

آزمایشگاه مجازی هم امکان خطا به دانشجویان می دهد، هم فرصت اقتصادی به دانشگاه‌ها

اقتصاد ۹ میلیارد دلاری آزمایش‌های غیرواقعی تا ۲۰۳۰



ندا اظهري

تصور کنید می‌توانید آزمایش‌های دشوار را از راه دور و از داخل خانه یا کلاس درس دانشگاه انجام دهید، بدون اینکه تحت فشار بوده یا نيازی به رفتن به آزمایشگاه واقعی یا تهیه مواد و تجهیزات گران‌قیمت داشته باشید. به لطف توسعه فناوری، این امر اکنون از طریق فناوری آزمایشگاه‌های مجازی امکان پذیر است. انجام برخی آزمایش‌ها با خطرات بالقوه‌ای روبه‌روند که استفاده از فضاهای آزمایشگاهی که شما را از خطر دور نگه دارد، می‌تواند مؤثر باشد. گاهی نیز به دلایلی مانند همه‌گیری کرونا، امکان حضور فیزیکی در یک فضا وجود ندارد و وجود آزمایشگاه‌های مجازی بهترین گزینه برای آزمایشند. از سوی دیگر نیز برخی دانشجویان در فضاهای آموزشی باید فرآیندی را براساس آزمون و خطا انجام دهند که آزمایشگاه‌های مجازی، گزینه بی‌خطری برای مهارت یافتن در برخی آزمایش‌ها به شمار می‌روند.

آزمایشگاه مجازی کجاست؟

شبیه‌سازی آزمایشگاه مجازی در حال حاضر یکی از مهم‌ترین و گسترده‌ترین روش‌های آموزش الکترونیکی در دنیاست. در واقع، استفاده از آزمایشگاه‌های مجازی مانند نوعی شبیه‌سازی غوطه‌وری سه بعدی در نظر گرفته می‌شود که دانشجویان را قادر می‌کند آزمایش‌های علمی را به صورت آنلاین، از دستگه‌های شخصی در هر زمان و مکانی انجام دهند. در واقع، از آزمایشگاه‌های مجازی استفاده می‌شود تا استادان و دانشجویان بتوانند با تسهیل کاربرد جنبه عملی برنامه‌های درسی، آموزش اصول و فنون مختلف علمی و شفاف‌سازی مراحل آزمایش، به اهداف آموزشی مدنظر خود برسند. آزمایشگاه‌های مجازی از دو بخش تشکیل شده‌اند؛ یکی بخش آرشيو که تعداد زیادی از متون و تصاویر دیجیتالی به همراه برگه‌های داده گردآوری شده از این منابع را شامل می‌شود و دیگری آزمایشگاه که آثار تاریخی را درباره آزمایش یا تجربی‌سازی زندگی و نیز یک فضای کاری برای فعال کردن روش‌های جدید است. به‌طورکلی، آزمایشگاه‌های مجازی، ۸ قسمت از دربرمی‌گیرند و تمام مواد آموزشی در این آزمایشگاه‌ها قابلیت دانلود در قالب pdf را دارند.

مقالات: این بخش حاوی مقالات تاریخی است که به نوبه خود با منبع آرشيو در ارتباط است.

آزمایش‌ها: حاوی برگه‌های داده آزمایش‌های قدیمی متعلق به علوم زیستی قرن نوزدهم مانند گردش خون، انقباض عضلاتی.

فناوری: با جنبه‌های فناوری آزمایش‌ها مانند ابزارها سروکار دارد.

اشیا: این بخش، حاوی اشیای واقعی آزمایش‌ها مانند اورگانسیم‌هاست.

سایت‌ها: حاوی برگه‌های داده‌های موردنیاز دربارۀ مؤسساتی است که کارهای آزمایشی را پیگیری می‌کنند.

شخصیت‌ها: این بخش زندگینامه کوتاهی از قهرمانان آزمایش‌ها را نشان می‌دهد.

