



一、端点速度公式

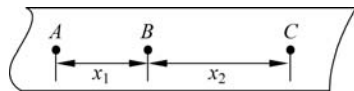
匀变速直线运动中,等时间性是经常见到的出题情景,例如:打点计时器、频闪照相、水滴均匀下落、等时间释放小球等,对于这类问题,中间时刻的瞬时速度,利用平均速度公式很容易求得,那么端点的速度是否也有类似公式呢?下面了解一下这个模型。



催化剂说明书

如图所示,在练习使用打点计时器的实验中,在纸带上选用的计数点间的时间间隔为 T ,计数点 AB 和 BC 的距离分别为 x_1 和 x_2 ,则从纸带上分析可知:

- (1) 小车在 B 点瞬时速度大小是多大;
- (2) 小车做的匀加速直线运动的加速度为多大;
- (3) 小车在 A 点和 C 点瞬时速度分别为多大?



解析

前两问可以通过平均速度公式和位移差公式轻松求得:

(1) 由平均速度公式可知 $v_B = \frac{x_1 + x_2}{2T}$;

(2) 由位移差公式 $\Delta x = aT^2$ 可知 $a = \frac{x_2 - x_1}{T^2}$;

(3) 此问可能没法直接说出答案,通过下面来记住该模型的二级结论:

假设 A 前有一点 O ,且 OA 时间为 T ,位移为 x_0 ; C 后有一点 D ,且 CD 时间为 T ,位移为 x_3 ,由平均速度公式和位移差公式可知

$$v_A = \frac{x_0 + x_1}{2T} = \frac{(x_1 - \Delta x) + x_1}{2T} = \frac{[x_1 - (x_2 - x_1)] + x_1}{2T} = \frac{3x_1 - x_2}{2T},$$

$$v_C = \frac{x_2 + x_3}{2T} = \frac{x_2 + (x_2 + \Delta x)}{2T} = \frac{x_2 + [x_2 + (x_2 - x_1)]}{2T} = \frac{3x_2 - x_1}{2T}.$$

对比两式会发现,此二级结论就是

$$v_{\text{端}} = \frac{3x_{\text{邻}} - x_{\text{间}}}{2T}.$$

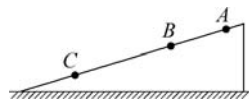
$x_{\text{邻}}$ 为端点与相邻点之间的距离, $x_{\text{间}}$ 为与端点相间隔的两点之间的距离。



催化剂妙用

1. 一小球沿斜面匀加速滑下,依次经过 A 、 B 、 C 三点,已知 $AB=6$ m, $BC=10$ m,小球经过 AB 和 BC 两段所用的时间均为 2 s,则小球经过 A 、 B 、 C 三点时的速度大小分别是()。

- A. 2 m/s、3 m/s、4 m/s B. 2 m/s、4 m/s、6 m/s
C. 3 m/s、4 m/s、5 m/s D. 3 m/s、5 m/s、7 m/s





2. 小球从靠近竖直砖墙的某位置由静止释放,用频闪方法拍摄的小球位置如下图中 1、2、3 和 4 所示。已知连续两次闪光的时间间隔均为 T ,每块砖的厚度为 d ,重力加速度为 g 。由此可知小球()。

- A. 下落过程中的加速度大小约为 $\frac{d}{2T^2}$
- B. 经过位置 3 时的瞬时速度大小约为 $2gT$
- C. 经过位置 4 时的瞬时速度大小约为 $\frac{9d}{2T}$
- D. 从位置 1 到 4 过程中的平均速度大小约为 $\frac{9d}{4T}$



3. 一列火车做匀变速直线运动,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:

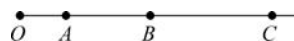
- (1) 火车的加速度的大小;(2) 人开始观察时火车速度的大小。

4. 如图所示,在一个倾斜的长冰道上方,一群孩子排成队,每隔 1 s 有一个小孩往下滑,一游客对着冰道的孩子拍下一张照片,照片上有甲、乙、丙、丁四个孩子,他根据照片与实物的比例推算出乙与甲和丙孩子间的距离分别为 12.5 m 和 17.5 m,求:

- (1) 小孩在下滑过程的加速度是多大?
 (2) 拍照时,最下面的小孩丁的速度是多少?
 (3) 拍照时,在小孩甲上面的冰道上下滑的小孩不会超过几个?

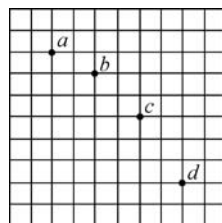


5. 已知 O 、 A 、 B 、 C 为同一直线上的四点、 AB 间的距离为 L_1 , BC 间的距离为 L_2 。一物体自 O 点由静止出发,沿此直线做匀加速运动,依次经过 A 、 B 、 C 三点。已知物体通过 AB 段与 BC 段所用的时间相等。求 O 与 A 之间的距离。



6. 在研究平抛运动的实验中,用一张印有小方格的纸记录轨迹,小方格的边长 $L=10$ cm,若小球在平抛运动途中的几个位置如图中 a 、 b 、 c 、 d 所示,求:

- (1) 小球平抛的初速度;
 (2) 小球在 d 点时的速度。





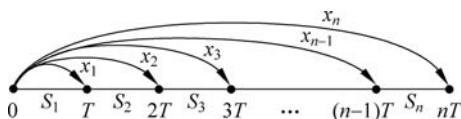
二、由静止开始匀加速的等比例关系

由静止开始的匀加速直线运动(或匀减速直线运动中末速度为 0 时)的相同时间内或者相同位移内的参量问题经常出现在我们的练习当中,如果能掌握并记住这些规律,在练习或者考试时就会大大节约我们的做题时间。



催化剂说明书

1. 等时间性(以 T 为时间单位)



(1) T 末、 $2T$ 末、 $3T$ 末、 $\cdots$ 、 $(n-1)T$ 末、 nT 末瞬时速度之比为($v-t : v=at$)

$$v_1 : v_2 : v_3 : \cdots : v_{n-1} : v_n = 1 : 2 : 3 : \cdots : (n-1) : n。$$

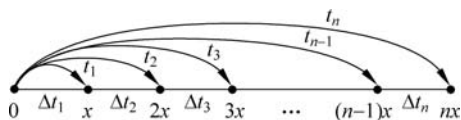
(2) T 内、 $2T$ 内、 $3T$ 内、 $\cdots$ 、 $(n-1)T$ 内、 nT 内位移之比为($x-t : x=\frac{1}{2}at^2$)

$$x_1 : x_2 : x_3 : \cdots : x_{n-1} : x_n = 1^2 : 2^2 : 3^2 : \cdots : (n-1)^2 : n^2。$$

