**第三章 力 物体平衡**

**初中已学过**

343435383138303b333635303030353b7bad5934力是物体对物体的作用

343435383138303b333635303030353b7bad5934初步学习重力、弹力、摩擦力

343435383138303b333635303030353b7bad5934同一直线上力的合成

343435383138303b333635303030353b7bad5934二力平衡

**高中将要学**

343435383138303b333635303030353b7bad5934力的作用是相互的，有力产生必定同时存在施力物体和受力物体

343435383138303b333635303030353b7bad5934深入、定量研究重力、弹力、摩擦力

343435383138303b333635303030353b7bad5934分析物体的受力

343435383138303b333635303030353b7bad5934力的合成与分解

343435383138303b333635303030353b7bad5934共点力作用下物体的平衡

**衔接**

**衔接**

本章力的知识是高中物理的主干知识，贯穿在高中三年之中。力的知识也是高中物理的难点所在，是由初中到高中最难上的一个台阶。学好力的知识是学好高中物理的前提，必须足够重视这章知识，要能够在理解的基础上应用，并能将物理知识与生活实际相联系。

本章的难点主要有：

1. 根据力的产生条件，分析物体的受力情况。
2. 掌握力的合成（平行四边形法则）与分解（平行四边形法、正交分解法）。
3. 物体处于平衡状态下的受力分析及定量计算力的大小。

广州黄埔大桥的塔柱两侧有许多钢索，这么多钢索从上到下固定在塔柱上，它们对塔柱的拉力向什么方向？（请在本章中寻找答案）



**广州黄埔大桥**

**第一节 常见的力**

**31393935333132383b31393939333839393b603b7ed36f148bb2初中回顾**

在初中我们已学过“力的概念”，初步了解了重力、弹力和摩擦力，知道了力的作用效果有两个：一是使受力物体发生形变，二是改变受力物体的运动状态，还会用力的图示法表示力。国际单位制中，力的单位是牛顿，简称牛（N）。

高中物理以初中物理为基础，除了要对一些物理量进行定性分析外，还要对某些物理量进行定量计算，采用假设法、隔离法等分析方法来解决一些较为复杂的问题。所以从初中物理到高中物理难度跨度较大。

31393936353332353b31393936383838313b759195ee 图3-1展示了广州黄埔大桥的雄姿，这数百根斜拉钢索有什么作用？



**图 3-1**

通过本节的学习，你将知道原因。

**31393935333139373b31393936363233353b5b666821入门阶梯**

力是物体对物体的作用。现在人们对力的这种认识由近及远、由表及里，从解释地面上物体的运动，到解释天体运动和组成物质的微粒间的吸引、排斥及碰撞等方面。人们还认识到不管是地面上的力还是星际间的力、不管是微小的力还是巨大的力、不管是短暂的力还是持续作用的力、不管是相互接触的力还是非相互接触的力，自然界一切力的作用都是相互的。

**力的分类**

一个物体在受到力的作用的同时，一定会有另一个物体对它施加这种作用。要产生力的作用，至少要有两个物体。

为了研究问题的方便起见，可将力进行分类。力的分类可以按性质分类也可以按其作用效果分类。根据力的性质可以将力分为：重力、弹力、摩擦力、分子力、电磁力等；根据力的作用效果划分可以将力分为：拉力、压力、支持力、动力、阻力、向心力、回复力等。拉力、压力、支持力实际上都是弹力，只是作用效果不同。不论是什么性质的力，只要它的作用效果是促使物体运动，就可以把它叫做动力，如果它的作用效果是阻碍物体运动则把它叫做阻力。

