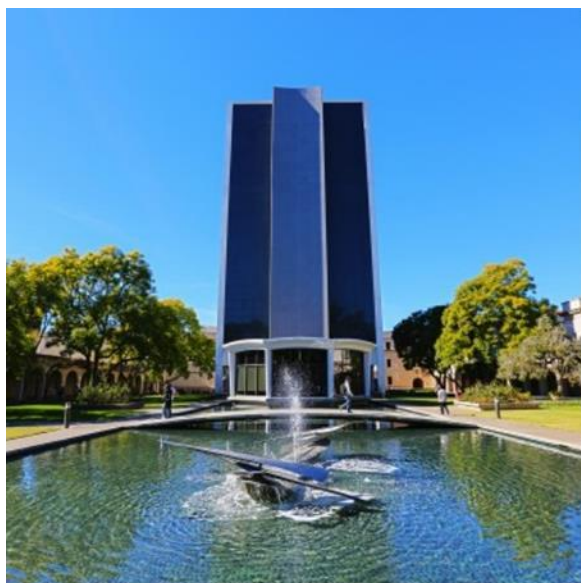




加州理工学院 祖伊夫&陈教授 远程科研项目

2021 暑假



项目背景

金融工程与数据分析、天体物理与人工智能两个主题的远程科研项目由世界排名第 4 的加州理工学院 (Caltech) 知名教授讲授精选课程, 并有博士生助教解析课程内容、协助学员科研报告的撰写、提供报告修改意见。顺利完成项目后, 学员将获得结业证书与科研报告, 以及相应的学员推荐证明信与优秀学员证明, 提升个人学术背景。



项目主题

编号	课程主题	开课日期	结课日期	时长	项目费用	课程信息
CTO2	天体物理与人工智能	7 月 17 日	8 月 22 日	6 周	9980 元	附件 2



大学简介



顺利完成在线科研学术项目的学员，将收获科研报告与主课教授个人签发的项目结业证书、学员推荐证明信。除此之外，科研报告最佳小组的每一位成员还将获得额外的优秀学员证明。

项目结业证书

顺利完成课程学习的学员，将获得项目结业证书，作为此次课程学习的证明。

学员推荐证明信

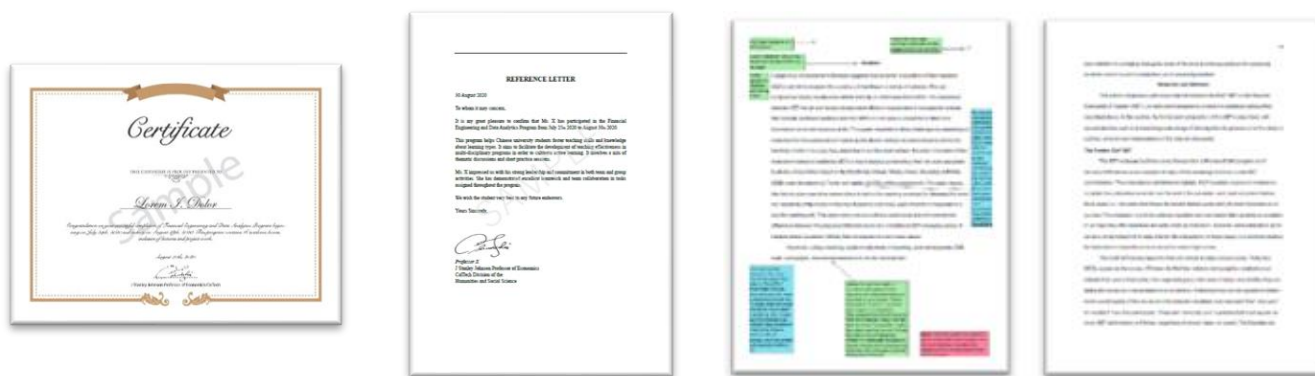
授课教师将根据学员的课堂表现和科研报告，为每位学员出具项目学员推荐证明信。

优秀学员证明

根据科研报告各小组的撰写情况，评选最佳小组，并为最佳小组成员颁发优秀学员证明信。

科研报告（示例）

学员将以小组为单位完成科研报告的撰写，为自己的学术生涯打下坚实的基础。



结业证书（示例）

学员推荐证明信(示例)

科研报告（示例）

附件 2：天体物理与人工智能

课程概览

机器学习(Machine Learning)是人工智能的一个分支。人工智能的研究历史有着一条从以“推理”为重点，到以“知识”为重点，再到以“学习”为重点的自然、清晰的脉络。机器学习是实现人工智能的一个途径，即以机器学习为手段解决人工智能中的问题。

