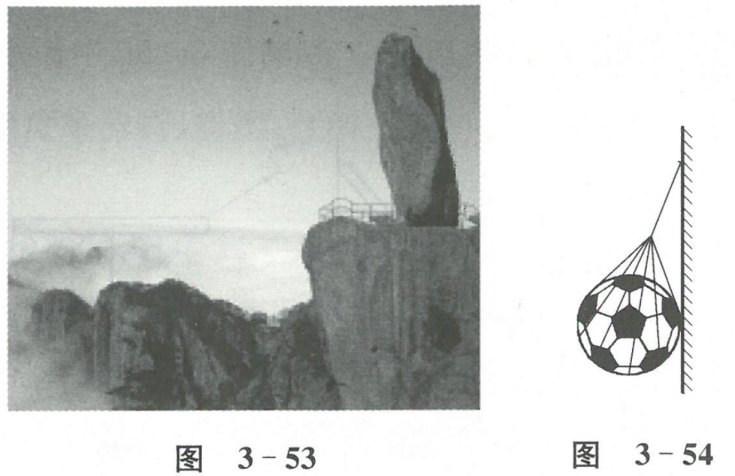
**第三章 力 物体平衡 第四节 力的平衡**

**31393935333132383b31393939333839393b603b7ed36f148bb2初中回顾**

初中我们学过二力平衡，即物体受到两个力的作用处于平衡状态。所谓平衡状态，就是物体处于静止或匀速直线运动状态。物体在两个力作用下的平衡条件，就是当物体受到两个共点力作用并且这两个力沿同一直线、大小相等、方向相反。如图3-53中黄山飞来石受竖直向下的重力和竖直向上的支持力，它处于平衡状态，所以它所受的这两个力必然是大小相等、方向相反，并在同一直线上的。



31393936353332353b31393936383838313b759195ee物体在三个共点力作用下能平衡吗？平衡条件是什么呢？图3-54中的足球是如何保持平衡的呢？

**31393935333139373b31393936363233353b5b666821入门阶梯**

在生活和生产中，掌握物体平衡的知识是非常重要的。陡峭的山峰，高耸的摩天大楼，只有保持平衡才是安全的。无论是在教室里安放一张课桌，还是在发射架上安置一枚火箭，都要使它们达到平衡状态。杂技演员和体操运动员在走钢丝和表演技巧运动时最关键的一点就是必须保持他们自身的平衡。下面我们就来研究物体的平衡及处于平衡状态的条件。

**一、平衡状态**

在高中阶段我们主要研究不同方向的共点力作用下物体的平衡，有时会遇到简单的平行力作用下物体的平衡。

像图3-54单用网兜把一个足球挂在光滑的墙壁上，货物沿斜面从高处匀速滑下等，这些物体处于平衡状态。一个物体在共点力的作用下，如果保持静止或者做匀速直线运动，我们就说这个物体处于平衡状态。

当物体处于平衡状态时，物体保持静止或者做匀速直线运动，即在任意一段时间内，速度的变化都为零，所以物体运动的**加速度为零**，这就是共点力作用下物体平衡状态的运动学特征。物体的加速度为零的状态是平衡状态，加速度和速度都为零的状态是静止状态。

