

## 专题2 相互作用

### 考点6 弹力与摩擦力

1. B 【解析】A 选项中,将  $P$ 、 $Q$  其中任意一个小球拿走,另外一个小球都将向下滚动,所以  $P$ 、 $Q$  两球之间存在弹力,故 A 不符合题意;B 选项中,将  $P$ 、 $Q$  其中任意一个小球拿走,另外一个小球仍将静止,所以  $P$ 、 $Q$  两球之间不存在弹力,故 B 符合题意;C 选项中,将  $Q$  拿走后, $P$  会下落,所以  $P$ 、 $Q$  两球之间存在弹力,故 C 不符合题意;D 选项中,将  $Q$  拿走后, $P$  会向下摆动,所以  $P$ 、 $Q$  两球之间存在弹力,故 D 不符合题意.

2. C 【解析】由平衡条件得  $mg = k(l_0 - l_1)$ ,解得  $k = \frac{mg}{l_0 - l_1}$ ,C 正确.

3. BD 【解析】按下遥控器上的“前进”键,前轮是主动轮顺时针转动,乙车对前轮的摩擦力向前,则前轮对乙车的摩擦力向后,乙车相对地面向后退,玩具汽车相对地面向前运动,后轮是从动轮,甲车对后轮的摩擦力向后,则后轮对甲车的摩擦力向前,甲车相对地面向前运动,A 错误,B 正确;按下遥控器上的“后退”键,前轮是主动轮逆时针转动,乙车对前轮的摩擦力向后,则前轮对乙车的摩擦力向前,乙车相对地面向前运动,玩具汽车相对地面向后退,后轮是从动轮,甲车对后轮的摩擦力向前,则后轮对甲车的摩擦力向后,甲车相对地面向后退,C 错误,D 正确.

4. AB 【解析】对第 1 张卡片分析,第 1 张卡片能向右运动, $\mu_1 F > \mu_2 (F + mg)$ ,得  $\mu_1 > \mu_2$ ,为了保证其他卡片保持相对静止,当最后只剩两张卡片时,倒数第二张卡片向右运动时最底部的卡片不能动,对最底部的卡片, $\mu_2 (F + mg) < \mu_3 (F + 2mg)$ ,由  $F \gg mg$ ,所以  $\mu_3 > \mu_2$ ,当剩下最后一张卡片时, $\mu_1 F > \mu_3 (F + mg)$ ,得  $\mu_1 > \mu_3$ ,则  $\mu_1 > \mu_3 > \mu_2$ ,A 正确;因上一张卡片相对下一张卡片要向右滑动,因此上一张卡片受到下一张卡片的摩擦力一定向左,B 正确;第 1 张卡片对第 2 张卡片的压力大小为  $F_N = F + mg$ ,则第 1、2 张卡片间的摩擦力大小  $f = \mu_2 (F + mg)$ ,此时下面的卡片均处于静止状态,将第 2 张至第 10 张卡片作为整体,由平衡条件可知第 11 张卡片对第 10 张卡片的静摩擦力与第 1 张卡片对第 2 张卡片的滑动摩擦力平衡,大小为  $f = \mu_2 (F + mg)$ ,C 错误;用手指划动卡片向右运动的过程中,最后一张卡片相对桌面有向右运动的趋势,桌面对它的摩擦力向左,不为 0,D 错误.

5. C 【解析】开始时铁块相对木板处于静止状态,铁块所受的摩擦力是静摩擦力,大小为  $F_{f1} = mg \sin \alpha$ ,当  $\alpha$  增大到一定程度时,铁块开始滑动,此时其所受的摩擦力是滑动摩擦力,大小为  $F_{f2} = \mu mg \cos \alpha$ ,故铁块受到的摩擦力  $F_f$  随木板倾角  $\alpha$  变化的图线可能正确的是选项 C.

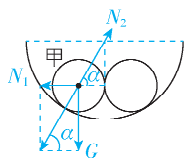
### 考点7 牛顿第三定律 共点力平衡问题

1. D 【解析】刀相对磨刀石向前运动,滑动摩擦力的方向与相对运动方向相反,则刀受到的滑动摩擦力向后,A 错误;根据牛顿第三定律知,已知刀受到磨刀石向后的滑动摩擦力,则磨刀石受到刀的摩擦力方向向前,磨刀石保持静止,水平方向合力为 0,则磨刀石受到桌面向后的静摩擦力,B 错误;磨刀石和桌面之间有

相互作用的压力和支持力、摩擦力,有两对相互作用力,C 错误;磨刀石受重力、刀给的压力和摩擦力、桌面给的摩擦力和支持力,共五个力作用,D 正确。

**2. BC** 【解析】对甲球受力分析如图所示,由几何关系得

$$\cos \alpha = \frac{\frac{R}{3}}{R - \frac{R}{3}} = \frac{1}{2}, \text{解得 } \alpha = 60^\circ, \text{甲受}$$