مفاهیم: این بخش به مفاهیم اصلی مانند بازخورد، عملکرد، آگاهی و سابقه مربوط به آنها اختصاص دارد.

کتابخانه: این بخش اصلی آزمایشگاه‌های مجازی است که در کنار متون، مجلات و کتاب‌های تجاری دیجیتالی، نسخه‌های خطی، فایل‌های صوتی و گزیده‌هایی از فیلم‌ها را در خود جای داده است.

پروژه آزمایشگاه‌های مجازی از کجا شکل گرفت؟

در سال ۱۹۷۷ اولین نسخه از آزمایشگاه مجازی در دنیا با عنوان آزمایشگاه مجازی فیزیولوژی آغاز به کار کرد. در این زمان، تمرکز اصلی روی توسعه پیش‌شرط‌های فناوریانه تحقیقات فیزیولوژیکی در قرن نوزدهم بود. بنابراین، پایگاه داده‌ای با متون و تصاویر مرتبط ایجاد شد. در سال ۱۹۹۸ مفهومی که امروزه هنوز هم مورد استفاده قرار می‌گیرد، پس از یک سری تغییرات ایجاد شد و به دنبال آن cd-ROM در سال ۱۹۹۹ منتشر شد. در این بازه زمانی، تمرکز از فیزیولوژی به علوم زیستی و نیز هنر و ادبیات توسعه یافت. از آنجایی که پروژه، از یک پایگاه داده صرف، به یک پلتفرم برای انجام پژوهش‌های تاریخی گسترش یافته بود، در کنفرانسی که در دانشگاه استنفورد برگزار شد، با استفاده از شبکه جهانی برای پژوهش‌های تاریخی در علم و فناوری ارائه شد. این پروژه در سال ۲۰۰۰ در پروژه تحقیقاتی «آزمایش زندگی»، با بودجه بنیاد فولکس واکن گنجانده شد. به دنبال ارائه دیگری، تأثیر فناوری‌های جدید بر شیوه‌های علمی در دانشگاه فنی زوریخ در سال ۲۰۰۲، اولین نسخه از آزمایشگاه مجازی به صورت آنلاین عرضه شد. اما این روزها و به‌ویژه بعد از همه‌گیری کرونا، بازار پلتفرم‌های آزمایشگاه مجازی با احساس نیاز بالایی

روبه‌رو شد و تعداد سازمان‌ها و مؤسسات برای استفاده از این راهکار اساسی افزایش یافت. این رشد تحت‌تأثیر عوامل مختلفی چون تغییر رویکرد جهانی به سمت فعالیت‌های از راه دور، نیاز به راهکارهای آموزش مقیاس‌پذیر و تمایل به ارائه تجربه عملی بدون چالش‌های لجستیکی آزمایشگاه‌های فیزیکی قرار گرفت. از این رو، این آزمایشگاه‌ها در سال‌های اخیر روند رو به‌رشدی را سپری کرده‌اند. سازمان‌ها از صنایع مختلف به‌منظور بهبود برنامه‌های آموزشی و ارائه فروش خود، روی این پلتفرم‌ها سرمایه‌گذاری می‌کنند. شرکت‌های نرم‌افزاری که با محصولات پیچیده در حوزه امنیت سایبری در ارتباطند، امنیت شبکه و پزشکی قانونی دیجیتال به دنبال آزمایشگاه‌های مجازی، به‌عنوان ابزاری ضروری برای توسعه کارشانند.

