



郑家顺考试捷径系列

(考试命题研究组 编)



# 大学自主招生历年真题精讲

# 物理

语文

数学

英语

物理

化学

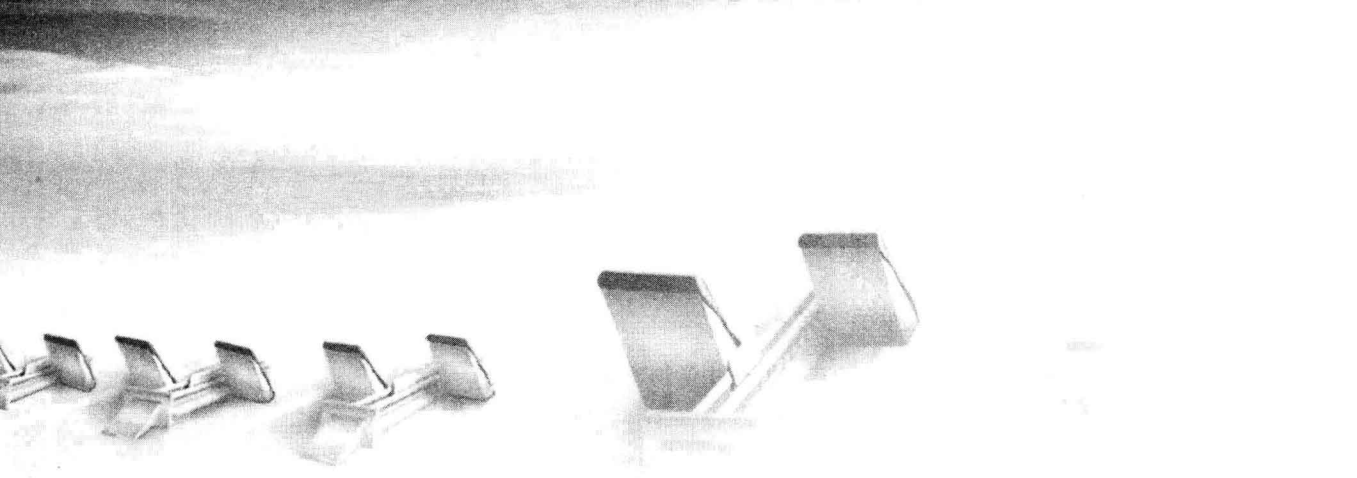
招生指南

丛书主编/郑家顺

本册主编/朱亚文 朱建波



东南大学出版社  
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS



# 大学自主招生历年真题精讲

---

· 物 理 ·

主 编  
副主编  
编 委

朱昭营  
吴鹏飞

朱昭营  
吴鹏飞

吴鹏飞  
朱昭营

东南大学出版社  
· 南京 ·

## 图书在版编目(CIP)数据

大学自主招生历年真题精讲. 物理/朱亚文,朱建波主编.

—南京:东南大学出版社,2011.6

ISBN 978-7-5641-2800-5

I. ①大… II. ①朱… ②朱… III. ①中学物理课—高中—  
题解—升学参考资料 IV. ①G632.479

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 097766 号

---

## 大学自主招生历年真题精讲·物理

---

出版发行 东南大学出版社

出版人 江建中

社 址 南京市四牌楼 2 号

邮 编 210096

---

网 址 <http://www.seupress.com>

责任编辑 (025)83790510

经 销 全国各地新华书店

印 刷 常州市武进第三印刷有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

总 印 张 70

总 字 数 1750 千字

版 次 2011 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5641-2800-5

总 定 价 144.00 元(共 6 册)

---

(凡有印装质量问题,请与我社读者服务部联系。电话:025-83792328)

# 总 序

高校自主招生意义在于选拔出具有超常的创新和实践能力,或在文学、艺术、体育等方面有特殊才能,或综合素质名列前茅的应届高中毕业生。由于通过自主招生考试并签订协议的考生高考后可低于学校录取分数线若干分录取,近年来,这一考试方式受到广泛关注,众多品学兼优、综合素质优秀或者特长突出的学生都纷纷申请。为了帮助大家更加从容应对这一新形势与挑战,我们集多年经验编写了本套《大学自主招生历年真题精讲》丛书。

《大学自主招生历年真题精讲》丛书编写老师均为全国自主招生辅导班一线金牌教练,顾问成员为全国多家学科组带头人。六分册针对招生指南以及语文、数学、英语、物理、化学等科目分别做了权威性、实效性讲解与指导,可以有效提高考生对自主招生考试的理解度与适应度。

《大学自主招生历年真题精讲》丛书旨在帮助考生在较短时间内把握名校自主招生考试的规律并找到适合自己的备考策略,拓展创造性思维能力,适用于参加高校自主招生的学生及相关人士,对统招高考生也极有参考价值。希望广大考生能阅此丛书、顺势而为,获得骄人的成绩。

丛书编委会

# 前 言

在高校自主招生考试中,物理学科以考查能力为主,这看似抽象的口号已经明确地摆在我们的面前,向我们实实在在地提出参加高校自主招生考试,“物理怎么考”、“物理应该怎样复习”的具体问题。只有理清头绪、把握命题规律,总结出一套行之有效的应对策略,才能帮助考生在这场自主招生考场外的竞争中立于不败之地。

为增强高校自主招生备考的针对性与实效性,本书按中学物理知识体系和高校自主招生考试的要求,设置了运动学、力和物体的平衡、牛顿运动定律、曲线运动、万有引力定律、动量、机械能守恒定律等专题。每个专题安排“真题解析”、“知识梳理”、“真题拓展”3个板块,在知识梳理中特别增加了普通高考不作要求但许多高校自主招生考试中经常出现的知识点。

