

大题 板块模型

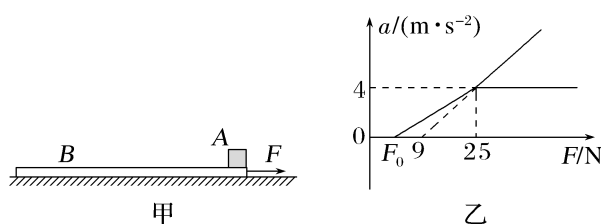
考情分析

板块模型涉及相互作用的两个物体间的相对运动、涉及摩擦力突变以及功能、动量的转移转化。情境素材丰富多变考察角度广泛,备受高考命题人的青睐,在历年高考中都有体现多以压轴题的形式出现,所以在备考中要引起高度重视,并要加大训练提升分析此类问题的解答水平。

逐题突破

大题典例 动力学方法解决板块问题

例 1 如图甲所示,质量 $m = 1 \text{ kg}$ 的小物块 A (可视为质点) 放在长 $L = 4.5 \text{ m}$ 的木板 B 的右端,开始时 A 、 B 两叠加体静止于水平地面上。现用一水平向右的力 F 作用在木板 B 上,通过传感器测出 A 、 B 两物体的加速度与外力 F 的变化关系如图乙所示。已知 A 、 B 两物体与地面之间的动摩擦因数相等,且最大静摩擦力等于滑动摩擦力,重力加速度 g 取 10 m/s^2 。求:



- (1) A 、 B 间的动摩擦因数 μ_1 ;
- (2) 乙图中 F_0 的值;
- (3) 若开始时对 B 施加水平向右的恒力 $F = 29 \text{ N}$, 同时给 A 水平向左的初速度 $v_0 = 4 \text{ m/s}$, 则在 $t = 3 \text{ s}$ 时 A 与 B 的左端相距多远。

【三步审题】

第一步: 审条件 挖隐含	(1) 当 $F > F_0$ 时 B 相对地面滑动, F_0 的值为 B 与地面间的最大静摩擦力大小
	(2) 当 $F_0 < F \leq 25 \text{ N}$ 时, A 与 B 一起加速运动, A 与 B 间的摩擦力为静摩擦力
	(3) 当 $F > 25 \text{ N}$ 时, A 与 B 有相对运动, A 在 B 的动摩擦力作用下加速度不变
第二步: 审情景 建模型	(1) A 与 B 间相互作用: 板块模型
	(2) A 与 B 的运动: 匀变速直线运动
第三步: 审过程 选规律	(1) 运用牛顿运动定律找加速度与摩擦力 (动摩擦因数) 的关系, 并分析 $a - F$ 图像的物理意义
	(2) 用匀变速运动的规律分析 A 与 B 运动的位移

【答案】 (1) 0.4 (2) 5 N (3) 22.5 m

【解析】 (1) 由题图乙知, 当 A 、 B 间相对滑动时 A 的加速度 $a_1 = 4 \text{ m/s}^2$

对 A 由牛顿第二定律有

$$\mu_1 mg = ma_1$$

得 $\mu_1 = 0.4$ 。

(2) 设 A 、 B 与水平地面间的动摩擦因数为 μ_2 , B 的质量为 M 。当 A 与 B 间相对滑动时, 对 B 由牛顿第二定律得

$$F - \mu_1 mg - \mu_2(m + M)g = Ma_2$$

$$\text{即 } a_2 = \frac{F - \mu_1 mg - \mu_2(m + M)g}{M}$$

由题图乙知

$$\frac{1}{M} = \frac{4}{25 - 9}, \frac{-\mu_1 mg - \mu_2(m + M)g}{M} = -\frac{9}{4}$$

可得 $M = 4 \text{ kg}$, $\mu_2 = 0.1$

则 $F_0 = \mu_2(m + M)g = 5 \text{ N}$ 。

(3) 给 A 水平向左的初速度 $v_0 = 4 \text{ m/s}$, 且 $F = 29 \text{ N}$ 时 A 运动的加速度大小为 $a_1 =$

4 m/s^2 , 方向水平向右。设 A 运动 t_1 时间速度减为零, 则 $t_1 = \frac{v_0}{a_1} = 1 \text{ s}$

$$\text{位移 } x_1 = v_0 t_1 - \frac{1}{2} a_1 t_1^2 = 2 \text{ m}$$

B 的加速度大小

$$a_2 = \frac{F - \mu_1 mg - \mu_2(m + M)g}{M} = 5 \text{ m/s}^2$$

方向向右

$$B \text{ 的位移大小 } x_2 = \frac{1}{2} a_2 t_1^2 = 2.5 \text{ m}$$

此时 B 的速度 $v_2 = a_2 t_1 = 5 \text{ m/s}$

由于 $x_1 + x_2 = L$, 即此时 A 运动到 B 的左端, 当 B 继续运动时, A 从 B 的左端掉下来停止, 设 A 掉下来后 B 的加速度大小为 a_3 , 对 B , 由牛顿第二定律得

$$F - \mu_2 Mg = Ma_3, \text{ 可得 } a_3 = \frac{25}{4} \text{ m/s}^2$$

在 $t = 3 \text{ s}$ 时 A 与 B 左端的距离

$$x_3 = v_2(t - t_1) + \frac{1}{2} a_3(t - t_1)^2 = 22.5 \text{ m}。$$

解法指导

分析“板—块”模型问题的四点注意

(1) 从速度、位移、时间角度, 寻找滑块与滑板之间的联系。

(2) 滑块与滑板共速是摩擦力发生突变的临界条件。

(3) 滑块与滑板存在相对滑动的条件

①运动学条件: 若两物体速度不相等, 则会发生相对滑动。

②力学条件: 一般情况下, 假设两物体间无相对滑动, 先用整体法算出一起运动的加速度, 再用隔离法算出滑块“所需要”的摩擦力 F_f , 比较 F_f 与最大静摩擦力 F_{fm} 的关系, 若 $F_f > F_{fm}$, 则发生相对滑动。

