

高等院校“十三五”规划教材·基础课程系列

大学物理

上册
(附赠练习册及参考答案)

U N I V E R S I T Y P H Y S I C S

主 编◎李文斌
副主编◎吴松安 姜春蕾



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

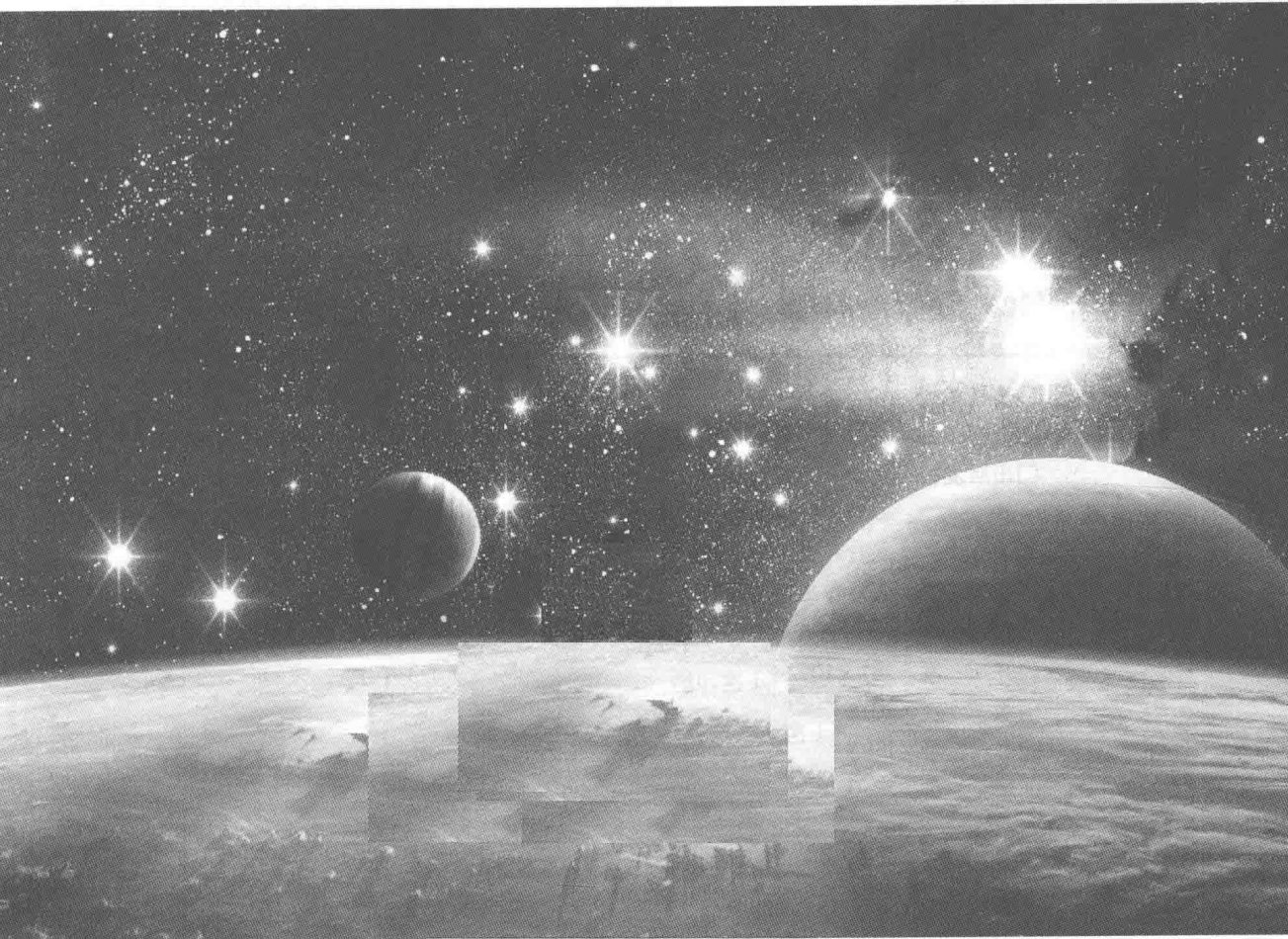
高等院校“十三五”规划教材·基础课程系列

大学物理

上册
(附赠练习册及参考答案)