**例题1** （力的分类）下述各力中按力的性质命名的有（ ）

A.重力 B.支持力 C.拉力 D.摩擦力

**解析** 根据力的性质可以将力分为重力、弹力、摩擦力等；根据力的效果可以将力分为拉力、压力、支持力。所以选项A、D正确。

1. **重力**

（1）重力的大小

重力是由于地球的吸引而使物体受到的力。重力（G）的大小等于*mg*，即*G=mg*。*m*为物体的质量，g是常量，在地球表面，通常取*g*=9.8N/kg。

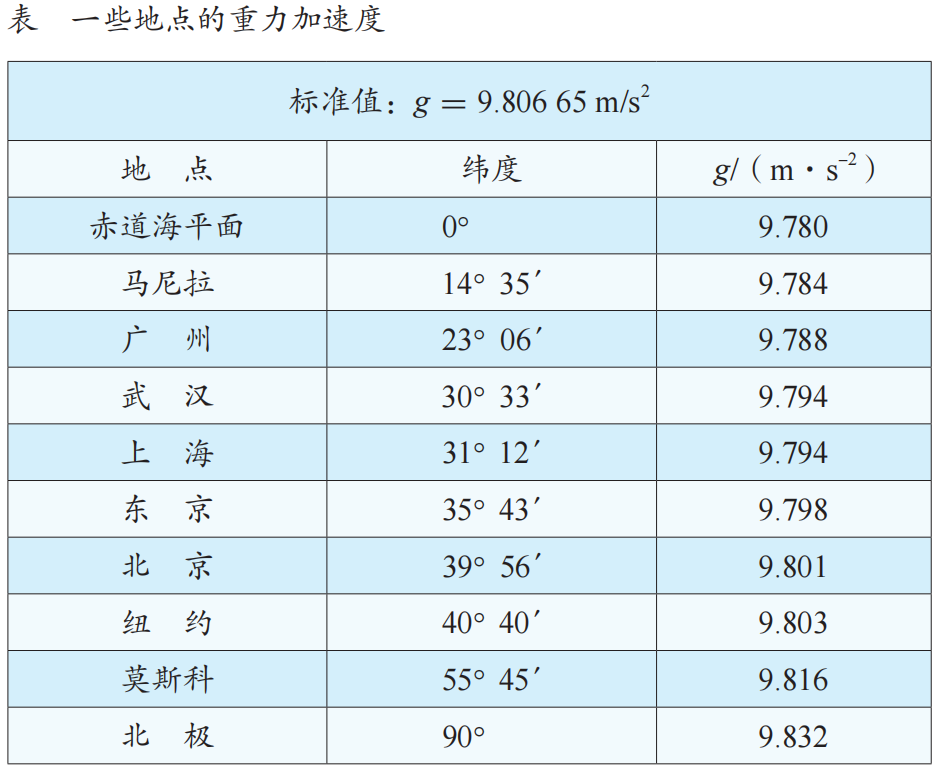
31393936353332353b31393936383838313b759195ee**同一物体在不同星球上所受重力的大小一样吗？**

物体的质量不随位置的变化而改变，不同星球上*g*是不同的。例如：月球上的*g*月是地球上的*g*地的，所以，一个在地球上重力为G的物体，在月球上重力只有。

31393936353332353b31393936383838313b759195ee**同一物体在地球上不同位置所受重力的大小一样吗？**

物体的质量不随位置的变化而改变，在地球上不同地方*g*的大小不同。在地球赤道处 *g*赤=9.780 N/kg，在地球两极处 *g*极=9.832 N/kg。同一物体分别放在地球赤道和两极处，物体在两极处所受的重力较大，在赤道处所受的重力较小。同一物体的重力会随着纬度升高而变大。

下表列出了一些地点的重力加速度。



31393936353332353b31393936383838313b759195ee**同一物体离开地面高度不同，其重力的大小一样吗？**

高度不同的地方，*g*的大小不同，高度越高，*g*越小。同一物体在离开地面不同高度的地方，它的重力也不同。物体的重力会随着高度升高而变小。（一般情况下，高度变化不大时我们不考虑高度的影响，可以近似认为*g*不变。）

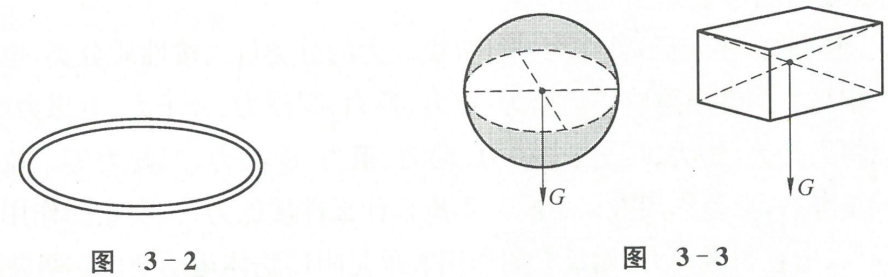
由于*g*与物体的运动状态无关，所以物体重力的大小不会随物体的运动状态变化而改变。

**（2）重心**

一个物体由若干部分组成，重力作用在物体的每一部分上，为了研究问题简单，我们假定物体的重力集中作用在物体的一个点上，这一个点称为物体的重心。重心是一个**等效**的概念。

