

The Effectiveness of Group Training Based on Cognitive Load Theory on Understanding the Concepts of Science and Academic Enthusiasm in Elementary Male Students

Mahdi Starami ¹ | Siavash Talapasand ²

1. Master of Educational Psychology, Department of Educational Psychology, Faculty of Psychology and Educational Sciences, Semnan University, Semnan, Iran. E-mail: mahdi.estarami@gmail.com
2. Corresponding Author, Professor, Department of Educational Psychology, Faculty of Psychology and Educational Sciences, Semnan University, Semnan, Iran. E-mail: stalepasand@semnan.ac.ir

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research Article Article history: Received: 28 December 2023 Received in revised form: 30 August 2023 Accepted: 18 September 2024 Published online: 21 September 2024 Keywords: cognitive load, understanding concepts, academic enthusiasm, Experimental sciences.	The present study aimed to determine the effectiveness of cognitive load theory-based group instruction on understanding science concepts and academic motivation in sixth-grade elementary school boys. The research design was a quasi-experimental pre-test-post-test with a control group. The statistical population consisted of all sixth-grade boys in non-public elementary schools in Kordkuy city, Golestan province, in the academic year 2020-2021. A sample of 50 students was selected using a multi-stage random sampling method and randomly assigned to an experimental group (n = 25) and a control group (n = 25). Participants completed a researcher-made science concept understanding test and the Academic Motivation Questionnaire (Fredricks et al., 2004). The cognitive load theory-based group instruction program was implemented over 6 sessions. The hypotheses were tested using the analysis of covariance model. The findings indicated that the cognitive load theory-based group instruction strategy was effective in improving science concept understanding ($p < 0.01$) and academic motivation ($p < 0.05$, $t = 3.01$). The results of the study suggest that cognitive load theory-based group instruction helps students better understand science concepts and improves academic motivation. The implications of this study are particularly important for the science curriculum in the elementary school years.
Cite this article: Starami, M., Talepasand, S. (2024). The Effectiveness of Group Training Based on Cognitive Load Theory on Understanding the Concepts of Science and Academic Enthusiasm in Elementary Male Students. <i>Journal of Educational Psychology Studies</i>, 21 (55), 1-20. DOI: 10.22111/JEPS.2024.41098.4884	



© The Author(s).

DOI: [10.22111/JEPS.2024.41098.4884](https://doi.org/10.22111/JEPS.2024.41098.4884)

Publisher: University of Sistan and Baluchestan



اثربخشی آموزش گروهی مبتنی بر نظریه بار شناختی بر درک مفاهیم علوم و اشتیاق تحصیلی در دانش آموزان پسر ابتدایی

مهدی استارمی^۱ | سیاوش طالع پسند^۲

۱. کارشناسی ارشد روانشناسی تربیتی، گروه روانشناسی تربیتی، دانشکده روان شناسی و علوم تربیتی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران. رایانامه:

mahdi.estarami@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، استاد، گروه روانشناسی تربیتی، دانشکده روان شناسی و علوم تربیتی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران. رایانامه: stalepasand@semnan.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	پژوهش حاضر با هدف تعیین اثربخشی آموزش گروهی مبتنی بر نظریه بار شناختی بر درک مفاهیم علوم و اشتیاق تحصیلی در دانش آموزان پسر پایه ششم ابتدایی انجام شد. این پژوهش از نظر هدف کاربردی و در زمره طرح‌های نیمه آزمایشی با پیش‌آزمون - پس‌آزمون و گروه کنترل بود. جامعه آماری کلیه دانش‌آموزان پسر پایه ششم ابتدایی مدارس غیر دولتی شهر کردکوی در استان گلستان که در سال تحصیلی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ مشغول به تحصیل بودند. نمونه‌ای به حجم ۵۰ نفر با روش نمونه‌گیری تصادفی چند مرحله‌ای انتخاب و به طور تصادفی ۲۵ نفر در گروه آزمایش و ۲۵ نفر در گروه کنترل قرار گرفتند. شرکت کنندگان آزمون درک مفاهیم علوم محقق ساخته و پرسشنامه‌ی اشتیاق تحصیلی (فردریکس و همکاران، ۲۰۰۴) را تکمیل کردند. برنامه آموزش گروهی مبتنی بر نظریه بار شناختی در طی ۶ جلسه اجرا شد. این برنامه توسط پژوهشگر و مبتنی بر اصول نظریه بارشناختی طراحی شد. روایی محتوایی پروتکل آموزشی توسط دو ارزیاب مستقل بررسی شد. فرضیه‌ها با مدل تحلیل کوواریانس آزمون شدند. یافته‌ها نشان داد که راهبرد آموزش گروهی مبتنی بر نظریه بار شناختی بر درک مفاهیم علوم ($p < 0/001$) و اشتیاق تحصیلی ($t = 3/01, p < 0/005$)، مؤثر بوده است. نتایج پژوهش نشان داد که آموزش گروهی مبتنی بر نظریه بار شناختی به دانش‌آموزان کمک می‌کند تا مفاهیم علوم را بهتر درک کنند و اشتیاق تحصیلی را بهبود می‌بخشد. تلویحات آن به‌ویژه برای برنامه درسی علوم تجربی در دوره ابتدایی مهم است.
واژگان کلیدی: بارشناختی، درک مفاهیم، اشتیاق تحصیلی، علوم تجربی.	

استناد: استارمی، مهدی؛ طالع پسند، سیاوش (۱۴۰۳). اثربخشی آموزش گروهی مبتنی بر نظریه بار شناختی بر درک مفاهیم علوم و اشتیاق تحصیلی در دانش‌آموزان پسر ابتدایی. *مطالعات روانشناسی تربیتی*، ۲۱ (۵۵)، ۲۰-۱.

