

专题3 牛顿运动定律

考点11 牛顿运动定律的应用

1. D 【解析】惯性是物体的一种固有属性,只与质量有关,与运动状态无关,A 错误;油罐车加速前进时,油由于具有惯性要保持原来的状态,故液面前低后高,B 错误;油罐车减速前进时,油由于具有惯性要保持原来的状态,因此液面前高后低,C 错误;质量越小,惯性越小,因此挡板间油的质量相对小,可以有效减少变速时油的涌动,D 正确.

2. CD 【解析】开始时,小球静止,对小球受力分析,如图所示,由受力平衡可得, $T_1 =$

$$\frac{mg}{\cos \theta}, T_2 = mg \tan \theta, \text{若突然施加一个水平向}$$

左的力 F , 细线未断, 则细线的拉力发生变

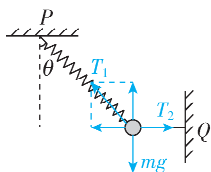
化, 小球所受合力仍为 0, 加速度为 $a=0$, A 错误; 突然施加一个水平

向右的力 F , 若此时细线上仍有拉力, 则拉力大小发生突变, 小球的合力为 0, 加速度为 0, 若细线上拉力减小为 0, 则由牛顿第二

定律得 $F - T_1 \sin \theta = ma$, 可知 $a \neq \frac{F}{m}$, B 错误; 若突然断开弹簧 I,

细线 II 的拉力突变为零, 则小球只受重力作用, 加速度为 $a=g$, C

正确; 若突然断开水平细线 II, 弹簧的弹力不变, 小球所受的合力为 $mg \tan \theta$, 由牛顿第二定律得小球的加速度 $a=g \tan \theta$, D 正确.



关键点拨

突然断开弹簧, 小球绕 Q 点做圆周运动, 细线上的力突变为零.

3. D 【解析】对甲图在突然撤去挡板的瞬间, 弹簧来不及形变, 即弹簧的弹力不变, A 球所受合力为零, 加速度为零, A 错误; 对甲图, 撤去挡板前, 对 A、B 整体, 根据平衡条件得 $F_{\text{板}} = 2mg \sin \theta$, 撤去挡板的瞬间, 弹簧的弹力不变, B 球所受的合力大小等于原来挡板的弹力大小, 对 B 球撤去挡板的瞬间, 根据牛顿第二定律得 $2mg \sin \theta = ma_1$, 解得 $a_1 = 2g \sin \theta$, B 错误; 对乙图, 撤去挡板瞬间对 A、B 整体, 根据牛顿第二定律得 $2mg \sin \theta = 2ma$, 解得 $a = g \cdot \sin \theta$, 对乙图撤去挡板瞬间, 假设轻杆的作用力不为零, 轻杆对 A 的作用力向上, 根据牛顿第二定律得, $mg \sin \theta - F'_{\text{杆}} = ma$, $F'_{\text{杆}} = 0$, 故乙图中轻杆的作用力一定为零, C 错误, D 正确.

关键点拨

撤去挡板的瞬间, 弹簧弹力不变, A、B 加速度不同, 用隔离法求加速度; 轻杆上的弹力发生突变, A、B 加速度相同, 用整体法求加速度.

4. BD 【解析】细线剪断前, 分析 B、C 的受力, 可得弹簧的弹力 $F' = 3mg + F$, 剪断细线的瞬间, 细线的拉力消失, 弹簧的弹力大小不变, 把 B、C 看成一个整体, 由牛顿第二定律得 $F' - 3mg = 3ma$, 则 $a = \frac{F}{3m}$, A 错误, B 正确; 分析 C 的受力, 由牛顿第二定律得

$$N_c - mg = ma, \text{则 } B \text{ 对 } C \text{ 的支持力为 } N_c = mg + ma = \frac{F}{3} + mg, \text{由牛顿}$$

第三定律知 C 对 B 的压力也为 $\frac{F}{3}+mg$, D 正确; 分析 A 的受力, 地面对 A 的支持力为 $N_A = F' + 2mg = 5mg + F$, 由牛顿第三定律得, A 物体对地面的压力也为 $5mg + F$, C 错误.

5. BD 【解析】剪断细线 CD 前, 对三球整体由牛顿第二定律可得

$$F - (m + 2m + 3m)g = (m + 2m + 3m)a, \text{ 解得 } a = \frac{1}{2}g, \text{ 以 } A、B \text{ 整体为}$$

研究对象, 由牛顿第二定律可得 $T - (m + 2m)g = (m + 2m)a$, 解得 $B、C$ 间细线的拉力大小为 $T = 4.5mg$, A 错误; 剪断细线 CD 的瞬间, 由于弹簧的弹力不会发生突变, A 球的受力情况不变, 故 A 球

的加速度大小仍为 $\frac{1}{2}g$, B 正确; 剪断细线 CD 的瞬间, 设 $B、C$ 间

细线的拉力大小为 T_1 , $B、C$ 共同加速度的大小为 a' , 方向竖直向下, $A、B$ 间弹簧的拉力大小为 T_2 , 由牛顿第二定律, 对 A 球, $T_2 - mg = ma$, 对 B 球, $T_2 + 2mg - T_1 = 2ma'$, 对 C 球, $3mg + T_1 = 3ma'$, 联

立解得 $a' = 1.3g$, $T_1 = \frac{9}{10}mg$, 故 C 错误, D 正确.

