

路路通



高三物理

总复习

与新教材同步 重点中学名师主笔

◆丛书主编 / 莫志斌

◆本册主编 / 何宗罗

● 知识要点通晓

● 典型例题通析

● 综合能力通训

● 课本习题通解

● 单元考点通测



◆ 湖南师范大学出版社

【 前 言 】

《路路通丛书》是一套涵盖中学主要课程(语文、数学、英语、物理、化学)的同步学习辅导用书,根据人民教育出版社最新教材编写。丛书含金量高,特点鲜明,主要体现在以下几个方面:

一、名师主笔。作者来自湖南师范大学附属中学、长郡中学等湖南省重点中学教学第一线的优秀骨干教师。

二、内容适用。丛书紧密结合教材内容,先抓住课本知识要点进行梳理,然后精辟讲解三种难度不一的、涉及中(高)考点的题目(基础题、提高题、强化题),基础一般的同学可以循序渐进,基础较好的同学可以直接攻坚,从中可以掌握学习方法,少走弯路,举一反三。而后则是名师们精心编排的最新的题库,以训练你的综合能力(从后面的答案可以知道自己“能量”的大小)。当然,接着的课本习题解答与提示更具有实用性和启发性。至于每个单元的考点测试题(附答案)则是检验阶段性学习成果的一把好“尺子”。

三、体例新颖。丛书包括五个栏目:知识要点通晓、典型例题通析、综合能力通训、课本习题通解、单元考点通测。体例是依照学生的学习规律而设计的,它主要是能让学生掌握巧学方法,提高综合能力。它不仅能同时满足不同学习程度的学生的需要,而且能使学生更快、更牢固地掌握课堂内外知识,逐步提高分析、解决问题的能力。

四、版式独特。丛书采用国际流行开本,每个版面配有精美的图片,内芯小五号字体,容量更加丰富。

每年暑假推出新书,上下册合为一本,买一本用一年,不但经济合算,而且便于预习与复习,起到有备而“战”、温故而知新的作用。

高三年级的图书根据教育部考试中心《2002年普通高等学校招生全国统一考试说明》编写。初三用书亦与中考紧密结合,实用价值更大。

受教材改版等因素影响,丛书中间个别分册体例稍有差异。

丛书编写过程中错漏之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者
2002年6月

[目 录]

第一章 力 物体的平衡	(1)
第一节 力 重力 弹力 摩擦力.....	(1)
第二节 力的合成与分解.....	(6)
第三节 力的平衡.....	(9)
第二章 物体的运动	(18)
第一节 物体运动状态的描述.....	(18)
第二节 直线运动.....	(21)
第三节 运动图像.....	(25)
第四节 运动的合成与分解 相对运动.....	(28)
第五节 曲线运动.....	(31)
第三章 牛顿运动定律	(40)
第一节 牛顿三定律.....	(40)
第二节 牛顿定律问题的基本类型.....	(44)
第三节 动力学问题的几种基本求解方法.....	(47)
第四节 曲线运动的动力学特征.....	(52)
第五节 万有引力 天体的运动.....	(56)
第四章 动量	(65)
第一节 动量 动量定理.....	(65)
第二节 动量守恒定律的应用和典型问题分析.....	(68)
第三节 动量守恒定律的应用的典型问题分析.....	(71)
第五章 机械能	(79)
第一节 功 功率.....	(79)
第二节 动能 动能定理.....	(82)
第三节 机械能守恒 能的转换与守恒.....	(86)
第四节 动量和能量综合问题分析.....	(91)
第六章 机械振动和机械波	(99)
第一节 机械振动.....	(99)
第二节 机械波.....	(104)
第七章 分子理论 热和功	(115)

第一节	分子动理论	(115)
第二节	热和功	(118)
第八章	气体的性质	(125)
第一节	气体的状态与状态参量	(125)
第二节	理想气体的状态方程	(129)
第三节	图像问题	(134)
第九章	电场	(143)
第一节	库仑定律	(143)
第二节	电场性质的描述	(147)
第三节	带电粒子在电场中的运动	(152)
第四节	电场中的导体 电容器	(158)
第十章	稳恒电流	(166)
第一节	欧姆定律	(166)
第二节	闭合电路欧姆定律	(171)
第三节	电功 电功率	(176)
第四节	电路的测量	(181)
第十一章	磁场	(192)
第一节	磁感强度 磁通量	(192)
第二节	磁场对电流的作用	(196)
第三节	磁场对运动电荷的作用	(201)
第十二章	电磁感应	(211)
第一节	楞次定律	(211)
第二节	法拉第电磁感应定律	(215)
第三节	自感现象	(221)
第十三章	交变电流 电流振荡和电磁波	(229)
第一节	交变电流	(229)
第二节	电磁振荡和电磁波	(234)
第十四章	光的反射和折射	(241)
第一节	光的反射	(241)
第二节	光的折射	(245)
第三节	透镜	(250)
第十五章	光的本性 原子物理	(257)
第一节	光的本性	(257)
第二节	原子物理	(260)

第一章

力 物体的平衡

第一节

力 重力 弹力 摩擦

知识要点

通晓

1. 力的概念

力是物体对物体的作用。讨论一个力，涉及到两个物体：施力物体，受力物体。 A 对 B 的作用力， A 是施力物体， B 是受力物体。力的作用是相互的，甲对乙施加力的作用，乙必定对甲也施加力的作用。值得注意的是：无施力物体的受力和无受力物体的施力是不存在的。

