

## 专题 1 直线运动

### 考点 1 运动学公式灵活运用

1. B 【解析】根据位移—时间关系有  $x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ , 代入数据解得  $a = 1.0 \text{ m/s}^2$ , 故选 B.

2. C 【解析】对于初速度为 0 的匀加速直线运动有  $x_1 = \frac{1}{2} a t^2$ ,  $x_2 = \frac{1}{2} a (2t)^2$ , 又  $v = at$ , 三式联立可得  $v = \frac{x_2}{2t} = \frac{2x_1}{t} = \frac{x_2 - 2x_1}{t}$ , 故 C 符合题意.

#### 一题多解

初速度为 0 的匀加速直线运动, 在前  $t$  内和前  $2t$  内的位移之比为  $1:4$ , 则  $x_2 = 4x_1$ , 结合平均速度等于中间时刻的瞬时速度, 可得 A 点的速度为  $v = \frac{x_2}{2t} = \frac{2x_1}{t} = \frac{x_2 - 2x_1}{t}$ ; 也可考虑逐差法, 根据  $x_2 - x_1 - x_1 = at^2$  得  $a = \frac{x_2 - 2x_1}{t^2}$ , 则  $v = at = \frac{x_2 - 2x_1}{t}$ , A、B、D 正确, 不符合题意, 故选 C.

3. A 【解析】设物块的初速度为  $v_0$ , 减速过程中的加速度大小为  $a$ , 全程位移为  $x$ , 前 0.5 m 的位移为  $x_1$ , 后 0.5 m 的位移为  $x_2$ , 物块运动到  $x_3 = 1.5 \text{ m}$  时的速度为  $v_1$ , 通过后 0.5 m 所用的时间为  $t$ , 则  $v_0^2 = 2ax$ ,  $x_1 = v_0 t_0 - \frac{1}{2} a t_0^2$ ,  $v_0^2 - v_1^2 = 2ax_3$ ,  $\frac{v_1 t}{2} = x_2$ , 联立解得  $t = (2 + \sqrt{3}) t_0$  或  $t = (2 - \sqrt{3}) t_0$ , 因为最后的 0.5 m 平均速度比最初的 0.5 m 小, 用时较长, 则  $t = (2 - \sqrt{3}) t_0$  需要舍弃, 故物块通过最后 0.5 m 用时为  $t = (2 + \sqrt{3}) t_0$ , A 正确, B、C、D 错误.

4. B 【解析】 $v_1 = 72 \text{ km/h} = 20 \text{ m/s}$ ,  $v_2 = 36 \text{ km/h} = 10 \text{ m/s}$ , 动车速度由  $72 \text{ km/h}$  变为  $36 \text{ km/h}$  的过程用时  $t_1 = 20 \text{ s}$ , 则加速度  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_1} = \frac{10 - 20}{20} \text{ m/s}^2 = -0.5 \text{ m/s}^2$ , 设动车停下来还需要的时间为  $t_2$ , 则有  $0 = v_2 + at_2$ , 解得  $t_2 = 20 \text{ s}$ , 则再经过 30 s 动车继续行驶的距离为  $x = \frac{v_2}{2} t_2 = 100 \text{ m}$ , B 正确, A、C、D 错误.

#### 易错警示

忽略行驶速度不能为负

刹车类问题, 常见的错误在于忽略减速为零后不再反向加速.

对于本题, 如果忽视这点, 直接代入位移公式  $x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$  进行计算, 得到的结果将是 A 选项.

5. C 【解析】刹车后第一个 3 s 内的位移  $x_1 = v_0 t - \frac{1}{2} a t^2$ , 刹车后最后一个 3 s 内的位移  $x_2 = \frac{1}{2} a t^2$ ,  $x_1 : x_2 = 5 : 3$ , 解得  $a = 2 \text{ m/s}^2$ , 刹车时间为  $t_1 = \frac{v_0}{a} = 4 \text{ s} < 6 \text{ s}$ , 则校车刹车后 6 s 内通过的距离为  $x_3 = \frac{v_0^2}{2a} = 16 \text{ m}$ , C 正确, A、B、D 错误.

6. B 【解析】滑雪运动员由静止开始沿一斜坡匀加速下滑, 经过斜

坡中点时的速度为  $v$ , 由初速度为 0 的匀变速直线运动的规律可得位移终点的速度为  $\sqrt{2}v$ , 则通过斜坡后半段的平均速度为  $\frac{\sqrt{2}+1}{2}v$ , B 正确, A、C、D 错误.

### 易错警示

#### 混淆中间时刻和位移中点的速度致错

中间时刻的速度为初、末速度和的一半, 若审题不清, 把速度  $v$  当作全程中间时刻的速度, 便会错选 A.

**7. A 【解析】**第 1 s 末时的速度大小等于前两秒中间时刻的瞬时

速度大小, 即等于前两秒的平均速度大小,  $v_1 = \frac{x_1+x_2}{2t} = \frac{3+5}{2} \text{ m/s} =$

4 m/s, A 正确; 汽车做匀变速直线运动, 则第 2 s 内的平均速度

大小为  $\bar{v} = \frac{x_2}{t} = \frac{5}{1} \text{ m/s} = 5 \text{ m/s}$ , B 错误; 设汽车开始计时的速度

大小为  $v_0$ , 加速度大小为  $a$ , 依题意有第 1 秒内的位移  $x_1 = v_0 t_1 +$

$\frac{1}{2} a t_1^2$ , 前 2 秒内的位移  $x_1+x_2 = v_0 t_2 + \frac{1}{2} a t_2^2$ , 联立解得  $v_0 = 2 \text{ m/s}$ ,

$a = 2 \text{ m/s}^2$ , 开始计时的速度大小为 2 m/s, 汽车加速过程中加速度大小为  $2 \text{ m/s}^2$ , C、D 错误.

