

# استقرار سیستم مدیریت کیفیت (ISO/IEC 17025) و تخمین عدم قطعیت مشخصه های آزمون

تهیه و تنظیم:

مدیر کنترل کیفیت سیمان ساروج

فاطمه سلیمانی

تابستان 1390

فهرست

1- ایزو چيست

2- استاندارد 17025

3- تاريخچه شكل گيرى استاندارد ISO/IEC 17025

4- مزايای پياده سازى استاندارد ايزو 17025 :

5- الزامات مديرىتى سيستم كيفيت

6- سيستم كيفيت آزمايشگاه

7- الزامات فنى سيستم كيفيت

8- عدم قطعيت

خطا و عدم قطعيت

8-1- انحراف استاندارد (S)

8-2- تکرار پذيرى

8-3- تجديد پذيرى

8-4- كمى كردن منابع عدم قطعيت

عدم قطعيت نوع A

عدم قطعيت نوع B

8-5- محاسبه عدم قطعيت مرکب

8-6- تخمين عدم قطعيت آزمون مشخصه هاى شيميايى سيمان

8-7- تخمين عدم قطعيت آزمون مشخصه هاى فيزيكى سيمان

## 1- ایزو چیست ؟

ISO ، یک سازمان بین المللی تدوین استاندارد است. کلمه ISO یک علامت اختصاری نیست بلکه نامی است که از کلمه یونانی ISOS به معنای " مساوی " مشتق شده است.

## 2- استاندارد 17025 چیست؟

استاندارد ISO/IEC 17025 یک استاندارد بین المللی کیفیت می باشد که برای بکارگیری در آزمایشگاهها تدوین شده است. این استاندارد جایگزین راهنمای شماره 25 ISO/IEC و استاندارد اروپایی EN45001 شده است.

شامل کلیه الزاماتی است که آزمایشگاههای آزمون از نظر فنی صلاحیت داشته و نیز قادر به فراهم کردن نتایج فنی معتبر می باشد .

## 3- تاریخچه شکل گیری استاندارد ISO/IEC 17025

این استاندارد بین المللی حاصل تجربیات وسیع در پیاده سازی ISO/IEC GUID 25 و EN 45001 می باشد که در سال 1999 بصورت رسمی استاندارد ISO/IEC 17025 چاپ شد و هم اکنون این استاندارد جایگزین هر دو آنها گردیده است.

این استاندارد کاملاً منطبق بر استاندارد سری ISO 9001 بوده و کلیه الزامات مندرج در آنرا پوشش می‌دهد و در بسیاری موارد از آن فراتر عمل می‌نماید. لذا استقرار ISO 17025 به معنای پیاده‌سازی ISO 9001 نیز می‌تواند تلقی گردد.

#### 4- مزایای پیاده سازی استاندارد ایزو 17025 :

- 1- پیاده سازی سیستم مدیریت کیفیت مخصوص آزمایشگاهها
- 2- ارتقای کیفی تجهیزات، پرسنل، فضا و سیستم
- 3- گسترش این سیستم در آزمایشگاههای همکار
- 4- به روز کردن استانداردها و روشهای آزمون در سطح آزمایشگاهها
- 5- کمک به ارتقای کیفیت از طریق افزایش توان فنی و دقت در جواب آزمونها
- 6- شرکت در آزمون های مقایسه ای که از سوی مراکز اعتبار بخشی در سطح آزمایشگاههای آکرودیته برگزار می شود.
- 7- ارتقای سطح مشتری مداری
- 8- امکان پذیرش آزمایشگاه بعنوان آزمایشگاه مرجع از طرف موسسه استاندارد

#### 5- الزامات مدیریتی سیستم کیفیت

- \* هویت قانونی برای آزمایشگاه
- \* راهکار برای بیطرفی، استقلال (جلوگیری از دخالت دیگران)، درستی (در امانت) کارکنان باید از هرگونه فشارهای تجاری و مالی که ممکن است بر داوری آنها تاثیر بگذارد بدور باشند
- \* آزمایشگاه باید کارکنان مدیریتی و فنی داشته باشد
- \* تعیین سازمان و جایگاه آزمایشگاه در سازمان مادر و روابط میان مدیریت کیفیت با بالاترین سطح سازمان

\* شرح وظایف عمومی در نظامنامه

#### 6- سیستم کیفیت آزمایشگاه

آزمایشگاه باید یک سیستم کیفیت مناسب با گستره فعالیت‌های خود، اجرا نموده و برقرار نگه دارد. آزمایشگاه باید خط مشی‌ها، سیستم‌ها، برنامه‌ها، روش‌های اجرایی و دستورالعمل‌های خود را تا حدی که برای تأمین کیفیت نتایج آزمون ضروری باشد، مستند سازد.

