

「名家讲坛」

《科学、艺术及美学启发的科学》课程

蒋华北

美国南佛罗里达大学
美国

摘要:《科学、艺术及美学启发的科学》课程融合科学与艺术视角，探讨二者相互启发的美学与逻辑关系。课程内容涵盖梵高画作中的湍流定律、印象派与光生理学、书法中的黄金比例、麦克斯韦方程组的对称美、分形几何、熵与莫奈《干草堆》系列、拓扑与草书、科学启发的艺术创作、光声成像中的对称性破缺、艺术几何学原理及其在医学图像分析中的应用，以及科学理论数学美的量化方法。课程强调跨学科思维，培养从科学角度欣赏和创作艺术、从艺术视角理解和创新科学的能力。

关键词: 科学；艺术；美学；医学图像

中图分类号: G302

一、第一章：艺术中的科学 Science in Art

1. 教学内容:

(1) 梵高与湍流：以物理学未解难题湍流为背景，介绍海森堡的相关评论；分析梵高《星夜》《有丝柏和星星的道路》《麦田上的乌鸦》等画作中的湍流定律。研究发现，画作亮度变化与柯尔莫戈洛夫提出的 $5/3$ 标度律具有超过 90% 的相关性，1881 年的星云观测照片可能为其提供启发。

(2) 印象派与光生理学：阐述赫尔曼·冯·亥姆霍兹 (1867) 建立的视网膜感色细胞理论，阐明颜色是视觉系统的感知而非物体固有属性；分析莫奈“忘记形状、只捕捉颜色块”的创作方法，与传统绘画轮廓描摹形成对比，以《阿让特伊花园里的卡美伊·莫奈》为例。

(3) 中国书法与黄金比例：介绍书法家启功发现欧阳

询、柳公权等书法大家的作品中，汉字视觉中心遵循约 0.618 的黄金比例（如 13×13 网格中焦点位于 $5:8$ 位置）；并以达·芬奇《蒙娜丽莎》中黄金比例的应用作为跨文化印证。

2. 教学要求:

了解：湍流作为物理学未解难题的基本背景；光生理学的基本原理；黄金比例的基本概念。

理解：梵高画作中的湍流模式与物理学标度律之间的量化关联；印象派“颜色块”方法与光生理学原理的内在联系；中国书法视觉中心与黄金比例的对应关系。

掌握：从“科学内容”角度分析艺术作品的初步方法；识别其他艺术作品中隐含的科学原理。

教学方法：案例教学法、问题驱动法、比较分析法、多媒体辅助教学

建议学时：1 学时

通讯作者: 蒋华北 **单位:** 美国南佛罗里达大学 美国

收稿日期: 2026-04-21 **录用日期:** 2026-04-22

DOI: <https://doi.org/10.58244/sha.263957>

二、第二章：科学中的艺术

Art in Science

1. 教学内容：

(1) 麦克斯韦方程组的对称美：麦克斯韦通过引入位移电流实现电与磁的统一，并预言了电磁波；杨振宁对麦克斯韦方程组的评价，杨振宁的规范场理论是受到该对称性大大的启发。

(2) 分形几何的艺术美：分形的自相似性与分数维度；曼德布罗集合；牛顿分形 ($p(z)=z^3-1$) 与广义牛顿分形 ($p(z)=z^4(4+3i)-1$) 的视觉图案；分形在室内和时装设计中的应用。

(3) 贝塔函数与弦理论：贝塔函数的积分 / 微分形式及其等高线图；欧拉发明贝塔函数近 200 年后被韦内齐亚诺用于弦理论散射振幅；弦理论作为“万有理论”的潜力及其数学之美不可否认。

