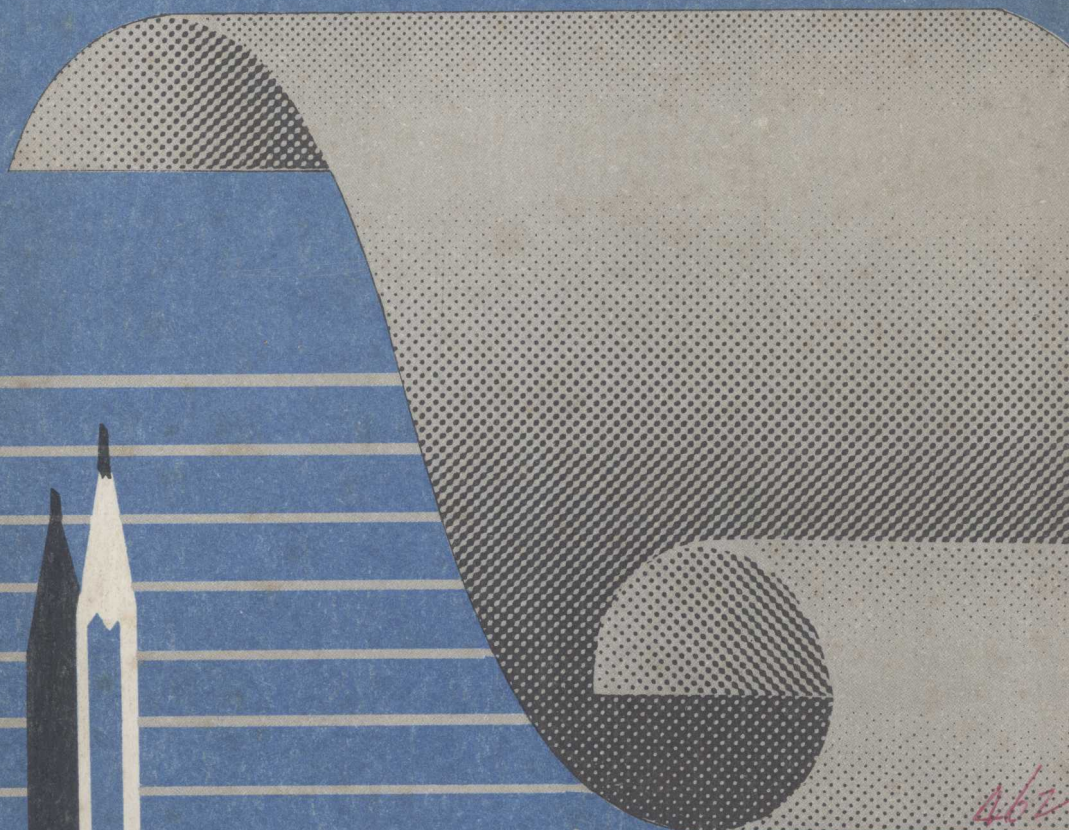


物理分册

北京大学附属中学物理教研组 编写
北京大学出版社

北京大学附属中学高三学生用书



484415

G634.71
05

• 北京大学附属中学高三学生用书

物理分册

北京大学附属中学物理教研组 编写

1-5



CS261515

北京大学出版社

重庆师院图书馆

样

新登字(京)159号

图书在版编目 (CIP) 数据

物理分册/北京大学附属中学物理教研组编写. —北京:北京大学出版社, 1993.9

北京大学附属中学高三学生用书

ISBN 7-301-02386-3

I. 物…

II. 北…

III. 物理-高中-学生用书

IV. G633.7

出版者地址: 北京大学校内(邮政编码: 100871)

排 印 者: 北京大学印刷厂

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

版 本 记 录: 787×1092毫米 16开本 18.125印张 452千字

1993年9月第一版 1993年9月第一次印刷

印数: 00001—8,000册

定 价: 9.50元

前言

多年来，我们一直为没有一套比较理想的高三年级学生用书而感到遗憾。因此，我校高三教师一般都只能自己编写讲义或提纲印发给学生，学生也只能将教师在课堂上讲授的内容记在笔记本上，以备课下复习时使用。这样，不仅加重了师生双方的负担，同时也严重地影响了课堂教学效率的提高。从1977年起，我校各教研组的老师们在高三年级的教学实践中不断地进行探索，总结和积累了丰富的资料和经验，逐渐形成了一套具有北大附中特色的传统教案。目前，把这些教案用教材的形式相对固定下来的条件已经成熟。为此，我们在北京大学出版社的协助下，编写了这套《北京大学附属中学高三学生用书》，以便在今后若干年内，供我校高三年级使用。

这套学生用书目前共包括数学、语文、物理、化学、英语5个学科（共6分册），是我校教师在长期教学实践中积累起来的丰富的教学经验的结晶，充分体现了北大附中的办学指导思想，即“打好基础，培养能力，发展个性，提高素质。”我们认为：“打好基础”和“培养能力”两者是相辅相成、不可分割的。如果没有坚实的基础，所谓的“能力”只能是空中楼阁。往往有些同学在遇到问题时，会出现“一看就会，一做就错”这样一种眼高手低的毛病，就是因为他们基础打得不扎实的缘故。但是要真正打好基础，又不能单纯靠死记硬背，靠题海战术，“大运动量”训练来达到，这样获得的知识 and 训练出来的技能是不可能融会贯通和运用自如的。只有在教学过程中注意培养学生的学习能力，让他们在教材和教师的引导、启发下，通过研究、讨论，自己形成概念或自行探索出问题的结论，从而获得知识，提高能力。这样才能使学生对基础知识理解得更透彻，掌握得更牢固，运用得更自如。我们的这套学生用书就是以“在打好坚实基础的前提下提高学生的能力，通过提高学生的学习能力来使他们基础打得更扎实”这一辩证的教学思想为指导来编写的。

