



پژوهش در آموزش علوم تجربی



شاپا الکترونیکی: ۳۱۱۵-۸۸۸۹

Home Page: <https://basicscience.cfu.ac.ir>

مقایسه اثر آزمایش‌های تجربی و شبیه‌سازی شده در فهم مفاهیم فیزیک در دانش‌آموزان

مهديه کشاورز سیاهپوش^۱، مسعود علی محمدی^{۲*}

۱. کارشناسی ارشد فیزیک دانشگاه الزهراء، دبیر فیزیک آموزش و پرورش، منطقه ۱۴، تهران، ایران.

۲. استادیار، گروه آموزش فیزیک، دانشگاه فرهنگیان، صندوق پستی ۸۸۹-۱۴۶۶۵، تهران، ایران.

* نویسنده مسئول: Alimohamadi.masoud@gmail.com (✉)

چکیده

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

چکیده

مقاله پژوهشی

هدف:

پژوهش حاضر با هدف مقایسه اثر آزمایش‌های تجربی واقعی و آزمایش‌های شبیه‌سازی شده بر فهم مفاهیم پایه فیزیک در دانش‌آموزان دوره متوسطه انجام شد و به بررسی میزان تأثیر هر یک از این دو روش بر درک مفاهیم مکانیک و کاهش کج‌فهمی‌های رایج پرداخت.

روش پژوهش:

این پژوهش به شیوه نیمه‌تجربی و با طرح پیش‌آزمون - پس‌آزمون با دو گروه مستقل اجرا شد. جامعه آماری شامل دانش‌آموزان پایه دهم متوسطه منطقه ۱۴ شهر تهران بود که از میان آنان ۶۰ نفر به صورت در دسترس انتخاب و به طور مساوی در دو گروه ۳۰ نفره جایگزین شدند. گروه نخست آموزش مفاهیم مورد نظر را از طریق انجام آزمایش‌های واقعی در محیط آزمایشگاه دریافت کرد و گروه دوم همان محتوا را با استفاده از شبیه‌سازی‌های کامپیوتری تعاملی فراگرفت. ابزار گردآوری داده‌ها شامل آزمون استاندارد درک مفاهیم مکانیک و پرسشنامه سنجش کج‌فهمی‌های فیزیکی بود. داده‌ها با استفاده از روش‌های آماری مناسب برای مقایسه میانگین‌ها تحلیل شدند.

یافته‌ها:

نتایج نشان داد هر دو روش آموزشی موجب افزایش معنادار نمرات پس‌آزمون در مقایسه با پیش‌آزمون شدند و ارتقای فهم مفاهیم مکانیک تأثیر مثبت داشتند. با این حال، دانش‌آموزان گروه آزمایش تجربی در درک روابط علی میان متغیرها و مشاهده مستقیم پدیده‌های فیزیکی عملکرد بالاتری نشان دادند. در مقابل، گروه شبیه‌سازی شده در کاهش کج‌فهمی‌ها و شکل‌گیری تصور دقیق‌تر از کمیت‌های فیزیکی و روابط ریاضی مرتبط موفق‌تر عمل کرد.

نتیجه‌گیری:

بر اساس یافته‌ها، هر یک از دو روش آزمایش تجربی و شبیه‌سازی شده دارای مزیت‌های آموزشی متمایز هستند و به کارگیری تلفیقی آن‌ها می‌تواند به ارتقای هم‌زمان درک مفهومی عمیق و اصلاح کج‌فهمی‌ها منجر شود. طراحی الگوی ترکیبی مبتنی بر بهره‌گیری هدفمند از هر دو رویکرد، راهکاری کارآمد برای بهبود آموزش مفاهیم فیزیک در دوره متوسطه پیشنهاد می‌شود.

تاریخچه مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۳/۰۳

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۳/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۱۹

تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۳/۲۵

کلیدواژه‌ها:

آزمایش تجربی،
شبیه‌سازی آموزشی،
آموزش فیزیک،
یادگیری مفهومی،
کج‌فهمی.

استاد: کشاورز سیاهپوش، مهديه؛ علی محمدی، مسعود، (۱۴۰۵). مقایسه اثر آزمایش‌های تجربی و شبیه‌سازی شده در فهم مفاهیم فیزیک در دانش‌آموزان. پژوهش

در آموزش علوم تجربی، ۱۲ (۴۲)، ۶۸-۶۰.

<http://doi.org/10.48310/basic.2026.23034.1600>



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه فرهنگیان.

