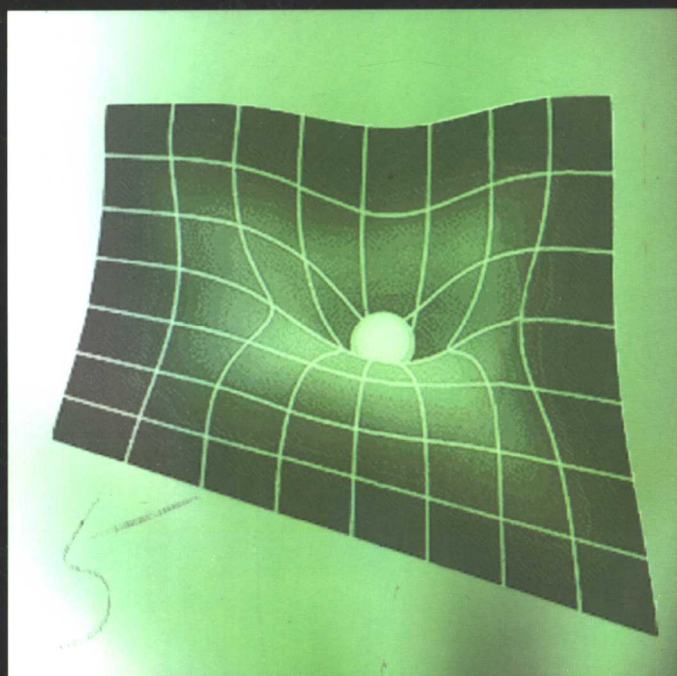




徐行可
张晓
张庆福
编

DAXUE WULI JIAOCHENG

大学物理 教程



(上册)



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

大学物理教程

(上册)

徐行可 张 晓 张庆福 编

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

内 容 提 要

本书是西南交通大学在“大学物理”课程教学改革实践过程中所编写的教材。全书分上、下两册。为加强科学素质教育,本书在内容上压缩经典,加强近代,反映前沿,强化与现代工程技术的联系;体系上以物质的基本存在形式和基本性质为主线,对传统教材结构模式有所突破。全书始终融汇着关于物质世界的对称性和统一性的物理思想,并注意保持基础课风格。

本书可作为理工科大学非物理专业的物理教材,也可以作为专科院校、函授、电视大学、夜大学师生和中学物理教师的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理教程(上) / 徐行可, 张晓, 张庆福编.
—成都: 西南交通大学出版社, 2005. 2
ISBN 7-81057-892-8

I. 大... II. ①徐... ②张... ③张... III. 物理学
—高等学校—教材 IV. 04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 101606 号

大学物理教程(上册)

徐行可 张晓 张庆福 编

*

责任编辑 刘莉东

封面设计 何东琳设计工作室

西南交通大学出版社出版发行

新华书店 经销

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

E-mail: cbsxx@swjtu.edu.cn

四川森林印务有限责任公司印刷

*

开本: 787mm×1092mm 1/16 总印张: 45.5

总字数: 1123 千字 印数: 1—6000 册

2005 年 2 月第 1 版 2005 年 2 月第 1 次印刷

ISBN 7-81057-892-8/O·086

套价(上、下册): 49.50 元

图书如有印装质量问题, 本社负责退换

本书无四川省版权防盗标识, 不得销售; 版权所有, 违者必究,

举报有奖。举报电话: (028)86636481、87600562

前言

本书是在《物理学概论》(徐行可、张晓、张庆福编,西南交通大学出版社1995年第1版,1998年获教育部科技进步二等奖,2002年第2版)的基础上改编而成。为了与“大学物理”课程教学相协调,这次在做了较大的改动后,同时更名为《大学物理教程》。

1999年,第23届国际纯粹物理和应用物理联合会通过的决议指出:“物理学是研究物质、能量和相互作用的学科。它曾为人类文明做出过巨大贡献;对当代生活产生了不可估量的影响;对人类未来的进步必将起关键作用。”

