

راهنمای اندازه‌گیری حجمی در آزمایشگاه

اصول انتخاب ابزار، کار صحیح، دقت، کالیبراسیون و ایمنی



تصویر منبع: راهنمای آموزشی BRAND | ترجمه و تنظیم فارسی: آزمیران

نسخه فارسی بازطراحی‌شده توسط آزمیران

ویژه کارشناسان آزمایشگاه، کنترل کیفیت، تحقیق و توسعه و آموزش

چرا اندازه‌گیری حجمی مهم است؟

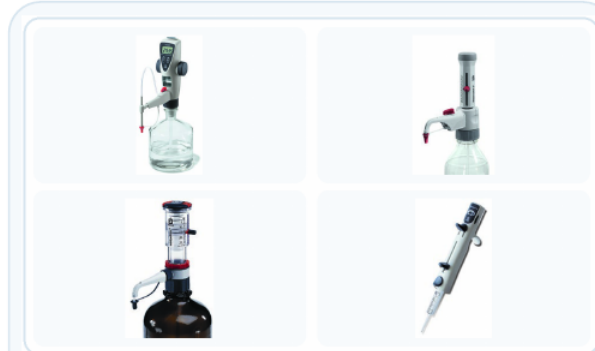
اندازه‌گیری حجم یکی از عملیات پایه در آزمایشگاه است. انتخاب ابزار، کلاس دقت، روش کار و شرایط محیطی مستقیماً بر قابلیت اعتماد نتیجه اثر می‌گذارند.

● انتخاب ابزار مناسب

برای هر اندازه‌گیری ابتدا دقت موردنیاز را مشخص کنید. بشر و ارلن برای برآورد تقریبی مناسب‌اند؛ بالن ژوژه، پیپت حجمی، بورت و استوانه مدرج ابزارهای کالیبره‌شده‌اند. ابزارهای پیستونی مانند میکروپیپت و دیسپنسر برای کار تکراری و کنترل‌شده کاربرد دارند.

● اصل قابلیت ردیابی

نتیجه معتبر باید به استاندارد شناخته‌شده قابل ردیابی باشد. شماره سری، گواهی کالیبراسیون، شرایط آزمون و تاریخ کنترل دوره‌ای را ثبت کنید. هرگونه ضربه، آلودگی، تغییر قطعه یا تعمیر می‌تواند اعتبار کالیبراسیون قبلی را تحت تأثیر قرار دهد.



تصاویر منبع: BRAND | ترجمه و تنظیم فارسی: آزمیران

● سه پرسش پیش از شروع

- چه مقدار عدم قطعیت قابل قبول است؟
- مایع آبی، فرار، خورنده یا گرانبواست؟
- ابزار برای «تحویل حجم» یا «در خود نگاه داشتن حجم» کالیبره شده است؟

● محدوده این راهنما

این راهنما انتخاب و کار با شیشه‌آلات حجمی، پیپت‌ها، بورت‌ها، ابزارهای جابه‌جایی مایع، کنترل دقت، کالیبراسیون، نظافت و ایمنی را پوشش می‌دهد. دستورالعمل سازنده و مقررات ایمنی آزمایشگاه همواره اولویت دارند.

نکته کاربردی

اصل کلیدی: ابزار دقیق بدون روش کار صحیح، نتیجه دقیق تولید نمی‌کند.

مسیر مطالعه و استفاده سریع

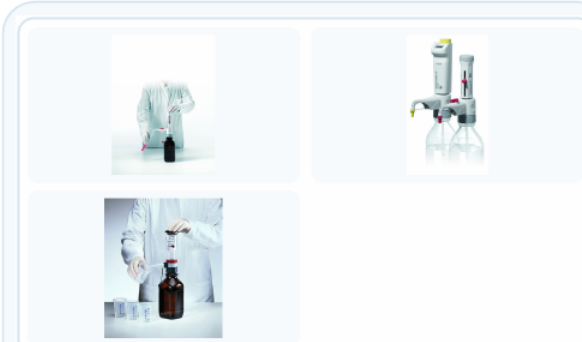
مطالب از شناخت ابزار شروع می‌شود، سپس به روش کار، دقت، کالیبراسیون، گواهی‌ها، نظافت و ایمنی می‌رسد.

● بخش اول - ابزارهای حجمی

۱. نمای کلی ابزارها
۲. ساخت و کالیبراسیون شیشه‌آلات
۳. علائم اجباری روی ابزار
۴. کلاس‌های دقت و انتخاب ماده
۵. منیسک، زمان تخلیه و زمان انتظار

● بخش دوم - روش کار

۶. پیپت‌های حجمی، مدرج و موئین
۷. بالن ژوژه و استوانه مدرج
۸. بورت و پیکنومتر
۹. پوآرها و پیپت‌فیلرها
۱۰. دیسپنسر و بورت بطری‌دار



تصاویر منبع: BRAND | ترجمه و تنظیم فارسی: آزمران

● بخش سوم - ابزارهای پیستونی

۱۱. میکروپیپت تک‌کاناله و چندکاناله
۱۲. مدل‌های الکترونیکی
۱۳. پیپت جابه‌جایی مثبت
۱۴. پیپت تکرارشونده و نوک‌های پیستونی

● بخش چهارم - تضمین کیفیت

۱۵. صحت، دقت و ضریب تغییرات
۱۶. پایش و آزمون حجمی
۱۷. گواهی‌ها و مدیریت کیفیت
۱۸. نظافت، ضدعفونی، استریل‌سازی و ایمنی

نکته کاربردی

برای کار روزمره، صفحات مربوط به منیسک، پیپت، کالیبراسیون و نظافت بیشترین مراجعه را دارند.

نمای کلی ابزارهای حجمی و انتقال مایع

ابزار حجمی مقدار مشخصی از مایع را با خطای کنترل‌شده نگه می‌دارد یا تحویل می‌دهد؛ ابزارهای معمول آزمایشگاهی همگی این ویژگی را ندارند.

● شیشه و پلاستیک حجمی

بالن ژوزه برای ساخت محلول با حجم نهایی مشخص، پیپت حجمی برای انتقال یک حجم ثابت، پیپت مدرج برای حجم‌های متغیر، استوانه مدرج برای اندازه‌گیری عمومی و بورت برای تیتراژ کردن به کار می‌روند. مقیاس بشر و ارلن تنها راهنمای تقریبی است.

