

# روش‌های ارزشیابی مهارت‌های آزمایشگاهی

● دکتر صدیقه شریف زاده

دکترای علوم آزمایشگاهی، PhD ایمنی شناسی، استاد دانشکده  
پیراپزشکی دانشگاه علوم پزشکی شیراز،  
مرکز تحقیقات علوم و فناوری تشخیص آزمایشگاه



[sharifsd@sums.ac.ir](mailto:sharifsd@sums.ac.ir)

## چکیده

امروزه در حوزه علوم آزمایشگاه بالینی پیشرفت‌های سریع و شگرفی در تکنولوژی آزمون‌های تشخیصی صورت گرفته است. این تغییرات حضور کارشناسانی را طلب می‌کند که علاوه بر توانمندی‌های علمی از مهارت‌های کافی به منظور استفاده از تجهیزات مدرن و انجام تکنولوژی‌های جدید برخوردار باشند. به عبارت دیگر حضور کارشناسانی ورزیده و متبحر به عنوان سرمایه‌های اصلی هر آزمایشگاه مزیت رقابتی در حفظ استانداردهای لازم برای هر آزمایشگاه محسوب می‌شود. از این جنبه پرداختن به نوع آموزش فراگیران در رشته علوم آزمایشگاهی و اهمیت دادن به ابعاد مختلف آن از اهمیت وافری برخوردار است. از آنجا که مبنای آموزش این رشته عمدتاً بر انتقال مهارت در کنار دانش روز می‌باشد، طراحی محتوای آموزشی هدفمند مبتنی بر نیاز روز بسیار ضروری است. از طرفی طراحی و اجرای ارزشیابی مناسب جهت آزمون مهارت‌های عملی این فراگیران، موجب اطمینان از رسیدن به نتیجه مطلوب در تحقق اهداف آموزشی خواهد بود. بدیهی است با توجه به ماهیت این رشته، ارزشیابی‌های معمول و ساده قادر به نشان دادن توانایی‌های فراگیران برای حضور در عرصه کار نمی‌باشد. بنابراین، تعریف روش‌های استاندارد جهت بررسی عملکرد آنان در آزمایشگاه‌های عملی و همچنین در فیلد بیمارستانی ضرورتی اجتناب ناپذیر است.

کلمات کلیدی: آزمایشگاه بالینی، روش‌های ارزشیابی، کارشناسان آزمایشگاه، مهارت‌های آزمایشگاهی

## مقدمه

به طور کلی آزمایشگاه یک محیط یادگیری منحصر به فرد است که در آن «آموزش از طریق انجام کار» امکان‌پذیر شده و از این طریق یادگیری تقویت می‌شود. ارزیابی این نوع از یادگیری می‌تواند درک مفهومی فراگیران از منظر نظری و عملی، مهارت‌های استدلال و مهارت‌های عملی آن‌ها در کار آزمایشگاهی را افزایش دهد.

در این زمینه لازم است که اهداف مشخص آموزشی و ارزشیابی مبتنی بر آن در ابتدا برای دانشجو و ارزیاب مشخص شود. همه تصمیماتی که برای نحوه ارزیابی اخذ می‌شود باید بر اساس اهداف آموزشی تعیین گردد. با استفاده از روش‌های استاندارد ارزشیابی می‌توان از یادگیری موارد زیر توسط فراگیران اطمینان حاصل کرد:

۱- مهارت‌های فنی استفاده از تجهیزات آزمایشگاهی، ابزار، مواد، نرم افزارهای کامپیوتر و درک روش‌های آزمایشگاهی

۲- فهم پرسش‌های آزمایشگاهی شامل متدهای علمی، سلامت و ایمنی

۳- مهارت‌های تحقیق علمی و حل مسئله، از جمله:

