

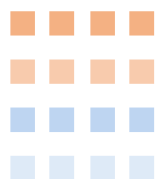
第 5 节 动力学中的“滑块-木板” 问题

广州市执信中学 杨正

【目标要求】



黄埔教研
HUANGPU JIAOYAN



1. 掌握“滑块-木板”模型的运动及受力特点。
2. 能正确运用动力学观点处理“滑块-木板”模型问题。

第
二



0
1

模型概述

0
2

拉动型板块模型

0
3

冲击型板块模型

主题一、模型概述



一、模型概述

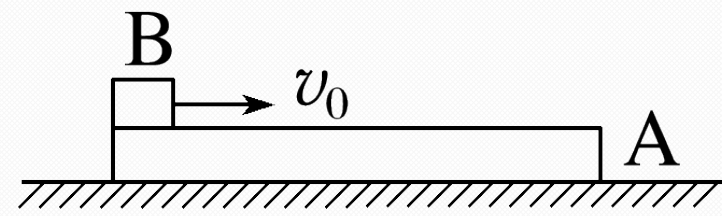
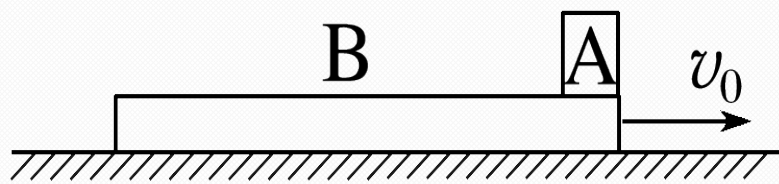
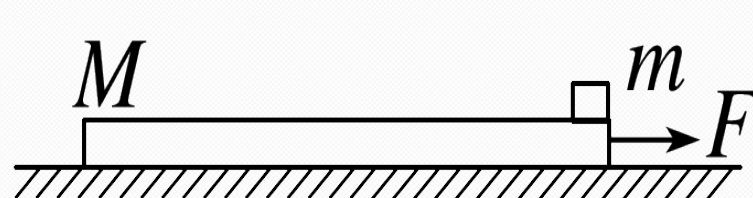
1. 模型特点：滑块（视为质点）置于木板上，滑块和木板均相对地面运动，且滑块和木板在摩擦力的作用下发生相对滑动，滑块和木板具有不同的加速度。

2. 模型构建：

(1) 隔离法应用：对滑块和木板分别进行受力和运动过程分析。

(2) 对滑块和木板分别列动力学方程和运动学方程。

(3) 明确滑块和木板间的位移关系



一、模型概述

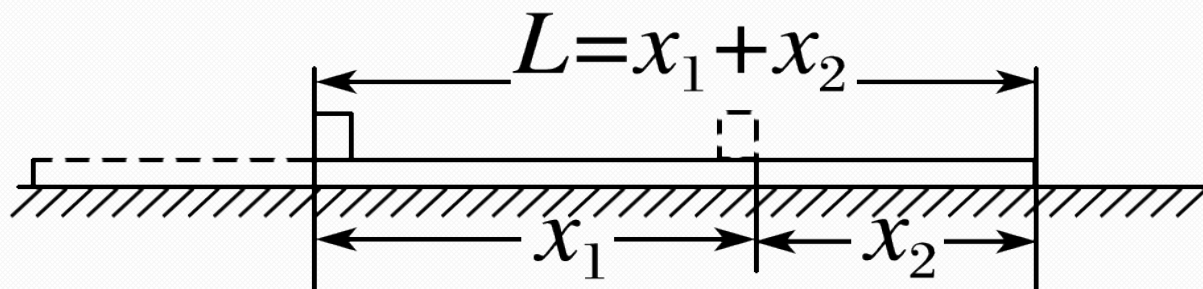
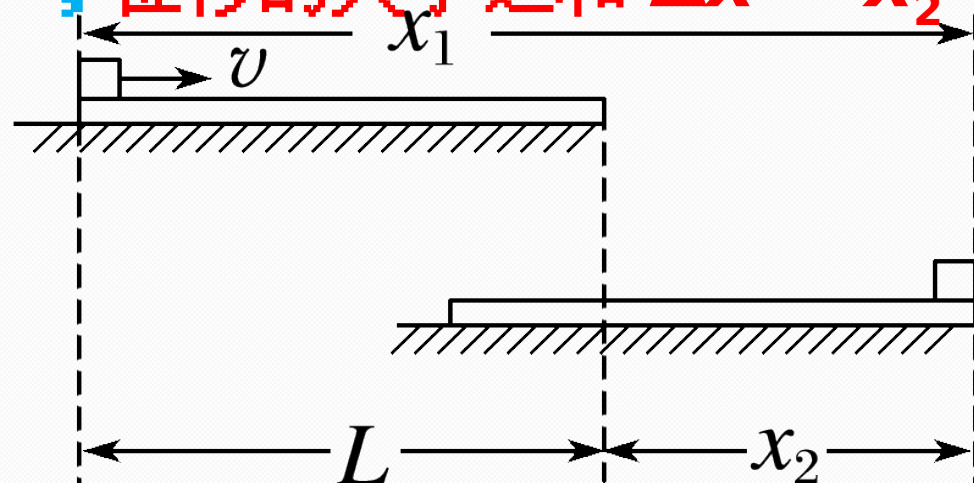
2. 模型构建：

(1) 隔离法应用：对滑块和木板分别进行受力分析和运动过程分析。

(2) 对滑块和木板分别列动力学方程和运动学方程。

(3) 明确滑块和木板间的位移关系

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，位移的大小之和 $\Delta x = x_2 + x_1 = L$ 。



