



دانشگاه صنعتی شریف

دانشکده شیمی

دستور کار

آزمایشگاه شیمی فیزیک ۲ (شیمی)

تألیف: دکتر شهربانو رحمان ستایش

۱۳۹۳

## اثر دما روی حلالیت جامدها

### وسایل و مواد

بالن حجم سنجی ml ۱۰۰، دو بشر ml ۵۰۰ و ml ۲۵۰، ۶ ارلن ml ۱۰۰، بورت ml ۵۰، پیپت ml ۱۵، دماسنج، همزن شیشه ای، بنزوئیک اسید، سود، فنل فتالئین، پنبه یا پشم شیشه.

### روش تجربی

حدود دو گرم بنزوئیک اسید را وزن کنید و در ml ۲۰۰ آب مقطر که تا ۶۰ درجه سانتیگراد گرم شده باشد، حل کنید. محلول اشباع را هم بزنید تا تعادل برقرار گردد. ظرف حامل اسید را داخل بشر ml ۵۰۰ که دارای آب ۶۰ درجه سانتیگراد است، قرار دهید. دمای آب را در حالیکه محلول را هم می زنید، به تدریج پائین آورید (۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰). پس از ثابت شدن دمای محلول و برقراری تعادل در آن دما، ml ۱۵ از محلول بنزوئیک اسید را به وسیله پیپت برداشته و در ارلن ml ۱۰۰ که قبلاً وزن شده است، بریزید و وزن کنید. ml ۱۰۰ محلول سدیم هیدروکسید M ۰/۱ را از محلول M ۱ موجود در آزمایشگاه تهیه نمایید. سود را با یک محلول اسید استاندارد (KHP) تیترو کنید تا غلظت دقیق آن به دست آید. نمونه ها را با سود M ۰/۱ تیترو کنید. برای جلوگیری از ورود بنزوئیک اسید جامد، مقدار کمی از پشم شیشه را داخل لوله کوچکی بگذارید و نوک پیپت را در این لوله قرار دهید.

### محاسبات و سئوالات

- ۱- مولاریته و مولالیته هر یک از نمونه ها را محاسبه کنید.
- ۲- مقدار بنزوئیک اسید را بر حسب گرم در لیتر به دست آورید.
- ۳- حلالیت بنزوئیک اسید را در ۱۰۰ گرم از محلول در دماهای مختلف محاسبه کنید.
- ۴- منحنی حلالیت بنزوئیک اسید را در ۱۰۰ گرم از آب بر حسب دما رسم کنید.
- ۵- منحنی لگاریتم حلالیت بنزوئیک اسید را در ۱۰۰ گرم از آب بر حسب عکس دمای مطلق رسم کنید (بهترین خط راست).
- ۶-  $\Delta_{fus} H$  را از شیب خط محاسبه کنید و با مقدار موجود در منابع مقایسه کنید.
- ۷- نوع گرمای انحلال به دست آمده را توضیح دهید.

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

$$\frac{d\bar{Q}_2}{d\bar{Q}_1} = -\frac{X_1}{X_2}$$

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

## 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 فتالین

### 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.

## 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 ml ۱۰۰ محلول‌هایی با غلظت‌های ۰/۰۵، ۰/۰۲، ۰/۰۱ و ۰/۰۰۵ 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  $\Lambda_m$  و  $C^{1/2}$  را برای هر محلول محاسبه کنید.

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

۴- بر حسب  $C\Lambda_m$  برای الکترولیت ضعیف رسم کرده و مقادیر  $\Lambda_m^\infty$  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-  $\alpha$  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 می باشد. چنانچه، ثابت سل  $\text{cm}^{-1}$

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) تیترا کنید تا غلظت دقیق آن به دست آید. محلول کلریدریک اسید ۰/۱ M را با سود استاندارد شده تیترا 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 بشوید 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 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  $0.5 \text{ ml}$  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  $10 \text{ mA}$  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  $0.1 \text{ M}$  در  $25^\circ \text{C}$ ،  $0.3913 \text{ ohm}^{-1} \text{ cm}^{-1}$  است. در مورد هدایت مخصوص محلولی که غلظت آن اختلاف جزئی با محلول فوق دارد، می توان با فرض تناسب مستقیم هدایت الکتریکی با غلظت، هدایت مخصوص را محاسبه نمود. موبیلیته یون هیدروژن و یون کلر را با استفاده از معادله های موجود به دست آورید.

