第 3 课时　受力分析　共点力的平衡

【考纲解读】1.学会进行受力分析的一般步骤与方法.2.掌握共点力的平衡条件及推论.3.掌握整体法与隔离法，学会用图解法分析动态平衡问题和极值问题.

考点一　整体与隔离法的应用

1．受力分析的定义

把指定物体(研究对象)在特定的物理环境中受到的所有外力都找出来，并画出受力示意图，这个过程就是受力分析.

2．受力分析的一般顺序

先分析场力(重力、电场力、磁场力)，再分析接触力(弹力、摩擦力)，最后分析其他力.

【例 1】 如图 1 所示，传送带沿逆时针方向匀速转动．小木块 a、b 用细线连接，用平行于传送带的细线拉住 a，两木块均处于静止状态．关于木块受力个数，正确的选项是(　　)

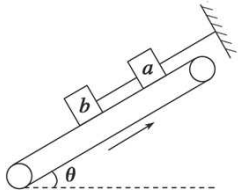


图 1

A．a 受 4 个，b 受 5 个

B．a 受 4 个，b 受 4 个

C．a 受 5 个，b 受 5 个

D．a 受 5 个，b 受 4 个

解析　先分析木块 b 的受力，木块 b 受重力、传送带对 b 的支持力、沿传送带向下的滑动摩擦力、细线的拉力，共 4 个力；再分析木块 a 的受力，木块 a 受重力、传送带对 a 的支持力、沿传送带向下的滑动摩擦力及上、下两段细线的拉力，共 5 个力，故 D 正确.

答案　D

【变式题组】

1．[整体法与隔离法的应用](2024·上海·8)如图 2 所示，质量 $m_A>m_B$ 的两物体 A、B 叠放在一起，靠着竖直墙面．让它们由静止释放，在沿粗糙墙面下落过程中，物体 B 的受力示意图是(　　)

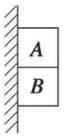
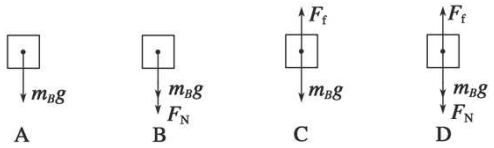


图 2



答案　A

解析　两物体 A、B 叠放在一起，在沿粗糙墙面下落过程中，由于物体与竖直墙面之间没有压力，所以物体与竖直墙面之间没有摩擦力，二者一起做自由落体运动，A、B 之间没有弹力作用，故物体 B 的受力示意图是图 A.

2．[整体与隔离法的应用]如图 3 所示，在恒力 F 作用下，a、b 两物体一起沿粗糙竖直墙面匀速向上运动，那么关于它们受力情况的说法正确的选项是(　　)

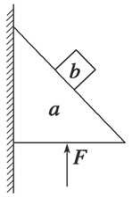


图 3

A．a 一定受到 4 个力

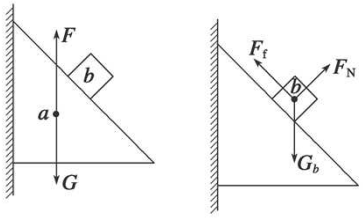
B．b 可能受到 4 个力

C．a 与墙壁之间一定有弹力和摩擦力

D．a 与 b 之间一定有摩擦力

答案　AD

解析　将 a、b 看成整体，其受力图如图甲所示，说明 a 与墙壁之间没有弹力和摩擦力作用；对物体 b 进行受力分析，如图乙所示，b 受到 3 个力作用，所以 a 受到 4 个力作用.



3．[整体与隔离法的应用](2024·山东·15)如图 4 所示，用完全相同的轻弹簧 A、B、C 将两个相

同的小球连接并悬挂，小球处于静止状态，弹簧 A 与竖直方向的夹角为 30°，弹簧 C 水平，那么弹簧 A、C 的伸长量之比为(　　)

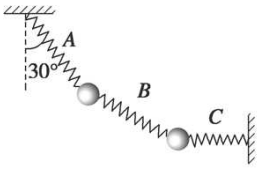
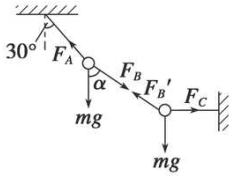


图 4

A.　：4　B．4：

C．1：2　D．2：1

答案　D



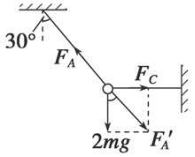
解析　这是典型的平衡模型，解题的要点是对两小球进行受力分析，列平衡方程，假设取两小球作为一个整体来研究会更方便．

