



PIPETTE
POLE IDEAL PARS

پل ایده آل پارس

دستورالعمل اجرایی استاندارد

(SOP)

سمپلرهای P.I.P.

- ۱. تعاریف و اصطلاحات ۴
- ۲. ایمنی ۵
- ۳. فواصل زمانی کالیبراسیون ۵
- ۴. آزمون‌های بررسی عملکرد سمپلر ۵
 - ۴-۱. بررسی اولیه (ارزیابی چشمی) سمپلر ۵
 - ۴-۲. آزمون عدم نشئی قطعات داخلی ۵
 - ۴-۲-۱. ملزومات آزمون ۵
 - ۴-۲-۲. مراحل آزمون ۵
 - ۴-۳. بررسی سریع سمپلر ۶
 - ۴-۴. آزمون گرانشی ۶
- ۵. ملزومات و روش انجام آزمون گرانشی ۷
 - ۵-۱. تجهیزات آزمون گرانشی ۷
 - ۵-۲. شرایط محیطی آزمون گرانشی ۹
 - ۵-۳. مدت زمان انجام آزمون گرانشی ۹
 - ۵-۴. روش آزمون ۹
 - ۵-۴-۱. کلیات ۹
 - ۵-۴-۲. مراحل آزمون گرانشی ۹
- ۶. محاسبه‌ی خطاهای حجم‌برداری ۱۱
 - ۶-۱. محاسبه‌ی میانگین جرمی ۱۱
 - ۶-۲. محاسبه‌ی میانگین حجمی ۱۱
 - ۶-۳. محاسبه‌ی خطای سیستماتیک ۱۱
 - ۶-۴. محاسبه‌ی خطای تصادفی ۱۲
 - ۶-۵. خطای حجم‌برداری سمپلرهای P.I.P. ۱۳
- ۷. تنظیم سمپلر P.I.P. ۱۴
 - ۷-۱. تنظیم سمپلر ۱۴
 - ۷-۲. تنظیم سمپلر بر اساس شرایط خاص ۱۴
 - ۷-۳. نحوه‌ی تنظیم سمپلر P.I.P. ۱۴
- ۸. مروری اجمالی بر کالیبراسیون سمپلر ۱۵
- پیوست ۱۶

دستورالعمل اجرایی استاندارد کالیبراسیون سمپلرهای P.I.P، راهنمایی کاربردی جهت اطمینان از عملکرد صحیح سمپلرها در آزمایشگاه است. این دستورالعمل نحوه انجام کالیبراسیون شامل نحوه محاسبه خطاهای حجم‌برداری و تنظیم سمپلر را مطابق با استانداردهای ملی و بین‌المللی (ISO 8655 و ISIRI 11504) تشریح می‌کند. جهت کالیبراسیون سمپلرهای P.I.P لازم است تا سمپلر به آزمایشگاه‌های مرجع کالیبراسیون که امکان صدور گواهی‌نامه‌ی کالیبراسیون دارند ارجاع داده شود. این آزمایشگاه‌ها مطابق با دستورالعمل اجرایی استاندارد تعیین شده برای سمپلر، آزمون‌هایی را انجام می‌دهند و در صورت تایید عملکرد سمپلر از لحاظ دقت و درستی، برای دستگاه مذکور گواهی‌نامه‌ی کالیبراسیون صادر خواهد شد.

هدف

هدف از تدوین این دستورالعمل، ارائه یک روش مرجع جهت ارزیابی عملکرد سمپلر، محاسبه خطاهای حجم‌برداری آن به روش آزمون گرانشی و در صورت نیاز تنظیم مجدد سمپلر است.

دامنه‌ی عملکرد

این دستورالعمل برای تمامی سمپلرهای P.I.P کاربرد دارد.

مسئولیت اجرا

مسئولیت کالیبراسیون سمپلر بر عهده‌ی آزمایشگاه‌های مرجعی است که امکان صدور گواهی‌نامه‌ی کالیبراسیون را دارند.

۱. تعاریف و اصطلاحات

حجم نامی^۱

حجم نامی بیانگر بیشترین مقدار حجمی است که می‌توان توسط یک سمپلر انتقال داد. در سمپلرهای P.I.P. حجم نامی بر روی دستگاه و گواهی انطباق آن قابل مشاهده است.

حداکثر خطای مجاز^۲

حداکثر خطای مجاز در واقع، میزان تفاوت حجم برداشته شده توسط سمپلر با حجم مورد نظر (حجم نامی سمپلر) است که توسط استانداردهای ملی و بین‌المللی مشخص شده است.

خطای تصادفی^۳

خطای تصادفی سمپلر نشان دهنده‌ی میزان پراکندگی حجم‌های برداشته شده توسط سمپلر حول مقدار میانگین آن‌ها است. خطای تصادفی درحقیقت بیان می‌کند که حجم‌های برداشته شده توسط سمپلر (در یک حجم‌برداری مکرر) تا چه حد با یکدیگر تفاوت دارند. خطای تصادفی را می‌توان یک معادل کمی برای تعیین میزان دقت (precision) یک سمپلر تعریف کرد.

خطای سیستماتیک^۴

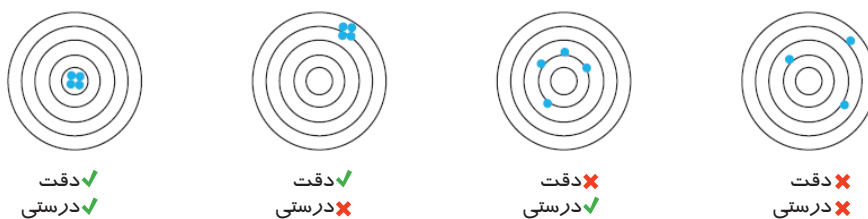
خطای سیستماتیک یک سمپلر نشان می‌دهد که میانگین حجم‌های برداشته شده توسط سمپلر (در یک حجم‌برداری مکرر) تا چه حد با مقداری که در نظر داشتید از نمونه حجم‌برداری نمایید تفاوت دارد. خطای سیستماتیک یک سمپلر را می‌توان یک مقدار کمی برای سنجش درستی (accuracy) آن سمپلر تعریف نمود.

درستی^۵

درستی یک سمپلر به این معنا است که میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده توسط سمپلر در یک حجم‌برداری مکرر، تا چه حد به مقدار مورد نظر (میزانی که قصد داریم از نمونه حجم‌برداری کنیم) نزدیک است. (شکل ۱)

دقت^۶

دقت سمپلر به صورت میزان نزدیکی مقادیر اندازه‌گیری شده توسط سمپلر به یکدیگر (در یک حجم‌برداری مکرر) تعریف می‌شود. (شکل ۱)



دقت ✓
درستی ✓

دقت ✓
درستی ✗

دقت ✗
درستی ✓

دقت ✗
درستی ✗

شکل ۱. دقت و درستی

کالیبراسیون^۷

کالیبراسیون سمپلر، فرآیندی جهت سنجش مقدار خطاهای حجم‌برداری یک سمپلر و مطابقت آن‌ها با استانداردهای تعیین شده است.

^۱ Nominal volume

^۲ Maximum permissible error

^۳ Random error

^۴ Systematic error

^۵ Accuracy

^۶ Precision

^۷ Calibration

به منظور حفظ سلامت و ایمنی پرسنل، لازم است تا در صورت آلوده بودن سمپلر، حتماً پیش از ارجاع دستگاه جهت کالیبراسیون و تنظیم، نسبت به آلودگی‌زدایی آن اقدام نمایید.
جهت اطلاع از نحوه آلودگی‌زدایی سمپلر P.I.P. به دفترچه راهنمای سمپلر مراجعه کنید.

▲ تماس با سمپلر آلوده ممکن است سلامت پرسنل را به خطر بیندازد.

۳. فواصل زمانی کالیبراسیون

میزان دقت و درستی یک سمپلر به مرور زمان و در اثر عواملی مانند استفاده‌ی مکرر از سمپلر، ماهیت نمونه‌های حجم‌برداری شده، ضربه خوردن و ... تحت تاثیر قرار خواهد گرفت. به همین دلیل لازم است تا عملکرد سمپلر، طی فواصل زمانی معین و متناسب با نحوه‌ی استفاده از آن مورد ارزیابی قرار گیرد.
مطابق با استانداردهای ملی و بین‌المللی، توصیه می‌شود تا سمپلر حداقل یک بار در سال ارزیابی و در صورت نیاز مجدداً تنظیم و کالیبره شود.