UNIVERSITY PHYSICS

主 编◎李文斌
副主编◎吴松安 姜春蕾



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

图书在版编目(CIP)数据

大学物理.上册 / 李文斌主编. --长沙:中南大学出版社, 2018.1

ISBN 978 - 7 - 5487 - 3134 - 4

I. ①大… II. ①李… III. ①物理学—高等学校—教材 IV. ①04

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第017641号

大学物理 上册

DAXUE WULI SHANGCE

主编 李文斌

-
- 责任编辑 韩 雪
责任印制 易红卫
出版发行 中南大学出版社
社址:长沙市麓山南路 邮编:410083
发行科电话:0731-88876770 传真:0731-88710482
印 装 长沙印通印刷有限公司
-

- 开 本 787×1092 1/16 印张 16.25 字数 435千字
版 次 2018年1月第1版 2018年1月第1次印刷
书 号 ISBN 978-7-5487-3134-4
定 价 32.00元
-

图书出现印装问题,请与经销商调换

前 言

物理学研究的是物质的基本结构及物质运动的普遍规律，它是一门严谨的基础科学。

这套《大学物理》教材是适应当前教学改革的需要，根据教育部高等学校非物理类专业物理基础课程教学指导分委员会审订的“非物理类理工科大学物理课程教学基本要求”，结合编者多年的教学实践和教学改革经验编写的。根据课程的性质，教材中着重阐述了基本概念、基本知识及运用它们分析一般问题的思路和方法。教材难度适中、适用范围广，适合各类高等学校的工科物理课程教学使用。

本教材注意了以下两点：

1. 贯彻基本要求，力求简炼、综合。本教材对基本要求中规定要掌握、理解和了解的内容分别作了不同的处理；抓住主要内容，去粗取精，突出物理学中的重要定律与定理，从物理学发展过程和教学实际情况两个方面组织教学内容，精选例题、习题，用基本的、通俗的方法讲述物理内容；努力满足广大师生的教学需要，激发学生的学习兴趣，培养学生的创新能力。

2. 尽量避免和中学物理内容的简单重复。中学物理学习中应该掌握的内容本教材中一般不再重复论述，与此同时，教材中注意充分利用中学物理基础知识，并按需要给予总结、提高。

本教材分上下两册，共六篇十八章。上册包括力学、振动和波、热学三篇，下册由电磁学、波动光学、近代物理基础三篇组成。全书内容可以用120学时讲完，如果学时较少，教师可将有关内容做适当调整。

参加全书编写工作的有李文斌、吴松安、傅晓玲、荣识广、姜春蕾、王桃芬、傅响云、何雄辉、李光辉、谭丛兵、黄锋、贾春霞，全书由李文斌主编及统稿。

由于编者时间仓促，水平有限，书中难免存在不足之处，恳请广大读者不吝批评指正。

李文斌
2018年1月

目 录

绪 论	(1)
0.1 物理学的形成与发展	(1)
0.2 物理学的层次	(3)
0.3 学习物理学的意义	(4)
0.4 学好物理学的方法	(5)

第一篇 力学

第 1 章 质点运动学	(9)
1.1 质点 参考系 坐标系	(9)
1.2 质点运动的描述	(10)
1.3 圆周运动	(18)
1.4 相对运动	(21)
思考题 1	(24)
习题 1	(25)
第 2 章 牛顿运动定律	(28)
2.1 牛顿运动定律	(28)
2.2 力学中几种常见的力	(29)
2.3 牛顿运动定律的应用	(31)
2.4 惯性系 力学相对性原理	(35)
思考题 2	(37)
习题 2	(38)
第 3 章 功与能	(41)
3.1 功 功率	(41)
3.2 动能 动能定理	(43)
3.3 保守力 势能	(46)
3.4 功能原理 机械能守恒定律	(49)
思考题 3	(53)
习题 3	(54)

第4章 动量	(57)
4.1 动量 冲量 动量定理	(57)
4.2 质点系的动量定理 动量守恒定律	(60)
4.3 质心运动定理	(63)
思考题4	(66)
习题4	(67)
第5章 刚体的转动	(70)
5.1 刚体的定轴转动	(70)
5.2 刚体定轴转动的动力学基本方程	(73)
5.3 力矩的功 转动的动能定理	(78)
5.4 角动量 角动量守恒定律	(82)
5.5 经典力学的适用范围	(85)
思考题5	(87)
习题5	(88)

