

度大小为 $v_2 = at_2 = 16 \text{ m/s}$, **C 错误**; 当第二辆车速度达到最大速度时, 两车相距最远, 此后两车速度相同, 距离不再发生变化, 结

→ **关键点**: 共速时相距最远

合上述分析可知最大距离为 $d = 1 \text{ m} + v_m t_1 = 41 \text{ m}$, **D 正确**.

关键点拨 速度相等往往是物体能追上或两者距离最大、最小的临界条件.

- 2. A 【解析】** 设相邻两绳的间距为 d , $t = t_0$ 时刻甲、乙两车头都对齐绳 5, 则有 $4d = \frac{1}{2}v_{\text{甲}} t_0$, $2d = v_{\text{乙}} t_0$, 可得 $v_{\text{甲}} = \frac{8d}{t_0}$, $v_{\text{乙}} = \frac{2d}{t_0}$, 则 $v_{\text{甲}} : v_{\text{乙}} = 4 : 1$, **A 正确**; 甲车做初速度为零的匀加速直线运动, 则有 $4d = \frac{1}{2}at_0^2$, 解得加速度为 $a = \frac{8d}{t_0^2}$, 当甲、乙共速时, 甲、乙相距最远, 则 $v_1 = at_1 = v_{\text{乙}}$, 解得 $t_1 = \frac{t_0}{4}$, 当甲、乙共速时, 甲车的位移为 $x_1 = \frac{1}{2}at_1^2 = \frac{d}{4} < d$, 可知甲车车头经过绳 2 时, 甲、乙相距不是最远, **B 错误**; 甲车车头经过绳 3 时, 根据运动学公式有 $v_2^2 = 2a \cdot 2d$, 解得甲车此时的速度大小为 $v_2 = \frac{4\sqrt{2}d}{t_0} = 2\sqrt{2}v_{\text{乙}}$, **C 错误**; 经 $\frac{1}{2}t_0$ 甲车的位移为 $x_2 = \frac{1}{2}a\left(\frac{1}{2}t_0\right)^2 = d$, 可知从开始经 $\frac{1}{2}t_0$, 甲车车头与绳 2 平齐, **D 错误**.

方法总结 初速度小追初速度大, 共速时二者相距最远; 追上时二者处于相同位置, 可以通过时间和位移的关系列式.

- 3. C 【解析】** 由速度—时间图线的斜率绝对值表示加速度大小, 可得甲车的加速度大小为 $a_1 = \frac{16}{48} \text{ m/s}^2 = \frac{1}{3} \text{ m/s}^2$, 乙车的加速度大小为 $a_2 = \frac{20}{40} \text{ m/s}^2 = 0.5 \text{ m/s}^2$, 两车的加速度大小之比为 $\frac{a_1}{a_2} = \frac{2}{3}$, **A 错误**; 由题图可知, $t = 24 \text{ s}$ 前, 甲的速度一直小于乙, 故两车间距逐渐减小, $t = 24 \text{ s}$ 时, 两车共速, 若两车不相撞, 则共速时, 两

车间距最小, **B 错误**; 由位移公式可得 $t = 24 \text{ s}$ 时, 甲车的位移大小

→ **关键点**: 初速度大追初速度小, 追不上时, 共速时间距最小

为 $x_1 = v_1 t - \frac{1}{2}a_1 t^2 = 288 \text{ m}$, 乙车的位移大小为 $x_2 = v_2 t - \frac{1}{2}a_2 t^2 = 336 \text{ m}$, 两车位移之差为 $\Delta x = x_2 - x_1 = 48 \text{ m}$, 若两车在 $t = 24 \text{ s}$ 时刻恰好不相撞, 则开始刹车时两辆车的间距等于 48 m , 若两车在 $t =$

→ **关键点**: 不相撞的临界条件后车追上前车时二者共速

24 s 时刻之前相撞, 则开始刹车时两辆车的间距小于 48 m , **C 正确**; 若两车速度相等时没有相撞, 则此后的过程中, 甲车的速度比乙车的大, 两车之间的距离增大, 两车不可能再相撞, **D 错误**.

- 4. C 【解析】** 由题意可知, 无线连接的最远距离为 10 m , 两直线轨道相距 8 m , 则手机检测到蓝牙耳机时, 甲、乙间位移之差最大值为 $\Delta x = \sqrt{10^2 - 8^2} \text{ m} = 6 \text{ m}$, 当 $t = 4 \text{ s}$ 时, 根据 $v-t$ 图线与时间轴所

→ **关键点**: 找出有蓝牙连接时, 两者的位移之差的最大值

围的面积表示位移, 可知甲、乙的位移之差 $\Delta x' = x_{\text{甲}} - x_{\text{乙}} = \frac{4 \times 4}{2} \text{ m} = 8 \text{ m} > 6 \text{ m}$, 设 4 s 之前手机与蓝牙耳机能被连接的时间为 t_1 , 由题图可知, 乙加速阶段的加速度大小为 1 m/s^2 , 从 $t = 0$ 到 $t = t_1$, 有 $\Delta x = x_{\text{甲}} - x_{\text{乙}} = 6 \text{ m}$, 即 $4t_1 - \frac{1}{2} \times 1 \times t_1^2 = 6 \text{ m}$, 解得 $t_1 = 2 \text{ s}$ 或 $t_1 = 6 \text{ s}$ (舍去), 可知在 $0 \sim 2 \text{ s}$ 内手机与蓝牙耳机一直处于连接状态; 在 $2 \sim 6 \text{ s}$ 内, 两同学之间的位移之差大于 6 m , 手机与蓝牙耳机处于断开状态, 在 $t = 6 \text{ s}$ 时手机与蓝牙耳机又开始处于连接状态, 由 $v-t$ 图像可知此时乙开始做匀速运动, 设从 6 s 之后手机与蓝牙耳机能被连接的时间为 t_2 , 则乙超过甲 6 m 之前, 均有连接, 则有 $2\Delta x = x_{\text{乙}}' - x_{\text{甲}}' = 12 \text{ m}$, 即 $6t_2 - 4t_2 = 12 \text{ m}$, 解得 $t_2 = 6 \text{ s}$, 则在运动过程中, 手机检测到蓝牙耳机能被连接的总时间为 $t = t_1 + t_2 = 2 \text{ s} + 6 \text{ s} = 8 \text{ s}$, **C 正确**.