方法 1：分别对两小球受力分析，如下列图

$F_A\sin 30° - F_B\sin \alpha = 0$

$F_B'\ \sin \alpha - F_C = 0$，$F_B = F_B'$

得 $F_A = 2F_C$，即弹簧 A、C 的伸长量之比为 2：1，选项 D 正确．



方法 2：将两球作为一个整体进行受力分析，如下列图

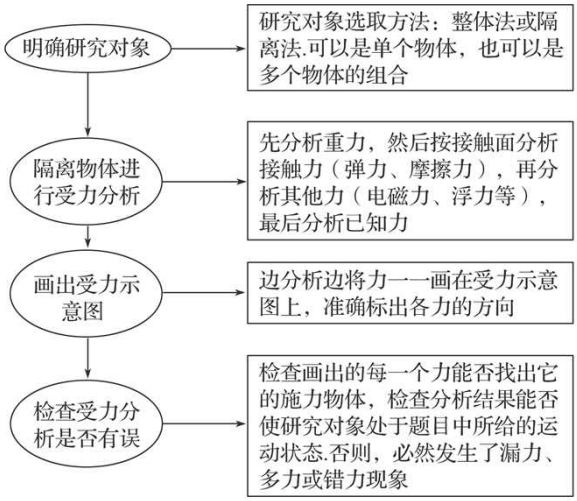
由平衡条件知：　　=

即 $F_A'\ = 2F_C$

又 $F_A'\ = F_A$，那么 $F_A = 2F_C$，应选项 D 正确．

方法提炼

受力分析的方法步骤



考点二　处理平衡问题常用的“三种”方法处理平衡问题的常用方法

1．合成法：物体受三个共点力的作用而平衡，那么任意两个力的合力一定与第三个力大小相等、方向相反．

2．分解法：物体受三个共点力的作用而平衡，将某一个力按力的效果分解，那么其分力和其他两个力满足平衡条件．

3．正交分解法：物体受到三个或三个以上力的作用而平衡，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．

【例 2】 在科学研究中，可以用风力仪直接测量风力的大小，其原理如图 5 所示．仪器中一根轻质金属丝下悬挂着一个金属球，无风时，金属丝竖直下垂；当受到沿水平方向吹来的风时，金属丝偏离竖直方向一定角度．风力越大，偏角越大．通过传感器，就可以根据偏角的大小测出风力的大小，求风力大小 F 跟金属球的质量 m、偏角 θ 之间的关系．

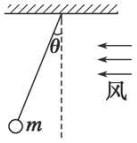
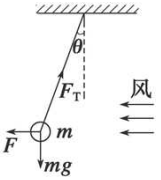


图 5

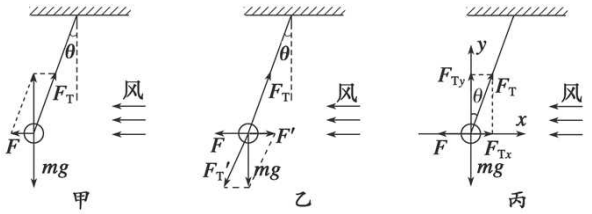


解析　取金属球为研究对象，有风时，它受到三个力的作用：重力 mg、水平方向的风力 F 和金属丝的拉力 F_T，如下列图．这三个力是共点力，在这三个共点力的作用下金属球处于平衡状态，那么这三个力的合力为零．

法一：(力的合成法)如图甲所示，风力 F 和拉力 F_T 的合力与重力等大反向，由平行四边形定

那么可得 $F = mg\tan\theta$.

法二：(力的分解法)重力有两个作用效果：使金属球抵抗风的吹力和使金属丝拉紧，所以可以将重力沿水平方向和金属丝的方向进行分解，如图乙所示，由几何关系可得 $F = F' = mg\tan\theta$.



法三：(正交分解法)以金属球为坐标原点，取水平方向为 x 轴，竖直方向为 y 轴，建立坐标系，如图丙所示.

根据平衡条件有

$F_{x合} = F_T\sin\theta - F = 0$

$F_{y合} = F_T\cos\theta - mg = 0$

解得 $F = mg\tan\theta$.