2. 力的效果

力是使物体运动状态发生改变的原因；力是使物体的形状发生改变的原因。物体受不同力作用会产生不同效果，力的作用效果与力的大小、方向、作用点有密切关系，因此把力的大小、方向、作用点称为力的三要素。凡三要素都相同的力，其效果一定相同。

用作图的办法来描述力的方法称为力的图示法。力的大小用长度表示，力的方向用箭头指向表示，力的作用点用线段某一段点表示。作物体的受力图，首先画一个方框代表受力物体，再用带箭头的线段表示各力，如图 1-1 表示物体 M 受五个力作用。 F_1 、 F_2 、 F_4 、 F_5 都用的是线段起点为力的作用点， F_3 用的是线段终点为力的作用点。

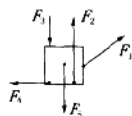


图 1-1

力在国际单位制中的单位是牛顿。

3. 重力

由于地球的吸引而使物体受到的力称为重力。重力的施力物体是地球，受力物体是物体。

重力的特点：

(1) 凡是地球表面附近的物体都受重力的作用。

(2) 物体所受的重力随物体所在地面的高度和纬度的变化而变化。离地面越高，重力越小；物体在赤道上重力较小，在地球两极重力较大。在同一地点，物体所受的重力与质量成正比，即 $G = mg$ 。

(3) 重力的方向总是竖直向下。重锤线的方向称竖直方向，所以重力的方向就是沿重锤线方向向下。值得注意的是竖直向下不同于垂直向下，垂直是一个相对概念，是相对于某面而言，竖直是一个绝对概念，是重锤线方向。

(4)重力的作用点称为重心.质量分布均匀的物体其重心在物体的几何中心.质量分布不均匀的物体,其重心与物体的质量分布密切相关.值得注意的是:物体的重心不一定在物体上.如图1-2,一根质量分布均匀的直杆AB,从中心O弯折成90°角,其重心就不在杆上,而是在杆外的C点.



图1-2

4. 弹力

由于物体发生了形变而又要恢复这一形变(这种形变称弹性形变),对与它接触的物体施加的一种作用力称为弹力.

弹力的特点:

(1)弹力一定是发生在两直接接触的物体之间,不是直接接触的两物体不存在弹力作用.

(2)相互接触的两物体之间还不一定有弹力,还一定要发生弹性形变(拉伸弹性形变、挤压弹性形变等)才有弹力作用.

由于是拉伸形变而产生的弹力称为拉力或张力.讨论拉力可引入一个物理模型“绳”,因“绳”只可以拉伸,绳的方向是沿“绳”,指向“绳”的收缩方向,如图1-3的装置,物体受有两段绳AB、CD的拉力 F_{AB} 、 F_{CD} ,其方向分别由A指向B,由C指向D.



图1-3

由于是挤压形变而产生的弹力称为压力.由于是挤压,一定有挤压面,压力的方向是垂直于挤压面指向受力物体.如图1-4所示,一个球摆在光滑水平面和光滑斜面相交处,讨论球所受的弹力.球与水平面有相互挤压,球受水平面对它的压力是垂直于水平面指向球.球与斜面虽有接触,但不会有挤压,因为假设将斜面退开,球仍会停留在原处,所以球与斜面没有力的作用.同理将水平面退开,球不能停在原处,所以球与水平面有力的作用.所以判断两接触物体间有没有弹力作用,是拉力还是压力,可采取假想分离法,分析可能发生的现象,分离开仍在原位置平衡,它与分离物没有力的作用;分离后物体会向分离物靠近,它与分离物是挤压作用,是压力;分离后,它与分离物远离,那么物体与分离物是拉伸作用,是拉力.如图1-5所示的装置,球与绳之间是拉力,因球与绳分离,球会向下运动与绳远离.球与斜面之间无力的作用,因球与斜面分离,球仍能停在原处.

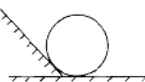


图1-4

(3)弹力的大小与弹性形变的大小有关,弹性形变增大,弹力增大;弹性形变恢复,弹力为零.

胡克定律:

在弹性限度内,弹簧伸长的长度(或压缩的长度)与它所受的拉力(或压力)成正比.

即: $F = kx$.

k 是一个比例系数,它反映弹簧自身的一种性质,由弹簧自身因素决定,称为劲度系数.在国际单位制中, F 的单位是牛顿, x 的单位是米, k 的单位是牛顿/米.

胡克定律还可以用图像的办法来描述, $F-x$ 图是一条过原点的直线,如图1-6所示.图像上各点坐标 (x, F) 表示伸长的长度 x 所对应的拉力 F ,是弹簧的一个工作状态.图像的斜率 $k = \Delta F / \Delta x$ 的物理意义是弹簧的劲度系数.根

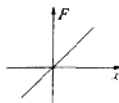


图1-6

据胡克定律的图像可直接讨论:只要在弹性限度内,任意受力状态下,改变一个受力 ΔF , 弹簧伸长长度改变 Δx , 且有 $\Delta F = k\Delta x$, 不必去讨论总伸长或总长与自由长。

5. 摩擦力

一个物体沿另一物体表面滑动或有滑动趋势时,在接触面上产生一种阻碍这种滑动或滑动趋势的力称为摩擦力。摩擦力的作用就是阻碍滑动的继续进行或者滑动的产生。阻碍滑动继续进行的摩擦力称为滑动摩擦力;阻碍滑动产生的摩擦力称为静摩擦力。

静摩擦力的特点:

(1)静摩擦力的产生必须同时满足三个条件:两物体接触面是粗糙;接触面上要有相互挤压的压力;接触面上要有相对滑动的趋势。

(2)静摩擦力的作用点在接触面上,方向与接触面相切,且与滑动趋势方向相反。

(3)静摩擦力的大小从 0 至一个最大值范围内任意可变,由物体所受的其他外力和物体所处的运动状态共同决定。因此研究静摩擦力的大小就必须研究物体的其他受力和物体的运动状态,不知物体的其他受力和物体的运动状态就不能知道静摩擦力的大小。

滑动摩擦力的特点:

(1)滑动摩擦力的产生必须同时满足三个条件:两物体接触面是粗糙的;接触面上要有相互挤压的压力;接触面上要有相对滑动的进行。

(2)滑动摩擦力的作用点在接触面上,方向与接触面相切,且与相对滑动方向相反。

(3)滑动摩擦力的大小与压力 N 成正比,即 $f = \mu N$ 。 μ 是比例系数,它反映了接触面上的物理性质,它与接触面的粗糙程度、接触面的材料有关,与接触面积的大小无关。它是一个无单位,且小于 1 的纯数,称为动摩擦因数。

6. 物体受力分析的方法与步骤

(1)首先是重力。凡是地球表面附近的物体都受重力作用。

(2)其次是弹力,因为弹力是发生在直接接触的物体之间,绕物体一周,看与哪些物体有直接接触,是相互挤压还是相互拉伸,挤压是压力,拉伸是拉力。

(3)第三是摩擦力,因为有压力的接触面上才可能有摩擦,即对有压力的接触面上分析是否光滑,是否滑动,是否有滑动趋势。



图 1-7

例 1 如图 1-7 所示,物块质量为 M ,与甲、乙两弹簧相连接,乙弹簧下端与地面连接,甲、乙两弹簧质量不计,其劲度系数分别为 k_1 和 k_2 。起初甲处于自由

长。现用手将弹簧 A 端缓缓上提,使乙弹簧产生的弹力大小变为原来的 $\frac{1}{3}$,则 A 端上移的距离可能是:

A. $(k_1 + k_2) Mg / 3 k_1 k_2$.

B. $2(k_1 + k_2) Mg / 3 k_1 k_2$.

C. $4(k_1 + k_2) Mg / 3 k_1 k_2$.

D. $5(k_1 + k_2) Mg / 3 k_1 k_2$.

解析 乙弹簧原来的弹力是 Mg , 改变后弹力大小为 $Mg/3$, ΔF 有两种可能: 弹簧是压缩状, $\Delta F = \frac{2}{3} Mg$; 弹簧处于拉伸状, $\Delta F = \frac{4}{3} Mg$ 。两根弹簧串接, 弹力的变化相等。由 $\Delta x = \Delta F / k$,

$\Delta x_L = \frac{2}{3} Mg/k_2, \Delta x_L = \frac{4}{3} Mg/k_2, \Delta x_{\text{共}} = \frac{2}{3} Mg/k_1, \Delta x'_{\text{共}} = \frac{4}{3} Mg/k_1, \Delta x = \Delta x_L + \Delta x_{\text{共}}, \Delta x' = \Delta x'_L + \Delta x'_{\text{共}}$, 所以 B、C 正确。

例 2 如图 1-8 所示, 两物块 A、B 叠放在一起, 在一水平外力 $F = 10$ 牛的力作用下一起沿水平面匀速运动, 试讨论:

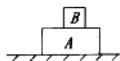


图 1-8

(1) 当水平力 F 作用在 A 物块上时, A 对 B 的摩擦力。

(2) 当水平力 F 作用在 B 物块上时, A 对 B 的摩擦力。

解析 A、B 一起运动, A、B 间的摩擦是静摩擦, 必须研究 B 的其他受力和其运动状态。

当 F 作用在 A 上, B 的其他受力有重力 G 和 A 对 B 的压力 N , 均在竖直方向。物块匀速, 那么 A 对 B 的摩擦力 $f = 0$ 。

当 F 作用在 B 上, B 的其他受力有重力 G 和 A 对 B 的压力 N , 还有 F 。G、N 在竖直方向, F 水平方向, 物块匀速, 那么 A 对 B 的摩擦力 f 与 F 平衡, 则 $f = F = 10$ (牛)。

例 3 一个重量为 G 的物体, 沿一竖直墙面由静止开始下滑, 同时对物体施加一垂直于墙面的压力 N , 且由 0 开始增大。若墙面足够大, 压力 N 也足够增大, 那么墙壁对物体施加的摩擦力随压力 N 的变化而变化关系是下列图中的哪一个?

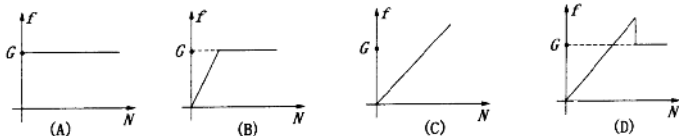


图 1-9

解析 要研究摩擦力, 首先要分清是滑动摩擦还是静摩擦, 因它们有着不同特点、规律, 研究讨论方法也不同。开始物体在重力作用下会沿墙面下滑, 是滑动摩擦。由 $f = \mu N$, f 随 N 增大而增大。当 $f = G$ 时, 物体具有最大 v 。由于仍是滑动, f 随 N 仍是增大, 使物体作减速运动, 直至 $v = 0$ 为止。当 $v = 0$ 就不是滑动摩擦而是静摩擦, 由于以后物体平衡, $f = G$ 。所以 D 正确。

例 4 重 600 牛顿的物体停放在水平面上, 水平面对物体提供的最大静摩擦力是 180 牛顿。水平面与物体之间动摩擦因数是 0.25, 当给物体施一大小为 120 牛顿的水平推力时, 物体受的摩擦力多大? 当水平推力增大到 160 牛顿时, 物体受的摩擦力多大? 当水平推力增大到 200 牛顿时, 物体受的摩擦力又是多大?

