

探索最短时间极限, 领航未来科技前沿

世界是在不断变化着的。人眼对于变化着的现象的分辨能力只有 $1/24\text{ s}$ 。为了更深层次地洞悉我们所处的客观世界, 人类一直在探索提高观察事物变化的时间分辨能力。在 ms 到 ns 范围, 可以观察研究所有机械运动和物体形态的变化, 包括一般的燃烧和爆炸过程。到了 ps (10^{-12} s) 和 fs (10^{-15} s) 尺度, 就可以研究物理、化学、生物、材料等学科中大多数快速变化的过程。在自然物质世界中, 微观尺度上的超快相互作用与演化决定了物质的宏观特性, 了解微观世界的超快动力学过程, 是解释所有生物、化学、物理现象的关键。为了更好地理解自然规律的本质, 人类将目光聚焦于微观尺度下的演化机制, 对时间最短极限的探索不断深入, 以期通过窥探微观世界, 揭开宏观世界的神秘面纱。

超快科学是超快理论、技术和应用的总称, 主要关注的是 ps 及更短的时间尺度。它以超快光源和超快探测为主要研究手段, 可在分子、原子层面上进行超高时间和空间分辨率的测量和操控, 通过对微观过程演化机理和微观粒子超快动力学规律的掌握, 实现对宏观物质的理解、应用和控制。作为当前国际科技最重要的前沿方向之一, 超快科学极具渗透性和推动性; 作为当今科学研究中的重要基础, 为解决室温超导材料制造、超高速计算和信息传输、太阳能电池



侯洵, 中国科学院院士, 中国科学院西安光学精密机械研究所研究员, 研究方向为瞬态光学超快现象和光电子学。

转换效率提升、癌症和神经退行性疾病治疗等关乎国家重大需求和人民生命健康等重大问题背后的最底层、共性科学问题提供强大助力。

自 20 世纪末激光技术问世以来, 激光光源朝着更短、更强的方向迅速发展, 为人类探索超快现象提供了强有力的手段。作为超快科学研究的基本工具, 超快激光源的最短脉宽记录不断被刷新, 现已缩短至 as (10^{-18} s) 量级 (即现已知人类掌握的最短时间尺度)。如今, 阿秒科学已发展为一个活跃且成熟的研究领域, 旨在实时跟踪物质内部的电子动态, 以超高时间分辨率理解、开发和利用微观世界。该目标的实现需要超快激光技术、超快测量技术、极紫外和 X 射线波段高性能光学元件等多个研究领域的共同进步。随着技术不断完善, 由超快激光脉冲引出的超快科学研究在化学、生物、物理



付玉喜, 中国科学院西安光学精密机械研究所研究员, 研究方向为中红外超短超强激光技术、阿秒科学与技术、先进阿秒光源等。

等领域相继取得重大突破, 如化学键断裂和成键的控制、光合作用过程的优化、电荷转移过程的追踪等。

超快科学正向更短的时间尺度继续发展, 从阿秒直至 zs (10^{-21} s) 量级, 并在兼具超高时间和空间分辨的方向稳步推进。展望未来, 超快科学可与医学、材料、能源、电子、信息、制造、航空航天等多学科交叉, 引领产业发展, 反哺基础研究并孕育新型革命性技术。同时, 依托国内一批大科学装置的建成, 进一步探索微观世界并揭示新现象和新机制, 解决底层重大科学问题。

可以预料, 对超快科学的深入研究将产生崭新的理论和思想, 加深人类对自然物质世界的认识, 指导我们开发和利用微观世界, 推动未来科技的发展。

侯洵, 付玉喜

(中国科学院西安光学精密机械研究所, 710119)