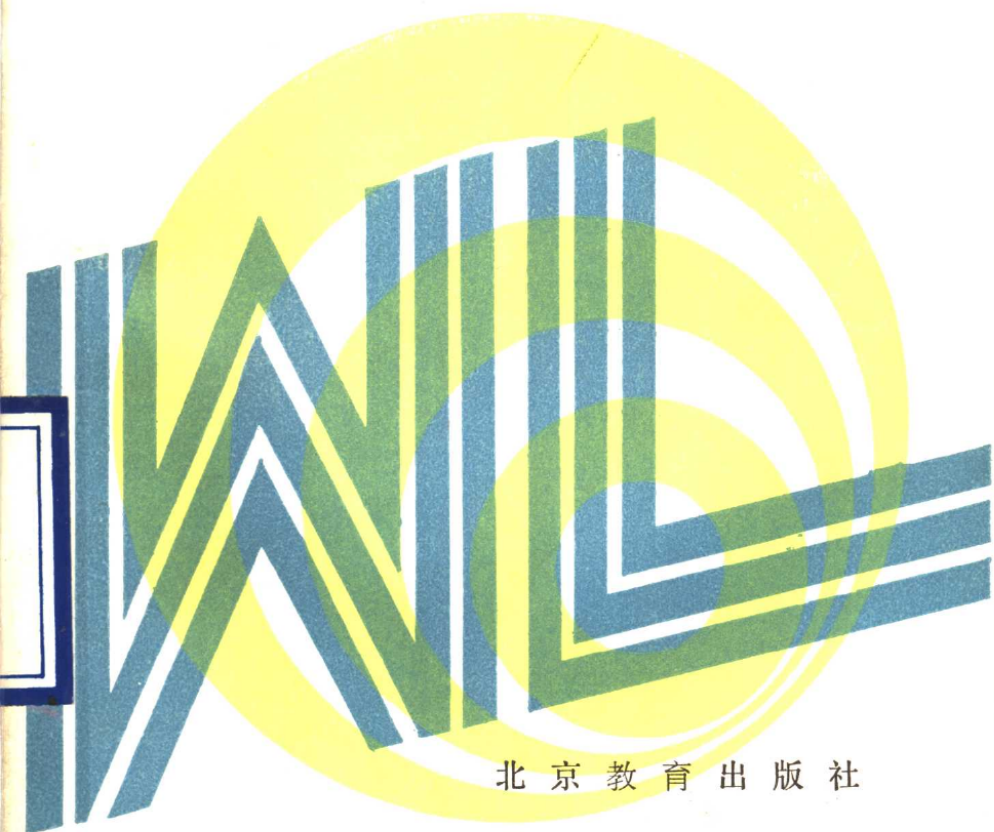


数理化基础知识丛书

高中物理基础知识

(第一册)



北京教育出版社

数理化基础知识丛书

高中物理基础知识

第 一 册

《高中物理基础知识》编写组 编

北京教育出版社

数理化基础知识丛书
高中物理基础知识第一册
GAOZHONG WULI JICHU ZHISHI DIYICE
《高中物理基础知识》编写组 编

北京教育出版社出版
(北京北三环中路6号)
新华书店北京发行所发行
安平印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 8.875印张 195,000字
1989年11月第1版 1989年11月第1次印刷
印数 1—4,000

ISBN 7-5303-0023-7/G·18

定价: 3.20元

内 容 提 要

高中物理基础知识第一册共计六章，包括力、物体的平衡、直线运动、运动和力、动量、曲线运动、万有引力定律等内容。每章内有学习要点、现象概念规律方法、疑难解析、知识小结、错解分析、典型例题、自学练习、自测试题等，其中习题和练习附有答案。

本书可供在校学生和自学青年学习高中物理时使用。

编写说明

为了帮助广大青年和在校学生学好数、理、化，我社约请了北京市人大附中、北大附中、清华附中、北京实验中学等校的有经验的教师，共同编写了数理化基础知识丛书。

《高中物理基础知识》共分四册，它以章为单元系统地叙述物理学的基础知识。每章由五大部分组成：（一）现象、概念、规律、方法；（二）疑难解析、知识小结；（三）错解分析、典型例题；（四）自学练习、自测试题；（五）阅读材料。

本书源于教材，而高于教材，重视深化和活化物理的基本概念、规律和方法，使学习者真正理解物理学的真谛；本书对初学者易出错、常混淆、难理解的内容，详加说明，使学习者真正学有所得；本书例题丰富，分析透彻，自学练习和自测试题均附有答案或提示，便于学习者自我检查；本书中每章末附有阅读材料，有助于开阔思路，联系实际，发展智力。