一、模型概述

3. 解题关键

(1) 摩擦力的方向判断：由滑块与木板的相对运动来判断“板块”间的摩擦力方向。

(2) 挖掘“ $v_{物} = v_{板}$ ”临界条件的拓展含义

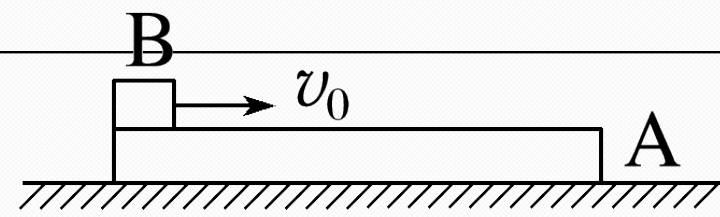
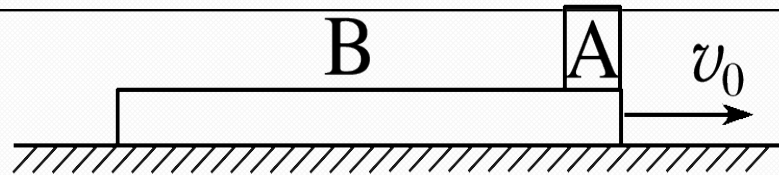
摩擦力突变的临界条件：当 $v_{物} = v_{板}$ 时，“板块”间的摩擦力可能由滑动摩擦力转变为静摩擦力或者两者间不再有摩擦力（水平面上共同匀速运动）。

① 滑块恰好不滑离木板的条件：
滑块运动到木板的一端时， $v_{物} = v_{板}$
滑块运动到木板的一端时， $v_{物} = v_{板}$

4. 分类：
 (1) 拉动型
 (2) 木板最短的条件：



(2) 冲击型



主题二、拉动型板块模型



二、拉动型板块模型

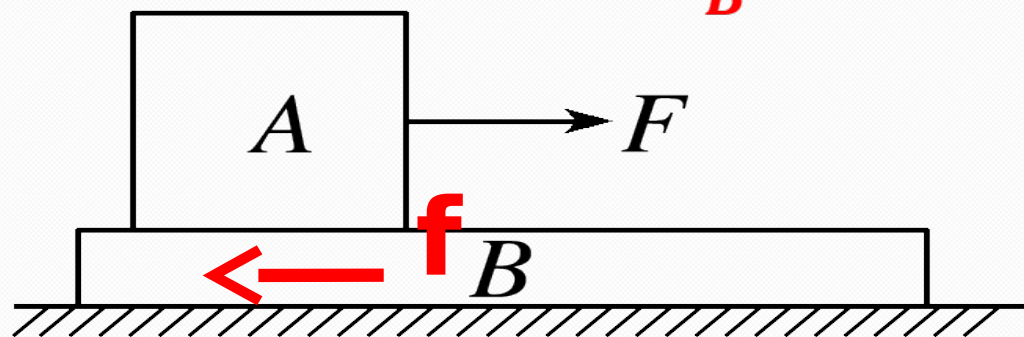
整体：

$$F_{\text{隔}} = (m_A + m_B)a$$

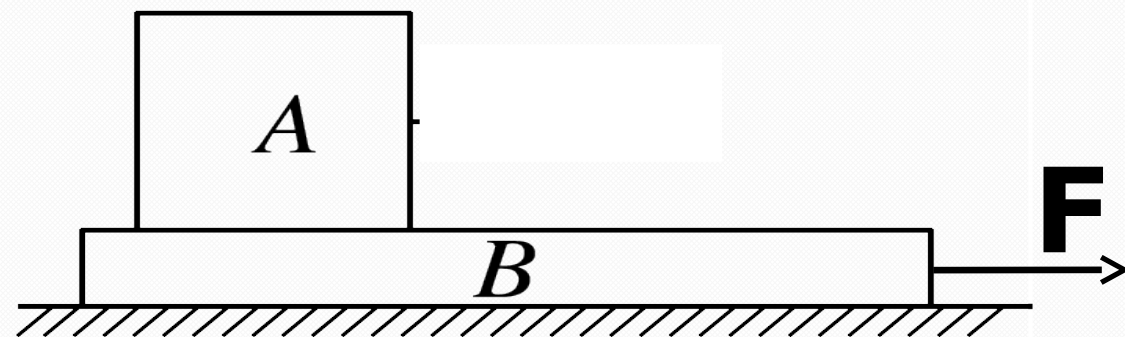
$$F = (m_A + m_B) \frac{f}{m_B}$$

当 $f = f_m = \mu m_A g$ 时将相对滑动

$$F_0 = \frac{(m_A + m_B) \mu m_A g}{m_B}$$



思考：A、B 在拉力 F 作用下一一起在光滑的水平面上加速，两个物体的质量分别为 m_A 、 m_B 。接触面的动摩擦因数为 μ ，试求当 F 满足什么条件时，发生相对滑动。



