

北京市海淀区教育局特高级教师编写组 编写
北京市海淀区教师进修学校特级教师



物理

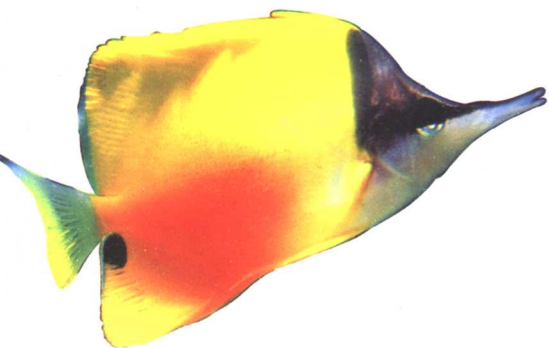
基础知识手册

> 高中版

- 依纲靠本 系统全面
- 编排新颖 使用方便
- 名师打造 科学高效

主编

张光珞



海淀特高级
教师通力合作
最新版

内蒙古大学出版社

高中物理 基础知识手册

北京市海淀区教育局特高级教师编写组/编写
张光珞/主编



内蒙古大学出版社

书 名 高中物理基础知识手册
主 编 张光珞
责任编辑 赵 英
出版发行 内 蒙 古 大 学 出 版 社
呼和浩特市大学西路 235 号(010021)
电子信箱 inmt@nmg2.imu.edu.cn
发 行 内蒙古新华书店
印 刷 北京飞达印刷有限责任公司
开 本 880 × 1230/32
总 印 张 76.625
总 字 数 2490 千
版 次 2004 年 6 月第 1 版
印 次 2004 年 6 月第 1 次印刷
标准书号 ISBN 7 - 81074 - 602 - 2/G · 120
总 定 价 92.80 元

本书如有印装质量问题,请直接与出版社联系

目 录

第一章 力	(1)
一、力 重力 弹力 摩擦力	(1)
二、力的合成与分解	(11)
实验一 长度的测量	(21)
实验二 验证力的平行四边形定则	(23)
第二章 直线运动	(26)
实验一 练习使用打点计时器	(49)
实验二 测定匀变速直线运动的加速度	(49)
第三章 牛顿运动定律	(52)
一、牛顿第一定律与物体运动状态的改变	(52)
二、牛顿第二定律	(56)
三、牛顿第三定律 力学单位制 超、失重	(66)
四、牛顿运动定律的应用	(72)
第四章 物体的平衡	(81)
第五章 曲线运动	(96)
一、运动的合成与分解	(96)
二、匀速圆周运动、向心力	(107)
实验 研究平抛物体的运动	(120)
第六章 万有引力定律	(122)
第七章 动 量	(135)
一、动量、冲量 动量定理	(135)
二、动量守恒定律及应用	(141)
实验 验证碰撞中的动量守恒	(154)
第八章 机械能	(156)
一、功	(156)
二、功 率	(163)
三、动能定理	(168)
四、势能 机械能守恒定律	(173)
五、功能关系 能量守恒定律	(179)
实验 验证机械能守恒定律	(188)
第九章 机械振动	(190)
一、简谐运动 振幅、周期和频率	(190)
二、简谐运动的图像	(194)
三、单摆 共振	(197)
实验 用单摆测定重力加速度	(202)
第十章 机械波	(204)
一、波的形成和传播	(204)
二、波的特有现象	(209)

第十一章 分子热运动 能量守恒	(212)
一、分子动理论	(212)
二、物体的内能、能的转化和守恒定律	(217)
第十二章 略	
第十三章 气 体	(222)
一、气体的状态参量	(222)
二、气体实验定律	(227)
三、理想气体状态方程	(228)
四、气体分子动理论	(229)
第十四章 电 场	(232)
一、电场力的性质	(232)
二、电场能的性质	(242)
三、电容器 电容	(251)
四、带电粒子在匀强电场中的运动	(257)
实验 电场中等势线的描绘	(264)
第十五章 恒定电流	(266)
一、电阻定律 部分电路的欧姆定律	(266)
二、电功 电功率 电热	(270)
三、闭合电路的欧姆定律	(273)
四、电流、电压、电阻的测量	(285)
五、电学实验	(292)
第十六章 磁 场	(299)
一、磁场 磁感线	(299)
二、安培力、磁感应强度、磁通量	(303)
三、磁场对运动电荷的作用	(313)
第十七章 电磁感应	(328)
一、电磁感应现象 楞次定律	(328)
二、法拉第电磁感应定律 自感	(338)
第十八章 交变电流	(356)
一、交变电流的产生和描述	(356)
二、电感和电容对交变电流的影响	(362)
三、变压器 电能的输送	(363)
第十九章 电磁场和电磁波	(371)
一、电磁振荡	(371)
二、电磁场和电磁波	(376)
三、无线电波的发射和接收	(379)
第二十章 光的反射与折射	(381)
一、光的反射 平面镜	(381)
二、光的折射 全反射	(386)
三、棱镜 光的色散	(390)
实验 测定玻璃的折射率	(392)
第二十一章 光的波动性	(394)
一、光的干涉和衍射	(394)
二、光的电磁说、光的偏振激光	(399)

