

素养培优2 传送带模型中动力学、能量和动量的综合



1. 摩擦力的方向及存在阶段的判断

理清物体与传送带间的相对运动方向及摩擦力方向是解决传送带问题的关键。

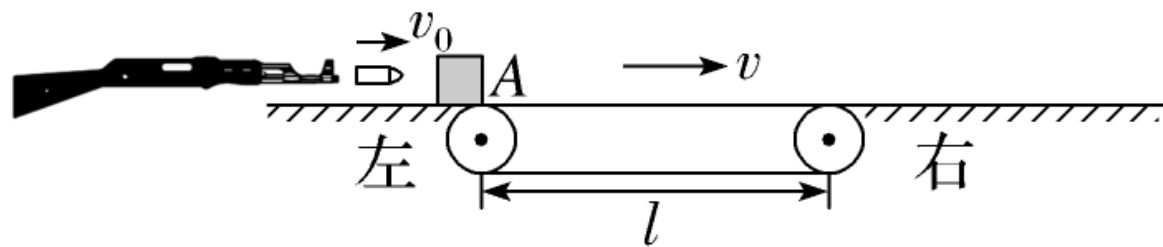
2. 物体能否达到与传送带共速的判断

物体与传送带达到相同速度时往往出现摩擦力突变的临界状态，对这一临界状态进行分析往往是解题的突破口。

3. 传送带中摩擦力做功与能量转化

- (1) 静摩擦力做功的特点：①静摩擦力可以做正功，也可以做负功，还可以不做功。②相互作用的一对静摩擦力做功的代数和总是等于零，不会转化为内能。
- (2) 滑动摩擦力做功的特点：①滑动摩擦力可以做正功，也可以做负功，还可以不做功。②相互间存在滑动摩擦力的系统内，一对滑动摩擦力做功之和的绝对值等于产生的内能。
- (3) 摩擦生热的计算：① $Q = F_f s_{\text{相对}}$ ，其中 $s_{\text{相对}}$ 为相互摩擦的两个物体间的相对路程。②传送带因传送物体多消耗的能量等于物体增加的机械能与系统产生的内能之和。

【典例1】 (2024·河南郑州二模) 如图所示, 水平传送带与左、右两边的光滑的水平台面等高, 并能平滑对接, 静止在台面上可视为质点的滑块 A 的质量为 $m=0.9\text{ kg}$, 长 $l=3.5\text{ m}$ 的传送带始终以 $v=1\text{ m/s}$ 的速率顺时针转动, 滑块 A 左侧的枪膛长 1 m , 高压气体对质量为 $m_0=100\text{ g}$ 子弹的平均作用力为 80 N , 若把子弹在枪膛内的运动看作匀变速直线运动, 子弹击中滑块 A (子弹与滑块作用时间极短), 并留在滑块 A 内, 两者一起滑上传送带的左端, 已知滑块 A 与传送带之间的动摩擦因数 $\mu=0.1$, 忽略空气阻力, 重力加速度 g 取 10 m/s^2 , 求:



(1) 子弹出膛的速度大小;

答案: 40 m/s

解析: 设子弹出膛的速度为 v_0 , 则由牛顿第二定律可得 $F=m_0a$, 由匀变速直线运动规律有 $v_0^2=2ax$, 解得 $v_0=40\text{ m/s}$ 。

(2) 子弹与小滑块A组成的整体滑上传送带左端时的速度大小;

答案: 4 m/s

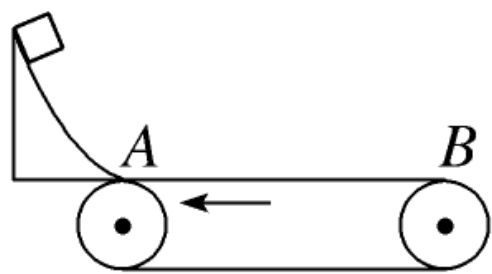
解析: 子弹打滑块A过程中动量守恒, 则 $m_0 v_0 = (m_0 + m) v_1$, 解得含有子弹的小滑块A水平滑上传送带左端时的速度大小 $v_1 = \frac{m_0 v_0}{m_0 + m} = 4 \text{ m/s}$ 。

