



2024暑期剑桥大学前沿学科项目方案
《设计发现新材料》



UNIVERSITY OF
CAMBRIDGE



Cambridge University



学科介绍

设计发现新材料项目旨在引领学生进入材料科学与机器学习的科研领域。通过学习计算材料学及其在材料研究中的应用，学生将探索材料的电子结构、能隙和能量景观对材料性质的影响，挖掘材料中的潜力。此外，学生还将学习数据分析、统计建模和机器学习算法在材料发现中的应用，并深入研究凝聚态物理的现象，如超导、磁性和拓扑材料等。

在剑桥大学顶尖教授及其教学团队的指导下，学生将开展科研实践项目。他们将探索新材料的发现和设计、可再生能源、纳米技术和电子创新等学科前沿领域。在项目中，学生将培养科学创新精神，通过严谨的思辨探索发展自己的批判性思维能力。他们将与同学合作，参与科学讨论，应对材料学科研究中的复杂性。该项目注重学科交叉纵深，从数学基础开始，学习当今计算机时代不可或缺的编程技能和数据处理技巧。

剑桥大学

剑桥大学是一所享有盛誉的研究型大学，位于英国剑桥郡。它采用传统的学院制度，并且是罗素大学集团和全球大学校长论坛的成员之一。剑桥大学被公认为英语世界中第二古老的大学，具有悠久的历史 and 卓越的学术传统。

剑桥大学在科技创新方面享有国际声誉，特别是在剑桥大学孕育了科技聚集地“硅沼”。剑桥大学吸引了全英国最大且最重要的科技公司集群，这些公司的创新成果对世界产生了深远的影响。剑桥大学在许多引人注目的领域进行研究和开发，包括新型生物医药技术、新材料、新能源以及可持续发展科技等领域。

剑桥大学培养了许多杰出的校友，其中包括121位诺贝尔奖获得者、4位君主、15位英国首相，以及来自爱尔兰、澳大利亚、东南亚、韩国等国家或地区的至少30位总统和总理。牛顿、达尔文、凯恩斯等近代科学的开创者也是剑桥大学的校友。

根据2024年的QS世界大学排名和Times世界大学排名，剑桥大学分别位列第2名，展示了其在全球高等教育中的卓越地位。

本次项目将在剑桥大学哈默顿学院（Homerton College）举办。哈默顿学院成立于1695年，是剑桥大学规模较大且相对年轻的综合性学院之一。每年有500多名本科生和研究生在学院学习。学院拥有现代创新的氛围，与其相匹配的是优雅的古典风格建筑群，其中红砖维多利亚风格的建筑是剑桥最具魅力的建筑之一。

项目概览

学校	课程方向	项目时间	目标群体	项目评价与预期成果		
剑桥大学	机器学习设计发现新材料	2024年8月5日-8月18日	本科生/研究生	<p>项目评价： 项目将通过学术会议海报、小组报告和小组演示进行评估考核和项目成果展示。</p> <ul style="list-style-type: none">学术会议海报：学员需要准备一个学术会议海报，展示他们的课题。海报应该清楚地概述课题的目标、所采用的方法、课题中的重要发现以及得出的结论。小组报告：学员将以小组为单位撰写一份报告，概述他们的课题。报告应该包括课题的背景和动机、使用的方法和技术、实施过程中遇到的挑战、课题的主要发现以及对这些发现的解释和结论。小组演示：学员将通过演示向导师展示他们的课题工作。演示应该突出课题的关键内容，包括目标、方法、发现和结论。		
项目模块	前沿学科	实验室实践	科研项目	导师制辅导	跨文化交流	
	20小时的专业核心课程，由英国皇家工程院院士执教；12小时的实践课程，围绕机器学习设计发现新材料的交叉学科案例实践展开，涵盖产业前沿行业案例；诺贝尔奖得主/皇家工程院院士大师课；剑桥大学招生官分享剑桥硕士/博士项目申请。	学生将参与实验室的科研项目实践，与导师和研究团队一起进行实验和数据收集，学习实验设计和数据分析技巧。通过实践项目、实验和案例研究，培养学生的实际操作能力，使他们能够运用机器学习的模型解决在材料性能设计和新材料的设计发现方面的挑战。	学生将在导师的指导下进行科研项目，在相关领域开展原创研究，提出假设、设计实验、收集和分析数据，并对结果进行解释和讨论。包括航空航天材料、模拟仿真材料、生物医学材料、材料化学、计算材料、材料物理、材料工程等多个交叉学科领域。	学生将参与学术讨论会和研究报告会，与导师和同学分享研究成果，接受评审和反馈，并学习如何有效地表现科学研究成果。还将获得导师的个人指导和反馈，以帮助他们在研究项目中不断进步并解决遇到的问题。	项目课程之外学生将深度融入剑桥大学的学院生活，与剑桥学生一起学习、生活，还将探访位于伦敦、牛津的其他顶尖大学，通过各类文化活动和跨文化交流活动，深度感受多元的文化背景、背景的交融与沟通。	<p>预期成果</p> <ol style="list-style-type: none">1. 扩大国际视野2. 全球胜任力提升3. 学术背景提升4. 团队协作能力

