Iran Nanotechnology Laboratory Network

Iranian Journal of

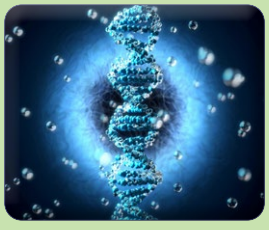
laboratory Knowledge

ISSN 2538-3450

Volume 10 ▪ Issue 1 ▪ Spring 2022 ▪ No.37

The crossover method as a simple and fast solving method in solution preparation problems

Importance of hydrophobicity and related tests in the electrical insulation industry



Investigation of mtDNA in Genetic Laboratory Sequences and Methods used in Ancient Genetic Studies

Applications of cold plasma technology in food industry

A review on Fracture Toughness; concepts and test methods

The crossover method as a simple and fast method in solving solution preparation problems

www.IJLK.ir
info@ijlk.ir

نویسندگان
محمدرضا عابدی[1*]، حسین باتربیت[2]، آتنا نوذری[3]
اکرم رمضانزاده[4]
*mohamadrezaabedi@yahoo.com

روش ضربدری روشی ساده و سریع در حل مسائل محلول‌سازی

چکیده

دانشجویان و فارغ‌التحصیلان همواره برای حل کردن مسائل محلول‌سازی با دشواری‌هایی مواجه هستند و به‌طور معمول در کتاب‌های درسی شرح کاملی از روش‌های حل کردن مسائل مطرح نمی‌شود، در حالی که کسب مهارت در حل مسئله برای دانشجویان امری ضروری است. به همین منظور کتابی به نام «روش‌های مختلف حل مسائل محلول‌سازی در آزمایشگاه شیمی» توسط نویسنده تالیف شده‌است و در دانشگاه آزاد اسلامی واحد قوچان به چاپ رسید. یکی از روش‌های مورد اشاره در این کتاب که بسیار ساده و سریع است، روش ضربدری نام دارد. هدف از این مقاله ارائه این روش در حل مسائل محلول‌سازی است که به کمک آن می‌توان خیلی سریع و ساده، مسائل محلول‌سازی را حل کرد.

واژه‌های کلیدی
محلول‌سازی، روش ضربدری، آزمایشگاه شیمی، غلظت.

مقدمه

بیشتر واکنش‌های شیمیایی در صنایع، آزمایشگاه‌ها و نیز در بدن موجودات زنده در محلول انجام می‌شوند و تا زمانی که غذا به‌صورت محلول در نیاید، قابل جذب در بدن نخواهد بود. گیاهان، غذای مورد نیاز خود را به‌صورت محلول جذب می‌کنند. آب دریاها، دریاچه‌ها، رودخانه‌ها، چاه‌ها و چشمه‌ها و نیز هوایی را که تنفس می‌کنیم، همه به‌صورت محلول هستند. بنابراین، ما در جهانی از محلول‌ها زندگی می‌کنیم که در آن، آب مهمترین حلاّل است [۱].

محلول، نوع خاصّی از مخلوط دو یا چند ماده است که یک فاز یا به عبارتی یک مخلوط یکنواخت را تشکیل می‌دهد و در آن مادهٔ حل شونده به‌صورت ذرات بسیار ریز اتم، مولکول یا یون به‌طور یکنواخت در حلاّل پراکنده شده‌است. به‌عنوان مثال، وقتی شکر یا نمک طعام را در آب حل می‌کنیم، حتّی به کمک میکروسکوپ هم نمی‌توانیم وجود ذرات شکر یا نمک را در آب تشخیص دهیم. ذرّات مادهٔ حل شدنی ممکن است به‌صورت مولکول (مانند شکر) یا به‌صورت یون (مانند نمک طعام) در آب (حلاّل) پراکنده شوند. غلظت یک محلول، مقدار مادهٔ حل شده در مقدار معینی حلال یا مقدار مادهٔ حل شده موجود در مقدار معینی از محلول است [۲ و ۳]. غلظت یک ماده حل شده در یک محلول را به روش‌های گوناگون می‌توان بیان کرد که در زیر به آنها اشاره می‌شود.

تعدادی از واحدهای غلظتی

غلظت درصدی[۵]

شیمیدان‌ها بیشتر غلظت‌ها را بر حسب درصد بیان می‌کنند. متاسفانه این روش به واسطه راه‌های متعددی که درصد اجزاء سازنده یک محلول را بیان می‌کند، می‌تواند منشا ابهام باشد. برای رفع ابهام، لازم است که نوع درصد به روشنی مشخص شود. اگر نقصی در این اطلاعات باشد، استفاده کننده ناچار خواهد بود که مطابق برداشت خود تصمیم بگیرد که کدام یک از انواع درصد می‌تواند صحیح باشد، که در این صورت خطای بالقوه زیادی در رابطه با انتخاب غلط وجود دارد. به‌عنوان مثال، سدیم هیدروکسید تجاری بصورت محلول ۵۰ درصد وزنی به فروش می‌رسد. اگر نوع درصد روی برچسب ذکر نشده باشد و فقط به‌صورت ۵۰ درصد نوشته شود، برای کاربر این سئوال پیش می‌آید که آیا ۵۰، درصد وزنی است یا وزنی - حجمی. در صورتی که با تصور اول پیش برود در نتیجه خطایی ایجاد نمی‌شود، اما در مورد حدس دوم حتماً دچار خطا خواهد شد [۳ تا ۵].

