



دانشگاه صنعتی شریف

دانشکده شیمی

دستور کار

آزمایشگاه شیمی فیزیک مهندسی شیمی

تألیف: دکتر شهربانو رحمان ستایش

۱۳۹۳

تعیین حجم‌های مولی جزئی

وسایل و مواد

پیکنومتر، ترموستات، ۵ عدد بالن حجم سنجی ۱۰۰ ml، بشر ۱۰۰ ml، پیپت ۵۰ ml و سدیم کلرید

روش تجربی

۱۰۰ ml محلول‌هایی از سدیم کلرید به غلظت‌های ۳، ۱/۵، ۰/۷۵، ۰/۳۷۵ و ۰/۱۸۷۵ M (با رقیق کردن ۵۰ ml از یک محلول تا ۱۰۰ ml برای محلول بعدی) تهیه کنید. در دمای آزمایشگاه دانسیته هر محلول را با استفاده از پیکنومتر موجود در آزمایشگاه تعیین کنید (برای دقت بیشتر می‌توان از ترموستات برای کنترل دما استفاده کرد).

در سه مرحله پیکنومتر را وزن کنید:

۱- پیکنومتر خالی و خشک (w_e)

۲- پیکنومتر پر از آب مقطر (w_w)

۳- پیکنومتر پر از محلول (w_s)

محاسبات و سئوالات

۱- حجم پیکنومتر V_p را با استفاده از دانسیته آب در دمای آزمایشگاه و وزن آب مقطر ($w_w - w_e$) محاسبه کنید.

۲- مولالیته محلول‌ها m را از مولاریته به دست آورید.

$$m = \frac{1}{1 - \frac{M}{d} \frac{M_2}{1000}} \times \frac{M}{d} = \frac{1}{\frac{d}{M} - \frac{M_2}{1000}}$$

که M_2 جرم مولی ماده حل شونده (۵۸/۴۵)، M مولاریته و d دانسیته محلول است.

۳- حجم مولال ظاهری ϕ را برای هر محلول با استفاده از معادله‌های زیر محاسبه کنید.

$$\phi = \frac{1}{d_s} \left(M_2 - \frac{1000}{m} \frac{d_s - d_w}{d_w} \right)$$
$$= \frac{1}{d_s} \left(M_2 - \frac{1000}{m} \frac{w_s - w_w}{w_w - w_e} \right)$$

۴- ϕ را بر حسب \sqrt{m} رسم کنید (بهترین خط راست). $\frac{d\phi}{d\sqrt{m}}$ را از روی شیب خط و مقدار ϕ^0 را از عرض از

مبدا به دست آورید.

۵- \bar{V}_1 و \bar{V}_2 را برای $2/5$ و $2/0$ ، $1/5$ ، $1/0$ ، $0/5$ و 0 از معادله‌های زیر محاسبه کنید و آنها را بر حسب m

رسم کنید (بهترین منحنی‌ها).

$$\bar{V}_1 = \bar{V}_1^0 - \frac{m}{55.51} \left(\frac{\sqrt{m}}{2} \frac{d\phi}{d\sqrt{m}} \right)$$

$$\bar{V}_2 = \phi + \frac{m}{2\sqrt{m}} \frac{d\phi}{d\sqrt{m}} = \phi^0 + \frac{3\sqrt{m}}{2} \frac{d\phi}{d\sqrt{m}}$$

که \bar{V}_1^0 حجم یک مول از حلال است.

۶- به طور کیفی بحث کنید که آیا منحنی‌های \bar{V}_1 بر حسب m و \bar{V}_2 بر حسب m مطابق با رابطه زیر رفتار

می‌کند.

$$\frac{d\bar{Q}_2}{dQ_1} = -\frac{X_1}{X_2}$$

X_1 جزء مولی ماده ۱ و X_2 جزء مولی ماده ۲ است.

تعیین کشش سطحی مایعات

از سه روش مختلف برای تعیین کشش سطحی مایعات استفاده می‌شود. روش صعود در لوله موئین، روش وزن قطره (چکه سنجی) و روش حلقه (تنسیومتر).

۱- روش صعود در لوله موئین

وقتی که یک لوله موئین را در مایعی که قابلیت مرطوب کردن آن را دارد، قرار دهیم به طوری که انتهای لوله پایین تر از سطح مایع قرار گیرد، مایع به علت کشش سطحی در لوله موئین بالا می‌رود. هنگامی که نیروی جاذبه با نیروی به علت کشش سطحی برابر شود، تعادل برقرار می‌گردد. $\gamma(2\pi r) = \rho h (\pi r^2)g$ که شعاع لوله موئین، h ارتفاع صعود مایع در لوله موئین، g شتاب ثقل و γ کشش سطحی است. از رابطه $\gamma = 1/2 \rho g r h$ کشش سطحی محاسبه می‌شود. در این رابطه زاویه تماس (زاویه بین سطح مایع و سطح شیشه) صفر فرض شده است.

۲- روش حلقه (تنسیومتر)

این روش برای تعیین کشش سطحی مایعات بسیار راحت و مناسب و سریع است و به طور وسیع تری نسبت به روش‌های دیگر استفاده می‌شود. تنسیومتر دستگاهی است که نیروی لازم برای بیرون کشیدن یک حلقه از سطح مایع را اندازه می‌گیرد. حلقه آلیاژی از پلاتین (Pt) و ایریدیم (Ir) است که در محلول‌های مختلف مقاوم بوده و اکثر مایعات آن را مرطوب و خیس می‌کنند.

وسایل و مواد

دستگاه تنسیومتر، آب مقطر، اتانول، استون، کلرفرم،.....

روش تجربی

دستگاه تنسیومتر در شکل نشان داده شده است. ابتدا توسط پیچ‌های برای تنظیم سطح (۳) پایه دستگاه را تراز نمایید (حباب در وسط دایره). عقربه صفحه مدرج دستگاه را با استفاده از چرخ دستی (۲) روی صفر تنظیم کنید. حلقه پلاتینی را در محلول کرومیک اسید گرم (محلول پتاسیم دی کرومات و سولفوریک اسید) فرو برید و سپس آن را با آب مقطر گرم بشویید. اگر چربی روی حلقه بماند آن را به آهستگی روی شعله به مدت خیلی کم حرارت دهید تا فقط قرمز شود. از دست زدن به حلقه که سبب کثیف شدن و کج شدن آن می‌گردد باید خودداری شود. حلقه پلاتینی را در محل شاهین ترازو (۹) قرار دهید با تغییر چرخ دستی (۸) شاهین ترازو را به صورت افقی در

وسط نشانه (۷) قرار دهید. ظرف مخصوص نمونه را نیز با کرمیک اسید تمیز کنید و سپس با آب مقطر گرم آن را بشویید. اگر از مایع شستشو برای تمیز کردن ظرف استفاده کردید باید آنها را با آب مقطر جوش کاملاً آب کشی کنید. مایع مورد آزمایش را در ظرف مخصوص دستگاه ریخته و در روی میز نمونه قرار دهید. حامل میز (۶) با دقت بالا آورده شود تا حلقه در مرکز مایع تا حدود ۵ میلی متر فرو رود و سپس با چرخ دستی‌های (۱۰) و (۱۲) تنظیم شود. مایع برای مدتی باید آرام باشد. با چرخاندن پیچ (۵) میز اندازه‌گیری پایین آورده شود تا بازوی اهرم (۹) به طرف پایین حرکت کند، خارج از میدان سفید نشانه (۷)، یعنی، حلقه توسط فیلم سطحی از مایع محکم نگه داشته می‌شود. اندازه‌گیری واقعی از این نقطه شروع می‌شود.

