



## تعاریف اولیه

**انرژی گرمایی:** به مجموع انرژی جنبشی ذره‌های سازنده‌ی یک ماده گفته می‌شود.

**دما:** نشان دهنده‌ی میانگین تندی یا میانگین انرژی جنبشی ذره‌های سازنده‌ی یک ماده است. در واقع دما معیاری از میزان گرمی یک جسم می‌باشد.

دما	انرژی گرمایی
میانگین انرژی جنبشی ذره‌ها	مجموع انرژی جنبشی ذره‌ها
معیاری برای اندازه‌گیری	صورتی از انرژی
به جرم بستگی ندارد	به جرم بستگی دارد
واحدهای °C، °F و ...	واحدهای J، Cal و ...

**گرما (Q):** به مقدار انرژی گرمایی گفته می‌شود که به دلیل تفاوت دمای دو جسم، از جسم با دمای بالاتر به جسم با دمای پایین منتقل می‌شود.

**توجه:** انرژی گرمایی و دما ویژگی‌های یک ماده هستند، اما گرما و تغییرات دما ویژگی یک ماده محسوب نمی‌شوند بلکه برای توصیف یک فرآیند هستند، بنابراین اشاره به گرمای یک نمونه ماده از نظر علمی نادرست است.

## تمرین

۱) در هر مورد انرژی گرمایی را با دما مقایسه کنید:

آ- یک لیوان آب ۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد و یک دریا آب ۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد:

دما: انرژی گرمایی:

ب- یک لیوان آب ۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد و همان مقدار آب ۳۰ درجه‌ی سانتی‌گراد:

دما: انرژی گرمایی:

پ- یک لیوان آب ۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد و یک دریا آب ۱۸ درجه‌ی سانتی‌گراد:

دما: انرژی گرمایی:

ت- ۵ لیتر گاز هلیوم و ۵ لیتر گاز آرگون در شرایط STP:

دما: انرژی گرمایی:

۲) با توجه به این که یک لیوان آب ۲۰ درجه و یک دریا آب ۱۵ درجه داریم، درستی یا نادرستی هریک از عبارتهای زیر را مشخص کنید:

آ- آب لیوان دمای بالاتری دارد.

ب- انرژی گرمایی لیوان بالاتر است.

پ- برخورد مولکولهای آب دریا با دماسنج مؤثرتر است.

ت- میانگین سرعت حرکت مولکولهای آب در لیوان بیش تر است.

ث- میانگین انرژی جنبشی مولکولهای آب لیوان بیش تر است.

ج- مجموع انرژی جنبشی مولکولهای آب درون دریا بیش تر است.

**تمرین**

۳) شکل زیر دو نمونه هوای صاف شهر شما را با جرم یکسان نشان می‌دهد. درستی یا نادرستی هریک از عبارتهای زیر را مشخص کنید؟



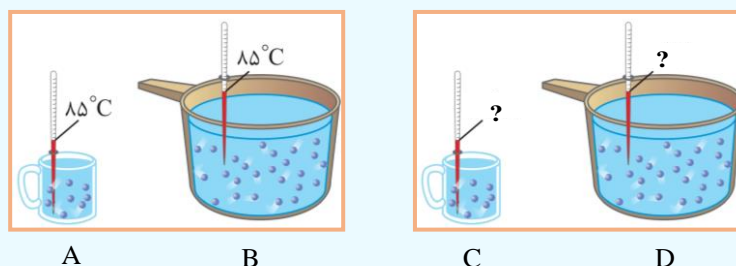
آ- شکل A و B به ترتیب نمونه‌ای از هوا در ظهر و شب را نمایش می‌دهند.

ب- چون تعداد مولکولهای دو نمونه هوا یکسان است، انرژی گرمایی آنها برابر است.

پ- گرمای نمونه‌ی B بیش تر از نمونه‌ی A است، زیرا دمای آن بالاتر است.

**تمرین**

۴) با توجه به شکل‌های زیر، درستی یا نادرستی هریک از عبارتهای زیر را مشخص کنید. (همه‌ی بشرها حاوی آب خالص هستند).



آ- میانگین تندی ذرات ظرف A و B یکسان است.

ب- انرژی گرمایی ظرف B از A بیش تر است؛ زیرا جرم آن بیش تر است.

پ- در صورت تماس ظرف A و B با یکدیگر، گرما از ظرف B به ظرف A منتقل می‌شود.

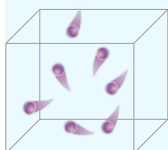
ت- اگر انرژی گرمایی دو ظرف C و D برابر باشد، میانگین جنبش ذرات ظرف C بیش تر است.

ث- در شرایط «ت» در صورت تماس دو ظرف C و D، گرما از ظرف C به ظرف D منتقل می‌شود.

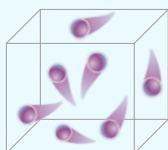
ج- اگر ظرف B را درون اتاقی با دمای ۲۵°C قرار دهیم، با گذشت زمان دما و انرژی گرمایی آن کاهش می‌یابد.



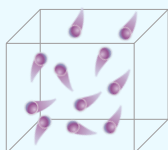
۵) سامانه‌های شکل زیر محتوی دو نمونه گاز نجیب در دمای اتاق هستند. درستی یا نادرستی هریک از عبارت‌های زیر را مشخص کنید



A



B



C

آ- در ظرف A و C، هلیوم و در ظرف B آرگون میتواند وجود داشته باشد.

ب- انرژی گرمایی سامانه‌ی A با سامانه‌ی B برابر است.

پ- مجموع انرژی جنبشی ذرات سامانه C، از سامانه‌ی A بیش‌تر است.

ت- اگر گازهای هر سه سامانه بدون داد و ستد انرژی با محیط پیرامون در یک ظرف ریخته شوند، میانگین تندی ذرات ثابت می‌ماند، اما انرژی گرمایی افزایش می‌یابد.

ث- گرمای سامانه A از B, C کمتر است.

### محاسبه‌ی گرما «Q» و مفاهیم مرتبط با آن

$$Q = m \times \underbrace{C}_{\text{ویژه}} \times \Delta\theta$$

یکای اندازه‌گیری گرما در «SI» ژول (J) است.

$$\left\{ \begin{array}{l} 1J = 1kg \frac{m^2}{s^2} \\ 1cal = 4 / 18J = 4 / 18kg \frac{m^2}{s^2} \end{array} \right.$$

یکاهای مختلف گرما

**ظرفیت گرمایی ویژه:** به مقدار گرمایی که باید به یک گرم از ماده‌ی مورد نظر داده شود تا دمای آن به اندازه  $1^\circ C$  افزایش یابد گفته می‌شود.

چون ظرفیت گرمایی ویژه همیشه به ازای یک گرم تعریف می‌شود، تغییر جرم ماده تأثیری بر مقدار آن ندارد. ظرفیت گرمایی ویژه‌ی یک ماده فقط به نوع ماده بستگی دارد و به مقدار ماده بستگی ندارد.

**ظرفیت گرمایی:** مقدار گرمایی که باید به یک ماده داده شود تا دمای آن به اندازه  $1^\circ C$  افزایش یابد.

ظرفیت گرمایی علاوه بر نوع ماده به جرم جسم نیز بستگی دارد. « ویژه  $C \times m =$  ظرفیت گرمایی »

۱) ماده‌ای که ظرفیت گرمایی بیش‌تری دارد، هم دیرتر گرم و هم دیرتر سرد می‌شود؛ زیرا برای تغییر دمای معین آن باید گرمای بیش‌تری مبادله شود.

یک مقدار معین  $\left[ \Delta \theta \right] \times \text{ظرفیت گرمایی} = Q$

۲) ظرفیت گرمایی ویژه مواد در کتاب درسی در دمای  $25^{\circ}\text{C}$  و  $1\text{ atm}$ :

آب < اتانول < روغن زیتون < اکسیژن < آلومینیوم < سدیم کلرید < کربن دی اکسید < نقره < طلا									
Au	Ag	$\text{CO}_2$	NaCl	Al	$\text{O}_2$	$\text{C}_{57}\text{H}_{114}\text{O}_6$	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	$\text{H}_2\text{O}$	

۳) ظرفیت گرمایی ویژه:  $\left. \begin{array}{l} \text{آب } (4/18 \text{ J/g}^{\circ}\text{C}) < \text{روغن زیتون } (1/97 \text{ J/g}^{\circ}\text{C}) \leftarrow \text{به دلیل پیوند هیدروژنی آب} \\ \text{سیب زمینی} < \text{نان} \leftarrow \text{زیرا رطوبت موجود در سیب زمینی بیش‌تر است.} \end{array} \right\}$



#### تمرین

۶) درستی یا نادرستی هریک از عبارت‌های زیر را مشخص کنید.

- آ- اگر به قطعه‌ای از آلومینیوم و طلا گرمای یکسانی بدهیم، تغییر دمای طلا بیش‌تر است.
- ب- اگر ظرفیت گرمایی مقداری اتانول  $90 \text{ J/}^{\circ}\text{C}$  و ظرفیت گرمایی قطعه‌ای از آلومینیوم  $100 \text{ J/}^{\circ}\text{C}$  باشد و به آنها به یک میزان گرما بدهیم، تغییر دمای آلومینیوم کمتر است.
- پ- اگر به جرم یکسانی از آب و اتانول، گرمای یکسانی بدهیم، تغییر دمای آب کمتر است.
- ت- همواره ظرفیت گرمایی ویژه مواد جامد از گازها بیش‌تر است.
- ث- اگر تکه‌ای نان و سیب زمینی را با جرم و سطح یکسان از دمای  $60^{\circ}\text{C}$  در محیطی با دمای  $20^{\circ}\text{C}$  قرار دهیم، سیب زمینی زودتر با محیط هم دما می‌شود.
- ج- اگر مقداری تخم مرغ را در دو ظرف دارای  $200\text{g}$  آب و  $200\text{g}$  روغن زیتون با دمای  $25^{\circ}\text{C}$  قرار دهیم و هر دو ظرف را به دمای  $75^{\circ}\text{C}$  برسانیم، تخم مرغ در روغن زیتون بهتر می‌پزد.
- چ- با دو برابر شدن جرم یک ماده، ظرفیت گرمایی دو برابر می‌شود، ولی گرمای ویژه ثابت می‌ماند.

#### تمرین

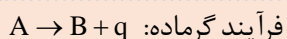
۷) به  $2\text{ mol}$  از فلزی با دمای  $25^{\circ}\text{C}$ ، به اندازه‌ی  $20\text{ kcal}$  گرما می‌دهیم تا دمای آن به  $300\text{ K}$  برسد. اگر ظرفیت گرمایی ویژه این فلز،  $0.84 \text{ J.g}^{-1}.\text{}^{\circ}\text{C}^{-1}$  باشد، جرم مولی و ظرفیت گرمایی این فلز بر حسب  $\text{J/}^{\circ}\text{C}$  چقدر است؟ ( $\text{cal} = 4/2 \text{ J}$ )



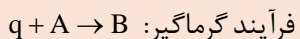
## مفاهیم ترموشیمی

**ترموشیمی (گرماشیمی):** در همه‌ی واکنش‌های شیمیایی با محیط پیرامون گرما مبادله می‌شود. ترموشیمی شاخه‌ای از علم شیمی است که به بررسی کمی و کیفی گرمای واکنش، تغییر آن و تأثیری که بر حالت ماده دارد، می‌پردازد. **سامانه:** بخشی از جهان است که برای مطالعه‌ی ترموشیمی انتخاب می‌شود. **محیط:** بقیه‌ی جهان پیرامون سامانه را محیط می‌گوییم.

**فرآیند گرماده:** فرآیندی است که سامانه گرمای خود را به محیط می‌دهد و اغلب دمای محیط افزایش و دمای سامانه کاهش می‌یابد. علامت  $Q$  در این فرآیند منفی است. یعنی  $Q < 0$  و در این فرآیند  $q$  سمت راست واکنش قرار می‌گیرد.



**فرآیند گرماگیر:** فرآیندی است که سامانه از محیط گرما جذب می‌کند و به طور کلی دمای محیط کاهش و دمای سامانه افزایش می‌یابد. علامت  $Q$  در این فرآیند مثبت است. یعنی  $Q > 0$  و در این فرآیند  $q$  سمت چپ واکنش قرار می‌گیرد.



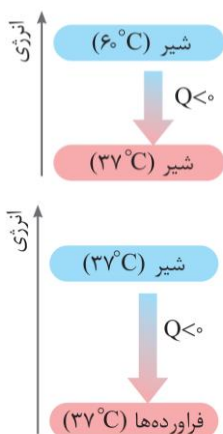
**انرژی جنبشی (انرژی گرمایی):** به مجموع انرژی جنبشی ذرات سازنده‌ی یک ماده گفته می‌شود.

**انرژی پتانسیل (انرژی نهفته شده یا انرژی شیمیایی):** به مجموع انرژی‌های ذخیره شده در یک ماده می‌گویند که به نیروی بین ذره‌ای آن ماده بستگی دارد.

منظور از این نیروی بین ذره‌ای، مجموع نیروهای ناشی از نیروهای واندروالسی، پیوند کووالانسی، پیوند یونی، نیروی جاذبه‌ی هسته با الکترون‌ها و نیروی هسته‌ای و ... است و با توجه به زیاد بودن عواملی که تعیین کننده‌ی انرژی پتانسیل یک ماده هستند، نمی‌توان انرژی پتانسیل را به طور مطلق تعیین نمود، اما تغییرات آن قابل محاسبه است.

