附件目录

成果名称：AI 赋能的高等天文学学习社区实践

成果完成人：刘继峰、王松、孙宁晨、黄样、王鑫、毛永娜、李瑀旸

成果完成单位：中国科学院大学

一、成果总结

二、支撑材料目录

1、高等天文学学习社区问题集

2、北京市青少年拔尖人才培养特色夏（冬）令营组织实施方案

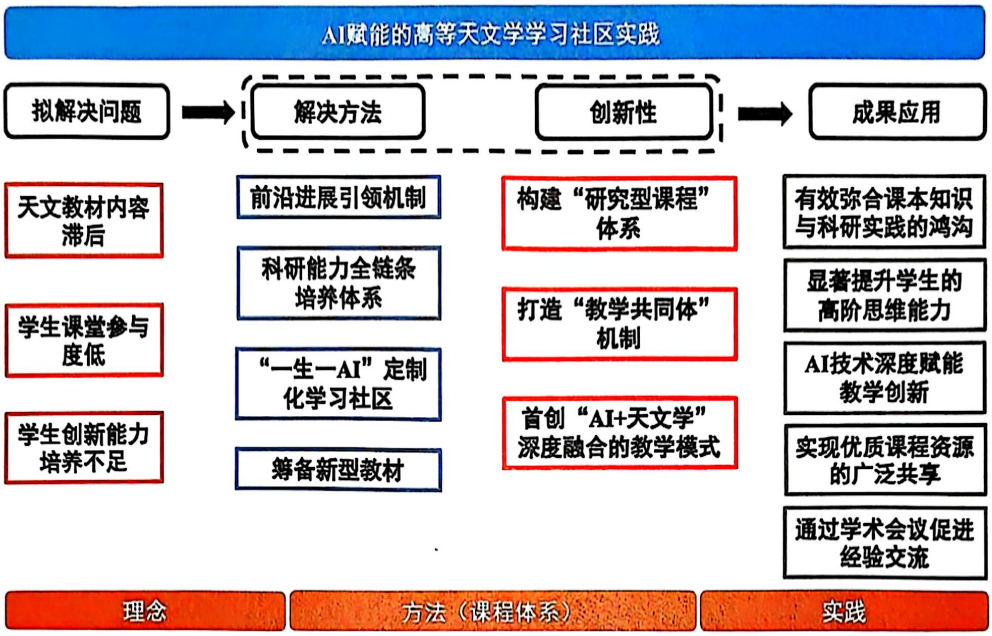
3、中国科学院大学教育教学成果奖获奖名单

1. 摘要

针对当前天文学教育中教材内容滞后与课堂参与度不足的痛点，本课程自2011年首次讲授以来，历经十数年建成了由教师、学生、AI智能体相互激发赋能、快速迭代成长的学习社区，构建了"前沿引领-全链条实践"的创新能力为导向的教学模式。

具体包括：（1）系统梳理天文学知识点，建立以问题为导向的教学模块，师生协作生成天文知识图谱，重塑新范式课程体系；（2）邀请国内外顶尖一线科研工作者讲授学科前沿进展，确保教学内容始终与学科前沿保持同步；（3）设计"提出问题-文献研读-小组讨论-梳理脉络-学术报告-专家点评"的全链条科研训练体系，全方位提升学生的科研实践能力；（4）基于“AstroOne”和“星语”天文大模型，定制化打造“一生一AI”的学习社区，形成前沿学者、授课教师、学生交流与成长的平台。

通过“顶尖科研资源下沉”与“学生主体性激活”的双轮驱动模式，本课程不仅有效解决了教学内容前沿性与实践能力培养的双重挑战，更实现了师生共同成长的良性循环，为培养具备天文学全景视野和创新能力的优秀人才提供了可推广的示范性方案（图一）。



图一 本课程教育理念和方法、实践图示

2. 研究背景和拟解决问题

申请人自 2011 年起在中国科学院大学承担《高等天文学》研究生核心课程的教学工作，通过十余年的一线教学实践，深切体会到当前天文教育面临的两大核心矛盾：学科迅猛发展与教材内容滞后的矛盾、知识传授与能力培养脱节的矛盾。基于这一教学实践背景，本课程重点聚焦于解决天文学高等教育中的两个关键问题：