روش‌های معمول بیان درصد عبارتند از: درصد وزنی، درصد حجمی و درصد وزنی - حجمی که به‌صورت زیر تعریف می‌شوند:

معادله (۱)
$$\text{درصد وزنی } (w/w) = \frac{\text{وزن ماده حل شده}}{\text{وزن محلول}} \times ۱۰۰$$

معادله (۲)
$$\text{درصد حجمی } (v/v) = \frac{\text{حجم ماده حل شده}}{\text{حجم محلول}} \times ۱۰۰$$

معادله (۳)
$$\text{درصد وزنی - حجمی } (w/v) = \frac{\text{وزن ماده حل شده (گرم)}}{\text{حجم محلول (میلی‌لیتر)}} \times ۱۰۰$$

مخرج کسر در هر یک از این روابط، به محلول اشاره دارد. به علاوه، دو رابطه اول، از واحدهای به کار رفته مستقل هستند (البته به شرط آن که، بین صورت و مخرج کسر هماهنگی باشد)، در حالی که برای رابطهٔ سوم باید واحدها را ذکر کرد. از سه رابطه فوق، فقط درصد وزنی، مستقل از دما است.

قسمت در میلیون[۶] و واحدهای وابسته

برای محلول‌های بسیار رقیق، بهتر است که غلظت را بر حسب قسمت در میلیون بیان کنیم:

معادله (۴)
$$C_{ppm} = \frac{\text{وزن ماده حل شده}}{\text{وزن محلول}} \times 10^6$$

قسمت در میلیون بیانگر حضور یک گرم از جسم مورد نظر در یک میلیون گرم از محلول یا مخلوط است. برای محلول‌های با رقّت بیشتر به جای $۱۰^۶$ در معادله فوق، $۱۰^۹$ را به کار می‌برند؛ در این صورت نتایج بر حسب قسمت در بیلیون[۷] بیان می‌شوند. اصطلاح قسمت در هزار نیز گاهی به کار می‌رود. اگر در معادلهٔ فوق به جای $۱۰^۶$ از $۱۰^{۱۲}$ استفاده شود، در این صورت نتایج بر حسب قسمت در تریلیون[۸] بیان می‌شود. توصیه می‌شود که از علامت ppt برای قسمت در هزار استفاده نشود؛ در منابع جدید از علامت ppt برای قسمت در تریلیون استفاده می‌شود. در شرایط خاص یعنی وقتی حلال آب باشد و مقدار حل شونده اینقدر کم باشد که دانسیته محلول با دانسیته حلال یکسان در نظر گرفته شود، ppm به‌صورت میلی‌گرم ماده حل شده در لیتر محلول تعریف می‌شود [۳ تا ۵ و ۶].

غلظت معمولی

غلظت معمولی که ارزش عملی کمتری دارد، عبارتست از وزن ماده با واحد گرم که در یک لیتر محلول وجود دارد و آن را با علامت (C) نشان می‌دهند [۳ تا ۵ و ۷].

معادله (۵)
$$C = \frac{\text{گرمهای ماده حل شده}}{\text{لیتر محلول}} = \frac{g}{L} = \frac{g}{1000mL}$$

مولاریته[۹] یا غلظت مولار[۱۰]

مولاریته یا غلظت مولار یک گونهٔ شیمیایی X که با (C_X) نشان داده می‌شود، عبارت است از تعداد وزن ملکول گرم یا تعداد مول‌های یک جسم حل شده در یک لیتر محلول. این غلظت را به‌صورت تعداد میلی‌مول‌های جسم حل شده در یک میلی‌لیتر از محلول و یا تعداد مول‌های جسم حل شده در هزار میلی‌لیتر محلول نیز تعریف می‌کنند [۳ تا ۵ و ۷].

معادله (۶)
$$C_x = \frac{\text{مولهای ماده حل شده}}{\text{لیتر محلول}} = \frac{mol}{L} = \frac{mol}{1000mL} = \frac{mmol}{mL}$$

همراه با واحد مولار می‌توان از پیشوندهایی مثل میلی و میکرو استفاده کرد که میلی‌مولار (mM) معادل $۱۰^{-۳}$ M و میکرومولار معادل $۱۰^{-۶}$ M حاصل می‌شود. واحد مولار را به‌صورت M، $\frac{mol}{L}$، $molL^{-۱}$ یا $moldm^{-۳}$ نیز بیان می‌کنند.

مولالیته[۱۲] یا غلظت مولال

مولالیته یا غلظت مولال عبارت است از تعداد مول‌های ماده حل شده در یک کیلوگرم حلال.

معادله (۷)
$$C_m = \text{مولالیته} = \frac{\text{مولهای ماده حل شده}}{\text{کیلوگرم حلال}}$$

مولالیته با (Cm) نشان داده شده و واحد آن مولال (m)

است. می‌توان وزن معینی از ماده حل شده را در وزن مشخصی از حلال حل کرد و بدین صورت محلول‌هایی با مولالیته‌های معین تهیه نمود. دقیق بودن غلظت‌های به‌دست آمده از این روش فقط بستگی به دقیق بودن ترازویی دارد که با آن عمل توزین انجام شده‌است. یکی از فواید مولالیته، مستقل بودن آن از درجه حرارت است [۳ تا ۵ و ۸]. یک محلول یک مولال که در ۲۰°C تهیه شده در ۱۰۰°C نیز، در صورتی که هیچ مقدار ماده حل شده یا حلالی بر اثر گرما از بین نرود، یک مولال خواهد بود. بنابراین، برای کارهای خیلی دقیق به دلیل کاهش مربوط به خطای حجم که در اثر تغییر دما صورت می‌گیرد، مولالیته بر مولاریته ترجیح داده می‌شود [۳].

