Educational and Scholastic Studies *http://pma.cfu.ac.ir/*
Vol. 12, No. 4, Winter 2023 *Print ISSN: 2423-494X*
pp. 111- 133 *Online ISSN: 2645-8098*

Improving the Quality of Teaching Physics Online by Designing Educational Content based on the Principles of Cognitive Load Theory

Zahra Rahbar[1], fatemeh Ahmadi[2*]

1. Master Student of Physics Education, University of Shahid Rajaee Teacher Training, Tehran, Iran
2. Associate Professor, Department of Physics, Faculty of Basic Sciences,, University of Shahid Rajaee Teacher Training, Tehran, Iran

(Received: 2022/11/09; Accepted: 2023/06/14)

Abstract

our intent is to investigate the effect of electronic contents in the field of physics, which are designed on the principles of cognitive load theory for online education, based on academic progress memorability and cognitive load perceived by students. The research method is a pre-test-post-test quasi-experimental design with a control group. The statistical population includes all grade 9 female students of the secondary school in the region 17 of Tehran province who were studying in the academic year of 2021-2022. The research sample was selected by multi-stage cluster sampling with a volume of 120 students. Academic progress and learning data were collected with the help of an academic achievement test. To measure the amount of cognitive load perceived by students, a researcher-made cognitive load measurement was used, which was designed based on the mental rating scale of Pass and Van Merrienboer (1993). In statistical data analysis, covariance and independent t-test analysis were used.The results of covariance analysis test for academic progress showed that the design of digital content based on cognitive load theory improves the academic progress of students in the experimental group compared to the control group. The result of the independent t-test for the learning test shows that there is a significant difference between the control and experimental groups in the amount of learning. Also, the result of the independent t-test for the cognitive load questionnaire showed that the cognitive load test group reported less cognitive load than the control group. Compliance with the principle of cognitive load theory in the production and design of educational content has a significant effect of academic progress, increasing the amount of learning and reducing cognitive load perceived by students.

Keywords: Teaching Physics, Cognitive Load Theory, Educational Design Principles, Multimedia, E-learning

* **Corresponding Author, Email:** fahmadi@sru.ac.ir

مطالعات آموزشی و آموزشگاهی
دورهٔ ۱۲، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۴۰۲
صفحات ۱۳۳ - ۱۱۱

http://pma.cfu.ac.ir/
شاپای چاپی: ۲۴۲۳-۴۹۴X
شاپای الکترونیکی: ۲۶۴۵-۸۰۹۸

کیفیت‌بخشی آموزش مجازی فیزیک با طراحی محتواهای آموزشی بر اساس اصول نظریه بار شناختی

زهرا راه بر[۱]، فاطمه احمدی[۲*]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد آموزش فیزیک، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران
۲. دانشیار، گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۱۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۲۴)

چکیده

قصد این مقاله بر آن است که تأثیر محتواهای الکترونیکی درزمینهٔ فیزیک که بر اساس اصول نظریه بار شناختی جهت آموزش مجازی طراحی شده‌اند را بر پیشرفت تحصیلی، میزان یادداری و بار شناختی ادراک‌شده توسط دانش‌آموزان را بررسی نماید. روش پژوهش کمی از نوع شبه‌آزمایشی پیش‌آزمون-پس‌آزمون با گروه کنترل بود. جامعهٔ آماری مشتمل بر دانش‌آموزان دختر پایه نهم دورهٔ متوسطه اول منطقه ۱۷ استان تهران بود که در سال تحصیلی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ مشغول به تحصیل بودند. نمونه به شیوهٔ نمونه‌گیری خوشه‌ای چندمرحله‌ای و با حجم ۱۲۰ نفر انتخاب شدند. داده‌های پیشرفت تحصیلی و یادداری به کمک آزمون پیشرفت تحصیلی محقق‌ساخته گردآوری شد. برای اندازه‌گیری میزان بار شناختی ادراک‌شده توسط دانش‌آموزان، از پرسش‌نامه سنجش بار شناختی محقق‌ساخته استفاده شد که بر اساس مقیاس درجه‌بندی ذهنی پاس و ون‌مرینبوئر (۱۹۹۳) طراحی شده بود. در تحلیل داده‌های آماری، تحلیل کوواریانس و آزمون تی مستقل به‌کار گرفته شد. نتایج آزمون تحلیل کوواریانس برای پیشرفت تحصیلی نشان داد، طراحی محتوای الکترونیکی مبتنی بر نظریه بار شناختی، سبب بهبود پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل شده است. نتیجه آزمون تی مستقل برای آزمون یادداری نشان داد، بین گروه کنترل و آزمایش در میزان یادداری آن‌ها تفاوت معناداری وجود دارد. همچنین نتیجه آزمون تی مستقل برای پرسش‌نامه بار شناختی نشان داد که گروه آزمایش بار شناختی ادراکی کم‌تری را نسبت به گروه کنترل داشت. نتایج حاکی از آن بود که رعایت اصول نظریه بار شناختی در تولید و طراحی محتوای آموزشی، تأثیر قابل‌توجهی بر پیشرفت تحصیلی، افزایش میزان یادداری و کاهش بار شناختی ادراک‌شده توسط دانش‌آموزان دارد.

واژگان کلیدی: آموزش فیزیک، نظریه بار شناختی، اصول طراحی آموزشی، چندرسانه‌ای، یادگیری الکترونیکی

* نویسندهٔ مسئول، رایانامه: fahmadi@sru.ac.ir

مقدمه

در پایان سال ۲۰۱۹ میلادی و با پیدایش نوع جدیدی از ویروس کرونا به نام کووید ۱۹، جهان با تغییر و تحولات وسیعی روبه‌رو شد (دنیل[1]، ۲۰۲۰). یکی از زمینه‌هایی که به‌شدت تحت‌تأثیر این پدیده قرار گرفته، حوزه آموزش و یادگیری است. به گفتهٔ لیگوری و وینکلر[2] (۲۰۲۰)، شیوع تدریجی ویروس کرونا، چالش بزرگی را برای چشم‌انداز آموزش ایجاد کرد؛ زیرا مؤسسات آموزشی اعم از ابتدایی، متوسطه و عالی مجبور به تعطیلی و جستجوی روش‌های آموزشی و یادگیری جایگزین شدند.

استفاده از فناوری‌های نوین اطلاعاتی و ارتباطی در حوزه یادگیری الکترونیکی[3] می‌تواند یکی از گزینه‌های موردتوجه برای پرکردن خلأهای آموزشی در نبود دسترسی به آموزش‌های حضوری باشد. مسئلهٔ جدیدی که در کاربرد این فناوری در امر آموزش مطرح شده، آموزش فردی از طریق محیط‌های الکترونیکی یا به‌عبارت‌دیگر محیط چندرسانه‌ای[4] است. چندرسانه‌ای آموزشی می‌تواند گرافیک در یک کتاب‌درسی، نرم‌افزار ارائه مطلب به همراه صوت، گوش‌دادن یا تماشای یک روایت، پویانمایی و فیلم آموزشی باشد (رودلف[5]، ۲۰۱۷). در محیط الکترونیکی معلم با استفاده از ابزارهای ارتباطی، مشارکتی، اطلاعاتی و چندرسانه‌ای می‌تواند به شکل‌های مختلف دانش‌آموزان را در فرایند یادگیری مشارکت دهد و آن‌ها را در راستای ساخت دانش هدایت کند (اندرسون و المی، ۱۳۸۵). ازاین‌رو می‌توان گفت معلم در اجرای مؤثر آموزش الکترونیکی نقش اساسی ایفا می‌کند.

