



专题一

力与运动



第2讲 牛顿运动定律与直线运动

目标要求

- ① 会用多种方法灵活处理匀变速直线运动问题。
- ② 掌握牛顿第二定律，会分析瞬时性问题、连接体问题，会应用牛顿运动定律解决实际问题。
- ③ 会分析运动学和动力学图像。

内容索引

考点一

匀变速直线运动规律及应用

考点二

牛顿运动定律的应用

考点三

运动学和动力学图像

高考预测

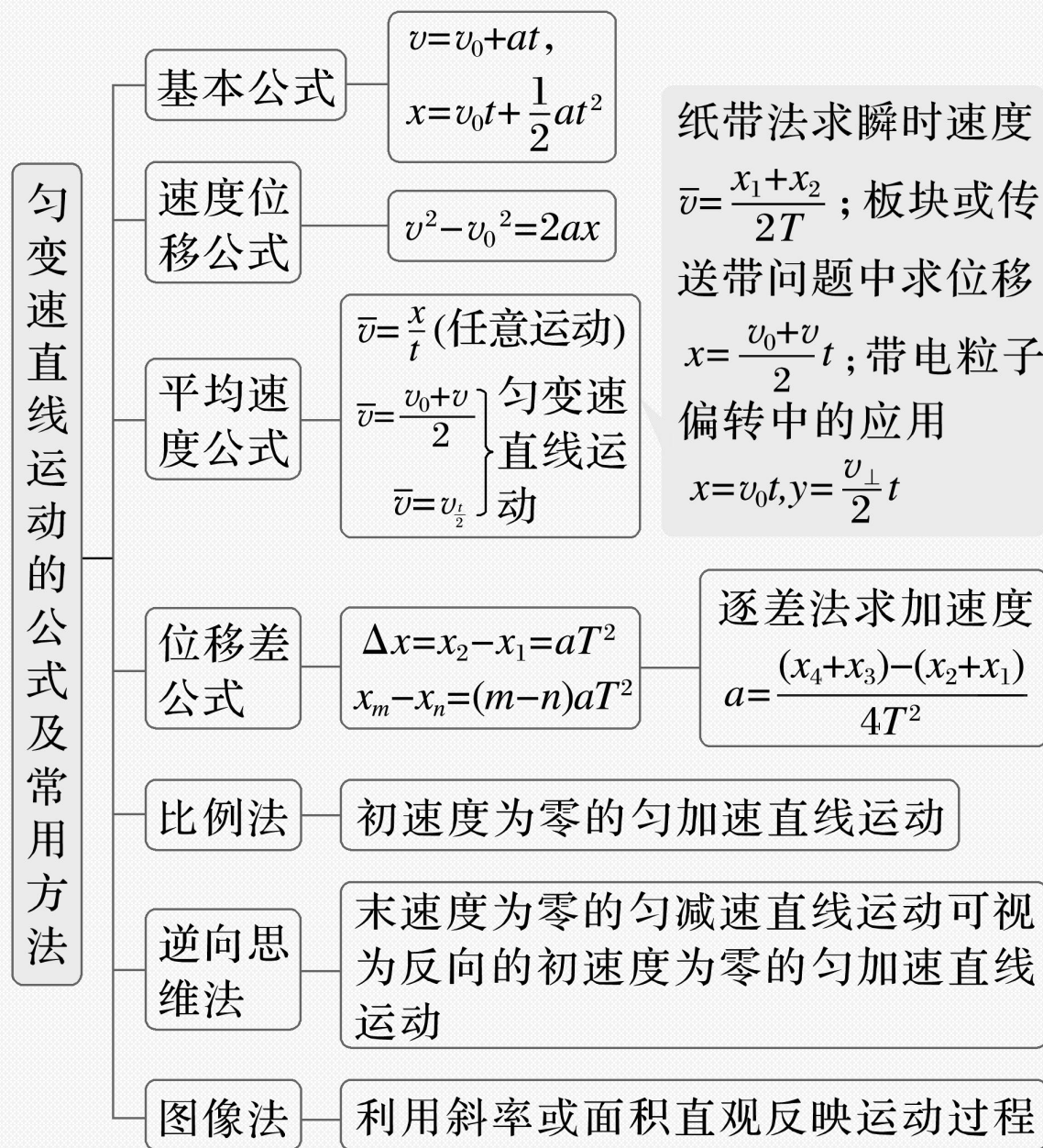
专题强化练



考点一

匀变速直线运动规律及应用

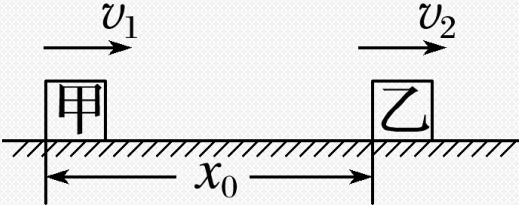
1. 常用方法



2. 两种匀减速直线运动的分析方法

- (1)刹车问题的分析：末速度为零的匀减速直线运动问题常用逆向思维法，对于刹车问题，应先判断车停下所用的时间，再选择合适的公式求解。
- (2)双向可逆类运动分析：匀减速直线运动速度减为零后反向运动，全过程加速度的大小和方向均不变，故求解时可对全过程列式，但需注意 x 、 v 、 a 等矢量的正负及物理意义。

3. 处理追及问题的常用方法

过程分析法	$v_{\text{甲}} = v_{\text{乙}}$ 判断追上与否的条件 求解二者间距离极值的条件
函数法 	$\Delta x = x_{\text{乙}} + x_0 - x_{\text{甲}}$ 为关于 t 的二次函数，当 $t = -\frac{b}{2a}$ 时有极值，令 $\Delta x = 0$ ，利用 $\Delta = b^2 - 4ac$ 判断有解还是无解，是追上与追不上的条件
图像法	画出 $v-t$ 图像，图线与 t 轴所围面积表示位移，利用图像来分析追及相遇问题更直观

例1 (2023·江苏徐州市期末)某汽车正以 54 km/h 的速度行驶在城市道路上，在车头距离“礼让行人”停车线 36 m 时，驾驶员发现前方有行人通过人行横道， 0.4 s 后刹车使汽车匀减速滑行，为了使汽车不越过停车线停止让行，下列说法中正确的是

A.汽车刹车滑行的最大距离为 36 m

B.汽车刹车的最小加速度为 3 m/s^2

☒ C.汽车用于减速滑行的最长时间为 4 s

D.汽车行驶的平均速度不能超过 7.5 m/s

解析

汽车刹车前,在 0.4 s 内做匀速运动的位移为 $x_1 = v_0 t_1 = \frac{54}{3.6} \times 0.4\text{ m} = 6\text{ m}$,

则汽车刹车滑行的最大距离为 $x_2 = 36\text{ m} - x_1 = 30\text{ m}$, 故 A 错误;

汽车刹车的最小加速度为 $a_{\min} = \frac{v_0^2}{2x_2} = \frac{(\frac{54}{3.6})^2}{2 \times 30}\text{ m/s}^2 = 3.75\text{ m/s}^2$, 故 B 错误;

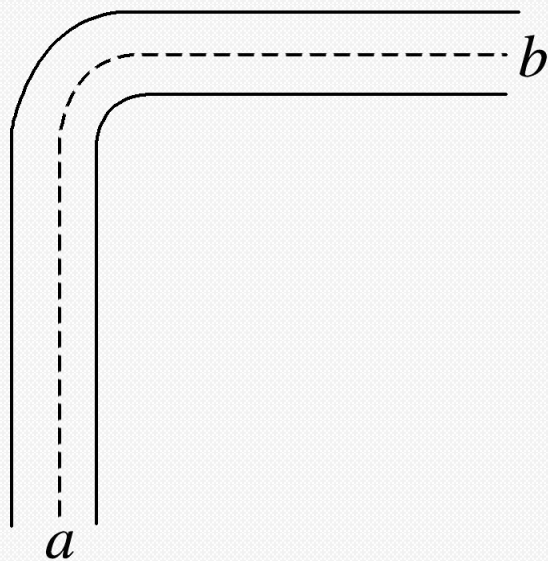
汽车用于减速滑行的最长时间为 $t_{\max} = \frac{v_0}{a_{\min}} = \frac{15}{3.75}\text{ s} = 4\text{ s}$, 故 C 正确;

汽车从发现前方有行人通过人行横道到停下来过程的平均速度满足 $\bar{v} =$

$\frac{x}{t} \geq \frac{36}{0.4 + 4}\text{ m/s} \approx 8.18\text{ m/s} > 7.5\text{ m/s}$, 故 D 错误。

例2 (2023·江苏省学业水平考试押题卷)2023年1月，由中国航天科工三院磁电总体部抓总研制的国内首台“管道磁浮高精度智能无人巡检车”，在山西省大同市阳高县高速飞车试验基地，成功完成管道动态测量与检测一体化的快速高精度智能化无人巡检试验。假设该巡检车经过的某段管道如图所示，巡检车沿图中虚线从 a 处由静止开始运动到 b 处，由两段长度均为20 m的直线段和半径为 $R=5$ m的 $\frac{1}{4}$ 圆弧段组成。为了保证巡检效果，车沿直线运动的最大速度为5 m/s，沿圆弧段运动的最大速度为3 m/s，巡检车的最大加速度为2 m/s²。求：

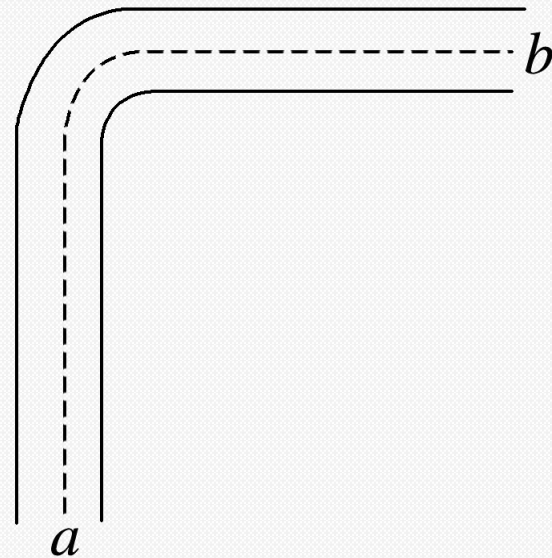
(1)巡检车沿直线段运动加速到最大速度时通过的最小位移的大小；



答案 6.25 m

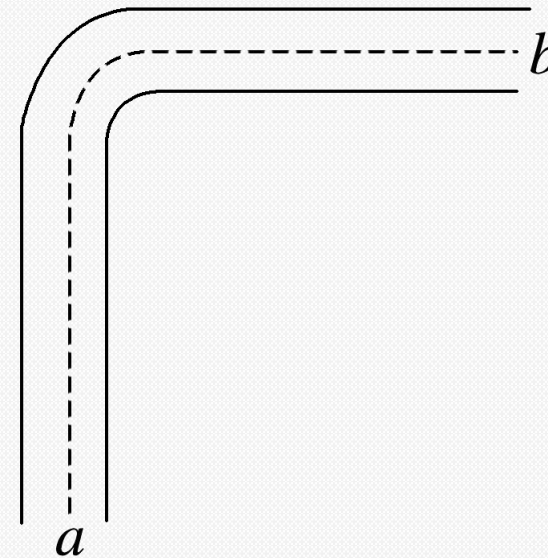
解析

对巡检车由静止沿直线管道加速运动到最大速度的过程，由匀变速直线运动规律有 $x_1 = \frac{v_{\text{m直}}^2}{2a}$ ，解得 $x_1 = 6.25 \text{ m}$ 。



(2) 巡检车从 a 到 b 过程所需的最短时间。

答案 12.27 s



解析

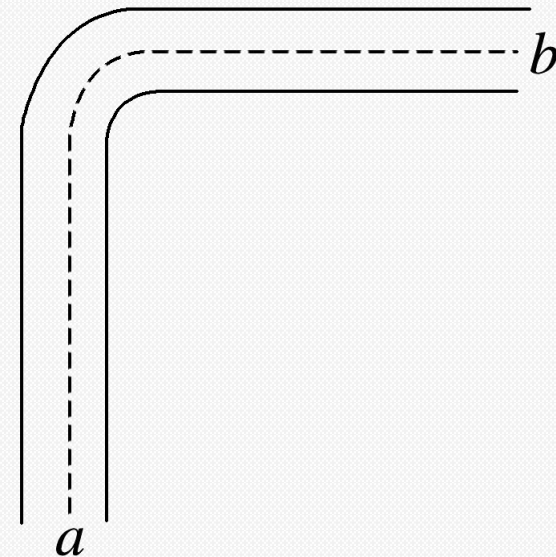
结合题述可知，巡检车先以最大加速度加速到5 m/s，匀速运动一段距离，再减速到3 m/s进入圆弧轨道时，巡检车从a处运动到圆弧轨道起点所需的时间最短

巡检车由静止加速到最大速度所需的时间为 $t_1 = \frac{v_{\text{m直}}}{a}$
 $= 2.5 \text{ s}$

由 5 m/s 以最大加速度减速到 3 m/s 所需的时间为 $t_2 = \frac{v_{\text{m直}} - v_{\text{m圆}}}{a} = 1 \text{ s}$

通过的位移为 $x_2 = \frac{v_{\text{m直}}^2 - v_{\text{m圆}}^2}{2a} = 4 \text{ m}$

巡检车在该段匀速运动的距离为 $x_3 = 20 \text{ m} - x_1 - x_2 = 9.75 \text{ m}$



解析

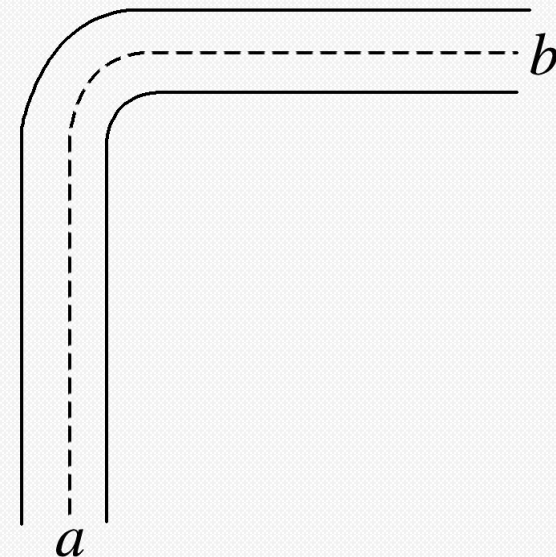
所需的时间为 $t_3 = \frac{x_3}{5 \text{ m/s}} = 1.95 \text{ s}$

