

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



مرکز ارزیابی و صلاحیت حرفه‌ای صنعت آب و برق

کتابچه‌ی دانش شغلی

عنوان شغل :

کارشناس شیمی آزمایشگاه آب

دروس:

اصول نمونه برداری در آزمایشگاه آب	تخصصی	۱
ایمنی آزمایشگاه آب		۲
تحلیل پارامترها در آزمایشگاه آب		۳
شیمی پایه و دستگاہی		۴
شیمی آب		۵

تابستان

۱۴۰۳

فهرست مطالب

- ۱- اصول نمونه برداری در آزمایشگاه آب ۴
- ۱-۱- بخش الف ۴
- در اغلب موارد به علت عدم یکنواختی در منبع آب، لزوم نمونه‌گیری از چند نقطه ایجاب می‌شود و در صورتی که استفاده از محلی به عنوان نمایانگر بیشترین خصوصیات آب مقدور نباشد می‌توان با شناخت و پی بردن به روابط فی مابین یا بهره‌گیری از نتایج به دست آمده به کمک حداقل نقاط نمونه‌گیری این کار را عملی کرد ۴
- ۱-۲- بخش ب ۵
- ۱-۳- بخش پ ۵
- ۲- ایمنی آزمایشگاه آب ۷
- ۲-۱- بخش الف ۷
- ۲-۲- بخش ب ۸
- ۲-۳- بخش پ ۸
- ۳- تحلیل پارامترها در آزمایشگاه آب ۱۰
- ۳-۱- بخش الف ۱۰
- ۳-۲- بخش ب ۱۰
- ۳-۳- بخش پ ۱۱
- ۴- شیمی پایه و دستگاہی ۱۳
- ۴-۱- بخش الف ۱۳
- ۴-۲- بخش ب ۱۳
- ۴-۳- بخش پ ۱۴
- ۵- شیمی آب ۱۵
- ۵-۱- بخش الف ۱۵
- ۵-۲- بخش ب ۱۵
- ۵-۳- بخش پ ۱۶

۱- اصول نمونه برداری در آزمایشگاه آب

۱-۱- بخش الف

هدف از نمونه گیری به دست آوردن قسمت کوچکی از آب است که نمایانگر خصوصیات واقعی منبع اصلی باشد و مهمترین عوامل اساسی که برای رسیدن به این مقصود لازم است عبارتند از :

نقاط نمونه گیری، زمان نمونه گیری، تناوب نمونه گیری، و حفظ ترکیب نمونه تا زمان اجرای آزمایش .

در اغلب موارد به علت عدم یکنواختی در منبع آب، لزوم نمونه گیری از چند نقطه ایجاب می شود و در صورتی که استفاده از محلی به عنوان نمایانگر بیشترین خصوصیات آب مقدور نباشد می توان با شناخت و پی بردن به روابط فی مابین یا بهره گیری از نتایج به دست آمده به کمک حداقل نقاط نمونه گیری این کار را عملی کرد .

یک نمونه نمایانگر واقعی را الزاماً از یک محل انتخاب شده نمی توان برداشت، بلکه تغییر کافی بر روی نتایج یک نمونه غیر معرف نیز می توان اطلاعات با ارزشی در مورد روند تغییرات به دست داده و نمونه گیر را در جهت انتخاب محل هائی که اطلاعات حاصله بیشتر با حقیقت نزدیک باشد، راهنمایی و هدایت نماید .

باید توجه داشت اغلب نمونه هایی که از یک نقطه مجرد یک سیستم گردآوری می شود تا حدودی نمی توان به عنوان نمودار واقعی تلقی کرد، بنابراین موضوع قابل اهمیت این است که حدود معرف بودن نمونه را تشخیص داده و از نتایج به دست آمده آن برای ثبت مداوم کیفیت آب منبع استفاده نمود .

در غیر این صورت در هنگام تشکیل پرونده لازم است یک ضریب تصحیح فرضی یا ضریب دقت مناسب برای نمونه گیری تعیین و در نظر گرفته شود .

باید توجه داشت اغلب نمونه هایی که از یک نقطه مجرد یک سیستم گردآوری می شود تا حدودی نمی توان به عنوان نمودار واقعی تلقی کرد، بنابراین موضوع قابل اهمیت این است که حدود معرف بودن نمونه را تشخیص داده و از نتایج به دست آمده آن برای ثبت مداوم کیفیت آب منبع استفاده نمود .

در غیر این صورت در هنگام تشکیل پرونده لازم است یک ضریب تصحیح فرضی یا ضریب دقت مناسب برای نمونه گیری تعیین و در نظر گرفته شود .

۱-۲- بخش ب

مبانی نگهداری نمونه‌ها:

الف - مواد شیمیائی محافظ را برای آزمون‌های فیزیکی، شیمیائی و یا رادیولوژیکی که به‌طور اختصاصی در هر روش آزمون مشخص شده است به نمونه‌ها اضافه کنید .

انجماد سریع نمونه نیز برای حفاظت بعضی از ترکیبات آلی نتیجه مناسب داده است و باید افزودن هر نوع ماده محافظت کننده را بر روی برچسب نمونه بیان کرد .

ب - نمونه‌های آزمون باکتریولوژی در صورتیکه ظرف یکساعت پس از جمع‌آوری مورد آزمایش قرار نگیرد، احتیاج به سرد کردن دارد .

۱- نمونه‌هایی که در یک ساعت اول پس از جمع‌آوری مورد آزمون قرار می‌گیرد را می‌توان بدون یخ زدن در محل سرد نگاه داشت.

۲- نمونه‌هایی که بیشتر از یک ساعت از نمونه‌گیری امکان آزمایش آن فراهم می‌شود باید در یخچال و یا یخدان در درجه حرارتی که بیشتر از چهار درجه سانتی‌گراد نباشد نگهداری نمود.

در هیچ حالتی فاصله زمانی بین جمع‌آوری و آزمون نباید بیشتر از ۱۲ ساعت در موارد عادی و یا شش ساعت در مورد نمونه‌های مشکوک به داشتن مقادیر زیاد از ارگانیزم باشد .

برای دستور کارهای بررسی نمونه در محل (آزمایشات صحرائی) باید مدت زمان طولانی‌تری در نظر گرفته شود .

۳- در صورت حمل و نقل نمونه‌ها را باید در ظرفی با جدار عایق که محتوی یخ است منتقل کرد تا دمای آن بین صفر تا چهار درجه سانتی‌گراد باقیمانده و امکان استفاده برای آزمون، ظرف ۱۲ ساعت پس از جمع‌آوری فراهم گردد.

۴- اگر شرایط حفظ و نگهداری نمونه با بندهای ۲ و ۳ این قسمت تطبیق نکند شرایط واقعی را در گزارش آزمون بیان کنید.

۱-۳- بخش پ

فاصله زمانی مابین جمع‌آوری و تجزیه نمونه‌ها

الف - به‌طور کلی فاصله زمانی بین جمع‌آوری و تجزیه نمونه‌ها باید حتی‌الامکان کوتاه باشد ولی در بعضی شرایط برای به دست آوردن نتایج مطمئن‌تر لازم است تجزیه نمونه در محل نمونه‌گیری انجام شود .

زمان مجاز واقعی بین جمع آوری و تجزیه نمونه به نوع آزمایش مورد نظر، خصوصیات نمونه و فاصله زمانی جایز برای به کار بردن واکنش صحیح بستگی دارد .

ب - در بیان یک تجزیه، طول انقضای زمان بین جمع آوری و تجزیه نمونه را مشخص کنید .

ج - گازهای محلول مانند اکسیژن، هیدروژن سولفور و دی اکسید کربن را در محل نمونه گیری اندازه گیری کنید مگر در مواردی که امکان تثبیت آن وجود داشته و اندازه گیری بعداً طبق روش اختصاصی مشخص شده صورت پذیرد .

د - در نمونه گیری برای اندازه گیری های رادیواکتیویته، زمان نمونه گیری را یادداشت و چنانچه فعالیت مواد با عمر کوتاه مورد نظر است، تجزیه باید با نهایت سرعت به طریقی انجام پذیرد که افت فعالیت ماده به علت تضعیف رادیواکتیو به حداقل برسد .