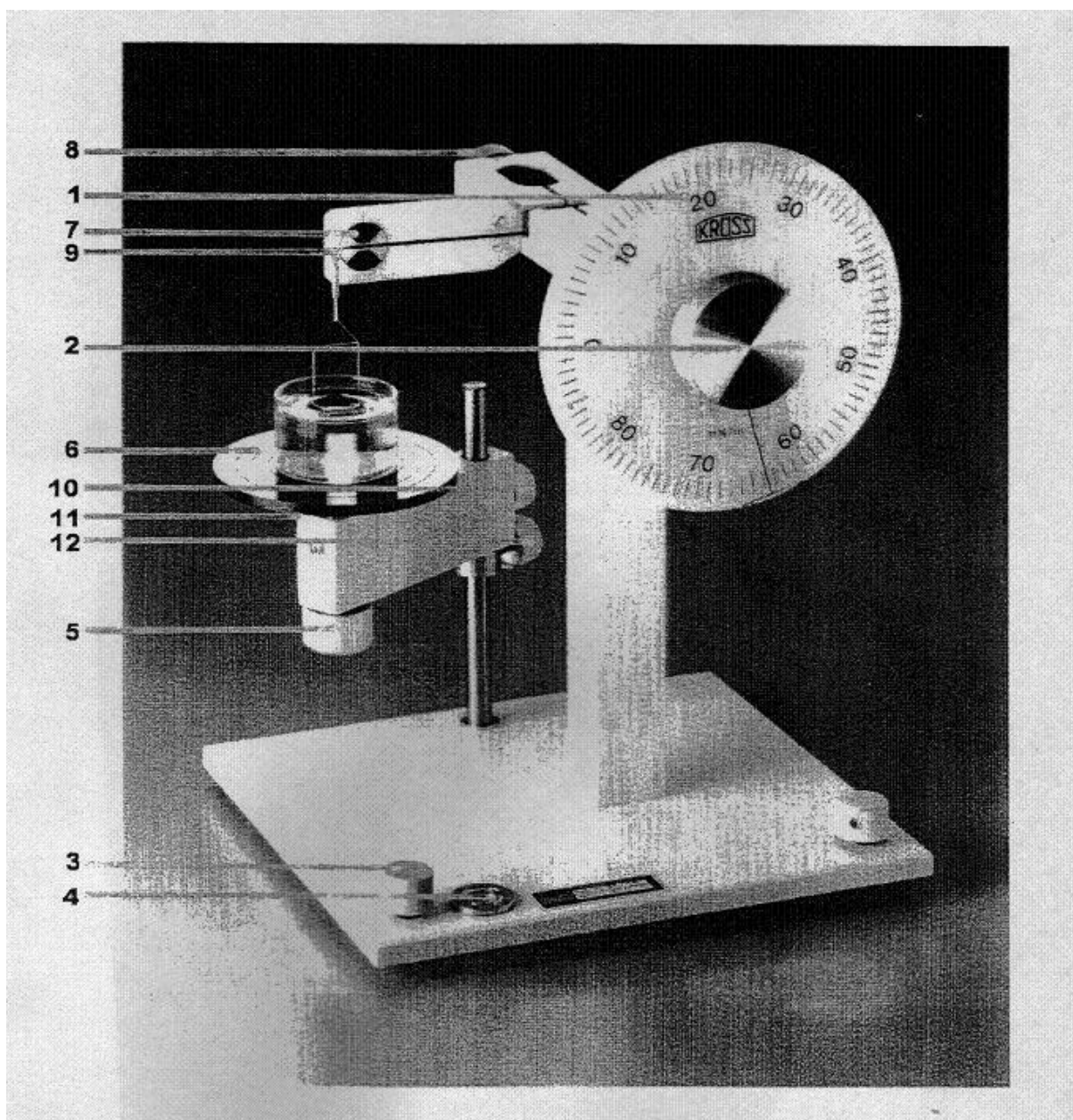
با چرخاندن چرخ دستی (۲) بر طبق عقربه‌های ساعت کشش نوار زیاد می‌شود و بنابراین کششی به حلقه وارد می‌شود. این منجر به جابجایی به طرف بالای بازوی اهرم (۹) خارج از میدان سفید نشانه (۷) می‌شود. حالا بازوی اهرم (۹) با پایین آوردن ظرف اندازه‌گیری (با چرخاندن پیچ (۵)) به موقعیت صفر آورده شود. این متناوب افزایش کشش و بعد پایین آوردن ظرف اندازه‌گیری باید تکرار شود تا حلقه از مایع جدا شود. در این حالت مقدار نشان داده شده روی صفحه مدرج اندازه کشش سطحی بر حسب mN m^{-1} خواهد بود.

محاسبات و سئوالات

۱- دستگاه تنسیومتر KRUSS با آب دوبار تقطیر کالیبره شده است ($8 / 72 \text{ mN m}^{-1}$ در 20°C). اگر مقدار دیگری برای آب خوانده شود از ضریب تصحیح در محاسبات استفاده کنید.

(مقدار خوانده شده / مقدار واقعی = ضریب تصحیح)

۲- مقدار خوانده شده برای کشش سطحی برای مایعات باید در ضریب تصحیح ضرب شود.



