

بررسی تأثیر آزمایشگاه مجازی و واقعی بر یادگیری و یادداری  
در درس فیزیک و آزمایشگاه

هانیه مستور<sup>۱</sup>

خدیجه علی آبادی<sup>۲</sup>

مریم مقدسین<sup>۳</sup>

تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۰/۱۲

تاریخ وصول: ۹۰/۶/۲۸

چکیده

هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر برگزاری آزمایشگاه مجازی و واقعی بر یادگیری و یادداری دانش آموزان دختر رشته ریاضی و فیزیک در درس فیزیک و آزمایشگاه می باشد. نمونه پژوهش از میان دانش آموزان دختر رشته ریاضی و فیزیک سال سوم مقطع دبیرستان شهر مشهد که در نیمسال دوم سال تحصیلی ۹۰ ۱۳۸۹ مشغول به تحصیل بوده اند انتخاب و محتوای درسی الکتریسیته در نظر گرفته شده است. نمونه مورد نظر از طریق نمونه گیری در دسترس انتخاب و شامل ۳۰ نفر بودند که در قالب دو گروه مورد بررسی قرار گرفتند. طرح پژوهش حاضر از نوع

---

haniye.mastour@gmail.com

۱ کارشناس ارشد تکنولوژی آموزشی (نویسنده مسئول)

۲ استادیار دانشگاه علامه طباطبائی

۳ دانشجوی دوره دکتری سنجش و اندازه گیری دانشگاه علامه طباطبائی

نیمه آزمایشی با پیش‌آزمون- پس‌آزمون و پیگیری دو گروهی می‌باشد. ابزارهای گردآوری اطلاعات عبارتند از آزمون یادگیری و آزمون یادداری که محقق ساخته بوده و در سه نوبت به صورت پیش‌آزمون، پس‌آزمون و آزمون یادداری (پیگیری) برگزار گردید. ضریب روایی محتوایی آزمون پیشرفت تحصیلی برابر با ۰/۶۸ می‌باشد که با نظر اساتید و کارشناسان ذیربط مورد تأیید قرار گرفت. همچنین ضریب پایایی، با روش آلفای کرونباخ برابر با ۰/۷۹ = و با روش دونیمه‌سازی ۰/۷۳. به دست آمد. نتایج تحلیل کوواریانس<sup>۱</sup> برای مقایسه دو گروه از نظر میزان یادگیری و یادداری نشان داد که، بین میزان یادگیری و یادداری دانش‌آموزان دختر در درس «فیزیک و آزمایشگاه» سال سوم مقطع دبیرستان در دو گروه آزمایشگاه مجازی و آزمایشگاه واقعی تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. همچنین نتایج تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر<sup>۲</sup> نیز نشان داد که، تنها عامل تکرار اندازه‌گیری، معنادار است و افراد، بدون توجه به اینکه در کدام گروه قرار گرفتند، در پس‌آزمون و پیگیری، پیشرفت قابل توجهی نسبت به پیش‌آزمون داشتند.

**واژگان کلیدی:** آزمایشگاه مجازی، آزمایشگاه واقعی، شبیه‌سازی کامپیوتری، یادگیری، یادداری.

#### مقدمه

بایرد (۱۹۹۰) معتقد است فعالیت‌های آزمایشگاهی یکی از ارکان اصلی آموزش علوم تجربی به شمار می‌آید و موجب رشد دانش، مهارت و نگرش‌های علمی دانش‌آموزان می‌شود (بدریان، شکرباغانی، اصفاء، و عبدی‌نژاد، ۱۳۸۷). به علاوه محققان در تلاش هستند دنیای واقعی و طبیعت را شبیه‌سازی نمایند. نسل آینده بازی‌های کامپیوتری و شبیه‌سازی‌ها این پتانسیل را دارند

---

1. Analysis of Covariance  
2. Repeated Measures

که انگیزش و پیامدهای آموزشی را بهبود و ارتقاء بخشند (گیسون، آلدریک و پرنسکی<sup>۱</sup>، ۲۰۰۷). اهمیت وجود آموزش آزمایشگاهی<sup>۲</sup> در مهندسی و علوم در پیشینه نظری پژوهش‌های متعددی به قدرت بیان شده است (هافستاین و لانتا<sup>۳</sup>، ۲۰۰۳؛ کیرشنر و میستر<sup>۴</sup>، ۱۹۸۸؛ ما و نیکرسون<sup>۵</sup>، ۲۰۰۶؛ عبدالواحد و ناگی<sup>۶</sup>، ۲۰۱۱). این نکته را باید همواره به خاطر داشت که یادگیری یک فرآیند است و نمی‌توان آن را فقط در قالب نتایج و پیامدها تعریف نمود. در راستای ارتقاء یادگیری باید تمرکز اولیه بر درگیر کردن یادگیرندگان در فرآیندی باشد که به بهترین صورت ممکن یادگیری را در آنها افزایش می‌دهد. در واقع یادگیری فرآیند خلق دانش (کلب و کلب<sup>۷</sup>، ۲۰۰۵)، و نتیجه تجربه است (گیسون و بایک<sup>۸</sup>، ۲۰۰۹).

برنامه‌های کاربردی آزمایشگاهی علاوه بر ارائه اطلاعات علمی در ارتقای مهارت‌های تفکر علمی، مشاهده، تفکر خلاق، اظهارنظر در مورد موقعیت‌ها، جمع‌آوری داده‌ها و تجزیه و تحلیل و توانایی حل مسئله به دانش‌آموزان کمک می‌کنند (آلتون<sup>۹</sup> و همکاران، ۲۰۰۹). این امر نه تنها در دانش‌آموزان انگیزه ایجاد می‌کند، بلکه آنها را با مراحل اکتشاف علم و روش علمی آشنا می‌نماید تا مطالب را از نو کشف و تجربه کنند (مک کوماس<sup>۱۰</sup>، ۱۹۹۷).

فرخ‌نیا (۱۳۸۸) در پژوهشی تحت عنوان «بررسی تأثیر برگزاری آزمایشگاه به صورت مجازی و جامع بر یادگیری، مهارت و انگیزه دانشجویان دانشگاه شهید رجایی تهران در درس آزمایشگاه الکتریسته و مقایسه آن با شیوه معمول برگزاری آزمایشگاه»، به این نتیجه رسید که

1. Gibson, Aldrich and Prenskey
2. Laboratory Education
3. Hofstein & Lunetta
4. Kirschner & Meester
5. Ma & Nickerson
6. Abdulwahed and Nagy
7. Alice Y. Kolb and David A. Kolb
8. Gibson and Baek
9. Altun
10. MC Comas

دانشجویان در گروه جامع (تلفیق آزمایشگاه مجازی و حقیقی) نسبت به دیگر دانشجویان از لحاظ یادگیری موفق‌تر بوده‌اند و در حوزه انگیزه و مهارت گروه مجازی توانستند از دیگر گروه‌ها پیشی بگیرند.