در صورتی که فقط فعالیت مواد با عمر طولانی مورد نظر است در بعضی موارد اندازه گیری رادیواکتیویته با گذراندن نمونه به مدت زمان کافی پس از نمونه گیری برای ضعیف شدن فعالیت رادیونوکلیدها با عمر کوتاه به سهولت قابل انجام می باشد.

۲- ایمنی آزمایشگاه آب

۲-۱- بخش الف

نصب و استفاده از سیستم اعلام حریق در آزمایشگاه می تواند از آسیب های مالی و جانی به صورت جدی جلوگیری کند. برای هر نوع آزمایشگاهی، یک مدل مختلف از آشکار ساز کارآمد است. به طور مثال برای آزمایشگاه هایی که در آن محلول های اشتعال زا مانند الکل نگهداری می شود که بخش بزرگی از خطر مربوط به آن است باید از دتکتور های شعله استفاده کنیم. یکی از بهترین دتکتور هایی که می توان برای آزمایشگاه هایی که در آن از چوب، پلاستیک، کاغذ و ... نگهداری می شود، به کار بردن دتکتور های دودی هستند که قابلیت تشخیص دود بالایی را دارند. در نتیجه می توان گفت این که چه نوع آشکار سازی برای محیط آزمایشگاه انتخاب کنیم، بستگی به نوع مواد و تجهیزاتی که در آن نگهداری شده و امکان بروز حریق را بالا می برند، دارد.

فواید سیستم اعلام حریق در آزمایشگاه ها

- هزینه کم در نگهداری و تعمیر
 - کنترل ۲۴ ساعته کل ساختمان
 - تنظیم حساسیت توسط شخص
 - تشخیص احتمال آتش سوزی
 - تشخیص به موقع و سریع آتش سوزی
 - قابلیت اتصال به دیگر تجهیزات امنیتی ساختمان
- راه های جلوگیری از وقوع آتش سوزی در محیط آزمایشگاه ها
- چک کردن سیستم و وسایل گرمایشی
 - نواقص در اتصالات برقی را حتما بر طرف کنید
 - درب ظرف محلول های قابل اشتعال را به هیچ عنوان باز نگذارید
 - تهیه کپسول آتش نشانی در آزمایشگاه برای اطفای حریق در روز مبادا
 - چک کردن سیم ها و کابل های برق و اطمینان از نداشتن اتصالی آن ها
 - نصب سنسور های هشدار دهنده دودی و شعله ایی در هر نقطه از آزمایشگاه
 - بررسی مرتب میزان مونو اکسید کربن برای جلوگیری از وقوع آتش سوزی
 - محلول های اشتعال زا مانند الکل را در ظرف های مطمئن و نشکن نگهداری کنید
- چک کردن ابزار آلات و اساسیه برقی آزمایشگاه و اطمینان از نداشتن اتصالی در سیم آن ها

۲-۲- بخش ب

نخستین هدف در طراحی یک آزمایشگاه فراهم کردن محیط قابل دسترس و بی خطر است تا کارکنان آزمایشگاه در آن محیط به انجام فعالیت پردازند. دومین هدف دارا بودن قابلیت حداکثر انعطاف پذیری برای استفاده پژوهشی و آموزشی در محیط امن است. بنابراین این عواملی که ایمنی و بهداشت را به خطر می اندازد باید شناسایی و به دقت ارزیابی شوند. تا جایی که امکان دارد باید در طراحی باید اقدامات حفاظتی در نظر گرفته شود. اگرچه استفاده نادرست از امکانات آزمایشگاهی می تواند بر طراحی صحیح و ایمن آزمایشگاه غلبه کند باید از پوشش مناسب، دستکش، عینک و ماسک در تمامی مدت استفاده شود. برخی از موارد ایمنی حین انجام آزمایش به شرح زیر می باشد:

- باید خواص شیمیایی کلیه مواد قبل از کار با آنها مطالعه شود.
 - تمامی شیشه های مواد شیمیایی باید دارای برچسب باشد.
 - مواد شیمیایی در کابینت های ایمن مجهز به قفل نگهداری شود.
 - استفاده از صابون ضد باکتریال، دوش و چشم شوی پس از انجام کار الزامی است.
 - زباله های تولید شده در آزمایشگاه به طور روزانه جمع آوری و به طریق مناسب دفع شود.
 - از ریختن مایعات قابل اشتعال در داخل سینک ظرفشویی باید خودداری شود.
 - در صورت کار با مخلوط های منفجر شونده، علاوه بر هود بهتر است که درب آن حالت نیمه باز باشد.
 - تمام ظروف شیشه ای شکسته، آب و مواد شیمیایی ریخته شده به سرعت تمیز شود.
 - مواد شیمیایی دور ریختنی با رویکرد کاهش آسیب به محیط زیست و افراد به طریق ایمن دفع شود.
 - کلیه عملیات مربوط به استخراج اتر و کلروفرم باید زیر هود با درب پایین آمده و مکنده روشن و ماسک انجام شده و از استنشاق بخارات آن پرهیز شود.
 - هرگز در محیطی با شرایط تهویه ضعیف کار نشود.
 - محل شیلنگ های آتش نشانی باید مشخص بوده و کپسول های اطفاء حریق باید در جایی مناسب و به تعداد کافی با دسترسی آسان در هر منطقه نصب شوند.
 - پرسنل باید با انواع وسایل اطفاء حریق و آن که هر کدام برای چه نوع آتشی مناسب است، آشنا باشند.
 - تمام ظروف شیشه ای لب پریده، ترک خورده و یا شکسته شده در جایی قرار داده شود که برچسب «فقط ظروف شکسته شیشه ای» داشته باشد.
 - هرگز نباید وسایل و لوازمی که کاملا شناخته شده نیستند، تعمیر کرد.
 - بعد از پایان هر نوبت یا روز کاری باید برنامه منظمی برای تمیز کردن آزمایشگاه موجود باشد.
- دوش ایمنی و چشم شوی باید جزء تجهیزات هر آزمایشگاه باشد.

۲-۳- بخش پ

فیه منظور حفظ ایمنی آزمایشگاه آب هرگز در آزمایشگاه به تنهایی کار نکنید. همیشه حضور خود را در آزمایشگاه با شخص دیگری در میان بگذارید. از محیط آزمایشگاه جهت صرف غذا و مایعات نایستی استفاده گردد. حفاظت از چشم

ها در تمام اوقات کار در آزمایشگاه و هنگام کار با مواد شیمیایی ضروری است. در هر آزمایشگاه و انبار باید لوازم اعلام و اطفای حریق سیار و ثابت متناسب با نوع کار نصب گردد. بطور کلی ۳ نوع از خاموش کننده های حریق عبارتند از :
خاموش کننده های آبی: برای حریق های با مواد قابل احتراق عادی از قبیل چوب و کاغذ
پودر خشک شیمیایی: موثر در برابر بیشتر حریقها، اختصاصا برای مایعات آتش گیر و فلزات و حریقهای الکتریکی
دی اکسید کربن: مفید برای حریقهای کوچک شامل مایعات آتش گیر و استفاده در محدوده اطراف ابزار و تجهیزات
الکترونیکی بسته به پتانسیل خطرات ممکن است بیش از یک نوع اطفاء کننده در هر اتاق موجود باشد. توضیح اینکه
خاموش کننده های هالوژن در اتاق های الکترونیکی ویژه با تجهیزات کامپیوتری که ممکن است بوسیله خاموش کننده
های متداول آسیب ببینند، ارجحیت دارند.
بازدید از اجزای مختلف دستگاه ها به لحاظ اطمینان از نظر عدم نشئی و خرابی دستگاه الزامی است. سیلندرهای گاز اعم
از پر و خالی بایستی در محل مناسب و به حالت عمودی با استفاده از تسمه-زنجیر یا بست بطور ایمن مهار گردند. از انباشت
و نگهداری مواد شیمیایی مازاد در آزمایشگاه خود داری شود. ضروری است کلیه مواد در انبار آزمایشگاه، نگهداری
کردند.

