

137
面向 21 世纪课程教材
Textbook Series for 21st Century

力学

卢民强 许丽敏



A0965251



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

内容提要

本书是教育部“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”的研究成果,是面向 21 世纪课程教材和教育部“九五”规划教材.本书较好地吸收了现代物理学发展的新成果和新概念,注意培养应用理科人才理论联系实际、开拓创新的素质和能力.全书包括绪论,质点力学,能量、动量、角动量及其守恒定律,刚体的运动,流体的运动,机械振动,机械波,力学与天体的运动,力学在现代技术中的应用,相对论力学,从经典力学到量子力学,非线性力学基本概念等内容.

本书可以作为物理类专业课程的教材,也可供有关专业的学生和教师参考.

图书在版编目(CIP)数据

力学/卢民强等. —北京:高等教育出版社,2002.7

本科物理类教材

ISBN 7-04-010471-7

I. 力... II. 卢... III. 力学—高等学校—教材 IV. 03

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 084780 号

力学

卢民强 许丽敏

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号
邮政编码 100009
传 真 010-64014048

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所
排 版 高等教育出版社照排中心
印 刷 北京外文印刷厂

开 本 787×960 1/16
印 张 16.75
字 数 300 000

版 次 2002 年 7 月第 1 版
印 次 2002 年 7 月第 1 次印刷
定 价 19.60 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

序

在教育部的组织领导下,南京大学、武汉大学、华东理工大学、石油大学(华东)和西安交通大学共同承担了教育部“高等教育面向 21 世纪应用物理类专业教学内容和课程体系改革”项目的研究.经过几年努力,大家已经取得了共识:在新世纪到来之际,应用物理类专业人才除了必须具备一般本科毕业生应有的共同素质之外,还应该具有比较广博、扎实的物理学基础理论知识和实验技能,并且能将物理学规律创造性地运用到经济建设的各个领域中去,具有较强的应用能力和较高的实际本领.为此,必须根据这样的培养目标较大幅度地调整和修改原有的教学计划和各课程的教学大纲.大家还认为:在“知识爆炸”的时代,新知识、新技术和新方法层出不穷,什么都学既不可能,也无必要,必须有所取舍,有所侧重.对于应用物理类各专业的本科生,应该重点学好普通物理学中的 5 门课程.学好了普通物理学,就能掌握物理学最基本、应用范围最广的各种概念、规律和方法,得到一个物理学工作者所必需的初步训练,并且可以为继续前进打好扎实的基础.5 校有关老师共同深入研究探讨了新的普通物理课程的要求、学时和大纲,在此基础上分工编写了这套普通物理学教材.

过去,专门为应用物理类专业编写的普通物理学教材和讲义并不多.各校在教学中大多是采用“纯理科”物理系的普通物理学教材再加以某些压缩,或者是采用工科的大学物理教材并加以补充.这些教材虽然各有长处,但并不完全适合于应用物理类专业的培养目标.因此,我们现在编写的这套教材与已有的教材有较多的区别,除了力图较好地反映世纪之交科学发展的新成果、新观念之外,特别注意培养应用理科人才所必须的理论联系实际、开拓创新的素质和能力.在编写过程中,各校总结了自己丰富的教学经验,对于内容的取舍和安排,重点和难点的处理,重要概念、定律的导出方式以及物理学发展的辩证过程,都有许多独到之处.当然由于这类教材总的说来还处于初创阶段,难免有不够完善的地方,我们衷心地希望广大读者随时批评指正,以便今后进一步修改补充.

