专题 4.2 静力学正交分解与临界现象（精讲精练）

第一部分基础知识快速过

一、什么是正交分解

①正交分解的定义：将一个力分解为 Fx 和 Fy 两个相互垂直的分力的方法，叫作力的正交分解。

②从力的矢量性来看，是力 F 的分矢量；从力的计算来看，力的方向可以用正负号来表示，分量为正值表示分矢量的方向跟规定的正方向相同，分量为负值表示分矢量的方向跟规定的正方向相反．这样，就可以把力的矢量运算转变成代数运算．所以，力的正交分解法是处理力的合成分解问题的最重要的方法，是一种解析法．特别是多力作用于同一物体时。它是力的合成的逆运算。

二、正交分解解题的基本步骤：

第一步，选定研究对象.并以质点的形式对进行表示。

第二步，对选定的研究对象进行受力分析。

第三步，建立直角坐标系.一般来讲在水平面内可以任意建立坐标系，但是在斜面上最好沿物体下滑的方向建立 x 轴，然后建立 y 轴。

第四步，分析加速度方向。必要时也可将加速度进行正交分解，以便于做题。

第五步，表达合外力。

第六步，列出 x 方向，与 y 方向上的牛顿第二定律方程。

第七步，若需其他方程，也要列出需要的方程，然后求解。

第八步，检验是否符合实际情况。

三、应用正交分解的方法处理问题时的注意要点：

1.力是矢量 F′在 X 轴 Y 轴上的分矢量 F′x 和 F′y 是矢量，分量为正值表示分矢量的方向跟坐标轴的方向相同，分量为负值表示分矢量的方向跟坐标轴的方向相反。

2．确定矢量正交分量的坐标轴，不一定是取竖直方向和水平方向。例如，分析物体在斜面上的受力情况，一般选取 x 轴与斜面平行，y 轴与斜面垂直。坐标轴的选取是以使问题的分析简化为原则。通常选取坐标轴的方法是：选取一条坐标轴与物体运动的加速度的方向相同（包括处理物体在斜面上运动的问题），以求使物体沿另一条坐标轴的加速度为零，这样就可得到外力在该坐标轴上的分量之和为零，从而给解题带来方便。

题型一、利用正交分解法处理静力学平衡问题

1.（2019 全国 2）物块在轻绳的拉动下沿倾角为 30°的固定斜面向上匀速运动，轻绳与斜面平行。已知物块

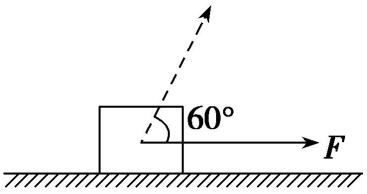
与斜面之间的动摩擦因数为$\frac{\sqrt{3}}{3}$，重力加速度取 10m/s²。若轻绳能承受的最大张力为 1500 N，则物块的质量最大为

A. 150kg　　B. $100\sqrt{3}$ kg　　C. 200 kg　　D. $200\sqrt{3}$ kg

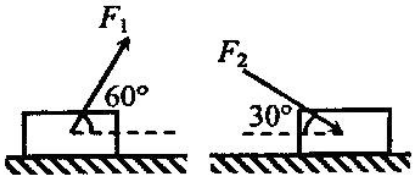
2.(2017·高考全国卷Ⅱ)如图，一物块在水平拉力 F 的作用下沿水平桌面做匀速直线运动．若保持 F 的大小不变，而方向与水平面成 60°角，物块也恰好做匀速直线运动．物块与桌面间的动摩擦因数为(　　)

A．$2-\sqrt{3}$　　**B.$\frac{\sqrt{3}}{6}$**

C.$\frac{\sqrt{3}}{3}$　　**D.$\frac{\sqrt{3}}{2}$**



3.如图所示，一物块置于水平地面上.当用与水平方向成 60 角的力 F1 拉物块时，物块做匀速直线运动；当改用与水平方向成 30 角的力 F2 推物块时，物块仍做匀速直线运动.若力 F1 和 F2 的大小相等，则物块与地面之间的动摩擦因数为？



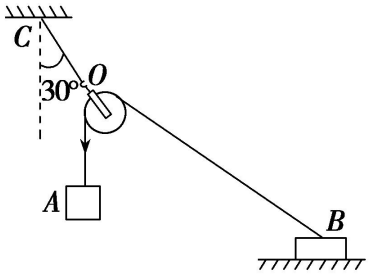
4.(多选)如图所示，细绳 *CO* 与竖直方向成 30°角，*A*、*B* 两物体用跨过轻质滑轮(可看成质点)的细绳相连．已知物体 *B* 的重力 m_Bg＝100 N，地面对物体 *B* 的支持力 F_N＝80 N．下列说法正确的是(　　)

A．物体 *A* 的重力为 40 N

B．物体 *B* 与地面间的摩擦力大小为 20 N

C．细绳 *CO* 受到的拉力为 $40\sqrt{3}$ N

D．*OB* 与竖直方向的夹角为 60°



方法总结：

当物体处于平衡状态时，如果物体的受力个数为三个力，尽量利用黄金三角形的方法处理；

当物体处于平衡状态时，受力的个数超过三个，一般使用万能方法“正交分解”；

利用正交分解法处理问题时，一般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.

