



第01讲 力与物体 的平衡

<https://shuailiu1990.github.io/teaching/middle-school-physics-problem-solving-training>

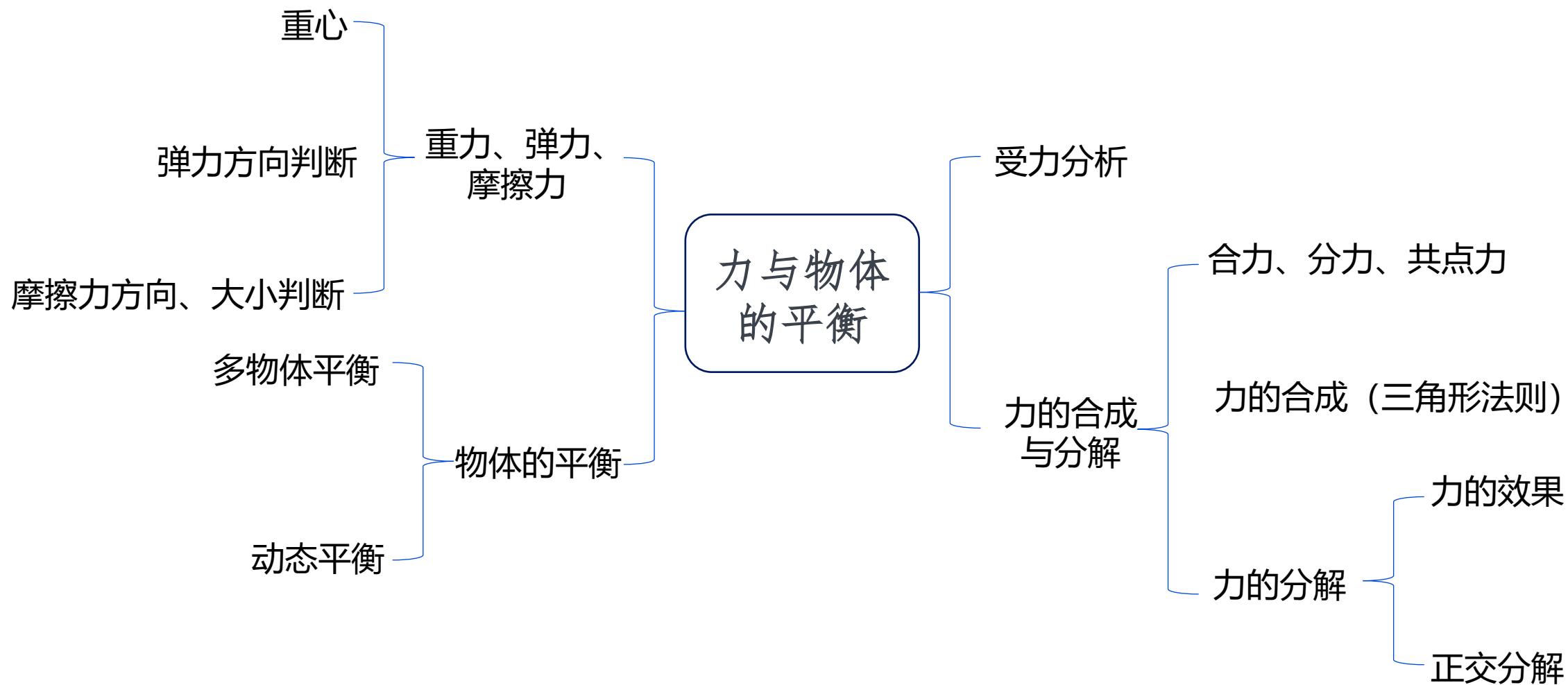




课标内容要求

1. 认识重力、弹力与摩擦力。知道滑动摩擦和静摩擦现象，能用动摩擦因数计算滑动摩擦力的大小。
2. 通过实验，了解力的合成与分解，知道矢量和标量。能用共点力的平衡条件分析生产生活中的问题。
3. 通过实验，探究物体运动的加速度与物体受力、物体质量的关系。理解牛顿运动定律，能用牛顿运动定律解释生产生活中的有关现象、解决有关问题。通过实验，认识超重和失重现象。
4. 知道国际单位制中的力学单位。了解单位制在物理学中的重要意义。