参加本套图书编写工作的有：数学特级教师陈剑刚，高级教师孙曾彪、董世奎、朱传渝、张宁、邓均；语文特级教师李裕德，高级教师吴祖兴、李学敏、张文敏；物理特级教师陈育林，高级教师刘宝振、林承慧、丁敬忠、迟永昌；化学高级教师刘石文、陶琅、刘建真、黄丽光、刘雅颜、张莺；英语一级教师孟学军、杨小洋等同志。

我们希望，这套学生用书的出版，不仅适时地为我校高三学生提供了教材，而且能为广大高三同学所欢迎，从而为其殷切期望提高自己学习能力和水平贡献出我们一点微薄的力量。由于编写时间仓促，难免有疏漏之处，恳切期望读者和专家们批评指正。

北京大学附属中学

1993年8月

编者说明

为满足我校高中毕业班物理复习的需要，我们根据教学大纲及现行教材对知识和能力的要求，编写了本教材，供高三学生使用。

本教材是在我校多年来教学实践的基础上，经过不断探索、总结经验、反复加工整理而成书的，力求能反映出我们对毕业班物理复习的教学指导思想 and 教学实施过程。我们立足于在熟练掌握基础知识和基本方法的基础上，进一步培养和提高学生分析问题和解决问题的能力，既重视全面系统地复习基础知识与基本规律，又重视重要概念的深入理解和重要规律的灵活运用。

本复习教材基本是按现行教材的章序编排的，有些则适当地做了合并。每单元中，除对基本概念和规律做重点讲述外，还配有课堂练习题，使讲与练密切结合起来；每单元的最后都给出了单元练习题，其特点是既覆盖了知识面，又突出了重点内容，同时能体现教学要求。课堂练习题和单元练习题均附有答案，便于对复习效果的检查和评估。

本教材如有不足之处，敬请提出宝贵意见。

北京大学附属中学物理教研组

1993年8月

目 录

第一单元	力 物体的平衡.....	(1)
第二单元	直线运动.....	(20)
第三单元	运动定律.....	(37)
第四单元	曲线运动 万有引力.....	(57)
第五单元	机械能.....	(73)
第六单元	动量.....	(85)
第七单元	振动和波.....	(99)
第八单元	分子运动 热和功 固体、液体的性质.....	(110)
第九单元	气体的性质.....	(118)
第十单元	电场.....	(132)
第十一单元	稳恒电流.....	(152)
第十二单元	磁场.....	(171)
第十三单元	电磁感应.....	(192)
第十四单元	交流电 电磁振荡和电磁波.....	(213)
第十五单元	光的反射和折射.....	(227)
第十六单元	光的本性 原子和原子核.....	(244)
第十七单元	物理实验综合练习.....	(256)
第十八单元	综合练习 (一)	(266)
第十九单元	综合练习 (二)	(276)

第一单元 力 物体的平衡

力学是研究物体做机械运动规律的学科，它回答与物体做机械运动有关的问题，其核心内容是研究力与机械运动的关系。为此，我们首先学习力的概念，其次学习如何描述物体做机械运动的方法，在此基础上探讨力与运动的关系。

本单元的知识要点可概括为：两个概念——力和力矩；两个定律——胡克定律和牛顿第三定律；两种方法——物体受力分析方法和计算力的方法；两种平衡条件——共点力作用下物体的平衡条件和有固定转动轴的物体的平衡条件。

1. 力

(1) 对力的认识

力是物体间的相互作用，力不能脱离相互作用的物体（或物质）而独立存在。

力是矢量，它具有大小、方向、作用点。

力对物体作用可产生两方面的效果：其一是使受力物体发生形变（形状或体积的变化）；其二是使受力物体产生加速度。有时这两方面的效果兼而有之。在物体受力分析中，我们可以从力的效果来判断有无力的作用存在。

(2) 力学中三种不同性质的力

1) 重力 重力也叫做物体的重量。它是由于地球对物体的吸引而产生的，方向竖直向下，作用点在物体的重心上。一物体所受重力 G 的大小等于物体的质量 m 与物体所在处重力加速度 g 的乘积，即

$$G = mg.$$

物体在静止或做匀速直线运动的条件下，对竖直悬线的拉力或对水平支持物的压力大小，等于物体所受重力的大小。测量重力用弹簧测力计。

一般情况下，重力不等于地球对物体的吸引力，重力只是地球对物体吸引力的一个分力。

2) 弹力 弹力是相互接触的物体彼此作用而发生弹性形变的条件下，在物体内部产生的反抗外力以使物体恢复原状的力。这个力作用在使它发生形变的物体上，方向与两物体的接触面垂直。

弹簧发生弹性形变时产生的弹力大小，可由胡克定律求出。在弹性限度内，弹簧因形变而产生的弹力 f 的大小跟弹簧伸长或缩短的长度 x 成正比，这就是胡克定律。其公式为

$$f = kx,$$

式中 k 为弹簧的倔强系数，它与弹簧的材料和形状等因素有关，通常要由实验来测定，单位是牛/米。

常说的拉力、推力、压力、支持力、绳的张力和液体的浮力等，均属于弹力。这些弹力的大小，要综合分析物体的受力情况和运动状态，方可根据有关规律求出。

3) 摩擦力 摩擦力发生在互相接触的物体之间，如果接触面粗糙，而且两物体互相挤压，当它们之间发生相对滑动或有相对滑动的趋势时，在它们的接触面上会产生阻碍它们相对运动的摩擦力。

