





# یادگیری اصول و مهارت های عملی محلول سازی برای کاربردهای تحقیقاتی و بالینی

دکتر الهه عمادی  
PhD پزشکی مولکولی  
هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی سبزوار

# حلال و حل شونده



❖ **حلال (Solvent):** ماده‌ای که حل شونده در آن حل می‌شود (معمولاً به مقدار بیشتر)

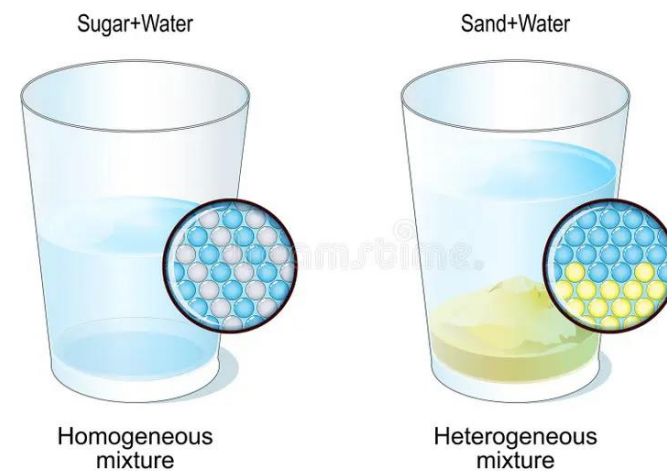
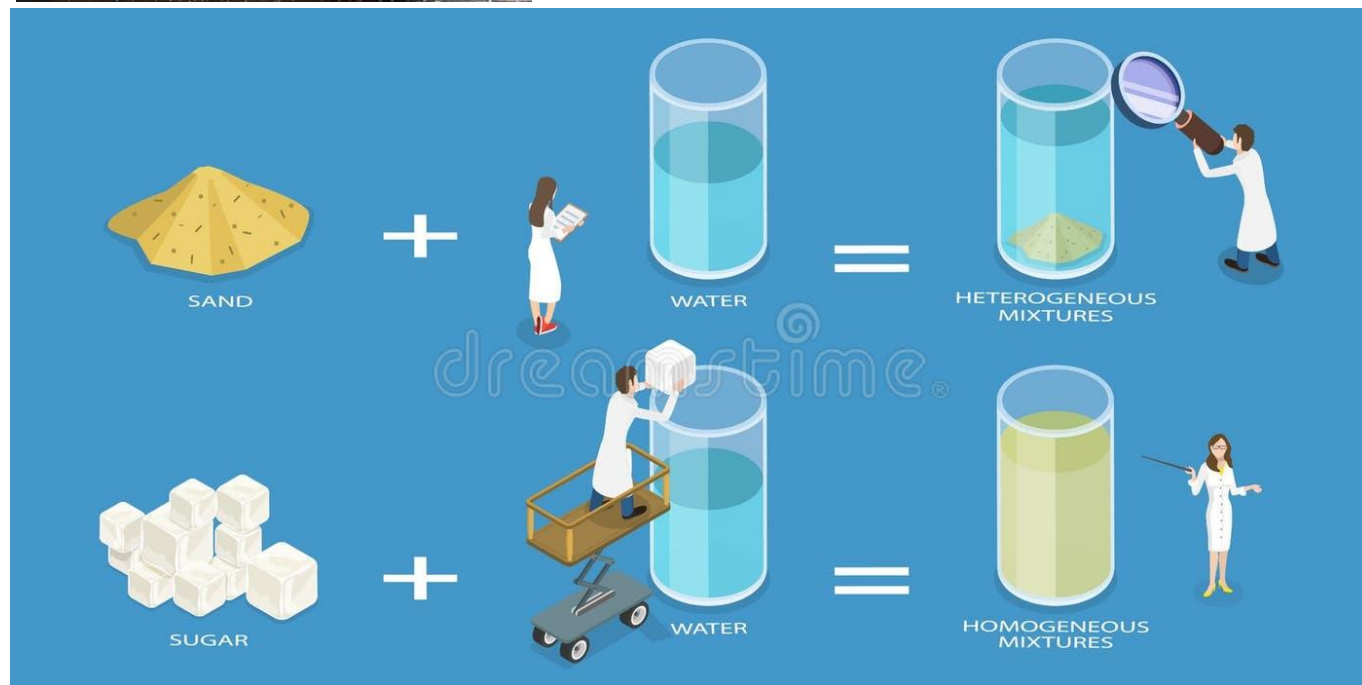
❖ **حل شونده (Solute):** ماده‌ای که در حلال حل می‌شود

✓ مثال روزمره: شکر (حل شونده) در چای (حلال) ← محلول شیرین حاصل = محلول حقیقی

❖ **محلول (Solution):** مخلوطی حداقل از دو ماده

❖ **محلول همگن (Homogeneous Solution)**

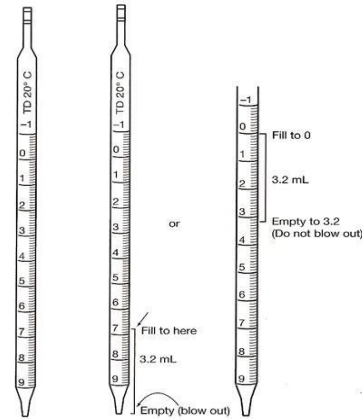
❖ **محلول ناهمگن (Heterogeneous Mixture)**



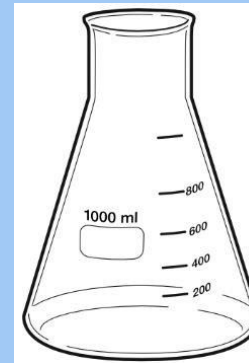
## وسایل مورد نیاز برای محلول سازی



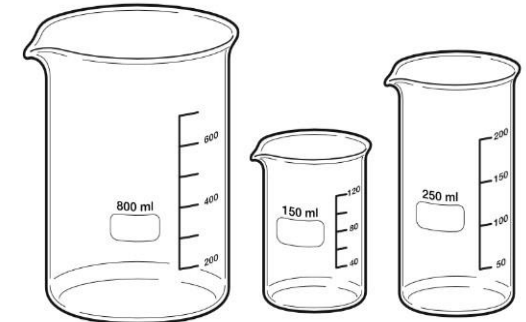
بالن ژوژه  
(Volumetric Flask)



پیپت  
(Pipette)



ارلن مایر  
(Erlenmeyer Flask)



بشر  
(Beaker)



ترازوی دیجیتال  
(Laboratory Weighing Scales)

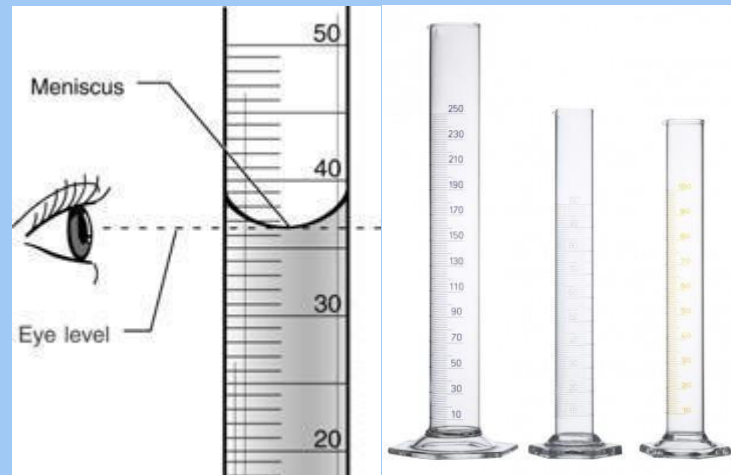


اسپاتول یا قاشق آزمایشگاهی  
(Spoon Spatula)

## وسایل مورد نیاز برای محلول سازی



همزن شیشه ای  
(Stirring rod)



استوانه ی مدرج  
(Graduated cylinder)



بورت  
(Burette)



پیپت  
(Disposable pipette)



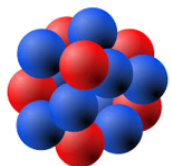
قیف  
(Funnel)



سمپلر  
(Sampler)



# مول و جرم مولی



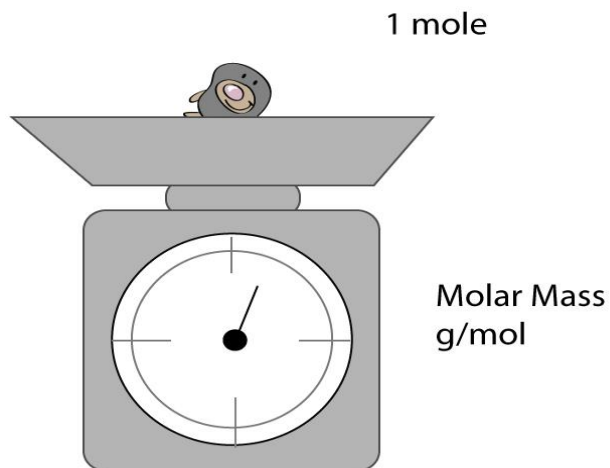
?

