

大学物理

何维杰 赵薇 周一平 蔡建乐 编著

上册

College



湖南大学出版社

大学物理

·上册·

何维杰 赵 薇 周一平 蔡建乐 编著

湖南大学出版社

2001年·长沙

内 容 简 介

本教材是《湖南省普通高等学校面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划》重点资助项目——工科大学物理课程内容结构体系的现代化研究成果之一,是以最新的《高等工业学校大学物理教学基本要求》为依据,根据 20 世纪以来物理学的发展和面向 21 世纪科学技术的要求,在总结作者长期教学经验的基础上编写的。在编写过程中,我们在提高工科大学物理教材的科学性和教学性,体现教材的现代化、工程化和加强素质教育方面进行了进一步的探索,章末附有反映物理学前沿、科技新领域、科学趣闻、科学家科学思想等有关选读材料,以开阔视野。

全书分上、下两册。这是上册,内容包括力学、热物理学、振动和波动。本书对习题也进行了较大调整,编排了相当多的思考题、选择题、填空题及联系实际的综合应用题。

本书可作为理工科大学物理教材或参考书,也可供高等院校师生及中学物理教师参考。

大学物理(上册)

Daxue Wuli(Shang Ce)

何维杰 赵 薇 周一平 蔡建乐 编著

□责任编辑 陈 谨

□出版发行 湖南大学出版社

社 址 长沙市岳麓山 邮 码 410082

电 话 0731-8821691 0731-8821315

□经 销 湖南省新华书店

□排 版 国防科技大学出版社

□印 装 国防科技大学印刷厂

□开本 787×1092 16 开 □印张 19.75 □字数 506 千

□版次 2001 年 2 月第 1 版 □2001 年 2 月第 1 次印刷

□印数 1—5 000 册

□书号 ISBN 7-81053-288-X/O·21

□定价 38.00 元(上下册总定价)

(湖南大学版图书凡有印装差错,请向我社调换)

前 言

本书是湖南大学、中南大学、长沙电力学院共同承担的湖南省教委于 1997 年启动的《湖南省普通高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划》立项重点资助项目——工科大学物理课程内容结构体系的现代化研究的结晶。

为适应物理学与高科技的发展和面对 21 世纪的挑战,作者从面向 21 世纪高级工程技术人才应具有的物理知识、能力和素质要求的目标出发,以最新的《高等工业学校大学物理课程教学基本要求》及《重点高等学校物理课程教学改革指南》精神为依据,在原有工作的基础上,对大学物理教学展开了深入、仔细的理论研究与实践,并注意吸取了当前国内外优秀教学改革成果,建立了新的综合集成型物理课程内容结构体系。其特色是:

(1) 按物质存在的基本物理图像构建新体系。依据统一性原理,用辩证统一性思想归纳、概括各种运动形式,从而给读者提供一个简单、清晰、生动的物理世界图像。

(2) 用近代物理新观念改革经典内容。本书按如下方案实现大学物理教学内容体系现代化并付诸实践:

① 通过理论构架概念、规律等实现大学物理基本理论的现代化;

② 通过介绍物理学在现代工程技术中的应用及应用前景使物理学理论应用现代化;

③ 通过立足终身效应、创新意识和研究能力等综合素质培养,实现教育观念现代化;

④ 通过应用现代认识心理学和教学论的研究成果,形成横向以应用扩展及学科交叉为纬,纵向以理论延伸和思维发展为经的大学物理教学内容新体系。

(3) 贯彻辩证唯物主义世界观和方法论教育,将物理学史与方法论教育同物理知识融为一体。本书不仅依据物理学方法论的原理,结合教学内容,介绍了科学研究中通常采用的典型方法,还开辟了“科学家科学思想方法介绍”专题,介绍历史上杰出的物理学家的科学思想方法。

(4) 密切物理学与工程技术及其应用的联系。除讲述与各部分原理有关的联系实际的应用外,在选择习题时,还精选了联系工程实际的题目,开辟了“物理与现代技术”专题,向读者介绍物理学在现代工程技术上的应用。