شکل ۳ دستگاه تنسیومتر

- | | |
|--|---|
| ۱- صفحه مدرج بر حسب mN m^{-1} | ۲- چرخ دستی با عقربه |
| ۳- پیچ‌هایی برای تنظیم سطح (تراز) | ۴- سطح حباب |
| ۵- پیچ میکرومتری | ۶- میز نمونه |
| ۷- نشانه | ۸- چرخ دستی برای تنظیم صفر |
| ۹- شاهین ترازو | ۱۰ و ۱۲- چرخ دستی‌ها برای ثابت کردن میله عرضی |
| ۱۱- حامل میز نمونه | |

ویسکوزیته مایعات

۱- اندازه‌گیری ویسکوزیته مخلوط‌های دو جزئی

وسایل و مواد

ویسکومتر استوالد، پیکنومتر، کرنومتر، ترموستات با دیوار شیشه‌ای، ۴ عدد ارلن مایر ml ۱۰۰ با درپوش چوب پنبه‌ای مناسب، ۲ عدد بورت ml ۵۰، استوانه مدرج، سولفوریک اسید، پتاسیم دی‌کرومات، استون و کلروفرم یا هر ماده دیگر

روش تجربی

ویسکومتر استوالد را با مخلوط سولفوریک اسید و پتاسیم دی‌کرومات (کرومیک اسید) بشویید و سپس چند مرتبه با آب مقطر شستشو دهید. مقدار ثابت ویسکومتر (A) را با اندازه‌گیری زمان جریان آب تعیین کنید. ویسکومتر را به طور عمودی در ترموستات قرار دهید. با یک استوانه مدرج مقدار معینی آب مقطر در ویسکومتر بریزید. مقدار نمونه باید به قدری باشد که سطح مایع در حباب پایین تا وسیع‌ترین سطح برسد تا تغییرات در طی جریان کم باشد. همان حجم را نیز برای سایر نمونه‌های دیگر به کار ببرید. با یک حباب لاستیکی که به بالای لوله وصل می‌شود، نمونه را تا بالای نشانه حباب کشیده و رها کنید تا در لوله مویی پایین رود. زمان طی شده مایع بین دو نشانه را به دقت اندازه‌گرفته و یادداشت کنید. به این ترتیب، زمان جریان را برای استون و کلروفرم خالص و چهار مخلوط مختلف از استون و کلروفرم اندازه‌گیری کنید. با استفاده از بورت‌ها، ml ۵۰ از مخلوط‌هایی با غلظت‌های ۲۰٪، ۴۰٪، ۶۰٪ و ۸۰٪ حجمی از استون را در ارلن‌های تمیز و خشک تهیه کنید و آنها را با درپوش چوب پنبه‌ای ببندید.

دانشیته استون و کلروفرم خالص و چهار مخلوط مختلف از استون و کلروفرم را با استفاده از پیکنومتر تعیین کنید. برای تعیین حجم پیکنومتر، پیکنومتر را خالی، تمیز و خشک وزن کنید. سپس پیکنومتر را از آب مقطر پر کنید و در آن را که دارای لوله‌ای مویین است، در جای خودش قرار دهید. آب مقطر اضافی بیرون می‌ریزد. پیکنومتر را توسط کاغذ صافی خشک کنید و در حالی که پر از آب است، وزن کنید. به این ترتیب، پیکنومتر را در حالی که پر از استون و کلروفرم خالص و چهار مخلوط مختلف از آنها است، وزن کنید.

محاسبات و سئوالات

- ۱- حجم پیکنومتر و سپس دانسیته محلول‌ها را محاسبه کنید.
- ۲- ویسکوزیته محلول‌ها را محاسبه کنید و آنها را بر حسب غلظت (کسر مولی روی محور x ها) رسم نمایید. منحنی حاصل را تفسیر کنید.
- ۳- ویسکوزیته مخصوص، ویسکوزیته نسبی، ویسکوزیته کاهش یافته، ویسکوزیته درونی و ویسکوزیته ذاتی را تعریف کنید و فرمول‌های آنها را بنویسید.
- ۴- چگونه می‌توان از نتایج ویسکومتری شعاع مولکولی ماده‌ای را تعیین کرد.
- ۵- چگونه می‌توان از نتایج ویسکومتری جرم مولی ماده‌ای را تعیین کرد.

۲- تغییرات ویسکوزیته یک مایع با دما

وسایل و مواد

ویسکومتر استوالد، پیکنومتر، کرنومتر، ترموستات، سولفوریک اسید، پتاسیم دی‌کرومات، کربن تتراکلرید یا هر ماده دیگر

روش تجربی

مایع مورد آزمایش را در ویسکومتر ریخته و آن را در ترموستات در دماهای مختلف (۲۰ تا ۴۰ درجه سانتیگراد) قرار دهید. پس از رسیدن به تعادل گرمایی، زمان عبور مایع را اندازه‌گیری کنید. دانسیته مایع را در دماهای مختلف با استفاده از پیکنومتر تعیین کنید.

محاسبات و سئوالات

منحنی $\log \eta$ را بر حسب $\frac{1}{T}$ رسم کنید (بهترین خط راست).

با استفاده از معادلات موجود، مقادیر ΔG^* ، ΔH^* و ΔS^* را محاسبه کنید.

۳- تعیین شعاع ملکولی به روش اندازه‌گیری ویسکوزیته

وسایل و مواد

ویسکومتر استوالد، پیکنومتر، کرنومتر، ترموستات، پیپت، ۳ عدد بالن حجم سنجی ۱۰۰ ml، سولفوریک اسید، پتاسیم دی‌کرومات، گلیسرین و یا هر ماده دیگر

روش تجربی

۱۰۰ ml از محلول‌هایی با غلظت‌های ۱ M، ۰/۵ M و ۰/۱ M از گلیسرین در آب تهیه کنید. زمان جریان آب و محلول‌های گلیسرین را اندازه‌گیری کنید. پیکنومتر را خالی، تمیز و خشک وزن کنید. پیکنومتر را از آب و محلول‌ها پر و وزن کنید.

محاسبات و سئوالات

- ۱- با استفاده از رابطه انیشتین $\eta/\eta_0 = 1 + 2.5\phi$ که η ویسکوزیته محلول، η_0 ویسکوزیته حلال و ϕ کسر حجمی ماده حل‌شونده در محلول است، رابطه‌ای بین ویسکوزیته و شعاع مولکولی را به دست آورید.
- ۲- η/η_0 را بر حسب C غلظت ماده حل‌شونده بر حسب گرم در لیتر رسم کنید (بهترین خط راست). شعاع مولکولی R را از شیب نمودار به دست آورید و با مقدار موجود در منابع مقایسه و در صد خطا را محاسبه کنید.

۴- تعیین جرم مولی ماکرو مولکول به روش اندازه‌گیری ویسکوزیته

وسایل و مواد

ویسکومتر استوالد، پیکنومتر، کرنومتر، ترموستات، پیپت، ۳ عدد بالن حجم سنجی ۱۰۰ ml، سولفوریک اسید، پتاسیم دی‌کرومات، پلی‌استیرن، استون به عنوان حلال و یا هر ماده دیگر

روش تجربی

سه محلول با غلظت‌های ۱ g، ۰/۱ g و ۰/۰۱ g از پلی‌استیرن در ۱۰۰ ml استون تهیه کنید. زمان جریان آب مقطر و محلول‌های پلی‌استیرن را اندازه‌گیری کنید. پیکنومتر را خالی، تمیز و خشک وزن کنید. پیکنومتر را از آب و محلول‌ها پر و وزن کنید.

