Educational Technologies in Learning
https://jti.atu.ac.ir/

ATU PRESS

The Effect of Using Stop Motion Technique on Enhancing the Quality of Scientific Reasoning Skills of Students

Fariba Ansarimoghadam — Ph.D. Student in Educational Technology, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. E-mail: f.ansarimoghaddam@modares.ac.ir

Javad Hatami* — *Corresponding Author*, Professor, Department of Educational Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. E-mail: j.hatami@modares.ac.ir

Mohammadreza Farrokhnia — Assistant Professor, Department of Learning, Data Analytics and Technology, Instructional Technology Section, University of Twente, Enschede, the Netherlands. E-mail: m.farrokhnia@utwente.nl

Masoumeh Ghalkhani — Associate Professor, Department of Chemistry, Tarbiat Debir Rajaee University, Tehran, Iran. E-mail: ghalkhani@sru.ac.ir

Ebrahim Talae — Associate Professor, Department of Educational Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. E-mail: e.talae@modares.ac.ir

ABSTRACT

The main purpose of this study is to determine the effectiveness of the stop motion technique in improving the scientific reasoning of third grade high school students in the chemistry course with the subject of electroplating. The study sample includes 150 students, all of whom were studying in two fields of mathematics and experimental studies in the academic year of 2022-2023. The approach of this research is quantitative and the method used is quasi-experimental, of the Salomon four-group design. Also, in terms of purpose, it is among applied researches. The sampling method is cluster. This research was done with two experimental groups and one control group. in experimental group 1; Training using stop motion technique was used in an unstructured way. in experimental group 2; Training was used in a structured way using the stop motion technique. Static model was used in the control group. The sources of data collection in this study to study the breadth and depth of vision are: audio recording, step-by-step notes of the researcher, individual interviews with students. To analyze the research data, statistical methods were used at two descriptive levels (central and dispersion indices) and inferential (t-test and analysis of variance). The results showed that the use of unstructured stop motion technique has a more effective role in improving students' scientific reasoning skills than structured stop motion technique and static model.

Keywords: Scientific reasoning skill, Stop motion technique, Plating process, Rubric

Cite this Article: Ansarimoghadam, F., Hatami, J., Farrokhnia, M. R., Ghalkhani, M., & Talae, E. (2024). The Effect of Using Stop Motion Technique on Enhancing the Quality of Scientific Reasoning Skills of Students. *Technology of Instruction and Learning*, *6*(22), 10-38. doi: 10.22054/jti.2024.76119.1406

© 2016 by Allameh Tabataba'i University Press
Publisher: Allameh Tabataba'i University Press
DOI: 10.22054/jti.2024.76119.1406

6(22), Winter 2024, 10-38
eISSN: 2476-3861 ISSN: 2476-3183
Article Type: Reserch Article
Received in revised form December 08, 2023
Accepted December 20, 2023
Received September 14, 2023
Published Online January 05, 2024

فناوری‌های آموزشی در یادگیری
https://jti.atu.ac.ir/

میزان تأثیر استفاده از تکنیک استاپ موشن در بهبود کیفیت استدلال-ورزی علمی دانش‌آموزان

فریبا انصاری مقدم دانشجوی دکتری تکنولوژی آموزشی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
رایانامه: f.ansarimoghaddam@modares.ac.ir

جواد حاتمی * *نویسنده مسئول*، استاد، گروه علوم تربیتی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
رایانامه: j.hatami@modares.ac.ir

محمدرضا فرخ نیا استادیار، گروه یادگیری، دانشگاه توئنته، توئنته، هلند. رایانامه: m.farrokhnia@utwente.nl

معصومه قلخانی دانشیار، گروه شیمی، دانشگاه تربیت دبیر رجایی، تهران، ایران رایانامه: ghalkhani@sru.ac.ir

ابراهیم طلایی دانشیار، گروه علوم تربیتی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران رایانامه: e.talae@modares.ac.ir

دوره ۶، شماره ۲۲، زمستان ۱۴۰۲، ۱۰-۳۸
ISSN: 2476-3183
eISSN: 2476-3861
نوع مقاله: مقاله پژوهشی
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۲۳؛ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۹/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۲۹؛ تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۱۰/۱۵

چکیده

هدف اصلی این مطالعه تعیین اثربخشی تکنیک استاپ موشن در بهبود استدلال علمی دانش‌آموزان سال سوم دوره تحصیلی متوسطه دوم، در درس شیمی با موضوع آبکاری است. اولین گام به واکاوی استدلال علمی و نقش مهم آن در آموزش شیمی، تعلق گرفت و تکنیک استاپ موشن به‌عنوان راهکار پیشنهادی برای بهبود استدلال علمی معرفی شد. نمونه مطالعه شامل ۱۵۰ نفر دانش‌آموز است، که همگی در سال تحصیلی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ در دو رشته تحصیلی ریاضی و تجربی، مشغول به تحصیل بوده‌اند. رویکرد این پژوهش کمی بوده و روش بکار گرفته‌شده، شبه آزمایشی، از نوع طرح چهار گروهی سالومون است. همچنین ازنظر هدف، در زمره تحقیق‌های کاربردی قرار دارد. روش نمونه‌گیری، خوشه‌ای است این پژوهش با دو گروه آزمایش و یک گروه کنترل انجام گرفته است. در گروه آزمایش۱؛ از آموزش با استفاده از تکنیک استاپ موشن به‌صورت غیرساختارمند استفاده شد. در گروه آزمایش۲؛ از آموزش با استفاده از تکنیک استاپ موشن به‌صورت ساختارمند استفاده شد. در گروه کنترل از آموزش مرسوم فرایند آبکاری در مدارس(مدل ایستا) استفاده شد. منابع جمع‌آوری داده در این مطالعه برای تحصیل وسعت و ژرفای دید، عبارت‌اند از: ضبط‌صوت، یادداشت‌های مرحله‌ای پژوهشگر، مصاحبه‌های فردی با دانش‌آموزان. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌های پژوهش از روش‌های آماری در دو سطح توصیفی (شاخص‌های مرکزی و پراکندگی) و استنباطی(آزمون تی و تحلیل واریانس) استفاده شد. نتایج نشان داد که استفاده از تکنیک استاپ موشن به‌صورت غیرساختارمند نسبت به تکنیک استاپ موشن به‌صورت ساختارمند و مدل ایستا، نقش مؤثرتری در بهبود مهارت‌های استدلال علمی دانش آموزان دارند.

کلیدواژه‌ها: مهارت استدلال علمی، تکنیک استاپ موشن، فرایند آبکاری، روبریک

استناد به این مقاله: انصاری مقدم، فریبا، حاتمی، جواد، فرخ نیا، محمدرضا، قلخانی، معصومه، و طلایی، ابراهیم. (۱۴۰۲). میزان تأثیر استفاده از تکنیک استاپ موشن در بهبود کیفیت استدلال-ورزی علمی دانش‌آموزان. *فناوری‌های آموزشی در یادگیری*، ۶(۲۲)، ۱۰-۳۸. doi: 10.22054/jti.2024.76119.1406

© ۲۰۱۶ دانشگاه علامه طباطبائی
ناشر: دانشگاه علامه طباطبائی

مقدمه

از دیرباز آموزش علوم در برنامه درسی جوامع جایگاه خاصی داشته و همواره موردتوجه متخصصان تعلیم و تربیت بوده است. در قرن بیست و یکم، به دلیل تأثیرات فناوری اطلاعات، تغییراتی در فرآیندهای آموزش علوم به وجود آمده است (Choowong & Worapun, 2016). اعتقاد بر این است که آموزش علوم وسیله‌ای برای مقابله با چالش‌های قرن بیست و یکم مانند فقر (Josh & Verspoor, 2013) و کیفیت پایین زندگی و سایر مشکلات اجتماعی است (Zhou et al., 2016). برای حل این چالش‌ها، آموزش علوم باید به دانش‌آموزان کمک کند تا مهارت‌های موردنیاز قرن بیست و یکم، مانند توانایی حل مشکلات، ارزیابی اطلاعات، همکاری مؤثر با دیگران، کار با انواع فناوری‌های جدید، تفکر انتقادی، استدلال علمی و ایده‌ها و محصولات جدید را توسعه دهند (Dole et al., 2016).

شیمی به‌عنوان علمی متمرکز بر زندگی است که شامل نهادها و فرآیندهایی است، که به‌طور مستقیم مشاهده نمی‌شوند و اندازه و تعداد آن‌ها در مقیاسی بسیار فراتر از تجربه روزمره انسان نگاشته شده است (Davenport et al., 2018). درک شیمی به سطح بالایی از تجسم نیاز دارد (Al-Balushi et al., 2018). از یک سو مفاهیم انتزاعی و غیرشهودی بسیاری وجود دارد، که یادگیری آن‌ها در شیمی و دیگر علوم ضروری است، از سوی دیگر شناسایی شواهد زیاد دال بر مشکلات آموزشی دانش‌آموزان، شیمیدانان را بر آن داشته که این علم مهم را در سه سطح ماکروسکوپی (سطحی که حواس در آن گیر است-نمایش ماده و مشاهده تغییرات ماده در طول آزمایش)، سطح زیرمیکروسکوپی (نمایش آنچه در مقیاس کوچک مشاهده می‌شود-در سطح الکترون‌ها، اتم‌ها، یون‌ها و مولکول‌ها) و سطح نمادین (پدیده‌های شیمیایی را با استفاده از نمادها، فرمول‌ها، عبارات و معادلات شیمیایی انتزاعی می‌کند) توصیف کنند (Johnstone, 1982).

موضوع آبکاری[1] یکی از زیرشاخه‌های علم شیمی هست که در فصل دوم کتاب شیمی سال سوم، دوره متوسطه دوم (رشته‌های تجربی و ریاضی) عنوان شده است. ماهیت فرایند آبکاری و نحوه بیان آن در هر سه سطح نمادین (فرمول‌ها-نیم واکنش‌ها، مثال‌هایی از خوردگی)، زیرمیکروسکوپی (حرکت یون‌ها در محلول) و ماکروسکوپی (نمایش نیم واکنش‌ها-الکترودها- رنگ محلول)، یادگیری آن را دشوار ساخته است. درواقع در این

1. electroplating

حوزه آموزش ممکن است با تصورات نادرست در مورد ماهیت علم مختل شود، نمونه‌هایی از چنین تصوری می‌تواند در مورد عدم انسجام استدلال علمی دانش‌آموزان باشد (Smith, 2009).

مطالعات نشان می‌دهد که شکست آموزش علوم در برآوردن نیازهای قرن بیست و یکم تا حدی به دلیل ناتوانی در گنجاندن استدلال علمی و سنجش‌های مرتبه بالاتر تفکر در آموزش مدرسه است (Abate et al., 2020). آزمون‌های بین‌المللی در دهه‌های گذشته نشان داده است که دانش‌آموزان در بسیاری از کشورها، درک کافی از دانش مفهومی و مهارت‌های استدلال علمی ندارند (OECD[1], 2018). استدلال علمی به دانش‌آموزان کمک می‌کند تا دانش خاص حوزه، پیشرفت تحصیلی بلندمدت، توانایی شناختی، توانایی تصمیم‌گیری، و مهارت‌های حل مسئله در زندگی روزمره را به دست آورند (Gijsel & Segers, 2019).

