



## در پی غذای سالم

✓ منبع انرژی حیات بخش سیاره ما خورشید است و زندگی انسان و جانداران بدون آن ممکن نیست. تابش نور خورشید نه تنها به طور مستقیم گرمابه زمین می دهد بلکه منشأ انرژی ذخیره شده در گیاهان سبز و سوخت هایی مانند زغال سنگ ، نفت و گاز است. انرژی تابشی توسط گیاهان جذب می شود و در ترکیب های شیمیایی سازنده آنها ذخیره می شود. این ترکیب های شیمیایی افزون بر تأمین مواد غذایی ، انرژی لازم برای زندگی و رشد موجودات زنده را فراهم می کند، هم چنین بخشی از آن در بدن جانداران ذخیره می شود.

✓ آشکار است که پس از هوا و آب مهم ترین نیاز موجودات زنده ، غذا است اگر بدون آن که صبحانه خورده باشید به مدرسه بیایید ، احساس خستگی و گرسنگی می کنید. نمی توانید به خوبی تمرکز یا فکر کنید و گاهی توانایی انجام کاری را ندارید. در این حال با خوردن کمی غذا یا تکه ای شیرینی به احساس خوبی دست می یابید، گرسنگی شما از بین می رود و انرژی برای فعالیت خود کسب می کنید. غذا در زندگی انسان اهمیت بسزایی دارد به طوری که از گذشته های دور با کشت سنتی غلات و شیوه پرورش دام و ماکیان غذای خود را تأمین می کرد. اما به تدریج با رشد روز افزون جمعیت ، مهاجرت از روستا به شهر و تغییر شیوه زندگی ، تأمین غذا دشوار شد. در این میان انسان چه راه کارهایی برای غلبه بر این دشواری اندیشیده است؟ آیا این راه کارها برای تأمین غذا ه انسان ها کافی است؟

**تذکره -** یکی از غلات پر مصرف برای تأمین غذا ، گندم است.

## انرژی مواد غذایی

شاید یک روز آفتابی تصمیم بگیرید با دوستان برای گردش و پیاده روی به دشت یا کوه بروید در آغاز پیاده روی با حرکت آرام آرام پیش می روید تا این که د ر ادامه مسیر ، نفس های سریع و تپش قلب خود را می شنوید . کم کم بدن شما گرم می شود و عرق می کنید و توانایی شما برای ادامه حرکت کم تر می شود پس از احساس خستگی تصمیم می گیرید که توان تحلیل رفته را با استراحت و خوردن غذا جبران کنید. اما در غذا چه موادی وجود دارد که باعث می شود انرژی از دست رفته شما را جبران شود؟ چرا پس از خوردن بدن شما گرم می شود؟ چگونه می توان تغییر انرژی مواد غذایی را اندازه گیری کرد؟ انرژی مواد غذایی به چه شکل هایی ظاهر می شود؟ گرما و انرژی چیست ؟ دما و گرما چه رابطه ای با هم دارند؟ ترموشیمی ، شاخه ای از علم شیمی است که به یافتن پاسخ پرسش هایی از این دست می پردازد . شما در ادامه از آن آگاهی خواهید یافت .



## دمای یک ماده از چه خبر می دهد؟

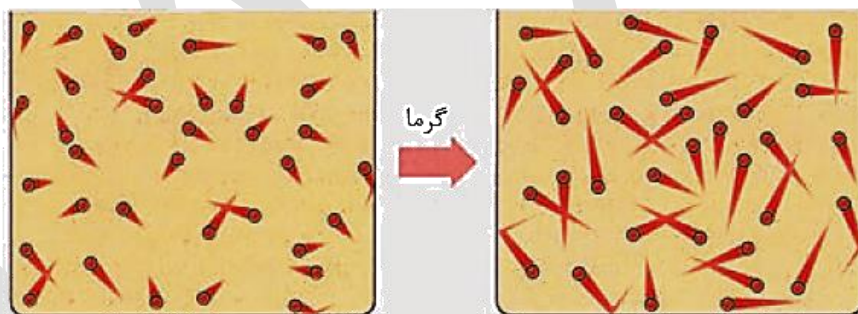
✓ با اینکه ذره های سازنده یک ماده در سه حالت فیزیکی (جامد، مایع و گاز) یکسان بوده و پیوسته در جنب و جوش هستند اما میزان جنبش ذره ها متفاوت از یکدیگر است، به طوری که جنبش های نامنظم ذره ها در حالت گاز شدیدتر از مایع و آن هم شدیدتر از حالت جامد است.

- ✓ هر چه دمای یک جسم بالاتر باشد، جنبش های نامنظم ذره های آن نیز شدیدتر است.
- ✓ در یک دمای معین، میانگین تندی (سرعت) و میانگین انرژی جنبشی ذره های سازنده یک ماده ثابت است.

## اکنون به معرفی دو مفهوم ساده و اساسی دما و گرما می پردازیم

### دما

- ✓ دمای یک ماده تعیین کننده میانگین تندی (سرعت) و میانگین انرژی جنبشی ذره های سازنده آن است.
- ✓ معیاری است که میزان سردی و گرمی جسم را نشان می دهد.



دمای پایین تر

دمای بالاتر

ذره های تشکیل دهنده ماده، پیوسته و به طور نامنظم در حرکت اند. در اثر گرم شدن، دمای جسم افزایش می یابد و بر سرعت حرکت ذره های سازنده آن افزوده می شود.

- ✓ دما بر حسب سلسیوس را با نماد  $(\theta)$  و بر حسب کلونین را با نماد  $(T)$  است.
- ✓ ارزش دمایی « $1^{\circ}\text{C}$ » برابر با « $1\text{K}$ » است؛ از این رو، در فرایندهایی که دما تغییر می کند « $\Delta\theta = \Delta T$ » خواهد بود.
- ✓ یکای رایج دما، درجه سلسیوس ( $^{\circ}\text{C}$ ) است در حالی که یکای دما در «SI» کلونین (K) است.

### گرما

- ✓ مجموع انرژی جنبشی ذره های سازنده یک نمونه ماده را انرژی گرمایی می نامند.



☑ نماد گرما (Q) است و یکای اندازه گیری آن در «SI»، ژول (J) می باشد. در برخی موارد از یکای قدیمی کالری نیز استفاده می شود. (  $1 \text{ cal} = 4/184 \text{ J}$  و  $1 \text{ J} = 1 \text{ kgm}^2 \text{ s}^{-2}$  )

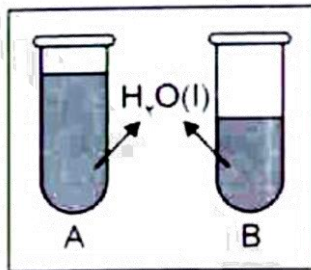
**نکته** - انرژی گرمایی علاوه بر دما به مقدار ماده نیز بستگی دارد اما دما تابع مقدار ماده نیست.

### مثال رابطه میان مقدار گرما با دما

**سؤال ۱-** تصور کنید ظرفی محتوی ۲۰۰ گرم روغن زیتون را با دمای  $25^\circ \text{C}$  در اختیار دارید. آیا برای افزایش دمای آن به  $50^\circ \text{C}$  یا  $75^\circ \text{C}$ ، گرمای یکسان نیاز است؟ پاسخ منفی است زیرا دما در مقدار گرما تأثیر دارد و برای رساندن دمای روغن تا  $75^\circ \text{C}$  گرمای بیش تر نیاز است.

### حالا نوبت شماست

**سؤال ۱-** در شکل رو به رو، شدت جنبش مولکول ها در ظرف A کم تر است.



(آ) دمای آب در کدام ظرف بیش تر است؟

ب) چرا انرژی گرمایی آب درون این دو ظرف قابل مقایسه نیست؟



**سؤال ۲-** با توجه به شکل ها به موارد زیر پاسخ دهید.

(آ) میانگین سرعت حرکت مولکول های اتانول را در هر دو ظرف با نوشتن دلیل مقایسه کنید.

۱۰۰ mL  
اتانول خالص  
 $T = 25^\circ \text{C}$

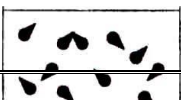
۱۵۰ mL  
اتانول خالص  
 $T = 25^\circ \text{C}$

ب- آیا برای افزایش  $5^\circ \text{C}$  به دمای هر دو ظرف، انرژی یکسانی نیاز است؟ چرا؟

ظرف (۱)

ظرف (۲)

**سؤال ۳-** شکل زیر ذره های تشکیل دهنده ی یک ماده را از دید مولکولی نشان می دهد. این ذره ها در حال حرکت هستند و دنباله هر ذره، نشاندهنده سرعت حرکت آن است. اکنون به پرسش های زیر پاسخ دهید:





آ) در کدام ظرف دما بیش تر است ؟

ب) ظرفیت گرمایی دو ظرف را با نوشتن دلیل مقایسه کنید .

**سؤال ۴ -** چرابوی غذای گرم آسان تر و سریع تر از غذای سرد به مشام می رسد؟

**ظرفیت گرمایی:** میزان گرمایی که به جسم داده می شود تا دمای آن  $1^{\circ}\text{C}$  بالا رود.

**تذکر -** ظرفیت گرمایی در واقع معیاری از میزان وابستگی تغییر دمای یک جسم به مقدار گرمای مبادله شده است .

**ظرفیت گرمایی یک ماده به چه عواملی بستگی دارد؟**

ظرفیت گرمایی در دما و فشار اتاق، افزون بر **نوع ماده به مقدار آن** نیز بستگی دارد.

**مثال زیر اثر نوع ماده را بر ظرفیت گرمایی نشان می دهد.**

دو ظرف فلزی یکسان در دمای اتاق ( $25^{\circ}\text{C}$ ) در نظر بگیرید که یکی محتوی  $200$  گرم آب و دیگری محتوی  $200$  گرم روغن زیتون است. اگر با گرما دادن، دمای هر یک را به  $(75^{\circ}\text{C})$  برسانید و هم زمان محتویات تخم مرغی را به آرامی به هر یک بیفزایید. تخم مرغ در این دما درون آب پخته می شود اما درون روغن زیتون تغییر محسوسی نخواهد کرد. زیرا نوع ماده متفاوت است پس ظرفیت گرمایی متفاوتی خواهند داشت.

**سؤال -** با توجه به مثال بالا به نظر شما ظرفیت گرمایی آب و روغن زیتون کدامیک بیش است ؟ چرا؟

**ظرفیت گرمای ویژه یا گرمای ویژه (c):**

۱- میزان گرمایی که به  $1$  گرم جسم داده می شود تا دمای آن  $1^{\circ}\text{C}$  بالا رود .

۲- ظرفیت گرمایی یک گرم از هر ماده را گرمای ویژه آن ماده می گویند.



**نکته ۱-** گرمای ویژه فقط به **نوع ماده** بستگی دارد ، حال آن که ظرفیت گرمایی به **نوع و مقدار ماده** بستگی دارد.

**نکته ۲-** گرمای مبادله شده در فرایندها را از رابطه  $Q=mc\Delta\theta$  محاسبه می کنند، که  $m$  جرم جسم ( بر حسب  $g$ ) ،  $\Delta\theta$  تغییر دما (بر حسب  $^{\circ}C$ ) و  $c$  گرمای ویژه بر حسب  $(J.g^{-1}C^{-1})$  می باشد.

### حالا نوبت شماست

**سؤال ۱-** اتیلن گلیکول یک نوع الکل است که از آن به عنوان ماده ی ضد یخ در رادیاتور خودروها استفاده می شود. ۲۰ گرم اتیلن گلیکول ۷۱۷ ژول گرما می گیرد تا دمای آن به اندازه  $15^{\circ}C$  افزایش یابد. گرمای ویژه این ماده را حساب کنید.

**سؤال ۲-** به ۶۰ گرم از یک فلز خالص ۱۴۱ کیلو ژول گرما می دهیم . تا دمای آن از  $35^{\circ}C$  به  $45^{\circ}C$  برسد. با محاسبه مشخص کنید این فلز کدام یک از فلز های موجود در جدول زیر است؟

فلز	مس	نقره	آهن	سرب
گرمای ویژه $J.g^{-1}C^{-1}$	۰/۳۸۵	۰/۲۳۵	۰/۴۵	۰/۱۲۸

**سؤال ۳-** اگر ظرفیت گرمایی اجسام  $A$ ،  $B$ ،  $C$  و  $D$  بر حسب  $J/g.^{\circ}C$  ، به ترتیب (از راست به چپ) برابر با  $۰/۹$ ،  $۰/۲$ ،  $۰/۵$  و  $۰/۴$  باشد و به جرم یکسانی از آنها مقدار یکسانی گرما داده شود ، ترتیب افزایش دمای آن ها ، کدام است؟

$$D < B < C < A \quad (۴)$$

$$C < A < D < B \quad (۳)$$

$$B < D < A < C \quad (۲)$$

$$A < C < B < D \quad (۱)$$



**سؤال ۴-** با توجه به جدول زیر اگر بخواهیم از فلزات فرضی A و B برای درست کردن ظرف غذا خوری درست کنیم. کدام فلز را برای ظرف و کدامیک را برای دسته آن انتخاب می کنید. (قیمت و نکات بهداشتی را در حل نادیده بگیرید).

B	A	فلز
۰/۸	۱/۵	گرمای ویژه $J.g^{-1}C^{-1}$

### جاری شدن انرژی گرمایی

**سامانه (سیستم) -** بخشی از جهان هستی است که تغییر انرژی آن را مورد بررسی قرار می دهیم.

**محیط -** آنچه اطراف سامانه قرار دارد که در ارتباط با آن نیز باشد، محیط سامانه می گویند.

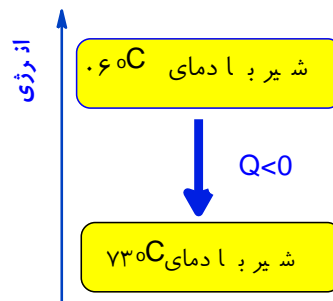
در مثال زیر سامانه و محیط به گونه بسیار ساده معرفی شده اند.

فرض کنید در حال خوردن مقداری شیر گرم با دمای  $60^{\circ}C$  باشید. پس از ورود شیر به بدن:

۱- نخست مقداری انرژی به شکل گرما از دست می دهد تا با بدن هم دما شود. شیمی دان ها برای درک آسان تر جاری شدن انرژی گرمایی در فرایندهایی از این دست، شیر گرم را **سامانه ۱** و بدن را **محیط ۲** پیرامون آن در نظر می گیرند، با این توصیف در این فرایند با جاری شدن انرژی از سامانه به محیط، دمای سامانه کاهش می یابد. ( $\Delta\theta < 0$ ) این ویژگی نشان می دهد که ( $Q < 0$ ) یعنی فرایند گرماده بوده و الگوی نوشتاری آن به صورت زیر است.

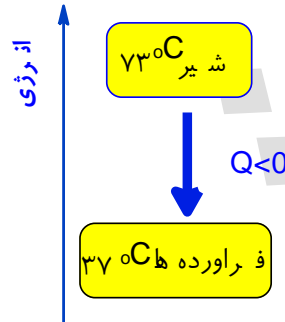
گرما + شیر ( $37^{\circ}C$ )  $\rightarrow$  شیر ( $60^{\circ}C$ )

انجام این فرایند را از دیدگاه انرژی می توان با نمودار زیر نشان داد.





۲- بخش عمده انرژی موجود در شیر هنگام فرایند گوارش و سوخت و ساز به بدن می رسد. فرایندهایی که با انجام واکنش های شیمیایی گوناگونی همراه است. به دیگر سخن انجام مجموعه این واکنش ها منجر به تولید انرژی و مواد اولیه مورد نیاز سوخت و ساز یاخته ها خواهد شد. تغییر انرژی وابسته به مجموعه این واکنش ها را نشان می دهد.

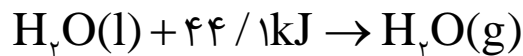


**نکته -** در این واکنش با اینکه دما ثابت است. (۳۷ °C)، اما با ز هم میان سامانه و محیط پیرامون، انرژی داد و ستد می شود.

**تذکر -** به هنگام خوردن یک بستنی، فرایند هم شدن آن در بدن با جذب انرژی، در حالی که گوارش و سوخت و ساز آن با آزاد شدن انرژی همراه است.

## یخچال صحرائی

۱- این دستگاه، شامل دو ظرف سفالی (ساخته شده از خاک رس) که درون یکدیگر قرار دارند و فضای میان آنها را با شن خیس پر شده است. درپوش این مجموعه، پوششی نخی و مرطوب است که تهویه را به آسانی انجام می دهد. آب در بدنه سفالی ظرف بیرونی نفوذ کرده و به آرامی تبخیر می شود، جذب گرما در این فرایند باعث افت دما شده و فضای درونی دستگاه همراه با محتویات آن را خنک می کند، برای تبخیر یک مول آب ۴۴/۱ کیلو ژول گرما لازم است که معادله انجام این فرایند به صورت زیر است:



۲- این دستگاه ساده و ارزان توسط یک معلم مسلمان نیجریایی به نام محمد باه آبا ساخته و به سرعت در مقیاس صنعتی تولید و فراگیر شد.