● ابزارهای پیستونی

میکروپیپت هوا-واسط، پیپت جابه‌جایی مثبت، پیپت چندکاناله، پیپت تکرارشونده، دیسپنسر بطری‌دار و بورت بطری‌دار با حرکت پیستون حجم را کنترل می‌کنند. این ابزارها سرعت، ارگونومی و تکرارپذیری کارهای سری را افزایش می‌دهند.



● انتخاب بر اساس کار

- ساخت محلول استاندارد: بالن ژوزه کلاس A
- انتقال دقیق یک حجم: پیپت حجمی AS
- تیتراژ کردن: بورت کلاس AS یا بورت بطری‌دار
- حجم میکرولیتر: میکروپیپت
- مایع گرانبوا یا فرار: جابه‌جایی مثبت

● محدودیت مقیاس

تعداد تقسیمات زیاد الزاما به معنی دقت بیشتر نیست. خطای مجاز، کلاس ابزار، وضعیت تمیزی، دمای کار و مهارت کاربر مهم‌تر از ظاهر ریز مقیاس هستند.

نکته کاربردی

ظرف مدرج را با ابزار حجمی دقیق اشتباه نگیرید؛ کاربرد هر کدام متفاوت است.

از ماده خام تا ابزار دقیق

کیفیت ابزار حجمی از انتخاب شیشه، حذف تنش حرارتی، شکل دهی دقیق، کالیبراسیون و کنترل نهایی آغاز می شود.

● انتخاب نوع شیشه

شیشه سودالایم برای بسیاری از پیپت های حجمی و مدرج مناسب است. شیشه پوروسیلیکات ۳/۳ مقاومت شیمیایی و حرارتی بالاتری دارد و برای بالن ژوژه، استوانه مدرج و بورت رایج است. ماده اولیه باید یکنواخت و عاری از تنش مخرب باشد.

● مدیریت تنش حرارتی

گرمایش یا سرمایش ناگهانی باعث تنش و شکست می شود. ابزار شیشه ای را در محفظه سرد قرار دهید و به آرامی گرم کنید؛ پس از پایان نیز داخل دستگاه خاموش به تدریج سرد شود. ابزار حجمی را مستقیماً روی هات پلیت قرار ندهید.



تصاویر منبع: BRAND | ترجمه و تنظیم فارسی: آزمیران

● کالیبراسیون با آب

هر ابزار دقیق با مقدار تعریف شده ای آب در دمای مرجع پر یا تخلیه می شود. محل پایین ترین نقطه منیسک، خط کالیبراسیون را تعیین می کند. سامانه های کنترل شده رایانه ای پراکندگی تولید را کاهش می دهند.

● دمای مرجع

دمای مرجع متداول ۲۰ درجه سلسیوس است. انبساط شیشه معمولاً کوچک است، اما تغییر حجم مایع می تواند معنی دار باشد. برای کار دقیق، ابزار، مایع و محیط را تا حد امکان به یک دمای پایدار برسانید.

نکته کاربردی

کالیبراسیون خوب از یک بدنه شیشه ای پایدار، بدون تنش و با هندسه یکنواخت شروع می شود.

مفهوم TD/Ex و TC/In

ابزارهای حجمی یا برای تحویل مقدار مشخصی از مایع کالیبره می‌شوند یا برای نگهداری مقدار مشخص در داخل ظرف.

● تحویل حجم - TD یا Ex

در این حالت مقدار مایعی که از ابزار خارج می‌شود با حجم اسمی برابر است. لایه نازکی که پس از تخلیه روی دیواره باقی می‌ماند در کالیبراسیون لحاظ شده است. پیمپت حجمی، پیمپت مدرج و بورت معمولاً در این گروه قرار می‌گیرند.

● نگهداری حجم - TC یا In

در این حالت مقدار مایع موجود در ابزار با حجم اسمی برابر است. بالن ژوژه، استوانه مدرج و برخی پیمپت‌های مؤین نمونه‌های رایج هستند. برای انتقال کامل محتویات ممکن است آبکشی ظرف نیز جزئی از روش تحلیلی باشد.



تصاویر منبع: BRAND | ترجمه و تنظیم فارسی: آزمیران

● چرا تفاوت مهم است؟

اگر ابزار TC مانند ابزار TD تخلیه شود، فیلم باقی‌مانده روی دیواره باعث کمبود حجم تحویلی خواهد شد. برعکس، شست‌وشوی نوک یک پیمپت می‌تواند حجم بیشتری از مقدار کالیبره‌شده وارد ظرف گیرنده کند TD.

● علامت‌گذاری صحیح

روی ابزار باید نوع کالیبراسیون، حجم اسمی، واحد، دمای مرجع، کلاس دقت و در صورت لزوم زمان انتظار درج شود. خواندن این علائم پیش از استفاده از خطاهای روش جلوگیری می‌کند.

نکته کاربردی

پیش از تخلیه یا آبکشی ابزار، ابتدا علامت Ex/TD یا In/TC را بررسی کنید.

علائم و اطلاعات روی ابزار حجمی

نوشته‌های روی ابزار تنها اطلاعات تجاری نیستند؛ آن‌ها بخشی از تعریف اندازه‌گیری و قابلیت ردیابی هستند.

اطلاعات ضروری

- حجم اسمی و واحد mL یا cm^3
- دمای مرجع، معمولاً 20°C
- نوع کالیبراسیون In/TC یا Ex/TD
- کلاس B یا A، AS، AW
- زمان انتظار، مانند $5\text{ s} + \text{Ex}$
- نام یا نشان سازنده

اطلاعات تکمیلی

کشور سازنده، خطای مجاز، استاندارد مرجع مانند ISO 648، شماره بچ یا سری، جنس شیشه و نشان‌های انطباق ممکن است اضافه شوند. این اطلاعات برای انتخاب ابزار و بررسی گواهی ضروری‌اند.



تصاویر منبع: BRAND | ترجمه و تنظیم فارسی: آزمیران

حلقه‌ها و رنگ‌ها

کدهای رنگی در انتهای پیپت‌ها برای تشخیص سریع حجم‌های نزدیک به هم استفاده می‌شوند. رنگ جایگزین خواندن حجم و کلاس نیست، اما احتمال انتخاب اشتباه در کار روزانه را کاهش می‌دهد.

کنترل پیش از استفاده

علائم باید خوانا باشند؛ خط یا مقیاس ساییده، شکستگی نوک، ترک مویی و تغییر شکل دهانه دلیل کافی برای خارج کردن ابزار از سرویس است. شماره ابزار را با سوابق کالیبراسیون تطبیق دهید.