DOI: [10.22111/JEPS.2024.41098.4884](https://doi.org/10.22111/JEPS.2024.41098.4884)



مقدمه

یکی از ویژگی‌های بارز انسان کنجکاوی است که از دوران کودکی تا پایان عمر او را به دانستن و کشف حقایق و پرده برداری از مجهولات سوق می‌دهد این نیروی درونی تکاپوی انسان را برای کسب علم و گریز از جهل افزون می‌کند، به همین دلیل نقش علوم تجربی در این حوزه بسیار اساسی و تکیه بر آن بسیار ضروری است (رستم زاده و همکاران، ۱۴۰۲). شواهد نشان می‌دهد درس علوم تجربی یکی از دروس پایه و اساسی در نظام آموزشی است که تأثیر مستقیم آن در توسعه اقتصادی، علمی، اجتماعی، فرهنگی، سیاسی و افزایش سرمایه‌های مادی و معنوی یک جامعه به خوبی نمایان است (فلاح تفتی، ۱۴۰۱). از مهم‌ترین دستاوردهای آموزش علوم تجربی در مدارس، تربیت افرادی است که دارای معلومات و آگاهی‌های لازم هستند تا بتوانند منطقی فکر کرده و آگاهانه تصمیم بگیرند (هارلن^۱، ۱۳۹۹). از طرفی، درس علوم تجربی از نظر نوع مفاهیم آموزشی و ماهیت مطالب به گونه‌ای است که یادگیری موفقیت‌آمیز و پیشرفت هدفمند در آن، ظرفیت بالای تفکر و قدرت بالای درک و فهم و استدلال دانش‌آموزان را طلب می‌کند (سامری و همکاران، ۱۴۰۱). یکی از مولفه‌های پایه در رشد تفکر و جستجوی علمی دانش‌آموزان در درس علوم تجربی، درک مفاهیم^۲ است. درک مفاهیم یکی از مهارت‌های اساسی در فرایند یاددهی-یادگیری است و به عبارت دیگر محصول فرایند یادگیری است که دانش‌آموزان می‌توانند اطلاعات و مفاهیم کسب شده را پردازش، سازماندهی و در حل مسائل درسی به کار گیرند (پرامیتا و پوتری^۳، ۲۰۲۳).

درک مفاهیم عبارت است از توانایی دانش‌آموزان در تسلط بر مطالب درسی است که می‌توانند که مفاهیم درسی یاد گرفته شده را به خوبی و با جزئیات بیان کنند (آدیسنا^۴ و همکاران، ۲۰۲۰). بنابراین درک مفاهیم علوم، متأثر از شناخت، دانش و آگاهی دانش‌آموزان است و کارایی، توانمندی

^۱. Harlen.

^۲. Understanding concepts

^۳. Pramita & Putri.

^۴. Adisna

و اشتیاق دانش‌آموزان در درس علوم را تحت تأثیر قرار می‌دهد (شن^۱ و همکاران، ۲۰۱۶، کاپونیتان^۲ و همکاران، ۲۰۲۳). این امر اهمیت اشتیاق تحصیلی^۳ در درس علوم را می‌رساند که یکی از پیشایندهای مهم پیشرفت و از سازه‌های مهم در روانشناسی تربیتی است. اشتیاق تحصیلی یکی از مولفه‌های موثر در آموزش می‌باشد که نقش مهمی در حل مشکلات و بهبود پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان ایفا می‌کند (جونگ و ریو^۴، ۲۰۲۲). افزایش اشتیاق تحصیلی که از جهت به رابطه معلم - دانش‌آموز بستگی دارد (ایزدپناه و محمدرضایی، ۲۰۲۲). اشتیاق تحصیلی در دانش‌آموزان منجر به خودکارآمدی، نظارت، برنامه‌ریزی، هماهنگی و پیشرفت بیشتر در انجام تکالیف درسی می‌شود و همچنین علاقه و نگرشی مثبت به تحصیل پیدا می‌کنند تا به نتایج مطلوب برسند (نخستین گل دوست و همکاران، ۱۳۹۸). دانش‌آموزانی که در یک فعالیت کلاسی با اشتیاق شرکت می‌کنند، به این نتیجه می‌رسند که این فعالیت‌ها با ارزش‌ها، عقاید و افکارشان به طریقی که زندگی را درک می‌کنند سازگار است و باعث می‌شود که دانش‌آموزان آزادانه در آن فعالیت شرکت کنند و به عملکرد مطلوب دست پیدا کنند (لوه و لو^۵، ۲۰۱۲). عوامل مختلفی بر درک مفاهیم علوم و بروز اشتیاق تحصیلی اثر دارد، اما اثر بخشی یک متغیر جدید یعنی بار شناختی^۶ بر اهمیت آن می‌افزاید. بار شناختی کل باری است که توسط مواد آموزشی در زمینه دانش قبلی و فرایندهای شناختی یادگیرنده بر روی حافظه کاری قرار می‌گیرد (آیرس^۷، ۲۰۱۷). نظریه بار شناختی یک نظریه آموزشی مبتنی بر دانش ما از شناخت انسان است و بیان می‌کند که دانش‌آموزان تنها یک ظرفیت حافظه کاری خاص در اختیار دارند و یک مدل با هدف به حداکثر رساندن پردازش ذهنی محتوای مرتبط ارائه می‌کند در حالی که

Shen.^۱

Capunitan.^۲

Academic Enthusiasm^۳

Jung and Ryu.^۴

Luh & Lu^۵

cognitive load^۶

Ayres^۷

اثرات منفی محتوای نامربوط که باعث بار شناختی اضافی می‌شوند را به حداقل می‌رساند (سوئلر^۱ و همکاران، ۲۰۱۹). در نظریه بار شناختی سه منبع مؤثر در هر فعالیت یادگیری بر حافظه فعال تحمیل می‌شود: بارشناختی ذاتی یا درونی^۲ از پیچیدگی یک فعالیت یادگیری و محتوای آموزشی نشئت می‌گیرد (پارک^۳ و همکاران، ۲۰۱۵). بارشناختی خارجی یا بیرونی^۴ ناشی از طراحی مواد آموزشی نامناسب و ضعیف است و همچنین بارشناختی مرتبط یا مطلوب^۵ باری است که در طول شکل‌گیری محتوای آموزشی جدید و تنظیم ساختارهای ذهنی پدید می‌آید. که به‌طور مستقیم در فرایند یاددهی _ یادگیری دخالت دارد و عملکرد را بهبود می‌بخشد (پاس^۶ و سوئلر، ۲۰۱۴). هدف طراحی آموزشی براساس نظریه بارشناختی این است که بارشناختی بیرونی را کاهش دهد، بارشناختی درونی را مدیریت کند و بارشناختی مطلوب را افزایش دهد (سوئلر، ۲۰۱۱). بعضی از شواهد اثربخشی نظریه بارشناختی در طراحی آموزشی را تایید کرده‌اند. برای مثال آموزش براساس نظریه بارشناختی تأثیر مثبتی بر روی عملکرد یادگیری خود تنظیم و قضاوت فراشناختی (و انگ^۷ و همکاران، ۲۰۲۳)، یادگیری مفاهیم درس علوم تجربی (رضازاده شرمه و هاشمی، ۱۳۹۹؛ عبدی، ۱۳۹۸؛ عبدی و رستمی، ۱۳۹۶)، ظرفیت حافظه‌کاری و یادگیری با فاصله زمانی معین در درس ریاضی (چن^۸ و همکاران، ۲۰۱۸)، درک مفهومی و توانایی حل مسئله در درس ریاضی (ریزنواتی^۹ و همکاران، ۲۰۱۸؛ آیرس^{۱۰}، ۲۰۰۶ و آزادی، ۱۳۹۶)، پیشرفت تحصیلی و کارایی بالاتر، بارشناختی

