محاسبات واکنشها در محلولها:

مقدمه

بسیاری از واکنش‌های شیمیایی در فاز محلول، به خصوص محلول آبی، انجام می‌شوند. در فاز محلـول واکنشگرها به طور یکنواخت با هم مخلوط شده و آنالیز فرآورده‌ها و همچنین مطالعه و کنترل واکنش راحت‌تر از واکنش‌های فاز جامد یا گازی صورت می‌گیرد.

در محلول‌ها به جزئی که مقدار آن بیشتر است، حلال و به بقیه اجزاء، ماده حل شده گویند.

حالت حلال (جامد، مایع یا گاز بودن آن)، نوع و سیستم محلول را مشخص می‌کند. در اینجا ما تنها محلول‌های آبی را در نظر می‌گیریم. در این محلول ها، آب حلال است. مواد حل شده در فاز محلول به صورت یکنواخت و همگن در سراسر محلول منتشر و پخش شده‌اند. برای مطالعه استوکیومتری واکنش‌ها در محلول، نیاز به دانستن مقدار ماده حل شده در حلال و به عبارتی غلظت آن ماده داریم.

به عبارتی محاسبات استوکیومتری برای این گونه واکنشها بر مبنای حجمهای محلولها به کار رفته و غلظت این محلولها صورت می‌گیرد. غلظت یک محلول، مقدار ماده حل شده در مقدار معینی حلال، یا مقدار ماده حل شده موجود در مقدار معینی از محلول است.

چند روش برای بیان غلظت محلولها به کار می‌رود. مولاریته روشی است که برای مطیالعـه واکنـشهای استوکیومتری انجام شده در محلول به کار می‌رود. مولاریته، M، یک محلول، عده مولهای ماده حل شده در یک لیتر محلول است.

یک محلول M ۱/۰ شامل ۱/۰ مول ماده حل شده در $1L$ محلول است.

یک محلول M ۱/۵ شامل ۱/۵ مول ماده حل شده در $1L$ محلول است.

شبکه رشد – شبکه ملی مدارس ایران
Olympiad.roshd.ir
www.ShimiPedia.ir

یک محلول M ۳/۰ شامل ۳/۰ مول ماده حل شده در $1L$ محلول است.

توجه داشته باشید که تعریف مولاریته بر مبنای یک لیتر ($1L$) است. ارزش آنچه به عنوان مولاریته یک محلول گفته شد مربوط به مقدار ماده حل شده‌ای می‌شود که دقیقاً در یک لیتر محلول وجود دارد. اگر نمونه معینی از این محلول کمتر (یا بیشتر) از یک لیتر باشد، عده مولهای ماده حل شده در نمونه متناسب با آن کمتر (یا بیشتر) از ارزش عددی مولاریته خواهد بود. برای یک محلول M۳/۰:

ml ۱۰۰۰ ، که $1L$ است، شامل ۳/۰ مول ماده حل شده است.

ml ۵۰۰، که L ۰/۵ است، شامل ۱/۵ مول ماده حل شده است.

ml ۲۰۰۰، که $2L$ است، شامل ۶/۰ مول ماده حل شده است.

هر سه نمونه غلظت M۳/۰ دارند.

توجه داشته باشید که تعریف مولاریته بر مبنای یک لیتر محلول است، نه بر مبنای یک لیتر حلال (که معمولاً آب است) وقتی که محلول مایعی تهیه می‌شود، حجم محلول به ندرت برابر حاصل‌جمع حجمهای اجزای خالص آن است. معمولاً حجم نهایی محلول کمتر یا بیشتر از کل حجمهای موادی است که برای تهیه آن محلول به کار برده شده است. بنابراین، عملاً نمی‌توان مقدار حلالی را که برای تهیه محلول معینی باید مورد استفاده قرار گیرد، پیشگویی کرد. برای تهیه مولار عموماً از بالنهای حجم‌سنجی (شکل زیر) استفاده می‌شود. به این ترتیب که مقدار دقیق ماده حل شده را در بالن می‌ریزند و سپس به تدریج حلال مورد نظر را به آن می‌افزایند و پی‌درپی بالن را به دقت تکان می‌دهند تا اجزای محلول به هم آمیخته شوند. افزایش حلال را آن‌قدر ادامه می‌دهند تا بالن پر شود و سطح محلول به نشانه درجه‌بندی گردن بالن برسد.

