

沉默与对话的博弈：基于 LSA 的高中物理课堂师生互动行为模式研究

曹咏祺 (南昌市外国语学校 江西 330108; 陕西师范大学物理学与信息技术学院 陕西 710119)

王丹娜 李贵安* (陕西师范大学物理学与信息技术学院 陕西 710119)

张 帅 (华东师范大学数学科学学院 上海 200241)

范 兵 (华南师范大学物理学院 广东 510006)

摘 要 以高中物理优质课堂师生互动行为模式为着力点,采用滞后序列分析法(LSA),结合 T-SEDA 编码体系,对第十五届全国中学物理青年教师教学大赛的 8 节获奖课例展开多维度解析。研究发现,优质课堂中师生互动以“推理邀请—推理—关联”为核心行为链,不同教学内容(力学与电学)的互动模式呈现显著差异。基于此,提出优化策略:(1)反思物理学科教学本质:强化“推理—关联”行为链;(2)构建内容适配策略:针对内容特点优化互动行为;(3)培育高阶科学思维:加强“批判性对话”训练,以期物理教育课堂研究的方法创新与实践转化提供循证参考。

关键词 高中物理课堂 滞后序列分析 T-SEDA 编码 师生互动

文章编号 1002-0748(2025)10-0002

中图分类号 G633·7

文献标识码 B

在大科学时代背景下,物理课堂教学作为科学人才培养的核心阵地,其有效性关乎国家拔尖创新人才队伍和科技竞争力建设。随着《中国教育现代化 2035》对“创新人才培养方式”的战略部署,以启发式、探究式、参与式、合作式为特征的新型教学模式逐渐成为主流范式^[1]。这类模式通过师生间的深度对话与思维碰撞,为学生科学思维培养提供了有效路径。师生互动作为课堂教学的主要环节,不仅是知识传递的重要媒介,更是科学思维孵化的关键场域。然而,现有研究多聚焦于互动行为的频次统计或单一教学片段的质性描述,鲜有对互动结构动态序列的系统性探讨,尤其缺乏对优质课堂中师生互动逻辑关联与模式特征的进一步剖析。

滞后序列分析(Lag Sequential Analysis, LSA)作为一种基于事件链的研究方法,能够充分揭示行为间的时序关联与显著性规律,为解析课堂互动动态结构提供了新视角。近年来,该方法在智慧教育环境下的师生行为分析中初显成效^[2],但其在物理学科尤其是优质课堂情境中的应用仍存在显著空白。清华大学张羽团队^[3]与华南师范大学宋宇团队^[4]基于我国课堂文化特征改编的 T-SEDA 编码

体系,为精准刻画我国物理课堂的互动特征提供了适切性工具。

基于此,本研究以第十五届全国中学物理青年教师教学大赛课例为研究对象,通过滞后序列分析法,整合 T-SEDA 编码体系,希冀探索两大核心问题:(1)优质物理课堂中师生互动的动态序列具有哪些显著性特征?(2)不同教学内容互动模式是否存在结构性差异?通过解析优质课堂的互动模式,以期物理教师优化教学设计、构建高效对话框架提供循证依据,同时为课堂互动研究的方法创新与本土化实践提供参考。

1 研究设计

1.1 研究对象

本研究以第十五届全国中学物理青年教师教学大赛的 8 节获奖课例为研究对象。该比赛是国内中学物理教学领域权威性高、覆盖面广的全国性赛事,其评审标准严格,评审标准遵循《普通高中物理课程标准(2017 年版 2020 年修订)》,课例质量代表了一线课堂教学的先进水平,具有较高的研究价值^[5]。为系统探究优质课堂的互动模式的共性与差异,研究依

* 通讯作者:李贵安。

据主题重要性、地域多样性、风格代表性原则,从高中组获奖课例中选取力学与电学主题的课堂实录各 4 节,所选课例覆盖东北、东南、西南、西北等地域。

1.2 研究方法

本研究采用滞后序列分析法,通过计算事件间的条件概率与残差显著性(Z-score),揭示行为序列的动态关联规律,从而解析师生互动的时序逻辑^[6]。具体步骤如下:

