部电话: 020-22236378 22236185 87111048(传真)

E-mail: z2cb@scut.edu.cn

http://www.scutpress.com.cn

出版策划: 范家巧 潘宜玲

责任编辑: 欧立局

印 刷 者: 佛山市浩文彩色印刷有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 13.5 字数: 350 千

版 次: 2008 年 6 月第 12 版 2008 年 6 月第 12 次印刷

定 价: 26.50 元(上下册)

本册定价: 16.50 元

版权所有 盗版必究

前言

新一轮高考改革的重点是考试内容的改革,这是我们在复习备考中应该首先关注的。因此,学生复习资料的编写和使用,就成为备考复习的重要环节之一。

本丛书的前身是《高考备考丛书》,初版于1994年,是根据当时广州市有关领导的指示,为提高广州地区学生系统复习备考的效率,由广州市教育局教研室组织广州市100多名特级教师和骨干高级教师编写的。1997年更名为《高考备考指南》,由华南理工大学出版社出版。出版以来,为适应新的情况,吸收新的经验,每年更新内容,修订改版。经过多年打造,本丛书广受欢迎,成为广州市连续10多年使用的高考备考主流资料。

“应试”和“素质”并不是完全对立的矛盾。目前高三教学还存在诸多弊端,正需要通过教学研究和教学改革去克服和解决。广州市从20世纪80年代开始组建了全市性的高考备考研究队伍,依循现代教学理念,着眼于学生,着眼于效率,探索和研究高考备考的教学规律,积累和形成了丰富的具有广州特色的高考备考经验体系。凭着这些凝聚了广州市20多年来一批又一批优秀高三教师心血结晶的经验,广州的高考已经连续多年在全省显现出高位稳定。《高考备考指南》就是广州多年高考备考研究的成果之一,它全面体现了广州备考理念和备考经验。

《高考备考指南》是为广东学生参加广东高考而编写的,所以,一方面,在内容上紧扣广东高考的考试大纲,力求让师生明确考试大纲规定考点的要求,明确考点对应的课本内容,明确考点对应的试题类型,成为当年考试大纲的“解读”;另一方面,在体例上充分考虑了我省学生的学习基础、学习习惯和心理特点,力求精练,强调实用,重视基础,舍弃繁难,反对题海,针对性强,以便让学生以最少的时间获得最好的复习效果。这些就是本丛书编写的鲜明特点。

2007年,广东开始实施新课程高考方案。《高考备考指南》(第十版)根据新课程高考的要求重新进行了编写,全书的结构、内容、题例和练习都全新改版。经过2007年高考的检验,得到了广大师生的充分肯定。根据使用意见,2008年的第十一版又进行过一次修订。2009年是新课程实施后的第三次高考。在总结前两年新课程高考命题特点的基础上,根据对2009年高考(广东卷)命题趋势的分析,《高考备考指南》(第十二版)又进行了全面的优化。

《高考备考指南》(第十二版)包括语文、数学(分文科数学和理科数学)、英语、文科基础/理科基础、政治、历史、地理、物理、化学、生物10个学科,除文科基础/理科基础外,其他每个学科分为《系统复习用书》和《专题训练用书》。《系统复习用书》包括学科各必修模块和列进考试范围的选修模块的基础知识的系统梳理和题型示例,既有新教材的改革亮点,又根据新考纲的要求,加强了知识的系统性,每单元(或章节)附有供学生思考与训练的题目(数学另有配套的《习题解答》)。《专题训练用书》提供与系统复习配套使用的单元(或专题)训练和综合训练,可以按照需要随堂测试或课外使用。文科基础/理科基础分别按政治、历史、地理、物理、化学、生物六个分册出版。

《高考备考指南》丛书编写委员会由广州市教育局教研室组建。第十二版由黄宪任主编,谭国华、张经纬任副主编。华南理工大学出版社大力协助并促成本丛书出版,在此谨表谢意。

编者

2008年4月于广州

说 明

《高考备考指南·物理系统复习用书》是根据中华人民共和国教育部制定的《普通高中物理课程标准(实验)》、教育部考试中心制定的《2008年普通高等学校招生全国统一考试大纲理科·课程标准实验版》以及广东省考试中心编的《2008年普通高等学校招生全国统一考试(广东卷)物理科考试大纲的说明》的要求,结合广东省高中课程改革实际情况编写的。全书共14章,涵盖普通高中课程标准实验物理教科书的必修1、必修2、选修3-1、3-2、3-3、3-4、3-5的内容,供使用广东教育出版社、人民教育出版社等版本的课程标准实验教材的普通高中学生在X科物理总复习阶段中选用。

本书各章设置“知识要点”、“例题解析”、“练习题”等栏目,从不同角度引导学生全面系统地回顾、归纳、梳理所学的物理知识,对所学的内容融会贯通,掌握它们的内在联系,在理解的基础上掌握基本知识,形成基本技能。

本书编写时力求做到既体现课程标准的理念,又能体现物理知识的系统性,内容顺序相对教科书作了适当的调整,以方便教师把握和使用。

本书每章的“知识要点”以填空的方式列出相关的物理基本概念和规律,这部分应由学生自己完成,教师不宜包办代替;建议学生根据自己的理解和体验,自己整理概括知识系统网络。