- شناسایی و تعریف یک مشکل

- فرموله کردن فرضیه‌ها

- طراحی آزمایش‌ها

- جمع آوری داده‌ها از طریق مشاهده و / یا آزمایش

- تفسیر داده‌ها

- تست فرضیه‌ها

- نتیجه گیری

- ارتباطات فرآیندها، نتایج و پیامدهای آن‌ها

۴) مهارت‌های تکمیلی شامل توانایی کار گروهی در آزمایشگاه و آموزش مشارکتی

۵) کسب آمادگی لازم جهت پذیرش نقش آینده در آزمایشگاه

استفاده از روش‌های ارزشیابی در آموزش مهارت‌های آزمایشگاهی در شرایط زیر پیشنهاد می‌شود:

کارآموزی کارشناسی و کارشناسی ارشد که در آن انجام وظایف آزمایشگاهی یک ویژگی کلیدی از برنامه آموزشی است. همین طور، برنامه‌هایی که در آن آموزش و کار توأم می‌گردد و همچنین کلاس‌های عملی که دانشجویان در آن به مهارت اندوزی در علوم مختلف آزمایشگاه می‌پردازند.

ارزیابی استاندارد آموخته‌های دانشجویان در زمینه‌های آزمایشگاهی دارای مزایایی است که به برخی از موارد آن در زیر اشاره می‌شود:

- به فراگیران اجازه می‌دهد تا درک مفاهیم نظری را با درک چگونگی کار در زمینه‌های عملی ادغام کنند.

- اعتماد به نفس فراگیران به دنبال احساس موفقیت در اتمام کارهای آزمایشگاهی افزایش می‌یابد.

- فرصت‌های لازم را برای یادگیری تجربی از طریق آزمون و خطا فراهم می‌کند که این امر باعث درک عمیق‌تر شده و اضطراب یادگیرنده را در مورد اشتباهات کاهش می‌دهد. - موجب توسعه یادگیری فراگیران از طریق تفکر انتقادی و مستقل با استفاده از تمرینات عملی می‌شود. همچنین به توسعه مهارت‌های بین فردی مانند کار گروهی، آموزش به هم‌تا، مذاکره و همکاری می‌انجامد.

- یک محیط یادگیری نسبتاً غیر رسمی فراهم می‌کند به نحوی که انجام فعالیت‌های یادگیری را برای دانشجویان آرام و خجالتی آسان‌تر می‌کند.

- مهارت‌های خاص و قابلیت‌های مورد نیاز در محل

کار را توسعه داده و به مدرسان این فرصت را می‌دهد که به صورت شخصی یادگیری فراگیر را تحت نظر داشته و بازخوردهای مؤثر را در زمان مناسب برای آنان ایجاد نمایند. - در نظر گرفتن پاداش برای رفتارهای مسئولانه و اخلاقی، از قبیل پیروی از روش‌های ایمنی، کمک به دیگران، منظم و سر وقت بودن و به طور کلی یک همکلاسی و همکار قابل اعتماد بودن موجب می‌شود تا مسئولیت‌پذیری و همچنین توانایی تصمیم‌گیری هنگام حل مشکل در فراگیران افزایش یابد.

- افزایش انگیزه در دانشجویان در دنبال کردن علایق شخصی و استفاده از خلاقیت خود

### چالش‌ها

در آزمایشگاه، مسائل ایمنی بسیار مهم و هزینه‌های انجام آزمایش‌ها به خصوص در کلاس‌های بزرگ کارشناسی بسیار بالاست. مدرسان ممکن است تمایلی به ارزیابی‌های استاندارد در آزمایشگاه نداشته باشند و به دلیل مشکلات، ارزیابی‌های ساده‌تر مانند آزمون‌های کتبی و یا آنلاین و گزارش‌های کتبی از کار آزمایشگاهی را ترجیح دهند.