(1) 编码:基于 T-SEDA 体系对师生对话行为进行分类标记;

(2) 序列提取:统计相邻行为对的频次,构建转移频率矩阵;

(3) 残差计算:通过调整后的残差(Adj. Residuals)检验序列显著性($Z\text{-score}>1.96, P<0.05$);

(4) 可视化建模:利用 GSEQ5.1 生成行为序列转换图,标识核心节点与关键路径。

1.3 研究工具

本研究采用清华大学张羽团队与华南师范大学宋宇团队改编的 T-SEDA 编码体系。该体系包含 15 类对话行为指标(见表 1),涵盖知识建构(如推理、关联)、情感反馈(如认同、质疑)与沉默行为(如结构性沉默),具有较强的操作性。

表 1 高中物理课堂师生互动 T-SEDA 编码体系

编码指标	简要定义
拓展邀请 (Elaboration Invitation, ELI)	邀请学生对老师或其他学生的贡献进行补充、阐释、评价或澄清
拓展(Elaboration, EL)	在交流中,对自己或他人的贡献进行补充、阐释、评价或澄清。例如,交流中展现出实质性的新信息或新视角等
推理邀请 (Reasoning Invitation, REI)	在对话中,明确要求对贡献进行解释/论证,或邀请推测(新情境)、预测、假设等
推理(Reasoning, RE)	对自身或他人的贡献提供解释或论证。包括引用证据(如从文本中提取语言例证)、类比(并说明原因)、区分概念、分解或分类观点等
归纳邀请 (Co-ordination Invitation, CI)	邀请基于两个及以上贡献进行综合、总结、比较、评估或解决方案
简单归纳 (Simple co-ordination, SC)	综合或总结集体观点(至少包含自身和/或他人观点)。比较或评估不同意见、视角和信念。在讨论后提出解决方案或共识观点
基于证据的归纳 (Reasoned co-ordination, RC)	以推理方式比较、评估并整合两个及以上贡献(例如:我同意 A 同学的观点,因为她的想法比 B 同学的有更多证据支持)

续 表

编码指标	简要定义
认同 (Agreement, A)	明确接受或同意陈述(例如“优秀”“是的”“非常好”)
质疑 (Querying, Q)	通过言语表达的方式对“对话中的某陈述”表示怀疑,包括对陈述的全部内容或部分内容进行质疑(或否定)
回溯关联 (Reference back, RB)	提及对话参与者都熟知的(指向特定活动或时间点)的先前知识、信念、经历或贡献(例如,还记得上次实验失败的原因吗? 这次要注意什么?)
广域关联 (Reference to wider context, RW)	通过引入学科内容、课堂或学校以外的知识、信念或经验,建立所学内容与更广泛背景的关联
结构性沉默 (Structural silence, SU)	学生可能感到被“沉默”,这种沉默可能与社会场合和人际交往相关
策略性沉默 (Strategic silence, SA)	学生选择不表达或说出话语,这种决定可能由交互的其他参与者和情境因素影响,但该沉默更具“个人特质”
其他邀请 (Other Invitation, OI)	其他不能编码为上述任何相关邀请编码的邀请内容
其他 (Other, O)	其他不能编码为上述任何编码类型的对话轮次

1.4 实施过程

(1) 行为编码。正式编码前,对两名物理教育专业研究生进行 T-SEDA 编码培训,编码方式为将文本记录中的每一个时间点下的对话划分为一个话轮,依据指标内涵对每一个话轮进行分类。随后让两位研究生对 8 节课例进行独立编码,利用 SPSS 计算 Kappa 一致性系数,针对分歧点进行讨论并达成共识,最后得到 8 节课例的编码结果^[7]。

(2) 数据分析。将 8 节课例的编码结果导入 GSEQ5.1,生成行为转移频率矩阵,保留 $Z\text{-score}>1.96(P<0.05)$ 的显著序列。绘制行为序列转换图,节点大小表示行为频次,箭头粗细标识残差值强度,直观呈现核心路径。