(4) 滑块不从滑板上掉下来的临界条件是滑块到达滑板末端时, 两者共速。

变式训练

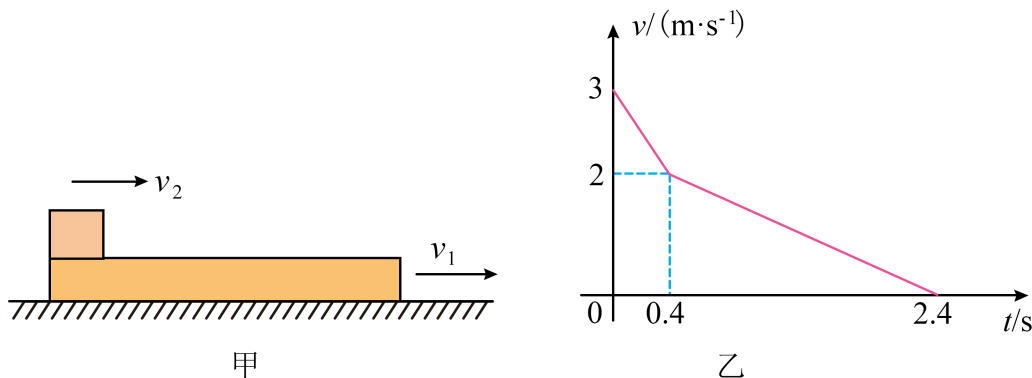
题目 1 (23—24 高三上·河北邯郸·期中) 如图甲所示, 质量为 $m = 1 \text{ kg}$ 、长度为 L 的长木板放在粗糙水平面

上,现让长木板获得一个向右的水平速度 v_1 ($v_1 < 3\text{m/s}$),同时让质量也为 $m = 1\text{kg}$ 的物块(视为质点)以速度 $v_2 = 3\text{m/s}$ 从长木板的左端滑上长木板,此后物块运动的速度一时间图像如图乙所示,物块最终停在长木板的右端,物块与木板之间的动摩擦因数为 μ_1 ,木板与地面之间的动摩擦因数为 μ_2 ,最大静摩擦力等于滑动摩擦力,重力加速度取 $g = 10\text{m/s}^2$,求:

(1) μ_1 和 μ_2 的大小;

(2) 开始时长木板的速度 v_1 和长度 L ;

(3) 若开始时物块放置在木板的上方并均静止在水平面上,现给物块施加一个水平拉力 F ,让整体一起做匀加速直线运动,求 F 的范围.



【答案】(1) $\mu_1 = 0.25$, $\mu_2 = 0.1$; (2) $v_1 = 1.8\text{m/s}$, $L = 0.24\text{m}$; (3) $2\text{N} < F \leq 3\text{N}$

【详解】(1) 由乙图分析可知,在 $0 \sim 0.4\text{s}$ 内,物块做初速度为 $v_2 = 3\text{m/s}$ 、末速度为 $v'_2 = 2\text{m/s}$ 的匀减速直线运动,对物块受力分析,由牛顿第二定律结合加速度的定义可得

$$a_1 = \mu_1 g = \frac{v_2 - v'_2}{t_1}$$

解得

$$\mu_1 = 0.25$$

在 $0.4\text{s} \sim 2.4\text{s}$ 内,物块与木板一起做初速度为 $v'_2 = 2\text{m/s}$ 、末速度为 0 的匀减速直线运动,由牛顿第二定律可得物块与木板一起做匀减速直线运动的加速大小为