در پژوهش اصغری سفتجانی (۱۳۸۸) با عنوان «بررسی تأثیر آزمایشگاه مجازی بر نگرش، دانش، و توانش و مقایسه آن با روش معمول در مبحث الکتریسیته دانش آموزان سال سوم رشته ریاضی و فیزیک منطقه ۱۶ تهران سال تحصیلی ۸۸-۸۷»، هدف بررسی و مقایسه تأثیر اجرای آزمایشگاه مجازی و روش تدریس معمول بر سه متغیر دانش، توانش، و نگرش یادگیرندگان بوده است. نتایج تحقیق حاکی از آن است که بین روش تدریس حاضر و معمول در افزایش نگرش دانش آموزان دختر و پسر تفاوت معنی‌داری وجود دارد. همچنین شیوه حاضر در بهبود توانش (مهارت حل مسئله و مهارت عملی در آزمایشگاه) دانش آموزان پسر دبیرستان‌های نمونه نسبت به فیزیک و آزمایشگاه ۳ مؤثر بوده است. این روش در سطح دانش تفاوت معنی‌داری را نشان نداد.

در پژوهش کرمی گزافی، یونسی، و عزیزیان (۱۳۸۷) با عنوان «مقایسه میزان تأثیر آموزش آزمایشگاه به کمک نرم‌افزار آموزشی و روش سنتی بر پیشرفت تحصیلی و نگرش دانش آموزان» نتایج حاکی از آن است که بین میزان پیشرفت تحصیلی دانش آموزان سال دوم دبیرستان در زمینه برگزاری آزمایشگاه درس شیمی در دو گروه آزمایش و کنترل تفاوت معنی‌داری وجود دارد. گروه کنترل که از طریق آزمایشگاه واقعی به انجام آزمایش‌ها پرداختند از پیشرفت تحصیلی بیشتری برخوردار بوده‌اند.

در پژوهش بازکورت و آلیک<sup>۱</sup> (۲۰۱۰) تحت عنوان «تأثیر شبیه‌سازی‌های کامپیوتری بر باورهای دانش آموزان در مورد فیزیک و موفقیت در فیزیک»، هدف اندازه‌گیری تأثیر تدریس

---

1. Bozkurt and Ilik

به همراه استفاده از شبیه‌سازی‌های تعاملی کامپیوتری بر باور دانش‌آموزان در مورد درس فیزیک و پیشرفت تحصیلی در این درس بوده است. مشاهده شد که ارائه دروس همراه با شبیه‌سازی‌های تعاملی تأثیر مثبتی بر باور دانش‌آموزان در مورد فیزیک و پیشرفت تحصیلی فیزیک به همراه دارد.

زکریا و کنستانتینوس<sup>۱</sup> (۲۰۰۸) در پژوهشی تحت عنوان «مقایسه تاثیر دستکاری‌های مجازی و حقیقی در محتوای برنامه درسی فیزیک به روش کندوکاو: درک مفاهیم دانشجویان دوره کارشناسی از مبحث دما و درجه حرارت» چنین اظهار می‌کنند که کار با ابزارهای مجازی و شبیه‌سازی‌های کامپیوتری در مقایسه کار با ابزارهای حقیقی بر میزان درک مفاهیم دانشجویان به یک اندازه تأثیر مثبتی دارد. در این پژوهش به مطالعه‌ی تأثیر آزمایش به روش دستکاری‌های حقیقی و مجازی بر درک مفهومی دانشجویان دوره کارشناسی از مبحث دما و درجه حرارت پرداخته شده و تأثیر آنها مورد مقایسه قرار می‌گیرد. در این پژوهش یک پیش‌آزمون طراحی و مورد استفاده قرار گرفت. مشارکت‌کنندگان ۶۸ دانشجوی کارشناسی یک درس پیش‌نیاز بودند و به صورت تصادفی به دو گروه کنترل و آزمایشی تقسیم شدند. آزمون‌های درک مفهوم برای هر دو گروه در راستای سنجش میزان درک دانشجویان قبل، در حین، و بعد از آموزش اجرا شد. نتایج نشان داد که هر دو حالت اجرای آزمایش به طور یکسانی در افزایش درک دانشجویان مؤثر هستند.

در پژوهش بایراک<sup>۲</sup> (۲۰۰۷) با عنوان «مقایسه تأثیر یادگیری مبتنی بر کامپیوتر و یادگیری مبتنی بر آزمایشگاه در پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان در مبحث مدارات الکتریکی»، مسئله پژوهش این بود که «آیا آموزش مبتنی بر کامپیوتر درس فیزیک به اندازه آموزش آن از طریق آزمایشگاه بر موفقیت تحصیلی دانش‌آموزان کلاس ۹ در یادگیری مبحث مدارهای الکتریکی

1. Zacharia and Constantinos

2. Bayrak

اثربخش می‌باشد؟». برای اجرای این پژوهش تجربی، از پیش‌آزمون و پس‌آزمون با دو گروه آزمایش و کنترل استفاده شد. در پایان پژوهش مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری بین آموزش در آزمایشگاه و آموزش با کامپیوتر در موفقیت دانش‌آموزان وجود ندارد. در نتیجه، می‌توان چنین نتیجه گرفت که یادگیری مبتنی بر کامپیوتر به اندازه یادگیری مبتنی بر آزمایشگاه در پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان مؤثر است.

کیم، پارک، هیبوک لی، و هیمان لی<sup>۱</sup> (۲۰۰۹) در مقاله‌ای تحت عنوان «تصحیح کج‌فهمی‌ها با استفاده از محیط‌های شبیه‌سازی (واقعیت مجازی) در آموزش فیزیک» اظهار داشتند که واقعیت مجازی و استفاده از شبیه‌سازی‌های کامپیوتری در آموزش فیزیک بسیاری از کج‌فهمی‌های یادگیرندگان را در رابطه با آن حوزه برطرف می‌کند. به علاوه، استفاده از شبیه‌سازی‌های مجازی برای دانشجویان جذاب بوده و آنها را به تمرکز بر یادگیری و ایجاد کندوکاوهای فعالانه جلب می‌کند.

