内 容 简 介

本书是为适应新世纪创新型人才培养的需要而编写的，针对当前授课学时的要求，本教材强化了物理教学的基本内容，突出了重点，以例题分析为辅助，深刻认识物质世界的运动规律，有利于提高学生的自学能力。本书是在多年使用的《大学物理简明教程》讲义的基础上修改而成的。全书分上、下两册。上册包括力学、热学、机械振动和机械波、波动光学，下册包括电磁学、量子物理学基础。与之配套的还有《大学物理辅导与题解》，两者既可彼此独立，又可相互配套使用。

本书可作为高等工科院校各专业的物理教材，也可作为综合大学和师范院校非物理专业的教材和参考书。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

前　言

大学物理是一门重要的基础理论课，它在高等理工科教育中占有重要地位。该门课程的特点是学时少、内容多、难度大，学生们普遍感到课程内容较难理解、不易掌握，希望有一套简明扼要的教材，它提供理工科学生需要掌握的最基本的物理学内容，方便课堂教学和课后复习与知识拓展。

为了适应新世纪培养高素质人才的需要，许多高校都进行了大学物理教学内容和教学方法的改革，出版了一系列高等教育21世纪大学物理课程教材，它们各有特色，涉猎广泛，选题深入，内容丰富。随着高等教育的发展和招生人数的扩大，我国的高等教育已经从精英教育逐渐过渡到大众教育，可是现行的多数教材仍然是按照精英教育的培养模式来编写的，这使大学物理课程学时少、内容多、难度大的问题更加突出。在教学中，学生们疲于应付、被动接受，对于物理学的全貌和物理学的思维方法不甚了解，对于物理学的基本概念和基本知识没有很好的把握，违背了开设这门课程的初衷。开设大学物理课程的目的就是要在课程的教学过程中，引导学生仔细考察在物理学中怎样提出问题，如何分析问题，采取什么方法解决问题；通过这样的学习和分析过程获得科学思维的启迪，培养创新意识，为进一步学习和工作打下良好的基础。

由于物理学课程学习上的困难性，部分学生产生了害怕物理课程或厌学的情况，给教师和学生双方都带来了许多困惑。学生们普遍反映虽然能够在课堂上听懂老师对物理知识的阐述，但是由于课时紧，讲授内容多，讲课速度快，学生作笔记比较困难；另外，教材内容多，涉及范围广，给他们的课后复习和加深对所学内容的理解带来一定的难度，许多学生不能独立完成课后练习，影响了他们学习物理课程的积极性。

为了适应我国高等教育进入大众教育阶段的特点，改革大学物理课程的教学内容，我们以理工科学生需要掌握的基本物理学内容为标准，精选教学内容，编写了这一套《大学物理》。该教材在每一章的前面都对物理学整体和该章所涉及的内容进行了概述，使学生对其总体和内容之间的相互联系先有所了解，然后再展开其内容。该教材简明、精练，搭建了大学物理学习的基本框架，使学生在此框架下学习和掌握物理学的基本概念和基本知识，培养自学能力，增强学习物理的兴趣，并为进一步拓展知识打下良好的基础。在使用本教材的同时，学生还可以参考其他物理教材作为该教材的补充。该教材提供了较多例题、习题和思考题，以便学生课后学习、理解和掌握所学物理知识。

本教材的特点是：提纲挈领，思路清晰，问题明确，符合认知规律。可作为高等工科院校的大学物理课程的教材，同时也可作为文理科部分专业的选用教材，以及深入

学习物理学的入门参考书。

本物理教材分为上、下两册,包括一个引论和六个部分,十九个章节。

上册包括:第 0 章 大学物理引论;第一部分力学(1、2、3、4、5 章);第二部分热学(6、7 章);第三部分机械振动和机械波(8、9 章);第四部分波动光学(10、11、12 章)。第 0、6、7、8、9、10、11、12 章由姜大华执笔,第 2、3、4 章由谭季麓执笔,第 5 章由魏有峰执笔。