محاسبات و سئوالات

- ۱- ویسکوزیته و ویسکوزیته کاهش یافته (η_{red}) محلول‌ها را محاسبه کنید.
- ۲- η_{red} را بر حسب C غلظت ماده حل شونده بر حسب گرم پلی استیرن در ۱۰۰ ml از حلال رسم کنید (بهترین خط راست) و ویسکوزیته ذاتی $[\eta]$ را از عرض از مبدا به دست آورید.
- ۳- با استفاده از رابطه ویسکوزیته ذاتی و جرم مولی ماکرو مولکول، جرم مولی متوسط پلی استیرن را محاسبه کنید.

فشار بخار و گرمای تبخیر مایعات

وسایل و مواد

دستگاه رمزی یانگ که شامل یک بالن با دو بازوی جانبی و حجم در حدود ۵۰۰-۲۵۰ ml، قیف چکاننده، ۲ عدد دماسنج، حمام آب، چراغ گاز، تله یخ و نمک، تله فشار، مانومتر انتها باز، پمپ خلاء و مایع مجهول

روش تجربی

دستگاه رمزی یانگ را سوار کنید. اتصال‌های دستگاه را در صورت لزوم برای جلوگیری از نشتی به طور یکنواخت با گریس سیلیکون آغشته کنید.

قبل و بعد از آزمایش دما و فشار آزمایشگاه را یادداشت کنید. در قیف مایع مورد آزمایش را بریزید. تله یخ و نمک را از یخ و نمک پر کنید. شیر اتصال پمپ به سیستم را بسته و پمپ را روشن کنید و سپس شیر را باز نموده تا خلاء لازم ایجاد شود. پس از بستن شیر اتصال پمپ به سیستم اگر سطح جیوه در مانومتر پایین بیاید نشان دهنده وجود منفذی در دستگاه است که باید پیدا و برطرف شود. پمپ را خاموش کنید و شیرقیف را به آرامی باز نمایید تا قطره های چکیده شده از پنبه نوک دماسنج به داخل بالن در هر دقیقه ۴ تا ۵ قطره باشد. حمام آب را گرم کنید تا قطره های مایع در داخل بالن تبخیر شوند. اختلاف دمای حمام آب و دماسنج داخل بالن نباید بیش از ۲۰ درجه باشد. در این موقع چراغ گاز را از زیر آب برداشته و هنگامی که حدود یک دقیقه دمای دماسنج داخل بالن ثابت ماند دمای آن و اختلاف ارتفاع ستون جیوه در دو لوله مانومتر را همزمان یادداشت کنید. شیر اتصال پمپ را به طرف محیط باز کنید تا ارتفاع جیوه در لوله سمت راست مانومتر حدود ۵ سانتیمتر کم شود. به روش بالا پس از گرم کردن آب و رسیدن به تعادل، دمای جوش و اختلاف ارتفاع ستون جیوه در دو لوله مانومتر را یادداشت کنید. این عمل را آنقدر ادامه دهید تا اختلاف ارتفاع ستون جیوه در دو لوله مانومتر صفر شود یعنی فشار داخل سیستم برابر فشار آزمایشگاه شود.

محاسبات و سئوالات

۱- فشار بخار مایع را از اختلاف فشار هوا در آزمایشگاه و فشار داده شده به وسیله مانومتر در دماهای مختلف بر حسب سانتیمتر جیوه محاسبه کنید.

- ۲- منحنی P را بر حسب دما رسم کنید (بهترین منحنی).
- ۳- منحنی $\ln P$ را بر حسب عکس دمای مطلق رسم کنید (بهترین خط راست) و نقطه جوش نرمال را به دست آورید.
- ۴- آنتالپی مولی تبخیر $\Delta_{\text{vap}}H_m$ را از شیب نمودار به دست آورید و با مقدار موجود در منابع مقایسه و در صد خطا را محاسبه کنید.
- ۵- آنتروپی مولی تبخیر $\Delta_{\text{vap}}S_m$ را در نقطه جوش نرمال محاسبه کنید.
- ۶- علت پوشاندن تله با یخ و نمک چیست و این عمل چه تاثیری در مانومتر دارد؟
- ۷- علت بالا نگهداشتن دمای حمام به اندازه 18°C تا 20°C در روش رمزی یانگ چیست.
- ۸- فشار بخار مایعی با وزن مولکولی ۱۸ در 90°C برابر با $0/69$ اتمسفر و گرمای تبخیر آن برابر 542 cal g^{-1} می باشد. فشار بخار این مایع را در 100°C محاسبه کنید.
- ۹- معادله (۱۶-۱۰) با فرض اینکه آنتالپی مولی تبخیر مستقل از دما باشد به دست آمده است. اگر محدوده دما زیاد باشد، یا اندازه گیری های فشار بخار خیلی دقیق باشد و یا ΔC_p سیستم زیاد باشد باید بستگی آنتالپی مولی تبخیر را به دما در نظر گرفت. معادله ای را برای محاسبه آنتالپی تبخیر بدون در نظر گرفتن این فرض به دست آورید.

ثابت تفکیک اسید ضعیف

وسایل و مواد

دستگاه pH سنج، الکترودهای شیشه و کالومل، بورت ۲۵ ml، ۲ عدد بالن حجم سنجی ۱۰۰ ml، بشر ۲۵۰ ml، ارلن مایر ۱۰۰ ml، همزن مغناطیسی، میله همزن مغناطیسی، پیپت ۵۰ ml و ۱۰ ml، محلول‌های بافر ۴ و ۷، فنل فتالئین، استیک اسید ۰/۱ M و سدیم هیدروکسید ۰/۱ M

روش تجربی

قبل از شروع آزمایش با کمک مسئول آزمایشگاه با طرز کار pH سنج موجود در آزمایشگاه آشنا شوید. دستگاه pH سنج را با محلول‌های بافر موجود در آزمایشگاه تنظیم کنید. ۱۰۰ ml استیک اسید ۰/۱ M و ۱۰۰ ml سدیم هیدروکسید ۰/۱ M را تهیه کنید. در یک بشر ۲۵۰ ml تمیز و خشک، ۵۰ ml استیک اسید ۰/۱ M بریزید و یک میله مغناطیسی را داخل بشر بگذارید و چند قطره فنل فتالئین در آن بریزید. بشر را روی همزن مغناطیسی قرار دهید. بورت را از سود ۰/۱ M که فاکتور آن را تعیین کرده‌اید پر نمایید و در بالای بشر قرار دهید به طوری که قطره‌های سود به داخل بشر ریخته شود. الکترودها را پس از شستن با آب مقطر و خشک کردن داخل محلول استیک اسید قرار دهید. همزن را روشن کنید تا محلول پیوسته و به آرامی همزده شود و pH محلول را بخوانید. دقت نمایید که میله مغناطیسی به الکترودها نخورد و آنها را نشکند. محلول سود را به محلول اسید اضافه کنید. سود اضافه شده در مراحل اولیه ۱-۲ ml می‌باشد که پس از هر بار ریختن حجم دقیق سود اضافه شده و pH محلول را یادداشت کنید. از pH در حدود ۱۰/۵ - ۶ مقادیر سود اضافه شده باید ۰/۱ ml باشد. پس از آنکه pH به حدود ۱۰/۵ رسید، دوباره هر بار ۱-۲ ml سود به محلول اضافه کنید و pH را یادداشت کنید. اضافه کردن سود را آنقدر ادامه دهید تا تغییر مشاهده شده در pH کم گردد. پس از انجام آزمایش الکترودها را از بشر در آورید و با آب مقطر شسته و سرجایش بگذارید.