توانایی استدلال علمی؛ ازجمله ساخت، کاربرد و ارزیابی مدل‌های علمی است (Windschitl et al., 2008). مدل‌ها و مدل‌سازی عناصر اساسی سواد علمی در نظر گرفته می‌شوند (Zacharia, 2012). درحالی‌که دانش‌آموزان مدل‌هایی را می‌سازند، یاد می‌گیرند که از ایده‌های انتزاعی و دلایل زیربنایی آن‌ها بازنمایی‌های عینی بسازند (Windschitl et al., 2008)، که می‌تواند آن‌ها را برای ایجاد و استفاده از مهارت‌های استدلال علمی برانگیزد. مدل‌سازی و استفاده از فناوری در سال‌های اخیر دو شیوه موردتوجه مربیان علوم K-12بوده است (Michelle, 2015). مدل‌ها به دانش‌آموزان کمک می‌کنند به‌جای اینکه مصرف‌کنندگان بی‌فکر علم و یادگیرندگان منفعل باشند، بازنمایی‌های علمی را ایجاد (Enyedy, 2007) و با دانش قبلی خود ارتباط دهند (Akaygun & Jones., 2013). مدل پویا از انواع مدل‌های مبتنی بر کامپیوتر است که محتوای آن، مانند یک انیمیشن، در طول زمان تغییر می‌کند (Wu, 2021). تصاویر پویا، در بسیاری از موارد، سه سطح اصلی نمایش ماکروسکوپی، زیرمیکروسکوپی و نمادین را ترکیب می‌کنند. انیمیشن‌ها در آموزش علوم، به‌عنوان ابزاری مؤثر برای افزایش درک مفهومی موضوعات مختلف علمی همواره موردتوجه قرار گرفته است (Akpınar, 2014). طراحی انیمیشن برای توضیح مفاهیم علمی یک رویکرد جذاب است که دانش‌آموزان را تشویق می‌کند تا درک خود را به شیوه‌ای

1. Organisation for Economic Co-operation and Development

خلاقانه و شخصی جستجو کنند. به‌طور بالقوه این امر برای مشارکت و یادگیری و همچنین تقویت استدلال علمی دانش‌آموزان بسیار مهم و ضروری است (Orraryd, 2021).

علیرغم پیشرفت در رویکردهای مبتنی بر مدل‌های کامپیوتری در آموزش، تحقیقات نشان می‌دهد که هنوز انیمیشن‌های استاپ موشن که قرابت زیادی با موضوع استدلال‌ورزی دارند به اندازه کافی در آموزش شیمی موردتوجه قرار نگرفته‌اند (Hoban & Nielsen, 2010). ویژگی بارز این انیمیشن‌ها این است که زمانی که دانش‌آموزان در مورد یک حوزه خاص اطلاعات کمی دارند یا اصلاً دانش قبلی ندارند، استاپ موشن ها می‌توانند مفید باشند (فرخ نیا، ۲۰۲۰). استاپ موشن‌ها برای تحلیل دیدگاه‌های دانش‌آموزان می‌توانند ابزارهای مناسبی باشند. و همچنین کار کردن با آن‌ها خیلی ساده است و نیاز به مهارت بالا در خصوص کار با نرم‌افزار خاصی ندارند. تحقیقات نشان می‌دهد که هرچه ابزار تخصیص ساده‌تر باشد میزان تعامل دانش‌آموزان با آن بیشتر می‌شود (Heijnes, 2018). افزایش تعامل با انیمیشن‌ها، توانایی یادگیرندگان را برای درک مفاهیم و پدیده‌های زیرمیکروسکوپی افزایش می‌دهد که تأثیر مثبتی در نحوه توضیحات دانش‌آموزان به‌ویژه ازلحاظ ساختاری دارد (Kelly & Jones, 2007)، که به‌نوبه خود به آن‌ها کمک می‌کند در هنگام مواجه با پدیده‌های پیچیده زیرمیکروسکوپی، استدلال‌های مؤثرتری داشته باشند.

استاپ موشن‌ها دو مزیت اساسی نسبت به انواع دیگر انیمیشن‌ها دارند:

۱-سادگی ذاتی آن‌ها. بدان معنی که دانش‌آموزان می‌توانند به‌راحتی و به‌سرعت تکنیک را یاد بگیرند.

۲- فقط به فناوری در دسترس و همه‌جا حاضر مانند دوربین عکاسی دیجیتال و کامپیوتر برای ایجاد حرکت فرضی نیاز دارند.

انیمیشن‌های استاپ موشن می‌توانند به دو صورت: ساختارمند (تعبیه مرحله‌به‌مرحله ساخت مدل) و بدون ساختار؛ در آموزش به کار گرفته شوند. این انیمیشن‌ها می‌توانند به دانش‌آموزان کمک کنند تا چیزی فراتر از مصرف‌کنندگان دانش و یادگیرندگان منفعل باشند (Yaseen & Aubusson, 2018). ازآنجاکه یک استاپ موشن، فریم به فریم ایجاد می‌شود و می‌تواند با استفاده از کامپیوتر در حرکت آهسته پخش شود ؛ دانش‌آموزان فرصت کافی برای درک مفاهیم اساسی دارند. استاپ موشن‌ها با نمایش گام‌به‌گام فرایند موردنظر، درک دانش‌آموزان را از چگونگی وقوع پدیده‌ها تسهیل می‌کنند. ممتد با آن زمانی که

دانسته‌های دانش‌آموزان به‌درستی توسعه یابد و درک شود، قدرت استدلال علمی آن‌ها نیز افزایش می‌یابد. درواقع اگر انیمیشن‌ها بتوانند ازنظر فکری یادگیرندگان را به چالش بکشند، آنگاه بدون شک، بهبود استدلال علمی یکی از نتایج فرایند یادگیری خواهد بود (Jerde et al., 2015). تکنیک استاپ موشن با موضوعاتی سازگار هست که خاصیت فرایندی داشته باشند. ازآنجاکه اکثر موضوعات شیمی مانند مبحث آبکاری، خاصیت فرایندی دارند، استاپ موشن‌ها می‌توانند تحولات عمده‌ای در عرصه آموزش شیمی ایجاد نمایند. انیمیشن‌های دانش‌آموزی (ساخته‌شده به‌وسیله دانش‌آموزان)، از سال ۲۰۰۵ توجه تحقیقاتی فزاینده‌ای را به خود جلب نموده‌اند (Farrokhnia et al., 2020). بسیاری از معلمان شیمی راهی برای تشخیص اینکه یادگیرنده موضوع را به‌درستی در ذهنش تجسم کرده باشد یا نه، ندارند.

در این مطالعه، هدف این است بررسی شود که چگونه تکنیک استاپ موشن بر میزان و پیچیدگی استدلال علمی تأثیر می‌گذارد و چگونه جزئیات در طراحی مدل‌سازی و محیط کار می‌تواند استدلال علمی را تحریک یا مهار کند. این را می‌توان به‌عنوان سؤال تحقیق به شکل زیر صورت‌بندی کرد: ساخت مدل با استفاده از تکنیک استاپ موشن و توجه به جزئیات در طراحی محیط مدل‌سازی مرتبط با فرآیند آبکاری، تا چه اندازه در ارتقای سطوح مهارت استدلال ورزی علمی مؤثر است؟

پیشینه پژوهش

تکنیک استاپ موشن و کاربرد آن در آموزش، ذهن بسیاری از متخصصین حوزه آموزش در بیرون از مرزهای کشور را به خود اختصاص داده و کتاب‌هایی هم در این زمینه به رشته تحریر در آمده است. جستجوی نگارنده در پی کتاب و مقاله‌ای در درون مرزهای کشور در این خصوص، تنها به یک مقاله نوشتاری متعلق به نازنین خلیلی(۱۳۸۹)، با عنوان "انیمیشن ایست-حرکتی و انواع آن" است. سمت‌وسوی این مطالعه به تبیین انواع استاپ موشن منعطف شده است. کتاب‌های زیادی هم در رابطه با موضوع استاپ موشن در داخل کشورمان به رشته تحریر در آمده اما هیچ‌کدام به کاربرد این تکنیک در حوزه آموزش علوم اشاره‌ای ندارند.

Farrokhnia و همکاران (2020)، با تمرکز بر این حوزه و با کمک همکارانش، مقاله‌ای مروری به زبان انگلیسی تحت عنوان" انیمیشن استاپ موشن تولیدشده توسط دانش

آموزان در کلاس‌های علوم" ، منتشر نموده‌اند و طی آن ۴۲ نشریه در مورد انیمیشن‌های استاپ موشن ساخته‌شده توسط دانش‌آموزان؛ از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۹ موردمطالعه قرار دادند. نشریات منتخب به‌طور سیستماتیک بر روی نتایج یادگیری، فرایندهای یادگیری، محیط یادگیری و پیش‌نیازهای دانش‌آموزان طبقه‌بندی می‌شدند و بیشتر مطالعات ماهیت کیفی داشتند و بخش قابل‌توجهی (۲۴ از ۴۲ مورد) مربوط به دانشجو-معلمان بود. درحالی‌که تنها ۱۴ درصد از مطالعات در مدارس انجام شده‌اند و به‌سختی ۱۰ درصد بر آموزش شیمی تمرکز داشته‌اند.گزارش یافته‌های تحقیقات آن‌ها مبین این هست که در صورت تهیه داربست مناسب، تکنیک استاپ موشن می‌تواند یادگیری عمیق را تقویت نماید، (به‌عنوان‌مثال: ازنظر ارائه استراتژی‌های کلی، پرسش سؤال و استفاده از ارائه‌دهنده‌های متخصص(منظور استاد/ معلم)). و همچنین مشارکت در طراحی و ساخت یک استاپ موشن می‌تواند به تسهیل کسب دانش و مهارت‌های مختلف دانش‌آموزان کمک نماید.

هم‌راستا با این مطالعه Bachtiar (2021)، در مقاله‌ای با عنوان"تحریک استدلال مکانیکی در فیزیک با استفاده از انیمیشن‌های استاپ موشن ساخته‌شده توسط دانش‌آموزان" گزارشی از یک مطالعه موردی ارائه نمودند که هدف آن کمک به دانش‌آموزان برای توسعه استدلال مکانیکی از طریق ساختن یک مدل بود. ۱۰ دانش‌آموز کلاس نهم از تکنیک استاپ موشن برای ایجاد یک انیمیشن از حرکت پرتابه استفاده کردند. مصاحبه‌های گذشته‌نگری هم با تفکر بلند برای بررسی چگونگی تقویت استدلال مکانیکی دانش‌آموزان انجام گرفت. در پایان مشخص شد دانش‌آموزانی که به بالاترین سطح استدلال مکانیکی یعنی زنجیرزنی رسیدند، درک مفهومی عمیق‌تری از محتوا نشان دادند. در بستر این مطالعات Nurhan Atalay (2019)، در مطالعه‌ای تحت عنوان "کاربرد استاپ موشن در توسعه مهارت‌های یادگیری و نوآوری دانشجویان در دوره علوم" انجام داد. هدف از مطالعه تعیین تأثیر روند سرعت طراحی انیمیشن استاپ موشن، بر رشد مهارت‌های قرن ۲۱م "یادگیری و نوآوری"در کلاس علوم چهارم دبستان موضوع‌های "نور و صدا" و "سیاره زمین" بود. نتایج کلی این مطالعه نشان داد که کاربرد کندی سرعت در توسعه مهارت‌های یادگیری و نوآوری قرن ۲۱م، یعنی خلاقیت و نوآوری، تفکر انتقادی و حل مسئله، همکاری و مهارت‌های ارتباطی؛ تأثیر به سزایی داشته است.