解析 由于 120 牛、160 牛都小于最大静摩擦 180 牛, 所以推不动物体, 是静摩擦。水平方向由二力平衡有: 当 $F = 120$ (牛), $f = F = 120$ (牛); 当 $F = 160$ 牛, $f = F = 160$ (牛)。200 牛大于最大静摩擦 180 牛, 物体被推动, 是滑动摩擦。由 $f = \mu N$, $N = G$, 有 $f = 0.25 \times 600 = 150$ (牛)。



- 有关弹力下列说法正确的是
 - 有弹力一定有形变,有形变也一定有弹力.
 - 有弹力一定有两物体直接接触,两物体直接接触一定有弹力.
 - 物体所受弹力的方向总是与物体的弹性形变方向相同.
 - 压力的方向总是竖直向下.
- 关于摩擦力与压力的关系,下列说法正确的是
 - 有摩擦力一定有压力.
 - 有压力一定有摩擦力.
 - 摩擦力的大小总是与压力成正比.
 - 摩擦力的方向总是与压力方向垂直.
- 下列有关摩擦力的说法中正确的是
 - 滑动摩擦力总是阻碍物体的运动.
 - 静摩擦力不可能是阻力.
 - 滑动摩擦力不可能是动力.
 - 运动的物体也可能受静摩擦力作用.
- 在水平木板上放一物体,物体与木块间动摩擦因数 $\mu = \sqrt{3}/3$,把木板的一端逐渐抬起至竖直的过程中,下列判断正确的是
 - 物体受到的摩擦力不断增大.
 - 物体受到的摩擦力不断减小.
 - 物体受到的摩擦力先增大,后不变.
 - 物体所受摩擦先增大,后减小.
- 运动员用双手握住竖直的竹竿匀速攀上和匀速下滑,竹竿对他施加的摩擦力分别是 f_1 和 f_2 ,对 f_1 和 f_2 下列说法正确的是
 - f_1 向下, f_2 向上,且 $f_1 = f_2$.
 - f_1 向下, f_2 向上,且 $f_1 > f_2$.
 - f_1 向上, f_2 向上,且 $f_1 = f_2$.
 - f_1 向上, f_2 向下,且 $f_1 = f_2$.
- 如图 1-10 所示, A 、 B 均处于静止,对斜面体 B 受力个数的分析下列说法正确的是
 - 共受三个力作用
 - 共受四个力作用
 - 共受五个力作用
 - 共受六个力作用

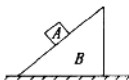


图 1-10



图 1-11

- 如图 1-11 所示,弹簧甲与 A 、 B 物体相连接,劲度系数为 k_1 ,弹簧乙与 B 物体相连接,劲度系数为 k_2 . A 的质量为 m_1 , B 的质量为 m_2 ,现用手拉乙的上端 P 缓慢向上移,当 P 上移_____时, A 物体开始离开水平面.
- 如图 1-12 所示,地面对 B 提供的最大静摩擦力为 30 牛, B 对 A 提供的最大静摩擦力是 20 牛,试讨论:
 - $F = 20$ 牛顿时,绳对 A 的拉力多大.
 - $F = 40$ 牛顿时,绳对 A 的拉力多大.
 - 要将 B 从 A 中抽出 F 满足什么条件?

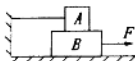


图 1-12

第二节

力的合成与分解

知识要点 通晓

1. 力的合成与分解

求几个已知力的合力称力的合成;求一个已知力的分力称力的分解,分力与合力所必须满足的关系是:几个分力共同作用的效果与它们的合力单独作用的效果等效.力是矢量,力的合成与分解的运算法则是矢量的运算法则——平行四边形定则或三角形定则.

2. 力的平行四边形定则

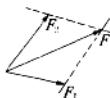


图 1-13

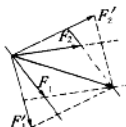


图 1-14

以两个力 F_1 、 F_2 为邻边,作一个平行四边形, F_1 、 F_2 所夹的对角线就为这两个力的合力,如图 1-13 所示.求两个已知力 F_1 、 F_2 的合力,只能作一个平行四边形,所以解是惟一确定的.求一个已知力 F 的两个分力 F_1 、 F_2 可以作无数个平行四边形,如图 1-14 所示,所以解是一个集合,要有确定的解,必定要有定解条件.已知两分力的方向,只能作一个平行四边形,这两力的方向为定解条件;已知两分力的大小,也只能作一个平行四边形,这两力的大小为定解条件;已知一分力的大小与方向,也只能作一个平行四边形,这个分力的大小、方向为定解条件;已知一个分力的大小和另一分力的方向,可作一个或两个或作不出平行四边形,这一个分力的大小,另一个分力的方向为定解条件.

3. 力的三角形定则

将两个已知力 F_1 、 F_2 首尾相连作为三角形的两条边,从一力首连接另一力的尾作为三角形第三条边,箭头方向是从一力的首指向另一力的尾,那么这一条边就为 F_1 、 F_2 的合力 F ,如图 1-15 所示.在力的三角形中,首尾相连的是分力,首首、尾尾相触的是合力.两个分力与它们的合力既然能组成一个三角形,那么它们的参量必须满足三角形的几何特征,不满足其几何特征,构建不了三角形,也就不是分力与合力的关系.



