

# 教学解释与自我解释在学习中的不同作用

张译允\*, 田悦, 周芸妃

辽宁师范大学心理学院, 辽宁 大连

收稿日期: 2026年3月12日; 录用日期: 2026年4月7日; 发布日期: 2026年4月21日

## 摘要

教学解释法和自我解释法是两种常用的样例学习方式, 有关二者在不同类型(或学科)知识中的学习效果, 研究结果并不统一。目前尚不清楚在不同类型知识学习中采用哪种学习方式更好。文章综述以往研究中两种学习方法分别在学习中的作用, 揭示影响二者矛盾结果的主要原因, 包括知识内容的性质、学习者不同的知识经验水平和学习者的特征等。并尝试提出二者相融合的支架式教学模式, 建议采用以自我解释法为主、教学解释法为辅的教学方法, 为有效应用两种样例学习方式提供可行性建议。未来研究需加强对两种样例学习方式在学习中的作用机制的探讨, 同时关注这些学习方式在真实教学情景中的学习效应。

## 关键词

教学解释法, 自我解释法, 样例学习

# The Different Roles of Instructional Explanation and Self-Explanation in Learning

Yiyun Zhang\*, Yue Tian, Yunfei Zhou

College of Psychology, Liaoning Normal University, Dalian Liaoning

Received: March 12, 2026; accepted: April 7, 2026; published: April 21, 2026

## Abstract

The instructional explanation method and self-explanation method are two kinds of commonly worked-sample learning methods. The research results are not uniform about the learning effect of

\*通讯作者。

**the two methods in different types (or disciplines) of knowledge. It is not clear which learning style is better in different types of knowledge learning. This paper reviews the effects of the two learning methods in the previous studies, and reveals the main reasons that affect the contradictory results of the two methods, it includes the nature of knowledge content, the different level of knowledge and experience of learners and the characteristics of learners. It also tries to put forward the scaffolding teaching mode which combines the two methods, and advocates the teaching method which is mainly based on self-explanation method and supplemented by instructional explanation method, and provides feasible suggestions for the effective application of the two worked-sample learning methods. In the future, we should pay more attention to the mechanism of the two learning modes, and the learning effects of these learning modes in real teaching situations.**

## Keywords

**Instructional Explanation Method, Self-Explanation Method, Worked-Example Learning**

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 前言

我国是教育大国,有关教育教学体制改革出台了若干文件,越来越强调要改进教学方式和学习方式来建立以学生发展为本的新型教学关系,同时变革教学组织形式(《关于深化改革教育体制机制改革的意见》)。我国义务教育课程标准也明确提出了,要以学生启发为主。《义务教育数学课程标准(2022年版)》提到,“教学活动应注重启发式,激发学生学习兴趣,引发学生积极思考,鼓励学生质疑问题,引导学生在真实情境中发现问题和提出问题……”。可见,只靠教师讲授、学习者死记硬背式学习已不再满足时代的要求,追求意义学习、自主学习、终身学习的目标更加明确。

教学解释法和自我解释法是两种典型的样例学习方式,帮助学习者通过阅读、观察和思考样例,习得相关知识、技能与策略。其中,教学解释法是学习者在学习样例过程中,教师或研究人员对样例给予解释,包括对题目相关的概念或者规则的解释,以及对问题如何解决加以说明。自我解释法是在样例学习过程中,学习者通过口头或书面语言向自己解释,帮助学习者对学习内容进行有意义的关注和深层次的处理,进而修复知识缺陷,更好地实现知识的内化,提高学习者学习的积极性(Chi et al., 1989)。由此可见,教学解释法和自我解释法侧重于通过样例帮助学习者进行知识的意义学习,使学习脱离知识表面形式的限制,着眼于知识间的联系,引发学习者深入学习。二者的有效融合为实现以学生发展为本,注重学生自主学习、意义学习的启发式教学模式提供了可供选择的方向。

但目前关于两种学习方式的研究比较零散,多聚焦在各自的学习特征及在教与学中的单独应用,缺少二者结合应用的系统性研究。学界尚未明确不同类型(或学科)知识学习中应采用哪种方式,更不清楚如何有效地将二者融合于新型的教育教学过程中。因此,本文结合我国教学实际,总结两种方法在不同学科知识学习中的作用,分析导致其学习效果矛盾的主要影响因素,并基于此来探讨如何更好地使用教学解释法和自我解释法,为两种样例学习方式更好地服务于学习与教学提供建议。