روش

مطالعه حاضر از نوع پژوهش‌های آزمایشی است. طرح آزمایشی به‌کاررفته در این پژوهش، از نوع طرح‌های آزمایشی با پیش‌آزمون و پس‌آزمون است. برای حذف تأثیر پیش‌آزمون از طرح چهار گروهی سولومون استفاده می‌شود. برای این منظور، کلیه افراد به شش گروه تقسیم شدند. جامعه آماری در این پژوهش کلیه دانش‌آموزان دوره متوسطه دوم در شهر سنندج در سال تحصیلی ۱۴۰۱-۱۴۰۲ است. با استفاده از روش نمونه‌گیری خوشه‌ای ۱۵۰ دانش‌آموز سال سوم دوره متوسط دوم در شهر سنندج انتخاب شدند و۴۶ دانش‌آموز در گروه آزمایش۱، ۴۳ دانش‌آموز؛ در گروه آزمایش۲، ۶۱ دانش‌آموز و در گروه کنترل به‌صورت تصادفی گمارده شدند. ابزار سنجش در این پژوهش یک روبریک تخصصی بود. سؤالات مربوط به سلول الکترولیتی و اجزای سلول و در کل فرایند آبکاری بود. به‌منظور تعیین سطح روایی سؤالات در اختیار۶ نفر از دبیران شیمی دارای سابقه تدریس، قرار گرفت. پس از دریافت نظرات آن‌ها اصلاحات مربوطه انجام شد و درنهایت با مشاوره اساتید راهنما و مشاور تکمیل شد. روایی سؤالات ۴/۷۰ و پایایی۰/۸۵ محاسبه شد.

به‌منظور بررسی تغییرات قبل از مداخله، یک پیش‌آزمون بر روی هر سه گروه به عمل آمد. دانش‌آموزان در هر سه گروه در یک دوره کلاسی سه جلسه‌ای و هر جلسه ۶۰دقیقه شروع به ساختن مدل کردند. تمام فعالیت‌های گروه چهره به چهره و به کلاس حضوری ختم شد. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS استفاده شد. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها در دو سطح آمار توصیفی(شاخص‌های مرکزی و پراکندگی) و آمار استنباطی(آزمون تی و آزمون آنوا) صورت گرفت. در کل ۳ گروه اصلی در پژوهش وجود دارد:

۱-گروه آزمایش۱: استفاده از تکنیک استاپ موشن به‌صورت غیرساختارمند (در ابتدا نحوه کار با نرم‌افزار دراوینگ بورد[1] به دانش‌آموزان آموزش داده شد و از آن‌ها خواسته شد در یک دوره کلاسی۳ جلسه‌ای شروع به ساختن مدل فرایند آبکاری نمایند).

۲-گروه آزمایش۲: استفاده از تکنیک استاپ موشن به‌صورت ساختارمند (از دانش‌آموزان خواسته شد طبق الگوی۵ مرحله‌ای هوبان (۲۰۰۹) که شامل: یادداشت‌های پس زمینه-استوری برد-مدل-عکس‌های دیجیتال و ساخت انیمیشن هست مرحله‌به‌مرحله جلو بروند و فرایند آبکاری را مدل‌سازی کنند.

---

1. Drawing Board

۳-گروه کنترل: استفاده از مدل ایستا (از دانش‌آموزان خواسته شد با استفاده از مداد و کاغذ فرایند آبکاری را مرحله‌به‌مرحله ترسیم کنند).

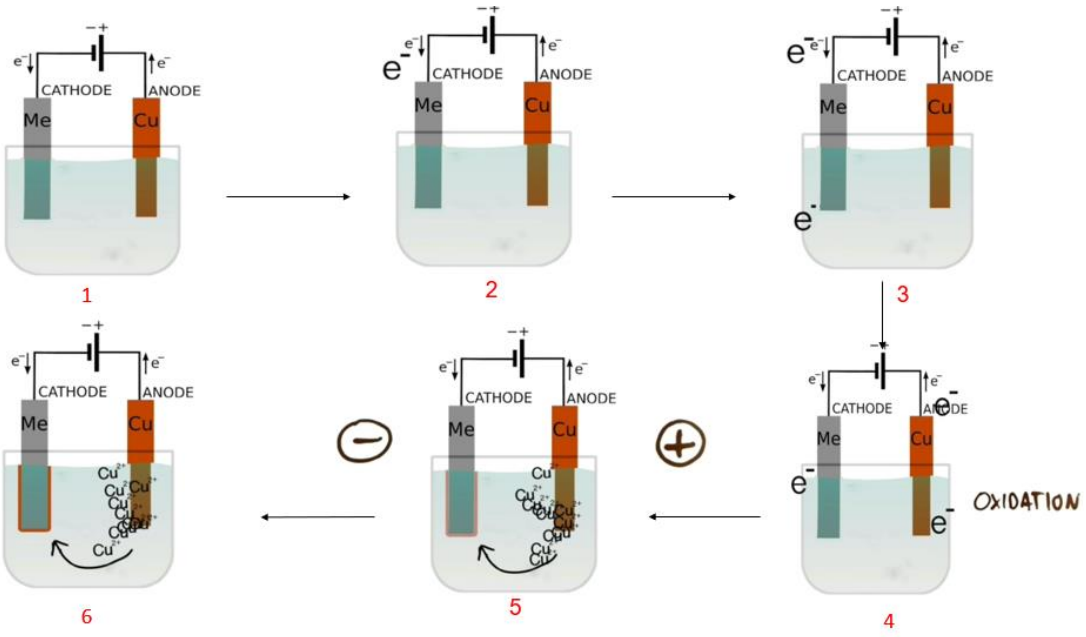
یافته‌ها

در این پژوهش توجه اصلی به نظریه‌های یادگیری که بر ایجاد دانش و تجربیات دانش‌آموزان در جهان تأکید دارد، معطوف است. در این مطالعه این کار را با ترکیب دو رویکرد انجام شد: از دانش‌آموزان بخواهیم در مورد مدل‌های ترسیمی و پیش‌بینی کننده خود از فرایند آبکاری بحث کنند و مصنوعات علمی را بسازند، نقد کنند و به استدلال علمی بپردازند. نرم‌افزاری که در این تحقیق جهت ترسیم مورداستفاده قرار گرفت دراوینگ بورد ؛ است (شکل ۱). با استفاده از این نرم‌افزار، دانش‌آموزان توانستند نقاشی‌های خود را ایجاد کنند و رفتارهایی را به اشیاء موجود در نقاشی‌ها اختصاص دهند. و قدم‌به‌قدم از آن عکس گرفتند و آن را به انیمیشن تبدیل کردند (شکل ۲). در هر گروه، دانش‌آموزان در یک دوره کلاسی (۳ جلسه و هر جلسه -۶۰دقیقه) درگیر تکلیف شدند. تکلیف به‌صورت شفاهی به کمک ابزارهای آموزشی توضیح داده شد. پژوهشگر قصد دارد برای سنجش استدلال علمی از سطوح مهارت‌های استدلال علمی اپتز (۲۰۱۷)، در پیش‌آزمون و پس‌آزمون؛ استفاده نماید. برای سنجش استدلال علمی، چهار سطح مهارت زیر مبنا قرار گرفت:

- نتیجه‌گیری: استفاده از مفاهیم، قوانین و نظریه‌های علمی- ارائه استنباط بر اساس رابطه بین داده‌ها- ترسیم مدل فرضی بر اساس رابطه بین متغیرها.
- ارزیابی شواهد: ارائه شواهد علمی برای پشتیبانی از اطلاعات – ارائه استدلال در مورد رابطه بین داده‌ها- ارائه شواهد بر اساس رابطه بین متغیرها.
- تولید شواهد: شناسایی رابطه بین مفاهیم- تفسیر بر اساس داده‌های موجود- توضیح بر اساس رابطه بین متغیرها.
- فرضیه‌سازی: شناسایی متغیرها و فرمول‌های ناشناخته-به یادسپاری و بیان و یادآوری مفاهیم، نظریه‌ها، قوانین- خواندن داده‌ها از جداول و نمودارها؛ شناسایی واحدهای اندازه‌گیری.

شکل ۱. نمونه‌ای از نقاشی دانش‌آموز در نرم‌افزارdrawing board . دانش آموزان از نرم‌افزار drawing boardبرای ترسیم مراحل مختلف فرآیند آبکاری استفاده می‌کنند

شکل۲. فرآیند آبکاری که با استفاده از تکنیک استاپ موشن در مراحل جداگانه عکس‌برداری شده است



در پاسخ به سؤال اصلی پژوهش که آیا استفاده از تکنیک استاپ موشن باعث بهبود مهارت‌های استدلال علمی دانش آموزان می‌شود نتایج شاخص‌های توصیفی و استنباطی در

جداول۱ تا۵ آورده شده است. در این بخش، یافته‌ها در سه گروه آزمایش ۱، آزمایش ۲ و کنترل موردبحث قرار خواهند گرفت.

جدول۱. شاخص‌های مرکزی و پراکندگی مهارت‌های استدلال علمی گروه آزمایش۱

گروه‌ها	نواحی اجرا	پیش‌آزمون و پس‌آزمون					
		میانگین	انحراف از میانگین	میانه	نما	انحراف استاندارد	واریانس
گروه آزمایش۱ (پس‌آزمون)	مدارس ناحیه۱ (دختر)	۳۱/۲۸	۰/۱۷	۳۰/۸۳	۲۹	۳/۹۸	۱۵/۹۱
گروه آزمایش۱ (پس‌آزمون)	مدارس ناحیه۱ (پسر)	۳۵/۱۲	۰/۱۵	۳٤/٦۷	۰	٤/٤٥	۱۹/۸٤
گروه آزمایش۱ (پس‌آزمون)	مدارس ناحیه۲ (دختر)	۱۳/۹۸	۰/۱۰	۱۳/۵۳	۸	۳/۸۰	۱٤/۵۰
گروه آزمایش۱ (پس‌آزمون)	مدارس ناحیه۲ (پسر)	۱۳/۷۸	۰/۱۵	۱۳/۱۲	۰	۳/۷٦	۱٤/۱۸
گروه آزمایش۱ (پس‌آزمون)	مدارس ناحیه۲ (دختر)	۳۱/۵٤	۰/۳٦	۳۰/۷۹	۸	٤/۰۰	۱٦/۰۸
گروه آزمایش۱ (پس‌آزمون)	مدارس ناحیه۲ (پسر)	۳٤/۹۱	۰/۲۷	۳٤/۰٤	۱۹	٤/۲۳	۱۷/۹۳

جدول۲. آزمون t پیش‌آزمون و پس‌آزمون گروه‌های کنترل، آزمایش۱و آزمایش۲ (ناحیه۲)

گروه‌ها		تفاوت خطای استاندارد	تفاوت میانگین	سطح معناداری	درجه آزادی	t	سطح معناداری ۲	F
گروه کنترل و آزمایش۱	پیش‌آزمون	۰/٤٦	٤/۷۹	۰/٤۰۷	۵۸	۱۰/۲۹	۰/۰۰۰	۰/٦۹
	پس‌آزمون	۰/۷۱	۱٦/۹۰	۰/۵۰۷	۵۸	۱۱/۲۹	۰/۰۰۰	۰/۷۹
گروه کنترل و آزمایش۲	پیش‌آزمون	۰/۲۸	۳/۳۱	۰/۳۸۲	۵۸	۸/۸۰	۰/۰۰۰	۰/۵۸
	پس‌آزمون	۰/٦۲	۱۳/۲٤	۰/۲۸۲	۵۸	۹/۹۰	۰/۰۰۰	۰/٦۳
گروه آزمایش۱ و آزمایش۲	پیش‌آزمون	۰/۱۱۹	۰/۱۰	۰/۰۷۸	۵۸	۰/۲۱۳	۰/۲۰۳	۰/۵٤
	پس‌آزمون	۰/٦۹	۳/٦٦	۰/۳۹۲	۵۷	۱۰/٤۱	۰/۰۰۰	۰/۷۱