二、拉动型板块模型

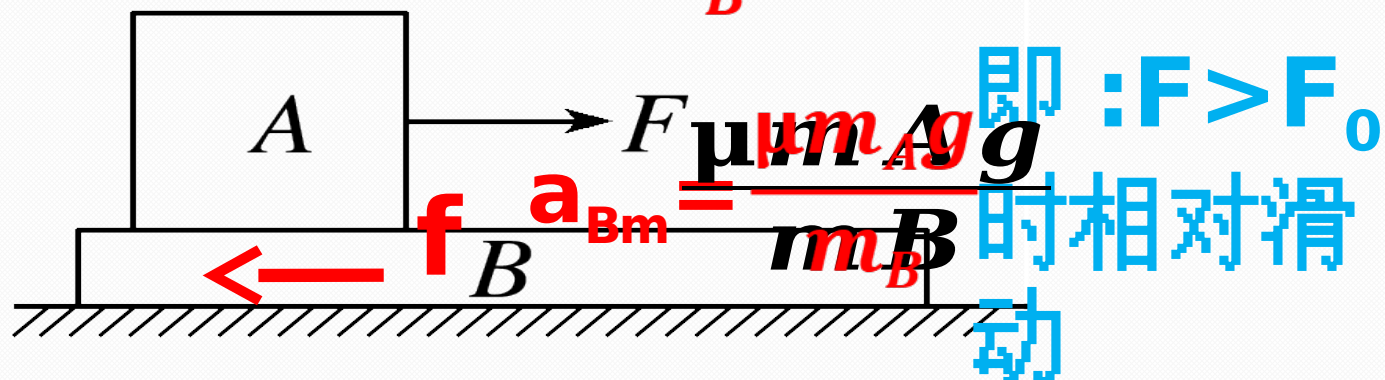
整体：

$$F = (m_A + m_B)a$$

$$F = (m_A + m_B) \frac{f}{m_B}$$

当 $f = f_m = \mu m_A g$ 时将相对滑动

$$F_0 = \frac{(m_A + m_B) \mu m_A g}{m_B}$$



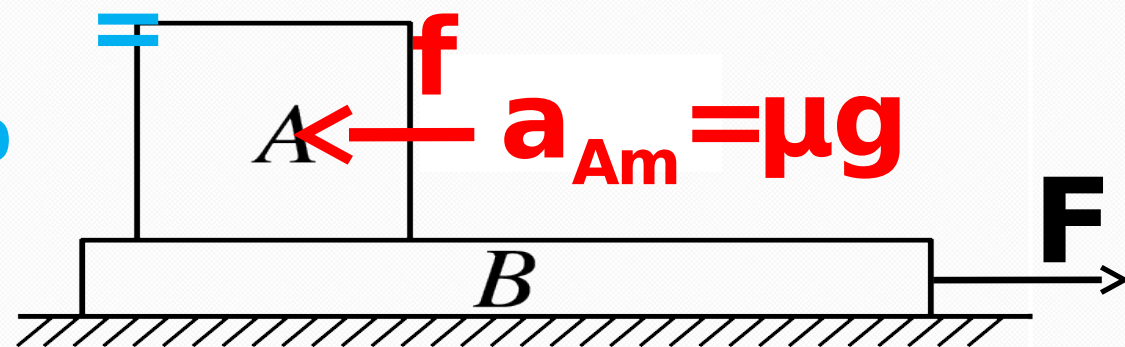
整体： $F = (m_A + m_B)a$

隔 A： $f = m_A a$

$$F = (m_A + m_B) \frac{f}{m_A}$$

当 $f = f_m = \mu m_A g$ 时将相对滑动

$$F_0 = (m_A + m_B) \mu g$$



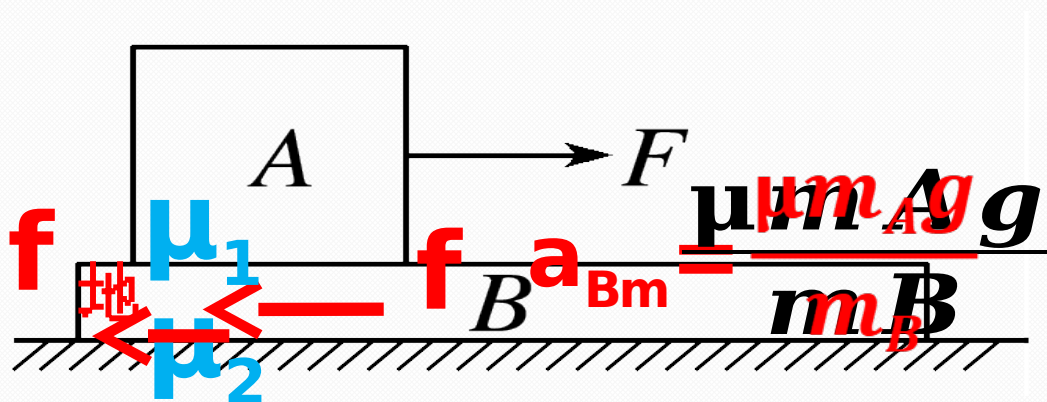
二、拉动型板块模型

1. 上拉板块模型 $F > F_0$ 时相对滑动

: ① 水平面光滑:

$$F_0 = (m_A + m_B) a = (m_A + m_B) \frac{\mu m_A g}{m_B}$$

② 水平面粗糙:



二、拉动型板块模型

1. 上拉板块模型 $F > F_0$ 时相对滑动

: ① 水平面光滑:

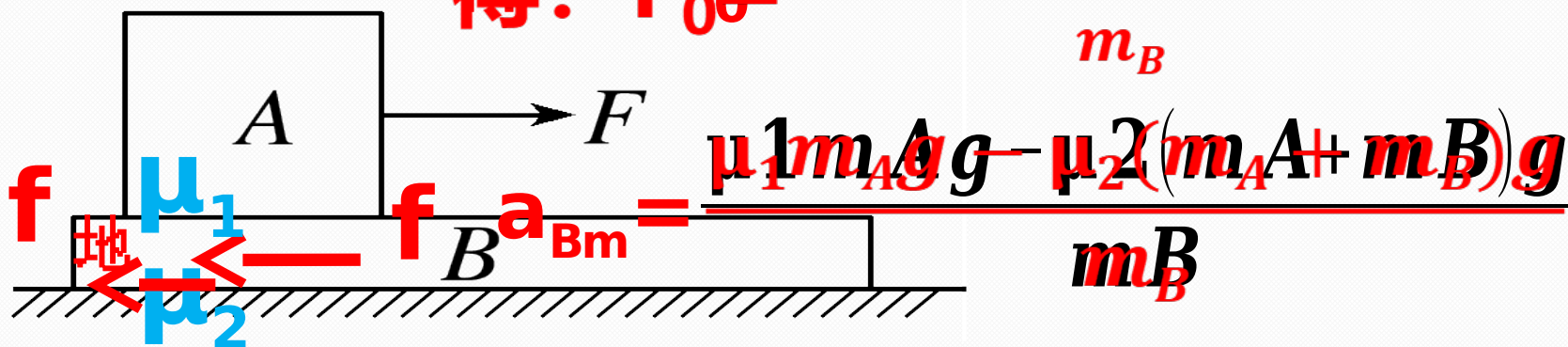
$$F_0 = (m_A + m_B) a = (m_A + m_B) \frac{\mu m_A g}{m_B}$$