2 研究结果

2.1 优质课堂互动模式共性分析

2.1.1 师生互动行为频次分布特征

通过对 8 节获奖课例的编码分析(总频数 $N=1238$),发现优质课堂的师生互动行为呈现显著集中趋势。拓展邀请(ELI)(占比为 19.95%)、推理邀请(REI)(占比为 19.06%)与推理(RE)(占比为 18.66%),三者累计占比近 60%,构成互动行为核心(见图 1)。从“邀请”中可以看出优质课堂将机会给予学生,符合建构主义理论中“支架式教学”的特

鼓励学生基于证据归纳观点(RC),通过认同(A)强化参与动机,并进一步邀请拓展(ELI),推动知识精细化(EL)。例如,在力的分解讨论中,学生总结“正交分解可简化运算”(RC),教师肯定后追问“为何选择特定坐标系?”(ELI),促使学生补充数学依据(EL)。

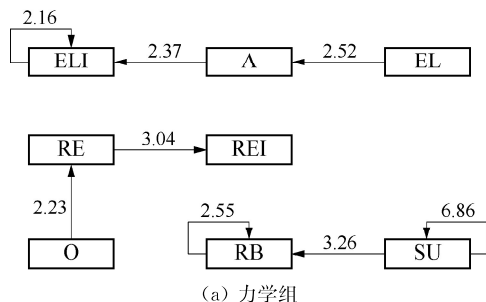
针对策略性沉默(SA),教师通常采用 SA→RB→O 路径,通过回溯关联(RB)激活学生已有知识。例如,当学生无法解释“铁屑排列异常”时(SA),教师提示“回忆地磁场特点”(RB),引导学生联系地磁影响(O),有效化解认知难点。

2.2 优质课堂互动模式差异性分析

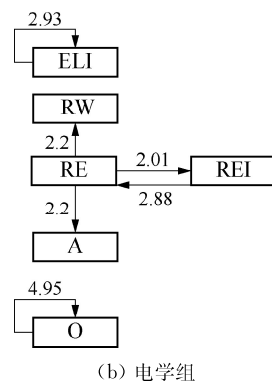
为深入展现不同优秀课例师生课堂对话序列的差异,本研究基于高中物理课堂的典型结构特征,结合物理学科“以实验为基础”的本质属性,将优秀课例的课堂教学划分为情境导入、新知讲授、实验探索、总结反思四大核心环节。在此基础上,将所选获奖课例依据教学内容的不同,划分为电学组与力学组,各包含四个教学课例,依据各组教学环节的残差表数据绘制了不同教学环节课堂对话结构序列转换图,深入对比不同环节中课堂对话结构序列的差异特征。

2.2.1 情境导入:推理导向与知识关联导向

在情境导入环节,电学组聚焦推理特征,高频序列为 RE→RW、RE→A[见图 3(b)],教师通过趣味实验,(如“莱顿瓶放电现象”)引发学生推理电学原理的实验驱动路径,但导入方式相对单一,且仅 RE→REI→RE 单一的推理链,缺乏 SC、RC 等高阶归纳。而力学组呈现出多元路径,包括 SU→RB 旧知激活、O→RE→REI 探究循环以及 EL→A→ELI 情感强化等[见图 3(a)],触发深度思考,教师多采用对学生已有知识的回顾或拓展等方式展开教学。例如,教师以“回顾惯性定律”(RB)激活旧知,再通过拓展提问(ELI)衔接新课,体现支架式教学的设计理念。