Pre-learning

Pre-learning 资料包:

课程开始前, 提供给学生相关专业需要用到的专业软件学习资料。

线上课程

线上课程 16 Hour

12h 基础专业课程 (lecture)
4h 学习技能课程

线上课程目标:

- 补齐学生们对于基础专业课程的掌握程度;
- 掌握剑桥学习模式的相关技能, 比如如何有效利用剑桥图书馆搜集资料/如何制作以及展示ppt等;
- 在剑桥线下课程授课前选好研究课题, 并组成小组, 讨论项目研究计划。

线下项目

线下课程 30h

20h 高阶专业课程
10h 项目辅导课程

线下课程目标:

- 学生掌握更高阶更有深度的专业课程及应用案例;
- 在导师辅导课程中完成自选项目课题的研究;
- 深度体验作为剑桥学子的学院生活;
- 参访相关专业的机构/实验室等, 深入探索相关专业的实际产业应用;
- 跨文化交流, 深度体验英国文化的魅力。

专题系列讲座:

剑桥副校长专题讲座, 讲解剑桥申请标准;
剑桥学子分享如何申请世界名校。

项目产出

- 个人产出:
所选课题的路演海报
- 小组产出:
所选课题汇报展示
- 剑桥官方项目证书
- 剑桥官方成绩报告
- 推荐信 (优秀学生)

学术导向、科研实践:

- 采用线上+线下的教学模式, 更加体系化的课程内容, 使学生由浅入深地对齐基础专业知识, 掌握剑桥学院制教学模式的相关技能, 为剑桥线下授课打下坚实的基础, 提升科研实践能力;
- 线上模块便于学生在前期做足针对性的准备, 更好地完成项目产出。线下模块教学内容更为进阶, 更具有深度, 使学生真正能够在项目过程中完全掌握相关专业的前沿学科知识及应用; 线上+线下模式也能够让学生提前在线上熟悉授课导师, 加深学生和导师之间的熟悉度, 能够让学生们线下更积极主动和导师互动;
- 产业参访能够让学生对于行业动态和实际应用有更直观真实的了解; 经典文化活动能够锻炼学生的跨文化交流能力; 申请讲座帮助学生们了解剑桥最新的申请要求。

项目介绍

项目旨在引领学生进入材料科学的科研领域。通过学习计算材料学及其在材料研究中的应用，学生将探索材料的电子结构、能隙和能量景观对材料性质的影响，挖掘材料中的潜力。此外，学生还将学习数据分析、统计建模和机器学习算法在材料发现中的应用，并深入研究凝聚态物理的现象，如超导、磁性和拓扑材料等。在材料科学领域，二维和三维材料是电子应用的重要组成部分，涵盖半导体、光电子学和纳米电子学。了解它们的基本特性、合成它们并将它们集成到电子设备中，是提高性能、能效和释放新功能的重要工作。

课程采用以实践课题为导向的方法，提升学员的实践技能，并为他们提供在计算材料科学领域的实践经验。课程提供了一系列参考课题，让学员将对密度泛函理论、机器学习和材料科学的知识应用于实际问题。通过参与这些课题，学员可以加深对课程内容的理解，并运用 Python 学习宝贵的软件开发技能。

在剑桥大学顶尖教授及其教学团队的指导下，学生将开展科研实践项目。他们将探索新材料的发现和设计、可再生能源、纳米技术和电子创新等学科前沿领域。在项目中，学生将培养科学创新精神，通过严谨的思辨探索发展自己的批判性思维能力。他们将与同学合作，参与科学讨论，应对材料学科研究中的复杂性。该项目注重学科交叉纵深，从数学基础开始，学习当今计算机时代不可或缺的编程技能和数据处理技巧，同时探究二维三维材料在电子应用中的重要作用。

