

高中物理动态平衡专题

在有关物体平衡的问题中，有一类涉及动态平衡。这类问题中的一部分力是变力，是动态力，力的大小和方向均要发生变化，故这是力平衡问题中的一类难题。解决这类问题的一般思路是：把“动”化为“静”，“静”中求“动”。根据现行高考要求，物体受到往往是三个共点力问题，利用三力平衡特点讨论动态平衡问题是力学中一个重点和难点。

一 物体受三个力作用

例 1. 如图 1 所示，一个重力 G 的匀质球放在光滑斜面上，斜面倾角为 α ，在斜面上有一光滑的不计厚度的木板挡住球，使之处于静止状态。今使板与斜面的夹角 β 缓慢增大，问：在此过程中，挡板和斜面对球的压力大小如何变化？

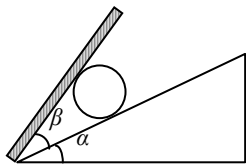


图 1-1

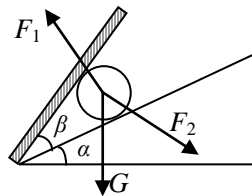


图 1-2

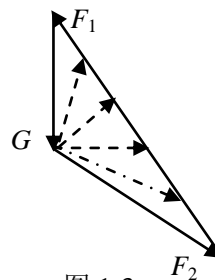


图 1-3

解析：取球为研究对象，如图 1-2 所示，球受重力 G 、斜面支持力 F_1 、挡板支持力 F_2 。因为球始终处于平衡状态，故三个力的合力始终为零，将三个力矢量构成封闭的三角形。 F_1 的方向不变，但方向不变，始终与斜面垂直。 F_2 的大小、方向均改变，随着挡板逆时针转动时， F_2 的方向也逆时针转动，动态矢量三角形图 1-3 中一画出的一系列虚线表示变化的 F_2 。由此可知， F_2 先减小后增大， F_1 随 β 增大而始终减小。

例 2. 一轻杆 BO ，其 O 端用光滑铰链固定在竖直轻杆 AO 上， B 端挂一重物，且系一细绳，细绳跨过杆顶 A 处的光滑小滑轮，用力 F 拉住，如图 2-1 所示。现将细绳缓慢往左拉，使杆 BO 与杆 AO 间的夹角 θ 逐渐减少，则在此过程中，拉力 F 及杆 BO 所受压力 F_N 的大小变化情况是（ ）

- A. F_N 先减小，后增大 B. F_N 始终不变
C. F 先减小，后增大 D. F 始终不变

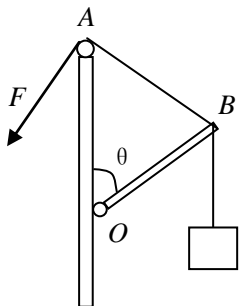


图 2-1

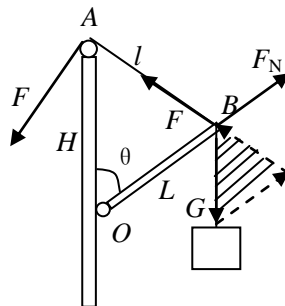


图 2-2

解析：取 BO 杆的 B 端为研究对象，受到绳子拉力（大小为 F ）、 BO 杆的支持力 F_N 和悬挂重物的绳子的拉力（大小为 G ）的作用，将 F_N 与 G 合成，其合力与 F 等值反向，如图 2-2 所示，

将三个力矢量构成封闭的三角形(如图中画斜线部分), 力的三角形与几何三角形 OBA 相似, 利用相似三角形对应边成比例可得: (如图 2-2 所示, 设 AO 高为 H , BO 长为 L , 绳长

l), $\frac{G}{H} = \frac{F_N}{L} = \frac{F}{l}$, 式中 G 、 H 、 L 均不变, l 逐渐变小, 所以可知 F_N 不变, F 逐渐变小。正

确答案为选项 B

跟踪练习:

如图 2-3 所示, 光滑的半球形物体固定在水平地面上, 球心正上方有一光滑的小滑轮, 轻绳的一端系一小球, 靠放在半球上的 A 点, 另一端绕过定滑轮, 后用力拉住, 使小球静止。现缓慢地拉绳, 在使小球沿球面由 A 到半球的顶点 B 的过程中, 半球对小球的支持力 N 和绳对小球的拉力 T 的大小变化情况是(D)。

