南华大学 2019 年度湖南省自然科学奖

提名公示材料

|  |  |
| --- | --- |
| 项目名称 | 光学势及其在对称能和alpha衰变研究中的应用 |
| 提名单位及提名意见 | **提名单位：**南华大学**提名意见：**该项目围绕光学模型势及其在对称能和 衰变研究中的应用开展了一系列的深入研究，取得了多个原创性发现：（1）考虑弥散参数对靶核的依赖关系，同时在核势的势阱深度考虑了入射粒子能量的依赖关系，基于已有的氘核和氚核诱发核反应实验数据，给出氘核和氚核的普适唯像光学模型势；提出了一种新的色散积分数值计算方法，在提高计算精度的同时节省了计算时间，首次得到普适的质子色散光学模型势参数。这三套参数均被国际原子能机构IAEA数据中心收录，被推荐为与之相关的核反应及核数据计算工作，同时被应用于大型国际核数据计算程序TALYS和我国核数据计算与分析评价程序APMN、UNF和MEND中。（2）发展了核子光学模型势与非对称核物质对称能及坡度参数间的解析关系。首次从实验数据提取了单粒子二阶对称势，并对饱和密度处的对称能及坡度参数给出了一个新的约束；由核子光学模型势与丰中子核物质中核子有效质量劈裂的关系，首次从实验数据提取了核子有效质量劈裂信息。（3）考虑 粒子-子核核势的同位旋效应，系统研究了壳效应修正对原子核 衰变的影响及自旋宇称对原子核 衰变预形成因子的影响。经审阅，该项目推荐材料真实有效，推荐书符合要求，根据湖南省科学技术奖励相关要求，特推荐申报湖南省自然科学奖二等奖。 |
| 项目简介 | 光学势是核反应数据计算和核数据分析与评价工作的基本输入量，光学势的好坏直接决定核数据计算的精度，它将直接影响与核数据计算与评价相关的应用。国际上对于较轻的复杂粒子如氘核、氚核、氦-3及粒子等诱发核反应光学模型势的研究，主要集中以单个靶核的光学势或者是适用于入射粒子能量范围很窄及靶核范围很小的普适唯像光学模型势。最近的一些实验发现已有的普适光学模型势不能很好地再现实验数据。因而本项目主要工作是构造新的复杂粒子的普适唯像光学势，主要开展了质子普适色散光学模型势、氘核和氚核的普适唯像光学模型势，并将其应用于研究核物质的对称能及坡度参数。同时在原子核的衰变中考虑粒子-子核核势的同位旋效应，系统研究壳效应对原子核衰变的影响及自旋宇称对原子核衰变预形成因子的影响。具体如下：（1）基于最新的质子、氘核和氚核诱发核反应实验数据，在原有唯像光学模型势的基础上，通过在弥散参数中考虑不同原子核的差异性、势阱深度考虑入射粒子能量变化的影响，构造了氘核和氚核的普适唯像光学模型势参数。这两套参数能很好地再现实验数据并在核反应实验中得到很好的检验。通过改进原有的色散光学模型，提出了一种新的色散积分数值计算方法，新的计算方法不但节省了计算的时间，同时又提高了计算的精度，并首次给出了普适质子色散光学模型势参数。这三套光学模型势参数均被国际原子能机构IAEA数据中心收录，并应用于国际大型核数据计算程序TALYS和我国的大型核数据计算程序APMN、UNF及MEND当中。（2）基于HVH定理导出了核子光学模型势与非对称核物质对称能及坡度参数间的解析关系。基于已有的核子诱发核反应实验数据，在核子光学势中考虑同位旋效应，首次从实验数据提取了单粒子二阶对称势并对饱和密度处的对称能及坡度参数给出了一个新的约束。同时基于Skyrme-Hartree-Fock、Gogny-Hartree-Fock和Isospin and Momentum-Dependent方法给出各阶单粒子势对对称能及坡度参数的贡献。（3）基于两势方法理论，在α粒子-子核核势中考虑同位旋效应系统研究了壳效应修正对原子核衰变的影响及自旋宇称对原子核衰变预形成因子的影响。本项目得到了国家自然科学基金和省部级基金的支持，该系列研究的8篇代表性论文发表在Physics Letters B（2篇）、PHYSICAL REVIEW C（3篇）、NUCLEAR PHYSICS A（2篇）、Chinese Physics C（1篇）等国际一流核物理杂志上，**影响因子之和大于30**，他**190**次（**含ESI高被引论文2篇**），单篇**最高他引92次**，**他引15次**以上的**5篇**。被**Progress in Particle and Nuclear Physics**、**Reports on Progress in Physics**等综述杂志及**PHYSICAL REVIEW LETTERS**等专业顶级杂志正面引用多次。代表性论文5获2017年衡阳市自然科学优秀论文特等奖，代表性论文6和7获2017年衡阳市自然科学优秀论文奖一等奖。 |
| 客观评价 | **1、科学发现点1的代表性评价：**国际原子能机构的R. Capote教授在他们的工作[RIPL –Reference Input Parameter Library for Calculation of Nuclear Reactions and Nuclear Data Evaluations, Nuclear Data Sheets 110 (2009) 3107–3214，已引用678次，ESI高倍引论文]。收录我们质子、氘核和氚核的普适光学模型势参数：“Li and Cai [139] for protons (RIPL 5501, dispersive, spherical, Z=12–92, A=27–238, E=0.001–200 MeV)… Additionally, a new triton global potential recently derived by Li et al. [155] has also been compiled (RIPL 7200, Z=13–90, A=27–232, E=1–40 MeV)…An and Cai [95] (RIPL 6200, Z=6–92, A=12–238, E <200 MeV)…”论文中的参考文献[95]、[139]和[155]分别是代表性论文3、代表性论文2和代表性论文1。