

普通高等教育“十一五”精品课程建设教材

大学物理

DAXUE WULI JIANMING JIAOCHENG

简明教程

金仲辉 申兵辉 主编



中国农业大学出版社

04/317

2007

大学物理简明教程

金仲辉 申兵辉 主编

中国农业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

大学物理简明教程/金仲辉,申兵辉主编. —2 版. —北京:中国农业大学出版社,
2007.7

ISBN 978-7-81117-231-7

I. 大… II. ①金…②申… III. 物理课-高等学校-教材 IV. 04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 090176 号

书 名 大学物理简明教程

作 者 金仲辉 申兵辉 主编

策划编辑 席 清

封面设计 郑 川

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路 2 号

电 话 发行部 010-62731190,2620

编辑部 010-62732617,2618

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

经 销 新华书店

印 刷 涿州市星河印刷有限公司

版 次 2007 年 7 月第 1 版 2007 年 7 月第 1 次印刷

规 格 787×980 16 开本 21.75 印张 401 千字

印 数 1~4 000

定 价 28.00 元

责任编辑 张苏明

责任校对 王晓凤 陈 莹

邮政编码 100094

读者服务部 010-62732336

出 版 部 010-62733440

e-mail cbsszs@cau.edu.cn

图书如有质量问题本社发行部负责调换

前 言

物理学研究自然界各种最基本的运动形态,它为自然界中的物质结构、物质的相互作用和运动规律提供了一幅丰富多彩、结构严谨的图画。人类自古至今的科学发展史雄辩地说明,物理学是一切自然科学、技术科学、生命科学乃至某些社会科学的基础,历史上的一些重要技术革命,社会生产力的每一次飞跃提高,无不以物理学的进展为先导。当前科学技术发展越来越呈现出各学科交叉与结合的特征,在这种学科交叉的大趋势中,最广泛和最具影响力的乃是与物理各学科的交叉与融合,而在生命科学日益成为科研热点的今天,物理学及其技术在农学的科研和技术发展中起着越来越重要的作用。

如何给非物理专业的学生,尤其是农科的学生讲授大学基础物理的课程,在农业院校中有不同的看法。一种看法是,既然讲授的对象是农学(和生物)的学生,讲授的内容乃至教材要与他们的专业相结合,简言之,物理课要为专业服务。另一种看法是,物理学是一切自然科学的基础,农科专业和理工科专业的学生一样,需要具备有关物理学知识的扎实基础;物理学中的一套最全面、最有效的科学方法以及物理学课程对学生科学素质所起的作用是其他课程无法替代的,这才是物理课程的主要目的。我们持后一种看法。实际上作为大学基础物理课程及其教材也是难以直接服务于专业的。一则我们的教师不够熟悉农学专业;二则即使对某一专业的某些方面有所了解,如果对此作较详细的介绍,也会喧宾夺主,冲淡大学基础物理的教学目的;三则农科有数十个专业,数十学时的物理课程及其教材何能做到都为它们服务,这是根本办不到的事情。当然,我们也主张在大学物理课程及其教材中,在可能的情况下举些物理学及其技术在农学中的应用实例,以此说明物理学也是农学的基础和提高学生学习物理学的兴趣,这对物理学教学无疑是有益的。

此外,学校的一些研究生和教师经常向我们物理教师请教他们在工作中遇到的一些问题。我们发现,这些问题并不涉及高深的物理学知识或物理学前沿问题,而往往是些物理学基础知识。这从一个侧面告诉我们,加强大学基础物理学教学是很重要的。

为了适应许多农、林院校物理学课程学时较少的状况,在本书编写过程中舍弃了大学基础物理学中的力学内容,对热学、电磁学、光学和量子物理基础中较深的

内容也作了适当的删减。但对书中所涉及的物理概念、原理和规律,依然力求从现象、实验出发,着眼于物理内容的阐述和物理本质的揭示,希望能给读者留下清晰的物理图像。书中内容还包含了编者的一些相关研究成果。我们还对促进教材内容的现代化做了适当的努力,专门列出“物理专题”一章,它包含了原子能及其应用、激光、半导体物理基础和超导电性等内容,供读者选读。