吴寿煌 柯善哲

2000 年 5 月

前 言

力学是物理学的一小部分,本书所涉及的内容又仅仅是力学的一部分.本书主要是为应用物理专业的学生编写的,适宜于少学时的教学.本书中强调了能量、动量、角动量这三个重要的物理量,宏观物体的质点模型、刚体模型、弹性体模型、流体模型这四个简单的物理模型,及其平动、转动、振动、波动和流动这五种机械运动形式.这些基本内容概括为书中的前六章.第七章和第八章主要介绍了力学在两大方面的应用:(一)力学与天体的运动(用力学来解释一些自然现象);(二)力学在现代技术中的应用.最后三章简要介绍了力学在20世纪的三个方面的发展,即相对论、量子力学和非线性力学.为了使教材在教学中有比较大的弹性,在教学过程中,教师可以灵活地选取后面两部分的内容.本书在绪论中强调了物理学的自然观和方法论,不过主要是针对力学的(如果说“力学的自然观和方法论”,似乎不太合适),所以是远不完整的,没有涉及电磁学、光学中的场,没有涉及相对论的时空观,没有涉及量子论中的不确定性和统计性,没有涉及量子真空和暗物质,也没有涉及非线性带来的复杂性以及热物理中的熵定律.我们认为,在普通物理的教学中,自然观和方法论的教育是应当重视的.物理学是自然科学的基础,在其开始成长和发展过程中是为了认识理解和解释自然现象,但是最重要的是改造自然,在技术中应用物理学从而达到改造自然的目的,这就是应用物理.然而,四百多年来的技术发展历史使我们看到,技术是一把双刃剑,技术发展的副作用是不可低估的,必须要在正确的自然观的指导下去应用物理学的知识开发新技术.

1996年夏季,五所高等学校的有关物理老师在西安交通大学召开了应用物理专业普通物理教材编写讨论会,我校承担了《力学》教材的编写任务,其教学要求和编写大纲曾经五校有关老师共同讨论商定.在此基础上,我整理了自己多年来的教学备课笔记,在1997年编写了“力学讲义”,作为我校应用物理专业学生的教材,并且和五校老师多次讨论这本讲义.吴寿煌教授仔细审阅了这本讲义,并提出了许多宝贵的书面修改意见;秦允豪、马光群、王永昌、陈端刚、于国萍、贾瑞泉等教授也在多次的讨论中提出过宝贵的建议和意见;1999年初,倪光炯、贾起民、陈英礼、潘孝仁等教授又在对本教材的评审过程中提出了许多宝贵意见.在此基础上,我对讲义做了仔细修改.在成书的过程中,我又请我校的许丽敏教授编写了第一章、第二章、第三章、第五章、第六章、第九章的思考题和习题.南京大学的柯善哲教授、高等教育出版社的董洪光同志对本书的出版十分关心,提

出了不少宝贵的意见.此外,在成书过程中,我还得到了张兆奎教授、戴坚舟教授和我校教务处多位老师的帮助.编者对以上许多同志致以衷心的感谢.

由于编者水平所限,加上编写时间十分仓促,书中肯定有不少错误和疏漏的地方,敬请读者批评指正.

卢民强

2001年11月于华东理工大学

目 录

绪论	1
§ 1 物理学的自然观	1
§ 2 物理学的方法论	10
§ 3 物理学与技术	16
§ 4 怎样学习物理学	17
思考题·习题	17
第一章 质点力学	19
§ 1 质点模型	19
§ 2 参考系、坐标系、时间与空间的计量	19
§ 3 位矢、速度和加速度矢量	21
§ 4 质点运动学问题	23
§ 5 相对运动	27
§ 6 牛顿定律 惯性系	28
§ 7 自然界和技术中的力	29
§ 8 质点动力学问题	31
§ 9 动力学和非惯性系	36
思考题	39
习题	41
第二章 能量、动量、角动量及其守恒定律	49
§ 1 核心概念的转移	49
§ 2 功与动能	49
§ 3 保守力的功与势能	54
§ 4 机械能守恒定律	56
§ 5 动量守恒定律	61
§ 6 有质量迁移的系统	64
§ 7 质心系	66
§ 8 碰撞	69
§ 9 角动量守恒定律	73
思考题	77
习题	79
第三章 刚体的运动	87
§ 1 刚体模型与刚体运动的形式	87

