

二轮



金桃李三星书系

3+X

高考速效通

■ 贾世杰 徐良川 主编

物理

专题归纳

易混辨析

范例点津

能力达标

X 导航

石油大学出版社



金排李三基书系

3+X 高考

速·效·通 (二轮)

物 理

贾世杰 徐良川 主编

石油大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

3+X 高考速·效·通·物理/贾世杰,徐良川主编. —东营:石油大学出版社,2000.11(2001.9 重印)

(金桃李三基书系)

ISBN 7-5636-1470-2

I. 3... II. 贾... III. 物理课-高中-升学参考资料
IV. G634

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 042645 号

3+X 高考速·效·通·物理

贾世杰 徐良川 主编

总策划: 路庆良(电话 0546-8391797)

责任编辑: 何 峰(电话 0546-8392565)

出版者: 石油大学出版社(山东 东营,邮编 257061)

网 址: <http://suncntr.hdpu.edu.cn/~upcpress>

电子信箱: upcpress@mail.hdpu.edu.cn

印刷者: 山东沂南印刷总厂

发 行 者: 石油大学出版社(电话 0546-8392563,8391797)

开 本: 787×1092 1/16 印张:15.5 字数:508 千字

版 次: 2001 年 9 月第 1 版第 2 次印刷

定 价: 16.00 元



3+X 高考速·效·通

编委会名单

顾 主 副 委	问 任 主 员	王存敬	魏进路	钟岱峰
		曹红旗	张志亮	
		潘永庆	王 洪	刘培正
		(按姓氏笔画排列)		
		马金建	于建平	王 洪
		王秀之	王亿东	王立星
		付喜明	邢玉河	刘培正
		孙锡玉	李庆平	李洪本
		张志亮	张克成	柴修森
		柴春明	曹红旗	崔乃方
		贾世杰	翟润瑟	潘永庆



3+X 高考速·效·通

(物 理)

编 者 名 单

主 编	编 者	贾世杰	徐良川		
		聂金海	崔振清	李素玲	赵继魁
		王华泰	李 靓	刘长英	孙玉军
		曾 飞	张美桂	霍福山	张来生
		王建东	杨鹏春	刘长坤	佟群力
		马连军	杨富传	张同武	李兴圃
		孙 泉	王建东	王浩泉	王天民
		任晓夫	李建民	张清奇	王殿祥
		徐金良	吉士岭	鞠新利	李永奇
		田耀斌	张 洁	李玉梅	马凤喜
		邱宝国			



随着高等学校招生考试制度改革的深化,必然引起高中教学和高三备考复习的相应变化。高考内容的改革是高考改革的重点和核心,命题遵循教学大纲,但不拘泥于教学大纲,突出能力和素质的考查,密切联系实际应用和当代科学技术的发展,试题设计增加了应用型、能力型题目。转变封闭的学科观念,注重考查跨学科的综合能力,针对高考内容的这些变化,在物理教学和高三复习中,必须注重能力的培养、素质的提高,注重将物理基础知识与实际应用相结合,要注重培养学生应用科学知识解决实际问题的能力,高三复习也应有与高考改革相适应的全新的复习思路 and 资料。为此,我们组织了部分教学经验丰富、锐意改革创新的教师,按照高考改革的新思路和要求,编写了这本《3+X 高考·通·效·通·物理》一书,供高三年級二、三轮复习备考的老师和同学们使用。

本书将全部物理知识分作十五章,每章开始列出了该章的知识网络,以帮助同学们将本章知识融会贯通,提纲挈领,每章内容又分若干个知识单元,每个单元设有[高考要求]、[考点辨析]、[能力训练]三个专栏。

[高考要求] 除了明确列出高考对知识的要求以外,特别注重了对能力的要求。

[考点辨析] 对考点要求中的重点、难点、关键点及一些基本方法和解决问题的思路做了简洁明晰的分析和说明,并列举了一些典型事例和例题。

[能力训练] 针对新涉及的知识,尽量结合高考内容的改革方向,设计了一些注重能力考查的题目作为练习,通过这些练习提高学生解决实际问题的能力。

本书由贾世杰、徐良川主持编写,编者有聂金海(第一章),崔振清(第二章),李素珍、赵继魁(第三章),王华泰(第四章),李舰(第五章),刘长英(第六章),孙玉军(第七章),曾飞(第八章),张美桂、霍福山(第九章),张米生(第十章),王建东(第十一章),杨鹏春、刘长坤(第十二章),佟群力、马连军(第十三章),杨富传、张同武(第十四章),李兴圆、孙泉(第十五章),王建东、王浩泉(综合测试一),张同武、王天民、任晓夫(综合测试二)。由吉士岭、李永奇(一至四章),鞠新利、李玉梅(五至七章),徐金良、田耀斌(八至十章),王殿祥、张洁(十一至十五章)审核。最后由贾世杰、徐良川、李建民、张清奇、邱宝国统稿。