第二十二章 量子论初步	(402)
一、光电效应 光的波粒二象性	(402)
二、玻尔的原子模型 能级 物质波	(406)
第二十三章 原子核	(410)
一、原子的核式结构 原子核	(410)
二、天然放射现象放射性同位素的应用	(413)
三、核反应 核能 裂变 聚变	(416)



第一章 力

本章内容是力学的基础知识,力是贯穿于力学乃至整个物理学的重要概念.对物体进行受力分析是解决力学问题的基础和关键.力在合成与分解时所遵守的平行四边形定则,也是所有的矢量合成与分解时所遵守的普遍法则.力学中的三种常见力——重力、弹力和摩擦力,尤其是摩擦力是历年高考的必考内容.对物体进行受力分析,在近年的考试说明中虽不再被单独列为一个知识点,但它仍是高考的考查热点.在近几年的高考中,常把本章的知识与后面的知识(如牛顿定律、动量、功和能、气体的压强、电磁学等)结合起来进行考查.



一、力 重力 弹力 摩擦力

概念篇

1. 力

定义 力是物体之间的相互作用.

理解要点 (1)力具有物质性.一谈到力,必然涉及两个物体:受力物体和施力物体.力不能离开物体而存在,找不到施力物体和受力物体的力是不存在的.

说明 ①分析力,首先要明确受力物体(作用对象)和施力物体.如人推车时,对车而言,车是受力物体,人是施力物体;对人而言,人是受力物体,车是施力物体.可见,当选以某物为研究对象时,这个物体就是受力物体,其它物体就是施力物体.②对某一物体而言,可能有一个或多个施力物体.③受力物体和施力物体总是同时成对出现.

(2)力具有相互性.施力物体给予受力物体作用的同时必受受力物体的反作用力,即力都是成对出现的.施力物体同时也是受力物体,受力物体同时也是施力物体.我们把两物体间的作用称为作用力与反作用力.

说明 相互作用的物体,可以直接接触,也可以不接触.

(3)力具有矢量性:力不仅有大小,而且有方向.

(4)力的三要素:大小、方向、作用点.

说明 ①力的大小用弹簧秤测量.②在国际单位制中,力的单位是牛顿,符号“N”.

(5)力的图示和力的示意图

①用一根带箭头的线段表示出力的三要素的方法称为力的图示.

说明 用力的图示法表示力时,标度的选取是任意的,实际问题中,可根据已知力的大小作恰当的选择,尽量使画出的力既容易分度,又使整个图面比较匀称、美观,只需画出力的作用点和方向,对线的长短没有严格要求.

②若只正确的表示出力的方向,按大致比例画出力的大小,称为力的示意图.

说明 力的图示与力的示意图不同,力的图示要求严格,而力的示意图着重于力的

方向的画法,不要求做出标度,如图 1-1 就是力的示意图.

(6)力的作用效果:力有两种作用效果,可从“动”与“静”两方面把握.

①静力效果:使物体的形状发生改变(形变).如使物体拉伸、压缩、扭转等.

②动力效果:使物体的运动状态发生变化(改变物体的速度).如使物体从静止到运动,从运动到静止;或使速度大小、方向发生改变.

(7)力的种类:各种力一般可用两种不同的方法分类,一是按性质分,二是按效果分.

①根据力的性质命名:如重力、弹力、摩擦力、分子力、电磁力、核力等.

②根据力产生的效果命名:如压力、拉力、动力、阻力、向心力、回复力等.

说明 根据效果命名的不同名称的力,性质可能相同;同一性质的力,其效果可能不同,如上抛一小球,在上升过程中,重力起阻力作用,而小球下落时,重力又成为动力.

例 1 关于力的概念,下列说法正确的是

()

(A)力是物体产生形变和改变运动状态的原因

(B)一个力必定联系着两个物体,其中每个物体既是受力物体又是施力物体

(C)只要两个力的大小相同,它们产生的效果一定相同

(D)两个物体互相作用,其相互作用力可以是不同性质的力

分析 根据力的两个作用效果,可知选项 A 正确.根据力的相互性,可知选项 B 正确.根据力的三要素,可知力的作用效果不仅与力的大小有关,还与力的方向和作用点有关,选项 C 错误.相互作用力一定是同一性质的力,选项 D 错误.本例应选 A、B.

点评 理解力的概念、性质,特别是要注意力的相互性,这是对物体进行受力分析的基础.

2. 重力

(1)重力:由于受到地球的吸引而使物体受到的力叫重力.

说明 ①地球附近的物体都受到重力作用.

②重力是由地球的吸引而产生,但不能说重力就是地球的吸引力.

③重力的施力物体是地球.

(2)重力的大小.

①由 $G = mg$ 计算, $g = 9.8 \text{ N/kg}$.

