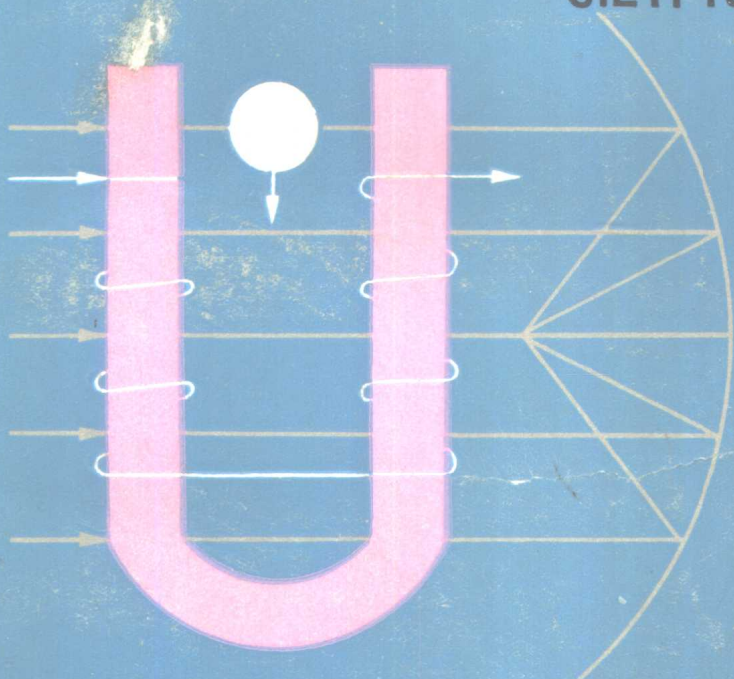


ZHONGXUE WULI
JIETI TUJING



中学物理解题途径

华东师范大学出版社

中学物理解题途径

华东师范大学 编
第一附中物理教研组

华东师范大学出版社

中学物理解题途径

华东师范大学 编
第一附中物理教研组

华东师范大学出版社出版

新华书店上海发行所发行 商务印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/32 印张: 10.5 字数: 220 千字

印数: 1—180,000 册

1984 年 8 月第一版 1984 年 8 月第一次印刷

统一书号: 7135·115 定价: 0.90 元

前 言

本书是为了帮助高中学生加深对物理知识的理解、提高物理解题的能力而编写的。内容有三部分：

概念部分。搞清概念、掌握规律，是提高解题能力的基础。因此本书对与解题有关的重要物理知识，作了必要的剖析和归纳，並尽可能揭示出解题中的一些规律。

例题部分。这是概念部分的具体化。通过对各种类型的典型例题的分析，使读者在思考方法、解题途径和解题技巧方面得到启发。

练习部分。练习题供读者选用，以便通过练习逐步理解和掌握书中内容，达到真正提高解题能力的目的。

本书是根据现行高中物理教科书的体系和内容编写的，为了使同学对高中物理达到深入理解、融会贯通的目的，本书在要求上是略高于教科书的，但读者祇要有一定的基础，阅读本书将没有困难，而有所得益。

本书编写：张正大、何福山、朱家宝、黄元熙；绘图：许治平；复核：项志良。

书中若有错误或缺点，恳望读者指正。

华东师范大学第一附中物理教研组

目 录

第一章 静力学	1
第一节 弹力的分析	2
第二节 摩擦力的分析	6
第三节 受力分析与运动状态	9
第四节 有固定转轴物体的平衡	12
第五节 物体的一般平衡条件	15
练习一	20
第二章 运动学	24
第一节 匀变速运动图象	24
第二节 初速为零的匀加速运动的位移特征	30
第三节 匀变速运动公式	32
第四节 运动的合成、相对运动	38
第五节 运动的分解、曲线运动	42
练习二	47
第三章 动力学	49
第一节 正交分解法	50
第二节 隔离法和整体法	54
第三节 受力分析与运动状态	58
第四节 连结体各部分加速度方向难以确定的问题	64
第五节 连结体各部分加速度不相同的问题	69
练习三	72
第四章 圆周运动	76
第一节 质点的匀速圆周运动	76

第二节	物体的匀速圆周运动	83
第三节	竖直平面内的圆周运动	87
第四节	万有引力	93
练习四		96
第五章	机械能	100
第一节	功和功率	100
第二节	动能定理	106
第三节	机械能守恒定律	111
第四节	功能原理	120
练习五		121
第六章	动量	125
第一节	动量定理	125
第二节	动量守恒定律	129
第三节	碰撞	137
练习六		143
第七章	振动与波	147
第一节	简谐振动	147
第二节	机械波	155
练习七		161
第八章	气态方程与热力学第一定律	165
第一节	气态方程	165
第二节	气体状态变化图线	176
第三节	热力学第一定律	182
练习八		184
第九章	静电场	189
第一节	电场强度	189
第二节	电势	195