课程设置

课程目标:

- 了解计算材料科学的概述
- 学习密度泛函理论的基础知识
- 学习应用于材料科学的机器学习的经典模型
- 了解超导材料
- 了解光伏材料
- 了解电子材料
- 实践应用于材料科学的软件开发

课程大纲:

- 薛定谔方程、能量量子化、氢原子
- 材料科学简介
- 材料发现、材料作为技术发展的驱动因素

科研实践:

- 数值方法基础: 蒙特卡洛方法、机器学习
- 编程: 使用 Python 进行材料科学中的机器学习算法的软件开发

将理论知识与实践经验相结合, 课程包括实践环节, 涵盖了数值方法的基础知识, 包括蒙特卡洛方法和机器学习。学生还将进行编程练习, 使用 Python 实现材料科学中的机器学习算法。这些实践环节使学生能够熟练地应用理论概念, 并提升他们的软件开发能力。

课程概述:

课程采用以实践课题为导向的方法, 提升学员的实践技能, 并为他们提供在计算材料科学领域的实践经验。课程提供了一系列参考课题, 让学员将对密度泛函理论、机器学习和材料科学的知识应用于实际问题。通过参与这些课题, 学员可以加深对课程内容的理解, 并运用 Python 学习宝贵的软件开发技能。

课程模块:

#材料科学/二维三维材料/计算材料科学/机器学习

课程大纲涵盖了材料科学、计算材料科学等重要主题。学员将深入了解密度泛函理论的原理、材料的发现及其在超导材料、光伏材料和电池等领域的应用。此外课程还深入探讨了机器学习在设计发现新材料方面的应用, 包括数据驱动科学和图神经网络等。

- 计算材料科学
- 材料发现与设计
- 机器学习
- 数据驱动科学

- 二维材料的特性和挑战
- 电池技术中的二维材料
- 二维材料和半导体
- 二维和三维材料的成像技术和应用

项目/实验室体验:

- 实验室演示
- 计算材料科学问题/示例
- 材料的机器学习问题/示例
- 项目反馈

科研项目实践

以下课题主要涉及材料科学和机器学习两个学科领域的交叉研究。这些课题的研究涉及到材料科学的基本原理和材料性质的理解，同时结合了机器学习的算法和模型来处理材料数据、建立预测模型和优化材料性能。

因此，学生需要具备材料科学和机器学习方面的基础知识，并能够在两个领域之间进行交叉学习和研究。

1. 材料科学与机器学习

结合材料科学和机器学习的理论和方法，研究材料的性能预测、材料设计和材料优化等问题。

1. 材料科学的图神经网络

利用图神经网络方法，研究材料的结构和性质之间的关系，实现材料的高效预测和设计。

1. 机器学习力场

使用机器学习技术构建材料的原子力场模型，用于模拟和预测材料的结构、动力学和性质。

1. 通用力场

研究开发适用于多种材料体系的通用力场模型，以实现高效、准确的材料模拟和预测。

1. 能源材料与纳米材料的机器学习

应用机器学习方法研究能源材料的性能、储能机制和性能优化，例如太阳能电池材料、储能材料等。

1. 电池材料的机器学习

利用机器学习技术研究电池材料的电化学性能、循环寿命、容量和效率等关键参数。

1. 钙钛矿太阳能电池的机器学习

应用机器学习方法研究钙钛矿太阳能电池的材料组分、结构和工艺参数对光电性能的影响。

1. 半导体材料的机器学习

利用机器学习技术研究半导体材料的电子结构、半导转变温度和半导体性能等关键特性。

1. 拓扑材料的机器学习

应用机器学习方法研究拓扑材料的拓扑结构、边界态和量子输运等特性，以探索其在电子学和量子计算中的应用。

科研项目实践

以下课题主要涉及材料科学和机器学习两个学科领域的交叉研究。这些课题的研究涉及到材料科学的基本原理和材料性质的理解，同时结合了机器学习的算法和模型来处理材料数据、建立预测模型和优化材料性能。因此，学生需要具备材料科学和机器学习方面的基础知识，并能够在两个领域之间进行交叉学习和研究。

人造皮肤:

- 使用计算模拟方法进行人造皮肤的材料模拟与设计
- 通过仿真和建模技术进行生物机械行为的仿真与建模
- 研究人造皮肤的感知与反馈机制的仿真
- 通过仿真研究探索界面与集成技术
- 使用模拟仿真技术进行人造皮肤的耐久性与可靠性仿真
- 人造皮肤的自愈与自修复仿真研究

计算材料学:

- 基于机器学习的高通量材料筛选
- 利用机器学习算法预测材料的相图
- 使用机器学习方法预测新材料的晶体结构

电子材料材料:

- 为增强型电子器件优化金属半导体触点
- 探索在电子元件中集成二维材料
- 探索一维/二维材料的生长技术和合成方法
- 探索下一代电子器件中的低维半导体材料

航空航天材料:

- 利用机器学习算法进行高温合金的设计和 optimization
- 基于机器学习的材料疲劳预测
- 利用机器学习算法进行碳纤维复合材料的优化设计

生物医学材料:

- 通过机器学习模型进行材料生物相容性预测
- 机器学习优化3D打印生物医学材料
- 基于机器学习的药物递送系统设计

模拟仿真材料:

- 使用机器学习算法进行材料参数模型优化
- 结合机器学习和仿真技术进行结构优化和拓扑优化
- 使用机器学习算法进行材料失效预测

纳米材料与能源:

- 一维和二维半导体材料的合成、制造和加工进展: 建模与仿真
- 探索纳米材料在能源转换中的应用: 利用光实现可持续解决方案
- 探索计算机芯片制造中的半导体材料: 揭示从原材料到先进半导体的过程
- 二维过渡金属二卤化物中的相工程接触: 实践研究
- 重叠过渡金属二卤化物 (TMD) 在下一代器件中的应用

材料工程与自动化:

- 利用机器学习算法优化材料制备过程中的参数
- 开发机器学习模型实时监测和控制材料加工过程中的关键参数
- 利用机器学习算法开发自动化的质量检测系统

环境科学与可持续材料:

- 利用机器学习算法分析材料的环境性能
- 使用机器学习算法分析材料制备和使用过程中的碳足迹
- 利用机器学习方法评估材料的循环利用潜力

材料化学与化学信息学:

- 使用机器学习算法进行材料性能与化学结构关联分析
- 利用机器学习模型预测复杂化学反应的路径和中间产物
- 利用机器学习算法对大规模材料库进行筛选

评价考核

项目将通过学术会议海报、小组报告和小组演示进行展示。

- 1. 学术会议海报：**学员需要准备一个学术会议海报，展示他们的课题。海报应该清楚地概述课题的目标、所采用的方法、课题中的重要发现以及得出的结论。
- 2. 小组报告：**学员将以小组为单位撰写一份报告，概述他们的课题。报告应该包括课题的背景和动机、使用的方法和技术、实施过程中遇到的挑战、课题的主要发现以及对这些发现的解释和结论。
- 3. 小组演示：**学员将通过演示向导师展示他们的课题工作。演示应该突出课题的关键内容，包括目标、方法、发现和结论。

通过这些评估方式，学员将有机会展示他们在课程中所学到的知识和技能，并将课题成果以清晰、有说服力的方式传达给导师和其他学员。导师将根据学员的报告和演示来评估他们对课题的理解和应用能力，以及他们在团队合作和沟通方面的表现。

Prof. Bartomeu Monserrat



Bartomeu Monserrat 教授是材料物理学领域的知名专家。他在剑桥大学担任材料物理学教授，同时也是计算材料科学的 Gianna Angelopoulos 讲师。他在伦敦帝国学院获得了材料科学学士学位，并在剑桥大学获得了博士学位。

Monserrat 教授的研究主要集中在材料性质的第一原理量子力学计算上。他积极参与新方法的开发，并将其应用于光伏、拓扑学和高压物理等领域。他在这些领域的专业知识和贡献使他在成为该领域课程的最佳人选。

Prof. David Cardwell FREng



Cardwell 教授在华威大学获得了学士学位和博士学位，并在剑桥大学获得了硕士学位。他还荣获剑桥大学的 ScD 和华威大学的 DSc 学位。他的研究兴趣主要集中在大块高温超导体及其在生成高磁场方面的应用上。他在剑桥大学创办了大块超导体研究小组，该小组专注于这些材料的加工和应用。

Cardwell 教授发表了超过330篇技术论文和专利。他是英国皇家工程院院士、英国物理学会和工程技术学会会士。他的杰出荣誉和在学校招生工作方面的积极参与，突显了他对教育和研究的奉献。