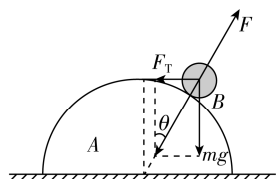


力平衡,由平衡条件得,容器对甲的支持力  $N_2 = \frac{G}{\sin \alpha} = \frac{2\sqrt{3}}{3}G$ ,乙对

甲的弹力  $N_1 = \frac{G}{\tan \alpha} = \frac{\sqrt{3}}{3}G$ ,根据牛顿第三定律,可得甲对乙的弹力

大小为  $\frac{\sqrt{3}}{3}G$ ,对容器的压力大小为  $\frac{2\sqrt{3}}{3}G$ ,B、C 正确,A、D 错误。

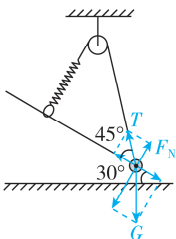
**3. D** 【解析】对 A、B 整体受力分析,相对地面无滑动趋势,故 A 不受地面的摩擦力,则根据牛顿第三定律,A 对地面无摩擦力,A、B 错误;对 B 受力分析,如图所示,根据平衡条件得,



$$F = \frac{mg}{\cos \theta}, F_T = mg \tan \theta, \text{其中 } \cos \theta = \frac{R}{R+r}, \tan \theta = \frac{\sqrt{(R+r)^2 - R^2}}{R} = \frac{\sqrt{2Rr+r^2}}{R}, \text{联立解得 A 对 B 的支持力大小为 } F = mg \frac{r+R}{R}, \text{细线对}$$

B 的拉力大小为  $F_T = mg \cdot \frac{\sqrt{2Rr+r^2}}{R}$ ,C 错误,D 正确。

**4. C** 【解析】系统处于静止状态,则小环和小球受到的合力均为零,由于小环重力不计,则小环平衡时只受轻弹簧弹力和杆给的弹力,故平衡时轻弹簧与杆垂直,对小球受力分析如图所示,根据平衡条件得  $T \cos 45^\circ = mg \sin 30^\circ$ ,解得



$T = 10\sqrt{2}$  N,轻绳拉力  $T$  大小等于轻弹簧的弹力  $F$ ,结合胡克定律  $F = kx$  得,轻弹簧的形变量  $x = 2\sqrt{2}$  cm,C 正确,A、B、D 错误。

**5. B** 【解析】对快递箱受力分析如图 1 所示,根据平衡条件得,  $F \sin \theta - f = 0, N - F \cos \theta - mg = 0$ ,解得  $f = F \sin \theta, N = F \cos \theta + mg$ ,A、C 错误;对快递箱和平板车整体受力分析如图 2 所示,根据平衡条件得,  $F \sin \theta - f' = 0, N' - (M+m)g - F \cos \theta = 0$ ,解得  $f' = F \sin \theta, N' = F \cos \theta + (M+m)g$ ,B 正确,D 错误。

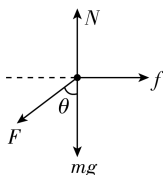


图 1

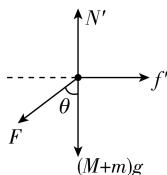


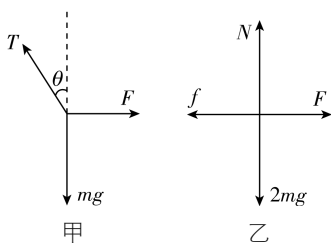
图 2

**6. B** 【解析】对半球体进行受力分析,由平衡条件得,墙面对半球体的作用力  $F = mg \tan \theta$ ,斜面体与水平面之间的摩擦力大小为  $F_f = \mu(m+M)g$ ,对斜面体和半球体整体受力分析,由平衡条件

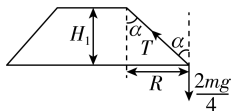
得,  $F = F_f$ , 解得  $\mu = \frac{m}{M+m} \tan \theta$ , B 正确, A、C、D 错误.

**关键点拨** 斜面体刚好不滑动, 表明斜面体所受摩擦力为最大静摩擦力.

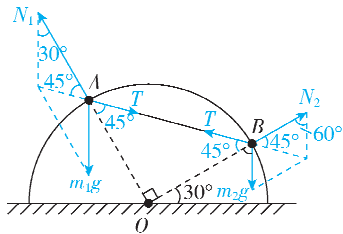
- 7. CD** 【解析】对 B 球受力分析, 如图甲所示, 根据平衡条件得, 水平风力  $F = mg \tan \theta$ , 轻绳对 B 球的拉力  $T = \frac{mg}{\cos \theta}$ , A 错误, C 正确; 两球作为整体, 受力分析如图乙所示, 根据平衡条件得, 杆对 A 环的支持力大小  $N = (m_A + m_B)g = 2mg$ , B 错误; 因为 A 球与 B 球一起向右做匀速运动,  $f = F$ , 则 A 环与水平细杆间的动摩擦因数为  $\mu = \frac{f}{N} = \frac{mg \tan \theta}{2mg} = \frac{\tan \theta}{2}$ , D 正确.