خط مشی‌ها و اهداف سیستم کیفیت آزمایشگاه باید در یک نظامنامه کیفیت تعیین گردد که توسط مدیر اجرایی تعیین و صادر می‌شود. اهداف کلی و خط مشی باید در یک بیانیه خط‌مشی کیفیت مدون شود و این بیانیه باید شامل موارد زیر باشد:

تعهد مدیریت آزمایشگاه نسبت به کیفیت خدمات آزمایش و کالیبراسیون ارائه شده به مشتریان. بیانیه مدیریت درباره رعایت استاندارد در آزمایشگاه.

آزمایشگاه باید کلیه کارکنان مرتبط با فعالیتهای آزمایش را با مستندات کیفیت آشنا سازد. تعهد مدیریت آزمایشگاه در مورد برآورده کردن الزامات.

## 7- الزامات فنی سیستم کیفیت

1- کارکنان: بر صلاحیت کار کلیه کسانی که با تجهیزات خاص کار میکنند، نتایج را ارزیابی می‌کنند، آزمون انجام میدهند و گزارشهای آزمون را انجام میدهند اطمینان حاصل کند.

2- شرایط محیطی

3- روشها و صحنه گذاری

4- تجهیزات

5- قابلیت ردیابی اندازه گیری

6- نمونه گیری

7- تضمین کیفیت نتایج آزمون

8- گزارش آزمون

9- گواهینامه کالیبراسیون

10- عدم قطعیت

8- عدم قطعیت :

عدم قطعیت یک عامل همراه نتیجه اندازه گیری است که محدوده مقادیری را معین میکند که نتیجه اندازه گیری میتواند داشته باشد  $X \pm U$  و مقدار آن نشاندهنده سطح اطمینانی است که مقدار واقعی مورد اندازه گیری شده در محدوده تعیین شده قرار می گیرد.

عدم قطعیت چرا مهم است؟

عدم قطعیت نمود کمی کیفیت نتیجه اندازه گیری است. یعنی تا چه حد اندازه گیری نشاندهنده مقدار واقعی مورد اندازه گیری شده است.

عدم قطعیت بصورت  $\pm$  یک مقدار یعنی فاصله ای در اطراف نتیجه اندازه گیری بیان میگردد. عدم قطعیت یک جزئی غیر قابل اجتناب در اندازه گیری است و زمانی بسیار مهم می شود که نتایج اندازه گیری نزدیک حدود مشخصه باشد.

به طور خلاصه می توان مفهوم عدم قطعیت را به شرح زیر تشریح نمود:

- میزانی از خطای احتمالی تخمین زده شده در مقدار یک اندازه ده

- تخمینی از گستره ای از مقادیر که مقدار واقعی اندازه ده در آن گستره قرار دارد .

## خطا و عدم قطعیت

مفهوم دو اصطلاح خطا و عدم قطعیت نباید با هم اشتباه گرفته شود.

خطا تفاوت بین مقدار اندازه گیری شده با مقدار واقعی کمیتی است که اندازه گیری میشود، درحالی که

عدم قطعیت کمی نمودن تردیدی است که درباره اندازه گیری وجود دارد.

### 1-8- انحراف استاندارد (S)

تعریف : کمیت S که با فرمول زیر پراکندگی نتایج حاصل از n بار اندازه گیری یک اندازه ده را

مشخص می کند.

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

### 2-8- تکرارپذیری

تعریف: نزدیکی میان نتایج اندازه گیری های پیاپی که تحت شرایط یکسان اندازه گیری

روی اندازه ده انجام می شود.

شرایط تکرارپذیری اندازه گیری شامل:

- روش اجرایی اندازه گیری یکسان

- اپراتور یکسان

- سیستم اندازه گیری یکسان

- شرایط عملیاتی یکسان

- مکان یکسان

### 8-3- تجدیدپذیری

تعریف: نزدیکی میان نتایج اندازه گیری هایی که تحت شرایط تغییر یافته اندازه گیری روی همان اندازه ده انجام می شود. تجدید پذیری ، دقت تحت شرایط تجدید پذیر است.