本书例题和练习题的选取强调体现材料的典型性,也兼顾新颖性,将“探究学习”的理念引入其中,强调学生对过程和方法的体验,在记忆和理解基本概念、基本规律的基础上,提高将由文字或图形呈现的内容转化成具体、生动的物理图景,并正确运用物理知识解决问题的能力。

部分例题的“分析与解答”后增加了“变式”训练内容,可作为例题讲解后的堂上练习。有的例题后设有“反思与体验”栏目,以评析常见错误,或者归纳同类题的解法和技巧。师生要重视“反思与体验”环节,及时总结归纳,达成知识与技能、过程与方法、情感态度与价值观三维目标,最大限度提高复习效果。

本书由刘雄硕、陈信余主编,参加编写的有叶道昭、刘穗洁、张建国、潘万洋、李剑虹、周兆棠、黄永忠、雷伟雄、刘国辉、窦建波、陈爽等参与审校。

编 者
2008年3月

目 录

第一章 质点的运动	(1)
第二章 力 牛顿定律和万有引力定律	(17)
第三章 机械能	(32)
第四章 动量和动量守恒	(44)
第五章 电 场	(55)
第六章 恒定电流	(69)
第七章 磁 场	(83)
第八章 电磁感应	(96)
第九章 交变电流 传感器	(108)
第十章 热 学	(121)
第十一章 振动和波	(131)
第十二章 光和相对论	(143)
第十三章 原子和原子核	(156)
第十四章 实验与探究	(166)
练习题答案或提示	(198)

第一章 质点的运动

一、知识要点

1. 参考系、质点

(1) 参考系：在描述一个物体的运动时，选来作为_____的另外的物体。选择不同的参考系来描述同一个运动，描述结果可能会_____。

(2) 质点：把物体看成一个只有_____、没有_____和_____的点。把物体看成质点是一种简化问题的思维方法。

2. 位移和路程

(1) 位移：表示质点_____变化的物理量，既有大小，又有方向，是_____量，其大小为初、末位置间的直线距离，方向由初位置指向末位置。

(2) 路程：质点运动_____的长度，只有大小，没有方向，是_____量。

一般情况下，位移的大小不等于路程，只有当物体单向的直线运动时，位移的大小才等于路程。

3. 时刻与时间

(1) 时刻：指某一瞬间，用时间轴上的某一点来表示。

如图 1-1 所示的 t_1 时刻、 t_2 时刻。

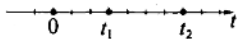


图 1-1

(2) 时间：指两个时刻之间的间隔，用时间轴上的一段线段来表示。如图 1-1 所示，时间 $\Delta t = t_2 - t_1$ 。时间是标量。

一般地，时刻对应于位置、瞬时速度等状态量，而时间对应于位移、平均速度等过程量。

4. 匀速直线运动、速度

(1) 物体在一条直线上运动，如果在相等的时间里的_____，叫做匀速直线运动。

(2) 在匀速直线运动中，位移与时间的比值，叫做匀速直线运动的速度，简称速度，写成公式_____。速度的国际单位是_____，速度的常用单位是 km/h，它们之间的换算关系为_____。

(3) 匀速直线运动的位移公式_____。
在匀速直线运动中，速度 v 是_____，因此，位移 s 跟时间 t 成_____。

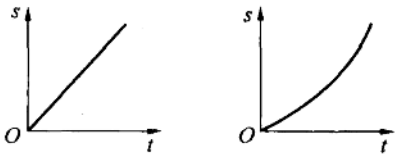


图 1-2

(4) 用图像来表示位移和时间的关系，叫做_____图像 ($s-t$ 图像)，如图 1-2 所示。匀速直线运动的位移图像是_____。变速直线运动的位移图像是_____。位移图像的斜率代表物体运动的_____。



(5) 用图像来表示速度和时间关系, 叫做_____图像 ($v-t$ 图像), 如图 1-3 所示. 只有匀速直线运动的速度图像才是一条与时间轴_____的直线. 应用速度图像可求出任何时间内的位移大小, 如图 1-4 所示.

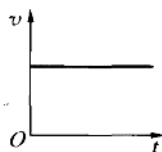
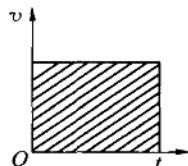


图 1-3 匀速直线运动的速度图像

图 1-4 速度图像与 t 轴围成的“面积”
表示位移大小

5. 变速直线运动、平均速度

(1) 物体在一条直线上运动, 如果在相等时间里的位移_____. 这种运动叫做变速直线运动.

(2) 物体的位移 s 和对应的时间 t 的比值称为这段位移 (或时间) 内的平均速度 $\bar{v}$, 即 $\bar{v} = \frac{s}{t}$, 平均速度是矢量.

6. 瞬时速度、速率

(1) 运动物体经过某一时刻 (或某一位置) 的速度, 叫做瞬时速度, 简称速度. 瞬时速度的方向与物体运动轨迹的_____方向相同. 瞬时速度的_____也叫做瞬时速率, 简称速率.

(2) 速度和速率是两个不同的概念, 速度是_____与时间之比, 速率是_____与时间之比. 前者是矢量, 后者是标量.

速度大小与速率也有区别: 瞬时速度的大小与瞬时速率是相等的, 而平均速度的大小与平均速率有时是不相等的 (如曲线运动).