۱. مقدمه

آموزش فیزیک ماهیتی مفهومی و مبتنی بر مدل‌سازی دارد و کیفیت یادگیری دانش‌آموزان تا حد زیادی به شیوه ارائه محتوا و میزان مواجهه آنان با پدیده‌های واقعی وابسته است. بسیاری از مفاهیم بنیادین فیزیک مانند نیرو، شتاب، انرژی و قوانین حرکت، ماهیتی انتزاعی دارند و در غیاب تجربه عملی یا بازنمایی دیداری دقیق، به‌سختی درک می‌شوند. بر اساس دیدگاه ساخت‌گرایی، یادگیری زمانی به‌صورت عمیق و پایدار شکل می‌گیرد که فراگیرنده بتواند تجربه‌های جدید را با ساختارهای شناختی پیشین خود پیوند داده و به بازسازی فعال مفاهیم بپردازد (احمدی، ۱۴۰۲). از این‌رو، فراهم آوردن موقعیت‌های یادگیری تجربی و تعاملی در آموزش فیزیک ضرورتی انکارناپذیر است.

در این چارچوب، آزمایش‌های تجربی همواره به‌عنوان یکی از ارکان اصلی آموزش فیزیک شناخته شده‌اند. مشاهده عینی پدیده‌ها، دست‌کاری ابزارها و تجربه مستقیم نتایج آزمایش‌ها، زمینه شکل‌گیری درک علی از روابط میان متغیرها را فراهم می‌کند و به کاهش برداشت‌های نادرست کمک می‌نماید (دلاور، ۱۴۰۳). با این حال، اجرای مستمر و نظام‌مند فعالیت‌های آزمایشگاهی در مدارس با چالش‌هایی نظیر کمبود تجهیزات، محدودیت زمان آموزشی، مسائل ایمنی و نبود نیروی انسانی متخصص روبه‌رو است. این محدودیت‌ها موجب شده است که در بسیاری از موارد، آموزش مفاهیم فیزیک به‌صورت نظری و بدون تجربه عملی کافی انجام گیرد.

در سال‌های اخیر، شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای به‌عنوان رویکردی مکمل یا جایگزین در آموزش فیزیک مطرح شده‌اند. این ابزارها امکان کنترل متغیرها، تکرارپذیری آزمایش، نمایش هم‌زمان کمیت‌های نامرئی و ایجاد محیطی ایمن برای تجربه مفاهیم را فراهم می‌سازند. پژوهش‌های انجام‌شده نشان داده‌اند که شبیه‌سازی‌ها می‌توانند در اصلاح کج‌فهمی‌های مفاهیم مکانیک و شکل‌گیری مدل‌های ذهنی دقیق‌تر نقش مؤثری ایفا کنند (کریمی و همکاران، ۱۴۰۱). به‌عنوان نمونه، نرم‌افزارهای تعاملی مانند **PhET** توانسته‌اند روابط میان نیرو، حرکت و انرژی را به‌صورت پویا و دیداری بازنمایی کرده و امکان تعامل فعال فراگیران با مفاهیم را فراهم آورند.

با وجود گسترش کاربرد هر دو رویکرد، هنوز اجماع روشنی درباره میزان کارآمدی نسبی آزمایش‌های واقعی و شبیه‌سازی شده در یادگیری مفاهیم فیزیک وجود ندارد. برخی مطالعات بر برتری تجربه مستقیم در تقویت درک علی تأکید دارند و برخی دیگر نقش شبیه‌سازی‌ها را در رفع کج‌فهمی‌ها برجسته می‌دانند. از این‌رو، مقایسه نظام‌مند این دو شیوه آموزشی در قالب یک طرح پژوهشی واحد می‌تواند شواهد تجربی معتبری برای تصمیم‌گیری‌های آموزشی فراهم آورد.

ضرورت انجام چنین پژوهشی از آن جهت اهمیت دارد که نتایج آن می‌تواند به معلمان فیزیک، دانش‌جو معلمان و برنامه‌ریزان درسی در انتخاب یا طراحی الگوی آموزشی مؤثر یاری رساند. همچنین، یافته‌های این مطالعه می‌تواند در برنامه‌های تربیت معلم و کارگاه‌های توانمندسازی حرفه‌ای مورد استفاده قرار گیرد. بر این اساس، مقاله حاضر با هدف مقایسه اثربخشی آزمایش‌های تجربی و شبیه‌سازی شده بر یادگیری مفاهیم پایه فیزیک سامان‌دهی شده است و در ادامه، روش پژوهش، یافته‌ها و بحث و نتیجه‌گیری ارائه می‌شود.