- 8. C** 【解析】设金属圆环 1、2 之间的绳与竖直方向夹角为  $\alpha$ 、金属圆环 2、3 之间的绳与竖直方向夹角为  $\beta$ 、绳上的拉力为  $T$ 、金属圆环的质量为  $m$ , 把金属圆环 2、3 看成整体, 受力分析如图所示,  $4T \cos \alpha = 2mg$ ,  $\cos \alpha = \frac{H_1}{\sqrt{R^2 + H_1^2}}$ , 对金属圆环 3 受力分析,  $4T \cos \beta = mg$ ,  $\cos \beta = \frac{H_2}{\sqrt{4R^2 + H_2^2}}$ , 联立解得,  $\left(\frac{R}{H_2}\right)^2 - \left(\frac{R}{H_1}\right)^2 = \frac{3}{4}$ , C 正确, A、B、D 错误.



- 9. AC** 【解析】绳长  $l = \sqrt{2}R$ , 可知  $\angle OAB = \angle OBA = 45^\circ$ , 对两小球受力分析如图所示, 根据正弦定理得  $\frac{m_1 g}{\sin 45^\circ} = \frac{N_1}{\sin 105^\circ} = \frac{T}{\sin 30^\circ}$ ,  $\frac{m_2 g}{\sin 45^\circ} = \frac{N_2}{\sin 75^\circ} = \frac{T}{\sin 60^\circ}$ , 拉力  $T$  大小相同,  $\sin 105^\circ = \sin 75^\circ$ , 解得  $\frac{m_1}{m_2} = \frac{\sqrt{3}}{1}$ ,  $\frac{N_1}{N_2} = \frac{\sqrt{3}}{1}$ , A、C 正确, B、D 错误.



**快解** 对整体, 水平方向,  $N_1 \sin 30^\circ = N_2 \sin 60^\circ$ , 解得  $N_1 : N_2 = \sqrt{3} : 1$ .

- 10. A** 【解析】对球受力分析, 如图甲所示, 球体半径  $R$  为物块厚度  $h$  的 2 倍, 由几何关系知,  $F_{\text{物}}$  与斜面的夹角为  $30^\circ$ , 根据平衡条件, 沿斜面方向有  $F_{\text{物}} \cos 30^\circ = Mg \sin 30^\circ$ , 垂直于斜面方向有  $F_N + F_{\text{物}} \sin 30^\circ = Mg \cos 30^\circ$ , 联立解得  $F_{\text{物}} = \frac{\sqrt{3}}{3}Mg$ ,  $F_N = \frac{\sqrt{3}}{3}Mg$ , 根

据牛顿第三定律得,球对斜面压力大小为 $\frac{\sqrt{3}}{3}Mg$ ,A 正确;把球

和物块看成整体,受力分析如图乙所示,根据平衡条件得,沿斜面方向 $f = (M+m)g\sin 30^\circ$ ,垂直于斜面方向 $F_N + F'_N = (M+m)g\cos 30^\circ$ ,联立解得 $F'_N = \frac{\sqrt{3}}{6}Mg + \frac{\sqrt{3}}{2}mg$ , $f = \frac{1}{2}Mg + \frac{1}{2}mg$ ,根据

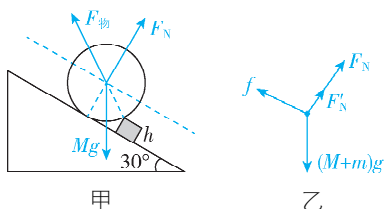
牛顿第三定律知,物块对斜面压力大小为 $\frac{\sqrt{3}}{6}Mg + \frac{\sqrt{3}}{2}mg$ ,B 错误;

物块始终没有滑动,则 $f \leq \mu F'_N$ ,解得 $\mu \geq \frac{\frac{1}{2}Mg + \frac{1}{2}mg}{\frac{\sqrt{3}}{6}Mg + \frac{\sqrt{3}}{2}mg} =$

$\frac{\sqrt{3}(M+m)}{M+3m} > \frac{\sqrt{3}}{3}$ ,C 错误;减小物块厚度时, $F_{\text{物}}$ 与斜面的夹角变

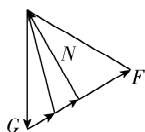
大,假设夹角为 $\theta$ ,由平衡条件得 $F'_{\text{物}} = \frac{Mg\sin 30^\circ}{\cos \theta}$ , $\theta$ 越大, $\cos \theta$

越小,物块对球的支持力越大,D 错误.

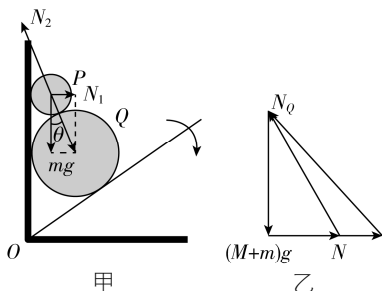


### 考点 8 求解动态平衡问题

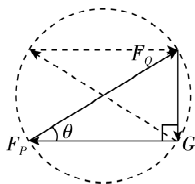
1. C 【解析】以小球为研究对象,受到恒定的重力、方向不变的作用力 $F$ 和大小方向都变化的支持力 $N$ ,三个力的动态图如图所示,由图知,小球在被移出凹槽的过程中,作用力 $F$ 不断增大,凹槽对小球的支持力 $N$ 先变小后变大,C 正确,A、B、D 错误.