۳- تحلیل پارامترها در آزمایشگاه آب

۳-۱- بخش الف

یکا: اندازه گیری کمیت های فیزیکی در شرایط واحد که مقادیر استاندارد هستند بیان می شود. دو سیستم اصلی یکا در جهان استفاده می شود: دستگاه یکاهای SI (همچنین به عنوان سیستم متریک نیز شناخته می شوند) و دستگاه یکاهای انگلیسی (همچنین به عنوان سیستم معمول نیز شناخته می شوند). دستگاه یکای انگلیسی از لحاظ تاریخی در جوامع مختلف تحت اداره امپراطوری بریتانیا مورد استفاده قرار می گرفت و هنوز هم در ایالات متحده مورد استفاده قرار می گیرد. امروزه تقریباً همه کشورهای جهان از واحدهای SI به عنوان استاندارد استفاده می کنند. همچنین سیستم متریک نیز سیستم استانداردی است که دانشمندان و ریاضیدانان روی آن توافق دارند. واحد یکاهای اصلی در سیستم SI، متر برای طول، کیلوگرم برای جرم، ثانیه برای زمان، آمپر برای شدت جریان الکتریکی، کلون برای دما، مول برای مقدار ماده و کاندلا برای شدت نور می باشد.

اندازه گیری فرایند بدست آوردن مقدار یک شیء نسبت به یک استاندارد مورد توافق است. دانش مشخص کردن وزن و اندازه گیری را مترولوژی (Metrology) می نامند. دقت اندازه گیری یک ابزار کوچکترین مقداری است که یک دستگاه می تواند اندازه گیری کند، معمولاً روی دستگاه ها دو عدد نوشته شده است، کمترین مقداری که یک دستگاه می تواند اندازه گیری کند یا دقت دستگاه؛ و بیشترین مقداری که یک دستگاه توانایی اندازه گیری آن را دارد.