$$a_2 = \mu_2 g$$

又

$$a_2 = \frac{v'_2}{t_2 - t_1}$$

解得

$$\mu_2 = 0.1$$

(2) 对木板受力分析,由牛顿第二定律可得木板的加速度为

$$a'_1 = \frac{\mu_1 mg - \mu_2 \times 2mg}{m}$$

由加速度的定义可得

$$a'_1 = \frac{v'_2 - v_1}{t_1}$$

联立解得

$$v_1 = 1.8\text{m/s}$$

共速前物块的位移为

$$x_2 = \frac{v_2 + v'_2}{2} t_1 = 1\text{m}$$

木板的位移为

$$x_1 = \frac{v_1 + v_1'}{2} t_1 = 0.76m$$

则木板长度为

$$L = x_2 - x_1 = 0.24m$$

(3) 地面给整体的最大静摩擦力为

$$f_1 = \mu_2 \times 2mg = 2N$$

物块与木板之间的最大静摩擦力为

$$f_2 = \mu_1 mg = 2.5N$$

当整体能一起加速时,有

$$F > f_1 = 2N$$

当物块与木板刚好不发生相对运动时,物块与木板之间的静摩擦力达最大值,对整体应用牛顿第二定律有

$$F_m - f_1 = 2ma$$

对木板应用牛顿第二定律得

$$f_2 - f_1 = ma$$

解得

$$F_m = 3N$$

则让整体一起做匀加速直线运动, F 的取值范围为

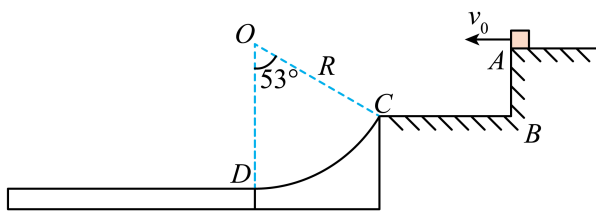
$$2N < F \leq 3N$$

大题典例

应用三大观点解决“板块”模型问题

例 1 (23-24 高三上·贵州·阶段练习) 如图所示,有一个质量为 $m = 1\text{kg}$ 的小物块(可视为质点),从光滑平台上的 A 点以初速度 v_0 水平抛出, AB 高度 $h = 0.8\text{m}$,到达 C 点时,恰好沿切线方向进入固定在水平地面上的光滑圆弧轨道 CD ,最后小物块滑上紧靠轨道末端 D 点的木板。已知长度 $L = 4\text{m}$ 的木板质量为 $M = 1\text{kg}$,放在粗糙的水平地面上,木板上表面与小物块间的动摩擦因数 $\mu_1 = 0.3$,木板下表面与地面间的动摩擦因数 $\mu_2 = 0.1$,且与圆弧轨道末端切线相平,圆弧轨道的半径为 $R = 0.5\text{m}$,半径 OC 与竖直方向的夹角 $\theta = 53^\circ$ (不计空气阻力, $g = 10\text{m/s}^2$, $\sin 53^\circ = 0.8$, $\cos 53^\circ = 0.6$)。求:

- (1) 小物块的初速度 v_0 大小;
- (2) 小物块到达圆弧轨道 D 点时对轨道的压力 F_N 大小;
- (3) 全程小物块对木板所做的功。



【思路分析】先结合平抛规律求解速度再有动能定理及牛顿第二定律求压力,然后应用牛顿运动定律合运动学公式进行求解。

【答案】(1) $v_0 = 3\text{m/s}$; (2) $F_N = 68\text{N}$; (3) $W = \frac{29}{8}\text{J}$

【详解】(1) 由

$$2gh = v_y^2$$

可得小物块到达 C 点时, 竖直速度

$$v_y = \sqrt{2gh}$$

解得

$$v_y = 4\text{m/s}$$

方向沿圆弧切线方向;则水平速度

$$v_0 = \frac{v_y}{\tan 53^\circ}$$

解得

$$v_0 = 3\text{m/s}$$

(2) 小物块在 C 点的速度

$$v_C = \sqrt{v_0^2 + v_y^2} = 5\text{m/s}$$

小物块从 C 点运动到 D 点的过程中,由动能定理可知

$$mgR(1 - \cos 53^\circ) = \frac{1}{2}mv_D^2 - \frac{1}{2}mv_C^2$$

可得

$$v_D = \sqrt{29}\text{m/s}$$

小物块在 D 点时

$$F_N - mg = m\frac{v_D^2}{R}$$

解得

$$F_N = 68\text{N}$$

(3) 小物块开始在长木板上运动时有

$$\mu_1 mg = ma_1$$

长木板开始运动时有

$$\mu_1 mg - \mu_2(M+m)g = Ma_2$$

在小物块运动到与长木板共速的过程中有

$$v = v_D - a_1 t$$

$$v = a_2 t$$

解得

$$t = \frac{\sqrt{29}}{4}\text{s}$$

$$v = \frac{\sqrt{29}}{4}\text{m/s}$$

小物块的位移

$$x_1 = \frac{v_D + v}{2}t$$

长木板的位移

$$x_2 = \frac{v}{2}t$$

小物块相对于长木板的位移

$$\Delta x = x_1 - x_2 = \frac{29}{8}\text{m}$$

则有

$$\Delta x < L$$

即共速后,它们相对静止运动直至停止,共速后,它们的加速度为

$$\mu_2(M+m)g = (M+m)a_3$$

它们间的摩擦力

$$f = ma_3 = 1\text{N}$$

减速位移

$$x_3 = \frac{v^2}{2a_3} = \frac{29}{32}m$$

故全程小物块对木板做的功

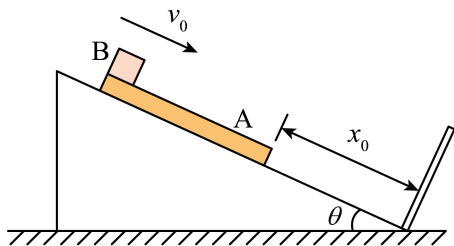
$$W = \mu_1 mgx_2 + fx_3$$

可得

$$W = \frac{29}{8}J$$

例 2 (23-24 高三上·云南昆明·阶段练习) 如图所示, 质量 $M=1\text{kg}$ 的木板 A 置于光滑斜面上, 左端放有质量 $m=1.5\text{kg}$ 的物块 B (可视为质点), A 、 B 之间的动摩擦因数 $\mu = \frac{\sqrt{3}}{3}$ 。开始时木板右端与垂直斜面的挡板相距 $x_0=6.4\text{m}$, A 、 B 一起以 $v_0=6\text{m/s}$ 的初速度沿斜面向下运动。接着木板 A 与挡板发生多次无机械能损失的碰撞 (等速率反弹), 碰撞时间不计。已知斜面倾角 $\theta=30^\circ$, 重力加速度大小 g 取 10m/s^2 。

- (1) 求木板 A 与挡板碰撞前的速度大小 v_1 ;
- (2) 求木板 A 与挡板第一次碰撞后, 右端与挡板之间的最大距离 x_m ;
- (3) 木板 A 恰与挡板碰撞第三次时 A 与 B 分离, 求木板长度 L 及系统损失的机械能 ΔE 。



【思路分析】先由动能定理或牛顿运动定律求速度; 在结合受力分析牛顿第二定律、运动学公式求最大距离。利用功能关系及相对运动规律求解模板长度及机械能的损失量。

【答案】(1) 10m/s ; (2) 4m ; (3) 32m , 240J

【详解】(1) 对 A 、 B 整体, 由动能定理有

$$(M+m)gx_0\sin\theta = \frac{1}{2}(M+m)v_1^2 - \frac{1}{2}(M+m)v_0^2$$

解得木板 A 与挡板碰撞前的速度大小为

$$v_1 = 10\text{m/s}$$

(2) 第一次碰后, 对 A 由牛顿第二定律有

$$Mg\sin\theta + \mu mg\cos\theta = Ma_1$$

解得

$$a_1 = 12.5\text{m/s}^2$$

A 沿斜面向上匀减速运动, 有

$$x_m = \frac{v_1^2}{2a_1} = 4\text{m}$$

(3) 对 B 由牛顿第二定律有

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

解得

$$a_2 = 0$$

故 B 在 A 上匀速下滑, 木板 A 反弹后, 沿斜面向上以 a_1 做匀减速运动, 速度减到 0 后又反向匀加速, 加速度仍为 a_1 , 速度达 v_1 时, 进行第二次碰撞, 之后重复进行, 即 A 做类似竖直上抛运动、 B 做匀速直线运动。

