

与人教版·全日制普通高级中学教科书（试验修订本·必修加选修）·同步配套

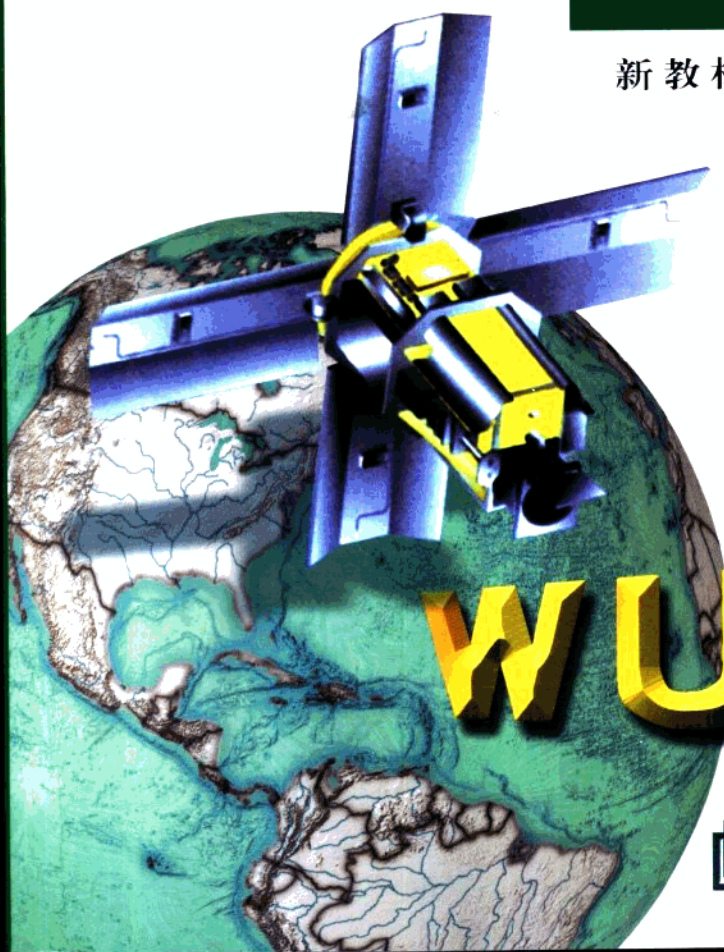
新教材导学

（高中三年级用）

物理

总复习

新教材研究室 编著



WU LI



+ 中央民族大学出版社

开卷有益
创新求实

费孝通

二〇〇一年六月

前言

《新教材导学》丛书是配套 2000 年秋季开始正式使用的人教版最新初、高中教材而编写的辅导与练习丛书。这套教材有着鲜明的时代气息和浓厚的创新意识,并具有很强的科学性和基础性。本丛书较好地体现了最新大纲的精神,且与最新教材的内容和进度同步,既重视了基础知识和基本技能的落实,又照顾到了优等生拓宽拔高的需要。整套丛书的编写强调了科学性与实用性的统一,旨在帮助学生掌握系统的基础知识,训练有效的学习方法,培养思维能力、应用能力和创新能力,全面提高学生的综合素质。

本书《物理·新教材导学》(高三年级·复习分册)共有十二讲,主要分为“知识精讲”和“能力训练”两大部分。

一、“知识精讲”主要有四个栏目:

【知识结构】 使用图表的形式来展现各知识点之间的联系,使零散的知识得以结构化、系统化。

【重点难点】 主要是对本讲内容中的知识点进行精要的阐述和说明,力求使学生对物理概念的内涵和外延,对物理规律的内容与数学表达式、以及适用条件等,能有较为全面准确的认识和理解,为正确应用知识打好基础。

【学法指导】 简要地介绍学好本讲内容的思路和方法。

【典型例题】 针对学生易错之处,以往届高考原题为例,进行重点的分析讲评。

二、“能力训练”主要有三个栏目:

【双基过关】 是编者精心选编的基础训练题,其中无偏题、怪题,难度适中,这部分练习题既可以用于当堂巩固练习,也可以用于同学自行检测学习目标的达标程度。

【实验专栏】 对本讲中所涉及到的实验项目结合往届高考试题进行重点辅导,并配有相应的练题。

【知识拓展】 介绍与本讲相关的最新物理科技成果,将所学知识拓宽加

深,使学生能紧跟时代的步伐。

书后集中附有能力训练题的参考答案及解题思路点拨,便于练习后及时反馈;也可将答案预先统一撕掉,以供老师们在课堂上统一讲用。

参加本书编写工作的全部都是亲自教过这套新教材(实验本)而且教学成绩优秀的教师,他们把教学这套新教材中的丰富经验融入了本书的编写工作中,更增加了本书的实用性和科学性。

我们真诚地希望本丛书能成为广大新教材学习者的良师益友,同时也恳请广大师生批评指正。

编 者

2002年7月

目 录

第一讲 静力学.....(1)

1. 关于重力
2. 关于静摩擦力的方向
3. 物体受力情况分析
4. 力的合成与分解
5. 共点力平衡的几种解法

第一讲能力训练 (12)

第二讲 运动学.....(21)

1. 巧选参照系
2. 运动图像
3. 追及与相遇问题
4. 运动的合成与分解
5. 摆钟问题
6. 波的图像

第二讲能力训练 (33)

第三讲 动力学.....(44)

1. 关于牛顿第一定律
2. 质量是物体惯性大小的量度
3. 关于牛顿第二定律
4. 关于力的独立作用原理
5. 关于牛顿第三定律
6. 关于超重和失重
7. 牛顿运动定律的解题步骤
8. 动力学问题的几种解题方法
9. 圆周运动中的动力学问题
10. 万有引力定律在天文学上的应用

