

特粒子而受到有限的重视. 这种情况到 90 年代以来有了明显改观. 出现了许多高质量的研究工作, 突出地表现为统计性高、事例样本干净以及测量技术显著改进的特点, 标志着 τ 物理开始成为粒子物理学中精密测量的实验领域. 由中国和美国科学家组成的北京谱仪(BES)合作组在北京正负电子对撞机上近年来完成的 τ 轻子质量的精密测量是一个典型的例子. 这个组所测得的 τ 轻子质量为 $1776.88^{+0.22}_{-0.23} \pm 0.29$ MeV/ c^2 (其中第一项误差为统计误差, 第二项为系统误差), 修订了国际上原来的测量值, 在精度上提高了整整一个数量级. 根据这个结果和最新的 τ 轻子寿命及轻子衰变分支比测量值, 检验三代带电轻子弱耦合常数, 确认在一个标准偏差范围以内是一致的, 从而基本上澄清了近年来粒子物理学家对于 $e-\mu-\tau$ 普适性的质疑.

80 年代以来, 国际粒子物理学界逐渐形成了一种新的认识: 在不断致力于建造更高能量加速器的同时, 值得重视在已有能区中的高亮度加速器的潜在价值. 在这种认识的基础上, 1987 年在西欧原子核研究中心首先提出了 τ 轻子与粲夸克工厂(简称 τ -c 工厂)的建议. 设想中的 τ -c 工厂是一台峰值亮度达到 $10^{33} \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 运行在 3—5 GeV 质心能量下的正负电子对撞机. 它所产生的成对 τ 轻子数目

可以达到 10^7 , 比目前水平高出 2—3 个数量级; 不仅如此, 它还提供了干净的实验环境, 本底小而易于控制, 从而成为 τ 物理精密有力的研究工具. 是否在中国建造一台 τ -c 工厂成为我国粒子物理学界近年来讨论的话题.

从 τ 轻子物理和中微子物理这些年来的发展情况可以看到, 对于一些科学发现来说, 它们在历史上所占地位的重要性以及它们对科学发展影响的程度往往需要经受时间的检验而看得更加清楚. 这也许可以部分地说明为什么这两项成果经过 20 年和 40 年之后才获得诺贝尔奖的原因.

珀尔 1927 年生于纽约, 现为 SLAC 及斯坦福大学教授; 雷恩斯 1918 年生于新泽西州, 现为加州大学欧文分校教授. 两人都长期坚持工作在带电轻子物理和反应堆中微子实验领域, 如今都已经接近或超过古稀之年了, 而雷恩斯的合作者考温则未能等到这个成果获奖而已作古了.

参 考 文 献

- [1] C. L. Cowan, Jr., F. Reines et al., *Science*, **124**(1956), 103.
- [2] F. Reines and C. L. Cowan, Jr., *Phys. Rev.*, **113**(1959), 273.
- [3] M. L. Perl et al., *Phys. Rev. Lett.*, **35**(1975), 1489.
- [4] M. L. Perl et al., *Phys. Lett. B*, **63**(1976), 466.
- [5] Y. S. Tsai, *Phys. Rev. D*, **4**(1971), 2821.

高能物理新进展*

郑志鹏 黄涛

(中国科学院高能物理研究所, 北京 100039)

摘 要 叙述了近年来高能物理研究取得的新进展, 如顶夸克的发现、三代夸克的实验证据、轻子普适性的实验检验. 文章还对国际高能物理发展的趋势及中国高能物理的计划进行了介绍.

关键词 高能物理, 顶夸克, 轻子普适性

* 1995 年 6 月 6 日收到初稿, 1995 年 10 月 4 日收到修改稿.

Abstract In this paper, some progresses of high energy physics in the recent years have been introduced, such as the observation of top quark, the experimental evidences of three generations of quark, experimental testing of the leptonic universality, etc. It is also involved that the prospect of the development of high energy physics in the world and the long-term programme of high energy physics in China.

