

معرفی و بررسی سامانه جامع آزمایشگاه‌های مجازی دانشگاه آمریتا

رضوانه امراللهی بیوکی^۱، پریسا ملکی^۲

چکیده

سیستم آموزشی جهان قبل از همه‌گیری بیماری کووید-۱۹ دچار بحران ترک تحصیل، توزیع نادرست تجهیزات آموزشی، عدم دسترسی حدود ۲۵۰ میلیون دانش آموز به مدرسه بوده است. همه‌گیری بیماری کووید-۱۹ باعث تعطیل شدن بسیاری از مدارس و دانشگاه‌ها و مضاعف شدن معضلات آموزشی شده است. یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در این دوران، برای دروس آزمایشگاه‌های عملی بوده است. سامانه‌های آزمایشگاهی جامع بر پایه وب که بدون نیاز به نرم افزارهای پیچیده و در دسترس همگان علی‌الخصوص دانشگاه‌ها و مدارس باشند، نیازی است که در دوران پساکووید هم مورد توجه خواهد بود. ازین رو ابتدا باید نمونه‌های موفق موجود در جهان بررسی شوند تا بتوان نسخه بومی آن را پیاده سازی کرد. در این مقاله سعی شده به معرفی و بررسی وب سایت جامع آزمایشگاه‌های مجازی دانشگاه آمریتا پرداخته شود. این وب‌سایت با ساختار به‌روز، بسیاری از رشته‌های مهندسی و علوم پایه را در عین رایگان بودن در بردارد. استفاده از این وب سایت شبیه سازی شده برای اولین بار در کشور و برای درس آزمایشگاه حالت جامد پیشرفته دانشگاه علم و صنعت ایران بررسی و نقد شده است.

کلمات کلیدی: آزمایشگاه مجازی، آموزش مجازی، سامانه آزمایشگاه آمریتا و آزمایشگاه فیزیک

مقدمه

آزمایشگاه‌های مجازی تحول بزرگی در عرصه ی آموزش علوم مختلف بوده اند. در حال حاضر بسیاری از کشورها یادگیری فیزیک و علوم دیگر را در این زمینه ارتقا دادند. استفاده از سامانه آزمایشگاه‌های مجازی امروزه همه گیر است و کاربران می توانند در هر ساعتی از شبانه روز و در هر مکانی به صورت برخط (آنلاین) آزمایش خود را به بهترین شکل انجام دهند (Heradio, 2016). در حالی که آزمایشگاه‌های فیزیکی سنتی این امکان را صلب می‌کنند. البته به این نکته نیز باید توجه داشت که آزمایشگاه مجازی هیچ گاه نمی تواند به طور کامل جایگزین آزمایشگاه حضوری شود (Makransky, 2019). ولی آزمایشگاه‌های مجازی در عین حال مقرون به صرفه هستند. وب‌سایت آمریتا وابسته به دانشگاه آمریتا در کشور هند از فناوری‌های جدید یادگیری بهره گرفته و برای نسل جدید دانشجویان جذاب است. این سایت با استفاده از توضیح کامل بخش تئوری و داشتن شبیه ساز آزمایش و استفاده از انیمیشن‌ها، یادگیری آزمایشگاه‌های مجازی برای علوم فیزیک، شیمی و آسان تر می‌کند و افراد می‌توانند شبیه ساز آزمایش‌های مختلف را به صورت برخط تماشا کنند و تا حدودی با کارکرد دستگاه‌ها آشنا شوند. محیط‌های آزمایش با استفاده از پیشرفته ترین فناوری‌ها شبیه سازی شده اند. اغلب رشته‌های تحصیلی علوم پایه و مهندسی دارای واحد‌های عملی هستند که می‌توان آنها را به دو صورت حضوری (سنتی) و مجازی ارائه کرد. با توجه به بیماری کووید-۱۹ و هم چنین کمبود ابزارهای آزمایشگاهی

^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،

Parisa_maleki@physics.iust.ac.ir

در برخی دانشگاه ها یا مدارس می توان به صورت بر خط و مجازی آزمایش های فیزیک را در وب سایت ها به خوبی انجام داد (Achuthan, 2018). برای آزمایشگاه های مجازی گزینه های بسیار زیادی وجود دارد مانند: Physics Simulations, Corocodil Physics, PhET, Physics Vlab و Amrita virtual lab (Fang, 2000).

Amrita university یا Amrita vishwa Vidyapeetham یک از جوانترین دانشگاه های هند است که سرعت بسیار بالایی در رشد علم داشته است. این دانشگاه دارای بالاترین درجه الف از شورای ملی ارزیابی و اعتبار سنجی هند است. سامانه آمریتا در پاسخ به مأموریت ملی وزارت توسعه منابع انسانی هند در زمینه آموزش از طریق فناوری اطلاعات و ارتباطات طراحی شده است. پروژه آزمایشگاه های مجازی و قابل دسترس برای آموزش جهانی و برای دانشجویان کالج و دانشگاه ها در سراسر هند که ممکن است به امکانات یا تجهیزات آزمایشگاهی کافی دسترسی نداشته باشند. این آزمایشگاه مجازی فقط به اینترنت با پهنای باند مناسب و مرورگر وب استاندارد نیاز دارند. بیش از سیصد آزمایشگاه مجازی برای نه رشته اصلی علوم و مهندسی را در بر می گیرد. این پروژه با مأموریت ملی و جهانی تا کنون با میلیون ها دانشجوی مهندسی و علوم پایه در سطوح کارشناسی و کارشناسی ارشد ارتباط برقرار کرده است (Achuthan, 2011).

آزمایشگاه مجازی یک محیط یادگیری تعاملی سه بعدی همه جانبه است که محیط یادگیری بسیار شبیه به محیط حقیقی آزمایشگاه است. بیش از ۱۰۰۰ مدرسه، کالج و دانشگاه در سراسر جهان از آزمایشگاه مجازی به عنوان منبع یادگیری و به عنوان مکمل یا جایگزین آزمایشگاه حضوری در طول همه گیری ویروس کووید-۱۹ استفاده کرده اند (Osman, 2021). علی رغم قابلیت های فراوان وبسایت آزمایشگاه های مجازی آمریتا و رایگان بودن آن تاکنون گزارشی مبنی بر استفاده آن در کشور گزارش نشده است و برای اولین بار در درس آزمایشگاه حالت جامد پیشرفته دانشگاه علم و صنعت بررسی و استفاده شده است. استفاده از آزمایشگاه مجازی می تواند در موارد زیر کمک کننده باشد.