شرایط تجدید پذیر اندازه گیری شامل :

- مکان های متفاوت

- اپراتورهای متفاوت

- سیستم های اندازه گیری متفاوت بوده و اندازه گیری های تکراری روی نمونه های

یکسان یا مشابه انجام می شود.

### 8-4- کمی کردن منابع عدم قطعیت

8-4-1- تخمین عدم قطعیت کلیه کمیت های تاثیرگذار (نوع A و نوع B)

منابع عدم قطعیت به دو گروه تقسیم می شوند، نوع A و نوع B. که در بیشتر اندازه گیری ها و در ارزیابی عدم قطعیت ، هر دو نوع مورد نیاز هستند.

ارزیابی های نوع A : تخمین عدم قطعیت با استفاده از متون (معمولا از تکرار مشاهدات)

ارزیابی های نوع B : تخمین عدم قطعیت از منابع اطلاعاتی دیگر (به غیر از متون آماری).

این اطلاعات می تواند از تجربیات پیشین اندازه گیری یا گواهینامه های کالیبراسیون،

مشخصات سازنده ، محاسبات و اطلاعات منتشر شده باشد.

### 8-4-2- عدم قطعیت نوع A

- انحراف استاندارد به عنوان عدم قطعیت در اندازه گیری های منفرد

اگر کمیت X را با استفاده از یک روش ، چندین بار اندازه گیری کنیم و همه منابع عدم

قطعیت ، تصادفی و کوچک باشد، بر اساس توزیع نرمال ، همه نتایج در نزدیکی مقدار

واقعی  $X_{true}$  قرار می گیرند. می توان گفت ، % 68 نتایج در محدوده  $\sigma_x$  در دو طرف مقدار واقعی  $X_{true}$  یعنی  $X_{true} \pm \sigma_x$  قرار می گیرند.  
به عبارت دیگر اگر یک اندازه گیری منفرد انجام دهیم (یا استفاده از یک روش )، احتمال اینکه نتیجه اندازه گیری در فاصله  $\sigma_x$  از مقدار واقعی قرار بگیرد ، % 68 است . در نتیجه می توانیم  $\sigma_x$  را به عنوان عدم قطعیت در نظر بگیریم.  
- انحراف استاندارد میانگین

اگر  $X_1, \dots, X_n$  نتایج  $N$  بار اندازه گیری کمیت  $X$  باشد ، همانطور که در قسمت قبلی اشاره شد ، بهترین تخمین از کمیت  $X$  میانگین این مقادیر  $\bar{X}$  می باشد. همچنین دیدیم که  $\sigma_x$  نشان دهنده عدم قطعیت میانگین اندازه گیری های جداگانه می باشد. در شرایطی که نتیجه اندازه گیری  $X_{best} = \bar{X}$  است ، به مراتب قابل اطمینان تر از زمانی است که نتیجه یک بار اندازه گیری به تنهایی گزارش می شود.

مقدار عدم قطعیت در شرایطی که نتیجه نهایی اندازه گیری  $X_{best} = \bar{X}$  است ، از طریق تقسیم انحراف استاندارد بر  $\sqrt{N}$  به دست می آید. به نتیجه این تقسیم ، انحراف استاندارد میانگین یا SDOM گفته می شود و با  $\partial_{\bar{x}}$  نشان داده می شود :

$$\partial_{\bar{x}} = \frac{\partial x}{\sqrt{N}}$$

### 3-4-8 - عدم قطعیت نوع B

مولفه های سیستماتیک عدم قطعیت با استفاده از رویکرد نوع B تخمین زده می شوند. توزیع احتمالی یک عدم قطعیت نوع B می تواند دارای اشکال و قالب های مختلفی باشد که در ادامه تشریح می گردد.

توزیع های احتمالی

- توزیع نرمال : در مجموعه ای از مشاهدات و در بعضی از مواقع ، مقادیر به دست

آمده بیشتر در نزدیکی مقدار میانگین قرار دارند تا دور از آن ، این را معمولاً یک توزیع نرمال می نامند.

