

专题强化五 牛顿第二定律的综合应用

【目标要求】 1.知道连接体的类型以及运动特点,会用整体法、隔离法解决连接体问题.2.理解几种常见的临界极值条件.3.会用极限法、假设法、数学方法解决临界极值问题.

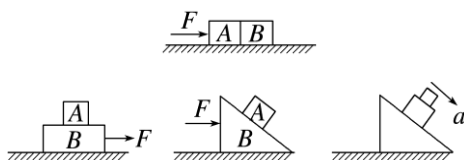
题型一 动力学中的连接体问题

1. 连接体

多个相互关联的物体连接(叠放、并排或由绳子、细杆、弹簧等联系)在一起构成的物体系统称为连接体.连接体一般(含弹簧的系统,系统稳定时)具有相同的运动情况(速度、加速度).

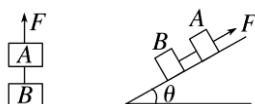
2. 常见的连接体

(1)物物叠放连接体:两物体通过弹力、摩擦力作用,具有相同的速度和加速度

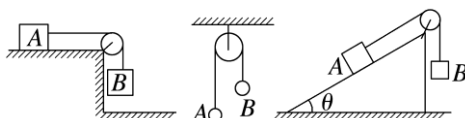


速度、加速度相同

(2)轻绳连接体:轻绳在伸直状态下,两端的连接体沿绳方向的速度总是相等.

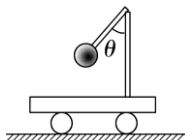


速度、加速度相同



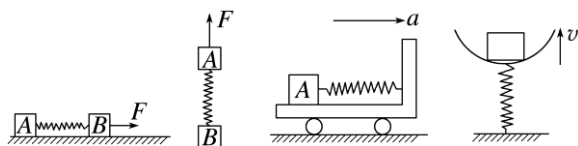
速度、加速度大小相等,方向不同

(3)轻杆连接体:轻杆平动时,连接体具有相同的平动速度.



速度、加速度相同

(4)弹簧连接体:在弹簧发生形变的过程中,两端连接体的速度、加速度不一定相等;在弹簧形变最大时,两端连接体的速度、加速度相等.



3. 整体法与隔离法在连接体中的应用

(1) 整体法

当连接体内(即系统内)各物体的加速度相同时,可以把系统内的所有物体看成一个整体,分析其受力和运动情况,运用牛顿第二定律对整体列方程求解的方法.

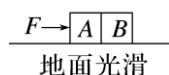
(2) 隔离法

当求系统内物体间相互作用的内力时,常把某个物体从系统中隔离出来,分析其受力和运动情况,再用牛顿第二定律对隔离出来的物体列方程求解的方法.

(3) 处理连接体方法

① 共速连接体,一般采用先整体后隔离的方法.如图所示,先用整体法得出合力 F 与 a 的关系, $F = (m_A + m_B)a$,再隔离单个物体(部分物体)研究 $F_{\text{内力}}$ 与 a 的关系,例如隔离 B , $F_{\text{内力}} =$

$$m_B a = \frac{m_B}{m_A + m_B} F$$



② 关联速度连接体

分别对两物体受力分析,分别应用牛顿第二定律列出方程,联立方程求解.

考向 1 共速连接体

【例 1】 如图所示,水平面上有两个质量分别为 m_1 和 m_2 的木块 1 和 2,中间用一条轻绳连接,两木块的材料相同,现用力 F 向右拉木块 2,当两木块一起向右做匀加速直线运动时,已知重力加速度为 g ,下列说法正确的是()



A. 若水平面是光滑的,则 m_2 越大绳的拉力越大

B. 若木块和地面间的动摩擦因数为 μ ,则绳的拉力为 $\frac{m_1 F}{m_1 + m_2} + \mu m_1 g$

C. 绳的拉力大小与水平面是否粗糙无关

D. 绳的拉力大小与水平面是否粗糙有关

答案 C

解析 设木块和地面间的动摩擦因数为 μ ,以两木块整体为研究对象,根据牛顿第二定律 F

$-\mu(m_1+m_2)g=(m_1+m_2)a$, 得 $a=\frac{F-\mu(m_1+m_2)g}{m_1+m_2}$, 以木块 1 为研究对象, 根据牛顿第二定律

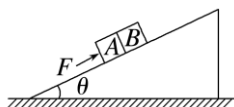
$F_T-\mu m_1g=m_1a$, 得 $a=\frac{F_T-\mu m_1g}{m_1}$, 系统加速度与木块 1 加速度相同, 解得 $F_T=\frac{m_1}{m_1+m_2}F$, 可

见绳子拉力大小与动摩擦因数 μ 无关, 与两木块质量大小有关, 即与水平面是否粗糙无关,

无论水平面是光滑的还是粗糙的, 绳的拉力大小均为 $F_T=\frac{m_1}{m_1+m_2}F$, 且 m_2 越大绳的拉力越小,

故选 C.

【例 2】(多选) 如图所示, 质量分别为 m_A 、 m_B 的 A、B 两物块紧靠在一起放在倾角为 θ 的固定斜面上, 两物块与斜面间的动摩擦因数相同, 用始终平行于斜面向上的恒力 F 推 A, 使它们沿斜面向上匀加速运动, 为了增大 A、B 间的压力, 可行的办法是()



- A. 增大推力 F
- B. 减小倾角 θ
- C. 减小 B 的质量
- D. 减小 A 的质量

答案 AD

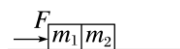
解析 设物块与斜面间的动摩擦因数为 μ , 对 A、B 整体受力分析, 有 $F-(m_A+m_B)g\sin\theta-\mu(m_A+m_B)g\cos\theta=(m_A+m_B)a$, 对 B 受力分析, 有 $F_{AB}-m_Bg\sin\theta-\mu m_Bg\cos\theta=m_Ba$, 由以上两式可得 $F_{AB}=\frac{m_B}{m_A+m_B}F=\frac{F}{\frac{m_A}{m_B}+1}$, 为了增大 A、B 间的压力, 即 F_{AB} 增大, 应增大推力 F 或减小

A 的质量, 增大 B 的质量. 故 A、D 正确, B、C 错误.