摩擦力分为滑动摩擦力和静摩擦力两种。

滑动摩擦力 f 产生于有相对滑动的两个物体间的接触面上，其方向与物体相对滑动的方向相反，其大小与两物体间的压力 N 大小成正比，计算公式为

$$f = \mu N,$$

式中 μ 为滑动摩擦系数。 μ 的大小跟接触面的材料、接触面的粗糙程度以及润滑剂情况有关，通常要由实验来测定。

静摩擦力产生于相对静止而又有相对滑动趋势的两个物体间的接触面上，其方向与物体相对滑动的趋势的方向相反，其大小在由零到最大静摩擦力之间。达到最大值的静摩擦力，叫做最大静摩擦力，它的大小与两物体间的压力大小成正比，计算公式为

$$f_{\max} = \mu_0 N,$$

式中 $f_{\max}$ 为最大静摩擦力； N 为两物体接触面上的压力； μ_0 为静摩擦系数，它比同样条件下的滑动摩擦系数 μ 稍大。 μ_0 可由实验测定。除最大静摩擦力之外的静摩擦力的大小，要综合分析物体的受力情况和运动状态，方可根据有关规律求出。

2. 力的合成与分解的方法

(1) 平行四边形法则

平行四边形法则（以及它的变形三角形法则）是解决力的（一切矢量的）合成与分解问题的基本法则，这一法则是根据等效性原理由实验得出的。

如图1-1所示，力 F_1 用有向直线段 OA 表示，力 F_2 用有向直线段 OB 表示，则它们的等效力（即合力） F 由平行四边形 $OACB$ 的对角线 OC 来表示。图(a)是力的平行四边形法则的图示，(b)或(c)是两力合成的三角形法则的图示。

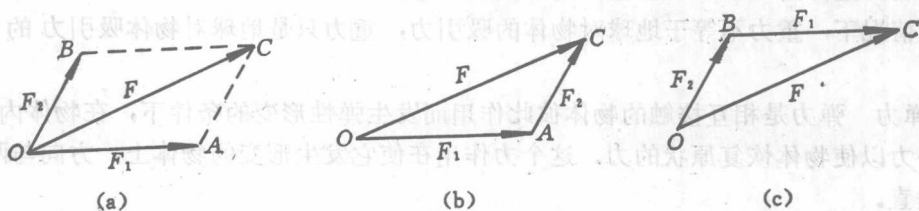


图 1-1

力的分解是力的合成的逆运算。按照平行四边形法则是由已知平行四边形 $OACB$ 的对角线 OC ，确定（注意有条件的！）夹此对角线的平行四边形的 OA 和 OB 这两个邻边；按照三角形法则，是由已知三角形 OC 边，确定（也是有条件的）三角形另外两个边。

在解决力的合成与分解的问题时，根据具体条件作出力的平行四边形或三角形来，是解

题的关键步骤，有了图，我们就可以运用几何知识或三角知识计算出所求力的大小和方向了。

(2) 解析法

解析法常被称为正交分解法。用此方法求合力或某一方向上的分力是很方便的。

如图 1-2 所示，设一物体在坐标原点 O 处，它受到两个力的作用：力 F_1 与 x 轴的夹角为 α ；力 F_2 与 x 轴的夹角为 β 。 F_1 在两坐标轴上投影为： $F_{1x} = F_1 \cos \alpha$ ， $F_{1y} = F_1 \sin \alpha$ ； F_2 在两坐标轴上的投影为 $F_{2x} = F_2 \cos \beta$ ， $F_{2y} = F_2 \sin \beta$ 。显然，物体受到的沿 x 轴方向的合力为 F_{1x} 与 F_{2x} 的代数和，沿 y 轴方向的合力为 F_{1y} 与 F_{2y} 的代数和。前者用 ΣF_x 表示，后者用 ΣF_y 表示。 ΣF_x 与 ΣF_y 其实就是物体所受的合力在沿两坐标轴上的分力。如果要求出物体所受的合力 F ，将 ΣF_x 和 ΣF_y 合成即可。这一合成是利用特殊的平行四边形——矩形进行的，如图 1-3 所示。

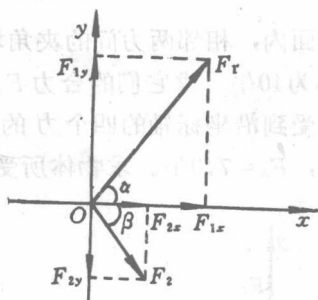


图 1-2

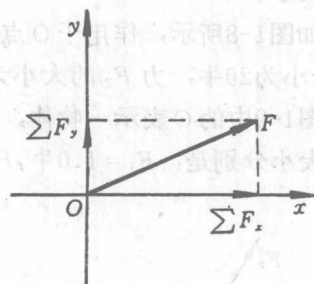


图 1-3

课堂练习一

1. 如图 1-4 所示，质量为 m 的物体 A 放在升降机的地板上，在升降机做自由落体运动中，物体 A 对升降机地板的压力是多大？

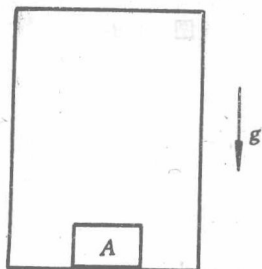


图 1-4

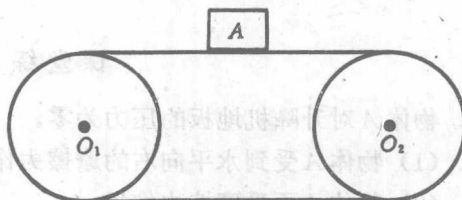


图 1-5

2. 如图 1-5 所示，放在水平传送带上的物体 A ，随传送带一起向右运动，且运动中物体 A 与传送带始终保持相对静止。试说明在下列三种不同的运动中，物体 A 是否受到摩擦力作用？若受到摩擦力作用，则要指明所受摩擦力的方向。