- توزیع مستطیلی : هنگامی که اندازه گیری ها به طور کاملاً مساوی بین بالا ترین و پایین ترین

مقدار قرار دارند یک توزیع مستطیلی وجود دارد.

$$u = \frac{a}{\sqrt{3}}$$



- توزیع مثلثی : در حالتی که ما حدود بالا و پایین مساوی داریم ولی گرایش به سمت مرکز وجود

$$u = \frac{a}{\sqrt{6}} \quad \text{دارد، توزیع مثلثی داریم.}$$

- توزیع U شکل : در این توزیع ، شرایطی نشان داده می شود که مقادیر اندازه ده به

$$u = \frac{a}{\sqrt{2}} \quad \text{حدود ، گرایش بیشتری دارند.}$$

اگر تخمین  $X_i$  از مشخصات سازنده ، گواهینامه کالیبراسیون ، هند بوک یا سایر منابع استخراج شود و عدم قطعیت اعلام شده به صورت ضریبی از انحراف استاندارد بیان شده باشد، عدم قطعیت استاندارد  $u(X_i)$  برابر است با مقدار بیان شده تقسیم بر ضریب مربوط به سطح اطمینان. به عنوان مثال عدم قطعیت استخراج شده از یک گواهینامه کالیبراسیون (U) در جایی که سطح اطمینان با ضریب پوششی (K) گزارش شده باشد دارای توزیع نرمال خواهد بود (مگر غیر از این عنوان باشد) و عدم

$$u(x_i) = \frac{U}{K} \quad \text{قطعیت استاندارد از رابطه زیر به دست می آید :}$$

عدم قطعیت بیان شده  $X_i$  الزاماً به صورت ضریبی از انحراف استاندارد بیان نمی شود. به جای آن ممکن است به صورت 90 ، 95 یا 99 درصد سطح اطمینان بیان شود . در این صورت فرض می شود که به منظور محاسبه عدم قطعیت بیان شده از توزیع نرمال استفاده شده است . در این شرایط به منظور محاسبه  $u(X_i)$  عدم قطعیت بیان شده را بر ضریب مرتبط از توزیع نرمال استفاده می کنیم .

### 8-5- محاسبه عدم قطعیت مرکب

عدم قطعیت های استاندارد منفرد که از تخمین های نوع A و نوع B محاسبه شده اند را می بایست با یکدیگر ترکیب نمود ، نتیجه این کار عدم قطعیت استاندارد مرکب نامیده می شود که با  $u_c$  یا  $u_c(Y)$  نشان داده می شود.

#### 8-5-1- محاسبه عدم قطعیت مرکب برای جمع و تفریق

ساده ترین حالت هنگامی است که نتیجه (y) از جمع مجموعه ای از مقادیر اندازه گیری شده به دست می آید.

$$y = a + b + c \quad \text{سه قطعه } c, b, a$$

$$u_c(y) = \sqrt{u_a^2 + u_b^2 + u_c^2} \quad \text{سه قطعه } u(c), u(b), u(a)$$

8-5-2- محاسبه عدم قطعیت مرکب برای ضرب و تقسیم

اگر تابع ریاضی به صورت ضرب یا تقسیم باشد یعنی به شکل زیر باشد :

$$y = CX_1^{p_1} X_2^{p_2} \dots X_m^{p_m}$$

عدم قطعیت را می توان به شکل نسبی و از رابطه زیر استخراج نمود :

$$\frac{u_c(y)}{|y|} = \sqrt{\sum_{i=1}^m p_i \left[ \frac{u(x_i)}{|x_i|} \right]^2}$$

8-6- تخمین عدم قطعیت آزمون مشخصه های شیمیایی سیمان

1- محاسبه عدم قطعیت در صد وزنی  $\text{SiO}_2$

یک نمونه سیمان برای سه مرتبه آنالیز شده و نتایج حاصله در جدول زیر آمده

است :

% $\text{SiO}_2$	21.32	21.30	21.36
------------------	-------	-------	-------

میانگین نتایج برابر با  $\overline{\%SiO_2} = 21.327$  و انحراف استاندارد برابر با

$$S_{SiO_2} = 0.0305$$

می باشد. بنابراین انحراف استاندارد نرمال برابر با  $S_{nSiO_2} = \frac{S_{SiO_2}}{\sqrt{N}}$  و میزان

عدم قطعیت برابر مقدار زیر است:  $u_r = S_{nSiO_2} = 0.0176 \%$

۲-۱- مولفه تجدید پذیری

بر اساس انتخاب یک نمونه سیمان و آنالیز آن در دو آزمایشگاه نتایج زیر حاصل شده است:

% SiO <sub>2</sub>	20.2	20.19
--------------------	------	-------

میانگین نتایج برابر با  $\overline{\%SiO_2^*} = 20.195$  و انحراف استاندارد برابر با