31393936353332353b31393936383838313b759195ee **速度为零的物体一定处于平衡状态吗？**

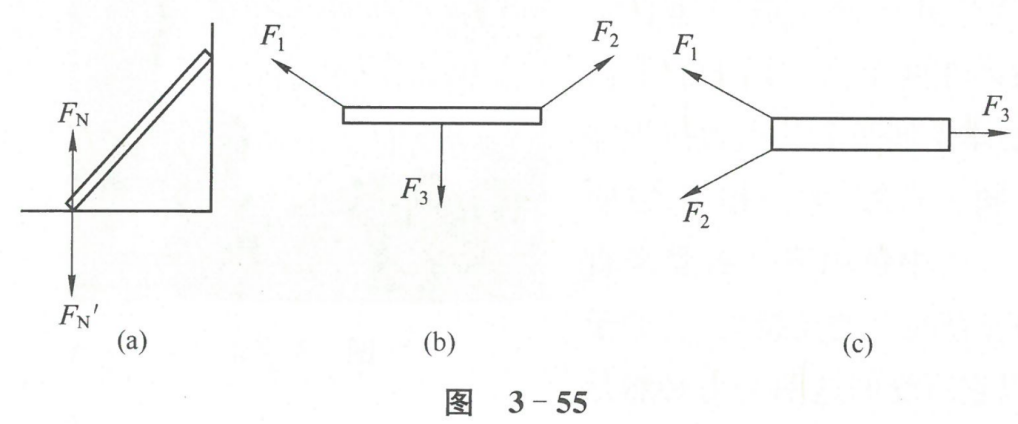
运动员在起跑时刻，速度为零，此时运动员处于平衡状态吗？

不是。起跑时刻，运动员的加速度不为零，所以起跑时刻不是静止状态。若某一时刻物体只有速度为零，则物休不一定是静止状态。在分析具体问题时，要注意“保持”某状态与“瞬时”某状态是有区别的。

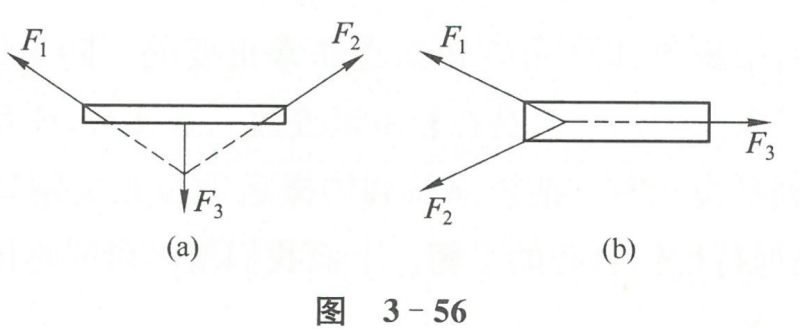
请思考一下，被竖直往上抛的物体运动到最高点速度变为零时，是处于平衡状态吗？

不是。这一瞬时的速度为零，但这一状态不可能保持，因而不属于平衡状态。

**例题1**（共点力）判断图3-55中作用在物体上的各组力是否属于共点力。



**解析** 在图3-55（a）中，*F*N和*F*N’的受力物体分别是杆和地面，两个力没有作用在同一物体上，而共点力是作用在同一个物体上的几个力，所以图（a）中的力不是共点力；在图（b）和图（c）中，三个力均作用于同一物体上，把三个力的作用线沿所在直线延长，可以看出相交于一点，如图3-56（a）、（b）所示，所以这两组力是共点力。



**例题2** （平衡状态）关于平衡状态，下列说法中正确的是（ ）

1. 当物体速度等于零时，物体处于平衡状态
2. 运动的物体一定不是处于平衡状态
3. 若物体的运动状态保持不变，则物体处于平衡状态
4. 当物体处于平衡状态时，加速度一定为零

**解析** 当物体速度为零时，加速度不一定为零，所以物体不一定处于平衡状态，故选项A借误；物体静止或做匀速直线运动，均为平衡状态，故选项B错误；物体的运动状态保持不变，即处于静止状态或匀速直线运动状态，故选项C正确；物体处于平衡状态时，速度保持不变，即加速度为零，故选项D正确。

本题正确答案为C、D。

**二、物体的平衡条件**

要使物体在力的作用下处于平衡状态，作用在物体上的力就必须满足一定的条件，这个条件叫做物体的平衡条件。

**1.共点力作用下物体的平衡条件**

在初中我们已经学习过物体在两个力作用下的平衡条件，就是当物体受到两个共点力作用时，只有这两个力沿同一直线、大小相等、方向相反，物体才能保持平衡。如果我们换一个角度，从力的合成求物体的合力的角度来分析，显然，这两个力的合力等于零，这就是在两个共点力作用下物体的平衡条件。