**آنتالپی (H) یا محتوای انرژی:** به مجموع انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل یک ماده گفته می‌شود.

**مثال** در خوردن شیر گرم ( $60^\circ\text{C}$ )، شیر به عنوان سامانه و بدن انسان به عنوان محیط می‌باشد.



در فرآیند هم دما شدن، چون گرماده است، دمای سامانه یعنی شیر کاهش می‌یابد و دمای محیط یعنی بدن انسان افزایش می‌یابد. اما بخش عمده‌ی انرژی موجود در شیر هنگام فرآیند گوارش و سوخت و ساز به بدن می‌رسد. در این واکنش‌های سوخت و ساز با اینکه دما ثابت است، اما باز هم سامانه گرما از دست داده است و مبادله‌ی انرژی صورت گرفته است. پس انرژی یک سامانه علاوه بر دما که بیانگر میانگین انرژی جنبشی است، به کمیت دیگری نیز وابسته است که آن را انرژی پتانسیل می‌نامند.

**تغییر محتوای انرژی یا تغییر آنتالپی:** بر اثر انجام واکنش‌های شیمیایی، محتوای انرژی (آنتالپی) مواد دچار تغییر می‌شود و این تغییر به صورت مبادله‌ی گرما بین سامانه و محیط ظاهر می‌گردد که در دو حالت این تغییر انرژی را بررسی می‌کنیم:

(۱) **در دمای ثابت:** اگر دما طی یک واکنش شیمیایی ثابت بماند، انرژی جنبشی یا انرژی گرمایی نیز تغییر چشمگیری ندارد؛ زیرا انرژی گرمایی مواد به دما و جرم وابسته است، دمای واکنش که ثابت بوده و هم چنین جرم مواد به دلیل پایستگی جرم تغییری نکرده است، پس انرژی گرمایی تقریباً ثابت است و تغییر نمی‌کند. لفظ تقریباً به خاطر این است که شیوه‌ی اتصال اتم‌ها تغییر کرده است و ممکن است کمی جنبش آنها به دلیل به وجود آمدن ذرات جدید تغییر کند. پس در دمای ثابت:

$$\text{تغییر انرژی گرمایی (جنبشی)} + \text{تغییر انرژی پتانسیل (شیمیایی)} = \text{تغییر آنتالپی یا انرژی مواد}$$

پس می‌توان گفت که در دمای ثابت، انرژی مبادله شده در یک واکنش شیمیایی به دلیل تغییر انرژی پتانسیل است.

(۲) **در دمای متغیر:** حتی اگر دما تغییر کند، تغییر انرژی گرمایی در برابر انرژی پتانسیل ناچیز و قابل صرف نظر کردن است. پس باز هم تغییر انرژی مواد در یک واکنش شیمیایی ناشی از تغییر انرژی پتانسیل است.

$$\text{تغییر انرژی گرمایی (جنبشی)} + \text{تغییر انرژی پتانسیل (شیمیایی)} = \text{تغییر آنتالپی یا انرژی مواد}$$

ناچیز و صرف نظر می‌شود

**توجه:** آنتالپی (محتوای انرژی) به دما و فشار بستگی دارد و هر سامانه در دما و فشار ثابت، آنتالپی معینی دارد. از این رو، برای توصیف یک نمونه ماده، علاوه بر مقدار آن باید دما و فشار آن ذکر شود. با این حال آنتالپی یک سامانه با این که در دما و فشار ثابت، معین است ولی به طور مطلق قابل اندازه‌گیری نیست؛ زیرا انرژی پتانسیل به طور مطلق قابل اندازه‌گیری نیست و فقط می‌توان تغییرات آنتالپی را اندازه‌گیری کرد.

**تغییر آنتالپی ( $\Delta H$ ):** داد و ستد انرژی در واکنش‌ها به طور عمده به شکل گرما ظاهر می‌شود و شیمی‌دانان به گرمای مبادله شده در فشار ثابت در یک واکنش تغییر آنتالپی می‌گویند.

$$q_p = \Delta H = H_{\text{مواد واکنش دهنده}} - H_{\text{مواد فرآورده}}$$

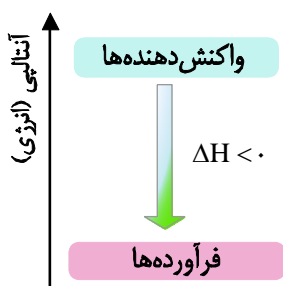
**توجه:** آنتالپی (محتوای انرژی) یک ماده با پایداری رابطه‌ی عکس و با واکنش پذیری رابطه‌ی مستقیم دارد.

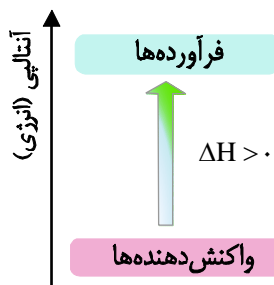
**واکنش گرماده:** واکنشی است که با تولید گرما همراه است و طی آن واکنش دهنده‌ها با از دست دادن انرژی به فرآورده‌های پایدارتر تبدیل می‌شوند.

(۱) واکنش کلی آن به صورت  $A \rightarrow B + q$  می‌باشد.

(۲) علامت  $\Delta H$  منفی است؛ زیرا سامانه گرمای خود را به محیط داده است و گرما از دست داده است.  $(\theta_p \leq 0)$

(۳) در این واکنش‌ها فرآورده‌ها آنتالپی کمتر و پایداری بیشتری دارند.





**واکنش گرماگیر:** واکنشی است که با مصرف گرما همراه است و طی آن واکنش دهنده‌ها با جذب انرژی به فرآورده‌های ناپایدارتر تبدیل می‌شوند.

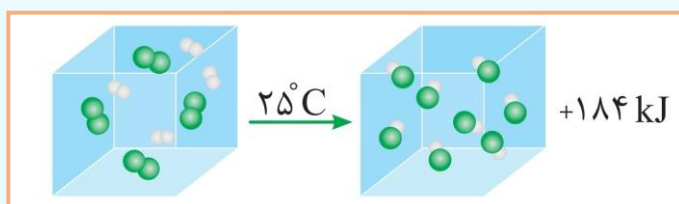
(۱) واکنش کلی آن به صورت  $q + A \rightarrow B$  می‌باشد.

(۲) علامت  $\Delta H$  مثبت است؛ زیرا سامانه از محیط گرفته است.  $(\theta_p \leq \theta_r)$

(۳) در این واکنش‌ها فرآورده‌ها آنتالپی بیشتر و پایداری کمتری دارند.

## تمرین

(۸) باتوجه به شکل زیر، درستی یا نادرستی هریک از عبارت‌های زیر را مشخص کنید.



آ- گرمای مبادله شده در این واکنش در دمای ثابت، به طور عمده وابسته به تفاوت انرژی پتانسیل و انرژی گرمایی ذرات واکنش دهنده و فرآورده است.  
ب-  $\Delta H$  این واکنش  $184 \text{ kJ}$  است.

پ- در این واکنش، فرآورده‌ها نسبت به واکنش دهنده‌ها، آنتالپی کمتر و پایداری بیش‌تری دارند.

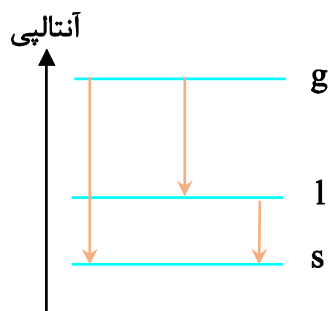
ت- در دمای ثابت، انرژی گرمایی این سامانه تغییری نمی‌کند.

ث- در این واکنش بین سامانه و محیط گرما مبادله نمی‌شود؛ زیرا دما ثابت است.

ج- تفاوت آشکار انرژی پتانسیل مواد واکنش دهنده‌ها و فرآورده به خاطر تغییر شیوهی اتصال اتم‌هاست و این تفاوت انرژی به شکل گرما از سامانه به محیط داده می‌شود.

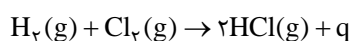
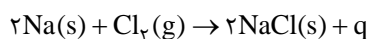
## لیست واکنش‌های گرماده

(۱) همه‌ی واکنش‌های سوختن و اکسایش.

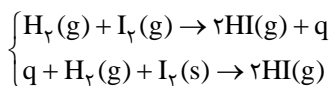


(۲) سه مورد از تغییر حالت‌های فیزیکی.

(۳) واکنش میان هالوژن با فلزهای قلیایی یا هیدروژن.

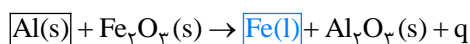


**استثنا:** اگر هنگام واکنش  $I_2$  با هیدروژن حالت فیزیکی ید گاز باشد، فرآیند گرماده، ولی اگر حالت ید جامد باشد، فرآیند گرماگیر است؛ زیرا مقدار زیادی گرما برای تصعید ید لازم است.

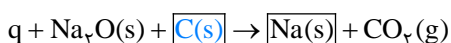


**۴) واکنش آزاد – ترکیب.**

$q$  را در سمتی قرار دهید که عنصر آزاد واکنش پذیری کمتری دارد؛ زیرا عنصری که واکنش پذیری کمتری دارد، پایدارتر است و آنتالپی کمتری دارد و هنگام تشکیل آن مقداری گرما از سامانه خارج شده است.



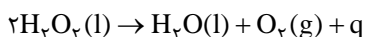
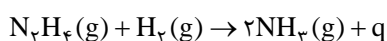
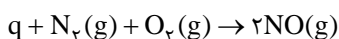
عنصری آزاد دارای واکنش پذیری کمتر



عنصری آزاد دارای واکنش پذیری کمتر

**۵) واکنش های دارای  $H_2O_2, N_2H_4, O_3, NO, NO_2$**

$q$  را در سمت مخالف آنها بگذارید؛ زیرا این مواد ناپایدارند و انرژی خود را در واکنش از دست می دهند تا به پایداری برسند.



**۶) انحلال ها در محدوده ی کتاب درسی همگی گرماگیرند به جز:**

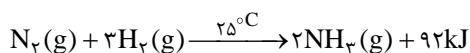
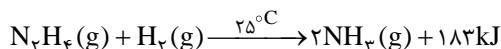
**۷) در واکنشهای تعادلی  $q$  سمت تعداد مول گازی کمتر قرار میگیرد.**



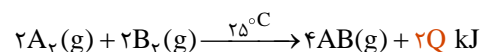
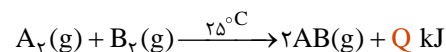
### عوامل موثر بر روی $\Delta H$



**۱- نوع واکنش دهنده ها و فرآورده ها:** به واکنشهای زیر که در کتاب درسی آمده دقت کنید:



**۲- مقدار واکنش دهنده ها:**

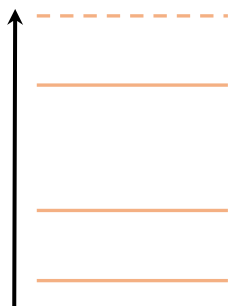






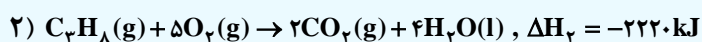
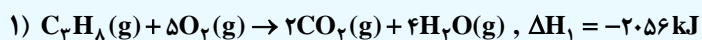
۳- دما و فشار: در محدوده کتاب درسی نیست.

۴- حالت فیزیکی:



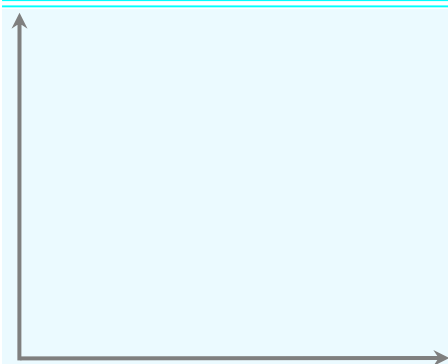
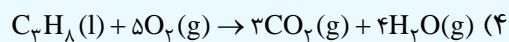
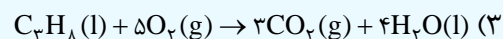
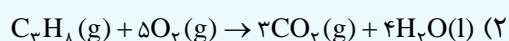
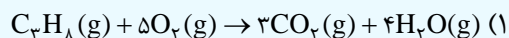
### تمرین

۹) با توجه به اطلاعات داده شده مشخص کنید که چرا گرمای آزاد شده در واکنش ۲ بیش تر است؟



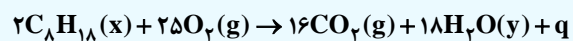
### تست

۱۰) بر اثر کدام یک از واکنش های زیر، گرمای کمتری آزاد می شود؟



### تست

۱۱) در واکنش زیر، x و y به ترتیب از راست به چپ باید کدام حالت های فیزیکی باشند تا گرمای حاصل از واکنش، بیش تر باشد؟



1-1 (۴)

g - g (۳)

1 - g (۲)

g - 1 (۱)

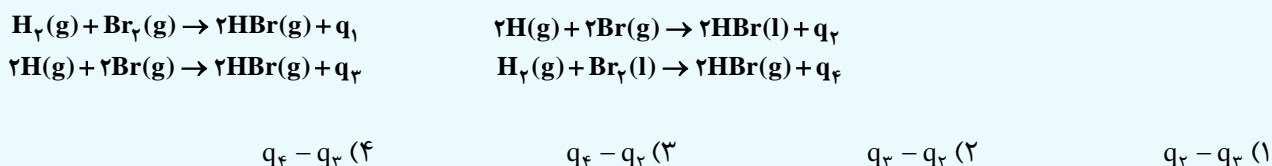
### ✓ تست

۱۲) گرمای آزاد شده در کدام یک از واکنش‌های زیر بیش‌تر است؟



### ✓ تست

۱۳) مقدار گرمای آزاد شده در کدام واکنش بیش‌تر و در کدام واکنش کم‌تر از بقیه است؟ (به ترتیب از راست به چپ گزینه‌ها را انتخاب کنید.)