§ 2 刚体的定轴转动	88
§ 3 刚体的平面平行运动	95
§ 4 刚体的定点转动	99
思考题	100
习题	101
第四章 流体的运动	107
§ 1 理想流体模型与流体的定常流动	107
§ 2 伯努利方程	111
§ 3 粘滞流体的流动	114
§ 4 相似性方法	117
思考题	120
习题	120
第五章 机械振动	124
§ 1 线性简谐运动	124
§ 2 简正模	129
§ 3 阻尼振动	130
§ 4 受迫振动	132
§ 5 共振	133
§ 6 简谐运动的合成与分解	135
思考题	138
习题	140
第六章 机械波	145
§ 1 机械波的形成与一般特征	145
§ 2 弹性介质	146
§ 3 波动方程	148
§ 4 平面简谐波的波动函数	152
§ 5 波的能量和能流	154
§ 6 波的反射和透射	156
§ 7 波的干涉 驻波	158
§ 8 声音	160
§ 9 多普勒效应与超波速运动	162
§ 10 波的群速与相速	164
§ 11 孤立波	165
思考题	166
习题	167
第七章 力学与天体的运动	172
§ 1 引力场	172
§ 2 宇宙的运动学与动力学	176

§ 3 银河系 星球	178
§ 4 行星的运动	180
§ 5 地球的自转	182
§ 6 潮汐 大气运动	183
思考题	187
习题	188
第八章 力学在现代技术中的应用	190
§ 1 火箭的运动	190
§ 2 三种宇宙速度	191
§ 3 宇宙飞船轨道的设计	192
§ 4 卫星的坠落	194
§ 5 回转罗盘	195
§ 6 地震中心的测定	196
§ 7 运动物体速度的测量	196
§ 8 α 粒子的散射	197
思考题	199
习题	200
第九章 相对论力学	203
§ 1 牛顿相对性原理和伽利略变换	203
§ 2 爱因斯坦的相对性原理和光速不变原理	204
§ 3 同时的相对性	205
§ 4 时间延缓与长度收缩	206
§ 5 洛伦兹变换	209
§ 6 相对论中的光行差和多普勒效应	212
§ 7 相对论质量与动量、动能	213
§ 8 动量变化率的变换	216
§ 9 相对论动力学问题	217
§ 10 广义相对论的基本概念	221
思考题	226
习题	227
第十章 从经典力学到量子力学	230
§ 1 经典力学应用于微观世界的困难	230
§ 2 量子力学的基本概念与基本原理	235
§ 3 量子力学的形式体系	241
第十一章 非线性力学基本概念	245
§ 1 引言	245
§ 2 动力学系统的形态	247
§ 3 分岔与突变	249

§ 4 庞加莱截面与映射	239
§ 5 Logistic 映射	240
§ 6 非保守系统中的混沌	243
§ 7 保守系统中的混沌	244
§ 8 分数维与分形	246
中英文索引	248

绪 论

§ 1 物理学的自然观

1. 引言

自然观是人们对于自然界的总体认识,这种认识对于人们的生活与工作具有极大的影响,有时甚至具有指导意义.人是有理智的生物,并非混混沌沌地生存在这个世界上,虽然人属于自然界,但人具有认识能力,正是人类开始了对于自然界的认识.人们要理解这个世界,使自己的生存具有意义,便会面对大自然进行思考、探索,于是就导致了科学的起源,物理学的起源.物理学起源于古代各民族,尤以古代中国和古代希腊最为突出.直至 15~16 世纪,由于欧洲文艺复兴运动的推动,才开始有了世界性的、近代意义上的自然科学、物理学.在中国,从古代到近代的物理学,也在 20 世纪初以科学与民主为旗帜的“五四”运动的推动下,逐渐融入了统一的、世界性的物理学之中.欧洲的文艺复兴运动在人文主义旗帜下广为传播,其最伟大的功绩之一就是促使了近代天文学与物理学的诞生.

在近代物理学及其自然观的诞生与发展过程中,首先是哥白尼的日心说取代了古代各种自然观.哥白尼推翻了古希腊托勒密的地心说,认为地球和其他行星均绕太阳作匀速圆周运动,尔后开普勒在第谷精密的天文观察数据的基础上提出了椭圆轨道运动理论.被称为近代科学之父的伽利略用自制的天文望远镜观察天体运动,支持哥白尼、开普勒的理论,发展了观察、实验方法.在开普勒、伽利略等人工作的基础上,牛顿确立了力学的三条基本定律及万有引力定律,并根据这些定律进一步阐明了导致行星绕太阳沿椭圆轨道运动的动力学机制.但是,为了说明行星初始横向速度,不得不提出所谓“第一推动”的假说.到了 18 世纪,牛顿创立的力学获得了很大的发展.为了克服“第一推动”假说带来的困难,康德提出了宇宙演化的观点,认为太阳系由气云在万有引力作用下收缩而成.在 19 世纪,拉普拉斯进一步证明,气云在收缩过程中,角动量是不变的,由此必定形成如太阳系那样旋转的盘状结构.拉普拉斯的理论还可以阐明更大的天体系统(如银河系)的旋转盘状结构,促进了天体物理学的发展,从而促进了人们对于自然界的认识.