第三讲能力训练	(54)
第四讲 能量与动量	(65)
1. 关于动量定理	
2. 关于动量守恒定律	
3. 关于动能定理	
4. 关于机械能守恒定律	
5. 动量和动能的比较	
6. 两个守恒定律的比较	
第四讲能力训练	(76)
第五讲 热 学	(89)
1. 估算分子的大小和数目	
2. 分子间的相互作用力	
3. 物体的内能(U)	
4. 物体内能的改变(ΔU)	
5. 气体的状态参量	
6. 理想气体的三个实验定律、气态方程	
第五讲能力训练	(101)
第六讲 电场和磁场	(116)
1. 电子转移观点	
2. 电场的基本特性	
3. 电场力做功与电势能	
4. 静电感应与静电平衡	
5. 磁感应强度和磁通量	
6. 安培力和洛伦兹力	
7. 带电粒子在电场、磁场中的运动	
第六讲能力训练	(127)
第七讲 恒定电流	(139)
1. 基本概念和定律	
2. 串、并联电路	

3. 闭合电路欧姆定律	
4. 电池组和电阻的测量	
5. 电学实验	
第七讲能力训练	(148)

第八讲 电磁感应 (167)

1. 电磁感应现象	
2. 楞次定律	
3. 法拉第电磁感应定律	
4. 电磁感应规律的综合应用	
第八讲能力训练	(173)

第九讲 交变电流和电磁波 (188)

1. 交变电流的产生及描述	
2. 变压器及远距离输电	
3. 电磁振荡	
4. 电磁场和电磁波	
第九讲能力训练	(195)

第十讲 几何光学 (201)

1. 关于几何光学的基本概念	
2. 几何光学中的基本规律	
3. 几何光学中的六种光学元件及其作用归纳与对比	
第十讲能力训练	(207)

第十一讲 物理光学 (215)

1. 光的波动性	
2. 光的电磁说 电磁波谱	
3. 光电效应	
第十一讲能力训练	(220)

第十二讲 原子和原子核 (228)

1. 原子的核式结构	
------------	--

2. 玻尔的原子理论
3. 用玻尔理论分析氢原子的能级和轨道
4. 光谱和光谱分析
5. 原子核的组成
6. 天然放射性 半衰期
7. 人工核反应 爱因斯坦质能方程 核能 质量亏损
8. 有关原子核反应的分析方法

第十二讲能力训练(236)

附录 1:能力训练参考答案(245)

附录 2:2002 年全国普通高等学校招生统一考试(理科综合卷)(258)

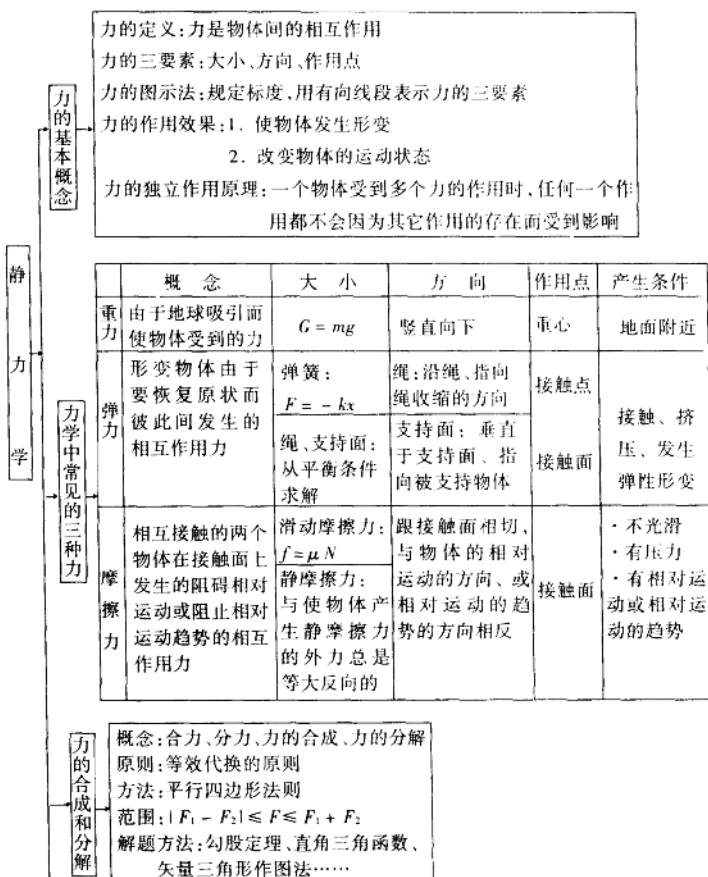
第一讲

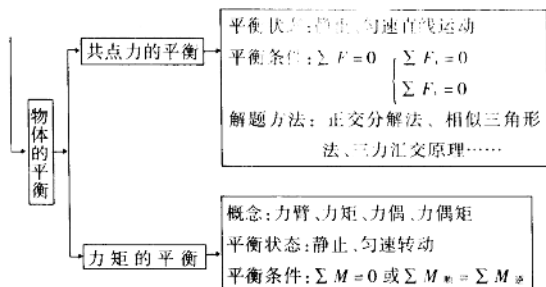
静力学

知识精讲



【知识结构】





【重点难点】

本讲是力学中基础性的一部分,是为力学的核心知识—牛顿运动定律打基础的.力是贯穿整个力学乃至整个物理学的至关重要的基本概念,通过掌握力的初步概念,以及重力、弹力、摩擦力的特性,掌握力的合成和分解,从而领会物体受力分析的基本原则和方法,这些是本讲的重点.关于物体的平衡问题,不仅要用到共点力作用下物体的平衡条件,还要进行物体的受力分析,结合力的合成知识求解,是静力学知识的综合应用,即是重点,同时也是难点.