本书的编写计划，曾约请北京师大、北京师院、北京教育学院、海淀区教师进修学校，以及北京重点和普通中学优秀教师，共同商讨，同时征求过自学青年和在校学生的意见。我们向所有关心本书编写工作的同志表示感谢。

《高中物理基础知识》编写组由下列同志组成：王延龄、颜福清、潘邦桢、张能光、庄定源、秦迺君。

本书错误和不足之处，欢迎批评指正。

一九八七年三月

目 录

第一章 力 物体的平衡	(1)
[学习要点]	(1)
一、现象 概念 规律 方法	(1)
二、疑难解析 知识小结	(16)
三、错解分析 典型例题	(27)
四、自学练习 自测试题	(47)
五、阅读材料	(61)
第二章 直线运动	(69)
[学习要点]	(69)
一、现象 概念 规律 方法	(69)
二、疑难解析 知识小结	(83)
三、错解分析 典型例题	(96)
四、自学练习 自测试题	(107)
五、阅读材料	(114)
第三章 运动和力	(117)
[学习要点]	(117)
一、现象 概念 规律 方法	(117)
二、疑难解析 知识小结	(125)
三、错解分析 典型例题	(130)
四、自学练习 自测试题	(147)
五、阅读材料	(161)

第四章 动量	(165)
[学习要点].....	(165)
一、现象 概念 规律 方法.....	(165)
二、疑难解析 知识小结.....	(170)
三、错解分析 典型例题.....	(177)
四、自学练习 自测试题.....	(187)
五、阅读材料.....	(194)
第五章 曲线运动	(197)
[学习要点].....	(197)
一、现象 概念 规律 方法.....	(197)
二、疑难解析 知识小结.....	(211)
三、错解分析 典型例题.....	(216)
四、自学练习 自测试题.....	(230)
五、阅读材料.....	(242)
第六章 万有引力定律	(246)
[学习要点].....	(246)
一、现象 概念 规律 方法.....	(246)
二、疑难解析 知识小结.....	(257)
三、错解分析 典型例题.....	(264)
四、自学练习 自测试题.....	(269)
五、阅读材料.....	(274)

第一章 力 物体的平衡

【学习要点】

(1) 正确理解力的概念。掌握牛顿第三定律。进一步认识重力、弹力、摩擦力的产生条件，作用点、方向和大小。会正确对物体进行受力分析，能画出物体的受力图。

(2) 了解矢量和标量的含意。知道力是矢量。理解合力与分力的概念。掌握力的平行四边形法则、三角形法和正交分解法。知道这些法则对其它矢量同样适用。

(3) 理解物体的平衡概念。掌握共点力平衡条件。理解力矩的概念。掌握有固定转轴的物体的平衡条件。

一、现象 概念 规律 方法

1. 力的概念

力的概念比较抽象，它是逐步形成和建立起来的。人们长期以来从事生产和劳动，例如耕作、搬运、伐木、挑水，都要使劲，用力气，从而对力的概念有了一定的感性认识。

古希腊有名的哲学家亚里斯多德(公元前384—322)最先把物体的运动和力的作用联系起来，认为力是物体产生运动的原因。近代力学的奠基人意大利科学家伽利略(1564—1642)通过一系列实验研究，否定了亚里斯多德的错误观点。指出力不是物体产生运动的原因，而是物体运动状态发生变

化的原因。但在伽利略的著作里，力的概念常与其它一些物理概念，如动量、功、能量等混淆在一起。

牛顿(1642-1727)肯定力是物体运动发生改变的原因，但对力的相互作用本质仍然混淆不清。他把惯性称为物质固有的力，把加速度称为加速力。以至在较长时间内，把一切自然现象的原因都归结为力，例如，直到19世纪40年代，“能量守恒定律”还普遍叫做力的守恒定律。

随着牛顿力学体系的建立和发展，经过许多科学家的努力，人们才认识到力是物体间的相互作用。认识到力能产生如下的作用效果：使物体产生形变；使物体运动状态产生变化。不同的力作用在物体的不同部位，产生效果各不相同，表明力是矢量，具有大小、方向、作用点。

