

物理学

(第一册)

曹茂盛	张炳前	主编
李仕儒	张崇海	主审

哈尔滨工业大学出版社

04
5545
1
978107

物 理 学

(第一册)

曹茂盛 张炳前 主编

李仕儒, 张崇海 主审

哈尔滨工业大学出版社

(黑)新登字第4号

内 容 简 介

本书是工科类高等专科学校《物理学》(共四册)的第一册,内容包括力学、振动与波动、气体分子运动与热力学。

本书可作工科类高等专科学校物理学教材,同时亦可供其他学校师生参考。

物 理 学

(第一册)

袁茂盛 张炳前 主编

李仕儒 廖崇海 主审

★
哈尔滨工业大学出版社出版

新华书店首都发行所发行

哈尔滨市外文印刷厂印刷

★

开本 787×1092 1/32 印张 7 字数 160 千字

1994年7月第1版 1994年7月第1次印刷

印数 1-7000

ISBN 7-5603-1054-0/O·62 定价 5.80 元

前 言

《物理学》是黑龙江省八所高等工科院校部分教师联合编写的通用教材。全书分四册出版，一、二册是基本教材，内容符合国家教委制定的“高等学校工程专科物理学课程教学基本要求”的精神。第三册是“物理学与经济建设”阅读专题，是为了提高学生自学能力、拓展学生知识面而专门编写的，也是使物理学与经济建设接轨的探索性尝试。第四册是“解题指导与习题选解”，是为了提高学生分析问题和解题能力而编写的配套指导书。本书具有以下特色：

1. 本书编写过程中，注意了教材的科学性、系统性和适用性；

2. 本书内容丰富、由浅入深、简明扼要、重点突出，能满足少学时的要求；

3. 在基本教材中，每篇都配有标准化自我检测题，便于教师教学检查，便于学生自我检测；

4. 本书配有“物理学与经济建设”阅读教材，选编了阅读专题、原理应用专题，高科技专题，强调了物理原理在现代工程技术中的应用，充分体现了“基本要求”中所强调的“以应用为主”的要求；

5. 本书配有“解题指导与习题选解”指导书，便于教师教学，同时也便于学生自学，对学生巩固知识，提高自学能力有较大益处。

参加本书编审工作的有哈尔滨工业大学杨学栋、冯玉

3456 1107

文、代永江、马晶、谭立英、王岩,哈尔滨工程大学苑立波,东北重型机械学院任克勤、周彦、房晓勇,燕山大学徐国忠、范力茹、苏雪梅,齐齐哈尔轻工学院张崇海、曹茂盛、关柱安、刘成川、邱松、孙秋普、陈丽娜,佳木斯工学院张炳前、刘晓菲、虞宪春,黑龙江矿业学院张敬民、韩仁学,齐齐哈尔铁路运输职工大学李仕儒、秦世明、腾旭、王殿举。

本书编写过程中得到了哈尔滨工业大学赵世杰教授的精心指导,在此表示衷心的感谢。

由于水平有限,不足之处在所难免,欢迎读者多提宝贵意见。

编者

1994年4月

目 录

绪 论	(1)
-----------	-------

第一篇 力 学

第一章 质点运动学	(6)
§ 1-1 参照系 质点	(6)
§ 1-2 质点的位移 速度 加速度	(9)
§ 1-3 圆周运动	(17)
习 题	(22)
第二章 质点动力学的基本定律	(23)
§ 2-1 牛顿运动定律	(23)
§ 2-2 力学单位制和量纲	(29)
§ 2-3 牛顿运动定律应用举例	(32)
习 题	(35)
第三章 质点动力学的普遍定律	(38)
§ 3-1 功 功率	(38)
§ 3-2 动能 动能定理	(45)
§ 3-3 势能	(49)
§ 3-4 功能原理 机械能守恒定律	(52)
§ 3-5 能量转换与守恒定律	(57)
§ 3-6 冲量 动量 动量定律	(58)
§ 3-7 动量守恒定律	(64)
§ 3-8 碰撞	(67)

习 题	(72)
标准化自我检测题(一)	(75)
第四章 刚体的定轴转动	(79)
§ 4-1 刚体的运动	(79)
§ 4-2 力矩 转动定律 转动惯量	(82)
§ 4-3 力矩的功 转动动能	(92)
§ 4-4 角动量 冲量矩 角动量守恒定律	(98)
习 题	(103)
标准化自我检测题(二)	(105)

