

فصل اول : آمار در شیمی تجزیه

شیمی تجزیه :

- اندازه گیری کیفی: اثبات حضور، عدم وجود یک ترکیب شیمیایی
- اندازه گیری کمی: تعیین غلظت یا مقدار ترکیب شیمیایی

روش های تجزیه ای :

۱- روش های کلاسیک : مانند تیتراسیون ها (وزن سنجی ، حجم سنجی و)

محاسن : ۱- ساده و ارزان ۲- نیاز به اپراتور ندارد ۳- دقت بالایی دارد

معایب : حد تشخیص بالایی دارد (حساسیت کمی دارد).

۲- روش های دستگاهی : دستگاه آنالیز شیمیایی

محاسن : ۱- حد تشخیص کمی دارد (حساسیت بالا) ۲- سریع هستند ۳- زمان آنالیز کم

معایب : ۱- گران قیمت است ۲- نیاز به اپراتور دارد ۳- دقت کم ۴- در دسترس نیست

حد تشخیص : کمترین غلظتی از آنالیت است که سیگنالی را تولید کند.

۱- تئوری (**Theoretical**) : کمترین غلظت از آنالیت که به صورت تئوری محاسبه می شود (**LOD**).

۲- عملی (**Practical**) : کمترین غلظت از آنالیت که به صورت عملی با تست های آزمایشگاهی به دست می آید (**LOQ**).

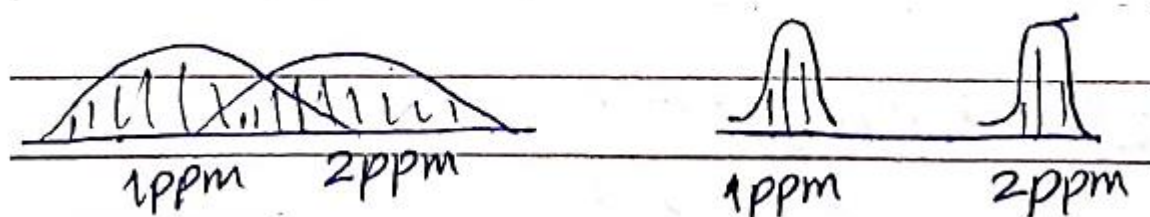
حساسیت : توانایی دستگاه در تشخیص اختلاف غلظت ها

۱- حساسیت کالیبراسیونی : شیب منحنی کالیبراسیون که منحنی سیگنال بر حسب غلظت است . هر چه شیب منحنی بیشتر باشد حساسیت بیشتر است .

نکته : چون به ازای یک غلظت کوچک تفاوت جواب دستگاه بیشتر می شود . اما تعریف کاملی نیست چون نویز به عنوان عامل مزاحم هم قابل دخیل است . پس با در نظر گرفتن نویز به حساسیت تجزیه ای می رسیم .

۲- حساسیت تجزیه ای : در این حساسیت دو پارامتر شیب منحنی کالیبراسیون و دقت قابل تاثیر است که تعریف آن شیب منحنی کالیبراسیون تقسیم بر انحراف استاندارد سیگنال است .

سوال : چگونه دقت بر حساسیت موثر است ؟



سوال : زمانی که حساسیت تجزیه ای $\gamma = 100 \frac{1}{ppm}$ می شود به چه معنی است ؟

۳- حساسیت جذب اتمی : معادل غلظت است که جذبی برابر با $A=0.0044$ یا عبور معادل ۱٪ دارد .

دقت (Precision) : نزدیکی یک اندازه گیری به سایر اندازه گیری ها یا به عبارت دیگر نزدیکی اندازه گیری ها به یکدیگر ← تکرار پذیری

معیار کمی برای بیان دقت : انحراف استاندارد (S_D) یا انحراف استاندارد نسبی (RSD)

صحت (Accuracy) : نزدیکی یک اندازه گیری به مقدار واقعی

معیار کمی برای بیان صحت : خطای مطلق و خطای نسبی

سوال : وقتی گفته می شود که دقت یک دستگاه ۵٪ و صحت آن ۲٪ است به چه معنی است ؟

منشا عدم دقت یا عدم صحت :

خطای معین (سیستماتیک) ← منشا مشخصی دارند . قابل حذف است . خطای یک طرفه است .

* شخص * دستگاه * روش

خطای نامعین (تصادفی یا رندم) ← منشا مشخصی ندارند . قابل حذف نیست . خطای دو طرفه

خطای سیستماتیک ← بیان گر صحت است ← این نوع خطا قابل حذف است .

