
بسم الله الرحمن الرحيم

شرح جامع

شیمی تجزیه

«شیمی»

مولفان: امید زندی – افروز شکیب‌فر

انتشارات ارشد

پیشگفتار ناشر

خداوند بزرگ را شاکریم که فرصتی عنایت فرمود تا بتوانیم قدمی در جهت گسترش علم و فرهنگ کشور عزیزمان برداریم و مسیری هموار را در اختیار مخاطبان و داوطلبان علاقمند به ادامه تحصیل قرار دهیم. از آنجائی که درحوزه کتاب‌های درسی و کمک درسی کارشناسی ارشد کتاب‌های زیادی به رشته تحریر در آمده است با این حال وجود یک مجموعه جامع، دقیق، کامل و دارای رفرنس(منابع) مستند احساس می‌شود.

همیشه دغدغه داشتیم که ای کاش می‌شد تمامی منابع پراکنده و گاهاً دست نایافتنی کنکور در یک مجموعه به گونه‌ای جذاب و شیوا آماده می‌شد و همچنین سوالات دوره‌های قبل کنکور نیز به گونه‌ای تشریحی پاسخ داده می شدند، که خدشه‌ای بر آنها وارد نشود و خیال داوطلبان عزیز آنقدر آسوده باشد که اطلاعات مندرج در پاسخنامه‌ها را برای بهره‌گیری در آزمون خود بکار گیرند. این کار با یاری خداوند بزرگ و همکاری نخبه‌ترین دانشجویان و اساتید کشور در انتشارات ارشد هماهنگ گردید و در تمامی مقاطع تحصیلی از کاردانی به کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری در حوزهٔ آزمون‌های سراسری – آزاد و پیام نور بسته‌های آموزشی شامل کتاب‌های بانک سوالات و کتاب‌های شرح جامع درس آماده گردید. در تهیه مجموعه‌های فوق‌الذکر از فارغ‌التحصیلان کارشناسی ارشد و دکتری که حائز رتبه‌های تک رقمی کنکور می‌باشند، استفاده کرده‌ایم، تا شما عزیزان بتوانید در راستای افزایش توان علمی خود در جهت نیل به مقصود خویش نایل آیید. بدون تردید می‌توان گفت که برای اولین بار در نظام آموزشی کشور مجموعه‌ای به این سبک عرضه می‌شود که در کیفیت و کمیت بی‌نظیر بوده و تمامی نیازهای دانشجویان داوطلبان عزیز را پوشش داده است. امید است که استفاده از این مجموعه عزیزان را در جهت موفقیت در آزمون یاری رسانده باشد. در پایان لازم به ذکر است که بی نقصی محض از آن خداوند متعال می‌باشد، بنا براین از تمامی خوانندگان و داوطلبان عزیز خواهشمندیم نظرات سازنده خود را در مورد این کتاب به سایت انتشارات ارشد اعلام نمایند تا ما را در جهت هر چه بهتر آماده کردن این محصولات یاری رسانند.

با تشکر

ناشـــــر

www.arshadbook. ir

پیشگفتار مولف

من ممتحن کدام امتحانم
ای روزها،
چرا فرجه‌ی عشق
به پایان نمی‌رسد.

سپاس پروردگاری را که فرصتی به ما عنایت فرمود تا بتوانیم قدمی در مسیر خدمت، به جامعه علمی کشورمان برداریم و مجموعه‌ای ناچیز از دانسته‌های خود را تدوین کنیم تا مسیری هموارتر جهت موفقیت هر چه بیشتر و شکوفایی توانایی‌های مخاطبان و داوطلبان علاقه‌مند ایجاد نماید. در تألیف این مجموعه سعی شده است تا کلیّه مباحث اساسی و مرتبط علم شیمی تجزیه به زبانی ساده و نگارشی روان گنجانده شود. در پایان هر مبحث مثالهای کاربردی و جامع بصورت مسئله یا سؤال چهارگزینه‌ای آورده شده تا به فهم و درک هر چه بیشتر مطلب کمک نماید. در تدوین این مباحث از منابع اصلی و به روز شیمی تجزیه که در دانشگاهای ایران و جهان تدریس می‌شود استفاده شده و مجموعه‌ای مفید برای یک شیمی‌دان تجزیه در سطح کارشناسی و حتی بالاتر از آن و همچنین جهت آمادگی آزمون کارشناسی ارشد بدست میدهد. لازم به ذکر است که این اثر همانند هر مجموعه علمی دیگر خالی از نقض و کاستی نخواهد بود. لذا از مخاطبان گرامی خواهشندیم تا نظرات سازنده خود را جهت رفع نواقص مربوطه به ما منعکس نمایند.