美国物理学家R. P. 费曼在其著名讲义的结束语中,对其教学目的说了这样一段话:“我教这门课的主要目的不是替你为应付某种考试做准备……我至多希望你对你奇妙的世界以及物理学家看待这一世界的方式有所了解,我相信这是真正的现代文化的主要部分。或许你不仅会对这种文化有所了解,甚至还可能想加入这一人类心智早已开始了的最伟大的冒险。”

我国物理教育家、北京大学赵凯华教授对素质和能力给出了具体的描述:“当一个成熟的物理学家进行探索性的科学研究时,常常从定性和半定量的方法入手来提出问题和分析问题,这包括对称性的考虑和守恒量的利用,量纲分析,数量级估计,极限情形和特例的讨论,简化模型的选取,以至概念和方法的类比,等等。”

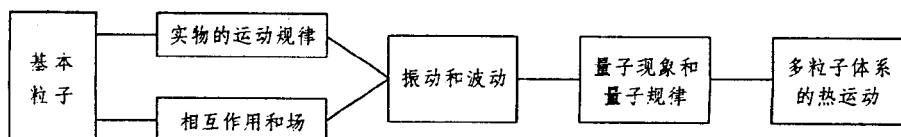
这些对物理学及其作用的界定,对物理教育理念的趋同,通过我们在多年的教学改革实践中沉积下来的认识,使我们的工作逐渐有了明确的方向:物理教育的目的不仅在于使学生获得知识和技能,更重要的目的在于提高学生的科学文化素质,使其获得科学精神、科学思想、科学态度、科学方法等方面的比较系统的培养和熏陶。对于在工科教学体系中培养的学生来说,物理学在提高学生科学文化素质方面的作用是其他课程所不能取代的。

基于以上认识,本书保留下述主要思路和特点。

一、重视提炼和阐述科学观念和科学方法,帮助学生从较高层面认识物理概念和规律。

具体的物理知识可能很快被学生遗忘,但以知识为载体的物理思想和方法却以潜移默化的方式使学生终身受益。因此,鲜明的物理思想应该是工科物理教材的灵魂。对称性概念和思想方法体现了物理学简单、和谐、统一的审美原则;整体论思想方法体现了人与自然和谐发展的新的自然观;用“模型”来描述自然,用“数学”来表达模型,用“实验”来检验模型,是物理学最基本的研究方法。

二、以物质的基本存在形式和基本性质为主线,建立教材结构,帮助学生获得较完整、统一的物质世界图像。教材结构框图如下:



三、教学内容上处理好经典内容和近代内容的关系。

一方面努力探寻以基础课风格讲授近代内容的途径,按照“观念更新、难点突破、拓宽视野、重在概念”的教学原则加强近代,反映前沿。另一方面对经典物理“减中有增”,提高起点,减少重复,加强在现代工程技术中应用的内容和用近代观念审视经典概念的内容,努力展现物理要领从经典到近代的发展过程。

四、力求保持基础课层次的风格和特征,与工科院校低年级学生的实际情况相适应。

本教材的数学手段限于微积分和矢量运算。逻辑上从简单特例入手,然后指明结论的普遍性,不过分强调数学上的严密性,而着重突出物理思想和物理图像的清晰性。对于涉及比较繁难数学运算的内容,只给出思路和结论,而避免陷入繁琐的数学推导之中。为了帮助学生把握教材各部分的知识线索和要点,在每一章开头简要阐明本章的主题,列出结构框图,章末列出内容提要。

五、建立配套的电子教案和网上资源,以便与第二课堂活动、评价方式改革、现代教育技术等协调配合,实现立体化教学。

本版教材主要的修改之处是:

(1) 增加第七章“对称性与守恒定律”。

(2) 强化了第八章“相对论”,并将原来的“广义相对论简介”并入此章。原第十一、十二章其他内容合并为第十二章。

(3) 更新了一些内容、例题、资料。

(4) 在每一节之后增加了“复习思考题”,在每章习题中增加了选择题和填空题,并删去了一些较难的计算题。

(5) 增加了关于“量纲”、“矢量简介”的附录。

(6) 删去了“非线性光学简介”、“量子化学和量子生物学简介”等内容。在另外一些内容上加“*”供选讲。

(7) 改进了版式、插图。

除本教材的三位主编徐行可、张晓、张庆福以外,西南交通大学基础物理教研室二十余名教师参与了讨论、收集资料等工作。

本教材是在西南交通大学多年工科物理教学和教改实践的基础上编写的,凝聚了大家的心血。在课题立项,教材编写、试用、修改、出版过程中,得到教育部物理教学指导委员会、全国各兄弟院校同行的指导,得到西南交通大学教务处、出版社、理学院的支持。在本次修改过程中,西南交大基础物理教研室的全体教师、四川大学杨光群教授、西南民族大学肖培副教授提出了许多中肯的意见和建议,在此表示衷心的感谢。并向本书编写过程中参阅的书籍、文献的作者致谢。

对于本书的不足之处,期望得到专家、同行和读者的批评指正。

编者

2004年11月于西南交通大学

目 录

第一篇 绪 论

第一章 物质世界

第一节 基本粒子及其相互作用	3
第二节 物质存在的基本形式	9
第三节 物质与运动	14
本章提要	16

第二章 物理学理论体系与方法的发展

第一节 物理学理论体系的发展	17
第二节 物理学科学观及方法论的发展	20
第三节 物理学与工程技术	22
本章提要	23

第二篇 实物的运动规律

第三章 运动的描述

第一节 质点和刚体	27
第二节 参考系和坐标系	28
第三节 运动的描述	31
第四节 运动学的两类基本问题	47
第五节 相对运动	51
本章提要	55
习 题	56

第四章 动量 动量守恒定律

第一节 质量和动量	60
第二节 动量的时间变化率	64
第三节 动量定理	73
第四节 动量守恒定律	78

本章提要	81
习 题	82
第五章 角动量 角动量守恒定律	
第一节 角动量 转动惯量	86
第二节 角动量的时间变化率	94
第三节 角动量定理	99
第四节 角动量守恒定律	102
本章提要	109
习 题	110
第六章 能量 能量守恒定律	
第一节 动能 功 动能定理	114
第二节 保守力 势能 功能原理	122
第三节 机械能守恒定律	129
本章提要	126
习 题	137
*第七章 对称性与守恒定律	
第一节 对称性和对称性原理	142
第二节 对称性与守恒定律	147
第三节 对称性的自发破缺	150
本章提要	155
第八章 相对论	
第一节 力学相对性原理 伽利略变换	156
第二节 狭义相对论的基本原理 洛仑兹变换	160
第三节 狭义相对论时空观	167
第四节 狭义相对论动力学基础	180
*第五节 广义相对论简介	187
第六节 相对论的意义	199
本章提要	201
习 题	203

第三篇 相互作用和场

第九章 电相互作用和静电场

第一节 库仑定律 静电场	209
--------------------	-----

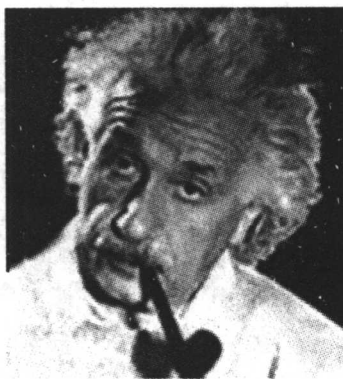
第二节 电场强度·····	213
第三节 高斯定理·····	220
第四节 环路定理 电势·····	228
第五节 场强与电势的关系·····	234
第六节 静电场中的导体·····	237
第七节 静电场中的电介质·····	242
第八节 电容 电容器·····	247
第九节 静电场的能量·····	251
第十节 稳恒电场·····	254
本章提要·····	257
习 题·····	260
 第十章 运动电荷间的相互作用和稳恒磁场	
*第一节 运动电荷间的相互作用·····	268
第二节 磁感应强度 毕奥-萨伐定律及其应用·····	274
第三节 磁场的高斯定理和安培环路定理·····	279
第四节 磁场对运动电荷及电流的作用·····	287
第五节 磁介质·····	298
*第六节 铁磁质·····	303
本章提要·····	307
习 题·····	308
 第十一章 变化中的磁场和电场	
第一节 电磁感应·····	313
第二节 磁场能量·····	328
第三节 位移电流·····	331
第四节 麦克斯韦方程组的积分形式·····	335
本章提要·····	338
习 题·····	340
 *第十二章 引力相互作用,强、弱相互作用	
第一节 引力场·····	345
第二节 强相互作用简介·····	347
第三节 弱相互作用简介·····	349
本章提要·····	351
 附录 A 国际单位制和物理量的量纲·····	352
附录 B 矢量简介·····	356
 习题参考答案·····	361

