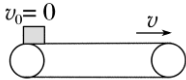
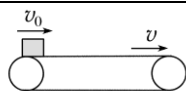
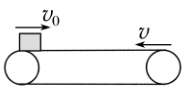


专题强化六 传送带模型和“滑块—木板”模型

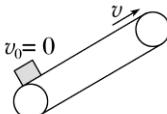
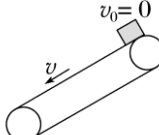
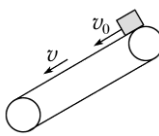
- 【目标要求】 1.会对传送带上的物体进行受力分析，能正确解答传送带上物体的动力学问题.
2.能正确运用动力学观点处理“滑块—木板模型”.

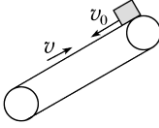
题型一 传送带模型

1. 水平传送带

情景	滑块的运动情况	
	传送带不够长	传送带足够长
	一直加速	先加速后匀速
	$v_0 < v$ 时，一直加速	$v_0 < v$ 时，先加速再匀速
	$v_0 > v$ 时，一直减速	$v_0 > v$ 时，先减速再匀速
	滑块一直减速到右端	滑块先减速到速度为 0，后被传送带传回左端. 若 $v_0 < v$ 返回到左端时速度为 v_0 ，若 $v_0 > v$ 返回到左端时速度为 v .

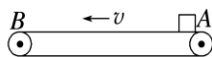
2. 倾斜传送带

情景	滑块的运动情况	
	传送带不够长	传送带足够长
	一直加速(一定满足关系 $g \sin \theta < \mu g \cos \theta$)	先加速后匀速
	一直加速(加速度为 $g \sin \theta + \mu g \cos \theta$)	若 $\mu \geq \tan \theta$ ，先加速后匀速
		若 $\mu < \tan \theta$ ，先以 a_1 加速，后以 a_2 加速
	$v_0 < v$ 时，一直加速(加速度为 $g \sin \theta + \mu g \cos \theta$)	若 $\mu \geq \tan \theta$ ，先加速后匀速；若 $\mu < \tan \theta$ ，先以 a_1 加速，后以 a_2 加速
	$v_0 > v$ 时，一直减速(加速度为 $g \sin \theta - \mu g \cos \theta$)	若 $\mu \geq \tan \theta$ ，先减速后匀速；若 $\mu < \tan \theta$ ，先以 a_1 减速，后以 a_2 加速

 (摩擦力方向一定沿斜面向上)	$g \sin \theta > \mu g \cos \theta$, 一直加速; $g \sin \theta = \mu g \cos \theta$, 一直匀速	
	$g \sin \theta < \mu g \cos \theta$, 一直减速	先减速到速度为 0 后反向加速到原位置 时速度大小为 v_0 (类竖直上抛运动)

考向 1 动力学中水平传送带问题

【例 1】(多选)应用于机场和火车站的安全检查仪,其传送装置可简化为如图所示的模型.传送带始终保持 $v=0.4 \text{ m/s}$ 的恒定速率运行,行李与传送带之间的动摩擦因数 $\mu=0.2$, A、B 间的距离为 2 m , g 取 10 m/s^2 .旅客把行李(可视为质点)无初速度地放在 A 处,则下列说法正确的是()



- A. 开始时行李的加速度大小为 2 m/s^2
- B. 行李经过 2 s 到达 B 处
- C. 行李到达 B 处时速度大小为 0.4 m/s
- D. 行李在传送带上留下的摩擦痕迹长度为 0.08 m

答案 AC

解析 开始时,对行李,根据牛顿第二定律

$$\mu mg = ma$$

解得 $a = 2 \text{ m/s}^2$, 故 A 正确; 设行李做匀加速运动的时间为 t_1 , 行李匀加速运动的末速度为 $v = 0.4 \text{ m/s}$, 根据 $v = at_1$, 代入数据解得 $t_1 = 0.2 \text{ s}$,

匀加速运动的位移大小

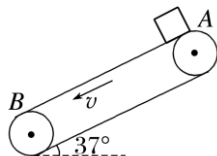
$$x = \frac{1}{2}at_1^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times 0.2^2 \text{ m} = 0.04 \text{ m},$$

$$\text{匀速运动的时间为 } t_2 = \frac{L - x}{v} = \frac{2 - 0.04}{0.4} \text{ s} = 4.9 \text{ s},$$

可得行李从 A 到 B 的时间为 $t = t_1 + t_2 = 5.1 \text{ s}$, 故 B 错误; 由上分析可知行李在到达 B 处前已经与传送带共速, 所以行李到达 B 处时速度大小为 0.4 m/s , 故 C 正确; 行李在传送带上留下的摩擦痕迹长度为 $\Delta x = vt_1 - x = (0.4 \times 0.2 - 0.04) \text{ m} = 0.04 \text{ m}$, 故 D 错误.

