

中国科学技术大学优秀博士学位论文推荐表

作者姓名	黎才昌	学号	BA14004014	出生年月	1989.09	民族	汉
院系名称	物理学院	电话	18297988648	毕业去向	中国科学技术大学博后		
指导教师	丁桂军		获博士学位日期		本次申请		
一级学科名称	物理学		二级学科名称		理论物理		
本科毕业院校	南昌大学		硕士毕业院校		硕博连读		
承担主要社会工作		无					
获奖情况	硕士研究生国家奖学金 求是研究生奖学金		中科大 2017 届优秀毕业生				
学位论文题目		分立味对称性和广义 CP 在轻子和夸克混合中的应用及模型构造					
学位论文研究方向		粒子物理唯象学					
学位论文评阅专家	邢志忠	周顺	廖益	闫沐霖	完绍龙		
学位论文答辩专家	周顺	王文阁	王群	完绍龙	黄光顺		
论文答辩日期	2017.5.26	论文答辩结果（通过票数/不通过票数）				5/0	
学位论文中文摘要							
<p>在粒子物理中，味混合的起源一直是物理学家最关心的而未解决的问题之一。在 2012 年我国大亚湾合作组在国际上率先精确测量了反应堆中微子混合角 θ_{13}，至此轻子部分的三个混合角都已经被精确测量。中微子振荡实验的精确测量为人们解决味困惑提供了很好的窗口和难得的机会。目前理解轻子味混合最成功的方式是基于假设高能标下的一个分立的味对称性在低能时在带电轻子和中微子部分破缺到不同的 Abelian 子群，正是这两个不同的子群导致轻子的味混合。</p> <p>我们讨论了 A_4 和与之相容的第二类广义 CP (将它的表示 $1'$ 与 $1''$ 互换)，分析了它在带电轻子和中微子部分分别破缺到 Z_3 和 $Z_2 \times CP$ 的轻子混合，得到 TM_2 的轻子混合矩阵。它给出最大的大气混合角和 Dirac CP 相位、两个 Majorana 相位都是平庸的、反应堆混合角和太阳混合角之间的关系为 $\sin(2\theta_{12})\cos(2\theta_{13})=1/3$。我们在 A_4 和它的第二类广义 CP 基础上构造了能自然的实现 TM_2 轻子混合的物理模型。在该模型中我们得到了带电轻子的质量等级差，解释了 θ_{13} 较小的问题和预言了三代中微子的绝对质量。</p> <p>通过模型无关的分析，我们在 S_4 味对称性和广义 CP 中得到了 TM_1、BM_2、BM_3' (BM_2') 三种轻子混合模式。在这三个混合模式中，所有的混合矩阵都只依赖于一个自由参数 θ，它的取值为 0 到 π 之间任意实数。这三个混合模式给出的 Dirac CP 相位为平庸或最大的，而 Majorana CP 都是平庸的。基于 S_4 和广义 CP 对称性，我们构造了两个模型，分别用来实现上述 TM_1 和 BM_3' (BM_2') 的轻子混合矩阵。在 TM_1 的模型中，领头阶 (LO) 情况下我们得到的是“tri-bimaximal” (TB) 的混合矩阵。当考虑到次领头阶 (NLO) 修正它将进一步破缺到 TM_1 的混合矩阵。在另一个模型中，LO 情况下将得到“bimaximal” (BM) 的混合矩阵。引入 NLO 修正后这个模型将得到 BM_3' (BM_2') 的混合矩阵。在这两个模型中我们都能得到带电轻子质量的等级差。</p> <p>我们分析了由 $A_5 \times H_{CP}$ 能得到的所有可能的轻子混合，最后得到 5 种与实验相符的混合模式。这 5 种混合模式中 PMNS 矩阵中都只有一列是固定的，固定的列为黄金分割第一列、黄金分割第二列、$(1, 1, 1)/\sqrt{3}$ 和 $(\sqrt{5}+1, -2, \sqrt{5}-1)/4$ 中的一列。在这 5 个混合模式中所有的混合角只取决于自由参数 θ，Dirac CP 破坏相位为平庸的或最大的，Majorana CP 相位都是平庸的。基于 $A_5 \times H_{CP}$ 我们在超对称的框架下构造了物理+模型。在模型中，LO 情况下我们得到的是黄金分割的轻子混合矩阵，NLO 情况下混合模式 (III.3) 和 (III.4) 中 GR_2 的轻子混合矩阵被得到。</p> <p>我们对 $D^{(1)}_{9n,3n} \times H_{CP}$ 进行了详细的分析。所有可能的剩余对称性和它们对轻子混合参数的预言都被得到了。在“Direct”和“Variant of semidirect”的破缺方法下，都只有一种混合模式能得到目前实验上所测到的混合角的值。在“Semidirect”的破缺方法下得到 4 种与实验相符的混合模式。对每种混合模式，我们详细的研究了混合角和 CP 破坏所允许的值。$D^{(1)}_{9n,3n}$ 系列群最初两个群 $n=1,2$ 给出的结果就能与实验符合的很好。对于每种情况我们给出了理论对无中微子双贝塔 ($0\nu\beta\beta$) 衰变的预言。</p> <p>假设理论在高能标下存在对称性 $\Delta(6n^2) \times H_{CP}$，我们对轻子和夸克为味混合做了详细的分析。讨论了所有带电轻子和中微子 (上型夸克和下型夸克) 部分剩余对称性都为 $Z_2 \times CP$ 的轻子 (夸克) 味混合。一般情况下轻子和夸克混合矩阵中只有一个元素是确定的，所有的轻子和夸克混合参数都只依赖于两个只有实参数，两个自由参数都只能在 0 到 π 之间取值。最后得到 4 种实验允许的轻子混合模式和 1 种实验允许的夸克混合模式。在轻子部分我们取了一些较小的 n 对轻子混合参数进行了数值的分析，且给出了 $0\nu\beta\beta$ 衰变的预言。在夸克部分能得到完全与实验相符的结果的最小的 n 是 69。但 $n=7$ 能得到误差为 1% 的结果，可以作为一个很好的领头阶近似。不仅如此，当 $n=7$ 是我们还能很好的解释轻子的味混合，即我们能同时解释夸克和轻子的味混合。</p>							