(3) 小滑块A到达传送带右端时速度大小。

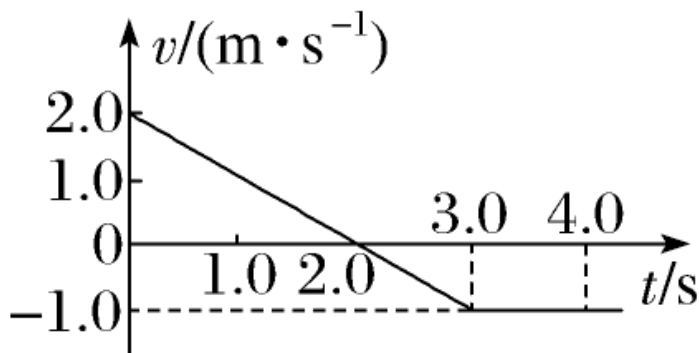
答案: 3 m/s

解析: 假设A在传送带上一一直做减速运动, A从传送带的左端滑到右端的过程中, 根据动能定理有 $-\mu (m_0 + m) gl = \frac{1}{2} (m_0 + m) v_2^2 - \frac{1}{2} (m_0 + m) v_1^2$, 代入数据解得 $v_2 = 3 \text{ m/s}$, 因为 $v_2 > v$, 所以假设正确, 小滑块A在到达传送带右端时速度大小为3 m/s。

【典例2】 如图甲所示，水平传送带逆时针匀速转动，一质量为 $m=2\text{ kg}$ 的小物块（可视为质点）沿光滑曲面从一定高度处由静止开始下滑，以某一初速度从传送带的最左端 A 滑上传送带，取向右为正方向，以地面为参考系，从小物块滑上传送带开始计时，其运动的 $v-t$ 图像如图乙所示，传送带的速率保持不变， g 取 10 m/s^2 。



甲



乙

(1) 求小物块与传送带之间的动摩擦因数；

答案： 0.1

解析： 由 $v-t$ 图像得，小物块滑上传送带的初速度为 $v_0=2\text{ m/s}$ ，

加速度大小为 $a=\left|\frac{\Delta v}{\Delta t}\right|=1\text{ m/s}^2$ ，根据牛顿第二定律有 $\mu mg=ma$ ，解得

$\mu=0.1$ 。

(2) 若小物块能在传送带上留下划痕，求最长划痕；

答案： 4.5 m

解析： 小物块在传送带上留下的最长划痕对应的是小物块第一次滑上传送带到再次回到A端的过程中在传送带上留下的划痕，由题图乙知前2 s内小物块向右做匀减速运动，第3 s内反向做匀加速运动，第3 s末，小物块跟传送带的速度大小 $v=1\text{ m/s}$ 相等，此后小物块随传送带一块向左做匀速运动，所以最长划痕 $s = \left(\frac{2+0}{2} \times 2.0\text{m} + 1 \times 2.0\text{m} \right) + \left(1 \times 1.0\text{m} - \frac{1+0}{2} \times 1.0\text{m} \right) = 4.5\text{ m}$ 。