کاربردهای آزمایشگاه‌های مجازی

آزمایشگاه‌های مجازی طیف وسیعی از کاربردها و مزایا را در بسیاری از حوزه‌ها مانند آزمایشگاه‌های علمی، پزشکی، آموزش، شبیه‌سازی جنگ‌های هوایی، تجسم داده‌ها، درمان بیماری‌های روانی، بازی و... دارند. دانشجویان با استفاده از آزمایشگاه‌های مجازی می‌توانند در فضای شبیه‌سازی قرار گیرند و تجربه‌ای متفاوت را در حوزه‌های شیمی، زیست‌شناسی و فیزیک داشته باشند. علاوه‌براین، در قالب چنین آزمایشگاه‌هایی، شرایطی فراهم می‌شود تا دانشجویان خود را بیازمایند و با آزمایش به‌دفعات بالا، بر یک موضوع مسلط شوند. در بخش استاد نیز فرآیند پیشرفت دانشجویان بررسی شده و تلاش آنها مدنظر قرار می‌گیرد. دانشجویان در قالب این آزمایشگاه‌های مجازی، می‌توانند علم را در سناریوی سرگرم‌کننده، بصری و در دنیای واقعی تجربه کرده تا راحت‌تر بتوانند با ایده‌های جدید ارتباط برقرار کنند.

مزیت‌های آزمایشگاه‌های مجازی

آزمایشگاه‌های مجازی بسته به گستردگی کاربردهایی که دارند، مزیت‌های متعددی را نیز در مقایسه با آزمایشگاه‌های فیزیکی و حضوری به خود اختصاص داده‌اند و می‌توانند فضای متفاوتی را برای یادگیری فراهم کنند. اما بزرگ‌ترین مزیت آنها، استفاده از آزمایشگاه در هر زمان و مکانی است. اهم مزیت‌های آن تنها به همین یک مورد ختم نمی‌شود و فواید دیگری را هم در بر می‌گیرد.

جایگزینی مقرون‌به‌صرفه: اهمیت بزرگی که آزمایشگاه‌های مجازی دارند، این است که می‌توانند جایگزین مقرون به‌صرفه و مناسبی برای ابزار، تجهیزات و سایر منابع فیزیکی باشند که معمولاً هزینه‌های بالایی دارند. مؤسسات آموزشی قادرند به طیف گسترده‌ای از شبیه‌سازی سه‌بعدی علمی بدون بار مالی، خرید و نگهداری تجهیزات آزمایشگاهی دسترسی داشته باشند.

دسترسی و انعطاف‌پذیری: از دیگر ویژگی‌های آزمایشگاه‌های مجازی این است که امکان دسترسی را برای دانشجویان و استادانی فراهم می‌کند که ممکن است به دلایل مختلف از جمله آموزش از راه دور یا منابع فیزیکی در دسترس، به آزمایشگاه‌های سنتی دسترسی نداشته باشند. آزمایشگاه‌های مجازی راه‌حلی عالی در نظر گرفته می‌شوند زیرا می‌توان از هر مکان و هر زمانی، به آنها دسترسی داشت تا به فراگیران امکان دهد آزمایش‌ها را با سرعت خودشان انجام دهند.

شرایط بی‌خطر: در آزمایشگاه‌های واقعی در کالج‌ها و دانشگاه‌ها، انجام آزمایش‌های خطرناک اغلب به دلیل خطری که دارند، لغو می‌شوند و تنها به‌صورت تئوری مورد مطالعه قرار می‌گیرند تا به این ترتیب، ایمنی دانشجویان تضمین شود. در واقع، آزمایشگاه‌های مجازی، محیطی بسیار ایمن را فراهم می‌کنند و دانشجویان را قادر می‌سازند تا آزمایش‌های خطرناک را در محیطی بدون خطر انجام دهند. آنها می‌توانند آزمایش‌های پیچیده را بدون نگرانی از برخورد با مواد شیمیایی مضر یا خطرناک دیگر انجام دهند.

تجزیه و تحلیل و تجسم داده‌ها: آزمایشگاه مجازی اغلب شامل ابزارهایی برای تجزیه و تحلیل داده‌هاست که می‌تواند به دانشجویان و استادان در جمع‌آوری، تجزیه و تحلیل و تفسیر داده‌های تولیدشده از آزمایش‌های مجازی سه‌بعدی کمک کند. همچنین منابع تجسمی مانند کتابچه‌های راهنمای آزمایشگاه، ویدئوهای پیش‌فرض، آموزش‌ها و موارد دیگر به‌شدت در این مورد کمک می‌کنند.