答案　$F = mg\tan\theta$

【拓展题组】

4．[平衡条件的应用]如图 6 所示，A、B 两球用轻杆相连，用两根细线将其悬挂在水平天花板上的 O 点．现用一水平力 F 作用于小球 B 上，使系统保持静止状态且 A、B 两球在同一水平线上．两球重力均为 G，轻杆与细线 OA 长均为 L，那么(　　)

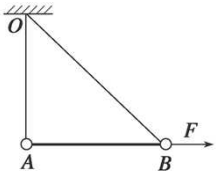


图 6

A．细线 OB 的拉力的大小为 $2G$

B．细线 OB 的拉力的大小为 G

C．水平力 F 的大小为 $2G$

D．水平力 F 的大小为 G

答案　D

5．[正交分解法的应用]如图 7 所示，三个相同的轻质弹簧连接在 O 点，弹簧 1 的另一端固定在天花板上，且与竖直方向的夹角为 30°，弹簧 2 水平且右端固定在竖直墙壁上，弹簧 3 的另一端悬挂质量为 m 的物体且处于静止状态，此时弹簧 1、2、3 的形变量分别为 x_1、x_2、x_3，那

么(　　)

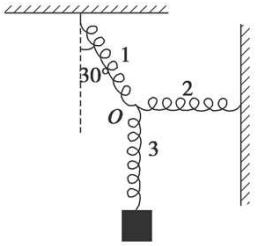


图 7

A．$x_1∶x_2∶x_3=$　　$∶1∶2$

B．$x_1∶x_2∶x_3=2∶1∶$

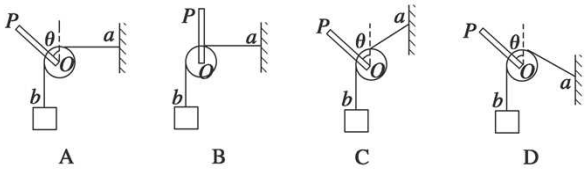
C．$x_1∶x_2∶x_3=1∶2∶$

D．$x_1∶x_2∶x_3=$　　$∶2∶1$

答案　B

解析　对物体受力分析可知：$kx_3=mg$，对弹簧的结点受力分析可知：$kx_1\cos 30°=kx_3$，$kx_1\sin 30°=kx_2$，联立解得 $x_1∶x_2∶x_3=2∶1∶$　　.

6．[合成法的应用]在如下列图的 A、B、C、D 四幅图中，滑轮本身的重力忽略不计，滑轮的轴 O 安装在一根轻木杆 P 上，一根轻绳 ab 绕过滑轮，a 端固定在墙上，b 端下面挂一个质量都是 m 的重物，当滑轮和重物都静止不动时，图 A、C、D 中杆 P 与竖直方向的夹角均为 θ，图 B 中杆 P 在竖直方向上，假设 A、B、C、D 四幅图中滑轮受到木杆弹力的大小依次为 F_A、F_B、F_C、F_D，那么以下判断中正确的选项是(　　)



A．$F_A=F_B=F_C=F_D$

B．$F_D>F_A=F_B>F_C$

C．$F_A=F_C=F_D>F_B$

D．$F_C>F_A=F_B>F_D$

答案　B

解析　设滑轮两边细绳的夹角为 φ，对重物进行受力分析，可得绳子拉力等于重物重力 mg，滑轮受到木杆弹力 F 等于细绳拉力的合力，即 $F=2mg\cos$　，由夹角关系可得 $F_D>F_A=F_B>F_C$，选项 B 正确.

考点三　动态平衡问题的处理技巧

1．动态平衡：是指平衡问题中的一局部是变力，是动态力，力的大小和方向均要发生变化，所以叫动态平衡，这是力平衡问题中的一类难题．

2．根本思路：化“动”为“静”，“静”中求“动”．

3．根本方法：图解法和解析法．

【例 3】 (2024·新课标·16)如图 8，一小球放置在木板与竖直墙面之间．设墙面对球的压力大小为 F_{N1}，球对木板的压力大小为 F_{N2}.以木板与墙连接点所形成的水平直线为轴，将木板从图示位置开始缓慢地转到水平位置．不计摩擦，在此过程中(　　)

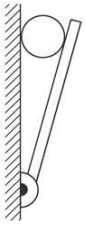


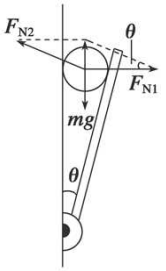
图 8

A．F_{N1} 始终减小，F_{N2} 始终增大

B．F_{N1} 始终减小，F_{N2} 始终减小

C．F_{N1} 先增大后减小，F_{N2} 始终减小

D．F_{N1} 先增大后减小，F_{N2} 先减小后增大



解析　方法一(解析法)如下列图，由平衡条件得

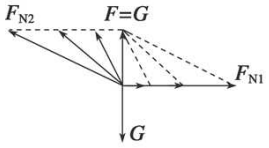
F_{N1} =

F_{N2} =

随 θ 逐渐增大到 90°，tan θ、sin θ 都增大，F_{N1}、F_{N2} 都逐渐减小，所以选项 B 正确．

方法二(图解法)

对球受力分析如下列图，球受 3 个力，分别为重力 G、墙对球的弹力 F_{N1} 和板对球的弹力 F_{N2}.