图 1-15

4. 用力的分解法求合力

一个物体受多个力作用,求该物体所受力的合力,如果用求两个力的合力的方法逐步研究不仅繁杂费时,而且容易出错,所以求多个力的合力时,往往采用两条途径:其一,将物体的受力进

行正交分解,分解成两组相互垂直的分力 F_x 、 F_y ,再在 x 方向与 y 方向分别求代数和的办法求合力 ΣF_x 和 ΣF_y ,有 $\Sigma F = \sqrt{\Sigma F_x^2 + \Sigma F_y^2}$,方向与 x 轴夹角 $\theta = \arctan \frac{\Sigma F_y}{\Sigma F_x}$;其二,利用力的对称性分布的合力特点,将物体的受力通过力的分解,转化为一组具有对称性分布的力和另一组力,分别求两组力的合力;如例 4 所述。

5. 力的分解法求解平衡体

力的分解法求解平衡体是对三力点或类似三力点的力学结构,在外力 F 的使用下,力学结构中相互作用力发生变化,讨论与之相对应的作用力。如果不加外力作用时,结构内相互作用力很小(可忽略),加 F 后,相互作用力就趋近于力的变化,如例 5 所述。

典型例题 通析

例 1 下列各组力合力不可能为零的有

A. 1 牛、2 牛、3 牛。

B. 1 牛、4 牛、7 牛。

C. 4 牛、7 牛、10 牛。

D. 5 牛、15 牛、25 牛。

解析 两个力的合力,随两力夹角的变化而变化,范围是两力数值差与两力数值和之间,如果第三力能落在两值之间,合力可能为零,若不能落在两值之间,合力就不可能为零,所以 B、D 两组力合力不可能为零。

例 2 把一个 80 牛顿的力 F 分解成两个分力,其中 F_1 的方向与 F 的夹角是 30° ,试讨论:

(1) 当 F_2 最小时,求 F_1 的大小;(2) $F_2 = 50$ 牛顿时,求 F_1 的大小。

解析 当 F_2 最小时,可根据定解条件作出如图 1-16 的平行四边形。根据几何知识有 $F_1 = F \cos 30^\circ = 40\sqrt{3}$ (牛)

当 $F_2 = 50$ 牛时,可根据定解条件作出如图 1-17 的平行四边形,根据几何知识可求得:

$$F_1 = 40\sqrt{3} - 30 = 39.3 \text{ (牛)}.$$

$$F_1 = 40\sqrt{3} + 30 = 99.3 \text{ (牛)}.$$

例 3 如图 1-18,重物 $G = 200$ 牛顿,搁放在动摩擦因数 $\mu = 0.2$ 的水平面上,被一与水平成 37° 角斜向上的拉力作用沿水平面运动,若这一外力 $F = 100$ 牛,求物体所受外力的合力大小与方向。

解析 物体沿水平面运动,那么竖直方向合力必定为零。将物体所受的力分解成沿水平方向(x 方向)和竖直方向(y 方向)两组如图 1-19。根据 y 方向合力为零, $N = G - F \sin 37^\circ = 140$ 牛, $f = \mu N$, 有 $f = 28$ (牛), 所以 $\Sigma F_x = F \cos 37^\circ - f = 52$ 牛, 所以物体所受力的合力大小是 52 牛, 方向沿 x 轴方向。

例 4 物体 A 受三个互成 120° 夹角的力作用; $F_1 = 5$ 牛, $F_2 = 7$ 牛, $F_3 = 9$ 牛,求物体 A 所受力的合力。

解析 由于三力互成 120° 角,若三力大小相等,由其对称性有合力为

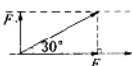


图 1-16

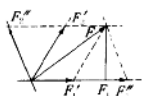


图 1-17



图 1-18

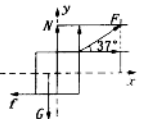


图 1-19

零,由此将 F_1 、 F_3 分解,使之得到一组大小均为 7 牛,互成 120° 角的力,其合力为零,另一组力为 2 个 2 牛,夹角为 60° 的力,如图 1-20 所示,由几何关系有 $F = 2\sqrt{3}$ 牛。

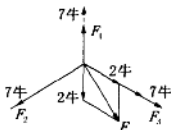


图 1-20

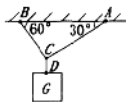


图 1-21

例 5 1-21 所示,轻绳 AC 与水平面夹角 $\alpha = 30^\circ$, BC 与水平面夹角 $\beta = 60^\circ$,若 AC、BC 能承受的最大拉力不能超过 100 牛,那么重物 G 不能超过多少(设悬挂重物 G 的绳 CD 强度足够大)?

