

آزمایشگاه فیزیک حالت جامد بر پایه‌ی وبسایت شبیه سازی شده: مطالعه موردی آزمایش اثرهال

رضوانه امراللهی بیوکی^۱، مهتاب خاکباز^۲

چکیده:

همه‌گیری کووید-۱۹ باعث کاهش ساعات کلاس‌های حضوری دانشگاه‌ها و در نتیجه کاهش بهره‌وری دروس آزمایشگاهی شده است. لذا فراهم آوردن امکاناتی جهت غلبه بر مشکل به وجود آمده، ضروری است. آموزش مجازی به عنوان یکی از اصلی‌ترین روش‌ها، برای فرآیند آموزش، با توجه به جنبه‌های اقتصادی آن و به کارگیری گسترده آن در سیستم آموزشی کشور، برای رشته‌هایی که نیاز به آزمایشگاه دارند، مانند رشته‌های مهندسی و علوم پایه تأکید می‌شود. هدف پژوهش پیش رو بررسی تأثیر یادگیری و آموزش برگزاری آزمایشگاه فیزیک حالت جامد پیشرفته (به صورت موردی آزمایش اثر هال) برای دانشجویان کارشناسی ارشد رشته فیزیک در محیط شبیه‌سازی شده وبسایت آزمایشگاه مجازی دانشگاه آمریتا "Amrita" است. استفاده از این وبسایت برای اولین بار در کشور در این درس گزارش شده است. در نهایت آموزش حضوری (سنتی) و آموزش مجازی در درس آزمایشگاه برای گروه‌های مختلف و تأثیر آن بر یادگیرندگان مورد ارزیابی قرار گرفت.

کلید واژگان: آموزش مجازی، اثر هال، آزمایشگاه فیزیک حالت جامد و وبسایت آمریتا "Amrita"

مقدمه:

امروزه پیشرفت فناوری باعث حل مشکلات بشری در تمام ابعاد شده است. در شرایط همه‌گیری بیماری کووید-۱۹ به کارگیری شیوه‌ای نظام‌مند جهت انتقال دانش و آموزش با استفاده از رایانه و گوشی‌های هوشمند احساس شده است. لذا مراکز آموزش عالی به یک راهکار برای حل مشکل پیش رو نیازمند هستند (لهراسی، ۱۳۹۹). در واقع استفاده از دنیای مجازی، ثروتی بی‌پایان جهت افزایش دانش است که با برنامه‌ریزی و کاربرد آن در جهت افزایش آگاهی سلامت می‌توان به رشد و بالندگی جامعه امیدوار بود (مدانلو، ۱۳۹۰). این توانایی در دانشجو به وجود می‌آید که با به کارگیری صوت و تصویر و محیط شبیه‌سازی شده و با استفاده از راهنمایی استاد خود درک عمیق و بهتری از مسئله داشته باشد (Schmitz, 2021). البته این نوع آموزش معایبی هم دارد که می‌توان بعضی از آن‌ها را در اینجا برشمرد:

- کندی اینترنت در بعضی از نقاط کشور
- گرانی اینترنت برای اقشار جامعه
- نبود وسایل الکترونیک هوشمند جهت شرکت در کلاس‌ها و آزمایشگاه مجازی
- در دسترس نبودن اینترنت در بعضی از نقاط کشور
- عدم اطمینان از تمرکز دانشجو در کلاس مجازی (Blahušáková, 2021)

^۱ استادیار، عضو هیئت علمی دانشکده فیزیک دانشگاه علم و صنعت، Amrollahir@iust.ac.ir

^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد رشته فیزیک گرایش ماده چگال، دانشکده فیزیک دانشگاه علم و صنعت، mahtab_khakhbaz@physics.iust.ac.ir

روش‌های مختلفی برای برگزاری آزمایشگاه‌های مجازی وجود دارد که می‌توان به طراحی نرم‌افزار چه برای گوشی‌های هوشمند، رایانه و یا محیط شبیه‌سازی‌شده تحت وب اشاره کرد (شاه بیگی، ۱۳۹۰) با توجه به این نکات آموزش مجازی خود به چند دسته تقسیم می‌شود:

۱. آموزش براساس سایت‌های مجازی
۲. سیستم بررسی نحوه عملکرد
۳. کلاس‌های مجازی موازی
۴. کلاس‌های مجازی غیرموازی (Sengupta, 2022)

