**专题2·力的合成与分解　共点力平衡**

**题型1力的合成与分解**难度★★考频★

|  |
| --- |
| 备考策略  　解决三力平衡的问题,通常采用的方法是合成法、正交分解法.四力或多力平衡一般采用正交分解法.利用正交分解法解题的一般步骤:①明确研究对象;②进行受力分析;③建立直角坐标系,建立坐标系的原则是让尽可能多的力落在坐标轴上,将不在坐标轴上的力正交分解;④沿坐标轴方向分别列平衡方程求解. |

题型例析

**合成法**

例1 [广东2022*·*1,4分]如图是可用来制作豆腐的石磨,木柄*AB*静止时,连接*AB*的轻绳处于绷紧状态*.O*点是三根轻绳的结点,*F*、*F*1和*F*2分别表示三根绳的拉力大小,*F*1=*F*2且∠*AOB*=60°*.*下列关系式正确的是(　　)



A.*F*=*F*1 B.*F*=2*F*1 C.*F*=3*F*1 D.*F*=*F*1

解析▶本题的题眼是“木柄*AB*静止”和“*F*1=*F*2”*.*三力平衡,其中两个力的合力与第三个力大小相等、方向相反*.*



以*O*点为研究对象,受力分析如图*.*由几何关系可知*θ*=30*°*,因为轻绳处于绷紧状态,所以有*F*1sin 30*°*=*F*2sin 30*°*,*F*1cos 30*°*+*F*2cos 30*°*=*F*,已知*F*1=*F*2,联立可得*F*=*F*1,故A、B、C错误,D正确*.*

答案D

**正交分解法**

例2 [安徽黄山2023模拟](多选)筷子是中国人常用的饮食工具,也是中华饮食文化的标志之一*.*筷子在先秦时称为“梜”,汉代时称“箸”,明代开始称“筷”*.*如图所示,用筷子夹质量为*m*的小球,筷子均在竖直平面内,且筷子和竖直方向的夹角均为*θ*,使小球静止,已知小球与筷子之间的动摩擦因数为*μ*(*μ*=tan *θ*),最大静摩擦力等于滑动摩擦力,重力加速度为*g*,不考虑小球转动,则(　　)



A*.*每根筷子与小球间的弹力大小可能为*mg*

B*.*增大筷子与小球间的弹力,则筷子与小球的摩擦力可能为零

C*.*增大筷子与小球间的弹力,小球一定会向上运动

D*.*若将两筷子与竖直方向夹角减为0*°*,小球一定不能平衡

解析▶本题的题眼是“小球静止”和“最大静摩擦力等于滑动摩擦力”*.*三力以上平衡,一般采用正交分解法*.*

甲　　乙

筷子对小球的压力最小时,小球恰好不下滑,小球受到的最大静摩擦力方向沿筷子向上,如图甲所示,由平衡条件有:竖直方向2*N*sin *θ*+2*f*cos *θ*=*mg*,*f*=*μN*,由以上两式解得*N*==,当sin *θ*=时*N*=*mg*,故A正确;对于2*N*sin *θ*+2*f*cos *θ*=*mg*,增大筷子与小球间的弹力*N*,当2*N*sin *θ*=*mg*时,摩擦力*f*=0,故B正确;假设筷子对小球的压力最大时,小球恰好不上滑,小球受到的最大静摩擦力方向沿筷子向下,如图乙所示,由平衡条件有:竖直方向2*N'*sin *θ*=2*f'*cos *θ*+*mg*,*f'*=*μN'*,由以上两式解得*N'*==+*¥*,即增大筷子与小球间的弹力,小球不会向上运动,故C错误;若将两筷子与竖直方向夹角减为0*°*,两根筷子对小球的摩擦力之和等于小球的重力时,小球能平衡,故D错误*.*

答案AB

例3 [广东大湾区2023模拟](多选)耙在中国已有1500年以上的历史,北魏贾思勰著《齐民要术》称之为“铁齿楱”,将使用此农具的作业称作耙*.*如图甲所示,牛通过两根耙索拉耙沿水平方向匀速耙地*.*两根耙索等长且对称,延长线的交点为*O*1,夹角∠*AO*1*B*=60*°*,拉力大小均为*F*,平面*AO*1*B*与水平面的夹角为30*°*(*O*2为*AB*的中点),如图乙所示*.*忽略耙索质量,下列说法正确的是(　　)

甲　乙

A*.*两根耙索的合力大小为*F*

B*.*两根耙索的合力大小为*F*

C*.*地对耙的水平阻力大小为

D*.*地对耙的水平阻力大小为

解析▶本题的题眼是“匀速耙地”和“拉力大小均为*F*”*.*对不同的受力情况灵活采用“合成法”和“正交分解法”*.*

两根耙索的合力大小为*F'*=2*F*cos 30*°*=*F*,故A错误,B正确;由平衡条件,水平方向分解可知地对耙的水平阻力大小为*f*=*F'*cos 30*°*=*F*,故C正确,D错误*.*