第二篇 振动和波

第6章 机械振动	(93)
6.1 简谐振动	(93)
6.2 谐振动的合成	(103)
6.3 阻尼振动 受迫振动 共振	(108)
思考题6	(111)
习题6	(112)
第7章 机械波	(115)
7.1 波的基本概念	(115)
7.2 平面简谐波的方程	(117)
7.3 波的能量和能流密度	(121)
7.4 惠更斯原理 波的衍射	(124)
7.5 波的叠加原理 波的干涉	(125)
7.6 驻波	(127)
7.7 多普勒效应	(131)
思考题7	(133)
习题7	(134)

第三篇 热学

第 8 章 气体动理论	(141)
8.1 分子运动的基本概念	(141)
8.2 平衡态 理想气体的状态方程	(142)
8.3 理想气体的压强和温度的统计意义	(143)
8.4 能量按自由度均分定理 理想气体的内能	(146)
8.5 麦克斯韦速率分布律	(148)
8.6 气体分子的碰撞频率及平均自由程	(151)
8.7 气体内的迁移现象	(153)
8.8 实际气体的范德瓦耳斯方程	(155)
思考题 8	(158)
习题 8	(159)
第 9 章 热力学基础	(161)
9.1 热力学第一定律	(161)
9.2 两种摩尔热容	(164)
9.3 热力学第一定律对理想气体等值过程的应用	(165)
9.4 理想气体的绝热过程	(168)
9.5 循环 卡诺循环	(171)
9.6 热力学第二定律	(175)
9.7 可逆过程与不可逆过程	(176)
9.8 卡诺定理	(177)
9.9 熵和熵增加原理	(178)
9.10 热力学第二定律的统计意义	(181)
思考题 9	(183)
习题 9	(184)
习题参考答案	(186)
附录	(192)
附录 I 微积分初步	(192)
附录 II 矢量基础	(193)
附录 III 基本物理常数表	(199)
附录 IV 物理量的名称、符号和单位(SI)表	(200)
附录 V 有关空气、水、地球、太阳系的一些常用数据	(202)
参考文献	(203)

绪论

0.1 物理学的形成与发展

一、物理学的萌芽期(16世纪以前)

物理学的前身为自然哲学。早期的物理学含义非常广泛,它在直觉经验基础上探寻一切自然现象的哲理。

物理学真正作为一门独立的自然科学,还不到400年的历史。但是,在物理学创建之前,人类已积累了不少的物理知识,这为物理学的建立和发展打下了广泛的基础。

认识到电和磁,即观察到“琥珀拾芥”“磁石召铁”等物理现象,在亚洲及欧洲都是古老的事,早在约公元前6世纪古希腊已有所记述。我国战国时代的《管子》(约公元前4世纪)中也有关于天然磁体的记录;摩擦起电的发现则稍晚,大约到西汉末年(公元20年前后)才有文字记载。

由乐器的演奏、制作而总结出的音律,同样也是最古老的物理知识。公元前6世纪,我国就有了三分损益法,西方的毕达哥拉斯则确立了乐音与弦长或管长的关系。

在公元前4世纪,希腊百科全书式的学者亚里士多德(公元前384—公元前322)就系统研究了运动、空间和时间等物理及相邻自然科学方面的问题,其所著的《物理学》一书就是physic一词最早的起源(虽然今天其含义已不同了)。

在这一时期,人类对简单机械、几何光学也逐步积累了丰富的知识。其中特别值得一提的有:我国春秋战国时期的《墨经》(公元前4世纪),里面记载了许多关于自然科学问题的研究,比如针孔成像等;阿基米德的浮力原理及静力学的一些基本规律。此外,哥白尼的日心说取代了托勒密的地心说。

但在16世纪以前,尽管经历了漫长的岁月,人类对大自然的了解,还是很肤浅、很不全面的,所获得的物理知识,定性多于定量,感性多于理性,零散而不系统。封建制度和欧洲大陆宗教神学的统治也阻碍了物理学向一门独立的学科的发展。

二、物理学的初创时期(17世纪初—17世纪末)