- آزمایشگاه مجازی به عنوان کمک بصری برای آموزش مفاهیم پیچیده:

از آزمایشگاه های مجازی می توان برای کمک به دانش آموزان و دانشجویان در توضیح مفاهیم پیچیده نظری استفاده کرد. یک تجربه بصری و همه جانبه می تواند به دانش آموزان کمک کند که مفاهیم پیچیده ای مانند ترکیب DNA را درک کنند.

- ابزاری برای به روزکردن دانش دانشجویان و دانش آموزان:
- یک تمرین قبل از آزمایشگاه حضوری :

می تواند به عنوان یک تمرین برای آموزش اقدامات ایمنی، تکنیک ها و روش های ایمنی مورد نیاز دانشجویان قبل از انجام آزمایش حضوری مورد استفاده قرار گیرد.

- برای تسهیل یادگیری بر خط در زمان شیوع همه گیری بیماری
- آزمایشگاه مجازی به عنوان یک تمرین برای بعد از درس آزمایشگاه حضوری :

قابل ذکر است که با توجه به فواید بسیار زیادی که آزمایشگاه های مجازی دارند نقاط ضعف و معایبی نیز دارند:

- کمبود امکانات، ابزارهای هوشمند و نبود اینترنت با سرعت مناسب در برخی نقاط کشور

- عدم یادگیری مسائل ایمنی در مواجهه با دستگاه‌های آزمایشگاهی

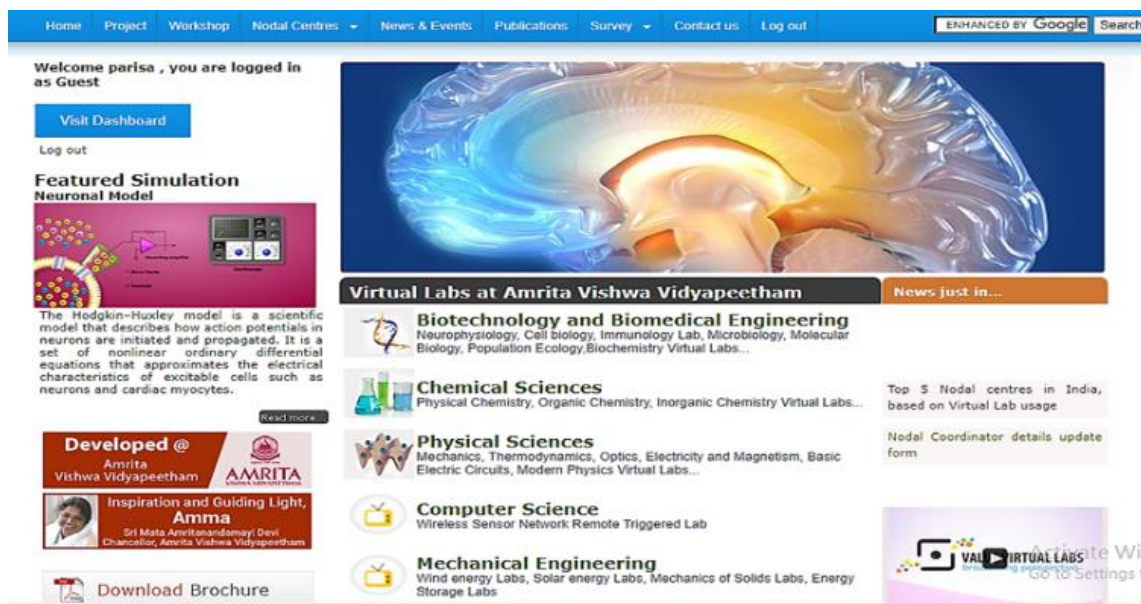
معرفی وب سایت آمریتا و آزمایش‌های ارائه شده در آن و طریقه ی ثبت نام در آن :

پس از جستجوی ادرس وب سایت <https://vlab.amrita.edu> اولین صفحه ی وب سایت که در شکل یک نشان داده شده است وارد می شود.



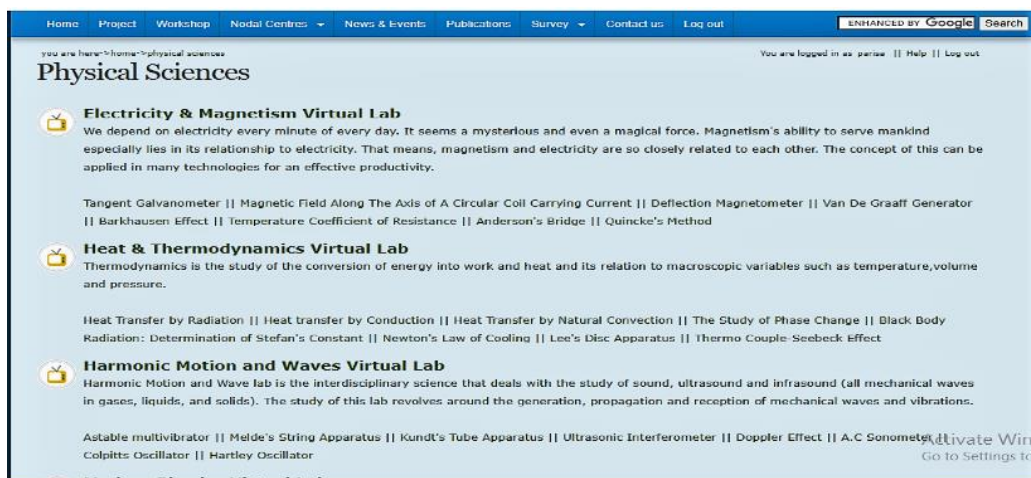
شکل ۱: اولین صفحه ی وب سایت آمریتا جهت ثبت نام و ورود

بعد از وارد کردن ایمیل و انتخاب رمز برای صفحه شخصی وارد صفحه شکل دو خواهد شد. استفاده از این وب سایت در راستای اهداف بشردوستانه دانشگاه آمریتا در حال حاضر برای دانشجویان در سراسر جهان رایگان است.



شکل ۲: صفحه ی اصلی وب سایت آمریتا، زمینه های علمی مختلف قابل مشاهده است.

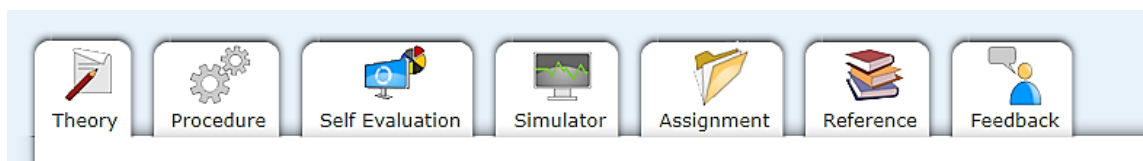
به طور مثال برای رشته فیزیک، آزمایشگاه‌های درسی مختلف در شکل ۳ نمایش داده شده است.