(a) 力学组

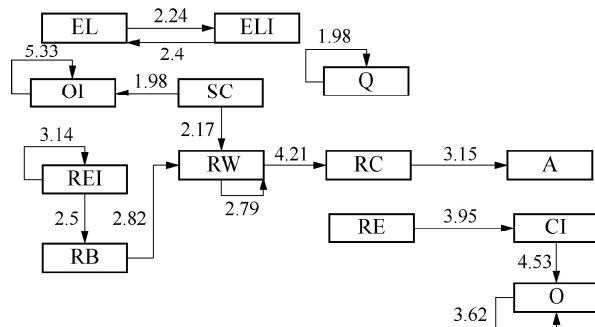


(b) 电学组

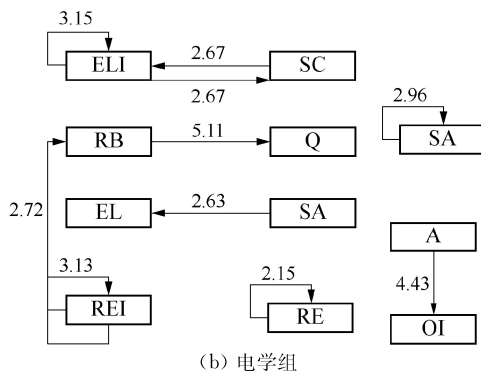
图 3 情境导入环节互动序列差异

2.2.2 新知讲授:协作归纳与引发认知冲突

在课程讲授环节,力学组核心路径为 RW→RC→A[见图 4(a)],教师通过生活实例激活默认模式网络,如火箭推进关联跨学科知识(RW),引导学生协作归纳(RC)完成证据整合并强化认同(A)强化学习动机。子路径 SC→RW→RC→A 表明,小组讨论(SC)是深化概念理解的关键。电学组的显著序列为 RB→Q[见图 4(b)],反映出教师需频繁质疑(Q)学生前概念,通过回溯关联(RB)引发认知冲突。教育神经科学的证据表明,教师通过引入驳斥性材料来刺激学生大脑抑制控制前概念的脑区[如左腹外侧前额叶皮层(VLPC)与背外侧前额叶皮层(DLPC)],能够有效纠正学生的迷思概念^[8]。



(a) 力学组



(b) 电学组

图 4 新知讲授环节互动序列差异

2.2.3 实验探索:完整探究链与问题驱动调试

在实验探索环节,力学组的核心序列为 O→EL→SU→REI→RE→OI[见图 5(a)],能够构成完整探究链。例如,学生操作“斜面加速度实验”(O)时,教师拓展注意事项(EL),针对沉默(SU)提出推理任务(REI),最终通过开放性指导(OI)深化结论。电学组以 A→REI→RE→OI 为主要关注点[见图 5(b)],教师通过演示实验快速切入问题调试。例如,学生发现“磁感应强度异常”(O)后,教师引导回溯磁感线分布(RB),学生小组讨论(SC)提出“磁极不均匀”假说,体现“问题提出→合理假设→实验验证”的探究科学实践逻辑。

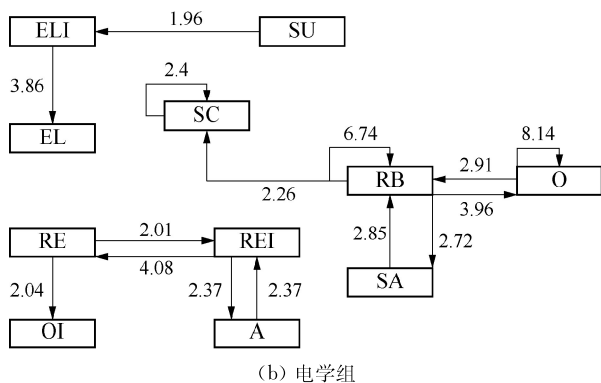
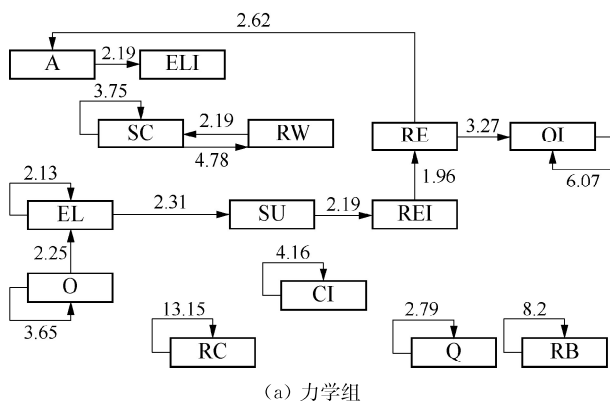