考向 2 动力学中的倾斜传送带问题

【例 2】 如图所示，煤矿有一传送带与水平地面夹角 $\theta=37^\circ$ ，传送带以 $v=10\text{ m/s}$ 的速率逆时针转动。在传送带上端 A 点静止释放一个质量为 $m=1.0\text{ g}$ 的黑色煤块，经过 2 s 运动到传送带下端 B 点并离开传送带，煤块在传送带上留下一段黑色痕迹。已知煤块与传送带之间的动摩擦因数 $\mu=0.5$ ， $\sin 37^\circ=0.6$ ， $g=10\text{ m/s}^2$ ，求：



- (1) 传送带从 A 到 B 的长度；
 (2) 煤块从 A 运动到 B 的过程中传送带上形成痕迹的长度。

答案 (1) 16 m (2) 5 m

解析 (1) 煤块速度达到 10 m/s 之前

$$mg\sin\theta + \mu mg\cos\theta = ma_1$$

$$\text{解得 } a_1 = 10\text{ m/s}^2, \quad t_1 = \frac{v}{a_1} = 1\text{ s},$$

$$x_1 = \frac{1}{2}a_1t_1^2 = 5\text{ m}$$

煤块速度达到 10 m/s 之后运动时间 $t_2 = 1\text{ s}$,

$$mg\sin\theta - \mu mg\cos\theta = ma_2$$

$$\text{解得 } a_2 = 2\text{ m/s}^2, \quad x_2 = vt_2 + \frac{1}{2}a_2t_2^2 = 11\text{ m}, \quad L = x_1 + x_2 = 16\text{ m}$$

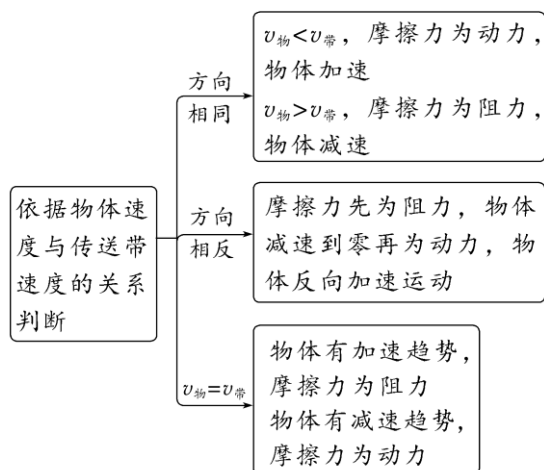
$$(2) \text{煤块速度小于传送带时 } s_{1\text{相}} = vt_1 - x_1 = 5\text{ m}$$

$$\text{煤块速度大于传送带时 } s_{2\text{相}} = x_2 - vt_2 = 1\text{ m}$$

由于 $s_{1\text{相}} > s_{2\text{相}}$ ，可见痕迹长为 5 m 。

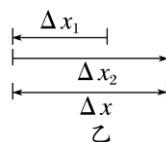
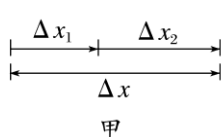
方法点拨

1. 求解传送带问题的关键在于对物体所受的摩擦力进行正确的分析与判断。



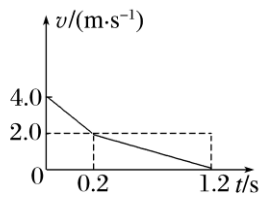
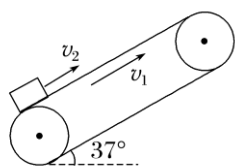
2. 临界状态: 当 $v_{\text{物}} = v_{\text{带}}$ 时, 摩擦力发生突变, 物体的加速度发生突变.

3. 滑块与传送带的划痕长度 Δx 等于滑块与传送带的相对位移的大小, 若有两次相对运动且两次相对运动方向相同, $\Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_2$ (图甲); 若两次相对运动方向相反, Δx 等于较长的相对位移大小. (图乙)



考向 3 传送带中的动力学图像

【例 3】(多选)如图甲所示, 倾斜的传送带以恒定速率 v_1 沿顺时针方向转动, 传送带的倾角为 37° . 一物块以初速度 v_2 从传送带的底部冲上传送带并沿传送带向上运动, 其运动的 $v-t$ 图像如图乙所示, 物块到达一定高度时速度为零, $\sin 37^\circ = 0.6$, $\cos 37^\circ = 0.8$, $g = 10 \text{ m/s}^2$, 则()



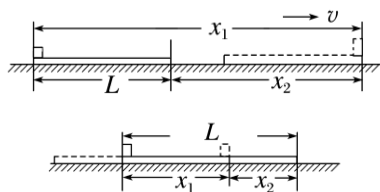
- A. 传送带的速度为 4 m/s
- B. 物块上升的竖直高度为 0.96 m
- C. 物块与传送带间的动摩擦因数为 0.5
- D. 物块所受摩擦力方向一直与物块运动方向相反