## مسائل $\Delta H$

$$\frac{\text{مول}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{جرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{مولکول}}{N_A \times \text{ضریب}} = \frac{\text{اتم}}{N_A \times X \times \text{ضریب}} = \frac{\text{حجم (L)}}{22.4 \times \text{ضریب}} = \frac{\text{حجم (mL)}}{22400 \times \text{ضریب}}$$

$$= \frac{\text{غلظت مولی} \times \text{حجم (L)}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{غلظت مولی} \times \text{حجم (mL)}}{1000 \times \text{ضریب}} = \frac{q}{|\Delta H|}$$

### ✓ تست

۱۴) با توجه به واکنش  $\text{C}_3\text{H}_8 + 5\text{O}_2 \rightarrow 3\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$ ,  $\Delta H = -2043 \text{ kJ}$  معین کنید از سوختن ۲/۲ گرم پروپان چند kJ گرما مبادله می‌شود؟ ( $\text{C} = 12, \text{H} = 1: \text{g.mol}^{-1}$ )

$$120/88 \quad (4) \quad 102/15 \quad (3) \quad 56/4 \quad (2) \quad 204/3 \quad (1)$$



## تست ✓

۱۵) براساس واکنش گازی:  $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ ,  $\Delta H = -242 \text{ kJ}$ , اگر مخلوطی از گازهای اکسیژن و هیدروژن با حجم ۸/۴ لیتر در شرایط استاندارد، بر اثر جرقه، به طور کامل با هم واکنش دهند به طوری که چیزی از آنها باقی نماند، چند کیلوژول گرما آزاد می شود؟

۱۲۱ (۴)

۱۱۲ (۳)

۹۰/۷۵ (۲)

۶۰/۵ (۱)

## تست ✓

۱۶) با توجه به معادله ی واکنش:  $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightarrow \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$ ,  $\Delta H = 178 \text{ kJ}$ , از تجزیه ی کامل ۵ گرم کلسیم کربنات با خلوص ۸۰ درصد، چند کیلوژول گرما آزاد می شود؟ ( $\text{Ca} = 40, \text{C} = 12, \text{O} = 16 : \text{g.mol}^{-1}$ )

۱۴/۲۴ (۴)

۱۷/۸۰ (۳)

۷/۱۲ (۲)

۸/۹۰ (۱)

## تست ✓

۱۷) اگر  $\Delta H$  واکنش:  $\text{Fe}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4(\text{s}) + \text{H}_2(\text{g})$  پس از موازنه برابر  $150 \text{ kJ}$  باشد، گرمای آزاد شده ضمن تشکیل چند لیتر گاز هیدروژن در شرایطی که حجم مولی گازها برابر ۲۵ لیتر است، دمای ۳۰۰ گرم آب را به اندازه  $40^\circ\text{C}$  بالا می برد؟ ( $c_{\text{H}_2\text{O}} = 4/2 \text{ J.g}^{-1}.\text{C}^{-1}$ )

۸/۴ (۴)

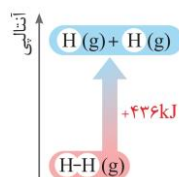
۱۲/۲ (۳)

۱۶/۸ (۲)

۳۳/۶ (۱)

## آنتالپی پیوند

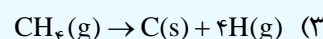
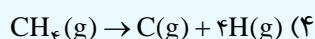
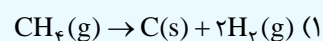
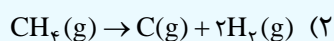
۱- **تعریف آنتالپی پیوند (+) ( $\Delta H > 0$ ):** به مقدار انرژی لازم برای شکستن یک مول پیوند در یک ماده‌ی گازی شکل و تبدیل آن به رادیکال‌های مجزای گازی گفته می‌شود.



**رادیکال:** گونه‌ای یک یا چند اتمی که دارای حداقل یک الکترون تنها باشد.

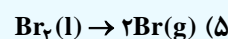
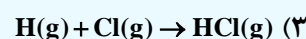
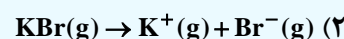
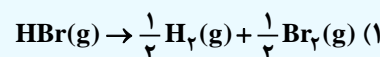
### تست

۱۸) اگر میانگین آنتالپی پیوند C-H در مولکول متان، برابر  $412 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$  در نظر گرفته شود،  $\Delta H$  کدام واکنش برابر  $+1648 \text{ kJ}$  است؟



### تمرین

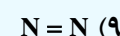
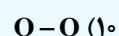
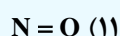
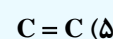
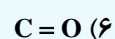
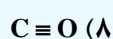
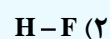
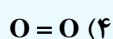
۱۹) آنتالپی کدام یک از واکنش‌های زیر را می‌توان آنتالپی پیوند در نظر گرفت؟



۲- **تفاوت آنتالپی پیوند و میانگین آنتالپی پیوند:** اگر با پیوند مورد نظر مولکول دواتمی موجود باشد، واژه‌ی آنتالپی پیوند به کار می‌بریم، اما اگر مولکول دو اتمی آن موجود نباشد واژه‌ی میانگین آنتالپی پیوند به کار می‌بریم.

### تمرین

۲۰) برای هر یک از موارد زیر تعیین کنید واژه‌ی آنتالپی پیوند (a) مناسب‌تر است یا میانگین آنتالپی پیوند (m)؟





## ۳- مقایسه‌ی آنتالپی پیوند

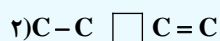
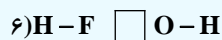
- (۱) ابتدا مرتبه‌ی پیوند را مقایسه کنید. آنتالپی:  $\equiv < = < -$
- (۲) اگر مرتبه‌ی پیوند یکسان بود، هر چه طول پیوند کوتاه‌تر باشد، آنتالپی پیوند بیش‌تر است.
- (۳) قطبیت پیوند: در مورد دو، چند استثناء وجود دارد که به دلیل قطبیت پیوند است.

آنتالپی پیوند:  $O-H > H-H$

آنتالپی پیوند:  $H-F > H-H$

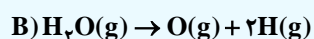
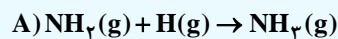
## تمرین

(۲۱) بر اساس آنتالپی پیوند مقایسه کنید.



## تمرین

(۲۲) با توجه به جدول روبرو و واکنش‌ها، کدام مطالب درست‌اند؟



پیوند	میانگین آنتالپی پیوند (kJ / mol)
N - H	۳۹۱
O - H	۴۶۳
Si - H	M

آ- در فرآیند B، فرآورده‌ها نسبت به واکنش‌دهنده‌ها ناپایدارترند و  $\Delta H$  واکنش ۴۶۳ kJ است.

ب-  $\Delta H$  واکنش A برابر با ۳۹۱ kJ است

پ- طبق واکنش C، آنتالپی پیوند Si-H برابر با ۳۲۰ kJ / mol است.

آنتالپی (kJ mol <sup>-1</sup> )	پیوند	میانگین آنتالپی (kJ mol <sup>-1</sup> )	پیوند
۲۴۲	Cl-Cl	۳۸۰	C-O
۱۹۳	Br-Br	۳۹۱	N-H
۱۵۱	I-I	۴۶۳	O-H
۵۶۷	H-F	۳۴۸	C-C
۴۳۱	H-Cl	۶۱۴	C=C
۴۹۵	O=O	۸۳۹	C≡C
۹۴۵	N≡N	۷۹۹	C=O
		۱۶۳	N-N
		۱۴۶	O-O

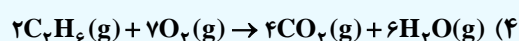
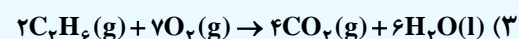
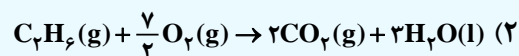
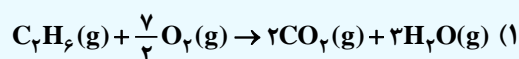
## آنتالپی سوختن

۱- تعریف آنتالپی سوختن (-) ( $\Delta H < 0$ ): آنتالپی واکنشی است که در آن یک مول از ماده‌ی مورد نظر در اکسیژن کافی به طور کامل بسوزد.

آ- یکای آنتالپی سوختن یا  $\Delta H$  سوختن،  $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$  است؛ زیرا یک مول از ماده می‌سوزد و چون به ازای یک مول تعریف می‌شود، ضریب استوکیومتری ماده‌ی سوختنی باید برابر یک باشد، حتی اگر ضرایب سایر مواد کسری شود.  
ب- آنتالپی سوختن همه‌ی مواد، مقداری منفی است؛ زیرا سوختن فرآیندی گرماده است.  
پ- در واکنش آنتالپی سوختن مواد آلی اکسیژن دار ( $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$ ) و هیدروکربن‌ها ( $\text{C}_x\text{H}_y$ )، چون سوختن کامل رخ می‌دهد، فرآورده‌های حاصل  $\text{CO}_2$  و  $\text{H}_2\text{O}$  هستند.  
ت- اگر واکنش شیمیایی با  $\Delta H$  وابسته به آن بیان شود، به آن واکنش گرما (ترمو) شیمیایی می‌گویند.

### تست

۲۳ تغییر آنتالپی در کدام گزینه برابر  $\Delta H$  سوختن اتان در دمای اتاق است؟



۲- مقایسه‌ی آنتالپی سوختن:

الکل		آلکین		آلکن		آلکان		ماده‌ی آلی
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l})$	$\text{CH}_3\text{OH}(\text{l})$	$\text{C}_2\text{H}_2(\text{g})$	$\text{C}_2\text{H}_4(\text{g})$	$\text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$	$\text{C}_3\text{H}_6(\text{g})$	$\text{C}_3\text{H}_8(\text{g})$	$\text{CH}_4(\text{g})$	آنتالپی سوختن ( $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ )
-۱۳۶۸	-۷۲۶	-۱۹۳۸	-۱۳۰۰	-۲۰۵۸	-۱۴۱۰	-۱۵۶۰	-۸۹۰	

۱) در میان هیدروکربن‌ها هرچه جرم مولی یک هیدروکربن بیش‌تر باشد، آنتالپی سوختن آن بیش‌تر (منفی‌تر) است.

آنتالپی سوختن:  $\text{C}_3\text{H}_8 > \text{C}_3\text{H}_6 > \text{C}_2\text{H}_6 > \text{C}_2\text{H}_4 > \text{C}_2\text{H}_2 > \text{CH}_4$

۲) در الکلها، با افزایش جرم مولی، آنتالپی سوختن افزایش می‌یابد و منفی‌تر می‌شود.

آنتالپی سوختن:  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} > \text{CH}_3\text{OH}$

۳) مقایسه‌ی آنتالپی سوختن هیدروکربن‌ها با الکل‌ها با تعداد کربن برابر بصورت زیر است:

آلکان < آلکن < الکل < آلکین : آنتالپی سوختن  
 $\text{C}_2\text{H}_6 < \text{C}_2\text{H}_4 < \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} < \text{C}_2\text{H}_2$  : آنتالپی سوختن



۳- تعریف ارزش سوختی (بدون علامت): مقدار انرژی است که بر اثر اکسایش یا سوختن یک گرم از ماده‌ی مورد نظر آزاد می‌شود. یکای آن  $\text{kJ/g}$

$$\frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \text{ آنتالی سوختن} = \frac{\text{g}}{\text{mol}} \text{ جرم مولی} \times \frac{\text{kJ}}{\text{g}} \text{ ارزش سوختی}$$

#### ۴- مقایسه‌ی ارزش سوختی:

الکل		آلکین		آلکن		آلکان		ماده‌ی آلی
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH(l)}$	$\text{CH}_3\text{OH(l)}$	$\text{C}_2\text{H}_2\text{(g)}$	$\text{C}_2\text{H}_2\text{(g)}$	$\text{C}_2\text{H}_4\text{(g)}$	$\text{C}_2\text{H}_4\text{(g)}$	$\text{C}_2\text{H}_6\text{(g)}$	$\text{CH}_4\text{(g)}$	
۲۹/۷	۲۲/۷	۴۸/۵	۵۰/۰	۴۹/۰	۵۰/۴	۵۲/۰	۵۵/۶	ارزش سوختی ( $\text{kJ.g}^{-1}$ )

(۱) در هیدروکربن‌ها، اولویت شمار اتم‌های کربن است؛ هرچه کربن کمتر باشد، ارزش سوختی بیشتر است.

ارزش سوختی:  $\text{CH}_4 > \text{C}_2\text{H}_6 > \text{C}_2\text{H}_2$

(۲) اگر تعداد کربن در هیدروکربن‌ها یکسان بود، ارزش سوختی به صورت زیر می‌باشد.

ارزش سوختی:  $\text{آلکان} < \text{آلکن} < \text{آلکین}$

ارزش سوختی:  $\text{C}_2\text{H}_2 > \text{C}_2\text{H}_4 < \text{C}_2\text{H}_6$

(۳) ارزش سوختی الکل‌ها از همه هیدروکربن‌ها بسیار کمتر است.

(۴) در الکل‌ها برخلاف هیدروکربن‌ها هرچه تعداد اتم کربن بیشتر باشد ارزش سوختی هم بیشتر است.