شکل ۳: آزمایش‌های مربوط به رشته ی فیزیک

وب سایت آمریتا آزمایش‌های مربوط به رشته شیمی را در ۴ دسته ارائه کرده است که تعداد آزمایش‌های این ۴ دسته نزدیک به ۳۷ عدد است. رشته بیوتکنولوژی و مهندسی پزشکی شامل ۲۵ دسته و نزدیک به ۲۲۷ آزمایش است. رشته فیزیک آزمایش‌های خود را در ۱۰ دسته ارائه کرده است که شامل ۸۱ آزمایش است. مهندسی پزشکی نیز شامل ۴ دسته و ۳۴ آزمایش را دارا است. هر آزمایش نیز دارای ۶ بخش است (شکل ۴).

بخش اول تئوری آزمایش است که شامل هدف و معرفی ابزارهای مورد استفاده است. بخش دوم روند آزمایش را بیان می‌کند و با توجه به این بخش می‌توان به طور کامل آزمایش را انجام داد. بخش سوم شبیه ساز آزمایش است که دانشجویان با توجه به فعالیت‌های گفته شده در بخش دوم آنها را انجام خواهد داد. بخش چهارم بخش انجام تکالیف است و وظایفی را بر عهده ی دانشجویان خواهد گذاشت که با حل این تمرین‌ها به درک بالایی از آزمایش خواهد رسید. بخش پنجم بخش منابع و بخش ششم بخش ارزیابی شخصی است.



شکل ۴: نوار مربوط به بخش‌های مختلف یک آزمایش

آزمایشگاه مجازی شیمی آمریتا آزمایش‌های خود را در ۴ دسته ارائه می‌دهد:

(۱) شیمی فیزیک، (۲) شیمی آلی، (۳) شیمی معدنی (۴) شیمی تحلیلی پیشرفته

آزمایش‌های بخش مهندسی مکانیک نیز در ۴ بخش ارائه شده است:

(۱) انرژی باد (۲) انرژی خورشیدی (۳) مکانیک جامدات (۴) ذخیره انرژی

و در بخش مهندسی کامپیوتر درسی را تحت عنوان آزمایشگاه راه اندازی شبکه از راه دور سنسور بی سیم (آزمایشگاه سنجش از راه دور بی سیم، آزمایش، نظارت و مدیریت) می توان مشاهده کرد. در پیوست جدول های منتخب از آزمایش های رشته های مختلف آورده شده است. در این قسمت فقط به بررسی آزمایش های مربوط به رشته فیزیک پرداخته می شود.

سامانه جامع آمریتا برای این رشته آزمایش های تقریباً کاملی را در ۱۰ درس ارائه کرده است :

(۱) الکتریسیته و مغناطیس (۲) گرما و ترمودینامیک (۳) حرکت نوسانی و موج ها (۴) فیزیک مدرن (۵) اپتیک و لیزر (۶) مکانیک (۷) مدار های الکتریکی (۸) مکانیک پیشرفته (۹) اپتیک پیشرفته (۱۰) حالت جامد

جدول ۱: درس های مربوط به رشته فیزیک و شرح آزمایش های آن در سامانه آمریتا

۱) آزمایشگاه مجازی الکتریسیته و مغناطیس	۲) آزمایشگاه مجازی گرما و ترمودینامیک	۳) آزمایشگاه مجازی حرکت نوسانی و موج ها	۴) آزمایشگاه مجازی فیزیک مدرن	۵) آزمایشگاه مجازی اپتیک و لیزر
گالوانومتر	انتقال گرما توسط تابش	اثر داپلر	آزمایش فرانک - هرتز	تداخل سنج مایکلسون - ضریب شکست صفحه ی شیشه ای
میدان مغناطیسی در امتداد محور جریان سیم پیچ دایره ای	انتقال گرما توسط هدایت	تداخل سنج اولتراسونیک	صفحه ی خورشیدی	حلقه های نیوتن - ضریب شکست مایعات
مغناطیس سنج انحرافی	انتقال گرما توسط همرفت طبیعی	نوسانگر Hartley	اثر فوتوالکتریک	تداخل سنج مایکلسون - طول موج پرتوی لیزر
ژنراتور Van De Graaff	-مطالعه ی تغییر فاز	-مولتی وایر اتور پایدار	یافتن ثابت پلانک	واگرایی پرتو لیزر و اندازه ی لکه
اثر Barkhausen	-تشعشع جسم سیاه : تعیین ثابت استفان	دستگاه Melde's String	طیف های انتشار	حلقه های نیوتن - طول موج نور
ضریب مقاومت دما	Newton's Law of Cooling	دستگاه Kundt's Tube	خصوصیات مواد مغناطیسی از طریق هیستریزس	تعیین زاویه ی بروستر
پل اندرسون	دستگاه Lee's Disc	A.C Sonometer	قطره روغن میلکان	دیافراگم عددی فیبر نوری
روش Quincke	اثر Thermo Couple Seebeck	نوسان ساز Colpitts	Abbe's Refractometer	

ادامه جدول شماره ۱

۶) آزمایشگاه مجازی فیزیک مکانیک	۷) آزمایشگاه مجازی مدار های الکتریکی	۸) آزمایشگاه مجازی مکانیک پیشرفته	۹) آزمایشگاه مجازی اپتیک پیشرفته	۱۰) آزمایشگاه مجازی حالت جامد
لحظه ی سکون چرخ و فلک	مدارهای RC موازی	ضریب سفتی سیم تعلیق آونگ پیچشی	توان تجزیه ی یک منشور	ویژگی های دیود زنر
اونگ بالستیک	مدارهای LC موازی	مدول یانگ - nonuniform bending	زاویه منشور با استفاده از طیف سنج	ویژگی های ترمیستور
حرکت پرتابه	قضیه ی Thevenin	آونگ مرکب متقارن	اسپکترومتر منحنی i-i'	مقاومت به روش چهار پروب
بر خورد الاستیک و غیر الاستیک	مدار های سری RL	پاندول Kater	اسپکترومتر منحنی i-d	منحنی B-H
بر خورد توپ ها	قضیه ی Norton	محاسبه مدول یانگ	Spectrometer-Determination of Cauchy's constants	آزمایش اثر هال
قانون دوم حرکت نیوتون	مدار های سری LCR	ممان اینرسی پاندول پیچشی	طیف سنج، ضریب شکست مواد منشور	آزمایش Cornus

