

国家级名校名师

根据现行《新课标》与《考试大纲》编著



《名师精解》丛书主编 赵冠雄

名师精解

高考总复习

2008 Physics 物理

- ★ 精雕细琢
- ★ 四川特色
- ★ 一览众山小
- ★ 高考任我行



目 录

第一部分 一览众山小

第一章 力 物体的平衡	(1)	第八章 分子动理论 能量守恒 气体	(113)
第一单元 力的概念 力学中三种常见的力	(1)	第一单元 分子动理论	(113)
第二单元 力的合成和分解	(6)	第二单元 能量守恒定律	(115)
第三单元 共点力作用下物体的平衡	(10)	第三单元 气体状态参量	(117)
实战演练 A	(17)	实战演练 A	(119)
实战演练 B	(18)	实战演练 B	(120)
第二章 直线运动	(20)	第九章 电场	(122)
第一单元 描述物体运动的基本概念	(20)	第一单元 库仑定律 电场强度	(122)
第二单元 匀变速直线运动规律及应用	(23)	第二单元 电势差和电势 电势能 静电屏蔽	(127)
第三单元 运动图像的研究	(29)	第三单元 电容器 带电粒子在电场中的运动	(132)
实战演练 A	(32)	实战演练 A	(138)
实战演练 B	(33)	实战演练 B	(140)
第三章 牛顿运动定律	(35)	第十章 恒定电流	(142)
第一单元 牛顿运动定律	(35)	第一单元 部分电路欧姆定律 电阻定律	(142)
第二单元 牛顿运动定律的应用	(40)	第二单元 闭合电路欧姆定律	(146)
实战演练 A	(48)	第三单元 电阻的测量	(151)
实战演练 B	(49)	实战演练 A	(155)
第四章 曲线运动 万有引力	(52)	实战演练 B	(156)
第一单元 曲线运动、运动的合成与分解	(52)	第十一章 磁场	(159)
第二单元 平抛运动	(55)	第一单元 描述磁场的物理量	(159)
第三单元 匀速圆周运动	(58)	第二单元 磁场对运动电荷的作用	(164)
第四单元 万有引力定律	(63)	第三单元 带电在复合场中的运动	(168)
实战演练 A	(67)	实战演练 A	(173)
实战演练 B	(69)	实战演练 B	(175)
第五章 机械能	(70)	第十二章 电磁感应	(178)
第一单元 功 功率	(70)	第一单元 感应电流的产生及方向的判断	(178)
第二单元 动能定理	(74)	第二单元 法拉第电磁感应定律及其应用	(182)
第三单元 机械能守恒定律	(78)	实战演练 A	(188)
实战演练 A	(82)	实战演练 B	(191)
实战演练 B	(83)	第十三章 交变电流	(194)
第六章 动量	(85)	第一单元 交变电流的产生	(194)
第一单元 动量 冲量 动量定理	(85)	第二单元 变压器、远距离输电	(197)
第二单元 动量守恒定律	(89)	第三单元 电磁振荡、电磁波	(200)
第三单元 动量与能量的综合运用	(93)	实战演练 A	(202)
实战演练 A	(97)	实战演练 B	(204)
实战演练 B	(98)	第十四章 光的反射和折射	(206)
第七章 机械振动和机械波	(100)		



第一单元 光的直线传播,光的反射	(206)
第二单元 光的折射、全反射、色散	(209)
实战演练 A	(215)
实战演练 B	(216)
第十五章 光的本性、原子物理	(218)
第一单元 光的本性	(218)
第二单元 原子物理	(224)
实战演练 A	(229)
实战演练 B	(230)
第十六章 实验	(233)
实验一 长度的测量	(233)
实验二 研究匀变速直线运动	(234)
实验三 探究弹力和弹簧伸长的关系	(236)
实验四 验证力的平等四边形定则	(237)
实验五 研究平抛物体的运动	(239)
实验六 验证动量守恒定律	(240)
实验七 验证机械能守恒定律	(242)
实验八 用单摆测定重力加速度	(244)
实验九 用油膜法估测分子的大小	(245)
实验十 用描迹法画出电场中平面上的等势线	(246)

实验十一 描绘灯泡的伏安特性曲线	(248)
实验十二 测定金属的电阻率	(249)
实验十三 把电流表改装成电压表	(250)
实验十四 测电池的电动势和内电阻	(252)
实验十五 用多用表探索黑箱内的电学元件	(253)
实验十六 练习使用示波器	(254)
实验十七 传感器的简单应用	(256)
实验十八 测定玻璃的折射率	(258)
实验十九 用双缝干涉测光的波长	(259)

第二部分 异想天开

专题一 由交通工具联想到·····	(261)
专题二 由高考信息题联想到·····	(263)

第三部分 高考任我行

专题一 怎样解选择题	(267)
专题二 怎样解综合计算题	(270)
参考答案	(273)





第一部分

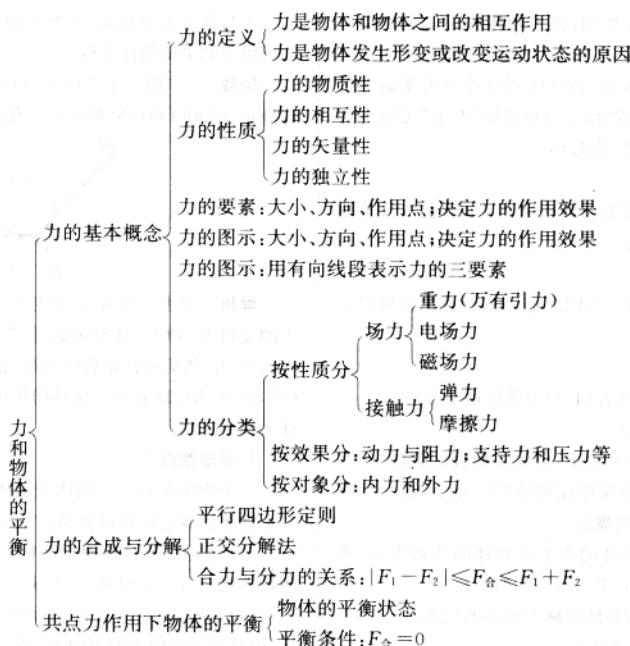


一览众山小

第一章 力 物体的平衡



知识网络



第一单元

力的概念

力学中三种常见的力



基础知识梳理

一、力

1. 定义

力是物体对物体的作用.

说明 定义中的物体指受力(施力)物体,定义中的作用指作用力(反作用力).

2. 力的性质

- ①力的物质性:力不能离开物体而独立存在.
- ②力的相互性:力的作用是相互的.
- ③力的矢量性:力为矢量,既有大小,又有方向.
- ④力的独立性:一个力作用于某个物体上产生的效果,与这个物体是否同时受到其他力的作用无关.

3. 力的分类

- ①按力的性质分:重力、弹力、摩擦力、分子力、电磁力、核力等.
- ②按力的效果分:动力、阻力、压力、拉力、支持力、浮力、向心力、回复力等.
- ③按研究对象分:内力和外力.

4. 力的作用效果

使物体发生形变或使物体的运动状态发生改变即产生加速度。

5. 力的图示

用一根带箭头的线段来表示力的大小、方向、作用点的方法就是力的图示。(如图 1-1-1 所示)

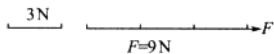


图 1-1-1

例释 1 关于力的叙述正确的是 ()

- A. 只有互相接触的物体间才有力的作用
- B. 物体受到力的作用, 运动状态一定改变
- C. 施力物体一定受力的作用
- D. 竖直向上抛出的物体, 物体竖直上升, 是因为竖直方向受到升力的作用

解析 力是物体间的相互作用, 施力物体同时一定是受力物体, 一定受到力的作用, 所以 C 正确; 力作用的两个物体不一定互相接触, 如电磁力, 所以 A 错; 物体受到合外力为零运动状态不变, 所以 B 错; 对竖直上抛物体受力分析知“升力”无施力物体, 所以升力不存在, 所以 D 错。故选 C。

二、重力

重力是由于地球对物体的吸引而引起的力, 但重力只是地球对物体万有引力的一个分力。

1. 重力的大小

重力大小 $G=mg$, 由 m 与 g 共同决定, g 在地面附近可以看作是常数, 通常等于 9.8 N/kg 。

2. 重力的方向

总是竖直向下的, 即铅垂线方向、自由落体运动方向。

3. 重力的作用点——重心

重力总是作用在物体的各个点上, 但为了研究问题的方便, 我们认为一个物体的重力集中作用在物体的一点上, 这一点称为物体的重心, 重心是一个等效概念。

①质星分布均匀的规则物体的重心在物体的几何中心, 质量分布不均匀的规则物体, 重心不一定在几何中心上。

②不规则物体的重心可用悬线法确定重心的位置。

例释 2 关于重心的正确说法是 ()

- A. 重心就是物体的中心
- B. 重心的位置随物体的形状变化而变化
- C. 重心的位置随物体的位置变化而变化
- D. 均匀木球的重心在球心, 挖去球心部分, 木球就没有重心

解析 物体的重心位置不仅与物体的形状有关, 而且还与质量的分布情况有关, 质量分布均匀的球体的重心在球心, 而质量分布不均匀的球体重心位置则不一定在球心, 当然也可以认为重心位于几何中心的物体的质量分布是均匀的, 只要质量的分布均匀, 则其重心也可能在几何中心, 对于一个给定的物体, 其质量分布与形状都是确定的, 因而其重心在物体中的位置是确定, 当物体的形状发生变化时, 其重心的位置一般来说也要发生变化, 所以 B 正确。

三、弹力

发生形变的物体, 且有恢复的趋势, 对跟它接触的物体会产

生力的作用, 这种力叫作弹力。

1. 弹力产生的条件

①物体直接相互接触; ②物体接触面上发生形变且有恢复的趋势。

2. 弹力的方向

总是跟物体恢复形变的方向相同。

①一般情况: 凡是支持物对物体的支持力, 都是支持物因发生形变而对物体产生的弹力; 支持力的方向总是垂直于支持面并指向被支持的物体。

②一般情况: 凡是一根细线(或轻绳)对物体的拉力, 都是这根细线(或轻绳)因为发生形变而对物体产生的弹力; 拉力的方向总是沿线(或绳)指向线收缩的方向。

③弹力方向的特点: 由于弹力的方向跟接触面垂直, 面面接触、点面接触时弹力的方向都是垂直于接触面的。

3. 弹力的大小

- ①与形变大小有关, 在弹性限度之内, 弹簧的弹力 $F=kx$ 。
- ②可由力的平衡条件求得。

例释 3 如图 1-1-2 所示, 斜面 MO 和水平面 ON 都光滑, 球静止, 问 MO 和 ON 对球是否有弹力?