## 2. 自我解释法在不同学科知识学习中的应用

已有大量研究探讨了自我解释法在不同学科知识学习中的作用,但结果并不统一。有研究发现了自我解释法在学科知识学习中的有效性。自我解释法在学科知识学习中的有效性首先体现在语文阅读理解

学习中,景艳梅,路海东(2009)研究发现,应用自我解释法的学习者相对于控制组对文本的理解力更高。McNamara (2004)的系列研究也表明,阅读过程中增加自我解释环节,能帮助学习者使用领域通用知识提升阅读理解成绩。除阅读理解外,自我解释法在物理、化学、数学等学科知识学习中的作用也十分显著。例如,在物理学习中,Li 等人(2024)以中学生对物理概念的理解为研究对象开展研究,结果表明,自我解释是一种切实可行的方法,能够提升学生进行科学解释的能力。在化学学习中,Villalta-Cerdas & Sandi-Urena (2014, 2016)研究发现,自我解释法和教师教学一样,都促进了学习者对化学概念的理解和规则的运用,提升了学习者的化学成绩。此外,自我解释法在数学学习中的有效性也已经得到了证实。例如,Rittle-Johnson et al. (2017)采用元分析的方法对 26 篇关于自我解释法促进数学学习的文章进行分析,结果发现,当学习者进行自我解释时,学习者在数学学习中程序性知识、概念性知识和对程序性知识迁移的能力会得到小幅到中等程度的提高。这一实验结果体现在学龄前到成年群体的各种数学主题的知识学习中。

虽然有大量研究揭示了自我解释法在不同学科学习中的重要性,但也有部分研究没有发现自我解释法的有效性。例如,Hilbert 等人(2008)发现,在不完整样例学习中诱发学习者的自我解释策略会增加学习者过多的内在认知负荷导致其学习效果下降。当学科内容中提供的信息详细时,引发学习者的自我解释会产生良好的效应,反之则增加负荷降低学习效果。Baars 等人(2018)发现在中学物理教学中,自我解释策略并不能提高学习者学习过程中自我监控和调节选择的有效性以及问题解决的成绩。这可能是由于自我解释是一项额外的任务,这对学习者来说要求太高,无法从中受益。

### 3. 教学解释法在不同学科知识学习中的应用

相对于自我解释法的丰富研究,教学解释法在知识学习中的研究较少,主要集中在数学学习中,并且结果并不统一。

有研究发现应用教学解释法可以提高学习者的数学学习成绩。Lachner & Nueckles (2016)考察了储备知识量不同的教师的指导性解释对学习者的学习效果的影响。结果发现,无论是储备知识量较少的数学教师还是储备知识量丰富的数学家运用教学解释法帮助学习者的学习效果都优于没有接受教学解释法的学习者。张奇,张华(2014)的研究发现,在比例运算样例的学习中,通过样例为学习者提供教学解释的小组学习者成绩明显优于学习普通样例的学习者。并且,学习者先验知识的掌握程度越高,教学解释法下的学习效果就越好。

但也有研究未发现教学解释法在学科学习中的有效性。例如,Große & Renkl (2006)探究了多种解释法对数学中算术学习的影响,但并没有发现教学解释法的优势。还有研究者发现,在学习中原本有效的教学解释法下学习的样例随着学习者经验的增加而失去了它的有效性。并且,如果教学解释和学习材料并没有结合到一起同时呈现,学习者则需要投入更多认知资源来整合这两种信息,造成额外的认知负荷,不利于学习效率的提高(Wittwer & Renkl, 2008)。

基于上文提及的关于教学解释法和自我解释法各自的优缺点和加工特征,如何在教学中高效整合应用二者是当前亟待解决的问题,现有研究和分析倾向于支持两种方法相结合的支架式教学模式。

### 4. 两种样例学习方式在不同学科知识学习中作用的影响因素

总结两种样例学习方式在不同类型(或学科)知识中的作用发现,影响二者学习和教学效果的矛盾结果的因素主要包括以下几个方面:

(一) 知识内容的性质。知识内容对两种样例学习方式的影响首先体现在知识难度上。不同难度水平的知识学习所适用的学习和教学方法不同。例如,张奇,张华(2014)考察了小学四年级学习者学习“解释”