۴. آزمون‌های بررسی عملکرد سمپلر

روند بررسی عملکرد سمپلر به صورت زیر است:

۴-۱. بررسی اولیه‌ی (ارزیابی چشمی) سمپلر^۱

- بررسی شفت و محل اتصال نوک سمپلر: برای اطمینان از عدم وجود ترک و شکستگی
 - بررسی عملکرد نرم و روان دکمه‌ی حجم‌برداری
- برای دریافت اطلاعات تکمیلی به دفترچه راهنمای سمپلر مراجعه کنید.

۴-۲. آزمون عدم نشتی قطعات داخلی^۲

به منظور آگاهی از عدم نشتی قطعات داخلی سمپلر، می‌توانید از یک آزمون ساده کمک بگیرید. ملزومات و نحوه‌ی انجام این آزمون به شرح زیر است.

۴-۲-۱. ملزومات آزمون

- دمای محیط آزمون باید ثابت و بین ۲۰ الی ۲۵ درجه‌ی سانتی‌گراد باشد.
- محیط آزمون باید دارای رطوبت نسبی بالای ۵۰٪ باشد.
- سمپلر، نوک سمپلر و مایع آزمون باید با محیط آزمون در تعادل دمایی باشند.
- جهت انجام آزمون از آب یون‌زدایی شده (deionized water) به عنوان نمونه استفاده می‌شود.

۴-۲-۲. مراحل آزمون

۱. نوک سمپلر را متصل کنید.
۲. نوک سمپلر را پنج مرتبه از مایع نمونه پر و خالی کنید^۳. این عمل باعث مرطوب شدن نوک سمپلر خواهد شد.
۳. مقداری از مایع آزمون که متناسب با حجم نامی سمپلر است را حجم‌برداری کنید.
۴. سمپلر را به صورت عمودی روی پایه سمپلر قرار دهید. می‌توان سمپلر را به صورت عمودی و توسط دو انگشت دست تگه داشت اما توجه کنید که گرمای دست نباید به سمپلر منتقل نشود. به همین دلیل توصیه می‌شود تا از پایه سمپلر استفاده نمایید.
۵. اگر پس از ۱۵ ثانیه هیچ قطره‌ای بر روی نوک سمپلر ظاهر نشد، قطعات داخلی سمپلر فاقد نشتی هستند.

^۱ Visual Inspection

^۲ Checking Leak Tightness

^۳ pre-wetting

۳-۴. بررسی سریعی سمپلر^۱

برخی مواقع جهت ارزیابی عملکرد یک سمپلر از آزمونی کوتاه با چهار مرحله اندازه‌گیری استفاده می‌شود. بدین صورت که در شرایط کنترل شده و یکسان، ۴ مرتبه از یک نمونه حجم‌برداری شده و وزن مقادیر برداشته شده توسط یک ترازوی دقیق و کالیبره، سنجیده می‌شود. سپس این مقادیر جهت محاسبه‌ی خطاهای حجم‌برداری سمپلر مورد استفاده قرار می‌گیرند. لازم به‌ذکر است که نتایج خطای به دست آمده با ۴ مرحله اندازه‌گیری به اندازه‌ی کافی دقیق نخواهد بود و به همین دلیل بررسی سریعی سمپلر نمی‌تواند معیار مناسبی جهت سنجش میزان دقت و درستی آن سمپلر باشد.

۴-۴. آزمون گرانشی^۲

آزمون گرانشی در واقع یک فرآیند کامل برای سنجش میزان دقت و درستی یک سمپلر است. مطابق با این آزمون، توسط سمپلر، ده مرتبه از نمونه حجم‌برداری می‌شود. سپس نتایج به دست آمده جهت محاسبه‌ی مقدار خطای تصادفی و خطای سیستماتیک سمپلر مورد استفاده قرار می‌گیرند. در صورت عدم مطابقت این مقادیر با حدود مجاز تعیین شده توسط استانداردهای ملی و بین‌المللی لازم است تا سمپلر تنظیم شود. توجه داشته باشید که آزمون گرانشی باید در شرایط خاص و با استفاده از تجهیزات دقیق صورت گیرد.

انجام آزمون گرانشی نیازمند شرایط محیطی کنترل‌شده و تجهیزاتی خاص می‌باشد. جهت آگاهی از این شرایط به بخش ۵-۵۱-۵ و ۳-۵۲-۵ مراجعه نمایید.

^۱ Intermediate check / Quick-Check

^۲ Gravimetric Test

۵. ملزومات و روش انجام آزمون گرانشی

در ادامه روند انجام آزمون گرانشی به همراه ملزومات آن به طور کامل توضیح داده شده است.

۵-۱. تجهیزات آزمون گرانشی

وجود تجهیزات و لوازم زیر برای آزمون گرانشی ضروری است.

۱. مایع آزمون

به منظور انجام آزمون گرانشی از آب یون زدایی شده یا هوموازنه شده^۱ به عنوان مایع آزمون استفاده می شود. بر اساس استاندارد ملی ۱۷۲۸، رسانایی^۲ مایع آزمون در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد باید کمتر از ۰/۵ ms/m باشد.

توجه نمایید که مایع آزمون و محیط آزمون باید در تعادل دمایی باشند.

۲. مخزن مایع آزمون

مخزن مایع آزمون باید توسط یک درپوش، پوشیده شود تا از آلوده شدن مایع آزمون جلوگیری گردد. همچنین این مخزن باید دارای ظرفیت کافی جهت ذخیره مایع آزمون مورد استفاده در تمامی مراحل آزمون گرانشی باشد.

۳. ترازوی آزمایشگاهی^۳

پیش از استفاده از ترازوی آزمایشگاهی از کالیبره بودن آن اطمینان حاصل فرمایید. جهت اطلاع از حداقل الزامات ترازوی مورد استفاده در آزمون گرانشی به جدول ۱ مراجعه نمایید.

جدول ۱. الزامات ترازوی آزمایشگاهی مورد استفاده در آزمون گرانشی

میزان حجم برداری	تفکیک پذیری (mg)	تکرارپذیری و خطی بودن (mg)	عدم قطعیت استاندارد اندازه گیری ^۴ (mg)
۱-۱۰ μl	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲
۱۰-۱۰۰ μl	۰/۰۱۰	۰/۰۲۰	۰/۰۲۰
۱۰۰-۱۰۰۰ μl	۰/۱۰۰	۰/۲۰۰	۰/۲۰۰
۱-۱۰ ml	۰/۱۰۰	۰/۲۰۰	۰/۲۰۰
۱۰-۲۰۰ ml	۱/۰۰۰	۲/۰۰۰	۲/۰۰۰

چنانچه عدم قطعیت استاندارد اندازه گیری ترازو از روی برگه گواهی کالیبراسیون آن مشخص باشد، می توان آن را به جای مقدار تکرارپذیری و خطی بودن ترازو در نظر گرفت.

مطابق با استاندارد IDS، در صورت عملی نبودن استفاده از ترازوهایی با تفکیک پذیری ۰/۰۰۱ میلی گرم در آزمایشگاه، جهت کالیبراسیون سمپلرهای با ظرفیت کمتر از ۱۰ میکرولیتر می توان از ترازوهایی با تفکیک پذیری ۰/۱ میلی گرم استفاده نمود. این در حالی است که عدم قطعیت ترازو متناسب با خطای حجم برداری مجاز سمپلر باشد.

مقدار عدم قطعیت استاندارد اندازه گیری ترازو نباید از دو تا سه برابر مقدار تفکیک پذیری ترازو تجاوز کند.

^۱ Test liquid (deionized water)

^۲ Conductivity

^۳ Analytical balance

^۴ Standard maximum uncertainty

۴. ظروف توزین^۱

ظروف توزین به منظور وزن کردن دقیق مایع آزمون مورد استفاده قرار می‌گیرند. لازم است تا ظروف توزین مورد استفاده در آزمون گرانشی دارای ویژگی‌های زیر باشند.