**Mole**

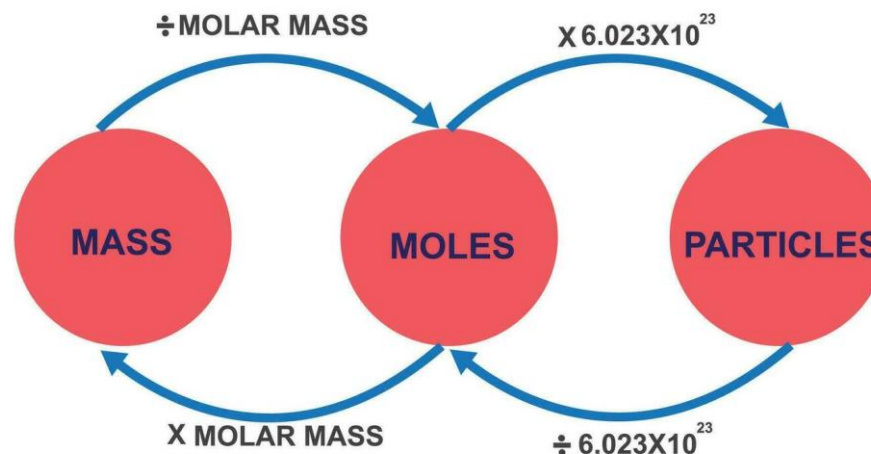
$6.022 \times 10^{23}$   
Avogadro's number

❖ مول (Mole): یک بسته استاندارد از ذرات ( $6.022 \times 10^{23}$  عدد اتم یا مولکول)

A lot of atoms !!!



❖ جرم مولی (Molar Mass): جرم یک مول از ماده (بر حسب گرم)



$$\text{mol} = \frac{m (\text{gr})}{M (\frac{\text{gr}}{\text{mol}})}$$



## مول و جرم مولی

✓ جرم مولی یک ماده برابر با مجموع جرم مولی اتم‌های سازنده ی آن می‌باشد.

به طور مثال جرم مولی آب ( $H_2O$ ) برابر با  $16 + 2(1) = 18$ ؛ چون جرم مولی هیدروژن ۱ گرم بر مول و در هر مولکول آب ۲ اتم هیدروژن وجود دارد و جرم مولی اکسیژن هم ۱۶ گرم بر مول است.

❖ **NaCl:**  $Na = 22.99 \text{ g/mol}$ ,  $Cl = 35.45 \text{ g/mol}$

$$NaCl = 22.99 + 35.45 = 58.44 \text{ g/mol}$$

❖ **Glucose ( $C_6H_{12}O_6$ ):**  $C = 12.01 \times 6 = 72.06$ ,  $H = 1.008 \times 12 = 12.096$ ,  $O = 16.00 \times 6 = 96.00$

$$C_6H_{12}O_6 = 180.16 \text{ g/mol}$$



✓ مثال: ۱۶ گرم فلز مس (Cu) چه تعداد اتم خواهد بود؟ (عدد جرمی مس = ۶۴ ~ گرم بر مول)

$$\frac{1 \text{ mol Cu}}{X \text{ mol Cu}} \quad \bigg| \quad \frac{64 \text{ g Cu}}{16 \text{ g Cu}} \quad \Rightarrow \quad X = \frac{16}{64} = 0.25 \text{ mol Cu}$$

$$\frac{1 \text{ mol Cu}}{0.25 \text{ mol Cu}} \quad \bigg| \quad \frac{6.022 \times 10^{23} \text{ Cu}}{X = ? \text{ اتم}} \quad \Rightarrow \quad X = \frac{0.25 \times 6.022 \times 10^{23}}{1} = 1.50 \times 10^{23} \text{ Atom Cu}$$



## غلظت (Concentration)

❖ غلظت: مقدار ماده‌ی حل‌شونده در حجم مشخصی از محلول (حلال) ❌

❖ تفاوت حجم حلال و حجم محلول، مثال: می‌خواهیم ۱۰۰ میلی لیتر محلول ۱ مولار NaCl تهیه کنیم. ( $\text{NaCl} = 58.44 \text{ g/mol}$ )  
**روش اشتباه:** اگر ۱۰۰ میلی لیتر آب برداریم و ۵/۸۴ گرم NaCl به آن اضافه کنیم. حجم نهایی محلول بیشتر از ۱۰۰ میلی لیتر خواهد شد مثلاً حدود ۱۰۵ میلی لیتر. بنابراین غلظت واقعی کمتر از ۱ مولار می‌شود حدود ۰/۹۵ مولار

**روش درست:** ابتدا ۵/۸۴ گرم NaCl را در کمی آب حل می‌کنیم، سپس محلول را به بالن ژوژه منتقل کرده و حجم نهایی را دقیقاً به ۱۰۰ میلی لیتر می‌رسانیم. در این حالت غلظت دقیقاً ۱ مولار خواهد بود.



## انواع غلظت و کاربرد آن ها

❖ مولاریته (Molarity, M): تعداد مول‌های حل‌شونده در یک لیتر محلول

$$M = \frac{n}{V}$$

مثال: تهیه ۱۰۰ mL محلول ۱ مولار NaCl: نیاز به ۵.۸۴ گرم NaCl دارد.

$$1M = \frac{n?}{V (0.1 \text{ lit})} = 0.1 \text{ mol} \longrightarrow \frac{0.1 (\text{mol}) \times 58.44 (\text{g})}{1 (\text{mol})} = 5.84 (\text{g})$$

نکته: مولاریته همیشه به حجم نهایی محلول وابسته است، نه فقط حجم حلال.



## انواع غلظت و کاربرد آن ها

❖ **نرمالیتة (Normality, N):** نرمالیتة توانایی واکنش دادن ماده را اندازه می گیرد.

❖ تعداد اکی والان های ماده حل شده در یک لیتر محلول را نرمالیتة می گویند.

(حجم محلول / اکی والان گرم ماده ی حل شونده) = نرمالیتة

✓ مفهوم میزان اکی والان: **مقداری از یک ماده** است که می تواند با **یک مول یون های هیدروژن ( $H^+$ )** یا **یک مول یون های هیدروکسید ( $OH^-$ )** در واکنش اسید-باز یا با **یک مول الکترون ( $e^-$ )** در واکنش اکسایش-کاهش، واکنش دهد.

(تعداد واحدهای واکنش پذیر / جرم مولی) = جرم اکی والان گرم



### ❖ نرمالیتة (Normality, N)

مثال:

• می‌خواهیم ۱ لیتر محلول ۱ نرمال (1N) از اسید سولفوریک ( $H_2SO_4$ ) بسازیم.

• خلاصه مراحل:

۱. محاسبه: مقدار اسید سولفوریک غلیظ مورد نیاز را محاسبه کنید.

۲. رقیق‌سازی: این مقدار اسید غلیظ را به آرامی و با احتیاط به حدود ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر سرد اضافه کنید.

۳. تکمیل حجم: در نهایت حجم محلول را با آب مقطر به دقیقاً ۱ لیتر برسانید.

✓ اسید سولفوریک غلیظ آزمایشگاهی معمولاً ۹۶-۹۸٪ خالص است و چگالی آن حدود  $1.84 \text{ g/ml}$  است.