在圆弧轨道中运动的时间为 $t_4 = \frac{5}{6}\pi \text{ s} \approx 2.62 \text{ s}$

离开圆弧部分后，加速到 5 m/s 所需的时间为 $t_5 = t_2$
之后以 5 m/s 的速度运动到 b 点，通过的距离为 $x_4 = 16 \text{ m}$

所需的时间为 $t_6 = \frac{x_4}{5 \text{ m/s}} = 3.2 \text{ s}$

则巡检车从 a 到 b 过程所需的最短时间为 $t = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 = 12.27 \text{ s}$ 。

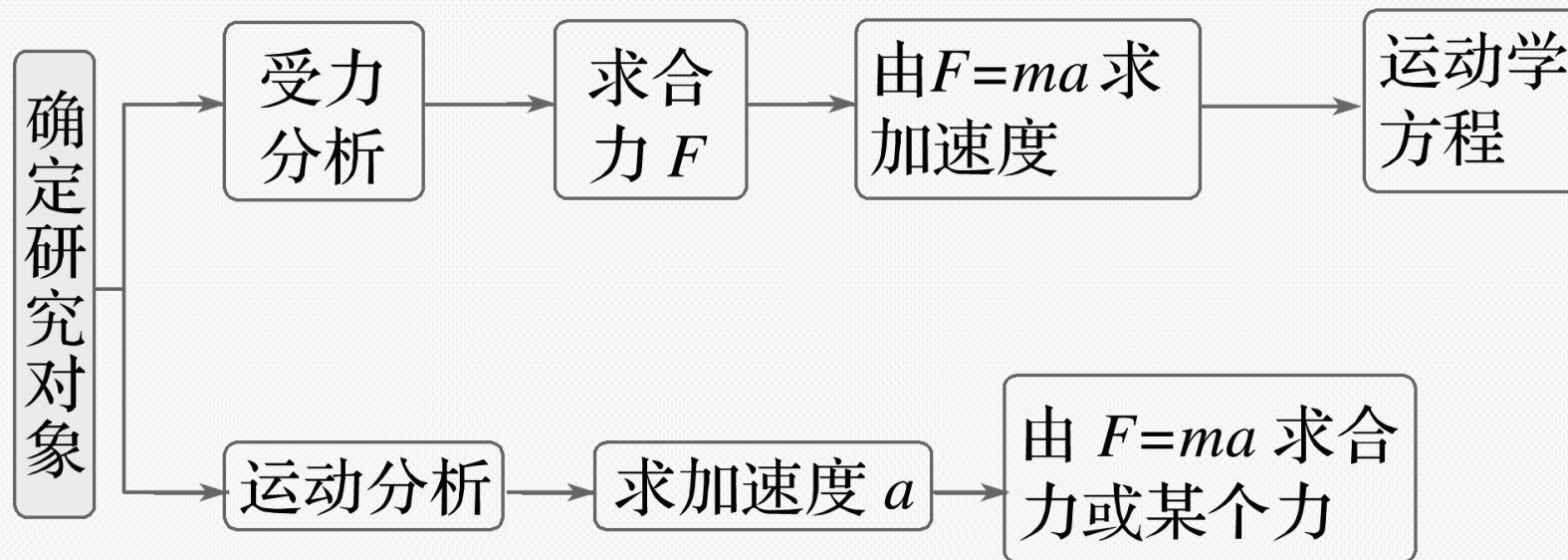




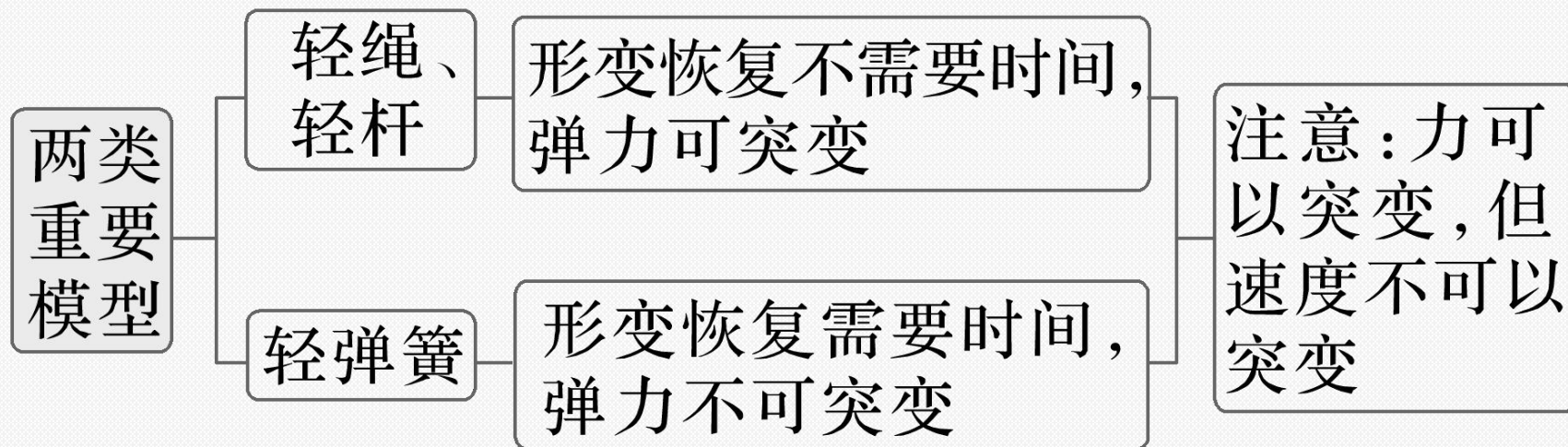
考点二

牛顿运动定律的应用

1. 解决动力学两类基本问题的思路



2. 瞬时加速度问题



3. 连接体问题

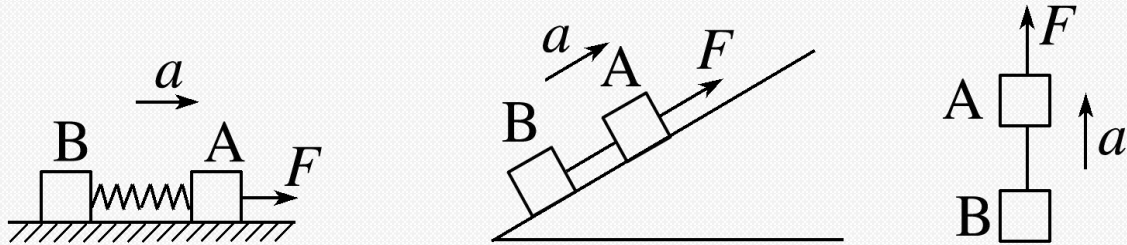
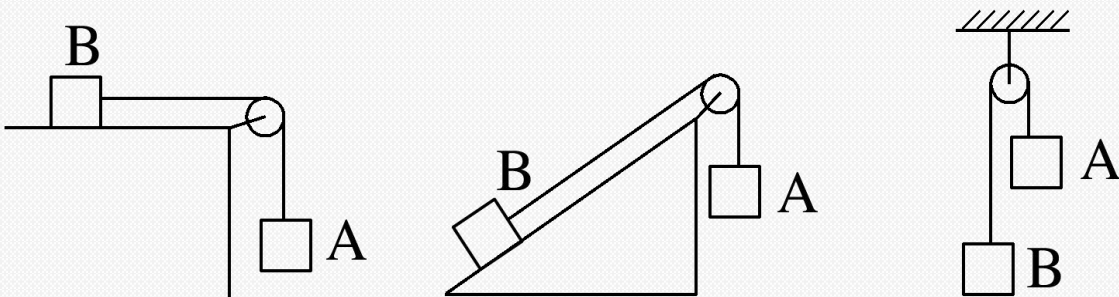
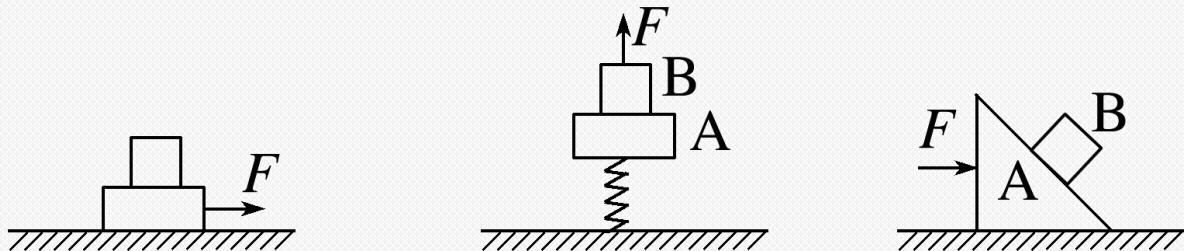
(1)整体法与隔离法的选用技巧

整体法的选取原则	若连接体内各物体具有相同的加速度，且不要求物体之间的作用力
隔离法的选取原则	若连接体内各物体的加速度不相同，或者要求出系统内物体之间的作用力
整体法、隔离法的交替运用	若连接体内各物体具有相同的加速度，且要求出物体之间的作用力，可以先整体求加速度，后隔离求连接体内物体之间的作用力

(2)连接体问题中常见的临界条件

接触与脱离	接触面间弹力等于0
恰好发生滑动	摩擦力达到最大静摩擦力
绳子恰好断裂	绳子张力达到所能承受的最大值
绳子刚好绷直或松弛	绳子张力为0

(3) 常见连接体

 接触面光滑，或$\mu_A = \mu_B$	三种情况中弹簧弹力、绳的张力大小相同且与接触面是否光滑无关
	常用隔离法
	常会出现临界条件

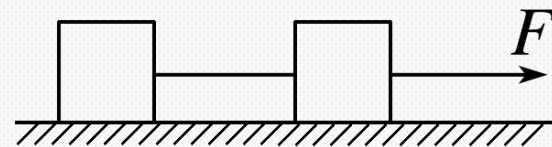
例3 (2023·北京卷·6)如图所示，在光滑水平地面上，两相同物块用细线相连，两物块质量均为1 kg，细线能承受的最大拉力为2 N。若在水平拉力 F 作用下，两物块一起向右做匀加速直线运动。则 F 的最大值为

A.1 N

B.2 N

☒ C.4 N

D.5 N



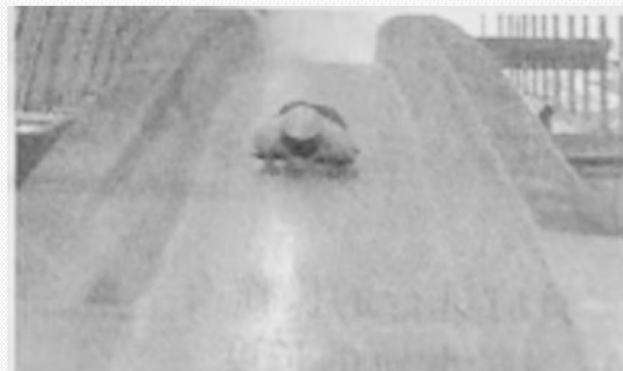
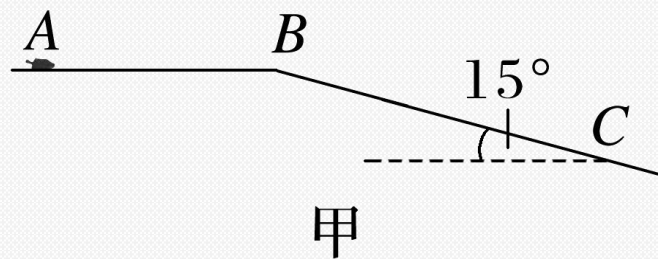
解析

对两物块整体根据牛顿第二定律有 $F=2ma$ ，再对于后面的物块有 $F_{T\max}=ma$ ， $F_{T\max}=2\text{ N}$ ，联立解得 $F=4\text{ N}$ ，故选C。

例4 (2022·浙江1月选考·19)第24届冬奥会将在我国举办。钢架雪车比赛的一段赛道如图甲所示，长12 m水平直道 AB 与长20 m的倾斜直道 BC 在 B 点平滑连接，斜道与水平面的夹角为 15° 。运动员从 A 点由静止出发，推着雪车匀加速到 B 点时速度大小为8 m/s，紧接着快速俯卧到车上沿 BC 匀加速下滑(图乙所示)，到 C 点共用时5.0 s。若雪车(包括运动员)可视为质点，始终在冰面上运动，其总质量为110 kg，重力加速度 g 取 10 m/s^2 ， $\sin 15^\circ = 0.26$ ，求雪车(包括运动员)

(1)在直道 AB 上的加速度大小；

答案 $\frac{8}{3} \text{ m/s}^2$

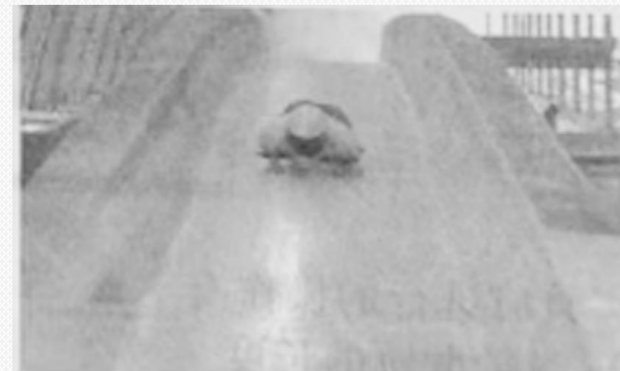
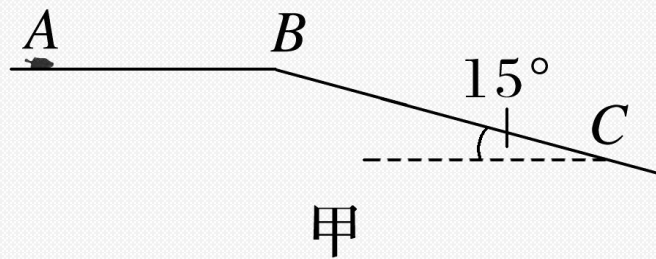


