

# 2017 年国家自然科学奖推荐书 公示材料

项目名称： 原子核的新奇现象及其相对论多体理论研究

主要完成人： 孟杰(北京大学)，周善贵(中国科学院理论物理研究所)，  
龙文辉(北京大学)，张双全(北京大学)，梁豪兆(北京大学)

## 专家推荐意见

(单位推荐不填此栏)

姓名	孙昌璞	工作单位	中国工程物理研究院
职称	教授	学科专业	理论物理
推荐意见： 在国防、国家安全和能源等方面，核科学不仅具有重要的历史地位，而且直到今天一直有着其特殊且必不可少的作用。作为核科学的重要前沿基础领域之一，不稳定原子核及其相关物理问题的研究在世界范围内导致新一代加速器的建造，促进了核物理与天体物理和宇宙学等学科的交叉。正是这些进展，推动了原子核新奇物理现象的科学探索。然而，基于稳定原子核性质建立的传统原子核理论应用到原子核新奇物理现象的研究有明显的局限性，亟需改进或提出新理论。 孟杰带领研究团队抓住这一机遇，经过十多年深入系统研究，建立和发展相对论多体理论，在探索原子核的新奇现象中取得具有国际影响的创新成果：预言原子核手征对称性破缺的多样性及其实验特征——多重手征双重带，推动并参与了相关的实验证实；揭示近滴线原子核中的新物态——巨晕现象，预言超重核区新幻数；基于自主发展的相对论微观自治理论，为检验标准模型 CKM 矩阵的么正性提供关键核物理计算结果；提出了以北京大学命名的新协变密度泛函，揭示反核子谱的自旋对称性及其起源。 以上研究成果得到了国际同行的关注和实质性的引用。8 篇代表论文 SCI 他引 757 次，2 篇入选 ESI 高引文章。部分成果两次荣获教育部自然科学一等奖，孟杰曾获华人物理学会亚洲成就奖、美国物理学会会士等荣誉，梁豪兆获国际纯粹与应用物理联合会青年科学家奖，项目成员应邀在包括国际核物理大会等国际会议上做邀请报告逾百次。 推荐该项目为国家自然科学奖二等奖。			

姓名	张宗焯	工作单位	中国科学院高能物理研究所
职称	研究员	学科专业	原子核理论
<p>推荐意见：</p> <p>原子核是由质子和中子组成的自束缚有限量子多体系统，代表物质结构的一个基本层次。由于强相互作用的复杂性和求解多体问题的困难，如何从强相互作用出发，微观地描述原子核性质，一直是物理学家探索的前沿课题。</p> <p>孟杰团队长期致力于建立和利用相对论多体理论研究原子核性质，在手征对称性、不稳定原子核性质、涉及标准模型检验的核物理量、反核子谱自旋对称性等方面，取得了具有国际影响的创新成果。他们从有效核子-核子相互作用出发，提出以北京大学命名的新协变密度泛函，实现理论模型构建和数值计算，不仅微观自洽地描述原子核基态性质，而且通过恢复对称性和考虑量子涨落效应，给出了原子核集体振动和转动等激发模式的统一描述，预言原子核多重手征对称性等新现象并得到实验证实。</p> <p>鉴于上述研究成果的国际影响，孟杰被极具声誉的《核物理国际评述》系列丛书聘为主编，组织国内外同行共同出版了丛书第 10 卷《核结构的相对论密度泛函》。他们先后应邀为 Physics Reports 等国际顶级刊物撰写综述文章，还积极为《中国物理快报》和《物理学进展》等撰稿，为提升我国学术刊物的国际影响做贡献。</p> <p>项目的 8 篇代表论文（含 2 篇 ESI 高被引论文）SCI 他引 757 次。担任第 24 和 25 届国际核物理大会等系列国际会议顾问，在第 26 届国际核物理大会做大会邀请报告等。孟杰获华人物理学会亚洲成就奖、美国物理学会会士等荣誉，梁豪兆获 IUPAP 青年科学家奖。</p> <p>推荐该项目为国家自然科学奖二等奖。</p>			