由于编者水平所限,缺点错误在所难免,敬请各位读者批评指正。

编者

2001年8月于潍坊



目录



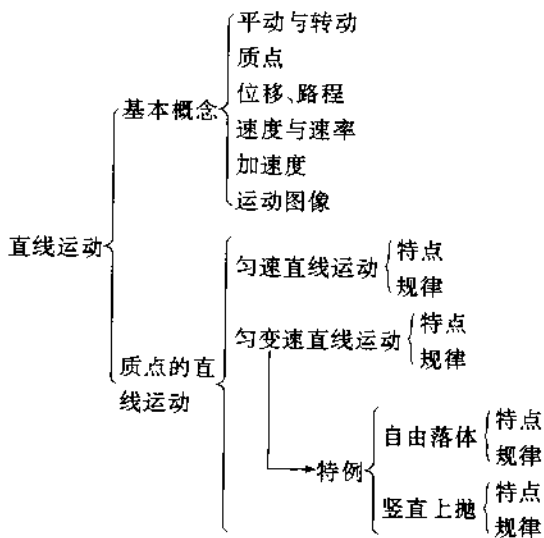
第一章 直线运动	(1)
一、基本概念和匀速直线运动	(1)
二、匀变速直线运动的规律	(3)
三、自由落体运动和竖直上抛运动	(5)
四、追及或相遇问题	(7)
五、实验:练习使用打点计时器 测匀变速直线运动的加速度	(9)
第二章 力 物体的平衡	(13)
一、力 重力 弹力	(13)
二、摩擦力	(16)
三、力的合成和分解	(19)
四、物体的平衡 力矩	(22)
五、实验:互成角度的两个力的合成	(25)
第三章 牛顿运动定律	(30)
一、牛顿第一定律与第三定律	(30)
二、牛顿第二定律	(31)
三、牛顿第二定律的应用	(33)
四、实验:验证牛顿第二定律	(36)
第四章 曲线运动 万有引力	(39)
一、曲线运动 运动的合成与分解	(39)
二、平抛运动	(41)
三、圆周运动	(44)
四、万有引力定律及应用	(47)
五、实验:研究平抛物体的运动	(49)
第五章 动量	(54)
一、动量 冲量 动量定理	(54)
二、动量守恒定律	(56)
三、实验:碰撞中的动量守恒	(58)
第六章 机械能	(64)
一、功 功率	(64)
二、动能 动能定理	(66)

三、机械能 机械能守恒定律	(69)
四、功和能 能的转化和守恒定律	(71)
第七章 机械振动和机械波	(77)
一、简谐运动	(77)
二、单摆 受迫振动	(79)
三、机械波	(81)
四、实验:用单摆测定重力加速度	(85)
第八章 热学	(89)
一、分子动理论	(89)
二、内能 能的转化和守恒定律	(91)
三、气体的状态参量 气体实验定律	(93)
四、理想气体状态方程 气体的图像	(97)
五、验证玻意耳定律	(100)
第九章 电场	(106)
一、库仑定律 电场强度 电场线	(106)
二、电势能 电势差 电势 等势面	(109)
三、带电粒子在电场中的运动	(112)
四、电场中的导体 电容器	(115)
五、电场中等势线的描绘	(118)
第十章 恒定电流	(123)
一、基本概念和规律	(123)
二、串并联电路	(127)
三、闭合电路的欧姆定律	(130)
四、直流电路的几种典型问题	(134)
五、实验	(140)
第十一章 磁场	(155)
一、磁场	(155)
二、磁场对电流的作用力	(157)
三、磁场对运动电荷的作用	(159)
第十二章 电磁感应	(165)
一、电磁感应现象 楞次定律	(165)
二、法拉第电磁感应定律 自感	(168)
三、电磁感应规律的应用	(171)
四、实验:研究电磁感应现象	(175)
第十三章 交流电 电磁振荡 电磁波	(182)
一、交流电及其变化规律	(182)
二、变压器 远距离输电	(184)
三、电磁振荡 电磁波	(187)

第十四章 几何光学 光的本性	(191)
一、光的直线传播 光的反射	(191)
二、光的折射 全反射 透镜成像	(193)
三、实验:测定玻璃的折射率	(198)
四、实验:测量凸透镜的焦距	(200)
五、光的波动性	(201)
六、光的粒子性	(203)
第十五章 原子物理	(208)
一、原子结构 玻尔的原子理论	(208)
二、原子核的组成	(211)
三、核能	(213)
综合测试	(217)
综合测试题(1)	(217)
综合测试题(2)	(220)
参考答案	(227)

第一章

直线运动



一、基本概念和匀速直线运动



高考要求

(1) 理解质点概念,知道它是一种科学的抽象;了解参考系的概念及选取的方便性原则。

(2) 理解位移和路程的概念,知道二者的区别。

(3) 理解匀速运动、变速运动的概念。

(4) 掌握匀速运动中位移和时间的关系,以及它们的数学表示(包括公式和图像)。

(5) 理解速度的概念,知道速度和速率以及它们的区别。

(6) 理解平均速度和瞬时速度的概念;能从 $s-t$ 图像理解它们的意义。

(7) 理解加速度的概念,知道它的定义、公式、符号和单位,能从匀变速直线运动的 $v-t$ 图像理解加速度的意义。



考点解析

1. 位移和路程

(1) 位移:描述质点位置改变的物理量,是矢量,常用由初位置指向末位置的有向线段来表示,符号为 s ,单位为 m 。

(2) 路程:物体运动轨迹的长度,是标量,符号为 s ,单位为 m 。

(3) 位移和路程的区别:① 位移是矢量,路程是标量。② 在同一次运动中,路程大于或等于位移的大小,只有物体在一条直线上作定向直线运动时,位移大小才等于路程。

2. 速度

速度是描述物体运动快慢和方向的物理量,是矢量,其大小称做速率,单位 m/s 。对匀速直线运动有

$$v = \frac{s}{t}$$

(1) 平均速度:是物体的位移 s 和发生这段位移所用时间的比值,即 $\bar{v} = \frac{s}{t}$,它只能粗略地描述物体作变速运动的快慢。应注意:① 在变速运动中,平均速度应对应于某段时间而言。② 只有匀变速直线运动中才有 $\bar{v} = \frac{v_0 + v_t}{2}$ 。对于非匀变速运动,只能用公式 $\bar{v} = \frac{s}{t}$ 。③ 平均速率是运动物体通过的路程与所用时间的比,只有在位移的大小等于路程时,平均速率才等于平均速度的大小。