**8. A 【解析】**设第 4 节车厢刚通过该工作人员时速度为  $v_1$ , 则  $v_1 =$

$\sqrt{\frac{v_0^2+v^2}{2}} = \sqrt{\frac{6^2+8^2}{2}} = 5\sqrt{2} \text{ m/s}$ , 设每节车厢的长度为  $L$ , 前四节车

厢经过工作人员的时间为  $t_1 = \frac{4L}{\bar{v}_{\text{前}}} = \frac{4L}{\frac{v_0+v_1}{2}} = \frac{8L}{6+5\sqrt{2}} \text{ s}$ , 后四节车厢

经过工作人员的时间为  $t_2 = \frac{4L}{\bar{v}_{\text{后}}} = \frac{4L}{\frac{v_1+v}{2}} = \frac{8L}{8+5\sqrt{2}} \text{ s}$ , 故  $\frac{t_1}{t_2} = \frac{5\sqrt{2}+1}{7}$ , A

正确, B、C、D 错误.

**9. D 【解析】**初速度为 0 的匀加速直线运动, 通过连续相等位移所

用的时间之比为  $t_1:t_2:t_3:\dots = 1:(\sqrt{2}-1):(\sqrt{3}-\sqrt{2}):\dots$ ,

则第一节车厢经过工作人员的时间和第三节车厢经过工作人员

的时间之比为  $\frac{t_1}{t_3} = \frac{1}{\sqrt{3}-\sqrt{2}}$ , 可求得第一节车厢经过工作人员的时间

为  $t_1 = (\sqrt{2}+\sqrt{3})t$ , D 正确, A、B、C 错误.

**10. D 【解析】**小滑块自  $a$  点由静止开始下滑与小滑块自  $b$  点由静

止开始下滑相比, 自  $a$  点下滑在  $bd$  段任意一点的速度都更大,

所以让该滑块自  $b$  点由静止开始下滑, 相同两点间的平均速度

变小, 时间变长, 则通过  $bc$ 、 $cd$  段的时间均大于  $T$ , 故 A 错误; 由

题意知, 滑块从  $a$  点静止下滑, 经过各段的时间都是  $T$ , 所以

$ab$ 、 $bc$ 、 $cd$  各段的长度之比为  $1:3:5$ , 设  $bc$  段长度为  $3x$ , 则  $cd$  段

长度为  $5x$ ,  $bd$  段长度为  $8x$ , 滑块下滑的加速度为  $a$ , 滑块从  $b$  点

由静止开始下滑, 所以通过  $c$  点的速度为  $v_c = \sqrt{2a \cdot 3x}$ , 通过  $d$

点的速度为  $v_d = \sqrt{2a \cdot 8x}$ , 通过  $c$ 、 $d$  点的速度之比为  $\sqrt{3}:\sqrt{8}$ , 故

B 错误; 滑块自  $b$  点由静止开始下滑, 通过  $bc$  段的时间  $t_1 =$

$\sqrt{\frac{2 \cdot 3x}{a}}$ , 通过  $cd$  段的时间  $t_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot 8x}{a}} - \sqrt{\frac{2 \cdot 3x}{a}}$ , 通过  $bc$ 、 $cd$

段的时间之比为 $\sqrt{3}:(\sqrt{8}-\sqrt{3})$ ,故 C 错误;对匀变速直线运动来说, $bd$  段的平均速度 $\bar{v}_{bd}=\frac{v_d}{2}$ ,结合 B 项分析可得, $\bar{v}_{bd}=2\sqrt{ax}<v_c=\sqrt{6ax}$ ,故 D 正确.

**11. B 【解析】**物体通过  $AB$  与  $BC$  两段距离所用时间都为  $t_0$ ,通

过  $B$  点的时刻为通过  $AC$  段的中间时刻,速度为  $v_B=\frac{s_0+\frac{2}{3}s_0}{2t_0}=\frac{5s_0}{6t_0}$ ,A 错误;通过  $AB$  和  $BC$  相邻两段时间相同,根据  $\Delta s=aT^2$

可得 $\frac{2}{3}s_0-s_0=at_0^2$ ,解得 $a=-\frac{s_0}{3t_0^2}$ ,C 错误;根据速度时间关系式

$v_t=v_0+at$ ,可得从  $B$  运动到  $D$  的时间为 $t=\frac{0-\frac{5s_0}{6t_0}}{-\frac{s_0}{3t_0^2}}=\frac{5}{2}t_0$ ,则由  $C$

运动到  $D$  的时间为 $\frac{5}{2}t_0-t_0=\frac{3}{2}t_0$ ,B 正确;由 $v_t^2-v_0^2=2ax$ ,可得

$B、D$  之间的距离为 $x=\frac{0-\left(\frac{5s_0}{6t_0}\right)^2}{-2\times\frac{s_0}{3t_0^2}}=\frac{25}{24}s_0$ ,则  $C、D$  之间的距离为

$\frac{25}{24}s_0-\frac{2}{3}s_0=\frac{3}{8}s_0$ ,D 错误.

**12. A 【解析】**匀减速直线运动至停下的运动可以看成倒过来的初速度为零的匀加速直线运动,初速度为零的匀加速直线运动相邻相等位移内的时间之比为 $1:(\sqrt{2}-1):(\sqrt{3}-\sqrt{2})$ ,则匀减速运动前三分之一位移与后三分之二位移所用时间之比为

$\frac{\sqrt{3}-\sqrt{2}}{\sqrt{2}}=\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}}-1$ ,A 正确,B、C、D 错误.