نکته کاربردی

هر ابزار بدون شناسه خوانا یا سابقه مشخص، برای اندازه‌گیری مرجع مناسب نیست.

کلاس‌های A، AS، AW و B

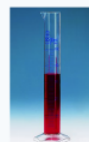
کلاس دقت دامنه خطای مجاز ابزار را بیان می‌کند و باید متناسب با هدف اندازه‌گیری انتخاب شود.

● کلاس A و AS

کلاس A بالاترین رده متداول دقت است. کلاس AS همان حدود خطای A را دارد، اما برای تخلیه سریع‌تر طراحی شده و زمان انتظار تعریف‌شده دارد. دهانه بزرگ‌تر احتمال گرفتگی را کاهش می‌دهد و رفتار تخلیه با زمان انتظار جبران می‌شود.

● کلاس B و AW

بالن‌های دهانه‌گشاد ممکن است با کلاس AW مشخص شوند و حدود خطای متفاوتی داشته باشند. کلاس B معمولاً حدود خطایی نزدیک به دو برابر کلاس A دارد و برای کارهای عمومی، آموزشی یا فرایندهایی با حساسیت کمتر مناسب است.



تصاویر منبع: BRAND | ترجمه و تنظیم فارسی: آزمیران

● شیشه یا پلاستیک؟

پلاستیک سبک و مقاوم به شکست است. PMP، PP و PFA مواد رایج‌اند. ابزارهای PP اغلب در محدوده کلاس B قرار می‌گیرند؛ برخی محصولات PMP و PFA می‌توانند کلاس A را تأمین کنند. PFA برای آنالیزهای ردیابی و خلوص بالا مزیت دارد.

● معیار انتخاب

دقت موردنیاز، سازگاری شیمیایی، دما، خطر شکست، وزن، هزینه و امکان شست‌وشو را هم‌زمان بررسی کنید. هیچ ماده‌ای برای همه کاربردها بهترین نیست.

نکته کاربردی

برای محلول‌های استاندارد و تیتراهای مرجع از کلاس A/AS استفاده کنید؛ کلاس B برای برآوردهای عمومی کافی است.

منیسک و حذف خطای پارالاکس

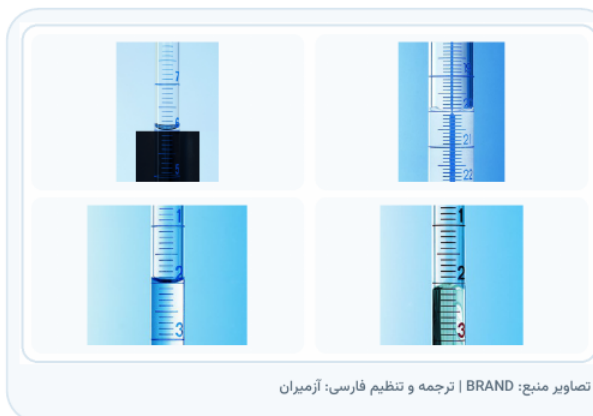
تنظیم و خواندن درست منیسک شرط اصلی اندازه‌گیری دقیق با شیشه‌آلات حجمی است.

● منیسک مقعر و محدب

در محلول‌های آبی، چسبندگی به شیشه معمولاً از همبستگی مولکولی بیشتر است و منیسک مقعر تشکیل می‌شود؛ خواندن در پایین‌ترین نقطه انجام می‌گیرد. در مایعاتی مانند جیوه منیسک محدب است و بالاترین نقطه معیار خواندن است.

● خط دید صحیح

ابزار را عمودی نگه دارید و چشم را دقیقاً هم‌سطح منیسک قرار دهید. اگر چشم بالاتر یا پایین‌تر باشد، خطای پارالاکس ایجاد می‌شود. زمینه روشن و یک نوار تیره در پشت ابزار، مشاهده مرز مایع را آسان می‌کند.



تصاویر منبع: BRAND | ترجمه و تنظیم فارسی: آزمیران

● نوار شلباخ

نوار شلباخ از یک خط آبی باریک روی زمینه سفید تشکیل می‌شود. شکست نور در نزدیکی منیسک دو پیکان ایجاد می‌کند و محل تلاقی آن‌ها نقطه خواندن را نشان می‌دهد.

● اثر دما

برای کمینه کردن خطا، مایعات و ابزارهایی که در یک زنجیره اندازه‌گیری با هم تماس دارند در دمای مشترک استفاده شوند. در ساخت محلول استاندارد، نمونه‌برداری و تیتراژ بهتر است اختلاف دمای معنی‌دار نداشته باشند.

نکته کاربردی

ابزار عمودی، چشم هم‌سطح و نقطه درست منیسک؛ سه شرط خواندن بدون پارالاکس.

زمان تخلیه و زمان انتظار

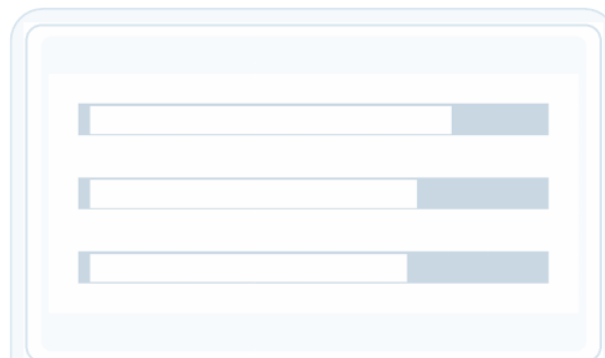
حجم تحویلی ابزار TD/Ex به سرعت جریان و زمانی که برای پایین‌آمدن فیلم مایع از دیواره صرف می‌شود وابسته است.

● زمان تخلیه

زمان تخلیه از عبور منیسک از خط بالایی تا رسیدن آن به خط پایینی یا نوک ابزار اندازه‌گیری می‌شود. کوتاه شدن نوک، زمان را کم و حجم تحویلی را کاهش می‌دهد. آلودگی یا گرفتگی نوک زمان را افزایش داده و می‌تواند حجم تحویلی را بیشتر کند.

● زمان انتظار

در ابزار کلاس AS معمولاً پس از توقف منیسک در نوک، ۵ ثانیه صبر می‌شود تا مایع باقی‌مانده از دیواره پایین بیاید. سپس نوک از دیواره ظرف گیرنده جدا می‌شود. زمان انتظار باید روی ابزار درج شده باشد.



