

第四讲 匀变速直线运动 规律的应用

$$v = v_0 + at$$

$$x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$$

$$v^2 - v_0^2 = 2ax$$

知三求二：三个基本公式中共涉及五个物理量，只要知道三个量，就可以求其他两个量，原则上只要应用三式中的两式，任何匀变速直线运动问题都能解。

推论

$$x = \frac{1}{2} (v_0 + v) t$$

- ①如果题目中无位移 x ，也不让求位移，一般选用 $v = v_0 + at$;
- ②如果题目中无末速度 v ，也不让求末速度，一般选用 $x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$;
- ③如果题目中无运动时间 t ，也不让求运动时间，一般选用 $v^2 - v_0^2 = 2ax$ 。

【例1】 为安全起见，汽车在行驶途中，车与车之间必须保持一定的距离，因为从驾驶员看见某一紧急情况到采取制动动作的时间里，汽车仍然要通过一段距离(称为反应距离，对应的时间叫做反应时间)，而从采取制动动作到车完全静止的时间里，汽车又要通过一段距离(称为制动距离)。下表给出了驾驶员驾驶的汽车在不同速度下的反应距离和制动距离等部分数据。请你分析这些数据，算出表格中未给出的数据X、Y。

速度(m/s)	反应距离(m)	制动距离(m)
10	12	20
15	18	X
20	Y	80
25	30	125

速度(m/s)	反应距离(m)	制动距离(m)
10	12	20
15	18	X
20	Y	80
25	30	125

关键：抓住“三个不同，两个相同”。

(1) 反应时间相同。

(2) 制动加速度相同。

解析： 由于反应时间和加速度均相同

$$t = \frac{12\text{m}}{10\text{m/s}} = 1.2\text{s}$$

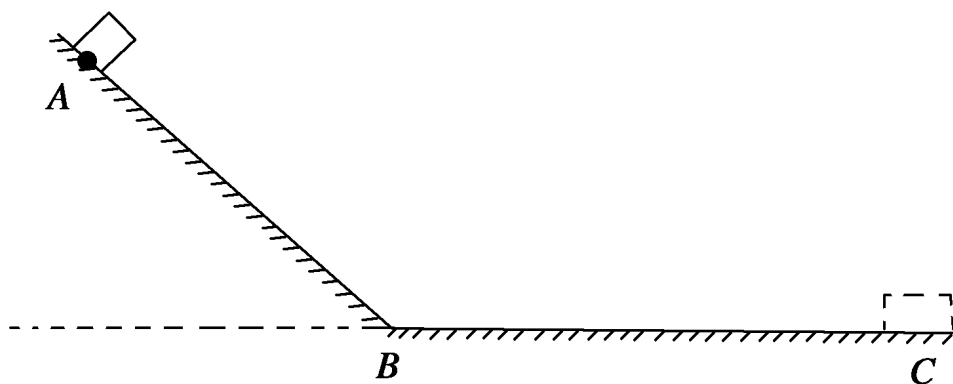
$$Y = vt = 20\text{m/s} \times 1.2\text{s} = 24\text{m}$$

由 $v^2 = 2ax$

$$a = \frac{10^2}{2 \times 20} \text{m/s}^2 = 2.5\text{m/s}^2$$

故 $X = \frac{v^2}{2a} = \frac{15^2}{2 \times 2.5} \text{m} = 45\text{m}$

【例2】 如图所示，滑块由静止从A点沿斜面匀加速下滑至斜面底端B，之后在水平面上做匀减速直线运动，最后停于C点。已知经过B点时速度大小不变， $AB=4\text{m}$ ， $BC=6\text{m}$ ，整个运动用了10s，求滑块沿AB、BC运动的加速度分别多大？