2. C 【解析】开始时系统处于静止状态,对小球 $P$ 进行受力分析,如图甲所示,在挡板缓慢转动过程中由几何关系可知 $\theta$ 不变,由平衡条件知大球 $Q$ 对小球 $P$ 的弹力 $N_2$ 和墙壁对小球 $P$ 的弹力 $N_1$ 大小不变,A、B 错误; $P$ 、 $Q$ 作为整体受力分析如图乙所示,挡板沿顺时针方向缓慢转动过程中,整体受到光滑墙壁的弹力 $N$ 逐渐减小, $N_1$ 不变,则大球 $Q$ 受到光滑墙壁的弹力逐渐减小,大球 $Q$ 受到挡板的弹力 $N_Q$ 逐渐减小,C 正确,D 错误.

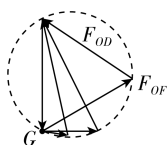


3. D 【解析】对两环和绳整体受力分析,作力的矢量三角形如图所示,缓慢顺时针转动两杆至杆 $OB$ 竖直,在转动过程中,初始时杆对环 $P$ 的弹力 $F_P$ 最小,当 $F_P$ 逐渐增大到



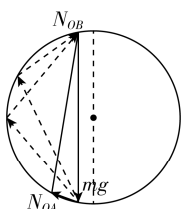
最大时,杆对环  $Q$  的弹力  $F_Q$  水平,  $F_P$  全过程一直变大,  $F_Q$  一直变小, D 正确, A、B、C 错误.

4. B 【解析】在三角形顺时针旋转的过程中,  $OE$  绳上一直没有张力, 所以小球在重力以及  $OD$  和  $OF$  两根绳的拉力作用下保持平衡, 在三角形装置绕  $C$  点转至  $AB$  水平的过程中,  $OD$  和

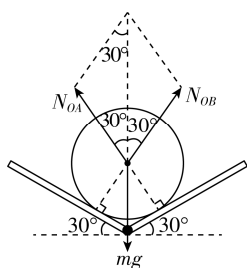


$OF$  之间的夹角保持  $120^\circ$  不变, 小球重力大小和方向恒定, 如图所示, 将三个力首尾相连构成一个闭合的矢量三角形, 该三角形中重力大小  $G$  所对的角保持  $60^\circ$  不变, 由此可以作该矢量三角形的外接圆, 画出动态分析图, 可知  $F_{OD}$  先增大后减小,  $F_{OF}$  则一直减小, B 正确, A、C、D 错误.

5. A 【解析】在挡板缓慢转动的过程中, 棉包处于平衡状态, 所受外力的合力为 0, 则“V”型挡板对棉包的作用力与重力等大反向, 即“V”型挡板对棉包的作用力不变, D 错误; 对棉包受力分析, 由于两板间夹角为  $120^\circ$ , 则  $OB$  板对棉包的支持力方向与  $OA$  板对棉包支持力方向的夹角为  $60^\circ$ , 作出受力三角形, 在三角形中重力所在的边对应的夹角为  $120^\circ$ , 在辅助圆中作出动态三角形, 如图甲所示, 圆周上的动点顺时针旋转, 由于  $OB$  板由水平位置顺时针缓慢转动  $60^\circ$ , 此时  $OA$  板恰好旋转至水平方向, 则  $OB$  板对棉包的支持力逐渐减小,  $OA$  板对棉包的支持力逐渐增大, 根据牛顿第三定律知, 棉包对  $OB$  板的压力逐渐减小, 棉包对  $OA$  板的压力逐渐增大, A 正确, B 错误; 当  $OB$  板转过  $30^\circ$  时, 受力分析如图乙所示, 两挡板对棉包的作用力大小相等, 则  $2N_{OA} \cos 30^\circ = mg$ , 解得  $N_{OA} = \frac{\sqrt{3}}{3}mg$ , C 错误.

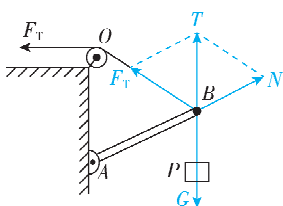


甲



乙

6. B 【解析】对  $B$  点受力分析, 如图所示. 由平衡条件可得  $T=G$ , 三个力组成的三角形和几何三角形  $OAB$  相似, 可得  $\frac{N}{AB} = \frac{F_T}{BO} = \frac{G}{OA}$ , 将  $B$  上拉,  $G$

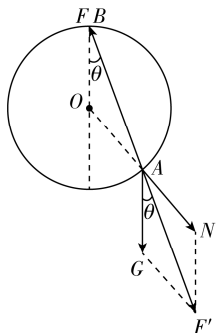


不变,  $AB$  和  $OA$  不变,  $BO$  减小, 则  $BO$  段绳中的张力  $F_T$  变小,  $N$  不变, B 正确, A、C、D 错误.