(2) 瞬时速度:物体在某时刻(或位置)的速度。瞬时速率就是瞬时速度的大小。瞬时速度是矢量,瞬时速率是标量。

【例1】一个沿着某方向作直线运动的物体,在时间 t 内的平均速度是 v ,紧接着 $\frac{t}{2}$ 内的平均速度是 $\frac{v}{2}$,则物体在 $t + \frac{t}{2}$ 时间内的平均速度是 ()

A. v

B. $\frac{2}{3}v$

C. $\frac{3}{4}v$

D. $\frac{5}{6}v$

分析: 时间 t 内的位移 $s_1 = vt$, 接着的 $\frac{t}{2}$ 内的位移 $s_2 = \frac{v}{2} \cdot \frac{t}{2} = \frac{1}{4}vt$, 总位移 $s = s_1 + s_2 = vt + \frac{1}{4}vt = \frac{5}{4}vt$, 总时间 $T = t + \frac{t}{2} = \frac{3}{2}t$, 利用平均速度公式: $\bar{v} = \frac{s}{T} = \frac{\frac{5}{4}vt}{\frac{3}{2}t} = \frac{5}{6}v$.

答案: D

【例2】 甲、乙两质点在同一直线上匀速运动, 设向右为正, 甲质点的速度为 $+2 \text{ m/s}$, 乙质点的速度为 4 m/s , 则可知 ()

- A. 乙质点的速率大于甲质点的速率
- B. 因为 $+2 > -4$, 所以甲质点的速度大于乙质点的速度
- C. 这里正负号的物理意义是表示运动的方向
- D. 若甲、乙两质点同时由同一地点出发, 经 10 s 后, 甲、乙两质点相距 60 m

分析: 速度是矢量, 其大小称为速率, 正负号表示速度的方向, 即物体运动的方向.

答案: ACD

评注: 矢量的大小比较只比较数值, 矢量的正负是指矢量的方向与所规定的正方向相同还是相反.

3. 加速度

(1) 定义: 加速度是表示速度改变快慢的物理量, 它等于速度的改变跟发生这一改变所用时间的比值.

(2) 定义式: $a = \frac{v_t - v_0}{t} = \frac{\Delta v}{t}$, 单位 m/s^2 , 读作“米每二次方秒”.

(3) 加速度是矢量, 方向跟 Δv 的方向相同.

【例3】 下列所描述的运动中, 可能的是 ()

- A. 速度变化很大, 加速度很小
- B. 速度变化的方向为正, 加速度方向为负
- C. 速度变化越来越快, 加速度越来越小
- D. 速度越来越大, 加速度越来越小

分析: 由 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ 知, 即使 Δv 很大, 如果 Δt 足够长, a 可以很小, 故 A 正确. 加速度方向与速度变化的方向相同, 故 B 错. 加速度是描述速度变化快慢的物理量, 速度变化快, 加速度一定大, 故 C 错. 加速度的大小在数值上等于单位时间内速度的改变量, 与速度大小无关, 故 D 正确.

答案: AD

4. 匀速直线运动规律

(1) 定义: 物体在任意相等的时间内通过的位移都相等的运动.

(2) 运动特征: 速度不变, 加速度为零.

(3) 运动规律: $s = vt$.

运动图像:

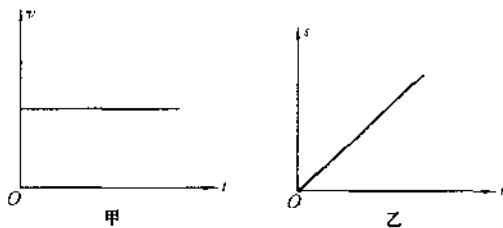


图 1-1

甲图为速度—时间图像, 图像和坐标轴所围成的面积表示位移, 乙图为位移—时间图像, 图像的斜率表示速度.