本书共 12 章,每章后都附有一定数量的习题,这些习题基本上采用了《大学物理》(金仲辉主编,中国农业大学出版社 2002 年出版)中的习题。书后附有习题解答,供读者复习使用。

本书请北京大学博士生导师史譔教授审稿。她指出了原书稿中的一些疏失,并提出了中肯的意见和建议,基于这些建议所做的修改使本书生色不少。本书的第 1 章由北京农学院柴丽娜副教授执笔,第 2 章由北京农学院徐晓洁副教授执笔,第 3 章和第 4 章由贵州大学彭仕政教授执笔,第 5 章、第 6 章、第 7 章、第 10 章和第 11 章由中国农业大学申兵辉副教授执笔,第 12 章由长江大学曾庆军副教授执笔,绪论、第 8 章和第 9 章由中国农业大学金仲辉教授执笔。申兵辉副教授和金仲辉教授负责全书的统稿。书中难免有疏漏和错误之处,请读者不吝指正。

本书可供高等农、林、牧、水院校中农科各专业及水产、林业、畜牧、兽医等专业使用。

目 录

绪论	(1)
第1章 流体力学	(5)
1.1 流体静力学	(5)
1.1.1 静止流体内应力的特点 压强	(5)
1.1.2 静止流体内两点的压强差	(7)
1.2 理想流体的定常流动	(8)
1.2.1 理想流体	(8)
1.2.2 定常流动 流线和流管	(9)
1.2.3 连续性方程	(10)
1.2.4 伯努利方程	(10)
1.2.5 伯努利方程的应用	(12)
1.3 黏滞流体的运动	(14)
1.3.1 层流的黏滞定律	(14)
1.3.2 泊肃叶公式	(15)
1.3.3 湍流 雷诺数	(16)
1.3.4 黏滞流体中运动物体受到的阻力	(17)
习题	(18)
第2章 液体的表面性质	(21)
2.1 液体的表面张力	(21)
2.2 弯曲液面的附加压强	(24)
2.3 毛细现象	(27)
2.3.1 接触角	(27)
2.3.2 毛细现象	(28)
习题	(31)
第3章 气体动理论	(33)
3.1 理想气体状态方程	(33)
3.1.1 宏观描述与微观描述	(33)

3.1.2 平衡态和非平衡态 热力学平衡·····	(34)
3.1.3 理想气体状态方程·····	(34)
3.2 麦克斯韦气体分子速率分布律·····	(35)
3.2.1 麦克斯韦气体分子速率分布律·····	(35)
3.2.2 麦克斯韦 3 种统计分子速率·····	(36)
3.3 玻耳兹曼分布·····	(38)
3.3.1 玻耳兹曼能量分布·····	(38)
3.3.2 大气分子分布·····	(39)
3.4 能量均分定理·····	(39)
3.4.1 理想气体的压强公式·····	(40)
3.4.2 理想气体的温度公式·····	(41)
3.4.3 能量均分定理·····	(42)
3.4.4 理想气体的内能·····	(44)
3.5 分子的平均碰撞频率和平均自由程·····	(44)
3.5.1 分子的平均碰撞频率·····	(45)
3.5.2 分子的平均自由程·····	(45)
3.6 输运现象的气体动理论·····	(46)
3.6.1 气体的黏滞性·····	(46)
3.6.2 热传导·····	(47)
3.6.3 扩散·····	(47)
习题·····	(48)
第 4 章 热力学基础 ·····	(50)
4.1 热力学第一定律·····	(50)
4.1.1 系统的内能、功和热量·····	(50)
4.1.2 热力学第一定律·····	(51)
4.1.3 平衡过程中的热力学第一定律·····	(51)
4.1.4 热力学第一定律对理想气体过程的应用·····	(52)
4.1.5 循环过程 卡诺循环·····	(56)
4.2 热力学第二定律·····	(60)
4.2.1 热力学第二定律的两种表述·····	(61)
4.2.2 热力学第二定律的微观意义·····	(62)
4.2.3 卡诺定理·····	(64)
4.3 熵 熵增加原理·····	(65)

