

专题强化四 动态平衡问题 平衡中的临界、极值问题

【目标要求】 1.学会用图解法、解析法等解决动态平衡问题.2.会分析平衡中的临界与极值问题.

题型一 动态平衡问题

1. 动态平衡是指物体的受力状态缓慢发生变化,但在变化过程中,每一个状态均可视为平衡状态.

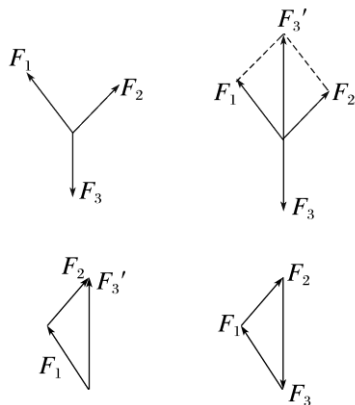
2. 做题流程

受力分析 $\xrightarrow{\text{化“动”为静}}$ 画不同状态平衡图构造矢量三角形 $\xrightarrow{\text{“静”中求动}}$

$\left\{ \begin{array}{l} \text{定性分析} \rightarrow \text{根据矢量三角形边长关系确定矢量的大小变化} \\ \text{定量计算} \rightarrow \begin{cases} \text{三角函数关系} \\ \text{正弦定理} \\ \text{相似三角形} \end{cases} \quad \text{找关系求极值} \end{array} \right.$

3. 三力平衡、合力与分力关系

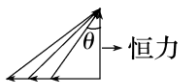
如图, F_1 、 F_2 、 F_3 共点平衡, 三力的合力为零, 则 F_1 、 F_2 的合力 F_3' 与 F_3 等大反向, F_1 、 F_2 、 F_3' 构成矢量三角形, 即 F_3' 为 F_1 、 F_2 的合力, 也可以将 F_1 、 F_2 、 F_3 直接构成封闭三角形.



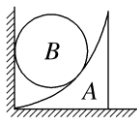
考向1 “一力恒定, 另一力方向不变”的动态平衡问题

1. 一个力恒定, 另一个力始终与恒定的力垂直, 三力可构成直角三角形, 可作不同状态下的直角三角形, 比较力的大小变化, 利用三角函数关系确定三力的定量关系.

基本矢量图, 如图所示



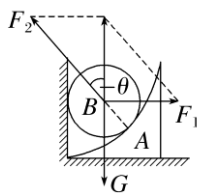
【例 1】 (多选) 如图所示, 在粗糙水平地面上放着一个截面为四分之一圆弧的柱状物体 A, A 的左端紧靠竖直墙, A 与竖直墙之间放一光滑圆球 B, 已知 A 的圆半径为球 B 的半径的 3 倍, 球 B 所受的重力为 G , 整个装置处于静止状态. 设墙壁对 B 的支持力为 F_1 , A 对 B 的支持力为 F_2 , 若把 A 向右移动少许后, 它们仍处于静止状态, 则 F_1 、 F_2 的变化情况分别是()



- A. F_1 减小
- B. F_1 增大
- C. F_2 增大
- D. F_2 减小

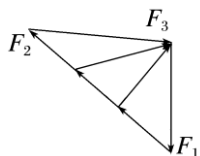
答案 AD

解析 以球 B 为研究对象, 受力分析如图所示, 可得出 $F_1 = G \tan \theta$, $F_2 = \frac{G}{\cos \theta}$, 当 A 向右移动少许后, θ 减小, 则 F_1 减小, F_2 减小, 故 A、D 正确.



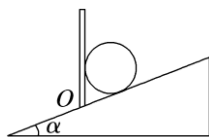
2. 一力恒定(如重力), 另一力与恒定的力不垂直但方向不变, 作出不同状态下的矢量三角形, 确定力大小的变化, 恒力之外的两力垂直时, 有极值出现.

基本矢量图, 如图所示



作与 F_1 等大反向的力 F_1' , F_2 、 F_3 合力等于 F_1' , F_2 、 F_3 、 F_1' 构成矢量三角形.