易错警示 把无线连接的距离当成两同学的位移之差致错
本题中需要注意的是, 两同学不在同一轨道, 则两同学之间的距离并非两同学的位移之差.

专题 2 相互作用

考向 5 弹力与摩擦力

- 1. B 【解析】** 小球随车厢 (底部光滑) 一起向右做匀速直线运动, 小球受到的重力和车厢底部对小球的支持力平衡, 车厢左壁对
- **关键点**: 应用状态法
- 小球无弹力, **A 错误**; 小球被轻绳斜拉着静止在光滑的斜面上, 假设轻绳对小球没有弹力, 去掉轻绳, 小球会沿斜面下滑, 假设
- **关键点**: 应用假设法
- 不成立, 即轻绳对小球有弹力, **B 正确**; 小球被 a 、 b 两轻绳悬挂而静止, 其中 a 绳竖直, 则小球的重力和 a 绳的拉力平衡, 故 b 绳对
- **关键点**: 应用状态法
- 小球没有拉力, **C 错误**; 小球静止在光滑的三角槽中, 三角槽底面水平, 小球的重力和三角槽底面对小球的支持力平衡, 倾斜面对
- **关键点**: 应用状态法

小球无弹力, **D 错误**.

- 2. C 【解析】** 初状态时, 设上面弹簧压缩量为 x_1 , 下面弹簧压缩量为 x_2 , 根据胡克定律和平衡条件, 对上面木块有 $m_1 g = k_1 x_1$, 对两个木块整体有 $(m_1 + m_2) g = k_2 x_2$, 解得 $x_1 = \frac{m_1 g}{k_1}$, $x_2 = \frac{(m_1 + m_2) g}{k_2}$, 当上面弹簧恢复原长时, 设下面弹簧压缩量为 x_3 , 对下面木块有
- **关键点**: 找出末状态下, 弹簧的形变量
- $m_2 g = k_2 x_3$, 解得 $x_3 = \frac{m_2 g}{k_2}$, 则上面木块移动的距离 $x = x_1 + x_2 - x_3 = \frac{m_1 g}{k_1} + \frac{m_1 g}{k_2}$, **C 正确**.

易错警示 只考虑某一个弹簧形变量的变化量致错

本题中,上面木块向上移动的距离为两个弹簧形变量的变化量之和,而非单个弹簧形变量的变化。

3. D 【解析】根据滑动摩擦力公式 $F_f = \mu F_N$, 1、2、3 号货箱与直木板间正压力相同,各表面材质和粗糙程度均相同,摩擦力大小与接触面积大小无关,则 $F_{f1} = F_{f2} = F_{f3}$, D 正确。

易错警示 滑动摩擦力只与压力和接触面粗糙程度有关,与其他因素无关。

4. B 【解析】后一张答题卡相对前一张答题卡向左运动,摩擦力的方向与相对运动方向相反,则后一张答题卡受到前一张答题卡的摩擦力向右,故 A 错误;当第 1 张答题卡向右运动时,第 1 张答题卡对第 2 张答题卡的压力为 $F+mg$,则 1、2 张答题卡间滑动摩擦力大小为 $f = \mu_2(F+mg)$,此时第 3 张及以下的答题卡均处于静止状态,对第 2~5 张答题卡整体进行受力分析,由平衡条件可

→ **突破点:** 整体法分析第 2~5 张答题卡受到的摩擦力

得第 6 张答题卡对第 5 张答题卡的静摩擦力与第 1 张答题卡对第 2 张答题卡的滑动摩擦力平衡,大小为 $\mu_2(F+mg)$,故 B 正确;搓纸轮沿逆时针方向转动,带动答题卡向右运动的过程中,最后一张答题卡相对摩擦片有向右运动的趋势,则其受到摩擦片的摩擦力向左,故 C 错误;为了保证“每次只进一张答题卡”,当最后还剩余两张答题卡时,倒数第二张答题卡向右运动,最后一张答题卡不能动,对最后一张答题卡受力分析,则有 $\mu_2(F+mg) \leq \mu_3(F+2mg)$,正常情况下 $F \gg mg$,则 $\mu_2 \leq \mu_3$,当剩最后一张答题卡时,需满足 $\mu_1 F > \mu_3(F+mg)$,则 $\mu_1 > \mu_3$,故 $\mu_1 > \mu_3 \geq \mu_2$,故 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 α 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 α 变化的图线可能正确的是选项 C。

考向 6 牛顿第三定律 力的合成与分解

1. D 【解析】对磁铁 a 受力分析,磁铁 a 受到重力、b 对 a 的吸引力和绳子拉力处于平衡状态,磁铁 a 受到的重力小于绳子拉力,两个力不是一对平衡力, A 错误;轻绳对 a 的拉力和 a 对轻绳的拉力是一对相互作用力, B 错误;对 a、b、c 整体受力分析,磁铁间的作用力为内力,则无论磁铁磁性有多强,木箱 c 都不可以离开

→ **易错点:** 对整体受力分析时,不考虑内力

地面, C 错误;轻绳剪断前, c 对地面的压力等于 a、b、c 重力的合力,若将轻绳剪断, bc 整体受到向上的磁铁的吸引力,因此 c 对地面的压力小于 bc 的重力之和,根据牛顿第三定律,可知剪断轻绳的瞬间地面对 c 的支持力将变小, D 正确。

关键点拨 平衡力和相互作用力的比较

名称 项目	一对平衡力	作用力和反作用力
作用对象	同一个物体	两个相互作用的不同物体
作用时间	不一定同时产生、同时消失	一定同时产生、同时消失
力的性质	不一定相同	一定相同
作用效果	可相互抵消	不可抵消

