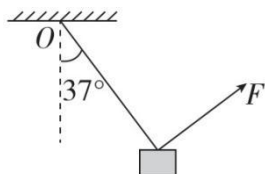


课时作业 10 动态平衡问题 平衡中的临界、极值问题

基础达标练

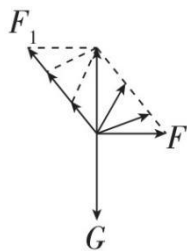
1. [2025·重庆涪陵模拟]如图所示,一个重为 5N 的砝码,用细线悬挂在 O 点,现在用力 F 拉砝码,使悬线偏离竖直方向 37° 时处于静止状态,此时所用拉力 F 的最小值为($\sin 37^\circ = 0.6, \cos 37^\circ = 0.8$) ()



- A. 5N B. 2.5N C. 3N D. 4N

【答案】C

【解析】以砝码为研究对象,根据作图法可知,当拉力 F 与悬线垂直时为最小值,根据平衡条件得最小值 $F_{\min} = G \sin 37^\circ = 5 \times 0.6 \text{ N} = 3 \text{ N}$, 故选 C。



2. [2025·北京东城模拟]使用自卸式货车可以提高工作效率。如图所示,在车厢由水平位置缓慢抬起至最后达到竖直的全过程中,关于货物所受车厢的支持力 F_N 和摩擦力 F_f , 下列说法正确的是 ()



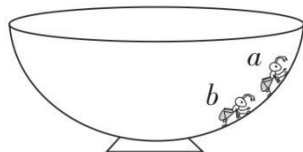
- A. 支持力 F_N 逐渐减小 B. 支持力 F_N 先减小后不变
C. 摩擦力 F_f 逐渐减小 D. 摩擦力 F_f 先增大后不变

【答案】A

【解析】对货物进行受力分析可得支持力 $F_N = mg \cos \theta$, $\cos \theta$ 随角度的增加而减小, 故支持力一定是逐渐减小的, 故 A 正确, B 错误。开始时货物受重力和支

持力,抬起后受到沿车厢向上的静摩擦力,静摩擦力等于重力沿车厢向下的分力,即 $F_f = mgsin\theta$,随角度的增大,摩擦力增大;当角度达一定程度时,货物开始滑动,由静摩擦力变成滑动摩擦力,而滑动摩擦力 $F_f = \mu mgcos\theta$, $cos\theta$ 随角度的增加而减小,故摩擦力将减小;故摩擦力是先增大后减小的,故 C、D 错误。

3. [2025·重庆九龙坡模拟]如图所示,一只可视为质点的蚂蚁在半球形碗内缓慢地从底部经过**b**点爬到**a**点。则下列说法正确的是 ()

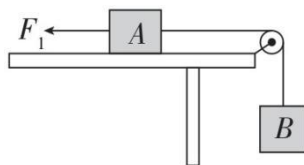


- A. 碗对蚂蚁的摩擦力变大
- B. 碗对蚂蚁的支持力变大
- C. 碗对蚂蚁的作用力变小
- D. 蚂蚁的合外力变小

【答案】A

【解析】蚂蚁缓慢爬行的过程可以视为始终处于平衡状态,对蚂蚁受力分析可知,蚂蚁受到重力、沿碗切线方向的摩擦力和垂直碗切线方向指向球形中心的支持力,设蚂蚁所在位置与球形中心连线与竖直方向的夹角为 θ ,根据受力平衡可得 $f = mgsin\theta$, $N = mgcos\theta$,从底部经过**b**点爬到**a**点, θ 逐渐增大,则碗对蚂蚁的摩擦力变大,碗对蚂蚁的支持力变小,故 A 正确, B 错误;蚂蚁始终处于平衡状态,合外力一直为 0,则碗对蚂蚁的作用力与重力平衡,保持不变,故 C、D 错误。

4. 多选 如图所示,物体A放在水平桌面上,通过光滑定滑轮悬挂一个重为 10N 的物体B,且已知物体A与桌面间的最大静摩擦力为 4N。要使A静止,需加一水平向左的力 F_1 ,则力 F_1 的取值可以为 ()