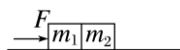
方法点拨

力的“分配”

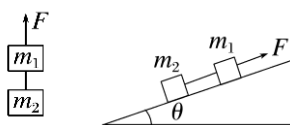
两物块在力 F 作用下一起运动, 系统的加速度与每个物块的加速度相同, 如图:



地面光滑



m_1 、 m_2 与地面间的动摩擦因数相同，地面粗糙

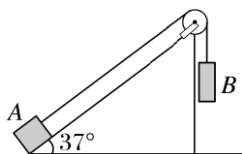


m_1 、 m_2 与固定粗糙斜面间的动摩擦因数相同，

以上 4 种情形中， F 一定，两物块间的弹力只与物块的质量有关且 $F_{\text{弹}} = \frac{m_2}{m_1 + m_2} F$.

考向 2 关联速度连接体

【例 3】(2022·山东师范大学附中高三月考)如图所示，足够长的倾角 $\theta=37^\circ$ 的光滑斜面体固定在水平地面上，一根轻绳跨过定滑轮，一端与质量为 $m_1=1\text{ kg}$ 的物块 A 连接，另一端与质量为 $m_2=3\text{ kg}$ 的物块 B 连接，绳与斜面保持平行. 开始时，用手按住 A，使 B 悬于空中，释放后，在 B 落地之前，下列说法正确的是(所有摩擦均忽略不计，不计空气阻力， $\sin 37^\circ=0.6$ ， $\cos 37^\circ=0.8$ ， g 取 10 m/s^2)()



- A. 绳的拉力大小为 30 N
- B. 绳的拉力大小为 6 N
- C. 物块 B 的加速度大小为 6 m/s^2
- D. 如果将 B 物块换成一个竖直向下大小为 30 N 的力，对物块 A 的运动没有影响

答案 C

解析 对 B 隔离分析，由牛顿第二定律得 $m_2g - F_T = m_2a$ ，对 A、B 整体分析，由牛顿第二定律得 $m_2g - m_1g\sin\theta = (m_1 + m_2)a$ ，联立解得 $a = 6\text{ m/s}^2$ ， $F_T = 12\text{ N}$ ，故 A、B 错误，C 正确；如果将 B 物块换成一个竖直向下大小为 30 N 的力，对 A 由牛顿第二定律得 $F - m_1g\sin\theta = m_1a'$ ，解得 $a' = 24\text{ m/s}^2$ ，前后加速度不一样，对物块 A 的运动有影响，故 D 错误.

题型二 动力学中的临界和极值问题

1. 常见的临界条件

(1)两物体脱离的临界条件： $F_N=0$.

(2)相对滑动的临界条件：静摩擦力达到最大值.

(3)绳子断裂或松弛的临界条件：绳子断裂的临界条件是绳中张力等于它所能承受的最大张力；绳子松弛的临界条件是 $F_T=0$.

2. 解题基本思路

(1)认真审题，详细分析问题中变化的过程(包括分析整个过程中有几个阶段)；

(2)寻找过程中变化的物理量；

(3)探索物理量的变化规律；

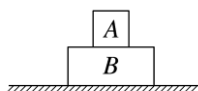
(4)确定临界状态，分析临界条件，找出临界关系.

3. 解题方法

极限法	把物理问题(或过程)推向极端，从而使临界现象(或状态)暴露出来，以达到正确解决问题的目的
假设法	临界问题存在多种可能，特别是非此即彼两种可能时，或变化过程中可能出现临界条件，也可能不出现临界条件时，往往用假设法解决问题
数学法	将物理过程转化为数学表达式，根据数学表达式解出临界条件

考向 1 相对滑动的临界问题

【例 4】 (多选)如图所示，A、B 两物块叠在一起静止在水平地面上，A 物块的质量 $m_A=2\text{ kg}$ ，B 物块的质量 $m_B=3\text{ kg}$ ，A 与 B 接触面间的动摩擦因数 $\mu_1=0.4$ ，B 与地面间的动摩擦因数 $\mu_2=0.1$ ，现对 A 或对 B 施加一水平外力 F ，使 A、B 相对静止一起沿水平地面运动，重力加速度 $g=10\text{ m/s}^2$ ，物块受到的最大静摩擦力等于滑动摩擦力. 下列说法正确的是()



A. 若外力 F 作用到物块 A 上，则其最小值为 8 N

B. 若外力 F 作用到物块 A 上，则其最大值为 10 N

C. 若外力 F 作用到物块 B 上，则其最小值为 13 N

D. 若外力 F 作用到物块 B 上，则其最大值为 25 N

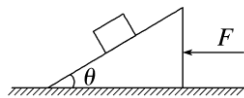
答案 BD

解析 当外力 F 作用到 A 上时，A 对 B 的摩擦力达到最大静摩擦力时，两者相对静止， F 达到最大值，对 B 根据牛顿第二定律，有： $\mu_1 m_A g - \mu_2 (m_A + m_B) g = m_B a_1$ ，代入数据解得 $a_1 = 1\text{ m/s}^2$ ，