در پایان از مؤسسه انتشارات ارشد به خاطر چاپ و نشر این اثر و همچنین کلیه دوستان و همکارانی که در تدوین این مجموعه ما را یاری کرده‌اند کمال سپاسگذاری را دارم.

با سپاس
امید زندی
پاییز ۸۸

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

پیشگفتار ناشر ۳
پیشگفتار مؤلف ۴

فصل اول: ارقام با معنی، خطاهای تجربی و بررسی آماری داده‌ها ۹
فصل دوم: تعادل شیمیایی، فعالیت و راه حل سیستماتیک تعادل ۱۹
فصل سوم: تجزیه وزنی و تیتراسیونهای وزن سنجی ۲۹
فصل چهارم: تعادلات اسید و باز، تیتراسیون‌های اسید- باز و کاربرد آنها ۳۷
فصل پنجم: تیتراسیون‌های کمپلکس سنجی ۵۱
فصل ششم: مبانی الکتروشیمی ۵۹
فصل هفتم: تیتراسیونهای اکسایش- کاهش (Redox) ۷۱
فصل هشتم: الکترودها و پتانسیل سنجی ۷۷
فصل نهم: تجزیه الکتروونی و کولن سنجی ۸۷
فصل دهم: ولتامتری ۹۳
فصل یازدهم: هدایت سنجی ۱۰۵
فصل دوازدهم: مقدمه‌ای بر روش‌های طیف سنجی ۱۱۳
فصل سیزدهم: اجزای دستگاه‌های نوری ۱۲۳
فصل چهاردهم: جذب و نشر اتمی و فلورسانی اتمی ۱۳۵
فصل پانزدهم: طیف سنجی پرتو x ۱۴۵
فصل شانزدهم: طیف سنجی جذب مولکولی فرابنفش- مرئی ۱۵۳
فصل هفدهم: طیف سنجی نورتابی مولکولی ۱۶۵
فصل هجدهم: طیف سنجی زیر قرمز و رامان ۱۷۷
فصل نوردهم: طیف بینی رزونانس مغناطیسی هسته (NMR) ۱۹۱
فصل بیستم: طیف سنجی جرمی (Mass-Spectrometry)(MS) ۲۰۵
فصل بیست و یکم: **روش‌های جداسازی** ۲۱۳

فصل اول

ارقام با معنی، خطاهای تجربی
و بررسی آماری داده‌ها

عناوین اصلی

- ارقام با معنی
- خطاهای تجربی
- عدم اطمینان داده‌ها
- پارامترهای آماری
- آزمون‌های آماری
- اصطلاحات غلظت

فصل اول

ارقام با معنی، خطاهای تجربی و بررسی آماری داده‌ها

ارقام با معنی

تعداد ارقام معنی دار عبارتست از حداقل ارقام مورد نیاز جهت بیان یک نتیجه علمی طوری که صحت آن نتیجه مخدوش نگردد. عدد ۰/۰۰۰۰۰۶۳۰۲ دارای چهار رقم با معنی می‌باشد و آنرا می‌توان بصورت $۶/۳۰۲ \times ۱۰^{-۶}$ نوشت.

- صفر موقعی جزء ارقام معنی‌دار محسوب می‌شود که:
  - در وسط اعداد
  - در انتهای سمت راست ارقام یا اعشار آورده شود.