طراحی این گونه از ارزیابی‌های استاندارد بسیار مشکل است زیرا یادگیری فعالیت‌های آزمایشگاهی معمولاً طیف گسترده‌ای دارد، که شامل مهارت‌های عملی، درک وسیع‌تر از مفاهیم و نظریه‌ها و تفکر و مهارت استدلال است. چالش این است که باید شیوه‌های ارزیابی را به گونه‌ای طراحی نمود که به خوبی یادگیری دانشجویان را نشان دهد که این امر به صورت معمول برای دانشجویان و کارکنان بسیار وقت گیر است و به منابع زیادی نیاز دارد. از طرفی مشخص کردن دقیق وظایف در این گونه از ارزیابی‌ها دشوار است. به عنوان مثال، اگر چه ممکن است فعالیت‌های آزمایشگاهی برای ارتقای رویکردهای مستقل و خلاقانه به منظور حل مسائل نوین طراحی شده باشد، اما متد ارزیابی ممکن است شبیه دستورالعمل و دارای انتهای مشخص باشد به نحوی که فواید این روش‌ها را در ارزیابی درک و استدلال سطوح بالاتر محدود کند. دادن خود مختاری به دانشجویان برای طراحی ارزشیابی خود در آزمایشگاه چالش‌های زیادی را ایجاد می‌کند و حجم کار سنگینی را برای مربیان، به



خصوص در کلاس‌های بزرگ ایجاد می‌کند به همین دلیل ارزیابی‌های انجام شده در آزمایشگاه معمولاً در جلسات محدود انجام می‌شود و این مسئله می‌تواند باعث نادیده گرفته شدن بعضی از دانشجویان شود. چالش دیگر ترتیب دادن برنامه‌ها در تطابق با دانشجویان کم توان می‌باشد. بسیاری از دانشجویان تمایلی به اعتراف به اشتباهات ندارند و یا اذعان نمی‌کنند که در انجام یک آزمون و به پایان رساندن آن موفق نبوده‌اند و ترس از این دارند که این امر باعث کم شدن امتیازات آنان شود. در این شرایط باید ارزش یادگیری از هر دو جنبه موفقیت و ناکامی برای آنان برجسته شود و پاداش چنین نوع یادگیری را دریافت کنند. این امکان نیز وجود دارد که دانشجویان وسوسه شوند که نتایج را جعل و یا سرقت نمایند و خود را در رسیدن به نتیجه موفق نشان دهند.

در ادامه به چند روش موفق در ارزشیابی فعالیت‌های آزمایشگاهی اشاره می‌شود:

#### □ ارزیابی به روش مشاهده مستقیم

تمرین‌های محدود سازمان یافته یک روش ساده و مؤثر برای ارزیابی طیف گسترده‌ای از مهارت‌های آزمایشگاهی است. دانشجویان می‌توانند این گونه تمرین‌ها را به بخشی از جلسات آزمایشگاهی روزمره بدل کنند. به ویژه که در ارزشیابی مهارت‌های دستی، مشاهده‌ای و تفسیری دانشجویان مؤثر هستند. هنگام استفاده از ارزیابی مشاهده‌ای، از یک طرح سیستماتیک تبعیت می‌شود. به این ترتیب، چیزی که باید مشاهده و ثبت شود برای هر دو فرد ارزیابی کننده و دانشجو کاملاً روشن است. می‌توان از ارزیابی شفاهی برای تکمیل مشاهدات استفاده کرد.

دانشجویان اغلب در ارزیابی تمرینات عملی محدود در آزمایشگاه تمرکز بر نقش مثبت در یادگیری خود دارند لذا در این رابطه باید اطمینان حاصل کرد که طراحی تمرینات عملی محدود به روشی نباشد که دانشجویان مهارت‌ها و توانایی‌هایشان را نشان ندهند. برای مثال زمانی که برای جلسات ارزشیابی تعیین می‌گردد از زمانی که به جلسات غیر ارزشیابی اختصاص داده می‌شود کم‌تر نباشد.

تمرینات عملی محدود گزینه‌ای ایده آل برای طراحی

ارزیابی مهارت‌های گروهی و کار گروهی هستند. برای کسانی که قصد دارند در اجرای این نوع از ارزیابی شرکت نمایند، باید راهنمایی و پشتیبانی روشن به همراه معیارهای ارزیابی صریح وجود داشته باشد به نحوی که برای هدایت تصمیمات آن‌ها در مورد عملکرد دانشجویان مورد استفاده قرار گیرد. علاوه بر این، می‌توان از روش ارزیابی همتایان و خود ارزیابی نیز استفاده کرد. این دوره همچنین ممکن است فرصتی را برای ارزیابی دیگران از طریق مشاهدات فراهم کند. به عنوان مثال می‌توان از کارشناسان خبره دعوت کرد تا به دانشگاه آمده و با حضور در کلاس‌های درس و یا در محیط کاری ارزشیابی را انجام دهند.