تصاویر منبع: BRAND | ترجمه و تنظیم فارسی: آزمیران

● نمونه مقایسه‌ای

برای یک پیپت حجمی ۲۵ میلی‌لیتری، کلاس AS می‌تواند تخلیه سریع و ۵ ثانیه انتظار داشته باشد. کلاس A تخلیه آهسته‌تر و بدون انتظار تعریف‌شده دارد. کلاس B دامنه زمانی گسترده‌تری دارد.

● خطاهای رایج

- دمیدن مایع باقی‌مانده از نوک پیپت TD
- تماس نامناسب نوک با دیواره ظرف
- زاویه‌دار نگه‌داشتن پیپت
- استفاده از نوک آسیب‌دیده یا آلوده

نکته کاربردی

مایع باقی‌مانده در نوک پیپت حجمی TD را خارج نکنید، مگر سازنده صراحتاً روش دیگری تعیین کرده باشد.

انواع پیت حجمی، مدرج و موئین

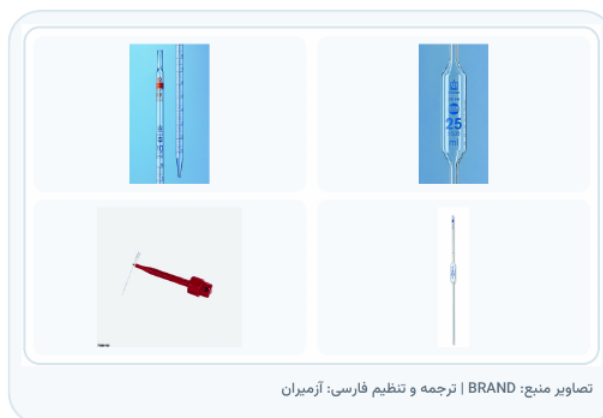
پیت‌ها برای اندازه‌گیری و انتقال مایع طراحی شده‌اند؛ شکل، نوع مقیاس و روش کالیبراسیون آن‌ها روش کار را تعیین می‌کند.

● پیت حجمی

پیت حجمی یا تک‌حجمی معمولاً یک خط کالیبراسیون دارد و برای انتقال یک حجم ثابت با دقت بالا استفاده می‌شود. نوع دوخط نیز وجود دارد که حجم بین دو علامت را تحویل می‌دهد. کلاس AS با علامت $Ex + 5 s$ مشخص می‌شود.

● پیت مدرج

مقیاس پیت مدرج امکان برداشت حجم‌های جزئی را فراهم می‌کند. در نوع ۲، حجم اسمی در بالا قرار دارد و تخلیه تا نوک انجام می‌شود. در نوع ۱، حجم اسمی در پایین است و حجم‌های مختلف بین خطوط خوانده می‌شوند.



● پیت موئین

پیت‌های موئین تا حدود ۲۰۰ میکرولیتر معمولاً TC/In هستند. در مدل دارای خط، حجم بین انتهای لوله و خط تعریف می‌شود؛ در مدل انتها-به-انتها، کل طول موئین حجم را مشخص می‌کند.

● نکات انتخاب

برای بیشترین دقت در یک حجم ثابت از پیت حجمی استفاده کنید. برای حجم متغیر، پیت مدرج مناسب‌تر است. برای حجم‌های بسیار کم و نمونه‌های ویژه، پیت موئین یا ابزار پیستونی انتخاب شود.

نکته کاربردی

نوع پیت، محل حجم اسمی و علامت Ex/In را پیش از شروع بررسی کنید.

روش صحیح پرکردن و تخلیه پیپت

پیپت تمیز، وضعیت عمودی و کنترل یکنواخت منیسک مهم‌تر از سرعت انجام کار هستند.

● پرکردن

پیپت را با محلول شست‌وشوی اولیه دهید. با پوآر یا پیپت‌فیلر، مایع را کمی بالاتر از خط بکشید؛ سطح بیرونی نوک را پاک کنید و در حالت عمودی منیسک را دقیقاً روی خط تنظیم کنید. ورود مایع به ابزار مکش ممنوع است.

● تخلیه

نوک را با زاویه مناسب به دیواره ظرف گیرنده تکیه دهید و اجازه دهید مایع آزادانه تخلیه شود. پس از توقف منیسک، زمان انتظار تعیین‌شده را رعایت کنید. نوک را روی دیواره بکشید و پیپت را خارج کنید.



● پیپت مدرج

حجم تحویلی از اختلاف خواندن اولیه و نهایی به‌دست می‌آید. برای جلوگیری از خطا، هر دو خواندن در وضعیت یکسان و بدون پارالاکس انجام شوند. اگر مدل برای تخلیه کامل طراحی شده است، دستور سازنده درباره قطره انتهایی را رعایت کنید.

● کنترل کیفیت کاربر

تمرین با آب و توزین خروجی، راه مناسبی برای ارزیابی مهارت است. اختلاف زیاد بین تکرارها معمولاً از تنظیم منیسک، زاویه ابزار، زمان انتظار یا تماس نامناسب نوک ناشی می‌شود.

نکته کاربردی

مکش دهانی پیپت تحت هیچ شرایطی مجاز نیست.

بالن ژوژه و استوانه‌های مدرج

بالن ژوژه برای تهیه حجم نهایی دقیق و استوانه مدرج برای اندازه‌گیری عمومی یا اختلاط حجم‌های بزرگ‌تر استفاده می‌شود.

● بالن ژوژه

ماده را حل کنید، محلول را به بالن منتقل و ظرف اولیه را آبکشی کنید. تا نزدیک خط با حلال پر کنید، دما را پایدار سازید و قطره‌قطره منیسک را روی خط تنظیم کنید. درپوش را ببندید و با چند بار وارونه کردن، محلول را یکنواخت کنید.

● خطاهای بالن

پر کردن بیش از خط قابل اصلاح دقیق نیست. محلول گرم را مستقیم تا خط نرسانید؛ پس از رسیدن به دمای مرجع حجم تغییر می‌کند. گردن و خط باید تمیز و بدون قطره چسبیده باشند.



● استوانه مدرج

استوانه را روی سطح افقی و پایدار قرار دهید. منیسک را هم‌سطح چشم بخوانید. استوانه کلاس A برای اندازه‌گیری دقیق‌تر و کلاس B برای کار عمومی مناسب است. حجم‌های نزدیک به انتهای دامنه معمولاً خواندن مطمئن‌تری دارند.