② 水平面粗糙:

$$F_0 - \mu_2 (m_A + m_B) g = (m_A + m_B) a$$

$$F_0 = \mu_2 (m_A + m_B) g + (m_A + m_B) \frac{\mu_1 m_A g - \mu_2 (m_A + m_B) g}{m_B}$$

$$\text{得: } F_0 = \frac{(\mu_1 - \mu_2) m_A g (m_A + m_B)}{m_B}$$



二、拉动型板块模型

1. 上拉板块模型 $F > F_0$ 时相对滑动

2. 下拉板块模型

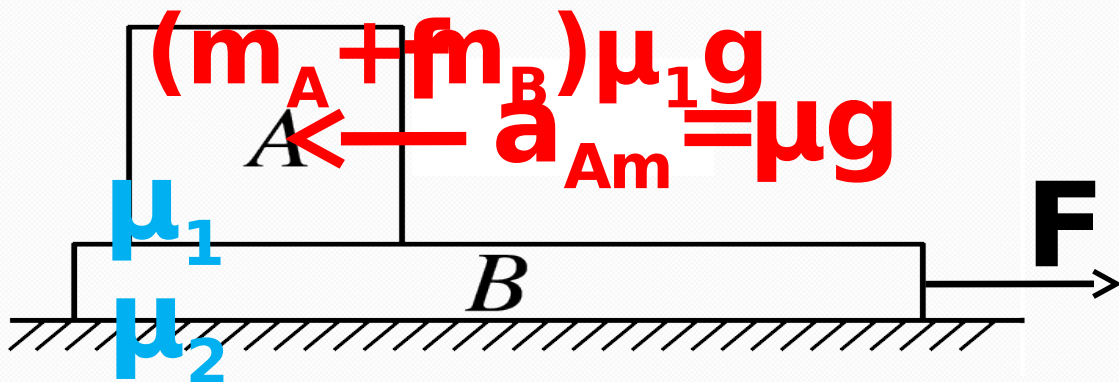
: ① 水平面光滑:

$$F_0 = (m_A + m_B) a_m = (m_A + m_B) \mu$$

② 水平面粗糙: g

$$F_0 - \mu_2 (m_A + m_B) g = (m_A + m_B) a_m$$

$$F_0 = \mu_2 (m_A + m_B) g + (m_A + m_B) \mu_1 g = (\mu_1 + \mu_2) (m_A + m_B) g$$



二、拉动型板块模型

【典例 1】 如图所示，在光滑的水平面上有一足够长且质量为 $M = 4 \text{ kg}$ 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 $\mu = 0.2$ ，最大静摩擦力等于滑动摩擦力，长木板与小物块均静止，现用水平恒力 F 向右拉长木板， g 取 10 m/s^2 。

- (1) 若要使小物块和木板间发生相对滑动，拉力 F 不小于什么值？
 (2) 若 $F = 14 \text{ N}$ ，经时间 $t = 1 \text{ s}$ 撤去水平恒力 F ，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？

解：(1) 块： $\mu mg = ma_0$ 整： $F_0 = (m + M)a_0$
 得 $F_0 = 10 \text{ N}$ 拉力 F 不小于 10 N

(2): ① 板： $F - \mu mg = Ma_{\text{板}}$

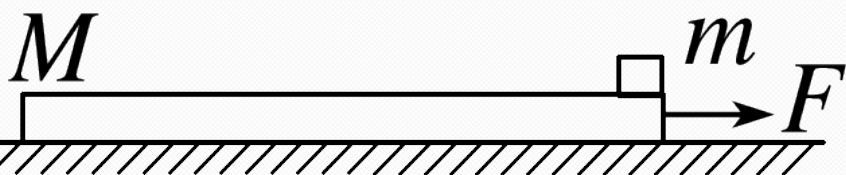
得： $a_{\text{板}} = 3 \text{ m/s}^2$

② 块： $a_{\text{块}} = a_0 = \mu g = 2 \text{ m/s}^2$

$\Delta x_1 = \frac{1}{2} a_{\text{板}} t^2 - \frac{1}{2} a_{\text{块}} t^2 = 0.5 \text{ m}$

③ $v_{\text{板}} = a_{\text{板}} t = 3 \text{ m/s}$ $v_{\text{块}} = a_{\text{块}} t = 2 \text{ m/s}$

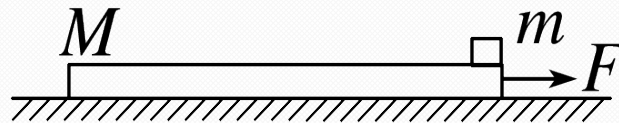
$\mu mg = Ma_{\text{板}}'$ 得： $a_{\text{板}}' = 0.5 \text{ m/s}^2$



$v_{\text{共}} + a_{\text{块}} = v_{\text{板}} - a_{\text{板}}'$
 得： $v_{\text{共}} = 2.8 \text{ m/s}$

二、拉动型板块模型

【典例 1】(2) 若 $F = 14 \text{ N}$ ，经时间 $t = 1 \text{ s}$ 撤去水平恒力 F ，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？



(2): ④ $\Delta x_2 = x_{\text{板}}' - x_{\text{块}}' = \frac{v_{\text{板}} + v_{\text{共}}}{2} t' - \frac{v_{\text{块}} + v_{\text{共}}}{2} t' = 0.2 \text{ m}$ $\Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_2 = 0.7 \text{ m}$