## انواع غلظت و کاربرد آن ها

✓ محاسبه اکی والان گرم اسید سولفوریک:

• **(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>):**  $H = 1.008 \times 2 = 2.016$ ,  $S = 32.06 \times 1 = 32.06$ ,  $O = 16.00 \times 4 = 64.00 = 98.08$

• تعداد واحدهای واکنش پذیر در یک مولکول = ۲، زیرا اسید دوپروتونه است و ۲ یون H<sup>+</sup> آزاد می کند.

۴۹ گرم = (۹۸ / ۲) = جرم اکی والان گرم ماده ی حل شونده

✓ محاسبه جرم و حجم اسید غلیظ (۹۸ درصد) مورد نیاز:

۵۰ گرم = (۴۹ / ۰.۹۸) = جرم اکی والان گرم با توجه به خلوص اسید

✓ حالا این جرم را با استفاده از چگالی به حجم تبدیل می کنیم:

۲۷.۱۷ میلی لیتر = (؟ میلی لیتر / ۵۰ گرم) = ۱.۸۴ چگالی (گرم بر میلی لیتر)

✓ شما به حدود ۲۷.۱۷ میلی لیتر از اسید سولفوریک غلیظ (۹۸٪) نیاز دارید.



## انواع غلظت و کاربرد آن ها

دستورالعمل عملی برای ساخت محلول:

✓ حدود ۵۰۰ میلی لیتر آب مقطر را در یک بشر بزرگ بریزید. بهتر است بشر را درون یک ظرف حاوی آب یخ قرار دهید تا حرارت ناشی از رقیق سازی بهتر کنترل شود.

✓ با دقت حدود ۲۷.۲ میلی لیتر از اسید سولفوریک غلیظ را توسط استوانه مدرج یا پیت بردارید.

✓ به آرامی و با احتیاط اسید غلیظ را به آب داخل بشر اضافه کنید. مخلوط را هم بزنید تا حرارت به طور یکنواخت پخش شود.

✓ پس از خنک شدن کامل محلول (به دمای اتاق برسد)، آن را به آرامی به بالن ژوژه ۱ لیتری منتقل کنید. مطمئن شوید که هیچ قطره‌ای در بیرون نریخته است.

✓ با آب مقطر دیواره داخلی بالن و دهانه آن را بشویید و سپس آنقدر آب مقطر اضافه کنید تا به خط نشانه دقیقاً در پایین گودی مایع قرار گیرد.



## انواع غلظت و کاربرد آن ها

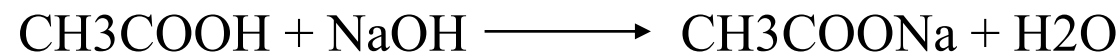
### ❖ تفاوت مولاریته و نرمالیه

✓ هر دو واحدهایی برای بیان غلظت محلول هستند، اما تفاوت آن ها در نوع ذراتی است که شمارش می شوند.  
مولاریته تعداد مول ها (mol/L) را در نظر می گیرد، در حالی که نرمالیه تعداد اکسی والان های واکنش پذیر (eq/L) را

✓ مولاریته مستقل از نوع واکنش است ولی نرمالیه وابسته به نوع واکنش (اسید-باز، اکسایش-کاهش و...)

مثال برای درک بهتر:

تیتراسیون سرکه با غلظت نامعلوم (اسید استیک،  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) (اسید ضعیف) با  $0.1 \text{ M NaOH}$  (باز قوی)



— اکسی والان برای اسید (E): تعداد پروتون های اسیدی / (M) جرم مولی — ← اسید استیک یک اسید مونوپروتیک:  $E = M / 1$

بنابراین، نرمالیه اسید استیک = مولاریته آن



## انواع غلظت و کاربرد آن ها

– اکی والان برای باز (E): تعداد گروه های OH / (M) جرم مولی ← سدیم هیدروکسید یک باز مونوبازیک:  $E = M / 1$   
بنابراین، نرمالیت سدیم هیدروکسید = مولاریته آن  
روش کار: .

✓ ۱۰ میلی لیتر از سرکه را با پیپت به دقت برداشته و در ارلن مایر بریزید.

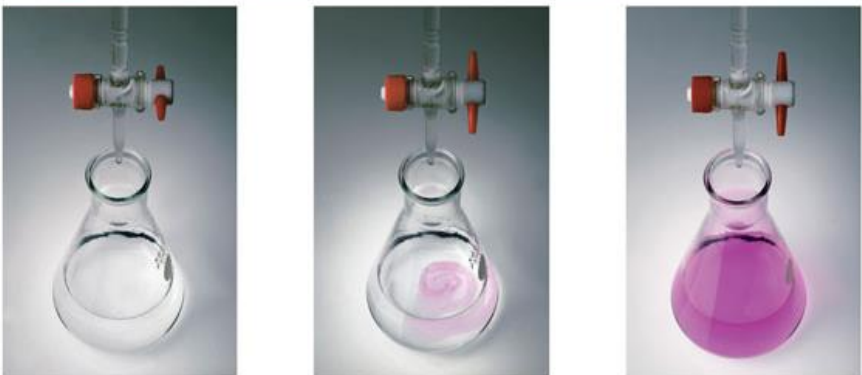
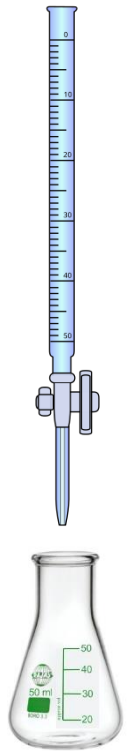
✓ به آن ۲-۳ قطره فنل فتالین یک درصد (شناساگر) اضافه کنید.

✓ بورت را با محلول NaOH ۰.۱ مولار پر کنید.

✓ تیتراسیون را به آرامی انجام دهید تا رنگ ارلن از بی رنگ به صورتی بسیار کم رنگ تغییر کند.

✓ حجم NaOH مصرفی را یادداشت کنید.

✓ آزمایش را ۲-۳ بار تکرار کنید تا نتایج همخوان به دست آید.



## انواع غلظت و کاربرد آن ها

فرض کنید داده‌های زیر از آزمایش به دست آمده:

✓ حجم سرکه:  $V_{\text{acid}} = 10 \text{ ml}$

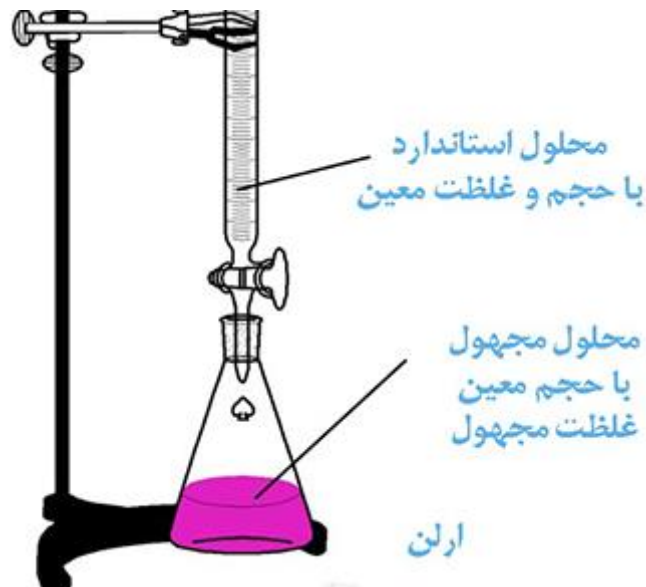
✓ غلظت:  $C_{\text{NaOH}} = 0.1 \text{ M}$

✓ حجم متوسط NaOH مصرفی:  $V_{\text{NaOH}} = 8.5 \text{ ml}$

❖ از آنجایی  $N_{\text{acid}} = M_{\text{acid}}$  و  $N_{\text{base}} = M_{\text{base}}$  به این دلیل که ضریب اکی والان برای هر دو ماده برابر ۱ است:

در نقطه هم ارزی  $N_{\text{acid}} \times V_{\text{acid}} = N_{\text{base}} \times V_{\text{base}}$

$$0.085 \text{ M یا } 0.085 \text{ N} \leftarrow N_{\text{acid}} \times 10 \text{ ml} = 0.1 \times 8.5 \text{ ml}$$