17世纪初到17世纪末是物理学的初创时期。这个时期始于伽利略而终止于牛顿力学建立之前。在这实际上不到100年的时间里,物理学逐渐成为一门精密的学科。

15世纪以后,科学空前发展,逐步建立了比较完整的系统理论。大批的学者摆脱了亚里士多德经院式哲学的束缚及宗教的专制统治,不再满足于对自然现象的消极观察和对物理知识的简单归纳,而是走向更积极的实验研究及更细致的定量分析。于是,在物理学中开展了数学应用及实验工作,对物理知识的认识也开始从感性认识向理性认识过渡。

这些科学风气的形成,主要是由于伽利略的倡导。在伽利略的周围,很快形成了以实验工作为主的伽利略学派,其中最著名的有托里拆利。托里拆利研究过抛体运动及液体自容器小孔流出的速度;将伽利略的空气测温器改进为酒精温度计;发现了大气压力(1643年)并制成水银气压计(1644年),这有力地打击了“自然惧怕真空”的传统偏见。亚里士多德是不认真真空的客观存在的,相应地,他也不认为空气具有重量、大气具有压力。

在这一时期内,除了伽利略、开普勒和笛卡尔的主导工作,物理学方面还取得了一系列重大成就:万有引力与距离平方成反比(牛顿,1666年;胡克,1680年);动量守恒(惠更斯,1669年);离心力及向心加速度(惠更斯,1673年);光的微粒说(牛顿,1666年);光的波动说(惠更斯,1678年);气体体积与压强的反比(玻意耳,1661年;马略特,1676年)等。

此外,物理学研究所需的一些较精密的基本测量(时间测量、温度测量、压力测量等)仪器已初步具备。

以上这些成就,为力学、光学、热学的建立及发展开辟了道路。

三、物理学的成熟期(17世纪末—19世纪末)

17世纪末到19世纪末是物理学的成熟时期。在此期间,物理学逐渐逻辑化、系统化、统一化,成为一门既是精密的实验科学又是严谨的理论科学的完整的自然科学。

1687年,牛顿发表了他的标志性名著《自然哲学的数学原理》,提出牛顿三大定律,奠定了经典力学的理论基石。半个世纪以后,以牛顿力学体系为起点,相继发展出流体力学(1738年)、刚体力学(1752—1760年)、天体力学(1799—1825年)、弹性力学(1821—1828年),后来又建立了完整的声学理论(1877年)。另一方面,为了便于力学在广泛应用中求解,不断更新了基本定律的表达形式,由此产生了分析力学(1743—1788年),为力学通往其他的物理领域提供了桥梁。总之,在这200年里,牛顿力学经过完善、壮大,不久就达到了登峰造极的地步。

在牛顿力学的带动下,物理学的其他分支的理论探讨也活跃了起来。在此期间,热动说取代了热质说,光波说战胜了光粒说;蒸汽机的发明(1765年)促进了热力学的产生,而以分子的机械运动说明热现象的努力导致麦克斯韦、玻耳兹曼提出经典统计理论(1859—1872年);电磁现象的研究由分散逐步趋于统一;电流磁效应(1820年)和电磁感应现象(1831年)的发现,不仅使人们对磁、电之间的关系有了崭新的认识,而且迅速转化为生产力,由此诞生了电力工业,使生产面貌为之一变;1860—1865年,麦克斯韦创立了统一的电磁场理论,预言了电磁波的存在,还将光波从弹性波纳入电磁波,电磁波的应用使通信事业大为改观。

到19世纪末,有关宏观世界的物理理论已经完整地建立了起来,从早先以力为中心的物理学,最后发展成以力、能、场为核心的物理学。显然,牛顿和麦克斯韦对物理学的贡献是巨大的,人们常称20世纪以前的物理学为牛顿-麦克斯韦物理学,又称为经典物理学。工作在这一历史时期的一些著名的数学家,如欧拉、拉格朗日、拉普拉斯、傅里叶、高斯、哈密顿等人,对经典物理学的发展也作出了不可磨灭的贡献。

四、物理学的变革时期(20世纪初—现在)

20世纪初的前30年里,物理学经受了激烈的动荡,经典观念受到严重的冲击,物理概念

发生了深刻的变化,物理理论多次兴起根本性的变革。

1905年,著名物理学家爱因斯坦(1879—1955年)对高速物体进行研究后创立了狭义相对论,1915年又创立了广义相对论,使人们的视野从小宇宙扩展到大宇宙。

爱因斯坦的相对论对传统的时空观发动的两次革命,使时空、物质、运动在物理上紧密地联系起来,将运动规律从低速扩展到高速,从弱引力扩展到强引力。特别是20世纪60年代以来,相对论天体物理学及宇宙学不仅成为物理学和天文学的一个研究热点,还是相对论、量子理论、粒子物理学等分支学科的结合点。

