

纳米流体的热输运

在流体中,热量的输运有两种方式:一种是热传导;另一种是对流.热传导是通过分子间的碰撞来传递能量的,这种方式不会在流体内产生大范围的分子迁移.当在流体系统的下部加热时,在底部获得热能的分子将上升到流体表面,使热区的分子密度逐渐变小,这时上层的冷分子将下降,从而形成一个在垂直方向上的环流.这就是对流的热输运方式.在自然界中,海洋与大气之间的热交换就是被对流环流所控制,它们输运的热能要比热传导多得多.

最近意大利米兰大学的 A. Vailati 教授和他的同事们对纳米流体进行了一项有趣的实验,他们在一个高度为 3mm 的容器中注入普通的水,容器的上下部分是由两片宝蓝色透明的盘状材料构成.再在水中加入 4% 的特氟纶纳米溶液,这是一种“喜热”的纳米粒子,促使这些“喜热”纳米粒子总是向温度较高的区域移动的原因目前尚不清楚.漂浮在水中的纳米粒子开始时是均匀分布的,接着粒子会向热源附近聚集,形成一个较稳定的对流状态.类似于普通水的对流.在过了几分钟后,对流就出现了一个垂直方向的滚

动、涟漪和波动的状态.这种“振荡式”的对流是很不稳定的,当上下的温差足够大时,就会呈现出复杂的花纹斑图.这个实验结果与理论模型的预测不太相同,理论模型认为,具有纳米粒子的流体将会保持与水的对流状态一样,这说明在理论模型中没有考虑溶于水中的纳米粒子之间以及它们与水分子之间的复杂相互作用,这些相互作用都会影响到流体的流动.所以研究组希望理论学家们能利用这些新的实验成果来修正纳米流体热输运的理论模型.

在实验中,研究组还观察到普通流体与纳米流体的对流分别具有两种不相同的形态:普通流体是当热源将下部流体加热后再由热分子上升到表面形成对流来进行热输运的;而纳米流体是由于纳米粒子自动沉入下部并接近热源处,然后再逐步进行热传导,形成对流环流.这两种形式在传热时,前者耗散的能量要比后者大得多.这个结果给传统的经典热输运理论引入了一些新的观点,显然这是一个相当基础性的话题.

(云中客 摘自 Physics Review Letters, 13 March 2009;
原文题目为 Bistable Heat Transfer in a Nanofluid)