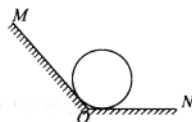


图 1-1-2

解析 球由于受重力, 必与 ON 挤压, 故 ON 对球有竖直向上的支持力, MO 与球有接触, 但难以从是否发生了形变来判断有无弹力, 我们往往用假设法判断: 假设 OM 对有弹力, 则垂直于 OM , 该弹力使球有向右运动的作用效果, 而不能静止, 故 OM 对球无弹力作用。

4. 滑动摩擦力

一个物体在另一个物体表面上存在相对滑动时, 要受到另一个物体阻碍它们相对滑动的力, 这种力叫作滑动摩擦力。

(1)产生条件: ①接触面粗糙; ②两物体接触面上有压力; ③两物体之间有相对滑动。三者缺一不可。

(2)方向: 一定沿着接触面的切线方向与相对运动方向相反, 但是滑动摩擦力的方向不一定总是与运动方向相反, 也可以与运动方向相同。

(3)大小: 与正压力成正比, 即 $F_f = \mu F_N$, 其中 μ 叫动摩擦因数, 它的大小只与接触面的材料和粗糙程度有关, 与正压力的大小无关、与速度无关、与接触面积大小无关。

5. 静摩擦力

当一个物体在另一个物体表面上有相对运动趋势时, 沿接触面所受到的另一个物体对它的阻碍相对运动趋势的力, 叫作静摩擦力。

(1)产生条件: ①接触面粗糙; ②两物体接触面上有压力; ③两物体之间有相对运动的趋势。三者缺一不可。

(2)方向: 一定沿着接触面的切线方向且与相对运动趋势方向相反。

(3)大小: 由受力物体所处的运动状态, 根据平衡条件或牛顿第二定律来计算, 琢磨摩擦力的产生需要正压力, 但是静摩擦力

的大小不与正压力成正比。

注意 静摩擦力并非只产生在静止的物体之间,运动的物体之间只要有相对运动趋势而无相对运动,也会产生静摩擦力。

例释 4 如图 1-1-3 所示,物体 B 叠放在 A 上,物体 A 置于地面上,若在物体 A 上施一力 F ,分析以下两种情况下,物体 A 和物体 B 所受的摩擦力。

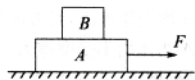


图 1-1-3

(1) A、B 在地面上保持静止;

(2) A、B 在地面上一起匀速运动。

解析 (1) A 对 B 无摩擦力作用,因为 A、B 两物体都相对静止,它们之间没有相对运动趋势,也就不存在摩擦力。

由于 A 受力 F 的作用,所以 A 相对地面有运动趋势,地面对 A 有摩擦力作用,摩擦力大小与外力 F 相等,方向与 F 相反。

(2) 若 A、B 一起匀速运动,A、B 间也不存在相对运动趋势,所以静摩擦力也不存在,但地面对 A 有滑动摩擦力的作用,其方向与 F 相反。根据二力平衡条件可知,A 所受的滑动摩擦力的大小也与 F 相等。

引申思考题:若 A、B 一起向右加速运动呢?



典型题型

题型一 对力的理解

例 1 (2004·黄冈)下列关于力的说法中,正确的是()

A. 只有相互接触的两物体之间才会产生力的作用

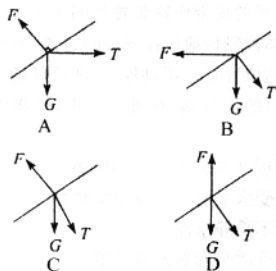
B. 力是不能离开物体而独立存在的,一个力既有施力物体,又有受力物体

C. 一个物体先对别的物体施加力后,才能受到反作用力

D. 物体的施力和受力是同时的

解析 力是物体间的相互作用,不一定发生在直接接触的物体间,直接接触而发生的作用叫接触力,如弹力、摩擦力;通过场发生的作用叫场力,如重力、电场力、磁场力等。物体的施力和受力不分先后,总是同时的。正确答案为 B、D。

例 2 (2005·湖北省联考)“阶下儿童仰面时,清明妆点正堪宜。游丝一断浑无力,莫向东风怨别离。”这是《红楼梦》中咏风筝的诗,风筝在风力 F 、线的拉力 T 以及重力 G 的作用下,能够高高地飞在蓝天上。关于风筝在空中受力可能正确的是()



解析 物体受三个力作用而平衡时,这三个力的合力必为零,对照选项,只有 A 项可能正确。

答案 A

题型二 弹力是否存在判断及计算

对于形变明显的(如弹簧)可由形变直接判断,形变不明显的通常用下面三种方法:

方法一 “假设法”分析物体间的弹力

欲分析一物体的某一接触处是否有弹力作用,可先假设没有所接触的物体,看看被研究的物体有怎样的运动趋势:

(1) 若被研究的物体倒向原接触物的一边,则两者之间有挤压的弹力,它们之间的弹力方向必与接触面(或接触点的切面)垂直,且指向受力物体的内部。

(2) 若被研究的物体倒向远离接触物一边,则两者之间只可能产生拉伸的弹力,倘若仅是物体与细绳连接,它们之间的弹力方向必定沿绳指向各自的外部。

(3) 若被研究的物体仍不动,则两者之间无弹力。

例 1 如图 1-1-4 所示,已知小球静止,甲中的细线竖直,乙中的细线倾斜,试判断图中小球所受弹力的方向。

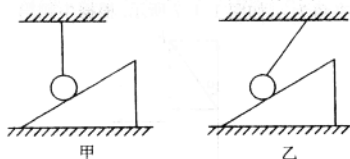


图 1-1-4

解析 小球除受重力外,还受其他力的作用,甲、乙两图中均可采用“假设法”分析:在两图中,若去掉细线,则小球将下滑,故两线细中均有沿线方向的拉力;在甲图中若去掉斜面体,小球仍能在原位保持静止状态;在乙图中若去掉斜面体,则小球不会在原位静止。

答案 甲图中小球受细绳向上的拉力;乙图中小球受细线斜向上的拉力和垂直斜面的弹力。

方法二 “替换法”分析物体间的弹力

用强绳替换装置中的杆件,看能不能维持原来的力学状态,如果能维持,则说明这个杆提供的是拉力。否则,提供的是支持力。

例 2 在如图 1-1-5 甲所示装置中分析 AB、AC 杆对 A 点的弹力的方向,不计 AB、AC 的重力。

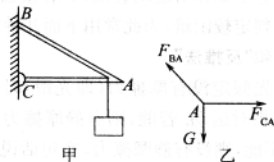


图 1-1-5

解析 用绳替换 AB,原装置状态不变,说明 AB 对 A 施加的是拉力;用绳替换 AC,原状态不能维持,说明 AC 对 A 施加的是支持力。

答案 如图 1-1-5 乙所示

方法三 根据“物体的运动状态”分析弹力

由运动状态分析弹力,即物体的受力必须与物体的运动状态相符合,依据物体的运动状态,由二力平衡(或牛顿第二定律)列方程,求解物体间的弹力。

例3 如图1-1-6所示,固定在小车上的支架的斜杆与竖直杆的夹角为 θ ,在斜杆下端固定有质量为 m 的小球,下列关于杆对球的作用力 F 的判断中,正确的是 ()

- A. 小车静止时, $F=mg \cos \theta$,方向沿杆向上
 B. 小车静止时, $F=mg \cos \theta$,方向垂直杆向上
 C. 小车以向右的加速度 a 运动时,一定有 $F=ma/\sin \theta$
 D. 小车以向左的加速度 a 运动时, $F=\sqrt{(ma)^2+(mg)^2}$,方向斜向左上方,与竖直方向的夹角为 $\alpha=\arctan(a/g)$



图1-1-6

解析 小车静止时,由物体的平衡条件知此时杆对球的作用力方向竖直向上,且大小等于球的重力 mg .

小车以向右的加速度 a 运动,设小球受杆的作用力方向与竖直方向的夹角为 α ,如图1-1-7所示.根据牛顿第二定律有:

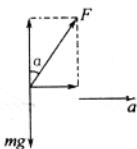


图1-1-7

$$F \sin \alpha = ma, F \cos \alpha = mg,$$

$$\text{两式相除可得, } \tan \alpha = a/g.$$

只有当球的加速度 $a=g \tan \theta$ 时,杆对球的作用力才沿杆的方向,此时才有 $F=ma/\sin \theta$. 小车以向左的加速度 a 运动,根据牛顿第二定律知小球所受重力 mg 和杆对球的作用力 F 的合力大小为 ma ,方向水平向左.根据力的合成知三力构成如图1-1-8所示的矢量三角形, $F=\sqrt{(ma)^2+(mg)^2}$.方向斜向左上方,与竖直方向的夹角 $\alpha=\arctan(ma/mg)=\arctan(a/g)$.正确答案为D.

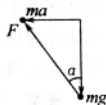


图1-1-8

题型三 静摩擦力方向的判定及计算

相对运动趋势不如相对运动直观,具有很强的隐蔽性,所以静摩擦力的方向判定较困难,为此常用下面几种方法判断:

1. “假设法”和“反推法”

假设法 即先假定没有摩擦力(即光滑)时,看相对静止的物体间能否发生相对运动.若能,则有静摩擦力,方向与相对运动方向相反;若不能,则没有静摩擦力,换句话说,静摩擦力的存在是为了使两物体相对静止,若没有它,两物体也相对静止,就没有静摩擦力.