◈ مولاریتهٔ وزنی[۱۳] یا مولینیته[۱۴]

مناسب‌ترین واحد غلظت برای تیتراسیون‌های رسوبی، مولاریتهٔ وزنی است که برابر تعداد مول‌های واکنشگر در هر کیلوگرم محلول و یا تعداد میلی‌مول‌های واکنشگر در هر گرم محلول است. مولاریتهٔ وزنی به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

معادله (۸)

$$C_W = \frac{\text{مولهای ماده حل شده}}{\text{کیلوگرم محلول}}$$

محلولی از NaCl که مولاریتهٔ وزنی آن ۰/۱۰ است، محتوی ۰/۱۰ مول نمک در یک کیلوگرم محلول یا ۰/۱۰ میلی مول نمک در یک گرم محلول است. مولاریتهٔ وزنی برخلاف مولاریتهٔ حجمی با تغییر دما تغییر نمی‌کند. این برتری به ویژه در تیتراسیون‌های غیرآبی به واسطهٔ ضریب انبساط بسیار زیاد بیشتر مایعات آلی (در حدود ده برابر آب) اهمیت بیشتری می‌یابد، در نتیجه تصحیح دما ضرورتی ندارد [۳ تا ۵ و ۹].

◈ نرمالیته[۱۵] یا غلظت نرمال

نرمالیته یا غلظت نرمال که آن را با (C_N) نشان می‌دهند، عبارت است از تعداد اکی‌والان‌های (هم‌ارزهای) ماده حل شده در یک لیتر محلول. نرمالیته را می‌توان به‌صورت تعداد اکی‌والان‌های ماده حل شده در هزار میلی‌لیتر محلول و یا تعداد میلی‌اکی‌والان‌های ماده حل شده در هر میلی‌لیتر محلول نیز بیان کرد [۱۰].

معادله (۹)

$$C_N = \frac{\text{اکی والانهای ماده حل شده}}{\text{لیتر محلول}} = \frac{eq}{L} = \frac{eq}{1000mL} = \frac{meq}{mL}$$

چگونگی تعریف نرمالیته و اکی‌والان گرم (E_w) بستگی به نوع واکنش اعمال شده برای تجزیه دارد. بدین معنی که آیا واکنش تیتراسیون از نوع خنثی شدن، اکسایش-کاهش، رسوبی و یا تشکیل کمپلکس است. بنابراین، تعریف وزن اکی‌والانی یا وزن میلی‌اکی‌والانی برای یک ماده همواره مبتنی بر چگونگی رفتار آن ماده در یک واکنش شیمیایی ویژه است. چنانچه نوع واکنش به‌صورت دقیق مشخص نباشد، ارزیابی وزن اکی‌والانی غیرممکن خواهد بود. همچنین بدون در اختیار داشتن این اطلاعات، نمی‌توان غلظت محلولی را بر حسب نرمالیته بیان داشت.

معادله (۱۰)

$$\text{وزن یک اکی والان از هر ماده} = \text{اکی والان گرم} = Ew = \frac{M}{n} = \frac{\text{جرم ملکولی ماده مورد نظر}}{\text{ظرفیت موثر}}$$

بنابراین، برای تهیه یک محلول با نرمالیته مشخص، ابتدا باید وزن اکی‌والانی ماده مورد نظر را به‌دست آورد و سپس از حل کردن تعداد مشخصی از وزن‌های اکی‌والانی نرمالیته مورد نظر را به‌دست آورد.

◆ ظرفیت موثر در واکنش‌های اسید و باز، اکسایش – کاهش، رسوبی و تشکیل کمپلکس:

حالت اول: واکنش اسید و باز (خنثی شدن):

وزن اکی‌والان[۱۶] ماده‌ای که در یک واکنش خنثی شدن شرکت می‌کند، وزنی از آن ماده است که در آن واکنش با یک مول یون هیدروژن ترکیب می‌شود و یا یک مول یون هیدروژن تولید می‌کند. به‌عبارت دیگر، ظرفیت موثر موادی که در واکنش اسید و باز شرکت می‌کنند برابر است با تعداد مول‌های H^+ که توسط یک مول از مادهٔ مورد نظر در محیط عمل ردّ و بدل می‌شود [۳ تا ۵ و ۱۱].

حالت دوم: واکنش اکسایش – کاهش:

وزن اکی‌والان در واکنش‌های اکسایش – کاهش عبارت است از وزنی که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم یک مول الکترون تولید و یا مصرف می‌کند. بنابراین، ظرفیت موثر هر ماده‌ای که در واکنش اکسایش – کاهش شرکت کرده است، برابر با تغییر عدد اکسایش آن ماده است. به‌عبارت دیگر، ظرفیت موثر موادی که در واکنش اکسایش – کاهش شرکت می‌کنند برابر است با تعداد الکترون‌هایی که توسط یک مول از مادهٔ مورد نظر در محیط عمل ردّ و بدل می‌شود [۳ تا ۵ و ۱۱].

حالت سوم: واکنش رسوبی یا تشکیل کمپلکس:

وزن اکی‌والان برای یک نمک یا یک ماده شرکت کننده در یک واکنش رسوبی یا تشکیل کمپلکس، برابر با آن وزنی از ماده است که درصورت یک ظرفیتی بودن کاتیون، یک ملکول گرم، درصورت دو ظرفیتی بودن نصف ملکول گرم و درصورت سه ظرفیتی بودن ثلث ملکول گرم و به همین ترتیب از کاتیون را مصرف و یا تولید نماید. بنابراین، مطابق آنچه که در اسیدها و بازها وزن اکی‌والانی بر مبنای یک مول هیدروژن یا یک مول هیدروکسید تعریف شد، در اینجا یک مول از کاتیون یک ظرفیتی مورد نظر است. یعنی ظرفیت موثر موادی که در یک واکنش رسوبی یا تشکیل کمپلکس شرکت می‌کند برابر

است با تعداد بار مثبتی که توسط یک مول از مادهٔ مورد نظر در محیط عمل واکنش می‌دهد [۳ تا ۵ و ۱۱].