31393936353332353b31393936383838313b759195ee**重心一定在物体上吗？**

重心可以在物体上，也可以不在物体上。如图3-2所示，质量分布均匀的圆环，其重心在圆环的圆心，它的重心不在物体上。

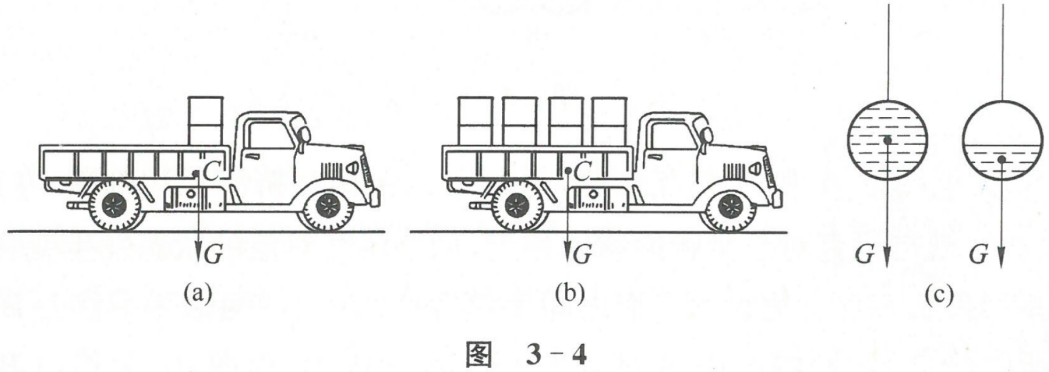


31393936353332353b31393936383838313b759195ee**重心一定在物体的几何中心上吗？**

物体的重心与物体的形状和质量分布都有关系：

①质量分布均匀且外形规则的物体的重心在物体的几何中心。如图3-3所示，匀质球体的重心在球心上，匀质长方体的重心在其对角线的交点上。

②外形不规则的物体，重心的位置跟物体的形状有关。如图3-4（a）所示，运输车辆的重心不在几何中心。



③质量分布不均匀的物体，重心的位置跟物体质量分布有关。如图3-4（b）所示，运输车辆的重心随载货的多少和堆垛的方式的不同而不同。

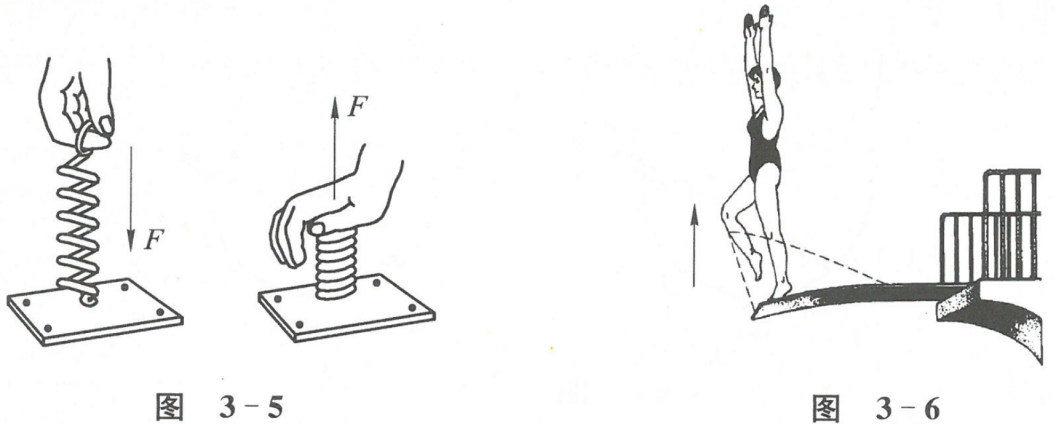
④物体的质量变化，重心位置也会变化。如图3-4（c）所示，一个装有水的皮球，随着水的流出，重心会变化。

1. **弹力**

（1）弹力的产生

弹力是怎样产生的？我们可以通过一个简单的实验来进行观察和体验。如图3-5 所示，把弹簧的一端固定，当用手指钩住弹簧的另一端向上拉时，可以感受到被拉伸的弹簧有收缩的趋势，对手指有向下“拉”的作用；再用手掌向下压弹簧，感受到缩短了的弹簧有伸长的趋势，对于掌有向上“弹”的作用。