۳- شرکت رولکس کشور سوئیس به پاس خدمت بشردوستانه این معلم مبتکر هر دو سال یک بار، دو قطعه از تولیدات قیمتی خود را به ایشان اهدا می کند.

## گرما در واکنش های شیمیایی (گرماشیمی)

**ترموشیمی (گرما شیمی)** - شاخه ای از علم شیمی که به بررسی کمی و کیفی گرمای مبادله شده در واکنش های شیمیایی، تغییر آن و تأثیری که بر حالت ماده دارد، می پردازد. (ترمو به معنای گرما یا حرارت است).

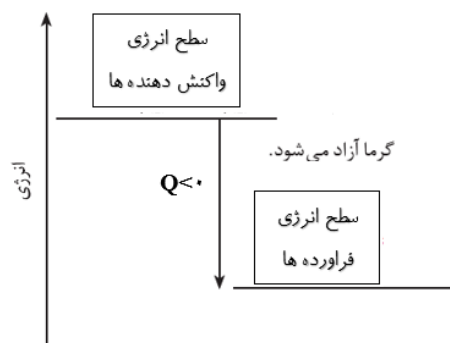
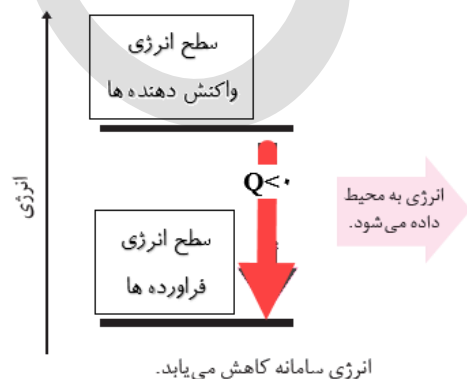
- می دانید که هر واکنش شیمیایی ممکن است با تغییر رنگ، تولید رسوب، آزاد شدن گاز و ایجاد نور و صدا همراه باشد.
- یک ویژگی بنیادی همه واکنش های شیمیایی داد و ستد گرما با محیط پیرامون است.

## انواع واکنش ها بر اساس تبادل انرژی با محیط

### واکنش های گرماده

- واکنش هایی که ضمن انجام شدن به محیط اطراف خود انرژی می دهند.
- انرژی از سامانه به محیط پیرامون جاری می شود.
- سطح انرژی فرآورده ها از سطح انرژی واکنش دهنده ها پایین تر است.
- پایداری فرآورده ها از پایداری واکنش دهنده ها بیش تر است. (پایداری مواد با سطح انرژی آنها رابطه عکس دارد).
- علامت  $Q$  منفی است. یعنی نماد گرما ( $Q$ ) در سمت راست معادله واکنش (جزء فرآورده ها) نوشته می شود.

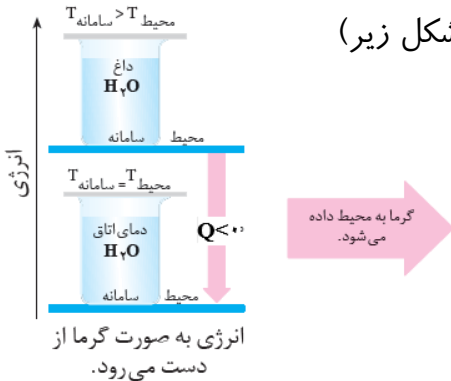
### نمودار واکنش های گرماده را به دو صورت زیر می توان نشان داد.



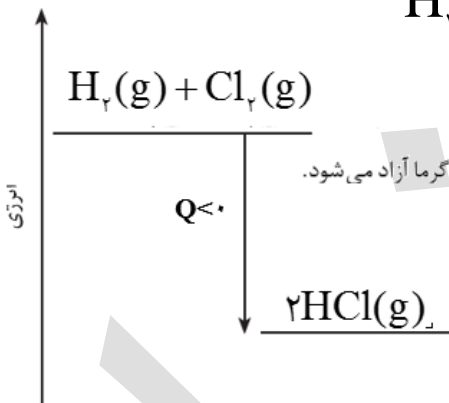
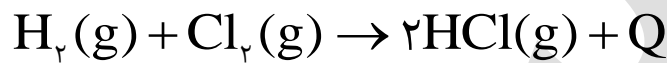




**مثال اول-** به عنوان نمونه یک ظرف دارای ۵۰۰ گرم آب خالص (سامانه) با دمای  $50^{\circ}\text{C}$  را در یک اتاق (محیط سامانه) با دمای  $25^{\circ}\text{C}$  قرار می دهیم. به تدریج سامانه (آب خالص) بخشی از انرژی خود را به صورت گرما به محیط پیرامون منتقل می کند تا سرانجام هم دما شوند. که در این عمل انرژی سامانه (آب خالص) کاهش می یابد. (شکل زیر)



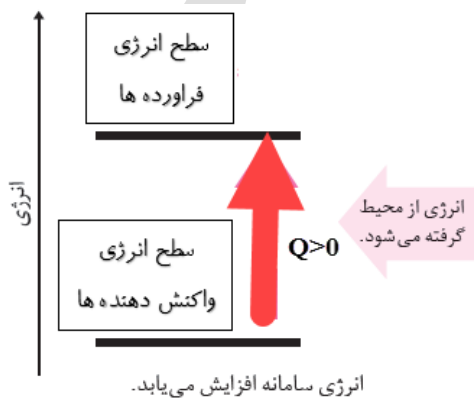
**مثال دوم-** واکنش میان دو گاز هیدروژن و کلر و تولید گاز هیدروژن کلرید



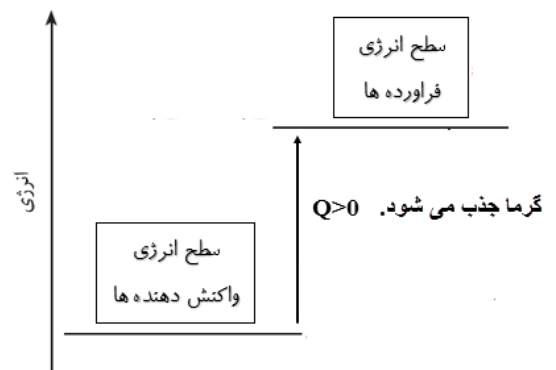
### واکنش های گرماگیر

- واکنش هایی که ضمن انجام شدن از محیط اطراف خود انرژی می گیرند.
- انرژی از محیط پیرامون به سامانه جاری می شود.
- سطح انرژی فرآورده ها از سطح انرژی واکنش دهنده ها بالاتر است.
- پایداری فرآورده ها از پایداری واکنش دهنده ها کم تر است. (پایداری مواد با سطح انرژی آنها رابطه عکس دارد).
- علامت  $Q$  مثبت است. یعنی نماد گرما ( $Q$ ) در سمت چپ معادله واکنش (جزء واکنش دهنده ها) نوشته می شود.

**نمودار واکنش های گرماگیر را به دو صورت زیر می توان نشان داد.**

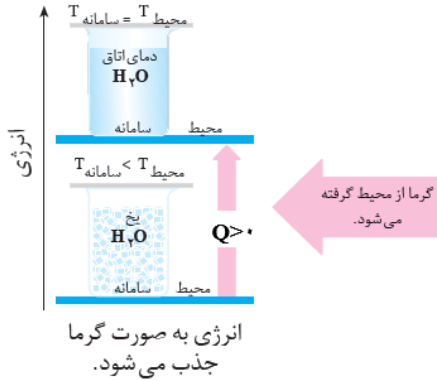


انرژی سامانه افزایش می یابد.

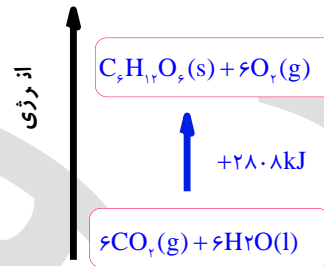




**مثال اول-** به عنوان نمونه اگر مقداری یخ با دمای  $0^{\circ}\text{C}$  در اتاقی با دمای  $20^{\circ}\text{C}$  قرار دهیم، یخ از محیط پیرامون گرما جذب ذوب و این عمل تا جایی ادامه می یابد که دمای سامانه با دمای محیط یکسان شود. در نتیجه انرژی آب از یخ بیش تر خواهد بود.



**مثال دوم - واکنش فتوسنتز** (عکس واکنش اکسایش گلوکز)



### کاربرد گرما شیمی در زندگی روزانه

گرما شیمی نقش و اهمیت زیادی در زندگی روزانه ما دارد به عنوان نمونه به موارد زیر اشاره می شود.

الف) مواد غذایی پس از گوارش، انرژی لازم برای سوخت و ساز یاخته ها را در بدن تأمین می کنند.

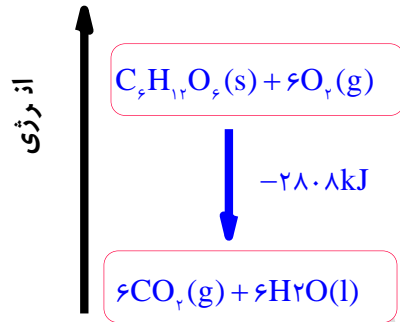
ب) سوختن سوخت ها، انرژی لازم برای حمل و نقل و نیز گرمایش محیط های گوناگون را فراهم می کنند.

پ) زغال کک، واکنش دهنده ای رایج در استخراج آهن بوده که تأمین کننده انرژی لازم برای انجام این واکنش نیز است.

**تذکره -** منبع انرژی در بدن غذا است. منبعی که انرژی آن پس از انجام واکنش های شیمیایی گوناگون به بدن می رسد. بدیهی است که هر یک از این واکنش ها می تواند گرماده یا گرماگیر باشد.

**مثال -** واکنش اکسایش گلوکز در بدن با آزاد سازی انرژی همراه است که نمودار انجام این واکنش به صورت زیر است.





📖 **توجه** - در واکنش بالا با اینکه واکنش گرماده است، اما دمای بدن بدون تغییر می ماند به عبارتی در این واکنش  $\Delta\theta = 0$  می باشد.

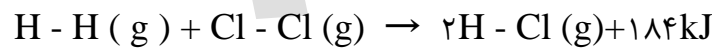
### میزان انرژی (گرما) مبادله شده در واکنش های شیمیایی از چه چیزی ناشی می شود؟

پژوهش ها نشان می دهد که این مقدار گرمای آزاد شده ناشی از تفاوت انرژی گرمایی (مجموع انرژی جنبشی ذره ها) در مواد واکنش دهنده و فراورده نیست! زیرا در دمای ثابت، تفاوت چشمگیری میان انرژی گرمایی آنها وجود ندارد.

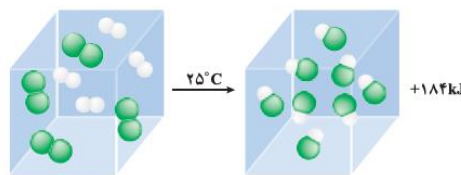
شیمی دان ها این گرما را به طور عمده وابسته به تفاوت انرژی پتانسیل مواد واکنش دهنده و فراورده یا به عبارتی انرژی ناشی از چگونگی اتصال اتم ها به هم (پیوند میان اتم ها) می دانند. در واقع با انجام واکنش شیمیایی و تغییر در شیوه اتصال اتم ها به یکدیگر، تفاوت آشکاری در انرژی پتانسیل وابسته آنها ایجاد می شود. که این تفاوت انرژی در واکنش ها به شکل گرما ظاهر می شود.

📖 **توجه** - در برخی منابع از انرژی پتانسیل موجود در یک نمونه ماده، با نام انرژی شیمیایی یاد می شود.

**مثال -** سامانه ای محتوی یک مول گاز هیدروژن و یک مول گاز کلر را با دمای  $25^\circ C$  در نظر بگیرید.



با انجام واکنش شدید میان آنها افزون بر گاز هیدروژن کلرید، گرمای زیادی نیز تولید می شود. آزمایش نشان می دهد هنگامی که دمای سامانه پس از انجام واکنش به  $25^\circ C$  می رسد، گرمای اندازه گیری شده پس از تولید دو مول گاز هیدروژن کلرید برابر با  $184kJ$  است.

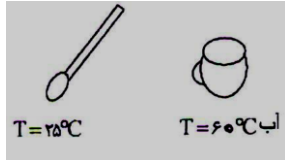




## حالا نوبت شماست

**سؤال ۱-** با توجه به شکل های داده شده ، اگر قاشق را در فنجان پر از آب قرار دهیم با حذف گزینه های نادرست عبارت های درست را بنویسید.

الف- جهت انتقال گرما از قاشق به آب است.



ب) انرژی سامانه (آب درون فنجان) بتدریج افزایش می یابد.

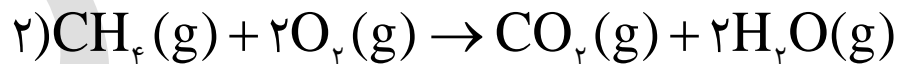
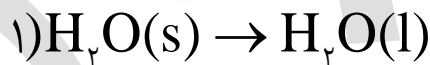
**سؤال ۲-** اگر در واکنش:  $N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$  پایداری فرآورده ها از پایداری واکنش دهنده ها بیش تر باشد. کدام عبارت زیر درست و کدام نادرست می باشد.

الف- نماد (Q) را در معادله واکنش وارد کنید.

ب- نمودار انرژی- پیشرفت واکنش را برای آن رسم کنید.

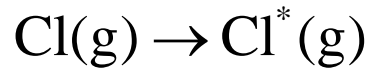
ب- ضمن انجام این واکنش انرژی سامانه ، کاهش می یابد یا افزایش ؟ چرا؟

**سؤال ۳-** نماد (Q) را در معادله فرایند های زیر با ذکر دلیل وارد کنید.



**سؤال ۴-** اتم هیدروژن در حالت پایه پایدارتر است یا اتم هیدروژن برانگیخته شده ؟ چرا؟

**سؤال ۵-** با ذکر دلیل نماد Q را در معادله زیر وارد کنید. (\*Cl اتم کلر برانگیخته است).



**سؤال ۶-** چرا با ریختن مقداری اتانول  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  روی پوست دست احساس سردی می کنید؟

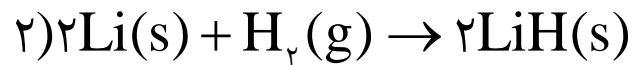
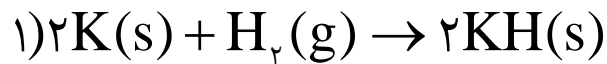
**گرمای واکنش ها به چه عواملی بستگی دارد؟** در دما و فشار ثابت، به نوع مواد شرکت کننده، حالت فیزیکی هر یک از مواد و مقدار واکنش دهنده ها بستگی دارد.

**در مثال های زیر اثر هر یک از این عوامل بررسی شده اند. (در تمام مثال ها دما و فشار ثابت فرض شده است)**

**نوع مواد شرکت کننده**

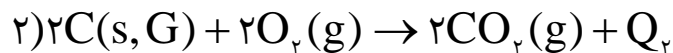
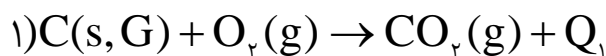
**مثال ۱-** اگر بدانیم پایداری گرافیت از پایداری الماس بیش تر است، گرمای حاصل از سوختن کدام یک بیش تر است؟ چرا؟

**مثال ۲-** در صورتی که هر دو واکنش زیر گرماده باشند، گرمای آزاد شده کدام واکنش بیش تر است؟ چرا؟



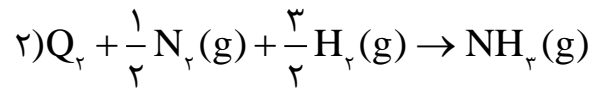
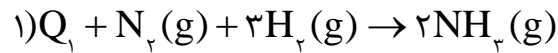
**مقدار واکنش دهنده ها**

**مثال ۱-** گرمای سوختن ۲ مول گرافیت در اکسیژن خالص ۲ برابر گرمای سوختن ۱ مول آن است. ( $Q_2 = 2Q_1$ )





**مثال ۲-** گرمای جذب شده واکنش (۲) از واکنش (۱) کم تر است. زیرا مقدار واکنش دهنده ها در واکنش دوم کم تر است.



**نکته ۱-** از آنجا که تغییر حالت فیزیکی ماده با تغییر انرژی همراه است، سطح انرژی حالت های مختلف یک ماده به صورت زیر مقایسه می شود.