**真题解析**——编排高校历年物理自主招生考试真题并进行解析,供考生了解物理考试,把握考试的题型、特点及难易程度等。通过真题训练巩固知识与能力掌握的深度和牢度。

**知识梳理**——根据高校物理自主招生对命题立意、考点特征、考查角度、题型设计等方面的特殊要求,对中学物理知识详细梳理。从系统的知识体系中,形成基本的物理思想和科学的物理方法,提出备考方法和应试解题技巧,提升考生薄弱的知识迁移和综合运用能力。

**真题拓展**——按照物理自主招生考试的特点,根据对真题的透视和分析,编排适合于复习迎考的自主招生考试真题或改编题,以帮助考生熟悉考试思路、提前热身训练、把握考试节奏,作为考前的自我审视和评估,提高自主招生的应试能力和技巧。

本书的解释、真题拓展等都经作者反复推敲、实践(多年在“北京中奥赛德”等自主招生辅导班授课),但不当之处在所难免,敬请广大读者、同行专家不吝指正,以便改进。

欢迎本书读者光临“中国英语考试网”大学自主招生版(<http://www.zgyyksw.com/>)及“郑家顺英语博客”(<http://blog.sina.com.cn/zhengjiashun>)! 这里将及时更新提供各高校自主招生的最新消息。

# · 目 录 ·

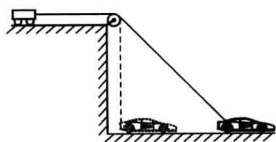
第一章 运动学 .....	( 1 )	知识梳理 .....	( 94 )
真题解析 .....	( 1 )	真题拓展 .....	( 99 )
知识梳理 .....	( 5 )	第九章 恒定电流 .....	(102)
真题拓展 .....	( 10 )	真题解析 .....	(102)
第二章 力和物体的平衡 .....	( 13 )	知识梳理 .....	(103)
真题解析 .....	( 13 )	真题拓展 .....	(108)
知识梳理 .....	( 17 )	第十章 磁场 .....	(112)
真题拓展 .....	( 20 )	真题解析 .....	(112)
第三章 牛顿运动定律 .....	( 24 )	知识梳理 .....	(115)
真题解析 .....	( 24 )	真题拓展 .....	(118)
知识梳理 .....	( 25 )	第十一章 电磁感应 交流电 .....	(122)
真题拓展 .....	( 29 )	真题解析 .....	(122)
第四章 曲线运动 万有引力定律 .....	( 33 )	知识梳理 .....	(127)
真题解析 .....	( 33 )	真题拓展 .....	(132)
知识梳理 .....	( 37 )	第十二章 光学 .....	(138)
真题拓展 .....	( 41 )	真题解析 .....	(138)
第五章 动量 机械能守恒定律 .....	( 47 )	知识梳理 .....	(144)
真题解析 .....	( 47 )	真题拓展 .....	(147)
知识梳理 .....	( 55 )	第十三章 原子物理 相对论初步 .....	(151)
真题拓展 .....	( 60 )	真题解析 .....	(151)
第六章 机械振动 机械波 .....	( 65 )	知识梳理 .....	(153)
真题解析 .....	( 65 )	真题拓展 .....	(158)
知识梳理 .....	( 68 )	第十四章 物理实验 .....	(161)
真题拓展 .....	( 72 )	真题解析 .....	(161)
第七章 热学 .....	( 76 )	知识梳理 .....	(163)
真题解析 .....	( 76 )	真题拓展 .....	(173)
知识梳理 .....	( 81 )	第十五章 考前冲刺 .....	(175)
真题拓展 .....	( 86 )	考前冲刺试卷(一) .....	(175)
第八章 静电场 .....	( 90 )	考前冲刺试卷(二) .....	(178)
真题解析 .....	( 90 )	考前冲刺试卷(三) .....	(181)
		参考答案 .....	(184)

# 第一章 运动学

## 真题解析

**例 1** (2011·清华七校联考样题) 如图所示, 水平高台上有一小车, 水平地面上有一拖车, 两车之间用一根不可伸长的绳跨过定滑轮相连, 拖车从滑轮正下方以恒定速度沿直线运动, 则在拖车行驶的过程中, 小车的加速度 ( )

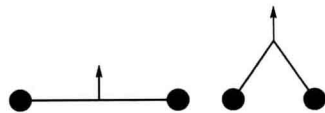
- A. 逐渐减小  
B. 逐渐增大  
C. 先减小后增大  
D. 先增大后减小



**【解析】** 利用极限法, 当拖车运动很远时, 即绳与水平面夹角趋近于 0, 小车做匀速直线运动, 所以小车加速度减小.

**【答案】** A

**例 2** (2010·五校联考) 在光滑的水平桌面上有两个质量均为  $m$  的小球, 由长度为  $2l$  的拉紧细线相连. 以一恒力作用于细线中点, 恒力的大小为  $F$ , 方向平行于桌面. 两球开始运动时, 细线与恒力方向垂直. 在两球碰撞前瞬间, 两球的速度在垂直于恒力方向的分量为



- A.  $\sqrt{\frac{Fl}{2m}}$   
B.  $\sqrt{\frac{Fl}{m}}$   
C.  $2\sqrt{\frac{Fl}{m}}$   
D.  $\sqrt{\frac{2Fl}{m}}$