ارزش سوختی:  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} > \text{CH}_3\text{OH}$

**توجه** اگر گرمای سوختن ترکیبات آلی متفاوت با شمار مول‌های گوناگون و یا جرم‌های مختلفی مطرح شود، هر کدام که جرم بیش‌تری داشت، گرمای حاصل از سوختن بیش‌تری دارد.



۲۴) درستی و نادرستی هریک از عبارت‌های زیر را مشخص کنید.

- آ- متان < متانول:  $(\frac{\text{kJ}}{\text{mol}})$  آنتالپی سوختن  
 ب- اتان < اتن:  $(\frac{\text{kJ}}{\text{g}})$  ارزش سوختی  
 پ- پروپین > اتین:  $(\frac{\text{kJ}}{\text{mol}})$  ارزش سوختی  
 ت- اتانول < متانول:  $(\frac{\text{kJ}}{\text{g}})$  آنتالپی سوختن  
 ث- اتانول > اتین > اتن:  $(\frac{\text{kJ}}{\text{mol}})$  آنتالپی سوختن  
 ج- اتین > اتانول:  $(\frac{\text{kJ}}{\text{g}})$  ارزش سوختی  
 چ- یک مول متان > ۵٪ مول پروپان: گرمای آزاد شده ح- پروپان > ۱- بوتن:  $(\frac{\text{kJ}}{\text{mol}})$  آنتالپی سوختن  
 خ- متان در میان هیدروکربن‌ها کمترین آنتالپی سوختن و بیش‌ترین ارزش سوختی را دارد.  
 د- آنتالپی سوختن اتان در دمای  $200^\circ\text{C}$  نسبت به دمای اتاق منفی‌تر است.

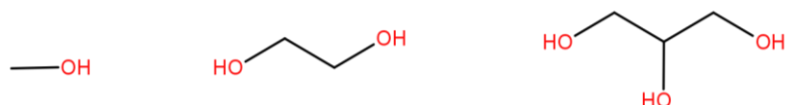
## الکل ها و اترها

### الکل ها

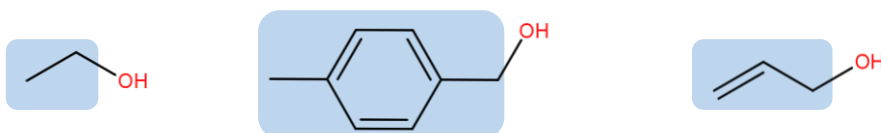
#### (۱) آشنایی با الکل ها:

- الکل ها دارای گروه عاملی هیدروکسیل ( $\text{H}-\ddot{\text{O}}-$ ) هستند.

- الکل ها می توانند یک گروه هیدروکسیل یا چند گروه هیدروکسیل داشته باشند.



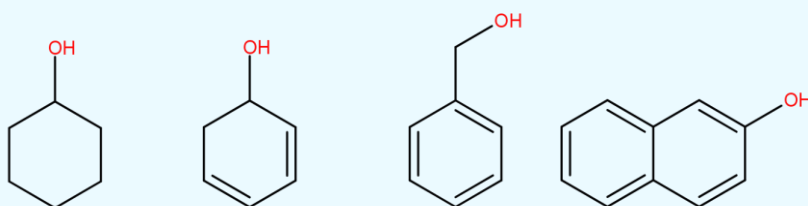
- ساختار عمومی الکل ها به شکل  $\text{R}-\text{OH}$  است.  $\text{R}$  یک گروه کربنی است که می تواند سیرشده، سیرنشده و یا حتی آروماتیک باشد.



- اگر  $\text{R}$  یک زنجیر هیدروکربنی سیرشده باشد، فرمول عمومی الکل به صورت  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}$  خواهد بود. **توجه** اگر گروه هیدروکسیل روی حلقه آروماتیک باشد دیگر گروه الکلی نیست و فنولی نام دارد.

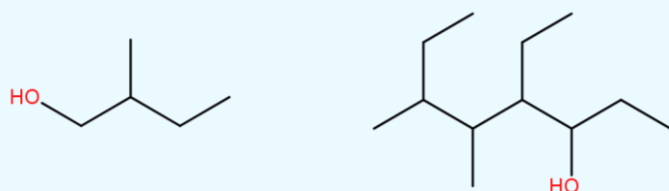
#### تمرین

(۲۵) چند مورد از ترکیب های زیر الکل است؟



#### تمرین

(۲۵) نام ترکیب های زیر را بنویسید.

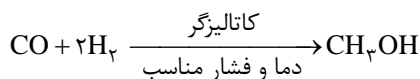




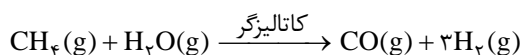
## ۲) آشنایی با الکل‌های معرفی شده در کتاب درسی:

### متانول ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ):

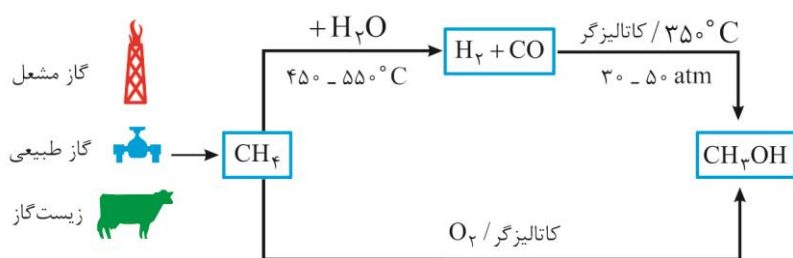
- آ- مایعی بی‌رنگ و بسیار سمی که ساده‌ترین عضو خانواده الکل‌ها است.  
 ب- می‌توان آن را از چوب تهیه کرد؛ به همین دلیل به آن الکل چوب نیز می‌گویند.  
 پ- چون کاربرد بسیار زیادی در صنایع گوناگون دارد، باید آن را در مقیاس صنعتی تولید کرد.  
 ت- در صنعت برای تولید متانول، گاز کربن مونوکسید را با گاز هیدروژن در شرایط مناسب و در حضور کاتالیزگر واکنش می‌دهند.



- ث- مواد واکنش‌دهنده برای واکنش قسمت قبل در دسترس نیستند و برای تهیه گازهای کربن مونوکسید و هیدروژن می‌توان از واکنش متان با بخار آب در حضور کاتالیزگر استفاده کرد.



- ج- روش تهیه متانول را می‌توانید در نمودار زیر ببینید:

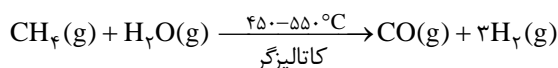


- 🔴 گاز متان سازنده اصلی گاز طبیعی است که در میدان‌های نفتی به فراوانی یافت می‌شود. در این میدان‌ها برای افزایش ایمنی، بخش قابل توجهی از آن را می‌سوزانند.

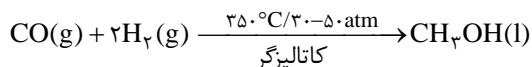
### انواع روش‌های تولید متانول:

#### ۱) روش غیرمستقیم

مرحله اول:

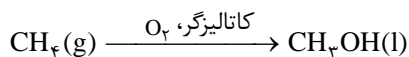


مرحله دوم:



- غیرمستقیم } - اثرات مخرب زیست محیطی بیشتری دارد.  
 - رد پای کربن دی اکسید را افزایش می‌دهد.  
 - برای ایجاد دمای بالا هزینه‌ی بیشتری نیاز دارد.

- ۲) روش مستقیم: گاز متان ( $\text{CH}_4$ ) از خانواده‌ی آلکان‌ها است، پس یک هیدروکربن سیرشده می‌باشد و به همین دلیل واکنش‌پذیری بسیار کمی دارد؛ بنابراین تبدیل مستقیم آن به متانول فرایندی دشوار است و به فناوری پیشرفته‌ای نیاز دارد. با این حال می‌توان گاز متان را در حضور کاتالیزگر مناسب و اکسنده‌ای مانند  $\text{O}_2$  را به طور مستقیم به متانول تبدیل کرد.

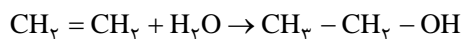


### اتانول ( $C_2H_5OH$ ):

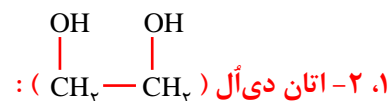
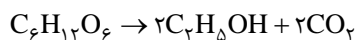
- پس از آب مهم‌ترین حلال صنعتی است و به اتیل الکل و الکل میوه معروف می‌باشد.

- اتانول را می‌توان از دو روش زیر تهیه کرد:

(آ) واکنش اتن با آب:

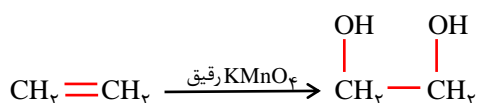


(ب) تخمیر بی‌هوازی گلوکز:



- نام دیگر آن اتیلن گلیکول است و در ضدیخ کاربرد دارد.

- از اکسایش اتن با پتاسیم پرمنگنات رقیق به دست می‌آید.

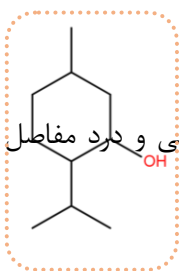


### منتول:

- یکی از مواد به کار رفته در پمادهای موضعی کاهش درد برای گرفتگی عضلات، کمردرد، دردهای عضلانی و درد مفاصل می‌باشد.

- بوی نعنای و سوسنبر ناشی از آن است.

- در تهیه برخی آدامس‌ها، آبنبات‌ها و داروها استفاده می‌شود.

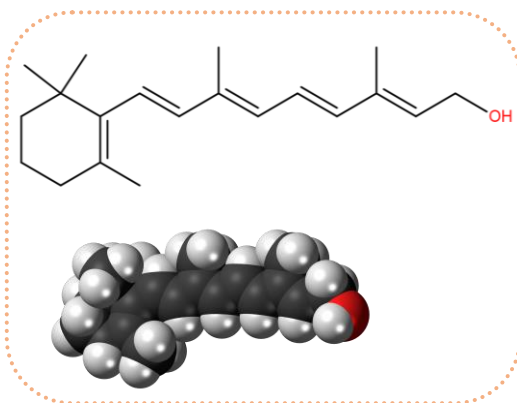


### ویتامین آ (A):

- یک الکل سیرنشده است.

- دارای ۵ پیوند دوگانه می‌باشد و می‌تواند با ۵ مولکول هیدروژن سیر شود.

- در هویج یافت می‌شود.

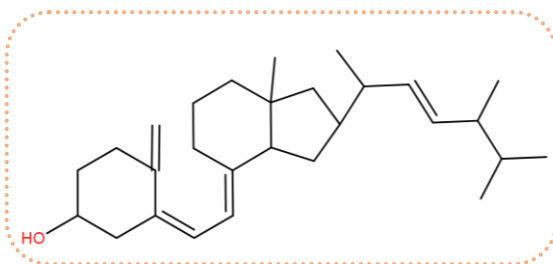


### ویتامین دی (D):

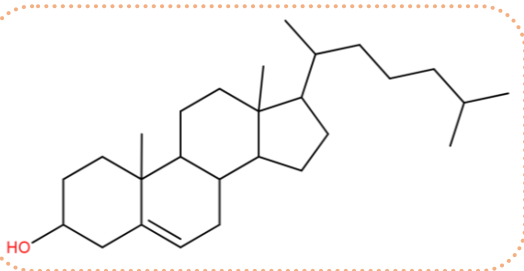
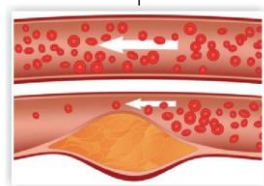
- یک الکل سیرنشده است.

- دارای ۴ پیوند دوگانه می‌باشد و با ۴ مولکول هیدروژن سیر می‌شود.

- در شیر یافت می‌شود.

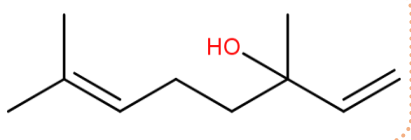


## کلسترول:



- الکلی سیرنشده است.
- دارای ۱ پیوند دوگانه می باشد و می تواند با ۱ مولکول هیدروژن سیر شود.
- در غذاهای جانوری یافت می شود و مقدار اضافی آن در رگ ها رسوب می کند. این فرایند موجب گرفتگی رگ ها و سکت می شود.

## ماده ی موجود در گشنیز:



- الکلی سیرنشده است.
- دارای ۲ پیوند دوگانه می باشد و می تواند با ۲ مولکول هیدروژن سیر شود.
- طعم و بوی گشنیز به طور عمده وابسته به این مولکول است.

## ۳) بررسی قطبیت الک ها:

- الک ها از لحاظ قطبیت مولکول هایی دو خاصیتی هستند.

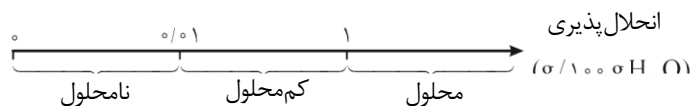


- قسمت هیدروکربنی (R) در الک ها، قسمت ناقطبی و بخش دیگر مولکول که شامل پیوندهای C-O و O-H است، قسمت قطبی است.
- الک های دارای ۱ تا ۵ کربن، عمدتاً قطبی هستند و بخش قطبی آن ها بر بخش ناقطبی آن ها غلبه می کند.
- الک های دارای بیش از ۵ کربن، عمدتاً ناقطبی هستند و بخش ناقطبی آن ها بر بخش قطبی آن ها غلبه می کند.

