

### اثر غلظت، دما و کاتالیزگر بر سرعت واکنش

هدف رفتاری: پس از پایان این آزمایش از فراگیر انتظار می‌رود بتواند:  
- اثر غلظت و دما و کاتالیزگر را بر سرعت واکنش بررسی کند.

**هدف: مطالعه‌ی تجربی اثر غلظت، دما و کاتالیزگر بر سرعت واکنش**  
سرعت واکنش‌های شیمیایی تحت تأثیر عواملی مانند غلظت، دما و کاتالیزگر قرار می‌گیرد. افزایش غلظت واکنش‌دهنده، باعث افزایش سرعت واکنش می‌شود. افزایش دما نیز سرعت واکنش‌های شیمیایی را افزایش می‌دهد. هر واکنش معین در دمای بالاتر سریع‌تر انجام می‌شود تا در دمای پایین‌تر، کاتالیزگرها نیز سرعت واکنش‌های شیمیایی را افزایش می‌دهند. وقتی که کاتالیزگر مناسب را به محیط واکنش می‌افزاییم، سرعت آن واکنش، افزایش می‌یابد.

#### اثر غلظت بر سرعت واکنش

**مواد لازم:** پتاسیم یدات، سدیم سولفیت، نشاسته، سولفوریک اسید

۳ مولار.

**وسایل لازم:** بشر ۱۰۰ میلی‌لیتری (یک عدد)، هم‌زن شیشه‌ای، بالن حجمی

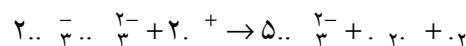
۵۰۰ میلی‌لیتری، بالن حجمی ۲۵۰ میلی‌لیتری، چراغ بونزن، پی‌پت ۱۰ میلی‌لیتری،

ارلن ۲۵۰ میلی‌لیتری، استوانه‌ی مدرج ۱۰۰ میلی‌لیتری، ساعت آزمایشگاهی (کرونومتر)،

بشر ۵۰۰ میلی‌لیتری، لوله‌ی آزمایش و دماسنج . ۱۰۰-۰ با دقت ۰/۱ درجه.

در این آزمایش، واکنش بین پتاسیم یدات و سدیم سولفیت در محیط اسیدی،

بررسی می‌شود.



در این واکنش اگر مقدار یون یدات در محلول کافی باشد، تمام یون‌های سولفیت

موجود در محلول اکسید شده به یون سولفات تبدیل می‌شوند و ید آزاد می‌شود.

اگر آزمایش را چندبار تکرار کنیم و هر دفعه غلظت یون سولفیت را ثابت نگه‌داریم

اما غلظت یون یدات را نسبت به دفعه‌ی قبل از آن، افزایش دهیم، خواهیم دید که سرعت

واکنش نیز با آن افزایش می‌یابد و رنگ آبی هر دفعه سریع‌تر از دفعه قبل ظاهر می‌شود.

با اندازه‌گیری زمان لازم برای ظاهر شدن رنگ آبی در محلول، می‌توان افزایش سرعت واکنش را برحسب غلظت یون یدات مطالعه کرد.

### تهیه‌ی محلول‌های لازم

— محلول سدیم سولفیت و نشاسته: برای تهیه‌ی این محلول ۰/۶۵ گرم سدیم سولفیت را در ۵۰ میلی‌لیتر آب حل کنید.

— ۲/۵ گرم نشاسته را در ۵۰ میلی‌لیتر آب جوش، حل کنید.

پس از سرد شدن محلول نشاسته، دو محلول را با هم مخلوط و با استفاده از پی‌پت مدرج ۱۰ میلی‌لیتری، ۶/۵ میلی‌لیتر سولفوریک اسید ۳ مولار را به آن اضافه کنید و حجم کل محلول را در یک بالن حجمی به ۵۰۰ میلی‌لیتر برسانید.

— محلول ۰/۰۲ مولار پتاسیم یدات: برای تهیه‌ی این محلول ۱/۰۷ گرم پتاسیم یدات را در آب حل کنید و حجم محلول حاصل را با آب مقطر در بالن حجمی به ۲۵۰ میلی‌لیتر برسانید.

۱. ارلن ۲۵۰ میلی‌لیتری را بردارید و به‌وسیله‌ی پی‌پت، ۱۰ میلی‌لیتر از محلول پتاسیم یدات و با استوانه‌ی مدرج، ۸۰ میلی‌لیتر آب مقطر در آن بریزید. پس از آن دکمه‌ی مخصوص کرنومتر را فشار دهید تا عقربه روی صفر قرار گیرد. درحالی‌که کرنومتر را آماده کرده‌اید، با پی‌پت ۱۰ میلی‌لیتری از محلول سدیم سولفیت و نشاسته بردارید و طوری آن را به محلول درون ارلن اضافه کنید که به محض خالی شدن پی‌پت با فشار دکمه‌ی کرنومتر آن را به‌کار انداخته باشید. پس از آن، با تکان دادن ارلن، محلول را به‌خوبی به هم بزنید، به محض این‌که رنگ آبی ظاهر شد، با فشار دکمه، کرنومتر را متوقف کنید، زمان را در جدول (۱۱-۲) یادداشت کنید.

جدول (۱۱-۱) حجم‌های لازم برای انجام آزمایش برحسب میلی‌لیتر

پتاسیم یدات	آب مقطر	سدیم سولفیت و نشاسته
۱۵	۷۵	۱۰
۲۰	۷۰	۱۰
۳۰	۶۰	۱۰
۵۰	۴۰	۱۰

۲. آزمایش یاد شده را مطابق جدول (۱۱-۱) تکرار کنید و هر بار، زمان ظاهر شدن رنگ آبی را در جدول (۱۱-۲) یادداشت کنید.

در این آزمایش‌ها هر بار حجم کل محلول ثابت (۱۰۰ میلی‌لیتر) و غلظت سدیم سولفیت نیز ثابت است و تنها عاملی که تغییر می‌کند، غلظت پتاسیم یدات است و آن

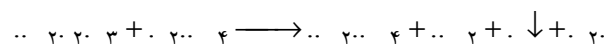
هم هربار بیش تر از بار قبل است؛ بنابراین، با استفاده از نتایجی که در جدول (۲-۱۱) یادداشت کرده‌اید، می‌توانید نشان دهید که سرعت واکنش با زیاد شدن غلظت پتاسیم‌یدات افزایش می‌یابد.

جدول (۲-۱۱) تغییرات سرعت واکنش نسبت به غلظت

شماره‌ی آزمایش	۱	۲	۳	۴	۵	۶
مقدار محلول پتاسیم‌یدات برحسب میلی‌لیتر						
مقدار آب مقطر برحسب میلی‌لیتر						
مقدار سدیم سولفیت و نشاسته برحسب میلی‌لیتر						
حجم کل محلول						
زمان واکنش برحسب ثانیه						
سرعت متوسط واکنش						

### اثر دما بر سرعت واکنش

در این آزمایش، غلظت محلول را ثابت نگاه می‌داریم و با تغییر دما تأثیر آن را بر سرعت واکنش بررسی می‌کنیم. برای این منظور از واکنش سولفوریک اسید با سدیم تیوسولفات استفاده می‌کنیم. معادله‌ی واکنش بدین قرار است:



در اثر این واکنش گوگرد آزاد و محلول کدر می‌شود. از این تغییر، مانند ظاهر شدن رنگ آبی در آزمایش قبل، برای پی بردن به سرعت واکنش استفاده می‌کنیم.