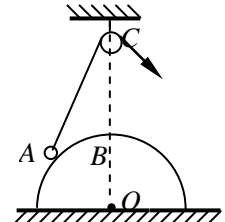


图 2-3

- (A) N 变大, T 变小,
- (B) N 变小, T 变大
- (C) N 变小, T 先变小后变大
- (D) N 不变, T 变小

例 3. 如图 3-1 所示, 在水平天花板与竖直墙壁间, 通过不计质量的柔软绳子和光滑的轻小滑轮悬挂重物 $G=40\text{N}$, 绳长 $L=2.5\text{m}$, $OA=1.5\text{m}$, 求绳中张力的大小, 并讨论:

- (1) 当 B 点位置固定, A 端缓慢左移时, 绳中张力如何变化?
- (2) 当 A 点位置固定, B 端缓慢下移时, 绳中张力又如何变化?

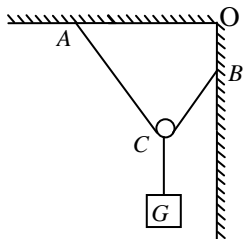


图 3-1

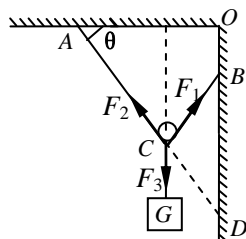


图 3-2

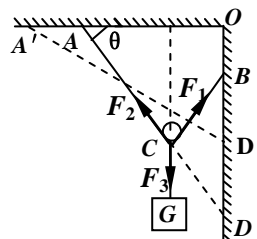


图 3-3

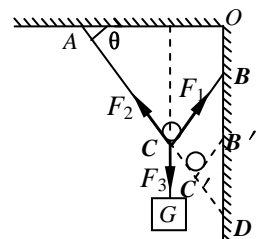


图 3-4

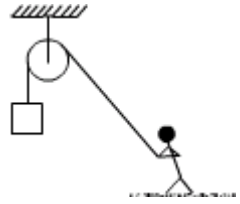
解析: 取绳子 c 点为研究对象, 受到三根绳的拉力, 如图 3-2 所示分别为 F_1 、 F_2 、 F_3 , 延长绳 AO 交竖直墙于 D 点, 由于是同一根轻绳, 可得: $F_1 = F_2$, BC 长度等于 CD, AD 长度等于绳长。设角 $\angle OAD$ 为 θ ; 根据三个力平衡可得: $F_1 = \frac{G}{2\sin\theta}$; 在三角形 AOD 中可知,

$\sin\theta = \frac{OD}{AD}$ 。如果 A 端左移, AD 变为如图 3-3 中虚线 $A'D'$ 所示, 可知 $A'D'$ 不变, OD' 减小, $\sin\theta$ 减小, F_1 变大。如果 B 端下移, BC 变为如图 3-4 虚线 $B'C'$ 所示, 可知 AD、OD 不变, $\sin\theta$ 不变, F_1 不变。

二 物体受四个力及以上

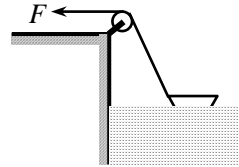
例 4 . 如图所示, 当人向左跨了一步后人与物体保持静止, 跨后与跨前相比较, 下列说法错误的是:

- A. 地面对人的摩擦力减小 B. 地面对人的摩擦力增加
C. 人对地面压力增大 D. 绳对人的拉力变小



跟踪练习: 如图所示, 小船用绳牵引. 设水平阻力不变, 在小船匀速靠岸的过程中

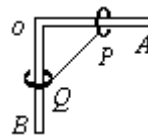
- A、绳子的拉力不断增大 B、绳子的拉力保持不变
C、船受的浮力减小 D、船受的浮力不变



三 连接体问题

例 5 有一个直角支架 AOB , AO 是水平放置, 表面粗糙. OB 竖直向下, 表面光滑. OA 上套有小环 P , OB 套有小环 Q , 两环质量均为 m , 两环间由一根质量可以忽略. 不可伸长的细绳相连, 并在某一位置平衡, 如图所示. 现将 P 环向左移一小段距离, 两环再次达到平衡, 那么移动后的平衡状态和原来的平衡状态相比较, AO 杆对 P 的支持力 F_N 和细绳上的拉力 F 的变化情况是: B