【例 2】 (多选) 如图所示, 在倾角为 α 的斜面上, 放一质量为 m 的小球, 小球和斜面及挡板间均无摩擦, 当挡板绕 O 点逆时针缓慢地转向水平位置的过程中()

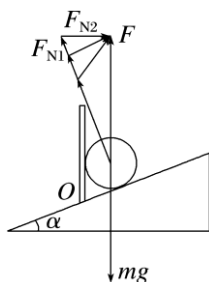


- A. 斜面对球的支持力逐渐增大
- B. 斜面对球的支持力逐渐减小

- C. 挡板对小球的弹力先减小后增大
D. 挡板对小球的弹力先增大后减小

答案 BC

解析 对小球受力分析知, 小球受到重力 mg 、斜面的支持力 F_{N1} 和挡板的弹力 F_{N2} , 如图, 当挡板绕 O 点逆时针缓慢地转向水平位置的过程中, 小球所受的合力为零, 根据平衡条件得知, F_{N1} 和 F_{N2} 的合力与重力 mg 大小相等、方向相反, 作出小球在三个不同位置力的受力分析图, 由图看出, 斜面对小球的支持力 F_{N1} 逐渐减小, 挡板对小球的弹力 F_{N2} 先减小后增大, 当 F_{N1} 和 F_{N2} 垂直时, 弹力 F_{N2} 最小, 故选项 B、C 正确, A、D 错误.



方法点拨

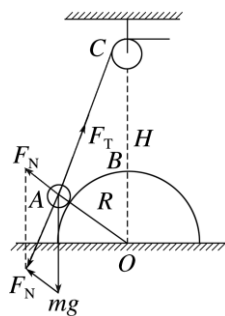
动态分析常用方法

1. 解析法: 对研究对象进行受力分析, 画出受力示意图, 根据物体的平衡条件列方程, 得到因变量与自变量的函数表达式(通常为三角函数关系), 最后根据自变量的变化确定因变量的变化.
2. 图解法: 此法常用于求解三力平衡问题中, 已知一个力是恒力、另一个力方向不变的情况.

考向 2 “一力恒定, 另两力方向均变化”的动态平衡问题

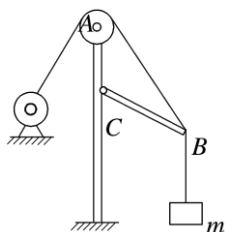
1. 一力恒定(如重力), 其他二力的方向均变化, 但二力分别与绳子、两物体重心连线方向等平行, 即三力构成的矢量三角形与绳长、半径、高度等实际几何三角形相似, 则对应边相比相等.

基本矢量图, 如图所示



基本关系式: $\frac{mg}{H} = \frac{F_N}{R} = \frac{F_T}{L}$

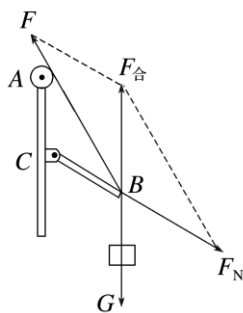
【例 3】 如图所示为一简易起重装置, (不计一切阻力) AC 是上端带有滑轮的固定支架, BC 为质量不计的轻杆, 杆的一端 C 用铰链固定在支架上, 另一端 B 悬挂一个质量为 m 的重物, 并用钢丝绳跨过滑轮 A 连接在卷扬机上. 开始时, 杆 BC 与 AC 的夹角 $\angle BCA > 90^\circ$, 现使 $\angle BCA$ 缓慢变小, 直到 $\angle BCA = 30^\circ$. 在此过程中, 杆 BC 所产生的弹力()



- A. 大小不变
B. 逐渐增大
C. 先增大后减小
D. 先减小后增大

答案 A

解析 以结点 B 为研究对象, 分析受力情况, 作出力的合成图如图, 根据平衡条件知, F 、 F_N 的合力 $F_{\text{合}}$ 与 G 大小相等、方向相反.



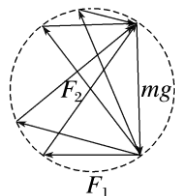
根据三角形相似得 $\frac{F_{\text{合}}}{AC} = \frac{F}{AB} = \frac{F_N}{BC}$

又 $F_{\text{合}} = G$ 得 $F = \frac{AB}{AC} G$, $F_N = \frac{BC}{AC} G$

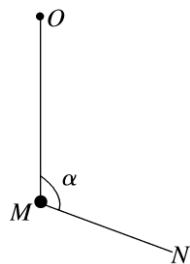
$\angle BCA$ 缓慢变小的过程中, AB 变小, 而 AC 、 BC 不变, 则 F 变小, F_N 不变, 故杆 BC 所产生的弹力大小不变, 故选 A.