6. C 【解析】由图知, 完成题中描述的动作的时间为 $\Delta t = t_7 - t_1$, A 错误;

下蹲过程应先向下加速再向下减速, 此过程先失重再超重, 起立过程应先向上加速再向上减速, 起立过程先超重再失重, 根据图像可知, $t_1 \sim t_3$ 时间内均为向下加速, 故 t_2 时刻不是最低点, B 错误;

根据图像可知, 该同学的质量为 $m = \frac{500}{10} \text{ kg} = 50 \text{ kg}$, t_4 时刻的加

速度大小为 $a = \frac{F - mg}{m} = \frac{900 - 500}{50} \text{ m/s}^2 = 8 \text{ m/s}^2$, C 正确; 根据图像

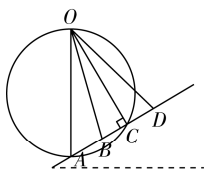
可知, $t_6 \sim t_7$ 时间内, 该同学正在向上做减速运动, D 错误.

7. B 【解析】缆车随倾斜直缆绳加速上行, 则行李的加速度方向斜

向上偏左, 行李具有水平向左的分加速度, 行李受到底板的摩擦力方向水平向左, 行李具有竖直向上的分加速度, 行李处于超重状态, 行李受到底板竖直向上的支持力大于行李的重力, $A、C$ 错误, B 正确; 行李的加速度方向沿缆绳斜向上, 则行李受到底板作用力可分解为两个分力, 其中一个分力与重力平衡, 方向竖直向上, 另一个分力提供加速度, 方向沿缆绳斜向上, 则行李受到底板作用力的方向不是沿缆绳斜向上的, D 错误.

8. ABD 【解析】以 OA 为直径画圆, 由等时圆

模型, 对小滑环分析, 受重力和支持力, 将重力沿杆和垂直杆的方向正交分解, 由牛顿第二定律得小滑环做初速度为零的匀加速直线运动, 加速度为 $a = g \cos \theta$ (θ 为杆与竖直方向的夹角), 由图



知, 小滑环的位移为 $x = 2R \cos \theta$, 所以 $t = \sqrt{\frac{2x}{a}} = \sqrt{\frac{4R \cos \theta}{g \cos \theta}} =$

$\sqrt{\frac{4R}{g}}$, t 与 θ 无关, 可知从图上最高点沿任意一条弦滑到圆周上

所用时间相同, 故沿 OA 和 OC 滑到斜面上的时间相同, 即 $t_1 = t_3$,

OB 不是一条完整的弦, 时间最短, 即 $t_1 > t_2$, OD 长度超过一条弦,

时间最长, 即 $t_2 < t_1 = t_3 < t_4$, $A、B、D$ 正确, C 错误.

9. C 【解析】物块初始能匀速下滑, 斜面长度为 8 m , 由平衡条件

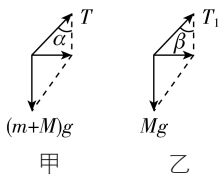
得, $mg \sin 30^\circ = \mu mg \cos 30^\circ$, 施加压力 F 后, 滑动摩擦力增大, 物块

受到的合力向上,物块沿斜面向下做减速运动,由牛顿第二定律得, $\mu(mg\cos 30^\circ+F)-mg\sin 30^\circ=ma$,解得 $a=\frac{4}{3}\sqrt{3}\text{ m/s}^2$,减速时间 $t=\frac{v}{a}=\sqrt{3}\text{ s}$,减速位移 $x=\frac{vt}{2}=2\sqrt{3}\text{ m}$,减速为零后物块静止在斜面上,距离斜面底端 $\Delta x=8-2\sqrt{3}(\text{m})>3\text{ m}$,C 正确,A、B、D 错误.

- 10. AC** 【解析】设①③与水平面的夹角为 θ ,②④与水平面的夹角为 α ,在①③上下滑加速度为 a_1 ,在②④上下滑加速度为 a_2 ,由牛顿第二定律得 $mg\sin \theta-\mu mg\cos \theta=ma_1$, $mg\sin \alpha-\mu mg\cos \alpha=ma_2$,由题图乙可知 $\alpha>\theta$,则 $a_1<a_2$,在②板下滑的加速度大于在③板下滑的加速度,A 正确;②板和③板长度相同,小孩加速运动,在②板运动的平均速度小于③板,则在②板下滑的时间大于在③板下滑的时间,B 错误;由速度—位移公式 $v_A^2=2a_1L+2a_2L$,解得 $v_A=\sqrt{2L(a_1+a_2)}$, $v_B^2=4a_1L+4a_2L$,解得 $v_B=2\sqrt{L(a_1+a_2)}$,则 $v_A>\frac{v_B}{2}$,C 正确,D 错误.

考点 12 连接体问题

- 1. C** 【解析】对两个小球整体分析,受到轻绳的拉力和重力,合力水平向右,如图甲所示,由牛顿第二定律得 $(m+M)g\tan \alpha=(m+M)a$,解得 $\tan \alpha=\frac{a}{g}$,对较重小球分



析,受到轻绳的拉力和重力,合力水平向右,如图乙所示,由牛顿第二定律得 $Mg\tan \beta=Ma$,解得 $\tan \beta=\frac{a}{g}$,则 $\alpha=\beta$,即两段轻绳与竖直方向的夹角相同,C 正确,A、B、D 错误.

- 2. A** 【解析】换位位置前,根据牛顿第二定律得 $m_Pg-T_1=m_Pa$, $T_1=m_Qa$,联立解得 $T_1=\frac{m_Pm_Q}{m_P+m_Q}g$,同理,位置互换后可得 $T_2=\frac{m_Pm_Q}{m_P+m_Q}\cdot g$,则 $T_1=T_2$,A 正确,B、C、D 错误.