这表明：发生弹性形变的弹簧，由于要恢复原状，会对使它发生形变且跟它直接接触的于产生力的作用。这种力就是弹力。

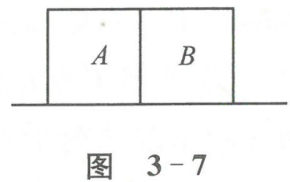


大量事实表明：一切发生弹性形变的物体，由于要恢复原状，对跟它直接接触并使它发生形变的物体都会产生弹力，物体由于发生形变而产生的力叫做弹力。

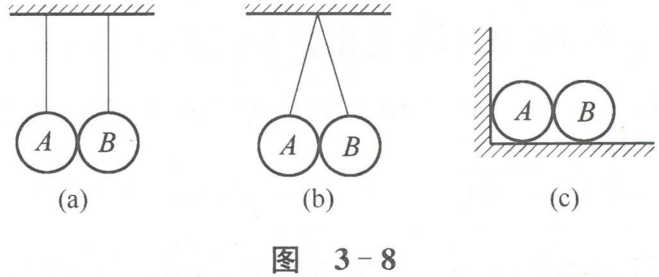
图3-6中，跳水运动员用力蹬踏跳板，使跳板发生弯曲形变。由于跳板要恢复原状，就对运动员产生了向上的弹力作用，使得跳水运动员弹跳得更高。

31393936353332353b31393936383838313b759195ee**弹力产生在相互接触的两个物体之间，但相互接触的两物体之间一定存在弹力吗？**

如图3-7所示，A、B两物体并排放在光滑的水平面上并处于静止状态，*A*和*B*之间无弹力作用，理由是，尽管他们相互接触，但它们之间没有挤压，即没有弹性形变，也就没有相互作用的弹力。



**例题2** （弹力的判断） 在图3-8中，*A*、*B*两球（*A*、*B*球均处于静止状态）之间一定有弹力吗？



**解析** 三个图中*A*和*B*相互接触，但两者是否相互挤压无法判断，在这种情况下可以用**假设法**。把与研究对象接触的物体移走，如果研究对象的状态发生变化，表示它们之间有弹力；如果状态无变化表示它们之间无弹力。（a）、（c）两幅图中移去*B*球，对*A*不产生影响，所以（a）、（c）两幅图中*A*球与*B*球之间无弹力，而图（b）中移去*B*球时，*A*球会向右摆动，*A*与*B*之间一定有弹力。

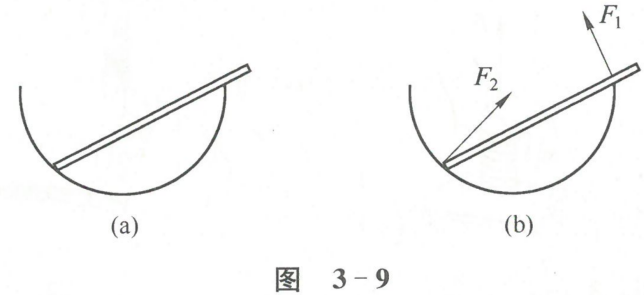
（2）弹力的方向和作用点

物体产生的弹力的方向，总是指向使形变物体恢复原状的方向。例如：人坐在沙发上，沙发发生向下的形变对人产生向上的弹力。

弹力的作用点在两个直接接触且发生了弹性形变的物体的接触点或接触面上。

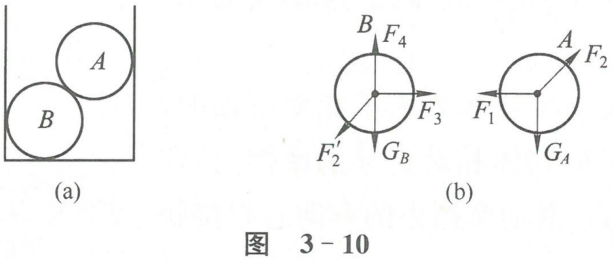
例如：点与面接触、面与面接触时，弹力方向垂直于面（若是曲面则垂直于切面），指向受力物体；球面与球面的弹力沿半径方向，指向受力物体。

**例题3** （弹力的方向）一根光滑直杆搁在半球形的槽内，如图3-9（a）所示，试分析杆所受的弹力。



**解析** 杆与槽有两处接触，如果把每一处支持面都拿掉，会影响杆的平衡，所以它们之间都有弹力，槽底所受弹力垂直于槽的切面，即沿半径方向；槽口处的弹力的方向垂直于杆，如图3-9（b）所示。

**例题4** （弹力的方向） 两个大小相同的光滑球放在一个直径略小于球直径2倍的圆柱形筒内，如图3-10（a）所示，试分析球所受到的弹力。



**解析** *A*球有两处与其他物体接触，它受到两个弹力，即右侧筒壁对它的弹力*F*1和*B*球对它的弹力*F*2。而*B*球有三处与其他物体接触，它受到三个弹力，即左侧简壁对它的弹力*F*3、*A*球对它的弹力*F*2*’*和简底对它的弹力*F*4，如图3-10（b）所示。