答案BC

**题型2共点力的动态平衡**难度★★考频★★

|  |
| --- |
| 备考策略  所谓动态平衡问题,是指通过控制某些物理量,使物体的状态发生缓慢的变化,而在这个过程中物体又始终处于一系列的平衡状态,在问题的描述中常用“缓慢”等语言叙述*.*  (1)解析法(多应用于四力或多力平衡)  对研究对象进行受力分析,一般先画出受力分析图,根据正交分解,在不同方向利用平衡条件列式,得到因变量和自变量的一般函数表达式,最后根据自变量的变化确定因变量的变化*.*    水平方向:*F*cos *θ*=*f*　　竖直方向:*F*sin *θ*+*N*=*mg* |
| (2)矢量三角形法(图解法)    题型特点:物体受三个力平衡,三个力中,有一个力为恒力(大小、方向均不变);另一个力方向不变、大小变化;第三个力大小、方向均变化*.*可用矢量三角形法分析因第三个力的方向变化引起的物体受力的动态变化情况*.*  (3)相似三角形法    物体受三个力平衡:一个力恒定,另外两个力的方向同时变化,当所作“力的矢量三角形”与空间的某个“几何三角形”总相似时用此法*.* |
| (4)三角形外接圆法(单位圆或正弦定理)(三力平衡情况)    题型特点:一力恒定,另外两力方向一直变化,但两力的夹角不变,作出不同状态的矢量三角形,利用两力夹角不变,结合正弦定理列式求解,也可以作出动态圆,恒力为圆的一条弦,根据不同位置判断各力的大小变化*.* |

题型例析

**解析法**

例4 [湖南岳阳2023模拟]工人用如图所示的装置匀速吊起石球,装置底部有圆形绳套,*A*、*B*、*C*、*D*是绳套圆上的四等分点,侧面*OA*、*OB*、*OC*、*OD*是四条完全相同、不可伸长的轻绳*.O*点在石球球心正上方0*.*5 m处,石球半径为0*.*3 m,石球表面光滑、重力大小为*G.*下列说法正确的是(　　)



A*.OA*绳的张力大小为

B*.*若侧面绳长不变,减小绳套的半径,*OA*绳的张力减小

C*.*若绳套不变,将侧面四根绳子各增加相同的长度,*OA*绳的张力增大

D*.*若加速向上提升石球,*OA*绳的张力大于

解析▶本题的题眼是“匀速吊起石球”和“石球表面光滑”*.*减小绳套的半径,想到“物体处于平衡状态”,考虑解析法分析*.*



对石球受力分析,*OA*绳与石球相切于点*A'*,设*OA'*与竖直方向夹角为*θ*,如图,所以cos *θ*=,由平衡条件有竖直方向:4*TA*cos *θ*=*G*,解得*OA*绳的张力大小为*TA*==*G*,故A错误;若侧面绳长不变,减小绳套的半径,则*θ*变大,cos *θ*变小,由*TA*=可得,*OA*绳的张力增大,故B错误;若绳套不变,将侧面四根绳子各增加相同的长度,*θ*变小,cos *θ*变大,*OA*绳的张力减小,故C错误;当石球平衡时,*TA*==*G*,所以,若加速向上提升石球,加速度向上,竖直方向由牛顿第二定律4*TA*cos *θ*-*G*=*ma*可得,*OA*绳的张力*TA*>*G*,故D正确*.*

答案D

**矢量三角形法**

例5 [湖北武汉一中2023三模]质量为*m*的导体棒与两个半径为*R*的光滑圆弧电极接触良好,两个电极相互平行且都位于竖直平面内,*O*为其中一个圆弧电极的圆心,截面如图所示,导体棒中通有如图所示电流,导体棒在两个电极间的长度为*L*,在两电极间加一竖直方向的匀强磁场,磁感应强度大小为*B*0,导体棒恰好静止在电极的圆弧面上*.*现在通过增大电流的方式使导体棒缓慢地从*A*点移动到*B*点,已知*OA*与水平方向的夹角为60*°*,*OB*与水平方向的夹角为30*°.*已知重力加速度为*g*,则下列说法正确的是(　　)



A*.*磁场方向竖直向上

B*.*当导体棒静止在*A*点时,流过导体棒的电流大小为

C*.*导体棒从*A*点移动到*B*点的过程中电极受到的压力逐渐减小

D*.*当导体棒静止在*B*点时流过导体棒的电流大小为静止在*A*点时的3倍

解析▶本题的题眼是“恰好静止”和“导体棒缓慢地从*A*点移动到*B*点”*.*

三个力,一个力恒定,一个力方向不变时,考虑矢量三角形法*.*



甲

导体棒在*A*点时受力分析如图甲所示,由图可知安培力方向水平向右,由左手定则可得磁场方向竖直向下,故A错误;对导体棒在*A*点受力分析,有tan 60*°*=,所以*F*安=*B*0*IAL*=,解得*IA*=,故B错误;

乙

如图乙所示,导体棒由*A*到*B*过程,两电极对它的支持力*F*N逐渐增大,结合牛顿第三定律有*F*压=*F*N,所以电极受到的压力逐渐增大,故C错误;由受力分析可知当导体棒在*B*点静止时有*F'*安=*B*0*IBL*=,解得*IB*=3*IA*,故D正确*.*