姓名	张焕乔	工作单位	中国原子能科学研究院
职称	研究员	学科专业	原子核物理
<p>推荐意见：</p> <p>1997年，我结识了孟杰，他被北京大学作为人才引进。之后，我见证了他从建立研究团队，入选杰青和长江特聘教授，到引领和推动原子核结构若干前沿领域研究的全过程。他的团队在研究原子核新奇现象、建立和发展相对论多体理论等方面，取得了具有国际影响的创新成果：预言原子核手征对称性破缺的多样性及其实验特征，推动并参与实验证实；揭示近滴线原子核中的新物态——巨晕现象，预言超重核区新幻数；基于自主发展的相对论自治理论，为检验标准模型CKM矩阵的<math>\epsilon</math>正性提供关键核物理计算结果；提出以北京大学命名的新协变密度泛函，揭示反核子谱的自旋对称性及其起源等。</p> <p>项目的重要特色集中体现为自主创建理论模型、预言新物理并推动实验研究。例如，项目预言了原子核手征对称性的多样性，推动并参与世界上多个实验组提出的实验计划，促成美国圣母大学主导的实验合作组率先在阿贡国家实验室证实了该预言；领导一个国际合作组首次发现了原子核中手征对称性和空间反射对称性联立自发破缺的重要证据，研究成果发表于《物理评论快报》，被遴选为封面文章，入选2016年中国高校十大科技进展。</p> <p>项目的8篇代表论文（含2篇ESI高被引论文）SCI他引757次。部分成果曾获2000年和2013年教育部自然科学一等奖，孟杰曾获华人物理学会亚洲成就奖、当选美国物理学会会士等荣誉。团队成员在国际核物理大会等国际会议上做邀请报告逾百次，梁豪兆获IUPAP青年科学家奖。</p> <p>推荐该项目为国家自然科学奖二等奖。</p>			

## 项目简介

项目属原子核物理学的核结构方向。

原子核是由质子和中子组成的微观量子多体系统，代表物质结构的一个基本层次。理论预言存在的八千多种原子核中，稳定存在的不到三百种。由于不稳定原子核对核物理、宇宙演化、天体核合成等学科以及在国家安全、能源、医学等领域的重要意义和应用，相关研究促进了世界范围内新一代加速器的建造，推动了原子核新奇现象的探索。然而，基于稳定原子核性质建立的传统原子核理论应用到原子核新奇物理现象的研究有明显的局限性，亟需改进或提出新理论。

项目抓住这一机遇，在国家 973 计划和国家自然科学基金重点项目等支持下，经过十多年深入系统研究，建立和发展了关于原子核新奇现象的相对论多体理论，取得了具有国际影响的创新成果，包括：

1) 预言原子核手征对称性破缺的多样性及其实验特征——多对手征双重带 ( $M\chi D$ )，推动并参与 4 个合作组提出实验计划进行验证，证实了项目的理论预言。

2) 建立原子核新奇现象的相对论多体理论及其数值计算程序，给出第一例晕核  $^{11}\text{Li}$  的微观自洽描述，阐明连续谱对晕核的贡献，揭示近滴线原子核中的新物态（巨晕），预言超重新幻数。

3) 提出以北京大学命名的新协变密度泛函 PK1 等，建立描述原子核同位旋激发的相对论自洽模型，并运用于标准模型中 CKM 矩阵幺正性的检验。

4) 证明原子核赝自旋对称性成立的条件，指出不稳定核赝自旋对称性近似成立的原因，揭示反核子谱的新对称性——自旋对称性及其起源。

项目 8 篇代表性论文 SCI 他引 757 次（单篇最高 219 次），代表性论文 2 和 3 入选 ESI 高被引论文，代表性论文 2 获第一届“中国百篇最具影响优秀国际学术论文”，代表性论文 7 入选《中国物理快报》最佳引用论文，并获中国科协优秀论文奖和中国物理学会“2013 年度最有影响论文奖”。

孟杰等应邀为 *Physics Reports* 等国际顶级刊物撰写综述文章，主编出版《核物理国际评述》系列丛书第 10 卷《核结构的相对论密度泛函》，应邀担任第 24 和 25 届国际核物理大会等会议国际顾问委员会委员，在第 26 届国际核物理大会等会议上做大会邀请报告。孟杰领导一个国际合作组，在实验上发现原子核手征对称性和空间反射对称性联立自发破缺的证据。相关论文被遴选为 *Physical Review Letters* 封面文章，入选 2016 年度中国高校十大科技进展。项目部分成果曾获教育部自然科学一等奖两次（2000 和 2013 年），孟杰获世界华人物理学会亚洲成就奖、入选美国物理学会会士，梁豪兆获国际纯粹与应用物理联合会青年科学家奖。