答案 BC

解析 如果 v_2 小于 v_1 , 则物块向上做减速运动时加速度不变, 与题图乙不符, 因此物块的初速度 v_2 一定大于 v_1 . 结合题图乙可知物块减速运动到与传送带速度相同时, 继续向上做减速运动. 由此可以判断传送带的速度为 2 m/s, A 错误; 物块的位移等于 $v-t$ 图线与横轴所围的面积, 即 $L = \frac{1}{2} \times (4+2) \times 0.2 \text{ m} + \frac{1}{2} \times 1 \times 2 \text{ m} = 1.6 \text{ m}$, 则上升的竖直高度为 $h = L \sin \theta = 0.96 \text{ m}$, B 正确; $0 \sim 0.2 \text{ s}$ 内, 加速度 $a_1 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{2.0 - 4.0}{0.2} \text{ m/s}^2 = -10 \text{ m/s}^2$, 加速度大小为 10 m/s^2 , 根据牛顿第二定律得 $a_1 = \frac{m g \sin \theta + \mu m g \cos \theta}{m} = 10 \text{ m/s}^2$, 解得 $\mu = 0.5$, C 正确; 在 $0 \sim 0.2 \text{ s}$ 内, 摩擦力方向与物块的运动方向相反, $0.2 \sim 1.2 \text{ s}$ 内, 摩擦力方向与物块的运动方向相同, D 错误.

题型二 “滑块—木板”模型

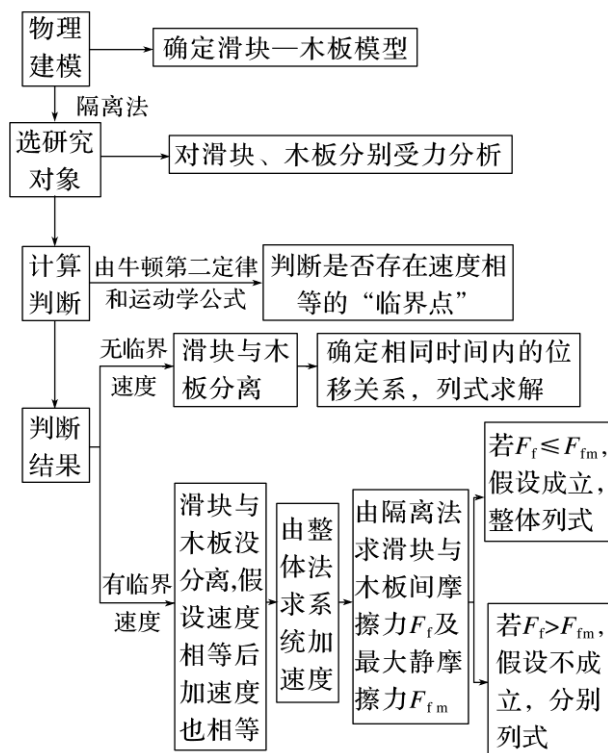
1. 模型特点: 滑块(视为质点)置于木板上, 滑块和木板均相对地面运动, 且滑块和木板在摩擦力的作用下发生相对滑动.
2. 位移关系: 如图所示, 滑块由木板一端运动到另一端的过程中, 滑块和木板同向运动时, 位移之差 $\Delta x = x_1 - x_2 = L$ (板长); 滑块和木板反向运动时, 位移大小之和 $x_2 + x_1 = L$.



3. 解题关键点

- (1) 由滑块与木板的相对运动来判断“板块”间的摩擦力方向.
- (2) 当滑块与木板速度相同时, “板块”间的摩擦力可能由滑动摩擦力转变为静摩擦力或者两者间不再有摩擦力(水平面上共同匀速运动).

4. 处理“板块”模型中动力学问题的流程



考向1 水平面上的板块问题

【例4】如图所示，在光滑的水平面上有一足够长的质量为 $M=4\text{ kg}$ 的长木板，在长木板右端有一质量为 $m=1\text{ kg}$ 的小物块，长木板与小物块间的动摩擦因数为 $\mu=0.2$ ，长木板与小物块均静止，现用 $F=14\text{ N}$ 的水平恒力向右拉长木板，经时间 $t=1\text{ s}$ 撤去水平恒力 F ， g 取 10 m/s^2 ，则：



- (1)在 F 的作用下，长木板的加速度为多大？
- (2)刚撤去 F 时，小物块离长木板右端多远？
- (3)最终长木板与小物块一起以多大的速度匀速运动？
- (4)最终小物块离长木板右端多远？