发生一次碰撞后,相对位移为

$$x_{\text{相}} = \frac{(2v_1)^2}{2a_1} = 16m$$

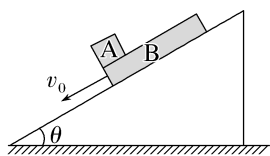
故木板长为

$$L = 2x_{\text{相}} = 32m$$

系统损失的机械能转化为内能

$$\Delta E_{\text{损}} = \mu mg \cos \theta \cdot L = 240J$$

例 3 (2022·山东模拟演练卷) 如图所示,一倾角为 $\theta = 37^\circ$ 的足够长斜面体固定在水平地面上,一质量为 $M = 2 \text{ kg}$ 的长木板 B 沿着斜面以速度 $v_0 = 9 \text{ m/s}$ 匀速下滑,现把一质量为 $m = 1 \text{ kg}$ 的铁块 A 轻轻放在长木板 B 的左端,铁块恰好没有从长木板右端滑下, A 与 B 间、 B 与斜面间的动摩擦因数相等,最大静摩擦力等于滑动摩擦力, $g = 10 \text{ m/s}^2$, $\sin 37^\circ = 0.6$, $\cos 37^\circ = 0.8$,求:



(1) 铁块 A 和长木板 B 共速后的速度大小;

(2) 长木板的长度;

(3) 请用数值验证,铁块刚放上长木板左端时与达到共速时系统的总能量相等。

【思路分析】根据动量守恒定律求速度;应用牛顿运动定律及运动学公式求模板长度;根据功能关系和能量守恒来证明。

【答案】 (1) 6 m/s (2) 2.25 m (3) 见解析

【解析】 (1) 根据动量守恒定律有

$$Mv_0 = (M + m)v$$

解得 $v = 6 \text{ m/s}$ 。

(2) 根据题意可知 $\mu = \tan \theta = 0.75$

对铁块 A 受力分析有

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

解得 $a_1 = 12 \text{ m/s}^2$

对长木板受力分析有

$$Mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta - \mu (M + m)g \cos \theta = Ma_2$$

解得 $a_2 = -6 \text{ m/s}^2$

经过时间 t 速度相等,有 $v = v_0 + a_2 t = a_1 t$

解得 $t = 0.5 \text{ s}$, $v = 6 \text{ m/s}$

铁块运动位移 $x_1 = \frac{v}{2} t = 1.5 \text{ m}$

长木板运动位移 $x_2 = \frac{v_0 + v}{2} t = 3.75 \text{ m}$

长木板的长度 $l = x_2 - x_1 = 2.25 \text{ m}$ 。

(3) 系统动能的变化量

$$\Delta E_k = \frac{1}{2}(M + m)v^2 - \frac{1}{2}Mv_0^2 = -27 \text{ J}$$

铁块重力势能的变化量

$$\Delta E_{p1} = -mgx_1 \sin \theta = -9 \text{ J}$$

长木板重力势能的变化量

$$\Delta E_{p2} = -Mgx_2 \sin \theta = -45 \text{ J}$$

长木板与斜面之间摩擦产生的热量

$$Q_1 = \mu(M+m)gx_2 \cos \theta = 67.5 \text{ J}$$

铁块与长木板之间摩擦产生的热量

$$Q_2 = \mu mgl \cos \theta = 13.5 \text{ J}$$

$$\Delta E_k + \Delta E_{p1} + \Delta E_{p2} + Q_1 + Q_2 = 0$$

故系统能量守恒。

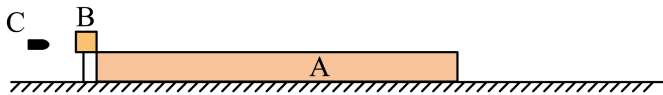
解法指导

1. 滑块和木板组成的系统所受的合外力为零时, 优先选用动量守恒定律解题; 若地面不光滑或受其他外力时, 需选用动力学观点解题。
2. 滑块与木板达到相同速度时应注意摩擦力的大小和方向是否发生变化。
3. 应注意区分滑块、木板各自的相对地面的位移和它们的相对位移。用运动学公式或动能定理列式时位移指相对地面的位移; 求系统摩擦生热时用相对位移 (或相对路程)。

变式训练

题目 1 (23-24 高三下·江苏南通·开学考试) 如图所示, 滑板 A 固定在光滑的水平面上, 长度为 $L=2\text{m}$, 滑板质量 $m_A=1\text{kg}$ 、滑块质量 $m_B=0.99\text{kg}$, A、B 间动摩擦因数为 μ 。现有子弹 $m_C=0.01\text{kg}$ 以 $v_0=200\text{m/s}$ 速度向右击中 B 并留在其中。

- (1) 求子弹 C 击中 B 后瞬间, B 的速度 v_B ;
- (2) B 被子弹击中后恰好能滑到 A 右端静止, 求滑块 A 与 B 间动摩擦因数 μ ;
- (3) 若滑板 A 不固定, 分析 B 能否离开 A, 并求整个过程 A、B、C 系统损失的机械能 E 。