（3）弹簧弹力的大小

图3-11是我国蹦床运动员在2008年北京奥运会夺冠的比赛场景。从实况转播中可以看到，蹦床形变量越大，对运动员反弹的力就越大，运动员弹跳得越高。用橡皮筋做弹弓，橡皮筋拉得越长，即橡皮筋发生的形变越大时，橡皮筋产生的弹力也就越大。

进一步精确实验表明：对弹簧而言，在弹性限度内，弹簧弹力的大小与弹簧伸长（或缩短）量成正比，可用公式*F=kx*来计算。*F*为弹力大小，单位为N；*x*为形变量，单位为m；*k*为弹簧的劲度系数，单位为N/m。弹簧的劲度系数与弹簧所受的外力无关，由弹簧木身的性质决定。例如：一个劲度系数*k*=100N/m的弹簧，当形变量为1m时，弹簧产生的弹力为100N。

**例题5** （弹簧弹力的大小） 某弹簧原长为10 cm，如果在它的下端挂60N的重物时弹簧的长度变为12cm。求：

（1）弹簧的劲度系数；

（2）当它缩短1.5cm 时产生的弹力大小（弹簧的形变在其弹性限度内）。

**解析** 已知：*F*1=*G*1=60N，*x*1=0.12m - 0.1m=0.02m。

求：*k*=？ *F*2=？

（1）由 *F*1*=kx*1得

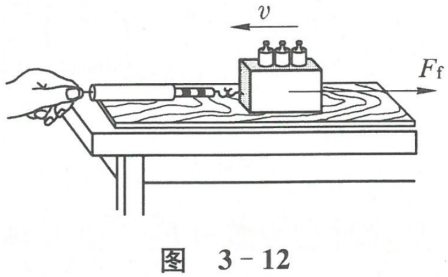
1. 由*x*2=0.015m，*k*=3000N/m得

*F*2=*kx*2=3000×0.015N=45N

故当弹簧缩短1.5cm时产生的弹力为45N。

1. **摩擦力**

摩擦是日常生活和生产中普遍存在的现象。如果没有摩擦，人们就没办法在路上行走，行驶的车辆也无法制动，我们打不开瓶盖，其至用筷子也夹不住食物。离开了摩擦，人们就没办法生活。摩擦力分为滑动摩擦力和静摩擦力。

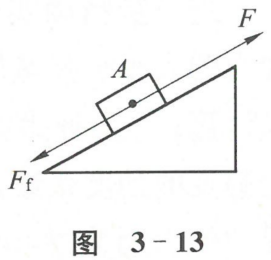
（1）滑动摩擦力

当一个物体在另外一个物体表面上相对滑动时，在物体的接触面间有阻碍物体相对运动的摩擦力，这种摩擦力叫滑动摩擦力。滑动摩擦力的方向总跟接触面相切，并跟物体的相对运动方向相反。如图3-12，弹簧测力计拉着木块在木板上向左滑动，木块受摩擦力向右。