图 5 实验探索环节互动序列差异

2.2.4 总结反思:知识拓展与情境迁移

如图 6 所示,在总结反思环节中,力学组的高频路径为 RB→EL 与 ELI→EL[见图 6(a)],教师向“更高处撑一支长篙”,通过具体情境回溯(RB)与邀请拓展(ELI),驱动学生延伸知识边界。教师提出开放性问题“如何用牛顿定律解释太空微重力实验?”,引导学生结合跨学科知识(如航天工程)进行延伸。而电学组的核心序列为 A→RW→REI→SC[见图 6(b)],教师向“青草更青处漫溯”,凸显情境迁移。例如,教师肯定初步结论,引入“地磁场与航海导航”实

例(RW),提问“磁场强度变化的影响”(REI),最终通过归纳(SC)锚定核心概念“磁感线的基本特点”。

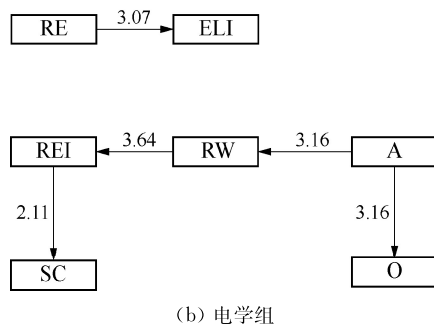
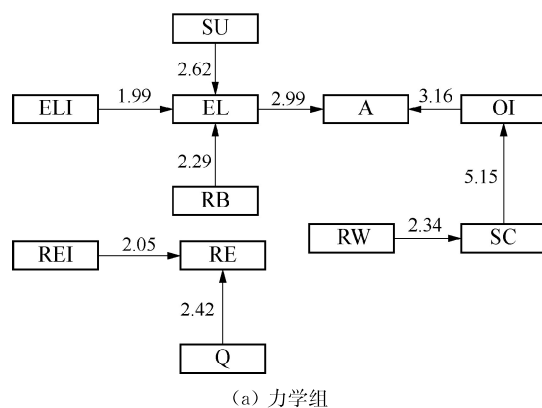


图 6 总结反思环节互动序列差异

3 教学建议

基于优质课堂互动模式的共性规律与差异性特征,从物理学科本质、教学内容适配及高阶思维培育三个维度提出以下教学优化策略,以期为教师构建高效互动框架提供循证支持。

(1) 反思物理学科教学本质:强化“推理—关联”行为链。

物理学科的本质在于通过逻辑推理与知识迁移构建科学认知体系。教师需以“推理(RE)—关联(RB/RW)”行为链为核心,推理链纵向深化、关联链横向迁移,两链结合形成螺旋上升,重构课堂对话逻辑。社会建构主义理论强调知识通过互动与协作构建,而“推理—关联”链正契合“最近发展区”的支架作用^[9]。因此,在力学教学中,可以通过 SU→RB→ELI 序列激活旧知。例如,讲解“能量守恒定律”时,先创设情境“过山车为何能循环运行?”(SU),引导学生精准回溯动能与势能转换(RB),再阶梯式追问“若轨道存在摩擦,能量如何变化?”(ELI)。在电学教学中,可以采用 RE→RW 路径深理解。例如,在演示“法拉第电磁感应”实验后提问:“为何线圈切割

磁感线会产生电流?”(REI),引导学生推理电磁感应原理(RE),并关联发电机工作原理(RW),通过连续推理与跨情境关联,促进知识从记忆向应用跃迁。

(2) 构建内容适配策略:针对内容特点优化互动行为。

物理教学需结合学科内容特征设计差异化互动模式。在力学教学中,强化协作归纳与生活情境的关联^[10],优先采用 RW→RC→A 路径。例如,讲解“牛顿第三定律”时,引入火箭发射(RW)与划船反冲(RW)案例,组织小组讨论(SC)比较案例共性,引导学生归纳(RC)“作用力与反作用力”特性,教师即时认可(A)并邀请补充(ELI)。在电学教学中,重视前概念干预与微观具象化。针对抽象概念(如“电场强度”),采用 RB→Q 序列干预错误认知。例如,先回溯“电荷间引力公式”(RB)明确指向特定前概念,再质疑(Q)“为何电场强度与检验电荷无关?”包含认知冲突点,结合类比(“温度计测量不影响室温”)具象化微观机制。