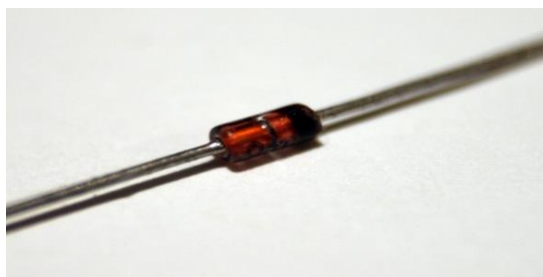
ممان اینرسی چرخ	قوانین کیریشهوف	Rigidity Modulus	طیف سنج، قدرت پراکندگی منشور	دیود زنر به عنوان تنظیم کننده ولتاژ
نوسانات پیچشی در مایعات مختلف	مدار های سری RC,LC,LCR,RL		پراش سنج Diffraction Grating	ساختار کریستالی

آزمایشات بسیار زیادی در این وب سایت وجود دارند اما تمرکز در این پژوهش بر روی شاخه ی فیزیک حالت جامد و ماده چگال است. در آزمایشگاه حالت جامد ۸ آزمایش اصلی این شاخه در این وبسایت وجود دارد که می توان به صورت شبیه سازی شده با دستگاه های آن کار کرد و داده های مورد نظر را به دست آورد. به طور مثال در این بخش به آزمایش "دیود زنر به عنوان تنظیم کننده ولتاژ" به طور دقیق تر پرداخته می شود.

الف-مشخصات دیود زنر:

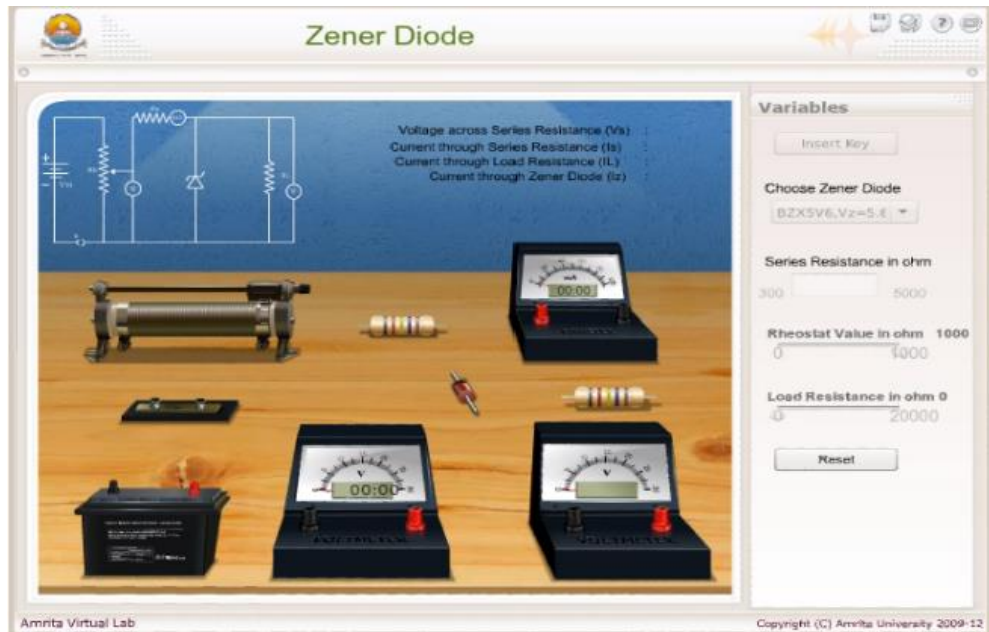
دیود یک جز الکترونیکی است که از دو الکتروود به نام های آند و کاتد تشکیل شده است. بیشتر دیود ها از مواد نیمه رسانا مثل سیلیکون و ژرمانیوم یا سلنیوم ساخته می شوند (Witt, 2000). از دیودها می توان به عنوان یکسو کننده ها، محدود کننده های سیگنال، تنظیم کننده های ولتاژ، کلیدها، تعدیل کننده های سیگنال، میکسرهای سیگنال، دمولاتورهای سیگنال و اسیلاتورها استفاده کرد.

در این آزمایش نوع خاصی از دیود ها به نام دیود زنر مدنظر است. دیود زنر هم مثل یک دیود نیمه هادی عادی جهت جریان را به یک سمت هدایت می کند اما خصوصیت منحصر به فرد آن این است که وقتی ولتاژ به یک مقدار مشخص (ولتاژ شکست) میرسد به جریان اجازه می دهد که در جهت معکوس حرکت کند. در این آزمایش دانشجو نمودار مشخصه I-V یک دیود اتصال را رسم می کند.



شکل ۵: نمایی از دیود زنر

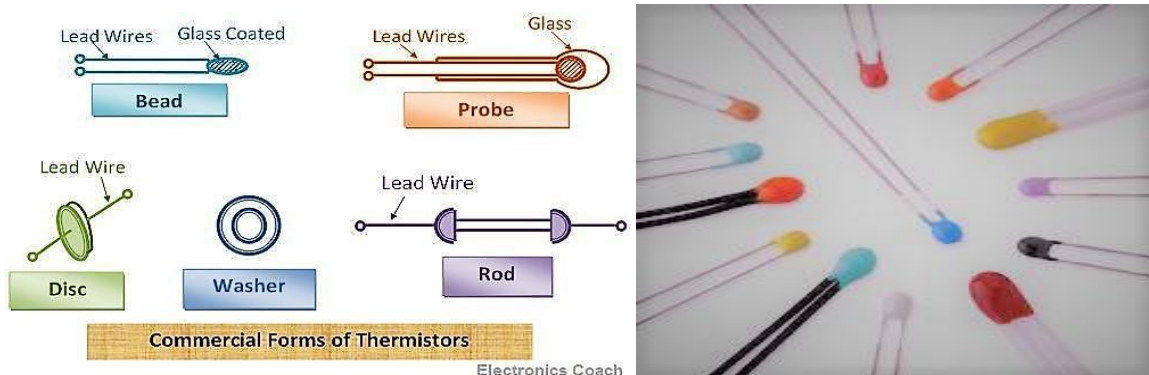
محیط انجام آزمایش به صورت شکل ۶ است. در شکل گزینه ی insert a key button را قرار دارد. از این گزینه برای قرار دادن دکمه روی کلید متصل به باتری استفاده کرده است. این کلید فقط در صورت کامل بودن اتصال فعال میشود.