2. 牛顿第三定律

历史上关于物体间碰撞理论的研究，总结出物体动量变化规律，为作用和反作用定律的建立创造了条件。牛顿在他的力学经典著作《自然哲学的数学原理》中，概括了第三定律的内容：每一个作用总是有一个相等的反作用和它相对抗。或者说：两物体彼此之间的相互作用，永远大小相等，方向相反。

在学习第三定律时，要注意作用力和反作用力的特点：相互性，等值反向，作用于相互关联的两个不同的物体上，不是一对平衡力。甲物体对乙物体的作用称为作用力，乙物体对甲物体的作用就是反作用力，反之亦然，两者没有主次和先后之分。

3. 力的合成和分解

两个互成角度的力，同时作用于物体时，两力的联合效

果，可以用等效方法，通过实验来建立。在人类历史上，这一问题的解决经历了一段不平常的探索过程。

最早提出力的分解原理的是荷兰的斯蒂文(1548—1620)。他是如何分析的呢？如图 1-1 所示。十四个等质量的小球，均匀地穿在线上，组成首尾相连的一串球链。当这些小球处于自由状态时，小球只有平衡或者永远运动下去的两种可能性。斯蒂文认为：永远运动下去是不可能的，所有小球一定处于平衡状态。由于下面八个小球是对称悬挂的，将八个小球去掉，上面的 6 个小球应继续静止。因此得出：“在等高斜面上，相同的重物的作用与斜面的长度成反比”。按现在的说法，就是斜面越长，重力沿斜面的分力越小。这段话，可认为是力的分解原理的萌芽。后来，牛顿在他的《自然哲学的数学原理》一书中，作为一个公理或经验法则，明确提出了力的分解与合成法则。伯努利(1700—1782)和潘索(1777—1859)等人，曾对力的平行四边形法则进行过数学证明，但未获成功。直到二十世纪初，科学家还在争论这个法则：它是一个数学定理，还是一个勿须证明的经验法则。这些事实说明，力学中的每个法则，都要花费不少科学家的心血，才能获得正确结论。

(1) 力合成的平行四边形法则。如图 1-2 所示，物体受

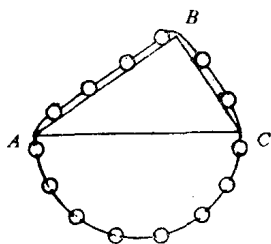


图 1-1

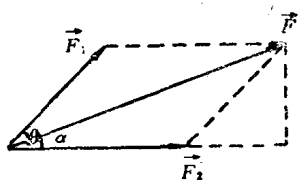


图 1-2

到两个互成 θ 角的力 F_1 和 F_2 的作用。如果有一个力 F , 对物体的作用效果与两力 F_1 、 F_2 的联合作用效果相同, 我们就认为 F 是 F_1 和 F_2 的合力。实验告诉我们, 跟 F_1 、 F_2 等效的合力 F , 遵守平行四边形法则。如图 1-2, 以两分力 F_1 和 F_2 为邻边组成平行四边形, 两分力夹角的对角线表示合力 F 的大小和方向。

$$\text{合力大小 } F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2 F_1 F_2 \cos \theta}.$$

合力方向用 α 角表示时,

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{F_1 \sin \theta}{F_2 + F_1 \cos \theta}.$$

绘图时应注意, 力用带箭头的实线表示, 其它辅助线用虚线表示。

(2) 矢量的加减法。有些物理量, 既要由数量, 又要由方向才能完全确定, 这些量叫矢量, 如力、速度……等。矢量相加, 应按平行四边形法则进行: 以两分矢量为邻边组成平行四边形, 两分矢量夹角的对角线就是合矢量, 如(1)所述。由平行四边形法则可导出三角形法则, 如图 1-2 或图 1-3 所示, 合矢量 F 跟分矢量 F_1 和 F_2 组成一闭合三角形。设三矢量相互间夹角分别为 α 、 β 、 γ 。如图 1-3 所示, 依正弦定理可得:

