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

رضوانه امراللهی بیوکی[[1]](#footnote-1)، مهتاب خاکباز[[2]](#footnote-2)

**چکیده**:

همه­گیری کووید-19 باعث کاهش ساعات کلاس­های حضوری دانشگاه­ها و در نتیجه کاهش بهره­وری دروس آزمایشگاهی شده است. لذا فراهم ­آوردن امکاناتی جهت غلبه بر مشکل به وجودآمده، ضروری است. آموزش مجازی به عنوان یکی از اصلي­ترین روش­ها، برای فرآیند آموزش، با توجه به جنبه­های اقتصادی آن و به­کارگيری گسترده آن در سيستم آموزشي کشور، برای رشته­هایی که نیاز به آزمایشگاه دارند، مانند رشته­های مهندسی و علوم پایه تأکيد می­شود. هدف پژوهش پیش رو بررسی تاثیر یادگیری و آموزش برگزاری آزمایشگاه فیزیک حالت جامد پیشرفته (به صورت موردی آزمایش اثر هال) برای دانشجویان کارشناسی ارشد رشته فیزیک در محیط شبیه­سازی­شده وب­سایت آزمایشگاه مجازی دانشگاه آمریتا "Amrita" است. استفاده از این وب­سایت برای اولین بار در کشور در این درس گزارش شده است. در نهایت آمورش حضوری (سنتی) و آموزش مجازی در درس آزمایشگاه برای گروه های مختلف و تاثیر 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-19 به­کارگیری 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 ( لهراسبی، 1399). 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، 1390). این توانایی در دانشجو به‌ وجود می‌آید که با به کارگیری صوت و تصویر و محیط شبیه‌سازی‌شده 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 دسترس‌نبودن اینترنت در بعضی از نقاط کشور
* عدم اطمینان از تمرکز دانشجو در کلاس مجازی(Blahušiaková, 2021 )

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، 1390) با توجه به این نکات آموزش مجازی خود به چند دسته تقسیم می‌شود:

1. آموزش براساس سایت‌های مجازی
2. سیستم بررسی نحوه عملکرد
3. کلاس‌های مجازی موازی
4. 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 (انصاري جوینی، 1396). در بسیاری از کشورهای توسعه­یافته علاوه بر آموزش حضوری (سنتی) آموزش مجازی یا ترکیبی از هر دو نوع در حال شکل‌گیری است (گنجه فر،1384). در کشور ما در شرایط همه‌گیری بیماری کووید-­19 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، 1394). 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، 1391). 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 (جهانيان، 1391). امروزه استفاده از آزمایشگاه مجازی به عنوان ابزاری قدرتمند امکان گنجاندن امتحان های 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، 1384). 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-19 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 اضافه‌کردن 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 شبیه‌سازی‌شده برای آزمایش اثر هال، یکی از آزمایش­های کلیدی رشته فیزیک حالت جامد را مورد بررسی قرارگرفته 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 رشته های 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 1- 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 فراهم‌کردن 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 شبیه‌سازی‌شده 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 تعیین‌شده 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 1879 هنگام مطالعات رساله دکترای خود به اثر هال اشاره کرد. کشف او مبنی بر اینکه فلزات دارای حامل بار منفی هستند، 18 سال پیش از کشف الکترون صورت گرفت.

**اثر هال**

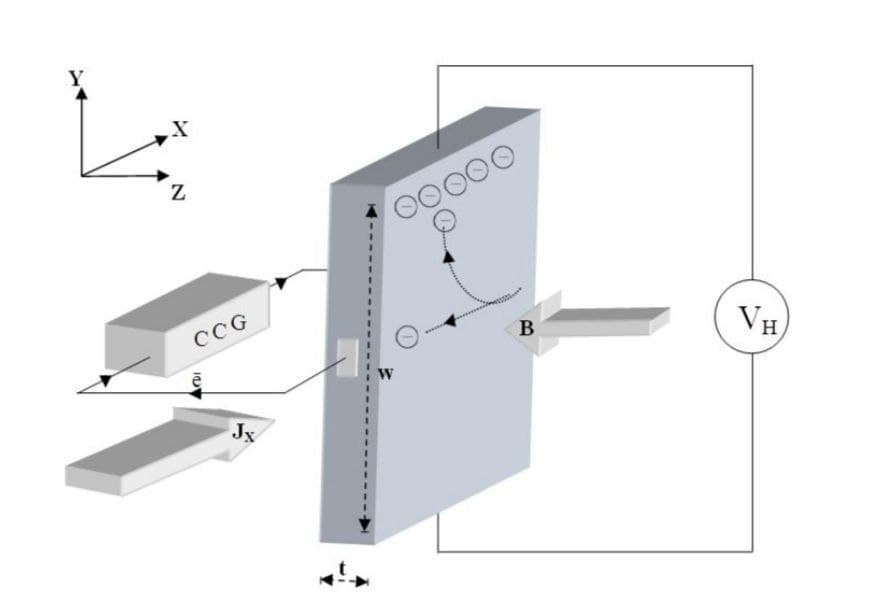
با قرارگیری یک رسانا در میدان مغناطیسی عمودی، اختلاف پتانسیلی عمود بر میدان مغناطیسی و جریان در رسانا ایجاد خواهد شد. این پدیده با نام اثر هال ابزاری مهم در فیزیک فیزیک حالت جامد به خصوص توصیف نیمه رساناهاست. از آن می‌توان برای تعیین نوع حامل بار و چگالی بار استفاده کرد.