Sweller.^۱^۲. intrinsic cognitive load^۳. Park^۴. extraneous cognitive load^۵. germane cognitive load^۶. pass

8. Wang

. Chen ^۸Risnawati.^۹^{۱۰}. Ayres

پایین تر در مفاهیم جبر (تکیر و آکسو^۱، ۲۰۱۲؛ رستمی و همکاران، ۱۳۹۶)، یادگیری دیاگرام‌های فشرده در قالب زمان و درک مفاهیم (پاستور^۲، ۲۰۱۰)، یادگیری مفاهیم درس زیست‌شناسی (زارع و همکاران، ۱۳۹۴) داشته است. درس علوم تجربی درسی بسیار حیاتی و حائز اهمیت در مدارس می باشد. با توجه به اینکه آموزش برنامه درسی و علی‌الخصوص درس علوم تجربی در بیشتر مدارس کشورمان با روش های فعال و نوین به ندرت انجام می شود و در بیشتر موارد آموزش به صورت سنتی صورت می گیرد و این به نوبه خود یکی از خلاها و چالش های بزرگ نظام آموزشی و برنامه درسی مدارس محسوب می شود. بهمین خاطر آموزش و پرورش و سیستم آموزشی باید از اصول، مبانی نظری و نظریه های یادگیری مؤثر در طراحی آموزشی و تدریس استفاده نماید تا کیفیت آموزش و یادگیری فراگیران را تضمین نماید، بنابراین پژوهش حاضر در صدد است با استفاده از نظریه بار شناختی در طراحی آموزشی و تدریس، این خلا و چالش را به صورت درک مفهومی و بنیادی از طریق روش های فعال، نوین و مؤثر در درس علوم تجربی برطرف نماید.

و

هیچنین نتایج این پژوهش می تواند راهگشای مطمئن و ارزشمند برای متولیان نظام آموزشی و به ویژه معلمان باشد، هدف این پژوهش بررسی این است که آیا آموزش گروهی مبتنی بر نظریه بار شناختی می تواند درک مفاهیم علوم و اشتیاق تحصیلی را در این جمعیت خاص بهبود بخشد. بنابراین مسئله اصلی پژوهش این است که آیا آموزش گروهی مبتنی بر نظریه بار شناختی بر درک مفاهیم علوم و اشتیاق تحصیلی مؤثر است؟

روش پژوهش

^۱. Takir & Aksu.

^۲. Pastore

پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی و در زمره طرح‌های شبه آزمایشی با طرح پیش‌آزمون _ پس‌آزمون با گروه کنترل بود. جامعه آماری پژوهش شامل کلیه دانش‌آموزان پسر پایه ششم ابتدایی مدارس غیر دولتی شهر کردکوی (استان گلستان) در سال تحصیلی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ بودند ($N = ۱۸۶$). با در نظر گرفتن ریسک خطای نوع یک در سطح ۵ درصد، توان آزمون $0/۸$ و اندازه اثر $۰/۴$ حداقل نمونه‌ای به حجم ۵۰ نفر (هر گروه ۲۵ نفر) برای بررسی اثرات مداخله‌ای برآورد شد. از روش نمونه‌گیری تصادفی چند مرحله‌ای استفاده شد. شهر کردکوی دارای جمعیت متوسط در استان گلستان می‌باشد و از نظر وضعیت اقتصادی اجتماعی پراکندگی چندانی ندارد. بر این اساس، از بین مدارس، دو مدرسه (خوشه) به صورت تصادفی انتخاب شد. در مرحله بعد در داخل هر مدرسه (خوشه) از فهرست اسامی دانش‌آموزان پایه ششم ابتدایی آن مدرسه، ۲۵ دانش‌آموز به صورت تصادفی جهت ورود به این مطالعه انتخاب شدند. که به صورت تصادفی یکی به عنوان گروه آزمایش و دیگری به عنوان گروه کنترل در نظر گرفته شد. پژوهش حاضر به مدت ۶ هفته و در مجموع ۶ جلسه و هر جلسه به مدت ۴۵ دقیقه اجرا شد. به هر دو گروه محتوای علوم مشابهی تدریس شد اما در گروه آزمایش از یک "جزوه خلاصه درس" (برنامه آموزشی) طرح ریزی شده براساس اصول نظریه بارشناختی استفاده شد (جدول ۱). قبل و بعد از پایان مداخله آزمون درک مفاهیم علوم و مقیاس اشتیاق تحصیلی بر روی هر دو گروه اجرا شد.