下册包括:第五部分电磁学(13、14、15、16、17 章);第六部分量子物理学基础(18、19 章)。第 13、14 章由谭季麓执笔,第 15、16、17、18、19 章由程永进执笔。

姜大华、程永进完成了全书的审阅和统稿工作,姜大华、程永进补充了电磁学和量子力学部分的例题及习题,并分别绘制了上、下册的插图底稿,承担了相应的图文审核工作;谭季麓提供附录,补充了部分章节习题。本教材的教学参考学时为 104 学时,分两学期完成,建议授课学时按如下分配:上册 56 学时,下册 48 学时。

本教材在编写过程中,龙光芝教授、汤型正副教授审阅了第二、三、四部分的内容,提出了宝贵的意见和建议,万淼老师校阅了第二部分内容;教务处长扬伦教授对本教材提出了指导性的建议,教材科尹明老师为教材出版提供了多方面帮助,在此表示感谢。

姜大华　程永进

2008 年 7 月

目　　录

第 0 章　了解物理(物理学引论)…… (1)
0.1　物理学概貌 …… (1)
一、物理学简介 …… (1)
二、物理学与数学、物理学与哲学 …… (3)
三、数量级和物质世界的尺度 …… (4)
四、物理学习 …… (6)
0.2　物理学中的数学 …… (7)
一、矢量及其运算 …… (7)
二、导数与微分 …… (11)
三、定积分 …… (13)
四、常用近似公式 …… (17)
五、常用幂级数展开式 …… (17)
六、极限运算 …… (18)

第一部分　力　　学

第 1 章　运动和力 …… (21)
1.1　质点运动的描述 …… (21)
一、质点运动学中的基本物理量 …… (21)
二、给定坐标系下运动的描述 …… (25)
1.2　相对运动 …… (30)
一、伽利略变换与经典时空观 …… (30)
二、相对位移与相对速度的应用 …… (32)
1.3　牛顿运动定律 …… (33)
一、牛顿运动定律及其适用范围 …… (33)
二、力学中几种常见的力 …… (35)
三、惯性系与非惯性系 …… (37)
本章例题 …… (38)
思考题 …… (51)
习题 …… (52)
习题答案 …… (53)

第 2 章　动量和角动量 …… (55)
2.1　动量定理　动量守恒定律 …… (55)
一、质点动量定理 …… (55)
二、质点系动量定理 …… (56)
三、动量守恒定律 …… (57)
2.2　质点的角动量　角动量守恒定律 …… (58)
一、角动量 …… (58)
二、质点角动量定理 …… (58)
三、质点角动量守恒定律 …… (59)
本章例题 …… (59)
思考题 …… (65)
习题 …… (66)
习题答案 …… (67)
第 3 章　功和能 …… (68)
3.1　功　保守力的功　势能 …… (68)
一、功 …… (68)
二、保守力的功　保守力 …… (70)
三、势能 …… (72)
3.2　动能定理 …… (75)
一、质点的动能定理 …… (75)
二、质点系的动能定理 …… (75)
3.3　功能原理　能量守恒定律 …… (76)
一、功能原理　机械能守恒定律 …… (76)
二、能量守恒定律 …… (77)
3.4　守恒定律的意义 …… (77)
一、守恒定律在方法论上的意义 …… (77)
二、守恒定律在科学史上的推动作用 …… (77)
*三、对称性与守恒定律 …… (78)
本章例题 …… (78)
思考题 …… (84)
习题 …… (84)
习题答案 …… (86)
第 4 章　刚体力学基础 …… (87)
4.1　刚体运动的描述　质心运动定律 …… (87)
一、刚体及其运动 …… (87)