(5) 突出了能力和素质的培养。书中各部分除按基本要求编写了必读部分外,还编写了一些打 * 号的内容。每章都附有内容小结、思考题及不同类型的习

题(包括选择、填空、计算、证明、作图等)。此外,还编写了一些拓宽知识面、扩大信息量的物理学前沿、科技新领域及科学趣闻等有关选读材料。

本书分上、下两册。上册包括力学、热物理学、振动和波动,下册包括电磁学、近代物理。

本书编写者的具体分工为:绪论、第1,4,5,20章由何维杰编写;第2,3章由蔡建乐编写;第6,7,13章由周一平编写;第8,9,10,11,12章由赵薇编写;第14,15,16章由罗益民编写;第17,18,19章由陈曙光编写。全书由何维杰、陈曙光统稿并修改定稿,沈抗存、刘永安两位教授审阅了部分内容。

编 者

2000年11月

目 次

绪 论	(1)
-----	-----

第 1 篇 力学

1 质点运动学	(8)
1.1 质点、参考系与坐标系、时空的量度	(8)
1.2 描述质点机械运动的状态参量	(10)
1.3 质点运动的角量描述,角量与线量的关系	(17)
1.4 运动的叠加原理,运动学的两类问题	(19)
1.5 运动描述的相对性	(21)
本章小结	(23)
思考题	(24)
习 题	(24)
科学家科学思想方法介绍:伽利略科学思想方法	(26)
2 经典力学的基本原理	(28)
2.1 牛顿运动定律	(28)
2.2 力学中几种常见的力	(30)
2.3 单位制和量纲	(32)
2.4 牛顿运动定律的应用	(33)
本章小结	(38)
思考题	(38)
习 题	(39)
科学家科学思想方法介绍:牛顿科学思想方法	(43)
今日科学趣闻:混沌简介	(44)
3 运动的守恒定律	(47)
3.1 动量定理和动量守恒定律	(47)
* 3.2 质心和质心运动定理	(53)
3.3 功和动能定理	(55)
3.4 保守力、势能、势能曲线	(57)
3.5 功能原理、机械能守恒定律、能量守恒定律	(60)
3.6 质点系的角动量定理及角动量守恒定律	(62)
* 3.7 守恒定律与对称性	(66)

本章小结	(68)
思考题	(70)
习 题	(71)
今日物理趣闻:宇宙	(74)
4 角动量守恒和刚体的定轴转动	(76)
4.1 刚体运动的描述	(76)
4.2 刚体定轴转动定律及其应用	(78)
4.3 力矩对时间的积累效应——冲量矩、角动量定理、角动量守恒定律	(85)
4.4 定轴转动刚体的功和能	(90)
4.5 进动和回转仪	(92)
本章小结	(94)
思考题	(95)
习 题	(96)
5 相对论	(100)
5.1 狭义相对论的基本假设	(100)
5.2 狭义相对论的运动学基础	(102)
5.3 狭义相对论的动力学基础	(110)
5.4 广义相对论简介	(113)
本章小结	(118)
思考题	(119)
习 题	(120)
科学趣闻:双生子佯谬	(121)
科学家科学思想方法介绍:爱因斯坦科学思想方法	(122)

第 2 篇 热物理学

6 气体分子运动论	(126)
6.1 理想气体分子模型	(126)
6.2 理想气体分子的压强和温度的微观解释	(128)
6.3 能量均分定理和理想气体的内能	(130)
6.4 麦克斯韦速率分布律及其实验验证	(132)
6.5 玻尔兹曼分布律	(136)
6.6 气体分子的平均自由程与平均碰撞频率	(138)
* 6.7 输运过程	(140)
本章小结	(142)
思考题	(144)
习 题	(145)
物理与现代技术:真空的获得	(147)

7 热力学基础	(149)
7.1 热力学第一定律	(149)
7.2 热力学第一定律对理想气体等值过程的应用	(152)
7.3 热容量、理想气体的绝热过程	(153)
7.4 循环过程和卡诺循环	(158)
7.5 热力学第二定律	(162)
7.6 自然过程的方向、不可逆性的互相沟通、热力学第二定律的微观本质	(164)
7.7 熵和熵增加原理	(165)
*7.8 熵与信息	(171)
本章小结	(171)
思考题	(173)
习 题	(174)
今日物理趣闻:耗散结构简介	(177)

