

2019 年度国家虚拟仿真实验教学项目申报表

学 校 名 称	山西大学
实 验 教 学 项 目 名 称	斑马鱼胚胎发育重要阶段观察
所 属 课 程 名 称	动物生物学
所 属 专 业 代 码	071001
实 验 教 学 项 目 负 责 人 姓 名	王 兰
有 效 链 接 网 址	http://bmy.sxu.edu.cn/

教育部高等教育司制

二〇一九年七月

填写说明和要求

1. 以 Word 文档格式，如实填写各项。
2. 表格文本中的中外文名词第一次出现时，要写清全称和缩写，再次出现时可以使用缩写。
3. 所属专业代码，依据《普通高等学校本科专业目录（2012年）》填写 6 位代码。
4. 不宜大范围公开或部分群体不宜观看的内容，请特别说明。
5. 表格各栏目可根据内容进行调整。

1. 实验教学项目教学服务团队情况

1-1 实验教学项目负责人情况					
姓 名	王 兰	性 别	女	出生年月	1960. 10
学 历	研究生	学 位	理学博士	电 话	0351-7011429
专业技术职务	教授 (二级)	行政职务	主任 (山西大学国家级生物学实验教学示范中心)	手 机	13934048418
院 系	生命科学学院 生物科学系			电子邮箱	lanwang@sxu.edu.cn
地 址	山西省太原市坞城路 92 号			邮 编	030006

教学研究情况：主持的教学研究课题（含课题名称、来源、年限，不超过 5 项）；作为第一署名人在国内外公开发行的刊物上发表的教学研究论文（含题目、刊物名称、时间，不超过 10 项）；获得的教学表彰/奖励（不超过 5 项）。

★主持的教学研究课题

- [1]国家级生物学实验教学示范中心建设，山西大学，2013.1-2017.1，740 万元。
- [2]生物科学国家级特色专业建设，教育部，2009.12-2013.12，30 万元。
- [3]山西省生物科学特色专业建设，山西省教育厅，2017.12-2019.12，20 万元。
- [4]山西省基础生物学优秀教学团队，山西省教育厅，2009.12-2013.12，10 万元。
- [5]山西省《动物生物学》精品课程建设，山西省教育厅，2008，3 万元。

★发表的教学研究论文

- [1]深化实验教学改革建设高水平地方综合性大学生物学实验教学中心，高校生命科学基础课程报告论坛论文集，2008。
- [2]动物生物学教学实践与改革创新，理论与实践-山西大学 2006 年本科教学改革研讨会论文集，2007。
- [3]重视传统课程的教改、培养综合素质高的人才，山西省高教研究，2001。
- [4]斑马鱼胚胎发育在动物生物学实验教学中的应用，第十二届高校生命科学课程报告论文集，2017。
- [5]翻转课堂教学模式在动物生物学实验教学中的应用，第十三届高校生命科学课程报告论坛文集，2018。
- [6]应用型人才培养在动物学实验教学中的探讨，高校生命科学教学论坛文集，2010。

[7]基于网络时代提高生物学专业教师信息素养的思考,高校生命科学基础课程报告论坛论文集, 2009。

[8]生物工程专业课程体系改革探讨, 高校生命科学基础课程报告论坛论文集, 2009。

[9]动物学野外实习指导, 科学出版社, 2008。

★获得的教学表彰/奖励

[1]山西省教学名师, 山西省教育厅, 2007。

[2]宝钢优秀教师奖, 宝钢基金会, 2009。

[3]山西省精品课程《动物生物学》负责人, 山西省教育厅, 2007。

[4]山西省高等学校虚拟仿真实验教学项目“斑马鱼胚胎发育重要阶段虚拟仿真实验”(认定), 山西省教育厅, 2019。

[5]地方综合性大学生物科学本科“四层次”实践教学创新体系的构建与实践, 山西省教学成果特等奖, 山西省教育厅, 2018。

学术研究情况: 近五年来承担的学术研究课题(含课题名称、来源、年限、本人所起作用, 不超过5项); 在国内外公开发行刊物上发表的学术论文(含题目、刊物名称、署名次序与时间, 不超过5项); 获得的学术研究表彰/奖励(含奖项名称、授予单位、署名次序、时间, 不超过5项)

☆承担的学术研究课题

[1]功能性华溪蟹金属硫蛋白金属结合特异性与基因改造的研究, 国家自然科学基金, 2017.1-2020.12, 61万元, 主持人。

[2]生物技术在提升山西特色生物资源效益中的应用, 山西省普通高校特色重点学科建设项目, 山西省教育厅/山西省财政厅, 2011.1-2015.12, 843万元, 主持人。

[3]重金属检测的功能性华溪蟹金属硫蛋白的金属结合特异性与基因改造新技术, 山西省回国留学人员重点科研项目, 2016.7-2019.7, 18万元, 主持人。

[4]修复农田重金属污染的新型生物菌肥研发与应用, 山西省重点研发计划项目, 山西省科技厅, 2017.7-2020.7, 13万元, 主持人。

[5]新型微生物絮凝法处理地下水的技术研究与应用, 山西省科学技术发展计划(工业), 2013.7-2015.7, 10万元。

☆发表的学术论文

- [1] Identification of a novel toll gene (*Shtoll3*) from the freshwater crab *Sinopotamon henanense* and its expression pattern changes in response to cadmium followed by *Aeromonas hydrophila* infection. *Fish and Shellfish Immunology*, 2017, 71:177-190.
通讯作者 (SCI 一区)
- [2] Toxic effects of Pb²⁺ entering sperm through Ca²⁺ channels in the freshwater crab *Sinopotamon henanense*. *Aquatic Toxicology*, 2017, 192: 24-29. 通讯作者
(SCI 一区)
- [3] Cadmium bioaccumulation and elimination in tissues of the freshwater mussel *Anodonta woodiana*. *Chemosphere*, 2019, 219: 321-327. 通讯作者 (SCI 二区)
- [4] Transcriptome assembly and expression profiling of molecular responses to cadmium toxicity in hepatopancreas of the freshwater crab *Sinopotamon henanense* exposed to elevated cadmium. *Science Reports*, 2016, 6:19405.
通讯作者 (SCI 二区)
- [5] Biogenic selenium and its hepatoprotective activity. *Science Reports*, 2017, 7:15627. 通讯作者 (SCI 二区)

☆获得的学术研究表彰/奖励

- [1] 重金属对溪蟹在生化和细胞分子水平的影响, 山西省科学技术自然科学类二等奖, 山西省科学技术奖励委员会, 山西省科技厅, 第一, 2007。
- [2] 重金属对溪蟹在生化和细胞分子水平的影响, 山西省科学技术一等奖, 山西省教育厅, 第一, 2006。
- [3] 新世纪学术技术带头人“333”人才工程省级人选, 山西省人社厅, 2008。
- [4] 山西省“三晋英才”支持计划拔尖骨干人才, 山西省委人才工作领导小组, 2019。
- [5] 山西省第四届青年科技奖、山西省青年教育专家, 并荣立二等功, 山西省青年科技奖基金会, 2002。

1-2 实验教学项目教学服务团队情况						
1-2-1 团队主要成员（含负责人，5人以内）						
序号	姓名	所在单位	专业技术职务	行政职务	承担任务	备注
1	王 兰	山西大学	教 授	主任	规划设计 组织实施	全面负责
2	王 茜	山西大学	讲 师	无	实验设计 教学指导	在线教学服务
3	张左兵	山西大学	副教授	无	实验设计	在线教学服务
4	孙 敏	山西大学	副教授	无	教学指导	在线教学服务
5	井维鑫	山西大学	实验师	无	教学指导 维护管理	在线教学服务
1-2-2 团队其他成员						
序号	姓名	所在单位	专业技术职务	行政职务	承担任务	备注
1	张丽珍	山西大学	教 授	副院长	线下服务	技术支持
2	刘 娜	山西大学	副教授	无	教学指导	在线教学服务
3	贾 如	山西大学	讲 师	无	教学指导	在线教学服务
4	李涌泉	山西大学	讲 师	主任	线下服务	技术支持
5	许 鹏	山西大学	副教授	无	教学指导	在线教学服务
6	马文丽	山西大学	副教授	无	教学指导	在线教学服务
7	李晓玲	山西大学	高级实验师	无	线下服务	技术支持
8	李翠兰	山西大学	高级实验师	副主任	教学指导	在线教学服务
9	张 婕	山西大学	实验师	无	线下服务	技术支持
10	魏 炜	南京莱医特 电子科技有限公司	高级系统 分析师	项目总监	产品开发 指导	技术支持
11	常连伟	南京莱医特 电子科技有限公司	高级程序员	程序组长	程序开发	技术支持
12	黄舜尧	南京莱医特 电子科技有限公司	高级程序员	项目主管	项目管理	技术支持
项目团队总人数：17（人） 高校人员数量：14（人） 企业人员数量：3（人）						

注：1.教学服务团队成员所在单位需如实填写，可与负责人不在同一单位。

2.教学服务团队须有在线教学服务人员和技术支持人员，请在备注中说明。

2. 实验教学项目描述

2-1 名称

斑马鱼胚胎发育重要阶段观察

2-2 实验目的

《动物生物学实验》是生物科学专业基础实验课程，在实验内容的设计上秉承了动物演化的过程，体现了多细胞动物起源于单细胞动物的生物发生率即“重演律”。为了使更直观、更深入地理解多细胞动物的演化过程，本着“能实不虚”的原则，本虚拟仿真实验设计了斑马鱼胚胎发育重要阶段（受精与受精卵、卵裂、囊胚、原肠胚等）的观察。将之前实验中仅仅用文昌鱼、海胆材料的玻片标本进行的静态观察，改革增加了运用虚拟仿真技术，突出动静结合、阶段与过程结合、虚实结合的“三结合”特色，及二维变多维的方式，动态观察斑马鱼胚胎发育重要阶段的全过程。之所以设计斑马鱼虚拟仿真实验，主要基于以下四个方面的考虑：

一是，斑马鱼发育时间长，从受精卵到幼鱼发育周期需要 3 天，而教学大纲只有 4 个学时，使学生无法在有限时间完成实验内容；斑马鱼受精、产卵一般在早上九点，需要连续观察至下午六点，这时胚胎发育大致发育到原肠胚期，体节期的发育就到了夜间，无法继续观察；产卵情况不确定常常需要调整实验时间。二是，斑马鱼胚胎发育过程具有连续性和不可逆性，胚胎观察位置的不确定，难免会存在一些误判或错过重要的发育时期。三是，在显微镜下难以从多个角度观察斑马鱼卵，尤其是在卵裂、囊胚、原肠胚等发育时期，从而导致部分发育阶段观察不准确。四是，斑马鱼养殖房需要一定的洁净度，要避免带入病原菌对斑马鱼产生的应激反应；养殖房必须控制人员的进入数量和频率。生物科学和生物工程专业每年近 150 名本科生做《动物生物学实验》，无法满足每个学生进入斑马鱼养殖房进行养殖参数设置、斑马鱼饲养、斑马鱼产卵及收集等相关内容。