$$\frac{F}{\sin \gamma} = \frac{F_1}{\sin \beta} = \frac{F_2}{\sin \alpha}.$$

矢量减法是矢量加法的逆运算。一个矢量减去另一个矢量, 等于加上它的负矢量。

$$F_1 - F_2 = F_1 + (-F_2) = F.$$

矢量减法, 同样应用平行四边形法则或三角形法则, 只是把被减矢量反向即可, 如图 1-4。

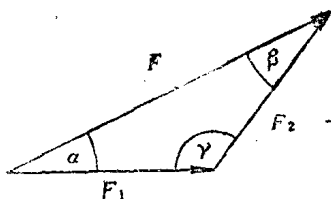


图 1-3

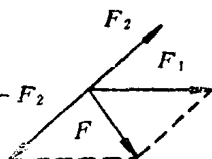


图 1-4

对于多个矢量的合成，由三角形法则可以推知，它的合矢量与分矢量组成闭合多边形，如图 1-5。

(3) 力的分解。由两个力求合力叫力的合成。反过来一个力也可以分为两个分力，两个分力的效果与原来一个力的效果相同，这叫力的分解。不管是力的合成还是分解，合力与分力总是遵守平行四边形法则。一个力分解为两个分力有无限多个解。在解决实际问题时，分力的方向要根据力的实际效果来选定，随意地进行分解无实际意义。对已知力进行分解，有以下几种常见情况：①已知一个分力的大小和方向，求另一个分力；②已知两分力的方向，求两分力的大小；③已知两分力的大小（两分力大小之和必须大于，等于已知力的大小），求两分力的方向；④已知一个分力的方向和另一个分力的大小，求两分力。

上述第④种情况，分解时比较复杂，它的解有三种可能，现用图解法说明如下：见图 1-6，从已知力 F 的起点 O ，沿分力 F_1 的已知方向画一直线。以 F 的端点为圆心，以分力 F_2 的已知大小为半径做圆，圆与直线的相交情况，有三种可能性：①圆与直线不相交，无解；②圆与直线相切，有唯一解；③圆与直线相割，有两解。

(4) 力的正交分解法。求解共点的三个或三个以上力的

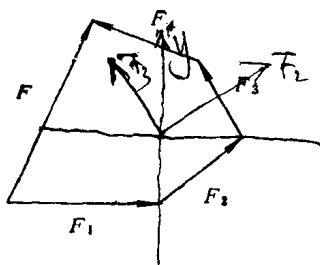


图 1-5

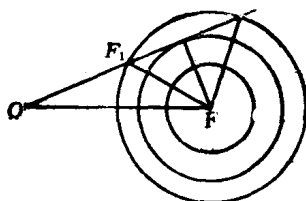


图 1-6

合力时，采用正交分解法，比较方便。例如：在同一平面上的四个力作用在 O 点(图 1-7)，它们的大小与方向分别是：

$F_1 = 80$ 牛顿，与 Ox 的夹角 $\theta_1 = 30^\circ$ ；

$F_2 = 40$ 牛顿，与 Ox 的夹角 $\theta_2 = 150^\circ$ ；

$F_3 = 40$ 牛顿，与 Ox 的夹角 $\theta_3 = 225^\circ$ ；

$F_4 = 30$ 牛顿，与 Ox 的夹角 $\theta_4 = 315^\circ$ 。

求这四个力的合力。

解：以 O 为原点，在受力平面中设置 $x-y$ 直角坐标系，将每个力都沿 x 轴和 y 轴分解为两个分力。

沿 x 轴的分力的代数和

$$\begin{aligned}\sum F_x &= F_1 \cos \theta_1 + F_2 \cos \theta_2 + F_3 \cos \theta_3 + F_4 \cos \theta_4 \\ &= 80 \cos 30^\circ + 40 \cos 210^\circ + 40 \cos 225^\circ \\ &\quad + 30 \cos 315^\circ \\ &= 80 \times \frac{\sqrt{3}}{2} + 40 \times \left(-\frac{1}{2}\right) + 40 \times \left(-\frac{\sqrt{2}}{2}\right) \\ &\quad + 30 \times \left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right) \\ &= 42.13 (\text{牛}).\end{aligned}$$

沿 y 轴各分力的代数和

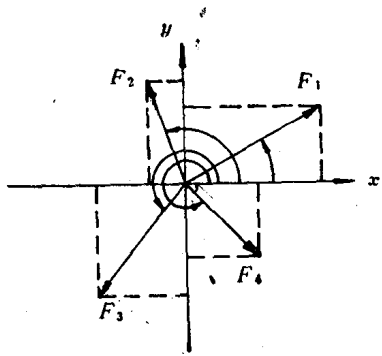


图 1-7

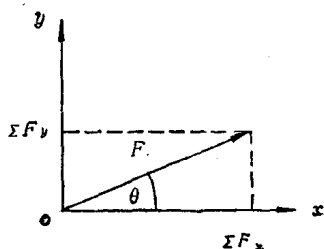


图 1-8

$$\begin{aligned}\sum F_y &= F_1 \sin \theta_1 + F_2 \sin \theta_2 + F_3 \sin \theta_3 + F_4 \sin \theta_4 \\ &= 80 \times \frac{1}{2} + 40 \times \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \right) + 40 \times \left(-\frac{\sqrt{2}}{2} \right) + 30 \times \left(-\frac{\sqrt{2}}{2} \right) \\ &= 25.11 (\text{牛}).\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{合力 } F &= \sqrt{(\sum F_x)^2 + (\sum F_y)^2} \\ &= \sqrt{(42.13)^2 + (25.11)^2} \\ &= 49.05 (\text{牛}).\end{aligned}$$