当板逐渐转到水平位置的过程中，球始终处于平衡状态，即 F_{N1} 与 F_{N2} 的合力 F 始终竖直向上，大小等于球的重力 G，如下列图．由图可知 F_{N1} 的方向不变，大小逐渐减小，F_{N2} 的方向发生变化，大小也逐渐减小，应选项 B 正确．

答案　B

【变式题组】

7．[图解法的应用]如图 9 所示，三根细线共系于 O 点，其中 OA 在竖直方向上，OB 水平并跨过定滑轮悬挂一个重物，OC 的 C 点固定在地面上，整个装置处于静止状态．假设 OC 加长并使 C 点左移，同时保持 O 点位置不变，装置仍然保持静止状态，那么细线 OA 上的拉力 F_A 和 OC 上的拉力 F_C 与原先相比是(　　)

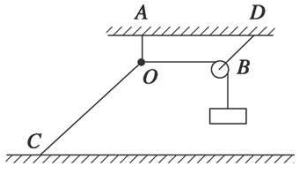
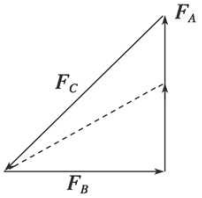


图 9

A．F_A、F_C 都减小　　B.F_A、F_C 都增大

C．F_A 增大，F_C 减小　D．F_A 减小，F_C 增大

答案　A



解析　以 O 点为研究对象，其受 F_A、F_B、F_C 三个力平衡，如下列图．当按题示情况变化时，OB 绳的拉力 F_B 不变，OA 绳的拉力 F_A 的方向不变，OC 绳的拉力 F_C 的方向与拉力 F_B 方向的夹角减小，保持平衡时 F_A、F_C 的变化如虚线所示，显然都减小了．

8．[图解法的应用]半圆柱体 P 放在粗糙的水平地面上，其右端有一固定放置的竖直挡板 MN. 在半圆柱体 P 和 MN 之间放有一个光滑均匀的小圆柱体 Q，整个装置处于平衡状态，如图 10 所示是这个装置的截面图．现使 MN 保持竖直并且缓慢地向右平移，在 Q 滑落到地面之前，发现 P 始终保持静止．那么在此过程中，以下说法中正确的选项是(　　)

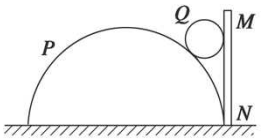


图 10

A．MN 对 Q 的弹力逐渐减小

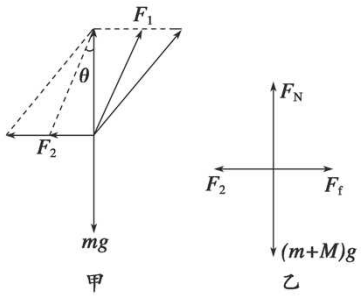
B．地面对 P 的摩擦力逐渐增大

C．P、Q 间的弹力先减小后增大

D．Q 所受的合力逐渐增大

答案　B

解析　Q 的受力情况如图甲所示，F_1 表示 P 对 Q 的弹力，F_2 表示 MN 对 Q 的弹力，F_2 的方向水平向左保持水平，F_1 的方向顺时针旋转，由平行四边形的边长变化可知：F_1 与 F_2 都逐渐增大，A、C 错误; 由于挡板 MN 缓慢移动，Q 处于平衡状态，所受合力为零，D 错误; 对 P、Q 整体受力分析，如图乙所示，由平衡条件得，$F_f = F_2 = mg\tan\theta$，由于 θ 不断增大，故 F_f 不断增大，B 正确.



方法提炼

处理动态平衡问题的一般思路

(1)平行四边形定那么是根本方法，但也要根据实际情况采用不同的方法，假设出现直角三角形，常用三角函数表示合力与分力的关系.

(2)图解法的适用情况

图解法分析物体动态平衡问题时，一般物体只受三个力作用，且其中一个力大小、方向均不变，另一个力的方向不变，第三个力大小、方向均变化.