محاسبات و سئوالات

- ۱- منحنی pH را بر حسب میلی لیتر سود اضافه شده (V) رسم کنید.
- ۲- منحنی $\Delta pH / \Delta V$ را بر حسب میلی لیتر سود اضافه شده (V) رسم کنید.

۳- نقطه اکی‌والان را در هر یک از منحنی‌های بالا نشان دهید. تفاوت دو منحنی بالا در چیست.

۴- pK_a و ثابت تفکیک استیک اسید را به دست آورید و با مقدار موجود در منابع مقایسه و درصد خطا را محاسبه کنید.

۵- قدرت یونی I_m محلولی که شامل 0.001 mol MgSO_4 ، 0.005 mol MgCl_2 ، 0.010 mol KCl و $100 \text{ g H}_2\text{O}$ است را محاسبه کنید.

۶- در صورتی که از تفکیک استیک اسید صرفه نظر کنیم، نشان دهید که قدرت یونی محلول $I = b$ ($b < a$) می‌باشد. b مولاریته سود و a مولاریته استیک اسید است.

۷- اگر $I = b$ و $A = 0.509$ در 25°C باشد، منحنی $\text{pH} - \log \frac{b}{a-b} + A\sqrt{I}$ را برحسب I رسم کنید (بهترین خط راست). از عرض از مبدا pK_a و ثابت تفکیک استیک اسید را محاسبه کنید.

هدایت الکتریکی محلول‌های الکترولیت

وسایل و مواد

دستگاه هدایت سنج با سل آن، ترموستات، ۲ عدد بالون حجم سنجی ۲۵۰ ml، ۱۰ عدد بالون حجم سنجی ml ۱۰۰، بشر ml ۴۰۰، قیف شیشه‌ای، ارلن مایر ml ۱۰۰، بورت ml ۵۰، پیپت در حجم‌های ۵، ۱۰، ۲۰ و ml ۵۰، سرب سولفات یا باریم سولفات، استیک اسید، سدیم استات یا سدیم کلرید یا کلریدریک اسید، سدیم هیدروکسید و معرف فنل فتالین

روش تجربی

قبل از شروع آزمایش با طرز کار دستگاه هدایت سنج موجود در آزمایشگاه آشنا شوید. دستگاه را با محلول پتاسیم کلرید تنظیم کنید. برای این کار سل هدایت سنج را چند بار با آب مقطر شستشو دهید. سپس، با محلول پتاسیم کلرید شسته و بعد داخل محلول گذاشته و دستگاه هدایت سنج را تنظیم کنید.

محلول اشباع سرب سولفات، با اضافه کردن ۰/۱۲۵ مول سرب سولفات در ۲۵۰ میلی لیتر آب تهیه کنید. این محلول را تا نقطه جوش به مدت چند دقیقه حرارت دهید و سپس بگذارید تا سرد شود. در موقع سرد شدن گاهی آن را تکان دهید. وقتی به اندازه کافی سرد شد، آن را در ترموستات در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد به مدت دو ساعت بگذارید و در این مدت هر ۱۵ دقیقه یکبار، آن را تکان دهید. بعد از اینکه محلول به حالت تعادل رسید، هدایت آن را اندازه‌گیری کنید.

۲۵۰ ml محلول ۰/۱ مولار از هر یک از مواد زیر را تهیه کنید: استیک اسید، سدیم استات، سدیم کلرید و کلریدریک اسید. محلول‌ها را استاندارد کنید. از هر یک از محلول‌های بالا ۱۰۰ ml محلول‌هایی با غلظت‌های ۰/۰۵، ۰/۰۲، ۰/۰۱، ۰/۰۰۵ و ۰/۰۰۲۵ مولار تهیه کنید. هدایت مخصوص این محلول‌ها و همچنین آب مقطر که برای تهیه محلول‌ها استفاده شده را در دمای آزمایشگاه به دقت اندازه‌گیری کنید.

محاسبات و سئوالات

۱- هدایت مخصوص آب خالص را از هدایت مخصوص محلول‌ها کم و K یون‌ها را محاسبه کنید.

۲- مقدار Λ_m و $C^{1/2}$ را برای هر محلول محاسبه کنید.

۳- Λ_m را بر حسب $C^{1/2}$ برای الکترولیت قوی و ضعیف رسم کرده و مقدار Λ_m^∞ الکترولیت قوی را بدست آورید و با مقدار داده شده در منابع علمی مقایسه و در صد خطا را محاسبه کنید.

۴- $\frac{1}{\Lambda_m}$ بر حسب $C\Lambda_m$ برای الکترولیت ضعیف رسم کرده و مقادیر Λ_m^∞ الکترولیت ضعیف و K_a را بدست

آورید و با مقادیر داده شده در منابع علمی مقایسه و در صد خطا را محاسبه کنید.

۵- α را برای ۶ محلول استیک اسید محاسبه کنید و بر روی مقادیر آن‌ها بحث کنید.

۶- مولاریته سرب سولفات حل شده را به دست آورید و K_{SP} آن را محاسبه کنید و با مقدار داده شده در منابع علمی مقایسه و در صد خطا را محاسبه کنید.

۷- تعیین K_{SP} یک نمک از روش هدایت سنجی به چه شرطی قابل اجرا است؟

۸- مقاومت یک محلول اشباع نقره کلرید در ۲۵ درجه سانتیگراد، ۶۷۹۵۳ اهم می‌باشد. چنانچه، ثابت سل cm^{-1}

۰/۱۸۰۲ و مقاومت آب در این دما ۲۱۲۱۸۰ باشد، حلالیت و حاصلضرب حلالیت نقره کلرید را محاسبه کنید.