样例和“解释-标记”与普通样例的迁移效果。结果发现采用“解释-标记”样例和“解释”样例的方式学习分数乘除法运算规则的远迁移成绩明显优于普通样例,但在近迁移成绩上三者差异不显著。这主要是因为学习乘除法运算规则比较容易,通过普通样例的学习就可以领悟和掌握,教学解释法的优势无法展现出来,反而会给学习者造成额外的负担,只有在有难度的远迁移上才能看出教学解释法的促进效应。同时有研究发现,对于有一定难度知识的学习,学习者在自我解释学习中并非都是正确的,对样例做出错误的解释会阻碍学习者进行下一步的学习,并且在学习新知识时,很多学习者单靠自我解释会面临无法理解这个问题的困难,存在解决障碍(吴庆麟,杜伟宇,2003)。在学习较复杂,有一定难度的知识时,教学解释法可以帮助学习者克服困难,检查、修正错误观念,正确地理解解题的原理、规则及问题的解决过程。而在学习简单知识时,学习者可以依靠自我解释加强对知识的理解,即自我解释法会发挥更好的作用。

其次,不同学科中考查的知识类型不同也会导致样例学习方法的效果存在差异。有研究发现,相对于程序知识的学习,应用教学解释法学习概念知识的学习效果更好(Kulgemeyer, 2020; Wittwer & Renkl, 2010)。Wittwer & Renkl(2010)分析了21篇实验研究,结果发现教学解释法对概念知识的获得有显著的积极影响,但对其近迁移、远迁移以及情境知识的研究效应大小并不显著。这说明,教学解释帮助学习者发展大量的陈述性知识,但问题解决通常需要整合陈述性知识和程序性知识,是从陈述性知识到程序性知识的转变,因此教学解释法对问题解决的影响是间接并且相对薄弱的(Anderson, 1988; Rittle-Johnson et al., 2001)。Van Gog等人(2008)发现在学习者获得概念知识后再进行教学解释法会抑制更深入地学习和理解。在学习一项复杂认知活动中,一旦学习者掌握了解决问题的程序,教师继续提供过程信息将导致迁移任务中出现更多冗余信息,降低学习效率,即教学解释法抑制了学习效率。研究者认为这是由于教学解释法导致了学习者额外的认知负荷。Richey & Nokes-Malach(2013)发现了相似的实验结果,他们将其归因为过多的教学解释法抑制了自我解释法的产生,自我解释会促进概念的深入学习和远迁移效果。而自我解释法已经被证实可以在研究解决问题的例子时提高问题解决技能的获得(Joo et al., 2020; Matthews & Rittle-Johnson, 2009; Rittle-Johnson, 2006)。同时有研究发现,自我解释法的知识的迁移效果好于教学解释法。

最后,知识内容信息的丰富度不同,采用的解释方式也不相同。研究发现,如果知识内容匮乏,那么教学解释法生动完整地讲解会产生较好的学习效果;如果所学习的知识内容本身足够丰富,那么教学解释法会给学习者带来多余的认知负荷,学习效果反而变差。例如,与文字材料相比,学习图表材料的学习者在学习时产生更多的自我解释,而且学习的时间更短,效率更高(Ainsworth & Loizou, 2003)。

不同学科所考察的知识内容的难度、知识类型以及信息丰富程度都存在或多或少的不同,例如,英语和语文这类学科更多的是概念性知识,而数学和物理等学科则需要学习者不仅掌握概念性知识还要更好地掌握程序性知识。根据上述内容,在教学过程中,针对不同学科的特定知识特征,需要采用不同的样例解释方法。

(二)学习者不同的知识经验水平。当学习者知识经验不足时,应用教学解释法的学习效果更为明显,当学习者知识丰富后,应用教学解释法的学习效果减弱,甚至妨碍学习者的学习产生负面的效应。例如,Acuña等人(2011)通过多媒体向不同先验知识学习者演示板块构造过程。结果发现,低先验知识的学习者从教学解释中学到更多,而高先验知识的学习者没有在教学解释中受益的迹象。Rey & Fischer(2013)在基于计算机环境下使用教学解释法来测试专业知识逆转效应,发现接受了教学解释法帮助的新手在迁移方面的表现好于没有接受教学解释的新手。但与新手相反的是,接受了同样教学解释法帮助的专家在迁移时表现更差,在计算机程序上的时间花费了更多的时间。