需要全本请访问 www.ertongbook.com

二、质心及质心运动定律 …… (88)
4.2 刚体的定轴转动 …… (91)
一、转动动能　转动惯量 …… (91)
二、转动惯量的计算 …… (93)
4.3 定轴转动中的动力学问题 …… (94)
一、转动定律 …… (94)
二、定轴转动中的动能定理 …… (95)
三、机械能守恒定律 …… (96)
4.4 刚体的角动量守恒定律 …… (97)
一、刚体的角动量 …… (97)
二、刚体的角动量定律 …… (98)
三、角动量守恒定律 …… (98)
本章例题 …… (100)
思考题 …… (106)
习题 …… (107)
习题答案 …… (108)
第5章　狭义相对论基础 …… (110)
5.1 伽利略变换和经典力学时空观 …… (110)
一、伽利略变换 …… (110)
二、绝对时空观 …… (111)
三、伽利略相对性原理和经典物理学的困难 …… (111)
5.2 狭义相对论的基本概念　洛伦兹变换 …… (114)
一、狭义相对论假设 …… (114)
二、洛伦兹变换 …… (114)
5.3 相对论时空理论 …… (116)
一、运动尺度的收缩 …… (116)
二、时间延缓效应 …… (117)
三、同时的相对性 …… (117)
5.4 相对论动力学基础 …… (118)
一、质量和速度的关系 …… (118)
二、相对论中的能量 …… (119)
三、质能关系 …… (120)
四、能量动量关系式 …… (121)
本章例题 …… (122)
思考题 …… (125)

习题…… (125)
习题答案…… (126)

第二部分 热 学

第 6 章 热力学基础知识…… (129)
6.1 热学基础知识概述 …… (129)
6.2 理想气体的状态方程 …… (132)
一、物质的状态方程 …… (132)
二、理想气体的状态方程 …… (133)
6.3 热力学第一定律 …… (134)
一、准静态过程 …… (134)
二、热力学第一定律 …… (138)
6.4 理想气体的内能 摩尔定容热容和摩尔定压热容 …… (140)
一、理想气体的内能 …… (140)
二、理想气体的摩尔热容和内能 …… (141)
6.5 理想气体典型准静态过程中功、热及内能之间的关系…… (142)
一、三个等值过程(三个状态参量 p、V、T 依次保持不变的过程)…… (142)
二、绝热过程(三个状态参量都发生变化的过程) …… (144)
*三、多方过程 …… (145)
6.6 循环过程 卡诺循环 …… (146)
一、循环过程 …… (146)
二、热机及其效率 …… (146)
三、致冷机及其效率 …… (147)
四、卡诺循环…… (149)
五、绝对零度不能达到原理(热力学第三定律) …… (150)
6.7 热力学第二定律 …… (151)
一、自然过程的方向性 …… (151)
二、热力学第二定律及其表述 …… (154)
*三、卡诺定理 …… (158)
*四、热力学第二定律与熵 …… (160)
本章例题…… (166)
思考题…… (177)
习题…… (178)
习题答案…… (180)

第7章　气体动理论 …… (181)
7.1　气体分子热运动与统计规律 …… (182)
一、分子热运动的基本观点 …… (182)
二、分子运动服从统计规律 …… (183)
7.2　理想气体的压强和温度 …… (188)
一、理想气体的压强 …… (188)
二、理想气体的温度 …… (190)
7.3　能量按自由度均分定理 …… (191)
一、自由度的概念 …… (191)
二、能量按自由度均分定理(能量均分定理) …… (192)
7.4　麦克斯韦速率分布定律 …… (195)
一、分布的概念及麦克斯韦速率分布 …… (195)
二、麦克斯韦速率分布定律的实验验证 …… (200)
*7.5　玻耳兹曼分布律 …… (201)
一、玻耳兹曼分布律 …… (201)
二、玻耳兹曼因子 $e^{-\varepsilon/(kT)}$ 与能量最小原理 …… (202)
三、重力场中粒子按高度的分布 …… (203)
*7.6　气体分子的平均自由程 …… (204)
一、分子的平均碰撞频率 …… (204)
二、分子平均自由程 …… (205)
本章例题 …… (206)
思考题 …… (211)
习题 …… (212)
习题答案 …… (213)