当物体受到三个共点力作用处于平衡状态时，其中两个力用其合力等效替代，由二力作用下平衡条件可知，这个合力和第三个力满足二力平衡，即和第三个力的合力为零，所以这三个力的合力也为零。同样地，物体在多个共点力的作用下，处于平衡状态时，这些共点力的合力为零。反之，物体所受合力为零时，也一定处于平衡状态。

通过实验同样可以证明，在三个或三个以上共点力作用下物体的平衡条件也是这些力的合力等于零。

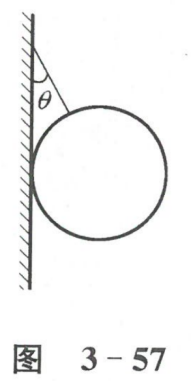
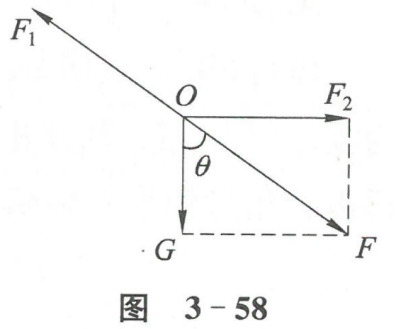
所以，在共点力作用下物体的平衡条件是合力等于零。

作用在物体上的几个力的合力为零，这种情形叫做力的平衡。

若*F*合=0，则在任意方向上物休所受合力也为零。将物体所受的共点力正交分解，则平衡条件可表示为下列方程组：*Fx*=0；*F*y=0。

学会利用共点力的平衡条件，求解处于平衡状态物体的受力问题，在生产、生活及工程技术中有着极为重要的意义。我们先研究简单的物体平衡时的受力问题。

**例题3**（平衡条件）如图3-57所示，足球重*G*=200N，用细绳悬于竖直的光滑的墙上，悬绳与墙的夹角为30°，求足球受到绳子的拉力和墙对球的支持力大小。

**解析** 已知：*G*=200N，*θ*=30°。

求：*F*1=？，*F*2=？

如图3-58所示，以足球为研究对象，按照先分析重力再分析弹力的顺序，画出受力图。由于是球处于平衡状态，所受的合力为零，即*G*、*F*1、*F*2三个力的合力为零。这时可以画出*G*和*F*2的合力*F*，*F*与*F*1等大反向，由三角函数可知

**2.应用共点力平衡条件解题的一般方法和步骤**

（1）确定研究对象

合理选择研究对象是解决平衡问题的关键，它关系到能否做出解答或能否顺利地解答。研究对象的选取可以是一个物体、一个点或一个系统（相互作用物体的全体）。

（2）对研究对象正确地进行受力分析，并作出受力图

正确进行受力分析是正确分析物理过程或物理状态的前提，是解决力学问题的基本能力要求，受力分析通常按以下步骤进行：首先确定研究对象（受力物体），然后按照重力、弹力、摩擦力及其他力的顺序来分析。