● استوانه اختلاط

استوانه اختلاط دارای درپوش است و پس از تنظیم حجم می‌توان آن را وارونه کرد. در استوانه معمولی، اختلاط شدید خطر ریزش و آلودگی دارد. پیش از وارونه‌سازی، سازگاری درپوش و مایع بررسی شود.

نکته کاربردی

بالن ژوژه ظرف نگهداری طولانی‌مدت یا گرم‌کردن مستقیم محلول نیست.

کار با بورت و پیکنومتر

بورت برای تحویل کنترل‌شده حجم متغیر و پیکنومتر برای تعیین چگالی مایع با حجم کالیبره‌شده به کار می‌رود.

● آماده‌سازی بورت

بورت را تمیز و با تیترانت شست‌وشوی اولیه دهید. آن را عمودی نصب کنید، شیر و نوک را پر و تمام حباب‌ها را خارج کنید. سطح اولیه را بخوانید و هنگام تیتر کردن، خروجی را نزدیک نقطه پایانی قطره‌ای کنید.

● خواندن حجم

حجم مصرفی اختلاف خواندن نهایی و اولیه است. چند دقیقه پس از پرکردن اولیه صبر کنید تا فیلم مایع پایدار شود. قیف را پیش از خواندن بردارید تا قطره اضافی وارد بورت نشود.



● پیکنومتر

پیکنومتر تمیز و خشک را وزن کنید، با مایع هم‌دما پر کنید، درپوش موئین را قرار دهید و مایع اضافی را پاک کنید. پس از خشک کردن سطح بیرونی، دوباره وزن کنید. حباب هوا نتیجه را نامعتبر می‌کند.

● محاسبه چگالی

چگالی از تقسیم اختلاف جرم پیکنومتر پر و خالی بر حجم کالیبره‌شده آن به دست می‌آید. دما همراه نتیجه گزارش شود، زیرا چگالی و حجم هر دو تابع دما هستند.

نکته کاربردی

در بورت و پیکنومتر، یک حباب کوچک می‌تواند خطایی بزرگ‌تر از تفکیک مقیاس ایجاد کند.

پیپت‌فیلر و ابزارهای کمکی

ابزار کمکی پیپت‌کردن، مکش دهانی را حذف می‌کند و کنترل پرکردن و تخلیه را افزایش می‌دهد.

● مدل‌های موتوردار

پیپت‌فیلر برقی برای پیپت‌های حجمی و مدرج با دامنه وسیع مناسب است. سرعت مکش و تخلیه قابل تنظیم است. فیلتر محافظ از ورود مایع به موتور جلوگیری می‌کند و باید در صورت خیس شدن تعویض شود.

● مدل‌های دستی

پوآر سه‌سوپاپ، پیپت‌کنترلر چرخشی و فیلرهای دستی برای کارهای عمومی استفاده می‌شوند. ابتدا فشار منفی ایجاد، سپس منیسک با کنترل ظریف تنظیم و در پایان مایع به‌صورت آزاد یا با فشار تخلیه می‌شود.



● حجم‌های کوچک

برای میکروپیپت‌های شیشه‌ای یا پیپت‌های کوچک، ابزار اختصاصی با اتصال مطمئن انتخاب کنید. اتصال شل باعث ورود هوا و اتصال بیش از حد محکم ممکن است پیپت را بشکند.

● ایمنی

ابزار را بر اساس نوع مایع انتخاب کنید. آکروسل‌های زیستی، بخارات خورنده و حلال‌های فرار ممکن است فیلتر یا اجزای داخلی را آلوده کنند. دستورالعمل ضدعفونی و تعویض فیلتر رعایت شود.

نکته کاربردی

پیپت را به آرامی در اتصال وارد کنید؛ فشار جانبی زیاد می‌تواند شیشه را بشکند و آسیب ایجاد کند.

توزیع ایمن و تکرارشونده محلول

دیسپنسر بطری دار حجم تنظیم شده ای از معرف را مستقیماً از بطری تحویل می دهد و تماس کاربر با ماده را کاهش می دهد.

● اصل عملکرد

حرکت رو به بالای پیستون، مایع را از بطری به سیلندر می کشد و حرکت رو به پایین آن را از لوله خروجی تحویل می دهد. شیر ورودی و خروجی مسیر جریان را کنترل می کنند. پیش از کار، دستگاه باید هواگیری شود.

● پیستون شناور

در سامانه پیستون شناور، فاصله بسیار کم بین پیستون و سیلندر بدون آببند سایشی عمل می کند. اصطکاک کم و مقاومت شیمیایی بالا مزیت است؛ اما سازگاری ماده با اجزای تماس باید بررسی شود.



تصاویر منبع: BRAND | ترجمه و تنظیم فارسی: آزمیران

● آببند پاک کننده

در طراحی آببنددار، یک حلقه یا آببند سطح پیستون را پاک می کند و برای برخی معرف های رسوبزا مناسب است. سایش آببند و نیاز به سرویس دوره ای باید در برنامه نگهداری لحاظ شود.

● کار ایمن

لوله خروجی همیشه به سمت ظرف گیرنده باشد. از حرکت سریع پیستون، بطری نامناسب و کار بدون درپوش خروجی خودداری کنید. هنگام نصب، آداپتور رزوه ای صحیح و بطری پایدار استفاده شود.

نکته کاربردی

پیش از توزیع نمونه اصلی، چند بار هواگیری کنید تا هیچ حبابی در سیلندر یا لوله خروجی باقی نماند.

تیترا کردن با بورت دیجیتال

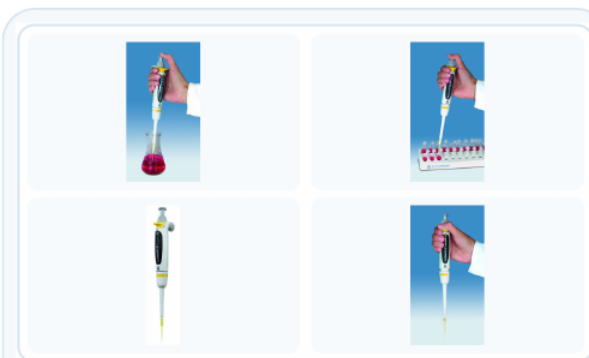
بورت بطری‌دار حجم تیترانت را با حرکت کنترل‌شده پیستون اندازه می‌گیرد و مقدار مصرف را روی نمایشگر نشان می‌دهد.