## 客观评价

项目的 8 篇代表性论文 SCI 他引 757 次（单篇最高他引 219 次）。多次应邀在系列国际学术会议担任顾问委员或者做大会邀请报告，包括孟杰担任第 24 和 25 届国际核物理大会国际顾问委员会委员，周善贵和梁豪兆在第 26 届国际核物理大会做大会邀请报告。部分成果曾获教育部自然科学一等奖两次（2000 和 2013 年）；孟杰获世界华人物理学会亚洲成就奖（2009 年）、2006-2007 年度中国物理学会吴有训物理奖、德国 GENCO 学会奖（2010 年）、第 21 届伊朗 Khwarizmi 国际奖等荣誉；梁豪兆获国际纯粹与应用物理联合会青年科学家奖（2016 年）。“由于他将相对论平均场理论发展成为核结构研究中具有预言能力的理论工具所做出的许多重要和持续贡献，以及在北京创建了该领域活跃的国际合作枢纽”，孟杰于 2012 年当选美国物理学会会士。

**重要科学发现 1：**预言了原子核手征对称性破缺的多样性（代表性论文 1），被以美国圣母大学为主的实验组与项目完成人合作证实。

**著名核物理学家、保加利亚科学院核与核能研究所所长 Tonev 等**在代表性引文 1中指出项目工作的原创性和意义：“一个新的现象——多重手征双重带，即在单个原子核中有多于一对手征双重带，被预言存在于  $^{106}\text{Rh}$  [18] 与相邻原子核 [19] 中。这一现象最近已在另一质量区， $A\sim 130$  区的  $^{133}\text{Ce}$  中被证实 [20]。根据孟等人的工作 [18]，原子核  $^{102}\text{Rh}$  是给出这一现象的候选核之一。所有这些近期结果激发了我们的工作去检验  $^{102}\text{Rh}$  的手征性。”，文献 [18] 即代表性论文 1，文献 [20] 即首篇实验验证论文，文献 [19] 也为项目论文。

孟杰领导一个国际合作组，在实验上发现原子核手性和空间反射对称性联立自发破缺的证据。相关论文被遴选为 Phys. Rev. Lett. 封面文章，入选 2016 年度中国高校十大科技进展。

**重要科学发现 2：**基于在相对论连续谱理论、晕核、巨晕核与超重新幻数等方面的原创性工作，孟杰等应邀撰写综述文章（代表性论文 2）。论文 SCI 他引 219 次，入选 ESI 高被引论文、“中国百篇最具影响优秀国际学术论文”等。

**第 114-118 号元素的主要发现者、俄罗斯著名科学家 Oganessian (118 号元素 Oganesson 以其姓氏命名)**等在探索合成 120 号元素的实验文章（代表性引文 2）第一段引用项目预言的超重幻数：“微观的 Hartree-Fock-Bogoliubov 与相对论平均场理论，不仅在中子数  $N=184$  处预言了显著的壳稳定效应，而且建议幻数质子壳应该位于更大的质子数  $Z=120-126$  处 [2]”，文献 [2] 即代表性论文 2。

**法国奥赛核物理所研究部主任 Grasso 等**在代表性引文 3中引用项目的 7 篇论文：“最近的综述可在文献 [2, 3] 中找到。”，“最近 RHB 预言了一个非常有趣的现象，…中子巨晕…。这一效应在 Ca [8] 与 Zr [9] 同位素中特别显著”，“我们给出丰中子 Ca 和 Zr 同位素…，并将我们的非相对论结果与…相应 RHB 结果比较 [8, 9]”。文献 [3] 即代表性论文 2，文献 [8, 9] 均为项目论文。

**重要科学发现 3：**提出以北京大学命名的新协变密度泛函 PK 系列，建立了密度依赖的相对论 Hartree-Fock (RHF) 理论和基于此基础上的无规相位近似

(RHF+RPA)方法,给出原子核集体激发的微观自洽描述,并运用于标准模型中CKM矩阵幺正性的检验(代表性论文3-5)。代表性论文3入选ESI高被引论文,SCI他引104次。