反推法 是从研究物体表现出的运动状态这个结果反推出它必须具有的条件,分析组成条件的相关因素中摩擦力所起的作用,就容易判断摩擦力的方向了.

例1 如图1-1-9所示,物体A、B在力 F 作用下一起以相同速度沿 F 方向匀速运动.关于物体A所受的摩擦力,下列说法正确的是 ()

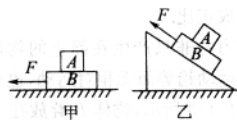


图1-1-9

- A. 甲、乙两图中A均受摩擦力,且方向均与 F 相同
 B. 甲、乙两图中A均受摩擦力,且方向均与 F 相反
 C. 甲、乙两图中A物体均不受摩擦力
 D. 甲图中A不受摩擦力,乙图中A受摩擦力,方向和 F 相同

解析 用假设法分析:甲图中A受摩擦力,方向和 F 相同匀速运动在水平方向受力为零不符,所以A不受摩擦力,乙图中,假设A不受摩擦力,A将相对B沿斜面向下运动,从而A受沿 F 方向的摩擦力,正确答案应选D.

答案 D

2. 根据物体的运动状态,用牛顿第二定律来判断

此法关键是先判明物体的运动状态(即加速度方向),再利用牛顿第二定律($F=ma$)确定合力;然后受力分析确定静摩擦力的大小及方向.

例2 如图1-1-10甲中,物体B叠放在物体A上,水平地面光滑,外力 F 作用于物体A上,使它们一起运动,试分析两物体受到的静摩擦力的方向.

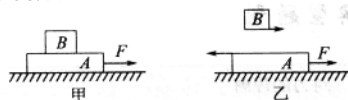


图1-1-10

解析 假设没有摩擦力,当 F 使物体A向右加速时,物体B将保持原来的运动状态(静止),经一小段时间后它们的相对位置将发生变化,如图1-1-10乙,所以物体B相对A发生了向左的运动,即物体B相对A有向左运动的趋势,所以A对B的静摩擦向右(与B的实际运动方向相同).同理A相对于B有向右运动的趋势,A受到B对它的摩擦力应是向左(与A的实际运动方向).

3. 利用牛顿第三定律(即作用力与反作用力的关系)来判断

此法关键是抓住“力是成对出现的”,先确定受力较少的物体受到的静摩擦力方向,再确定另一物体受到的静摩擦力.

例3 中,因B随A一起向右加速,故B受合力一定向右,而B在水平方向只受摩擦力的作用力,所以B受摩擦力一定向右.由作用力与反作用力的关系知A受到B的摩擦力向左.

拓展一 水平的皮带传输装置如图1-1-11所示,皮带的速度保持不变,物体被轻轻地放在皮带的A端,开始是物体在皮带上滑动,当它到达位置C后滑动停止,随后就随皮带一起匀速运动,直至传送到目的地B端,在此过程中,该物体受摩擦力情况是 ()

- A. 在AC段受水平向左的滑动摩擦力
 B. 在AC段受水平向右的滑动摩擦力
 C. 在CB段不受静摩擦力
 D. 在CB段受水平向右的静摩擦力

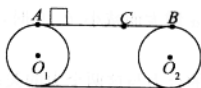


图 1-1-11

解析 选项 A 把“滑动摩擦力总是阻碍物体间的相对运动”误解为“总是阻碍物体运动”；选项 D 没有从静摩擦力产生的条件入手分析物体是否受一静摩擦力，而是凭生活经验臆断物体受一静摩擦力，以为物体向右的运动需要力来维持。A、D 都是因为对摩擦力的概念理解不深造成的。所以，正确答案是 B、C。

点评 判断滑动摩擦力时，首先要选取研究对象（受滑动摩擦力作用的物体），并选定与其接触的物体为参照物；其次确定研究对象相对参照物的速度方向；最后判定滑动摩擦力的方向（与相对速度的方向相反）。

拓展二 把一重为 G 的物体用一个水平的推力 $F = kt$ (k 为恒量， t 为时间) 压在竖直的足够高的平整的墙上 (图 1-1-12)，从 $t = 0$ 开始物体所受的摩擦力 F_f 随 t 的变化关系是图 1-1-13 中的哪一个？

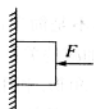


图 1-1-12

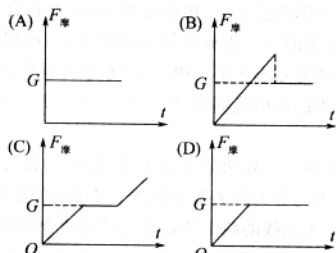


图 1-1-13

解析 当墙壁对物体的摩擦力 $F_f < G$ 时，物体加速下滑；当 F_f 增大到等于 G 时，物体下滑的加速度为零，速度达到最大值； $F_f > G$ 时，物体减速下滑。在上述过程中，物体受到的摩擦力都是滑动摩擦力，其大小为： $F_f = \mu F_N = \mu F = \mu kt$ 。

由此可见，在上述物理过程中 F_f 正比于 t ， $F_f - t$ 图像是一段过原点的直线。

当物体的速度减小为零后，物体静止，物体受的摩擦力是静摩擦力，根据平衡条件可知，静摩擦力的大小 $F_f = G$ 。可见静止后的图像是平行于 t 轴的直线。

综合上所述，正确的 $F_f - t$ 图像是 B。

D. 物体受到的重力只与地理纬度及离地面高度有关，与物体是否运动无关

3. 一物体静止在斜面上时，正确表示斜面对物体的作用力 F 的方向的是图 1-1-14 中的：

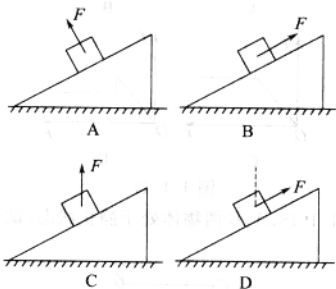


图 1-1-14

4. 用一个水平力堆放在地面上的木箱，但没有推动，则下列判断正确的是：

- A. 水平推力小于木箱受到的摩擦力
- B. 木箱相对于地面的运动趋势方向与水平推力方向相同
- C. 摩擦力与木箱对地面的压力成正比
- D. 水平推力等于木箱受到的摩擦力

5. (2002·江苏省文理大综合) 如图 1-1-15 所示，物体 a 、 b 和 c 叠放在水平桌面上，水平力 $F_b = 5 \text{ N}$ 、 $F_c = 10 \text{ N}$ 分别和用于物质 b 、 c 上， a 、 b 和 c 仍保持静止。以 f_1 、 f_2 、 f_3 分别表示 a 与 b 、 b 与 c 、 c 与桌面间的静摩擦力的大小，则：

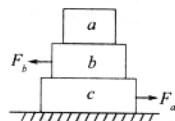


图 1-1-15

- A. $f_1 = 5 \text{ N}$ ， $f_2 = 0$ ， $f_3 = 5 \text{ N}$
- B. $f_1 = 5 \text{ N}$ ， $f_2 = 5 \text{ N}$ ， $f_3 = 0$
- C. $f_1 = 0$ ， $f_2 = 5 \text{ N}$ ， $f_3 = 5 \text{ N}$
- D. $f_1 = 0$ ， $f_2 = 10 \text{ N}$ ， $f_3 = 5 \text{ N}$

6. 如图 1-1-16 所示，重力为 20 N 的物本在动摩擦因数为 0.1 的水平面上向左运动，同时受到大小为 10 N ，方向向右的水平力 F 的作用，则物体所受摩擦力的大小和方向是：

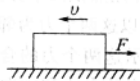


图 1-1-16

- A. 2 N 向左
- B. 2 N 向右
- C. 10 N 向左
- D. 12 N 向右

7. 在水平面上放一木块，当受到一个逐渐增大的水平拉力后，木块所受到摩擦力 f 跟水平拉力 F 之间的关系，如图 1-1-17 中哪一幅所示：

针对训练

1. 关于力，下列说法正确的是：

- A. 力是物体运动的原因
- B. 物体相互作用时，先产生作用力、后产生反作用力
- C. 抛出的石块在空中飞行时受到重力、阻力和向前的推力
- D. 力是使物体发生形变、改变运动状态的原因

2. 关于重力，下列说法中正确的是：

- A. 地球上的物体只是静止时才受重力的作用
- B. 物体只有在落向地面时才受重力
- C. 重心是物体所受重力的作用点，所以重心总是在物体上，不可能在物体外

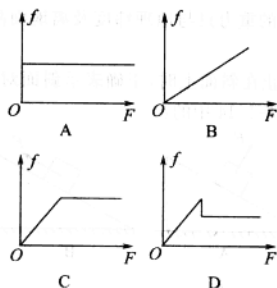


图 1-1-17

8. 如图 1-1-18, A、B 两物体处于静止状态, 试分析物体 A 的受力情况。

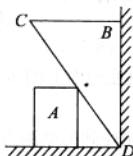


图 1-1-18

第二单元

力的合成和分解



基础知识梳理

一、合力和分力

几个力同时作用的效果与某一个边单独作用的效果相同, 这一个力为那几个力的合力, 那几个力为这一个力的分力。

合力和它的分力是力的效果上的一种等效替代关系, 而不是力的本质上的替代。

二、两个互成角度力的平行四边形定则

(1) 作图法: 从力的作用点依两个分力的作用方向按同一标度作出两个分力 F_1 、 F_2 , 以这两个力为邻边作一个平行四边形, 这两个力所夹对角线表示这两个力的合力。通常可分别用刻度尺和量角器直接量出合力的大小和方向。作图法应注意在一幅图上的各力都必须采用同一标度, 且分力和合力的比例要适当。虚线、实线要分清, 作图法简单、直观, 但不够精确。