1. 关于重力

我们对重力的概念,表述为“由于地球的吸引而使物体受到的力”,不能说成“重力就是地球对物体的吸引力”.这是因为,地球上的任何物体都要

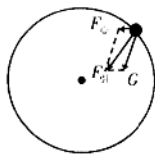


图 1-1

随着地球的自转做匀速圆周运动,匀速圆周运动的向心力来自地球对物体的吸引力的一个分量,如图 1-1 所示的 $F_{\text{心}}$,我们通常所说的重力,其实是地球对物体的吸引力的另外一个分量 G .

地球对物体的吸引力 $F_{\text{引}}$ 是万有引力的一种表现,其方向指向地心;重力的方向,严格地讲是不指向地心的(赤道、两极除外).由于 $F_{\text{心}}$ 与 $F_{\text{引}}$ 相比较, $F_{\text{心}}$ 要小得多;从量值上 G 与 $F_{\text{引}}$ 近乎相等,略小一点而已,方向上二者也相差无几.从数值计算上,通常不考虑二者的差异;但是,从概念上来讲,一个是合力($F_{\text{引}}$),一个是分力(G),二者有着本质的区别.

重力的方向,表述为“竖直向下”,包含有“与当地所在水平面垂直”的涵义在里边,不能笼统地说成“垂直向下”.“垂直向下”的说法没有指明是

与谁垂直,可以理解为“与水平面垂直”,也可以理解为“与某斜面垂直”,故不可取.考虑到地球是一个扁椭球,除两极和赤道以外,“竖直向下”的说法与“重力的方向不指向地心”是不矛盾的.(在赤道上和两极处,重力的方向是指向地心的)

重心,是被我们认为的重力的作用点,是一种等效模型的代换.实际上,重力是一种彻体力,即物体上的每一部分都要受到重力的作用.知道了这一点,我们对重心可以不在物体上(如角尺,圆环等)就不会感到奇怪了.

2. 关于静摩擦力的方向

判定静摩擦力的方向,主要有以下两种方法:

(1) 用“相对运动趋势”分析判定

我们知道,静摩擦力产生的条件是:相互接触且挤压的两粗糙物体间无相对运动,却有相对运动的趋势;产生的效果是:阻止物体间的相对运动;其方向和相对运动趋势的方向相反,大小可以在从零到最大静摩擦力这一范围内变化,最大静摩擦力与压力成正比.

既然静摩擦力的方向和物体间的相对运动趋势方向相反,则需要明确以下两点:

① 所谓研究对象的运动趋势是以谁为参照物?

应该指出:必须以待确定方向的静摩擦力的施力物体为参照物.

② 如何判定相对运动的趋势? 当运动趋势不易判定时,可先假设静摩擦力不存在,在物体所受的其他作用力不变的条件下,分析其合外力,判定是否能够达到平衡;若能,则客观上静摩擦力确实不存在;若不能平衡,其合外力的方向也就是物体运动趋势的方向.

如图 1-2 所示,物体 B 静止于斜面体 A 上,试分析 A 、 B 间的静摩擦力的方向.

依据上述法则,判定 B 的相对运动,是指

B 相对于 A 的运动, 无论 A 与地面之间是否发生相对位移, 试考虑: A 与地面的光滑与否是否影响 A 、 B 间的静摩擦力; A 、 B 共同加速运动, 是否影响 A 、 B 间的静摩擦力, 分情况讨论之. 由此, 我们看出, 在判定静摩擦力的方向时, 运用牛顿定律去进行分析判定, 也是常用的方法之一.

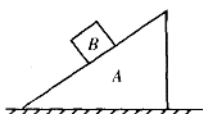


图 1-2

(2) 用牛顿运动定律进行分析判定

① 用平衡条件分析

物体处于平衡状态, 则有 $\sum F = 0$ 和 $\sum M = 0$, 据此我们可判定静摩擦力的方向.

如图 1-3 所示, 在水平桌面上固定一个光滑

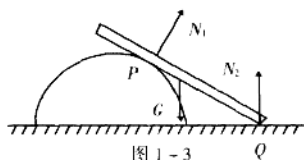


图 1-3

的半圆柱, 让一根均匀棒斜靠在半圆柱上, 试分析棒所受的静摩擦力.

除静摩擦力之外, 棒受力 G 、 N_1 、 N_2 如图所示, P 处表面光滑, 不存在摩擦; Q 处的静摩擦力的方向可依平衡条件去判定: 棒处于平衡状态, 竖直方向有 $N_1 + N_2 = G$, 由于 N_1 、 N_2 均为被动力, 故此方程必定成立; 水平方向, 假定没有摩擦, 只有 N_1 , 形不成平衡力, 题设条件将不成立. 故 Q 处势必存在摩擦, 且与 N_1 达到二力平衡, 故 Q 处的静摩擦力水平向左; 另: 假定 Q 点也无摩擦, 斜棒将下滑, Q 点向右移, 故 Q 存在有向右运动的趋势, 静摩擦力的方向水平向左.

② 用牛顿第二定律分析

静摩擦力既可以做阻力, 也可以做动力, 还可以充当向心力或回复力, 一切由具体的题设条件来确定.

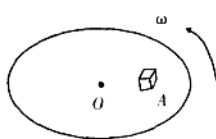


图 1-4

如图 1-4 所示, 物体 A 静止在匀速转动的圆盘上, 试判定 A 所受静摩擦力的方

向.