## انواع غلظت و کاربرد آن ها

❖ غلظت درصد (percent concentration):

- درصد وزنی-وزنی
- درصد وزنی-حجمی
- درصد حجمی-حجمی

✓ غلظت درصد به صورت درصد وزنی - وزنی (weight percent) یا درصد جرمی (mass percent) (% w/w) این کمیت برای تعیین میزان جز وزنی از ماده حل شونده ای که در مقدار ۱۰۰ جز وزنی از محلول وجود دارد، به کار می رود. مثال:

- محلول هیدروکسید سدیم ۵ درصد: ۵ گرم سدیم هیدروکسید در ۱۰۰ گرم محلول
- محلول سدیم کلرید ۰/۹ درصد: ۰/۹ گرم سدیم کلرید در ۱۰۰ گرم محلول

$$100 \times (\text{جرم محلول} / \text{جرم ماده حل شونده}) = \text{درصد جرمی یا درصد وزنی}$$

سوال؟

چند گرم شکر در ۵۵۰ گرم محلول چایی شیرین با درصد وزنی ۳۵٪ وجود دارد؟



سوال؟

چند گرم شکر در ۵۵۰ گرم محلول چایی شیرین با درصد وزنی ۳۵٪ وجود دارد؟

$$\text{گرم شکر} = ۵۵۰ \times (۳۵ / ۱۰۰) = ۱۹۲/۵ \text{ گرم شکر}$$

$$\text{گرم چایی} = ۵۵۰ \times (۶۵ / ۱۰۰) = ۳۷۵/۵$$

با فرض چگالی ۱ g/mL برای چایی:

$$V(ml) = \frac{M(g)}{p} = \frac{375.5}{1} = 375.5 \text{ ml}$$

✓ درصد جرمی مواد مرکب: درصد های جرمی عناصر سازنده آن ماده مرکب

$$۱۰۰ \times (\text{جرم مولی ماده مرکب} / (\text{جرم اتمی عنصر}) \times (\text{ضریب عنصر مورد نظر در فرمول ماده مرکب})) = \text{درصد جرمی عنصر مورد نظر}$$

مثال: درصد جرمی عناصر کربن و اکسیژن را در مولکول CO<sub>2</sub>؟ (جرم اتمی کربن=۱۲ و جرم اتمی اکسیژن=۱۶)



## انواع غلظت و کاربرد آن ها

مثال: درصد جرمی عناصر کربن و اکسیژن را در مولکول  $\text{CO}_2$ ؟ (جرم اتمی کربن=۱۲ و جرم اتمی اکسیژن=۱۶)

$$\text{جرم مولی } \text{CO}_2 = ((2) \times (16) + 12) = 44$$

$$\text{درصد جرمی کربن} = ((1) \times (12) / 44) \times 100 = 27.3$$

$$\text{درصد جرمی اکسیژن} = ((2) \times (16) / 44) \times 100 = 72.7$$

✓ درصد وزنی - حجمی (weight/volume percent)، (% w/v)

این کمیت برای تعیین میزان جز وزنی از ماده حل شونده ای که در مقدار ۱۰۰ میلی لیتر از محلول وجود دارد، به کار می رود.  
مثال:

- محلول آبی ۵ درصد از نیتрат نقره: ۵ گرم نیترات نقره در مقدار کافی آب مقطر برای تولید ۱۰۰ میلی لیتر محلول حل می شود.
- محلول ده درصد هیدروکسیل آمین: ۱۰ گرم از هیدروکسیل آمین در مقدار کافی حلال برای تولید ۱۰۰ میلی لیتر محلول حل می شود.
- محلول ۲ درصد آگارز: ۲ گرم آگارز در ۱۰۰ میلی لیتر بافر

$$100 \times (\text{جرم ماده حل شونده به گرم} / \text{حجم محلول به میلی لیتر}) = \text{درصد وزنی-حجمی}$$



## انواع غلظت و کاربرد آن ها

✓ درصد حجمی-حجمی (volume percent) یا درصد حجمی، (% v/v)

در حقیقت این کمیت برای تعیین حجم ماده حل شونده در ۱۰۰ واحد حجم محلول به کار می رود.  
مثال:

• محلول اتانول ۷۰٪ حجمی: ۷۰ میلی لیتر اتانول و ۳۰ میلی لیتر آب

$$۱۰۰ \times (\text{حجم محلول} / \text{حجم ماده ی حل شونده}) = \text{درصد حجمی-حجمی}$$

سوال؟

درصد حجمی ۸۰۰ میلی لیتر از محلولی که شامل ۲۰۰ میلی لیتر اتانول می باشد را محاسبه کنید؟

$$۲۵ = \text{درصد حجمی} = ((۲۰۰) / ۸۰۰) \times ۱۰۰$$



## انواع غلظت و کاربرد آن ها

❖ قسمت در میلیون ((parts per million (ppm)) و قسمت در میلیارد ((parts per billion (ppb))

✓ واحدهایی برای بیان غلظت‌های بسیار کم

$$1 \text{ ppm} = \frac{1}{1000000} = 10^{-6} \quad \checkmark \quad \text{یک قسمت ماده در یک میلیون قسمت محلول}$$

$$1 \text{ ppb} = \frac{1}{1000000000} = 10^{-9} \quad \checkmark \quad \text{یک قسمت ماده در یک میلیارد قسمت محلول}$$

مثال:

اگر غلظت سربی در آب ۱ ppm باشد، به ازای هر ۱ میلیون گرم آب، ۱ گرم سرب وجود دارد.

اگر غلظت آرسنیک در آب ۱ ppb باشد، به ازای هر ۱ میلیارد گرم آب، ۱ گرم آرسنیک وجود دارد.

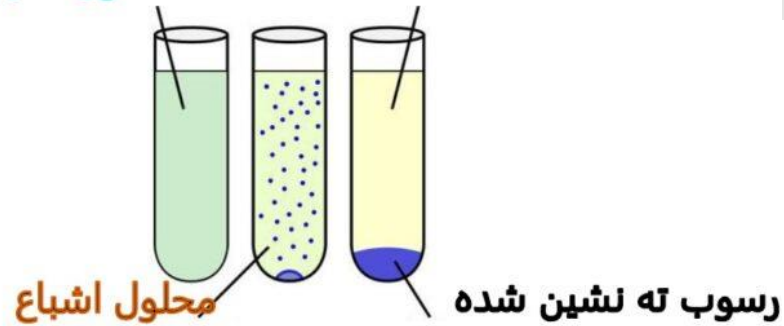
$$1 \text{ ppm} = 1000 \text{ ppb}$$

$$1 \text{ ppb} = 0.001 \text{ ppm}$$



## انواع غلظت و کاربرد آن ها

✓ غلظت یک محلول را می توان به صورت کیفی هم بیان کرد.



✓ برای بیان کیفی غلظت، یک محلول را می توان به عنوان **محلول رقیق** یا **محلول غلیظ** طبقه بندی کرد.

✓ **محلول غیراشباع** محلولی است که **حاوی ماده ی حل شونده کمتر از حداکثر** مقدار آن قبل از رسیدن محلول به سطح اشباع باشد.

✓ **محلول اشباع** محلولی است که در آن **بیشترین مقدار حل شونده** در یک **حلال** در **دمای معین** حل شود.

✓ **محلول فوق اشباع** محلولی که **حل شونده در آن به مقدار زیاد** وجود دارد و دیگر امکان حل کردن حل شونده در آن وجود ندارد و با اضافه کردن حل شونده جدید به صورت جامد ته نشین می شود.



# محلول سازی از جامدات

✓ در این محلول سازی ما فقط به جرم مولکولی ترکیب احتیاج داریم.

✓ جهت آماده سازی مواد برای محلول سازی از جامدات، باید وزن کردن مواد جامد را بر روی یک سطح صاف مثل پتری دیش یا کاغذ تمیز و صاف انجام دهید.

