



(<http://apm.cas.cn/>)

当前位置: [首页](http://apm.cas.cn/) (<http://apm.cas.cn/>) >> [科研动态](http://apm.cas.cn/kydt/) (<http://apm.cas.cn/kydt/>)

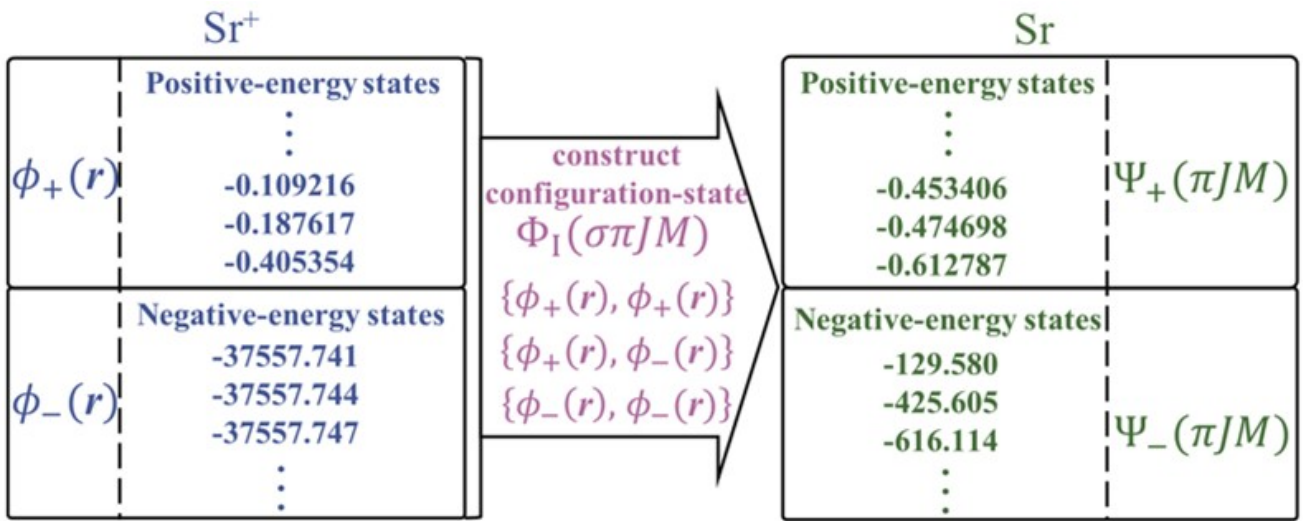
科研动态

精密测量院首次揭示了负能态对Sr光钟多极极化率的影响

来源: 时间: 2023-11-17

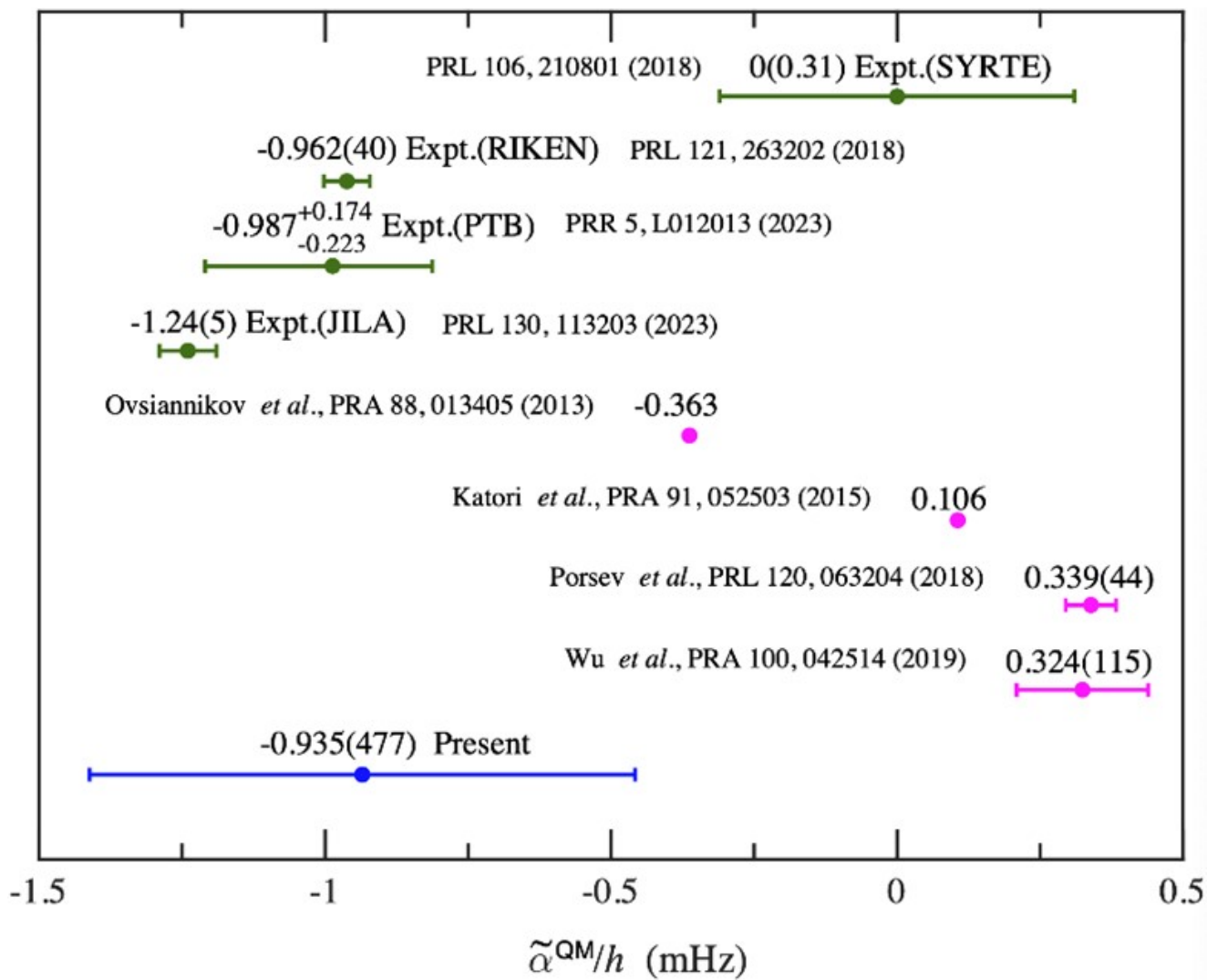
近日,精密测量院史庭云、唐丽艳、吴芳菲以及倪维斗等研究人员在光钟体系多极极化率的理论研究方面取得了重要进展。研究团队成功突破了传统理论方法的限制,首次揭示了以往理论计算中缺失的负能态的重要性。这一发现阐明了Sr光钟多极极化率之差理论与实验强烈不相容的根本原因,从而消除了限制Sr光钟精度进一步提高的主要障碍。相关研究成果以Letter形式发表在国际学术期刊《Physical Review A》上,并被遴选为“Editors’ Suggestion”论文,同时被Physics遴选为亮点工作进行同步报道。

