

第六届全国粒子物理理论会议论文集

清明/摘编

编者按:

去年四月,中国高能物理学会在云南大学召开六届全国粒子物理理论学术会议,内容涉及到与粒子物理有关的九个问题:强粒子物理与 τ 轻子物理;强相互作用的新粒子、新机理与新方法;标准模型的检验与超出标准模型的探讨;高能粒子、重离子碰撞理论;格点规范理论的新方法与新结果;规范场论的大范围性质与非微扰方法;共形场论、量子群与非对易几何;低维与多维量子引力的新发展;其他若干有趣的理论问题。由于篇幅所限,只能摘录部分文章的观点,未经报告人审阅,特此说明。

一 北京谱仪和 τ 质量测量

中国科学院高能物理研究所一室主任、研究员郁忠强作了题为“北京谱仪上测量 τ 轻子质量的初步结果”的报告。

报告认为:在北京正负电子对撞机(BEPC)上利用北京谱仪(BES)完成了 τ 轻子质量的测量。在 τ 对产生阈值附近进行扫描,选择 $e\mu$ 事例作为 τ 对事例产生的标志,即 $e^+e^- \rightarrow \tau\tau(\tau \rightarrow e\nu\bar{\nu}, \tau \rightarrow \mu\nu\bar{\nu})$ 。对阈值附近 τ 对产生截面进行最大似然函数拟合,得到 τ 轻子质量测量值的初步结果为 $M_\tau = 1776.9 \pm 0.4 \pm 0.3 \text{ MeV}$ 。(编者按:据《现代物理知识》杂志1992年5期薛生田文章和《高能物理与核物理》杂志1993年1期更正称:“ τ 轻子的质量为

$$1776.9^{+0.4}_{-0.3} \pm 0.2 \text{ MeV}”)$$

据介绍, τ 轻子是第三代有质量的轻子,也是唯一有大量衰变道的轻子。 τ 轻子可以有轻子衰变和强子衰变,其中有很多都可以用标准模型作高精度的计算,因而被认为最有希望由此得到新物理的信息。另外, τ 轻子的质量较大,和其他两种轻子(电子和 μ 子)相比,对新物理可能会更加灵敏,但目前对 τ 质量实验测量精度仅为 10^{-3} 量级,其世界平均值

$$m_\tau = 1784.1^{+0.4}_{-0.3} \text{ MeV}$$

比电子和 μ 子质量的测量精度差得多。

郁忠强认为 τ 质量测量的意义在于:首先是因为它关系到标准模型对轻子普适性的检验。从目前知道

据。另一方面,球粒状陨石元素丰度测定表明,铂的丰度比邻近元素的丰度都高出数倍,铂-202的新数据会不会给太阳系元素丰度的研究提供一点依据呢?当铂原子核内中子数再继续增加时,对铂同位素长链进行系统研究将会提供更加丰富的知识,这也是我们要努力达到的目标。

的 τ_μ (μ 子寿命)、 m_μ (μ 子质量)和 m_τ (τ 轻子质量)的关系图可知, τ 轻子的质量、 τ 轻子的寿命和它的衰变分支比三者之间的实验结果,和标准模型的预言相比出现 $\sim 2\sigma$ 水平的不相容。这种不相容,可能是由实验测量的误差引起的。因此要求对上述三个物理量作更精确的测量。另外, τ 质量的精确测量还有助于 τ 中微子的研究。目前的实验技术给出中微子质量的上限 $m_{\nu_\tau} < 35 \text{ MeV}$ (95%置信度),此结果在很大程度上依赖于 τ 质量的测量精度。所以, τ 轻子质量的精确测量能降低 τ 中微子质量的上限,这对 τ 中微子的研究将有很大的意义。

据报告介绍,由中国科学院高能物理研究所、Boston大学、加州理工学院、Colorado大学、麻省理工学院、SLAC、加州大学Irvine分校、Texas大学、Washington大学组成的BES合作组,首次采用在 τ 对产生阈值附近扫描的方法测量 τ 轻子的质量,可以达到较高的精度。实验是在北京正负电子对撞机上完成,共采集了10个能量点的数据,能量扫描范围是 $3.544 < E_{cm} < 3.569 \text{ GeV}$,总的积分亮度达 4316 nb^{-1} 。选择 τ 对衰变中比较“干净”的衰变道作为选择 τ 对事例产生的标志,即选择 $e^+e^- \rightarrow \tau\tau, \tau \rightarrow e\nu\bar{\nu}, \tau \rightarrow \mu\nu\bar{\nu}$ 。在选择扫描能量点和计算 τ 轻子质量时采用似然函数拟合方法。

(编者按:北京谱仪测量 τ 轻子质量的成功,标志中国物理学家能在物理前沿的研究中作出国际领先的工作。由何祚庥、邝宇平、王淦昌等人组成的“强物理和 τ 轻子物理”国家重大科研项目评审组认为:“北京谱仪现在做出的一些初步实验结果已受到国际同行的重视。”著名物理学家李政道认为:中国高能物理学家前不久对 τ 粒子的测量,是近两年来在粒子物理方面的最大的重要发现。这一发现是用北京正负电子对撞机和北京谱仪做出来的。国家科委、人民日报、光明日