第3篇 振动和波动

8 振动	(184)
8.1 简谐振动	(184)
8.2 阻尼振动、受迫振动、共振	(196)
8.3 振动的合成与分解	(200)
本章小结	(207)
思考题	(209)
习 题	(210)
9 波的产生和传播	(213)
9.1 机械波的产生、传播和描述	(213)
9.2 波的能量、能流和能流密度	(221)
9.3 多普勒效应及产生原因	(223)
本章小结	(225)
思考题	(226)
习 题	(228)
今日科学趣闻:非线性波、孤子	(230)
10 波的干涉	(232)
10.1 波的叠加、波的干涉与驻波	(232)
10.2 相干波源和杨氏双缝干涉	(241)
10.3 薄膜干涉	(246)
10.4 迈克耳逊干涉仪	(255)

本章小结	(257)
思考题	(259)
习 题	(259)
 11 波的衍射	(262)
11.1 惠更斯—菲涅耳原理	(262)
11.2 单缝的夫琅和费衍射	(264)
11.3 光栅衍射	(268)
11.4 圆孔的夫琅和费衍射、光学仪器的分辨率	(275)
11.5 X射线的衍射	(278)
本章小结	(280)
思考题	(281)
习 题	(281)
 12 波的偏振	(283)
12.1 横波的偏振、光的偏振态	(283)
12.2 起偏与检偏、马吕斯定律	(284)
12.3 反射光和折射光的偏振、布儒斯特定律	(287)
12.4 双折射现象	(289)
本章小结	(294)
思考题	(294)
习 题	(295)
 习题参考答案	(298)
附录 1 物理量的名称、符号及单位	(305)
附录 2 基本物理常数表(1996 年国际推荐值)	(308)

绪 论

0.1 什么是物理学

我们周围的自然界是广阔无垠、丰富多彩的。目前,人们探索自然界的尺度,在空间范围上,可以大到约 $2 \times 10^{26} \text{ m}$ (约 200 亿光年)的宇宙天体,也可以小到线度仅在 $1 \times 10^{-16} \text{ m}$ 以下的某些粒子;在时间范围上,最长可以到 $1.5 \times 10^{18} \text{ s}$ (约 200 亿年)的宇宙年龄,最短可以到只有 $1 \times 10^{-24} \sim 1 \times 10^{-23} \text{ s}$ 的某些微观粒子的平均寿命。在这样浩瀚无垠的时空范围内,存在着各式各样、多彩多姿的物质客体,它们运动不息,彼此相互作用和相互转化。这些不同的物质及其不同的运动形式,各自具有其特殊的规律性。对这些客观规律的研究,形成了各门不同的自然学科。物理学就是其中一门重要的学科。

物理学是探讨物质的基本结构及其最基本、最普遍的运动形式,以及物质之间的相互作用和相互转化的基本规律的学科。

物理学作为一门严格的、定量的自然科学的带头学科,由于它的基础性、带动性以及与人类文化的密切联系,使得它一直在科学技术发展和人类生活中发挥着极其重要的作用。物理学的基本理论已渗透到自然科学的许多领域,应用于生产技术的诸多部门。它们之间相互影响,不断发展。人们通过长期的实践,已深刻地体会到:物理学是一切自然科学和边缘科学的基础,一直是科学技术发展的先导,是现代工程技术发展的最重要的源泉,而且对人类未来的发展仍将起着决定性的作用。

0.2 物理学与工程技术

社会上习惯于把科学和技术联在一起,统称“科技”。实际上,二者既有密切联系,又有重要区别。科学解决理论问题,技术解决实际问题。科学要解决的问题,是发现自然界中确凿的事实和现象之间的关系,并建立理论把这些事实和关系联系起来;技术的任务则是把科学的成果应用到实际问题中去。科学主要是和未知的领域打交道,其进展尤其是重大的突破,是难以预料的;技术是在相对成熟的领域内工作,可以比较准确地规划。

历史上,物理学和技术的关系有两种模式。

回顾以解决动力机械为主导的第 1 次工业革命,热机的发明和使用提供了第 1 种模式。17 世纪末发明了巴本锅和蒸汽泵;18 世纪末英国技术工人瓦特给蒸汽机增添了冷凝器,发明了活塞阀、飞轮、离心节速器等,完善了蒸汽机,使之真正成为动力,其后,蒸汽机被广泛应用于纺织、轮船、火车等。可是,那时的热机效率只有 $5\% \sim 8\%$,为了探索如何提高热机效率,1824 年法国青年工程师卡诺提出了著名的卡诺定理,为提高热机效率提供了理论依据。到 20 世纪,蒸汽机效率达到 15% ,内燃机效率达到 40% ,燃气涡轮机效率达到 50% 。19 世纪中叶,德