ارزش حجمی[۱۷]

در مورد محلول بعضی از مواد گازی شکل و یا دارای توانایی آزاد کردن گاز، از ارزش حجمی استفاده می‌شود. ارزش حجمی هر محلول برابر حجم گازی است بر حسب لیتر (در شرایط متعارفی) که از هر لیتر محلول آزاد می‌شود. به‌عنوان مثال، در مورد هیدروژن پراکسید، اگر واکنش تجزیه آن را به‌صورت زیر بنویسیم:

$$H_2O_2 \leftrightarrow H_2O + \frac{1}{2}O_2 \qquad \text{معادله (۱۱)}$$

محلول ۳۰ حجمی آب اکسیژنه به این معنی است که یک لیتر از این محلول ۳۰ لیتر گاز اکسیژن (یا یک میلی‌لیتر از این محلول ۳۰ میلی‌لیتر گاز اکسیژن) در شرایط متعارفی تولید می‌کند [۱۲].

توابع p

گاهی غلظت یک یون بر حسب لگاریتم منفی غلظت مولار آن یون بیان می‌شود. لذا برای گونهٔ X داریم:

$$pX = -\log[X] \qquad \text{معادله (۱۲)}$$

مشهورترین تابع p، pH است که به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$pH = -\log[H_3O^+] = -\log[H^+] \qquad \text{معادله (۱۳)}$$

توابع p دارای این مزیت‌اند که با آنها می‌توان غلظت‌هایی را که ده برابر یا بیشتر از هم تفاوت دارند به‌صورت اعداد مثبت کوچک بیان کرد. توابع p، بیشتر برای اندازه‌گیری‌هایی که دامنهٔ دینامیکی وسیعی دارند (آنهایی که چندین برابر تغییر می‌کنند) به کار می‌روند [۱۳].

نسبت حجمی

ممکن است رقیق کردن سولفوریک اسید به‌صورت ۹+۱ (حل شونده+حلال) و یا به‌صورت یک رقّت ۱:۱۰ (حجم اولیه به حجم نهایی) نشان داده شود. این عبارات برای افزایش ۹ قسمت حلال به یک قسمت سولفوریک اسید و یا رقیق کردن سولفوریک اسید تا ده برابر حجم اولیه آن به کار می‌رود. حالت اول به‌طور دقیق رقّت ده‌تایی را نمی‌دهد چون حجم‌ها کاملاً جمع‌پذیر نیستند. در حالی که حالت دوم این طور خواهد شد. به‌عنوان مثال، در حالت اوّل ۱۰mL سولفوریک اسید را با ۹۰mL آب مخلوط می‌کنند که احتمالاً حجم نهایی از ۱۰۰ میلی‌لیتر کمتر خواهد شد، اما در حالت دوّم ۱۰mL سولفوریک اسید را به یک بالن ژوژهٔ ۱۰۰ میلی‌لیتری منتقل کرده و با افزودن آب، آن را به حجم می‌رسانند. متاسفانه گاهی ۱:۱۰ را این طور تفسیر می‌کنند که یک حجم را با ۱۰ حجم رقیق کنید. به دلیل این گونه ابهامات، از به کار بردن نسبت حجمی اجتناب می‌شود [۱۴].

کسرمولی[۱۸] (X) و درصد مولی

کسر مولی یک محلول برابر است با نسبت تعداد مول‌های جسم حل شده به تعداد کل مول‌های موجود در محلول.

$$\text{کسر مولی } A = \frac{\text{تعداد مولهای A}}{\text{تعداد کل مولهای مواد موجود در محیط}} \qquad \text{معادله (۱۴)}$$

$$X_A = \frac{n_A}{n_A+n_B+\cdots} = \frac{n_A}{\sum n_i} \qquad \text{معادله (۱۵)}$$

$$X_B = \frac{n_B}{n_A+n_B+\cdots} = \frac{n_B}{\sum n_i} \qquad \text{معادله (۱۶)}$$

مجموع کسر مولی اجزای سازندهٔ محلول برابر یک است. اگر کسر مولی را در عدد صد ضرب کنیم؛ عدد حاصل را درصد مولی گویند. کسر مولی و درصد مولی مستقل از دما هستند. کسر مولی برای بیان ویژگی کولیگاتیو مانند کاهش فشار بخار استفاده می‌شود [۱۵ و ۱۶].

تیتر

تیتر یک محلول، وزن آنالیتی است که به‌طور شیمیایی معادل با یک میلی‌لیتر از آن محلول (تیتر کننده) است. به‌عنوان مثال، اگر محلول نقره نیترات تیتری معادل ۱/۰ میلی‌گرم کلرید داشته باشد، هر میلی‌لیتر نقره نیترات با ۱/۰ میلی‌گرم یون کلرید واکنش می‌دهد و وزن کلرید تیتر شده به سادگی از ضرب کردن حجم تیتر کننده در تیتر به‌دست می‌آید. تیتر را همچنین می‌توان برحسب میلی‌گرم یا گرم پتاسیم کلرید، باریم کلرید، سدیم یدید یا هر ترکیب دیگری که با نقره واکنش می‌کند نیز بیان کرد. ترجیحاً غلظت واکنشگری را که برای انجام تجزیه‌های روزمرهٔ تعداد زیادی نمونه به کار می‌رود، بر حسب تیتر آن بیان می‌کنند [۱۷].

فعالیت[۱۹]

واحدهایی که تا اینجا بحث شد به مقدار ماده حل شونده و مقدار حلال (یا محلول) بستگی داشتند. واحد دیگر، فعالیت است که علاوه بر مقدار حل شونده و حلال، به مقدار دیگر یون‌های موجود در محلول نیز بستگی دارد. به‌طور کلی واحدهای غلظت را می‌توان در جدول شماره (۱) خلاصه کرد [۱].

جدول (۱): واحدهایی برای بیان غلظت محلول‌ها [۱].