**【解析】** 设两球碰撞前  $F$  作用时间为  $t$ , 取两个球为整体, 在  $F$  作用下两球的运动过程如图所示(末态时两线夹角近似为零), 其中  $x$  表示两球沿  $F$  方向的位移, 由于垂直  $F$  方向两球组成的系统不受外力作用, 所以系统动量守恒, 即两球碰撞前瞬间在垂直于  $F$  方向的分速度等大反向. 对整体用动能定理和牛顿第二定律得:

$$a = \frac{F}{2m}$$

$F$  作用点移动的位移为  $x+l$ , 两小球沿  $F$  方向的速度为  $v_x$ , 垂直  $F$  方向的速度为  $v_y$

$$x = \frac{Ft^2}{4m}$$

$$F\left(l + \frac{Ft^2}{4m}\right) = \frac{1}{2} \cdot 2m(v_x^2 + v_y^2)$$

$$Ft = 2mv_x$$

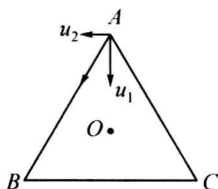
$$\text{所以 } v_y = \sqrt{\frac{Fl}{m}}$$

**【答案】** B

**例 3** (2003·复旦)  $A, B, C$  三质点同时从边长为  $L$  的等边三角形三顶点  $A, B, C$  出发, 以相同的不变速率  $u$  运动, 运动中始终保持  $A$  朝着  $B, B$  朝着  $C, C$  朝着  $A$ , 则经过时间  $t = \underline{\hspace{2cm}}$  后三质点相遇, 当它们开始运动时加速度大小  $a = \underline{\hspace{2cm}}$ .

**【解析】** 如图 A、B、C 三质点最终在三角形中心 O 点相遇. 每一个质点参与两个运动: 指向中心 O 的平动, 绕 O 点的圆周运动. 则由运动的等效性可知:

$$t = \frac{AO}{u_1} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{3}L}{\frac{\sqrt{3}}{2}u} = \frac{2L}{3u}$$



开始运动时的加速度即为瞬时加速度, 取极短时间  $\Delta t$ ,  $\theta$  很小时,  $\sin\theta \approx \theta$ .

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{u \cdot \Delta\theta}{\Delta t} = u\omega = u \frac{u_2}{AO} = \frac{\sqrt{3}u^2}{2L}$$

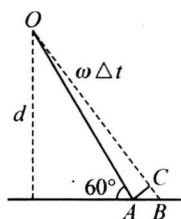
**【答案】**  $t = \frac{AO}{u_1} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{3}L}{\frac{\sqrt{3}}{2}u} = \frac{2L}{3u}$   $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{u \cdot \Delta\theta}{\Delta t} = u\omega = u \frac{u_2}{AO} = \frac{\sqrt{3}u^2}{2L}$

**例 4** (2009·同济大学) 距河岸(看成直线)500 m 处有一艘静止的船, 船上的探照灯以转速  $n=1 \text{ r/min}$  转动, 当光束与岸边成  $60^\circ$  角时, 光束沿岸边移动的速率是 ( )

- A. 52.3 m/s
- B. 69.8 m/s
- C.  $3.14 \times 10^7 \text{ m/s}$
- D.  $4.18 \times 10^3 \text{ m/s}$

**【解析】** 设经  $\Delta t$  ( $\Delta t \rightarrow 0$ ) 光点由 A 点移动到 B 点, 如图所示. 弧 AC 的长度

$$l = \frac{\omega d \Delta t}{\sin 60^\circ}$$



在  $\Delta t \rightarrow 0$  时弧 AC 可认为是直线, 且可认为  $AC \perp BC$ , 则

$$\overline{AB} = \frac{l}{\sin 60^\circ} = \frac{\omega d \Delta t}{\sin^2 60^\circ}$$

$$v = \frac{\overline{AB}}{\Delta t} = \frac{\omega d}{\sin^2 60^\circ} = \frac{8\pi n d}{3} = 69.8 \text{ m/s}$$

**【答案】** B

**例 5** (2006·上海交大) 每逢佳节的夜晚, 一串串烟火凌空爆发, 展现出一幅幅色彩艳丽的图画, 燃放烟花时往往先看到一个光球迅速“膨胀”, 而后“膨胀”减缓并慢慢散落下来, 为什么爆发的烟花呈现球状呢? 请对此想象作出分析.

**【解析】** 烟花爆发后, 向四面八方各个方向的速度大小可以认为是相等的, 同时由于有重力的作用都有向下的重力加速度, 故在以向下的加速度为参考系中看(短时间内下落距离很小), 烟花向各个方向匀速运动, 所以短时间看到一个光球迅速“膨胀”, 一段时间后回到地面参考系中看必然又会慢慢散落下来.

**【答案】** 见解析.

**例 6** (2008·清华) 在地球赤道上的 A 点处放置一个小物体, 现在设想地球对小物体的万有引力突然消失, 则在数小时内, 小物体相对于 A 处的地面来说, 将 ( )

- A. 水平向东飞去
- B. 原地不动, 物体对地面的压力消失
- C. 向上并渐偏向西方飞去
- D. 向上并渐偏向东方飞去
- E. 一直垂直向上飞去



**【解析】** 从地球外面的惯性系来看,物体沿切线方向向东匀速直线运动飞去,如图1所示, A 为开始飞出去, B、C、D…为经过 2 h、4 h、6 h…后的 A 点位置, b、c、d…为经过 2 h、4 h、6 h…后物体在空间的位置, Bb、Cc、Dd…为地面观察者观看物体的视线。

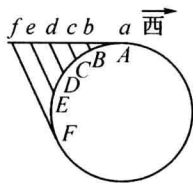


图 1

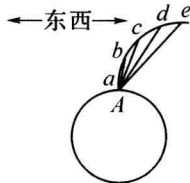


图 2

在地面上 A 点的观察者来看,这些视线相对于其他的方向和距离如图 2 所示,将 A、b、c、d…用光滑的曲线连接起来就是从地球上观察到的物体的运动轨迹  $Abcd\dots$  即两小时后,物体在 b 点处,4 h 后,物体到 c 点处,6 h 后,物体到 d 点处…所以在地球上观察,小物体相对于 A 点处的地面来说,从原地向上升起并渐偏向西方飞去。