能力训练

- 在研究物体的运动时, 下列物体中可以当做质点处理的是 ()
 - A. 研究一端固定并可绕该端转动的木杆的运动时
 - B. 研究用 20 cm 长的细线拴着一个直径为 10 cm 的小球的摆动时
 - C. 研究体操运动员在平衡木上动作时
 - D. 研究月球绕地球运转时
- 关于质点的位移和路程, 下列说法中正确的是 ()
 - A. 位移是矢量, 位移的方向即质点的运动方向
 - B. 路程是标量, 即位移的大小
 - C. 质点作直线运动时, 路程等于位移的大小
 - D. 位移的值, 不会比路程大
- 一个运动员在百米赛跑中, 测得他在 50 m 处的瞬时速度为 6 m/s , 16 s 末到达终点时速度为 7.5 m/s , 则全程内的平均速度大小为 ()
 - A. 6 m/s
 - B. 6.25 m/s
 - C. 6.75 m/s
 - D. 7.5 m/s
- 关于加速度的概念, 下列说法中正确的有 ()
 - A. 加速度就是加出来的速度
 - B. 物体有加速度, 物体的速度一定在增大
 - C. 物体有加速度, 物体的速度大小有可能不变
 - D. 加速度是表示速度快慢的物理量

5. 关于加速度的方向, 下列说法正确的是 ()

- A. 总是与初速度的方向一致
B. 总是与平均速度的方向一致
C. 总是与速度变化的方向一致
D. 总是与合外力的方向一致

6. 一质点在 x 轴上运动, 初速度 $v_0 > 0$, 加速度 $a > 0$, 当 a 的值开始减小时, 该质点 ()

- A. 速度开始减小, 直到加速度等于零为止
B. 位移开始增加, 直到加速度等于零为止
C. 速度继续增大, 直到加速度等于零为止
D. 速度继续增大, 加速度的方向和速度的方向相反

7. 一列士兵队伍长 120 m, 正以某一速度作匀速直线运动, 一通讯员以不变的速度跑步, 从队尾赶到排头, 并立即从排头返回队尾, 在此过程中队伍前进了 288 m, 求通讯员在往返过程中通过的路程。

(3) 任意两个连续相等的时间间隔 (T) 内, 位移之差等于常数。

$$\Delta s = s_2 - s_1 = aT^2$$

(4) 在一段时间内, 中间时刻的瞬时速度 $v_{\text{中时}}$ 等于这段时间内的平均速度: $v_{\text{中时}} = \frac{s}{t} = \frac{v_0 + v_t}{2}$

4. 初速度为零的匀加速直线运动的特点

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、 $\dots$ 、 nT 末瞬时速度之比为: $v_1 : v_2 : v_3 : \dots : v_n = 1 : 2 : 3 : \dots : n$

(2) $1T$ 内、 $2T$ 内、 $3T$ 内、 $\dots$ 、 nT 内位移之比为:

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

(3) 第一个 T 内、第二个 T 内、第三个 T 内、 $\dots$ 、第 n 个 T 内位移之比为:

$$s_1 : s_2 : s_3 : \dots : s_n = 1 : 3 : 5 : \dots : (2n-1)$$

(4) 通过连续相等的位移所用的时间之比为:

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

【例 1】 一质点从静止开始, 先以加速度 a_1 作一段匀加速直线运动, 紧接着以加速度 a_2 作匀减速直线运动, 直至静止, 质点运动的总时间为 t , 求它运动的总位移。

分析: 加速段和减速段有一衔接的公共速度, 设为 v_0 。设加速运动所用时间为 t_1 , 则减速运动所用时间 $t_2 = t - t_1$, t_1 、 t_2 两段时间内的平均速度均为 $\frac{v_0}{2}$,

$$\text{则总位移 } s = \frac{v_0}{2} t_1 + \frac{v_0}{2} t_2 = \frac{v_0}{2} (t_1 + t_2) = \frac{v_0}{2} t$$

$$\because v_0 = a_1 t_1 \text{ 且 } v_0 = a_2 t_2$$

将两式两端分别乘以 a_2 和 a_1 得:

$$v_0 a_2 = a_1 a_2 t_1$$

$$v_0 a_1 = a_1 a_2 t_2$$

两式相加, 得:

$$v_0 (a_1 + a_2) = a_1 a_2 (t_1 + t_2) = a_1 a_2 t$$

$$\therefore v_0 = \frac{a_1 a_2}{a_1 + a_2} t$$

代入位移公式得:

$$s = \frac{a_1 a_2}{2(a_1 + a_2)} t^2$$

【例 2】 飞机着陆后以 6 m/s^2 的加速度作匀减速直线运动, 若其着陆时速度为 60 m/s , 求它着陆后 12 s 内滑行的距离。

分析: 飞机在减速过程中, 加速度 a 是恒定的, 但飞机的速度减为零后, 所受阻力也减为零, 保持静

二、匀变速直线运动的规律



高考要求

(1) 掌握匀变速直线运动的速度公式、位移公式, 了解运用“极限”思维方法的推导过程, 能熟练运用公式对问题进行分析 and 计算。

(2) 会推导匀变速直线运动的位移和速度的关系式, 并会应用它进行计算。

(3) 掌握匀变速直线运动的特殊规律, 并会运用规律解决问题。



考点解析

1. 匀变速直线运动

匀变速直线运动是在相等的时间内速度变化相等的直线运动, 即加速度恒定的变速直线运动。

2. 基本规律

速度公式: $v_t = v_0 + at$

位移公式: $s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$

3. 几个推论

$$(1) v_t^2 - v_0^2 = 2as$$

$$(2) \bar{v} = \frac{v_0 + v_t}{2}$$

止不动,所以在12 s内,飞机是否一直作匀减速运动,需要判定.