答案 (1) 3 m/s^2 (2) 0.5 m (3) 2.8 m/s (4) 0.7 m

解析 (1)对长木板，根据牛顿第二定律可得 $a = \frac{F - \mu mg}{M}$

解得 $a = 3\text{ m/s}^2$

(2)撤去 F 之前，小物块只受摩擦力作用

故 $a_m = \mu g = 2\text{ m/s}^2$

$$\Delta x_1 = \frac{1}{2}at^2 - \frac{1}{2}a_mt^2 = 0.5 \text{ m}$$

(3)刚撤去 F 时 $v = at = 3 \text{ m/s}$, $v_m = a_mt = 2 \text{ m/s}$

撤去 F 后, 长木板的加速度 $a' = \frac{\mu mg}{M} = 0.5 \text{ m/s}^2$

最终速度 $v' = v_m + a_mt' = v - a' t'$

解得共同速度 $v' = 2.8 \text{ m/s}$

(4)在 t' 内, 小物块和长木板的相对位移 $\Delta x_2 = \frac{v^2 - v'^2}{2a'} - \frac{v'^2 - v_m^2}{2a_m}$

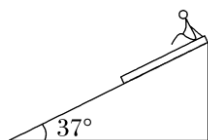
解得 $\Delta x_2 = 0.2 \text{ m}$

最终小物块离长木板右端 $x = \Delta x_1 + \Delta x_2 = 0.7 \text{ m}$.

考向 2 斜面上的板块问题

【例 5】(多选)滑沙运动是小孩比较喜欢的一项运动, 其运动过程可类比为如图所示的模型,

倾角为 37° 的斜坡上有长为 1 m 的滑板, 滑板与沙间的动摩擦因数为 $\frac{21}{40}$. 小孩(可视为质点)坐在滑板上端, 与滑板一起由静止开始下滑, 小孩与滑板之间的动摩擦因数取决于小孩的衣料, 假设图中小孩与滑板间的动摩擦因数为 0.4 , 小孩的质量与滑板的质量相等, 斜坡足够长, $\sin 37^\circ = 0.6$, $\cos 37^\circ = 0.8$, g 取 10 m/s^2 , 则下列判断正确的是()



- A. 小孩在滑板上下滑的加速度大小为 2 m/s^2
- B. 小孩和滑板脱离前滑板的加速度大小为 0.8 m/s^2
- C. 经过 1 s 的时间, 小孩离开滑板
- D. 小孩离开滑板时的速度大小为 0.8 m/s

答案 BC

解析 对小孩, 由牛顿第二定律得, 加速度大小为 $a_1 = \frac{mg \sin 37^\circ - \mu_1 mg \cos 37^\circ}{m} = 2.8 \text{ m/s}^2$, 同

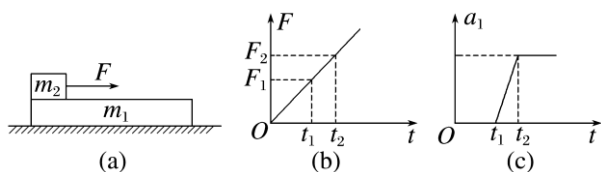
理对滑板, 加速度大小为 $a_2 = \frac{mg \sin 37^\circ + \mu_1 mg \cos 37^\circ - 2\mu_2 mg \cos 37^\circ}{m} = 0.8 \text{ m/s}^2$, A 错误, B

正确; 小孩刚与滑板分离时, 有 $\frac{1}{2}a_1 t^2 - \frac{1}{2}a_2 t^2 = L$, 解得 $t = 1 \text{ s}$, 离开滑板时小孩的速度大小为

$v = a_1 t = 2.8 \text{ m/s}$, D 错误, C 正确.

考向 3 板块问题中的动力学图像问题

【例 6】(多选)(2021·全国乙卷·21)水平地面上有一质量为 m_1 的长木板, 木板的左边上有一质量为 m_2 的物块, 如图(a)所示. 用水平向右的拉力 F 作用在物块上, F 随时间 t 的变化关系如图(b)所示, 其中 F_1 、 F_2 分别为 t_1 、 t_2 时刻 F 的大小. 木板的加速度 a_1 随时间 t 的变化关系如图(c)所示. 已知木板与地面间的动摩擦因数为 μ_1 , 物块与木板间的动摩擦因数为 μ_2 , 假设最大静摩擦力均与相应的滑动摩擦力相等, 重力加速度大小为 g . 则()



- A. $F_1 = \mu_1 m_1 g$
 B. $F_2 = \frac{m_2(m_1 + m_2)}{m_1}(\mu_2 - \mu_1)g$
 C. $\mu_2 > \frac{m_1 + m_2}{m_2} \mu_1$
 D. 在 $0 \sim t_2$ 时间段物块与木板加速度相等

答案 BCD

解析 由题图(c)可知, t_1 时刻物块、木板一起刚要在水平地面滑动, 物块与木板相对静止, 此时以整体为研究对象有 $F_1 = \mu_1(m_1 + m_2)g$, 故 A 错误;

由题图(c)可知, t_2 时刻物块与木板刚要发生相对滑动, 以整体为研究对象, 根据牛顿第二定律,

$$F_2 - \mu_1(m_1 + m_2)g = (m_1 + m_2)a$$

以木板为研究对象, 根据牛顿第二定律,

$$\mu_2 m_2 g - \mu_1(m_1 + m_2)g = m_1 a > 0$$

$$\text{解得 } F_2 = \frac{m_2(m_1 + m_2)}{m_1}(\mu_2 - \mu_1)g$$

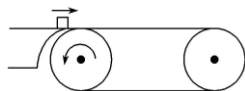
$$\mu_2 > \frac{m_1 + m_2}{m_2} \mu_1, \text{ 故 B、C 正确;}$$

由题图(c)可知, $0 \sim t_2$ 时间段物块与木板相对静止, 所以有相同的加速度, 故 D 正确.