F 的方向与 ox 的夹角为 θ (如图 1-8)

$$\begin{aligned}\tan \theta &= \frac{\sum F_y}{\sum F_x} = \frac{25.11}{42.13} = 0.596, \\ \theta &= 30.8^\circ.\end{aligned}$$

4. 力学中三种基本力

有些物理现象在日常生活中是常见的：白炽灯在绳的悬挂下保持平衡。物体在地球的吸引下竖直下落。两个异性磁极相互吸引。小磁针在通电导体吸引下发生偏转。带电的骨

制小球同性相斥，异性相吸。发动机启动时，汽车从静止开始运动，发动机关闭后汽车减速停下，等等。

这些现象和效应，都是在力的作用下发生的。这些力有拉力、重力、磁力、电力、牵引力和摩擦力等等，名目很多。若按作用方式划分，可以分为两类：一类是实体间通过直接接触发生相互作用，如弹力和摩擦力；另一类是通过场发生相互作用，如重力、电力、磁力。在力学部分，我们重点研究重力、弹力和摩擦力。

(1) 重力。由地球的引力产生，方向竖直向下，作用点在重心(物体各质点所受重力的合力作用点)。

(2) 弹力。发生于接触物之间，且有形变产生。如物体间是面接触，弹力方向与接触面垂直。物体与轻绳和轻杆(二力杆件)接触，则弹力沿杆与绳的方向。对于弹性形变，在弹性限度内，弹力与形变的关系遵从胡克定律，即 $F=kx$ 。式中 k 为倔强系数， x 为形变量。

(3) 摩擦力。发生在有弹力作用，且有相对运动或相对运动趋势的接触物之间。如图 1-9 所示，质量为 m 的物体静止在斜面上，由于重力对物体的作用，使物体具有沿斜面下滑的趋势。静摩擦力的方向沿斜面向上，阻碍物体的下滑趋势。由图可以看出，随着角 α 增大，物体下滑的趋势增大，静摩擦力增大。当斜面到达某一倾角时，物体将开始向下滑动，此时静摩擦力最大，称为最大静摩擦力。在静力学中，静摩擦力可以根据物体平衡条件求出。

— 物体发生滑动后，摩擦力阻碍接触面间的相对运动，称为滑动摩擦力。由实验测知：滑动摩擦力 f 与接触面间的正压力 N 的比值近似为一常数，称为滑动摩擦系数，用字母 μ 表示，

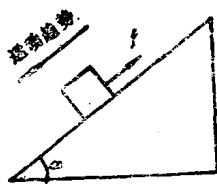


图 1-9

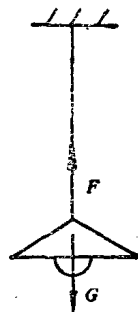


图 1-10

$$\mu = \frac{f}{N}.$$

滑动摩擦系数的大小跟相互接触的两个物体的材料有关，跟接触面的情况(如粗糙程度等)有关，跟接触面的大小无关。

5. 物体的平衡

以静止或匀速直线运动的物体为参照物，观察物体的运动时，物体处于静止，匀速直线运动或匀速转动的状态叫平衡状态。在什么条件下物体处于平衡状态？在平衡状态下如何计算物体所受的力？这是物体平衡中要重点讨论的问题。

(1) 共点力作用下物体的平衡。室内悬挂的白炽灯，如图 1-10 所示，灯受到悬线拉力 F 和重力 G 两力作用， F 、 G 二力作用线共线。用拉绳将白炽灯拉到适当的位置，如图 1-11，结点 O 受三条线的拉力 F_1 、 F_2 、 F_3 的作用，三个力都作用在同一点上。一个日光灯用两条绳拉着，挂到适当的位置，如图 1-12，日光灯受到拉力 F_1 、 F_2 和重力 G 三力作用，三力的作用线延长后交于一点 O 。