(3) 第 1 个 T 内、第 2 个 T 内、第 3 个 T 内、 $\cdots$ 、第 n 个 T 内的位移之比为($S_n=x_n-x_{n-1}$)

$$\begin{aligned} S_1 : S_2 : S_3 : \cdots : S_n &= 1^2 : (2^2 - 1^2) : (3^2 - 2^2) : \cdots : [n^2 - (n-1)^2] \\ &= 1 : 3 : 5 : \cdots : (2n-1)。 \end{aligned}$$

2. 等位移性(以 x 为单位)



(1) x 末、 $2x$ 末、 $3x$ 末、 $\cdots$ 、 $(n-1)x$ 末、 nx 末的瞬时速度之比为($v-x : v_t^2=2ax$)

$$v_1 : v_2 : v_3 : \cdots : v_{n-1} : v_n = \sqrt{1} : \sqrt{2} : \sqrt{3} : \cdots : \sqrt{n-1} : \sqrt{n}。$$

(2) 通过 x 、 $2x$ 、 $3x$ 、 $\cdots$ 、 $(n-1)x$ 、 nx 所用时间之比为($x-t : x=\frac{1}{2}at^2$)

$$t_1 : t_2 : t_3 : \cdots : t_{n-1} : t_n = \sqrt{1} : \sqrt{2} : \sqrt{3} : \cdots : \sqrt{n-1} : \sqrt{n}。$$

(3) 通过第 1 个 x 、第 2 个 x 、第 3 个 x 、 $\cdots$ 、第 n 个 x 所用时间之比为($\Delta t_n=t_n-t_{n-1}$)

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



催化剂妙用

1. 一物体做初速度为零的匀加速直线运动,将其运动时间顺次分成 $1 : 2 : 3$ 的三段,则每段时间内的位移



之比为()。

A. 1 : 3 : 5

B. 1 : 4 : 9

C. 1 : 8 : 27

D. 1 : 16 : 81

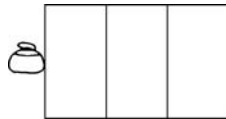
2. (多选题)在某次冰壶比赛中,冰壶以速度 v 垂直进入三个相等宽度的矩形区域做匀减速直线运动,且在刚要离开第三个矩形区域时速度恰好为零,则冰壶依次进入每个矩形区域时的速度之比和穿过每个矩形区域所用的时间之比分别是()。

A. $v_1 : v_2 : v_3 = 3 : 2 : 1$

B. $v_1 : v_2 : v_3 = \sqrt{3} : \sqrt{2} : 1$

C. $t_1 : t_2 : t_3 = 1 : \sqrt{2} : \sqrt{3}$

D. $t_1 : t_2 : t_3 = (\sqrt{3} - \sqrt{2}) : (\sqrt{2} - 1) : 1$



3. 某质点做匀减速直线运动,经过 $\frac{8}{3}$ s 静止,则该质点在第 1 s 内和第 2 s 内的位移之比为()。

A. 7 : 5

B. 9 : 5

C. 11 : 7

D. 13 : 7

4

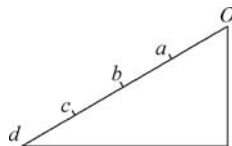
4. (多选题)如图所示,光滑斜面上的四段距离相等,质点从 O 点由静止开始下滑,做匀加速直线运动,先后通过 a 、 b 、 c 、 d ,下列说法正确的是()。

A. 质点由 O 到达各点的时间之比为 $t_a : t_b : t_c : t_d = 1 : \sqrt{2} : \sqrt{3} : 2$

B. 质点通过各点的速率之比 $v_a : v_b : v_c : v_d = 1 : \sqrt{2} : \sqrt{3} : 2$

C. 质点在斜面上运动的平均速度为 $v = v_b$

D. 质点在斜面上运动的平均速度为 $v = \frac{v_b}{2}$



5. 如图所示,篮球架下的运动员原地垂直起跳扣篮,离地后重心上升的最大高度为 H 。上升第一个 $\frac{H}{4}$ 所

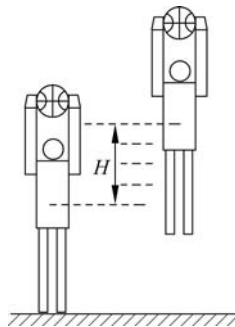
用的时间为 t_1 ,第四个 $\frac{H}{4}$ 所用的时间为 t_2 。不计空气阻力,则 $\frac{t_2}{t_1}$ 满足()。

A. $1 < \frac{t_2}{t_1} < 2$

B. $2 < \frac{t_2}{t_1} < 3$

C. $3 < \frac{t_2}{t_1} < 4$

D. $4 < \frac{t_2}{t_1} < 5$





6. 不计空气阻力,以一定的初速度竖直上抛的物体,从抛出至回到原点的时间为 t ,现在在物体上升的最大高度的一半处设置一块挡板,物体撞击挡板后以原速率弹回(撞击所需时间不计),则此时物体上升和下降的总时间约为()。

A. $0.5t$ B. $0.4t$ C. $0.3t$ D. $0.2t$

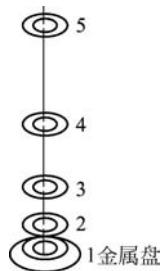
7. 一列火车由静止开始做匀加速直线运动,一个人站在第 1 节车厢前端旁的站台观察,第 1 节车厢通过他历时 2 s ,全部车厢通过他历时 8 s ,忽略车厢之间的距离,车厢长度相等,则第 9 节车厢通过他所用时间为 _____,这列火车共有 _____ 节车厢。

8. 某同学站在一平房前观察从屋檐边滴下的水滴,发现屋檐边滴水是等时的,且第 5 滴正欲滴下时,第 1 滴刚好到达地面;第 2 滴水 and 第 3 滴水刚好位于窗户的下沿和上沿,他测得窗户上、下沿的高度差为 1 m ,由此求屋檐离地面的高度 $h =$ _____。

9. 取一根长 2 m 左右的细线,5 个铁垫圈和一个金属盘。在线的一端系上第一个垫圈,隔 12 cm 再系一个,以后垫圈之间的距离分别为 36 cm 、 60 cm 、 84 cm ,如图所示。站在椅子上,向上提起线的另一端,让线自由垂下,且第一个垫圈紧靠放在地面上的金属盘内。松手后开始计时,若不计空气阻力,则第 2、3、4、5 各垫圈()。

A. 落到盘上的声音时间间隔越来越大

B. 落到盘上的声音时间间隔相等

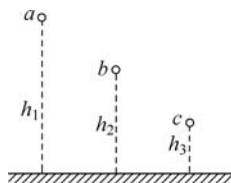
C. 依次落到盘上的速率关系为 $1 : \sqrt{2} : \sqrt{3} : 2$ D. 依次落到盘上的时间关系为 $1 : (\sqrt{2} - 1) : (\sqrt{3} - \sqrt{2}) : (2 - \sqrt{3})$ 

5

10. (多选题)如图所示,在一个桌面上方有三个金属小球 a 、 b 、 c ,离桌面高度之比为 $h_1 : h_2 : h_3 = 3 : 2 : 1$ 。若先后顺次释放 a 、 b 、 c ,三球刚好同时落到桌面上,不计空气阻力,则()。