在 19 世纪,物理学获得了全面的发展:原子论、分子动理论、热力学、电磁

学、光的电磁理论等等,逐步深化了人们对于自然界的认识,物理学在技术中的广泛应用也大大地加强了。

到了 20 世纪,以相对论和量子论为代表的物理学更是以前所未有的速度迅速向前发展着,物理学在技术中的应用更加广泛而深入.现在,物理学又开始向研究一些更复杂现象方向发展.所有这一切都极大地改变了地球表面的面貌,大大地加深了人们对于自然界的认识,深刻地影响着人们的自然观。

说时的宇宙

如果我们生活在地球上,地球只是太阳系的一颗行星.我们可以用天文望远镜看到月球上的环形山,可以看到太阳系中的其他八大行星:离太阳最近的行星是水星,其次是金星,再次是我们地球,然后依次是火星、木星、土星、天王星、海王星与冥王星,它们的一些基本参量的数据已被人们测得相当精确(见表 0-1)。

表 0-1 太阳系内各行星的基本参量

类别	行星	轨道 半长轴 (地球 = 1)	轨道面 与黄道 面夹角	轨道 偏心率	赤道 半径 km	公转 周期 (地球 年)	自转 周期 (地球 日)	质量 (地球 = 1)	平均 密度 (g/cm^3)	表面 平均 温度 $^{\circ}\text{C}$	表面 大气压 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$	卫星数
类地行星	水星	0.39	7.0°	0.206	2 440	0.241	58.65	0.056	5.43	昼 430 夜 -170	/	0
	金星	0.72	3.39°	0.007	6 070	0.615	243.01	0.82	5.25	460	90	0
	地球	1.00	0	0.017	6 378	1.00	0.997	1.00	5.50	15~20	1.0	1
	火星	1.52	1.85°	0.093	3 389	1.88	1.026	0.108	3.93	昼 -33 夜 -85	0.008	2
类木行星	木星	5.20	1.30°	0.049	71 540	11.86	0.0415	318	1.33	/	/	16
	土星	9.5	2.49°	0.054	60 330	29.46	0.445	95.1	0.71	/	/	23?
	天王星	19.2	0.77°	0.047	26 145	84.01	0.718	14.5	1.24	/	/	15
	海王星	30.1	1.77°	0.009	25 000?	164.79	0.669	17.2	1.67	/	/	8
?	冥王星	39.2	17.2°	0.25	1 500 ~1 800	250.3	6.4	0.002	0.4~ 1.0	昼 -229 夜 -270	0.000 1 ~0.05	1
小行星带		2.3~3.3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

* 表中数据摘自《定性与半定量物理学》^①。

① 赵凯华. 定性与半定量物理学. 北京: 高等教育出版社, 1991. 201

太阳是一颗恒星,它主要依靠热核反应而发光发热(见表0-2).太阳的表面温度约为6 000 K,中心温度约为 1.5×10^7 K.太阳的光和热决定着人类和地球上一切生物的命运.单位时间内在地球大气层外单位垂直面积上的太阳辐射能称为太阳常量,约为 0.14 W/cm^2 ,这是一个极为重要的数据.太阳的结构相当复杂.太阳大气大致分为光球、色球和日冕,大气最底层为光球,由它发出太阳的全部光能;光球之上为比较稀薄透明的色球层;最外层是日冕,由极稀薄气体组成.光球内部依次为对流层、中介层、日核.日核中进行着剧烈的热核反应,中介层中进行着辐射扩散过程,对流层中有湍流造成的米粒结构.太阳大气有着许多变化的现象,如太阳黑子、光斑、谱斑、耀斑、日珥和太阳射电,统称为太阳活动.太阳的结构与太阳的活动属于太阳物理的研究对象.太阳活动对地球物理现象有重大影响,不过,地球上的人类对此最多只能预报而已.