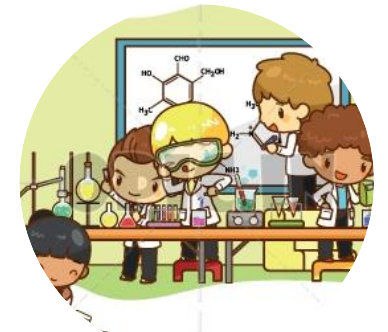
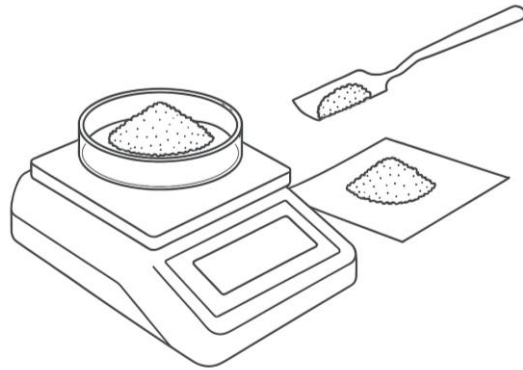
✓ هنگامیکه پتری دیش یا کاغذ را روی ترازو گذاشتید **دستگاه را صفر کنید** و یا وزن کل آن را از وزن ظرف یا کاغذ کم کنید.

✓ همیشه به اندازه ای از مواد بردارید تا مجبور نشوید با برگرداندن ماده به ظرف اصلی باعث آلودگی شوید.

✓ پس از وزن کردن نمونه جامد، آن را در **بالن ژوژه** بریزید.

✓ کمی حلال به بالن اضافه کنید و آن را کامل تکان دهید تا حل شونده در حلال،

✓ باقی مانده حلال را به محلول اضافه کنید تا به خط نشانه ی بالن ژوژه برسد.



# محلول سازی از مایعات



✓ برای اندازه گیری حجم مایعات از ظروف آزمایشگاهی شیشه ای با دقت بالا استفاده کنید.

❖ **محلول سازی مایعات به روش وزنی:**

✓ بشر را روی ترازو بگذارید و آن را صفر کنید.

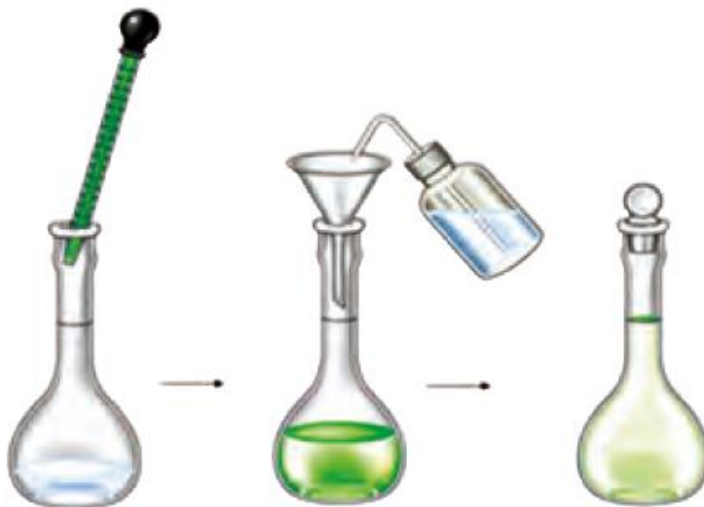
✓ اندازه ی حل شونده را که طبق فرمول به دست آورده اید وزن کنید و در بالن بریزید.

✓ توسط حلال، حجم را به حجم مورد نظر برسانید.

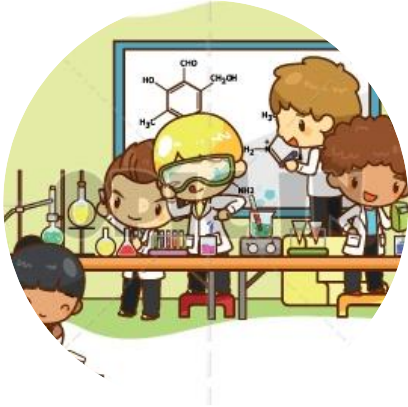
❖ **محلول سازی مایعات به روش حجمی:**

✓ طبق محاسبات محلول سازی که انجام داده اید، توسط یک پیت از استوک، حل شونده را بردارید و در بالن بریزید.

✓ توسط حلال، حجم محلول را به خط نشانه بالن برسانید.



# محلول سازی از مایعات



□ محلول سازی مایعات به روش حجمی بر حسب غلظت مولار:

✓ ساخت محلول با حجم و غلظت مورد نظر از یک محلول غلیظ

✓ ابتدا باید **غلظت مولار** محلول غلیظ را حساب کنیم.

✓ بدین منظور به **درصد خلوص (a)**، **دانسیته (d)** و **جرم مولکولی (M)** محلول غلیظ نیاز داریم.

$$C_M = \frac{10 \cdot a \cdot d}{M}$$

✓ با توجه به اطلاعات و فرمول، غلظت مولار محلول غلیظ را حساب می کنیم.

نمونه ی لیبل محلول غلیظ

| Material         | Hydrochloric acid 32%      |          |                   |
|------------------|----------------------------|----------|-------------------|
| Grade            | Laboratory                 |          |                   |
| Chemical formula | HCl                        |          |                   |
| Molecular mass   | 36.46 g/mol                |          |                   |
| Spec. density    | 1.16 g/cm <sup>3</sup>     |          |                   |
| Specification    | Assay                      | 30 – 34  | %                 |
|                  | Description                | Conforms |                   |
|                  | Identification A           | Conforms |                   |
|                  | Identification B           | Conforms |                   |
|                  | Identification C           | Conforms |                   |
|                  | Solubility                 | Conforms |                   |
|                  | Relative density at 20 °C  | 1.16     | g/cm <sup>3</sup> |
|                  | Sulfate (SO <sub>4</sub> ) | ≤ 0.005  | %                 |
|                  | Appearance of solution     | Conforms |                   |
|                  | Heavy metals               | ≤ 2      | ppm               |
|                  | Residue on evaporation     | ≤ 0.01   | %                 |
|                  | Free Chlorine              | ≤ 0.004  | %                 |

$$C_M = \frac{10 \times 32 \times 1.16}{36.46} = 10.18$$



## محلول سازی از مایعات

✓ ۲۵۰ میلی لیتر محلول هیدروکلریک اسید ۳ مولار از محلولی که لیبل آن را بررسی کردیم تهیه کنید.

غلظت مورد نیاز از محلولی که می خواهیم بسازیم

حجم مورد نیاز از محلولی که می خواهیم بسازیم

$C1 \times V1 = C2 \times V2$

غلظت محلول غلیظ

حجمی از محلول غلیظ که باید جهت محلول سازی برداریم؟

$$10.18 \times ? = 3 \times 250 \Rightarrow 73.67 \text{ ml}$$

پس بایستی ۷۳.۶۷ میلی لیتر از محلول غلیظ را برداریم و در بالون ۲۵۰ میلی لیتر به حجم برسانیم.



# محلول سازی از مایعات

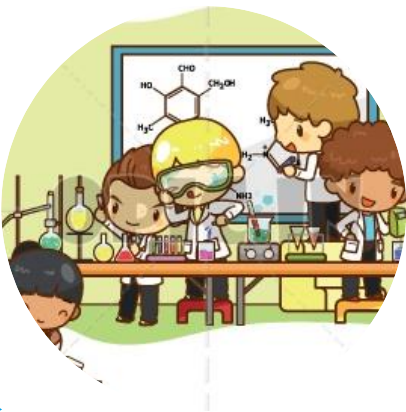
□ محلول سازی مایعات به روش حجمی بر حسب غلظت نرمال:

✓ در این حالت ابتدا باید غلظت محلول غلیظ بر حسب نرمال محاسبه شود.

$$N = \frac{10 \text{ ad}}{E} \quad \begin{array}{l} \text{جرم مولی } M \\ \text{ظرفیت } n \end{array} \quad E = \frac{M}{n} \text{ اکی والان}$$

✓ E همان اکی والان است که برای اجسام شیمیایی مختلف متفاوت است:

|                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|
| تعداد $H$ اسیدی $M$      | برای اسیدها              |
| تعداد $OH$ بازی $M$      | برای بازها               |
| تعداد $e$ مبادله شده $M$ | برای اجسام اکسید و احیاء |
| ظرفیت فلز جانشین شده $M$ | برای نمک های معمولی      |