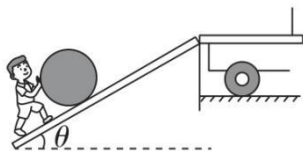


- A. 3N
- B. 7N
- C. 12N
- D. 17N

【答案】BC

【解析】要使A静止,则A、B均保持静止,对A、B整体进行分析有 $G_B - f_{max} \leq F_1 \leq G_B + f_{max}$,解得 $6N \leq F_1 \leq 14N$,故选 B、C。

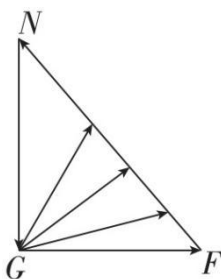
5. [2024·辽宁鞍山模拟]如图所示，装卸工人利用斜面将一质量为 m 、表面光滑的油桶缓慢地推到货车上。在油桶上移的过程中，人对油桶推力的方向由与水平方向成 60° 角斜向上逐渐变为水平向右，已知斜面的倾角为 $\theta = 30^\circ$ ，重力加速度为 g ，则关于工人对油桶的推力大小，下列说法正确的是（ ）



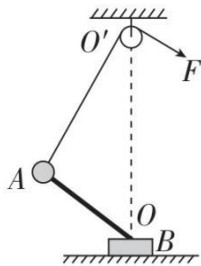
- A. 不变
B. 逐渐变小
C. 逐渐变大
D. 最小值为 $\frac{mg}{2}$

【答案】D

【解析】分析油桶的受力情况，油桶受重力、斜面的支持力和推力，因工人缓慢地将油桶推到货车上，油桶处于动态平衡状态，由三角形定则作出力的动态变化过程，如图所示，推力 F 的方向由与水平方向成 60° 角斜向上逐渐变为水平向右的过程中，推力先变小后变大，推力最小时力 F 和支持力 N 垂直，即沿斜面方向，此时最小值为 $\frac{mg}{2}$ ，故D正确，A、B、C错误。



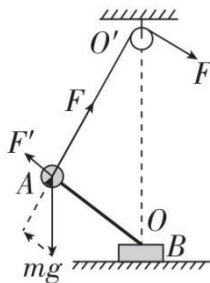
6. [2025·重庆涪陵模拟] **多选** 如图所示，木板B放置在粗糙水平地面上，O为光滑铰链。轻杆一端与铰链O固定连接，另一端固定连接一质量为 m 的小球A。现将轻绳一端拴在小球A上，另一端通过光滑的定滑轮 O' 由力 F 牵引，定滑轮位于O的正上方，整个系统处于静止状态。现改变力 F 的大小，使小球A和轻杆从图示位置缓慢运动到 O' 正下方，木板B始终保持静止，则在整个过程中（ ）



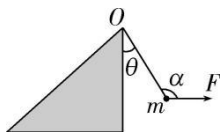
- A. 外力 F 逐渐增大 B. 轻杆对小球的作用力大小不变
C. 地面对木板的支持力逐渐减小 D. 地面对木板的摩擦力逐渐减小

【答案】BD

【解析】对小球 A 进行受力分析，三力构成力的矢量三角形，如图所示，根据几何关系可知两三角形相似，可得 $\frac{mg}{OO'} = \frac{F'}{OA} = \frac{F}{O'A}$ ， mg 、 OO' 均保持不变，故该比值不变，缓慢运动过程 $O'A$ 越来越小，则 F 逐渐减小，由于 OA 长度不变，轻杆对小球的作用力 F' 大小不变，故 A 错误，B 正确；令轻杆与水平方向夹角为 θ ，对木板 B 分析，有 $N' = Mg + F'\sin\theta$ ， $f = F'\cos\theta$ ，轻杆弹力大小 F' 不变， θ 增大，则 N' 增大， f 减小，即地面对木板的支持力逐渐变大，地面对木板的摩擦力逐渐减小，故 C 错误，D 正确。



7. 如图所示，斜面体静止于水平地面。将一可视为质点的、质量为 m 的小球用轻质柔软的细线悬挂于斜面体顶端的 O 点，在外力 F 、细线拉力 F_T 和重力 G 的作用下处于平衡状态。细线与竖直方向的夹角为 θ ，与 F 的夹角为 α ，开始时 F 水平。保持 α 角不变，逐渐缓慢增大 θ 角，直至悬线水平，已知该过程中，斜面体一直保持静止，则下列说法正确的是（ ）