۴- عدد انتقال و موبیلیته یون هیدروژن و یون کلر را با مقادیر موجود در منابع مقایسه و در صد خطا را محاسبه کنید.

## ترمودینامیک پیل‌های شیمیایی

### وسایل و مواد

ولت‌متر، ترموستات، الکتروود پلاتین، دماسنج، بشر ۱L، بشر ۵۰۰ ml، جیوه، روی سولفات، فلز روی، سولفوریک اسید، نیتریک اسید، جیوه (I) نترات،

### روش تجربی

#### ۱- الکتروود کاتد

جیوه سولفات را باید تازه تهیه نمود. ۵۰ ml سولفوریک اسید غلیظ را آهسته به ۲۵۰ ml آب مقطر که در یک بشر یک لیتری قرار دارد، اضافه کنید و ضمن اضافه کردن محلول را باید مرتباً تکان داد.

۴۰ ml نیتریک اسید غلیظ را به ۱۶۰ ml آب مقطر که در یک بشر ۵۰۰ ml قرار دارد، به آهستگی اضافه کنید.

۳۲ g گرم جیوه (I) نترات به اسید اضافه کنید و بهم بزینید تا کاملاً حل شود. به آهستگی قطره قطره محلول محتوی جیوه (I) نترات را به محلول سولفوریک اسید اضافه کنید و محلول را به وسیله همزن مغناطیسی بهم بزینید. بعد از خاتمه عمل رسوب ته نشین شده و محلول بالای آن را جدا کرده و رسوب را دو مرتبه با سولفوریک اسید ۰/۰۵ M شسته و بعداً هم دو مرتبه با ۱۰۰ ml محلول اشباع شده روی سولفات شستشو دهید. جیوه (I) سولفات را در یک هاون چینی ریخته و ۲ ml جیوه به آن اضافه کنید و با دسته هاون به مدت ۱۰ دقیقه این دو را مخلوط کنید. ملغمه حاصل را باید در یک شیشه قهوه‌ای که دارای در شیشه‌ای است نگهداری کرد و قبل از استفاده مجدد آن باید شیشه را تکان داد.

#### ۲- الکتروود آند

ملغمه‌ای از روی و جیوه که غلظت روی در جیوه در حدود ۱۰ درصد باشد باید تهیه نمود. ۲۰ گرم جیوه و ۲ گرم روی را در یک لوله آزمایش ریخته و در لوله را با چوب پنبه لاستیکی بسته و به مدت ۱۵ دقیقه به شدت تکان دهید تا ملغمه تولید شود. ملغمه حاصل را در ظرف آند بریزید و الکتروود پلاتین را در آن وارد کنید.

#### ۳- الکتروولیت

در یک بشر که محتوی ۱۰۰ ml آب مقطر است مقدار زیادی از روی سولفات بریزید و به وسیله همزن مغناطیسی بهم زنید. بعد از خاتمه عمل مایع بالای جامد را جدا کرده و در پیل بریزید.

پیل کلارک را در ترموستات قرار داده و آن را به ولت‌متر وصل کنید. نیروی محرکه پیل را در دماهای ۵، ۱۰، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۳۹°C اندازه بگیرید ( بعد از برقراری تعادل حرارتی (۱۰ تا ۱۵ دقیقه)). در هر دما اندازه‌گیری را آنقدر تکرار کنید تا برای یک دمای معینی عدد ثابتی به دست آید. نباید دمای محلول از ۳۹ درجه سانتیگراد بالاتر برد، چون که در این دما ساختار کریستالی روی سولفات تغییر می‌کند.

### محاسبات و سئوالات

۱- نیروی محرکه پیل کلارک را بر حسب دما رسم کنید (بهترین خط راست) و  $(\frac{\partial E}{\partial T})_P$  را تعیین کنید.

۲- مقادیر  $\Delta G$  و  $\Delta S$  و  $\Delta H$  را در ۲۵°C با استفاده از معادله‌های زیر بر حسب دو واحد ژول و کالری محاسبه کرده و سپس  $\Delta H$  برگشت ناپذیر واکنش را با حالت برگشت پذیر مقایسه کنید.

$$\Delta G = -nFE$$

$$\Delta S = -\left(\frac{\partial \Delta G}{\partial T}\right)_P = nF\left(\frac{\partial E}{\partial T}\right)_P$$

$$\Delta H = \Delta G + T\Delta S = -nFE + nFT\left(\frac{\partial E}{\partial T}\right)_P$$

۳-  $\Delta H$  به دست آمده از آزمایش بالا را با  $\Delta H$  محاسبه شده از گرمای تشکیل استاندارد مقایسه و در صد خطا را محاسبه کنید.