$S_{SiO_2} = 0.0071$  می باشد. بنابراین انحراف استاندارد نرمال برابر با

و میزان عدم قطعیت برابر مقدار زیر است:  $S_{nSiO_2} = \frac{S_{SiO_2}}{\sqrt{N}}$

$$u = S_{nSiO_2} = 0.005 \%$$

۳-۱- مولفه توزین نمونه

باید دقیقاً 0.5000 gr از نمونه سیمان وزن گردد. به منظور تخمین عدم قطعیت جرم

برای سه عامل خواهیم داشت:

۱-۳-۱- تفکیک پذیری ترازو

دارای توزیع مثلثی می باشد و از رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$u_{Res} = \frac{0.5R}{\sqrt{3}} = \frac{0.5 \times 0.1mgr}{\sqrt{3}} = 0.029 mgr$$

۱-۳-۲- کالیبراسیون ترازو

با توجه به عدم قطعیت و سطح اطمینان اعلام شده از فرمول زیر محاسبه می گردد :

$$u_{Cal} = \frac{U}{K} = 0$$

۱-۳-۳- تکرار پذیری

چون تکرار پذیری به صورت مرکب تخمین زده شده است نیاز به در نظر گرفتن تکرار پذیری عملیات توزین نمی باشد.

برای محاسبه عدم قطعیت عامل جرم خواهیم داشت :

$$u_{m(gross)} = \sqrt{(u_{Res}^2) + (u_{Cal}^2) + (u_{Rep}^2)}$$

$$u(m) = \sqrt{u_{m(gross)}^2 + u_{m(tare)}^2} = \sqrt{2u_m^2}$$

$$u_{(m)} = \sqrt{(0.029)^2 \times 2} = 4.1 \times 10^{-5} gr$$

جرم رسوب توزین شده طبق بند ۱-۱ برابر با  $m = 0.1066 gr$  می باشد.

۱-۴- عدم قطعیت بسط یافته

با توجه به مولفه های فوق ، عدم قطعیت بسط یافته ( در سطح اطمینان ۹۵% ) بدین صورت محاسبه می گردد :

$$\frac{u_C}{SiO_2} = \sqrt{\left(\frac{u_r}{SiO_2}\right)^2 + \left(\frac{u}{SiO_2^*}\right)^2 + \left(\frac{u_m}{m}\right)^2}$$

$$u_c = 0.0201$$

عدم قطعیت نسبی

$$U = 2u_c = 0.0402\%$$

عدم قطعیت بسط یافته

## 2- محاسبه عدم قطعیت درصد وزنی CaO

1-2- مولفه تکرارپذیری

یک نمونه سیمان برای سه مرتبه آنالیز شده و نتایج حاصله در جدول زیر آمده است :

% CaO	63.97	63.8	64.00
-------	-------	------	-------

میانگین نتایج برابر با  $\overline{\%CaO} = 63.923$  و انحراف استاندارد برابر با  $S_{CaO} = 0.108$

می باشد. بنابراین انحراف استاندارد نرمال برابر با  $S_{nCaO} = \frac{S_{CaO}}{\sqrt{N}}$  و میزان

عدم قطعیت برابر مقدار زیر است :

$$u_r = S_{nCaO} = 0.062\%$$

2-2- مولفه تجدید پذیری

بر اساس انتخاب یک نمونه سیمان و آنالیز آن در دو آزمایشگاه نتایج زیر حاصل شده

است :

%CaO	62.76	62.65
------	-------	-------

میانگین نتایج برابر با  $\overline{\%CaO^*} = 62.705$  و انحراف استاندارد برابر با  $S_{CaO} = 0.0778$

می باشد. بنابراین انحراف استاندارد نرمال برابر با  $S_{nCaO} = \frac{S_{CaO}}{\sqrt{N}}$  و میزان

عدم قطعیت برابر مقدار زیر است :

$$u = S_{nCaO} = 0.055 \%$$

3-2- مولفه توزین نمونه

به منظور تخمین عدم قطعیت جرم برای سه عامل خواهیم داشت :

1-3-2- تفکیک پذیری ترازو

دارای توزیع مثلی می باشد و از رابطه زیر محاسبه می گردد :

$$u_{Res} = \frac{0.5R}{\sqrt{3}} = \frac{0.5 \times 0.1mgr}{\sqrt{3}} = 0.029mgr$$

2-3-2- کالیبراسیون ترازو

با توجه به عدم قطعیت و سطح اطمینان اعلام شده از فرمول زیر محاسبه می گردد :

$$u_{Cal} = \frac{U}{K} = 0$$

3-3-2- تکرار پذیری

چون تکرار پذیری به صورت مرکب تخمین زده شده است نیاز به در نظر گرفتن تکرار پذیری عملیات توزین نمی باشد.