②用弹簧秤测量,物体处于静止时,弹簧秤的示数为重力的大小.

说明 ①在地球表面上不同的地方同一物体的重力大小不同的,纬度越高同一物体的重力越大,因而同一物体,在两极比赤道重力大.

②一个物体的重力不受运动状态的影响,与是否还受其它力的作用也无关系.

③在处理物理问题时,在地球表面和在地球附近某一高度的地方,一般认为同一物体的重力不变.

(3)重力的方向:竖直向下(即垂直于水平面).

说明 ①重力的方向沿铅垂线方向与水平面垂直,不一定指向地心.但在两极与在赤道上的物体,所受重力的方向指向地心.②重力的方向不受其它作用力的影响,与运动状态也没有关系.

(4)重心:物体所受重力的作用点.

重心的确定:①质量分布均匀物体的重心,只与物体的形状有关.形状规则的均匀物体,它的重心就在几何中心上.如均匀直棒的重心,在棒的中心.②质量分布不均匀的物体的重心与物体的形状、质量分布有关.③薄板形物体的重心,可用悬挂法确定(如图 1-2 甲、乙所示).先在 A 点把薄板悬挂起来,物体静止时,物体所受的重力与悬绳的拉力在

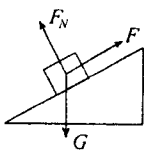


图 1-1

同一竖直线上,所以物体的重心一定在通过 A 点的竖直线 AB 上,然后在 C 点把物体悬挂起来,同理知,物体的重心一定在通过 C 点的竖直线 CD 上,AB 和 CD 的交点 O,就是薄板重心的位置。

说明 ①物体的重心可在物体上,也可在物体外。如:易拉罐的重心不在铁壳上。②重心的位置与物体所处的位置及放置状态和运动状态无关。但一个物体内质量发生变化时,其重心位置也发生变化。如:用铁桶装沙子,随沙子的增多,重心在升高。③引入重心概念后,研究具体物体时,就可以把整个物体各部分的重力用作用于重心的一个力来表示,于是原来的一个物体就可以用一个有质量的点来替代。

如图 1-3 所示,有一个等边三角形 ABC。在 B、C 两点各放一个质量是 m 的小球,在 A 点放一个质量是 $2m$ 的小球,则这三个球组成的系统的重心在何处?

分析 B、C 两点所放小球质量均为 m ,两球重心在 BC 的中心点 D,总质量为 $2m$,与 A 点所放小球的质量相等。从而,三个球组成的系统的重心在 AD 的中点。即在角 A 的角平分线的中点处。

点评 一般情况下求物体的重心位置须应用力矩平衡知识,计算较繁,此处我们应用系统的对称性,巧妙地选取对象,简化了解过程。

3. 弹力

(1)形变:物体的形状或体积的改变,叫做形变。

形变有两个方面:①形状的改变:指受力物体的外观形态发生变化,如橡皮绳的拉长;用力使直的竹竿弯曲。②体积的改变:指受力时物体的体积发生变化。如用力使海绵体积变小;给排球打气体积增大。

说明 ①任何物体都能发生形变,不发生形变的物体是不存在的,不过有的形变比较明显,如弹簧的拉长或缩短,可用眼睛直接观察到;有的形变极其微小,要用仪器才能观察到,如桌面上放一本书,桌面受到压力,会向下凹,只不过这种凹陷肉眼几乎观察不到罢了。微小形变可用间接的方法显示,如光学的方法、挤压盛水的玻璃瓶观察细管中水面上升下降等。②弹性形变:发生形变的物体在撤去外力后能恢复原状,这样的形变叫弹性形变,简称形变,如弹簧、橡皮绳的形变。有些物体、发生形变过大,超过了一定的限度,形变将不能完全恢复原状,这个限度叫弹性限度,如用力拉直弹簧,便不能恢复原状。③形变的种类:拉伸或压缩形变、弯曲形变、扭转变形。

(2)弹力:发生形变的物体,由于要恢复原状对跟它接触的物体会产生力的作用,这种力叫弹力。

说明 ①弹力产生的条件:直接接触的物体,且发生弹性形变,二者缺一不可。如图 1-4 放在水平面上的两个小球,靠在一起,两小球间就不存在弹力作用,因为两小球虽靠在一起,并无挤压,因而没有发生形变,故不产生弹力。②弹力是一种接触力,必须存在于直接接触的物体间,其作用点为两物体的接触点。③根据力的相互性,弹力的作用也应是相互作用的两个物体之间的,因此弹力必须产生在同时形变的两物体间。不可能出现一个物体产生形变对另一物体产生弹力,而受到弹力的物体却不发生形变。④弹力与形变同时产生,同时消失。

(3)弹力的方向:施力物体对受力物体弹力的方向与施力物体形变的方向相反,具体情况如下

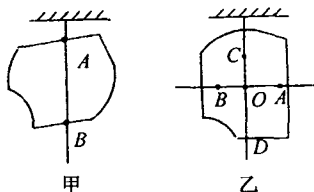


图 1-2

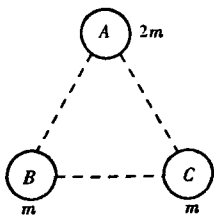


图 1-3

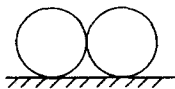


图 1-4

①轻绳只能产生拉力,方向沿绳子且指向绳子收缩的方向(不计重力)

②压力和支持力方向总垂直于接触面,指向受力物体.

