附件1

2023年度北京市自然科学基金

重点研究专题项目指南

一、数学+

**1.非可信环境下的隐私计算数学理论与方法**

隐私计算是实现数据可用不可见的重要手段。针对现有隐私计算在真实开放的非可信环境中面临的可用性与安全性问题，围绕非规则博弈场景的隐私计算数学理论与方法展开研究，预期实现非可信环境下，隐私计算技术的适用性、安全性及可靠性，促进隐私计算技术在多领域的广泛应用。

**2.集成电路设计与制造中的关键算法和软件**

电子设计自动化(EDA)软件是中国芯片行业“卡脖子”难题之一。针对先进工艺下超大规模集成电路复杂结构的挑战，围绕先进工艺下超大规模集成电路EDA数字全流程的布局布线、时序分析、功耗分析、逻辑仿真分析与调试等问题，建立数学模型并设计高效数值算法，并进行仿真验证，为国产EDA工具提供数学理论基础和算法支撑，并实现应用。

**3.新能源材料中的数学模型与算法**

针对锂离子电池或光伏材料等新能源材料中多场耦合、时空跨尺度和非线性等问题，围绕多场耦合下的跨尺度建模、高效算法和计算软件等开展深入系统的交叉研究。实现为上述材料和结构的性能预测与一体化设计提供理论、算法和计算软件等支持。

**4.内嵌数理规律的跨尺度数据科学感知理论与表征方法**

针对复杂大数据中的多层次多尺度复杂关联作用,探索大数据蕴含的非线性逻辑和数理机制，围绕内嵌数理规律的跨尺度数据科学感知理论与方法开展研究，实现复杂大数据向科学大数据转变的科学范式，建立跨尺度、可解释的人工智能学习模型，并实现具体应用。

**5.关键医疗设备中的算法与软件**

针对光子计数多能谱CT设备中的核心成像技术或肿瘤放疗计划软件等关键医疗设备中的“卡脖子”技术难题，研究相关图像重建数学理论、放疗计划中的粒子输运多尺度算法等关键科学问题，实现高质量图像重建和高效粒子输运算法的突破和亿量级节点的仿真计算和分析，为自主研制关键医疗设备提供算法与软件支撑。

二、物理+

**1.高精度磁性表征和探测研究**

针对弱磁表征需求，基于微尺度下磁共振、磁感应等相关原理，通过引入高精度激光测振技术，开展复杂场下弱磁对象的振动模态分析与定量高精度（≤7\*10-9emu）表征系统设计，结合机器学习算法辅助，实现高速测试与智能控制，助力高端科研装备和仪器的国产自主可控。

**2.量子通信、探测与模拟研究**

针对当前信息处理技术进一步集成所面临的量子效应，围绕量子态的长距离可靠传输和高精度操控开展交叉研究，实现低维量子结构的原子级精度构筑、探测和操纵，以及其自旋、电荷、光子等维度的高保真度调控、模拟和信息传递。

**3.极化激元多物理场耦合、调控及片上感知应用**

针对现有光电感知器件识别目标单一、信噪比低、难以片上集成等困难，构建对纳米尺度环境高度敏感的深亚波长极化激元体系，研究其光-电-声多物理场耦合及调控，实现涵盖可见到中红外多模态、亚10纳米物质分辨的片上集成感知器件，推动北京光电子芯片的发展。

**4.拓扑材料的磁光电耦合效应与物性调控研究**

物质的磁光电耦合是发展未来信息、能源等技术与器件的基础。传统材料磁光电耦合弱、快速高效操控磁性的手段缺乏，针对拓扑材料新颖的磁电耦合特性，围绕强磁光电耦合效应、超快自旋和轴子动力学、物性操控等开展交叉研究，为器件应用提供原理、材料和技术支撑。

**5.低功耗自旋电子器件及应用**

针对传统自旋电子器件工作速度受限、动态功耗高等问题，围绕基于亚铁磁材料的纳米尺度磁隧道结器件开展交叉研究，实现飞焦级超低功耗、亚纳秒超高速磁矩翻转，进一步开发CMOS兼容工艺完成阵列集成并实现多种存算一体功能，助力全自主超低功耗自旋芯片发展。

三、生命+

**1.生物成像新理论、新方法与新技术研究**

针对生物成像中时空分辨率、成像深度、跨尺度能力和多参数测量之间相互掣肘的难题，发展融合新型数学理论、物理模型或深度学习（大数据）算法的优化成像技术，开发新一代功能指示和治疗干预探针，实现多光子、拉曼、光声和电镜等多技术融合驱动的超分辨成像组学研究，并应用于临床。