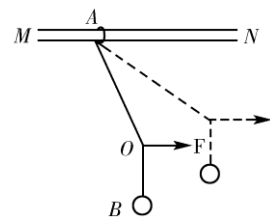
- A. F_N 不变, F 变大 B. F_N 不变, F 变小
C. F_N 变大, F 变大 D. F_N 变大, F 变小



跟踪练习:

如图所示, 轻绳的两端分别系在圆环 A 和小球 B 上, 圆环 A 套在粗糙的水平直杆 MN 上. 现用水平力 F 拉着绳子上的一点 O , 使小球 B 从图示实线位置缓慢上升到虚线位置, 但圆环 A 始终保持原位不动, 则在这一过程中, 环对杆的摩擦力 F_f 和环对杆的压力 F_N 的变化情况 (B)

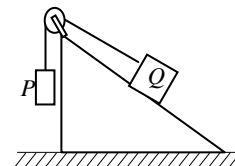
- A. F_f 不变, F_N 不变 B. F_f 增大, F_N 不变
C. F_f 增大, F_N 减小 D. F_f 不变, F_N 减小



四 与静摩擦有关

例 6 . 如图所示, 表面粗糙的固定斜面顶端安有滑轮, 两物块 P 、 Q 用轻绳连接并跨过滑轮 (不计滑轮的质量和摩擦), P 悬于空中, Q 放在斜面上, 均处于静止状态。当用水平向左的恒力推 Q 时, P 、 Q 仍静止不动, 则 (abd)

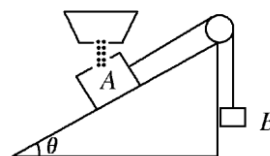
- A. Q 受到的摩擦力可能变小 B. Q 受到的摩擦力可能变大
C. 轻绳上拉力一定变小 D. 轻绳上拉力一定不变



跟踪练习

如图所示, A 是一质量为 M 的盒子, B 的质量为 $\frac{M}{2}$, A 、 B 用细绳相连, 跨过光滑的定滑轮, A 置于倾角 $\theta = 30^\circ$ 的斜面上, B 悬于斜面之外而处于静止状态。现在向 A 中缓慢加入沙子, 整个系统始终保持静止, 则在加入沙子的过程中 BD

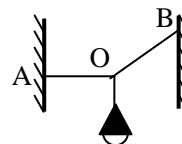
- A. 绳子拉力逐渐减小
B. A 对斜面的压力逐渐增大
C. A 所受的摩擦力逐渐增大
D. A 所受的合力不变



课后练习:

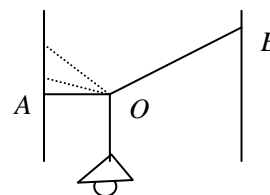
1. 如图所示, 电灯悬挂于两墙之间, 更换绳 OA , 使连接点 A 向上移, 但保持 O 点位置不变, 则 A 点向上移时, 绳 OA 的拉力 (D)

- A. 逐渐增大 B. 逐渐减小
C. 先增大后减小 D. 先减小后增大



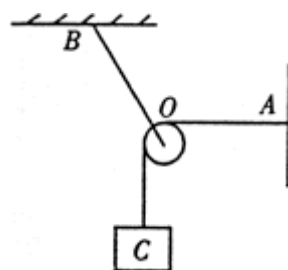
2. 如图所示, 电灯悬于两壁之间, 保持 O 点及 OB 绳的位置不变, 而将绳端 A 点向上移动, 则: D

- A. 绳 OA 所受的拉力逐渐增大
B. 绳 OA 所受的拉力逐渐减小
C. 绳 OA 所受的拉力先增大后减小
D. 绳 OA 所受的拉力先减小后增大



3. 如图所示, 质量不计的定滑轮用轻绳悬挂在 B 点, 另一条轻绳一端系重物 C , 绕过滑轮后, 另一端固定在墙上 A 点, 若改变 B 点位置使滑轮位置发生移动, 但使 A 段绳子始终保持水平, 则可以判断悬点 B 所受拉力 F_T 的大小变化情况是: B