对整体： $F_1 - \mu_2 (m_A + m_B) g = (m_A + m_B) a_1$ ，代入数据，解得： $F_1 = 10\text{ N}$ ，故 B 正确；当外力 F

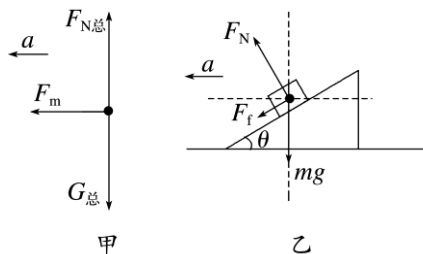
作用到 B 上时, A 对 B 的摩擦力达到最大静摩擦力时, 两者相对静止, F 达到最大值, 对 A , 根据牛顿第二定律, 有 $\mu_1 m_A g = m_A a_2$, 得 $a_2 = \mu_1 g = 4 \text{ m/s}^2$, 对 A 、 B 整体: $F_2 - \mu_2 (m_A + m_B) g = (m_A + m_B) a_2$, 代入数据解得: $F_2 = 25 \text{ N}$, 故 D 正确; 无论 F 作用于 A 还是 B 上, A 、 B 刚开始相对地面滑动时, $F_{\min} = \mu_2 (m_A + m_B) g = 5 \text{ N}$, A 、 C 错误.

【例 5】 如图所示, 一块质量 $m=2 \text{ kg}$ 的木块放置在质量 $M=6 \text{ kg}$ 、倾角 $\theta=37^\circ$ 的粗糙斜面体上, 木块与斜面体间的动摩擦因数 $\mu=0.8$, 二者静止在光滑水平面上. 现对斜面体施加一个水平向左的作用力 F , 若要保证木块和斜面体不发生相对滑动, 求 F 的大小范围. (设最大静摩擦力等于滑动摩擦力, g 取 10 m/s^2 , $\sin 37^\circ=0.6$, $\cos 37^\circ=0.8$)



答案 $0 \leq F \leq 310 \text{ N}$

解析 若要保证木块和斜面体不发生相对滑动, 则两物体以相同的加速度向左做匀加速直线运动, 由于 $\mu > \tan \theta$, 故当 $F=0$ 时, 木块静止在斜面上, 即 F 的最小值为 0; 根据题意可知, 当木块相对斜面体恰不向上滑动时, F 有最大值 F_m , 设此时两物体运动的加速度为 a , 两物体之间的摩擦力大小为 F_f , 斜面体对木块的支持力为 F_N . 对整体和木块分别进行受力分析, 如图甲、乙

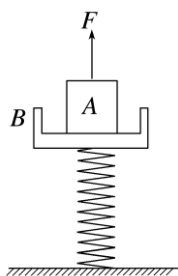


对整体受力分析 $F_m = (m + M)a$, 对木块受力分析 $F_f = \mu F_N$, 水平方向 $F_f \cos \theta + F_N \sin \theta = ma$, 竖直方向 $F_N \cos \theta = mg + F_f \sin \theta$, 联立以上各式, 代入数据解得 $F_m = 310 \text{ N}$, 故 F 的大小范围为 $0 \leq F \leq 310 \text{ N}$.

考向 2 恰好脱离的动力学临界问题

【例 6】 (多选) 如图所示, 质量 $m_B=2 \text{ kg}$ 的水平托盘 B 与一竖直放置的轻弹簧焊接, 托盘上放一质量 $m_A=1 \text{ kg}$ 的小物块 A , 整个装置静止. 现对小物块 A 施加一个竖直向上的变力 F , 使其从静止开始以加速度 $a=2 \text{ m/s}^2$ 做匀加速直线运动, 已知弹簧的劲度系数 $k=600 \text{ N/m}$, g

$=10 \text{ m/s}^2$. 以下结论正确的是()



- A. 变力 F 的最小值为 2 N
- B. 变力 F 的最小值为 6 N
- C. 小物块 A 与托盘 B 分离瞬间的速度为 0.2 m/s
- D. 小物块 A 与托盘 B 分离瞬间的速度为 $\frac{\sqrt{5}}{5} \text{ m/s}$

答案 BC

解析 A 、 B 整体受力产生加速度, 则有 $F + F_{\text{NAB}} - (m_A + m_B)g = (m_A + m_B)a$, $F = (m_A + m_B)a + (m_A + m_B)g - F_{\text{NAB}}$, 当 F_{NAB} 最大时, F 最小, 即刚开始施力时, F_{NAB} 最大, 等于重力, 则 $F_{\text{min}} = (m_A + m_B)a = 6 \text{ N}$, B 正确, A 错误; 刚开始, 弹簧的压缩量为 $x_1 = \frac{(m_A + m_B)g}{k} = 0.05 \text{ m}$; A 、 B 分离时, 其间恰好无作用力, 对托盘 B , 由牛顿第二定律可知 $kx_2 - m_Bg = m_Ba$, 得 $x_2 = 0.04 \text{ m}$. 物块 A 在这一过程的位移为 $\Delta x = x_1 - x_2 = 0.01 \text{ m}$, 由运动学公式可知 $v^2 = 2a\Delta x$, 代入数据得 $v = 0.2 \text{ m/s}$, C 正确, D 错误.

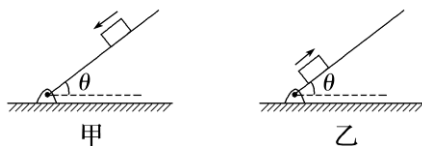
方法点拨

连接体恰好脱离满足两个条件

- (1) 物体间的弹力 $F_N = 0$;
- (2) 脱离瞬间系统、单个物体的加速度仍相等.