7. 匀变速直线运动、加速度

(1) 在变速直线运动中, 如果在相等的时间内速度的改变_____, 叫做匀变速直线运动; 如果在相等的时间内速度的改变_____, 叫做非匀变速直线运动.

(2) 加速度是表示_____快慢的物理量, 它等于_____的比值, 是速度对时间的变化率. 写成公式_____. 加速度既有大小, 也有方向, 是_____量, 国际单位是_____.

(3) 匀变速直线运动是加速度_____的运动. 匀变速直线运动的基本规律如下: 速度公式_____, 位移公式_____. 推导公式_____.

(4) 匀变速直线运动的 $v-t$ 图像是倾斜的直线, 直线的斜率代表物体的_____, 如图 1-5 所示.

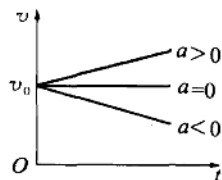


图 1-5

8. 自由落体运动

(1) 定义: 物体只受_____作用由静止开始下落的运动.

(2) 性质: 自由落体运动是初速度为_____, 加速度 $a = \underline{\hspace{1cm}}$ 的匀变速直线运动.

(3) 运动规律: $v_t = gt$, $s = \frac{1}{2}gt^2$, $v_t^2 = 2gs$.

9. 竖直上抛运动

(1) 定义: 以一定的初速度竖直向上抛出的物体只在_____作用下的运动.

(2) 性质: 竖直上抛运动是加速度为_____的匀变速直线运动, 即在任意相等的时间内的速度的变化相同.

(3) 运动规律 (取竖直向上为正方向):

加速度: $a = -g$.

速度: $v_t = v_0 - gt$. 令 $v_t = 0$, 则上升到最大高度所用时间: $t = \frac{v_0}{g}$.

位移: $h = v_0t - \frac{1}{2}gt^2$. 上升的最大高度: $H = \frac{v_0^2}{2g}$.

速度位移关系: $v_t^2 - v_0^2 = -2gh$.

10. 匀变速直线运动的规律

基本公式	速度公式: $v_t = v_0 + at$; 位移公式: $s = v_0t + \frac{1}{2}at^2$
导出公式	速度与位移公式: $v_t^2 - v_0^2 = 2as$; 平均速度公式: $\bar{v} = \frac{v_0 + v_t}{2}$, $s = \bar{v}t$
	中间时刻速度: $v_{\frac{t}{2}} = \frac{v_0 + v_t}{2}$; 中点位置速度: $v_{\frac{s}{2}} = \sqrt{\frac{v_0^2 + v_t^2}{2}}$
	相邻的相等时间内的位移差公式: $\Delta s = aT^2$ (恒量), $s_n - s_{n-m} = maT^2$
	$v_0 = 0$ 的匀加速直线运动的比例关系: $s_1 : s_2 : s_3 \cdots = 1 : 4 : 9 \cdots$ (s_1, s_2, s_3 为 $t, 2t, 3t$ 时间内通过的位移) $s_I : s_{II} : s_{III} \cdots = 1 : 3 : 5 \cdots$ (s_I, s_{II}, s_{III} 为连续相等时间 t 内通过的位移) $t_1 : t_2 : t_3 \cdots = 1 : (\sqrt{2} - 1) : (\sqrt{3} - \sqrt{2}) \cdots$ (t_1, t_2, t_3 为通过连续相等位移所用的时间)

11. 曲线运动、物体做曲线运动的条件

(1) 如果物体运动的轨迹是_____, 就叫做曲线运动.

(2) 当运动的物体所受的合外力方向跟它的初速度方向_____时, 物体做曲线运动. 做曲线运动的物体的加速度方向跟它的初速度方向_____.

(3) 在曲线运动中, 速度的方向是时刻改变的, 质点在某一点 (或某一时刻) 的速度方向就是曲线上的这一点的_____.

(4) 曲线运动是_____运动, 可分为匀变速曲线运动 (a 为恒量, 如平抛运动) 和变加速曲线运动 (a 变化, 如匀速圆周运动).

12. 运动的合成和分解

(1) 一个复杂的运动可以看成是几个独立进行的分运动的合运动. 已知分运动求合运动叫做运动的_____; 反之, 从已知合运动求分运动叫做运动的_____. 运动的合成和分解是研究复杂运动的重要方法.

(2) 合运动与分运动的关系: 等时性、独立性和叠加性.

(3) 运动合成和分解的实质是指描述运动的各物理量 (即位移、速度和加速度等)



中的矢量的合成和分解，它们都遵守_____。

(4) 同一直线上的两个直线运动的合运动仍为_____运动。两个互成角度的直线运动的合运动可能是_____运动，也可能是_____运动。

13. 平抛运动

(1) 定义：以一定的初速度水平抛出的物体只在_____作用下的运动。

(2) 性质：平抛运动是加速度为_____的匀变速曲线运动，即在任意相等的时间内速度的变化_____。

(3) 平抛运动可分解为水平方向的_____和竖直方向的_____，如图 1-6 所示。其运动规律为：

水平方向上： $x = v_0 t$ ， $v_x = v_0$ ， $a_x = 0$ ；

竖直方向上： $y = \frac{1}{2} g t^2$ ， $v_y = g t$ ， $a_y = g$ ；

合位移： $s = \sqrt{x^2 + y^2}$ ， $\tan \alpha = \frac{y}{x} = \frac{g t}{2 v_0}$ ；

合速度： $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$ ， $\tan \theta = \frac{v_y}{v_x} = \frac{g t}{v_0}$ ；