**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)**

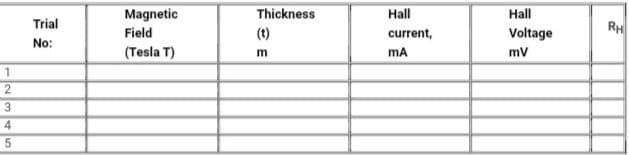
این سربرگ در آزمایش اثر هال به معرفی انجام این آزمایش و شرح و توصیف اثر هال و روابط موجود در آن می­پردازد. در واقع همان توضیحی است که استاد آزمایشگاه قبل از شروع آزمایش به دانشجویان خود می­دهد. هدف آزمایش 1- بدست­آوردن ولتاژ اثر هال 2- محاسبه ضریب هال و نوع حامل بار است. برای به دست‌آوردن این دو مورد به شرح اثر هال و روابط لازم پرداخته می­شود و با نمایش شکل به فهم بهتر دانشجو برای درک موضوع کمک می­شود (شکل 2).



شکل 2- طرح شماتیک ورقه رسانا در میدان مغناطیسی در سربرگ Theory

**روش انجام (Procedure)**

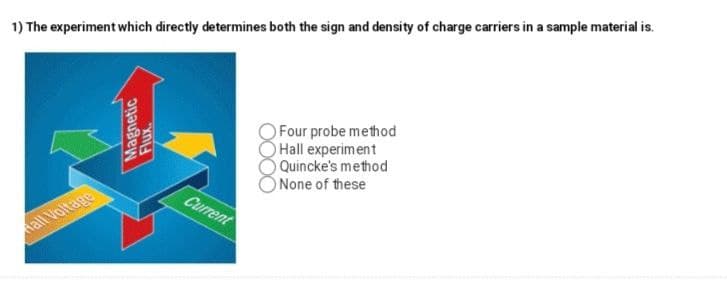
در این قسمت به شرح هر آنچه که باید در محیط شبیه­سازی‌شده انجام شود و جداولی که باید با انجام و تکرار آزمایش تکمیل شود در اختیار دانشجو قرار می‌گیرد. که اگر در بحث مقایسه قرار گیرد این سربرگ دقیقا همان نحوه انجام آزمایش در دستور کار آزمایشگاه حضوری می‌باشد.