量子理论起源于能量子(普朗克,1900年)和光量子(爱因斯坦,1905年)。1913年,玻尔将量子化条件成功地引入氢原子的核模型;1923年,德布罗意提出物质普遍具有波粒二象性。由此产生了量子统计、量子力学及量子场论。1967—1968年,又建立了电磁相互作用与弱相互作用的统一场论。

于是,物理学从以力、能、场为中心的经典格局演变为以场为中心的现代物理学。同时,物理学也进入到既研究物质运动也研究物质结构的新阶段。

从玻尔的原子学说至盖耳-曼的夸克模型,只花费了50年的时间,其间,迅速建立了原子物理学、核物理学及粒子物理学。另一方面,固体物理及等离子体理论也得到了飞速发展。

相对论和量子论的建立完成了近代物理学的一场深远革命,把人类认识世界的能力提升到了前所未有的高度,为实践应用开辟了广阔的道路,为20世纪层出不穷、不断涌现的高科技、新学科、新技术的发展打下了基础,给科学技术、社会生活带来全新的面貌。相对论和量子论为人类提供了新能源、新材料及新技术。核能的巨大威力不仅用于军事武器也大规模地用于和平工业,核能利用是能源工业的一大革命,未来的世界将是核能时代。半导体的研究导致晶体管的发明及集成电路的出现,第一只单片集成电路制成于1958年;电路集成度的惊人发展,使电子工业日新月异,为计算机在各个领域的广泛应用奠定了物质基础,导致信息时代的到来。自1960年第一台激光器在美国问世以来,在不到30年的时间里,激光就得到了多方面的应用,使测量、加工、通信、医疗、信息记录等技术都有了较大的发展。此外,超导的发现,也展现出广泛的应用前景。

现在,物理学不仅仍然是自然科学研究中最重要的前沿学科之一,而且已发展成为一门应用性极强的学科,渗透到社会生活的方方面面。

0.2 物理学的层次

物理学是研究物质的结构和相互作用及其运动规律的学科。与其他学科相比,物理学更着重于对物质世界最普遍、最基本运动规律的探究。

物质的层次依其尺度从 10^{-15} m到 10^{26} m,大小相差 10^{41} 倍,却几乎都与物理学密切相关(表0-1)。

表 0-1 物质的层次

基本粒子	10^{-15} m 以下	粒子物理学
原子核	10^{-14} m	核物理学
原子	10^{-10} m	核物理学
分子	10^{-9} m	化学
巨型分子	10^{-7} m	生物化学
固体		固体物理学
液体		液体动力学
气体		气体动力学
植物与动物	$10^{-7} \sim 10^2$ m	生物学
地球	10^7 m	地质学、地球物理学
恒星	$10^7 \sim 10^{12}$ m	天体物理学
星系	10^{20} m	天文学
银河星团	10^{23} m	
宇宙已知部分	10^{26} m	宇宙学

随着科学技术的发展,物理学对客观世界的描述已由可与人体大小相比的范围(称为宏观世界)向原子内部(称为微观世界)和天体、宇宙(称为宇观世界)两个方向发展。近年来随着高科技的发展,要求器件微型化、超微型化,出现了呈现微观特性的准宏观世界(称为介观世界)。

宇观世界的尺度大于 10^7 m,按物体线度从大到小排列有:总星系、星系团、银河系、太阳系、地球、月球等。宏观世界的尺度为 $10^{-4} \sim 10^3$ m,人们对它的研究比较透彻,其运动服从经典物理规律。微观世界的尺度小于 10^{-9} m,它是构成宏观物质的基本单元,从外向内有:分子、原子、原子核、强子、夸克或轻子。介观世界的尺度为 $10^{-9} \sim 10^{-3}$ m,在这个介于宏观和微观的世界里,量子力学和经典力学同时起作用。

0.3 学习物理学的意义

物理学是理论与实践高度结合的科学,它有一套全面、有效的科学方法。学习物理学,一方面可以掌握一些物理运动的基本规律和科学研究方法,提高科学素养,形成科学的世界观;另一方面,物理学是其他自然科学和技术的基础,现在世界上公认的高新技术无一不与物理学密切相关,掌握物理学系统的研究方法,对进行其他自然科学和技术研究也是大有裨益的。