نام واحد	علامت	تعریف	واحد	نام واحد
درصد وزنی	٪w/w	× ۱۰۰	وزن ماده حل شده / وزن محلول	٪
درصد حجمی	٪v/v	× ۱۰۰	حجم ماده حل شده / حجم محلول	٪
درصد وزنی - حجمی	٪w/v	× ۱۰۰	وزن ماده حل شده (گرم) / حجم محلول (میلی‌لیتر)	٪
قسمت در میلیون	Cppm		میلی‌گرم ماده حل شده / لیتر محلول	mg/L یا ppm
غلظت معمولی (گرم‌برلیتر)	C		گرم ماده حل شده / لیتر محلول	g/L
مولار	Cx		تعداد مول‌های ماده حل شده / لیتر محلول	mol/L یا M
مولاریتهٔ وزنی (مولینیته)	Cw		تعداد مول‌های ماده حل شده / کیلوگرم محلول	mol/kg
مولال	m		تعداد مول‌های ماده حل شده / کیلوگرم حلال	mol/kg یا M
کسر مولی	X		مول مادهٔ مورد نظر / مجموع کل مول‌های موجود در محلول	بدون واحد
نرمال	C_N		تعداد اکی‌والان ماده حل شده / لیتر محلول	eq/L یا N
تابع p	pX	-log [X]		بدون واحد

چگونه مسئله‌های شیمی را حل کنیم؟

وقتی می‌خواهید مسئله‌ای را حل کنید باید به نکات زیر توجه کنید:

◆ مسئله را به دقت بخوانید و مطمئن شوید آن را خوب فهمیده‌اید. به آنچه که در مسئله داده شده و آنچه از شما خواسته شده است دقیقاً توجه کنید. مسائل شیمی غالباً دارای اطلاعات بیشتری نسبت به آنچه که صریحاً داده شده، هستند. به‌عنوان مثال، اگر در مسئله‌ای جرم آب معلوم باشد، تعداد مول‌ها، ملکول‌ها و اتم‌های آن نیز معلوم می‌شود. اگر در مسئله شرایط خاصی وجود دارد، به آن توجه کنید. مطمئن شوید که مفهوم همهٔ عبارات و واحدها را می‌دانید و با همهٔ اصول شیمیایی مربوط به مسئله آشنا هستید. هر مسئله برای نشان دادن یک اصل، رابطه، قانون، تعریف یا واقعیتی طرح شده‌است. با فهمیدن آنها در حل مسئله مشکلی نخواهید داشت. یک دلیل اصلی و در واقع تنها دلیلی که بعضی از افراد در حل مسائل شیمی با مشکل مواجه می‌شوند این است که اصول شیمیایی مربوط به آن مسئله و مفهوم و ارزش همهٔ عبارات و واحدهای به کار رفته در مسئله را به‌طور دقیق نمی‌دانند. در این مرحله مشخص کنید که براساس اطلاعات داده چه مجهولی خواسته شده‌است [۹].

◆ مشخص کنید چگونه می‌توان مسئله را حل کرد. پیش از حل مسئله به جزئیات راه حل بیاندیشید. بعد از تعیین معلوم و مجهول باید رابطه بین آنها را مشخص کرد. ممکن است در این مرحله فقط لازم باشد یک نسبت در نظر گرفته شود و یا اینکه باید فرمول‌های ریاضی استاندارد را برای حل مسئله در نظر گرفت. پیش از انجام دادن اولین مرحله سعی کنید تمام راه حل را پیش چشم خود مجسم کنید و دلیل آنچه را که می‌خواهید انجام دهید، بدانید و مسئله را از کارآمدترین راه یعنی، از کوتاهترین راه و با کمترین راه حل، حل کنید.

◆ مسئله را حل کنید. دقیقاً مشخص کنید که هر عدد نمایندهٔ چیست و بر حسب چه واحدی بیان می‌شود. به‌عنوان مثال، محاسبات ریاضی را نباید به‌صورت زیر بنویسید:

$$\frac{192}{32} = 6$$

بلکه باید به‌صورت زیر نوشته شود:

$$\frac{\text{192 گرم گوگرد}}{\text{32 گرم گوگرد در هر مول}} = \text{6 مول گوگرد}$$

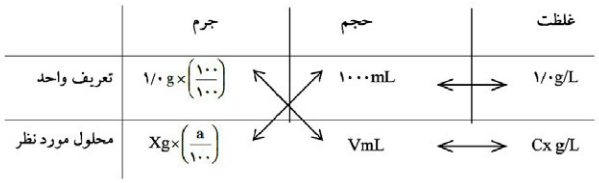
واحدها را مانند اعداد ضرب و تقسیم کنید. این روش تنها راهی است که به روند فکری شما دقت می‌بخشد و کمک می‌کند تا کمتر خطا کنید. در اولین مرحلهٔ راه حل، واحد یا واحدهایی را که پاسخ برحسب آن بیان می‌شود، به اختصار بنویسید. به‌عنوان مثال، اگر می‌خواهید ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول ۱۰ درصد وزنی سود تهیه کنید، پاسخ باید به‌صورت «سود g= ...» نوشته شود. در بسیاری از مسائل عکس این عمل انجام می‌شود، زیرا بیشتر اوقات ابتدا به واحدی که پاسخ برحسب آن است توجه می‌شود و سپس با به خاطر سپردن این واحدها راه حل طرح‌ریزی می‌شود. در انجام محاسبات ریاضی قواعد ارقام بامعنی را فراموش نکنید و از روش عددنویسی علمی استفاده کنید.

◆ نتایج را بررسی کنید. پس از حل مسئله، بررسی کنید که آیا پاسخ شما منطقی و قابل قبول است یا خیر. این قسمت را در دو مرحله انجام دهید. در مرحله اول عددها و واحدهای آنها را بررسی کنید. آیا ارقام بامعنی و واحدها درست درنظر گرفته شده‌اند؟ به‌عنوان مثال، اگر لازم است از یک نمک جامد محلول تهیه شود پاسخ باید برحسب گرم نمک جامد باشد و اگر می‌خواهید از یک محلول غلیظ محلولی تهیه کنید پاسخ باید برحسب میلی‌لیتر محلول غلیظ باشد. در مرحله دوم به جواب به‌دست آمده فکر کنید. آیا جواب قابل قبول است.