克罗地亚科学院院士 Vretenar 教授等在代表性引文4中肯定项目建立的新协变密度泛函理论(RHF和RHF+RPA)的科学价值:“尽管取得一些进展,(之前的)RHF的结果仍达不到RMF模型预言的水平。在文献[9]中,引入了显式核子密度依赖的核子-介子耦合。这带来了显著改善,使得现有RHF模型对原子核性质定量描述的准确度与标准RMF相当[10]。特别是,龙等[9-12]与梁等[13,14]的近期研究已经证明,与RMF方法相比,Fock项的显式处理能改善核物质与有限核的描述”、“显式处理Fock项的另一个好处,就是集体激发的无规相移近似(RPA)描述。例如,RHF+RPA方法提供了电荷交换激发的完全自洽描述[13],与此相比,在RMF+RPA模型中还得引入额外的项[16]”,文献[13]即代表性论文4,文献[9-12,14]也为项目论文。

芬兰“杰出教授”Dobaczewski(同时担任波兰华沙大学教授和英国约克大学教授)、美国橡树岭国家实验室“杰出科学家”Nazarewicz(美国物理学会Bonner奖获得者)等在代表性引文5中肯定项目的发现点:“正如使用其它能量密度泛函(EDFs)的密度泛函理论(DFT)计算所验证的,也正是文献[11]的发现,在重核中,随着更高的能级密度,壳结构的细节将不再那么重要”,文献[11]即代表性论文5。

美国Texas A&M大学“杰出教授”Hardy和加拿大皇后大学教授Towner(2006年两人同时获美国物理学会Bonner奖)在代表性引文6中评价了项目的工作:“另一类模型不受定域唯象的限制。如Sagawa等人[9],将成对的母子偶偶核作为核芯,相似的奇奇核作为基于该核芯的粒子-空穴激发,梁等人在此基础上进行了改进[10]”,文献[10]即代表性论文5。

**重要科学发现4:**项目严格证明了赝自旋对称性的成立条件,提出严格满足该条件且存在单粒子束缚态的模型,揭示反核子谱的新对称性——自旋对称性(代表性论文6-8),论文SCI他引分别为143、75和93次。代表性论文7入选《中国物理快报》最佳引用论文,并获中国科协优秀论文奖和中国物理学会“2013年度最有影响论文奖”。

葡萄牙著名核物理学家Alberto等在代表性引文7中肯定了代表性论文6的结果:“最近,孟等[5,6]证明,当 $d\Sigma/dr=0$ 时赝自旋对称性严格满足,其中 $\Sigma=S+V$ 。他们也将赝自旋对称性的出现和离心位垒与赝自旋-轨道势之间的竞争联系起来。”文献[6]即代表性论文6,文献[5]也为项目论文。

美国著名物理学家Ginocchio(提出Ginocchio模型)在Physics Reports综述论文(代表性引文8)中肯定了项目的科学发现:“在赝自旋极限下,相对论谐振子确实有正能量的束缚态[157,158]”、“事实上,核子平均场的负能解确实证明了强的自旋对称性[131]”,文献[157,131]分别为代表性论文7和8。

## 代表性论文专著目录

1. Meng J., Peng J., Zhang S. Q., Zhou S.-G.; Possible existence of multiple chiral doublets in Rh-106; PHYSICAL REVIEW C; 2006, 73: 037303.
2. Meng J., Toki H., S.-G. Zhou, Zhang S. Q., Long W. H., Geng L. S.; Relativistic continuum Hartree Bogoliubov theory for ground-state properties of exotic nuclei; PROGRESS IN PARTICLE AND NUCLEAR PHYSICS; 2006, 57: 470-563.
3. Long W. H., Meng J., Van Giai N., Zhou S.-G.; New effective interactions in relativistic mean field theory with nonlinear terms and density-dependent meson-nucleon coupling; PHYSICAL REVIEW C; 2004, 69: 034319
4. Liang H. Z., Van Giai N., Meng J.; Spin-isospin resonances: A self-consistent covariant description; PHYSICAL REVIEW LETTERS; 2008, 101: 122502.
5. Liang H. Z., Van Giai N., Meng J.; Isospin corrections for superallowed Fermi beta decay in self-consistent relativistic random-phase approximation approaches; PHYSICAL REVIEW C; 2009, 79: 064316
6. Meng J., Sugawara-Tanabe K., Yamaji S., Arima A.; Pseudospin symmetry in Zr and Sn isotopes from the proton drip line to the neutron drip line; PHYSICAL REVIEW C; 1999, 59: 154-163.
7. Chen T. S., Lv H. F., Meng J., Zhang S. Q., Zhou S.-G.; Pseudospin symmetry in relativistic framework with harmonic oscillator potential and Woods-Saxon potential; CHINESE PHYSICS LETTERS; 2003, 20: 358-361
8. Zhou S.-G., Meng J., Ring P.; Spin symmetry in the antinucleon spectrum; PHYSICAL REVIEW LETTERS; 2003, 91: 262501