## محلول سازی از مایعات

✓ بعد از محاسبه نرمالیتته محلول غلیظ حجمی که باید از محلول غلیظ برداریم و محلول سازی انجام دهیم به وسیله ی فرمول زیر حساب می کنیم:

غلظت مورد نیاز از محلولی که می خواهیم بسازیم

$$N_1 \times V_1 = N_2 \times V_2$$

حجم مورد نیاز از محلولی که می خواهیم بسازیم

غلظت محلول غلیظ

حجمی از محلول غلیظ که باید جهت محلول سازی برداریم؟

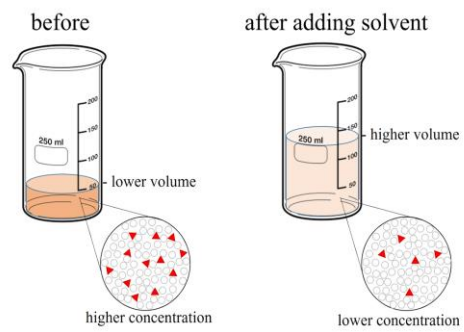
مثال: ۱۰۰ میلی لیتر اسید سولفوریک ( $H_2SO_4$ ) ۲ نرمال تهیه کنید. ( $d = 1.84 \text{ g/cm}^3$  -  $M = 98 \text{ g/mole}$  -  $\text{Purity} = \%98$ )

$$E = \frac{98}{2} = 49 \Rightarrow N = \frac{10 \times 98 \times 1.84}{49} = 36.8 \Rightarrow 36.8 \times ? = 2 \times 100 \Rightarrow 5.43 \text{ ml}$$

۵.۴۳ میلی لیتر از اسید بر می داریم و داخل بالن ژوژه می ریزیم و به حجم ۱۰۰ میلی لیتر می رسانیم.



# رقیق سازی (Dilution)



رقیق سازی یا رقت، فرایند کاهش غلظت حل شونده در محلول است.

❖ رقیق سازی به شکل درصدی: با استفاده از یک محلول غلیظ با درصد جرمی یا درجه خلوص معین، محلول رقیق با درصد جرمی متفاوت ساخته می شود.

(درصد محلول مادر / درصد محلول مورد نیاز) × مقدار محلول رقیق بر حسب میلی لیتر = مقدار مورد نیاز از محلول مادر بر حسب میلی لیتر

مثال: ۴۵۰ میلی لیتر محلول اسید سولفوریک ۸۵ درصد از استوک آن با درجه خلوص ۹۸ درصد تهیه کنید؟

۳۹۰.۳ میلی لیتر = (۹۸ درصد / ۸۵ درصد) × ۴۵۰ میلی لیتر = مقدار مورد نیاز از محلول مادر بر حسب میلی لیتر

مراحل عملی:



۱. با احتیاط حدود ۳۹۰.۳ mL از اسید سولفوریک ۹۸٪ را با پیپت یا استوانه مدرج بردارید.
۲. آن را به آرامی و در زیر هود آزمایشگاهی داخل یک بالن ژوژه یا ارلن حاوی مقداری آب مقطر بریزید.
- هشدار: همیشه اسید را به آب اضافه کنید، نه برعکس! (برای جلوگیری از پاشش و گرمای شدید)
۳. حجم را با آب مقطر تا ۴۵۰ mL برسانید.
۴. محلول را خوب هم بزنید و برچسب گذاری کنید.



## رقیق سازی (Dilution)

❖ رقیق سازی به شکل غلظتی: تعداد مول حل شونده در محلول غلیظ و رقیق تفاوتی با یکدیگر ندارند و با استفاده از این تساوی می شود مجهول را به دست آورد.

✓ حالتی که دو محلول همدیگر را خنثی می کنند:

$$C1 \times V1 = C2 \times V2$$

مثال: ۱۰۰ میلی لیتر از محلول اسید سولفوریک ۶ نرمال دارید. میخواهید آن را به ۲ نرمال برسانید. چه حجمی از آب مقطر باید اضافه کنید؟

$$6 \times 100 = 2 \times ?$$

با جایگزاری حجم محلول باید به ۳۰۰ میلی لیتر برسد تا ۲ نرمال شود.

از قبل ۱۰۰ میلی لیتر داشتیم پس ۲۰۰ میلی لیتر آب مقطر باید اضافه کنیم.



## رقیق سازی (Dilution)

$$N = (N_1V_1 - N_2V_2) / (V_1 + V_2)$$

✓ حالتی که دو محلول استفاده شده به طور کامل همدیگر را خنثی نکنند:

مثال: ۳۰ میلی لیتر محلول ۰.۱ M HCl با ۲۰ میلی لیتر محلول ۰.۰۵ M NaOH مخلوط می شود. نرمالیت و pH محیط نهایی را محاسبه کنید. (یادآوری: برای اسید / باز قوی یک ظرفیتی، نرمالیت با مولاریته برابر است).

$$N_{\text{final}} = (0.1 \times 30 - 0.05 \times 20) / (30 + 20) = 0.04$$

نکته: اگر حاصل  $(N_1V_1 - N_2V_2)$  مثبت شد pH محلول حاصل اسیدی است و اگر منفی شد pH محلول نهایی بازی است.

در این مساله pH نهایی اسیدی خواهد بود.

محاسبه ی pH محلول نهایی:  $[H^+] = 0.04 \text{ M}$

$$\text{pH} = -\log[H^+] = -\log(0.04) = 1.4$$



## رقیق سازی (Dilution)

✓ حالتی که دو یا چند محلول که با یکدیگر استفاده شدند هم جنس باشند:  $N = (N_1V_1 + N_2V_2 + N_3V_3 + \dots) / (V_1 + V_2 + V_3 + \dots)$

مثال: یک محقق ۱۰۰ میلی لیتر محلول  $H_2SO_4$  ۰.۵ نرمال، ۱۵۰ میلی لیتر از همان اسید ۰.۲ نرمال و ۵۰ میلی لیتر اسید ۰.۸ نرمال را با هم مخلوط می کند. نرمالیتة محلول حاصل چقدر است؟

$$N_{\text{final}} = (0.5 \times 100 + 0.2 \times 150 + 0.8 \times 50) / (100 + 150 + 50) = 0.4$$



## رقیق سازی (Dilution)

✓ حالتی که محلول توسط آب مقطر رقیق شود:  $N_1V_1 = N_{\text{Final}} \times (V_1 + V_{H_2O})$

مثال: آماده کردن محلول با غلظت پایین از محلول غلیظ

از یک محلول استوک (غلظت) اسید نیتریک ۱۶ نرمال، چگونه ۵۰۰ میلی لیتر محلول ۰.۵ نرمال از آن تهیه می کنید؟

$$16 \times V_1 = 0.5 \times (V_1 + V_{H_2O}) = 15.6$$

حجمی که باید از محلول غلیظ برداریم  $V_{\text{Final}} = 500 \text{ ml}$

حدود ۱۵.۶ میلی لیتر از محلول غلیظ ۱۶ نرمال را با پیت دقیق برداشته و در یک بالن ژوژه ۵۰۰ میلی لیتری میریزیم. سپس بالن را تا خط نشانه با آب مقطر پر می کنیم.



## محلول ساختن به صورت نسبت

❖ گاهی در آزمایشات خود لازم است محلول سازی را بر اساس یک **نسبت معین** بسازید.