解析

运动员在直道 AB 上做匀加速运动，

$$\text{则有 } v_1^2 = 2a_1x_1$$

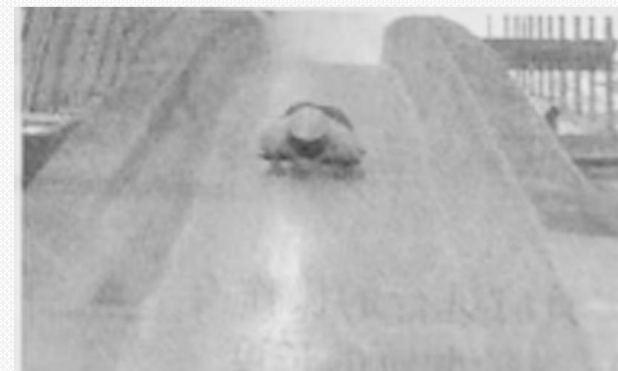
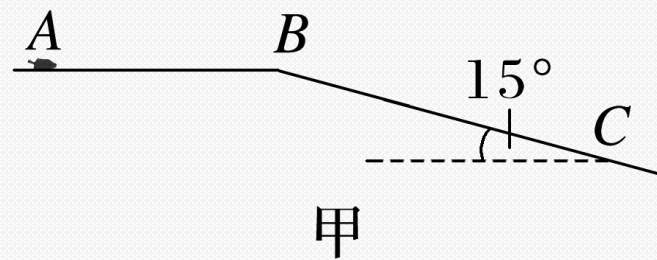
$$\text{解得 } a_1 = \frac{8}{3} \text{ m/s}^2$$



乙

(2)过C点的速度大小;

答案 12 m/s



解析

$$\text{由 } v_1 = a_1 t_1$$

$$\text{解得 } t_1 = 3 \text{ s}$$

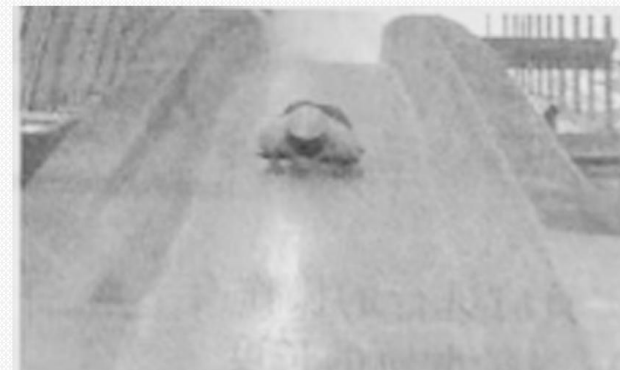
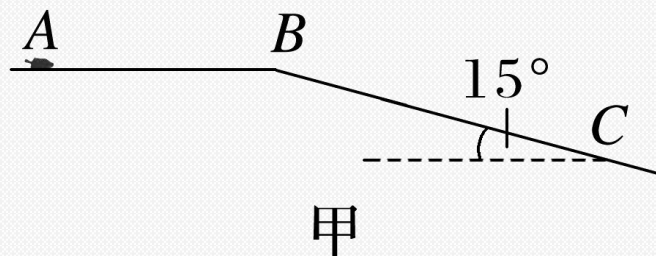
运动员在斜道 BC 上匀加速下滑，则有

$$x_2 = v_1 t_2 + \frac{1}{2} a_2 t_2^2$$

$$t_2 = t - t_1 = 2 \text{ s}$$

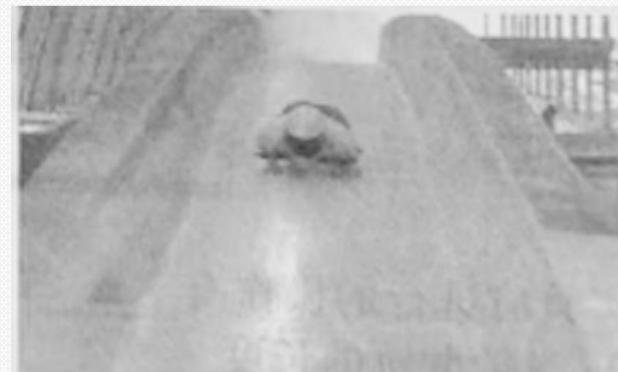
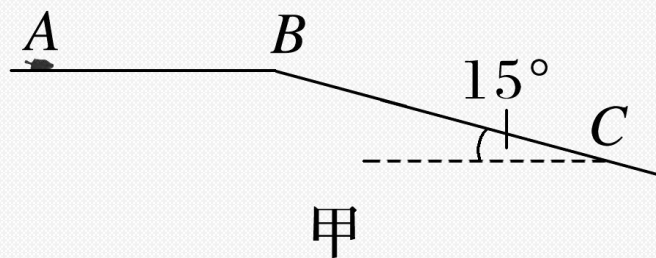
$$\text{解得 } a_2 = 2 \text{ m/s}^2$$

$$\text{过 } C \text{ 点的速度大小 } v = v_1 + a_2 t_2 = 12 \text{ m/s}$$



(3)在斜道 BC 上运动时受到的阻力大小。

答案 66 N



乙

解析

在斜道 BC 上由牛顿第二定律，有 $mg\sin\theta - F_f = ma_2$

解得 $F_f = 66\text{ N}$ 。

例5 质量为 $M=2\text{ kg}$ 的木板B静止在水平面上，可视为质点的物块A从木板的左侧沿木板上表面水平冲上木板，如图甲所示。A和B经过 1 s 达到同一速度，之后共同减速直至静止，A和B的 $v-t$ 图像如图乙所示，重力加速度 g 取 10 m/s^2 ，下列说法正确的是

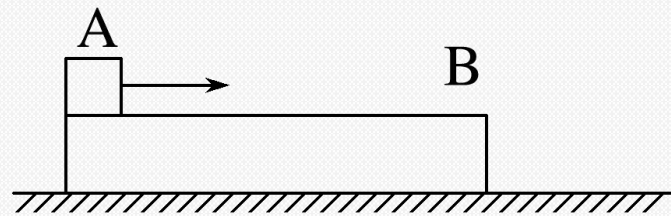
A.A与B上表面之间的动摩擦因数 $\mu_1=0.1$

B.B与水平面间的动

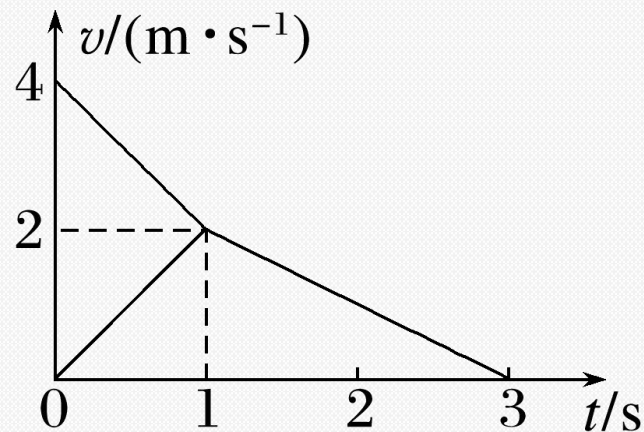
摩擦因数 $\mu_2=0.2$

✓C.A的质量 $m=6\text{ kg}$

D.A的质量 $m=4\text{ kg}$



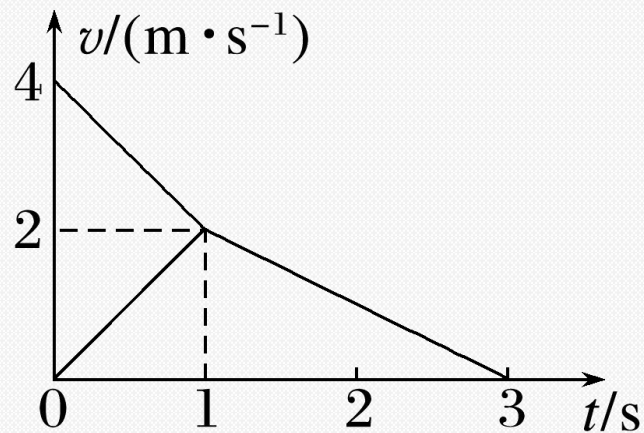
甲



乙



甲



乙

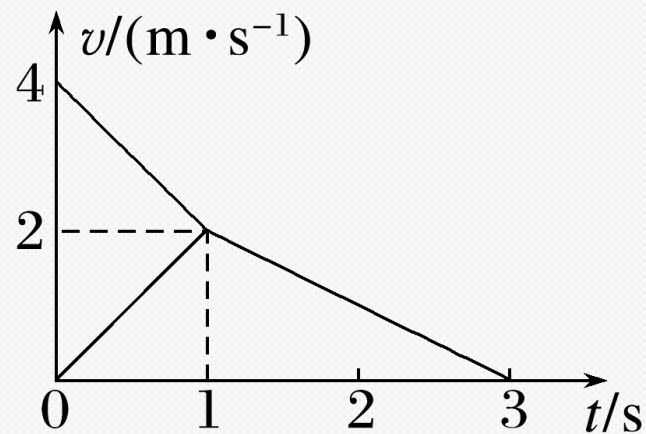
由图像可知，A 在 $0 \sim 1 \text{ s}$ 内的加速度 $a_1 = \frac{v_1 - v_0}{t_1} = -2 \text{ m/s}^2$ ，对 A 由牛顿第二定律得 $-\mu_1 mg = ma_1$ ，解得 $\mu_1 = 0.2$ ，选项 A 错误；

由图像知，A、B 在 $1 \sim 3 \text{ s}$ 内共速的加速度 $a_3 = \frac{v_3 - v_1}{t_2} = -1 \text{ m/s}^2$ ，对 A、B 由牛顿第二定律得 $-\mu_2 (M + m)g = (M + m)a_3$ ，解得 $\mu_2 = 0.1$ ，选项 B 错误；

解析



甲



乙

由图像可知 B 在 $0 \sim 1$ s 内的加速度 $a_2 = \frac{v_1 - v_0'}{t_1} = 2 \text{ m/s}^2$ ，对 B 由牛顿第二定律得 $\mu_1 mg - \mu_2 (M + m)g = Ma_2$ ，代入数据解得 $m = 6 \text{ kg}$ ，选项 C 正确，D 错误。



考点三

运动学和动力学图像

1. 常规图像

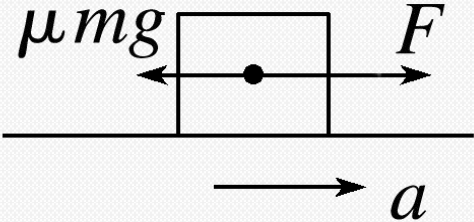
常见图像	斜率 k	面积	两图像交点
$x-t$ 图像	$\frac{\Delta x}{\Delta t}=v$		表示相遇
$v-t$ 图像	$\frac{\Delta v}{\Delta t}=a$	位移 x	表示此时速度相等，往往是距离最大或最小的临界点
$a-t$ 图像		速度变化量 Δv	表示此时加速度相等

2. 非常规图像

非常规图像 (举例)	函数表达式	斜率 k	纵截距 b
v^2-x 图像	由 $v^2-v_0^2=2ax$ 得 $v^2=v_0^2+2ax$	$2a$	v_0^2
$\frac{x}{t}-t$ 图像	由 $x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$ 得 $\frac{x}{t}=v_0+\frac{1}{2}at$	$\frac{1}{2}a$	v_0
$\frac{x}{t^2}-\frac{1}{t}$ 图像	由 $x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$ 得 $\frac{x}{t^2}=v_0\frac{1}{t}+\frac{1}{2}a$	v_0	$\frac{1}{2}a$

非常规图像 (举例)	函数表达式	斜率 k	纵截距 b
$a-x$ 图像	由 $v^2-v_0^2=2ax$ 知图线与 x 轴所围面积等于 $\frac{v^2-v_0^2}{2}$, 此面积与物体质量乘积表示动能的变化量		
$\frac{1}{v}-x$	面积表示运动时间		

3. 动力学图像

$F-t$ 图像	思路一：分段求加速度，利用运动学公式求解
	思路二：动量定理，图线与 t 轴所围面积表示 F 的冲量
$F-x$ 图像	思路一：分段求加速度，利用运动学公式求解
	思路二：动能定理，图线与 x 轴所围面积表示力 F 做的功
$a-F$ 图像	根据牛顿第二定律列式，再变换成$a-F$关系 例如：如图所示，$F-\mu mg=ma$，$a=\frac{F}{m}-\mu g$，斜率为$\frac{1}{m}$，截距为$-\mu g$ 