报、科技日报、中央电视台、中央人民广播电台等单位评出的 1992 年全国十大科技成就中,就有 τ 轻子质量的精确测定结果。国家科委主任宋健在全国十大科技成就新闻发布会暨表彰大会上指出:中国的科技成果很多具有世界水平,中国科技工作者的聪明才智比起世界各国毫不逊色。中国科学报、科技日报、新华社国内部、中央人民广播电台、人民日报教科文部和四通集团公司、中自公司联合评出的 1992 年中国十大科技新闻公报认为:“高能物理研究获重要成果。我国科学家在北京正负电子对撞机上测得 τ 粒子质量最新数据,确认了一种被称为 ξ 的新粒子的存在。这一成果受到国际高能物理学界的普遍关注和重视。”

二 BEPC 和 BES 上的 J/ψ 物理

中国科学院高能物理研究所郁宏、沈齐兴等研究人员提出的报告认为:北京正负电子对撞机(BEPC)和北京谱仪(BES)已累积 $9 \times 10^6 J/\psi$ 事例,处于国际领先地位。在概述近十年来国际上关于 J/ψ 衰变中产生的新强子态方面的情况之后,提出了一些值得研究的问题。

报告介绍,我们结合一些具体过程,做了 J/ψ 衰变数据分析基础的角分布的螺旋度形式以及推广的矩分析。对 $J/\psi \rightarrow \omega f_2(1270)$, $f_2(1270) \rightarrow \pi^+ \pi^-$; $J/\psi \rightarrow \phi f_2(1270)$; $J/\psi \rightarrow r \theta(1720)$, $\theta(1720) \rightarrow K \bar{K}$ 以及 $J/\psi \rightarrow \phi \theta(1720)$, $\phi \rightarrow K \bar{K}$, $\theta(1720) \rightarrow K \bar{K}$ 等做了或正在做数据分析,有的结果已在国际会议上作了宣布,得到了国际同行的肯定及关注。最近,我们就 $\sim 1440 \text{ MeV}$ 附近的共振峰分别对 J/ψ 三级二体衰变过程的自旋-宇称分析,以及 X 衰变为三个赝标介子的 J/ψ 衰变过程作了讨论,给出了 X 共振态具有不同自旋-宇称时的角分布螺旋度形式。在前者工作的基础上,进一步用推广的矩分析法讨论多态宽峰结构可以直接和分波法进行比较。我们还讨论了 J/ψ 双辐射衰变过程对于具有不同自旋-宇称的中间态 X , 给出了相应的角分布螺旋度形式,以及由推广的矩分析方法得到的各种矩的表达式,为对 X 态的自旋-宇称分析提供了基础。而这种过程的分析,特别是对 $(r\rho)$ 以及 $(r\phi)$ 衰变方式的研究,对认识胶球候选者 $\pi/\eta(1440)$ 的性质很重要。对于三个 g_T 态的讨论,我们注意到不排除混杂态的可能,建议研究 J/ψ 强子衰变过程,这有利于混杂态的产生。为此,我们普遍地给出了这种过程的角分布公式,作了推广的矩分析,发现了一些有效的判据,可辨认 X 态的自旋-宇称。

报告认为,要提高 $J/\psi \rightarrow \omega f_2(1270)$, $f_2(1270) \rightarrow \pi^+ \pi^-$ 过程的分析精度,必须考虑过程 $J/\psi \rightarrow b_s^+ \pi^+$, $b_s^+ \rightarrow \omega \pi^+$ 的干涉。因为它们具有相同的末态。只是中间态不同,而且中间态的衰变产物也不同,因而不同于一般的干涉问题,也不同于耦合道问题,增加了讨论的复杂性。我们从理论上解决了这二种过程的振幅如何

以同样的变量表示的问题,可以顺利地给出它们之间有干涉的角分布公式。我们还应随时注意新的强子共振态的各种迹象。

报告提出,涉及 J/ψ 衰变中的新强子态问题(不排除其他一些重要问题),物理内容十分丰富。对于数据分析的要求很高,难度相对也比较大。在这个领域做出具有国际水平的工作,意义非同一般,它是衡量一个实验室水平的相当重要的标志。

三 超高能物理

清华大学近代物理研究所教授卞宇平全面地介绍了标准模型检验的现状。他说,粒子基本相互作用的标准模型($SU(3)_c \times SU(2) \times U(1)$ 规范理论及电弱对称性自发破缺的 Higgs 场模型)包含以下三个部分:规范场、费米子和 Higgs 场。这三部分包含的参量总数为 20 个。标准模型中实际可调的自由参量有 19 个(若不计 θ^- 真空的 θ 参量,则自由参量为 17 个)。如果中微子有质量,则自由参数还要增加。人们不满足于现有的标准模型,希望找到其背后更基本的理论。

作者简单地介绍 Higgs 部分存在的几个理论问题:(1)大量的实验检验支持粒子间的基本强相互作用和电-弱相互作用,都是规范相互作用,即基本相互作用的形式,统一地归结为定域规范不变原理。为了产生 $SU(2) \times U(1)$ 对称性的自发破缺,引入了 Higgs 场部分。由于实验未证实一定有 Higgs 场存在,人们自然对标准模型中的 Higgs 场部分产生怀疑,并寻求更满意的对称性自发破缺机制。(2) $\lambda\phi^4$ 理论的平庸性。(3)基本标量场理论的不自然性。作者认为:现有的实验对电-弱规范对称性的自发破缺机制未能给出任何信息,Higgs 粒子还没有找到,这是标准模型中最需要弄清楚的部分。由于 Higgs 场理论有一系列的理论性缺点,人们并不认为 $SU(2) \times U(1)$ 对称性的自发破缺一定要由 Higgs 场造成。电-弱理论中对称性自发破缺的机制很可能涉及新的物理,搞清这个问题是当前粒子物理学中最重要的问题之一。如果 Higgs 粒子存在,且 $m_H < 80 \text{ GeV}$,则有可能在 LEP II 被发现;如果 $m_H > 80 \text{ GeV}$,或 Higgs 粒子根本不存在,则需要在美国 SSC 和 LHC 上从实验来判断。这两个超高能对撞机将于本世纪末或下世纪初建成工作。因此,研究电-弱理论的对称性自发破缺机制将是下世纪初粒子物理实验的主要研究内容,也将是今后若干年粒子理论的一个主要研究课题。除此以外,目前人们想到的其他超出标准模型的新物理,如右手 W 玻色子,夸克及轻子的复合模型等,其特征能标都大约为 TeV 量级。人们期望通过 SSC 和 LHC,在 TeV 能标能发现新的物理,期望着粒子物理在下世纪初有新的突破。