**محلول‌های لازم:** قبل از شروع آزمایش این محلول‌ها را تهیه کنید:

۳/۱۳ گرم سدیم تیوسولفات را در آب حل کنید و حجم محلول را در یک بالن حجمی به ۲۵۰ میلی‌لیتر برسانید. این محلول نسبت به سدیم تیوسولفات ۵٪ مولار است. ۱. ده میلی‌لیتر از محلول تیوسولفات ۵٪ مولار را با پی‌پت بردارید و در لوله‌ی آزمایش بریزید. لوله‌ی آزمایش را در بشر ۵۰ میلی‌لیتری قرار دهید و درون بشر آن قدر آب بریزید که سطح آب از سطح محلول داخل لوله آزمایش بالاتر باشد. پس از آن، دماسنج ۱۰۰- را داخل لوله‌ی آزمایش قرار دهید و صبر کنید تا دماسنج دمای ثابتی را نشان دهد. این دما را در جدول (۳-۱۱) یادداشت کنید.

در این هنگام ۱ میلی‌لیتر محلول سولفوریک اسید ۳ مولار را به وسیله‌ی بورت به درون لوله‌ی آزمایش بریزید. هم‌زمان با آن کرنومتر (ساعت آزمایشگاه) را به کار بیندازید

و به محض کدر شدن محلول، کرنومتر را متوقف کنید و زمان مربوط را در جدول (۳-۱۱) یادداشت کنید.

۲. لوله‌ی آزمایش را خالی و تمیز کنید، دماسنج را هم بشوید، سپس ۱ میلی‌لیتر از محلول سدیم تیوسولفات ۵٪ / مولار در آن بریزید و مانند دفعه‌ی اول لوله‌ی آزمایش را با دماسنج در داخل بشر قرار دهید. بشر را به وسیله‌ی چراغ الکلی به آرامی گرم کنید و با لوله‌ی آزمایش، آب داخل بشر را با دماسنج، محلول درون لوله‌ی آزمایش را به هم بزنید. هنگامی که دمای محلول داخل لوله‌ی آزمایش به حدود ۳۵ رسید، چراغ الکلی را خاموش کنید و محلول را به هم بزنید، تا دمای آن در ۳۵ ثابت بماند.

حال، ۱ میلی‌لیتر محلول سولفوریک اسید ۳ مولار را از بورت به درون لوله‌ی آزمایش اضافه کنید. با کرنومتر، زمان کدر شدن محلول را مانند قبل اندازه بگیرید و آن را در جدول (۳-۱۱) یادداشت کنید.

۳. آزمایش بالا را دوبار دیگر، به ترتیب در دماهای ۴۵ و ۵۵، تکرار کنید و زمان لازم برای ظاهر شدن گوگرد را با کرنومتر اندازه بگیرید و در جدول (۳-۱۱) یادداشت کنید.

در این آزمایش‌ها، هر بار دما را کمی افزایش می‌دهید و در دمای جدید، زمان لازم برای ظاهر شدن کدری را در محلول اندازه می‌گیرید و در جدول (۳-۱۱) یادداشت می‌کنید. حال با استفاده از این نتایج می‌توانید نشان دهید که سرعت واکنش، با افزایش دما، افزایش می‌یابد. در واقع هر اندازه واکنش میان تیوسولفات و سولفوریک اسید سریع‌تر باشد، زمان لازم برای کدر شدن محلول کوتاه‌تر است. همان‌گونه که از معادله‌ی واکنش درمی‌یابید، از واکنش مذکور، گوگرد آزاد می‌شود. این گوگرد که در شکل کلوییدی است، محلول را ابتدا کدر، سپس شیری رنگ می‌کند.

جدول (۳-۱۱) تغییرات سرعت واکنش نسبت به دما

شماره‌ی آزمایش	۱	۲	۳	۴	۵	۶
دما بر حسب درجه‌ی سلسیوس						
حجم تیوسولفات ۵٪ / مولار بر حسب میلی‌لیتر						
حجم سولفوریک اسید ۳ مولار بر حسب میلی‌لیتر						
حجم کل بر حسب میلی‌لیتر						
زمان کدر شدن بر حسب ثانیه						
سرعت متوسط واکنش						

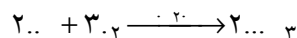
## اثر کاتالیزگر بر سرعت واکنش

**وسایل لازم:** شیشه‌ی ساعت، هاون چینی، آب فشان، بالن ته‌گرد، قیف شیردار، استوانه‌ی مدرج، گیره و پایه، لوله‌ی باریک، کرنومتر و ترازوی دقیق.

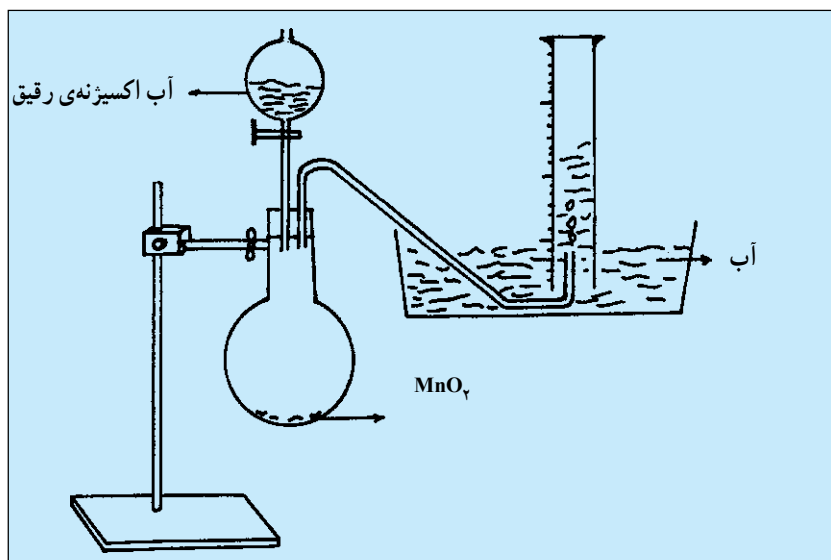
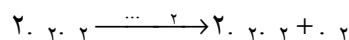
**مواد لازم:** سیتریک اسید، سدیم بی‌کربنات یا جوش شیرین، پودر آلومینیم، یدنرم شده، منگنز دی‌اکسید و آب اکسیژنه‌ی رقیق.

۱. مقدار کمی سیتریک اسید را با سدیم بی‌کربنات یا جوش شیرین روی یک شیشه‌ی ساعت خشک و تمیز بریزید و با هم مخلوط کنید؛ واکنشی انجام نمی‌شود. حال، با افزایش چند قطره آب، عمل ترکیب صورت گرفته گاز کربنیک تولید می‌شود.