- دارای ظرفیت مناسب برای حجم مورد آزمایش
- حداقل نسبت ارتفاع به قطر ۳ به ۱
- دارای درپوش (جهت کاهش میزان اتلاف جرم ناشی از تبخیر به ویژه در مورد حجم‌های کم‌تر از ۵۰ میکرولیتر)



شکل ۲. انواع ظروف توزین

ظرف توزین A: در صورت حجم‌برداری از نمونه‌هایی با حجم حدود ۲۰ میکرولیتر از این نوع ظرف توزین استفاده می‌شود. توصیه می‌شود جهت کاهش انتقال گرمای دست به این ظروف، برای انتقال آن‌ها از انبرک استفاده گردد.

ظرف توزین B: از این ظروف توزین به منظور وزن کردن نمونه‌هایی با حجم ۲۰ الی ۲۰۰ میکرولیتر استفاده می‌شود. این نوع از ظروف توزین دارای اورینگ‌هایی هستند که میزان انتقال گرمای دست به نمونه را تا حد امکان کاهش می‌دهد.

ظرف توزین C: این نوع از ظروف توزین مناسب برای نمونه‌هایی با حجم بیش از ۲۰۰ میکرولیتر هستند.

۵. تجهیزات جانبی ویژه برای جلوگیری از تبخیر شدن مایع آزمون

جهت انجام آزمون گرانشی سمپلر، علاوه بر ترازو و ظروف توزین از تجهیزات ویژه‌ای مانند تله تبخیر^۲ نیز استفاده می‌گردد. این تجهیزات باعث می‌شوند تا جرم اندازه‌گیری شده توسط ترازو پایدار بوده و میزان خطاهای اندازه‌گیری که در اثر تبخیر نمونه ایجاد می‌شوند (به‌خصوص در مورد حجم‌های بسیار کوچک) به حداقل برسد.

۶. دماسنج^۳

برای اندازه‌گیری و ثبت دما، پیش از انجام مراحل آزمون گرانشی و پس از انجام آزمون، باید از یک دماسنج کالیبره شده با حداکثر عدم قطعیت اندازه‌گیری ۰/۲ درجه‌ی سانتی‌گراد استفاده شود.

^۱ Storage container for test liquid
^۲ Evaporation trap
^۳ Thermometer

۷. رطوبت سنج^۱

رطوبت‌سنج استفاده شده در آزمون باید دارای حداکثر عدم قطعیت اندازه‌گیری ۱۰٪ باشد.

۸. فشار سنج^۲

لازم است تا فشارسنج مورد استفاده در مراحل آزمون از حداکثر عدم قطعیت اندازه‌گیری ۰/۵ KPa برخوردار باشد.

۹. زمان سنج

وسیله‌ی اندازه‌گیری زمان در آزمون گرانشی، باید دارای حداکثر عدم قطعیت اندازه‌گیری ۱s باشد.

۲-۵. شرایط محیطی آزمون گرانشی

- محیطی که آزمون گرانشی در آن صورت می‌گیرد باید دارای ویژگی‌های زیر باشد.
- آزمون باید در اتاقی صورت گیرد که در معرض جریان هوا^۳ نبوده و دارای جو پایدار است.
 - لازم است تا میز محل استقرار ترازو به‌طور کامل پایدار (سنگین و صلب) باشد تا از انتقال لرزش به ترازو جلوگیری کند.
 - اتاق آزمون باید دارای رطوبت نسبی بالای ۵۰٪ و دمای ثابت بین ۱۵ الی ۳۰ درجه‌ی سانتی‌گراد ($\pm 0.5^{\circ}\text{C}$) باشد.

۳-۵. مدت زمان انجام آزمون گرانشی

مدت زمان انجام آزمون باید تا حد امکان کوتاه باشد. توصیه می‌شود تا انجام مراحل آزمون گرانشی بیش‌تر از ۶۰ ثانیه طول نکشد.

به‌منظور اطمینان از رعایت ملزومات ذکر شده، لازم است تا بررسی‌های صورت گرفته از تجهیزات و شرایط محیطی آزمون گرانشی به‌طور کامل سازمان‌دهی و ثبت گردند. (پیوست د)

۵-۴. روش آزمون

پس از آماده‌سازی تجهیزات و شرایط آزمون گرانشی، به نحوه‌ی انجام آزمون که در ادامه توضیح داده شده است توجه نمایید.

۵-۴-۱. کلیات

- حجم آزمون: درمورد سمپلرهای P.I.P، حجم آزمون همان حجم نامی نوشته شده بر روی سمپلر است.
- تعداد اندازه‌گیری‌ها: جهت صدور گواهی کالیبراسیون، لازم است تا ده مرتبه اندازه‌گیری توسط سمپلر صورت گیرد. این مقادیر جهت محاسبه‌ی خطای تصادفی و سیستماتیک سمپلر انجام می‌شوند. (بخش ۶)

۵-۴-۲. مراحل آزمون گرانشی

۱. ابتدا نمونه را از مخزن حاوی مایع آزمون درون ظرف توزین تخلیه نمایید. دقت کنید که عمق مایع آزمون داخل ظرف توزین باید حداقل ۳ میلی‌متر باشد.
۲. دمای مایع آزمون و محیط، فشار اتمسفر و میزان رطوبت نسبی محیط آزمون را اندازه‌گیری و ثبت نمایید.

دما و فشار اتمسفر جهت انتخاب ضریب تصحیح Z مورد استفاده قرار می‌گیرند. (پیوست ب)

۳. در صورتی که ظرف توزین دارای درپوش است، آن را روی ظرف قرار دهید.
۴. نوک سمپلر را متصل کنید. (نوک سمپلر مورد استفاده باید استاندارد و کاملاً مناسب سمپلر باشد)
۵. نوک سمپلر را پنج مرتبه از مایع آزمون پر و سپس تخلیه کنید. با این کار هوای موجود بین نوک سمپلر و پیستون، رطوبت کافی را به دست آورده و از میزان اتلاف جرم ناشی از تبخیر کاسته می‌شود.

^۱ Hygrometer
^۲ Barometer

هنگام حجم‌برداری، سمپلر را به‌صورت عمودی نگه داشته و سعی کنید نوک سمپلر با دیواره‌ی ظرف توزین تماس پیدا نکند.

۶. ظرف توزین حاوی مایع آزمون را روی ترازو قرار دهید.

۷. نوک سمپلر را تعویض نمایید.

۸. نوک سمپلر را تا عمق مناسب درون نمونه فرو برده و یک بار از نمونه پر و خالی کنید.

دقت کنید که دکمه‌ی حجم‌برداری سمپلر را به‌آرامی به سمت پایین فشار داده و یا رها نمایید.

۹. مقداری از مایع آزمون را که متناسب با حجم نامی سمپلر است، حجم‌برداری کنید.

۱۰. جرم ظرف توزین را توسط ترازو اندازه‌گیری و ثبت نمایید و سپس ترازو را صفر کنید.

۱۱. زمان‌سنج را روشن نمایید. چنانچه از ظروف توزین درپوش‌دار استفاده می‌کنید، می‌توان این مرحله را حذف نمود.

۱۲. در صورتی‌که از ظرف توزین درپوش‌دار استفاده می‌کنید، درب ظرف را برداشته و نمونه‌ی موجود در نوک سمپلر را درون ظرف توزین تخلیه نمایید. سپس مجدداً درب ظرف را روی آن قرار دهید.

هنگام تخلیه‌ی نمونه، نوک سمپلر را در زاویه‌ی ۳۰ الی ۴۵ درجه نسبت به دیواره‌ی ظرف قرار دهید.

دکمه‌ی حجم‌برداری سمپلر را تا توقف دوم به سمت پایین فشار دهید تا نمونه‌ی موجود در نوک سمپلر به‌طور کامل تخلیه گردد.

چنانچه لازم است تا جهت تخلیه‌ی نمونه، ظرف توزین را از روی ترازو بردارید، از نگه‌داشتن بیش از اندازه‌ی ظرف در دست خودداری کرده و برای جابه‌جایی آن از دستکش بدون کرک و یا انبرک استفاده کنید.

