

第7讲 受力分析及共点力的平衡分析方法

——划重点之精细讲义系列



考点1	物体的受力分析
考点2	共点力的静态平衡问题
考点3	共点力的动态平衡问题
考点4	共点力平衡中的临界极值问题



一. 受力分析

1. 概念

把研究对象(指定物体)在指定的物理环境中受到的所有力都分析出来,并画出物体所受力的示意图,这个过程就是受力分析.

2. 受力分析的一般顺序

先分析重力,然后按接触面分析接触力(弹力、摩擦力),再分析其他力(电磁力、浮力等),最后分析已知力.

3. 受力分析的四种方法

整体法	将加速度相同的几个相互关联的物体作为一个整体进行受力分析
隔离法	将所研究的对象从周围的物体中分离出来,单独进行受力分析
假设法	在受力分析时,若不能确定某力是否存在,可先对其作出存在的假设,然后分析该力存在对物体运动状态的影响来判断该力是否存在
动力学分析法	对加速运动的物体进行受力分析时,应用牛顿运动定律进行分析求解

4. 受力分析的三个常用判据

(1) 条件判据: 不同性质的力产生条件不同,进行受力分析时最基本的判据是根据其产生条件。

(2) 效果判据: 有时候是否满足某力产生的条件是很难判定的,可先根据物体的运动状态进行分析,再运用平衡条件或牛顿运动定律判定未知力。

i. 物体平衡时必须保持 **合外力为零**。

ii. 物体做**变速运动**时必须保持**合力方向沿加速度方向**，合力大小满足 $F=ma$ 。

iii. 物体做匀速圆周运动时**必须保持恒力被平衡，合外力大小恒定**，满足 $F=m\frac{v^2}{R}$ ，**方向始终指向圆心**。

(3) 特征判据：从力的作用是相互的这个基本特征出发，通过判定其反作用力是否存在来判定该力是否存在。

二. 共点力作用下物体的平衡

1. 平衡状态

物体处于静止或匀速直线运动的状态。

2. 共点力的平衡条件： $F_{\text{合}}=0$ 或者 $\begin{cases} F_{x\text{合}}=0 \\ F_{y\text{合}}=0 \end{cases}$

3. 平衡条件的几条重要推论

(1) 二力平衡：如果物体在两个共点力的作用下处于平衡状态，这两个力必定大小相等，方向相反。

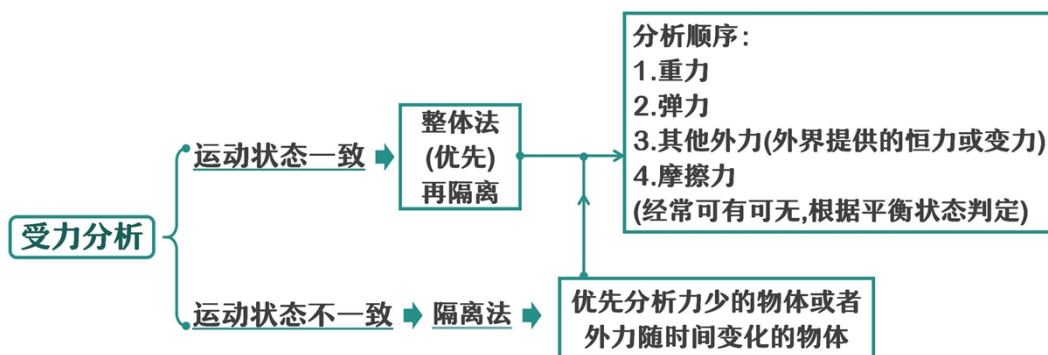
(2) 三力平衡：如果物体在三个共点力的作用下处于平衡状态，其中任意两个力的合力一定与第三个力大小相等，方向相反。

(3) 多力平衡：如果物体受多个力作用处于平衡，其中任何一个力与其余力的合力大小相等，方向相反。



考点 1：物体的受力分析

1. 受力分析的方法：



2. 受力分析的步骤

(1) 确定研究对象

所谓研究对象是指需要具体分析其受哪几个力作用的**物体或结点**。在进行受力分析时，

研究对象可以是**某一个物体**，也可以是**运动状态一致的若干个物体**，这要根据研究问题的需要来确定。在解决比较复杂的问题时，灵活地选取研究对象可以使问题简洁地得到解决。研究对象确定以后，**只分析研究对象以外的物体施予研究对象的力（既研究对象所受的外力），而不分析研究对象施予外界的力。**