课时精练

✓ 必备基础练

1. 某工厂检查立方体工件表面光滑程度的装置如图所示, 用弹簧将工件弹射到反向转动的水平皮带传送带上, 恰好能传送到另一端是合格的最低标准. 假设皮带传送带的长度为 10 m 、运行速度是 8 m/s , 工件刚被弹射到传送带左端时的速度是 10 m/s , 取重力加速度 $g=10\text{ m/s}^2$. 下列说法正确的是()

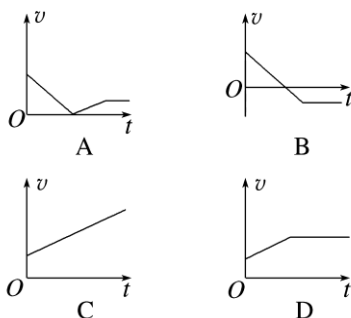
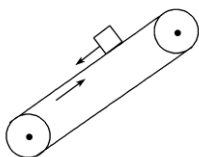


- A. 工件与皮带间动摩擦因数不大于 0.32 才为合格
- B. 工件被传送到另一端的最长时间是 2 s
- C. 若工件不被传送过去, 返回的时间与正向运动的时间相等
- D. 若工件不被传送过去, 返回到出发点的速度为 10 m/s

答案 B

解析 工件恰好传送到右端, 有 $0 - v_0^2 = -2\mu gL$, 代入数据解得 $\mu = 0.5$, 工件与皮带间动摩擦因数不大于 0.5 才为合格, 此过程用时 $t = \frac{v_0}{\mu g} = 2\text{ s}$, 故 A 错误, B 正确; 若工件不被传送过去, 当反向运动时, 工件先加速到 8 m/s , 然后再匀速运动, 所以返回的时间大于正向运动的时间, 返回到出发点的速度为 8 m/s , 故 C、D 错误.

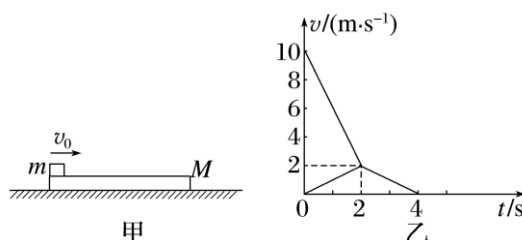
- 2.(多选)如图, 一足够长的倾斜传送带顺时针匀速转动. 一小滑块以某初速度沿传送带向下运动, 滑块与传送带间的动摩擦因数恒定, 最大静摩擦力等于滑动摩擦力, 则其速度 v 随时间 t 变化的图像可能是()



答案 BC

解析 设传送带倾角为 θ , 动摩擦因数为 μ , 滑块质量为 m , 若 $mg\sin\theta > \mu mg\cos\theta$, 滑块所受合力沿传送带向下, 小滑块向下做匀加速运动; 若 $mg\sin\theta = \mu mg\cos\theta$, 小滑块沿传送带方向所受合力为零, 小滑块匀速下滑; 若 $mg\sin\theta < \mu mg\cos\theta$, 小滑块所受合力沿传送带向上, 小滑块做匀减速运动, 当速度减为零时, 开始反向加速, 当加速到与传送带速度相同时, 因为最大静摩擦力大于小滑块重力沿传送带向下的分力, 故小滑块随传送带做匀速运动, A、D 错误, B、C 正确.

3. (多选)如图甲所示, 水平地面上静止放置一质量为 M 的木板, 木板的左端有一个可视为质点的、质量 $m=1\text{ kg}$ 的滑块. 现给滑块一向右的初速度 $v_0=10\text{ m/s}$, 此后滑块和木板在水平地面上运动的速度图像如图乙所示, 滑块最终刚好停在木板的右端, 取 $g=10\text{ m/s}^2$. 下列说法正确的是()



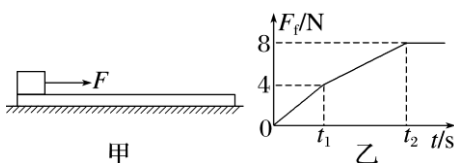
- A. 滑块与木板间的动摩擦因数 $\mu_1=0.4$
- B. 木板与地面间的动摩擦因数 $\mu_2=0.1$
- C. 木板的长度 $L=4\text{ m}$
- D. 木板的质量 $M=1.5\text{ kg}$