می‌توان مهارت‌های عملی را با استفاده از رویکرد بررسی تسلط به جای امتیاز دهی ارزیابی کرد. به عنوان مثال، در جایی که فعالیت آزمایشگاهی متشکل از توالی فعالیت‌های خطی است، دانشجویان ممکن است به دنبال تکمیل یک فعالیت با استفاده از چک لیست مدرس مورد مشاهده و ارزیابی قرار گیرند و بعد فعالیت بعدی به همین صورت مورد ارزیابی قرار گیرد. دستیابی دانشجویان به نتایج هر مرحله، شایستگی آن‌ها را در مهارت‌های عملی مرتبط نشان می‌دهد. از این رویکرد در مراحل اولیه یک دوره (یا قبل از شروع یک دوره) می‌توان استفاده کرد تا اطمینان حاصل شود که دانشجویان مهارت‌های فنی پایه‌ای را برای شرکت در کلاس‌های آزمایشگاهی آینده کسب نموده‌اند. در این رابطه اجرای فعالیت‌های اساسی در آزمایشگاه به نحوی که توانایی آنان را برای انجام مهارت‌ها نشان دهد ضروری است.

#### □ نوت بوک‌های آزمایشگاهی (laboratory notebook)

نوت بوک‌های آزمایشگاهی یک فرم ارزیابی معتبر هستند. دانشجویان از نوت بوک‌هایی استفاده می‌کنند که می‌تواند به فرم الکترونیکی باشد (ELN) (Quinenell et al 2009). ثبت جزئیات تمام آزمایش‌هایی که دانشجویان در آزمایشگاه کامل نموده‌اند و ثبت روش‌های آزمایشگاهی و نتایج خود به عنوان یک رکورد در حال اجرا از آزمایش‌ها می‌تواند یک بخش اساسی از ارزیابی باشد. باید از دانشجویان خواسته شود که این

روش‌هایی را گزارش می‌کنند که خود انجام نداده و یا نتایجی را گزارش می‌کنند که خود به دست نیاورده‌اند. در این زمینه باید نکات اخلاقی به عنوان بخشی اساسی از کارهای علمی مورد توجه قرار گیرد و مطمئن باشیم که در فرآیند ارزشیابی این موارد در نظر گرفته می‌شود. برای مثال در یک تمرین مورد ارزیابی از دانشجویان خواسته شود که بازخورد شخصی خود را به موارد بی اخلاقی که هنگام انجام کار آزمایشگاه با آن روبرو می‌شوند را توضیح داده و گزارش آن را آماده نمایند. این گزارش می‌تواند مخاطبین مختلف داشته باشد.

### □ استفاده از کارپوشه (portfolio)

کارپوشه به جمع آوری هدفمند و نظام مند کارهای دانشجویان در دوره زمانی مشخص می‌پردازد و از روش‌های سنجش عملکرد (performance test) می‌باشد. استفاده از کارپوشه خصوصاً نوع الکترونیکی آن در آموزش علوم پزشکی طی سالیان گذشته افزایش چشمگیری یافته است و این به دلیل تاکید بر آموزش مبتنی بر نتیجه است و برای دانشجویان در ارزیابی توسعه مهارت‌های حرفه‌ای آزمایشگاه در دوره کارورزی پیشنهاد می‌شود. کارپوشه می‌تواند شامل تجارب روزانه، کارهای انجام شده توسط دانشجو و دروس یاد گرفته شده در حین آموزش باشد. مربیان آموزشی باید به صورت روزانه فیدبک‌های لازم را فراهم و به دانشجو انعکاس دهند. در انتهای دوره نیز ارائه محتوای آن توسط دانشجو و ارزیابی کارپوشه توسط مربیان دانشکده و کارشناسان ارزیاب قسمتی از امتیازات دانشجو را به خود اختصاص می‌دهد. این نوع ارزشیابی یادگیری خود محور (self directed learning) را در فراگیران تقویت می‌کند.