۱۰۶ سه رقم با معنی

۰/۰۱۰۶ سه رقم با معنی

۰/۱۰۶۰ چهار رقم با معنی

ارقام به معنی در عملیات ریاضی: اگر اعدادی که با یکدیگر جمع می‌شوند دارای ارقام معنی دار یکسانی نباشد، نتیجه عملیات را یکی از اعداد شرکت کننده محدود خواهد کرد. و طوری نتیجه را گرد می‌کنیم که از ارقام معنی‌دار آن برابر با ارقام عدد محدود کننده باشد.

نحوه گرد کردن: برای گرد کردن یک نتیجه اگر رقم مورد نظر بزرگتر از نصف باشد به ۱۰ گرد می شود و اگر کمتر از نصف باشد بدون تغییر می‌ماند.

۱۲۱/۷۹۶۸ →۱۲۱/۸۰

۱۲۱/۷۹۴۸→۱۲۱/۷۹

در مواردی که ارقام غیر معنی‌دار برابر نصف باشد، عدد به نزدیکترین رقم زوج گرد می‌شود.

۴۳/۵۵۰۰ →۴۳/۶

📖 **نکته:** در جمع و تفریق تمام اعداد را با نمای یکسان می‌نویسیم و ابتدا با توجه به ارقام اعشاری تمام اعداد عمل ریاضی را انجام داده و سپس جواب حاصل را طوری گرد می‌کنیم که از نظر ارقام اعشاری برابر عدد بکار گرفته شده با کمترین رقم اعشار باشد.

- در ضرب و تقسیم تعداد ارقام با معنی در یک محاسبه توسط عدد با کمترین رقم معنی دار محدود می‌گردد.
- تعداد ارقام معنی دار لگاریتم یک عدد بایستی برابر با تعداد ارقام معنی دار عدد اولیه باشد.

$\log \underbrace{۳۳۹}_{\text{سه رقم}} = \underbrace{۲/۳۵۰}_{\text{سه رقم}}$ $\qquad$ $\log (\underbrace{۵/۴۰۳}_{\text{چهار رقم}} \times ۱۰^{-۶}) = \underbrace{-۷/۲۴۴۷}_{\text{چهار رقم}}$

- تعداد ارقام معنی دار آنتی لگاریتم هر عدد برابر با تعداد ارقام در قسمت اعشاری آن عدد می‌باشد.

$\text{Antilog } (\underbrace{۶/۱۴۲}_{\text{سه رقم}}) = \underbrace{۱/۳۹}_{\text{سه رقم}} \times ۱۰^{۶}$

خطا

خطای سیستماتیک (معین)

خطای سیستماتیک را غالبا خطای قابل اندازه‌گیری می‌نامند و بطور کلی می‌توان آنرا تشخیص داد و اثر آن را اصلاح نمود.

راههای تشخیص خطای سیستماتیک

۱- تجزیه نمونه استاندارد: که بایستی نتایج حاصل از روش مورد نظر با مشخصات نمونه استاندارد مطابقت داشته باشد.

۲- تجزیه نمونه شاهد که دارای گونه مورد نظر نباشد: بایستی سیگنال صفر شود، سیگنال غیر صفر نشان دهنده پاسخ روش به گونه‌های دیگر است.

۳- استفاده از روش‌های مختلف تجزیه‌ای جهت آنالیز یک نمونه خاص و مقایسه جوابها که عدم مطابقت نتایج نشان دهنده خطای سیستماتیک است.

۴- آنالیز یک نمونه خاص توسط افراد مختلف در آزمایشگاه‌های مختلف توسط روشهای یکسان یا متفاوت: عدم تطابق داده‌ها نشان دهنده خطای سیستماتیک است.

خطای غیر سیستماتیک (تصادفی یا نامعین)

نام دیگر این خطا، خطای غیر قابل اندازه‌گیری است که به دلیل محدودیت در اندازه گیری‌های فیزیکی ایجاد شده و قابل حذف نمی‌باشد در یک آزمایش ممکن است بتوان بزرگی خطای تصادفی را کاهش داد اما نمی‌توان آنرا کاملا حذف نمود.