۲. پیشینه پژوهش

۱. پیشینه نظری

آموزش فیزیک، به‌ویژه در مقاطع متوسطه، با چالش‌های ذاتی در انتقال مفاهیم انتزاعی به ذهن دانش‌آموزان روبروست. رویکردهای نوین آموزشی بر یادگیری فعال و سازنده تأکید دارند، به‌طوری‌که دانش‌آموزان در فرآیند کشف و ساخت دانش نقش محوری ایفا کنند. نظریه ساخت‌گرایی (پیاژه، ۱۹۷۰؛ ویگوتسکی، ۱۹۷۸) یکی از مبانی نظری کلیدی در این زمینه است که یادگیری را فرآیندی پویا مبتنی بر تلفیق تجربیات جدید با دانش پیشین فرد می‌داند. در چارچوب این نظریه، آزمایش‌های تجربی به عنوان ابزاری قدرتمند برای فراهم آوردن تجربیات ملموس و عینی عمل می‌کنند. مشاهده مستقیم پدیده‌ها، دست‌کاری متغیرها و مشاهده نتایج، به دانش‌آموزان کمک می‌کند تا مفاهیم انتزاعی فیزیک را با دنیای واقعی پیوند دهند و درک عمیق‌تری از روابط علی میان آن‌ها کسب کنند (دریور، ۱۹۸۳).

در مقابل، با پیشرفت فناوری، شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای به عنوان ابزاری نوین در آموزش مطرح شده‌اند. این شبیه‌سازی‌ها که بر پایه مدل‌های ریاضی و فیزیکی طراحی می‌شوند، قادرند پدیده‌هایی را که مشاهده یا اجرای آن‌ها در دنیای واقعی دشوار، خطرناک یا پرهزینه است، به صورت بصری و تعاملی نمایش دهند (هولابو و یانگ، ۱۹۹۶). شبیه‌سازی‌ها امکان کنترل دقیق پارامترها، تکرارپذیری آزمایش‌ها و تجسم کمیت‌های نامرئی (مانند میدان‌ها یا نیروهای داخلی) را فراهم می‌کنند. این ویژگی‌ها، شبیه‌سازی‌ها را به ابزاری کارآمد برای اصلاح کج‌فهمی‌های رایج دانش‌آموزان و تقویت تصویرسازی ذهنی دقیق از مفاهیم انتزاعی تبدیل کرده است (وو، ۲۰۰۲).

۲. پیشینه تجربی

بررسی‌های اخیر نشان می‌دهد که آموزش مجازی فیزیک، اگرچه با چالش‌هایی مانند دشواری اجرای آزمایش‌های عملی و نیاز به تعامل مستقیم روبروست، اما مزایای قابل توجهی نیز دارد. پژوهش‌ها (حاجی و همکاران، ۱۴۰۰؛ کرامتی و همکاران، ۱۴۰۱) بیان می‌کنند که فضای مجازی می‌تواند منجر به صرفه‌جویی در منابع، افزایش عدالت آموزشی، تقویت اعتمادبه‌نفس دانش‌آموزان (به دلیل کاهش ترس از قضاوت) و انتقال بهتر مفاهیم از طریق تکنولوژی شود. برای جبران محدودیت‌های آموزش مجازی و بهبود یادگیری مفاهیم انتزاعی فیزیک، پژوهشگران الگوها و روش‌های خاصی را پیشنهاد داده‌اند:

۱. **الگوهای تدریس پیشنهادی:** استفاده از روش‌های پدیده‌محور، معکوس، زمینه‌محور و پژوهش‌محور توصیه شده است. همچنین الگوهای کاوشگری، حل مسئله، تفکر استقرایی، پیش‌سازمان‌دهنده، بدیعه‌پردازی، دریافت مفهوم، یادیارها و مدل E5 به عنوان مؤثرترین روش‌ها برای کلاس‌های مجازی فیزیک معرفی شده‌اند (فرج‌اللهی، ۱۳۸۴؛ بابایی و همکاران، ۱۳۹۹؛ سالاری‌پور و همکاران، ۱۴۰۱).

۲. **نقش معلم و دانش‌آموز:** در این رویکردها، معلم نقش تسهیل‌گر را دارد و دانش‌آموز فرآیند ساخت دانش را خود انجام می‌دهد. تأکید بر تفکر فعال، جست‌وجو و نتیجه‌گیری توسط فراگیر از ارکان اصلی رویکرد شناختی است.

۳. **راهکارهای عملی برای شبیه‌سازی و آزمایش:** با توجه به دشواری آزمایش‌های واقعی در فضای مجازی، راهکارهایی مانند انجام آزمایش در منزل و ارسال فیلم آن، استفاده از آزمایشگاه مجازی توسط معلم در حین تدریس، تصویرسازی ذهنی و بازی‌وارسازی پیشنهاد شده است. این روش‌ها به دانش‌آموزان کمک می‌کند تا مفاهیم را به صورت معنادار درک کنند و مهارت‌های یادگیری خود را تقویت نمایند (الی و هادسون، ۲۰۱۰).