第一篇

绪 论

发展独立思考和独立判断的一般能力，应该始终放在首位，而不应当把获得专业知识放在首位。如果一个人掌握了他的学科的基础理论，并且学会了独立的思考和工作，他必定会找到他自己的道路，而且比起那种主要以获得细节知识为其培养内容的人来说，他一定会更好地适应进步与变化。

——阿尔伯特·爱因斯坦



Albert Einstein.

(1879—1955)

第一章

物质世界

物理学是研究物质的基本结构、相互作用和基本运动规律的科学。从古希腊时代的自然哲学到现代物理学，在不懈地追求和探索中，人们对物质世界形成了一个怎样的总体图像呢？可以概括为：物质世界是由基本粒子组成的；物质以实物和场这两种基本形式存在着；物质处于不断的运动变化之中。

第一节 基本粒子及其相互作用

物质是由什么构成的？自古以来，人们就有一个信念：万物都有共同的本原。古希腊朴素唯物主义把物质归结为水(泰勒斯)，归结为火(赫拉克利特)，归结为水火土气(亚里士多德)，归结为真空和原子(德谟克利特)。在古代中国则有元气说、阴阳说和五行(金木水火土)说。近代机械唯物主义把物质归结为各种化学元素的原子。而19世纪末、20世纪初，X射线、电子和放射性的发现揭示出原子也是有内部结构的。这样，人们为寻找物质的基本构成单位而一步步地深入到物质的更深层次。最初，人们认为物质微粒结构的最小单元是质子、中子、电子和光子，并称它们为基本粒子。后来，又把凡是和这些粒子可以相互作用和相互转化，并在当时的认识水平上认为是同一层次的粒子，统称为“基本粒子”。迄今为止已经发现了数百种这样的“基本粒子”。而且，人们在对这些“基本粒子”的深入研究中发现，某些基本粒子并不“基本”，它们有内部结构，而且从内部结构的情况来看，已有的基本粒子并不都属于同一层次。因此，现在已将这些基本粒子改称粒子，基本粒子物理学改称粒子物理学。而我们当今所提的“基本粒子”则指的是人们目前所认识到的组成物质的基本单元，即迄今尚未发现有内部结构的粒子。当然，它们也不一定是构成万物的终极基元。随着人们对物质结构认识的不断深入，“基本粒子”所指的具体对象也将随之向更加深入的层次转移。

如果要用一句话来概括我们现在关于基本粒子的知识，那就是：“三大家族四大力”。为了理解基本粒子的分类，我们首先介绍其主要属性和相互作用。

一、描述粒子特征的主要物理量

(一) 质 量

由于粒子的质量很小,用国际单位制(SI)单位 kg 来计量很不方便。所以通常用两种间接方式来表述粒子的质量:一种是以电子的静质量 m_e (约 9.11×10^{-31} kg) 为单位,把粒子质量表示为 m_e 的倍数;另一种是利用爱因斯坦质能关系 $E=mc^2$,用相应的能量 (MeV) 来表示质量。与 1 MeV 相对应的质量是

$$m = \frac{E}{c^2} = \frac{10^6 \times 1.602 \times 10^{-19}}{(3 \times 10^8)^2} \approx 1.78 \times 10^{-30} \text{ kg}$$

(二) 电 荷

粒子的电荷以质子电荷 e 为单位,即

$$e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$$

长期以来,人们认为粒子所带电荷只能是 e 的整数倍。现代理论认为存在着电荷为 $\pm e/3$ 和 $\pm 2e/3$ 的基本粒子(夸克),即以 $e/3$ 为单位,粒子的电荷是量子化的。