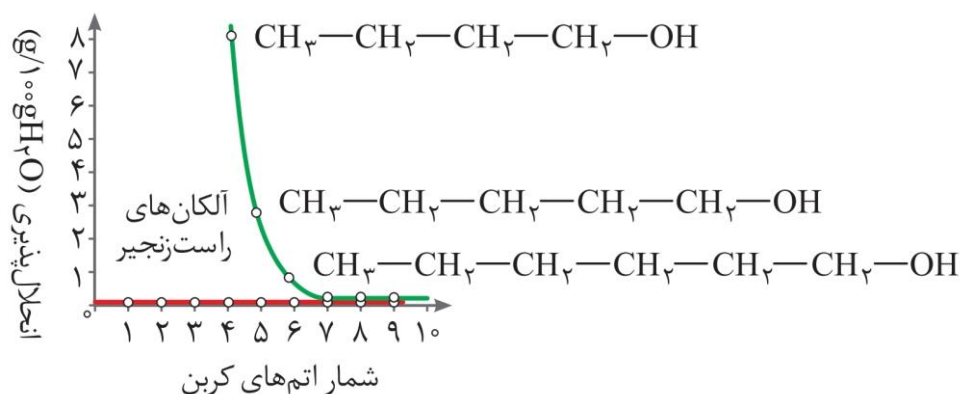
## ۴) انحلال پذیری در الک ها:

**انحلال پذیری:** به بیشترین مقدار ماده ای که برحسب گرم در دمای معین در ۱۰۰ گرم آب حل می شود، انحلال پذیری می گوئیم.

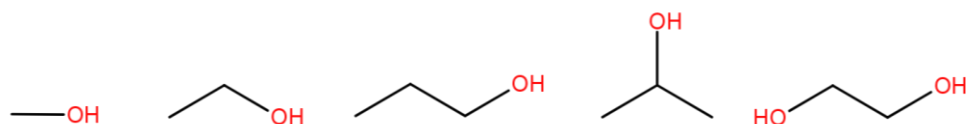
به طور کلی مواد محلول، کم محلول و نامحلول به صورت تعیین می شوند.



فرمول الک	انحلال پذیری (g/100g H <sub>2</sub> O)
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	به هر نسبتی حل می شود.
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH	۰/۰۴۶



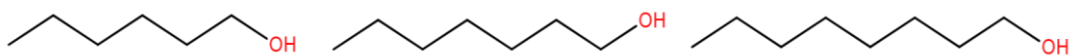
۱) الکل‌های دارای ۱، ۲ و ۳ کربن به هر نسبتی در آب حل می‌شوند؛ بنابراین الکل‌های زیر انحلال‌پذیری بی‌نهایت در آب دارند.



۲) ۱- بوتانول و ۱- پنتانول در آب محلول هستند و انحلال‌پذیری آن‌ها بیشتر از ۱ گرم در ۱۰۰ گرم آب است.



۳) ۱- هگزانول، ۱- هپتانول و ۱- اوکتانول کم محلول هستند و انحلال‌پذیری آن‌ها بین ۰.۱٪ تا ۱ گرم در ۱۰۰ گرم آب است.



۴) الکل‌هایی با بیش از ۸ کربن در آب نامحلول بوده و انحلال‌پذیری آن‌ها تقریباً مانند آلکان هم کربن خود است.

## اترها

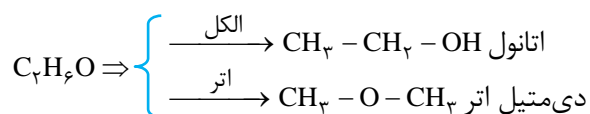
### ۱) آشنایی با اترها:

- اگر در ساختار الکل‌ها ( $R-OH$ ) به جای  $H$  متصل به اکسیژن، زنجیر کربنی قرار دهیم، ساختار ایجاد شده اتر است. ( $R-O-R'$ )

- گروه عاملی اتری را به صورت ( $-O-$ ) نمایش می‌دهند.

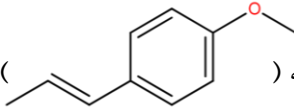
- فرمول عمومی اترهای سیر شده راست زنجیر  $C_nH_{2n+2}O$  است که همانند فرمول عمومی الکل‌ها می‌باشد.

- الکل‌ها و اترها با تعداد کربن برابر دارای فرمول مولکولی یکسان و فرمول ساختاری متفاوت هستند؛ بنابراین ایزومر یا هم‌پار یکدیگر می‌باشند.





## ۲) معرفی چند اتر مهم:

- دی متیل اتر ( $\text{CH}_3 - \text{O} - \text{CH}_3$ ): اولین و ساده‌ترین اتر است.
- دی اتیل اتر ( $\text{C}_2\text{H}_5 - \text{O} - \text{C}_2\text{H}_5$ ): مهم‌ترین و پرکاربردترین اتر است.
- ماده موجود در رازیانه (  ): یک اتر آروماتیک است.

**نکته** با جرم مولی یکسان، الکل‌ها نقطه ذوب و جوش بالاتری از اترها دارند؛ زیرا الکل‌ها با داشتن عامل ( $-\text{OH}$ ) می‌توانند پیوند هیدروژنی تشکیل دهند، در صورتی که جاذبه‌ی بین اترها از نوع واندروالسی است.

نام	اتانول	دی‌متیل اتر
فرمول مولکولی	$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$	$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$
فرمول ساختاری	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH}$	$\text{CH}_3 - \text{O} - \text{CH}_3$
نقطه‌ی جوش	$78^\circ\text{C}$	$-24^\circ\text{C}$
حالت فیزیکی	مایع	گاز
جاذبه‌ی بین مولکولی	هیدروژنی	واندروالسی

## ۳) رسم ایزومری در الکل‌ها و اترها:



**۲۶)** ایزومرهای  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$  را رسم کنید.



**۲۷)** ترکیبی با فرمول  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$  یک اتر است. برای این ترکیب با گروه عاملی اتری چند ایزومر ساختاری می‌توان رسم کرد؟

(۱) ۲      (۲) ۳      (۳) ۵      (۴) ۴

## آلدهیدها و کتون ها

### آلدهیدها

(۱) آشنایی با آلدهیدها:

- آلدهیدها دارای فرم کلی  $R - \overset{\overset{O}{\parallel}}{C} - H$  می باشند.

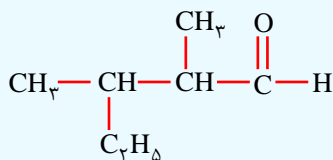
- اولین آلدهید  $H - \overset{\overset{O}{\parallel}}{C} - H$  (متانال یا فرمالدهید) می باشد.

(۲) نحوه ی گفتن نام آلدهیدها:

شماره و نام شاخه های فرعی + تعداد کربن زنجیر اصلی با لفظ آلکانال

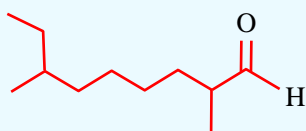
#### تمرین

(۲۸) نام ترکیب زیر را بنویسید.



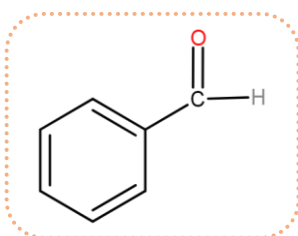
#### تمرین

(۲۹) نام ترکیب زیر را بنویسید.



(۳) آشنایی با چند آلدهید معروف:

**بنزآلدهید:**



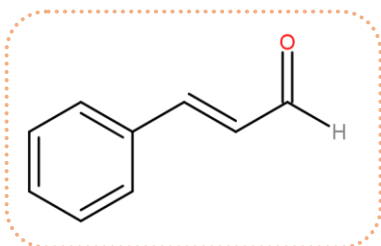
یک آلدهید آروماتیک است و در بادام یافت می شود.

## ترکیب موجود در دارچین:



دارچین

- یک آلدئید آروماتیک است.



- دارای ۴ پیوند دوگانه می باشد و می تواند با ۴ مولکول هیدروژن سیر شود.

- به علت داشتن ساختار آلکنی می تواند برم را بی رنگ کند.

## کتون ها

### (۱) آشنایی با کتون ها:

- دارای فرم کلی  $R - \overset{\overset{O}{||}}{C} - R'$  و گروه عاملی کربونیل  $(-C=O)$  می باشند.

- فرمول عمومی کتون های سیر شده خطی مانند آلدئیدها به صورت  $C_n H_{2n} O$  می باشد.

- آلدئیدها و کتون ها با تعداد کربن برابر دارای فرمول مولکولی یکسان ولی فرمول ساختاری متفاوت می باشند؛ بنابراین ایزومر یا هم پار یکدیگر می باشند.

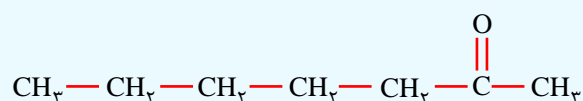
- ساده ترین کتون پروپانون (استون) با فرمول  $CH_3 - \overset{\overset{O}{||}}{C} - CH_3$  می باشد.

### (۲) نحوه ی گفتن نام کتون ها:

شماره و نام شاخه های فرعی + شماره ی کربن کربونیل + تعداد کربن زنجیر اصلی با لفظ آلکانون

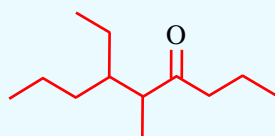
#### تمرین

(۳۰) نام ترکیب زیر را بنویسید.



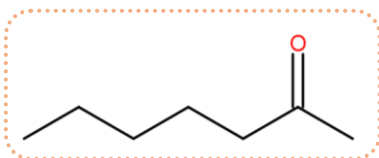
#### تمرین

(۳۱) نام ترکیب زیر را بنویسید.



### ۳) آشنایی با چند کتون:

#### ۲- هپتانون:

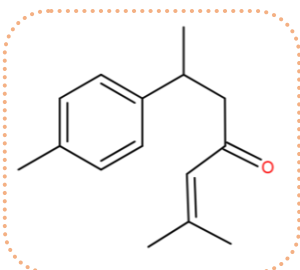


این کتون در میخک یافت می‌شود.

#### زردچوبه:

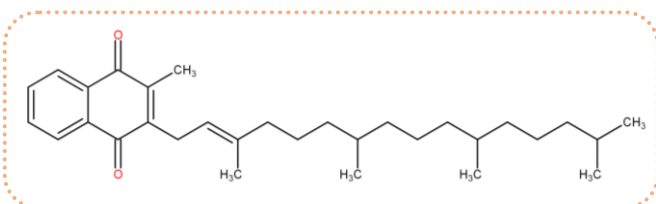
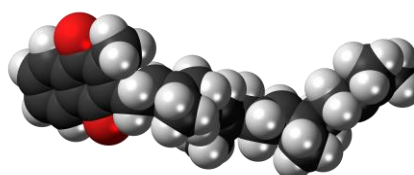


زردچوبه



کتونی آروماتیک و سیر نشده است؛ به همین علت می‌تواند برم را بی‌رنگ کند.

#### ویتامین کا (K):



- دو عامل کتونی، یک حلقه‌ی بنزنی و پیوند دوگانه‌ی آلکنی دارد.
- ناقطبی بوده و در آب حل نمی‌شود؛ به همین دلیل مصرف زیاد آن برای بدن مشکل‌ساز است.
- در سبزیجات مانند کاهو و کلم یافت می‌شود.

### ۴) رسم ایزومری در آلدهیدها و کتون‌ها:

$\text{CH}_2\text{O}$  و  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$  هرکدام فقط یک ساختار آلدهیدی دارند و ساختار کتونی ندارند و  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$  دارای یک ساختار آلدهیدی و یک ساختار کتونی است.

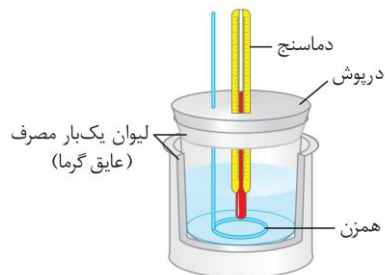
#### تمرین

۳۲) همه ایزومرهای ترکیب  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$  را رسم کنید.



## روش‌های به دست آوردن گرمای مبادله شده در يك فرایند

### روش مستقیم تعیین $\Delta H$ واکنش:



روش به دست آوردن گرمای مبادله شده در واکنش به کمک گرماسنج لیوانی  
شکل یک گرماسنج لیوانی را در روبه‌رو می‌بینید به نکات آن دقت کنید:

- (آ) گرماسنج لیوانی ساده‌ترین گرماسنج است که می‌توان آن را با فروکردن دو لیوان پلی‌استیرنی یک بار مصرف در هم ساخت.  
(ب) گرماسنج لیوانی دیواره‌ی عایقی دارد که با محیط تبادل انرژی نداشته باشد.