فیزیک یکی از اساسی‌ترین پایه‌های علوم طبیعی است که شامل مطالعه قوانین طبیعی جهان و مطالعه و بررسی روابط بین طیف وسیعی از مفاهیم و علل فیزیکی می‌باشد. همانطور که می‌دانید یادگیری از طریق آزمایش باعث ایجاد نوآوری و تفکر و همچنین آموختن عمیق‌تر مفاهیم در ذهن دانشجویان می‌شود و برای آشنایی با بعضی از پدیده‌های فیزیکی، درس آزمایشگاه دید بهتری به دانشجویان می‌دهد (انصاری جویی، ۱۳۹۶). در بسیاری از کشورهای توسعه‌یافته علاوه بر آموزش حضوری (سنتی) آموزش مجازی یا ترکیبی از هر دو نوع در حال شکل‌گیری است (گنجه‌فر، ۱۳۸۴). در کشور ما در شرایط همه‌گیری بیماری کووید-۱۹ مراکز آموزشی خرد و کلان به این باور رسیدند که علاوه بر آموزش حضوری در دوران پساکووید، باید آموزش مجازی را برای تمام دانشجویان در تمام دوره‌ها مد نظر داشته باشند و زیر ساخت‌های آن را توسعه دهند (Lakhal, 2021). در بسیاری از موارد دانشجویان مهارت لازم و ضروری در آزمایشگاه حضوری را فرا نمی‌گیرند. لذا به منظور غلبه بر مشکلات آزمایشگاه نیاز به بستری است که در صورت پیش‌آمد هر مشکل آموزشی برای اساتید و دانشجویان، مانع از آموزش و فراگیری علم نشود (سعد محمدی، ۱۳۹۴). یکی از لوازم مورد استفاده، آزمایشگاه‌های مجازی تحت وب است. در واقع طراحی و استفاده از چنین محیطی هزینه نگهداری آزمایشگاه را کاهش می‌دهد. اینگونه آزمایشگاه‌های تحت محیط وب برای آزمایش‌های خطرناک یا فاقد امکانات بسیار مناسب است. علاوه بر دانشجویان، دو گروه دیگر نیز می‌توانند از آزمایشگاه‌های مجازی تحت وب بهره بگیرند، یکی دانش‌آموزان مدارس و دیگری علاقمندان سایر رشته‌های دانشگاهی برای مطالعه‌ی موردی و شرکت در دوره آزمایشگاه‌ها هستند (مستور، ۱۳۹۱). این سبک از آزمایشگاه‌ها این شرایط را فراهم می‌کند که در صورت نبود آزمایشگاه برای موسسات آموزش عالی و یا در صورت بیماری دانشجو، بدون از دست‌دادن مطلبی از درس مربوطه از محیط آن بهره ببرند (جهانیان، ۱۳۹۱). امروزه استفاده از آزمایشگاه مجازی به عنوان ابزاری قدرتمند امکان گنجاندن امتحان‌های مرحله‌ای و منابع آموزشی اضافی در محیط شبیه‌سازی برای دانشجو را فراهم می‌کند که این مورد در آزمایشگاه حضوری امکان‌پذیر نیست.

نکات مطرح‌شده و همچنین نگرانی از ایمنی، هزینه خرید و تعمیر دستگاه‌ها، مواد اولیه و صرف زمان بیش از حد مورد نیاز برای انجام آزمایش حضوری و عدم رسیدن به نتایج درست و دقیق، وجود آزمایشگاه‌های مجازی را ملزم و مناسب می‌سازد. البته شایان ذکر است که آزمایشگاه حضوری را نمی‌توان با آزمایشگاه مجازی مقایسه کرد و خطر کارکردن با وسایل بخشی از یادگیری‌هایی هستند که دانشجو باید با آن‌ها روبرو شود (نصیری، ۱۳۸۴). همچنین بعضی از آزمایش‌های مجازی دید واقعی برای آموختن به دانشجو نمی‌دهد و استفاده از آن دانشجو را ملزم به دسترسی قابل اطمینان به اینترنت می‌کند و گاهی این امر مشکل‌زا می‌شود (Garafiev, 2021). اما در شرایط همه‌گیری کووید-۱۹ دانشگاه‌های کشور برای پایداری و حفظ یادگیری در دوره‌های آزمایشگاهی نیاز به وب سایت‌هایی با محیط شبیه‌سازی‌شده تحت وب مانند وب سایت آزمایشگاه مجازی دانشگاه آمریتا دارند. چنین تقاضایی باعث پیشرفت در برنامه و محتوای آموزشی برای اساتید و دانشجویان می‌شود (Simut, 2021). می‌توان با استفاده از محیط آموزشی

آزمایشگاه مجازی تحت وب با اضافه کردن واقعیت‌ها در دنیای مجازی، تعامل و در نتیجه یادگیری عمیق‌تری برای دانشجویان رقم زد. البته آزمایشگاه مجازی جایگزین خوبی برای آزمایش‌های پیچیده یا بسیار پیچیده نیست. اما جایگزین خوبی در بسیاری از موارد برای آزمایش‌هایی در سطح ابتدایی و متوسط است. البته این نوع از آموزش نیاز به همکاری دو طرفه دانشجویان و استاد را دارد تا بتوان بازدهی مورد نظر سیاست‌گذار را برآورده سازد (Li, 2021). در این مقاله محیط شبیه‌سازی شده برای آزمایش اثر هال، یکی از آزمایش‌های کلیدی رشته فیزیک حالت جامد را مورد بررسی قرار گرفته است. این وب سایت برای اولین بار در کشور و در این درس مورد استفاده قرار گرفته است.