物体 A 除了受到竖直方向的重力和盘对物体 A 的支持力之外, 再没有其它什么力, 可见物体 A 随圆盘一起运动而做的匀速圆周运动的向心力只有圆盘对 A 的静摩擦力来提供了, 故其方向由 A 指向 O .

如图 1-5 所示, 物体 A 和 B 的质量分别为 m 和 M , 它们保持相对静止, 并一起沿倾角为 θ 的光滑斜面下滑, 试分析 A 所受的静摩擦力的方向.

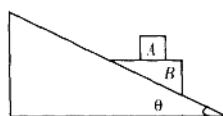


图 1-5

由于 A 、 B 保持相对静止, 又在光滑斜面上下滑, 可求出其共同下滑的加速度大小为 $a = g \cdot \sin \theta$. 对物体 A 而言, 其加速度沿斜面向下, 合外力也必与加速度同向, 其竖直分力可由重力与 B 对 A 的弹力构成, 而其水平分力只能靠 B 对 A 的静摩擦力了. 据 a_x 的方向水平向右, 故静摩擦力的方向也水平向右. 通过计算, 进一步地了解到 $f_m = ma_x = ma \cos \theta = mg \sin \theta \cdot \cos \theta$, 此力为使 A 获得水平方向加速度的动力.

通过以上分析可知, 准确判断物体的运动状态, 是应用运动定律分析摩擦力方向的关键. 同学们参照上述解题方法, 试着完成以下练习:

如图 1-6 所示, 物体 B 放在水平的光滑地面上, 通过一个弹簧与竖

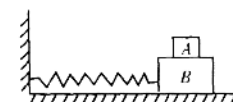


图 1-6

直墙壁连接. 物体 A 放在物体 B 上, 当物体 B 在弹簧的作用下作简谐振动时, 物体 A 与 B 始终保持相对静止, 试分析 A 在运动过程中, 所受摩擦力的大小和方向的变化情况.

③ 用牛顿第三定律分析.

对于连接体问题, 在分析受力时, 如果静摩擦力的方向难以直接判断, 可通过先考虑它的反作用力的方向, 再来确定该力的方向.

如图 1-7 所示, 在力 F 作用下, A 、 B 两

物体皆静止,试分析 A 所受的静摩擦力。

以 A 、 B 为整体,有向下运动的趋势,故墙面对 A 的静摩擦力的方向竖直向上;但 B 对 A 作用的摩擦力却难以通过对 A 的分析确定其有无和方向,可先看 A 对 B 的作用,即以 B 为研究对象,分析受力,由 B 在竖直方向的平衡关系,知 A 对 B 有竖直向上的静摩擦力,故 B 对 A 有竖直向下的静摩擦力。

小结:用相对运动趋势分析,是从力的产生原因上阐明力的方向;用运动定律分析,是从力的效果上说明力的方向,两种方法可相互补充,配合使用。

3. 物体受力情况分析

正确地对物体进行受力分析,是解决力学问题的重要前提和关键之所在。我们在学习的过程中,可以从以下几个方面加以注意:

- (1) 分析某个物体受力时,首先应将其从周围环境中隔离出来,即所谓的隔离法。只考虑它受到别的物体的作用力,而不考虑它对其它物体的作用力。
- (2) 要始终扣住“力是一个物体对另外一个物体的作用”的概念,弄清谁是受力物,谁是施力物,受到的力是什么性质的力,是通过什么方式完成力的作用的等等,既要防止有所遗漏,又要防止凭空杜撰。
- (3) 要按照先重力,次弹力,再看摩擦力这样的顺序依次进行受力分析,最后根据题目条件,考察静电力,大气压力,浮力等等。

凡是处在地面上或地面附近的物体,都会受到重力的作用,判定重力的有无,方法最简单,可首先考虑;弹力存在于相互挤压的物体之间,分析弹力,首先考察与研究对象相接触的物体一共有哪些,其中哪些物体被挤压,发生了弹性形变。在无法直接判断是否有弹性形变的情况下,可结合物体的运动状态和物体的整体受力情况,依牛顿运动定律进行判断,相关方法可参看“2. 关于静摩擦力的方向”其中(2)用牛顿运动定律进行分析判定。

如图 1-8 所示, AB 为光滑水平面, AC 为光

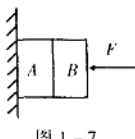


图 1-7

滑斜板, 小球 m 静靠在 AB 、 AC 之间, 试分析小球受力。

小球受重力 mg , AB 板对小球的弹力, AC 板与小球之间是否

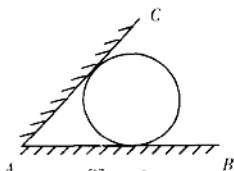


图 1-8

有弹力作用,难以直接判断,可结合物体的运动状态和整体受力情况,采用假设法去判定:假如 AC 对球有弹力,则此弹力斜向下,存在一个水平向右的分量,使得小球在水平方向上合外力向右(没有与之相平衡的其它力),小球将向右加速运动,与题设条件——物体静止不符,故假设“ AC 对球有弹力”是不成立的。

摩擦力必然产生在有弹力存在的接触面处,因为弹力的存在是产生摩擦力的必要条件之一。可见,按照重力、弹力、摩擦力的顺序去进行受力分析,有其自身内在的联系,这样做,可使我们少走弯路,避免错误。