4.3.1 克劳修斯公式	(65)
4.3.2 态函数熵	(66)
4.3.3 熵增加原理	(67)
习题	(68)
第5章 静电场	(72)
5.1 电荷 库仑定律	(72)
5.1.1 电荷	(72)
5.1.2 库仑定律	(73)
5.2 电场 电场强度	(74)
5.2.1 电场强度	(74)
5.2.2 电场强度的叠加原理	(75)
5.2.3 电场对带电体的作用	(78)
5.3 静电场的高斯定理	(79)
5.3.1 电场线	(79)
5.3.2 电通量	(80)
5.3.3 高斯定理	(81)
5.4 静电场环路定理 电势	(86)
5.4.1 电场力的功 静电场环路定理	(86)
5.4.2 电势	(87)
5.4.3 电势叠加原理	(89)
5.4.4 等势面 场强与电势的关系	(90)
5.5 静电场中的导体	(91)
5.5.1 导体的静电平衡条件	(91)
5.5.2 导体表面的电荷分布	(93)
5.6 电容 电容器	(94)
5.6.1 孤立导体的电容	(94)
5.6.2 电容器及其电容	(95)
5.6.3 电容器的串联、并联	(96)
5.7 电介质	(97)
5.7.1 电介质的极化	(97)
5.7.2 电极化强度	(98)
5.7.3 有电介质时的高斯定理	(99)
5.8 静电场的能量	(101)

习题	(103)
第 6 章 恒定磁场	(107)
6.1 恒定电流	(107)
6.1.1 电流密度矢量	(107)
6.1.2 恒定电流	(108)
6.1.3 欧姆定律的微分形式	(110)
6.2 电动势	(111)
6.2.1 电源 电动势	(111)
6.2.2 含源电路的欧姆定律	(112)
6.3 磁现象与磁场	(114)
6.3.1 基本磁现象	(114)
6.3.2 磁现象的电本质	(115)
6.3.3 磁场 磁感应强度	(116)
6.4 毕奥-萨伐尔定律	(117)
6.4.1 毕奥-萨伐尔定律	(117)
6.4.2 毕奥-萨伐尔定律应用举例	(118)
6.4.3 运动电荷的磁场	(122)
6.5 恒定磁场的性质	(122)
6.5.1 磁场的高斯定理	(122)
6.5.2 安培环路定理	(123)
6.6 磁场对运动电荷的作用	(125)
6.6.1 洛伦兹力	(125)
6.6.2 带电粒子在均匀磁场中的运动	(126)
6.6.3 质谱仪	(127)
6.6.4 霍尔效应	(128)
6.7 磁场对载流导线的作用	(130)
6.7.1 安培定律	(130)
6.7.2 均匀磁场对载流线圈的作用	(131)
6.8 磁介质	(132)
6.8.1 磁介质及其磁化	(132)
6.8.2 有磁介质时的安培环路定理	(136)
6.8.3 铁磁质	(137)
习题	(140)

第 7 章 电磁感应与麦克斯韦方程组	(145)
7.1 电磁感应定律	(145)
7.1.1 电磁感应现象	(145)
7.1.2 楞次定律	(146)
7.1.3 法拉第电磁感应定律	(147)
7.2 动生电动势和感生电动势	(147)
7.2.1 动生电动势	(148)
7.2.2 感生电动势 感生电场	(149)
7.3 自感和互感	(150)
7.3.1 自感	(150)
7.3.2 互感	(152)
7.4 磁场能量	(153)
7.5 麦克斯韦方程组	(155)
7.5.1 位移电流	(155)
7.5.2 麦克斯韦方程组	(157)
7.6 电磁波	(158)
7.6.1 电磁波的辐射	(158)
7.6.2 自由电磁波的传播	(161)
7.6.3 电磁波的能量密度与能流密度	(162)
7.7 电磁波谱	(164)
习题	(165)
第 8 章 振动与波	(170)
8.1 振动	(170)
8.1.1 简谐振动	(170)
8.1.2 阻尼振动	(175)
8.1.3 受迫振动 共振	(176)
8.1.4 振动的合成	(178)
8.2 波动	(182)
8.2.1 机械波的产生和传播	(182)
8.2.2 简谐波的表达式	(184)
8.2.3 波的能量 声强	(186)
8.2.4 波的传播	(191)
8.2.5 多普勒效应	(192)