网络构建





01

几种常见的力

PART ONE



核心提炼

1. 重力

- ①重力是由于地球的吸引而产生，但不能说重力就是地球的吸引力，重力是万有引力的一个分力
- ②在地球表面附近，可以认为重力近似等于万有引力

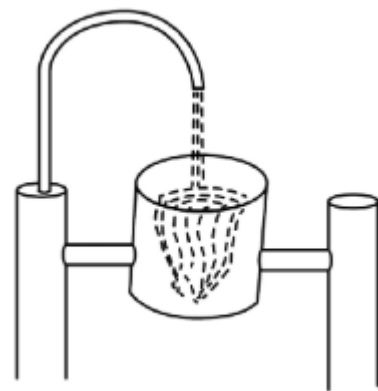
2. 重心

- ①影响重心位置的因素：物体的几何形状、物体的质量分布
- ②重心的位置不一定在物体上

真题研析

(2022·浙江1月选考·4) 如图所示，公园里有一仿制我国古代欹器的U形水桶，桶可绕水平轴转动，水管口持续有水流出，过一段时间桶会翻转一次，决定桶能否翻转的主要因素是()

- A. 水桶自身重力的大小
- B. 水管每秒出水量的大小
- C. 水流对桶冲击力的大小
- D. 水桶与水整体的重心高低

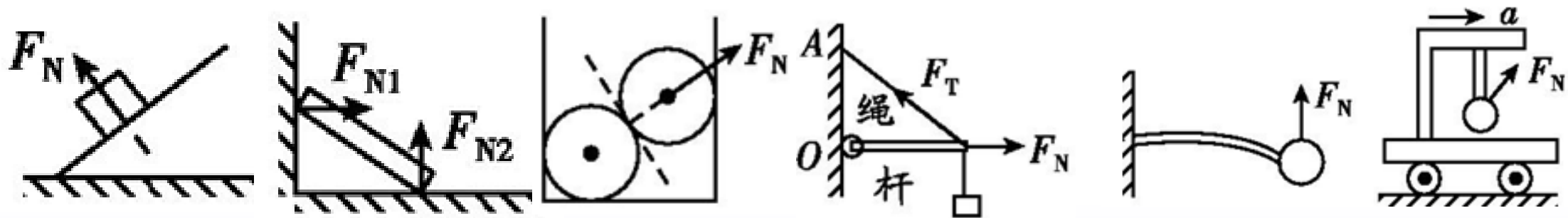


【答案】D

【解析】水管口持续有水流出，而过一段时间桶会翻转一次，主要原因是流入的水导致水桶与水整体的重心往上移动，桶中的水到一定量之后水桶不能保持平衡，发生翻转，故选D.

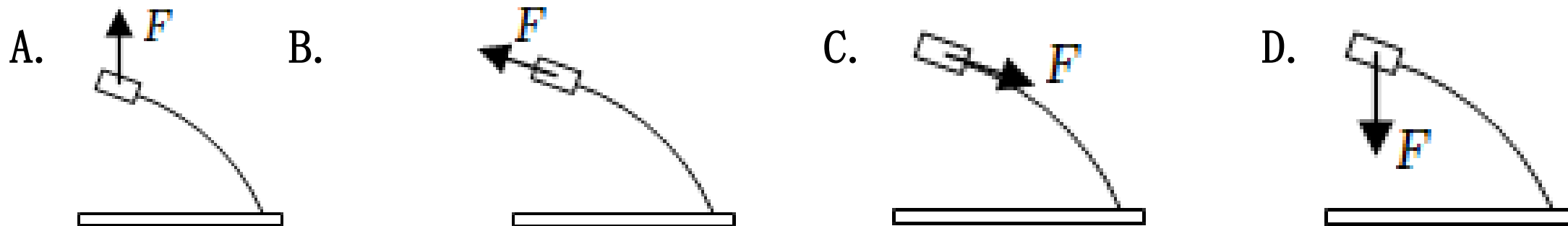
3. 弹力的方向判断

- ①面与面接触：垂直接触面指向受力物体
- ②在点面接触：垂直于面
- ③在两个曲面接触（相当于点接触）：垂直于过接触点的公切面。
- ④绳的拉力方向：总是沿着绳且指向绳收缩的方向，且一根轻绳上的张力大小处处相等。
- ⑤轻杆：既可产生压力，又可产生拉力，且方向不一定沿杆。