主题三、冲击型板块模型

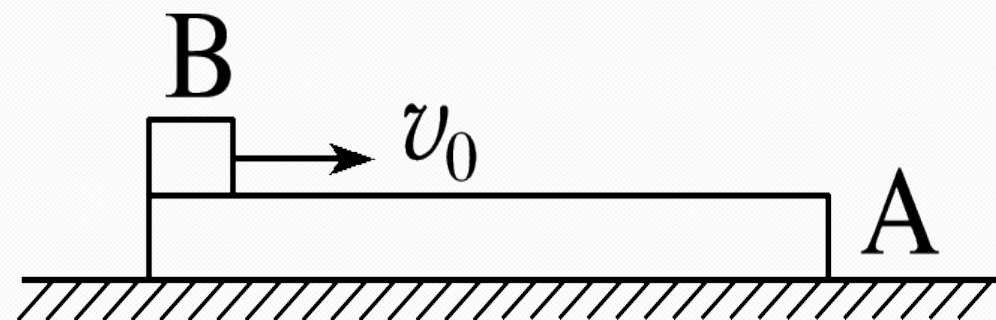
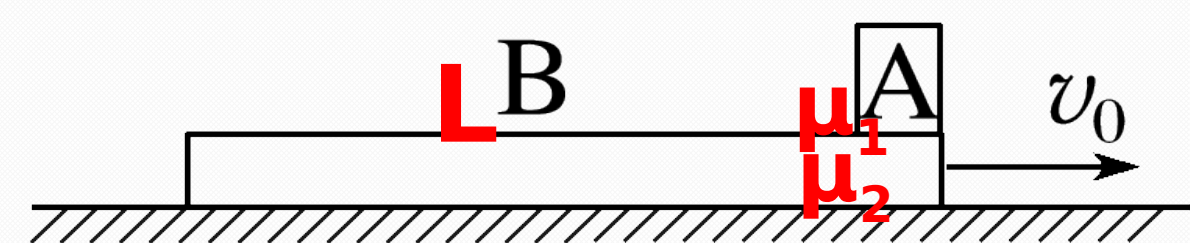


三、冲击型板块模型

1. 下冲击板块模型：

思考 1：A、B 的加速度各为多少？
 $a_A = \mu_1 g$ $a_B = \frac{\mu_1 m_A g + \mu_2 (m_B + m_A) g}{m_B}$

思考 2：若能共速，如何求共速的速度和时间？



三、冲击型板块模型

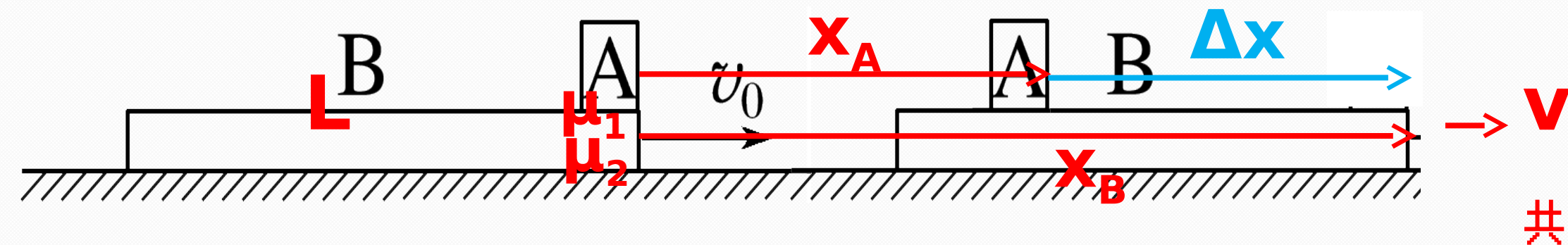
1. 下冲击板块模型：

思考 1：A、B 的加速度各为多少？
 $a_A = \mu_1 g$ $a_B = \frac{\mu_1 m_A g + \mu_2 (m_B + m_A) g}{m_B}$

思考 2：若能共速，如何求共速的速度和时间？
 $v_{共} = a_A t = v_0 - a_B t$

思考 3：能共速板的长度满足什么条件？
 $L \geq x_B - x_A \equiv \frac{v_0 + v_{共}}{2} t - \frac{0 + v_{共}}{2} t$

思考 4：共速后能一起运动吗？



三、冲击型板块模型

1. 下冲击板块模型：

思考 1：A、B 的加速度各为多少？
 $a_A = \mu_1 g$ $a_B = \frac{\mu_1 m_A g + \mu_2 (m_B + m_A) g}{m_B}$

思考 2：若能共速，如何求共速的速度和时间？
 $v_{共} = a_A t = v_0 - a_B t$

思考 3：能共速板的长度满足什么条件？
 $L \geq x_B - x_A \equiv \frac{v_0 + v_{共}}{2} t - \frac{0 + v_{共}}{2} t$

思考 4：共速后能一起运动吗？
 整： $\mu_2 (m_A + m_B) g = (m_A + m_B) a$

① 若 一起匀减速

A: $f = m_A a = m_A \mu_2 g \leq \mu_1 m_A g$

$\mu_1 \geq \mu_2$

B

A

v_0

f

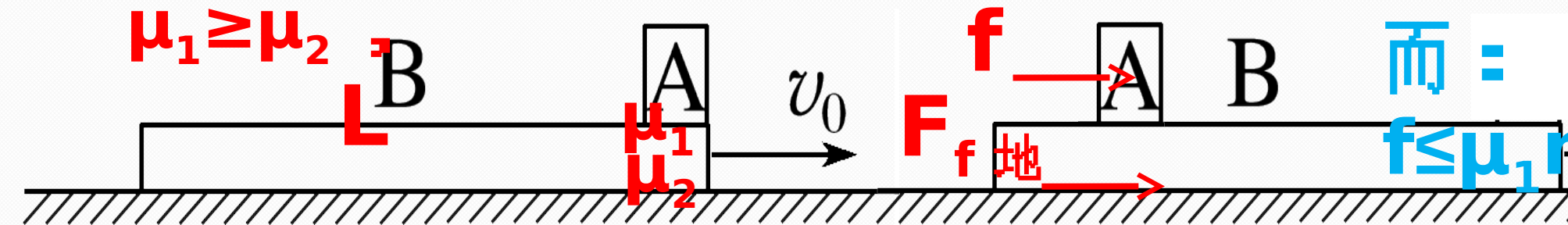
A

B

而：

$f \leq \mu_1 m_A g$

共



三、冲击型板块模型

1. 下冲击板块模型：

(1) 板足够长必共速 (2) 共速后能否一起减速取决于两摩擦因数的大小

思考 1：A、B 的加速度各为多少？
 $a_A = \mu_1 g$ $a_B = \frac{\mu_1 m_A g + \mu_2 (m_B + m_A) g}{m_B}$