鉴于此，在山西省精品课程《动物生物学》实验教学中，依托山西大学国家级生物学实验教学示范中心，利用虚拟仿真实验技术手段，研发了“斑马鱼胚胎发育重要阶段观察”虚拟仿真实验系统，解决了上面提到的、实验中存在的四个问题，弥补了实体实验的不足与缺憾，突出了以学生为中心的教学理念。通过实验课前预习、虚拟操作和互动交流，给予学生充分的自主思考空间，提高了学生的思维能力，以及发现问题、分析与解决问题的能力，达到了培养学生综合创新能力和提升综合素质的人才培养目的。

2-3 实验课时

- (1) 《动物生物实验》，36 学时；
- (2) 斑马鱼胚胎发育重要阶段观察，4 学时。

2-4 实验原理（简要阐述实验原理，并说明核心要素的仿真度）

2-4-1 实验原理

斑马鱼作为典型模式动物，其卵属于端黄卵；卵裂方式为不完全卵裂中的盘状卵裂；原肠胚的形成是内卷加外包。这种模式弥补了《动物生物学实验》中多细胞动物胚胎发育的观察只是完全卵裂类型代表的文昌鱼和海胆的破片标本。斑马鱼具有繁殖能力强、体外受精与发育、胚胎透明、生长迅速等特点，是观察多细胞动物胚胎发育过程的非常好的实验材料。同时，斑马鱼在科研和实践中的应用也非常广泛。因此，斑马鱼胚胎发育重要阶段虚拟仿真实验的开设，不但丰富了多细胞动物胚胎发育的内容，而且为学生今后开展科学研究工作奠定了基础。

2-4-2 核心要素的仿真度

本虚拟实验项目中用到的所有图形、数据和实验步骤，均为实体实验中真实所得和再现，并且做到了高仿真。在斑马鱼养殖模块中，软件根据实际养殖场景，编程制作并情景再现了斑马鱼养殖房设备的类型、分布特点、开启仪器的方式，以及实际开启仪器时参数的设定步骤（例如养殖房光周期、温度、养殖水制备的各项参数设定、养殖系统各参数设定）；编程制作了斑马鱼产卵前的准备工作、受精卵的收集过程、斑马鱼的投喂过程等，实现了高度仿真的操作过程，仿真度媲美实体实验。在斑马鱼雌雄配对、产卵，卵的收集以及移至恒温培养，在参数设定和实验操作中，与实体实验实现了高度一致。在斑马鱼胚胎发育过程模块中，高度仿真实体解剖镜观察、卵壳剥离等操作。同时，斑马鱼胚胎发育早期的整体、侧面、俯视图，真实再现了在解剖镜下的特征，尤其是发育前期和后期胚胎的典型特征，与实体实验高度一致。

通过高度仿真斑马鱼胚胎发育重要阶段（包括前期斑马鱼的养殖、投喂和受精卵的准备），使学生能够在有限的时间内，多次反复练习和操作，熟悉实验过程，掌握实验技能，达到深刻理解多细胞动物胚胎发育过程的目的。

2-4-3 知识点：共 6 个。

2-4-3-1 斑马鱼作为胚胎发育模型的优势特征

斑马鱼作为脊椎动物胚胎发育的模式物种，越来越受到广泛的关注。

①斑马鱼**胚体透明**，十分适合用于组织细胞在发育过程中的实时观察和研究；

②斑马鱼**基因组序列已公布**，且在不断完善中，国际基因组参考联合会（Genome Reference Consortium）将斑马鱼的基因组测序及后续工作列为与人类、小鼠相比肩的三大工作之一；

③斑马鱼与哺乳动物**基因高度同源**，研究发现，人类 70%的基因都能在斑马鱼找到同源基因；

④斑马鱼**基因易于编辑**，针对斑马鱼的基因操作技术日臻完善（例如 To12 系统的转基因技术、基于 CRISPR/Cas9 系统的基因敲除和敲入技术等）；

⑤斑马鱼与哺乳动物有着**相似组织器官发育模式**，哺乳动物中发育相关的信号通路在斑马鱼中较为保守；

⑥斑马鱼**一次产卵量大**（可达 300-1000 颗），产卵间隔时间短（一周）、世代时间较短（3 个月）；

⑦斑马鱼胚胎和幼鱼尤其**适用于基于表型的大规模小分子筛选**，因为斑马鱼可以有效吸收周围水环境中的复合物等小分子，可将它们放于 96 孔板，直接吸收小分子，使复杂的大规模筛选药物对胚胎发育的影响变得简单方便。

2-4-3-2 斑马鱼产卵前的饲养及准备工作

①**温度**：斑马鱼是一种原产于热带的小型淡水鱼，一般鱼房温度设置在 **28° C**。若养殖温度较高，可能会导致水体的溶氧降低，且水体中容易滋生细菌，从而影响斑马鱼的健康生存；若养殖温度过低，可能会造成斑马鱼生长发育缓慢，每次产卵的数量减少。

②**pH 值**：大部分斑马鱼养殖设备维持水质的 **pH 值在 7.0-8.0** 之间，过高或过低都不利于斑马鱼生长，甚至造成个体死亡。

③**溶解氧**：溶解氧是鱼类养殖中十分重要的条件参数。**溶解氧太低**，会使斑马鱼产生低氧应激，甚至大量死亡；**溶解氧太高**，可能会导致斑马鱼产生气泡病。由于斑马鱼属于变温动物，新陈代谢速率与养殖温度有关，因此对氧的需求也与养殖温度密切相关，在 28°C 情况下，一般溶解氧维持在 **6.0mg/L** 左右。

④**光周期**：斑马鱼的生殖发育、交配产卵受光周期控制，一般采用的光周期是光照：黑暗为 14h:10h。斑马鱼在经历暗周期后，光照诱导斑马鱼开始交配产卵，并且交配产卵可以持续数小时。

⑤**繁殖雌雄比例**：在实验前一天傍晚或黑暗周期前，一般按照**雌:雄 1:1 或 2 :1** 的比例将成年斑马鱼放置于产卵缸中，用隔板分开。待第二天光照周期出现时，抽

掉隔板，雄鱼开始追逐雌鱼，在追逐中交配，雌鱼产卵。产卵时间最快 10 分钟左右，慢的话需要 1-2 小时。

2-4-3-3 斑马鱼卵的收集

产卵缸分为内、外两个缸，内缸和外缸之间有空隙，有若干层卵的高度。内缸底部镂空，产的鱼卵能够随重力作用，透过内缸，到达外缸底部。但是，斑马鱼不能从内缸进入外缸，目的是防止亲鱼吃掉自身产的卵。

亲鱼产卵后，取 180 μ m 孔径的过滤网，收集外缸底部的鱼卵，并用养殖水清洗鱼卵 2-3 次；洗净后，用玻璃移液管将收集的卵移至培养皿中，吸掉其中的异物。一般 10cm 直径的培养皿中放置 50 粒鱼卵。

2-4-3-4 显微镜的使用及注意事项

观察胚胎发育过程，用实体解剖镜或普通光学显微镜。使用步骤及注意事项：

① **放置** 移动解剖镜或显微镜时，必须用右手握持支柱，左手托住底座，小心平稳地移动。

② **检查** 解剖镜或普通显微镜放置妥当后，取下防尘罩。使用前须检查附件有无损坏和故障，若有问题应及时报告老师。

③ **观察准备** 对于解剖镜，把镜体固定到合适高度后锁紧；对于普通显微镜，将载物台移至最低，打开光源，并将光的强度调至适于观察为止。

④ **待观察** 将待观察的鱼卵放置在玻片上或吸取到培养皿中（一次性培养皿，只适用于解剖镜用），再放到载物盘上或载物台上的视野中央，待观察。

⑤ **观察** 先转动目镜管，使两个目镜间的宽度适合于两眼间的距离。对于解剖镜，先转动升降螺丝，使目镜成像清晰；需要放大观察时，转动倍率盘，再通过转动升降螺丝使放大的视野成像清晰。对于普通显微镜，选择合适的物镜（放大倍数）后，先缓慢转动粗调螺丝，待成像较为清晰后，再转动细调螺丝，使成像清晰。如果更换物镜、改变放大倍数，需再次调焦。

⑥ **调焦** 调节焦距时，解剖镜的转动、升降螺丝应适度，不要用力过猛，以免滑丝；普通显微镜一般只使用细调螺丝，不使用粗调螺丝，且转动要缓慢。同时要注意，不要压坏被观察的鱼卵。

⑦ **用毕** 清理载物盘或载物台。解剖镜，要松开锁紧的螺丝将镜体放下，并锁紧；普通显微镜，将物镜调至放大倍数最小，载物台调至最低。注意，无论是哪种镜体，均需要擦拭干净后，再放入镜箱内或套上防尘罩。

2-4-3-5 斑马鱼早期胚胎发育：卵裂方式、囊胚的形成、原肠胚的形成，物质流

斑马鱼的胚胎发育一般分为七个时期，即合子期 (zygote)、卵裂期 (cleavage)、囊胚期 (blastula)、原肠胚期 (gastrula)、分节期 (segmentation)、咽囊期 (pharyngula) 和孵化期 (hatching period)。由于斑马鱼的发育与温度及密度关系极为密切，所以一般描述的发育时间对应的分期，均在 28.5℃，且每毫升水中放 5-10 个胚胎。

①合子期：即受精卵但未卵裂 (1 细胞)，大约持续 45 分钟。10 分钟左右就能观察到：绒膜膨胀并逐渐脱离新受精的卵子，形成隆起。非卵黄胞质开始向动物极流动，促使胚盘和卵黄颗粒丰富的植物极胞质分离。

②卵裂期：从 2 细胞期至 64 细胞期，大约从受精后 45 分钟到 2 小时 15 分钟，平均每 15 分钟细胞分裂一次。前五次分裂是纵裂，第六次分裂是横裂，卵裂较为规则，属于不完全卵裂中的盘裂。

③囊胚期：从 128-细胞期 (或第 8 次合子细胞分裂开始形成球形胚盘) 到第 14 次卵裂开始至原肠期为止，大约从受精后 2 小时 15 分钟到 5 小时 15 分钟。从第 8 次分裂到第 10 次分裂，平均约 15 分钟卵裂一次；从第 11 次分裂开始，分裂速度减缓，平均约 20 分钟分裂一次。此时，卵裂较为不规则，越到后期，卵裂越是高度不同步。在 30% 外包时，即囊胚期结束时，出现分化的胚层。胚层包被卵黄的程度常被用来作为斑马鱼胚胎发育的分期指标。外包百分率指从此期开始直至外包结束期间，胚层所包被卵黄的程度。例如，30% 外包指的是胚层边缘沿着动-植物极轴包被卵黄，覆盖了整个动-植物极轴长度的 30% (从动物极开始算起)。