解析： 设滑块经B时速度大小为 v ，在AB、BC上运动的加速度大小分别为 a_1 、 a_2

对AB段 $\frac{v}{2} \cdot t_1 = x_{AB}$ ①

$$v^2 = 2a_1 x_{AB} \quad ②$$

对BC段 $\frac{v}{2} \cdot t_2 = x_{BC}$ ③

$$v^2 = 2a_2 x_{BC} \quad ④$$

又 $t_1 + t_2 = t_{\text{总}}$ ⑤

由①②③④⑤代入数据得：

$$a_1 = 0.5\text{m/s}^2 \quad a_2 = \frac{1}{3}\text{m/s}^2$$

【例3】 以36 km/h的速度行驶的汽车，刹车后做匀减速直线运动，若汽车在刹车后第2 s内的位移是6.25 m，则刹车后5 s内的位移是多少？

解析： 设汽车的运动方向为正方向， $v_0 = 36 \text{ km/h} = 10 \text{ m/s}$ 。

第2 s内的位移： $x_1 = (v_0 t_2 + \frac{1}{2} a t_2^2) - (v_0 t_1 + \frac{1}{2} a t_1^2)$

解得 $a = -2.5 \text{ m/s}^2$

$$x_2 = 10 \times 5 + \frac{1}{2} \times (-2.5) \times 5^2 = 18.75(\text{m})$$

刹车陷阱

设刹车后经过时间 t 停止运动，则

$$t = \frac{0 - v_0}{a} = 4\text{s}$$

$$x_2 = \frac{0 - 10^2}{2 \times (-2.5)} = 20(\text{m})$$

可见，刹车后5 s的时间内有1 s是静止的，故刹车后5 s内的位移为

$$x_2 = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 = [10 \times 4 + \frac{1}{2} \times (-2.5) \times 16] \text{ m} = 20 \text{ m}$$

【例4】 飞机着陆后以 6 m/s^2 大小的加速度做匀减速直线运动，其着陆速度为 60 m/s ，求：

- (1) 飞机着陆后 12 s 内滑行的位移；
- (2) 飞机静止前 4 s 内滑行的位移。

【解析】 (1) 以初速度方向为正方向，则有 $a = -6 \text{ m/s}^2$

飞机在地面滑行最长时间

$$t = \frac{v - v_0}{a} = \frac{0 - 60 \text{ m/s}}{-6 \text{ m/s}^2} = 10 \text{ s}$$

所以飞机 12 s 内滑行的位移为 10 s 内滑行的位移

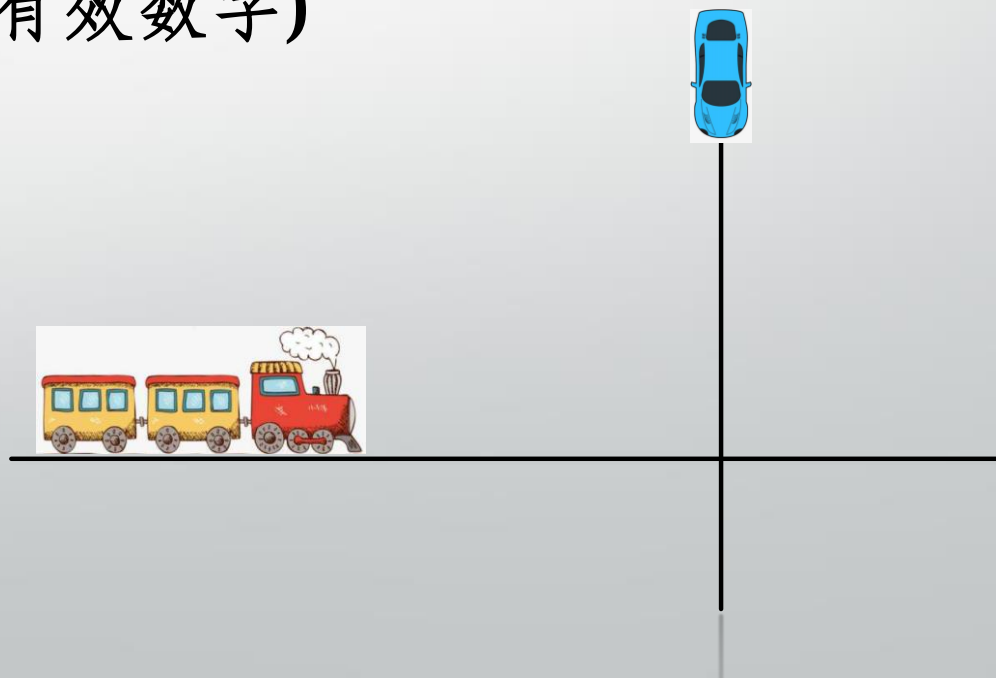
$$x = \frac{v + v_0}{2} t = 300 \text{ m}$$