表0-2 太阳的基本参量

半径 $6.966 \times 10^8 \text{ m}$	质量 $1.991 \times 10^{30} \text{ kg}$
平均密度 $1\,410 \text{ kg/m}^3$	表面重力加速度 $2.739\,8 \times 10^2 \text{ m/s}^2$
表面逃逸速度 617.7 km/s	普遍磁场 $\approx 10^{-4} \text{ T}$

* 表中数据摘自《天体物理学》^①.

从更大的尺度看,太阳系只是一个非常小的盘,如果用光的传播速度度量,太阳系的半径大约不足一个光天(光天即光在一天中走过的距离).

我们的太阳系属于更大的称为银河系的天体系统.银河系中有约 10^{11} 个如太阳那样的恒星,银河系也是一个旋转的盘,盘的直径约 10^5 l.y. ,盘中间厚约 10^4 l.y. .太阳到银心的距离约 $3 \times 10^4 \text{ l.y.}$,太阳绕银心公转周期约 $2 \times 10^8 \text{ a.}$

利用更大的天文望远镜,在银河系外发现了约 10^{11} 个星系,星系间的距离在 10^6 l.y. 以上.在广漠的太空中,星系又组成星系群(我们的银河系所属的星系群称为“本星系群”),星系群由约 10^3 个星系构成,星系群直径约有 10^7 l.y. ,呈非盘状,但也显示出旋转运动.更大的天体系统是超星系团,直径可达 10^8 l.y. ,由约 10^3 个星系群组成.各超星系团之间是相连的,物质分布呈网状,空间反被隔隔开成空洞,超星系团无明显的旋转运动.现在最强大的望远镜可以观察到 10^{10} l.y. 远处的天体.哈勃发现,当把半径为 $3 \times 10^9 \text{ l.y.}$ 的遥远天区进行比较时,宇宙中星系的分布在大尺度上是均匀的.

超星系团的特征与星系的特征(旋转盘状)很不相同,但仍可以用拉普拉斯的星云说来解释.星云说认为,只要初始气云具有一定的角动量,无论原始形状如何,收缩之后必呈旋转盘状,但收缩需要时间,尺度较小的天体系统已完成了收缩过程,而尺度很大的天体系统尚未完成收缩过程.收缩过程所需的特征时间与天体系

① 李宗伟,肖兴华.天体物理学.北京:高等教育出版社,2000.108

统的平均密度有关,估计银河系的特征时间为 10^7 a,超星系团为 10^{10} a.

上面所述表明了气云存在在时间上是有限的,这是依据现时宇宙的存在形态作出的判断.

宇宙由物质构成,而物质(如地球上的岩石)是由分子构成的,分子由原子构成.大致说来,已观察到的宇宙的大小与地球相比就如地球的大小与原子相比那样.我们地球上的人类正好处于中间位置,既能用望远镜看到包含无数个星球与星系的广漠的宇宙,又能用显微镜洞察极小的分子和原子.利用强大的粒子加速器,人们还可以“看到”原子由更小的原子核及核外电子构成,原子核由如质子、中子那样的核子粒子构成,而这种粒子由几个夸克构成,但夸克可能永远禁闭在核粒子中.与夸克属于同一层次的微观粒子还有轻子,如电子、中微子等,此外还有场量子,如光子、胶子等.我们把构成物质世界的各种最基本的粒子列表如下:

表 0-3 基本粒子分类表

粒子种类			自旋/h	质量/MeV	电荷/e
规范粒子	光子	γ	1	0	0
	W^+		1	0.1×10^4	1
	中间玻色子	W^-	1	8.1×10^4	-1
		Z^0	1	9.4×10^4	0
	胶子	g	1	0	0
轻子	电子	e	1/2	0.511	-1
	e 中微子	ν_e	1/2	0	0
	μ 子	μ	1/2	1.0×10^2	-1
	μ 中微子	ν_μ	1/2	0	0
	τ 子	τ	1/2	1.78×10^3	-1
	τ 中微子	ν_τ	1/2	0	0
夸克	下夸克	d	1/2	9	-1/3
	上夸克	u	1/2	5	2/3
	奇异夸克	s	1/2	1.75×10^2	1/3
	粲夸克	c	1/2	1.25×10^3	2/3
	底夸克	b	1/2	4.59×10^3	-1/3
	顶夸克	t	1/2	$3 \times 10^4 \sim 5 \times 10^4$	2/3
希格斯粒子	0				