۲. این آزمایش بهتر است زیر هود انجام شود. مقدار کمی پودر آلومینیم را همراه یدنرم شده در یک هاون چینی مالش دهید تا کاملاً با هم مخلوط شوند؛ سپس به وسیله‌ی آب فشان چند قطره آب اضافه کنید که در این صورت، واکنش انجام می‌شود و جسم آلومینیم یدید حاصل می‌گردد:



۳. در داخل یک بالن خشک و تمیز بین ۱/ گرم تا ۲/ گرم منگنز دی‌اکسید بریزید و داخل قیف شیردار آب اکسیژنه‌ی رقیق ( ۱۰۰ غلیظ + ۱۹۰۰ آب مقطر) ریخته استوانه‌ی مدرج را پر از آب کنید و به حالت معکوس روی انتهای لوله‌ی باریک داخل تشتک قرار دهید؛ سپس در یک مرحله ۵۰۰ تا ۶۰۰ آب اکسیژنه را به داخل بالن اضافه کنید و در همان حال کرنومتر را روشن کنید و هر پنج ثانیه حجم گاز اکسیژن تولید شده در استوانه‌ی مدرج را بخوانید و یادداشت کنید. پس از پایان واکنش منحنی گاز اکسیژن را برحسب زمان رسم نمایید.



شکل (۱۱-۱)

## پرسش‌ها -

۱. آیا کدر شدن محلول به‌طور دقیق قابل تشخیص است؟
۲. چگونه می‌توان امکاناتی را فراهم کرد که از طریق آن، تشخیص پیدایش کدری در محلول، دقیق‌تر امکان‌پذیر شود؟
۳. در این آزمایش، از همان لحظه روی هم ریختن دو محلول، واکنش آغاز می‌شود. به نظر شما چرا پیدایش رنگ کدری در محلول پس از گذشتن یک زمان مناسب اتفاق می‌افتد؟
۴. در آزمایش اثر کاتالیزگر در هر قسمت کاتالیزگرها را شناسایی کنید و توضیح دهید چه تأثیری در واکنش دارند؟

### تعیین گرمای واکنش

هدف رفتاری: پس از پایان این آزمایش از فراگیر انتظار می‌رود:  
– گرمای واکنش‌های شیمیایی را اندازه‌گیری کند.

هدف: اندازه‌گیری گرمای واکنش‌های شیمیایی

می‌دانید که واکنش‌های شیمیایی معمولاً گرماده یا گرماگیر هستند در این آزمایش گرمای سه واکنش اندازه‌گیری می‌شود.

واکنش ۱. حل شدن سدیم هیدروکسید جامد در آب و ایجاد یک محلول یونی  
رابطه‌ی ۱: ۰ (محلول) + ... → ... (جامد) ۱. ....

واکنش ۲. اثر سدیم هیدروکسید جامد بر محلول هیدروکلریک اسید

رابطه‌ی ۲: ۰ (محلول) + ... → ... ۲. .... (جامد) ۲. ....

واکنش ۳. اثر محلول سدیم هیدروکسید بر محلول هیدروکلریک اسید و تشکیل  
آب و محلول سدیم کلرید

رابطه‌ی ۳: ۰ (محلول) + ... → ... ۳. .... (محلول) ۳. ....

**وسایل و مواد لازم:** ارلن خشک و تمیز ۲۵۰، استوانه‌ی مدرج ۱۰۰،

دماسنج ۱۰۰-۰، بشر ۲۵۰، ۱ گرم سدیم هیدروکسید، ۱۰۰ میلی‌لیتر  
هیدروکلریک اسید ۱ مولار، ۵۰ میلی‌لیتر سدیم هیدروکسید ۱ مولار.

### الف – تعیین گرمای حل شدن سود جامد در آب

ابتدا یک ارلن تمیز و خشک ۲۵۰ را وزن کنید؛ سپس به وسیله‌ی استوانه‌ی  
مدرج، ۵۰ آب سرد را داخل ارلن بریزید. به وسیله‌ی دماسنج آن را به هم بزنید تا  
دمای آن (در حدود دمای اتاق) ثابت بماند. این دما را تا تقریب ۰.۲ اندازه بگیرید و  
یادداشت کنید.

حال حدود ۱ گرم سدیم هیدروکسید جامد را با دقت ۰/۱ گرم وزن کنید؛ سپس  
آن را به آب داخل ارلن اضافه کنید. ارلن را به آرامی تکان دهید تا سدیم هیدروکسید در

آب حل شود. به طور هم‌زمان، دماسنج را در ارلن قرار دهید و به آرامی، آب و سدیم هیدروکسید داخل آن را هم بزنید و بالاترین دمایی را که برای حدود ۱ الی ۲ دقیقه ثابت بماند بخوانید و یادداشت کنید.

### پرسش‌ها

۱. چرا با حل شدن سدیم هیدروکسید در آب، دما افزایش می‌یابد؟
۲. چگونگی حل شدن سدیم هیدروکسید جامد را در آب توضیح دهید.
۳. محلول سدیم هیدروکسید دارای چه یون‌هایی است؟
۴. آیا این یون‌ها، در محلول، به صورت آب پوشیده هستند؟ چگونه؟
۵. تغییر دما  $\Delta$  را پیدا کنید.

$$\Delta_1 = .2 - .1$$

۶. گرمای آزاد شده از حل شدن سود در آب را از رابطه‌ی زیر حساب کنید:

$$\text{ارلن} + \text{سدیم هیدروکسید} + \text{آب} = \Delta_1 \text{ گرم}$$

۷. گرمای حل شدن ۱ مول سدیم هیدروکسید را در آب، در شرایط آزمایش،

حساب کنید.

### ب- تعیین گرمای حل شدن سدیم هیدروکسید جامد در محلول هیدروکلریک اسید

در این آزمایش، مراحل آزمایش را دقیقاً مطابق روش کار مرحله‌ی «الف» تکرار می‌کنید؛ با این تفاوت که به جای آب از ۵۰٪ محلول هیدروکلریک اسید ۱ مولار استفاده می‌کنید.

### پرسش‌ها

۱. تغییر دما  $\Delta_2$  را در این آزمایش حساب کنید.

۲.  $\Delta_2$  این آزمایش را با  $\Delta_1$  آزمایش مرحله‌ی الف مقایسه کنید. چرا  $\Delta_2$

بزرگ‌تر است؟

۳. معادله‌ی واکنش را بنویسید.

۴. گرمای آزاد شده‌ی این آزمایش را از این رابطه حساب کنید:

$$\text{ارلن} + \text{سدیم هیدروکسید} + \text{اسید} = \Delta_2 \text{ گرم}$$

۵. گرمای حل شدن ۱ مول سدیم هیدروکسید جامد را در محلول هیدروکلریک

اسید حساب کنید.

۱- گرمای ویژه‌ی محلول‌ها را تقریباً ۱ کالری بر گرم و گرمای ویژه‌ی شیشه را ۰/۲ کالری بر گرم فرض کنید.



## ج - تعیین گرمای خنثی شدن محلول سدیم هیدروکسید با محلول هیدروکلریک اسید

در یک ارلن ۲۵۰ میلی لیتری، ۵۰۰ میلی مولار محلول هیدروکلریک اسید ۱ مولار بریزید و در یک بشر ۲۵۰ میلی لیتری نیز ۵۰۰ میلی مولار محلول سدیم هیدروکسید ۱ مولار بریزید. چند دقیقه صبر کنید تا دمای هر دو محلول، با هوای آزمایشگاه تقریباً یکسان شود. با دماسنج، دمای هر دو محلول را اندازه بگیرید و یادداشت کنید. لازم است که دمای دو محلول با تقریب مطلوبی به هم نزدیک باشد؛ سپس محلول سدیم هیدروکسید را به محلول هیدروکلریک اسید اضافه کنید و بالاترین دمایی را که ضمن به هم زدن محلول، برای حدود ۱ الی ۲ دقیقه ثابت بماند، یادداشت کنید.