خطای تصادفی ← بیان گر دقت است ← قابل حذف نیست اما کاهش می توان داد .

سوال : چگونه می توان تشخیص داد که خطای که خطای سیستماتیک داریم یا خیر ؟ (Method Validation)

الف) استفاده از نمونه های استاندارد ← نمونه هایی که مقدار دقیق آنالیت در آن مشخص است .

فرض : اختلاف بین دو پارامتری که با حجم مقایسه می شود در صفر باشد .

ب) استفاده از روش استاندارد ← یعنی روشی که مطمئنا برای کار مورد نظر هیچ خطایی ندارند .

شرط محاسبه صحت دو روش :

(۱) مقایسه دقت دو روش (**F-test**)

(۲) مقایسه صحت دو روش (**t-test**)

سوال : در یک سری آزمایش ها برای تعیین قلع موجود در مواد غذایی نمونه های زیر رفلکس و برای زمان خیلی متفاوت جوشانده شد .
نتایج حاصل به صورت زیر نشان داده شده است .

نتایج ppm قلع	زمان (min)	S_1	\bar{X}
55, 57, 59, 56, 56, 59	30	$\rightarrow S_1 = 1.67$	$\bar{X} = 57$
57, 55, 58, 59, 59, 59	75	$\rightarrow S_2 = 1.60$	$\bar{X} = 57.8$

آیا این دو نتایج یکسان اند ؟ (سطح اطمینان ۹۵٪)

۱ - مقایسه دقت دو روش :

۲ - مقایسه صحت دو روش :

The F - Distribution with $\alpha = 0.05$								
$v_2 \backslash v_1$	2	3	4	5	6	7	8	9
2	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38
3	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81
4	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00
5	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77
6	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10
7	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68
8	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39
9	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18

Paired T Test Table

Two Tailed Significance						
Degrees of freedom (n-1)	$\alpha = 0.20$	0.10	0.05	0.02	0.01	0.002
1	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	318.300
2	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	22.327
3	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	10.214
4	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	7.173
5	1.476	2.015	2.571	3.305	4.032	5.893
6	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.208
7	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.785
8	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	4.501
9	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.297
10	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.144
11	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.025
12	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.930
13	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.852
14	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.787
15	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.733

سوال : نتایج حاصل از نرمالیزه محلول یک اسید که به وسیله ۴ تیتراسیون مجزا به دست آمده عبارت است از :

(سراسری ۸۰)

۰/۲۰۴۱، ۰/۲۰۴۹، ۰/۲۰۳۹ و ۰/۲۰۴۳ انحراف متوسط نسبی در این اندازه گیری چقدر است ؟

سوال : آزمون F, t به ترتیب برای کدام یک از موارد زیر استفاده می شود ؟ t -test , F -test (سراسری ۷۷ – آزاد ۸۵)

مثال : کدام یک از جملات زیر صحیح است ؟ (سراسری ۸۹)

- ۱ - توزین مضاعف باعث حذف خطای تصادفی میشود .
- ۲ - توزین مضاعف باعث کاهش خطای تصادفی می شود .
- ۳ - توزین مضاعف باعث کاهش خطای تصادفی و حذف خطای معین می شود .
- ۴ - توزین مضاعف باعث افزایش خطای تصادفی و حذف خطای نامعین می شود .

مثال : به منظور تعیین درصد آهن در یک سنگ معدن دانشجویی نتایج زیر را به دست آورده است . حدود اطمینان ۹۹٪ برای مقدار

میانگین (\bar{X}) برابر است با : $t=5.841$ $S=0.1$ $n=4$ $\bar{X} = 15.3$ (مدرسان شریف ۸۹)

$$15.30 \pm 0.03$$

$$15.30 \pm 0.29$$

$$15.30 \pm 0.78$$

$$15.30 \pm 1.11$$

مثال : با توجه به منحنی توزیع نرمال (گوسی شک) احتمال بروز خطا کمتر از 3δ - چقدر است ؟

آزمون رد داده‌های مشکوک (Q -test): به منظور حذف داده‌های مشکوک در بین اندازه‌گیری‌ها استفاده می‌شود.