(三) 自 旋

在量子力学中,我们常常借用经典语言来描述微观粒子的性质,自旋就是这样的一个概念。它描述粒子相关但不同于经典自旋运动的一种内部性质。粒子的自旋角动量也是量子化的,通常以普朗克作用量子 $\hbar$ 为单位,而

$$\hbar = \frac{h}{2\pi} = \frac{6.626 \times 10^{-34}}{2\pi} \approx 1.05 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

粒子可按其自旋划分为两类:自旋角动量为 $\hbar$ 的整数(1, 2)倍的粒子称为玻色子,它们不遵从泡利不相容原理,服从玻色—爱因斯坦统计规律;自旋角动量为 $\hbar$ 的半整数(1/2, 3/2)倍的粒子称为费米子,它们遵从泡利不相容原理,服从费米—狄拉克统计规律。

(四) 寿 命

实验发现,除电子、质子、光子、中微子等少数粒子外,其余粒子都是不稳定的,它们都要衰变为其他粒子。粒子衰变前平均存在的时间称为粒子的寿命。例如,自由中子的寿命为 900 s, π^+ 介子的寿命为 10^{-9} s,共振态粒子的寿命约为 10^{-24} s,等等。粒子的寿命是基本粒子间相互转化现象的反映和量度。

除此之外,描述粒子性质的物理量还有磁矩、同位旋、超荷,等等。

二、粒子间的相互作用

基本粒子是依靠它们间的相互作用结合在一起,并组成各种形态的物质的。粒子之间的相互作用有四种基本形式:引力相互作用、电磁相互作用、强相互作用和弱相互作用。它们的基本特征如表 1.1.1 所示。

表 1.1.1 四种基本相互作用

种 类	作用对象	作用距离 (cm)	相对强度 (10^{-13} cm 处)	传递作用的 基 本 粒 子
引 力	所有物质	∞	10^{-38}	引力子(?)
弱 力	大多数粒子	$<10^{-16}$	10^{-13}	中间玻色子($W^{\pm}, Z^0$)
电磁力	带电粒子	∞	10^{-2}	光子(γ)
强 力	强 子	$<10^{-13}$	1	胶子(g)

(一) 引力相互作用

即物质间的万有引力。它是一种长程力，在所有的物质间均存在。因为引力在四种相互作用中是最弱的，粒子质量又很小，两相邻质子间的万有引力只有 10^{-34} N，所以在粒子现象中引力作用可以忽略不计。在宏观领域，尤其在天体问题中，由于涉及的质量很大，则是引力起主要作用。关于引力相互作用的理论主要有万有引力定律、广义相对论、量子引力理论等。

(二) 电磁相互作用

电磁力只存在于带电粒子之间。它也是一种长程力，在宏观和微观范围都起作用。电子和原子核就是靠电磁力作用而组成原子的。日常生活和工程技术中常见的相互接触物体间的弹力和摩擦力，以及流体的压力和浮力等，就其本质而言都可归结为分子间的电磁相互作用。迄今为止，电磁力是四种基本相互作用中被认识得最清楚的一种。其主要理论有经典电动力学、量子电动力学(QED)。

(三) 强相互作用

强力由于其强度大和力程短而成为粒子间最重要的相互作用。两相邻质子间的强力可达 10^4 N。强力在粒子间距离为 $10^{-15} \sim 0.4 \times 10^{-15}$ m 时表现为引力，距离再减少就表现为斥力。正是强力将夸克束缚在一起组成质子和中子，并将质子和中子束缚在一起组成原子核。研究强相互作用的理论是量子色动力学(QCD)。

(四) 弱相互作用

弱力的力程比强力更短，力也更弱。两个相邻质子间的弱力约为 10^{-2} N。弱力制约着放射性现象，只在 β 衰变等过程中才显示其重要作用。研究弱相互作用的理论是量子味动力学(QFD)。