解析 由于重物静止时对 C 点的拉力 $F = G$,拉力产生两个效果:对 BC 拉力 F_{BC} ;对 AC 拉力 F_{AC} ,其力的矢量图如图 1-22 所示。从图中几何关系可以看出有 $F_{BC} > F_{AC}$,即当重物增加时 F_{BC} 先达到 100 牛,所以重物的极限值是 $F_{BC} = 100$ 牛时重物之值。由几何关系, $F = F_{BC} / \cos 30^\circ = 200\sqrt{3}/3$ (牛),所以重物不能超过 $200\sqrt{3}/3$ (牛)。

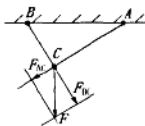


图 1-22

综合能力 特训

- 下列有关两力的合力的说法正确的是
 - 2 牛与 8 牛力的合力不可能是 2 牛。
 - 2 牛与 8 牛力的合力不可能是 8 牛。
 - 两力的合力不可能比两分力都小。
 - 两力的合力可能比两分力都小。
- 将 F 分解成 F_1 、 F_2 两个分力,若已知 F_1 的大小及 F_2 与 F 之间的夹角 θ ,且 θ 为锐角,下列说法正确的是
 - F_1 不可能大于 F 。
 - F_1 不可能小于 $F \sin \theta$ 。
 - 当 $F_1 > F \sin \theta$ 时,一定有两个解。
 - 当 $F_1 = F \sin \theta$ 时,有唯一的解。
- 物体在一组力作用下而处于平衡,现将一个大小为 10 牛顿的力的方向改变 60° ,下列说法正确的是
 - 物体所受力的合力大小是 10 牛顿。
 - 物体所受力的合力大小是 20 牛顿。
 - 物体所受力的合力大小是 $10\sqrt{3}$ 牛顿。
 - 物体所受力的合力大小是 $5\sqrt{3}$ 牛顿。
- 若两分力 F_1 、 F_2 夹角为 α ($\alpha \neq \pi$),且保持 α 不变,下列说法正确的是
 - 一个分力增大,合力一定增大。
 - 两个分力都增大,合力一定增大。
 - 两个分力都增大,合力可能减小。
 - 两个分力都增大,合力不可能不变。
- 如图 1-23 所示,三段不可伸长的细绳 OA、OB、OC 能承受的最大拉力相同,它们共同悬挂一重物,其中 OB 是水平的, A 端、B 端固定,若逐渐增加 C 端所挂物体的质量,最先断的绳
 - 必定是 OA。
 - 必定是 OB。
 - 必定是 OC。
 - 都有可能,纯属偶然。
- 如图 1-24 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 N_1 ,球对板

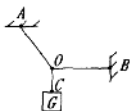


图 1-23

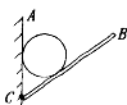


图 1-24

的压力为 N_2 , 在将板 BC 逐步放至水平的过程中, 下列说法正确的是

- A. N_1 与 N_2 都增大. B. N_1 和 N_2 都减小.
C. N_1 增大, N_2 减小. D. N_1 减小, N_2 增大.
7. 如图 1-25, 物体受三个力作用, $F_1 = 100$ 牛, $F_2 = 45$ 牛, $F_3 = 100$ 牛, 方向如图中所示, 那么物体所受力的合力大小是 _____, 方向是 _____, ($\sin 37^\circ = 0.6$, $\cos 37^\circ = 0.8$)
8. 将一个竖直向下的力 $F = 100$ 牛分解成两个分力, 其中一个分力是沿水平方向, 大小是 75 牛, 那么另一个分力的大小是 _____, 方向与水平方向的夹角 α 为 _____.

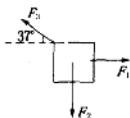


图 1-25

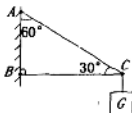


图 1-26

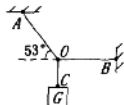


图 1-27

9. 如图 1-26 所示, 轻杆 AC 、 BC 组成一三角形支架, A 、 B 端用铰链固定在竖直墙面上, 在 C 点挂一重 80 牛的重物, AC 、 BC 分别是什么性质的弹力, 大小分别是多少?
10. 三段绳如图 1-27 的形式连接, 其中 BO 水平, 每段绳能承受的最大拉力为 100 牛, 为不损坏三段绳的结构, 在 C 端悬挂的重物不能超过多少?

第三节

力的平衡

知识要点 通晓

1. 共点力的平衡条件

几个力作用于同一点或力的作用线相交于同一点, 这几个力称为共点力. 共点力的平衡条件是 $\sum F = 0$.

二力平衡的特点: 作用在同一物体上, 大小相等, 方向相反, 作用在同一直线上. 二力平衡是一个最简单的平衡力系, 在解决平衡问题中, 往往运用“同一直线上”判断受力点的力的方向问题. (如例 1 所述).

三力平衡的特点: 任意两个力的合力与第三力大小相等、方向相反, 同一作用线. 所以三力一

定共面。三力平衡的特点往往用于处理物体受三个力作用而平衡问题中,将两个待讨论的力求合力,与第三个已知力等大、反向、同直线,从而分析研究力的问题,如例2所述。

2. 力矩、力偶矩

力与力臂的乘积称为力矩,它是改变物体转动状态的原因。

力臂:力的作用线到支点的垂直距离。如图1-28,以O为支点, F_1 的力臂 $L_1 = AO$, F_2 的力臂 $L_2 = BO$,所以 $M_1 = F_1 \times AO$, $M_2 = F_2 \times BO$ 。

如图1-29中F的力矩,不仅可用 $M = F \times OB$ 计算,还可以将F分解成 F_1 、 F_2 两个分力,根据等效, $M = M_1 + M_2$ 。 F_1 过支点O,则 $M_1 = 0$; F_2 与OA杆垂直,则 $M_2 = F_2 \times OA$,所以 $M = M_1 + M_2 = M_2 = F \times OA$ 。

作用在同一物体上的两个力,若大小相等、方向相反、不在同一直线上,这两个力称一对力偶。一对力偶的合力为零,但它有转动效果,用力偶矩描述。力偶矩的大小、方向与转动轴的选取无关,总是 $M = F \times d$ 。F是这对力偶某力的大小,d是两力的作用线间的距离。