- 3. D** 【解析】用挡板托住物体 B 使 A、B 保持静止,此时拉力传感器的示数为 10 N,分析滑轮受力,由平衡条件得,绳子上的拉力为 5 N,对 A 分析,由平衡条件得,A 的重力为 $m_Ag=5\text{ N}$,质量为 $m_A=0.5\text{ kg}$,撤去挡板后,分析滑轮受力,由平衡条件得,绳子上的拉力为 $T=\frac{15}{2}\text{ N}=7.5\text{ N}$,分析物体 A 受力,由牛顿第二定律

得,A 的加速度为 $a=\frac{(T-m_Ag)}{m_A}=5\text{ m/s}^2$,对物体 B,加速度大小与

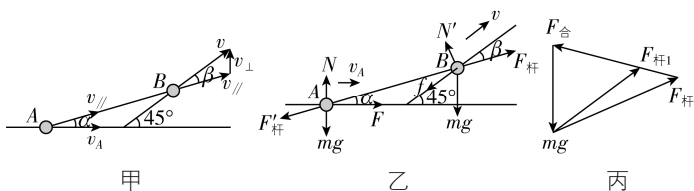
A 加速度大小相同,为 5 m/s^2 ,方向向下,由牛顿第二定律得, $m_Bg-T=m_Ba$,解得 B 的质量为 $m_B=1.5\text{ kg}$,D 正确,A、B、C 错误.

- 4. D** 【解析】假设没有细线,由牛顿第二定律得 $mg\sin \theta-\mu mg\cos \theta=ma$,解得 $a=g\sin \theta-\mu g\cos \theta$,若 $\mu_1>\mu_2$,则 $a_1<a_2$,所以若有细线,细线处于拉直状态,物块 1、2 运动情况相同,加速度相同,即此时 $a_1=a_2$,A、B 错误;由以上分析可知,若 $\mu_1<\mu_2$,则 $a_1>a_2$,此时若有细线,细线处于未伸直状态,二者不受细线作用力,故此时 $a_1>a_2$,C 错误,D 正确.

- 5. A** 【解析】对小球进行受力分析,若 $\alpha=\theta$,则小球受到的拉力为

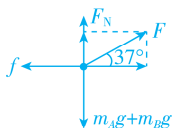
$mg\cos\theta$, C 错误; 小球受到的合力为 $F_{\text{合}} = mg\sin\alpha$, 若 $\alpha = \theta$, 则 $F_{\text{合}} = mg\sin\theta = ma$, 即 $a = g\sin\theta$, D 错误; 根据 D 选项知, 若 $\alpha = \theta$, 整体的加速度为 $a = g\sin\theta$, 以整体为研究对象, 设整体质量为 M , 沿斜面方向根据牛顿第二定律得, $Mg\sin\theta - f = Ma$, 解得 $f = 0$, 即斜面光滑; 若斜面粗糙, 则整体的加速度减小, $g\sin\theta - \mu g\cos\theta = g\sin\alpha$, 所以 $\alpha < \theta$, B 错误, A 正确.

- 6. B 【解析】** 设小球 B 沿斜面向上做匀速运动的速度为 v , 某时刻小球 B 在斜面上时设杆与水平面的夹角为 α , 与斜面的夹角为 β , B 沿斜面向上运动的过程中, α 增大, β 减小, 又沿杆方向小球的速度相等, 如图甲所示, 故有 $v_A \cdot \cos\alpha = v \cdot \cos\beta$, 故 v_A 增大, 故 A 错误, B 正确; 分别对小球 A 、 B 受力分析, 如图乙所示, 小球 B 处于平衡状态, 摩擦力与支持力的合力方向不变, 设为 $F_{\text{合}}$, 看作三力平衡, 又杆与水平方向的夹角由零开始增大, 最大为 45° , 如图丙所示, 分析知 $F_{\text{杆}}$ 减小, 再对小球 A , 根据牛顿第二定律 $F - F'_{\text{杆}} \cdot \cos\alpha = ma$, $F_{\text{杆}} = F'_{\text{杆}}$, 联立解得小球 A 的加速度变大, 故 C、D 错误.



- 7. D 【解析】** 设小火车从左向右运动, 当小火车匀速行驶时, 乘客受到座椅的作用力方向竖直向上, 当小火车加速行驶时, 乘客受到座椅的作用力斜向右上, 当小火车减速行驶时, 乘客受到座椅的作用力斜向左上, A 错误; 由整体法和隔离法得, $F - 5nmg = 5ma$, $-nmg = ma$, 解得 $F = 0$, B 错误; 小火车依靠自身阻力减速的加速度为 $a = \frac{5nmg}{5m} = ng < 2ng$, 即减速过程, 牵引力向后, 设第一节车厢对车头的作用力为 F' , 由整体法和隔离法得, $F + 5nmg = 5m \cdot 2ng$, $F + F' + 2nmg = 2m \cdot 2ng$, 解得 $F' = -3nmg$, 负号表示 F' 的方向向前, C 错误; 第三节车厢脱离前, 由整体法和隔离法得, $F - 5nmg = 5ma$, $F_{12} - 2nmg = 2ma$, 第三节车厢脱离后, 由整体法和隔离法得, $F - 4nmg = 4ma'$, $F'_{12} - nmg = ma'$, 解得 $F_{12} = \frac{2}{5}F$, $F'_{12} = \frac{F}{4}$, 与脱离前相比较, 脱离后第一节车厢和第二节车厢连接处的作用力将变小, D 正确.

- 8. B 【解析】** 把两个物块看成一个整体, 受力分析如图所示, 由牛顿第二定律得 $F\cos 37^\circ - \mu(m_Ag + m_Bg - F\sin 37^\circ) = (m_A + m_B)a$, 解得加速度为 $a = 1.58 \text{ m/s}^2$, 分析物块 A , 由牛顿第二定律得, $F_{\text{弹}} - \mu m_Ag = m_Aa$, $F_{\text{弹}} = kx$, 解得弹簧的伸长量为 $x = 5.16 \text{ cm}$, B 正确, A、C、D 错误.



