

第二章

相互作用

专题强化二 动态平衡问题 平衡中的临界和极值问题



栏目导航

核心考点·重点突破

考点 1 动态平衡问题的分析方法

(能力考点·深度研析)

1. 动态平衡

动态平衡就是通过控制某些物理量，使物体的状态发生缓慢的变化，但变化过程中的每一个状态均可视为平衡状态，所以叫动态平衡。



2. 做题流程

受力分析—化“动”为“静”—→画不同状态下的平衡图构造矢量三角形 “静”中求“动”

{ 定性分析 → 根据矢量三角形边长关系确定矢量的大小变化

{ 定量计算 → { 三角函数关系
正弦定理
相似三角形

→ 找关系求极值

►考向1 解析法

1. 对研究对象进行受力分析，画出受力示意图。
2. 根据物体的平衡条件列式，得到因变量与自变量的关系表达式(通常要用到三角函数)。
3. 根据自变量的变化确定因变量的变化。

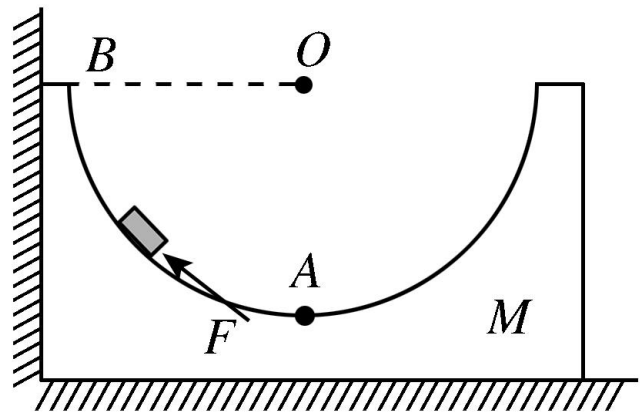


类型一 合成法和正交分解法的应用

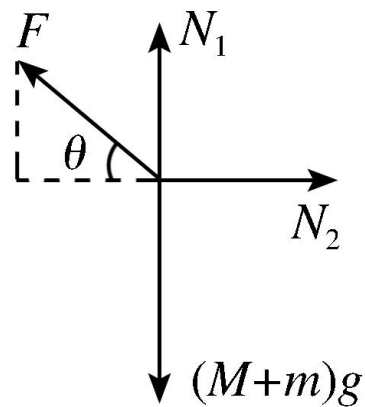
例^①

(2021·湖南卷)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(C)

- 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



[解析] 对小滑块进行受力分析, 设小滑块与圆心的连线与竖直方向的夹角为 θ , 凹槽对小滑块的支持力为 N , 则有 $F = mg \sin \theta$, $N = mg \cos \theta$, θ 由 0° 增加到 90° 的过程中, 推力 F 一直增大, 凹槽对小滑块的支持力 N 一直减小, 故 A、B 错误; 对凹槽和小滑块整体进行受力分析, 如图所示, 设地面对凹槽的支持力为 N_1 , 墙面对凹槽的压力为 N_2 , 则由平衡条件可得 $N_2 = F \cos \theta$, $N_1 + F \sin \theta = (M + m)g$, 联立可得 $N_2 = \frac{1}{2}mg \sin 2\theta$, $N_1 = Mg + mg \cos^2 \theta$, 可知 N_2 先增大后减小, N_1 一直减小, 故 C 正确, D 错误。



平衡中的“三看”与“三想”

- (1)看到“缓慢”，想到“物体处于动态平衡状态”。
- (2)看到“轻绳、轻环”，想到“绳、环的质量可忽略不计”。
- (3)看到“光滑”，想到“摩擦力为零”。