A. 三者到达桌面时的速度大小之比是 $\sqrt{3} : \sqrt{2} : 1$ B. 三者运动时间之比为 $3 : 2 : 1$ C. b 与 a 开始下落的时间差小于 c 与 b 开始下落的时间差

D. 三个小球运动的加速度与小球受到的重力成正比,与质量成反比





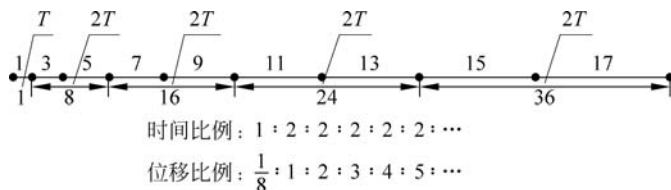
三、位移比例规律中隐含的特殊比例关系

由静止开始的匀加速直线运动(或匀减速直线运动中末速度为 0 时)中,连续的相同时间内的位移比例关系为 $1:3:5:\cdots$;在这个比例关系中隐含了一个非常特殊的连续自然数的比例关系: $1:2:3:\cdots$,下面我们来看一下这个特殊比例式是怎么来的。



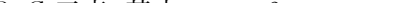
催化剂说明书

如图所示,由静止开始的匀加速直线运动中,在常见的 $1:3:5:\cdots$ 的关系中隐含了一个特例 $1:2:3:\cdots$ 。希望大家使用这个特殊比例关系时,注意第一段时间和后面时间的特殊性。



催化剂妙用

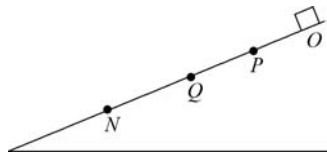
1. 如图所示,物体从 O 点由静止开始做匀加速直线运动,途经 A 、 B 、 C 三点,其中 $x_{AB}=2\text{ m}$, $x_{BC}=3\text{ m}$ 。若物体通过 AB 和 BC 这两段位移的时间相等,则 O 与 A 两点之间的距离等于()。



- A. $\frac{9}{8}$ m B. $\frac{8}{9}$ m C. $\frac{3}{4}$ m D. $\frac{4}{3}$ m

2. 如图所示,一物块从一光滑且足够长的固定斜面顶端 O 点由静止释放后,先后通过 P 、 Q 、 N 三点,已知物块从 P 点运动到 Q 点与从 Q 点运动到 N 点所用的时间相等,且 PQ 长度为 3 m , QN 长度为 4 m ,则由上述数据可以求出 OP 的长度为()。

- A. 2 m
- B. $\frac{9}{8}$ m
- C. $\frac{25}{8}$ m
- D. 3 m





3. 汽车刹车后开始做匀减速运动,在第1 s内和第3 s内的位移分别为3 m和1 m,则汽车在第4 s内的位移是()。

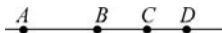
- A. 0.125 m B. 0.5 m C. 6 m D. 6.125 m

4. 一物体在粗糙水平地面上以一定的初速度做匀减速直线运动。若已知物体在第1 s内的位移为8.0 m,在第3 s内的位移为0.5 m,则下列说法正确的是()。

- A. 物体在第2 s内位移为4.0 m B. 物体的加速度大小为 3.75 m/s^2
C. 物体在2.5 s末速度一定为0.5 m/s D. 物体停止运动的时刻为3.5 s末

5. (多选题)如图所示,某质点做匀减速直线运动,依次经过A、B、C三点,最后停在D点。已知 $AB=6 \text{ m}$, $BC=4 \text{ m}$,从A点运动到B点和从B点运动到C点两个过程速度变化量都为 -2 m/s ,则下列说法正确的是()。

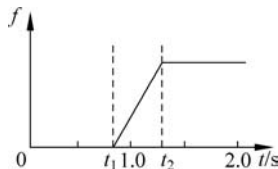
- A. 质点到达B点时速度大小为2.55 m/s
B. 质点的加速度大小为 2 m/s^2
C. 质点从A点运动到C点的时间为4 s
D. A、D两点间的距离为12.25 m



6. 一物体以初速度 v_0 做匀减速直线运动,第1 s内通过的位移为 $x_1=3 \text{ m}$,第2 s内通过的位移为 $x_2=2 \text{ m}$,又经过位移 x_3 物体的速度减小为0,则下列说法错误的是()。

- A. 初速度 v_0 的大小为2.5 m/s B. 加速度 a 的大小为 1 m/s^2
C. 位移 x_3 的大小为1.125 m D. 位移 x_3 内的平均速度大小为0.75 m/s

7. 一汽车以某一速度在平直公路上匀速行驶。行驶过程中,司机忽然发现前方100 m处有一警示牌,立即刹车。刹车过程中,汽车所受阻力大小随时间变化可简化为图中的直线。图中, $0 \sim t_1$ 时间段为从司机发现警示牌到采取措施的反应时间(这段时间内汽车所受阻力已忽略,汽车仍保持匀速行驶), $t_1=0.8 \text{ s}$; $t_1 \sim t_2$ 时间段为刹车系统的启动时间, $t_2=1.3 \text{ s}$;从 t_2 时刻开始汽车的刹车系统稳定工作,直至汽车停止。已知从 t_2 时刻开始,汽车第1 s内的位移为24 m,第4 s内的位移为1 m。求 t_2 时刻汽车的速度大小及此后的加速度大小。





四、公交车模型(0-v-0 或 v-0-v)

匀变速直线运动中,经常会碰到一种特殊的组合运动,即:由静止开始做匀加速运动,然后紧接着开始做匀减速运动到速度为零。对于这种运动模型有一些比较巧妙的分段分析和整体分析的快解结论以及刷题技巧。



催化剂说明书

公交车在平直公路上做匀加速运动的加速度大小为 a_+ , 做匀减速运动的加速度大小为 a_- , 若两公交站间距离为 s , 公交车由 A 站开始由静止出发, 到 B 站停下, 试求:

(1) 公交车以何种方式运行时, 从 A 站到 B 站所需时间最短?

解析 借助 $v-t$ 图像可以证明: 当公交车先以加速度为 a_+ 做匀加速运动, 速度达到 $v_{\max}$, 紧接着以加速度为 a_- 做匀减速运动直至停止时, 行程不变, 而时间最短, 如图所示。

(2) 若公交车以最短运行时间的方式运动, 请回答下列问题:

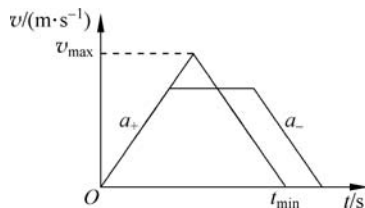
① 加速阶段位移和减速阶段位移之比是多大?

② 加速阶段时间和减速阶段时间之比是多大?

③ 运行过程中最大的速度是多大?