جدول۳. آزمون تحلیل واریانس (آنوا) پس‌آزمون – آزمون تحلیل واریانس (آنوا)

		مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معناداری
گروه کنترل ناحیه ۱ و ۲	بین گروهی	۷٤۲/۰٥	۳	۲٤۷/۳٥	۸۱/۸۸	۰,۰۰۰
	درون‌گروهی	۳٥۰/٤	٦۱	۳/۰۲۱		
	مجموع	۱۰۹۲/٤٥	٦٤			
گروه آزمایش۱ ناحیه ۱ و ۲	بین گروهی	٦٦٥/۷	۳	۲۲۱/٥	٥۱/۸	۰,۰۰۰
	درون‌گروهی	۲۲٤/٤	٤٦	۲/۲۰		
	مجموع	۸۹۰/۱	٤۹			
گروه آزمایش ۲ ناحیه ۱ و ۲	بین گروهی	۳۲٥/٦	۳	۲۱۲/٥	٤٦/۹	۰,۰۰۰
	درون‌گروهی	۱۱٤/۷	٤۳	۲/۲۰		
	مجموع	٤٤۰/۳	٤٦			

❖ گروه آزمایش۱

شاخص‌های پراکندگی گروه آزمایش۱ دختران و پسران ناحیه۱ (فقط پس‌آزمون) در جدول۱، نشان می‌دهند در گروه آزمایش۱ ناحیه ۱، که آموزش فرایند آبکاری با استفاده از تکنیک استاپ موشن به‌صورت غیرساختارمند، صورت گرفت، سطوح مهارت‌های استدلال علمی پسران نمرات بالاتری را نسبت به سطوح مهارت‌های استدلال علمی دختران نشان می‌دهند. همچنین تفاوت بین میانگین پس‌آزمون گروه آزمایش۱ (ناحیه ۱ و ۲) معنی‌دار نشده است و تفاوت زیادی بین میانگین‌ها مشاهده نشده است. با توجه به نزدیک بودن مقدار میانگین پس‌آزمون ناحیه۱ و مقدار میانگین پس‌آزمون ناحیه۲ در آمار توصیفی و با توجه به اینکه تفاوت بین میانگین‌های گروه‌های ناحیه۱ و۲، در آمار استنباطی معنی‌دار نشده است(جداول۲و۳) و تفاوت بین میانگین‌ها بسیار ناچیز مشاهده شده است؛ می‌توان نتیجه گرفت که پیش‌آزمون تأثیری بر گروه‌های آزمایش۱ نداشته است.

همچنین شاخص‌های پراکندگی پیش‌آزمون گروه آزمایش۱ دختران و پسران ناحیه۲ نشان می‌دهند در این گروه، که آموزش فرایند آبکاری با استفاده از تکنیک استاپ موشن به‌صورت غیرساختارمند صورت گرفت؛ در سطوح مهارت‌های استدلال علمی دختران و پسران تفاوت زیادی مشاهده نشد ولی در این مرحله به‌طورکلی دختران نمرات بالاتری را نسبت به پسران نشان می‌دهند. داده‌ها گویای این قضیه هستند که در گروه آزمایش۱ در

ناحیه ۲ که با استفاده از تکنیک استاپ موشن به‌صورت غیرساختارمند آموزش دیده‌اند؛ رشد زیادی در تقویت مهارت‌های استدلال علمی مشاهده شده است. یافته‌های گروه آزمایش ۱ ناحیه ۱ و۲ (پس‌آزمون) با استفاده از آزمون تحلیل واریانس آزمون شد و نتایج معنی‌داری یافته‌ها را تأیید نمود. سطح معناداری صفر گویای این موضوع است که فرض صفر (برابری میانگین رشد سطوح مهارت‌های استدلال علمی کل گروه آزمایش ۱ ناحیه ۱ و ۲ (پس‌آزمون) بین دختران و پسران) رد می‌شود و بنابراین فرض محقق را می‌توان با توجه به این آماره تأیید نمود. همچنین تفاوت بین میانگین پس‌آزمون گروه آزمایش۱ (ناحیه ۱ و ۲) معنی‌دار نشده است و تفاوت زیادی بین میانگین‌ها مشاهده نشده است.

با توجه به نزدیک بودن مقدار میانگین پس‌آزمون ناحیه۱ و مقدار میانگین پس‌آزمون ناحیه۲ در آمار توصیفی و با توجه به جدول۲، تفاوت بین میانگین‌های (مقدارt) گروه‌های ناحیه۱ و۲، معنی‌دار نشده است و تفاوت زیادی بین میانگین‌ها بسیار ناچیز۰/۰۲ مشاهده شده است؛ می‌توان نتیجه گرفت که پیش‌آزمون تأثیری بر گروه‌های آزمایش۱ نداشته است. در جدول۳ هم یافته‌های گروه آزمایش۱ ناحیه۱ و۲ (پس‌آزمون) با استفاده از آزمون تحلیل واریانس مورد آزمون قرار گرفت و نتایج معنی‌داری یافته‌ها را تأیید نمود. سطح معناداری صفر گویای این موضوع است که فرض صفر (برابری میانگین رشد سطوح مهارت‌های استدلال علمی کل گروه آزمایش ۱ ناحیه ۱ و ۲ (پس‌آزمون) بین دختران و پسران) رد می‌شود و بنابراین فرض محقق را می‌توان با توجه به این آماره تأیید نمود. و همچنین آماره Fدر این بخش بیانگر این حقیقت است که واریانس بین گروهی گروه دختران و پسران ۵۱/۸ برابر از واریانس درون‌گروهی بیشتر است.

جدول ٤. شاخص‌های مرکزی و پراکندگی مهارت‌های استدلال علمی گروه آزمایش۲

گروه‌ها	نواحی اجرا	پیش‌آزمون و پس‌آزمون					
		میانگین	انحراف از میانگین	میانه	نما	انحراف استاندارد	واریانس
گروه آزمایش۲ (پس‌آزمون)	مدارس ناحیه۱ (دختر)	۲۸/۳۸	۰/۱۱	۲۷/۹۳	۲۱	۵/۳۷	۲۸/۹۳
گروه آزمایش۲ (پس‌آزمون)	مدارس ناحیه۱ (پسر)	۳۰/۲۲	۰/۱۵	۲۹/۷۷	۰	۵/۵۵	۳۰/۸٦

گروه‌ها	نواحی اجرا	پیش‌آزمون و پس‌آزمون					
		میانگین	انحراف از میانگین	میانه	نما	انحراف استاندارد	واریانس
گروه آزمایش۲ (پس‌آزمون)	مدارس ناحیه۲ (دختر)	۱٤/۷٦	۰/۱۵	۱۳/۱٤	۰	۳/۸۹	۱۵/۱۸
گروه آزمایش۲ (پس‌آزمون)	مدارس ناحیه۲ (پسر)	۱۲/۳۵	۰/۸	۱۱/۹۵	۹	۳/٦۰	۱۲/۹۸
گروه آزمایش۲ (پس‌آزمون)	مدارس ناحیه۲ (دختر)	۲۹/۰۰	۰/۱۰	۲۸/٤٦	۱۱	٤/۱۹	۱۷/٦۲
گروه آزمایش۲ (پس‌آزمون)	مدارس ناحیه۲ (پسر)	۳۰/۱۲	۰/۱۸	۲۹/٦۸	۰	٤/۱۱	۱٦/۹۳

❖ گروه آزمایش۲

در جدول۴، شاخص‌های پراکندگی گروه آزمایش۲ دختران و پسران ناحیه ۱(فقط پس‌آزمون) نشان داده شده است. داده‌ها نشان می‌دهند در گروه آزمایش۲ ناحیه ۱، که آموزش فرایند آبکاری با استفاده از تکنیک استاپ موشن به‌صورت ساختارمند، صورت گرفت سطوح مهارت‌های استدلال علمی پسران نمرات بالاتری را نسبت به سطوح مهارت‌های استدلال علمی دختران نشان می‌دهند. همچنین یافته‌های گروه آزمایش ۲ ناحیه ۱ (پس‌آزمون) با استفاده از آزمون تحلیل واریانس در جدول۳، آزمون شد و نتایج معنی‌داری یافته‌ها را تأیید نمود. سطح معناداری صفر گویای این موضوع است که فرض صفر (برابری میانگین رشد سطوح مهارت‌های استدلال علمی گروه آزمایش ۲ ناحیه ۱ بین دختران و پسران) رد می‌شود و بنابراین فرض محقق را می‌توان با توجه به این آماره تأیید نمود. همچنین در جدول۴، شاخص‌های پراکندگی پیش‌آزمون گروه آزمایش۲ دختران و پسران ناحیه۲ نشان داده شده است. داده‌ها نشان می‌دهند در این گروه، که آموزش فرایند آبکاری با استفاده از تکنیک استاپ موشن به‌صورت ساختارمند صورت گرفت؛ سطوح مهارت‌های استدلال علمی دختران نمرات بالاتری را نسبت به پسران نشان می‌دهند.

جدول۲، نشان می‌دهد تفاوت بین میانگین پس‌آزمون گروه آزمایش۲ (ناحیه ۱ و ۲) معنی‌دار نشده است و تفاوت زیادی بین میانگین‌ها مشاهده نشده است. با توجه به نزدیک

بودن مقدار میانگین پس‌آزمون ناحیه۱ و مقدار میانگین پس‌آزمون ناحیه۲ در آمار توصیفی و با توجه به اینکه تفاوت بین میانگین‌های (مقدارt) گروه‌های ناحیه۱ و۲،معنی‌دار نشده است و تفاوت زیادی بین میانگین‌ها مشاهده نشده است و می‌توان نتیجه گرفت که پیش‌آزمون تأثیری بر گروه‌های آزمایش۲ نداشته است.

در جدول۳ ، یافته‌های گروه آزمایش ۲ ناحیه ۱ و۲ (پس‌آزمون) با استفاده از آزمون تحلیل واریانس(آنوا) آزمون شد و نتایج معنی‌داری یافته‌ها را تأیید نمود. سطح معناداری صفر گویای این موضوع است که فرض صفر (برابری میانگین رشد سطوح مهارت‌های استدلال علمی کل گروه آزمایش ۲ ناحیه ۱ و ۲ (پس‌آزمون) بین دختران و پسران) رد می‌شود و بنابراین فرض محقق را می‌توان با توجه به این آماره تأیید نمود. و همچنین آماره Fدر این بخش بیانگر این حقیقت است که واریانس بین گروهی گروه دختران و پسران ۴۶/۹ برابر از واریانس درون‌گروهی بیشتر است.