图 1-28

3. 正交分解法求解平衡体

正交分解法求解平衡体是对受多个力作用而处于平衡状态的物体,将物体所受的力分解为相互垂直的两组力 F_x 、 F_y ,那么物体的平衡条件 $\sum F = 0$ 转化为 $\sum F_x = 0$, $\sum F_y = 0$ 。分别对x、y方向用平衡条件讨论。

图 1-29

正交分解法求解平衡体问题中,x、y方向的选定有三条原则:其一,应使尽可能多的力落在x、y方向上,被分力尽可能少;其二,被分的力尽可能是已知力而不是未知力;其三,一般情况下待求力不宜分解。

4. 求解平衡问题的一般方法与步骤

一般分六步进行:

(1)审题,确定研究对象。对一个由多个物体组成的系统,研究对象的选定尤为重要,一般被首先列为研究对象的应该是受力简单、已知量充足的物体或物体组。通过对它的研究才可获取研究成果,为最终解决问题补充已知条件。

(2)对研究对象进行受力分析,画出物体的受力示意图。

(3)选定x、y方向,对力进行正交分解。

(4)对x方向, $\sum F_x = 0$ 列出x方向力的平衡方程;对y方向, $\sum F_y = 0$ 列出y方向力的平衡方程。

(5)列出有关概念、力学结构关系等补充方程。

(6)求解方程组,并分析作答。

典型例题

通析



例1 光滑水平面上(纸平面),两档板一端用铰链连接,中间夹一个半径为R的球,当两档板夹角为 θ 时,用力夹球,球不被挤出,如图1-30所示,那么球与档板间动摩擦因数至少多大?

解析 水平方向,球只两个受力点A、B,由二力平衡,两受力点受力方向必定是A、B两点的连接上。 F_A 可分解沿半径方向的挤压力(N)和沿板方向摩擦力(f)。由于f的静摩擦,有 $f \leq \mu N$,

所以 $\mu \geq \tan \theta/2$.

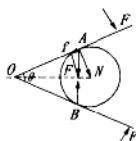


图 1-30

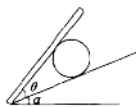


图 1-31

例 2 如图 1-31 所示,质量为 m 的球被挡板 P 挡住夹在倾角为 α 的斜面上. 不计摩擦,将挡板与斜面的夹角 θ 缓慢增大至挡板水平,斜面对球的支持力 N_1 与挡板对球的压力 N_2 的变化情况是:

A. N_1 增大, N_2 减小.

B. N_1 减小, N_2 增大.

C. N_1 减小, N_2 先减小后增大.

D. N_1 先增大后减小, N_2 先减小后增大.

解析 缓慢增大,可视为是平衡状态.球受三个力作用,重力为已知, N_1 、 N_2 为待求的两力.其中 N_1 的方向是确定的,随 N_2 大小方向的变化 N_1 大小跟随变化,但 N_1 、 N_2 的合力始终与重力等大反向同直线.作出力的变化图如图 1-32. N_2 由斜向下慢慢变为斜向上,当水平时, N_2 竖直向上,所以 C 正确.

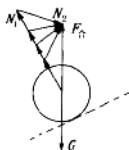


图 1-32



图 1-33

例 3 用轻质细线把两个质量未知的小球悬挂起来,如图 1-33, A、B 两球带等量异种电荷. 现加一个与水平方向成 30° 角右上方的匀强电场,待重新平衡后,可能是图 1-34 中的哪一种情形?

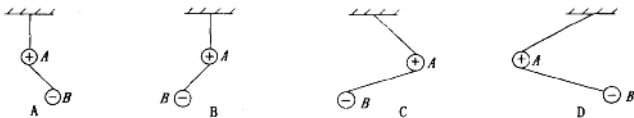


图 1-34

解析 由于等量异种电荷,由 $F = qE$,两电场力等大、反向,对 A、B 整体研究,两电场力是一对力偶,根据力偶的特点其合力为零,研究合力问题,可撤除这两力, A、B 受重力和上端线的拉力,由于重力竖直向下,由二力平衡,拉力竖直向上,所以只有 A、B 有可能正确,电场力是对力偶,重力与拉力也是一对力偶,两对力偶的矩大小相等,方向相反,所以 B 正确.

例4 斜面倾角 $\alpha = 37^\circ$, 质量 $m = 1.4$ 千克的物体放在斜面上, 恰好能沿斜面自然匀速下滑. 若对物体施加一水平力 F , 使物体沿斜面向上滑, 求水平推力 F .

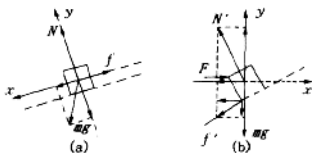


图 1-35

解析 对下滑过程, 物体受力情况如图 1-35(a) 所示; 对物体上滑过程, 物体受力情况如图 1-35(b) 所示. 分别选 x 、 y 方向如图中所示, 对 a 图有 $f = mg \sin 37^\circ$, $N = mg \cos 37^\circ$, $f = \mu N$, 所以 $\mu = 0.75$. 对 b 图有 $F = N' \sin 37^\circ + f' \cos 37^\circ$, $mg + f' \sin 37^\circ = N' \cos 37^\circ$. 又 $f' = \mu N'$. 所以 $F = 48$ (牛).