وب سایت آزمایشگاه دانشگاه آمریتا (Amrita)

وب سایت آزمایشگاه دانشگاه آمریتا یک محیط آزمایشگاهی تحت وب و رایگان برای رشته‌های مختلف علوم و مهندسی است. در این وب سایت ابزار، تجهیزات، تست‌های مواد گوناگون و روش‌های مورد استفاده در شیمی، فیزیک، انواع رشته‌های مهندسی و ... را به صورت مجازی فراهم و شبیه‌سازی کرده است (Bajpai, 2015). می‌توان آزمایش‌هایی که به صورت سنتی در آزمایشگاه حضوری صورت می‌گرفته است را به صورت مجازی و با تغییر پارامترهای مختلف توسط دانشجو اجرا کرد. از ویژگی‌های کلیدی این وب سایت می‌توان به تقسیم‌بندی موردی هر درس به تفکیک آزمایشگاه‌های مورد نیاز اشاره کرد. به عنوان مثال آزمایشگاه فیزیک به آزمایشگاه‌های حالت جامد، اپتیک، مدرن و ... تقسیم‌بندی می‌شود. همچنین بستر پرسش و پاسخ راجع به هر آزمایش و توانایی تست مواد گوناگون در هر آزمایش بنا به نیاز و کارکرد آن ایجاد می‌شود (Broadbent, 2021). از دیگر مزایای نسبی این وب سایت، سهولت استفاده از آزمایشگاه‌های مجازی موجود در آن است و تنها به اینترنت پهنای باند مناسب و یک مرورگر احتیاج است. بدون آن‌که نیاز به نصب نرم افزار دیگری باشد (Radhamani, 2014). در شکل یک نمای کلی وبسایت آورده شده است.



شکل ۱- صفحه نخست محیط آزمایشگاه مجازی دانشگاه آمریتا

این وب سایت متعلق به دانشگاه آمریتا در کشور هند است که حدود دویست آزمایش مجازی در هشت رشته کلیدی و اساسی در علوم و مهندسی را پوشش می‌دهد. برای یادگیری بهتر مفهوم آزمایشگاه یک نمای گرافیکی را فراهم کرده و همچنین برای آشنایی بهتر هر دانشجو با موضوع سربرگ‌هایی شامل:

- Theory
- Procedure
- Self-evaluation
- Simulator
- Assignment
- Reference
- Feedback

تهیه کرده است. در این سربرگ‌ها به توضیح آزمایش و دستورالعمل انجام کار و محیط شبیه‌سازی آزمایش پرداخته شده است. همچنین چند سوال برای خودآزمایی دانشجو جهت فهمیدن بهتر موضوع، منابع و بازخورد پس از انجام آزمایش قرار داده شده است (Hergüner, 2021). آزمایشگاه این وب سایت در سه حوزه اصلی فیزیک، شیمی و تکنولوژی تقسیم می‌شود. هر حوزه، موضوعی ثانویه مربوط به یک درس آزمایشگاه مجازی را تشکیل می‌دهد که شامل آزمایش‌هایی است که برای فراهم کردن تجربه‌های آزمایشگاهی در این حوزه ایجاد شده است. به عنوان مثال آزمایشگاه فیزیک حالت جامد از زیر مجموعه اثر هال، مقاومت چهار پروب و... تشکیل شده است. در این وب سایت با ایجاد محیط شبیه‌سازی شده برای دانشجویان این توانایی را هر چند مجازی جهت کار با دستگاه‌هایی که احتیاج به اپراتور دارند فراهم می‌کند. مشاهده واکنش‌ها و پیامدهای هر دستکاری یا تغییر مواد، راهی را برای آموختن هر چه بیشتر دانشجو بدون آسیب رساندن به دستگاه، صرف هزینه و همچنین بدون حضور در آزمایشگاه فراهم می‌سازد. به طور مثال در آزمایش اثر هال دانشجویان امکان امتحان چند ماده از جمله ژرمانیوم، مس و آلومینیوم برای بررسی اثر هال را با تغییر نوع ماده دارند. طبق دستور کار در سربرگ موجود در آزمایش اثر هال دانشجویان مراحل تعیین شده را دنبال می‌کنند و نتیجه مشاهده شده را طبق جداول موجود بررسی و ثبت می‌کنند. دانشجویان نتایج درست و اشتباه خود را در این محیط بررسی کرده و بدون محدودیت آزمایش خود را تکرار می‌کنند. در اکثر آزمایش‌های این وب سایت امکان شروع مجدد و انجام دوباره آزمایش برای کاربر فراهم شده است.

آزمایش اثر هال در وب سایت آزمایشگاه مجازی دانشگاه آمریتا

تاریخچه

ادوین هال (Edwin Hall) در سال ۱۸۷۹ هنگام مطالعات رساله دکترای خود به اثر هال اشاره کرد. کشف او مبنی بر اینکه فلزات دارای حامل بار منفی هستند، ۱۸ سال پیش از کشف الکترون صورت گرفت.