【答案】(1) 2m/s ; (2) 0.1 ; (3) 199J

【详解】(1) 子弹 C 击中 B 后瞬间, B 速度为 v_1 , 根据动量守恒定律

$$m_C v_0 = (m_B + m_C) v_1$$

解得

$$v_1 = 2\text{m/s}$$

(2) 若滑块与水平面固定, B 由运动到静止, 位移为 L , 根据动能定理

$$-\mu(m_B + m_C)gL = 0 - \frac{1}{2}(m_B + m_C)v_1^2$$

解得

$$\mu = 0.1$$

(3) 若 A 与水平面光滑, 则 A 做匀加速运动, B、C 做匀减速运动, B、C 与 A 间摩擦力

$$f = \mu(m_B + m_C)g = 1\text{N}$$

A 的加速度大小为

$$a_A = \frac{f}{m_A} = 1\text{m/s}^2$$

B、C 的共同加速度大小

$$a_{BC} = \frac{f}{m_B + m_C} = 1 \text{ m/s}^2$$

设经时间 t 共速

$$v_1 - a_{BC}t = a_A t$$

解得

$$t = 1 \text{ s}$$

此时 B 相对 A 位移

$$S' = v_1 t - \frac{1}{2} a_{BC} t^2 - \frac{1}{2} a_A t^2 = 1 \text{ m}$$

因 $S' < L$, A 、 B 、 C 最后共速运动, 不会分离, 所以 B 滑行最终速度为

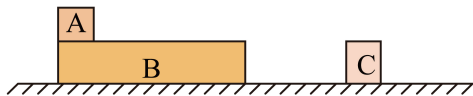
$$v_2 = v_1 - a_B t = 1 \text{ m/s}$$

系统损失的机械能为

$$E = \frac{1}{2} m_C v_0^2 - \frac{1}{2} (m_A + m_B + m_C) v_2^2 = 199 \text{ J}$$

题目 2 (23-24 高三下·山东·开学考试) 如图所示, 木板 B 和滑块 C 静止在水平地面上, 木板 B 长为 $L = 3.50 \text{ m}$, 滑块 C 到木板 B 右端的距离为 $x = 0.5 \text{ m}$ 。某时刻滑块 A 从木板 B 左端以初速度 $v_0 = 4 \text{ m/s}$ 滑上木板 B , 已知木板 B 的质量为 $M = 2.0 \text{ kg}$, 滑块 A 、 C 的质量均为 $m = 1.0 \text{ kg}$, 木板底面光滑, A 与 B 上表面及 C 与地面间的动摩擦因数均为 0.2 , A 、 C 的大小不计, 重力加速度 g 取 10 m/s^2 , 经过一段时间木板 B 与滑块 C 发生第 1 次弹性正碰, 求:

- (1) 木板 B 第 1 次撞击 C 时, 滑块 A 和木板 B 的速度大小各是多少;
- (2) 碰后 B 、 C 间的最大距离。



【答案】(1) $v_A = 2 \text{ m/s}$, $v_B = 1 \text{ m/s}$; (2) $\frac{1}{6} \text{ m}$

【详解】(1) A 减速的加速度为 a_A , B 加速的加速度为 a_B

$$\mu mg = ma_A$$

$$\mu mg = Ma_B$$

设经时间 t_1 , B 追上 C 发生碰撞, 此时 A 、 B 未共速:

$$x = \frac{1}{2} a_B t_1^2$$

$$v_A = v_0 - a_A t_1$$

$$v_B = a_B t_1$$

解得

$$v_A = 2 \text{ m/s}$$

$$v_B = 1 \text{ m/s}$$

(2) B 与 C 碰撞过程动量守恒, 碰后速度分别为 v_{B1} 和 v_{C1}

动量守恒

$$Mv_B = Mv_{B1} + mv_{C1}$$

机械能守恒

$$\frac{1}{2} Mv_B^2 = \frac{1}{2} Mv_{B1}^2 + \frac{1}{2} mv_{C1}^2$$

解得

$$v_{B1} = \frac{1}{3} \text{ m/s}$$

$$v_{C1} = \frac{4}{3} \text{ m/s}$$

碰后 A 减速, B 加速, C 减速, 当 B 的速度 $v_{B2} = v_{C2}$ 时两者间距离最大。

$$v_{B1} + a_B t_2 = v_{C1} - a_C t_2$$

$$a_C = a_A$$

解得

$$t_2 = \frac{1}{3} \text{ s}$$

此时间内 B 、 C 前进的位移分别为 x_{B2} 和 x_{C2}

$$x_{B2} = v_{B1} t_2 + \frac{1}{2} a_B t_2^2$$

$$x_{C2} = v_{C1} t_2 - \frac{1}{2} a_C t_2^2$$

此时 B 、 C 间的距离为

$$\Delta x_m = x_{C2} - x_{B2} = \frac{1}{6} m$$



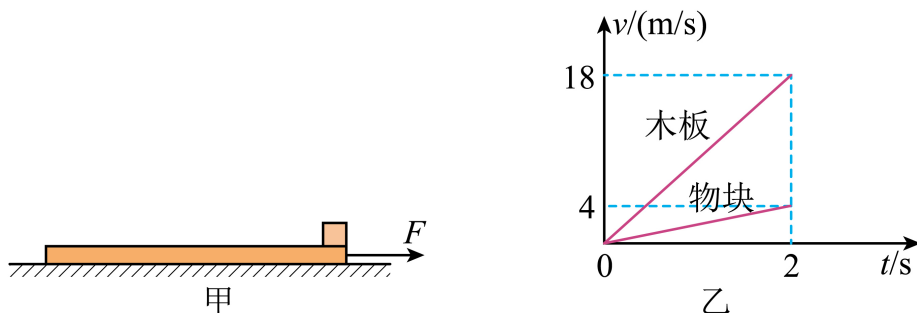
刷模拟

题目 1 (23-24 高三上·河北·阶段练习) 如图甲所示, 一定长度、质量为 $M = 2 \text{ kg}$ 的长木板放在水平面上, 质量为 $m = 1 \text{ kg}$ 且可视为质点的物块放在长木板的最右端, 现在长木板上施加一水平向右的外力 F_1 (大小未知), 使长木板和物块均由静止开始运动, 将此刻记为 $t = 0$ 时刻, $0 \sim 2 \text{ s}$ 内长木板和物块的速度随时间的变化规律如图乙所示, $t = 2 \text{ s}$ 时将外力大小改为 $F_2 = 22 \text{ N}$, 物块与长木板间的动摩擦因数为 μ , 长木板与水平面间的动摩擦因数为 $\mu_2 = \frac{11}{15}$ 。假设最大静摩擦力等于滑动摩擦力, 整个过程中物块始终未离开长木板, 重力加速度 $g = 10 \text{ m/s}^2$ 。求:

(1) μ_1 以及 F_1 的大小

(2) 长木板最终的速度大小;

(3) 长木板的最小长度。



【答案】(1) 0.2 , 42 N ; (2) $\frac{40}{3} \text{ m/s}$; (3) $\frac{140}{3} \text{ m}$

【详解】(1) 由图乙可知, 对物块在 $0 \sim 2 \text{ s}$ 的时间内, 有

$$a_1 = \frac{\Delta v_1}{t_1} = \frac{4 - 0}{2} \text{ m/s}^2 = 2 \text{ m/s}^2$$

对物块由牛顿第二定律得

$$\mu_1 mg = ma_1$$

解得

$$\mu_1 = 0.2$$

0~2s 的时间内长木板做加速运动,由图乙可知

$$a = \frac{\Delta v_2}{\Delta t} = \frac{18}{2} \text{ m/s}^2 = 9 \text{ m/s}^2$$

对木板由牛顿第二定律得

$$F_1 - \mu_1 mg - \mu_2 (M + m)g = Ma$$

解得

$$F_1 = 42 \text{ N}$$

(2) $t = 2 \text{ s}$ 后,由题意得

$$F_2 = \mu_2 (M + m)g$$

故长木板与物块系统动量守恒

可得

$$mv_1 + Mv_2 = (m + M)v_3$$

解得

$$v_3 = \frac{40}{3} \text{ m/s}$$

(3) 由图乙可得, 0~2s 时,物块相对长木板的位移

$$\Delta x_1 = \frac{1}{2} \times 2 \times (18 - 4) \text{ m} = 14 \text{ m}$$

2s 后,到物块与长木板共速时,由能量守恒有

$$\mu_1 mg \Delta x_2 = \frac{1}{2} mv_1^2 + \frac{1}{2} Mv_2^2 - \frac{1}{2} (m + M)v_3^2$$

解得

$$\Delta x_2 = \frac{98}{3} \text{ m}$$

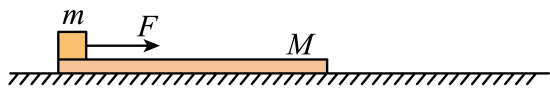
故长木板的最小长度

$$L = \Delta x_1 + \Delta x_2 = \frac{140}{3} \text{ m}$$

题目 2 (23-24 高三上·辽宁·阶段练习) 如图所示,质量 $M = 2 \text{ kg}$ 的薄木板静置于足够大的水平地面上,其左端有一可视为质点、质量 $m = 1 \text{ kg}$ 的物块,现对物块施加一水平向右的恒定拉力 $F = 6 \text{ N}$,木板先在水平地面上加速,物块离开木板后木板在摩擦力的作用下开始减速,运动的总距离 $s = 0.5 \text{ m}$ 。已知物块与木板间的动摩擦因数 $\mu_1 = 0.4$,木板与地面间的动摩擦因数 $\mu_2 = 0.1$,取重力加速度大小 $g = 10 \text{ m/s}^2$ 。求:

(1) 木板的加速距离 d ;

(2) 木板的长度 l 。



【答案】(1) $\frac{1}{3} \text{ m}$; (2) 1 m

【详解】(1) 分析可知,拉力 F 作用下物块在木板上滑动,设物块离开木板前木板的加速度大小为 a_1 ,离开后木板的加速度大小为 a_2 ,木板的最大速度为 v ,则有

$$\mu_1 mg - \mu_2 (M + m)g = Ma_1$$

$$\mu_2 Mg = Ma_2$$

$$\frac{v^2}{2a_1} + \frac{v^2}{2a_2} = s$$

而

$$d = \frac{v^2}{2a_1}$$

解得

$$d = \frac{1}{3} m$$

(2) 设在拉力 F 作用下木板的加速时间为 t_1 , 物块的加速度大小为 a_3 , 则有

$$F - \mu_1 mg = ma_3$$

$$l = \frac{1}{2} a_3 t_1^2 - d$$

而

$$v = a_1 t_1$$

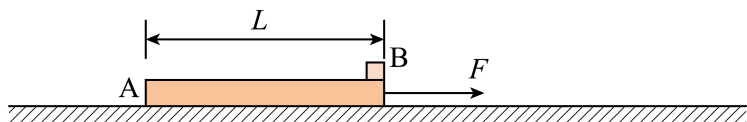
解得

$$l = 1m$$

题目 3 (23-24 高三上·四川内江·阶段练习) 如图所示, 有一长为 $L = 2m$ 长木板 A 静止在水平地面上, 其右端静止一体积可忽略的小物块 B 。现对长木板 A 施加一水平向右的恒力 F , 使长木板 A 和小物块 B 发生相对滑动, 已知长木板 A 的质量为 $m_A = 2\text{kg}$, 小物块 B 的质量为 $m_B = 1\text{kg}$, 长木板 A 和小物块 B 之间的动摩擦因数 $\mu_1 = 0.4$, 长木板 A 与地面之间的动摩擦因数 $\mu_2 = 0.2$, 水平恒力 $F = 20\text{N}$, $g = 10\text{m/s}^2$, 试求:

(1) 在长木板 A 受到水平恒力 F 作用后, 长木板 A 的加速度为多大?