第二篇 振动与波动

第五章 机械振动	(109)
§ 5-1 简谐振动	(110)
§ 5-2 简谐振动实例分析	(118)
§ 5-3 简谐振动的能量	(123)
§ 5-4 两个同方向同频率简谐振动的合成	(126)
习 题	(128)
第六章 机械波	(131)
§ 6-1 机械波的产生和传播	(131)
§ 6-2 平面简谐波的波动方程	(135)
§ 6-3 简谐波的能量	(141)
§ 6-4 惠更斯原理 波的干涉	(144)
习 题	(149)
标准化自我检测题(三)	(150)

第三篇 气体分子运动论与热力学基础

第七章 气体分子运动论	(157)
-------------------	-------

§ 7-1	气体分子运动论的基本观点	(157)
§ 7-2	气体的状态参量 理想气体的状态方程	(160)
§ 7-3	气体分子运动论的基本公式	(164)
§ 7-4	能量按自由度均分原理 理想气体 的内能	(170)
*§ 7-5	气体分子速率的统计分布	(174)
习 题		(178)
第八章 热力学基础		(180)
§ 8-1	热力学第一定律	(180)
§ 8-2	热力学第一定律对理想气体等值过程的 应用	(186)
§ 8-3	绝热过程	(194)
§ 8-4	循环过程 卡诺循环	(196)
§ 8-5	热力学第二定律	(203)
习 题		(204)
标准化自我检测题(四)		(206)
习题答案		(211)

绪 论

一、物理学的研究对象

物理学和其它自然科学一样,都是以认识物质世界的基本属性,研究物质运动的基本规律为对象的。

我们周围所有的客观实在都是物质,整个自然界就是由各种各样的物质组成的。日月星辰,各种气体、液体、固体,组成物质的分子、原子、电子,以及光和其它的电磁辐射、重力场、引力场等都是物质。

一切物质都在永恒地运动着,自然界的一切现象都是物质运动的表现。运动是物质的存在形式,是物质的固有属性,它包括宇宙中所发生的一切变化和过程,例如,物体位置变化,生命过程,岩石风化等都是物质运动的例子。各种不同的物质运动形式既服从普遍规律,也有自己的独特规律,自然科学的各个分支就是按研究不同的物质运动形式而区分的。

物理学所研究的是物质运动最基本最普遍的形式。物理学所研究的运动,普遍地存在于其它高级的、复杂的物质运动形式(例如化学的、生物学的等等)之中,因此物理学所研究的物质运动规律,具有最大的普遍性。例如,自然界的任何变化、运动过程,都遵从物理学中所确立的能量转化和守恒定律。虽然如此,各种运动形式各有自己的独特规律,也不一定都能用单纯的物理规律来描述,如生命现象就不能用单纯的物理过程来说明。

由于物理学所研究的物质运动具有普遍性,所以物理学在自然科学中占有重要的位置,并成为其它自然科学和工程科学的基础。

二、物理学在自然科学、现代科学中的地位和作用

在自然科学中,物理学是除数学以外的一切自然科学的基础,也是一切工程科学、现代科学的基础,许多新兴学科的建立、新技术的问世,都离不开物理学的发展。

17、18世纪,由于牛顿力学的建立和热力学的发展,不仅有力地推动了其它学科的进展,而且适应了研制蒸汽机和发展机械工业的社会需要。引起了第一次工业革命,极大地改变了工业生产的面貌。到了19世纪,在法拉第—麦克斯韦电磁理论的推动下,电机、电器和各种电讯设备问世,引起了工业电气化,使人类进入应用电能的时代,这就是第二次工业革命。20世纪以来,由于相对论和量子力学的建立,人们对原子、原子核结构的认识日益深入。引起了电子学、半导体、等离子体、激光、量子化学、生物工程、航天工程等一系列新领域、新技术的出现。在现代,脱离了对基础理论的研究和运用而想得到重要的突破性的发现是非常困难的事。下面的一个实例就能很好地说明这个结论。1957年以前,美国对基础理论不够重视,1957年前苏联的人造卫星上天在美国引起很大震动,从此美国在科学研究方面大大加强基础理论的研究,在高校的教育中也大大加强了基础理论的教学。这样经过不很长的时间,在空间技术方面,美国就赶上了原苏联。尤其是在90年代初的“海湾战争”中,以美国为首的“多国部队”所拥有的高技术优势足以说明这一点。