(2) 具体分析研究对象的受力情况

按顺序找力，必须**先分析物体受到的重力（一般物体都受到且只受一个）**；再分析接触力中的弹力（检查与研究对象接触的周围物体）；**第三分析其他外力（外界提供的恒力或变力之类的力）**；**第四分析摩擦力（检查弹力处，只有在有弹力的接触面之间才可能有摩擦力，摩擦力经常存在可有可无的情况，要根据合外力是否为零或者指向某一方向来判断）。**

(3) 画出研究对象的受力示意图

受力分析的结果一般都通过画出物体的受力示意图直观地表示出来。**画受力图时，只能按力的性质分类画力，不能按作用效果（拉力、压力、向心力等）画力**，否则将出现重复。

(4) 需要合成或分解时，必须画出相应的平行四边形（或三角形）。

在解同一个问题时，分析了合力就不能再分析分力；分析了分力就不能再分析合力，千万不可重复。

3. 整体法、隔离法

(1) 整体法是指将相互关联的**各个物体看成一个整体**的方法。

①研究问题：研究**系统外的物体对系统整体的作用力或者系统整体的加速度**；

②注意事项：受力分析时**不考虑系统内各物体之间的相互作用力**。

(2) 隔离法是指将某物体从周围物体中隔离出来，单独分析该物体的方法。

①研究问题：研究系统内部各物体之间的相互作用力；

②注意事项：一般情况下**先隔离受力较少的物体**。

(3) 整体法和隔离法的使用技巧

当**各个物体运动状态一致（多个物体一起匀速，一起静止，每时每刻都以相同的加速度做变速运动，或者一个静止一个匀速直线运动）**时，优先使用整体法分析整体所受合外力；而当**各个物体运动状态不一致时优先隔离分析受力较少的物体**。

4. 受力分析的五个易错点

(1) **不要把研究对象所受的力与研究对象对其他物体的作用力混淆。**

(2) 对于分析出的物体受到的每一个力，都必须明确其来源，即每一个力都应找出其施力物体，不能无中生有。

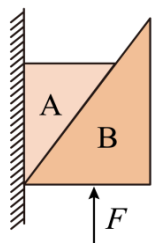
(3) **合力和分力不能重复考虑。**

(4) 区分性质力与效果力：研究对象的受力图，通常只画出按性质命名的力，不要把按效果命名的分力或合力分析进去，受力图完成后再进行力的合成或分解。“受力分析”分析的是性质力，不是效果力。如：对做圆周运动的物体进行受力分析，不能添加“向心力”，因“向心力”是效果力。

(5) 区分内力与外力：对几个物体的整体进行受力分析时，这几个物体间的作用力为内力，不能在受力图中出现；当把某一物体单独隔离分析时，原来的内力变成外力，要在受力分析图中画出。对确定的研究对象进行受力分析，分析的是“外力”不是“内力”。

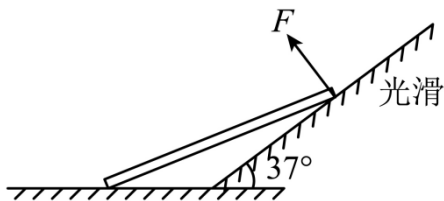


【考向 1】 (2024·四川凉山·三模) A、B 两物体如图叠放，在竖直向上的力 F 作用下沿粗糙竖直墙面向上匀速运动，则 A 的受力个数为 ()



- A. 2 B. 3 C. 4 D. 5

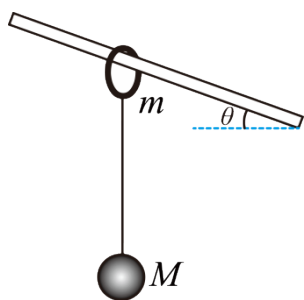
【考向 2】 (2024·河北保定·一模) 如图所示，质量为 m 的均匀直木杆静置在水平面与倾角为 37° 的光滑斜面之间，已知斜面对木杆的支持力大小为 F ，重力加速度为 g ， $\sin 37^\circ = 0.6$ 、 $\cos 37^\circ = 0.8$ ，下列说法正确的是 ()