2. 一力恒定, 另外两力方向一直变化, 但两力的夹角不变, 作出不同状态的矢量三角形, 利用两力夹角不变, 结合正弦定理列式求解, 也可以作出动态圆, 恒力为圆的一条弦, 根据不同位置判断各力的大小变化.

基本矢量图, 如图所示



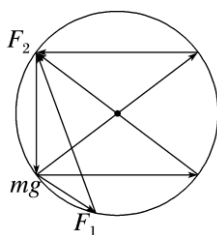
【例 4】 (多选)(2017·全国卷 I ·21)如图, 柔软轻绳 ON 的一端 O 固定, 其中间某点 M 拴一重物, 用手拉住绳的另一端 N . 初始时, OM 竖直且 MN 被拉直, OM 与 MN 之间的夹角为 $\alpha (\alpha > \frac{\pi}{2})$. 现将重物向右上方缓慢拉起, 并保持夹角 α 不变. 在 OM 由竖直被拉到水平的过程中()



- A. MN 上的张力逐渐增大
- B. MN 上的张力先增大后减小
- C. OM 上的张力逐渐增大
- D. OM 上的张力先增大后减小

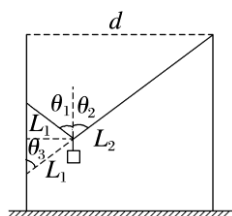
答案 AD

解析 以重物为研究对象分析受力情况, 受重力 mg 、 OM 绳上拉力 F_2 、 MN 上拉力 F_1 , 由题意知, 三个力的合力始终为零, 矢量三角形如图所示, F_1 、 F_2 的夹角为 $\pi - \alpha$ 不变, 在 F_2 转至水平的过程中, 矢量三角形在同一外接圆上, 由图可知, MN 上的张力 F_1 逐渐增大, OM 上的张力 F_2 先增大后减小, 所以 A、D 正确, B、C 错误.

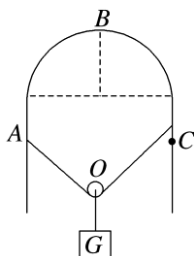


考向3 “活结”的动态分析

如图所示,“活结”两端绳子拉力相等,因结点所受水平分力相等, $F\sin\theta_1 = F\sin\theta_2$, 故 $\theta_1 = \theta_2 = \theta_3$, 根据几何关系可知, $\sin\theta = \frac{d}{L_1 + L_2} = \frac{d}{L}$, 若两杆间距离 d 不变, 则上下移动悬线结点, θ 不变, 若两杆距离 d 减小, 则 θ 减小, $2F_T\cos\theta = mg$, $F_T = \frac{mg}{2\cos\theta}$ 也减小.



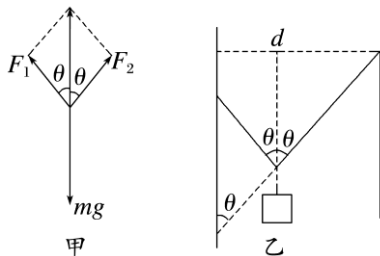
【例5】 如图所示,在竖直放置的穹形支架上,一根长度不变且不可伸长的轻绳通过轻质光滑滑轮悬挂一重物 G . 现将轻绳的一端固定于支架上的 A 点, 另一端从 B 点沿支架缓慢地向 C 点靠近(C 点与 A 点等高). 则在此过程中绳中拉力大小()



- A. 先变大后不变
B. 先变大后变小
C. 先变小后不变
D. 先变小后变大

答案 A

解析 对滑轮受力分析如图甲所示, 由于跨过滑轮的绳子拉力一定相等, 即 $F_1 = F_2$, 由几何关系易知绳子拉力方向与竖直方向夹角相等, 设为 θ , 可知:



$$F_1 = F_2 = \frac{mg}{2\cos\theta} \quad ①$$

如图乙所示, 设绳长为 L , 由几何关系

$$\text{即 } \sin\theta = \frac{d}{L} \quad ②$$

其中 d 为两端点间的水平距离, 由 B 点向 C 点移动过程中, d 先变大后不变, 因此 θ 先变大后不变, 由①式可知绳中拉力先变大后不变, 故 A 正确.