۴- علت استفاده از ملغمه به جای فلز خالص را توضیح دهید.

۵- آیا برای تمام پیل‌ها  $(\frac{\partial E}{\partial T})_P < 0$  است. توضیح دهید.

## 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 فرنرلیچ  $(\frac{X}{m} = K C_e^n)$ ). 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 - واکنش پرسولفات و یدید

### وسایل و مواد

۴ عدد بالن حجم سنجی ml ۲۵۰، بشر ml ۱۰۰، ۵ عدد ارلن ml ۱۰۰، ۵ عدد بشر کوچک، پیت‌های ml ۱۰ و ml ۵، ترموستات، زمان سنج، آمونیوم پر سولفات، آمونیوم سولفات، سدیم تیوسولفات، پتاسیم یدید، چسب نشاسته

### روش تجربی

محلول‌های M ۰/۱ از  $(NH_4)_2S_2O_8$  و  $(NH_4)_2SO_4$  و M ۰/۰۱ از  $Na_2S_2O_3$  تهیه کنید (ml ۲۵۰ از هر کدام کافی خواهد بود). در یک بالن ml ۲۵۰، ml ۱۶۶ از محلول M ۰/۱  $(NH_4)_2SO_4$  بریزید و مقدار g ۴/۱۵ (۰/۰۲۵ mol) از جامد KI وزن کرده و در حداقل مقدار آب مقطر حل نموده و به بالن اضافه کنید و سپس با آب مقطر به حجم برسانید.

### معادله سرعت

ml ۱۰ از محلول M ۰/۱  $(NH_4)_2S_2O_8$  و چند قطره چسب نشاسته در یک بشر کوچک بریزید. در یک ارلن ml ۱۰۰ نیز ml ۱۰ محلول M ۰/۱ KI و ml ۵ محلول M ۰/۰۱  $Na_2S_2O_3$  بریزید. محتوی بشر را به ارلن اضافه کنید و بهم بزنید و سریع زمان سنج را روشن کنید. زمان ظاهر شدن رنگ آبی محلول را یادداشت کنید. آزمایش را با حجم‌های متفاوت از محلول‌های  $S_2O_8^{2-}$  و  $I^-$  ولی با قدرت یونی یکسان همان طور که در جدول زیر نشان داده است، تکرار کنید.

محلول $S_2O_8^{2-}$	محلول $(NH_4)_2SO_4$	محلول $S_2O_3^{2-}$	I <sup>-</sup> محلول (ml)
۱۰	۰	۵	۱۰
۱۰	۲	۵	۸
۱۰	۴	۵	۶
۱۰	۶	۵	۴
۸	۲	۵	۱۰
۶	۴	۵	۱۰
۴	۶	۵	۱۰

## بررسی اثر دما

۱۰ ml از محلول  $0.1 \text{ M } (\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$  و چند قطره چسب نشاسته در یک بشر کوچک بریزید. ۱۰ ml محلول  $0.1 \text{ M KI}$  و ۱۰ ml محلول  $0.01 \text{ M Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  را در یک ارلن ۱۰۰ ml بریزید. هر دو محلول را در یک ترموستات که در دمای  $25^\circ\text{C}$  تنظیم شده است برای ۱۰ دقیقه قرار دهید و سپس دمای محلول‌ها را یادداشت کنید (نه دمای ترموستات، دمای محلول‌ها، مخصوصاً برای دماهای بالاتر از دمای ترموستات متفاوت خواهد بود). محتوی بشر را به ارلن اضافه کنید و بهم بزنید و سریع زمان سنج را روشن کنید. زمان ظاهر شدن رنگ آبی محلول را یادداشت کنید. در ضمن انجام واکنش ارلن باید داخل ترموستات باشد. این آزمایش را برای ۵ دمای دیگر تا دمای  $50^\circ\text{C}$  تکرار کنید ( $25^\circ\text{C} - 50^\circ\text{C}$ ).

## بررسی اثر قدرت یونی

سرعت‌های اولیه را برای مخلوط دو واکنش زیر در دمای اتاق مقایسه کنید. در دو محلول غلظت‌ها یکسان ولی قدرت یونی محلول دوم کمتر است. محلول حاصل از اختلاط ۱۰ ml پرسولفات و ۵ ml تیوسولفات و ۱۰ ml دیدید و ۱۰ ml سولفات آمونیوم و محلول حاصل از اختلاط ۱۰ ml پرسولفات و ۵ ml تیوسولفات و ۱۰ ml دیدید و ۱۰ ml آب دیونیزه.