④原肠胚期：从 50%-外包到尾芽期，大约从 5 小时 15 分钟到 10 小时左右。外包的速度约为 15%/小时。外包 100%后的 10-15 分钟内，出现尾芽，即位于胚轴后端或尾端的膨出物。50%外包时，出现胚环。随后，在胚环的局部堆积，形成胚盾。胚环分为上胚层和下胚层，胚层边缘内卷，导致两个胚层运动方向相反。到原肠期结束时，停留在上胚层的细胞 (镜下为多层细胞) 相当于后来的外胚层；停留在下胚层的细胞 (镜下为单层细胞) 将来发育成中胚层和内胚层，但此时中胚层和内胚层并未分开，仍然是一层，被称为“内中胚层”。原肠胚初始，器官-组织的命运图就已经确定。

2-4-3-6 斑马鱼晚期胚胎发育：主要器官原基的形成

①分节期：大约在 10 小时出现，发育至 24 小时。在此期内，体节发生、可见器官原基、尾芽更为显著、胚体延长、头-尾轴和背-腹轴变得清晰，第一次出现细胞形态分化及胚体运动。体节约在 10 小时 30 分钟时出现，前 6 个体节出现的速度约为 20 分钟/个，随后出现的速度约为 30 分钟/个。到 18 小时，约有 18 个体节，最终

的体节数为 30-34 个。每个体节均将发育为肌节，在体节期后期，早期形成的体节已逐渐发育为肌节。脊索开始沿头-尾轴分化。上胚层此时发生剧烈的形态变化，已形成外胚层，脑开始形成。

②**咽囊期**：大约在 24 小时出现，发育至 48 小时。此期心脏在一开始即跳动，并可见血流情况；色素也从一开始出现，并逐渐增多。到 28 小时已经非常明显；感觉-运动神经弧已开始发挥功能。

③**孵化期**：大约在 48 小时出现，发育至 72 小时，此时器官进一步发育，最明显的是鳃开始形成。此期能够清楚地观察到血液沿躯干和尾部的大部分血管循环。

2-5 实验仪器设备（装置或软件等）

2-5-1 实体实验部分（装置）

- ①斑马鱼养殖系统
- ②产卵缸
- ③恒温培养箱
- ④光学显微镜
- ⑤实体解剖镜
- ⑥显微成像设备与装置
- ⑦显微互动实验室
- ⑧动物生物学实验室

2-5-2 虚拟仿真部分（软件）

软件：斑马鱼胚胎发育重要阶段虚拟仿真实验软件；

硬件：微型计算机、智能手机等。

2-6 实验材料（或预设参数等）

2-6-1 实体实验部分 主要包括：

- ①雌性斑马鱼（大于 4 个月的、能够产卵的）
- ②雄性斑马鱼
- ③一次性培养皿
- ④滤网
- ⑤胶头滴管
- ⑥自制软毛笔

⑦海盐

⑧丰年虫

2-6-2 虚拟仿真部分 主要包括:

Win 7/8/10 64 位操作系统, 显卡>2G, 处理器高于 intel i3 系列, 主频 2.6 赫兹以上, 键盘、鼠标、显示器等。

2-7 实验教学方法 (举例说明采用的教学方法的使用目的、实施过程与实施效果)

2-7-1 教学方法的使用目的

本项目在实验教学过程中, 依托山西大学国家级生物学实验教学示范中心斑马鱼养殖平台, 结合虚拟仿真, 主要采用了混合式和探究式教学方法。

(1) 混合式教学方法

在动物生物学实验教学过程中, 坚持以学生为中心, 实验内容能实不虚、以虚补实、虚实结合的混合式教学方式, 通过虚拟仿真平台: ①解决了在“斑马鱼胚胎发育过程”中, 观察对象获得的不确定性, 即斑马鱼常常出现不产卵的情况, 因而需要调整实验时间, 影响本科教学秩序。②完整的斑马鱼胚胎发育需要约 3 天时间, 作为动物生物学实验教学内容中一个实验而言时间太长。通过虚拟仿真实验, 可以让学生在短时间内完成全部实验内容, 并从中获得相关知识与技术手段。③斑马鱼胚胎发育中有的阶段发生在夜间, 学生无法连续观察。运用虚拟仿真实验, 能够在短时间内观察胚胎发育的整个过程。④在显微镜下调整斑马鱼卵的观察角度较难, 尤其是在部分发育阶段需要较高的实验技巧, 但对于初次进行这一实验的学生而言是一件较为困难的事情。结合虚拟仿真实验, 即可在早期发育阶段实现 360 度全方位观察。

(2) 探究式教学方法

斑马鱼胚胎发育过程是在漫长的生命进化过程中建立起来的个体发育程序。在动物生物学实验教学过程中, 采用探究式教学方法, 以学生为主体, 让学生自觉地探索知识, 引导学生理解和掌握重演率的概念。由于发育过程中有大量的细节问题仍属未知, 通过问题导向引导学生探索生命现象, 让学生对生命现象产生浓厚的兴趣。结合动物的胚胎发育过程, 对细胞分化、细胞的命运、基因调控等有了更加深刻的理解, 为学生后续课程分子生物学、细胞生物学、生物化学等课程的学习打下基础。

2-7-2 实施过程与实施效果

2-7-2-1 实施过程

建立虚拟仿真实验平台后，我们将实验课程相关的资源上传在平台。实验前，引导学生进入实验平台，了解实验项目，预习实验原理、实验目的和实验内容等相关事项。有兴趣的同学还可以通过我们提供的相关链接，进一步深入了解其他相关内容。

①学生进入虚拟仿真实验平台的斑马鱼养殖场景后，学习和了解斑马鱼养殖的要求和产卵前的准备工作。

②根据系统提示，完成待产斑马鱼的配对、产卵、卵的收集，将交配产卵后的斑马鱼放回原处。系统会设计一些程序，让学生自行选择斑马鱼配对的数量及性别比例，并根据选择结果，模拟反馈产卵情况及数量等。

③在系统提示下，学生将完成对斑马鱼各发育阶段的观察。在观察时，可以对斑马鱼进行 360 度全方位旋转。系统还会模拟出一些未受精卵、发育畸形的胚胎、死胚等场景，让学生对出现的意外情况进行相应的处理，并根据处理情况反馈实验结果。

④经过上述步骤，让学生在实验初步完成后，进入知识点考核步骤。最后，综合实验步骤、操作情况、以及考核结果给出实验成绩。

2-7-2-2 实施效果

如果在实验室现场做实验，由于受实验条件的限制，“斑马鱼胚胎发育实验”在分组的情况下，一次仅能容纳约 30 人。而采用虚拟仿真实验后，200 余名学生可以同时参与。由于缩短了实验时间，不但学生在整个实验过程中能够始终保持较高的学习兴趣，参与虚拟仿真实验的每位学生都能够亲自操作整个过程。而且，实验指导教师能够更加容易地掌握每个学生的实验情况，考察每位学生的真实水平，给出客观公正的实验成绩。

2-8 实验方法与步骤要求（学生交互性操作步骤应不少于 10 步）

虚拟仿真实验分为“斑马鱼养殖、斑马鱼产卵及收集、斑马鱼胚胎发育过程”三个实验模块和一个知识考察模块。

2-8-1 实验方法

2-8-1-1 斑马鱼养殖

通过进入软件虚拟的养殖房，学生可以了解养殖设施、养殖条件，还可以亲自

设定养殖条件（光周期、温度、pH值和渗透压）。

2-8-1-2 斑马鱼产卵及收集

进入产卵场景后，学生可以自由选择斑马鱼配对条件（雌雄比例等），控制产卵时间，以及模拟产卵后斑马鱼卵的收集过程（学生需要根据具体情况而定）。

2-8-1-3 斑马鱼胚胎发育观察

通过软件的模拟操作，学生可以了解并掌握斑马鱼早期胚胎发育中卵裂方式、囊胚的形成、原肠胚的形成等过程。

虚拟仿真系统通过模拟斑马鱼卵的质量及发育情况（未受精卵，发育畸形、死胚等场景），让学生对出现的情况进行相应的处理，并根据处理情况反馈实验结果。

通过软件模拟，让学生观察斑马鱼重要组织器官的形成过程，例如心脏。同时，观察血液循环情况，了解脊椎动物血液循环系统。

2-8-1-4 知识点考察

最后通过对操作和观察过程中的关键点的进一步回顾和考察，让学生巩固和掌握斑马鱼胚胎发育过程和相关知识。

2-8-2 实验步骤与学生交互性操作步骤

打开虚拟仿真平台网站（<http://bmy.sxu.edu.cn/>），先点击右侧的“开始试验（鱼型图标）”，再点击“学习演练”进入虚拟实验室空间仿真软件界面，出现三个实验模块和一个知识点考查模块：①斑马鱼养殖；②斑马鱼产卵及收集；③斑马鱼胚胎发育过程；④知识考察。这四个界面可以分别依次点击进入。

仿真软件界面：三个实验模块①斑马鱼养殖；②斑马鱼产卵及收集；③斑马鱼胚胎发育过程，可分别点击进入。

步骤 1： 设置斑马鱼养殖房的光周期。

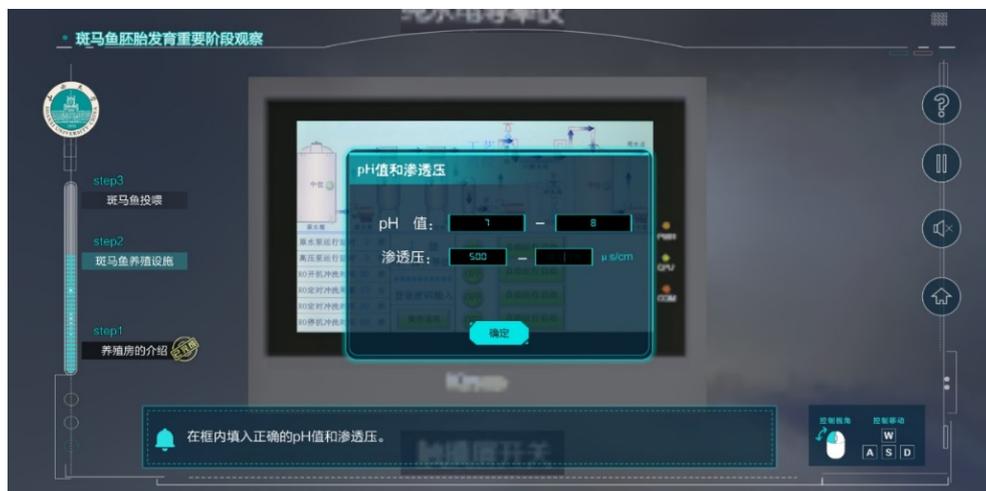
—点击“斑马鱼养殖设施及养殖条件”，弹出实验人员进入的场景。

显示光控系统，弹出选择界面。设定光周期（光照：黑暗=14h:10h）。



步骤 2: 设置养殖水的 pH 值、渗透压, 并启动制水设备。

一点击显示制水设备, 设定 pH 值 (7.0-8.0) 和渗透压 (500-550 $\mu\text{s}/\text{cm}$), 点击确定。将养殖泵的开关调至开启状态, 点击确定后, 显示循环系统开始工作。