国科学家迈尔、亥姆霍兹,英国科学家焦耳等发现了能量守恒定律;英国物理学家开尔文、德国物理学家克劳修斯建立了热力学第一、二定律。这种模式是技术向物理提出问题,促使物理发展理论,反过来又提高技术,即遵循“技术—物理—技术”模式。

电气化的进程提供了第2种模式。从1785年库仑定律建立,中间经过伏打、奥斯特、安培等人的努力,直到1831年法拉第发现电磁感应定律,基本上是在进行物理上的探索,没有应用的研究。此后半个多世纪,各种交、直流发电机、电动机、电话和电报机的研究才应运而生,蓬勃地发展起来。1862年麦克斯韦电磁理论的建立和1888年赫兹所进行的电磁波实验,才导致了马可尼和波波夫无线电的发明。当然,电气化又反过来大大促进了物理学的发展。这种模式是“物理—技术—物理”。

20世纪以来,在物理和技术的关系中,上述两种模式并存,相互交叉。但几乎所有重大的技术领域(如电子学、原子能、激光、信息技术)的创立,事前都在物理学中经过了长期的酝酿,在理论和实验上积累了大量知识才迸发出来。没有1909年卢瑟福的 α 粒子散射实验,就不可能有20世纪40年代以后核能的利用;没有1917年爱因斯坦提出受激发射理论,就不可能有1960年第1台激光器的诞生。当今对科学、技术、经济乃至社会生活各个方面都产生了巨大冲击的高新技术,莫过于电子计算机,由此而引发的信息革命被人们誉为第2次工业革命。回顾整个电子和信息技术的发生、发展,不难发现其硬件部分都是以物理学的成果为基础的。1947年晶体管的发明,标志着信息时代的开始;1962年集成电路的发明以及20世纪70年代后期大规模集成电路和超大规模集成电路的出现,使人类进入了信息爆炸时代。而在此之前至少还有20年的“史前期”,物理学曾为孕育它的诞生进行了大量的理论和实验上的准备。这表明,物理理论上的突破对促进科学技术及生产实践的发展有着强大的推动作用。总之,当前的工业革命浪潮仍主要按“物理—技术—物理”的模式进行。而且随着科学的迅速发展,出现了科技一体化的趋势,技术已不仅仅是经验的产物,而且是科学物化的结果,把技术看成是科学理论运用的总称。工程技术中,科学知识的因素增加了,科学对技术的先导作用增强了。新技术的生长点、技术的重大发现已越来越多地依赖于科学。科学中一种新思想从产生到它在技术中的应用,其时间间隔变得越来越短,科学的发现成了技术开发的源泉,技术的需要又成了科学发展的动力。提供科学技术与提供正确的自然观并重,已成为现代工程发展的总趋势。前者提高人类的工程能力,后者则使这种能力用于生活,使生活变得更美好。

0.3 物理学是科学的世界观和方法论的基础

物理学的显著特点之一,就是它是自然科学中与哲学的关系最为密切的学科,它与哲学是同生共长的“连理树”。一方面,物理学是哲学的重要基础之一,随着物理学的发展,哲学经历了朴素唯物主义、机械唯物主义和辩证唯物主义。可以预料,由于在相对论、量子力学的基础上,在宏观和微观领域内,以及在大统一理论研究上的不断发展,物理学必将大大地推动哲学向前发展。因此,学习和研究物理学有助于形成正确的世界观和方法论;另一方面,物理学又总是受哲学思想的支配和指导。也正是因为如此,历代物理学家在他们的科学实践中,都十分重视哲学的研究和探讨。著名物理学家爱因斯坦、玻尔等生前都十分重视对哲学的探索,并发表了大量的哲学论文。