- A. 木杆处于四力平衡状态
B. 水平面可能是光滑的
C. 水平面对木杆的支持力大小为 $mg - 0.6F$
D. 水平面对木杆的摩擦力大小为 $0.8F$

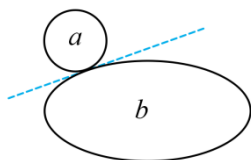
【考向 3】 如图所示，在倾角为 θ 的倾斜的滑杆上套一个质量为 m 的圆环，圆环通过轻绳拉着一个质量为 M 的物体，在圆环沿滑杆向下滑动的过程中，悬挂物体的轻绳始终处于竖直方向，则此过程

中 ()



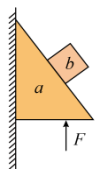
- A. 圆环受到四个力作用，物体受到两个力作用
- B. 轻绳对物体的拉力小于物体受到的重力
- C. 圆环在滑杆上运动的加速度大小为 $g\sin\theta$
- D. 滑杆对圆环的作用力方向垂直滑杆向上

【考向 4】 如图所示，水平地面上静止叠放着 a 、 b 两个石块，已知 a 与 b 之间接触面的切线不水平， a 与水平地面没有接触，不考虑 a 与 b 之间的万有引力以及空气影响，下列说法正确的是 ()



- A. a 共受到 4 个力的作用
- B. a 对 b 的摩擦力沿切线向下
- C. 地面对 b 的摩擦力水平向右
- D. 地面对 b 的支持力小于 a 和 b 所受的重力之和

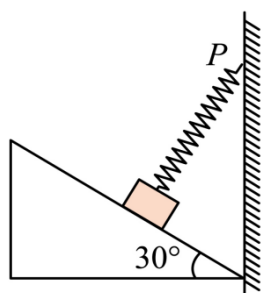
【考向 5】 在恒力 F 作用下， a 、 b 两物体一起沿粗糙竖直墙面匀速向上运动，则关于它们受力情况的说法正确的是 ()



- A. a 一定受到 4 个力
- B. b 可能受到 4 个力
- C. a 与墙壁之间一定有弹力和摩擦力
- D. a 与 b 之间不一定有摩擦力

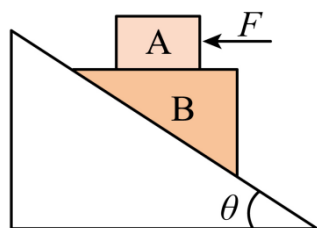
【考向 6】 如图所示，一个质量为 m 的滑块静止置于倾角为 30° 的粗糙斜面上，一根轻弹簧一端固定

在竖直墙上的 P 点，另一端系在滑块上，弹簧与竖直方向的夹角为 30° 。则（ ）



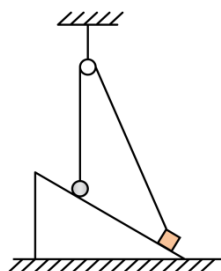
- A. 滑块一定受到三个力作用
- B. 弹簧可能处于压缩状态，也有可能处于拉伸状态，但是弹簧处于压缩状态时物体受到的摩擦力较大。
- C. 斜面对滑块的支持力大小可能为零
- D. 斜面对滑块的摩擦力大小一定等于 $\frac{1}{2}mg$

【考向 7】如图所示，固定的斜面上叠放着 A、B 两木块，木块 A 与 B 的接触面是水平的，水平力 F 作用于木块 A，使木块 A、B 保持静止。且 $F \neq 0$ ，则下列描述正确的是（ ）



- A. B 可能受到 3 个或 4 个作用力
- B. 斜面对木块 B 的摩擦力方向可能沿斜面向下
- C. A 对 B 的摩擦力可能为 0
- D. A、B 整体可能受 5 个力

【考向 8】如图所示，倾角为 30° 的斜面置于水平地面上，轻绳穿过光滑的定滑轮，绳的两端分别与小球（表面光滑）、物块相连，小球、物块和斜面均静止时，与小球相连的左侧绳保持竖直，与物块相连的右侧绳与斜面的夹角为 30° ，物块恰好与斜面间没有摩擦力，则下列说法正确的是（ ）