با استفاده از پیشوندهای مختلف می توان مقدار یکها را در اندازه های بزرگتر و کوچکتر از میزان استاندارد گزارش نمود. پیشوندهای ترا، گیگا، مگا، کیلو، هکتو، دکا، دسی، سانتی، میلی، میکرو، نانو و پیکو به ترتیب اندازه را با ضرب در ۱۰ به توان ۱۲، ۹، ۶، ۳، ۰، ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۱۹، ۲۰، ۲۱، ۲۲، ۲۳، ۲۴، ۲۵، ۲۶، ۲۷، ۲۸، ۲۹، ۳۰، ۳۱، ۳۲، ۳۳، ۳۴، ۳۵، ۳۶، ۳۷، ۳۸، ۳۹، ۴۰، ۴۱، ۴۲، ۴۳، ۴۴، ۴۵، ۴۶، ۴۷، ۴۸، ۴۹، ۵۰، ۵۱، ۵۲، ۵۳، ۵۴، ۵۵، ۵۶، ۵۷، ۵۸، ۵۹، ۶۰، ۶۱، ۶۲، ۶۳، ۶۴، ۶۵، ۶۶، ۶۷، ۶۸، ۶۹، ۷۰، ۷۱، ۷۲، ۷۳، ۷۴، ۷۵، ۷۶، ۷۷، ۷۸، ۷۹، ۸۰، ۸۱، ۸۲، ۸۳، ۸۴، ۸۵، ۸۶، ۸۷، ۸۸، ۸۹، ۹۰، ۹۱، ۹۲، ۹۳، ۹۴، ۹۵، ۹۶، ۹۷، ۹۸، ۹۹، ۱۰۰، ۱۰۱، ۱۰۲، ۱۰۳، ۱۰۴، ۱۰۵، ۱۰۶، ۱۰۷، ۱۰۸، ۱۰۹، ۱۱۰، ۱۱۱، ۱۱۲، ۱۱۳، ۱۱۴، ۱۱۵، ۱۱۶، ۱۱۷، ۱۱۸، ۱۱۹، ۱۲۰، ۱۲۱، ۱۲۲، ۱۲۳، ۱۲۴، ۱۲۵، ۱۲۶، ۱۲۷، ۱۲۸، ۱۲۹، ۱۳۰، ۱۳۱، ۱۳۲، ۱۳۳، ۱۳۴، ۱۳۵، ۱۳۶، ۱۳۷، ۱۳۸، ۱۳۹، ۱۴۰، ۱۴۱، ۱۴۲، ۱۴۳، ۱۴۴، ۱۴۵، ۱۴۶، ۱۴۷، ۱۴۸، ۱۴۹، ۱۵۰، ۱۵۱، ۱۵۲، ۱۵۳، ۱۵۴، ۱۵۵، ۱۵۶، ۱۵۷، ۱۵۸، ۱۵۹، ۱۶۰، ۱۶۱، ۱۶۲، ۱۶۳، ۱۶۴، ۱۶۵، ۱۶۶، ۱۶۷، ۱۶۸، ۱۶۹، ۱۷۰، ۱۷۱، ۱۷۲، ۱۷۳، ۱۷۴، ۱۷۵، ۱۷۶، ۱۷۷، ۱۷۸، ۱۷۹، ۱۸۰، ۱۸۱، ۱۸۲، ۱۸۳، ۱۸۴، ۱۸۵، ۱۸۶، ۱۸۷، ۱۸۸، ۱۸۹، ۱۹۰، ۱۹۱، ۱۹۲، ۱۹۳، ۱۹۴، ۱۹۵، ۱۹۶، ۱۹۷، ۱۹۸، ۱۹۹، ۲۰۰، ۲۰۱، ۲۰۲، ۲۰۳، ۲۰۴، ۲۰۵، ۲۰۶، ۲۰۷، ۲۰۸، ۲۰۹، ۲۱۰، ۲۱۱، ۲۱۲، ۲۱۳، ۲۱۴، ۲۱۵، ۲۱۶، ۲۱۷، ۲۱۸، ۲۱۹، ۲۲۰، ۲۲۱، ۲۲۲، ۲۲۳، ۲۲۴، ۲۲۵، ۲۲۶، ۲۲۷، ۲۲۸، ۲۲۹، ۲۳۰، ۲۳۱، ۲۳۲، ۲۳۳، ۲۳۴، ۲۳۵، ۲۳۶، ۲۳۷، ۲۳۸، ۲۳۹، ۲۴۰، ۲۴۱، ۲۴۲، ۲۴۳، ۲۴۴، ۲۴۵، ۲۴۶، ۲۴۷، ۲۴۸، ۲۴۹، ۲۵۰، ۲۵۱، ۲۵۲، ۲۵۳، ۲۵۴، ۲۵۵، ۲۵۶، ۲۵۷، ۲۵۸، ۲۵۹، ۲۶۰، ۲۶۱، ۲۶۲، ۲۶۳، ۲۶۴، ۲۶۵، ۲۶۶، ۲۶۷، ۲۶۸، ۲۶۹، ۲۷۰، ۲۷۱، ۲۷۲، ۲۷۳، ۲۷۴، ۲۷۵، ۲۷۶، ۲۷۷، ۲۷۸، ۲۷۹، ۲۸۰، ۲۸۱، ۲۸۲، ۲۸۳، ۲۸۴، ۲۸۵، ۲۸۶، ۲۸۷، ۲۸۸، ۲۸۹، ۲۹۰، ۲۹۱، ۲۹۲، ۲۹۳، ۲۹۴، ۲۹۵، ۲۹۶، ۲۹۷، ۲۹۸، ۲۹۹، ۳۰۰، ۳۰۱، ۳۰۲، ۳۰۳، ۳۰۴، ۳۰۵، ۳۰۶، ۳۰۷، ۳۰۸، ۳۰۹، ۳۱۰، ۳۱۱، ۳۱۲، ۳۱۳، ۳۱۴، ۳۱۵، ۳۱۶، ۳۱۷، ۳۱۸، ۳۱۹، ۳۲۰، ۳۲۱، ۳۲۲، ۳۲۳، ۳۲۴، ۳۲۵، ۳۲۶، ۳۲۷، ۳۲۸، ۳۲۹، ۳۳۰، ۳۳۱، ۳۳۲، ۳۳۳، ۳۳۴، ۳۳۵، ۳۳۶، ۳۳۷، ۳۳۸، ۳۳۹، ۳۴۰، ۳۴۱، ۳۴۲، ۳۴۳، ۳۴۴، ۳۴۵، ۳۴۶، ۳۴۷، ۳۴۸، ۳۴۹، ۳۵۰، ۳۵۱، ۳۵۲، ۳۵۳، ۳۵۴، ۳۵۵، ۳۵۶، ۳۵۷، ۳۵۸، ۳۵۹، ۳۶۰، ۳۶۱، ۳۶۲، ۳۶۳، ۳۶۴، ۳۶۵، ۳۶۶، ۳۶۷، ۳۶۸، ۳۶۹، ۳۷۰، ۳۷۱، ۳۷۲، ۳۷۳، ۳۷۴، ۳۷۵، ۳۷۶، ۳۷۷، ۳۷۸، ۳۷۹، ۳۸۰، ۳۸۱، ۳۸۲، ۳۸۳، ۳۸۴، ۳۸۵، ۳۸۶، ۳۸۷، ۳۸۸، ۳۸۹، ۳۹۰، ۳۹۱، ۳۹۲، ۳۹۳، ۳۹۴، ۳۹۵، ۳۹۶، ۳۹۷، ۳۹۸، ۳۹۹، ۴۰۰، ۴۰۱، ۴۰۲، ۴۰۳، ۴۰۴، ۴۰۵، ۴۰۶، ۴۰۷، ۴۰۸، ۴۰۹، ۴۱۰، ۴۱۱، ۴۱۲، ۴۱۳، ۴۱۴، ۴۱۵، ۴۱۶، ۴۱۷، ۴۱۸، ۴۱۹، ۴۲۰، ۴۲۱، ۴۲۲، ۴۲۳، ۴۲۴، ۴۲۵، ۴۲۶، ۴۲۷، ۴۲۸، ۴۲۹، ۴۳۰، ۴۳۱، ۴۳۲، ۴۳۳، ۴۳۴، ۴۳۵، ۴۳۶، ۴۳۷، ۴۳۸، ۴۳۹، ۴۴۰، ۴۴۱، ۴۴۲، ۴۴۳، ۴۴۴، ۴۴۵، ۴۴۶، ۴۴۷، ۴۴۸، ۴۴۹، ۴۵۰، ۴۵۱، ۴۵۲، ۴۵۳، ۴۵۴، ۴۵۵، ۴۵۶، ۴۵۷، ۴۵۸، ۴۵۹، ۴۶۰، ۴۶۱، ۴۶۲، ۴۶۳، ۴۶۴، ۴۶۵، ۴۶۶، ۴۶۷، ۴۶۸، ۴۶۹، ۴۷۰، ۴۷۱، ۴۷۲، ۴۷۳، ۴۷۴، ۴۷۵، ۴۷۶، ۴۷۷، ۴۷۸، ۴۷۹، ۴۸۰، ۴۸۱، ۴۸۲، ۴۸۳، ۴۸۴، ۴۸۵، ۴۸۶، ۴۸۷، ۴۸۸، ۴۸۹، ۴۹۰، ۴۹۱، ۴۹۲، ۴۹۳، ۴۹۴، ۴۹۵، ۴۹۶، ۴۹۷، ۴۹۸، ۴۹۹، ۵۰۰، ۵۰۱، ۵۰۲، ۵۰۳، ۵۰۴، ۵۰۵، ۵۰۶، ۵۰۷، ۵۰۸، ۵۰۹، ۵۱۰، ۵۱۱، ۵۱۲، ۵۱۳، ۵۱۴، ۵۱۵، ۵۱۶، ۵۱۷، ۵۱۸، ۵۱۹، ۵۲۰، ۵۲۱، ۵۲۲، ۵۲۳، ۵۲۴، ۵۲۵، ۵۲۶، ۵۲۷، ۵۲۸، ۵۲۹، ۵۳۰، ۵۳۱، ۵۳۲، ۵۳۳، ۵۳۴، ۵۳۵، ۵۳۶، ۵۳۷، ۵۳۸، ۵۳۹، ۵۴۰، ۵۴۱، ۵۴۲، ۵۴۳، ۵۴۴، ۵۴۵، ۵۴۶، ۵۴۷، ۵۴۸، ۵۴۹، ۵۵۰، ۵۵۱، ۵۵۲، ۵۵۳، ۵۵۴، ۵۵۵، ۵۵۶، ۵۵۷، ۵۵۸، ۵۵۹، ۵۶۰، ۵۶۱، ۵۶۲، ۵۶۳، ۵۶۴، ۵۶۵، ۵۶۶، ۵۶۷، ۵۶۸، ۵۶۹، ۵۷۰، ۵۷۱، ۵۷۲، ۵۷۳، ۵۷۴، ۵۷۵، ۵۷۶، ۵۷۷، ۵۷۸، ۵۷۹، ۵۸۰، ۵۸۱، ۵۸۲، ۵۸۳، ۵۸۴، ۵۸۵، ۵۸۶، ۵۸۷، ۵۸۸، ۵۸۹، ۵۹۰، ۵۹۱، ۵۹۲، ۵۹۳، ۵۹۴، ۵۹۵، ۵۹۶، ۵۹۷، ۵۹۸، ۵۹۹، ۶۰۰، ۶۰۱، ۶۰۲، ۶۰۳، ۶۰۴، ۶۰۵، ۶۰۶، ۶۰۷، ۶۰۸، ۶۰۹، ۶۱۰، ۶۱۱، ۶۱۲، ۶۱۳، ۶۱۴، ۶۱۵، ۶۱۶، ۶۱۷، ۶۱۸، ۶۱۹، ۶۲۰، ۶۲۱، ۶۲۲، ۶۲۳، ۶۲۴، ۶۲۵، ۶۲۶، ۶۲۷، ۶۲۸، ۶۲۹، ۶۳۰، ۶۳۱، ۶۳۲، ۶۳۳، ۶۳۴، ۶۳۵، ۶۳۶، ۶۳۷، ۶۳۸، ۶۳۹، ۶۴۰، ۶۴۱، ۶۴۲، ۶۴۳، ۶۴۴، ۶۴۵، ۶۴۶، ۶۴۷، ۶۴۸، ۶۴۹، ۶۵۰، ۶۵۱، ۶۵۲، ۶۵۳، ۶۵۴، ۶۵۵، ۶۵۶، ۶۵۷، ۶۵۸، ۶۵۹، ۶۶۰، ۶۶۱، ۶۶۲، ۶۶۳، ۶۶۴، ۶۶۵، ۶۶۶، ۶۶۷، ۶۶۸، ۶۶۹، ۶۷۰، ۶۷۱، ۶۷۲، ۶۷۳، ۶۷۴، ۶۷۵، ۶۷۶، ۶۷۷، ۶۷۸، ۶۷۹، ۶۸۰، ۶۸۱، ۶۸۲، ۶۸۳، ۶۸۴، ۶۸۵، ۶۸۶، ۶۸۷، ۶۸۸، ۶۸۹، ۶۹۰، ۶۹۱، ۶۹۲، ۶۹۳، ۶۹۴، ۶۹۵، ۶۹۶، ۶۹۷، ۶۹۸، ۶۹۹، ۷۰۰، ۷۰۱، ۷۰۲، ۷۰۳، ۷۰۴، ۷۰۵، ۷۰۶، ۷۰۷، ۷۰۸، ۷۰۹، ۷۱۰، ۷۱۱، ۷۱۲، ۷۱۳، ۷۱۴، ۷۱۵، ۷۱۶، ۷۱۷، ۷۱۸، ۷۱۹، ۷۲۰، ۷۲۱، ۷۲۲، ۷۲۳، ۷۲۴، ۷۲۵، ۷۲