### □ دانشجویان باید وادار شوند تا عملکردی مشابه مدرسان خود داشته باشند

گاهی اوقات عمیق‌ترین یادگیری سازنده زمانی اتفاق می‌افتد که یادگیرندگان سعی می‌کنند آنچه را که یاد گرفته‌اند به یک دانشجوی جدید آموزش دهند. این به ویژه در رابطه با مهارت‌های عملی بسیار صادق است. یادگیرنده

پرونده‌ها را به صورت دوره‌ای به عنوان بخشی از ارزیابی یک دوره تحویل نمایند که این خود ارزش مستند سازی کارهای آزمایشگاه را نیز نمایان می‌کند. می‌توان نوت بوک‌ها را به شیوه‌های مختلفی ارزیابی کرد: ناظرین می‌توانند به طور هفتگی بررسی نموده و یا در آزمایشگاه آن‌ها را در زمان‌های تصادفی جمع آوری کنند تا دانشجویان بتوانند آن‌ها را به طور روتین تکمیل کنند. می‌توان با طراحی آزمون از دانشجویان درخواست کرد که با استفاده از نوت بوک خود به سؤالات با توجه به تجارب به دست آورده پاسخ دهند. همانند سایر اشکال ارزیابی، معیارهای ارزیابی باید به روشنی بیان شده و به دانشجویان اجزای یک نوت بوک به خوبی آموزش داده شود. همچنین برای آنان روشن شود که اگر آزمایشی را از دست دادند یا اگر آزمایش آن‌ها موفق نشد چه باید انجام دهند. برای مثال، اگر آن‌ها از داده‌های دانشجوی دیگری استفاده می‌کنند، باید به این مورد اشاره و آن را تأیید کنند و مشکل آزمایش خودشان را توضیح دهند.

### □ گزارش‌های آزمایشگاهی (Lab report)

بر خلاف نوت بوک‌های آزمایشگاهی که در هنگام انجام آزمایش‌ها نوشته می‌شوند، گزارش‌های آزمایشگاهی پس از اتمام آزمایش آماده می‌شوند که می‌توانند توانایی‌های مشاهده، تفسیر و تفکر دانشجویان را نشان دهند و شما می‌توانید از آن‌ها به میزان دانش و مهارت‌های ایجاد شده پی ببرید. گزارش‌های آزمایشگاهی می‌تواند مشغله زیادی را برای دانشجویان و کارکنان ایجاد کند. گاهی اوقات تأخیر طولانی میان زمان ارسال گزارش توسط دانشجو و ارائه بازخورد و نمرات ملاحظه می‌شود. برای کاهش حجم کار، می‌توان از قالب گزارش استفاده کرد و از دانشجویان خواسته شود که در طول جلسه آزمایشگاهی قالب‌ها را تکمیل کنند. در این شرایط می‌توان قسمت‌هایی از گزارش را سریعاً تصحیح کرد تا بازخوردهای فوری برای دانشجویان فراهم شود، سپس زمان بیشتری برای آنان فراهم شود تا به نوشتن تفسیر یافته‌های کلیدی آزمایش و مقایسه و ارتباط آن با نتایج چاپ شده اختصاص دهند. در گزارش‌های آزمایشگاهی برخی اوقات دانشجویان



بازخورد فوری را در درک خود و توانایی خود برای توضیح یک مهارت بر اساس میزان گیرایی مهارت توسط دانشجوی جدید دریافت خواهد کرد. می‌توان بر این اساس ارزیابی‌های مناسبی را طراحی کرد. به عنوان مثال، اختصاص وظیفه‌ای به فراگیران برای ارائه توضیحات و راهنمایی در مورد مفاهیم علمی و / یا مهارت‌های عملی برای گروه دانشجویان بعدی به آن‌ها کمک می‌کند تا یادگیری آزمایشگاهی خود را تجدید نظر کنند و درک خود را در مورد روابط بین تئوری و عمل تقویت کنند. در این رابطه می‌توانند محصولات یادگیری را به عنوان مثال، راهنماها یا دستورالعمل‌های نوشته شده یا ضبط صدا یا ویدئو از چگونگی انجام آزمایش‌ها و سایر سخنرانی‌ها ارائه دهند.