Key words High energy physics, top quark, the leptonic universality

高能物理(又称粒子物理)是研究物质的最小组成元特性及其相互作用规律的一门学科。从50年代初建成第一台高能加速器至今的40多年里,高能物理取得了很大的进展。

高能物理在40多年中逐步建立和发展了一种描述微观规律的“标准模型”理论。标准模型理论框架基于以下三点:

(1)组成物质的基本组元是夸克和轻子。已发现的数百种粒子(绝大部分是强子)是由更基本的粒子组成。强子是由夸克组成,与夸克相对应的基本组元是轻子。夸克和轻子都各有六种,一共三代,即

轻子	$\begin{bmatrix} \nu_e \\ e \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} \nu_\mu \\ \mu \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} \nu_\tau \\ \tau \end{bmatrix}$
夸克	$\begin{bmatrix} u \\ d \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} c \\ s \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} t \\ b \end{bmatrix}$
	第一代	第二代	第三代

1995年3月2日,美国费米国家实验室宣布发现了t(顶)夸克——第六种夸克,至此夸克模型预言存在六种夸克已全部被实验证实。

(2)电弱统一理论,即电磁相互作用与弱相互作用可用规范群 $SU(2) \times U(1)$ 统一地进行描写。

(3)量子色动力学(QCD)理论,它是描述带色的夸克和胶子间的强相互作用的理论。可以用 $SU(3) \times SU(2) \times U(1)$ 规范群来表示。

迄今为止,标准模型与实验符合得很好,非常成功。

1 高能物理实验研究的新进展

近几年来,高能物理实验方面取得了很大

的进展,我们将就两个方面向大家介绍。

1.1 加速器物理实验

1.1.1 t 夸克的发现

1974年 J/ψ 的发现以及1977年 Υ 的发现证实了c(粲)夸克(第四种)和b(底)夸克(第五种)的存在,以后高能物理学家致力于寻找第六种夸克——t 夸克的实验工作。10多年来,在几乎每一台高能加速器上都进行了搜寻,但毫无结果。直到最近,先是1994年4月,美国费米国家实验室的CDF实验组宣布,他们在1.8TeV的TEVATRON质子-反质子对撞机上观察到了t 夸克的证据,但由于事例数较少(只有12个,其中可能混有5个本底),而工作在同一台对撞机上的另一个实验组D0称:只找到一些有趣的事例,但与本底数目可比拟,因此尚不能确认t 夸克的存在。这样,国际高能物理界都在焦急地等待着费米实验室的进一步结果。

在经过10个月的紧张工作后,两个组都收集到更多数据,进行了更认真的分析和辨认。

CDF组增加了将近三倍数据(总数为 67pb^{-1}),他们总共找到56个t 夸克事例,信号的统计显著性超过4.8倍标准偏差,拟合得到t 夸克质量为 $176 \pm 8(\text{统计}) \pm 10(\text{系统})\text{GeV}/c^2$ (见图1),产生截面为 $6.8 \pm_{2.1}^{3.4}\text{pb}$ 。质量值与1994年的相近,但误差更小了。产生截面比以前小了。

D0组收集到 50pb^{-1} 的数据,找到了17个t 夸克事例,信号的统计显著性好于4.6倍标准偏差,因而信号是十分清楚的。他们宣布观察到了t 夸克,并拟合到t 夸克的质量为 $199 \pm_{21}^{19}$ (统计) $\pm 22(\text{系统})\text{GeV}/c^2$,其质量值比CDF

物理

组的大一些,误差也大一些.如果考虑到实验误差,两个组的结果还是符合的.D0组测量了产生截面为 $6.4 \pm 2.2 \text{ pb}$.

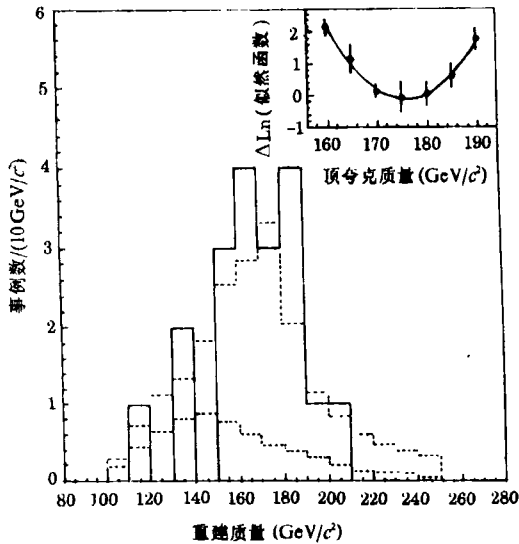
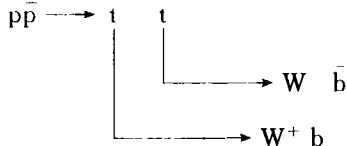


图1 拟合得到的t夸克重建质量谱
(小点组成虚线表示本底分布)