۶، ۷۲۷، ۷۲۸، ۷۲۹، ۷۳۰، ۷۳۱، ۷۳۲، ۷۳۳، ۷۳۴، ۷۳۵، ۷۳۶، ۷۳۷، ۷۳۸، ۷۳۹، ۷۴۰، ۷۴۱، ۷۴۲، ۷۴۳، ۷۴۴، ۷۴۵، ۷۴۶، ۷۴۷، ۷۴۸، ۷۴۹، ۷۵۰، ۷۵۱، ۷۵۲، ۷۵۳، ۷۵۴، ۷۵۵، ۷۵۶، ۷۵۷، ۷۵۸، ۷۵۹، ۷۶۰، ۷۶۱، ۷۶۲، ۷۶۳، ۷۶۴، ۷۶۵، ۷۶۶، ۷۶۷، ۷۶۸، ۷۶۹، ۷۷۰، ۷۷۱، ۷۷۲، ۷۷۳، ۷۷۴، ۷۷۵، ۷۷۶، ۷۷۷، ۷۷۸، ۷۷۹، ۷۸۰، ۷۸۱، ۷۸۲، ۷۸۳، ۷۸۴، ۷۸۵، ۷۸۶، ۷۸۷، ۷۸۸، ۷۸۹، ۷۹۰، ۷۹۱، ۷۹۲، ۷۹۳، ۷۹۴، ۷۹۵، ۷۹۶، ۷۹۷، ۷۹۸، ۷۹۹، ۸۰۰، ۸۰۱، ۸۰۲، ۸۰۳، ۸۰۴، ۸۰۵، ۸۰۶، ۸۰۷، ۸۰۸، ۸۰۹، ۸۱۰، ۸۱۱، ۸۱۲، ۸۱۳، ۸۱۴، ۸۱۵، ۸۱۶، ۸۱۷، ۸۱۸، ۸۱۹، ۸۲۰، ۸۲۱، ۸۲۲، ۸۲۳، ۸۲۴، ۸۲۵، ۸۲۶، ۸۲۷، ۸۲۸، ۸۲۹، ۸۳۰، ۸۳۱، ۸۳۲، ۸۳۳، ۸۳۴، ۸۳۵، ۸۳۶، ۸۳۷، ۸۳۸، ۸۳۹، ۸۴۰، ۸۴۱، ۸۴۲، ۸۴۳، ۸۴۴، ۸۴۵، ۸۴۶، ۸۴۷، ۸۴۸، ۸۴۹، ۸۵۰، ۸۵۱، ۸۵۲، ۸۵۳، ۸۵۴، ۸۵۵، ۸۵۶، ۸۵۷، ۸۵۸، ۸۵۹، ۸۶۰، ۸۶۱، ۸۶۲، ۸۶۳، ۸۶۴، ۸۶۵، ۸۶۶، ۸۶۷، ۸۶۸، ۸۶۹، ۸۷۰، ۸۷۱، ۸۷۲، ۸۷۳، ۸۷۴، ۸۷۵، ۸۷۶، ۸۷۷، ۸۷۸، ۸۷۹، ۸۸۰، ۸۸۱، ۸۸۲، ۸۸۳، ۸۸۴، ۸۸۵، ۸۸۶، ۸۸۷، ۸۸۸، ۸۸۹، ۸۹۰، ۸۹۱، ۸۹۲، ۸۹۳، ۸۹۴، ۸۹۵، ۸۹۶، ۸۹۷، ۸۹۸، ۸۹۹، ۹۰۰، ۹۰۱، ۹۰۲، ۹۰۳، ۹۰۴، ۹۰۵، ۹۰۶، ۹۰۷، ۹۰۸، ۹۰۹، ۹۱۰، ۹۱۱، ۹۱۲، ۹۱۳، ۹۱۴، ۹۱۵، ۹۱۶، ۹۱۷، ۹۱۸، ۹۱۹، ۹۲۰، ۹۲۱، ۹۲۲، ۹۲۳، ۹۲۴، ۹۲۵، ۹۲۶، ۹۲۷، ۹۲۸، ۹۲۹، ۹۳۰، ۹۳۱، ۹۳۲، ۹۳۳، ۹۳۴، ۹۳۵، ۹۳۶، ۹۳۷، ۹۳۸، ۹۳۹، ۹۴۰، ۹۴۱، ۹۴۲، ۹۴۳، ۹۴۴، ۹۴۵، ۹۴۶، ۹۴۷، ۹۴۸، ۹۴۹، ۹۵۰، ۹۵۱، ۹۵۲، ۹۵۳، ۹۵۴، ۹۵۵، ۹۵۶، ۹۵۷، ۹۵۸، ۹۵۹، ۹۶۰، ۹۶۱، ۹۶۲، ۹۶۳، ۹۶۴، ۹۶۵، ۹۶۶، ۹۶۷، ۹۶۸، ۹۶۹، ۹۷۰، ۹۷۱، ۹۷۲، ۹۷۳، ۹۷۴، ۹۷۵، ۹۷۶، ۹۷۷، ۹۷۸، ۹۷۹، ۹۸۰، ۹۸۱، ۹۸۲، ۹۸۳، ۹۸۴، ۹۸۵، ۹۸۶، ۹۸۷، ۹۸۸، ۹۸۹، ۹۹۰، ۹۹۱، ۹۹۲، ۹۹۳، ۹۹۴، ۹۹۵، ۹۹۶، ۹۹۷، ۹۹۸، ۹۹۹، ۱۰۰۰، ۱۰۰۱، ۱۰۰۲، ۱۰۰۳، ۱۰۰۴، ۱۰۰۵، ۱۰۰۶، ۱۰۰۷، ۱۰۰۸، ۱۰۰۹، ۱۰۱۰، ۱۰۱۱، ۱۰۱۲، ۱۰۱۳، ۱۰۱۴، ۱۰۱۵، ۱۰۱۶، ۱۰۱۷، ۱۰۱۸، ۱۰۱۹، ۱۰۲۰، ۱۰۲۱، ۱۰۲۲، ۱۰۲۳، ۱۰۲۴، ۱۰۲۵، ۱۰۲۶، ۱۰۲۷، ۱۰۲۸، ۱۰۲۹، ۱۰۳۰، ۱۰۳۱، ۱۰۳۲، ۱۰۳۳، ۱۰۳۴، ۱۰۳۵، ۱۰۳۶، ۱۰۳۷، ۱۰۳۸، ۱۰۳۹، ۱۰۴۰، ۱۰۴۱، ۱۰۴۲، ۱۰۴۳، ۱۰۴۴، ۱۰۴۵، ۱۰۴۶، ۱۰۴۷، ۱۰۴۸، ۱۰۴۹، ۱۰۵۰، ۱۰۵۱، ۱۰۵۲، ۱۰۵۳، ۱۰۵۴، ۱۰۵۵، ۱۰۵۶، ۱۰۵۷، ۱۰۵۸، ۱۰۵۹، ۱۰۶۰، ۱۰۶۱، ۱۰۶۲، ۱۰۶۳، ۱۰۶۴، ۱۰۶۵، ۱۰۶۶، ۱۰۶۷، ۱۰۶۸، ۱۰۶۹، ۱۰۷۰، ۱۰۷۱، ۱۰۷۲، ۱۰۷۳، ۱۰۷۴، ۱۰۷۵، ۱۰۷۶، ۱۰۷۷، ۱۰۷۸، ۱۰۷۹، ۱۰۸۰، ۱۰۸۱، ۱۰۸۲، ۱۰۸۳، ۱۰۸۴، ۱۰۸۵، ۱۰۸۶، ۱۰۸۷، ۱۰۸۸، ۱۰۸۹، ۱۰۹۰، ۱۰۹۱، ۱۰۹۲، ۱۰۹۳، ۱۰۹۴، ۱۰۹۵، ۱۰۹۶، ۱۰۹۷، ۱۰۹۸، ۱۰۹۹، ۱۱۰۰، ۱۱۰۱، ۱۱۰۲، ۱۱۰۳، ۱۱۰۴، ۱۱۰۵، ۱۱۰۶، ۱۱۰۷، ۱۱۰۸، ۱۱۰۹، ۱۱۱۰، ۱۱۱۱، ۱۱۱۲، ۱۱۱۳، ۱۱۱۴، ۱۱۱۵، ۱۱۱۶، ۱۱۱۷، ۱۱۱۸، ۱۱۱۹، ۱۱۲۰، ۱۱۲۱، ۱۱۲۲، ۱۱۲۳، ۱۱۲۴، ۱۱۲۵، ۱۱۲۶، ۱۱۲۷، ۱۱۲۸، ۱۱۲۹، ۱۱۳۰، ۱۱۳۱، ۱۱۳۲، ۱۱۳۳، ۱۱۳۴، ۱۱۳۵، ۱۱۳۶، ۱۱۳۷، ۱۱۳۸، ۱۱۳۹، ۱۱۴۰، ۱۱۴۱، ۱۱۴۲، ۱۱۴۳، ۱۱۴۴، ۱۱۴۵، ۱۱۴۶، ۱۱۴۷، ۱۱۴۸، ۱۱۴۹، ۱۱۵۰، ۱۱۵۱، ۱۱۵۲، ۱۱۵۳، ۱۱۵۴، ۱۱۵۵، ۱۱۵۶، ۱۱۵۷، ۱۱۵۸، ۱۱۵۹، ۱۱۶۰، ۱۱۶۱، ۱۱۶۲، ۱۱۶۳، ۱۱۶۴، ۱۱۶۵، ۱۱۶۶، ۱۱۶۷، ۱۱۶۸، ۱۱۶۹، ۱۱۷۰، ۱۱۷۱، ۱۱۷۲، ۱۱۷۳، ۱۱۷۴، ۱۱۷۵، ۱۱۷۶، ۱۱۷۷، ۱۱۷۸، ۱۱۷۹، ۱۱۸۰، ۱۱۸۱، ۱۱۸۲، ۱۱۸۳، ۱۱۸۴، ۱۱۸۵، ۱۱۸۶، ۱۱۸۷، ۱۱۸۸، ۱۱۸۹، ۱۱۹۰، ۱۱۹۱، ۱۱۹۲، ۱۱۹۳، ۱۱۹۴، ۱۱۹۵، ۱۱۹۶، ۱۱۹۷، ۱۱۹۸، ۱۱۹۹، ۱۲۰۰، ۱۲۰۱، ۱۲۰۲، ۱۲۰۳، ۱۲۰۴، ۱۲۰۵، ۱۲۰۶، ۱۲۰۷، ۱۲۰۸، ۱۲۰۹، ۱۲۱۰، ۱۲۱۱، ۱۲۱۲، ۱۲۱۳، ۱۲۱۴، ۱۲۱۵، ۱۲۱۶، ۱۲۱۷، ۱۲۱۸، ۱۲۱۹، ۱۲۲۰، ۱۲۲۱، ۱۲۲۲، ۱۲۲۳، ۱۲۲۴، ۱۲۲۵، ۱۲۲۶، ۱۲۲۷، ۱۲۲۸، ۱۲۲۹، ۱۲۳۰، ۱۲۳۱، ۱۲۳۲، ۱۲۳۳، ۱۲۳۴، ۱۲۳۵، ۱۲۳۶، ۱۲۳۷، ۱۲۳۸، ۱۲۳۹، ۱۲۴۰، ۱۲۴۱، ۱۲۴۲، ۱۲۴۳، ۱۲۴۴، ۱۲۴۵، ۱۲۴۶، ۱۲۴۷، ۱۲۴۸، ۱۲۴۹، ۱۲۵۰، ۱۲۵۱، ۱۲۵۲، ۱۲۵۳، ۱۲۵۴، ۱۲۵۵، ۱۲۵۶، ۱۲۵۷، ۱۲۵۸، ۱۲۵۹، ۱۲۶۰، ۱۲۶۱، ۱۲۶۲، ۱۲۶۳، ۱۲۶۴، ۱۲۶۵، ۱۲۶۶، ۱۲۶۷، ۱۲۶۸، ۱۲۶۹، ۱۲۷۰، ۱۲۷۱، ۱۲۷۲، ۱۲۷۳، ۱۲۷۴، ۱۲۷۵، ۱۲۷۶، ۱۲۷۷، ۱۲۷۸، ۱۲۷۹، ۱۲۸۰، ۱۲۸۱، ۱۲۸۲، ۱۲۸۳، ۱۲۸۴، ۱۲۸۵، ۱۲۸۶، ۱۲۸۷، ۱۲۸۸، ۱۲۸۹، ۱۲۹۰، ۱۲۹۱، ۱۲۹۲، ۱۲۹۳، ۱۲۹۴، ۱۲۹۵، ۱۲۹۶، ۱۲۹۷، ۱۲۹۸، ۱۲۹۹، ۱۳۰۰، ۱۳۰۱، ۱۳۰۲، ۱۳۰۳، ۱۳۰۴، ۱۳۰۵، ۱۳۰۶، ۱۳۰۷، ۱۳۰۸، ۱۳۰۹، ۱۳۱۰، ۱۳۱۱، ۱۳۱۲، ۱۳۱۳، ۱۳۱۴، ۱۳۱۵، ۱۳۱۶، ۱۳۱۷، ۱۳۱۸، ۱۳۱۹، ۱۳۲۰، ۱۳۲۱، ۱۳۲۲، ۱۳۲۳، ۱۳۲۴، ۱۳۲۵، ۱۳۲۶، ۱۳۲۷، ۱۳۲۸، ۱۳۲۹، ۱۳۳۰، ۱۳۳۱، ۱۳۳۲، ۱۳۳۳، ۱۳۳۴، ۱۳۳۵، ۱۳۳۶، ۱۳۳۷، ۱۳۳۸، ۱۳۳۹، ۱۳۴۰، ۱۳۴۱، ۱۳۴۲، ۱۳۴۳، ۱۳۴۴، ۱۳۴۵، ۱۳۴۶، ۱۳۴۷، ۱۳۴۸، ۱۳۴۹، ۱۳۵۰، ۱۳۵۱، ۱۳۵۲، ۱۳۵۳، ۱۳۵۴، ۱۳۵۵، ۱۳۵۶، ۱۳۵۷، ۱۳۵۸، ۱۳۵۹، ۱۳۶۰، ۱۳۶۱، ۱۳۶۲، ۱۳۶۳، ۱۳۶۴، ۱۳۶۵، ۱۳۶۶، ۱۳۶۷، ۱۳۶۸، ۱۳۶۹، ۱۳۷۰، ۱۳۷۱، ۱۳۷۲، ۱۳۷۳، ۱۳۷۴، ۱۳۷۵، ۱۳۷۶، ۱۳۷۷، ۱۳۷۸، ۱۳۷۹، ۱۳۸۰، ۱۳۸۱، ۱۳۸۲، ۱۳۸۳، ۱۳۸۴، ۱۳۸۵، ۱۳۸۶، ۱۳۸۷، ۱۳۸۸، ۱۳۸۹، ۱۳۹۰، ۱۳۹۱، ۱۳۹۲، ۱۳۹۳، ۱۳۹۴، ۱۳۹۵، ۱۳۹۶، ۱۳۹۷،