**13. D 【解析】**汽车做匀减速直线运动至静止,可以看成反向的初速度为零的匀加速直线运动,根据初速度为零的匀变速直线运动的比例关系知,汽车通过  $DE、AD$  段所用的时间之比为 $1:1$ ,则汽车减速的时间等于 $2t$ ,汽车通过吊索  $A$  时的速度为 $2v_D$ ,则

汽车通过  $AD$  段的平均速度为 $\bar{v}_{AD}=\frac{v_A+v_D}{2}=\frac{3v_D}{2}=3\bar{v}_{DE}$ ,A、B 错误,D 正确;汽车通过吊索  $D$  的时刻为  $AE$  段的中间时刻,故通过吊索  $D$  的速度等于  $AE$  段的平均速度,C 错误.

## 考点 2 运动图像分析与应用

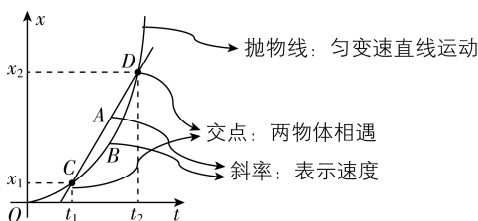
**1. D 【解析】**因为  $0\sim 2t_0$  时间内图线的形状为抛物线,因此在该时间间隔内潜水艇一直做匀变速直线运动,加速度始终不变且不为 0,C 错误;由图可知,在  $0\sim t_0$  时间内,图像切线斜率在减小,则速度减小,潜水艇向上做匀减速直线运动,加速度方向向下,A 错误;由  $x-t$  图像的切线斜率表示速度可知潜水艇在  $t=t_0$  时刻

的速度为 0,B 错误;在  $0\sim t_0$  时间内,有 $\frac{x_0}{t_0}=\frac{v_0+0}{2}$ ,解得  $t=0$  时刻

潜水艇的速度大小 $v_0=\frac{2x_0}{t_0}$ ,D 正确.

## 2. A

### 【题图解读】



**【解析】**根据  $x-t$  图像中图线某点的切线斜率表示速度, 可知在  $t_1 \sim t_2$  时间段的某个时刻, 代表  $A$ 、 $B$  两物体的图线切线斜率相等, 所以二者的速度相同,  $A$  正确; 由图可知  $A$  做匀速直线运动,  $B$  做加速度恒定的匀加速直线运动,  $B$  错误; 在  $t_1$  时刻之前,  $A$  的位置坐标始终小于  $B$ , 则可知  $A$  在  $B$  的后面,  $C$  错误;  $x-t$  图像中图线的交点表示相遇, 由图可知  $A$ 、 $B$  两物体在运动过程中相遇两次,  $D$  错误。

**3. A** **【解析】**篮球开始向下匀加速运动, 速度逐渐增大, 速度达到最大时方向发生变化, 之后向上匀减速运动, 速度逐渐减小,  $A$  正确,  $B$ 、 $C$ 、 $D$  错误。

**4. D** **【解析】**根据  $v-t$  图像中图线与坐标轴所围面积表示位移知,  $0 \sim t_0$  时间内甲车的位移较大,  $t_0$  时刻, 两车经过同一位置, 故  $t=0$  时刻, 乙在甲的前面,  $A$ 、 $B$  错误; 根据  $v-t$  图像中图线上某点切线的斜率表示加速度知,  $t_0$  时刻, 乙的加速度小于甲的加速度,  $C$  错误;  $0 \sim t_0$  时间内, 乙做加速度逐渐减小的减速运动,  $D$  正确。

**5. BD** **【解析】**质点在第 1 s 末运动方向没有改变, 第 1 s 内做加速运动, 第 2 s 内做减速运动, 第 1 s 末的速度最大, 为  $v_1 = 4 \text{ m/s} + \frac{1}{2} \times 1 \times 8 \text{ m/s} = 8 \text{ m/s}$ , 故  $A$  错误,  $B$  正确; 第 3 s 末质点的速度为  $v_3 = 4 \text{ m/s} + \frac{1}{2} \times 1 \times 8 \text{ m/s} - (3-1) \times 4 \text{ m/s} = 0$ , 故  $D$  正确; 假设质点在第 1 s 内做匀加速直线运动, 第 1 s 内的位移为  $x_1 = \frac{v_0 + v_1}{2} t = \frac{4+8}{2} \times 1 \text{ m} = 6 \text{ m}$ , 因为质点做加速度增大的加速运动, 所以质点在第 1 s 内的位移一定不等于 6 m,  $C$  错误。

**6. D** **【解析】**速度和加速度方向相同, 物体做加速运动.  $0 \sim t_3$  时间内无人机的加速度方向一直向上, 速度也向上, 则做加速运动, 速度一直增大,  $A$  错误;  $t_1 \sim t_2$  时间内加速度不变, 速度一直增大, 无人机匀加速上升,  $B$  错误;  $a-t$  图像与时间轴围成的面积表示速度的变化量, 结合无人机初速度为 0, 可知  $t_2$  时刻无人机的速度为  $v_2 = 0.5a_0t_1 + a_1t_2 - 0.5a_1t_1$ ,  $C$  错误; 加速度变化率为加速度变化量和所用时间的比值, 即  $a-t$  图像的斜率, 可知  $0 \sim t_1$  时间内无人机的加速度变化率为  $\frac{a_1 - a_0}{t_1}$ ,  $D$  正确。