两个组寻找t夸克的方式是相近的,即在 $p\bar{p}$ (正、反质子)对撞中产生 $t\bar{t}$ (正反t夸克),而t与 \bar{t} 分别衰变为 W^+b 和 W^-b .其中W是中间玻色子,b为b夸克,即



W可以衰变为轻子(电子或 μ)及中微子,也可衰变为两个轻夸克.轻夸克和b夸克在探测器中表现为强子喷注.对b夸克鉴别的方法,一是寻找b夸克衰变的次级顶点,二是寻找b夸克衰变为能量较低的轻子.由于两个组独立地确认了t夸克的存在,因此费米实验室宣布发现了t夸克.

这是国际高能物理界一件重大事件,大家盼望已久的第六个夸克终于找到了.但精确的质量测量以及t夸克的特性的研究还需进一步完善.t夸克质量有金的原子核这么大,要比c

夸克($1.5 \text{ GeV}/c^2$)和b夸克($5 \text{ GeV}/c^2$)大很多,是什么原因?夸克质量的来源是什么?这正是高能物理要探索的课题.

1.1.2 夸克只有三代的实验证据

1989年以来,LEP和SLC两台正负电子对撞机上分别测量了 Z^0 中间玻色子衰变到中微子的宽度,推算出中微子的种类为 $N = 2.983 \pm 0.025$,也就是说在标准模型框架下,只存在三种中微子,推而广之,只存在三代轻子和三代夸克.这是一个非常重要的实验结果,对天体物理、宇宙学也同样重要.

1.1.3 轻子普适性的实验检验

所谓轻子普适性是指 e, μ, τ 的弱作用耦合常数 g (费米弱耦合常数)应该相等,这是标准模型的基本框架之一.而在1989年以后, τ 寿命, τ 衰变为 $e\nu_e\nu_\tau$ 的分支比, τ 质量的实验数据,这些都显示出似乎轻子普适性不再正确.以上参数与弱耦合常数 g 的关系如下:

$$\left(\frac{g_\tau}{g_\mu}\right)^2 = \frac{\tau_\mu}{\tau_\tau} \left(\frac{m_\mu}{m_\tau}\right)^5 B_\tau(\tau \rightarrow e\nu_e\nu_\tau),$$

其中 $g_\tau, g_\mu, \tau_\tau, \tau_\mu, m_\tau, m_\mu$ 分别为 τ, μ 的弱耦合常数、寿命和质量, $B_\tau(\tau \rightarrow e\nu_e\nu_\tau)$ 为衰变分支比.

按1992年以前的粒子数据表的值计算, $g_\tau/g_\mu = 0.970 \pm 0.013$,即偏离标准模型值1有2.3倍标准偏差.也就是说要么实验有问题,要么轻子普适性理论有问题.

在国际高能物理界的关注下,在北京正负电子对撞机上工作的北京谱仪(BES)合作组首次使用了阈值扫描新方法,充分利用了对撞机亮度高、探测器分辨率好的特性,从1991年8月起至1992年4月,对 τ 质量进行测量,得到了新的结果 $m_\tau = 1776.9 \pm 0.3 \text{ MeV}/c^2$,与以前的世界平均值 $1784.1 \pm_{3.6}^{2.7} \text{ MeV}/c^2$ 差了 7.2 MeV (超过两倍偏差),精度提高了10倍.按照这一新的 τ 质量值,加上新的 τ 寿命及 $\tau \rightarrow e\nu_e\nu_\tau$ 分支比值,1993年得到的 $g_\tau/g_\mu = 0.996 \pm 0.006$,已经非常接近1(见图2).在1993年8月召开的国际轻子光子大会上,与会者对此获得极深刻的印象,即轻子普适性的问题现已

基本解决,其中北京谱仪的 τ 质量数据起了关键作用.