مثال: ۱۰۰ میلی لیتر از اسید استیک غلیظ دارید و می خواهید طبق **نسبت ۲ به ۱** آن را رقیق کنید:

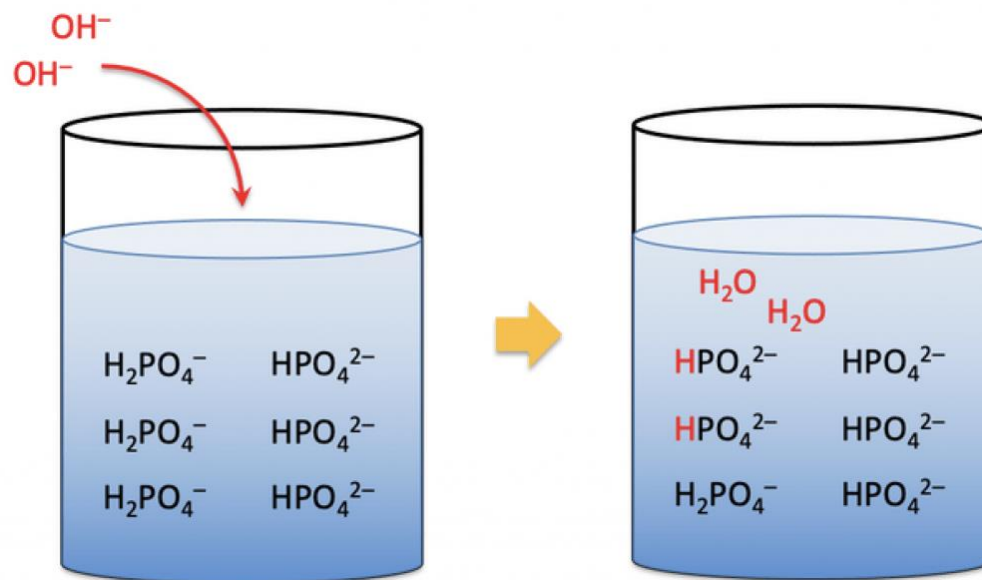
**۱۰۰ میلی لیتر اسید استیک غلیظ** را برمی دارید. آن را در یک ظرف مناسب می ریزید.  
سپس **۲۰۰ میلی لیتر آب مقطر** به آن اضافه می کنید.



## بافر (Buffer)

✓ بافر یک محلول مبتنی بر حلال آب است و از یک **اسید ضعیف و باز مزدوج** آن یا **باز ضعیف و اسید مزدوجش** تشکیل شده است.

✓ محلول های بافر در برابر تغییر pH ناشی از اضافه شدن کمی اسید یا باز و تغییر غلظت محلول مقاومت می کنند و pH محلول را در **محدوده مشخصی ثابت** نگه می دارند.



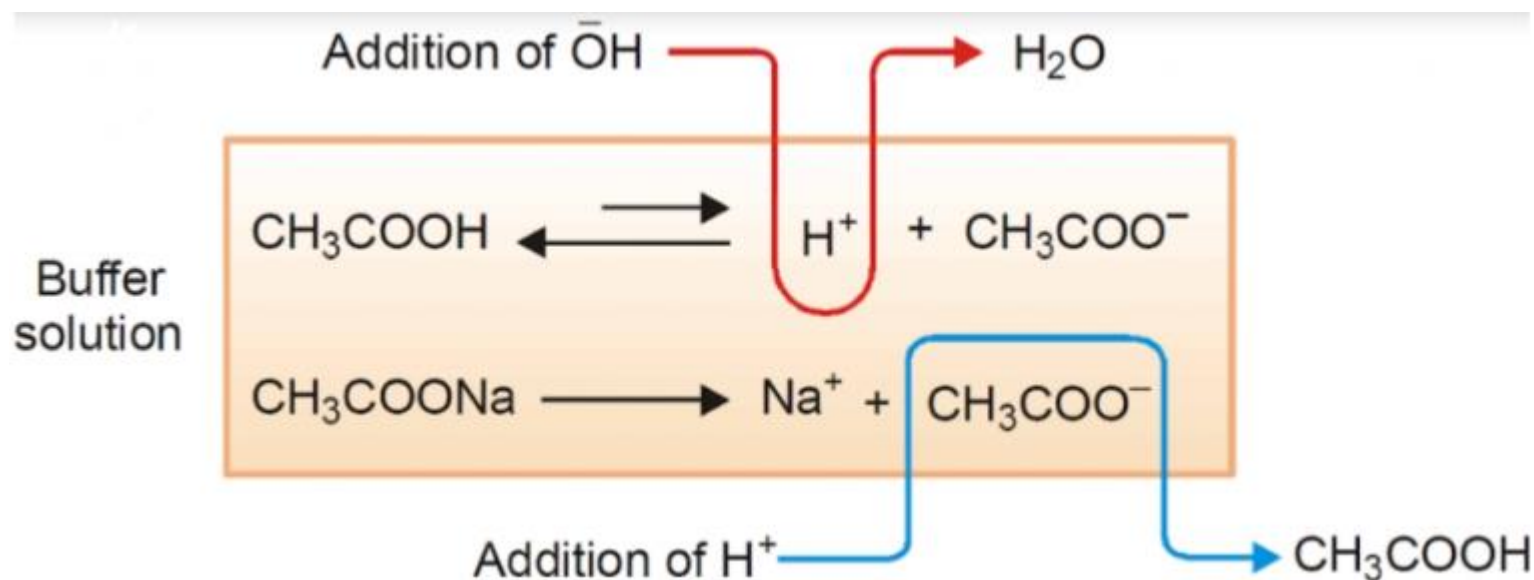
سیستم دی هیدروژن فسفات ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) و مونوهیدروژن فسفات ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ) است که می توانند یون های  $\text{H}^+$  را جذب یا آزاد کنند.



## بافر (Buffer)

✓ به طور کلی بافرها در دو دسته کلی **بافرهای اسیدی (Acidic buffer solutions)** و **بازی (Alkaline buffer solutions)** طبقه بندی می شوند:

- **بافرهای اسیدی:** برای حفظ pH محلول های اسیدی استفاده می شود و از ترکیب **یک اسید ضعیف** به همراه **نمک مشتق شده** آن از **یک باز قوی** بدست می آیند. برای مثال، محلول بافری تشکیل شده از غلظت های برابری از **استیک اسید (CH<sub>3</sub>COOH)** و **سدیم استات (CH<sub>3</sub>COONa)**، دارای pH معادل ۴.۷۴ می باشد.



$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$



## بافر (Buffer)

- بافرهای بازی: برای حفظ pH محلول های بازی استفاده می شود و از ترکیب یک باز ضعیف به همراه نمک مشتق شده آن از یک اسید قوی بدست می آیند. برای مثال، محلول بافری تشکیل شده از غلظت های برابری از هیدروکسید آمونیوم ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) و کلرید آمونیوم ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ )، دارای pH معادل ۹.۲۵ می باشد.



✓ انتخاب نوع بافر به طور مستقیم به محدوده pH مورد نیاز برای حفظ پایداری در یک سیستم خاص بستگی دارد.



## بافر سازی (Buffer preparation)

استفاده از معادله هندرسون-هاسلبالخ برای محاسبه دقیق مقادیر اسید ضعیف و باز مزدوج مورد نیاز برای دستیابی به pH مشخص استفاده می شود.

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log_{10} \left( \frac{[A^-]}{[HA]} \right)$$

[HA] غلظت مولی اسید ضعیف

[A<sup>-</sup>] غلظت باز مزدوج

pKa عبارت است از  $-\log K_a$  که Ka ثابت تفکیک اسیدی است.

$$K_a = 10^{-\text{pKa}}$$

$$\text{pKa} = -\log K_a$$

عدم رعایت نسبت‌های صحیح یا عدم تنظیم دقیق pH می‌تواند منجر به بافری با ظرفیت ناکافی شود، که به نوبه خود بر نتایج آزمایش‌ها یا کیفیت محصول نهایی تأثیر می‌گذارد.