### آزمایشگاه واقعی

کار آزمایشگاهی در آموزش علوم موقعیتی پیچیده است، به طوری که شامل فعالیت‌های متفاوتی از قبیل پیش‌بینی‌ها، دستکاری وسایل، اندازه‌گیری، و گفتگو در مورد فیزیک می‌باشد (سیلاس و نیدرر<sup>۲</sup>، ۲۰۰۳). تدریس علوم به طور کلی مبتنی بر مفاهیم، آزمایش‌ها و مشاهدات می‌باشد که باید بخشی از کلاس درس به آنها اختصاص یابد تا دانش‌آموزان بتوانند این مفاهیم را در ذهن خود تجسم کنند (سور<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۰). در واقع آزمایشگاه واقعی آن نوع تجربه یادگیری می‌باشد که در آن دانش‌آموزان به صورت فیزیکی دنیای واقعی، مواد و لوازم

1. Kim, Park, Heebok Lee, and Heeman Lee

2. Psillos and Niedderer

3. Sever

عینی و محسوس را برای مشاهده و درک طبیعت یا دنیای مادی اطراف خود، دستکاری می‌کنند (زکریا و المپیو<sup>۱</sup>، ۲۰۱۰).

پیشرفت‌های اخیر در حوزه ICT طی سه دهه‌ی اخیر منجر به ضرورت وجود دو مدل جدید از برگزاری آزمایشگاه شده است که عبارتند از آزمایشگاه‌های مجازی<sup>۲</sup> (شبیه‌سازی شده<sup>۳</sup>) که شبیه‌سازی از فرآیند یک آزمایشگاه واقعی هستند؛ و آزمایشگاه‌های آنلاین<sup>۴</sup> (از راه دور<sup>۵</sup>) که بسترهایی هستند تا از طریق اینترنت<sup>۶</sup> یا اینترانت<sup>۷</sup> دسترسی از راه دور به موقعیت‌های آزمایشگاهی را امکان‌پذیر سازند (عبدالواحد و ناگی، ۲۰۱۱).

### آزمایشگاه مجازی (شبیه‌سازی شده)

برخی اوقات، آزمایشگاه‌های مجازی جایگزین استفاده از آزمایشگاه‌های واقعی می‌شوند. مقالات پژوهشی بی‌شماری تأثیر مثبت شبیه‌سازی‌های کامپیوتری را بر یادگیری و ارتقای مهارت، نگرش، و درک مفاهیم فیزیک دانش‌آموزان گزارش نموده‌اند (آدامز، ۱۹۸۱؛ کمپل، ۱۹۸۵؛ کینزل و همکاران، ۱۹۸۱؛ لاگاری و همکاران، ۱۹۹۰؛ شوت و گالیک گرندل، ۱۹۹۴؛ ژادن و دیان، ۱۹۸۵؛ به نقل از عبدالواحد و ناگی، ۲۰۱۱؛ جیمویانیس و کومیس<sup>۸</sup>، ۲۰۰۱؛ زکریا و المپیو، ۲۰۱۰؛ بازکارت و آلیک، ۲۰۱۰). در حقیقت واقعیت مجازی این موضوع را ثابت کرده است که تأثیر مثبتی بر مهارت‌های مشارکتی دانش‌آموزان، نگرش‌ها و درک مفهومی

- 
1. Zacharia and Olympiou
  2. Virtual
  3. Simulated
  4. Online
  5. Remote
  6. Internet
  7. Intranet
  8. Jimoyiannis and Komis

آنها دارد (زکریا و اندرسون<sup>۱</sup>، ۲۰۰۳). تریونا و کلار<sup>۲</sup> (۲۰۰۳) اظهار می‌کنند استفاده از شبیه‌سازی‌های مبتنی بر کامپیوتر برای آموزش آزمایشگاه مزایای زیادی دارد که از آن جمله می‌توان به مواردی مانند قابلیت حمل<sup>۳</sup>، ایمنی<sup>۴</sup>، هزینه بهره‌وری<sup>۵</sup>، به حداقل رساندن میزان خطا، تقویت یا کاهش ابعاد زمانی و مکانی، و قابلیت نمایش اطلاعات به صورت انعطاف‌پذیر، و سرعت و پویایی آنها اشاره نمود. در مقابل مزایایی که دستکاری‌های مجازی<sup>۶</sup> ممکن است در خدمت تجارب آزمایشگاهی قرار دهد، برخی از محققان معتقدند که استفاده از دستکاری‌هایی مجازی در بعضی از حوزه‌های علوم ممکن است دانش‌آموزان را از کسب تجاربی که دستکاری‌های واقعی و عینی<sup>۷</sup> در حیطه فعالیت‌های آزمایشگاهی در اختیار دانش‌آموزان می‌گذارد، محروم نماید (کلارک<sup>۸</sup>، ۱۹۹۴).

#### تعریف شبیه‌سازی‌های آموزشی و محیط‌های مجازی

گردلر<sup>۹</sup> (۱۹۹۲، ص ۵۷۱) شبیه‌سازی‌های آموزشی را این‌گونه تعریف می‌کند: «شبیه‌سازی‌های آموزشی فعالیت‌های تجربی هستند که یادگیرندگان را به دنیای دیگری می‌برند. در شبیه‌سازی‌ها یادگیرندگان باید از دانش، مهارت‌ها، و راهبردهای خود در راستای انجام نقش‌هایی که به ایشان واگذار شده است استفاده نمایند.» تعریفی که سانگ و کید<sup>۱۰</sup> (۲۰۱۰، ص ۴۸۸) از شبیه‌سازی ارائه می‌دهند عبارت است از این‌که «شبیه‌سازی مدلی پویا<sup>۱۱</sup> و قابل

- 
1. Zacharia and Anderson
  2. Triona and Klahr
  3. Portability
  4. Safety
  5. Cost - Efficiency
  6. Virtual Manipulate
  7. Concrete
  8. Clark
  9. Gredler
  10. Song and Kidd
  11. Dynamic





## آزمایشگاه آنلاین

یکی از مهم‌ترین مزایای آزمایشگاه‌های آنلاین قابلیت به اشتراک گذاشتن منابع موجود با سایر دانشگاه‌ها و مراکز آموزشی می‌باشد، در نتیجه هزینه‌های اقتصادی پیاده‌سازی و اجرا کاهش پیدا کرده و تجهیزات آزمایشگاهی جدیدی را تخصیص می‌دهد (اکهاف<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۲؛ ما و نیکرسون، ۲۰۰۶). نباید این نکته را از خاطر برد با وجود مزایای زیادی که آزمایشگاه‌های از راه دور دارند، به دور از معایب نیز نیستند. به عنوان مثال کاربران راه دور به طور کامل در معرض تمامی تجارب عملی قرار نمی‌گیرند. همچنین اظهار شده است عدم حضور معلمان، انزوای یادگیرندگان، و فقدان آموزش‌های آزمایشگاهی که همراه با بیان جزئیات<sup>۲</sup> باشد از جمله معایب آزمایشگاه‌های از راه دور هستند. آزمایشگاه‌های از راه دور از نظر اجرایی نسبت به آزمایشگاه‌های مجازی گران‌تر هستند و به شدت تحت تأثیر کارایی و قابلیت اطمینان عملکرد شبکه قرار دارند. آزمایش‌های از راه دور عموماً نیاز به پهنای باند<sup>۳</sup> بالا دارند که در بسیاری از کشورهای در حال توسعه در دسترس نیست. در حالی که آزمایش‌های متعدد بی‌شماری را می‌توان کاملاً به صورت از راه دور اجرا نمود، بسیاری دیگر همچنان نیاز به همکاری و مشارکت افراد برای اجرا و پیاده‌سازی دارند و حتی گاه برخی قابلیت اجرا به صورت آنلاین را ندارند (عبدالواحد و ناگی، ۲۰۱۱).