④ 运行的最短时间是多大?

⑤ 全过程中的平均速度与分段平均速度的关系如何?



解析 当公交车以最短时间运行时, 其 $v-t$ 图像如图所示:

① 匀加速阶段有 $v_m^2 = 2a_+x_+$, 匀减速阶段有 $v_m^2 = 2a_-x_-$, 联立得 $a_+ : a_- = x_- : x_+$ 。

② 匀加速阶段有 $v_m = a_+t_+$, 匀减速阶段有 $v_m = a_-t_-$, 联立得 $a_+ : a_- = t_- : t_+$ 。

由①②可知分段结论: $x_- : x_+ = a_+ : a_- = t_- : t_+$, 即: 加速阶段和减速阶段的加速度和时间与位移分别成反比, 时间与位移成正比。

③ 匀加速阶段有 $v_m^2 = 2a_+x_+$, 匀减速阶段有 $v_m^2 = 2a_-x_-$, 全过程有 $x_+ + x_- = s$, 联立得 $v_m^2 = 2 \frac{a_+ a_-}{a_+ + a_-} s$ 。

④ 匀加速阶段有 $v_m = a_+t_+$, 匀减速阶段有 $v_m = a_-t_-$, 全过程有 $t_+ + t_- = t$, 联立得 $v_m = \frac{a_+ a_-}{a_+ + a_-} t$ 。

由③④消去 t 得 $s = \frac{1}{2} \cdot \frac{a_+ a_-}{a_+ + a_-} \cdot t^2$ 。

以上三式中令 $a = \frac{a_+ a_-}{a_+ + a_-}$ (a 为折合加速度, 形式类比并联电阻), 则三式可类比由静止开始的匀加速直线运动的公式来记忆! 其中 s 为全过程的位移(路程), t 为全过程的总时间, v_m 为全过程中的最大速度。

⑤ 由图像可知匀加速阶段有 $\bar{v}_+ = \frac{0+v_m}{2}$, 匀减速阶段有 $\bar{v}_- = \frac{v_m+0}{2}$, 所以全过程平均速度为 $\bar{v}_{\text{全}} = \frac{v_m}{2}$,

综合三式有 $\frac{s}{t} = \bar{v}_{\text{全}} = \bar{v}_+ = \bar{v}_- = \frac{v_m}{2}$ 。



综上所述,此类题型(0-v-0)结论可总结如下:

结论1 两地距离确定时,此种运行方式所用时间最短;

结论2 全程与分段的平均速度关系: $\frac{s}{t} = \bar{v}_{\text{全}} = \bar{v}_{+} = \bar{v}_{-} = \frac{v_m}{2}$;

结论3 分段过程参量: $x_{-} : x_{+} = a_{+} : a_{-} = t_{-} : t_{+}$;

结论4 全过程的参量问题: 类比由静止开始的匀加速直线运动公式记忆:

$$v = at \Rightarrow v_m = \frac{a_{+} + a_{-}}{a_{+} + a_{-}} t, x = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \Rightarrow s = \frac{1}{2} \cdot \frac{a_{+} + a_{-}}{a_{+} + a_{-}} \cdot t^2, v_m^2 = 2ax \Rightarrow v_m^2 = 2 \cdot \frac{a_{+} + a_{-}}{a_{+} + a_{-}} s。$$

其中, s 为全过程的位移(路程), t 为全过程的总时间, v_m 为全过程中的最大速度, $a = \frac{a_{+} + a_{-}}{a_{+} + a_{-}}$ 。



催化剂妙用

1. 物体由静止开始做匀加速直线运动,加速 8 s 后,立即做匀减速直线运动,再经过 4 s 停下。关于该物体的运动情况,下列说法正确的是()。

- A. 加速、减速过程中的加速度大小之比为 2 : 1
- B. 加速、减速过程中的平均速度大小之比为 2 : 1
- C. 加速、减速过程中的位移大小之比为 2 : 1
- D. 加速、减速过程中速度变化率大小之比为 2 : 1

2. 一列火车沿直线轨道从静止出发由 A 地驶向 B 地,火车先做匀加速运动,加速度大小为 a ,接着做匀减速运动,加速度大小为 $2a$,到达 B 地时恰好静止,若 A、B 两地距离为 s ,则火车从 A 地到 B 地所用时间 t 为()。

- A. $\sqrt{\frac{3s}{4a}}$
- B. $\sqrt{\frac{4s}{3a}}$
- C. $\sqrt{\frac{3s}{a}}$
- D. $\sqrt{\frac{3s}{2a}}$

3. 物体由静止开始做加速度大小为 a_1 的匀加速直线运动,当速度达到 v 时,改做加速度大小为 a_2 的匀减速直线运动,直至速度为零。在匀加速和匀减速运动过程中物体的位移大小和所用的时间分别为 x_1 、 x_2 和 t_1 、 t_2 ,下列各式成立的是()。

- A. $\frac{x_1}{x_2} = \frac{t_1}{t_2}$
- B. $\frac{a_1}{a_2} = \frac{t_1}{t_2}$
- C. $\frac{x_1}{t_1} = \frac{x_2}{t_2} = \frac{x_1 + x_2}{t_1 + t_2}$
- D. $v = \frac{2(x_1 + x_2)}{t_1 + t_2}$



4. 物体以速度 v 匀速通过直线上的 A 、 B 两点间,需时为 t 。现在物体由 A 点静止出发,匀加速(加速度为 a_1)到某一最大速度 v_m 后立即做匀减速运动(加速度为 a_2)至 B 点停下,历时仍为 t ,则物体的()。

A. v_m 只能为 $2v$,无论 a_1 、 a_2 为何值

B. v_m 可为许多值,与 a_1 、 a_2 的大小有关

C. a_1 、 a_2 值必须是一定的

D. a_1 、 a_2 必须满足 $\frac{a_1 \cdot a_2}{a_1 + a_2} = \frac{2v}{t}$

5. 一物体初速度为零,先以大小为 a_1 的加速度做匀加速运动,后以大小为 a_2 的加速度做匀减速运动直到静止。整个过程中物体的位移大小为 s ,则此物体在该直线运动过程中的最大速度为_____。

6. 乘客在地铁列车中能忍受的最大加速度是 1.4 m/s^2 ,已知两站相距 560 m ,求:

(1) 列车在这两站间的行驶时间至少是多少?

(2) 列车在这两站间的最大行驶速度是多少?

7. 跳伞运动员做低空跳伞表演,当飞机离地面 224 m 水平飞行时,运动员离开飞机在竖直方向作自由落体运动。运动一段时间后,立即打开降落伞,展伞后运动员以 12.5 m/s^2 的加速度匀减速下降。为了运动员的安全,要求运动员落地速度最大不得超过 5 m/s ($g = 10 \text{ m/s}^2$)。求:

(1) 运动员展伞时,离地面的高度至少为多少?

(2) 运动员在空中的最短时间为多少?



