CSTAM2014-B01-0316

Janus 微球自驱动及旋转运动实验研究 [1)]

郑旭*，武美玲†，孔繁栋**，崔海航†，李战华*,2)

*（中国科学院力学研究所 LNM 室，北京 100190）

†（西安建筑科技大学环境与市政工程学院，西安 710055）

**（中国计量学院计量测试工程学院，杭州 310018）

摘要：在微流控中，利用非对称双面 Janus 微球表面与溶液反应产生的非对称浓度场，可以驱动微球自发运动。这种自扩散泳动 (self diffusio-phoresis)，不需要消耗额外能量建立外界物理场却可以有效驱动微球运动，为生物医药领域强化微纳米颗粒输运以及环保领域快速消除污染实现水净化等实际应用提供了有力的手段。因此，研究 Janus 微球的运动特性对实际应用有重要指导意义。物理上，Janus 微球的运动源自微球本身随机布朗运动与浓度梯度推进力的竞争，其合力及合力矩的作用决定微球运动的特征。已有文献注意到 Janus 微球自驱动由布朗运动向强制推进的过程，该文通过统计方法处理实验测量结果，显示出自驱动均方位移 (MSD) 的 3 个发展阶段，并通过位移概率密度揭示了自驱动导致的非高斯特性。同时实验测量了微球的转动特性。

实验采用二氧化硅 (SiO_2) 材质的微球，在半个表面喷镀铂 (Platinum)，构成 Janus 微球。过氧化氢 H_2O_2 会在 Pt 表面发生如下催化反应：$2H_2O_2 \xrightarrow{Pt} 2H_2O + O_2$，在 Pt 表面一侧产生更多的水和氧气分子，从而形成浓度梯度驱动微球运动。发展了一套跟踪不对称微球轨迹的图像处理方法，并由此分别观测了 $\phi 2\,\mu m$ 和 $\phi 1\,\mu m$ 的 Janus 微球在不同浓度的 H_2O_2 溶液 (0–15%) 中的运动。实验中每种工况统计的微球个数超过 1 000 个，相应的位移量高达 40 万。测量结果显示出微球的无量纲均方位移的三阶段特性，位移的概率密度双峰分布反应了自驱动导致的非高斯特性。此外，通过测量 Janus 微球运动的旋转角，还给出了微球旋转角的概率分布，并由此测量了自驱动 Janus 微球的旋转扩散系数。实验结果表明，Janus 微球有效扩散系数测量值比 Einstein 经典理论预测值大约 1–2 个量级，且偏大幅度随粒径增加而增加；另外，在短时间内自驱动会使微球旋转角有取向性，使得旋转扩散系数比其在纯水中简单布朗运动的旋转扩散系数小。

关键词：自驱动，Janus 微球，非高斯特性，旋转扩散系数

1) 国家自然科学基金（11272322，11202219，21005058）资助

2) Email: lili@imech.ac.cn

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net