**7. D** **【解析】**由  $x = v_0t + \frac{1}{2}at^2$  得,  $\frac{x}{t^2} = v_0 \frac{1}{t} + \frac{1}{2}a$ , 则  $v_0 = k = 20 \text{ m/s}$ ,  $\frac{1}{2}a = -4 \text{ m/s}^2$ , 解得  $a = -8 \text{ m/s}^2$ ,  $A$ 、 $B$  错误; 机动车运动的最长时间为  $t_0 = \frac{0 - v_0}{a} = \frac{0 - 20}{-8} \text{ s} = 2.5 \text{ s}$ , 机动车运动的最远距离为  $x_0 = \frac{v_0}{2}t_0 = \frac{20}{2} \times 2.5 \text{ m} = 25 \text{ m}$ ,  $C$  错误,  $D$  正确。

**8. A** 【解析】由速度位移公式  $v^2 - v_0^2 = 2ax$ , 可得  $v^2 = 2ax + v_0^2$ , 则  $v^2 - x$  图像的斜率为  $2a$ . 结合题意和图像,  $A$  质点开始运动的位置为  $x_A = 1 \text{ m}$ , 初速度  $v_0 = 0$ , 加速度为  $a_1 = 2 \text{ m/s}^2$ ,  $B$  质点开始运动的位置为  $x_B = 0$ , 初速度为  $v'_0 = 1 \text{ m/s}$ , 加速度为  $a_2 = \frac{3}{4} \text{ m/s}^2$ ,  $x = 2 \text{ m}$  处, 由图像可知,  $v_A^2 = v_B^2 = 4 \text{ m}^2/\text{s}^2$ , 故  $A$  质点运动到  $x = 2 \text{ m}$  处所用的时间为  $t_1 = \frac{v_A - v_0}{a_1} = \frac{2 - 0}{2} \text{ s} = 1 \text{ s}$ ,  $B$  质点所用的时间为  $t_2 = \frac{v_B - v'_0}{a_2} = \frac{2 - 1}{\frac{3}{4}} \times 4 \text{ s} = \frac{4}{3} \text{ s}$ , 时间差  $\Delta t = t_2 - t_1 = \frac{1}{3} \text{ s}$ ,  $A$  正确,  $B$ 、 $C$ 、 $D$  错误.

**9. B** 【解析】甲、乙两物体运动过程中加速度均在变化, 采用微元法, 结合  $v^2 = 2ax$ , 可知  $a-x$  图像与横轴围成的面积表示  $\frac{v^2}{2}$ . 结合题图可知, 当  $0 < x \leq \frac{24}{5} \text{ m}$  时, 甲物体的瞬时速度始终大于乙物体的瞬时速度, 因此甲物体先运动到  $x = \frac{24}{5} \text{ m}$  位置, 故  $A$  错误,  $B$  正确; 设乙物体运动  $8 \text{ m}$  时的速度为  $v_1$ , 结合图线与横轴围成的面积的意义, 可知  $\frac{v_1^2}{2} = \frac{1}{2} \times 8 \times (1+2) \text{ m}^2/\text{s}^2$ , 可得  $v_1 = 2\sqrt{6} \text{ m/s}$ , 故  $C$  错误; 由题图可知甲物体运动  $8 \text{ m}$  的过程中, 加速度始终为正且与速度同向, 则甲物体做加速度减小的加速运动, 故  $D$  错误.

#### 技巧必背

$a-x$  图像与  $x$  轴围成的面积表示  $\frac{v^2}{2}$ .

**10. A** 【解析】 $B$  物体的速度与位移关系图像为过原点开口向右的抛物线, 故速度与位移满足关系  $v^2 = 2ax$ , 因此  $B$  物体做匀加速直线运动,  $D$  错误; 由题图知  $A$  做速度为  $v_0$  的匀速直线运动,  $B$  做初速度为  $0$  的匀加速直线运动,  $B$  图线过点  $(x_1, v_0)$ , 代入  $v^2 = 2ax$ , 可得  $B$  的加速度为  $a = \frac{v_0^2}{2x_1}$ , 假设两物体经过时间  $t$  相遇, 根据相遇时位移相同 (易错点: 从同一起点经过相同时间位移相同才是相遇), 有  $v_0 t = \frac{1}{2} at^2$ , 解得  $t = \frac{4x_1}{v_0}$ , 此时  $B$  的速度为  $v_B = at = 2v_0$ ,  $A$  正确,  $C$  错误; 根据  $A$  做匀速直线运动, 可得两物体相遇时的位移为  $x = v_0 t = 4x_1$ ,  $B$  错误.