(2) 从长木板 A 受到水平恒力 F 作用开始到 B 离开 A , 整个系统由于滑动摩擦力作用而产生的总热量 Q 。



【答案】(1) $a_A = 5\text{m/s}^2$; (2) $Q = 68\text{J}$

【详解】(1) 对长木板 A , 根据牛顿第二定律

$$F - f_1 - f_2 = m_A a_A$$

其中

$$f_1 = \mu_1 m_B g$$

$$f_2 = \mu_2 N_2$$

$$N_2 = (m_A + m_B)g$$

解得

$$a_A = 5\text{m/s}^2$$

(2) 对小物块 B , 根据牛顿第二定律

$$\mu_1 m_B g = m_B a_B$$

解得

$$a_B = 4\text{m/s}^2$$

对长木板 A

$$x_A = \frac{1}{2} a_A t^2$$

对小物块 B

$$x_B = \frac{1}{2} a_B t^2$$

又

$$x_A - x_B = L$$

总热量为

$$Q = \mu_1 m_B g L + \mu_2 (m_A + m_B) g x_A$$

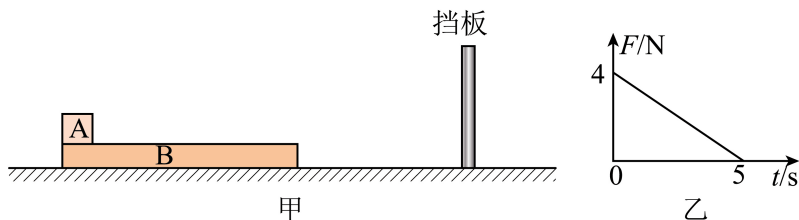
解得

$$Q = 68J$$

题目 4 (23-24 高三上·四川成都·阶段练习) 如图甲所示, 在光滑水平面上静止的小物块 A 和长木板 B 质量均为 $m = 2\text{kg}$, 小物块 A 位于长木板 B 的左端, 二者之间的动摩擦因数 $\mu = 0.1$ 。 $t = 0$ 时刻小物块 A 获得水平向右、大小为 $v_0 = 7\text{m/s}$ 的初速度, 同时给小物块 A 施加如图乙所示的水平向右的作用力。 5s 时长木板 B 与其右侧竖直挡板发生弹性碰撞, 碰撞时间极短, 碰后长木板 B 的速度大小不变, 方向相反。 5s 后撤去小物块 A 所受的水平作用力, 一段时间后小物块 A 和长木板 B 第一次达到共速, 重力加速度 g 取 10m/s^2 , 求:

(1) $0 \sim 5\text{s}$ 内水平作用力的冲量大小;

(2) 从 5s 末到小物块 A 和长木板 B 第一次达到共速的过程中, 系统由于摩擦损失的机械能。



【答案】 (1) $10\text{N} \cdot \text{s}$; (2) $72J$

【详解】 (1) 冲量大小即为 $F-t$ 图线与坐标轴围成的面积, 即

$$I = \frac{5 \times 4}{2} \text{N} \cdot \text{s} = 10\text{N} \cdot \text{s}$$

(2) 对小物块 A 分析, 取向右为正方向, 由动量定理可得

$$I - \mu mgt = mv_1 - mv_0$$

解得

$$v_1 = 7\text{m/s}$$

对长木板 B 应用动量定理, 得

$$\mu mgt = mv_2$$

解得

$$v_2 = 5\text{m/s}$$

长木板 B 与整直挡板碰后, 速度反向, 大小不变, 由动量守恒定律, 得

$$mv_1 - mv_2 = 2mv$$

解得

$$v = 1\text{m/s}$$

从 5s 末到小物块 A 和长木板 B 第一次达到共速的过程中, 系统由于摩擦损失的机械能

$$\Delta E = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2} \times 2mv^2$$

解得

$$\Delta E = 72J$$

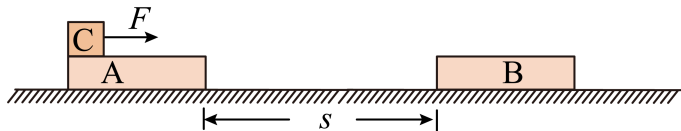
题目 5 (23-24 高三上·云南曲靖·阶段练习) 如图所示, 两个完全相同的质量为 m 的木板 A 、 B 置于水平地面上, 它们的间距 $s = 2.88\text{m}$, 质量为 $2m$, 大小可忽略的物块 C 置于 A 板的左端, C 与 A 之间的动摩擦因数为 $\mu_1 = 0.22$, A 、 B 与水平地面之间的动摩擦因数为 $\mu_2 = 0.10$, 最大静摩擦力等于滑动摩擦力。开始时, 三个物体处于静止状态。现给 C 施加一个水平向右、大小为 $F = \frac{2}{5}mg$ 的恒力作用, 木板 A 、 B 碰撞时间极短

且碰撞后粘连在一起。(取重力加速度 $g=10\text{m/s}^2$, 计算结果用根式表示, 其中 $\sqrt{1.92}=\frac{4\sqrt{3}}{5}$)。求:

(1) A 与 B 相撞前 A 的速度 v_1 是多少?

(2) A 与 B 相撞后向右做加速运动的位移 s_1 是多少?

(3) 要使 C 最终不脱离木板, 每块木板的长度至少应为多少?