第三节 电容.....	201
练习九.....	210
第十章 稳恒电流	213
第一节 电路的改画.....	213
第二节 部分电路.....	215
第三节 闭合电路.....	222
第四节 电阻的测量.....	228
第五节 含有反电动势的电路.....	232
第六节 电路中的电势.....	235
练习十.....	238
第十一章 电磁感应	242
第一节 安培力.....	242
第二节 洛仑兹力.....	247
第三节 电磁感应.....	253
练习十一.....	264
第十二章 交流电	270
第一节 交流电.....	270
第二节 交流电路.....	274
第三节 变压器.....	278
练习十二.....	280
第十三章 几何光学与物理光学	282
第一节 反射定律、平面镜成象	282
第二节 折射定律、全反射	286
第三节 透镜成象.....	291
第四节 光的色散.....	298
第五节 光的干涉.....	299
第六节 光电效应.....	300
第七节 波粒二象性.....	304

练习十三.....	305
第十四章 原子和原子核	308
第一节 氢原子与玻尔理论.....	308
第二节 原子核的转变.....	313
第三节 原子核的结合能.....	316
练习十四.....	319
答 案	321

第一章 静 力 学

静力学主要是研究处于平衡状态下的物体的受力情况。解静力学习题的基本步骤如下。

一、选定研究对象(它可以是一个物体,也可以是一个物体系),把它从周围物体中“隔离”出来,然后分析周围物体对研究对象的作用力。

二、作研究对象的受力图(不要混入研究对象反作用于周围物体的力)。在力学范畴内,力的种类只涉及重力、弹力、摩擦力三种。

三、将受力图作适当的加工处理,最常用的是正交分解法。

四、列方程求解。这可分三种情况:

1. 物体在共点力作用下平衡——静止或匀速平动,应满足合外力为零的条件。对力正交分解后,则有

$$\Sigma F_x = 0 \quad x \text{ 方向的合外力为零,}$$

$$\Sigma F_y = 0 \quad y \text{ 方向的合外力为零。}$$

2. 有固定转动轴物体的平衡——静止或匀速转动,应满足合力矩为零的条件,

$$\Sigma M = 0 \quad \text{对固定转动轴的合力矩为零。}$$

3. 如果物体没有固定转动轴,所受外力又不是共点力,而又保持平衡时,应同时满足

$$\Sigma F_x = 0 \quad x \text{ 方向的合外力为零,}$$

$$\Sigma F_y = 0 \quad y \text{ 方向的合外力为零,}$$

$\Sigma M=0$ 对任意一点的合力矩为零。

这叫物体的一般平衡条件。

第一节 弹力的分析

1. 弹力的产生：弹力总是出现在两个物体的接触处，有几个接触处就可能有几个弹力。这里讲“可能有”，是还要看接触处物体有无因挤压作用而产生的形变，有形变才有弹力。

2. 弹力的方向：相互接触的两个物体，其弹力的方向总是垂直于它们的接触面的。具体来说：如果接触处的一方是平面（另一方是平面、曲面、点都可以），则弹力方向一定垂直于这个平面。如果接触处的一方是曲面（另一方是曲面、点都可以），则弹力方向一定垂直于曲面在接触点的切线，也就是与曲面接触点处的曲率半径在同一直线上。

相互连结的两个物体，其连接处弹力的方向比较复杂。有一种情况最简单，也最常见：质量不计的细绳或轻杆与物体连结时，连结处的弹力总是与绳或杆在同一直线上。

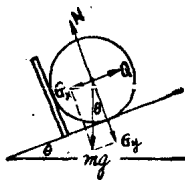
3. 弹力的大小与形变程度有关。在弹性限度内，形变越大，弹力越大。弹簧中弹力可由胡克定律公式 $F=-Kx$ 计算， K 为弹簧的倔强系数。

弹力的大小，更多情况下是在分析运动状态的基础上，运用牛顿定律求得的。

【例 11】 质量 m 的圆球，放在倾角为 θ 的光滑斜面上，再设置一挡板，使球静止不动，求下列情况下斜面和挡板对球的弹力。(1) 挡板垂直斜面；(2) 挡板竖直；(3) 挡板水平。