شکل ۶: محیط آزمایش دیود زنر

قدم دوم انتخاب دیود زنر است. جعبه ی ترکیبی برای انتخاب دیود های مختلف زنر با ولتاژهای متفاوت استفاده می شود. مرحله ی بعدی، انتخاب مقدار مقاومت سری است که می توان مستقیماً در قسمت مربوطه وارد کرد. سپس با استفاده از لغزنده رئوستات را کنترل کرد. مقدار مقاومت بار را باید با استفاده از نوار لغزنده تنظیم یا تغییر داد و نهایتاً دکمه ی reset برای تنظیم مجدد همه ی اتصالات است.

ب - مشخصات ترمیستور : ترمیستور نوعی مقاومت است که مقاومت آن به شدت به دما بستگی دارد. کلمه ترمیستور ترکیبی از کلمات "حرارتی" و "مقاومت" است. ترمیستور عنصر حسگر دما است که از مواد نیمه رسانای متخلخل و گاهی مخلوطی از اکسیدهای فلزی مانند منگنز، نیکل، مس و آهن تشکیل شده است که متناسب با تغییر اندک دما، مقاومت زیادی را نشان می دهد. فلزات خالص دارای ضریب مقاومت دمایی مثبت، آلیاژها تقریباً برابر ضریب مقاومت صفر هستند و نیمه هادی ها دارای ضریب مقاومت دمایی منفی هستند.



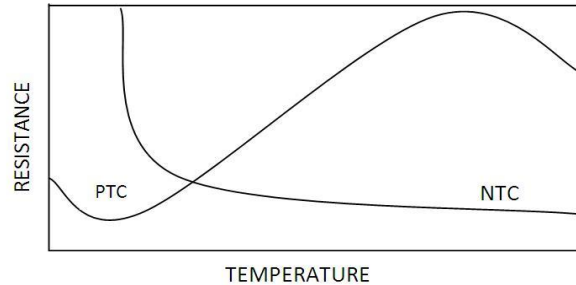
شکل ۷: ترمیستور های مختلف و ساختار آنها

ترمیستورها را می توان به دو نوع طبقه بندی کرد:

۱- ترمیستور ضریب دمای مثبت که با افزایش دما مقاومت افزایش می یابد.

۲- ترمیستور ضریب دمای منفی که با افزایش دما مقاومت کاهش می یابد.

ترمیستور یک ویژگی بسیار غیرخطی از مقاومت در برابر دما را نشان می دهد به نمودار شماره ۸ دقت کنید:



شکل ۸: نمودار مقاومت – دما ترمیستور که بیانگر ویژگی غیر خطی است

از ترمیستور های ضریب دمای مثبت می توان به عنوان عناصر گرمایشی در کوره های کنترل شده با درجه حرارت کوچک استفاده کرد و از ترمیستور های ضریب دمای منفی می توان به عنوان دستگاه های محدود کننده ی جریان تهاجمی در مدار های منبع تغذیه استفاده کرد. جریان هجومی به جریان مصرفی بار الکتریکی در لحظه اتصال بار به منبع تغذیه گفته می شود. ترمیستورها در اندازه ها و اشکال مختلف موجود هستند. کوچکترین اندازه ی دانه ها با قطر ۰.۱۵ میلی متر تا ۱.۲۵ میلی متر هستند. برای تغییر دمای ترمیستور داخلی یا خارجی دو روش اساسی وجود دارد. دمای ترمیستور را می توان با تغییر دمای محیط اطراف و در داخل با گرمایش خود حاصل از جریانی که در دستگاه جریان دارد تغییر داد. وابستگی مقاومت به دما را می توان با معادله زیر تقریب زد :

$$R = R_0 \exp \beta \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \quad (1)$$

R مقاومت ترمیستور در دمای T است دمای T بر حسب کلوین بیان میشود.

R_0 مقاومت ما در دمای T_0 است این دما نیز بر حسب کلوین بیان میشود. β ثابت ماده ی خاص است. ثابت خاص ترمیستور ضریب دمای منفی اندازه گیری مقاومت آن در یک دما نسبت به مقاومت آن در دمای متفاوت است (Razeghi, 2006).

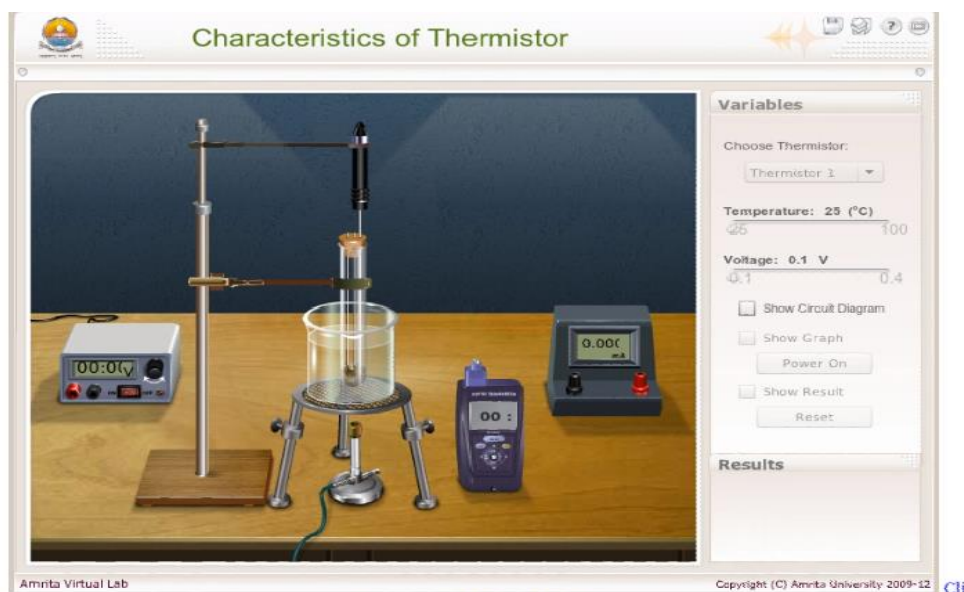
$$\frac{dR}{dT} = -\frac{\beta R}{T^2}$$

$$\alpha = -\frac{dR}{RdT}$$

اگر از رابطه ی ۱ لگاریتم میگیریم :

$$\beta = \frac{\log R - \log R_0}{\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}} \quad (2)$$

$$\alpha = \frac{-\beta}{T^2} \quad (3)$$



شکل ۹: محیط کار آزمایش ترمیستور

نتیجه گیری :

آزمایشگاه مجازی بر پایه وبسایت شبیه سازی شده یکی از روش جایگزین کلاس های درس آزمایشگاه به روش حضوری است که در دروان همه گیری بیماری کووید-۱۹ مورد استفاده قرار گرفته است. در این مقاله به معرفی یکی از این وبسایت ها از دانشگاه آمریتا در هند پرداخته شد. قابلیت ها و بخش های مختلف وبسایت برای رشته های مختلف بررسی شد. به طور خاص آزمایش های رشته فیزیک به طور مفصل بیان شد و به عنوان نمونه دو آزمایش مربوط به درس حالت جامد، آزمایش دیود زنر و آزمایش ترمیستور، دقیق تر و به همراه جزییات شرح داده شد. علی رغم رایگان بودن این وبسایت و امکانات فراوان آن تا کنون گزارشی مبنی بر استفاده از آن برای دروس مجازی در کشور ملاحظه نگردیده است. این آزمایشگاه برای اولین بار در درس حالت جامد پیشرفته دانشگاه علم و صنعت ایران گزارش گردید.