- A. 小球可能受到三个力

- B. 若仅减小小球的质量且系统仍静止，则物块会受到沿斜面向下的摩擦力
- C. 小球与物块的质量之比为 3:1
- D. 水平地面对斜面底部有向右的摩擦力

考点剖析理重点

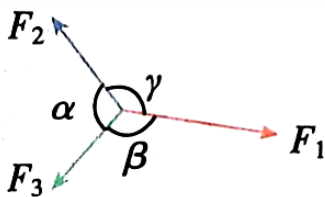
考点 2：共点力的静态平衡问题

解决共点力平衡问题常用的 4 种方法

合成法	物体受三个共点力的作用而平衡，则任意两个力的合力一定与第三个力大小相等，方向相反
效果分解法	物体受三个共点力的作用而平衡，将某一个力按力的效果分解，则其分力和其他两个力满足平衡条件
正交分解法	物体受到三个或三个以上力的作用时，将物体所受的力分解为相互垂直的两组，每组力都满足平衡条件
力的三角形法	对受三力作用而平衡的物体，将力的矢量图平移使三力组成一个首尾依次相接的矢量三角形，根据正弦定理、余弦定理或相似三角形等数学知识求解未知力

划重点

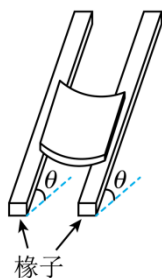
拉密定理



如图所示，在同一平面内，当三个共点力的合力为零时，其中任一个力与其他两个力夹角正弦值的比值相等，即 $\frac{F_1}{\sin \alpha} = \frac{F_2}{\sin \beta} = \frac{F_3}{\sin \gamma}$

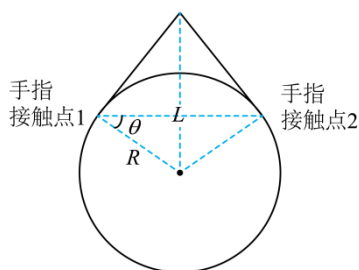
划重点

【考向 9】中国传统建筑一般采用瓦片屋顶，屋顶结构可简化为图，若一块弧形瓦片静止在两根相互平行的倾斜椽子正中间。已知椽子与水平面夹角均为 θ ，该瓦片质量为 m ，椽子与瓦片间的动摩擦因数为 μ ，重力加速度为 g ，则（ ）



- A. 瓦片所受的合力大小为 mg
- B. 每根椽子对瓦片的支持力大小为 $0.5mg\cos\theta$
- C. 两根椽子对瓦片作用力大小为 $\mu mg\cos\theta$
- D. 每根椽子对瓦片的摩擦力大小为 $0.5mg\sin\theta$

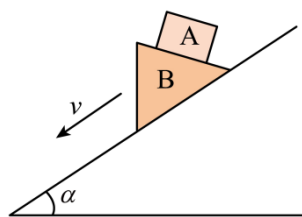
【考向 10】单手抓球的难易程度和手的大小、手指与球间的动摩擦因素有关。用以下简化模型进行受力分析：假设用两手指对称抓球，手指与球心在同一竖直面，手指接触点连线水平且相距为 L ，球半径为 R ，接触点与圆心的连线与水平夹角为 θ ，手指和球间的动摩擦因数为 μ ，球质量为 m 。已知重力加速度为 g ，最大静摩擦力近似等于滑动摩擦力，忽略抓球引起的球变形。下列说法正确的是（ ）



- A. 每个手指对球的摩擦力大小为 $\frac{mg}{2\cos\theta}$
- B. 两手指间距 L 的取值范围为 $L > \frac{2R}{\sqrt{1+\mu^2}}$
- C. 每个手指手对球的压力最小值为 $\frac{mg}{2(\mu\cos\theta+\sin\theta)}$
- D. 手对球的压力增大 2 倍时，摩擦力也增大 2 倍

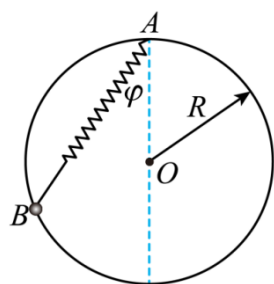
【考向 11】如图所示，质量分别为 m_A 、 m_B 的两物块 A、B 叠放在一起，若它们共同沿固定在水平