解：(1) 按解题基本步骤：

选球为研究对象。



作球的受力图：重力 mg 竖直向下；斜面弹力 N ，方向与斜面垂直，也与触点处的球半径同一直线；挡板弹力 Q ，方向与挡板垂直，也与触点处的球半径同一直线。

为了使需要分解的力的个数最少，按平行斜面和垂直斜面建立 x, y 轴，弹力 N 和 Q 均可不必分解，只要将重力分解为 G_x 和 G_y ， $G_x = mg \sin \theta$ ， $G_y = mg \cos \theta$ 。

因满足共点力平衡条件，建立方程式：

$$\Sigma F_x = 0 \quad Q - mg \sin \theta = 0,$$

$$\Sigma F_y = 0 \quad N - mg \cos \theta = 0.$$

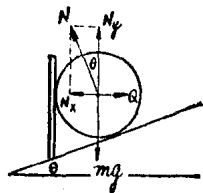
解得 $Q = mg \sin \theta$ ， $N = mg \cos \theta$ 。

(2) 按解题基本步骤：

选球为研究对象。

作球的受力图。

为了使需要分解的力的个数最少，按水平方向和竖直方向建立 x, y 轴，重力 mg 和弹力 Q 均可不必分解，只要将弹力 N 分解为 N_x 和 N_y ， $N_x = N \sin \theta$ ， $N_y = N \cos \theta$ 。



因满足共点力平衡条件，建立方程式：

$$\Sigma F_x = 0 \quad Q - N \sin \theta = 0,$$

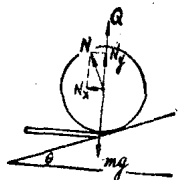
$$\Sigma F_y = 0 \quad N \cos \theta - mg = 0.$$

解得： $N = \frac{mg}{\cos \theta}$ ， $Q = mg \tan \theta$ 。

(3) 选球为研究对象。

作球的受力图：重力 mg 竖直向下；斜面弹力 N ，方向垂直斜面；挡板弹力 Q ，方向垂直挡板。

建立 x, y 坐标，将 N 分解为 N_x 和 N_y ，



$$N_x = N \sin \theta, \quad N_y = N \cos \theta.$$

按共点力平衡条件,建立方程式:

$$\Sigma F_x = 0 \quad N \sin \theta = 0,$$

$$\Sigma F_y = 0 \quad Q + N \cos \theta - mg = 0.$$

解得 $N = 0, \quad Q = mg.$

求得斜面对球的弹力等于零是应该的, 因为如果 $N \neq 0$, 则它将有水平分力 N_x , 球将在水平方向作加速运动, 这就违反了球是静止的这一条件了。如果懂得这一点, 则在作力图时, 就可以不将弹力 N 画出, 于是可以直接得出挡板弹力 Q 等于重力 mg 的结果。

斜面对球的弹力等于零, 说明球虽与斜面接触, 但球没有挤压斜面产生形变。

【例 2】 质量都是 m , 半径都是 R 的两个光滑圆柱体 A 和 B , 放在一个宽 $3R$ 的光滑槽内, 求槽壁和槽底的弹力。

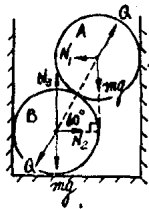
解: 二圆柱体圆心的水平距离为 R , 二圆心间距离为 $2R$, 所以图中直角三角形中, 二圆心连线与水平方向夹角为 60° 。

以 A 球为对象。它受重力 mg , 槽壁弹力 N_1 , B 球弹力 Q 。将 Q 正交分解后列方程式:

$$Q \cos 60^\circ - N_1 = 0,$$

$$Q \sin 60^\circ - mg = 0.$$

解得 $N_1 = \frac{\sqrt{3}}{3} mg, \quad Q = \frac{2\sqrt{3}}{3} mg.$



以 B 球为对象。它受重力 mg , A 球弹力 Q , 槽壁弹力 N_2 , 槽底弹力 N_3 。将 Q 正交分解后列方程式:

$$N_2 - Q \cos 60^\circ = 0,$$

$$N_3 - Q \sin 60^\circ - mg = 0.$$

解得：
$$N_2 = \frac{\sqrt{3}}{3} mg, \quad N_3 = 2mg.$$

【例 3】 右图装置中，滑轮与绳子的质量不计，摩擦力也不计，人的重量为 G_1 ，平板的重量为 G_2 ，要使人和平板匀速上升，人对绳子的拉力和人对平板的压力各多大？