اثر هال

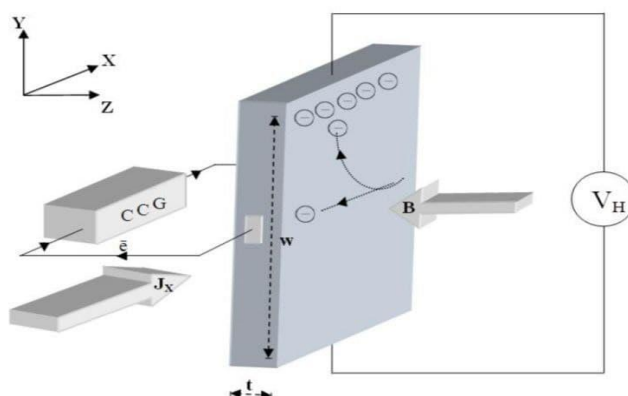
با قرارگیری یک رسانا در میدان مغناطیسی عمودی، اختلاف پتانسیلی عمود بر میدان مغناطیسی و جریان در رسانا ایجاد خواهد شد. این پدیده با نام اثر هال ابزاری مهم در فیزیک حالت جامد به خصوص توصیف نیمه رساناهاست. از آن می‌توان برای تعیین نوع حامل بار و چگالی بار استفاده کرد.

اثر هال در آزمایشگاه مجازی

همانطور که گفته شد هر آزمایش دارای هفت سربرگ برای انجام آزمایش می‌باشد که به تفکیک به توضیح هر سربرگ پرداخته خواهد شد:

شرح آزمایش (Theory)

این سربرگ در آزمایش اثر هال به معرفی انجام این آزمایش و شرح و توصیف اثر هال و روابط موجود در آن می‌پردازد. در واقع همان توضیحی است که استاد آزمایشگاه قبل از شروع آزمایش به دانشجویان خود می‌دهد. هدف آزمایش ۱- بدست آوردن ولتاژ اثر هال ۲- محاسبه ضریب هال و نوع حامل بار است. برای بدست آوردن این دو مورد به شرح اثر هال و روابط لازم پرداخته می‌شود و با نمایش شکل به فهم بهتر دانشجو برای درک موضوع کمک می‌شود (شکل ۲).



شکل ۲- طرح شماتیک ورقه رسانا در میدان مغناطیسی در سربرگ Theory

روش انجام (Procedure)

در این قسمت به شرح هر آنچه که باید در محیط شبیه‌سازی شده انجام شود و جداولی که باید با انجام و تکرار آزمایش تکمیل شود در اختیار دانشجو قرار می‌گیرد. که اگر در بحث مقایسه قرار گیرد این سربرگ دقیقاً همان نحوه انجام آزمایش در دستور کار آزمایشگاه حضوری می‌باشد.

Trial No:	Magnetic Field (Tesla T)	Thickness (t) m	Hall current, mA	Hall Voltage mV	R_H
1					
2					
3					
4					
5					

شکل ۳- نمونه جدول موجود در سربرگ Procedure

ارزیابی (Self-evaluation)

بعد از آشنایی با آزمایش و نحوه انجام آن در محیط شبیه‌سازی شده در این قسمت با مطرح‌شدن سؤالاتی چهارگزینه‌ای در واقع دانشجویان را با آنچه که یاد گرفته‌اند به چالش می‌کشد و به عمیق‌شدن یادگیری‌های آن‌ها کمک می‌کند (شکل چهار).

1) The experiment which directly determines both the sign and density of charge carriers in a sample material is.



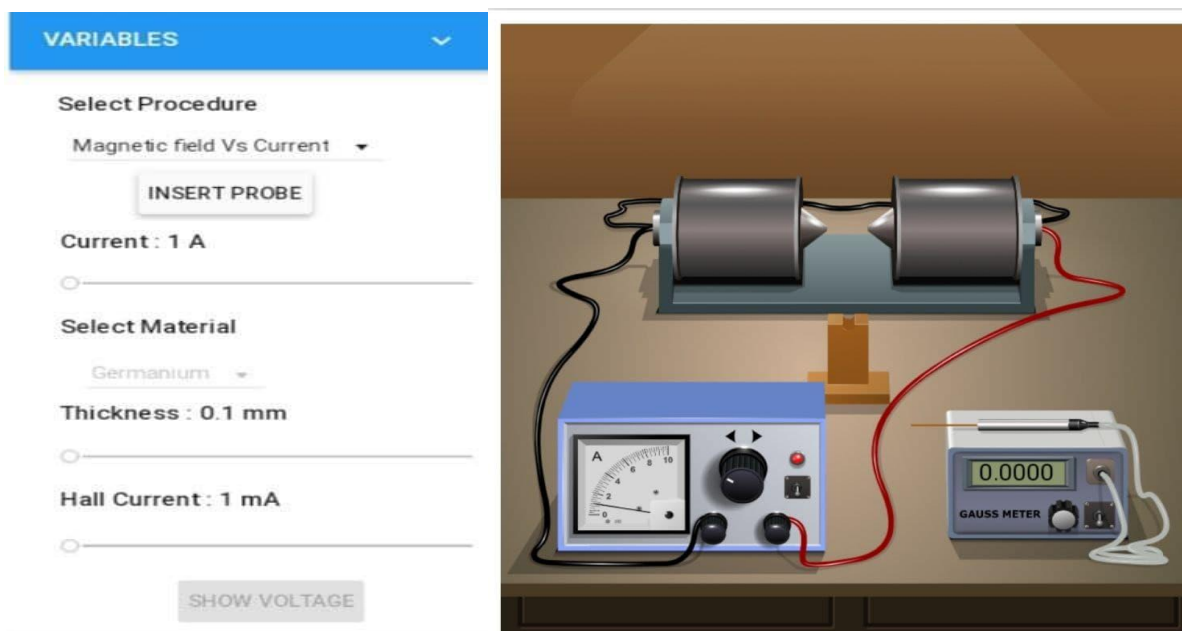
- ☐ Four probe method
- ☐ Hall experiment
- ☐ Quincke's method
- ☐ None of these