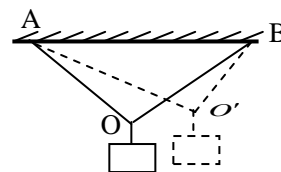
- A. 若 B 向左移, F_T 将增大
B. 若 B 向右移, F_T 将增大
C. 无论 B 向左、向右移, F_T 都保持不变
D. 无论 B 向左、向右移, F_T 都减小



4. 如图所示，绳子的两端分别固定在天花板上的A、B两点，开始在绳的中点O挂一重物G，绳子OA、OB的拉力分别为 F_1 、 F_2 。若把重物右移到 O' 点悬挂（ $O'A < O'B$ ），绳 $O'A$ 和 $O'B$ 中的拉力分别为 F_1' 和 F_2' ，则力的大小关系正确的是： D

A. $F_1 > F_1'$ ， $F_2 > F_2'$ B. $F_1 < F_1'$ ， $F_2 < F_2'$

C. $F_1 > F_1'$ ， $F_2 < F_2'$ D. $F_1 < F_1'$ ， $F_2 > F_2'$



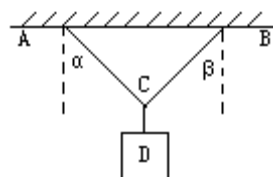
5. 重力为G的重物D处于静止状态。如图所示，AC和BC两段绳子与竖直方向的夹角分别为 α 和 β 。 $\alpha + \beta < 90^\circ$ 。现保持 α 角不变，改变 β 角，使 β 角缓慢增大到 90° ，在 β 角增大过程中，AC的张力 T_1 ，BC的张力 T_2 的变化情况为：

A. T_1 逐渐增大， T_2 也逐渐增大

B. T_1 逐渐增大， T_2 逐渐减小

C. T_1 逐渐增大， T_2 先增大后减小

D. T_1 逐渐增大， T_2 先减小后增大 D



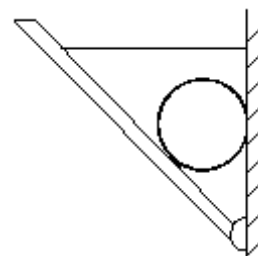
6. 如图所示，均匀小球放在光滑竖直墙和光滑斜木板之间，木板上端用水平细绳固定，下端可以绕O点转动，在放长细绳使板转至水平的过程中(包括水平)：

A. 小球对板的压力逐渐增大且恒小于球的重力

B. 小球对板的压力逐渐减小且恒大于球的重力

C. 小球对墙的压力逐渐增大

D. 小球对墙的压力逐渐减小 D



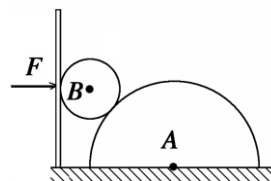
7. 如图所示，在粗糙水平地面上放着一个截面为半圆的柱状物体A，A与竖直挡板之间放一光滑圆球B，整个装置处于静止状态。现对挡板加一向右的力 F ，使挡板缓慢向右移动，B缓慢上移而A仍保持静止。设地面对A的摩擦力为 F_1 ，B对A的作用力为 F_2 ，地面对A的支持力为 F_3 。在此过程中： D

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



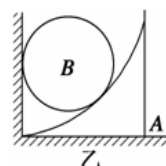
8. 如图所示，在粗糙水平地面上放着一个截面为四分之一圆弧的柱状物体A，A的左端紧靠竖直墙，A与竖直墙之间放一光滑圆球B，整个装置处于静止状态，若把A向右移动少许后，它们仍处于静止状态，则(BC)

A. 球B对墙的压力增大

B. 物体A与球B之间的作用力减小

C. 地面对物体A的摩擦力减小

D. 物体A对地面的压力减小



9. 如图所示，一根自然长度为 l_0 的轻弹簧和一根长度为 a 的轻绳连接，弹簧的上端固定在天花板的 O 点上， P 是位于 O 点正下方的光滑轻小定滑轮，已知 $OP = l_0 + a$ 。现将绳的另一端与静止在动摩擦因数恒定的水平地面上的滑块 A 相连，滑块对地面有压力作用。再用一水平力 F 作用于 A 使之向右做直线运动（弹簧的下端始终在 P 之上），对于滑块 A 受地面滑动摩擦力下列说法中正确的是（ D ）

- A. 逐渐变小 B. 逐渐变大
C. 先变小后变大 D. 大小不变