## روش پژوهش

این پژوهش با توجه به ماهیت موضوع، اهداف و فرضیه‌های آن و به دلیل استفاده از نتایج آن در زمینه آموزش و یادگیری، از نوع کاربردی و از نوع نیمه آزمایشی می‌باشد. طرح از دو گروه آزمودنی تشکیل شد که هر دو گروه سه بار مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. اندازه‌گیری

- 
1. Eckhoff
  2. Detailed Lab Instructions
  3. Band width

اول با اجرای پیش آزمون و اندازه گیری دوم با اجرای پس آزمون انجام پذیرفت. اندازه گیری سوم نیز با اجرای پس آزمون مجدد (آزمون یادداری) پس از گذشت ۴ هفته از آخرین جلسه اجرا انجام گرفت. ذکر این نکته ضروری است که پیش آزمون و پس آزمون برای هر دو گروه یکسان بودند. آموزش در هر دو گروه از طریق کار در آزمایشگاه صورت پذیرفته است. در یک گروه برای آموزش از آزمایشگاه واقعی (محیط واقعی آزمایشگاه و تجهیزات آزمایشگاهی) و در گروه دیگر از آزمایشگاه مجازی (آزمایشگاه شبیه سازی شده کامپیوتری) استفاده شده تا تأثیر متغیر مستقل بر میزان یادگیری و یادداری در درس فیزیک ۳ و آزمایشگاه مورد بررسی قرار گیرد. جامعه آماری پژوهش حاضر را تمامی دانش آموزان دختر رشته ریاضی و فیزیک سال سوم مقطع دبیرستان شهر مشهد که در نیمسال دوم سال تحصیلی ۹۰-۱۳۸۹ مشغول به تحصیل بوده اند تشکیل می دهند. برای انتخاب نمونه مورد مطالعه در این پژوهش، از میان مناطق آموزش و پرورش شهر مشهد منطقه ۲ آموزش و پرورش به گونه تصادفی انتخاب گردید و سپس از آنجا که اجرای پژوهش منوط به همکاری کامل معلم درس فیزیک و آزمایشگاه، مسئولین مدرسه و نیز امکانات و تجهیزات نسبتاً کاملی بود، با بررسی مدارس این منطقه یکی از مدارس مجهز (مجمع آموزشی دولتی مهشید مصلی نژاد) برای پیاده سازی و اجرای پژوهش به عنوان نمونه در دسترس برای اجرای پژوهش انتخاب گردید. از میان دو کلاس سوم رشته ریاضی و فیزیک این مدرسه به صورت تصادفی یک کلاس برای شرکت در آزمایشگاه مجازی و دیگری برای حضور در آزمایشگاه واقعی برگزیده شد و از هر کلاس ۱۵ نفر به صورت تصادفی انتخاب شدند تا در پژوهش حاضر مورد بررسی قرار گیرند.

### ابزار گردآوری داده ها

در اجرای این پژوهش از ابزارهای زیر استفاده شد. این آزمون ها طبق برنامه زمان بندی شده در مورد هر دو گروه به اجرا درآمد.

الف) پیش‌آزمون: این آزمون شامل بیست سؤال مربوط به مفاهیم مدارهای تک حلقه، اتصال سری و موازی مقاومت‌ها، اتصال کوتاه، و قوانین کیرشهف از کتاب فیزیک و آزمایشگاه سال سوم دبیرستان در قالب سؤالات چهارگزینه‌ای بود که توسط پژوهشگران این مطالعه و با نظارت کارشناسان و دبیران محترم این درس تهیه شده بود.

ب) پس‌آزمون (آزمون یادگیری): این آزمون نیز به صورت موازی با پیش‌آزمون تهیه گردید.

ج) آزمون یادداری (پیگیری): سؤالات این آزمون نیز از نظر تعداد، مفاهیم و سطوح یادگیری دقیقاً با سؤالات پس‌آزمون موازی بودند.

پس از تهیه سؤالات آزمون بر اساس مفاهیم اصلی مبحث مدارهای الکتریکی از کتاب فیزیک ۳ و آزمایشگاه، سؤالات تهیه شده به منظور رفع نواقص و اشکالات احتمالی در اختیار معلم درس مربوطه و نیز دو نفر از کارشناسان فیزیک که خود از معلمان این درس بودند قرار گرفت و پس از تصحیح اشکالات موجود، سؤالات آزمون به تأیید رسید. به این ترتیب روایی محتوای‌ها با استفاده از روش نظر متخصصان مورد بررسی و تأیید قرار گرفت و ضریب روایی برابر با ۰/۶۸ بدست آمد. به منظور بررسی ویژگی‌های روان‌سنجی سؤالات، آزمون تهیه شده بر روی یک گروه ۳۰ نفری از دانش‌آموزان دختر رشته ریاضی و فیزیک به اجرا درآمد. شایان ذکر است که این افراد شامل دانش‌آموزانی غیر از دانش‌آموزان گروه نمونه بودند. ضرایب تشخیص فرم اولیه سؤالات در جدول ۱ گزارش شده است.

جدول ۱. ضرایب تشخیص فرم اولیه سؤالات: همبستگی هر سؤال با نمره کل

آزمون مربوط به ابزار اندازه‌گیری یادگیری

شماره سؤال	ضریب تشخیص	شماره سؤال	ضریب تشخیص
۱	۰/۲۶	۱۱	۰/۳۵
۲	۰/۱۶	۱۲	۰/۵۶ <sup>**</sup>
۳	۰/۱۴	۱۳	۰/۶۰ <sup>**</sup>

.۵۲**	۱۴	.۴۸**	۴
.۲۰	۱۵	.۲۷	۵
.۶۱**	۱۶	.۱۰	۶
.۵۷**	۱۷	.۱۹	۷
.۴۰*	۱۸	.۷۸**	۸
.۱۲	۱۹	.۴۱*	۹
.۲۴	۲۰	.۵۶**	۱۰

پس از آن که ضریب تشخیص سؤالات محاسبه گردید (این ضریب از طریق محاسبه ضریب همبستگی هر سؤال با نمره کل آزمون به دست آمده است)، چنانچه نتایج جدول بالا نشان می‌دهد ضرایب تشخیص همه سؤالات مثبت بوده اما تنها ضریب تشخیص سؤالات ۴، ۸، ۹، ۱۰، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۶، ۱۷ و ۱۸ بالاتر از ۰.۴۰ می‌باشد (سیف، ۱۳۸۶) که حاکی از ضریب تشخیص قابل قبول این سؤالات است. پس از بررسی ضرایب محاسبه شده و حذف سؤالات نامناسب، به جای سؤالاتی که ضریب تشخیص پایینی دارند، طی تجدید نظر و مشاوره با کارشناسان مربوطه سؤالاتی جایگزین گردید و ۲۰ سؤال نهایی در پیش آزمون و پس آزمون ساخته شد. ضرایب تشخیص سؤالات نهایی در جدول ۲ در ادامه گزارش شده است.