第三部分　机械振动和机械波

第8章　机械振动基础 …… (217)
8.1　简谐振动 …… (217)
一、简谐振动 …… (217)
二、谐振动的旋转矢量表示 …… (219)
三、谐振动的能量 …… (221)
四、初始条件与振幅、相位的关系 …… (222)
8.2　简谐振动的合成 …… (222)
一、同方向同频率谐振动的合成 …… (222)
二、同方向不同频率谐振动的合成　拍 …… (223)

三、两个同频率相互垂直谐振动的合成 …… (224)
8.3 阻尼振动与受迫振动简介 …… (226)
一、阻尼振动 …… (226)
二、受迫振动 共振 …… (227)
本章例题 …… (229)
思考题 …… (238)
习题 …… (238)
习题答案 …… (239)
第 9 章 机械波 …… (240)
9.1 波的产生 波动方程 …… (240)
一、振动与波 …… (240)
二、平面简谐波的波函数 …… (243)
三、振动曲线与波动曲线 …… (245)
9.2 波的能量 能流与能流密度 …… (246)
一、媒质元的能量 …… (246)
二、能量密度与平均能量密度 …… (248)
三、能流和波的强度(能流密度) …… (248)
9.3 波的干涉 …… (249)
一、波的叠加原理 …… (249)
二、惠更斯原理 …… (250)
三、波的干涉 …… (250)
四、驻波 …… (252)
本章例题 …… (254)
思考题 …… (263)
习题 …… (263)
习题答案 …… (264)

第四部分 波 动 光 学

第 10 章 光的干涉 …… (267)
10.1 光源 光波的叠加 …… (267)
一、光是电磁波 …… (267)
二、光波的叠加 光的干涉 …… (268)
三、光程与光程差 …… (271)
10.2 双缝干涉 …… (272)
一、杨氏双缝 …… (273)

二、菲涅耳双镜(双面镜、双棱镜) …… (275)
三、洛埃镜与半波损失现象 …… (275)
10.3　薄膜干涉 …… (276)
一、薄膜干涉的基本原理及结论 …… (276)
二、等厚干涉条纹 …… (278)
三、等倾干涉 …… (281)
本章例题 …… (284)
思考题 …… (291)
习题 …… (291)
习题答案 …… (292)
第 11 章　光的衍射 …… (293)
11.1　单缝夫琅禾费衍射 …… (293)
一、光的衍射现象 …… (293)
二、惠更斯-菲涅耳原理 …… (294)
三、单缝夫琅禾费衍射 …… (294)
11.2　光栅衍射 …… (300)
一、光栅衍射原理 …… (300)
二、多缝夫琅禾费衍射(光栅衍射) …… (300)
三、光栅光谱 …… (304)
11.3　光学仪器的分辨率 …… (304)
一、夫琅禾费圆孔衍射 …… (304)
二、瑞利判据 …… (305)
三、最小分辨角和仪器的分辨率 …… (305)
11.4　X 射线衍射　布喇格方程 …… (306)
一、X 射线衍射 …… (306)
二、布喇格方程 …… (307)
本章例题 …… (308)
思考题 …… (315)
习题 …… (315)
习题答案 …… (316)
第 12 章　光的偏振 …… (317)
12.1　自然光　线偏振光　马吕斯定律 …… (317)
一、自然光 …… (317)
二、线偏振光 …… (317)
三、起偏与检偏 …… (318)

四、马吕斯定律 …… (318)
12.2 反射和折射时光的偏振 布儒斯特定律 …… (319)
一、布儒斯特定律 …… (319)
二、玻璃堆——布儒斯特定律的应用 …… (320)
12.3 双折射现象 …… (321)
一、晶体的双折射现象 …… (321)
二、几种获得线偏振光的棱镜 …… (324)
本章例题 …… (325)
思考题 …… (328)
习题 …… (328)
习题答案 …… (329)
附录Ⅰ …… (330)
附录Ⅱ …… (331)
参考文献 …… (334)