4. 力的合成与分解

(1) 几点说明

- ① 力的合成中的合力,是一种等效代换,不是一个真实的力,尽管它也有大小、方向,作用点,但却找不到相应的施力物体,真正的施力物依然要从原来的两个具体的力中寻找;同样,将一个力按效果,或按别的什么原则分解成两个力,这两个力的施力物仍源于原来的那个力。
- ② 在进行受力分析时,合力、分力不能同时考虑,应时刻意识到等效代换的原则,避免重复所导致的错误。
- ③ 合力与分力的大小关系,遵循 $|F_1 - F_2| \leq F \leq F_1 + F_2$ 的关系,从力图上看,可构成一个封闭的三角形,如图 1-9 所示。应该注意到,三力平衡的三个力也可构成一个封闭的三角形,但与此图是有区别的,如图 1-10 所示。三力平衡的力图中,三个力依次首尾相接,而合力与分力构成的力图中,合力的起点与 F_1 的起点重合,合力的终点与 F_2 的终点重合(仔细体会 $F_{合}$ 与 F_3 之间的关系)。由此推广开去,若用做图法表示多个力的合力,可分别将 F_1 、 F_2 、 F_3 、…… F_n 依次首尾相接,从第一个力的起点到最后一个力的

终点所引的有向线段即表示这多个力的合力,此种做法通常称为力的多边形法。

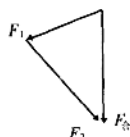


图 1-9

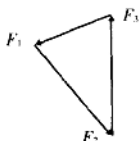


图 1-10

- ④力的合成是矢量加法运算的体现,合力的大小既取决于两分力的大小,又取决于两分力的夹角.在两分力大小一定的条件下,合力随分力夹角 θ 的增大而减小. $\theta=0^\circ$ 时,合力有最大值 $F_{\text{合}}=F_1+F_2$, $\theta=180^\circ$ 时,合力最小, $F_{\text{合}}=|F_1-F_2|$.不能将矢量求和等同于算术求和,更不能认为合力永远大于分力。

(2) 几种类型

在力的合成的运算中,不要求用余弦定理求解,有关计算求解的问题可大致分为以下几种类型:

- ①已知两个分力,且两个分力彼此垂直的.这是最简单的模型,可用勾股定理求解,通过三角函数,表示合力的方向。
- ②已知两个分力的大小和方向,且二者不垂直,但待求的合力却与其中某一分力垂直,同样可构成直角三角形,用直角三角函数求解.此类问题要求我们能够明辨分力和合力的方向关系,发现其中隐藏的直角三角形。
- ③已知两个等大的分力及其夹角,求合力.它们所构成的平行四边形为菱形,菱形的对角线垂直、平分,依然可将分力和合力化归到直角三角形中去求解。

对于用作图法或相似三角形法其它方法求解的合成与分解问题,则不必刻意去寻求直角三角形,应该在相应的条件下寻找其内在的关系.如,“等大的,互夹 120° 角的三个力的合力为零.”等等。

对于力的分解,如无条件要求,原则上可有无数组解.一般情况下,我们采用按力的作用效果分解,或进行正交分解.求分力的问题,一般表现为以下几种情况:

- ①已知合力和其中的一个分力的大小与方向,

求另一个分力的大小与方向;

- ②已知合力和两个分力的方向,求两个分力的大小;
- ③已知合力和两个分力的大小,求两个分力的方向;
- ④已知合力,已知一个分力 F_1 的大小和另一个分力 F_2 的方向,求 F_1 的方向和 F_2 的大小;
- ⑤已知合力和一个分力的方向,求另一个分力的最小值。

5. 共点力平衡的几种解法

(1) 力的合成法

对于三个力的平衡,一般可根据任意两个力的合力与第三个力大小相等、方向相反的关系,借助三角函数、相似三角形等手段求解。

对于多个力的平衡,我们往往采用先分解再合成的正交分解法.需恰当地选择直角坐标系,使尽量多的力落在坐标轴上,减少分解过程中的运算量。

如图 1-11 中,放在水平面上的物体,在拉力 F 作用下做匀速直线运动,试判断滑动摩擦力 f 与拉力 F 的合力的方向。

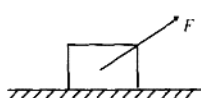


图 1-11



图 1-12

依上所述, F 与 f 的合力与 G 构成二力平衡,故其方向竖直向上。

如图 1-12 所示,物体 m 放在光滑的斜面上,在水平外力 F 的作用下处于静止状态,试求物体 m 对斜面的压力。

此题解法甚多,也很简单.我们想通过它说明的是,在用正交分解法求解时,不必沿斜面 and 垂直于斜面的方向去建立坐标.对它而言,沿水平方向和竖直方向去建立坐标,会使问题变得更简单。

倘若斜面不光滑,沿斜面方向有摩擦力存在(已给定方向,如物体沿斜面匀速上升或下降,或不给定方向,如物体静止)的情况下,直角坐标的建立又需依条件而变;如果摩擦力方

向明确,沿斜面、或沿水平而建立坐标,在计算量上没什么差别,可依个人习惯去任选一种;如果摩擦力方向未知,最好使摩擦力落在坐标轴上,即沿斜面和垂直于斜面的方向去建立坐标。

倘若物体在推力 F 作用下,沿斜面加速上滑,或尽管物体与斜面保持相对静止,但整个

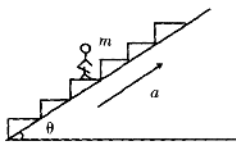


图 1-13

系统有竖直方向的加速度等涉及有加速度的问题,我们在建立坐标时,一般选沿加速度的方向和垂直于加速度的方向,在建立方程时,一个表现为牛顿定律,一个表现为平衡关系。但我们也不排除分解加速度的情况:如图 1-13 中,电梯加速上升,试求人 对 电 梯 的 压 力

$$N - mg = ma, \quad N = mg + ma \sin \theta$$

(2) 力的分解法

利用力的分解的方法解题时,一般仅限于讨论三力平衡的问题;在选定研究对象,并进行受力分析后,将某个力分解在另外两个力的反方向上,即所谓按力的作用效果进行分解,得到的这两个分力势必与另外两个外力的大小相等,方向相反。