- 9. C 【解析】** 物体 A 静止, 受力平衡, 受到弹簧的拉力为 5 N , 所以物体 A 受到向左的摩擦力大小也为 5 N , 物体 A 与小车的上表面间的最大静摩擦力 $F_{\text{max}} \geq 5 \text{ N}$, 若小车向右加速, 加速度为 1 m/s^2 , 则物体 A 所受合力 $F_{\text{合}} = ma = 10 \text{ N}$, 此时小车对物体 A 的摩擦力为 5 N , 方向向右, 且为静摩擦力, 所以物体 A 相对于小车

仍然静止,A、B 错误,C 正确;物体 A 相对于小车仍然静止,则受到的弹簧的拉力大小不变,D 错误.

- 10. CD** 【解析】质量为 $2m$ 的木块受重力、支持力、质量为 m 的木块对它的压力以及摩擦力,还有弹簧的弹力,总共 5 个力,故 A 错误;当 F 逐渐增大到 T 时,三个木块的加速度 $a = \frac{T}{6m}$,弹簧弹力 $F_{\text{弹}} = 3ma = \frac{1}{2}T$,则弹簧形变量为 $\Delta x = \frac{F_{\text{弹}}}{k} = \frac{T}{2k}$,轻弹簧的长度大于 $\frac{T}{2k}$,故 B 错误;当弹簧的弹力为 T 时,质量为 m 和 $2m$ 的木块加速度为 $a' = \frac{T}{3m}$,对整体分析,拉力为 $F = 6ma' = 2T$,当拉力为 $2T$ 时,轻弹簧恰好被拉断,所以拉力为 $1.5T$ 时,轻弹簧还不会被拉断,故 C 正确;撤去 F 的瞬间,弹簧的弹力不变,质量为 m 和 $2m$ 的木块整体的加速度不变,对质量为 m 的木块分析,根据牛顿第二定律知,其所受的摩擦力大小和方向都不变,故 D 正确.

- 11. A** 【解析】第一种情形下,对整体分析,有 $F = (m_a + m_b) a_1$,分析 b ,有 $F_{\text{弹}1} = m_b a_1$,解得 $a_1 = \frac{F}{m_a + m_b}$, $F_{\text{弹}1} = m_b \frac{F}{m_a + m_b}$,第二种情形下,对整体分析,有 $F - (m_a + m_b) g \sin \theta = (m_a + m_b) a_2$,分析 b ,有 $F_{\text{弹}2} - m_b g \sin \theta = m_b a_2$,可得 $a_2 = \frac{F - (m_a + m_b) g \sin \theta}{m_a + m_b}$, $F_{\text{弹}2} = m_b \frac{F}{m_a + m_b}$,第三种情形下,对整体分析,有 $F - (m_a + m_b) g = (m_a + m_b) a_3$,分析 b ,有 $F_{\text{弹}3} - m_b g = m_b a_3$,可得 $a_3 = \frac{F - (m_a + m_b) g}{m_a + m_b}$, $F_{\text{弹}3} = m_b \frac{F}{m_a + m_b}$,综上所述可得, $a_1 > a_2 > a_3$, $F_{\text{弹}1} = F_{\text{弹}2} = F_{\text{弹}3}$,即弹簧弹力相同,由 $F_{\text{弹}} = kx$,得 $x_1 = x_2 = x_3$,A 正确,B、C、D 错误.

考点 13 板块、动斜面问题

- 1. D** 【解析】球与斜面具有共同的加速度,由牛顿第二定律知球所受合力方向水平向右,若竖直挡板对球的弹力为零,对球受力分析,球受到自身的重力,无论此时球是否受到斜面对球的垂直斜面向上的弹力,其合力方向不可能沿水平向右,同理,若斜面对球的弹力为零,球受到重力,无论此时是否受到竖直挡板对球的水平向右的弹力,合力方向也不可能沿水平向右,A、B 错误;根据牛顿第二定律知球所受合力方向水平向右,故斜面和挡板对球的弹力及球受到的重力的合力等于 ma ,C 错误;球所受合力方向水平向右,球受到重力,斜面对球的弹力 F_{N1} 和挡板对球的弹力 F_{N2} ,设斜面倾角为 θ ,根据牛顿第二定律,竖直方向有 $F_{N1} \cos \theta = mg$,水平方向有 $F_{N2} - F_{N1} \sin \theta = ma$,联立解得挡板对球的弹力 $F_{N2} = mg \tan \theta + ma$ 为一定值,D 正确.
- 2. B** 【解析】将小球和斜面体看成整体进行受力分析,由受力平衡和牛顿第二定律得, $F_N = (M+m)g$, $F - F_f = (M+m)a$,又 $F_f = \mu F_N$,故水平恒力大小为 $F = \mu(M+m)g + (M+m)a$,地面对斜面体的摩擦力为 $F_f = \mu(M+m)g$,A 错误,B 正确;对小球受力分析,由受力平衡和牛顿第二定律得, $F'_N \cos \theta + F_{\text{弹}} \sin \theta = mg$, $F_{\text{弹}} \cos \theta - F'_N \sin \theta = ma$,解得 $F'_N = mg \cos \theta - ma \sin \theta$, $F_{\text{弹}} = mg \sin \theta + ma \cos \theta$,根据胡克定律

知,弹簧的形变量为 $x = \frac{F_{\text{弹}}}{k} = \frac{mg \sin \theta + ma \cos \theta}{k}$, C、D 错误.

- 3. AD 【解析】**对长木板,由牛顿第二定律得 $\mu \cdot 2mg = ma$,解得长木板在运动过程中的加速度大小 $a = 2\mu g$, A 正确;长木板运动的时间 $t = \frac{v_0}{a} = \frac{v_0}{2\mu g}$, B 错误;木块从长木板的最右端脱离时,木块的位移 $x_1 = v_0 t = \frac{v_0^2}{2\mu g}$, C 错误;木块从长木板的最右端脱离时,长木板的位移 $x_2 = \frac{v_0 t}{2} = \frac{v_0^2}{4\mu g}$,木板的长度为 $L = x_1 - x_2 = \frac{v_0^2}{4\mu g}$, D 正确.