## محاسبات و سئوالات

- ۱- برای هر محلول، ترکیب و زمان ظاهر شدن رنگ آبی را در جدولی که تشکیل می دهید، بنویسید.
- ۲-  $m$  و  $n$ ، درجه واکنش نسبت به یون‌های پرسولفات و دیدید را محاسبه کنید.
- ۳- ثابت سرعت ( $k$ ) را محاسبه کنید.
- ۴- مقادیر انرژی فعالسازی و ضریب پیش‌نمایی را محاسبه کنید.
- ۵- نشان دهید که قدرت یونی محلول‌ها در جدول یکسان است.
- ۶- اثر افزایش قدرت یونی را بر سرعت واکنش توضیح دهید و تعیین کنید آیا مواد اولیه که کمپلکس فعال را تشکیل می دهند، هم علامت هستند.
- ۷- مکانیسمی برای واکنش پیشنهاد دهید.



## سینتیک شیمیایی - هیدرولیز متیل استات

### وسایل و مواد

ترموستات برای دماهای ثابت  $25^{\circ}\text{C}$  و  $35^{\circ}\text{C}$ ، عدد ارلن مایر  $250\text{ ml}$ ،  $5$  عدد ارلن مایر  $125\text{ ml}$ ، بورت  $50\text{ ml}$ ، پیپت  $100\text{ ml}$ ، پیپت  $5\text{ ml}$ ، زمان سنج، لوله آزمایش، متیل استات، سدیم هیدروکسید، کلریدریک اسید  $1\text{ M}$ ، آب مقطر و یخ

### روش تجربی

ترموستات را در دمای  $25^{\circ}\text{C}$  تنظیم کنید. دو ارلن مایر  $250\text{ ml}$  تمیز و خشک و یک لوله آزمایش تمیز و خشک را در ترموستات قرار دهید. در یکی از ارلن‌ها حدود  $125\text{ ml}$  کلریدریک اسید  $1\text{ M}$  و در لوله آزمایش حدود  $6\text{ ml}$  متیل استات بریزید.  $500\text{ ml}$  محلول سدیم هیدروکسید  $0.2\text{ M}$  را از محلول  $1\text{ M}$  موجود در آزمایشگاه تهیه کنید. سود را با یک محلول اسید استاندارد (KHP) تیترا کنید تا غلظت دقیق آن به دست آید. بعد از برقراری تعادل حرارتی ( $10$  تا  $15$  دقیقه) به وسیله پیپت دقیقاً  $100\text{ ml}$  از  $125\text{ ml}$  کلریدریک اسید  $1\text{ M}$  را برداشته و در ارلن مایر خالی در ترموستات بریزید. بعد از برقراری مجدد تعادل حرارتی ( $5$  دقیقه) به وسیله پیپت و به طور دقیق  $5\text{ ml}$  از متیل استات موجود در لوله آزمایش را برداشته و داخل ارلن محتوی  $100\text{ ml}$  اسید ریخته و پس از خالی شدن  $2/5\text{ ml}$  از آن، زمان سنج را روشن کنید (تا آخر آزمایش زمان سنج نباید خاموش شود). پس از ریختن تمام  $5\text{ ml}$  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  $125\text{ ml}$  در داخل حمام یخ قرار دهید.  $50\text{ ml}$  آب مقطر در ارلن‌های داخل حمام یخ بریزید.  $5\text{ ml}$  از مخلوط اسید و متیل استات را به وسیله پیپت برداشته و داخل ارلن آب سرد بریزید. پس از خالی شدن  $2/5\text{ ml}$  از آن، زمان را از روی زمان سنج بخوانید و فوراً آن را با سود استاندارد  $0.2\text{ M}$  تیترا کنید. حجم سود مصرفی را یادداشت کنید. همین عمل را در فواصل زمانی حدود  $10$  دقیقه شش بار و پس از آن در فواصل زمانی حدود  $20$  دقیقه سه بار تکرار کنید. زمان دقیق هر نمونه را پس از ریختن  $2/5\text{ ml}$  از نمونه در آب سرد به وسیله زمان سنج بخوانید. آزمایش را در  $35^{\circ}\text{C}$  تکرار نموده ولی چهار نمونه در فواصل زمانی حدود  $5$  دقیقه و چهار نمونه در فواصل زمانی  $10$  دقیقه و چند نمونه آخری را هر  $20$  دقیقه بردارید. در فرصت مناسب فاکتور کلریدریک اسید  $1\text{ M}$  را به وسیله تیتراسیون  $5\text{ ml}$  از آن با سود استاندارد  $0.2\text{ M}$  به دست آورید.