شکل 3- نمونه جدول موجود در سربرگ Procedure

**ارزیابی (Self-evaluation)**

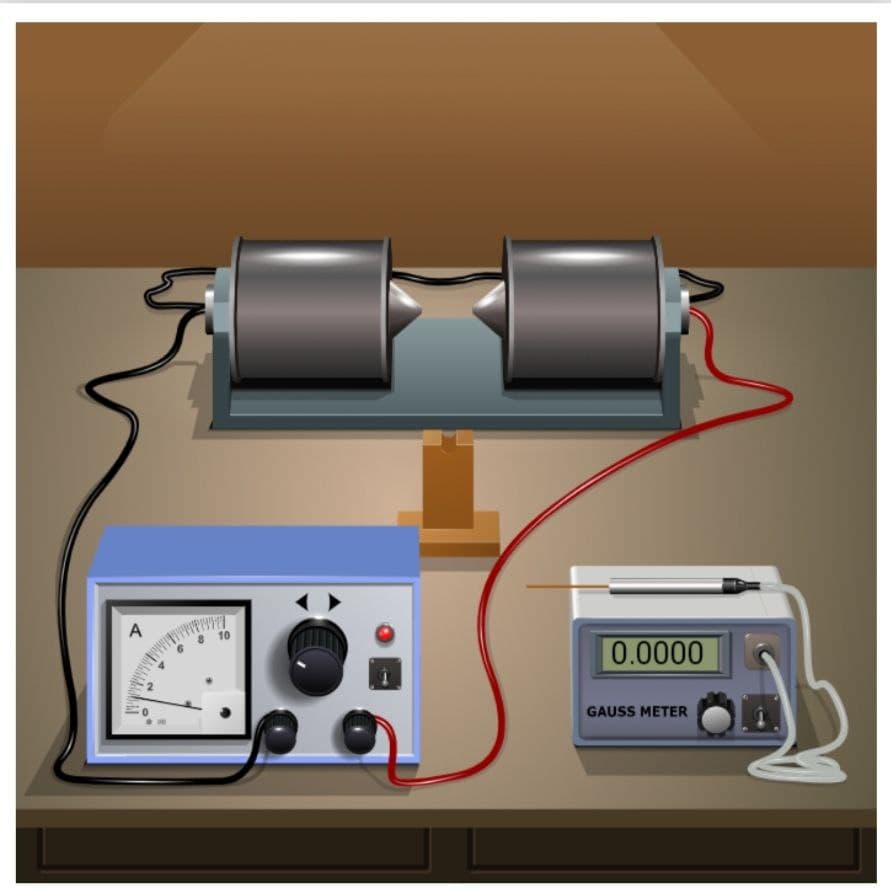
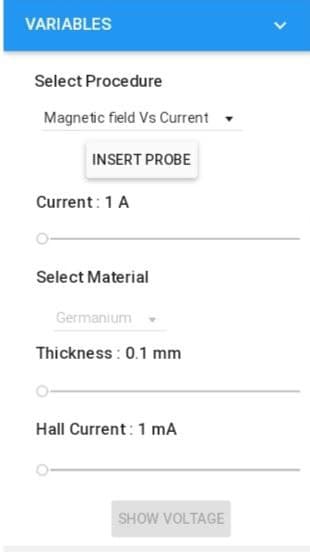
بعد از آشنایی با آزمایش و نحوه انجام آن در محیط شبیه‌سازی‌شده در این قسمت با مطرح‌شدن سوالاتی چهارگزینه‌ای در واقع دانشجویان را با آنچه که یاد گرفته‌اند به چالش می‌کشد و به عمیق‌شدن یادگیری‌های آن­ها کمک می‌کند (شکل چهار).



شکل 4- نمونه سوال در سربرگ Self-evaluation

**محیط شبیه‌سازی‌شده (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 1- current vs field magnetic 2- 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 خارج‌کردن 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 یعنیHall effect setup گزینه بعدیCurrent  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 بعدیreset 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 شبیه‌سازی‌شده را داشت. البته ثبت نام در وب سایت برای تمامی کاربران از سراسر جهان رایگان است.

شکل 5- محیط شبیه‌سازی‌شده 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 شبیه‌سازی‌شده 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 انجام‌شده و بررسی میزان رضایت دانشجویان از محیط فراهم‌شده 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 سوالاتی که در انتهای هر دستورکار بنا به نظر مدرس مطرح شده است. هدف از آزمایش اثر هال تقریبا 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. معمولا 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 6- نحوه قرارگرفتن برد هال در وسط سیم پیچ­ها و وصل­کردن سیم پیچ‌ها به منبع تغذیه در آزمایشگاه حضوری (سنتی)

**مقایسه بین آزمایشگاه مجازی و حضوری (سنتی)**

به دلیل شرایط به وجود آمده از همه گیری، استفاده از آزمایشگاه مجازی از لحاط مسائل مادی و معنوی بسیاری حایز اهمیت است. همه‌گیری بیماری کووید-19 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 ( پاك سرشت، 1395). 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 فراهم‌کردن 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 معمولا 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 قبلا 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 وقت­گیر و همراه با هزینه است. اینگونه آزمایشگاه‌ها تنها برای شرایط همه‌گیری بیماری کووید-19 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 سظح کشور مشاهده نشده است.

