
西安光机所等在光子力学研究方面取得进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/20670.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！

西安光机所等在光子力学研究方面取得进展

。近日，中国科学院西安光学精密机械研究所瞬态光学与光子技术国家重点实验室研究员姚保利团队，联合暨南大学李宝军团队、新加坡国立大学教授仇成伟、西班牙国家研究委员会教授Nieto-Vesperinas，提出广义电磁虚动量力的高阶理论模型，全面揭示了光学力与虚坡印廷动量之间的普适性联系，并首次从实验上验证了电磁虚动量力对微粒的动力学操控，为电磁虚动量的有质动力学特性提供了直接证据。研究成果发表于《美国国家科学院院刊》（PNAS）。

光学力（光力、光子力）是光（光子）与微小粒子相互作用时由于动量传递导致的力，可以对微粒进行操控（称之为光子力学）。由此产生的光镊技术，自1986年诞生以来，作为一种不可替代的工具，已被广泛应用于物理、化学、生物和医学等领域，产生了巨大影响。迄今为止，共有三次诺贝尔物理学奖直接或间接与光镊技术相关。

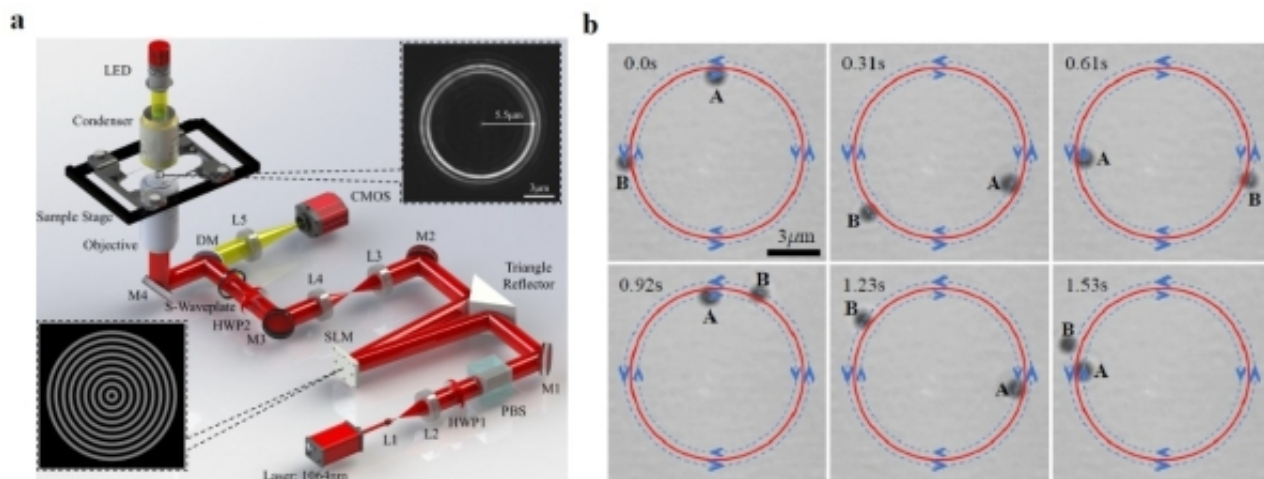
通常认为在光镊中，入射光场施加在粒子上的光学力由强度梯度和相位梯度引起，对应于梯度力和辐射压力。其中的辐射压力直接与光场的实坡印廷动量（即坡印廷矢量的实部，也即通常认为的光学动量）相关。2010年，Nieto-Vesperinas提出，长期以来被忽略的、被认为无物理意义的虚坡印廷动量（即坡印廷矢量的虚部，IPM，也称为电磁虚动量）也能产生力学效应。这为我们认识光学动量这一最基本的光场动力学特性提供了新的视野，同时也为应用光镊来操控粒子开辟了一个新的自由度。然而，目前的IPM理论仅限于光与偶极子的相互作用框架，且没有关于虚动量力存在的明确实验证据。

鉴于上述问题，研究团队基于多极矩张量理论和角谱展开法，从理论上严格推导出了IPM在任意尺寸微粒上诱导的光学力表达式。该解析模型可适用于任意阶多极子，全面揭示了光学力与IPM之间的普适性关联，为实现不同阶、多种类型（包括电、磁、混合型）的虚动量力提供了完整的理论方法。新的普适公式表明，IPM对微粒具有非局域的有质动力学效应，即微粒在每个位置的力学响应不仅取决于该位置的IPM，还取决于其它位置的场量。在光学微操纵领域，光强梯度力和辐射压力是基于偶极子模型定义的两类光学力，在以往的研究中经常被用来解释或讨论相关物理现象，即使操控对象无法被近似为偶极子。本研究将有助于改变这一现状，促使相关领域的研究人员利用提出的理论和方法，发展高阶光强梯度力和辐射压理论，完善光子力学理论体系，从而为物理学、生命科学各相关分支的发展提供新的助力。

另一方面，为从实验上寻找虚动量力的直接证据，研究团队借鉴完美涡旋光场调控手段，构建出只携带虚动量涡旋的矢量光场，排除了实动量的影响，从而可以对IPM诱导的光学力进行独立探测。更为重要的是，当金属微粒被该矢量光场捕获时，偶极子散射将被完全抑制，而只激发由高阶多极子散射贡献的虚动量力，为观测高阶虚动量力提供了理想条件。基于这种结构光场，研究

人员在无普通光学轨道角动量（OAM）入射的实验条件下，实现了对金微米小球的旋转操控，并成功观察到了在聚焦光场亮环内外侧，IPM对金微粒的不同非局域作用导致的不同旋转方向和速度（如图）。这是国际上首例基于电磁虚动量的光学微操纵实验，为推动电磁虚动量这一原先只在理论上存在的概念向实际应用迈出了关键一步，对于发展新型光扳手与光学转子技术具有重要参考价值，同时也为探索虚动量的其它应用场景如激光冷却、真空悬浮及光学分选等提供启发。

论文链接



验证光学虚动量力的微粒旋转实验。(a)产生光学虚动量涡旋的全息光镊实验装置；(b)两个金小球被分别捕获在IPM涡旋光束的内外侧平衡位置，并沿不同方向做轨道运动。

研究团队单位：西安光学精密机械研究所

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

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