۱۳. اجازه دهید تا عدد نشان‌داده شده توسط نمایشگر ترازو ثابت شود. سپس جرم مایع تخلیه شده را اندازه‌گیری و ثبت نمایید.

۱۴. مراحل ۷ تا ۱۳ را ده مرتبه تکرار کنید.

۱۵. پس از ده مرتبه اندازه‌گیری، زمان انجام آزمون گرانشی را ثبت نمایید.

در صورتی‌که آزمون گرانشی برای حجم‌های کمتر از ۵۰ میکرولیتر انجام می‌شود و یا ظرف توزین مورد استفاده دارای درپوش نیست، محاسبه‌ی نرخ تبخیر الزامی می‌باشد.

۱۶. به منظور محاسبه‌ی نرخ تبخیر، پس از دهمین اندازه‌گیری، ظرف توزین حاوی نمونه را به اندازه‌ی زمان اندازه‌گیری شده (در مرحله‌ی ۱۵) بر روی ترازو قرار دهید و سپس جرم آن را اندازه‌گیری و ثبت نمایید.

چنانچه حین انجام آزمون مجبور به برداشتن ظرف توزین از روی ترازو شدید، به‌منظور محاسبه‌ی نرخ تبخیر مراحل زیر را طی کنید.

۱. ظرف توزین را به مدت نصف زمان اندازه‌گیری شده در مرحله‌ی ۱۵ روی ترازو قرار دهید.

۲. ظرف توزین را به مدت نصف زمان اندازه‌گیری شده در مرحله‌ی ۱۵ روی میز کار قرار دهید.

۳. جرم ظرف توزین حاوی نمونه را اندازه‌گیری و ثبت نمایید.

۱۷. پس از اتمام مراحل اندازه‌گیری، مجدداً شرایط آزمون شامل دمای مایع آزمون و محیط آزمایش، میزان رطوبت نسبی و فشار اتمسفر را ثبت کنید.

لازم به‌ذکر است که تمامی مقادیر اندازه‌گیری شده در طول انجام آزمون گرانشی باید به‌طور کامل ثبت گردند. (پیوست ج)

۱. محاسبه‌ی خطاهای حجم‌پردازی

۱-۱. محاسبه‌ی میانگین جرمی

با استفاده از معادله‌ی زیر مقدار میانگین جرم‌های اندازه‌گیری شده را محاسبه نمایید.

$$\bar{m} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n m_i$$

\bar{m} : میانگین جرمی
 n : تعداد دفعات اندازه‌گیری جرم
 m_i : جرم اندازه‌گیری شده توسط ترازو

۱-۲. محاسبه‌ی میانگین حجمی

جهت محاسبه‌ی خطای سیستماتیک و تصادفی سمپلر، تبدیل میانگین جرمی به میانگین حجمی ضروری است. به‌منظور محاسبه‌ی میانگین حجمی می‌توان از معادله‌ی زیر کمک گرفت.

چنانچه حین انجام آزمون گرانشی نیاز بود تا میزان اتلاف جرم ناشی از تبخیر نیز محاسبه گردد، لازم است تا مقدار به دست آمده را در محاسبه‌ی میانگین حجمی استفاده نمایید.

$$\bar{V} = (\bar{m} + \bar{e}) \times Z$$

\bar{V} : میانگین حجمی
 \bar{m} : میانگین جرمی
 \bar{e} : میزان اتلاف جرم ناشی از تبخیر
 Z : ضریب تصحیح (جهت محاسبه‌ی ضریب تصحیح Z به پیوست ب مراجعه نمایید).

۱-۳. محاسبه‌ی خطای سیستماتیک

خطای سیستماتیک سمپلر در واقع یک معادل کمی جهت اندازه‌گیری درستی یک سمپلر است که به دو صورت مطلق و نسبی بیان می‌شود.

خطای سیستماتیک مطلق

خطای سیستماتیک مطلق از تفاضل بین میانگین حجمی و حجم نامی سمپلر حاصل می‌شود.

$$E = \bar{V} - V_0$$

E : خطای سیستماتیک
 V_0 : حجم نامی سمپلر
 \bar{V} : میانگین حجمی

خطای سیستماتیک نسبی

برای محاسبه‌ی خطای سیستماتیک نسبی، لازم است تا خطای سیستماتیک مطلق را در عدد ۱۰۰ ضرب کرده و حاصل را بر حجم نامی سمپلر تقسیم کنید.

$$E = \frac{|\bar{V} - V_0|}{V_0} \times 100$$

۶-۸. محاسبه‌ی خطای تصادفی

خطای تصادفی یک سمپلر، در واقع نشان‌دهنده‌ی تفاوت حجم‌های برداشته شده توسط سمپلر با یکدیگر است. (اندازه‌گیری دقت یک سمپلر). خطای تصادفی را نیز می‌توان به دو صورت مطلق و نسبی محاسبه کرد.

خطای تصادفی مطلق

خطای تصادفی مطلق با استفاده از انحراف معیار و به صورت زیر قابل محاسبه است.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_i - \bar{V})^2}{n - 1}}$$

$$V_i = m_i \times Z$$

σ : انحراف معیار

\bar{V} : میانگین حجم‌های محاسبه شده

n : تعداد دفعات اندازه‌گیری

V_i : حجم برداشته شده توسط سمپلر که از طریق معادله‌ی زیر قابل محاسبه است:

V_i : حجم برداشته شده توسط سمپلر

m_i : مقدار جرم اندازه‌گیری شده توسط ترازو

Z : ضریب تصحیح (جهت محاسبه‌ی ضریب تصحیح Z به پیوست ب مراجعه نمایید).

خطای تصادفی نسبی

خطای تصادفی نسبی در واقع همان خطای تصادفی مطلق است که بر اساس درصدی از میانگین حجمی محاسبه شده است. فرمول زیر چگونگی محاسبه‌ی خطای تصادفی نسبی را نشان می‌دهد. خطای تصادفی نسبی با نام ضریب تغییرات نیز شناخته می‌شود.

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{V}} \times 100$$

CV: خطای تصادفی نسبی (ضریب تغییرات)

جهت مشاهده‌ی یک مثال از نحوه‌ی محاسبه‌ی خطای حجم‌برداری سمپلر به پیوست الف مراجعه نمایید.

0-7. خطای حجم‌برداری سمپلرهای P.I.P.

جدول زیر نشان‌دهنده‌ی حداکثر خطای حجم‌برداری سمپلرهای P.I.P. است که مطابق با استانداردهای تعیین شده (ISO 8655 , ISIRI 11504) تدوین شده است.

جدول ۲. خطاهای سمپلر P.I.P.