题型二 平衡中的临界、极值问题

1. 临界问题

当某物理量变化时, 会引起其他几个物理量的变化, 从而使物体所处的平衡状态“恰好出现”或“恰好不出现”, 在问题的描述中常用“刚好”“恰能”“恰好”等. 临界问题常见的种类:

(1)由静止到运动, 摩擦力达到最大静摩擦力.

(2)绳子恰好绷紧, 拉力 $F=0$.

(3)刚好离开接触面, 支持力 $F_N=0$.

2. 极值问题

平衡中的极值问题, 一般指在力的变化过程中的最大值和最小值问题.

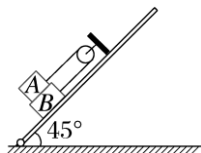
3. 解题方法

(1)极限法: 首先要正确地进行受力分析和变化过程分析, 找出平衡的临界点和极值点; 临界条件必须在变化中去寻找, 不能停留在一个状态来研究临界问题, 而要把某个物理量推向极端, 即极大和极小.

(2)数学分析法: 通过对问题的分析, 根据物体的平衡条件写出物理量之间的函数关系(或画出函数图像), 用数学方法求极值(如求二次函数极值、公式极值、三角函数极值).

(3)物理分析方法: 根据物体的平衡条件, 作出力的矢量图, 通过对物理过程的分析, 利用平行四边形定则进行动态分析, 确定最大值与最小值.

【例 6】 (2020·山东卷·8)如图所示, 一轻质光滑定滑轮固定在倾斜木板上, 质量分别为 m 和 $2m$ 的物块 A、B, 通过不可伸长的轻绳跨过滑轮连接, A、B 间的接触面和轻绳均与木板平行. A 与 B 间、B 与木板间的动摩擦因数均为 μ , 设最大静摩擦力等于滑动摩擦力. 当木板与水平面的夹角为 45° 时, 物块 A、B 刚好要滑动, 则 μ 的值为()



- A. $\frac{1}{3}$ B. $\frac{1}{4}$ C. $\frac{1}{5}$ D. $\frac{1}{6}$

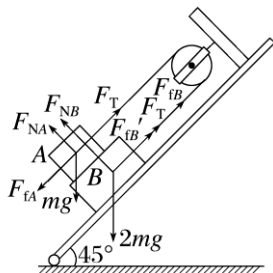
答案 C

解析 A、B 刚要滑动时受力平衡，受力如图所示。

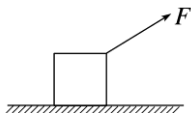
对 A: $F_T = mg \sin 45^\circ + \mu mg \cos 45^\circ$

对 B: $2mg \sin 45^\circ = F_T + 3\mu mg \cos 45^\circ + \mu mg \cos 45^\circ$

整理得, $\mu = \frac{1}{5}$, 选项 C 正确。



【例 7】 如图所示，质量 $m=5.2 \text{ kg}$ 的金属块放在水平地面上，在斜向上的拉力 F 作用下，向右以 $v_0=2.0 \text{ m/s}$ 的速度做匀速直线运动。已知金属块与地面间的动摩擦因数 $\mu=0.2$, $g=10 \text{ m/s}^2$. 求所需拉力 F 的最小值。



答案 $2\sqrt{26} \text{ N}$

解析 设拉力与水平方向夹角为 θ , 根据平衡条件 $F \cos \theta = \mu(mg - F \sin \theta)$, 整理得 $\cos \theta +$

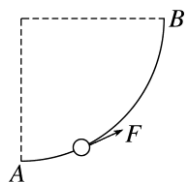
$\mu \sin \theta = \frac{\mu mg}{F}$, $\sqrt{1 + \mu^2} \sin(\alpha + \theta) = \frac{\mu mg}{F}$ (其中 $\sin \alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + \mu^2}}$), 故所需拉力 F 的最小值 $F_{\min} =$

$\frac{\mu mg}{\sqrt{1 + \mu^2}} = 2\sqrt{26} \text{ N}.$

课时精练

☑ 必备基础练

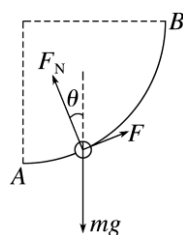
1. 如图所示，光滑的四分之一圆弧轨道 AB 固定在竖直平面内， A 端与水平面相切。穿在轨道上的小球在拉力 F 作用下，缓慢地由 A 向 B 运动， F 始终沿轨道的切线方向，轨道对球的弹力为 F_N . 在运动过程中()