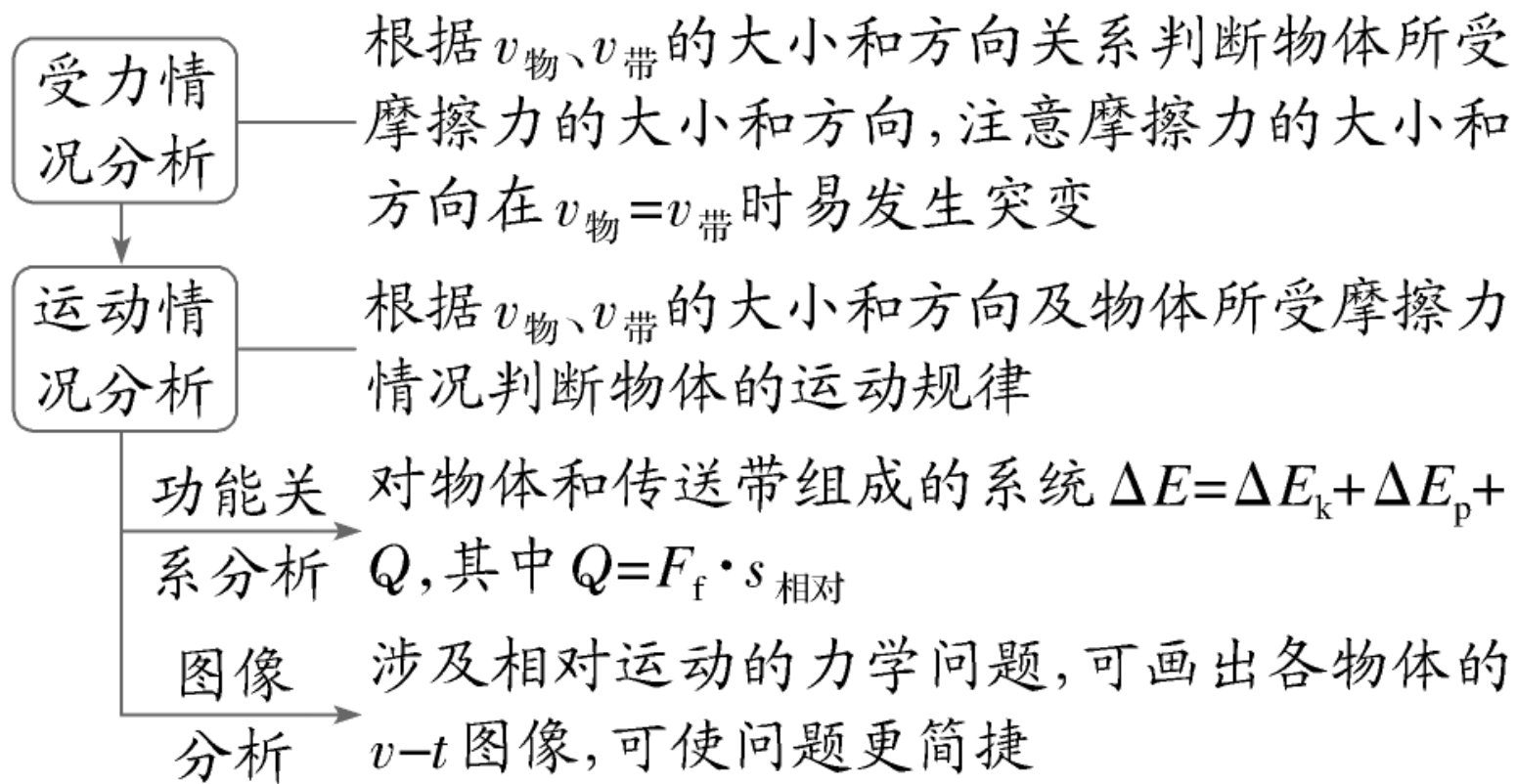
(3) 求小物块在传送带上向右运动的最大位移。

答案： 2 m

解析： 小物块在传送带上先向右做减速运动，后反向向左做加速运动再做匀速运动到A，随后在光滑曲面上运动再回到传送带的左端，这样一直运动最后要停在A端，对小物块最初向右做减速运动的过程，根据动能定理有 $-\mu mgx=0-\frac{1}{2}mv_0^2$ ，解得 $x=2\text{ m}$ 。

□ 方法总结

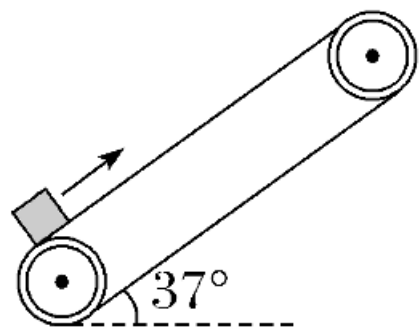
1. 传送带问题的分析步骤与方法



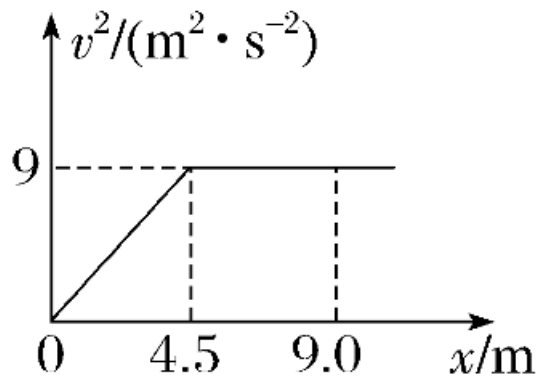
2. 划痕长度与摩擦生热的计算

若只有一个相对运动过程，划痕长度等于相对位移的大小；若有两个相对滑动过程，两过程相对位移方向相同时，划痕长度求和，相对位移方向不同时，划痕以长的为准。全过程产生的热量 $Q = F_f s_{\text{相对}}$ ($s_{\text{相对}}$ 是相对路程，即相对位移绝对值的和)。