شبکه رشد – شبکه ملی مدارس ایران
Olympiad.roshd.ir
www.ShimiPedia.ir

بالن حجم‌سنجی

واحدهای مهم غلظت عبارتند از:

۱. غلظت درصد جرمی: برابر مقدار گرم ماده حل شده در ۱۰۰ گرم محلول است. معمولاً آن را با a نشان می‌دهند.

$$\text{غلظت درصد جرمی} = \frac{m\ (\text{ماده حل شده})}{(\text{محلول})} \times 100$$

۲. غلظت معمولی: برابر مقدار گرم ماده حل شده در هر لیتر محلول است. معمولاً آن را با C نمایش می‌دهند. واحد آن نیز g/L است.

$$C = \frac{m_{(\text{ماده حل شده})}}{V_{(\text{محلول برحسب لیتر})}}$$

۳. مولاریته : برابر تعداد مول ماده حل شده در یک لیتر محلول است. معمولاً آن را با نمایش می‌دهند. واحد آن نیز mol/L یا M است.

$$C_M = \frac{m_{(\text{ماده حل شده})}}{V_{(\text{محلول برحسب لیتر})}}$$

۴. مولالیته: برابر با تعداد مول ماده حل شده در یک کیلوگرم حلال است. مولالیته را با m نشان می‌دهند.

$$\text{مولالیته} = \frac{mol_{(\text{ماده حل شده})}}{m_{(\text{حلال})}kg}$$

جرم را نیز با m نمایش می‌دهند.

۵. کسر مولی: برابر نسبت تعداد مول ماده حل شده بر تعداد کل مول‌های موجود در محلول است. مثلاً

شبکه رشد – شبکه ملی مدارس ایران
Olympiad.roshd.ir
www.ShimiPedia.ir

اگر n_1 و n_2 به ترتیب تعداد مول ماده حل شونده و حلال باشد، خواهیم داشت:

$$X_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_2}$$

$$X_2 = \frac{n_2}{n_1 + n_2}$$

X_1, X_2 به ترتیب کسر مولی ماده حل شونده و حلال در محلول هستند. این دو عدد کوچکتر از ۱ هستند. مجموع X_1, X_2 برابر است با:

$$X_1 + X_2 = \frac{n_1}{n_1 + n_2} + \frac{n_2}{n_1 + n_2} = 1$$

مثال ۱.

جرم $NaOH$ لازم برای تهیه ۰/۲۵۰ L محلول $NaOH$، ۰/۳۰۰M چقدر است؟

حل.

چون محلول باید ۰/۳۰۰ M باشد، و بنابراین

$$0/300 molNaOH \approx 1 L NaOH \quad \text{محلول}$$

باید عده مولهای $NaOH$ لازم برای ساختن ۰/۲۵۰L محلول را پیدا کنیم:

$$0.250 L NaOH_{\text{محلول}} \left(\frac{0.300 molNaOH}{1 L NaOH_{\text{محلول}}} \right) = 0.0750 molNaOH = ؟ molNaOH$$

وزن فرمولی $NaOH$ تا سه رقم بامعنی، ۴۰/۰ است؛ بنابراین

$$۴۰/۰ g\ NaOH = ۱\ mol\ NaOH$$

عده گرمهای $NaOH$ لازم عبارت است از:

$$0.0750 molNaOH \left(\frac{40.0 gNaOH}{1 molNaOH} \right) = 3.00 gNaOH = ؟ gNaOH$$

شبکه رشد – شبکه ملی مدارس ایران
Olympiad.roshd.ir
www.ShimiPedia.ir

این مسئله را طی یک مرحله می‌توان به صورت زیر حل کرد:

$$?\,molNaOH = 0.250\,L\,NaOH_{\text{محلول}}\left(\frac{0.300\,molNaOH}{1\,L\,NaOH_{\text{محلول}}}\right)\left(\frac{40.0\,gNaOH}{1\,molNaOH}\right)=3.00\,gNaOH$$

مثال ۲.

(الف) عده مولهای $AgNO_3$ در ۲۵/۰ ml از یک محلول $AgNO_3$، ۰/۶۰۰ M را معین کنید. (ب) برای به دست آوردن ۰/۰۵۰۰ mol $AgNO_3$ چه حجمی از این محلول باید بگیرید؟

حل.