注意 面与面接触,弹力方向垂直接触面.

点与面接触,弹力方向垂直接触面.

点与点接触,弹力方向垂直于过接触点切面.

说明 轻杆既可产生拉力也能产生压力,且方向不一定沿杆.弹簧产生的拉力或压力沿弹簧轴线方向.

(4)弹力的大小:弹簧在弹性限度内遵循胡克定律 $F = kx$, k 是劲度系数,表示弹簧本身的一种属性, k 仅与弹簧的材料、粗细、长度有关,而与运动状态、所处位置无关.其他物体的弹力应根据运动情况,利用平衡条件或动力学规律计算.

注意 ①放在水平支持面上静止的物体,对水平支持面的压力等于物体的重力,但不能说就是物体的重力,因为压力与重力性质是不同的. ②支持面对被支持物的支持力的大小并不总是等于重力的大小,如图 1-5 斜面上的物体受到的支持力大小不等于物体的重力.

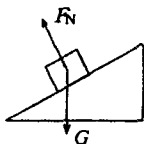


图 1-5

例 3 (1999·全国)如图 1-6 所示,两木块的质量分别为 m_1 和 m_2 ,两轻质弹簧的劲度系数分别为 k_1 和 k_2 ,上面木块压在上面的弹簧上(但不拴接)整个系统处于平衡状态,现缓慢向上提上面的木块,直到它刚离开上面的弹簧,在这过程中下面木块移动距离为 ()

- A. $\frac{m_1 g}{k_1}$ B. $\frac{m_2 g}{k_1}$ C. $\frac{m_1 g}{k_2}$ D. $\frac{m_2 g}{k_2}$

分析 初始状态,下面弹簧的压缩量为

$$x = \frac{(m_1 + m_2)g}{k_2},$$

提起 m_1 后,下面弹簧的压缩量仍有 $x' = \frac{m_2 g}{k_2}$,

所以,下面木块上移的距离为

$$\Delta x = x - x' = \frac{m_1 g}{k_2}.$$

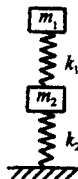


图 1-6

答案 C

点评 本题计算木块移动的距离,实际就是计算弹簧形变量的变化量.根据胡克定律可知,弹簧弹力大小与形变量成正比,容易使人想到应利用平衡条件,计算状态变化过程中对应的弹力.轻弹簧模型是中学物理中常见的一个理想化模型,在近几年高考中出现机会较多,应给予高度重视.

4. 滑动摩擦力

一个物体在另一个物体表面上相对于另一个物体滑动的时候,要受到另一个物体阻碍它相对滑动的力,这种力叫做滑动摩擦力.

说明 ①摩擦的产生是由于物体表面不光滑,使接触面的凹凸部分互相啮合,形成了阻碍相对运动的摩擦力. ②摩擦力具有相互性.

(1)滑动摩擦力的产生条件:a.相互接触的物体间有弹力存在;b.两物体发生了相对滑动;c.接触面粗糙.

如图 1-7 所示, A 放在 B 上处于静止,则 A 不受滑动摩擦力,因为无相对滑动;若接触面光滑,即使存在相对运动也不会产生滑动摩擦力.如图 1-8 所示,用 F 将物体 A 压在竖直墙上.当 $F=0$ 时, A 将沿墙下滑,但 A 并不受滑动摩擦力,因为 A 与墙间不存在压力.

(2)滑动摩擦力的方向:总跟接触面相切,并且跟物体的相对运动的方向相反.

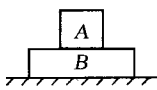


图 1-7

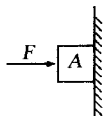


图 1-8

说明 “与相对运动方向相反”不能等同于“与运动方向相反”。滑动摩擦力方向可能与运动方向相同,可能与运动方向相反,可能与运动方向成一夹角。如图 1-9,斜面体竖直向上运动的同时,物体 A 沿斜面匀速下滑,那么, A 所受滑动摩擦力将与 A 的运动方向成一夹角 θ ,但是仍与相对滑动的方向相反。

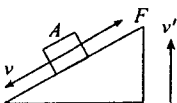


图 1-9

(3) 滑动摩擦力的大小:滑动摩擦力跟压力成正比,也就是跟一个物体对另一个物体表面的垂直作用力成正比。

公式: $F = \mu F_N$ F 表示滑动摩擦力大小, F_N 表示压力的大小, μ 叫动摩擦因数。

说明 ① F_N 两物体表面间的压力,性质上属于弹力,不是总等于物体的重力,更多的情况需结合运动情况与平衡条件加以确定。② μ 与接触面的材料、接触面的粗糙情况有关,无单位且总小于 1。③ 滑动摩擦力大小,与相对运动的速度大小无关。④ 作用效果:总是阻碍物体间的相对运动,但并不总是阻碍物体的运动,可能是动力,也可能是阻力。