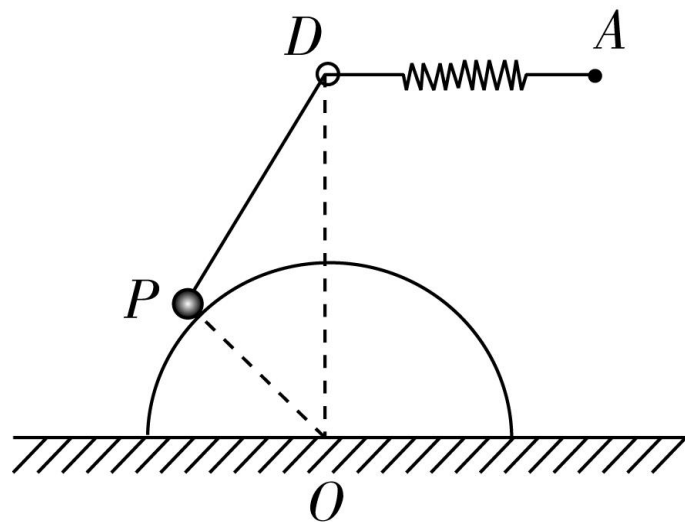
类型二 相似三角形法的应用

物体受到三个力的作用，其中的一个力大小、方向均不变，另外两个力的方向都发生变化，可以用力三角形与几何三角形相似的方法。

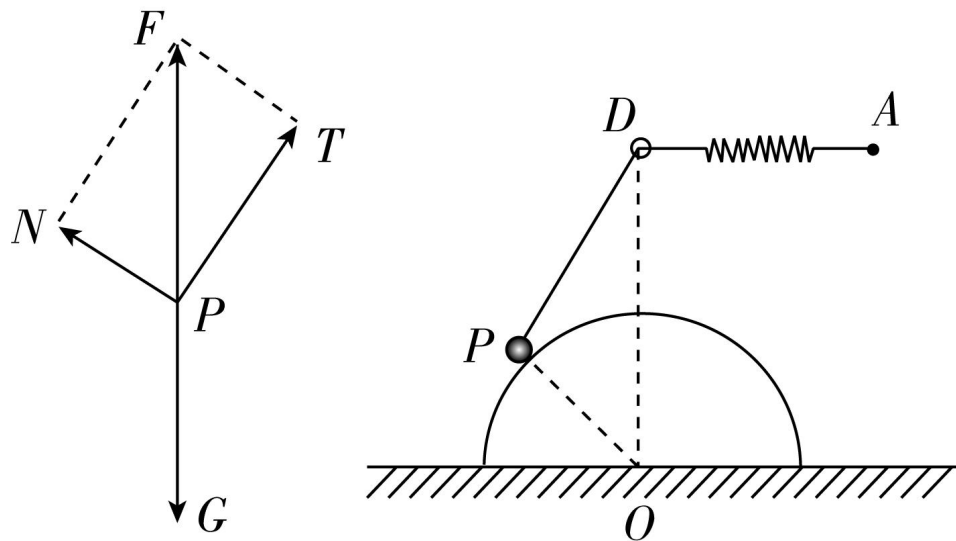


例^② (多选)(2024·湖北广水市阶段练习)如图所示, 仅上表面光滑的半球形物体放在粗糙水平面上, 光滑小环 D 固定在半球形物体球心 O 的正上方, 轻质弹簧一端用轻质细绳固定在 A 点, 另一端用轻质细绳穿过小环 D 与放在半球形物体上的小球 P 相连, DA 水平。现将细绳固定点 A 向右缓慢平移的过程中(小球 P 未到达半球最高点前且半球体始终不动), 下列说法正确的是(**BC**)

- A. 弹簧变长
- B. 小球对半球的压力不变
- C. 地面对半球体的摩擦力减小
- D. 地面对半球体的支持力减小



[解析] 以小球为研究对象，分析小球受力情况：重力 G ，细线的拉力 T 和半球面的支持力 N ，作出 N 、 T 的合力 F ，由平衡条件得知 $F = G$ 。



由 $\triangle NFP$ 与 $\triangle PDO$ 相似可得 $\frac{N}{PO} = \frac{F}{DO} = \frac{T}{PD}$ ，将 $F = G$ ，代入得 $N = \frac{PO}{DO}$

G ， $T = \frac{PD}{DO}G$ ，由题缓慢地将小球从 A 点缓慢右移过程中， DO 、 PO 不变，

PD 变小, 可见 T 变小; N 不变。即知弹簧的弹力变小, 弹簧变短。由牛顿第三定律知小球对半球的压力 N' 不变, 故 **B** 正确, **A** 错误; 对半球体受力分析, 设小球对半球体的压力与水平方向夹角为 θ , 由平衡条件可知 $N' \cos \theta = f$, $N' \sin \theta + Mg = F_N$, N' 大小不变, 小球沿半球体表面上移, θ 变大, 可知地面对半球体的摩擦力 f 减小, 地面对半球体的支持力 F_N 增大, 故 **C** 正确, **D** 错误。