8.2.6 冲击波	(194)
习题	(195)
第9章 光波	(197)
9.1 光的干涉	(197)
9.1.1 杨氏实验	(197)
9.1.2 劳埃德镜和半波损	(202)
9.1.3 薄膜干涉	(203)
9.2 光的衍射	(211)
9.2.1 惠更斯-菲涅耳衍射原理	(211)
9.2.2 单缝夫琅禾费衍射	(214)
9.2.3 衍射光栅	(218)
9.2.4 圆孔夫琅禾费衍射	(227)
9.2.5 X射线的衍射	(229)
9.3 光的偏振	(230)
9.3.1 自然光和偏振光	(231)
9.3.2 马吕斯定律和布儒斯特定律	(233)
9.3.3 晶体双折射	(236)
9.3.4 旋光性	(242)
习题	(244)
第10章 波粒二象性	(249)
10.1 黑体辐射	(249)
10.1.1 黑体辐射的实验规律	(249)
10.1.2 普朗克公式	(252)
10.2 光电效应	(253)
10.2.1 光电效应实验的规律	(253)
10.2.2 光的波动学说遇到的困难	(255)
10.2.3 爱因斯坦对光电效应的解释	(255)
10.3 康普顿效应	(256)
10.3.1 康普顿效应的实验规律	(256)
10.3.2 康普顿效应的理论解释	(258)
10.4 实物粒子的波动性	(260)
10.4.1 德布罗意假设	(260)
10.4.2 德布罗意波的实验验证	(261)

10.4.3 德布罗意波的统计解释·····	(263)
10.4.4 不确定关系·····	(264)
习题·····	(266)
第 11 章 原子的量子理论 ·····	(267)
11.1 波函数和薛定谔方程·····	(267)
11.1.1 波函数·····	(267)
11.1.2 薛定谔方程·····	(269)
11.1.3 定态薛定谔方程·····	(271)
11.2 一维势场中的粒子·····	(272)
11.2.1 一维无限深势阱·····	(272)
11.2.2 一维方势垒·····	(275)
11.2.3 一维谐振子·····	(276)
11.3 氢原子·····	(278)
11.3.1 氢原子的定态薛定谔方程·····	(278)
11.3.2 氢原子的能级和光谱·····	(280)
11.3.3 角动量量子化·····	(281)
11.3.4 电子自旋角动量量子化·····	(283)
11.3.5 氢原子中电子的概率密度分布·····	(284)
11.4 分子光谱·····	(286)
11.4.1 分子的能级结构与光谱特征·····	(286)
11.4.2 双原子分子的转动能级和光谱·····	(288)
11.4.3 双原子分子的振动-转动能级与光谱 ·····	(290)
11.4.4 荧光光谱与磷光光谱·····	(291)
习题·····	(293)
第 12 章 专题选读 ·····	(294)
12.1 原子能及其应用·····	(294)
12.1.1 原子核的发现及其电荷和质量·····	(294)
12.1.2 原子核的质子、中子模型 ·····	(295)
12.1.3 原子核的结合能·····	(295)
12.1.4 核能的 3 种释放方式·····	(297)
12.1.5 核能的一些应用·····	(298)
12.2 激光·····	(300)
12.2.1 发明激光器的背景·····	(300)

12.2.2	光的辐射和吸收	(301)
12.2.3	激光原理	(302)
12.2.4	激光的应用	(306)
12.3	半导体	(307)
12.3.1	半导体技术的发展	(307)
12.3.2	半导体的基本概念	(308)
12.3.3	半导体器件原理	(312)
12.4	超导电性	(314)
12.4.1	超导的发展	(314)
12.4.2	超导体的基本物理性质	(316)
12.4.3	超导体的应用	(319)
附录		(322)
附录 A	基本物理常量 1998 年的推荐值	(322)
附录 B	保留单位和标准值	(323)
附录 C	SI 单位和量纲	(323)
附录 D	常用的重要物理性质	(325)
附录 E	常用的重要换算因子	(326)
附录 F	希腊字母表	(326)
附录 G	习题答案	(327)