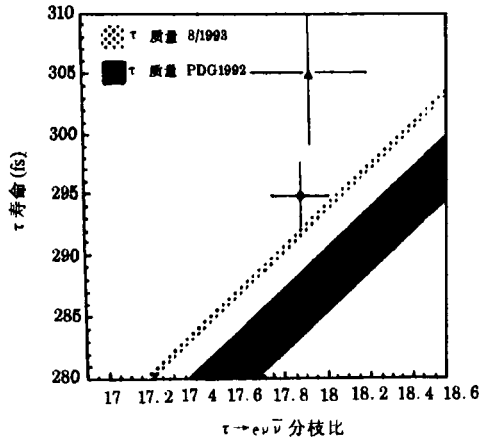


图2 τ 寿命、 $\tau \rightarrow e \bar{\nu} \nu$ 分支比和 τ 质量的关系
(圆点表示 1993 年数据,在 1 倍标准偏差范围内与 BES 所测得的 τ 质量值符合,表示轻子普适性是适用的)

1.1.4 观察到了 B 介子衰变到 K^* 介子和光子的事例

1993 年,在 CESR 对撞机上工作的 CLEO 组首次观察到了 $B \rightarrow K^* \gamma$ 的过程,并测量到其衰变分支比, $B_r(B \rightarrow K^* \gamma) = (4.5 \pm 1.5 \pm 0.9) \times 10^{-5}$.

这一测量的意义在于:这一衰变给出了 b 夸克衰变到 s 夸克和光子的过程,即 $b \rightarrow s \gamma$.

这是一个十分有趣的所谓味道改变中性流的过程,是电弱理论和量子色动力学的联合作用. b 到 s 通过 W 中间玻色子的交换,其圈图形状象企鹅,故称企鹅图(见图 3).

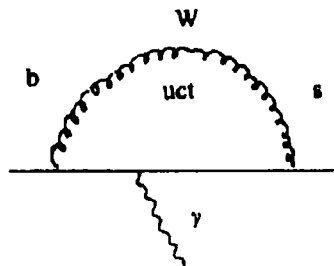


图3 企鹅图

最近,实验上测量 $b \rightarrow s \gamma$ 过程又有更多的结果.其中得到这过程的分支比 $B_r(b \rightarrow s \gamma) = (2.32 \pm 0.51 \pm 0.29 \pm 0.32) \times 10^{-4}$.

1.1.5 $B^0 - \bar{B}^0$ 混合

B^0 介子有一定几率变为它的反粒子.这个现象在 10 年前就被 UA1 实验组观察到,以后被 CLEO 和 ARGUS 等实验证实了.最近,LEP 上的 ALEPH 和 DELPHI 实验组都得到了 $B^0 - \bar{B}^0$ 混合的时间关联的结果.测量混合率 $X = 0.120 \pm 0.100$.实验显示了含有 s 夸克的 B^0 介子比含有 d 夸克 B^0 介子对混合有更大贡献.

1.1.6 标准模型参数测量精度大大提高

不同能区的加速器对标准模型的精确检验作出了贡献.特别要指出的是 LEP 对撞机运行在 Z^0 共振峰上,取得了 700 万个 Z^0 数据(至 1993 年底),同时不断改善实验精度,推进了标准模型重要数据的测量精度.例如, Z 的质量、宽度、 $\sin^2 \theta_w$ 强作用耦合常数的实验测量值分别为

$$M_Z = 91.187 \pm 0.005 \text{ GeV}/c^2, \text{ 精度达 } 10^{-4},$$

$$\Gamma_Z = 2.489 \pm 0.007 \text{ GeV}, \text{ 精度达 } 3 \times 10^{-4},$$

$$\sin^2 \theta_w = 0.232 \pm 0.001, \text{ 精度达 } 4 \times 10^{-3},$$

$$\alpha_s(M_Z) = 0.123 \pm 0.006, \text{ 精度达 } 5 \times 10^{-2}.$$

根据已测到的标准模型有关参数,可推算出 t 夸克的质量为 $m_t = 173_{-13}^{+12} {}_{-20}^{+18} \text{ GeV}/c^2$,非常接近 CDF 的实验结果.

此外,世界上第一台电子-质子对撞机 HERA (27 GeV 电子 + 820 GeV 质子)已于 1992 年开始运行.由于有小 x 和大 q^2 的优势,在质子结构的研究方面将期待有大的进展.

1.2 非加速器物理实验

这是指用非加速器手段做实验得到的一些进展.

1.2.1 中微子的质量

这不仅仅是高能物理关心的基本问题,也是天体物理、宇宙学共同关心的重要问题.