۴. **ارزشیابی و انگیزش:** استفاده از تکالیف عملکردی، پوشه کار و بازخورد مناسب برای تقویت انگیزه درونی دانش‌آموزان ضروری است. تولید محتوا توسط دانش‌آموزان و تلفیق آن با انیمیشن و تصویر نیز به درگیری بیشتر آن‌ها با مفاهیم کمک می‌کند (نجفی‌نژاد مشیزی و همکاران، ۱۳۹۹).

این یافته‌ها نشان می‌دهند که اگرچه آموزش مجازی جایگزین کامل آزمایشگاه فیزیکی نیست، اما با به‌کارگیری راهبردهای شناختی و ابزارهای دیجیتال مناسب، می‌توان شکاف بین آموزش نظری و درک مفهومی را کاهش داد. در حوزه شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای، تحقیقات متعددی اثربخشی این ابزارها را گزارش کرده‌اند. برای مثال در پژوهش (سهرابی، شهزاد؛ اکرم قصری و صفورا احمدی و اکرم قصری، ۱۴۰۴) یافته‌ها حاکی از آن است که شبیه‌سازی‌های مجازی و فعالیت‌های تعاملی (مانند تصویرسازی ذهنی و بازی‌وارسازی) می‌توانند چالش‌های دسترسی به آزمایشگاه فیزیکی را جبران کرده و با افزایش اعتمادبه‌نفس و کاهش ترس از قضاوت، یادگیری را تسهیل کنند. این مطالعه تأکید می‌کند که ترکیب روش‌های تدریس فعال (مانند پدیده‌محور و پژوهش‌محور) با فناوری‌های آموزشی، نه تنها کیفیت یادگیری را در محیط‌های غیرحضوری حفظ می‌کند، بلکه مهارت‌های خودتنظیمی و تفکر انتقادی دانش‌آموزان را نیز تقویت می‌نماید.

با وجود این مزایا، هنوز نیاز به مقایسه دقیق اثرگذاری این دو روش روی یادگیری عمیق مفاهیم فیزیک وجود دارد.

۳. مدل مفهومی

بر اساس مبانی نظری و یافته‌های تجربی پیشین، مدل مفهومی پژوهش حاضر بر این فرض استوار است که هم آزمایش‌های تجربی واقعی و هم آزمایش‌های شبیه‌سازی شده، به طور مستقل قادر به بهبود درک مفاهیم پایه فیزیک و کاهش کج‌فهمی‌ها هستند. با این حال، انتظار می‌رود که هر روش بر جنبه‌های متفاوتی از یادگیری تأثیرگذار باشد: آزمایش‌های تجربی واقعی: انتظار می‌رود این روش در تقویت درک روابط علی، مهارت‌های مشاهده مستقیم پدیده‌ها و ارتباط دادن مفاهیم نظری به نتایج عینی، عملکرد برتری نسبت به شبیه‌سازی داشته باشد. آزمایش‌های شبیه‌سازی شده: این روش پیش‌بینی می‌شود که کاهش کج‌فهمی‌های رایج، شکل‌دهی تصورات ذهنی دقیق از کمیت‌های فیزیکی انتزاعی و درک روابط ریاضی مرتبط، اثربخش‌تر عمل کند. مدل مفهومی پژوهش، تأثیر مستقل هر یک از این دو رویکرد را بر دو متغیر وابسته اصلی (درک مفاهیم فیزیک و میزان کج‌فهمی‌ها) بررسی کرده و همچنین امکان مقایسه اثربخشی نسبی آن‌ها را فراهم می‌سازد.

۳. روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نوع نیمه‌تجربی و با طرح پیش‌آزمون - پس‌آزمون با گروه کنترل انجام شد. هدف این طرح، مقایسه اثربخشی دو شیوه آموزشی - آزمایش‌های تجربی و آزمایش‌های شبیه‌سازی شده - بر یادگیری مفهومی دانش‌آموزان بود. جامعه آماری شامل کلیه دانش‌آموزان پایه دهم متوسطه منطقه ۱۴ تهران در سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۴ بود. نمونه پژوهش به روش در دسترس انتخاب و شامل ۶۰ دانش‌آموز بود که به صورت تصادفی ساده در دو گروه ۳۰ نفره تقسیم شدند:

- گروه آزمایش تجربی: آموزش مفاهیم مکانیک را با اجرای آزمایش‌های واقعی شامل سطح شیب‌دار، قانون دوم نیوتن، اندازه‌گیری شتاب و بررسی انرژی مکانیکی دریافت کردند.
- گروه آزمایش شبیه‌سازی شده: همان مفاهیم را از طریق شبیه‌سازی‌های تعاملی نرم‌افزارهای ¹PhET، Crocodile و Physics و Algodoo فراگرفتند.