جدول۵. شاخص‌های مرکزی و پراکندگی سطوح مهارت‌های استدلال علمی گروه کنترل

گروه‌ها	نواحی اجرا	پیش‌آزمون و پس‌آزمون					
		میانگین	انحراف از میانگین	میانه	نما	انحراف استاندارد	واریانس
گروه کنترل پس‌آزمون	مدارس ناحیه۱ (دختر)	۱۶/۰۸	۰/۱۳	۱۵/۶۳	٤	٤/۰۹	۱٦/۷۳
گروه کنترل (پس‌آزمون)	مدارس ناحیه۱ (پسر)	۱٤/۹۱	۰/۱٦	۱٤/٤٦	۳	۳/۹۲	۱۵/٤۲
گروه کنترل (پیش‌آزمون)	مدارس ناحیه۲ (دختر)	۱۳/۲۸	۰/۱۰	۱۲/۸۳	۰	۳/۷۲	۱۳/۹۰
گروه کنترل (پیش‌آزمون)	مدارس ناحیه۲ (پسر)	۱۳/۱	۰/۱۵	۱۲/٦۵	۷	۳/٦٦	۱۳/٦۱
گروه کنترل (پس‌آزمون)	مدارس ناحیه۲ (دختر)	۱٦/۹۷	۰/۱۷	۱٦/۵۲	۱۱	٤/۱٤	۱۷/۲۱
گروه کنترل (پس‌آزمون)	مدارس ناحیه۲ (پسر)	۱۵/٦۸	۰/۲۵	۱۵/۲۳	۰	٤	۱٦/۰۱

❖ گروه کنترل

جدول۵ نشان می‌دهند در گروه کنترل ناحیه ۱، که آموزش فرایند آبکاری با استفاده از شیوه مرسوم کلاس‌های درس یعنی استفاده از مدل ایستا، صورت گرفت سطوح مهارت‌های استدلال علمی دختران نمرات بالاتری را نسبت به سطوح مهارت‌های استدلال علمی پسران نشان می‌دهند.

یافته‌های گروه کنترل ناحیه ۱ (پس‌آزمون) با استفاده از آزمون تحلیل واریانس آزمون شد و نتایج معنی‌داری یافته‌ها را تأیید نمود. نتایج این نوع طبقه‌بندی در جدول ۵، مشخص است. سطح معناداری صفر گویای این موضوع است که فرض صفر (برابری میانگین رشد سطوح مهارت‌های استدلال علمی گروه کنترل ناحیه ۱ بین دختران و پسران) رد می‌شود و بنابراین فرض محقق را می‌توان با توجه به این آماره تأیید نمود. داده‌ها نشان می‌دهند در گروه پیش‌آزمون گروه کنترل دختران و پسران ناحیه۲ ، که آموزش فرایند آبکاری با استفاده از شیوه مرسوم کلاس‌های درس صورت گرفت در سطوح مهارت‌های استدلال علمی دختران و پسران تفاوت زیادی مشاهده نشد ولی در این مرحله به‌طورکلی دختران نمرات بالاتری را نسبت به سطوح مهارت‌های استدلال علمی پسران نشان می‌دهند. شاخص‌های پراکندگی پس‌آزمون گروه کنترل دختران و پسران ناحیه۲ در جدول۵ نشان داده شده است. داده‌ها نشان می‌دهند در این گروه، که آموزش فرایند آبکاری با استفاده از شیوه مرسوم کلاس‌های درس صورت گرفت سطوح مهارت‌های استدلال علمی دختران نسبت به سطوح مهارت‌های استدلال علمی پسران نمرات بالاتری را نشان می‌دهند.

جدول ۲ نشان می‌دهد تفاوت بین میانگین پس‌آزمون گروه کنترل کل در ناحیه ۱ و ناحیه ۲ معنی‌دار نشده است و تفاوتی بین این میانگین‌ها مشاهده نشده است. با توجه به نزدیک بودن مقدار میانگین پس‌آزمون گروه کنترل ناحیه۱ (فقط پس‌آزمون) و مقدار میانگین پس‌آزمون گروه کنترل ناحیه ۲ (پیش‌آزمون و پس‌آزمون) در آمار توصیفی و با توجه به اینکه تفاوت بین میانگین‌ها (مقدار t) گروه کنترل ناحیه۱ و ۲ معنی‌دار نشده است، یعنی تفاوت آن‌چنانی بین میانگین‌ها مشاهده نشده است، پس می‌توان نتیجه گرفت که پیش‌آزمون تأثیری بر گروه‌های کنترل نداشته است. یافته‌های گروه کنترل ناحیه۱ و۲ (پس‌آزمون) با استفاده از آزمون تحلیل واریانس(آنوا) آزمون شد و نتایج معنی‌داری یافته‌ها را تأیید نمود. نتایج این نوع طبقه‌بندی در جدول ۳ مشخص است. همچنین سطح معناداری صفر گویای این موضوع است که فرض صفر، برابری میانگین رشد سطوح مهارت‌های

استدلال علمی کل گروه کنترل ناحیه ۱ و ۲ (پس‌آزمون) بین دختران و پسران رد می‌شود و بنابراین فرض محقق را می‌توان با توجه به این آماره تأیید نمود. و همچنین آماره F در این بخش بیانگر این حقیقت است که واریانس بین گروهی گروه دختران و پسران ۸۱/۸۸ برابر از واریانس درون‌گروهی بیشتر است.

بحث و نتیجه‌گیری

هر سبک استدلال علمی در چهار سطح مهارت به ترتیب فزاینده آن‌ها : فرضیه‌سازی، تولید شواهد، ارزیابی شواهد و نتیجه‌گیری؛ قرار می‌گیرند (اپتز،۲۰۱۷)، که برای شناسایی و مرزبندی ساختار استدلال علمی استفاده می‌شود. درواقع دانش علمی و توانایی‌های استدلال دانش‌آموزان باید بر اساس دانش و درک علمی کشف‌شده فعلی که سه شکل دانش علمی را در نظر می‌گیرد، از سطوح پایین (فرضیه‌سازی) به سطوح بالا (نتیجه‌گیری)، پیشرفت کند (رافانلی و کیند، ۲۰۱۸). همان‌طور که نتایج پژوهش حال حاضر نشان داد؛ استاپ موشن و توجه به جزئیات در طراحی محیط مدل‌سازی مربوط به فرایند آبکاری می‌تواند در ارتقاء سطوح مهارت‌های استدلال علمی تأثیر مؤثری داشته باشد. این روش‌ها، به‌صورت گسترده در صنعت سینما و تولید انیمیشن استفاده می‌شوند تا جزئیات بیشتری به تصاویر و مدل‌ها اضافه شود و تجربه واقعی‌تری برای تماشاگران ایجاد شود. در استاپ موشن با استفاده از تکرار چندین تصویر در زمان، حرکت واقع‌گرایانه‌تری برای اشیاء و مدل‌ها ایجاد می‌شود. با اعمال این روش در مدل‌سازی مربوط به فرایند آبکاری، می‌توان به واقعی‌تر نمایش دادن جزئیاتی از حرکت یون‌ها و الکترون‌ها، و در کل نحوه عملکرد سلول الکترولیتی در طول آبکاری بپردازد. به‌عنوان‌مثال، در حین آبکاری یک قطعه با استفاده از تکنیک استاپ موشن، می‌توان فرایند آبکاری و نحوه بیان آن را در هر سه سطح نمادین (فرمول‌ها-نیم واکنش‌ها)، میکروسکوپی (حرکت یون‌ها در محلول) و ماکروسکوپی (نمایش نیم واکنش‌ها- الکترودها- رنگ محلول) برای دانش‌آموزان به تصویر کشید. این کار باعث افزایش جزئیات و واقعی‌تر شدن فرایند آبکاری می‌شود که درنتیجه، مهارت‌های استدلال علمی در توصیف و تفسیر این فرایند تقویت می‌شوند. این اطلاعات به کاربران کمک می‌کنند تا در تحلیل و تفسیر نتایج به شکل علمی‌تر عمل کنند و استدلال‌های قوی‌تر را برای توضیح و تبیین ادعاها ارائه دهند.

به‌طورکلی توجه به جزئیات در طراحی محیط مدل‌سازی نیز می‌تواند در ارتقاء مهارت‌های استدلال علمی تأثیرگذار باشد. با دقت بیشتر در نمایش جزئیات فیزیکی و شیمیایی فرایند آبکاری، مدل‌سازی به تمرکز بیشتری بر روی این جزئیات می‌پردازد. این امر به ارزیابی شواهد و توجیه واقعی‌تر از اثرات آبکاری کمک می‌کند. به‌عنوان‌مثال، با توجه به مدل‌سازی دقیق محیط آبکاری، می‌توان ارتباط بین واکنش‌های اکسایش -کاهش، حرکت و جریان یون‌ها، الکترولیت و قطب‌های تعریف‌شده برای سلول در محلول آبکاری را بهبود داد و نتایجی مبنی بر تغییرات واقعی در فرایند آبکاری را برای دانش‌آموزان ارائه داد. همچنین نتایج نشان داد که استفاده از تکنیک‌های استاپ موشن و توجه به جزئیات در طراحی محیط مدل‌سازی مربوط به فرایند آبکاری، باعث افزایش واقعی‌تر شدن و دقت بیشتر در نمایش این فرایند می‌شود. این امر می‌تواند در تقویت مهارت‌های استدلال علمی مانند فرضیه‌سازی، تولید شواهد، ارزیابی شواهد و نتیجه‌گیری، تأثیر مثبتی داشته باشد.

- فرضیه‌سازی. در تکنیک استاپ موشن، با استفاده از نرم‌افزارهای ویرایش ویدئو، متغیرها و فرمول‌های ناشناخته می‌توانند به‌صورت گرافیکی نمایش داده شوند. به‌طور مثال، با استفاده از تصاویر، آیکون‌ها، فرمول‌ها و سایر المان‌های گرافیکی، می‌توان متغیرها را نمایش داده و با حرکت ویدئو، رابطه بین آن‌ها را به‌صورت بصری نشان داد. علاوه بر این، در استاپ موشن می‌توان از تکنیک‌های مختلف برای به یادسپاری و بیان و یادآوری مفاهیم، نظریه‌ها و قوانین استفاده کرد. این شامل استفاده از متن‌ها، شکل‌ها، نمودارها، نمونه‌ها و تصاویر است که به‌صورت تداخلی با حرکت ویدئو در طول زمان نشان داده می‌شوند. همچنین، استاپ موشن قادر است اطلاعات را از جداول و نمودارها خوانده و در قالب ویدئو به نمایش بگذارد و این داده‌ها را به‌صورت جذاب و قابل‌فهم به تماشاگران ارائه داد. در استاپ موشن می‌توان واحدهای اندازه‌گیری را شناسایی کرده و در ویدئو به نمایش درآورد. با استفاده از المان‌های گرافیکی مانند نمودارها، شکل‌ها و تصاویر، می‌توان واحدهای اندازه‌گیری را نمایش داده و در طول ویدئو، تغییرات و ارتباط آن‌ها را به‌طور واضح برای دانش‌آموزان نشان داد. بنابراین، استاپ موشن یک روش بسیار مؤثر برای تبدیل ادعاها، مفاهیم و ایده‌ها به یک ویدئو متحرک است که با استفاده از گرافیک، حرکت و تکنیک‌های دیگر، می‌تواند اطلاعات را به‌طور جذاب و قابل‌فهم به دانش‌آموزان منتقل کند. دانش آموزان بر اساس چارچوب‌ها و شواهد شناخته‌شده در طول ساخت مدل با

استفاده از تکنیک استاپ موشن بهتر می‌توانند بر اساس مشاهدات و سؤالاتشان فرضیه‌هایی طبق استانداردهای علمی بسازند.