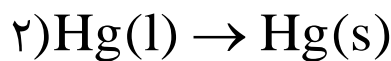
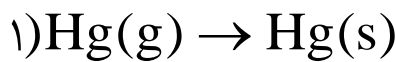


**نکته ۲-** فرایندهای ذوب، تبخیر و فرازش **گرمگیرند** اما فرایندهای میعان، انجماد و چگالش **گرماده** هستند.

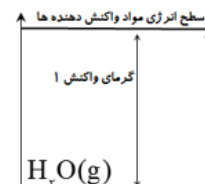
**نکته ۳-** برای یک ماده معین، گرمای جذب شده به هنگام تبخیر از گرمای ذوب بیش تر و گرمای آزاد شده به هنگام میعان از گرمای آزاد شده به هنگام انجماد نیز بیش تر می باشد.

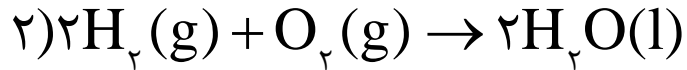
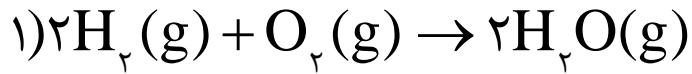
### حالت فیزیکی مواد شرکت کننده

**مثال ۱-** گرمای آزاد شده در فرایند (۱) از فرایند (۲) بیش تر است، زیرا سطح انرژی بخار جیوه از جیوه مایع بالاتر است.



**مثال ۲-** گرمای آزاد شده، در کدام واکنش زیر بیشتر است؟  
واکنش (۲)، زیرا سطح انرژی آب به حال مایع نسبت به بخار آب کمتر است.

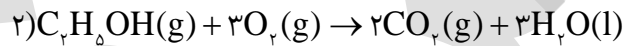
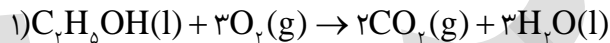




حالا نوبت شماست

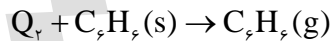
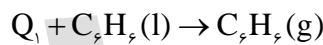
**سؤال ۱- الف** واکنش های زیر گرماده اند یا گرماگیر؟ چرا؟

ب- چرا در شرایط یکسان دما و فشار، میزان گرمای مبادله شده، دو واکنش زیر یکسان نیست؟

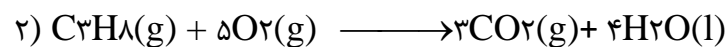
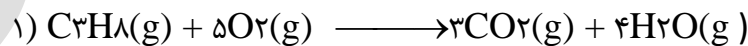


ب- انتظار دارید گرمای کدام واکنش بیش تر باشد؟ چرا؟

**سؤال ۲-** در واکنش های زیر  $Q_1$  و  $Q_2$  کدامیک کوچک تر است؟ چرا؟ (هر دو واکنش در شرایط یکسان دما و فشار انجام شده اند.)

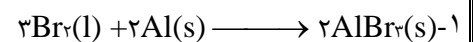


**سؤال ۳-** با توجه به اطلاعات داده شده گرمای آزاد شده در کدام واکنش زیر بیش تر است؟ چرا؟



**سؤال ۴-** با توجه به نمودار زیر و واکنش های داده شده به حالت فیزیکی واکنش دهنده های (۱) و (۲) را بنویسید.

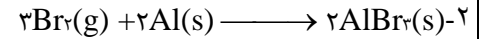
انتالپی ↑  
3Br<sub>2</sub>(●) + 2Al(s) (I حالت آغازی)



3Br<sub>2</sub>(●) + 2Al(s) (II حالت آغازی)


۶۰

2AlBr<sub>3</sub>(s) (حالت پایانی)



### آنتالپی ، همان محتوای انرژی است

هر نمونه ماده شامل مجموعه ای از شمار بسیار زیادی ذره های سازنده است. این ذره ها افزون بر جنبش های نامنظم ، با یکدیگر برهم کنش نیز دارند. در واقع ، ذره های سازنده یک نمونه ماده افزون بر انرژی جنبشی ، انرژی پتانسیل نیز دارند. می دانید که یک نمونه ماده با مقدار آن در دما و فشار معین توصیف می شود، به طوری که ۲۰۰ گرم آب در دما و فشار اتاق را می توان یک نمونه ماده دانست. اینک ظرفی را در نظر بگیرید که محتوی این نمونه ماده باشد، چنین مجموعه ای یک سامانه به شمار می رود. شیمی دان ها انرژی کل چنین سامانه ای را هم ارز با محتوای انرژی یا آنتالپی آن می دانند. با این توصیف هر سامانه در دما و فشار ثابت، آنتالپی معینی دارد.

 شیمی دان ها ، هنگام اندازه گیری گرمایی که در واکنش ها داد و ستد می شود با توجه به اینکه دما یا فشار کدام یک ثابت باشند از اصطلاحات ویژه ای استفاده می کنند .

**نکته -** چون بیش تر واکنش ها در فشار ثابت انجام می شوند. پس در آن ها آنتالپی اندازه گیری می شود.

### آنتالپی (H)

گرمای دادوستد شده یک واکنش ، در **فشار ثابت** را **آنتالپی** می نامند و آن را با نماد (H) و تغییرات آن را با ( $\Delta H$ ) نشان می دهند .

$$\Delta H(\text{واکنش}) = H(\text{مواد فراورده}) - H(\text{مواد دهنده}) = Q_p$$

$$\Delta H = Q_p$$

**تذکر -** شیمی دان ها برای یک واکنش اغلب به جای **تغییر آنتالپی واکنش** ، واژه **آنتالپی واکنش** را به کار می برند.

**یاد آوری -** همان طور که می دانیم . گرمای بیش تر واکنش ها را در فشار ثابت اندازه گیری می کنند. پس ویژگی هایی که قبلاً برای واکنش های گرماده و گرماگیر اشاره شد دو باره تکرار خواهیم کرد.

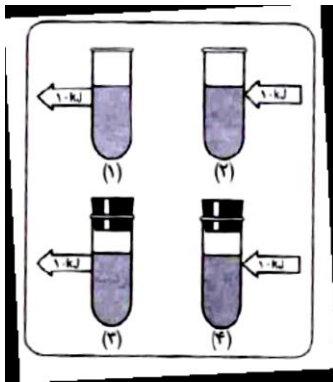




هر گاه سامانه ای در باز باشد و یا دارای درب متحرک باشد، فشار در چنین سامانه ای ثابت است.

### حالا نوبت شماست

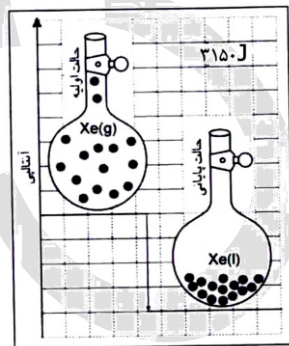
**سؤال ۱-** در هر یک از شکل های رو به رو، سامانه ی (سیستم) مورد مطالعه محتویات درون لوله ی آزمایش است. تبادل گرمایی در کدام سامانه:



الف- علامت مثبت داشته و مقدار آن با  $q_p$  برابر است؟ چرا؟

ب- علامت منفی داشته و مقدار آن با  $q_p$  برابر است؟ چرا؟

**سؤال ۲-** با توجه به شکل روبه رو:



الف- معادله واکنش این فرایند را نوشته و علامت  $\Delta H$  آن را مشخص کنید.

ب- مقدار  $\Delta H$  این فرایند چند کیلو ژول است؟

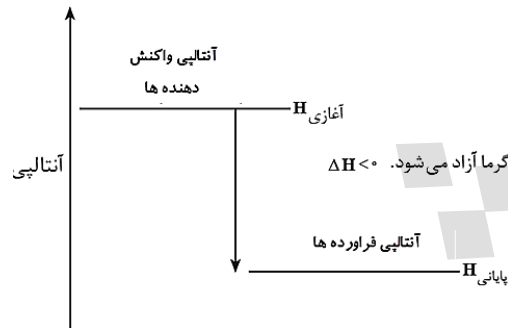
### واکنش های گرماده

انرژی (گرما) از سامانه به محیط پیرامون جاری می شود.

آنتالپی فرآورده ها از آنتالپی واکنش دهنده ها کم تر است.

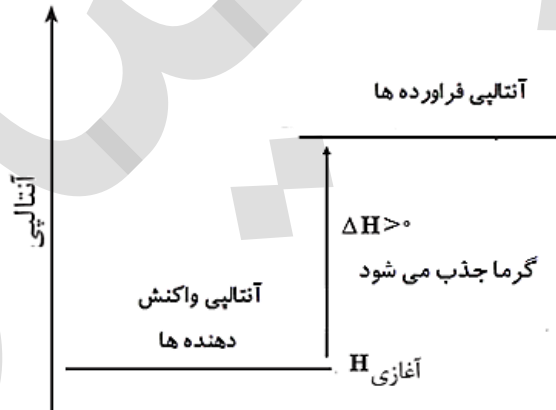


- ✓ (مواد واکنش دهنده)  $H < 0$  پس  $\Delta H$  (واکنش) است. یعنی علامت  $\Delta H$  منفی می باشد.
- ✓ پایداری فراورده ها از پایداری واکنش دهنده ها بیشتر است. (پایداری مواد با سطح انرژی آنها رابطه عکس دارد).

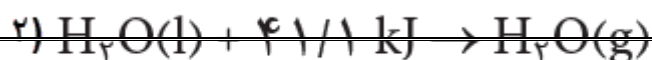
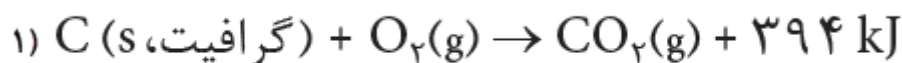


### واکنش های گرماگیر

- ✓ انرژی (گرما) از محیط پیرامون به سامانه جاری می شود.
- ✓ آنتالپی فراورده ها از آنتالپی واکنش دهنده ها بیشتر است.
- ✓ (مواد واکنش دهنده)  $H > 0$  پس  $\Delta H$  (واکنش) است. یعنی علامت  $\Delta H$  مثبت می باشد.
- ✓ پایداری فراورده ها از پایداری واکنش دهنده ها کم تر است. (پایداری مواد با سطح انرژی آنها رابطه عکس دارد).



**نکته** - مقدار عددی « $\Delta H$ » یک فرایند بزرگی آن را نشان می دهد، در حالی که علامت مثبت و منفی تنها نشانه گرماگیر و گرماده بودن آن است. به عنوان نمونه گرمای آزاد شده در واکنش (۱)،  $(-394 \text{ kJ})$  از گرمای جذب شده در واکنش (۲)،  $(+41/1)$ ، بیش تر است.



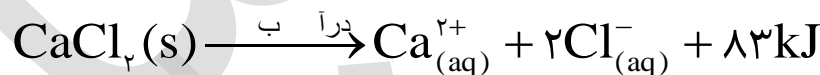


## تغییرات گرماگیر و گرماده

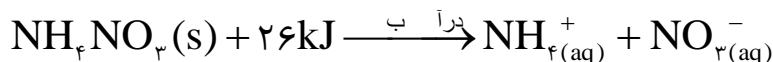
گرماگیر ( $\Delta H > 0$ )	گرماده ( $\Delta H < 0$ )
ذوب ، تبخیر ، فرازش (تصعید) تغییرات فیزیکی گرماگیرند.	انجماد ، میعان و چگالش تغییرات فیزیکی گرمایزا هستند.
شکستن پیوند بین ذرات (اتم ها ، مولکول ها و یون ها)	سوختن مواد

## بسته های سرمازا و گرمایزا

**بسته های گرمایزا** - این بسته ها دارای یک کیسه پلاستیکی که درون آن یک بسته کوچک آب و مقدار معینی ترکیب یونی کلسیم کلرید خشک می باشد. در اثر ضربه زدن یا فشردن کیسه پلاستیکی ، بسته آب پاره شده و ضمن حل شدن کلسیم کلرید در آن، انرژی زیاد آزاد می شود.



**بسته های گرماگیر** - این بسته ها دارای یک کیسه پلاستیکی که درون آن یک بسته کوچک آب و مقدار معینی ترکیب یونی آمونیوم نترات می باشد. در اثر ضربه زدن یا فشردن کیسه پلاستیکی ، بسته آب پاره شده و ضمن حل شدن آمونیوم نترات در آن، انرژی از محیط جذب می شود.

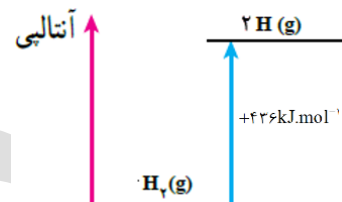


## آنتالپی پیوند و میانگین آن

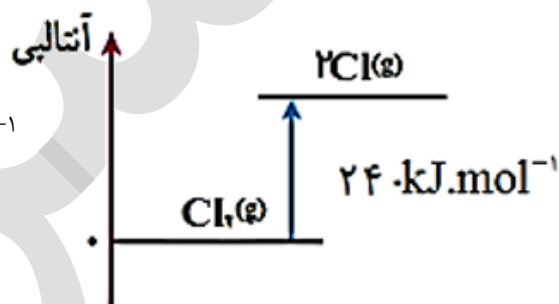


**آنتالپی پیوند** ( $\Delta H$ ) - تغییر آنتالپی مربوط به شکست یکنواخت یک مول پیوند کووالانسی گازی شکل در حالت پایه و ایجاد اتم های مجزا گازی شکل را آنتالپی پیوند می نامند.

**مثال اول** - آنتالپی پیوند  $H_2$

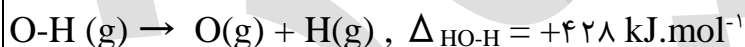


**مثال دوم** - آنتالپی پیوند  $Cl_2$



**نکته** - در گونه هایی که چند پیوند کووالانسی یکسان وجود دارد، آنتالپی نخستین پیوند با دومین، دومین با سومین و ... متفاوت است. در چنین حالت هایی باید میانگین آنتالپی پیوند به کار رود.

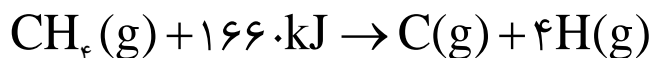
**مثال ۱** - برای نمونه به آنتالپی های پیوند O-H در ساختار  $H_2O(g)$  توجه کنید.



در جدول آنتالپی های پیوند میانگین این دو مقدار درج شده است:

$$\Delta H_{O-H} = \frac{1}{2}(\Delta H_{H-OH} + \Delta H_{O-H}) = \frac{1}{2}(499 + 428) = +463.5 kJ.mol^{-1}$$

**مثال ۲** - آنتالپی پیوند C-H در مولکول متان ( $CH_4$ )، طبق واکنش زیر برابر میانگین ۴ پیوند موجود در این ماده یعنی  $415 kJ.mol^{-1}$  است.



**جدول (۱) آنتالپی برخی پیوند ها**

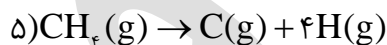
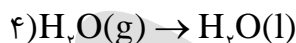
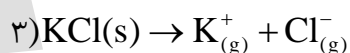
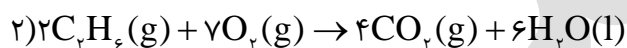
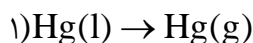


پیوند	F-F	Cl-Cl	Br-Br	I-I	H-F	H-Cl	H-Br	H-I	O=O	N≡N
آنتالپی (kJ.mol <sup>-1</sup> )	۱۵۵	۲۴۲	۱۹۳	۱۵۱	۵۶۷	۴۳۱	۳۶۶	۲۹۹	۴۹۵	۹۴۵

### جدول (۲) میانگین آنتالپی برخی پیوندها

پیوند	O-H	C-C	C=C	C≡C	C=O	C-F	C-Cl	C-Br	C-I	N-H
میانگین آنتالپی (kJ.mol <sup>-1</sup> )	۴۳۶	۳۴۸	۶۱۴	۸۳۹	۷۹۹	۴۸۵	۳۲۸	۲۷۶	۲۴۰	۳۹۱

**سؤال -** در هر یک از موارد زیر علامت  $\Delta H$  را مشخص کنید.



### آنتالپی سوختن تکیه گاهی برای تأمین انرژی

کباب کردن انواع گوشت، نمونه ای کاربردی و خوشایند از ترموشیمی به ویژه آنتالپی سوختن در زندگی است. انرژی لازم برای پختن گوشت در این فرایند از سوختن زغال یا گاز شهری فراهم می شود و از سوی دیگر خوردن کباب، مواد و انرژی لازم برای انجام فعالیت های بدن را تأمین می کند.

**آنتالی سوختن -** وقتی یک مول ماده به سرعت در اکسیژن کافی بسوزد، گرمای آزاد شده را آنتالپی سوختن می گویند.

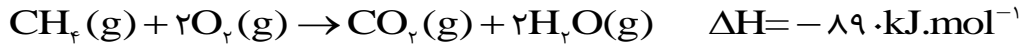
### نکاتی در مورد آنتالپی سوختن

- سوختن یک تغییر شیمیایی است که سریع بوده و با تولید انرژی به صورت نور، گرما و صدا می باشند.
- انرژی آزاد شده در واکنش های سوختن زیاد است. به همین دلیل از آنها به عنوان تکیه گاهی برای تأمین انرژی در صنعت، کشاورزی و زندگی روزانه استفاده می شود.