五、“回头式”匀变速直线运动

匀变速直线运动中,以同一加速度运动先减速到 0 后反向加速的运动形式是我们常见的一种多解性运动模型,例如:竖直上抛、某一速度滑上一光滑斜面然后返回、物块反向滑上水平传送带等。对于此种类型题我们常规的方法是分段来处理,但实际上此类运动为匀变速直线运动中除了匀加速和匀减速之外的第三种运动,我这里称为“回头式”匀变速直线运动或“类竖直上抛运动”,既然是匀变速直线运动,那么我们所学的匀变速规律在这里都是可以通用的,只不过要注意的是因为运动出现了反向,所以特别需要小心物理量的方向性,计算使用公式的矢量形式。



催化剂说明书

一物体做匀变速直线运动,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,则在这 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

解析

题干中速度后面跟“大小”,所以就要考虑方向性造成的多解,此题干中 1 s 后速度方向不清楚,所以需要分类讨论:

(1) 若 1 s 后速度与初速度同向,则有

$$x = \frac{v_0 + v_t}{2} t = \frac{4 + 10}{2} \times 1 \text{ m} = 7 \text{ m},$$

$$a = \frac{v_t - v_0}{t} = \frac{10 - 4}{1} \text{ m/s}^2 = 6 \text{ m/s}^2。$$

(2) 若 1 s 后速度与初速度反向,设初速度方向为正方向,则有

$$x = \frac{v_0 + v_t}{2} t = \frac{4 + (-10)}{2} \times 1 \text{ m} = -3 \text{ m},$$

$$a = \frac{v_t - v_0}{t} = \frac{-10 - 4}{1} \text{ m/s}^2 = -14 \text{ m/s}^2。$$

位移为负,代表末位置在出发点负方向上,速度为负代表末速度方向与初速度方向相反。故选 AD。



催化剂妙用

1. 从水平地面竖直向上抛出一物体,物体在空中运动,到最后又落回地面。在不计空气阻力的条件下,以下判断正确的是()。

- A. 物体上升阶段的加速度与物体下落阶段的加速度相同
- B. 物体上升阶段的加速度与物体下落阶段的加速度方向相反



- C. 物体上升过程经历的时间等于物体下落过程经历的时间
D. 物体上升过程经历的时间小于物体下落过程经历的时间

2. 给滑块一初速度 $2v_0$ 使它沿光滑斜面向上做匀减速运动, 加速度大小为 a , 当滑块速度大小减为 v_0 时, 所用时间可能是()。

- A. $\frac{v_0}{a}$ B. $\frac{2v_0}{a}$ C. $\frac{6v_0}{a}$ D. $\frac{3v_0}{a}$

3. 某物体以 30 m/s 的初速度竖直上抛, 不计空气阻力, g 取 10 m/s^2 , 5 s 内物体()。

- A. 路程为 65 m B. 位移大小为 25 m , 方向向上
C. 速度改变量的大小为 10 m/s D. 平均速度大小为 13 m/s , 方向向上

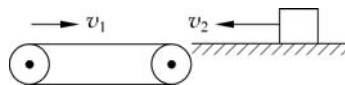
4. (多选题) 一物体以 5 m/s 的初速度在光滑斜面上向上运动, 其加速度大小为 2 m/s^2 , 设斜面足够长, 经过 t 时间物体位移的大小为 4 m , 则时间 t 可能为()。

- A. 1 s B. 3 s C. 4 s D. $\frac{5+\sqrt{41}}{2} \text{ s}$

5. 气球下挂一重物, 以 $v_0 = 10 \text{ m/s}$ 的速度匀速上升, 当到达离地面高度 $h = 175 \text{ m}$ 处时, 悬挂重物的绳子突然断裂, 那么重物经多长时间落到地面? 落地时的速度多大? (空气阻力不计, $g = 10 \text{ m/s}^2$)

6. 如图所示, 一水平方向足够长的传送带以恒定的速度 v_1 沿顺时针方向传动, 传送带右端有一与传送带等高的光滑水平面。一物体以恒定的速率 v_2 沿直线向左滑向传送带后, 经过一段时间又返回光滑水平面, 传送带与物体间的动摩擦因数 $\mu = 0.5$ 。问:

- (1) 若 $v_1 = 10 \text{ m/s}$, $v_2 = 5 \text{ m/s}$, 小物体从滑上传送带到返回到右端出发点经历多长时间?
(2) 若 $v_1 = 5 \text{ m/s}$, $v_2 = 10 \text{ m/s}$, 小物体从滑上传送带到返回到右端出发点经历多长时间?





六、“回归性”运动

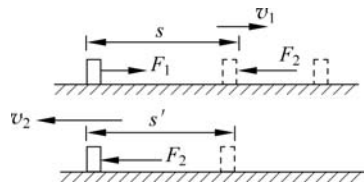
在直线运动的多过程运动问题中,一类“回归性”问题经常很隐蔽地出现,由于其复合有“0-v-0”运动和“回头式”匀变速运动,且重点考查了同学们对基本概念的理解和应用是否真的足够灵活,所以造成很多同学为解决此类问题时比较棘手,此种运动模型也经常和能量、动量、静电场等知识模块综合出题。



催化剂说明书

在光滑的水平面上静止一物体,现以水平恒力 F_1 推此物体,作用一段时间后换成相反方向的水平恒力 F_2 推物体,当恒力 F_2 的作用时间与恒力 F_1 的作用时间相同时,物体恰好回到原处,此时物体的速度为 v_2 ,若撤去恒力 F_1 的瞬间物体的速度为 v_1 。

a_1 和 a_2 分别为前后两段时间内物体的加速度的大小, W_1 和 W_2 分别为前后两段时间内恒力做功的大小, I_1 和 I_2 分别为前后两段时间内恒力冲量的大小, ΔE_{k_1} 和 ΔE_{k_2} 分别为前后两段时间内物体的动能变化量的大小, Δp_1 和 Δp_2 分别为前后两段时间内物体的动量变化量的大小,则:



- (1) $v_1 : v_2 =$ _____;
- (2) $a_1 : a_2 =$ _____;
- (3) $F_1 : F_2 =$ _____;
- (4) $W_1 : W_2 =$ _____;
- (5) $I_1 : I_2 =$ _____;
- (6) $\Delta E_{k_1} : \Delta E_{k_2} =$ _____;
- (7) $\Delta p_1 : \Delta p_2 =$ _____。

解析

由题意可知,在第一段时间内,物体做匀加速直线运动,第二段相同的时间内,物体做“回头式”匀变速直线运动,设 F_1 的方向为正方向。

$$(1) \text{ 两段相同时间内位移等大反向,故有平均速度等大反向,即 } \frac{0+v_1}{2} = \frac{s}{t}, \frac{v_2+0}{2} = -\frac{s}{t} = -\frac{v_1+0}{2},$$