تعیین عدد انتقال به روش مرز متحرک

وسایل و مواد

منبع تغذیه یا منبع تولید کننده جریان مستقیم (Power Supply)، لوله موئی شیشه‌ای، الکترودهای مس و نقره- نقره کلرید یا پلاتین، زمان سنج، ۳ عدد بالن حجم سنجی ۱۰۰ ml، پیپت ۱۰ ml، کلریدریک اسید، سدیم هیدروکسید، معرف متیل اورانژ

روش تجربی

۱۰۰ ml محلول‌هایی از کلریدریک اسید و سدیم هیدروکسید ۰/۱ M را از محلول ۱ M موجود در آزمایشگاه تهیه نمایید. سود را با یک محلول اسید استاندارد (KHP) تیتیر کنید تا غلظت دقیق آن به دست آید. محلول کلریدریک اسید ۰/۱ M را با سود استاندارد شده تیتیر کنید تا مولاریته دقیق آن به دست آید. ۱۰۰ ml محلولی از کلریدریک اسید ۰/۱ M را از محلول ۱ M موجود در آزمایشگاه تهیه کنید ولی قبل از به حجم رساندن حدود ۵ ml محلول متیل اورانژ به آن اضافه کنید. معرف را تا میزانی که تشخیص رنگ میسر گردید، باید مصرف نمود. همچنین برای جلوگیری از بین رفتن رنگ معرف باید معرف را درست لحظه‌ای قبل از آزمایش به محلول اضافه نمود.

لوله موئی شیشه‌ای، پیپت ۵ ml است که به فاصله‌های ۰/۰۵ ml مدرج می‌باشد. این لوله را با محلول کرومیک اسید بشوئید و سپس چند مرتبه با آب مقطر و دو مرتبه با کلریدریک اسید ۰/۱ M محتوی معرف متیل اورانژ شستشو دهید. شستشوی لوله موئی را توسط یک میله چوبی یا شیشه‌ای انجام دهید و هر گونه قطره و اثری را باید از انتهای لوله حذف کنید.

دستگاه منبع تغذیه را روشن کنید و پیچ آن را روی Stand by قرار دهید. الکترودها را با کاغذ سمباده تمیز و با کلریدریک اسید ۰/۱ M محتوی معرف متیل اورانژ شستشو دهید. الکترودها را در پایین لوله مدرج قرار داده و لوله را با کلریدریک اسید ۰/۱ M محتوی معرف متیل اورانژ پر کنید. لوله مدرج را به طور عمودی قرار دهید و الکترودها نقره- نقره کلرید یا پلاتین را در بالای آن بگذارید. برای انتقال حرارتی که در لوله در اثر عبور جریان الکتریکی حاصل می‌شود از حمام آب استفاده کنید. الکترودها نقره یا پلاتین را به قطب منفی و الکترودها مس را به

قطب مثبت منبع تغذیه وصل کنید و پیچ دستگاه را روی ON قرار دهید. عقربه پیچ **DC Out put** را روی ۱۰ میلی آمپر تنظیم کنید. پس از تشکیل فصل مشترک نقطه‌ای را به عنوان شروع انتخاب کرده و زمان سنج را روشن کنید. هر بار پس از طی 0.05 ml زمان را بخوانید (زمان سنج نباید خاموش شود). در طول آزمایش جریان تغییر خواهد کرد که باید به وسیله پیچ **DC Out put** جریان را روی **10 mA** ثابت نگه دارید.

محاسبات و سئوالات

۱- V را بر حسب t رسم کنید (بهترین خط راست) و شیب خط را محاسبه کنید.

۲- عدد انتقال یون هیدروژن و یون کلر را از معادله موجود محاسبه کنید.

۳- هدایت مخصوص کلریدریک اسید 0.1 M در 25°C ، $0.3913 \text{ ohm}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ است. در مورد هدایت مخصوص محلولی که غلظت آن اختلاف جزئی با محلول فوق دارد، می‌توان با فرض تناسب مستقیم هدایت الکتریکی با غلظت، هدایت مخصوص را محاسبه نمود. موبیلیته یون هیدروژن و یون کلر را با استفاده از معادله‌های موجود به دست آورید. عدد انتقال و موبیلیته یون هیدروژن و یون کلر را با مقادیر موجود در منابع مقایسه و در صد خطا را محاسبه کنید.

دیاگرام فاز سیستم دو جزئی

وسایل و مواد

حمام آب، ۲ عدد دماسنج، پیپت ۱۰ ml، لوله آزمایش، لوله شیشه‌ای با قطر بزرگتر از لوله آزمایش یا یک بشر برای قرار دادن لوله آزمایش، همزن، فنل و آب یا هر ماده دیگر

روش تجربی

۱/۵ گرم فنل را در لوله آزمایش بریزید، به طوری که فنل به جداره لوله نچسبد. سپس با پیپت ۱ ml آب مقطر به آن بیفزایید. دماسنج را داخل لوله قرار دهید و در حمام آب گرم بگذارید (دمای حدود 70°C). مخلوط را با دماسنج به هم بزنید تا یک فاز تشکیل شود (محلول داخل لوله شفاف شود). لوله را از حمام آب بیرون آورید و سطح خارجی آن را خشک کنید و در لوله شیشه‌ای قرار دهید. محلول را با دماسنج به طور یکنواخت به هم بزنید و به محض کدر شدن دمای آن را یادداشت کنید. اگر در خواندن دما اشتباه کردید، آزمایش را تکرار کنید. طبق جدول زیر آب مقطر بیفزایید و آزمایش را تکرار کنید.

شماره آزمایش	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
آب(ml)	۱	۱/۵	۲	۲/۵	۳	۳/۵	۴/۵	۶	۸/۵	۱۱	۱۳/۵	۱۶/۵

محاسبات و سئوالات

- ۱- در صد وزنی آب را محاسبه کنید.
- ۲- دیاگرام حلالیت سیستم آب و فنل را بر حسب دما و درصد وزنی رسم کنید (بهترین منحنی).
- ۳- غلظت بحرانی و دمای بحرانی بالایی محلول را به دست آورید و با مقدار موجود در منابع مقایسه و در صد خطا را محاسبه کنید.
- ۴- نمونه‌ای از ۵ g فنل و ۵ g آب در دمای 50°C تهیه شده است. ترکیب فازها چیست؟ وزن هر یک از فازها چقدر است.
- ۵- اثر وجود ناخالصی را بر روی دمای بحرانی بالایی محلول توضیح دهید.

