

第6讲 共点力平衡

知识点睛

力的静态平衡

共点力的判别：同时作用在同一物体上的各个力的作用线交于一点就是共点力。当物体可视为质点时，作用在该物体上的外力均可视为共点力。

①**平衡状态：**对质点是指静止状态或匀速直线运动状态。

②**二力平衡：**对于一个受两个力的物体，这两个力必须方向相反，并在同一直线上才能使该物体平衡了。

③**三力平衡：**如果一个刚体只受三个力作用，而且这三个力不平行，那么，由于合力为0，这三个力必共面且相交于一点，如果三力不共点，则第三个力和前二个力的合力会构成一个力偶。如果三力不共面，则三力的合力必不为0，所以一个物体受三个力三力必共面共点。

正交分解法解平衡问题

正交分解法是解共点力平衡问题的基本方法，其优点是不受物体所受外力多少的限制。解题依据是根据平衡条件，将各力分解到相互垂直的两个方向上。原则上可随意选取互相垂直的两个方向；但是，为解题方便通常的做法是：

- ①使所选取的方向上有较多的力；
- ②选取运动方向和与其相垂直的方向为正交分解的两个方向；
- ③使未知的力特别是不需要的未知力落在所选取的方向上，从而可以方便快捷地求解。

整体法和隔离法

①整体与隔离是重要的分析方法，所谓整体法就是把两个或更多物体组成的系统作为研究对象，所谓隔离法就是把单个物体作为研究对象。

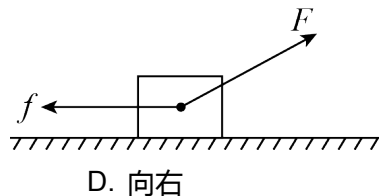
②系统内物体运动状态一致时常取整体法研究（优点：“藏力”）。

③隔离法的本质是把系统内物体之间的内力转化为个体所受的外力。

$$\begin{cases} A: F_{\text{合}A} = 0 \\ B: F_{\text{合}B} = 0 \end{cases} \Rightarrow \text{对整体 } F_{\text{合}AB} = 0$$

头脑风暴

- 1 如图所示，一木块在拉力 F 的作用下，沿水平面做匀速直线运动，则拉力 F 和摩擦力 f 的合力的方向是（ ）

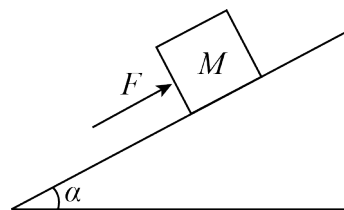


- A. 向上偏右 B. 向上偏左 C. 向上 D. 向右

答案 C

解析 略

- 2 如图所示，位于斜面上的物块 M 在沿斜面向上的力 F 作用下处于静止状态，则斜面作用于物块的静摩擦力的大小和方向（ ）



- A. 方向可能沿斜面向上 B. 方向可能沿斜面向下
C. 大小可能等于零 D. 大小可能等于 F

答案 ABCD

解析 略

力的动态平衡

1. 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变化，而在这个过程中物体又始终处于一系列的平衡状态中。

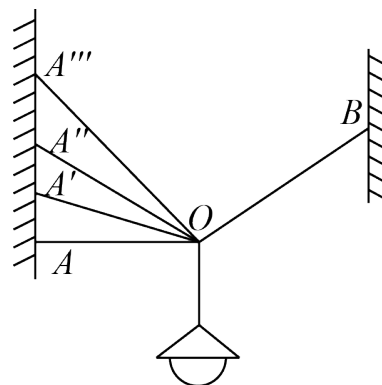
2. 对研究对象在状态变化过程中的若干状态进行受力分析，依据某一参量的变化，在同一图中作出物体在若干状态下力的平衡图（力的平行四边形），再由动态力的四边形各边长度变化及角度变化来确定力的大小及方向的变化情况。

动态平衡中特点：合力大小和方向不变；一个分力的方向不变，分析另一个分力方向变化时两个分力大小的变化情况。图解法更简单些。

方法	步骤
解析法	①选某一状态对物体受力分析 ②将物体受的力按实际效果分解或正交分解 ③列平衡方程求出未知量与已知量的关系表达式 ④根据已知量的变化情况来确定未知量的变化情况
图解法	①选某一状态对物体受力分析 ②根据平衡条件画出平行四边形 ③根据已知量的变化情况，画出平行四边形的边角变化 ④确定未知量大小方向的变化