相比之下,自我解释法要求学习者已经储备了足够的知识经验,即储备知识越丰富的学习者会产生

更好的自我解释效应。例如, Chi 等人(1994)发现, 与领域知识少的学习者相比, 领域知识多的学习者会进行更多自我解释, 学习效果更好。正如 Chi 等人在 1989 年的研究发现, 先验知识经验不同的学习者在数量(学习时间)和质量(自我解释的质量)方面都存在差异。Chi 解释不同成绩学习者产生不同自我解释效应时提到, “好”学习者在理解中学习会产生许多解释, 这些解释提炼和扩展了示例解决方案的动作端口的条件, 并将这些动作与学习材料中的规则联系起来。这些自我解释是通过对自己的理解和误解的准确监控来指导的。这样的学习产生了独立于实例的知识, 可以更好地理解学习材料中的规则。而“差”学习者更倾向于依赖榜样, 较难产生自我解释, 较难准确地监控自己的学习情况。因此, 学习者必须有足够的知识储备才能应用自我解释法, 对于知识水平不同的学习者, 应该进行分类教学, 因材施教。

由此可见, 自我解释法更适用于拥有丰富知识经验的学习者, 而教学解释法更适用于知识经验相对匮乏的学习者。

(三) 学习者的特征, 如认知需要、学习风格、兴趣和动机状态也会对学习者选择哪种样例解释法产生影响。例如, Yu & Kyoungmin (2018)的研究发现, 认知需求低的学习者更倾向于采用教学解释法, 而认知需求高的学习者更倾向采用自我解释法, 并且应用自我解释法的学习效果更好。Belenky & Nokes-Malach (2013)通过操纵学生的动机(就成就目标而言), 并测量这对自我解释的影响中发现, 相比于掌握方法目标和表现接近目标, 表现回避目标会产生较多的自我解释。然而, 研究者认为掌握目标的学习者会更倾向于采用建设性的认知活动(如自我解释), 而那些没有定向的学习者则更加依赖于教学解释法。这可能是由于个体差异以及不同学习动机对不同学习活动的相对影响效果不同, 对于不同学习动机的相对影响效果如何不同还需要在未来做深入的探索。

综合现有证据来看, 教学解释法和自我解释法在学科知识学习中均存在一定的适用边界, 并非在所有情况下使用教学解释法或自我解释法都能促进意义学习。相反, 不恰当地运用两种学习方法反而会加重学习负担, 影响学习效果(VanLehn et al., 2003)。

## 5. 两种解释法相融合的支架式教学模式

教学解释法和自我解释法是可以相互补充的, 甚至可以通过互补来增强学习效应。恰当的教学解释可以引导并且促进学习者的自我解释效应, 帮助学习者深入其中, 真正地理解知识, 同时防止学习者在错误的自我解释上浪费过多时间和精力。自我解释法也可以使教学解释法的效应增加, 帮助学习者将注意力集中在重点知识上, 将新的信息与现有的知识结合起来, 以便获得更完整的表达, 促进知识的迁移。事实上已有研究表明, 学习过程中同时包含自我解释法和教学解释法两种学习条件, 会比仅有自我解释法或教学解释法产生更好的学习效果。因此, 未来的教学实践中可以尝试将二者相融合为支架式教学模式, 以期更好地提升学习者的学习效果。下面我们将具体论述如何针对不同学习群体和不同学习知识将自我解释和教学解释两种方法更好地结合应用。

首先, 低先验知识的学习者需要依托教学解释法的支持, 高先验知识水平的学习者可以侧重于自我解释法的应用。当学习者难以理解学习内容, 或无法判断自我解释的正确性时, 教师可提供教学解释, 且教学解释应设计得简单、通俗易懂。因此, 精准评估学习者的知识水平尤为重要。如果学习者的知识水平达到了最近发展区, 可直接引导其进行自我解释法; 若未达到, 则先采用教学解释法使学习者获得基本的概念知识, 再引发学习者进行自我解释法。

其次, 难度过大或缺少信息支撑的知识, 需增加教学解释的辅助, 帮助学习者理解知识材料、攻克难题; 难度适中或支撑信息丰富的学科知识, 则应引导学习者更多地进行自我解释, 帮助其深入理解知识, 建立自我效能感, 激发学习者的学习动机。此外, 教学中可结合学科内容性质, 选择直观的教学方法与呈现方式, 将抽象知识具象化, 有利于促进学习者的自我解释。例如, 在数学概念的学习中, 教师

