

附件 3

自然科学奖推荐号：2024-120-2008

项目名称	萨皮特方程及其在重介子物理中的应用
提名单位	河北省教育厅
项目简介	该项目属于高能物理领域粒子物理学中的重大基础理论研究，解决了制约束缚态理论发展的世界性难题。自然界中没有自由夸克，夸克都是以束缚态的形式存在。最简单的是两夸克束缚态，称为介子。描述介子的非相对论方程是薛定谔方程，相对论方程则是在 1951 年和 1952 年建立的贝特-萨皮特方程和萨皮特方程。作为束缚态的基本方程，两者出现在各种研究生教材中，但是它们很困难，一直无法实现严格求解。 该项目组经过多年努力取得了突破性进展，率先在国际上实现了萨皮特方程的严格求解。这一成就的取得，标志着束缚态的研究进入了新的阶段，为深入理解构成物质世界的基本粒子提供了理论基础。首次得到萨皮特方程严格解后，项目组发现与人们以往的认知不同，所有介子的波函数都不是纯波，都含有不同的分波。在此之前，人们经由实验现象，只知道粲偶素 $\psi(3770)$ 是 S-D 波混合态，而其他所有粒子都是纯波态。完整的萨皮特方程解显示，所有的介子都不是纯波态，都是混合态，扩展了人们对于介子物理的认知。 Bc 介子在粒子物理中有重要的特殊地位，它是唯一的由两个不同种类的重夸克构成的介子。该项目组在国际竞争中胜出：率先正确地给出了 Bc 介子产生的理论计算；引领了国际上计算碎裂函数的热潮；研究 Bc 介子一百多个衰变道的文章成为了行业重点引用的经典文献；一系列研究成果确立了该项目组在 Bc 介子研究中的国际领先地位。在该项目组指出的“衰变为 J/psi 的衰变道是发现 Bc 介子的‘黄金衰变道’”的指引下，1998 年 CDF 实验组率先观测到了 Bc 介子。 该项目的科学发现和主要贡献是：（1）解决了存在半个多世纪的世界性难题，突破性地实现了萨皮特方程的严格求解，引领束缚态的研究进入新的发展阶段。（2）首次发现所有的介子都不是以往认为的纯波态，都存在混合现象，拓展了人们对基本粒子的理解。（3）实现了 Bc 等重介子物理的精确理论研究，确立并保持了 Bc 介子研究的国际领先地位，引领和支撑了相关实验研究的发展。（4）发现重介子激发态的相对论效应远大于人们之前的估计值，解释了一些疑难问题。 依托本项目，项目组在行业权威杂志上发表了 SCI 文章 200 余篇，他引超 4000 次，主持包括 2 项重点项目、3 项重大研究计划、17 项面上项目等国家自然科学基金 27 项。其中第一完成人主持国家自然科学基金 8 项，发表萨皮特方程相关的 SCI 文章 100 余篇。五篇代表性论文被包括高能物理人员人手一册的粒子物理数据表、大型国际实验合作组 LHCb、BES、BaBar 和 Belle 等他引 359 次。一批创新性成果在国际上产生了重要影响，为粒子物理发展做出了重要贡献。 第一、第四完成人，作为理论物理学骨干和学科带头人，支撑河北大学近 5 年获批河北省量子场论精细计算与应用重点实验室、河北省计算物理基础研究中心、物理学科一级博士点、物理学博士后流动站。第二完成人因在 Bc 介子研究中的卓越贡献当选为中科院院士。

代表性论文专著目录

1. Decay constants of heavy vector mesons in relativistic Bethe-Salpeter method, 王国利, Physics Letters B 633 (2006) 492
2. Decays of the B_c meson, 张肇西、陈裕启, Physical Review D 49 (1994) 3399
3. Decays of the meson B_c to a P -wave charmonium state χ_c or h_c , 张肇西、陈裕启、王国利、宗红石, Physical Review D 65 (2002) 014017
4. Lifetime of the B_c meson and some relevant problems, 张肇西、陈绍龙、冯太傅、李学潜, Physical Review D 64 (2001) 014003
5. Lepton-number violating decays of heavy mesons, 张金梅、王国利, European Physical Journal C 71 (2011) 1715