✓ به هنگام سوختن کامل هیدروکربن ها علاوه بر انرژی ، گاز کربن دی اکسید و آب نیز تولید می شود . که آب تولید شده در دمای اتاق به حالت مایع است.

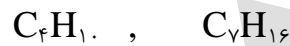
به عنوان نمونه معادله سوختن کامل گاز شهری به صورت زیر است. (گاز شهری ، به طور عمده از متان تشکیل شده است.)



✓ به طور کلی هر چه جرم هیدروکربنی بیش تر باشد ، آنتالپی سوختن آن نیز بیش تر است.

ماده آلی	$\text{CH}_4(\text{g})$	$\text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$	$\text{C}_3\text{H}_8(\text{g})$	$\text{C}_4\text{H}_{10}(\text{g})$
جرم مولی ( $\text{g.mol}^{-1}$ )	۱۶	۲۸	۳۰	۴۲
آنتالپی سوختن ( $\text{kJ.mol}^{-1}$ )	-۸۹.۰	-۱۴۱.۰	-۱۵۶.۰	-۲۰۵۸

**سؤال ۱-** گرمای ناشی از سوختن ۱ مول کدام هیدروکربن زیر بیش تر است؟ چرا؟



**سؤال ۲-** گرمای سوختن ۱ مول اتان ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ) و ۲ مول متان ( $\text{CH}_4$ ) کدام یک بیش تر است؟ چرا؟

✓ هنگام سوختن مقدار یکسان از هیدروکربن های مختلف ، هر کدام جرم مولی کمتری داشته باشد ، گرمای آزاد شده از آن بیشتر است. به عنوان نمونه گرمای ناشی از سوختن ۱۰ گرم متان از گرمای ناشی از سوختن ۱۰ گرم پروپان طبق محاسبه زیر بیش تر است.

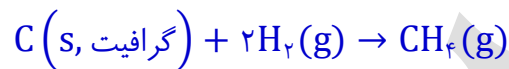
$$? \text{ kJ} = 10 \text{ g CH}_4 \times \frac{1 \text{ mol CH}_4}{16 \text{ CH}_4} \times \frac{-89.0 \text{ kJ}}{1 \text{ mol CH}_4} = -556.25 \text{ kJ}$$

$$? \text{ kJ} = 10 \text{ g C}_3\text{H}_8 \times \frac{1 \text{ mol C}_3\text{H}_8}{44 \text{ C}_3\text{H}_8} \times \frac{-205.8 \text{ kJ}}{1 \text{ mol C}_3\text{H}_8} = -49.0 \text{ kJ}$$

**در مورد متان ( $\text{CH}_4$ ) بیش تر بدانیم.**



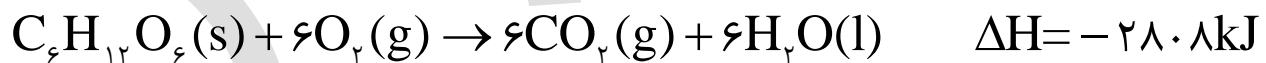
- ✓ ساده ترین هیدروکربن و نخستین عضو خانواده آلکان هاست.
- ✓ گاز شهری به طور عمده از آن تشکیل شده است.
- ✓ گازی است که تنها با سرد کردن و بدون اعمال فشار به مایع تبدیل نمی شود.
- ✓ از تجزیه گیاهان به وسیله باکتری های بی هوازی در زیر آب نیز تولید می شود.
- ✓ به گاز مرداب معروف است زیرا اولین بار از سطح مرداب ها جمع آوری شد.
- ✓ موربانه ها یکی از منابع تولید آن می باشند. یکی از فراورده های تجزیه سلولز در بدن این حشره گاز متان می باشد. (این حشرات بیش از ۱۷۰ میلیون تن گاز متان در سال تولید می کنند)
- ✓ به طور مستقیم و بر طبق واکنش زیر قابل تهیه نیست. زیرا تأمین شرایط بهینه برای آن بسیار دشوار و هزینه بر است.



## پیوند با زندگی

**واکنش ترموشیمیایی -** هر واکنش شیمیایی که آنتالپی ( $\Delta H$ ) مربوط به آن نیز داده شود، واکنش ترموشیمیایی گفته می شود. (ترمو به معنای گرما یا حرارت می باشد.)

**یاد آوری -** سوختن و اکسایش، واکنش هایی هستند که در آن ها ماده با اکسیژن ترکیب می شود. اما سوختن یک واکنش تند و اکسایش یک واکنش کند است. از طرفی می دانیم که عوامل گوناگونی همچون (نوع و حالت فیزیکی مواد شرکت کننده، مقدار واکنش دهنده ها، دما و فشار) بر آنتالپی واکنش ها تأثیر دارند. حال که معادله سوختن و اکسایش گلوکز از هر لحاظ مشابه هم اند. پس آنتالپی ناشی از آنها نیز برابر است. و بر طبق معادله ترموشیمیایی زیر است.



- ✓ کر بوهدرات ها، چربی ها و پروتئین ها سه ماده غذایی مهمی هستند که، بدن ما از غذاها دریافت می کند. این مواد نه تنها مواد اولیه سوخت و ساز یاخته ها را تأمین می کنند بلکه انرژی آنها را نیز فراهم می کنند..
- ✓ از میان سه ماده نام برده تنها کر بوهدرات ها هستند که در بدن به گلوکز شکسته شده و گلوکز در خون حل می شود که به آن قند خون نیز می گویند. خون با انتقال این گلوکز به یاخته ها و انجام عمل اکسایش در آنها به سرعت انرژی لازم برای یاخته ها را، فراهم می کند.



**نکته -** چربی ماده ای است که در آب نامحلول بوده از طرفی ارزش سوختی بالاتری نسبت به دو ماده غذایی دیگر دارد به همین دلیل بدن آن را به مقدار بیش تر و بهتر از آن دو ذخیره می کند؛ به جدول زیر دقت کنید.

ماده غذایی	کربو هیدرات	پروتئین	چربی
ارزش سوختی ( $\text{kJ.g}^{-1}$ )	۱۷		۳۸

**تذکر -** میزان انرژی مورد نیاز بدن هر فرد به عواملی همچون وزن ، سن و میزان فعالیت های روزانه او بستگی دارد.

**نکته -** انرژی دریافت شده از مواد غذایی هم چنین مقدار اضافی مواد در بدن به طور عمده به صورت چربی ذخیره شده و باعث چاقی می شود.

### ارزش سوختی برخی خوراکی ها

خوراکی	ارزش سوختی ( $\text{kJ.g}^{-1}$ )
نان	۱۱/۵
پنیر	۲۰
تخم مرغ	۶
شکلات	۱۸
شیر	۳
بادام زمینی	۲۳

**ارزش سوختی -** انرژی آزاد شده به هنگام سوختن واحد جرم (معمولاً ۱ گرم) ماده را ارزش سوختی آن ماده می گویند و بایکای کیلو ژول بر گرم بیان می کنند.

**نکته -** واکنش سوختن به دلیل گرماده بودن با علامت منفی نشان می دهند اما ارزش سوختی را بدون علامت گزارش می کنند.

**توجه -** انتظار می رود که انرژی حاصل از سوختن پروتئین ها در آزمایشگاه و انرژی حاصل از اکسایش آنها در بدن یکسان باشد. اما چون در برخی از محصولات تفاوت دارند پس انرژی یکسان تولید نخواهند کرد . پروتئین ها مواد آلی نیتروژن داری هستند که به هنگام سوختن در آزمایشگاه علاوه بر انرژی ، فرآورده هایی همچون  $\text{CO}_2$  ،  $\text{H}_2\text{O}$  و  $\text{N}_2$  تولید می کنند ولی در اثر اکسایش آن ها در بدن ، نیتروژن به طور عمده به شکل اوره در می آید.





**یادآوری-** سوخت های سبز در ساختار خود افزون بر هیدروژن و کربن، اکسیژن نیز دارند و از پسماند های گیاهانی مانند سویا، نیشکر و دیگر دانه های روغنی استخراج می شوند. **مانند اتانول**

### روش های اندازه گیری گرمای واکنش ها (آنتالپی واکنش ها یا $\Delta H$ واکنش ها)

**الف- روش مستقیم (به کمک گرماسنج)**

**ب- روش های غیر مستقیم که با استفاده از قانون هنری هس و آنتالپی میانگین پیوند مواد صورت می گیرد.**

### گرماسنجی ، روش مستقیم تعیین گرمای واکنش ها

**گرماسنج -** دستگاهی است که برای اندازه گیری گرمای مبادله شده در یک واکنش شیمیایی به کار می رود.

### انواع گرماسنج ها

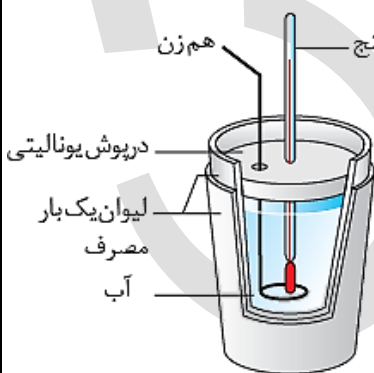
گرماسنج لیوانی و گرماسنج بمبی

**نکته -** از گرماسنج بمبی برای محاسبه دقیق گرمای سوختن یک ماده استفاده می کنند.

### گرماسنج لیوانی

اگر دو لیوان که عایق گرما باشند ، مثلاً لیوان های یک بار مصرف (پلی استایرنی) را درون هم قرار داده و آن ها را به درپوشی از یونولیت که در آن دماسنج و هم زن تعبیه شده ، مجهز کنیم یک گرماسنج لیوانی به دست می آید.

هم زن دماسنج



### چگونگی اندازه گیری گرمای واکنش با گرماسنج لیوانی

این گرماسنج شامل مقدار معینی آب یا محلول یک واکنش دهنده در یک ظرف عایق بندی شده است. پیش از انجام واکنش، دمای اولیه ( $\theta_1$ ) آب یا محلول اندازه گیری می شود. بعد از اضافه کردن ماده دوم و انجام واکنش مورد نظر، دمای نهایی ( $\theta_2$ ) آب هم اندازه



گیری می شود و با استفاده از تغییر دما ( $\Delta\theta$ )، وبا داشتن گرمای ویژه مواد ( $c$ ) و جرم کل آنها ( $m$ ) و رابطه ( $Q_p = mc \Delta\theta$ ) می توان گرمای واکنش ها در فشار ثابت ( $Q_p = \Delta H$ ) را محاسبه کرد.

### روش های غیر مستقیم محاسبه گرمای واکنش ها

**سؤال -** چرا به روش مستقیم نمی توان گرمای تمام واکنش ها را تعیین کرد ؟

- ۱- بسیاری از واکنش ها در شرایط بسیار سختی انجام می شوند . که تأمین شرایط بهینه آن وکنش بسیار سخت است. مانند محاسبه گرمای واکنش تهیه متان از واکنش مستقیم گرافیت و گاز هیدروژن
- ۲- گاهی یک واکنش ممکن است بخشی از یک فرایند زیست شناختی پیچیده باشد و نمی توان آن را به صورت یک واکنش جداگانه در آزمایشگاه انجام داد. مانند محاسبه گرمای واکنش فتوسنتز انجام شده در برگ سبز

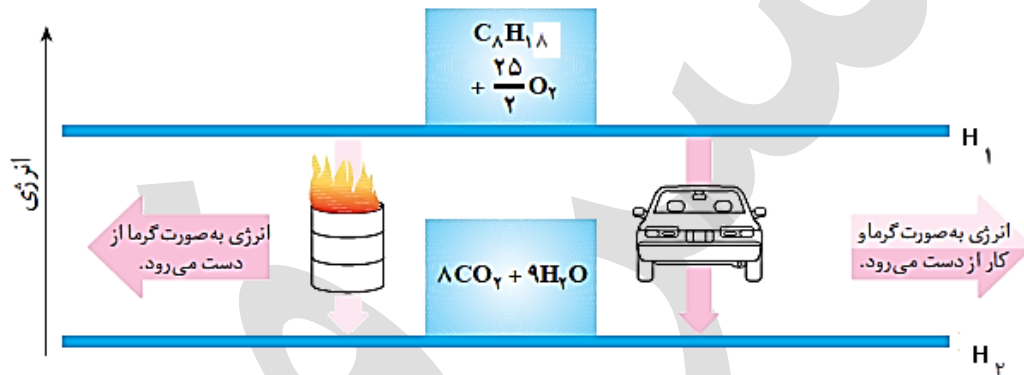
### قانون هنری هس (قانون جمع پذیری گرمای واکنش ها)

اگر معادله یک واکنش را بتوان از جمع معادله دو یا چند واکنش دیگر به دست آورد،  $\Delta H$  آن نیز از جمع جبری مقادیر  $\Delta H$  همان واکنش ها به دست آورد.

**نکته -** پژوهش ها نشان می دهد که نخستین بار هنری هس ، دریافت گه گرمای یک واکنش معین به مسیری که برای رسیدن به آن واکنش انتخاب می شود بستگی ندارد . یعنی اگر بتوان گرمای یک واکنش ( $\Delta H$ ) را از روش های مختلف ( مستقیم ، غیر مستقیم ) محاسبه کنیم، به شرط آن که شرایط انجام واکنش ها یکسان باشد ، تقریباً یکسان به دست می آید.

## توضیح نکته بالا با دو مثال ساده

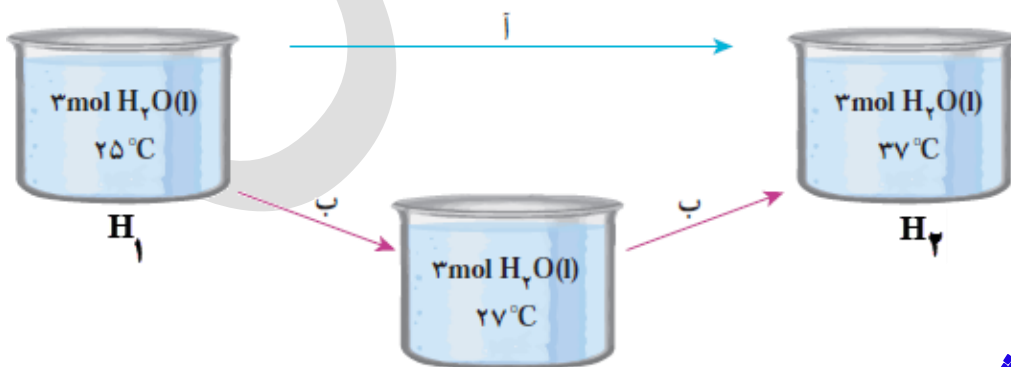
۱- می دانیم سوختن بهترین (اوکتان) یک واکنش گرما ده است، در شرایط یکسان تفاوتی ندارد که بهترین در موتور یک خودرو بسوزد یا در یک حلب. در هر دو حالت انرژی آزاد شده یکسان خواهد بود زیرا فرآورده های آن یکسان است و تنها مسیر انجام واکنش فرق می کند خلاصه بگویم  $\Delta H$  واکنش ها، تابع مسیر واکنش نیست بلکه تابع مواد واکنش دهنده ها و فرآورده های آنهاست.



۲- می خواهیم دمای ۳ مول آب را از  $25^{\circ}\text{C}$  به  $37^{\circ}\text{C}$  افزایش دهیم برای این منظور دو مسیر زیر را اختیار می کنیم.

مسیر آ- آب را گرم کرده تا دمای آن به  $37^{\circ}\text{C}$  برسد.

مسیر ب- این بار آب را در دو مرحله گرم می کنیم، ابتدا گرمای کمی داده تا دمای آن  $27^{\circ}\text{C}$  برسد. سپس در مرحله بعد دمای آن را



تا  $37^{\circ}\text{C}$  بالا می بریم.

نتیجه: در هر دو مسیر مقدار  $\Delta H$  یکسان خواهد شد.



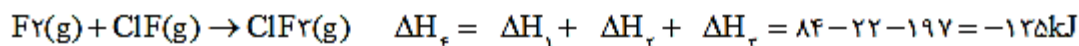
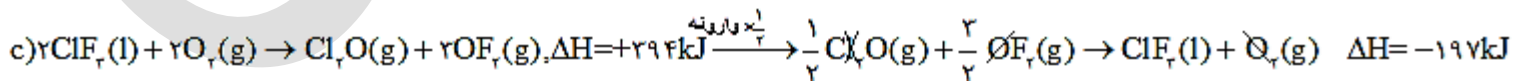
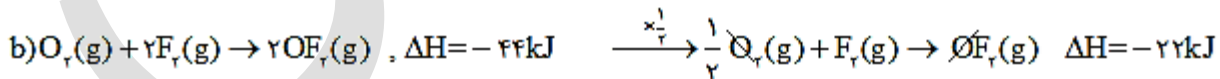
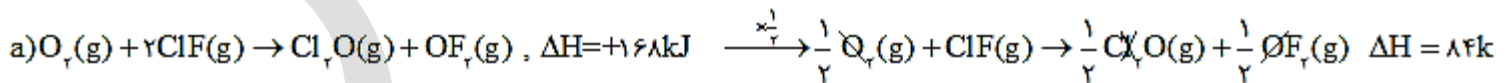
### در حل سوالات هس دار نکات زیر را رعایت کنید.