需要全本请访问 www.ertongbook.com

第 0 章　了解物理(物理学引论)

0.1　物理学概貌

一、物理学简介

物理学是研究物质及其相互作用的科学,是一门比其他自然学科更贴近大自然本质的学科。20 世纪以前物理学从直观的自然现象出发,对物质世界各种不同的运动形式进行了研究,从而形成了包括力学、热学、电磁学、光学、声学在内的基础物理学内容。20 世纪初,物理学家对传统物理学理论重新审视,对公认的物理学原理进行了突破性的变革。牛顿的绝对空间和绝对时间的概念被全新的相对论时空观所取代,而牛顿力学成为相对论力学在宏观低速下的近似;另一方面,经典热力学中能量连续的观念被能量量子化所取代;对光的波粒二象性的研究导致了对实物粒子是否也具有波动性的思考,从而产生关于物质波的一系列研究,量子物理学便在这样的研究过程中诞生。从物理学发展的历史来看,可以将物理学分为经典物理学与近代物理学两大部分。近代物理学是 20 世纪头 30 年内的产物,它包括相对论和量子力学,相对论是研究高速运动物质的力学,量子力学则是研究微观世界物质相互作用的力学。这两大理论分别再作用于经典物理学的各个部分,从而诞生诸如量子光学、量子统计、近代气体物理、近代固体物理、近代粒子物理(高能物理)、原子物理学等近代物理学的多个分支。

至此我们对物理学的概貌有了一个初步了解,这可以用图 0.1 来说明。著名文学家、印度诗人泰戈尔曾有几句诗:“窗外有一棵树,这棵树有两条根,一条根在地下,一条根在天上。”这几句诗所包括的辨证思想很能够说明经典物理与近代物理的相互依存与归并、发展的关系,图 0.1 即据此而作。

实际上,物理学对其他自然科学如天文学、化学、生物学的渗透和引领作用已决定了物理学是自然科学的领头学科。物理学不仅为其他自然科学提供现代化的实验手段,而且为它们提供科学的理论、概念和方法。科学愈是发展,物理学与其他自然科学愈是息息相关。

从物理学的实践性来看,物理学在科学技术发展中一直起着不可替代的先导作用。例如,从早期法拉第发现电磁感应现象开始,到现代社会的信息技术,正是电磁场理论促成了技术上接踵而至的多种革命。从发电机、电动机、电报到电视、电子计算机,以及现代社会中各种高新技术,例如,核能技术、超导技术、信息技术、激光技术、电



图 0.1 物理学发展概貌

子技术的产生，无一不是物理学使然。因此可以肯定地说，物理学是技术革命的先导。

读者也许知道激光是 20 世纪 60 年代出现的新技术，而激光技术的产生源于 1917 年爱因斯坦(A. Einstein，1879—1955)提出的受激辐射的概念和实现光放大的原理。高功率的激光器不仅用于科学研究，而且在各个技术领域(材料加工、产品检测、同位素分离、精密测量、全息照相、通信、医疗、激光武器、热核聚变等)得到实际应用。

二、物理学与数学、物理学与哲学

物理学与数学、哲学有着不同于其他学科的独特的依存关系，从而形成物理学的理论性与思想性特色。

物理学把物质世界的本质以高度抽象的数学方程展示给人类，即把世界的物质性和物质世界的统一性(和谐性)尽可能用概括的数学语言表达出来。而纵观物理学的发展过程，其每一个重大成果，每一次重大变革无不来源于物理学家的科学哲学观念，无不体现了物理学家科学的世界观和方法论。