步骤 3: 设置养殖房温度和养殖系统水温及其他条件。

一点击空调开关, 点击高亮处, 弹出控制界面, 设定养殖房温度。

二点击养殖系统高亮处, 弹出控制界面, 设置水温及养殖系统的其他条件 (启动充气泵、紫外杀菌灯)。



步骤 4: 配置丰年虫培养条件。

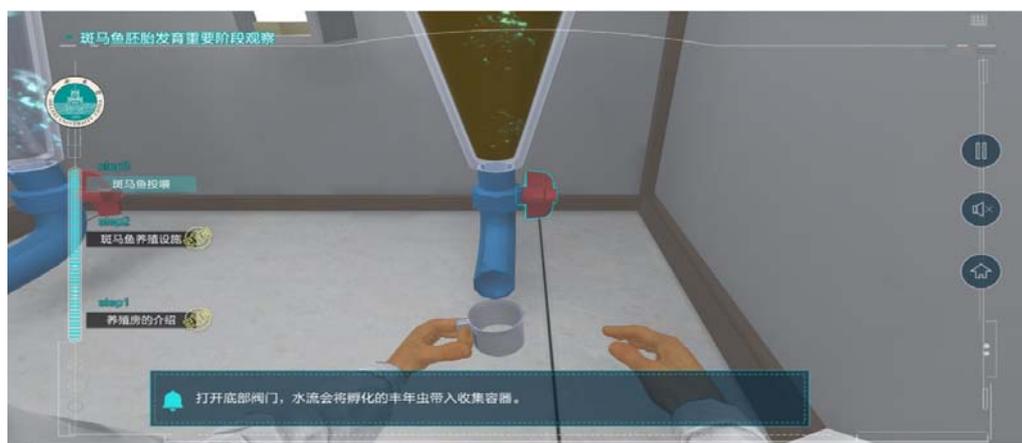
弹出选择界面，显示丰年虫养殖设施，设定 10L 水中，加入 250g 海盐、40g 丰年虫，通气，培养 24 小时，点击确定。



步骤 5: 给斑马鱼投喂丰年虫。

一点击“斑马鱼投喂”，弹出投喂次数 2 次，屏幕上设定具体开始时间（推荐上午 10:00，下午 16:00），强制在光周期的光照阶段。

二点击“丰年虫培养系统”，打开遮光帘，移走充气管，用量杯收集孵化的丰年虫，冲洗后，移至量杯中，用巴士吸管吸取丰年虫投喂斑马鱼。



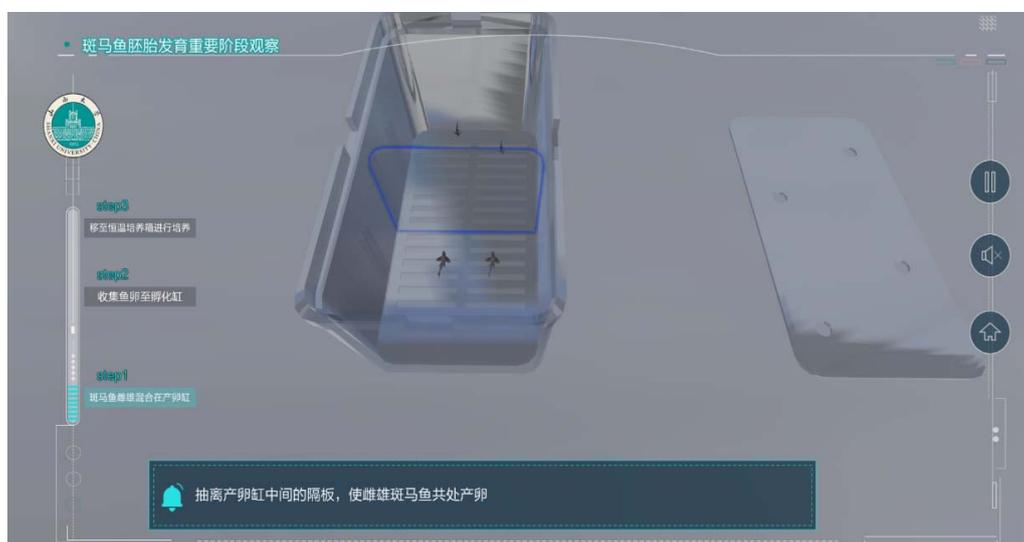
步骤 6: 斑马鱼产卵前雌雄配对。

—点击“斑马鱼产卵及收集”模块，屏幕显示选择斑马鱼配对条件：雌雄比例 1:1 或 2:1，3L 的产卵缸 ≤6 尾鱼。



步骤 7: 斑马鱼体外交配。

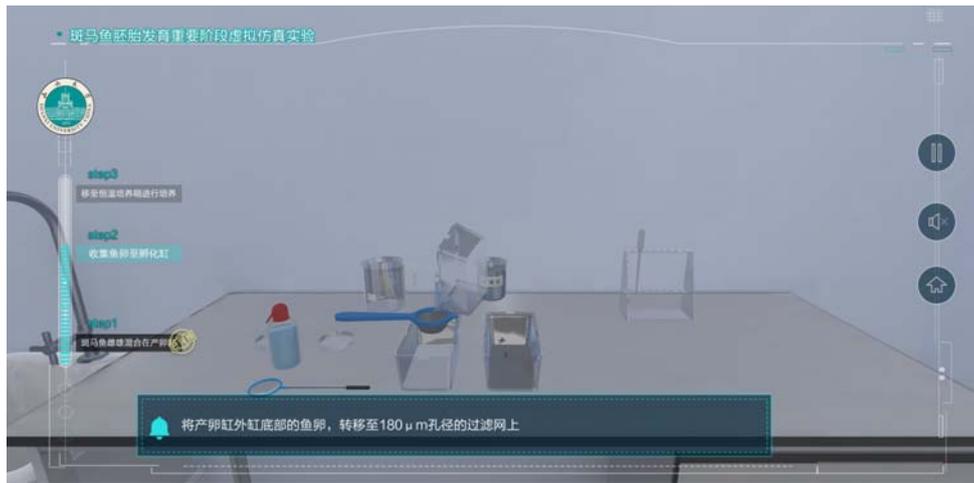
—点击产卵，显示抽离产卵缸中间的隔板，随后，雌雄斑马鱼追逐，产卵交配。观察发现受精卵沉到产卵缸的底部，点击确定。



步骤 8: 收集斑马鱼卵(用巴氏吸管吸取受精卵到培养皿中)。

—点击“收集胚胎至孵化缸”，弹出孵化缸，点击收集胚胎后，显示孵化缸底部的胚胎。

—点击清洗胚胎后，用巴氏吸管将收集的胚胎转移至盛有养鱼循环水的培养皿中，一般直径 10 厘米的培养皿不宜放置超过 50 粒胚胎(按每毫升水中 5-10 个胚胎的密度培养)。



步骤9：培养箱孵化斑马鱼卵。从培养箱中取出斑马鱼卵，使用解剖镜进行胚胎过程的观察。

—将收集的受精卵放入设定好温度的培养箱中。

—点击“胚胎观察”，弹出解剖镜及胚胎，点击确定，开始观察。

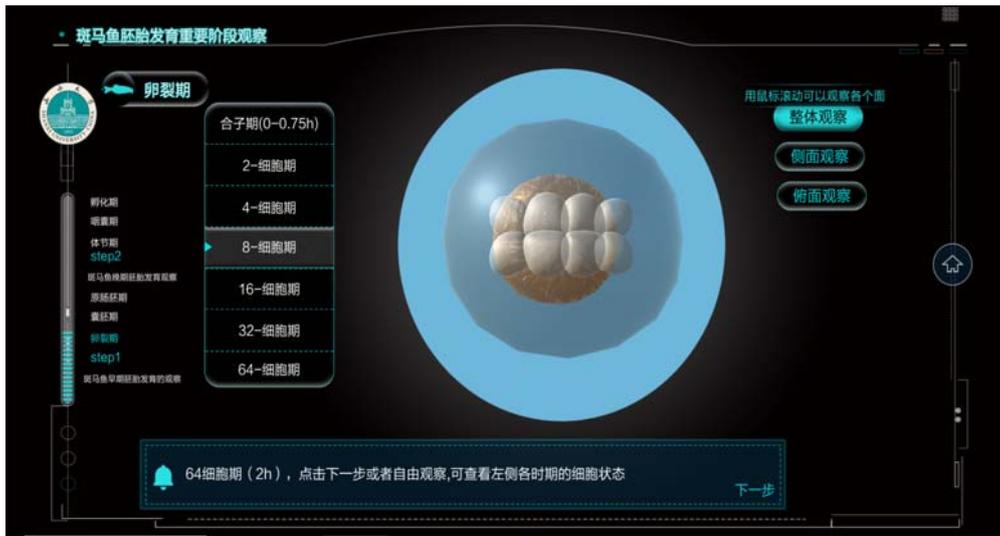




步骤 10: 对斑马鱼胚胎从 1-细胞期至 32-细胞期、64-细胞期的观察。

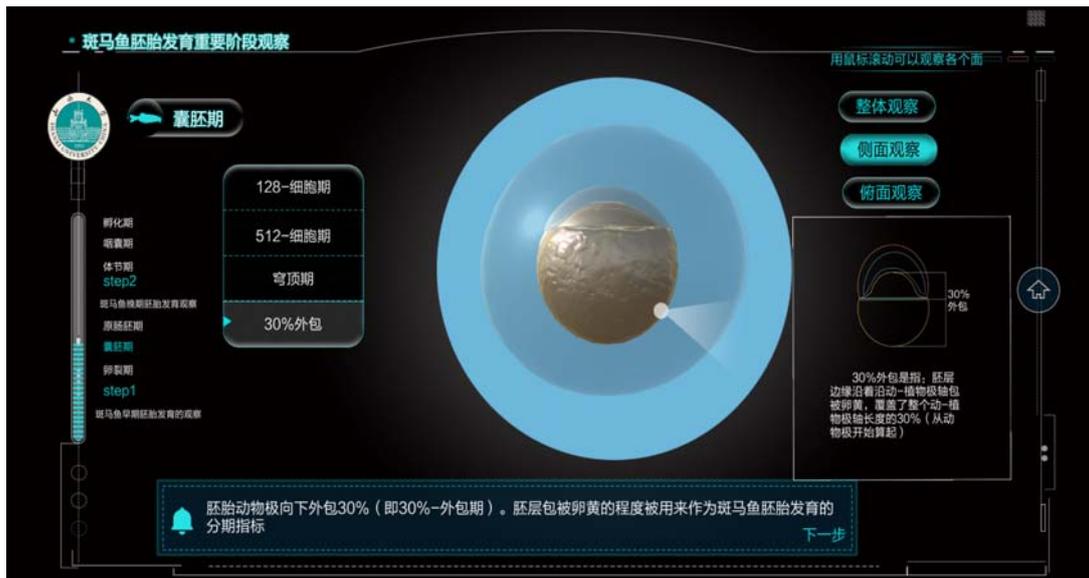
一点击“胚胎观察”，弹出早期胚胎发育选择界面，选择要观察的时期（从 1-细胞期至 64-细胞期），前五次分裂均为纵裂，第六次分裂为横裂。可点击旋转操作选项，从不同角度观察。