可通过教具、实物或模型辅助教学，让学习者获得更鲜明、具体的感性知识，进而促进其深入思考与自我解释。

最后，自我解释法和教学解释法可以采取支架式教学的模式进行更充分的结合。支架式教学是一种将皮亚杰的建构主义和维果斯基的最近发展区作为主要的理论基础，基于“以学习者为中心、教师给予指导”的教学理念而展开的教学方法，其目的在于培养学习者自发建构知识、主动学习以及积极解决问题的能力，使其成为独立的思考者和学习者(麻彦坤, 2006; Tobias, 2010)。本文建议可将两种解释法适度融入支架式教学的模型中：(1) 鉴定学习者已有的学习水平，判断学习者是否有足够的能力应用自我解释法来完成新的学习任务，还是需要教学解释法来帮助其稳固基本的知识概念和规则的掌握，也就是说在这一阶段需要鉴别学习者的先验知识经验。(2) 教师在学习者应用自我解释法的学习过程中应进行适当监督，检查学习者在自我解释过程中是否存在错误情况。如果学习者自我解释存在偏差或不正确，教师需要通过教学解释法提供学习者相关的知识。(3) 教师要时刻注意学习者能否继续应用自我解释方法，即学习者是否需要新的概念知识才能继续学习新的任务。如果学习者不需要新知识，则顺其自然；如果发现学习者需要新的概念支撑，则提供脚手架，即教学解释，在这一阶段需要注意的是相对于学习者而言学习内容的难度。

除此之外，成就动机较弱的学习者更依赖于教学解释法，成就动机较强的学习者则倾向自我解释(Lee & Anderson, 2013; Richter-Beuschel & Bögeholz, 2020)。同样地，高能力学习者具备更多的知识技能，足够应用自我解释法，而低能力学习者缺乏相关的认知技能，应用教学解释法能使低能力学习者获得更多的陈述性知识。因此，应用教学解释和自我解释方法时，也应该充分考虑到学习者自身的特征和学习习惯，做到因材施教。

## 6. 总结与展望

综上所述，本文总结了学习者在不同类型(或学科)知识学习中采用自我解释法和教学解释法的应用成果，分析了可能导致学习者学习效果差异的主要原因，并基于此尝试提出支架式教学下的自我解释法和教学解释法相结合的教学模式，即教师可为学习者预留充足思考时间，鼓励其开展自我解释，同时在其解释过程中适度提供教学解释支持，并适时减少或停止教学解释，以避免增加学习者认知负荷。这种教学模式优势互补，并在支架式教学模式下优化了两种解释方法的特点。但是，关于自我解释法和教学解释法相结合的研究较少，而支架式教学模式也缺少实证性研究。因此，未来研究可以从两种样例学习方式在学习中的不同作用机制，以及如何对支架式教学模式下的自我解释法和教学解释法的教学方法开展更加系统的探究和检验入手，具体体现在以下几个方面：

第一，关注于自我解释法和教学解释法在不同学科知识学习中应用效果的研究。目前有关教学解释法和自我解释法的相关研究主要集中在有具体解题步骤的学科知识，例如，数理化学科知识的学习。而根据我国《教育部关于普通高中学业水平考试的实施意见》，除了数语外、物化生和政史地等科目考试，还需要注重艺术(或音乐、美术)、体育与健康、通用技术、信息技术等科目的考核。《普通高中学校办学质量评价指南》文件也提出，要坚持培养全面发展的社会主义建设者和接班人。事实上不同的学科知识所依赖的认知加工过程和学习策略也不相同。例如高中物理需类比、推理等策略，高中历史则侧重记忆、整合等策略(沈建民, 2002; 谢国平, 2002)。因此，未来研究可进一步探讨两种样例学习方式在音乐、美术、计算机、医学等其他学科方面的学习效果。尤其是随着年龄的增长，学会学习变得越发重要，如何充分发挥自我解释作用，并与教学解释高效融合是学生面向不同学科知识的学习所必须要考虑的问题。

第二，不同类型知识所侧重的表征模式也不相同。例如，陈述性知识主要以概念、符号、图式等方式进行表征，阐述“是什么”；而程序性知识更多是以产生式或产生式系统储存在头脑中的知识进行表