0.3.1 物理学在高技术中的应用

“高技术”一词起源于美国,是指那些基本理论建立在最新科学成就基础上,并能创造较高经济效益,具有增值作用,能向经济、社会各个领域广泛渗透的新技术。高技术一般分为两类:一类是高难度技术,如航天技术、导弹技术、核技术;另一类是高效益技术,如微电子技术、生物工程、新能源、新材料等。当今,物理学在高技术领域中的应用已非常广泛。如核电站的建设、航天飞机的升空、人造卫星和各种探测器的发射及其在太空的运行、各种加速器的建成(北京正负电子对撞机)、超导材料的研制等。总之,高新技术与物理学的关系是非常密切的,没有物理学的巨大成就,就不会有当今的高新技术。

0.3.2 物理学与新学科的关系

随着科学的发展,物理学和其他学科的相互渗透产生了一系列交叉学科,例如化学物理、生物物理、大气物理、海洋物理、地理物理、天体物理等均采用物理学基础性研究过程中形成和发展起来的基本概念、基本理论、基本实验手段和精密的测试方法,物理学已成为其他自然科学的重要概念的基础和重要的实验手段。由此加速了自然科学内部的相互融合,展现了综合化的趋势,出现众多的交叉学科。移植物理学的理论与方法去研究另一门学科,就会诞生一门交叉学科。如用量子力学的方法探讨化学问题,就形成了量子化学;量子力学与生物学交叉,产生了应用量子力学原理从电子水平上研究生命现象的量子生物学。

总之,物理学在现代科学中高度分化又高度综合,在日趋一体化的发展中扮演着极其重要的角色,所以有人把20世纪看作是物理学的世纪,把物理学看作是20世纪科学发展的先驱。

0.4 学好物理学的方法

1. 要有科学的方法和态度,努力掌握实验技能

物理学的许多理论是以实验为基础的。近代和现代物理学上的一些重大突破,也是通过科学实验这个环节获得的。例如,法拉第用实验发现电磁感应定律;居里夫妇用实验发现了放射性元素——镭;卢瑟福用实验发现了原子的“太阳系”结构等。不难看出,随着科学的发展,科学实验已成为科学技术进步的直接推动力量。

物理学是一门理论和实验高度结合的精密学科,是在广泛的观察和实验事实的基础上,通过严谨的抽象分析、假设推理之后,再通过大量的实践检验而建立起来的。因此,学习物理学首先要有科学的态度和科学的方法,必须透彻理解物理学理论与实践的关系,努力掌握实验技能。

其次要正确认识物理学的作用。物理学是其他自然科学的基础,物理学的研究方法对其他学科也起着指导作用,但是物理学并不等同于其他自然科学,也不完全包含其他自然科学。

2. 要掌握一定的数学语言

物理学是定量的科学,数学是物理学不可缺少的工具。在相当长的一段历史时期内,数学和物理学几乎是不可分割地联系在一起。始于古希腊的欧几里得几何学,既是数学的一

个分支,又是物质世界距离与形状的描述,是物理学的一部分。牛顿的《自然哲学的数学原理》总结了前人的研究成果,其中不仅用到了欧几里得几何学,而且也运用牛顿自己发明的微积分对力学规律进行了表述和推算,使力学成为具有简明数学形式的统一理论体系。

物理问题的定量分析往往凭借数学手段;实验结果上升为理论时,也主要依赖于数学概括。因此,在物理学研究中,数学是量化物理变量、定义物理概念、表述物理过程的主要工具。同时,用数学方法研究物理问题本身需要经历一个抽象思维的过程,有时甚至需要建立数学模型,这就培养了物理学工作者的抽象能力。在物理学中还需大量地运用数学方法进行逻辑推理,以保证所得结论正确。

物理理论与数学方法的紧密结合,使人类对物理学的研究如虎添翼,所以我们在学习物理学原理的同时,还应该学会运用数学方法。在学习大学物理时,应该养成自觉运用数学的良好习惯。