2. C 【解析】健身者右手拉着抓把从位置 A 水平缓慢移动到位置 B,可知重物与健身者受力平衡,因此绳子对重物的拉力和重物受

→ **关键点:** 缓慢移动,时刻处于平衡状态

到的重力是一对平衡力, A 错误;地面对健身者的支持力和健身者对地面的压力是一对作用力与反作用力, B 错误;健身者受三个力作用,绳子对健身者的拉力、地面对健身者的摩擦力以及重力,三个力的合力为零,则绳子对健身者的拉力和地面对健身者的摩擦力的合力与重力等大反向,即竖直向上, C 正确, D 错误。

关键点拨 物体受三个力处于平衡状态时,其中任意两个力的合力与第三个力等大反向。

3. AD 【解析】合力与分力是等效关系,合力 F 的大小的范围为 $|F_1 - F_2| \leq F \leq |F_1| + |F_2|$,可知合力不一定大于任一分力,也有

→ **关键点:** 二力合成时合力的大小的范围

可能小于某一分力, A 正确;合力单独作用在物体上和分力共同作用在物体上作用效果等效,合力与分力不是同时作用在物体上, B 错误;由平行四边形定则可知, F_1 与 F_2 大小不变,合力 F 的大小随 F_1 、 F_2 间夹角增大而减小,随 F_1 、 F_2 间夹角减小而增大, C 错误, D 正确。

4. C 【解析】物体处于平衡状态,所受合力为 0,则其他两个力的合力与 F_1 、 F_2 的合力等大反向, F_1 与 F_2 的合力的大小范围为

→ **关键点:** 物体所受到的合力为 0

$F_1 - F_2 \leq F_{合} \leq F_1 + F_2$,即 $18 \text{ N} \leq F_{合} \leq 22 \text{ N}$,故其他两个力的合力的大小范围为 $18 \text{ N} \leq F'_{合} \leq 22 \text{ N}$, A、B 错误;其余三个力的合力与

F_2 等大反向,只撤除 F_2 ,物体运动的加速度大小为 $a = \frac{|-F_2|}{m} =$

$\frac{|-2 \text{ N}|}{2 \text{ kg}} = 1 \text{ m/s}^2$, C 正确;除 F_2 之外的三力的合力与 F_2 大小相

等,方向相反,则若把 F_2 的方向改变 60° , F_2 与其余三个力的合力方向成 120° 夹角,则合力 $F = F_2$,此时物体的加速度大小为

$a' = \frac{F}{m} = 1 \text{ m/s}^2$,则物体在最初 1 秒内的位移大小是 $x = \frac{1}{2} a' t^2 =$

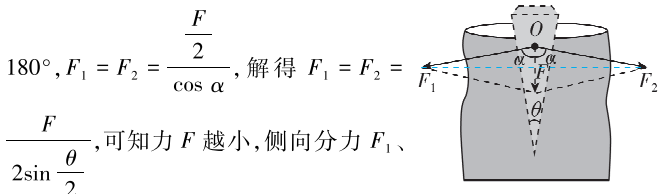
0.5 m, D 错误。

关键点拨 物体受 n 个力处于平衡状态时,其中 $(n-1)$ 个力的合力与第 n 个力等大反向。

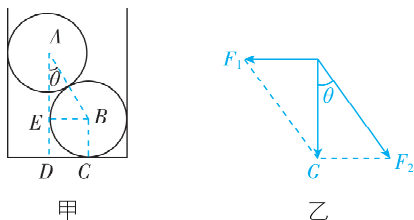
5. B 【解析】由平行四边形定则可知,两根耙索的合力大小 $F_{\text{合}} = 2 \times F \cos 30^\circ = \sqrt{3}F$, A 错误, B 正确;对耙受力分析,耙索合力在水平方向的分力与阻力等大反向,则阻力大小为 $f = F_{\text{合}} \cos 30^\circ = \frac{3}{2}F$, C、D 错误。
- 关键点: 匀速运动,合力为 0

$$\frac{3}{2}F, \text{C、D 错误.}$$

6. D 【解析】如图所示,将力 F 进行分解,由几何关系可知, $2\alpha + \theta = 180^\circ$, $F_1 = F_2 = \frac{F}{2 \cos \alpha}$, 解得 $F_1 = F_2 = \frac{F}{2 \sin \frac{\theta}{2}}$, 可知力 F 越小,侧向分力 F_1 、 F_2 越小,则斧头对木桩的侧向压力越小, A、B 错误;由 $F_1 = F_2 = \frac{F}{2 \sin \frac{\theta}{2}}$ 可知, θ 越小,斧头对木桩的侧向压力越大,越容易劈开木桩, C 错误, D 正确。



7. A 【解析】设 A、B 两玻璃球球心的连线与竖直方向的夹角为 θ , 如图甲所示,由几何关系可知 $\sin \theta = \frac{1}{2}$, 将玻璃球 A 的重力进行分解,如图乙所示,可得 $F_1 = G \tan \theta = \frac{\sqrt{3}}{3}G$, $F_2 = 2F_1 = \frac{2\sqrt{3}}{3}G$, 故玻璃球 A 对玻璃杯侧壁的压力大小为 $\frac{\sqrt{3}}{3}G$, 玻璃球 A 对玻璃球 B 的压力大小为 $\frac{2\sqrt{3}}{3}G$, A 正确。



8. B 【解析】A 选项图中,根据受力分析可知,受困车辆受到的拉力为救援车辆拖拽力的一半;B 选项图中,根据受力分析可知,救援车辆的拖拽力为缆绳两侧拉力的合力,因初始时刻两分力夹角接近 180° ,合力远小于两分力(小于所受拉力的一半);C 选项图中,缆绳与树桩构成定滑轮系统,仅改变力的方向,不改变力的大小,则受困车辆受到的拉力等于救援车辆的拖拽力;D 选项图中,根据受力分析可知,受困车辆受到的拉力为救援车辆拖拽力的一半。综上所述可知 B 选项图中方案受困车辆受到的拉力最大, B 正确。
- 关键点: 合力一定时,夹角越大,分力越大

图中,缆绳与树桩构成定滑轮系统,仅改变力的方向,不改变力的大小,则受困车辆受到的拉力等于救援车辆的拖拽力;D 选项图中,根据受力分析可知,受困车辆受到的拉力为救援车辆拖拽力的一半。综上所述可知 B 选项图中方案受困车辆受到的拉力最大, B 正确。