### □ ترتیب دادن جلسات ارائه پوستر

دانشجویان می‌توانند بر اساس آزمایش‌های انجام شده پوسترهایی را آماده نمایند. این کار به مدرس اجازه می‌دهد مهارت‌های مشاهده‌ای، تحلیلی و ارتباطی آن‌ها را ارزیابی کند و فراگیران را تشویق نماید تا بازخورد دهنده و خلاق باشند. می‌توان تولید پوستر را به عنوان یک پروژه گروهی برای دانشجویان طراحی و / یا آن را با یک ارائه به صورت سخنرانی همراه کرد. مدرسان و / یا هم‌تایان می‌توانند پوسترها را ارزیابی کنند و به فراگیران به صورت رسمی و سریع بازخورد ارائه دهند. هنگامی که وظیفه تهیه پوستر به فراگیران داده می‌شود بهتر است قبل از آن در مورد اهداف، اشکال ارائه و غیره آموزش لازم داده شود. جلسه ارزیابی پوستر نباید تنها به یک رقابت ساده با ارائه جوایز برای چند نفر با کسب امتیاز بیشتر محدود شود بلکه باید بازخوردی که داده می‌شود منجر به یادگیری بیشتر شده و حتی برای فراگیران فرصت تجربه یک کنفرانس علمی کوچک و تعاملی فراهم شود.

### □ وادار کردن دانشجویان به ارائه تجربیات

دانشجویان (در گروه‌ها) می‌توانند یک آزمایش یا مجموعه‌ای از تجربیات را به هم‌تایان خود ارائه دهند و یافته‌ها، چالش‌ها و پیامدهای آن را گزارش دهند. اگر امکان پذیر باشد باید این سخنرانی‌ها در جلسات آزمایشگاه

گنجانیده شود، به طوری که فراگیران در مورد تجربیاتشان از هم‌تایانشان یاد بگیرند. مانند روش ارائه پوستر، در این حالت نیز می‌توان از ارزیابی هم‌تایان یا مدرس یا ترکیبی از آن‌ها استفاده کرد. فراگیران با استفاده از تکنولوژی‌های موجود در دسترس، مانند تلفن‌های همراه، می‌توانند ارائه‌های خود را از قبل ضبط و سپس در یک فضای آنلاین به اشتراک بگذارند. به عنوان مثال (Pearce, 2010)، یک روش ارزشیابی را توصیف می‌کند که دانشجویان یک ویدیوی ضبط شده از انجام آخرین تجربه آزمایشگاهی خود را قرار داده‌اند.

### □ وادار کردن دانشجویان به تکمیل یک پروژه

انجام و تکمیل یک پروژه کاری دشوار برای دانشجویان است و برای مدرسان نیز ارزیابی آن وقت گیر و مشکل است. با این حال، استفاده از پروژه‌ها برای ارزیابی می‌تواند آموزش عمیق و تحقیق علمی را تشویق کند. پروژه‌ها می‌توانند طیف وسیعی از مهارت‌های عملی را در خود جای دهند و انگیزه فراگیران برای کشف ایده‌ها و زمینه‌های جدید را افزایش دهند. متد گزارش شده توسط ketpichainarong et al. (2010) یک راه حل مرحله‌ای را پیشنهاد می‌کند که با دادن یک آزمایش برای تمرین آغاز شده سپس به سمتی هدایت می‌شود که دانشجویان آزمایش خود را طراحی و اجرا نموده و سپس به صورت شفاهی و یا کتبی فرآیندها و نتایج کسب شده را در کلاس ارائه می‌کنند که متعاقباً با ارزیابی هم‌تایان و بحث در کلاس حمایت می‌شود.