#### تست

(۳۳) ۱۰۰ میلی لیتر از محلول ۰/۵ مولار  $X_r$  و ۱۵۰ میلی لیتر محلول A، در دمای  $25^\circ C$  درون یک گرماسنج لیوانی به طور کامل واکنش داده اند. اگر دمای پایانی برابر  $27^\circ C$  باشد، مقدار  $\Delta H$  واکنش:  $A(aq) + X_r(aq) \rightarrow Z(aq)$  چند kJ است؟  
(چگالی و ظرفیت گرمایی ویژه همه محلولها را مانند آب فرض کنید). ( $c_{H_2O} = 4.2 J.g^{-1}.^\circ C^{-1}$ )

-۴۲(۱)      -۳۵(۲)      -۲۵/۲(۳)      -۱۶/۸(۴)

#### تست

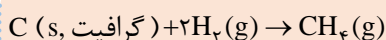
(۳۴) با انجام یک آزمایش در یک گرماسنج دارای ۹۰۰ گرم آب، دمای آب به اندازه  $2^\circ C$  بالاتر می‌رود. اگر در شرایط یکسان، از ۴۶۰ گرم اتانول با دمای  $20^\circ C$  بجای آب استفاده شود، دمای پایانی دماسنج به چند درجه سلسیوس می‌رسد؟  $A(aq) + X_r(aq) \rightarrow Z(aq)$  چند kJ است؟  
( $c_{H_2O} = 75, c_{C_2H_5OH} = 110 J.mol^{-1}.^\circ C^{-1}$ ,  $O = 16, C = 12, H = 1 g.mol^{-1}$ )

-۴۲(۱)      -۳۵(۲)      -۲۵/۲(۳)      -۱۶/۸(۴)

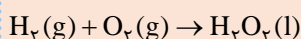
## ۲) روش‌های غیر مستقیم تعیین $\Delta H$ واکنش

آنتالپی بسیاری از واکنش‌های شیمیایی را نمی‌توان به روش تجربی یا گرماسنجی اندازه‌گیری کرد؛ زیرا برخی از آنها مرحله‌ای از یک واکنش پیچیده‌اند و یا برخی دیگر به آسانی انجام نمی‌شوند. بنابراین تأمین شرایط بهینه، برای انجام آنها بسیار دشوار است و از روش غیرمستقیم برای تعیین  $\Delta H$  آنها استفاده می‌شود.

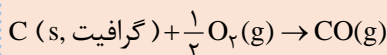
لیست مهم‌ترین واکنش‌هایی که  $\Delta H$  آنها را نمی‌توان به روش تجربی (مستقیم) تعیین کرد، به قرار زیر است:



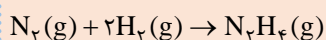
۱) واکنش تهیه‌ی گاز متان از واکنش میان گرافیت و هیدروژن



۲) واکنش تهیه‌ی هیدروژن پراکسید از واکنش گازهای هیدروژن و اکسیژن



۳) واکنش تهیه‌ی گاز کربن مونوکسید از واکنش گرافیت با اکسیژن

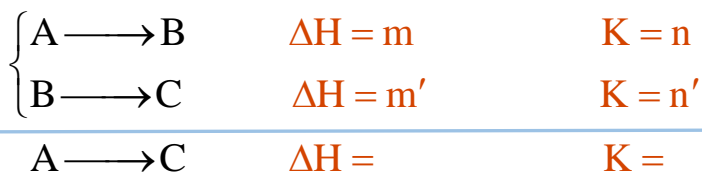
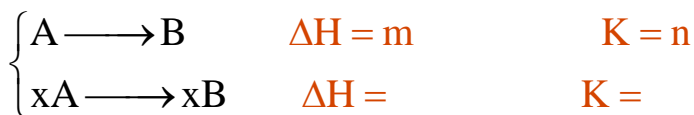
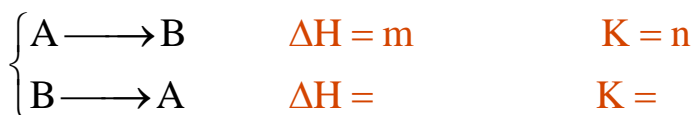


۴) واکنش تهیه‌ی هیدرازین از واکنش گازهای نیتروژن و هیدروژن

### تعیین $\Delta H$ واکنش به کمک قانون هس

نخستین بار هنری هس دریافت که که گرمای مبادله شده در فشار ثابت برای یک واکنش یعنی  $\Delta H$ ، به راهی که برای انجام آن در پیش گرفته می‌شود، وابسته نیست و به همین دلیل،  $\Delta H$  یک واکنش را می‌توان به صورت غیر مستقیم تعیین کرد، البته به شرطی که شرایط انجام همه‌ی واکنش‌ها یکسان باشد، یعنی همگی در دما و فشار یکسانی انجام شوند. این نتیجه با نام قانون هس یا قانون جمع‌پذیری گرمای واکنش‌ها معروف است و بیان علمی آن به صورت زیر است:

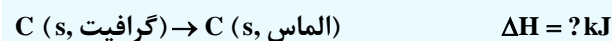
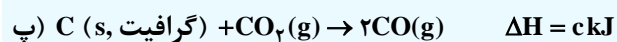
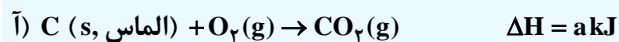
«اگر معادله‌ی واکنشی را بتوان از جمع معادله‌ی دو یا چند واکنش دیگر به دست آورد،  $\Delta H$  آن نیز از جمع جبری  $\Delta H$  همان واکنش‌ها به دست می‌آید.»





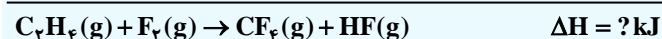
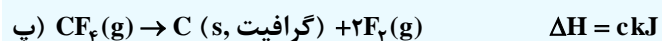
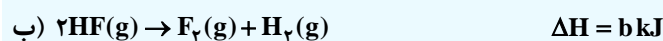
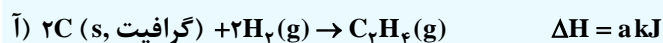
## تمرین

۳۵) با توجه به معادله‌های شیمیایی زیر،  $\Delta H$  های خواسته شده را به دست آورید.



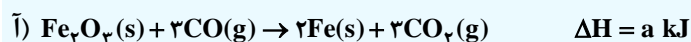
## تمرین

۳۶) با توجه به معادله‌های شیمیایی زیر،  $\Delta H$  های خواسته شده را به دست آورید.



## تمرین

۳۷) با توجه به معادله‌های شیمیایی زیر،  $\Delta H$  های خواسته شده را به دست آورید.



تعیین  $\Delta H$  واکنش به کمک آنتالپی سوختن:

### تمرین

۳۸) اگر آنتالپی سوختن (گرافیت،  $C(s)$ ،  $H_2$  و متان به ترتیب  $-394 \text{ kJ/mol}$  و  $-286 \text{ kJ/mol}$  و  $-890 \text{ kJ/mol}$  باشد، در واکنش:  $CH_4(g) \rightarrow C(s) + 2H_2(g)$  (گرافیت،  $C(s)$ ، به ازای تولید  $3/2$  گرم متان چند کیلوژول گرما مبادله می‌شود؟ ( $CH_4 = 16: \text{g.mol}^{-1}$ )

### تمرین

۳۹) اگر ارزش سوختی اتن، اتان و هیدروژن به ترتیب برابر  $50$ ،  $52$  و  $143$  کیلوژول بر گرم باشد،  $\Delta H$  واکنش:  $C_2H_4(g) + H_2(g) \xrightarrow{25^\circ C} C_2H_6(g)$  چند کیلوژول است؟

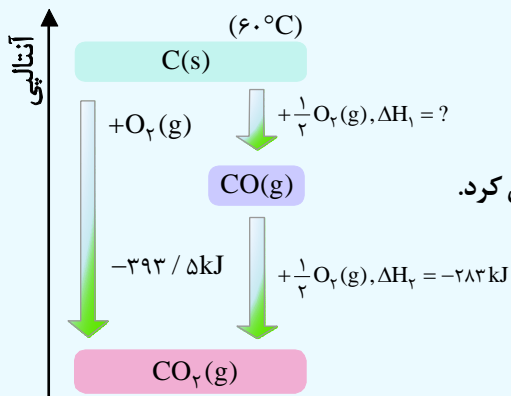
تمرین ۴۰

۴۰ واکنش سوختن کامل گرافیت را می‌توان مجموعه‌ای از دو واکنش پی‌درپی مطابق نمودار زیر دانست. با توجه به آن درستی یا نادرستی عبارت‌های زیر را مشخص کنید.

آ-  $\Delta H$  واکنش  $2C(s) + O_2(g) \rightarrow 2CO(g)$ ، برابر  $110/5$  کیلوژول است.

ب- کربن دی‌اکسید از کربن مونوکسید پایدارتر است.

پ-  $\Delta H$  واکنش تولید  $CO$  را می‌توان به روش تجربی و قانون هس تعیین کرد.



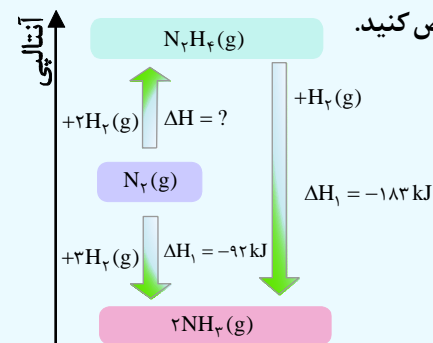
تمرین ۴۱

۴۱ شواهد تجربی نشان می‌دهند که تهیه‌ی آمونیاک به روش هابر از گازهای نیتروژن و هیدروژن مطابق نمودار زیر یک واکنش دو مرحله‌ای است. با توجه به آن درستی یا نادرستی عبارت‌های زیر را مشخص کنید.

آ- آنتالپی واکنش تولید هیدرازین از نیتروژن و هیدروژن،  $-91 \text{ kJ}$  است.

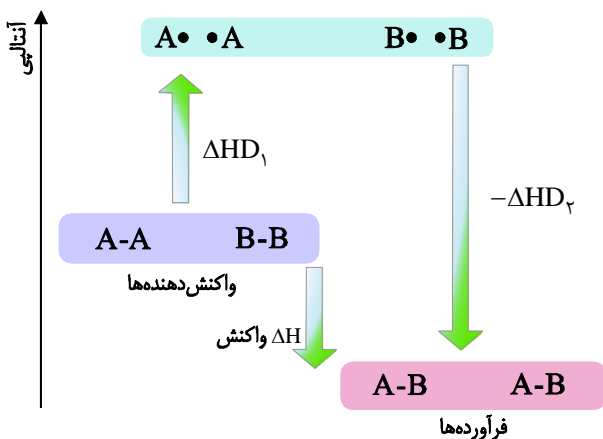
ب- ترتیب پایداری مواد به صورت:  $N_2H_4 > N_2 > NH_3$  است.

پ- چون آمونیاک از هیدرازین پایدارتر است، نمی‌توان  $\Delta H$  واکنش تولید هیدرازین را به روش گرماسنجی تعیین نمود.



تعیین  $\Delta H$  واکنش به کمک آنتالپی پیوند

در این روش تصور می‌شود که ابتدا پیوندهای اشتراکی در مولکول‌های مواد واکنش‌دهنده، شکسته شده و واکنش‌دهنده‌ها به اتم‌های گازی تبدیل شده‌اند و سپس اتم‌های گازی با تشکیل پیوند جدید به فرآورده‌ها تبدیل می‌شوند.



۱. به کار بردن آنتالپی‌های پیوند برای تعیین  $\Delta H$  واکنش‌هایی مناسب است که همه‌ی مواد شرکت‌کننده در آنها به حالت گاز هستند.
۲. برای محاسبه‌ی  $\Delta H$  واکنش به روش آنتالپی پیوند، هرچه مولکول‌های مواد شرکت‌کننده ساده‌تر باشند، آنتالپی محاسبه شده با داده‌های تجربی همخوانی بیشتری دارد؛ زیرا برای مولکول‌های پیچیده‌تر از میانگین آنتالپی پیوندها استفاده می‌کنیم که تا حدودی با آنتالپی پیوندهای موجود در مولکول خاص مورد نظر ما تفاوت دارد.
۳. در واکنش‌هایی مانند واکنش:  $H_2(g) + Cl_2(g) \rightarrow 2HCl(g)$  (که در آن همه‌ی مواد مولکول دو اتمی‌اند و بحث میانگین آنتالپی پیوند مطرح نیست،  $\Delta H$  واکنش محاسبه شده به کمک آنتالپی پیوند با داده‌های تجربی به طور کامل مطابقت دارد.
۴. از میان روش‌های غیرمستقیم قانون هس و آنتالپی پیوند، قانون هس نسبت به آنتالپی پیوند دقیق‌تر است و  $\Delta H$  محاسبه شده به روش قانون هس، برای یک گزارش علمی مناسب‌تر است.