3. 建立清晰、严谨的逻辑关系

在学习物理学的过程中,要注意课程各部分内容之间的内在联系和严谨的逻辑关系,建立清晰的物理图像,深刻理解物理基本概念和基本定律。

学习物理学,不是仅仅为了掌握一些基本知识、熟记几个定律和公式,而是要学习其中的物理思想、思维方式和研究方法,培养自己的创新精神。比如,我们知道,时间和空间是物质运动的两种基本形式,时间是物质运动的顺序性和持续性,而空间则是物质运动的广延性或延展性。一切运动着的物质都有其时间和空间的存在形式,也只有在一一定的时空中才能存在、运动和发展。在牛顿的经典物理学中,采用欧几里得几何空间,该空间是平直的、均匀的、各向同性的。假如我们从欧氏几何小尺度范围看,地球上的大地是平直的,因而牛顿的时空观是“绝对的”“不变的”,物体在“绝对时间”“绝对空间”中进行“绝对运动”。但爱因斯坦推翻了牛顿的绝对时空观,指出时空是客观存在的,但又是相对的,不是绝对的。在黎曼空间中,地球上的地面实际上并不平直,而是一个弯曲的球面。爱因斯坦相对论把时间、空间和物理运动联系、统一起来,把物质运动置于四维时空中。理解了其中的物理思想、思维方式和研究方法,对于我们掌握物理学知识、提高思维能力、培养自己的创新精神有重要意义。

除了要注意上面几点以外,勤于思考、勇于实践也是必不可少的。

第一篇 力学

一切物质都处在永恒的运动、变化之中，其运动形式多种多样。所有这些物质的运动在形式上是相互联系的，而在本质上又是相互区别的。物理学是研究物质运动中最普遍、最基本运动形式的一门学科，它包括机械运动、分子热运动、电磁运动、原子及原子核运动、基本粒子运动等。

在物质的各式各样的运动中，有一类是人们经常遇到的最简单、最基本的运动形式，这就是机械运动。机械运动是指物体间或物体各部分之间的相对位置的变化。几乎在所有的物质运动形式中都包含机械运动，机械运动是研究其他运动形式的起点和基础。因此在物理学中，首先研究机械运动。

力学是研究物质机械运动的规律及其应用的学科。通常把力学分为运动学、动力学。运动学只研究物体运动过程中位置和时间的关系；动力学研究的是物体的运动与物体间相互作用的联系。这两部分内容的主要区别在于后者涉及了运动状态变化的原因。

本篇主要介绍质点运动学和动力学、刚体的平动和绕定轴转动的运动学和动力学。

第1章 质点运动学

自然界的一切物质都处于永恒的运动之中，运动是物质的基本属性，它存在于人们的意识之外，这种运动的普遍性和永恒性称为运动的绝对性。而物质的运动形式又是多种多样的，其中机械运动是最简单、最基本的运动。例如，人们在公园里漫步，汽车在公路上奔驰，鸟儿在天空中飞翔，月球围绕地球旋转，这些都是机械运动。力学就是研究物体作机械运动的普遍规律及其应用的学科，而牛顿运动三定律则是经典力学的基础。为了研究物质的运动定律，就需要对物质的运动进行描述。对一个物体运动情况的描述往往是与观察者本身相联系的，不同的观察者对同一个物体运动情况的描述一般都是不同的，这就是运动描述的相对性。运动学就是研究如何描述物体运动及其规律的科学。

本章着重阐明以下几个问题：第一，如何描述物体的运动状态。在运动学中，物体的运动状态是用位置矢量和速度矢量来描述的，而物体运动速度的变化则是用加速度矢量描述的。通过速度、加速度等概念的建立，加深对物质运动的相对性、瞬时性和矢量性等基本性质的认识。第二，运动学的核心是运动方程。通过对运动方程的介绍，既要掌握如何从运动方程出发，确定质点在任意时刻的运动状态及加速度的普遍方法，又要学会在已知加速度（或速度）及初始条件的情况下，如何运用数学工具找出质点在任意时刻的位置和速度。第三，由于运动描述的相对性，不同坐标系中同一个物体的运动方程的形式是不同的。通过对相对运动的介绍，掌握在不同参考系中同一物体的运动描述的相互关系，加深对运动描述的相对性的认识。