真题研析

(2022·上海卷·2) 麦克风静止在水平桌面上，下列能表示支架对话筒作用力的方向的是()



【答案】A

【解析】解：对话筒受力分析可知，话筒受重力和支架的作用力处于平衡状态，支架对话筒的作用力与重力等大、反向、共线，故A正确，BCD错误；

4. 摩擦力有无的判断及方向的判断

①假设法：首先假设两物体接触面光滑，这时若两物体不发生相对运动，则说明它们原来没有相对运动趋势，也没有静摩擦力；若两物体发生相对运动，则说明它们原来有相对运动趋势，并且原来相对运动趋势的方向跟假设接触面光滑时相对运动的方向相同。然后根据静摩擦力的方向跟物体相对运动趋势的方向相反确定静摩擦力方向。

②平衡法：根据二力平衡条件可以判断静摩擦力的方向。

真题研析

(2018·浙江3月选考·4) 如图是某街舞爱好者在水平面上静止倒立的情景, 则此街舞爱好者()

- A. 手掌所受支持力等于人的重力
- B. 手掌所受静摩擦力方向向左
- C. 手掌所受静摩擦力方向向右
- D. 重心在腰部某处



【答案】A

【解析】解: A、以人为研究对象, 根据竖直方向受力平衡可得手掌所受支持力等于人的重力, 故A正确;

BC、街舞爱好者在水平面上静止, 水平方向受力平衡, 则街舞爱好者受到的静摩擦力为零, 故BC错误;

D、街舞爱好者处于该状态时, 重心一定不在腰部, 可能在人体之外某处, 故D错误。

5. 摩擦力大小的计算

先判明是何种摩擦力，然后再根据各自的规律去分析求解。

①滑动摩擦力大小：利用公式 $f=\mu F_N$ 进行计算，其中 F_N 是物体的正压力，不一定等于物体的重力，甚至可能和重力无关。或者根据物体的运动状态，利用平衡条件或牛顿定律来求解

②静摩擦力大小：静摩擦力是被动力，其大小随状态的变化而变化，静摩擦力大小可在0与最大静摩擦力之间变化，一般应根据物体的运动状态由平衡条件或牛顿定律来求解

6. 关于摩擦力的几点说明

- ①滑动摩擦力的大小与物体的运动速度和接触面的面积均无关;其方向一定与物体间相对运动方向相反,与物体运动(对地)的方向不一定相反
- ②受静摩擦力作用的物体不一定是静止的,受滑动摩擦力作用的物体不一定是运动的;典型的例子为传送带上的物体
- ③摩擦力阻碍的是物体间的相对运动或相对运动趋势,不一定阻碍物体的运动,即摩擦力不一定是阻力
- ④若两物体间有摩擦力,则两物体间一定有弹力,若两物体间有弹力,但两物体间不一定有摩擦力