برای محاسبه عدم قطعیت عامل جرم خواهیم داشت :

$$u_{m(tare)} = \sqrt{(u_{Res}^2) + (u_{Cal}^2) + (u_{Rep}^2)}$$

$$u_{(m)} = \sqrt{(0.029)^2} = 2.9 \times 10^{-5} gr$$

4-2- مولفه اندازه گیری حجم در بورت 25cc

حجم دارای سه مولفه عدم قطعیت می باشد:

1-4-2- تکرار پذیری

مانند قبل ، تکرار پذیری از طریق تکرار پذیری مرکب در محاسبات در نظر گرفته شده است .

2-4-2- کالیبراسیون

حدود درستی حجم به دست آمده توسط سازنده و به صورت  $\pm$  یک مقدار نشان داده شده است ،

برای یک بورت 25ml معمولاً این مقدار معادل  $\pm 0.03$  در نظر گرفته می شود .

پس با فرض وجود توزیع مثلی خواهیم داشت :

$$\frac{0.03ml}{\sqrt{6}} = 0.012ml$$

2-4-3- دما

با توجه به مشخصات سازنده ، ظرف حجمی در دمای  $20^{\circ}C$  کالیبره شده است در حالی که دما در آزمایشگاه دارای نوسانی معادل  $\pm 3$  با سطح اطمینان 95% می باشد. ضریب انبساط حجمی آب معادل  $2.1 \times 10^{-4} \text{ }^{\circ}C^{-1}$  می باشد .

$$\frac{25 \times 2.1 \times 10^{-4} \times 3}{2} = 0.0075ml$$

برای محاسبه عدم قطعیت عامل حجم خواهیم داشت :

$$u_{(v)} = \sqrt{(u_T)^2 + (u_{Cal})^2}$$

$$u(v) = \sqrt{(0.0075)^2 + (0.012)^2} = 0.014$$

میزان حجم تیترا شده کلسیم در بند 4-1 برابر  $\overline{V_{CaO}} = 19.98$  می باشد .

2-5- مولفه اندازه گیری حجم در بالن 500 cc

طبق گواهینامه کالیبراسیون حجم واقعی بالن  $V_{bl} = 499.5 \pm 0.05$  می باشد. که عدم قطعیت اندازه گیری در سطح اطمینان 95% برآورد شده است . در نتیجه با توجه به عدم قطعیت و سطح اطمینان اعلام شده از فرمول زیر عدم قطعیت محاسبه می گردد :

$$u_{Cal(bl)} = \frac{U}{K} = \frac{0.05}{2} = 0.025ml$$

$$u_{bl} = 0.025ml$$

2-6- مولفه اندازه گیری حجم در پیپت 20 cc

طبق گواهینامه کالیبراسیون حجم واقعی  $V_{pt} = 20.05$  و عدم قطعیت در سطح اطمینان 95% برابر است با :

$$u_{pt} = 0.025ml$$

7-2- عدم قطعیت بسط یافته

با توجه به مولفه های فوق ، عدم قطعیت بسط یافته ( در سطح اطمینان 95% ) بدین صورت محاسبه می گردد :

$$\frac{u_C}{CaO} = \sqrt{\left(\frac{u_r}{CaO}\right)^2 + \left(\frac{u}{CaO^*}\right)^2 + \left(\frac{u_V}{V_{CaO}}\right)^2 + \left(\frac{u_{pt}}{V_{pt}}\right)^2 + \left(\frac{u_{bl}}{pt}\right)^2 + \left(\frac{u_m}{m}\right)^2}$$

$$u_C = 0.124$$

عدم قطعیت نسبی

$$U = 2u_C = 0.248\%$$

عدم قطعیت بسط یافته

بقیه مشخصه های شیمیایی نیز مشابه دو مورد مثال زده شده محاسبه می شود.