绪 论

物理学研究自然界中各种最基本的运动形态及其规律,为自然界的物质结构、物质的相互作用和运动规律提供了一幅幅绚丽多彩、结构严谨的图画。物理学作为一门独立的学科是从经典力学开始的。在经典力学时代,物理学最基本、最终极的追求和目标是自然界的统一,时至今日它依然是物理学发展的主线,指引着人类执着地寻找支配宇宙万物的最基本、最统一的规律。今天的物理学,大体上仍沿着牛顿所开创的研究途径,寻找统一的力,或统一的相互作用。因此,几乎所有基本的物理理论都称为某种力学,如牛顿力学、电动力学、色动力学等等。每一种新的力学的确立,都标志着人们在追求统一的过程中达到了一个新的水平。

物理学发展史上第一次大的统一是牛顿力学和万有引力定律。牛顿(I. Newton)通过研究发现,天体的运动和地面落体运动遵从相同的规律,它们都是由引力引起的。这样,牛顿用他的力学打破了天界和世俗的界限,找到了两个世界的统一,牛顿称引力为万有引力,就是强调这种统一。19世纪60年代,麦克斯韦(J. C. Maxwell)完成了物理学第二次大的统一,他所建立的电磁理论,将电、磁和光学现象统一起来,这就是电动力学。20世纪初,爱因斯坦(A. Einstein)摒弃了绝对时空观,提出了狭义相对论,使电磁学和力学在新时空观的基础上达到了协调和统一。爱因斯坦还曾企图把引力和电磁力二者统一起来,但他的努力没有成功。然而,他却找到了能与麦克斯韦电磁理论相协调的引力理论——广义相对论,广义相对论和麦克斯韦电磁理论构成了我们今天称为经典物理的理论基础。

与经典物理相对应的是量子论。量子力学最初是作为原子、分子的统一的力学而发展起来的,这种新的力学在解释微观粒子的许多现象(如光谱、元素周期表和分子键合等)时取得了极大的成功,但用于电磁场时遇到了困难,这本质上是由于电磁场是相对论性的。直到20世纪40年代末,发展了重整化方法解决了上述的困难,使量子论与电磁理论得到了统一,产生了量子电动力学。

自然界物质间的相互作用表现形式繁多,但可以归结为4种基本相互作用,按它们的强度顺序排列是:强相互作用、电磁相互作用、弱相互作用和引力相互作用。表0-1列出了4种基本相互作用的特点。这4种相互作用在粒子之间都是存在的,但它们的强度和力程相差十分悬殊。此外,还可根据基本粒子的反应和转化过

程的快慢来表征相互作用的强弱,相互作用越强,作用时间越短;4种基本相互作用都是通过交换某些规范粒子来实现相互作用的。

表 0-1 4 种基本相互作用的特点

相互作用类型	强度*	力程/m	作用时间/s	传递媒介粒子	举 例
强	1	$\leq 10^{-15}$	10^{-23}	介子和胶子	核力
电磁	10^{-2}	∞	$10^{-21} \sim 10^{-15}$	光子	原子核和电子
弱	10^{-13}	$< 10^{-17}$	$> 10^{-10}$	W^+, Z^0	β 衰变
引力	10^{-39}	∞		引力子	天体