运动轨迹方程： $y = \frac{g}{2 v_0^2} x^2$ 。

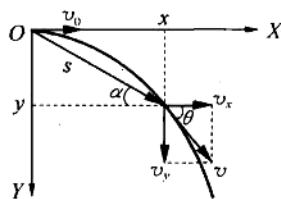


图 1-6

* 14. 斜抛运动

(1) 定义：以一定的初速度向上斜抛出的物体只在_____作用下的运动。

(2) 性质：斜抛运动是加速度为_____的匀变速曲线运动，即在任意相等的时间内速度的变化_____。

(3) 斜抛运动可分解为水平方向的_____和竖直方向的_____，如图 1-7 所示。

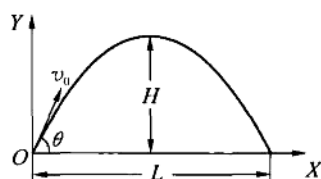


图 1-7

15. 匀速圆周运动

(1) 质点沿圆周运动，如果在相等的时间里通过的_____相等，这种运动叫做匀速圆周运动。

(2) 描述匀速圆周运动快慢的物理量

物理量	公 式	单 位	性 质
线速度 v	$v = \frac{s}{t} = \frac{2\pi r}{T} = \omega r = 2\pi r n$	m/s	矢量
角速度 ω	$\omega = \frac{\varphi}{t} = \frac{2\pi}{T} = \frac{v}{r} = 2\pi n$	rad/s (弧度每秒)	矢量
转速 n	$n = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{v}{2\pi r}$	r/s (转每秒)	标量
周期 T	$T = \frac{1}{n} = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi r}{v}$	s	标量

(3) 匀速圆周运动的向心加速度是描述线速度方向_____的物理量. 向心加速度公式_____, 方向总是指向_____.

必须指出, 匀速圆周运动不是匀速运动, 也不是匀加速运动. 它是线速度和加速度方向都在不断改变的变加速运动, 不变的是角速度和线速度的大小.

(4) 研究圆周运动时, 注意同轴的运动装置上的各点的角速度_____, 皮带轮等不同轴的传动装置的轮缘处的线速度大小_____.

知识要点答案

1. (1) 参考、不同 (2) 质量、大小、形状
2. (1) 位置、矢量 (2) 轨迹、标量
4. (1) 位移相等 (2) $v = \frac{s}{t}$ 、 m/s 、 $1\text{m/s} = 3.6\text{km/h}$ (3) $s = vt$ 、恒量、成正比 (4) 位移 - 时间、直线、曲线、速度 (5) 速度 - 时间、平行
5. (1) 不相等 (2) $\frac{s}{t}$
6. (1) 切线、大小 (2) 位移、路程
7. (1) 相等、不相等 (2) 速度变化、速度的改变与所用时间、 $a = \frac{v_t - v_0}{t}$ 、矢量、 m/s^2
- (3) 恒定、 $v_t = v_0 + at$ 、 $s = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$ 、 $v_t^2 - v_0^2 = 2as$ (4) 速度
8. (1) 重力 (2) 零、 g 9. (1) 重力 (2) g
11. (1) 曲线 (2) 不在同一直线上、不在同一直线上 (3) 切线方向 (4) 变速
12. (1) 合成、分解 (3) 平行四边形定则 (4) 直线、直线、曲线
13. (1) 重力 (2) 重力加速度 g 、相同 (3) 匀速运动、自由落体运动
14. (1) 重力 (2) 重力加速度 g 、相同 (3) 匀速运动、竖直上抛运动
15. (1) 弧长 (3) 变化快慢、 $a = \frac{v^2}{r} = r\omega^2$ 、圆心 (4) 相等、相等

二、例题解析

[例1] 下列情况可能发生的是 ()

- A. 速度变化很大, 加速度却很小
- B. 速度变化越来越快, 加速度越来越小
- C. 速度越来越大, 加速度越来越小
- D. 加速度方向不变, 而速度方向发生改变

分析与解答: 加速度 ($a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$) 是描述速度变化的快慢和方向的物理量, 加速度越大, 物体的速度改变得越快, 故 B 错. 由 $\Delta v = a\Delta t$ 知, 尽管 a 很小, 但只要 Δt 足够大, Δv 也可以很大, 故 A 正确. 只要加速度与速度同向, 不管加速度是增大还是减小, 其速度都是增大的, 故 C 正确. 加速度 a 的方向与速度变化 Δv 的方向相同, 而与速度方向无关, 故 D 正确.

反思与体验: 速度 v 、速度变化 Δv 和速度变化率 $\frac{\Delta v}{\Delta t}$ 是三个不同的概念, 应注意它们

物理意义的区别. 加速度又称为物体速度的变化率, 与物体的速度没有直接关系.

[例2] 一个做匀加速直线运动的物体, 在头 2s 内经过的位移为 24m, 在第二个 2s 内经过的位移是 60m, 求这个物体的加速度和初速度各是多少?