5. 静摩擦力

两相对静止的相接触的物体,由于存在相对运动的趋势而产生的阻碍相对运动的力。

说明 ① 两个互相接触的物体相对静止,如水平面上的桌子,当用一水平力推时,桌子没有滑动,但已有了相对地面运动的趋势,根据二力平衡可知,地面对桌子产生了一个阻碍车“相对运动”的力,这就是静摩擦力。② 静摩擦力的作用具有相互性。

(1) 静摩擦力的产生条件: a. 相互接触的物体间有弹力存在; b. 两接触面粗糙; c. 两物体有相对运动的趋势。

(2) 静摩擦力的方向:总跟接触面相切,并且总跟物体的相对运动趋势方向相反。如图 1-10 传送带上的物体随传送带一起匀速斜向上运动时,在传送带上的物体有斜向下的滑动趋势,所以物体受到传送带对其向上的静摩擦力。

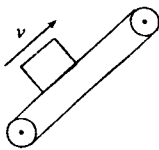


图 1-10

说明 ① 运动的物体可以受到静摩擦力作用。② 静摩擦力的方向可以与运动方向相同,可以与运动方向相反,还可与运动方向成任一夹角 θ 。如图 1-11 所示,斜面上的物体随斜面一起向右匀速运动时,静摩擦力的方向沿斜面向上与 v 方向成 $(\pi - \alpha)$ 角。③ 静摩擦力可以是阻力,也可以是动力。

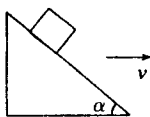


图 1-11

(3) 静摩擦力的大小:两个物体之间静摩擦力的取值范围 $0 < F \leq F_m$,其中 F_m 为两个物体之间的最大静摩擦力。静摩擦力可以根据需要取上一范围中的任一值,与正压力无关。故静摩擦力的大小不能由公式 $F = \mu F_N$ 直接计算,而应根据物体的实际运动情况,利用平衡条件或牛顿定律进行计算。

说明 a. 静摩擦力是被动力,其作用是使物体产生运动趋势的力相平衡,在取值范围内是根据物体的“需要”取值,所以与正压力无关。b. 最大静摩擦力大小指物体将要开始相对滑动时摩擦力大小,与正压力成正比。

(4) 效果:总是阻碍物体间的相对运动的趋势。

例 4 如图 1-12 所示,一质量为 1kg 的长木板放在水平桌面上,木板与桌面间的最大摩擦力为 3.0N,动摩擦因数为 0.3,如果分别用 2.8N 和 3.2N 的水平力推木板,木板受到的摩擦力分别为多大?在木板被水平推动的过程中,当木板伸出桌边三分之一时,木板受到的摩擦力又为多大?(g 取 9.8N/kg)

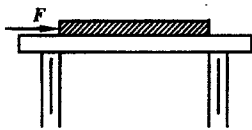


图 1-12

分析 当用 2.8N 的水平力推木板时,因推力小于最大静摩擦力,木板不能被推动而受静摩擦力作用;当用 3.2N 的水平力推木板时,因推力超过最大静摩擦力,木板将被推动而受滑动摩擦力作用.当木板在被推动过程中伸出桌边三分之一时,由于压力和动摩擦因数均未改变,木板所受滑动摩擦力大小不变.可见,当 $F=2.8\text{N}$ 时,木板受静摩擦力 $F_f = F = 2.8\text{N}$,当 $F=3.2\text{N}$ 时,木板受滑动摩擦力 $F_f = \mu F_N = \mu mg = 0.3 \times 1 \times 9.8\text{N} \approx 2.9\text{N}$.当木板在被推动过程中伸出桌边三分之一时,木板所受滑动摩擦力大小未改变,即 $F'_f = F_f \approx 2.9\text{N}$.

点评 计算摩擦力时应先判断是静摩擦力还是滑动摩擦力,如果是静摩擦力,一般不能用公式 $F_f = \mu F_N$ 计算.对于木板在被推动过程中伸出桌边三分之一时的摩擦力,有些同学认为木板只有三分之二压在桌面上,会出现 $F'_f = \mu \cdot \frac{2}{3} mg = \frac{2}{3} \mu mg$ 的错误,其实此时木板对桌面的压力大小仍等于 mg ,仍是 $F'_f = \mu mg$.