* 在距源 10^{-15} m 处,该相互作用相对于强相互作用的相对强度。

1967 年温伯格(S. Weinberg)和萨拉姆(A. Salam)先后成功地提出了电磁相互作用和弱相互作用的统一理论,这一成功,促使许多人努力地去寻找电磁相互作用、弱相互作用和强相互作用的统一理论,通常称为“大统一理论”。这种统一理论已取得一些积极成果和令人感兴趣的预言,但也存在一些严重的困难和问题。20 世纪 80 年代有人提出超引力理论和超弦理论,试图将 4 种基本相互作用统一起来,目前还没有得到有实际意义的结果。引力虽然是物理学最早讨论的一种基本相互作用,但由于引力有一系列很特别的性质(例如这种力只有引力却无斥力),它与其他力的统一最难。建立一种支配宇宙万物的最基本的统一理论的目标将继续鼓舞人们不断地深入地顽强探索自然的奥秘。

自然界中所有的物理对象可以分为两大类,一类就是上述的“4 种基本相互作用”;另一类是“物质”。人类对物质结构的认识是不断深化的。公元前 4 世纪我国哲学家墨翟和希腊哲学家德莫利特(Democritus)都曾提出,物质的构成有一个最小的单位,这就是古代朴素的原子论;1810 年英国自学成才的化学家道尔顿(J. Dalton)创立了原子论,认为一切元素都由微小的原子量相同的不可分割的粒子(原子)组成。1897 年汤姆孙(J. J. Thomson)在研究阴极射线过程中发现了电子;1911 年卢瑟福(E. Rutherford)由 α 粒子散射实验结果提出了原子的有核模型;1932 年查德威克(J. Chadwick)用钋源和威尔逊云室做了大量实验,发现了卢瑟福所预言的中子;不久,海森伯(W. K. Heisenberg)就提出原子核是由质子和中子构成的主张。

此后,人们从宇宙射线和加速器实验中发现了更多的粒子,至今发现的粒子已多达 700 余种,其中绝大多数是强子。强子分为介子和重子,重子又分为核子(中子和质子)和各种超子。除了强子一类粒子外,还有轻子,轻子总共有 6 种,即电子、 μ 子、 τ 子、电子中微子、 μ 中微子、 τ 中微子和它们的反粒子。高能碰撞实验表明,

强子和轻子的区别之一是强子一类的粒子具有一定的大小并有内部结构。例如,以高能电子轰击质子,发现质子的电荷有一定的分布,其半径约为 $0.7 \times 10^{-15} \text{ m}$;中子虽然整体上是中性的,但其内部仍有电荷分布(大体上内部和外部带正电,中部带负电),分布半径约为 $0.8 \times 10^{-15} \text{ m}$ 。而对轻子,尚未观测到它们的内部结构,仍然可以把它们当作点粒子来看待。由此可见,原来称之为基本粒子的强子和轻子并不属于同一层次,因而,如今将基本粒子改称为粒子。

由于强子有内部结构,从 20 世纪 50 年代中期开始出现了多种有关强子结构的模型,其中以 1964 年盖尔曼(M. Gell-Mann)提出的“夸克模型”最为人们接受。此后又有许多物理学家不断完善这个模型。夸克模型认为所有的强子都可用 6 种基本夸克中的几个组成。这 6 种夸克是 u(上夸克)、d(下夸克)、s(奇异夸克)、c(粲夸克)、b(底夸克)和 t(顶夸克),称为夸克的“味”。质子是由 2 个上夸克和 1 个下夸克组成,即 $p \equiv (uud)$,而中子 $n \equiv (ddu)$ 。为了确保泡利不相容原理始终得到满足,又引入夸克的“色”,每一味夸克都有三色(这里的三色借用红、黄、蓝三基色)。总之,夸克有六“味”,每“味”有红、黄、蓝三“色”,再加上它们的反粒子,即反夸克,共有 36 种。夸克最大的特点之一是所谓的“夸克禁闭”,即在平常条件下无法把夸克从它们的束缚态中释放出来,至今所有试图产生和发现自由夸克的实验都未成功。值得一提的是,美籍华人物理学家丁肇中和美国物理学家里克特(B. Richter)于 1974 年各自独立发现 J/ψ 粒子,从而证实了粲夸克的存在,于 1976 年荣获诺贝尔物理学奖。