منابع:

Achuthan, K., Sreelatha, K. S., Surendran, S., Diwakar, S., Nedungadi, P., Humphreys, S., . . . Mahesh, S. (2011). The VALUE @ amrita virtual labs project: Using web technology to provide virtual laboratory access to students. Paper presented at the Proceedings - 2011 IEEE Global Humanitarian Technology Conference, GHTC 2011, 117-121.

Achuthan, K., Kolil, V. K., & Diwakar, S. (2018). Using virtual laboratories in chemistry classrooms as interactive tools towards modifying alternate conceptions in molecular symmetry. *Education and Information Technologies*, 23(6), 2499-2515.

Fang, H., Wu, H., Yang, P., & Zhai, C. X. (2014). VIRLab: A web-based virtual lab for learning and studying information retrieval models. Paper presented at the SIGIR 2014 - Proceedings of the 37th International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval, 1249-1250.

Heradio, R., De La Torre, L., Galan, D., Cabrerizo, F. J., Herrera-Viedma, E., & Dormido, S. (2016). Virtual and remote labs in education: A bibliometric analysis. *Computers and Education*, 98, 14-38.

Makransky, G., Terkildsen, T. S., & Mayer, R. E. (2019). Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning. *Learning and Instruction*, 60, 225-236.

Razeghi, M. (2006). Fundamentals of solid state engineering. Fundamentals of solid state engineering (pp. 1-882)

Witt, D., & Reymann. (2000). Using power spectra and allan variances to characterise the noise of zener-diode voltage standards. *IEE Proceedings: Science, Measurement and Technology*, 147(4), 177-182.

Usman, M., Suyanta, & Huda, K. (2021). Virtual lab as distance learning media to enhance student's science process skill during the COVID-19 pandemic. Paper presented at the *Journal of Physics: Conference Series*, 1882(1)

پیوست

جدول ۲: آزمایش‌های مربوط به رشته شیمی

۱- شیمی فیزیک	۲- شیمی آلی	۳- شیمی معدنی	۴- شیمی تحلیلی پیشرفته
طیف سنجی (spectrophotometry)	تشخیص گروه‌های عملکردی	تجزیه و تحلیل آب- تعیین پارامترهای فیزیکی	تعیین میزان کربن آلی موجود در خاک
(cryoscopy)	تشخیص عناصر: آزمایش Lassaigne	تجزیه و تحلیل آب- تعیین پارامترهای شیمیایی	تعیین میزان نیتروژن موجود در خاک ب
Ebullioscopy	جداسازی ترکیبات با استفاده از کروماتوگرافی ستونی	تیترا کردن اسید - باز	تعیین میزان فسفر موجود در خاک به روش
اندازه گیری EMF	تصفیه با تقطیر جزئی/تبلور	تخمین وزنی باریوم	برآورد الکتروگرامتری فلزات
تعیین ویسکوزیته ی حلال های آلی	تصفیه با تقطیر بخار /تبلور	تخمین وزنی نیکل	برآورد محتوای فسفات در نوشابه ها
ایزوترم جذب	فتومتر فلاش لیزری	نظریه میدان بلور	فوتومتري شعله
(Tafel equation)	آماده سازی آلی _ ترکیب ایزاتین	نظریه گروهها	پولاروگرافی-تعیین غلظت ناشناخته کادمیوم
تعیین ویسکوزیته ی میانگین وزن مولکولی پلیمر	تخمین آسپرین	تجزیه و تحلیل الیاژ (برنج)	پولاروگرافی- تعیین غلظت ناشناخته ویتامین C
(Calorimetry)	تخمین گلوکز	تعیین رسانایی خاص خاک	
	محاسبه ی لامبدای (لاندا) ماکزیمم ترکیبات آلی با استفاده از قوانین Woodward Fieser	تعیین pH خاک	

جدول ۳: آزمایش‌های مربوط به رشته بیوتکنولوژی و مهندسی پزشکی

۱) بیوانفورماتیک و علم داده در بیوتکنولوژی	۲) نوروفیزیولوژی	۳) شبیه سازی نورون	۴) بیوشیمی I	۵) بیوشیمی II	۶) اکولوژی جمعیت I
نوشتن و خواندن داده های متوالی در R	آماده سازی برش مغز	مدل سازی پتانسیل های استراحت در سلول های عصبی یا نورون ها	تجزیه و تحلیل کیفی کربوهیدرات ها	جداسازی β -Amylase: سیب زمینی شیرین	جمعیت با رشد مداوم و گسسته
خواندن FASTA با استفاده از SequinR	مدل نورون ساده - نورون HH	مدل سازی پتانسیل های عمل (action)	ته نشینی ایزوالکتریک پروتئین ها	Zymography	گسترش افات جمعیت-تهاجم جمعیت
تنظیم توالی زوجی از توالی پروتئین یا DNA	تکنیک Patch Clamp	مدلسازی یکسوساز تاخیری کانال های پتاسیم	برآورد کمی اسیدهای آمینه توسط نین هیدرین	استخراج کافئین از چای	ساختار سنی Leslie Matrix