例 5 两重叠在一起的滑块,置于固定的倾角为 θ 的斜面上,如图 1-13 所示.滑块 A、B 的质量分别为 M 、 m ,A 与斜面间动摩擦因数为 μ_1 ,B 与 A 的动摩擦因数为 μ_2 .已知两滑块都由斜面由静止以相同的加速度滑下,则滑块 B 受到的摩擦力

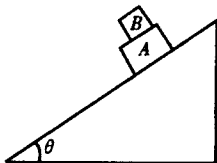


图 1-13

- A. 等于零
B. 方向沿斜面向上
C. 大小等于 $\mu_1 mg \cos \theta$
D. 大小等于 $\mu_2 mg \cos \theta$

分析 设滑块 B 受到沿斜面向上的摩擦力 F ,分别对滑块 B 和 A 进行受力分析,由牛顿第二定律,

对 B 有

$$mgsin\theta - F = ma.$$

对 A 有

$$Mgsin\theta + F - \mu_1(M+m)g\cos\theta = Ma.$$

两式消去 a 可得

$$F = \mu_1 mg \cos \theta, \text{ 应选 B、C.}$$

点评 上述解法中的假设对问题的讨论具有一般性.因为,若求得 F 为零,则说明 B 不受摩擦力;若求得 F 为正,则说明 B 所受摩擦力确实沿斜面向上;若求得 F 为负,则说明 B 所受摩擦力应该沿斜面向下.本题是用牛顿运动定律分析摩擦力的典型例子.

特别注意 1. 摩擦力总是起着阻碍相对运动的作用,并不一定总是阻碍物体的运动,因为有些时候物体受到的摩擦力方向与物体运动方向相同.

2. 不能绝对地说静止的物体受到的摩擦力必是静摩擦力,运动的物体受到的摩擦力必是滑动摩擦力,静摩擦力是保持相对静止两物体之间的摩擦力,受静摩擦力作用的物体不一定静止,滑动摩擦力是具有相对滑动的两个物体间的摩擦力,受滑动摩擦力作用的两物体不一定都滑动.

3. 摩擦力和弹力都是接触力,有摩擦力时必定有弹力,且两者方向垂直;反过来,有弹力时不一定有摩擦力.

4. 分析摩擦力时“参考系”的选择:产生摩擦力的条件中,相对运动或相对运动趋势是指相互接触的物体之间的相对运动或相对运动趋势,因而相对运动或相对运动趋势判断时的“参考系”是选给物体摩擦力的那个物体为“参考系”而不是选别的物体作参照物.

规律篇

摩擦力的求解

(1) 摩擦力的大小

在确定摩擦力的大小之前,必须先分析物体的运动状态,判明是滑动摩擦力,还是静摩擦力.

①若是滑动摩擦力,可用 $F = \mu F_N$ 来计算,公式中 F_N 指两接触面间的正压力.

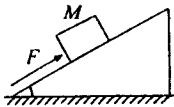
②若是静摩擦力,则不能用 $F = \mu F_N$ 来计算,只能根据物体所处的状态(平衡或加速),由平衡条件或牛顿定律求解.

(2) 摩擦力的方向

滑动摩擦力的方向与物体相对运动方向相反.

静摩擦力的方向与物体相对运动趋势方向相反.

例1 如图1-14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情况是



(). 图1-14

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

分析 除静摩擦力 F' 外,物体受力如图1-15所示,即受到重力 mg ,支持力 F_N ,推力 F' . 把重力正交分解,沿斜面向下的分力为 $mg \sin \alpha$.

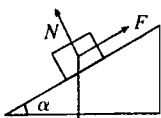


图1-15

(1)当 $F > mg \sin \alpha$ 时, $F = F' + mg \sin \alpha$ 物块才能平衡, F' 的方向沿斜面向下.

(2)当 $F = mg \sin \alpha$ 时,斜面对物块的静摩擦力为零.

(3)当 $F < mg \sin \alpha$ 时, $F = F' + mg \sin \alpha$ 物块才能平衡, F' 的方向沿斜面向上.

(4)方向沿斜面向上时,大小可能等于 F .

综上所述,选项 A、B、C、D 都正确.

答案 A、B、C、D.

例2 粗糙水平地面上有一质量为 m 的集装箱,它与地面间的最大静摩擦力 F_{\max} 大于滑动摩擦力,接触面间的动摩擦因数为 μ . 现给集装箱施一水平推力 F , 推力大小由零逐渐增大,使集装箱由静止状态变为运动状态,画出地面对集装箱的摩擦力 F_f 随推力 F 变化的图像.

分析 在推力 F 由零逐渐增大到集装箱与地面间的最大静摩擦力 F_{\max} 之前,集装箱一直处于静止状态,所受静摩擦力 F_f 与 F 平衡,即 $F_f = F$; 在推力 F 超过 F_{\max} 之后,集装箱相对地面滑动,所受滑动摩擦力的大小由 $F_f = \mu F_N = \mu mg$ 确定,不随 F 大小的变化而变化. 所求 $F_f - F$ 图像如图1-16所示(当横轴和纵轴取同样的单位和标度时,图线的倾斜部分与横轴的夹角应为 45°).