**【答案】** C

**例 7** (2009·复旦)一火箭竖直向上发射,在开始的 30 s 内以  $18 \text{ m/s}^2$  的加速度推进,然后关闭推进器,继续上升一段距离后又落返地面,则火箭上升的最高高度和整个飞行时间为

( )

A.  $1.5 \times 10^4 \text{ m}$ , 123.6 s

B.  $2.3 \times 10^4 \text{ m}$ , 151.8 s

C.  $1.5 \times 10^4 \text{ m}$ , 68.5 s

D.  $2.3 \times 10^4 \text{ m}$ , 123.6 s

**【解析】** 分段计算:

开始的 30 s 内:  $a = 18 \text{ m/s}^2$ ,  $v = at_1 = 540 \text{ m/s}$ ,  $h_1 = \frac{at_1^2}{2} = 8100 \text{ m}$

关闭推进器直到到达最高点:  $t_2 = \frac{v}{g} = 54 \text{ s}$ ,  $h_2 = \frac{v^2}{2g} = 14580 \text{ m}$

火箭上升的最高高度为:  $H = h_1 + h_2 = 2.3 \times 10^4 \text{ m}$

从最高点到落地的时间: 由  $H = \frac{gt_3^2}{2}$ , 得  $t_3 = 67.8 \text{ s}$

整个飞行时间为:  $t_1 + t_2 + t_3 = 151.8 \text{ s}$

**【答案】** B

**例 8** (2008·复旦)对初速度为  $v$  的物体加上与  $v$  方向相反的恒力  $F$ , 则 ( )

A. 物体运动的方向始终与力的方向相同

B. 物体运动的方向始终与力的方向相反

C. 物体的运动方向先与力的方向相同, 然后相反

D. 物体的运动方向先与力的方向相反, 然后相同

**【解析】** 由运动性质先减速后加速可知, D 正确。

**【答案】** D

**例 9** (2008·复旦)已知物体从静止开始沿直线运动, 1 s 内通过距离  $s_1$ , 2 s 内通过距离  $s_2$ , ...,  $n$  s 内通过距离  $s_n$ . 已知  $s_1 : s_2 : s_3 : \dots : s_n = 1 : 4 : 9 : \dots : n^2$ . 则该物体做 ( )

A. 匀减速运动

B. 匀速运动

C. 匀加速运动

D. 无法确定是什么运动

**【解析】** 因为任意一秒内物体的运动情况不知,故 D 正确.

**【答案】** D

**例 10** (2008·复旦)一物体竖直上抛,若空气阻力恒定,从抛出至最高点的时间为  $\Delta t_1$ ,从最高点下落至抛出点的时间为  $\Delta t_2$ ,则  $\Delta t_1$  同  $\Delta t_2$  之间的关系是 ( )

- A. 无法确定  
B.  $\Delta t_1 > \Delta t_2$   
C.  $\Delta t_1 = \Delta t_2$   
D.  $\Delta t_1 < \Delta t_2$

**【解析】** 物体上升时合力为:  $mg + F$ , 物体下降时合力为:  $mg - F$ , D 正确.

**【答案】** D

**例 11** (2008·北大)在水平轨道上有两辆长均为  $L$  的汽车,两车中心相距为  $s$ . 开始时 A 车在后面以初速度  $v_0$ 、加速度大小为  $2a$  正对着 B 车做匀减速运动,而 B 车同时以初速度为零、加速度大小为  $a$  做匀加速运动,两车运动方向相同. 要使两车不相撞,则  $v_0$  应满足的关系式为什么?

**【解析】** 以后车初始时刻的中心位置为坐标原点,以后车到前车的方向为正方向建立一维坐标系,则  $t$  时刻两车的坐标分别为:

$$x_1 = v_0 t - \frac{2at^2}{2}$$

$$x_2 = s + \frac{at^2}{2}$$

两车相撞时,满足  $x_2 - x_1 \leq L$ , 即

$$\frac{3at^2}{2} - v_0 t + (s - L) = 0$$

当  $t$  无解时,两车不会相撞.

**【答案】**  $v_0 < \sqrt{6a(s-L)}$

**例 12** (2008·北大)一质点在 X 轴上运动,从原点由静止开始运动,在  $0 \sim x_0$  内加速度为  $a_0$ ,在  $x_0 \sim 2x_0$  内加速度为  $2a_0$ ,求:(1) 质点在  $x = x_0$  和  $x = 2x_0$  时的速度.(2) 在  $0 \sim 2x_0$  内运动的总时间.

**【解析】** (1) 在  $0 \sim x_0$  内质点的速度  $v_1$  和时间  $t_1$  为

$$v_1 = \sqrt{2a_0 x_0} \quad t_1 = \sqrt{\frac{2x_0}{a_0}}$$

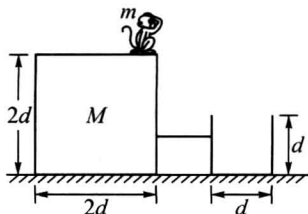
(2) 在  $x_0 \sim 2x_0$  内质点的速度  $v_2$  和时间  $t_2$  为

$$v_2^2 - v_1^2 = 2 \cdot 2a_0 x_0 \quad \text{所以 } v_2 = \sqrt{6a_0 x_0} \quad t_2 = \frac{v_2 - v_1}{2a_0} = (\sqrt{3} - 1) \sqrt{\frac{x_0}{2a_0}}$$

$$\text{总时间: } t = t_1 + t_2 = (\sqrt{3} + 1) \sqrt{\frac{x_0}{2a_0}}$$

**【答案】** (1)  $v_1 = \sqrt{2a_0 x_0}$   $v_2 = \sqrt{6a_0 x_0}$  (2)  $t = t_1 + t_2 = (\sqrt{3} + 1) \sqrt{\frac{x_0}{2a_0}}$