现代物理认为，物质间的四种相互作用都是由场来传递的，是靠交换玻色子来实现的。传递电磁相互作用的是光子 γ ；传递弱相互作用的是 1984 年发现的中间玻色子 $W^{\pm}$ 和 Z^0 ；传递强相互作用的粒子是胶子，目前依据胶子的存在而进行的理论计算结果都与实验结果相符，但还未能能在实验中找到自由的胶子。按照这样的思想，引力相互作用应该由引力子来传递，但目前对引力子的认识还很不充分。

将实际现象中各种表观上完全不同的复杂纷纭的力归结为四种基本相互作用是物理学的光辉成就。但物理学家对此并不满足，仍然不断探求四种基本力之间的联系。爱因斯坦就曾

经企图把万有引力和电磁力统一起来,但没有成功。格拉肖、温伯格和萨拉姆提出了弱作用和电磁作用统一的理论并获得了一系列实验证明,取得了巨大的成功。三人共同获得 1979 年诺贝尔物理奖。进一步寻求把弱作用、电磁作用和强作用包括在内的“大统一理论”也已经取得一些重要成果。如果这一步获得成功,下一步便是寻求把这四种基本力全部包括在内的超统一理论。这些都是当今理论物理学界最活跃的前沿课题。

三、基本粒子的分类

按照基本粒子的性质及其与基本相互作用的关系,可以把基本粒子分为三类:夸克、轻子和规范粒子。

(一) 规范粒子

规范粒子是传递相互作用的媒介,是构成场的基本粒子,也称为场量子。它们的基本特征如表 1.1.2 所示。

表 1.1.2 规范粒子

名称	符号	静质量(MeV)	电荷(e)	自旋($\hbar$)	寿命(s)	传递的相互作用
光子	γ	0	0	1	∞	电磁
中间玻色子	$W^{\pm}$ Z^0	$80\,600 \pm 400$ $91\,161 \pm 31$	± 1 0	1 1	$(2.93 \pm 0.18) \times 10^{-25}$ $(2.60 \pm 0.03) \times 10^{-25}$	弱
胶子	g	0	0	1	∞	强
(引力子)	?	0	0	2	?	引力

(二) 轻子

轻子不参与强相互作用。已发现的轻子共三代十二种:电子、 μ 子、 τ 子及相应的中微子和它们的反粒子,如表 1.1.3 所示(未列出反粒子)。

表 1.1.3 轻子

代	名称	符号	静质量(MeV)	电荷(e)	自旋($\hbar$)	寿命
一	电子	e^-	$0.510\,999\,06 \pm 0.000\,000\,15$	-1	$\frac{1}{2}$	稳定, $>10^{21}$ 年
	电子型中微子	ν_e	$<1.7 \times 10^{-5}$	0	$\frac{1}{2}$	稳定
二	μ 子	μ^-	$105.658\,387 \pm 0.000\,034$	-1	$\frac{1}{2}$	$(2.197\,03 \pm 0.000\,04) \times 10^{-6}$ s
	μ 型中微子	ν_μ	<0.27	0	$\frac{1}{2}$	稳定
三	τ 子	τ^-	$1\,776.9 \pm 0.5$	-1	$\frac{1}{2}$	$(0.303 \pm 0.008) \times 10^{-12}$ s
	τ 型中微子	ν_τ	<35	0	$\frac{1}{2}$	?