جدول ۲. ضرایب تشخیص فرم نهایی سؤالات: همبستگی هر سؤال با نمره کل

آزمون مربوط به ابزار اندازه‌گیری یادگیری

ضریب تشخیص	شماره سؤال	ضریب تشخیص	شماره سؤال
.۵۷**	۱۱	.۴۶**	۱
.۵۶**	۱۲	.۵۴**	۲
.۶۰**	۱۳	.۴۱**	۳
.۵۳**	۱۴	.۴۸**	۴
.۴۸**	۱۵	.۵۷**	۵
.۶۱**	۱۶	.۵۰**	۶
.۵۷**	۱۷	.۶۹**	۷
.۴۰*	۱۸	.۷۹**	۸
.۵۲**	۱۹	.۴۰*	۹
.۴۹**	۲۰	.۵۶**	۱۰

همان‌طور که نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد، ضریب تشخیص ۲۰ سؤال نهایی از ۴۰٪ بالاتر می‌باشد.

جدول ۳ نتایج ضریب دشواری سؤالات آزمون یادگیری را نشان می‌دهد. دامنه ۳۰٪ تا ۷۰٪ بهترین دامنه ضریب دشواری است (سیف، ۱۳۸۶). به استثنای سؤالات ۳، ۶، ۹، ۱۹ که بسیار آسان هستند بقیه سؤالات در دامنه مطلوبی قرار دارند.

جدول ۳. ضریب دشواری و انحراف استاندارد سؤالات نهایی آزمون یادگیری

شماره سؤال	ضریب دشواری	انحراف استاندارد	شماره سؤال	ضریب دشواری	انحراف استاندارد
۱	۴۳٪	۵۰٪	۱۱	۵۳٪	۵۱٪
۲	۶۰٪	۴۹٪	۱۲	۵۳٪	۵۱٪
۳	۸۳٪	۳۸٪	۱۳	۷۷٪	۴۳٪
۴	۶۰٪	۵۰٪	۱۴	۷۰٪	۴۷٪
۵	۶۳٪	۴۹٪	۱۵	۷۰٪	۴۷٪
۶	۹۷٪	۱۸٪	۱۶	۶۷٪	۴۸٪
۷	۶۳٪	۴۹٪	۱۷	۷۳٪	۴۵٪
۸	۴۰٪	۵۰٪	۱۸	۵۳٪	۵۱٪
۹	۹۰٪	۳۱٪	۱۹	۸۷٪	۳۵٪
۱۰	۴۰٪	۴۵٪	۲۰	۴۰٪	۵۰٪

جهت بررسی پایایی مقیاس مورد استفاده برای آزمون یادگیری، ضریب آلفای کرونباخ محاسبه گردید که برابر با ۰/۷۹ = بود و ضریب پایایی به روش دونیمه‌سازی ۰/۷۳ = به دست آمد. این دو ضریب، پایایی قابل قبول آزمون را نشان می‌دهند. آزمون استفاده شده در مرحله یادداری موازی با پس‌آزمون و ویژگی‌های روان‌سنجی سؤالات آن با پس‌آزمون معادل بوده است.

## یافته‌های پژوهش

### ویژگی‌های مردم شناختی و توصیفی

نمونه این مطالعه از ۳۰ دانش آموز دختر سال سوم مقطع دبیرستان تشکیل می‌شود. که به گونه تصادفی ۱۵ نفر در گروه آزمایشی (آزمایشگاه مجازی) و ۱۵ نفر در گروه آزمایشی (آزمایشگاه واقعی) قرار گرفتند. میانگین (انحراف معیار) سن افراد مورد مطالعه (۱/۰۵) ۱۷ است. میانگین و انحراف معیار کل نمونه در پیش آزمون به ترتیب برابر با ۱/۰۰ (۰/۷۴)، در پس آزمون ۱۲/۸۳ (۳/۴۷) و در پیگیری ۱۴/۹۳ (۲/۸۸) می‌باشد. جدول ۴ حداقل، حداکثر، میانگین، و انحراف معیار نمرات پیش آزمون، آزمون یادگیری و آزمون یادداری دو گروه آزمایشگاه مجازی و واقعی را نشان می‌دهد.

جدول ۴. آمار توصیفی نمرات آزمون پیشرفت تحصیلی به تفکیک گروه‌های مورد مطالعه

گروه	آزمایشگاه واقعی			آزمایشگاه مجازی		
	پیش آزمون	یادگیری	یادداری	پیش آزمون	یادگیری	یادداری
تعداد	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵
حداقل نمره	۰	۸	۱۰	۰	۷	۱۲
حداکثر نمره	۲	۱۹	۲۰	۲	۲۰	۱۹
میانگین	۱/۰۰	۱۳/۰۷	۱۴/۹۳	۱/۰۰	۱۲/۶۰	۱۴/۹۳
انحراف معیار	۰/۸۴	۳/۵۵	۳/۳۹	۰/۶۵	۳/۵۰	۲/۳۷

### قسمت استنباطی پژوهش

از آنجا که پژوهش حاضر از روش نیمه آزمایشی با یک متغیر وابسته البته با سه تکرار که روی دو گروه دانش آموزان آزمایشگاه مجازی و آزمایشگاه واقعی انجام شد، تشکیل گردیده است، به منظور حذف تفاوت‌های اولیه بین دو گروه آزمایشگاه مجازی و واقعی، از دانش آموزان پیش آزمون گرفته شد. پس از ارائه متغیر مستقل (آموزش در آزمایشگاه) به منظور بررسی اثر متغیر مستقل از یک پس آزمون (آزمون یادگیری) و پس از ۴ هفته، یک آزمون پیگیری

(یادداری) استفاده شده است. به منظور بررسی تفاوت دو گروه با حذف تفاوت اولیه، تحلیل واریانس- کوواریانس<sup>۱</sup> محاسبه شد<sup>۲</sup>. به منظور بررسی این یافته که، آیا آزمایشگاه مجازی و واقعی بر میزان یادگیری و یادداری دانش آموزان دختر سال سوم مقطع دبیرستان در درس «فیزیک و آزمایشگاه» تأثیر دارد، و آیا این تأثیر در تعامل با گروه اثر متفاوتی دارد؟، از روش تحلیل واریانس دو عاملی (عامل گروه و تکرار) با اندازه گیری‌های مکرر استفاده می‌شود.