### تمرین

**۴۲)** با توجه به جدول زیر، در واکنش  $2CH_4(g) \rightarrow C_2H_6(g) + H_2(g)$ ، به ازای تولید ۴/۵ گرم اتان، چند کیلوژول گرما مبادله می‌شود؟ ( $C_2H_6 = 30 \text{ g.mol}^{-1}$ )

پیوند	C – H	C – C	H – H
آنتالپی ( $\text{kJ.mol}^{-1}$ )	۴۱۵	۳۴۸	۴۳۶

### تمرین

**۴۳)** با توجه به واکنش‌های گرمایشیمیایی  $92 \text{ kJ} + N_2(g) + 2H_2(g) \rightarrow N_2H_4(g)$  و  $120 \text{ kJ} + NH_3(g) \rightarrow N(g) + 3H(g)$ ، اگر آنتالپی پیوند  $(N \equiv N)$  و  $(H - H)$  به ترتیب  $950$  و  $436$  کیلوژول بر مول باشند، آنتالپی پیوند  $(N - N)$  چند  $\text{kJ.mol}^{-1}$  است؟



تمرین ✓

۴۴) با توجه به واکنش‌های ترموشیمیایی  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{s}) + 52\text{kJ} \rightarrow 2\text{HI}(\text{g})$ ، اگر آنتالپی فرازش  $62/5\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$  باشد و آنتالپی پیوند  $(\text{H}-\text{H})$  و  $(\text{I}-\text{I})$  به ترتیب ۴۳۶ و ۱۵۰ کیلوژول بر مول باشد، آنتالپی پیوند  $(\text{H}-\text{I})$  چند  $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$  است؟

تمرین ✓

۴۵) اگر برای شکستن پیوندها در هر گرم از گازهای  $\text{H}_2(\text{g})$  و  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  و تبدیل آنها به اتم‌های مربوطه به ترتیب ۲۱۸ و ۵۱ کیلوژول گرما لازم باشد، با توجه به واکنش  $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + 486\text{kJ}$ ، آنتالپی پیوند  $(\text{O}=\text{O})$  چند  $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$  است؟

## مفهوم سرعت واکنش

سرعت واکنش کمیتی تجربی است که با اندازه‌گیری آهنگ مصرف واکنش‌دهنده‌ها و یا آهنگ تولید فرآورده‌ها به دست می‌آید. سرعت واکنش را به کمک کمیت‌های قابل اندازه‌گیری مانند جرم، غلظت، رنگ و ... با توجه به دما تعیین می‌کنیم.

**واکنش کامل:** واکنشی است که سرعت آن در پایان به صفر می‌رسد.

**واکنش تعادلی:** واکنشی است که سرعت آن به صفر نمی‌رسد و در واقع به مقدار ثابتی می‌رسد.

به فرمول سرعت دقت کنید:

$$\text{سرعت} = \frac{\text{تغییر یک ویژگی}}{\text{زمان صرف شده}}$$

**نکته** اگر سرعت یک ماده گازی مدنظر باشد، می‌توان سرعت را با واحدهای زیر به دست آورد:

**نکته** اگر سرعت یک ماده محلول مدنظر باشد، می‌توان سرعت را با واحدهای زیر به دست آورد:

**نکته** برای به دست آوردن سرعت یک جامد یا مایع خالص فقط می‌توانیم از فرمول زیر استفاده کنیم:

**نکته** با توجه به این که سرعت کمیتی مثبت است باید در پشت فرمول سرعت برای مواد اولیه یک علامت منفی گذاشت.

### تست

۴۶ در واکنش گازی  $A + B \rightarrow C + D$ ، سرعت متوسط تولید ماده D و مصرف ماده B، در فاصله زمانی  $\Delta t$  کدام است؟

$$\begin{array}{ll} -\frac{\Delta nB}{\Delta t}, +\frac{\Delta nD}{\Delta t} & (۱) \\ +\frac{\Delta nB}{\Delta t}, -\frac{\Delta nD}{\Delta t} & (۲) \\ +\frac{\Delta nB}{\Delta t}, -\frac{\Delta nD}{\Delta t} & (۳) \\ -\frac{\Delta nB}{\Delta t}, +\frac{\Delta nD}{\Delta t} & (۴) \end{array}$$





## تست ✓

۴۷) در واکنش فرضی  $A(g) + B(l) \rightarrow C(aq) + D(s)$  سرعت کدام ماده برحسب  $\text{mL} \cdot \text{min}^{-1}$  می تواند باشد؟

- (۱) A (۲) B (۳) C (۴) D

## تست ✓

۴۸) برای واکنش سوال قبل کدام رابطه نمی تواند درست باشد؟

- (۱)  $+\frac{\Delta nD}{\Delta t}$  (۲)  $-\frac{\Delta[B]}{\Delta t}$  (۳)  $-\frac{\Delta VA}{\Delta t}$  (۴)  $-\frac{\Delta nB}{\Delta t}$

نکته یک بررسی بسیار مهم:



$t = 0$

$t = 10$

$t = 20$

۱- مقدار واکنش دهنده باگذشت زمان.....

۲- مقدار فراورده باگذشت زمان.....

۳- تغییرات مقدار واکنش دهنده باگذشت زمان.....

۴- تغییرات مقدار فراورده باگذشت زمان.....

۵- سرعت مصرف واکنش دهنده باگذشت زمان.....

۶- سرعت تولید فراورده باگذشت زمان.....

۷- سرعت واکنش باگذشت زمان.....

## تست ✓

۴۹) در واکنش گازی  $A \rightarrow 2B$  از دقیقه اول تا دقیقه چهارم واکنش [A] ..... و  $-\frac{\Delta[A]}{\Delta t}$  ..... و  $\Delta[B]$  ..... می شود.

..... و  $\frac{\Delta[B]}{\Delta t}$  ..... می شود.

(۲) کم تر، بیش تر، بیش تر، بیش تر

(۴) کم تر، بیش تر، کم تر، بیش تر

(۱) کم تر، کم تر، کم تر، کم تر

(۳) کم تر، کم تر، بیش تر، کم تر

## تست ✓

۵۰) با توجه به جدول زیر که مربوط به واکنش  $A \rightarrow B$  می باشد، از ۸ مورد ذکرشده چند مورد صحیح است؟

سرعت متوسط مصرف B	تغییر غلظت B $\Delta[B]$	سرعت متوسط مصرف A	تغییر غلظت A $\Delta[A]$	گستره‌ی زمانی ۲۰ دقیقه
$n_1$	$y_1$	$m_1$	$x_1$	از آغاز تا دقیقه‌ی ۲۰
$n_2$	$y_2$	$m_2$	$x_2$	از دقیقه‌ی ۲۰ تا دقیقه‌ی ۴۰
	$n_1 > 0$ (ت)	$y_1 > 0$ (پ)	$m_1 < 0$ (ب)	$x_1 > 0$ (آ)
	$n_1 > n_2$ (ح)	$x_1 > x_2$ (چ)	$m_1 > m_2$ (ج)	$y_1 > y_2$ (ث)
	۴ (۴)	۵ (۳)	۴ (۲)	۳ (۱)

**نکته** سرعت یک ماده با ضریب استوکیومتری آن ماده رابطه مستقیم دارد. به عبارت دیگر هرچه ضریب استوکیومتری یک ماده بیش تر باشد، سرعت تولید یا مصرف آن ماده بیش تر خواهد بود.

برای مثال در واکنش فرضی  $aA + bB \rightarrow cC + dD$  داریم:

$$R_{\text{واکنش}} = \frac{R_A}{a} = \frac{R_B}{b} = \frac{R_C}{c} = \frac{R_D}{d}$$

#### تست

(۵۱) در واکنش  $3\text{Cu} + 8\text{HNO}_3 \rightarrow 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} + 4\text{H}_2\text{O}$  سرعت متوسط تولید کدام ماده از همه بیش تر است؟

$\text{HNO}_3$  (۱)  $\text{H}_2\text{O}$  (۲)  $\text{NO}$  (۳)  $\text{Cu}$  (۴)

#### تست

(۵۲) در واکنش فرضی  $3\text{A}(\text{g}) + 5\text{B}(\text{l}) \rightarrow 2\text{C}(\text{aq}) + \text{D}(\text{s})$  سرعت کدام ماده برحسب  $\text{M.s}^{-1}$  از همه بیش تر است؟

A (۱) B (۲) D (۳) C (۴)

#### تست

(۵۳) نسبت سرعت مصرف Al به سرعت تولید  $\text{H}_2$  در واکنش  $\text{HCl} + \text{Al} \rightarrow \text{AlCl}_3 + \text{H}_2$  کدام است؟

(۱)  $\frac{1}{1}$  (۲)  $\frac{3}{2}$  (۳)  $\frac{2}{3}$  (۴)  $\frac{1}{2}$

#### تست

(۵۴) در یک واکنش رابطه ی  $R_x = \frac{\Delta[x]}{\Delta t}$  و  $R_y = -\frac{\Delta[y]}{\Delta t}$  برقرار است. اگر رابطه ی  $R_x = 3R_y$  بین سرعت ها برقرار باشد، کدام معادله را می توان برای این واکنش در نظر گرفت؟

(۱)  $3x \rightarrow y$  (۲)  $x \rightarrow 3y$  (۳)  $y \rightarrow 3x$  (۴)  $3y \rightarrow x$

#### تست

(۵۵) در یک واکنش  $\Delta n_A < 0$  و  $\Delta n_B > 0$ ،  $\Delta n_C < 0$  است. اگر رابطه ی  $R_A = \frac{1}{3}R_B = \frac{1}{8}R_C$  بین سرعت ها برقرار باشد، کدام معادله متعلق به این واکنش است؟

(۱)  $3\text{B} \rightarrow 24\text{A} + 8\text{C}$  (۲)  $3\text{B} \rightarrow \text{A} + 8\text{C}$   
(۳)  $24\text{A} + 8\text{C} \rightarrow 3\text{B}$  (۴)  $8\text{C} + \text{A} \rightarrow 3\text{B}$

**نکته** با یک جایگذاری در رابطه ی سرعت داریم:

$$R_{\text{واکنش}} = \frac{R_A}{a} = \frac{R_B}{b} = \frac{R_C}{c} = \frac{R_D}{d} \Rightarrow$$

$$R_{\text{واکنش}} = \frac{-\frac{\Delta n_A}{\Delta t}}{a} = \frac{-\frac{\Delta n_B}{\Delta t}}{b} = \frac{+\frac{\Delta n_C}{\Delta t}}{c} = \frac{+\frac{\Delta n_D}{\Delta t}}{d}$$

$$R_{\text{واکنش}} = -\frac{1}{a} \frac{\Delta n_A}{\Delta t} = -\frac{1}{b} \frac{\Delta n_B}{\Delta t} = +\frac{1}{c} \frac{\Delta n_C}{\Delta t} = +\frac{1}{d} \frac{\Delta n_D}{\Delta t}$$



رابطه‌ی سرعت را ممکن است به ۳ شکل گزارش دهند که باید بتوانیم از روی آنها به معادله‌ی واکنش برسیم:

(۱) در صورتی که رابطه‌ی سرعت برابر  $R$  و یا عبارتی مثبت نشان داده شده بود، بدون هیچ تغییری در معادله، مواد دارای علامت منفی را به عنوان مواد اولیه و بقیه‌ی مواد را به عنوان فرآورده انتخاب می‌کنیم و عدد ضرب شده در هر کسر را به صورت معکوس پشت ماده قرار می‌دهیم.

## تمرین

(۵۶) معادله شیمیایی واکنش را برای عبارت زیر بنویسید.

$$R = \frac{1}{2} \frac{\Delta nA}{\Delta t} = -\frac{1}{3} \frac{\Delta nB}{\Delta t} = -\frac{\Delta nD}{\Delta t} = \frac{2\Delta nC}{\Delta t}$$

(۲) در صورتی که رابطه‌ی سرعت عبارتی منفی نشان داده شده بود، ابتدا تمام کسرهای در یک منفی ضرب می‌کنیم و سپس مانند روش (۱) معادله‌ی واکنش را می‌نویسیم.

## تمرین

(۵۷) معادله شیمیایی واکنش را برای عبارت زیر بنویسید.

$$\frac{2\Delta nx}{\Delta t} = -\frac{\Delta ny}{\Delta t} = \frac{2\Delta nz}{\Delta t} < 0$$

(۳) در صورتی که رابطه‌ی سرعت طوری داده شود که منفی یا مثبت بودن آن مشخص نباشد، باید هر دو حالت را در نظر بگیریم و معادله را بنویسیم.

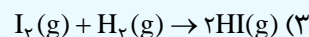
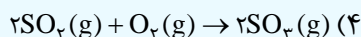
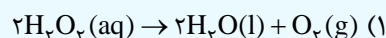
## تمرین

(۵۸) معادله شیمیایی واکنش را برای عبارت زیر بنویسید.

$$-\frac{1}{2} \frac{\Delta n\alpha}{\Delta t} = \frac{\Delta n\beta}{\Delta t} = -\frac{1}{3} \frac{\Delta n\gamma}{\Delta t}$$

## تست

(۵۹) رابطه‌ی  $-\frac{\Delta nA}{\Delta t} = \frac{2\Delta nC}{\Delta t} = \frac{\Delta nB}{\Delta t}$  مربوط به کدام واکنش نمی‌تواند باشد؟



### ✓ تست

۶۰ در واکنش گازی  $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$  در زمان مشخص کدام مقایسه درست است؟

$$\begin{aligned} \bar{R}_{H_2} &= 3\bar{R}_{NH_3} \quad (2) & \bar{R}_{\text{واکنش}} &= \frac{\Delta n_{H_2}}{\Delta t} \quad (1) \\ \frac{-\Delta n_{N_2}}{\Delta t} &= 2\bar{R}_{NH_3} \quad (4) & \bar{R}_{\text{واکنش}} &= \frac{\Delta n_{NH_3}}{2\Delta t} \quad (3) \end{aligned}$$

### ✓ تست

۶۱ با توجه به معادله‌ی واکنش  $MnO_2(s) + 4HCl(aq) \rightarrow MnCl_2(aq) + Cl_2(g) + 2H_2O(l)$  مقدار کدام گزینه بزرگتر

است؟ (برحسب  $\frac{mol}{s}$ )

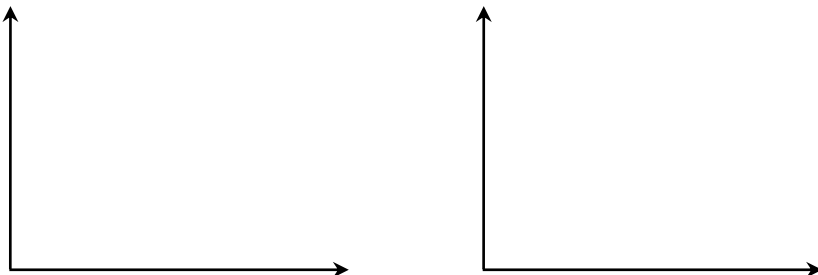
$$\begin{aligned} \frac{3\Delta n_{Cl_2}}{4\Delta t} \quad (4) & \quad \frac{\Delta n_{H_2O}}{4\Delta t} \quad (3) & \quad \frac{-\Delta n_{MnO_2}}{\Delta t} \quad (2) & \quad \frac{-\Delta n_{HCl}}{4\Delta t} \quad (1) \end{aligned}$$

## نمودارهای «غلظت - زمان»

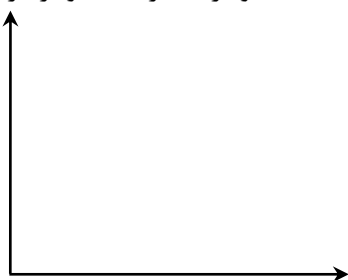
همان‌طور که گفتیم در یک واکنش شیمیایی، مقدار ماده‌ی اولیه در حال کاهش و مقدار فرآورده‌ها رو به افزایش است. پس در نمودارها، واکنش‌دهنده‌ها نموداری نزولی و فرآورده‌ها نموداری صعودی دارند.