دقت: عبارتست از تکرارپذیری نتایج اندازه‌گیری شده در آزمایش‌های متوالی و با انحراف استاندارد S بیان می‌شود.

صحت: میزان توافق بین داده‌ها با مقدار واقعی را نشان می‌دهد.

$$\text{صحت} = \bar{x} - \mu$$

عدم اطمینان مطلق و نسبی

عدم اطمینان مطلق مقدار اندک عدم اطمینان همراه با یک اندازه‌گیری است. مثلا اگر عدم اطمینان تخمینی در بورت کالیبره شده برابر با ۰/۰۲ ± میلی لیتر باشد. بدین معنی است که مقدار ۰/۰۲ ± میلی لیتر عدم اطمینان مطلق در خواندن ارقام وجود دارد.

$$\text{عدم اطمینان نسبی} = \frac{\text{عدم اطمینان مطلق}}{\text{مقدار اندازه‌گیری شده}}$$

$$\text{درصد عدم اطمینان نسبی} = \text{عدم اطمینان نسبی} \times ۱۰۰$$

📖 **نکته:** در صورت ثابت بودن مقدار عدم اطمینان مطلق، میزان عدم اطمینان نسبی با افزایش مقدار نمونه اندازه‌گیری شده کاهش می‌یابد.

انتشار عدم اطمینان

معمولا می‌توان مقدار خطای تصادفی همراه با یک اندازه‌گیری را تخمین زد و یا اندازه‌گیری نمود.

عدم اطمینان را می‌توان به صورت انحراف استاندار یک سری از اندازه‌گیری‌های مکرر بیان کرد. با توجه به اینکه میزان خطای سیستماتیک را می‌توان شناسایی و تصحیح نمود، میزان انحراف استاندارد نمایانگر خطای تصادفی روش است.

در یک آزمایش اغلب استفاده از عملیات ریاضی بر روی داده‌ها لازم است و چون هر داده مقدار خطای تصادفی (عدم اطمینان) مربوط به خود را دارد، لذا عدم اطمینان کل بسته به روش ریاضی به کار گرفته شده برای محاسبه نتیجه نهایی بصورت زیر خواهد بود.

تابع ریاضی	عدم اطمینان کل
$R= KA$	$S_R = KS_A$
$R= A\pm B$	$S_R = \sqrt{S_A^2 + S_B^2}$
$\begin{cases} R = A\times B \\ R = \frac{A}{B} \end{cases}$	$\frac{S_R}{R} = \sqrt{\left(\frac{S_A}{A}\right)^2 + \left(\frac{S_B}{B}\right)^2}$
$R = \ln(A)$	$S_R = \frac{S_A}{A}$
$R= \log(A)$	$S_R = ۰/۴۳۴\frac{S_A}{A}$
$R= e^A$	$\frac{S_R}{R} = ۰/۴۳۴\frac{S_A}{A}$
$R= e^A$	$\frac{S_R}{R} = ۲/۳۰۳S_A$
$R= A^k$	$\frac{S_R}{R} = k\frac{S_A}{A}$

که A و B داده‌ها، S_A و S_B عدم اطمینان مطلق در داده‌های A و B می‌باشد.

مثال

میزان عدم قطعیت کل در حاصل داده‌های زیر چقدر است؟

۱/۷۶ (±۰/۰۳) + ۱/۸۹ (±۰/۰۲) -۰/۵۹ (±۰/۰۲)

R=۱/۷۶ + ۱/۸۹- ۰/۵۹ = ۳/۰۶

$S_R = \sqrt{(۰/۰۳)^2 + (۰/۰۲)^2 + (۰/۰۲)^2} = ۰/۰۴$ $\qquad$ $R = ۳/۰۶(\pm ۰/۰۴)$