通过物理教学培养学生科学的世界观和方法论是物理学本身的特点,也是物理教学的一种优势。我们要充分发挥这一优势,提高自觉性,把科学的世界观和方法论的培养融会到教学

中去。

一个科学理论的形成离不开科学思想的指导和科学方法的运用。正确的科学思维和科学方法是人在认识途径上实现从现象到本质、从偶然到必然、从未知到已知的桥梁。科学方法不仅是同学们在学习过程中打开学科大门的钥匙,也是同学们未来从事科技工作时进行科技创新的锐利武器。因此,在学习物理知识的同时,还要自觉地去领会和掌握物理学的方法论,这是培养面向 21 世纪具有创造性人才所必须的。

物理课程涉及到的方法论主要包括以下 3 个方面的内容。

0.3.1 逻辑方法

逻辑方法是物理学研究的重要方法。它是对经验材料进行逻辑加工,以认识事物的本质和规律性的方法。它是自然科学长期发展过程中形成的较严密的逻辑推理。在物理学中,通常运用逻辑方法进行思维的方式主要有:分析和综合、归纳和演绎、证明和反证 3 种。

0.3.2 与物理学基本原理相联系的基本方法

通过本课程的学习,同学们可以掌握来源于物理概念和原理的基本方法。例如来源于能量守恒定律的能量方法,正因为我们确信在任何物理过程中能量守恒定律应当成立,乃至可预言一种新的能量形式。如泡利在分析 β 射线能谱时,坚信能量守恒,预言了中微子的存在,这就是一个突出的例子。又如在力学中有来源于牛顿定律的隔离体受力分析法,在分子运动论中有来源于统计平均原理的统计平均方法,在电磁学中有来源于高斯定理和环路定理的对称分析法等等。

0.3.3 科学发现中创造性的理性思维方法

在实际的科学发现中,并不存在严格的逻辑通道,科学创造常常是由于科学家们独特的创造性思维的结果。正如法国物理学家拉普拉斯所指出的:“认识一位巨人的研究方法,对于科学的进步……并不比发现本身更少用处,科学研究的方法通常是极富兴趣的部分。”因此,在学习物理知识的过程中,注意学习、领会科学家在科学探索中创立的研究方法是十分重要的。

科学研究中常用的方法有:理想物理模型;理想实验;物理类比;物理假说等。

除上述几种主要方法外,物理学研究方法还有佯谬法,如爱因斯坦的通光悖论、伽利略的落体佯谬;还有科学想象、试探猜测以及科学的直觉等创造性的思维方法,它们在物理原理的建立中都起了重要的作用。

0.4 物理学与科学素质培养

以物理学基础知识为内容的大学物理课程,它所包括的经典物理、近代及现代物理及其在科学技术上应用的初步知识、相应的物理思想和物理研究方法等,都是一个高级技术人员所必须掌握的。所以,作为高等工科院校的学生,尽管所学专业不同,但物理学始终是他们的一门重要必修基础课,特别是在高科技迅速发展、竞争日益激烈的当今社会,学好大学物理课程尤显重要。归纳起来,大学物理教育对培养高科技人才的重要意义主要在于:

(1) 物理素质是现代高水平工程技术人才素质结构中的基础部分,对于培养跨世纪的高科技人才至关重要。

“素质”指人的生理、心理的基本属性及其在此基础上,通过环境影响、科学教育和社会实践锻炼所形成和发展起来的、相对稳定的身心品质。素质与知识和能力是密切相关的,素质的培养需要以一定的知识和能力为基础。而且素质的培养是多方面的,很难只通过某一门课来完成。物理学由于其在自然科学中的基础地位和与社会科学密切联系,使得它在人才素质培养中起着重要而独特的作用。可以说,物理素质是现代高水平的工程技术人才素质结构中的基础部分。

(2) 为适应未来科学技术高速发展和职业多样化的需求,必须不断提高科学素质。

科学素质,主要是指人们在认识自然和应用科学知识的过程中表现出来的内禀特质,主要包括 3 个方面:科学观念;科学能力——主要是思维能力与创造能力;科学品质(包括科学精神、科学态度与科学作风等)。

现代社会正处在科学技术突飞猛进、急剧变革的新时代。有人估算,截止至 1980 年,人类社会获得的科技知识量的 90%是在第二次世界大战后的 30 余年期间获得的。据说今后人类信息每 5 年将翻番。美国 NIH(国家健康研究院)数据库中的数据中 85%的寿命只有 5 年,工程师有用知识的半衰期也只有 5 年。