### پرسش‌ها

۱. معادله‌ی واکنش را بنویسید.
۲. تغییر دما  $\Delta T$  را حساب کنید.
۳. در محلول چه یون‌هایی موجود است؟
۴. در ۵۰۰ میلی مولار محلول سدیم هیدروکسید به کار گرفته شده، چند مول سدیم هیدروکسید موجود است؟
۵. در ۵۰۰ میلی مولار اسید به کار گرفته شده، چند مول اسید موجود است؟
۶. گرمای آزاد شده در این واکنش را از این رابطه حساب کنید:  
$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$
۷.  $Q_1$ ،  $Q_2$  و  $Q_3$  را با هم مقایسه کنید و درباره‌ی آن بحث کنید.

### تعیین گرمای احتراق

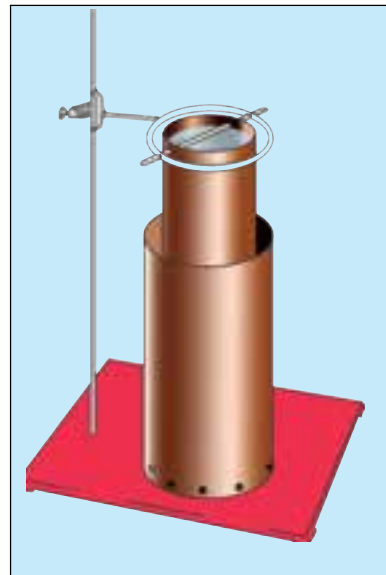
هدف رفتاری: پس از پایان این آزمایش از فراگیر انتظار می‌رود بتواند:  
- گرمای احتراق مواد را اندازه‌گیری کند.

هدف: در این آزمایش، گرمای احتراق جرم معینی از یک شمع، اندازه‌گیری می‌شود.

**وسایل و مواد لازم:** قوطی حلبی، گیره و پایه، یک عدد شمع، یخ.

- شمعی را روی در یک قوطی حلبی بچسبانید و به وسیله‌ی ترازو آن دو را با تقریب  $0.1^\circ$  گرم وزن و یادداشت نمایید. یک قوطی خالی را با تقریب  $1^\circ$  گرم وزن کنید. این قوطی، مطابق شکل باید دارای دو سوراخ باشد. دستگاه را طوری سوار کنید که وقتی شعله‌ی شمع روشن است تقریباً با ته قوطی تماس داشته باشد. برای دودکش، از یک قوطی با دو سر باز که نزدیک به ته آن، چند سوراخ برای تهویه دارد، استفاده کنید. قوطی وزن شده را تا حدود  $\frac{2}{3}$  از آب پر کنید (در این جا نیازی به تعیین وزن یا حجم

آب نیست)؛ سپس آب را به وسیله‌ی یخ، به دمای  $15-1^\circ$  درجه سلسیوس برسانید. تکه‌های یخ را مستقیماً در آب بیندازید و پس از آن که دمای مطلوب حاصل شد، آن‌ها را بیرون بیاورید. دمای آب را تا تقریب  $2^\circ$  بخوانید و یادداشت کنید؛ سپس شمع را روشن کنید تا آب گرم شود. آب را آهسته هم بزنید تا دمای آن، به کمی بالاتر از دمای اتاق برسد. شمع را خاموش کنید، اما به هم زدن آب را ادامه دهید و بالاترین دمای آب را که ثابت بماند تا تقریب  $2^\circ$  یادداشت کنید. قوطی حلبی با آب داخل آن، شمع و در قوطی حلبی را از نو با همان ترازویی که قبلاً از آن استفاده کرده‌اید وزن کنید و وزن آن را یادداشت نمایید. اگر وقت کافی داشتید آزمایش را یک بار دیگر تکرار کنید.



#### پرسش‌ها -

۱. تغییر دما را حساب کنید. . . = .
۲. کاهش وزن شمع را محاسبه کنید. . . = .
۳. گرمای حاصل از سوختن شمع را از این رابطه حساب نمایید:  

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$
 (قوطی حلبی) . . . = .
۴. گرمای حاصل از سوختن  $1^\circ$  گرم شمع را به دست آورید.

## تعیین گرمای انحلال و آب پوشی (هیدراتاسیون)

هدف رفتاری: پس از پایان این آزمایش از فراگیر انتظار می‌رود:  
 - گرمای انحلال و آب پوشی (هیدراتاسیون) را اندازه‌گیری کند.

### هدف: تعیین گرمای انحلالی نیترا تپتاسیم

حل شدن ترکیبات یونی مختلف در آب، با آزاد یا جذب شدن مقداری گرما همراه است. برای شکستن شبکه‌ی بلورین یک ترکیب یونی جامد، نیاز به انرژی است. این انرژی، برای غلبه‌ی نیروهای جاذبه‌ی موجود بین ذرات جسم حل شونده به مصرف می‌رسد. از سوی دیگر آب پوش شدن ذرات جسم حل شونده به وسیله‌ی مولکول‌های قطبی آب، همراه با آزاد شدن انرژی به صورت گرما است. این انرژی را انرژی آب پوشی (هیدراتاسیون) می‌نامند. جمع جبری این دو انرژی گرمای انحلال را تشکیل می‌دهد. چنانچه فرآیند حل شدن در مجموع گرماده باشد، گرمای انحلال را به صورت مقدار منفی و چنانچه گرماگیر باشد، آن را با علامت مثبت گزارش می‌کنند. طبق قرارداد، گرمای انحلال، برابر با گرمایی است که در نتیجه‌ی حل شدن یک مول از جسم حل شونده در مقدار معینی حلال در دمای معین، مبادله می‌شود.

مثال: از حل کردن ۱۰ گرم آمونیم کلرید در ۲۵۳ گرم آب، دمای آن ۳ درجه‌ی سلسیوس کاهش می‌یابد. گرمای انحلال نشادر (آمونیم کلرید) را تعیین کنید:  
 ۵۳.۵ . . . . . ۴ . . . . .

حل: چون دمای محلول، کاهش یافته است، بنابراین، گرما جذب شده، (.) و مقدار آن از این رابطه محاسبه می‌شود:

$$\text{گرمای ویژه‌ی محلول برابر } ۱ \text{ . . . } ۱ \text{ . . . } ۱ \text{ یک کالری} \\ \text{در نظر یک گرم. درجه حرارت}$$

گرفته شده است.

طبق قرارداد، چون واکنش، گرماگیر است آن را به صورت مقدار مثبت گزارش می‌کنند:  
 . . . ۲۵۳ . ۱ . . . ۳ . . ۷۵۹ . . .

گرمای انحلال برای یک مول به این صورت محاسبه می‌شود:

گرم آمونیم کلرید .....  
 ۷۵۹ ۱۰  
 ۵۳.۵ = ۴۰۶۰.۶۵... /...

**وسایل لازم:** گرماسنج (کالریمتر)، دماسنج .. ۱۰۰-۰. با دقت ۰.۱، ترازو با دقت ۰/۱ گرم استوانه‌ی مدرج، چراغ گاز بوتزن، بشر ۲۵۰.  
**مواد لازم:** پتاسیم نترات، سدیم هیدروکسید، آب مقطر.