از طرفی، محیط‌های آموزشی مجازی و الکترونیکی تفاوت چشم‌گیری با محیط‌های آموزشی متداول دارند. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که تلفیق ساده و سطحی عناصر آموزش با امکانات و ابزارهای مبتنی بر فناوری، بدون شناخت کافی از نظریه‌های یادگیری و اصول روان‌شناسی و مسائل اخلاقی،

1. Daniel
2. Liguori & Winkler
3. E-learning
4. Multimedia
5. Rudolph

سیاسی، اجتماعی و فرهنگی یادگیرندگان، علاوه‌بر کاهش کیفیت یادگیری، موجب نارضایتی و افت تحصیلی در آن‌ها می‌شود (تقی‌یاره و سیادتی، ۱۳۸۶). نظریه‌ها و قوانین یادگیری و روان‌شناختی، توانایی‌های بالقوه‌ای برای کیفیت‌بخشی به یادگیری الکترونیکی دارند. محتواهای آموزش الکترونیکی برای ارائه به یادگیرندگانی تهیه و تدوین می‌شود که ازلحاظ چگونگی دریافت و پردازش محتوای درسی آموزشی، از توانایی‌ها و امکانات فردی متفاوتی برخوردارند. این موضوع ضرورت توجه به ویژگی‌های شناختی و پردازش اطلاعات یادگیرندگان را نمایان می‌سازد (مایر[1]، ۱۹۹۷).

یکی از نظریه‌های مهم یادگیری شناختی، نظریه خبرپردازی[2] (پردازش اطلاعات) است. از ویژگی‌های اصلی این نظریه، توجه انسان به محیط، به رمز درآوردن اطلاعات و ربط‌دادن آن‌ها با اطلاعات موجود در حافظه، ذخیره‌سازی اطلاعات در حافظه و بازیابی اطلاعات از آن هنگام نیاز است (سیف، ۱۳۹۲). باتوجه‌به الگوی سه‌مرحله‌ای اتکینسون و شیفرین[3] (۱۹۶۸)، حافظه انسان در جریان پردازش اطلاعات دارای سه ساختار پردازشی است: حافظه حسی[4] (اطلاعاتی که از طریق گیرنده‌های حسی وارد مغز می‌شود و به مدت خیلی کوتاه، یک تا سه ثانیه، آنجا نگهداری می‌شوند)، حافظه کوتاه‌مدت[5] (اطلاعاتی که در حافظه حسی موردتوجه قرار می‌گیرند به حافظه کاری[6] که بخشی از حافظه کوتاه‌مدت است منتقل می‌شود؛ حافظه کاری دارای دو محدودیت، ظرفیت و زمان نگهداری اطلاعات است) و حافظه بلندمدت[7] (اطلاعات وارد شده به حافظه کاری پس از تکرار و تمرین به‌صورت دائمی به حافظه بلندمدت انتقال می‌یابند).

ازجمله مباحثی که در روان‌شناسی تربیتی بر اساس دیدگاه خبرپردازی برای حمایت از فرایند پردازش داده‌ها در حافظه کاری ایجاد شده، نظریه بار شناختی[8] است. طبق این نظریه، ظرفیت

1. Mayer
2. Information Processing Theory (IPT)
3. Atkinson & Shiffrin
4. Sensory memory
5. Short-term memory
6. Working memory
7. Long-term memory
8. Cgnitive load theory

شناختی انسان محدود است. ما در یک‌زمان تعداد محدودی از واحدهای اطلاعاتی را می‌توانیم پردازش کنیم. اصطلاح بار شناختی، به میزان باری که در هنگام پردازش اطلاعات بر روی حافظه کاری وارد می‌آید تا بتواند آن اطلاعات را برای جای‌دهی در حافظه بلندمدت رمزگذاری کند، اشاره دارد؛ این تلاش ذهنی برای پردازش اطلاعات را بار شناختی می‌نامیم (کالیوگا، ۱۳۹۱).

مایر (۱۹۹۷)، در پژوهش‌های خود به نظریه یادگیری شناختی چندرسانه‌ای[1] اشاره کرده است. این نظریه مبتنی بر سه پیش‌فرض است؛ کانال‌های دوگانه حافظه کاری، ظرفیت محدود هریک از کانال‌های دوگانه و پردازش فعال اطلاعات. نظریه یادگیری چندرسانه‌ای به این موضوع می‌پردازد که چگونه طراحان باید توسعه چندرسانه‌ای را ساختاردهی کنند و چگونه استراتژی‌های شناختی مؤثر را برای کمک به یادگیرندگان در یادگیری کارآمد اجرا کنند.

نظریه بار شناختی و یادگیری چندرسانه‌ای به‌طورکلی، یک مجموعه از اصول را در نتیجه انجام پژوهش‌هایی با خود به همراه دارند (مایر، ۱۹۹۷؛ سوئلر، ون‌مرینبوئر و پاس[2]، ۱۹۹۸؛ مایر و مورنو[3]، ۲۰۰۳؛ ون مرینبوئر و سوئلر[4]، ۲۰۰۵؛ ون مرینبوئر و کستر[5]، ۲۰۰۵). این اصول، باتوجه‌به دانش ما از ساختار شناختی انسان و نحوهٔ عملکرد آن، به وجود آمده است. اگر طراح، اصول شناختی و نظریه‌های یادگیری چندرسانه‌ای را آموزش ندیده باشد، ممکن است قطعه چندرسانه‌ای او با تجربهٔ یادگیری تداخل داشته باشد (رودلف، ۲۰۱۷). برخی از این اصول عبارت‌اند از اصل انسجام[6]، حذف مطالب اضافی و غیرضروری منجر به یادگیری بهتر خواهد شد. اصل قطعه‌بندی[7]، می‌توان با قطعه‌قطعه کردن مطالب پیچیده به قطعات قابل‌کنترل، آن‌ها را ساده کرد. اصل علامت‌دهی[8]، بار شناختی را می‌توان با ارائه سرنخ‌هایی به یادگیرنده در مورد نحوه انتخاب و

1. Cognitive theory of multimedia learning
2. Sweller, Van Merrienboer & Paas
3. Mayer & Moreno
4. Van Merriënboer & Sweller
5. Van Merriënboer & Kester
6. Coherence principle
7. Segmenting Principle
8. Signaling principle

سازمان‌دهی مطالب کاهش داد. اصل چندرسانه‌ای[1]، به‌کارگیری واژه‌ها و تصاویر در کنار یکدیگر بیش از واژه‌های تنها در یادگیری تأثیر مثبت دارند. اصل مجراهای حسی[2]، مواد آموزشی که به شکل ترکیبی از ارائه‌های شنیداری و دیداری استفاده می‌کنند، کارآمدتر از موادی هستند که تنها از یکی از این مجراهای حسی استفاده می‌نمایند. اصل مجاورت مکانی[3]، بهتر است تصاویر و کلماتی که مربوط به هم هستند، نزدیک به هم یا در کنار هم به نمایش درآیند تا اینکه دور از هم نمایش داده شوند. اصل مجاورت زمانی[4]، هنگامی‌که ارائه مطالب دیداری و شنیداری متناظر به‌طور هم‌زمان است، نیازی به نگه‌داشتن یک نمایش در حافظه کاری تا ارائه دیگری نیست. اصل افزونگی[5]، زمانی اتفاق می‌افتد که یک اطلاعات به‌صورت هم‌زمان، هم به‌صورت دیداری و هم شنیداری ارائه شود که این امر سبب اختلال در فرایند پردازش اطلاعات می‌شود. اصل فردی‌سازی[6]، تفاوت‌های بین‌فردی را با انتخاب وظایف یادگیری به‌گونه‌ای در نظر گیریم که دشواری تکلیف با سطح پشتیبانی موردنیاز یادگیرنده تنظیم شود. اصل بازخورد[7]، بازخورد دادن به یادگیرندگان موجب پردازش شناختی لازم برای فهم عمیق‌تر می‌شود. درنهایت اصل معکوس خبرگی[8]، به تفاوت بین یادگیرندگان ازنظر سطوح دانش آن‌ها باید توجه کرد. بدین معنا که ارائه اطلاعات باید برای مبتدیان و خبرگان متفاوت باشد.