国际原子能机构的核研究与咨询小组的A. J. Koning教授在他们的工作[Modern Nuclear Data Evaluation with the TALYS Code System，Nuclear Data Sheets 113, 2841-2934 (2012)，已引用400次，ESI高被引论文]中，TALYS程序用到我们的氘核普适光学模型势参数“Various alternative deuteron OMP’s have been constructed, among which a few recent ones, and these models [42]-[45] are include as options。”论文中的参考文献[45]是代表性论文3。法国IRFU核物理系的G Potel教授在他们的工作[Cooper pair transfer in nuclei, REPORTS ON PROGRESS IN PHYSICS, 76 (2013) 106301]中计算使用我们的参数“”论文中的参考文献[106]和[107] 分别是代表性论文3和代表性论文1。法国IRFU核物理系的G Potel教授在他们的工作[Evidence for Phonon Mediated Pairing Interaction in the Halo of the Nucleus 11Li，PHYSICAL REVIEW LETTERS，105, 172502 (2010)]中计算使用我们的参数“The optical potentials used are from [16,31].” 论文中的参考文献[31]是代表性论文3。美国阿贡国家实验室的J. P. Schiffer教授在他们的工作[Test of Sum Rules inNucleon Transfer Reactions, PHYSICAL REVIEW LETTERS，108, 022501 (2012)]中计算使用我们的参数“The combination of the global potentials of Ref. [7] for protons and Ref. [8] for deuterons was used, although other potentials were alsoexplored.” 论文中的参考文献[8]是代表性论文3。 美国阿贡国家实验室的B. P. Kay教授在他们的工作[Quenching of Cross Sections in Nucleon Transfer Reactions，PHYSICAL REVIEW LETTERS，111, 042502 (2013)]中计算使用我们的参数“Similarly for deuterons, we used the global potentials of Ref. [9], and for 3He, the recent study of Ref. [11].” 论文中的参考文献[9]是代表性论文3。**2、科学发现点2的代表性评价：**英国萨里大学的Roshan Sellahewa教授在他们的工作中[Isovector properties of the Gogny interaction，PHYSICAL REVIEW C 90, 054327 (2014)]对我们工作的评述是：“Where we can, we have compared with existing values of isoscalar and isovector properties[20,21]…. We note that our results for U0 and U1 agree with those presented in Ref.[21] for the corresponding parametrizations” 论文中的参考文献[21]是代表性论文4。越南核科学技术研究所的Dao T. Khoa教授在他们的工作[Extended Hartree-Fock study of the single-particle potential: The nuclear symmetry energy, nucleon effective mass, and folding model of the nucleon optical potential, PHYSICAL REVIEW C 92, 034304 (2015)]中验证了我们的工作：“This result is, thus, complementary to the recent efforts by Li et al. [50] to determine the nuclear symmetry from the optical model analysis of the elastic neutron-nucleus scattering over a wide range of energies.” 论文中的参考文献[50]是代表性论文5。广西师范大学王宁教授在他们的工作[Properties of nuclear matter from macroscopic–microscopic mass formulas，Physics Letters B 751(2015)553–558]的结果验证了我们的结论“Very recently, Xiao-Hua Li et al. investigated the neutron–proton effective mass split-ting from the global nucleon optical potentials [44]. The estimation of  for neutron matter around normal density is also generally consistent with the results in this work.” 