地面上倾角为 α 的斜面匀速下滑。则 ()



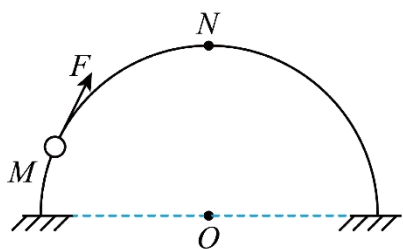
- A. A、B 间无摩擦力
- B. B 与斜面间的动摩擦因数 $\mu = \tan \alpha$
- C. A、B 间有摩擦力，且 B 对 A 的摩擦力对 A 做负功
- D. B 对斜面的摩擦力方向沿斜面向上

【考向 12】(多选) 如图所示，一个质量为 m 的小球套在竖直放置的半径为 R 的光滑圆环上，劲度系数为 k 的轻质弹簧一端与小球相连，另一端固定在圆环的最高点 A 处，小球处于平衡状态时，弹簧与竖直方向的夹角 $\varphi = 37^\circ$ ，已知 $\sin 37^\circ = 0.6$ ， $\cos 37^\circ = 0.8$ ，重力加速度大小为 g ，下列说法正确的是 ()



- A. 轻质弹簧的长度为 $\sqrt{3}R$
- B. 圆环对小球的弹力大小为 mg
- C. 轻质弹簧对小球的弹力大小为 $1.8mg$
- D. 轻质弹簧的原长为 $\frac{8R}{5} - \frac{8mg}{5k}$

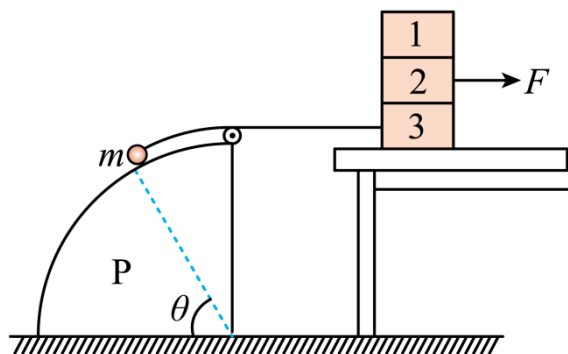
【考向 13】 如图所示，固定在竖直平面内的光滑半圆环上套有一质量为 m 的小球，半圆环的圆心为 O 。现用始终沿圆弧切线方向的力 F 拉动小球由 M 点向圆环最高点 N 缓慢移动，则此过程中，力 F 和球所受支持力 F_N 的变化情况是 ()



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

【考向 14】如图所示，右侧桌面上叠放三个完全相同的物块，质量均为 $M = 2\text{kg}$ ，左侧是固定在水平台面上的光滑圆弧面 P 。一根轻绳跨过圆弧面顶点上的定滑轮，绳的一端系有质量为 $m = 2\text{kg}$ 的小球，另一端水平连接物块 3。小球与圆心连线跟水平方向的夹角 $\theta = 60^\circ$ ，物块 2 受到水平向右的拉力 $F = 15\text{N}$ ，整个系统处于静止状态。假定最大静摩擦力等于滑动摩擦力，定滑轮与小球足够小，重力加速度 g 取 10m/s^2 。求：

- (1) 物块 2 与 3 间的摩擦力 F_f 的大小；
- (2) 小球受到圆弧面支持力 F_N 的大小；
- (3) 物块 3 与桌面间的动摩擦因数 μ 的最小值。



考点 3：共点力的动态平衡问题

1. 动态平衡：通过控制某些物理量，使物体的状态发生缓慢地变化，物体在这一变化过程中始终处于一系列的平衡状态中，这种平衡称为动态平衡。
2. 基本思路：化“动”为“静”，“静”中求“动”。
3. 常用方法：解析法、图解法、辅助圆法和相似三角形法。

常用方法	使用条件	使用方法
解析法	一般是能够通过矢量三角形求解得到每个力的解析式。	画出受力分析图，设一个角度，利用三力平衡得到拉力的解析式，然后作辅助线延长绳子一