### 主要完成人情况表

姓 名	孟 杰	排 名	1
行政职务	无	技术职称	教授
工作单位	北京大学	完成单位	北京大学
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>课题负责人，组织和协调项目研究。预言原子核手征对称性破缺的多样性并推动和参与实验证实，实现第一例晕核的微观自洽描述，揭示近滴线原子核的新物态，预言超重核区新幻数，首次实现原子核同位旋激发的相对论微观自洽描述，提出以北京大学命名的系列新协变密度泛函，证明实际原子核赝自旋对称性成立条件，揭示反核子谱自旋对称性及其起源。对重要科学发现 1-4 有重要贡献，是代表性论文 1-8 的通讯作者，代表性论文 1、2、6 的第一作者。</p>			
姓 名	周善贵	排 名	2
行政职务	科研处处长	技术职称	研究员
工作单位	中国科学院理论物理研究所	完成单位	中国科学院理论物理研究所
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>对原子核手征对称性、近滴线原子核中的新奇现象、建立新协变密度泛函、探索相对论对称性等方面的研究，即重要科学发现 1-4 有重要贡献，是代表性论文 8 的第一作者，代表性论文 1、2、3、7 的主要作者。具体贡献包括：预言原子核手征对称性破缺的多样性，揭示近滴线原子核的新物态，提出以北京大学命名的系列新协变密度泛函，揭示反核子谱自旋对称性及其起源。</p>			
姓 名	龙文辉	排 名	3
行政职务	无	技术职称	教授
工作单位	兰州大学	完成单位	北京大学
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>对近滴线原子核中的新奇现象、提出新协变密度泛函等方面的研究，即重要科学发现 2、3 有重要贡献，是代表性论文 3 的第一作者，代表性论文 2 的主要作者。具体贡献包括：提出以北京大学命名的新协变密度泛函 PK1、PK1R 和 PKDD，建立含交换项的密度依赖的相对论 Hartree-Fock 理论并提出新协变密度泛函 PK01、PK02、PK03 与 PKA1。</p>			
姓 名	张双全	排 名	4
行政职务	无	技术职称	副教授

工作单位	北京大学	完成单位	北京大学
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>对原子核手征对称性、近滴线原子核中的新奇现象、探索相对论对称性等方面的研究，即重要科学发现 1、2、4 有重要贡献，是代表性论文 1、2、7 的主要作者。具体贡献包括：预言原子核手征对称性破缺的多样性，参与验证实验，分析实验结果，进行理论计算和物理解释；基于相对论连续谱理论研究轻质量近滴线原子核的巨晕现象，揭示近滴线原子核的新物态；预言超重核区新幻数。</p>			
姓名	梁豪兆	排名	5
行政职务	无	技术职称	研究员
工作单位	日本理化学研究所 (The Institute of Physical and Chemical Research, RIKEN)	完成单位	北京大学
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>对原子核同位旋激发、建立新协变密度泛函、探索相对论对称性等方面的研究，即重要科学发现 3、4 有重要贡献，是代表性论文 4、5 的第一作者。具体贡献包括：基于密度依赖的相对论 Hartree-Fock 理论，建立完全微观自洽的无规位相近似；首次实现原子核同位旋激发的相对论微观自洽描述；实现原子核超允许 <math>\beta</math> 跃迁的同位旋修正的微观自洽计算；证明自旋与赝自旋对称性破缺的可微扰性等。</p>			