步骤 11: 对处于囊胚期的斑马鱼进行互动观察。

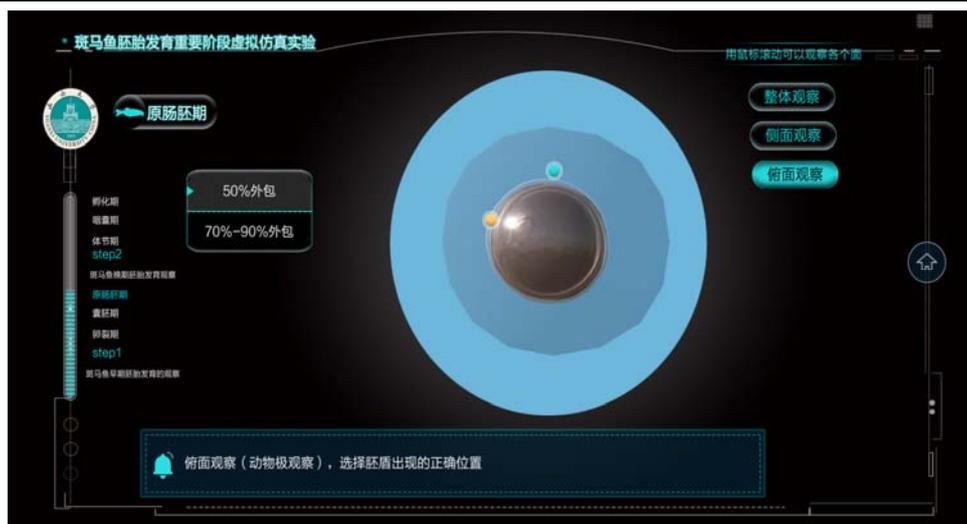
一点击“30%外包”，进行观察。可点击旋转操作选项，从不同角度观察。



步骤 12: 对处于原肠胚期的斑马鱼进行互动观察。

一点击“50%外包”，进行观察，出现胚环和胚盾。可点击旋转操作选项，从不同角度观察。

二点击“70%-90%外包”，出现尾芽。可点击旋转操作选项，从不同角度观察。



步骤 13: 对处于体节期的斑马鱼进行互动观察。

一点击“器官原基”，观察体节、眼和脑的形成。可点击旋转操作选项，从不同角度观察。



步骤 14: 对处于咽囊期、心跳期和孵化期的斑马鱼进行互动观察。

一点击“心跳期和孵化期”，观察斑马鱼心跳，随着幼鱼的脱膜，此时斑马鱼胚胎发育过程结束。

一点击“麻醉”，可停止斑马鱼体动。

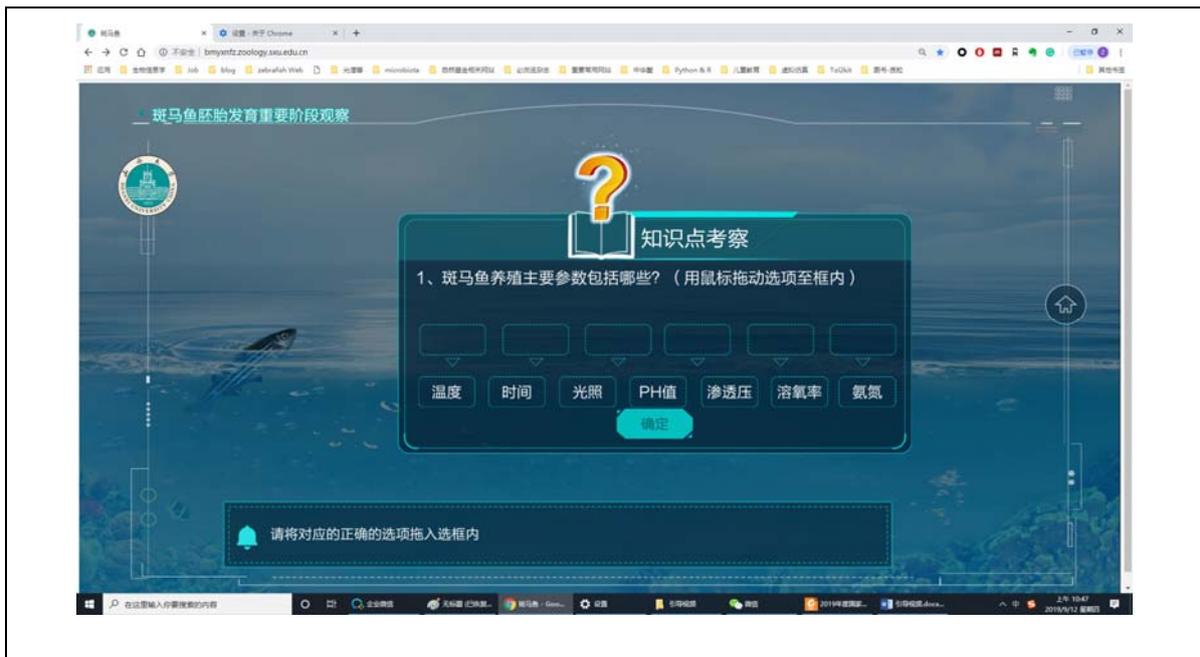


步骤 15: 对孵化后的斑马鱼进行互动观察。



步骤 16: 知识考察模块。

根据理论知识和虚拟仿真实验的知识点，完成答题，自动生成成绩后，查看对知识的掌握情况。



2-9 实验结果与结论要求

- (1) 是否记录每步实验结果: 是 否
- (2) 实验结果与结论要求: 实验报告 心得体会 其他
- (3) 其他描述:

考核成绩:

通过学生在网上模拟操作的记录及最后知识点考察情况的结果, 给出考核初步成绩; 再综合实验报告的撰写情况, 给出最终结果。

互动环节:

问题 1: 为什么丰年虫投喂前必须用水冲洗?

答: 丰年虫孵化过程中需要加盐, 大量冲洗掉盐分后才能投喂斑马鱼。

问题 2: 在实验中我们发现, 蛙和斑马鱼原肠胚均以内卷的方式形成, 请问这两种内卷的过程相同吗?

答: 两类动物原肠的作用都是内卷和外包, 但斑马鱼的内卷是同时从胚盘的外围开始, 但蛙类是靠背侧现行内卷。

问题 3: 什么是完全卵裂? 什么是不完全卵裂?

答: 受精卵所有的部位均参与分裂, 为完全卵裂; 受精卵只有部分参与分裂, 为不完全卵裂。

问题 4:

2-10 考核要求

实验成绩按百分制计量, 包括课前预习、实验操作、实验报告三部分。

- (1) 课前预习: 占 15%。学生可以通过登录虚拟仿真平台进行课前预习, 并能基本

回答提出的问题，在此基础上写出预习报告。

(2) 实验操作：占 50%。学生通过虚拟仿真平台，根据实验步骤，独立完成实验操作。

(3) 实验报告：占 35%。学生完成实验操作后，根据系统提供的实验报告模板完成实验报告，内容包括实验目的、实验原理、操作步骤、注意事项、结果与讨论，心得体会等。

2-11 面向学生要求

(1) 专业与年级要求：生物科学、生物工程及生物学相关专业，例如医学、动物医学、动物科学等，年级不限。

(2) 基本知识和能力要求：动物生物学基本知识及分析化学实验技术。

2-12 实验项目应用及共享情况

(1) 本校上线时间：2018 年 5 月

(2) 已服务过的本校学生人数：320 人

(3) 已服务过的外校学生人数：247 人

(4) 是否纳入到教学计划：是 否

(勾选“是”，请附所属课程教学大纲)

(5) 是否面向社会提供服务：是 否

(6) 社会开放时间：2018 年 05 月，已服务人数：567 人

“斑马鱼重要发育阶段观察”虚拟仿真在线教学平台，不但包含了斑马鱼早期胚胎发育的重要阶段，而且涵盖了斑马鱼的养殖、投喂、交配和受精卵的准备情况等。该虚拟仿真实验平台用到的所有图形、数据和实验步骤，做到了高度仿真实体实验，特别是在“斑马鱼胚胎发育过程”模块中，能够进行整体无死角的旋转观察。同时，还提供了侧面图和俯视图，真实再现了发育的斑马鱼胚胎特征，特别是一些典型特征，完全能够媲美实体实验，完全适合作为《动物生物学实验》的实验内容。该虚拟仿真实验平台，设置了较多的互动操作环节。由于是线上服务，使学生能够在课前预习、课后复习，并进行多次反复练习和操作，达到熟悉实验过程、掌握实验技能、深刻理解动物胚胎发育重要阶段的目的。通过实验操作，不但激发了学生的学习兴趣，巩固了所学内容，而且提高了学生的思维能力，印象深刻，融会贯通。

综上所述，通过使用“斑马鱼胚胎发育重要阶段观察”虚拟仿真实验平台，收到了很好的教学效果。

3. 实验教学项目相关网络及安全要求描述

3-1 有效链接网址

<http://bmy.sxu.edu.cn/>

3-2 网络条件要求

(1) 说明客户端到服务器的带宽要求（需提供测试带宽服务）

经测试客户端到服务器的带宽要求为 10 M 及以上。本次带宽初步测试基于主流计算机配置，模拟真实网络学习环境，最大限度的还原用户上网学习虚拟仿真实验项目的需求。

测试一：物理连接链路测试，测试方法：本端与连入 internet 上的本次虚拟仿真实验项目网站进行 PING 操作，测试目的：测试虚拟仿真实验项目网站间的延迟情况和丢包情况；

测试二：测试线路带宽质量，测试目的：测试不同 ip 访问本虚拟仿真实验页面的加载情况，测试方法：通过 IP 代理，记录电脑端不同地域 IP 打开虚拟仿真实验项目网页的速度。

测试结果现总结如下：①当客户端到服务器带宽小于 10 M 的时候，ping 主流网站的延时值都非常的高，丢包情况也很严重，基本上保持在 50 ms 以上甚至更高，丢包率也基本大于 5%；②当客户端到服务器带宽小于 10 M 的时候，在不同 IP 对本虚拟仿真实验网页打开的随机测试中，网页打开速度很慢，尤其是是三维模型的加载卡顿现象非常严重，打开测试不理想。所以建议客户端到服务器的带宽要求为 10 M 及以上。

(2) 说明能够支持的同时在线人数（需提供在线排队提示服务）

本虚拟仿真实验项目的服务器能够提供的并发响应的最佳数量为 500 人。我们通过对经过测试，模拟用户在数据量为 5000、10000 的情况下，每分钟增加用户数 100 个进行循环递增，最终测试用户达到 10000 的在线访问量，进行多次连续测试，完成系统大数据量测试目标。

在测试环境中，模拟真实使用环境的压力负载，重现缺陷发生状态，并监控客户端和服务器性能指标。

经过以上测试，当用户数在 500 以下时，各项业务操作均能流畅进行；当用户数上升至 2000 时，在线虚拟实验操作的实验模块下载会出现卡顿现象，其它业务操作能够顺利进行；当用户数上升至 5000 人以上时，业务操作出现假死现象。