(2) 飞机匀减速直线运动的逆运动为初速度为零、加速度为 $a' = 6 \text{ m/s}^2$ 的匀加速直线运动。飞机滑行的最后 4 s 内的位移大小等于其逆运动最初 4 s 内的位移

$$x' = \frac{1}{2} a' t^2 = \frac{1}{2} \times 6 \text{ m/s}^2 \times (4 \text{ s})^2 = 48 \text{ m}$$

逆向思维法

【例5】 一辆长为 $L_1=5\text{ m}$ 的汽车以 $v_1=15\text{ m/s}$ 的速度在公路上匀速行驶，在离铁路与公路的交叉点 $x_1=175\text{ m}$ 处，汽车司机突然发现离交叉点 $x_2=200\text{ m}$ 处有一列长为 $L_2=300\text{ m}$ 的列车以 $v_2=20\text{ m/s}$ 的速度行驶过来，为了避免事故的发生，汽车司机立刻使汽车减速，让火车先通过交叉点，汽车减速的加速度至少为多大？（不计汽车司机的反应时间，结果保留3位有效数字）

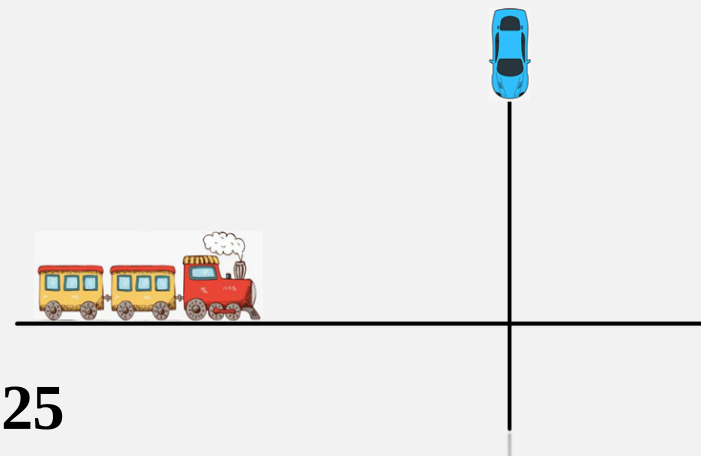


【解析】 列车驶过交叉点所用时间 $t = \frac{x_2 + L_2}{v_2} = 25 \text{ s}$

如果汽车匀减速运动 25 s 的位移为 $x_1 = 175 \text{ m}$