- ۱- واکنشی که  $\Delta H$  آن مجهول است (واکنش اصلی)، حق هیچگونه جابجایی و یا تغییر در آن را نداریم، و باید بقیه واکنش ها را براساس آن تنظیم کنیم.
- ۲- اگر واکنشی را وارونه کنیم، تنها علامت  $\Delta H$  آن قرینه می شود.
- ۳- اگر ضرایب واکنشی را در عددی ضرب کنیم یا بر عددی تقسیم کنیم،  $\Delta H$  آن واکنش نیز در آن عدد ضرب و یا بر آن عدد تقسیم می شود.
- ۴- هر واکنش را فقط یک بار می توان تغییر داد.
- ۵- اگر ماده ای در واکنش اصلی باشد که در بیش از یک فرعی ظاهر شده باشد، بهتر است آن را در آخر لحاظ کنیم.

**مثال ۱-** با توجه به واکنش های زیر؛  $\Delta H$  واکنش  $F_2(g) + ClF_3(g) \rightarrow ClF_2(l)$  را حساب کنید.

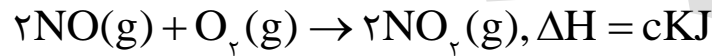
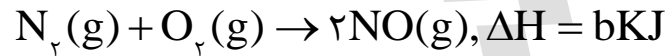
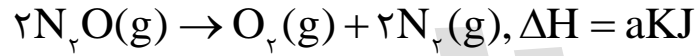


**حل-** ضرایب واکنش a و b را بر ۲ تقسیم کنیم، واکنش c را وارونه کرده ضرایب آن را نیز بر ۲ تقسیم می کنیم.





مثال ۲- با توجه به واکنش های زیر؛  $\Delta H$  واکنش :  $N_2O(g) + NO(g) \rightarrow 3NO(g)$ ، برابر چند کیلو ژول است؟

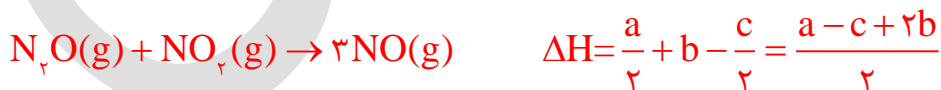
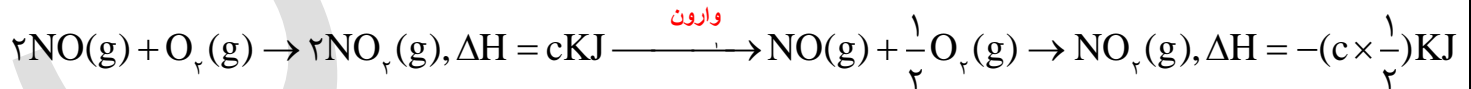
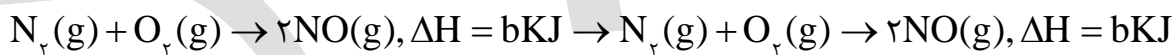
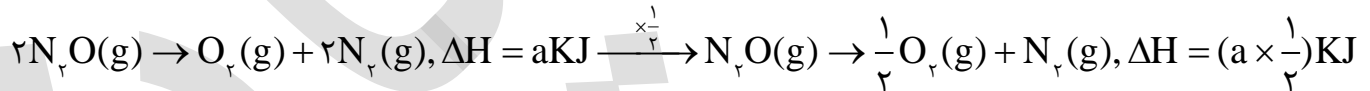


حل- از  $N_2O$  شروع می کنیم ، چون این ماده در واکنش اول و درست چپ قرار دارد پس نیازی به جابه جایی واکنش نیست ولی چون

ضریب آن باید یک باشد پس تنها ضرایب واکنش اول را بر ۲ تقسیم می کنیم.

$NO_2$  نیز در واکنش سوم و درست راست قرار دارد بنابراین واکنش سوم را وارونه کرده و ضرایب آن را بر ۲ تقسیم می کنیم.

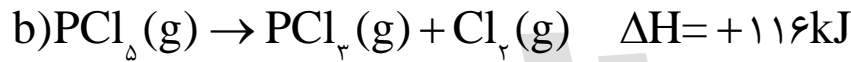
$NO$  در هر دو واکنش دوم و سوم موجود است. در واکنش سوم به اندازه یک مول وجود دارد چون ما به سه مول آن نیاز داریم پس واکنش دوم بدون تغییر باقی می ماند.





## حالا نوبت شماست

**سؤال ۱-** با توجه به واکنش های زیر ،



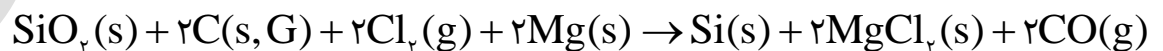
الف -  $\Delta H$  واکنش  $\text{P}_4(\text{s}) + 10\text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow 4\text{PCl}_5(\text{g})$  را حساب کنید.

ب- واکنش گرماده است یا گرماگیر ؟ چرا؟

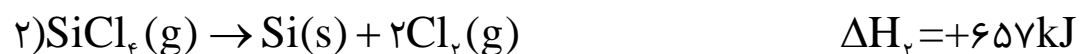
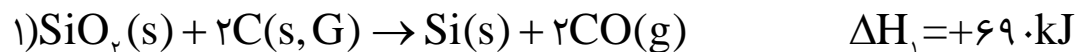
ج- نمودار «آنتالپی - زمان» را برای آن رسم کنید.

د- محاسبه کنید به ازای مصرف هر یک گرم فسفر، چند کیلو ژول گرمادادو ستد می شود؟ ( $P=31 \text{ g.mol}^{-1}$ )

**سؤال ۲-** واکنش کلی تبدیل شن ( $\text{SiO}_2$ ) به سیلیسیم خالص (Si) مطابق واکنش زیر است .

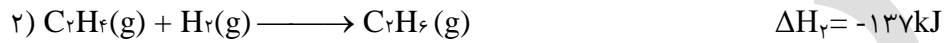
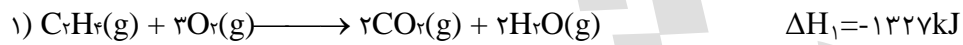
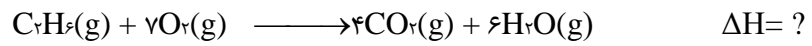


$\Delta H$  این واکنش را با استفاده از داده های زیر حساب کنید.

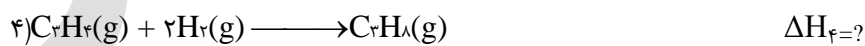
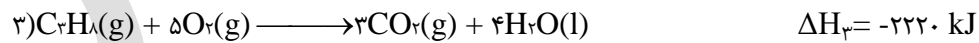
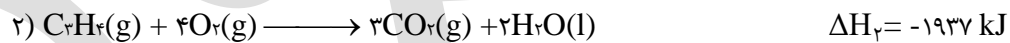
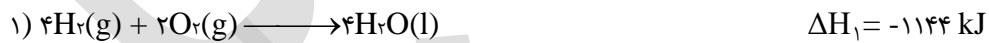




**سؤال ۳-** با به کار بردن قانون هس (قانون جمع پذیری گرمای واکنش های شیمیایی)  $\Delta H$  واکنش داخل کادر را به دست آورید.

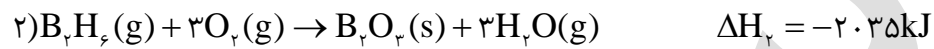
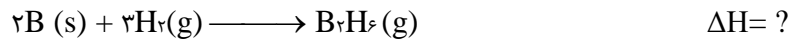


**سؤال ۴-** با استفاده از قانون هس و به کمک واکنش های ۱ و ۲ و ۳ تغییر آنتالپی واکنش ۴ را محاسبه کنید.

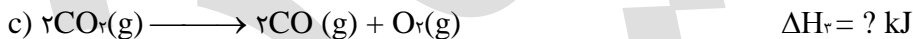




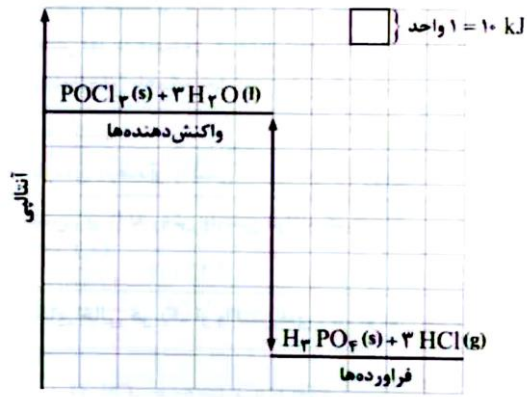
**سؤال ۵-** دی بوران ( $B_2H_6$ ) یک هیدرید بور بسیار واکنش پذیر است که می تواند با اکسیژن هوا بسوزد: به کمک آنتالپی واکنش های داده شده ، آنتالپی واکنش داخل کادر را محاسبه کنید.



**سؤال ۶-** با توجه به مقدار آنتالپی واکنش های a و b ، با نوشتن دلیل آنتالپی سایر واکنش ها را تعیین کنید.







سؤال ۷- با توجه به نمودار داده شده ،

الف- واکنش را نوشته ، نماد Q را در آن وارد کنید.

ب- مقدار  $\Delta H$  آن چند کیلو ژول است؟

### H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>(aq) هیدروژن پر اکسید

۱- نام تجاری آن آب اکسیژنه است.

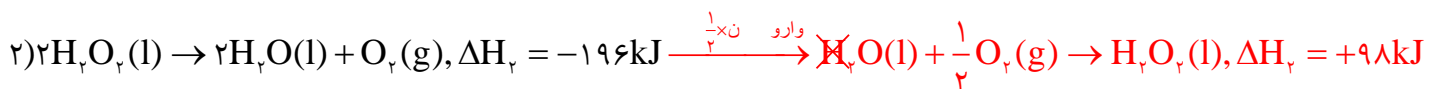
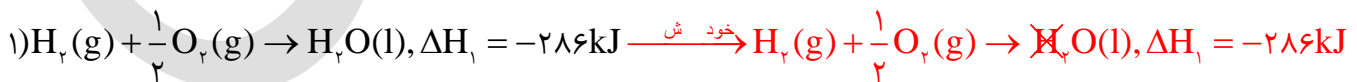
۲- محلول رقیق آن در آب به عنوان لکه بر (لکه های خون ، قهوه و...) ، اکسیده کننده و ضد عفونی کننده مورد استفاده قرار می گیرد.

۳- از واکنش تجزیه آن به عنوان منبع تولید اکسیژن در آزمایشگاه ، استفاده می شود.

۴- واکنش تجزیه آن از جمله واکنش های گرماده می باشد. (اغلب واکنش های تجزیه گرماگیرند).



۵- تهیه این ماده به ویژه در آزمایشگاه از واکنش مستقیم دو گاز هیدروژن و اکسیژن امکان پذیر نیست. پس گرمای این واکنش نیز از روش غیرمستقیم و از واکنش های زیر به دست می آورند.



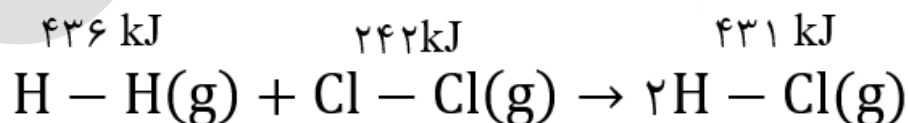
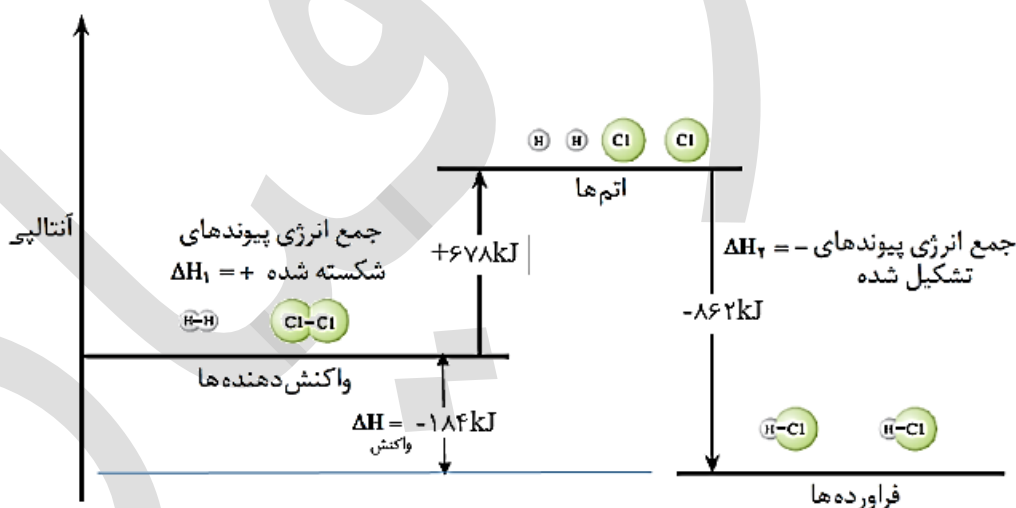


## محاسبه آنتالپی واکنش ها با استفاده از میانگین آنتالپی پیوند مواد

در یک واکنش شیمیایی، هنگامی که در واکنش دهنده ها پیوند ها شکسته می شود، انرژی به صورت گرما جذب می شود (یعنی  $\Delta H$  مثبت است) و وقتی که در فراورده ها پیوند تشکیل شود گرما آزاد می شود (یعنی  $\Delta H$  منفی است). جمع جبری این دو گرما، آنتالپی واکنش است.

با مشخص کردن این که کدام پیوند ها در واکنش دهنده ها شکسته می شود و کدام پیوند ها در فراورده (ها) تشکیل می شود، می توان گرمای یک واکنش شیمیایی را محاسبه کرد.

**مثال ۱-** با توجه به شکل زیر که به واکنش  $H_2(g) + Cl_2(g) \rightarrow 2HCl(g)$  مربوط است. فرض کنید که پیوند ها در واکنش دهنده ها شکسته شده است. که برای این کار به مقدار  $678 \text{ kJ} + (242 + 436)$  انرژی نیاز است. و اتم های جدا از هم به وجود آمده اند. این اتم ها سپس با یکدیگر پیوند می دهند و فراورده ها را تشکیل می دهند. که در ضمن تشکیل پیوند در فراورده های آن  $2 \times 431 - 862 \text{ kJ}$  انرژی آزاد می شود. اگر گرمای یک واکنش را به تغییرات انرژی پیوند ها مربوط بدانیم و همه واکنش دهنده ها و فراورده ها را به صورت گاز در نظر بگیریم، در آن صورت می توان از قانون هس برای محاسبه گرمای واکنش استفاده کرد.



پیوند هایی که شکسته می شوند

پیوند هایی که تشکیل می شوند



$$\Delta H_1 = (242 + 436) = +678 \text{ kJ}$$

انرژی جذب شده هنگام شکست پیوند در واکنش دهنده ها

$$\Delta H_2 = (2 \times 431) = -862 \text{ kJ}$$

انرژی آزاد شده هنگام تشکیل پیوند در فراورده ها

از جمع این دو انرژی، به گرمای واکنش می توان رسید.

$$\text{گرمای واکنش} = 678 + (-862) = -184 \text{ kJ}$$

**مثال دوم -** واکنش سوختن متان را در نظر بگیرید.  $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$

آشکار است که واکنش سوختن متان شامل شکسته شدن پیوندها در  $\text{CH}_4$  و  $\text{O}_2$  و تشکیل پیوندها در  $\text{CO}_2$  و  $\text{H}_2\text{O}$  است. انرژی لازم جهت شکستن پیوندها و انرژی آزاد شده هنگام تشکیل پیوندها به قرار زیر است.