دیاگرام فاز سیستم مایع سه جزئی

وسایل و مواد

۱۵ عدد ارلن مایر ۱۰۰ ml، ۵ عدد بورت ۵۰ ml، ۴ عدد قیف جدا کننده ۱۲۵ ml، بالن حجم سنجی ۲۵۰ ml و ۱۰۰ ml و استوانه مدرج ۱۰ ml، چوب پنبه لاستیکی، استیک اسید گلاسیال، تولوئن، آب مقطر، سدیم هیدروکسید ۱M و ۰/۱ M و فنل فتالئین

روش تجربی

مخلوط‌هایی از تولوئن و آب که دارای درصد حجمی ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰، ۹۰ و ۹۵ درصد از آب باشند را در ارلن‌های تمیز و خشک تهیه کنید. حجم کلی هر مخلوط باید ۱۰ میلی لیتر باشد. این مخلوط‌ها را می‌توان با محاسبه تعداد میلی‌لیترهای لازم مربوط به هر جزء و ریختن آنها به وسیله بورت تهیه کرد. لزومی ندارد ترکیب محلول‌ها دقیق باشد ولی باید ترکیب مخلوط‌ها دقیقاً محاسبه گردد. این مخلوط‌ها دو لایه تشکیل می‌دهند (لایه آب در پایین و تولوئن در بالا) و وقتی که آنها را تکان دهید، مخلوط کدری به دست می‌آید که بلافاصله پس از پایان تکان دادن تبدیل به دو فاز اولیه می‌گردد. این محلول‌ها را با استیک اسید تیترا کنید تا موقعی که کدری حاصل از تکان دادن از بین برود و محلول یک فاز گردد. حجم استیک اسید مصرف شده را برای هر محلول یادداشت کنید. باید دقت کرد که اسید بیشتر از اندازه اضافه نشود و اگر این امر اتفاق افتاد به محلول مقدار کمی آب یا تولوئن اضافه کنید تا کدری مجدداً حاصل شود و سپس دوباره آن را به دقت با استیک اسید تیترا کنید. برای تعیین خطوط رابط مخلوط‌های زیر را با استفاده از بورت در قیف‌های جدا کننده تمیز و خشک تهیه کنید.

شماره محلول	استیک اسید (ml)	آب (ml)	تولوئن (ml)
۱	۳	۱۳/۵	۱۳/۵
۲	۶	۱۰/۵	۱۳/۵
۳	۹	۷/۵	۱۳/۵
۴	۱۲	۴/۵	۱۳/۵

هر کدام از محلول‌ها را در حدود ۳ دقیقه در قیف تکان دهید. دو لایه تشکیل خواهد شد که لایه آب در پایین و تولوئن در بالا است. بعد از هم زدن اجازه دهید که دو فاز به طور کامل از یکدیگر جدا شوند. ۱۰۰ ml سدیم هیدروکسید ۰/۱ M را تهیه کنید. یک ارلن تمیز و خشک را روی ترازو قرار دهید و آن را وزن کنید. قیف جدا کننده را بالای ارلن قرار داده و حدود ۵ g از فاز آبی را در ارلن بریزد و وزن دقیق ارلن و محلول را یادداشت کنید. فاز آبی را با سدیم هیدروکسید استاندارد ۱ M تیترا کنید و حجم سود مصرفی را یادداشت کنید. به همین روش از فاز تولوئنی ۵ g را در ارلن بریزید و مانند فاز آبی آن را با سدیم هیدروکسید استاندارد ۰/۱ M تیترا کنید (در هنگام تیتراسیون ارلن را شدید تکان دهید). این اعمال را برای سه محلول دیگر تکرار کنید.

محاسبات و سئوالات

۱- با استفاده از دانسیته آب، تولوئن و استیک اسید، درصد وزنی آنها را در هر یک از مخلوط‌های قسمت اول محاسبه کنید.

۲- منحنی حلالیت سیستم آب-تولوئن-استیک اسید را بر حسب درصد وزنی روی نمودار مثلثی رسم کنید.

۳- درصد وزنی هر جزء را در مخلوط‌های قسمت دوم محاسبه کنید و در روی دیاگرام حلالیت مشخص کنید. نقاط در زیر منحنی حلالیت قرار می‌گیرند.

۴- با استفاده از حجم سود مصرفی، درصد وزنی استیک اسید را در هر فاز محاسبه کنید.

۵- برای رسم خطوط رابط، درصد وزنی استیک اسید در لایه آبی را در آن قسمتی از منحنی که آب بیشتر است و درصد وزنی استیک اسید در لایه تولوئنی را در آن قسمتی از منحنی که تولوئن بیشتر است مشخص کنید. نقاطی را که مربوط به یک محلول هستند به وسیله خط راستی به یکدیگر وصل کنید. این خط باید از نقطه ای که ترکیب کلی مخلوط مختلف را نشان می‌دهد، بگذرد.

۶- خطوط رابط را ادامه دهید تا در یک نقطه یکدیگر را قطع کنند و از آن نقطه یک خط مماس بر منحنی حلالیت رسم کنید. این خط مماس منحنی را در یک نقطه به نام نقطه بحرانی یا *plait* را قطع می‌کند. ترکیب نقطه *plait* را محاسبه کنید و با مقدار داده شده در منابع علمی مقایسه و درصد خطا را محاسبه کنید.

جذب سطحی

وسایل و مواد

۱۴ عدد ارلن مایر ۱۵۰ ml، ۷ عدد بالن حجم سنجی ۲۵۰ ml، ۶ عدد قیف، بورت ۵۰ ml، پیپت ۱۰ ml، ۲۵ ml و ۱۰۰ ml، کاغذ صافی، ۶ عدد چوب پنبه، کربن فعال، استیک اسید، سدیم هیدروکسید، معرف فنل فتالین

روش تجربی

۱/۵ گرم کربن فعال را در ۶ ارلن مایر تمیز و خشک وزن کنید. محلول‌هایی از استیک اسید به غلظت‌های ۰/۵۰، ۰/۲۵، ۰/۱۲۵، ۰/۰۶۲۵، ۰/۰۳۱۲۵ و ۰/۰۱۵۶۲ M (با رقیق کردن ۱۲۵ ml از یک محلول تا ۲۵۰ ml برای محلول بعدی) را تهیه کنید. محلول استیک اسید ۰/۵۰ M را از محلول ۱ M موجود در آزمایشگاه تهیه نمایید. ۱۰۰ ml از هر محلول استیک اسید را در هر ارلن حاوی کربن فعال بریزید. درب آنها را با چوب پنبه ببندید و به مدت یک ساعت در مجاورت یکدیگر (اسید و کربن فعال) قرار دهید. در این مدت گاهگاهی آنها را تکان دهید. آزمایش در دمای آزمایشگاه انجام می‌گیرد. در صورت ثابت نبودن دمای آزمایشگاه و برای دقت بیشتر لازم است که ارلن‌ها در ترموستات قرار داده شوند. در این مدت یک ساعت، ۲۵۰ ml محلول سدیم هیدروکسید ۰/۱ M را از محلول ۱ M موجود در آزمایشگاه تهیه نمایید. سود را با یک محلول اسید استاندارد (KHP) تیترا کنید تا غلظت دقیق آن به دست آید. محلول ۰/۵۰ M استیک اسید باقیمانده را با سود استاندارد شده تیترا کنید تا مولاریته دقیق هر یک از محلول‌های استیک اسید به دست آید. سپس ۶ ارلن دیگر و ۶ قیف تمیز و خشک آماده کنید. برای تعیین غلظت تعادلی استیک اسید، محلول‌ها را با استفاده از قیف و کاغذ صافی خشک و کوچک صاف نمایید. در حدود ۵ ml اول از محلول زیر صافی را دور بریزید. از چهار نمونه اول ۱۰ ml و از دو نمونه آخر ۲۰ ml از محلول صاف شده را با محلول سود استاندارد شده تیترا کنید.