联立两式可得 $v_1 : v_2 = 1 : 2$ 。

$$(2) \text{ 在两个运动过程中有 } a_1 = \frac{v_1-0}{t}, -a_2 = \frac{0-v_2}{t}, \text{ 联立得 } a_1 : a_2 = 1 : 3。$$

$$(3) \text{ 在两个运动过程中由牛顿第二运动定律 } F=ma \text{ 可知 } F_1 : F_2 = 1 : 3。$$

$$(4) \text{ 在两个运动过程中位移大小相等,所以 } W_1 : W_2 = F_1 s : F_2 s' = 1 : 3, \text{ 两过程恒力都做正功。}$$

$$(5) \text{ 在两个运动过程中时间相等,所以 } I_1 : I_2 = F_1 t : F_2 t = 1 : 3, \text{ 两过程恒力冲量方向相反。}$$

$$(6) \text{ 由动能定理可知 } \Delta E_{k_1} : \Delta E_{k_2} = W_1 : W_2 = 1 : 3。$$

$$(7) \text{ 由动量定理可知 } \Delta p_1 : \Delta p_2 = I_1 : I_2 = 1 : 3。$$

以 0-v₁-v₂ 回归运动为例,该类型运动隐含条件为两过程位移等大反向,若 $t_1 : t_2 = 1 : 1$,可推出 $v_1 : v_2 = 1 : 2$; $a_1 : a_2 = 1 : 3$ (记忆技巧“1、2、3”),合外力、功、动量、动能等相关内容可以依次类推。在此运动中由静止向前加速然后减速到速度为 0 的过程中,我们依据两段的加速度之比,根据“0-v-0”模型的结论亦可推出两段的时间、位移等比例关系。



催化剂妙用

1. 在光滑水平面上有一静止的物体,现以水平恒力甲推这个物体,作用一段时间后,换成相反方向的水平恒力乙推这个物体。当恒力乙作用时间与恒力甲作用时间相同时,物体恰好回到原处,此时物体的动能为 32 J,则在整个过程中,恒力甲做的功 $W_1 =$ _____,恒力乙做的功 $W_2 =$ _____。

2. 在真空中的光滑水平绝缘面上有一带电小滑块。开始时滑块静止。若在滑块所在空间加一水平匀强电场 E_1 ,持续一段时间后立刻换成与 E_1 相反方向的匀强电场 E_2 。当电场 E_2 与电场 E_1 持续时间相同时,滑块恰好回到初始位置,且具有动能 E_k 。在上述过程中, E_1 对滑块的电场力做功为 W_1 ,冲量大小为 I_1 ; E_2 对滑块的电场力做功为 W_2 ,冲量大小为 I_2 ,则()。

A. $I_1 = I_2$

B. $4I_1 = I_2$

C. $W_1 = 0.25E_k$; $W_2 = 0.75E_k$

D. $W_1 = 0.20E_k$; $W_2 = 0.80E_k$

3. (多选题)质量为 m 的带正电小球由空中 A 点无初速度自由下落,在 t 秒末加上竖直向上、范围足够大的匀强电场,再经过 t 秒小球又回到 A 点,不计空气阻力且小球从未落地,则()。

A. 整个过程中小球电势能变化了 $\frac{3}{2}mg^2t^2$

B. 整个过程中小球动量增量的大小为 $2mgt$

C. 从加电场开始到小球运动到最低点时小球动能变化了 mg^2t^2

D. 从 A 点到最低点小球重力势能变化了 $\frac{2}{3}mg^2t^2$

4. 在光滑的水平面上静止一物体,现以水平恒力 F_1 推此物体,作用一段时间后换成相反方向的水平恒力 F_2 推物体,当恒力 F_2 作用时间是恒力 F_1 作用时间的两倍时,物体恰好回到原处,此时物体的速度为 v_2 ,若撤去恒力 F_1 的瞬间物体的速度为 v_1 ,则 $v_1 : v_2 =$ _____, $F_1 : F_2 =$ _____。

5. 在光滑的水平面上有一初速度为 v_0 的物体,现以水平恒力 F_1 推此物体,作用 t_1 时间后换成相反方向的水平恒力 F_2 推物体,经过 t_2 时间,物体恰好回到原处,此时物体的速度为 $5v_0$,若撤去恒力 F_1 的瞬间物体的速度为 $3v_0$,则 $t_1 : t_2 =$ _____, $F_1 : F_2 =$ _____。



七、同路程下的时间先后问题

在两个物体运动的类型题中,时不时的会有这样的问题——两个物体初速度为0,经过一段或者几段加速后,末速度大小相同,经过相同的路程后问两个物体运动时间长短的对比问题。当然也可以进行推广到两者的初速度大小不为0也可以,大小相同就行,可以加速也可以减速;中间速度大小不出现突变,末速度大小相同就可以。至于运动轨迹是直线还是曲线也都行,这种题的处理方法就是画出两者的速率时间图。



催化剂说明书

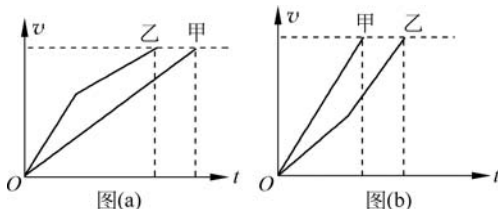
如图所示,甲、乙两车同时由静止从A点出发,沿直线AC运动。甲以加速度 a_3 做初速度为零的匀加速运动,到达C点时的速度为 v 。乙以加速度 a_1 做初速度为零的匀加速运动,到达B点后做加速度为 a_2 的匀加速运动,到达C点时的速度亦为 v 。若 $a_1 \neq a_2 \neq a_3$,则()。

- A. 甲、乙不可能同时由A到达C
- B. 甲一定先由A到达C
- C. 乙一定先由A到达C
- D. 若 $a_1 > a_3$,则甲一定先由A到达C



解析

根据速率-时间图线可知,若 $a_1 > a_3$,如图(a)所示,因为末速度相等,路程相等,即图线与时间轴所围成的面积相等,则 $t_{\text{乙}} < t_{\text{甲}}$;若 $a_3 > a_1$,如图(b)所示,因为末速率相等,路程相等,即图线与时间轴所围成的面积相等,则 $t_{\text{乙}} > t_{\text{甲}}$,故BCD错误。



通过图线作不出路程相等、速率相等、时间也相等的图线,所以甲、乙不能同时到达,故选A。

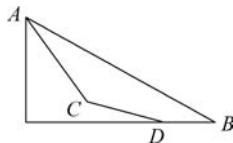
以此题中常见的加速性问题为代表,此类型题的结论就是:初、末速度大小相等,在所走路程相等的前提下,加速度先大后小的物体先到达(即所用时间较短)。对于少见的减速类型,结论恰好相反。



催化剂妙用

1. 如图所示,物体从斜面上A点由静止开始下滑,第一次经光滑斜面AB滑到底端时间为 t_1 ;第二次经光滑斜面ACD下滑,滑到底端的时间为 t_2 ,已知 $AC+CD=AB$,在各斜面的等高处物体的速率相等,试判断()。