نقش آزمایشگاه مجازی در آموزش عالی

آموزش به‌عنوان یکی از مهم‌ترین و بزرگ‌ترین کاربردهای آزمایشگاه‌های مجازی است که به استادان و دانشجویان کمک می‌کند تا با استفاده از شبیه‌سازی‌های تعاملی و غوطه‌وری سه‌بعدی که آزمایشگاه‌های علمی واقعی را شبیه‌سازی می‌کنند، آزمایش‌ها را به راحتی انجام داده و دانش علمی خود را افزایش دهند. آزمایشگاه مجازی طیف گسترده‌ای از موضوعات در حوزه شیمی، فیزیک و زیست‌محیطی را پوشش می‌دهد. آزمایشگاه‌های

مجازی، ایمنی دانشجویان را حین کاوش در مفاهیم علمی، انجام آزمایش‌های مجازی و انجام مشاهدات تضمین می‌کنند. آزمایشگاه‌های مجازی نقش حیاتی در آموزش و محیط‌های آموزشی به‌ویژه در حوزه‌های علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات (STEM) ایفا می‌کنند. آزمایشگاه‌های مجازی درک مفاهیم و پروتکل‌های علمی را به‌خوبی در سطح میکروسکوپی بهبود می‌بخشند زیرا به دانشجویان اجازه می‌دهد تا با تصور و تجسم آنچه در داخل این موجودات کوچک و سایر چیزها در سطح میکروسکوپی اتفاق افتاده را به‌وضوح درک کنند. آنها همچنین به تقویت تأثیر بصری و مهارت‌های مشاهده‌ای استادان کمک می‌کنند. علاوه‌براین، آزمایشگاه‌های مجازی نقش حیاتی در سیستم‌های یادگیری از راه دور بازی می‌کنند و به‌ویژه در زمان همه‌گیری، آنها دانشجویان را قادر می‌ساختند به راحتی در هر زمان و مکانی بدون هیچ مشکلی به آزمایش‌ها دسترسی داشته باشند. علاوه‌براین، شبیه‌سازی‌های آزمایشگاه مجازی سه‌بعدی به دانشجویان کمک می‌کند تا آنها را پیش از برخورد با آزمایشگاه‌های واقعی آماده کنند، زیرا آنها آزمایش‌ها را ابتدا به‌صورت مجازی انجام می‌دهند و این باعث می‌شود مکانیسم‌ها، پروتکل‌ها و اصول آزمایش‌ها را به‌خوبی درک کنند.

آزمایشگاه‌های مجازی روش بسیار مهمی برای آموزش حوزه آموزش علوم نیز محسوب می‌شوند. مؤسسات آموزشی همچنین می‌توانند از قدرت این آزمایشگاه‌ها در آموزش علوم با ادغام آن با محیط‌های آزمایشگاه دیجیتال فراگیر بهره‌مند شوند که از آموزش STEM پشتیبانی می‌کنند. با کمک این آزمایشگاه‌ها، کارهایی چون درجه‌بندی تکالیف و نظارت بر پیشرفت دانشجویان به‌طور خودکار انجام شده و باعث می‌شود استادان زمان بیشتری را صرف تعامل با دانشجویان و تمرکز بر نیازهای آموزشی فردی خود کنند. دانشجویان و استادان قادرند در قالب این آزمایشگاه‌ها، یک آزمایش را تا بی‌نهایت انجام دهند. این آزمایشگاه‌ها همچنین از دانشجویان و استادان در برابر خطراتی چون برق، تماس مستقیم با مواد سمی، وسایل انفجاری و مواد شیمیایی رادیواکتیو محافظت می‌کنند. آزمایشگاه مجازی در آموزش علوم و آموزش نیز مزیت‌هایی چون شخصی‌سازی، نمره‌دهی، بازخورد کیفیت دروس، تدریس خصوصی و بازخورد معناداری به دانشجویان می‌دهد. طبق یافته‌ها، ۷۲ درصد از کارهای پژوهشی منتشرشده بین سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۱ به دنبال دیجیتالی‌شدن سیستم‌ها بوده که بیشترین تعداد مقالات در سال‌های ۲۰۲۱ - ۲۰۲۰ به دلیل همه‌گیری کرونا برسته شده است.