N	Q_{crit} (CL:90%)	Q_{crit} (CL:95%)	Q_{crit} (CL:99%)
3	0.941	0.970	0.994
4	0.765	0.829	0.926
5	0.642	0.710	0.821
6	0.560	0.625	0.740
7	0.507	0.568	0.680
8	0.468	0.526	0.634
9	0.437	0.493	0.598
10	0.412	0.466	0.568

مثال: آزمون Q را بر روی مجموعه داده‌های زیر اعمال کنید تا معلوم شود که آیا نتیجه دورافتاده با درجه اطمینان ۹۵٪ باید حفظ یا رد شود. ۴۱/۲۷، ۴۱/۶۱، ۴۱/۸۴ و ۴۱/۷۰ (کتاب اسکوگ ویرایش ۸)

انواع خطای معین

خطای ثابت:

مثال: فرض کنید ۰/۵ میلی‌گرم از رسوبی در نتیجه شستشو با ۲۰۰ میلی‌لیتر مایع شستشو از دست می‌رود، اگر وزن رسوب ۵۰۰ میلی‌گرم باشد خطای نسبی حاصل از انحلال رسوب برابر است با:

در صورتی که وزن رسوب ۵۰ میلی‌گرم باشد در این صورت خطای نسبی برابر است با:

خطای متناسب:

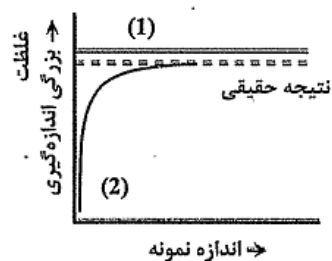
(سراسری ۸۱)

مثال: منظور از خطای معین متناسب چیست؟

- (۱) با تغییر مقدار نمونه، مقدار خطا ثابت می ماند ولی درصد آن تغییر می کند.
- (۲) با تغییر مقدار نمونه، درصد خطا ثابت ولی مقدار آن تغییر می کند.
- (۳) کلا خطای معین قابل مشاهده نمی باشد.
- (۴) درصد خطا و مقدار نمونه اثری در این خطا ندارد.

مثال: در شکل مقابل (۱) و (۲) نشان دهنده وجود چه نوع خطاهایی بر روی اندازه گیری غلظت آنالیت در یک محلول آزمایشی می باشد.

(سراسری ۸۸)



- (۱) (۱) خطای متناسب مثبت و (۲) خطای ثابت منفی
- (۲) (۱) خطای متناسب مثبت و (۲) خطای متناسب منفی
- (۳) (۱) خطای ثابت مثبت و (۲) خطای متناسب منفی
- (۴) (۱) خطای نامعین و (۲) خطای معین

تجزیه مستقل:

مثال: از موارد زیر کدامیک نادرست است؟

(سراسری ۹۹)

- (۱) آزمون F برای مقایسه دقت دو روش و آزمون t برای بررسی صحت نتایج استفاده می‌شود.
- (۲) تجزیه نمونه مستقل شیوه‌ای برای تشخیص خطای معین و بررسی صحت است.
- (۳) انحراف استاندارد ادغام شده (Spooled) در مواردی محاسبه می‌شود که منشا خطای تصادفی یکسان باشد.
- (۴) اگر در یک سری از داده‌ها احساس شد که نتیجه‌ای با بقیه فاصله دارد، آن داده حذف می‌شود.

مثال: کدام گزینه بیانگر یک خطای معین متناسب در اندازه‌گیری تجزیه‌ای است؟

(سراسری ۹۹)

- (۱) خطای تیتراسیون ناشی از اختلاف حجم معرف مصرفی بین دو نقطه اکی والان و نقطه پایانی.
- (۲) خطای موجود در قرائت حجم معرف تیتراسیون کننده افزوده شده به وسیله بورت در تیتراسیون حجمی.
- (۳) خطای حاصل از هم رسوبی کلسیم (Ca^{2+}) در فرآیند رسوب گیری باریم (Ba^{2+}) به وسیله معرف رسوب دهنده سولفات (SO_4^{2-}).
- (۴) خطای حاصل از جریان تاریکی (dark current) در اندازه‌گیری میزان جذب تابش در روش‌های اسپکتروفوتومتری.