مطالعات صورت‌گرفته در مورد پدیده بار شناختی در طی فرایند یاددهی و یادگیری نشان داده‌اند، زمانی که بار شناختی بیش‌ازحد ظرفیت حافظه کاری باشد و اصول نظریه بار شناختی و یادگیری چندرسانه‌ای در تولید محتوای آموزشی مدنظر گرفته نشود، یادگیری موضوع موردنظر دشوار خواهد بود. براین‌اساس، بیان شده است که علت غیرمؤثر بودن تعدادی از آموزش‌ها،

1. Multimedia Principle
2. Modality Principle
3. Spatial contiguity principle
4. Temporal contiguity principle
5. Redundancy principle
6. Individualization principle
7. Feedback principle
8. Expertise reversal principle

بی‌توجهی آن‌ها به محدودیت‌های نظام‌پردازش اطلاعات انسان، به‌ویژه محدودیت ظرفیت پردازش حافظه کاری است (زارع و همکاران، ۱۳۹۴).

فراهانی و خدابنده‌لو (۱۳۹۸) در پژوهشی نشان دادند که یک چندرسانه‌ای تولیدشده در چارچوب نظریه شناختی چندرسانه‌ای‌ها می‌تواند در مقایسه با شیوه‌های معمول در مراکز آموزش از راه دور بر یادگیری و نگرش دانشجویان تأثیر مثبت‌تری داشته باشد. در پژوهشی که توسط ضرابیان (۱۳۹۷) انجام شد، نتایج تحقیق نشان داد استفاده از محتوای الکترونیکی طراحی‌شده مبتنی بر اصول چندرسانه‌ای مایر، همراه با آموزش سنتی (آموزش ترکیبی)، در کل بر یادگیری دانش‌آموزان در دو درس علوم و ریاضی تأثیر مثبت داشته است. عبدی و رستمی (۱۳۹۶) در پژوهش‌های خود نشان دادند، دانش‌آموزانی که از طریق روش آموزشی مبتنی بر اصول بار شناختی آموزش‌دیده بودند، نمره پیشرفت درسی و انگیزش بالاتری در مقایسه با دانش‌آموزان آموزش‌دیده با روش تدریس متداول داشتند. همچنین، دانش‌آموزان گروه آزمایش بار شناختی کمتری از دانش‌آموزان گروه کنترل ادراک کردند.

در پژوهشی که توسط بکر، کلاین و کان[1] (۲۰۱۸) صورت گرفت، برای تدریس مبحث حرکت یکنواخت و شتاب‌دار درس فیزیک، دانش‌آموزان به دو گروه کنترل و آزمایش تقسیم‌بندی شدند و دانش‌آموزان گروه آزمایش از یک دستگاه تبلت و برنامه رایگان ویانا[2] برای تجزیه‌وتحلیل داده‌های آزمایش‌ها استفاده کردند؛ درصورتی‌که هیچ دستگاه دیجیتالی در اختیار گروه کنترل قرار نگرفت. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد این روش، منجر به افزایش قابل‌توجه یادگیری در رابطه با دانش مفهومی در دانش‌آموزان از مبحث موردنظر می‌شود. همچنین بکر و همکارانش در سال ۲۰۲۰ همین آزمایش را مجدداً با حجم نمونه بیشتر اما همان شرایط قبلی تکرار کردند. یکی از اهداف مهم تکرار این مطالعه، اثبات کاهش بار شناختی اضافی در اثر تجزیه‌وتحلیل ویدئویی

1. Becker, Klein & Kuhn
2. Viana

انجام آزمایش‌ها نسبت به روش متداول بوده است. نتایج این پژوهش نیز صحت این ادعا را بر اساس آمار و ارقام به‌صورت تجربی تأیید می‌کند. اوفرمن، اشمک و فیشر[1] (۲۰۱۷) استدلال کردند محققان باید در طراحی چندرسانه‌ای‌ها به عامل‌های متن، تصویر و یادگیری فردی توجه کنند؛ زیرا طراحی بازنمایی‌های متعدد همیشه مزایایی را برای همه دانش‌آموزان به ارمغان نمی‌آورد. متن استفاده‌شده در این نوع طراحی‌ها باید ساده، منظم و مختصر باشد تا توضیحی معنادار ارائه کند. علاوه بر این، چندین عامل باید در هنگام طراحی یک محیط آموزشی چندرسانه‌ای در نظر گرفته شود، مانند مواردی همچون تفاوت‌های فردی دانش‌آموزان، دانش قبلی و بار شناختی؛ زیرا این‌ها به‌طور مستقیم بر نحوه استفاده دانش‌آموزان از بازنمایی‌ها تأثیر می‌گذارد.

نتایج پژوهشی که توسط سوساک[2] و همکاران (۲۰۱۷) صورت گرفت، نشان می‌دهد که نمایش نموداری داده‌ها، درک دانش‌آموزان از اندازه‌گیری را بهبود می‌بخشد و بار شناختی تجزیه‌وتحلیل اندازه‌گیری را در مقایسه با نمایش عددی داده‌ها کاهش می‌دهد. دبیو و لیمپوت[3] (۲۰۱۴)، با استفاده از چارچوب نظریه بار شناختی و ارائه اندازه‌گیری عینی بار شناختی، هدف مطالعهٔ خود را روشن‌کردن چگونگی تأثیر استفاده از محتوای چندوجهی بر منابع توجه و حفظ اطلاعات کاربران از روزنامه‌های برخط قرار دادند. برای این کار، سه نسخه از یک روزنامه برخط به‌منظور تغییر روش اطلاعات ارائه‌شده طراحی کردند: فقط متن، متن و عکس، متن، عکس و پویانمایی. نتایج این مطالعه نشان داد که به نظر می‌رسد وجود محتوای چندوجهی بر میزان اطلاعاتی که کاربران پس از مطالعه روزنامه‌های برخط حفظ می‌کنند تأثیر می‌گذارد. کاموس[4] (۲۰۱۵)، پژوهشی تحت عنوان «تأثیر بار شناختی بر روی یادآوری تأخیری» انجام داد که نتایج آن بیان‌کننده این مطلب است که استفاده از اصول نظریه بار شناختی باعث افزایش میزان یادآوری

1. Opfermann, Schmeck & Fischer
2. Susac
3. Debue & Leemput
4. Camos

فراگیران می‌شود. تکیر و اکسو[1] (۲۰۱۲)، پژوهشی با هدف بررسی تأثیر یک دستورالعمل طراحی‌شده بر اساس اصول نظریه بار شناختی بر پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان پایه هفتم در مباحث جبر انجام دادند. نتایج نشان داد که محتوای طراحی‌شده بر اساس اصول نظریه بار شناختی برای آموزش جبر، در پیشرفت تحصیلی مؤثر است.

دانش‌آموزان برای اولین‌بار در فصل هشتم از کتاب علوم‌تجربی پایه نهم با مفهوم فشار و آثار آن آشنا می‌شوند؛ کسب دانش اولیه و ساخت طرح‌واره‌های آن‌ها از مفهوم فشار با تدریس این فصل آغاز می‌شود که پایه و اساس یادگیری مفاهیم پیشرفته‌تر از مبحث فشار در سال‌های تحصیلی آتی آن‌ها خواهد بود. معلمان علوم برای تدریس مفاهیم این فصل در فضای مجازی از مثال‌ها و عکس‌های مختلف، پویانمایی‌ها و انجام آزمایش‌های متنوع استفاده می‌کنند؛ لذا در طراحی و ساخت محتواهای آموزشی و یادگیری الکترونیکی این مبحث، درنظرگرفتن مفروضه‌های نظریه بار شناختی حائز اهمیت است.

روش پژوهش

این پژوهش ازنظر هدف، در زمره پژوهش‌های کاربردی قرار می‌گیرد. همچنین روش پژوهش حاضر، شبه‌آزمایشی از نوع طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون با گروه کنترل بود. جامعه آماری پژوهش، شامل کلیه دانش‌آموزان دختر پایه نهم دوره اول متوسطه مدارس عادی آموزش‌وپرورش ناحیه ۱۷ استان تهران است که در سال ۱۴۰۱-۱۴۰۰ مشغول به تحصیل بودند. نمونه‌گیری از نوع تصادفی خوشه‌ای چندمرحله‌ای و تخصیص تصادفی در گروه‌های آزمایش و کنترل انجام‌گرفت. بدین‌ترتیب که از بین تمام مدارس دخترانه متوسطه اول منطقه ۱۷ استان تهران، چهار مدرسه به‌صورت تصادفی انتخاب شد و از هر مدرسه یک کلاس پایه نهم انتخاب و به‌صورت تصادفی دو کلاس در گروه آزمایش و دو کلاس در گروه کنترل قرار گرفتند. حجم نمونه آماری تحقیق ۱۲۰ نفر بود که در دو گروه همسان آزمایش و کنترل قرار گرفتند.