论文中的参考文献[44]是代表性论文6。**3、科学发现点3的代表性评价**：美国橡树岭国家实验室的C.D. Nesaraja教授在他们的工作[Nuclear Data Sheets for A=244，Nuclear Data Sheets 146,387–510 (2017)]对我们工作的评述：“Theoretical calculations:2017Ph01, 2017Zh03, 2016Sa16, 2016Su09, 2014De43, 2014Is03, 2013Ra05, 2013Se17, 2013Is13, 2012Is08, 2011Qi06, 2011Qi12, 2011Zh36, 2009De32, 2009Ni06, 2008Xu06, 2007Pe30, 2006De05, 2005Sh42, 1996De19, 1979Po23: Calculated α decay half-life.” 论文中的参考文献2016Su09是代表性论文7 |

|  |
| --- |
| **代表性论文专著目录** |
| 序号 | 论文专著名称/刊名/作者 | 影响因子 | 年卷页码（xx年xx卷xx页） | 发表时间（年月 日） | 通讯作者（含共同） | 第一作者（含共同） | 国内作者 | SCI他引次数 | 他引总次数 | 知识产权是否归国内所有 |
| 1 | Global triton optical model potential/NUCLEAR PHYSICS A/Xiaohua Li, Chuntian Liang, Chonghai Cai | 3.069 | 2007年789卷103-113页 | 2007年03月15日 | 李小华、蔡崇海 | 李小华 | 李小华，梁春恬，蔡崇海 | 27 | 27 | 是 |
| 2 | Global dispersive optical model potential for proton as projectile in the energy region up to 200 MeV/ NUCLEAR PHYSICS A/Xiaohua Li, Chonghai Cai | 1.959 | 2008年801卷43-67页 | 2007年12月23日 | 李小华、蔡崇海 | 李小华 | 李小华蔡崇海 | 16 | 16 | 是 |
| 3 | Global deuteron optical model potential for the energy range up to 183 MeV/ PHYSICAL REVIEW C/Haixia An, Chonghai Cai | 3.327 | 2006年73卷054605（1-9） | 2006年05月08日 | 蔡崇海 | 安海霞 | 安海霞，蔡崇海 | 92 | 92 | 是 |
| 4 | Single-nucleon potential decomposition of the nuclear symmetry energy/ PHYSICAL REVIEW C/ Rong Chen, Bao-Jun Cai, Lie-Wen Chen, Bao-An Li, Xiao-Hua Li, Chang Xu | 3.715 | 2012年85卷024305（1-15） | 2012年02月09日 | 陈列文 | 陈融 | 陈融，蔡宝军，陈列文，李小华，许昌 | 19 | 19 | 是 |
| 5 | Extracting the nuclear symmetry potential and energy from neutron–nucleus scattering data/ Physics Letters B/ Xiao-Hua Li, Bao-Jun Cai, Lie-Wen Chen, Rong Chen, Bao-An Li, Chang Xu | 6.019 | 2013年721卷101-106页 | 2013年03月07日 | 陈列文 | 李小华 | 李小华，蔡宝军，陈列文，陈融，许昌 | 5 | 5 | 是 |
| 6 | Neutron–proton effective mass splitting in neutron-rich matter at normal density from analyzing nucleon–nucleus scattering data within an isospin dependent optical model/ Physics Letters B/ Xiao-Hua Li, Wen-Jun Guo, Bao-An Li , Lie-Wen Chen, Farrukh J. Fattoyev, William G. Newton | 4.787 | 2015年743卷408-414页 | 2015年03月09日 | 李宝安 | 李小华 | 李小华，郭文军，陈列文 | 20 | 20 | 否 |
| 7 | Systematic study of α decay half-lives for even-even nuclei within a two-potential approach/ PHYSICAL REVIEW C/ Xiao-Dong Sun, Ping Guo, Xiao-Hua Li | 3.820 | 2016年93卷034316（1-9） | 2016年03月15日 | 李小华 | 孙小东 | 孙小东，郭萍，李小华 | 9 | 9 | 是 |
