

---

# 理论物理所等在轴子探测研究中获进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/12935.html>

**本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！**

随着希格斯粒子的发现，标准模型已被各种实验证实。标准模型是物理学杰出的成就之一，但它仍有一些问题，如暗物质和强CP问题等。故标准模型不可能是粒子物理的终极理论。Peccei-Quinn (PQ) 机制自然解释了强CP问题，并预言了轴子。轴子是暗物质候选者，如果质量约为50  $\mu$  eV，其剩余丰度与目前观测值相符。轴子及其推广类轴子与主流超出标准模型的新物理如超对称理论、大统一理论、超弦理论和暴涨理论等有紧密联系。故轴子/类轴子是有希望的超出标准模型的新物理，其理论和实验研究是目前粒子物理前沿研究热点。此外，Sudbury Neutrino Observatory (SNO) 实验利用中微子与重水的相互作用来探测太阳中微子，其优点是可同时探测标准模型中三种味道中微子并解决太阳中微子问题。

中国科学院理论物理研究所研究员李田军，北京工业大学理学部国际教师Nick Houston，以及理论物理所博士研究生Aagaman Bhusal，创造性地提出利用SNO实验结果，开展轻型暗物质或长寿命粒子的探测研究，并首先于太阳轴子探测研究中取得进展。

太阳轴子产生于质子-质子的二级聚变 (Fusion) 过程，即质子-质子湮灭产生氦核、正电子和电子中微子，或者质子、质子和电子共湮灭产生氦核和电子中微子，然后质子和氦核湮灭产生氦3核和轴子，其轴子能量约为5.5 MeV。在SNO探测器内，正如1978年诺贝尔奖获得者Steven Weinberg首先指出的，能量大于2.2 MeV的轴子可以将氦核离解为质子和中子。离解产生的中子平衡之后，中子与氦核湮灭产生氦核和6.25 MeV的光子，该光子可以被光电倍增管 (PMT) 观测到。其背景是中微子与氦核湮灭产生中子、质子和中微子过程。该轴子探测方案优点是不依赖于轴子是否是暗物质候选者，且其结果与模型无关等。

利用SNO全部数据，对于质量小于MeV的轴子，李田军与合作者排除了轴子和核子之间的Isovect

大于  $2 \times 10^{-5} / \text{GeV}$

的参数空间 (如图中蓝色区域) 并在部分参数空间给出了目前世界上最强的实验限制，这也是世界上首次对此耦合常数给出直接探测的实验限制。若该耦合常数中轴子质子耦合常数与轴子中子耦合常数没有精确相消，该研究结果能够排除以前实验如SN1987A和Neutron Star Cooling等没有排除的相关参数空间。

相关研究成果发表在Physical Review Letters

上，研究工作得到国家重点研发计划项目、国家自然科学基金面上项目、彭桓武理论物理创新研

---

究中心及中科院前沿科学重点研究项目等的支持。

[论文链接](#)

理论物理所等在轴子探测研究中获进展

研究团队单位：理论物理研究所

更多科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

---

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](http://iikx.com)转发