1. Takir & Aksu

برای گردآوری داده‌های تحقیق از دو آزمون محقق‌ساخته استفاده شد. آزمون اول، آزمون پیشرفت تحصیلی بود که مشتمل بر ۲۰ سؤال چهارگزینه‌ای (باتوجه‌به جدول هدف، محتوا و سطوح شناختی بلوم) از منابعی همچون کتاب فیزیک مفهومی (هیوئیت، ۱۳۸۸) تهیه شد. بعد از طراحی این آزمون، روایی صوری آن توسط اساتید و دبیران باتجربه علوم‌تجربی و آموزش فیزیک مورد تأیید قرار گرفت. همچنین ضریب دشواری سؤالات آزمون ۰/۵۷ و ضریب تمیز آن ۰/۶۳ به دست آمد. برای سنجش پایایی آزمون، آلفای کرونباخ محاسبه شد و مقدار ۰/۸۵ به دست آمد که بیانگر پایایی مناسب این آزمون بود. آزمون دوم، پرسش‌نامه سنجش بار شناختی بود که برای اندازه‌گیری بار شناختی ادراک‌شده دانش‌آموزان مورداستفاده قرار گرفت. این پرسش‌نامه بر اساس مقیاس پاس و ون‌مرینبوئر[1] (۱۹۹۳) تنظیم شد که با آن میزان تلاش ذهنی یادگیرنده در ۹ درجه، از ۱ (تلاش ذهنی بسیار کم) تا ۹ (تلاش ذهنی بسیار زیاد)، طبقه‌بندی می‌شود. درواقع، این پرسش‌نامه از سه سؤال به شرح زیر تشکیل شده است که دانش‌آموزان باید با اعدادی از ۱ تا ۹ را انتخاب و به آن‌ها پاسخ دهند:

۱. خواندن و فهمیدن مطالب ارائه‌شده برای شما چقدر سخت بود؟

۲. انجام تکالیف خواسته‌شده در حین تدریس برای شما چقدر سخت بود؟

۳. برای جواب‌دادن به سؤالات آزمون پایانی، چه اندازه تلاش ذهنی انجام دادید؟

روایی صوری پرسش‌نامه توسط اساتید و متخصصان این حوزه مورد بررسی و تأیید قرار گرفت و پایایی آن با استفاده از آلفای کرونباخ ۰/۸۷ به دست آمد.

اجرای دورهٔ آموزشی این پژوهش به‌صورت مجازی (غیرحضوری) و در بستر سامانه شاد (شبکه اجتماعی دانش‌آموزی) در طی ۳ هفته آموزشی، ۶ جلسهٔ ۶۰ دقیقه‌ای در کلاس‌های مجازی علوم‌تجربی پایه نهم انجام‌گرفت. پیش از شروع دورهٔ آموزشی، ابتدا طرح درس‌ها و محتوای آموزشی مربوط به فصل ۸ کتاب علوم‌تجربی پایه نهم (فصل فشار و آثار آن) برای گروه کنترل به

1. Paas & Van Merriënboer

شیوه کلاس‌های مجازی متداول تهیه و تدوین شدند و به تأیید معلمان باتجربه علوم‌تجربی و فیزیک رسیدند. سپس با مطالعه دقیق مبانی نظری و تجربی نظریه بار شناختی، طرح درس‌ها و محتواها با رعایت اصول نظریه بار شناختی برای گروه آزمایش تهیه و تدوین شد (جدول شماره ۱). پیش‌آزمون قبل از شروع آموزش فصل موردنظر برای تمام دانش‌آموزان گروه کنترل و آزمایش برگزار و داده‌ها ثبت شد. برای پیش‌آزمون از همان آزمون پیشرفت تحصیلی استفاده شد.

جدول ۱. مطالب فصل فشار کتاب علوم‌تجربی پایه نهم و فعالیت‌های انجام‌شده در گروه آزمایش

جلسه	عنوان درس	رسانه طراحی‌شده با رعایت اصول بار شناختی	زمان	راهبرد تدریس	محیط آموزشی
اول	فشار در زندگی روزمره، فشار و نیرو، مثال‌های ص ۸۴	نمایش تصاویر مختلف، پاورپوینت.	۶۰ دقیقه	پرسش‌وپاسخ، کشف مسئله توضیح و تفسیر، حل مسئله	شاد
دوم	فشار جامدات، خود را بیازمایید ص ۸۶ فکر کنید ص ۸۶ فعالیت ص ۸۶	نمایش یک فیلم کوتاه از انجام آزمایش، پاورپوینت.	۶۰ دقیقه	کاوشگری علمی، گردآوری اطلاعات و تحقیق، حل مسئله	شاد
سوم	فشار مایعات، آزمایش کنید ص ۸۷	نمایش تصاویر، نمایش یک فیلم کوتاه از انجام آزمایش، پاورپوینت.	۶۰ دقیقه	روش مشاهده علمی، -توضیح و تفسیر	شاد
چهارم	سطح آزاد مایعات، فکر کنید ص ۸۸ اصل پاسکال، فکر کنید ص ۸۹	نمایش یک فیلم کوتاه از انجام آزمایش، پاورپوینت.	۶۰ دقیقه	توضیح و تفسیر، حل مسئله. توضیح و تفسیر، حل مسئله	شاد
پنجم	فشار در گازها، آزمایش کنید ص ۹۰، فعالیت ص ۹۰.	نمایش تصاویر، نمایش یک فیلم کوتاه از انجام آزمایش، پاورپوینت.	۶۰ دقیقه	روش مشاهده علمی، توضیح و تفسیر	شاد
ششم	فشار هوا در اطراف زمین، آزمایش کنید ص ۹۲، فکر کنید ص ۹۲، فعالیت ۹۳.	نمایش تصاویر، نمایش یک فیلم کوتاه از انجام آزمایش، پاورپوینت.	۶۰ دقیقه	کاوشگری علمی، روش مشاهده علمی، توضیح و تفسیر، حل مسئله	شاد

قسمت‌های مختلف محتوای الکترونیکی گروه آزمایش با رعایت اصول نظریه بار شناختی طراحی و ساخته شد که روش ساخت بدین شرح است: به‌منظور رعایت اصل معکوس خبرگی، پیش از آغاز طراحی و تولید فیلم‌های آموزشی، نمرات پیش‌آزمون گروه آزمایش جهت تعیین سطح دانش دانش‌آموزان این گروه مورد بررسی قرار گرفت و محتوا باتوجه به سطح دانش آن‌ها از مبحث موردنظر ساخته شد. برای طراحی هریک از اسلایدهای آموزشی سعی شد تا جای ممکن مطالبی که بیان و نمایش آن‌ها ضرورتی ندارد و تنها فضای حافظه کاری را اشغال می‌کنند حذف شود؛ به‌عنوان‌مثال، برای هر مطلب ارائه‌شده به ذکر تنها چند مثال کوتاه و مفید اکتفا کرده و از آوردن مثال‌های متعدد و طولانی خودداری شد. ازآنجایی‌که مباحث فیزیک بسیار به هم مرتبط‌اند و برای یادگیری مبحثی مانند فشار، باید دانش‌آموزان به مباحثی مانند نیرو و مساحت سطح مسلط باشند تا بتوانند مفهوم فشار را درک کنند، لذا طرح درس‌ها به‌گونه‌ای طراحی شد که در ابتدا مطالبی که پیش‌نیاز یادگیری مطالب جدید هستند برای دانش‌آموزان یادآوری شده تا دانش‌آموزان بتوانند بین مطالبی که از گذشته در حافظه ذخیره کرده‌اند و مطالب جدید پیوند برقرار کنند و این مطالب در حافظه کاری فضای کمتری را اشغال کنند و آسان‌تر به حافظه بلندمدت فرستاده شوند و یادگیری معنادار رخ دهد.