（1）天文领域发展迅速，教材老化问题突出

当前天文学正处于快速发展阶段，每年都有重大突破性发现。例如，詹姆斯·韦伯太空望远镜（JWST）的观测数据不断刷新我们对早期宇宙的认知，引力波天文学开辟了多信使观测时代，系外行星研究也不断取得突

破性进展。这导致前沿学者很难集中精力和时间编写教材，使得传统天文教材的更新周期通常需要10年以上，最新的科研成果难以及时反映在教学内容中。这种滞后性使得学生难以接触到最前沿的研究动态，也影响了他们对学科发展方向的把握。更严重的是，教材中某些内容可能已被新的观测数据所否定，但仍在课堂上传授，这不仅造成知识陈旧，还可能误导学生对某些天文现象的理解。

（2）从知识传授到能力培养存在明显断层

传统天文教学往往侧重于千篇一律的基础知识的传授，但缺乏对学生综合科研能力的针对性培养。传统教学模式容易导致学生课堂参与度低，即使掌握了大量理论知识，也缺乏将这些知识转化为解决实际科研问题的能力。具体表现在：学生不熟悉科研论文的阅读和写作规范，缺乏独立设计研究方案的能力，对天文观测数据的处理和分析能力不足，以及在学术交流中的表达能力欠缺。更重要的是，学生难以将不同知识点进行有机整合并提出“好问题”，无法形成完整的科研思维体系。这种知识与能力之间的断层，严重制约了学生未来的科研发展潜力，也影响了天文学创新人才的培养质量。