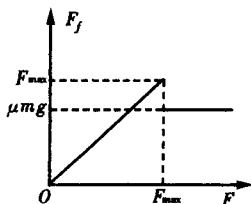


图1-16

点评 图像在中学物理中有十分广泛的应用,此处我们应用图像鲜明地表示了物理量 (F_f 和 F) 之间的依赖关系,进一步明确了静摩擦力和滑动摩擦力的不同特点. 今后,我们还将接触更多的图像问题,希望同学们引起注意.

注意 计算静摩擦力时,必须注意抓住两个临界点:一是两物体从相对静止状态变为相对运动状态时的摩擦力为最大静摩擦力;二是静摩擦力的方向从某一方向变为相反

方向时的摩擦力等于零.

思维方法篇

1. 弹力有无的判断方法

对于形变明显的情况(如弹簧)可由形变直接判断.形变不明显的通过用下面两种方法:

方法:“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的一边,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 在如图1-17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.

分析 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,如图1-18所示.

方法:根据“物体的运动状态”分析弹力

由运动状态分析弹力,即是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.

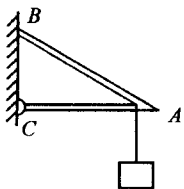


图 1-17

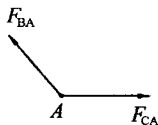


图 1-18

2. 摩擦力方向的判定

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2 如图1-19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 ().

A. 甲、乙两图中A均受摩擦力,且方向均与F相同

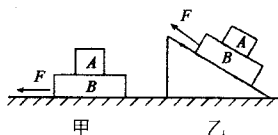


图 1-19

- 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

分析 用假设法分析:甲图中,假设 A 受摩擦力,与 A 做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 3 如图 1-20 所示,A 为长木块,B 为放在 A 上面的小物体.A、B 向右的速度分别为 v_1 与 v_2 .下列判断正确的是 ()

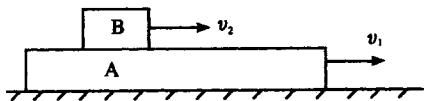


图 1-20

- A. 若 $v_1 = v_2$,A、B 之间无滑动摩擦力
 B. 若 $v_1 < v_2$,A 受到 B 所给的向左的滑动摩擦力
 C. 若 $v_1 > v_2$,A 受到 B 所给的向右的滑动摩擦力
 D. 若 $v_1 > v_2$,A 受到 B 所给的向左的滑动摩擦力

分析 本题考察的是滑动摩擦力方向的判断.滑动摩擦力的方向与相对运动方向相反.当 $v_1 = v_2$ 时,A、B 两者无相对运动,两者之间肯定无滑动摩擦力;当 $v_1 > v_2$ 时,A 相对 B 向右运动,A 受 B 给的滑动摩擦力向左;当 $v_1 < v_2$ 时,A 相对 B 向左运动,A 受 B 给的滑动摩擦力向右.

解 正确答案为:A、D.

点评 “物体间的相对运动”与“物体的运动”不是同一概念.相对运动是互为参照物的一种运动.而物体的运动往往指相对地面的运动,相对运动方向可能与物体运动方向相同,也可能相反.滑动摩擦力总与相对运动方向相反,与物体运动方向既可能相同,也可能相反.

例 4 (1994·高考科研试题)图 1-21 中 OA 为一遵从胡克定律的弹性轻绳,其一端固定于天花板上的 O 点,另一端与静止在动摩擦因数恒定的水平地面上的滑块 A 相连.当绳处在竖直位置时,滑块 A 对地面有压力作用. B 为紧挨绳的一光滑水平小钉,它到天花板的距离 BO 等于弹性绳的自然长度.现用一水平力 F 作用于 A,使之向右做直线运动.在运动过程中,作用于 A 的摩擦力 ()

- A. 逐渐增大
 B. 逐渐减小
 C. 保持不变
 D. 条件不足,无法判断

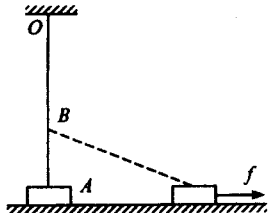


图 1-21

分析 以滑块 A 为研究对象,在初始位置时,它受到重力 mg ,地面支持力 F_N ,弹性轻绳的拉力 T .设弹性绳的劲度系数 k ,伸长量为 x ,则 $T = kx$.根据平衡条件可知

$$F_N = mg - kx.$$

在初始位置开始滑动时的摩擦力为

$$f = \mu F_N = \mu(mg - kx).$$

当滑块 A 运动到某一位置时,例如轻绳与水平方向成 θ 角(如图 1-22 所示)时,设轻绳伸长量为 x' ,根据平衡条件可得

$$F'_N = mg - kx' \sin\theta = mg - kx.$$

此时地面对 A 的摩擦力为

$$F' = \mu F'_N = \mu(mg - kx).$$

这说明,滑块 A 在任意位置受到摩擦力与初始位置的摩擦力大小相等.

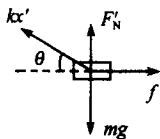


图 1-22

答案 C

点评 在解答某一个力如何变化的问题时,最好能够写出该力的表达式,根据式中所含有的物理量的变化判断该力是增大、减小和不变,决不能想当然.