(2) 解析法: 根据力的平行四边形定则作出力的合成的图示 (如图 1-2-1)。

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\alpha}$$

它与 F_2 的夹角为 θ

$$\tan\theta = \frac{F_1\sin\alpha}{F_2 + F_1\cos\alpha}$$

合力 F 的大小变化范围为

$$|F_1 - F_2| \leq F \leq F_1 + F_2$$

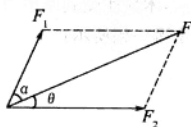


图 1-2-1

F 随两力间夹角 α 增大而减小。当 $\theta=0$ 时, 取最大值, $\theta=\pi$ 时, 取最小值。

例释 1 两个力的合力与这两个力的关系, 下列说法中正确的是 ()

- A. 合力比这两个力都大
- B. 合力至少比两个力中较小的力要大
- C. 合力可能比这两个力都小
- D. 合力可能比这两个力都大

解析 (1) 公式法: 由合力公式

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\theta}$$

① 当 $\theta=0^\circ$ 时, $F = F_1 + F_2$ 。

② 当 $\theta=180^\circ$ 时, $F = |F_1 - F_2|$ 。

③ 当 $\theta=90^\circ$ 时, $F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$ 。

④ 当 $\theta=120^\circ$ 时, 且 $F_1 = F_2$ 时, $F = F_1 = F_2$ 。由上述讨论可知, 合力可能比任一个分力都大, 如①③情况; 也可能比任何一个分力都小, 如②情况; 也可能等于每一个分力, 如④情况。

(2) 图像法: 由三角形定则知, 分力和合力的关系实际上就是三角形的一个边和其他两边的关系。根据两边之和大于第三边, 两边之差小于第三边, 同时考虑到两个分力同向或反向的情况, 合力的取值范围为 $|F_1 - F_2| \leq F \leq F_1 + F_2$, 因此正确答案为 C、D。

点评 ①要切记力是矢量, 它的合成与分解不是简单的加减, 合力与分力的关系不是两个灵敏的代数与与加减的关系。

②不共线的两个共点力与它们的合向量构成三角形。利用正、余弦定理, 三角形的几何知识来分析相关问题, 直观、简捷。

三、分解力的方法

两个分力的合力唯一确定, 一个力的两个分力不是唯一的。要确定一个力的两个分力, 一定要有定解条件。

(1) 按力产生的效果进行分解。

(2) 按问题的需要进和分解。

具体问题的定解条件有:

① 已确定两个分力的大小, 可求分力的方向。

② 已确定两个分力的方向, 可求分力的大小。

③ 已确定一个分力的大小和方向, 可求另一个分力的大小和方向。

④ 已确定一个分力的大小和另一个分力的方向, 可求得一个分力的方向和另一个分力的大小。

四、正交分解法

这是求多个力的合力常用的方法。根据平行四边形定则, 则每一个力都分解到相互垂直的两个方向上, 分别求这两个方向上的力的代数和 F_x 、 F_y , 然后再求合力 $F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$ 。

例释 2 (2000·上海) 水平横梁的一端 A 插在墙壁内, 另一端装有一个小滑轮 B。一轻绳的一端 C 固定于墙壁上, 另一端跨过滑轮后悬挂一质量 $m=10\text{ kg}$ 的重物, $\angle CBA=30^\circ$, 如图 1-2-2 所示, 则滑轮受到绳子的作用力为 ($g=10\text{ m/s}^2$)

- A. 50 N
- B. $20\sqrt{3}\text{ N}$
- C. 100 N
- D. $100\sqrt{3}\text{ N}$

解析 滑轮受到绳子的作用力应为图 1-2-3 中两段绳中拉力 F_1 和 F_2 的合力, 因同一根绳张力处处相等, 都等于物体的重

量,即 $F_1 = F_2 = G = mg = 100 \text{ N}$. 用平行四边形定则作图,可右合力 $F = 100 \text{ N}$, 所以滑轮受绳的作用力为 100 N 方向与水平方向成 30° 斜向下, 正确答案为 C.

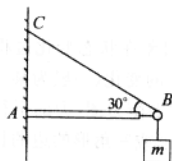


图 1-2-2

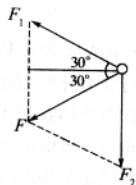


图 1-2-3

引申思考题 A 点改为转轴后, 如何?

例释 3 (预测题) 如图 1-2-4 用绳 AC 和 BC 吊起一个重 113 N 的物体, 两绳 AC、BC 与竖直方向的夹角分别为 30° 和 45° , 求: 绳 AC 和 BC 对物体的拉力.

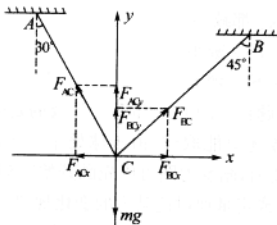


图 1-2-4

解析 此题可以用平行四边形定则求解, 但因其夹角不是特殊角, 计算麻烦, 如果改用正交分解法则简便得多.

以 C 为原点作直角坐标系, 设 x 轴水平, y 轴竖直, 在图上标出 F_{AC} 和 F_{BC} 在 x 轴和 y 轴上的分力, 即:

$$F_{ACx} = F_{AC} \sin 30^\circ = \frac{1}{2} F_{AC},$$

$$F_{ACy} = F_{AC} \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} F_{AC},$$

$$F_{BCx} = F_{BC} \sin 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2} F_{BC},$$

$$F_{BCy} = F_{BC} \cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2} F_{BC}.$$

$$\text{在 } x \text{ 轴上, } F_{ACx} \text{ 与 } F_{BCx} \text{ 大小相等, 即 } \frac{1}{2} F_{AC} = \frac{\sqrt{2}}{2} F_{BC}. \quad (1)$$

$$\text{在 } y \text{ 轴上, } F_{ACy} \text{ 与 } F_{BCy} \text{ 的合力与重力相等, 即 } \frac{\sqrt{3}}{2} F_{AC} + \frac{\sqrt{2}}{2} F_{BC} = 113 \text{ N}. \quad (2)$$

$$\text{解①②得绳 BC 的拉力 } F_{BC} = \frac{113(\sqrt{6}-\sqrt{2})}{2} \text{ N},$$

$$F_{AC} = 113(\sqrt{3}-1) \text{ N}.$$



典型题

题型一 用矢量合成法则求合力和分力

例 1 (2003·昆明模拟) 如图 1-2-5 有五个力作用于同一点 O, 表示这五个力的有向线段分别构成一个正六边形的两邻边的三条对角线. 已知 $F_1 = 10 \text{ N}$, 则这五个力的合力大小为 _____ N.

解析 (1) 利用平行四边形定则

将 F_2 与 F_5 合成, 其平行四边形对角线与 F_1 重合, 故 F_2 与 F_5 的合力等于 F_1 . 同理, F_4 与 F_6 的合力也等于 F_1 , 故这五个力的合力大小为 $3F_1 = 30 \text{ N}$.

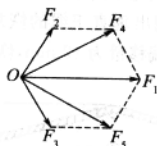


图 1-2-5

(2) 利用正交分解法

将力 F_2, F_3, F_4, F_5 沿 F_1 方向和垂直 F_1 的方向分解, 如图 1-2-6 所示. 根据对称性知 $F_3 = 0$, 合力 $F = F_x = 3F = 30 \text{ N}$.

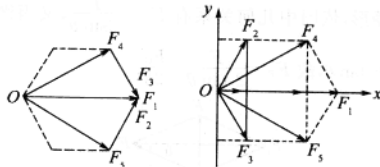


图 1-2-6

(3) 利用三角形定则(同学们自己思考)

例 2 (2003·全国高考题) 如图 1-2-7 所示, 轻细绳 AO 和 BO 的 A 端、B 端是固定的, 平衡 AO 是水平的, BO 与水平面的夹角为 θ , AO 的拉力 F_1 和 BO 的拉力 F_2 的大小是 ()

- A. $F_1 = mg \cos \theta$ B. $F_1 = mg \cot \theta$
C. $F_2 = mg \sin \theta$ D. $F_2 = mg / \sin \theta$

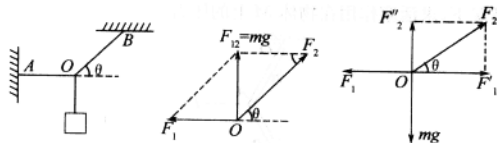


图 1-2-7

解法一(合成法) 由平行四边形定则, 作出 F_1, F_2 的合力 F_{12} , 如图 1-2-7 所示. 又考虑到 $F_{12} = mg$, 解直角三角形得: $F_1 = mg \cot \theta, F_2 = mg / \sin \theta$, 故选项 B、D 正确.

解法二(分解法) 用效果分解法求解. F_2 共产生两个效果, 一个是水平方向沿 A→O 拉绳子 AO, 另一个是拉着竖直方向的绳子. 如图 1-2-7 所示, 将 F_2 分解在这两个方向上, 结合力的平衡等知识解得: $F_1 = F_2' = mg \cot \theta, F_2 = \frac{F_2''}{\sin \theta} = \frac{mg}{\sin \theta}$.

显然, 也可以按 mg (或 F_1) 产生的效果, 分解 mg (或 F_1) 来求解此题.

解法三(正交分解法) 将 O 点受的力沿水平方向竖直方向正交分解, 如图 1-2-8 所示. 由力的平衡条件得: $F_2 \cos \theta - F_1 = 0, F_2 \sin \theta - mg = 0$, 解得 $F_2 = mg / \sin \theta, F_1 = mg \cot \theta$.