3. 研究方法

针对天文教育中教材滞后、学生课堂参与度低、创新能力培养不足的核心问题，本课程构建了AI赋能的"前沿引领-全链条实践"的教学模式，具体举措包括：

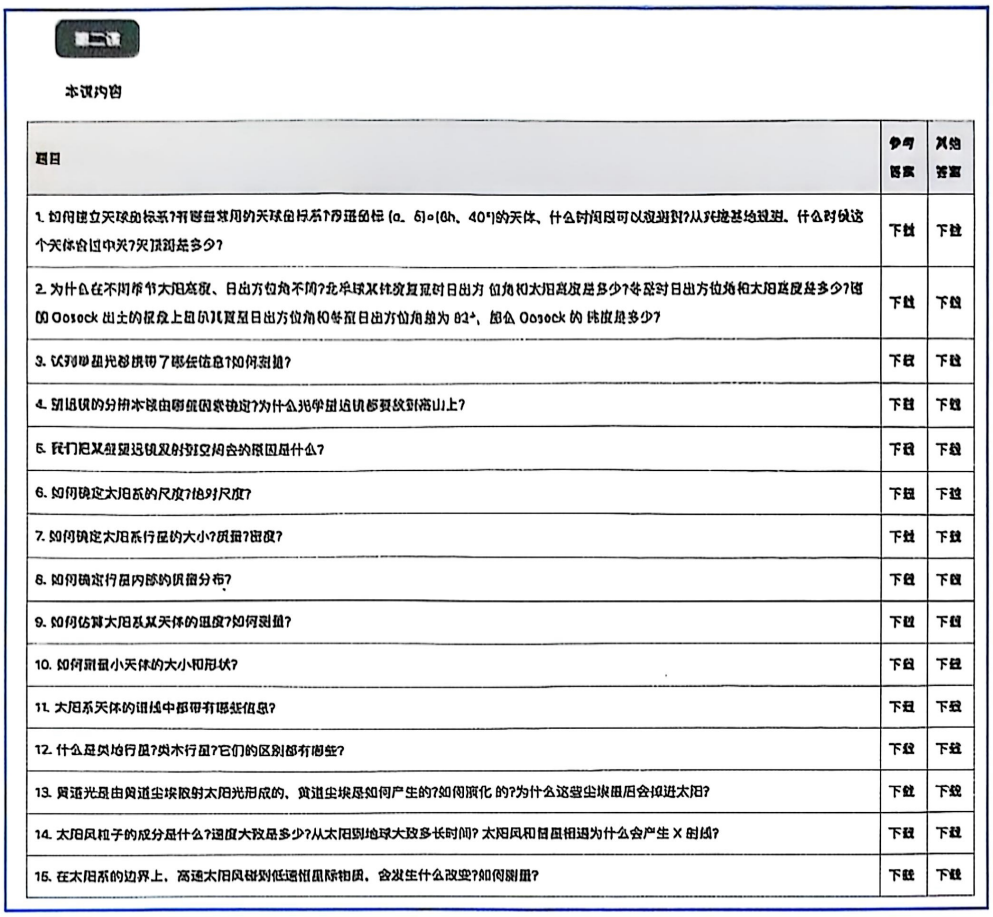
（1）前沿进展引领机制

每节课邀请国内顶尖一线科研工作者（如长江学者、国家杰出青年基金获得者等）结合课程主题，讲授领域内前沿进展。每年约邀请30-40名专家进行讲授（图二）。专家遴选采用"三匹配"原则：研究方向与课程模块匹配、研究时效匹配（报告内容需包含近3年成果）、教学方法匹配（包含大量提问等互动环节）。以“太阳物理”专题为例，南京大学陈鹏飞教授（天文学科教育指导委员会秘书长）通过《太阳物理概论和我的两个代表作》的专题报告，系统性地展示了从科学问题发现到研究方案设计，再到最终解决问题的完整科研过程。这种与一线科学家的深度交流，不仅帮助学生把握学科前沿动态，更培养了他们的科研思维方式。

图二 部分专家讲课示例，分别是中国科学院上海天文台孔大力研究员、北京师范大学魏星教授、清华大学白雪宁研究员、北京大学董若冰教授、北京大学田晖教授、北京理工大学乔栋教授、中山大学张泳教授、中国科学院国家天文台闫宏亮研究员、英国杜伦大学教授 Baojiu Li。

（2）科研能力全链条培养体系

课程将传统“教师讲授”转为“学生驱动”的文献调研与协作式学习。总共设定 200 余个关键科学问题，如“在超级地球 GJ 1214b 上，有研究发现了其存在水云，是如何确认的？大望远镜和高分辨率的光谱在该类研究中发挥了怎样的作用？”等（如图三，全部问题集参考附件，学生学习后对这些问题的滚动解析参考课程网站），引导学生开展系统的科研训练。学生以小组为单位，每周选择 1 个问题进行文献调研、数据整合和讨论交流，最终通过课堂报告展示研究成果。教师在此过程中主要发挥引导作用，通过精心设计的问题启发学生深入思考，培养其针对科研问题的全面、深度分析能力、逻辑思维能力和学术表达能力。



本课内容

题目	参考答案	其他答案
1. 如何建立天球坐标系?有哪些常用的天球坐标系?假设坐标 (α、δ)=(0h、40°)的天体，什么时间段可以观测到?从纬度 θ 观测到，什么时候这个天体会过中天?天顶距是多少?	下载	下载
2. 为什么在不同季节太阳高度、日出方位角不同?北半球某纬度夏至时日出方位角和太阳高度是多少?冬至时日出方位角和太阳高度是多少?假如 Oosock 出生的星球上且仅只夏至日出方位角和冬至日出方位角差为 82°，那么 Oosock 的纬度是多少?	下载	下载
3. 观测谱线光谱提供了哪些信息?如何测量?	下载	下载
4. 望远镜的分辨本领由哪些因素决定?为什么光学望远镜都要放到高山上?	下载	下载
5. 我们把某些望远镜发射到空间去的原因是什么?	下载	下载
6. 如何确定太阳系的尺度?绝对尺度?	下载	下载
7. 如何确定太阳系行星的大小?质量?密度?	下载	下载
8. 如何确定行星内部的质量分布?	下载	下载
9. 如何估算太阳系某天体的温度?如何测量?	下载	下载
10. 如何测量小天体的大小和形状?	下载	下载
11. 太阳系天体的谱线中都带有哪些信息?	下载	下载
12. 什么是类地行星?类木行星?它们的区别都有哪些?	下载	下载
13. 黄道光是由黄道尘埃散射太阳光形成的，黄道尘埃是如何产生的?如何演化的?为什么这些尘埃里没会掉进太阳?	下载	下载
14. 太阳风粒子的成分是什么?速度大致是多少?从太阳到地球大致多长时间? 太阳风和磁层相遇为什么会产生 X 射线?	下载	下载
15. 在太阳系的边界上，高速太阳风碰到低速恒星际物质，会发生什么改变?如何测量?	下载	下载