## محاسبات و سئوالات

۱- حجم سود لازم برای تیتراژ کردن ۵ ml از نمونه با فرض کامل بودن هیدرولیز ( $V_T$ ) را از معادله زیر در دماهای  $25^\circ\text{C}$  و  $35^\circ\text{C}$  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 ۵ ml کلریدریک اسید ۱ M،  $V_S$  حجم کل محلول ۱۰۰ ml کلریدریک اسید ۱ M و ۵ ml متیل استات است که در  $25^\circ\text{C}$  بجای ۱۰۵ ml برابر ۱۰۴/۶ ml می باشد،  $M$  مولاریته سود،  $\rho_2$  دانسیته متیل استات است که در  $25^\circ\text{C}$  برابر  $0.9273 \text{ g ml}^{-1}$  و در  $35^\circ\text{C}$  برابر  $0.9141 \text{ g ml}^{-1}$  می باشد و  $M_2$  وزن مولکولی متیل استات و برابر  $74.08 \text{ g mol}^{-1}$  می باشد.

۲-  $\log(V_T - V_t)$  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 فعالسازی را محاسبه کنید و با مقدار داده شده در منابع مقایسه و در صد خطا را محاسبه کنید.

## سینتیک شیمیایی - اثر قدرت یونی بر سرعت واکنش‌های شیمیایی

### وسایل و مواد

اسپکتروفوتومتر، زمان سنج، ۶ عدد بالن حجم سنجی ml ۱۰۰، ۲ عدد بالن حجم سنجی ml ۵۰۰، ۴ عدد ارلن مایر ml ۲۵۰، ۴ عدد بشر ml ۱۰۰، پیپت ml ۲۵، پتاسیم هگزا سیانو فرات (II)، اسکوربیک اسید، نیتریک اسید و دی سدیم EDTA

### روش تجربی

۱۰۰ ml محلول M ۰/۰۱ از  $K_3Fe(CN)_6$  و ۱۰۰ ml محلول M ۰/۴ از  $NaNO_3$  را تهیه کنید. از هر یک از محلول‌های بالا ۱۰۰ ml محلول‌هایی با غلظت  $M \times 10^{-3}$  از پتاسیم هگزا سیانو فرات و غلظت‌های M ۰/۲، M ۰/۱، M ۰/۰۵ و M ۰/۰۲۵ از سدیم نیترات تهیه کنید. ۵۰۰ ml محلول نیتریک اسید M ۰/۰۱ را از محلول M ۱ موجود در آزمایشگاه تهیه نمایید. ۵۰۰ ml محلول  $M \times 10^{-4}$  از اسکوربیک اسید را تهیه کنید. به عنوان حلال از نیتریک اسید M ۰/۰۱ که حاوی مقدار خیلی کمی از دی سدیم EDTA استفاده کنید. محلول اسکوربیک اسید به طور آهسته توسط اکسیژن هوا اکسید می‌شود، بنابراین باید روزانه تهیه شود. غلظت نیتریک اسید برای چهار محلول یکسان است. اگر سل اسپکتروفوتومتر ترموستات می‌شود، اجازه دهید که محلول‌ها در ترموستات در دمای  $25^\circ C$  به تعادل حرارتی برسند. وگرنه اجازه دهید که محلول‌ها در دمای اتاق به تعادل حرارتی برسند. ۲۵ ml از یکی از محلول‌های هگزا سیانو فرات را با پیپت در ارلن مایر ml ۲۵۰ بریزید و ۲۵ ml از محلول اسکوربیک اسید را با پیپت در بشر ml ۱۰۰ بریزید. ظروف شیشه‌ای و محلول‌ها باید در دمای واکنش باشند. اسپکتروفوتومتر را در طول موج ۴۱۸ nm قرار دهید. محلول بشر را داخل ارلن مایر بریزید و بلافاصله زمان سنج را روشن کنید. برای ۲ تا ۳ ثانیه آن را تکان دهید و مخلوط واکنش را در سل بریزید و سل را در اسپکتروفوتومتر قرار دهید. جذب را پس از ۱ دقیقه و هر ۱ دقیقه بعد از آن برای در حدود ۱۵ دقیقه اندازه‌گیری کنید. این عمل را برای چهار محلول با قدرت یونی متفاوت تکرار کنید.