# 完成人合作关系说明

项目主要完成人：孟杰、周善贵、龙文辉、张双全、梁豪兆

第一完成人孟杰自1997年10月受聘北京大学教授后，建立了理论核物理和核天体物理研究团队，组织和开展了原子核的新奇现象及其相对论多体理论方面的研究。第二完成人周善贵1998年7月获北京大学博士学位，随即加入孟杰团队，共同开展该方面的研究；2004年4月调入中国科学院理论物理研究所，继续保持与孟杰团队紧密的学术合作关系。孟杰作为博士生导师，分别指导第三完成人龙文辉（2000年9月至2006年1月在读）、第四完成人张双全（1999年9月至2002年7月在读）、第五完成人梁豪兆（2005年9月至2010年7月在读）获得北京大学博士学位，其后继续保持紧密的学术合作关系。项目的8篇代表性论文均为第一完成人在北京大学，第二完成人在北京大学和中国科学院理论物理研究所，第三、第四和第五完成人在北京大学期间完成的工作。

孟杰作为项目负责人，总体组织和协调项目研究，对重要科学发现1-4有重要贡献，是代表性论文1-8的通讯作者，代表性论文1、2、6的第一作者。

在项目完成过程中，具体合作关系如下：

1. 周善贵，对重要科学发现 1-4 有重要贡献。在北京大学期间，与合作者共同完成代表性论文 3、7、8，是代表性论文 8 的第一作者；2004 年 4 月调入中国科学院理论物理研究所工作后，与合作者共同完成代表性论文 1、2。

2. 龙文辉，对重要科学发现 2、3 有重要贡献。在北京大学期间，与合作者共同完成代表性论文 2、3，是代表性论文 3 的第一作者。

3. 张双全，对重要科学发现 1、2、4 有重要贡献。在北京大学期间，与合作者共同完成代表性论文 1、2、7。

4. 梁豪兆，对重要科学发现 3、4 有重要贡献。在北京大学期间，与合作者共同完成代表性论文 4、5，是代表性论文 4、5 的第一作者。

合作方式为论文合著。合作成果为相应代表性论文。

第一完成人孟杰对上述内容的真实性负责。

第一完成人签名：

## 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	证明材料	备注
1	论文合著	孟 杰 (1) 周善贵 (2) 张双全 (4)	2006.03	Possible existence of multiple chiral doublets in $106\text{Rh}$	代表性论文 1	
2	论文合著	孟 杰 (1) 周善贵 (2) 龙文辉 (3) 张双全 (4)	2006.10	Relativistic continuum Hartree-Bogoliubov theory for ground state properties of exotic nuclei	代表性论文 2	
3	论文合著	孟 杰 (1) 周善贵 (2) 龙文辉 (3)	2004.03	New effective interactions in relativistic mean field theory with nonlinear terms and density-dependent meson-nucleon coupling	代表性论文 3	
4	论文合著	孟 杰 (1) 梁豪兆 (5)	2008.09	Spin-isospin resonances: A selfconsistent covariant description	代表性论文 4	
5	论文合著	孟 杰 (1) 梁豪兆 (5)	2009.06	Isospin corrections for superallowed Fermi $\beta$ decay in self-consistent relativistic random phase approximation approaches	代表性论文 5	
6	论文合著	孟 杰 (1) 周善贵 (2) 张双全 (4)	2003.03	Pseudospin symmetry in relativistic framework with harmonic oscillator potential and Woods-Saxon potential	代表性论文 7	
7	论文合著	孟 杰 (1) 周善贵 (2)	2003.12	Spin symmetry in the antinucleon spectrum	代表性论文 8	

**承诺:** 本人作为项目第一完成人, 对本项目完成人合作关系及上述内容的真实性负责, 特此声明。

**第一完成人签名:**

# 知情证明

兹证明我已获悉本人在北京大学孟杰教授指导下以第一作者完成的如下论文：

1. T. S. Chen, H. F. Lv, J. Meng, S. Q. Zhang, and S.-G. Zhou, **Pseudospin symmetry in relativistic framework with harmonic oscillator potential and Woods-Saxon potential**, Chinese Physics Letters, 20 (2003) 358-361.

将作为“原子核的新奇现象及其相对论多体理论研究”项目的代表性论文之一，由教育部推荐申报 2015 年度国家科学技术奖项目。

特此证明知情且无异议。

祝成功！

知情证明人： 陈惕生



2014 年 12 月 30 日