Stage Structured Leslie Matrix	ساخت منحنی استاندارد Maltose با روش DNS	جداسازی اسیدهای آمین به استفاده از کروماتوگرافی لایه نازک	مدل سازی کانال یون سدیم و اثرات آن بر پیام رسانی عصبی	تکنیک Current Clamp	استعلام پایگاه داده NCBI در R
دینامیک فراجمعیت مدل Levins	جداسازی رنگدانه های گیاهی با استفاده از کروماتوگرافی ستونی	برآوردی از صابون سازی و مقدار چربی ها و روغن های آن	پروتکل Current Clamp	تکنیک Voltage Clamp	بازیابی توالی پروتئین UniProt در R
رقابت بین گونه ای و همزیستی	مطالعات ساختاری از Phycobiliproteins Spirulina	تشخیص تقلب در شیر	پروتکل Voltage Clamp	مطالعه ی انتقال Synaptic	تجزیه و تحلیل محتوای سیتوزین – گوانین و میانی آمار توالی DNA
تأثیر رقابت بین گونه ای بر مرز گونه ها	ساخت منحنی استاندارد پروتئین با استفاده از روش Folin's Lowry	تجزیه و تحلیل کیفی اسید آمینه	درک رابطه ی فرکانس – جریان	اندازه گیری پتانسیل های میدانی با استفاده از تراشه های MEA	
رشد جمعیت لجستیکی: پیوسته و گسسته	تأثیر غلظت لایه بر سینتیک آنزیم ها	برآورد مقدار ید در چربی ها و روغن ها	نمودار جریان – ولتاژ	درک ویژگیهای غیرفعال یک نورون ساده	
دینامیک انگل واره – میزبان	تأثیر دما بر سینتیک آنزیم	منحنی تیتراسیون اسیدهای آمینه	تأثیر مسدود کننده های دارویی بر پتانسیل عمل	اثرات کانال های یونی در بیوفیزیک غشایی	
حفاظت از گونه های در خطر انقراض		برآورد قند خون با روش Glucose oxidase		تأثیر نویز بر روی عصب های افزایش یافته	

جدول ۳: ادامه آزمایش های مربوط به رشته بیوتکنولوژی و مهندسی پزشکی

۸) اکولوژی جمعیت II	۹) ایمونولوژی I	۱۰) ایمونولوژی II	۱۱) میکروبیولوژی I	۱۲) میکروبیولوژی II	۱۳) زیست شناسی مولکولی I	۱۴) زیست شناسی مولکولی II
شبیه سازی Lotka Volterra	جمع آوری سرم از خون	انتشار دوگانه Ouchterlony- titration	روش Gram Stain	تست Voges Proskauer	تهیه سهام بافر TE, (TBE TAE)	آماده سازی فنول متعادل
Effect of Predator Efficiency on Equilibrium Densities & Pop. Stability	آزمایش گروه بندی خون	انتشار دوگانه Ouchterlony- titration	تکنیک آسپتیک و انتقال میکروارگانیزم ها	Triple Sugar Iron Agar	جداسازی پلاسمید	جداسازی RNA
تأثیر رفتار اجتماعی بین جمعیت شکار-شکارچی	Latex Agglutination	تصفیه آنتی بادی های igitg با سولفات آمونیم	روش Streak Plate	تست Urease	استخراج DNA از ماهیان باله	الکتروفورز ژل پلی اکریل آمید
اثرات حمل ظرفیت و اشباع در دینامیک طعمه شکارچی	INDIRECT Elisa	حذف تیموس و طحال از موش	Motility Test	آزمایش شیر لیتموس	روش هات شات استخراج DNA	Ligation (Using T4 DNA Ligase)

واکنش زنجیره ای پلیمراس (PCR)	Agarose Gel Electrophor esis (AGE)	Slide Culture Technique for Fungi	Catalase and Coagulase Test	بیپوشی و جمع آوری خون موش	DIRECT Elisa	Harvesting a Prey Population
	هضم محدود کننده	سنتجش پلاک باکتریوفاژ برای تیتراژ	شناسایی میکروارگانسیم ها	تزریق های Parenteral	SANDWICH Elisa	تغذیه مطلوب با حداقل زمان: موردی برای جستجوی شکارچیان
آبکاری باکتریوفاژ	نگهداری و ذخیره سازی سلول های DH5alpha E.coli	جداسازی و شناسایی جهش یافته های Auxotroph C و مقاوم به دارو	Lecithinase Test	برچسب گذاری فلورسنت آنتی بادی ها	سنتجش ELISPOT	تغذیه ی مطلوب : جستجوی شکارچیان که انرژی را به حداکثر می رسانند
Plasmid Curing	آماده سازی سلول شایسته (درمان کلرید کلسیم)	جداسازی و شناسایی دو ناشناخته باکتریایی	منحنی رشد باکتری	تجزیه IgG با استفاده از Papain	برچسب گذاری آنتی بادی HRP	گرده افشان های بهینه
استخراج DNA باکتریوفاژ از کشتهای بزرگ با استفاده از پروتئیناز K و SDS	دگرگونی سلولهای میزبان	مسیرهای تلقیح و بررسی در تخمک های جنینی	آزمایش تخمیر کربوهیدرات	تجزیه IgG با استفاده از پپسین	استخراج آنتی بادی IgG از تخم مرغ ایمن سازی شده	تغذیه ی مطلوب: نشستن و منتظر ماندن شکارچیان که انرژی را به حداکثر می رسانند
تهیه ذخایر باکتریوفاژ لامبدا با لیز صفحه و شستشو	استخراج DNA از ژل آگاروز	توالی یابی RNA ریبوزومی S16	Differential and Cytological Staining Techniques		جداسازی لنفوسیت ها از خون کامل	میکرو پارازیت و ماکرو پارازیت-دینامیک میزبان

جدول ۳: ادامه آزمایش های مربوط به رشته بیوتکنولوژی و مهندسی پزشکی

زیست شناسی سیستم ها (۲۱)	بیوانفورماتیک III (۲۰)	بیوانفورماتیک II (۱۹)	بیوانفورماتیک I (۱۸)	تجزیه و تحلیل تصویر بیولوژیکی (۱۷)	زیست شناسی سلول II (۱۶)	زیست شناسی سلول I (۱۵)
مدل سازی و شبیه سازی ریاضی شبکه بیوشیمیایی	تجسم ساختار ثانویه پروتئین	هم تراز ی جهانی دو دنباله الگوریتم Needleman Wunsch	بازیابی داده های متوالی از Entrez	مقدمه ای بر تجزیه و تحلیل تصویر بیولوژیکی	Lignin Staining	میکروسکوپ نوری
وارد و شبیه سازی کردن مدل ها از پایگاه های داده مختلف	محاسبه فاصله بین لیگاند و آمینو اسید خاص	Smith- Waterman Algorithm - Local Alignment of Sequences	مکان یابی کروموزوم یک ژن	تعیین مقدار لیگنین در بخشهای بافت	هموسیتومتر (شمارش سلول ها)	سازمان سلولی و مطالعات ساختار زیر سلولی (Prokaryotic and Eukaryotic)
برای وارد کردن و شبیه سازی یک مدل از مخزن	یافتن Active Site Pockets از یک مولکول پروتئین معین	تراز توالی زوجی با استفاده از BLAST	بازیابی داده های بیان ژن از GEO	تجزیه و تحلیل مورفولوژی سلول	تعمیر و نگهداری خطوط سلولی Mamalian	میکروسکوپ الکترونی عبوری
SBML	تجزیه و تحلیل ساختار اولیه پروتئین با ProtParam	تراز توالی زوجی با استفاده از FASTA	بازیابی مقالات با استفاده از PubMed	شمارش ذرات فلورسنت	پیوست سلولی	جداسازی Mitochondria