答案 ABD

解析 由题图乙知, 滑块刚滑上木板时加速度 $a_1 = \frac{\Delta v_1}{\Delta t_1} = \frac{2-10}{2-0}\text{ m/s}^2 = -4\text{ m/s}^2$, 由 $ma_1 = -\mu_1 mg$ 得 $\mu_1 = 0.4$, A 正确; 2 s 后滑块与木板一起做匀减速直线运动, 加速度 $a_3 = \frac{\Delta v_2}{\Delta t_2} = \frac{0-2}{4-2}\text{ m/s}^2 = -1\text{ m/s}^2$, 由 $(m+M)a_3 = -\mu_2(m+M)g$ 得 $\mu_2 = 0.1$, B 正确; 木板的长度为 0~2 s 内滑块与木板的 $v-t$ 图线与时间轴所围面积差, $L = \frac{1}{2} \times 10 \times 2\text{ m} = 10\text{ m}$, C 错误; 0~2 s 内木板的加速度 $a_2 = \frac{\Delta v_1'}{\Delta t_1} = \frac{2-0}{2-0}\text{ m/s}^2 = 1\text{ m/s}^2$, 对 M 有 $\mu_1 mg - \mu_2(M+m)g = Ma_2$, 解得 $M = 1.5\text{ kg}$, D 正确.

4. (多选)如图甲所示, 一滑块置于足够长的长木板左端, 木板放置在水平地面上. 已知滑块

和木板的质量均为 2 kg ，现在滑块上施加一个 $F=0.5t\text{ (N)}$ 的变力作用，从 $t=0$ 时刻开始计时，滑块所受摩擦力随时间变化的关系如图乙所示。设最大静摩擦力与滑动摩擦力相等，重力加速度 g 取 10 m/s^2 ，则下列说法正确的是()



- A. 滑块与木板间的动摩擦因数为 0.4
- B. 木板与水平地面间的动摩擦因数为 0.2
- C. 图乙中 $t_2=24\text{ s}$
- D. 木板的最大加速度为 2 m/s^2

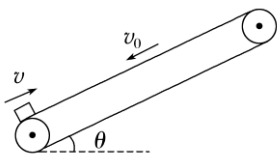
答案 ACD

解析 由题图乙可知，滑块与木板之间的滑动摩擦力为 8 N ，则滑块与木板间的动摩擦因数为 $\mu = \frac{F_{\text{fm}}}{mg} = \frac{8}{20} = 0.4$ ，选项 A 正确。由题图乙可知 t_1 时刻木板相对地面开始滑动，此时滑块

与木板相对静止，则木板与水平地面间的动摩擦因数为 $\mu' = \frac{F_f'}{2mg} = \frac{4}{40} = 0.1$ ，选项 B 错误。 t_2

时刻，滑块与木板将要发生相对滑动，此时滑块与木板间的摩擦力达到最大静摩擦力 $F_{\text{fm}} = 8\text{ N}$ ，此时两物体的加速度相等，且木板的加速度达到最大，则对木板： $F_{\text{fm}} - \mu' \cdot 2mg = ma_m$ ，解得 $a_m = 2\text{ m/s}^2$ ；对滑块： $F - F_{\text{fm}} = ma_m$ ，解得 $F = 12\text{ N}$ ，则由 $F = 0.5t\text{ (N)}$ 可知， $t_2 = 24\text{ s}$ ，选项 C、D 正确。

5. (多选)如图所示，足够长的传送带与水平面夹角 $\theta=30^\circ$ ，以恒定的速度 $v_0=3\text{ m/s}$ 逆时针匀速转动，小炭块以初速度 $v=6\text{ m/s}$ 沿平行于传送带方向从传送带底端滑上传送带，小炭块与传送带间的动摩擦因数 $\mu=\frac{\sqrt{3}}{6}$ ，取重力加速度 $g=10\text{ m/s}^2$ ，下列说法正确的是()



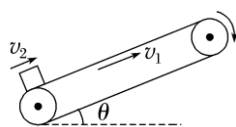
- A. 小炭块刚滑上传送带时的加速度大小为 7.5 m/s^2
- B. 小炭块在传送带上向上滑行的最远距离为 4.8 m
- C. 传送带上留下的炭块痕迹长度为 5.4 m
- D. 小炭块从滑上传送带到返回传送带底端一共用时 1.8 s