2. 教学要求：

了解：麦克斯韦方程组的四个公式及其物理意义；分形的基本定义和特征；贝塔函数与弦理论的历史关联。

理解：麦克斯韦如何通过对称性思考引入位移电流；分形的自相似性及其视觉表现；数学美在理论物理学中的驱动作用。

掌握：识别科学理论中的对称性和美学要素；举例说明数学对象（如分形）的艺术价值。

教学方法：讲授法、案例分析法、可视化演示法

建议学时：1 学时

三、第三章：数学之美与相位对比扩散光学断层成像

Mathematical Beauty and Phase-Contrast Diffuse Optical Tomography

1. 教学内容：

(1) 传统光子扩散方程及其局限：忽略折射率空间变化的影响。

(2) 新光子扩散方程的推导：本人于 1999 年受一篇论文启发，基于三个数学假设推导出考虑折射率空间变化的修正方程。

(3) 数学美的直觉验证：本人因新增项的数学优雅性和对称性而确信推导正确；数学系同事 Taufiqar Khan 教授无假设推导得出相同结果（仅差一个可忽略的无穷小项）。

(4) 成果总结：该成果收录于本人 2011 年发表该领域的第一本学术著作《Diffuse Optical Tomography》(CRC 出版社)。

2. 教学要求：

了解：扩散光学断层成像 (DOT) 的基本原理；传统光子扩散方程的局限。

理解：折射率空间变化对光子输运的影响；数学假设在理论推导中的必要性和风险。

掌握：体会“数学美”作为理论正确性判断标准的含义；理解对称性在方程推导中的价值。

教学方法：讲述法（科研故事）、问题启发法、比较分析法

建议学时：1 学时

四、第四章：莫奈的画作与热力学第二定律 Monet's Paintings and the Second Law of Thermodynamics

1. 教学内容：

(1) 莫奈《干草堆》系列：约 200 幅同一主题在不同时间、天气条件下的画作。

(2) 熵的计算：数字化画作，基于颜色和亮度分布计算“熵值”。

(3) 结果与热力学第二定律的一致性：熵从早晨到傍晚增加（黄曲线）；雾天（较高温度）熵值高于雪天（蓝曲线）；莫奈在克劳修斯提出熵概念约 40 年后以美学方式精确描绘了热力学第二定律。

2. 教学要求：

了解：热力学第二定律和熵的基本概念；莫奈《干草

堆》系列的创作背景。

理解：画作中颜色 / 亮度分布与熵的对应关系；温度与熵的正相关性。

掌握：能够将物理概念（熵）与视觉艺术特征（色彩分布）建立联系。

教学方法：案例分析法、跨学科联想法、可视化教学

建议学时：1 学时

五、第五章：中国书法与拓扑学

Chinese Calligraphy and Topology

1. 教学内容：

(1) 王羲之书法作品赏析：《兰亭序》（行书）、《黄庭经》（小楷）、《大观帖》（草书）。

(2) 张旭狂草《古诗四帖》：如游龙般的美感。

(3) 草书与拓扑学的可能联系：草书一笔写成字符的方式（如“雪”“爱”），与拓扑学中连续变化下形式不变性的相似性；探讨书法与拓扑学相互启发的可能性。

2. 教学要求：

了解：中国书法主要书体（行、楷、草）的基本特征；拓扑学研究“连续变化下不变性质”的基本思想。

(2) 理解：草书的连贯性与拓扑变换之间的视觉相似性。

(3) 掌握：能够从拓扑视角欣赏和分析草书作品；提出跨学科研究假设。

教学方法：赏析法、类比法、启发式教学

建议学时：1 学时

六、第六章：受科学启发的艺术

Science-inspired Art

1. 教学内容：

(1) 展示科学诗作：七言绝句《量子漂浮》Quantum Drift。

(2) 展示科学书法作品：草书、多体融合作品“藏巧于拙”。

(3) 展示科学绘画作品（共14幅）：布拉格钢笔风景画；丙烯山水画；水彩 / 色粉笔画；受微分几何中里奇流启发的抽象画；受有限元三角网格启发的抽象画；受断层成像启发的抽象画；“四维绘画”（同一空间中表现人生不同阶段）。