## بافر سازی (Buffer preparation)

**مثال:** تهیه ۵۰۰ میلی لیتر از بافر استات با غلظت ۰.۱ مولار و pH 4.76

**مواد و وسایل مورد نیاز:**

اسید استیک ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )، استات سدیم ( $\text{CH}_3\text{COONa}$ )، سدیم هیدروکسید ( $\text{NaOH}$ ) یک مولار،  
هیدروکلریک اسید ( $\text{HCl}$ ) یک مولار، آب مقطر، pH متر کالیبره شده، پیپت، بالن ژوژه ۵۰۰ میلی لیتری

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log_{10} \left( \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}\right)$$

[A-] غلظت باز مزدوج (استات)

$$\downarrow$$
$$4.76 = 4.76 + \log_{10} [\text{A}]/[\text{HA}]$$

[HA] غلظت اسید ضعیف (اسید استیک)

$$\downarrow$$
$$4.76 - 4.76 = \log_{10} [\text{A}]/[\text{HA}]$$

pKa ثابت تفکیک اسید استیک در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد: ۴.۷۶

$$\downarrow$$
$$0 = \log_{10} [\text{A}]/[\text{HA}]$$

pH هدف: ۴.۷۶

$$\downarrow$$
$$\frac{[\text{A}]}{[\text{HA}]} = 10^0 = 1 \rightarrow \frac{[\text{A}]}{[\text{HA}]} = 10^0 = 1 \rightarrow [\text{A}] = [\text{HA}] \rightarrow [\text{A}] + [\text{HA}] = 0.1 \rightarrow [\text{A}] = [\text{HA}] = 0.05 \text{ M}$$



## بافر سازی (Buffer preparation)

مثال: تهیه ۵۰۰ میلی لیتر (۰.۵ لیتر) از بافر استات با غلظت ۰.۱ مولار و pH 4.76

حالا نیاز است تعداد مول های هر کدام از اسید ضعیف و باز مزدوج را حساب کنیم: طبق فرمول غلظت:

$$M \text{ (mol/l)} = \frac{\text{mol}}{\text{lit}} \rightarrow 0.05 = \frac{?}{0.5} \rightarrow 0.025 \rightarrow [A] = [HA] = 0.025 \text{ mol}$$

|           |         |
|-----------|---------|
| 1 mol     | 82.03 g |
| 0.025 mol | ? g     |

 $\Rightarrow X = \frac{82.03 \times 0.025}{1} \quad X = 2.05 \text{ g}$ 

وزن مولکولی سدیم استات بدون آب ۸۲.۰۳ گرم بر مول است. یعنی با میزان ۲.۰۵ گرم از سدیم استات وزن کنید.

|           |         |
|-----------|---------|
| 1 mol     | 60.05 g |
| 0.025 mol | ? g     |

 $\Rightarrow X = \frac{60.05 \times 0.025}{1} \quad X = 1.50 \text{ g}$ 

وزن مولکولی اسید استیک ۶۰.۰۵ گرم بر مول است.

$$\rho \text{ (g/ml)} = \frac{g}{ml} \rightarrow 1.049 = \frac{1.50}{?} \rightarrow 1.43 \text{ ml}$$

چگالی اسید استیک برابر است با  $\rho \approx 1.049 \text{ g/mL}$  یعنی باید حدود ۱.۴۳ میلی لیتر اسید استیک گلاسیال با پیپت مدرج بردارید.



## بافر سازی (Buffer preparation)

✓ ۴۰۰ میلی لیتر از حجم نهایی بافر را داخل بالن ژوژوه بریزید و به آن میزان ۲.۰۵ گرم از سدیم استات و ۱.۴۳ میلی لیتر اسید استیک گلاسیال اضافه کنید و خوب هم بزنید تا یکنواخت شود.

✓ pH را اندازه گیری کنید باید نزدیک به ۴.۷۶ باشد. اگر انحراف جزئی وجود داشت، فقط تنظیم بسیار محدود با اسید/باز رقیق انجام دهید تا نسبت‌ها دست نخورده بماند.

✓ حجم را به ۵۰۰ میلی لیتر برسانید و pH را دوباره بررسی کنید.



## مراحل ساخت و محاسبات یک لیتر بافر TBE 10X

✓ (Tris-Borate-EDTA 10X) (0.9 M Tris, 0.9 M Borate, 0.025 M EDTA, pH 8.3)

✓ مواد مورد نیاز و اطلاعات شیمیایی:

| ترکیب        | فرمول شیمیایی                                                                         | جرم مولی (g/mol) | حالت فیزیکی        |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------|--------------------|
| Tris Base    | $(\text{HOCH}_2)_3\text{CNH}_2$                                                       | 121.14           | پودر کریستالی سفید |
| اسید بوریک   | $\text{H}_3\text{BO}_3$                                                               | 61.83            | پودر کریستالی سفید |
| دی-سدیم EDTA | $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{Na}_2\text{O}_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ | 372.24           | پودر کریستالی سفید |



## مراحل ساخت و محاسبات یک لیتر بافر TBE 10X

✓ (Tris-Borate-EDTA 10X) (0.9 M Tris, 0.9 M Borate, 0.025 M EDTA, pH 8.3)

✓ محاسبه مقدار **Tris** مورد نیاز: غلظت مورد نظر = 0.9 M، حجم نهایی = ۱ لیتر، جرم مولی Tris: 121.14 g/mol

$$0.9 \text{ M} = \frac{\text{mol?}}{V (1 \text{ lit})} = 0.9 \text{ mol} \longrightarrow \frac{0.9 (\text{mol}) \times 121.14 (\text{g})}{1 (\text{mol})} = 109.03 (\text{g})$$

✓ محاسبه مقدار **Borate** مورد نیاز: غلظت مورد نظر = 0.9 M، حجم نهایی = ۱ لیتر، جرم مولی Borate: 61.83 g/mol

$$0.9 \text{ M} = \frac{\text{mol?}}{V (1 \text{ lit})} = 0.9 \text{ mol} \longrightarrow \frac{0.9 (\text{mol}) \times 61.83 (\text{g})}{1 (\text{mol})} = 55.65 (\text{g})$$

✓ محاسبه مقدار **EDTA** مورد نیاز: غلظت مورد نظر = 0.025 M، حجم نهایی = ۱ لیتر، جرم مولی EDTA: 372.24 g/mol

$$0.025 \text{ M} = \frac{\text{mol?}}{V (1 \text{ lit})} = 0.025 \text{ mol} \longrightarrow \frac{0.025 (\text{mol}) \times 372.24 (\text{g})}{1 (\text{mol})} = 9.31 (\text{g})$$



## مراحل ساخت و محاسبات یک لیتر بافر TBE 10X

### ❖ مرحله ۱: حل کردن EDTA

- حدود ۸۰۰ میلی لیتر آب مقطر دی-یونیزه را در یک بشر ۱ لیتری بریزید.
- ۹.۳۱ گرم EDTA دی-سدیم را اضافه کنید.
- هم‌زمان با هم‌زدن، pH را با NaOH تنظیم کنید تا EDTA کاملاً حل شود (pH: ~۸).
- **نکته مهم:** EDTA در آب به راحتی حل نمی‌شود. برای حل کردن آن از همزن مغناطیسی و حرارت ملایم (حدود ۵۰-۶۰ درجه سانتی‌گراد) استفاده کنید.

### ❖ مرحله ۲: اضافه کردن Tris و اسید بوریک

- ۱۰۹.۰۳ گرم Tris Base را به محلول اضافه کنید.
- ۵۵.۶۵ گرم اسید بوریک را اضافه کنید.
- هم بزنید تا تمام مواد کاملاً حل شوند.



## مراحل ساخت و محاسبات یک لیتر بافر TBE 10X

❖ مرحله ۳: تنظیم pH

- pH محلول را اندازه گیری کنید.
- pH باید حدود ۸.۳ باشد. اگر نیاز به تنظیم بود برای افزایش pH از NaOH استفاده کنید و برای کاهش pH از HCl غلیظ استفاده کنید.

❖ مرحله ۴: رساندن به حجم نهایی

- محلول را به یک بالن ژوژه ۱ لیتری منتقل کنید.
- بالن را تا خط نشانه با آب مقطر پر کنید.
- به خوبی هم بزنید تا محلول یکنواخت شود.



❖ مرحله ۵: استریلیزاسیون و نگهداری

- محلول را از فیلتر ۰.۲۲ میکرون عبور دهید تا استریل شود.
- در دمای اتاق یا در یخچال نگهداری کنید.
- قبل از استفاده، در صورت مشاهده کدورت محلول را دور بریزید.



## تهیه بافر TBE 1X از محلول استوک 10X

$$\text{رقت مورد نظر} \times \text{حجم نهایی مورد نظر} = \frac{\text{حجم مورد نیاز از TBE 10 X}}{10X}$$

مثال: برای تهیه ۵۰۰ میلی لیتر TBE 1X

۵۰ میلی لیتر TBE 10X بردارید و به آن ۴۵۰ میلی لیتر آب مقطر اضافه کنید.

هم بزنید تا یکنواخت شود.



پس از توجه شما