به‌منظور رعایت اصل قطعه‌بندی، ساده‌ترین و ابتدایی‌ترین مفاهیم مرتبط با فشار در اسلایدهای اولیه و به‌مرور مطالب پیچیده‌تر در اسلایدهای پایانی هر قسمت قرار گرفتند. همچنین فیلم‌های آموزشی ازنظر زمان آموزش نیز به فیلم‌های کوتاه تقسیم‌بندی شدند تا دانش‌آموزان فرصت لازم برای تجزیه‌وتحلیل مطالب آموزشی هر فیلم را داشته باشند و با کوتاه کردن زمان هریک از فیلم‌های آموزشی سعی شد تا از حواس‌پرتی دانش‌آموزان و کسل‌شدن آن‌ها جلوگیری شود. برای طراحی هر اسلاید به این نکته توجه ویژه شد که تصاویر و کلمات مرتبط در کنار هم و در یک اسلاید نمایش داده شوند تا بنا بر اصل مجاورت مکانی فرایندهای جستجوی بصری که منابع شناختی یادگیرنده را بدون کمک به افزایش در حوزه یادگیری اشغال می‌کند، حذف شوند. باتوجه‌به اصل مجاورت زمانی، هنگامی‌که ارائه مطالب دیداری و شنیداری متناظر به‌طور هم‌زمان

است، نیازی به نگه‌داشتن یک نمایش در حافظه کاری تا ارائه دیگری نیست. این وضعیت بار شناختی را به حداقل می‌رساند؛ بنابراین در طراحی و ضبط فیلم‌ها به هم‌زمانی صدا و تصویر دقت شد. همچنین برای انجام آزمایش‌های این فصل (که توسط خود دبیر کلاس انجام و ضبط شد) سعی شد تا توضیحات لازم مربوط به هر آزمایش مانند معرفی وسایل لازم برای انجام آزمایش پیش از شروع کار، بیان ترتیب انجام مراحل آزمایش و نحوهٔ انجام کار، هم‌زمان با انجام آزمایش گفته شود و توضیحات به اسلایدها و فیلم‌های بعدی سپرده نشود. برای جلوگیری از اثر تقسیم توجه از هیچ صدای پس‌زمینه یا موسیقی در فیلم‌های آموزشی استفاده نشد و تمام آزمایش‌ها در یک محیط آزمایشگاهی ساده انجام تا از حواس‌پرتی دانش‌آموزان به محیط پیرامون محل انجام آزمایش‌ها، جلوگیری شود. طرح درس‌ها به‌گونه‌ای طراحی و در اسلایدها آورده شدند که یک مطلب آموزشی هم به‌صورت دیداری و هم شنیداری ارائه نشود تا اصل افزونگی رعایت شود؛ به‌عنوان‌مثال اگر در حال توضیح نحوه انجام آزمایشی هستیم دیگر از نوشتن همان مطالب کنار فیلم در حال ضبط و شلوغ‌کردن فضای صفحه‌نمایش خودداری کرده‌ایم. برای جلب‌توجه بیشتر و تمرکز دانش‌آموزان از قلم نوری و موس برای تدریس در اسلایدها استفاده شد تا بتوانیم راحت‌تر علائمی را برای دادن سرنخ‌هایی به دانش‌آموزان ایجاد کنیم. تکالیف هر قسمت در پایان همان قسمت آورده شد و از آوردن تکالیف خارج از محیط فیلم‌های آموزشی خودداری نمودیم.

دانش‌آموزان گروه آزمایش، فیلم‌های آموزشی را به‌صورت آفلاین دریافت می‌کردند و تا جلسه بعد فرصت داشتند تا مطالب را مشاهده کنند و تکالیف خود را انجام دهند. دادن این زمان به دانش‌آموزان به آن‌ها کمک می‌کند تا باتوجه به ویژگی‌های فردی و سرعت یادگیری خود به تماشای فیلم‌های آموزشی و مطالب گفته شده بپردازند و حافظه کاری آنان زمان لازم برای پردازش اطلاعات را داشته باشد و از واردآمدن بار شناختی اضافی به حافظه کاری آن‌ها جلوگیری شود. جلسه‌های برخط به رفع اشکال و بررسی تکالیف و جواب‌ها اختصاص داده شد تا با دادن بازخورد به دانش‌آموزان آن‌ها را برای دریافت فیلم‌های آموزشی مبحث بعدی آماده کنیم. پس از طراحی محتواها، دو نفر متخصص (یک استاد فیزیک و یک استاد فناوری آموزشی) آن‌ها را

بررسی کرده و کیفیت علمی آن‌ها را مورد تأیید قرار دادند. برای تولید محتوای مجازی گروه آزمایش از رسانه‌های مختلفی مانند نرم‌افزار ارائه مطلب (پاورپوینت) برای ساخت اسلایدها، نرم‌افزار وایت‌برد و استفاده از قلم نوری و موس برای نوشتن، نرم‌افزار ایکس–رکوردر، به‌عنوان رسانه صوتی و تصویری برای ضبط از صفحه‌نمایش، دوربین تلفن همراه برای فیلم‌برداری از آزمایش‌ها و نرم‌افزار یوکات برای ویرایش فیلم‌ها استفاده شد.

شکل ۱. قسمت‌هایی از محتوای آموزش الکترونیکی گروه آزمایش

برای نمونه، در اسلایدهای شکل ۱ اصولی همچون اصل انسجام، اصل قطعه‌بندی، اصل علامت‌دهی، اصل چندرسانه‌ای، اصل مجاورت مکانی و زمانی و اصل افزونگی رعایت شده است.

لازم به ذکر است که در گروه کنترل، کلاس‌های مجازی در فضای آموزشی شاد بر اساس طرح درس‌ها و محتواهای متداول برگزار شدند. بعد از اتمام مبحث، پس‌آزمون از هر دو گروه کنترل و آزمایش گرفته شد و نمرات دانش‌آموزان ثبت شد. دانش‌آموزان در پایان آموزش‌ها به سؤالات پرسش‌نامه بار شناختی با اعدادی از ۱ تا ۹ پاسخ دادند و جواب‌ها برای تجزیه‌وتحلیل آن‌ها ثبت شد. به‌منظور سنجش میزان یادداری دانش‌آموزان از مبحث تدریس شده، پس از گذشت دو هفته از پایان دوره و بدون هماهنگی قبلی با دانش‌آموزان، از آن‌ها آزمون یادداری گرفته شد.

یافته‌ها

در جدول ۲ میانگین و انحراف معیار نمرات آزمون پیشرفت تحصیلی، آزمون یادداری و پرسش‌نامه بار شناختی برای هر دو گروه کنترل و آزمایش آورده شده است.

جدول ۲. میانگین و انحراف معیار آزمون پیشرفت تحصیلی، آزمون یادداری و پرسش‌نامه بار شناختی

نوع آزمون	تعداد	نوع آزمون	گروه کنترل		گروه آزمایش	
			میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
پیشرفت تحصیلی	۱۲۰	پیش‌آزمون	۳/۸	۱/۵	۳/۷	۱/۳
		پس‌آزمون	۱۷/۰۶	۲/۲	۱۸/۰۱	۱/۷۳
یادداری	۱۲۰	پس‌آزمون	۱۴/۹۳	۲/۶۱	۱۶/۹۸	۱/۹۳
پرسش‌نامه بار شناختی	۱۲۰	پس‌آزمون	۶/۵۸	۲/۷۶	۴/۳۴	۳/۷۱

در بخش آمار استنباطی از آزمون‌های کولموگروف- اسمیرنوف جهت بررسی نرمال‌بودن متغیرها استفاده شد. باتوجه به نتایج جدول ۳، مقادیر به‌دست‌آمده (۰/۰۵ < سطح معنی‌داری) نشان می‌دهد که با اطمینان ۹۵ درصد می‌توان ادعا نمود که تمام متغیرهای این پژوهش از یک توزیع نرمال پیروی می‌کنند؛ بنابراین برای تجزیه‌وتحلیل فرضیه‌های پژوهش از آزمون‌های پارامتری استفاده می‌شود.