02

受力分析

PART ONE



受力分析

①力学中，有且仅有三种性质的力：重力、弹力、摩擦力。因此，要明确一个受几个力的作用。就只须从这三方面入手分析。

②受力分析的基本方法：

I、明确研究对象

II、隔离研究对象，按顺序找力（注意避免多力或少力）

III、只画性质力（如重力、弹力、摩擦力），不画效果力（下滑力、上升力等）



03

力的合成与分解

PART ONE



1. 合力的范围

两个共点力的合力大小的范围： $|F_1 - F_2| \leq F \leq |F_1 + F_2|$ 。

①两个力的大小不变时，其合力随夹角的增大而减小。

②合力的大小不变时，两分力随夹角的增大而增大。

③当两个力反向时，合力最小，为 $|F_1 - F_2|$ ；当两个力同向时，合力最大，为 $F_1 + F_2$ 。

核心提炼

2. 正交分解法的应用及其求合力的方法

①选取正交方向：正交的两个方向可以任意选取，不会影响研究的结果，但如果选择合理，则解题较为方便。

②分别将各力沿正交的两个方向(x轴和y轴)分解。

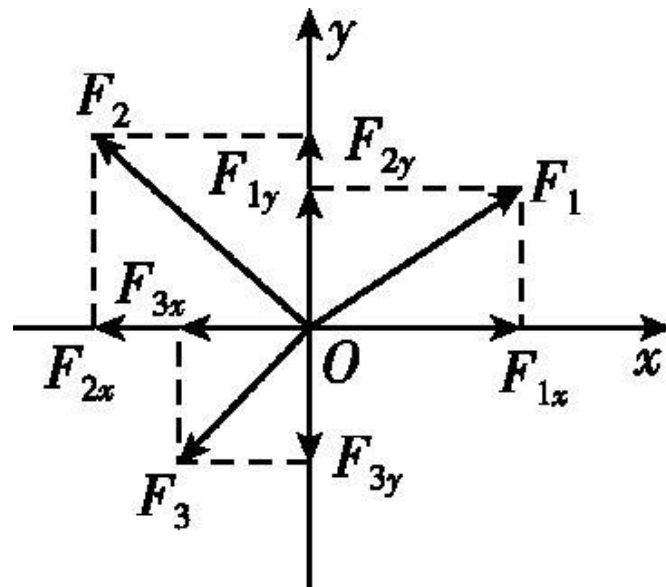
③求分解在x轴和y轴上的各分力的合力 F_x 和 F_y ，则有

$$F_{x合} = F_{x1} + F_{x2} + F_{x3} + \dots$$

$$F_{y合} = F_{y1} + F_{y2} + F_{y3} + \dots$$

④求合力：求 $F_{x合}$ 和 $F_{y合}$ 的合力 $F_{合}$

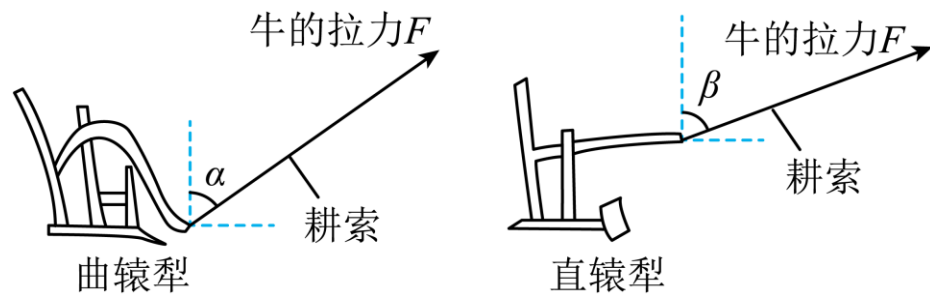
$$\text{大小 } F_{合} = \sqrt{F_{x合}^2 + F_{y合}^2}, \text{ 方向 } \tan\theta = F_{y合} / F_{x合}$$



模拟训练

(2023·全国·模拟题) 唐代耒耜记载了曲辕犁相对直辕犁的优势之一是起土省力，设牛用大小相等的拉力 F 通过耕索分别拉两种犁，与竖直方向的夹角分别为 α 和 β ，如图所示，忽略耕索质量，在耕地过程中，下列说法正确的是（ ）

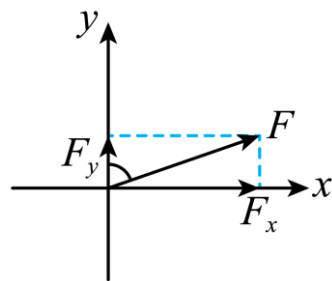
- A. 耕索对曲辕犁拉力的水平分力比对直辕犁的大
- B. 耕索对曲辕犁拉力的竖直分力比对直辕犁的大
- C. 曲辕犁匀速前进时，耕索对犁的拉力小于犁对耕索的拉力
- D. 直辕犁加速前进时，耕索对犁的拉力大于犁对耕索的拉力