分析与解答: 物体运动示意图如图 1-8 所示.

方法一: 基本公式法. 头 2s 内的位移 $s_1 = v_0 t + \frac{at^2}{2}$, 第二个 2s 内的位移 $s_2 = v_0 (2t) + \frac{a(2t)^2}{2} - s_1$. 将 $s_1 = 24\text{m}$, $s_2 =$

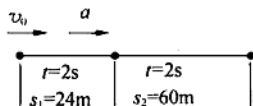


图 1-8

60m 代入上两式得 $a = 9\text{m/s}^2$, $v_0 = 3\text{m/s}$.

方法二: 平均速度法. 物体在 4s 内的平均速度等于中间时刻 (即第 2s 末) 的瞬时速度, $v_2 = \frac{24+60}{4} = v_0 + 20$, 物体在前 2s 内的平均速度等于第 1s 末的瞬时速度 $v_1 = \frac{24}{2} = v_0 + a$. 上两式联立, 得 $a = 9\text{m/s}^2$, $v_0 = 3\text{m/s}$.

方法三: 纸带法. 由公式 $\Delta s = at^2$ 得 $a = \frac{\Delta s}{t^2} = \frac{60-24}{4} = 9\text{m/s}^2$, 根据 $v_2 = \frac{24+60}{4} = v_0 + 2a$, 所以 $v_0 = 3\text{m/s}$.

反思与体验: 匀变速直线运动的规律可用多个公式描述, 因而选择不同的公式对应的解法也不同. 对一般的匀变速直线运动, 若出现相等时间问题, 可优先考虑用 $\Delta s = aT^2$ 或有关推论分析求解.

[例3] 物体沿一直线运动, 在 t 时间内通过的位移为 s , 它在中间位置 $\frac{s}{2}$ 处的速度为 v_1 , 在中间时刻 $\frac{t}{2}$ 时的速度为 v_2 , 则 v_1 和 v_2 的关系为 ()

- A. 当物体做匀加速直线运动时, $v_1 > v_2$
- B. 当物体做匀减速直线运动时, $v_1 > v_2$
- C. 当物体做匀速直线运动时, $v_1 = v_2$
- D. 当物体做匀减速直线运动时, $v_1 < v_2$

分析与解答: 方法一: 物体作匀加速直线运动时, 前 $\frac{t}{2}$ 时间内的平均速度一定小于后 $\frac{t}{2}$ 时间内的平均速度, 因此, 物体通过前 $\frac{s}{2}$ 的路程所需的时间 t_1 必大于 $\frac{t}{2}$, 如图 1-9 所示. 所以

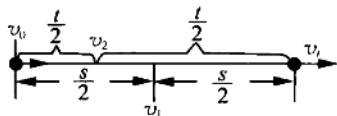


图 1-9 匀加速直线运动

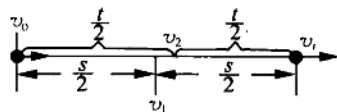


图 1-10 匀减速直线运动

同理, 物体做匀减速直线运动时, 前 $\frac{t}{2}$ 时间内的平均速度一定大于后 $\frac{t}{2}$ 时间内的平均速度, 因此, 物体通过前 $\frac{s}{2}$ 的路程所需的时间 t_1 必小于 $\frac{t}{2}$, 如图 1-10 所示. 所以

$$v_1 = v_0 - at_1 > v_0 - a\left(\frac{t}{2}\right)$$

只有当物体做匀速直线运动时才有 $v_1 = v_2$ ，显然本题的正确选项应为 A、B、C。

方法二：设物体运动的初速度为 v_0 ，末速度为 v_t ，

$$v_t^2 - v_0^2 = 2as \quad \cdots \cdots \textcircled{1}, \quad v_1^2 - v_0^2 = 2a \cdot \frac{s}{2} \quad \cdots \cdots \textcircled{2}$$

由①、②解得

$$v_1 = \sqrt{\frac{v_0^2 + v_t^2}{2}} \quad \cdots \cdots \textcircled{3}$$

由速度公式可求得

$$v_2 = \frac{v_0 + v_t}{2} \quad \cdots \cdots \textcircled{4}$$

③、④两式对匀加速、匀减速直线运动均成立。通过数学推理可知：只要 $v_0 \neq v_t$ ，必有 $v_1 > v_2$ ；当 $v_0 = v_t$ 即匀速直线运动时，必有 $v_1 = v_2$ 。

所以，正确选项应为 A、B、C。

方法三：分别作出物体做匀加速直线运动、匀减速直线运动和匀速直线运动的 $v-t$ 图像，如图 1-11 所示。由图像容易得出选项 A、B、C 正确。

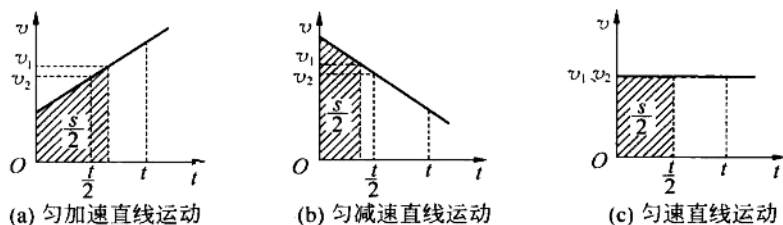


图 1-11

反思与体验：用 $v-t$ 图像分析运动学问题比较直观、简便。

【例 4】为了安全，在公路上行驶的汽车之间应保持必要的距离。已知某高速公路的最高限速 $v = 120 \text{ km/h}$ 。假设前方车辆突然停止，后车司机从发现这一情况，经操纵刹车，到汽车开始减速所经历的时间（称为反应时间） $t = 0.5 \text{ s}$ ，刹车时汽车受到阻力的大小为汽车重力的 0.4 倍。该高速公路上汽车间的距离 s 至少应为多少？取重力加速度 $g = 10 \text{ m/s}^2$ 。