报告在论述超高能 pp 对撞物理时,谈到了如下

问题: (1) Higgs 粒子的寻找; (2) 弱规范玻色子纵分量的散射; (3) 反常 W-W- γ 和 W-W-Z 顶角的检验; (4) 新 Z' 玻色子的寻找; (5) 超对称的检验; (6) t 物理和新重夸克的寻找; (7) b 物理; (8) 中微子物理; (9) 其他新物理的探索; (10) pp 弹性散射总截面随能量的上升行为。

邝宇平先生就有关的理论研究课题, 提出了一些值得重视的看法。主要内容有: 1 电-弱理论对称性自发破缺机制研究中的非微扰动力学方法。(1) 发展 $m_H \sim 1\text{TeV}$ 时 φ^4 理论的非微扰计算方法, 这是目前对基本 Higgs 场理论的研究中尚缺乏的方面; (2) 在通常的 t 标准模型中得到的 t 夸克质量较重, $m_t > 200\text{GeV}$ 。这与前述实验对标准模型的精确检验结果不大一致, 需要进一步的非微扰动力学研究, 是否有可能得到 $m_t < 200\text{GeV}$; (3) 对人工色理论, 由于非微扰动力学上的困难, 目前人们只考虑了 QCD 型的人工色理论。探索是否存在受目前实验支持的非 QCD 型人工色理论, 是一个非常需要的研究课题。此外, 在人工色理论中, 要使轻子和夸克获得质量, 还需要引入扩展人工色 (ETC)。近年人们考虑有非零紫外固定点的人工色理论——走动人工色理论, 可以克服轻子、夸克质量太小和轻的赝 Goldstone 玻色子的缺点, 但其定量动力学计算还很少, 仅有的一些粗略计算还带有很大猜测成分。近年人们比较重视对反映对称自发破缺机制的 Goldstone 玻色子有效拉代量的研究, 可较清楚地研究强耦合对称破缺机制对 θ_s (或 S) 参量的贡献, 但现有的有效拉代量理论还只是其于对称性的考虑得出的含有非常多自由参量的形式理论, 很难应用于非 QCD 型人工色理论。国内已开始探讨有效场论框架下用 $1/g^2$ 展开, 由基本规范理论拉氏量推导 Goldstone 玻色子有效拉代量的非微扰动力学方法。2. 弱规范玻色子纵分量散射中的理论问题。3. 各种过程的背景的研究。4. 部分子分布函数的研究。5. B 物理。6. 超出标准模型的探索。7. 超高能 e^+e^- 对撞中有趣的物理问题的探讨。

四 相对论性重离子碰撞

华中师范大学粒子物理研究所教授刘连寿作了题为《相对论性重离子碰撞》的报告。主要内容有: 重离子碰撞的意义、碰撞的时空演化、线性背景与非线性效应、解除囚禁相变和夸克物质的信号。最后, 作者对碰撞的时空演化、夸克物质和信号问题进行了讨论。

关于碰撞的时空演化, 作者认为: 对于碰撞能量高到足以产生夸克物质时的时空演化图象, 其中的 pre-equilibrium (平衡前) 阶段很复杂, 目前对它所知甚少。为了实际进行计算, 通常采用 Bjorken 的办法, 以核子-核(或核子-核子) 碰撞产生的末态强子快度分布作输入。这些末态强子产生在 $\tau = 1$ 时刻, 以此为初条件就可以进行流体力学计算。更细致一点,

可以考虑达到平衡前的非平衡演化, 也可以不作理想流体假设, 考虑非零输运系数, 当碰撞能量不太高, 温度 $T < T_c$ 时, 上述图象原则上没有问题。然而, 当 $T \geq T_c$ 时, 如果仍采用 Bjorken 初始条件, 就意味着, 相碰的核子经过 $\tau = 1\text{fm}$ 时间, 首先产生强子。这些强子相互碰撞, 发生相变形成 QGP, 然后 QGP 又冷却, 再次相变为强子气。这一图象是否符合实际还值得研究。

关于夸克物质, 作者认为: 在相对论性重离子碰撞中形成的夸克物质 (QGP) 有一定的时空尺度范围。它不可能达到宏观尺度, 也不能小到核子尺度 (1fm), 大致估计在 10fm 的量级。实际上, 核子内部就是自由运动的夸克-胶子, 但由于尺度太小, 不能作为一个热平衡系统, 因而不称为夸克物质 (QGP)。但是, 夸克-胶子系统的尺度究竟大到什么程度才能被称为夸克物质, 并没有一个明确的概念。值得注意的是, 即使在最有利的情况下: U-U 对心碰撞, 形成的系统尺度也不过是二三十 fm。对于这样的系统采用热力学极限 ($V \rightarrow \infty, N \rightarrow \infty, N/V$ 有限) 仍然是有问题的。在此情况下, 热力学和统计物理的概念应该作什么变化, 是一个有待研究的问题, 目前已有入开始作了些初步的讨论。