（3）判定研究对象是否处于平衡状态

共点力作用下的物体如果处于平衡状态，则物体保持着静止状态或匀速直线运动的状态。

（4）运用平衡条件，选择合适的方法列出平衡方程解题

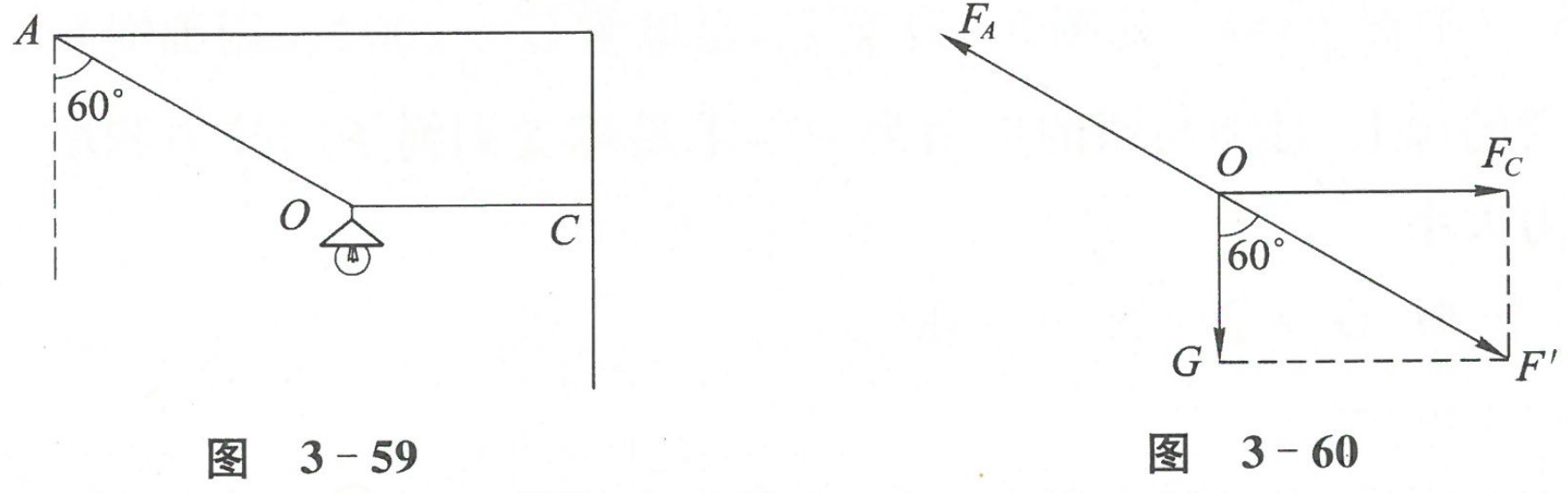
对三力平衡的问题，常采用力的合成法，即任意两个力的合力与第三个力等大反向，从而画出平行四边形来求解。

若物体受力较多时，一般可选用力的正交分解法，即建立直角坐标系。将各力分解到两个相互垂直的坐标轴上，然后根据*Fx*=0；*Fy*=0列等式求解。

（5）视问题的要求，对结果做出说明或讨论

下面我们通过例题分析几种利用物体的平衡条件解决问题的方法。

例题4 （平行四边形法） 如图3-59所示，灯重6N，用细线拉向侧面，细线*OC*恰水平，电线*AO*与竖直方向成60°角，求电线*AO*和线*OC*对灯的拉力大小。



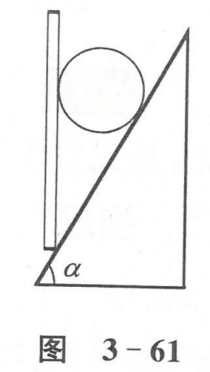
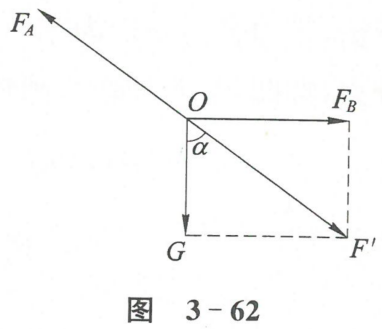
**解析** 已知：*G*=6N，*θ*=60°。

求：*FA*=？*FC*=？

以灯（用*O*点代替）为研究对象，灯受*G*、*FA*、*FC*三个共点力而平衡，二力合力一定为零。将*G*、*FC*两互相垂直的力合成，其合力*F’*定与*FA*大小相等。如图3-60所示，根据直角三角形三角函数知识，