جلسه	شرح	زمان	هدف	تکلیف
اول	معارفه، آشنایی با دانش آموزان، بیان قواعد و اهداف انجام کار و اجرای پیش‌آزمون در گروه آزمایش و کنترل که شامل آزمون درک مفاهیم علوم و پرسش‌نامه اشتیاق تحصیلی.	۴۵ دقیقه	آشنایی با هدف مطالعه	تکمیل آزمون‌ها
دوم	توزیع "جزوه خلاصه درس" (برنامه آموزشی) طرح ریزی شده براساس اصول نظریه بار شناختی در بین دانش‌آموزان، توضیح فرایند انجام کار و ارزشیابی اطلاعات و پیش‌دانش‌های قبلی دانش‌آموزان در مورد فصل مورد نظر	۴۵ دقیقه	آشنایی و درک مفاهیم علوم: سفر به درون زمین و کشف اطلاعات	توجه و درک: عدم تقسیم منابع شناختی
سوم	برآورد اطلاعات و دانش‌های قبلی دانش‌آموزان (اثر معکوس خبرگی)، توضیح امواج لرزه‌ای همراه با مثال و تصویر آزمایش تلفن همراه و پردازش شنیداری و دیداری به‌صورت همزمان (اثر مجرای حسی). تمرین عملی امواج لرزه‌ای جهت تکمیل ساختار طرحواره (اثر تکمیل مسئله). به صورت لرزش تلفن همراه و مشاهده لرزش میز و بررسی فعالیت دانش‌آموزان.	۴۵ دقیقه	سنجش آمادگی قبلی، ارائه اطلاعات از مجراهای حسی مختلف، تکمیل مسائل	آزمایش امواج، لرزش تلفن همراه
چهارم	ارزشیابی و مروری بر جلسه قبل، تمرین و فعالیت تکمیلی بیشتر (اثر حذف راهنمایی) در مورد امواج لرزه‌ای مانند گذاشتن تلفن همراه روی تشک تخت و همچنین گذاشتن سر دانش‌آموز روی میز و ضربه به میز، توضیح تغییرات سرعت امواج لرزه‌ای و ترکیب شیمیایی در بخش‌های مختلف درون زمین و کنار هم قرار دادن متن و شکل (اثر تقسیم توجه).	۴۵ دقیقه	حذف راهنمایی، کاربرد امواج در شناسایی لایه‌های زمین، کنترل تقسیم توجه	ضربه زدن روی میز حین قرار دادن سر روی آن، لرزش در سطوح مختلف، آزمایش سرعت امواج در سطوح مختلف
پنجم	ارزشیابی و مروری بر موضوع جلسه قبل، توضیح لایه‌های درونی زمین از نظر فیزیکی و براساس حالت مواد تشکیل‌دهنده (جامد، مذاب و خمیری) و کنار هم قرار دادن متن و شکل (اثر تقسیم توجه). در تمام جلسات ارائه محتوای درس فقط به‌صورت شنیداری و پرهیز از توضیح اضافی، بیان بیشتر محتوا و فعالیت‌های اضافی دیگر (اثر افزونگی).	۴۵ دقیقه	شناسایی مواد تشکیل‌دهنده زمین، کنترل اثر افزونگی	آزمایش لرزش در سطوح جامد، مذاب

نتیجه‌گیری	مرور آموخته‌ها	خیلی کوتاه و مختصر با مرور بر موضوعات جلسه‌های قبل در جهت به‌روز کردن اطلاعات حافظه و دانش قبلی آنها و بعد از آن اجرای پس‌آزمون در گروه آزمایش و کنترل که شامل آزمون درک مفاهیم علوم و اشتیاق تحصیلی.	ششم
نکته‌ها	۴۵ دقیقه		

آزمون درک مفاهیم علوم: برای سنجش درک مفاهیم دانش‌آموزان پایه ششم در درس علوم تجربی، از آزمونی محقق ساخته استفاده شده است. این آزمون ۱۵ سؤال دارد که بر اساس مفاهیم مطرح شده در درس چهارم (سفر به اعماق زمین) کتاب علوم تجربی پایه ششم تدوین شده است، روایی محتوایی و صوری سؤال‌های آزمون توسط دو تا از معلمان پایه ششم در دو بعد محتوا و هدف بررسی شد. سؤال‌های این آزمون به صورت، صحیح - غلط، جورکردنی، چهارگزینه‌ای، کوتاه پاسخ، پاسخ تشریحی تنظیم شده بود، به هر پاسخ غلط، عدد صفر و به پاسخ درست، عدد یک داده شد. بیشینه نمره دانش‌آموزان در آزمون ۱۵ و کمینه نمره صفر است. در پژوهش حاضر اعتبار آزمون با روش آلفای کرونباخ ۰/۵۴ به دست آمد.

مقیاس اشتیاق تحصیلی: مقیاس اشتیاق تحصیلی توسط فردریکس و همکاران (۲۰۰۴)، ساخته شده است. این مقیاس دارای ۱۵ گویه با سه خرده مقیاس رفتاری، عاطفی و شناختی است. سؤال‌های ۱، ۲، ۳، ۴ مربوط به خرده مقیاس اشتیاق رفتاری و سؤال‌های ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، مربوط به اشتیاق عاطفی و سؤال‌های ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵ مربوط به خرده مقیاس اشتیاق شناختی می‌باشد. گویه‌ها در یک طیف لیکرت پنج‌درجه‌ای (خیلی کم = ۱ تا خیلی زیاد = ۵) درجه بندی می‌شوند. در این مطالعه از نمره کل مقیاس اشتیاق تحصیلی استفاده شد. اعتبار پرسش‌نامه در پژوهش عباسی و همکاران (۱۳۹۴) به روش آلفای کرونباخ ۰/۷۷ به دست آمد. فردریکس و همکاران (۲۰۰۴) ضریب اعتبار این مقیاس را ۰/۸۶ گزارش کرده‌اند. در پژوهش حاضر میزان اعتبار به روش آلفای کرونباخ برای کل پرسشنامه ۰/۷۰ به دست آمده است.

تجزیه و تحلیل آماری

. برای مقایسه اختلاف میانگین در دو گروه نیز از آزمون تحلیل کوواریانس و تی مستقل استفاده شد. تمامی آنالیزها به وسیله نرم افزار SPSS نسخه ۲۳ و سطح معنی داری نیز ($P < 0/05$) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

یافته‌های پژوهش

شرکت کنندگان ۵۰ دانش آموز پسر در پایه ششم ابتدایی (مقطع دوره دوم دبستان) با دامنه سنی ۱۱ - ۱۲ سال و با میانگین سنی ۱۱/۶۰ سال و انحراف استاندارد ۰/۴۹ بودند. در جدول ۱ میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای پژوهش به تفکیک گروه‌ها گزارش شده است.