جدول ۵. نتایج تحلیل کوواریانس ANCOVA بین پس‌آزمون دو گروه آزمایشگاه مجازی

و آزمایشگاه واقعی در یادگیری با برداشتن اثر پیش‌آزمون<sup>۳</sup>

منابع واریانس	شاخص آماری	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F	سطح معناداری F
اثر پیش‌آزمون (عامل کووریت)	۱/۰۰	۱/۰۰	۱	۱/۰۰	.۰۸	.۷۸
اثر متغیر مستقل (گروه)	۱/۶۳	۱/۶۳	۱	۱/۶۳	.۱۳	.۷۲
خطا (عامل درون گروهی)	۳۴۷/۵۳	۲۷	۲۷	۱۲/۸۷		
کل	۳۵۰/۱۷	۲۹	۲۹			

جدول ۶. نتایج تحلیل کوواریانس ANCOVA بین آزمون پیگیری (یادداری) دو گروه آزمایشگاه مجازی و

آزمایشگاه واقعی در یادداری با برداشتن اثر پس‌آزمون<sup>۴</sup>

منابع واریانس	شاخص آماری	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F	سطح معناداری F
اثر پس‌آزمون (عامل کووریت)	۵۱/۲۶	۵۱/۲۶	۱	۵۱/۲۶	۷/۳۳	.۰۱
اثر متغیر مستقل (گروه)	.۲۴	.۲۴	۱	.۲۴	.۰۳	.۸۶
خطا (عامل درون گروهی)	۱۸۸/۶۰	۲۷	۲۷	۶/۹۹		
کل	۲۳۹/۸۷	۲۹	۲۹			

## 1. ANCOVA

۴ البته با رعایت مفروضات تحلیل کوواریانس (همگنی ضرایب رگرسیون در دو گروه، همگنی واریانس خطا در دو گروه، خطی بودن متغیر وابسته و متغیر همراه، نرمال بودن متغیر وابسته، پایا بودن متغیر وابسته و مستقل بودن داده‌ها از یکدیگر)، این تحلیل آماری انجام گرفت.

۴ برای مقایسه میزان یادگیری دو گروه آزمایشگاه مجازی و آزمایشگاه واقعی از عامل پیش‌آزمون کووریت می‌گیریم.

۴ برای مقایسه میزان یادداری دو گروه آزمایشگاه مجازی و آزمایشگاه واقعی از عامل پس‌آزمون کووریت می‌گیریم.



جدول ۵ نتایج تحلیل کوواریانس را بین دو گروه آزمایشگاه مجازی و آزمایشگاه واقعی در پس آزمون (یادگیری) با برداشتن اثر پیش آزمون، نشان می‌دهد. نتایج تحلیل کوواریانس نشان می‌دهد ( $F_{(1: 27)} = .13$ ،  $P = .72$ ) از  $F_{1,0.5}$  بحرانی، ( $F_{(1: 27)} = 4/21$ ) کوچکتر است، بنابراین نتایج حاکی از آن است که دو گروه از نظر نمره یادگیری پس از ارائه متغیر مستقل (آموزش درس فیزیک در آزمایشگاه) با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند، بنابراین فرضیه صفر تأیید می‌شود. جدول ۶ نتایج تحلیل کوواریانس بین دو گروه آزمایشگاه مجازی و آزمایشگاه واقعی را در آزمون پیگیری (یادداری)، با برداشتن اثر پس آزمون، نشان می‌دهد. نتایج تحلیل کوواریانس ( $F_{(1: 27)} = .03$ ،  $P = .86$ ) از  $F_{1,0.5}$  بحرانی، ( $F_{(1: 27)} = 4/21$ ) کوچکتر است، بنابراین نتایج نشان می‌دهد که دو گروه از نظر نمره یادداری پس از ارائه متغیر مستقل (آموزش درس فیزیک در آزمایشگاه) با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند، بنابراین فرضیه صفر تأیید می‌شود.

جدول ۷. نتایج تحلیل واریانس با اندازه‌های مکرر برای مقایسه نمره پیشرفت تحصیلی در دو گروه آزمایشگاه مجازی و واقعی

منابع تغییرات	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجموع مجذورات	آماره F	سطح معناداری F
عامل تکرار (درون گروه‌ها)	۳۳۸۵/۷۶	۲	۱۶۹۲/۸۸	۳۰۰/۸۱	./۰۰۰۰۱
تقابل گروه و تکرار آزمون	۱/۰۹	۲	./۵۴	./۱۰	./۹۱
عامل خطای تکرار	۳۱۵/۱۶	۵۶	۵/۶۳		
عامل گروه (متغیر مستقل) یا بین گروه‌ها	./۵۴	۱	./۵۴	./۰۵	./۸۲
عامل خطا گروه	۲۸۹/۲۴	۲۸	۱۰/۳۳		

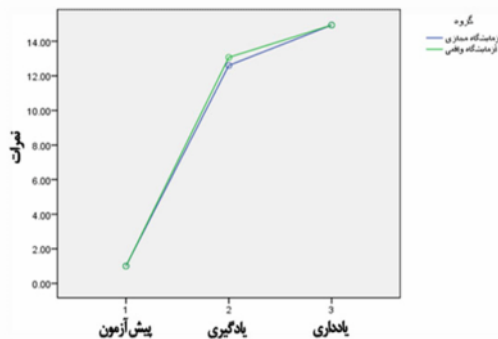
برای مقایسه نمرات پیشرفت تحصیلی در سه موقعیت اندازه‌گیری، در دو گروه، از تحلیل واریانس با اندازه‌های مکرر دو عاملی استفاده شد؛ نتایج آزمون کرویت مخلی ( $sig = .69$ )،  $\alpha = 2$