模拟训练

【解答】

A、将拉力 F 正交分解如下图所示



则在x方向可得出 $F_{\text{曲}x} = F \sin \alpha$ ， $F_{\text{直}x} = F \sin \beta$ 在y方向可得出 $F_{\text{曲}y} = F \cos \alpha$ ， $F_{\text{直}y} = F \cos \beta$ ，由题知，则 $\alpha < \beta$ ， $\sin \alpha < \sin \beta$ ， $\cos \alpha > \cos \beta$ 则可得到 $F_{\text{曲}x} < F_{\text{直}x}$ ， $F_{\text{曲}y} > F_{\text{直}y}$ ，A错误，B正确；

CD、耕索对犁的拉力与犁对耕索的拉力是一对相互作用力，它们大小相等，方向相反，与物体加速运动还是匀速运动无关，则CD错误。



04

物体的平衡

PART ONE



1. 单物体的平衡条件及推论

①共点力作用下的物体的平衡条件:物体所受的合外力为零,即 $\sum F=0$,若采用正交分解法求解平衡问题,则平衡条件应为: $\sum F_{x\text{合}}=0$, $\sum F_{y\text{合}}=0$

②常用推论

I、若物体受 n 个作用力而处于平衡状态,则其中任意一个力与其余($n-1$)个力的合力大小相等、方向相反.

II、若三个共点力的合力为零,则表示这三个力的有向线段首尾相接组成一个封闭三角形.

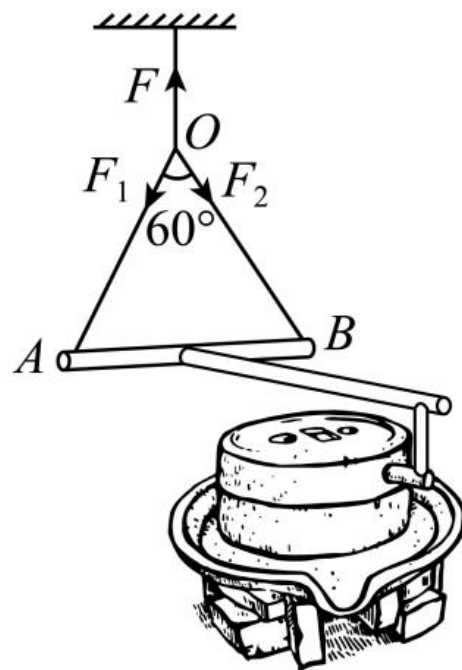
2. 解决平衡问题的常用方法

- ①合成法：物体受三个共点力的作用而平衡，则任意两个力的合力一定与第三个力大小相等，方向相反，常用于非共线三力平衡。
- ②分解法：物体受三个共点力的作用而平衡，将某一个力按力的作用效果分解，则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时，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，即 $F_{x\text{合}}=0$ ， $F_{y\text{合}}=0$ ，常用于多力平衡。
- ④矢量三角形法，把表示三个力的有向线段构成一个闭合的三角形，常用于非特殊角的一般三角形。

真题研析

(2022·广东卷物理) 图是可用于制作豆腐的石磨。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 $\angle AOB = 60^\circ$ 。下列关系式正确的是 ()

- A. $F=F_1$
- B. $F=2F_1$
- C. $F=3F_1$
- D. $F = \sqrt{3}F_1$



真题研析

【解析】解：以O点为研究对象，受力分析如图
由几何关系可知

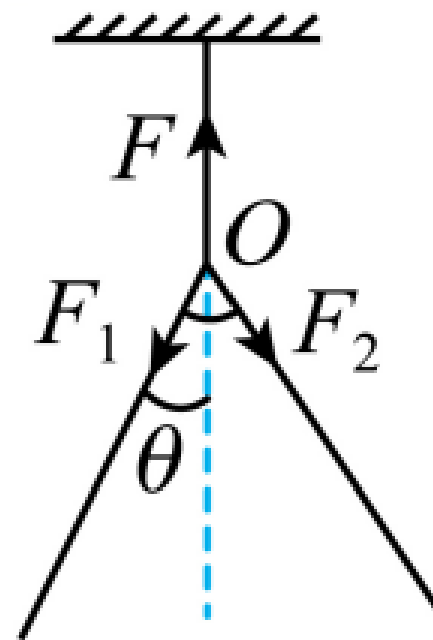
$$\theta = 30^\circ$$

由平衡条件可得

$$\begin{aligned} F_1 \sin 30^\circ &= F_2 \sin 30^\circ \\ F_1 \cos 30^\circ + F_2 \cos 30^\circ &= F \end{aligned}$$