物质世界的空间尺度可用图 0-1 表示:

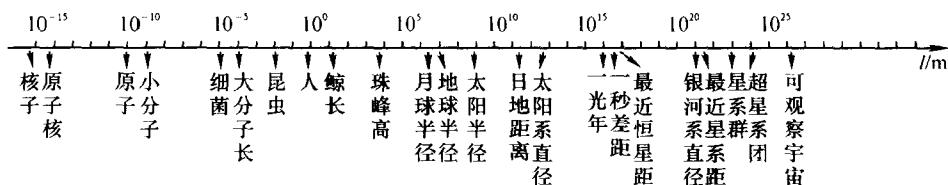


图 0-1 物质世界的空间尺度

3. 宇宙的演化

20 世纪初,人们发现星系的光谱有红移现象,即光谱线比起它们在太阳光中光谱线的正常位置稍微向红端移动,这种现象可以用多普勒效应解释,这种效应是指由于光源与接收者之间的相对运动所引起的接收到的光频率的变化,按这种解释,绝大多数星系都在以不同速度运动而远离我们。

1929 年哈勃(Hubble)发现,星系光谱的红移所意味的星系退行速度和它们离开我们的距离成正比,这个关系称为**哈勃定律**:

$$v = H_0 \cdot r \quad (0.1)$$

比例系数 H_0 称为**哈勃常量**,若 r 用 l.y.(光年)作单位,则

$$H_0 \approx 1.5 \times 10^4 \text{ m}/(\text{s} \cdot 10^6 \text{ l.y.})$$

按哈勃定律,所有星系都离我们(银河系)而去,似乎银河系处于宇宙的中心,其实我们的银河系在 10^{11} 个星系中并未占据中心位置,诸多星系只是彼此分离而已,宇宙没有中心.可以证明,宇宙均匀(在大尺度上),宇宙无中心与哈勃定律是相容的.这实际上是一幅宇宙膨胀的图景,被人们认为是哥白尼以来人类对于宇宙认识的一次飞跃.由此也可以解释人们熟知的夜间的天空是黑的原因。

宇宙的膨胀显示,星系的运动可能是许多年前的一次大爆炸引起的.若果真如此,我们可以估算宇宙的年龄,即从大爆炸开始到现在的时间.按哈勃定律,这段时间 T_0 是哈勃常量的倒数:

$$T_0 = \frac{1}{H_0} \approx 2 \times 10^{10} \text{ a} \quad (\text{目前估计宇宙年龄约为 } 1.3 \times 10^{10} \sim 2 \times 10^{10} \text{ a})$$

由宇宙的年龄可以估算现时宇宙的大小:

$$R_0 = cT_0 \approx 2 \times 10^{10} \text{ l.y.}$$

从古至今,宇宙的起源问题始终是哲学家们思考与诗人想象的中心.这个问题步入科学的殿堂是在 20 世纪,只是到了 20 世纪 80 年代,人们的认识才获得重大的突破,它与物理学对于宇宙中各种相互作用力统一的研究有关。

现代物理学认为,支配宇宙过程的各种力在本质上是统一的.超大统一理论认为,在宇宙创生的最初(约在 10^{-43} s 之前),温度超过 10^{32} K,能量超过 10^{19} GeV,一种单一的统一的力支配着所有的相互作用.尔后,由于宇宙膨胀,温度降低,这统一的力才分裂成引力、电磁力、强相互作用和弱相互作用,宇宙才演化成我们今天所见到的样子.我们知道,电磁光的统一理论是 19 世纪中叶完成的;1967 年,弱电统一被确认.大统一是指强、弱电的统一,超大统一是指引力与强弱电的统一.