شکل ۴- نمونه سوال در سربرگ Self-evaluation

محیط شبیه‌سازی شده (Simulator)

این سربرگ، اصلی‌ترین و مهمترین قسمت آزمایش است (شکل پنج). در اینجا دانشجو وارد محیط آزمایشگاه می‌شود و آموخته‌ها و موارد خواسته‌شده در این محیط مورد آزمایش قرار می‌دهد. دکمه‌هایی جهت تنظیم برای انجام هر آنچه که در دستور کار خواسته شده است وجود دارد. در منوی کشویی اول دو گزینه ۱- current vs field magnetic -۲ Hall effect setup مشاهده می‌شود که مورد اول جهت تنظیم میدان مغناطیسی و گزینه دوم جهت تنظیم و انجام آزمایش اثر هال است. در پایین این منو دکمه insert/remove probe وجود دارد که جهت قراردادن یا خارج کردن صفحه رسانا در بین هسته آهنربا است که با زدن این دکمه باید روی چوبی که در تصویر گرافیکی محیط آزمایشگاه است ضربه زد که صفحه رسانای مورد نظر بین هسته آهنربایی قرار گیرد. با انتخاب گزینه اول current vs field magnetic همه دکمه‌های موجود در صفحه غیرفعال می‌شود به جز دکمه Current که جهت تنظیم جریان در حال گذر است. با انتخاب گزینه دوم در منو کشویی یعنی Hall effect setup گزینه بعدی Current است که تنظیم‌کننده جریان الکتریکی اعمالی است. منوی کشویی بعدی select material است که در اینجا نوع ماده مورد آزمایش

انتخاب می‌شود که توانایی انتخاب چهار ماده از جمله: طلا، مس، ژرمانیوم و آلومینیوم فراهم شده است. منوی دیگر Thickness است که ضخامت فلز مورد مطالعه را مشخص می‌کند و آخرین منو، Hall current که تغییردهنده شدت جریان منبع است. در پایین این منوها دو دکمه وجود دارد یکی show current که با فشردن آن در پایین صفحه ضریب هال و حامل بار را نمایش می‌دهد و دکمه بعدی reset می‌باشد که برای برگشت تنظیمات اولیه جهت شروع مجدد آزمایش است. برعکس سربرگ‌هایی دیگر که احتیاج به ثبت نام در وب سایت نبود، در این سربرگ حتما باید از قبل در وب سایت ثبت نام کرد که اجازه دسترسی به محیط گرافیکی شبیه‌سازی شده را داشت. البته ثبت نام در وب سایت برای تمامی کاربران از سراسر جهان رایگان است.



شکل ۵- محیط شبیه‌سازی شده آزمایشگاه

وظایف Assignment

در این قسمت دانشجو ضریب هال، نوع حامل و یا به طور کلی موارد که در هدف این آزمایش مطرح شده است را با دستکاری در قسمت شبیه‌سازی شده بدست می‌آورد و به صورت لیست یادداشت می‌کند.

منابع Reference

در این سربرگ منابعی که از آن برای نوشتن مطالب این آزمایش کمک گرفته شده است، لیست شده است.

بازخورد feedback

در این قسمت به نظرخواهی در مورد آزمایش انجام شده و بررسی میزان رضایت دانشجویان از محیط فراهم شده پرداخته می‌شود که برای ارسال نظر حتما باید قبلا در وب سایت ثبت نام رایگان را انجام داد.

اثر هال در آزمایشگاه حضوری (روش سنتی)

دستورکار آزمایشگاه حضوری شامل چهار بخش اساسی از جمله: هدف آزمایش، شرح آزمایش، نحوه انجام آزمایش و پاسخ به سؤالاتی که در انتهای هر دستورکار بنا به نظر مدرس مطرح شده است. هدف از آزمایش اثر هال تقریباً در تمام دستورکارهای آزمایشگاه‌ها همان مواردی است که در آزمایشگاه مجازی دانشگاه آمریتا بیان شده است. در شرح آزمایش به بررسی اثر هال و روابط موجود در آن پرداخته می‌شود و در قسمت نحوه انجام آزمایش استاد درس با استفاده از امکانات و با بهره‌گیری از تجهیزات موجود به شرح نحوه به‌دست‌آوردن موارد خواسته‌شده به صورت عملی می‌پردازد. معمولاً تعداد ساعاتی که دانشجو می‌تواند در آزمایشگاه حضور داشته است در جهت انجام و یادگیری آزمایش محدود و در حدود یک ساعت و نیم است.