征, 阐述“如何做”(吴红耘, 2009)。事实上, 已有研究发现教学解释法相对于自我解释法对获取陈述性知识更有益, 而自我解释法对获取程序性知识更有效。对于同一类知识内容, 知识呈现方式也可能不同, 如数学知识通常可以表征为言语化数学、符号化数学或情境化数学(Zhou & Zeng, 2022)。认知神经科学实验证据表明, 言语化数学更多依赖语义加工网络, 在大脑上更加依赖顶颞叶和额颞叶联结区域, 而这些区域也是数学创新能力的核心脑区(Patil et al., 2021)。符号化数学更多依赖视空加工网络, 在大脑上体现在额顶叶和顶内沟区域。这提示我们, 不同表征模式下的知识所依赖的加工机制不同, 对应的学习和教学方法也未必相同。因此, 可进一步探讨两种样例学习方式在不同表征模式下的知识学习中的作用。未来研究可以采用相同的实验范式, 在同一研究中对同一类别知识在不同表征方式(如言语化、符号化和情境化知识)下中自我解释法和教学解释法的作用。

第三, 需要深入探讨自我解释法和教学解释法发挥作用的机制问题。目前虽然已有研究揭示了两种学习方式在不同条件下的不同作用, 但我们不能仅仅停留在简单的学习结果层面, 需要揭示原因, 深层次地探究自我解释和教学解释法为什么会发挥作用, 即二者在学习过程中作用的认知加工过程(如注意转换、执行功能等)以及相关认知神经机制到底是什么。这不仅有利于丰富自我解释法和教学解释法发挥作用的理论基础, 同时为更好地实施以学生发展为本的新型教学模式提供参考。因此, 未来研究可结合学习者个体因素(先验知识、认知负荷等)和学习材料特征(知识性质、表征模式等), 基于认知神经科学技术, 深入探讨两种方法的学习加工机制, 以及二者相融合后可能带来最佳学习和教学效应的内在可能性原因。

最后, 应关注支架式教学下的自我解释法和教学解释法相结合教学模式在真实教学环境中学习效应。已有研究发现, 教学解释法与自我解释法可以通过互补来增强学习效应, 尽管有学者尝试将二者共同进行应用, 但并未在真实教学环境中实行。自我解释和教学解释相结合的方法是否能很好地与课堂实践相融合还有待深入论证。因此, 未来研究可以打破情景局限性, 在课堂实践中应用并检验支架式教学下的自我解释和教学解释结合的教学模式的效果。此外, 在线学习逐渐发展成学生不可或缺的一种学习方式, 该场景中教学解释法的应用更为广泛, 例如, 教学代理是为了引导学习者在视频教学中而在计算机屏幕上呈现的拟人人物形象(Sikström et al., 2022; Soliman & Guetl, 2011)。如何保证在线学习者专注学习的前提下, 诱发学习者自我解释法, 产生意义学习甚至是创新学习是一种挑战, 需要研究者们做进一步探究。因此, 未来研究可结合在线教学的优势和不足, 从教学内容(例如, 学科知识差异、知识表征模式差异、内容复杂性差异等)、在线平台特征(例如, 注意线索选择)、学习者认知特征(例如, 注意力、认知负荷、记忆偏好等)、多媒体教学方法等多方面对基于在线课堂的支架式教学下的自我解释法和教学解释法进行检验和论证, 以为线上学习提供更具可行性的建议。

## 基金项目

- 1、省级：学科融合视域下的心理健康教育课程综合实践教学研究 LNYJG2023272；
- 2、校级：核心素养视域下大学生心理健康课程思政情境式教学设计与实践研究 lsbkjg202411。

## 参考文献

- 景艳梅, 路海东(2009). 自我解释与工作记忆对汉语阅读理解的影响. *心理科学*, 32(4), 1009-1011.
- 麻彦坤(2006). 社会建构论心理学对维果茨基思想的继承和发展. *心理科学进展*, (1), 154-160.
- 沈建民(2002). 高中物理学习策略及其教学对策浅探. *教育科学研究*, (5), 31-34.
- 吴红耘(2009). 修订的布卢姆目标分类与加涅和安德森学习结果分类的比较. *心理科学*, 32(4), 994-996.
- 吴庆麟, 杜伟宇(2003). 自我解释的研究. *心理科学*, 26(6), 1671-6981.
- 谢国平(2002). 分析法在高中历史教学中的应用. *教育科学研究*, (1), 34-36.
- 张奇, 张华(2014). 物体受力分析正误样例组合的学习效果. *心理科学*, 37(1), 117-123.