关于信号, 作者认为: 关于夸克物质信号已有不少研究, 但还未找出一种真正判定性的信号, 未能把夸克物质和致密核物质明确区分开。作者指出: 迄今为止所研究的信号都是统计性的信号, 它最多能告诉我们, 在碰撞中产生了夸克物质, 而不能告诉我们, 一个具体事件是否夸克物质事件。为了用实验深入研究夸克物质的性质, 必须能把夸克物质事件挑选出来。为此, 统计性的信号是不够的, 还必须设法找到单事件信号, 但这是一个非常困难又必须解决的问题。

五 B 物理和 CP 不守恒的现状和未来

中国科学院高能物理研究所研究生部主任、研究员杜东生介绍了 B 物理和 CP 不守恒的现状。他说, 对含 b 夸克的介子和重子的物理性质及衰变的研究, 一直是近年来粒子物理的前沿课题之一。这项研究的基本目的是探索 CP 破坏的起源。此外, KM 矩阵元的确定(如 V_{cb}, V_{ub}), 弱衰变机制和 QCD 的检验也是 B 物理研究的重要内容。到目前为止, 德国汉堡的 ARGUS 合作组已积累了 200000b \bar{b} 事例, Cornell 大学的 CLEO 组积累了 935000b \bar{b} 事例, CERN 的 LEP 积累了 130000b \bar{b} 事例。但仍然没有发现 B \bar{B}^* 的任何信号。对于 B \bar{B}^* , B \bar{B}_s^* , B \bar{B}_s^* 只有约 10% 的 exclusive 衰变已被测量。迄今为止, CP 不守恒现象在 B 介子衰变中还没有被观察到。作者介绍了这一领域的最新进展, 讨论了 B 粒子的寿命、混合和各种衰变, 以及 CP 不守恒问题。作者还讨论了未来可能的发展, 认为 B 物理将仍然是以后十几年内的热门课题。B $\bar{B}_s^* \rightarrow \psi K$, 已

为 CLEO 观察到, 其测得的分枝比为 $Br(B_s^0 \rightarrow \psi K_s) = (0.102 \pm 0.043 \pm 0.017) \times 10^{-2}$. SLC, LEP 可能不久就会找到 B_s^* . CESR, DESY, Tevatron 不久将看到 B_s^* . 他们通过 $B_s^* \rightarrow \psi \phi$, 或 $B_s^* \rightarrow D_s^* l \nu$, $D_s l \nu$ 等来研究 B_s^* , 并可测其质量、寿命等. CLEOII 已经积累了近 $10^6 B\bar{B}$, 并在 $1fb^{-1}$ 积分亮度下可能很快有 6000 个重建的 B 事例. 有这么多重建的事例 (reconstructed events), CLEOII 可能做下面测量: (a) 通过半轻子衰变测形状因子; (b) 找到 exclusive $b \rightarrow u$ 衰变, 如 $B \rightarrow \pi^+ \pi^-$, $B \rightarrow \pi l \nu$, $\rho l \nu$ 等; (c) 测量 Penguin 图过程, 如 $B_M^- \rightarrow K_S^0 \pi^-$, $K^- e^+ e^-$, $B_s^0 \rightarrow K^- \pi^+$, $K^0 \rho^0$ 等; (d) 确定 B_M^+ 和 B_s^+ 产生的相对比例 f^+/f^0 ; (e) 由 $e^+ e^- \rightarrow B\bar{B}^* \rightarrow B\bar{B} \nu$ 产生 $C = +1$ 的 $B\bar{B}$ 态.

作者认为, 当 SSC 建成后将有大量的 $B\bar{B}$ 产生, B 介子工厂可能建成, 从而对 CP 不守恒进行深入的研究. ψ 介子工厂也可能建成, 对 $Re(\epsilon'/\epsilon)$ 有更精密的测量, 这将为精确检验标准模型提供重要的数据. 总而言之, B 物理大有前途, K 介子物理会有新生.

作者指出, 寻找新的 CP 不守恒实验除 B 介子外, 还有测量中子电偶极矩和原子的电偶极矩的实验.

六 CP 破坏和中子电偶极矩

重庆大学理论物理研究所李重生先生作了题为《CP 破坏和中子电偶极矩及其最新发展》的报告. 作者在扼要地归纳几种 CP 破坏模型对中子电偶极矩 (NEDM) 的理论预言之后, 重点评述了与 Weinberg 提出的胶子 CP 破坏算符有关的问题, 并对其研究现状和最新发展做简要讨论.

据作者介绍, 能够帮助人们从理论上了解 CP 破坏起源的最重要的唯象参数有三个: 其中两个是中性 K 介子系统的 ϵ 和 ϵ' 参数, 另一个就是中子电偶极矩 (NEDM), 记为 d_n . 为了探索 CP 破坏的起源及其产生机理, 从实验和理论两个方面研究 NEDM 的工作, 在国际上一直很活跃, 特别是 1989 年 Weinberg 发现了一种由三个纯胶子场强构成的 CP 破坏算符可对 NEDM 产生大的贡献后, 围绕 Weinberg 算符和 NEDM 的研究曾一度成为热门.