头脑风暴

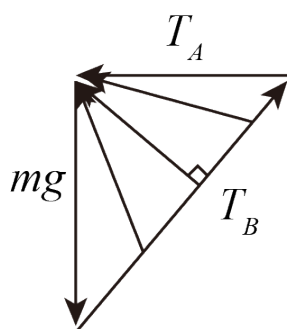
- 1 如图所示，电灯悬挂于两壁之间，更换水平绳 OA 使连接点 A 缓慢向上移动而保持 O 点的位置不变，则 A 点向上移动时（ ）



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

答案 D

解析 节点 O 受三个力，并处于平衡状态，则所受的 mg 、 T_A 、 T_B 三力可构成闭合三角形，如图所示。



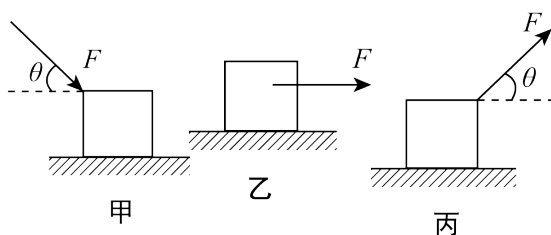
随着A点逐渐上升， T_A 与 mg 的夹角逐渐减小，作图发现 T_A 先减小后增大，当 T_A 与 T_B 垂直，即 $OA \perp OB$ 时， T_A 有最小值。