**11. C** 【解析】在  $0 \sim 3 \text{ s}$  内  $A$  车做初速度为  $30 \text{ m/s}$ 、加速度为  $a_{A1} = -10 \text{ m/s}^2$  的减速运动, 计算可得在  $t = 3 \text{ s}$  时  $A$  车减速到零, 则  $A$  车前进的位移为  $x_A = \frac{v_0}{2} t_A = \frac{30}{2} \times 3 \text{ m} = 45 \text{ m}$ , 在  $0 \sim 3 \text{ s}$  内  $B$  车做速度为  $30 \text{ m/s}$  的匀速运动, 前进的位移为  $x_B = v_0 t_B = 30 \times 3 \text{ m} = 90 \text{ m}$ , 由此可得  $t = 3 \text{ s}$  时两车间距离为  $\Delta x = d + x_A - x_B = 100 \text{ m} + 45 \text{ m} - 90 \text{ m} = 55 \text{ m}$ ,  $A$  错误; 由图像可知,  $3 \sim 9 \text{ s}$  内  $A$  车的加速度为  $a_{A2} = 5 \text{ m/s}^2$ , 在  $v-t$  图像中, 图像的斜率表示加速度, 则  $B$  车的加速度为  $a_B = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0-30}{9-3} \text{ m/s}^2 = -5 \text{ m/s}^2$ , 故  $A$ 、 $B$  两车的加速度大小相等,  $B$  错误;  $t = 3 \text{ s}$  时两车未相遇,  $3 \sim 9 \text{ s}$  内  $A$  车做初速度为零的加速运动,  $B$  车开始做减速运动, 若  $B$  车没有追上  $A$  车, 共速时两车距离最近, 设  $3 \text{ s}$  后经历时间  $t'$  两者速度相同, 则有  $v_{共} =$

$a_{A2}t' = v_0 + a_B t'$ , 解得  $t' = 3 \text{ s}$ ,  $v_{\text{共}} = 15 \text{ m/s}$ , 在  $t' = 3 \text{ s}$  时间内  $A$  车前进的位移为  $x_1 = \frac{v_{\text{共}}}{2} \times t' = \frac{15}{2} \times 3 \text{ m} = 22.5 \text{ m}$ ,  $B$  车前进的位移为  $x_2 = \frac{v_0 + v_{\text{共}}}{2} \times t' = \frac{30 + 15}{2} \times 3 \text{ m} = 67.5 \text{ m}$ , 此时相距的最小距离为  $\Delta x_{\min} = \Delta x + x_1 - x_2 = 55 \text{ m} + 22.5 \text{ m} - 67.5 \text{ m} = 10 \text{ m}$ , 此后  $A$  车的速度大于  $B$  车的速度, 两者间的距离开始增大, 故不可能相遇,  $C$  正确,  $D$  错误.

### 考点3 自由落体运动与竖直上抛运动

**1. C** 【解析】篮球运动员身高约为  $1.8 \text{ m}$ , 由图可知水柱的高度约为人身高的  $4$  倍, 即  $7.2 \text{ m}$ , 设喷泉喷出时的速度为  $v_0$ , 则  $0 - v_0^2 = -2gh$ , 代入解得  $v_0 = 12 \text{ m/s}$ ,  $C$  正确,  $A$ 、 $B$ 、 $D$  错误.

**2. AB** 【解析】由逐差公式  $x_3 - x_1 = 2a(\Delta t)^2$ , 可得苹果下落的加速度为  $a = \frac{x_3 - x_1}{2(\Delta t)^2}$ ,  $A$  正确; 羽毛和苹果在  $C$  点时刻是  $BD$  的中间时刻, 速度等于  $BD$  段的平均速度, 则  $v_C = \frac{x_2 + x_3}{2\Delta t}$ ,  $B$  正确; 初速度为  $0$  的匀加速直线运动, 连续相等时间内通过的位移之比为  $1:3:5:\dots$ , 照片中  $A$  位置速度不一定为  $0$ , 所以不一定满足关系  $x_1:x_2:x_3 = 1:3:5$ ,  $C$  错误; 由于是在真空中运动, 苹果和羽毛的加速度和速度始终相同, 所以苹果不会出现在羽毛下方,  $D$  错误.

**3. C** 【解析】运用分段法, 取竖直向上为正方向, 上升阶段, 从抛出点到最高点, 篮球的位移大小为  $x = \frac{v_0^2}{2g} = 1.8 \text{ m}$ , 所用时间  $t = \sqrt{\frac{2x}{g}} = 0.6 \text{ s}$ ; 下落阶段, 从最高点到地面, 篮球下落高度  $h = h_0 + x = 3.2 \text{ m}$ , 所用时间  $t_{\text{下}} = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 0.8 \text{ s}$ , 落地时速度  $v = -gt_{\text{下}} = -8 \text{ m/s}$ , 整个过程平均速度  $\bar{v} = \frac{h_0}{t + t_{\text{下}}} = -1 \text{ m/s}$ ,  $A$ 、 $B$  错误,  $C$  正确; 篮球在运动过程中, 有两次经过抛出点上方  $1 \text{ m}$  处, 一次经过抛出点下方  $1 \text{ m}$  处, 所以有  $3$  次运动到与抛出点的距离为  $1 \text{ m}$  处,  $D$  错误.

#### 一题多解

$C$  选项求落地时速度也可分析全过程, 设竖直向上为正方向, 则落地时位移为  $x' = -1.4 \text{ m}$ , 根据  $v^2 - v_0^2 = -2gx'$ , 同样可得落地时速度  $v = -8 \text{ m/s}$ .

**4. B** 【解析】取向上为正方向, 设小球抛出时电梯的速度为  $v_0$ , 则小球相对于地面的速度为  $v_0 + v$ , 设小球落到电梯地板上所用的时间为  $t$ , 则此时电梯的位移为  $h_1 = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$ , 小球的位移为  $h_2 = (v_0 + v)t + \frac{1}{2}(-g)t^2$ , 结合题意有  $h = h_1 - h_2$ , 代入数据可得  $t = 0.5 \text{ s}$  ( $t = -\frac{1}{3} \text{ s}$  舍),  $B$  正确,  $A$ 、 $C$ 、 $D$  错误.

#### 一题多解

以电梯为参考系, 取向上为正方向, 小球相对于电梯的速度  $v' = 1 \text{ m/s}$ , 加速度  $a_0 = -g - a$ , 落到电梯地板上时位移为  $-h$ , 有  $-h = v't + \frac{1}{2}a_0 t^2$ , 同样可求得  $t = 0.5 \text{ s}$ .