- (1) 物体 A 随传送带做匀加速运动；
- (2) 物体 A 随传送带做匀速运动；
- (3) 物体 A 随传送带做匀减速运动。

3. 如图1-6所示, 用大小为 F 的水平力推一质量为 m 的木块 A 沿着倾角为 θ 的斜面向上运动过程中, 设木块 A 与斜面间的滑动摩擦系数为 μ , 求木块与斜面间的压力大小及滑动摩擦力大小。

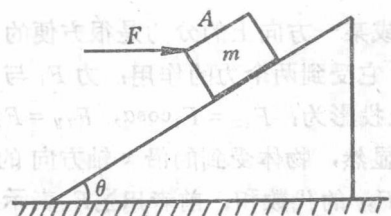


图 1-6

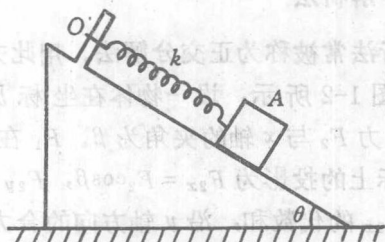


图 1-7

4. 如图1-7所示, 固定的光滑斜面的倾角为 θ , 倔强系数为 k 的弹簧, 一端固定在 O 点, 另一端与质量为 m 的滑块 A 相连。滑块 A 静止时, 弹簧的轴线与斜面平行, 求弹簧的伸长量 x 的大小。

5. 如图1-8所示, 作用于 O 点的三个力都在同一平面内, 相邻两力间的夹角均为 120° , 力 F_1 的大小为20牛, 力 F_2 的大小为30牛, 力 F_3 的大小为40牛, 求它们的合力 F 。

6. 图1-9中的 O 表示一物体, 它位于坐标的原点, 受到沿坐标轴的四个力的作用。这四个力的大小分别是: $F_1 = 1.0$ 牛, $F_2 = 3.0$ 牛, $F_3 = 5.0$ 牛, $F_4 = 7.0$ 牛。求物体所受的合力。

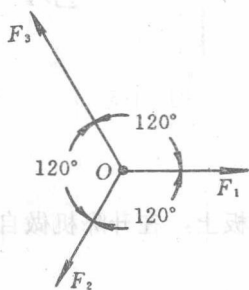


图 1-8

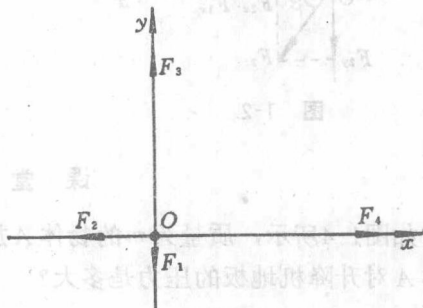


图 1-9

课堂练习一答案

1. 物体 A 对升降机地板的压力为零。
2. (1) 物体 A 受到水平向右的摩擦力作用;
(2) 物体 A 不受摩擦力作用;
(3) 物体 A 受到水平向左的摩擦力作用。
3. 木块与斜面间的压力大小为 $N = mg \cos \theta + F \sin \theta$; 木块与斜面间的滑动摩擦力大小为 $f = \mu(mg \cos \theta + F \sin \theta)$ 。
4. 弹簧的伸长量 $x = mg \sin \theta / k$ 。
5. 合力大小为17.3牛; 方向与 F_1 的夹角为 150° , 与 F_2 的夹角为 90° , 与 F_3 的夹角为 30° 。
6. 合力大小为 $F = 5.66$ 牛, 其方向与 x 轴的正方向成 45° 角。

3. 物体受力分析的方法

(1) 牛顿第三定律是关于物体相互作用时,作用力与反作用力之间关系的规律。它是进行物体受力分析的最重要的理论依据。对牛顿第三定律,除了明确物体间的作用力与反作用力大小相等、方向相反并且作用于同一条直线上以外,还必须注意掌握如下三点:

- 1) 作用力与反作用力的作用点在对方上,因而作用力与反作用力的效果是不能抵消的;
- 2) 作用力与反作用力的持续时间是相等的,即作用力与反作用力总是同时出现、同时消失的。在物体相互作用中的任一时刻,作用力与反作用力的大小总相等。
- 3) 作用力与反作用力总是同种性质的力。

(2) 正确地对物体进行受力分析,作出物体受力图,是解决力学问题的关键。对物体进行受力分析的基本方法是隔离法。这种方法的主要步骤如下:

- 1) 将研究对象从周围环境中隔离出来;
- 2) 明确研究对象所处的运动状态(静止?匀速运动?变速运动?加速度方向?);
- 3) 找出环境对研究对象的各种作用力,并作出示力图;
- 4) 区分已知力和待定力,判断待定力的有无或方向;
- 5) 复查,重点查是否有多出的力或遗漏的力。