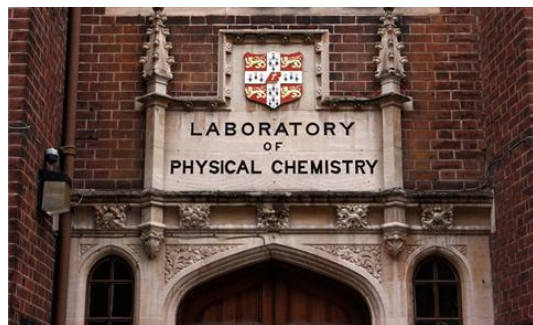
Prof. Manish Chhowalla FREng



Chhowalla教授是剑桥大学材料科学的教授，他的研究方向是原子薄二维过渡金属二掺杂物 (TMD) 的基础研究。教授的研究小组着重研究二维过渡金属二硫化物不同相位的光学和电子特性，研究如何在二维半导体上实现超洁净电接触，如何设计工作函数以促进电子和空穴注入，以及研究用于电催化还原二氧化碳和二氧化氮的金属二维材料。Chhowalla 教授曾在工业界工作，开发了 "非晶金刚石" 的应用案例。

企业参访

卡文迪许实验室



卡文迪许实验室是全球最负盛名的基础学科实验室之一，成立于1874年。实验室一直处于物理学发现的前沿。实验物理学是该实验室的核心项目。卡文迪许实验室一直在促进世界领先的实验和理论物理学的多样性。

学生将有机会参观这个物理学的圣地，了解物理学发展的历史，获知剑桥大学物理系、化学系的最新科研动态。卡文迪许实验室的博物馆里有物理学领域最著名的研究中使用的仪器。在这里学生不但可以看到卢瑟福当年使用过的办公桌，还可以触摸到紊流燃烧建模的计算工具。

罗罗航空发动机中心



罗罗航空发动机中心是位于英国的全球顶尖的发动机制造厂商之一。罗罗航空发动机中心已有100多年的创新历史，致力于推动现代世界。

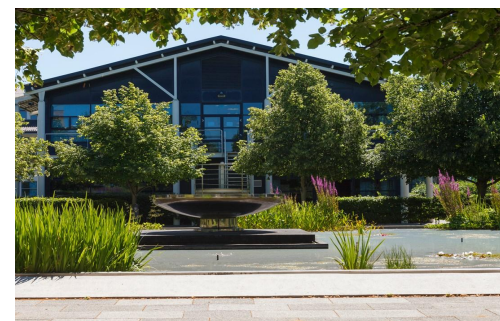
同学们将参访该工厂，了解其在航空领域的领先地位和创新能力。目前，他们正在进行为期多年的转型，以建立高效、有竞争力且不断增长的罗罗航空发动机中心。

MINI Cooper 智能制造工厂



MINI Cooper 牛津智能制造工厂是英国最大的智能制造工厂之一。在这里，包括多款 MINI Cooper 车型以及最新的新能源车型都完成设计、生产和下线。工厂大量应用智能机器人技术，在降低噪音、减少碳排放等方面取得了出色的成绩。学生将参观工厂的生产线，并由企业的工程师介绍整车的制造流程。

圣约翰创新园



圣约翰创新园是剑桥大学圣约翰学院的一部分，是剑桥最著名、和产业联结最紧密的科研与开发集群之一。该园区是许多创新成果和激动人心的研发、技术和生命科学组织的所在地。

通过参访 St John's 圣约翰创新园，学生们将有机会了解这些知名企业的创新能力、研发项目以及与大学和其他企业的合作关系。他们可以接触到最新的科技和生命科学领域的前沿研究，并体验到与国内不同的行业领先之处。



国王学院参访

前往剑桥最负盛名的老牌学院——国王学院，探寻徐志摩的脚步，感受剑桥古老的学院气息



伦敦、牛津游览

游览世界级城市，感受传统英伦风情，打卡泰晤士河、牛津大学、大本钟等英国地标性建筑



剑河撑船

打卡剑桥最受欢迎的文化活动之一剑河撑船，沿岸欣赏剑桥风光



足球文化体验课

在专业教练指导下学习专业足球技术，与队友们来一场酣畅淋漓的足球比赛。



剑桥大学图书馆体验

注册成为剑桥大学图书馆一员，持有实名注册的图书馆卡，沉浸式体验作为剑桥学子的一天。



高桌晚宴

剑桥大学的正式晚宴 (Formal Dinner) 是一项传统且隆重的活动，通常在学院的大厅或宴会厅举行。学员们将打卡哈利波特的同款学院晚宴，身着正装体验剑桥 Formal Dinner，感受严肃又神秘的传统英式餐桌文化。