آماده‌سازی

دستگاه را روی بطری مناسب نصب و مسیر را با تیترانت شست‌وشو دهید. لوله خروجی و دریچه‌ها را هواگیری کنید. نمایشگر را صفر و ظرف گیرنده را زیر نوک قرار دهید. پیش از شروع، نشتی و حرکت یکنواخت بررسی شود.

تیترا کردن

در بخش سریع واکنش، حجم را پیوسته اضافه کنید و نزدیک نقطه پایانی سرعت را کاهش دهید. قطره‌های کوچک امکان کنترل بهتر را فراهم می‌کنند. پس از رسیدن به نقطه پایانی، حجم نمایش‌داده‌شده ثبت شود.



تصاویر منبع: BRAND | ترجمه و تنظیم فارسی: آزمران

کنترل نتیجه

قرائت دیجیتال خطای دید مقیاس شیشه‌ای را حذف می‌کند، اما جایگزین کنترل کالیبراسیون نیست. دمای تیترانت، وجود حباب، نشتی، آلودگی شیر و مهارت تشخیص نقطه پایانی همچنان مؤثرند.

پس از کار

تیترانت خورنده یا رسوب‌زا را در دستگاه رها نکنید. مسیر را طبق سازگاری شیمیایی با آب یا حلال مناسب شست‌وشو دهید. لوله خروجی را در وضعیت ایمن قرار دهید و درپوش محافظ نصب شود.

نکته کاربردی

هیچ قرائت دیجیتالی، خطای ناشی از حباب یا مسیر آلوده را جبران نمی‌کند.

پیپت هوا-واسط تک‌کاناله و چندکاناله

در پیپت هوا-واسط، حرکت پیستون بالشتک هوا را جابه‌جا می‌کند و مایع وارد نوک یک‌بارمصرف می‌شود.

● روش پیپت‌کردن مستقیم

حجم را در محدوده مجاز تنظیم و نوک مناسب نصب کنید. پیستون را تا توقف اول فشار دهید، نوک را ۲ تا ۳ میلی‌متر در مایع فرو ببرید و به آرامی رها کنید. برای تخلیه، تا توقف اول و سپس توقف دوم فشار دهید و نوک را خارج کنید.

● پیش‌مرطوب‌سازی

برای حجم‌های کم یا مایعات حساس، نوک را دو تا سه بار با همان مایع پر و خالی کنید. این کار شرایط سطح داخلی و بالشتک هوا را پایدار و تکرارپذیری را بهتر می‌کند.



تصاویر منبع: BRAND | ترجمه و تنظیم فارسی: آزمیران

● چندکاناله

همه نوک‌ها باید هم‌زمان و با ارتفاع برابر نصب شوند. عمق غوطه‌وری و زاویه برای همه کانال‌ها یکسان باشد. نشی کانال می‌تواند نتایج ردیف کامل پلیت را مختل کند.

● نکات عملی

- * پیپت هنگام مکش عمودی باشد
- * حرکت پیستون یکنواخت و بدون رها کردن ناگهانی باشد
- * نوک با حجم و مدل پیپت سازگار باشد
- * پیپت پرشده افقی قرار نگیرد

نکته کاربردی

تنظیم حجم خارج از محدوده درج‌شده می‌تواند مکانیزم را آسیب بزند و کالیبراسیون را تغییر دهد.

برنامه‌ها، ارگونومی و کنترل سرعت

پیپت‌های الکترونیکی حرکت پیستون را کنترل می‌کنند و برای کارهای تکراری، چندکاناله و پروتکل‌های حساس مفیدند.

● حالت‌های رایج

پیپت‌کردن استاندارد، مخلوط‌کردن نمونه، پیپت‌کردن معکوس، توزیع چندمرحله‌ای و تنظیم سرعت مکش/تخلیه از برنامه‌های متداول‌اند. نمایشگر حجم، حالت، سرعت و وضعیت باتری را نشان می‌دهد.

● پیپت‌کردن معکوس

در مایعات کف‌زا یا گرانبوا، حجم اضافی وارد نوک می‌شود و فقط حجم برنامه‌ریزی‌شده تحویل می‌گردد؛ باقی‌مانده دور ریخته می‌شود. این روش تشکیل حباب و عدم تخلیه کامل را کاهش می‌دهد.



● مزایای ارگونومی

نیروی کمتر روی انگشت، تخلیه خودکار، تنظیم سرعت و تکرار یکنواخت خستگی و تغییرات کاربر را کم می‌کند. با این حال وضعیت مچ، ارتفاع میز و تناوب استراحت همچنان مهم است.

● کنترل روزانه

پیش از کار، شارژ باتری، حرکت پیستون، اتصال نوک و صحت تنظیمات بررسی شود. برنامه‌ها قفل یا مستند شوند تا تغییر ناخواسته در پروتکل رخ ندهد.

نکته کاربردی

سرعت کمتر برای مایعات گرانبوا و سرعت کنترل‌شده برای مایعات فرار، نتیجه پایدارتر ایجاد می‌کند.

پیپت های پیستون-تماس و تکرارشونده

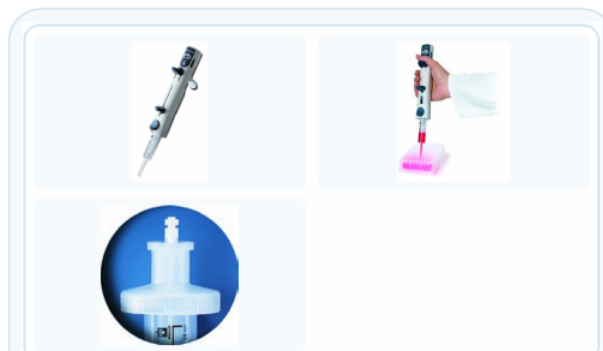
در جابه جایی مثبت، پیستون مستقیماً با مایع تماس دارد و بالشتک هوای متغیر حذف می شود.

● کاربردهای مناسب

مایعات گرانشی، فرار، کفزا، بسیار چگال یا با فشار بخار بالا با این فناوری بهتر کنترل می شوند. نوک شامل موئین و پیستون است و از آلودگی بدنه ابزار نیز جلوگیری می کند.

● روش کار

نوک پیستونی را درست نصب کنید. پیستون را برای مکش در وضعیت تعریف شده قرار دهید، نوک را کم عمق وارد مایع و به آرامی پر کنید. برای تخلیه، پیستون تا انتها حرکت داده می شود و معمولاً فیلم باقی مانده وجود ندارد.