测量电子中微子质量普遍采用氚 β 衰变,物理

拟合 β 谱高端 18.6KeV 附近形状, 可得到电子中微子质量 $M_{\nu(e)}$ 的上限. 近几年来, 实验越做越精确, $M_{\nu(e)}$ 上限值也越来越小. 到 1994 年, $M_{\nu(e)} < 4.5 \text{eV}/c^2$. 用无中微子发射的双 β 衰变实验测量其寿命的下限, 可推算出中微子 (Majorana 型) 质量的上限. 中国科学院高能物理研究所和理论物理研究所的物理学家测量了 ^{48}Ca 无中微子发射的双 β 衰变寿命, 得到最新下限为 $T_{1/2} > 9.5 \times 10^{21}$ 年, 相应于 $M_{\nu(e)} < 8 \text{eV}/c^2$. 其他组给出 ^{76}Ge 的 $T_{1/2} > 1.5 \times 10^{24}$ 年, 相应于 $M_{\nu(e)} < 1.3 \text{eV}/c^2$. μ 和 τ 中微子的质量上限也不断推进, 目前 $M_{\nu(\mu)} < 0.27 \text{MeV}/c^2$, $M_{\nu(\tau)} < 31 \text{MeV}/c^2$ (过去是 $35 \text{MeV}/c^2$, 由于 BES 新的 τ 质量值, 使上限降了 $4 \text{MeV}/c^2$).

北京谱仪合作组采用测量 $\tau^- \rightarrow \text{K}^+ \text{K}^- \pi^- \nu_\tau$ 衰变中 $\text{K}^+ \text{K}^- \pi^-$ 的不变质量, 得到 $M_{\nu(\tau)}$ 的上限. LEP 上的 ALEPH 合作组通过测量 $\tau \rightarrow 5\pi \nu_\tau$ 衰变中 5π 的不变质量得到 $M_{\nu(\tau)}$ 的上限. 这两个实验都渴望将 $M_{\nu(\tau)}$ 的上限值 $31 \text{MeV}/c^2$ 降下来几个 MeV/c^2 . 高能物理与天体物理关心的是 $M_{\nu(\tau)}$ 能否降到 $20 \text{MeV}/c^2$ 以下.

1.2.2 太阳中微子是否丢失?

这个“丢失”现象看来仍然存在, 最近运行的几个大型装置 (如 GALLEX, SAGE, Kamiokande) 得到的最新结果表明, 所测到的太阳发出的中微子通量比标准太阳模型预期的要少 1/3 到 1/2. 这有三种可能: (1) 某种未估计到的系统误差; (2) 标准太阳模型有问题; (3) 中微子振荡即 ν_e 变成了 ν_μ (或 ν_τ).

关于这方面实验还在继续进行.

1.2.3 大气 μ 中微子短缺

原初宇宙线在大气中产生簇射, 大部分是 π 介子, $\pi \rightarrow \mu \nu_\mu$, $\mu \rightarrow e \nu_e \nu_\mu$. 很容易计算出这个过程 ν_μ (μ 中微子) 与 ν_e (电子中微子) 数目之比约为 2, 但实际上, 观察到的 ν_μ 数目要比期待的少, 近期几个大的宇宙线观察站测量了如下比值:

$$\frac{(\nu_\mu/\nu_e)_{\text{观察}}}{(\nu_\mu/\nu_e)_{\text{期待}}} = 0.57^{+0.08}_{-0.07} \pm 0.07.$$

25 卷(1996)第 3 期

很明显, 这个比值偏离 1 很多, 为了解释这一现象, 中微子振荡是其中假说之一.

1.2.4 质子是否衰变

质子是否衰变是检验“大统一”理论的一个重要实验依据. 到 1994 年为止, 尚无质子衰变的证据. IMB-3 探测器给出质子寿命的下限为 4.7×10^{33} 年. 他们虽观察到一些奇特事例, 但可用大气中微子与探测物质相互作用来解释. 这一新的下限, 已与一般的大统一模型相矛盾.

1.2.5 暗物质的寻找

根据天文学引力加速度的计算和其他各种迹象, 表明宇宙中有 90% 的物质是所谓暗物质, 它是用通常光学手段不能直接观察到的. 寻找这至今尚未认识的 90% 部分自然是科学家们孜孜以求的事情. 除了天文学, 还需要其他学科的努力. 从大爆炸理论推测, 这些暗物质很可能是由弱作用的有质量的粒子 (WIMP) 组成, 粒子物理中的中微子、轴子可能属于这一类粒子. 于是一些粒子物理学家也参加到暗物质的研究中来, 他们建成了对这些粒子灵敏、低本底的探测器, 希望直接观察到它们存在的证据. 由于它们在大气中通量低, 又只产生弱作用, 因而给探测带来了极大困难. 降低探测器及环境天然放射性本底是非常关键的技术.