联立可得

$$F = \sqrt{3}F_1$$



3. 多物体的平衡问题

当题目中涉及到两个及两个以上物体时，在选择研究对象的时候可以考虑使用整体法及隔离法

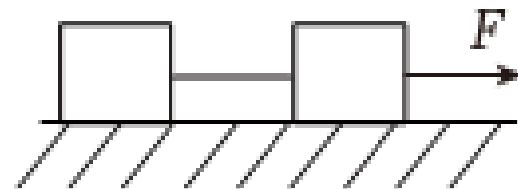
①整体法：在确定研究对象或研究过程时，把（加速度相同的）多个物体看作为一个整体或多个过程看作整个过程的方法；

②隔离法：把单个物体作为研究对象或只研究一个孤立过程的方法

真题研析

(2023·北京卷·6) 如图所示，在光滑水平地面上，两相同物块用细线相连。

两物块质量均为 1kg ，细线能承受的最大拉力为 2N 。若在水平拉力 F 作用下，两物块一起向右做匀加速直线运动。则的最大值为()



A. 1N

B. 2N

C. 4N

D. 5N

【答案】C

【解析】解：设每个物块的质量为 m ，设细线上张力大小为 T ，对两个物块组成的整体，由牛顿第二定律有 $F=(m+m)a$
对左侧物块，由牛顿第二定律有 $T=ma$
又有： $T\leq 2\text{N}$ ，联立各式解得： $F\leq 4\text{N}$
即的最大值为 4N ，故ABD错误，C正确。

4. 动态平衡问题

动态平衡是指研究对象的某些参量在变化，如速度、受力状态等，但是非常缓慢，可以看成平衡状态，因此题目中有关键词「缓慢」、「轻轻地」等。

5. 动态平衡的解法

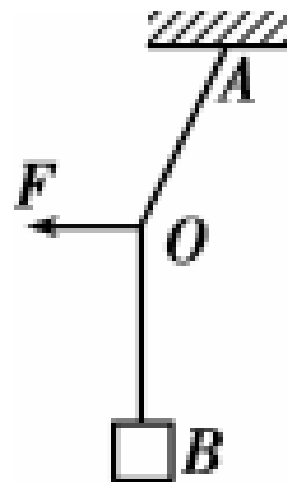
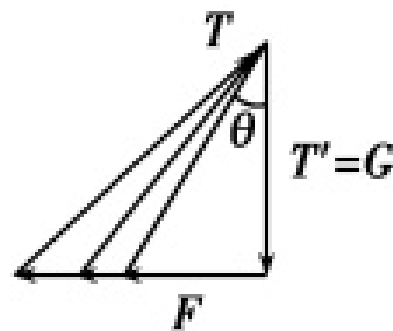
①图解法：用图解法分析物体动态平衡问题时，一般物体只受三个力作用，且有两个不变量，即其中一个力大小、方向均不变. 另一个力的方向不变或另两个力的夹角不变

步骤：

I、对研究的对象进行受力分析

II、画出受力分析的平行四边形或者头尾相连的三角形

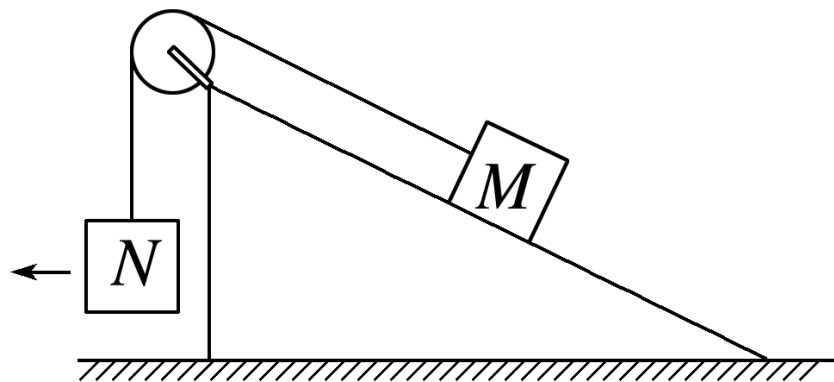
III、找出一个大小方向都不变的力，找出一个方向不变的力，结合平行四边形各边或者角度的变化确定力的大小及方向的变化情况