برای جمع‌آوری داده‌ها از دو ابزار استفاده شد:

۱. آزمون یادگیری مفهومی شامل ۲۰ سؤال چهارگزینه‌ای استاندارد در موضوع قوانین حرکت، انرژی و نیرو. روایی آن توسط سه دبیر فیزیک تأیید و پایایی آن با ضریب ۸۶/۰ محاسبه شد.
۲. پرسشنامه کج‌فهمی‌های فیزیکی شامل ۱۵ سؤال مفهومی که خطاهای برداشت رایج دانش‌آموزان را بررسی می‌کرد. پایایی این ابزار ۸۱/۰ گزارش شد.

پژوهش در چهار مرحله انجام شد:

۱. اجرای پیش‌آزمون برای هر دو گروه
۲. اجرای دوره آموزشی ۴ جلسه‌ای (هر جلسه ۹۰ دقیقه) با دو روش متفاوت

۳. اجرای پس‌آزمون یادگیری مفهومی

۴. تحلیل نتایج و مقایسه عملکرد دو گروه

برای تحلیل داده‌ها از آمار توصیفی (میانگین، انحراف معیار، دامنه نمرات) و آمار استنباطی شامل آزمون t زوجی برای مقایسه پیش‌آزمون - پس‌آزمون هر گروه و آزمون t مستقل برای مقایسه نمرات پس‌آزمون دو گروه استفاده شد. همچنین اندازه اثر با شاخص $Cohen's d$ محاسبه شد تا شدت اثرگذاری دو روش آموزشی مشخص گردد. این روش پژوهشی امکان بررسی دقیق تأثیر هر دو نوع آموزش و مقایسه عینی نتایج را فراهم کرده و زمینه تحلیل علمی تفاوت‌های یادگیری را مهیا می‌سازد.

۴. یافته‌های پژوهش

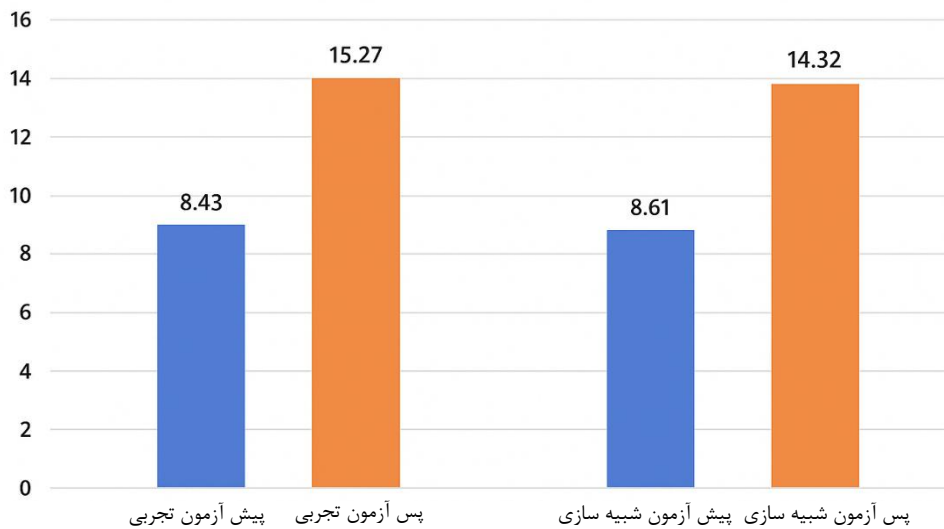
ابتدا شاخص‌های توصیفی شامل میانگین، انحراف معیار و دامنه نمرات برای هر دو گروه در مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون ارائه شد. همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، میانگین نمرات پس‌آزمون در هر دو گروه افزایش معناداری نسبت به پیش‌آزمون داشته است، اما رشد نمرات گروه آزمایش تجربی بیشتر بوده است.

جدول ۱. شاخص‌های توصیفی نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون دو گروه.

گروه	مرحله آزمون	تعداد	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
آزمایش تجربی	پیش‌آزمون	30	8/43	2/11	4	12
آزمایش تجربی	پس‌آزمون	30	15/27	2/56	11	19
شبیه‌سازی شده	پیش‌آزمون	30	8/61	2/04	5	12
شبیه‌سازی شده	پس‌آزمون	30	14/32	2/41	10	18