光钟是人类历史上测量精度最高的原子钟,随着光钟精度的不断提高,光场引起的非线性效应对光钟精度的影响需要进行定量研究。对于Sr原子光晶格钟,2018年理论计算和实验测量均表明:与电四极(E2)极化率和磁偶极(M1)极化率密切相关的多极Stark频移在 $1\text{E}-19$ 精度时对Sr光钟构成了限制。然而,理论与实验得到的Sr光钟多极极化率E2-M1之差存在符号相反的问题,这阻碍了Sr光钟精度的进一步提高。2019年,精密测量院原子分子外场理论组利用相对论芯极化势和组态相互作用(DFCP+RCI)的联合方法得到了正的E2-M1多极极化率之差,独立验证了Safronova等人的理论计算,但与日本Katori小组的实验测量值符号相反。因此,需要新的实验测量来解决Sr光钟理论与实验之间的符号差异。

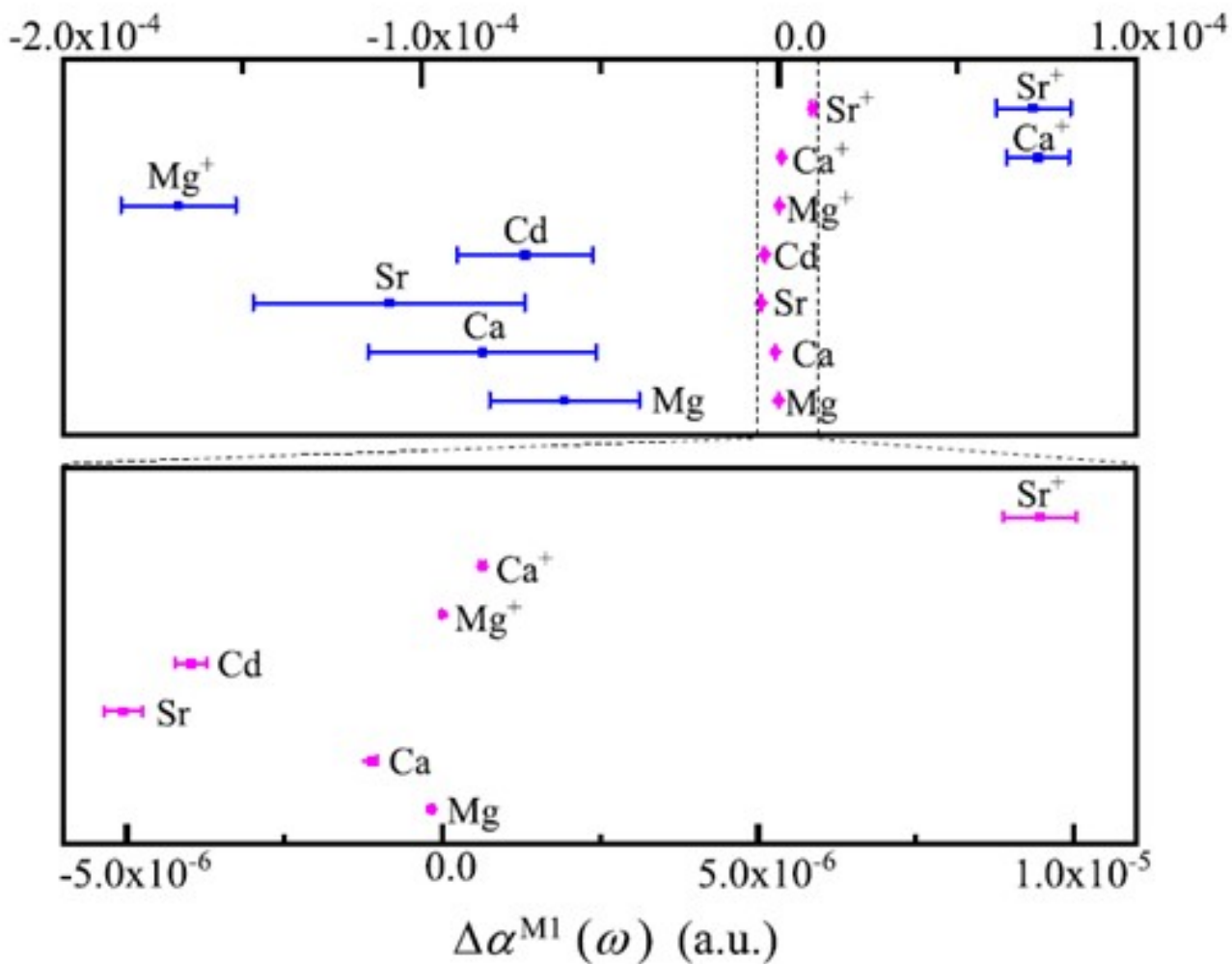


显含负能态的DFCP+RCI理论计算示意图

2023年初，美国JILA的叶军实验小组和德国PTB的Lisdat实验小组几乎同时报道了各自的测量结果，实验测量均为负值，与所有理论计算的正值相矛盾。Sr光钟E2-M1极化率之差的符号问题依然悬而未决，迫切需要新的理论解释。近日，唐丽艳研究团队首次发展显含负能态的DFCP+RCI的联合方法（见图1），研究负能态对Sr光钟多极极化率的影响，发现负能态对M1极化率起重要的主导作用，得到的E2-M1极化率之差与实验结果相符合，彻底解决了Sr光钟理论与实验的符号不一致问题（见图2）。进一步将目前的理论方法推广应用到现有其它光钟体系的研究当中，发现负能态对M1极化率起主导贡献的这一现象是普适的（见图3），启发人们深入探究负能态背后蕴含的新物理，为未来利用高精度的光钟探索超越标准模型之外的新物理提供新契机。



Sr光钟魔幻波长处动力学E2-M1极化率之差的比较。绿色的代表实验测量值，水红色的代表以前的理论结果，蓝色的代表包含负能态之后的理论结果



负能态对其它光钟体系M1极化率之差的贡献。水红色的代表仅含正能态的结果，蓝色的代表包含负能态的理论结果

Solution for Atomic Clock Puzzle