1. 前沿交叉学科，热门应用，科研实践导向

通过科研项目实践探索如何利用机器学习实现材料性能突破和新材料的发现，以及如何利用技术革新打造更高效的材料结构和改进材料性能的计算机数据分析方法。项目科研方向涵盖航空航天、模拟仿真、生物医学、材料化学、计算材料、材料物理、材料工程等多个交叉学科领域，结合机器学习研究材料的性能预测、材料设计和材料优化等问题。

2. 皇家工程院院士领衔顶级师资

剑桥大学在信息工程领域有着享誉世界的学术声誉和科研实力，由剑桥大学工程系资深教授、英国皇家工程院院士领衔的教学团队将结合最新的应用案例为学生教授信息工程学科的前沿工程应用，包括同时结合了机器学习的算法和模型来处理材料数据、建立预测模型和优化材料性能的研究。

3. 剑桥大学官方项目认证

学生完成项目考核后将获得由剑桥大学副校长在结业仪式亲自颁发的剑桥大学官方项目证书，项目录取后注册剑桥大学图书馆学生卡，可使用剑桥大学图书馆等资源。

4. 提升新工科跨学科人才全球胜任

学生将深度体验剑桥学院制体系，在跨文化交流能力、科研实践能力和全球胜任力方面得到全面提升。课程将着重关注包括超导材料等在内的材料学科的前沿应用，让学生能够熟练地进行通过使用 Python 实现材料科学中的机器学习算法。

项目参考日程

项目日期为2024年8月5日-8月18日，包括32小时的教学实践内容，2个机构参访与实践（4个方向可选），6个文化活动的安排。

线下课程参考行程

	时间	Day1	Day2	Day3	Day4	Day5	Day6	Day7
第一周	08:00-09:00	接机&办理入住	早餐	早餐	早餐	早餐	早餐	伦敦参访 (统一安排交通) 深度探索英伦文化， 打卡大本钟、伦敦眼； 西敏寺大教堂； 大英博物馆等
	09:30-11:30		开营仪式	学术课程	学术课程	学术课程	学术课程	
	13:00-15:00		文化活动	学术辅导	参访活动	学术辅导	学术课程	
	15:00-17:00		项目实践	项目实践	文化交流	项目实践	项目实践	
	时间	Day8	Day9	Day10	Day11	Day12	Day13	Day14
第二周	08:00-09:00	牛津探访 (统一安排交通) 深度体验牛津魅力	早餐	早餐	早餐	早餐		
	09:30-11:30		学术课程	学术课程	学术辅导	团队作业展示		
	13:00-15:00		学术辅导	参访活动	自由活动	结业仪式暨颁发证书和成绩单	送机&离开	抵达国内
	15:00-17:00		项目实践	文化交流	小组讨论	高桌晚宴		

此日程仅作参考，不代表最终安排；具体行程将根据剑桥当地情况进行调整，以实际安排为准

项目费用说明

线下项目	费用内容
28600 人民币/人	包括线上及线下的课程、文化活动、机构探访、住宿、餐饮、当地通勤及接送机、项目服务管理费用、签证服务及保险费用，明细如下。

课程费用

项目课程费用:

- 线上2周及14天线下课程费用;
- Workshops费用;
- 教学课件、书籍、资料费用;
- 教学场地相关费用;
- 项目申请费用;
- 助教费用。

签证服务及保险

- 个人境外旅行意外保险;
- 英国签证咨询及协助申请服务。

住宿与活动费用

1. 食、住、行服务:

- 部分早餐及部分午餐;
- 住宿费用 (单人间或双人间) ;
- 接送机送机费用;
- 城市间通勤交通费用。

2. 文化实践及参访费用:

- 全程2个机构探访费用;
- 全程6个文化体验探访费用。

3. 生活服务费用:

- 大学区域及房间网络服务;
- First-Aid 紧急治疗包和支援服务;
- 英国当地医院医疗保险服务。

4. 项目管理费用:

- 项目方管理费用;
- 外方院校管理费用。