جدول ۳. آزمون کولموگروف - اسمیرنوف

نوع آزمون	تعداد	نوع آزمون	گروه کنترل		گروه آزمایش	
			آماره کولموگروف	سطح معنی‌داری	آماره کولموگروف	سطح معنی‌داری
پیشرفت تحصیلی	۱۲۰	پیش‌آزمون	۱/۱۹	۰/۱۱۶	۱/۳۱	۰/۰۶
		پس‌آزمون	۱/۱۹	۰/۱۱۳	۱/۷۷	۰/۲۴
یادداری	۱۲۰	پس‌آزمون	۱/۲۴	۰/۰۹	۱/۵۷	۰/۰۷
پرسش‌نامه بار شناختی	۱۲۰	پس‌آزمون	۰/۸۱	۰/۵۲	۰/۹۶	۰/۳۱

فرضیه اول: طراحی محتوای آموزشی الکترونیکی مبتنی بر نظریه بار شناختی در مبحث فشار بر روی پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان تأثیر دارد.

برای آزمودن این فرضیه با تحلیل کوواریانس، ابتدا همگنی واریانس توسط آزمون لون مورد بررسی قرار گرفت (F=۲/۹۲ و sig=۰/۰۹). نتایج نشان می‌دهد که تساوی واریانس‌ها برای این متغیر پژوهش برقرار است (P >۰/۰۵) باتوجه‌به مجموع پیش‌فرض‌های مطرح‌شده مشاهده می‌شود که داده‌های این پژوهش قابلیت ورود به تحلیل کوواریانس را دارا هستند و می‌توان تفاوت‌های دو گروه را در متغیرهای وابسته مورد بررسی قرارداد.

مطابق با نتایج جدول ۴، با حذف تأثیر متغیر پیش‌آزمون و باتوجه‌به ضریب F محاسبه‌شده، مشاهده می‌شود که بین میانگین‌های تعدیل‌شده نمرات پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان برحسب عضویت گروهی (کنترل و آزمایش) در مرحله پس‌آزمون تفاوت معناداری مشاهده می‌شود (۰/۰۵ > P)؛ بنابراین نتیجه گرفته می‌شود که محتوای آموزشی طراحی‌شده بر اساس اصول نظریه بار شناختی در مبحث فشار، بر روی پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان تأثیرگذار است. میزان این تأثیر معنادار بودن عملی ۰/۶۸ بوده است، یعنی ۶۸ درصد کل واریانس پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان با محتوای آموزشی طراحی‌شده بر اساس اصول نظریه بار شناختی تغییر کرده است.

جدول ۴. نتایج تحلیل کوواریانس آزمون پیشرفت تحصیلی در گروه‌های کنترل و آزمایش

منبع	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F	معناداری	اندازه اثر
پیش‌آزمون	۵۰۴/۶۷	۱	۵۰۴/۶۷	۴۹۱/۸۸	۰/۰۰۰	۰/۴۵
گروه	۳۱/۸۵	۱	۳۱/۸۵	۳۱/۰۵	۰/۰۰۰	۰/۷۵
خطا	۱۲۰/۰۴	۱۱۷	۱/۰۳			
کل	۳۱۳۱۱	۱۲۰				

فرضیه دوم: طراحی محتوای آموزشی الکترونیکی مبتنی بر نظریه بار شناختی در مبحث فشار بر میزان یادداری دانش‌آموزان تأثیر دارد.

برای آزمودن فرضیه دوم تحقیق باید میانگین دو گروه کنترل و آزمایش را در آزمون یادداری با استفاده از آزمون تی مستقل با هم مقایسه کرد تا معلوم شود، آیا تفاوت موجود بین دو گروه

ناشی از خطای نمونه‌گیری است یا تفاوتی معنادار و واقعی است؟ جهت اجرای تی مستقل؛ ابتدا باید مطمئن شد که واریانس گروه‌ها با هم برابر است. آزمونی که این مورد را بررسی می‌کند، آزمون لون است. نتایج این آزمون (F= ۴/۰۱۴P> ۰/۰۴۷) نشان داد که واریانس دو گروه باهم برابر است؛ بنابراین نتایج آزمون تی مستقل به‌صورت زیر گزارش می‌شود.

جدول ۵. نتایج آزمون تی مستقل برای فرضیه دوم پژوهش

متغیر	گروه	تعداد	میانگین	انحراف معیار	درجه آزادی	مقدار t	معنی‌داری
یادداری	کنترل	۶۰	۱۴/۹۳۳	۲/۶۱	۱۱۸	-۴/۸۸	۰/۰۰۰
	آزمایش	۶۰	۱۶/۹۸۳	۱/۹۳			

همان‌گونه که از جدول بالا می‌توان دریافت، بین میانگین گروه آزمایش و کنترل ازلحاظ آماری تفاوت معناداری وجود دارد (t:-۴/۸۸ ،P> ۰/۰۰۰)؛ بنابراین می‌توان گفت بین دانش‌آموزانی که بر اساس اصول نظریه بار شناختی محتوا را دریافت کرده بودند و دانش‌آموزانی که با روش متداول آموزش‌دیده بودند، در میزان یادداری آن‌ها از مبحث تدریس شده تفاوت معناداری وجود دارد. دانش‌آموزانی که باتوجه‌به رعایت اصول نظریه بار شناختی محتوای آموزشی را دریافت کرده بودند، بیشتر از دانش‌آموزان گروه کنترل مفاهیم را در حافظه خود نگه داشته بودند و میزان فراموشی مطالب در آن‌ها کمتر بوده است.

فرضیه سوم: طراحی محتوای آموزشی الکترونیکی مبتنی بر نظریه بار شناختی بر میزان بار شناختی ادراک‌شده توسط دانش‌آموزان تأثیر دارد.

برای آزمودن فرضیه سوم تحقیق، باید میانگین دو گروه کنترل و آزمایش را در پاسخ به پرسش‌نامه بار شناختی با استفاده از آزمون تی مستقل باهم مقایسه کرد تا معلوم شود، آیا تفاوت موجود بین دو گروه ناشی از خطای نمونه‌گیری است یا تفاوتی معنادار و واقعی است؟ جهت اجرای تی مستقل، ابتدا باید مطمئن شد که واریانس گروه‌ها باهم برابر است. آزمونی که این مورد را بررسی می‌کند، آزمون لون است. نتایج این آزمون (F= ۵/۷۷۸ ،P>۰/۰۱۸) نشان داد که واریانس دو گروه باهم برابر است؛ بنابراین نتایج آزمون تی مستقل در جدول زیر گزارش شده است.

جدول ۶. نتایج آزمون تی مستقل برای فرضیه سوم تحقیق

متغیر	گروه	تعداد	میانگین	انحراف معیار	درجه آزادی	مقدار t	معنی‌داری
پرسش‌نامه بار شناختی	کنترل	۶۰	۶/۵۸	۲/۷۶	۱۱۸	۱۱/۲۹	۰/۰۰۰
	آزمایش	۶۰	۴/۳۴	۳/۷۱			

همان‌طور که از جدول بالا می‌توان دریافت، بین میانگین گروه کنترل و آزمایش ازلحاظ آماری تفاوت معناداری وجود دارد (P> ۰/۰۰۰، t:۱۱/۲۹)؛ بنابراین می‌توان گفت بین دانش‌آموزانی که محتوای آموزشی را با رعایت اصول نظریه بار شناختی دریافت کرده با دانش‌آموزانی که به شیوه متداول محتوای آموزشی را دریافت کردند، در میزان تلاش ذهنی آنان (باتوجه‌به نتیجه پرسش‌نامه بار شناختی) برای فهمیدن و پاسخ به سؤالات مبحث فشار و آثار آن، تفاوت معناداری وجود دارد. دانش‌آموزانی که با رعایت اصول نظریه بار شناختی محتوی آموزشی را دریافت کرده بودند، تلاش ذهنی کمتری را نسبت به دانش‌آموزان گروه کنترل گزارش کرده‌اند.

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر طراحی محتواهای الکترونیکی درس فیزیک با رعایت اصول نظریه بار شناختی در فضای مجازی (پیام‌رسان شاد) بر پیشرفت تحصیلی، یادداری و بار شناختی ادراک‌شده دانش‌آموزان از مبحث موردنظر (فشار و آثار آن) انجام شد.