(4) 教会学生如何从零基础可以创作艺术作品。

2. 教学要求：

了解：科学（物理学、数学、成像技术）可以成为艺术创作的直接灵感来源。

理解：科学概念（如里奇流、有限元网格、断层成像）如何转化为视觉艺术语言。

掌握：能够尝试从自身专业领域提取科学元素或者其他人文素养进行艺术创作。

教学方法：作品赏析法、创作示范法、实践引导法

建议学时：4 学时

七、第七章：现代科学史和艺术史及人物 History of Modern Science/Art and Their Figures

1. 教学内容：

(1) 学科学史的方法：读传记和文集以培养直觉、获取启迪。

(2) 重要科学家及其贡献：巴丁、库珀、施里弗（BCS 超导理论）；爱因斯坦（相对论、光电效应）；普朗克（量子论）；杨振宁（规范场）；狄拉克（相对论量子力学）。

(3) 重要艺术家及其代表作：毕加索、塞尚、高更、梵高、马蒂斯、蒙德里安、康定斯基、罗斯科。

(4) 有趣的观察（约1900-1925年）：科学领域（普朗克、爱因斯坦、海森堡等）与艺术领域（塞尚、毕加索及各种新艺术流派）几乎同期发生革命性变化；欧美科学界与艺术界的群体相互启发现象。

2. 教学要求：

了解：20 世纪初科学革命与艺术革命的关键人物及其贡献。

理解：科学与艺术在历史发展中的平行性与相互启发关系。

掌握：能够举例说明某一科学发现与某一艺术流派在时间上的关联性。

教学方法：讲授法、历史比较法、时间线教学法

建议学时：4 学时

八、第八章：对称性破缺与定量光声断层成像

Brokenness of Symmetry and Quantitative Photoacoustic Tomography

1. 教学内容：

(1) 光声断层成像 (PAT) 基本原理：基于贝尔 1880 年发现的光声效应；结合光学成像的高对比度与超声成像的高分辨率；通过“聆听光”检测组织吸收的光子；突破纯光学成像的深度和分辨率极限。

(2) 临床与潜在应用：乳腺成像、关节、骨骼肌、心脏、脑成像，以及术中、血管内、内窥镜成像。

(3) 对称性破缺的发现 (2005 年)：传统 PAT 重建仅考虑声波方程，未考虑光输运方程；本人从美学角度感到“不和谐”，提出应同时考虑光声波动方程和光输运方程，形成对称、和谐的反问题，从而恢复组织的本征光吸收系数。

(4) 定量 PAT 方法：两步法——先重建吸收光能量密度，再恢复光吸收系数分布；需通过吸收主导的声学体模进行校准；有限元迭代求解过程。

(5) 实验验证：含纳米颗粒的圆柱体模实验；不同浓度下吸收系数的定量重建；重建尺寸与实际尺寸高度吻合。

2. 教学要求：

了解：光声效应的发现历史；PAT 的基本原理和临床应用。

理解：传统 PAT 为何只能提供定性图像；“对称性破缺”的含义及其对定量成像的影响。

掌握：定量 PAT 的两步重建框架；有限元迭代求解的基本思路；能根据实验结果评估重建精度。

教学方法：原理讲授法、问题驱动法（对称性破缺的

识别与修复）、实验案例分析法

建议学时：1 学时

九、第九章：黄金比例在经典物理与量子物理中的作用

Role of Golden Ratio in Classic and Quantum Physics

1. 教学内容：

(1) 柯尔莫戈洛夫理论与巴切勒理论的统一：柯尔莫戈洛夫理论（大涡）标度因子 $5/3 \approx 1.618$ （黄金比例）；巴切勒理论（小涡）标度因子 1；通过引入 e 的指数衰减项，提出统一公式，可自动回归两个极限情况。

(2) 粒子的超压缩态：假设光子具有物理尺寸；当缝宽等于光子尺寸时，不确定性乘积为零，海森堡不确定性原理失效，粒子进入“超压缩态”。

2. 教学要求：

了解：湍流中柯尔莫戈洛夫理论和巴切勒理论的基本标度律；海森堡不确定性原理。

(2) 理解：黄金比例 (1.618) 在统一两个湍流理论中的桥梁作用；粒子具有物理尺寸的假设如何导致不确定性原理的破缺。

(3) 掌握：能够推导统一公式在极端条件下的回归；理解超压缩态的含义。

教学方法：推导演示法、假设 - 验证法、比较分析法

建议学时：1 学时

十、第十章：艺术几何学：以美学视角探索科学，以科学方法创作艺术

Aesthetic Geometry: Exploring Science Aesthetically and Creating Art Scientifically