关键点: 对滑轮受力分析

关键点拨 合力一定时,两个等大分力夹角越大,分力越大。

9. C 【解析】对风力 F 在沿着帆面和垂直于帆面方向进行分解,由几何关系可得其垂直于帆面的分力 $F_1 = F \sin \alpha = 1000 \text{ N}$, 再对垂直作用于帆面上的风力 F_1 沿帆船航向方向和垂直于航向方向进行分解,可得帆船在沿航向方向获得的动力为 $F_2 = F_1 \sin \beta = 600 \text{ N}$, C 正确。
- 关键点: 第一次分解得到风力垂直于帆面方向的分力

几何关系可得其垂直于帆面的分力 $F_1 = F \sin \alpha = 1000 \text{ N}$, 再对垂直作用于帆面上的风力 F_1 沿帆船航向方向和垂直于航向方向进行分解,可得帆船在沿航向方向获得的动力为 $F_2 = F_1 \sin \beta = 600 \text{ N}$, C 正确。

关键点: 第二次分解得到沿帆船航向上的分力

考向 7 共点力平衡

1. C 【解析】题图甲中的鹅卵石受重力、两个弹力和两个静摩擦力,共五个力, A 错误;题图乙中下方筷子对鹅卵石的弹力与鹅卵石对其的弹力是一对作用力与反作用力,大小相等,方向相反, B 错误;当缓慢增大题图丙中筷子与水平方向的夹角时,鹅卵石始终处于平衡状态,鹅卵石受到筷子对它的作用力始终与重力等大反向, C 正确;若题图甲中筷子夹着鹅卵石一起向上匀速运动,合力为 0,鹅卵石受到摩擦力方向与重力方向相反,为竖直向上, D 错误。
- 关键点: 二者为一对相互作用力

B 错误;当缓慢增大题图丙中筷子与水平方向的夹角时,鹅卵石始终处于平衡状态,鹅卵石受到筷子对它的作用力始终与重力等大反向, C 正确;若题图甲中筷子夹着鹅卵石一起向上匀速运动,合力为 0,鹅卵石受到摩擦力方向与重力方向相反,为竖直向上, D 错误。

2. A 【解析】设细线与竖直方向的夹角为 θ , 以吊灯为研究对象,进行受力分析,竖直方向根据受力平衡可得 $5T \cos \theta = mg$, 解得每根细线对吊灯的拉力大小为 $T = \frac{mg}{5 \cos \theta} > \frac{mg}{5}$, A 正确, B 错误;将五根细线同时缩短相同长度,则 θ 变大, $\cos \theta$ 变小,根据 $T = \frac{mg}{5 \cos \theta}$, 可知细线的张力变大,反之,若将五根细线同时伸长相同长度,则 θ 变小, $\cos \theta$ 变大,细线上的张力变小, C、D 错误。

3. A 【解析】对 A、B 整体受力分析,如图甲所示, A、B 整体受到向下的重力和竖直向上的推力 F , 由平衡条件可知 B 与墙壁之间不可能有弹力,因此也不可能有摩擦力, C 错误;对 B 受力分析,如图乙所示,其受到重力、A 对 B 的弹力及摩擦力而处于平衡状态,故 B 受到三个力, B 错误;对 A 受力分析,如图丙所示,其受到重力、推力 F 、B 对 A 的弹力和摩擦力,共四个力, A 正确, D 错误。
- 关键点: 整体受力分析

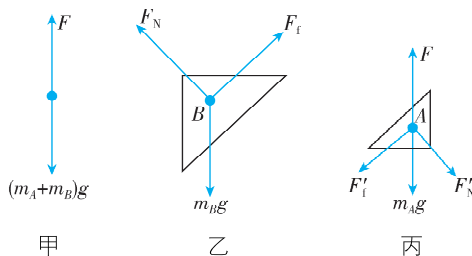
下的重力和竖直向上的推力 F , 由平衡条件可知 B 与墙壁之间不可能有弹力,因此也不可能有摩擦力, C 错误;对 B 受力分析,如图乙所示,其受到重力、A 对 B 的弹力及摩擦力而处于平衡状态,故 B 受到三个力, B 错误;对 A 受力分析,如图丙所示,其受到重力、推力 F 、B 对 A 的弹力和摩擦力,共四个力, A 正确, D 错误。

关键点: 部分受力分析

图乙所示,其受到重力、A 对 B 的弹力及摩擦力而处于平衡状态,故 B 受到三个力, B 错误;对 A 受力分析,如图丙所示,其受到重力、推力 F 、B 对 A 的弹力和摩擦力,共四个力, A 正确, D 错误。

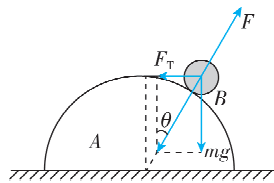
关键点: 部分受力分析

力、推力 F 、B 对 A 的弹力和摩擦力,共四个力, A 正确, D 错误。



关键点拨 进行受力分析时,需要注意研究对象的选择。

4. D 【解析】对 A、B 整体受力分析,受竖直向下的重力和地面对 A、B 的支持力,地面对 A 没有摩擦力,根据牛顿第三定律可知, 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, $F = \frac{mg}{\cos \theta}$, $F_T = mg \tan \theta$, 其中 $\cos \theta = \frac{R}{R+r}$, $\tan \theta =$



$\frac{\sqrt{(R+r)^2 - R^2}}{R} = \frac{\sqrt{2Rr+r^2}}{R}$, 联立解得 A 对 B 的支持力大小为 $F = mg \cdot \frac{r+R}{R}$, 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.

5. B 【解析】将两球看成一个整体, 根据受力平衡及几何关系可

关键点: 整体受力分析

得, 上边细线与竖直方向夹角满足 $\tan \theta = \frac{2F_{\text{风}}}{5mg}$, 以 B 球为研究对象,

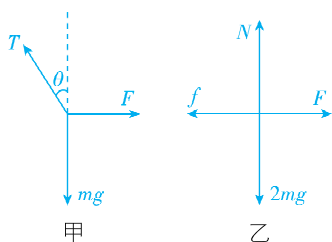
关键点: 部分受力分析

根据受力平衡及几何关系可得, 下边细线与竖直方向夹角满足 $\tan \alpha = \frac{F_{\text{风}}}{3mg}$, 有 $\tan \theta > \tan \alpha$, 即 $\theta > \alpha$, B 正确.