主要完成人情况表（排名、姓名、技术职称、工作单位、对本项目技术创造性贡献、曾获奖励情况）

排名	姓名	技术职称	工作单位	完成单位	贡献	曾获奖情况
1	王国利	教授	河北大学	哈尔滨工业大学	选择了项目题目，制订了项目研究内容，设计了研究方案和技术路线。对萨皮特方程严格求解做出了重要贡献，是代表性论文 1、3、5 的主要作者，基金项目 2、3 的主持人。项目的主要完成人，对项目的科学发现点 1、2、3、4 均做出了重要贡献。	代表性论文 1 获得哈尔滨工业大学 2006 年度最高影响因子奖
2	张肇西	研究员	中科院理论物理所	中科院理论物理所	作为排名第一、第三、第四完成人的博士生导师，最早制订了本项目的研究计划，选择了研究内容，设计了研究方案和技术路线。是代表性论文 2、3、4 的主要作者，是项目的主要完成人。尽管有的文章没有署名，对科学发现点 1、2、3、4 均做出了重要贡献。	2011 年当选中科院院士；1999 年吴有训物理奖，排名第一；1996 年中国科学院自然科学一等奖，排名第一；代表性论文 2 获基金委优秀论文奖
3	陈裕启	研究员	中科院理论物理所	中科院理论物理所	参与制订了项目的早期研究计划、研究内容、研究方案和技术路线。是代表性论文 2、3 的主要作者，基金项目 1 的主持人，本项目的主要完成人。对项目的科学发现点 3、4 做出了重要贡献。	代表性论文 2 获基金委优秀论文奖
4	冯太傅	教授	河北大学	南开大学	参与制订了项目的研究计划、研究内容、研究方案和技术路线，是代表性论文 4 的主要作者，是项目的主要完成人。对科学发现点 3、4 做出了重要贡献。	2016 年河北省自然科学奖二等奖，排名第一

5	张金梅	高级工程师	厦门市标准化研究院	厦门市标准化研究院	对本项目中的新物理研究内容做出了重要贡献，是代表性论文 5 的第一作者，是本项目的研究骨干。对本项目的科学发现点 3 做出了重要贡献。	2020 年福建省科学技术进步奖一等奖，排名第六
---	-----	-------	-----------	-----------	---	--------------------------

完成人合作关系说明

第二完成人张肇西院士，是第一、第三、第四完成人的导师。指导第一完成人完成了代表性论文 3、第三完成人完成了代表性论文 2、第四完成人完成了代表性论文 4。第一完成人王国利和第二完成人张肇西院士在萨皮特方程严格求解及应用方面进行了长期的合作，完成了一系列工作，共同发表了 SCI 文章 24 篇。并在 2007 年合作获批了国家自然科学基金面上项目：重强子态及其性质的理论研究(10675038)。

第三完成人陈裕启研究员是第二完成人张肇西院士最早的博士生之一，早在上世纪九十年代，他们就提出用近似的萨皮特方程解来研究重 Bc 介子的思想，一起完成了代表性论文 2，并合作发表了 11 篇 SCI 文章。陈裕启研究员于 1999 年回国到中科院理论物理研究所工作，此时第一完成人王国利正在读博士，期间他们开始合作研究，完成了代表性论文 3 等 3 篇 SCI 文章。

第四完成人冯太傅教授也是张肇西院士的博士生，他们共同完成了代表性论文 4，并合作发表了 18 篇 SCI 文章。冯太傅比王国利早一年博士入学，因此他们在做博士生期间，经常讨论共同感兴趣的物理问题，并开始合作研究一直到今天。关于本项目，一直有合作关系，共同发表了 10 篇相关的 SCI 文章。

第五完成人张金梅博士是第一完成人王国利的博士研究生。在第一完成人的指导下完成了代表性论文 5，且是这篇文章的第一作者，并合作发表了 7 篇文章。

完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者/项目排名	合作时间	合作成果	备注
1	论文合著	王国利、张肇西/1、2	1999-2022	代表性论文 3	合作发表 24 篇 SCI 文章，合作获批一项国家自然科学基金面上项目
2	论文合著	王国利、陈裕启/1、3	1999-2006	代表性论文 3	合作发表 3 篇 SCI 文章
3	论文合著	张肇西、陈裕启/2、3	1991-2006	代表性论文 2	合作发表 11 篇 SCI 文章
4	论文合著	张肇西、冯太傅/2、4	1998-2022	代表性论文 4	合作发表 18 篇 SCI 文章
5	论文合著	王国利、张金梅/1、5	2006-2015	代表性论文 5	合作发表 7 篇 SCI 文章

注：所填报内容必须与推荐书中提交的完全一致，否则责任自负，可自行调整行间距。