如图 1-14 所示,竖直向下的拉力 F 的两个分力 F_1 、 F_2 分别与杆 BO 、杆 AO 对 O 点的作用力达到二力平衡。

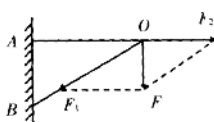


图 1-14

(3) 矢量三角形作图法分析动态平衡问题

在有关物体平衡的问题中,存在着大量的动态平衡问题。所谓动态平衡问题是指通过控制某一物理量,使物体的状态发生缓慢变化,而在这个变化过程中,物体又始终处于一系列的平衡状态。在一些定性的分析判断过程中,用矢量三角形作图法能够更直观、简便地求出结果。这一方法仅适用于三力平衡的问题。

如图 1-15 所示,用细绳 OA 、 OB 悬挂着一个重物,在保持重物位置不变的前提下,使绳的 B 端沿半径等于绳长的圆周轨道从 C 点向竖直方向缓慢移动,试判断移动过程中 OA

绳、 OB 绳上张力大小的变化情况。

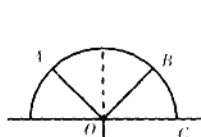


图 1-15

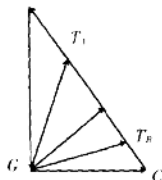


图 1-16

我们以 O 点为研究对象,是三力共点且平衡的问题,可构成一个闭合的矢量三角形,如图 1-16 所示,其中 G 的大小、方向是确定的, T_1 的方向也是确定的。由图可知,当 T_2 的方向从水平位置向竖直位置变化的过程中, T_1 逐渐减小, T_2 先减小,后增大。

(4) 整体法与隔离法配合使用。

选择研究对象是分析与解决物理问题的首要环节,在有些问题中,只能选择一个物体为研究对象;在另一些问题中,可以选择多个物体组成的系统为研究对象。在有些问题中,选择研究对象的方案只有一种,而在另一些问题中,则必须多次选择不同的物体(或系统)为研究对象。我们知道,对于连结点问题,通常采用隔离法,然而在某些情况下,运用它解题的过程较繁杂,而整体法有时却很奏效。所谓整体法,就是将整个系统作为一个研究对象的方法。整体法的优点是:研究对象少,未知量少,方程数少,故求解较为简捷。一般来说,如果能够运用整体法求解,通常都比运用隔离法要简单、巧妙。

在力的平衡中有很多习题可以运用整体法求解。通常在不涉及系统内力时,应优先考虑采用整体法。更多的情况下,我们一般是采用整体法与隔离法相结合的方法去分析求解。



【学法指导】

本讲的重点内容包括力的基本概念:常见三种力的产生条件及物体受力分析;力的合成、分解及其应用;共点力的平衡等。难点有静摩擦力方向的判断,共点力平衡等。

三种力的三要素及其产生条件是物体受力分析的基础;受力分析与力的合成分解又是解决共点力

平衡问题的基础.共点力的平衡是本讲内容的综合应用,题型多样,方法灵活,解题中既要熟悉几种常见的类型题,又要做到不拘泥于题型的形式,具体问题具体分析.对于三个力的平衡,既可以归到一个矢量三角形中去求解,也可以利用几何三角形和力矢量三角形的相似去求解,还可以将其中一个力分解为二个力,利用两组平衡力关系求解等等.具体采用哪一种做法,依题目中的已知条件而定;对于多个力的平衡,既可采用力的多边形法则,也可采用正交分解法.在用正交分解法解题时,应使尽量多的力落在坐标轴上;多边形法一般用于作图求解.

本讲内容是力学部分的起步内容,在复习中应该以巩固基础知识为重点,注重对基本概念的理解、深化,明确概念的内涵、外延.如力的概念,内涵少而外延多,力的作用效果、力对空间和时间的累积效应等都是力的概念的外延.本讲所涉及的力的基本概念仅仅是一个重要的起点,对“力”的认识的提高和深化,贯穿在整个力学的学习进程中,而力的应用则渗透到整个物理学的各分支领域,由此可知,学好本章知识是学好力学乃至整个高中物理的基础.



【典型例题】

【例 1】[1992 年全国高考题]

如图 1-17 所示,一木块放在水平桌面上,在水平方向共受到三个力,即 F_1 、 F_2 和摩擦力作用,木块处于静止状态.其中 $F_1 = 10\text{N}$, $F_2 = 2\text{N}$.若撤去力 F_1 ,则木块在水平方向上受到的合力为

- A. 10N ,方向向左 B. 6N ,方向向右
C. 2N ,方向向左 D. 零

分析:

未撤去 F_1 前,木块静止,说明木块所受静摩擦力 $f = F_1 - F_2 = 8\text{N}$,方向向左,也说明了最大静摩擦力至少为 8N .当撤去 F_1 后,在 F_2 作用下,木块有向左滑动趋势,地面给木块的静摩擦力方向变为向右,大小 $f' = F_2 = 2\text{N}$,小于最大静摩擦力,故木块仍保持静止,所受合外力为零.

解答:

选项 D 正确

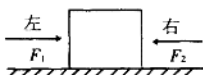


图 1-17

说明:

静摩擦力是被动力,在最大静摩擦力范围内,它的大小总是等于使它产生静摩擦的外力,随着外力的变化而变化.