		端交于题中的界面，找到所设角度的三角函数关系。当受力动态变化时，抓住绳长不变这一点，研究三角函数的变化，可清晰得到力的变化关系
图解法	物体所受的三个力中，有一个力的大小、方向均不变（通常为重力，也可能是其他力），另一个力的方向不变，大小变化，第三个力则大小、方向均发生变化的问题	先正确分析物体所受的三个力，将三个力首尾相连构成闭合三角形。然后将方向不变的力的矢量延长，物体所受的三个力中有两个力变化而又形成闭合三角形，只不过三角形的形状发生改变，比较这些不同形状的矢量三角形，各力的大小及变化就会一目了然。
辅助圆法	物体所受的三个力中，开始时两个力的夹角为 90° ，且其中一个力大小、方向不变， ①另两个力大小、方向都在改变，但动态平衡时两个力的夹角不变；②动态平衡时一个力大小不变、方向改变，另一个力大小、方向都改变，这两种类型的问题	先正确分析物体的受力，画出受力分析图，将三个力的矢量首尾相连构成闭合三角形， 第①种情况以不变的力为弦作圆，在辅助圆中可画出两力夹角不变的力的矢量三角形，从而轻易判断各力的变化情况。 第②种情况以大小不变、方向变化的力为直径作一个辅助圆，在辅助圆中可画出一个大小不变、方向改变的力的矢量三角形，从而轻易判断各力的变化情况。
相似三角形	物体所受的三个力中，一个力大小、方向不变，其他两个力的方向均发生变化，且三个力中没有哪两个力保持垂直关系，但矢量三角形与几何三角形相似的问题	先正确分析物体的受力，画出受力分析图，将三个力首尾相连构成闭合三角形，再寻找与力的三角形相似的几何三角形，利用相似三角形的性质，建立比例关系，把力的大小变化问题转化为几何三角形边长的变化问题进行讨论。



考向 1：解析法

受三个力
已知其中两个力
夹角的变化情况

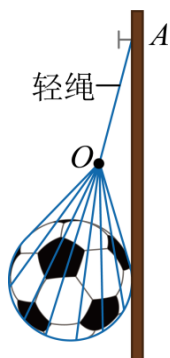
条件

解析法

方法

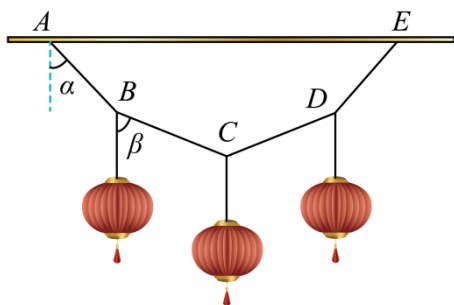
一般重力为已知量
用三角函数表示另外两个力，则
可根据角度判断力的变化情况

【考向 15】如图所示，用网兜把足球挂在光滑竖直墙壁上 A 点，足球与墙壁接触，下列说法正确的是（ ）



- A. 网兜对足球的作用力方向竖直向上
- B. 若悬线 OA 变长，则悬线对 O 点的拉力变大
- C. 足球受到墙壁的支持力是足球发生弹性形变引起的
- D. 足球对网兜的作用力与网兜对足球的作用力大小相等

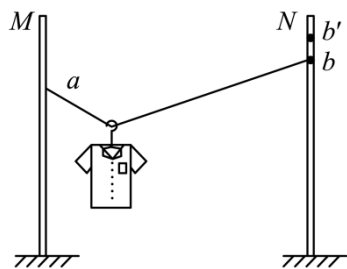
【考向 16】(2024·浙江金华·三模) 新春佳节，大街小巷总会挂起象征喜庆的中国红灯笼。如图所示，由 4 根等长轻质细绳 AB 、 BC 、 CD 、 DE 悬挂起 3 盏质量相等的灯笼，绳两端的结点 A 、 E 等高， AB 绳与竖直方向的夹角为 α ，绳中张力大小为 F_1 ； BC 绳与竖直方向的夹角为 β ，绳中张力大小为 F_2 ，则（ ）



- A. $F_1 < 3F_2$
- B. 若将悬挂点 A 往 E 靠近少许， F_1 的大小保持不变
- C. 若在 C 处再增加一盏质量较大的灯笼，平衡时 α 可能等于 β
- D. 若在 B 、 D 处各增加一盏质量较大的灯笼，平衡时 β 可能等于 90°