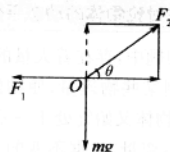


图 1-2-8



例3 (2004·武汉月考)有些人,像电梯修理员、牵引专家的赛艇运动员,常需要知道绳或金属线中的张力,可又不能到哪些绳、线的自由端去测量。一家英国公司现在制造出一种夹在绳上的仪表,用一个杠杆使绳子的某点有一个微小偏移量,如图1-2-9所示,仪表很容易测出垂直于绳的恢复力。推导一个能计算绳中张力的公式。如果偏移量为12 mm,恢复力为300 N,计算绳中张力。



图1-2-9

解析 设绳中张力为 F_T ,仪器对绳的拉力 F 分解为拉绳的两个力 F_1 、 F_2 ,而 $F_1=F_2=F_T$ (如图1-2-10所示),由 F_1 、 F_2 、 F 构成一个菱形,依图中几何关系有 $F_T = \frac{F}{2\sin\theta}$,又因微小形变,

所以 $\sin\theta \approx \tan\theta$,故 $F_T = \frac{F}{2\tan\theta} = \frac{Fa}{2\delta}$.

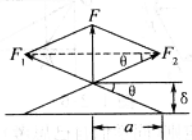


图1-2-10

当 $F=300\text{ N}$, $\delta=12\text{ mm}$ 时, $F_T=1\ 563\text{ N}$.

例4 如图1-2-11所示为一曲柄压榨机的示意图,其中 O 为固定铰链,杆 OA 与 AB 等长。在压榨机铰链 A 处作用的水平力为 F , OB 是铅垂线。如果杆和活塞重力忽略不计,在已知角 α 的情况下,求活塞作用在物体 M 上的压力。

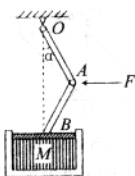


图1-2-11

关键点拨 将力 F 及杆 AB 上的弹力按实际效果分解,结合三角形知识及力的平行四边形定则求解。

解析 LF 分解为沿杆 OA 、 AB 的力 F_{OA} 、 F_{AB} ,如图1-2-12所示,则 $F_{AB} = \frac{F}{2\sin\alpha}$,力 F_{AB} 分解为水平和竖直两个方向的分力,则所求即竖直分力 $F_3 = F_{AB}\cos\alpha = \frac{F}{2}\cot\alpha$.

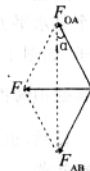


图1-2-12

点评 本题以平行四边形定则为知识依托,考查学生想像力的实际作用效果及利用数学知识解决物理问题的能力。

题型二 用图解法讨论物体的动态平衡问题

在有关物体平衡问题中,存在着大量的动态问题,所谓状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的变化,而在这个过程中物体又始终处于一系列的平衡状态,解动态问题的关键是抓住不变量,依据不变的量来确定其他量的变化规律,常用的分析方法有解析法和图解法。

解析法的基本程序是:对研究对象的任一状态进行受力分析,建立平衡方程,求出应变物理量与自变物理量的一般函数关系式,然后根据自变量的变化情况确定应变物理量的变化情况。

图解法的基本程序是: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(一般为某一角),在同一图中作出物体在若干状态下的平衡力图(力的平行四边形或力的三角形),再由动态的力四边形或三角形的边的长度变化及角度变化确定某些力的大小及方向的变化情况。

例1 如图1-2-13所示,把球夹在竖直墙 AC 和木板 BC 之间,不计摩擦,球对墙的压力为 F_{N1} ,球对板的压力为 F_{N2} 。在将板 BC 逐渐放至水平的过程中,下列说法中,正确的是 ()

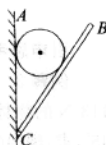


图1-2-13

- A. F_{N1} 和 F_{N2} 都增大
- B. F_{N1} 和 F_{N2} 都减小
- C. F_{N1} 增大, F_{N2} 减小
- D. F_{N1} 减小, F_{N2} 增大

解析 虽然题目中的 F_{N1} 和 F_{N2} 涉及的是墙和木板的受力情况,但研究对象还只能取球。由于球处于一个动态平衡过程, F_{N1} 和 F_{N2} 都是变力,画受力图可以先画开始时刻的,然后再根据各力的关系定性或定量地讨论某力的变化规律。

法一 球所受的重力 G 产生的效果有两个:对墙的压力 F_{N1} 和对板的压力 F_{N2} 。根据 G 产生的效果将其分解,如图1-2-14所示,则 $F_1=F_{N1}$, $F_2=F_{N2}$ 。从图中不难看出,当板 BC 逐渐被放平的过程中, F_{N1} 的方向保持不变而大小逐渐减小, F_{N2} 与 G 的夹角逐渐变小,其大小也逐渐减小,因此本题的正确答案为B。

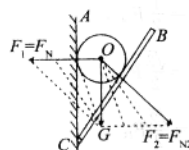


图1-2-14

法二 由于球处于平衡状态,所以弹力 F_{N1} 、 F_{N2} 的合力 F 跟重力是一对平衡力,大小、方向均不变,如图1-2-15所示,画出力的矢量三角形如图1-2-15所示,在板 BC 逐渐放至水平的过程中,除合力 F 恒定外,墙对球的弹力 F_{N1} 的方向也不改变,而 F_{N2} 绕 O 点为轴顺时针转动, α 角逐渐减小到0,不难看出, F_{N1} 、 F_{N2} 都逐渐减小,当木板水平时, $F_{N1}=0$, $F_{N2}=G$ 。

法三 由图1-2-16得

$$F_{N1} = F \tan \alpha = G \tan \alpha$$

$$F_{N2} = \frac{F}{\cos \alpha} = \frac{G}{\cos \alpha}$$

由这个表达式不难看出,在 BC 木板

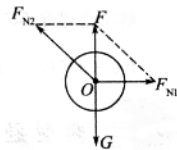


图1-2-15

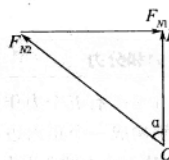


图1-2-16

例2 如图1-2-17所示,轻绳AO、BO结于O点,系住一个质量为 m 的物体,AO、BO与竖直方向分别成 α 、 β 角,开始时 $\alpha + \beta < 90^\circ$.现保持O点位置不变,缓慢增加BO与竖直方向的夹角 β ,直到BO成水平方向,试讨论这一过程中绳AO及BO上的拉力各如何变化?

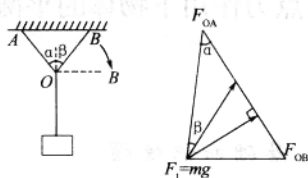


图1-2-17

解析 结点O所受拉力 $F_T = mg$ 、 F_{OA} 、 F_{OB} 组成的图示三角形.由图可以看出由于 β 角增大,开始阶段 F_{OB} 逐渐减小;当 F_{OB} 垂直 F_{OA} 时, F_{OB} 又逐渐增大, F_{OA} 一直增大.

引申思考:若 $\alpha + \beta > 90^\circ$ 呢?

例3 固定在水平面上的光滑半球,半径为 R ,球心O的正上方固定一个小定滑轮,细线一端拴一小球,置于半球面的A点,另一端绕过定滑轮,如图1-2-18所示,现缓慢地将小球从A点拉到B点,则此过程中,小球对半球的压力大小 F_N 、细线的拉力大小 F 的变化情况是 ()

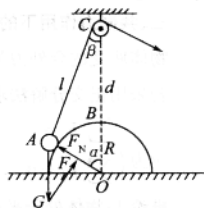


图1-2-18

- A. F_N 变大, F 不变
B. F_N 变大, F 变大
C. F_N 不变, F 变小
D. F_N 变大, F 变小

解析 三角形法.

小球缓慢运动,合力为零.由于重力 G 、半球的弹力 F_N 、绳的拉力 F 的方向始终沿竖直方向、半径方向、绳的收缩方向,所以由 G 、 F_N 、 F 组成的力三角形与长度三角形 $\triangle AOC$ 相似,所以有

$$\frac{F_N}{R} = \frac{mg}{OC} = \frac{F}{AC} \quad F_N = \frac{R}{OC}mg \quad F = \frac{AC}{OC}mg$$

拉动过程中,AC 变小,OC 与 R 不变,所以 F_N 不变, F 变小.



针对训练

1. 关于合力与分力,下列说法正确的是:

- A. 合力的大小一定大于每个分力的大小
B. 合力的大小至少大于其中的一个分力
C. 合力的大小可以比两个分力都大,也可以比两个分力都小
D. 合力不可能与其中的一个分力相等

2. (2004·广西)如图1-2-19所示,一个半球形的碗放在桌面上,碗口水平,O点为其球心,碗的内表面及碗口是光滑的.一根细线跨在碗口上,线的两端分别系在质量为 m_1 和 m_2 的小球.当它们处于平衡状态时,质量为 m_1 的小球与O点的连线与水平线的夹角为 $\alpha = 60^\circ$.两小球的质量比 $m_2 : m_1$ 为:

- A. $\sqrt{3} : 3$ B. $\sqrt{2} : 3$
C. $\sqrt{3} : 2$ D. $\sqrt{2} : 2$

3. (2004·广西)用三根轻绳将质量为 m 的物块悬挂在空中,如图1-2-20所示.已知绳ac和bc与竖直方向的夹角分别为 30° 和 60° 则ac绳和bc绳中的拉力分别为:

- A. $\frac{\sqrt{3}}{2}mg, \frac{1}{2}mg$ B. $\frac{1}{2}mg, \frac{\sqrt{3}}{2}mg$
C. $\frac{\sqrt{3}}{4}mg, \frac{1}{2}mg$ D. $\frac{1}{2}mg, \frac{\sqrt{3}}{4}mg$

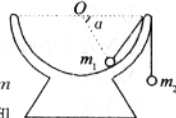


图1-2-19

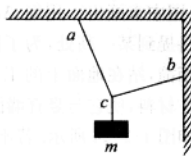


图1-2-20

4. 如图1-2-21所示,半圆形支架BAD,两细绳OA和OB结于圆心O,下悬重为 G 的物体,使OA绳固定不动,将OB绳的B端沿半圆支架从水平位置逐渐移至位置C的过程中,分析OA、OB绳所受的力大小如何变化?