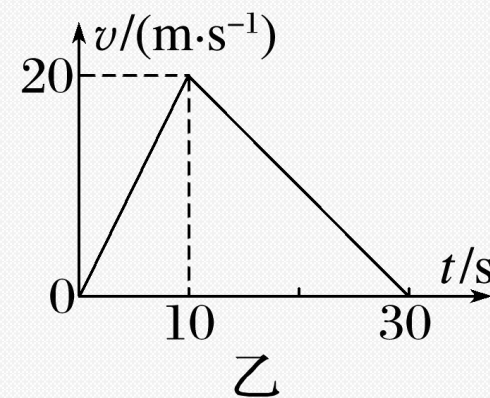
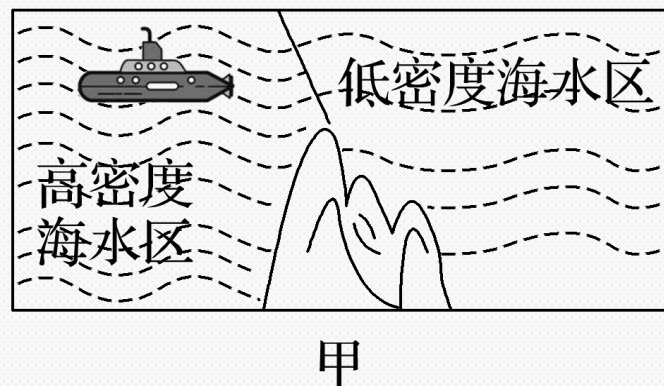
例6 (2023·江苏南京市三模)潜艇从海水高密度区域驶入低密度区域,浮力顿减,称之为“掉深”。如图甲所示,某潜艇在低密度海水区域沿水平方向缓慢航行。 $t=0$ 时,该潜艇“掉深”,随后采取措施成功脱险,在 $0\sim 30\text{ s}$ 时间内潜艇竖直方向的 $v-t$ 图像如图乙所示(设竖直向下为正方向)。不计水的粘滞阻力,则

A.潜艇在“掉深”时的加速度大小为 1 m/s^2

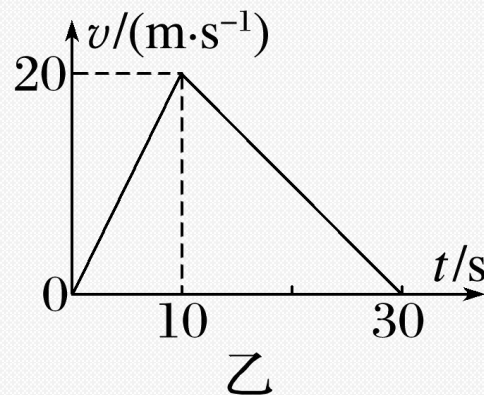
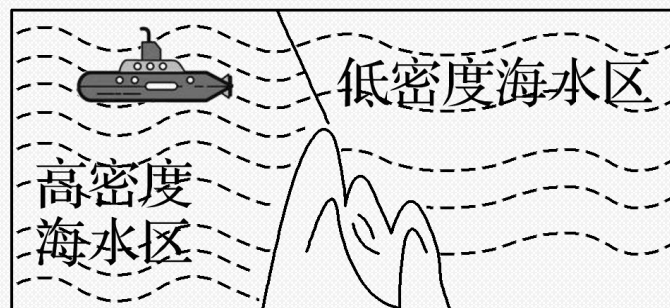
B. $t=30\text{ s}$ 时潜艇回到初始高度

C.潜艇竖直向下的最大位移为 100 m

☒ D.潜艇在 $10\sim 30\text{ s}$ 时间内处于超重状态



解析

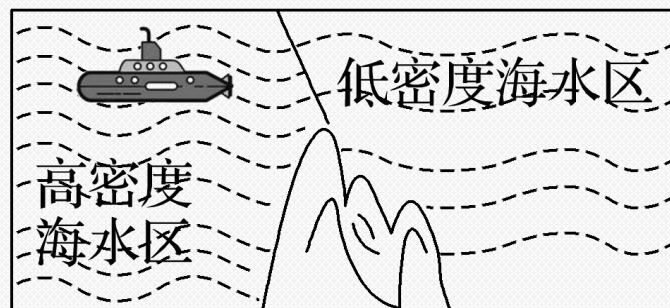


潜艇在“掉深”开始时向下加速,则由图像可知加速度大小为 $a=\frac{20}{10} \text{ m/s}^2$

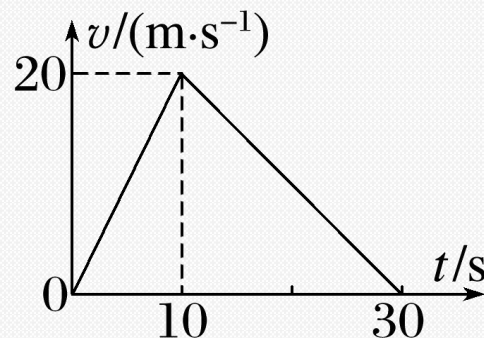
$=2 \text{ m/s}^2$, 选项 A 错误;

在 $0\sim 30 \text{ s}$ 时间内先向下加速后向下减速, 则 $t=30 \text{ s}$ 时潜艇向下到达最大深度, 选项 B 错误;

解析



甲



乙

由图像可知潜艇竖直向下的最大位移为 $h = \frac{1}{2} \times 20 \times 30 \text{ m} = 300 \text{ m}$, 选项

C 错误;

潜艇在 $10 \sim 30 \text{ s}$ 时间内向下减速, 加速度向上, 处于超重状态, 选项

D 正确。

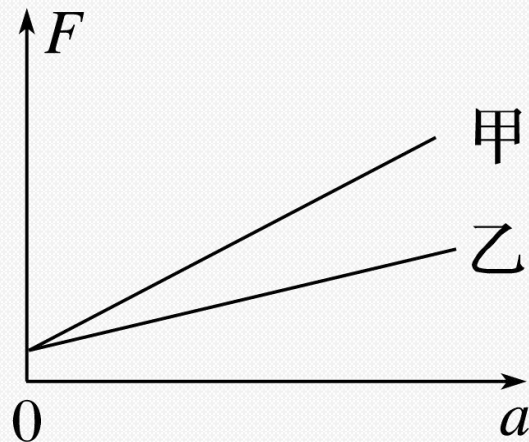
例7 (2023·全国甲卷·19改编)用水平拉力使质量分别为 $m_{\text{甲}}$ 、 $m_{\text{乙}}$ 的甲、乙两物体在水平桌面上由静止开始沿直线运动，两物体与桌面间的动摩擦因数分别为 $\mu_{\text{甲}}$ 和 $\mu_{\text{乙}}$ 。甲、乙两物体运动后，所受拉力 F 与其加速度 a 的关系图线如图所示。由图可知

A. $m_{\text{甲}} < m_{\text{乙}}$

B. $m_{\text{甲}} = m_{\text{乙}}$

☒ C. $\mu_{\text{甲}} < \mu_{\text{乙}}$

D. $\mu_{\text{甲}} > \mu_{\text{乙}}$



解析

根据牛顿第二定律有 $F - \mu mg = ma$ ，整理后有 $F = ma + \mu mg$ ，可知 $F-a$ 图像的斜率为 m ，纵截距为 μmg ，则由题图可看出 $m_{\text{甲}} > m_{\text{乙}}$ ， $\mu_{\text{甲}} m_{\text{甲}} g = \mu_{\text{乙}} m_{\text{乙}} g$ ，则 $\mu_{\text{甲}} < \mu_{\text{乙}}$ 。故选C。



高考预测

1.(2023·江苏省靖江中学期末)一地铁在水平直轨道上运动，某同学为了研究该地铁的运动情况，他用细线将一支圆珠笔悬挂在地铁的竖直扶手上，地铁运行时用手机拍摄了如图所示的照片，拍摄方向跟地铁前进方向垂直，细线相对竖直扶手偏东，该同学根据照片分析正确的是

A.地铁一定向西加速运动

B.地铁可能向东加速运动

C.细线中拉力大小与地铁加速度大小无关

✓D.若用刻度尺测量细线的长度和圆珠笔到竖直扶手的距离，可以估算此时地铁的加速度



解析

根据题意，对笔受力分析，如图所示。

竖直方向上，由平衡条件有

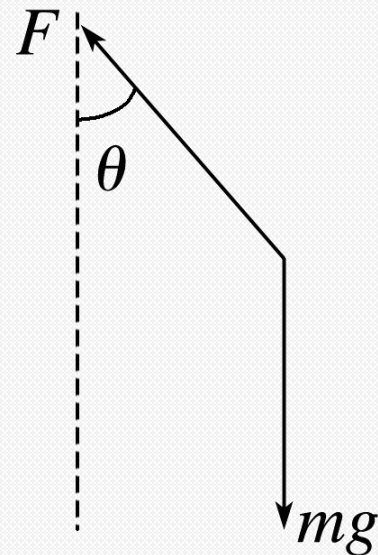
$$F\cos\theta=mg$$

水平方向上，由牛顿第二定律有

$$F\sin\theta=ma$$

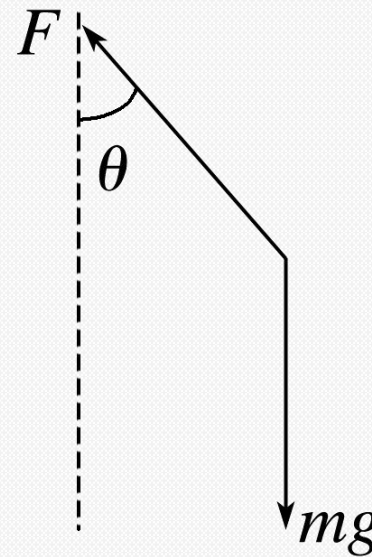
$$\text{解得 } F=\frac{mg}{\cos\theta}, \quad a=g\tan\theta$$

加速度方向水平向西，则地铁可能做向西的加速运动和向东的减速运动，地铁的加速度变化，细线与竖直方向的夹角变化，细线的拉力变化，则细线中拉力大小与地铁加速度大小有关，故A、B、C错误；

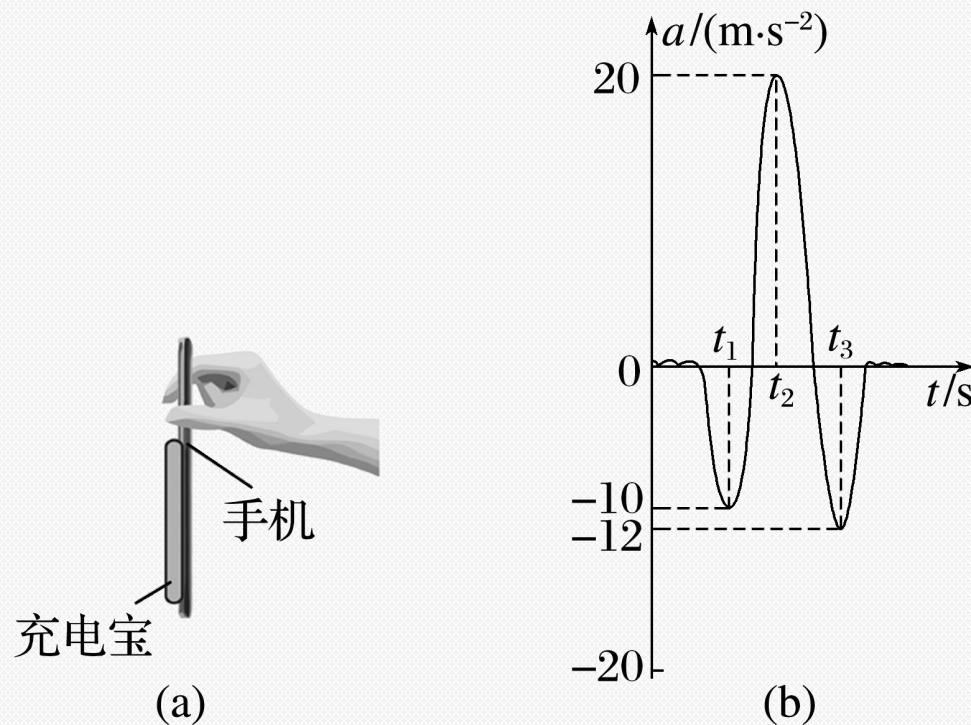


解析

若用刻度尺测量细线的长度为 L 和圆珠笔到竖直扶手的距离为 d , 则有 $\tan \theta = \frac{d}{\sqrt{L^2 - d^2}}$ 可知, 可以估算此时地铁的加速度, 故 D 正确。



2.无线充电宝可通过磁吸力吸附在手机背面，利用电磁感应实现无线充电。劣质的无线充电宝使用过程中可能因吸力不足发生滑落造成安全隐患。图(a)为科创小组某同学手握手机(手不接触充电宝)，利用手机软件记录竖直放置的手机及吸附的充电宝从静止开始在竖直方向上的一次变速运动过程(手机与充电宝始终相对静止)，记录的加速度 a 随时间 t 变化的图像如图(b)所示(规定向上为正方向)，且图像上下部分分别与 t 轴围成的面积相等，已知无线充电宝质量为 0.2 kg ，手机与充电宝之间的动摩擦因数 $\mu=0.5$ ，重力加速度 g 取 10 m/s^2 ，则在该过程中

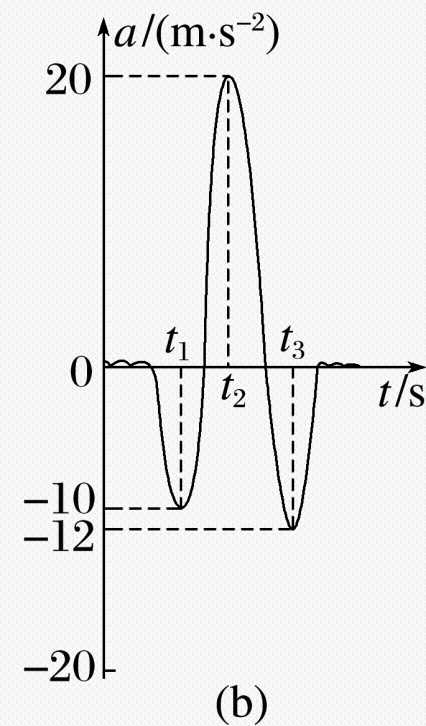
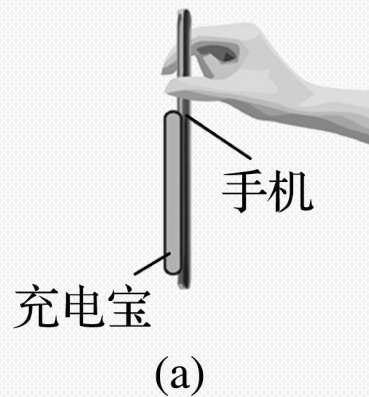