| 8 | Systematic study of α preformation probability of nuclear isomeric and ground states/ Chinese Physics C/ | 3.289 | 2017年41卷014102（1-7） | 2017年01月01日 | 吴喜军，李小华 | 孙小东 | 孙小东，吴喜军，郑波，向东，郭萍，李小华 | 2 | 2 | 是 |
| 合 计 | 190 | 190 |  |

|  |  |
| --- | --- |
| **主要完成人情况（姓名、排名、行政职务、技术职称、工作单位、完成单位、对本项目贡献）** | 1. 姓名：李小华 排名： 1 行政职务：副系主任 技术职称：教授 工作单位：南华大学 完成单位：南华大学，南开大学，上海交通大学 对本项目贡献：项目总负责人，对科学发现点1-3有重要贡献，发展了质子和氚核的光学模型，分别得到了一套新的质子和氚核的普适光学模型势；将光学模型势应用于对称能及α衰变的研究之中，首次提取了单粒子的二阶对称势及核物质中核子有效质量劈裂，同时系统研究了壳效应修正对原子核α衰变的影响和自旋宇称对原子核α衰变预形成因子的影响。代表性论文1、2、5、6的第一作者，1、2、7、8的通讯作者，4的第五作者，在项目研究中的工作量占本人工作量的70%。2. 姓名：安海霞 排名： 2 行政职务：无 技术职称：高级工程师 工作单位：天津市辐射环境管理所 完成单位：南开大学 对本项目贡献：对科学发现点1做出重要贡献，发展了氘核的普适光学模型势，基于已有的氘核诱发核反应实验数据，考虑弥散宽度的靶核质量数依赖、势阱深度的能量及靶核质量数依赖。得到了一套新的普适氘核光学模型势参数，为核反应相关数据的计算和核数据计算与评价提供了基本的输入参数。是代表论文3的第一作者。在项目研究中的工作量占本人工作量的50%。3. 姓名：郑波 排名： 3 行政职务：副系主任 技术职称：副教授 工作单位：南华大学 完成单位：南华大学 对本项目贡献：对科学发现点3有重要贡献，参与项目组原子核α衰变研究工作。是代表论文8的第三作者。在项目研究中的工作量占本人工作量的50%。4. 姓名：陈列文 排名： 4 行政职务：常务副院长 技术职称：教授 工作单位：上海交通大学 完成单位：上海交通大学 对本项目贡献：对科学发现点2做出了重要贡献，基于同位旋和动量依赖的相关作用势模型MDI、Skyrme-Hartree-Fock方法和Gogny-Hartree-Fock方法系统分析了单粒子势（核子光学势实部）中各项对非对称核物质对称能Esym(ρ) 及坡度参数L(ρ)的贡献，发现二级对称势Usym,2(ρ, k)对对称能坡度参数L(ρ)的贡献不能忽略；基于已有的中子诱发的核反应实验数据，首次从实验数据中提取了单粒子势的二阶对称势Usym,2(ρ, k)，并通过核子光学势实部对包含密度处的对称能Esym(ρ0)及坡度参数L(ρ0)给出了一个新的约束，为对称能的研究做出了重要的贡献。是代表论文4、5的通讯作者，6的第四作者。在项目研究中的工作量占本人工作量的30%。5. 姓名：蔡崇海 排名： 5 行政职务：无 技术职称：教授 工作单位：南开大学 完成单位：南开大学 对本项目贡献：对科学发现点1做出了重要贡献，发展了质子、氘核和氚核的光学模型，分别得到了一套新的质子、氘核和氚核的普适光学模型势。是代表论文1-3的通讯作者。在项目研究中的工作量占本人工作量的40%。6. 姓名：孙小东 排名： 6 行政职务：无 技术职称：博士研究生 工作单位：兰州大学 完成单位：南华大学 对本项目贡献：对科学发现点3做出了重要贡献，在α粒子-子核的核势考虑同位旋效应，系统研究了壳效应修正对偶-偶核α衰变的影响，发现偶-偶核α衰变的禁戒因子的对数值与价核子间存在近似抛物线关系；系统研究了isomer态对原子核α衰变预备形成因子的影响，发现较低isomer态的α衰变与基态一样，在幻数附近，高自旋态的α衰变的预形成因子比低自旋态情况要大。是代表论文7、8的第一作者。在项目研究中的工作量占本人工作量的40%。 |
| **完成人合作关系说明** | 主要完成人1：李小华 从2006年1月开始着手科学发现点1的工作，从事代表性论文1和2的研究工作，是主要完成人蔡崇海的研究生；从2011年1月开始着手科学发现点2的工作，从事代表性论文4-6的研究工作，是主要完成人陈列文的博士后；从2015年1月开始着手科学发现点2的工作，从事代表性论文7、8的研究工作，是主要完成人6的研究生导师。代表性论文1、2、5、6的第一作者， 7、8的通讯作者， 4的第五作者。主要完成人2：安海霞 从2006年1月开始着手科学发现点1的工作，从事代表性论文3的研究工作，是主要完成人蔡崇海的研究生，代表性论文3的第一作者。主要完成人3：郑波 从2013年1月开始着手科学发现点3的工作，从事代表性论文8的研究工作，是主要完成人李小华的课题组成员，代表性论文8的第三作者。主要完成人4：陈列文 从2006年1月开始着手科学发现点2的工作，从事代表性论文4-6的研究工作，是主要完成人李小华的博士后合作导师，代表性论文4、5的通讯作者，6的第四作者。主要完成人5：蔡崇海 从2006年1月开始着手科学发现点1的工作，从事代表性论文1-3的研究工作，是主要完成人李小华和安海霞的研究生导师，代表性论文1-3的通讯作者。主要完成人6：孙小东 从2015年1月开始着手科学发现点3的工作，从事代表性论文7、8的研究工作，是主要完成人李小华和研究生，代表性论文7、8的第一作者。 |