7. B 【解析】设小球重力为  $G$ , 圆环半径为  $R$ , 小球受力分析如图所示, 由平衡条件可知, 重力  $G$  与弹力  $N$  的合力大小  $F'$  等于轻绳拉力大小  $F$ , 方向相反, 根据力的矢量三角形  $\triangle GF'A$  与几何三角形  $\triangle OAB$  相似得,  $\frac{G}{R} = \frac{F'}{AB} = \frac{N}{R}$ , 解得  $F = F' = \frac{AB}{R}G$ ,  $N = G$ , 当  $A$  点上移时, 半径  $R$  不变,  $AB$  减小, 故  $F$  减小,  $N$  不变, 由牛顿第三定律知小球对轻绳的拉力减小, 小球对圆环的压力不变, A、C、D 错误, B

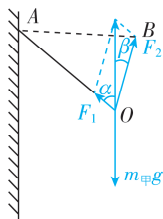
正确.

8. C 【解析】分析乙受力,绳子的拉力等于乙的重力,滑轮两端的绳子上拉力相等,则  $OB$  绳上的拉力  $T_{OB} = m_Z g$ ,分析  $O$  点受力,如图所示,因为  $OA = AB$ ,所以  $\angle AOB = \angle ABO$ ,由几何关系有  $\alpha + 2\beta = \frac{\pi}{2}$ ,由正弦定理得  $\frac{F_1}{\sin \beta} = \frac{F_2}{\sin \alpha} =$



$\frac{m_{\text{甲}} g}{\sin\left(\frac{\pi}{2} + \beta\right)}$ ,由数学知识解得  $F_1 = m_{\text{甲}} g \tan$

$\beta$ ,  $F_2 = m_{\text{甲}} g \left( \frac{2\cos^2 \beta - 1}{\cos \beta} \right)$ ,又  $F_2 = T_{OB} = m_Z g$ ,可知减小乙的质量,  $F_2$  减小,则  $\beta$  增大,  $F_1$  增大, A、B 错误;当轻绳  $OB$  与竖直方向的夹角为  $30^\circ$  时,  $\beta = 30^\circ$ ,  $\alpha = 30^\circ$ ,则  $F_1 = F_2$ ,根据受力平衡得  $2F_2 \cos 30^\circ = m_{\text{甲}} g$ ,解得  $F_1 = F_2 = \frac{\sqrt{3}}{3} m_{\text{甲}} g$ ,即  $m_{\text{甲}} = \sqrt{3} m_Z$ , C 正确, D



错误.

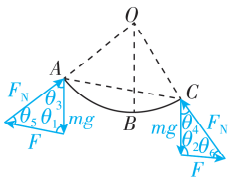
#### 方法总结

角度关系已知时,可以把力的三角形表示出来,通过正弦定理找等量关系.

9. B 【解析】小球受力如图所示,由 A 运动

到 B 的过程中,由正弦定理有  $\frac{mg}{\sin \theta_5} =$

$\frac{F}{\sin \theta_3} = \frac{F_N}{\sin \theta_1}$ ,其中  $\theta_1$  不变,  $\theta_3$  减小,  $\theta_5$  增



大并且会大于  $90^\circ$ ,可得  $F_N$  先减小后增大,由几何关系知  $\theta_1 =$

$75^\circ$ ,当  $\theta_3 = 60^\circ$ 、 $\theta_5 = 45^\circ$  时  $F$  最大,得  $F_{\max} = \frac{\sqrt{6}}{2} mg$ ,当  $\theta_3 = 15^\circ$ 、

$\theta_5 = 90^\circ$  时  $F_N$  最小,得  $F_{N\min} = \frac{\sqrt{2} + \sqrt{6}}{4} mg$ ,由 B 运动到 C 的过程

中,由正弦定理有  $\frac{mg}{\sin \theta_6} = \frac{F}{\sin \theta_4} = \frac{F_N}{\sin \theta_2}$ ,其中  $\theta_2$  不变,  $\theta_4$  增大,  $\theta_6$

减小,可得  $F$ 、 $F_N$  均增大,由几何关系知  $\theta_2 = 105^\circ$ ,当  $\theta_4 = 30^\circ$ 、

$\theta_6 = 45^\circ$  时  $F$  最大,得  $F_{\max} = \frac{\sqrt{2}}{2} mg$ ,综上,由 A 运动到 C 过程,外力

$F$  的最大值为  $\frac{\sqrt{6}}{2} mg$ ,支持力最小值为  $\frac{\sqrt{2} + \sqrt{6}}{4} mg$ ,故选 B.

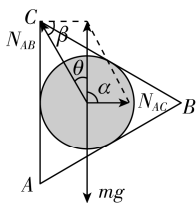
10. D 【解析】对正三角形内部的小球受力分析,如图所示,缓慢转动过程中,  $AC$ 、 $AB$  边

对球的弹力  $N_{AC}$ 、 $N_{AB}$  的方向总是垂直相应的边,两力夹角保持不变,  $BC$  边与球始终

无弹力,由几何关系知,随着角度  $\theta$  从  $0^\circ$  到

$90^\circ$  增大过程中,  $\alpha$  与  $\theta$  之和保持不变,且  $\alpha + \theta = 120^\circ$ ,所以  $\beta =$

$60^\circ$  也保持不变,由平衡条件和正弦定理得  $\frac{mg}{\sin \beta} = \frac{N_{AC}}{\sin \theta} =$