解： 将人隔离出来，以人为研究对象。受重力 G_1 ，平板弹力 N ，绳子张力 T 。根据平衡条件有

$$T + N - G_1 = 0. \quad (1)$$

再将平板隔离出来，以平板为研究对象。受重力 G_2 ，人的压力 N ，右边绳子张力 T ，左边绳子张力 $2T$ 。根据平衡条件有：

$$2T + T - N - G_2 = 0. \quad (2)$$

联立解(1)、(2)式得：
$$T = \frac{1}{4} (G_1 + G_2),$$

$$N = \frac{1}{4} (3G_1 - G_2).$$

也可选人和平板整体作研究对象，其受力图如右，列力的平衡方程式：

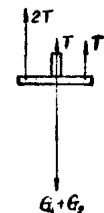
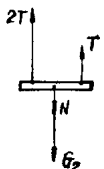
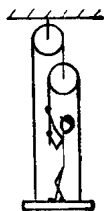
$$2T + T + T = G_1 + G_2,$$

解得：
$$T = \frac{1}{4} (G_1 + G_2).$$

为了求得人和平板之间的弹力，就必须再用一次隔离法，隔离人或平板都可以，解法如前。

讨论： 当 $G_2 = 3G_1$ 时， $N = 0$ ，即人将脱离平板，此时 $T = G_1$ ，即人的重量完全由绳子的张力来平衡了。

当 $G_2 > 3G_1$ 时：人和平板失去平衡，人将向上加速，平板



将向下加速。

第二节 摩擦力的分析

1. 摩擦力的产生：摩擦力总是出现在两个物体的接触处，有几个接触处就可能有几个摩擦力。这里讲“可能有”，是还要看：接触处是否粗糙；接触处是否有弹力（压力）；有无相对运动或相对运动趋势。

2. 摩擦力的方向，总是沿着接触面，如果接触面是曲面，则沿着接触处的切线方向。所以同一接触处的摩擦力和弹力总是互相垂直的。

滑动摩擦力的方向与相对运动的方向相反；静摩擦力的方向与相对运动趋势的方向相反。

3. 摩擦力的大小。滑动摩擦力的大小由公式 $f = \mu N$ 计算，式中 μ 是滑动摩擦系数， N 是接触面间的弹力（压力）。

最大静摩擦力的大小由公式 $f_m = \mu_0 N$ 计算，式中 μ_0 是静摩擦系数， N 也是接触面间的弹力（压力）。

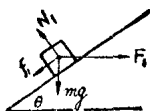
静摩擦力的大小没有类似于上面那样的计算公式，它要由外力大小和物体运动状态而定，其数值范围在 0 到 f_m 之间。

【例 4】 质量 10 千克的物体，放在倾角 37° 的斜面上，物体与斜面间的静摩擦系数为 0.5，要使物体静止在斜面上，作用在物体上的水平推力 F 应多大？

解：物体虽然静止在斜面上，但相对斜面可以有运动趋势。当水平推力 F 较大时，物体有向上运动趋势，摩擦力沿斜面向下；当水平推力 F 较小时，物体有向下运动趋势，摩擦力沿斜面向上。所以要物体保持静止， F 的大小不只是一个值，而是在一个最大值和最小值的区间内。

先求水平推力的最大值 F_1 。此时有最大静摩擦力 $f_1 =$

$\mu_0 N_1$, 方向沿斜面向下, 另外还受重力 mg , 斜面弹力 N_1 .



取平行斜面和垂直斜面作为二个正交方向, 将 F_1 和 mg 作正交分解. 根据平衡条件, 列方程式:

$$F_1 \cos \theta - mg \sin \theta - \mu_0 N_1 = 0,$$

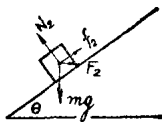
$$F_1 \sin \theta + mg \cos \theta - N_1 = 0.$$

代入数据: $F_1 \cos 37^\circ - 10 \times 10 \sin 37^\circ - 0.5 N_1 = 0,$

$$F_1 \sin 37^\circ + 10 \times 10 \cos 37^\circ - N_1 = 0,$$

解得: $F_1 = 200$ 牛顿.

再求水平推力的最小值 F_2 . 此时有最大静摩擦力 $f_2 = \mu_0 N_2$, 方向沿斜面向上, 另外还受重力 mg , 斜面弹力 N_2 . 将 F_2 和 mg 作正交分解后, 根据平衡条件列方程:



$$F_2 \cos \theta - mg \sin \theta + \mu_0 N_2 = 0,$$

$$F_2 \sin \theta + mg \cos \theta - N_2 = 0.$$

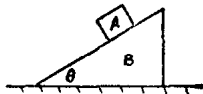
代入数据: $F_2 \cos 37^\circ - 10 \times 10 \sin 37^\circ + 0.5 N_2 = 0,$

$$F_2 \sin 37^\circ + 10 \times 10 \cos 37^\circ - N_2 = 0,$$

解得: $F_2 = 18.2$ 牛顿.