作者介绍了中子电偶极矩的主要计算方法, 特别是较为详细地阐述了 Weinberg 最新提出的通过量纲为 b 和 g 的胶子 CP 破坏算符来计算中子电偶极矩的机理; 评述了在 Weinberg 机制提出后的新发展, 重点讨论了可产生大的带电轻子电偶矩的所谓 Barr-Zee 机制以及作为它的推广, 用于产生大的轻夸克的电偶极矩和色电偶极矩, 并进而计算中子电偶极矩的机理. 上述的有机制都涉及双圈图的计算, 它们的共同特征是其结果均不为混合角和轻费米子质量所压低, 且都在实验可测量的范围之内. 因此, 提高对中子 EDM 的实验测量精度, 的确可帮助我们在 K 介子系统之外

的物理系统中揭示 CP 破坏的起源和产生机理.

七 重夸克偶素非相对论势模型

中国科学院研究生院教授丁亦兵作了题为《重夸克偶素非相对论势模型的几点新进展》报告. 据作者介绍, 重夸克偶素是指 $C\bar{C}$ 或 $b\bar{b}$ 的束缚态. 在非相对论势模型中, 它们的能级和波函数可以从 Schrodinger 方程 $H\psi = E\psi$ 解得. 哈密顿 $H = \mathbf{p}^2/m + U(\mathbf{r})$, 其中 m 为重夸克质量, $U(\mathbf{r})$ 为相互作用势. 这种模型的物理图象简单, 数学形式为人们所熟悉, 而且有较强的预言能力. 因此, 从 1974 年 J/ψ 粒子被发现以来, 一直受到人们的重视. 特别是由于至今 QCD 非微扰方法尚未能取得满意的进展, 势模型能以简单的方式同时纳入 QCD 微扰与非微扰的一些基本理论结果, 故而仍是处理重夸克系统低能现象的重要手段. 但势模型有着致命弱点. 首先, 它的位势 $U(\mathbf{r})$ 目前仍不能从“第一原理”(通常认为是 QCD) 严格建立. 此外, 它只能比较好地处理重夸克系统的静态性质, 如能级、波函数、重夸克偶素湮灭成轻子对以及一些反冲比较小的衰变过程的宽度等. 即使只考虑这些问题, 也还有相当大的相对论修正和耦合道效应带来的许多不确定因素. 所有这些都使非相对论势模型的应用受到很大的限制.

近年来, 随着 QCD 理论研究的进展, 人们对短程渐近自由和长程禁闭性质的了解不断深化, 严格的理论结果越来越多地纳入了势模型中. 这使得重夸克偶素的结构及性质的研究越来越精细, 与实验符合的精度不断提高. 但势模型内在的一些矛盾也越加明显地暴露出来. 作者在介绍位势和自旋平均态能谱、相对论修正等几个有兴趣问题的进展之后认为: 非相对论势模型对重夸克偶素的描写可以说是相当成功的. 考虑了相对论修正和 QCD 高阶微扰的贡献, 不仅可以使能谱的符合大为改进, 有的模型甚至可以达到几个 MeV 的量级, 而且对于电偶极衰变宽度的计算很好地解释了实验. 尽管目前还不能从第一原理出发, 严格导出位势的全部具体形式. 但各种分析表明, 短程为矢量耦合的 QCD 微扰势, 长程为标量耦合线性禁闭势, 且势的径向分布成为漏斗型, 可在相当程度上反映了严格的位势的基本特征. 但势模型毕竟只是一种唯象的理论, 存在着许多不确定因素限制了它的应用能力, 还有着许多问题需要进一步努力去解决.

作者指出, 在 Breit-Fermi 势基础上建立的任何模型, 都不能使重夸克偶素的精细结构和超精细结构的实验结果同时得到满意的解释. 在 'P' 态问题上, 维持 Breit-Fermi 势与超出 Breit-Fermi 势, 或者说只考虑 QCD 树图还是包括单圈图的贡献, 会给出截然不同的理论结果. 至于非微扰的计算对结果有如此敏感的影响, 更是特别值得注意的问题. 除了这种相对论效应, 非微扰效应等之外, 阈以上的耦合道效应目

能也未很好地解决。其他诸如对标量势的起源及其处理方法,对于夸克质量的取值范围的理解,以及各种衰变过程的计算等都需要更进一步深入的研究。

作者认为,人们长期以来寄希望于 $t\bar{t}$ 束缚态的实验研究,可以很好地探测短程势的精确行为。随着 t 夸克质量的实验下限越来越高,这种希望实现的可能性越来越小。寻找其他途径以便对各种模型给出更精确的检验,在理论上和实验上都带来新的困难。至于建立起统一的、自治的相对论理论,对包括轻夸克在内的所有的介子和重子都能给出与实验符合的理论结果,则需要付出更大的努力。

八 格点规范理论

北京大学物理系朱允伦先生作了题为《格点规范理论进展》的报告。报告首先对格点规范场理论作了简洁地介绍,特别是对格点规范场理论的欧氏表述、连续极限等问题作了评述,他说,K.G.Wilson 在 1974 年提出格点规范物理理论,为研究规范场非微扰效应提供了一种有效途径。其基本想法是把时空离散化为格点,从而格距自动提供了一个紫外截断,而且是与微扰论无关。于是,不管耦合常数的数值大小都可以进行有限的确定的计算。在格点规范场理论中,保持了定域规范不变性,牺牲了洛仑兹不变性,并假定其在过渡到连续极限时将会恢复。然而,格点表述本身并没有完全解决强耦合问题,因为这里的耦合常数是裸的耦合常数,在回到连续极限的过程中,耦合常数必须重整化。只有当耦合常数达到一个标度固定点时,才有一个很好定义的连续极限,也才能与物理世界相联系。为了检验格点规范理论是否存在应有的标度行为,重要的是要解决如何计算中间耦合的问题。在 K. G. Wilson 的建议下,M. Creutz, L. Jacob, C.Rebbi 在 1979 年首先采取的 Monte Carlo 模拟方法,提供了一种处理中间耦合过渡区计算的强有力工具。十几年来,格点规范理论的蒙特卡罗模拟研究发展很快,得到一系列重要结果,成为粒子理论最重要的前沿领域之一。