攻读博士期间与博士学位论文相关的代表性成果（限列 10 项）						
发表学术论文数	7	本人第一论文数 (含导师第一本人第二)	6	专利及其它成果数		
序号	成果名称	作者排名	期刊名称	发表时间	收录情况	
1	Lepton Mixing in A5 Family Symmetry and Generalized CP	第一	Journal of High Energy Physics	2015年5月	SCI 一区 IF:6.023 引用: 38	
2	Deviation from Bimaximal Mixing and Leptonic CP phases in S ₄ Family Symmetry and Generalized CP	第一	Journal of High Energy Physics	2015年8月	SCI 一区 IF:6.023 引用: 28	
3	Lepton Mixing Predictions from Infinite Group Series D ⁽¹⁾ _{9n,3n} with Generalized CP	第一	Journal of High Energy Physics	2016年5月	SCI 一区 IF:6.023 引用: 11	
4	Generalised CP and trimaximal TM1 lepton mixing in S ₄ family symmetry	第一	Nuclear Physics B	2014年2月	SCI 二区 IF:3.735 引用: 40	
5	A4 and CP symmetry and a model with maximal CP violation	第一	Nuclear Physics B	2016年9月	SCI 二区 IF:3.735 引用: 5	
6	Lepton Flavor Mixing and CP Symmetry	第二	Physical Review D	2015年3月	SCI 一区 IF:4.506 引用: 21	
7	Implications of residual CP symmetry for leptogenesis in two right-handed neutrino model	第一	Physical Review D	已投稿 [arXiv:1701.08508]	SCI 一区 IF:4.506 引用: 0	
8	Golden Littlest Seesaw	通讯作者	Journal of High Energy Physics	已投稿 [arXiv:1705.05307]	SCI 一区 IF:6.023 引用: 0	
9	Toward a unified interpretation of quark and lepton mixing from flavor and CP symmetries	第一	Journal of High Energy Physics	待发表 [arXiv:1706.xxxxx]	SCI 一区 IF:6.023 引用: 0	
10	热纠缠奥托量子热机	第一	低温物理学报	2013年2月		