**例 13** (2009·北大)一个底面直径  $2d$  高  $2d$  的有盖圆柱,和一个底面直径  $d$  高  $d$  的无盖圆柱,大的在左小的在右,中间用一轻杆连接,总质量为  $M$ . 一只小猴子站在大圆柱体的右上端,水平向右跳跃,正好可以经过小圆柱体的左边缘,然后落在小圆柱体底部中



心处.

- (1) 计算小猴从小桶上方边缘部位落到小桶底部中心所经时间  $\Delta t$ ;
- (2) 试求直杆长度  $l$ ;
- (3) 导出小猴跳离大桶时相对地面的速度  $v_m$ .

**【解析】** (1) 小猴跳离大桶时只有水平方向的速度, 小猴下落  $h=2d$  距离的时间是  $\Delta t=$

$$\sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2d}{g}} = 2\sqrt{\frac{d}{g}}.$$

(2) 把小猴下落过程分成两个阶段: 小猴从大桶边缘到小桶边缘以及小猴从小桶边缘到小桶底部中心. 两个阶段在竖直方向的位移相同, 都为  $d$ , 则相应的运动时间为  $\Delta t_1 = \sqrt{\frac{2d}{g}}$  和  $\Delta t_2 = (2-\sqrt{2})\sqrt{\frac{d}{g}}$ , 有  $\Delta t_1 : \Delta t_2 = 1 : (\sqrt{2}-1)$ .

以  $M$  为参考系, 因小猴在水平方向上的速度不变, 则在水平方向上小猴在两个阶段的位移满足

$$\Delta x_1 : \Delta x_2 = l : \frac{d}{2} = \Delta t_1 : \Delta t_2 = 1 : (\sqrt{2}-1).$$

由此得

$$l = \frac{\frac{d}{2}}{\sqrt{2}-1} = \frac{\sqrt{2}+1}{2}d$$

(3) 由上述结果可得  $m$  相对  $M$  的速度:  $v_{mM_0} = \frac{l + \frac{1}{2}d}{\Delta t} = \frac{\frac{1}{2}d(\frac{1}{\sqrt{2}-1} + 1)}{2\sqrt{\frac{d}{g}}} = \frac{2+\sqrt{2}}{4}\sqrt{gd}$ , 以

地面为参考系, 系统在水平方向上动量守恒:

$$mv_m - Mv_M = 0$$

其中  $v_m = v_{mM_0} - v_M$ , 或  $v_M = v_{mM_0} - v_m$ , 代入上式得

$$mv_m - M(v_{mM_0} - v_m) = 0$$

由此可得小猴跳离大桶时相对地面的速度

$$v_m = \frac{M}{m+M}v_{mM_0} = \frac{(2+\sqrt{2})M\sqrt{gd}}{4(M+m)}$$

**【答案】** (1)  $\Delta t = 2\sqrt{\frac{d}{g}}$  (2)  $l = \frac{\sqrt{2}+1}{2}d$  (3)  $v_m = \frac{M}{m+M}v_{mM_0} = \frac{(2+\sqrt{2})M\sqrt{gd}}{4(M+m)}$

## 知识梳理

### 一、质点

- (1) 质点是一种科学的抽象, 是一种理想化的模型, 是对实际物体的近似.
- (2) 在具体的实际生活问题中能够主动建立质点模型解决问题.

### 二、参考系和坐标系

参考系是描述一个物体的运动时, 选来作为标准的而假定不动的另外的物体. 参考系的建立体现了运动相对性原理. 在物体运动时, 为了定量地描述物体的位置及位置的变化, 需要在参

考系上建立适当的坐标系. 当物体沿直线运动时, 可以以这条直线为  $x$  轴, 在直线上规定原点、正方向和单位长度, 建立直线坐标系; 当物体在平面上运动时, 需采用两个坐标确定它的位置.

### 三、时刻和时间间隔

### 四、路程和位移

位移可用由始位置指向末位置的有向线段表示. 有向线段的长度表示位移的大小, 有向线段的方向表示位移的方向. 位移是矢量, 其运算符合矢量相加的法则.

路程是物体运动轨迹的实际长度. 路程是标量, 其大小既与始末位置有关, 又与具体路径有关. 路程运算符合算术相加的法则.

### 五、矢量和标量

矢量有大小和方向, 运算符合矢量相加的法则; 标量只有大小没有方向, 运算符合算术相加的法则. 位移、速度等物理量都是矢量, 时间、路程、质量等物理量都是标量. 矢量与标量的最大不同就是运算法则.

### 六、平均速度、瞬时速度和平均速率

平均速度是粗略地描述了一段时间内物体运动的总体快慢程度的物理量. 定义式为  $\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$  (普遍适用), 矢量, 平均速度与“一段时间”或“一段位移”对应.

瞬时速度是精确地描述物体的运动快慢程度的物理量. 运动物体在某一时刻(或经过某一位置)的速度, 叫做瞬时速度. 瞬时速度是矢量.

速率是瞬时速度的大小, 速率是标量, 只有大小, 没有方向.

平均速率是物体在某段时间的路程与所用时间的比值, 它粗略描述运动的快慢, 不是平均速度的大小.