据作者介绍,格点规范场理论的 Monte Carlo 模拟研究经历了三个阶段。第一阶段是从 M. Creutz 等人在 1979 年完成的第一个 Monte Carlo 模拟开始的。这一阶段主要进行了各种纯规范场理论的相结构的研究,得到弦张力、禁闭和在高温下解除禁闭相变等初步结果,表明 Monte Carlo 模拟是 LGT 研究的有力工具。1984 年,G. Parisi 等人加入了费米子,并在淬火近似下得出了强子谱,从而进入了一个用格点 QCD 计算实际物理量的新阶段——LGT 研究的第二阶段。强子谱的结果是很令人鼓舞的,但同时也发现当时的计算机是远远不够的。1985 年以后,有三个专用并行机相继投入运行:美国 Columbia (0.25 Gflops, 1989 年达到 16 Gflops); IBM 的 GF11 (11 Gflops); 意大利

的 APE (1 Gflops)。这标志着进入了格点 QCD 工程的新阶段——LGT 研究的第三阶段。新阶段的特点是:建造越来越大的 LGT 专用的巨型并行机——“QCD 机器”;与此相联系,理论合作组的规模也越来越大;在方法上作了较大的改进;所处理的问题几乎涉及整个粒子物理领域。在 1990 年与 1991 年两次 LGT 国际会议 (LATTICE'90, LATTICE'91) 上,分组会的专题题目在格点 QCD 方面有:纯规范场理论、强子谱、夸克间位势、禁闭与单极、强子弱电性质、重轻夸克强子 (B 物理等)、有限温度 QCD、有限密度 QCD 等。还有格点 Higgs 物理、格点 QED、量子引力和随机表面等。由此看出,格点规范理论研究的范围是很广的,实际上已成为“在格点上的粒子物理”,或称为“计算粒子物理”。

作者在报告结尾部分,提出了几点看法。他认为,LGT 是从“第一原理”出发,通过 Monte Carlo 模拟得出结果,因而可用于直接检验“第一原理”。现在已取得一系列令人鼓舞的重要结果,从而表明这是一条有效的非微扰途径。但进行这项研究需依赖超计算机的发展,若依目前发展速度,可能到本世纪末也只能做到格距 $a \sim 0.1 \text{fm}$, $L \sim 100$ 。所以,空间范围可达到 10fm (现在只有 2fm)。由于格距还不够小,范围还不够大,目前有的结果还不可靠。除了机器的限制外,还存在有限大小效应、临界慢化和费米子等问题。

作者认为,LGT 是一条有效的非微扰途径,但它也只是一条途径,并不一定是最好的表述, Monte Carlo 模拟也不一定是最好的解法。应当以 LGT 的 Monte Carlo 模拟为手段,以其结果为参照,来发展更好的解析的非微扰解法。从更广泛的意义上来看,随着研究的深入和问题的复杂,计算机的应用是一个必然趋势。在国内,由于各方面条件的限制,不可能去造专用并行机,也不大可能在格点 QCD 的实际计算方面与国外竞争。但在格点规范场理论中有些领域,如格点 Higgs 物理, Monte Carlo 模拟需要的计算量并不很大,国内是有条件做的。以格点 Higgs 物理为对象,以 Monte Carlo 模拟作为参照,以变分累积展开为起点,再配以计算机符号运算为工具,来探索新的解析的非微扰方法,这是在国内条件下开展 LGT 研究的一个现实可行而又有重要意义的方向。

九 超高能宇宙线强作用及原初宇宙线成分

云南大学物理系木钧、周文德、张力先生的报告,综述了西藏甘巴拉山 (5500 米) 大面积乳胶室实验得到的 τ 族特征,以及与合理的强作用模型和原初成分假定下的 Monte-Carlo 模拟计算进行比较的结果。分析结果表明,在高于 10^{13}eV 能区碎裂区近似满足费曼标度律和富重核的假设与实验数据相符。作者的结论是:在 10^{14}eV 能量附近,在碎裂区 ($X \geq 0.05$) 费曼标度律是近似有效的;直到 10^{16}eV ,非弹性截面随能

中国物理学会第三届胡刚复、饶毓泰、叶企孙、吴有训 物理奖获奖项目、获奖者和主要贡献

一、胡刚复物理奖

获奖项目：“北京谱仪数据获取和数据处理技术”

获奖者：王泰杰、李卫国、许榕生

主要贡献：数据获取和处理是利用北京正负电子对撞机进行高能物理实验研究的关键环节、此项工作，在 J/ψ 宽度， τ 质量测量和 DS 等方面都做出了突出的贡献，特别是 τ 质量测量的结果，比过去精度高出 7 倍，比 PDG 给出值小 7.2 MeV，对粒子物理基本理