分析与解答：在反应时间内，汽车做匀速运动，运动距离为

$$s_1 = vt = \frac{120 \times 10^3}{3600} \times 0.5 = \frac{50}{3} \text{ (m)}$$

汽车在刹车过程中做匀减速直线运动，由牛顿第二定律有 $kmg = ma$ ，得 $a = 4 \text{ m/s}^2$ 。所以刹车过程汽车运动的距离为

$$s_2 = \frac{v^2}{2a} = \frac{\left(\frac{100}{3}\right)^2}{2 \times 4} = \frac{1250}{9} \text{ (m)}$$

所求距离

$$s = s_1 + s_2 = \frac{50}{3} + \frac{1250}{9} \approx 1.6 \times 10^2 \text{ (m)}$$

该高速公路上两车相距至少为 $1.6 \times 10^2 \text{ m}$ 。

反思与体验：这是一道常见的力学实际问题，但情景中设置了新的概念，使试题增添了现代气息。不少同学对“反应时间”一词不理解，误认为“反应时间”就是刹车时间，导致结果错误。实际上，“反应时间”是从司机欲刹车到操纵刹车装置汽车开始减速这段时间间隔。在反应时间里汽车仍在匀速前进。

变式：在本题中，假设前方车辆把速度突然降为 24km/h 后做匀速直线运动，其他条件不变，该高速公路上汽车间的距离 s 至少应为多少？（答案：约 88.9m）

【例 5】一物体从静止开始做匀加速直线运动，加速度大小为 a 。当速度为 v 时，加速度反向，大小恒定。为使这物体在相同时间内回到原出发点，则反向后的加速度应是多大？回到出发点时速度多大？

分析与解答：加速度反向后，由于惯性，物体先在原方向做匀减速直线运动，当速度为零后又开始做反方向加速直线运动直至回到原出发点，如图 1-12 所示。

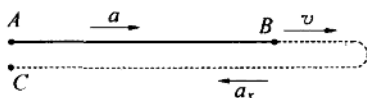


图 1-12

方法一：平均速度法

由于在相同的时间内通过的位移大小相等，所以两段时间内的平均速度大小相等，方向相反。设第一段时间内的平均速度为 $\bar{v}_1$ ，第二段时间内的平均速度为 $\bar{v}_2$ 。取开始运动方向为正方向，即

$$\bar{v}_1 = -\bar{v}_2 \dots\dots\dots ①$$

第一段时间内的平均速度 $\bar{v}_1 = \frac{v}{2}$ 。第二段时间内虽有往返，但仍是匀变速直线运动，

$\bar{v} = \frac{v_0 + v_t}{2}$ 仍成立，但要注意速度的方向。设回到原出发点的速度大小为 v_x ，则

$$\bar{v}_2 = \frac{v + (-v_x)}{2} \dots\dots\dots ②$$

将②式代入①式得： $\frac{v}{2} = -\frac{v - v_x}{2}$ ，有 $v_x = 2v$ 。

$$\text{又 } a = \frac{v - 0}{t}, \text{ 则 } a_x = \frac{v_x - (-v)}{t} = \frac{3v}{t} = 3a.$$

方法二：公式法

$$\text{第一段时间内通过的位移为: } s_1 = \frac{1}{2}at^2 \dots\dots\dots ①$$

$$\text{第二段时间内通过的位移为: } s_2 = vt - \frac{1}{2}a_x t^2 \dots\dots\dots ②$$

由题意可知 $s_1 = -s_2$, $v = at$ 。代入②式，解得 $a_x = 3a$ 。

对第二阶段运动由速度公式得：

$$v_x = v - a_x t = v - 3at = -2v$$

即返回到原出发点时速度大小为 $2v$ ，方向与初速度方向相反。

方法三： $v-t$ 图像法（推导留给同学们自己完成）

反思与体验：对于具有往返特点的匀变速直线运动，可将其往、返两个过程看成一个全过程，用统一的匀减速直线运动公式（ $v_t = v_0 - at$, $s = v_0 t - \frac{1}{2}at^2 \dots\dots\dots$ ）处理，但要注意

意公式中速度 v_i 和位移 s 的正、负值的意义。

【例6】如图1-13所示，棒A长1m，当它开始自由下落时，地面上同时以一定初速度竖直上抛小球B，经0.5s，棒A下端与小球B相遇且小球B经过棒A历时0.1s。求：