- Acuña, S. R., García Rodicio, H., & Sánchez, E. (2011). Fostering Active Processing of Instructional Explanations of Learners with High and Low Prior Knowledge. *European Journal of Psychology of Education, 26*, 435-452. <https://doi.org/10.1007/s10212-010-0049-y>
- Ainsworth, S., & Th Loizou, A. (2003). The Effects of Self-Explaining When Learning with Text or Diagrams. *Cognitive Science, 27*, 669-681. [https://doi.org/10.1207/s15516709cog2704\\_5](https://doi.org/10.1207/s15516709cog2704_5)
- Anderson, J. R. (1988). Acquisition of Cognitive Skill. In A. Collins, & E. E. Smith (Eds.), *Readings in Cognitive Science* (pp. 362-380). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-1-4832-1446-7.50032-7>
- Baars, M., Leopold, C., & Paas, F. (2018). Self-Explaining Steps in Problem-Solving Tasks to Improve Self-Regulation in Secondary Education. *Journal of Educational Psychology, 110*, 578-595. <https://doi.org/10.1037/edu0000223>
- Belenky, D., & Nokes-Malach, T. (2013). The Role of Achievement Goal Motivation in Self-Explanation and Knowledge Transfer. In M. Knauff, M. Pauen, N. Sebanz, & I. Wachsmuth (Eds.), *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society* (Vol. 35, pp. 1881-1886). Cognitive Science Society.
- Chi, M. T. H., Bassok, M., Lewis, M. W., Reimann, P., & Glaser, R. (1989). Self-Explanations: How Students Study and Use Examples in Learning to Solve Problems. *Cognitive Science, 13*, 145-182. [https://doi.org/10.1207/s15516709cog1302\\_1](https://doi.org/10.1207/s15516709cog1302_1)
- Chi, M. T. H., De Leeuw, N., Chiu, M., & Lavancher, C. (1994). Eliciting Self-Explanations Improves Understanding. *Cognitive Science, 18*, 439-477. [https://doi.org/10.1207/s15516709cog1803\\_3](https://doi.org/10.1207/s15516709cog1803_3)
- Große, C. S., & Renkl, A. (2006). Effects of Multiple Solution Methods in Mathematics Learning. *Learning and Instruction, 16*, 122-138. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.02.001>
- Hilbert, T. S., Renkl, A., Kessler, S., & Reiss, K. (2008). Learning to Prove in Geometry: Learning from Heuristic Examples and How It Can Be Supported. *Learning and Instruction, 18*, 54-65. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.10.008>
- Joo, H., Lee, J., & Kim, D. (2020). Advancing the Design of Self-Explanation Prompts for Complex Problem-Solving. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research, 19*, 88-108. <https://doi.org/10.26803/ijlter.19.11.6>
- Kulgemeyer, C. (2020). A Framework of Effective Science Explanation Videos Informed by Criteria for Instructional Explanations. *Research in Science Education, 50*, 2441-2462. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9787-7>
- Lachner, A., & Nückles, M. (2016). Tell Me Why! Content Knowledge Predicts Process-Oriented of Math Researchers' and Math Teachers' Explanations. *Instructional Science, 44*, 221-242. <https://doi.org/10.1007/s11251-015-9365-6>
- Lee, H. S., & Anderson, J. R. (2013). Student Learning: What Has Instruction Got to Do with It? *Annual Review of Psychology, 64*, 445-469. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143833>
- Li, Y., Su, C., & Ouyang, F. (2024). Integrating Self-Explanation into Simulation-Based Physics Learning for 7th Graders. *Journal of Science Education and Technology, 33*, 286-299. <https://doi.org/10.1007/s10956-023-10082-9>
- Matthews, P., & Rittle-Johnson, B. (2009). In Pursuit of Knowledge: Comparing Self-Explanations, Concepts, and Procedures as Pedagogical Tools. *Journal of Experimental Child Psychology, 104*, 1-21. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2008.08.004>
- McNamara, D. S. (2004). SERT: Self-Explanation Reading Training. *Discourse Processes, 38*, 1-30. [https://doi.org/10.1207/s15326950dp3801\\_1](https://doi.org/10.1207/s15326950dp3801_1)
- Patil, A. U., Madathil, D., & Huang, C. (2021). Healthy Aging Alters the Functional Connectivity of Creative Cognition in the Default Mode Network and Cerebellar Network. *Frontiers in Aging Neuroscience, 13*, Article ID: 607988. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2021.607988>
- Rey, G. D., & Fischer, A. (2013). The Expertise Reversal Effect Concerning Instructional Explanations. *Instructional Science, 41*, 407-429. <https://doi.org/10.1007/s11251-012-9237-2>
- Richey, J. E., & Nokes-Malach, T. J. (2013). How Much Is Too Much? Learning and Motivation Effects of Adding Instructional Explanations to Worked Examples. *Learning and Instruction, 25*, 104-124. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2012.11.006>
- Richter-Beuschel, L., & Bögeholz, S. (2020). Knowledge of Student Teachers on Sustainable Land Use Issues-Knowledge Types Relevant for Teacher Education. *Sustainability, 12*, Article 8332. <https://doi.org/10.3390/su12208332>
- Rittle-Johnson, B. (2006). Promoting Transfer: Effects of Self-Explanation and Direct Instruction. *Child Development, 77*, 1-15. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2006.00852.x>
- Rittle-Johnson, B., Loehr, A. M., & Durkin, K. (2017). Promoting Self-Explanation to Improve Mathematics Learning: A Meta-Analysis and Instructional Design Principles. *ZDM, 49*, 599-611. <https://doi.org/10.1007/s11858-017-0834-z>
- Rittle-Johnson, B., Siegler, R. S., & Alibali, M. W. (2001). Developing Conceptual Understanding and Procedural Skill in Mathematics: An Iterative Process. *Journal of Educational Psychology, 93*, 346-362. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.93.2.346>
- Sikström, P., Valentini, C., Sivunen, A., & Kärkkäinen, T. (2022). How Pedagogical Agents Communicate with Students: A Two-Phase Systematic Review. *Computers & Education, 188*, Article 104564. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104564>