6. 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;

将两球作为整体, 受力分析如图乙所示, 根据平衡条件得, 杆对 A 球的支持力大小 $N = (m_A + m_B)g = 2mg$, B 错误; 因为 A 球与 B 球一起向右做匀速运动, 有 $f = F$, 则 A 球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.



7. AC 【解析】作出受力分析图如图所示, 小圆环质量不计, 故受两边细绳的拉力的合力与 N 等大反向, 同一条绳子拉力处处相等, 结合角度关系有 $N = 2F \sin \beta = \sqrt{2}F$, 对拉物体的两细绳, 力 F

关键点: 绳子与小环接触的. 点为活结, 故绳子上拉力大小相等

与竖直方向的夹角相等, 设为 θ , 则

在三角形 AOB 中, 根据几何关系有 $180^\circ - (90^\circ - 15^\circ + \theta) + 45^\circ + 2\theta = 180^\circ$, 解得 $\theta = 30^\circ$, 对物体, 根据平衡条件, 有 $2F \cos \theta = mg$, 解得 $F =$

$\frac{\sqrt{3}}{3}mg$, 则 $N = \frac{\sqrt{6}}{3}mg$, A、C 正确.

关键点拨

同一段绳子中, 张力处处相等, 题中拉重物的两细绳与竖直方向夹角相等.

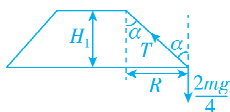
8. C 【解析】设金属圆环 1、2 之间的绳与

竖直方向夹角为 α 、金属圆环 2、3 之间的

绳与竖直方向夹角为 β 、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. D 【解析】小球受三个共点力而平衡, 这三个力构成一个矢量三角形, 如图所示, 矢量三角形刚好和几何三角形相似, 则当弹簧

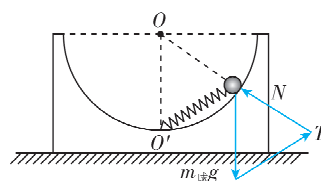
关键点: 构建一个力的矢量三角形

另一端与质量为 m 的小球 A 相连时, 有 $\frac{mg}{R} = \frac{N_1}{R} = \frac{T_1}{R}$, 设 L_2 为

$O'M$ 的长度, 当弹簧另一端与质量为 2m 的小球 B 相连时, 有 $\frac{2mg}{R} = \frac{N_2}{R} = \frac{T_2}{L_2}$, 设弹簧的原长为 L_0 , 则 $T_1 = k(L_0 - R)$, $T_2 = k(L_0 -$

$L_2)$, 联立可得 $T_1 = mg$, $L_0 = R + \frac{mg}{k}$, $N_2 = 2mg$, $L_2 = \frac{mgR + kR^2}{2mg + kR}$, $T_2 =$

$\left(1 + \frac{kR}{kR + 2mg}\right)mg > T_1$, D 正确.



方法总结 相似三角形解决平衡问题的方法:

找一个与力的三角形相似的几何三角形.

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° , 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

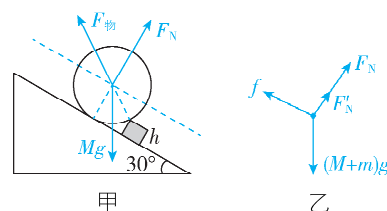
牛顿第三定律知, 物块对斜面压力大小为 $\frac{\sqrt{3}}{6}Mg + \frac{\sqrt{3}}{2}mg$, B 错误;

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

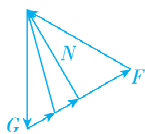
大, 假设夹角为 θ , 由平衡条件得 $F'_{\text{物}} = \frac{Mg \sin 30^\circ}{\cos \theta}$, θ 越大, $\cos \theta$

越小, 物块对球的支持力越大, D 错误.

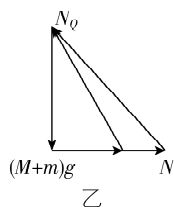
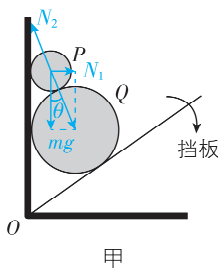


考向 8 求解动态平衡问题

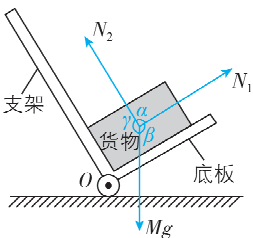
1. C 【解析】以小球为研究对象,受到恒定的重力,方向不变的作用力 F 和大小、方向都变化的支持力 N ,三个力的动态图如图所示,由图知,小球在被移出凹槽的过程中,作用力 F 不断增大,凹槽对小球的支持力 N 先变小后变大, **C 正确, A、B、D 错误**。



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,在挡板沿顺时针方向缓慢转动过程中,由几何关系可知, θ 不变,由平衡条件知,大球 Q 对小球 P 的弹力 N_2 和光滑墙壁对小球 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**。

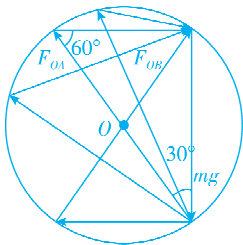


3. C 【解析】对货物受力分析如图所示,在小推车绕 O 点逆时针缓慢转动的过程中, α 不变, β 从 90° 逐渐增大到 135° , γ 从 180° 逐渐减小到 135° ,由拉密定理得 $\frac{Mg}{\sin \alpha} = \frac{N_1}{\sin \gamma} = \frac{N_2}{\sin \beta}$,可知 N_1 逐渐增大, N_2 逐渐减小, **C 正确**。



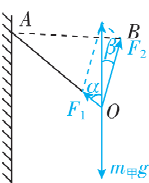
关键点拨 拉密定理:同一平面内,当三个共点力的合力为零时,其中任意一个力与其他两个力夹角的正弦的比值相等。其实质是正弦定理的变形。