جدول ۱ میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای مورد پژوهش در دو مرحله اندازه گیری

متغیرها	گروه‌ها	آزمایشی		کنترل	
		میانگین	انحراف استاندارد	میانگین	انحراف استاندارد
درک مفاهیم علوم	پیش آزمون	۴/۲۴	۲/۴۲	۳/۸۸	۲/۰۸
	پس آزمون	۱۲/۴۸	۱/۸۰	۱۰/۴۰	۱/۱۱
اشتیاق تحصیلی	پیش آزمون	۵۳/۴۴	۸/۷۲	۵۷/۶۸	۷/۸۰
	پس آزمون	۶۱/۰۴	۸/۹۰	۵۷/۷۲	۹/۷۴

نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد که میانگین متغیر درک مفاهیم علوم در مرحله پیش‌آزمون در دو گروه کنترل و آزمایش به همدیگر نزدیک بوده، اما در مرحله پس‌آزمون میانگین گروه آزمایش نسبت

به گروه کنترل افزایش پیدا کرده است. میانگین متغیر درک مفاهیم علوم از مرحله پیش‌آزمون به مرحله پس‌آزمون افزایش قابل ملاحظه‌ای پیدا کرده است ولی در گروه کنترل میانگین افزایش کمتری در مقایسه با گروه آزمایش نشان می‌دهد. میانگین متغیر اشتیاق تحصیلی در مرحله پیش‌آزمون در گروه آزمایش کمتر از گروه کنترل بوده است ولی در مرحله پس‌آزمون میانگین گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل افزایش پیدا کرده است.

سوال یکم: آیا برنامه آموزشی گروهی مبتنی بر نظریه بارشناختی باعث افزایش درک مفاهیم علوم می‌شود؟

جدول ۲ نتایج آزمون شاپیرو ویلک جهت نرمال بودن توزیع متغیرها

متغیرها	گروه	آماره	سطح معناداری
درک مفاهیم علوم	آزمایش	۰/۹۰۸	۰/۰۶۷
	کنترل	۰/۹۲۱	۰/۰۵۴
اشتیاق تحصیلی	آزمایش	۰/۹۸۵	۰/۹۶۰
	کنترل	۰/۹۲۳	۰/۰۶۰

قبل از انجام تحلیل‌های آماری، ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو ویلک بررسی شد. (جدول ۲). یافته‌ها نشان می‌دهد که توزیع داده‌های درک مفاهیم علوم و اشتیاق تحصیلی (۰/۰۵ $p >$) نرمال می‌باشد.

جدول ۳ آزمون لون جهت بررسی همگنی واریانس‌ها

متغیرها	آماره F	درجه آزادی ۱	درجه آزادی ۲	سطح معناداری
---------	---------	--------------	--------------	--------------

درک مفاهیم	۵/۳۷۹	۱	۴۸	۰/۲۵
علوم				
اشتیاق	۲/۴۳۸	۱	۴۸	۰/۱۲۵
تحصیلی				

به منظور مقایسه میانگین درک مفاهیم علوم دانش آموزان گروه آزمایش و کنترل از آزمون تحلیل کوواریانس استفاده شد. قبل از انجام آزمون تحلیل کوواریانس پیش فرض‌های آن بررسی شد. همگنی واریانس‌ها با آزمون لون بررسی شد (جدول ۳) نتایج موجود حاکی از همگنی واریانس‌ها است ($F = ۰/۲۵$ و $p > ۰/۰۵$).

جدول ۴ همگنی اثر تعامل شیب و پیش‌آزمون

متغیرها	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F آماره	سطح معنا داری
درک مفاهیم علوم	۱/۱۰۱	۱ و ۴۸	۱/۱۰۱	۰/۵۲۸	۰/۴۷۱
اشتیاق تحصیلی	۴۶۱/۴۵۵	۱ و ۴۸	۴۶۱/۴۵۵	۷/۸۹۵	۰/۰۰۷

همچنین همگنی اثر تعامل شیب و پیش‌آزمون بررسی شد ($F = ۰/۴۷۱$ و $P > ۰/۰۵$). با توجه به برقراری مفروضه‌ها، استفاده از آزمون تحلیل کوواریانس در مورد متغیر درک مفاهیم علوم مجاز و پذیرفته می‌شود (جدول ۴).

جدول ۵ خلاصه تحلیل کوواریانس نمرات پیشرفت تحصیلی درک مفاهیم علوم در دو گروه

مولفه	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F آماره	سطح معنا داری	مجذور اتای تفکیکی	توان آزمون
گروه‌ها	۴۹/۸۳۰	۱	۴۹/۸۳۰	۲۴/۱۲۶	۰/۰۰۱	۰/۳۳۹	۰/۹۹۸

پیش‌آزمون	۱۱/۱۶۴	۱	۱۱/۱۶۴	۵/۴۰۵	۰/۰۲۴	۰/۱۰۳	۰/۶۲۴
خطا	۹۷/۰۷۶	۴۷	۲/۰۶۵	-	-	-	-
کل	۶۷۰۶۰۰۰	۵۰	-	-	-	-	-

نتایج جدول ۵ نشان می‌دهد. که بین میانگین نمرات دو گروه بعد از مداخله تفاوت معنی داری مشاهده می‌شود. یعنی روش مداخله تأثیر معنی داری بر افزایش نمره علوم داشت ($p < ۰/۰۵$) و $F_{۱,۴۷} = ۲۴/۱۲۶$. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت برنامه آموزش گروهی مبتنی بر نظریه بار شناختی بر درک مفاهیم علوم مؤثر بوده است.

سوال دوم: آیا برنامه آموزشی گروهی مبتنی بر نظریه بار شناختی باعث افزایش اشتیاق تحصیلی می‌شود؟

قبل از انجام تحلیل‌های آماری، ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو ویلک بررسی شد. یافته‌ها نشان می‌دهد که توزیع داده‌های اشتیاق تحصیلی ($p > ۰/۰۵$) نرمال می‌باشد. (جدول ۲) قبل از انجام آزمون، پیش فرض‌های آن سنجیده شد. به کمک آزمون لون همگنی واریانس‌ها بررسی شد (جدول ۳) نتایج حاکی از همگنی واریانس‌ها است ($P > ۰/۰۵$ و $F = ۰/۱۲۵$). همچنین همگنی اثر تعامل شیب و پیش‌آزمون بررسی و معنادار شد ($P < ۰/۰۵$ و $F = ۰/۰۰۷$). با توجه به عدم برقراری مفروضه‌ها، استفاده از آزمون تحلیل کوواریانس در مورد نمره اشتیاق تحصیلی مجاز و پذیرفته نشد (جدول ۴). به این ترتیب، برای مقایسه میانگین نمرات اشتیاق تحصیلی دانش‌آموزان گروه آزمایش و کنترل از آزمون t مستقل استفاده شد (جدول ۶)