考向 3 动力学中的极值问题

【例 7】如图甲所示, 木板与水平地面间的夹角 θ 可以随意改变, 当 $\theta = 30^\circ$ 时, 可视为质点的一小物块恰好能沿着木板匀速下滑. 如图乙, 若让该小物块从木板的底端每次均以大小相同的初速度 $v_0 = 10 \text{ m/s}$ 沿木板向上运动, 随着 θ 的改变, 小物块沿木板向上滑行的距离 x 将发生变化, 重力加速度 g 取 10 m/s^2 .



(1)求小物块与木板间的动摩擦因数；

(2)当 θ 角满足什么条件时，小物块沿木板向上滑行的距离最小，并求出此最小值。

答案 (1) $\frac{\sqrt{3}}{3}$ (2) $\theta = 60^\circ$ $\frac{5\sqrt{3}}{2}$ m

解析 (1)当 $\theta = 30^\circ$ 时，小物块恰好能沿着木板匀速下滑，则 $mg \sin \theta = F_f$, $F_f = \mu mg \cos \theta$

联立解得： $\mu = \frac{\sqrt{3}}{3}$.

(2)当 θ 变化时，设沿斜面向上为正方向，物块的加速度为 a ，则 $-mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta = ma$,

由 $0 - v_0^2 = 2ax$ 得 $x = \frac{v_0^2}{2g(\sin \theta + \mu \cos \theta)}$,

令 $\cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{1+\mu^2}}$, $\sin \alpha = \frac{\mu}{\sqrt{1+\mu^2}}$,

即 $\tan \alpha = \mu = \frac{\sqrt{3}}{3}$,

故 $\alpha = 30^\circ$,

又因 $x = \frac{v_0^2}{2g\sqrt{1+\mu^2}\sin(\theta+\alpha)}$

当 $\alpha + \theta = 90^\circ$ 时 x 最小，即 $\theta = 60^\circ$,

所以 x 最小值为 $x_{\min} = \frac{v_0^2}{2g(\sin 60^\circ + \mu \cos 60^\circ)}$

$= \frac{\sqrt{3}v_0^2}{4g} = \frac{5\sqrt{3}}{2}$ m.

题型三 动力学图像问题

1. 常见图像

$v-t$ 图像、 $a-t$ 图像、 $F-t$ 图像、 $F-a$ 图像等.

2. 题型分类

(1)已知物体受到的力随时间变化的图线，要求分析物体的运动情况.

(2)已知物体的速度、加速度随时间变化的图线，要求分析物体的受力情况.

(3)由已知条件确定某物理量的变化图像.

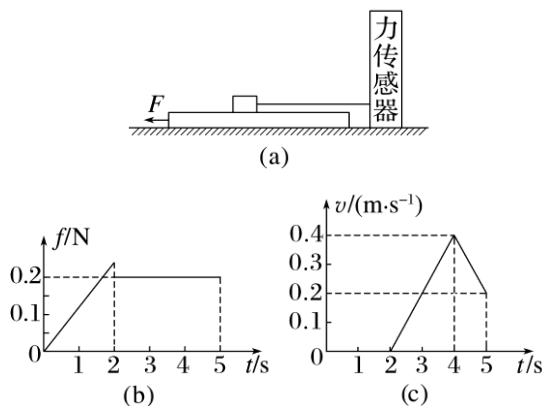
3. 解题策略

(1)分清图像类别：即分清横、纵坐标所代表的物理量，明确其物理意义，掌握物理图像所反映的物理过程，会分析临界点.

(2)注意图线中的一些特殊点所表示的物理意义：图线与横、纵坐标的交点，图线的转折点，两图线的交点等.

(3)明确能从图像中获得哪些信息：把图像与具体的题意、情景结合起来，应用物理规律列出与图像对应的函数方程式，进而明确“图像与公式”“图像与物体”间的关系，以便对有关物理问题作出准确判断.

【例 8】(多选)(2019·全国卷Ⅲ·20)如图(a)，物块和木板叠放在实验台上，物块用一不可伸长的细绳与固定在实验台上的力传感器相连，细绳水平. $t=0$ 时，木板开始受到水平外力 F 的作用，在 $t=4$ s 时撤去外力. 细绳对物块的拉力 f 随时间 t 变化的关系如图(b)所示，木板的速度 v 与时间 t 的关系如图(c)所示. 木板与实验台之间的摩擦可以忽略. 重力加速度取 10 m/s^2 . 由题给数据可以得出()



- A. 木板的质量为 1 kg
- B. $2 \text{ s} \sim 4 \text{ s}$ 内，力 F 的大小为 0.4 N
- C. $0 \sim 2 \text{ s}$ 内，力 F 的大小保持不变
- D. 物块与木板之间的动摩擦因数为 0.2

答案 AB

解析 由题图(c)可知木板在 $0 \sim 2 \text{ s}$ 内处于静止状态，再结合题图(b)中细绳对物块的拉力 f 在 $0 \sim 2 \text{ s}$ 内逐渐增大，可知物块受到木板的摩擦力逐渐增大，故可以判断木板受到的水平外力 F 也逐渐增大，选项 C 错误；由题图(c)可知木板在 $2 \text{ s} \sim 4 \text{ s}$ 内做匀加速运动，其加速度大小

为 $a_1 = \frac{0.4 - 0}{4 - 2} \text{ m/s}^2 = 0.2 \text{ m/s}^2$ ，对木板进行受力分析，由牛顿第二定律可得 $F - f_{\text{摩}} = ma_1$ ，在

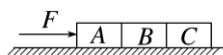
$4 \sim 5 \text{ s}$ 内做匀减速运动，其加速度大小为 $a_2 = \frac{0.4 - 0.2}{5 - 4} \text{ m/s}^2 = 0.2 \text{ m/s}^2$ ， $f_{\text{摩}} = ma_2$ ，另外由于

物块静止不动,同时结合题图(b)可知物块与木板之间的滑动摩擦力 $f_{\text{摩}} = 0.2 \text{ N}$,解得 $m = 1 \text{ kg}$ 、 $F = 0.4 \text{ N}$, 选项 A、B 正确; 由于不知道物块的质量, 所以不能求出物块与木板之间的动摩擦因数, 选项 D 错误.