故水平推力的大小在 18.2 牛顿与 200 牛顿之间.

【例 5】 物体 A 的质量为 m , 放在倾角为 θ 、质量为 M 的斜面体 B 上, 斜面体静止在水平面上, 求下列情况下斜面体与水平面间的静摩擦力和弹力: (1) 物体



A 在斜面上匀速滑下; (2) 物体 A 在斜面上自由滑下.

解: (1) A 受重力 mg , 斜面弹力 N_1 , 斜面摩擦力 f_1 .

取平行斜面和垂直斜面作为二个正交方向, 将 mg 正交

分解后列出方程:

$$N_1 - mg \cos \theta = 0, \quad (1)$$

$$f_1 - mg \sin \theta = 0. \quad (2)$$

B 受重力 Mg , 物体的弹力 N_1 , 物体的摩擦力 f_1 , 水平面弹力 N_2 , 水平面摩擦力 f_2 , 设方向向左。

取水平方向和竖直方向作为二个正交方向, 将 N_1 、 f_1 正交分解后列出方程:

$$N_1 \sin \theta - f_2 - f_1 \cos \theta = 0, \quad (3)$$

$$N_1 \cos \theta = Mg + f_1 \sin \theta - N_2 = 0. \quad (4)$$

联立解(1)、(2)、(3)、(4)得:

$$N_2 = (m + M)g.$$

$$f_2 = 0.$$

(2) A 受重力 mg , 斜面弹力 N_1 . 取平行斜面和垂直斜面作为二个正交方向。沿斜面方向物体有加速度, 受力不平衡; 垂直斜面方向物体无加速度, 有平衡方程:

$$N_1 - mg \cos \theta = 0. \quad (1)$$

B 受重力 Mg , 物体弹力 N_1 , 水平面弹力 N_2 , 水平面摩擦力 f , 设方向向左。

取水平方向和竖直方向作为二个正交方向, 将 N_1 正交分解后列出方程:

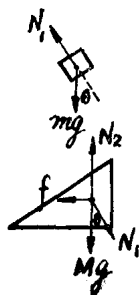
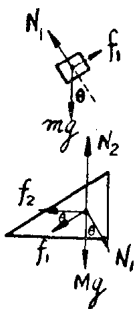
$$N_1 \sin \theta - f = 0, \quad (2)$$

$$N_1 \cos \theta + Mg - N_2 = 0. \quad (3)$$

联立解(1)、(2)、(3)得:

$$N_2 = Mg + mg \cos^2 \theta,$$

$$f = mg \sin \theta \cos \theta.$$



第三节 受力分析与运动状态

前两节介绍了物体受力分析的基本方法,如弹力的方向如何确定,摩擦力的方向如何确定,滑动摩擦力和最大静摩擦力如何计算等等。但是,仅有这些方法是远远不够的,如弹力的大小如何确定呢?一般静摩擦力的大小如何计算呢?为了确定摩擦力的方向,都去分析物体间的相对运动情况方便吗?这些问题都没有很好解决。

因此,为了正确而迅速地分析出物体受力情况,必须在前两节的基础上,进一步学会结合运动状态进行受力分析这一重要方法。

本章是静力学,研究对象的运动状态一般都处于平衡状态,即保持静止或匀速直线运动状态。根据牛顿第一定律,受力分析的结果必须要满足 $\Sigma F=0$ 这一条件,如果分解成两个正交方向,则必须要满足 $\Sigma F_x=0$ 和 $\Sigma F_y=0$ 。根据这一观点,常常可以很方便地判断出弹力和摩擦力的方向,并进一步求得其大小。

【例6】 用8牛顿的水平力,将 A 、 B 两木块叠压在竖直墙壁上, A 重1牛顿, B 重2牛顿, A 、 B 间静摩擦系数0.2, B 与墙之间静摩擦系数0.4,求各接触面间的摩擦力。

解: 本题的主要困难,在于很难确定 A 和 B 的相对运动趋势,因而似乎难以确定 A 、 B 之间的摩擦力方向,但如果结合运动状态分析,便能迎刃而解。

将 A 隔离出来:它受重力1牛顿,竖直向下,而 A 保持静止状态,故 A 必受到 B 的静摩擦

