

# 国家自然科学基金指南引导类原创探索计划项目

## “阿秒电子动力学”项目指南

为贯彻落实党中央、国务院关于加强基础研究和提升原始创新能力的重要战略部署，国家自然科学基金委员会（以下简称自然科学基金委）数学物理科学部拟资助“阿秒电子动力学”原创探索计划项目（以下简称原创项目）。

阿秒电子动力学是阿秒科学与技术研究的核心，在电子运动本征时间尺度实现其精密测量与调控，对理解和认识物质属性、发展高速高效光电器件具有重要科学意义，是拓展物质科学、信息科学、生命科学、以及相关交叉领域前沿的重要基础，正逐步成为新的国际前沿科学竞争高地。本项目旨在发展阿秒电子动力学理论框架和实验技术，实现原子、分子、凝聚态材料和极端物态体系中的电子阿秒动力学的精密测量与相干调控。

### 一、科学目标

本项目聚焦原子、分子、凝聚态材料和极端物态中电子阿秒动力学，发展阿秒电子学原创性理论和超高时间-能量分辨的光子-电子-离子多维谱学测量技术，实现物质内电子阿秒动力学的高分辨测量和高精度调控，为物质科学、信息科学、生命科学以及相关交叉领域的发展提供创新驱动力。

### 二、研究方向和研究内容

#### 1、强激光场缀饰原子分子内电子阿秒动力学研究

发展阿秒瞬态吸收整形和发射整形光谱技术，实现基于孤立阿秒脉冲的共振激发、隧穿电离等基本过程的时域探测；通过调控超快光场波形，实现电子运动阿秒精度的操控；发展基于超短阿秒软 X 射线脉冲的电子动力学测量技术，实现对强激光场缀饰原子分子内电子阿秒动力学的时间分辨测量。

#### 2、原子分子内/价层电子阿秒动力学研究

发展高置信度光电子密度矩阵测量的阿秒层析成像技术，探索阿秒时间分辨

的电子-离子纠缠特性及其对电子波包演化影响及操控；利用基于阿秒脉冲串的高能量分辨（100 meV）光电离子量子路径干涉技术，揭示不同壳层电子发射中电子关联时间特性及其新规律；建立振动态及解离通道分辨的阿秒谱学技术，研究阿秒电子运动对电子-核耦合的多维度演化弛豫过程的影响及其超快调控。

### 3、原子分子内俄歇电子阿秒动力学研究

建立超快光场诱导的多电子原子分子协同激发、电离、俄歇跃迁的含时动力学理论，发展多组态含时哈特里、激发态全量子含时波包和半经典分子动力学方法及程序；研究原子分子的超快俄歇衰变、内壳层电荷迁移等阿秒相干动力学过程；在阿秒时间尺度上揭示电子-电子/核关联、电子-振转耦合、组态相互作用及相对论效应对电荷转移和超快能量传递的定量影响机制。

### 4、自旋分辨的阿秒电子关联动力学研究

开发精确描述阿秒强激光驱动的原于分子内多电子( $\geq 3$ )相互作用的第一性原理数值模拟程序；研究多电子原子分子电离后离子内空穴的自旋-轨道耦合，及其导致的轨道角动量和自旋角动量的迁移，并利用阿秒分辨谱学方法研究角动量迁移导致的泡利阻塞效应；基于多电子自旋-空间量子态的纠缠，探索两个电子在阿秒时间尺度的自旋交换，获得自旋极化的光电子对。

### 5、超快光场驱动固体内电子阿秒动力学研究

针对强激光与固体相互作用的高次谐波等非微扰非线性过程，发展描述强场驱动的固体内电子非平衡态动力学的理论及程序；发展固体高次谐波和多色光场的阿秒高次谐波光谱学方法，实现强激光场作用下固体中电子（或空穴）运动、能量迁移瞬态过程的阿秒时间分辨测量；利用新型光场操控固体中电子-电子、电子-声子相互作用，实现固体中电子非平衡态动力学在阿秒时间尺度上的相干调控。

### 6、固体材料关联电子系统中的阿秒物理研究

针对关联电子体系中的量子多体效应，建立描绘高能激发态的阿秒动力学理论并进行数值模拟；在若干强关联电子材料中，实现超快探测技术与多场调控手段的高效结合，获得反映电子关联强度的关键物理参数；利用超快激光对载流子等进行调控并产生瞬时新物态，研究其电子结构、磁结构等在超快激发下的阿秒至飞秒时间尺度动力学过程；针对固体电子关联，开发具有阿秒时间分辨、频谱分辨及空间分辨的表征新原理和新方法，探索其他新颖的阿秒物理效应。