### 七、加速度

加速度是速度的变化量与发生这一变化量所用时间的比值. 定义式为  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$  (矢量式), 加速度的方向始终与速度的变化量的方向相同, 与速度的方向没有直接关系. 在速度图像上, 图像的斜率表示加速度. 加速度国际单位是  $\text{m/s}^2$  (读作米每二次方秒).

### 八、直线运动规律

#### (一) 匀速直线运动

在相等的时间内位移相等的直线运动叫做匀速直线运动. 简称匀速运动.

特点:  $a=0$ ,  $v$  是恒量. 位移公式:  $x=vt$ .

#### (二) 匀变速直线运动

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.

1. 特点:  $a$  是恒量.

2. 公式: ①  $v_t = v_0 + at$ ; ②  $x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$ ; ③  $v_t^2 - v_0^2 = 2ax$ ; ④  $x = \frac{v_0 + v_t}{2} t$ .

#### (三) 匀变速直线运动的几个推论

1. 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

$$\Delta x = x_{i+1} - x_i = aT^2$$

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

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

3. 匀变速直线运动某段位移的中间位置的瞬时速度

$$v_{\frac{x}{2}} = \sqrt{\frac{v_0^2 + v_t^2}{2}}$$

以上几个推论在实验中求物体加速度时经常用到.

4. 初速度为零的匀加速直线运动(设  $T$  为相等的时间间隔)

①  $1T$  末、 $2T$  末、 $3T$  末……瞬时速度的比值为

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

②  $1T$  内、 $2T$  内、 $3T$  内……位移的比值为

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

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

$$x_I : x_{II} : x_{III} : \dots : x_N = 1 : 3 : 5 : \dots : (2N-1)$$

④ 从静止开始通过连续相等的位移所用时间的比值为

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

## 九、两种特殊运动

### (一) 自由落体运动

1. 定义: 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.

2. 实质: 自由落体运动是初速度为零的匀加速直线运动.

3. 自由落体加速度又叫重力加速度.

(1) 大小:  $g=9.8 \text{ m/s}^2$ .

① 在同一地点, 重力加速度  $g$  的大小是相同的; 在不同的地点,  $g$  的值略有不同.

② 在通常情况下,  $g$  的变化不大, 粗略计算时, 取  $g=10 \text{ m/s}^2$ .

(2) 方向: 竖直向下.

4. 自由落体运动的基本公式

(1) 速度公式:  $v=gt$ ;

(2) 位移公式:  $h=\frac{1}{2}gt^2$ ;

(3) 位移速度关系:  $v^2=2gh$ ;

(4) 平均速度公式:  $\bar{v}=\frac{v}{2}$ ;

(5) 推论:  $\Delta h=gT^2$ .

### (二) 竖直上抛运动

1. 概念: 物体以初速度  $v_0$  竖直上抛后, 只在重力作用下的运动.

2. 规律: 取向上的方向为正方向, 有

$$v=v_0-gt, h=v_0t-\frac{1}{2}gt^2, v^2-v_0^2=-2gh$$

3. 运动的特点:

(1) 上升的最大高度  $H=\frac{v_0^2}{2g}$ .

(2) 上升到最大高度处所需时间( $t_{\uparrow}$ )和从最高点处落回到原抛出点所需时间( $t_{\downarrow}$ )相等, 即

$$t_{\uparrow} = t_{\downarrow} = \frac{v_0}{g}$$

(3) 对称性:

- ①速度对称: 上升和下降过程经过同一位置时的速度大小相等, 方向相反;
- ②时间对称: 上升和下降过程经过同一段高度的上升时间和下降时间相等.

#### 4. 处理方法

- (1) 全程法: 规定好正方向后, 直接应用匀变速直线运动的几个矢量式;
- (2) 分阶段法: 将全程分为两个阶段即上升过程的匀减速阶段和下落过程的自由落体阶段.

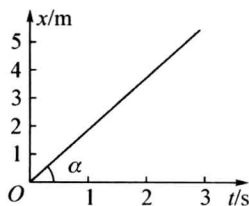
### 十、运动图像

#### (一) $x-t$ 图像

横轴表示时间(从开始计时的各个时刻), 纵轴表示位移(从计时开始任一时刻)对应的位置.

1. 匀速直线运动的位移图像是一条倾斜直线, 直线的斜率等于物体的运动速度.

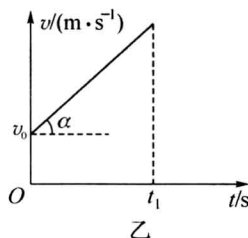
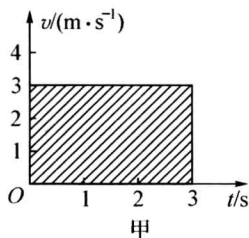
2. 匀变速直线运动的位移图像是一条抛物线, 曲线上任意一点的切线的斜率等于相应时刻的瞬时速度.



#### (二) $v-t$ 图像

横轴表示时间, 纵轴表示速度,  $v-t$  图像反映做直线运动的物体速度随时间的变化关系.

1. 匀速直线运动的  $v-t$  图像是与横轴平行的直线, 如图甲所示, 从图像中不仅可以看出速度的大小, 而且可以求出质点运动的位移. (图中画斜线部分的面积)



2. 匀变速直线运动的  $v-t$  图像是一条倾斜直线, 如图乙所示, 直线的斜率即是加速度, 直线与时间轴所围梯形的面积表示质点运动的位移. 时间轴上方的面积表示正向位移, 下方的面积表示负向位移, 它们的代数和表示总位移, 算术和表示路程.

#### (三) 图像的认识和理解

1. 首先明确所给的图像是什么图像, 即认清图像中横、纵轴所代表的物理量及它们的函数关系. 特别是那些图形相似容易混淆的图像, 更要注意区分.