大量的实验表明：滑动摩擦力的大小跟作用在接触面上的正压力成正比。用*Ff*表示滑动摩擦力，用*F*N表示正压力，则可写成以下公式

F*f* =*μF*N。

式中的*μ*叫做动摩擦因数。它的大小由相互接触的两个物体的材料性质和接触面的表面情况（如粗糙程度等）所决定。



**例题6** （滑动摩擦力的方向） 如图3-13 中，物体*A*在拉力*F*作用下沿固定斜面向上运动，分析物体受到的滑动摩擦力的方向。

**解析** 物休*A*相对于斜面向上运动，由于滑动摩擦力的方向总跟接触面相切，并跟物体的相对运动方向相反，所以*A*受到滑动摩擦力*Ff*的方向沿斜面向下。

**例题7** （滑动摩擦力的大小） 北方的冬天，孩子们喜欢在冰面上运动。用30N的水平推力，可以推着一个重力为1000N的木箱在水平冰面上匀速滑行。

（1）求木箱与冰面间的动摩擦因数；

（2）若在木箱上再增加500N的重物，需要用多大的水平推力才能推动木箱在水平冰面上匀速滑行？

**解析** 滑动摩擦力大小F*f* =*μF*N，其中*μ*为动摩擦因数；匀速滑行时滑动摩擦力与水平推力相等。

已知：*F*1=30N，*G*1=1000N，*G*2=1500N。

求：*μ*，*F*2。

（1）因木箱匀速滑行时受力平衡，滑动摩擦力等于推力，即*Ff1*=*F*1=30N。根据公式

F*f 1*=*μF*N1

又

*F*N1*=G*1=1000N

所以

故木箱与冰面间的动摩擦因数为0.03。

（2）根据公式

*Ff2*=*μF*N

又

*F*N2=*G*2=1500N

所以

*Ff2 =* 0.03×1500N=45N

因木箱匀速滑行受平衡力，推力等于滑动摩擦力，F2=*Ff2*=45N。所以需要用45N 的水平推力才能推动木箱在水平冰面上匀速滑行。

**（2）静摩擦力**

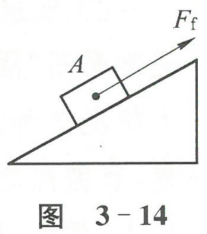
31393936353332353b31393936383838313b759195ee**互相接触的两个物体处于相对静止时，接触面间是否也会有摩擦力产生呢？**

图3-12所示的实验中，用弹簧测力计通过细绳向左拉木块，当弹簧测力计的拉力较小时，木块并不发生运动。这是因为当木块跟木板有相对运动趋势时，它们的接触面间产生阻碍物体相对运动趋势的摩擦力。两个相对静止的物体有相对运动趋势时产生的摩擦力叫做**静摩擦力**。在上面的实验中，木块处于静止状态，由平衡条件，木块受到的静摩擦力大小跟木块所受拉力的大小相等，方向相反。

在图3-12所示的实验中，如果逐渐增大对木块的拉力且木块依旧保持静止时，可以看到弹簧测力计的示数逐渐增大，这说明静摩擦力是随拉力的增大而增大的；当拉力增大到某一数值时，木块开始运动了，这表明静摩擦力的增大有一个限度，即静摩擦力有一个最大值，这个最大值叫做**最大静摩擦力**。当拉力超过最大静摩擦力时，木块就被拉动了，这一现象说明两物体间的静摩擦力大小在零到最大静摩擦力之间变化。

静摩擦力在生产中起着非常重要的作用。许多紧固零件，如螺丝、螺栓和螺母等，都是依靠静摩擦力的作用来紧固器具或机件；静摩擦力在传动装置中也起着重要作用，如大型购物超市楼层间斜坡自动扶梯，就是靠静摩擦力来输送人和物品的。





**例题8** （静摩擦力） 如图3-14所示，物体*A*静止在固定斜面上，分析物休*A*受到的静摩擦力的方向。

**解析** 物体*A*相对于斜面有向下运动的趋势，由于静摩擦力的方向跟物体的相对运动趋势方向相反，所以*A*受到的静摩擦力*Ff*的方向沿斜面向上。

**例题9**（静摩擦力与滑动摩擦力）一个重为200N的物休，放在水平面上，物体与水平面间的动摩擦因数为*μ*=0.1，若物体所受到最大静摩擦力为25 N，试求该物体在下列几种情况下受到的摩擦力。

（1）用*F*=8N的水平力向右拉静止的物体；

（2）用*F*=30 N的水平力向右拉静止的物体。

**解祈** 静摩擦力范围是∶0 ≤ *Ff* ≤ *F*m；静摩擦力大小不能用*F=μF*N计算；如果物体处在平衡状态下，静摩擦力可以用平衡方法求解。

已知：*G*=200N，*μ*=0.1，*F*2=8N，*F*2=30N。

求：*Ff1* ，*Ff2* 。

（1）用*F*1=8N的水平力向右拉静止的物体，由于拉力小于最大静摩擦力，所以物体还是处于静止状态，物体受到静摩擦力作用，静摩擦力的大小为8N，其方向水平向左。

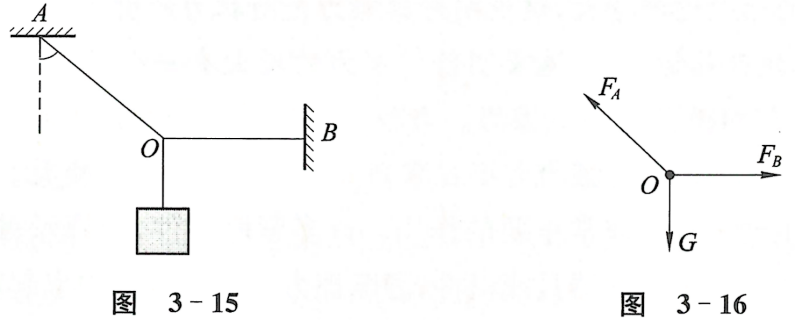
（2）用*F*2=30N的水平力向右拉物体，由于拉力比最大静摩擦力大，物体被拉动，所以物体受到滑动摩擦力的作用，滑动摩擦力大小为*Ff2*=*μF*N=0.1×200N=20N，其方向水平向左。