3. 摩擦力与运动的讨论

(1) 受静摩擦力的物体一定静止吗?

分析 物体是否受到静摩擦力与物体处于静止还是运动状态没有关系,关键是物体相对于其接触的物体静止,比如皮带输送机把货物运往高处,物体是运动的,但相对皮带没有滑动,受到的是静摩擦力.其实,生活中很多运动的物体都受到静摩擦力的作用,如一个人端着一杯水走路,杯子受到手的摩擦力;人走路时受地面的摩擦力;站在起动的火车上的人受到车厢底板的摩擦力;拔河比赛时受绳子的摩擦力等,都是静摩擦力.你还能举出更多的例子吗?

(2) 摩擦力一定是阻力吗?

分析 一谈到摩擦力,有的同学觉得摩擦力总是在阻碍物体的运动,是阻力,这种想法是错误的.原因是他把“阻碍物体的运动”和“阻碍物体间的相对运动”混淆了.摩擦力总是阻碍物体间的相对运动,而不一定阻碍物体的运动,像上面实例中皮带输送机上的货物、站在起动的火车上的人受到的摩擦力都是动力,同时它阻碍了货物相对皮带、人对车厢的滑动.

人在加速跑动时,车辆加速前进时,由于人的脚或车轮(主动轮)与地面接触时相对静止且有向后运动的趋势,故地面给人的脚或车轮一个向前的静摩擦力,这个静摩擦力是使人或车加速前进的动力.可以设想一下,若人或车在光滑的水平面上时,能加速运动吗?

(3) 滑动摩擦力的方向一定和运动方向相反吗?

分析 滑动摩擦力的方向与物体运动方向相同.如图 1-23(a)(b)所示,长木板 A 上放一木块 B,当 A 向右做加速运动时,B 也随着向右运动,同时 B 相对于 A 向左滑动,显然,B 物体的运动方向是向右的,但它相对于 A 滑动的方向却是向左的,B 所受滑动摩擦力方向向右的,与 B 的运动方向相同.应明确的是“滑动摩擦力的方向总是和物体相对运动的方向相反”.



图 1-23

判断摩擦力方向时一定要明确“相对”的含义.“相对”既不是“对”地,也不是“对”观察

者,“相对”是“对”跟它接触的物体.

(4)有外力作用才会有静摩擦力吗?

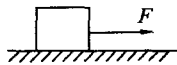


图 1-24

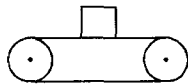


图 1-25

分析 产生静摩擦力是因为物体受到不为零的沿接触面方向的外力作用,这种情况确实存在.如图 1-24,所示,用水平力 F 拉放在地面上的物块,但未拉动,是因为物块受到水平方向静摩擦力的作用,但以此认为沿接触面的外力是产生静摩擦力的前提条件却是片面的,不科学的.如图 1-25 所示,放置在水平传送带上并与传送带保持相对静止的货物,在传送带加速或减速时,也会受到静摩擦力的作用,其原因并不是货物在水平方向上受除静摩擦力以外的其它外力作用,而是因为货物与传送带间存在相对运动的趋势.可见,相互接触的物体要产生静摩擦力,物体间必须具有相对运动的趋势.而这种“相对运动的趋势”既可由外力产生,也可以是因为运动状态的改变而产生.

二、力的合成与分解

概念篇

1. 力的合成

(1)合力与分力的概念 一个力的作用效果与其它几个力的作用效果相同,那么这一个力叫做其它几个力的合力,其它几个力也叫做这一个力的分力.

(2)共点力的概念 作用于物体上同一点或力的作用线相交于一点的几个力叫共点力.

(3)力的合成 求已知几个力的合力叫力的合成.

两个共点力的合成遵循平行四边形法则或三角形法则.

①平行四边形法则

以表示两个力的线段为邻边,作平行四边形,则对角线就表示合力的大小与方向.如图 1-26 所示, F 就是 F_1 与 F_2 的合力.

②三角形法则

将 \vec{F}_1 (\vec{F}_2) 平移,使 \vec{F}_1 (\vec{F}_2) 的起点与 \vec{F}_2 (\vec{F}_1) 的端点相连,则由 \vec{F}_2 (\vec{F}_1) 的起点指向 \vec{F}_1 (\vec{F}_2) 的端点的矢量就是合力.如图 1-27 所示.

(4)求合力的方法

①图解法——先作力的图示,然后根据力的平行四边形法则或三角形法则,依据相同的标度,确定出合力的大小,量出合力的方向(与其中一个力的夹角)

②计算法——根据合力与分力的关系,利用数学知识求合力的大小和方向的方法.在图 1-26 中,依据余弦定理,合力 F 的大小为

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

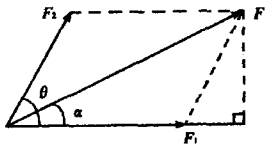


图 1-26