**5. C** 【解析】 $Q$  做自由落体运动,  $x_Q = 5h = \frac{1}{2}gt^2$ , 解得  $t = \sqrt{\frac{10h}{g}}$ , 从抛出到相遇, 以竖直向下为正方向, 解得  $x_P = -v_0t + \frac{1}{2}gt^2$ , 据几何关系得,  $x_Q - x_P = 3h$ , 解得  $v_0 = \frac{3\sqrt{10gh}}{10}$ ,  $P$  上升的最大高度为  $h_m = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{9h}{20}$ , C 正确, A、B、D 错误.

**6. D** 【解析】根据相遇时的位移关系得,  $\frac{1}{2}gt^2 + v_0t - \frac{1}{2}gt^2 = 10 \text{ m}$ , 解得相遇时间为  $t = 1 \text{ s}$ , 相遇时, 离地的高度  $h' = v_0t - \frac{1}{2}gt^2 = 5 \text{ m}$ ,  $B$  球的速率  $v_B = v_0 - gt = 0$ , 故相遇时,  $B$  球位于上抛运动的最高点, A、B、C 正确;  $A$  落地的时间  $t_A = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 10}{10}} \text{ s} = \sqrt{2} \text{ s}$ ,  $B$  球落地的时间  $t_B = \frac{2v_0}{g} = \frac{2 \times 10}{10} \text{ s} = 2 \text{ s}$ , 两球落地的时间差为  $(2 - \sqrt{2}) \text{ s}$ , D 错误.

**快解**

以小球  $A$  为参考系, 小球  $B$  相对  $A$  做匀速直线运动, 则  $h = v_0t$ , 解得相遇时间为  $t = 1 \text{ s}$ .

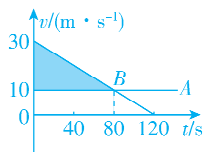
#### 考点 4 追及、相遇问题

**1. AC** 【解析】由图知, 甲质点做匀速直线运动, 速度大小为  $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{6}{3} \text{ m/s} = 2 \text{ m/s}$ , A 正确; 乙质点沿正向做匀加速直线运动, 其速度方向不变, 且  $t = 3 \text{ s}$  时与甲质点相遇, B 错误; 由图可知, 乙质点在  $0 \sim 3 \text{ s}$  内的位移大小为  $9 \text{ m}$ , 设乙质点的加速度大小为  $a$ , 则有  $9 \text{ m} = \frac{1}{2}at^2$ , 解得  $a = 2 \text{ m/s}^2$ , C 正确; 开始时, 甲质点的速度大于乙质点的速度, 二者速度相等时, 甲、乙两质点相距最远, 由  $v = at_1$ , 解得  $t_1 = 1 \text{ s}$ , 则最远距离为  $\Delta x_{\max} = vt_1 - \frac{1}{2}at_1^2 + 3 \text{ m} = 4 \text{ m}$ , D 错误.

**2. A** 【解析】 $B$  车以  $30 \text{ m/s}$  的初速度刹车减速到  $0$  位移为  $1800 \text{ m}$ , 由速度位移公式  $v^2 - v_0^2 = 2ax$ , 代入数据可得  $B$  车的加速度  $a = -0.25 \text{ m/s}^2$ . 两车不相撞的临界情况是  $B$  车追上  $A$  车时, 速度恰好相等, 这种情况下有  $v_B + at = v_A$ , 代入数据求得  $t = 80 \text{ s}$ ,  $A$  车位移  $x_A = v_A t = 800 \text{ m}$ ,  $B$  车位移  $x_B = v_B t + \frac{1}{2}at^2 = 1600 \text{ m}$ , 二者的位移差为  $d = |x_A - x_B| = 800 \text{ m}$ , 故为保证两车不相撞, 能见度至少要达到  $800 \text{ m}$ , A 正确, B、C、D 错误.

**一题多解**

作出  $A$ 、 $B$  两车的  $v-t$  图像如图所示, 两车不相撞, 临界状态是共速时相遇, 即交点时相遇, 从图像可以求出二者相遇时经过的时间为  $80 \text{ s}$ , 图中阴影三角形的面积表示共速时二者的位移差, 即能见度的最小值  $d = \frac{1}{2} \times 80 \times (30 - 10) \text{ m} = 800 \text{ m}$ , 故 A 正确.



**3. D** 【解析】由  $v-t$  图像知,  $0$  到  $2 \text{ s}$  甲车的位移为  $\frac{5+10}{2} \times 2 \text{ m} =$

15 m, 0 到 2 s 乙车的位移为  $15 \times 2 \text{ m} = 30 \text{ m}$ ,  $t = 2 \text{ s}$  时两车并排行驶, 则在  $t = 0$  时, 甲车在乙车前 15 m, A 错误; 2 s 到 6 s 甲车的位移为  $\frac{10+20}{2} \times 4 \text{ m} = 60 \text{ m}$ , 6 s 到 9 s 甲车的位移为  $20 \times 3 = 60 \text{ m}$ , 则 2 s 到 9 s 甲车的位移为 120 m, 2 s 到 9 s 乙车的位移为  $15 \times 7 = 105 \text{ m}$ , 则在  $t = 9 \text{ s}$  时, 甲车在乙车前 15 m, B 错误; 2 s 到 6 s 乙车的位移为  $15 \times 4 = 60 \text{ m}$ , 与甲车在 2 s 到 6 s 位移相等, 所以两车另一次并排行驶的时刻是  $t = 6 \text{ s}$ , C 错误; 在 2 s 到 6 s 时间内,  $t = 4 \text{ s}$  时两车速度相等, 则  $t = 4 \text{ s}$  时两车相距最远, 2 s 到 4 s 甲车的位移为  $\frac{10+15}{2} \times 2 \text{ m} = 25 \text{ m}$ , 2 s 到 4 s 乙车的位移为  $15 \times 2 \text{ m} = 30 \text{ m}$ , 所以两车之间最远相距 5 m, D 正确。