故选D。

例题精讲

基础训练

- 1 甲、乙、丙三个质量相同的物体均受到大小相等的恒力 F ，方向如图所示。三个物体均静止在水平地面上，且地面与物体间的动摩擦因数均相同，则（ ）



- A. 三个物体所受的摩擦力大小相同
B. 甲物体所受的摩擦力最大
C. 乙物体所受的摩擦力最大
D. 丙物体所受的摩擦力最大

答案 C

解析 三个物体均静止不动，受力平衡，静摩擦力的大小与水平方向的力相等， $f = F \cos \theta$ ，

$$f = F, f = F \cos \theta,$$

可见，甲丙受地面的摩擦力相等，乙受摩擦力最大。

故选C。

如图所示，置于水平地面的三脚架上固定着一质量为 m 的照相机，三脚架的三根轻质支架等长，与竖直方向均成 30° 角，则每根支架中承受的压力大小为多少？



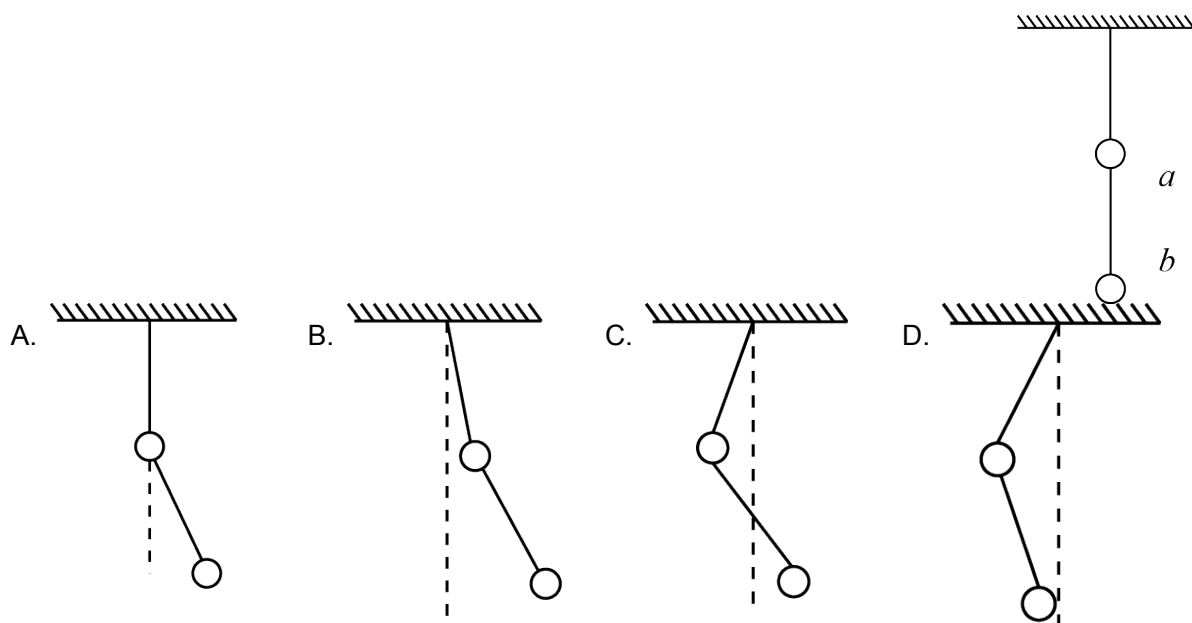
答案 $\frac{2\sqrt{3}}{9}mg$

解析 要使相机受力平衡，则三根支架竖直向上的力的合力应等于重力，即 $3F\cos\theta = mg$ ；

$$\text{解得 } F = \frac{2\sqrt{3}}{9}mg.$$

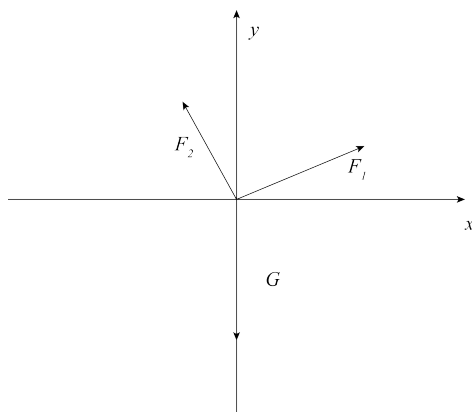
故答案为 $\frac{2\sqrt{3}}{9}mg$ 。

- 3 用轻质细线把两个质量未知的小球悬挂起来，如图所示，今对小球 a 持续施加一个向左偏下 30° 的恒力，并对小球 b 持续施加一个向右偏上 30° 的同样大小的恒力，最后达到平衡，表示平衡状态的图可能是（ ）



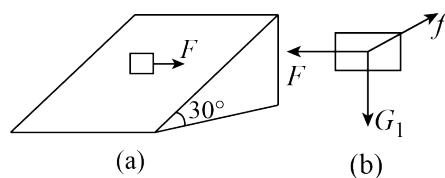
答案 B

解析 将两球连同之间的细线看成一个整体，对整体受力分析如下图，



根据平衡条件可知a球上方的细线必定沿竖直方向，故B正确。

- 4 质量 $m = 1\text{kg}$ 的物体在图所示斜面上受水平横向力 $F = 5\text{N}$ 的作用时，恰能作匀速直线运动，则 μ 为多少？



答案 $\mu = \frac{\sqrt{6}}{3}$

解析 重力沿斜面方向的分力，

$$G_1 = mg \sin 30^\circ = 5\text{N} ,$$

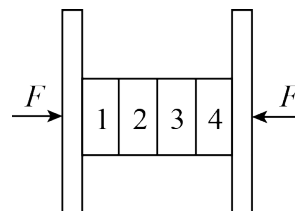
$$\text{滑动摩擦力 } f = \mu N = \mu mg \cos 30^\circ ,$$

在斜面方向物体受力如图所示，有

$$G_1^2 + F^2 = f^2 ,$$

$$\text{得 } \mu = \frac{\sqrt{6}}{3} .$$

- 5 如图所示，在两块相同的竖直木板之间，有质量均为 m 的四块完全相同的砖，用两个同样大小的水平力压木板，使四块砖均静止不动。求：



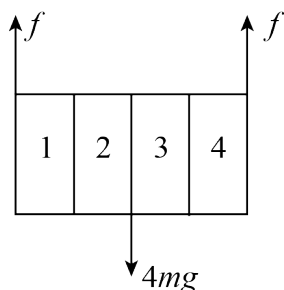
- (1) 木板对第1块砖和第4块砖的摩擦力各多大 .
- (2) 第2块砖和第3块砖之间的摩擦力 .
- (3) 第3块砖和第4块砖之间的摩擦力 .

答案 (1) $2mg$

(2) 0

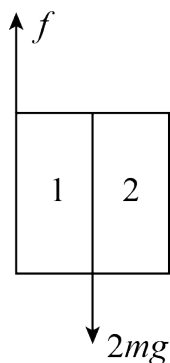
(3) mg

解析 (1) 将4块砖看作整体作为研究对象, 对整体进行受力分析, 如图所示, 竖直方向由平衡条件可得 $2f = 4mg$, 得到木板对第1块砖和第4块砖的摩擦力均为 $f = 2mg$.