(الف) مسئله با نوشتن رابطه زیر آغاز می‌شود:

$$?\,mol\ AgNO_3 = 25.0\,ml\ AgNO_{3\,\text{محلول}}$$

چون غلظت $AgNO_3$ در محلول ۰/۶۰۰ M است،

$$0.600\,mol\ AgNO_3 \approx 1000\,ml\ AgNO_{3\,\text{محلول}}$$

که از آن ضریب تبدیل حل مسئله به دست می‌آید:

$$?\,mol\ AgNO_3 = 25\,ml\ AgNO_{3\,\text{محلول}}\left(\frac{0.600\,mol\ AgNO_3}{1000\,ml\ AgNO_{3\,\text{محلول}}}\right)=0.0150\,mol\ AgNO_3$$

(ب) همان ضریب تبدیل (به شکل معکوس) برای حل این بخش از مسئله به کار می‌آید:

$$?\,mol\ AgNO_{3\,\text{محلول}} = 0.0500\,mol\ AgNO_3\left(\frac{1000\,ml\ AgNO_{3\,\text{محلول}}}{0.600\,mol\ AgNO_3}\right)$$

$$=83.3\,ml\ AgNO_{3\,\text{محلول}}$$

غالباً باید محلولهایی را با رقیق کردن واکنشگرهای غلیظ شده تهیه کنیم. مولاریته‌های بعضی از واکنشگرهای غلیظ متداول در جدول زیر فهرست شده است. با استفاده از این مقادیر می‌توان سهم واکنشگر و آب لازم برای تهیه محلول با غلظت دلخواه را معین کرد.

شبکه رشد – شبکه ملی مدارس ایران
Olympiad.roshd.ir
www.ShimiPedia.ir

بعضی از واکنشگرهای غلیظ معمولی

واکنشگر	فرمول	وزن فرمولی	درصد جرمی	مولاریته
استیک اسید	$HC_2H_3O_2$	۶۰/۰۵	۱۰۰	۱۷/۵
هیدروکلریک اسید	HCl	۳۶/۴۶	۳۷	۱۲/۰
نیتریک اسید	HNO_3	۶۳/۰۱	۷۰	۱۵/۸
فسفریک اسید	H_3PO_4	۹۸/۰۰	۸۵	۱۴/۷
سولفوریک اسید	H_2SO_4	۹۸/۰۷	۹۶	۱۸/۰
آمونیاک	NH_3	۱۷/۰۳	۲۸	۱۴/۸

عده مولهای ماده حل شده در یک نمونه از محلول را می‌توان با ضرب کردن حجم آن نمونه (V_1 برحسب لیتر) در مولاریته محلول (M_1، عده مولهای ماده حل شده در ۱L محلول) به دست آورد:

$$\text{عده مولهای ماده حل شده} = V_1M_1$$

مثلاً، اگر ۰/۵۰۰ L محلول ۶/۰۰M (که می‌توان آن را به صورت ۶/۰۰ mol/L نیز نوشت) داشته باشیم

$$\text{عده مولهای ماده حل شده} = V_1M_1 = (0.500L)(6mol/L) = 3mol$$

هرگاه این محلول رقیق شود، و به حجم جدید V_2 برسد، باز هم شامل همان عده مول از جسم حل شده خواهد بود. بنابراین:

$$V_1M_1 = V_2M_2$$

اگر نمونه‌ای شامل ۰/۵۰۰ L از محلول ۶/۰۰ M رقیق شود و حجم جدید آن (V_2) به ۲/۰۰ L برسد، مولاریته جدید (M_2) عبارت خواهد بود از:

$$V_1M_1 = V_2M_2 \qquad (*)$$

شبکه رشد – شبکه ملی مدارس ایران
Olympiad.roshd.ir
www.ShimiPedia.ir

$$(0.500L)(6M) = (2L)M_2 \Rightarrow M_2 = 1.50M$$

چون جمله حجم در دو طرف معادله (*) وجود دارد، هرگونه واحد حجم را می‌توان برای بیان V_1 و V_2 به کار برد، مشروط بر آنکه برای هر دو حجم از واحد یکسان استفاده شده باشد. توجه داشته باشید که این معادله تنها برای مسائل مربوط به رقیق شدن به کار می‌آید.

مثال ۳.

چه حجم HCl غلیظ برای تهیه ۵۰۰ml محلول HCl، ۳/۰۰ M لازم است؟

حل.