**点拨** 本题是物体受斜拉的力作用下处于静止状态，是三力作用的平衡，利用平行四边形法求解较容易。

**例题5**（平行四边形法）如图3-61所示，光滑斜面的倾角为60°，斜面上有一个竖直光滑挡板，有一重为100N的球夹在其中，求挡板对球的弹力和斜面对球的支持力的大小。

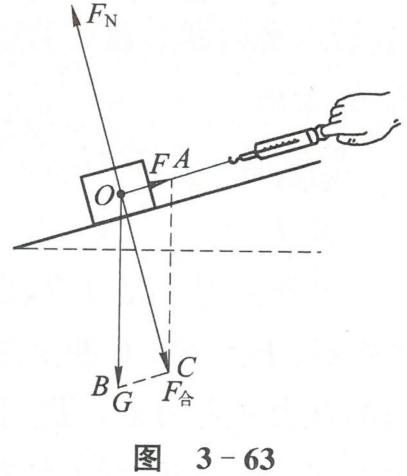
**解析** 已知：*G*=100 N，*α*=60°

求：挡板对球的弹力大小和斜面对球的支持力大小。

以球为研究对象，受*G*、*F*A、*F*B三个共点力而平衡， 三个力合力一定为零。将*G*、*F*A两互相垂直的力合成，其合力*F’*与*F*A等大反向。如图3-62所示，根据直角三角形三角函数知识得

**点拨** 本题是物体在斜面上被木板挡住处于静止状态，是三力作用的平衡，利用平行四边形法求解较容易。由例题3、例题4、例题5可以看出，三道题中物理情景并不相同，但从受力示意图可以看出，简化后的物理模型基本相同，因此，在三力作用下物体的平衡问题中，正确地画受力示意图，运用平行四边形定则，通过解直角三角形进行求解非常重要。

**例题6** （平行四边形法） 如图3-63所示，用弹簧测力计沿着光滑斜面的方向将重力为10N的木块匀速向上拉，这时弹簧测力计上的示数是6 N，求斜面对木块的弹力的大小。



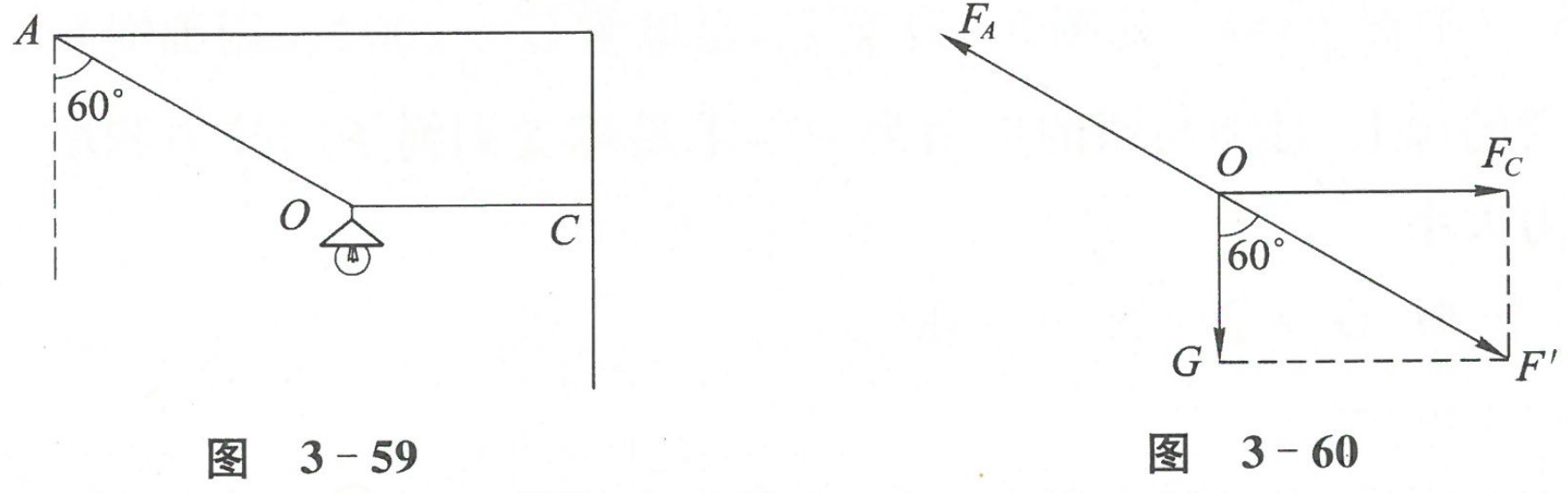
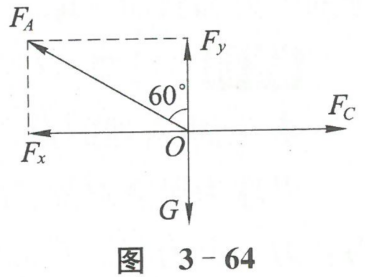
**解析** 已知：*G*=10N，F=6N。