- 4. AC 【解析】**物体 A 滑上小车 B 后做匀减速直线运动,对物体 A 分析有 $\mu m_A g = m_A a_A$,由 $v-t$ 图像可得 $a_A = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \left| \frac{1-4}{1} \right| \text{ m/s}^2 = 3 \text{ m/s}^2$,联立解得 $\mu = 0.3$,故 A 正确;对小车 B 分析有 $\mu m_A g = m_B a_B$,由 $v-t$ 图像可得 $a_B = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \left| \frac{1-0}{1} \right| \text{ m/s}^2 = 1 \text{ m/s}^2$,联立解得 $\frac{m_A}{m_B} = \frac{1}{3}$,故 B 错误;小车 B 的最小长度为物体 A 在小车 B 上的最大相对滑动位移,则有 $L_{\min} = s_A - s_B = \frac{4+1}{2} \times 1 \text{ m} - \frac{0+1}{2} \times 1 \text{ m} = 2 \text{ m}$,故 C 正确;如果仅增大物体 A 的质量,物体 A 的加速度保持不变,但是小车 B 的加速度增大,所以两者达到共速的时间减小了,则物体 A 在小车 B 上的相对滑动位移减小,所以物体 A 不可能冲出去,故 D 错误.

- 5. ABD 【解析】**根据牛顿第二定律得,木块的加速度为 $a_1 = \frac{F - \mu mg}{m} = \frac{F}{m} - \mu g$,木板的加速度为 $a_2 = \frac{\mu mg}{M}$,设板长为 L ,根据 $L = \frac{1}{2} a_1 t^2 - \frac{1}{2} a_2 t^2$ 得, $t = \sqrt{\frac{2L}{a_1 - a_2}}$,木块相对地面运动位移为 $x = \frac{1}{2} a_1 t^2 = \frac{L a_1}{a_1 - a_2} = \frac{L}{1 - \frac{a_2}{a_1}}$,若仅增大恒力 F ,则木块的加速度 a_1 变

大,木板的加速度 a_2 不变,则 x 减小, A 正确;若仅增大木板的质量 M ,木块的加速度 a_1 不变,木板的加速度 a_2 减小,则 x 减小, B 正确;若仅增大木块的质量 m ,则木块的加速度 a_1 减小,木板的加速度 a_2 增大,则 x 增大, C 错误;若仅减小木块与木板间的动摩擦因数 μ ,则木块的加速度 a_1 增大,木板的加速度 a_2 减小,则 x 减小, D 正确.

- 6. AC 【解析】**由乙、丙图知, $0 \sim 3 \text{ s}$ 内木块与木板加速度相同,即两者保持相对静止, A、B 速度增量为 $\frac{(1+3) \times 3}{2} \text{ m/s} = 6 \text{ m/s}$, A、B 由静止开始运动,所以 $t = 3 \text{ s}$ 时, $v_A = v_B = 6 \text{ m/s}$, A 正确;由乙、丙图知, 3 s 后, A、B 间发生相对滑动,所以 $t = 3 \text{ s}$ 时 A、B 间摩擦力为最大静摩擦力,设 A、B 间的动摩擦因数为 μ ,对 A,由牛顿第二定律得 $\mu m_A g = m_A a_A$,解得 $\mu = 0.3$, B 错误; 3 s 后,对 B,由牛顿第二定律得 $F - \mu m_A g = m_B a_B$,解得 $F = 12 \text{ N}$, C 正确; $3 \sim 6 \text{ s}$ 内, B 的位移 $x_B = v_B t + \frac{1}{2} a_B t^2$, A 的位移 $x_A = v_A t + \frac{1}{2} a_A t^2$,解得相对位移 $\Delta x = x_B - x_A = 6.75 \text{ m}$,由题意可知即木板长为 6.75 m , D 错误.

- 7. (1) 0.75 (2) 1 m/s, 方向沿传送带向下 (3) $\frac{13}{3} \text{ m}$**

【解析】(1) 木板恰好静止在传送带上, 受力平衡, 则有 $Mg\sin\theta = \mu_1 Mg\cos\theta$, 解得 $\mu_1 = 0.75$.

(2) 物块滑上木板后, 对木板由牛顿第二定律得 $Mg\sin\theta + \mu_2 mg\cos\theta - \mu_1(M+m)g\cos\theta = Ma_1$, 解得 $a_1 = 0.5 \text{ m/s}^2$, 对物块由牛顿第二定律得 $-mg\sin\theta + \mu_2 mg\cos\theta = ma_2$, 解得 $a_2 = 1 \text{ m/s}^2$, 物块与长木板达到共同速度时 $v_1 = v_0 - a_2 t_1 = a_1 t_1$, 解得 $v_1 = 1 \text{ m/s}$, 方向沿传送带向下.

(3) 木板向下运动过程中, 相对位移 $\Delta x_1 = \frac{0^2 - v_0^2}{-2(a_1 + a_2)} = 3 \text{ m}$, 木板被反弹, 木板与物块的加速度均未变, 相对位移 $\Delta x_2 = \frac{0^2 - (2v_1)^2}{-2(a_1 + a_2)} = \frac{4}{3} \text{ m}$, 所以木板的长度 $L = \Delta x_1 + \Delta x_2 = \frac{13}{3} \text{ m}$.

考点 14 传送带问题

1. AD 【解析】由题图乙可知, 滑块先向左做匀减速运动, 再向右做匀加速运动, 最后以与传送带相同的速度做匀速直线运动, 故滑块从右端离开传送带, 故 A 正确, B 错误; 滑块先向左做匀减速运动, 受到向右的滑动摩擦力, 再向右做匀加速运动, 速度小于 v 时还是受到向右的滑动摩擦力, 所以变速运动过程中受滑动摩擦力的作用, 与传送带共速后做匀速运动, 不受摩擦力, 故 C 错误, D 正确.