۷-۸ - تخمین عدم قطعیت آزمون مشخصه های فیزیکی سیمان

1 - محاسبه عدم قطعیت آزمون انبساط اتوکلاو

1-1- مولفه تکرار پذیری

یک نمونه سیمان برای 5 مرتبه اندازه گیری شده و نتایج حاصل به شرح زیر است :

انبساط اتوکلاو (%)	0,34	0,31	0,32	0,34	0,34
--------------------	------	------	------	------	------

$$\bar{B}_r = 0.33 \quad s_r = 0.014 \quad \bar{s}_r = \frac{0.014}{\sqrt{5}} = 0.006\%$$

2-1- مولفه تجدید پذیری



نتایج آزمون میان 10 کارخانه سیمان (بین آزمایشگاهی) به شرح زیر است :

انبساط اتوکلاو (%)	0,04	0,04	0,05	0,04	0,06
	0,08	0,03	0,06	0,04	0,03

$$s_R = 0.015 \quad \bar{s}_R = \frac{0.015}{\sqrt{10}} = \frac{0.015}{3.16} = 0.0047\%$$

$$\bar{B}_R = 0.047$$

3-1- مولفه تفکیک پذیری ترازو

با توجه به نمونه 800,0 گرمی مورد نیاز، بر اساس گواهینامه کالیبراسیون ترازو، عدم قطعیت تفکیک پذیر ترازو به شرح زیر است :

$$U_m = 0.001$$

$$m = 800.0 \text{ gr}$$

$$u_m = \frac{U_m}{2} = \frac{0.001}{2} = 0.0005 \text{ gr}$$

4-1- مولفه تفکیک پذیری فشار سنج

با توجه به اینکه تفکیک پذیری فشار سنج مورد استفاده 1 bar می باشد. عدم قطعیت تفکیک پذیری به شرح زیر است:

$$R_p = 1 \text{ bar}$$

$$u_p = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.57$$

$$P = 22.3 \text{ bar}$$

5-1- مولفه فشار مخزن دستگاه اتوکلاو

طبق گواهینامه کالیبراسیون فشار سنج، عدم قطعیت فشار سنج برابر است با :

$$U_{P_1} = 0.02 \text{ bar}$$

$$u_{P_1} = \frac{0.02}{2} = 0.01 \text{ bar}$$

$$P = 22.3 \text{ bar}$$

6-1- مولفه تغییرات مجاز دما

تغییرات دمای مجاز دستگاه اتوکلاو  $215.7 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$  می باشد، بنابراین عدم قطعیت مولفه مربوطه

برابر است با :

$$u_T = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.57 \text{ }^\circ\text{C}$$

7-1- مولفه مربوط به دماسنج (آب اختلاط)

مطابق با گواهی کالیبراسیون دماسنج، عدم قطعیت دماسنج در دمای محیط  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  به شرح زیر

است :

$$t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$U = 0.1 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$u_t = \frac{U}{2} = \frac{0.1}{2} = 0.05$$

8-1- مولفه جرم آب

جرم معادل 200 cc آب درون استوانه مدرج، برای 10 مرتبه توزین گردید. نتایج حاصل به شرح زیر

است :

194,7	194,6	194,2	194,8	194,5
194,6	194,7	194,1	194,2	194,7

$$\bar{m}_R = 194.51$$

9-1- مولفه مربوط به تغییرات مجاز کرانه ای آب اختلاط

با توجه به اینکه تلورانس آب اختلاط 5 ml می باشد. بر اساس توزیع مستطیلی داریم:

$$L = 5 \text{ ml}$$

$$W_c = 200 \text{ ml}$$

$$u_{WC} = \frac{5}{\sqrt{3}} = 2.04$$

10-1- عدم قطعیت گسترده آزمون انبساط اتوکلاو

$$\frac{u_E}{E} = \sqrt{\left(\frac{u_{mc}}{m_c}\right)^2 + \left(\frac{u_{mR}}{m_R}\right)^2 + \left(\frac{u_T}{T}\right)^2 + \left(\frac{u_t}{t}\right)^2 + \left(\frac{u_P}{P}\right)^2 + \left(\frac{u_{P1}}{P_1}\right)^2 + \left(\frac{u_m}{m}\right)^2 + \left(\frac{u_{Br}}{B_r}\right)^2 + \left(\frac{u_{BR}}{B_R}\right)^2}$$

$$u_E = 0.043\%$$

بقیه مشخصه های فیزیکی نیز با توجه به مثال های ذکر شده و توضیحات قابل محاسبه می باشد.

با آرزوی موفقیت برای شما

پایان