فردی که گزارش می‌کند برای تهیه ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول باید از ۱۳۸ میلی‌لیتر محلول غلیظ استفاده کرد، باید بداند که این پاسخ قابل قبول نیست.

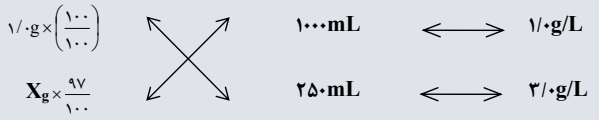
روش ضربدری در حل مسائل محلول‌سازی

همیشه در خط اول تعریف واحد را می‌نویسیم و در خط دوم، اطلاعات مربوط به محلول مورد نظر را می‌نویسیم. یعنی برای تهیه (V) میلی‌لیتر محلول با غلظت (C_X) باید (X) گرم ماده جامد با خلوص (a) درصد را برداریم. باید در ستون اول جرم، در ستون دوم حجم و در ستون سوم غلظت را قرار دهیم. سپس بصورتی که در شکل (۱) نشان داده شده‌است عوامل را در هم ضرب کرده و با هم مساوی قرار می‌دهیم و در نهایت مقدار (X) یعنی وزن ماده مورد نظر را محاسبه می‌کنیم.



شکل (۱): روش ضربدری برای حل سوال غلظت معمولی [۱].

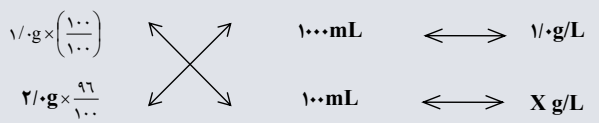
به‌عنوان مثال، برای تهیهٔ ۲۵۰ میلی‌لیتر محلول سود(NaOH)، ۳/۰g/L چند گرم سود جامد با خلوص ۹۷ درصد به‌صورت زیر عمل می‌کنیم:



$$۱/۰ \times ۲۵۰ \times ۳/۰ = X \times \frac{۹۷}{۱۰۰} \times ۱۰۰۰ \times ۱/۰$$

$$X = ۰/۷۷۳g\ NaOH$$

در مثالی دیگر، اگر ۲/۰ گرم سدیم کلرید (NaCl) جامد با خلوص ۹۶ درصد را در آب حل کرده و به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر برسانیم، غلظت این محلول را می‌توان $\frac{g}{L}$ به‌صورت زیر محاسبه کنیم:

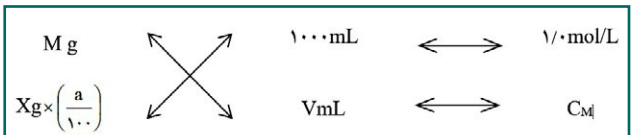


$$۱/۰ \times ۱۰۰ \times X = ۲/۰ \times \frac{۹۶}{۱۰۰} \times ۱۰۰۰ \times ۱/۰$$

$$X = ۱۹/۲\ \frac{g}{L}$$

این روش را می‌توان برای حل مسائل مولاریته نیز استفاده کرد. به‌عنوان مثال، برای تهیه ۱۰۰mL محلول پتاسیم پرمنگنات ($KMnO_4$)، ۰/۱۰ مولار چند گرم پتاسیم پرمنگنات با خلوص ۹۸ درصد به‌صورت زیر عمل می‌کنیم (جرم مولکولی $KMnO_4$=۱۵۸):

برای تهیه یک لیتر (۱۰۰۰ میلی‌لیتر) محلول یک مولار از یک ماده، باید یک مول از آن ماده را در محلول داشته باشیم. یعنی به اندازهٔ یک جرم مولکولی (M گرم) از ماده با خلوص ۱۰۰ درصد را باید برداشته و محلول را تهیه کنیم. این تعریف را در خط اول نوشته و در خط دوم اطلاعات مربوط به محلول مورد نظر را می‌نویسیم (شکل (۲)):



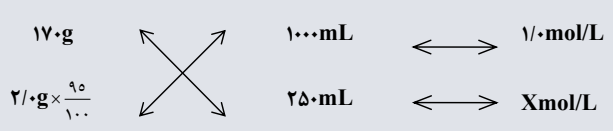
شکل (۲): روش ضربدری برای حل سوال مولاریته [۱].

$$۱۵۸ \times ۱۰۰ \times ۰/۱۰ = X \times \frac{۹۸}{۱۰۰} \times ۱۰۰۰ \times ۱/۰$$

$$X = ۱/۶۱g\ KMnO_4$$

۱/۶۱ گرم پتاسیم پرمنگنات را برداشته، در بالن ژوژه ۱۰۰میلی‌لیتری ریخته و با افزودن آب حجم آن را به ۱۰۰ می‌رسانیم.

در مثالی دیگر، اگر ۲/۰ گرم نیترات نقره ($AgNO_3$) جامد با خلوص ۹۵ درصد را در آب حل کرده و به حجم ۲۵۰ میلی‌لیتر برسانیم، مولاریتهٔ محلول را می‌توانیم به‌صورت زیر محاسبه کنیم (جرم مولکولی $AgNO_3$=۱۷۰):



$$۱۷۰ \times ۲۵۰ \times X = ۲/۰ \times \frac{۹۵}{۱۰۰} \times ۱۰۰۰ \times ۱/۰$$

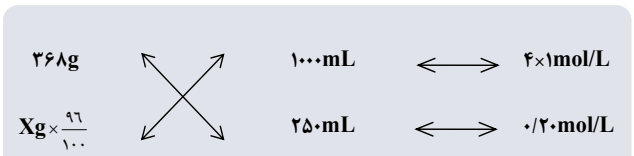
$$X = ۰/۰۴۵M$$

در مثالی دیگر، برای تهیه ۲۵۰mL محلول ۰/۲۰ مولار نسبت به یون پتاسیم(K^+) چند گرم پتاسیم هگزاسیانوفرات ($K_4Fe(CN)_6$)، ۹۶ درصد مورد نیاز است را می‌توان به‌صورت زیر محاسبه کرد (جرم ملکولی $K_4Fe(CN)_6$=۳۶۸):