【典例3】 (2024·安徽合肥二模) 在快递分类时常用传送带运送快件，一倾角为 37° 的传送带在电动机的带动下以恒定速率顺时针方向运行，传送带底端到顶端的距离为 $L=10.5\text{ m}$ ，如图甲所示。现将一质量 $m=2.0\text{ kg}$ 的快件静止放于传送带底端，以传送带最底端为参考平面，快件在传送带上运动整个过程中速度的平方 v^2 随位移 x 的变化关系如图乙所示，取重力加速度大小 $g=10\text{ m/s}^2$ ， $\sin 37^\circ=0.6$ ， $\cos 37^\circ=0.8$ ，快件可视为质点，求：



甲



乙

(1) 快件与传送带之间的动摩擦因数 μ ;

答案: 0.875

解析: 快件放上传送带先做匀加速运动, 根据 $v^2=2ax$, 结合图乙可得快件做匀加速运动的加速度 $a=1\text{ m/s}^2$, 根据牛顿第二定律可得 $\mu mg\cos 37^\circ - mg\sin 37^\circ = ma$, 解得快件与传送带之间的动摩擦因数为 $\mu=0.875$ 。

(2) 快件从传送带底端到顶端过程电动机多做的功 W 。

答案： 198 J

解析： 设传送带的速度为 v ，根据图乙可知 $v=3\text{ m/s}$ ，快件加速的时间 $t_1=\frac{v}{a}=3\text{ s}$ ，快件与传送带的相对位移 $\Delta x=vt_1-\frac{1}{2}vt_1=4.5\text{ m}$ ，快件和传送带间因摩擦产生的热量 $Q=\mu mg\cos 37^\circ \cdot \Delta x$ ，电动机多消耗的电能等于快件重力势能和动能的增加量以及因摩擦而产生的热量之和，即 $E=mgL\sin 37^\circ +\frac{1}{2}mv^2+Q$ ，解得 $E=198\text{ J}$ 。

【典例4】

(2024·湖北高考14题) 如图所示, 水

平传送带以 5 m/s 的速度顺时针匀速转动, 传送带左

右两端的距离为 3.6 m 。传送带右端的正上方有一悬



点 O , 用长为 0.3 m 、不可伸长的轻绳悬挂一质量为 0.2 kg 的小球, 小球与传

带上表面平齐但不接触。在 O 点右侧的 P 点固定一钉子, P 点与 O 点等高。将

质量为 0.10 kg 的小物块无初速轻放在传送带左端, 小物块运动到右端与小球

正碰, 碰撞时间极短, 碰后瞬间小物块的速度大小为 1 m/s 、方向水平向左。

小球碰后绕 O 点做圆周运动, 当轻绳被钉子挡住后, 小球继续绕 P 点向上运动

已知小物块与传送带间的动摩擦因数为 0.5 , 重力加速度大小 $g=10\text{ m/s}^2$ 。

(1) 求小物块与小球碰撞前瞬间，小物块的速度大小。

答案： 5 m/s

解析： 设小物块的质量为 m ，传送带左右两端的距离为 L ，小物块与传送带间的动摩擦因数为 μ ，小物块在传送带上加速时的加速度大小为 a ，由牛顿第二定律有 $\mu mg = ma$
设小物块到达传送带最右端时的速度大小为 v_1 ，假设小物块在传送带上一一直加速，由运动学公式有 $v_1^2 = 2aL$
联立并代入数据得 $v_1 = 6 \text{ m/s}$
由于 $v_1 > 5 \text{ m/s}$ ，故假设不成立，小物块到达传送带右端前已经与传送带共速，故小物块与小球碰撞前瞬间的速度大小为 $v_1 = 5 \text{ m/s}$ 。

(2) 求小物块与小球碰撞过程中，两者构成的系统损失的总动能。

答案： 0.3 J

解析： 设小球的质量为 M ，碰撞后小物块与小球的速度大小分别为 v_2 、 v_3 ，碰撞过程中两者构成的系统损失的总动能为 ΔE_k ，对小物块与小球碰撞过程，由动量守恒定律得 $mv_1 = -mv_2 + Mv_3$