تصاویر منبع: BRAND | ترجمه و تنظیم فارسی: آزمیران

● پیپت تکرارشونده

یک نوک پیستونی با حجم بزرگ پر می شود و دستگاه آن را به چندین مرحله مساوی تقسیم می کند. انتخاب اندازه نوک و گام دستگاه، حجم هر توزیع و تعداد مراحل را تعیین می کند.

● مزیت و محدودیت

سرعت بالا و یکنواختی برای پلیت ها و کارهای سری مزیت اصلی است. نوک اختصاصی، هزینه مصرفی و ضرورت انتخاب ترکیب صحیح نوک/گام از محدودیت ها هستند.

نکته کاربردی

برای مایعاتی که با پیپت هوا-واسط رفتار ناپایدار دارند، جابه جایی مثبت اولین گزینه بررسی است.

صحت، دقت و ضریب تغییرات

صحت نزدیکی میانگین نتایج به مقدار واقعی و دقت یا تکرارپذیری نزدیکی نتایج تکراری به یکدیگر است.

● خطای سیستماتیک

اختلاف میانگین حجم اندازه‌گیری‌شده و حجم اسمی، خطای سیستماتیک را نشان می‌دهد. این خطا می‌تواند از کالیبراسیون، دما، روش ثابت نادرست یا تنظیم اشتباه ناشی شود. خطای نسبی معمولاً به درصد حجم اسمی گزارش می‌شود.

● خطای تصادفی

پراکندگی نتایج حول میانگین با انحراف معیار بیان می‌شود و بیشتر به تکرارپذیری مربوط است. تغییر زاویه، سرعت پیستون، عمق نوک و زمان‌بندی می‌تواند پراکندگی را افزایش دهد.



تصاویر منبع: BRAND | ترجمه و تنظیم فارسی: آزمران

● روابط اصلی

میانگین برابر مجموع اندازه‌گیری‌ها تقسیم بر تعداد تکرارهاست. خطای نسبی درصدی برابر صد برابر اختلاف میانگین و حجم اسمی، تقسیم بر حجم اسمی است. ضریب تغییرات درصدی برابر صد برابر انحراف معیار، تقسیم بر میانگین است.

● تفسیر هدف

نتایج نزدیک مرکز ولی پراکنده: صحیح اما کم‌دقت. نتایج فشرده و دور از مرکز: دقیق اما ناصحیح. هدف، هم‌زمانی صحت و دقت است.

نکته کاربردی

یک نتیجه منفرد برای قضاوت درباره ابزار کافی نیست؛ مجموعه‌ای از اندازه‌گیری‌های تکراری لازم است.

چه ابزاری، چه زمانی و چگونه کنترل شود؟

همه ابزارهای اندازه‌گیری مؤثر بر کیفیت باید در برنامه پایش، شناسایی، آزمون و نگهداری قرار گیرند.

• تناوب آزمون

تناوب بر اساس ریسک فرایند، دفعات استفاده، نوع مایع، سابقه نتایج، توصیه سازنده و شرایط محیطی تعیین می‌شود. ابزارهای پرمصرف یا بحرانی باید کوتاه‌تر از تجهیزات کم‌مصرف کنترل شوند.

• کنترل‌های روزانه

بازرسی ظاهری، نشتی، حرکت پیستون، خوانایی مقیاس، سلامت نوک، صفر بودن نمایشگر و آزمون ساده عملکرد قبل از شروع کار انجام شود. هر تغییر غیرعادی ثبت و بررسی گردد.



• آزمون دوره‌ای

آزمون حجمی با روش معتبر، شرایط کنترل‌شده، آب مناسب، ترازوی کالیبره و ثبت کامل داده‌ها انجام می‌شود. نتیجه با حدود خطای سازنده یا معیار داخلی مقایسه می‌گردد.

• پس از تعمیر یا حادثه

پس از تعمیر، افتادن، تعویض قطعه حجمی، تماس با ماده خورنده یا مشاهده انحراف، ابزار پیش از بازگشت به سرویس باید دوباره آزمون شود.

نکته کاربردی

برچسب وضعیت کالیبراسیون باید تاریخ، سررسید و شناسه ابزار را واضح نشان دهد.

روش گراویمتری برای کنترل حجم

در آزمون گراویمتری، جرم آب تحویل‌شده اندازه‌گیری و با در نظر گرفتن چگالی، دما و تصحیحات لازم به حجم تبدیل می‌شود.

● آماده‌سازی

ابزار، آب و اتاق را به تعادل دمایی برسانید. ترازوی کالیبره با تفکیک مناسب، ظرف توزین، دماسنج و ثبت رطوبت و فشار آماده باشند. ابزار طبق دستور سازنده تمیز و پیش‌مرطوب شود.

● اجرای تکرارها

ظرف گیرنده را وزن، حجم آزمون را تحویل و دوباره وزن کنید. معمولاً ۱۰ تکرار برای ارزیابی کامل انجام می‌شود. تبخیر، حباب و تماس دست با ظرف باید کمینه شود.



● تبدیل جرم به حجم

حجم از ضرب جرم خالص آب در ضریب تصحیح به دست می‌آید. این ضریب، اثر چگالی آب و شناوری هوا را در دما و شرایط آزمون لحاظ می‌کند.

● ارزیابی

میانگین، خطای سیستماتیک، انحراف معیار و CV محاسبه و با حدود مجاز مقایسه می‌شوند. اگر ابزار مردود است، ابتدا روش، محیط و نوک مصرفی بررسی و سپس تنظیم یا تعمیر انجام شود.

نکته کاربردی

کیفیت آزمون به اندازه کیفیت ترازو به کنترل دما، تبخیر و مهارت اپراتور وابسته است.

نرم افزار، سوابق و خدمات کالیراسیون

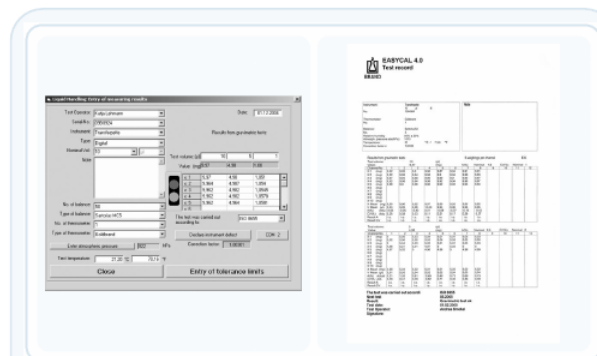
ثبت خودکار داده‌ها و محاسبات استاندارد، احتمال خطای انسانی و زمان تهیه گزارش را کاهش می‌دهد.