شکل ۶- نحوه قرار گرفتن برد هال در وسط سیم پیچ‌ها و وصل کردن سیم پیچ‌ها به منبع تغذیه در آزمایشگاه حضوری (سنتی)

مقایسه بین آزمایشگاه مجازی و حضوری (سنتی)

به دلیل شرایط به وجود آمده از همه‌گیری، استفاده از آزمایشگاه مجازی از لحاظ مسائل مادی و معنوی بسیاری حایز اهمیت است. همه‌گیری بیماری کووید-۱۹ شانس حضور و استفاده دانشجویان را امکانات دانشگاه صلب کرد. به همین دلیل وجود بستری مانند وب سایت‌های آزمایشگاه‌های مجازی مانند آمریتا این امکان فراهم ساخته است که دانشجو از تحصیل و آموختن باز نماند. در این وب سایت برای یادگیری بهتر درس آزمایشگاه از نمای گرافیکی استفاده شده است و با ثبت نام رایگان که در درون وب سایت فراهم شده است امکان استفاده و یادگیری برای تمام اقشار جامعه با هر نوع سطح مالی فراهم ساخته است. برای دسترسی به محتوای آن تنها به اینترنت با پهنای باند مناسب و یک مرورگر خوب احتیاج داریم و هزینه‌ها به شکل قابل توجهی برای مراکز آموزش عالی کاهش یافته است (پاک سرشت، ۱۳۹۵). همانطور که می‌دانید نگهداری از آزمایشگاه‌ها و تامین امنیتی از نظر مواد پرخطر و یا امکان اشکالات فنی برای موسسات آموزش عالی بسیار پرهزینه است اما در آزمایشگاه‌های تحت وب مانند آمریتا علاوه بر اینکه نباید نگران فراهم کردن تجهیزات و مواد مورد استفاده بود امکان امتحان چند ماده از جمله طلا، مس، آلومینیوم و ژرمانیوم است و این در حالی است که در آزمایشگاه حضوری (سنتی) فقط امکان امتحان یک و یا نهایت دو ماده است. در شیوه سنتی معمولاً استاد درس باید نحوه استفاده از دستگاه‌ها را به دانشجو آموزش دهد و در صورت عدم حضور وی، دانشجو امکان استفاده یا یادگیری به صورت خودآموز را ندارد اما در آزمایشگاه مجازی شبیه سازی شده احتیاج به استاد یا اپراتور دستگاه برای استفاده از محیط آزمایشگاه نیست و با استفاده از راهنمایی‌هایی که در سربرگ‌های آزمایش موجود است می‌توان به تعداد دلخواه و بدون نگرانی از خرابی دستگاه یا کمبود ماده مورد نظر بارها آزمایش را تکرار کرد. از مزیت‌های دیگر این آزمایشگاه مجازی می‌توان نامحدود بودن زمان استفاده از آزمایش یا آزمایش‌های دیگر اشاره کرد. همانطور که قبلاً هم گفته شده بود زمان استفاده از آزمایشگاه حضوری (سنتی) در موسسات

آموزش عالی محدود و در حدود یک ساعت و نیم و یک روز در هفته است اما استفاده از این آزمایشگاه تحت وب هفت روز هفته و بیست و چهار ساعته بدون محدودیت است. در آزمایشگاه مجازی این امکان فراهم می‌شود که با تکرار و تنظیم‌های مختلف برای انجام آزمایش دانشجو پی به اشتباه خود در حین انجام آزمایش ببرد و اینگونه به درک و فهم دانشجو و افزایش عمق یادگیری او کمک شایانی کند. اما در شیوه سنتی امکان تکرار وقت گیر و همراه با هزینه است. اینگونه آزمایشگاه‌ها تنها برای شرایط همه‌گیری بیماری کووید-۱۹ مناسب نیست در خیلی از موارد مانند زمانی که دانشجو یا استاد درس مریوطه امکان حضور در آزمایشگاه را ندارند. این وب سایت می‌تواند به رسیدگی به محتوای درسی کمک کند یا زمانی که دانشگاه‌ها یا سایر موسسات آموزشی که امکان تجهیز یا خرید ماده برای انجام آزمایش را ندارند، خلأ حاصله را پر کند (Chang, 2021) با رصد های انجام شده در دانشگاه های مختلف کشور با وجود امکانات فراوان این وب سایت و رایگان بودن آن، تا به این لحظه گزارشی مربوط به استفاده ی از آن در سطح کشور مشاهده نشده است.