2. 要清楚地理解图像中的“点”、“线”、“斜率”、“截距”、“面积”的物理意义.

(1) 点: 图线上的每一个点对应研究对象的一个状态, 特别注意“起点”、“终点”、“拐点”, 它们往往对应一个特殊状态.

(2) 线: 表示研究对象的变化过程和规律, 如  $v-t$  图像中图线若为倾斜直线, 则表示物体做匀变速直线运动.

(3) 斜率: 表示横、纵坐标上两物理量的比值, 常有一个重要的物理量与之对应. 用于求解定量计算对应物理量的大小和定性分析变化的快慢问题. 如  $x-t$  图像的斜率表示速度大小,

$v-t$  图像的斜率表示加速度大小.

(4) 面积: 图线与坐标轴围成的面积常与某一表示过程的物理量相对应. 如  $v-t$  图像与横轴包围的“面积”大小表示位移大小.

(5) 截距: 表示横、纵坐标两物理量在“边界”条件下的物理量的大小. 由此往往能得到一个很有意义的物理量. 在很多题目中, 往往利用数学表达式, 将截距(横轴截距或纵轴截距)对应的物理数据代入计算, 可融入较多的知识点进行考查.

### 十一、怎样解决追及、相遇类问题

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从同一地点出发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最大值.

再如初速度为零的匀加速直线运动的物体追赶从同一地点出发且同向匀速运动的物体时, 当二者速度相等时有最大距离, 而位移相等即追上.

2. 相遇: 同向运动的两物体追及位移相等时即相遇, 分析同 1.

相向运动的两物体, 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.

3. 相对运动

物体的运动是相对于参照系而言的, 同一物体的运动相对于不同的参照系其运动情况不相同, 这就是运动的相对性. 我们通常把物体相对于基本参照系(如地面等)的运动称为“绝对运动”, 把相对于基本参照系运动着的参照系称为运动参照系, 运动参照系相对于基本参照系的运动称为“牵连运动”, 而物体相对于运动参照系的运动称为“相对运动”. 显然绝对速度和相对速度一般是不相等的, 它们之间的关系是: 绝对速度等于相对速度与牵连速度的矢量和. 即

$$v_{\text{绝}} = v_{\text{相}} + v \quad \text{或} \quad v_{\text{甲对地}} = v_{\text{甲对乙}} + v_{\text{乙对地}}$$

### 十二、运动学问题处理方法指导

1. 画草图. 要养成根据题意画出运动示意图的好习惯. 特别是对较复杂的运动, 画出草图可使运动过程直观, 物理图景清晰, 便于分析问题.

2. 重视对过程的分析. 运动学问题的解答离不开对过程的分析, 且运动过程一般并不单一, 这要求处理运动学问题时, 要结合草图, 沉着分析物理过程, 选准过程对应的物理规律, 找出过程之间的联系, 切莫不分析过程就轻易下笔.

3. 寻找已知量之间关系, 建立等式求解问题.

4. 公式选取的注意点

(1) 选择物理量. 运动学公式中有五个物理量, 分别是初速度  $v_0$ 、末速度  $v_t$ 、加速度  $a$ 、时间  $t$  及位移  $x$ , 每一个公式中各缺一个物理量. 在解题中, 题目不要求或不涉及某个物理量, 最好选取缺这个物理量的式子, 这样可简化解题过程.

(2) 抓住两个关键物理量. 一切匀变速直线运动的差异就在于它们各自的  $v_0$  及  $a$  不完全相同, 故在解题时找出、求出或设出这两个物理量是解决运动学问题的前提.

(3) 注意物理量的矢量性. 式中的  $v_0$ 、 $v_t$ 、 $a$  及  $x$  均为矢量, 应用时应规定好正方向, 明确这些物理量的正负, 若仅知道某个物理量的大小时, 一定要结合题目的条件弄清它的正负, 否则应

予以讨论,对这类问题的多解性要有充分的认识.

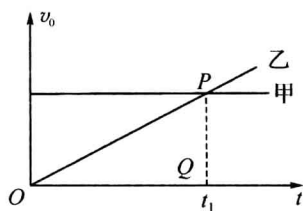
真题拓展

1. 一物体做匀加速直线运动,在某时刻前的  $t_1$  内的位移是  $s_1$ ,在该时刻后的  $t_2$  内的位移是  $s_2$ ,则物体的加速度是 ( )

- A.  $\frac{2(s_2 t_1 - s_1 t_2)}{t_1 t_2 (t_1 + t_2)}$       B.  $\frac{s_2 t_1 - s_1 t_2}{t_1 t_2 (t_1 + t_2)}$   
 C.  $\frac{2(s_1 t_2 - s_2 t_1)}{t_1 t_2 (t_1 + t_2)}$       D.  $\frac{s_1 t_2 - s_2 t_1}{t_1 t_2 (t_1 + t_2)}$

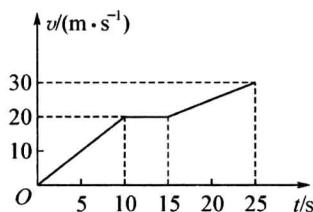
2. 甲乙两车在公路上沿同一方向做直线运动,它们的  $v-t$  图像如图所示. 两图像在  $t=t_1$  时相交于  $P$  点, $P$  在横轴上的投影为  $Q$ , $\triangle OPQ$  的面积为  $S$ . 在  $t=0$  时刻,乙车在甲车前面,相距为  $d$ . 已知此后两车相遇两次,且第一次相遇的时刻为  $t'$ ,则下面四组  $t'$  和  $d$  的组合可能的是 ( )