شاخص‌های پراکندگی شامل دامنه تغییرات (فاصله میان مقادیر حداقل و حداکثر را در پاسخ‌ها بیان می‌کند و بنابراین نمی‌تواند پراکندگی پاسخ‌ها را به شکل مناسب بیان کند)، میانگین انحرافات (میانگین و قدرمطلق انحراف از میانگین)، انحراف معیار (سنجشی از درجه پراکندگی در یک جمعیت با پراکندگی نرمال) و ضریب تغییرات (نشان‌دهنده میزان دقت یک آزمون) می‌باشد.

۳-۳- بخش پ

عدم قطعیت در اندازه‌گیری (Uncertainty Of Measurement) به نوعی میزان دقت اندازه‌گیری را برای ما تعیین می‌کند. بدون درک درست از میزان دقت اندازه‌گیری انجام شده عملاً نمی‌توان میزان صحت و سقم نتایج به دست آمده را احراز کرد. بررسی عدم قطعیت در اندازه‌گیری از سه جنبه اهمیت پیدا می‌کند که عبارت‌اند از: موضوع کالیبراسیون (Calibration) دستگاه‌ها و تجهیزات از این طریق به سرانجام می‌رسد. موفقیت یا عدم موفقیت آزمون‌های مختلف در صنعت و آزمایشگاه با تعیین دقیق میزان عدم قطعیت امکان‌پذیر است. تعیین تلورانس (Tolerance) تجهیزات به کمک بررسی دقیق عدم قطعیت انجام می‌شود. روش‌شش مرحله‌ای اندازه‌گیری عدم قطعیت:

مشخص کردن فرآیند اندازه‌گیری و معادله آن

اولین گام شناسایی دقیق فرآیند اندازه‌گیری یا سیستمی است که قصد ارزیابی آن را دارید. برای این منظور باید گام‌های زیر را پشت سر بگذارید: آزمون یا تابع اندازه‌گیری را برای ارزیابی انتخاب کنید. روش اندازه‌گیری مورد نظر خود را استفاده کنید. تجهیزات مورد استفاده در اندازه‌گیری را تعیین کنید. محدوده مطلوب تابع اندازه‌گیری را مشخص کنید. نقاط آزمونی که باید ارزیابی شوند را مشخص نمایید. در صورت لزوم معادله ریاضی که نشان‌دهنده تابع اندازه‌گیری است را به دست آورید. آخرین گام تنها در صورتی لازم است که باید از یک رابطه ریاضی بعد از حصول نتایج اندازه‌گیری برای محاسبه جواب نهایی استفاده کنید.

به این ترتیب موفق خواهید شد عدم قطعیت آن‌ها را محاسبه کنید یا تخمین بزنید.

شناسایی و تعیین دقیق منابع عدم قطعیت در اندازه‌گیری

در این مرحله باید کلیه عواملی که بر عدم قطعیت در اندازه‌گیری تأثیرگذار هستند را شناسایی کنید. این مرحله پیچیده است و ممکن است نیاز به صرف زمان بسیار زیادی برای آن داشته باشید. متخصصان این حوزه معتقدند حدود ۵۰ درصد زمانی که صرف بررسی عدم قطعیت می‌کنید، به این مرحله اختصاص دارد.

برای طی کردن موفق این مرحله باید گام‌های زیر را به دقت بردارید:

روش آزمایش، کالیبراسیون یا فرآیند اندازه‌گیری را ارزیابی کنید.

معادلات اندازه گیری را در صورت وجود بررسی کنید.

تجهیزات و استانداردهای مرجع را بررسی نمایید.

حداقل منابع مورد نیاز عدم قطعیت را شناسایی کنید.

به دنبال منابعی باشید که تغییرات آن ها روی نتایج اندازه گیری اثرگذار هستند.

کمی کردن منابع عدم قطعیت

در مرحله سوم محاسبه عدم قطعیت در اندازه گیری باید به سراغ کمی کردن (Quantity) منابع عدم قطعیت بروید.

کیفی بودن (Quality) منابع عدم قطعیت هیچ کمکی به محاسبه آن نمی کند. برای این منظور باید چهار گام را پشت سر بگذارید که عبارت اند از:

جمع آوری اطلاعات و داده ها: در این مرحله باید از هر روشی که ایجاب می کند، به جمع آوری داده درباره منابع عدم قطعیت بپردازید. هدف از جمع آوری داده ها شناسایی مقدار اثرگذاری هر یک از منابع در عدم قطعیت در اندازه گیری است.

انتخاب داده های مناسب: در این گام باید داده های جمع آوری شده در گام قبلی را پایش کنید. به این ترتیب داده هایی که تأثیری در محاسبه عدم قطعیت ندارند، کنار می روند.

تجزیه و تحلیل داده ها: در این گام باید با استفاده از روش های علم آمار به آنالیز داده ها بپردازید. به این ترتیب میزان بزرگی و اثرگذاری هر یک از آن ها مشخص خواهد شد.

کمی کردن منابع عدم قطعیت: در گام آخر باید از اطلاعات به دست آمده برای نسبت دادن یک مقدار کمی به هر یک از منابع عدم قطعیت استفاده کرد.

دسته بندی منابع عدم قطعیت در اندازه گیری

در مرحله چهارم محاسبه عدم قطعیت در اندازه گیری باید نوع عدم قطعیت و توزیع احتمال هر یک از منابع را مشخص کنید. همچنین نمودار توزیع احتمال منابع عدم قطعیت نیز در موارد زیر دسته بندی می شود: نرمال (Normal) یونیفرم (Uniform/Rectangular) مثلثی (Triangular) لاگ نرمال (Log-Normal) سهمی (Quadratic) یو شکل (U-Shaped)

تبدیل منابع عدم قطعیت به انحراف معیار معادل

اکنون نوبت نسبت دادن انحراف معیار (Standard Deviation) معادل به هر یک از منابع عدم قطعیت است. در این مرحله باید با توجه به توزیع احتمال که در مرحله قبل انتخاب کردید، انحراف معیار معادل هر یک از منابع عدم قطعیت را به دست بیاورید.

محاسبه عدم قطعیت ترکیبی

در مرحله ششم محاسبه عدم قطعیت در اندازه گیری، باید عدم قطعیت ترکیبی منابع مختلف را در مسئله محاسبه کنید.

- برای این منظور انحراف معیار هر یک از منابع را که در مرحله قبل محاسبه کردید، به توان ۲ برسانید. در ادامه اعداد به دست آمده را با هم جمع کنید. پس از آن جذر عدد حاصل را به دست بیاورید. به این ترتیب انحراف معیار کلی در مسئله یا عدم قطعیت ترکیبی محاسبه می شود..

۴-۱- بخش الف

کلرید آهن (III) از ترکیب مستقیم گاز کلر با آهن در شرایط حرارت مناسب و یا از ترکیب هیدروکلریک اسید با آهن و اکسید کردن محلول کلرید آهن (II) تهیه شده با گاز کلر و یا از ترکیب آهن با کلرید آهن (III) و اکسید کردن مجدد آن با گاز کلر بدست می آید و شامل انواع زیر است:

پودر خشک (بدون آب تبلور): به شدت جاذب رطوبت است و با جذب رطوبت درخشندگی نارنجی پیدا می کند و به دلیل جذب رطوبت ممکن است بصورت کلوخه مشاهده شود.

کریستال شش آبه: محلول کلرید آهن (III) در غلظت های بالا با شش مولکول آب بصورت کریستال زرد یا نارنجی رنگ در می آید و حاوی ۶۰ درصد کلرید آهن (III) می باشد.

کلرید آهن (III) مایع (محلول): به رنگ قهوه ای سیر، بدون مواد معلق و مواد ناخالص قابل رویت می باشد و در ظروف پلاستیکی یا بصورت فله عرضه می شود. غلظت کلرید آهن (III) در محلول معمولاً بین ۳۷ تا ۴۳ درصد جرمی می باشد. به منظور نمونه برداری جهت تست حدود مجاز برای استفاده این ماده در تصفیه آب، در صورتیکه محموله در بسته های متعدد ظرفیت حداکثر ۲۲۰ لیتری تحویل گردد، باید ۵ درصد تعداد بسته ها مشروط بر اینکه از ۱۵ بسته عبور نکند، به عنوان نمونه و به روش تصادفی انتخاب شود.

مطابق استاندارد ملی ۳۶۰۱، دو روش برای تعیین کلرید آهن (III) توصیه می شود که روش اول مرجع محسوب می شود:

روش الف: احیاء به وسیله یدید پتاسیم، تیتراژ کردن حاصله با محلول استاندارد تیوسولفات سدیم، تعیین مقدار آهن (III) و درصد کلرید آهن (III) با استفاده از میزان تیوسولفات سدیم مصرفی

روش ب: احیاء با افزایش قلع (II)، محاسبه کل آهن (II) با تیتراژ کردن با دی کرومات پتاسیم در حضور شناساگر دی فنیل آمین سولفونات باریم، محاسبه آهن (III)، محاسبه مقدار کلرید آهن (III)

الزامات کلرید آهن (III) در جدول یک استاندارد ملی ۳۶۰۱ به میزان مجاز کلرید آهن (III)، کلرید آهن (II)، اسید آزاد، مواد نامحلول، روی، آرسنیک، سرب، جیوه، منگنز، کادمیوم، کروم، سلنیوم، نیکل و آنتیموان پرداخته است.