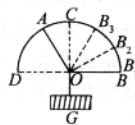


图1-2-21

5. (2003·安徽部分重点中学)作用在同一物体上的下列几组力中,不能使物体作匀速运动的有 ()

- A. 3 N, 4 N, 5 N B. 2 N, 3 N, 6 N
C. 4 N, 6 N, 9 N D. 5 N, 6 N, 11 N

6. 某同学在做引体向上时,处于如图1-2-22所示的平衡状态.已知该同学体重为60 kg,取 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$,

- (1)两手臂的拉力分别约为 ()
A. 200 N B. 300 N
C. 400 N D. 600 N
(2)该同学的肱二头肌和头三头肌所呈状态为 ()



图1-2-22

- A. 肱二头肌收缩,肱三头肌舒张
B. 肱二头肌舒张,肱三头肌舒张
C. 肱二头肌舒张,肱三头肌收缩
D. 肱二头肌收缩,肱三头肌收缩

7. (2004·南通模拟)如图1-2-23,水平地面上的物体受重力 G 和水平作用力 F .物体保持静止.现在使作用力 F 保持大小不变,方向沿逆时针方向缓缓转过 180° ,而物体始终保持静止.则在这个过程中,物体对地面的正压力 N 和地面给物体的摩擦力 f 的变化情况是 ()

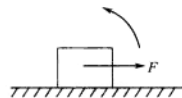


图1-2-23

- ① f 不变 ② f 先变小后变大
③ N 先变小后变大 ④ N 先变大后变小
A. ①② B. ②③
C. ①③ D. ①②④

8. (2002·西城区模拟) 建筑工人将建筑材料运送到高处, 常在楼顶装置一个定滑轮(图中未画出), 用绳 AB 通过滑轮将建筑材料提到某一高处, 为了防止建筑材料与墙壁相撞, 站在地面上的工人还另外用绳 CD 拉住材料, 使它与竖直墙面保持一定的距离 L , 如图 1-2-24 所示. 若不计两根绳的重力, 在建筑材料提起的过程中, 绳 AB 和 CD 的拉力 T_1 和 T_2 的大小变化情况是 ()

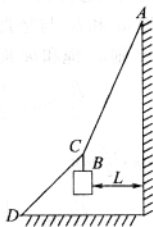


图 1-2-24

- A. T_1 增大, T_2 增大
B. T_1 增大, T_2 不变
C. T_1 增大, T_2 减小
D. T_1 减小, T_2 减小

9. (2003·上海模拟) 水平横梁的一端 A 插在墙壁内, 另一端装有一小滑轮 B , 一轻绳的一端 C 固定于墙壁上, 另一端跨过滑轮后悬挂一质量 $m=10\text{ kg}$ 的重物, $\angle CBA=30^\circ$, 如图 1-2-25 所示, 则滑轮受到绳子的作用力为(取 $g=10\text{ m/s}^2$) ()

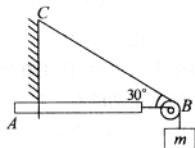


图 1-2-25

- A. 50 N B. $50\sqrt{3}\text{ N}$
C. 100 N D. $100\sqrt{3}\text{ N}$

10. (黄冈) 两个相同的小球 A 和 B , 质量均为 m , 用长度相同的两根细线把 A 、 B 两球悬挂在水平天花板上的同一点 O , 并用长度相同的细线连接 A 、 B 两小球, 然后, 用一水平方向的力 F 作用在小球 A 上, 此时三根细线均处于直线状态, 且 OB 细线恰好处于竖直方向, 如图 1-2-26 所示. 如果不考虑小球的大小, 两小球均处于静止状态, 则力 F 的大小为 ()

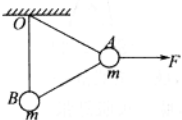


图 1-2-26

- A. 0 B. mg
C. $\sqrt{3}mg$ D. $\sqrt{3}mg/3$

第三单元

共点力作用下物体的平衡



基础知识梳理

一、共点力

作用在物体的同一点, 或作用线相交于一点的几个力.

二、平衡状态

物体保持匀速直线运动或静止叫平衡状态, 是加速度等于零的状态.

三、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

$$\begin{aligned} \sum F_x &= 0 \\ \text{应为 } \begin{cases} \sum F_x = 0 \\ \sum F_y = 0 \end{cases} \end{aligned}$$

推论 1: 物体处于平衡状态时, 它所受的某一个力与它所受的其余力的合力等值反向.

推论 2: 物体在同一平面上的三个不平行的力作用 F , 处于平衡状态时, 这三个力化为共点力.

推论 3: 物体在三个共点力作用下处于平衡状态时, 这三个力的有向线段, 必构成闭合三角形(此乃平衡条件的几何意义).

四、解题思路

(1) 确定研究对象, 若是相连接的几个物体处于平衡状态时, 要注意“整体法”和“隔离法”的综合运用.

(2) 对研究对象受力分析, 画好受力图.

(3) 恰当建立正文坐标系, 把不在坐标轴上的力分解到坐标轴上, 建立正文坐标系的原则是让尽可能多的力落在坐标轴上.

(4) 列平衡方程, 求解未知量.



典型题型

题型一 对物体的平衡状态和平衡条件的理解

例 1 (理综) 以下四种情况下, 物体受力平衡的是 ()

- A. 水平弹簧振子通过平衡位置时
B. 单摆摆球通过平衡位置时
C. 竖直上抛的物体在最高点时
D. 作匀速率圆周运动的物体

解析 单摆摆球通过平衡位置时和作匀速率圆周运动的物体都需要提供向心力, 故受力不平衡; 竖直上抛的物体因只受重力的作用, 受力不平衡, 所以选项 A 是正确的, 其他都是错误的.

例 2 如图 1-3-1 所示, 一个质量为 $m=2.0\text{ kg}$ 的物体, 放在倾角为 $\theta=30^\circ$ 的斜面上静止不动, 若用竖直向上的力 $F=5.0\text{ N}$ 提物体, 物体仍静止, 下述结论正确的是 ()

A. 物体受到的合外力减小 5.0

N

B. 物体受到的摩擦力减小 5.0

N

C. 斜面受到的压力减小 5.0 N

D. 物体对斜面的作用力减小

5.0 N

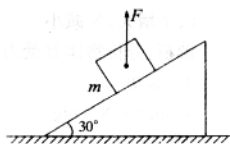


图 1-3-1

解析 由于物体始终静止,故 $F_{\text{合}}=0$,故 A 选项不正确. 物体所受斜面的摩擦力沿斜面向上,而不是竖直向上,故摩擦力的减小量为 F 沿斜面向上的分力 2.5 N,故选项 B 是错误的. 斜面受到的压力减小量是 F 在垂直斜面上的分力大小,故选项 C 也不正确. 其中 D 项中“物体对斜面的作用力”应理解为压力和摩擦力的合力,故选项 D 是正确的.

例 3 (2006·浙江)如图 1-3-2 所示,竖直杆上有相距为 L 的两点 A、B,现有一个质量为 m 的小球,用两根长为 L 的细线分别系于 A、B 两点,要使 m 处于如图所示的静止状态,且两细线均处于绷直状态,则外加的恒力方向可能为哪个方向

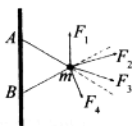


图 1-3-2

A. F_1

B. F_2

C. F_3

D. F_4

解析 ABC 考虑到绳子拉直也可以没有拉力的情况,结合受力平衡的条件,可知选项 A、B、C 是正确的.

拓展 如图 1-3-3 一个小球在纸面内绕绳 AO 与 BO 的结点 O 来回摆动,当绳 OA 和 OB 拉力相等时,摆线与竖直方向的夹角 α 为

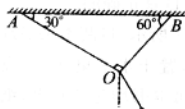


图 1-3-3

A. 15°

B. 30°

C. 45°

D. 60°

解析 A 提示:绳 OA 与 OB 的张力合成后应等于摆线的拉力,而 $T_A=T_B$,故 T_A 与 T_B 的合力沿 $\angle AOB$ 的角平分线,故 $\alpha=15^\circ$.

题型二 三力平衡问题

例 1 (2005·郑州市模拟)三个完全相同的小球,如图 1-3-4 所示用挡板挡在光滑的倾角为 30° 的斜面上,球对挡板的压力分别为 N_1 、 N_2 、 N_3 ,则它们之间的大小关系是

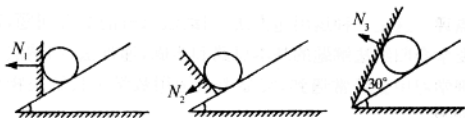


图 1-3-4

A. $N_1 > N_2 > N_3$

B. $N_2 > N_3 > N_1$

C. $N_3 > N_1 > N_2$

D. $N_3 < N_1 < N_2$

答案 C

例 2 (2004·广东高考)用三根轻绳将质量为 m 的物块悬挂在空中,如图 1-3-5 所示.已知绳 ac 和 bc 与竖直方向的夹角

分别为 30° 和 60° ,则 ac 绳和 bc 绳中的拉力分别为

A. $\frac{\sqrt{3}}{2}mg, \frac{1}{2}mg$

B. $\frac{1}{2}mg, \frac{\sqrt{3}}{2}mg$

C. $\frac{\sqrt{3}}{4}mg, \frac{1}{2}mg$

D. $\frac{1}{2}mg, \frac{\sqrt{3}}{4}mg$

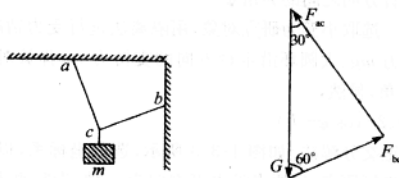


图 1-3-5

解析 先分析受力情况,对于节点受三个力的作用,在这三个力的作用下处于平衡状态,画出力的三角形,如图 1-3-5,由几何知识可得:

$$F_a = mg \sin 30^\circ,$$

$$F_b = mg \sin 60^\circ,$$

故选项 A 正确.

例 3 (2003·理科教研)如图 1-3-6 所示,将一条轻而柔软的细绳一端拴在天花板上的 A 点,另一端拴在竖墙上的 B 点, A 和 B 到 O 点的距离相等,绳的长度是 OA 的两倍.一质量可忽略的动滑轮 k,滑轮下悬挂一质量为 m 的重物.设摩擦力可忽略.现将动滑轮和重物一起挂在细绳上,在达到平衡时,绳所受的拉力是多大?