از جدول قبل می‌بینیم که HCl غلیظ ۱۲/۰ M است، پس خواهیم داشت:

$$V_1M_1 = V_2M_2 \Rightarrow V_1(12M) = (500ml)(3M) \Rightarrow V_1 = 125ml$$

محلول مورد نظر با افزایش ۱۲۵ml از HCl غلیظ به آب کافی که حجم کل محلول به ۵۰۰ml برسد تهیه می‌شود.

معادله‌های شیمیایی مبنای همه محاسباتی هستند که با استوکیومتری واکنشها سر و کار دارند. انجام واکنش‌خواه در محلول باشد یا نباشد، هرگونه محاسبه بنابر نسبت مولی حاصل از معادله شیمیایی است. بنابراین، نخستین مرحله حل کردن هر مسئله‌ای، نوشتن معادله شیمیایی است.

استوکیومتری واکنش برحسب مول تفسیر می‌شود. در مورد مواد خالص، جرمها با استفاده از وزنهای فرمولی به مولها تبدیل می‌شوند و برای مواد موجود در محلولها، عده مولها از حجم نمونه و مولاریته محلول (عده مولها در لیتر) به دست می‌آیند.

مثال ۴.

چه حجم محلول $NaOH$، ۰/۷۵۰ M برای واکنش با ۵۰/۰ml محلول H_2SO_4، ۰/۱۵۰ M طبق معادله زیر،

Olympiad.roshd.ir
www.ShimiPedia.ir
شبکه رشد – شبکه ملی مدارس ایران

لازم است؟

$$H_2SO_4(aq)+2NaOH\ (aq)\rightarrow Na_2SO_4(aq)+2H_2O$$

حل.

عده مولهای H_2SO_4 در نمونه عبارت است از:

$$?mol\ H_2SO_4=50ml\ H_2SO_4\ \text{محلول}\left(\frac{0/150mol\ H_2SO_4}{1000ml\ H_2SO_4\ \text{محلول}}\right)=0.00750mol\ H_2SO_4$$

از معادله شیمیایی معلوم می‌شود که:

$$2molNaOH\approx 1molH_2SO_4$$

بنابراین،

$$?molNaOH=0.00750molH_2SO_4\left(\frac{2molNaOH}{1molH_2SO_4}\right)=0.0150molNaOH$$

سرانجام، حجم محلول $0/750\ M\ NaOH$ را که شامل $0/0150\ mol\ NaOH$ است، به دست می‌آوریم.

$$?ml\ NaOH\ \text{محلول}=0.0150molNaOH\left(\frac{1000mlNaOH\text{محلول}}{0.750molNaOH}\right)=20mlNaOH\ \text{محلول}$$

این مسئله را می‌توانیم طی یک مرحله به صورت زیر حل کنیم:

$$?mlNaOH\ \text{محلول}=50mlH_2SO_4\ \text{محلول}\left(\frac{0.150molH_2SO_4}{1000mlH_2SO_4\ \text{محلول}}\right)\times$$

$$\left(\frac{2molNaOH}{1molH_2SO_4}\right)\left(\frac{1000mlNaOH\text{محلول}}{0.750molNaOH}\right)=20mlNaOH\ \text{محلول}$$

مثال ۵.

یک قرص نعنای جوش شیرین شامل $NaHCO_3$ به منزله یک ضد اسید است. برای واکنش کامل با یک قرص $34/5\ ml$ محلول $0/138M\ HCl$، لازم است. عده گرمهای $NaHCO_3$ موجود در یک قرص را معین کنید.

www.ShimiPedia.ir
Olympiad.roshd.ir
شبکه رشد – شبکه ملی مدارس ایران

معادله شیمیایی این واکنش عبارت است از:

$$NaHCO_3(s)+HCl(aq)\rightarrow NaCl(aq)+CO_2(g)+H_2O$$

حل.

$$?gNaHCO_3=34.5mlHCl_{\text{محلول}}\left(\frac{0.138molHCl}{1000mlHCl_{\text{محلول}}}\right)\left(\frac{1molNaHCO_3}{1molHCl}\right)$$

$$\times\left(\frac{84gNaHCO_3}{1molNaHCO_3}\right)=0.400gNaHCO_3$$

ضریب تبدیل اول (که از مولاریته محلول HCl به دست می‌آید) برای یافتن عده مولهای HCl موجود در نمونه محلول HCl به کار می‌رود. ضریب تبدیل دوم (که از ضرایب معادله شیمیایی به دست می‌آید) این عده مولهای HCl را به عده مولهای $NaHCO_3$ که با آن ترکیب می‌شود، تبدیل می‌کند. آخرین ضریب تبدیل (که از وزن فرمولی $NaHCO_3$ به دست می‌آید) مولهای $NaHCO_3$ را به گرمهای $NaHCO_3$ تبدیل می‌کند.