2. C 【解析】快件加速时, 滑动摩擦力方向与运动方向相同, 匀速后, 与传送带之间无相对运动趋势, 不受静摩擦力作用, A、B 错误; 快件与传送带有相对运动时, 其加速度为 $a = \frac{\mu mg}{m} = \mu g$, 快件

由静止开始加速至速率为 v 过程用时 $t = \frac{v}{a} = \frac{v}{\mu g}$, 与传送带相对

位移 $\Delta x = vt - \frac{v^2}{2} = \frac{v^2}{2\mu g}$, 故快件与传送带间动摩擦因数越大, 相对

位移越小, C 正确; 快件匀速运动时间为 $t' = \frac{L - \frac{vt}{2}}{v} = \frac{L}{v} - \frac{v}{2\mu g}$, 快件

运输总时间为 $t_{\text{总}} = t + t' = \frac{L}{v} + \frac{v}{2\mu g}$, 运送距离一定时, 快件与传送

带间动摩擦因数越大, 运送时间越短, D 错误.

3. ABD 【解析】以速度 v_2 将快递 P 放到传送带上时, 当 $v_1 > v_2$ 时, 快递相对于传送带沿传送带向上运动, 摩擦力沿斜面向下, 加速度沿斜面向下, 大小为 $a = g\sin\theta + \mu g\cos\theta$, 所以快递相对于地面先做匀加速直线运动, 若匀加速阶段的位移 $x > L$ 时, 快递到达传送带另一端前一直做匀加速直线运动, A 正确; 若匀加速阶段的位移 $x < L$ 时, 快递先做匀加速直线运动, 当与传送带共速后, 若 $g\sin\theta > \mu g\cos\theta$, 则快递以加速度 $a_1 = g\sin\theta - \mu g\cos\theta$ 做匀加速, 且 $a > a_1$, 若匀加速阶段的位移 $x < L$, 且 $g\sin\theta < \mu g\cos\theta$ 时, 快递与传送带共速后无相对运动, 一起以 v_1 做匀速直线运动, B 正确, C 错误; 当 $v_1 < v_2$ 时, 快递相对传送带向下运动, 受沿传送带向上的摩擦力, 所以快递先做匀减速直线运动, 当减速到二者共速时, 若 $g\sin\theta < \mu g\cos\theta$, 快递与传送带共速后相对静止一起做匀速运动, D 正确.

4. ABD 【解析】由题图乙可知, 货物先向上做匀加速运动再做匀速运动, 故货物加速到与传送带共速后, 与传送带一起运动, 则传送带匀速转动的速度大小为 1 m/s , A 正确; 由题图乙可知, 货

物加速时的加速度大小为 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{1}{0.4} \text{ m/s}^2 = 2.5 \text{ m/s}^2$, 根据牛

顿第二定律得 $\mu mg \cos 30^\circ - mg \sin 30^\circ = ma$, 解得 $\mu = \frac{\sqrt{3}}{2}$, B 正确;

$v-t$ 图像与 t 轴所围图形的面积表示位移, 则 A、B 两点的距离为

$s = \frac{1}{2} \times (16 + 15.6) \times 1 \text{ m} = 15.8 \text{ m}$, C 错误; $0 \sim 0.4 \text{ s}$ 内货物与传送

带有相对滑动, 传送带位移为 $x_1 = vt = 0.4 \text{ m}$, 货物位移为 $x_2 =$

$\frac{1}{2}at = 0.2 \text{ m}$, 则货物与传送带相对滑动的距离为 $\Delta x = x_1 - x_2 =$

0.2 m , D 正确。

- 5. C 【解析】**包裹放上传送带瞬间, 包裹相对传送带向上滑动, 则所受摩擦力沿传送带向下, 根据牛顿第二定律得 $\mu mg \cos \theta + mg \sin \theta = ma_1$, 运动到与传送带共速时, 根据牛顿第二定律得 $mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta = ma_2$, 其中 $a_1 = 7.5 \text{ m/s}^2$, $a_2 = 2.5 \text{ m/s}^2$, 联立解得 $\mu = \frac{\sqrt{3}}{6}$, $\sin \theta = 0.5$, 则 $\theta = 30^\circ$, A、B 错误; 由 $v_1^2 = 2a_1x_1$ 得 $v_1 = \sqrt{2a_1x_1} = \sqrt{2 \times 7.5 \times 2.4} \text{ m/s} = 6 \text{ m/s}$, 则传送带的速度为 6 m/s , C 正确; 第二段匀加速过程, $v_2^2 - v_1^2 = 2a_2(x_2 - x_1)$, 解得 $v_2 = 7 \text{ m/s}$, 包裹到 B 点时的速度大小为 7 m/s , D 错误。

- 6. AD 【解析】**若传送带顺时针转动, 则当 $mg \sin \theta > \mu mg \cos \theta$ 时, 木块将一直匀加速到底端, 且加速度不变, 当 $mg \sin \theta < \mu mg \cos \theta$ 时, 木块先匀加速, 在速度与传送带相等后将匀速运动, 两种情况均不符合运动图像, 若传送带逆时针转动, 木块先匀加速下滑, $mg \sin \theta + \mu mg \cos \theta = ma_1$, 当木块下滑速度等于传送带速度时, 若 $mg \sin \theta > \mu mg \cos \theta$, 则木块继续匀加速下滑, $mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta = ma_2$, 且 $a_1 > a_2$, A 正确; 由 A 中分析知, 传送带逆时针转动, 只有木块的速度大于传送带速度时, 木块所受摩擦力才能沿传送带向上, 由图乙可知, 传送带速度的大小等于 v_0 , B 错误; 木块在 $0 \sim t_0$ 时间内, 所受摩擦力沿传送带向下, 根据牛顿第二定律得, $mg \sin \theta + \mu mg \cos \theta = ma_1$, 由图乙知, $a_1 = \frac{v_0}{t_0}$, 联立解得 $\mu = \frac{v_0}{gt_0 \cos \theta} - \tan \theta$, C 错误; t_0 时刻后木块所受摩擦力沿传送带向上, 根据牛顿第二定律得, $mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta = ma_2$, 解得 $a_2 = 2g \sin \theta - \frac{v_0}{t_0}$, D 正确。