- A. F 增大, F_N 增大
- B. F 减小, F_N 减小
- C. F 增大, F_N 减小
- D. F 减小, F_N 增大

答案 C

解析 对小球进行受力分析, 它受到重力、支持力和拉力的作用, 如图所示:



根据共点力平衡条件有:

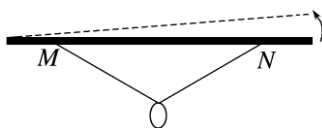
$$F_N = mg \cos \theta,$$

$$F = mg \sin \theta,$$

其中 θ 为支持力 F_N 与竖直方向的夹角, 当小球向上移动时, θ 变大, 故 F_N 减小, F 增大,

故选 C.

2. 如图所示, 在水平放置的木棒上的 M 、 N 两点, 系着一根不可伸长的柔软轻绳, 绳上套有一光滑小金属环. 现将木棒绕其左端逆时针缓慢转动一个小角度, 则关于轻绳对 M 、 N 两点的拉力 F_1 、 F_2 的变化情况, 下列判断正确的是()



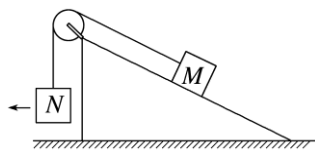
- A. F_1 和 F_2 都变大
- B. F_1 变大, F_2 变小
- C. F_1 和 F_2 都变小
- D. F_1 变小, F_2 变大

答案 C

解析 由于是一根不可伸长的柔软轻绳, 所以绳子的拉力相等. 木棒绕其左端逆时针缓慢转动一个小角度后, 绳子之间的夹角变小, 绳对小金属环的合力等于小金属环的重力, 保持不变, 所以绳子上的拉力变小, 选项 C 正确, A、B、D 错误.

3.(多选)(2019·全国卷 I ·19) 如图所示, 一粗糙斜面固定在地面上, 斜面顶端装有一光滑定滑轮. 一细绳跨过滑轮, 其一端悬挂物块 N , 另一端与斜面上的物块 M 相连, 系统处于静止状

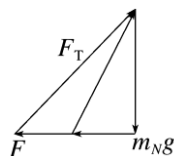
态. 现用水平向左的拉力缓慢拉动 N , 直至悬挂 N 的细绳与竖直方向成 45° . 已知 M 始终保持静止, 则在此过程中()



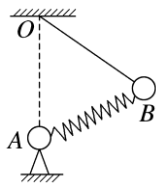
- A. 水平拉力的大小可能保持不变
- B. M 所受细绳的拉力大小一定一直增加
- C. M 所受斜面的摩擦力大小一定一直增加
- D. M 所受斜面的摩擦力大小可能先减小后增加

答案 BD

解析 对 N 进行受力分析如图所示, 因为 N 的重力与水平拉力 F 的合力和细绳的拉力 F_T 是一对平衡力, 从图中可以看出水平拉力的大小逐渐增大, 细绳的拉力也一直增大, 选项 A 错误, B 正确; M 的质量与 N 的质量的大小关系不确定, 设斜面倾角为 θ , 若 $m_N g \geq m_M g \sin \theta$, 则 M 所受斜面的摩擦力大小会一直增大, 若 $m_N g < m_M g \sin \theta$, 则 M 所受斜面的摩擦力大小会先减小后反向增大, 选项 C 错误, D 正确.



4.(多选)如图所示, 质量均为 m 的小球 A 、 B 用劲度系数为 k_1 的轻弹簧相连, B 球用长为 L 的细绳悬挂于 O 点, A 球固定在 O 点正下方, 当小球 B 平衡时, 细绳所受的拉力为 F_{T1} , 弹簧的弹力为 F_1 ; 现把 A 、 B 间的弹簧换成原长相同但劲度系数为 $k_2(k_2 > k_1)$ 的另一轻弹簧, 在其他条件不变的情况下仍使系统平衡, 此时细绳所受的拉力为 F_{T2} , 弹簧的弹力为 F_2 . 则下列关于 F_{T1} 与 F_{T2} 、 F_1 与 F_2 大小的比较, 正确的是()