故答案为: $2mg$; $2mg$.

- (2) 第1块和第2块砖看作整体隔离后进行受力分析, 如图所示, 竖直方向, 木板对第1块砖的摩擦力为 $f = 2mg$, 由平衡条件可知此二力已经达到平衡, 故第3块砖对第2块砖的摩擦力为零 .

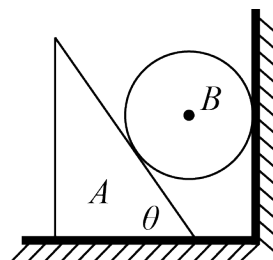


故答案为: 0 .

- (3) 将第4块砖单独从系统中隔离出来进行受力分析, 竖直方向, 由平衡条件可得 $f = mg + f_3$, 得第3块砖对第4块砖的摩擦力为 $f_3 = mg$, 方向竖直向下 .

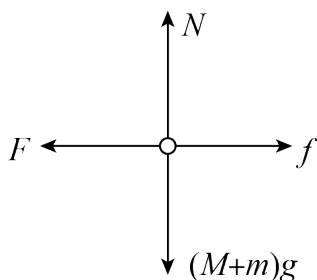
故答案为: mg .

如图所示，质量为 M 的直角三棱柱 A 放在水平地面上，三棱柱的斜面是光滑的，且斜面倾角为 θ 。质量为 m 的光滑球放在三棱柱和光滑竖直墙壁之间， A 和 B 都处于静止状态，求地面对三棱柱支持力和摩擦力各为多少？



答案 $(M + m)g$; $mg \tan \theta$

解析 选取 A 和 B 整体为研究对象，它受到重力 $(M + m)g$ ，地面支持力 N ，墙壁的弹力 F 和地面的摩擦力 f 的作用而处于平衡状态。根据平衡条件有：

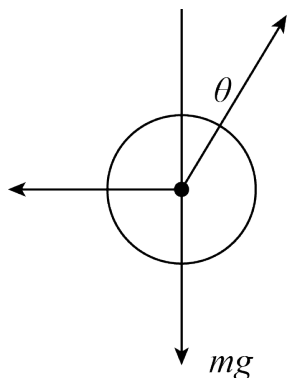


$$N - (M + m)g = 0 \quad ① ,$$

$$F = f \quad ② ,$$

$$\text{可得 } N = (M + m)g \quad ③ .$$

再以 B 为研究对象，它受到重力 mg ，三棱柱对它的支持力 N_B ，墙壁对它的弹力 F 的作用，而处于平衡状态，根据平衡条件有：



$$N_B \cos \theta = mg \quad ④ ,$$

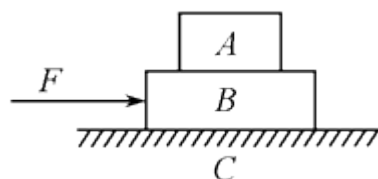
$$N_B \sin \theta = F \quad ⑤ ,$$

解得 $F = mg \tan \theta$,

所以 $f = F = mg \tan \theta$.

故答案为 : $(M + m)g$; $mg \tan \theta$.

- 7 如图所示, C 是水平地面, A 、 B 是两个长方形物块, F 是作用在物块 B 上沿水平方向的力, 物体 A 和 B 以相同的速度做匀速直线运动, 由此可知, A 、 B 间的动摩擦因数 μ_1 和 B 、 C 间的动摩擦因数 μ_2 有可能是 ()

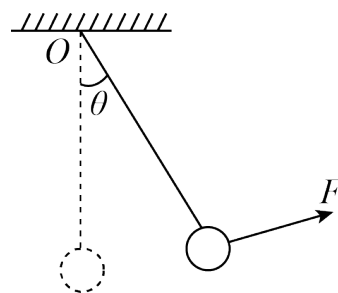


- A. $\mu_1 = 0$ $\mu_2 = 0$ B. $\mu_1 = 0$ $\mu_2 \neq 0$ C. $\mu_1 \neq 0$ $\mu_2 = 0$ D. $\mu_1 \neq 0$ $\mu_2 \neq 0$

答案 BD

解析 AB 以共同速度做匀直运动, A 平衡, $F_A = 0$, 故 B 对 A 无摩擦力作用, 把 AB 看做一整体, 地面对 B 有摩擦力作用, 故一定不为零, μ_2 可能为零, μ_1 不确定, 故选 BD .