A.手机与充电宝全程向下运动，最终处于静止状态

B.充电宝在 t_2 与 t_3 时刻所受的摩擦力方向相同

C.充电宝与手机之间的摩擦力最小值为2 N

✓ D.充电宝与手机之间的吸引力大小至少为12 N



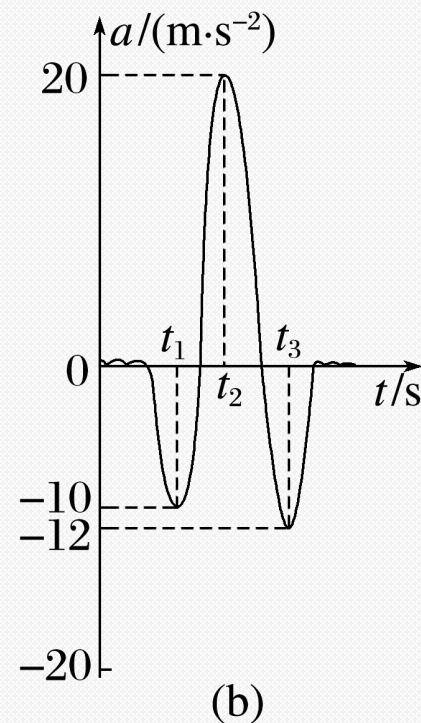
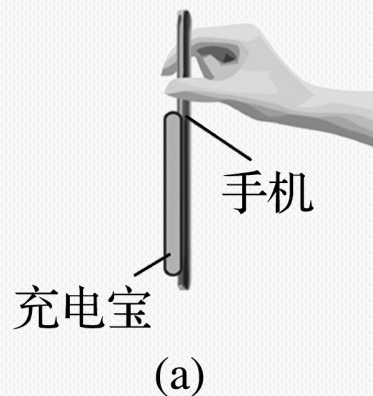
手机与充电宝从静止开始，向下先做加速度增大的加速运动，从 t_1 时刻向下做加速度减小的加速运动，加速度减小到零时，速度达到最大；再向下做加速度增大的减速运动， t_2 时刻速度减小到零，此后做向上的加速度减

解析

充电宝在 t_2 时刻加速度方向向上，所受的摩擦力方向向上；充电宝在 t_3 时刻加速度方向向下，由 $mg + F_f = ma_3$ ， $a_3 = 12 \text{ m/s}^2$ ，可知摩擦力方向向下，故B错误；

在 t_1 时刻充电宝向下的加速度为 10 m/s^2 ，充电宝与手机之间的摩擦力最小，值为零，故C错误；

在 t_2 时刻充电宝向上的加速度最大，充电宝与手机之间的摩擦力最大，由牛顿第二定律可得 $F_{f\max} - mg = ma_2$ ，又 $F_{f\max} = \mu F$ ，解得充电宝与手机之间的吸引力大小至少为 $F = 12 \text{ N}$ ，故D正确。





专题强化练



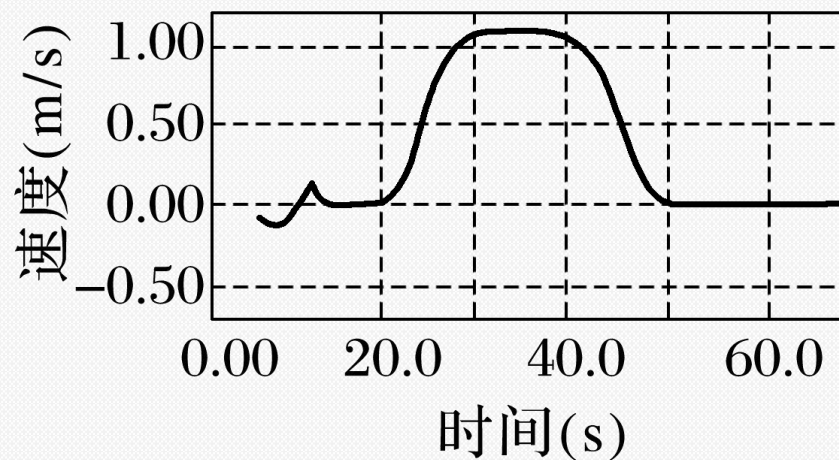
1.(2023·江苏卷·1)电梯上升过程中,某同学用智能手机记录了电梯速度随时间变化的关系,如图所示。电梯加速上升的时段是

✓ A.从20.0 s到30.0 s

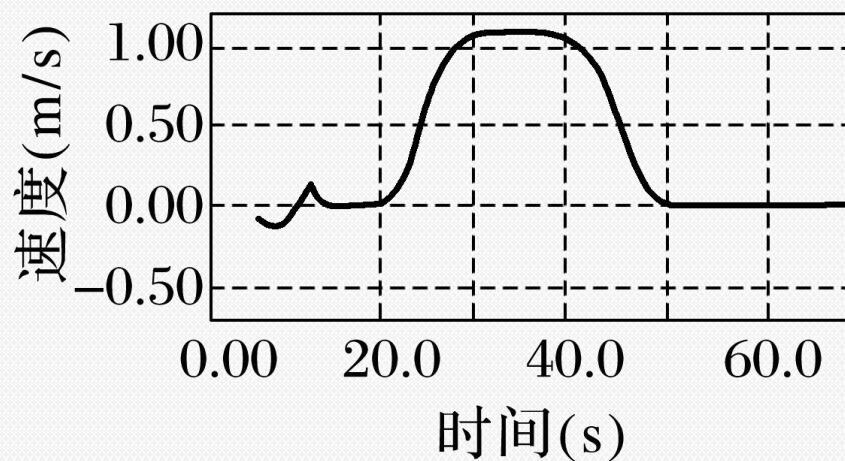
B.从30.0 s到40.0 s

C.从40.0 s到50.0 s

D.从50.0 s到60.0 s



解析



由速度—时间图像可知，电梯加速上升的时间段为20.0 s到30.0 s，故选A。

2.(2023·江苏扬州市高邮中学模拟)蹦极可以使蹦极者在空中体验几秒钟的“自由落体”。如图所示，蹦极者站在高塔顶端，将一端固定的弹性长绳绑在踝关节处。然后双臂伸开，双腿并拢，头朝下跳离高塔。设弹性绳的原长为 L ，蹦极者下落第一个 $\frac{L}{5}$ 时动量的增加量为 Δp_1 ，下落第五个 $\frac{L}{5}$ 时动量的增加量为 Δp_2 ，把蹦极者视为质点，蹦极者离开塔顶时的速度为零，不计空气阻力，则 $\frac{\Delta p_1}{\Delta p_2}$ 满足

A. $1 < \frac{\Delta p_1}{\Delta p_2} < 2$

B. $2 < \frac{\Delta p_1}{\Delta p_2} < 3$

C. $3 < \frac{\Delta p_1}{\Delta p_2} < 4$

☒ D. $4 < \frac{\Delta p_1}{\Delta p_2} < 5$



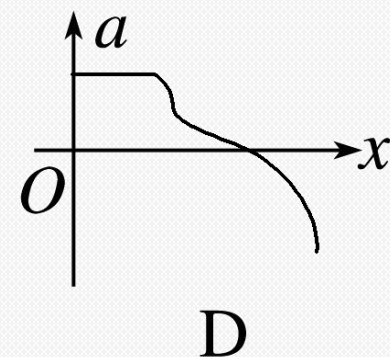
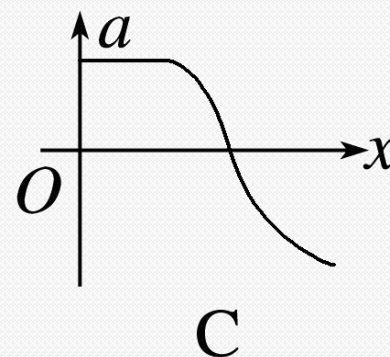
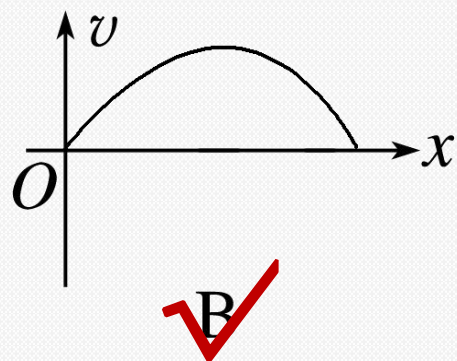
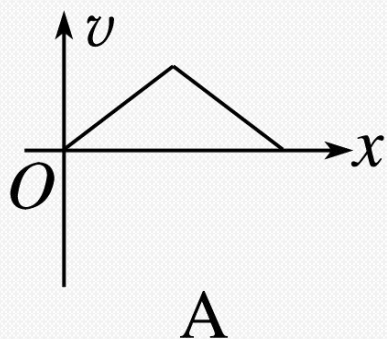
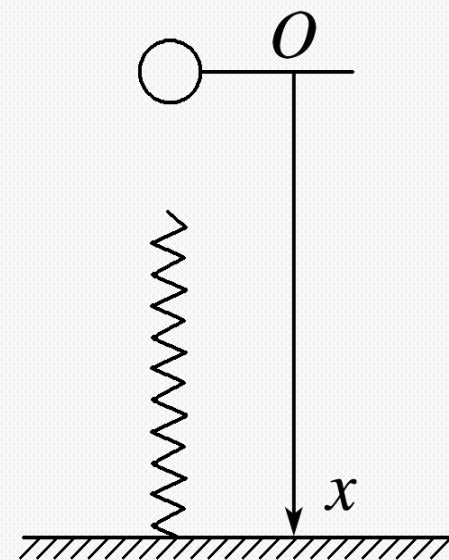
解析

蹦极者下落高度 L 的过程，可视为做自由落体运动，对于初速度为零的匀加速直线运动，通过连续相等位移的时间之比为 $1 : (\sqrt{2}-1) : (\sqrt{3}-\sqrt{2}) : (\sqrt{4}-\sqrt{3}) : (\sqrt{5}-\sqrt{4}) : \dots$,

可知 $\frac{t_1}{t_2} = \frac{1}{\sqrt{5}-\sqrt{4}} = \sqrt{5}+2$ ，即 $4 < \frac{t_1}{t_2} < 5$ ，由动量定理得 $\Delta p = mgt$ ，故 $4 < \frac{\Delta p_1}{\Delta p_2} < 5$ ，选 D。



3.(2023·江苏模拟预测)一轻弹簧竖直固定在桌面上，将一小球从弹簧正上方的 O 点由静止释放。以开始下落的位置为坐标原点，以竖直向下为 x 轴正方向，不计空气阻力，则关于小球运动过程中的速度 v 或加速度 a 随位移 x 变化的关系图像中，可能正确的是

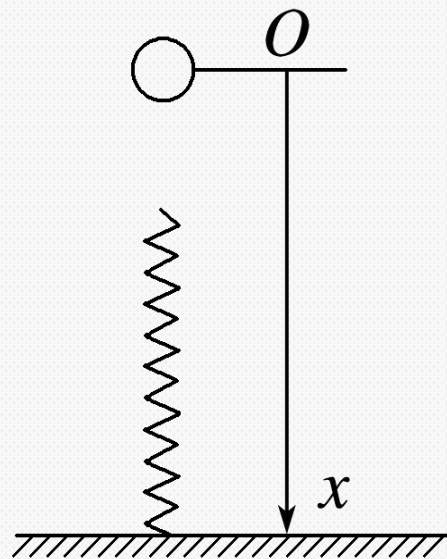


解析

小球在自由下落的过程中，速度随位移增大，加速度保持不变，由 $v^2=2ax$ 可知，此过程 $v-x$ 图像不是直线，在与弹簧作用过程中，速度随位移先增大后减小，加速度随位移先减小后增大，

小球与弹簧作用过程中的加速度大小 $a=\frac{mg-k(x-x_0)}{m}=g-\frac{k}{m}\cdot x+\frac{k}{m}x_0$,

其中 x_0 是 O 点到弹簧自然伸长时顶端的距离。故选B。



4.某次蹦床比赛中，运动员双脚离开蹦床后竖直向上运动，把上升过程分为等距的三段，运动员从下至上运动过程中，依次经历三段的时间记为 t_1 、 t_2 、 t_3 。则 $t_1:t_2:t_3$ 最接近