例5 如图 1-36 所示, 斜面体 M 放在粗糙的水平面上, 两斜面与水平面的夹角分别是 α 、 β , 且 $\alpha < \beta$. 质量分别为 m_1 、 m_2 (且 $m_1 > m_2$) 的物体分别在斜面上自由匀速下滑, 那么水平面对斜面体 M 的摩擦力正确的说法是

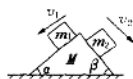


图 1-36

- A. 因 $\alpha < \beta$, 所以有摩擦, 且方向向左.
- B. 因 $m_1 > m_2$, 所以有摩擦, 且方向向右.
- C. 因是平衡状态, 所以水平面对 M 没有施加摩擦力.
- D. 因不知 μ_1 、 μ_2 , 所以无法判定是否有无摩擦.

解析 这是一个由三个物体组为一体的物体组, 若选整体为研究对象, 受有重力 G 和水平面支持力 N , 两力均在竖直方向. 摩擦力只可能是水平方向, 根据平衡条件, 只可能是 $f = 0$ 才能保证合力为零. 所以 C 正确.

例6 如图 1-37 所示, 物块 m 自由沿斜面匀速下滑, 若再对 m 施加一个竖直向下的作用力 F , 试分析物块还能匀速下滑吗?

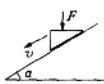


图 1-37

解析 物块开始能自由匀速下滑, 物体受三个力作用而处于平衡有: $f = mg \sin \alpha$, $N = mg \cos \alpha$, $f = \mu N$, 有 $\mu = \tan \alpha$. 当再施加 F , 沿斜面方向合力 $\Sigma F_x = mg \sin \alpha + F \sin \alpha - f'$, 垂直斜面方向平衡有 $N' = mg \cos \alpha + F \cos \alpha$, 又 $f' = \mu N' = \tan \alpha N'$, 所以 $\Sigma F_x = 0$, 物体仍匀速下滑.

综合能力 通训

- 如图 1-38 所示, 物块在拉力 F 的作用下向右做匀速直线运动, 物块受到的摩擦力 f 与拉力 F 的合力方向是
 - A. 竖直向下.
 - B. 竖直向上.
 - C. 斜向上偏左.
 - D. 斜向上偏右.
- 如图 1-39 所示, 物体重 20 牛, 绳 OA 与竖直线成 30° 角, 绳 OB 与竖直线成 60° 角, F 与竖直线成 30° 角, 系统处于平衡, 下列说法正确的是
 - A. F 一定大于 20 牛.
 - B. F 一定小于 $20\sqrt{3}$ 牛.



图 1-38

C. F 可以小于 20 牛.

D. F 可能小于 $20\sqrt{3}$ 牛.

3. 如图 1-40 所示, A 、 B 一起以共同速度沿斜面匀速下滑, 下列说法正确的是

A. A 对 B 不施加摩擦力.
 B. 斜面对 B 的摩擦力的大小是 $m_B g \sin \alpha$.
 C. 斜面与 B 之间动摩擦因数 $\mu = \tan \alpha$.
 D. B 对 A 的摩擦力大小是 $m_A g \sin \alpha$.

4. 如图 1-41 所示, 物体在水平力 F 的作用下静止在斜面上, 若稍许增大水平力 F , 物体仍保持静止, 斜面对物体的静摩擦力 f 和支持力 N 的变化情况的可能性有

A. f 增大 N 减小.
 B. f 减小 N 增大.
 C. f 增大 N 增大.
 D. f 减小 N 减小.

5. 如图 1-42 所示, A 、 B 两物体受重力均是 5 牛顿, A 用绳悬挂在天花板上, B 放在水平地面上, A 、 B 间固接的弹簧弹力为 3 牛顿, 则绳中张力 T 及 B 对地面的压力 N 的可能值分别是

A. $T = 8$ 牛, $N = 2$ 牛.
 B. $T = 2$ 牛, $N = 8$ 牛.
 C. $T = 3$ 牛, $N = 7$ 牛.
 D. $T = 4$ 牛, $N = 6$ 牛.

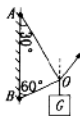


图 1-39



图 1-40

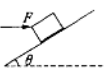


图 1-41

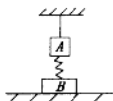


图 1-42

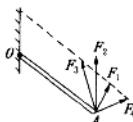


图 1-43

6. 如图 1-43, 直杆 OA 可绕 O 点转动, 图中虚线与杆平行, 杆端点 A 受四个力 F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4 的作用, 力的作用线跟 OA 杆在同一竖直面内, 它们对转轴 O 的力矩分别是 M_1 、 M_2 、 M_3 、 M_4 , 其大小关系有

A. $M_1 > M_2$.
 B. $M_2 > M_1$.
 C. $M_1 = M_3 = M_4$.
 D. $M_2 > M_1 > M_4$.

7. 如图 1-44, 在水平面上叠放有 A 、 B 、 C 三个物块, 现对 B 施加水平力 $F_1 = 10$ 牛, 对 A 施加水平力 $F_2 = 15$ 牛, A 、 B 、 C 均处于静止状态, 那么 B 对 C 施加的摩擦力 _____, B 对 A 施加的摩擦力 _____, 地面对 A 施加的摩擦力 _____.

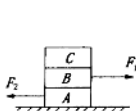


图 1-44

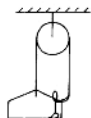


图 1-45

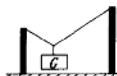


图 1-46

8. 如图 1-45, 吊篮重 200 牛, 人重 600 牛, 为了使吊篮匀速上升, 不计滑轮摩擦, 人对绳施力 _____ 牛, 吊篮对人的支持力是 _____ 牛.