تغییر آنتالپی برای پیوندهای شکسته شده:

$$4(\text{C}-\text{H}) = (4 \text{ mol}) \times (412 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = 1648 \text{ kJ}$$

$$2(\text{O}=\text{O}) = (2 \text{ mol}) \times (496 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = 992 \text{ kJ}$$

$$\Delta H_{\text{پیوندهای شکسته شده}} = 2640 \text{ kJ}$$

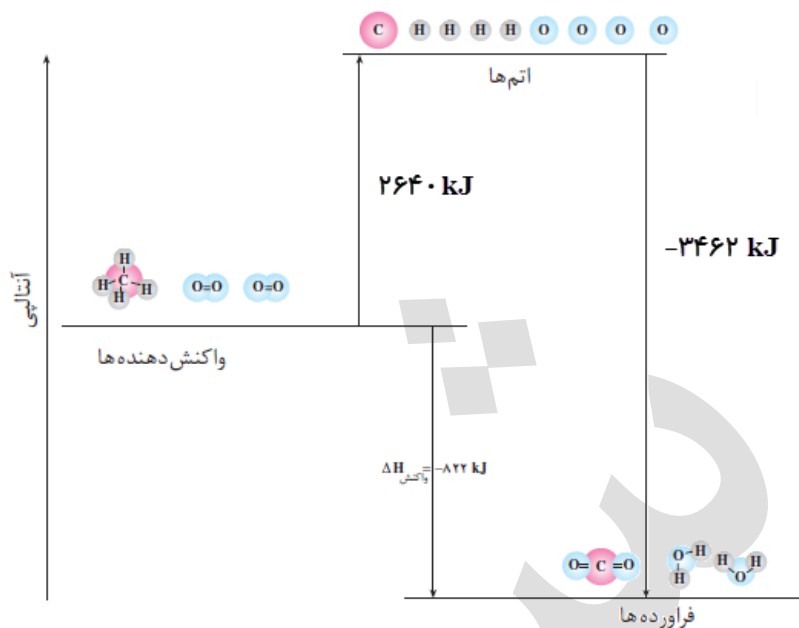
تغییر آنتالپی برای پیوندهای تشکیل شده:

$$2(\text{C}=\text{O}) = (2 \text{ mol}) \times (805 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = 1610 \text{ kJ}$$

$$4(\text{O}-\text{H}) = (4 \text{ mol}) \times (463 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = 1852 \text{ kJ}$$

$$\Delta H_{\text{پیوندهای تشکیل شده}} = 3462 \text{ kJ}$$

$$\Delta H_{\text{واکنش}} = \Delta H_{\text{پیوندهای شکسته شده}} - \Delta H_{\text{پیوندهای تشکیل شده}} = 2640 - 3462 = -822 \text{ kJ}$$



### رابطه محاسبه گرمای واکنش ها با استفاده از آنتالپی پیوند ها

$$\Delta H_{\text{واکنش}} = \Delta H_{\text{شکستن پیوندها}} + \Delta H_{\text{تشکیل پیوندها}}$$

همه چیز آسان :

$$\Delta H_{\text{(واکنش)}} = \left[ \begin{array}{l} \text{مجموع آنتالپی پیوند های شکسته شده} \\ \text{در مواد واکنش دهنده} \end{array} \right] - \left[ \begin{array}{l} \text{مجموع آنتالپی پیوند های تشکیل شده} \\ \text{در مواد فراورده} \end{array} \right]$$

### نکاتی در مورد استفاده از آنتالپی پیوند ها در محاسبه گرمای واکنش ها

- تمام مواد باید به صورت گازی شکل باشند. (زیرا اگر حالت مواد جامد و یا مایع باشند ، مقداری از انرژی که صرف تبدیل حالت می شود به حساب انرژی پیوند می رود).
- هر چه مولکول های مواد شرکت کننده در واکنش ساده تر باشند. آنتالپی محاسبه شده برای واکنش با داده های تجربی هم خوانی دارد ( چون از میانگین پیوندها استفاده نمی شود). اما در مولکول های پیچیده از میانگین آنتالپی پیوندها استفاده می شود، پس گرمای محاسبه شده اغلب در مقایسه با داده های تجربی تفاوت آشکار نشان می دهد.

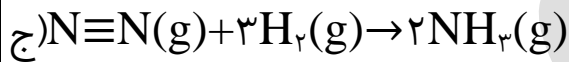
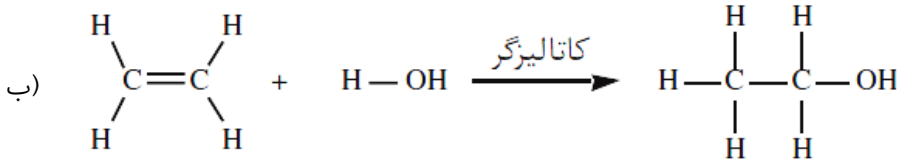
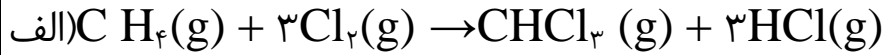
**تذکره** - در محاسبه گرمای واکنش ها با استفاده از آنتالپی پیوند ها، دانستن ساختار لوویس مواد شرکت کننده در واکنش ضروری

است.

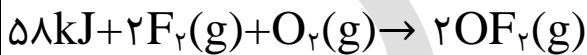


## حالا نوبت شماست

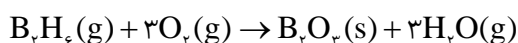
**سؤال ۱-** آنتالپی هر یک از واکنش‌های زیر را با استفاده از آنتالپی پیوند به دست آورده و نمودار تغییر آنتالپی را برای آن‌ها رسم کنید.



**سؤال ۲-** با توجه به واکنش داده شده و آنتالپی پیوند‌ها، آنتالپی پیوند  $\text{O}-\text{F}$  را به دست آورید.



**سؤال ۳-** اگر در واکنش زیر سطح انرژی فراورده‌ها به اندازه  $2035$  کیلو ژول نسبت به سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها پایین‌تر باشد





الف-مجموع انرژی پیوند در واکنش دهنده‌ها بیشتر است یا در فراورده‌ها؟ چرا؟

ب-پایداری واکنش دهنده‌ها بیشتر است یا فراورده‌ها، چرا؟

## غذای سالم

- همه خوراکی‌ها و غذاها تاریخ مصرف دارند، که مدت زمان نگهداری سالم آن‌ها را نشان می‌دهد.
- خشک کردن میوه‌ها، نمک زدن، تهیه ترشی، فلفل زدن و..... برخی از روش‌های نگهداری مواد غذایی می‌باشند.
- تجربه نشان می‌دهد که محیط سرد، خشک و تاریک برای نگهداری انواع مواد غذایی مناسب‌تر از محیط گرم، روشن و مرطوب است. نگهداری اغلب مواد غذایی در سردخانه‌ها تأییدی بر این تجربه است. در واقع عوامل محیطی مانند رطوبت، اکسیژن، نور و دما در چگونگی و زمان نگهداری غذا مؤثرند.
- در شیمی دهم آموختید که اکسیژن‌گازی واکنش‌پذیر است و تمایل زیادی برای انجام واکنش با دیگر مواد دارد. بر اساس این ویژگی، مواد غذایی در هوای آزاد و در معرض اکسیژن، سریع‌تر فاسد می‌شوند. پس با دور کردن آن‌ها از معرض اکسیژن می‌توان زمان نگهداری مواد غذایی را افزایش داد.
- پیشرفت علوم تجربی سبب شده تا برای افزایش زمان ماندگاری مواد غذایی و بهبود کیفیت آن‌ها از روش‌های گوناگونی مانند تهیه کنسرو، بسته‌بندی نوین، افزودن نگهدارنده‌ها و... استفاده شود.

**سؤال -** چرا برای نگهداری سالم برخی خوراکی‌ها، آن‌ها را با خالی کردن هوای درون ظرف بسته‌بندی می‌کنند؟

## آهنگ (سرعت) واکنش

تهیه و تولید سریع‌تر یا کندتر یک فراورده صنعتی، دارویی یا غذایی بر کیفیت و زمان ماندگاری آن نقش تعیین‌کننده‌ای دارد. **آهنگ واکنش** بیانی از زمان ماندگاری مواد است، کمیتی که نشان می‌دهد هر تغییر شیمیایی در چه گستره‌ای از زمان رخ می‌دهد. هر چه گستره‌ی زمان انجام آن‌ها کوچک‌تر باشد، آهنگ انجام تندتر است و واکنش سریع‌تر انجام می‌شود.

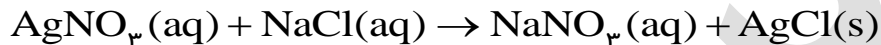


## واکنش‌ها از نظر سرعت

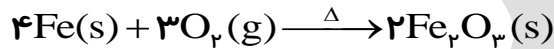
زمان انجام واکنش‌ها متفاوت است به طوری که گستره‌ای از چندصدم ثانیه تا چندصدها سال را دربرمی‌گیرد. عنوان نمونه:

۱- انفجار، واکنش شیمیایی بسیار سریعی است که در آن مقدار کمی ماده منفجر شونده به حالت جامد یا مایع، حجم زیادی از گازهای داغ تولید می‌شود.

۲- تشکیل رسوب سفید رنگ نقره کلرید از واکنش میان دو محلول بی‌رنگ محلول سدیم کلرید و نقره نیترات یک واکنش سریع است.



۳- اشیای آهنی در هوای مرطوب به کندی زنگ می‌زنند زنگار تولید شده در این واکنش ترد و شکننده است و فرو می‌ریزد.



۴- بسیاری از کتاب‌های قدیمی در گذر زمان زرد و پوسیده می‌شود. این پدیده نشان می‌دهد که واکنش تجزیه سلولز کاغذ بسیار کند رخ می‌دهد.

**تذکره** - شکل‌های زیر نیز زمان‌های متفاوت در انجام شدن دارند که مقایسه کیفی آن‌ها بسیار ساده است.



تا اینجا در مورد واکنش‌های گرماگیر و گرماده و چگونگی تعیین گرمای آنها آشنا شدید لازم است بدانید که واکنش‌ها سرعت انجام شدن یکسانی ندارند آنچه در مطالب بعدی خواهید خواند. مقایسه واکنش‌های مختلف از نظر سرعت و عواملی که روی سرعت آن‌ها مؤثر است را بیان می‌کند.



## سینتیک شیمیایی

شاخه ای از شیمی است که به بررسی شرایط و چگونگی انجام واکنش های شیمیایی، سرعت آن ها و عوامل مؤثر بر سرعت آن ها می پردازد.

- ☑ همه واکنش های شیمیایی که در طبیعت، صنعت و آزمایشگاه انجام می شوند، سرعت های یکسان ندارند.
- ☑ برخی واکنش ها مانند گوارش، تنفس، تهیه دارو ها و تولید فراورده های صنعتی مفید و ضروری اند اما برخی دیگر مانند خوردگی وسایل آهنی، تولید آلاینده ها، زرد و پوسیده شدن کاغذ کتاب زیان آور و ناخواسته می باشند.
- ☑ شیمی دان ها در پی یافتن راه هایی برای کاهش سرعت یا متوقف کردن واکنش های ناخواسته و برخی دیگر به دنبال سرعت بخشیدن به واکنش هایی هستند که بتوانند فراورده هایی گوناگون با صرفه اقتصادی تولید کنند. که برای دستیابی به چنین اهدافی باید از سینتیک شیمیایی کمک گرفت.

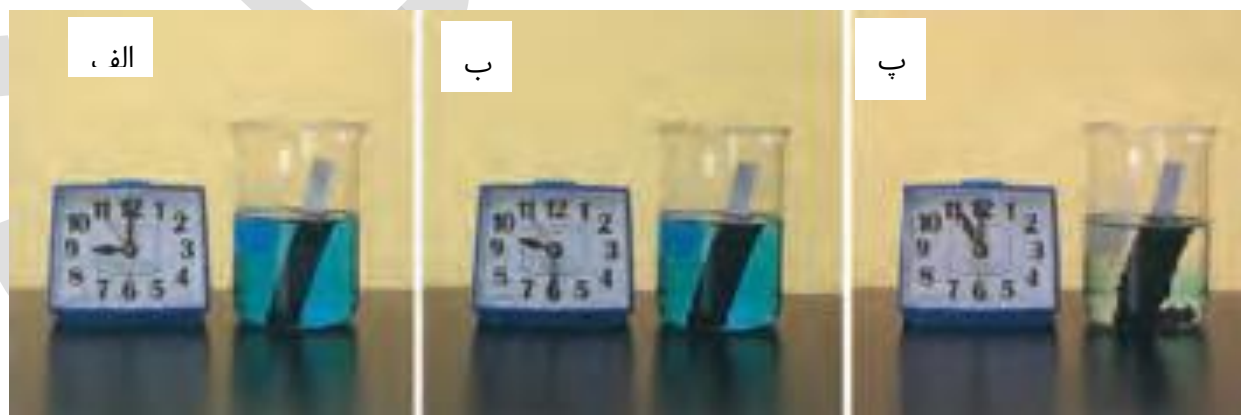
**پیشرفت واکنش** - کاهش مقدار واکنش دهنده ها و افزایش مقدار فراورده ها را، پیشرفت واکنش می نامند.

**سرعت واکنش** - میزان پیشرفت واکنش در واحد زمان می باشد.

**نکته** - هر اندازه پیشرفت در واحد زمان بیش تر باشد، یعنی واکنش سریع تر بوده و در مدت زمان کوتاهی صورت گرفته است.

### سرعت متوسط مصرف و تولید مواد شرکت کننده در واکنش

می دانید که در یک واکنش شیمیایی با گذشت زمان، واکنش دهنده ها مصرف و فراورده ها تولید می شوند. برای نمونه، به واکنش تیغه روی با محلول محتوی ۰/۰۲ مول مس(II) سولفات طبق شکل زیر توجه کنید.



در این واکنش با گذشت زمان به تدریج از شدت رنگ آبی محلول کاسته شده و در پایان واکنش، محلول بی رنگ می شود. این ویژگی بیانگر آن است که مقدار یون های  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  کاهش یافته و جرم  $\text{Cu}(\text{s})$  تولید شده، افزایش می یابد. این واکنش تا جایی پیش می رود که مقدار یون های  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  تقریباً به صفر می رسد. به نظر شما در این واکنش، جرم  $\text{Zn}(\text{s})$  چه تغییری می کند؟





## سرعت متوسط

سرعت مصرف یا تولید یک ماده شرکت کننده در واکنش در گستره زمانی قابل اندازه گیری را سرعت متوسط آن ماده می گویند و آن را با  $R$  نمایش می دهند. از این رو،  $R(A)$  سرعت متوسط تولید یا مصرف ماده  $A$  را نشان می دهد. به عنوان نمونه آهنگ مصرف شدن  $0.02$  مول یون مس (II) در مدت  $20$  دقیقه بر حسب مول بر دقیقه بصورت زیر است.

$$R = \frac{0.02 \text{ mol}}{20 \text{ min}} = 0.001 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

**تذکره -**  $R$  حرف اول واژه Rate به معنای نرخ، آهنگ یا سرعت است.

**نکته ۱ -** سرعت کمیت تجربی است و تجربه نشان می دهد که سرعت متوسط مصرف یا تولید مواد شرکت کننده را می توان با اندازه گیری کمیت هایی مانند جرم، حجم، فشار و ... تعیین کرد.

**نکته ۲ -** سرعت مصرف یا تولید یک ماده در واکنش ها، در زمان های مختلف متفاوت است، به همین دلیل از سرعت متوسط استفاده می کنند.

**معادله سرعت متوسط مصرف ماده A و تولید ماده B در واکنش فرضی  $A \rightarrow B$**

(I) **سرعت متوسط (آهنگ) مصرف ماده A**

اگر تعداد مول های اولیه A در زمان  $t_1$  برابر  $n_1$  و در زمان  $t_2$  برابر  $n_2$  باشد. تغییرات مول های این ماده  $\Delta n_A = n_2 - n_1$  و تغییرات زمان برابر  $\Delta t = t_2 - t_1$  می باشد. که  $t_2 > t_1$  پس  $\Delta t > 0$  اما چون  $n_2 < n_1$  پس  $\Delta n < 0$  بنابراین سرعت متوسط مصرف ماده A عبارتست از:

$$\bar{R}_A = - \frac{n_{2(A)} - n_{1(A)}}{t_2 - t_1} = - \frac{\Delta n_A}{\Delta t}$$

**تذکره -** سرعت یک کمیت مثبت می باشد. از طرفی چون  $\Delta n < 0$  پس با وارد کردن منفی در رابطه، همواره مقدار سرعت مثبت خواهد شد.



## II) سرعت متوسط (آهنگ) تولید ماده B

در جریان تولید یک ماده چون مقدار آن در حال افزایش است پس  $n_{rB} > n_{lB}$  یعنی  $\Delta n_B > 0$  بنابراین این رابطه سرعت متوسط آن به صورت زیر است.

$$\bar{R}_B = + \frac{n_{r(B)} - n_{l(B)}}{t_r - t_l} = + \frac{\Delta n_B}{\Delta t}$$

**سؤال ۱- ۰/۸** مول ماده X در ثانیه دهم پس از شروع واکنش موجود می باشد و در ثانیه بیستم مقدار آن به ۰/۲ مول می رسد .

الف- این ماده واکنش دهنده است یا فراورده ؟ چرا؟ واکنش دهنده ، زیرا مقدار آن در حال کاهش است.