### الف - تعیین ارزش آبی گرماسنج

به وسیله‌ی استوانه‌ی مدرج، ۳۵ آب مقطر را داخل گرماسنج بریزید ضمن به هم زدن و تبادل گرمایی، دمای آن را یادداشت کنید ...

سپس مقداری آب مقطر را در بشر حدود ۴۰ گرم کنید و به وسیله‌ی استوانه‌ی مدرج ۳۵ از آن را بردارید. پس از اندازه‌گیری دمای دقیق ۲۰ آن را سریعاً داخل گرماسنج بریزید و در آن را ببندید و ضمن به هم زدن، دمای تعادل را پس از ثابت ماندن دما یادداشت کنید (۱). سرانجام با این روابط، ارزش آبی گرماسنج را به دست آورید:  
 آب گرم، گرما از دست می‌دهد.  $0.2 \times 20 = 4$  . آب گرم

$0.1 \times 10 = 1$  . آب سرد و گرماسنج

آب سرد و گرماسنج گرما می‌گیرد.  $0.1 = 0.2$

$0.1 \times 10 = 1$  .  $0.2 \times 20 = 4$  .  $0.1 \times 10 = 1$  .

### ب - تعیین گرمای انحلالی پتاسیم نترات

برای انجام این آزمایش به وسیله‌ی یک استوانه‌ی مدرج ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر، در گرماسنج بریزید و درپوش آن را به همراه همزن و دماسنج قرار دهید و صبر کنید تا تعادل دمایی برقرار شود. تعادل دما، هنگامی برقرار می‌شود که دمای دماسنج، به مدت حدود چند دقیقه ثابت بماند. پس از برقراری تعادل دمایی، دما را یادداشت کنید (دمای تعادل اولیه = ۰). ۵ گرم پتاسیم نترات را با ترازوی دقیق وزن کنید و به محلول داخل گرماسنج بیفزایید و به سرعت دهانه‌ی گرماسنج را ببندید؛ سپس محتوای گرماسنج را به وسیله‌ی هم‌زن به ملایمت به هم بزنید و هر ۳۰ ثانیه یک بار دما را یادداشت کنید. هنگامی که دما، برای مدت ۲ دقیقه ثابت ماند و تغییری نکرد آن را دمای تعادل (دمای تعادل ثانویه = ۰) در نظر بگیرید و یادداشت کنید.

توجه: آزمایش را به جای پتاسیم نترات با ۵ گرم سدیم هیدروکسید جامد تکرار کنید و نتایج حاصل را با یک دیگر مقایسه نمایید.

محاسبات: گرمای ویژه‌ی محلول را برابر با گرمای ویژه‌ی آب خالص در نظر بگیرید؛ هم‌چنین  $^{-1}$ ،  $^{-1}$ ،  $^{-1}$ ،  $^{-1}$  و وزن محلول را  $105$  گرم به حساب آورید. گرمای انحلال از این رابطه به دست خواهد آمد:

$$[ \text{وزن محلول آبی} \times \text{گرمای ویژه‌ی آب} ] \times \text{افت دما} = \dots$$

بنابراین، گرمای جذب شده برای انحلال یک مول پتاسیم نترات  $101 = \dots$

برابر خواهد بود با:  $\dots$

در این آزمایش، مقدیری که برای پتاسیم نترات و آب انتخاب شده است محلولی بسیار رقیق به دست نمی‌دهد، اما اختلاف بین مقدار به دست آمده و مقداری که از محلول بسیار رقیق حاصل می‌شود زیاد نیست.

### پرسش‌ها -

۱. چرا هر چه ذرات جامد ریزتر باشد، سرعت انحلال آن بیش‌تر است؟
۲. چرا به هم زدن و گرما دادن، معمولاً انحلال را سریع‌تر می‌کند؟
۳. گرمای انحلال مولی پتاسیم نترات و سود را محاسبه و با یک‌دیگر مقایسه و علت اختلاف را بیان کنید.

### تعیین وزن مولکولی جسم از روی نزول دمای انجماد محلول آن

هدف رفتاری: پس از پایان این آزمایش از فراگیر انتظار می‌رود:  
– وزن مولکولی یک جسم را از روی نزول دمای انجماد محلول آن تعیین کند.

در اثر انحلال جسمی در یک حلال، فشار بخار حلال پایین می‌آید. این امر، به نوبت، خود موجب پایین آمدن دمای انجماد حلال می‌شود. از موارد کاربرد این پدیده، می‌توان استفاده از ضدیخ در رادیاتور اتومبیل و پاشیدن نمک در جاده‌ها در موقع یخبندان، نام برد. نزول دمای انجماد حلال معمولاً به‌ساختار مولکولی جسم حل شده بستگی ندارد، بلکه به تعداد ذرات جسم حل شده بستگی دارد. در این جا منحصرأً درباره‌ی اجسام حل شده‌ی غیرالکترولیت بحث می‌کنیم که در موقع انحلال در محلول یونیزه نمی‌شوند.

اندازه‌ی نزول دمای انجماد، به تعداد ذرات جسم حل شده بستگی دارد؛ بنابراین، غلظت محلول، برحسب تعداد مول‌های جسم حل شده در وزن معینی از حلال، برحسب مولالیته بیان می‌شود. مولالیته‌ی یک محلول عبارت از تعداد مول‌های جسم حل شده در ۱۰۰۰ گرم حلال است.

نزول دمای انجماد مولکولی حلال  $\Delta t_f$ ، مقدار ثابتی است، زیرا پایین آمدن دمای انجماد ناشی از انحلال یک جسم غیرالکترولیت، متناسب با مولالیته‌ی محلول است و از این رابطه به‌دست می‌آید:

$$\Delta t_f = K_f \times m$$

رابطه‌ی ۱:

$$\Delta t_f = K_f \times m$$

$$m = \frac{\Delta t_f}{K_f}$$

$$m = \frac{\Delta t_f}{K_f}$$

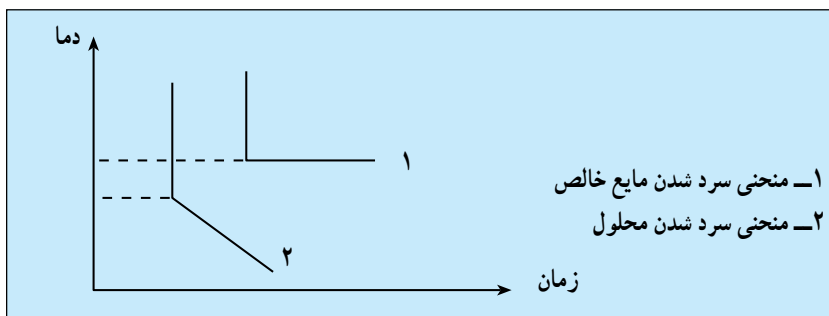
= ثابت نزول دمای انجماد حلال که از ویژگی‌های بارز حلال است.

= مولالیت یا تعداد مول‌های جسم حل شده در یک کیلوگرم حلال است که می‌توان آن را از این رابطه حساب کرد:

$$\text{رابطه ی ۲:} \quad \text{مولالیت} = \frac{1000 \times \text{وزن جسم حل شده}}{\text{وزن حلال} \times \text{وزن مولکولی جسم حل شده}}$$

در این آزمایش ابتدا نزول دمای انجماد  $\Delta$ ، محلول‌هایی از کامفر در نفتالن با غلظت‌های مختلف را اندازه می‌گیرید و از روی آن ثابت نزول دمای انجماد نفتالن، را به دست می‌آورید؛ هم‌چنین با استفاده از نفتالن، وزن مولکولی گوگرد و بنزویک اسید را به صورت محلول در نفتالن به دست آورید.