نشان می‌دهد مفروضه برابری ماتریس واریانس کوواریانس برقرار می‌باشد و مجاز به انجام تحلیل واریانس مکرر<sup>۱</sup> می‌باشیم. مقایسه سه اندازه‌گیری مکرر یا عامل تکرار ( $F(2: 56) = 3/17$ ) بحرانی، از  $F_{/0.5}$  بحرانی، ( $P = .0001$ )، ( $F(2: 56) = 300/81$ ) بزرگتر است. این نتایج حاکی از آن است که این سه موقعیت از یکدیگر متفاوت می‌باشند و هم آزمایشگاه مجازی و هم آزمایشگاه واقعی بر میزان یادگیری و یادداری دانش‌آموزان تأثیر دارد. نتایج آزمون مقایسه‌های چندگانه برنامه‌ریزی نشده بن فرونی با تعدیل آلفا<sup>۲</sup> نشان داد که نمرات دانش‌آموزان در آزمون یادگیری نسبت به پیش‌آزمون افزایش معنی‌داری یافته است ( $t = 11/83 p_{ob} = .0001$ ). همچنین نمرات افراد در آزمون یادداری نیز نسبت به پیش‌آزمون افزایش معنی‌داری پیدا کرده است ( $t = 13/93$ ,  $p_{ob} = .0001$ ). مقایسه نمرات افراد در آزمون یادداری و یادگیری نیز نشان داد که نمرات دانش‌آموزان در آزمون یادداری نسبت به یادگیری افزایش معنی‌داری یافته است ( $t = 4/10$ ,  $p_{ob} = .006$ ). هر سه مقدار آزمون  $t$  معنادار است زیرا مقدار آماره  $t$  مشاهده شده در سطح ( $P < .02$ ) که مقدار قراردادی برای تعدیل آلفا در این مطالعه بود، معنی‌دار است. بنابراین فرضیه صفر رد می‌شود و این فرضیه که، آزمایشگاه مجازی و واقعی بر میزان یادگیری و یادداری دانش‌آموزان دختر سال سوم مقطع دبیرستان در درس «فیزیک و آزمایشگاه» تأثیر دارد، با ۹۵٪ درصد اطمینان تایید می‌گردد. نتایج مقایسه عامل گروه یا همان عامل بین آزمودنی (متغیر مستقل) نیز با ( $F(1: 28) = .05$ )، ( $P = .82$ ) از  $F_{/0.5}$  بحرانی، ( $F(1: 28) = 4/19$ ) کوچک‌تر است، این نتیجه نشان می‌دهد که بین دو گروه تفاوت معنی‌داری در میانگین سه بار اندازه‌گیری، وجود ندارد. نتایج آزمون تعقیبی توکی برای مقایسه‌های دوتایی بین پیش‌آزمون دو گروه ( $p = .99$ )، ( $t_{df=28} = .0001$ )، پس‌آزمون دو گروه

#### 1. Repeated Measurers

۴ در اینجا چون سه حالت برای مقایسه وجود دارد آلفای بحرانی مناسب به جای  $P = .05$  در سطح ۹۵٪ برابر با ( $p = .02$ ) می‌باشد. بنابراین نتایج این بررسی‌ها با  $p = .02$  مقایسه می‌شود.

سه نتیجه نشان می‌دهد که دو گروه در سه بار اندازه‌گیری تفاوت معنی‌داری از یکدیگر ندارند. همچنین تقابل دو عامل تکرار و گروه با  $(F(2: 56) = .10, P = .91)$  از  $F_{\alpha}$  بحرانی کوچک‌تر است،  $(F(2: 56) = 3/17)$ . این نتیجه نشان می‌دهد که عامل تقابل گروه و تکرار عامل اندازه‌گیری معنی‌دار نمی‌باشد، یعنی دو گروه مجازی و واقعی تفاوت معنی‌داری در سه بار اندازه‌گیری با یکدیگر ندارند و تغییرات نمرات دانش‌آموزان در سه مرحله اندازه‌گیری در هر دو گروه برابر می‌باشد. نمودار ۱ نیز این عدم تفاوت دو گروه در سه مرحله اندازه‌گیری و نبود تعامل بین دو عامل تکرار و گروه را نشان می‌دهد.



نمودار ۱. میانگین نمرات دانش‌آموزان در پیشرفت تحصیلی در دو گروه آزمایشگاه مجازی و واقعی

### بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر در پی یافتن پاسخ این مسئله بود که آیا آموزش مبتنی بر ابزارهای مجازی و شبیه‌سازی‌های کامپیوتری درس فیزیک به اندازه آموزش آن از طریق آزمایشگاه واقعی بر یادگیری و یادداری دانش‌آموزان در مبحث الکتریسیته اثربخش می‌باشد یا خیر. نتایج حاکی از آن بوده است که تفاوت معنی‌داری بین آموزش در آزمایشگاه و آموزش در محیط مجازی در

یادگیری و یادداری دانش‌آموزان وجود ندارد. در نتیجه می‌توان چنین نتیجه گرفت که کار با ابزارهای مجازی و شبیه‌سازی‌های کامپیوتری در مقایسه کار با ابزارهای حقیقی به یک اندازه بر میزان یادگیری و یادداری مفاهیم تأثیر مثبت دارد و هر دو حالت اجرای آزمایش به طور یکسانی در افزایش یادگیری و یادداری دانش‌آموزان مؤثر هستند. نباید این نکته را از خاطر برد که تأثیرگذاری شرایط اجرای پژوهش و میزان امکانات آزمایشگاهی (چه آزمایشگاه واقعی که نیاز به تجهیزات آزمایشگاهی دارد و چه آزمایشگاه مجازی که مستلزم امکانات نرم‌افزاری و سخت‌افزاری مناسب است) در نتایج بسیار حائز اهمیت می‌باشد. اما آنچه قطعی به نظر می‌رسد این است که تحقیقات نشان داده‌اند یادگیری علوم و از آن جمله علم فیزیک از طریق برنامه‌های آزمایشگاهی، مفاهیم و فرآیندها را بسیار عینی‌تر می‌نماید و باعث می‌شود دانش‌آموزان بسیار راحت‌تر روابط بین آنها را درک کنند و در نتیجه یادگیری بادوام‌تری حاصل خواهد شد (بایراک، ۲۰۰۷). وایت (۱۹۶۶) نیز اعتقاد دارد انجام فعالیت‌های آزمایشگاهی، علاوه بر تثبیت یادگیری و افزایش میزان ماندگاری مفاهیم آموخته شده، سبب دست‌ورزی و نیز کسب مهارت‌هایی می‌شود که در زندگی روزانه مورد استفاده قرار می‌گیرد و زمینه‌های نوآوری، خلاقیت و تفکر انتقادی را در دانش‌آموزان فراهم می‌کند (بدریان و همکاران، ۱۳۸۷).

### منابع فارسی

اصغری سفتجانی، محمد. (۱۳۸۸). بررسی تأثیر آزمایشگاه مجازی بر نگرش، دانش، و توانش و مقایسه آن با روش معمول در مبحث الکتروسیسته دانش‌آموزان سال سوم رشته ریاضی و فیزیک منطقه ۱۶ تهران سال تحصیلی ۸۸-۸۷. *پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی*.