受力分析中,题目中给出的力属于已知力,根据已知力及物体运动状态做综合分析才能确定的力属于待定的力。受力分析的关键是正确分析待定力。下面用例1说明受力分析的思路。

【例1】 重量为 G 的金属球用细绳吊着,使其紧靠在竖直的光滑墙壁上,并处于静止状态。分析球所受到的力。

【解】 参看图1-10。①先找出研究对象(金属球)所受的已知力。本题中已知力为重力 G 。

② 分析研究对象在已知力作用下将产生的运动或运动趋势。本题中球在重力作用下有竖直向下的运动趋势。

③ 根据已知力和研究对象的运动或运动趋势,分析并确定待定力。本题中,因球有向下运动趋势,绳子被拉长,绳子产生对球的拉力(弹力) T ;又由于拉力 T 和重力 G 不在同一条直线上,这两个力的合力使球挤压墙,因而墙发生形变,于是墙对球产生水平向右的压力(弹力) N ;又因墙壁光滑,虽然球与墙之间有相对运动趋势,但它们的接触面上无摩擦力作用。

④ 分析所得全部力的合力,是否可以满足题目给定的研究对象的运动状态。本题中 N , T 和 G 三个力可以使球平衡。如果分析中漏掉了压力 N ,显然 T 与 G 两个力根本不可能使球平衡,那么我们就知道受力分析中有差错,再用心复查就是了。

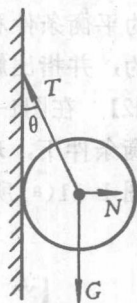


图 1-10

4. 物体的平衡

(1) 共点力作用下物体的平衡

物体同时受到几个力的作用,如果这几个力都作用在物体的同一点,或者它们的作用线

相交于同一点，则这几个力就叫做共点力。

共点力作用下物体的平衡条件是：物体所受的合力等于零。这一平衡条件可记为

$$\sum F = 0.$$

若共点力在同一平面内，则物体平衡时，各力在正交的直角坐标系的 x 轴上的分量的代数和及在 y 轴上的分量的代数和分别等于零。此时，平衡条件可记为

$$\sum F_x = 0 \quad \text{且} \quad \sum F_y = 0.$$

(2) 有固定转动轴的物体的平衡

与固定转动轴异面的力可以使物体绕轴转动。这个力的作用线与物体固定转动轴轴线间的距离，称为力臂。而将与转动轴异面并且垂直于转动轴的力与力臂的乘积，定义为力矩。力矩的定义式可写成

$$M = F_{\perp} L,$$

式中， M 表示力矩，单位为牛·米； $F_{\perp}$ 表示与转动轴异面并且垂直于转动轴的力，单位为牛； L 表示力臂，单位为米。力矩是有方向的量。若一力矩使物体绕轴做逆时针方向转动，此力矩规定为正力矩；若一力矩使物体绕轴做顺时针方向转动，此力矩规定为负力矩。

有固定转动轴的物体的平衡条件是：作用于物体上的各个力对转动轴的力矩的代数和等于零。此平衡条件可记为

$$\sum M = 0 \quad \text{或} \quad \sum M_{\text{顺时针}} = \sum M_{\text{逆时针}}.$$

在解决物体的平衡问题时，力和力矩的概念，受力分析的方法，力的合成与分解的方法，共点力的平衡条件和力矩平衡条件，都要用到。这里举几个例题说明一下这些知识是如何综合运用的，并指出解题过程中需要注意的问题。

【例2】 在图1-10中，设金属球的重量为 G ，竖直墙壁光滑，悬线与墙壁之间的夹角为 θ 。求在平衡条件下，球受悬线的拉力 T 和受墙壁的压力 N 。

如图1-11(a)所示，金属球在重力 G 、拉力 T 和压力 N 的共同作用下，保持静止状态，

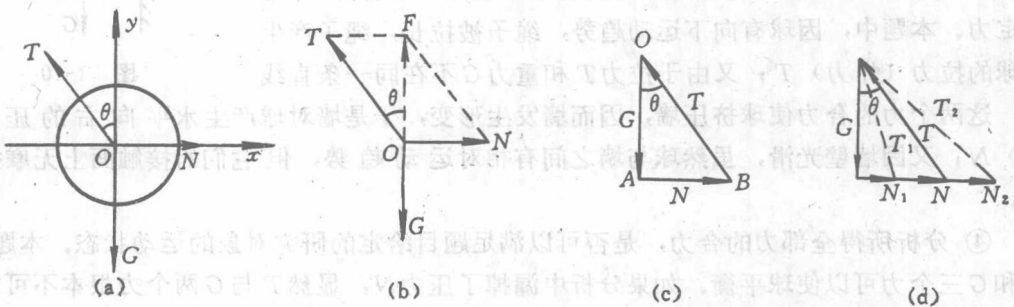


图 1-11

满足共点力作用下的物体的平衡条件。其解法可有以下几种：

【解法1】 在图1-11(b)中， T, N 的等效力 F 竖直向上，大小等于 G 。由力的合成的平行四边形法则和几何关系求得

$$T = \frac{F}{\cos\theta} = \frac{G}{\cos\theta}, \quad N = F \tan\theta = G \tan\theta.$$