ب- سرعت متوسط ماده X چند مول بر دقیقه است؟

$$\bar{R}_X = - \frac{n_{r(X)} - n_{l(X)}}{t_r - t_l} = - \frac{(0.2 - 0.8) \text{ mol}}{\frac{20}{60} \text{ min}} = \frac{0.6}{\frac{1}{3}} = 0.18 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

**کتابچه نمونه سوال** - در صورتی که مواد شرکت کننده در واکنشی گاز یا محلول باشند علاوه بر واحد مول بر زمان ، می توان از تغییر غلظت

مولی آن ها در واحد زمان برای محاسبه سرعت متوسط استفاده کرد. به عنوان نمونه برای واکنش فرضی  $A(g) \rightarrow B(g)$  روابط سرعت بر حسب غلظت آن به صورت زیر است. (غلظت مولی را با نماد کروشه [ ] نشان می دهند. مثلاً [A] ، غلظت مولی و  $\Delta[A]$  تغییرات غلظت مولی ماده A می باشد.)

$$\bar{R}_A = - \frac{[A]_r - [A]_l}{t_r - t_l} = - \frac{\Delta[A]}{\Delta t} \quad \bar{R}_B = + \frac{[B]_r - [B]_l}{t_r - t_l} = + \frac{\Delta[B]}{\Delta t}$$

**سؤال ۲- ۰/۵** محلول ۲ مولار هیدروکلریک اسید (HCl) موجود است اگر بعد از گذشت ۱۰۰ ثانیه بر طبق معادله واکنش  $Zn(s) + 2HCl(aq) \rightarrow ZnCl_2(aq) + H_2(g)$  ، غلظت آن به ۰/۵ مولار برسد. سرعت متوسط مصرف این ماده را بر حسب مول بر لیتر بر ثانیه محاسبه کنید.

$$[HCl]_r = 0.5 \text{ mol} \cdot L^{-1} , [HCl]_l = 2 \text{ mol} \cdot L^{-1} \Rightarrow \Delta[HCl] = 0.5 - 2 = -1.5 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$t_l = 0 \text{ s} , t_r = 100 \text{ s} \quad \Delta t = 100 - 0 = 100 \text{ s}$$

$$\bar{R}_{HCl} = - \frac{\Delta[HCl]}{\Delta t} = - \frac{(-1.5) \text{ mol} \cdot L^{-1}}{100 \text{ s}} = 0.015 \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}$$



- نکته ۱-** سرعت واکنش در آغاز زیاد است و با گذشت زمان و کاهش غلظت واکنش دهنده ها ، سرعت واکنش نیز کم می شود.
- نکته ۲-** سرعت تولید فراورده ها به سرعت مصرف واکنش دهنده ها وابسته است. و چون با گذشت زمان سرعت مصرف واکنش دهنده ها کاهش می یابد. پس سرعت تولید فراورده ها و سر انجام سرعت واکنش نیز کاهش می یابد.

### حالا نوبت شماست

**سؤال ۳-** اگر سرعت متوسط مصرف ماده ای در ۲ دقیقه اول ،  $4 \text{ mol.s}^{-1}$  است . سرعت متوسط آن در ۲ دقیقه آخر کدام عدد زیر می تواند باشد؟ چرا؟ ( $3 \text{ mol.s}^{-1}$  ،  $5 \text{ mol.s}^{-1}$  ،  $4 \text{ mol.s}^{-1}$ )

**سؤال ۴-** اگر سرعت متوسط واکنشی در ۳ دقیقه اول  $R_1$  و در ۳ دقیقه آخر  $R_2$  و در ۶ دقیقه اول  $R_3$  باشد کدام مقاسیه زیر در مورد آن ها درست است؟ چرا؟

الف-  $R_1 > R_2 > R_3$

ب-  $R_1 > R_3 > R_2$

ج-  $R_2 > R_3 > R_1$

د-  $R_2 > R_1 > R_3$

**سؤال ۵-** اگر در یک ظرف ۱۰ لیتری، مقدار ۴/۹ گرم سولفوریک اسید ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) در مدت ۲ دقیقه به طور کامل مصرف شود ، سرعت متوسط مصرف این ماده را بر حسب یکاهای گفته شده زیر محاسبه کنید. ( $1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4 = 98 \text{ g}$ )

الف- گرم بر دقیقه

ب- مول بر ثانیه

ج- مولار بر دقیقه

د- مولار بر ثانیه



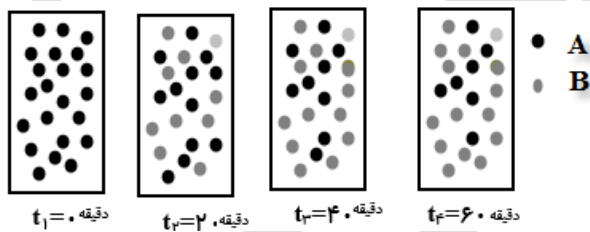
**سؤال ۶-** با توجه به شکل زیر ، که به واکنش فرضی  $A \rightarrow B$  در یک ظرف ۴ لیتری مربوط است . (هر گوی هم ارز ۰/۰۵ مول از هر ماده است.)

الف- سرعت متوسط مصرف ماده A در فاصله زمانی  $t_1$  تا  $t_2$  چند  $\text{mol.min}^{-1}$  است .

ب- سرعت متوسط مصرف ماده A در فاصله زمانی  $t_2$  تا  $t_3$  چند  $\text{mol.min}^{-1}$  است .

ج- با مقایسه سرعت متوسط قسمت «الف و ب» در مورد سرعت متوسط مصرف ماده A به چه نتیجه ای می توان رسید. آیا این تعمیم در مورد بقیه مواد نیز درست است ، توضیح دهید.

د- سرعت متوسط مصرف ماده A فاصله زمانی  $t_3$  تا  $t_4$  را بر حسب  $\text{mol.L}^{-1}.\text{min}^{-1}$  است؟



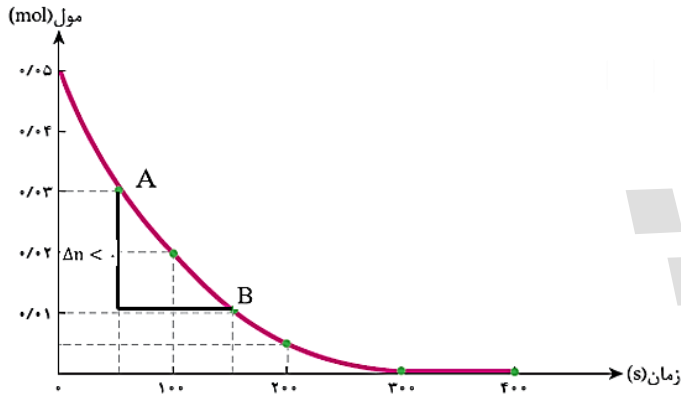
ج- سرعت متوسط تولید ماده B را در فاصله زمانی  $t_3$  تا  $t_4$  بر حسب  $\text{mol.L}^{-1}.\text{min}^{-1}$  محاسبه کنید

**سرعت متوسط و شیب نمودار مول - زمان**

**۱- نمودار مول - زمان مواد واکنش دهنده**

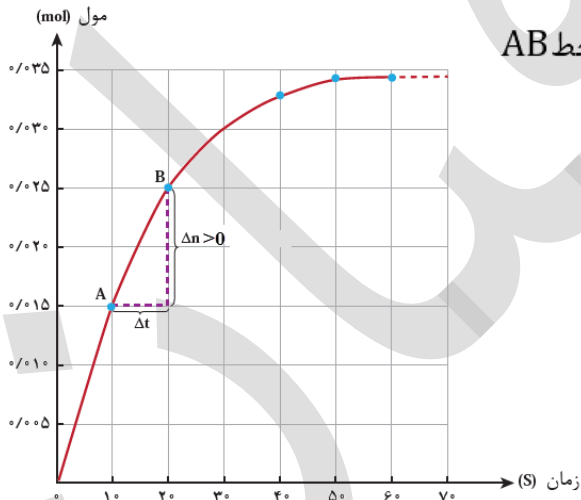
در یک واکنش چون با گذشت زمان از مقدار واکنش دهنده ها کاسته می شود پس نمودار آن ها نزولی با شیب منفی است . و در یک بازه زمانی معین قدر مطلق آن سرعت متوسط مصرف واکنش دهنده ها را نشان می دهد.

$$\text{سرعت متوسط مصرف واکنش دهنده} = \left| \text{شیب خط AB} \right| \rightarrow \text{شیب خط AB} = \frac{\Delta n}{\Delta t} < 0$$



## ۲- نمودار مول - زمان فراورده‌ها

در یک واکنش چون با گذشت زمان بر مقدار فراورده‌ها افزوده می‌شود پس نمودار آن صعودی با شیب مثبت است. وسیب آن در هر بازه زمانی معین سرعت متوسط تولید فراورده را نشان می‌دهد.



$$\text{سرعت متوسط تولید فراورده} = \text{شیب خط AB} = \frac{\Delta n}{\Delta t} > 0$$

**نکته -** در ابتدا واکنش چون سرعت زیاد است، شیب نمودار نیز بیش‌تر است و با گذشت زمان شیب آن کاهش یافته به صفر می‌رسد. که در نمودار واکنش دهنده‌ها مماس بر محور زمان قرار می‌گیرد و برای فراورده‌ها به صورت یک خط افقی در می‌آید.

## نمودار مول - زمان در یک واکنش موازنه شده

✓ برای مواد واکنش دهنده که در حال مصرف شدن هستند نمودار نزولی است و برای فراورده‌ها که در حال تولید شدن می‌باشند، نمودار صعودی است.

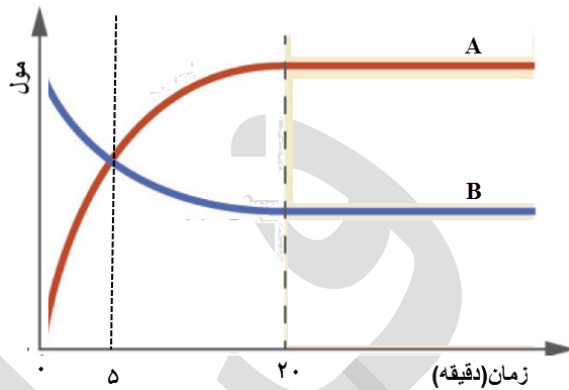


- ✓ هر ماده ای که ضریب استوکیومتری بزرگ تری داشته باشد ، شیب نمودار آن بیش تر و ماده ای که ضریب استوکیومتری کوچک تری دارد، شیب نمودار آن کم تر است.
- ✓ در پایان واکنش نمودار مواد از حالت منحنی به صورت خط افقی تبدیل می شود.

**سؤال ۱-** نمودار مول - زمان واکنشی به صورت زیر است کدام عبارت زیر درست و کدام نادرست است

الف - ماده A فرآورده و ماده B واکنش دهنده است.

ب- در معادله موازنه شده این واکنش ضریب استوکیومتری ماده B از ضریب استوکیومتری ماده A بزرگ تر است.



ج- در دقیقه بیست ام واکنش پایان یافته است.

**سؤال ۲-** نمودار «غلظت - زمان» برای واکنش فرضی:  $2A(g) + 3B(g) \rightarrow C(g)$  را رسم کنید.

(غلظت اولیه هر یک از واکنش دهنده ها را ۲ مولار در نظر بگیرید.)



### چگونه می توانیم از روی تغییر غلظت مواد شرکت کننده در یک واکنش به معادله موازنه آن واکنش برسیم؟

۱- موادی که غلظت آن ها در حال کاهش است ، مواد واکنش دهنده بوده و موادی که غلظت آن ها در حال افزایش است فرآورده واکنش قرار می دهیم.

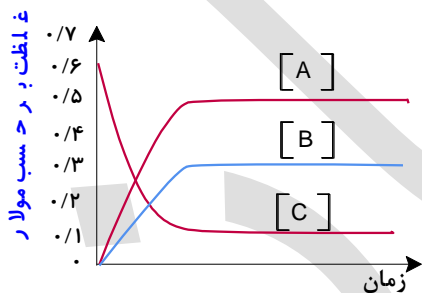
۲- یک بازه زمانی را مشخص کرده ، و در آن بازه تغییر غلظت هر یک از مواد را مشخص می کنیم.

۳- تغییر غلظت های به دست آمده را بر کوچکترین آن ها تقسیم می کنیم . اگر به اعداد غیر صحیح رسیدیم، باید همه را در کوچک ترین عدد ممکن ضرب کرده تا به اعداد صحیح تبدیل شوند.

**سؤال ۳-** با توجه جدول داده شده زیر، معادله موازنه واکنش فرضی را بنویسید.

زمان (دقیقه)	۰	۱۰	۲۰
$\text{mol.L}^{-1}$ [A]	۰/۴	۰/۳۶	۰/۳۴
$\text{mol.L}^{-1}$ [B]	۰/۶	۰/۵۴	۰/۵۱
$\text{mol.L}^{-1}$ [C]	۰	۰/۰۸	۰/۱۲

**سؤال ۴-** با توجه نمودار زیر، معادله موازنه واکنش فرضی را بنویسید.



**بین سرعت متوسط مواد در یک واکنش موازنه شده چه رابطه ای وجود دارد؟**

۱- در یک واکنش موازنه شده سرعت متوسط مصرف یا تولید مواد با ضرایب استوکیومتری آن ها متناسب است. به عنوان نمونه به مثال زیر دقت کنید.





۲- موادی که در یک واکنش ضرایب استوکیومتری برابر دارند ، سرعت متوسط نسبت به آنها نیز یکسان است. مثلاً در واکنش بالا سرعت متوسط مصرف Al و تولید  $AlCl_3$  برابرند.

۳- هر ماده ای که ضریب استوکیومتری بزرگ تری دارد ، سرعت متوسط نسبت به آن نیز بیش تر و برعکس برای ماده با ضریب کوچک تر سرعت متوسط نسبت به آن کم تر می باشد. به عنوان نمونه سرعت متوسط مصرف HCl از همه بیش تر و سرعت متوسط نسبت به Al و  $AlCl_3$  از بقیه کم تر است.

**سؤال -** اگر درواکنش:  $C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$  سرعت متوسط تولید گاز کربن دی اکسید برابر  $0.4 \text{ mol.s}^{-1}$  باشد.

الف- سرعت متوسط مصرف  $O_2$  را بر حسب مول بر ثانیه به دست آورید؟

$$\frac{R_{O_2}}{R_{CO_2}} = \frac{5}{3} \rightarrow \frac{R_{O_2}}{0.4} = \frac{5}{3} \rightarrow R_{O_2} = \frac{5 \times 0.4}{3} = 0.66 \text{ mol.s}^{-1}$$

ب- سرعت متوسط تولید  $H_2O$  را بر حسب مول بر دقیقه محاسبه کنید.

$$\frac{R_{H_2O}}{R_{CO_2}} = \frac{4}{3} \rightarrow \frac{R_{H_2O}}{0.4} = \frac{4}{3} \rightarrow R_{H_2O} = \frac{4 \times 0.4}{3} = 0.53 \text{ mol.s}^{-1}$$

$$R_{H_2O} = 0.53 \frac{\text{mol}}{\text{s}} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 32 \frac{\text{mol}}{\text{min}}$$

ج- محاسبه کنید به طور متوسط در شرایط استاندارد در هر ثانیه چند لیتر گاز کربن دی اکسید تولید می شود؟

می دانیم در شرایط استاندارد هر مول گاز  $22.4$  لیتر حجم اشغال می کند. پس کافی  $0.33$  مول را به حجم تبدیل کنیم .

$$?LCO_2 = 0.33 \text{ molCO}_2 \times \frac{22.4 \text{ LCO}_2}{1 \text{ molCO}_2} = 7.392 \text{ LCO}_2$$

د- آیا در این واکنش موادی وجود دارند که سرعت متوسط نسبت به آن ها برابر باشد؟ توضیح دهید. خیر زیرا مواد با ضریب استوکیومتری برابر وجود ندارد.





## حالا نوبت شماست.

**سؤال ۱-** واکنش تجزیه  $2A(aq) \rightarrow B(s) + 3C(g)$  در دمای  $0^\circ C$  و فشار  $1 \text{ atm}$  مورد بررسی قرار گرفته است. اگر در مدت  $10$  دقیقه  $0.2$  مول ماده  $A$  تجزیه شود.

الف- سرعت متوسط مصرف ماده  $A$  را بر حسب مول بر دقیقه و مول بر ثانیه محاسبه کنید.