نتایج حاصل از آزمودن فرضیه اول این تحقیق، نشان داد که دانش‌آموزان گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل، عملکرد بهتری در آزمون پیشرفت تحصیلی داشتند و تفاوت معناداری در نمرات پس‌آزمون دو گروه مشاهده شد. این نتایج با پژوهش‌های فراهانی و خدابنده‌لو (۱۳۹۸)، ضرابیان (۱۳۹۷)، عبدی و رستمی (۱۳۹۶)، بکر و همکاران (۲۰۲۰، ۲۰۱۸)، سوساک و همکاران (۲۰۱۷)، اوفرمن و همکاران (۲۰۱۷)، تکیر و آکسو (۲۰۱۲) همسو است. برای تبیین این یافته می‌توان گفت که توجه به ویژگی ساختار شناختی انسان، فرض اصلی نظریه بار شناختی است (سوئلر و همکاران، ۲۰۱۱). این به آن معنا است که آموزش‌ها، به‌خصوص آموزش‌های مجازی و

الکترونیکی که با انواع رسانه‌های یادگیری سروکار دارند، باید محدودیت‌های حافظه کاری را در نظر بگیرند.

از طرفی، نتایج به‌دست‌آمده از آزمودن فرضیه دوم نشان داد، بین گروهی که محتوای الکترونیکی طراحی‌شده با اصول نظریه بار شناختی (گروه آزمایش) را دریافت کرده بودند و گروهی که محتوای متداول کلاس‌های مجازی (گروه کنترل) را دریافت کرده بودند ازنظر میزان به‌یادسپاری مطالب پس از گذشت دو هفته از اتمام آموزش مبحث موردنظر، تفاوت معناداری وجود دارد. نتایج این فرضیه با پژوهش‌های دبیو و لیمپوت (۲۰۱۴)، کاموس (۲۰۱۵) همسو است. همچنین زارع، ساریخانی و مهربان (۱۳۹۴)، در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند که رعایت اصول نظریه بار شناختی در طراحی آموزشی می‌تواند بر به‌خاطر سپردن و یادگاری آموزش‌ها تأثیر مثبت بگذارد. در تبیین این یافته‌ها می‌توان به این مطلب اشاره کرد که استفاده از چندرسانه برای آموزش، توجه و علاقه یادگیرنده را جلب می‌کند و سبب پایداری یادگیری در حافظه آن‌ها می‌شود (فردانش، ۱۳۹۵). البته همان‌طور که بحث شد در استفاده از چندرسانهٔ آموزشی به‌صورت هم‌زمان، اگر توجه به محدودیت‌های حافظه کاری یادگیرندگان نشود، ممکن است نتایج معکوس دریافت کنیم. محتواهای چندرسانه‌ای با دارا بودن قابلیت تکرار و تمرین در هر زمان و مکانی، سبب ماندگاری بیشتر مطالب در حافظه می‌شوند. حال اگر این محتواها بر اساس ساختار شناختی انسان و نحوه ذخیره‌سازی اطلاعات و بازیابی آن‌ها از حافظه بلندمدت طراحی شده باشند، می‌تواند نقش مهمی در افزایش میزان یادداری در یادگیرندگان داشته باشد (ون مرینبوئر و سوئلر، ۲۰۰۵؛ ون مرینبوئر و کستر، ۲۰۰۵).

همچنین در آزمودن فرضیه سوم این تحقیق، نتایج آزمون تی مستقل نشان داد که دانش‌آموزان گروه آزمایش که محتواهای طراحی شد با رعایت اصول نظریه بار شناختی را دریافت کرده بودند، تلاش ذهنی کمتری را نسبت به گروه کنترل در پاسخ سؤالات گزارش داده بودند و بین میانگین پاسخ‌های دو گروه تفاوت معناداری وجود دارد. این نتایج با پژوهش‌های عبدی و رستمی (۱۳۹۶)، بکر و همکاران (۲۰۲۰)، مایر (۱۹۹۷) همسو است. همچنین محبوبی و همکاران

(۱۳۹۱)، در پژوهش خود نشان دادند که اصول رعایت طراحی آموزشی بر کاهش بار شناختی ادراکی فراگیران مؤثر است. در تبیین این یافته‌ها می‌توان گفت بار شناختی ادراک‌شده توسط یادگیرنده، همان میزان تلاش ذهنی برای بازیابی و ذخیره اطلاعات در حین دریافت دانش جدید است (پاس و همکاران، ۱۹۹۲). از طرفی بار اضافی، تلاشی است که برای پردازش طراحی‌های آموزشی ضعیف لازم است؛ بنابراین اگر طراحی محتوا بر اساس اصولی که ساختار حافظه و نحوه ذخیره و بازیابی بهتر اطلاعات از آن را در نظر می‌گیرد باشد، یادگیرنده با صرف کمترین میزان تلاش ذهنی می‌تواند دانش جدید را در حافظه خود ذخیره کند و درنتیجه یادگیری پایدارتر و معنادارتر می‌شود و ازنظر فرد یادگیرنده مبحث موردنظر آسان‌تر به نظر می‌آید (مایر، ۱۹۹۷؛ مایر و مورنو، ۲۰۰۳).

باتوجه به نتایج حاصل از این پژوهش، پیشنهاد می‌شود معلمان و دست‌اندرکاران آموزش، دربارهٔ اصول پایه و اساسی نظریه بار شناختی آموزش ببینند تا بتوانند این اصول را باتوجه به ظرفیت محدود حافظه کاری یادگیرندگان در طراحی و تولید محتواهای آموزشی، چه برای کلاس درس حضوری و چه غیرحضوری به‌کارگیرند. همچنین نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که طراحان و سازندگان محتواهای الکترونیکی علاوه بر توجه به بخش فنی ابزارهای تولید محتوای الکترونیکی و افزایش جذابیت فضای چندرسانه‌ای‌ها برای آموزش، باید به عواملی که در این فضا باعث واردآمدن بار اضافی به حافظه در زمان یادگیری مطالب جدید می‌شود نیز توجه ویژه داشته باشند؛ لذا توصیه‌هایی برای کنترل بار شناختی وارد بر حافظه کاری یادگیرندگان در زمان فراگیری مطالب جدید از محتوای الکترونیکی فضای مجازی، باتوجه‌به نتایج این پژوهش ذکر می‌شود:

- برای امر آموزش و تدریس در فضای مجازی تا جای ممکن معلمان هر کلاس با توجه به سطح دانش قبلی دانش‌آموزان کلاس خود، اقدام به تولید محتوا کنند تا بتواند باتوجه‌به اصل معکوس خبرگی مفیدترین محتوا را در اختیار یادگیرندگان قرار دهند. ضمن آن‌که دانش‌آموزان از محتوایی که معلم خودشان طراحی و آموزش می‌دهد بیشتر از فیلم‌های آمادهٔ موجود در فضای مجازی استقبال می‌کنند.

- از قراردادن فیلم‌های آموزشی متعدد برای یک مطلب پرهیز شود و برای هر مطلب یک فیلم مناسب انتخاب شود تا از اثر تقسیم توجه یادگیرندگان بین فیلم‌های مختلف جلوگیری شود.
- باتوجه‌به سرعت اینترنت و محدودیت‌های آن برای کلاس‌های مجازی در بستر برنامه شاد، برنامهٔ کلاس معکوس پیشنهاد می‌شود. به این صورت که آموزش و تدریس اصلی به‌صورت آفلاین برگزار شود و سرعت یادگیری به دانش‌آموزان واگذار شود. سپس در کلاس برخط به رفع اشکال و حل مسائل بیشتر پرداخته شود.
- توصیه می‌شود از پر کردن فضای اسلایدهای محتوای الکترونیکی با نام دبیر، تصویر دبیر، تصویرهای جذاب اما غیرمرتبط با موضوع درس و امثال آن به‌منظور رعایت اصل انسجام جدا خودداری شود.
- در نحوهٔ بارگذاری مطالب در کلاس مجازی نیز باید این نکته را در نظر داشت که محتوای آموزشی طولانی با حجم زیاد را به قسمت‌های کوتاه و کم‌حجم تقسیم کنیم تا هم برای بارگذاری و دریافت آن‌ها دچار مشکل نشویم و هم دانش‌آموزان با مشاهده فیلم‌های آموزشی طولانی خسته نشوند و برای دنبال‌کردن ادامه محتوا بی‌میل نشوند.