دانش‌آموزان در گروه کنترل چون دید محدودی به بخش‌های ماکروسکوپی و میکروسکوپی داشتند در شناسایی متغیرها و فرمول‌های جدید نتوانستند مانند گروه‌های آزمایش موفق عمل کنند و چون تنها به مطالب کتاب تکیه می‌کردند خواندن داده‌ها از جداول و نمودارها و شناسایی واحدهای اندازه‌گیری را نمی‌توانستند بدون کمک گرفتن از کتاب و به‌تنهایی انجام دهند. گروه آزمایش۱ به‌واسطه غیرساختار بودن ساخت مدلشان، آزادی عمل بیشتری داشتند و موضوعات فرعی بیشتری را در بحث موردتوجه قرار می‌دادند و به بررسی و قضاوت جنبه‌های خاص و کلیدی هر قسمت از فرایند برای انتخاب مرحله بعد می‌پرداختند. بنابراین نسبت به دو گروه دیگر در فرضیه‌سازی موفق‌تر بودند. دانش‌آموزان در گروه آزمایش۲ نیز خوب عمل کردند و با شناسایی یک یا چند سؤال در مرحله ترسیم استوری بورد و ایجاد فرضیه‌هایی برای پیدا کردن پاسخ‌های ممکن، مبنایی برای ساخت انیمیشن در مراحل بعدی فراهم می‌کردند.

- تولید شواهد. تکنیک استاپ موشن یک روش ایجاد حرکت در فیلم است که در آن تصاویر فردی به‌صورت دستی تغییر داده می‌شوند و در هر تغییر کوچک، عکسی گرفته می شود. سپس تمام تصاویر به ترتیب قرار داده می‌شوند و با تکرار آن‌ها به‌سرعت، به نظر می رسد که اشیاء در حال حرکت هستند. در این تکنیک، هر تصویر درواقع یک "فریم" است که در توالی قرار می‌گیرد تا حرکت سریعی ایجاد شود. تفسیر بر اساس رابطه بین متغیرها در تکنیک استاپ موشن به این معناست که می‌توانیم با تغییر مفهوم یا حالت متغیرها در هر فریم، حرکت یک شیء را به شکل مطلوب کنترل کنیم. به‌عبارت‌دیگر، با تغییر متغیرهای مربوط به شیء، می‌توانیم حرکت و تغییرات آن را کنترل کنیم. به‌طور خلاصه، تکنیک استاپ موشن توانایی شناسایی رابطه بین مفاهیم (تغییر متغیرها) را بر اساس داده‌های موجود (تصاویر در هر فریم) به دانش‌آموزان می‌دهد. با استفاده از این تکنیک می‌توان با تغییر مفاهیم و متغیرها در هر فریم، حرکت و تغییرات شیء را به‌دلخواه کنترل کرد و تجربه‌ای بصری و جالب برای دانش‌آموزان ایجاد کرد. دانش‌آموزان گروه کنترل در شناسایی رابطه بین مفاهیم نتوانستند مانند دانش‌آموزان گروه‌های آزمایش موفق عمل کنند و تفسیر خوبی از داده‌های جمع‌آوری‌شده نداشتند چون دامنه نگاه و شواهد آن‌ها بیشتر به بعد نمادین

متمرکز بود. اما دانش‌آموزان گروه آزمایش ۱ چون مدام در حال کنکاش در هر سه بعد نمادین، میکروسکوپی و ماکروسکوپی بودند، یک مدل اولیه می‌ساختند، آن را آزمایش می‌کردند و هر جا لازم بود در آن بازنگری می‌کردند برای همین بر اساس رابطه بین متغیرها خیلی بهتر توانستند نسبت به دو گروه دیگر به تولید شواهد بپردازند و داده‌هایشان را تفسیر کنند. در گروه آزمایش ۲ نیز دانش‌آموزان خیلی خوب توانستند به تولید شواهد بپردازند اما چون در ابتدا بیشتر به دنبال گرفتن خروجی و تولید انیمیشن بودند تا زودتر مراحلی را که برایشان مشخص شده بود به پایان برسانند نسبت به گروه آزمایش۱، کمتر به دنبال فرضیه‌سازی و ممتد تولید شواهد بودند.

- ارزیابی شواهد. ارزیابی شواهد یک روش استدلال است که در آن از شواهد علمی و داده‌های قابل‌اثبات برای توجیه یا تحقیق در مورد یک موضوع استفاده می‌شود. در این نوع استدلال، شواهد علمی به‌عنوان اطلاعات اولیه در اختیار دانش‌آموزان قرار می‌گیرد. این شواهد می‌توانند نتایج تحقیقات، داده‌های آماری، نظرات متخصصان و تحلیل‌های علمی باشند. ارائه استدلال در مورد رابطه بین داده‌ها به معنای بیان ادعاها و استنتاج‌هایی است که بر اساس رابطه و ارتباط بین داده‌ها وجود دارد. در ارزیابی شواهد دانش‌آموزان در فرایند آبکاری توانستند با استفاده از تکنیک استاپ موشن تصاویر متوالی از حرکت یون‌ها که در طول فرایند آبکاری انجام گرفته بود را به هم متصل کرده و نشان دادند که چگونه این فرایند اتفاق می‌افتد. این شواهد و تصاویر می‌توانند به‌عنوان پشتیبانی از اطلاعات و استدلال‌های ارائه‌شده در مورد رابطه بین داده‌ها و ارتباط بین متغیرها مورداستفاده قرار بگیرند. در گروه کنترل چون شواهد فقط به تصاویر کتاب و مدلی که دانش‌آموزان به‌صورت ایستا ترسیم می‌کردند خلاصه می‌شد فرضیه‌سازی و تولید شواهد آن‌ها کم‌رنگ‌تر بود و به نسبت برای ارائه استدلال در مورد رابطه بین داده‌ها با مشکل مواجه بودند. اما در گروه آزمایش۱ دانش‌آموزان با تجزیه‌وتحلیل اشکال مختلف شواهد در رابطه با فرضیه‌هایی که ساخته بودند و با ارائه شواهد علمی برای پشتیبانی از اطلاعاتی که در هر مرحله ارائه می‌دادند، توانستند امتیازهای خوبی بگیرند. گروه آزمایش۲ نیز با ارائه شواهدی بر اساس رابطه بین متغیرها که تعریف کرده بودند و مدل آن را درست کرده بودند توانستند در این قسمت از گروه کنترل نمره بهتری کسب کنند. و اختلاف گروه آزمایش۱ و۲ در این بخش بسیار کم و ناچیز بود. شاید به این دلیل بود که در این مرحله دانش‌آموزان به ساخت انیمیشن

رسیده بودند و هر دو گروه می‌توانستند به ارائه استدلال در مورد روابطِ بین هر قسمت فرایند و زیر بخش‌های آن بپردازند.

در این مطالعه گنجاندن انیمیشن در فرآیند یادگیری دانش آموزان را تشویق می‌کرد تا انتقادی فکر کنند، داده‌ها را به‌صورت بصری تجزیه‌وتحلیل کنند و یافته‌های خود را به‌طور مؤثر انتقال دهند. از طریق این تجربیات، دانش‌آموزان نه‌تنها مهارت‌های استدلال علمی خود را بهبود می‌بخشند، بلکه درک عمیق‌تری از روش علمی و فرآیند نتیجه‌گیری بر اساس شواهد و تفکر منطقی ایجاد کردند، بنابراین دانش‌آموزان گروه‌های آزمایش نتایج بهتری نسبت به گروه کنترل به دست آوردند. دانش‌آموزان در گروه آزمایش۱ در هر مرحله با متحرک‌سازی یافته‌های خود به‌صورت استقرایی توانایی‌شان برای برقراری ارتباط واضح با ایده‌های علمی پیچیده، بیشتر می‌شد و این تعامل چون در هر بخش به‌صورت جدا انجام می گرفت و در روی همان نرم‌افزار طراحی صورت می‌گرفت نسبت به گروه آزمایش۲ به نسبت نتیجه‌گیری‌های کامل‌تری داشتند.

– نتیجه‌گیری. در چارچوب تحقیقات علمی، نتیجه‌گیری به معنای استنباط یا تعیین در مورد یک پدیده یا فرضیه خاص پس از تجزیه‌وتحلیل داده‌ها یا مشاهدات تجربی است. در روش علمی، نتیجه‌گیری مرحله مهمی است که پس از جمع‌آوری و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها انجام می‌شود. دانشمندان از این مهارت برای تفسیر نتایج آزمایش‌ها یا مشاهدات و معنا بخشیدن به یافته‌های خود استفاده می‌کنند. برای نتیجه‌گیری معتبر، دانشمندان باید قابلیت اطمینان داده‌های خود، طراحی آزمایشی، سوگیری‌های احتمالی و هر متغیر مخدوش‌کننده‌ای که ممکن است بر نتایج تأثیر بگذارد را در نظر بگیرند. نتیجه‌گیری شامل شناسایی الگوها، روندها یا روابط در داده‌ها و استفاده از استدلال منطقی برای توضیح این مشاهدات است. دانشمندان اغلب از روش‌های آماری برای تجزیه‌وتحلیل داده‌های خود و تعیین اهمیت یافته‌های خود استفاده می‌کنند. این نتایج می‌تواند منجر به فرضیه‌های جدید، آزمایش‌های بیشتر یا توسعه نظریه‌ها شود که به پیشرفت دانش علمی کمک می‌کند. برای دانشمندان مهم است که محتاط باشند و از تعمیم بیش‌ازحد نتایج خود اجتناب کنند. استدلال علمی صحیح مستلزم اذعان به محدودیت‌های مطالعه و آگاهی از دامنه نتایجی است که می‌توان از شواهد موجود به دست آورد. علاوه بر این، نتایج در علم همیشه در معرض بازنگری در پرتو شواهد جدید یا تکنیک‌های آزمایشی قوی‌تر هستند که بر ماهیت پویا و خود اصلاح‌کننده فرآیند

علمی تأکید می‌کنند. در این مطالعه گنجاندن انیمیشن در فرآیند یادگیری دانش آموزان را تشویق می‌کرد تا انتقادی فکر کنند، داده‌ها را به‌صورت بصری تجزیه‌وتحلیل کنند و یافته‌های خود را به‌طور مؤثر انتقال دهند. از طریق این تجربیات، دانش‌آموزان نه‌تنها مهارت‌های استدلال علمی خود را بهبود می‌بخشند، بلکه درک عمیق‌تری از روش علمی و فرآیند نتیجه‌گیری بر اساس شواهد و تفکر منطقی ایجاد کردند، بنابراین دانش‌آموزان گروه‌های آزمایش نتایج بهتری نسبت به گروه کنترل به دست آوردند. دانش‌آموزان در گروه آزمایش۱ در هر مرحله با متحرک‌سازی یافته‌های خود به‌صورت استقرایی توانایی‌شان برای برقراری ارتباط واضح با ایده‌های علمی پیچیده، بیشتر می‌شد و این تعامل چون در هر بخش به‌صورت جدا انجام می‌گرفت و در روی همان نرم‌افزار طراحی صورت می‌گرفت نسبت به گروه آزمایش۲ به نسبت نتیجه‌گیری‌های کامل‌تری داشتند.

یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که استفاده از تکنیک استاپ‌موشن در آموزش علوم می‌تواند راهی مؤثر برای تقویت مهارت‌های استدلال علمی دانش‌آموزان باشد. گروه آزمایش ۱ که با استفاده از تکنیک استاپ موشن آموزش دیده بودند، رشد قابل‌توجهی در تقویت مهارت استدلال علمی خود نشان دادند. این یافته‌ها با تحلیل واریانس آنوا تأیید شد. این مطالعه مزایای بالقوه استفاده از تکنیک‌های آموزشی نوآورانه و جذاب در آموزش علوم را برجسته می‌کند. تحقیقات بیشتر می‌تواند اثربخشی تکنیک استاپ‌موشن را در سایر زمینه‌های آموزش علوم و در گروه‌های سنی مختلف بررسی کند. درنتیجه، این مطالعه شواهدی را ارائه می‌کند که نشان می‌دهد تکنیک استاپ‌موشن می‌تواند ابزار ارزشمندی برای مربیان علوم برای تقویت مهارت‌های استدلال علمی دانش‌آموزان باشد. علاوه بر این، این مطالعه به حجم رو به رشد ادبیات در مورداستفاده از چندرسانه‌ای و فناوری در آموزش کمک می‌کند و بر نیاز به تحقیقات بیشتر در این زمینه تأکید می‌کند. به‌طورکلی، یافته‌های این مطالعه برای مربیان علوم و سیاست‌گذاران پیامدهایی دارد تا روش‌های آموزشی نوآورانه‌ای را در نظر بگیرند که می‌تواند کیفیت آموزش علوم را بهبود بخشد و دانش‌آموزان را برای چالش‌های قرن بیست و یکم آماده کند.

پیشنهادهای کاربردی

- پیشنهاد می‌شود در طراحی محیط‌های یادگیری مربوط به درس شیمی به تقویت مهارت‌های استدلال علمی و دیگر ملاحظات مهم، توجه ویژه‌ای شود.

- پیشنهاد می‌شود به‌جز موضوع آبکاری سایر موضوعات در درس شیمی، که خاصیت فرایندی دارند را با استفاده از تکنیک استاپ موشن به دانش‌آموزان آموزش داد.
- پیشنهاد می‌شود از نرم‌افزارهای پیشرفته‌تری مانند استاپ موشن استدیو[1] یا سیم اسکتچ[2] برای درست کردن استاپ موشن به‌جای دراوینگ بورد استفاده شود.

تعارض منافع

نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافعی ندارند.

سپاسگزاری

مقاله حاضر برگرفته از رساله دکتری رشته تکنولوژی آموزشی دانشگاه تربیت مدرس است که با راهنمایی دکتر جواد حاتمی انجام یافته است. از اساتید عزیزم که در این مسیر به بنده کمک کردند و مدیریت و معلمان متوسطه دوم شهر سنندج که در انجام این پژوهش همکاری لازم را به عمل آوردند، تقدیر و تشکر می‌نمایم.

منابع

References

Abate, T., Michael, K., & Angell, C. (2020). Assessment of Scientific Reasoning: Development and Validation of Scientific Reasoning Assessment Tool. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *16*(12), em1927. https://doi.org/10.29333/ejmste/9353

Abate, T., Michael, K., & Angell, C. (2021). Upper Primary Students' Views Vis-à-Vis Scientific Reasoning Progress Levels in Physics. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *17*(5), em1958. https://doi.org/10.29333/ejmste/10834

Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, *22*(7), 665–701. https://doi.org/10.1080/09500690050044044

Adams, W. K., & Wieman, C. E. (2015). Analyzing the many skills involved in solving complex physics problems. *American Journal of Physics*, *83*(5), 459–467. https://doi.org/10.1119/1.4913923

Adey, P., & Csapo, B. (2012). Developing and assessing scientific reasoning. In B. Csapo & G. Csapo (Eds.), *Framework for diagnostic assessment of science* (pp. 17–49). Nemzeti Tankonyvkiado.

---

1. Stop Motion Studio
2. SimSketch

Adey, P., & Shayer, M. (1994). *Really raising standards–improving learning through cognitive intervention*. London: Routledge.

Ainsworth, S. (1999). The functions of multiple representations. *Computers & Education*, *33*(2–3), 131–152.

Akaygun, S. (2016). Is the oxygen atom static or dynamic? The effect of generating animations on students' mental models of atomic structure. *Chemistry Education Research and Practice*, *17*(4), 788–807.

Akaygun, S., & Jones, L. L. (2013). Based design and development of a simulation of liquid–vapor equilibrium. *Chemistry Education Research and Practice*, *14*(3), 324–344.

Al Balushi, K. A., Al-Shibli, S., & Al-Zakwani, I. (2013). Drug utilization patterns in the emergency department: A retrospective study. *Journal of Basic and Clinical Pharmacy*, *5*(1), 1–6. https://doi.org/10.4103/0976-0105.128226

Bao, L., Cai, T., Koenig, K., & Fang, K. (2009). *Learning and scientific reasoning. Washington, DC: AAAS*.

Bao, L., Xiao, Y., Koenig, K., & Han, J. (2018). Validity evaluation of the Lawson classroom test of scientific reasoning. *Physical Review Physics Education Research*, *14*(2), 020106. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.14.020106

Barak, M., Ashkar, T., & Dori, Y. J. (2011). Learning science via animated movies: Its effect on students' thinking and motivation. *Computers & Education*, *56*(3), 839–846. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.10.025

Bicak, B. E., Borchert, C. E., & Höner, K. (2021). Measuring and Fostering Preservice Chemistry Teachers' Scientific Reasoning Competency. *Education Sciences*, *11*(9), 496. https://doi.org/10.3390/educsci11090496

Brown, J., Murcia, K., & Hackling, M. (2013). Slowmation: A multimodal strategy for engaging children with primary science. *Teaching Science*, *59*(4), 14–20.

Brown, J., MurGJa, K., & HaGkling, M. (2013). *Slawmation: A nnultinnodal strategy far engaging children with primary science*. *59*(4).

Chen, Z., & Klahr, D. (1999). All Other Things Being Equal: Acquisition and Transfer of the Control of Variables Strategy. *Child Development*, *70*(5), 1098–1120. https://doi.org/10.1111/1467-8624.00081

Chi, M. T. H. (2009). Active-Constructive-Interactive: A Conceptual Framework for Differentiating Learning Activities. *Topics in Cognitive Science*, *1*(1), 73–105. https://doi.org/10.1111/j.1756-8765.2008.01005.x

Coletta, V. P., & Phillips, J. A. (2005). Interpreting FCI scores: Normalized gain, preinstruction scores, and scientific reasoning ability. *American Journal of Physics*, *73*(12), 1172–1182. https://doi.org/10.1119/1.2117109

Danish, J. A., & Enyedy, N. (2007). Negotiated representational mediators: How young children decide what to include in their science representations. *Science Education*, *91*(1), 1–35. https://doi.org/10.1002/sce.20166

Dawes, L. (2004). RESEARCH REPORT: Talk and learning in classroom science. *International Journal of Science Education*, *26*(6), 677–695. https://doi.org/10.1080/0950069032000097424

Ding, L., Wei, X., & Liu, X. (2016). Variations in University Students' Scientific Reasoning Skills Across Majors, Years, and Types of Institutions. *Research in Science Education*, *46*(5), 613–632. https://doi.org/10.1007/s11165-015-9473-y

Dole, S. F., Bloom, L. A., & Doss, K. K. (2016). Rocket to Creativity: A Field Experience in Problem-Based and Project-Based Learning. *Global Education Review*, *3*(4), Article 4. https://ger.mercy.edu/index.php/ger/article/view/266

Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Scott, P., & Mortimer, E. (1994). Constructing Scientific Knowledge in the Classroom. *Educational Researcher*, *23*(7), 5–12. https://doi.org/10.3102/0013189X023007005

Evagorou, M., & Osborne, J. (2010). The role of language in the learning and teaching of science. *Good Practice in Science Teaching: What Research Has to Say*, 135–157.

Farrokhnia, M., Meulenbroeks, R. F. G., & Van Joolingen, W. R. (2020). Student-Generated Stop-Motion Animation in Science Classes: A Systematic Literature Review. *Journal of Science Education and Technology*, *29*(6), 797–812. https://doi.org/10.1007/s10956-020-09857-1

Ford, M. J., & Wargo, B. M. (2012). Dialogic framing of scientific content for conceptual and epistemic understanding. *Science Education*, *96*(3), 369–391. https://doi.org/10.1002/sce.20482

Großschedl, J., Harms, U., Kleickmann, T., & Glowinski, I. (2015). Preservice Biology Teachers' Professional Knowledge: Structure and Learning Opportunities. *Journal of Science Teacher Education*, *26*(3), 291–318. https://doi.org/10.1007/s10972-015-9423-6

Hambleton, R. K., Sireci, S. G., & Smith, Z. R. (2009). How Do Other Countries Measure Up to the Mathematics Achievement Levels on the National Assessment of Educational Progress? *Applied Measurement in Education*, *22*(4), 376–393. https://doi.org/10.1080/08957340903221675

Han, J. (2013). *Scientific reasoning: Research, development, and assessment* [PhD Thesis, The Ohio State University]. https://rave.ohiolink.edu/etdc/view?acc_num=osu1366204433

Hanson, S. (2016). *The Assessment Of Scientific Reasoning Skills Of High School Science Students: A Standardized Assessment Instrument* [MS, Illinois State University]. https://doi.org/10.30707/ETD2016.Hanson.S

Hartmann, S., Upmeier Zu Belzen, A., Krüger, D., & Pant, H. A. (2015). Scientific Reasoning in Higher Education: Constructing and Evaluating the Criterion-Related Validity of an Assessment of Preservice Science Teachers' Competencies. *Zeitschrift Für Psychologie*, *223*(1), 47–53. https://doi.org/10.1027/2151-2604/a000199

Hawkins, J., & Pea, R. D. (1987). Tools for bridging the cultures of everyday and scientific thinking. *Journal of Research in Science Teaching*, *24*(4), 291–307. https://doi.org/10.1002/tea.3660240404

Heijnes, D., van Joolingen, W., & Leenaars, F. (2018). Stimulating Scientific Reasoning with Drawing-Based Modeling. *Journal of Science Education and Technology*, *27*(1), 45–56. https://doi.org/10.1007/s10956-017-9707-z

Hilfert-Rüppell, Dagmar, Looß, Maike, Klingenberg, Konstantin, Eghtessad, Axel, Höner, Kerstin, Müller, Rainer, Strahl, Alexander, & Pietzner, Verena. (2018). *Scientific reasoning of prospective science teachers in designing a biological experiment*. https://doi.org/10.25656/01:14743

Hoban, G. (2010). "Data dumping, after the test you forget it all": Seeking Deep Approaches to Science Learning with Slowmation (Student-generated Animations). *Proceedings of The Australian Conference on Science and Mathematics Education*. https://openjournals.library.sydney.edu.au/IISME/article/view/4716

Hoban, G. F. (2005). From claymation to slowmation: A teaching procedure to develop students' science understandings. *Teaching Science*, *51*(2), 26–30.

Hoban, G. F. (2007). Using slowmation to engage preservice elementary teachers in understanding science content knowledge. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, *7*(2), 75–91.

Hoban, G., Loughran, J., & Nielsen, W. (2011). Slowmation: Preservice elementary teachers representing science knowledge through creating multimodal digital animations. *Journal of Research in Science Teaching*, *48*(9), 985–1009. https://doi.org/10.1002/tea.20436

Hoban, G., & Nielsen, W. (2012). Using "Slowmation" to enable preservice primary teachers to create multimodal representations of science concepts. *Research in Science Education*, *42*, 1101–1119.

Hoban, G., & Nielsen, W. (2013). Learning Science through Creating a 'Slowmation': A case study of preservice primary teachers. *International Journal of Science Education*, *35*(1), 119–146. https://doi.org/10.1080/09500693.2012.670286

Hoban, G., Nielsen, W., Macdonald, D., & Ferry, B. (2009). *Validating the Slowmation learning design: Comparing a learning design with students' experiences of learning*. https://ro.uow.edu.au/edupapers/1047/

Hogan, K., Nastasi, B. K., & Pressley, M. (1999). Discourse Patterns and Collaborative Scientific Reasoning in Peer and Teacher-Guided Discussions. *Cognition and Instruction*, *17*(4), 379–432. https://doi.org/10.1207/S1532690XCI1704_2

Ilhan, G. O., Kaba, G., & Sin, M. (2021). Usage of Digital Comics in Distance Learning during COVID-19. *International Journal on Social and Education Sciences*, *3*(1), 161–179.