课时精练

✓ 必备基础练

1.(多选)如图所示, 水平地面上有三个靠在一起的物块 A、B 和 C, 质量均为 m , 设它们与地面间的动摩擦因数均为 μ , 用水平向右的恒力 F 推物块 A, 使三个物块一起向右做匀加速直线运动, 用 F_1 、 F_2 分别表示 A 与 B、B 与 C 之间相互作用力的大小, 则下列判断正确的是()

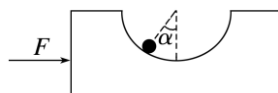


- A. 若 $\mu \neq 0$, 则 $F_1 : F_2 = 2 : 1$
- B. 若 $\mu \neq 0$, 则 $F_1 : F_2 = 3 : 1$
- C. 若 $\mu = 0$, 则 $F_1 : F_2 = 2 : 1$
- D. 若 $\mu = 0$, 则 $F_1 : F_2 = 3 : 1$

答案 AC

解析 三物块一起向右做匀加速直线运动, 设加速度为 a , 若 $\mu = 0$, 分别对物块 B、C 组成的系统和物块 C 应用牛顿第二定律有 $F_1 = 2ma$, $F_2 = ma$, 易得 $F_1 : F_2 = 2 : 1$, C 项正确, D 项错误; 若 $\mu \neq 0$, 分别对物块 B、C 组成的系统和物块 C 应用牛顿第二定律有 $F_1 - 2\mu mg = 2ma$, $F_2 - \mu mg = ma$, 易得 $F_1 : F_2 = 2 : 1$, A 项正确, B 项错误.

2.如图所示, 质量为 M 、中空为半球形的光滑凹槽放置于光滑水平地面上, 光滑凹槽内有一质量为 m 的小铁球, 现用一水平向右的推力 F 推动凹槽, 小铁球与光滑凹槽相对静止时, 凹槽圆心和小铁球的连线与竖直方向成 α 角. 重力加速度为 g , 则下列说法正确的是()



- A. 小铁球受到的合外力方向水平向左
- B. 凹槽对小铁球的支持力为 $\frac{mg}{\sin \alpha}$
- C. 系统的加速度为 $a = g \tan \alpha$
- D. 推力 $F = Mg \tan \alpha$

答案 C

解析 根据小铁球与光滑凹槽相对静止可知, 系统有水平向右的加速度 $a = g \tan \alpha$, 小铁球受到的合外力方向水平向右, 凹槽对小铁球的支持力为 $\frac{mg}{\cos \alpha}$, 推力 $F = (M + m)g \tan \alpha$, 选项 A、B、D 错误, C 正确.

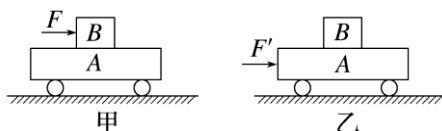
3. (2020·江苏卷·5)中欧班列在欧亚大陆开辟了“生命之路”, 为国际抗疫贡献了中国力量. 某运送防疫物资的班列由 40 节质量相等的车厢组成, 在车头牵引下, 列车沿平直轨道匀加速行驶时, 第 2 节对第 3 节车厢的牵引力为 F . 若每节车厢所受摩擦力、空气阻力均相等, 则倒数第 3 节对倒数第 2 节车厢的牵引力为()

- A. F B. $\frac{19F}{20}$ C. $\frac{F}{19}$ D. $\frac{F}{20}$

答案 C

解析 设列车的加速度为 a , 每节车厢的质量为 m , 每节车厢受到的阻力为 F_f , 对后 38 节车厢, 由牛顿第二定律有 $F - 38F_f = 38ma$; 设倒数第 3 节车厢对倒数第 2 节车厢的牵引力为 F_1 , 对后 2 节车厢, 由牛顿第二定律得 $F_1 - 2F_f = 2ma$, 联立解得 $F_1 = \frac{F}{19}$, 故选项 C 正确.

4. 如图所示, 在光滑水平面上有一辆小车 A, 其质量为 $m_A = 2.0 \text{ kg}$, 小车上放一个物体 B, 其质量为 $m_B = 1.0 \text{ kg}$. 如图甲所示, 给 B 一个水平推力 F , 当 F 增大到稍大于 3.0 N 时, A、B 开始相对滑动, 如果撤去 F , 对 A 施加一水平推力 F' , 如图乙所示. 要使 A、B 不相对滑动, 则 F' 的最大值 $F_{\max}$ 为()

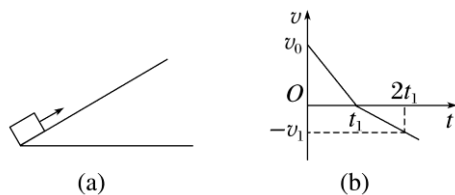


- A. 2.0 N B. 3.0 N
C. 6.0 N D. 9.0 N

答案 C

解析 根据题图甲所示, 设 A、B 间的静摩擦力达到最大值 $F_{f\max}$ 时, 系统的加速度为 a , 根据牛顿第二定律, 对 A、B 整体有 $F = (m_A + m_B)a$, 对 A 有 $F_{f\max} = m_A a$, 代入数据解得 $F_{f\max} = 2.0 \text{ N}$; 根据题图乙所示情况, 设 A、B 刚开始滑动时系统的加速度为 a' , 根据牛顿第二定律, 以 B 为研究对象有 $F_{f\max} = m_B a'$, 以 A、B 整体为研究对象, 有 $F_{\max} = (m_A + m_B)a'$, 代入数据解得 $F_{\max} = 6.0 \text{ N}$, 故选 C.