### محاسبات و سئوالات

۱- غلظت‌های مولی  $K_3Fe(CN)_6$  در هر زمان را از جذب‌های مولی  $K_3Fe(CN)_6$  اندازه‌گیری شده در آن زمان و ضریب جذبی که برابر  $M^{-1}cm^{-1}$  ۱۰۱۲ در ۴۱۸ nm است محاسبه کنید.

۲- غلظت‌های اسکوربیک اسید در هر زمان را از استوکیومتری واکنش و غلظت اولیه واکنش دهنده‌ها محاسبه کنید.

$$۳- \log \frac{[C_6H_8O_6]}{[K_3Fe(CN)_6]} \text{ را محاسبه کنید.}$$

۴- جدولی از نتایج تجربی و محاسبه شده تهیه کنید.

$$۵- \log \frac{[C_6H_8O_6]}{[K_3Fe(CN)_6]} \text{ را بر حسب } t \text{ (زمان) رسم کنید (بهترین خط راست). از شیب خط ثابت سرعت}$$

را محاسبه کنید.

۶- قدرت یونی (I) را برای چهار محلول محاسبه کنید.

$$۷- \text{Log } k \text{ را بر حسب } \log \frac{I^{1/2}}{1+I^{1/2}} \text{ رسم کنید (بهترین خط راست). شیب این نمودار را با شیبی که از معادله}$$

انتظار می رود مقایسه کنید.

۸- ثابت سرعت تجربی را با مقدار گزارش شده در منابع مقایسه و در صد خطا را محاسبه کنید.

## ترمودینامیک پیل های الکترو شیمیایی (سل دنیل)

### وسائل و مواد:

ورق مس، ورق روی، ولت متر، روی سولفات، مس سولفات، دو عدد بشر ۱۰۰ میلی لیتر، ترمومتر، پل نمکی

### روش تجربی:

ابتدا محلول های ۰,۲ مولار از روی سولفات و مس سولفات موجود در آزمایشگاه را در بشر ۱۰۰ میلی لیتر میریزیم سپس پل نمکی (که شامل محلول ۱ مولار KCl و ژلاتین میباشد) را درون بشر قرار میدهیم و ورق مس را درون محلول مس سولفات و ورق روی را درون محلول روی سولفات قرار میدهیم و ولت متر را به آنها متصل میکنیم و روشن میکنیم سپس حمام آب ۵ درجه درست میکنیم و بشرها را درون حمام قرار میدهیم و در دماهای ۵ و ۱۰ و ۱۵ و ۲۰ و ۲۵ و ۳۰ و ۳۵ و ۴۰ درجه سانتی گراد ولتاژ و یا همان اختلاف پتانسیل را از روی دستگاه میخوانیم و یادداشت میکنیم.

### محاسبات:

۱. پتانسیل پیل دنیل را بر حسب دما رسم نموده و  $\left(\frac{\partial E}{\partial T}\right)_P$  را تعیین کنید.

۲. نقش پل نمکی در این آزمایش چیست؟

۳. توضیح دهید چرا به طور کلی سل دنیل برگشت پذیر نیست. این موضوع چه خطایی در آزمایش ایجاد می کند؟ چه راهکار عملی برای به حداقل رساندن این خطا بکار گرفته شده است؟

۴. با استفاده از نتایج بدست آمده، مقادیر  $E^\circ$ ،  $\Delta G^\circ$ ،  $\Delta S^\circ$  و  $\Delta H^\circ$  را برای واکنش سل دنیل در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد محاسبه نمایید. تمامی تقریبها و فرضهای بکار رفته را به روشنی بیان کنید.

۵.  $E^\circ$  و  $\Delta H^\circ$  بدست آمده در سوال قبل را با مقادیر گزارش شده در منابع معتبر مقایسه کنید.

۶. با توجه به دادههای بدست آمده و  $E^\circ$  گزارش شده برای سل دنیل (در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد)، نسبت ضرایب فعالیت میانگین یونی  $ZnSO_4$  و  $CuSO_4$  (۰,۲ مولار را در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد محاسبه کرده و با مقدار گزارش شده مقایسه نمایید.