(3) 高阶科学思维的培育:加强“批判性对话”训练。

优质课堂需以“批判性对话”为载体,推动学生从知识记忆转向逻辑论证^[11]。批判性思维的核心在于“基于证据的质疑与反思”,而“批判性对话”通过师生互动中的假设、验证与修正实现这一目标。教师常以“推理探索”与“知识关联”为核心,对学生展开高频的“拓展邀请(ELI)”与“推理邀请(REI)”,引导学生展开推理(RE),自主构建知识的逻辑。这表明优质物理课堂中教师更加侧重通过“批判性对话”的方式,通过设计“证据链”任务,启发学生批判

性思维。例如在“电磁感应”教学中,提供矛盾数据(如“部分线圈未切割磁感线仍产生电流”),要求学生通过 REI→RE→RC 序列提出假设、论证并归纳结论,教师仅充当“质疑者”(Q)与“资源提供者”(RW),强化学生的高阶科学思维。

参考文献

- [1] 中共中央国务院. 中国教育现代化 2035[EB/OL]. [2025-04-27]. http://www.gov.cn/zhengce/2019-02/23/content_5367987.htm.
- [2] 杨鹤,刘盼盼. 基于滞后序列的智慧学习环境下课堂师生互动行为分析[J]. 湖北第二师范学院学报, 2023(2): 75—80.
- [3] Long Y, Luo H, Zhang Y. Evaluating large language models in analysing classroom dialogue[J]. npj Science of Learning, 2024, 9(1): 60.
- [4] 宋宇,许昌良,朱佳,等. 面向思维培养:基于精准标注技术的智能化课堂教学分析及应用[J]. 华东师范大学学报(教育科学版), 2023(8): 79—89.
- [5] 范兵,欧阳仪,黄艺彦. 优质课物理教师 TPACK 表现特征研究[J]. 中学物理, 2024(11): 12—17.
- [6] Bakeman R, Gottman J M. Observing interaction: An introduction to sequential analysis[M]. Cambridge university press, 1997.
- [7] 范兵. 基于视频分析的课堂教学行为研究——以高中物理“力的合成”同课异构为例[J]. 湖南中学物理, 2023(6): 7—10.
- [8] 王丹娜,李贵安,张帅,等. 教育神经科学视域下的高中物理教学优势与建议[J]. 中学物理教学参考, 2025(10): 10—15.
- [9] 田雪蕊,姜春明,张启业,等. 基于物理情境的高中生科学推理能力测评与教学建议[J]. 物理教学, 2023(12): 7—12, 71.
- [10] 姜庆荣. 基于情境创设的物理生活化教学启示——以“垂钓”情境教学为例[J]. 物理教师, 2025(3): 22—24, 32.
- [11] 欧阳亮,王鹏飞,胡典顺. 批判性思维的特质与本土化培养策略[J]. 教学与管理, 2024(9): 7—11.

(上接第 23 页)

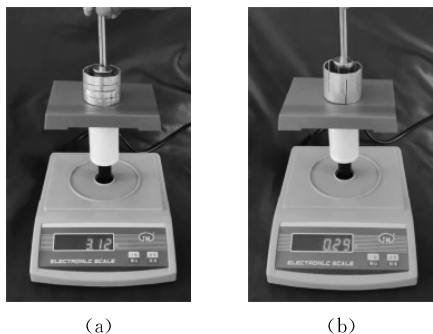


图 5 强磁铁插入 C 环(左)、D 环(右)时电子秤示数

4 结 语

本文从新教材“双铝环实验”出发,基于教材,发

展教材,引导师生做问题探究的“有心人”,从“司空见惯”的物理问题深度探究,便会从疑惑到惊喜,挖掘出宝藏。

探究过程遵循物理学科特点,理论分析与实验相结合,使不闭合铝环的转动原因更明确、更易懂。特别是对铝环不同切口方式减少涡流的探究,进行了实验的创新设计,通过数据对比可知平行于磁感线方向切口减少涡流效果更好,达到了知识的升华。

参考文献

- [1] 彭前程,黄恕伯. 物理(选择性必修第二册)[M]. 北京:人民教育出版社, 2021: 28.
- [2] 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(2017 年版 2020 年修订)[S]. 北京:人民教育出版社, 2020.