November 9, 2023 • *Physics* 16, s160

The resolution of a major discrepancy between theory and experiment for strontium atomic clocks could help improve the precision of these timekeepers.



kieferpix/stock.adobe.com

Synopsis截图

相关研究成果以Letter形式发表在国际学术期刊《Physical Review A》上，博士吴芳菲为该研究的第一作者，研究员唐丽艳是该文章的通讯作者。美国物理学会网站Physics以“Solution for Atomic Clock Puzzle”为题撰写Synopsis对负能态的理论工作进行了全文亮点报道（见图4）。

该研究得到了国家自然科学基金和湖北省人才基金等相关项目的资助。

美国物理学会网站报道链接：[Physics - Solution for Atomic Clock Puzzle \(aps.org\)](https://physics.aps.org)

论文链接：<http://journals.aps.org/pr/abstract/10.1103/PhysRevA.108.L051101>

[上一篇：精密测量院在天然细胞膜固体核磁共振结构测定方面取得系列进展 \(/t20231127_6937792.html\)](#)

[下一篇：精密测量院参加海洋地球物理科学考察实验研究 \(/t20231117_6934347.html\)](#)



中国科学院
CHINESE ACADEMY OF SCIENCES

<http://www.cas.cn>

中国科学院精密测量科学与技术创新研究院

地址：武汉市武昌小洪山西30号 电话：027-87199543 邮政编码：430071

ICP备案号：[鄂ICP备20009030号-1 \(https://beian.miit.gov.cn\)](#) 鄂公网安备 42011102003884号