کد محصول	حجم	خطای سیستماتیک سمپلر P.I.P.	خطای تصادفی سمپلر P.I.P.	نوک سمپلرهای مناسب	خطای سیستماتیک مجاز بر اساس استاندارد	خطای تصادفی مجاز بر اساس استاندارد
۱۲۰۲۶۰	۱ μl	-/۰.۲ μl	-/۰.۱ μl	۰.۵-۱۰ μl	-/۰.۵ μl	-/۰.۵ μl
۱۲۰۲۶۱	۲ μl	-/۰.۳ μl	-/۰.۲ μl	۰.۵-۱۰ μl	-/۰.۸ μl	-/۰.۴ μl
۱۲۰۲۶۲	۳ μl	-/۰.۴ μl	-/۰.۳ μl	۰.۵-۱۰ μl	-/۱.۲۵ μl	-/۰.۷۵ μl
۱۲۰۲۶۳	۴ μl	-/۰.۵ μl	-/۰.۴ μl	۰.۵-۱۰ μl	-/۱.۲۵ μl	-/۰.۷۵ μl
۱۲۰۲۶۴	۵ μl	-/۰.۶ μl	-/۰.۴ μl	۰.۵-۱۰ μl	-/۱.۲ μl	-/۰.۷۵ μl
۱۲۰۲۶۵	۶ μl	-/۰.۷ μl	-/۰.۴ μl	۰.۵-۱۰ μl	-/۱.۲ μl	-/۰.۸ μl
۱۲۰۲۶۶	۷ μl	-/۰.۸ μl	-/۰.۵ μl	۰.۵-۱۰ μl	-/۱.۲ μl	-/۰.۸ μl
۱۲۰۲۶۷	۸ μl	-/۰.۸ μl	-/۰.۵ μl	۰.۵-۱۰ μl	-/۱.۲ μl	-/۰.۸ μl
۱۲۰۲۶۸	۹ μl	-/۰.۹ μl	-/۰.۵ μl	۰.۵-۱۰ μl	-/۱.۲ μl	-/۰.۸ μl
۱۲۰۲۹۸	۱۰ μl	-/۱.۰ μl	-/۰.۵ μl	۰.۵-۱۰ μl	-/۱.۲ μl	-/۰.۸ μl
۱۲۰۲۶۹	۱۰ μl	-/۱.۲ μl	-/۰.۸ μl	۱۰-۱۰۰ μl	-/۲ μl	-/۱ μl
۱۲۰۲۷۰	۱۵ μl	-/۱.۸ μl	-/۰.۹ μl	۱۰-۱۰۰ μl	-/۲ μl	-/۱ μl
۱۲۰۲۷۱	۲۰ μl	-/۲.۰ μl	-/۱.۰ μl	۱۰-۱۰۰ μl	-/۲ μl	-/۱ μl
۱۲۰۲۷۲	۲۵ μl	-/۲.۹ μl	-/۱.۱ μl	۱۰-۱۰۰ μl	-/۵ μl	-/۲ μl
۱۲۰۲۷۳	۳۰ μl	-/۳.۵ μl	-/۱.۲ μl	۱۰-۱۰۰ μl	-/۵ μl	-/۲ μl
۱۲۰۲۷۴	۴۰ μl	-/۴.۴ μl	-/۱.۴ μl	۱۰-۱۰۰ μl	-/۵ μl	-/۲ μl
۱۲۰۲۷۵	۵۰ μl	-/۵.۰ μl	-/۱.۵ μl	۱۰-۱۰۰ μl	-/۵ μl	-/۲ μl
۱۲۰۲۷۶	۶۰ μl	-/۵.۸ μl	-/۱.۶ μl	۱۰-۱۰۰ μl	-/۸ μl	-/۳ μl
۱۲۰۲۷۷	۷۰ μl	-/۶.۴ μl	-/۱.۸ μl	۱۰-۱۰۰ μl	-/۸ μl	-/۳ μl
۱۲۰۲۷۸	۷۵ μl	-/۶.۶ μl	-/۱.۸ μl	۱۰-۱۰۰ μl	-/۸ μl	-/۳ μl
۱۲۰۲۷۹	۸۰ μl	-/۶.۸ μl	-/۱.۸ μl	۱۰-۱۰۰ μl	-/۸ μl	-/۳ μl
۱۲۰۲۸۰	۹۰ μl	-/۷.۰ μl	-/۱.۹ μl	۱۰-۱۰۰ μl	-/۸ μl	-/۳ μl
۱۲۰۲۸۱	۱۰۰ μl	-/۷.۰ μl	-/۲.۰ μl	۱۰-۱۰۰ μl	-/۸ μl	-/۳ μl
۱۲۰۲۹۹	۱۰۰ μl	-/۸.۰ μl	-/۳.۰ μl	۱۰۰-۱۰۰۰ μl	-/۸ μl	-/۳ μl
۱۲۰۲۸۲	۱۱۰ μl	-/۹.۰ μl	-/۳.۰ μl	۱۰۰-۱۰۰۰ μl	۱/۶ μl	-/۶ μl
۱۲۰۲۸۳	۱۲۰ μl	۱/۰.۰ μl	-/۳.۰ μl	۱۰۰-۱۰۰۰ μl	۱/۶ μl	-/۶ μl
۱۲۰۲۸۴	۱۵۰ μl	۱/۲.۰ μl	-/۳.۰ μl	۱۰۰-۱۰۰۰ μl	۱/۶ μl	-/۶ μl
۱۲۰۲۸۵	۲۰۰ μl	۱/۶.۰ μl	-/۴.۰ μl	۱۰۰-۱۰۰۰ μl	۱/۶ μl	-/۶ μl
۱۲۰۲۸۶	۲۲۰ μl	۱/۸.۰ μl	-/۴.۰ μl	۱۰۰-۱۰۰۰ μl	۴ μl	۱/۵ μl
۱۲۰۲۸۷	۲۵۰ μl	۲/۰.۰ μl	-/۴.۰ μl	۱۰۰-۱۰۰۰ μl	۴ μl	۱/۵ μl
۱۲۰۲۸۸	۳۰۰ μl	۲/۴.۰ μl	-/۵.۰ μl	۱۰۰-۱۰۰۰ μl	۴ μl	۱/۵ μl
۱۲۰۲۸۹	۴۰۰ μl	۳/۲.۰ μl	-/۷.۰ μl	۱۰۰-۱۰۰۰ μl	۴ μl	۱/۵ μl
۱۲۰۲۹۰	۴۵۰ μl	۳/۶.۰ μl	-/۸.۰ μl	۱۰۰-۱۰۰۰ μl	۴ μl	۱/۵ μl
۱۲۰۲۹۱	۵۰۰ μl	۴/۰.۰ μl	-/۸.۰ μl	۱۰۰-۱۰۰۰ μl	۴ μl	۱.۵ μl
۱۲۰۲۹۲	۶۰۰ μl	۴/۸.۰ μl	۱/۱.۰ μl	۱۰۰-۱۰۰۰ μl	۸ μl	۳ μl
۱۲۰۲۹۳	۷۰۰ μl	۵/۶.۰ μl	۱/۴.۰ μl	۱۰۰-۱۰۰۰ μl	۸ μl	۳ μl
۱۲۰۲۹۴	۷۵۰ μl	۶/۰.۰ μl	۱/۵.۰ μl	۱۰۰-۱۰۰۰ μl	۸ μl	۳ μl
۱۲۰۲۹۵	۸۰۰ μl	۶/۴.۰ μl	۱/۷.۰ μl	۱۰۰-۱۰۰۰ μl	۸ μl	۳ μl
۱۲۰۲۹۶	۹۰۰ μl	۷/۲.۰ μl	۲/۰.۰ μl	۱۰۰-۱۰۰۰ μl	۸ μl	۳ μl
۱۲۰۲۹۷	۱۰۰۰ μl	۸/۰.۰ μl	۲/۰.۰ μl	۱۰۰-۱۰۰۰ μl	۸ μl	۳ μl

P.I.P. pipette desired fixed volume

سمپلر آزمایشگاهی در حجم دلخواه

۷. تنظیم سمپلر P.I.P.

۱-۷. تنظیم سمپلر

پس از محاسبه‌ی خطای تصادفی و سیستماتیک سمپلر، در صورت عدم مطابقت آن‌ها با حدود مجاز تعیین شده توسط استاندارد لازم است تا سمپلر تنظیم شود.

لازم به ذکر است که تنظیم سمپلر به منظور کاهش خطای سیستماتیک صورت می‌گیرد و تاثیری بر روی خطای تصادفی نخواهد داشت.

پیش از تنظیم سمپلر، حتماً تمامی عواملی که باعث متغیر شدن و ایجاد خطا در نتایج می‌شوند را مورد ارزیابی قرار دهید. به این منظور می‌توانید موارد زیر را بررسی نمایید.

- نوک سمپلر فاقد هرگونه نشستی و یا عیب و نقص است.
- نوک سمپلر متناسب با سمپلر انتخاب شده است.
- مکانیزم حجم‌برداری سمپلر فاقد نشستی است.
- پیش از شروع آزمون گرانشی، نوک سمپلر ۵ مرتبه از مایع آزمون پر و خالی شده است.
- مایع آزمون، سمپلر و نوک سمپلر به دمای محیط رسیده‌اند.
- مایع آزمون کاملاً مطابق با استانداردهای تعیین شده انتخاب شده است.
- نکات حجم‌برداری صحیح رعایت شده‌اند.

به منظور اطلاع از نکات حجم‌برداری صحیح توسط سمپلر می‌توانید به دفترچه راهنمای سمپلر P.I.P. مراجعه نمایید.