机器学习正在迅速地成为物理学家和化学家新的强大的工具，使他们能够不论在实验还是模拟过程中从大量的数据中提取必要的信息。通过采用、发展和应用机器学习的方法，可以以一种前所未有的方式分析高维复杂数据，促进物理科学每个分支上取得重大进展。

到目前为止，机器学习在物理科学上的大多数应用都局限于“低垂的果实”（可轻易实现的目标），因为它们大多集中于将已有的物理模型与数据进行拟合以及发现强信号。但我们相信机器学习也能够提供令人兴奋的机会，去学习模型本身。也就是说，去学习数据背后的物理原理和结构。并且在现实情况下，机器学习也将能够产生和设计复杂新奇的物理结构与目标。最终使物理学家不仅能够拟合他们的数据，而且获得有物理意义的模型，例如通过维持输入微观物理量预测的关系，以及通过有物理意义的约束，如守恒定律或对称关系。

不同领域的交流是相互的。从一开始，机器学习就受到了统计物理学方法的启发。许多现代机器学习工具，如变分推理和最大熵，都是物理学家发明的技术改进。物理学、信息理论和统计学密切相关，它们的目标都是从杂乱的数据中提取有效的信息。我们希望在数据中发现物理原理的特定背景下进一步推动学科交叉应用。

✓ 学习目标

课程结束后，学生将达到以下学习目标：

- 掌握数学建模、经典物理基础
- 理解黑洞成像理论
- 学会数据收集、数据分析理论，掌握贝叶斯概率的统计入门
- 机器学习入门，掌握 R/Python 等编程语言基础
- 掌握电磁学基础、原子核物理学基础、广义相对论基础
- 学会对现有加速器与探测器公开数据的收集与整理
- 应用数据挖掘和机器学习相关知识对数据进行处理、分析、汇总展示
- 使用 LaTeX 整合研究成果、完成学术论文的写作

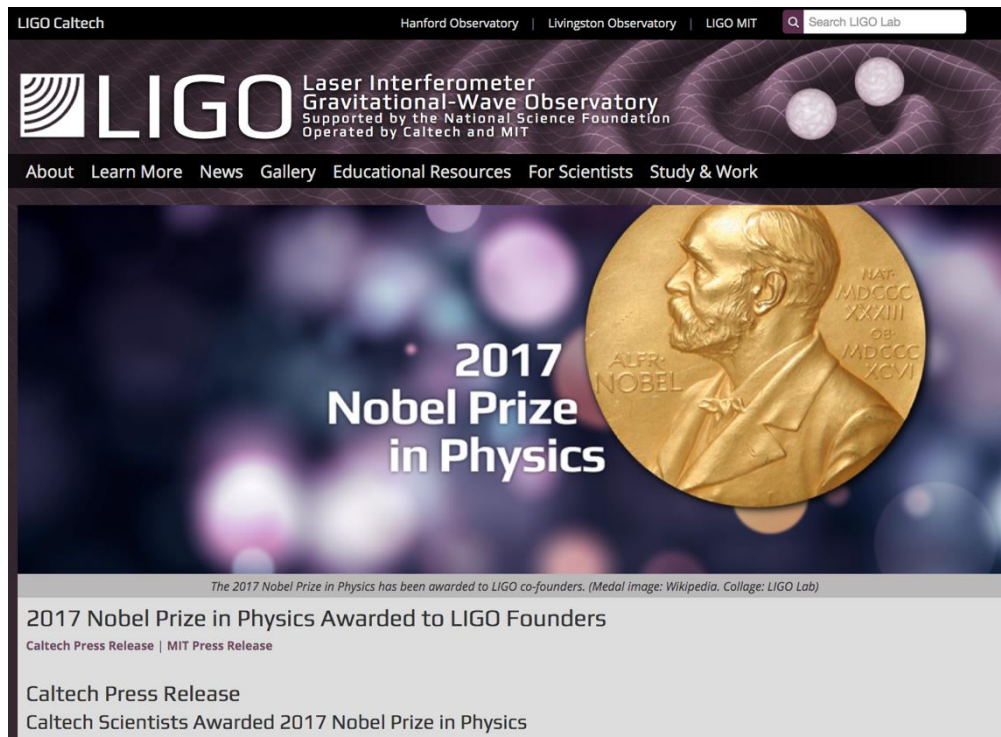
✓ 课程师资

陈教授 (Y. Chen)