● نرم افزار کالیراسیون

نرم افزار مناسب شناسه ابزار، روش آزمون، شرایط محیطی، داده‌های توزین، ضریب تصحیح، حدود خطا و نتیجه پذیرش را نگهداری می‌کند. خروجی باید قابل بازبینی و دارای تاریخچه تغییرات باشد.

● کنترل داده

ورود خودکار از ترازو، سطح دسترسی کاربران، قفل روش، پشتیبان‌گیری و تأیید گزارش از ویژگی‌های مهم هستند. فرمول‌ها و حدود خطا باید پیش از استفاده اعتبارسنجی شوند.



تصاویر منبع: BRAND | ترجمه و تنظیم فارسی: آزمیران

● خدمات بیرونی

در انتخاب آزمایشگاه کالیراسیون، دامنه اعتبار، عدم قطعیت، روش آزمون، قابلیت ردیابی، محدوده حجم و نوع گواهی بررسی شود. صرف داشتن یک برگه، مناسب بودن خدمت را تضمین نمی‌کند.

● سوابق ضروری

نتیجه خام، محاسبات، شرایط آزمون، تجهیزات مرجع، عدم قطعیت، تصمیم پذیرش، اقدام اصلاحی و نسخه گواهی باید در چرخه عمر ابزار نگهداری شوند.

نکته کاربردی

نسخه روش و حدود پذیرش باید در گزارش مشخص باشد تا نتیجه در آینده قابل بازسازی بماند.

انطباق، گواهی کالیبراسیون و مدیریت کیفیت

نوع گواهی باید متناسب با هدف استفاده انتخاب شود؛ گواهی بچ و گواهی انفرادی اطلاعات و سطح اطمینان متفاوتی ارائه می‌کنند.

● انواع گواهی

اظهارنامه انطباق نشان می‌دهد محصول با الزامات مشخص سازگار است. گواهی بچ نتایج نمونه‌های نماینده از یک سری تولید را ارائه می‌کند. گواهی انفرادی نتیجه همان ابزار با شماره سری مشخص را گزارش می‌دهد.

● گواهی کالیبراسیون

گواهی معتبر باید روش، نتایج، عدم قطعیت، شرایط آزمون، استانداردهای مرجع و قابلیت ردیابی را مشخص کند. نام ابزار و شماره سری روی گواهی با تجهیز تطبیق داده شود.



تصاویر منبع: BRAND | ترجمه و تنظیم فارسی: آزمیران

● و کاربردهای ویژه USP

برای کاربردهای دارویی یا روش‌های منطبق با USP، حدود خطا و الزامات همان روش بررسی شود. صرف کلاس A بودن ممکن است برای تمام کاربردهای مقرراتی کافی نباشد.

● مدیریت کیفیت

کیفیت از کنترل مواد اولیه و فرایند تولید تا آزمون نهایی، رسیدگی به عدم انطباق، آموزش کارکنان و بهبود مستمر امتداد دارد. آزمایشگاه نیز باید همین منطق را در استفاده و نگهداری ابزار اجرا کند.

نکته کاربردی

گواهی انفرادی برای ابزار بحرانی، امکان ردیابی مستقیم‌تر از گواهی عمومی یا بچ فراهم می‌کند.

شست‌وشو، ضدعفونی، استریل‌سازی و کار ایمن

باقی‌مانده مواد، چربی و آلودگی زیستی هم نتیجه را تغییر می‌دهند و هم ایمنی کاربر و دوام ابزار را تهدید می‌کنند.

● شست‌وشوی دستی و ماشینی

پس از استفاده، ابزار را سریع آبکشی کنید. شوینده سازگار و برس نرم به‌کار ببرید و از خراش دادن مقیاس خودداری کنید. در ماشین شست‌وشو، ابزار ثابت و بدون تماس ضربه‌ای باشد. در پایان با آب مناسب آزمایشگاهی آبکشی کامل انجام شود.

● اولتراسونیک و خشک‌کردن

حمام اولتراسونیک برای آلودگی‌های مقاوم مفید است، اما زمان، دما و سازگاری قطعات باید کنترل شود. ابزار را به‌آرامی و بدون شوک حرارتی خشک کنید. هوای آلوده یا دستمال پرزدار می‌تواند آلودگی تازه ایجاد کند.



تصاویر منبع: BRAND | ترجمه و تنظیم فارسی: آزمیران

● ضدعفونی و استریل

روش شیمیایی یا حرارتی بر اساس عامل زیستی و مقاومت ماده انتخاب شود. پیش از اتوکلاو، محدودیت دما و فشار سازنده، باز بودن درپوش‌ها و امکان خروج بخار بررسی شود. همه پلاستیک‌ها و آب‌بندها اتوکلاوپذیر نیستند.

● مواد خطرناک

از عینک، دستکش و تهویه مناسب استفاده کنید. ظروف تحت خلأ یا فشار، مواد خورنده، حلال‌های فرار و نمونه‌های زیستی به ارزیابی خطر جداگانه نیاز دارند. شکستگی شیشه با دست جمع‌آوری نشود.

نکته کاربردی

تمیزی ابزار باید با روش قابل‌اثبات کنترل شود؛ ظاهر شفاف به‌تنهایی نشانه پاکی شیمیایی نیست.



آزمیران

تأمین تجهیزات، شیشه‌آلات و ملزومات آزمایشگاهی

www.azmiran.com

۰۹۱۲۵۳۴۴۳۶۸ - جنتی

تهران، خیابان نواب، نبش کمیل، مرکز خرید تجهیزات پزشکی ایران،

طبقه دوم، واحد ۲۱۸

یادداشت حقوقی و فنی

این راهنما یک متن فارسی تألیفی و بومی‌سازی شده است که با استفاده از اصول عمومی اندازه‌گیری حجمی و موضوعات مطرح شده در راهنمای آموزشی BRAND تنظیم شده است. این فایل ترجمه رسمی سازنده نیست. نام‌ها، استانداردها و علائم تجاری متعلق به صاحبان مربوطه‌اند. برای کار عملی، دستورالعمل سازنده هر ابزار و ضوابط ایمنی و کیفیت مجموعه خود را ملاک قرار دهید.