- 8 细线下挂一个质量为 m 的小球, 现用力 F 缓慢拉小球使悬线偏离竖直方向 θ 角, 并保持 θ 角不变, 如图所示. 求 F 的最小值及此时 F 的方向.



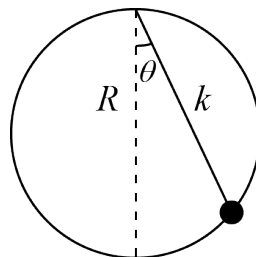
答案 $F = G_1 = mg \sin \theta$; 方向垂直于绳子向上

解析 将小球所受的重力 mg 分解为 G_1 和 G_2 , 如图所示, G_1 与 F 相平衡, G_2 与绳对球的拉力相平衡. 由于 G_2 的方向一定, 所以当 G_1 与 G_2 垂直时 G_1 有最小值 $G_1 = mg \sin \theta$, 得 F 的最小值 $F = G_1 = mg \sin \theta$, 方向垂直于绳子向上.

故答案为： $F = G_1 = mg \sin \theta$ ；方向垂直于绳子向上。

进阶拓展

- 1 弹性绳原长为 L ($\sqrt{2}R < L < 2R$)，劲度系数为 k ，上端拴在半径为 R 的光滑圆轨的顶端，下端系一重量为 G 的小球，小球套在圆轨上。平衡时，弹性绳与竖直方向夹角为 θ 。用 L 、 R 、 k 、 G 表示此时弹性绳的弹力。



答案 $\frac{kLG}{kR - G}$

解析 小球受力如图所示，根据平衡条件，有 $T \sin \theta = G \sin 2\theta$ 。①

根据胡克定律，有 $T = k(2R \cos \theta - L)$ 。②

联立式①和式②，得 $\cos \theta = \frac{kL}{2(kR - G)}$ ， $T = \frac{kLG}{kR - G}$ 。

故答案为： $\frac{kLG}{kR - G}$ 。

- 2 系统如图1所示，绳与滑轮间无摩擦， A 与水平桌面间的摩擦系数记为 μ ，绳的质量可略，开始时 A 、 B 静止。右侧水平绳段被剪断后瞬间，相应的运动学量和动力学量已在图2中给出，为求解 a_B ，列出了下列四个方程，其中正确的方程是（ ）

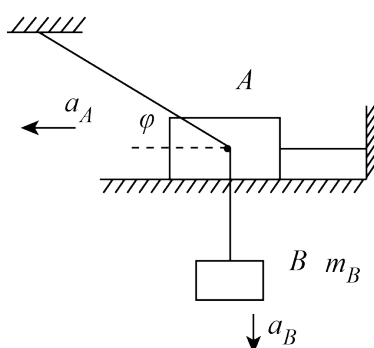


图1

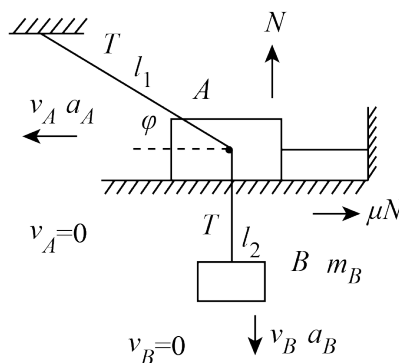


图2

A. $T \cos \varphi - \mu N = m_A a_A$

B. $N + T \sin \varphi = m_A g$

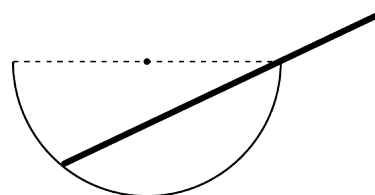
C. $m_B g - T = m_B a_B$

D. $a_A \tan \varphi = a_B$

答案 AC

解析 略

- 3 一个半径为 r 的光滑半球形碗，固定在水平面上，一均匀棒斜靠在碗的边缘，棒的一端在碗内，另一端在碗外，如图所示，已知碗内部的棒长为 L ，求棒的全长。



答案 $l_0 = \frac{4L^2 - 8r^2}{l}$

解析 三力汇交原理。