- A.  $t' = t_1, d = S$   
 B.  $t' = \frac{1}{2} t_1, d = \frac{1}{4} S$   
 C.  $t' = \frac{1}{2} t_1, d = \frac{1}{2} S$   
 D.  $t' = \frac{1}{2} t_1, d = \frac{3}{4} S$



3. 质量为 1 500 kg 的汽车在平直的公路上运动, $v-t$  图像如图所示. 由此可求 ( )

- A. 前 25 s 内汽车的平均速度  
 B. 前 10 s 内汽车的加速度  
 C. 前 10 s 内汽车所受的阻力  
 D. 15~25 s 内外力对汽车所做的功



4. 一质点沿直线  $Ox$  做加速运动,它离开  $O$  点的距离随时间  $t$  的变化关系为  $x = 5 + 2t^3$ ,其中  $x$  的单位是 m, $t$  的单位是 s,它的速度  $v$  随时间  $t$  的变化关系是  $v = 6t^2$ ,其中  $t$  的单位是 s. 设该质点在  $t=0$  到  $t=2$  s 间的平均速度为  $v_1$ , $t=2$  s 到  $t=3$  s 间的平均速度为  $v_2$ ,则 ( )

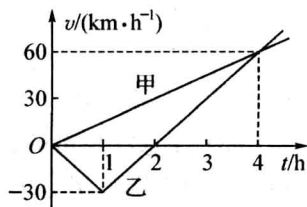
- A.  $v_1 = 12$  m/s     $v_2 = 39$  m/s      B.  $v_1 = 8$  m/s     $v_2 = 38$  m/s  
 C.  $v_1 = 12$  m/s     $v_2 = 19.5$  m/s      D.  $v_1 = 8$  m/s     $v_2 = 13$  m/s

5. 关于自由落体运动,下列说法正确的是 ( )

- A. 物体竖直向下的运动就是自由落体运动  
 B. 加速度等于重力加速度的运动就是自由落体运动  
 C. 在自由落体运动过程中,不同质量的物体运动规律相同  
 D. 物体做自由落体运动,位移与时间成反比

6. 当  $t=0$  时,甲乙两辆汽车从相距 70 km 的两地开始相向行驶,它们的  $v-t$  图像如图所示,忽略汽车掉头所需时间. 下列对汽车运动状况的描述正确的是 ( )

- A. 在第 1 h 末,乙车改变运动方向  
 B. 在第 2 h 末,甲乙两车相距 10 km





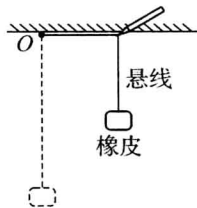
C. 在前 4 h 内,乙车运动加速度的大小总比甲车的大

D. 在第 4 h 末,甲乙两车相遇

7. 某同学身高 1.8 m,在校运动会上参加跳高比赛时,起跳后身体横着越过了 1.8 m 高处的横杆,据此估算他起跳时竖直向上的速度约为 ( )

A. 2 m/s                  B. 4 m/s                  C. 6 m/s                  D. 8 m/s

8. 如图所示,一块橡皮用细线悬挂于  $O$  点,用铅笔靠着线的左侧水平向右匀速移动,运动中始终保持悬线竖直,则橡皮运动的速度 ( )



A. 大小和方向均不变

B. 大小不变,方向改变

C. 大小改变,方向不变

D. 大小和方向均改变

9. 一杂技演员,用一只手抛球.他每隔 0.40 s 抛出一球,接到球便立即把球抛出,已知除抛、接球的时刻外,空中总有四个球,将球的运动看做是竖直方向的运动,球到达的最大高度是(高度从抛球点算起,取  $g=10 \text{ m/s}^2$ ) ( )

A. 1.6 m                  B. 2.4 m                  C. 3.2 m                  D. 4.0 m

10. 在高速公路上发生一起交通事故,一辆质量为 1 500 kg 向南行驶的长途客车迎面撞上了一质量为 3 000 kg 向北行驶的卡车,碰后两车接在一起,并向南滑行了一小段距离后停止,根据测速仪的测定,长途客车碰前以 20 m/s 的速率行驶,由此可判断卡车碰前的行驶速率( )

A. 小于 10 m/s

B. 大于 10 m/s 小于 20 m/s

C. 大于 20 m/s 小于 30 m/s

D. 大于 30 m/s 小于 40 m/s

11. 在抗洪抢险中,战士驾驶摩托艇救人.假设江岸是平直的,洪水沿江向下游流去,水流速度为  $v_1$ ,摩托艇在静水中的航速为  $v_2$ ,战士救人的地点  $A$  离岸边最近处  $O$  的距离为  $d$ .如战士想在最短时间内将人送上岸,则摩托艇登陆的地点离  $O$  点的距离为 ( )

A.  $\frac{dv_2}{\sqrt{v_2^2 - v_1^2}}$

B. 0

C.  $\frac{dv_1}{v_2}$

D.  $\frac{dv_2}{v_1}$

12. 频率一定的波源在空气中向静止的接收器匀速运动,以  $u$  表示声源的速度, $V$  表示声波的速度( $u < V$ ), $v$  表示接收器收到的频率.若  $u$  增大,则 ( )

A.  $v$  增大, $V$  增大

B.  $v$  增大, $V$  不变

C.  $v$  不变, $V$  增大

D.  $v$  减小, $V$  不变

13. 火车甲正以速度  $v_1$  向前行驶,司机突然发现前方距甲  $d$  处有火车乙正以较小速度  $v_2$  同向匀速行驶,于是他立即刹车,使火车做匀减速运动而停下.为了使两车不相撞,加速度  $a$  应满足什么条件?