论轻子普适性问题的解决有所推动，受到国际上的重视和好评。

作者结合我国具体情况，作了大量有创造性的发展与改进。如设计了数据过滤、数据刻度、数据重建和分类的体系；高效处理数千万次触发事例；将探测信号还原为粒子运动状态的物理量，克服探测器工作状态变化引起的刻度问题；建立数据处理秩序，改进过滤程序，减少了处理的无效工作量。（待续）

量连续上升为 $\delta \ln(P\text{-air}) = 290(E/\text{TeV})\delta \text{mb}$ ，其中 δ 为 0.06；在 10^{16}eV 附近，次级粒子的平均横动量约为 500—550 MeV/c；乳胶室的数据支持在“膝”附近原初质子有大的减少，在这一能区质子和铁核分别占总数的 15—20% 和 30—40%。

十 其他内容的报告

中国科学院理论物理所庆承瑞、朱重远、鲍德海、戴元本、金洪英、张元仲分别作了题为《双 β 衰变计算的新结果》、《不同弦方案的量子等价性问题》、《无拉氏量体系的量子化》、《相对论协变 B-S 方案中 Goldstone 玻色子的性质》、《重夸克极限下介子弱衰变形状因子》、《Ashtaran 理论中非真空宇宙波函数》报告。中国科学院高能物理研究所江向东、王平、马维兴、严武光、荣刚、韩纛、张家文、黄超光分别作了《Calculation of the Polarization tensors of $Z \rightarrow 3\gamma$ and $\nu\nu \rightarrow \gamma\gamma$ via W-loop in the standard model》、《 e^+e^- 对撞过程的辐射修正及 $\tau^+\tau^-$ 产生截面在阈值附近的精细计算》、《 J/ψ 衰变中的双赭标共振》、《 $\eta_c \rightarrow \phi\phi$ 衰变的初步观测结果》、《北京谱仪检验》、《 τ 系列选取》、《Ashtaran 理论中非真空宇宙波函数》报告。重庆大学方祯云、胡炳全分别作了题为《精确测量对 Higgs Sector 的约束》、《 $Z^0 \rightarrow b\bar{b}$ 衰变中 gluino 和 Squark 的质量效应》报告。南开大学李学潜、陈天仑、黄五群分别作了题为《第四代中微子与 τ 轻子衰变》、《四维 φ^4 理论的临界行为及平庸性》报告。云南大学喻传赞、冯育新、张许生、张一方、赵树松分别作了题为《墨子宇宙学难题解》、《14.5 GeV P-N 碰撞中的横质量分布》、《1-P 散射中末态强子的横动量分布》、《含 C 夸克重味强子公式及其预言》报告。云南师大王建贵作了题为《 $J/\psi, Z^0$ 产生及衰变过程中的亚群对称性》报告。法国 CNRS 陶嘉玲作了题为《暗物质探测的现状与未来》报告。华中师范大学张晓飞、张杨、吴元芳、沈坤分别作了题为《高能重离子碰撞中心区的输运系统》、《前后多重数关联中的团效应》、《一个描述动力学起伏的基本物理

量——单粒子平均横动量》、《有限温度下的 Ward 恒等式与手征相变》报告。自贡教育学院蓝其开作了题为《强子强子碰撞中平均横动量随多重数变化的能量关联与三火球模型》报告。清华大学陈光培、周宏毅、易余萍、王青分别作了题为《 $\psi(3770) \rightarrow J/\psi + \pi\pi$ 的耦合道理论计算》、《Higgs Search at LHC/SSC》、《d 维四维费米理论中的紫外固定点及反常量纲 $r\bar{\psi}\psi$ 》、《 $1/g^2$ 展开和介子的低能有效拉氏量》报告。中国原子能研究院陈宝秋、石宗仁分别作了题为《中高能质子—核散射研究》、《核物理研究新机遇》报告。东北师范大学李林森、陈世浩分别作了题为《对脉冲星发射宇宙线能量的估计》、《非拓扑孤立子与 $SU(5)$ 大统一模型》报告。中国科技大学马文澄、张子平、刘耀阳分别作了题为《 $Z^0 \rightarrow b\bar{b}$ 衰变中的四代效应》、《神经网络法鉴别 τ 衰变模式》、《Ashtaran 理论中非真空宇宙波函数》报告。吉林大学傅英凯、苏君辰分别作了《各向异性耦合格点规范理论及其物理意义的诠释》、《多费米子束缚态的 Dirac-Schrodinger 方程》报告。中山大学李志兵、陈启洲、李磊、黄超生分别作了题为《胶球质量的变分-MC 计算》、《2+1 维 Yang Mills 场真空波函数》、《三维和四维格点规范场相结构的变分分析》报告。广东教育学院许国材作了题为《Schwinger 模型的格点研究》报告。华东师范大学胡瑶光、肖志钢分别作了题为《Higgs 幽灵》、《Yang-Mills 理论在非线性的规范下的研究》报告。西北大学赵柳、杨焕雄、胡占宁分别作了题为《共形与非共形的 Toda 场论作为约化的 WZNW 模型》、《(广义)BFOPW 模型的 Hamilton 程式及其量子化》、《快度取值超环的可因式化散射矩阵、对称性算子及其三角极限》报告。复旦大学陈苏卿、杨维峰、钱志新等分别作了题为《量子的 Sine-Gordon 模型中的孤子质量和分立耦合常数》、《有限温度下量子强子动力学 (QHD) 中的标量场热涨落效应》报告。上海交通大学许伯威作了题为《Sine-Gordon 模型的

(下转第 25 页)