(三) 夸 克

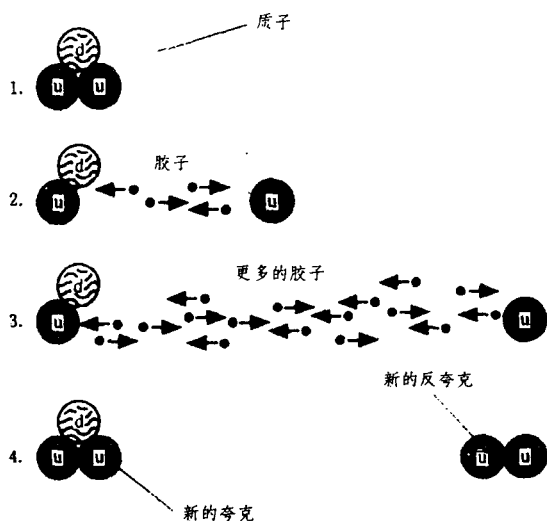
我们把参与强相互作用的粒子称为强子。强子又可按其自旋的不同分为两大类：自旋为半整数的统称为重子，如质子、中子和各种超子；自旋为整数的统称为介子，如 π 介子、K介子等。实验中已发现的数百种粒子中绝大部分是强子或强子的共振态。共振态即较稳定的强子激发态。共振态的存在说明强子是有内部结构的，其他许多实验也说明了这一点。如1955年用高能电子束测出质子的电荷和磁矩并不集聚于一点，而是有大约 $0.8 \times 10^{-15} \text{ m}$ 的分布半径；1968年又发现用高能电子轰击质子时，电子发生大角度散射（这与卢瑟福发现原子核式结构的 α 粒子散射实验的情况很相似），等等。1964年盖尔曼等人提出强子都是由更基本的夸克组成的标准模型。这种理论在许多方面都取得很大的成功并获得1969年诺贝尔物理奖。目前认为夸克应该有三代六种“味”，而每种夸克又分“红”、“蓝”、“绿”三种“色”。这样，三代夸克连同它们的反粒子共有36种。夸克的自旋都是 $1/2$ ，并带有分数电荷。三代夸克的主要性质如表1.1.4所示。

表 1.1.4 夸 克

代	名 称	符 号	静质量(MeV)	电荷(e)	自旋($\hbar$)
一	上夸克	u	约 300	$2/3$	$1/2$
	下夸克	d	约 300	$-1/3$	$1/2$
二	粲夸克	c	约 1 500	$2/3$	$1/2$
	奇异夸克	s	约 450	$-1/3$	$1/2$
三	顶夸克	t	约 174 000	$2/3$	$1/2$
	底夸克	b	约 5 000	$-1/3$	$1/2$

根据夸克理论，重子都由三个夸克组成，而介子则由一个夸克和一个反夸克组成。例如，质子由两个u夸克和一个d夸克组成；中子由两个d夸克和一个u夸克组成； π^+ 介子由一个u夸克和一个反d夸克组成； K^+ 介子由一个u夸克和一个反s夸克组成； J/Ψ 粒子由正、反c夸克组成，等等。实验还表明，夸克的大小和轻子一样，半径小于 10^{-18} m ，但至今尚未从实验中找到自由夸克。这可以用夸克禁闭的理论（见图1.1.1）来解释。究竟能否打破禁闭，直接找到自由夸克，这是当代物理理论和实验的一个前沿课题。目前对物质大分子以下结构层次的认识如图1.1.2所示。

在基本粒子问题上还存在着许许多多未解决的课题。如中微子的质量问题，夸克和轻子的“代”是如何产生的，夸克和轻子还有没有内部结构，等等。在寻求基本力的统一的同时，人们也在努力寻求基本粒子的统一。这方面的进展取决于高能加速器的发展和探测器的发展。随着我们越来越深入到物质的更深层次，我们对加速器的能量和规模的要求也越来越高。现在世界上最大的固定靶加速器在美国的费米实验室，它的能量可达1 TeV（见图1.1.3）；最大的质子—反质子对撞机也在费米实验室，能量为2 TeV；最大的正负电子对撞



1. 假定从质子中的三个夸克开始。
2. 现在开始将其中一个夸克拉开。
胶子在夸克之间运动。
3. 随着夸克被拉得越远，会产生越多的胶子，夸克之间的力就越来越强。
4. 最后，所有胶子的能量（强力场的能量）会产生出一对夸克—反夸克对；新的夸克使质子恢复原貌，而新的反夸克与原来的夸克结合起来形成一对不稳定的夸克—反夸克对。