مثال: یک روش تجزیه‌ای مقدار وزن طلا را به مقدار ۰/۴ میلی‌گرم کمتر به دست می‌دهد. درصد خطای نسبی را که در اثر این عدم قطعیت ایجاد می‌شود را محاسبه کنید. (در صورتی که وزن طلا برابر با ۷۰۰ میلی‌گرم باشد).
(کتاب اسکوگ و پرایس ۸)

مثال: ۲۲- تیتراسیون کننده‌ی A مقدار میانگین ۱۲/۹۶٪ و انحراف استاندارد ۰/۰۵ را برای خلوص نمونه به دست می‌آورد. تیتراسیون کننده‌ی B مقدار متناظر ۱۳/۱۲٪ و ۰/۰۸ را اندازه‌گیری می‌کند. درصد خلوص واقعی ۱۳/۰۸ است. در مقایسه با تیتراسیون کننده‌ی B، تیتراسیون کننده‌ی A دارای: (سراسری ۹۰)

- (۱) صحت کمتر ولی دقت بیشتر است.
- (۲) صحت بیشتر ولی دقت کمتر است.
- (۳) صحت بیشتر و دقت بیشتر است.
- (۴) صحت کمتر و دقت کمتر است.

ارقام با معنی:

* اگر در سمت چپ ارقام اعشاری صفر قرار گیرد چون فقط مکان ممیز را مشخص می کند با معنی محسوب نمی شود.

مثال:

* اگر در سمت راست ارقام بدون اعشار قرار گیرد می تواند به صورت بی معنی یا با معنی باشد.

مثال:

* در مورد جمع و تفریق، تعداد ارقام با معنی بعد از ممیز مربوط به حاصل عملیات، باید با تعداد ارقام با معنی بعد از ممیز عددی که کمترین ارقام با معنی بعد از ممیز را دارد برابر باشد.

مثال:

* در مورد ضرب و تقسیم، تعداد ارقام با معنی پاسخ عبارت، برابر تعداد ارقام با معنی عددی است که کمترین رقم با معنی را دارد.

مثال:

* در عملیات لگاریتم، ارقام با معنی بعد از ممیز جواب برابر تعداد ارقام با معنی عدد اولیه است.

مثال:

* در عملیات آنتی لگاریتم، تعداد ارقام با معنی جواب، برابر تعداد ارقام با معنی بعد از ممیز عدد اولیه است.

مثال:

انتشار خطا:

محاسبه عدم قطعیت حاصل از انجام عملیات از طریق عدم قطعیت مقادیر به کار رفته.

انحراف استاندارد Y	مثال	نوع محاسبه
$S_y = \sqrt{s_a^2 + s_b^2 + s_c^2}$	$y = a + b - c$	جمع یا تفریق
$\frac{s_y}{y} = \sqrt{\left(\frac{s_a}{a}\right)^2 + \left(\frac{s_b}{b}\right)^2 + \left(\frac{s_c}{c}\right)^2}$	$y = a.b/c$	ضرب یا تقسیم
$\frac{s_y}{y} = x \frac{s_a}{a}$	$y = a^x$	نمایی
$s_y = 0.434 \frac{s_a}{a}$	$y = \log_{10} a$	لگاریتم
$\frac{s_y}{y} = 2.303 s_a$	$y = \text{anti log}_{10} a$	آنتی لگاریتم

مثال: نتیجه درست محاسبه زیر کدام است؟ $6/75(\pm 0/03) + 8/431(\pm 0/001) - 7/022(\pm 0/002)$ (سراسری ۸۷)

- (۱) $8/15(\pm 0/03)$ (۲) $8/159(\pm 0/020)$ (۳) $8/169(\pm 0/030)$ (۴) $8/16(\pm 0/03)$

مثال: در صورتی که عدم قطعیت در هر قرائت حجم یک بورت $0/02$ میلی لیتر باشد، حجمی از محلول که به وسیله این بورت بایستی اندازه گیری شود تا حداکثر خطای اندازه گیری ppt ۱ (یک قسمت در هزار) باشد، برابر است با: (سراسری ۸۳)

- (۱) ۲۰ میلی لیتر (۲) ۲۴ میلی لیتر (۳) ۳۰ میلی لیتر (۴) ۴۰ میلی لیتر

مثال: عدم اطمینان حاصل از اندازه گیری حجم یک تیترانت به وسیله بورت (A) با دقت $\pm 0/1$ چند برابر عدم اطمینان ایجاد شده به وسیله بورت (B) با دقت $\pm 0/2$ است. (سراسری ۹۸)

- (۱) ۰/۱ (۲) ۰/۳ (۳) ۰/۵ (۴) ۲

مثال: اگر کمیتی نظیر b به صورت حاصل ضرب $b \times b \times b$ با b^3 که از لحاظ عددی با هم برابرند، مقایسه شود، در مورد خطای نامعین کدام گزینه صحیح است؟ (سراسری ۸۹)

- (۱) خطای نامعین b^3 از $b \times b \times b$ بیشتر است.
 (۲) خطای نامعین $b \times b \times b$ از b^3 بیشتر است.
 (۳) خطای نامعین b^3 با $b \times b \times b$ برابر است.
 (۴) خطاها یکدیگر را خنثی نموده و لذا هیچ یک دارای خطای نامعین نمی باشد.