پارامترهای آماری

- مقدار میانگین، $\bar{x}$: میانگین آماری داده های تجزیه‌ی را گویند:

$$\bar{x} = \frac{\sum_i x_i}{n}$$

- میانه، X_{med} : مقداری در یک سری داده مرتب شده که نصف داده‌ها از ان بزرگتر و نصف داده‌ها از آن کوچکترند.
- انحراف استاندارد، S : نشان دهنده چگونگی نزدیکی (پراکندگی) نتایج حاصل، حول مقدار متوسط است.

$$S = \left(\frac{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}{n-۱}\right)^{\frac{۱}{۲}}$$

- میانگین مرکز توزیع را می‌دهد در حالی که انحراف استاندارد، پهنا (گستره) توزیع داده‌ها را مشخص می‌کند.
- گستره توزیع داده‌ها حول مقدا میانگین همیشه از یک الگوی توزیع به نام توزیع گوسین یا نرمال پیروی می‌کند که بیشترین فراوانی در مقدار میانگین حاصل می‌شود و فراوانی مربوط به داده‌های دور افتاده کمترین است. (منحنی زنگوله‌ای).
- یک تکنیک آزمایشگاهی با کمترین انحراف استاندارد دارای دقت بیشتری نسبت به تکنیکی است که ایجاد انحراف استاندار بزرگتری می‌نماید. هر چند هر دو دارای صحت یکسانی باشند.
- میانگین داده‌ها، $\bar{x}$ و انحراف استاندارد S برای یک نمونه از جامعه تعریف می‌شود و زمانی که تعداد اندازه‌گیری n، افزایش پیدا می‌کند مقدار $\bar{x}$ و S به ترتیب به μ و σ یعنی مقدار واقعی و انحراف استاندار آن میل می‌کند.

آزمون (تست)های آماری

جهت بررسی میزان تطابق داده‌ها با مقادیر واقعی بکار می‌روند.

- **آزمون t :** از تست t جهت بیان محدوده اطمینان و مقایسه نتایج حاصل از آزمایشات مختلف استفاده می‌شود.
- از تست t برای مقایسه $\bar{x}$ با μ یا مقایسه میانگین دو سری از داده‌ها $(\bar{x}_B, \bar{x}_A)$ استفاده می‌شود.
- **محدوده اطمینان:** مقداری است که بیانگر قرار گرفتن مقدار واقعی (μ) در فاصله مشخص از مقدا متوسط $\bar{x}$ است.

$$\mu = \bar{x} \pm \frac{ts}{\sqrt{n}}$$

که t مقدار عددی مشخص می‌باشد و برای سطح اطمینان مورد نظر در جداول موجود است.

- تست t برای مقایسه داده‌های آماری بصورت زیر می‌باشد:

مقایسه $\bar{x}$ و μ :

$$t_{exp} = \frac{|\mu - \bar{x}|\sqrt{n}}{s}$$

مقایسه دو میانگین

$$t_{exp} = \frac{|\bar{x}_A - \bar{x}_B|}{S\sqrt{\frac{1}{n_A} + \frac{1}{n_B}}}$$

در فرمول دوم S انحراف استاندارد ادغام شده می‌باشد و بصورت زیر تعریف می‌شود.

$$S = \sqrt{\frac{(n_A - 1)S_A^2 + (n_B - 1)S_B^2}{n_A + n_B - 2}}$$

- مقدار t_{exp} را با t برگرفته از جداول (با توجه به محدوده اطمینان) مقایسه می‌کنیم:

$t_{exp} > t_{جدول} \rightarrow$ اختلاف جدی است

$t_{exp} \leq t_{جدول} \rightarrow$ اختلاف جدی نیست و با خطای تصادفی قابل توجیه است.

- **آزمون F**: برای مقایسه انحراف استاندارد (واریانس) دو سری داده بکار می‌رود.