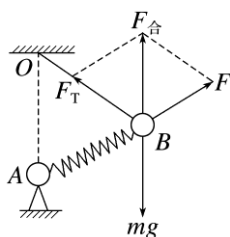
- A. $F_{T1} > F_{T2}$
- B. $F_{T1} = F_{T2}$
- C. $F_1 < F_2$
- D. $F_1 = F_2$

答案 BC

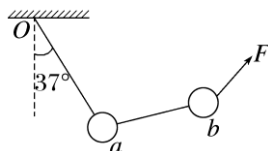
解析 以 B 为研究对象, 分析受力情况, 如图所示. 由平衡条件可知, 弹簧的弹力 F 和细绳的拉力 F_T 的合力 $F_{\text{合}}$ 与其重力 mg 大小相等、方向相反, 即 $F_{\text{合}} = mg$, 由力的三角形和几何

三角形相似得 $\frac{mg}{OA} = \frac{F}{AB} = \frac{F_T}{OB}$. 当弹簧劲度系数变大时, 弹簧的压缩量减小, 故 AB 的长度增加,

而 OB 、 OA 的长度不变, 故 $F_{T1} = F_{T2}$, $F_2 > F_1$, 故 A、D 错误, B、C 正确.



5. 如图所示, 质量分别为 $3m$ 和 m 的两个可视为质点的小球 a 、 b , 中间用一细线连接, 并通过另一细线将小球 a 与天花板上的 O 点相连, 为使小球 a 和小球 b 均处于静止状态, 且 Oa 细线向右偏离竖直方向的夹角恒为 37° , 需要对小球 b 朝某一方向施加一拉力 F . 若已知 $\sin 37^\circ = 0.6$, $\cos 37^\circ = 0.8$. 重力加速度为 g , 则当 F 的大小达到最小时, Oa 细线对小球 a 的拉力大小为()



A. $2.4mg$

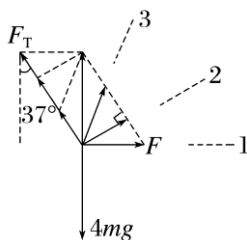
B. $3mg$

C. $3.2mg$

D. $4mg$

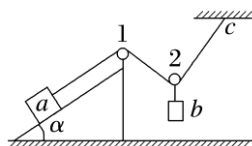
答案 C

解析 以两个小球组成的整体为研究对象, 作出 F 在三个方向时整体的受力图. 根据平衡条件得知 F 与 F_T 的合力与总重力总是大小相等、方向相反的, 由力的合成图可以知道当 F 与绳子 Oa 垂直时 F 有最小值, 即图中 2 位置, 此时 Oa 细线对小球 a 的拉力大小为 $F_T = 4mg \cos 37^\circ = 3.2mg$, 故 C 正确, A、B、D 错误.



能力综合练

6. (多选) 如图所示, 倾角为 α 的粗糙斜劈放在粗糙水平面上, 物体 a 放在斜劈的斜面上, 轻质细线一端固定在物体 a 上, 另一端绕过光滑的定滑轮 1 固定在 c 点, 滑轮 2 下悬挂物体 b , 系统处于静止状态. 若将固定点 c 向右移动少许, 而物体 a 与斜劈始终静止, 则()



- A. 细线对物体 a 的拉力增大
- B. 斜劈对地面的压力减小
- C. 斜劈对物体 a 的摩擦力减小
- D. 地面对斜劈的摩擦力增大

答案 AD

解析 对滑轮 2 和物体 b 受力分析，受重力和两个拉力作用，如图甲所示。根据平衡条件有

$m_b g = 2F_T \cos \theta$ ，解得 $F_T = \frac{m_b g}{2 \cos \theta}$ ，若将固定点 c 向右移动少许，则 θ 增大，拉力 F_T 增大，A

项正确；对斜劈、物体 a 、物体 b 整体受力分析，受重力、细线的拉力、地面的静摩擦力和

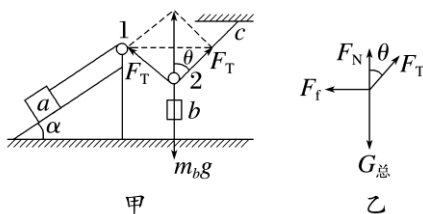
支持力作用，如图乙所示，根据平衡条件有 $F_N = G_{\text{总}} - F_T \cos \theta = G_{\text{总}} - \frac{m_b g}{2}$ ，恒定不变，根据