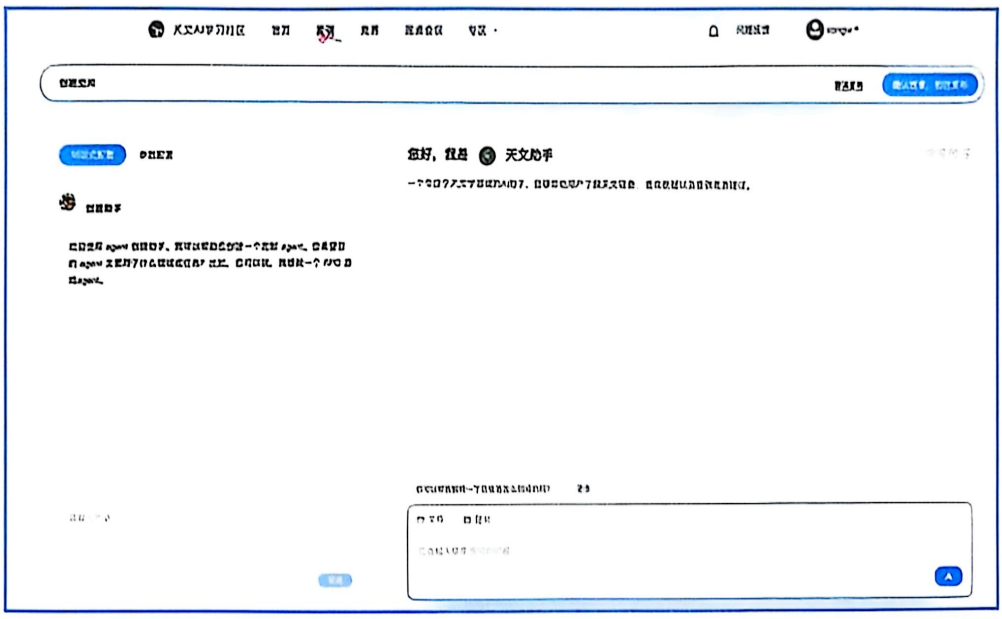
图三 部分问题及答案链接举例。

（全部问题集参考附件，学生学习后对这些问题的滚动解析参考课程网站或 https://nadc.china-vo.org/astro101）

（3）“一生一 AI”定制化学习社区

基于“AstroOne”和“星语”天文大模型，定制化打造“一生一 AI”的学习社区（图四），整合了文献阅读、编程辅助、圆桌讨论等多项功能，显著提升了学习效率。平台中包含 200 余个涵盖天文学基础与前沿的问题集及历年的学生答案集、知识图谱库（图五）、课程视频（图六），这些资源每年会根据学生反馈进行迭代更新。此外，师生共建了系统的天文知识图谱

（如变星与双星知识图谱），实现了对天文学各领域的全面覆盖。



图四 天文 AI 学习社区定制 AI 示例

图五 变星与双星知识图谱示例

图六 专家学术报告视频（部分），都可在平台查询观看

（4）编写新型教材

基于课程积累的丰富教学资源，团队正在编写新型教材，形成动态增长的学习社区的静态截面，包括课程串讲、学术前沿、科研工具箱、基本和前沿问题集等模块。

该教材已完成初稿，并与高等教育出版社签约，正在开展专家评阅、修订与设计等。在该新型教材中，我们以“从问题出发”为主线，在每个章中围绕一个或多个具有代表性的科学问题展开，介绍其科学背景与研究进展，讲解相关的理论方法与观测技术，分析解决思路与科研路径，并结合

最新进展指出尚未解决的核心问题。同时，还引入了人工智能辅助工具与线上平台，设计了多个AI辅助学习模块，并在部分前沿问题中附有相关线上工具入口，供学生在阅读、学习过程中随时使用。这种“教材+AI助手+在线工具”的融合式教学新范式，将能够降低天文学的学习门槛，拓宽研究思路，激发更多学习者的创造力，实现"静态知识"与"动态发展"的有机结合。