مطالعاتی که به‌تازگی انجام شده نشان می‌دهد عملکرد تحصیلی دانشجویان و فراگیران در موضوعات علمی مختلفی چون فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی با استفاده از آزمایشگاه‌های مجازی بهبود بیشتری پیدا کرده است. اما غالب بررسی‌ها به این نکته توجه داده‌اند که در واقع آزمایشگاه‌های مجازی، دانشجویان را برای تجربیات بالینی آماده می‌کنند، به این شکل که ابتدا در آزمایشگاه مجازی، برخی آزمایش‌ها را انجام می‌دهند و پس از آن به بررسی عملکرد در آزمایشگاه‌های واقعی می‌پردازند که موفقیت آنها را در رسیدن به نتایج قطعی‌تر بالا می‌برد.

تغییر تحقیقات

با هوش مصنوعی در آزمایشگاه‌های مجازی

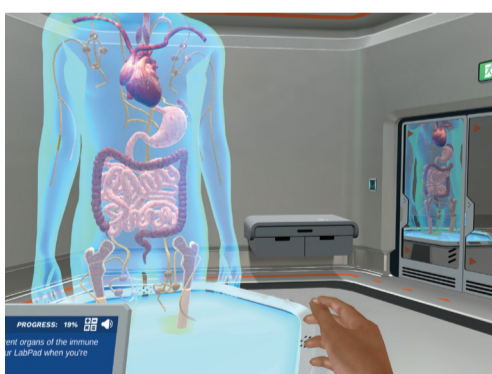
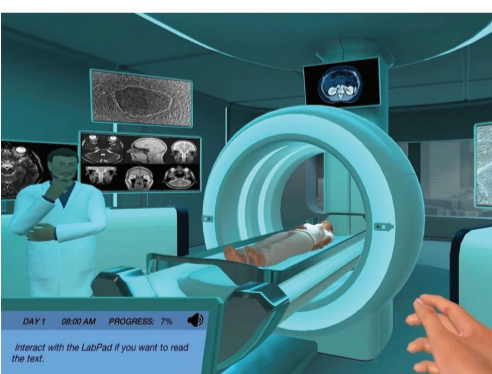
برای مقابله با چالش‌های جهانی بهره‌مندی از علم و فناوری‌های روز می‌تواند کمک‌کننده باشد. در این میان هوش مصنوعی می‌تواند سرعت علم را برای مقابله با این چالش‌ها افزایش دهد. آزمایشگاه‌های مجازی به‌عنوان دیدگاهی جدید در تولید دانش علمی و وسیله‌ای برای ایجاد انگیزه برای تحقیق و توسعه جدید هوش مصنوعی معرفی می‌شوند. هوش مصنوعی تحقیقات را در علوم طبیعی و مهندسی اغلب در قالب ابزارهای میدانی تغییر می‌دهد. با توسعه تکنیک‌های هوش مصنوعی در حمایت از فرآیند کشف علمی و همکاری انسان با این فناوری از آن می‌توان در رشته‌های مختلف علمی

استفاده و محققان را تشویق کرد تا روی روش‌های کلی کار کنند. معرفی آزمایشگاه‌های مجازی فضاهایی را در اختیار قرار می‌دهد تا تحقیقات در زمینه کمک‌های هوش مصنوعی مرتبط با دامنه برای انجام فرآیند تحقیق و توسعه و استفاده از این ابزار برای سایر رشته‌های علمی تسهیل شود. در واقع، آزمایشگاه مجازی یک محیط دیجیتال است که کاربران را قادر می‌کند تا وظایف تحقیقاتی را انجام داده و عناصر یک آزمایشگاه کلاسیک را به‌عنوان اجزای آن در بر می‌گیرد.