1. 物理学与数学

物理学既要研究自然现象的实验规律，又要构造能体现物质世界本质的理论，在这个过程中，数学自始至终起着无处不在的作用。数学使得物理学家将定性的物理学变成定量的物理学，将物理定律和概念用精确、简明、概括的数学方程和符号表达出来。我们在大学物理的学习中将能体会到这一点，例如，利用矢量代数可以形象、准确地描述具有矢量性质的物理量及其间的物理关系。更进一步的理论则显示，概率、线性代数、数理方程、群论、张量、复变函数等等，在近代物理学理论中起着不可估量的作用。

牛顿在研究力的瞬时作用和累积效应的过程中创建了微分与积分运算；矢量场中需要梯度、散度、旋度这些数学上的定义；量子电动力学、量子色动力学、广义相对论等，都需要特有的数学法则。因此，从另一个角度看，我们甚至可以认为，某些数学方法正是由于物理学的需要才“应运而生”！

2. 物理学与哲学

从物理学的发展来看，哲学观念(科学的世界观和方法论)在人类对物质世界的认知过程中，起着高屋建瓴、石破天惊的作用。早在爱因斯坦相对论时空观产生之前，诸如莱布尼兹(G. W. Leibniz，1646—1716)、贝克莱(G. Berkeley，1695—1753)这样的科学家已于17世纪末从纯逻辑、纯哲学的角度，批判了牛顿(Newton，1642—1727)绝对空间的概念。18世纪英国哲学家休谟(Hume，1711—1776)提出时间与空间的量度与物质运动不可分的观点。他认为，空间观念是建立在可触知的对象的排列基础上的，而时间观念是建立在能够变化的对象的连续可观察的基础上的。爱因斯坦相对论时空理论中，用直尺和时钟定义空间与时间的做法曾得益于休谟的哲学观念。19世纪末，奥地利物理学家马赫(Ern Mach，1838—1916)在他的名著《力学及其发展的批判历史概论》中，亦对牛顿的绝对时空观进行了哲学意义上明确的批判。马赫指出，“绝对时间是一种无用的形而上学的概念。”而法国著名学者、数学家、物理学家庞加来(1854—1912)也是通过哲学上的思考而预言相对论时空观的到来的。他在分析了当时有关物理实验事实与经典物理学基本原理之间的矛盾之后指出，“也许我们要建造一个全新的力学，我们已经成功地瞥见到它了。在这个全新的力学内，惯性随速度增加，光速会变为不可逾越的极限。原来比较简单的力学依然保

持为一级近似,因为它对不太大的速度还是正确的,以致在新力学中还能发现旧力学。"在物理学发展过程中,一个新理论新概念的产生,首先依靠的不是数学技巧,而是哲学家的思考和物理学家的直觉,他们从哲学观念上引导物理学理论向纵深方向发展。物理学家对物质世界和谐性的信念,使得他们能够识破隐藏于表面现象之后的规律。这样的例证很多,例如,早在 1609 年,开普勒(Kepler, 1571—1630)在发现行星椭圆轨道运动和等面积定律之后,一直认为还有更普遍的规律支持着各个行星的运动,反映这种统一性的必定是一个共同的方程。他感到不同行星运动轨道的大小及其运动周期,都将受该方程的约束而奏出"天体的音乐"。开普勒怀着这样的信念,进行了 17 年的研究,在其导师第谷观察所得到的庞杂数据中,他发现"行星到太阳平均距离的立方与其绕太阳公转周期的平方成正比"($R^3/T^2=$常数)这一规律,也许正是为了表达科学家对宇宙和谐性的信念。开普勒将这一定律(开普勒行星运动的第三定律)称为"和谐定律",并且在他命名为《世界的和谐》一书中公诸于世。