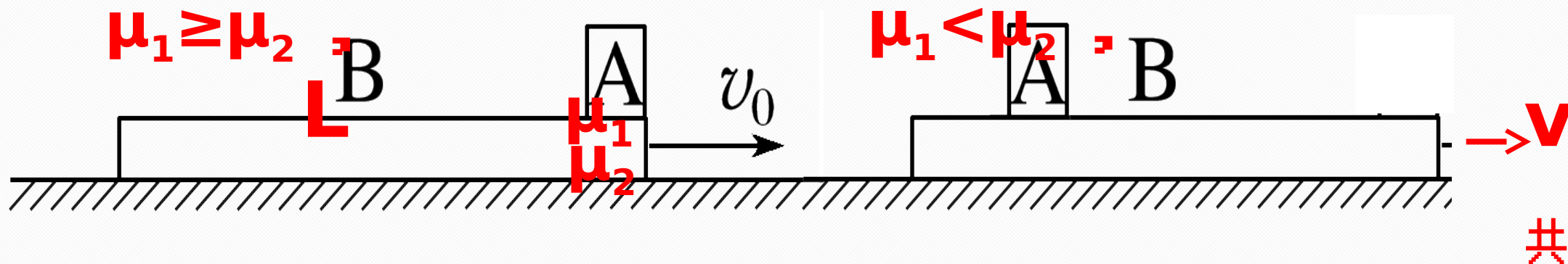
思考 2：若能共速，如何求共速的速度和时间？
 $v_{共} = a_A t = v_0 - a_B t$

思考 3：能共速板的长度满足什么条件？
 $L \geq x_B - x_A \equiv \frac{v_0 + v_{共}}{2} t - \frac{0 + v_{共}}{2} t$

思考 4：共速后能一起运动吗？

① 若 一起匀减速

② 若 各自匀减速



三、冲击型板块模型

2. 上冲击板块模型：

思考 1：A、B 的加速度各为多少？
 $a_B = \mu_1 g$ $a_A = \frac{\mu_1 m_B g - \mu_2 (m_B + m_A) g}{m_A}$

思考 2：若能共速，如何求共速的速度和时间？
 $v_{共} = a_A t = v_0 - a_B t$

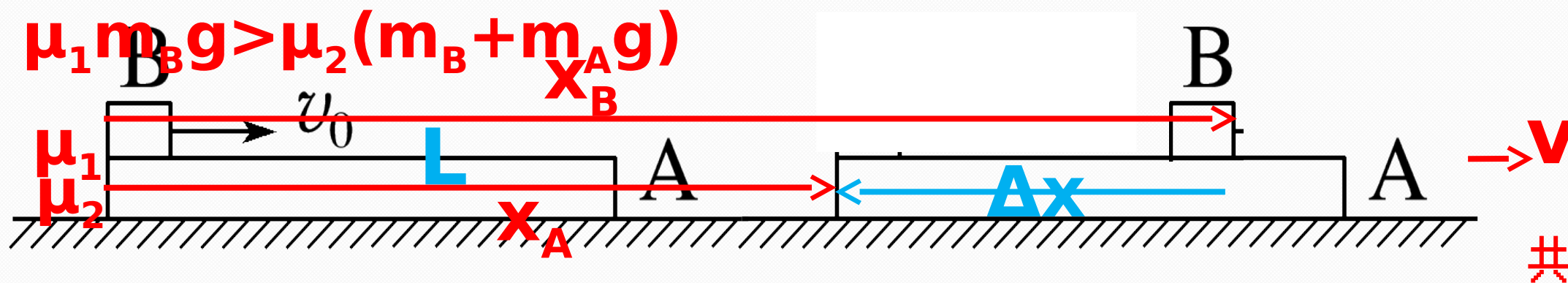
思考 3：能共速板的长度满足什么条件？
 $L \geq x_B - x_A = \frac{v_0 + v_{共}}{2} t - \frac{0 + v_{共}}{2} t$