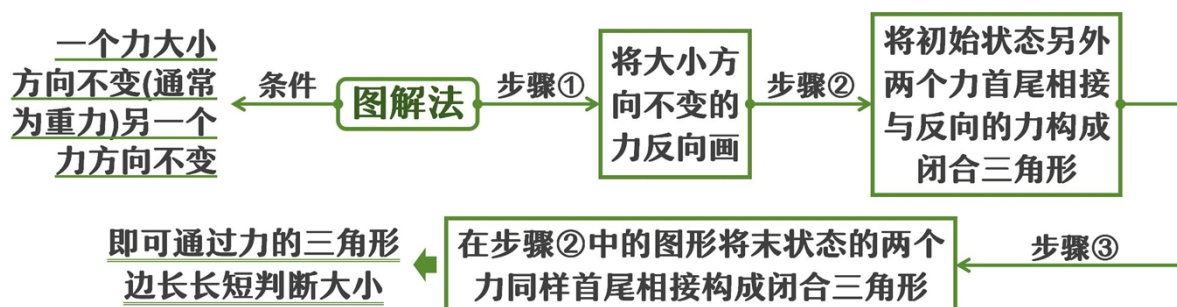
【考向 17】(多选) 如图所示，轻质不可伸长的晾衣绳两端分别固定在竖直杆 M 、 N 上的 a 、 b 两点，

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（ ）

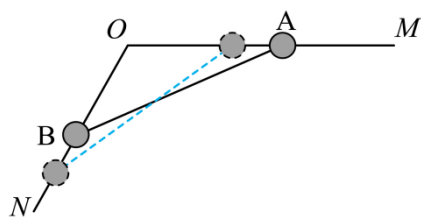


- A. 绳的右端上移到 b' ，绳子拉力不变
- B. 绳的两端高度差越小，绳子拉力越小
- C. 将杆 N 向右移一些，绳子拉力变大
- D. 若换挂质量更大的衣服，则衣服架悬挂点右移

考向 2：图解法



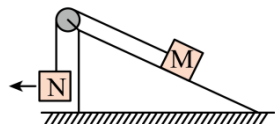
【考向 18】如图所示，竖直平面内的支架 MON 由粗糙的水平细杆 OM 和光滑的倾斜细杆 ON 组成，用细线相连的两个小球 A 、 B 分别穿在两根细杆上。初始时，两小球均处于静止状态。现用外力 F 将小球 A 缓慢向 O 点推动一小段距离到图中虚线位置处后，撤去外力 F ，小球 A 、 B 仍能保持静止状态，则该状态与初始状态相比，下列说法正确的是（ ）



- A. 细线中的拉力变大
- B. 小球 A 受到细杆的支持力不变
- C. 小球 A 受到细杆的摩擦力变小
- D. 小球 B 受到细杆的支持力变大

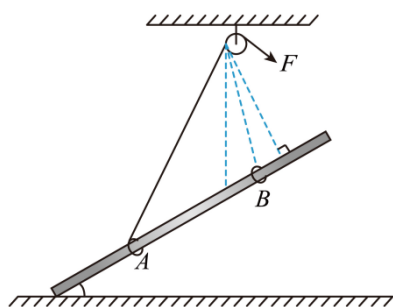
【考向 19】（2024·天津·一模）如图所示，一粗糙斜面固定在地面上，斜面顶端装有一光滑定滑轮。

一细绳跨过滑轮，其一端悬挂物块 N，另一端与斜面上的物块 M 相连，系统处于静止状态。现用水平向左的拉力缓慢拉动 N，直至悬挂 N 的细绳与竖直方向成 45° 。已知 M 始终保持静止，则在此过程中（ ）