مقایسه ضریب هال به دست آمده توسط دانشجویان در دو آزمایشگاه حضوری (سنتی) و مجازی

جدول یک، نتیجه بررسی داده‌هایی از دانشجویانی که درس آزمایشگاه فیزیک حالت جامد پیشرفته را گذرانده اند، است: (لازم به ذکر است این نتایج مربوط به تحقیق بر روی پنج گروه که به صورت حضوری (سنتی) و چهار گروه که به صورت مجازی درس را گذرانده اند است.)

جدول ۱- تفاوت آزمایشگاه مجازی و حضوری

دانشجویانی که به صورت حضوری درس را گذراندند	۶۵٪ دانشجویان به جواب درست برای ضریب هال رسیده‌اند	در آزمایشگاه حضوری (سنتی) فقط امکان امتحان دو ماده مس و نقره وجود دارد	امکان سوختن صفحه فلزی وجود دارد	تنها امکان انجام یکبار آزمایش فراهم می‌شود	تنها یک روز در هفته و در یک ساعت مشخص امکان انجام آزمایش می‌باشد
دانشجویانی که به صورت مجازی درس را گذراندند	۹۰٪ دانشجویان به جواب درست برای ضریب هال رسیده‌اند	در آزمایشگاه مجازی امکان امتحان مواد ژرمانیوم، آلومینیوم، مس و نقره فراهم شده است	به دلیل مجازی بودن صفحه فلزی یا همان محیط آزمایشگاه آسیب نمی بیند	هر آزمایش بارها قابل تکرار است	در هر زمان در طول شبانه روز و در طول هفته امکان انجام آزمایش فراهم می‌باشد

همانطور که مشاهده می‌شود میزان دقت در رسیدن به جواب صحیح در آزمایشگاه مجازی بیشتر از حالت سنتی است و دلیل آن کمکی است که محیط شبیه‌سازی شده وب سایت آمریتا به دانشجویان می‌کند. زیرا سامانه در بدست آوردن جواب صحیح به دانشجویان کمک می‌کند. این در حالی است که در آزمایشگاه حضوری (سنتی) دانشجو باید خود به محاسبه بپردازد و و امکان چک کردن این موضوع که آیا جوابی که به آن رسیده صحیح است یا خیر فراهم نیست. در آزمایشگاه حضوری (سنتی) امکان سوختن صفحه فلزی به دلیل نابلد بودن دانشجو بسیار زیاد است. همچنین همانطور که مشاهده می‌شود در آزمایشگاه حضوری (سنتی) امکان امتحان دو ماده برای دانشجویان فراهم است اما در آزمایشگاه مجازی حق انتخاب و امتحان مواد به چهار ماده افزایش می‌یابد.

نتیجه‌گیری

استفاده از آزمایشگاه مجازی دانشگاه آمریتا این امکان را فراهم ساخت که دانشجویان تحت هر شرایطی با استفاده از اینترنت و بهره‌گیری از یک مرورگر مناسب به محتویاتی که برای درس و تسریع فرایند یادگیری خود نیازمندند دسترسی داشته باشند. با وجود رایگان بودن این وب سایت، تا به این لحظه گزارشی مبنی بر استفاده‌ی آن در سطح کشور مشاهده نشده بود. چنین محیطی تنها نیاز روزهای سخت همه‌گیری کووید-۱۹ نیست، بلکه در خیلی از شرایط مانند نبود امکانات برای تجهیز آزمایشگاه درس مربوطه، می‌تواند گزینه خوبی جهت کمک به یادگیری و جلوگیری از عقب‌ماندگی تحصیلی دانشجویان باشد. وجود چنین وب سایت‌هایی به دانشجویان از هر قشر و سطحی کمک می‌کند تا دسترسی آزاد و رایگان به علم داشته باشند. مسئولان مربوطه باید این مساله را مدنظر داشته باشند که رایگان و در دسترس بودن وب سایت آمریتا یا وب سایت‌های مشابه همیشگی نیست و باید جهت طراحی وب سایت‌های داخلی مشابه برای مصارف دانشگاهی و حتی مدارس، سیاست‌گذاری‌های مالی مورد نظر صورت پذیرد. در این مقاله با مطالعه‌ی موردی آزمایش اثر هال کارکرد وب‌سایت شبیه سازی شده آمریتا بررسی شد. نتایج دانشجویان نه گروه درسی (پنج گروه حضوری و چهار گروه مجازی) مقایسه شد و مشاهده گردید ۲۵ درصد، دانشجویان بیشتری ضریب هال را با روش مجازی صحیح به دست آورده اند.

