

基本粒子物理发展史年表(十)

一九七一年	实验 第一台 $2 \times 31.4 \text{ GeV}$ 质子-质子对撞机 ISR 在西欧中心建成。 理论 G. 't Hooft (<i>Nucl. Phys. B</i> 33 (1971) 173, B35 (1971) 167) 讨论了有质量的杨一米斯场的可重整化问题, 并在单圈图近似下论证了具有真空自发破缺机制的规范理论是可以重整化的。这使得 Weinberg-Salam 弱电统一理论在人们的心目中成为一个可信的理论。 超对称场论 (Supersymmetry): Yu. A. Golfand and E. P. Liktman (<i>JETP Letters</i> 13 (1971) 323, <i>Phys. Rev. D</i> 3 (1971) 2415, J. L. Gervais and B. Sakita, <i>Nucl. Phys. B</i> 34 (1971) 632 在量子场论中提出了一种新的对称性, 即认为玻色子和费米之间也有一种对称性——超对称性, 具有超对称性的量子场论叫超对称场论。这种场论的微扰展开里面发散性较少。人们又把超对称性引入引力理论, 提出了超引力理论。量子化的引力场理论一般是不可重整化的, 人们希望量子化的超引力场论也许可以重整化。	一九七三年 实验 试建立颜色空间的规范理论来解释强作用过程, 即量子色动力学, 简称 QCD. Politzer (<i>Phys. Rev. Lett.</i> 30 (1973) 1346) 和 Gross, Wilczek (<i>Phys. Rev. Lett.</i> 30 (1973) 1343) 发现 QCD 理论具有渐近自由性质。这为部分子模型提供了理论依据。QCD 与 Wobson 提出的算符乘积展开理论和重整化群理论结合起来, 可以解释高能实验中破坏标度无关性的现象。很多高能实验与 QCD 理论的比较表明, 两者在定性与半定量上是一致的, 这使 QCD 理论有可能成为一个强作用理论。Cdeinan 和 Gross (<i>Phys. Rev. Lett.</i> 31 (1973) 851) 从理论上证明只有非阿贝尔规范理论才有渐近自由。
一九七二年	实验 美国费米加速器研究的质子高能加速器束流能量达到 100 GeV, 1976 年达到 500 GeV. 2×4.2 电子-正电子直线加速对撞机 SPEAR 在美国建成。 中国科学院高能物理研究所云南站 (中国科学第一期 16 (1973) 123) 在宇宙线实验中发现一个异常事例, 在此事例中看到一个可能具有分数电荷的质量很大 (至少大于十个原子的质量) 的寿命较长的粒子。 高能强作用中的大横动量现象。1972 年开始, 主要在西欧中心的 ISR 和美国的 FNAL 测量了高能强作用产生的次级粒子横动量。在质心系 90° 方向发射 π 介子的 P_T 值分布表示成 $E(d^2\sigma/dp^3)$ 与 P_T 的关系。发现在 $P_T \leq 1 \text{ GeV}$ 可以很好的用 e^{-6P_T} 拟合。当 $P_T > 3 \text{ GeV}$, 实验值比 e^{-6P_T} 分布高几个数量级, 而且随着初能的增加差别越来越大, 实验分布可以拟合为 $P_T^n F(X_T)$ 的形式, 其中 $X_T = 2P_T/\sqrt{s}$。当 $X_T < 0.25$ 时 $n \approx 8$, 当 $X_T > 0.3$ 时 $n \approx 6$。(实验综合可见 M. Jacob et al., <i>Phys. Rep.</i> 48 (1978) 285)。大部分关于这一现象的理论认为大横动量是硬散射的结果, 可与卢瑟福散射类比, 大横动量硬散射表明强子内部存在点状的组分。QCD 理论对硬过程的近似计算可以和实验相符 (D. Field and R. P. Feynman, <i>Phys. Rev. D</i> 15 (1977) 2590) 并预言当能量足够时分布 $P_T^n F(X_T)$ 的 n 值会降到 4, 后来的实验已测到随初能量增高 n 值下降的趋势。	