解:飞机着陆到停止所用时间设为 t

$$\text{则 } v_t = v_0 - at$$

$$t = \frac{v_t - v_0}{-a} = \frac{-60}{-6} \text{ s} = 10 \text{ s}$$

飞机着陆后只作了10 s的匀减速运动,后2 s是静止的,10 s内的位移

$$s = v_0 t - \frac{1}{2} at^2 = 60 \times 10 - \frac{1}{2} \times 6 \times 10^2 \text{ m} = 300 \text{ m}$$

评注:有的同学没有判定匀减速运动的时间,直接将12 s代入公式,求得:

$$\begin{aligned} s &= v_0 t - \frac{1}{2} at^2 \\ &= 60 \times 12 - \frac{1}{2} \times 6 \times 12^2 \text{ m} = 288 \text{ m} \end{aligned}$$

这样算出的位移是飞机停下后作反向的匀加速运动2 s后的总位移,与飞机的实际运动情况不符.

【例3】一物体在与初速度相反的恒力作用下作匀减速直线运动, $v_0 = 20 \text{ m/s}$, 加速度大小为 5 m/s^2 , 求:

- (1) 物体经多少秒后回到出发点?
- (2) 由开始运动算起,求6 s末时物体的速度.

分析:虽然运动过程中有往复,但一直以 5 m/s^2 的加速度作匀变速直线运动,可直接应用匀变速运动公式.

解:以 v_0 方向为正方向,设经 t_1 秒回到出发点,

由 $s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$, 将 $s = 0$, $a = -5 \text{ m/s}^2$, $v_0 = 20 \text{ m/s}$ 代入得:

$$0 = 20t - \frac{1}{2} \times 5t^2$$

$$t = 8 \text{ s}$$

(2) 由公式 $v_t = v_0 + at$, 得:

$$v_t = 20 + (-5) \times 6 \text{ m/s} = -10 \text{ m/s}$$

负号表示6 s末速度与初速度方向相反.

评注:全程运用运动学公式时必须规定好正方向,判定好各物理量的符号.

【例4】一质点作初速度为零的匀加速直线运动,若运动后第3 s末至第5 s末质点的位移为40 m,求质点在前4 s内的位移为多少米?第3 s末的速度大小为多少?

分析:3~5 s内位移已知,平均速度易求得,利用匀变速直线运动中某段时间中点的瞬时速度等于这段时间的平均速度,可求得4 s末的速度,问题便迎刃而解了.

解:4 s末的速度恰为3~5 s内的平均速度.

$$\therefore v_4 = \bar{v}_{3 \sim 5} = \frac{s}{t} = \frac{40}{2} \text{ m/s} = 20 \text{ m/s}$$

因初速度为零,故前4 s内的平均速度

$$\bar{v}_4 = \frac{v_1 + v_4}{2} = 10 \text{ m/s}$$

$$\text{前4 s内的位移: } s_4 = \bar{v}_4 \cdot t_4 = 10 \times 4 \text{ m} = 40 \text{ m}$$

$$\text{根据公式 } a = \frac{v_t - v_0}{t},$$

$$\text{可知 } a = \frac{v_4 - v_0}{t_4} = \frac{20}{4} \text{ m/s}^2 = 5 \text{ m/s}^2$$

$$\text{质点3 s末的速度: } v_3 = at = 5 \times 3 \text{ m/s} = 15 \text{ m/s}$$

评注:求确定时间内的位移时,利用平均速度公式非常便捷.



能力训练

1. 作匀减速直线运动的物体经4 s后停止,若在第1 s内的位移是14 m,则最后1 s内的位移是 ()
A. 3.5 m B. 2 m
C. 1 m D. 0
2. 作匀加速直线运动的列车出站时,车头经过站台上的人时,速度为1 m/s,车尾经过此人时速度为7 m/s,若此人一直站着未动,则车身中部经过此人时的速度为_____.
3. 两物体都作匀加速直线运动,在给定的时间间隔内,位移的大小决定于 ()
A. 谁的加速度大,谁的位移一定大
B. 谁的初速度大,谁的位移一定大
C. 谁的末速度大,谁的位移一定大
D. 谁的平均速度大,谁的位移一定大
4. 一个物体作初速度为零的匀加速直线运动,它在第1 s末、第2 s末、第3 s末的瞬时速度之比是_____,它在前1 s内、前2 s内、前3 s内的平均速度之比是_____.
5. 如图1-2所示,小球以 $v_0 = 10 \text{ m/s}$ 的初速度、以 $a = 5 \text{ m/s}^2$ 的加速度沿斜面由底端往上升,斜面长 $l = 10 \text{ m}$,求小球经过斜面中点C所需要的时间.

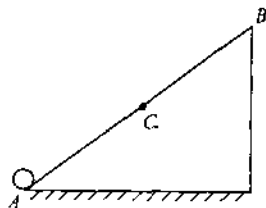


图 1-2

6. 如图1-3所示,一水平传送带长度为20 m,以2 m/s的速度匀速传动,已知其物体与传送带间动摩擦因数为0.1,若把该物体由静止放到传送带的一端,求到达另一端所需的时间.

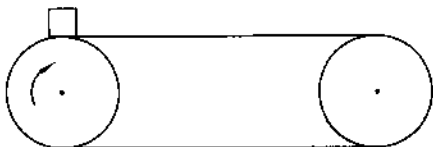


图 1-3

7. 一物体作匀变速直线运动,某时刻速度的大小为4 m/s,1 s后速度的大小变为10 m/s,在这1 s内该物体的 ()
- A. 位移的大小可能小于4 m
B. 位移的大小可能大于10 m
C. 加速度的大小可能小于4 m/s²
D. 加速度的大小可能大于10 m/s²
8. 升降机从静止开始上升,先作匀加速运动,经4 s速度达到4 m/s,然后匀速上升2 s,最后3 s匀减速停止,求升降机上升的总高度.