据本次性能测试的结果，当用户数 2000 以下，并发进行业务操作时，基本能够维持平台的正常运行；当用户数超过 5000 时，服务器的 CPU 占用持续达到 100%，

并出现假死现象，系统不能够正常运行。

系统提供排队等待功能。

3-3 用户操作系统要求（如 Windows、Unix、IOS、Android 等）

（1）计算机操作系统和版本要求

虚拟仿真实验要求在操作系统为 windows7 64 位或 win8 64 位、win10 64 位操作系统的电脑上运行。

（2）其他计算终端操作系统和版本要求： 无。

（3）支持移动端：是 否

3-4 用户非操作系统软件配置要求（如浏览器、特定软件等）

（1）需要特定插件 是 否

（勾选“是”，请填写）

（2）插件名称 插件容量 下载链接

（3）其他计算终端非操作系统软件配置要求（需说明是否可提供相关软件下载服务）

该虚拟仿真实验采用网页浏览形式打开，不需要下载。本虚拟仿真实验需要使用 360 安全浏览器极速模式打开，或者使用 360 极速浏览器、火狐浏览器、谷歌浏览器打开实验。

3-5 用户硬件配置要求（如主频、内存、显存、存储容量等）

（1）计算机硬件配置要求

CPU 要求：建议采用 intel 酷睿 i3 2.6 赫兹及以上 CPU；

内存要求：DDR3 4GB 以上内容；显存要求：1GB 以上显存；

存储容量要求：系统盘可用空间 10GB 及以上。

（2）其他计算终端硬件配置要求： 无。

3-6 用户特殊外置硬件要求（如可穿戴设备等）

（1）计算机特殊外置硬件要求： 无。

（2）其他计算终端特殊外置硬件要求： 无。

3-7 网络安全

（1）项目系统是否完成国家信息安全等级保护 是 否

（勾选“是”，请填写） 2 级

4. 实验教学项目技术架构及主要研发技术

指标	内容
<p>系统架构图及 简要说明</p>	<p>本项目的教学资源可实现对相关实验课程面向国内各大院校开展必修课或选修课的虚拟仿真实验教学，以计算机仿真技术、多媒体技术和网络技术为依托，采用面向服务的软件架构开发具有自主知识产权，集实物仿真、场景虚拟、创新设计、智能指导、虚拟实验结果自动批改和教学管理于一体，具有良好自主性、交互性和可扩展性的虚拟实验项目，同时为其它学科的相关实验课程提供互联的标准接口，底层的构件库，并为上层的调用提供标准化的调用接口，为用户提供统一的访问接入服务和通用的用户服务工具包。</p> <p>系统总体架构图如下：</p> <p>The diagram illustrates the system architecture, which is divided into four main layers and a data center:</p> <ul style="list-style-type: none"> 应用层 (Application Layer): 虚拟仿真实验 (Virtual Simulation Experiment). 仿真层 (Simulation Layer): 可视化 (Visualization) includes 虚拟仪器 (Virtual Instruments) and 图形绘制 (Graphic Drawing); 建模与装配 (Modeling and Assembly) includes 场景构建 (Scene Construction), 构件建模 (Component Modeling), and 构件装配 (Component Assembly); 仿真分析器 (Simulation Analyzer). 服务层 (Service Layer): 开放式虚拟仿真实验教学管理平台 (Open-source Virtual Simulation Experiment Teaching Management Platform). It includes: 实验教学管理 (Experiment Teaching Management), 实验教学管理 (Experiment Teaching Management), 理论知识学习 (Theoretical Knowledge Learning), 实验资源管理 (Experiment Resource Management), 实验智能指导 (Experiment Intelligent Guidance), 教学效果评估 (Teaching Effect Evaluation), 实验自动批改 (Experiment Automatic Grading), 实验报告管理 (Experiment Report Management), 师生互动交流 (Teacher-Student Interaction), and 集成接口工具 (Integrated Interface Tools). 支持层 (Support Layer): <ul style="list-style-type: none"> 安全管理 (Security Management): 身份认证 (Identity Authentication), 认证中心 (Authentication Center), 访问控制 (Access Control), 容器和服务安全 (Container and Service Security). 服务容器 (Service Containers): 服务部署 (Service Deployment), 服务监控 (Service Monitoring), 服务批处理 (Service Batch Processing), 服务通知 (Service Notification). 数据管理 (Data Management): 数据访问 (Data Access), 数据缓存 (Data Caching), 数据转换 (Data Conversion). 域管理 (Domain Management): 监控分析 (Monitoring and Analysis), 日志统计 (Log Statistics), 系统管理 (System Management). 数据中心 (Data Center): 用户信息 (User Information), 课程库 (Course Library), 典型实验库 (Typical Experiment Library), 基础模型库 (Basic Model Library), 规则库 (Rule Library), 标准答案库 (Standard Answer Library), 实验数据 (Experimental Data). <p>Users are categorized into: 校领导 (School Leaders), 教务人员 (Teaching Staff), 教师 (Teachers), 校内外学生 (On-campus/Off-campus Students), and 校外用户 (External Users).</p>

实验教 学项目	开发技术	<input type="checkbox"/> VR <input type="checkbox"/> AR <input type="checkbox"/> MR <input checked="" type="checkbox"/> 3D 仿真 <input type="checkbox"/> 二维动画 <input type="checkbox"/> HTML5 其他____ 此虚拟仿真实验涉及的室内外环境、仪器设备、人员、工具产品等采用 ZBrush 进行基础模型。ZBrush 相对于传统的 Maya 软件在细节雕刻上更胜一筹，可以根据需要进行材质、光照等的渲染，增加体验感。同时应用 ZBrush 制作出的产品在运行时更加流畅，符合对于网速的要求。基础模型制作好后导入 3Ds MAX 进行修整、合并、优化。3Ds MAX 是基于 PC 系统的三维动画制作和渲染软件，价格低廉，操作简单，可降低制作成本。3Ds MAX 优化后的结果通过 3d-coat 软件进行贴图，将虚拟实验涉及的真实图片进行粘贴。3D-Coat 将真实图片通过法线、置换等方式输出更符合实际颜色、质感的三维图像。最后通过 UNITY3D 软件对于将前期的内容进行整合。虚拟实验用到的音频和视频素材采用 AE 软件进行编辑和剪辑，然后也导入unity3d中整合。最后通过 C#语言编写程序实现 3D 交互步骤，实现视角控制，灯光控制，人物行走控制以及最终的程序界面设计等。
	开发工具	<input checked="" type="checkbox"/> Unity3D <input type="checkbox"/> 3D Studio Max <input type="checkbox"/> Maya <input type="checkbox"/> ZBrush <input type="checkbox"/> SketchUp <input type="checkbox"/> Adobe Flash <input type="checkbox"/> Unreal Development Kit <input type="checkbox"/> Animate CC <input type="checkbox"/> Blender <input type="checkbox"/> Visual Studio <input type="checkbox"/> 其他____
	运行环境	服务器 CPU <u>8</u> 核、内存 <u>16</u> GB、磁盘 1024 <u> </u> GB、显存 <u>4</u> GB、GPU 型号 <u>NVIDIA</u> 操作系统 <input checked="" type="checkbox"/> Windows Server <input type="checkbox"/> Linux <input type="checkbox"/> 其他 具体版本____ 数据库 <input type="checkbox"/> Mysql <input checked="" type="checkbox"/> SQL Server <input type="checkbox"/> Oracle 其他____ 备注说明____（需要其他硬件设备或服务器数量多于 1 台时请说明） _____

<p>项目品质 (如：单场景模型总面数、贴图分辨率、每帧渲染次数、动作反馈时间、显示刷新率、分辨率等)</p>	<p>(1)模型制作规范 系统中模型、材质、纹理等文件必须规范命名及分层、分类管理，命名中不可有中文名称，不能重名，易于识别，模型格式至少是.stl、.fbx或.3ds；均为3D效果，构建与实物1:1比例非拟人化、非漫画形象，仿真度高；单个max文件里如有多个物体，需将多个物体打组（单个物体无需打组），静态辅助物体需要attach成一个物体；材质球命名与物体名称一致，材质球的ID号和物体的ID号必须一致；模型制作既要保证逼真的质量又要控制好三角面的数量，单个模型的面数不得少于200000面；模型的中心点在模型的中心位置。</p> <p>(2)贴图材质规范 模型材质要进行烘焙处理，以生成带有阴影、高光、反射等效果的贴图；所有模型采用实物贴图，并做优化处理，要色彩协调、明暗和冷暖统一，贴图格式为.DDS，进行法线贴图处理来达到最佳的视觉效果；一个物件给一张贴图，颜色贴图不要放在凹凸通道里，一张贴图要占满整个画布，不能出现浪费贴图空间的情况，场景中连续贴图不能看到有明显的缝隙；UV展开要均匀舒展，避免拉伸，最大化提高UV的利用率；材质大小长宽像素为2的次方倍数，贴图大小最大不超过2048×2048；同种贴图必须使一个材质球。</p> <p>(3)场景制作规范 场景制作：无分辨率限制，能够支持1920×1200以上分辨率的三维视景，1:1实物大小显示，可对场景模型进行实时顶点优化和动态加载LOD设置调整，根据视觉效果调整优化比例，减少数据量，提高运行效率，帧速率25帧以上；场景布置：基本物件在制作过程中严禁有缩放，有旋转的物体应保留旋转信息，不要镜像物体。</p> <p>4、音视频及文字制作规范 声音：场景音效、声音解说要求制作逼真，采用专业的普通话进行配音； 视频：在场景对象上可嵌入外部视频文件，视频文件格式支持不少于AVI、WMV、MPA、MPG、MP3格式。要实现视频流的预读取功能，以保证视频播放流畅； 系统内嵌提醒帮助机制，在各个子界面中，采用场景对象方式，设计文本提示框等信息，系统设置帮助文档，浮动帮助文字。</p>
---	--

5. 实验教学项目特色

(体现虚拟仿真实验教学项目建设的必要性及先进性、教学方式方法、评价体系及对传统教学的延伸与拓展等方面的特色情况介绍。)

5-1 项目建设的必要性及先进性

在《动物生物学实验》实践教学中发现,选择斑马鱼进行实体观察多细胞动物胚胎发育重要阶段还存在一些问题或困难,例如:

①斑马鱼发育时间长,从受精卵到幼鱼发育需要3天时间,但教学大纲只有4个学时,使学生无法在有限的学时内完整观察发育过程;有些发育阶段是在夜间,因为受精、产卵一般在早上九点,需要连续观察至下午六点,这时胚胎发育大致发育到原肠胚期,体节期的发育就到了夜间,无法继续观察(观察受到限制);斑马鱼产卵情况不确定,导致常常需要调整实验时间。②斑马鱼胚胎发育过程中胚胎位置不确定,由于发育具有连续性和不可逆性,因此难免会存在一些误判或错过重要的发育时期。③在显微镜下无法看到整个卵裂期的细胞形态(尤其是卵裂、囊胚、原肠胚等发育阶段),难以从多个角度观察斑马鱼胚胎,从而导致部分发育阶段观察不准确。④斑马鱼养殖房需要一定的洁净度,要避免带入病原菌及对斑马鱼产生的应激反应;养殖房必须控制人员的进入数量和频率。