【答案】(1) $\frac{4\sqrt{3}}{5}\text{m/s}$; (2) $\frac{2\sqrt{3}}{5}\text{m/s}$; (3) $0.3m$

【详解】(1) 设 A 、 C 之间的滑动摩擦力大小为 f_1 , A 与水平地面之间的滑动摩擦力大小为 f_2 , 一开始 A 和 C 保持相对静止, 在 F 的作用下向右加速运动, 有

$$(F-f_2) \cdot s = \frac{1}{2} \cdot (2m+m)v_1^2$$

$$v_1 = \frac{4\sqrt{3}}{5}\text{m/s}$$

(2) A 、 B 两木板的碰瞬间, 内力的冲量远大于外力的冲量, 由动量守恒定律得

$$mv_1 = (m+m)v_2$$

$$v_2 = \frac{2\sqrt{3}}{5}\text{m/s}$$

碰撞结束后到三个物体达到共同速度的相互作用过程中, 设木板向前移动的位移为 s_1 , 选三个物体构成的整体为研究对象, 外力之和为零, 则

$$2mv_1 + (m+m)v_2 = (2m+m+m)v_3$$

$$v_3 = \frac{3\sqrt{3}}{5}\text{m/s}$$

设 A 、 B 系统与水平地面之间的滑动摩擦力大小为 f_3 , 对 A 、 B 系统, 由动能定理

$$f_1 \cdot s_1 - f_3 \cdot s_1 = \frac{1}{2} \cdot 2mv_3^2 - \frac{1}{2} \cdot 2mv_2^2$$

其中

$$f_3 = \mu_2(2m+m+m)g$$

得

$$s_1 = 1.5m$$

(3) 对 C 物体, 由动能定理:

$$(F-f_1)(2l+s_1) = \frac{1}{2} \cdot 2mv_3^2 - \frac{1}{2} \cdot 2mv_1^2$$

由以上各式, 再代入数据可得

$$l = 0.3m$$

题目 6 (2023·四川攀枝花·一模) 如图所示, 静止在水平地面上的木板 A 质量 $m_A=2.5\text{kg}$ 、长 $L=0.5625m$, 其上左端有一可视为质点、质量 $m_C=0.5\text{kg}$ 的小滑块 C , 滑块 C 与 A 上表面之间的动摩擦因数 $\mu_1=0.2$, A 与水平面间的动摩擦因数 $\mu_2=0.1$, 在 A 右侧有一质量 $m_B=1.5\text{kg}$ 且与 A 等高的木板 B 处于静止状态, B 与地面间的动摩擦因数 $\mu_3=\frac{5}{6}$, A 、 B 两木板初始时相距 $d=1m$ 。现对木板 A 施加一水平的恒定拉力 F , 使木板 A 和滑块 C 保持相对静止, 且木板 A 能以最短时间与木板 B 相碰; 当木板 A 撞到木板 B 前的瞬间拉力大小变为 $\frac{2}{9}F$ 。设最大静摩擦力等于滑动摩擦力, 木板 A 、 B 的碰撞时间极短且无机械能损失, 重力加速度 g 取 10m/s^2 , 求:

- (1) 拉力 F 的大小;
 (2) 从木板 A 和小滑块 C 一起运动到刚与木板 B 相撞的过程中 A 对 C 的冲量大小 I ;
 (3) 判断小滑块 C 能否滑到木板 B 上, 并说明原因。



【答案】(1) $F=9\text{N}$; (2) $I=\sqrt{26}\text{N}\cdot\text{s}$; (3) 不能

【详解】(1) 设木板 A 和小滑块 C 一起运动时的加速度为 a , 对木板 A 与滑块 C , 由牛顿第二定律, 有

$$F - \mu_2(m_A + m_C)g = (m_A + m_C)a$$

对滑块 C , 有

$$\mu_1 m_C g = m_C a$$

联立两式得

$$F = 9\text{N}$$

(2) 从木板 A 和小滑块 C 一起运动到刚与木板 B 相撞的过程中 A 对 C 施加了支持力和摩擦力, 设该段时间为 t_1 , 则 A 对 C 的冲量

$$I = \sqrt{(m_C g)^2 + (\mu_1 m_C g)^2} \cdot t_1$$

$$d = \frac{1}{2} a t_1^2$$

解得

$$I = \sqrt{26}\text{N}\cdot\text{s}$$

(3) 设 A 刚与 B 相撞时的速度为 v_0 , A 、 B 撞后的速度分别为 v_{A1} 、 v_{B1} , 由运动学规律、动量守恒定律和能量守恒定律有

$$v_0 = a t_1$$

$$m_A v_0 = m_A v_{A1} + m_B v_{B1}$$

$$\frac{1}{2} m_A v_0^2 = \frac{1}{2} m_A v_{A1}^2 + \frac{1}{2} m_B v_{B1}^2$$

A 、 B 碰后, A 、 C 将出现相对滑动, 此时对 A 进行受力分析, 地面对 A 的摩擦力、拉力、 C 对 A 的摩擦力恰有

$$\frac{2}{9}F + \mu_1 m_C g = \mu_2 (m_A + m_C) g = 3\text{N}$$

故 A 将做匀速直线运动, C 做匀减速直线运动。

假设 C 未滑离 A , A 、 C 过段时间后将会共速, 设从 A 、 B 碰撞到 A 、 C 共速这段时间为 t_2 , 这段时间内 A 、 C 间的相对位移为 Δx , 根据牛顿运动定律, 有

$$v_{A1} = v_0 - a t_2$$

$$x_C = v_0 t_2 - \frac{1}{2} a t_2^2$$

$$x_A = v_{A1} t_2$$

$$\Delta x = x_C - x_A$$

解得

$$\Delta x = 0.5625\text{m} = L$$

即 A 、 C 共速时 C 恰好滑到 A 的最右端。

对 B , 设 B 碰后到停止的位移为 x_B ,

$$\mu_3 m_B g x_B = \frac{1}{2} m_B v_{B1}^2$$

得

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/356210040230010112>