A.3:6:10

 B.3:4:10

C.3:6:20

D.3:4:20

解析

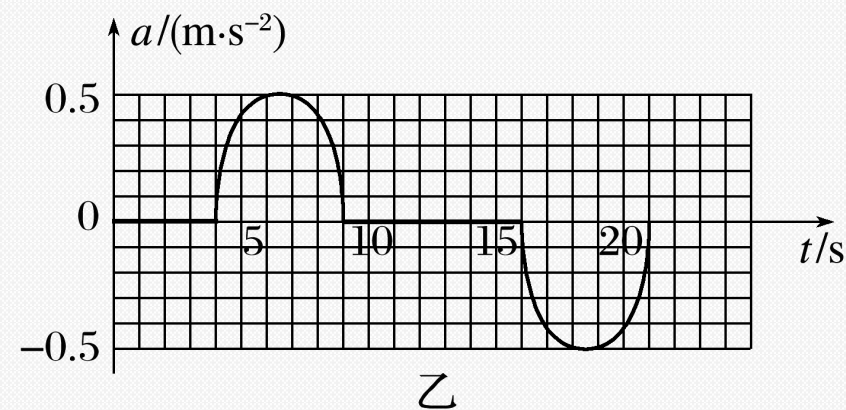
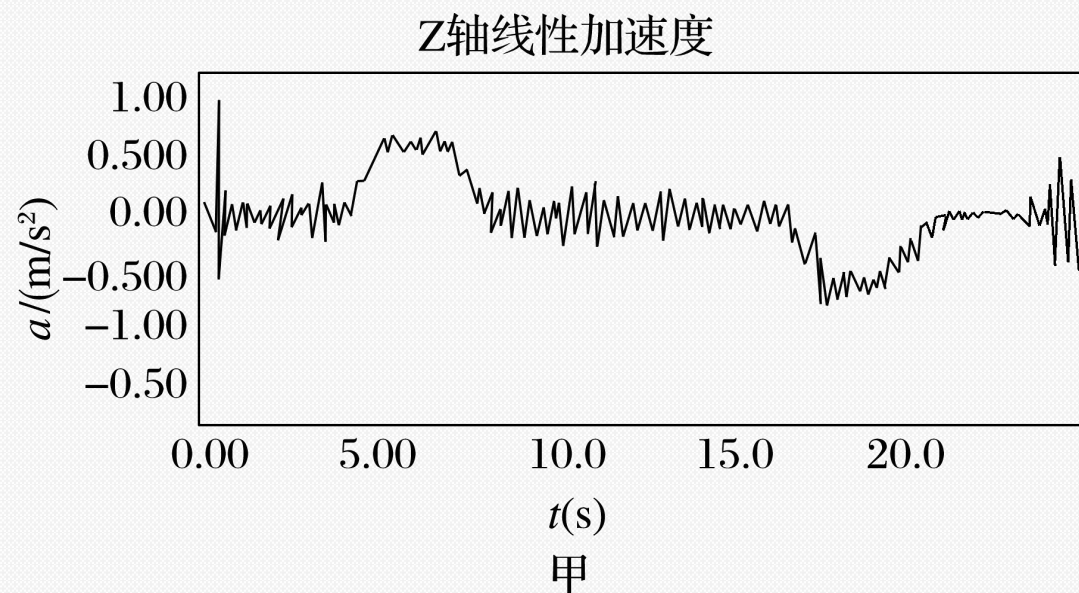
根据逆向思维，将向上的运动看为向下的初速度为0的匀加速直线运动，

$$\text{则有 } h = \frac{1}{2}gt_3^2, 2h = \frac{1}{2}g(t_2 + t_3)^2, 3h = \frac{1}{2}g(t_1 + t_2 + t_3)^2, \text{ 解得 } t_3 = \sqrt{\frac{2h}{g}}, t_2 = \sqrt{\frac{4h}{g}} - \sqrt{\frac{2h}{g}}, t_1 = \sqrt{\frac{6h}{g}} - \sqrt{\frac{4h}{g}},$$

则有 $t_1 : t_2 : t_3 = (\sqrt{3} - \sqrt{2}) : (\sqrt{2} - 1) : 1 \approx (1.732 - 1.414) : (1.414 - 1) : 1 \approx 3 : 4 : 10,$

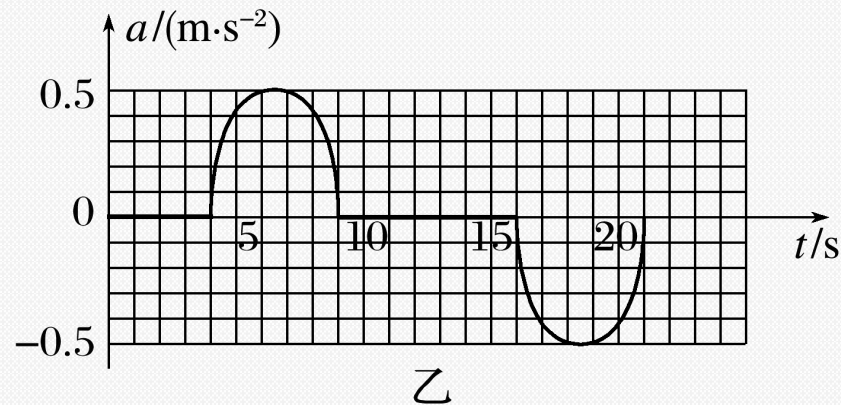
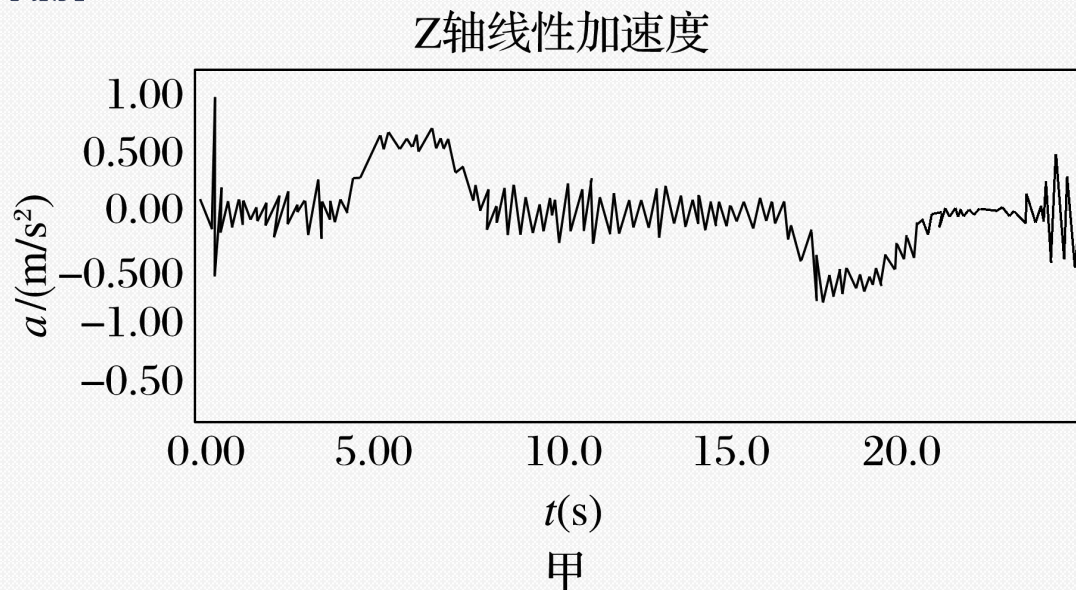
可知该比值最接近3 : 4 : 10。故选B。

5.(2023·江苏南京市阶段练习)某同学用手机的加速度传感器测量了电梯运行过程中的加速度，得到了图甲所示的图线(规定竖直向上为正方向)，为了简化问题研究，将图线简化为图乙所示的图像。已知 $t=0$ 时电梯处于静止状态，则以下判断正确的是



- A. $t=5$ s时电梯处于失重状态
- B. 8~9 s内电梯在做减速运动
- ✓ C. 10~15 s内电梯在上行
- D. 17~20 s内电梯在下行

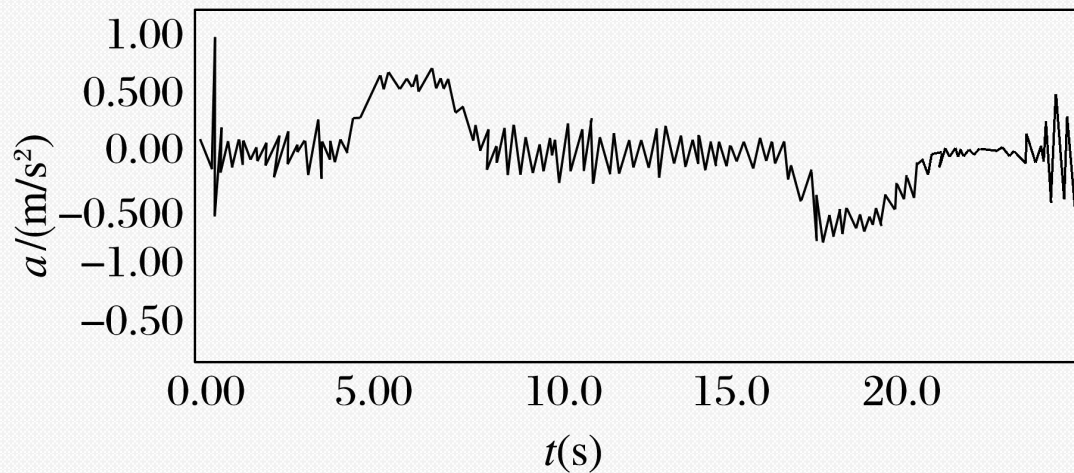
解析



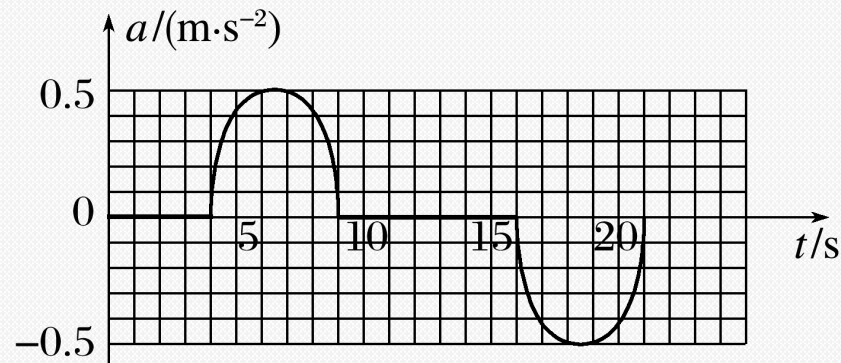
$t=5\text{ s}$ 时，电梯的加速度为正值，方向竖直向上电梯处于超重状态，A错误；

$t=0$ 时，电梯处于静止状态，一小段时间后，电梯的加速度为正值，方向竖直向上，电梯一定加速上升，8~9 s内，电梯的加速度仍为正值，方向竖直向上，可知电梯加速上升，B错误；

Z轴线性加速度



甲



乙

$t=10\text{ s}$ 时，电梯的加速度为零，电梯上升的速度达到最大值， $10\sim 15\text{ s}$ 内，电梯的加速度为零，电梯以最大速度匀速上行，C正确；
 $16\sim 21\text{ s}$ 内，电梯的加速度为负值，方向竖直向下，电梯向上做减速运动， $t=21\text{ s}$ 时，电梯的速度减为零，则 $17\sim 20\text{ s}$ 内电梯仍在上行，D错误。

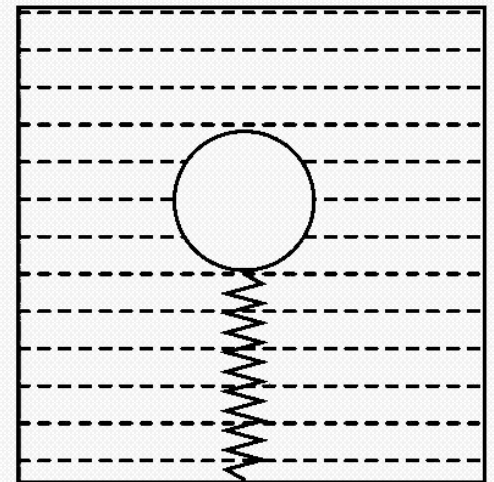
6.(2023·江苏苏州市月考)2021年12月9日，我国航天员王亚平再次进行太空授课，使得我国很多中小学生对微重力下液体内部的受力情况感到好奇，某同学为了在地面探究微重力下液体内部的受力情况，设计了实验，如图所示，密度为 ρ 的木球与轻质弹簧相连后置于充满水的密闭容器中，弹簧的另一端固定于容器的底部。水与木球的密度差为 $\Delta\rho(\Delta\rho>0)$ ，重力加速度为 g 。初始时整个系统静止，现将容器由静止释放，则释放瞬间木球相对于地面的加速度大小为

A. g

B. $\frac{\Delta\rho}{\rho}g$

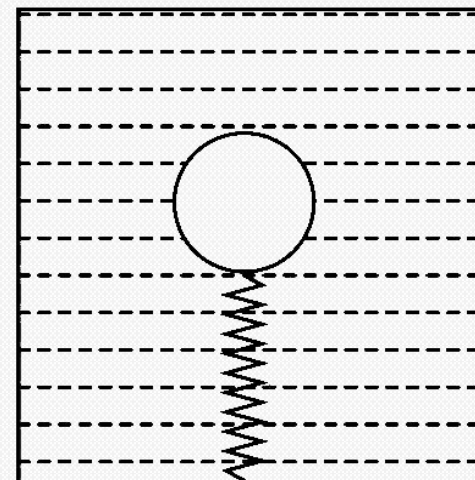
C. $(1-\frac{\Delta\rho}{\rho})g$

☒ D. $(1+\frac{\Delta\rho}{\rho})g$

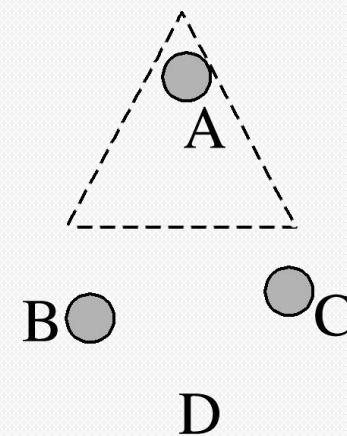
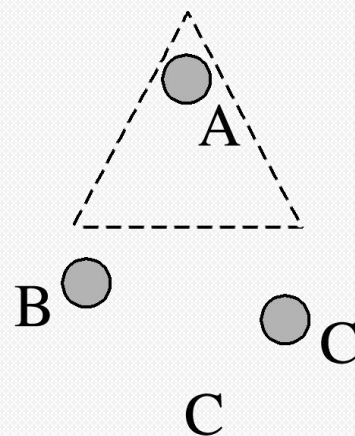
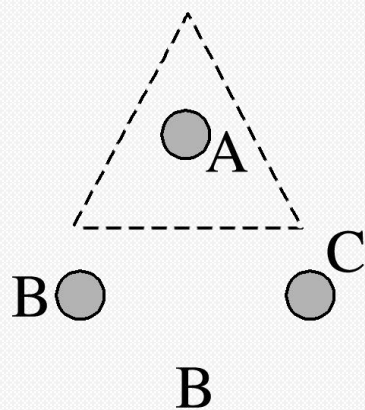
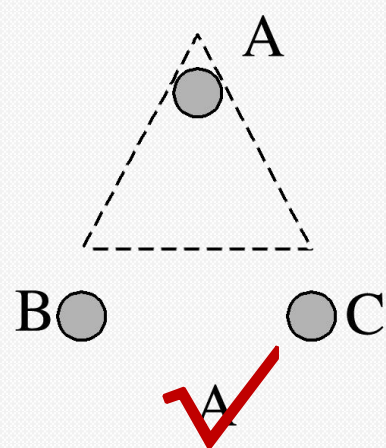
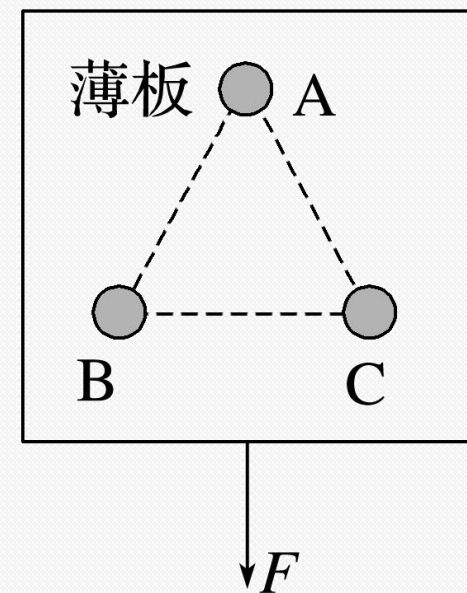