نقطه شروع یک آزمایشگاه مجازی روش‌ها و ابزارهای محاسباتی است که در حال حاضر بخشی جدایی‌ناپذیر از شیوه‌های علمی مدرنند. اینها شامل شبیه‌سازی‌های محاسباتی، دقوله‌های دیجیتالی (همتهای دیجیتال) ابزارهای مختلف، دستگاه‌های اندازه‌گیری رباتیک، روش‌هایی برای طراحی تجربی، تجزیه و تحلیل داده‌ها و تخمین آماری است. در بیشتر رشته‌های علمی آزمایشگاه‌های فیزیکی تا حد زیادی از ابزارهای محاسباتی استفاده می‌کنند که در این مسیر از تحقیقات محاسباتی و آزمایش‌های دنیای واقعی را ترکیب می‌کند. فناوری‌های دیجیتال جدید در حال حاضر مزیت‌هایی را در مقیاس ایجاد می‌کنند و تکرارپذیری و قابلیت اطمینان را بهبود می‌بخشند اما به‌نظر می‌رسد استفاده از چنین ابزارهایی هنوز برای تجهیز آزمایشگاه‌های مجازی کافی نیستند و دو جنبه باید مورد توجه قرار گیرند. اول اینکه ابزارهای فعلی باید توسعه یابند و دوم اینکه باید از پیشرفت‌های روش‌شناسی هوش مصنوعی بهره‌برد. اگر ابزارها به‌طور مستقل در هر زمینه‌ای توسعه پیدا کنند، در عوض خلاقیت، تنوع، و منابع در زمینه‌های مختلف جمع‌آوری شده و پیشرفت‌ها سریع‌تر اتفاق می‌افتند. اگر بتوان چرخه‌های مجازی را در توسعه آزمایشگاه‌های مجازی آغاز کرد می‌توان سرعت، کیفیت و کارایی تحقیقات علمی را افزایش داد. در این چرخه آزمایشگاه‌های مجازی، کاتالوژی‌رایی برای تسهیل تعامل و محیط‌های تحقیق به‌شمار می‌روند که همین امر باعث افزایش علاقه محققان هوش مصنوعی و کاربران این آزمایشگاه‌ها می‌شوند.

فناوری‌های لازم برای مجازی‌سازی آزمایشگاه‌ها

اصلی‌ترین ابزار برای مجازی کردن اجزای فضاهای آزمایشگاهی دقوله‌های دیجیتالی از دارایی‌ها، فرآیندها و تعاملات انسانی‌اند که در داخل آزمایشگاه‌های مجازی به هم مرتبطند و تلاش می‌کنند شکاف بین شبیه‌سازی و دنیای واقعی را از طریق جفت‌شدن آنها با چهارچوب‌های دقوله‌ی فیزیکی و در حال ظهور برطرف کنند. بسیاری از فناوری‌های کلیدی هوش مصنوعی و حوزه‌های پژوهشی برای فرآیند مجازی‌سازی آزمایشگاه‌ها ضروری‌اند که از آن جمله می‌توان به شبیه‌سازها، عوامل مصنوعی و کالیبراسیون و بهینه‌سازی داده‌ها تا یادگیری تقویتی و رباتیک برای دستگاه‌های اندازه‌گیری خودکار اشاره کرد. برخی از این فناوری‌ها مانند رباتیک، اتوماسیون اندازه‌گیری‌های فیزیکی را هدف قرار می‌دهند درحالی‌که سایر حوزه‌ها برای کاوش و بهینه‌سازی اندازه‌گیری‌های مجازی و استدلال خلاف واقع الزامی‌اند. حجم وسیعی از تحقیقات هوش مصنوعی شامل طراحی آزمایشی، بهینه‌سازی «بیزی»، یادگیری تقویت، مدل‌های زبانی، مدل‌های تولیدی، داده‌های مصنوعی، یادگیری، انتقال، مدل‌سازی احتمالی و... در فعال‌کردن مجازی‌سازی کامل نقش محوری خواهند داشت. ایجاد تحول به سمت توسعه دانشمندان رباتیک، فرآیندهای علمی را به سمت دیجیتالی‌شدن بیشتر پیش می‌برد اما باز هم نمی‌توان حضور دانشمندان واقعی را حذف کرد بلکه آنها با نمونه‌سازی، طراحی و کاربرد روش‌های هوش مصنوعی در پیشبرد فرآیندهای علمی نقش آفرینی و دانش را ارائه می‌کنند. بنابراین می‌توان از حضور دانشمندان دیجیتال در آزمایشگاه‌های مجازی نیز بهره برد. در واقع در چنین آزمایشگاه‌هایی باید هوش مصنوعی انسانی را با همکاری‌های هوش مصنوعی - انسان ادغام کرد که به فرایند اکتشافات علمی کمک می‌کند.