جدول ۶ نتایج آزمون t مستقل نمرات اشتیاق تحصیلی در دو گروه آزمایش و کنترل

گروه	میانگین تفاوت	انحراف استاندارد	F	سطح معنا داری	T	درجه آزادی	سطح معنا داری
آزمایش	۷/۶۰	۱۱	۶/۱۸	۰/۰۱۶	۳/۰۱	۴۸	۰/۰۰۵
کنترل	۰/۰۴	۶/۰۵					

نتایج جدول ۶ نشان می‌دهد. که بین میانگین دو گروه بعد از مداخله تفاوت معنی داری مشاهده شد و مداخله بر افزایش نمره کل اشتیاق تحصیلی دانش‌آموزان مؤثر بود ($p < ۰/۰۵$ و $t = ۳/۰۱$). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت برنامه آموزش گروهی مبتنی بر نظریه بار شناختی بر اشتیاق تحصیلی مؤثر بوده است.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف پژوهش حاضر بررسی اثربخشی آموزش گروهی مبتنی بر نظریه بار شناختی بر درک مفاهیم علوم و اشتیاق تحصیلی در دانش‌آموزان پسر پایه ششم ابتدایی بود. براساس سوال یکم نتایج نشان داد که گروه آزمایشی در مقایسه با گروه کنترل پیشرفت بیشتری در درک مفاهیم علوم داشتند. بنابراین می‌توان گفت برنامه آموزش گروهی مبتنی بر نظریه بار شناختی باعث افزایش درک مفاهیم علوم شده است. مرور پیشینه پژوهشی، شواهدی در مورد اثربخشی آموزش گروهی مبتنی بر نظریه بار شناختی بر درک مفاهیم علوم به‌طور مستقیم نشان نمی‌دهد. اما بعضی از شواهد نسبتاً مرتبط گزارش شده است. نتایج پژوهش حاضر با پژوهش‌های انجام‌شده قبلی همسو است (رضازاده شرمه و هاشمی، ۱۳۹۹؛ عبدی، ۱۳۹۸؛ چن و همکاران، ۲۰۱۸، عبدی و رستمی، ۱۳۹۶؛ ریزنواتی و همکاران، ۲۰۱۳؛ رستمی و همکاران، ۱۳۹۶؛ تکیر و آکسو، ۲۰۱۲؛ پاستور، ۲۰۱۰؛ زارع و همکاران، ۱۳۹۴؛ آیرس، ۲۰۰۶؛ آزادی، ۱۳۹۶) هماهنگ است. رضازاده شرمه و هاشمی (۱۳۹۹)، عبدی (۱۳۹۸)، و عبدی و رستمی (۱۳۹۶) اشاره کردند که آموزش براساس نظریه بار شناختی، در یادگیری مفاهیم درس علوم تجربی مؤثر بوده است. چن و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که طراحی آموزشی مبتنی بر نظریه بار شناختی تأثیر مثبتی بر ظرفیت حافظه کاری و یادگیری با فاصله

زمانی معین در درس ریاضی دانش آموزان ابتدایی داشته است. در تبیین پژوهش های انجام شده می توان گفت که بر اساس نظریه بار شناختی، یادگیری زمانی اثربخش می شود که آموزش مورد نظر دارای طراحی آموزشی مناسب باشد. به همین دلیل بسیاری از بازده های یادگیری تحت تاثیر شیوه های طراحی آموزشی مناسب است. و نظریه بار شناختی با اصول طراحی آموزشی مناسب براساس ساختار شناختی یادگیرنده، این هدف را فراهم می کند. همچنین در تبیین دیگر می توان گفت که به لحاظ نظری تاثیر مثبت آموزش مبتنی بر تئوری بار شناختی بر درک مفاهیم علوم را می توان به این دلیل نسبت داد که به فراگیران کمک می کند تا بار شناختی خود را به طور مؤثرتری مدیریت کنند. با کاهش بار شناختی اضافی و افزایش بار شناختی بهینه، یادگیرندگان می توانند بر روی اطلاعات ضروری تمرکز کنند و بین دانش جدید و موجود ارتباط ایجاد کنند که منجر به درک بهتر و حفظ مطالب می شود.

در سوال دوم مشخص شد اشتیاق تحصیلی بهبود یافته است. مرور پیشینه پژوهشی شواهدی در مورد اثر آموزش گروهی مبتنی بر نظریه بار شناختی بر اشتیاق تحصیلی به طور مستقیم نشان نمی دهد. اما به هر حال، نتایج پژوهش حاضر را می توان از جهت با پژوهش انجام شده توسط وانگ و همکاران (۲۰۲۳) همسو دانست. وانگ و همکاران (۲۰۲۳) در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند که نظریه بارشناختی تاثیر مثبتی بر روی عملکرد یادگیری خود تنظیم و قضاوت فراشناختی دانش آموزان داشته است، به این معنا که دانش آموزان بارشناختی متفاوتی را تجربه کردند و تکالیف پیچیده را حل کردند. در تبیین پژوهش های انجام شده می توان بیان کرد که اشتیاق در تحصیل می تواند تأثیری چشمگیر بر عملکرد و نتایج فعالیت های دانش آموزان داشته باشد. به عبارت دیگر به موفقیت و پیشرفت دانش آموزان کمک می کند و می تواند با ایجاد شور و شوق، بر فرایند یادگیری تاثیر مثبت بگذارد. اشتیاق تحصیلی باعث می شود که دانش آموزان در فعالیت های کلاسی و مدرسه به طور مؤثر مشارکت کنند، با فرهنگ مدرسه سازگار شوند و باعث ایجاد رابطه صمیمی و مناسب با دانش آموزان

و معلمان می‌شود (شاری^۱ و همکاران ۲۰۱۴). همچنین در تبیین دیگری می‌توان گفت که به لحاظ نظری، نظریه بارشناختی با برجسته کردن اهمیت مدیریت بارشناختی در فرآیند یادگیری، اشتیاق تحصیلی را توضیح می‌دهد. با به حداقل رساندن بارشناختی اضافی و به حداکثر رساندن بارشناختی بهینه، یادگیرندگان قادر به تمرکز بر اطلاعات ضروری و ایجاد ارتباط بین دانش جدید و موجود هستند که منجر به بهبود درک و حفظ مطالب و افزایش اشتیاق و انگیزه برای یادگیری می‌شود.