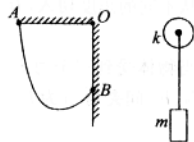


图 1-3-6

解析 平衡时,如图 1-3-7 用 F_{T1} 、 F_{T2} 、 l_1 、 l_2 以及 θ_1 、 θ_2 分别表示两边绳的拉力、长度以及绳与水平面之间的夹角.因为绳与滑轮之间的接触是光滑的,故有: $F_{T1}=F_{T2}=F_T$

由水平方向的平衡可知

$$F_T \cos \theta_1 = F_T \cos \theta_2, \text{ 即 } \theta_1 = \theta_2 = \theta.$$

由题意与几何关系可知

$$l_1 + l_2 = 2s \text{ (OH 距离设为 } s),$$

$$l_1 \cos \theta + l_2 \cos \theta = s,$$

①

②

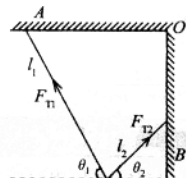


图 1-3-7

$$\text{由 ①② 式得 } \cos \theta = \frac{1}{2}, \theta = 60^\circ.$$

由竖直方向力的平衡可知 $2F_T \sin \theta = mg$, 所以 $F_T = \frac{\sqrt{3}}{3}mg$.

答案 $\frac{\sqrt{3}}{3}mg$

点评 注意利用数学知识求解.

例4 如图1-3-8所示,一个重力为 mg 的小环套在竖直的半径为 r 的光滑大圆环上,一劲度系数为 k 、自然长度为 L ($L < 2r$)的弹簧的一端固定在小环上,另一端固定在大圆环的最高点A.当小球静止时,忽略弹簧的自重和小环与大圆环间的摩擦.求弹簧与竖直方向之间的夹角 φ .

解析 选取小环为研究对象,用隔离法进行受力情况分析:小环受重力 mg 、大圆环沿半径方向的支持力 N 、弹簧对它的拉力 F 的作用,显然,

$$F = k(2r \cos \varphi - L).$$

运用正交分解法,如图1-3-9所示,选取坐标系,以小环所在位置为坐标原点,过原点沿水平方向为 x 轴,沿竖直方向为 y 轴.据 $\sum F_x = 0$, $\sum F_y = 0$,建立方程有:

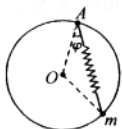


图1-3-8

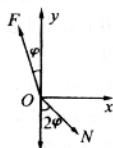


图1-3-9

$$-F \sin \varphi + N \sin 2\varphi = 0,$$

$$F \cos \varphi - mg - N \cos 2\varphi = 0,$$

$$\text{解得 } F = 2mg \cos \varphi.$$

$$\text{所以 } \varphi = \arccos \frac{kL}{2(kr - mg)}.$$

点评 此类问题从不同的角度切入,有不同的解法.常见的解法有:

(1) 正弦定理法.当物体受到三个力 F_1 、 F_2 、 F_3 的作用处于平衡状态时,设 α 为 F_2 、 F_3 间夹角, β 为 F_3 、 F_1 间夹角, φ 为 F_1 、 F_2 间夹角,则有:

$$\frac{F_1}{\sin \alpha} = \frac{F_2}{\sin \beta} = \frac{F_3}{\sin \varphi}.$$

根据小环受力情况及三个力间夹角情况得

$$\frac{mg}{\sin(\pi - \varphi)} = \frac{F}{\sin 2\varphi} = \frac{N}{\sin(\pi - \varphi)},$$

$$\varphi = \arccos \frac{kL}{2(kr - mg)}.$$

(2) 相似比法.若物体在三个力 F_1 、 F_2 、 F_3 作用下处于平衡状态,这三个力必定组成首尾相连的三角形 $F_1F_2F_3$,题述中恰有三角形 AOm 与其相似,则必有对应边成比例,即

$$\frac{F}{2r \cos \varphi} = \frac{mg}{r} = \frac{N}{r},$$

$$\text{解得 } \varphi = \arccos \frac{kL}{2(kr - mg)}.$$

题型三 多力平衡问题

例1 如图1-3-10所示,滑轮固定在天花板上,物块A、B用跨过滑轮不可伸长的轻绳相连接,物块B静止在水平地面上.用 f 和 N 分别表示水平地面对物块B的摩擦力和支持力,那么若将物块B向左移动一小段距离,物块B仍静止在水平地面上,则 f 和 N 的大小变化情况是 ()

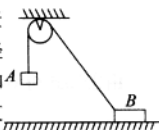


图1-3-10

A. f 、 N 都增大

B. f 、 N 都减小

C. f 增大, N 减小

D. f 减小, N 增大

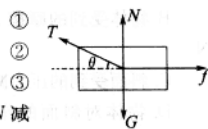
解析 分析物体B受力,如右图所示,平衡状态时

$$T \cos \theta = f,$$

$$T \sin \theta + N = mg,$$

$$T = m_A g.$$

当B向左移动时, θ 增大, f 减小, N 减小,故选B.



例2 (烟台)如图1-3-11所示,将质量为 m 的物体置于固定的光滑斜面上,斜面的倾角为 θ ,水平恒力 F 作用在物体上,物体处于静止状态.则物体对斜面的压力大小可以表示为(重力加速度为 g)

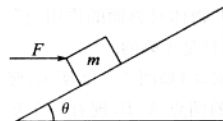


图1-3-11

$$\textcircled{1} mg \cos \theta \quad \textcircled{2} F / \sin \theta \quad \textcircled{3} \sqrt{F^2 + (mg)^2}$$

$$\textcircled{4} mg \cos \theta + F \sin \theta$$

A. 只有 $\textcircled{2}\textcircled{3}$ 正确

B. 只有 $\textcircled{3}\textcircled{4}$ 正确

C. 只有 $\textcircled{1}\textcircled{2}\textcircled{3}$ 正确

D. 只有 $\textcircled{2}\textcircled{3}\textcircled{4}$ 正确

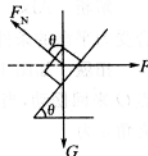
解析 物体受力如图,分解 F_N 可得

$$\begin{cases} F_N \sin \theta = F \\ F_N \cos \theta = G \end{cases} \text{ 有 } F_N = \frac{F}{\sin \theta},$$

分解 F 、 G 可得, $F_N = F \sin \theta + mg \cos \theta$.

利用力的三角形可得 $F_N =$

$$\sqrt{F^2 + (mg)^2}, \text{ 故选项D是正确的.}$$



例3 如图1-3-12所示,将两本书AB逐页交叉地叠放在一起,置于水平桌面上.设每页书的质量均为 $5g$,每本书均为200页,纸与纸间的动摩擦因数均为0.3,若书A固定不动,今用水平向右的力 F 把书B抽出来,求 F 的值至少多大?

图1-3-12

解析 设自上而下抽出一页书的水平力依次为 T_1 、 T_2 、 T_3 、 $\dots$ 、 T_n ,它们分别等于该页书上、下两面所受到的摩擦力.

$$\text{对第一页: } T_1 = \mu mg;$$

$$\text{对第二页: } T_2 = \mu 2mg + \mu 3mg = (2+3)\mu mg;$$

$$\text{对第三页: } T_3 = \mu 4mg + \mu 5mg = (4+5)\mu mg;$$

$\dots$

$$\text{对第 } n \text{ 页: } T_n = [(2n-2) + (2n-1)]\mu mg; \text{ 所以, } F = [1+2+3+\dots+(2n-2)+(2n-1)]\mu mg = (2n-1)n\mu mg = 1.197 \text{ N}.$$

点评 这是一种运用递推法、归纳法求解的综合问题,通过本题要学会归纳法解题的基本思路和步骤,递推法、归纳法在高中物理学习中会经常遇到,突显考查运用数学工具解决物理问题的能力.

题型四 整体法,隔离法解决多个物体的平衡问题

隔离法 为了弄清系统(连接体)内某个物体的受力和运动情况,一般可采用隔离法.运用隔离法解题的基本步骤是:

(1) 明确研究对象或过程、状态;

(2) 将某个研究对象或某段运动过程、某个状态从全过程中

隔离出来；

(3)画出某状态下的受力图或运动过程示意图；

(4)选用适当的物理规律列方程求解。

整体法 当只涉及研究系统而涉及系统内部某些物体的力和运动时，一般可采用整体法。运用整体法解题的基本步骤是：

(1)明确研究的系统和运动的全过程；

(2)画出系统整体的受力图和运动全过程的示意图；

(3)选用适当的物理规律列方程求解。

隔离法和整体法常常需交叉运用，从而优化解题思路的方法，使解题简便明快。

例 1 在粗糙水平面上放着一个三角形木块 abc ，在它的两个粗糙斜面上分别放在质量为 m_1 和 m_2 的两个物体， $m_1 > m_2$ 如图 1-3-13 所示，若三角形木块和两物体都是静止的，则粗糙水平面对三角形木块 ()

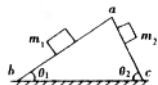


图 1-3-13

- A. 有摩擦力的作用，摩擦力的方向水平向右
B. 有摩擦力的作用，摩擦力的方向水平向左
C. 有摩擦力的作用，但摩擦力的方向不能确定，因 m_1 、 m_2 、 θ_1 、 θ_2 的数值均未给出
D. 以上结论都不对

解析

解法一(隔离法) 把三角形木块隔离出来，_____的两个斜面上分别受到两木块对它的压力 F_{N1} 、 F_{N2} ，摩擦力 F_{f1} 、 F_{f2} 。由两木块的平衡条件知，这四个力的大小分别为

- A. $F_{N1} = m_1 g \cos \theta_1$ B. $F_{N2} = m_2 g \cos \theta_2$
C. $F_{f1} = m_1 g \sin \theta_1$ D. $F_{f2} = m_2 g \sin \theta_2$