【解法2】 由于球所受合力为零。根据力的合成的三角形法，可得 G 与 N 的合力应与 T 大小相等、方向相反。由此得出物体在三个共点力作用下平衡的普遍适用的法则：若三力的合力为零，则将三力依次首尾相连接可作出一个三角形。此例中如图 1-11(c) 所示，显然：

$$T = \frac{G}{\cos\theta}, \quad N = G \tan\theta.$$

用此公式很容易作出如下判断：若悬吊小球的线增长时，悬线与墙壁之间的夹角变小，则 T 与 N 都变小；若悬吊小球的线缩短时，悬线与墙壁之间的夹角变大，则 T 与 N 都变大，如图 1-11(d) 所示。

【解法3】 如图 1-11(a) 所示，建立以球心为原点的直角坐标系，将拉力 T 分解，由平衡条件得

$$\begin{cases} T \cos\theta - G = 0, \\ T \sin\theta = N, \end{cases} \quad \therefore \begin{cases} T = G / \cos\theta, \\ N = G \tan\theta. \end{cases}$$

【解法4】 根据有固定转动轴的物体的平衡条件，以线的悬球点为转动轴并设球的半径为 R ，则有

$$N \cdot R \cot\theta = G \cdot R, \quad \therefore N = G \tan\theta.$$

以球与墙壁的接触点为转动轴，则有

$$T \cdot R \cos\theta = G \cdot R, \quad \therefore T = G / \cos\theta.$$

【解法5】 用拉密定理。

设三个力 F_1, F_2 和 F_3 共面共点， F_1, F_2 之间、 F_2, F_3 之间和 F_3, F_1 之间的夹角分别为 θ_{12}, θ_{23} 和 θ_{31} ，则当三力平衡时，有

$$\frac{F_1}{\sin\theta_{23}} = \frac{F_2}{\sin\theta_{31}} = \frac{F_3}{\sin\theta_{12}}$$

关系式成立。这就是拉密定理的数学表达式（请读者自己证明）。将图 1-11(a) 中三力关系代入上式，则有

$$\frac{T}{\sin 90^\circ} = \frac{N}{\sin(180^\circ - \theta)} = \frac{G}{\sin(90^\circ + \theta)},$$

故

$$T = G / \cos\theta, \quad N = G \tan\theta.$$

以上几种关于共点力平衡的解法，各有千秋，读者可根据自己对这些方法掌握的熟练程度，针对不同的具体问题，灵活地选择使用。

【例3】 如图 1-12(a) 所示，可视为质点的物体 O 重为 14.14 牛，用细绳 OA 和 OB 悬挂在天花板上，并处于静止状态。已测出图中 $\angle OBA = 45^\circ$ ， $\angle AOB = 60^\circ$ ，求 OA 绳和 OB 绳对物体 O 的拉力各是多少。

【解】 物体 O 受重力 G 及 OA 和 OB 两绳的拉力 F_1 和 F_2 ，如图 1-12(b) 所示。沿 F_2 的方向建立 x 轴，沿与 x 轴垂直方向建立 y 轴。因为物体 O 处于平衡状态，可按共点力平衡条

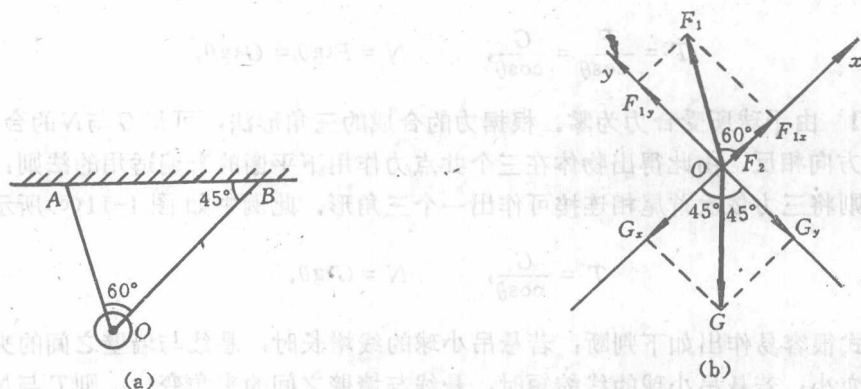


图 1-12

件求解。

根据 $\sum F_x = 0$, 可得

$$F_2 + F_1 \cos 60^\circ = G \sin 45^\circ. \quad (1)$$

根据 $\sum F_y = 0$, 可得

$$F_1 \sin 60^\circ = G \cos 45^\circ. \quad (2)$$

解(2)式得

$$F_1 = \frac{\cos 45^\circ}{\sin 60^\circ} G = \frac{0.707}{0.866} \times 14.14 (\text{牛}) = 11.54 (\text{牛}).$$

将 F_1 的值代入(1)式解得

$$F_2 = G \sin 45^\circ - F_1 \cos 60^\circ = 4.23 (\text{牛}).$$

用正交分解法解共点力平衡的问题时, 根据题目的具体特点, 选择最佳的坐标系, 往往给解题带来方便。此例中, 如果沿水平向右建立 x 轴、沿竖直向上建立 y 轴, 会出现 15° 角的正弦值和余弦值, 在不能查表的情况下, 显然困难较大。

※【例4】如图 1-13 所示, 由均匀杆件 AB 和 CD 组成一灯架。 A, C 点固定于竖直墙壁上, 且在一条竖直线上。 CD 杆与 AB 杆的中点用铰链连接。 已知: AB 杆重 20 牛, CD 杆重 40 牛; B 点悬挂的灯重 20 牛, $AD = AC = 1.0$ 米。 系统处于平衡状态。 求 CD 杆对 AB 杆的作用力。