$$\text{则 } x_1 = v_1 t + \frac{at^2}{2}$$

$$\text{解得 } a = -0.64 \text{ m/s}^2$$



此时汽车的速度 $v = v_1 + at = -1 \text{ m/s}$, 说明汽车已经在 25 s 前冲过了交叉点, 不合题意。

要避免事故的发生, 汽车必须在小于 25 s 的时间内汽车速度减小为零, 这样才能使它的位移小于 175 m。

$$\text{由 } 0^2 - v^2 = 2a'x_1$$

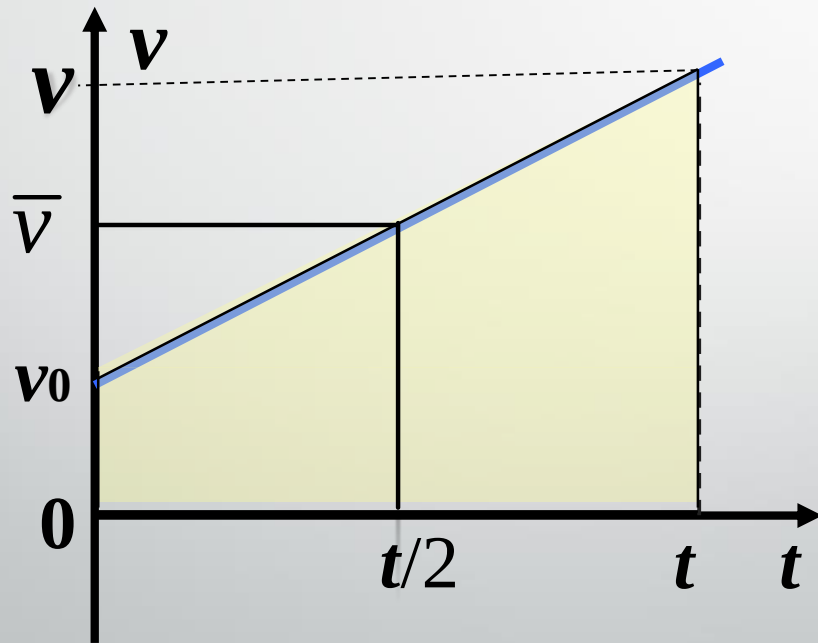
$$\text{得 } a' = -0.643 \text{ m/s}^2$$

即汽车减速的加速度至少为 0.643 m/s^2 。

匀变速直线运动的推论

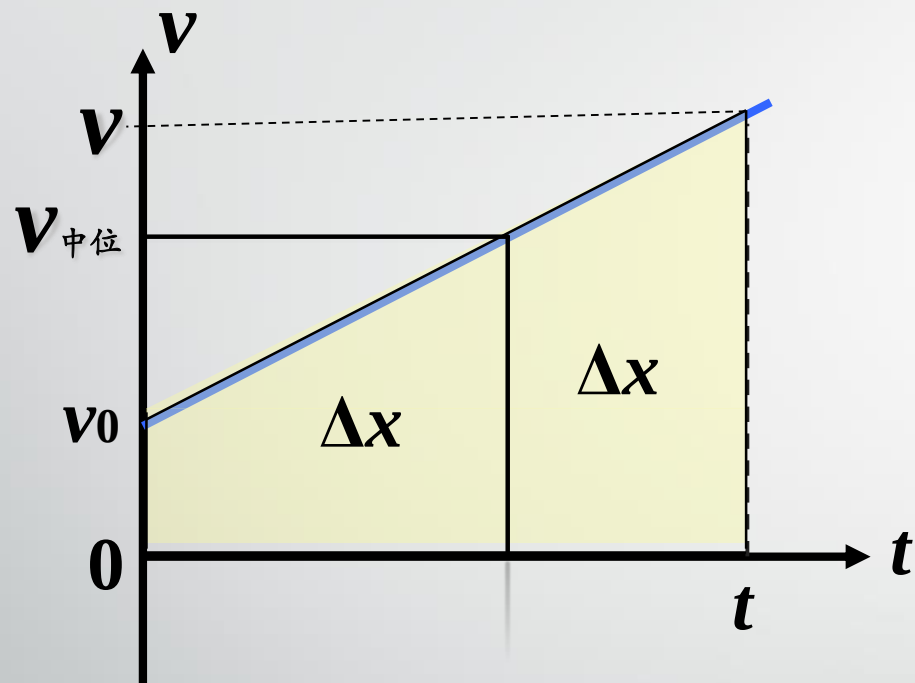
$$x = \frac{1}{2}(v_0 + v)t \quad \rightarrow \quad \bar{v} = \frac{x}{t} = \frac{1}{2}(v_0 + v)$$

$$x = v_0 t + \frac{1}{2}at^2 \quad \rightarrow \quad \bar{v} = \frac{x}{t} = v_0 + a \cdot \frac{t}{2} = v_{t/2}$$