- 7. BCD 【解析】**虾的收集箱在下方, 故虾一定是向下运动, 虾的重力沿传送带向下的分力为 $F_1 = mg \sin 37^\circ$, 虾受到的摩擦力为 $f_1 = \mu_1 mg \cos 37^\circ$, 取沿传送带向下为正方向, 由牛顿第二定律得, $F_1 - f_1 = ma_1$, 解得 $a_1 = 2 \text{ m/s}^2$, 则虾向下做匀加速直线运动, A 错误; 鱼在掉落到传送带后, 有一个沿传送带向下的初速度, 故不可能马上向上做加速直线运动, 对鱼进行受力分析, 取沿传送带向下为正方向, 由牛顿第二定律得 $m'g \sin 37^\circ - \mu_2 m'g \cos 37^\circ = m'a_2$, 解得 $a_2 = -0.4 \text{ m/s}^2$, 故鱼先向下减速到速度为零, 由匀变速直线运动规律得 $0 - v_0^2 = 2a_2x_1$, 联立解得鱼向下运动的距离为 $x_1 = 1.25 \text{ m}$, 当鱼由速度为零变为向上的匀加速直线运动, 最终达到与传送带共速时有 $v^2 - 0 = 2a_2x_2$, 解得鱼在传送带上运动的距离为 $x_2 = 5 \text{ m}$, B、C、D 正确。

8. (1) 0.7 s (2) 1.7 s 9 m/s (3) 2.45 m

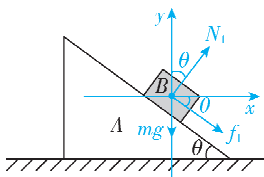
【解析】(1) 煤块刚放在传送带上时, 对煤块, 由牛顿第二定律得 $mgsin\theta + \mu mgcos\theta = ma_1$, 解得 $a_1 = 10 \text{ m/s}^2$, 煤块加速至与传送带速度相等时需要的时间 $t_1 = \frac{v_0}{a_1} = \frac{7}{10} \text{ s} = 0.7 \text{ s}$.

(2) 前 0.7 秒内煤块的位移为 $x_1 = \frac{1}{2} a_1 t_1^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 0.7^2 \text{ m} = 2.45 \text{ m} < L$, 由于 $\mu mgcos\theta < mgsin\theta$, 煤块与传送带速度相等后将继续沿传送带向下加速运动; 对煤块, 由牛顿第二定律得 $mgsin\theta - \mu mgcos\theta = ma_2$, 解得 $a_2 = 2 \text{ m/s}^2$, 设煤块再经过时间 t_2 到达 B, 则 $L - x_1 = v_0 t_2 + \frac{1}{2} a_2 t_2^2$, 解得 $t_2 = 1 \text{ s}$, $t_2 = -8 \text{ s}$ (不符合实际舍去), 煤块从 A 到 B 的运动时间 $t = t_1 + t_2 = 0.7 \text{ s} + 1 \text{ s} = 1.7 \text{ s}$, 可得煤块到达 B 点时的速度 $v_B = v_0 + a_2 t_2 = 7 \text{ m/s} + 2 \times 1 \text{ m/s} = 9 \text{ m/s}$.

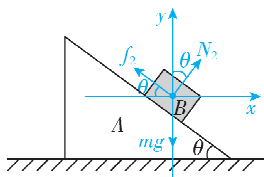
(3) 从煤块放上传送带到与传送带速度相等过程, 传送带的位移 $x_{\text{传送带}1} = v_0 t_1 = 7 \times 0.7 \text{ m} = 4.9 \text{ m}$, 煤块在传送带上留下痕迹的长度 $\Delta x_1 = x_{\text{传送带}1} - x_1 = 4.9 \text{ m} - 2.45 \text{ m} = 2.45 \text{ m}$, 从煤块与传送带速度相等到煤块到达 B 的过程, 传送带的位移 $x_{\text{传送带}2} = v_0 t_2 = 7 \times 1 \text{ m} = 7 \text{ m}$, 煤块的位移 $x_2 = L - x_1 = 10.45 \text{ m} - 2.45 \text{ m} = 8 \text{ m}$, 煤块相对传送带滑行距离 $\Delta x_2 = x_2 - x_{\text{传送带}2} = 8 \text{ m} - 7 \text{ m} = 1 \text{ m} < \Delta x_1$, 则煤块从 A 到 B 过程中在传送带上留下痕迹的长度 $\Delta x = \Delta x_1 = 2.45 \text{ m}$.

考点 15 连接体的临界问题

1. B 【解析】对 A、B 整体受力分析, 由牛顿第二定律得 $F = (2m + m)a = 3ma$, 若物块 B 恰好不沿斜面向上滑动, 对 B 受力分析, 如图甲所示, 则 $mg + f_1 \sin 37^\circ = N_1 \cos 37^\circ$, $N_1 \sin 37^\circ + f_1 \cos 37^\circ = ma_1$, 又 $f_1 = \mu N_1$, 解得 $a_1 = \frac{19}{17}g$, 若物块 B 恰好不沿斜面向下滑动, 对 B 受力分析, 如图乙所示, 则 $mg = f_2 \sin 37^\circ + N_2 \cos 37^\circ$, $N_2 \sin 37^\circ - f_2 \cos 37^\circ = ma_2$, $f_2 = \mu N_2$, 解得 $a_2 = \frac{11}{23}g$, A、B 保持相对静止, 即 B 相对于 A 既不向上滑动, 也不向下滑动, 则 $a_2 \leq a \leq a_1$, 解得 $\frac{33}{23}mg \leq F \leq \frac{57}{17}mg$, B 正确, A、C、D 错误.