مثال ۶.

$25\ ml$ از یک محلول $Ba(OH)_2$ برای واکنش کامل؛ $37/3\ ml$ محلول HCl، $0/150\ M$ لازم دارد. مولاریته محلول $Ba(OH)_2$ چقدر است؟ معادله شیمیایی این واکنش عبارت است از:

$$Ba(OH)_2(aq)+2HCl(aq)\rightarrow BaCl_2(aq)+2H_2O$$

حل.

مولاریته محلول $Ba(OH)_2$ عده مولهای $Ba(OH)_2$ حل شده در $1000\ ml$ محلول است. بنابراین،

$$?molBa(OH)_2=1000mlBa(OH)_{2\ \text{محلول}}\left(\frac{37.3mlHCl}{25mlBa(OH)_2}\right)$$

$$\times\left(\frac{0.150molHCl}{1000mlHCl_{\text{محلول}}}\right)\left(\frac{1molBa(OH)_2}{2molHCl}\right)=0.112molBa(OH)_2$$

شبکه رشد – شبکه ملی مدارس ایران
Olympiad.roshd.ir
www.ShimiPedia.ir

یعنی محلول $Ba(OH)_2$، ۰/۱۱۲M است.

مثال ۷.

محلولی از مخلوط کردن ۲۵ میلی‌لیتر اتانول مایع با چگالی g/ml ۰/۷۸۹ با ml ۲۵۰ آب خالص با چگالی g/ml ۱/۰۰۰ به دست آمده است. فرمول مولکولی اتانول، C_2H_5OH است.

(الف) غلظت درصد جرمی و مولالیته اتانول را در محلول حاصل به دست آورید.

(ب) اگر چگالی محلول نهایی، g/ml ۰/۹۵۲ باشد، غلظت معمولی و مولاریته اتانول را در محلول به دست آورید.

حل.

$$M\ (C_2H_5OH) = 2\times12+5+16 = 46\ g\ /\ mol$$

(الف)

$$m(C_2H_5OH) = r.V\ = 0.789\times25 = 19.7g$$

$$m(H_2O) = r.V\ = 1.000\times250 = 250g$$

$$\text{غلظت درصد جرمی اتانول} = \frac{m\ (\text{اتانول})}{m(\text{محلول})}\times100 = \frac{19.7}{19.7+250}\times100 = 7.30\%$$

$$m(C_2H_5OH) = \frac{mol\ (C_2H_5OH)}{\text{جرم حلال})kg(} = \frac{\left(\frac{19.7}{46}\right)mol}{\left(\frac{250}{1000}\right)kg} = 1.71mol\ /\ kg$$

(ب)

شبکه رشد – شبکه ملی مدارس ایران
Olympiad.roshd.ir
www.ShimiPedia.ir

$$m_{(\text{محلول})} = 19.7 + 250 = 269.7g$$

$$V_{(\text{محلول})} = \frac{m_{(\text{محلول})}}{d_{(\text{محلول})}} = \frac{269.7}{0.952} = 283ml$$

$$C\left(C_2H_5OH\right) = \frac{m\left(C_2H_5OH\right)}{V_{(\text{محلول})}} = \frac{19.7g}{\left(\frac{283}{1000}\right)L} = 69.6g/L$$

$$C_M\left(C_2H_5OH\right) = \frac{mol\left(C_2H_5OH\right)}{V\left(L, \text{محلول}\right)} = \frac{\left(\frac{19.7}{46}\right)mol}{\left(\frac{283}{1000}\right)L} = 1.51M$$

مثال ۸.