纪的工业革命,推动了人类社会的巨大变革。内燃机、汽轮机的出现使现代科学技术突飞猛进,导致了汽车、火车、轮船、飞机一一出现。

核能与核技术的应用,使人类社会进入了原子时代,并发生了根本性的改变。人类生活与生产将离不开核能与核技术。可以预测,下个世纪将是核能与核技术全方位应用的新时代。……

能源的开发利用对经济发展具有十分重要的意义。能源对于文明社会,犹如水和空气一样重要。随着人口的增长和时间的推移,能源的消耗量飞快地增长。如1956年全世界石油消耗量为240亿吨,1966年为430亿吨,到了1976年为640亿吨,平均每年以20亿吨的速度增加。虽然地球上还有其它形式的能源,如太阳能、风能、地热能、水能等,但与煤和石油相比微不足道,不能满足人类的需要,专家们一致认为只有核能最有前途,能满足社会发展和人类生活的需要。目前在世界各地,各国科学家正在寻找各种方法,以开发新能源。氢就是一种很有前途的新的“二次能源”,所以又称为氢燃料。液态氢已被用做人造卫星和宇宙飞船中的能源,但至今尚不能大量制取。其原因是目前制取氢的办法是以消耗其它能源为代价,造价昂贵,若利用核聚变反应则非常有希望解决这一问题。

我们知道,海水中含有大量氢及其同位素氘和氚。氘即重氢,氧化氘就是重水,每一吨水中含有140克重水。若将海水中所有的氘核能都释放出来,它所产生的能量足以提供人类使用数百亿年。但氘和氚的原子核在高温下才能聚合起来释放能量,这个过程称为热核反应,也叫核聚变。核聚变反应的温度约需几亿度,在这样的高温下,氘、氚混合燃料形成高温等离子态,但高温等离子体不能与盛装它的容器壁相接触,否则等离子体要降温,容器也会被烧坏,这就是如何约束问题。设在英国牛津附近的欧洲14国联合建造的核聚变实验装置,曾完成一次可控核聚变试验。在圆形圈内2亿度温度下,氘、氚气体相遇爆炸成功,产生了200千瓦的能量,试验持续了几分钟。这是90年代核能研究最有突破性的工作。当然,距实际应用还有相当大的距离,技术上也还有许多难题需要解决。但在不久的将来,一定会有惊人的进展。可以展望,到那时,廉价的能源将使核能时代成为一个能量富足的时代,可生产出更丰富更新型的产品,而成本更为低廉,实现目前因能源(电力和热力)成本太高而无法达到的境地。例如,可以从海水中提取更多有用的元素。海水中含有丰富的铁、铜、溴、银、铝、锡、金、铂等。目前,开发海洋矿藏的成本过分昂贵。若将海水中所有的矿物质都分离出来,需要比目前地球中全部煤燃烧产生的总能量还要多的能源。可见,只有当核能足够充分时才能办到。如果那时金和铂(白金)能从海水中提炼,其价值不再是金钱的象征。金和铂会像现在使用

· 寄语我的学生

物理学是自然科学的基础

上海交通大学应用物理系 谢绳武

物理学是除数学外一切自然科学的基础。物理学是一切工程技术的重要支柱。把现代物理知识同工程技术应用紧密结合就可产生像激光、光纤通讯、大规模集成电路、材料科学等等新的高技术领域。预祝有许多青年成为国际、国内第一流的物理学家,期望有更多的青年从事祖国的高技术领域工作,衷心地欢迎您,同学们!

的普通金属一样,在工业生产中使用。此外,从海水中提取矿物质的“核”工厂生产过程中的副产品——蒸馏水,也非常有用,可通过管道将它们输送到水源短缺的地方,实施庞大的灌溉计划,改造良田。生产过程中产生的热量还可送入城市,用于取暖或做为热源。

在交通运输领域,核能的利用将使其产生革命性的变革。核能舰船组成的远洋船队可在水上游戏几十年而不用补充燃料。如果把反应堆做得足够小,并解决防护问题,那就会生产出核能汽车、核能坦克、核能火车、核能飞机。这样,核能飞机可以与太阳在太空中同步飞行,能环绕地球赤道不着陆飞行。核能还可作为宇宙飞船的动力,人们可以到其它星系去旅游。

未来的核能时代,人们可以对“老天爷”——天气发号施令了。人类将充分利用核能与大自然抗衡。到那时,不会因气候及天气情况影响飞机的起降,没有飞机会因冰雪封冻不能着陆,因为我们可设法在飞机水泥跑道下面安装蒸气管道。同样,城市交通也不会因大风雪而造成瘫痪。人造太阳会使黑夜变成白昼,使阴天变成晴天,使冬天成为夏天,而使农作物一年四季茁壮成长。到那时,也不会有足球赛和田径运动会因天气不好而被取消,因为人类可以利用廉价的核能改变气候环境。综上所述,未来的核能时代将成为人类历史上最光彩夺目、最美好的时代。那时,战争不再存在,人们不再因能源资源而困惑。核能与核技术对人类未来的发展所产生的影响是无法估量的。

(上接第11页)

质量量子化》报告。荆州师专王恩科作了题为《动力学自发对称性破缺的模型在有限温度和密度下的手征对称性恢复》报告。新疆大学黄惟作作了题为《任意自旋粒子的伪经典描述》报告。黄朝商先生作了题为《标准模型及其发展》报告。

本文摘自中国高能物理学会主编的《第六届全国粒子物理理论会议论文集》,由该学会秘书王玉伯先生提供,特表谢意。