- Soliman, M., & Guetl, C. A. (2011). A Survey of Pedagogical Functions of Intelligent Agents in Virtual Learning Environments. *Journal of Internet Technology, 12*, 995-1005. <https://doi.org/10.6138/JIT.2011.12.6.13>
- Tobias, S. (2010). Generative Learning Theory, Paradigm Shifts, and Constructivism in Educational Psychology: A Tribute to Merl Wittrock. *Educational Psychologist, 45*, 51-54. <https://doi.org/10.1080/00461520903433612>
- van Gog, T., Paas, F., & van Merriënboer, J. J. G. (2008). Effects of Studying Sequences of Process-Oriented and Product-Oriented Worked Examples on Troubleshooting Transfer Efficiency. *Learning and Instruction, 18*, 211-222. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2007.03.003>
- VanLehn, K., Siler, S., Murray, C., Yamauchi, T., & Baggett, W. B. (2003). Why Do Only Some Events Cause Learning during Human Tutoring? *Cognition and Instruction, 21*, 209-249. [https://doi.org/10.1207/s1532690xci2103\\_01](https://doi.org/10.1207/s1532690xci2103_01)
- Villalta-Cerdas, A., & Sandi-Urena, S. (2014). Self-Explaining Effect in General Chemistry Instruction: Eliciting Overt Categorical Behaviours by Design. *Chemistry Education Research and Practice, 15*, 530-540. <https://doi.org/10.1039/c3rp00172e>
- Villalta-Cerdas, A., & Sandi-Urena, S. (2016). Assessment of Self-Explaining Effect in a Large Enrolment General Chemistry Course. *Educación Química, 27*, 115-125. <https://doi.org/10.1016/j.eq.2015.11.007>
- Wittwer, J., & Renkl, A. (2008). Why Instructional Explanations Often Do Not Work: A Framework for Understanding the Effectiveness of Instructional Explanations. *Educational Psychologist, 43*, 49-64. <https://doi.org/10.1080/00461520701756420>
- Wittwer, J., & Renkl, A. (2010). How Effective Are Instructional Explanations in Example-Based Learning? A Meta-Analytic Review. *Educational Psychology Review, 22*, 393-409. <https://doi.org/10.1007/s10648-010-9136-5>
- Yu, S., & Lee, K. (2018). The Effect of Interaction between Instructional Explanation and Need for Cognition on Problem Solving in Self-Explanation Learning. *Korean Association for Learner-Centered Curriculum and Instruction, 18*, 329-347. <https://doi.org/10.22251/jlcci.2018.18.7.329>
- Zhou, X., & Zeng, J. (2022). Three-Component Mathematics for Students. *Infant and Child Development, 31*, e2283. <https://doi.org/10.1002/icd.2283>