三、自由落体运动和竖直上抛运动



高考要求

- 知道什么是自由落体运动,什么是自由落体的加速度,明确自由落体加速度的方向,明确在地球上的不同地方,重力加速度的大小不同.
- 明确自由落体运动是初速度为零的匀加速直线运动,并掌握其运动规律.
- 掌握竖直上抛运动的上升和下落两个过程的运动规律,能够解答有关问题.
- 理解竖直上抛运动是匀变速直线运动,并能运用匀变速直线运动的规律解决有关问题.



考点解析

1. 自由落体运动

特点:初速度为零,加速度为 g ,是竖直向下的匀

加速直线运动.

【例1】 一个物体从塔顶向下落,在到达地面前最后1 s内通过的位移是整个位移的9/25,求塔高.

分析:物体的下落可看做是自由落体运动,所有匀变速直线运动的公式都可应用.

解:设物体从开始下落到落地的时间为 t ,塔高为 h ,则 $h = \frac{1}{2}gt^2$

$$(t-1)\text{秒内通过的位移为 } h' = \frac{1}{2}g(t-1)^2$$

$$\text{由题可知: } h' = (1 - \frac{9}{25})h = \frac{16}{25}h$$

$$\text{所以 } \frac{1}{2}g(t-1)^2 = \frac{16}{25} \times \frac{1}{2}gt^2$$

$$\text{解得 } t = 5 \text{ s}$$

$$\text{故塔高 } h = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 5^2 \text{ m} = 125 \text{ m}.$$

评注:自由落体运动是初速度为零的匀加速直线运动,在连续相等的时间内的位移之比为:

$$s_1:s_2:\cdots:s_n = 1:3:\cdots:(2n-1)$$

可知 $1+3+5+7+9=25$,可见小球在空中的运动时间为5 s

$$\text{故塔高为 } h = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 5^2 \text{ m} = 125 \text{ m}.$$

【例2】 竖直悬挂一根15 m长的铁链,在铁链正下方距铁链下端5 m处有一观察点A,求铁链自由下落全部通过点A需多长的时间(g 取10 m/s²).

分析:铁链全部经过点A,就是铁链下端到达点A起,直到铁链的上端到达点A止.

解:设铁链下端到达点A用时 t_1 ,上端到达点A用时 t_2 .

$$h_1 = \frac{1}{2}gt_1^2 \quad t_1 = \sqrt{\frac{2h_1}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 5}{10}} \text{ s} = 1 \text{ s}$$

$$h_2 = \frac{1}{2}gt_2^2 \quad t_2 = \sqrt{\frac{2h_2}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times (15+5)}{10}} \text{ s} = 2 \text{ s}$$

$$\text{故铁链通过点A所用时间 } \Delta t = t_2 - t_1 = 1 \text{ s}.$$

评注:搞清物理过程,弄明白怎样算作铁链全部通过点A,是解决这一问题的关键.

2. 竖直上抛运动

(1) 特点:初速度方向竖直向上,加速度为 g ,方向竖直向下.

(2) 运动性质:① 上升过程为初速度为 v_0 ,加速度为 g 的匀减速运动,下降过程是自由落体运动.② 竖直上抛运动的全过程是匀减速运动.

(3) 基本运动规律:以抛出点为坐标原点,取竖直向上方向为正方向,则 $s = v_0t - \frac{1}{2}gt^2$, $v = v_0 - gt$.

$$\text{最大高度 } H = \frac{v_0^2}{2g}$$

$$\text{上升、下落的时间 } t_{\text{上}} = t_{\text{下}} = \frac{v_0}{g}$$

$$\text{运动的总时间: } t_{\text{总}} = 2t_{\text{下}} = \frac{2v_0}{g}$$

(4) 竖直上抛运动的对称性: 在竖直上抛运动中, 由于下落过程的运动是上升过程的逆运动, 二者具有对称性, 具体表现在:

① 物体通过同一位置时, 上升和下降经过该点的速度大小相等, 方向相反。

② 物体上升和下降过程中经过同一高度所用的时间相等。

【例3】 在地面以20 m/s的初速度竖直上抛一物体, 物体在2 s内两次通过空中的同一点A, 则点A距地面的高度多大? (g 取10 m/s²)

分析: 可利用竖直上抛运动对称性, 确定物体经点A到最高点所用的时间, 从而确定点A距最高点的距离, 就可求出点A距地面的高度。

解: 由对称性知, 由最高点落至点A, 需要时间 $t = 1$ s。

$$\text{故点A距最高点的高度 } h_1 = \frac{1}{2}gt^2 = 5 \text{ m}$$

$$\text{物体上升的最大高度 } H = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{20^2}{2 \times 10} \text{ m} = 20 \text{ m}$$

$$\text{则点A距地面的高度 } h = H - h_1 = 15 \text{ m}.$$

【例4】 气球以4 m/s的速度匀速上升, 它上升到217 m高处时, 一重物从气球上脱落, 则重物要经过多长时间才能落到地面? 到达地面时的速度是多少? (g 取10 m/s²)

分析: 重物脱落后, 以 $v_0 = 4$ m/s的初速度作竖直上抛运动。

解: 分段研究:

设重物离开气球后经 t_1 上升到最高点, 则 $t_1 = v_0/g = 0.4$ s, 上升的高度 $h_1 = v_0^2/2g = 0.8$ m

物体上升到最高点后, 作自由落体运动, 设由最高点经 t_2 落至地面, $H = (217 + 0.8) \text{ m} = 217.8 \text{ m}$, $t_2 = \sqrt{2H/g} = \sqrt{2 \times 217.8/10} \text{ s} = 6.6$ s

知由脱落至落地的总时间 $t = t_1 + t_2 = 7.0$ s

落至地面的速度 $v = gt_2 = 10 \times 6.6 \text{ m/s} = 66 \text{ m/s}$ 。

评注: 竖直上抛运动对全过程来说是匀减速运动, 即把竖直上抛运动的全过程作为一个整体来处理, 方法要简捷一些。

上题的另一种解法:

以向上为正方向, 则 g 为负值, s 也为负值。

$$\text{由 } s = v_0t + \frac{1}{2}at^2 \text{ 得}$$

$$-217 = 4t - 5t^2$$

$$\text{解得 } t_1 = 7 \text{ s}, \quad t_2 = -6.2 \text{ s (舍去)}$$

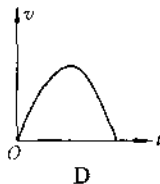
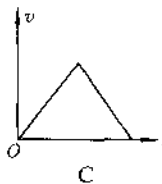
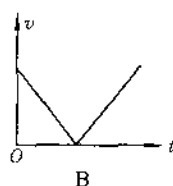
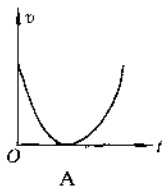
落至地面的速度 $v = v_0 - gt = (4 - 10 \times 7) \text{ m/s} = -66 \text{ m/s}$, 负号说明末速度方向与设定正方向相反, 即竖直向下。

但是在用这种方法时, 一定要注意各量的正负。



能力训练

1. 将一物体以某一初速度竖直上抛, 四幅图中, 哪幅能正确表示物体在整个运动过程中的速率 v 与时间 t 的关系 (不计空气阻力) ()



2. 从某一高度相隔1 s先后释放两个小球甲和乙, 不计空气的阻力, 它们在空中任一时刻 ()
- 甲乙两球距离保持不变, 甲乙两球的速度之差保持不变
 - 甲乙两球距离越来越大, 甲乙两球的速度之差也越来越大
 - 甲乙两球距离越来越大, 但甲乙两球的速度之差保持不变
 - 甲乙两球距离越来越小, 甲乙两球的速度之差也越来越小
3. 一个物体在某山里的一个悬崖上从静止开始下落, 1 s下落了4 m, 再下落4 s, 它在起点下面 _____ m。
4. 某楼房的第一层的窗台离地面1 m, 窗高1.5 m, 窗口上沿到第一层顶板的距离为0.5 m, 每层楼的构造相同, 甲物体从二层楼窗台自由下落时, 乙物体从楼顶自由下落, 恰好经过第6层楼窗台, 若甲、乙两物体同时落地, 试求楼房的高度 (g 取10 m/s²)。

5. 以初速 v_0 竖直上抛一小球, 若不计空气阻力, 在上升过程中, 从抛出到小球动能减少一半所经过的时间是 ()

A. $\frac{\sqrt{2}v_0}{2g}$ B. $\frac{v_0}{g}(1-\frac{\sqrt{2}}{2})$
C. $\frac{3v_0}{4g}$ D. $\frac{v_0}{2g}$

6. 一跳水运动员从离水面 10 m 高的水平平台上向上跃起, 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 0.45 m 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, 可以把运动员看做全部质量集中在重心上的一個质点, g 取 10 m/s^2 , 结果保留二位数字).

7. 从 12 m 高的平台边缘有一小球 A 自由落下, 此时恰好有一小球 B 在球 A 正下方以 20 m/s 的初速度竖直上抛, 求:

- (1) 经过多长时间两球在空中相遇?
(2) 相遇时两球的速度 v_A, v_B .
(3) 若要使两球能在空中相遇, 球 B 上抛的初速度最小必须为多少? (g 取 10 m/s^2)

四、追及或相遇问题



高考要求

(1) 掌握追及或相遇时各基本物理量之间的关系.

(2) 学会对追及过程进行分析, 特别是对当两物体速度相等时的临界情况进行分析.



考点剖析

1. 特点

追及问题是两个运动物体的问题, 追及或相遇

时两物体必在同一位置. 两物体速度相等往往是解题的关键, 此时两物体间的距离可能最大, 也可能最小.

2. 解题方法

选同一坐标原点、同一正方向、同一零时刻, 分别列出两运动物体位移随时间的关系和速度随时间的关系.

【例 1】 一辆公共汽车由静止开始以 1 m/s^2 的加速度沿直线前进, 在车后相距 $s_0 = 25 \text{ m}$ 处, 某人同时以 6 m/s 的速度匀速追车, 问人能否追上汽车? 若能追上, 求追上所用的时间; 若追不上, 求人、车间的最小距离.

分析: 人、车同时出发, 即运动时间相同, 相遇必须是同一时刻到达同一位置, 可用二者的位移关系判定能否追上.