4. 研究创新点

本课程致力于打破传统以知识传授为核心的教学模式，转而聚焦于科学思维的系统培养和前沿问题的探索实践。该课程在如下方面实现了创新：

（1）构建“研究型课程”体系

将传统知识点重构为240个具有逻辑递进关系的科学问题，涵盖了从基础知识到前沿问题、从现象识别到物理本质的全流程认知。通过邀请数十位国内外领域专家参与教学，围绕银河系结构、恒星演化、宇宙学、天体物理等多个研究前沿主题，开展“问题驱动”式讲授，将顶尖科学家的科研过程直接转化为教学内容，解决“知识滞后于前沿”问题，引导学生直面尚未解决的科学问题，训练其独立思考与批判性判断能力，使学生在实践中不断内化科学素养。

（2）打造“教学共同体”机制

构建由前沿学者、授课教师和高年级研究生组成的教学团队，推行“主讲+辅导+讨论”三位一体的互动式教学方式，形成持续共建、共学、共评

的教学氛围、有效提升学生参与感与获得感。师生共同打造动态生长的知识图谱、推动出版《高等天文学》新形态教材、并同步开发数字化资源平台、集成讲义、科研数据、AI 分析工具与互动实验模块，服务校内外学习社群，探索高等教育资源共享与智能化升级路径。

（3）首创"AI+天文学"深度融合的教学模式

课程聚焦研究生科研能力与科学思维的系统培养，率先在天文教学中构建 AI 驱动的互动学习平台，实现了人工智能与高等教育的深度融合，探索出适用于未来科研型人才培养的全新路径。依托自主开发或改造的 AI 工具（如谱线识别模型、结构分析网络等），组织学生在真实科研数据中开展项目式学习与问题解决。通过 AI 辅助的观测数据处理、模拟仿真与结果解释，极大提升了学生的科研实践能力与前沿理解深度。

5. 成果的推广应用

（1）有效弥合课本知识与科研实践的鸿沟

通过年均 30-40 场高水平科学家报告和模拟科研攻关训练，本课程成功构建了真实的科研实践环境。以 2021 年某小组的大作业《关于 Hubble 变光星云的观测研究》为例，学生们提出精确测量光回响的波纹相位运动速度的想法，自主申请了兴隆 80cm 望远镜（3 个晚上，每晚 1 小时）和雁栖湖校区 70cm 望远镜（1 个晚上）的观测时间对 Hubble 变光星云进行观测，计算光回响波纹的运动速度并推算星云在天球上的投影角度。在该过程中，学生不仅掌握了科研方法，更培养了解决实际问题的能力。

（2）显著提升学生的高阶思维能力

针对传统课堂中"被动接受-机械记忆"的学习模式，本课程通过重构评价体系（课堂参与占成绩40%），激活学生的主动思维，促使学生主动分析、评价与创造，提高科研中中批判性能力。同时，本课程采用“小组+同伴评价”机制，使得每位学生都能够参与到文献搜集、数据整合、讨论、PPT报告的各个阶段中来。课堂学生发言覆盖率也获得大幅提高。

（3）AI技术深度赋能教学创新

基于"AstroOne"和“星语”天文大模型建立的学习社区已形成完整的智能辅助体系，涵盖文献多模态检索、专业代码辅助开发、AI参与的圆桌讨论、陪伴学生成长的长期记忆等功能模块，收录了包括课程串讲视频（约20课时）、专家讲座实录（约60场，涵盖天体物理各前沿领域）、天文专业问题集（240余个）、动态答案库（历年学生解答）、星语问答知识库(40万道问答对，世界最大的中英天文模型微调数据)等在内的丰富教学资源。该学习社区大幅节省了学生的文献调研时间、降低了降低编程门槛、提高了学生的学习效率，已成为学生开展科研训练的“智能伙伴”。

（4）实现优质课程资源的广泛共享

本课程建立了"三同步"资源共享机制，通过国科大在线平台直播课程，与河北师范大学等高校实现了课程安排、教学进度和科研实践的同步开展。与多所高校深度共享教学资源，构建了开放型的天文教育共同体。所有资源均面向社会开放，既服务天文专业人才培养，又助力公众科学普及，体现了教育资源的公益普适性价值。