پژوهش حاضر علاوه بر نتایج مثبت حاصل شده، با محدودیت‌هایی از جمله اختصاص به پایه ششم دوره ابتدایی، کوچک بودن حجم نمونه، مختص به درس علوم مواجه بود که این عوامل می‌توانند تعمیم نتایج را محدود سازند. بنابراین با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش، پیشنهاد می‌شود که در مطالعات آینده، اصول نظریه بارشناختی در مورد دانش‌آموزان راهنمایی و دبیرستان و دانشجویان و در مورد دانش‌آموزان دختر، درس‌های دیگر دوره ابتدایی و پایه‌های مختلف و همچنین در شهرهای دیگر، با تعداد نمونه بیشتر اجرا شود. به لحاظ کاربردی بودن پژوهش حاضر، پیشنهاد می‌شود برای معلمان، مسئولان، مشاوران و طراحان سیستم آموزشی، کارگاه آموزشی جهت آشنایی با اصول و نظریه بارشناختی برگزار گردد. پیشنهاد می‌شود جهت درک بیشتر مفاهیم درس‌ها و اثربخشی بیشتر برای دانش‌آموزان از اصول و نظریه بارشناختی به شیوه‌ای جذاب در تهیه‌ی طرح درس‌ها و محتوای کتاب درسی استفاده شود. توصیه می‌شود از آنجایی که دانش‌آموزان ضعیف و با پیشرفت درسی پایین نیازمند توجه بیشتر می‌باشند معلمان با استفاده از اصول و نظریه بارشناختی با توجه به ظرفیت محدود حافظه فعال می‌توانند اشتیاق تحصیلی، کارایی یادگیری و عملکرد دانش‌آموزان را در موقعیت آموزشی افزایش دهند. بنابراین به کارگیری اصول نظریه بارشناختی در طراحی برنامه آموزشی می‌تواند درک مفاهیم درسی را افزایش و بارشناختی ادراکی دانش‌آموزان را به حداقل

برساند. همچنین به دانش‌آموزان این امکان را می‌دهد تا تلاش شناختی موجود را صرف یادگیری بهتر کنند که در نتیجه آن درگیری و اشتیاق تحصیلی افزایش یابد.

منابع

آزادی، فریبا. (۱۳۹۶). تأثیر طراحی آموزشی مبتنی بر اثرات بارشناختی بر پیشرفت درسی و کارایی دانش‌آموزان در درس ریاضی پایه پنجم ابتدایی. پایان نامه کارشناسی ارشد. گروه برنامه‌ریزی آموزشی. دانشگاه پیام‌نور کرمانشاه <https://ganj.irandoc.ac.ir>

رستم زاده، فرشید، شجاع آبادی، مریم، اسدی، صبا، و رستم زاده، نوشین. (۱۴۰۲). تأثیر آزمایش و آزمایشگاه در یادگیری درس علوم تجربی. کنفرانس بین المللی مدیریت و صنعت. <https://sid.ir/paper/1075638/fa>

رستمی، مریم؛ طالع پسند، سیاوش؛ محمدی فر، محمدعلی. (۱۳۹۶). اثر بخشی برنامه آموزشی بارشناختی بر کارایی یادگیری مفاهیم ابر در دانش‌آموزان دختر پایه هفتم شهر تهران. دوماهنامه علمی پژوهشی راهبردهای آموزش در علوم پزشکی ۱۰ (۴)، ۳۲۲ - ۳۳۳. <http://edcbmj.ir/article-1307-fa.html>

رضازاده شرمه، محمد؛ هاشمی، سهیلا. (۱۳۹۹). مقایسه تأثیر روش‌های آموزش مبتنی بر نظریه بار شناختی، چندرسانه‌ای و سخنرانی بر یادگیری درس علوم دانش‌آموزان. فصلنامه علمی، پژوهش در یادگیری آموزشگاهی و مجازی، ۲ (۳۰)، ۹۳-۱۰۳. <https://doi.org/10.30473/etl.2020.54246.3283>

زارع، محمد؛ ساریخانی، راحله؛ مهربان، جواد. (۱۳۹۴). بررسی تأثیر استفاده از چندرسانه‌ای آموزشی طراحی شده بر اساس اصول بارشناختی بر میزان یادگیری و یادداری در درس زیست‌شناسی. فصلنامه روانشناسی تحلیلی _ شناختی ۲۲ (۶)، ۶۱ - ۶۸. <https://www.magiran.com/paper/1452439/>

<https://www.magiran.com/paper/>

سامری، مریم، حسینی، زهرا، و عسگری، موسی. (۱۴۰۱). تأثیر رقابت گروهی بر مهارت‌های فرایندی دانش آموزان پسر پایه ششم ابتدایی در درس علوم تجربی. پژوهش در آموزش علوم ابتدایی، ۸(۱)، ۱۱-۲۳. <https://sid.ir/paper/1038907/fa>.

هارلن، وینو (۱۳۹۹)، نگرشی نو بر آموزش علوم تجربی، ترجمه: شاهد سعیدی، تهران: انتشارات مدرسه <http://www.lib.ir/book/79498854/>

عباسی، مسلم؛ درگاهی، شهریار؛ پیرانی، ذبی و بنیادی، فرزانه. (۱۳۹۴). نقش تعلل ورزی و خود تنظیمی انگیزشی در پیش بینی اشتیاق تحصیلی دانشجویان. مجله ایرانی آموزش در علوم پزشکی، ۱۵ (۲۳)، ۱۶۰-۱۶۹. <http://ijme.mui.ac.ir/article-1-3624-fa.html>

عبدی، علی. (۱۳۹۸). کارایی آموزش مبتنی بر اثرات بار شناختی در درس علوم تجربی مورد مطالعه: دانش آموزان پایه سوم مقطع ابتدایی. مجله پژوهش در برنامه ریزی درسی، ۳۴(۲)، ۱۱۵-۱۲۶ <https://sid.ir/paper/127283/fa>

عبدی، علی و رستمی، مریم. (۱۳۹۶). اثربخشی روش آموزش مبتنی بر اثرات بار شناختی بر پیشرفت درسی، بار شناختی ادراک شده و انگیزش دانش آموزان به یادگیری در درس علوم تجربی. نشریه علمی-پژوهشی آموزش و ارزشیابی. ۴(۱۰)، ۴۳-۶۷. <https://sid.ir/paper/183454/fa>