答案D

相似三角形法

例6 [河北唐山2023模拟]如图所示,木板*B*放置在粗糙水平地面上,*O*为光滑铰链*.*轻杆一端与铰链*O*固定连接,另一端固定连接一质量为*m*的小球*A.*现将轻绳一端拴在小球*A*上,另一端通过光滑的定滑轮*O'*由力*F*牵引,定滑轮位于*O*的正上方,整个系统处于静止状态*.*现使小球*A*和轻杆从图示位置缓慢运动到*O'*正下方,木板始终保持静止,则在整个过程中(　　)



A*.*外力*F*大小不变

B*.*轻杆对小球的作用力大小变小

C*.*地面对木板的支持力逐渐变小

D*.*地面对木板的摩擦力逐渐减小

解析▶本题的题眼是“缓慢运动到*O'*正下方”和“木板始终保持静止”*.*

一个力恒定,另外两个力的方向同时变化,考虑相似三角形法*.*



对小球*A*进行受力分析,三力构成矢量三角形,如图所示,

根据几何关系可知力的三角形与△*OO'A*相似,因此==,缓慢运动过程*O'A*越来越小,则*F*逐渐减小,故A错误;由于*OA*长度不变,杆对小球的作用力大小不变,故B错误;对木板,由于杆对木板的作用力大小不变、方向向右下,但杆的作用力与竖直方向的夹角越来越小,所以地面对木板的支持力逐渐增大,地面对木板的摩擦力逐渐减小,故C错误,D正确*.*

答案D

**三角形外接圆法**

例7 [山东日照2023模拟]水平地面上有一个固定的粗糙斜面,斜面顶端固定一个光滑定滑轮,如图所示一轻质细绳跨过滑轮,其一端悬挂小球*N*,另一端与斜面上的物块*M*相连,系统处于静止状态*.*现用图示的拉力*F*缓慢拉动*N*,且拉动过程中力*F*的方向与悬挂*N*的细绳保持某个钝角不变,使悬挂*N*的细绳由竖直达到水平位置*.*此过程中物块*M*始终保持静止,则在此过程中(　　)



A*.*拉力*F*先增大后减小

B*.*细绳对*M*的拉力先增大后减小

C*.M*对斜面的压力逐渐增大

D*.*斜面对*M*的摩擦力一直增大

解析▶本题的题眼是“拉动过程中力*F*的方向与悬挂*N*的细绳保持某个钝角不变”和“物块*M*始终保持静止”*.*

三个力,一力恒定,另外两力的夹角不变,考虑三角形外接圆法*.*

对小球*N*进行受力分析,如图甲所示,由图可知,拉力*F*一直变大,细绳对*N*的拉力先变大后变小,即细绳对*M*的拉力先增大后减小,故A错误,B正确;

甲

对物块*M*受力分析(先不考虑摩擦),如图乙所示,设斜面的倾角为*α*,根据共点力平衡可知*F*N=*Mg*cos *α*,根据牛顿第三定律,可知*M*对斜面的压力不变,故C错误;细绳对*M*的拉力先增后减,但是由于不确定拉力与*Mg*sin *α*的大小关系,所以无法判断摩擦力的方向以及变化情况,故D错误*.*

乙

答案B

**正弦定理法**

例8 [河北2022*·*7,4分]如图,用两根等长的细绳将一匀质圆柱体悬挂在竖直木板的*P*点,将木板以底边*MN*为轴向后方缓慢转动直至水平,绳与木板之间的夹角保持不变,忽略圆柱体与木板之间的摩擦,在转动过程中(　　)

A.圆柱体对木板的压力逐渐增大

B.圆柱体对木板的压力先增大后减小

C.两根细绳上的拉力均先增大后减小

D.两根细绳对圆柱体的拉力不变

解析▶本题的题眼是“将木板以底边*MN*为轴向后方缓慢转动直至水平”和“绳与木板之间的夹角保持不变”*.*

三力平衡,在矢量三角形中,一个力恒定,其对角大小不变,可考虑正弦定理法*.*

设两根细绳对圆柱体拉力的合力为*T*,木板对圆柱体的支持力为*N*,*T*与*N*之间的夹角为*α*(*α*为锐角),当木板倾角为*γ*时,从右向左看,圆柱体的受力分析图如图所示,在矢量三角形中,根据正弦定理有==,在木板以底边*MN*为轴向后方缓慢转动直至水平的过程中,*α*不变,*γ*从90*°*逐渐减小到0,*γ*+*β*+*α*=180*°*,且*α*<90*°*,可知*β*从锐角逐渐增大到钝角;由于sin *γ*不断减小,sin *β*先增大后减小,可知*T*不断减小,*N*先增大后减小,结合牛顿第三定律可知,圆柱体对木板的压力先增大后减小,故A、D错误,B正确*.*设两根细绳之间的夹角为2*θ*,细绳上的拉力大小均为*T'*,则2*T'*cos *θ*=*T*,可得*T'*=,*θ*不变,*T*逐渐减小,可知两根细绳上的拉力均不断减小,故C错误*.*

答案B