### 三、资助计划

本原创项目资助期限为4年，申请书中研究期限应填写“2025年1月1日-2028年12月31日”。计划资助5项左右，直接费用平均资助强度为240万元左右。

### 四、申请要求

#### （一）申请资格

1. 具有承担基础研究课题的经历。
2. 具有高级专业技术职务（职称）。
3. 鼓励45岁以下的年轻人提出原创性项目申请。

在站博士后研究人员、正在攻读研究生学位以及无工作单位或者所在单位不是依托单位的人员不得作为申请人进行申请。

#### （二）限项申请规定

1. 申请人同年只能申请1项原创项目。
2. 原创项目从申请开始直到自然科学基金委作出资助与否决定之前，不计入申请和承担总数范围，获资助后计入申请和承担总数范围。
3. 应符合《2024年度国家自然科学基金项目指南》中对申请数量的限制。

### 五、申请程序

#### （一）预申请

1. 预申请提交时间为2024年10月11日—10月12日16:00。

2. 请申请人登录国家自然科学基金网络信息系统（以下简称信息系统）<https://grants.nsf.gov.cn/>撰写预申请。无信息系统账号的申请人请向依托单位基金管理联系人申请开户。在信息系统“申请与受理”菜单下，点击“原创项目预申请”，进入预申请填写页面，选择“指南引导类”，附注说明选择“阿秒电子动力学”，申请代码1选择“A20、A21、A22”或其下属代码。以上选择不准确或未选择的项目申请不予资助。

3. 预申请主要阐述所提学术思想的原创性、科学性和潜在影响力，字数控制在2000字以内。申请人按照信息系统中的有关提示填写预申请相关内容后直接提交至自然科学基金委，并要求申请人必须在预申请的正文第一句明确写明申请项目对应的本指南所列“研究方向”。

4. 自然科学基金委受理预申请并组织审查。审查结果和正式申请提交截止时间将以电子邮件形式反馈至申请人。

## （二）正式申请

1. 预申请审查通过的申请人，应按照“专项项目-原创探索计划项目正式申请书撰写提纲”要求填写正式申请书。正式申请的核心研究内容应与预申请一致，并要求在正式申请书项目摘要的第一句明确写明申请项目对应的本指南所列“研究方向”。

2. 本原创项目每个项目的合作研究单位不得超过2个，主要参与者必须是项目的实际贡献者。

3. 申请人应根据《国家自然科学基金资助项目资金管理办法》《项目资金管理有关问题的补充通知》有关规定和《国家自然科学基金项目资金预算表编制说明》的具体要求，认真如实编制《国家自然科学基金项目资金预算表》，依托单位要按照有关规定认真进行审核。

4. 本原创项目采用无纸化申请，申请人完成申请书撰写后，在线提交电子

申请书及附件材料。依托单位只需在线确认电子申请书及附件材料，无须报送纸质申请书，但应对本单位申请人所提交申请材料的真实性和完整性进行认真审核，在项目申请接收截止时间前通过信息系统逐项确认提交本单位电子申请书及附件材料；在截止时间后24小时内在线提交本单位申请项目清单。项目获批准后，依托单位将申请书的纸质签字盖章页装订在《资助项目计划书》最后，在规定的时间内按要求一并提交。

## 六、注意事项

### （一）资助项目信息公布

自然科学基金委将在官方网站公布资助原创项目基本信息。

### （二）项目实施保障

1. 原创项目负责人应将主要精力投入原创项目的研究中；依托单位应加强对原创项目实施的监督、管理和服 务，减轻项目负责人不必要的负担，为项目研究提供必要的制度和条件保障。

2. 为实现原创项目总体科学目标，获得资助的项目负责人应当在项目执行过程中关注与其他项目之间的相互支撑关系。

3. 为加强项目之间的学术交流，本原创项目将设总体指导组和管理协调组，并将不定期地组织相关领域的学术研讨会。获资助项目负责人必须参加上述学术交流活 动，并认真开展学术交流。

### （三）其他

原创项目申请与资助不设复审环节。

自然科学基金委将把相关项目负责人项目执行情况和评审专家的评审情况计入信誉档案。

### （四）咨询方式

国家自然科学基金委员会数学物理科学部物理科学一处