原子是由电子、中子和质子组成。今天我们知道,它们可以形成 111 种原子和 1 300 多种同位素。原子可以组成品种繁多的分子,人们至今还在实验室里制造新的分子。有些分子只有几个原子,而蛋白质、酶和核酸(DNA 和 RNA)等的分子却可以包含几百个乃至几十亿个原子。例如果蝇巨染色体天然 DNA 分子,长度可达 4 cm,而直径仅 2 nm。

分子聚集起来就形成一个五彩缤纷、复杂多变的物质世界。它们具有气态、液态、固态和等离子态 4 种状态。根据宇宙大爆炸理论,整个宇宙起源于 150 亿年前的一次大爆炸。在最简单的大爆炸理论中,在每个 10^{-34} s 间隔内宇宙尺度就扩大 1 倍,那么在 100 个如此小的时间间隔后,一个原子核大小的区域就会扩大到大约 1 光年的直径!宇宙诞生的初期温度是很高的,刚爆炸瞬间温度为 10^{28} K ,1 s 后各处的温度约为 10^{10} K ,这样的温度对现有的原子核合成来说是太高了,那时物质犹如一锅粒子(诸如质子、中子和电子)汤。随着宇宙的迅速膨胀,温度逐渐下降,在大爆炸后约 3 min 时,宇宙的温度降到 10^9 K ,这时中子开始失去自由存在的条件,它要么衰变,要么与质子合成氦核,大约有 1/4 物质的质量聚合成氦核,余下没有

聚合的质子自然就成了氢核。又过了几十万年,宇宙的温度降到 3 000 K 以下,电子与原子核结合成稳定的原子,它们组成的气体由于万有引力的作用而形成气团,最后凝聚为今天宇宙里的恒星和星系。

还需要指出的是,从物理学研究对象的线度、时间间隔和质量来看,它们跨越的幅度是很大的。拿线度来说,质子的半径约为 10^{-15} m,而可探测宇宙的边缘为 10^{26} m,二者跨越 42 个数量级;时间间隔可跨越 65 个数量级, Z^0 和 $W^\pm$ 粒子的寿命为 10^{-25} s,而质子寿命为 10^{39} s;质量跨越了 84 个数量级,电子的质量为 10^{-30} kg,现在所知宇宙的总质量为 10^{53} kg。

我们经常把具有原子尺度的研究对象称为微观系统,而 1 m 上下几个数量级范围的研究对象称为宏观系统,所以宏观系统比微观线度大了 8 个数量级左右,按体积计算,则大 10^{24} 倍。一般来说,在非相对论情况下,宏观系统可用经典力学来处理,而微观系统需要用量子力学来处理。但是量子力学可以证明,对那些能量比较大且处于比较缓慢变化力场中的微观粒子,仍然可用经典力学来描述它们的运动。所以,笼统地说“经典力学不适用微观粒子”是不妥的。例如,讨论显像管内电子运动的轨迹,依然可用经典力学,而讨论原子中电子的运动就需要用量子力学来处理了。再如,在低温下超导体(宏观系统)呈现出磁感应通量的量子化。英国物理学家伦敦(F. London)说“超导电性是在宏观尺度上量子力学的表现”。

20 世纪 80 年代以来,人们对线度在 0.1~100 nm 的样品进行研究时,发现它们具有许多特殊性质。这些特殊性质已引起广大科学家的浓厚兴趣,并投以很大的精力进行研究。我们将呈现出微观特征的具有上述样品尺寸的系统称为介观系统。研究介观系统行为的介观物理学已发展成物理学中一个新分支。介观物理学的发展导致纳米技术的产生。由于纳米材料具有许多奇异特性,它们可在许多学科和技术领域里得到应用,产生新的交叉学科,纳米生物学就是其中之一。不难预见,纳米技术将在 21 世纪得到蓬勃发展。

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的交叉学科,例如化学物理、生物物理、地球物理、海洋物理、天体物理等等。宇宙的结构和演化与粒子物理学之间的密切关系鲜明地表达了这一相互渗透过程。在物理学基础性研究过程中形成和发展出来的基本概念、基本理论、基本实验手段和精密的测试方法已成为许多学科的重要组成部分,并产生了良好的效果。这对于许多学科,包括农业科学都是如此。