超大统一力的支配作用到 10^{-39} s 时就结束了,引力与强弱电分离,时空起源.到 10^{-35} s,温度降至 10^{28} K,膨胀中的宇宙发生了相变即出现了暴涨,大统一的强弱电分裂为弱电力与强相互作用.到 10^{-12} s,温度降至 10^{15} K,又一次相变使弱电分裂.至 1 s 时温度已降至 10^{10} K,宇宙物质在引力、电磁力、强相互作用与弱相互作用的作用下造成了轻元素的起源.至 10^6 a,温度降至 3 000 K,才有星体的起源.宇宙演化至今已达 10^{10} a,温度已降至 3 K.古人类出现在距今 $(2.5 \sim 4) \times 10^6$ a 之前,人类文明史只不过才 5000 a.

1965 年,彭齐亚斯(Penzias)和威尔逊(Wilson)发现了相当于 2.7 K 的宇宙微波背景辐射,被认为是对宇宙大爆炸演化理论的有力支持.

关于宇宙的起源与演化,是宇宙学、天体物理学的研究对象.以上的概要叙述表明,我们现时看到的宇宙并非永远不变,而是不断演化的.宇宙的未来如何?这比起对宇宙起源的探索更为奥妙无穷.在人类面前尚有许多未知的事物和领域,有待人类去研究和认识.

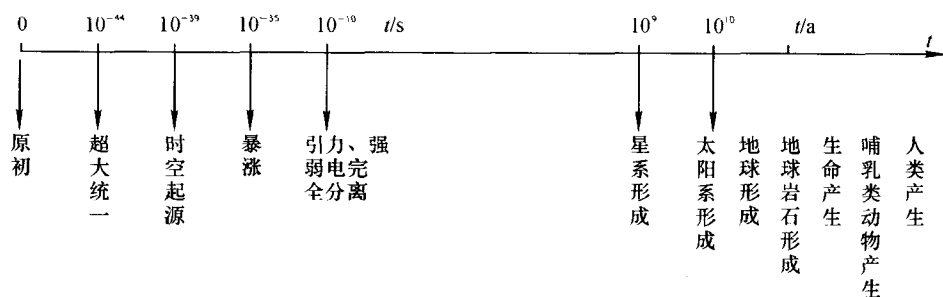


图 0-2 宇宙的演化

4. 宇宙中的地球

当我们把视线从茫茫太空移至脚下的地球,我们将会发现,我们对地球的了解还不及对太空中星球的了解更为深入.我们可以用望远镜观察来自外星球的

光,这些光线中含有许多来自外星球的信息,但我们却无法透视地球的内部,只能从对太阳系的天文观察,对来自太阳系的陨石的化学成分及放射性进行分析,得知太阳系是在约 5×10^9 a 前形成的,由此来推知地球(从地球岩石的成分与放射性分析也得到类似的结论)。

不管宇宙中是否可能存在其他有生命的行星,我们仅知道太阳系内的地球对各种生命的存在特别适宜.适当的太阳常量、地球质量与半径以及适当的日地距离等使得地球从阳光中吸收的热量与地球辐射到太空中去的热量平衡,恰好使地球温度允许液态水的存在.地球大气与液态水的存在对于生命的起源与演化是必须的.估计地球形成早期的大气与现在不同,大气中的氧是生物创造的,大约在 6.5×10^7 a 前才稳定到现在这样的状况。

地球上还有许多重要的物理现象,如气象、海象等的变化,受太阳、月球的影响.此外,我们还可以看到内力的作用,这种作用是由地球内部的热量推动的.其中大部分的热量是从长寿命的放射性元素的衰变中获得的,还有一些可能是地球形成时原始引力能量保存下来的.大陆板块构造、火山活动、地震和造山运动都是内力作用的例子。

地球的内力与地球内部构造有关.把地球总质量除以总体积,算得地球平均密度为 5.5 g/cm^3 ,而地表岩石的平均密度却小于 3 g/cm^3 ,由此可知地球内部有高密度物质.现在只有地球表层可以直接采样,探测地球内部最有效的方法是利用地震波来探查,今天我们对地球内部的认识有许多来自地震学.当地震(自然的或人工的)发生时,振动能量以多种地震波的形式穿过地球,面波沿地表或地球内边界传播,体波穿过地球内部.体波又分为纵波(P波)与横波(S波),如声波就是P波,琴弦上的波就是S波.P波能通过固体和流体,而S波只能通过固体,不能通过流体;此外,P波速度大于S波速度.用地震方法和其他方法可以探知地球的内部^①。