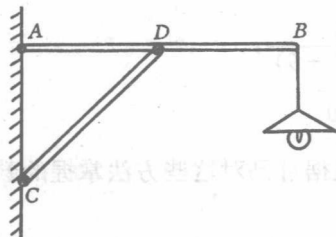


图 1-13

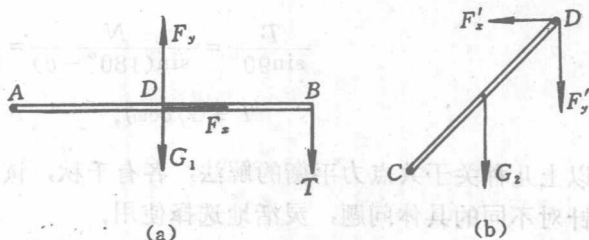


图 1-14

【解】用 G_1 表示 AB 杆所受的重力, 用 G_2 表示 CD 杆所受的重力。用 T 表示灯对 B 点向下的拉力, 显然 T 的大小等于灯的重量。设 CD 杆对 AB 杆的作用力为 F (其沿杆与垂直杆的分量分别为 F_x 和 F_y)。

取 AB 杆为隔离体, 除 A 点外其受力情况如图 1-14(a) 所示, 以 A 为轴, 根据有固定转

动轴的物体的平衡条件, 应有 $\sum M_A = 0$, 即

$$F_y \cdot L_{AD} - G_1 L_{AD} - T L_{AB} = 0.$$

代入有关数据, 解得: $F_y = 60$ 牛。

再取 CD 杆为隔离体, 除 C 点外其受力情况如图 1-14(b) 所示。图中 F'_x 和 F'_y 是 AB 杆对 CD 杆 D 端的反作用力, 由牛顿第三定律知: $F'_x = -F_x$, $F'_y = -F_y$ 。以 C 为轴, 根据有固定转动轴的物体的平衡条件, 应有 $\sum M_C = 0$, 即

$$F'_x \cdot L_{AC} - F'_y \cdot L_{AD} - G_2 \cdot \frac{1}{2} L_{AD} = 0.$$

代入有关数据, 解得: $F'_x = 80$ 牛。根据牛顿第三定律可求得: $F_x = 80$ 牛。

由平行四边形法则, 解得 CD 杆对 AB 杆作用力的大小

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{(80 \text{ 牛})^2 + (60 \text{ 牛})^2} = 100 \text{ 牛}.$$

F 与 DB 杆的夹角用 α 表示, 则有

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{F_y}{F_x} = \frac{60}{80} = 0.75.$$

查表求出: $\alpha = 36^\circ 52'$ 。

此例题的结果表明: CD 杆对 AB 杆的作用并不是沿 CD 杆的方向斜向上。如果审题时误认为 CD 杆对 AB 杆的作用力是沿 CD 杆斜向上的, 只是求这个力的大小, 那么将一错到底了。同时我们还看到: 对于未知力(即待定力), 必须根据研究对象的状态所满足的条件, 应用相应的规律去求解, 才能得到正确的结论。

另外, 关于力的合成与分解的运算, 在解题中会经常遇到。用正交分解法解决力的运算问题, 可以使运算简捷些。本例题中用正交的两个分力表示所要求的力, 给解题带来很多方便。正交分解在动力学中用到的机会更多, 要熟练掌握。

课 堂 练 习 二

1. 质量为 2.0 千克的物体, 放在倾角为 30° 的斜面上。已知物体与斜面间的最大静摩擦力为 4.0 牛, 为使物体在斜面上保持静止状态, 对它施加一个沿斜面向上的作用力 F 。那么力 F 大小的取值范围如何?(计算时 g 取 10 米/秒²。)

2. 在一根原长为 10 厘米的弹簧下端挂一物体, 当将此物体完全浸没在水中并保持静止时, 弹簧伸长 5.0 厘米; 当将此物体完全浸没在密度为 0.8 克/厘米³ 的液体中并保持静止时, 弹簧的长度为 16 厘米。求这个物体的密度。

3. 如图 1-15 所示, 金属杆 OA 的 O 端为固定转动轴, A 端放在平板小车上, 小车板面与水平地面平行。当小车处于静止状态时, 车面对杆 A 端的支持力大小为 N_0 ; 当小车向右运动时, 车面对杆 A 端的支持力大小为 N_1 ; 当小车向左运动时, 车面对杆 A 端的支持力大小为 N_2 。那么, N_1 及 N_2 的大小与 N_0 的大小相比较, 其关系如何?(用不等式表示即可。)

4. 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 1-16 所示。已知两绳所能经受的最大拉力为 T , 则每根绳的长度不得短于多少?

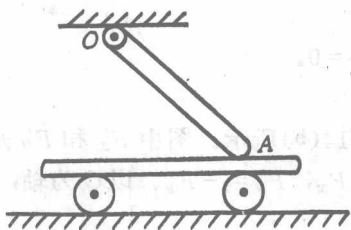


图 1-15

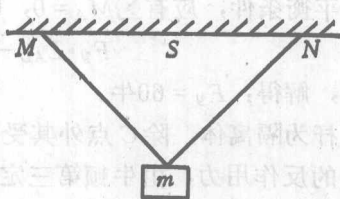


图 1-16

5. 如图 1-17 所示, 细绳 AB 的中点 O 处挂一重物 G , A 端固定于墙壁上, 手持 B 端并使 B 端与 A 端在同一条水平线上时, 重物 G 保持静止状态。此时 OA 绳及 OB 绳与竖直方向的夹角均为 45° , 即 $\angle\alpha = \angle\beta = 45^\circ$ 。在保持 α 角大小及物体 G 静止的条件下, 手持 B 端使 $\angle\beta$ 逐渐减小到 0° 的过程中, OB 绳上的拉力是增大还是减小? 手持 B 端使 $\angle\beta$ 逐渐增大到 90° 的过程中, OB 绳上的拉力是增大还是减小?