مثال: در یک سنجش کولومتري، در صورتي که جريان برابر 10 ± 10 ميلي آمپر و زمان عبور جريان 1 ± 100 ثانيه باشد، عدم قطعيت مطلق در مقدار بار اندازه‌گيري شده چند کولن است؟

(سراسري ۸۸)

(۴) $\pm 1/4$

(۳) $\pm 1/5$

(۲) $\pm 0/14$

(۱) $\pm 0/1$

مثال: وقتی آزمايش t را براي حالي که مقدار واقعي معلوم است به کار مي‌بريم، از رابطه $\pm t = [\bar{X} - \mu] \frac{\sqrt{N}}{S}$ استفاده مي‌شود. چنانچه خواسته باشيم

(سراسري ۷۸)

آزمایش t را برای دو مجموعه داده استفاده کنیم باید:

(۱) μ با مقدار میانگين مجموعه دوم جانشين شود.

(۲) $\frac{\sqrt{N}}{S}$ با $\frac{\sqrt{N_1 N_2}}{S_p}$ جانشين شود.

(۳) انحراف استاندارد S با انحراف استاندارد جمع شده، S_p جانشين شود.

(۴) μ با مقدار میانگين مجموعه دوم و همچنين $\frac{\sqrt{N}}{S}$ با $\frac{\sqrt{N_1 N_2}}{S_p}$ جانشين شوند.

مثال: یک کارخانه تولید مواد شیمیایی در نظر دارد خط جدید B را برای سنتز یک ترکیب جدید مورد آزمایش قرار دهد. روش قدیمی A سال‌ها در این کارخانه مورد استفاده قرار می‌گرفته است. براساس مشاهدات آماری زیر در سطح اطمینان ۹۵٪، کدام عبارت صحیح است؟ ($t_{crit} = ۲,۲۶$)

روش	تعداد اندازه‌گیری	بازده میانگین	انحراف استاندارد
A	۵	۷۲	۰,۵
B	۶	۷۳	۰,۳

- (۱) تغییر خط از A به B به نفع کارخانه است.
 (۲) حفظ خط A به نفع کارخانه است.
 (۳) دو روش نتایج مشابهی دارند.
 (۴) هیچ‌کدام از روش‌ها مناسب نیستند.

(سراسری ۹۷)

مثال: برای تهیه محلولی از NaCl، توسط ترازویی با عدم قطعیت $\pm ۰,۰۲$ مقدار $۵,۶۳$ گرم از نمک NaCl را در مقدار مناسبی از آب حل کرده و سپس محلول را در بالن حجمی ۱۰۰ میلی‌لیتری می‌ریزیم و حجم را به ۱۰۰ می‌رسانیم چنانچه عدم قطعیت بالن ۱۰۰ میلی‌لیتری، $\pm ۰,۰۴$ باشد.

الف) غلظت و عدم قطعیت مربوط به آن چقدر است؟

ب) توسط یک پیپت ۲۰ میلی لیتری با عدم قطعیت $\pm 0.2\%$ ، مقدار ۱۵ میلی لیتر از محلول فوق را به بالن ۵۰ میلی لیتری با عدم قطعیت $\pm 0.3\%$ منتقل کرده، غلظت جدید و عدم قطعیت موبوط به آن چقدر است؟

مثال: اگر طول عمر روغن موتور تولیدی یک کارخانه 5800 ± 150 ساعت باشد، از میان ۵۰۰ محصول تولیدی این کارخانه چه تعداد از آنها کمتر از ۵۵۰۰ ساعت عمر مفید دارند.

مثال: مقدار ۰/۰۱ واحد خطا در pH، معادل چند درصد انحراف استاندارد نسبی در غلظت H_3O^+ در pH برابر ۵ است.

(۱) ۰/۲۳ (۲) ۴/۳ (۳) ۲/۳ (۴) ۰/۴۳ (سراسری ۹۴)

طریقه گرد کردن اعداد:

* اگر رقم بعد از آخرین عددی که باید نگه داشته شود کمتر از ۵ باشد تمام ارقام بعدی حذف می‌شوند و آخرین عدد بدون تغییر باقی می‌ماند.