**2.空间多组学在疾病诊断和治疗中的应用基础研究**

针对当前病理进程中正常和病变组织细胞的组分、相互作用、时空变化等机理不清的难题，通过开发单细胞空间多组学高通量制样、自动化样品前处理、高精度海量参数测量等新方法、计算解析新技术及新装备，研究重大疾病发生发展过程，阐明与临床相关的关键细胞亚群的空间分布等规律，推动空间多组学技术在临床中的应用。

**3.基于智能新技术、新材料的疾病诊疗与康复研究**

针对新一代植介入技术、生命支持技术、康复技术所面临的挑战，结合智能计算、生物材料、多模调控等前沿技术，围绕智能个体适形力-材料-组织相互作用、多物理刺激与调控等关键科学和技术问题，开展多层次跨学科研究，实现临床智能治疗技术的新突破。

**4.基因与细胞治疗的新策略及其应用**

针对干细胞技术在临床应用安全性和高质量功能细胞制备等方面面临的挑战，围绕细胞命运可塑性的新理论和新策略，开发更加安全的高质量人源干细胞制备技术，并结合基因编辑和定向分化技术，实现高质量的人多能干细胞或通用型功能细胞制备，用于临床疾病治疗。

**5.生殖发育调控新技术及新策略**

针对临床卵成熟障碍等难治性疾病，围绕卵成熟障碍与发育潜能下降相关内外环境因素，解析决定雌性生殖细胞发生与卵泡发育命运的遗传与环境致病原因及机制，创建精准预测生殖细胞数量与质量、靶向改善卵子发育潜能的新技术及新策略，实现精准诊断与靶向调控女性生殖细胞发育的目标。

**6.面向医药健康的合成生物学新思路和新策略**

针对抗体、蛋白、特种肠道菌、生物材料等面临的生产复杂、成本昂贵、特异性不高等挑战，发展具有自主知识产权的合成生物学新方法、新技术。通过研究生产底盘设计、构建和测试，合成基因线路的人工设计和控制原理，以及人工生命体等工程改造，实现特异性感知信号、靶向异常细胞和表达效应分子或释放治疗药物等，推动多种医疗健康产物的高效生物生产及临床应用。

四、化学+

**1.新型储能与光伏材料**

针对储能电池能量、功率密度等性能相互掣肘、新型光伏材料效率和稳定性面临的挑战，围绕多级结构复合电极材料构筑、电荷高效输运调控等开展交叉研究，发展新型储能电池材料和大面积印刷有机光伏技术，实现储能电池关键性能协同提升、光伏和储能集成技术突破。

**2.针对冠状病毒的小分子合成药物**

为解决冠状病毒持续突变所带来的难题，亟需针对冠状病毒感染中区别于现有机制（Mpro，RdRp）的其他新关键靶点，开展小分子药物筛选、设计、评价和临床转化研究，预期开发新靶点新机制的对抗冠状病毒的临床候选化合物，为应对未来疫情提供支撑。

**3.面向智能感知系统的新型功能材料与器件**

针对目前智能感知技术研究中普遍存在理论研究缺乏系统性、新材料性能缺乏创新性、器件性能急需提升等问题，围绕新的感知原理和机制、新型功能材料、高性能多功能感知器件与系统开展交叉研究，旨在突破当前技术瓶颈，开拓新的应用领域，实现自主原始创新。

**4.高效有机蓝光电致发光材料**

针对目前OLED商业显示领域蓝光材料量子效率低等问题，围绕高效率、长寿命新型有机蓝光材料和发光机理、化学计算模型和方法、器件结构等开展交叉研究，进一步提高蓝光材料的发光效率并达到商业化材料的寿命，推动国产新型蓝光材料的自主创新。

**5.新型高效能源、环境催化材料**

针对能源催化转化的关键科学问题和重要挑战，围绕新型二维、团簇、单原子催化剂及其在能源、环境催化等领域开展交叉研究，实现新型高效催化材料的结构创新，获得高附加值精细化学品和清洁燃料，产出具有国际领先水平的原创性研究成果。

**6.第三代半导体材料与器件**

针对当前第三代半导体技术理论体系不完备、材料品质有待提高和器件工艺不成熟的挑战，研究多元物理场下的新现象、新机制，开发新材料和新结构的生长技术，研制高性能、新功能的第三代半导体器件，突破当前性能瓶颈，开拓新的应用领域，实现自主原始创新和自发迭代发展。