做匀变速直线运动的物体在一段时间内的平均速度等于这段时间中间时刻的瞬时速度。

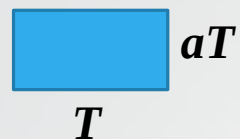
根据 $v^2 - v_0^2 = 2ax$ $\rightarrow$
$$\begin{cases} v^2 - v_{\text{中位}}^2 = 2a \cdot \Delta x \\ v_{\text{中位}}^2 - v_0^2 = 2a \cdot \Delta x \end{cases}$$



$$v_{\text{中位}} = \sqrt{\frac{v_0^2 + v^2}{2}}$$

$\text{PK} \quad \longleftrightarrow \quad v_{\text{中时}} = \frac{1}{2}(v_0 + v)$

容易证明：无论是匀加速直线运动还是匀减速直线运动，对于同样的 v_0 和 v ，总有 $v_{\text{中时}} < v_{\text{中位}}$



面积: $\Delta x = aT^2$



做匀变速直线运动的物体在连续相等的时间间隔内的位移之差均相等

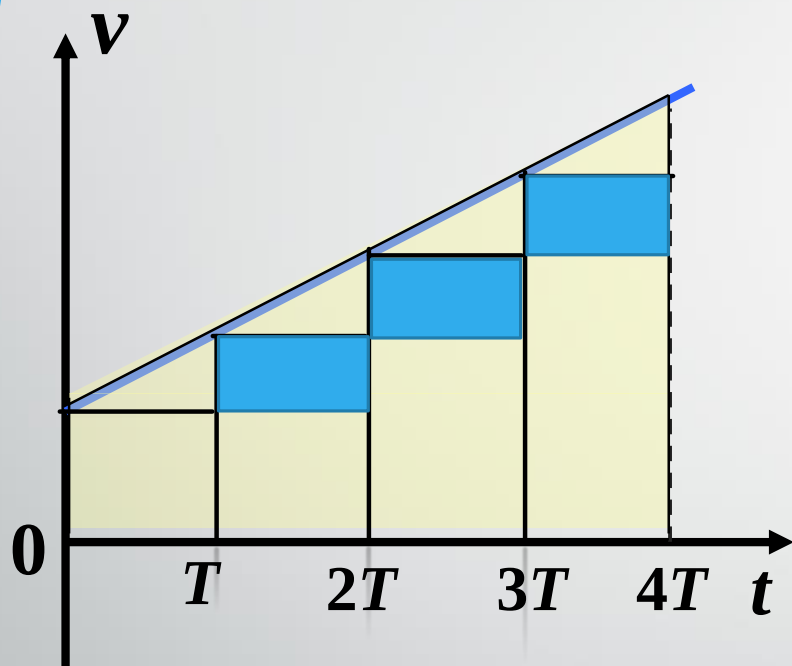


$$\Delta x = x_2 - x_1 = x_3 - x_2 = \cdots = x_n - x_{n-1} = aT^2$$



$$\left. \begin{aligned} x_3 - x_1 &= x_4 - x_2 = 2aT^2 \\ x_5 - x_2 &= x_6 - x_3 = 3aT^2 \end{aligned} \right\}$$

$$x_n - x_m = (n - m)aT^2$$



【例6】 一列火车做匀变速直线运动驶来，一人在轨道旁边观察火车运动，发现在相邻的两个10 s内，火车从他跟前分别驶过8节车厢和6节车厢，每节车厢长8 m(连接处长度不计)，求：

- (1)火车的加速度的大小；
- (2)人开始观察时火车速度的大小。

解析：抓住相邻的两个 $T=10\text{ s}$ ，利用推论求解。

(1)由题知，火车做匀减速运动，设火车加速度大小为 a ，人开始观察时火车速度大小为 v_0 ， $L=8\text{ m}$ 。

根据 $\Delta x = 8L - 6L = aT^2$

解得 $a = 0.16\text{ m/s}^2$

(2)由于 $v_{t/2} = v_{\text{平均}} = \frac{8L + 6L}{2T} = \frac{14 \times 8}{20}\text{ m/s} = 5.6\text{ m/s}$

$$v_{t/2} = v_0 - aT$$

解得 $v_0 = 7.2\text{ m/s}$

答案： (1) 0.16 m/s^2 (2) 7.2 m/s



再见