ب-- سرعت متوسط تولید گاز  $C$  را بر حسب میلی لیتر بر ثانیه در شرایط  $STP$  به دست آورید؟

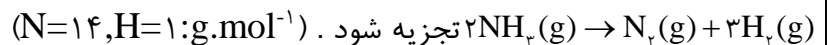
ج- اگر جرم مولی ماده  $B$  برابر  $28$  گرم بر مول باشد. سرعت متوسط نسبت به تولید این ماده را بر حسب گرم بر دقیقه محاسبه کنید؟

**سؤال ۲-** اگر در واکنش سوختن کامل اتانول،  $C_2H_5OH(l) + 3O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(g)$  پس از  $50$  ثانیه مقدار  $5/6$  لیتر گاز کربن دی اکسید در شرایط  $STP$  تشکیل شود.

الف- سرعت متوسط تولید کربن دی اکسید در این واکنش، چند مول بر دقیقه است؟

ب- سرعت متوسط نسبت به مصرف گاز اکسیژن بر حسب مول بر ثانیه چند است؟

**سؤال ۳-** اگر  $340$  گرم  $NH_3$  در ظرفی گرما دهیم و پس از گذشت  $20$  ثانیه،  $25$  درصد آن بر اساس واکنش:



الف- سرعت تشکیل گاز هیدروژن را در این واکنش بر حسب مول بر دقیقه محاسبه کنید؟



ب- سرعت متوسط تولید گاز نیتروژن در این واکنش را بر حسب لیتر بر ثانیه محاسبه کنید؟ (حجم مولی گازها را در شرایط آزمایش ۲۰ لیتر بر مول فرض کنید).

**سؤال ۴-** در واکنش:  $20\text{HNO}_3(\text{aq}) + 3\text{P}_4(\text{s}) + x\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow 12\text{H}_3\text{PO}_4(\text{aq}) + 20\text{NO}(\text{g})$  بعد از موازنه

الف- سرعت متوسط نسبت به مصرف یا تولید کدام ماده بیش تر است؟ چرا؟

ب- نسبت سرعت متوسط مصرف آب به سرعت متوسط تولید نیتروژن مونو اکسید را به دست آورید.

**سؤال ۵-** اگر در واکنش  $2\text{KClO}_3(\text{s}) \xrightarrow{\Delta} 2\text{KCl}(\text{s}) + 3\text{O}_2(\text{g})$ ، سرعت متوسط تولید گاز اکسیژن برابر  $0.0015\text{mol.L}^{-1}\text{s}^{-1}$  باشد

الف- سرعت متوسط تولید  $\text{KCl}$  را بر حسب  $\text{mol.L}^{-1}\text{s}^{-1}$  حساب کنید. (حجم ظرف را ۱۰ لیتر فرض کنید).

ب- محاسبه کنید بعد از ۴ دقیقه از شروع واکنش چند گرم از پتاسیم کلرات به طور کامل مصرف می شود؟

( $\text{K}=39, \text{Cl}=35.5, \text{O}=16;\text{g.mol}^{-1}$ )

ج- سرعت متوسط واکنش را بر حسب مول بر ثانیه حساب کنید.

**سؤال ۶-** اگر سرعت واکنش:  $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{NH}_3(\text{g})$  برابر  $6\text{mol.L}^{-1}\text{s}^{-1}$  باشد.

الف- سرعت متوسط تشکیل  $\text{NH}_3$  بر حسب  $\text{mol.L}^{-1}\text{s}^{-1}$  چند است؟

ب- سرعت متوسط مصرف گاز هیدروژن را بر حسب مول بر ثانیه محاسبه کنید. (حجم ظرف واکنش را ۲ لیتر فرض کنید).



**سؤال ۷-** اگر در واکنش تجزیه  $\frac{4}{5}$  مول گاز  $\text{NO}_2$  مطابق واکنش:  $2\text{NO}_2(\text{g}) \xrightarrow{\Delta} 2\text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ ، بر اثر گرما، پس از ۱۰ ثانیه ۱۳۸ گرم از آن باقی مانده باشد، سرعت متوسط تشکیل گاز اکسیژن، برحسب مول بر ثانیه چندانست؟

( $\text{N}=14$   $\text{O}=16$   $\text{g.mol}^{-1}$ )

**سؤال ۸-** رابطه سرعت متوسط واکنشی به صورت زیر نوشته شده است. معادله موازنه شده این واکنش را بنویسید.

$$R = \frac{1}{4} \frac{\Delta n \text{NO}_2}{\Delta t} = \frac{1}{2} \frac{-\Delta n \text{N}_2\text{O}_5}{2\Delta t} = \frac{\Delta n \text{O}_2}{\Delta t}$$

**سؤال ۹-** جدول زیر تغییرات غلظت گاز هیدروژن با گذشت زمان را در واکنش:  $2\text{Al}(\text{s}) + 6\text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow 2\text{AlCl}_3(\text{aq}) + 3\text{H}_2(\text{g})$  نشان می دهد. با توجه به آن به سؤالات زیر پاسخ دهید.

الف- واکنش در چه زمانی متوقف شده است؟ چرا؟

غلظت ( $\text{mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$ )	۰	۳	۶	۹	۹
زمان (s)	۰	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰

ب- سرعت متوسط تولید این گاز را برحسب یکاهای زیر محاسبه کنید.

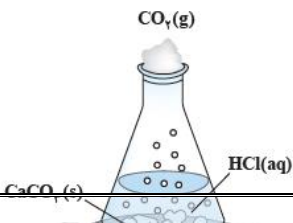
۱- مولار بر ثانیه

۲- مول بر ثانیه (حجم ظرف واکنش را ۲۰۰ میلی لیتر فرض کنید).

۳- مول بر دقیقه

۴- لیتر بر ثانیه (حجم مولی گاز ها ۳۰، لیتر بر مول فرض کنید).

۵- گرم بر دقیقه ( $\text{H}=1$   $\text{g.mol}^{-1}$ )





## واکنش کلسیم کربنات (سنگ آهک) با هیدروکلریک اسید

- این واکنش از نوع جابه جایی دوگانه است.
- کلسیم کربنات در آب نامحلول است اما در هیدروکلریک اسید، حل می‌شود.
- با گذشت زمان و خروج گاز کربن دی‌اکسید تولید شده، از جرم مخلوط واکنش کاسته می‌شود.



☑ به دلیل ناپایدار بودن کربنیک اسید ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ )، در سمت فراورده‌های این واکنش به صورت  $\text{CO}_2(g)$  و  $\text{H}_2\text{O}(l)$  نوشته شده است.

**نکته** - سولفورواسید ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) و کربنیک اسید ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) اسیدهای دو ظرفیتی ضعیف می‌باشند. که بیش تر به واسطه نمک هایشان شهرت یافته‌اند. این دو اسید ناپایدارند و تاکنون به صورت خالص جدا نشده‌اند از این رو بهتر است فرمول شیمیایی آن‌ها را به صورت  $\text{CO}_2(aq)$  و  $\text{SO}_2(aq)$  نشان داد.

### سرعت متوسط واکنش (سرعت واکنش)

دریافتید که شیب نمودار مول - زمان برای هریک از شرکت کننده‌ها در واکنش متناسب با ضریب استوکیومتری آن است. به طوری که اگر ضریب استوکیومتری شرکت کننده‌ها یکسان نباشد، سرعت متوسط آنها متفاوت خواهد بود. شیمی دان‌ها برای درک آسان پیشرفت واکنش در واحد زمان، از یک مفهوم کاربردی به نام سرعت واکنش استفاده می‌کنند.

### سرعت واکنش

از تقسیم کردن سرعت متوسط تولید یا مصرف هر ماده به ضریب استوکیومتری آن ماده در معادله موازنه شده واکنش به دست می‌آید.



**یادآوری** - برای واکنش موازنه شده:  $2\text{NH}_3(g) \rightarrow \text{N}_2(g) + 3\text{H}_2(g)$  سرعت متوسط هر یک از مواد در یک بازه زمانی مشخص به صورت زیر نوشته می‌شود.



$$R_{\text{NH}_3} = -\frac{\Delta n(\text{NH}_3)}{\Delta t}, \quad R_{\text{N}_2} = +\frac{\Delta n(\text{N}_2)}{\Delta t}, \quad R_{\text{H}_2} = +\frac{\Delta n(\text{H}_2)}{\Delta t}$$

حال برای به دست آوردن سرعت متوسط این واکنش نیز می توان رابطه زیر را نوشت .

$$R_{\text{واکنش}} = -\frac{\Delta n(\text{NH}_3)}{2\Delta t} = +\frac{\Delta n(\text{N}_2)}{1\Delta t} + \frac{\Delta n(\text{H}_2)}{3\Delta t}$$

$$R_{\text{واکنش}} = -\frac{\Delta[\text{NH}_3]}{2\Delta t} = +\frac{\Delta[\text{N}_2]}{1\Delta t} + \frac{\Delta[\text{H}_2]}{3\Delta t}$$

**نکته -** سرعت واکنش مستقل از نوع ماده شرکت کننده در واکنش است . یعنی نسبت به هر ماده موجود در واکنش تعیین شود تفاوتی نمی کند. و مقدار یکسان خواهد بود.

**مثال -** اگر سرعت متوسط تولید گاز نیتروژن در واکنش:  $2\text{NH}_3(\text{g}) \rightarrow \text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g})$  برابر  $0.6 \text{ mol.l}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$  باشد.

الف- سرعت متوسط مصرف گاز آمونیاک را بر حسب مول بر دقیقه و مول بر ثانیه محاسبه کنید؟

ب- سرعت متوسط واکنش را بر حسب مول بر دقیقه به دست آورید.

**سؤال - با عبارت درست و یا نادرست پاسخ دهید.**

الف- اگر سرعت متوسط مصرف ماده ای ۲ مول بر ثانیه باشد ، یعنی در هر ثانیه به طور دقیق ۲ مول از این ماده مصرف می شود.

ب- دو دانش آموز را در نظر بگیرید ، دانش آموز اول تعداد ۲۰ صفحه از کتاب شیمی و دانش آموز دوم تعداد ۴۰ صفحه از همان کتاب را مطالعه کرده اند، با این اطلاعات می توان گفت سرعت مطالعه دانش دوم از دانش آموز اول بیش تر است.



## عوامل مؤثر بر سرعت واکنش ها

برای تغییر سرعت انجام واکنش ها ( کاهش یا افزایش ) می توان عواملی مانند دما، غلظت، نوع مواد واکنش دهنده، کاتالیزگر و سطح تماس واکنش دهنده ها را تغییر داد.

**سؤال ۱-** هر یک از موارد زیر نقش کدام عامل مؤثر بر سرعت واکنش ها را نشان می دهد. توضیح دهید.

- ۱- برای نگهداری طولانی مدت فراورده های گوشتی، آنها را به حالت منجمد ذخیره می کنند.
- ۲- بیماران که مشکلات تنفسی دارند، در شرایط اضطراری نیاز به تنفس از کپسول گاز اکسیژن خالص دارند.
- ۳- برخی افراد با مصرف کلم و حبوبات دچار نفخ می شوند زیرا بدن این افراد، فاقد آنزیمی هستند که آنها را کامل و سریع هضم کند.
- ۴- قاووت گردی مغزی و تهیه شده از مغز آفتابگردان، پسته و..... است. این سوغات کرمان زودتر از مغز این خوراکی ها فاسد می شود.
- ۵- تراشه های چوب، سریع تر از تکه های چوب می سوزند.
- ۶- حبه قند آغشته به خاک باغچه سریع تر و آسان تر می سوزد. زیرا در خاک باغچه کاتالیزگر مناسب وجود دارد.
- ۷- بارگاه ملکوتی امامان معصوم (ع) را با ورقه های نازک طلا تزیین می کنند. با گذشت زمان، این گنبدها همچنان درخشان باقی می مانند؛ در حالی که طاق مسی مقبره حافظ (حافظه شیراز) با گذشت زمان سبز رنگ شده است.
- ۸- فلز پتاسیم به سرعت با آب واکنش می دهد. ولی فلز آهن در حضور آب و اکسیژن هوا در دراز مدت خورده می شود.



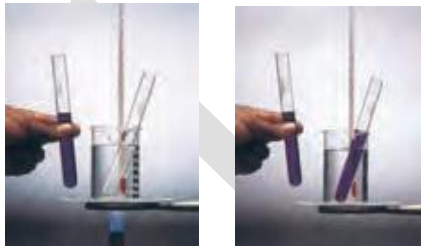
**سؤال ۲-** در هریک از موارد زیر با توجه به شکل، علت اختلاف در سرعت واکنش را توضیح دهید.



الف) فلزهای قلیایی سدیم و پتاسیم در شرایط یکسان با آب سرد به شدت واکنش می دهند اما سرعت این دو واکنش متفاوت است.



ب) شعله آتش، گرد آهن موجود در کپسول چینی را داغ و سرخ می کند؛ در حالی که پاشیدن و پخش کردن گرد آهن بر روی شعله، سبب سوختن آن می شود.



پ) محلول بنفش رنگ پتاسیم پرمنگنات با یک اسید آلی در دمای اتاق به کندی واکنش می دهد، اما با گرم شدن، محلول به سرعت بی رنگ می شود.



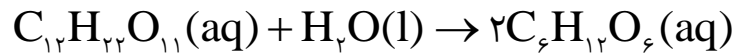
ت) الیاف آهن داغ و سرخ شده در هوا نمی سوزد، در حالی که همان مقدار الیاف آهن داغ و سرخ شده در یک ارلن پر از اکسیژن می سوزد.



ث) محلول هیدروژن پراکسید در دمای اتاق به کندی تجزیه شده و گاز اکسیژن تولید می کند، در حالی که افزودن دو قطره از محلول پتاسیم دیدید، سرعت واکنش را به طور چشمگیری افزایش می دهد.



**تذکره** - قند موجود در جوانه گندم مالتوز نام دارد که طبق واکنش زیر به دو مولکول گلوکز تبدیل می شود.



### خوراکی های طبیعی رنگین، بازدارنده های مفید و مؤثر

✓ رادیکال، گونه پُرانرژی و ناپایداری است که در ساختار خود، الکترون جفت نشده دارد. مانند گروه متیل ( $CH_3$ )، اتیل ( $C_2H_5$ )

✓ رادیکال ها محتوی اتم هایی است که از قاعده هشت تایی پیروی نمی کنند. پس واکنش پذیری بالایی دارند.

✓ پژوهش های علمی نشان داد که خوراکی هایی مانند میوه ها و سبزیجات محتوی ترکیب های آلی سیرنشده ای به نام ریز

مغذی ها هستند، است که برخی از آنها به عنوان بازدارنده از انجام واکنش نامطلوب و ناخواسته به دلیل حضور رادیکال ها جلوگیری می کنند. ترکیب هایی که در حفظ سلامت بافت ها و اندام دخالت دارند. و از پیری زود رس و بیماری سرطان جلوگیری می کنند.

هندوانه و گوجه فرنگی محتوی لیکوپن بوده که فعالیت رادیکال ها را کاهش می دهد. لیکوپن یک رنگدانه کاروتنوئیدی به رنگ قرمز روشن است که مسئول تولید رنگ قرمز در گوجه فرنگی است.

✓ در بدن ما به دلیل انجام واکنش های متنوع و پیچیده، رادیکال هایی به وجود می آیند که اگر به وسیله باز دارنده ها جذب نشوند، می توانند با انجام واکنش های سریع به بافت های بدن آسیب برسانند. با این توصیف مصرف خوراکی های محتوی بازدارنده ها سبب خواهد شد که رادیکال ها به دام بیفتند تا با کاهش مقدار آنها از سرعت واکنش های ناخواسته کاسته شود.

**تذکره** - گازهای  $NO$  و  $NO_2$  که در هوای آلوده یافت می شوند، به دلیل داشتن الکترون جفت نشده روی اتم نیتروژن آن ها، رادیکال می باشند.

### غذا، پسماند و ردپای آن

✓ علاوه بر کربن دی اکسید و آب، غذا نیز دو چهره آشکار و پنهان دارد.

✓ چهره آشکار آن نشان می دهد که سالانه حدود ۳۰٪ غذایی که در جهان فراهم می شود به مصرف نمی رسد و به زباله

تبدیل می شود و یا از بین می رود. این درحالی است که آمارها نشان می دهد که به ازای هر هفت نفر در جهان، یک نفر گرسنه است! خبری که هدررفتن منابع اقتصادی را آشکار می سازد.

✓ چهره پنهان این ردپا شامل موارد زیر است:





۱- شامل همه منابعی است که در تهیه غذا از آغاز تا سر سفره سهم داشته اند. مدیریت منابع، نیروی انسانی برای تولید و تأمین مواد اولیه و انرژی، فراوری، ابزار و دستگاه‌های مورد نیاز، بسته بندی، حمل و نقل، آب و انرژی مصرفی، زمین‌های بایر و... از جمله این منابع هستند.

۲- تولید گازهای گلخانه‌ای به ویژه کربن دی اکسید است، آن چنان که سهم تولید این گاز در ردپای غذا به مراتب بیش از سوختن سوخت‌ها در خودروها، کارخانه‌ها و... است.

سید شرفیان