- هیچ‌گونه جریان هوا و یا لرزشی، محیط اندازه‌گیری را تحت تاثیر قرار نداده است.
- محاسبه‌ی نتایج آزمون به درستی انجام شده است.

در صورتی که پس از بررسی تمامی موارد ذکر شده، بازهم نتایج کالیبراسیون با حدود مجاز تعیین شده تفاوت داشتند، باید سمپلر را تنظیم نمایید.

۲-۷. تنظیم سمپلر بر اساس شرایط خاص

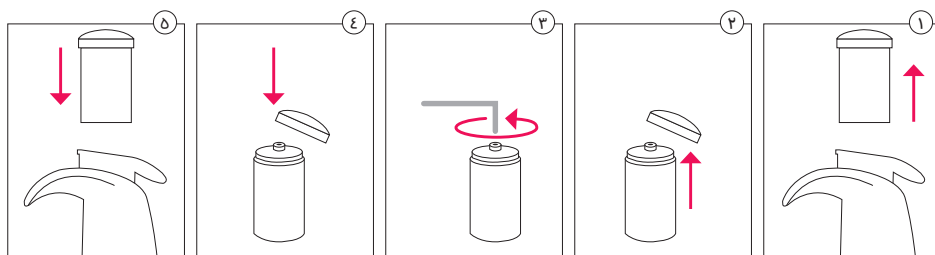
علاوه بر موارد ذکر شده جهت تنظیم سمپلر، در برخی شرایط خاص می‌توان سمپلر را بر اساس مشخصه‌های فیزیکی نمونه و همچنین شرایط محیط آزمایش نیز تنظیم نمود. از جمله شرایط خاصی که لازم است تا تنظیم سمپلر متناسب با آن صورت گیرد می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- تفاوت چشمگیر مشخصه‌های فیزیکی نمونه‌ی مورد آزمایش (چگالی، ویسکوزیته، کشش سطحی و فشار بخار) با مشخصات فیزیکی مایع آزمون گرانشی (آب یون زدایی شده یا هوموازنه شده)
- تغییرات فشار اتمسفر به دلیل تغییر ارتفاع محل آزمایش
- استفاده از نوک سمپلرهای خاص

۳-۷. نحوه‌ی تنظیم سمپلر P.I.P.

به‌منظور تنظیم سمپلرهای P.I.P. لازم است تا مراحل زیر را انجام دهید.

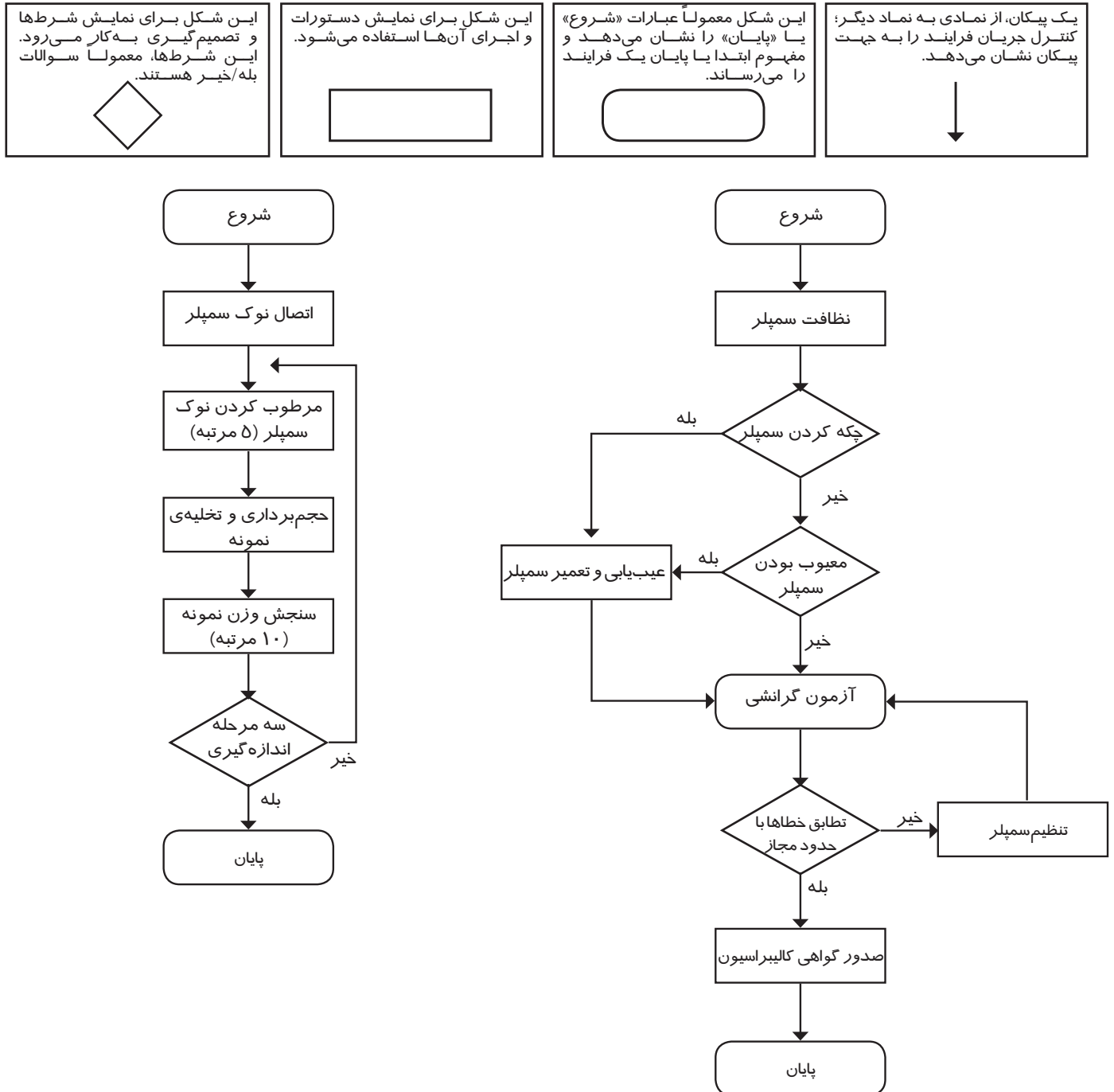
۱. دکمه‌ی حجم‌برداری سمپلر را جدا نمایید.
۲. درپوش رنگی سمپلر را باز کنید.
۳. با استفاده از یک آچار آلن پیچ موجود در دکمه‌ی حجم‌برداری سمپلر را تنظیم کنید.
۴. پس از تنظیم پیچ، درپوش رنگی سمپلر را نصب کنید.
۵. دکمه‌ی حجم‌برداری سمپلر را مجدداً متصل نمایید.
۶. با استفاده از آزمون گرانشی خطای حجم‌برداری سمپلر را با حدود مجاز تعیین شده مطابقت دهید.
۷. در صورت عدم مطابقت مقادیر محاسبه شده با حدود مجاز تعیین شده مجدداً مراحل ۱ تا ۶ را تکرار نمایید.



شکل ۳. نحوه‌ی تنظیم سمپلر P.I.P.

۸. مروری اجمالی بر کالیبراسیون سمپلر

نحوه‌ی کالیبراسیون سمپلر و مراحل انجام آزمون گرانشی به طور خلاصه و اجمالی در شکل ۴ نشان داده شده است. در این روند نما (فلوچارت) هر مرحله از کالیبراسیون با یک نماد (شکل هندسی) مشخص شده و پیکان‌ها منطق و روند الگوریتم را نشان می‌دهند.



شکل ۴. خلاصه مراحل کالیبراسیون سمپلر P.I.P.

پیوست

پیوست الف: ارائه‌ی یک مثال جهت محاسبه‌ی خطاهای حجم‌پردازی سمپلر
فرض کنید یک آزمون گرانشی توسط یک سمپلر با حجم نامی ۱ میکرولیتر در دمای ۲۱/۵ درجه‌ی سانتی‌گراد و فشار ۱۰۱/۳ KPa انجام شده است. مقادیر جرم‌های اندازه‌گیری شده توسط ترازو طی ده مرتبه اندازه‌گیری به‌صورت زیر است.

