

激光加速器与应用展望

北京大学、颜学庆

Email: x.yan@pku.edu.cn

2004 年激光电子加速取得里程碑式突破，由于其在高能物理和应用领域具有重要的意义，2018 年 Mourou 和 Strickland 也因此被授予诺贝尔物理学奖。诺贝尔颁奖报告中提到，激光加速器具有电场梯度高的优势，可以在 $\sim 10\text{cm}$ 距离内将电子加速到近 8GeV ，然而该加速技术应用依然存在能散大、稳定性差、可重复性差等应用瓶颈。激光加速器提供的束流具有峰值流强高、脉冲短且可控($\text{ps}\sim\text{ns}$)、能散宽、单发剂量可控等特性。北京大学近年来建成一台激光加速器装置 (CLAPA I)，可以提供能散好于 1% 的 $\sim 10\text{MeV}/\text{pC}$ 质子束流、 nC 级 $\sim 100\text{MeV}$ 强流电子束、 MeV/u 重离子和超强瞬态伽马射线 ($10\sim 100\text{MeV}$, $10^{10}/\text{发}$)。为了推动激光加速技术的发展，北京大学在怀柔国家综合性科学中心正在建设北京激光加速创新中心，进一步建设基于 PW 激光的 CLAPA II 装置，将围绕激光驱动高能带电粒子束的产生及其在肿瘤治疗与免疫、聚变能源、空间环境模拟、激光核物理等方面展开开拓性研究，促进激光加速与能源、空间、生物以及材料等学科的交叉融合，服务于国家战略。

相比传统加速器，激光加速束流最大的特点就是超快、超强和超小。团队最近利用激光加速质子束流研究了 FLASH 放疗效应，发现在高达 10^9Gy/s 的超高剂量率下，可以通过辐照肿瘤产生在体肿瘤疫苗，从而有望提供一种全新的扩散肿瘤治疗新方法；利用激光驱动产生了超快伽马光子，可以研究短寿命同质异能态和快中子捕获过程(世纪谜题天体 r-过程)，未来有望用于探索伽马激光和核钟等应用；提出了利用激光加速质子束的宽能谱特性，提出并实现了基于激光加速束流的多束流瞬态混合辐射场，来模拟瞬态核反应过程。

Short Bio:

颜学庆，1999年本科毕业于清华大学工程物理系，2004年在北京大学获得博士学位。目前为北京大学博雅特聘教授，物理学院副院长，核物理与核技术国家重点实验室副主任，怀柔北京激光加速创新中心主任。长期从事加速器与高亮度辐射源物理研究，提出和证实激光稳相光压加速方法，建造了首台1%能散激光质子加速器装置，在肿瘤辐照和磁约束聚变诊断研究中获得应用。研究推动设立了怀柔国家科学中心项目《北京激光加速创新中心》。作为项目首席科学家，他先后主持了科技部的国家重大仪器专项和基金委的创新群体项目，曾入选中国核物理学会胡济民教育科学奖(2007年)、德国洪堡学者(2008年)、北京卓越青年科学家(2018年)和美国加州大学(埃尔文分校)Rostocker杰出讲师(2019年)。2019年获得世界加速器大会Hogil Kim加速器奖，2020年获得何梁何利科技进步奖。