又如量子物理的创立过程中,法国物理学家德布罗意(de Broglie,1892—1986)物质波概念的形成,源于他对物质粒子性与波动性统一的信念。当时,正值物理学界对光的波粒二象性达到共识的阶段,德布罗意却在此刻作了一个逆向的考虑:既然作为电磁波的光波具有粒子性,那么实物粒子为什么不具备波动性呢? 1924 年他在博士论文中正式而完整地提出物质波的概念,他认为实物粒子除了粒子性外,还具有波动性,其波长与动量的关系为 $\lambda=h/p$。该德布罗意关系很快由戴维森-革末的电子衍射实验*所证实。物质波则成为量子力学诞生的起点和主线,从此量子力学"一发不可收拾"地迅速发展。玻恩对物质波的统计解释,海森堡的不确定关系,以及波函数和薛定谔方程等,都是围绕实物粒子波粒二象性展开的。这期间爱因斯坦曾率先对德布罗意的独创性思想给予了极大的肯定。他认为物质波展示了物质世界的和谐性、对称性,并高度评价德布罗意的论文"揭开了大幕的一角","符合客观世界和谐的美"。许多科学史学家认为德布罗意的伟大发现是由于他一向关注普遍性和哲学性概念,他将历史学和方法论用到了物理学中。

再如创建相对论的过程,爱因斯坦依靠的仍是哲学上的信念,他坚信一切惯性系都是等价的,没有哪一个处于特殊地位(这也是一种统一性思想),因此所有的物理定律在一切惯性系中必须具有相同的数学形式。爱因斯坦对于世界的物质性、规律性、统一性(和谐性)的信念始终支配着他的学术研究,用他自己的话说"与其说我是物理学家,倒不如说我是哲学家。"

三、数量级和物质世界的尺度

科学研究中,往往需要与非常大和非常小的数字打交道,这在书写和比较数据的

---

* 1927 年美国物理学家戴维森和革末以及英国物理学家 G. P. 汤姆孙分别在实验中观察到电子衍射现象,证实了实物粒子具备波动性。

大小上很不方便，由此便产生了科学计数法，即把一个量的数值用一个小于 10 的数字乘以 10 的幂次来表示：用 10 的正幂次代表大数，用 10 的负幂次代表小数，而指数相差 1 则代表数目大 10 倍或小 10 倍，这叫做一个**数量级**。

物质世界的基本观点是：世界是物质的，物质是运动的。因而物质的存在(寿命)便是我们研究物质的前提，而运动物体的大小和其运动范围，是物质世界可感知的空间的一种排列，这两方面便构成物质世界的**时间尺度**和**空间尺度**，或将其统称为物质世界的层次。

有了数量级的表示方法，我们就可以从空间和时间这两个层次上考查物理学的研究范围。

1. 空间层次

若以人体的尺度 1 m(10^0 m)作为坐标原点，向更大和更小两个方向建立一个空间尺度的坐标，则当今科学技术已能涉及的物质世界的空间尺度大致分为微观系统($<10^{-9}$ m)、宏观系统(在人体尺度上下几个数量级即 $10^{-9}\sim10^7$ m)、宇宙学系统($>10^7$ m)。通常，物理学中把尺度在微米到几十纳米但呈现微观特征的宏观系统叫做介观系统，介观系统物理学已成为物理学的又一个分支，它是新一代微电子器件的理论基础。用间接的方法可推知，电子和组成核子(质子、中子)的夸克的尺度$<10^{-18}$ m，而宇宙可知部分的尺度是 10^{26} m。现代天文观测的结果，证明宇宙外层正以接近光速的速度远离，即宇宙在膨胀；而象电子、夸克等微观世界的粒子运动速度也可与光速相比拟。从空间层次上看，物质世界的空间尺度跨越了 44 个数量级。如图 0.2 所示。

y/m	
10^{26}	宇宙范围(已知部分)
10^{23}	星系团大小
10^{21}	地球到最近的河外星系的距离
10^{20}	地球到银河系中心的距离
10^{16}	地球到最近的恒星的距离
10^{12}	冥王星的轨道半径
10^{11}	地球到太阳的距离
10^{9}	太阳的半径
10^{8}	地球到月球的距离
10^{6}	地球的半径
10^{3}	地球上的高山
10^{0}	人的身高
10^{-3}	细沙粒
10^{-5}	细菌
10^{-8}	大分子
10^{-10}	原子半径
10^{-15}	原子核、质子和中子
10^{-18}	电子和夸克