图 1.1.1 无法分离出夸克的原因

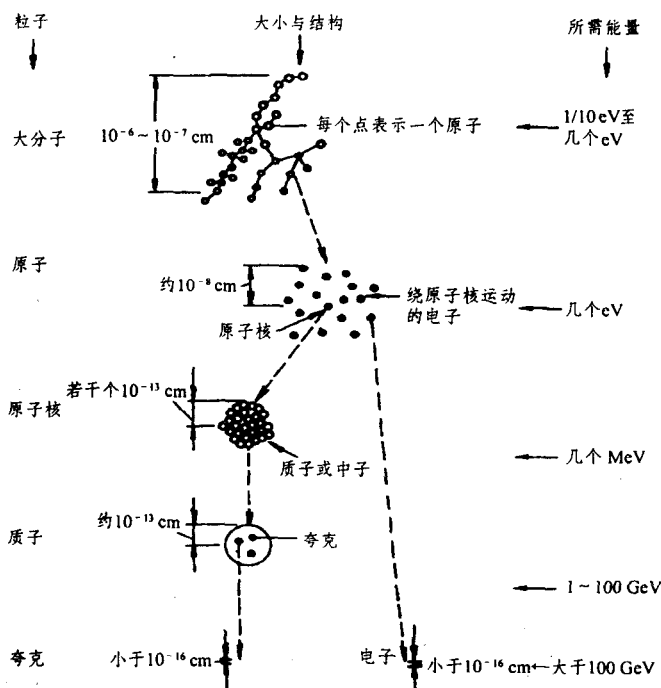


图 1.1.2 大分子以下的结构层次

机在西欧的原子核研究中心，能量可达 200 GeV。我国 1988 年建成的北京正负电子对撞机 (BEPC) 每束电子流能量达 2.2 GeV。现代探测器可分为逼近探测、径迹探测和量热探测几类，其结构和规模也是越来越复杂和庞大。

综上所述，人类对基本粒子及其相互作用认识的现状如表 1.1.5 所示。当然，随着人类对物质世界结构认识的深化，这张表的内容还会发展和更新。

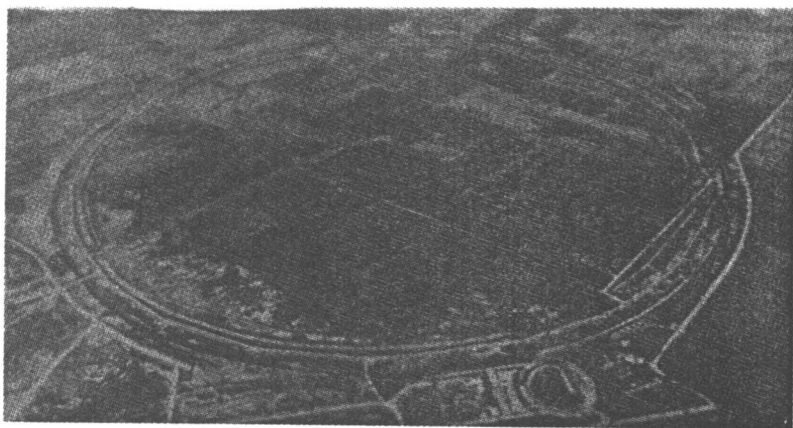


图 1.1.3 美国费米国家实验室的大型加速器外景
(加速器的直径为 2 000 m)

表 1.1.5 粒子物理现状

相互作用	参加粒子	传播子	理论
强相互作用	夸克	胶子	量子色动力学
电弱相互作用	夸克和轻子	光子和中间玻色子	规范场理论量子电动力学
引力	全部	引力子	广义相对论

复习思考题

- 1.1.1 什么是基本粒子？ α 粒子是基本粒子吗？ β 粒子呢？
- 1.1.2 粒子间的基本相互作用有哪些？按相对强度的大小由大到小排列起来。
- 1.1.3 目前，标准模型理论认为基本粒子有多少种？分为哪三大家族？
- 1.1.4 为什么研究基本粒子必须有高能加速器？举出你所知道的加速器的种类。
- 1.1.5 搜集关于粒子探测器的资料，从中了解教材中所提到的逼近探测、径迹探测和量热探测的含义。

第二节 物质存在的基本形式

上一节中介绍了基本粒子的三大家族，这些基本粒子靠基本力联系在一起而构成物质世界。当今物理学界认为，丰富多彩、仪态万千的物质世界以两种基本形式存在着，这两种基本形式就是实物和场，其结构层次大体上如图 1.2.1 所示。

一、实物物质

实物具有静止质量，占有一定空间，是以空间间断形式存在的物质形态。