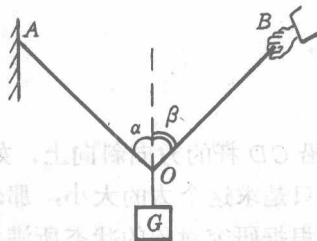


图 1-17

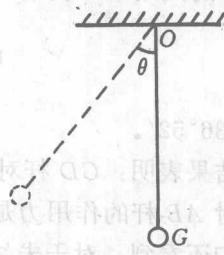


图 1-18

6. 如图 1-18 所示, 一个重量为 G 的小球, 用细绳悬挂在天花板上后静止于图示的实线位置。在大小为 F ($F < G$) 的拉力作用下, 可以使小球在某一位置获得新的平衡。那么悬绳偏离原来竖直方向的夹角 θ 的最大值是多少? (可用反三角函数表示角的大小。)

课堂练习二答案

1. 拉力 F 大小的取值范围是: $6 \text{ 牛} \leq F \leq 14 \text{ 牛}$ 。
2. 物体的密度 $\rho = 2.0 \text{ 克/厘米}^3$ 。
3. $N_1 < N_0$; $N_2 > N_0$ 。
4. $\frac{TS}{\sqrt{4T^2 - m^2g^2}}$ 。
5. $\angle\beta$ 逐渐减小的过程中, OB 绳上的拉力是逐渐增大的; $\angle\beta$ 逐渐增大到 90° 的过程中, OB 绳上的拉力也是逐渐增大的。
6. $\theta_{\max} = \arcsin \frac{F}{G}$ 。

单元练习

1. 填空题

- (1) 重量为 5 牛的物体, 放在水平桌面上, 它对地球的作用力为 5 牛; 对桌子的压力

为____牛。

(2) 原长为 16 厘米的轻质弹簧，甲和乙两人同时用 100 牛的力由两端反向拉弹簧时，弹簧长度变为 18 厘米；若将弹簧一端固定在墙壁上，另一端由甲一人用 200 牛的力拉弹簧，这时弹簧的长度为____厘米；此弹簧的倔强系数为____牛/米。

(3) 两个大小分别为 12 牛和 16 牛的力，它们合力的最大值为____牛；合力的最小值为____牛；若两力的夹角为 90° ，其合力为____牛。

(4) 如图 1-19 所示，重 100 牛的物体放在水平地面上，若在跟水平成 30° 、大小为 20 牛的拉力作用下，沿水平面匀速向右运动，由此可知：拉力与摩擦力二力合力大小为____牛，方向____，这时物体对地面的压力为____牛。

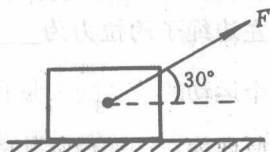


图 1-19

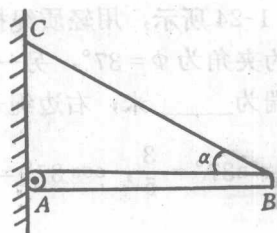


图 1-20

(5) 如图 1-20 所示，均匀细杆 AB 水平放置，杆由细绳 BC 拉着可绕 A 点在竖直平面内旋转，要使绳的拉力不大于杆的自重，绳与杆的夹角 α 应满足的条件是_____。

(6) 如图 1-21 所示，撑杆 BC 可绕 B 点自由转动，杆端 C 吊一重物，当钢绳逐渐缩短将撑杆拉成竖直的过程中，在不计杆重的条件下，钢绳的拉力将逐渐_____；杆受到的压力将逐渐_____。

(7) 如图 1-22 所示，质量分布均匀的木棒可在竖直平面内绕 O 轴转动，木棒下端置于木块 A 上，木块置于光滑平面上。已知木棒与 A 的摩擦系数为 μ ，木棒的重量为 G。木块静止时，木棒对木块的压力为_____；要使木块 A 向左匀速运动，加在木块上的水平力 F 应为_____。

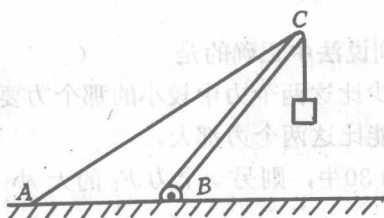


图 1-21

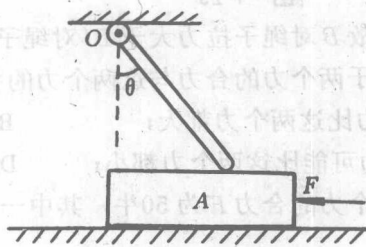


图 1-22

(8) 取长为 1 米的细线，在其中点挂一个 200 克的砝码。用手提着线的两端，在一个竖直平面内向左两边逐渐分开，当线上的张力达到 200 克时，两手分开的水平距离是_____；若在砝码的悬点上升到跟两手所在的水平线的高度差为 0.2 米时，线恰好被拉断，则细线能够承受的最大拉力是_____。

(9) 如图 1-23 所示，ABC 为一质量分布均匀的等边直角尺，重量为 $2G$ ，A 端用铰链