现在人们初步认识到,地球内部是分层的,在地下几十公里处地震波速突然增大,这一层面称为M界面,M界面以上部分称为地壳,以下部分是地幔(又分上地幔和下地幔),在2900 km深处,P波波速陡然变小,而S波消失,这说明在此深度的物质处于液态,直至5000 km以下,此外还有一个可传播S波的固态内核,内核外的液态部分称为外核.地幔的密度约为 $3.3 \text{ g/cm}^3 \sim 5.69 \text{ g/cm}^3$,地核密度约为 $9.9 \text{ g/cm}^3 \sim 13 \text{ g/cm}^3$,地核的主要成分估计是铁和镍.地壳至少可以分成两种不同类型:大洋壳和大陆壳.大洋壳平均厚8 km,约占地壳总面积的65%,大陆壳厚25~50 km,其面积约占地壳总面积的35%,大陆壳与大洋壳交界处为大陆架,约占地壳总面积的6%.大陆、大陆架、大洋、海洋与大气、地质等

① 参阅:F.J.索金斯.地球的演化.张友南等译.北京:科学技术文献出版社,1982

问题属于地球物理学的研究对象。

地壳中的有限资源与人类生活密切相关:地下水资源、矿物资源(如非金属磷酸盐、富金属铁、稀有金属等)、能量资源[如煤、石油、天然气等以及铀(核能)、水力能、地热能等],等等。人类的生活还受日地关系的重大影响。

人类认识大自然,一方面要认识宇宙的存在与演化,物质的各层次结构及其运动变化规律;另一方面更重要的是,在一般认识的基础上,加强对与人类生活密切相关的太阳、地球和月球以及日地关系、地月关系的特殊认识。这样我们就可以形成一般与特殊相结合的切实有效、实用的自然观。

5. 以地球为中心的自然观

我们生活在地球上,很自然地会以地球为中心看待整个大自然,哥白尼以前的自然观即是如此。哥白尼的伟大贡献在于,他纠正了古代(以及中世纪)的以托勒密为代表的地球中心说,建立了太阳中心说,能统一地解释天体现象。然而,近代科学的发展使我们认识到,太阳只是银河系中一颗极为普通的恒星,并不在银河系的中心,而银河系又是宇宙中众多星系中极其普通的星系,我们从天文观察得知宇宙并没有中心。太阳也好,地球也好,都是那么地普通、平凡,太空中具有类似地球那种物理条件的星球何止千万!于是,人们认真地寻找地球外的生命,甚至地外文明,但至今没有结论。虽然有人制订计划在21世纪送一万人移居月球,还要认真地考察火星以便将来送人移居火星,但不管如何,对于几十亿的居民来说,地球是他们唯一的居住地,我们怎能将地球看得极为普通而平凡呢?我们从现实出发,不得不把地球看成是极不普通、极不平凡、极其重要的一颗星球。

从宇宙的演化来看,自大爆炸以来经历了约 $1.3 \times 10^{10} \sim 2.0 \times 10^{10}$ a 的时间才产生了地球,进化出人类,地球已有约 5.0×10^9 a 的历史。虽不能说地球及其居民在宇宙中是唯一的,但可以认为这是极为罕见的。大自然能进化出具有认识自然和自身能力的人类,不能不说是一个奇迹。现代物理分析得出,物理常量如引力常量、电子电荷、电子质量的相对变化若超出 10^{-11} ,就不可能进化出人类!现代物理学表明,人类所能理解的物理定律都可以从逻辑简单的原理“导出”,这是人的思维认知可以接受的。符合人的思维的逻辑简单性几乎限定了物理定律只能是这样,而不是那样!

由上述内容看来,我们似乎应当采取以地球为中心,以人类为中心的自然观。

据说,许多人认为20世纪最重大的事情不是发现了相对论和量子论,而是发现了地球的极限。人与地球休戚相关。地球的资源极其有限、不能再生,而人口的增长和地球资源的消耗却在大大加速。所谓的富国和技术发达国家的资源已经消耗了,并且他们继续不成比例地大量消耗地球的资源,如美国人口只占世界