- مقایسه S^2 و σ^2:

$$F_{exp} = \frac{S^2}{\sigma^2} \quad \text{اگر} \quad \left(S^2 > \sigma^2\right)$$

$$F_{exp} = \frac{\sigma^2}{S^2} \quad \text{اگر} \quad \left(\sigma^2 > S^2\right)$$

مقایسه S_A^2 , S_B^2

$$F_{exp} = \frac{S_A^2}{S_B^2} \quad ; \quad S_A^2 > S_B^2$$

$$F_{exp} = \frac{S_B^2}{S_A^2} \quad ; \quad \frac{S_B^2}{S_A^2}$$

در آزمون F نیز اگر مقدار F_{exp} بزرگتر از F موجود در جداول (حاصل از محدوده اطمینان مورد نظر) باشد اختلاف واریانس‌ها جدی است و با خطای تصادفی قابل توجیه نمی‌باشد.

- **آزمون Q:** در مواردی که در میان داده‌ها یک نتیجه مشکوک به نظر برسد برای جلوگیری برخورد با نتیجه مشکوک برای رد یا حفظ آن از تست آماری Q استفاده می‌شود.

$$Q = \frac{\text{فاصله}}{\text{محدوده}}$$

$$\begin{cases} Q_{exp} = \dfrac{x_2 - x_1}{x_n - x_1} & \text{اگر داده مشکوک کوچکترین باشد} \\ Q_{wxp} = \dfrac{x_n - x_{n-1}}{x_n - x_1} & \text{اگر داده مشکوک بزرگترین باشد} \end{cases}$$

در **آزمون** Q ، Q_{exp} را با Q جدول (حاصل از محدوده اطمینان و درجات آزادی مورد نظر) مقایسه می‌کنیم:

$Q_{exp} > Q$ جدول $\Rightarrow$ داده مشکوک رد می‌شود

$Q_{exp} \leq Q$ جدول $\Rightarrow$ داده مشکوک حفظ می‌شود

- **آزمون T_n**: آزمون T_n نیز برای حذف داده‌های مشکوک استفاده می‌شود.

$$T_2 = \frac{\left|x_q - \bar{x}\right|}{S}$$

داده مورد نظر حذف می‌شود جدول $T_{n,exp} > T_n$, داده مورد نظر حفظ می‌شود. جدول $T_{n,exp} \leq T_n$,

اصطلاحات غلظت

- **مولاریته (C_M):** عبارتست از تعداد مولهای ماده حل شده در یک لیتر محلول. واحد آن $(M)\frac{mol}{lit}$ یا $\frac{mmol}{mlit}$ است. مولاریته با دما کاهش می‌یابد چونکه با افزایش دما حجم محلول افزایش می‌یابد.
- **مولاریته (m):** عبارتست از تعداد مولهای جسم حل شده در یک کیلوگرم حلال، مولالیته برای اندازه‌گیری‌های دقیق فیزیکی مفید است به این دلیل که این مقیاس مستقل از دما می‌باشد.
- **فرمالیته** (F): غلظت فرمان یا فرمالیته بیانگر مقدار جسم حل شده برحسب $\frac{mol}{lit}$ بدون در نظرگرفتن ترکیب واقعی سیستم می‌باشد. بعنوان مثال محلول ۱ مولار HCl دارای یک فرمال HCl در یک لیتر محلول می‌باشد. (درحالی که ترکیب واقعی $1M\ H^+$ و $1\ MCl^-$ می باشد).

- درصد وزنی (%W) :

$$\%W = \frac{\text{جرم ماده}}{\text{حجم کل محلول}} \times 100 \quad \text{درصد وزنی}$$

- درصد حجمی (%V):

$$\%V = \frac{\text{جرم ماده}}{\text{حجم کل محلول}} \times 100 \quad \text{درصد حجمی}$$

- درصد وزنی – حجمی: $\text{درصد وزنی – حجمی} = \frac{\text{وزن ماده به گرم}}{\text{حجم کل به میلی لیتر}} \times ۱۰۰$

-قسمت بر میلیون (ppm):

$$ppm = \frac{mgr}{lit} \quad \text{یا} \quad ppm = \frac{\mu gr}{ml} \quad \text{یا} \quad ppm = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{حجم محلول}} \times ۱۰^{۶}$$

