

致理书院暑期基础学科交叉实践课程项目申请表

姓 名	陶庆华	性别	男	院系	生命科学 学院		
最高学位	博士	专业方向		发育生物学		职称	教授
主要科研方向 和成果	研究方向： 胚胎发育的跨代（亲代-子代）调控机理：1）受精卵的对称破缺以及胚胎三维体轴（背-腹，头-尾，左-右）建立的跨代调控机理。2）母源因子在胚层细胞命运决定、神经系统细胞分化中作用及机理研究。3）胚胎细胞命运调控信息（Wnt, TGF-β, FGF 等）编码与解码机理研究。4）线粒体动态与代谢调控在胚胎细胞命运分化中作用及机理研究。 研究成果： 陶庆华在脊椎动物胚胎发育研究领域获得多项突破性研究进展，文章发表在 Cell (2005), Science (2018), EMBO Reports (2021), PNAS (2021), Development (2016, 2017), J. Biology Chem. (2013, 2015), Dev. Biol (2014) 等国际顶尖或者知名学术期刊，回答了发育生物学领域长达百年的基础谜题。陶庆华主持或参与多项科技部、自然科学基金委研究项目课题，是973 研发计划以及科技部重大研究计划课题负责人，受聘为科技部重大科学研究计划正高级咨询专家。代表成果包括： 1、阐明施佩曼组织者以及脊椎动物胚胎三维体轴发育的遗传调控机制；成果发表在 Science (2018) 上，获得中国科协生命科学联合体 2018 年度十大进展；获得清华大学生命科学学院首届科学技术突破奖 (2019 年度)。 2、阐明 Wnt, TGFβ 等信号通路在胚胎细胞命运决定与分化中重要作用，发表在 Cell (2005), PNAS (2021), EMBO Reports (2021) Development (2016, 2017) 等国际主流学术期刊，部分成果被国际主流权威教科书引用。 3、揭示脊椎动物胚胎多能干细胞区域化分化调控机理。 4、发现构架蛋白 Sybu 在线粒体分裂-融合动态调控中的作用及其对胚胎细胞命运决定的影响（H. Cell Biol. 2024, in revision）						

课程题目	胚胎细胞命运分化中自组织现象观察与研究
教学团队介绍 (请附上团队每位老师照片)	
课程对学生的先修要求	建议考虑学生的交叉性，根据课程设计设置课程先修课要求或者面向不同学科的先修要求： 1. 完成《微积分》等大学基础数理化课程，学习过 Matlab 基础知识。 2. 具有一定的生物学基础：完成《细胞生物学》、《生物化学》、《分子生物学》任意一门课程即可。
课程设计	包括但不限于以下方面： 容纳人数：不超过 12 人 教学资源或设备：冷冻离心机、解剖镜、倒置荧光显微镜、胚胎学/分子生物学/生物化学实验通用分离、制备相关仪器、设备、器材。 课时安排： 第一方案：2 周，每周 2 天，每天 8 学时（上午下午各 4 学时）。 备选课时分配方案：4 周，每周 1 天，每天 8 学时。 目标和特色： 杨振宁先生曾写道：“对称性支配相互作用力（Symmetry dictates interaction）”，指出了对称性在物理学中的支配性地位。在生物学中，对称性概念同样具有重要地位，生命现象往往具有鲜明的对称或不对称特征。在胚胎发育的过程中，随着体轴的建立，胚胎发生了从对称到不对称的转换，出现了背-腹以及前-后的轴向，并将以此为基础进一步展开基因蓝图。

	对这一对称性破缺过程的研究一直是发育生物学的重要主题。现有的研究证据表明，这一过程的线索可能蕴藏在卵细胞内部的不对称性中。 卵细胞内部的不对称性可以引起许多有趣的生物学现象。例如，未成熟的卵细胞可以在激素刺激下迅速且不可逆的成熟。在成熟过程中，卵细胞质中的多种细胞因子发生剧烈变化，其浓度表现出典型的动力学双稳态。再如，通过离心破碎卵细胞得到的质地相对均一的卵提取物，可以在一定条件下自组织形成类细胞结构。这些现象是卵细胞内不对称性的具体体现。对这些现象进行探索，可以深化同学们对相关领域科学研究的理解，也有助于激发同学们对科学探索的兴趣。 在本课程中，我们将以非洲爪蟾卵的发育过程为研究对象，从不对称概念出发，观察卵细胞成熟过程的双稳态与卵提取物的自组织现象，探讨可能存在于这些现象背后的动力学机制。在理论教学部分，计划对发育生物学相关知识及非线性物理学基础原理进行讲解，使同学们对研究对象形成基本的理论认识，并计划引导同学们对相应生命现象的动力学过程进行简单的数学建模与数值模拟。在实验操作部分，将引导同学们使用多种方法对双稳态与自组织现象进行观察，并鼓励同学们依据理论模型对实验现象进行分析。总之，通过以上有针对性的理论教学与实验操作，本课程力图增加同学们对生物学中不对称概念及现象的理解，培养同学们的科研兴趣，锻炼同学们的科研能力。 本课程具有如下特色： （1）交叉性。本课程的研究对象处于生物学、物理学等学科的交叉领域，可以引导同学们对交叉学科的兴趣。 （2）多样的研究方法。本课程将引导同学们学习胚胎学、生物化学、数值模拟模拟等各方面的多种实验方法，提高同学们的实验操作能力。 （3）创新性。本课程将通过兼具科学性与趣味性的演示实验激发同学们的创新性思维能力。
--	--

课程方案	建议但不限于以下格式，仅供参考 总体设计： 本课程分为两个部分，第一部分主要研究非洲爪蟾卵的成熟过程，第二部分主要研究卵提取物的自组织现象。每个部分用时 2 天（16 课时），包括 4 课时的理论学习与 12 课时的实验操作。在课程的最后将组织同学们进行展示与汇报，并据此给出成绩。 课程实施步骤：（如课程专题项目引入导引，任务设计，教学不同环节等） 第一周 第一天 上午。主要进行理论学习。讲解非洲爪蟾卵的结构、发育及成熟过程、卵成熟的分子机制、成熟过程中的双稳态现象及原理。 下午。根据已经学习的双稳态现象及原理，引导同学们通过数值模拟的方法绘制双稳态系统的典型动力学分岔图。进行第二天实验的准备，配置所需的试剂，准备非洲爪蟾的卵。 第二天 使用孕酮处理非洲爪蟾的卵，观察卵的成熟过程。记录 GVBD 的发生时间，并通过检测卵细胞中 P-MAPK 的浓度从分子角度观察卵成熟过程中的双稳态现象。 第二周 第一天 上午。介绍非洲爪蟾卵提取物的特性及制备方法，讲解卵提取物的自组织现象，并使用元胞自动机模型对自组织现象进行模拟演示。 下午。制备卵提取物，并使用多种荧光分子观察卵提取物的自组织现象。 第二天 上午。总结实验结果，进行交流与讨论，准备课程展示。 下午。分小组进行展示，根据展示情况进行评分。
------	---