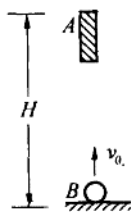


图1-13

(1) 小球B的初速度 v_0 ；

(2) 天花板与地面间距离 H 。

分析与解答：分别求出小球B与棒A上、下端相遇的时间，利用其差值已知，可求解。

解法1：设经时间 t_1 ，小球B与棒A下端相遇，则

$$\frac{1}{2}gt_1^2 + (v_0t_1 - \frac{1}{2}gt_1^2) = H - 1, \quad t_1 = \frac{H-1}{v_0}.$$

又设经时间 t_2 ，小球B与棒A上端相遇，则同理可得 $t_2 = \frac{H}{v_0}$ 。

其中 $t_1 = 0.5\text{s}$, $t_2 = t_1 + 0.1\text{s} = 0.6\text{s}$ ，解得 $v_0 = 10\text{m/s}$, $H = 6\text{m}$ 。

解法2：棒A做自由落体运动，小球B做竖直上抛运动，它们具有相同的加速度，以棒A为参照系，小球B以 v_0 做匀速直线运动，则

(1) $v_0 \times 0.1 = 1$ 即 $v_0 = 10\text{ (m/s)}$

(2) $H = v_0t + 1 = 10 \times 0.5 + 1 = 6\text{ (m)}$

反思与体验：选择不同的参照系，物体的运动形式不同。选取适当的参照系，有时能问题大大简化。

【例7】如图1-14所示，一平直的传送带以速度 $v = 2\text{m/s}$ 匀速运动，传送带把A处的工件运送到B处，A、B相距 $L = 10\text{m}$ 。从A处把工件无初速地放到传送带上，经过时间 $t = 6\text{s}$ ，能传送到B处。欲用最短的时间把工件从A处传送到B处，求传送带的运行速度至少应多大？

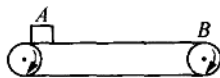


图1-14

分析与解答：A物体无初速放上传送带以后，物体将在摩擦力作用下做匀加速运动。

因 $\frac{L}{t} > \frac{v}{2}$ ，这表明物体从A到B先做匀加速运动，后做匀速运动。设物体匀加速运动的加速度为 a ，则

$$\frac{v^2}{2a} + v\left(t - \frac{v}{a}\right) = L$$

解得 $a = 1\text{m/s}^2$ 。要使工件从A到B的时间最短，须使物体始终做匀加速运动，即传送带的运行速度 v_1 至少为： $v_1 = \sqrt{2aL} = \sqrt{2 \times 1 \times 10} = 4.5\text{ (m/s}^2\text{)}。$

反思与体验：(1) 工件在皮带上的运动，可能一直做匀加速运动，也有可能先做匀加速运动，后做匀速运动，关键是要判断这一临界点是否出现。

(2) 在求皮带运行速度的最小值时，也可用数学方法求：设皮带的速度为 v_1 ，则 $L = \frac{v_1t_1}{2} + vt_2$ ，而 $t_1 = \frac{v_1}{a}$, $t_2 = t - t_1$ ，得 $t = \frac{L}{v_1} + \frac{v_1}{2a}$ 。显然，当 $v_1 = \sqrt{2aL}$ 时有最小值。由此可见，求物理极值既可以用数学方法，也可采用物理方法。此题还可以结合 $v-t$ 图像进行分析、求解，请同学们自行完成。

【例8】一列快车以 20m/s 的速度行驶。快车司机发现前方 600m 处有一列货车正以 8m/s 的速度同向匀速行驶，当即合闸制动，但快车要经 2000m 才能停下，分析两车会不

会相撞。

分析与解答：方法一：以地面为参考系，视两车为质点。两车刚好不相撞的临界条件是：当两车距离为零时两车速度相等。从开始刹车到两车速度相等需要时间 t ，这段时间内快车的位移 s_2 等于货车的位移 s_1 与原来两车距离 s_0 之和，如图 1-15 所示。即

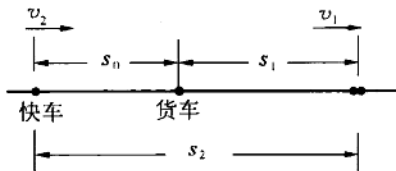


图 1-15

$$s_2 = s_1 + s_0 \quad \cdots \cdots ①$$

$$\text{对货车有} \quad s_1 = v_1 t \quad \cdots \cdots ②$$

$$\text{对快车有} \quad s_2 = v_2 t + \frac{1}{2} a t^2 \quad \cdots \cdots ③ \quad v_1 = v_2 + a t \quad \cdots \cdots ④$$

因快车刹车需要经 2000m 才能停下，故 $0 - v_2^2 = 2as$ ，所以

$$a = \frac{-v_2^2}{2s} = \frac{-20^2}{2 \times 2000} = -0.1 \text{ (m/s}^2\text{)},$$

将 a 代入④式得 $t = 120\text{s}$ 。由②、③两式得 $s_1 = 960\text{m}$ ， $s_2 = 1680\text{m}$ 。

因为 $s_0 + s_1 = 1560\text{m} < s_2 = 1680\text{m}$ ，所以两车会相撞。

方法二：用 $v-t$ 图象来解。如图 1-16 所示，图中直线 II 是快车的 $v-t$ 图象，直线 I 是货车的 $v-t$ 图象。快车自刹车到速度减为零时，位移 s 在数值上等于三角形 AOt' 的面积，可求出 t' ：