加州理工学院，终身教授，诺贝尔物理奖--引力波论文作者之一

他于 1999 年本科毕业于北大物理系，2003 年在加州理工学院获得博士学位。目前是加州理工学院物理学终身教授，美国物理协会 [American Physical Society, APS] 会士，LIGO 科学联盟核心成员。他曾于马克斯·普朗克引力物理研究所（也称为**爱因斯坦研究所**）担任科研组组长；曾获得洪堡基金会最高荣誉奖，以表彰陈教授对引力波研究的特殊贡献；其研究获得国家自然科学基金会 (National Science Foundation) 支持。

2016 年 2 月 11 日，科研人员宣布激光干涉引力波观测站 (LIGO) 于 2015 年 9 月首次探测到引力波。该消息震惊世界，堪称科学史上的里程碑，学界甚至公众舆论都因此掀起一股热潮。引力波被称为“时空的涟漪”，探测引力波是一种全新的天文观测手段，是对**广义相对论和黑洞理论**的直接验证。爱因斯坦在广义相对论预言了引力波的存在：这是一种以光速传播的时空波动，是时空曲率的扰动以行进波的形式向外传递的一种方式。自从引力波被提出，人类探索它的努力就从未停止。20 世纪年代，对于脉冲星（或称波霎）双星系统 PSR1913+16 的观测间接证实了引力波的存在；90 年代起，美国启动 LIGO 计划；到 2015 年，第二代 LIGO 干涉仪成功观测到两个黑洞合并的引力波，也是首个距离地球 13 亿光年的引力波源 GW150914。



(2017 年诺贝尔物理学奖颁给引力波探测 LIGO 科学联盟)

✓ 项目日程

周数	内容
专业课 (1) :	
第一周	<ul style="list-style-type: none"> 学习狭义相对论的基础知识，并简要介绍微分。 <i>Study the basics of special relativity, and brief introduction to differential.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> 在牛顿引力中学习解析力学和粒子运动 <i>Study analytical mechanics and particle motion in Newtonian gravity.</i>
辅导课 (1)	
专业课 (2) :	
第二周	<ul style="list-style-type: none"> 复习多元微积分和线性代数的基础知识 <i>Review the basics of multivariate calculus and linear algebra.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> 学习如何使用 Mathematica 绘图和做简单的计算 <i>Learn how to use Mathematica to make plots and do simple calculations.</i>
辅导课 (2)	
专业课 (3) :	
第三周	<ul style="list-style-type: none"> 学习广义相对论的基础知识:度规，测地线，史瓦西时空，以及广义相对论在太阳系中的影响

Study the basics of general relativity: metric, geodesics, the Schwarzschild spacetime, and effects of general relativity in the solar system

- 复习常微分方程的基础知识

Review the basics of ordinary differential equations

- 学习如何使用 Mathematica 来解决常微分方程

Learn how to use Mathematica to solve ordinary differential equations.

辅导课 (3)

专业课 (4) :

- 第四周
- 在广义相对论中研究引力透镜和黑洞
Study gravitational lensing and black holes in general relativity
 - 构造 Mathematica 代码, 追踪围绕史瓦西黑洞的光线
Construct Mathematica code that trace light rays around a Schwarzschild black hole
-

辅导课 (4)

专业课 (5) :

- 学会使用 LaTeX 来写科学论文。开始写一份研究报告, 并在项目的其余部分不断更新
Learn to use LaTeX to write scientific papers. Start writing a research report that will be updated throughout the rest of the project
- 第五周
- 追踪施瓦兹希尔德黑洞周围的光线, 从 Gralla, Holz 和 Wald 的纸上的黑洞图像中恢复结果
Trace light rays around Schwazschild black hole, recover results from paper by Gralla, Holz and Wald on the image of a black hole
-

辅导课 (5)

专业课 (6) :

- 假设时空是史瓦西解的修正, 找出黑洞的图像会有什么不同
Suppose space-time is modified from the Schwarzschild solution, find out how the image of the black hole would differ
- 第六周
- 假设黑洞被暗物质的光环包围, 并找出黑洞的图像会有什么不同
Suppose black hole is surrounded by a halo of dark matter, and find out how the image of the black hole would differ
-

辅导课 (6) 及科研报告撰写

备注：以上课程时间安排，根据实际情况，可能会略有调整。

如果小组文章发表，则需联合署名；如果想单独发表论文，需个人单独写一篇文章。