真题研析

(2019 · 全国卷 I · 19) (多选) 如图, 一粗糙斜面固定在地面上, 斜面顶端装有一光滑定滑轮. 一细绳跨过滑轮, 其一端悬挂物块N, 另一端与斜面上的物块M相连, 系统处于静止状态. 现用水平向左的拉力缓慢拉动N, 直至悬挂N的细绳与竖直方向成 45° . 已知M始终保持静止, 则在此过程中()

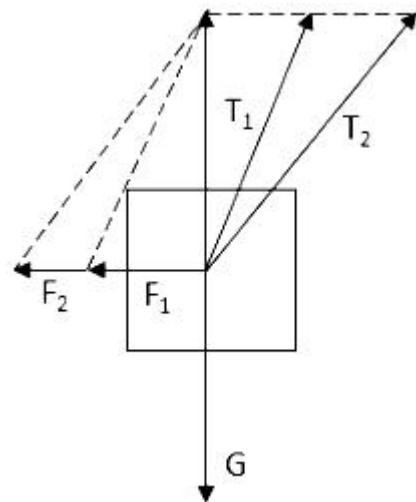
- A. 水平拉力的大小可能保持不变
- B. M所受细绳的拉力大小一定一直增加
- C. M所受斜面的摩擦力大小一定一直增加
- D. M所受斜面的摩擦力大小可能先减小后增加



真题研析

【答案】BD

【解析】对N进行受力分析如图所示，从图中可以看出水平拉力的大小逐渐增大，细绳的拉力也一直增大，选项A错误，B正确；对M进行受力分析，因为绳子的拉力不断增大，物体在斜面方向受到重力的沿斜面的分力保持不变，因为物体平衡，故当拉力小于重力分力时，摩擦力沿斜面向上，当拉力大于重力分力时，摩擦力沿斜面向下。摩擦力大小可能经历先减小后增大的过程。故选项C错误，D正确。



6. 动态平衡的解法

②相似三角形法的适用情况:对于两个力的方向都在变化的情况,通过相似,转移力三角形到结构三角形中求解

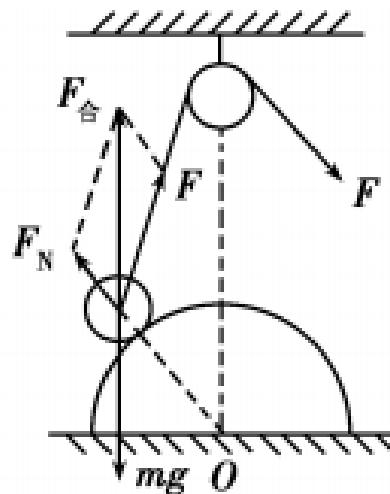
步骤:

I、对物体受力分析

II、若处于平衡状态且受三个力,构成首尾相接的力学三角形

III、寻找与力学三角形相似的几何三角形

IV、根据几何三角形长度及夹角的变化判断力的大小和方向的变化



6. 动态平衡的解法

③解析法：对研究对象进行受力分析，画出受力示意图，根据物体的平衡条件列方程，得到因变量与自变量的函数表达式(通常为三角函数关系)，最后根据自变量的变化确定因变量的变化。

6. 动态平衡问题下的极值问题

①用力的矢量三角形分析力的最小值问题的规律：

I、若已知 $F_{\text{合}}$ 的方向、大小及一个分力 F_1 的方向,则另一个分力 F_2 取最小值的条件为 $F_2 \perp F_1$;

II、若已知 $F_{\text{合}}$ 的方向及一个分力 F_1 的大小、方向,则另一个分力 F_2 取最小值的条件为 $F_2 \perp F_{\text{合}}$.

②数学分析法:通过对问题的分析,依据物体的平衡条件写出物理量之间的函数关系(画出函数图像),用数学方法求极值(如求二次函数极值、三角函数极值).