اگر یک مول (M گرم) از ترکیب $K_4Fe(CN)_6$ را در هزار

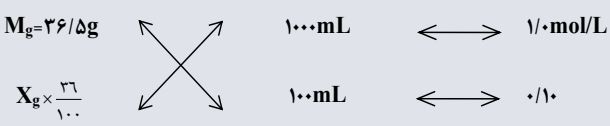
میلی‌لیتر محلول داشته باشیم، محلول نسبت به $K_4Fe(CN)_6$ یک مولار است و چون به ازای یک مول از $K_4Fe(CN)_6$ چهار مول تولید می‌شود پس محلول تهیه شده نسبت به ، چهار مولار خواهد بود:

که درآن: (n) تعداد یون‌های مورد نظر در هر ملکول از ماده اصلی است:



نکته: اگر ماده اولیه‌ای که می‌خواهیم از آن محلول تهیه کنیم مایع یا محلول باشد، بعد از محاسبهٔ وزن آن می‌توان با استفاده از دانسیته مایع یا محلول حجم آن را به‌دست آورد.

مثال: طرز تهیه ۱۰۰mL محلول هیدروکلریک اسید (HCl)، ۰/۱۰ مولار را از محلول غلیظ آن با خلوص ۳۶ درصد و دانسیته ۱/۱۸g/mL شرح دهید؟ (جرم ملکولی HCl = ۳۶/۵)



$$۳۶/۵ \times ۱۰۰ \times ۰/۱۰ = X \times \frac{۳۶}{۱۰۰} \times ۱۰۰۰ \times ۱/۰$$

محلول HCl $X = ۱/۰۱g$

محلول HCl $d = \frac{m}{v} \Rightarrow v = \frac{m}{d} = \frac{۱/۰۱}{۱/۱۸} = ۰/۸۶mL$

تبدیل واحدهای مختلف غلظت به یکدیگر

در برخی از موارد لازم است یک واحد غلظتی را به واحد دیگری تبدیل کنیم، برای این منظور می‌توانیم از جدول شماره (۲) استفاده کنیم.

جدول (۲): فرمول‌های تبدیل واحدهای مختلف غلظت به یکدیگر [۱].

غلظت (خواسته شده)	غلظت (داده شده)				
	a	X	C_m	C_M	C
a	-	$\frac{۱۰۰X \times M}{X \times M + (۱-X)M_۲}$	$\frac{۱۰۰C_m \times M}{۱۰۰۰ + C_m \times M}$	$\frac{C_M \times M}{۱۰d}$	$\frac{C}{۱۰d}$
X	$\frac{\frac{a}{M}}{\frac{a}{M} + \frac{۱۰۰-a}{M_۲}}$	-	$\frac{M_۲ \times C_m}{M_۲ \times C_m + ۱۰۰۰}$	$\frac{M_۲ \times C_M}{C_M(M_۲ - M) + ۱۰۰۰d}$	$\frac{M_۲ \times C}{C(M_۲ - M) + ۱۰۰۰d \times M}$
C_m	$\frac{۱۰۰۰a}{M(۱۰۰ - a)}$	$\frac{۱۰۰۰X}{M_۲ - X \times M_۲}$	-	$\frac{۱۰۰۰C_M}{۱۰۰۰d - (C_M \times M)}$	$\frac{۱۰۰۰C}{M(۱۰۰۰d - C)}$
C_M	$\frac{۱۰ad}{M}$	$\frac{۱۰۰۰d \times X}{X \times M + (۱-X)M_۲}$	$\frac{۱۰۰۰d \times C_m}{۱۰۰۰ + M \times C_m}$	-	$\frac{C}{M}$
C	۱۰ad	$\frac{۱۰۰۰d \times X \times M}{X \times M + (۱-X)M_۲}$	$\frac{۱۰۰۰d \times C_m \times M}{۱۰۰۰ + C_m \times M}$	$C_M \times M$	-

- a = درصد وزنی حل شونده؛
- M = جرم ملکولی حل شونده بر حسب g/mol؛
- M_2 = جرم ملکولی حلال، بر حسب g/mol؛
- X = کسر مولی حل شونده؛
- d = دانسیتهٔ محلول بر حسب g/Ml؛
- C_M = مولاریتهٔ حل شونده بر حسب mol/L؛
- C_m = مولالیتهٔ حل شونده بر حسب mol/kg؛
- C = غلظت معمولی حل شونده بر حسب g/L.

نتیجه‌گیری

برای حل مسائل محلول‌سازی می‌توان از روش‌های مختلفی استفاده کرد. از جمله این روش‌ها می‌توان به روش‌های نسبت‌ها، روش ضریب تبدیل، روش فرمولی و روش ضربدری اشاره کرد. با توجه به توضیحات ارائه شده در این مقاله می‌توان گفت روش ضربدری روشی خیلی سریع و ساده برای حل مسائل محلول‌سازی است.