生物科学和生物工程专业每年近150名学生做《动物生物学实验》,因而不能满足每个学生进入斑马鱼养殖房进行养殖参数设置、斑马鱼饲养、斑马鱼产卵及收集等相关内容。因此,十分有必要建立虚拟仿真实验平台,使实验项目转化为可操作、常规化、可视化的虚拟仿真实验,弥补存在的不足与缺憾。同时,将之前实验中仅仅用玻片标本进行的静态观察,变为动静结合、阶段与过程结合、虚实结合的“三结合”的动态观察。

利用虚拟仿真实验,克服了存在的不足,在规定时间内可以完整观察实验大纲所要求的内容,提高了教学效率;由于采用了多维、动漫等技术手段,可以从不同角度进行观察,克服了由于发育的胚胎位置不确定或平面观察的局限性而导致部分发育阶段观察不准确的情况。

本项目依托山西大学生物学国家级实验教学示范中心、生物科学国家级特色专业,依托王兰教授负责的山西省精品课程《动物生物学》、山西省高等学校虚拟仿真实验教学项目“斑马鱼胚胎发育重要阶段虚拟仿真实验”(认定),山西省“基础生物学”优秀教学团队、山西省生物科学特色专业建设项目,选择生命科学学院王兰教授团队拥有的斑马鱼养殖系统,建设以模式动物斑马鱼为材料,将鱼的早期胚胎发育过程和生殖过程的重要阶段的、时序性的、虚拟仿真实验教学项目。

5-2 教学方式方法

采用创新性的自主式、合作式、互动式、研讨式、探究式等教学方式方法,有效提升教学效果。主要有:

(1) **虚实结合**。能实不虚，虚实结合，互为补充。即在虚拟实验中直接感受斑马鱼的养殖、繁殖和卵的收集过程，模拟整个实验操作，熟悉并掌握实验流程和各个时期的形态特征；结合实验操作部分完成整个实验内容。

(2) **动静结合**。实验过程中，不但提供了代表性动物，例如文昌鱼、海星和蛙的胚胎发育阶段的玻片标本供学生观察，而且准备了**活体斑马鱼受精卵（透明）**作为观察材料。通过胚胎发育过程中重要阶段玻片标本、活体材料，动、静相结合的方式
方式进行观察。

(3) **二维与三维结合**。玻片标本展示的是二维结构，采用虚拟仿真实验呈现三维结构，可以多角度地观察斑马鱼胚胎发育的动态过程。

(4) **线上与线下结合**。线上操作即利用虚拟仿真进行实验教学，线下操作即在实验室进行实际的操作实验，两者的结合体现了虚实结合、互为补充的特点。

(5) **翻转式教学**。通过课前预习实验操作、观看教学视频和参加在线考试进行实验。

实验中虚实结合、先虚后实地完成实验内容。不同教学方式方法的交互使用，提高了学生的学习兴趣，使学生全方位了解实验的过程，掌握斑马鱼多细胞胚胎发育重要阶段以及养殖相关知识，收到了良好的教学效果。

5-3 评价体系

虚拟仿真实验教学评价体系，补充完善了实操中实验过程的考核评价体系，在一些关键内容和关键技术会弹出提示框让学生做出选择，选择正确方可开展后续实验；考查学生对实验内容和技术的掌握程度，以此完善健全网络学习的实验教学考核体系。注重虚拟和具体实验操作部分的成绩，综合实验结果和分析来评价学生的成绩。虚拟仿真实验教学系统，突出了以学生为中心的教学理念。实验课前预习、虚拟操作和互动交流，都给予学生充分的自主思考空间，提高了学生发现问题、分析问题及解决问题的能力，达到了培养学生综合创新能力和提升综合素质的人才培养目的。

5-4 对传统教学的延伸与拓展

虚拟仿真实验对传统教学延伸和拓展体现在实验技能的掌握和实验内容的设计上。

第一，人机交互性强，打破了面授和演示实验中存在的弊端。

第二，根据虚拟和实训部分检测学生的实验动手能力，有利于教学目标的完成，有利于调整实验的强度和深度。

第三，将生命科学的前沿动态结合到动物生物学实验内容中，培养学生对科学未知问题的探索、对科学发现的热情，为后续课程的学习、继续深造、就业创业奠定了基础。

第四，将科研成果部分转化为实验教学内容，提升学生的科研素养和科学思维能力。

本团队成员以斑马鱼为研究对象，开展了动物学领域观察胚胎发育、生殖调控等多项科研工作，同时指导 2013、2014、2015、2016 级生物科学专业本科生完成了与斑马鱼早期胚胎发育相关的综合性实验，极大地提高了学生的学习兴趣和系统知识的掌握。在满足教学需求之外，能够大幅提升学生的专业素养，是传统教学模式的有效延伸和崭新拓展。使学生对脊椎动物胚胎发育由原来的管中窥豹的认识水平提升至总揽全局的新高度，为建设多样化综合虚拟仿真实验教学模块提供了新的思路。

5-5 实验方案设计思路

本项目通过集成虚拟仿真实验模块，实现教学内容和教学方式的多样化，提升信息技术与实验教学的深度融合。实验内容不但包括了动态观察斑马鱼胚胎发育的过程，而且包含了头索动物文昌鱼、棘皮动物海胆、和两栖动物蛙的胚胎发育过程重要阶段的静态玻片标本的观察。通过多细胞动物早期胚胎发育不同类型的比较，加深学生对动物从单细胞到多细胞、从低等到高等、从简单到复杂的演化过程的理解与掌握。

虚拟仿真实验平台，使学生在校园网、宿舍、图书馆、教室等其它场所可以自行登录进行开放学习，自由进行模块组合模拟和团队合作模拟，按照工段内不同岗位进行操作。学生以小组的方式，协同操作，模拟不同时间段斑马鱼发育过程的观察指令。培养学生了从多方面、多角度、多层次思考问题，不断提高动手能力、分析问题与解决问题的能力。有效实现了方便学生学习和对学习过程的考核评价。利用软件中的场景考核功能，采用灵活的学习方式，让学生学完即考，考完再学，使学生在在学习过程中立即发现问题、当场解决问题，以此巩固并加强对所学知识掌握的熟练程度（参见图 1）。

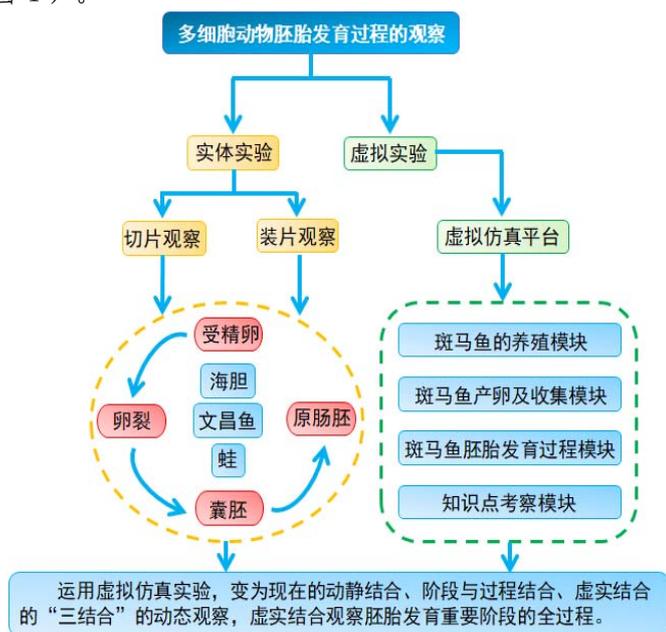


图 1 斑马鱼胚胎发育重要阶段观察实验方案设计思路示意图

6. 实验教学项目持续建设服务计划

(本实验教学项目今后 5 年继续向高校和社会开放服务计划及预计服务人数)

在本项目**前期建设**中，通过虚拟仿真完成了斑马鱼的养殖、繁殖和卵的收集、胚胎发育重要阶段全过程的观察。**后期建设**，计划每年投入 15-20 万元、连续投入 3-5 年。

①为不同年级学生开展**自选式、研究性拓展实验**，以及大学生创新创业实验、科研项目**关键技术**（例如转基因显微注射系统、基因敲除系统、肿瘤模型）**提供必要条件**。

②针对学生反馈的问题**针对性地改进**，**拓宽斑马鱼胚胎发育重要阶段虚拟仿真实验的内容**，提升项目的质量，尽可能做到科学、系统、全面，不断满足本科实验教学的需求。

③本项目将为校内相关专业的教学与科研单位（学院或研究所）、省内其他高校、国内各大专院校和科研机构**推广“斑马鱼胚胎发育重要阶段”虚拟仿真实验**，**提供相关的实验教学服务**，共享实验虚拟仿真平台。

④对**在线服务平台进行实时技术更新**，通过服务器虚拟化、应用桌面等技术，将各种软硬件进行升级，对虚拟仿真进行智能的自动化管理和按需分配，**实现最大化共享和潜力挖掘**。

⑤向全国高校同类课程教学和社会企业相关专业人员**开放**，大约 5000-10000 人，实现动物生物学实验虚拟仿真实验教学资源的完全共享，全面提高教育资源的利用率。

⑥为学生提供**持续、灵活、开放、共享的实验体验平台**，尽可能做到**能实不虚、虚实结合、科学规范、系统全面**，不断满足本科实验教学的需求。具体计划见表 1。

表 1 2020-2024 年继续向高校和社会开放服务计划及预计服务人数

年度计划	服务计划	预计校内服务人数	预计校外服务人数	预期目标
2020. 1- 2020. 12	校内同类专业和相似专业， 斑马鱼胚胎发育重要阶段 创新科研训练	300 人	1000 人	提供必要平台
2021. 1- 2021. 12	校内外高校同类专业和相似专业， 斑马鱼胚胎发育重要阶段 研究综合实验	350 人	1000 人	潜力挖掘资源
2022. 1- 2022. 12	校内外高校同类专业和相似专业、社会， 斑马鱼胚胎发育重要阶段 显微注射系统	400 人	1000 人	提升项目质量
2023. 1- 2023. 12	校内外高校同类专业和相似专业、社会， 斑马鱼胚胎发育重要阶段 基因敲除系统	450 人	1000 人	提高使用效率
2024. 1- 2024. 12	校内外高校同类专业和相似专业、社会， 斑马鱼胚胎发育重要阶段 肿瘤模型	450 人	1000 人	持续开放共享

7. 知识产权

软件著作权登记情况	
软件著作权登记情况	<input checked="" type="checkbox"/> 已登记 <input type="checkbox"/> 未登记
完成软件著作权登记的，需填写以下内容	
软件名称	斑马鱼胚胎发育重要阶段虚拟仿真实验系统软件
是否与项目名称一致	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
著作权人	山西大学
权利范围	全部权利
登记号	2019SR0925319