نتایج آزمون t زوجی نشان داد که میانگین نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون در هر دو گروه تفاوت معنادار دارد. بنابراین، هر دو شیوه آموزشی توانسته‌اند یادگیری مفهومی دانش‌آموزان را بهبود دهند. این یافته با نتایج پژوهش‌های پیشین که نقش تجربه عملی و بازنمایی تعاملی در تقویت یادگیری فیزیک را نشان داده‌اند (احمدی، ۱۴۰۲؛ کریمی و همکاران، ۱۴۰۱)، همسو است. برای مقایسه عملکرد دو گروه، از آزمون t مستقل استفاده شد. ضرایب به‌دست‌آمده نشان داد که تفاوت میانگین پس‌آزمون دو گروه از نظر آماری معنادار است ($p = 0.036$) مقدار اندازه اثر ($Cohen's d = 0.55$) بیانگر تأثیر متوسط و قابل‌توجه آموزش تجربی نسبت به شبیه‌سازی در ارتقای عملکرد مفهومی است. این یافته نشان می‌دهد که مشاهده مستقیم پدیده‌ها و تعامل فیزیکی با ابزارهای واقعی همچنان نقش مهمی در درک روابط علی ایفا می‌کند؛ موضوعی که در پژوهش دلاور (۱۴۰۳) نیز مورد تأکید قرار گرفته است.

از سوی دیگر، نتایج تحلیل پرسشنامه کج‌فهمی‌ها نشان داد که گروه آموزش شبیه‌سازی شده کاهش بیشتری در خطاهای مفهومی داشت. این موضوع می‌تواند به دلیل نمایش گرافیکی کمیت‌های نامرئی مانند شتاب، انرژی و نیرو و امکان تغییر سریع پارامترهای آزمایش در شبیه‌سازهای آموزشی باشد. این ویژگی‌ها سبب می‌شود فراگیر الگوهای ذهنی دقیق‌تری از رفتار سیستم‌های فیزیکی ایجاد کند. همان‌طور که در شکل ۱ دیده می‌شود، روند افزایش نمرات پس‌آزمون در هر دو گروه مثبت است، اما شیب افزایش در گروه تجربی بیشتر است.



شکل ۱. مقایسه میانگین نمرات دو گروه

۵. بحث و نتیجه گیری

به طور کلی، نتایج پژوهش نشان می‌دهد که آزمایش‌های تجربی در تقویت مشاهده مستقیم، مهارت‌های عملی و درک روابط علی مؤثرترند و آزمایش‌های شبیه‌سازی شده بیشتر در کاهش کج‌فهمی‌ها و ایجاد مدل ذهنی منسجم مؤثر بوده‌اند. ترکیب دو روش می‌تواند بهترین اثر را بر یادگیری فیزیک ایجاد کند، زیرا نقاط قوت هر روش ضعف‌های روش دیگر را پوشش می‌دهد. این یافته‌ها بر اهمیت طراحی برنامه‌های ترکیبی (Hybrid Labs) در آموزش فیزیک اشاره دارد، جایی که دانش‌آموز ابتدا با شبیه‌سازی مفاهیم را به صورت کنترل شده درک می‌کند و سپس با آزمایش واقعی آن‌ها را در دنیای فیزیکی تجربه می‌کند. چنین الگویی می‌تواند کیفیت آموزش فیزیک را در شرایط محدودیت تجهیزاتی مدارس به صورت قابل توجهی ارتقا دهد. با توجه به یافته‌های این مطالعه که نشان داد هر دو روش آزمایش تجربی و شبیه‌سازی شده در بهبود یادگیری مؤثرند اما هر کدام در جنبه‌های عملکرد قوی‌تری دارند، پیشنهادها زیر ارائه می‌شود:

۵-۱ پیشنهادهای آموزشی (اجرایی)

۱. ترکیب آزمایش‌های تجربی و شبیه‌سازی شده در برنامه درسی؛ پیشنهاد می‌شود معلمان فیزیک از رویکرد تلفیقی استفاده کنند؛ یعنی ابتدا مفاهیم از طریق شبیه‌سازها تفهیم و سپس از طریق آزمایش واقعی تثبیت شوند. این روش بیشترین اثر را بر یادگیری مفهومی و کاهش کج‌فهمی‌ها نشان داده است.
۲. استفاده از شبیه‌سازهای استاندارد در مدارس فاقد تجهیزات آزمایشگاهی؛ در مدرسی که امکانات فیزیکی محدود است، نرم‌افزارهای PhET، Algodoo و Crocodile Physics می‌توانند نقش آزمایشگاه مجازی را ایفا کنند و مانع افت کیفیت آموزش شوند.
۳. برگزاری دوره‌های ضمن خدمت برای دبیران فیزیک؛ توصیه می‌شود کارگاه‌های عملی برای آشنایی دبیران با شیوه استفاده آموزشی از شبیه‌سازها و نحوه مدیریت آزمایشگاه واقعی برگزار شود.
۴. تأکید بر فعالیت‌های گروهی در آزمایشگاه؛ چون انجام آزمایش‌های تجربی باعث افزایش تعامل، بحث علمی و مشاهده مشترک می‌شود، پیشنهاد می‌شود ساختار کارگروهی در آزمایشگاه‌ها تقویت گردد.