4. A 【解析】由题意,对均匀圆柱形木棒受力分析,木棒受重力 mg 、槽面 OA 对木棒的弹力 F_{OA} 和槽面 OB 对木棒的弹力 F_{OB} ,构成封闭的三角形,即三力的合力是零,如图所示,在材料绕轴线逆时针缓慢转过 90° 角的过程中,两弹力 F_{OA} 、 F_{OB} 的夹角不变,由几何关系可知,当由题图示位置逆时针缓慢转过 30° 时,槽面 OA 对木棒的弹力 F_{OA} 有最大值,最大值为 $F_{OA\max} = \frac{mg}{\sin 60^\circ} = \frac{2\sqrt{3}}{3}mg$, **A 正确**;由图可知,槽面 OB 对木棒的弹力 F_{OB} 一直增大, **B 错误**;槽面 OA 对木棒的弹力先增大后减小, **C 错误**;转动过程中,木棒的合力为零,由力的平衡条件可知,槽面 OA 与槽面 OB 对木棒弹力的合力大小始终等于木棒的重力,合力大小不变, **D 错误**。



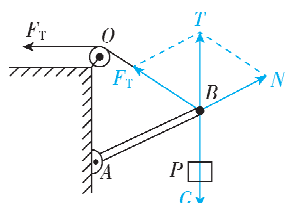
方法总结 三个共点力的动态平衡问题中,当其中一个力和它所对的夹角不变时,选择拉密定理或辅助圆的方法。

5. C 【解析】分析物体乙的受力,绳子的拉力等于物体乙的重力,滑轮两端的绳子上拉力相等,则 OB 绳上的拉力 $T_{OB} = m_{\text{乙}}g$,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 $\frac{F_1}{\sin \beta} = \frac{F_2}{\sin \alpha} = \frac{m_{\text{甲}}g}{\sin(\frac{\pi}{2} + \beta)}$,由数学知识解得 $F_1 = m_{\text{甲}}g \tan \beta$, $F_2 = m_{\text{甲}}g \frac{2\cos^2 \beta - 1}{\cos \beta}$,又 $F_2 = T_{OB} = m_{\text{乙}}g$,可知减小物体乙的质量, F_2 减小,则 β 增大, F_1 增大, **A、B 错误**;当轻绳 OB 与竖直方向的夹角为 30° ,即 $\beta = 30^\circ$ 时, $\alpha = 30^\circ$,则 $F_1 = F_2$,根据受力平衡得 $2F_2 \cos 30^\circ = m_{\text{甲}}g$,解得 $F_1 = F_2 = \frac{\sqrt{3}}{3}m_{\text{甲}}g$,则 $m_{\text{甲}} = \sqrt{3}m_{\text{乙}}$, **C 正确, D 错误**。

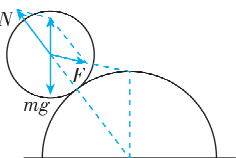


方法总结 角度关系已知时,可以把力的三角形表示出来,通过正弦定理找等量关系。

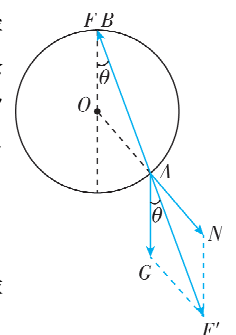
6. B 【解析】对 B 点受力分析,如图所示。由平衡条件可得 $T = G$,三个力组成的三角形和几何三角形 OAB 相似,可得 $\frac{N}{AB} = \frac{F_T}{BO} = \frac{G}{OA}$,将 B 上拉, G 不变, AB 和 OA 不变, BO 减小,则 BO 段绳中的张力 F_T 变小, N 不变, **B 正确, A、C、D 错误**。



7. C 【解析】对球 b 受力分析,逐渐升高过程,处于动态平衡状态,如图所示,设半球 a 的半径为 R ,光滑球 b 的半径为 r ,细线的长度为 L ,力的矢量三角形和几何三角形相似,可得 $\frac{F}{mg} = \frac{L+r}{R}$, $\frac{N}{mg} = \frac{r+R}{R}$,当细线长度逐渐减小, **关键点: 找一个和几何三角形相似的力的矢量三角形** 时,半球 a 对球 b 的支持力 N 保持不变,细线的拉力 F 逐渐减小, **C 正确**。



8. B 【解析】设小球的重力为 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与几何三角形相似得, $\frac{G}{R} = \frac{F'}{AB} = \frac{N}{R}$,解得 $F = F' = \frac{AB}{R}G$, $N = G$,当小球上移时,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**。



9. A 【解析】设轻绳的拉力大小为 F ,以 B 为对象,有 $F = m_B g$,以

动滑轮为对象,根据受力平衡可得 $2F\sin\theta = m_A g$, 设墙壁左侧与定滑轮之间的绳子长度为 L , 水平距离为 x , 由几何关系有 $\cos\theta = \frac{x}{L}$, 将绳一端的固定点 P 缓慢向上移动到 Q 点, 绳子拉力大小保持不变, 则 θ 不变, 水平距离 x 不变, 墙壁与定滑轮之间的轻绳长度 L 不变, 故物块 B 的高度不变, **A 正确**.

10. D 【解析】由于弹簧受到拉力后会伸长, 则小球会下滑, α 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, 沿斜面方向有 $mg\sin\theta = F\cos(90^\circ - \theta - \alpha) = F\sin(\theta + \alpha)$, 解得 $F = \frac{mg\sin\theta}{\sin(\theta + \alpha)}$, 当 α 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, 垂直斜面方向有 $N + F\sin(90^\circ - \theta - \alpha) = mg\cos\theta$, 解得 $N = mg\cos\theta - \frac{mg\sin\theta}{\tan(\theta + \alpha)}$, 当 α 变大时, 斜面对小球的弹力 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, 在水平方向有 $f_{\text{地}} = F\sin\alpha = \frac{mg\sin\theta\sin\alpha}{\sin(\theta + \alpha)}$, α 变化时, 地面对斜面体的摩擦力也变化, **B 错误**.