图 0.2　物质世界的空间尺度跨越 44 个数量级

t/s	
10^{18}	宇宙寿命
10^{17}	太阳和地球的年龄，^{238}U 半衰期
10^{16}	太阳绕银河中心的运动周期
10^{11}	^{236}Ra 的半衰期
10^{9}	哈雷慧星绕太阳运动的周期
10^{7}	地球公转周期
10^{4}	地球自转周期
10^{3}	中子寿命
10^{0}	脉冲星周期
10^{-3}	声振动周期
10^{-6}	μ 子寿命
10^{-8}	π^+、π^- 介子寿命
10^{-12}	分子转动周期
10^{-14}	原子振动周期
10^{-15}	可见光
10^{-25}	中间玻色子 Z^0

图 0.3　物质世界的时间尺度跨越 43 个数量级

2. 时间层次

若以钟表的周期 1s(10^0 s)为坐标原点建立一个时间坐标,我们便可从时间尺度上了解物质世界所涉及的范围。

现代标准宇宙模型认为,宇宙是在大约 $1.5\times10^{10}\sim2.0\times10^{10}$ 年前的一次大爆炸中诞生的,若以秒计,宇宙的年龄为 10^{18}s。而粒子物理的研究表明,粒子寿命最短的为 10^{-25}s。注意到这两个数据之间跨越了 43 个数量级。可见已知的物质世界的时间层次与空间层次几乎具有相同的数量级范围。这是巧合还是必然?对此很难作结论,但这个事实至少说明,以数量级来衡量,21 世纪人类对物质世界层次的了解,在空间尺度和时间尺度上得到的范围几乎是一致的!

物质存在的时间层次如图 0.3 所示。

四、物理学习

刚刚步入大学门坎的学生,很希望见识到一个不同于高中的物理学,而大学物理课程一旦开始,不少人便会感到物理学除了神奇、高深,甚至庄严以外,仍然一如既往地难学。这是因为物理学需要清楚的物理概念和数学技巧,需要创造性的思维,需要分析、综合问题的能力以及独立思考和理论联系实际的能力,除此之外,还需要卧薪尝胆的刻苦追求精神,这往往是很多人做不到的。

近些年,常有同学会问:"学物理有什么用啊?"。我们的回答是:"对你一生都有用"。因为物理学习和其他基础理论课的学习,是一个大学生科学素质的培养过程和能力的训练过程。物理学习所起的作用或是"润物细无声",或是"水滴石穿",或是"春风化雨"。学习物理,可谓开卷有益,一生受用。

我们想提醒每一个学生注意:

① 从整体上把握每一章的学习,注重听课,思考,看书,找出重点难点。大学物理讲得很快,要预习,复习,做题!

② 多看有关物理学的各种大学生科普读物,以及有关物理学家,物理学史书籍,培养对物理学的兴趣,增长见识。

③ 把物理学习看成一个训练过程,在参与中获得一生都受益的东西,那就是独立学习的能力、追求的精神,一往无前的品格。不要把自己放在仅仅为了考试而应付物理学习的被动、消极状态中。

我国著名学者、物理学家严济慈有一句话值得每一个年轻人深思:"所费多于所当费,或所得少于所可得,都是浪费。"因此希望读者懂得珍惜时间,注重学习效率。

伟大的物理学家爱因斯坦曾经说过,"支配人们行动的最寻常的观点是始终如一的,凡在小事上对真理持轻率态度的人,在大事上也是不足信的。""苦和甜来自外界,而坚强则来自内心,来自一个人的自我努力。"

作者仅以上述言论,勉励每一个将要开始学习大学物理的读者。

需要全本请访问 www.ertongbook.com