思考 4：共速后能一起运动吗？B 能带动 A 说明什么问题？

即：

μ_1 一定大于 μ_2 即一定一起匀减速

$$\mu_1 m_B g > \mu_2 (m_B + m_A) g$$



三、冲击型板块模型

3. 对冲击板块模型：

思考 1：谁先减到零 都有可能

思考 2：某个物体减到零后，
它们加速度变化吗？
滑块 a 不变

(1) 共速前 $a_B = \mu_1 g$ 水平向左

$a_A = \frac{\mu_1 m_B g + \mu_2 (m_B + m_A) g}{m_A}$ 水平向右

$v_{共} = v_1 - a_A t = -$

(2) 共速后 ① $v_{共} + a_B t$

② 若 μ_2 ，

$a_B' = \mu_1 g$ 水平向右

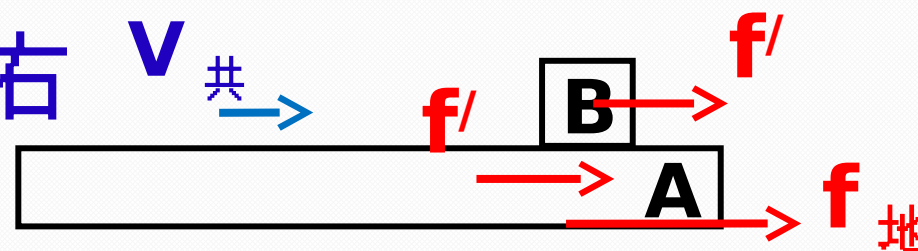
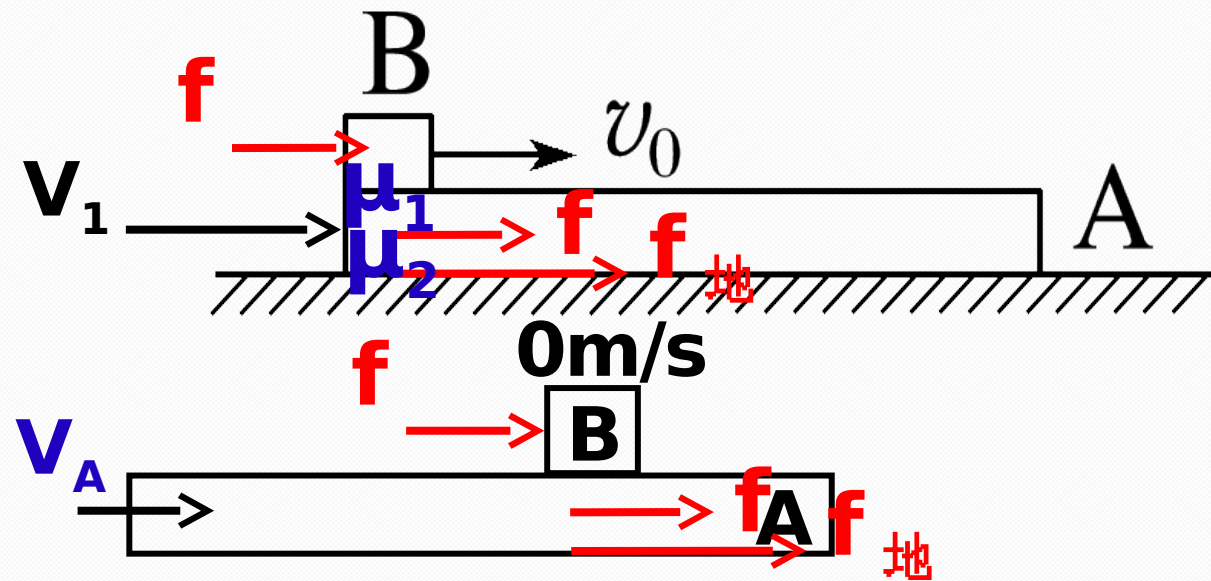
一起匀减速

$a_A' = a_B' = \mu_2 g$

水平向右

各自匀减速

$a_A' = \frac{\mu_2 (m_B + m_A) g - \mu_1 m_B g}{m_A}$ 水平向右



以 B 先
减为零为
例：

三、冲击型板块模型

【典例 2】 (多选) 一小物块向左冲上水平向右运动的木板，二者速度大小分别为 v_0 、 $2v_0$ ，此后木板的速度 v 随时间 t 变化的图像如图所示。

设最大静摩擦力等于滑动摩擦力，木板足够长。整个运动过程

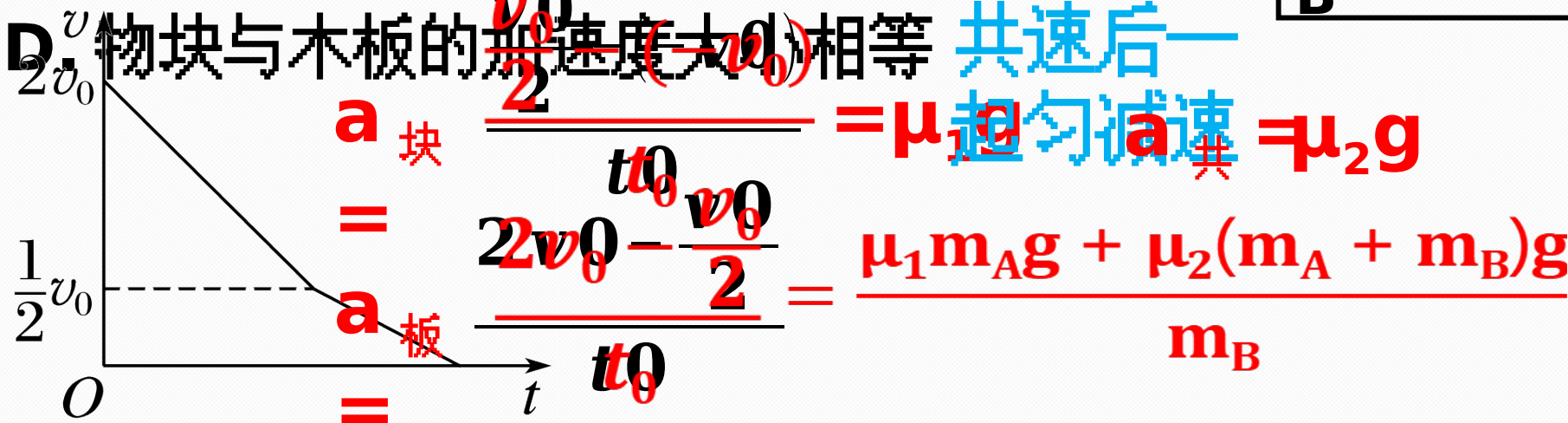
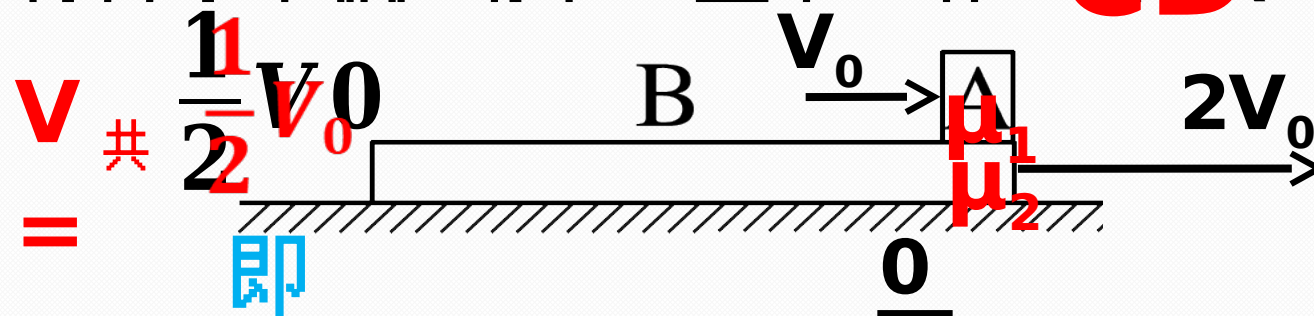
()