5. 如图(a), 一物块在 $t = 0$ 时刻滑上一固定斜面, 其运动的 $v-t$ 图线如图(b)所示. 若重力加速度及图中的 v_0 、 v_1 、 t_1 均为已知量, 则不可求出()

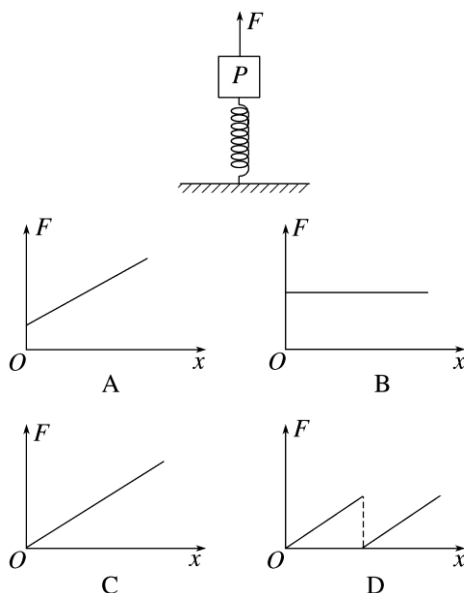


- A. 斜面的倾角
- B. 物块的质量
- C. 物块与斜面间的动摩擦因数
- D. 物块沿斜面向上滑行的最大高度

答案 B

解析 由题图可知, 物块上滑的加速度大小 $a_1 = \frac{v_0}{t_1}$, 下滑的加速度大小 $a_2 = \frac{v_1}{t_1}$, 根据牛顿第二定律, 物块上滑时有 $mg \sin \theta + \mu mg \cos \theta = ma_1$, 下滑时有 $mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta = ma_2$, 则可求得斜面倾角及动摩擦因数, 故 A、C 不符合题意; 由于 m 均消去, 无法求得物块的质量, 故 B 符合题意; 物块上滑的最大距离 $x = \frac{v_0 t_1}{2}$, 则最大高度 $h = x \cdot \sin \theta$, 故 D 不符合题意.

6.(2018·全国卷 I ·15)如图, 轻弹簧的下端固定在水平桌面上, 上端放有物块 P , 系统处于静止状态. 现用一竖直向上的力 F 作用在 P 上, 使其向上做匀加速直线运动. 以 x 表示 P 离开静止位置的位移, 在弹簧恢复原长前, 下列表示 F 和 x 之间关系的图像可能正确的是()



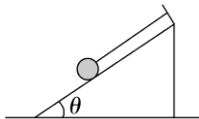
答案 A

解析 设物块 P 静止时, 弹簧的长度为 x_0 , 原长为 l , 则有 $k(l - x_0) = mg$, 物块 P 向上做匀加速直线运动时受重力 mg 、弹簧弹力 $k(l - x_0 - x)$ 及力 F , 根据牛顿第二定律, 得 $F + k(l - x_0 - x) - mg = ma$, 故 $F = kx + ma$. 根据数学知识知 $F - x$ 图像是纵轴截距为 ma 、斜率为 k 的一次函数.

数图像, 故可能正确的是 A.

能力综合练

7. 如图所示, 质量 $m=2\text{ kg}$ 的小球用细绳拴在倾角 $\theta=37^\circ$ 的光滑斜面上, 此时, 细绳平行于斜面. 取 $g=10\text{ m/s}^2$ ($\sin 37^\circ=0.6$, $\cos 37^\circ=0.8$). 下列说法正确的是()



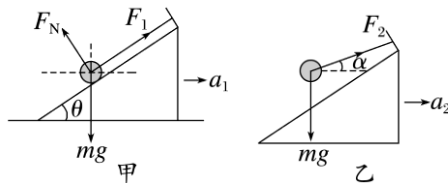
- A. 当斜面体以 5 m/s^2 的加速度向右加速运动时, 绳子拉力大小为 20 N
- B. 当斜面体以 5 m/s^2 的加速度向右加速运动时, 绳子拉力大小为 30 N
- C. 当斜面体以 20 m/s^2 的加速度向右加速运动时, 绳子拉力大小为 40 N
- D. 当斜面体以 20 m/s^2 的加速度向右加速运动时, 绳子拉力大小为 60 N

答案 A

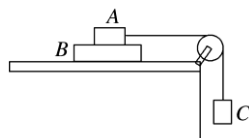
解析 小球刚好离开斜面时的临界条件是斜面对小球的弹力恰好为零, 斜面对小球的弹力恰好为零时, 设绳子的拉力为 F , 斜面体的加速度为 a_0 , 以小球为研究对象, 根据牛顿第二定律有 $F\cos\theta = ma_0$, $F\sin\theta - mg = 0$, 代入数据解得 $a_0 \approx 13.3\text{ m/s}^2$.