(3)用力的矢量三角形分析力的最小值问题的规律：

①假设 $F_{合}$ 的方向、大小及一个分力 F_1 的方向，那么另一分力 F_2 的最小值的条件为 $F_1 \perp F_2$;

②假设 $F_{合}$ 的方向及一个分力 F_1 的大小、方向，那么另一分力 F_2 的最小值的条件为 $F_2 \perp F_{合}$.

考点四　平衡中的临界与极值问题

1．临界问题

当某物理量变化时，会引起其他几个物理量的变化，从而使物体所处的平衡状态“恰好出现”或“恰好不出现”，在问题的描述中常用“刚好”、“刚能”、“恰好”等语言表达．

常见的临界状态有：

(1)两接触物体脱离与不脱离的临界条件是相互作用力为 0(主要表达为两物体间的弹力为 0)．

(2)绳子断与不断的临界条件为绳中的张力到达最大值；绳子绷紧与松驰的临界条件为绳中的张力为 0.

(3)存在摩擦力作用的两物体间发生相对滑动或相对静止的临界条件为静摩擦力到达最大．

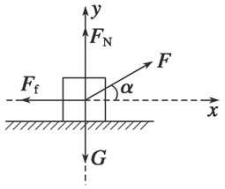
研究的根本思维方法：假设推理法．

2．极值问题

平衡物体的极值，一般指在力的变化过程中的最大值和最小值问题．一般用图解法或解析法进行分析．

【例 4】 重为 G 的木块与水平地面间的动摩擦因数为 μ，一人欲用最小的作用力 F 使木块做匀速运动，那么此最小作用力的大小和方向应如何？

解析　木块在运动过程中受摩擦力作用，要减小摩擦力，应使作用力 F 斜向上，设当 F 斜向上与水平方向的夹角为 α 时，F 的值最小．木块受力分析如下列图，由平衡条件知：



$F\cos\alpha - \mu F_N = 0$，$F\sin\alpha + F_N - G = 0$

解上述二式得：$F =$

令 $\tan\varphi = \mu$，那么 $\sin\varphi =$　　，$\cos\varphi =$

可得 $F =$　　=

可见当 $\alpha = \varphi$ 时，F 有最小值，即 $F_{min} =$

答案　　与水平方向成 α 角斜向上且 $\tan\alpha = \mu$

【变式题组

9．[临界问题]倾角为 $\theta = 37°$ 的斜面与水平面保持静止，斜面上有一重为 G 的物体 A，物体 A 与斜面间的动摩擦因数 $\mu = 0.5$.现给 A 施加一水平力 F，如图 11 所示．设最大静摩擦力与滑动摩擦力相等($\sin 37° = 0.6$，$\cos 37° = 0.8$)，如果物体 A 能在斜面上静止，水平推力 F 与 G 的比

值不可能是(　　)

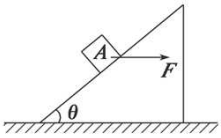


图 11

A．3　B．2

C．1　D．0.5

答案　A

解析　设物体刚好不下滑时 $F=F_1$，

那么 $F_1\cdot\cos\theta+\mu F_N=G\cdot\sin\theta$，

$F_N=F_1\cdot\sin\theta+G\cdot\cos\theta$.

得：　=　　=　=　；

设物体刚好不上滑时 $F=F_2$，那么：

$F_2\cdot\cos\theta=\mu F_N+G\cdot\sin\theta$，

$F_N=F_2\cdot\sin\theta+G\cdot\cos\theta$，

得：　=　　=　=2，

即　≤　≤2，故 F 与 G 的比值不可能为 A.

10．[极值问题]如图 12 所示，三根长度均为 l 的轻绳分别连接于 C、D 两点，A、B 两端被悬挂在水平天花板上，相距为 $2l$.现在 C 点上悬挂一个质量为 m 的重物，为使 CD 绳保持水平，在 D 点上可施加的力的最小值为(　　)

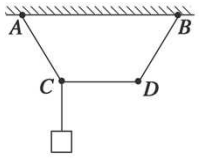


图 12

A．mg　B．　mg　C．mg　D．mg

答案　C

解析　对 C 点进行受力分析，由平衡条件可知，绳 CD 对 C 点的拉力 $F_{CD}=mg\tan 30°$，对 D 点进行受力分析，绳 CD 对 D 点的拉力 $F_2=F_{CD}=mg\tan 30°$，故 F_2 是恒力，F_1 方向一定，那

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：https://d.book118.com/648102013107006047