جداسازی کلروپلاست	مهاجرت سلولی	شمارش کل فلورسانس در یک سلول	پیدا کردن ORF از دنباله معین	تراز چند توالی با CLUSTAL W	تجزیه و تحلیل ساختار ثانویه یک پروتئین با SOPMA	ایجاد و تجسم یک مدل شبکه ساده
جداسازی شبکه آندوپلاسمی	Actin Assembly	تجزیه و تحلیل ژل های مولکولی (مطالعه موردی در الکتروفورز ژل پلی اکریل آمید)	بازیابی داده های ساختاری یک پروتئین با PDB	ساخت Cladogram	تجزیه و تحلیل سطحی پروتئین با CASTP	تجزیه و تحلیل شبکه های بیولوژیکی برای تشخیص ویژگی
مبانی فرهنگ بافت گیاهی	Mitosis in Onion Root Tips	Quantification of Stained Liver Cells	بازیابی اطلاعات موتیف پروتئین با استفاده از پروژیت	تجزیه و تحلیل فیلوژنتیک با استفاده از درختان ریشه دار PHYLP	بازیابی جزئیات یک مولکول دارو	ادغام شبکه های بیولوژیکی و داده های بیان ریزآرایه
سنجش جذب گلوکز	تکثیر سلولی	تعیین تعداد مستعمرات باکتریایی در یک Agar Plate	بازیابی اطلاعات ژن از پایگاه داده TAIR	تجزیه و تحلیل فیلوژنتیک با استفاده از درختان فاقد ریشه PHYLP	تبدیل فرمت های فایل شیمیایی	تجزیه و تحلیل شبکه با یافتن مازول های فرعی
Transfection	مطالعات مسمومیت در ماهی زبرا	میزان اسیدهای آمینه موجود در مخلوط	طراحی پرایمر	حاشیه نویسی ژنوم و تراز چند توالی.	مدل سازی همولوژی با استفاده از Modeller	
Western Blotting	فرهنگ سلولی اولیه	مقدار پروتئین موجود در یک نمونه			تداخل پروتئینی لیگاند	

جدول ۳: ادامه آزمایش های مربوط به رشته بیوتکنولوژی و مهندسی پزشکی

۲۲) طراحی داروها به کمک رایانه	۲۳) اکولوژی	Bio-inspired Robotics (۲۴)	۲۵) بیوفیزیک
ساخت مدل محاسباتی یک مولکول	نمونه فاضلاب pH تعیین	در محیط زیستی servo کنترل موتور (Remote Trigger) روباتیک	استفاده از میکروسکوپ نوری (Remote Trigger)
معرفی اتم های هیدروژن به عنوان یک مولکول	تقاضای اکسیژن بیولوژیکی	robotic آشنایی با سینماتیک یک upper arm	مشاهده سلول حیوانی با استفاده از (Remot Trigger) میکروسکوپ نوری
محاسبه زاویه دو طرفه یک مولکول	تقاضای اکسیژن شیمیایی از آب فاضلاب	Understanding the kinematics of a robotic upper arm - Interactive (Remote Trigger)	غشای سلولی RC مطالعه خواص (Remot Trigger)
به حداقل رساندن انرژی یک مولکول	چرخه نیتروژن	فرایند سنجش نور در یک مدار عصبی (Remote Trigger)	مطالعه سلولهای قابل تحریک الکتریکی (Remote Trigger)
پیش بینی ساختار مدل سازی همولوژی پروتئین	مقدمه ای مختصر بر تعاملات گونه ها در بوم شناسی	تشخیص الگو در شبکه عصبی سخت (Remote Trigger) افزاری	در زیست شناسی از Bursting پدیده RC طریق مدل های
تداخل گیرنده- دارو	رشد جمعیت باکتریایی	مکانیسم حرکت ربات واکر با ۴ نورون (راه اندازی از راه دور)	(Remote Trigger) میکرومتری
جذب و توزیع ویژگی پیش بینی در فرایند طراحی دارو	تهاجم جمعیت (تهدیدی برای اکوسیستم)	مطالعه تعامل با مدارهای عصبی	مدلسازی چند قسمتی رفتار بیوفیزیکی (Remote Trigger) نوروپها
پیش بینی سمیت مولکول	بررسی تغذیه موجودات زنده در اکوسیستم	ساخت یک مغز شش هسته ای مانند مدار (Remote Trigger)	درک فتوسنتز به عنوان یک فرایند بیولوژیکی بسته

جدول ۴: ادامه آزمایش‌های مربوط به مهندسی انرژی

(۱) انرژی باد	(۲) انرژی خورشیدی	(۳) مکانیک جامدات	(۴) ذخیره انرژی
بادسنج	اندازه گیری انرژی خورشیدی - pyrheliometer (دستگاه سنجش مقدار انرژی ساطع شده از خورشید)	تئوری پرتو I	ابرخازن
تجزیه و تحلیل مدل سازی باد	اندازه گیری انرژی خورشیدی - pyranometer (ابزاری که شدت تابش دریافتی از هر قسمت آسمان را اندازه گیری می کند)	تئوری پرتو II	باتری
تونل باد- فشار	اندازه گیری انرژی خورشیدی	مدول یانگ در UTM	باتری AC flywheel
تونل باد- نیرو	ردیاب PV خورشیدی	نسبت پواسون به UTM	باتری PbA
تونل باد - زاویه	External Compound Parabolic Collector (XCPC) - Oil	اصل Saint Venan	باتری Ni-cad
تونل باد- pitot (آنتن فشارسنج هوا)	External Compound Parabolic Collector (XCPC) - Water	توزیع تنش در اطراف یک سوراخ دایره ای	باتری Ni-MH
دینامومتر	از طریق پارابولیک- زاویه	Stress Concentration around a Notch using UTM	باتری Li-ion
توربین بادی (تولید برق در توربین بادی)	از طریق پارابولیک- نرخ جریان	آزمایش Creep	باتری Li-Po