①由于 $a_1 = 5\text{ m/s}^2 < a_0$, 可见小球仍在斜面上, 此时小球的受力情况如图甲所示, 以小球为研究对象, 根据牛顿第二定律有 $F_1\sin\theta + F_N\cos\theta - mg = 0$, $F_1\cos\theta - F_N\sin\theta = ma_1$, 代入数据解得 $F_1 = 20\text{ N}$, 选项 A 正确, B 错误;

②由于 $a_2 = 20\text{ m/s}^2 > a_0$, 可见小球离开了斜面, 此时小球的受力情况如图乙所示, 设绳子与水平方向的夹角为 α , 以小球为研究对象, 根据牛顿第二定律有 $F_2\cos\alpha = ma_2$, $F_2\sin\alpha - mg = 0$, 代入数据解得 $F_2 = 20\sqrt{5}\text{ N}$, 选项 C、D 错误.



8. (多选) 物块 B 放在光滑的水平桌面上, 其上放置物块 A, 物块 A、C 通过细绳相连, 细绳跨过定滑轮, 如图所示, 物块 A、B、C 质量均为 m , 现释放物块 C, A 和 B 一起以相同加速度加速运动, 不计细绳与滑轮之间的摩擦力, 重力加速度大小为 g , A、B 未与滑轮相撞, C 未落地, 则细绳中的拉力大小及 A、B 间的摩擦力大小分别为()

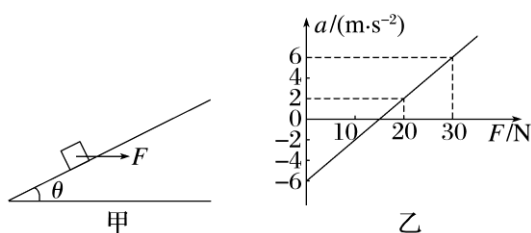


- A. $F_T = mg$ B. $F_T = \frac{2}{3}mg$
 C. $F_f = \frac{2}{3}mg$ D. $F_f = \frac{1}{3}mg$

答案 BD

解析 以 C 为研究对象, 由牛顿第二定律得 $mg - F_T = ma$; 以 A 、 B 为研究对象, 由牛顿第二定律得 $F_T = 2ma$, 联立解得 $F_T = \frac{2}{3}mg$, $a = \frac{1}{3}g$; 以 B 为研究对象, 由牛顿第二定律得 $F_f = ma$, 得 $F_f = \frac{1}{3}mg$, 故选 B、D.

9. (多选)如图甲所示, 用一水平力 F 拉着一个静止在倾角为 θ 的光滑固定斜面上的物体, 逐渐增大 F , 物体做变加速运动, 其加速度 a 随外力 F 变化的图像如图乙所示, 重力加速度为 $g = 10 \text{ m/s}^2$, 根据图乙中所提供的信息可以计算出()



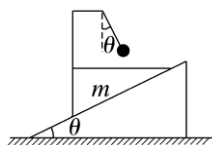
- A. 物体的质量
 B. 斜面的倾角正弦值
 C. 加速度为 6 m/s^2 时物体的速度
 D. 物体能静止在斜面上所施加的最小外力

答案 ABD

解析 对物体, 由牛顿第二定律可得 $F \cos \theta - mg \sin \theta = ma$, 上式可改写为 $a = \frac{\cos \theta}{m} F - g \sin \theta$, 故 $a - F$ 图像的斜率为 $k = \frac{\cos \theta}{m} = 0.4 \text{ kg}^{-1}$, 截距为 $b = -g \sin \theta = -6 \text{ m/s}^2$, 解得物体质量为 $m = 2 \text{ kg}$, $\sin \theta = 0.6$, 故 A、B 正确; 由于外力 F 为变力, 物体做非匀变速运动, 故利用高中物理知识无法求出加速度为 6 m/s^2 时物体的速度, C 错误; 物体能静止在斜面上所施加的最小外力为 $F_{\min} = mg \sin \theta = 12 \text{ N}$, 故 D 正确.

10. (多选)如图所示, 倾角为 θ 的斜面体放在粗糙的水平地面上, 现有一带固定支架的滑块 m 正沿斜面加速下滑. 支架上用细线悬挂的小球达到稳定(与滑块相对静止)后, 悬线的方向与

竖直方向的夹角也为 θ ，斜面体始终保持静止，则下列说法正确的是()

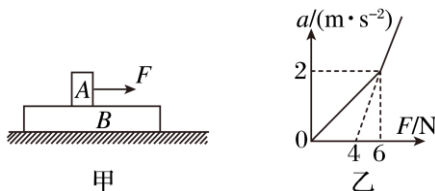


- A. 斜面光滑
- B. 斜面粗糙
- C. 达到稳定状态后，地面对斜面体的摩擦力水平向左
- D. 达到稳定状态后，地面对斜面体的摩擦力水平向右

答案 AC

解析 隔离小球，可知稳定后小球的加速度方向沿斜面向下，大小为 $g \sin \theta$ ，小球稳定后，支架系统的加速度与小球的加速度相同，对支架系统进行分析，只有斜面光滑，支架系统的加速度才是 $g \sin \theta$ ，A 正确，B 错误。隔离斜面体，斜面体受到的力有自身重力、地面的支持力、支架系统对它垂直斜面向下的压力，因斜面体始终保持静止，则斜面体还应受到地面对它水平向左的摩擦力，C 正确，D 错误。

11. (多选)如图甲所示，足够长的木板 B 静置于光滑水平面上，其上放置小滑块 A，滑块 A 受到随时间 t 变化的水平拉力 F 作用时，用传感器测出滑块 A 的加速度 a ，得到如图乙所示的 $a-F$ 图像，A、B 之间的最大静摩擦力等于滑动摩擦力，重力加速度 g 取 10 m/s^2 ，则()