۵. تولید محتوای بومی و فارسی برای آزمایشگاه مجازی؛ توسعه نرم‌افزارهای فارسی‌زبان و سناریوهای آموزشی متناسب با کتاب درسی می‌تواند اثربخشی روش شبیه‌سازی را افزایش دهد.

۵-۲ پیشنهادهای پژوهشی

۱. بررسی اثر ترکیب آزمایش تجربی و شبیه‌سازی در دروس دیگر مانند الکتریسیته و گرما؛ نتایج پژوهش نشان می‌دهد که رویکرد دوگانه می‌تواند در سایر مباحث نیز مؤثر باشد؛ انجام پژوهش‌های مشابه توصیه می‌شود.
۲. مطالعه تأثیر سبک‌های یادگیری بر اثربخشی آزمایش‌ها؛ پژوهش‌های آتی می‌توانند بررسی کنند که دانش‌آموزان با سبک‌های یادگیری متفاوت (دیداری، جنبشی، تحلیلی) چگونه به هر یک از روش‌ها پاسخ می‌دهند.
۳. بررسی تأثیر طول دوره آموزشی یا تعداد جلسات؛ مشخص نیست که نتایج فعلی در دوره‌های طولانی‌تر یا کوتاه‌تر چگونه تغییر می‌کند؛ این موضوع می‌تواند محور پژوهش‌های آینده باشد.
۴. تحلیل عمیق‌تری از کاهش کج‌فهمی‌ها؛ پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی از آزمون‌های باز، مصاحبه نیمه‌ساختاریافته یا نقشه مفهومی برای تحلیل دقیق‌تر کج‌فهمی‌ها استفاده شود.
۵. مقایسه نرم‌افزارهای مختلف شبیه‌سازی؛ پژوهش‌های جدید می‌توانند بررسی کنند کدام نرم‌افزار (PhET یا Algodoo یا ...) در چه نوع مفاهیمی اثربخش‌تر است.

۶. منابع

۱. احمدی، ف.، دلاور، م.، و حمیدی، ف. (۱۴۰۳). بهینه‌سازی آموزش مجازی درس فیزیک با رویکرد شناختی در پیشرفت تحصیلی و راهبردهای یادگیری دانش‌آموزان. فصلنامه آموزش فیزیک ایران، ۱۸(۲)، ۱۱۵-۱۳۲.
۲. حاجی، جمال، محمدی مهر، مژگان، و محمدی آذر، حدیقه (۱۴۰۰). بازنمایی مشکلات آموزش در فضای مجازی با استفاده از برنامه شاد در دوره پاندمی کرونا: یک مطالعه پدیدار شناسی. فصلنامه فناوری اطلاعات و ارتباطات در علوم تربیتی
۳. عبدالکریمی، ف.، و سهامی، س. (۱۴۰۴). بررسی کارآمدی شبیه‌سازهای تعاملی PhET در آموزش مفاهیم مکانیک. مجموعه مقالات همایش آموزش فیزیک ایران، ۱-۱۲.
۴. سهرابی، شهزاد و قصری، اکرم و احمدی، صفورا و قصری، اکرم، ۱۴۰۴، اثربخشی آموزش مبتنی بر شبیه سازی های تعاملی رایانه ای بر یادگیری مفاهیم فیزیک و مهارت حل مسئله دانش آموزان.
۵. فرج الهی، هاشم (۱۳۸۴). تأثیر آموزش به روش تفکر استقرایی بر یادگیری دستور زبان فارسی. شورای تحقیقات آموزش و پرورش منطقه ۴.
۶. کریمی، م.، و همکاران. (۱۴۰۱). نقش شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای در کاهش کج‌فهمی‌های فیزیکی دانش‌آموزان. پژوهشنامه آموزش علوم، ۹(۳)، ۷۵-۹۲.
۷. نجفی نژاد مشیزی، فاطمه، توحیدی، افسانه، و تجربه کار، مهشید (۱۳۹۹). اثربخشی آموزش مجازی با استفاده از الگوی طراحی آموزشی چهار مؤلفه‌ای ون مرینوئر در علوم به روش چندرسانه ای بر بار شناختی، یادگیری، و انگیزه تحصیلی دانش آموزان پایه ششم ابتدایی. رویکردهای نوین آموزشی، ۱۵(۱).