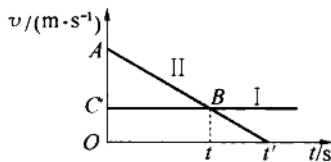


图 1-16

$$s = \frac{1}{2} \times 20 \times t' = 2000 \text{ (m)}$$

得 $t' = 200\text{s}$ 。快车刹车到与货车速度相等所需时间 t 可由三角形 AOt' 和 Btt' 求出。由

$$\frac{20}{8} = \frac{t'}{t' - t} \quad \text{得 } t = 120\text{s}.$$

在这 120s 内，快车位移 s_2 数值上等于梯形 $AOtB$ 的面积，即

$$s_2 = \frac{(20 + 8) \times 120}{2} = 1680 \text{ (m)}$$

货车位移 s_1 数值上等于矩形 $COtB$ 的面积，即 $s_1 = 120 \times 8 = 960 \text{ (m)}$ 。由于 $s_2 > s_0 + s_1$ ，故两车会相撞。

反思与体验：有的同学解本题时，误以为两车刚好不相撞的临界条件是两车距离为零时，后车速度为零。其实，只要两车距离为零时两车相对速度为零，即两车以共同速度运动就不会相撞。

变式：平直公路上一辆以 5m/s 的速度行驶的货车经过某处时，此处一辆客车由静止开始以 1m/s^2 的加速度开出，两车运动方向相同。客车追上货车之前什么时刻两车相距最远？相距最远时客车速度多大？追上货车时客车的速度多大？（答案： 5s ， 5m/s ， 10m/s ）

【例 9】如图 1-17 所示，在离水面高度 h 为 20m 的岸边，用绳子通过定滑轮拉船靠岸，船原来停在离岸边 $20\sqrt{3}\text{m}$ 处。若始终用 3m/s 的速度将绳子收短，求：

(1) 开始收绳时船的速率；

(2) 5s 末船的速率;

(3) 5s 内船的平均速率.

分析与解答: 船在向岸靠的过程中, 参与了两个分运动: 一是沿绳方向的运动, 其速度为收绳速度 $v_1 = 3\text{m/s}$; 二是绕定滑轮顺时针转动, 其速度为 v_2 , 且 $v_1 \perp v_2$. 船相对于岸的速度是上述两个分速度的合速度 v , 如图 1-18 所示.

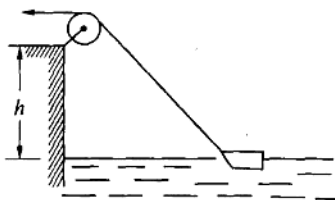


图 1-17

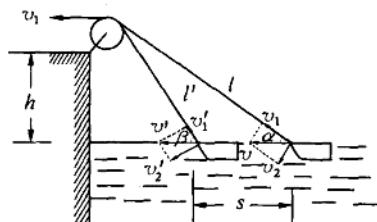


图 1-18

(1) $v = \frac{v_1}{\cos\alpha}$, 由几何关系可知:

$$\cos\alpha = \frac{20\sqrt{3}}{\sqrt{(20\sqrt{3})^2 + 20^2}} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

代入可得 $v = 2\sqrt{3}\text{m/s}$. 这就是开始收绳时船的速率.

(2) 开始时绳长 $l = \sqrt{(20\sqrt{3})^2 + 20^2} = 40\text{ (m)}$. 在 $t = 5\text{s}$ 末, 船到达新的位置, 此时绳长 $l' = l - v_1 t = 40 - 3 \times 5 = 25\text{ (m)}$. 绳与水面的夹角为 β , 有

$$\cos\beta = \sqrt{1 - \sin^2\beta} = \sqrt{1 - \left(\frac{20}{25}\right)^2} = 0.6$$

则 5s 末船的速率 $v' = \frac{v_1}{\cos\beta} = \frac{3}{0.6} = 5\text{ (m/s)}$

(3) 设 5s 内船前进的距离为 s . 由于船做非匀变速直线运动, 所以平均速率只能用 $\bar{v} = \frac{s}{t}$ 求取. 由几何关系

$$s = 20\sqrt{3} - l'\cos\beta = 19.64\text{ (m)} \quad \bar{v} = \frac{19.64}{5} = 3.9\text{ (m/s)}$$

反思与体验: 本题的速度分解, 还可以换成位移的分解来思考. 速度的合成和分解所遇到的问题还有船渡河问题、雨滴在匀速行驶火车玻璃窗上留下的痕迹等问题.

【例 10】 如图 1-19 所示, 小球 P 被悬挂在距地面为 h 处, 有一水平放置的枪指向小球射击, 枪口 A 与 P 距离为 s . 如果在发射子弹时, 小球同时下落, 试讨论子弹的初速度至少要多大才能击中小球. 空气阻力可以忽略不计.

分析与解答: 子弹做平抛运动, 小球做自由落体运动, 子弹击中小球的位置应在 P 、 Q 两点的连线上, 即子弹下落的距离要在 h 范围内, 而子弹落地时的水

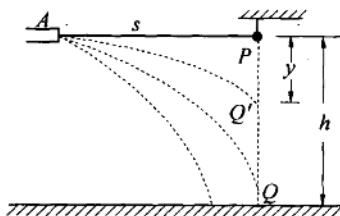


图 1-19