رشد سالانه ۱۲٫۲ درصدی بازار جهانی آزمایشگاه‌های مجازی و از راه دور

طبق ارزیابی‌های صورت‌گرفته، بازار جهانی آزمایشگاه‌های مجازی و از راه دور در سال ۲۰۲۲ به رقمی بالغ بر ۳ میلیارد و ۵۰۰ میلیون دلار رسید و انتظار می‌رود این رقم تا سال ۲۰۳۰ با میانگین رشد سالانه ۱۲٫۲ درصدی به ۸ میلیارد و ۸۰۰ میلیون دلار برسد. این بازار در سال‌های اخیر به دلیل پذیرش بالا در فناوری‌هایی چون محاسبات ابری، اینترنت اشیا، هوش مصنوعی و یادگیری ماشینی برای مدیریت آزمایشگاهی از راه دور شاهد رشد سریعی بوده است. آزمایشگاه‌های مجازی و از راه دور، تنظیمات آزمایشگاهی شبیه‌سازی‌شده‌ای هستند که از طریق اتصال به اینترنت قابل دسترسی‌اند. آزمایشگاه‌های از راه دور با اینکه در ظاهر به آزمایشگاه‌های مجازی شباهت دارند اما اساساً محیط‌های آزمایشگاهی شبیه‌سازی شده‌ای هستند

که از طریق اینترنت قابل دسترسی‌اند. این جلسات آزمایشگاهی از راه دور معمولاً از طریق نرم‌افزار، سخت‌افزار یا ترکیبی از هر دو انجام می‌شوند و دانشجویان را قادر می‌سازند تا بدون ترک محل اقامت خود برای کار آزمایشگاهی، دوره‌های درسی را تکمیل کنند. همچنین پیش‌بینی می‌شود اندازه بازار آزمایشگاه‌های مجازی و از راه دور در اروپا به میزان ۵۹۹ میلیون دلار با میانگین رشد سالانه ۱۱٫۹۵ درصد بین سال‌های ۲۰۲۳ تا ۲۰۲۸ افزایش یابد. بازار این آزمایشگاه‌ها به چند دلیل کلیدی رشد قابل‌توجهی را تجربه می‌کند. نیاز روزافزون به مدل‌های آزمایشگاهی مقرون به‌صرفه باعث گسترش بازار می‌شود زیرا آزمایشگاه‌های مجازی جایگزین مقرون به‌صرفه‌تری برای آزمایشگاه‌های فیزیکی سنتی ارائه می‌دهند. همچنین پذیرش

آمریکای شمالی

سریع‌ترین رشد آزمایشگاه‌ها را دارد

براساس طبقه‌بندی جغرافیایی، آمریکای شمالی از جمله آمریکا و کانادا بیشترین رشد و تقاضا را برای بازار آزمایشگاه‌های مجازی و از راه دور داشته است. آمریکای لاتین به دلایل مختلفی چون