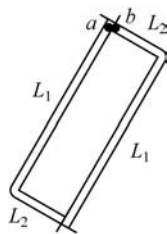
- A. $t_1 > t_2$
- B. $t_1 = t_2$
- C. $t_1 < t_2$
- D. 不确定





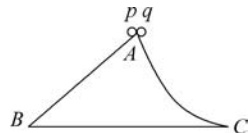
2. 如图所示,两支完全相同的光滑直角弯管,现有两只相同小球 a 和 b 同时从管口由静止滑下,谁先到达下端? (假设通过拐角处时无机械能损失) ()。

- A. a 小球先到
B. b 小球先到
C. 两小球同时到
D. 无法确定



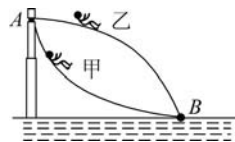
3. 一个固定在水平面上的光滑物块,其左侧面是斜面 AB ,右侧面是曲面 AC ,如图所示,已知 AB 和 AC 的长度相同。两个小球 p 和 q 同时从 A 点分别沿 AB 和 AC 由静止开始下滑,比较它们到达水平面所用的时间 ()。

- A. p 小球先到
B. q 小球先到
C. 两小球同时到
D. 无法确定



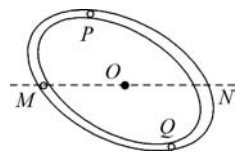
4. (多选题)游乐场中,从高处 A 到水面 B 处有两条长度相同的光滑轨道,甲、乙两小孩沿不同轨道同时从 A 处自由滑向 B 处,下列说法正确的是 ()。

- A. 甲的切向加速度始终比乙的大
B. 甲、乙在同一高度的速度大小相等
C. 甲、乙在同一时刻总能到达同一高度
D. 甲比乙先到达 B 处



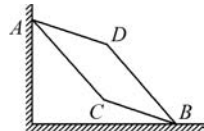
5. 如图所示,有一内壁光滑的闭合椭圆形管道,置于竖直平面内, MN 是通过椭圆中心 O 点的水平线。已知一小球从 M 点出发,初速率为 v_0 ,沿管道 MPN 运动,到 N 点的速率为 v_1 ,所需时间为 t_1 ; 若该小球仍由 M 点以初速率 v_0 出发,而沿管道 MQN 运动,到 N 点的速率为 v_2 ,所需时间为 t_2 ,则 ()。

- A. $v_1 = v_2, t_1 > t_2$
B. $v_1 < v_2, t_1 > t_2$
C. $v_1 = v_2, t_1 < t_2$
D. $v_1 < v_2, t_1 < t_2$



6. 如图所示,竖直平面内有固定的弯折形滑杆轨道 ACB 和 ADB , AC 平行于 DB , AD 平行于 CB 。一小圆环(图中未画出)先后套在 ACB 、 ADB 上,从 A 点由静止释放,滑到 B 点所用的时间分别为 t_1 和 t_2 ,到达 B 点的速度大小分别为 v_1 、 v_2 。已知小圆环与两条轨道之间的动摩擦因数都相同,不计弯折处能量损失。下列关系式成立的是 ()。

- A. $t_1 > t_2$
B. $t_1 < t_2$
C. $v_1 > v_2$
D. $v_1 < v_2$





八、参考系的妙用

研究直线运动的时候,我们经常会遇到相遇问题,在研究其他运动的时候,相遇问题也会经常出现。相遇问题中如果两个物体做的是单一的运动时,我们可以通过选择合适的参考系,把两个(或多个)都运动的物体转化为一动一静,这样题的难度就会大大降低。

运动形式	常见的题型表现形式
匀速直线 VS 匀速直线	直线追击问题、平抛与自由落体相遇、平抛与竖直上抛的相遇、平抛与平抛的相遇、天体运动中的共线问题,等等
匀变速直线 VS 匀速直线	
匀变速直线 VS 匀变速直线	
匀变速直线 VS 匀变速曲线	
匀变速曲线 VS 匀变速曲线	
不同角速度的同心转动	



催化剂说明书

如图所示, A 、 B 两棒长均为 $L=1\text{ m}$, A 的下端和 B 的上端相距 $x=20\text{ m}$, 若 A 、 B 同时运动, A 做自由落体运动, B 做竖直上抛运动, 初速度 $v_0=20\text{ m/s}$ 。求:

(1) A 、 B 两棒何时相遇?

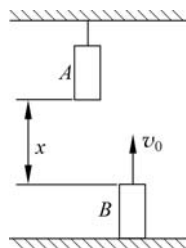
(2) 从相遇开始到分离所需的时间。

解析

选 A 为参考系, 则 B 相对的运动为: B 相对 A 的速度 $v_{BA}=v_B-v_A=20\text{ m/s}$, 方向向上; B 相对 A 的加速度 $a_{BA}=a_B-a_A=0$, 所以 B 相对于 A 做向上的匀速直线运动, 故两棒的一端相遇的时间是 $t=\frac{x}{v_{BA}}=\frac{20}{20}\text{ s}=1\text{ s}$, 两棒的一端相遇到另一端分离

所经过的时间 $\Delta t=\frac{2L}{v_{BA}}=\frac{2\times 1}{20}\text{ s}=0.1\text{ s}$ 。

选择 A 为参考系后, B 的运动如何? 我们的处理方法是利用 B 的“运动”减去 A 的“运动”, 即: 相对速度 $v_{BA}=v_B-v_A$, 相对加速度 $a_{BA}=a_B-a_A$, 相对位移为两者的间距。注意此式为矢量式, 相减的时候注意方向。如果其中一个物体有多个过程, 若分段选参考系问题就会变得复杂起来, 所以就不建议用参考系了。



催化剂妙用

1. 从某一高度相隔 1 s 先后释放两个相同的小球甲和乙, 不计空气阻力, 它们在空中任一时刻()。

- A. 甲、乙两球距离始终不变, 甲、乙两球速度之差保持不变
- B. 甲、乙两球距离越来越大, 甲、乙两球速度之差也越来越大
- C. 甲、乙两球距离越来越大, 甲、乙两球速度之差保持不变
- D. 甲、乙两球距离越来越小, 甲、乙两球速度之差也越来越小



2. 辽宁号航空母舰,简称“辽宁舰”,是中国人民解放军海军第一艘可以搭载固定翼飞机的航空母舰。舰长 304 m,舰宽 70.5 m,舰首使用滑跃式起飞甲板。航空母舰上的战斗机,起飞过程中最大加速度 $a=4.5 \text{ m/s}^2$,飞机要达到速度 $v_0=60 \text{ m/s}$ 才能起飞,航空母舰甲板长 $L=289 \text{ m}$,为使飞机安全起飞,航空母舰应以一定速度航行,求航空母舰的最小速度 v 的大小。(设飞机起飞对航空母舰的状态没有影响,飞机的运动可以看作匀加速直线运动)

3. 高为 h 的电梯正以加速度 a 匀加速上升,忽然天花板上的一颗螺钉脱落。螺钉落到电梯底板上所用的时间是多少?