$\frac{N_{AB}}{\sin(120^\circ - \theta)}$ ,所以根据牛顿第三定律有球对  $AC$  边的压力  $N'_{AC} =$

$\frac{N_{AB}}{\sin(120^\circ - \theta)}$ ,所以根据牛顿第三定律有球对  $AC$  边的压力  $N'_{AC} =$

$\frac{N_{AB}}{\sin(120^\circ - \theta)}$ ,所以根据牛顿第三定律有球对  $AC$  边的压力  $N'_{AC} =$

$\frac{N_{AB}}{\sin(120^\circ - \theta)}$ ,所以根据牛顿第三定律有球对  $AC$  边的压力  $N'_{AC} =$

$N_{AC} = \frac{mg}{\sin \beta} \sin \theta$ , 解得  $N'_{AC} = \frac{2\sqrt{3}}{3} mg \sin \theta$ , 球对  $AB$  边的压力  $N'_{AB} =$

$N_{AB} = \frac{mg}{\sin \beta} \sin (120^\circ - \theta)$ , 解得  $N'_{AB} = \frac{2\sqrt{3}}{3} mg \sin (120^\circ - \theta)$ ,  $\theta$  从  $0$  增

大到  $90^\circ$  的过程中,  $\sin \theta$  一直增大,  $\sin (120^\circ - \theta)$  先增大后减小, 故  $AB$  边压力传感器示数先增大后减小,  $AC$  边压力传感器示数一直增大, A、B、C 错误;  $\theta = 90^\circ$  时,  $AB$  边与  $AC$  边压力传感器示数

之比为  $\frac{N'_{AB}}{N'_{AC}} = \frac{\frac{2\sqrt{3}}{3} mg \sin (120^\circ - \theta)}{\frac{2\sqrt{3}}{3} mg \sin \theta} = \frac{\sin 30^\circ}{\sin 90^\circ} = \frac{1}{2}$ , D 正确.

**11. A 【解析】**物块始终静止不动, 合力为  $0$ ,

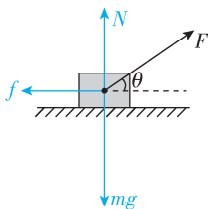
对物块进行受力分析如图所示, 由图得  $f =$

$F \cos \theta$ ,  $N = mg - F \sin \theta$ , 当  $F$  与水平方向的

夹角从  $0$  增大到  $90^\circ$  的过程中,  $\cos \theta$  减小,

$\sin \theta$  增大, 则摩擦力  $f$  和支持力  $N$  均减小,

水平面对物块的作用力为二者的合力, 即  $F_{\text{合}} = \sqrt{f^2 + N^2}$ , 则  $F_{\text{合}}$  一直减小, A 正确, B、C、D 错误.



**12. D 【解析】**由于受到拉力后弹簧会伸长, 则小

球会下滑,  $\alpha$  变大, A 错误; 以小球为研究对象,

受力分析如图所示, 根据平衡条件得, 沿斜面方

向,  $mg \sin \theta = F \cos (90^\circ - \theta - \alpha) = F \sin (\theta + \alpha)$ , 解

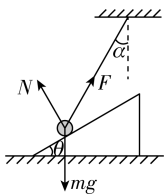
得  $F = \frac{mg \sin \theta}{\sin (\theta + \alpha)}$ , 当  $\alpha$  变大时, 由于  $\theta + \alpha < 90^\circ$ ,

故  $F$  变小, 即弹簧对小球的弹力比轻绳对小球的弹力小, C 错误;

以小球为研究对象, 垂直斜面方向  $N + F \sin (90^\circ - \theta - \alpha) = mg \cos \theta$ , 解得  $N = mg \cos \theta - \frac{mg \sin \theta}{\tan (\theta + \alpha)}$ , 当  $\alpha$  变大时, 斜面体对小球的弹力

$N$  变大, D 正确; 以斜面体和小球整体作为研究对象, 根据平衡条

件得, 在水平方向  $f_{\text{地}} = F \sin \alpha = \frac{mg \sin \theta \sin \alpha}{\sin (\theta + \alpha)}$ ,  $\alpha$  变化时, 地面对斜面体的摩擦力也变化, B 错误.



**13. AD 【解析】**设缓慢拉起的过程中, 细线与竖直方向的夹角为

$\theta$ , 细线中的张力为  $T$ , 环 A 受到的摩擦力为  $f$ , 受到横杆的支持

力为  $F_N$ , 对小球 B,  $T \cos \theta = mg$ ,  $T \sin \theta = F$ , 对于环 A,  $f = T \sin \theta$ ,

$F_N = mg + T \cos \theta$ , 解得  $T = \frac{mg}{\cos \theta}$ ,  $f = F = mg \tan \theta$ ,  $F_N = 2mg$ , 在小球被

拉起的过程中, 随着  $\theta$  的增大, 细线中的张力  $T$  增大, 环 A 受到的

摩擦力  $f$  增大, 水平拉力  $F$  增大, 环 A 受到横杆的支持力则不变, A

正确, B、C 错误; 当细线与竖直方向成  $37^\circ$  角时, 水平拉力  $F =$

$mg \tan 37^\circ = \frac{3}{4} mg$ , 细线中的张力  $T = \frac{mg}{\cos 37^\circ} = \frac{5}{4} mg$ , D 正确.