منابع فارسی

- لهراسبی محمد (۱۳۹۹)، آموزش شیمی به کمک آزمایشگاه مجازی در دوران کرونا، پژوهش در آموزش شیمی، ۱۳۹۹، سال ۲، ش ۲، ص ۲۱-۳.
- مدانلو یاسمن، سالاریان فرانک (۱۳۹۰)، بررسی نقش دانشگاه‌های مجازی در دست یابی به اهداف آموزش عالی، فصلنامه فن آوری اطلاعات و ارتباطات در علوم تربیتی، تابستان ۱۳۹۰، سال ۱، ش ۴، ص ۱۳۲-۱۴۷.
- شاه بیگی فرزانه، نظری سمانه (۱۳۹۰)، آموزش مجازی: مزایا و محدودیت‌ها، مجله توسعه و آموزش پزشکی، زمستان ۱۳۹۰، سال ۶، ش ۱، ص ۴۷-۵۴.
- انصاری جونی اشکان (۱۳۹۶)، نقش فناوری‌های نوین در آموزش فیزیک، هجدهمین کنفرانس آموزش فیزیک ایران و هشتمین کنفرانس فیزیک و آزمایشگاه، شهریور ۱۳۹۶.
- سهیل گنجه فر (۱۳۸۴)، کاربرد دور آزمایشگاه در دانشگاه مجازی، پیک نور، ۱۳۸۴، سال ۳، ش ۲، ص ۹۸-۱۲۰.
- سعد محمدی معصومه، سرمدی محمدرضا، فرج الهی مهران، قربان نیا دلاور آرش (۱۳۹۴)، مطالعه وضعیت آموزش عالی مجازی از لحاظ خدمات آموزش ارائه شده در ایران، نشریه پژوهش در نظام‌های آموزشی، تابستان ۱۳۹۴، سال ۹، ش ۲۹، ص ۳۲-۴۹.
- مستور هانیه، علی آبادی خدیجه، مقدسین مریم (۱۳۹۱)، بررسی تأثیر آزمایشگاه مجازی و واقعی بر یادگیری و یادداری در درس فیزیک و آزمایشگاه، روانشناسی تربیتی، پاییز ۹۱، سال ۸، ش ۲۵، ص ۹۰-۱۰۹.

جهانیان رمضان، اعتبار شکوفه (۱۳۹۱)، ارزیابی وضعیت آموزش مجازی در مراکز آموزش الکترونیکی دانشگاه های تهران از دیدگاه دانشجویان، فن آوری اطلاعات و ارتباطات در علوم تربیتی، تابستان ۱۳۹۱، سال ۲، ش ۴، ص ۵۳-۶۵.

نصیری فهیمه، عوامل (۱۳۸۴)، زیربنایی در استقرار یک نظام مجازی، پیک نور، ۱۳۸۴، سال ۳، ش ۲، ص ۹۶-۹۹.

پاک سرشت صدیقه، خلیلی ثابت مسعود، واحدی محمدعلی، منفرد آرزو (۱۳۹۵)، مقایسه دانش و نگرش دانشجویان آموزش مجازی با دانشجویان غیر مجازی در مورد آموزش الکترونیکی، پژوهش در آموزش علوم پزشکی، زمستان ۱۳۹۵، سال ۸، ش ۴، ص ۵۹-۶۶.

منابع انگلیسی

Bajpai, M. and A. Kumar (2015). "Effect of virtual laboratory on students' conceptual achievement in physics." *International Journal of Current Research* 7(2): 12808-12813

Radhamani, R., et al. (2014). Virtual labs improve student's performance in a classroom. *International Conference on E-Learning, E-Education, and Online Training*, Springer

Li, F., et al. (2021). "School-Aged Students' Sustainable Online Learning Engagement during COVID-19: Community of Inquiry in a Chinese Secondary Education Context." *Sustainability* 13(18): 10147.

HERGÜNER, B. (2021). "Rethinking Public Administration Education in the Period of Pandemic: Reflections of Public Administration Students on Online Education through a SWOT Analysis: Rethinking Public Administration Education." *Thinking Skills and Creativity*: 100863.

Garafiev, I., et al. (2021). "Assessment of online education problems during the COVID-19 pandemic in Russia." *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*: 1689-1698.

Simuț, C., et al. (2021). "Challenges and Opportunities for Telecommuting in the School System: Building a Sustainable Online Education in the Context of the SARS-Cov-2 Pandemic." *Sustainability* 13(18): 10296.

Schmitz, S. M., et al. (2021). "Development of a tailor-made surgical online learning platform, ensuring surgical education in times of the COVID19 pandemic." *BMC surgery* 21(1): 1-6.

Daša, M. and Š. Erik (2021). "EDUCATION IN ONLINE ENVIRONMENT FROM STUDENTS'AND TEACHERS'PERSPECTIVE." *International Journal of Cognitive Research in Science, Engineering and Education* 9(2): 203-226.

Lakhal, S., et al. (2021). "Explaining persistence in online courses in higher education: a difference-in-differences analysis." *International Journal of Educational Technology in Higher Education* 18(1): 1-32.

Sengupta, S. (2022). "Possibilities and Challenges of Online Education in India During the COVID-19 Pandemic." *International Journal of Web-Based Learning and Teaching Technologies (IJWLTT)* 17(4): 1-11.

Broadbent, J. and J. Lodge (2021). "Use of live chat in higher education to support self-regulated help seeking behaviours: a comparison of online and blended learner perspectives." *International Journal of Educational Technology in Higher Education* 18(1): 1-20.

Chang, J. Y.-F., et al. (2021). "Comparison of learning effectiveness between physical classroom and online learning for dental education during the COVID-19 pandemic." *Journal of Dental Sciences* 16(4): 1281-1289.