类型三 “活结”的动态分析

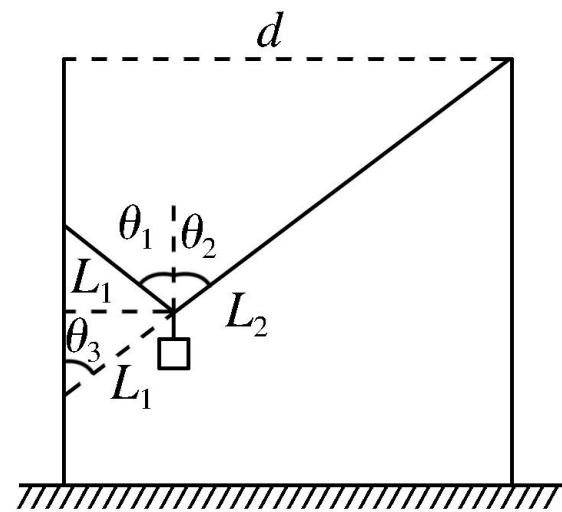
如图所示，“活结”两端绳子拉力相等，因结点所受水平分力相等，

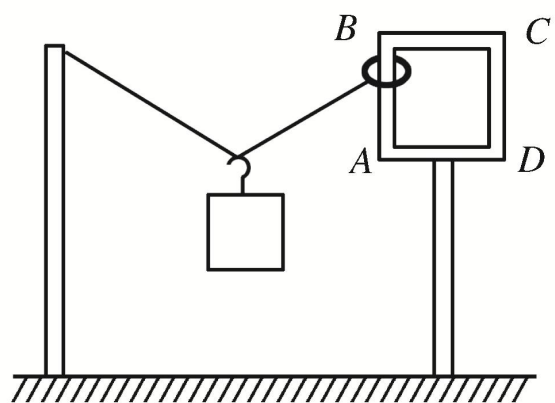
$F_T \sin \theta_1 = F_T \sin \theta_2$ ，故 $\theta_1 = \theta_2 = \theta_3$ ，根据几何关系可知， $\sin \theta = \frac{d}{L_1 + L_2} =$

$\frac{d}{L}$ ，若两杆间距离 d 不变，则上下移动绳子结点， 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③ (多选) 如图所示, 一光滑轻绳左端固定在竖直杆顶端, 其右端系于一光滑圆环上, 圆环套在光滑的矩形支架 $ABCD$ 上。现将一物体用轻质光滑挂钩悬挂于轻绳之上, 若使光滑圆环沿着 $ABCD$ 方向在支架上缓慢地顺时针移动, 圆环在 A 、 B 、 C 、 D 四点时, 绳上的张力分别为 F_a 、 F_b 、 F_c 、 F_d , 则

- (CD)
- A. $F_a < F_b$ B. $F_b > F_c$ C. $F_c = F_d$ D. $F_d > F_a$

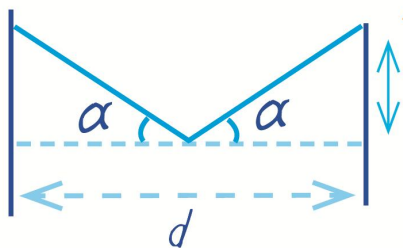
活结模型, 绳子上各处的力大小相等

动态平衡问题

左右两侧弹力一样大



由左、右平衡得 $F \cos \alpha = F \cos \beta$ 知 $\alpha = \beta$

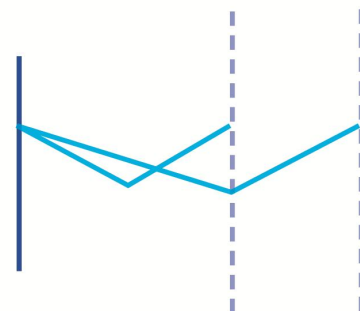


栓绳点上下移动时

由几何关系 $L_1 + L_2 = L$ (绳长)

$L_1 \cos \alpha + L_2 \cos \alpha = d$; 即 $L \cos \alpha = d$

知若 d 不变则 α 不变, 由竖直方向平衡 $2F \sin \alpha = mg$ 此时 F 不变



栓绳点向右移动时 d 增大则 $\cos \alpha$ 增大, $\sin \alpha$ 减小
 $2F \sin \alpha = mg$ 知 F 应增大

[速解指导] 晾衣绳模型：近小远大恒不变→绳长不变，绳子端点水平间距 d 变小→绳子拉力变小。

[解析] 设绳子两端点所悬点的水平距离为 d ，绳长为 l ，绳子拉力为 T ，绳子与竖直方向之间的夹角为 θ ，物体的质量为 m 。根据共点力平

衡有 $2T\cos\theta=mg$ ， $\sin\theta=\frac{d}{l}$ ， $T=\frac{mg}{2\sqrt{1-\frac{d^2}{l^2}}}$ ，可见， d 相等， T 相等，所