2 高能物理理论研究的新进展

标准模型理论, 无论是电弱统一模型还是量子色动力学理论都取得了令人鼓舞的进展. 实验上对一系列物理量的精确测量进一步检验和发展了标准模型理论.

电弱统一理论的辐射修正计算是检验标准模型理论的一个重要方面, 国际上有几个组在计算单圈和高阶的辐射修正. 例如 m_W/m_Z , g_V/g_A , Γ_e 和 Γ_b/Γ_h 等中间玻色子的重要物理量的辐射修正计算结果, 不仅得到了实验的验证, 而且实验还揭示了可能对标准模型的偏离, 因此实验和理论的进展需要人们做更精确的理论计算和精度更高的实验. 其中荷电中间玻色

子 m_w 的准确测量在标准模型理论框架内将对 Higgs 粒子的质量有很强的限制,必将导致对电弱破缺机制的进一步的理解.在电弱统一对称破缺机制的研究方面,我国国内理论物理学家完成了从高能纵向分量规范场的反应来研究电弱破缺的 Goldstone 玻色子及其相互作用的等价性定理的证明.并进一步提出了能在欧洲超级强子对撞机加速器上进行实验,检验电弱自发破缺机制的反应的过程.

重味(指重夸克 c, b, t)物理是近年来最活跃的前沿课题.基于重夸克对称性理论建立的重夸克有效场论,对理论上计算 B 介子和 D 介子的各种衰变模式提供了极其有用的方法.理论上较精确的计算给出了弱作用 Cabbibo-Kobayashi-Muskawa (CKM) 矩阵中的某一矩阵元 V_{cb} 值,

$$|V_{cb}| = 0.0387 \pm 0.0027.$$

特别值得一提的是近年来国外利用大型计算机进行格点规范理论研究取得了重要的进展.例如计算了许多与实验上可比的物理量,像重介子衰变常数,重介子质量谱以及重介子衰变的矩阵元和形状因子等.格点规范理论计算由于其结果可以与实验直接比较是令人鼓舞的.

国内虽然没有大型计算机开展格点规范理论的研究,然而在重味物理方面也取得了许多重要的结果.我国理论物理学家利用多种方法研究并计算了重介子的质量谱、衰变常数以及强子矩阵元.我国学者早在 60 年代创建层子模型理论时就应用协变的束缚态方程研究强子的性质,近年来他们在利用此方程对重介子的研究中又得到了新的进展:一是发展了此束缚态方程及其波函数的 $1/M$ (其中 M 是重夸克的质量)展开;二是在背景场的框架内系统地考虑了 QCD 夸克和胶子凝聚的效应.以这两种方法计算了束缚态方程的解以及衰变常数和强子矩阵元,其理论计算结果与实验数据是自洽的.国际上将建造 B 介子工厂,观测 CP(粒子-宇称联合反演)破坏将是其主要的物理目标,我们进行了 B 衰变中的 CP 破坏的观测效应的研究,提出

了由实验直接测定三代 CKM 矩阵元三角关系的建议.此外还从真空凝聚效应分析了重味介子中普适形状因子 Isgur-Wise 函数的味道依赖性.在 B_c 介子方面,我们利用了有一定实验基础的模型位势计算了 B_c 介子的静态性质,系统地研究了 B_c 介子的产生和衰变性质.

国内理论物理学家特别着重结合 BEPC 能区物理进行研究.例如在 τ 轻子质量的实验测量中作了大量的辐射修正的理论计算,为准确测定 τ 轻子质量作出了重要的贡献.几年来,理论物理学家在 J/ψ 的数据分析中不仅提出了理论分析方法,而且与实验物理学家密切结合对 $1, \theta, \xi$ 等粒子进行了深入的探讨.目前正在对 $\xi(2230)$ 粒子的性质进行深入的研究,并指出 $\xi(2230)$ 很可能就是胶子球.

量子色动力学理论中的跑动耦合常数从 $1-2\text{GeV}$ 一直到 100GeV 的能区内获得了实验的证实.近年来,由于德国的电子-正电子对撞机(HERA)的运行并获得了小 X 区域的实验结果,这对检验和发展量子色动力学理论是非常重要的.