求：*F*N=？

本块受到的重力*G*、弹簧测力计的拉力*F*以及斜面的弹力*F*N，都可看成作用在木块的重心上。已知木块保持匀速直线运动，所以木块在*G*、*F*和*F*N三个共点力作用下保持平衡状态，因此，弹力*F*N应该跟*G*与*F*的合力*F*合大小相等、方向相反，其受力及力的合成如图3-63所示。从图上可以看出，在表示*F*、*G*和*F*合的线段*OA*、*OB*和*OC*所组成的平行四边形中，三角形*OBC*是直角三角形，所以

**点拨** 本题是物体在斜面上被弹簧测力计拉着沿斜面匀速向上运动，处于平衡状态，是三力作用的平衡，利用平行四边形法求解较容易。

**例题7** （正交分解法）在例题4中，如图3-59所示，灯重6N，用细线拉向侧面，细线*OC*恰水平，电线*AO*与竖直方向成60°角，求电线*AO*和线*OC*对灯的拉力大小。

**解析** 以灯为研究对象，灯受*G*、*F*A、*F*C三个共点力而平衡，三力合力一定为零。将*F*A分解为水平*F*x竖直*F*y两个分力，如图3-64所示，则根据竖直方向合外力为零可得

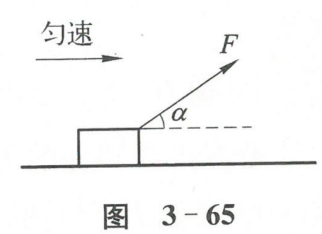
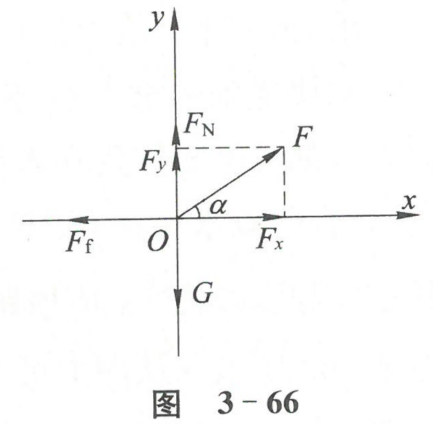
，

根据水平方向合力为零可得

，

**点拨** 在三力作用下的平衡问题中，当两个力互相垂直时，利用正交分解的方法求解也是比较方便的。

**例题8**（正交分解法）如图3-65所示，放在粗糙水平面上的物体，所受的重力为*G*，受到与水平面成*α*角的恒力*F*的作用，沿水平面做匀速运动，求物体受到水平面的阻力*F*f和支持力*F*N的大小。

**解析** 已知：*G*，*α*，*F*。

求：*F*f=？ *F*N=？

以物体为研究对象，进行受力分析。如图3-66所示，物体受*G*、*F*N、*F*f、*F*四个共点力作用，物体处于平衡状态，四个力的合力一定为零。我们采用正交分解的方法，将*F*分解为水平*F*x竖直*F*y两个分力，则根据竖直方向合外力为零可得

另，则

根据水平方向合外力为零可得

另，则

**点拨** 当物体受四个及以上多力作用下处于平衡状态时，一般利用正交分解的方法求解。

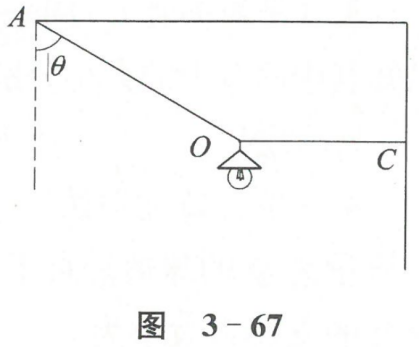
**\*3.（拓展提高） 简单的动态平衡**

动态平衡问题是指通过控制某些物理量，使物休的状态发生缓慢的变化，而在整个过程中物体又始终处于一系列的平衡状态。处理动态平衡问题通常运用力的合成、分解或正交分解，根据平衡条件（合力为零）列式求解。如果是三力平衡问题，则可采用把三力平移构成箭头首尾相连的三角形，利用与三角形有关的数学知识（三角函数、相似三角形等）来求解。