它们的水平分力的大小(如图 1-3-14 所示)分别为

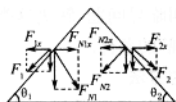


图 1-3-14

$$F_{N1x} = F_{N1} \sin \theta_1 = m_1 g \cos \theta_1 \sin \theta_1,$$

$$F_{N2x} = F_{N2} \sin \theta_1 = m_2 g \cos \theta_2 \sin \theta_2,$$

$$F_{f1x} = F_{f1} \cos \theta_1 = m_1 g \cos \theta_1 \sin \theta_1,$$

$$F_{f2x} = F_{f2} \cos \theta_2 = m_2 g \cos \theta_2 \sin \theta_2.$$

$$\text{其中 } F_{N1x} = F_{f1x}, F_{N2x} = F_{f2x}.$$

它们的水平分力互相抵消，木块在水平方向无滑动趋势，因此不受地面的摩擦力作用。

解法二(整体法) 由于三角形木块和斜面上的两物体都静止，可以把它们看成一个整体，如图 1-3-15 所示，竖直方向受到重力 $(m_1 + m_2 + M)g$ 和支持力 F_N 作用处于平衡状态，水平方向无任何滑动趋势，因此不受地面的摩擦力作用

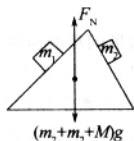


图 1-3-15

故选 D。

例 2 一表面粗糙的斜面，放在水平光滑的地面上，如图 1-3-16(甲)所示， θ 为斜面的倾角。斜面固定时，一质量为 m 的滑块恰好能沿斜面匀速下滑。斜面不固定时，若用一推力 F 作用于滑块，使之沿斜面匀速上滑。为了保持斜面静止不动，必须用一大小为 $F_0 = 4mg \cdot \cos \theta \cdot \sin \theta$ 的水平力作用于斜面，求推力 F 的大小和方向。

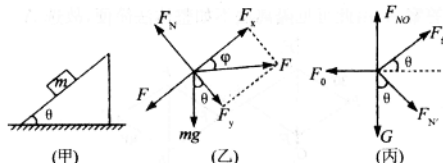


图 1-3-16

解析 因物块恰好沿斜面匀速下滑，则

$$mg \sin \theta = \mu mg \cos \theta, \text{ 得 } \mu = \tan \theta, \quad ①$$

设推力 F 沿斜面的分量为 F_x ，垂直于斜面的分量为 F_y ，物块的受力如图 1-3-17(乙)所示，其中 F_N 为斜面对物块的支持力， F_f 为摩擦力。故有

$$F_x - mg \sin \theta - F_f = 0, \quad ②$$

$$F_N - F_y - mg \cos \theta = 0, \quad ③$$

$$F_f = \mu F_N. \quad ④$$

斜面的受力如图 1-3-21(丙)所示，其中 G 为斜面体受到的重力， F_{N0} 为地面对斜面的支持力。因斜面体静止，有

$$F_0 = F'_y \cos \theta + F'_N \cdot \sin \theta. \quad ⑤$$

联立解①、②、③、④、⑤式，且有 $F_f = F'_f$ ， $F_N = F'_N$ ，代入 F_0 值，得

$$F_x = 3mg \sin \theta, F_y = mg \cos \theta, F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = mg \sqrt{1 + 8 \sin^2 \theta},$$

$$\tan \varphi = F_y / F_x = \frac{1}{3} \cot \theta.$$

例 3 用轻质细线把两个质量未知的小球悬挂起来，如图 1-3-17 所示，令对小球 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° 的同样大的恒力，最后达到平衡，表示平衡状态的图 1-3-18 可能是 ()



图 1-3-17

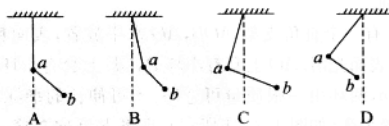


图 1-3-18

解析 法一 整体法

以 a 、 b 两小球及它们间的连线为研究对象，因施加的恒力合力为零，重力竖直向下，故平衡时连接 a 与悬点的细线必竖直，且其拉力等于两球重力之和，所以 A 正确。

法二 隔离法

以 b 为研究对象, 小球 b 受 G_b 、 F 和 F_T 三个力的作用如图 1-3-19(乙)所示, F 和 F_T 的合力 $F_1 = G_b$ 且竖直向上。

以 a 为研究对象, 小球 a 受图 1-3-19 所示的 G_a 、 F 、 F_T' 和与悬点相连的悬绳拉力 F_3 (方向未知) 等四个力的作用, 根据牛顿第三定律知 $F_T' = F_T$, 根据力的合成知 F 和 F_T' 的合力 $F_2 = F_1$ 且方向竖直向下, 所以 F_2 和 G_a 的合力竖直向下, 因此根据平衡条件和平衡时连接 a 与悬点的细绳拉力 F_3 必定竖直向上, 同样得正确答案 A, 由此可见隔离法不如整体法简便, 故选 A。

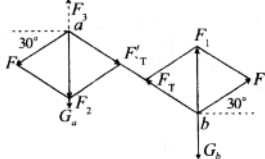


图 1-3-19

例 4 如图 1-3-20 甲所示, 三根不可伸长的相同轻绳, 一端系在半径为 r_0 的环 1 上, 彼此间距相等。绳穿过半径为 r_0 的第 3 个圆环, 另一端用同样方式系在半径为 $2r_0$ 的圆环 2 上, 环 1 固定在水面上, 整个系统处于平衡。试求第 2 个环中心与第 3 个环中心之距离 (三个环都是用同种金属丝制作的, 摩擦不计)。

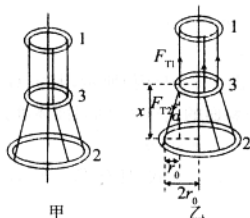


图 1-3-20

解析 因为环 2 的半径为环 3 的 2 倍, 环 2 的周长为环 3 的 2 倍, 三环又是用同种金属丝制作的, 所以环 2 的质量为环 3 的 2 倍。设 m 为环 3 的质量, 那么三根绳承担的力为 $3mg$, 于是, 环 1 与环 3 之间每根绳的张力 $F_{T1} = mg$ 。没有摩擦, 绳的重量不计, 故每根绳子沿其整个长度上的张力是相同的 (图 1-3-21 乙所示) $F_{T2} = F_{T1} = mg$ 。

对环 3, 平衡时有 $3F_{T1} - mg - 3F_{T2} \cos \alpha = 0$, 由此 $\cos \alpha = 2/3$ 。

环 2 中心与环 3 中心之距离

$$x = r_0 \cot \alpha = r_0 \frac{\cos \alpha}{\sqrt{1 - \cos^2 \alpha}}, \text{ 即 } x = \frac{2}{\sqrt{5}} r_0.$$

点评 此题对平衡条件的应用非常巧妙, 隐含的已知条件挖掘得深刻。

例 5 有一个直角支架 AOB, AO 水平放置, 表面粗糙, OB 竖直向下, 表面光滑。AO 上套有小环 P, OB 上套有小环 Q, 两环质量均为 m , 两环由一根质量可忽略、不可伸长的细绳相连, 并在某一位置平衡 (如图 1-3-21 所示)。现将 P 环向左移一小段距离, 两环再次达到平衡, 那么将移动后的平衡状态和原来的平衡状态比较, AO 杆对 P 环的支持力 F_N 和摩擦力 f 的变化情况是 ()

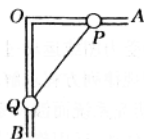
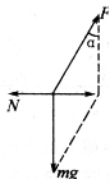


图 1-3-21

- A. F_N 不变, f 变大 B. F_N 不变, f 变小
C. F_N 变大, f 变大 D. F_N 变大, f 变小

解析 以两环和细绳整体为对象求 F_N , 可知竖直方向上始终二力平衡, $F_N = 2mg$ 不变; 以 Q 环为对象, 在重力、细绳拉力 F 和 OB 压力 N 作用下平衡, 设细绳和竖直方向的夹角为 α , 则 P 环向左移动的过程中 α 将减小, $N = mg \tan \alpha$ 也将减小。再以整体为对象, 水平方向只有 OB 对 Q 的压力 N 和 OA 对 P 环的摩擦力 f 作用, 因此 $f = N$ 也减小。答案选 B。



点评 正确选取研究对象, 可以使复杂的问题简单化, 整体法是力学中经常用到的一种方法。

题型五 物体平衡中的极值与临界值问题

平衡物体中的临界问题

1. 临界问题

某种物理现象变化为另一种物理现象或物体从某种特性变化为另一种特性时, 发生质的飞跃的转折状态为临界状态, 临界状态也可理解为“恰好出现”或“恰好不出现”某种现象的状态, 平衡物体的临界状态是指物体所处平衡状态将要变化的状态, 涉及临界状态的问题叫临界问题, 解决这类问题一定要注意“恰好出现”或“恰好不出现”的条件。

2. 解决临界问题的方法

在研究物体的平衡时, 经常遇到求某物理量的取值范围问题。这样涉及到平衡物体的临界问题。解决这类问题的基本思维方法是假设推理法, 即先假设这样, 然后再根据平衡条件及知识列方程求解。

运用假设法解题的基本步骤是: ①明确研究对象; ②画受力图; ③假设可发生的临界现象; ④列出满足所发生的临界现象的平衡方程求解。

平衡物体中的极值问题

1. 极值

是指研究平衡问题中某物理量变化情况时出现的最大值或最小值。中学物理的极值问题可分为简单极值问题和条件极值问题, 区分的依据就是是否受附加条件限制。若受附加条件限制, 则为条件极值。

2. 研究平衡物体的极值问题的两种方法

(1) 解析法: 根据物体的平衡条件列方程, 在解方程时采用数学知识求极值。通常用到的数学知识有二次函数极值, 均分定理求极值, 讨论分式极值, 三角函数极值, 以及几何法求极值等。

(2) 图解法: 即根据物体的平衡条件作出力的矢量图, 如只