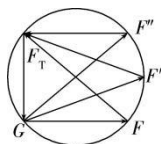


- A. 外力 F 先增大后减小

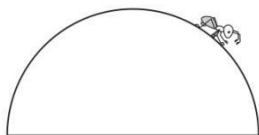
- B. 细线拉力 F_T 逐渐增大
- C. 地面对斜面体的摩擦力先增大后减小
- D. 地面对斜面体的支持力先减小后增大

【答案】 C

【解析】如图所示，外力 F 、细线拉力 F_T 的合力和小球重力 G 大小相等、方向相反，保持 α 角不变，逐渐缓慢增大 θ 角，直至悬线水平，可以看出外力 F 逐渐增大，细线拉力 F_T 逐渐减小，A、B 错误；在此过程中，外力 F 变为 F' 时，水平分力最大，根据整体法可得，地面对斜面体的摩擦力先增大后减小，C 正确；在此过程中，外力 F 的竖直分力逐渐增大，根据整体法可得，地面对斜面体的支持力一直在减小，D 错误。



8. [2024·湖南株洲一模]如图，一蚂蚁（可看成质点）在半径为 R 的半球体表面上缓慢爬行，蚂蚁与半球体间的动摩擦因数为 μ ，最大静摩擦力等于滑动摩擦力，若蚂蚁在爬行过程中不滑离球面，则其距半球体顶点的竖直高度不应超过（ ）

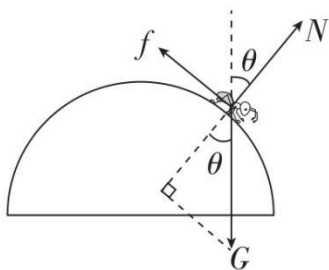


- A. $R - \frac{R}{\sqrt{1+\mu^2}}$
- B. $R - \frac{R}{\sqrt{1-\mu^2}}$
- C. $\frac{R}{\sqrt{1-\mu^2}}$
- D. $\frac{R}{\sqrt{1+\mu^2}}$

【答案】 A

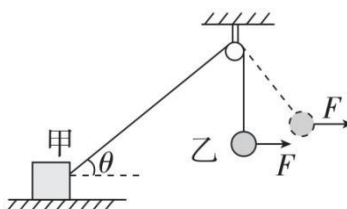
【解析】蚂蚁缓慢地沿半球体表面下移，受力分析如图所示，随着蚂蚁的下移，支持力与竖直方向的夹角 θ 在增大，蚂蚁受到的摩擦力在增大，当摩擦力达到最大静摩擦力时，蚂蚁离顶点的竖直高度最高，此时有 $\tan\theta = \frac{f}{N} = \mu$ ，蚂蚁离顶

点的高度 $h = R(1 - \cos\theta)$ ，结合几何关系可解得 $h = R - \frac{R}{\sqrt{1+\mu^2}}$ ，故选 A。



能力强化练

9. [2024·四川泸州模拟]如图所示，物体甲放置在水平地面上，经跨过定滑轮的轻绳与小球乙相连，整个系统处于静止状态。现对小球乙施加一个水平力 F ，使小球乙缓慢向右移动一小段距离，物体甲仍保持静止。则在此过程中，物体甲受到地面的支持力（ ）

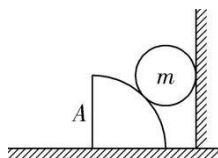


- A. 不变
B. 变大
C. 变小
D. 以上三种情况都有可能

【答案】C

【解析】分别对小球乙和物体甲受力分析，则小球乙受重力、绳的拉力以及外力 F ，三力平衡，设与小球相连部分的轻绳与竖直方向夹角为 α ，则绳上的拉力 $T = \frac{m_{\text{乙}}g}{\cos\alpha}$ 。甲物体受重力、绳的拉力、地面的支持力以及向左的摩擦力，物体甲保持静止，则在竖直方向上受力平衡，在竖直方向上有 $T\sin\theta + F_N = m_{\text{甲}}g$ ，整理得 $F_N = m_{\text{甲}}g - T\sin\theta$ ，随着小球乙缓慢向右移动一小段距离，夹角 α 从0逐渐增大，则绳上的拉力增大，夹角 θ 不变，则物体甲受到地面的支持力 F_N 变小，故选C。