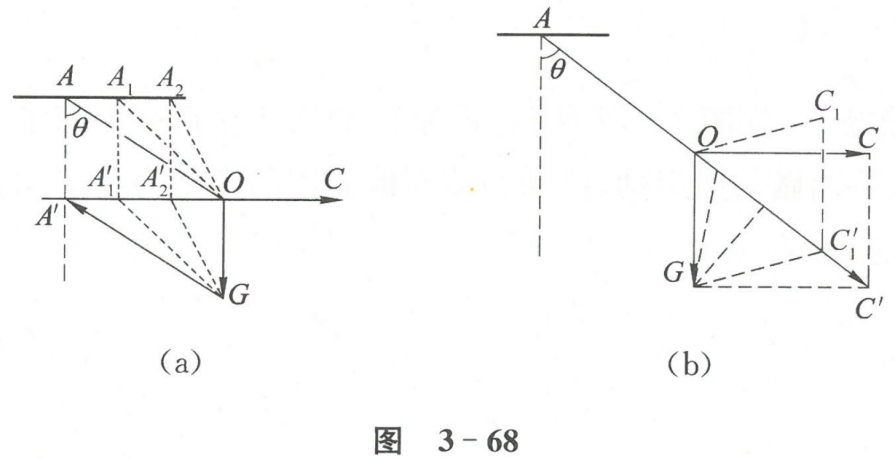
**例题9** （动态平衡） 如图3-67所示，灯用细线*OC* 拉向侧面，细线*OC*恰水平，试问：

（1）保持*OC*不动，*A*点右移（电线同时收短），电线和细线对灯的拉力如何变化？

（2）保持*OA*不动，*C*点上移（同时放长绳子），两绳对灯的拉力如何变化？



**解析** 以灯为研究对象，灯受*G*、*F*A、*F*C三个共点力而平衡，三力合力一定为零。

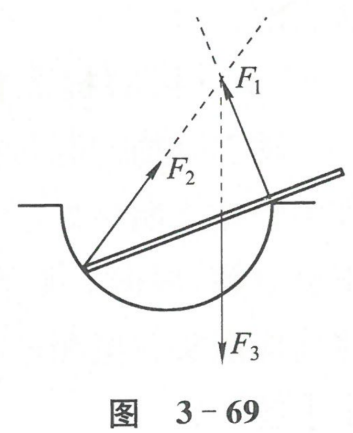


（1）如图3-68（a）所示，*OA*、*OC*为绳的初始位置，重力大小不变，保持*OC*方向不变。为方便起见，我们以线段*OA*表示*OA*绳力的大小，以线段*OG*表示重力大小并固定不变，根据平行四边形定则，*GA'*即为*OA*绳力的大小，*OA'*即为*OC*绳力的大小。当*A*点右移至*A*1时，*GA*1*’*为*OA*绳力的大小，*OA*1*’*为*OC*绳力的大小，以此类推。从图上可以看出，两绳对灯的拉力均减小。

（2）如图3-68（b）所示，*OA*、*OC*为绳的初始位置，重力大小不变，保持*OA*方向不变。以线段*OC*表示*OC*绳力的大小，以线段*OG*表示重力大小并固定不变。根据平行四边形定则，*GC’*即为*OC*绳力的大小，*OC’*即为*OA*绳力的大小。*C*点上移至*C*1点，*GC’*为*OC*绳力的大小，*OC*1*’*为 *OA* 绳力的大小，以此类推。从图上可以看出，*OC*绳对灯的拉力先减小后增大，*OA*绳对灯的拉力一直减小。