答案 AC

解析 小炭块刚滑上传送带时的加速度大小为 $a_1 = g \sin 30^\circ + \mu g \cos 30^\circ = 7.5 \text{ m/s}^2$, 选项 A 正确; 小炭块一开始在传送带上向上做匀减速直线运动, 当速度减为 0 时, 向上滑行的距离最远, 最远距离为 $x_m = \frac{v^2}{2a_1} = \frac{6^2}{2 \times 7.5} \text{ m} = 2.4 \text{ m}$, 向上减速时间为 $t_1 = \frac{v}{a_1} = \frac{6}{7.5} \text{ s} = 0.8 \text{ s}$, 选项 B 错误; 小炭块向下加速时的加速度为 $a_2 = a_1 = 7.5 \text{ m/s}^2$, 所以加速到与传送带共速所需时间为 $t_2 = \frac{v_0}{a_2} = \frac{3}{7.5} \text{ s} = 0.4 \text{ s}$, 位移为 $x_2 = \frac{v_0}{2} t_2 = \frac{3}{2} \times 0.4 \text{ m} = 0.6 \text{ m}$, 小炭块与传送带共速后, 由于 $\mu = \frac{\sqrt{3}}{6} < \tan 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{3}$, 所以小炭块继续向下加速的加速度为 $a_3 = g \sin 30^\circ - \mu g \cos 30^\circ = 2.5 \text{ m/s}^2$, 所以小炭块继续向下直到到达传送带底端有 $x_m - x_2 = v_0 t_3 + \frac{1}{2} a_3 t_3^2$, 解得 $t_3 = \frac{6}{5}(\sqrt{2} - 1) \text{ s}$, 总用时 $t = t_1 + t_2 + t_3 = \frac{6}{5} \sqrt{2} \text{ s}$, 经分析可知传送带上留下的炭块痕迹长度为 $s = (x_m + v_0 t_1) + (v_0 t_2 - x_2) = 5.4 \text{ m}$, 选项 C 正确, D 错误.

能力综合练

6.(2022·广东深圳市第七高级中学高三月考)如图所示, 倾角为 $\theta = 37^\circ$ 的传送带以速度 $v_1 = 2 \text{ m/s}$ 顺时针匀速转动. 一小物块以 $v_2 = 8 \text{ m/s}$ 的速度从传送带的底端滑上传送带. 已知小物块与传送带间的动摩擦因数 $\mu = 0.5$, 传送带足够长, 取 $\sin 37^\circ = 0.6$, $\cos 37^\circ = 0.8$, $g = 10 \text{ m/s}^2$, 求:



- (1) 小物块向上运动的最远距离;
- (2) 小物块回到底端时的速度大小;
- (3) 小物块从放上传送带到回到底端时所经历的时间.

答案 (1) 4 m (2) 4 m/s (3) 3.6 s

解析 (1) 由于物块的速度大于传送带的速度, 所以物块相对传送带向上运动, 根据牛顿第二定律有 $mg \sin \theta + \mu mg \cos \theta = ma_1$

代入数据解得 $a_1 = 10 \text{ m/s}^2$, 方向沿传送带向下

设物块减速到与传送带共速需要的时间为 t_1 , 有 $t_1 = \frac{v_1 - v_2}{-a_1} = 0.6 \text{ s}$

在这个阶段物块运动位移 $x_1 = \frac{v_1 + v_2}{2} t_1 = 3 \text{ m}$

由于物块所受重力沿传送带方向的分力大于滑动摩擦力，因此物块相对传送带向下运动，受到的滑动摩擦力沿传送带向上，根据牛顿第二定律有 $mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta = ma_2$

代入数据解得 $a_2 = 2 \text{ m/s}^2$ ，方向沿传送带向下

最后减速到速度为零需要的时间为 t_2 ，

$$\text{有 } t_2 = \frac{v_1}{a_2} = 1 \text{ s}$$

在这个阶段物块运动位移 $x_2 = \frac{v_1}{2} t_2 = 1 \text{ m}$

小物块向上滑行的最远距离为 $x_m = x_1 + x_2 = 4 \text{ m}$

(2)小物块之后向下加速运动直到回到底端，加速度 $a_2 = 2 \text{ m/s}^2$

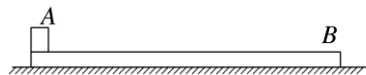
$$\text{由 } v_3^2 - 0 = 2a_2 x_m$$

得回到底端的速度 $v_3 = 4 \text{ m/s}$

(3)向下加速运动直到回到底端的时间为 t_3 ，有 $t_3 = \frac{v_3}{a_2} = 2 \text{ s}$

小物块从放上传送带到回到底端时所经历的时间 $t = t_1 + t_2 + t_3 = 3.6 \text{ s}$ 。

7. 如图所示，放在水平地面上的长木板 B 长为 3 m ，质量为 $m = 2 \text{ kg}$ ， B 与地面间的动摩擦因数为 $\mu_1 = 0.2$ 。一质量为 $M = 3 \text{ kg}$ 的小铅块 A 放在 B 的左端， A 、 B 之间动摩擦因数为 $\mu_2 = 0.4$ 。刚开始 A 、 B 均静止，现使 A 以 5 m/s 的初速度向右运动($g = 10 \text{ m/s}^2$)，求：