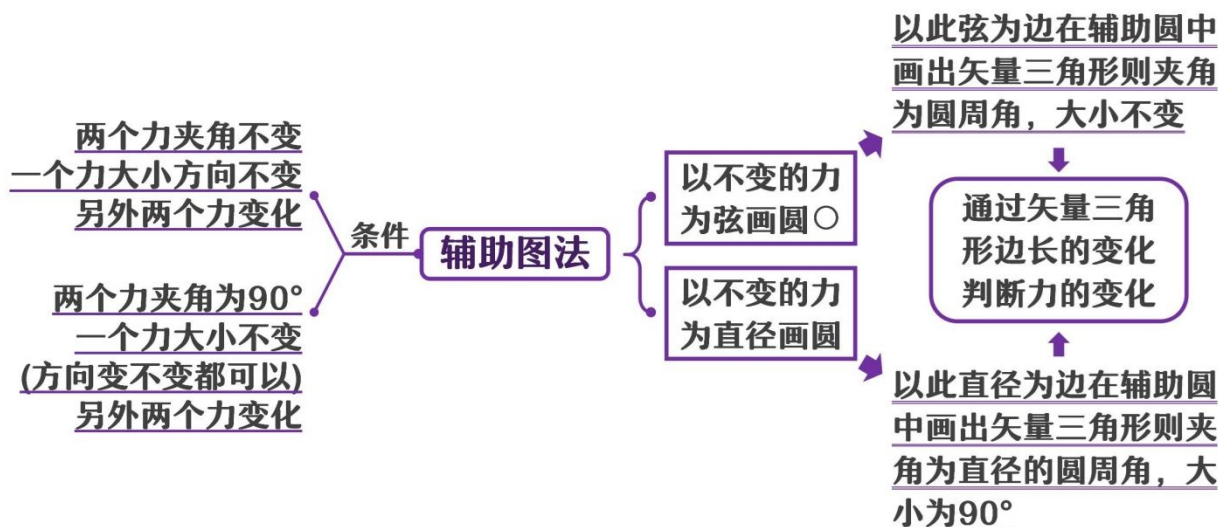
- A. 水平拉力的大小可能保持不变
- B. M 所受细绳的拉力大小可能先减小后增加
- C. M 所受斜面的摩擦力大小可能先减小后增加
- D. M 所受斜面的摩擦力大小一定一直增加

【考向 20】（2024·湖北武汉·二模）如图所示，固定的倾斜光滑杆上套有一个重环，绕过光滑定滑轮的轻绳一端与重环相连，另一端施加拉力 F 使重环从 A 点缓慢上升到 B 点。设杆对重环的弹力大小为 F_N ，整个装置处于同一竖直平面内，在此过程中（ ）

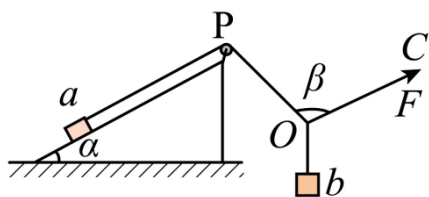


- A. F 逐渐增大， F_N 逐渐增大
- B. F 逐渐增大， F_N 先减小后增大
- C. F 先减小后增大， F_N 逐渐增大
- D. F 先减小后增大， F_N 先减小后增大

考向 3：辅助圆法

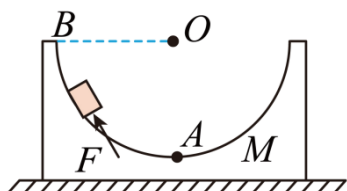


【考向 21】 如图所示，倾角为 α 的粗糙斜劈固定在水平面上，质量为 M 的物体 a 放在斜面上，一根平行于斜面的不可伸长的轻质细线一端固定在物体 a 上，另一端绕过光滑小滑轮 P 后用力 F 牵引住。在滑轮 P 和力 F 之间的细线上某一点 O ，系一质量为 m 的物体 b ，且使图中 $\beta > 90^\circ$ ，整个系统处于静止状态。现保持角 β 不变，缓慢上提 C 端至 PO 水平，该过程中 a 始终保持静止，则（ ）



- A. 物体 a 所受的摩擦力沿斜面向下一直变大
- B. 物体 a 所受摩擦力在某时刻可能等于零
- C. 细线 OC 的拉力 F 一直变大，细线 PO 的张力先变小后变大
- D. 细线 OP 中的拉力先变大后变小，细线 OC 的拉力 F 先变小后变大

【考向 22】（多选） 质量为 M 的凹槽静止在粗糙水平地面上，内壁为光滑半圆柱面，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，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. 水平地面对凹槽的摩擦力先增大后减小

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/288121100102006133>