محاسبات و سئوالات

۱- غلظت ابتدایی استیک اسید (C_0) و غلظت تعادلی استیک اسید (C_e) را محاسبه کنید.

۲- مقدار گرم اسید جذب شده (X) و مقدار گرم اسید جذب شده به ازای هر گرم ماده جاذب (X/m) را محاسبه کنید.

۳- منحنی $\frac{X}{m}$ را بر حسب C_e رسم کنید (بهترین منحنی).

۴- منحنی $\log \frac{X}{m}$ را بر حسب $\log C_e$ رسم کنید (بهترین خط راست). ثابت K را از عرض از مبدا و ثابت n را

از شیب خط به دست آورید (ایزوترم جذبی فرنلیچ $(\frac{X}{m} = K C_e^n)$). مقدار n را با مقدار موجود در منابع مقایسه و در صد خطا را محاسبه کنید.

۵- درستی ایزوترم جذبی لانگمویر را در مورد جذب سطحی استیک اسید بر روی کربن فعال نشان دهید. ثابت‌های موجود در ایزوترم جذبی لانگمویر را از شیب و عرض از مبدا خط محاسبه کنید.

۶- سطح ویژه جاذب (کربن فعال) را با توجه به اینکه سطح مقطع عرضی استیک اسید در حدود $21 \times 10^{-20} \text{ m}^2$ است، محاسبه کنید.

سینتیک شیمیایی - هیدرولیز متیل استات

وسایل و مواد

ترموستات برای دماهای ثابت 25°C و 35°C ، ۲ عدد ارلن مایر ml ۲۵۰، ۵ عدد ارلن مایر ml ۱۲۵، بورت ۵۰ ml، پیپت ml ۱۰۰، پیپت ml ۵، زمان سنج، لوله آزمایش، متیل استات، سدیم هیدروکسید، کلریدریک اسید M ۱، آب مقطر و یخ

روش تجربی

ترموستات را در دمای 25°C تنظیم کنید. دو ارلن مایر ml ۲۵۰ تمیز و خشک و یک لوله آزمایش تمیز و خشک را در ترموستات قرار دهید. در یکی از ارلن‌ها حدود ml ۱۲۵ کلریدریک اسید M ۱ و در لوله آزمایش حدود ml ۶ متیل استات بریزید. ml ۵۰۰ محلول سدیم هیدروکسید M ۰/۲ را از محلول M ۱ موجود در آزمایشگاه تهیه کنید. سود را با یک محلول اسید استاندارد (KHP) تیتتر کنید تا غلظت دقیق آن به دست آید. بعد از برقراری تعادل حرارتی (۱۰ تا ۱۵ دقیقه) به وسیله پیپت دقیقاً ml ۱۰۰ از ml ۱۲۵ کلریدریک اسید M ۱ را برداشته و در ارلن مایر خالی در ترموستات بریزید. بعد از برقراری مجدد تعادل حرارتی (۵ دقیقه) به وسیله پیپت و به طور دقیق ml ۵ از متیل استات موجود در لوله آزمایش را برداشته و داخل ارلن محتوی ml ۱۰۰ اسید ریخته و پس از خالی شدن ml ۲/۵ از آن، زمان سنج را روشن کنید (تا آخر آزمایش زمان سنج نباید خاموش شود). پس از ریختن تمام ml ۵ متیل استات، مخلوط اسید و متیل استات را با یک همزن خوب بهم بزنید تا آنکه اسید و متیل استات کاملاً مخلوط شوند. در حین انجام این مراحل حمام یخ درست کنید و چند ارلن ml ۱۲۵ در داخل حمام یخ قرار دهید. ml ۵۰ آب مقطر در ارلن‌های داخل حمام یخ بریزید. ml ۵ از مخلوط اسید و متیل استات را به وسیله پیپت برداشته و داخل ارلن آب سرد بریزید. پس از خالی شدن ml ۲/۵ از آن، زمان را از روی زمان سنج بخوانید و فوراً آن را با سود استاندارد M ۰/۲ تیتتر کنید. حجم سود مصرفی را یادداشت کنید. همین عمل را در فواصل زمانی حدود ۱۰ دقیقه شش بار و پس از آن در فواصل زمانی حدود ۲۰ دقیقه سه بار تکرار کنید. زمان دقیق هر نمونه را پس از ریختن ml ۲/۵ از نمونه در آب سرد به وسیله زمان سنج بخوانید. آزمایش را در 35°C تکرار نموده ولی چهار نمونه در فواصل زمانی حدود ۵ دقیقه و چهار نمونه در فواصل زمانی ۱۰ دقیقه و چند نمونه آخری را هر ۲۰

دقیقه بردارید. در فرصت مناسب فاکتور کلریدریک اسید 1 M را به وسیله تیتراسیون 5 ml از آن با سود استاندارد 0.2 M به دست آورید.

محاسبات و سئوالات

۱- حجم سود لازم برای تیتراژ کردن 5 ml از نمونه با فرض کامل بودن هیدرولیز (V_T) را از معادله زیر در دماهای 25°C و 35°C محاسبه کنید.

$$V_T = V_X \frac{100}{V_S} + \frac{1000}{M} \frac{25\rho_2}{M_2 V_S}$$

که V_X حجم سود لازم برای خنثی کردن 5 ml کلریدریک اسید 1 M ، V_S حجم کل محلول 100 ml کلریدریک اسید 1 M و 5 ml متیل استات است که در 25°C بجای 10.5 ml برابر $10.4/6\text{ ml}$ می باشد، M مولاریته سود، ρ_2 دانسیته متیل استات است که در 25°C برابر 0.9273 g ml^{-1} و در 35°C برابر 0.9141 g ml^{-1} می باشد و M_2 وزن مولکولی متیل استات و برابر 74.08 g mol^{-1} می باشد.

۲- $(V_T - V_t)$ و $\log(V_T - V_t)$ را برای هر دو دما محاسبه کنید.

۳- $\log(V_T - V_t)$ را بر حسب t رسم کنید (بهترین خط راست) و ثابت سرعت واکنش در دو دما را از شیب دو خط محاسبه کنید. مقدار k را می توان به روش واکنش های درجه اول تعیین کرد.

۴- با استفاده از ثابت سرعت واکنش در دو دما و معادله موجود مقدار انرژی فعال سازی را محاسبه کنید و با مقدار داده شده در منابع مقایسه و در صد خطا را محاسبه کنید.