اگر ۹۰٪ جرم محلولی از سود در آب، شامل آب باشد، کسر مولی و مولالیته سود در محلول را حساب کنید.

$$\left(Na = 23, O = 16\right)$$

حل.

$$M\left(NaOH\right) = 23 + 16 + 1 = 40$$
$$M\left(H_2O\right) = 2 \times 1 + 16 = 18$$

۱۰۰ گرم محلول را در نظر می گیریم. ۱۰ گرم سود و ۹۰ گرم آب دارد.

n_1 و n_2 به ترتیب تعداد مول سود و آب هستند.

$$n_1 = \frac{m\left(NaOH\right)}{M\left(NaOH\right)} = \frac{10}{40} = 0.25mol$$

$$n_2 = \frac{m\left(H_2O\right)}{M\left(H_2O\right)} = \frac{90}{18} = 5mol$$

کسر مولی سود:

شبکه رشد – شبکه ملی مدارس ایران
Olympiad.roshd.ir
www.ShimiPedia.ir

$$X_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_2} = \frac{0.25}{5 + 0.25} = 0.048$$

مولالیته سود $m = \frac{n_1}{m\,(kg, \text{حلال})} = \frac{0.25}{\frac{90}{1000}} = 2.78\, mol / kg$

روابط مهم در محلولها

مثال ۹.

فرض کنید a گرم از جسمی در ۱۰۰ گرم آب حل شده است. چگالی محلول برابر با d گرم بر میلی‌لیتر است. غلظت معمولی جسم مورد نظر را برحسب پارامترهای a و d به دست آورید.

حل.

۱۰۰ گرم از محلول را در نظر می‌گیریم. a گرم ماده حل شده در آن موجود است.

$$V(\text{محلول}) = \frac{m\,(g, \text{محلول})}{d\,(g/ml)} = \frac{100}{d} ml = \frac{0.1}{d} L$$

غلظت معمولی $C = \frac{m\,(g, \text{ماده حل شده})}{V\,(L, \text{محلول})} = \frac{a}{\frac{0.1}{d}} = 10ad\ g/L \Rightarrow \boxed{C = 10ad}$

در استفاده از فرمول دقت کنید که d چگالی محلول برحسب g/ml است. از kg/L و g/L نیز به عنوان واحدهایی برای چگالی استفاده می‌شود.

مثال ۱۰.

رابطه‌ای بین مولاریته و غلظت معمولی ماده‌ای با جرم مولی M به دست آورید.

حل.

مولاریته برابر تعداد مولهای ماده حل شده در یک لیتر محلول و غلظت معمولی برابر گرم ماده حل شده در هر یک لیتر محلول است. از تقسیم مقدار گرم ماده حل شده در یک لیتر محلول بر جرم مولی آن (M)، تعداد مول

شبکه رشد – شبکه ملی مدارس ایران
Olympiad.roshd.ir
www.ShimiPedia.ir

ماده حل شده در یک لیتر محلول به دست می‌آید. لذا:

$$C_M = \frac{C}{M} \Rightarrow \boxed{C = C_M \cdot M}$$

مثال ۱۱.

درصد جرمی سولفوریک اسید را در محلولی که نسبت به آن ۱۰ مولار است و چگالی $1/5\ g/ml$ دارد، حساب کنید.

$$S = 32\ ,\ O = 16\ ,\ H = 1$$

حل.

$$M\left(H_2SO_4\right) = 2\times1 + 32 + 4\times16 = 98$$

$$a = \frac{C}{10d} = \frac{C_M \cdot M}{10d} = \frac{10\times98}{10\times1.5} = 65.3\%$$

مثال ۱۲.

مولاریته آب را در محلولی که درصد جرمی سولفوریک اسید در آن ۹۵٪ و چگالی آن $1/83 g/ml$ است، حساب کنید. $H = ۱$ ، $O = ۱۶$ ، $S = ۳۲$

حل.

$$a\left(H_2O\right) = 100 - a\left(H_2SO_4\right) = 100 - 95 = 5\%$$

$$C_M = \frac{C}{M} = \frac{10ad}{M} = \frac{10\times5\times1.83}{18} = 5.08M$$

مثال ۱۳.

۲۰ میلی‌لیتر محلول غلیظ سولفوریک اسید ۱۰ مولار را در بالن حجمی ریخته و حجم آن را با افزودن آب خالص به $۵۰۰ml$ می‌رسانیم. مولاریته سولفوریک اسید را در محلول نهایی حساب کنید.

حل.