بدریان، عابد؛ شکرباغانی، اشرف‌السادات؛ اصفاء، آرزو؛ و عبدی‌نژاد، طالب. (۱۳۸۷). اعتباربخشی الگویی اثربخش برای انجام دادن فعالیت‌های آزمایشگاهی در آموزش علوم تجربی دوره متوسطه. *فصلنامه نوآوری‌های آموزشی*، شماره ۲۸، سال هفتم، صص ۴۵۶-۱۲۹.

سیف، علی اکبر. (۱۳۸۶). *اندازه‌گیری، سنجش و ارزشیابی آموزشی*. تهران: نشر دوران.

فرخ نیا، محمدرضا. (۱۳۸۸). بررسی تأثیر برگزاری آزمایشگاه به صورت مجازی و جامع بر یادگیری، مهارت و انگیزه دانشجویان دانشگاه شهید رجایی تهران در درس آزمایشگاه الکتریسته و مقایسه آن با شیوه معمول برگزاری آزمایشگاه. *پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت دبیر رجایی*.

کرمی گزافی، علی‌رضا؛ یونسی، جلیل؛ و عزیزیان، علی. (۱۳۸۸). مقایسه میزان تأثیر آموزش آزمایشگاه شیمی به کمک نرم‌افزار آموزشی و روش سنتی در پیشرفت تحصیلی و نگرش دانش‌آموزان. *نشریه علمی و پژوهشی فناوری آموزش*، سال چهارم، جلد ۴، شماره ۲. صص ۹۱-۹۹.

## منابع انگلیسی

- Abdulwahed, Mahmoud, and K.Nagy, Zoltan. (2011). The Trilab, a novel ICT based triple access mode laboratory education model. *Computer & Education*, 56, 262-274.
- Altun, Eralp, Demirdag, Baris, Feyzioglu, Burak, Ates, Alev, and Cobanoglu, Ilker. (2009). Developing an interactive virtual chemistry laboratory enriched with constructivist learning activities for secondary schools. *Procedia Social and Behavioral Sciences* 1, 1895-1898.
- Bayrak, Bekir. (2007). To compare the effects of computer based learning and the laboratory based learning on students' achievement regarding electric circuits. *The Turkish Online Journal of Education Technology-TOJET*, 6, 1, Article 2.
- Bozkurt, Ersin and Ilik, Aslan. (2010). The Effect of Computer Simulations over Students' Beliefs on Physics and Physics Success. *Procedia Social and Behavioral Sciences* 2, 4587-4591.
- Chini, Jacquelyn J., Carmichael, Adrian, Rebello, N. Sanjay, and Gire, Elizabeth. (2010). Comparing students' performance with physical and virtual manipulatives in a

- simple machines curriculum. Annual Meeting of the American Educational Research Association, Denver.
- Clark, R.E. (1994). Media will never influence learning. *Educational Technology Research and Development* 42, 21-29.
- DeJong, T., and Van Joolingen, W.R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, 68, 179-201.
- Eckhoff, E.C., Eller, V.M., Watkins, S.E., and Hall, R.H. (2002). Interactive virtual laboratory for experience with a smart bridge test. In: *Proceedings of the American society for engineering education annual conference & exposition, Montreal, Quebec, Canada, June 16-19.*
- Gibson, David, and Baek, Youngkyun. (2009). Digital simulations for improving education. United States of America: Information Science Reference.
- Gibson, David, Aldrich, Clark, and Prensky, Marc. (2007). *Games and Simulations in Online Learning.* United States of America: Information Science Publishing.
- Gredler, Margaret E. (1992). Games and simulations and their relationships to learning. *Games/Simulation and Learning.* 571-581.
- Hofstein, A., and Lunetta, V.N. (2003). The laboratory in science education: Foundations for the 21<sup>st</sup> century. *Laboratory of Science Education*, 88(1), 28-54.
- Iqbal, Ahmer, Kankaanranta, Marja, and Neittaanmaki, Pekka. (2010). Experiences and motivations of the young for participation in virtual worlds. *Procedia Social and Behavioral sciences* 2. 3190-3197.
- Jimoyiannis, A., and Komis, V. (2001). Computer simulations in physics teaching and learning: A case study on students' understanding of Trajectory motion. *Computers & Education*, 36, 183-204.
- Kim, Jong-Heon, Park, Sang-Tae, Lee, Heebok, and Lee, Heeman. (2009). Correcting misconception using unrealistic virtual reality simulation in physics education. *International Conference on Multimedia and ICT in Education.* Lisbon, Portugal.
- Kirschner, P.A., and Meester, M.A.M. (1988). The laboratory in higher science education, problems, premises, and objectives. *Higher Education*, 17(1), 81-98.
- Kolb, Alice Y., and Kolb, David A. (2005). Learning styles and learning spaces: Enhancing experiential learning in higher education. *Academy of Management Learning & Education*, 4, 2, 193-212.
- Ma, J., and Nickerson, J.V. (2006). Hands-on, simulated, and remote laboratories: A comparative literature review. *ACM Computer Survey*, 38(3), 1-24.
- McComas, W.E. (1997). The nature of the laboratory experience: A guide for describing, classifying and enhancing hands-on activities. *CSTA Journal*, 1, 6-9.
- Psillos, Dimitris, and Niedderer, Hans. (2003). *Teaching and learning in the science laboratory.* New York: Kluwer Academic Publisher.

- Sever, Songul, YurumeZoglu, Kemal, and Oguz-Unver, Ayse. (2010). Comparison teaching strategies of video taped and demonstration experiments in inquiry-based science education. *Procedia Social and Behavioral Sciences* 2, 5619-5624.
- Song, Holim, and Kidd, Terry. (2010). *Human performance and instructional technology*. United States of America: Information Science Reference.
- Triona, L.M., and Klahr, D. (2003). Point and click or grab and heft: Comparing the influence of physical and virtual instructional materials on elementary school students' ability to design experiments. *Cognition and Instruction*, 21(2), 149-173.
- Zacharia, Zacharias C., and Olympiou, Georgios. (2010). Physical versus virtual manipulative experimentation in physics learning. *Learning and Instruction*. Article in press.
- Zacharia, Z. and C.P. Constantinou. (2008). Comparing the Influence of Physical and Virtual Manipulatives in the Context of the Physics by Inquiry Curriculum: The Case of Undergraduate Students' Conceptual Understanding of Heat and Temperature. *American Journal of Physics*, 76, 4, 425-430.
- Zacharia, Z. and Anderson, O.R. (2003). The effects of an interactive computer-based simulation prior to performing a laboratory inquiry-based experiment on students' conceptual understanding of physics. *American Journal of Physics*, 71(6), 618-629.