【例 2】[1994 年全国高考题]

如图 1-18 所示, A 、 B 是两个长方体物块, F 是作用在 B 上的水平拉力, A 和 B 一道以相

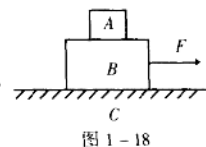


图 1-18

同速度做匀速运动,由此可知, A 、 B 间的动摩擦因数 μ_1 和 B 、 C 间的动摩擦因数 μ_2 有可能是 (C 为水平地面)

- A. $\mu_1 = 0$ $\mu_2 = 0$;
B. $\mu_1 = 0$, $\mu_2 \neq 0$;
C. $\mu_1 \neq 0$, $\mu_2 \neq 0$;
D. $\mu_1 \neq 0$, $\mu_2 = 0$.

分析:

由于 A 和 B 一道做匀速运动,故 A 、 B 间既无相对运动,也没有发生相对运动的趋势,故可以肯定 A 、 B 间不存在摩擦力,又由于 A 、 B 是一道运动的,故可将 A 、 B 视为一个整体,这一整体受到水平向右的拉力 F 作用而其运动为匀速运动,则此整体所受的合外力必为零,这样, B 、 C 间必存在有与 F 等值反向的摩擦力.

解答:

由于 A 、 B 间没有发生相对运动,也没有摩擦力,则其间的动摩擦因数的取值可以是 $\mu_1 = 0$,也可以是 $\mu_1 \neq 0$;由于 B 、 C 间有摩擦力,则其间的动摩擦因数必不为零,即 $\mu_2 \neq 0$,故本题应选 B 和 C.

说明:

相对静止的两物体间若无摩擦力作用时,并不能由此肯定两者间的动摩擦因数一定为零.例如,静止在水平地面上的讲台虽与地面间无摩擦力作用,但它们之间的动摩擦因数却不为零.

【例 3】如图 1-19 所示,质量为 m 的物块与甲、乙两个弹簧相连,乙弹簧下端与地相连,其倔强系数分别为 k_1 、 k_2 .现用手拉甲的上端 A ,使它缓慢上移.当乙弹簧中的弹力为原来的 $2/3$ 时,甲上端 A 移动的距离为多少?

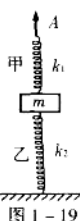


图 1-19

解答:

乙原处于被压缩状态,其压缩量 $x_0 = mg/k_2$.

当拉甲缓缓上移使乙中弹力减为原来的 $2/3$ 时,若乙仍处于被压缩状态,则此时甲的弹力和伸长量分别为

$$T_1 = mg - T_2 = mg - \frac{2}{3}mg = \frac{1}{3}mg$$

$$x_1 = \frac{T_1}{k_1} = \frac{\frac{1}{3}mg}{k_1} = \frac{mg}{3k_1}$$

$$\text{乙弹簧上端的位移为 } x_2 = \frac{\frac{1}{3}mg}{k_2} = \frac{mg}{3k_2}$$

$$\text{所以, A 端上移的距离, } S_A = x_1 + x_2 = \frac{mg}{3} \left(\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} \right)$$

若乙处于被拉伸的状态,则此时甲的弹力和伸长量分别为

$$T'_1 = mg + T_2 = mg + \frac{2}{3}mg = \frac{5}{3}mg$$

$$x'_1 = \frac{T'_1}{k_1} = \frac{5mg}{3k_1}$$

$$\text{乙弹簧上端的位移为 } x'_2 = x_0 + \frac{2mg}{3k_2} = \frac{5mg}{3k_2}$$

所以 A 端上移的距离

$$S'_A = x'_1 + x'_2 = \frac{5mg}{3} \left(\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} \right)$$

说明:

此题是一个分析弹簧受力与形变关系的受力分析题,有关弹簧的受力分析问题往往是个难点,难就难在平常的受力分析一般是静态问题,而弹簧的弹力随形变(空间位置的变化)而变化,是一种动态模型,或者说是一种准静态平衡,需要把空间位置的变化与力的大小结合起来考虑,在能力要求上是比较高的。

另外这道题隐含着弹簧两种形变的可能性,最易丢掉其中的一组解。

[例 4] 已知力 F 的一个分力 F_1 跟 F 成 30° 角,大小

未知,另一个分力 F_2 的大小为 $\frac{\sqrt{3}}{3}F$, 方向未

知. 则 F_1 的大小可能是

A. $\frac{\sqrt{3}}{3}F$ B. $\frac{\sqrt{3}}{2}F$

C. $\frac{2\sqrt{3}}{3}F$ D. $\sqrt{3}F$

解答:

因为 $\frac{\sqrt{3}}{3}F > F/2$,

所以通过作图可知

(见图 1-20), F_1 的

大小有两个可能值。

由图中直角三角形 OAF 知

$$OA = \sqrt{F^2 - \left(\frac{1}{2}F\right)^2} = \frac{\sqrt{3}}{2}F$$

由直角三角形 F_1AF 知:

$$F_1A = \sqrt{F^2 - \left(\frac{1}{2}F\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{\sqrt{3}}{3}\right)^2 - \left(\frac{1}{2}\right)^2} =$$

$$\frac{\sqrt{3}}{6}F$$

由对称性可知

$$AF'_1 = F_1A = \frac{\sqrt{3}}{6}F$$

$$\text{则 } F_1 = OA - F_1A = \frac{\sqrt{3}}{2}F - \frac{\sqrt{3}}{6}F = \frac{\sqrt{3}}{3}F$$

$$F'_1 = OA + AF'_1 = \frac{\sqrt{3}}{2}F + \frac{\sqrt{3}}{6}F = \frac{2\sqrt{3}}{3}F$$