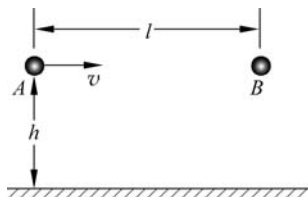
4. 甲、乙两车相距 S ,同时同向运动,乙在前面做加速度为 a_1 、初速度为零的匀加速运动,甲在后面做加速度为 a_2 、初速度为 v_0 的匀加速运动,试讨论两车在运动过程中相遇次数与加速度的关系。

5. (多选题)水平匀速飞行的飞机每隔 1 s 投下一颗炸弹,共投下 5 颗,若空气阻力及风的影响不计,则()。

- A. 这 5 颗炸弹在空中排列成抛物线
- B. 这 5 颗炸弹及飞机在空中排列成一条竖直线
- C. 这 5 颗炸弹在空中各自运动的轨迹均是抛物线
- D. 这 5 颗炸弹在空中均做直线运动

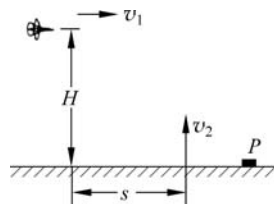
6. (多选题)如图所示,相距 l 的两小球 A、B 位于同一高度 h (l, h 均为定值)。将 A 向 B 水平抛出的同时, B 自由下落。A、B 与地面碰撞前后,水平分速度不变,竖直分速度大小不变、方向相反。不计空气阻力及小球与地面碰撞的时间,则()。

- A. A、B 在第一次落地前能否相碰,取决于 A 的初速度
- B. A、B 在第一次落地前若不碰,此后就不会相碰
- C. A、B 不可能运动到最高处相碰
- D. A、B 一定能相碰



7. 如图所示,在一次空地演习中,离地高 H 处的飞机以水平速度 v_1 发射一颗炸弹欲轰炸地面目标 P,同时地面上一拦截系统以速度 v_2 竖直向上发射导弹拦截,拦截系统与飞机的水平距离为 s ,若拦截成功,不计空气阻力,则 v_1, v_2 的关系应满足()。

- A. $v_1 = v_2$
- B. $v_1 = \frac{H}{s} v_2$
- C. $v_1 = \sqrt{\frac{H}{s}} v_2$
- D. $v_1 = \frac{s}{H} v_2$





8. 如图所示,烟花可以增添欢乐气氛,当然烟花也蕴含着许多物理知识。假设在高空中有四个物体,在同一位置同时以速率 v 竖直向上、竖直向下、水平向左、水平向右被抛出,不考虑空气的阻力,经过时间 t 后四个物体在空中的位置构成的图形可能是下列所给图中的()。



A.



B.



C.

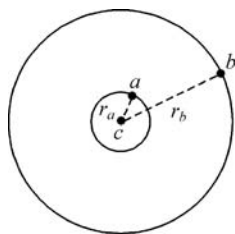


D.



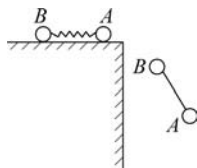
9. 如图所示,质点 a 、 b 在同一平面内绕质点 c 沿逆时针方向做匀速圆周运动,它们的周期之比 $T_a : T_b = 1 : k$ ($k > 1$, 为正整数)。从图示位置开始,在 b 运动一周的过程中()。

- A. a 、 b 距离最近的次数为 k 次
- B. a 、 b 距离最近的次数为 $k+1$ 次
- C. a 、 b 、 c 共线的次数为 $2k$ 次
- D. a 、 b 、 c 共线的次数为 $2k-2$ 次



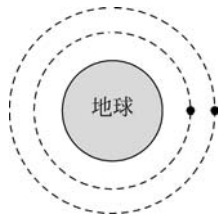
10. 如图所示, A 、 B 两球之间有长 $L=6\text{ m}$ 的柔软细线相连,将两球相隔 $t_0=0.8\text{ s}$ 先后从同一高度同一点均以 $v_0=4.5\text{ m/s}$ 的初速度水平抛出,问:

- (1) A 球抛出后多长时间, A 、 B 两球间的连线可拉直?
- (2) 这段时间内 A 球离抛出点的水平位移多大? ($g=10\text{ m/s}^2$)



11. 如图所示是在同一平面不同轨道上同向运行的两颗人造地球卫星。设它们运行的周期分别是 T_1 、 T_2 ($T_1 < T_2$), 且某时刻两卫星相距最近。问:

- (1) 两卫星再次相距最近的时间是多少?
- (2) 两卫星相距最远的时间是多少?





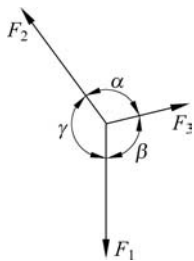
九、三力平衡中的正弦定理

在力学平衡问题当中,三力平衡最为基础,也最为常见。若三力平衡,则以三个力为边可以构成一个闭合的三角形,所以就可以借助数学上解三角形的知识,如利用正弦定理、余弦定理等来解决物理当中的一些三力平衡问题。

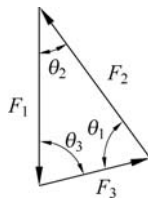


催化剂说明书

若某物体受三个力处于平衡状态,其受力分析如图(a)所示,则我们可以将三个力平移得到一个如图(b)所示的矢量三角形,在图(b)中,由数学上的正弦定理可知 $\frac{F_1}{\sin\theta_1} = \frac{F_2}{\sin\theta_2} = \frac{F_3}{\sin\theta_3}$, 结合图(a),由几何关系可知 $\alpha = \pi - \theta_1$, $\beta = \pi - \theta_2$, $\gamma = \pi - \theta_3$, 由数学上的三角函数知识可得 $\frac{F_1}{\sin\alpha} = \frac{F_2}{\sin\beta} = \frac{F_3}{\sin\gamma}$ (其中 α, β, γ 分别为 F_1, F_2, F_3 的顶角)。



图(a)



图(b)

特殊结论 1 若 $\alpha = \beta$, 则 $F_1 = F_2$ (即角相等, 则对应的力相等)。

特殊结论 2 若 $F_1 = F_2$, 则 $\alpha = \beta$ (即力相等, 则对应的角相等)。

特殊结论 3 若 $F_1 = F_2 = F_3$, 则 $\alpha = \beta = \gamma = 120^\circ$, 反之也成立。



催化剂妙用

1. 如图所示,水平面上,橡皮绳一端固定,另一端连接两根弹簧,连接点 P 在 F_1, F_2 和 F_3 三力作用下保持静止,下列判断正确的是()。

A. $F_1 > F_2 > F_3$

B. $F_3 > F_1 > F_2$

C. $F_2 > F_1 > F_3$

D. $F_3 > F_2 > F_1$