在现代社会科技信息量激增、知识更新速度加快的形势下,试图培养“通晓一切”的“百科全书”式人才既不可能,也不必。当前,以信息技术为核心,以六大技术(信息、生物、新材料、新能源、海洋、空间)为内容的当代新技术革命以及由它推动的信息产业革命方兴未艾,以技术、知识密集型产业作为主体产业的兴起,正在深刻地改变现代社会的形态;产业结构的变化势必引起就业结构的变化;科技急剧变革,不断开拓新的应用领域与应用方向,要求面向 21 世纪的高科技人才有比较宽厚的基础科学知识,有开拓能力以及善于抓住机遇追踪和占领科学前沿的能力,以适应未来社会产业结构与就业结构的变动,未来社会的人们将面临更多的发展机遇,将有更多的机会和可能充分发展自己,实现自我价值。因此,为了迎接世界范围内正在兴起的高新技术革命的挑战,为了把自己培养成为能够适应新时期职业多样化需求的跨世纪人才,大学生从现在起就必须注意不断提高自己的科学素质,而面向 21 世纪的大学物理教育也必须把人才的科学素质培养摆在首位。

0.5 怎样学好大学物理学

大学物理学是在中学物理的基础上开设的一门大学基础课程,是高级工程技术人员所必须掌握的。怎样才能学好大学物理学呢?对于这个问题,每个学生均应从自己的实际出发,但作为共同点,应该注意以下几个主要方面。

0.5.1 要明确学习大学物理学的目的

著名理论物理学家、诺贝尔奖金获得者理查德·费曼说:“科学是一种方法,它教导人们:一些事物是怎样被了解的,什么事情是已知的,现在了解到什么程度(因为没有事情是绝对已知的),如何对待疑问和不确定性,证据服从什么法则,如何去思考事物,做出判断,如何区别真伪和表面现象。”这就是说,学习物理学的目的,不能仅仅满足于掌握一些知识、定律和公式,更不要把自己的注意力只集中在解题上,而应在学习过程中努力使自己逐渐对物理学的内容和方法、工作语言、概念和物理图像,以及其历史、现状和前沿等方面,从整体上有全面的了解。而这些对于开阔思路、激发探索和创新精神、增强适应能力、提高人才科学素质、科学思维和科

学研究能力都将起到重要作用。大量事实表明,一个优秀的工程技术人员,必定具有坚实的物理基础。总之,只有明确了学习大学物理学的目的,才有强大的动力,真正做到自觉地学习。

0.5.2 要根据物理学的特点进行学习

任何一门学科,都有它自身的特点,而了解一门学科的特点,正是理解和掌握这门学科的关键。物理学的主要特点有:

(1) 物理学是观察、实验和科学思维相结合的产物。观察和实验,是了解物理现象、测量有关数据和获得感性知识的源泉,是形成、发展和检验物理理论的实践基础,但是,要使感性知识上升到物理理论,还要经过科学思维这一认识过程,这种认识过程通常是经过分析、综合、抽象、概括等思维活动,并通过建立概念、作出判断和推理来完成的。例如物理模型的建立、物理概念的形成、物理规律的发现,都是观察、实验同科学思维相结合的产物。

(2) 物理学的内容主要是由物理概念和物理规律构成的,而其核心是物理概念。物理概念不仅定性而且定量地反映了客观事物、现象的物理本质属性。在自然界中,只有具有物理属性的事物和现象才能成为物理学研究的对象,也只有把事物的物理属性从该事物的其他属性(如生物属性)中区分出来,并用定义的方式来表明它时,才形成物理概念。物理概念是组成物理内容的基本单元,而构成物理内容的另一重要部分是物理规律。物理学中的公式、定理、定律和原理等,统称为物理规律。物理规律是指物理现象之间的客观内在联系,它表示物理概念之间实际存在着的关系。在任何一个物理规律中,总是包含有若干个有联系的物理概念,所以不建立清晰的物理概念,显然就谈不上对物理规律的掌握。此外,物理规律的建立都是有条件的,而且常常不显含在规律的表述之中。因此,学习物理规律,一定要注意它的适用条件和适用范围。