شبکه رشد – شبکه ملی مدارس ایران
Olympiad.roshd.ir
www.ShimiPedia.ir

مولاریته و حجم محلول اول را C_{M_1} و V_1 و برای محلول دوم، C_{M_2} و V_2 می‌نامیم. در این صورت در مورد تعداد مول ماده حل شده (n) خواهیم داشت:

$$\left.\begin{array}{l} C_{M_1}=\dfrac{n}{V_1}\Rightarrow n=C_{M_1}.V_1 \\ C_{M_2}=\dfrac{n}{V_2}\Rightarrow n=C_{M_2}.V_2 \end{array}\right\}\Rightarrow \boxed{C_{M_1}.V_1=C_{M_2}.V_2}$$

در این حالت لزومی ندارد واحدهای حجم حتماً لیتر باشد زیرا این واحدها در دو طرف معادله بوده و با هم ساده می‌شوند. لذا:

$$C_{M_2}=\frac{C_{M_1}.V_1}{V_2}=10\times\frac{20}{500}=0.4M$$

مثال ۱۴.

۲۵ ml محلول ۰/۱۰۰ مولار سود را با ۷۵ ml محلول ۰/۲۰۰ مولار سود مخلوط می‌کنیم.

(الف) از تغییرات حجم صرفنظر کنید. مولاریته سود در محلول حاصل را حساب کنید.

(ب) اگر حجم محلول نهایی ۹۵ ml شود، مولاریته سود را حساب کنید.

حل.

(الف) مولاریته، حجم و تعداد مول ماده حل شده را در محلول اول، C_{M_1} , V_1 , n_1 در محلول دوم، C_{M_2} , V_2 , n_2 و در محلول نهایی C_M , V , n در نظر می‌گیریم. در این صورت خواهیم داشت:

$$n_1=C_{M_1}.V_1$$

$$n_2=C_{M_2}.V_2$$

$$C_M=\frac{n}{V}=\frac{n_1+n_2}{V_1+V_2}=\boxed{\frac{C_{M_1}.V_1+C_{M_2}.V_2}{V_1+V_2}}$$

در این معادله نیز واحدهای حجم، هر واحدی می‌توانند باشند؛ زیرا در صورت و مخرج کسر هستند و با هم ساده

www.ShimiPedia.ir

می‌شوند. پس:

$$C_M = \frac{(0.100\times 25)+(0.200\times 75)}{25+75} = 0.175M$$

(ب) حجم محلول نهایی را V می‌گیریم.

$$C_M = \frac{n}{V} = \frac{n_1+n_2}{V} = \frac{C_{M_1}.V_1 + C_{M_2}.V_2}{V} = \frac{(0.100\times 25)+(0.200\times 75)}{95} = 0.184M$$

مثال ۱۵.

۵۰۰ml محلول نیتریک اسید ۱۵/۲۳M با چگالی ۱.۴۰ g/cm^3 را با ۵۰۰ ml آب با چگالی ۱ g/cm^3 مخلوط می‌کنیم. مولالیته نیتریک اسید و مولاریته آب را در محلول حاصل به دست آورید.

($N = ۱۴$, $O = ۱۶$)

حل.

در محلول اولیه داریم:

$$M\ (HNO_3) = 1+14+3\times 16 = 63$$

$$mol\ (HNO_3) = C_M\ .\ V\ = 15.23\times \frac{500}{1000} = 7.615$$

$$m\ (\text{محلول}\ ) = r\ .V\ = 1.40\times 500 = 700g$$

$$m\ (H_2O) = m\ (\text{محلول}\ ) - m\ (HNO_3) = 700 - 7.615\times 63 = 220.255g$$

$m'(H_2O) = r.V\ = 1/0\times 500 = 500g$ جرم آب اضافه شده

در محلول حاصل داریم:

$$m\ (H_2O) = 220.255+500 = 720.255g$$

شبکه رشد – شبکه ملی مدارس ایران
Olympiad.roshd.ir
www.ShimiPedia.ir

مولالیته $m\left(HNO_3\right)=\dfrac{7.615}{\left(\dfrac{720.255}{1000}\right)}=10.572mol/kg$

$$C_M\left(H_2O\right)=\frac{mol\left(H_2O\right)}{V}=\frac{\left(\dfrac{720.255}{18}\right)}{1}=40.014M$$

شبکه رشد – شبکه ملی مدارس ایران
Olympiad.roshd.ir
www.ShimiPedia.ir