۴-۲- بخش ب

روش استاندارد ملی برای تعیین میزان هیدرازین موجود در آب های دیگ بخار، کندانسورها، آب های طبیعی و چاه که با هیدرازین واکنش می دهند روش رنگ سنجی است. این استاندارد برای تعیین هیدرازین در گستره ۵ تا ۲۰۰ میکروگرم بر لیتر کاربرد دارد. این گستره با انجام اندازه گیری های فوتومتری در طول موج ۴۵۸ نانومتر در یک سل ۵۰ میلیمتری بدست آمده است. غلظت های بالاتر هیدرازین را می توان با رقیق سازی بیشتر محلول اندازه گیری کرد.

اصول آزمون از این قرار است: هنگامی که محلول پارا-دی متیل آمینو بنزالدهید در متانول و هیدروکلریک اسید به هیدرازین در محلول هیدروکلریک اسید رقیق اضافه می شود، ترکیب زرد رنگ پارا-دی متیل آمینو بنزال آزین ایجاد

خواهد شد که شدت رنگ آن متناسب با غلظت هیدرازین است و در گستره غلظت ۵ تا ۲۰۰ میکروگرم بر لیتر از قانون بیر لامبرت تبعیت می کند.

موادی که بطور معمول در آب های صنعتی موجود می باشند موجب تداخل نمی شوند با این حال مقدار هیدرازین ممکن است توسط عوامل اکسید کننده از قبیل کلر، برم و ید (که با نمونه جمع آوری شده یا قبل از آزمون با آن جذب می شوند) کاهش یابد. رنگ ها نیز ممکن است در طول موج ۴۵۸ نانومتر مانند سایر رنگ های تیره یا کدورت هایی که نمی توان بر آن غلبه کرد، تداخل ایجاد کنند. همچنین آمین های آروماتیک مثل آنیلین نیز سبب تداخل می شوند.

۴-۳- بخش پ

برای به دست آوردن نمونه نماینده از رزین تبادل یونی، نمونه برداری را مطابق استاندارد ASTM D۲۶۸۷ انجام دهید. به منظور یک برنامه کامل از آزمون توصیه می شود حداقل مقدار نمونه ۱ لیتر باشد. واکنشگر برای پیش تصفیه اول رزین های تبادل آنیونی و کاتیونی به ترتیب NaOH و HCL می باشند که حجم مورد نیاز در پیش تصفیه اولیه ۸ برابر حجم نمونه و زمان تماس ۱ ساعت می باشد. پس از آن پیش تصفیه دوم با الزامات مشخص شده در استاندارد انجام می شود. آزمون های بعدی شامل ظرفیت نگهداری آب، چگالی پس از شستشوی معکوس و استقرار، توزیع اندازه ذرات، ظرفیت تفکیک نمک رزین های تبادل کاتیونی، ظرفیت کل رزین های تبادل کاتیونی، درصد احیای رزین های تبادل کاتیونی با فرم هیدروژنی، ظرفیت کل و تفکیک نمک رزین های تبادل آنیونی، درصد احیای رزین های تبادل آنیونی، مقدار یون کلرید رزین های تبادل آنیونی، مقدار کربنات رزین های تبادل آنیونی، مقدار سولفات رزین های تبادل آنیونی، ظرفیت آنیونی کل رزین های تبادل آنیونی می باشند.

بطور مثال در روش تعیین ظرفیت کل رزین های کاتیونی، عوامل موثر در محاسبه میزان برحسب میلی اکی والان بر گرم نمونه مرطوب جهت استفاده در فرمول مربوطه، میانگین حجم HCL مورد نیاز برای تیتراسیون، وزن نمونه مرطوب، نرمالیت HCL مصرفی و نرمالیت محلول NaOH می باشند. همچنین در روش تعیین ظرفیت کل رزین های آنیونی، عوامل موثر در محاسبه میزان برحسب میلی اکی والان بر گرم نمونه مرطوب جهت استفاده در فرمول مربوطه، میانگین حجم محلول $AgNO_3$ مورد نیاز برای تیتراسیون، میانگین حجم HCL مورد نیاز برای تیتراسیون، وزن نمونه مرطوب، نرمالیت $AgNO_3$ مصرفی و نرمالیت محلول HCL می باشند.

۵- شیمی آب

۵-۱- بخش الف

آب معرف (Reagent Water) آبی است که غلظت ترکیبات و عناصر موجود در آن از حد تشخیص روش آزمون کمتر باشد.

آب معرف با کیفیت پایین: هدایت الکتریکی آن حداکثر $10 \mu\text{s}/\text{cm}$ در دمای 25°C می باشد. معمولاً برای شستشوی ظروف و یا منبع تولید آب خالص تر می باشد.

آب معرف با کیفیت متوسط: هدایت الکتریکی آن حداکثر $1 \mu\text{s}/\text{cm}$ در دمای 25°C می باشد. معمولاً به روش تقطیر یا یون زدایی تولید می شود.

آب معرف با کیفیت بالا: هدایت الکتریکی آن حداکثر $0.1 \mu\text{s}/\text{cm}$ در دمای 25°C می باشد. با این حال، اندازه گیری هدایت الکتریکی، مواد آلی یا آلاینده های غیر یونیزه شده را مشخص نمی کند. همچنین آلاینده های یونی به طور دقیق در سطح میکروگرم در لیتر قابل اندازه گیری نیستند. از روش های زیر برای تولید این آب استفاده می شود.

- تقطیر، یون زدایی
- عبور از فیلتر غشایی، یون زدایی با میکس بد، اسمز معکوس
- اسمز معکوس، جذب کربن و یون زدایی
- یون زدهای میکس بد به خصوص اگر بسترها تازه باشند مقادیر کمی مواد آلی اضافه می کنند، بنابراین کیفیت آب معرف را بلافاصله پس از آماده سازی تعیین کنید.

اندازه گیری pH، بدون آلوده شدن آب، تنها در آب های با کیفیت پایین میسر می باشد.

۵-۲- بخش ب

انواع آزمون جامدات آب بر اساس روش های ذیل اندازه گیری می شوند:

کل جامدات خشک شده در دمای $105-103^\circ\text{C}$: (TS) شامل جامدات معلق و محلول

کل جامدات محلول خشک شده در دمای 180°C : (TDS)

کل جامدات معلق خشک شده در دمای $105-103^\circ\text{C}$: (TSS)

جامدات ثابت و فرار مشتعل شده در دمای 550°C : (Fixed & Volatile solis)

مواد قابل ته نشینی (SS)

۳-۵- بخش پ

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی از این قرار می‌باشد:

کدورت: حد مطلوب کمتر یا مساوی ۱، مقدار مجاز حداکثر ۵ و واحد اندازه‌گیری NTU

رنگ: مقدار مجاز حداکثر ۱۵، واحد اندازه‌گیری پلاتین، کبالت برای رنگ حقیقی آب T.C.U

بو: حداکثر ۲ واحد در ۱۲ درجه سانتیگراد و حداکثر ۳ واحد در ۲۵ درجه سانتیگراد، واحد اندازه‌گیری رقم آستانه بو

(TON)

pH: حد مطلوب ۶/۵ تا ۸/۵، مقدار مجاز ۶/۵ تا ۹

سختی کل برحسب CaCO_3 : حداکثر مطلوب ۲۰۰ و حداکثر مجاز ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر

سولفات برحسب SO_4 : حداکثر مطلوب ۲۵۰ و حداکثر مجاز ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر

کلرور برحسب Cl : حداکثر مطلوب ۲۵۰ و حداکثر مجاز ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر

نیتрат برحسب NO_3 : حداکثر مجاز ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر

نیتريت برحسب NO_2 : حداکثر مجاز ۳ میلی‌گرم بر لیتر

در مورد نیتريت و نیترات، مجموع نسبت غلظت‌های هر کدام به مقادیر توصیه شده نباید از یک بیشتر باشد.