$m_1 = 0.968 \text{ mg}$	$m_6 = 0.966 \text{ mg}$
$m_2 = 0.960 \text{ mg}$	$m_7 = 0.955 \text{ mg}$
$m_3 = 0.984 \text{ mg}$	$m_8 = 0.972 \text{ mg}$
$m_4 = 0.942 \text{ mg}$	$m_9 = 0.958 \text{ mg}$
$m_5 = 0.969 \text{ mg}$	$m_{10} = 0.967 \text{ mg}$

مقدار اتلاف جرم ناشی از تبخیر طی ۱۰ مرحله اندازه‌گیری محاسبه شده است. این مقدار برابر با ۰/۰۱۸ است.
خطای سیستماتیک و تصادفی این سمپلر به‌صورت زیر قابل محاسبه است:

۱. محاسبه‌ی میانگین جرمی

$$\bar{m} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n m_i$$

$$\bar{m} = (0.968 + 0.960 + 0.984 + 0.942 + 0.969 + 0.966 + 0.955 + 0.972 + 0.958 + 0.967) / 10$$

$$\bar{m} = 0.964 \text{ mg}$$

۲. محاسبه‌ی میانگین حجمی با استفاده از ضریب تصحیح Z
جهت به دست آوردن ضریب تصحیح Z به پیوست ب، جدول ۳ مراجعه نمایید.

$$\bar{V} = (\bar{m} + \bar{e}) \times Z$$

$$\bar{V} = (0.964 + 0.018) \times 1.0032 = 0.985 \mu\text{l}$$

۳. محاسبه‌ی خطای سیستماتیک مطلق

$$E = \bar{V} - V_0$$

$$E = 0.985 - 1 = 0.015 \mu\text{l}$$

۴. محاسبه‌ی خطای سیستماتیک نسبی

$$E\% = \frac{|\bar{V} - V_0|}{V_0} \times 100$$

$$E\% = |0.015| / 1 \times 100 = 1.5\%$$

۰. محاسبه‌ی خطای تصادفی مطلق

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_i - \bar{V})^2}{n - 1}}$$

$$V_i = m_i \times Z$$

$$V_1 = 0.97 \mu\text{l}$$

$$V_2 = 0.96 \mu\text{l}$$

$$V_3 = 0.99 \mu\text{l}$$

$$V_4 = 0.95 \mu\text{l}$$

$$V_5 = 0.97 \mu\text{l}$$

$$V_6 = 0.97 \mu\text{l}$$

$$V_7 = 0.96 \mu\text{l}$$

$$V_8 = 0.98 \mu\text{l}$$

$$V_9 = 0.96 \mu\text{l}$$

$$V_{10} = 0.97 \mu\text{l}$$

$$\bar{V} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} v_i = 0.97 \mu\text{l}$$

$$\sigma_v = \sqrt{\frac{(0.97 - 0.97)^2 + (0.96 - 0.97)^2 + (0.99 - 0.97)^2 + (0.95 - 0.97)^2 + (0.97 - 0.97)^2 + (0.97 - 0.97)^2 + (0.96 - 0.97)^2 + (0.98 - 0.97)^2 + (0.96 - 0.97)^2 + (0.97 - 0.97)^2}{9}}$$

$$\sigma_v = 0.011 \mu\text{l}$$

۱. محاسبه‌ی خطای تصادفی نسبی

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{V}} \times 100$$

$$CV = 1.11\%$$

پیوست ب: ضریب تصحیح Z

جهت تشخیص ضریب تصحیح Z، لازم است تا ابتدا میانگین فشار اتمسفر و دمای محیط آزمون را که در ابتدا و انتهای مراحل آزمون گرانشی اندازه‌گیری و ثبت نموده‌اید، محاسبه نمایید و سپس با استفاده از جدول ۳ ضریب تصحیح مناسب را در محاسبات خود استفاده کنید.

یادآوری: مقادیر Z بر حسب میکرولیتر بر میلی گرم می باشند.

جدول ۳. ضریب تصحیح Z

فشار هوا KPa							دما °C
۸۰	۸۵	۹۰	۹۵	۱۰۰	۱۰۱/۳	۱۰۵	
۱/۰۰۱۷	۱/۰۰۱۸	۱/۰۰۱۹	۱/۰۰۱۹	۱/۰۰۲۰	۱/۰۰۲۰	۱/۰۰۲۰	۱۵/۰
۱/۰۰۱۸	۱/۰۰۱۹	۱/۰۰۱۹	۱/۰۰۲۰	۱/۰۰۲۰	۱/۰۰۲۰	۱/۰۰۲۱	۱۵/۵
۱/۰۰۱۹	۱/۰۰۲۰	۱/۰۰۲۰	۱/۰۰۲۱	۱/۰۰۲۱	۱/۰۰۲۱	۱/۰۰۲۲	۱۶/۰
۱/۰۰۲۰	۱/۰۰۲۰	۱/۰۰۲۱	۱/۰۰۲۱	۱/۰۰۲۲	۱/۰۰۲۲	۱/۰۰۲۲	۱۶/۵
۱/۰۰۲۱	۱/۰۰۲۱	۱/۰۰۲۲	۱/۰۰۲۲	۱/۰۰۲۳	۱/۰۰۲۳	۱/۰۰۲۳	۱۷/۰
۱/۰۰۲۲	۱/۰۰۲۲	۱/۰۰۲۳	۱/۰۰۲۳	۱/۰۰۲۴	۱/۰۰۲۴	۱/۰۰۲۴	۱۷/۵
۱/۰۰۲۲	۱/۰۰۲۳	۱/۰۰۲۳	۱/۰۰۲۴	۱/۰۰۲۵	۱/۰۰۲۵	۱/۰۰۲۵	۱۸/۰
۱/۰۰۲۳	۱/۰۰۲۴	۱/۰۰۲۴	۱/۰۰۲۵	۱/۰۰۲۵	۱/۰۰۲۶	۱/۰۰۲۶	۱۸/۵
۱/۰۰۲۴	۱/۰۰۲۵	۱/۰۰۲۵	۱/۰۰۲۶	۱/۰۰۲۶	۱/۰۰۲۷	۱/۰۰۲۷	۱۹/۰
۱/۰۰۲۵	۱/۰۰۲۶	۱/۰۰۲۶	۱/۰۰۲۷	۱/۰۰۲۷	۱/۰۰۲۸	۱/۰۰۲۸	۱۹/۵
۱/۰۰۲۶	۱/۰۰۲۷	۱/۰۰۲۷	۱/۰۰۲۸	۱/۰۰۲۸	۱/۰۰۲۹	۱/۰۰۲۹	۲۰/۰
۱/۰۰۲۷	۱/۰۰۲۸	۱/۰۰۲۸	۱/۰۰۲۹	۱/۰۰۲۹	۱/۰۰۳۰	۱/۰۰۳۰	۲۰/۵
۱/۰۰۲۸	۱/۰۰۲۹	۱/۰۰۲۹	۱/۰۰۳۰	۱/۰۰۳۱	۱/۰۰۳۱	۱/۰۰۳۱	۲۱/۰
۱/۰۰۳۰	۱/۰۰۳۰	۱/۰۰۳۱	۱/۰۰۳۱	۱/۰۰۳۲	۱/۰۰۳۲	۱/۰۰۳۲	۲۱/۵
۱/۰۰۳۱	۱/۰۰۳۱	۱/۰۰۳۲	۱/۰۰۳۲	۱/۰۰۳۳	۱/۰۰۳۳	۱/۰۰۳۳	۲۲/۰
۱/۰۰۳۲	۱/۰۰۳۲	۱/۰۰۳۳	۱/۰۰۳۳	۱/۰۰۳۴	۱/۰۰۳۴	۱/۰۰۳۴	۲۲/۵
۱/۰۰۳۳	۱/۰۰۳۳	۱/۰۰۳۴	۱/۰۰۳۴	۱/۰۰۳۵	۱/۰۰۳۵	۱/۰۰۳۶	۲۳/۰
۱/۰۰۳۴	۱/۰۰۳۵	۱/۰۰۳۵	۱/۰۰۳۶	۱/۰۰۳۶	۱/۰۰۳۶	۱/۰۰۳۷	۲۳/۵
۱/۰۰۳۵	۱/۰۰۳۶	۱/۰۰۳۶	۱/۰۰۳۷	۱/۰۰۳۷	۱/۰۰۳۸	۱/۰۰۳۸	۲۴/۰
۱/۰۰۳۷	۱/۰۰۳۷	۱/۰۰۳۸	۱/۰۰۳۸	۱/۰۰۳۹	۱/۰۰۳۹	۱/۰۰۳۹	۲۴/۵
۱/۰۰۳۸	۱/۰۰۳۸	۱/۰۰۳۹	۱/۰۰۳۹	۱/۰۰۴۰	۱/۰۰۴۰	۱/۰۰۴۰	۲۵/۰
۱/۰۰۳۹	۱/۰۰۴۰	۱/۰۰۴۰	۱/۰۰۴۱	۱/۰۰۴۱	۱/۰۰۴۱	۱/۰۰۴۲	۲۵/۵
۱/۰۰۴۰	۱/۰۰۴۱	۱/۰۰۴۱	۱/۰۰۴۲	۱/۰۰۴۲	۱/۰۰۴۳	۱/۰۰۴۳	۲۶/۰
۱/۰۰۴۲	۱/۰۰۴۲	۱/۰۰۴۳	۱/۰۰۴۳	۱/۰۰۴۴	۱/۰۰۴۴	۱/۰۰۴۴	۲۶/۵
۱/۰۰۴۳	۱/۰۰۴۴	۱/۰۰۴۴	۱/۰۰۴۵	۱/۰۰۴۵	۱/۰۰۴۵	۱/۰۰۴۶	۲۷/۰
۱/۰۰۴۵	۱/۰۰۴۵	۱/۰۰۴۶	۱/۰۰۴۶	۱/۰۰۴۷	۱/۰۰۴۷	۱/۰۰۴۷	۲۷/۵
۱/۰۰۴۶	۱/۰۰۴۶	۱/۰۰۴۷	۱/۰۰۴۷	۱/۰۰۴۸	۱/۰۰۴۸	۱/۰۰۴۸	۲۸/۰
۱/۰۰۴۷	۱/۰۰۴۸	۱/۰۰۴۸	۱/۰۰۴۹	۱/۰۰۴۹	۱/۰۰۵۰	۱/۰۰۵۰	۲۸/۵
۱/۰۰۴۹	۱/۰۰۴۹	۱/۰۰۵۰	۱/۰۰۵۰	۱/۰۰۵۱	۱/۰۰۵۱	۱/۰۰۵۱	۲۹/۰
۱/۰۰۵۰	۱/۰۰۵۱	۱/۰۰۵۱	۱/۰۰۵۲	۱/۰۰۵۲	۱/۰۰۵۲	۱/۰۰۵۳	۲۹/۵
۱/۰۰۵۲	۱/۰۰۵۲	۱/۰۰۵۳	۱/۰۰۵۳	۱/۰۰۵۴	۱/۰۰۵۴	۱/۰۰۵۴	۳۰/۰