1. 教学内容：

(1) 艺术几何学 (AeG) 由本人 2025 年创立，它有两条基本原理：

原理 I (和谐图像原理): 和谐图像包含由圆线和 / 或正交线构成的线条或对象, 呈现平衡或动态平衡。

原理 II (节奏分布原理): 不同灰度 / 色彩等级的形态在图像中节奏分布, 满足 $\sum ACR \approx 0$ 。

(2) 原理的跨领域验证: 蒙德里安、修拉、梵高、毕加索、塞尚、莫奈、高更、齐白石、葛饰北斋; 中国书法; 建筑、音乐、诗歌中的平衡; 物理中的正交电磁场线、圆形磁场线; 数学中的笛卡尔坐标系 (解析几何学)。

(3) 原理 II 的量化分析: 以蒙德里安和马蒂斯的作品为例, 计算各色块的和美度 (DH), 验证“垂直 - 水平幻觉效应”。

(4) 应用一: 抽象艺术创作 - 使用矩形、圆形、三角形, 基于原理 II 生成无限多和谐抽象作品。

(5) 应用二: 医学图像分析 - 乳腺超声图像中, 良性肿瘤边界角度集中在 $90^\circ - 100^\circ$ (正交线附近), 恶性肿瘤有大量锐角; CNN-Resnet 结合 AeG 属性可将分类准确率从 62% 提升至 89%。

2. 教学要求:

了解: 艺术几何学两条原理的基本内容; 跨领域中的和谐与平衡表现。

理解: 原理 II 中 DH 值的计算方法及其与“垂直 - 水平幻觉效应”的关系; AeG 如何用于区分良恶性肿瘤。

掌握: 能够使用 AeG 原理分析一幅绘画的和谐性; 能够将 AeG 思想应用于简单图像分类任务。

教学方法: 原理讲授法、案例分析法、实践操作法、跨学科应用法

建议学时: 4 学时

十一、第十一章: 科学理论数学美的量化 On the Mathematic Beauty of a Theory in Science

1. 教学内容:

(1) 狄拉克的数学美论断 (1970): 具有数学美的理论比符合实验数据的丑陋理论更可能是正确的。

(2) 量化框架的建立: 为物理量赋予“亮度等级” (SL), $0 < SL \leq 10$; 基本原则: $E \geq m \geq p > F > K \geq V > v > a$; 空间和时间维度 $SL = 1.618$ (黄金比例); $SL_E = 10$ 。

(3) 衍生 SL 值: $SL_m = 10$, $SL_p = 10$, $SL_F = 6.18$, $SL_K = 5$, $SL_V = 5$, $SL_v = 1$, $SL_a = 0.618$ 。

(4) 和谐度 (DMB) 计算与分级: $DMB = 0$ 为完美和谐; $DMB \leq 0.35$ 为高度和谐; $DMB \leq 0.70$ 为和谐; $DMB \leq 1.0$ 为中度和谐; $DMB > 1.0$ 为不和谐。

(5) 六个方程的计算示例: 光声波动方程 (0.15)、稳态光子扩散方程 (0.49)、柯尔莫戈洛夫理论 (0.70)、巴切勒理论 (0.21)、薛定谔方程 (依赖波函数)、海森堡方程 (0)。

(6) 结论: 该框架可在无实验验证的情况下评估理论的正确性, 为理论修正提供美学依据。

2. 教学要求:

了解: 狄拉克关于数学美的著名论断; 亮度等级 (SL) 的赋值原则。

理解: 和谐度 (DMB) 的计算方法; 六类方程 DMB 结果的意义。

掌握: 能够对给定方程进行 DMB 计算; 能够根据 DMB 分级判断理论是否需要改进。

教学方法: 原理讲授法、推导演示法、对比分析法

建议学时: 1 学时

作者简介:

蒋华北 美国南佛罗里达大学终身正教授、美国南佛罗里达大学先进生物医学影像研究中心主任、美国医学与生物工程院院士 (2008)、国际光学学会会士 (2007)、美国光学学会会士 (2006), 先后荣获美国卫生部 Shannon

奖（1998）、美国国防部乳腺癌研究计划青年总统奖（1999）、第五届中国侨界贡献奖（2015）、美国 Albert Nelson Marquis 终身成就奖（2018）。

- 研究光学 / 光声 / 微波热声成像科学和技术、影像导引神经调控 / 靶向基因疗法 / 癌症手术、转化医学（乳腺癌、肝癌、甲状腺癌、胃肠癌、脑癌、脑中风、癫痫、抑郁症、药物酒精成瘾、关节炎和糖尿病）及高性能医疗器械产业化。主要科学贡献：蒋华北教授是扩散光学成像领域的奠基人之一，他提出基于非线性和有限元的扩散光学成像理论，奠定了该领域的理论基础。开创了定量光声成像领域和定量微波热声成像领域：他提出光声和热声定量成像理论体系和方法，从而推动多功能参数的定量提取，带来生命健康领域的应用研究跨越式发展。原创性发展了基于模型和有限元方法的激发荧光和生物自发光分子成像技术：他将扩散光学理论拓展到分子断层扫描领域，提出荧光寿命定量成像新方法，实现基因表达的生物发光断层扫描成像。蒋华北教授在国际权威学术期刊上发表论文 500 余篇；从 1998 年起，他连续不间断主持 NIH、NSF 及 DOD 等研究项目，累计获得资助四千万美元；相关研究获美国发明专利 11 项，基于扩散光成像技术在生命健康领域累计获投资经费近亿元；他独著了扩散光学成像、光声成像、热声成像和荧光分子成像四个领域内的世界首部专著。
- 主要艺术经历：
 1. 个人艺术展，诗婢家美术馆，成都，2019 年和 2023 年。
 2. Solo Exhibition selected by Art Show International gallery (USA), 2021.
 3. FolioLink Website Award, the CollexArt 2021 Grand Prize Competition (USA), 2021.
 4. Member, American Impressionist Society (USA), 2022.
 5. Talent Prize Award, the international art competition sponsored by Art Show International gallery (USA), 2022.
 6. Bronze Medal, the Artist Invitational VI(6) competition sponsored by Camelback Gallery (USA), 2023

Science, Art, and Art-inspired Science

Jiang Hubei

(University of South Florida, USA)

Abstract: Science, Art, and Aesthetics-Inspired Science is a course that integrates scientific and artistic perspectives to explore the aesthetic and logical relationships through which the two disciplines inspire each other. The course content covers the laws of turbulence in Van Gogh's paintings, Impressionism and the physiology of light, the golden ratio in calligraphy, the symmetrical beauty of Maxwell's equations, fractal geometry, entropy and Monet's Haystacks series, topology and cursive writing, science-inspired artistic creation, symmetry breaking in photoacoustic imaging, the principles of artistic geometry and their application in medical image analysis, as well as methods for quantifying the mathematical beauty of scientific theories. The course emphasizes interdisciplinary thinking, cultivating the ability to appreciate and create art from a scientific perspective, and to understand and innovate science from an artistic point of view.

Keywords: Science; Art; Aesthetics; Medical image

【水调歌头】 跨界

——看蒋华北教授《科学、艺术及美学启发的科学》有感

作者 覃晓春

看画几曾识，颜色藏方程。

黄昏光影，却有熵律暗中生。

谁搅星河涡卷，解得湍流旧谱，意趣自纵横。

枯湿淡浓里，笔下见坤棱。

拆光声，剖分子，造影清。

微波漾处，万象重组见新晴。

不问丹青文理，本是一源分后，帘落两无惊。

惊在回眸际，跨界已浑成。

(词林正韵 毛滂体)