4. Álvarez-Siordia, F. M. (2025). Simulators as an innovative strategy in the teaching of physics. *Education Sciences*, 15(2), 131. <https://doi.org/10.3390/educsci15020131>
5. Ellis, D. M., & Hudson, J.L.(2010). The metacognitive model of generalized anxiety disorder in children and adolescents. *Cognitive and Behavioral Practice*, 13(4), 151-163. <https://doi.org/10.1007/s10567-010-0065-0>
6. Halder, A., & Banerjee, S. (2025). Bridging the gap between virtual and physical laboratories: A web-based interactive platform for undergraduate physics practicals. *arXiv preprint arXiv:2502.01234*.
7. Lakka, I., & Tzanavaris, S. (2023). Online virtual reality-based vs. face-to-face physics laboratories: Effects on conceptual learning and practical skills. *Education Sciences*, 13(11), 1083. <https://doi.org/10.3390/educsci13110883>
8. Wang, Y. (2025). Virtual experiments in physics education: A systematic review. *International Journal of Science Education*, 47(4), 512-534.



Comparison of the Effect of Experimental and Simulated Experiments on Students' Understanding of Physics Concepts

Mahdieh Keshavarz siyahpoush ¹, Masoud Alimohamadi ^{2*}

1. Master's graduate, Alzahra University, Physics Teacher, Ministry of Education, District 14, Tehran, Iran.

2. Assistant Professor, Department of Physics Education, Farhangian University, P.O. Box 889-14665, Tehran, Iran.

* Corresponding author: (✉) Alimohamadi.masoud@gmail.com

Article Info

ABSTRACT

Article type:
Research Article

Article history:

Received:

2026/05/24

Received in revised form:

2026/06/09

Accepted:

2026/06/09

Available online:

2026/06/15

Keywords:

Experimental experiment,
Educational simulation,
Physics education,
Conceptual learning,
Misunderstanding.

Objective: The primary objective of the present study was to compare the effectiveness of real hands-on experimental experiments versus computer-simulated experiments on secondary school students' understanding of fundamental physics concepts. Furthermore, this research sought to investigate the extent to which each of these two instructional approaches influences learners' comprehension of mechanics concepts and contributes to the reduction of prevalent physics misconceptions commonly observed among students at this educational level.

Methods: The research methodology was quasi-experimental in nature, employing a pretest-posttest control group design with two independent groups. The statistical population of the study consisted of all tenth-grade secondary school students in District 14 of Tehran, Iran. From this population, a sample of 60 students was selected using convenience sampling and was equally divided into two groups of 30 students each. The first group received instruction on the intended physics concepts by conducting real experiments in a traditional laboratory setting, thereby engaging directly with physical apparatus and observable phenomena. The second group learned the same conceptual content using interactive computer-based simulations, which allowed them to manipulate virtual parameters and observe outcomes in a digital environment. The data collection instruments included a standardized test designed to assess comprehension of mechanics concepts, as well as a specialized questionnaire aimed at identifying and measuring the prevalence of common physics misconceptions among learners. The collected data were analyzed using appropriate statistical methods, including techniques suitable for comparing means between the two groups, in order to determine any significant differences in learning outcomes.

Results: The findings of the study revealed that both instructional methods—real experimental experiments and simulated experiments—led to a statistically significant increase in post-test scores when compared to pre-test scores, indicating that both approaches had a positive and meaningful impact on enhancing students' understanding of mechanics concepts. However, a more detailed comparison between the two groups demonstrated that students who learned through real experimental experiments exhibited superior performance in understanding causal relationships between physical variables and in directly observing real-world physical phenomena. In contrast, the group that used simulated experiments was more successful in reducing persistent misconceptions and helping students form a more precise and accurate mental representation of abstract physical quantities and the mathematical relationships that govern them.

Conclusion: Based on the findings obtained from this research, it can be concluded that each of the two instructional methods—real experiments and simulated experiments—offers distinct and complementary educational advantages. Real experiments appear to foster a deeper intuitive grasp of direct cause-and-effect relationships and phenomenological observation. In contrast, simulated experiments prove particularly effective in correcting conceptual errors and clarifying abstract mathematical structures. Consequently, the integrated and balanced application of both approaches may lead to the simultaneous enhancement of deep conceptual understanding and the systematic correction of misconceptions. The design and implementation of a blended instructional model, grounded in the purposeful and context-sensitive utilization of both real and simulated experiments, is therefore proposed as an efficient and practical strategy for improving the quality of physics instruction at the secondary education level.

Cite this article: Keshavarz siyahpoush, Mahdieh., Alimohamadi, Masoud. (2026). Comparison of the Effect of Experimental and Simulated Experiments on Students' Understanding of Physics Concepts. *Research in Empirical Science Education*, 12 (42), 60-68.

DOI: <http://doi.org/10.48310/basic.2026.23034.1600>



© Author(s) retain the copyright and full publishing rights.

Publisher: Farhangian University.