解析

初始时整个系统静止，弹力为 $F_{\text{弹}}$ ，对木球分析有 $\rho_{\text{水}}gV = F_{\text{弹}} + \rho gV$ ，释放瞬间，弹力不变，系统处于完全失重状态，浮力消失，则 $a = \frac{F_{\text{弹}} + \rho gV}{m} = \frac{\Delta\rho gV + \rho gV}{\rho V} = (1 + \frac{\Delta\rho}{\rho})g$ ，故选 D。

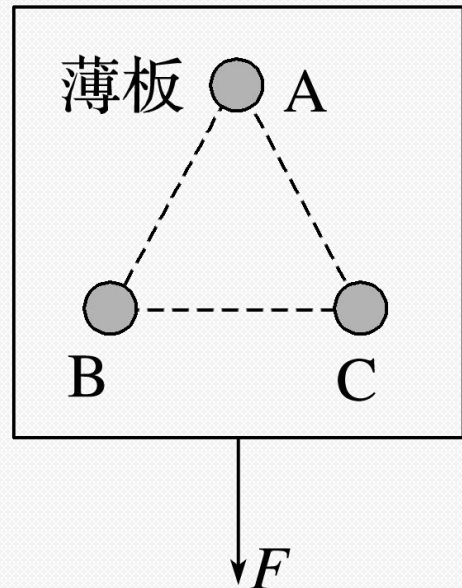


7.(2023·江苏南通市海安高级中学月考)如图，水平桌面上有一薄板，薄板上摆放着小圆柱体A、B、C，圆柱体的质量分别为 m_A 、 m_B 、 m_C ，且 $m_A > m_B > m_C$ 。用一水平外力将薄板沿垂直 BC 的方向抽出，圆柱体与薄板间的动摩擦因数均相同，圆柱体与桌面间的动摩擦因数也均相同。则抽出后，三个圆柱体留在桌面上的位置所组成的图形可能是



解析

设圆柱体的质量为 m ，圆柱体与薄板间的动摩擦因数、圆柱体与桌面间的动摩擦因数均为 μ ，则在抽薄板的过程中，圆柱体在薄板摩擦力的作用下做加速运动，离开薄板后在桌面摩擦力的作用下做减速运动，根据牛顿第二定律有 $\mu mg = ma$ ，可得，加速运动与减速运动时的加速度都为 $a = \mu g$ ，由于圆柱体A先离开薄板，B、C同时后离开薄板，则根据 $v = at$ 可知，A离开薄板时的速度小于B、C离开薄板时的速度，同时A加速的位移小于B、C加速的位移。离开薄板后，根据 $v^2 = 2ax$ 可知，B、C在桌面上滑动的距离相等，且大于A在桌面上滑动的距离。故选A。



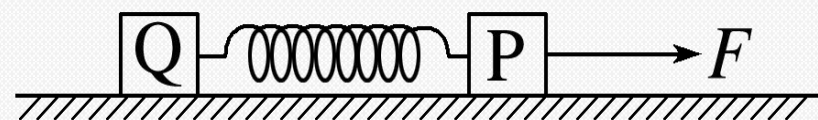
8.(2022·全国甲卷·19改编)如图, 质量相等的两滑块P、Q置于水平桌面上, 二者用一轻弹簧水平连接, 两滑块与桌面间的动摩擦因数均为 μ 。重力加速度大小为 g 。用水平向右的拉力 F 拉动P, 使两滑块均做匀速运动; 某时刻突然撤去该拉力, 则从此刻开始到弹簧第一次恢复原长之前

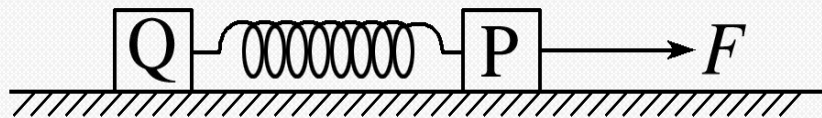
A.P的加速度大小的最大值为 μg

B.Q的加速度大小的最大值为 $2\mu g$

C.P的位移大小一定大于Q的位移大小

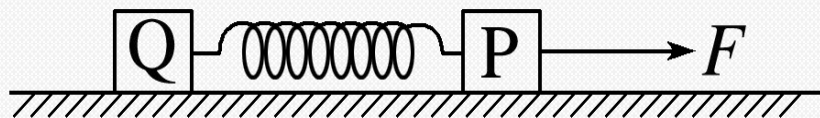
✓D.P的速度大小均不大于同一时刻Q的速度大小





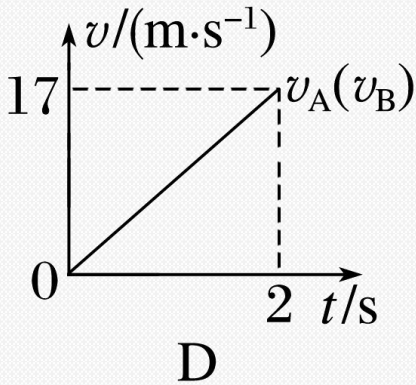
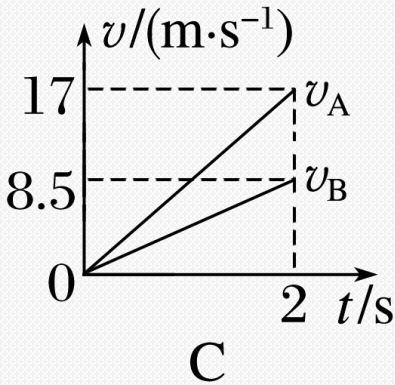
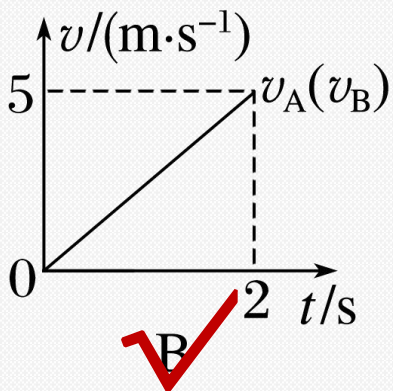
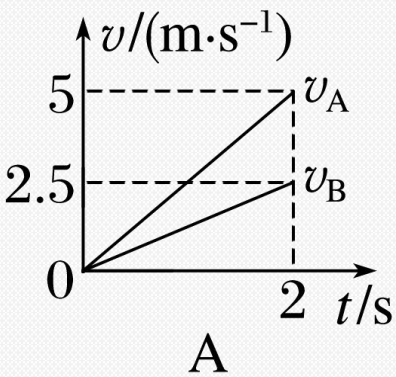
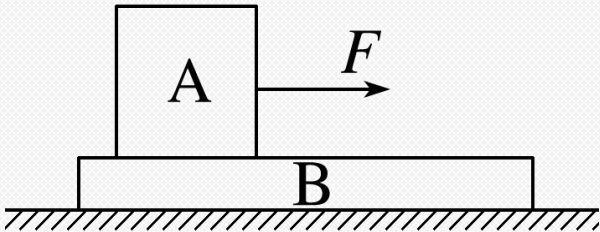
设两滑块的质量均为 m ，撤去拉力前，两滑块均做匀速直线运动，则拉力大小为 $F=2\mu mg$ ，撤去拉力前对Q受力分析可知，弹簧的弹力为 $F_{T0}=\mu mg$ ，以向右为正方向，撤去拉力瞬间弹簧弹力不变仍为 μmg ，两滑块与地面间仍然保持相对滑动，此时滑块P的加速度为 $-F_{T0}-\mu mg=ma_{P1}$ ，解得 $a_{P1}=-2\mu g$ ，此刻滑块Q所受的外力不变，加速度仍为零，从撤去拉力到弹簧第一次恢复原长过程中，弹簧弹力一直在减小，根据牛顿第二定律可知P减速的加速度减小，滑块Q所受的合外力增大，方向向左，做加速度增大的减速运动，故P加速度大小的最大值是刚撤去拉力瞬间的加速度为 $2\mu g$ ，Q加速度最大时为弹簧恢复原长时，有 $-\mu mg=ma_{Qm}$ ，解得 $a_{Qm}=-\mu g$ ，故滑块Q加速度大小的最大值为 μg ，A、B错误；

解析



由于弹簧恢复原长前滑块P的加速度一直大于Q的加速度，所以撤去拉力后P的速度一直小于同一时刻Q的速度，所以P的位移一定小于Q的位移，C错误，D正确。

9.(2023·江苏省学业水平考试押题卷)如图所示，质量为1 kg的长木板B放在水平地面上，质量为2 kg的物块A放在木板B的左端。物块A与木板B间的动摩擦因数为0.7，木板B与地面间的动摩擦因数为0.2。设最大静摩擦力等于滑动摩擦力，重力加速度为10 m/s²。现对A施加一水平拉力F，则物块速度 v_A 、木板速度 v_B 随时间变化的图像可能是



解析

设二者恰不发生相对滑动时，外力大小为 F_0 ，

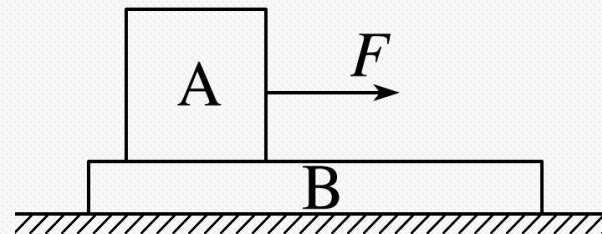
对物块有 $F_0 - \mu_1 m_A g = m_A a_A$ ，

对木板有 $\mu_1 m_A g - \mu_2 (m_B + m_A) g = m_B a_B$ ，且 $a_A = a_B$ ，

解得 $F_0 = 30 \text{ N}$ ， $a_A = a_B = 8 \text{ m/s}^2$ 。

A选项中，物块的加速度大于木板的加速度，均小于二者能相对静止一起运动的最大加速度，A错误；

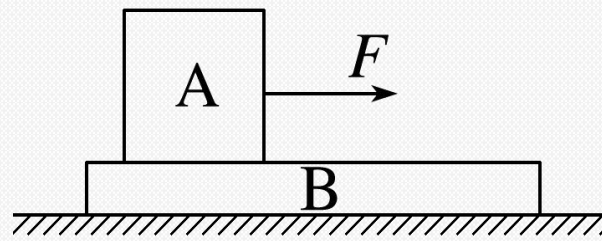
B选项中，物块和木板一起加速运动，且加速度满足要求，B正确；



解析

C选项中，物块的加速度大小为 8.5 m/s^2 ，木板的加速度大小为 $4.25 \text{ m/s}^2 < 8 \text{ m/s}^2$ ，C错误；

D选项中，二者的加速度相同，但大于二者能相对静止一起运动的最大加速度，D错误。



10. 大功率火箭一般采用多级推进技术，以提高发射速度。某中学的物理兴趣小组同学制作了一个两级推进火箭模型进行试验。已知火箭质量为 m ，提供的推动力恒定且为 $F=3mg$ ，火箭先经过一级推动力推进时间 t 后，丢弃掉质量为 $\frac{m}{2}$ 的一级箭体，再由二级推动力继续推动剩余质量为 $\frac{m}{2}$ 的火箭，推动力仍为 $F=3mg$ ，火箭飞行时间 t 后结束推进。重力加速度恒定且为 g ，不考虑燃料消耗引起的质量变化，不计空气阻力，求：

(1) 火箭上升过程的最大速度为多少？

答案 $7gt$

解析

设一级推动 t 时间火箭的加速度为 a_1 ，末速度为 v_1 ，二级推动 t 时间火箭的加速度为 a_2 ，末速度为 v_2 ，由牛顿第二定律可得

$$a_1 = \frac{F_{\text{合}}}{m} = \frac{3mg - mg}{m} = 2g, \quad v_1 = a_1 t = 2gt,$$

$$a_2 = \frac{F_{\text{合}}'}{\frac{m}{2}} = \frac{3mg - \frac{1}{2}mg}{\frac{1}{2}m} = 5g$$

所以火箭上升的最大速度为 $v_2 = v_1 + a_2 t = 7gt$

(2)火箭上升的最大高度为多少？

答案 $30gt^2$

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

解析

设一级推动 t 时间火箭上升的高度为 h_1 ，二级推动 t 时间火箭上升的高度为 h_2 ，结束推动后火箭继续上升高度为 h_3 ，由匀变速直线运动规律可得

$$h_1 = \frac{v_1}{2}t = gt^2, \quad h_2 = \frac{v_1 + v_2}{2}t = \frac{9}{2}gt^2$$