**14. BC 【解析】**以球为研究对象, 轻绳与水平

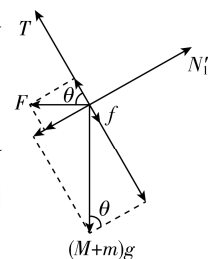
方向夹角也为  $\theta$ , 由平衡条件得,  $T \sin \theta =$

$mg$ , 对球施加水平恒力  $F$  后, 轻绳的拉力

不变, A 错误; 以尖劈和球整体为研究对

象, 对球施加水平恒力  $F$  后, 受力分析如图

所示, 由平衡条件得, 斜面对尖劈的支持力



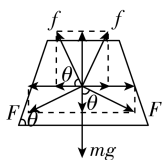
$N'_1 = (M+m)g\cos\theta + F\sin\theta$ , 根据牛顿第三定律, 则尖劈对斜面的压力一定变大, B 正确; 不施加水平恒力  $F$  时, 对球, 由平衡条件得, 尖劈对球的支持力  $F_N = \frac{mg}{\tan\theta}$ , 由牛顿第三定律知球对尖

劈的压力  $F'_N = \frac{mg}{\tan\theta}$ , 对尖劈,  $\tan\theta = \frac{F'_N}{Mg}$ , 解得  $\frac{M}{m} = \frac{1}{\tan^2\theta}$ , C 正确;

以尖劈和球整体为研究对象, 不施加水平恒力  $F$  时, 由平衡条件得,  $T = (M+m)g\sin\theta$ , 施加水平恒力  $F$  后, 轻绳拉力  $T$  不变, 总重力不变, 由平衡条件得,  $T + F\cos\theta = (M+m)g\sin\theta + f$ , 则斜面对尖劈的摩擦力沿斜面向下, 斜面对尖劈的摩擦力不可能为 0, D 错误.

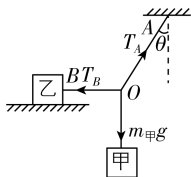
### 考点 9 共点力平衡的临界问题

1. B 【解析】对金砖受力分析如图所示, 由平衡条件得,  $f = \mu F$ ,  $2f\sin\theta = mg + 2F\cos\theta$ , 解得  $F \approx 2\,778\text{ N}$ , B 正确, A、C、D 错误.



2. D 【解析】将两本书看作一个整体, 则下面书本受到的支持力大小为  $F_N = (m+M)g\cos\theta$ , A 错误; 由于上面书本处于静止状态, 所以下面书本对上面书本的支持力和摩擦力的合力与上面书本的重力大小相等, 根据牛顿第三定律, 上面书本对下面书本的作用力的大小为  $Mg$ , B 错误; 根据平衡条件得, 上面书本受到的摩擦力大小为  $f = Mg\sin\theta$ , C 错误; 逐渐增大桌面倾斜的角度, 当书恰好要滑动时, 对上面的书,  $Mg\sin\theta_1 = \mu_2 Mg \cdot \cos\theta_1$ , 对于下面的书,  $(m+M)g\sin\theta_2 = \mu_1 (m+M)g\cos\theta_2$ , 由于  $\mu_1$  大于  $\mu_2$ , 所以  $\theta_2 > \theta_1$ , 则可知上面书本比下面书本先滑动, D 正确.

3. C 【解析】甲对绳子的拉力大小等于甲的重力大小, 对结点  $O$  受力分析, 如图所示, 则当乙与地面的静摩擦力达到最大时, 有  $T_B = \mu m_{\text{乙}} g = m_{\text{甲}} g \tan 37^\circ$ , 解得  $m_{\text{甲}} = 16\text{ kg}$ , A、B、D 错误, C 正确.



4. (1)  $22\text{ N}$  (2)  $\frac{m}{M} \leq \frac{4}{11}$

【解析】(1) 以圆环为研究对象, 竖直方向根据受力平衡得  $T\cos\alpha = mg$ , 解得绳子拉力大小为  $T = 5\text{ N}$ , 以物块为研究对象, 竖直方向根据受力平衡得  $N + T\cos\beta = Mg$ , 解得支持力  $N = 22\text{ N}$ , 根据牛顿第三定律知, 物块对地面的压力大小为  $22\text{ N}$ .

(2) 若  $m$ 、 $M$  大小可调, 以圆环为研究对象, 可得绳子拉力大小为

$T = \frac{mg}{\cos\alpha}$ , 以物块为研究对象, 竖直方向根据受力平衡得  $N +$

$T\cos\beta = Mg$ , 解得  $N = Mg - T\cos\beta = Mg - \frac{mg\cos\beta}{\cos\alpha}$ , 水平方向根据受

力平衡得  $f = T\sin\beta = \frac{mg\sin\beta}{\cos\alpha}$ , 又  $f \leq \mu N$ , 联立可得  $\frac{mg\sin\beta}{\cos\alpha} \leq$

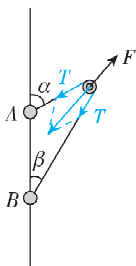
$\mu \left( Mg - \frac{mg\cos\beta}{\cos\alpha} \right)$ , 解得  $\frac{m}{M} \leq \frac{4}{11}$ .