دمای انجماد یک مایع را می‌توان با اندازه‌گیری سرعت سرد شدن مایع در هوا به دست آورد. هر جسم خالص در دمای ثابت منجمد می‌شود؛ زیرا گرمایی را که حین ذوب شدن گرفته است (گرمای نهان ذوب) در موقع سرد شدن پس می‌دهد؛ در حالی که هر محلول اولاً دمای انجماد پایین‌تری نسبت به حلال خالص دارد و ثانیاً در طول عمل انجماد، دما تغییراتی دارد و صددرصد ثابت نیست (مقدار گرمایی که موقع سرد شدن پس می‌دهد کم‌تر از گرمای نهان ذوب است). منحنی تغییرات دما، برحسب زمان برای سرد شدن یک مایع، در شکل (۱۵-۱) نشان داده شده است. دمای انجماد هر مایع یا هر محلول دمایی است که منحنی در آن دما شکستگی پیدا می‌کند.



شکل (۱۵-۱)

براساس منحنی (۱)، دما در طول عمل انجماد ثابت است؛ درحالی که منحنی (۲) نشان می‌دهد که دما تغییر می‌کند، اما سرعت سرد شدن بسیار کاهش می‌یابد. وزن مولکولی واقعی تعداد زیادی از اجسام حل‌شده‌ی مانند کامفر در نفتالن را می‌توان از راه تجربی به دست آورد، اما گاه ممکن است حل‌شونده در حلال مورد نظر تفکیک شود یا به صورت مجتمع درآید؛ مانند گوگرد در نفتالن که به صورت  $\Delta$  است و مقدار  $\Delta$  از راه تجربه به دست می‌آید.

### وسایل لازم:

۱. لوله‌ی آزمایش بزرگ (قطر ۲۵..)

۲. یک بشیر ۶۰۰..

۳. دماسنج . ۱۰۰ دقیق

۴. ارلن ۲۵۰..

**مواد لازم:** نفتالن، کامفر، گوگرد، بنزویک اسید، استون

## الف – تعیین دمای انجماد نفتالن

۱. حدود ۸ گرم نفتالن را (با دقت  $0.1^\circ$ ) وزن کنید و در یک لوله‌ی آزمایش بزرگ بریزید (دقت کنید که نفتالن با دستتان تماس پیدا نکند و در صورت تماس بلافاصله دست خود را با آب و صابون بشوید).
۲. حدود ۳۰۰.. آب را در یک بشیر ۶۰۰.. بریزید و بجوشانید؛ سپس لوله‌ی محتوی نفتالن را در آن قرار دهید.
۳. دماسنج را خشک کنید و در لوله‌ی آزمایش محتوی نفتالن قرار دهید و با آن نفتالن مایع را به آرامی بهم بزنید.
۴. وقتی دمای نفتالن مایع، به حدود  $90^\circ$  رسید، لوله‌ی آزمایش و دماسنج را از حمام آبی خارج کنید و در درون یک ارلن قرار دهید.
۵. نفتالن مایع را مرتب به وسیله‌ی دماسنج بهم بزنید و هر ۱۵ ثانیه یک بار دما را یادداشت کنید تا جایی که به هم زدن نفتالن مشکل شود یا دما به مدت دو دقیقه ثابت بماند. با ظاهر شدن اولین ذره‌ی جامد، دما را یادداشت کنید.
۶. منحنی تغییرات دما را برحسب زمان رسم کنید و نقطه‌ی انجماد نفتالن را از آن نتیجه بگیرید.

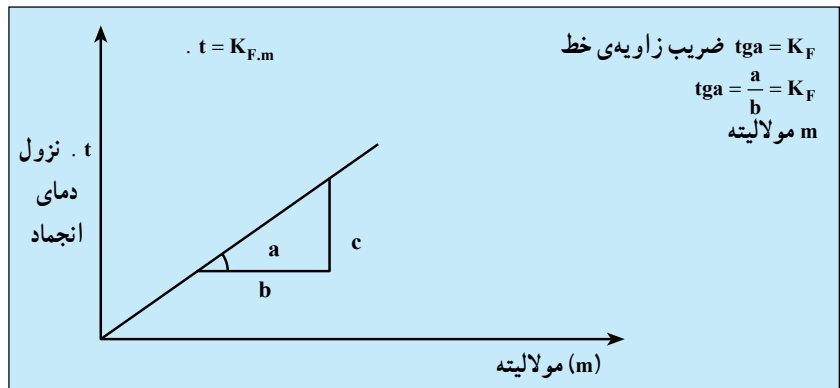
## ب – تعیین ثابت نزول دمای انجماد نفتالن

۱.  $0.2^\circ$  گرم کامفر را که با دقت  $0.001^\circ$  گرم وزن کرده‌اید در لوله‌ی آزمایش محتوی مقدار معینی نفتالن (لوله‌ای که در قسمت الف) استفاده کرده‌اید) بریزید و پس از ذوب کردن آن مانند بند ۵ قسمت الف)، تغییرات دما را برحسب زمان یادداشت کنید.
۲. منحنی تغییرات دما را برحسب زمان برای محلول کامفر در نفتالن را مشابه نفتالن خالص رسم کنید و دمای انجماد را به دست آورید.
۳. به تدریج بر مقدار کامفر در لوله‌ی آزمایش بیفزایید و دمای انجماد را برای چهار محلول دیگر که در آن‌ها مقدار کامفر از  $1/2$  تا  $0.2^\circ$  گرم تغییر می‌کند، اندازه بگیرید.
۴. مولالیته‌ی محلول را در تمام موارد ذکر شده با استفاده از رابطه‌ی ۲ به دست آورید.



۵. منحنی تغییرات . را برحسب مولالیت‌های کامفر موجود در این چهار محلول، رسم کنید و مقدار . (ثابت نزول دمای انجماد) نفتالن را به صورت زیر حساب کنید :

براساس رابطه‌ی ۱ منحنی تغییرات دما برحسب مولالیت‌های کامفر به صورت شکل (۲-۱۵) خواهد شد و ضریب زاویه‌ی خط برابر . است.



شکل (۲-۱۵) منحنی تغییرات دما برحسب مولالیت‌ها

به این ترتیب، ثابت نزول دمای انجماد نفتالن به دست می‌آید.

۶. لوله‌ی آزمایش و دماسنج را با گرم کردن جامد موجود در لوله و خالی کردن آن در پایان با استون تمیز کنید.

### ج - تعیین وزن مولکولی گوگرد

۱. حدود ۸ گرم نفتالن را وزن کنید و دمای انجماد آن را مطابق آنچه قبلاً گفته شد تعیین کنید (با این عمل می‌توان به درستی یا نادرستی نتیجه‌ی قبلی پی برد).
۲. حدود ۱ گرم گوگرد را که با دقت ۰/۰۱ گرم وزن کرده‌اید، در نفتالن بریزید و دمای انجماد محلول را از روی منحنی تغییرات دما، برحسب زمان، تعیین کنید. در حین عمل سرد شدن، دمای مربوط به ظاهر شدن اولین ذره‌ی جامد را یادداشت نمایید.
۳. وزن مولکولی تجربی گوگرد را از روی نزول دمای انجماد گوگرد در نفتالن حساب کنید که معادل . است و با در نظر گرفتن وزن اتمی گوگرد، ۳۲ = .، می‌توانید . و از آن‌جا وزن مولکولی گوگرد را به دست آورید.
۴. لوله‌ی آزمایش و دماسنج را تمیز کنید.