- 4. D 【解析】**由速度位移公式  $v^2 - v_0^2 = 2ax$ , 可得  $v^2 = v_0^2 + 2ax$ , 可推出  $v^2 - x$  图像的纵截距为  $v_0^2$ , 斜率为  $2a$ , 由此可得甲的初速度为  $v_{0A} = 6 \text{ m/s}$ , 加速度  $a_A = -3 \text{ m/s}^2$ , 则甲质点做匀减速直线运动, 乙的初速度为  $v_{0B} = 0$ , 加速度  $a_B = 1.5 \text{ m/s}^2$ , 则乙质点做匀加速直线运动, 两质点加速度大小之比为 2 : 1, A、B 错误; 由位移时间公式  $x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$  可得,  $x = 4 \text{ m}$  时,  $t_{\text{甲}} = \left( 2 - \frac{2\sqrt{3}}{3} \right) \text{ s}$  或  $t'_{\text{甲}} = \left( 2 + \frac{2\sqrt{3}}{3} \right) \text{ s}$ ,  $t_{\text{乙}} = \frac{4\sqrt{3}}{3} \text{ s}$ , 由于甲减速到 0 所需时间为  $t_0 = \frac{0 - v_{0A}}{a_A} = 2 \text{ s}$ , 故  $t'_{\text{甲}}$  舍去, 可知两质点到达  $x = 4 \text{ m}$  处的时间不同, 不会相遇, C 错误; 由分析可知, 甲做初速度为  $6 \text{ m/s}$ 、加速度大小为  $3 \text{ m/s}^2$  的匀减速运动一直到减速为 0, 乙做初速度为 0、加速度大小为  $1.5 \text{ m/s}^2$  的匀加速直线运动, 二者从同一位置出发, 故二者运动后, 甲先在前, 后乙追上并超过甲, 只相遇一次, D 正确。

#### 易错警示 误认为位移相同就是相遇而出错

本题容易误认为位移相同就是相遇而出错, 从同一起点经过相同时间到达同一位置为相遇, 图线的交点处两物体位移都是 4 m, 位移相同不是相遇。

- 5. D 【解析】**假设经过  $t_0$  时间, 两人的速度相等, 此时相距最远,  $v_{\text{甲}} - at_0 = v_{\text{乙}}$ , 解得  $t_0 = 3.5 \text{ s}$ , 此时两人在前进方向上的最大距离为  $\Delta x_{\text{max}} = \left( v_{\text{甲}} t_0 - \frac{1}{2} a t_0^2 \right) - v_{\text{乙}} t_0 = 12.25 \text{ m}$ , 根据几何知识知, 当甲在乙前方且直线距离为 13 m 时, 二者位移关系为  $\Delta x = x_{\text{甲}} - x_{\text{乙}} = \sqrt{13^2 - 5^2} \text{ m} = 12 \text{ m}$ , 据运动学公式得,  $x_{\text{甲}} = v_{\text{甲}} t - \frac{1}{2} a t^2$ ,  $x_{\text{乙}} = v_{\text{乙}} t$ , 解得  $t_1 = 3 \text{ s}$  或  $t_2 = 4 \text{ s}$ , 当  $0 < t < 3 \text{ s}$  时, 二者直线距离小于 13 m; 当  $3 \text{ s} < t < 4 \text{ s}$  时, 二者直线距离大于 13 m,  $t_2 = 4 \text{ s}$  时, 甲的速度为  $v_{\text{甲}1} = v_{\text{甲}} - at_2 = 1 \text{ m/s} < v_{\text{乙}}$ ,  $t = 4 \text{ s}$  之后, 甲、乙两人的距离先减小后增大, 且甲能够继续行驶的距离为  $x_{\text{甲}1} = \frac{v_{\text{甲}1}^2}{2a} = 0.25 \text{ m}$ , 根据几何关系知, 从  $t_2 = 4 \text{ s}$  开始到乙运动至甲前方 12 m 的过程中, 二者直线距离小于 13 m, 这段过程经历的时间为  $t' = \frac{2\Delta x + x_{\text{甲}1}}{v_{\text{乙}}} = \frac{2 \times 12 + 0.25}{2} \text{ s} = 12.125 \text{ s}$ , 甲、乙两人能利用星闪通信的时间为  $t_{\text{总}} = t_1 + t' = 3 \text{ s} + 12.125 \text{ s} = 15.125 \text{ s}$ , D 正确, A、B、C 错误。



## 考点5 匀变速直线运动的多过程问题

**1. C** 【解析】首先考虑到达加油站的时间,摩托车是先加速再匀速

最后减速,加速的时间和减速时间相同  $t_1 = t_3 = \frac{v}{a} = 4 \text{ s}$ ,加速和减

速阶段的路程也相同  $x_1 = x_3 = \frac{1}{2}at_1^2 = 40 \text{ m}$ ,剩余的路程即为匀速

过程,所用的时间为  $t_2 = \frac{x_2}{v} = \frac{(200 \text{ m} - x_1 - x_3)}{20 \text{ m/s}} = 6 \text{ s}$ ,因此所用总时

间为  $t = t_1 + t_2 + t_3 = 14 \text{ s}$ ,在此期间,卡车前进的路程为  $s_1 = v_1 t =$

$140 \text{ m}$ ,而摩托车前进的路程为  $s_2 = 200 \text{ m}$ ,两者路程差为  $\Delta s = s_2 -$

$s_1 = 60 \text{ m} > 50 \text{ m}$ ,因此在到达加油站之前摩托车就已经追上卡车,

C 正确,A、B、D 错误.