物理学在高等工业学校中是一门重要的基础课,通过这

门课程的学习不仅对自然界中各种基本运动形式及其规律获得较全面较系统的认识,而且在实验技能,逻辑思维能力和独立工作能力等方面将受到初步训练。因此,学好物理学可为学习专业知识和近代科学技术奠定良好的基础。

第一篇 力学

宇宙中一切物体都在运动着。物体的运动形式是多种多样的,其中最简单、最常见的一种运动形式是物体间或物体各部分之间相对位置的变动,这种运动称为机械运动。星体的运动,车辆、船只、飞机的运动,水、空气的流动,各种机械的运转等,都是机械运动。力学是研究机械运动的规律及其应用的学科。

普通物理学中的力学包括运动学和动力学两部分内容。运动学研究物体位置随时间变化的规律;而动力学则是研究物体之间的相互作用对物体运动的影响,即研究物体运动状态变化的原因。

力学是最早发展的学科之一,人们通过生活和生产实践逐步认识了机械运动的规律。古代中国、埃及等国的劳动人民在生产实践中制造了一些简单机械,并建造了一些有名的工程建筑,积累了丰富的力学知识。15世纪以后,欧洲开始了文艺复兴时期,随着资本主义生产关系的发展,商业、手工业、航海、纺织和军事工业逐渐兴起,力学这门学科随之得到了迅速的发展,逐步形成了比较完整的系统。

17世纪,牛顿在前人研究的基础上,发表了著名的三个运动定律和万有引力定律,从而奠定了力学的基础。此后,经欧勒、拉格朗日等人的努力,使力学成为一门理论上、系统上较为严密、完整的学科,这就是通常所说的经典力学或牛顿力学。

力学是物理学的基础,力学中的基本概念和某些规律在物理学的各个领域起着重要的作用;在其他自然科学和工程技术中也常用到力学的基本知识。

本篇着重介绍有关质点运动和刚体定轴转动的基本概念和规律,其中牛顿定律和守恒定律(机械能守恒、动量守恒、动量矩守恒)是本篇的中心内容。

第一章 质点运动学

质点是最简单的力学模型,描述质点运动的物理量有:位置矢量、位移、速度和加速度。本章首先阐明描述运动的基本物理量,然后分别描述质点作直线运动、抛体运动、圆周运动等的基本规律。

§1-1 参照系 质点

世界是物质的,物质是运动的。在自然界中,不可能找到一个绝对静止不动的物体,放在桌上的书对于桌面是静止的,但它却随地球一起绕太阳运动。太阳也在运动,它以数百公里每秒的速度绕银河系中心运动,同时银河系也在运动,这就是运动的绝对性。

既然物体的运动是绝对的,那么,接下来的问题必然是:对于某一个具体的物体,如雨滴,它是怎样运动的?这个问题可以有不同的回答。站在窗前的甲认为雨滴是竖直向下运动的,而坐在运行列车窗口旁的乙却认为,雨滴是倾斜向下运动的。哪一个回答正确?这里涉及到运动描述的相对性问题。

在物理学中,当观察一个物体的位置及其变化时,总是要选择另外一个物体作为标准物;由于选择的标准物不同,对同一个物体运动的描述也自然不同,这就是运动描述的相对性。为此,引入参照系的概念。

一、参照系

参照系就是为确定物体位置和描述其运动而选作依据的另一个物体(或几个相对静止的物体群)。对于一个物体运动状态的描述依赖于参照系的选取,如坐在运动着的火车里的乘客,以火车作参照系,他是静止的;而以地面作参照系,他就是运动的。因此,只有预先选定参照系,对某一个物体运动状态的描述才有确定的意义。这里要注意:参照系的选取完全是任意的,通常要考虑问题的性质和研究的方便。一般都选取地球为参照系;在讨论地球或其它行星运行时,则常以太阳及几个选定的恒量组成的物体群作参照系。