小物块与小球碰撞过程中，系统损失的总动能为

$$\Delta E_k = \frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}Mv_3^2$$

联立并代入数据得 $\Delta E_k = 0.3 \text{ J}$ 。

(3) 若小球运动到 P 点正上方，绳子不松弛，求 P 点到 O 点的最小距离。

答案： 0.2 m

解析： 经分析知，小球到达 P 点正上方绳子拉力刚好为零时，小球绕 P 点运动的半径最大， P 点到 O 点距离最小，设这种情况下小球运动到 P 点正上方的速度大小为 v_4 ， P 点到 O 点的距离为 x ，绳子的长度为 l ，小球运动到 P 点正上方时，结合牛顿第二定律和向心加速度公式有

$$Mg = M \frac{v_4^2}{l-x}$$

对小球的整个上升过程，由动能定理得

$$-Mg[l + (l-x)] = \frac{1}{2}Mv_4^2 - \frac{1}{2}Mv_3^2$$

联立并代入数据得 $x = 0.2 \text{ m}$ 。

演练·素养强化

提升关键能力

1. (2024·北京高考10题) 水平传送带匀速运动, 将一物体无初速度地放置在传送带上, 最终物体随传送带一起匀速运动。下列说法正确的是 ()

A. 刚开始物体相对传送带向前运动

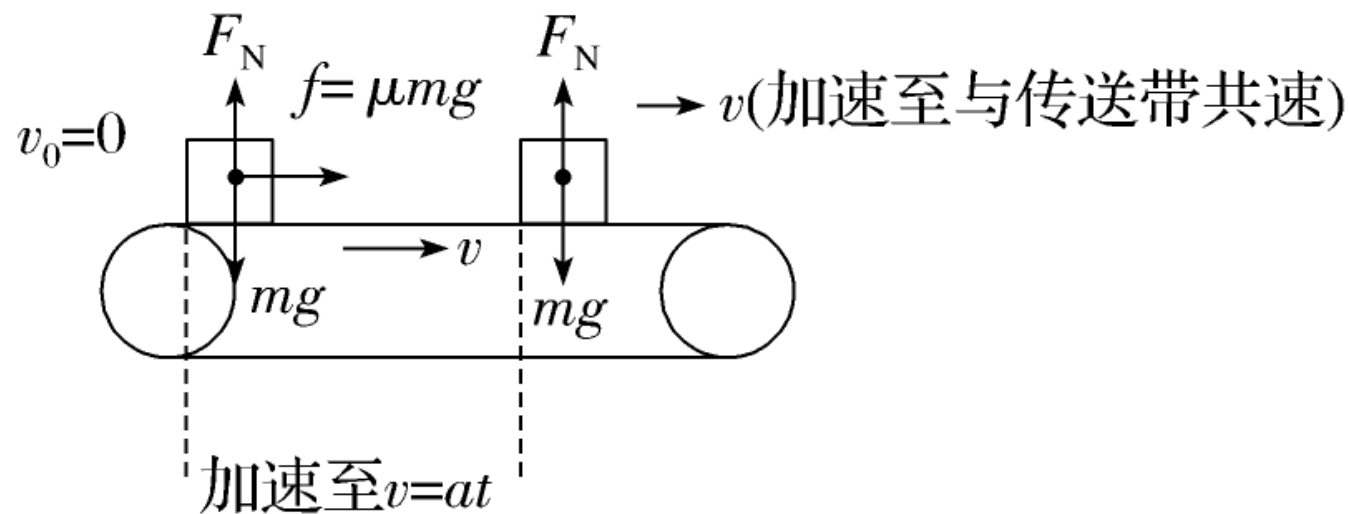
B. 物体匀速运动过程中, 受到静摩擦力

C. 物体加速运动过程中, 摩擦力对物体做负功

D. 传送带运动速度越大, 物体加速运动的时间越长



解析： 刚开始，物体速度小于传送带速度，物体相对传送带向后运动，**A**错误；物体匀速运动过程中，不受摩擦力作用，**B**错误；加速运动过程中，传送带对物体的摩擦力向前，则摩擦力对物体做正功，**C**错误；加速运动过程 $\xrightarrow{\text{牛顿第二定律}} f = \mu mg = ma \xrightarrow{v = at}$ 加速时间 $t = \frac{v}{a}$ \xrightarrow{v} v 越大， t 越大，**D**正确。



以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：
<https://d.book118.com/847161136101010010>