(3) 物理学是一门定量的科学,它与数学有密切的联系。数学是表达物理概念、物理规律最简洁、最准确的“语言”,只有把物理规律用数学形式表达出来,才能使物理规律更准确地反映客观实际。特别是在科学发展突飞猛进的当今时代,没有数学方法作为工具,物理学将寸步难行。在学习大学物理学时,所需的数学知识,除了初等数学以外,主要是矢量代数和微积分等高等数学知识。在研究和解决物理问题时,经常需要大量运用高等数学知识进行定量计算,因此,应注意熟练掌握这一数学工具。

(4) 物理学中所研究的对象,几乎都是利用科学抽象和概括的方法建立起来的理想模型。理想模型包括理想化客体和理想化过程。例如,本课程将要遇到的质点、刚体、理想气体、点电荷、点光源、均匀电场、谐振子、黑体等都是理想客体。又如,匀速直线运动、简谐振动、简谐波、理想气体的各等值过程、卡诺循环等都是理想化过程。可见,物理学中的规律,都是一定的理想化客体在一定的理想化过程中所遵循的规律,它能更本质地反映同一类理想化客体的共同规律。运用理想模型研究物理问题,是一种重要的科学研究方法,这种方法也广泛适用于其他自然科学和工程技术的研究。

(5) 物理学是辩证唯物主义的重要基础,它以高度辩证的、统一的宇宙观来认识物质世界,探求各种自然现象的内在联系。物理学的内容充满着活的辩证法。前面已经指出,通过物理课程的学习,有助于培养科学的世界观,这既是物理学科本身的特点,也是物理课程教学所具有的一种优势。此外,由于物理学研究多种物质运动形态和多种相互作用,因此,物理学还具有许多有特色的科学观点和研究方法,例如能量的、粒子的、场的、对称与守恒的观点和分析、综合、演绎、归纳、叠加、类比、联想、试探,以及抽象的、统计的、定性与半定量的方法等等。

在物理课教学过程中,要注意领会和掌握物理学的特点和方法。这不仅有利于逐步学会抓住物理本质,而且有助于培养提出问题、分析问题与解决问题的能力。

总之,物理学的这些特点反映了研究和处理物理问题的一些基本观点、基本思路和基本方法,同学们如能对照这些特点进行学习,就必定能够比较准确地建立概念、理解规律,获得大学物理课程所要求的解决和处理一些实际问题的能力,以少走弯路,提高学习效率。

0.5.3 要注意不断改进学习方法

实践表明,科学的学习方法对学好一门课程具有非常重要的作用。科学的学习方法,能够帮助学生提高学习能力,更好地掌握所学的内容,促进对智能的培养。因而,同学们在学习中,需要不断摸索和改进学习方法,使之更加科学。

学习方法虽然因人而异,但也有很多共同之处。例如,要合理地安排时间、记笔记(课堂笔记和读书笔记)、做小结,要认真看教材、学会阅读参考书及文献资料等。此外,还应根据物理学特点,注意以下几个方面:

(1) 要勤于思考,悟物穷理。勤于思考,就是要学会对新的概念、定义、公式中的符号和公式本身的含义、成立的条件、推导的基本思路 and 关键步骤、推演的技巧等有较深刻的理解。学会对问题建立自己的物理图像。

悟物穷理,就是要多向自己提问,多问几个“为什么?”例如哪些是事实? 哪些是推论? 推论是怎样得来的? 我为什么相信它? 等等。

(2) 要认真完成课程所要求的习题。学习物理,不做习题是不行的,但做习题不在多,而在于精。认真解题能帮助理解、消化所学内容,又能提高解决实际问题的能力。因此,要学会应用物理学的理论、观点、方法去分析、研究、计算物理习题。习题做完了,不要只对一下答案或交给老师去批改就了事。自己应学会从物理上想一想答案的单位、数量级是否对? 所反映的物理过程是否合理和符合实际? 能否有其他处理方法? 等等。应该力争做到,做出了习题,就有充分理由相信它是对的。