A. 物块的运动方向不变

B. 物块的加速度方向不变

C. 物块相对木板的运动方向不变

D. 物块与木板的速度相等



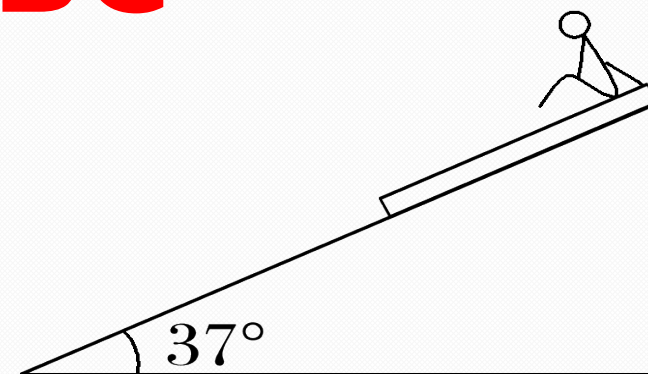
$$a_{\text{块}} = \frac{\frac{v_0}{2} - (-v_0)}{t_0} = \mu_1 g$$

$$a_{\text{板}} = \frac{2v_0 - \frac{v_0}{2}}{t_0} = \frac{\mu_1 m_A g + \mu_2 (m_A + m_B) g}{m_B} = \mu_1 g$$

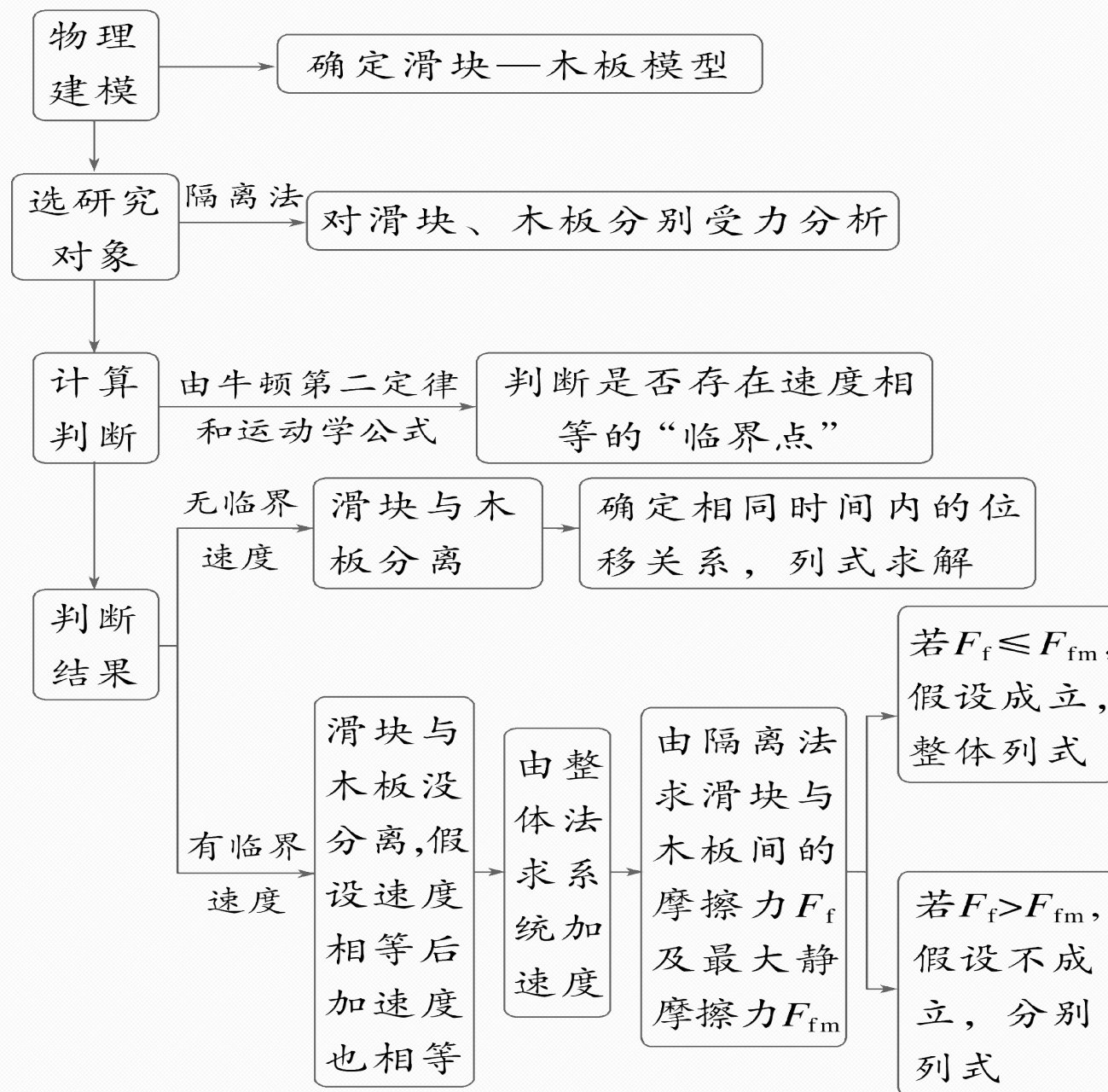
三、冲击型板块模型

【典例3】 (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° 的斜坡上有一长为 L 的滑板，滑板与沙面间的动摩擦因数为 μ 。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（ ）

BC



- A. 小孩在滑板上滑的加速度大小为 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





黄埔教研
HUANGPUJIAOYAN

谢谢