牛顿第三定律可知，斜劈对地面的压力不变，B 项错误；地面对斜劈的静摩擦力 $F_f = F_T \sin \theta$

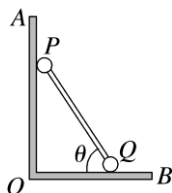
$= \frac{m_b g}{2} \tan \theta$ ，随着 θ 的增大，摩擦力增大，D 项正确；对物体 a 受力分析，受重力、支持力、

拉力和静摩擦力作用，由于不知道拉力与重力沿斜面向下的分力的大小关系，故无法判断斜

劈对物体 a 的静摩擦力的方向，即不能判断静摩擦力的变化情况，C 项错误。



7. 如图所示，竖直墙面 AO 光滑，水平地面 OB 粗糙。另有一根轻杆两端各固定有可视为质点的小球 P 和 Q ，当轻杆与水平方向的夹角为 θ 时， P 、 Q 处于静止状态。若使夹角 θ 增大些， P 、 Q 仍能静止，则下列说法正确的是()

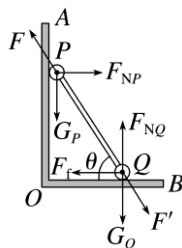


- A. 轻杆对小球 P 的弹力增大
- B. 竖直墙面 AO 对小球 P 的弹力增大
- C. 水平地面 OB 对小球 Q 的摩擦力减小

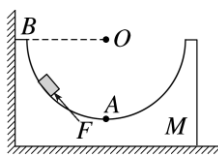
D. 水平地面 OB 对小球 Q 的支持力增大

答案 C

解析 对 P 、 Q 受力分析如图, 对 P , 有 $F_{NP} = \frac{G_P}{\tan \theta}$, $F = \frac{G_P}{\sin \theta}$, 当 θ 增大时, 轻杆对 P 的弹力 F 减小, 竖直墙面 AO 对 P 的弹力 F_{NP} 减小, 故 A、B 错误; 对 Q , 有 $F' \cos \theta = F_f$, $F' = F$, F 减小, θ 增大, $\cos \theta$ 减小, 则小球 Q 受到的摩擦力 F_f 减小, 故 C 正确; 对 P 、 Q 整体受力分析, 水平地面对整体的支持力 $F_N = F_{NQ} = G_P + G_Q$, 大小不变, 故 D 错误.



8.(2021·湖南卷·5)质量为 M 的凹槽静止在水平地面上, 内壁为半圆柱面, 截面如图所示, A 为半圆的最低点, B 为半圆水平直径的端点. 凹槽恰好与竖直墙面接触, 内有一质量为 m 的小滑块. 用推力 F 推动小滑块由 A 点向 B 点缓慢移动, 力 F 的方向始终沿圆弧的切线方向, 在此过程中所有摩擦均可忽略, 下列说法正确的是()



- A. 推力 F 先增大后减小
- B. 凹槽对滑块的支持力先减小后增大
- C. 墙面对凹槽的压力先增大后减小
- D. 水平地面对凹槽的支持力先减小后增大

答案 C

解析 对滑块受力分析, 由平衡条件有 $F = mg \sin \theta$,

$F_N = mg \cos \theta$, θ 为 F 与水平方向的夹角,

滑块从 A 缓慢移动到 B 点时, θ 越来越大, 则推力 F 越来越大, 支持力 F_N 越来越小, 所以 A、

B 错误;

对凹槽与滑块整体受力分析, 墙面对凹槽的压力为

$$F_N' = F \cos \theta = mg \sin \theta \cos \theta = \frac{1}{2} mg \sin 2\theta,$$

则 θ 越来越大时, 墙面对凹槽的压力先增大后减小, 所以 C 正确;

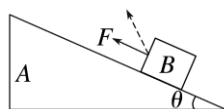
水平地面对凹槽的支持力为

$$F_{N地} = (M + m)g - F \sin \theta = (M + m)g - mg \sin^2 \theta$$

则 θ 越来越大时, 水平地面对凹槽的支持力越来越小, 所以 D 错误.