(1) A 、 B 刚开始运动时的加速度；

(2) B 在地面上滑行的最大距离。

答案 (1) 4 m/s^2 ，方向向左 1 m/s^2 ，方向向右 (2) 0.75 m

解析 (1)对小铅块受力分析有 $F_{f1} = \mu_2 Mg = 12 \text{ N}$

对整体受力分析有 $F_{f2} = \mu_1 (M + m)g = 10 \text{ N}$

根据牛顿第二定律得， A 的加速度为

$$a_1 = \frac{F_{f1}}{M} = 4 \text{ m/s}^2, \text{ 方向向左}$$

$$B \text{ 的加速度为 } a_2 = \frac{F_{f1} - F_{f2}}{m} = 1 \text{ m/s}^2, \text{ 方向向右}$$

(2)当 A 、 B 的速度相同时, 两者不发生相对滑动. 有 $v_0 - a_1 t = a_2 t$

$$\text{所以 } t = \frac{v_0}{a_1 + a_2} = 1 \text{ s}$$

$$\text{此过程 } A \text{ 的位移 } x_A = v_0 t - \frac{1}{2} a_1 t^2 = 3 \text{ m}$$

$$B \text{ 的位移 } x_B = \frac{1}{2} a_2 t^2 = 0.5 \text{ m}$$

$$\text{则 } A、B \text{ 的相对位移 } \Delta x = x_A - x_B = 2.5 \text{ m} < 3 \text{ m}$$

所以 A 不会从 B 上滑出

之后 A 、 B 一起做匀减速直线运动,

$$a_3 = \mu_1 g = 2 \text{ m/s}^2$$

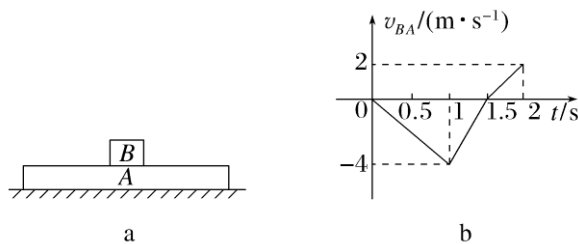
$$\text{此时的速度 } v = v_0 - a_1 t = 1 \text{ m/s}$$

$$A、B \text{ 一起运动的位移 } x_{AB} = \frac{v^2}{2a_3} = 0.25 \text{ m}$$

$$\text{所以 } B \text{ 滑行的距离 } x = x_B + x_{AB} = 0.75 \text{ m}.$$

✓ 素养提升练

8. (2021·湖北省1月选考模拟·15)如图 a, 在光滑水平面上放置一木板 A , 在 A 上放置物块 B , A 和 B 的质量均为 $m=1 \text{ kg}$. A 与 B 之间的动摩擦因数 $\mu=0.2$. $t=0$ 时刻起, 对 A 施加沿水平方向的力, A 和 B 由静止开始运动. 取水平向右为正方向, B 相对于 A 的速度用 $v_{BA}=v_B-v_A$ 表示, 其中 v_A 和 v_B 分别为 A 和 B 相对水平面的速度. 在 $0\sim 2 \text{ s}$ 时间内, 相对速度 v_{BA} 随时间 t 变化的关系如图 b 所示. 运动过程中 B 始终未脱离 A , 重力加速度取 $g=10 \text{ m/s}^2$. 求:



(1) $0\sim 2 \text{ s}$ 时间内, B 相对水平面的位移大小;

(2) $t=2 \text{ s}$ 时刻, A 相对水平面的速度.

答案 (1) 3.5 m (2) 0

解析 (1)由题知 B 始终未脱离 A ,

由 $v_{BA} - t$ 图像可知

0~1.5 s 内, $v_B < v_A$, B 在方向向右的摩擦力作用下向右匀加速运动, 1.5~2 s 内, $v_B > v_A$, B

在向左的摩擦力作用下向右匀减速运动, 对物块 B , 由牛顿第二定律, $\mu mg = ma$, 得 $a = \mu g$

$= 2 \text{ m/s}^2$, 则物块 B 在 1.5 s 时, $v_{1.5} = at_{1.5} = 3 \text{ m/s}$, $x_{1.5} = \frac{v_{1.5}}{2} t_{1.5} = 2.25 \text{ m}$

物块 B 在 $t = 2 \text{ s}$ 末, $v_2 = v_{1.5} - at_{0.5} = 2 \text{ m/s}$,

在 1.5~2 s 内位移 $x_2 = \frac{v_{1.5} + v_2}{2} t_{0.5} = 1.25 \text{ m}$

所以 B 相对水平面的位移

$$x_{B\text{总}} = x_{1.5} + x_2 = 3.5 \text{ m}.$$

(2)由图可知 $t = 2 \text{ s}$ 时, $v_{BA} = 2 \text{ m/s}$, 又此时 B 的速度

$$v_B = v_2 = 2 \text{ m/s}$$

由 $v_{BA} = v_B - v_A$ 得 $v_A = 0$.