11. BCD 【解析】对小物块受力分析, 沿圆弧切线方向所受合力为零, 可得 $F = mg\cos\theta + \mu mg\sin\theta = mg\left(\frac{3}{4}\sin\theta + \cos\theta\right)$, 由数学知识

【关键点: 用函数式表示力】

识知 $\frac{3}{4}\sin\theta + \cos\theta = \sqrt{\frac{9}{16} + 1}\sin(\theta + \varphi) = \frac{5}{4}\sin(\theta + \varphi)$, 其中 $\tan\varphi = \frac{4}{3}$, 可得 $\varphi = 53^\circ$, 即 $F = \frac{5}{4}mg\sin(\theta + 53^\circ)$, 故在 θ 从 0° 增大到 90° 的过程中, 拉力 F 先增大后减小, **A 正确, B 错误**; 由于小物块处于平衡状态, 对整体受力分析可知, 地面对整体的摩擦力水平向左, 由牛顿第三定律可知, 半圆柱体对地面有水平向右的摩擦力, **C 错误**; 对整体受力分析, 地面受到的摩擦力大小为 $f_{\text{地}} = F\sin\theta = \frac{5}{4}mg\sin\theta\sin(\theta + 53^\circ) = \frac{5}{8}mg[\cos 53^\circ - \cos(2\theta + 53^\circ)]$, 因为 θ 的取值范围从 0° 到 90° , 所以 $f_{\text{地}}$ 先增大

【关键点: 研究整体, 用函数式表示力】

后减小, **D 错误**. 本题选不正确的, 故选 B、C、D.

方法总结 当系统中两个物体均处于平衡状态(所受合力为零)时, 分析系统的外力时, 需要把物体系统看成一个整体.

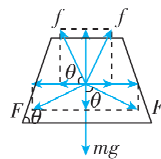
重难点专项 2 共点力平衡的临界、极值问题

1. A 【解析】沙堆的底部周长为 31.4 m , 故圆锥体的底部圆半径约为 $r = \frac{31.4}{2 \times 3.14}\text{ m} = 5\text{ m}$, 对锥面上的一粒沙粒分析, 锥面上的沙粒恰好不下滑, 则满足 $\mu mg\cos\theta = mg\sin\theta$ (θ 为锥体的底角), 故

【关键点: 不下滑的临界条件为摩擦力达到最大静摩擦力】

$\mu = \tan\theta = \frac{h}{r}$, 解得圆锥体高 $h = 2.5\text{ m}$, **A 正确**.

2. 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**.



3. C 【解析】对 A 受力分析, 可知 F_{N} 等于 A 的重

【关键点: 选单个物体为研究对象】

力沿斜面向下的分力, 则 F_{N} 不可能等于零, **A 错误**; 把 A、B 作为一个整体, 当 $F = (m_A + m_B)g\sin\theta$ 时, $F_{\text{N}} = 0$, **B 错误**; 把 A、B、C 作

【关键点: 选整体为研究对象】

为一个整体, 当 $F = (m_A + m_B + m_C)g\sin\theta$ 时, $F_{\text{N}} = 0$, **C 正确**; 由前

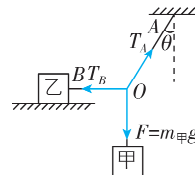
【关键点: 选整体为研究对象】

面分析可知, 若 $F_{\text{N}} = 0$, 则 $F = (m_A + m_B)g\sin\theta$, 若 $F_{\text{N}} = 0$, 则 $F = (m_A + m_B + m_C)g\sin\theta$, 故二者不可能同时等于零, **D 错误**.

4. 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 $F_{\text{N}} = (m + M)g\cos\theta$, **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, 为 Mg , 根据牛顿第三定律可知, 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, 当书本恰好要滑动时, 对上面的书本, 有 $Mg\sin\theta_1 = \mu_2 Mg \cdot \cos\theta_1$, 对下面的书本有 $(m + M)g\sin\theta_2 = \mu_1 (m + M)g\cos\theta_2$, 由于 μ_1 大于 μ_2 , 所以 $\theta_2 > \theta_1$, 可知上面书本比下面书本先滑动, **D 正确**.

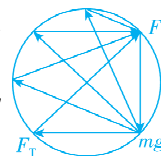
5. C 【解析】物体甲对绳子的拉力大小等于物

体甲的重力大小, 对结点 O 受力分析, 如图



所示, 则当乙与地面间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 $m_{\text{甲}} = 16\text{ kg}$, **C 正确**.

6. BC 【解析】对题图右侧结点受力分析, α 角大小不变, 可以用辅助圆方法判断力的动态变化情况, 如图所示, 通过分析可得 F_{T} 先增大再减小, F



【关键点: 用辅助圆法分析 F_{T} 的变化】

一直减小, 初始状态, 对 A 分析可得, 绳子拉力 $F_{\text{T}} = mg$, 对 B 分析, 可发现 $F_{\text{T}} = 2mg\sin 30^\circ$, 即刚开始 B 与 C 间的静摩擦力为零, 故当绳子拉力 F_{T} 从 mg 先增大再减小到 mg , B、C 间的静摩擦力方向一直沿斜面向下且先增大再减小, **A 错误, B 正确**; 将 B、C 看成整体, 竖直方向有 $F_{\text{N}} + F_{\text{T}}\sin 30^\circ = (2m + M)g$, 由于 F_{T} 先增大

【关键点: 整体受力分析】

再减小, 故 F_{N} 先减小再增大, 由牛顿第三定律知物体 C 对地面的压力先减小再增大, **C 正确**; 水平方向上有 $F_{\text{T}}\cos 30^\circ = F_{\text{f}}$, 当 F_{T} 最大时, 此时 F 水平, 对 A 分析可计算得 $F_{\text{Tmax}} = \sqrt{2}mg$, 所以

$F_{\text{Tmax}} = \frac{\sqrt{6}}{2}mg$, **D 错误**.

7. (1) 22 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 N .

(2) 若 m 、 M 大小可调, 以圆环为研究对象, 根据受力平衡得

$T \cos \alpha = mg$, 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 $\frac{m}{M} \leq \frac{4}{11}$.