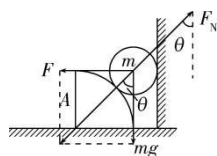
10. **多选** 如图所示，A是 $\frac{1}{4}$ 圆柱体的横截面，其弧形表面光滑，与地面接触的下表面粗糙，在光滑竖直墙壁与柱体之间放置一质量为 m 的球，系统处于平衡状态。若使柱体向左移动少许，球仍未与地面接触，系统仍处于平衡状态，则（ ）



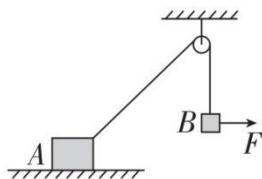
- A. 球对墙的压力变大 B. 柱体与球之间的作用力变小
C. 柱体对地面的压力大小不变 D. 柱体对地面的摩擦力大小变小

【答案】AC

【解析】对球进行受力分析，如图所示，根据平衡条件可得 $F = mg \tan \theta$ ， $F_N = \frac{mg}{\cos \theta}$ ，柱体向左移动， θ 增大， F 、 F_N 都增大，由牛顿第三定律可知，球对墙的压力等于墙对球的支持力，故 A 正确，B 错误；把柱体和球看作一个整体进行受力分析，根据平衡条件可得 $F = f$ ， $F_{N地} = (M + m)g$ ， θ 增大， F 增大，柱体所受地面的摩擦力 f 增大，由牛顿第三定律知，柱体对地面的摩擦力增大，而柱体对地面的压力大小等于地面对柱体的支持力 $F_{N地}$ ，移动后 $F_{N地}$ 不变，柱体对地面的压力大小也不变，故 C 正确，D 错误。



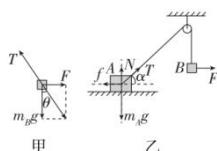
11. [2025 · 湖北黄冈期中] 如图所示，粗糙的水平地面上放一个物体 A，天花板上用杆子固定一个光滑的定滑轮，轻质细绳跨过光滑的定滑轮，一端与物体 A 相连，另一端悬挂物体 B。物体 B 在水平外力作用下缓慢上升，直到连接物体 B 的细绳与竖直方向成 60° 夹角。此过程中物体 A 始终保持静止。下列说法正确的是 ()



- A. 水平外力 F 先增大后减小
B. 细绳的拉力先减小后增大
C. 地面对物体 A 的支持力一直减小
D. 地面对物体 A 的摩擦力一直减小

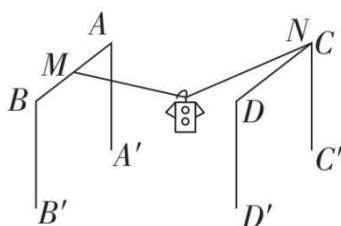
【答案】C

【解析】对物体B受力分析，如图甲所示，根据平衡条件，有 $F = m_B g \tan \theta$ ， $T = \frac{m_B g}{\cos \theta}$ ，可知在 $0^\circ \sim 60^\circ$ 范围内随着 θ 的逐渐增大，水平外力 F 增大，细绳的拉力 T 增大，故 A、B 错误；对物体A受力分析，如图乙所示，根据平衡条件，有 $T \sin \alpha + N = m_A g$ ， $T \cos \alpha = f$ ，可知地面对物体A的支持力随着细绳拉力 T 的增大而减小，地面对物体A的摩擦力随着细绳拉力 T 的增大而增大，故 C 正确，D 错误。



素养综合练

12. [2025·湖南长沙一中月考]某小区晾晒区的并排等高门型晾衣架如图所示，AB、CD杆均水平，不可伸长的轻绳的一端M固定在AB中点上，另一端N系在C点，一衣架（含所挂衣物）的挂钩可在轻绳上无摩擦滑动。将轻绳N端从C点沿CD方向缓慢移动至D点，整个过程中衣物始终没有着地。则此过程中轻绳上张力大小的变化情况是（ ）



- A. 一直减小
- B. 先减小后增大
- C. 一直增大
- D. 先增大后减小

【答案】B

【解析】由题意可知，将轻绳N端从C点沿CD方向缓慢移动至D点过程中，衣架两侧绳子的夹角先减小后增大，由于合力的大小不变，故可得此过程中轻绳上张力大小的变化情况是先减小后增大，A、C、D 错误，B 正确。