8. 诚信承诺

本人承诺：所申报的实验教学设计具有原创性，项目所属学校对本实验项目内容（包括但不限于实验软件、操作系统、教学视频、教学课件、辅助参考资料、实验操作手册、实验案例、测验试题、实验报告、答疑、网页宣传图片文字等组成本实验项目的一切资源）享有著作权，保证所申报的项目或其任何一部分均不会侵犯任何第三方的合法权益。

本人已认真填写、检查申报材料，保证内容真实、准确、有效。

实验教学项目负责人（签字）：

年 月 日

9. 附件材料清单

1. 政治审查意见（必须提供）

（本校党委须对项目团队成员情况进行审查，并对项目内容的政治导向进行把关，确保项目正确的政治方向、价值取向。须由学校党委盖章。无统一格式要求。）

见附件。

2. 校外评价意见（可选提供）

（评价意见作为项目有关学术水平、项目质量、应用效果等某一方面的佐证性材料或补充材料，可由项目应用高校或社会应用机构等出具。评价意见须经相关单位盖章，以1份为宜，不得超过2份。无统一格式要求。）

见附件。

10 申报学校承诺意见

本学校已按照申报要求对申报的虚拟仿真实验教学项目在校内进行公示，并审核实验教学项目的内容符合申报要求和注意事项、符合相关法律法规和教学纪律要求等。经评审评价，现择优申报。

本虚拟仿真实验教学项目如果被认定为“国家虚拟仿真实验教学项目”，学校将严格贯彻《教育部高等教育司关于加强国家虚拟仿真实验教学项目持续服务和管理有关工作的通知》（教高司函〔2018〕56号）的要求，承诺将监督和保障该实验教学项目面向高校和社会开放，并提供教学服务不少于5年，支持和监督教学服务团队对实验教学项目进行持续改进完善和服务。

（其他需要说明的意见。）

主管校领导（签字）：

（学校公章）

年 月 日



实验项目 14：多细胞动物胚胎发育过程的观察（虚实结合）

实验类型：综合性

实验要求：必做

实验内容：

（一）文昌鱼、海胆和蛙的胚胎发育重要阶段观察（实体部分）

1. 卵裂方式的比较观察

2 细胞期、4 细胞期、8 细胞期、64 细胞期的观察。

2. 囊胚期装片和切片的比较观察

3. 原肠胚期的比较观察

重点观察蛙类的原肠胚早期和原肠胚晚期。

（二）斑马鱼胚胎发育重要阶段观察（虚实结合）

1. 实验目的与要求

（1）实验目的

通过虚拟仿真实验，观察斑马鱼胚胎发育过程，掌握多细胞动物胚胎发育重要阶段，加深对多细胞起源的理解；同时，了解并熟悉斑马鱼的养殖、繁殖前的准备以及受精卵的收集过程。

（2）实验要求

预习并了解实验内容和斑马鱼胚胎发育的重要阶段，能够独立完成斑马鱼胚胎发育重要阶段的观察，和斑马鱼养殖、繁殖前的准备、受精卵的收集等虚拟仿真操作。

2. 实验内容

（1）斑马鱼养殖（虚拟实验）

熟悉斑马鱼养殖系统光周期、pH 值、渗透压和养殖房温度的设定，丰年虫培养系统。熟悉斑马鱼的投喂。

（2）斑马鱼产卵及收集（虚拟实验）

熟悉斑马鱼繁殖前的准备，繁殖时雌雄的比例，受精方式，受精卵的收集方式。

（3）斑马鱼胚胎发育阶段的观察（实体实验和虚拟实验结合）

① 早期胚胎发育的观察（虚实结合）

受精卵发育的条件，观察受精后卵内物质的流动。

卵裂期：观察合子期、2 细胞期至到 64 细胞期，卵裂的方式。

囊胚期：观察 128 细胞期到 30% 外包。

原肠胚期：观察 50% 外包开始到 90% 外包。

② 晚期胚胎发育的观察（虚实结合）

体节期：观察体节出现的位置和形状，眼、脑和尾芽的形成。

咽囊期：观察色素形成、心脏跳动和反射活动。

孵化期：观察斑马鱼躯体和内部结构。

《动物生物学实验》课教学大纲

课程名称 (中文/英文): 动物生物学实验/Animal Biology Experiment							
课程总学时: 36				课程总学分: 1			
实验学时: 36				实验学分: 1			
课程类别	必修/选修	课程类型	学科/专业基础课		设置类别	独立设课	
实验项目数	演示性	0	验证性	9	综合性	4	合计 14
	设计性	1	研究性	0	其他	0	
适用专业: 生物科学, 生物工程							

一、实验教学目的与基本要求

通过实验课教学、验证及综合设计性实验, 加深理解并掌握课堂讲授的理论知识; 熟悉动物生物学的基本操作技术, 提高实验动手能力和观察、分析、解决问题的能力; 培养科学、严谨、实事求是的学风, 为后续专业基础课和专业必修课的学习打下良好的基础。

二、实验课程内容与学时分配

序号	实验项目名称	学时分配	实验类型	备注
1	光学显微镜的构造和使用	1	验证	
2	原生动物门代表动物的观察—草履虫和疟原虫	2	验证	
3	动物上皮、肌肉、结缔和神经组织的观察	1	验证	
4	腔肠动物门代表动物的观察—水螅	2	验证	
5	扁形动物门代表动物的观察—涡虫、吸虫和绦虫	2	验证	
6	蛔虫、环毛蚓的比较解剖观察	3	综合	
7	软体动物门代表动物的观察—河蚌或蛤的外形和内部结构观察	3	验证	
8	螯虾和蝗虫外形和内部结构的比较观察	3	综合	
9	鲤鱼或鲫鱼外形和内部结构的观察	3	验证	
10	家鸡或鸽子外形和内部结构的观察	4	验证	
11	家兔或小白鼠外形和内部结构的观察	4	验证	
12	污水对水生动物的急性毒性实验 (选做)	2	设计	
13	淡水水域中微型动物的分离及鉴定 (选做)	2	综合	
14	多细胞动物胚胎发育过程的观察 (虚实结合)	4	综合	

三、主要仪器设备

序号	试验设备名称	对应实验项目	数量	备注
1	光学显微镜	所有项目	40 台	显微数码互动实验室
2	实体解剖镜			显微数码互动实验室
3	玻片标本	项目 1、2、3、4、5、6	40 套	显微数码互动实验室
4	解剖器（骨剪、解剖刀、剪刀、解剖镊、探针等）、蜡盘、大头针、培养皿、酒精、止血钳等	项目 6、7、8、9、10、11、12	20 套	动物生物学实验室

四、考核方式及成绩评定标准

1. 考核方式：平时作业，绘图、实验报告，随堂测试；
2. 成绩评定标准：百分制。

五、使用教材及主要参考书

1. 使用教材：刘凌云、郑光美主编，《普通动物学实验指导》（第三版），高等教育出版社，2009.

2. 主要参考书：

- (1) 孙虎山主编，《动物学实验教程》，科学出版社，2004.
- (2) 杨琰云、韦正道、屈云芳主编，《动物学实验教程》，科学出版社，2005.
- (3) 白庆笙、王英永主编，《动物学实验》，高等教育出版社，2007.
- (4) 王爱勤、李国忠主编，《动物学实验》，东南大学出版社，2002.

撰写人：

张磊

审核人：

张磊



中国共产党山西大学委员会

关于对“斑马鱼胚胎发育重要阶段观察” 的政治审查意见

经审查，我校王兰等教师申报的“斑马鱼胚胎发育重要阶段观察”，政治方向和价值取向正确。项目建设团队成员政治意识强，能坚持贯彻党的教育方针，以立德树人为中心，遵守党的路线、方针和政策，认真落实虚拟仿真实验教学项目建设的工作要求。虚拟仿真实验教学项目设计具有原创性，对于提升本科实验教学水平与人才培养质量具有积极的推动作用。

中共山西大学委员会
2019年9月16日



“斑马鱼胚胎发育重要阶段观察”

虚拟仿真实验评价意见

《动物生物学》是我校生物科学、生物技术本科专业基础理论课，在其实验课教学大纲中，“多细胞动物早期胚胎发育”是重要内容。但是，由于实验条件限制，之前仅仅能够利用文昌鱼、海胆的玻璃片标本进行静态的二维观察，导致学生很难具有动物早期胚胎发育的动态和立体概念，并且难以形象、生动地理解并掌握多细胞动物起源于单细胞动物的生物发生率，即“重演律”。

自2018年起，我院采用了山西大学生命科学学院王兰教授团队开发的“斑马鱼重要发育阶段观察”虚拟仿真在线教学平台。该平台不但包含了斑马鱼早期胚胎发育的重要阶段，而且涵盖了斑马鱼的养殖、投喂、交配和受精卵的准备情况等。在使用过程中，我们发现该虚拟仿真实验平台用到的所有图形、数据和实验步骤，做到了高度仿真实体实验，特别是在“斑马鱼胚胎发育过程”模块中，能够进行整体无死角的旋转观察。同时，还提供了侧面图和俯视图，真实再现了发育的斑马鱼胚胎特征，特别是一些典型特征，完全能够媲美实体实验，完全适合作为《动物生物学实验》的实验内容。

该虚拟仿真实验平台，设置了较多的互动操作环节。由于是线上服务，使学生能够在课前预习、课后复习，并进行多次反复练习和操作，达到熟悉实验过程、掌握实验技能、深刻理解动物胚胎发育重要阶段的目的。通过虚拟仿真实验操作，不但激发了学生的学习兴趣，而且提高了学生的思维能力。此外，在实验的知识考查模块中，能够帮助学生复习和巩固所学内容，加深印象，融会贯通。

综上所述，通过使用“斑马鱼胚胎发育重要阶段观察”虚拟仿真实验平台，收到了很好的教学效果。

山西师范大学生命科学学院

2019年9月3日

生命科学学院

1410010023342

山西大学虚拟仿真实验教学资源共享协议书

甲方：山西大学生命科学学院

乙方：南京师范大学生命科学学院

虚拟仿真实验教学是在互联网及相关技术不断成熟的条件下建设起来的新型实验教学形式，为了弥补实体实验室在一些高难度、过程复杂等实体实验教学中难以完成的缺陷，甲方进行了《斑马鱼胚胎发育重要阶段虚拟仿真实验》虚拟仿真项目建设。为了充分共享虚拟仿真教学资源，经甲方（山西大学生命科学学院）、乙方（南京师范大学生命科学学院）友好协商，制定了虚拟仿真实验教学资源的开放共享协议：

1、甲方同意将虚拟仿真实验教学资源向乙方免费开放 5 年，并在开放共享过程中向使用学校师生提供技术指导与支持。

2、乙方负责对使用甲方《斑马鱼胚胎发育重要阶段虚拟仿真实验》的学生进行网络安全和用网道德规范教育，并进行监督和管理。

3、甲乙双方每年就虚拟仿真实验教学资源利用、改进及进一步建设进行交流与研讨，以推动虚拟仿真实验教学资源的进一步完善和辐射共享。

4、本协议自签订之日起执行。

未尽事宜双方协商解决。

甲方：山西大学生命科学学院

（签章）

年 月 日

乙方：南京师范大学生命科学学院

（签章）

年 月 日

