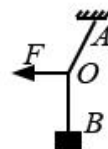


讲义 2. 三力动态平衡问题

一、矢量三角形

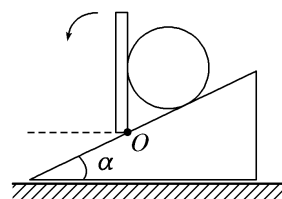
【观察特征：三力平衡，其中一个力大小方向均不变（比如重力），第二个力方向不变，第三个力的方向变化】

例 1. 【2016 • 全国新课标 II 卷】质量为 m 的物体用轻绳 AB 悬挂于天花板上。用水平向左的力 F 缓慢拉动绳的中点 O ，如图所示。用 T 表示绳 OA 段拉力的大小，在 O 点向左移动的过程中（ ）



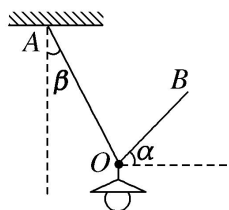
- A. F 逐渐变大, T 逐渐变大 B. F 逐渐变大, T 逐渐变小
C. F 逐渐变小, T 逐渐变大 D. F 逐渐变小, T 逐渐变小

例 2. 如图所示，一小球在斜面上处于静止状态，不考虑一切摩擦，如果把竖直挡板由竖直位置缓慢绕 O 点转至水平位置，则此过程中球对挡板的压力 F_1 和球对斜面的压力 F_2 的变化情况是（ ）



- A. F_1 先增大后减小, F_2 一直减小
B. F_1 先减小后增大, F_2 一直减小
C. F_1 和 F_2 都一直减小
D. F_1 和 F_2 都一直增大

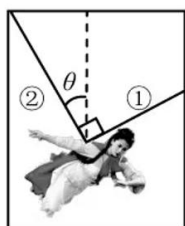
例 3. 如图所示，一盏电灯重力为 G ，悬于天花板上 A 点，在电线 O 处系一细线 OB ，使电线 OA 与竖直方向的夹角为 $\beta = 30^\circ$ 。现保持 β 角不变，缓慢调整 OB 方向至 OB 线上拉力最小为止，此时 OB 与水平方向的夹角 α 等于多少？最小拉力是多少？



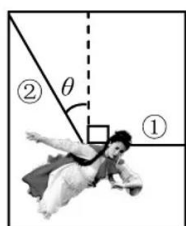
例 4. 【浙江 2020.07】18. 武打片中经常有飞檐走壁的镜头，其实这是借助悬绳拍摄产生的效果。某演员在下列四种拍摄场景中均在空中处于静止状态，若忽略绳所受重力，则绳①受力最小的是（ ）



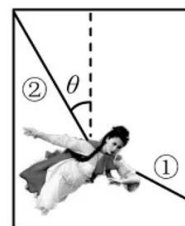
A



B



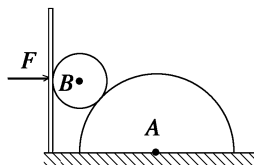
C



D

【如果对象升级为 2 个呢？】

例 5. 如图所示，在粗糙水平地面上放着一个截面为半圆的柱状物体 A，A 与竖直挡板之间放一光滑圆球 B，整个装置处于静止状态。现对挡板加一向右的力 F，使挡板缓慢向右移动，B 缓慢上移而 A 仍保持静止。设地面对 A 的摩擦力为 F_1 ，B 对 A 的作用力为 F_2 ，地面对 A 的支持力为 F_3 。此过程中（ ）



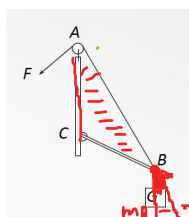
- A. F_1 缓慢减小， F_3 缓慢增大
 B. F_1 缓慢增大， F_3 保持不变
 C. F_2 缓慢增大， F_3 缓慢增大
 D. F_2 缓慢减小， F_3 保持不变

二、相似三角形

【观察特征：三力平衡，其中一个力大小方向均不变（比如重力），其余两个力的方向都在变】

例 1. 如图所示，轻杆 BC 的一端用铰链接于 C，另一端悬挂重物 G，并用细绳绕过定滑轮用力拉住。

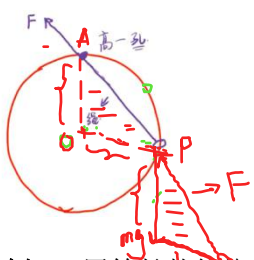
开始时， $\angle BCA > 90^\circ$ ，现用拉力 F 使 $\angle BCA$ 缓慢减小，直到 BC 接近竖直位置的过程中，绳子拉力 F 和 BC 杆的支持力如何变化？



$$\vec{F} = \frac{mg}{AC} = \frac{F_{杆}}{BC} = \frac{F_{绳}}{AB}$$

大小不变 (for F and F_rod), 方向改变 (for F_rod and F_rope)

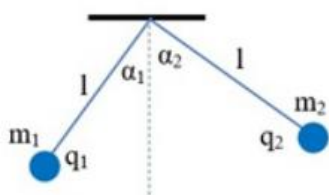
例 2. 大环顶部开了一个小孔（光滑），绳子通过小孔，缓慢把套在大环上的小环拉上去，求绳子拉力和大环对小环支持力的变化？



$$\vec{F} = \frac{mg}{AP} = \frac{F_N}{OP} = \frac{F}{AP}$$

大小不变 (for F and F_N), 方向改变 (for F and F_N)