فلاح تفتی، سمیه. (۱۴۰۱). برنامه درسی قصد شده، اجرا شده و کسب شده با تأکید بر پیامدهای حاصل از آنها در درس علوم تجربی پایه چهارم مقطع ابتدایی. پژوهش در آموزش علوم تجربی، ۲(۵)، ۵۱-۷۱. <https://sid.ir/paper/104950/fa>

نخستین گلدوست، اصغر؛ غضنفری، احمد؛ شریفی، طیبه و چرامی، مریم. (۱۳۹۸). اثربخشی آموزش مهارت‌های فراشناختی بر خودکارآمدی تحصیلی و اشتیاق تحصیلی دانش آموزان پسر پایه دهم مدارس شهرستان اردبیل. مجله روانشناسی مدرسه، دوره ۸ (۲)، ۱۳۱-۱۵۵. [216795/fa](https://sid.ir/paper/216795/fa)

<https://sid.ir/paper/>

References

- Adisna, Q. D. P. P., Wahuni, A., & Suyudi, A. (2020). Analisis Pemahaman Konsep Fisika Siswa Pada Pokok Bahasan Fluida Statis. *Jurnal Ilmu Fisika Dan Pembelajarannya (JIFP)*, 3(2), 68–75. <https://doi.org/10.19109/jifp.v3i2.4632>
- Ayres, P. (2006). Impact of reducing intrinsic cognitive load on learning in a mathematical domain. *Applied Cognitive Psychology: The Official Journal of the Society for Applied Research in Memory and Cognition*, ۲۰(3), 287-298. <https://doi.org/10.1002/acp.1245>
- Ayres, P. (2017). Subjective measures of cognitive load: what can they reliably measure? In *Cognitive Load Measurement and Application* (pp. 9-28): Routledge. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/>
- Capunitan, K., Lirado, J., & Gregana, C. (2023). Motivational Factors in Science Learning, Learner's Satisfaction and Learning Outcomes of Pre-Service Teachers. *International Journal of Scientific and Management Research*, 6(5), 72-115. <http://doi.org/10.37502/IJSMR.2023.6504>
- Chen, O., Castro-Alonso, J. C., Paas, F., & Sweller, J. (2018). Extending Cognitive Load Theory to Incorporate Working Memory Resource Depletion: Evidence from the Spacing Effect. *Educational psychology review*, ۳۰(2), 483-501. [doi:10.1007/s10648-017-9426-2](https://doi.org/10.1007/s10648-017-9426-2)
- Fredricks, J. A., Blumenfeld, P. C., & Paris, A. H. (2004). School engagement: Potential of the concept, state of the evidence. *Review of Educational Research*, 74(1), 59-109. <https://doi.org/10.3102/00346543074001059>
- Izadpanah, S., & Rezaei, Y. M. (2022). Causal explanation of academic enthusiasm based on the interaction of teachers and English language learners: Self-regulation, academic hope, and academic engagement among English language learners. *Frontiers in Psychology*, 13, 997903. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.997903>
- Jung Y., Ryu J. (2022). Associations between obesity and academic enthusiasm and social-emotional competence: moderating effects of gender and sleep quality. *J. Hum. Behav. Soc. Environ.* 1, 1–20. [doi: 10.1080/10911359.2022.2052224](https://doi.org/10.1080/10911359.2022.2052224)

- Luh, D.-B., & Lu, C.-C. (2012). From cognitive style to creativity achievement: The mediating role of passion. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 6(3), 282. <https://doi.org/10.1037/a0026868>
- Paas, F., & Sweller, J. (2014). Implications of cognitive load theory for multimedia learning. *The Cambridge handbook of multimedia learning*, 27, 27-42. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369.004>
- Park, B., Korbach, A., & Brünken, R. (2015). Do learner characteristics moderate the seductive-details-effect? A cognitive-load-study using eye-tracking. *Journal of Educational Technology & Society*, 18(4), 24-36. <https://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.18.4.24>
- Pramita, C., & Tasa Ratna Putri. (2023). The Effect of Learning Interest on Students' Concept Understanding Ability Against Subject Pressure. *International Journal of Education and Teaching Zone*, 2(2), 243-253. <https://doi.org/10.57092/ijetz.v2i2.59>
- Pastore, R. S. (2010). The effects of diagrams and time-compressed instruction on learning and learners' perceptions of cognitive load. *Educational technology research and development*, 58, 485-505. <https://doi.org/10.1007/s11423-009-9145-6>
- Risnawati, Z., R., & Wahyuningsih, D. (2018). The Development of Educational Game as Instructional Media to Facilitate Students' Capabilities in Mathematical Problem Solving, *Journal of Physics Conference Series* 1028(1):012130 **DOI 10.1088/1742-6596/1028/1/012130**
- Shaari, A. S., Yusoff, N. M., Ghazali, I. M., Osman, R. H., & Dzahir, N. F. M. (2014). The relationship between lecturers' teaching style and students' academic engagement. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 118, 10-20. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.02.002>
- Shen, K.-M., Lee, M.-H., Tsai, C.-C., & Chang, C.-Y. (2016). Undergraduate students' earth science learning: relationships among conceptions, approaches, and learning self-efficacy in Taiwan. *International Journal of Science Education*, 38(9), 1527-1547. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1198060>

- Sweller, J. (2011). Cognitive load theory. In *Psychology of learning and motivation* (Vol. 55, pp. 37-76): Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387691-1.00002-8>
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J., & Paas, F. (2019). Cognitive architecture and instructional design: 20 years later. *Educational psychology review*, 31, 261-292. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09465-5>
- Takir, A., & Aksu, M., (2012). The Effect of an Instruction Designed by Cognitive Load theory Principles on 7th Grade Students' Achievement in Algebra Topics and Cognitive Load. *Journal of Creative Education*, 2 (3), 232-240. <http://etd.lib.metu.edu.tr/upload/12613345/index.pdf>
- Wang, T., Li, S., Huang, X., Pan, Z., & Lajoie, S. P. (2023). Examining students' cognitive load in the context of self-regulated learning with an intelligent tutoring system. *Education and Information Technologies*, 28(5), 5697-5715. [doi:10.1007/s10639-022-11357-1](https://doi.org/10.1007/s10639-022-11357-1)
- Zheng, R. Z. (2017). *Cognitive load measurement and application: a theoretical framework for meaningful research and practice*: Routledge. <https://www.researchgate.net> [PDF] [researchgate.net](https://www.researchgate.net)