第 1 篇 力 学

物质的各种运动形式中,最简单而又最基本的运动形式是物体位置的变动——机械运动。物理学中研究机械运动规律的学科叫做力学。

在比较高级、比较复杂的各种物质运动形式(例如分子热运动、电磁运动、生物运动等)中都包含机械运动这种最基本的运动形式。它们虽和机械运动有区别,但在一定条件下和机械运动相互转化。所以,力学是整个物理学的基础,也是其他学科和工程技术的基础。

在本篇中,我们主要介绍以 3 条守恒定律为主线的经典力学和 20 世纪初爱因斯坦创立的相对论。前者是物理学中发展得最早、最为成熟的理论,它有严谨的理论体系和完备的研究方法。实践证明,对于宏观物体的低速运动,经典力学的理论能够很好地反映物体运动的客观规律,它的基本定律(动量守恒定律、动量矩守恒定律、机械能守恒定律等),仍然是广泛解决理论和实际问题的基础。后者是在经典力学基础上发展起来的新力学。实践证明,当物体速率很大,以致可与光速相比较时,物体的运动遵循狭义相对论力学的规律。相对论进一步揭示了时间空间和物质运动具有不可分的性质,作为物质运动过程,持续性和广延性的时空应该是统一的,从而使人们对力学规律和时空的认识达到了一个科学的新境界。

通过本篇的学习,要在中学物理学习的基础上,对以运动的时空性质为框架、以力学 3 条守恒定律为核心的力学新体系及相应的研究方法有较深入的了解。

1 质点运动学

自然界发生的一切过程,都能追溯到某些物体的运动。人类对自然的认识,首先来源于对物体运动的观察和实验,以及将运动与它们的原因联系起来思考的种种努力。例如,日月星辰怎样运行?重物为什么下落?水为何成平面?声音和光是如何传播的?等等。古代自然哲学家总是力图凭直觉的粗糙观察就作出普遍性的回答,结果往往搞错。从伽利略起人们才开始认识到,要科学地回答这些问题,首先必须研究物体是怎样运动的,然后才能逐步弄清楚物体为什么运动。因此,力学的首要问题是寻找如何精确地描述物体的机械运动的方法。

本章主要讨论质点运动的定量描述问题。首先从描述物体机械运动的方法问题入手,阐述描述运动的前提—引进理想模型—质点、参考系和坐标系、时间和空间的量度;其次重点讨论描述质点所需要的几个基本物理量及其特性(如瞬时性、矢量性、相对性),并用它们来描述几种典型的物体位置随时间而变化的规律——直线运动、抛体运动、圆周运动等。

1.1 质点、参考系与坐标系、时空的量度

1.1.1 质点

“质点”是物理学中引入的一个简化的理想模型*。在研究机械运动时,一个有形状和大小的实际物体的运动是较复杂的。一般可分为形变、平动和转动,在物理学中为了突出研究对象的主要性质,简化问题,在有些场合下如不涉及物体的形变和转动,就可暂不考虑其形状和大小,把它们当作一个具有质量的几何点即“质点”来处理。提出质点模型的实际意义在于:

(1) 当物体运动时,若物体中各点的运动情况完全相同(这叫做平动),则物体上任一点的运动都能代表它整体的运动,就可将该物体当作质点。

(2) 如果一个物体的尺度很小,它的转动和形变对所研究的问题的性质影响很小时,也能将它当作质点。例如,在研究地球公转时,因地球运行的轨道半径比地球半径要大两万多倍,地球的形状、大小和自转对所研究的问题影响都很小,所以在研究公转时可把地球看作质点。

(3) 当物体不能被视为质点时,物体各部分的运动是各不相同的。但如果设想将物体分割成许多足够微小的部分,总能使每一小部分内部各点的运动基本相同,从而可将每个小部分当作1个质点处理。分析这些质点的运动,就可弄清整个物体的运动情况。所以,分析质点的运动是研究复杂的实际物体运动的基础。

1.1.2 参考系与坐标系

1.1.2.1 运动的绝对性和描述的相对性

宇宙中一切物质都处在永恒不息的运动之中,绝对静止是不存在的。表面看来静止于地

* 在科学研究中,人们对比较复杂的研究对象,根据掌握的有关资料,首先提出一种形象、具体、便于思维和推理的设想或模型,然后再根据这一设想或模型进行理论推理和实践检验的研究方法即理想模型法。它是物理学和工程科学研究中的一种常用的、基本的、重要的研究方法。