

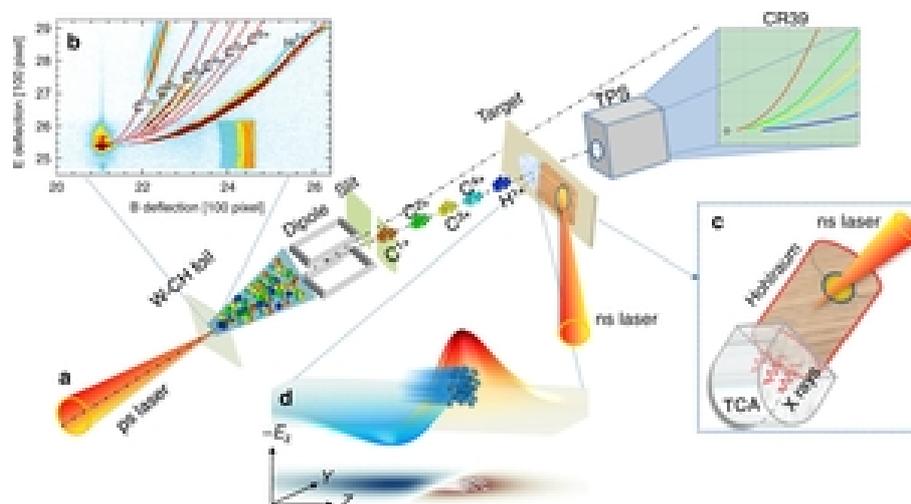
您现在的位置: [首页](#) > [科学研究](#) > [研究进展](#)

浙江大学聚变理论与模拟中心在强流带电粒子束运输研究中取得重要进展

编辑: 时间: 2020年10月16日 访问次数: 1236

强流带电粒子束在高密度等离子体中的运输研究具有重要的科学意义, 此外还是与国家战略需求密切相关的若干工程应用的物理基础。一方面, 宇宙中, 高能射线来源以及天体射流成因等未解之迷被认为与该过程密切相关; 另一方面, 快点火和中心点火可控聚变中, 强流带电粒子束在温/热稠密氘氚材料中的运输和能量沉积被认为是影响点火成功与否的最为关键的物理因素之一。然而不同于弱流粒子束运输研究, 强流带电粒子束在运输过程中会改变等离子体的状态并产生极为复杂的自生电磁场, 简单的解析理论已经不足以分析其相互作用规律, 须借助大规模数值模拟。

在贺贤士院士的领导下, 吴栋博士围绕强流带电粒子束与高密度等离子体相互作用开展了持续而深入的研究, 发展了较为系统的理论研究工具, 即LAPINS数值模拟软件。2017年, 吴栋博士发展了既包含自由电子弹性散射过程又包含束缚电子非弹性散射过程的两体随机配对碰撞模型 [D. Wu, et al, Phys. Rev. E 95, 023207 (2017).]; 同时还发展了既包含碰撞电离过程又包含电子-离子复合过程的非平衡态电离动力学模型 [D. Wu, et al, Phys. Rev. E 95, 023208 (2017).]。为同步计算带电粒子束在运输过程中的自生电磁场, 2019年, 吴栋博士发展了适用于高密度等离子体动力学模拟的高阶精度隐格式电磁粒子计算方法 [D. Wu et al, Phys. Rev. E 100, 013207 (2019).], 该方法突破了等离子体动力学数值模拟要求网格尺寸需为德拜长度的限制, 可成数量级地减少计算量; 针对带电粒子束在等离子体中运输这一特定问题, 在忽略高频电磁场的近似条件下, 吴栋博士还发展了动理学-磁流体混合计算方法 [D. Wu et al, Phys. Rev. E 100, 013208 (2019).], 该方法相较于高阶精度隐格式方法计算速度更快, 可有效模拟大时空尺度条件下的带电粒子束在等离子体中的运输过程。



2020年10月14日, Nature Communications杂志在线发表了题为“Observation of a high degree of stopping for laser-accelerated intense proton beams in dense ionized matter”的研究论文。基于中国工程物理研究院激光聚变研究中心星光III实验装置, 研究人员利用皮秒级的高强度短脉冲激光轰击附着碳氢层的钨薄膜, 并结合离子选能技术产生了3.36 MeV的准单能强流质子束; 利用另一束纳秒级的大能量长脉冲激光轰击经特殊设计的金腔泡沫靶产生了温度为17 eV的高密度均匀等离子体; 研究人员通过测量强流准单能质子束通过均匀等离子体后的能量损失, 发现所测量的能量损失高于已有的理论预测达一个数量级。基于LAPINS软件的理论 and 数值模拟研究表明, 强流质子束在运输过程中产生了一尺度与自身大小相当的双极电场, 而质子束始终处在减速电场中, 这是导致比已有理论预测更高能损的物理原因。

该研究由共计十所高校和科研机构共同合作完成, 其中第一单位为西安交通大学, 浙江大学为第三单位。西安交通大学赵永涛教授、中国工程物理研究院激光聚变研究中心周维民研究员以及浙江大学聚变理论与模拟中心吴栋博士为该论文的共同通讯作者。聚变理论与模拟中心麒麟-2号计算机为该工作的数值模拟研究提供了算力支持。中心的高能量密度物理研究得到了国防基础科研-核科学挑战专题-高能量密度科学专项、中国科学院战略先导A类专项、装备预研-国防重点实验室基金以及国家自然科学基金的资助。

浙ICP备05074421号 版权所有：浙江大学物理学系 浙ICP备05074421号-1 浙公网安备33010602010295
地址：中国·杭州 邮编：310027 电话：86 - 571-87951642 传真：86-571-87951328 管理登录