تشکر و قدردانی

این مقاله توسط دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی تحت پژوهانه با شماره ۵۰۲۵ مورد حمایت قرار گرفته است.

منابع

اندرسون، تری؛ الومی، فتی (۱۳۸۵). *یادگیری الکترونیکی از تئوری تا عمل*. ترجمهٔ زمانی، عشرت؛ عظیمی، امین. تهران: مؤسسه توسعه فناوری آموزشی مدارس هوشمند.

تقی‌یاره، فتانه؛ سیادتی، ملودی (۱۳۸۶). معیارهای انتخاب ابزارهای تألیف محتوا در یادگیری الکترونیکی. *پژوهش و برنامه‌ریزی در آموزش عالی*. ۱۳(۱)، ۷۵-۸۹.

زارع، محمد؛ زارعی زوارکی، اسماعیل؛ امیرتیموری، محمدحسن؛ ساریخانی، راحله (۱۳۹۴). مقایسه بار شناختی بیرونی طراحی آموزش با الگوی مریل در آموزش به شیوه چندرسانه‌ای و سنتی. *فناوری اطلاعات و ارتباطات در علوم تربیتی*. ۶(۳)، ۲۵-۴۰.

زارع، محمد؛ ساریخانی، راحله؛ مهربان، جواد (۱۳۹۴). بررسی تأثیر استفاده از چندرسانه‌ای آموزشی طراحی‌شده بر اساس اصول بار شناختی بر میزان یادگیری و یادداری در درس زیست‌شناسی. *تازه‌های روانشناسی صنعتی/سازمانی*. ۲۲، ۶۱-۸۸.

سیف، علی‌اکبر (۱۳۹۲). *روان‌شناسی پرورشی نوین، ویرایش هفتم*. تهران: دوران.

ضرابیان، فروزان (۱۳۹۷). بررسی محتوی الکترونیکی مبتنی بر اصول طراحی چندرسانه‌ای بر یادگیری دروس ریاضی و علوم دانش‌آموزان ششم ابتدایی. *پژوهش‌های برنامه درسی*. ۸ (۲)، ۴۸-۶۹.

عبدی، علی و رستمی، مریم (۱۳۹۶). اثربخشی روش آموزش مبتنی بر اثرات بار شناختی بر پیشرفت درسی، بار شناختی ادراک شده و انگیزش دانش‌آموزان به یادگیری درس علوم‌تجربی. *مجله آموزش و ارزشیابی*. ۱۰(۴۰)، ۴۳-۶۷.

فراهانی، مرتضی و خدابنده لو، روح‌الله (۱۳۹۸). بررسی تأثیر چندرسانه‌ای آموزشی استانداردشده در چارچوب نظریه شناختی چندرسانه‌ای‌ها بر میزان یادگیری و نگرش به درس ریاضی دانش‌آموزان مراکز آموزش از راه دور. *فناوری آموزش و یادگیری*. ۷(۲)، ۵۹-۷۹.

فردانش، هاشم (۱۳۹۵). *طراحی آموزشی: مبانی، رویکردها و کاربردها*. تهران: سمت.

کالیوگا، اس. (۱۳۹۱). *بار شناختی و طراحی آموزشی*. ترجمهٔ امیر تیموری، محمدحسن؛ موسی رمضانی،سونیا؛ ولایتی، الهه. تهران: آوای نور.

محبوبی، طاهر؛ زارع، حسین؛ سرمدی، محمدرضا؛ فردانش، هاشم؛ فیضی، آوات (۱۳۹۱). اثربخشی رعایت اصول طراحی آموزشی بر بار شناختی موضوعات یادگیری در محیط‌های یادگیری چندرسانه‌ای. *مطالعات برنامه درسی آموزش عالی*. ۳(۶)، ۲۹-۴۶.

هیوئیت، پل جی. (۱۳۸۸). *فیزیک مفهومی*، ترجمه رهبر، منیژه، ویرایش دهم. تهران: فاطمی.

Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. *The psychology of learning and motivation*, 2, 89-195. DOI:10.1017/CBO9781316422250.025

Becker, S., Klein, P. & Kuhn, J. (2019). Promoting students' conceptual knowledge using video analysis on tablet computers. *Physics Education Research Conference 2018*, Washington, DC. DOI:10.1119/perc.2018.pr.Becker

Becker, S., Klein, P., Gößling, A., Kuhn, J. (2020). Investigating dynamic visualizations of multiple representations using mobile video analysis in physics lessons. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissevschaften*, 123-142. DOI:10.1007/s40573-020-00116-9

Camos, V. (2015). The impact of cognitive load on delayed recall. *Psychonmic Bulletin & Review*, 22(4), 1029-1034. DOI:10.3758/s13423-014-0772-5

Daniel, S. J. (2020). Education and the covid-19 pandemic. *Prospects*, 49(1–2), 91–96. DOI:10.1007/s11125-020-09464-3

Debue, N., & Leemput, C. V. D. (2014). Cognitive load and information retention in online news reading: analysis of theimpact of multimodality. *28th International Congress of Applied Psychology, Paris.*

Liguori, E., & Winkler, C. (2020). From offline to online: challenges and opportunities for entrepreneurship education following the covid-19 pandemic. *Entrepreneurship Education and Pedagogy*, 3(1), 2-6. DOI:10.1177/2515127420916738.

Mayer, R. E. (1997). Multimedia learning: Are we asking the right questions. *Educational* Psychologist, 32, 1-19. DOI:10.1207/s15326985ep3201_1

Mayer, R. E., & Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist, 38*, 43-52. DOI: 10.1207/S15326985EP3801_6

Opfermann, M., Schmeck, A., & Fischer, H. E. (2017). *Multiple representations in physics and science education–why should we use them?* In D. F. Treagust, R. Duit, & H. F. Fischer (Eds.), Multiple representations in physics education, 1–22. DOI:10.1007/978-3-319-58914-5_1

Paas, F. (1992). Training strategies for attaining transfer of problem-solving skill in statistics: A cognitive-load approach. *Journal of Educational Psychology*, 84, 429–434. DOI: 0.1037/0022-0663.84.4.429

Paas, F., & Van Merriënboer, J. J. G. (1993). The efficiency of instructional conditions: An approach to combine mental effort and performance measures. *Human Factors*, 35, 737–743. DOI:10.1177/001872089303500412

Paas, F., & Van Merriënboer, J. J. G. (1994). Instructional control of cognitive load in the training of complex cognitive tasks. *Educational Psychology Review, 6*, 51–71. DOI:10.1017/CBO9780511844744.008

Rudolph, M. (2017). "Cognitive theory of multimedia Learning". *Journal of Online Higher Education*, 1(2), 21-33. DOI: 10.1207/S15326985EP3801_6

Susac, A., Bubic, A., Martinjak, P., Planinic, M., & Palmovic, M. (2017). Graphical representations of data improve student understanding of measurement and uncertainty: An eye-tracking study. *Physical Review Physics Education Research*, 13(2), 020125. DOI:10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.020125

Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive load theory* (vol. 1). New York: Springer.

Sweller, J., Van Merrienboer, J. J. G., & Paas, F. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251-296. DOI:10.1023/a:1022193728205

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.* (3) 2, 232-240. DOI:10.4236/ce.2012.32037

Van Merriënboer, J. J. G., & Kester, L. (2005). *The four-component instructional design model:Multimedia principles in environments for complex learning*. In R. E. Mayer (Ed.), The Cambridge handbook of multimedia learning , 71-93. NewYork: Cambridge University Press.

Van Merriënboer, J. J. G., & Sweller, J. (2005). Cognitive load theory and complex learning: Recent developments and future directions. *Educational Psychology Review, 17*(2), 147–177. DOI:10.1007/s10648-005-3951-0