پیوست ج: گزارش آزمون گرانشی

جدول زیر به منظور ثبت اطلاعات و اندازه گیری‌های آزمون گرانشی طراحی شده‌اند.

اطلاعات آزمون گر

	نام
	نام خانوادگی
	بخش

مشخصات سمپلر

	شرکت سازنده
	حجم نامی
	شماره سریال

مشخصات نوک سمپلر

	شرکت سازنده
	حجم
	سایر مشخصات

مشخصات ترازوی آزمایشگاهی

	شرکت سازنده
	مدل
	شماره سریال
	آخرین تاریخ کالیبراسیون

شرایط انجام آزمون

	دمای محیط (°C)
	فشار هوا (KPa)
	رطوبت نسبی (%)
	دمای مایع آزمون (°C)
	ضریب تصحیح Z
	میزان اتلاف جرم در اثر تبخیر
	تاریخ انجام کالیبراسیون

مقادیر اندازه گیری شده

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

توضیحات

مقدار محاسبه شده

نام کمیت محاسبه شده

میانگین حجمی (\bar{V})

خطای سیستماتیک (μ)

خطای تصادفی (%)

پیوست ۵: لیست بازبینی آماده‌سازی تجهیزات جهت کالیبراسیون سمپلر

لیست‌های بازبینی زیر به منظور بررسی شرایط و تجهیزات کالیبراسیون سمپلر ارائه شده‌اند.

بررسی شرایط آزمون

ردیف	نکات مورد ارزیابی	بله	خیر
۱	میزان استقرار ترازو کاملاً پایدار (سنگین و صلب) است.		
۲	اتاق آزمون در معرض جریان هوا نبوده و جو پایداری دارد.		
۳	اتاق آزمون دارای رطوبت نسبی بالای ۵۰٪ است.		
۴	اتاق آزمون دارای دمای ثابت بین ۱۵ الی ۳۰ درجه‌ی سانتی‌گراد است.		
۵	میزان دما، فشار هوا و رطوبت ثبت شده است.		
۶	تمامی تجهیزات آزمون (مایع آزمون، سمپلر، نوک سمپلر و ...) حداقل دو ساعت پیش از شروع آزمون گرانشی در دمای محیط قرار داده شده‌اند.		
۷	دماسنج مورد استفاده دارای حداکثر عدم قطعیت اندازه‌گیری ۰/۲ درجه‌ی سانتی‌گراد است.		
۸	رطوبت‌سنج استفاده شده در آزمون دارای حداکثر عدم قطعیت اندازه‌گیری ۱۰٪ است.		
۹	فشارسنج مورد استفاده در مراحل آزمون از حداکثر عدم قطعیت اندازه‌گیری ۰/۵ KPa برخوردار است.		
۱۰	وسیله‌ی اندازه‌گیری زمان در آزمون گرانشی، دارای حداکثر عدم قطعیت اندازه‌گیری ۱S است.		

بررسی مایع آزمون

ردیف	نکات مورد ارزیابی	بله	خیر
۱	مایع آزمون مطابق با استاندارد ملی ۱۷۲۸ و استاندارد بین المللی ایزو ۳۶۹۶ انتخاب شده است.		
۲	مایع آزمون به دمای محیط رسیده است.		
۳	مخزن مایع آزمون دارای ظرفیت مناسب جهت نگه داشتن تمامی نمونه‌ی مورد استفاده در آزمون گرانشی است.		

بررسی سمپلر

ردیف	نکات مورد ارزیابی	بله	خیر
۱	سمپلر تمیز شده است.		
۲	اجزای معیوب سمپلر تعویض شده‌اند.		
۳	نوک سمپلر به درستی متصل شده است.		

بررسی ترازوی آزمایشگاهی

ردیف	نکات مورد ارزیابی	بله	خیر
۱	ترازو کالیبره شده و دارای گواهی‌نامه‌ی کالیبراسیون است.		
۲	میزان حساسیت ترازو مطابق با حجم آزمون است.		
۳	ظرف توزین برای ۱۰ مرتبه تخلیه کردن مایع آزمون، به اندازه‌ی کافی ظرفیت دارد.		
۴	ترازوی آزمایشگاهی در وضعیت تراز قرار دارد.		
۵	ترازو حداقل ۲ ساعت پیش از آزمون گرانشی روشن شده است.		

سمپلرهای تک کاناله، حجم ثابت

PIPETTE

POLE IDEAL PARS



آدرس: تهران، خیابان استاد مطهری، بعد از خیابان
مفتح، خیابان جهانتاب، خیابان نقدی، پلاک ۱۲، طبقه اول

کد پستی: ۱۵۷۶۶۳۵۷۱۴
صندوق پستی: ۱۵۸۷۵-۹۴۸۳
تلفن: ۸۸۵۴۵۹۲۲-۹ (۰۲۱)
فکس: ۸۸۷۶۷۱۵۹ (۰۲۱)
۰۹۱۲۳۳۴۰۱۹۷
www.medpip.com
info@medpip.com
Pole Ideal Pars Co.
[poleideal](https://www.instagram.com/poleideal)
(۰۲۱) ۸۸۷۶۵۵۶۱