无论是电弱统一模型理论还是量子色动力学理论在计算方法上都有了新的发展,可以给出较精确的理论计算结果.另一方面,实验上的测量精度和运动学区域也不断提高和扩大.标准模型不仅得到检验和发展,而且实验上将揭示对标准模型偏离的新物理.高能物理学家正密切寻找超出于标准模型的新物理的出现.

从理论上曾有一些超出于标准模型的探讨,从实验上已排除了某些尝试,目前的实验结果有利于超对称大统一理论.但超对称大统一理论是否就是超出了标准模型理论的新物理仍在进一步探讨.

3 高能物理展望

40 多年来,高能物理虽然取得长足的进展,但仍然有许多基本问题有待解决.

(1) 标准模型预言的 Higgs 粒子至今尚未物理

找到,它到底存不存在? 如果不存在,则将是对于 Higgs 机制为基本假设的电弱统一理论的一个很大的冲击。

(2)标准模型很成功,理论和实验符合得很好,是指在目前实验的精度下. 如果进一步提高实验精度,有可能会发现矛盾,出现超出标准模型的新理论. 因此标准模型必须接受更高精度的实验检验。

(3)六种夸克的质量为什么有如此大的差别? 质量的来源是什么?

(4)到目前为止,只观察到 K^0 介子(含 s 夸克)的 CP(粒子-宇称联合反演)破坏. 那么 b 和 c 夸克及 τ 轻子情况又怎样呢? CP 破坏的根源是什么?

(5)夸克、轻子真是基本的吗? 它们的下一个层次是什么?

为了解决以上的问题,高能物理界最近有几台新对撞机的建造计划相继得到批准. 它们将先后在本世纪末、下世纪初投入运行. 其中一台是超高能加速器,是由现有的 LEP 正负电子对撞机改建成的大型强子对撞机(LHC),其能量为 14TeV($1\text{TeV}=10^{12}\text{eV}$),主要物理目标是研究超高能领域的新现象、新规律,寻找 Higgs 等新粒子. 在这样高的能量下,提供了模拟大爆炸初期 10^{-12}s 的粒子状态的极好机会。

另一类是建造几台较低能区的具有高亮度(比目前已有的要高 100 倍)的正负电子对撞机,并配备高精度探测器. 这样的实验装置因能产生巨额的供研究用的粒子而被形象地称为“工厂”. 这类“工厂”具有统计误差和系统误差小的特点,有利于从高精度上来检验标准模型,寻找与标准模型的偏离,揭示新的物理现象与规律. 目前国际上正在建造和拟建造的有 $\varphi, \beta,$

τ -Charm 工厂. 意大利正在建造的 φ 介子工厂,其能区在 1GeV 左右,计划通过精确测量 K^0 介子研究 CP 破坏现象. 美国和日本正在建造一个 B 介子工厂,其能区为 10GeV,主要物理目标是寻找和研究 b 夸克衰变的 CP 破坏现象。

几年前,西班牙曾提出建造 τ -c 工厂(能量 3—5GeV)的计划,但因其技术实力不足,未获批准. 近年来,中国的高能物理界注意到 τ -c 能区大量有意义的物理课题,如胶子球的寻找, τ 衰变的 CP 破坏, τ 和 τ 中微子质量的精确测量,粲和粲素物理的研究……. 由于 τ -c 工厂在高亮度和高精度下研究 c 夸克和 τ 轻子有关特性,是检验标准模型的最精确的手段之一. 考虑到 BEPC 正是工作在这个能区,我们已有可利用的设施和一支有经验的队伍,因此在中国建造 τ -c 工厂具备一定有利条件. 这一设想,得到了国内和国际高能物理界的支持. 1994 年 8 月在美国召开的 τ -c 工厂国际讨论会上,与会代表一致确认了 τ -c 能区的丰富物理内容,具有其他能区不能替代的特点. 他们希望中国能牵头,在中国建造一个 τ -c 工厂的国际合作中心. 中国的有关部门很重视这一设想,并批准了 τ -c 工厂可行性研究. 中国的高能物理是在周恩来、邓小平等老一辈革命家亲切关怀下诞生并在几代科技工作者的努力下成长起来的,中国高能物理界有责任担负起中国高能物理发展的重任,使她在国际高能物理界牢牢地占有一席之地。

综上所述,高能物理也像其他学科一样正在持续地发展. 我国的高能物理工作者正在为保持发展的势头而进行不懈的努力. 我们以乐观的精神展望下个世纪,可以预言,21 世纪将是高能物理取得突破性进展的一个世纪。