**解题策略**

**受力分析方法**

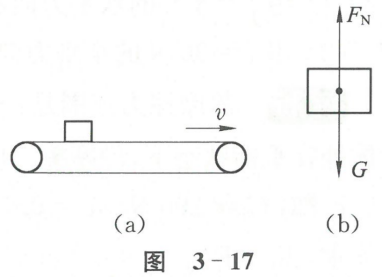
人们要了解和研究周围物体的运动状态的变化，就必须分析物体的受力情况。分析物体受力的一般步骤为：

①确定研究对象。受力分析的研究对象可以是某个物体、物体某一部分或者是一个点。如图3-15所示，当研究木块受力时，应取木块为研究对象，当研究三根绳子对连接点O的拉力关系时，应取O点为研究对象。



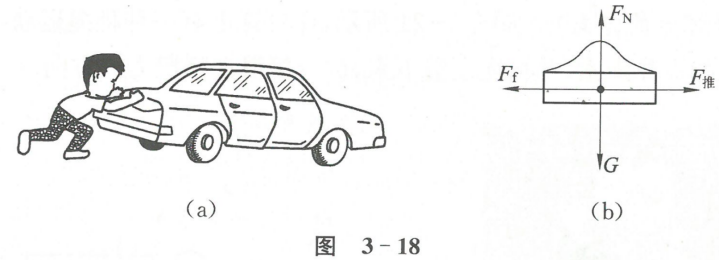
②根据重力、弹力、摩擦力的顺序，逐次分析物体受力。确定了研究对象后，通常采用“隔离法”，把所研究的对象从所处的环境中隔离出来，使被研究对象的受力情况更加清晰明了。为了避免研究对象所受到的力在分析过程中发生遗漏或重复，可按照某种顺序逐一进行受力情况分析。相对合理的顺序是先找重力，再找接触力（弹力、摩擦力），最后再分析其他的力。