- A. 滑块 A 的质量为 4 kg
- B. 木板 B 的质量为 2 kg
- C. 当 $F=10 \text{ N}$ 时滑块 A 加速度为 6 m/s^2
- D. 滑块 A 与木板 B 间动摩擦因数为 0.2

答案 BC

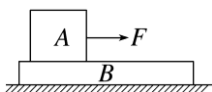
解析 设滑块 A 的质量 m ，木板 B 的质量为 M ，滑块 A 与木板 B 间的动摩擦因数为 μ 。由题图乙可知，当 $F=F_m=6 \text{ N}$ 时，滑块 A 与木板 B 达到最大共同加速度为 $a_m=2 \text{ m/s}^2$ ，根据牛顿第二定律有 $F_m=(M+m)a_m$ ，解得 $M+m=3 \text{ kg}$ ；当 $F>6 \text{ N}$ 时，A 与 B 将发生相对滑动，

对 A 单独应用牛顿第二定律有 $F-\mu mg=ma$ ，整理得 $a=\frac{F}{m}-\mu g$ ；根据题图乙解得 $m=1 \text{ kg}$ ，

$\mu = 0.4$, 则 $M = 2 \text{ kg}$, A、D 错误, B 正确; 当 $F = 10 \text{ N}$ 时, 木板 A 的加速度为 $a_A = \frac{F - \mu mg}{m} = 6 \text{ m/s}^2$, C 正确.

✓ 素养提升练

12.(多选)如图所示, A、B 两物块的质量分别为 $2m$ 和 m , 静止叠放在水平地面上. A、B 间的动摩擦因数为 μ , B 与地面间的动摩擦因数为 $\frac{1}{2}\mu$. 最大静摩擦力等于滑动摩擦力, 重力加速度为 g . 现对 A 施加一水平拉力 F , 则()



- A. 当 $F < 2\mu mg$ 时, A、B 都相对地面静止
- B. 当 $F = \frac{5}{2}\mu mg$ 时, A 的加速度为 $\frac{1}{3}\mu g$
- C. 当 $F > 3\mu mg$ 时, A 相对 B 滑动
- D. 无论 F 为何值, B 的加速度不会超过 $\frac{1}{2}\mu g$

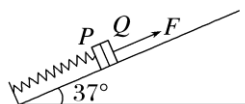
答案 BCD

解析 当 $0 < F \leq \frac{3}{2}\mu mg$ 时, A、B 均静止; 当 $\frac{3}{2}\mu mg < F \leq 3\mu mg$ 时, A、B 相对静止, 但两者相对地面一起向右做匀加速直线运动; 当 $F > 3\mu mg$ 时, A 相对 B 向右做加速运动, B 相对地面也向右加速, 选项 A 错误, 选项 C 正确. 当 $F = \frac{5}{2}\mu mg$ 时, A、B 相对静止, A 与 B 共同的加速

度 $a = \frac{F - \frac{3}{2}\mu mg}{3m} = \frac{1}{3}\mu g$, 选项 B 正确. A 对 B 的最大摩擦力为 $2\mu mg$, 无论 F 为何值, 物块 B

的加速度最大为 $a_2 = \frac{2\mu mg - \frac{3}{2}\mu mg}{m} = \frac{1}{2}\mu g$, 选项 D 正确.

13. 如图所示, 一弹簧一端固定在倾角为 $\theta = 37^\circ$ 的足够长的光滑固定斜面的底端, 另一端拴住质量为 $m_1 = 6 \text{ kg}$ 的物体 P, Q 为一质量为 $m_2 = 10 \text{ kg}$ 的物体, 弹簧的质量不计, 劲度系数 $k = 600 \text{ N/m}$, 系统处于静止状态. 现给物体 Q 施加一个方向沿斜面向上的力 F , 使它从静止开始沿斜面向上做匀加速运动, 已知在前 0.2 s 时间内, F 为变力, 0.2 s 以后 F 为恒力, $\sin 37^\circ = 0.6$, $\cos 37^\circ = 0.8$, g 取 10 m/s^2 . 求:



- (1)系统处于静止状态时，弹簧的压缩量 x_0 ；
 (2)物体 Q 从静止开始沿斜面向上做匀加速运动的加速度大小 a ；
 (3)力 F 的最大值与最小值。

答案 (1)0.16 m (2) $\frac{10}{3}$ m/s² (3) $\frac{280}{3}$ N $\frac{160}{3}$ N

解析 (1)设开始时弹簧的压缩量为 x_0 ,

对 P 、 Q 整体受力分析，平行斜面方向有

$$(m_1 + m_2)g \sin \theta = kx_0$$

解得 $x_0 = 0.16$ m.

(2)前 0.2 s 时间内 F 为变力，之后为恒力，则 0.2 s 时刻两物体分离，此时 P 、 Q 之间的弹力为零且加速度大小相等，设此时弹簧的压缩量为 x_1 ,

对物体 P ，由牛顿第二定律得：

$$kx_1 - m_1 g \sin \theta = m_1 a$$

前 0.2 s 时间内两物体的位移：

$$x_0 - x_1 = \frac{1}{2} a t^2$$

联立解得 $a = \frac{10}{3}$ m/s².

(3)对两物体受力分析知，开始运动时 F 最小，分离时 F 最大，则 $F_{\min} = (m_1 + m_2)a = \frac{160}{3}$ N

对 Q 应用牛顿第二定律得

$$F_{\max} - m_2 g \sin \theta = m_2 a$$

解得 $F_{\max} = \frac{280}{3}$ N.