由此可知正确答案为 A、C

说明:

力的三角形定则是力的平行四边形定则的简化,因此运用三角形定则分析力的合成分解问题时,会更为简便。

力分解时,何时能得到惟一的确定解,何时有多解,何时无解,通过画合力、分力组成的矢量三角形,有助于加深理解,得出结论。

譬如本题,按力的图示作出矢量图,根据标度取得 F_2 的大小作为圆规的两脚间距,以 F 末端点为圆心作弧,与 OF_1 射线交于两点 F_1 、 F'_1 ,从 O 点到这两个交点处的有向线段的长短即表示 F_1 、 F'_1 的大小,对应着有两组解;若圆弧与 OF_1 射线相切, O 点到切点处的大小表示 F_1 ,有惟一解;若圆弧与 OF_1 射线不相交,不相切,即无解。

[例 5] [1993 年全国高考题] 两根长度相等的轻绳,

下端悬挂一质量为 m 的物体,上端分别固定在水平天花板上的 M 、 N 点, M 、 N 两点间的距离为 S , 如图 1-21 所示, 已知两绳所能经

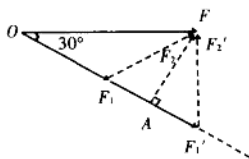


图 1-20

受的最大拉力均为 T , 则每根绳的长度不得短于_____。

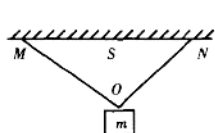


图 1-21

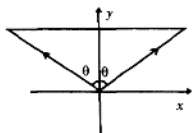


图 1-22

解法一:

正交分解法与三角函数相结合求解(见图 1-22)

设当绳子的拉力达最大拉力 T 时, 两绳间夹角为 2θ . 建立水平和竖直坐标轴, 物体所受合力为零, 在竖直方向上有:

$$2T\cos\theta - mg = 0 \quad \text{①}$$

$$\text{据几何关系有: } \cos\theta = \frac{\sqrt{l^2 - (\frac{1}{2}S)^2}}{l} \quad \text{②}$$

$$\text{方程①②联立求解得: } l = \frac{TS}{\sqrt{4T^2 - (mg)^2}}$$

l 变短, 则 θ 增大, T 增大, 绳将断

故 $\frac{TS}{\sqrt{4T^2 - (mg)^2}}$ 为 l 的最小值。

解法二:

相似三角形求解(见图 1-23)

本题存在着几何三角形与力三角形的相似, 且几何边的关系较明确, 利用相似比关系列方程, 有:

$$\frac{T}{l} = \frac{\frac{1}{2}G}{\sqrt{l^2 - (\frac{1}{2}S)^2}} = \frac{\sqrt{T^2 - (\frac{1}{2}G)^2}}{\frac{1}{2}S}$$

$$\text{由 } \frac{T}{l} = \frac{\sqrt{T^2 - (\frac{1}{2}G)^2}}{\frac{1}{2}S} \text{ 解得 } l = \frac{TS}{\sqrt{4T^2 - (mg)^2}}$$

说明:

两种方法相比较, 解法一中的 $\cos\theta$, 类似于数学参数方程中的参数, 通过消参, 建立起力和边长的关系; 而解法二中直接点明力和边的相似关系, 一步到位, 但在方程的取舍上又将对计算的繁简

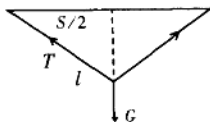


图 1-23

产生区别, 显然, 若以 $\frac{T}{l} = \frac{\frac{1}{2}G}{\sqrt{l^2 - (\frac{1}{2}S)^2}}$ 或

$$\frac{\frac{1}{2}G}{\sqrt{l^2 - (\frac{1}{2}G)^2}} = \frac{\sqrt{T^2 - (\frac{1}{2}G)^2}}{\frac{1}{2}S} \text{ 求 } l, \text{ 比我们的上}$$

述解法在计算量上麻烦许多。

[例 6] 如图 1-24 所示, 一个重为 mg 的小球放在光滑的斜面上, 斜面倾角为 α , 在斜面上有一光滑的不计厚度的木板挡住球, 使之处于静止状态. 今使挡板与斜面的夹角 β 缓慢增大, 在此过程中, 球对挡板, 斜面的压力如何变化。

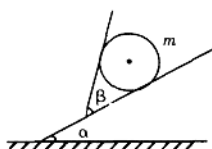


图 1-24

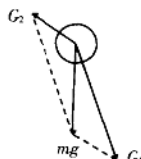


图 1-25

分析:

球对挡板和斜面的压力, 量值上等于重力沿垂直挡板和斜面的两个分量, 如图 1-25 所示. 重力的大小、方向是确定的, 垂直于斜面的分量 G_1 的方向是一定的, 随着 G_2 方向的变化, G_1 , G_2 的大小也做相应的变化。

解答:

由图可知, 随着 β 角增大, G_2 的方向做逆时针转动, 在此过程中 mg 、 G_1 、 G_2 依然构成平行四边形, 可以看出 G_1 逐渐减小, G_2 先减小, 再增大, 因此有, 球对斜面的压力逐渐减小, 球对挡板的压力先减小, 后增大。

说明:

此题还可用矢量三角形求解(见图 1-26)

小球受重力 G 、弹力 N_1 、 N_2 三力平衡, 将 N_1 、 N_2 平移, 与 G 构成封闭的矢量三角形, 如右图, 随着 N_2 方向的逆时针转动, 同样可以看出 N_1 不断减小, N_2 先减小, 后增大的结果。

图解法具有直观、形象, 便于比较的特点. 应用图解法时, 应注意搞清每个力的大



图 1-26