一九七四年 实验 丁肇中实验小组 (<i>Phys. Rev. Lett.</i> 33 (1974) 1404) 和 Richter 实验小组 (<i>Phys. Rev. Lett.</i> 33 (1974) 1406) 分别利用 BNL 的双臂谱仪和 SLAC 的 SPEAR 正负电子对撞机发现了自旋为 1 的介子 τ/ϕ 质量 $M = (3097 \pm 1) \text{ MeV}/c^2$ 宽度 $\Gamma = (69 \pm 7) \text{ keV}/c^2$ 这一发现间接地证实了粲夸克的存在, τ/ϕ 内粲夸克和反粲夸克组成。随后, 在 SPEAR 对撞机上继续找到了粲夸克和反粲夸克组成的激发态, 例如 $2s$ 态, $3s$ 态, ……等等。(G. S. Abrams et al., <i>Phys. Rev. Lett.</i> 33 (1974) 1453) 其中 $2s$ 态的质量和宽度是 $M(\phi') = (3685 \pm 1) \text{ MeV}/c^2$ $\Gamma(\phi') = (215 \pm 40) \text{ keV}/c^2$ 理论 大统一理论: 由于弱电统一理论的成功和量子色动力学取得不少进展, Georgi, Glashow (<i>Phys. Rev. Lett.</i> 32 (1974) 438) 提出了进一步用规范理论统一地描写弱、电磁、强作用的可能性。他们选用了既包含 $SU(3)_c \times SU(2)_L \times U(1)$ 群又能给出合理的物理结果的最小的群——$SU(5)$ 作为规范群, 把轻子和夸克平等地选作群表示的基。这个理论可以自动地给出轻子、夸克的电荷量子化, 给出在已有的 $SU(3)_c$ 和 $SU(2)_L \times U(1)$ 理论中出现的各种物理结果, 同时, 能计算出大体正确的 $R^2 Q_w$ 值, 并且预言了质子会衰变, 平均寿命约为 $10^{30} - 10^{32}$ 年。这个预言有待于实验验证。 格点规范理论 (Lattice gauge theory): 为了研究强相互作用的非微扰问题, 特别是禁闭问题, K. G. Wilson (<i>Phys. Rev. D</i> 10 (1974) 2445) 建议引入一套格点把时空分立化, 在格点上和格点之间建立规范变换和规范场, 并且注意做到当格点间距趋于零时, 可以回到连续时空的物理理论。这种引入时空格点的理论就叫格点规范理论。随后由 M. Creutz 等 (<i>Phys. Rev. Lett.</i> 43 (1979) 553) 发展了一套称为 Monte Carlo 模拟的数字计算方法, 在强耦合下, 给出了 $3+1$ 维非阿贝尔系规范理论中夸克可能禁闭的初步数字证明。
一九七三年	实验 $2 \times 5.1 \text{ GeV}$ 电子-正电子对撞机 DORIS 在西德建成。首次观测到中性流: F. J. Hasert et al., <i>Phys. Lett.</i> 46B, 121 (1973), A. Benvenuti et al., <i>Phys. Rev. Lett.</i> 32, 800 (1974)。实验上证实了确实存在不交换电荷的弱相互作用。这些证实数据不是 1973 年取得的。 理论 在引入了夸克的颜色量子数以后, 人们尝	夸克禁闭的口袋模型 (bag model): A. Chodos et al., <i>Phys. Rev. D</i> 11 1094 (1975) (SLAC 口袋)。这是反映夸克禁闭的唯象模型。设想强子象一个口袋, 夸克、反夸克在其内部几乎作自由运动, 但永远不能穿出强子口袋。口袋模型在计算质量较轻的强子的静态性质如质量、磁矩、电荷半径等时与实验符合较好。