失去推动后，火箭向上做匀减速运动，加速度大小为 g ，末速度为 0 ，

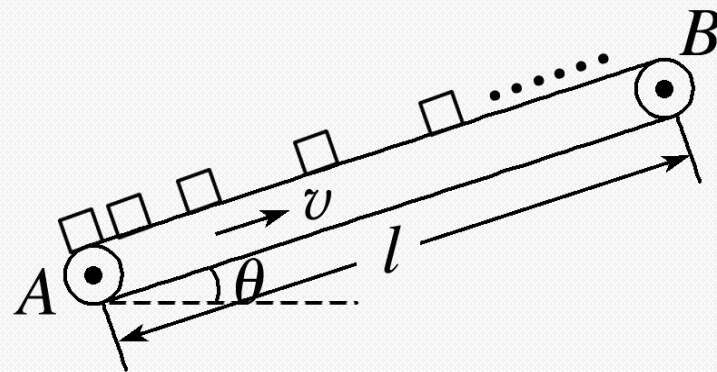
$$\text{所以有 } v_2^2 = 2gh_3, \text{ 可得 } h_3 = \frac{49}{2}gt^2$$

所以火箭上升的最大高度为 $h = h_1 + h_2 + h_3 = 30gt^2$ 。

11.(2023·江苏苏州市联考)如图所示, 分拣快递的车间里, 与水平面成 $\theta=30^\circ$ 的传送带正以 $v=3\text{ m/s}$ 的速度顺时针匀速运行, A 、 B 两端相距 $l=13.5\text{ m}$ 。现每隔 1 s 把质量 $m=1\text{ kg}$ 的工件(视为质点)轻放在传送带上, 工件在传送带的带动下向上运动, 工件与传送带间的动摩擦因数 $\mu=\frac{2\sqrt{3}}{5}$, 取 $g=10\text{ m/s}^2$, 结果保留两位有效数字。求:

(1)工件刚刚放上去时的加速度大小;

答案 1.0 m/s^2

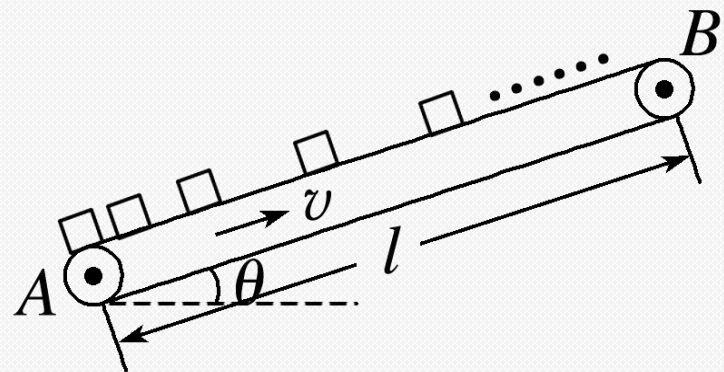


解析

设工件在传送带加速运动时的加速度为 a ,

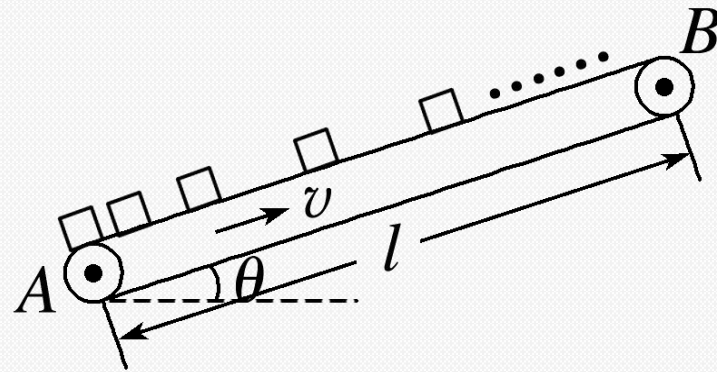
$$\text{则 } \mu mg \cos \theta - mg \sin \theta = ma$$

代入数据解得 $a = 1.0 \text{ m/s}^2$



(2)工件从A到B所用的时间;

答案 6.0 s



解析

工件加速时间为 $t_1 = \frac{v}{a} = 3.0 \text{ s}$

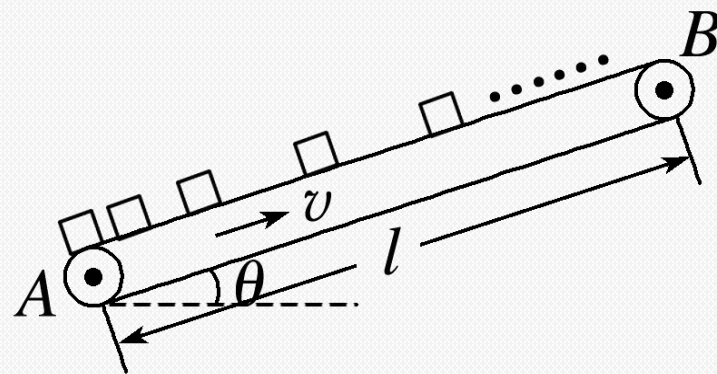
位移 $x = \frac{v^2}{2a} = 4.5 \text{ m}$

匀速运动的时间 $t_2 = \frac{l-x}{v} = 3.0 \text{ s}$

则总时间 $t = t_1 + t_2 = 6.0 \text{ s}$

(3)相邻工件之间的最大和最小距离;

答案 3.0 m 0.50 m



解析

刚放上下一个工件时, 该工件离前一个工件的距离最小, 且最小距离

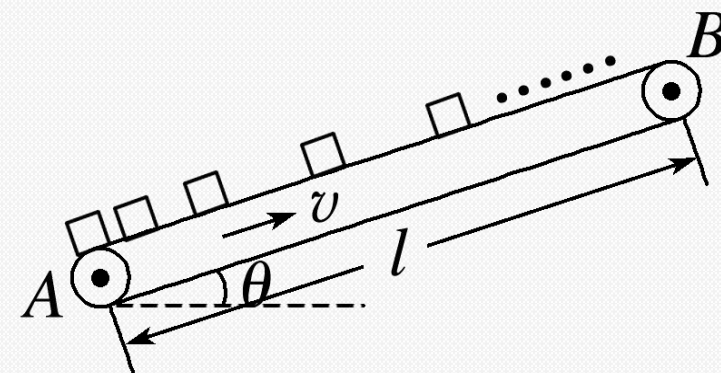
$$d_{\min} = \frac{1}{2}a\Delta t^2$$

解得 $d_{\min} = 0.50 \text{ m}$

当相邻两工件均匀速运动时相距最远, 则 $d_{\max} = v\Delta t = 3.0 \text{ m}$

(4)满载与空载相比，传送带需要增加多大的牵引力。

答案 33 N

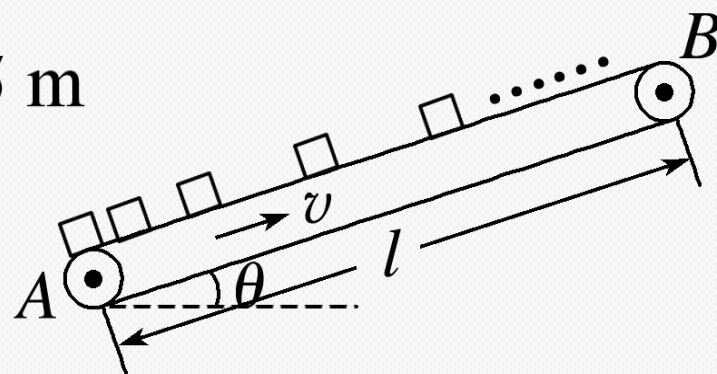


解析

由于工件加速时间为3 s，因此传送带上总共有三个($n_1=3$)工件正在加速，故所有做加速运动的工件对传送带的总滑动摩擦力 $F_{f1}=3\mu mg\cos\theta$

在滑动摩擦力作用下工件移动的位移 $x=\frac{v^2}{2a}=4.5\text{ m}$

传送带上匀速运动的工件数 $n_2=\frac{l-x}{d_{\max}}=3$



当工件与传送带相对静止后，每个工件受到的静摩擦力 $F_{f0}=mg\sin\theta$

所有做匀速运动的工件对传送带的总静摩擦力 $F_{f2}=n_2F_{f0}$

与空载相比，传送带需增大的牵引力 $F=F_{f1}+F_{f2}$

联立解得 $F=33\text{ N}$

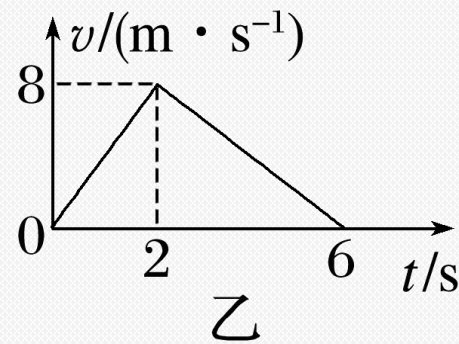
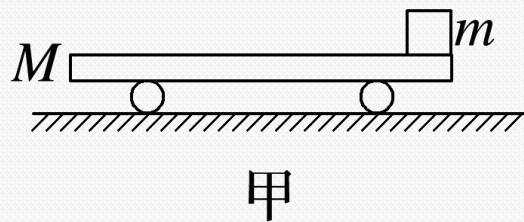
12.(2023·江苏省盐城中学期末)如图甲所示,水平地面上有一质量为 M 的长平板车,平板车右端放一质量为 m 的物块,开始时平板车和物块均静止。 $t=0$ 时,平板车在外力作用下开始沿水平面向右运动,其 $v-t$ 图像如图乙所示,整个过程中物块恰好没有从平板车上滑下。已知物块与平板车间的动摩擦因数为0.1,取 $g=10\text{ m/s}^2$,下列说法正确的是

A.0~4 s内,物块的加速度一直变大

B.整个过程中,物块相对平板车滑动的时间为4 s

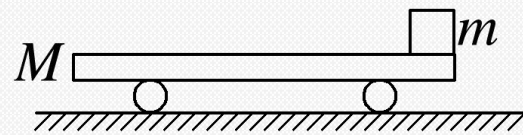
✓C.平板车的长度为12 m

D.物块相对平板车的位移为16 m

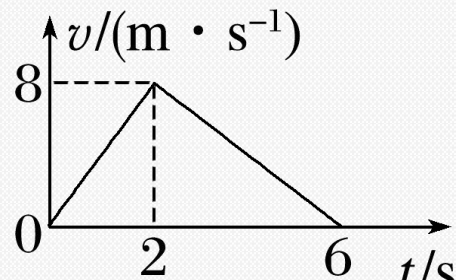


解析

根据题意，若物块与平板车保持相对静止，由牛顿第二定律可得，最大的加速度为 $\mu mg = ma$ ，解得加速度 $a = 1 \text{ m/s}^2$ ，



甲



乙

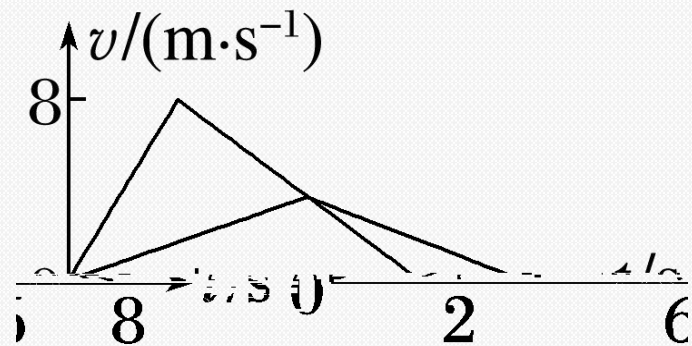
由题图乙可知，平板车加速时加速度 $a_1 = \frac{8}{2} \text{ m/s}^2 = 4 \text{ m/s}^2$ ，平板车减速

时加速度 $a_M = \frac{0-8}{6-2} \text{ m/s}^2 = -2 \text{ m/s}^2$ ，

可知，物块与平板车发生相对滑动，设经时间 t 两者共速，则有 $at = 8 \text{ m/s} - 2 \text{ m/s}^2 \cdot (t - 2 \text{ s})$ ，得 $t = 4 \text{ s}$ ， $v_4 = 4 \text{ m/s}$ ，

解析

共速后，由于平板车的加速度为 $a_M = -2 \text{ m/s}^2$ ，物块减速时，由牛顿第二定律得 $-\mu mg = ma'$ ，得 $a' = -1 \text{ m/s}^2$ ，平板车的加速度大



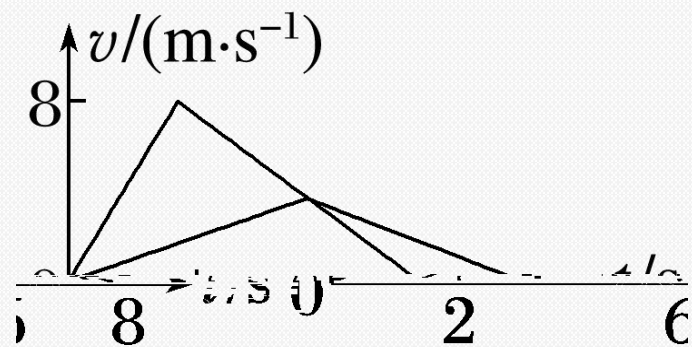
于物块的加速度，所以物块以 1 m/s^2 的加速度减速，设共速后再经 t_1 减速到零，由运动学公式 $0 = 4 \text{ m/s} + a' t_1$ ，解得 $t_1 = 4 \text{ s}$ ，即经 $t' = 4 \text{ s} + 4 \text{ s} = 8 \text{ s}$ ，物块的速度减为零，两物体的速度—时间图像如图所示，整个过程中，物块的加速度大小一直为 1 m/s^2 ，物块相对平板车滑动的时间为 8 s ，故A、B错误；

解析

0~4 s 的相对位移 $x_1 = 8 \times 2 \times \frac{1}{2} \text{ m} + \frac{1}{2} \times (8 + 4)$

$\times 2 \text{ m} - 4 \times 4 \times \frac{1}{2} \text{ m} = 12 \text{ m},$

4~8 s 后的相对位移 $x_2 = 4 \times 4 \times \frac{1}{2} \text{ m} - 2 \times 4 \times \frac{1}{2} \text{ m} = 4 \text{ m},$ 所以平板车的长度为 12 m, 物块相对平板车的位移大小为 $12 \text{ m} - 4 \text{ m} = 8 \text{ m},$ 故 D 错误, C 正确。





本课结束

更多精彩内容请登录：www.xinjiaoyu.com