مثال:

* اگر رقم بعد از آخرین عددی که باید نگه داشته شود بیش‌تر از ۵ با ارقامی پس از آن باشد، به آخرین رقم یک واحد اضافه می‌شود و بقیه اعداد حذف می‌شوند.

مثال:

* اگر رقم بعد از آخرین عددی که باید نگه داشته شود ۵ باشد و ارقام دیگری وجود داشته یا نداشته باشد یا فقط صفر بعد از ۵ باشد، ۵ حذف می‌شود و اگر آخرین رقم فرد باشد یک واحد به آن اضافه می‌شود و اگر زوج باشد تغییری نمی‌کند.

مثال:

آزمون مربع کای (χ^2): برای بررسی این موضوع به کار می‌رود که آیا فراوانی مشاهده شده برای یک رخداد با فراوانی مورد انتظار از آن، اختلاف معنی داری دارد یا خیر. (استخراج شده از کتاب آمار در شیمی تجزیه میلر و میلر)

مثال: تعداد شیشه آلات شکسته شده توسط کارکنان ۴ آزمایشگاه در زیر نوشته شده است.

۹ و ۱۱ و ۱۷ و ۲۴

(a) آیا کارکنان آزمایشگاه از نظر اعتماد پذیری با یکدیگر اختلاف معنادار دارند؟

(b) آیا بین آزمایشگاه اول با سایر آزمایشگاه‌ها اختلاف معنادار در اعتماد پذیری دارد؟

(c) آیا سه آزمایشگاه دیگر از نظر اعتماد پذیری تفاوت معنادار دارند؟

www.Endbook.net

شیمی تجزیه دکتر رضایت - گروه آموزشی مهندس خلیلی

روش حداقل مربعات (Least square):

برای رسم منحنی تنظیم (کالیبراسیون) از روش حداقل مربعات استفاده می‌کنیم که $\sum R = \text{Min}$ باشد و بهترین خط راست، خطی است که کمترین فاصله را تا هر یک از R_i ها داشته باشد.

ضریب همبستگی (Correlation Coefficient):

مثال: اگر درصد واقعی آهن در یک نمونه ۲۱/۳۲ و انحراف استاندارد ۰/۱۵٪ باشد برای اینکه میانگین نتیجه اندازه‌گیری آهن با این روش با احتمال ۹۵ درصد در محلول ۲۱/۱۷-۲۱/۴۷ درصد قرار گیرد چمد بار باید آزمایش تکرار شود. ($Z=1/96$) (سراسری ۹۱)

۱ (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴)

مثال: روش جدیدی برای تغلیظ و اندازه‌گیری نیکل با یک روش دستگاهی ابداع شده است. برای تأیید روش، می‌توان میانگین نتایج به دست آمده برای نیکل در یک نمونه استاندارد با روش جدید را با مقدار تأیید شده آن از طریق آزمون مقایسه کرد.

(۱) صحت - t

(۲) دقت - t

(۳) صحت - F

(۴) تکرارپذیری - F

(سراسری ۹۶)

مثال: انحراف استاندارد نسبی یک اندازه‌گیری (برحسب درصد) وقتی که نسبت سیگنال به نوفه برابر «یک» باشد کدام یک از مقادیر زیر خواهد بود؟

(۱) صفر درصد

(۲) ۵۰ درصد

(۳) ۱۰۰ درصد

(۴) با حد تشخیص اندازه‌گیری برابر خواهد بود.

(سراسری ۹۳)

مثال: اگر جواب‌ها را به گونه‌ای گرد کنید که فقط ارقام با معنی باقی بمانند آنگاه برای محاسبات زیر پاسخ‌ها به ترتیب از بالا به پایین عبارتند از:

$$۴/۹۱۲ + ۰/۲۳۲۴ =$$

$$(۴۷/۳۳)(۰/۱۰۰۰) =$$

$$-\log ۱۰^{-۶} =$$

(۱) ۵/۱۴۴۴ و ۴/۷۳۳۰ و ۶/۰

(۲) ۵/۱۴۴ و ۴/۷۳ و ۶/۰

(۳) ۵/۱۴۴۴ و ۴/۷ و ۶

(۴) ۵/۱۴۴ و ۴/۷۳۳ و عدد ۶ با بینهایت صفر بعد از ممیز

(سراسری ۹۳)