✓ 素养提升练

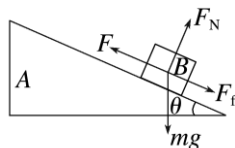
9.(多选)如图, 表面粗糙的楔形物块 A 静置在水平地面上, 斜面上有小物块 B, 用平行于斜面的力 F 拉 B, 使之沿斜面匀速上滑. 现逆时针缓慢旋转该力至图中虚线位置, 并保证在旋转该力过程中物块 B 一直处于匀速上滑状态, 且在 B 运动的过程中, 楔形物块 A 始终保持静止. 则在力 F 旋转的过程中, 下列关于各力变化的说法正确的是()



- A. F 可能一直减小
- B. 物块 B 受到的摩擦力可能不变
- C. 物块对斜面的作用力一定减小
- D. 地面受到的摩擦力大小可能不变

答案 AC

解析 拉力 F 平行斜面向上时, 先对物块 B 受力分析如图:



根据平衡条件, 平行斜面方向 $F = F_t + mg \sin \theta$

垂直斜面方向 $F_N = mg \cos \theta$

其中 $F_t = \mu F_N$

解得 $F = mg(\sin \theta + \mu \cos \theta)$,

$$F_t = \mu mg \cos \theta$$

拉力改变方向后, 设其与斜面夹角为 α ,

根据平衡条件, 平行斜面方向

$$F' \cos \alpha = F_t' + mg \sin \theta$$

垂直斜面方向 $F_N' + F' \sin \alpha = mg \cos \theta$

其中 $F_f' = \mu F_N'$

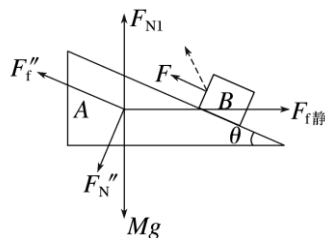
$$\text{解得 } F' = \frac{mg(\sin \theta + \mu \cos \theta)}{\cos \alpha + \mu \sin \alpha}$$

$$F_f' = \mu(mg \cos \theta - F' \sin \alpha)$$

比较两式得到滑动摩擦力减小，拉力 F 可能变大，

也可能减小，故 A 正确，B 错误；

对 A 受力分析，受重力、支持力、B 对 A 的压力、B 对 A 的滑动摩擦力、地面对 A 的静摩擦力，如图；



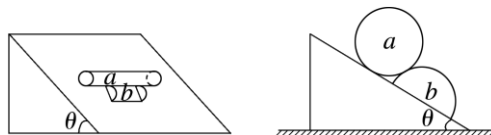
由牛顿第三定律知 $F_f'' = F_f$, $F_N'' = F_N$,

根据平衡条件，水平方向有

$$F_{f静} = F_N'' \sin \theta + F_f'' \cos \theta$$

结合前面 A、B 选项分析可知，当拉力改变方向后， F_N'' 和 F_f'' 都减小，故 F_f'' 和 F_N'' 的合力一定减小。因 B 对 A 的力就是 F_f'' 和 F_N'' 的合力，即物块对斜面的作用力一定减小；地面受到的静摩擦力也一定减小，故 D 错误，C 正确。

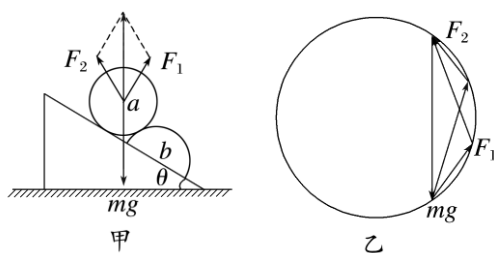
10. (多选)如图所示，某工厂将圆柱形工件 a 放在倾角为 θ 的斜面上，为防止工件滚动，在其下方垫一段半径与 a 相同的半圆柱体 b 。若逐渐减小斜面倾角， a 、 b 始终处于静止状态，不计 a 与接触面的摩擦， b 的质量很小。则()



- A. 斜面对 a 的弹力变大
- B. 斜面对 a 的弹力先变大后变小
- C. b 对 a 的弹力逐渐变小
- D. b 对 a 的弹力不变

答案 AC

解析 对 a 进行受力分析, 如图甲所示



根据平衡, 斜面对 a 的弹力 F_1 、 b 对 a 弹力 F_2 的合力与 a 的重力等大反向, 则在斜面倾角逐渐减小过程中, 斜面对 a 的弹力 F_1 和 b 对 a 的弹力 F_2 的变化过程如乙图所示分析可得, 斜面对 a 的弹力 F_1 变大, b 对 a 的弹力 F_2 逐渐变小. 故选 A、C.