甲



乙

2. BC 【解析】设相对运动时间为 t_1 , 物块与纸片分离时物块的速度为 v_2 , 则对纸片, 由牛顿第二定律有 $F - \mu Mg - \mu(M + m)g = ma_1$, 对物块, 由牛顿第二定律有 $\mu Mg = Ma_2$, $\frac{1}{2} a_1 t_1^2 - \frac{1}{2} a_2 t_1^2 = d$, $2a_2 \cdot \left(d - \frac{1}{2} a_2 t_1^2\right) = v_2^2$, $v_2 = a_2 t_1$, 联立解得 $F = 2\mu(M + 2m)g$, $v_2 = \sqrt{\mu g d}$, 故 A 错误, C 正确; 将纸片迅速抽出的过程中, 纸片所受摩擦力的大小为 $f = \mu Mg + \mu(Mg + mg) = \mu(2M + m)g$, 故 B 正确; 将纸片迅速抽出的过程中, 对纸片, 由牛顿第二定律有 $F' - 2\mu Mg - \mu mg =$

ma'_1 , 对物块有 $a_2 = \mu g$, 当 $a'_1 > a_2$, 物块和纸片才能发生相对运动, 可得 $F > 2\mu(M+m)g$, 故 D 错误.

3. ACD 【解析】上层木板与下层木板间的最大静摩擦力为 $f_{m1} = \mu mg$, 下层木板与货车间的最大静摩擦力为 $f_{m2} = 2.5\mu \cdot 2mg = 5\mu mg$, 货车匀速行驶时, 木板同样匀速行驶, 木板的合力为零, 则两木板之间没有摩擦力, A 正确; 上层木板的最大加速度为 μg , 当货车的加速度 $a = 2.5\mu g > \mu g$ 时, 上层木板相对下层滑动, 上层木板受到的摩擦力为 $f_1 = f_{m1} = \mu mg$, 方向向右, 根据牛顿第三定律, 下层木板受到的反作用力 $f'_1 = f_1$, 方向向左, 设下层木板与货车间的摩擦力为 f_2 , 由牛顿第二定律得, $f_2 - f'_1 = ma$, 解得 $f_2 = f'_1 + ma = 3.5\mu mg$, 随着 a 增大, f_2 增大, 当 $f_2 = f_{m2} = 5\mu mg$ 时, 下层木板恰好与货车相对静止, 由牛顿第二定律解得 $a = 4\mu g$, 即当 $a > 4\mu g$ 时, 下层木板相对货车滑动, B 错误, C 正确; 若 $a = 3\mu g$, 由于 $\mu g < a = 3\mu g < 4\mu g$, 上层木板滑动, 下层木板不滑动, 设汽车初速度为 v 时, 上层木板恰好不撞上驾驶室, 对货车, $v^2 = 2ax$, 对上层木板 $v^2 = 2\mu g(x+d)$, 联立解得 $v = \sqrt{3\mu g d}$, 即要使货车在紧急刹车时上层木板不撞上驾驶室, 则 $v \leq \sqrt{3\mu g d}$, D 正确.

4. D 【解析】开始静止时, $kx_0 = (m_1 + m_2)g \sin \theta$, 当 P 、 Q 分离时, 二者加速度相等, 二者间的弹力为零, 则对 Q , $F - m_2 g \sin \theta = m_2 a$, 对 P , $kx - m_1 g \sin \theta = m_1 a$, 此时弹簧仍处于压缩状态, 即物体 Q 的位移小于 x_0 , 由于物体 Q 一直做匀加速直线运动, 故分离前后加速度均为 a 且不变, 当 $x = 0$ 时, 对整体, $F + kx_0 - (m_1 + m_2)g \sin \theta = (m_1 + m_2)a$, 联立解得 $F = (m_1 + m_2)a \neq 0$, A、B 错误; 两物体分离之前, 对整体, $F + k(x_0 - x) - (m_1 + m_2)g \sin \theta = (m_1 + m_2)a$, 对 Q , $F + F_N - m_2 g \sin \theta = m_2 a$, 联立解得, $F_N = -\frac{km_2}{m_1 + m_2}x + m_2 g \sin \theta - \frac{Fm_1}{m_1 + m_2}$, 当 $F_N = 0$ 时, 解得 $x = \frac{(m_1 + m_2)g \sin \theta}{k} - \frac{Fm_1}{km_2} < \frac{(m_1 + m_2)g \sin \theta}{k} = x_0$, C 错误, D 正确.

5. C 【解析】分离前对 A 、 B 整体分析有 $F - 2Mg + kx = 2Ma$, 由于 a 不变, x 减小, 则 F 增大, 故 A 错误; A 、 B 分离时, 对 B 有 $kx_2 - Mg = Ma$, 解得 $x_2 = \frac{M(g+a)}{k} \neq 0$, 故弹簧弹力不为零, 故 B 错误; 施加 F 前, 物体 A 、 B 整体平衡, 根据平衡条件有 $2Mg = kx_1$, 解得 $x_1 = \frac{2Mg}{k}$, A 、 B 分离时, A 上升的距离为 $x_1 - x_2 = \frac{M(g-a)}{k}$, 故 C 正确; A 、 B 分离后, B 先做加速度减小的加速运动, 后做减速运动, 当 $F_{\text{弹}} = Mg$ 时, B 达到最大速度, 此时弹簧不是原长, 故 D 错误.