پی‌نوشت

۱. دکتری تخصصی شیمی تجزیه، عضو هیات علمی گروه شیمی کاربردی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قوچان

۲. دانشجوی دکتری شیمی فیزیک، کارشناس آزمایشگاه شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قوچان

۳. دانشجوی دکتری شیمی تجزیه، دانشگاه پیام نور مشهد

۴. کارشناس ارشد شیمی آلی، کارشناس آزمایشگاه شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قوچان

5. Percent concentration
6. parts per million (ppm)
7. parts per billion (ppb)
8. parts per trillion (ppt)
9. Molarity
10. Molar concentration
11. micromolar (µM)
12. Molality
13. Weight molarity
14. Molinity
15. Normality
16. Ew = eq wt. = equivalent weight
17. Volume strength
18. mole fraction
19. activity

مراجع

[۱] روش‌های مختلف حل مسائل محلول‌سازی در آزمایشگاه شیمی، تالیف محمدرضا عابدی و همکاران، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد قوچان.
[۲] شیمی تجزیه، تالیف دکتر عزیز ا... نژادعلی.
[۳] مبانی شیمی تجزیه، اسکوگ، وست ویرایش سوم؛ ترجمهٔ دکتر هوشنگ خلیلی.
[۴] مبانی شیمی تجزیه، اسکوگ، وست، هالر، ویرایش ششم؛ ترجمهٔ ویدا توسلی، دکتر هوشنگ خلیلی، دکتر علی معصومی.
[۵] مبانی شیمی تجزیه، اسکوگ، وست، هالر، کروچ؛ ویرایش هشتم، ترجمهٔ دکتر عبدالرضا سلاجقه، ویدا توسلی، دکتر هوشنگ خلیلی.
[۶] محاسبه و حل مسئله در شیمی آنالیتیک، تالیف: دکتر علی معصومی، دکتر محمد ادریسی.
[۷] شیمی تجزیهٔ کمّی معدنی، تالیف: آرتور آی. ووگل؛ ترجمهٔ فرشتهٔ عباس‌زاده توسلی.
[۸] شیمی تجزیه، تالیف کریستین، ترجمه محمد علی زنجانچی، رضا انصاری خلخالی، علی محمدخواه.
[۹] چگونه مسائل شیمی را حل کنیم، تالیف بویکس، سرام؛ ترجمه فرجود، صادقی، صیرفی‌زاده.
[۱۰] شیمی عمومی، تالیف مورتیمر؛ ترجمه دکتر علی پورجوادی، احمد خواجه نصیر طوسی، دکتر منصور عابدینی، دکتر عبدالجلیل مستشاری، دکتر جبار نفیسی موقر.
[۱۱] شیمی تجزیه عمومی، تالیف دکتر قدرت‌اله آبسالان.
[۱۲] شیمی تجزیه عمومی، تالیف دکتر ابوالفضل سمنانی و دکتر علیرضا فیروز.
[۱۳] شیمی تجزیهٔ کمّی، تالیف آر ای دی و ال آندروود؛ ترجمهٔ میرعلی فرجزاده.
[۱۴] حل مسائل در شیمی تجزیه، تالیف استفان بروئر؛ ترجمهٔ دکتر محمدعلی زنجانچی و دکتر حسین فلاح باقر شیدایی.
[۱۵] شیمی تجزیه ۱، تالیف دکتر احمد نوزاد گلی کند.
[۱۶] دستینهٔ شیمیدان (روش‌ها و دستگاه‌های آزمایشگاهی)، تالیف گرشون جی شوگر، جان ای دین؛ ترجمهٔ دکتر عبدالرضا سلاجقه و رامین رامبد.
[۱۷] شیمی تجزیه تجربی، تالیف احمد تقوایی‌پور.

Authors

Mohamad Reza Abedi[1*]
Hossin Batarbiat[2],
Atena Nozari[3]
Akram Ramezanzadeh[4]

*mohamadrezaabedi@yahoo.com

1. Analytical Chemistry (Ph.D), Department of Applied Chemistry, Quchan Branch, Islamic Azad University, Quchan, Iran

2. Physical Chemistry (Ph.D Candidate), Chemistry Laboratory, Quchan Branch, Islamic Azad University, Quchan, Iran

3. Organic Chemistry (M.Sc.), Chemistry Laboratory, Quchan Branch, Islamic Azad University, Quchan, Iran

4. Analytical Chemistry (Ph.D Candidate), Department of Chemistry, Faculty of Sciences, Payame Noor University, Mashhad, Iran

The crossover method as a simple and fast solving method in solution preparation problems

Abstract

Students and graduates always face difficulties in solving solution preparation problems, and textbooks usually do not provide a complete description of problem-solving methods, while problem-solving skills are essential for students. For this purpose, a book called "Different methods of solving solution preparation problems in the chemistry laboratory" has been written by the author and published in the Islamic Azad University of Quchan. One of the methods mentioned in this book, which is very simple and fast, is the crossover method. The purpose of this article is to present this method in solving solution preparation problems with the help of which solution preparation problems can be solved very quickly and easily.

Keywords

Solution preparation, Crossover method, Chemistry laboratory, Concentration.

شبکه آزمایشگاهی فناوری نانو

فصلنامه

دانش آزمایشگاهی ایران

ISSN 2538-3450

سال دهم ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۴۰۱ ■ شماره پیاپی ۳۷

دستگاه سیال فوق بحرانی و کاربرد آن در استخراج ترکیبات زیست فعال

رونق و تنوع خدمات شبکه آزمایشگاهی در سال ۱۴۰۰

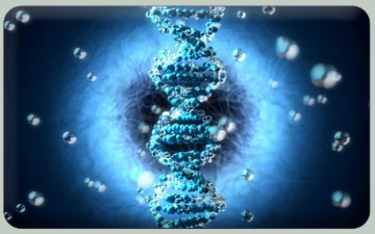
بخش بین‌الملل شبکه آزمایشگاهی فناوری‌های راهبردی و...

اهمیت آبگریزی و آزمون‌های مربوط به آن در صنعت عایق‌های الکتریکی

روش ضربدری روشی ساده و سریع در حل مسائل محلول‌سازی

کاربردهای فناوری پلاسمای سرد در صنایع غذایی

مروری بر مفاهیم و آزمون چقرمگی شکست



بررسی mtDNA در سکانس‌ها و روش‌های آزمایشگاهی ژنتیکی مورد استفاده در مطالعات ژنتیک باستان

www.IJLK.ir
info@ijlk.ir