### د - تعیین وزن مولکولی بنزویک اسید

۱. هشت گرم نفتالن و یک گرم بنزویک اسید را با دقت ۰/۰۱ گرم وزن کنید و در

لوله‌ی آزمایش بریزید.

۲. دمای انجماد محلول بالا را با رسم منحنی تغییرات دما، برحسب زمان، مشخص کنید.

۳. وزن مولکولی تجربی بنزویک اسید را از روی نزول دمای انجماد محلول بنزویک اسید در نفتالن حساب کنید و نتیجه را یادداشت نمایید.

هنگام آزمایش به این نکات توجه کنید:

۱. لوله‌ی آزمایش را مستقیماً با شعله گرم نکنید، چون بخار نفتالن آتش‌زا است. برای ذوب کردن نفتالن یا مخلوط آن در لوله، لوله را زیر شیر آب گرم قرار دهید؛ به طوری که سطح آب در بشیر از سطح نفتالن یا مخلوط آن در لوله بالاتر باشد.

۲. پس از آزمایش، نفتالن یا مخلوط آن را در دست‌شویی بریزید، بلکه در ظرف مخصوص که به این منظور در آزمایشگاه وجود دارد خالی کنید.

### پرسش‌ها

۱. هنگامی که ماده‌ای غیرالکترولیت و غیرفرار، در حلالی حل شود چه تغییری در دمای جوش آن ایجاد می‌کند؟

۲. یک مول گلیکول و یک مول گلیسرین در ۱۰۰۰ گرم آب، چه تغییری را در دمای انجماد آب به وجود می‌آورند. آیا نوع این مواد در این تغییر تأثیر دارد؟ چرا؟

۳. واحد چیست؟

۴. از حل ۳۰ گرم گلوکز  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  در ۱۰۰۰ گرم آب، دمای انجماد آب ۰.۳۱ کاهش می‌یابد. وزن مولکولی گلوکز را محاسبه کنید.

$$\dots = 186$$

۵. در رادیاتور اتومبیل ۹ لیتر آب ریخته‌اند و به آن ۲ لیتر متانول  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  به

چگالی  $\rho = 0.8$  اضافه کرده‌اند. پایین‌ترین دمای ممکنه که می‌توان اتومبیل را بدون نگرانی از یخ بستن آب رادیاتور، در هوای آزاد قرار داد کدام است؟

### تعیین درصد اکسیژن در هوا

هدف رفتاری: پس از پایان این آزمایش از فراگیر انتظار می‌رود:

– درصد اکسیژن هوا  $\approx 21\%$  را تعیین کند.

همان‌گونه که می‌دانید یک مول از تمام گازهای ایده‌آل در شرایط استاندارد، حجمی برابر  $22.4$  لیتر را اشغال می‌کند. می‌توان در این آزمایش از روی وزن معینی از گاز اکسیژن، در شرایط استاندارد، درصد آن را حساب کرد.

۱. یک لوله‌ی آزمایش پیرکس با در لاستیکی بردارید و آن را از آب پر کنید؛ به طوری که در لاستیکی آن مماس با سطح آب باشد. سپس آب را در یک استوانه‌ی مدرج  $25$  خالی کنید و حجم آن را یادداشت کنید.

۲. به وسیله‌ی پی‌پت،  $2$  محلول غلیظ پیروگالول را در داخل لوله‌ی آزمایش بریزید؛ سپس  $2$  محلول پتاس  $3$  به آن اضافه کنید و سریعاً به وسیله‌ی چوب‌پنبه‌ی مناسب (یا در لاستیکی) در لوله‌ی آزمایش را ببندید؛ به طوری که با هوای بیرون تماس نداشته‌باشد و به مدت  $5$  دقیقه لوله‌ی آزمایش را تکان دهید. پیروگالول اکسیژن هوای موجود در داخل لوله‌ی آزمایش را جذب می‌کند و به رنگ قهوه‌ای درمی‌آید. در این واکنش، پیروگالول به پیروگالین تبدیل می‌شود.

۳. یک تشتک دهانه‌گشاد یا یک بشر  $60$  را از آب پر کنید و لوله‌ی آزمایش در بسته را به‌طور وارونه در آن قرار دهید؛ به طوری که در چوب‌پنبه در داخل تشتک آب قرار گیرد.

در این حالت در لوله را در زیر آب، باز کنید و به مدت یک دقیقه به همین حالت نگه‌دارید. خواهید دید که آب به اندازه‌ی حجم اکسیژن جذب شده در لوله بالا می‌آید. به کمک در چوب‌پنبه‌ای یا لاستیکی، در لوله‌ی آزمایش را در همان حال که در داخل آب قرار دارد ببندید و سپس لوله را از تشتک بیرون آورید.

۴. حجم مایع قهوه‌ای درون لوله‌ی آزمایش را به وسیله‌ی یک استوانه‌ی مدرج  $10$  میلی‌لیتری اندازه بگیرید. آن‌گاه حجم اکسیژن هوا را به این شرح به دست آورید:

حجم لوله‌ی آزمایش  $V_1 = \dots$

حجم هوای داخل لوله‌ی آزمایش: برابر با حجم لوله‌ی آزمایش است چون گازها

حجم ظرف خود را پر می‌کنند.

حجم پیروگالول  
 $\cdot ۲ = \dots$   
 حجم پتاس  
 $\cdot ۳ = \dots$   
 حجم هوا در بالای محلول  
 $\cdot ۴ = \dots + \dots - \dots$   
 حجم مایع قهوه‌ای رنگ، پس از باز کردن در لوله در زیر آب  
 تشک و بالا رفتن آب  
 $\cdot ۵ = \dots$   
 حجم اکسیژن قبل از جذب هوای موجود در بالای محلول  
 پتاس و پیروگالول

$\cdot ۶ = \dots ۵ \cdot - \dots + \dots$   
 اگر حجم اکسیژن موجود در هوای داخل لوله را (بالای سطح مایع)  $\cdot ۶$  به حجم کل هوای موجود در بالای سطح مایع قهوه‌ای  $\cdot ۴$  تقسیم و سپس در  $۱۰۰$  ضرب کنید، درصد اکسیژن موجود در هوا به دست می‌آید.  
 \* می‌توان با استفاده از درصد اکسیژن، درصد نیتروژن موجود در هوا را نیز تخمین زد.