**2. C** 【解析】由于质点通过的路程与位移不同,故质点先做减速运动,减速到零后再做反向的加速运动,A 错误;速度变化量大小

为  $\Delta v = v - (-2v) = 3v$ ,因此所用时间  $t = \frac{\Delta v}{a} = \frac{3v}{a}$ ,B 错误;减速的过

程中运动的路程  $s_1 = \frac{v^2}{2a}$ ,反向加速运动的路程  $s_2 = \frac{(2v)^2}{2a}$ ,因此总

路程为  $s = s_1 + s_2 = \frac{5v^2}{2a}$ ,C 正确;再经过相同的时间,速度再增加

$3v$ ,大小变为  $v' = 2v + 3v = 5v$ ,D 错误.

**3. C** 【解析】打开降落伞前运动员做自由落体运动加速到  $50 \text{ m/s}$ ,则

$v_1 = gt_1$ ,代入数据得自由落体运动的时间为  $t_1 = \frac{50}{10} \text{ s} = 5 \text{ s}$ ,即  $5 \text{ s}$  后打

开降落伞,A 错误;打开降落伞后,运动员做匀减速运动,有  $v_2 = v_1 -$

$a(t_2 - t_1)$ ,可得运动员在空中下落用时  $t_2 = 14 \text{ s}$ ,B 错误;由  $v-t$  图

像的图线与时间轴围成的面积表示位移,可得运动员打开降落伞

时距地面距离为  $h_2 = \frac{v_1 + v_2}{2}(t_2 - t_1) = \frac{50 + 5}{2} \times (14 - 5) \text{ m} = 247.5 \text{ m}$ ,飞

机距地面距离为  $h_1 = \frac{v_1}{2} \times t_1 + h_2 = 372.5 \text{ m}$ ,C 正确,D 错误.

**4. D** 【解析】甲车从静止开始以加速度大小  $a_1$  加速到  $v_{\max}$ ,所用时

间为  $t_1$ ,则这段时间内平均速度为  $\frac{v_{\max}}{2}$ ,  $v_{\max} = a_1 t_1$ ,再以加速度大

小  $a_2$  减速到  $0$ ,所用时间为  $t_2$ ,则这段时间内平均速度为  $\frac{v_{\max}}{2}$ ,

$v_{\max} = a_2 t_2$ ,所以  $a_1 t_1 = a_2 t_2$ ,C 错误;甲车的位移  $x_{\text{甲}} = \frac{v_{\max}}{2}(t_1 + t_2) =$

$\frac{v_{\max}}{2} t_0$ ,乙车以速度  $v_0$  匀速行驶,用时  $t_0$ ,行驶的位移为  $x_{\text{乙}} = v_0 t_0$ ,

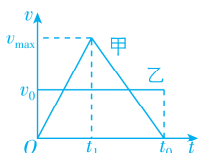
由题意知  $x_{\text{甲}} = x_{\text{乙}}$ ,可得  $v_{\max} = 2v_0$ ,A、B 错误;因为  $t_1 + t_2 = t_0$ ,所以

$\frac{v_{\max}}{a_1} + \frac{v_{\max}}{a_2} = \frac{2v_0}{a_1} + \frac{2v_0}{a_2} = t_0$ ,变形可得  $\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} = \frac{t_0}{2v_0}$ ,D 正确.

### 一题多解

利用  $v-t$  图像求解,甲、乙两车的  $v-t$  图像如图所示,利用图线与时间轴围成的面积便可得出  $v_{\max}$  与  $v_0$  的关系

满足  $\frac{t_0 v_{\max}}{2} = v_0 t_0$ ,即  $v_{\max} = 2v_0$ ,A、B 错误.



5. 26.5 s

【解析】汽车进入 ETC 通道减速至  $v_2$  的位移  $x_1 = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2a} = 37.5 \text{ m}$ ,

进入 ETC 通道从开始减速到恢复正常行驶过程中的位移大小

$x = 2x_1 + d = 85 \text{ m}$ , 通过人工收费通道的减速位移  $x'_1 = \frac{v_1^2}{2a} = 50 \text{ m}$ ,

总位移  $x' = 2x'_1 = 100 \text{ m}$ , 减速时间  $t'_1 = \frac{v_1}{a} = 10 \text{ s}$ , 停车时间  $t'_2 =$

$20 \text{ s}$ , 总时间  $t' = 2t'_1 + t'_2 = 40 \text{ s}$ , 汽车通过 ETC 通道的匀变速时间

$t_1 = \frac{v_1 - v_2}{a} = 5 \text{ s}$ , 匀速时间  $t_2 = \frac{d}{v_2} = 2 \text{ s}$ , 匀速通过与人工通道位移

差的时间  $t_3 = \frac{x' - x}{v_1} = 1.5 \text{ s}$ , 总时间  $t = 2t_1 + t_2 + t_3 = 13.5 \text{ s}$ , 节省的时间

$\Delta t = t' - t = 26.5 \text{ s}$ .