343435383135323b333634333730303b8d8b52bf **尝试挑战**

1. （共点力） 如图3-69所示，一杆搁在光滑半圆槽上，判断*F*1、*F*2、*F*3三个力是否是共点力。



2.（平衡状态） 关于平衡状态，下列说法中正确的是（ ）

A.当物体处于静止状态时，速度为零，加速度可以不为零

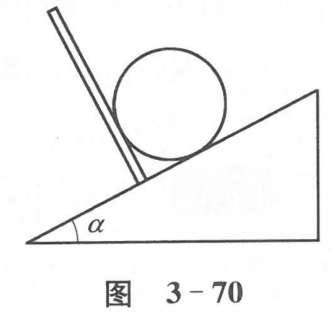
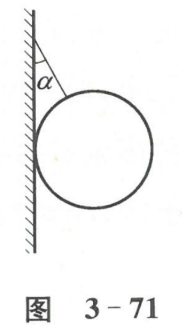
B.电梯匀速上升时，电梯中的人处于平衡状态

C.当物体在多个共点力作用下处于平衡状态时，它所受的某一个力与它所受的其余力的合力等大、反向

3.（平衡条件） 同一平面内三个共点力作用于一个物体上，这个物体处在静止状态，已知其中两个力的大小分别为5N和8N，则第三个力肯定不是下列数值中的（ ）

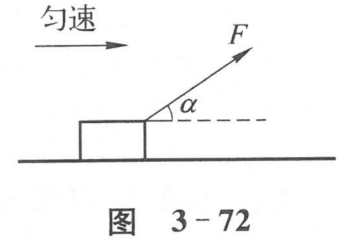
A. 2N B. 8N C. 12 N D. 15N

4.（平行四边形法） 如图3-70所示，在倾角为*α*的斜面上，一质量为*m*的球被垂直于斜面的木板挡住，不计一切摩擦，则斜面对球的支持力大小为 ，木板对球的弹力大小为 。

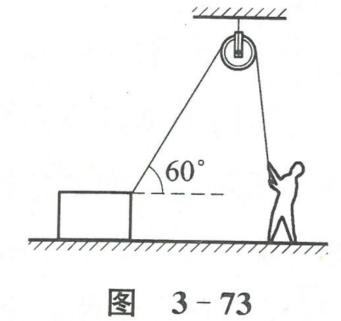
 

5.（平行四边形法） 光滑球重*G*=200N，直径*d*=0.3m，悬于竖直墙上，悬绳长0.15m，如图3-71所示。求绳子对球的拉力和墙壁对球的弹力大小。

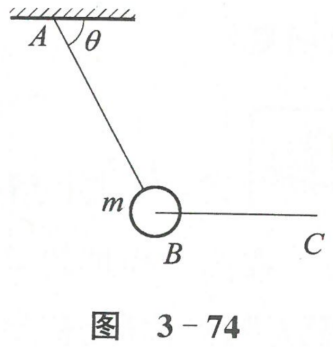
6.（正交分解法） 如图3-72所示，重为*G*的物体受到一个与水平而成*α*角斜向上的拉力作用，沿水平面做匀速运动，已知物体与地面间的摩擦力为*F*f，求*F*的大小及地面对物体的支持力的大小。



1. （正交分解法） 如图3-73所示，人通过绳子和光滑的定滑轮拉放在水平粗糙地面上的物体，物体重200 N，物体无水平方向上的滑动，当人用100 N的力向下拉绳子时，求地面对物体的摩擦力和支持力的大小。



\*8.（动态平衡） 如图3-74所示，两绳系住一小球，小球*m* 静止，保持绳*AB*与水平方向的夹角*θ*不变，*BC*绳由水平向上逐渐转到竖直的过程中，*AB* 绳的拉力大小将如何变化？*BC*绳的拉力大小将如何变化？



参考答案

1.是 2.BC 3.AD 4. *mgcosα*；mgsin*α* 5.N；N 6.*F*=；*F*N =

7.50N；113.4 N 8.逐渐减小；先减小后增大