③按照上述分析力的顺序，确定各力的方向，在隔离出的研究对象上画出各力的示意图，形成研究对象的受力分析示意图。图3-16即为图3-15中O点的受力示意图。

**例题10** （受力分析） 如图3-17（a）所示，传送带水平放置，传动装置匀速按图示方向传动，分析物体和皮带一起向右匀速运动过程中物体的受力情况。

**解析** 物体受到的重力、支持力都比较明显，由于在物体和皮带一起向右匀速运动的过程中，物体与皮带间没有相对运动及相对运动的趋势，所以，物体不受摩擦力作用，只受重力和支持力【图3-17（b）】。

**例题11** （受力分析）如图3-18（a）所示，司机用水平力推一辆停在水平路面上的小汽车，但没有推动，分析汽车受到的力，并画出汽车受力示意图。



**解析** 小汽车受到的力有：①重力，方向竖直向下；②地面对小汽车的支持力，方向竖直向上；③小汽车还受到人的推力，方向水平向右；④地面对小汽车的静摩擦力，方向平行于地面，与人推力的方向相反。其受力示意图如图3-18（b）所示。

343435383135323b333634333730303b8d8b52bf**尝试挑战**

1.（力的分类）下述各力中按力的效果命名的有（ ）

A. 重力 B. 支持力

C.拉力 D.摩擦力

2.（重力） 以下说法中，正确的是（ ）

A.物休只有静止时，才受到重力的作用

B.物体向下运动受到的重力较小

C.物体向上运动受到的重力较大

D.物体不论静止还是运动，受到的重力都一样

3.（弹力的判断） 如图3-19所示，*A*、*B*两物体并排放在粗糙的水平面上，在推力作用下向右匀速运动，问*A*和*B*之间有无弹力作用？



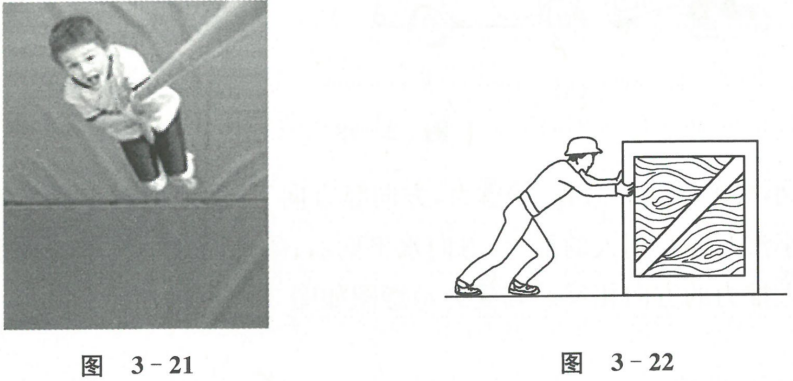
4.（弹力的方向） 如图3-20所示，一杆搁在光滑半圆槽上，*a*水平向左，*b*与杆垂直，*c*竖直向上，则槽口对杆的支持力方向为（ ）。

A. 沿*a*方向 B.沿*b*方向

C. 沿*c*方向 D. 以上都不对

5.（弹簧的弹力） 某弹簧原长10cm，如果在它的下端挂60N的重物时弹簧的长度变为15cm。当它缩短2cm时产生的弹力是多少？（弹簧的形变在弹性限度内）

6.（滑动摩擦力的方向） 如图3-21所示，体育课上有一种爬绳运动，爬绳的孩子用手紧握绳索，用脚夹住绳索，并从绳上滑下来，试分析滑动摩擦力的方向。

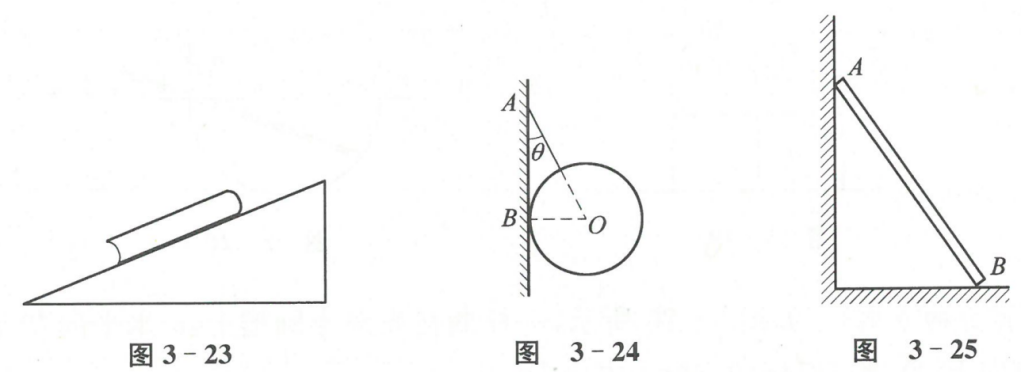


7.（滑动摩擦力大小）如图3-22所示，已知木箱与木地板之间的动摩擦因数*μ*=0.2，木箱质量为25kg，在木地板上匀速推动木箱，需要对木箱施加多大的水平推力？（*g*取10N/kg）

8.（静摩擦力） 如图3-23所示，一本书放在倾斜的木板上静止，试分析书的受力情况。

9.（受力分析） 如图3-24所示，光滑匀质球，用轻绳悬挂丁竖直墙上，试分析其受力情况。

10.（受力分析）如图3-25所示，木板*AB*的一端搁在光滑墙上，另一端搁在地上，木板静止。试分析木板受到哪些力的作用。



1.BC 2.D 3.有(提示：*A、B*两物体相互接触，它们有挤压，即有弹性形变，有相互作用的弹力。正是由于*A*对*B*的弹力与地面对*B*的摩擦力平衡，物体*B*才能向右匀速运动) 4.B 5.24N

6.绳对手、脚都有向上的滑动摩擦力(提示：爬绳的孩子用手紧握绳索，用脚夹住绳索，手和脚与绳的接触面间产生压力，孩子相对于绳子向下运动，故绳对手、脚都有向上的滑动摩擦力)

7.50N 8.如第8题图所示，书受到地球吸引的重力，方向竖直向下；木板对书的支持力，方向垂直木板向上；木板对书的静摩擦力，方向平行于木板向上

1. 如第9题图所示，球受到重力*G*、绳子拉力*F*拉和墙面的弹力*F*N的作用

10.如第10题图所示，木板*AB*受到重力*G*、墙对木板的弹力*F*N1和地对木板的弹力*F*N2、地面对木板有向左的摩擦力(提示：木板*AB*受到重力*G*、墙对木板的弹力*F*N1和地对木板的弹力*F*N2作用是很容易确定的，但木板在这三个力的作用下不可能平衡，木板有向右运动的趋势，由此可知，地面对木板有向左的摩擦力*F*f)