### □ استفاده از آزمایشگاه‌های مجازی

می‌توان از آزمایشگاه‌های مجازی به عنوان بخشی از ارزیابی قبل از آزمایشگاه استفاده کرد تا فراگیران با ایمنی آزمایشگاه آشنا شوند؛ یا از آن‌ها به عنوان جایگزینی برای تجربه‌های آزمایشی واقعی استفاده کرد. باید دانشجویان وادار شوند تا آزمایش‌های خود را انجام دهند و نتایج را تجزیه و تحلیل کنند. با این حال، به یاد داشته باشید که برخی از جنبه‌های یادگیری در محیط‌های شبیه‌سازی شده امکان پذیر نیست، به ویژه وظایفی را که نیاز به

را کنترل کنند. از تکنولوژی جدید می‌توان برای حمایت از ارزیابی و کاهش حجم کار استفاده کرد. برای مثال، می‌توان از اسمارت فون‌ها برای ثبت نتایج ارزیابی در یک پایگاه داده مرکزی در طول جلسه آزمایشگاهی استفاده کرد و به فراگیران اجازه داد تا به نتایج خود دسترسی داشته و بازخورد سریع را در طی یا بلافاصله پس از جلسه آزمایشگاهی خود دریافت کنند.

لمس، بویایی، مهارت‌های حرکتی و غیره دارد نمی‌توان از این طریق ارزیابی کرد. آزمایشگاه‌های آنلاین یا iLabs امکانات آزمایشی هستند که فراگیران و مربیان را قادر می‌سازند آزمایش‌ها را از هر نقطه در هر زمان انجام دهند. می‌توان طیف وسیعی از فعالیت‌های ارزیابی مبتنی بر شبیه‌سازی‌های موجود در این آزمایشگاه‌ها را طراحی کرد که دانشجو و مدرس می‌توانند درک و پیشرفت فراگیران

## References

- 1- Domin, D. (1999). A Review of Laboratory Instruction Styles. *Journal of Chemical Education* 76(4), 543–547.
- Ekins-Daukes, N.J. and O'Byrne, J.W. (2010).
- 2- LabRAT: An electronic mark recording system for large laboratory classes. *Proceedings of the UniServe Science Annual Conference, Sydney, 2006*, 169–173. Elliott, K., Boin, A., Irving, H., Johnson, E. and Galea, V. (2010).
- 3- *Teaching scientific inquiry skills: A handbook for bioscience educators in Australian universities*. Australian Learning and Teaching Council: Strawberry Hills. Fay, M.E., Grove, N.P., Towns, M.H. and Bretz, S.L. (2007).
- 4- A Rubric to Characterise Inquiry in the Undergraduate Chemistry Laboratory. *Chemistry Education Research and Practice* 8(2), 212–219. Hughes, I. (2004).
- 5- Coping strategies for staff involved in assessment of laboratory write-ups, *Bioscience Education, Volume 3*. Ketpichainarong, W., Panijpan, B. and Ruenwongsa, P. (2010).
- 6- Enhanced learning of biotechnology students by an inquirybased cellulase laboratory. *International Journal of Environmental and Science Education*, 5(2), 169–187. Moni, R., Hryciw, D., Poronnik, P., Lluca, L. and Moni, K. (2007).
- 7- Assessing core manipulative skills in a large, first-year laboratory. *Advances in Physiology Education*, 31(3), 266–269. Pearce, K.L. (2010).
- 8- Does Marcel Marceau have a place in the chemistry laboratory? *Proceedings of the 16th UniServe Science Annual Conference, Sydney, 2010*, 92–97. Quinnell, R., Hibbert, D.B. and Milsted, A. (2009).
- 9- eScience: evaluating electronic laboratory notebooks in chemistry research. In *Same places, different spaces*. *Proceedings ascilite, Auckland 2009*, 799–803. Rice, J.W., Thomas, S.M. and O'Toole, P. (2009).
- 10- *Tertiary Science Education in the 21st Century: Final Report of an ALTC Project*. Australian Learning and Teaching Council: Strawberry Hills.