题型二、利用正交分解法处理静力学平衡的临界现象

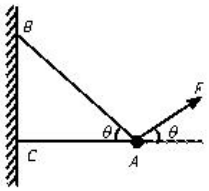
导入语：

当某物理量的变化达到某一值时，从而“恰能”使物体或者”恰好不能“使物体处于平衡状态。在问题的描述中常用“刚好”、“刚能”、“恰好”等语言叙述。

两种常见的模型：细绳模型、摩擦自锁型

解决方案：抓住平衡这一特点利用，矢量三角形法、相似三角形法、或正交分解处理。

5.物体 A 的质量为 2 kg，两根轻细绳 b 和 c 的一端连接于竖直墙上，另一端系于物体 A 上，在物体 A 上另施加一个方向与水平线成θ角的拉力 F，相关几何关系如图所示，θ＝60°。若要使两绳都能伸直，求拉力 F 的取值范围。(g 取 10 m/s2)



方法总结：

（1）注意：对于绳子类的问题所谓绳子伸直的临界条件是绳子上的张力为零；

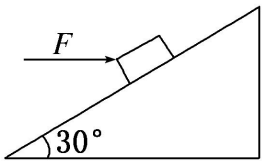
（2）当物体处于三力平衡时绝大多数的问题可以通过三角形的原则处理，但有的题型尽管物体受力属于三力平衡态，因为题中所给出的条件不满足三角形法解题的基本要求；依然需要用正交分解法处理；所以说正交分解法是万能的；理论上来讲，但凡是处理矢量之间的关系，都可以用正交分解法；

6.如图所示，质量为 m 的物体放在一固定斜面上，当斜面倾角为 30°时恰能沿斜面匀速下滑。对物体施加一

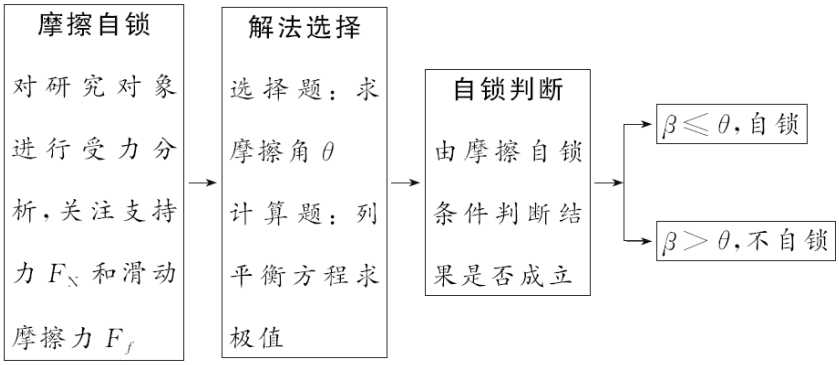
大小为 F 水平向右的恒力，物体可沿斜面匀速向上滑行。设最大静摩擦力等于滑动摩擦力，当斜面倾角增大并超过某一临界角α时，不论水平恒力 F 多大，都不能使物体沿斜面向上滑行，试求：

(1)物体与斜面间的动摩擦因数；

(2)这一临界角α的大小。



方法总结：此类问题叫做摩擦自锁现象处理摩擦自锁类问题的解题步骤如下：



题型三、利用正交分解法解决动力学问题

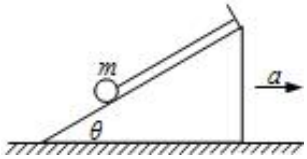
7.（2013 年安徽）如图所示，细线的一端系一质量为 m 的小球，另一端固定在倾角为θ的光滑斜面体顶端，细线与斜面平行．在斜面体以加速度 a 水平向右做匀加速直线运动的过程中，小球始终静止在斜面上，小球受到细线的拉力 T 和斜面的支持力为 FN 分别为（重力加速度为 g）

A:T=m（gsinθ+acosθ）FN=m（gcosθ-asinθ）

B:T=m（gsinθ+acosθ）FN=m（gsinθ-acosθ）

C:T=m（gsinθ+acosθ）FN=m（gsinθ-acosθ）

D:T=m（asinθ-gcosθ）FN=m（gsinθ+acosθ）



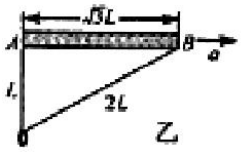
方法总结：

利用正交分解法处理力学问题，在直角坐标系的建立上原则上要让更多的矢量落在坐标轴上；但有时一共有 4 个矢量，沿不同的方向建立坐标系时分别只能让两个矢量落在坐标轴上，此时要注意：一定要保证被求的矢量不要被分解掉，也就是说坐标轴要落在被求的矢量上。

8.质量为 M、长为 L 的杆水平放置，杆两端 A、B 系着长为 3L 的不可伸长且光滑的柔软轻绳，绳上套着一质量为 m 的小铁环。已知重力加速度为 g，不计空气影响。若杆与环保持相对静止，在空中沿 AB 方向水平向右做匀加速直线运动，此时环恰好悬于 A 端的正下方，如图乙所示。

①求此状态下杆的加速度大小 a；

②为保持这种状态需在杆上施加一个多大的外力方向如何？



乙

方法总结：根据物体的受力个数与状态不同选择合理的处理手段

体所处状态	平衡态		非平衡态	
受力个数	受三个力	受四个以上的力	受两个外力	受三个以上的外力
处理方法	黄金三角形法（矢量三角形与相似三角形）优先使用三角形法，如三角形法不能处理，则使用正交分解法处理。	正交分解法	黄金三角形法（矢量三角形与相似三角形）优先使用三角形法，如三角形法不能处理，则使用正交分解法处理。	正交分解法（将物体所受的外力与合外力放在封闭的三角形中处理）。

9.如图所示，长为 5 m 的细绳的两端分别系于竖立在地面上的相距为 4 m 的两杆的顶端 A、B，绳上挂一个光滑的轻质挂钩，其下连着一个重为 12 N 的物体，平衡时绳中的张力 FT 为多大？当 A 点向上移动少许，重新平衡后，绳与水平面夹角、绳中张力如何变化？