8. A 【解析】对相框受力分析如图所示, 根据受力平衡可得 $G =$

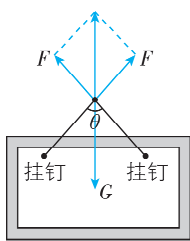
$2F \cos \frac{\theta}{2}$, 又知绳能承受的最大张力为相框重力的 1.5 倍, 可得

关键点: 绳子断裂的临界条件

$F = \frac{G}{2 \cos \frac{\theta}{2}} \leq 1.5G$, 可得 $\cos \frac{\theta}{2} \geq \frac{1}{3}$, 设相框上两个挂钉的间距

为 d , 根据几何关系可得 $d = 2 \times \frac{L}{2} \sin \frac{\theta}{2} = L \sqrt{1 - \cos^2 \frac{\theta}{2}} \leq$

$L \sqrt{1 - \left(\frac{1}{3} \right)^2} = \frac{2\sqrt{2}}{3}L$, **A 正确**.



方法总结 绳子断裂的临界条件为绳子上的拉力为所能承受的最大值.

9. ABD 【解析】物块放到斜面上正好匀速下滑, 有 $mg \sin 37^\circ = \mu mg \cos 37^\circ$, 解得木块与斜面间的动摩擦因数 $\mu = 0.75$, **A 正确**;

木块匀速上升时, 根据受力平衡有 $F \cos \alpha = mg \sin \theta + \mu (mg \cos \theta - F \sin \alpha)$, 整理得 $F = \frac{mg \sin \theta}{\cos(\theta - \alpha)}$, 由此可知, 当 $\alpha = \theta = 37^\circ$ 时, $\cos(\theta -$

关键点: 找出对应的关系式, 数学方法找极值

$\alpha)$ 最大, F 有最小值, 最小值为 $F = 0.96mg$, **B、D 正确, C 错误**.

方法总结 数学解析法找力的极值. 用函数表达式表示对应的力, 通过数学知识, 找最大值或最小值.

10. BC 【解析】因为每本书均呈竖直静止状态, 所以每本书所受的摩擦力的合力都与书的重力平衡, 即每本书受到的摩擦力的合力大小相等, **A 错误**; 越靠近外侧, 书与书之间的摩擦力越大,

关键点: 分析靠近外侧的书的时候, 把里边的书看成整体

即书与书之间的摩擦力大小不相等, **B 正确**; 先将所有的书 (设有 n 本) 当作整体, 受力分析, 竖直方向受重力、静摩擦力, 根据

平衡条件有 $nmg \leq 2\mu_1 F$, 则有 $n \leq \frac{2\mu_1 F}{mg} = 30$, 再考虑除最外侧两

本书外的其他书 ($n-2$ 本), 受力分析, 竖直方向受重力、静摩擦力, 根据平衡条件有 $(n-2)mg \leq 2\mu_2 F$, 则有 $n \leq \frac{2\mu_2 F}{mg} + 2 = 22$, 故最多能夹住 22 本书, **C 正确, D 错误**.

考向 9 共点力平衡中的“结”“杆”问题

1. B 【解析】衣架挂钩与绳子接触的点为动点, 即活结, 绳中的拉力左右相等, 设两侧绳子与竖直方向的夹角均为 θ , 对挂钩受力

关键点: 活结问题, 绳子上的力大小相等

分析如图所示, 根据平衡条件, 有

$2T \cos \theta = G = mg$, 可得 $T = \frac{mg}{2 \cos \theta}$, 衣服由湿

变干的过程中, 质量减小, 重力减小, 故绳

子的拉力 T 变小, **A 错误**; 衣服原来受重力

和两绳子拉力而平衡, 受到风力后是四力

平衡, 两绳子拉力的合力 F 与重力和风力的合力相平衡, 重力与

风力垂直, 所以风力和重力的合力大于重力, 故两绳子拉力的合

力变大, **B 正确**; 不考虑衣服质量变化, 将 B 杆缓慢向右移动, 绳

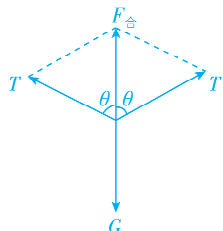
子与竖直方向之间的夹角逐渐增大, 绳子上的拉力的合力不变,

关键点: 通过两绳子夹角边变化, 分析力如何变化

则绳子上的拉力逐渐增大, **C 错误**; 不考虑衣服质量变化, 若只改

变绳子的长度, 则绳子与竖直方向之间的夹角随之改变, 绳子上的

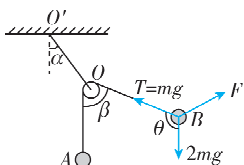
拉力大小一定改变, **D 错误**.



方法总结 晾衣杆模型

结点为活结, 则两段绳子拉力大小相等; 两段绳子的合力与重力等大反向; 合力不变 (始终等于衣服的重力) 时, 两绳夹角越大, 绳上分力越大.

在判断绳子上的拉力是否变化时, 看绳子与竖直方向的夹角如何变化即可.

2. D 【解析】由于绳子 AO 与 BO 拉力的 大小始终等于小球 A 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 的夹角不断增大时, 绳子拉力 T 与小球 B 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 的水平分量等于小球 A 的重力, F 的竖直分量等于小球

B 的重力, 因此 F 的大小为 $F = \sqrt{(mg)^2 + (2mg)^2} = \sqrt{5}mg$, **C 错**

误; 对 B 进行受力分析, 如图所示, 由几何关系知, 角 β 与角 θ 互

补, 且 $\beta = 2\alpha = 60^\circ$, 则 $\theta = 120^\circ$, 由几何关系可知 T 与 F 垂直, 由

力的合成得, $F = \sqrt{3}mg$, **D 正确**.

关键点拨 活结和死结

活结: 当绳绕过光滑的滑轮或挂钩时, 接触点可滑动, 为活结, 绳上的力相等;

死结: 若结点不是滑轮或挂钩, 而是固定点时, 接触点不可滑动, 称为“死结”, 其两侧绳上的弹力大小不一定相等.