例 3. 用等长的绝缘线，悬挂两个质量不等、带同等电荷的小球，处于平衡状态时，悬线与竖直方向的夹角分别为 $\alpha_1 = 37^\circ$ ， $\alpha_2 = 53^\circ$ ，求图中两小球的质量之比



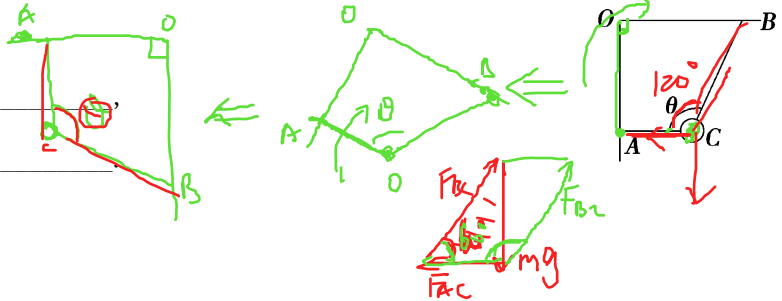
三、辅助圆 + 拉密定理

【观察特征：三力平衡，其中一个力大小方向均不变（比如重力），其余两个力的方向都在变，但它们之间的夹角保持不变】

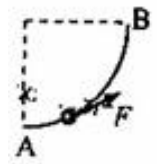
例 1. 如图所示装置，两根细绳拉住一个小球，保持两绳之间夹角 θ 不变；若把整个装置顺时针缓慢转动 90° ，则在转动过程中，

则：CA 绳拉力 F_1 大小的变化情况是_____，

CB 绳拉力 F_2 大小的变化情况是_____



例 2. 【2014 · 上海卷】如图，光滑的四分之一圆弧轨道 A、B 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 的作用下，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 N 。在运动过程中（ ）

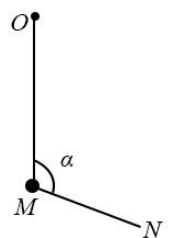


- A. F 增大， N 减小 B. F 减小， N 减小 C. F 增大， N 增大 D. F 减小， N 增大

例 3. (2017 年全国新课标 1 卷 21 题) 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 α ($\alpha > \frac{\pi}{2}$)。

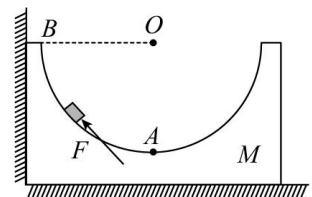
现将重物向右上缓慢拉起，并保持夹角 α 不变。在 OM 由竖直被拉到水平的过程中（ ）

- 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



例 4. 【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



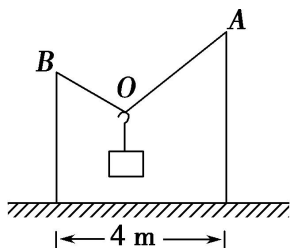
四、挂衣架模型

【观察特征：结点不固定，可随绳子移动。绳子虽然因活结而弯曲，但实际上是同一根绳子，就像一个滑轮，所以由活结分开的两段绳子上弹力的大小一定相等】

口诀：上下移动，角力不变。左右移动，距力同变。

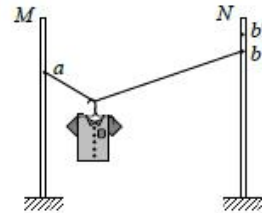
另外一个神奇现象：比如下图中B固定，把A上移1m，则最低点O上移的距离一定是A的一半，也就是0.5m。（是不是类似于动滑轮？）

如图：将A点上移或右移，两根绳子的拉力将分别如何变化？最低点的高度如何变化？



例 1. 【2017·天津卷】如图所示，轻质不可伸长的晾衣绳两端分别固定在竖直杆 M 、 N 上的 a 、 b 两点，悬挂衣服的衣架钩是光滑的，挂于绳上处于静止状态。如果只人为改变一个条件，当衣架静止时，下列说法正确的是（ ）

- A. 绳的右端上移到 b' ，绳子拉力不变
- B. 将杆 N 向右移一些，绳子拉力变大
- C. 绳的两端高度差越小，绳子拉力越小
- D. 若换挂质量更大的衣服，则衣架悬挂点右移



例 2. 【浙江 2018·4】如图所示，一根绳的两端分别固定在两座猴山的 A、B 处，A、B 两点水平距离为 16m，竖直距离为 2m，A、B 间绳长为 20m。质量为 10kg 的猴子抓住套在绳子上的滑环从 A 处滑到 B 处。以 A 点所在水平面为参考平面，猴子在滑行过程中重力势能最小值约为（绳处于拉直状态）（ ）



- A. $-1.2 \times 10^3 \text{ J}$
- B. $-7.5 \times 10^2 \text{ J}$
- C. $-6.0 \times 10^2 \text{ J}$
- D. $-2.0 \times 10^2 \text{ J}$