1.1 质点 参考系 坐标系

机械运动是人们最熟悉的一种运动形式。一个物体相对于另一个物体的位置，或者一个物体的某些部分相对于其他部分的位置随时间而变化的过程，称为**机械运动**。为了研究物体的机械运动，不仅需要确定描述物体运动的方法，还需要对复杂的物体运动进行科学合理的抽象，提出简化的物理模型，突出主要矛盾。

1.1.1 质点

任何一个物体都有一定的大小和形状，还有一定的质量及内部结构。一般说来，物体运动时，其各个部分的位置变化情况是各不相同的，而且物体的大小和形状也可能随着运动的变化而发生变化，并反过来对物体的运动产生一定的影响。但在某些问题中，如果这些影响不是很明显，就可以忽略这些影响，把物体看作一个具有质量而没有大小和形状的理想物体来处理，使所研究的问题大大简化，这样的理想物体称为**质点**。所以说，质点是一个理想模型。把物体当作质点是有条件的、相对的，而不是无条件的、绝对的，对具体情况要作具体分析。例如，研究地球绕太阳公转时，由于地球至太阳的平均距离为地球平均半径的数万倍，

地球上各点相对于太阳的运动就可以看作是相同的,这时就可以忽略地球的大小和形状,把地球当作一个质点。但是在研究地球的自转时,就不能忽略地球本身的大小和形状对运动的影响,所以就不能把地球当作一个质点。因此,一个物体是否可以看成一个质点,应根据问题的性质而定。

应当指出,把物体当作质点这种抽象的研究方法,在实践和理论上都具有很重要的意义。当所研究的运动物体不能当作质点时,可把整个物体看成是由许多质点组成的,弄清这些质点的运动,就可以弄清整个物体的运动。所以,研究质点的运动是研究物体运动的基础。在本书有关力学的各章节中,除第3章外,都是把物体当作质点来处理的。

1.1.2 参考系和坐标系

自然界中所有的物体都在不停地运动,绝对静止不动的物体是没有的。也就是说,自然界中一切物体都处于永恒的运动中,运动是物质的存在形式,是物质不可分割的固有属性,这就是运动本身的绝对性。在观察一个物体的位置及位置的变化时,总是选取其他物体作为参考标准,然后研究这个物体相对于作为参考标准的物体的运动,这些被选取作为参考标准的物体叫做参考系,称为参照系。

参考系的选择可以是任意的。选择的参考系不同,对同一物体运动情况的描述也不同,这就是运动描述的相对性。因此,在描述物体运动情况时,必须指明其运动是对什么参考系而言的。在讨论地面附近物体的运动时,通常选地面作为参考系。

在参考系选定以后,为定量地描述质点的位置和位置随时间的变化,就必须在参考系上建立一个适当的坐标系。一般在参考系中选定一点作为坐标系的原点,取通过原点且标有刻度的直线或曲线作为坐标轴。常用的坐标系有直角坐标系、极坐标系、球坐标系和自然坐标系等。

1.2 质点运动的描述

1.2.1 位置矢量

位置矢量是描述某一时刻质点所在空间方位的物理量,简称位矢,又称矢径。如图1-1所示,在 t 时刻,质点 P 在坐标系中的位置可用位置矢量来表示。它是一个有向线段,其始端位于坐标系的原点 O ,末端则与质点 P 在时刻 t 的位置重合。从图1-1中可以看出,位矢 r 在 Ox 轴、 Oy 轴和 Oz 轴上的投影(即质点的坐标)分别为 x 、 y 和 z 。所以,质点 P 在直角坐标系 $Oxyz$ 中的位置,既可用位矢 r 来表示,也可用坐标 (x, y, z) 来表示。如取 i 、 j 和 k 分别为沿 Ox 轴、 Oy 轴和 Oz 轴的单位矢量,那么位矢 r 可写成

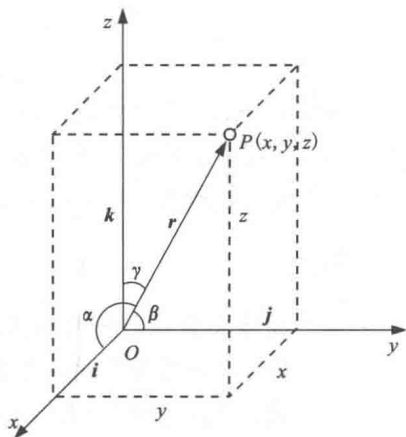


图1-1 位置矢量

$$r = xi + yj + zk \quad (1-1)$$