### 考点 10 共点力平衡中的“结”“杆”问题

1. BD 【解析】滑轮两侧绳子拉力大小相等, 则  $A$  和  $B$  所受的拉力大小相等, 设为  $T$ , 对  $A$  受力分析, 由平衡条件得  $m_A g = T\cos\alpha$ ,



$F_{NA} = T \sin \alpha$ , 对  $B$  受力分析有  $m_B g = T \cos \beta$ ,  $F_{NB} = T \sin \beta$ , 其中  $\alpha = 60^\circ$ ,  $\beta = 30^\circ$ , 联立解得小球  $A$ 、 $B$  的质量之比为  $\frac{m_A}{m_B} = \frac{\cos 60^\circ}{\cos 30^\circ} = \frac{\sqrt{3}}{3}$ , 细杆对小球  $A$ 、 $B$  的弹力大小之比为  $\frac{F_{NA}}{F_{NB}} = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{\sqrt{3}}{1}$ ,  $A$  错误,  $B$  正确; 对滑轮受

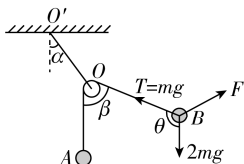


力分析如图所示,  $F$  与两段绳子拉力的合力等大反向, 绳子拉力大小相同, 则两拉力的合力沿两段绳夹角的角平分线, 由几何关系知,  $F$  与竖直方向的夹角为  $45^\circ$ ,  $C$  错误; 把小球  $A$ 、 $B$  和滑轮作为一个整体, 竖直方向合力为零, 解得  $F \cos 45^\circ =$

$(m_A + m_B)g$ , 又  $\frac{m_A}{m_B} = \frac{\sqrt{3}}{3}$ , 解得  $\frac{F}{m_A g} = \frac{\sqrt{6} + \sqrt{2}}{1}$ ,  $D$  正确.

- 2. C** 【解析】对光滑挂钩受力分析, 设绳子与竖直方向的夹角为  $\theta$ , 根据平衡条件有  $2T \cos \theta = mg$ , 将  $b$  端从  $B_1$  移到  $B_2$ , 绳两端水平间距变小, 绳子总长度不变, 所以  $\theta$  变小, 张力变小, 故  $A$ 、 $B$  错误; 同理将  $b$  端从  $B_2$  移到  $B_1$ ,  $\theta$  变大, 张力变大, 故  $C$  正确;  $b$  端在竿  $B$  上位置不变, 将竿  $B$  再向右倾斜一点, 绳两端水平间距变大,  $\theta$  变大, 张力变大, 故  $D$  错误.

- 3. D** 【解析】由于绳子  $AO$  与  $BO$  拉力的大小始终等于  $A$  球的重力,  $AO$  与  $BO$  的夹角不断增大时, 两绳拉力的合力逐渐减小, 因此绳  $OO'$  上的张力逐渐减小,  $A$



错误; 当  $AO$  与  $BO$  的夹角  $\beta$  不断增大时, 绳子拉力  $T$  与  $B$  球的重力的合力逐渐增大, 因此外力  $F$  逐渐变大,  $B$  错误; 当  $BO$  绳水平时,  $F$  的水平分量等于  $A$  球的重力,  $F$  的竖直分量等于  $B$  球的重力, 因此  $F$  的大小为  $F = \sqrt{5}mg$ ,  $C$  错误; 对  $B$  进行受力分析, 如图所示, 由几何关系知, 角  $\beta$  与角  $\theta$  互补, 且  $\beta = 2\alpha = 60^\circ$ , 则  $\theta = 120^\circ$ , 由力的合成得,  $F = \sqrt{3}mg$ ,  $D$  正确.

- 4. B** 【解析】小球受重力  $mg$ 、弹簧水平向右的弹力  $T$ 、轻杆的作用力  $F$  而处于平衡状态, 由平衡条件有  $F = \sqrt{(mg)^2 + T^2}$ , 又  $T = kx = 3 \text{ N}$ ,  $mg = 4 \text{ N}$ , 解得  $F = 5 \text{ N}$ , 故选  $B$ .

- 5. B** 【解析】设杆长为  $L$ , 杆中弹力为  $N$ ,  $AO'$  长为  $x$ ,  $OO'$  长为  $h$ , 对小球受力分析, 根据相似三角形得,  $\frac{mg}{h} = \frac{N}{L} = \frac{F}{x}$ , 解得  $N = \frac{mgL}{h}$ ,

$F = \frac{mgx}{h}$ , 当小球  $A$  和轻杆从图示位置缓慢运动到  $O'$  正下方时,  $x$

减小, 则力  $F$  大小减小, 轻杆对小球的作用力大小不变,  $A$  错误,  $B$  正确; 设轻杆与水平方向夹角为  $\theta$ , 对木板  $B$  受力分析, 由平衡条件得,  $N' = Mg + N \sin \theta$ ,  $f = N \cos \theta$ , 根据上述分析, 轻杆弹力大小  $N$  不变,  $\theta$  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,  $C$ 、 $D$  错误.