Johnson, M. A., & Lawson, A. E. (1998). What are the relative effects of reasoning ability and prior knowledge on biology achievement in expository and inquiry classes? *Journal of Research in Science Teaching*, *35*(1), 89–103. https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199801)35:1<89::AID-TEA6>3.0.CO;2-J

Joshi, R., & Verspoor, A. (2012). *Secondary education in Ethiopia: Supporting growth and transformation*. World Bank Publications. https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=RsshvHaijDwC&oi=fnd&pg=PR5&dq=Joshi,+R.+D.,+%26+Verspoor,+A.+(2013).+Secondary+Education+in+Ethiopia:+Supporting+Growth+and+Transformation.+World+Bank.+https://doi.org/10.1596/978-0-8213-9727-5&ots=G4e_UWGZqo&sig=Z8bM587-BpO2nPFYOGOGcNWNmFk

Justi, R., & Van Driel, J. (2005). A Case Study of the Development of a Beginning Chemistry Teacher's Knowledge about Models and Modelling. *Research in Science Education*, *35*(2–3), 197–219. https://doi.org/10.1007/s11165-004-7583-z

Kambach, M. (2018). *Experimentierprozesse von Lehramtsstudierenden der Biologie. Eine Videostudie*. Logos Verlag Berlin. https://doi.org/10.30819/4669

Kelly, D. (2012). *Performance of U.S. 15-Year-Old Students in Mathematics, Science, and Reading Literacy in an International Context: First Look at PISA 2012*.

Kelly, R. M., & Jones, L. L. (2007). Exploring How Different Features of Animations of Sodium Chloride Dissolution Affect Students' Explanations. *Journal of Science Education and Technology*, *16*(5), 413–429. https://doi.org/10.1007/s10956-007-9065-3

Khan, S., & Krell, M. (2019). Scientific Reasoning Competencies: A Case of Preservice Teacher Education. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, *19*(4), 446–464. https://doi.org/10.1007/s42330-019-00063-9

Khan, S., & Krell, M. (2021). Patterns of Scientific Reasoning Skills among Pre-Service Science Teachers: A Latent Class Analysis. *Education Sciences*, *11*(10), 647. https://doi.org/10.3390/educsci11100647

Klieme, E., Hartig, J., & Rauch, D. (2008). The concept of competence in educational contexts. *Assessment of Competencies in Educational Contexts*, *3*, 22.

Koerber, S., Mayer, D., Osterhaus, C., Schwippert, K., & Sodian, B. (2015). The Development of Scientific Thinking in Elementary School: A Comprehensive Inventory. *Child Development*, *86*(1), 327–336. https://doi.org/10.1111/cdev.12298

Krell, M., Koska, J., Penning, F., & Krüger, D. (2015). Fostering pre-service teachers' views about nature of science: Evaluation of a new STEM curriculum. *Research in Science & Technological Education*, *33*(3), 344–365. https://doi.org/10.1080/02635143.2015.1060411

Krell, M., Redman, C., Mathesius, S., Krüger, D., & Van Driel, J. (2020). Assessing Pre-Service Science Teachers' Scientific Reasoning Competencies. *Research in Science Education*, *50*(6), 2305–2329. https://doi.org/10.1007/s11165-018-9780-1

Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Klusmann, U., Krauss, S., & Neubrand, M. (Eds.). (2013). *Cognitive Activation in the Mathematics Classroom and Professional Competence of Teachers: Results from the COACTIV Project*. Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5149-5

Lawson, A. E. (n.d.). *Science Teaching and Development of Thinking*.

Lawson, A. E. (1978). The development and validation of a classroom test of formal reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, *15*(1), 11–24. https://doi.org/10.1002/tea.3660150103

Lawson, A. E. (2004). The Nature and Development of Scientific Reasoning: A Synthetic View. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *2*(3), 307–338. https://doi.org/10.1007/s10763-004-3224-2

Lawson, A. E., Clark, B., Cramer-Meldrum, E., Falconer, K. A., Sequist, J. M., & Kwon, Y.-J. (2000). Development of Scientific Reasoning in College Biology: Do Two Levels of General Hypothesis-Testing Skills Exist? *Journal of Research in Science Teaching*, *37*(1), 81–101. https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(200001)37:1<81::AID-TEA6>3.0.CO;2-I

Martí-Vilar, M., Escrig-Espuig, J. M., & Merino-Soto, C. (2023). A systematic review of moral reasoning measures. *Current Psychology*, *42*(2), 1284–1298. https://doi.org/10.1007/s12144-021-01519-8

Mathesius, S., Hartmann, S., Upmeier zu Belzen, A., & Krüger, D. (2016). Scientific reasoning as an aspect of pre-service biology teacher education: Assessing competencies using a paper-pencil test. *The Future of Biology Education Research; Tal, T., Yarden, A., Eds*, 93–110.

Mayer, D., Sodian, B., Koerber, S., & Schwippert, K. (2014). Scientific reasoning in elementary school children: Assessment and relations with cognitive abilities. *Learning and Instruction*, *29*, 43–55. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2013.07.005

Morris, B. J., Croker, S., Masnick, A. M., & Zimmerman, C. (2012). The emergence of scientific reasoning. In *Current topics in children's learning and cognition*. IntechOpen. https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=joefDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA61&dq=Morris,+

Mueller, M., Yankelewitz, D., & Maher, C. (2010). Rules without reason: Allowing students to rethink previous conceptions. *The Mathematics Enthusiast*, *7*(2), 307–320.

Muslu Kaygisiz, G., Gürkan, B., & Akbas, U. (2018). Adaptation of Scientific Reasoning Scale into Turkish and Examination of Its Psychometric Properties. *Educational Sciences: Theory and Practice*, *18*(3), 737–757.

National Research Council (U.S.) (Ed.). (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. The National Academies Press.

Nielsen, W., & Hoban, G. (2015). Designing a digital teaching resource to explain phases of the moon: A case study of preservice elementary teachers making a slowmation. *Journal of Research in Science Teaching*, *52*(9), 1207–1233. https://doi.org/10.1002/tea.21242

Nielsen, W., Turney, A., Georgiou, H., & Jones, P. (2022). Meaning Making with Multiple Representations: A Case Study of a Preservice Teacher Creating a Digital Explanation. *Research in Science Education*, *52*(3), 871–890. https://doi.org/10.1007/s11165-021-10038-2

Opitz, A. (2017). *Advancing the assessment of scientific reasoning skills: A review of tests and a detailed analysis of a common test*.

Opitz, A., Heene, M., & Fischer, F. (2017). Measuring scientific reasoning – a review of test instruments. *Educational Research and Evaluation*, *23*(3–4), 78–101. https://doi.org/10.1080/13803611.2017.1338586

Organization, W. H. (2016). Organisation for Economic Co-Operation and Development (OECD). *World Health Organization: Geneva, Switzerland*.

Orraryd, D. (2021). *Making science come alive: Student-generated stop-motion animations in science education*. https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:liu:diva-173038

Park, S., Jang, J.-Y., Chen, Y.-C., & Jung, J. (2011). Is Pedagogical Content Knowledge (PCK) Necessary for Reformed Science Teaching?: Evidence from an Empirical Study. *Research in Science Education*, *41*(2), 245–260. https://doi.org/10.1007/s11165-009-9163-8

Piaget, J. (1965). The stages of the intellectual development of the child. *Educational Psychology in Context: Readings for Future Teachers*, *63*(4), 98–106.

Reinisch, B., & Krell, M. (2023). Assessing Pre-service Teachers' Views of Scientists, Their Activities, and Locations: The VoSAL Instrument. *Research in Science Education*, *53*(1), 139–153. https://doi.org/10.1007/s11165-022-10046-w

Roadrangka, V., Yeany, R. H., & Padilla, M. J. (1982). Group test of logical thinking. *University of Georgia, Athens, GA*.

Stieff, M., Bateman, R. C., & Uttal, D. H. (2005). Teaching and Learning with Three-dimensional Representations. In J. K. Gilbert (Ed.), *Visualization in Science Education* (pp. 93–120). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/1-4020-3613-2_7

Stiller, J., Hartmann, S., Mathesius, S., Straube, P., Tiemann, R., Nordmeier, V., Krüger, D., & Upmeier Zu Belzen, A. (2016). Assessing scientific reasoning: A comprehensive evaluation of item features that affect item difficulty. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, *41*(5), 721–732. https://doi.org/10.1080/02602938.2016.1164830

Tobin, K. G., & Capie, W. (1981). The Development and Validation of a Group Test of Logical Thinking. *Educational and Psychological Measurement*, *41*(2), 413–423. https://doi.org/10.1177/001316448104100220

Tsui, C., & Treagust, D. (2010). Evaluating Secondary Students' Scientific Reasoning in Genetics Using a Two-Tier Diagnostic Instrument. *International Journal of Science Education*, *32*(8), 1073–1098. https://doi.org/10.1080/09500690902951429

Van Borkulo, S. P., Van Joolingen, W. R., Savelsbergh, E. R., & De Jong, T. (2012). What Can Be Learned from Computer Modeling? Comparing Expository and Modeling Approaches to Teaching Dynamic Systems Behavior. *Journal of Science Education and Technology*, *21*(2), 267–275. https://doi.org/10.1007/s10956-011-9314-3

Van Der Graaf, J., Van De Sande, E., Gijsel, M., & Segers, E. (2019). A combined approach to strengthen children's scientific thinking: Direct instruction on scientific reasoning and training of teacher's verbal support. *International Journal of Science Education*, *41*(9), 1119–1138. https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1594442

Voss, J. F., Perkins, D. N., & Segal, J. W. (2012). *Informal reasoning and education*. Routledge. https://books.google.com/books

Voss, J. F., Wiley, J., & Carretero, M. (1995). Acquiring Intellectual Skills. *Annual Review of Psychology*, *46*(1), 155–181. https://doi.org/10.1146/annurev.ps.46.020195.001103

Waldrip, B., Prain, V., & Carolan, J. (2010). Using Multi-Modal Representations to Improve Learning in Junior Secondary Science. *Research in Science Education*, *40*(1), 65–80. https://doi.org/10.1007/s11165-009-9157-6

Weinert, F. E. (2001). Concept of competence: A conceptual clarification. In *Defining and selecting key competencies* (pp. 45–65). Hogrefe & Huber Publishers.

Windschitl, M., Thompson, J., & Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education*, *92*(5), 941–967. https://doi.org/10.1002/sce.20259

Yaseen, Z., & Aubusson, P. (2020). Exploring Student-Generated Animations, Combined with a Representational Pedagogy, as a Tool for Learning in Chemistry. *Research in Science Education*, *50*(2), 529–548. https://doi.org/10.1007/s11165-018-9700-4

Yonyubon, S., Khamsong, J., & Worapun, W. (2022). The Effects of 5E Inquiring-Based Learning Management on Grade 7 Students' Science Learning Achievement. *Journal of Educational Issues*, *8*(2), 193–201.

Zhou, B., Khosla, A., Lapedriza, A., Oliva, A., & Torralba, A. (2016). *Learning Deep Features for Discriminative Localization*. 2921–2929. https://openaccess.thecvf.com/content_cvpr_2016/html/Zhou_Learning_Deep_Features_CVPR_2016_paper.html