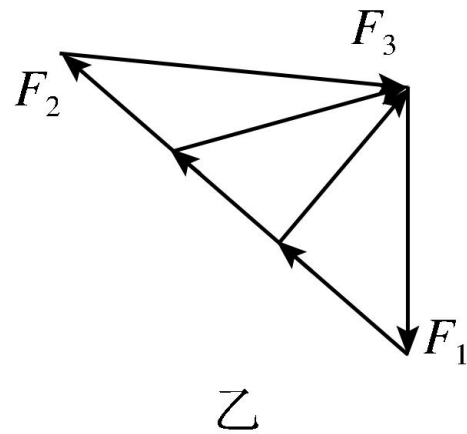
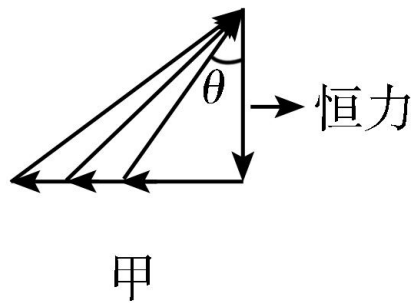
以 $F_a=F_b$ ， $F_c=F_d$ ，故 A 错误，C 正确； d 大， T 也大， $F_b<F_c$ ， $F_d>F_a$ ，B 错误，D 正确。

►考向2 图解法的应用

类型一 “一力恒定，另一力方向不变”的动态平衡问题

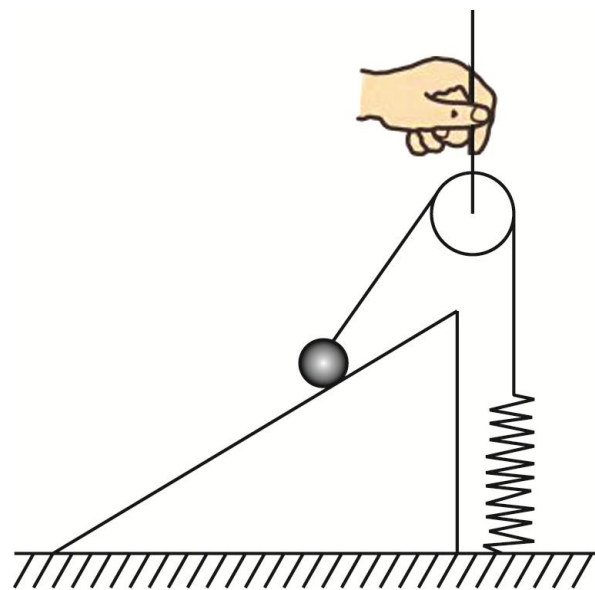
1. 一个力恒定，另一个力始终与恒定的力垂直，三力可构成直角三角形，可作不同状态下的直角三角形，分析力的大小变化，如图甲所示。

2. 一力恒定，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，在变化过程中恒力之外的两力垂直时，会有极值出现，如图乙所示。

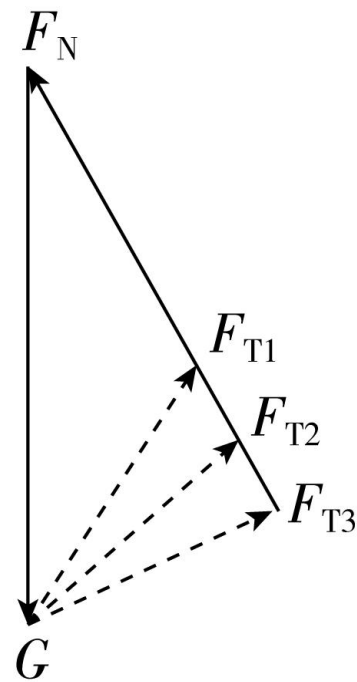


例^④ (多选)如图所示, 足够长的斜面固定在水平地面上, 斜面上有一光滑小球, 跨过滑轮的细线一端系住小球, 另一端系在竖直弹簧的上端, 弹簧的下端固定在地面上。手持滑轮, 系统处于平衡状态。若滑轮在手的控制下缓慢向下移动, 直到拉着小球的细线与斜面平行, 则这一过程中(**BD**)

- A. 弹簧弹力先减小后增大
- B. 弹簧弹力逐渐减小
- C. 斜面对小球支持力逐渐减小
- D. 斜面对小球支持力逐渐增大



[解析] 在缓慢移动过程中，小球在重力 G 、斜面对其的支持力 F_N 和细线上的张力 F_T 三力的作用下保持动态平衡，故三个力可以构成一个封闭的矢量三角形如图所示，因 G 的大小和方向始终不变， F_N 的方向不变，大小可变， F_T 的大小、方向都在变，因此可以作出一系列矢量三角形，由图可知， F_N 逐渐增大， F_T 只能变化到与 F_N 垂直，故 F_T 是逐渐变小的，因弹簧弹力与 F_T 大小相等，则弹簧弹力逐渐减小，选项**B**、**D**正确，**A**、**C**错误。



以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/385130201323012013>