参照系是一个物体(或几个相对静止的物体群),它只能定性地说说明另一个物体的运动情况。为了能够定量地描述物体的运动状态,有必要使参照系的概念数学化。所以,在物理学中一般用坐标系替代参照系。

坐标系有许多种,象直角坐标系、极坐标系、自然坐标系等。选取哪种坐标系,视物体运动的形式而定,最常用的是直角坐标系,它由三个相互正交的轴汇交而成。交点 O 固定在参照系上,称为坐标原点,如图1-1所示。坐标系选定后,运动物体的位置就可以用它在坐标系中的坐标来描述。适当选取坐标系,还可以简化所研究的问题。

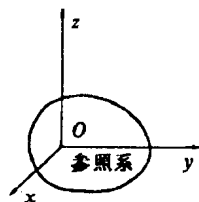


图1-1 坐标系示意图

以上从运动描述的相对性出发,把绝对运动的物体分为两类:作为参照系的物体和相对参照系运动的物体,并且把参照系具体简化为坐标系,然后再来研究运动的物体。

任何物体都具有一定的大小、形状和内部结构,而物体间的这些差异会给我们的研究带来许多麻烦。为了方便,需要把运动的物体理想化。这种理想化的模型有许多种,其中质点是最基本的力学理想模型。

二、质点

所谓质点,就是具有质量但在运动中可忽略其大小、形状和内部结构而视为几何点的物体。质点是从实际物体中抽象出来的理想模型,该模型突出反映了物体“具有质量”和物体“占有位置”这两个根本性质;采用这一模型,可以使问题简化,便于作比较精确的描述。

实际物体都有一定大小、形状和内部结构,在运动过程中,物体内部各部分的运动情况可以不同;当仅考虑物体的整体运动,而物体本身的大小比物体运动轨道的线度又小得多时,可以忽略物体内部各部分运动情况的差别,把它看成质点。在所讨论的问题中,一个物体能否作为质点处理,取决于物体的相对大小和所研究问题的性质。大如地球,在研究其公转时,可以把它看成质点;小如分子、原子,在研究其内部振动和转动时,就不能把它看作质点。现实生活中,经常会看到一种比较简单的运动,象活塞在汽缸中运动、抽屉的运动等,其特点是,当物体上任意两点连线的方位在运动过程中始终保持不变,这种运动称为平动。作平动的物体,由于物体上所有点的运动情况相同,故无论物体大小、形状如何,都可以把它看成质点。

在另一类问题中,例如研究车床上一个齿轮的运动时,由于它的形状、大小将起主要作用,故不能当作质点来处理。研究这类问题时,可以把运动的物体分割成许多个微小部分,小

到每一微小部分的大小、形状不起作用,使每一微小部分都可当作一个质点为止。这样,就可以把物体作为质点的集合体处理。

§1-2 质点的位移 速度 加速度

一、质点的运动方程 位置矢量

在质点力学中,物体的空间位置由坐标系中的一个点 P 来表示。通常把由坐标原点 O 指向质点所在位置 P 的有向线段 $\vec{r}$, 定义为位置矢量, 简称位矢, 如图 1-2 所示。在直角坐标系中, 位矢可以表示为

$$\vec{r} = x\hat{i} + y\hat{j} + z\hat{k} \quad (1-1)$$

它的大小即矢量的模

$$|\vec{r}| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad (1-2)$$

方向可由其方向余弦确定

$$\cos\alpha = x/r, \cos\beta = y/r, \cos\gamma = z/r \quad (1-3)$$

这样, 位矢又可表示为

$$\vec{r} = |\vec{r}|(\cos\alpha\hat{i} + \cos\beta\hat{j} + \cos\gamma\hat{k}) \quad (1-4)$$

当质点运动时, 它的坐标随时间而变化, 一般可表示为时间的函数

$$\begin{aligned} x &= x(t) \\ y &= y(t) \\ z &= z(t) \end{aligned} \quad (1-5)$$

若用位矢表示, 则质点在任一时刻 t 的位置可由

$$\vec{r} = \vec{r}(t) \quad (1-6)$$

唯一确定。因为 (1-6) 反映了质点的运动规律, 所以称为质

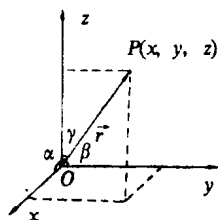


图 1-2 质点的位置