解: 设人经时间 t 追上汽车, 当追上时, 人的位移 s_1 和车的位移 s_2 的关系是:

$$s_1 = s_2 + s_0$$

$$v_A t = \frac{1}{2} a t^2 + s_0$$

$$\text{整理后得: } t^2 - 12t + 50 = 0$$

由以上式子求 t 若有解, 追得上; 若无解, 追不上.

$\Delta = b^2 - 4ac = 12^2 - 4 \times 50 = -56 < 0$, 故人追不上公共汽车.

当车的速度和人速度相等时, 人与车之间的距离最小, 设开始追车到距离最小所用时间为 t' , 则有

$$v_A = v_2 = at'$$

$$\therefore t' = \frac{v_A}{a} = \frac{6}{1} \text{ s} = 6 \text{ s}$$

此时, 人、车间距:

$$\Delta s = s_0 + s_2 - s_1 = 25 + \frac{1}{2} a (t')^2 - v_A t' = 7 \text{ m}$$

评注: 能否相遇的判定, 常用时间作为自变量, 列出一元二次方程, 利用根的判别式来判定.

【例 2】 在一条平直的公路上以相同的速度 v 同向行驶, 甲车在前, 乙车在后, 从某一时刻开始甲车以某一加速度作匀减速运动, 直至静止, 减速运动通过的距离为 L . 在甲车刚刚停止运动时, 乙车也以相同的加速度开始作匀减速运动直至静止. 若想两车不相撞, 在匀速运动时, 两车的距离至少应为多少?

分析: 两车初速度相同, 减速时的加速度相同, 所以停下通过的距离都是 L , 因此, 在甲车减速至停止的时间内, 乙车匀速行驶的距离即为所求.

解: 方法一: 设减速至停止所用的时间为 t , 则从

甲车开始减速到乙车停止,两车的位移分别为

$$s_{\text{甲}} = L = \frac{v}{2}t \quad s_{\text{乙}} = vt + \frac{v}{2}t = \frac{3}{2}vt$$

两车位移之差: $\Delta s = s_{\text{乙}} - s_{\text{甲}}$

$$= \frac{3}{2}vt - \frac{1}{2}vt = vt = 2L$$

Δs 即为所求.

方法二:根据题意,画出甲、乙两车运动的 $v-t$ 图,如图1-4所示,因两车在减速过程中加速度相同,因此减速过程的图线相互平行.由图像知,乙车减速时距甲车的距离 Δs 应等于矩形 $OABC$ 的面积,即 $\Delta s = vt = 2L$.

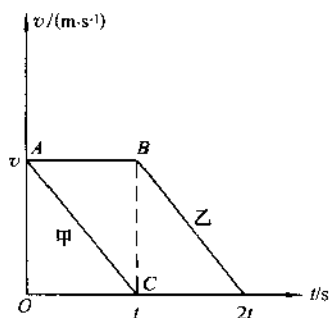


图 1-4

评注:利用 $v-t$ 图像解题具有直观、简捷的特点,应着重加以练习应用.



能力训练

1. A、B 两物体在同一直线上,同时由同一位置向同一方向运动,其速度—时间图像,如图 1-5 所示,下列说法中正确的是 ()

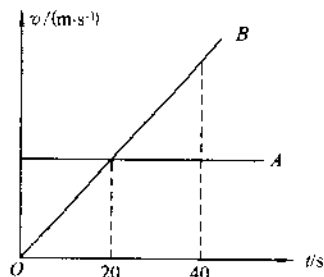


图 1-5

- A. 开始阶段 B 在 A 的前面,20 s 后 B 在 A 的后面
B. 20 s 末 B 追上 A,且 A、B 速度相等

C. 40 s 末 B 追上 A

D. 在 B 追上 A 之前,20 s 末两物体相距最远

2. 从同一点以 30 m/s 的初速度先后竖直上抛两个物体,抛出时刻相差 2 s,不计阻力,两物体何时何处相遇? (g 取 10 m/s^2)

3. 汽车以速度 $v_1 = 10 \text{ m/s}$ 沿平直公路前进,司机突然发现正前方相距 $s = 3 \text{ m}$ 处有一辆自行车,正以 $v_2 = 4 \text{ m/s}$ 匀速前进,为避免相撞,司机立即刹车使车匀减速运动,问汽车的加速度至少多大才能避免相撞?

4. 在水平直轨道上有两辆长为 L 的汽车,中心相距为 s ,开始时, A 车在后面以初速 v_0 、加速度大小为 $2a$ 正对着 B 车作匀减速直线运动,而 B 车同时以初速为零、加速度大小为 a 作匀加速直线运动,两车运动方向相同,要使两车不相撞,试求出 v_0 应满足的关系式。(提示:选择 B 车为参照物,利用相对运动求解最简单,但不管用什么方法,一定要找出不相撞的两个条件:速度关系、位移关系)

5. A、B 两个质点沿直线同时从甲处向乙处运动, A 以 $v_A = 3 \text{ m/s}$ 的速度作匀速运动, B 作初速度为零、加速度 $a_B = 3 \text{ m/s}^2$ 的匀加速运动,当 B 与 A 在途中相遇时,即改作加速度 $a'_B = -2 \text{ m/s}^2$ 的匀减速运动,求 A、B 质点在 B 停止前何时出现相距最远?(提示:在同一个 $v-t$ 图上画出两质点的图线,从图上分析)