**مقایسه ضریب هال به دست­آمده توسط دانشجویان در دو آزمایشگاه حضوری (سنتی) و مجازی**

جدول یک، نتیجه بررسی داده­هایی از دانشجویانی که درس آزمایشگاه فیزیک حالت جامد پیشرفته را گذارنده اند، است: (لازم به ذکراست 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. )

جدول1- تفاوت آزمایشگاه مجازی و حضوری

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| دانشجویانی که به صورت حضوری درس را گذراندند | %65 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 گذارندند | %90 دانشجویان به جواب درست برای ضریب هال رسیده­اند | درآزمایشگاه 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 شبیه­سازی­شده وب سایت آمریتا به دانشجویان می­کند. زیرا سامانه در بدست­آوردن جواب صحیح به دانشجویان کمک می­کند. این در حالی است که در آزمایشگاه حضوری (سنتی) دانشجو باید خود به محاسبه بپردازد و و امکان چک­کردن 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 نابلدبودن 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-19 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 وب­سایت های داخلی مشابه برای مصارف دانشگاهی و حتی مدارس، سیاست­گذاری­های مالی مورد نظر صورت پذیرد. در این مقاله با مطالعه ی 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 25 درصد، دانشجویان بیشتری ضریب هال را با روش مجازی صحیح به دست آورده اند.

**منابع فارسی**

لهراسبی محمد (1399)، آموزش شیمی به کمک آزمایشگاه مجازی در دوران کرونا، پژوهش در آموزش شیمی، 1399، سال 2، ش 2، ص 21-3.

مدانلو ياسمن، سالاريان فرانك (1390)، بررسي نقش دانشگاه هاي مجازي در دست يابي به اهداف آموزش عالي، فصلنامه فن آوري اطلاعات و ارتباطات در علوم تربيتي، تابستان 1390 ، سال 1، ش 4، ص 132-147.

شاه بیگی فرزانه ، نظری سمانه (1390)، آموزش مجازی: مزایا و محدودیت‌ها، ، مجله توسعه و آموزش پزشکی، زمستان 1390، سال 6، ش 1، ص 47 -54.

انصاري جوینی اشکان (1396)، نقش فناوري هاي نوين در آموزش فيزيك، هجدهمين كنفرانس آموزش فيزيك ايران و هشتمين كنفرانس فيزيك و آزمايشگاه، شهریور 1396.

سهیل گنجه فر (1384)، کاربرد دور آزمایشگاه در دانشگاه مجازی، پیک نور، 1384، سال 3، ش 2، ص 98-120.

سعد محمدی معصومه ، سرمدی محمدرضا ، فرج الهی مهران ، قربان نیا دلاور آرش (1394)، مطالعۀ وضعیت آموزش عالی مجازی از لحاظ خدمات آموزش ارائه شده در ایران، نشریه پژوهش در نظام‌های آموزشی، تابستان 1394، سال 9، ش 29، ص 32-49.

مستور هانیه ، علی آبادی خدیجه ، مقدسین مریم (1391)، بررسی تأثیر آزمایشگاه مجازی و واقعی بر یادگیری و یادداری در درس فیزیک و آزمایشگاه، روانشناسی تربیتی، پاییز 91، سال 8، ش 25، ص 90-109.

جهانيان رمضان, اعتبار شكوفه (1391)، ارزيابي وضعيت آموزش مجازي در مراكز آموزش الكترونيكي دانشگاه هاي تهران از ديدگاه دانشجويان، فن آوري اطلاعات و ارتباطات در علوم تربيتي، تابستان 1391، سال 2، ش 4، ص 53-65.

نصیری فهیمه، عوامل (1384)، زیربنایی در استقرار یک نظام مجازی، پیک نور، 1384، سال 3، ش 2، ص 96-99.

پاك سرشت صديقه، خليلي ثابت مسعود، واحدي محمدعلي، منفرد آرزو (1395)، مقايسه دانش و نگرش دانشجويان آموزش مجازي با دانشجويان غير مجازي در مورد آموزش الکترونيکي، پژوهش در آموزش علوم پزشكي، زمستان 1395، سال 8، ش 4، ص 59-66.

**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.

1. [استادیار](mailto:استادیار)، عضو هیئت علمی دانشکده فیزیک دانشگاه علم و صنعت، Amrollahir@iust.ac.ir [↑](#footnote-ref-1)
2. دانشجوی کارشناسی ارشد رشته فیزیک گرایش ماده چگال، دانشکده فیزیک دانشگاه علم و صنعت، mahtab\_khakbaz@physics.iust.ac.ir [↑](#footnote-ref-2)