- **نرمالیته (N):** نرمالیته برابر با تعداد اکی والانهای (هم ارزها) جسم حل شده در یک لیتر محلول می‌باشد

$$\boxed{N = nC_M}\left(eg.lit^{-۱}\right)$$

- در یک واکنش اکسایش – کاهش n برابر تعداد الکترونهای مبادله شده می‌باشد.
- یک اکی والان برای یک واکنش ردوکس مقدار ماده‌ای است که می‌تواند یک الکترون بدهد یا بپذیرد.
- مقدار ماده‌ای که حاوی یک هم‌ارز باشد وزن هم ارز نامیده می‌شود.

$$\text{وزن هم ارز (eqw)} = \frac{M_w}{n}$$

$$M_n^{۵+} + ۵e^- \rightleftharpoons Mn^{۲+} \quad \text{وزن هم ارز} = \frac{۱۵۸}{۵} = ۳۱/۵ \frac{gr}{eq}$$

- در مورد اسیدها و بازها وزن هم ارز از یک واکنشگر مقداری است که می‌تواند یک مول H^+ بپذیرد یا بدهد.

$$eqw = \frac{M_w}{\text{تعداد } H^+ \text{ یا } OH^- \text{ مبادله شده}}$$

$$H_۲C_۲O_۴ + ۲NaoH \rightleftharpoons Na_۲C_۲O_۴ + ۲H_۲O \quad eqw_{H_۲C_۲O_۴} = \frac{۸۶}{۲}$$

- در واکنش های رسوبی و تشکیل کمپلکس:

$$eqw_{\text{کاتیون}} = \frac{M_w}{\text{بار کاتیون}} \qquad eqw_{\text{آنیون}} = \frac{M_w}{\text{بار معادل کاتیون}}$$

- برای تعین بار معادل کاتیون ضریب آنیون را واحد نموده و سپس ضریب کاتیون را در بارکاتیون ضرب می‌کنیم:

$$Ag^+ + ۲CN^- \rightleftharpoons Ag(CN)_۲^-$$

$$eqw_{Ag^+} = \frac{۱۰۸}{۱} \qquad eqw_{CN^-} = \frac{۲۶}{\frac{۱}{۲}} = ۵۲$$

خلاصه فصل

ارقام با معنی عبارتست از حداقل ارقام مورد نیاز جهت بیان یک نتیجه علمی طوریکه صحت آن مخدوش نگردد. در جمع و تفریق آخرین رقم معنی‌دار با توجه به کمترین مقدار اعشار اعداد شرکت کننده در محاسبات بدست می‌آید. در ضرب و تقسیم معمولاً تعداد ارقام معنی‌دار توسط کمترین رقم معنی‌دار اعداد شرکت کننده در محاسبات محدود می‌شود.

خطای تصادفی عمدتاً در دقت (تکرارپذیری) یک نتیجه اثر می‌گذارد در حالی که خطای سیستماتیک در صحت آن نتیجه اثر گذاراست.

جهت بدست آوردن عدم اطمینان کل در محاسبات از عدم اطمینان مطلق داده‌ها استفاده می‌شود. در طول عملیات ریاضی کل ارقام بدست آمده حفظ می‌شود و پس از رسیدن به نتیجه نهایی به مقدار مناسب گرد خواهد شد.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌های متوالی منجر به یک توزیع گوسین داده خواهد شد که نشان دهنده توزیع خطای تصادفی است. با افزایش تعداد اندازه‌گیری مقدار متوسط $\bar{x}$، به مقدار واقعی، μ، نزدیکتر می‌گردد. با پهن‌تر شدن گستره توزیع داده‌ها، مقدار σ (انحراف استاندارد) بزرگتر خواهد شد.

از آزمایش t جهت پیدا کردن محدوده اطمینان و مقایسه دو مقدار متوسط استفاده می‌شود. از آزمایش Q جهت حذف یا نگهداری داده مشکوک استفاده می شود.

فصل دوم

تعادل شیمیایی، فعالیت و راه حل سیستماتیک تعادل

عناوین اصلی

- ثابت تعادل
- اسید و باز
- فعالیت و ضرایب فعالیت
- قدرت یونی
- راه حل سیستماتیک تعادل