مثال: در آزمایش اندازه‌گیری اکسیژن موجود در هوا با پیروگالول به روش یاد شده که آن را یک هنرجوی صنایع شیمیایی انجام داده این نتایج به دست آمد:

حجم لوله  $۲۷..$   
 حجم پیروگالول  $۲..$   
 حجم پتاس  $۲..$   
 حجم هوا در بالای محلول  $۲۷ - ۲ + ۲ = ۲۳..$   
 حجم آب پس از بیرون آوردن از تشک  $۹..$   
 حجم اکسیژن موجود در هوا  $۹ - ۴ = ۵$   
 نسبت حجم اکسیژن هوا به حجم هوا  $\frac{۴}{۲۳}$   
 نتیجه  $\frac{۴}{۲۳} \times ۱۰۰ = ۲۱$

### پرسش‌ها

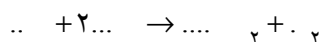
۱. در این آزمایش سه مورد از ایجاد خطا را نام ببرید.
۲. در صورتی که مقدار غلظت پیروگالول به اندازه‌ی کافی نباشد این آزمایش دچار چه اشکالی می‌شود؟
۳. در صورتی که حجم مایعات به کار رفته را با یک استوانه‌ی  $۵۰..$  اندازه‌گیری کنید، از نظر دقت در اندازه‌گیری، چه اشکالی ایجاد می‌شود؟
۴. در این آزمایش، دقت ابزار اندازه‌گیری حجم باید در چه حدی باشد؟ چرا؟

### تعیین وزن اتمی منیزیم

هدف رفتاری: پس از پایان این آزمایش از فراگیر انتظار می‌رود:  
– وزن اتمی منیزیم را تعیین کند.

#### هدف: آشنایی با روش تعیین وزن اتمی منیزیم

وزن اتمی منیزیم را می‌توان از طریق واکنش مقدار مشخصی از نوار منیزیم با هیدروکلریک اسید کافی و اندازه‌گیری حجم گاز هیدروژن آزاد شده تعیین کرد. حجم گاز، در شرایط آزمایش، با استفاده از قانون آووگادرو به شرایط استاندارد تبدیل می‌شود، معادله‌ی واکنش به این صورت است:



**وسایل لازم:** ارلن خلاء ۵۰۰، استوانه‌ی مدرج ۱۰۰، نخ نازک، تشتک پلاستیکی یا فلزی، لوله‌ی شیشه‌ای و لوله‌ی لاستیکی و کاغذ سنباده.

**مواد لازم:** نوار منیزیم، هیدروکلریک اسید غلیظ.

۱. با استفاده از وسایل ذکر شده، دستگاهی را مطابق شکل نصب کنید. تشتک را از آب پر کرده استوانه‌ی مدرج را نیز از آب پر کنید و بدون حباب هوا، به‌طور وارونه در آب داخل تشتک قرار دهید.

۲. نوار منیزیم را در ابتدا، با کاغذ سنباده تمیز و ۵/۰ گرم از آن را با دقت وزن کنید؛ سپس آن را به‌دور یک مداد بیچید و به‌صورت ماریچ درآورید.

۳. ارلن را تا  $\frac{1}{3}$  حجم آن را آب پر کرده سپس ۲۰ هیدروکلریک اسید غلیظ را به آن بیفزایید.

۴. نوار منیزیم را به یک نخ نازک ببندید و قبل از بستن، در لاستیکی ارلن آن را، به‌گونه‌ای که با محلول تماس پیدا نکند، بالای محلول قرار دهید.

۵. پس از قرار دادن در لاستیکی و اطمینان یافتن از این که لوله‌ی رابط در زیر استوانه‌ی مدرج قرار دارد، ارلن را کج کنید تا نوار منیزیم با محلول اسید تماس پیدا کند. نوار منیزیم در اسید حل و گاز هیدروژن به زیر استوانه‌ی مدرج هدایت می‌شود. پس از متوقف شدن واکنش و خارج نشدن حباب‌های گاز هیدروژن، حجم گاز هیدروژن را در داخل استوانه‌ی مدرج یادداشت کنید (حجم گاز، برابر حجم آبی است که در استوانه‌ی



مدرج پایین می آید).

نتیجه گیری و محاسبه: با استفاده از رابطه ی ۱، حجم گاز هیدروژنی را که به روش یاد شده به دست می آید، به شرایط استاندارد تبدیل کنید.

$$\text{رابطه ی ۱: } \dots + \alpha \dots = \dots$$

$$\dots : \text{ فشار گاز هیدروژن در فشار } \dots$$

حجم گاز هیدروژن در  $0^\circ\text{C}$ ، این حجم، در رابطه ی فوق، مجهول است و باید محاسبه شود.

$$\alpha : \text{ عدد ثابت و برابر } \frac{1}{273} \text{ (ضریب انبساط حجمی گاز به ازای هر درجه)}$$

$$\dots : \text{ دمای هوا در آزمایشگاه بر حسب درجه ی سانتی گراد}$$

حجم گاز هیدروژن در شرایط آزمایشگاه که برابر با حجم آبی است که در استوانه ی مدرج جابه جا شده است (بر حسب  $3^\circ\text{C}$ ).

فشار گاز هیدروژن در شرایط آزمایش؛ این فشار به فشار بخار آب و فشار جو، و اختلاف سطح آب در استوانه ی مدرج و تشتک به صورت رابطه ی ۲ بستگی دارد.

$$\text{رابطه ی ۲: } \dots = \dots + \dots - \dots$$

فشار بخار آب، در هر دمایی، مقداری ثابت است. با قرار دادن مقدار  $\dots$  در رابطه ی ۱ خواهیم داشت:

$$\text{رابطه ی ۳: } \dots + \alpha \dots = \dots + \dots - \dots$$

با قرار دادن مقادیر عددی لازم،  $\dots$  را در شرایط استاندارد محاسبه کنید و با تقسیم آن حجم  $\dots$  بر  $224000$  (حجم یک مول گاز در شرایط استاندارد) تعداد مول های هیدروژن را محاسبه نمایید. اگر حاصل این تقسیم را  $\dots$  مول فرض کنید، می توانید تعداد مول های منیزیم را نیز به دست آورید، زیرا این دو، معادل یک دیگر هستند. چرا؟ برای به دست آوردن وزن اتمی منیزیم، می توان با در نظر گرفتن تعداد مول های هیدروژن و وزن منیزیم اولیه، از رابطه ی  $1 \times 10^{-5}$  استفاده کرده وزن اتمی  $\dots$  را بر حسب گرم به دست آورد.

۱. در رابطه ی ۲، اختلاف سطح آب تشتک و آب درون استوانه ی مدرج، پس از حل شدن فلز در اسید است (بر حسب میلی متر). فشار جو در آزمایشگاه و فشار بخار آب است.
۲. ممکن است سطح آب داخل استوانه ی مدرج و سطح آب داخل تشتک به سه حالت درآید:
  - الف - اگر هم سطح باشند، عبارت مربوط به اختلاف سطح حذف می شود.
  - ب - اگر ارتفاع آب در داخل استوانه ی مدرج بیش تر باشد، از رابطه ی ۲ به همین صورت استفاده می شود.
  - ج - اگر سطح آب در داخل استوانه ی مدرج پایین تر از سطح آب در داخل تشتک باشد، مقدار مربوط به آن، با علامت منفی در رابطه قرار می گیرد.

## پرسش‌ها -

۱. وزن اتمی منیزیم به دست آمده را با وزن اتمی واقعی منیزیم، مقایسه و درصد خطا را محاسبه کنید.
۲. چه عواملی در پیدایش مؤثرند؟
۳. در صورتی که نوار منیزیم را قبل از توزین، سنباده نزنید، چه خطایی در آزمایش به وجود می‌آید؟
۴. در صورتی که در ارلن کاملاً مسدود نباشد، در صورت درست بودن سایر مراحل آزمایش، آیا وزن اتمی منیزیم از مقدار واقعی آن بیش تر خواهد بود یا کم‌تر؟ چرا؟