### ۱) نمودار «غلظت - زمان» واکنش‌های کامل:

می‌دانید که در واکنش کامل حداقل غلظت یکی از مواد اولیه به صفر می‌رسد. به نمودار «غلظت - زمان» روبه‌رو که متعلق به واکنش کامل  $A(g) \rightarrow B(g)$  است توجه کنید:

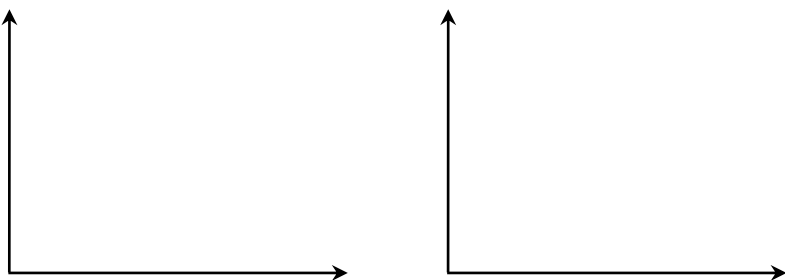


**نکته** هرچه ضریب استوکیومتری یک ماده بیش‌تر باشد، شیب نمودار «غلظت - زمان» آن ماده بیش‌تر است و بالعکس. به نمودار «غلظت - زمان» واکنش  $2A(g) \rightarrow B(g)$  دقت کنید. همان‌طور که مشخص است، شیب نمودار مصرف A دو برابر شیب نمودار تولید B است.



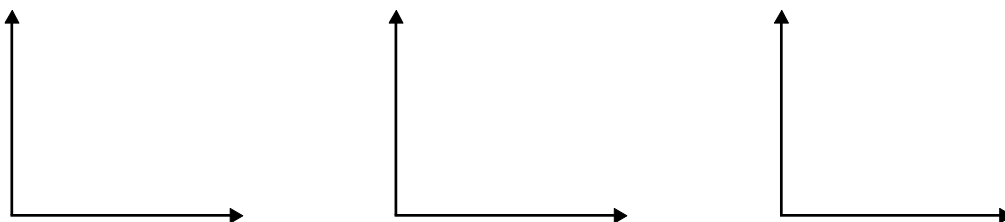


**نکته** غلظت جامدها (s) و مایع‌های خالص (l) همواره ثابت است ولی مقدار مول آنها تغییر می‌کند. به نمودارهای «غلظت - زمان» و «مول - زمان» واکنش  $A(l) \rightarrow B(g)$  دقت کنید:



## ۲) نمودار «غلظت - زمان» واکنش‌های تعادلی:

در واکنش‌های تعادلی مقدار ماده‌ی اولیه به میزان ثابتی (به غیر از صفر می‌رسد و مقدار فرآورده‌ها نیز در لحظه‌ی تعادل ثابت می‌شود. حال برحسب این که در لحظه‌ی تعادل غلظت ماده‌ی اولیه بیش‌تر باشد یا غلظت فرآورده و یا در لحظه‌ی تعادل غلظت ماده‌ی اولیه و فرآورده با هم برابر باشند، سه نوع نمودار «غلظت - زمان» خواهیم داشت. به نمودارهای «غلظت - زمان» زیر که می‌توانند متعلق به واکنش تعادلی  $A(g) \rightleftharpoons B(g)$  باشند توجه کنید.

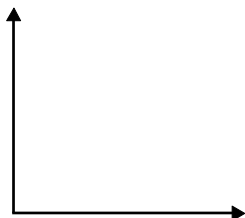


**نکته** در نمودارهای «غلظت - زمان» واکنش‌های تعادلی، لحظه‌ی تعادل زمانی است که غلظت مواد اولیه و فرآورده به مقدار ثابتی (نه لزوماً برابر) رسیده‌اند.

## نمودارهای «سرعت - زمان»

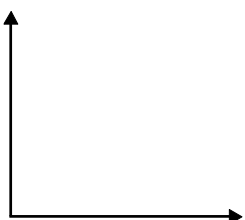
### ۱) نمودار «سرعت - زمان» واکنش‌های کامل:

سرعت واکنش‌های کامل به مرور زمان کاهش می‌یابد و با تمام شدن یکی از مواد اولیه، سرعت به صفر می‌رسد. به نمودار «سرعت - زمان» واکنش فرضی کامل  $A(g) \rightarrow B(g)$  دقت کنید:



### ۲) نمودار «سرعت - زمان» واکنش‌های تعادلی:

در واکنش‌های تعادلی، در لحظه‌ی تعادل، سرعت واکنش‌های رفت و برگشت با هم برابر است. به نمودار «سرعت - زمان» واکنش فرضی تعادلی  $A(g) \rightleftharpoons B(g)$  دقت کنید:



تمرین

۶۲) نمودار «غلظت - زمان» سه واکنش زیر را رسم کنید.

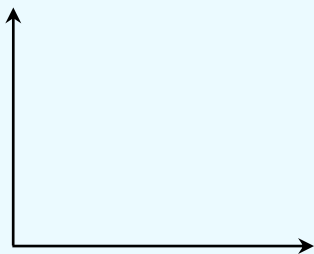
آ- واکنش  $2SO_3(g) \rightarrow 2SO_2(g) + O_2(g)$  که غلظت ابتدایی  $SO_3$  برابر  $1 \text{ mol.L}^{-1}$  و واکنش طی مدت ۲۰ ثانیه به اتمام می‌رسد.



ب- واکنش  $NH_4HS(s) \rightarrow NH_3(g) + H_2S(g)$  که پس از اتمام واکنش طی ۱۰ ثانیه غلظت  $H_2S$  به  $2 \text{ mol.L}^{-1}$  می‌رسد.

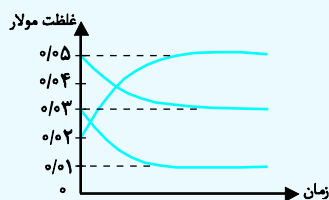


پ- واکنش گازی  $2A + B \rightarrow C$  که با ۴ مول از هر کدام از واکنش‌دهنده‌ها شروع می‌شود.



تست

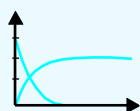
۶۳) با توجه به نمودار پیشرفت واکنش نسبت به زمان زیر، مجموع ضریب‌های استوکیومتری مواد شرکت‌کننده در واکنش، کدام است؟



- (۱) ۳  
(۲) ۴  
(۳) ۵  
(۴) ۷

تست

۶۴) با توجه به نمودار روبه‌رو، کدام عبارت درست است؟



- (۱) می‌تواند نمودار «غلظت - زمان» واکنش  $3A(g) \rightarrow 2B(g) + 2C(g)$  باشد.  
(۲) نمی‌تواند نمودار «مول - زمان» واکنش  $3X(l) \rightarrow 2Y(g) + 2Z(g)$  باشد.  
(۳) می‌تواند نمودار «غلظت - زمان» واکنش  $3B \rightleftharpoons 2A$  باشد.  
(۴) می‌تواند نمودار «مول - زمان» واکنش  $3X(g) + 2Y(l) \rightarrow 2C(g)$  باشد.



## مسائل سینتیک

- ۱- به واحد داده یا خواسته شده توجه کنید.
- ۲- اگر سرعت و یا زمان مجهول بود به منفی پشت فرمول سرعت توجه نمیکنیم.
- ۳- اگر مقدار اولیه و یا ثانویه مجهول بود حتما پشت فرمول سرعت مواد اولیه علامت منفی قرار میدهیم.
- ۴- در صورتی که اطلاعات داده و خواسته شده مربوط به یک ماده باشند نیازی به نوشتن واکنش نداریم.
- ۵- برای به دست آوردن مول از رابطه زیر استفاده میکنیم:

$$\text{مول} = \frac{\text{جرم}}{\text{جرم مولی}} = \frac{\text{مولکول}}{N_A} = \frac{\text{اتم}}{x \times N_A} = \frac{\text{حجم (L)}}{22.4} = \frac{\text{حجم (mL)}}{22400}$$

## تمرین

۶۵ در واکنش آلومینیم با هیدروکلریک اسید ۱/۸ گرم Al در مدت ۲۰ ثانیه مصرف می‌شود. سرعت متوسط مصرف Al چند مول بر دقیقه است؟ ( $\text{Al} = 27 \text{ g.mol}^{-1}$ )

## تست

۶۶ اگر در ثانیه‌ی پنجم مقدار ۴ گرم و در ثانیه‌ی پانزدهم مقدار ۲ گرم از گاز  $\text{H}_2$  در یک ظرف ۲ لیتری وجود داشته باشد، سرعت مصرف هیدروژن چند مول بر لیتر بر دقیقه است؟ ( $\text{H} = 1 \text{ g.mol}^{-1}$ )

۴ (۴)

۳ (۳)

۲ (۲)

۶ (۱)

## تمرین

۶۷ در واکنش فلز سدیم با  $\text{H}_2\text{SO}_4$  مقدار ۱۱۲ میلی لیتر گاز  $\text{H}_2$  در مدت ۲۰ ثانیه تولید شده است. اگر واکنش در شرایط STP باشد، سرعت تولید  $\text{H}_2$  چند مول بر دقیقه است؟

✓ تست

۶۸ در واکنش تجزیه‌ی هیدروژن پراکسید که در ظرفی به حجم ۴L انجام می‌شود، در دقیقه‌ی پنجم از آغاز واکنش ۱/۱ مول  $O_2$  و در دقیقه‌ی نهم ۱/۱۴ مول  $O_2$  در ظرف وجود دارد. سرعت متوسط تولید  $O_2$  چند مولار بر ثانیه است؟

✓ تست

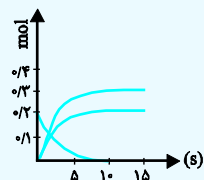
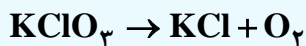
۶۹ با توجه به جدول روبه‌رو که مربوط به واکنش گازی:  $2NO_2 \rightarrow 2NO + O_2$  می‌باشد، مقدار  $y$  برابر کدام یک از گزینه‌های زیر است؟

زمان (s)	$[NO_2]$	$-\frac{\Delta[NO_2]}{\Delta t}$
۱۰	۰/۹	$6 \times 10^{-2}$
۱۵	y	

- ۰/۳(۱)  
۰/۹(۲)  
۱/۲(۳)  
۰/۶(۴)

✓ تست

۷۰ با توجه به نمودار روبه‌رو که متعلق به واکنش تجزیه‌ی پتاسیم کلرات (واکنش زیر) در یک ظرف به حجم ۵۰۰ سی‌سی است، سرعت تولید گاز  $O_2$  چند مول بر لیتر بر دقیقه می‌باشد؟



- ۳/۶(۱)  
۱/۸(۲)  
۰/۹(۳)  
۷/۲(۴)

✓ تمرین

۷۱ سرعت متوسط تجزیه  $KNO_3$  در واکنش برابر ۱۲٪ مول بر دقیقه است، اگر واکنش با ۵/۵۵ گرم  $KNO_3$  شروع شود، چند ثانیه بعد ۵٪ گرم پتاسیم نیترات در ظرف باقی می‌ماند؟ ( $KNO_3 = 101 \text{ g.mol}^{-1}$ )





تمرین ✓

(۷۲) در یک واکنش مقداری گاز هیدروژن وارد می‌شود تا با سرعت متوسط  $0.12\%$  مول بر ثانیه تجزیه شود. پس از گذشت ۲ دقیقه از آغاز واکنش  $2/3$  مول گاز هیدروژن درون ظرف وجود دارد. مقدار اولیه گاز هیدروژن چند مول بوده است؟

تمرین ✓

(۷۳) در واکنشی سرعت مصرف گاز  $N_2$  برابر  $0.72\%$  مولار بر دقیقه است. اگر واکنش در ظرفی به حجم  $4L$  انجام شود و در آغاز واکنش  $2/9$  مول گاز  $N_2$  وارد شده باشد، پس از ۱۰ ثانیه از شروع واکنش چند مول گاز  $N_2$  باقی مانده است؟

تمرین ✓

(۷۴)  $3/7$  مول گاز نیتروژن در ظرفی به حجم  $5L$  با سرعت متوسط  $0.48\%$  مولار بر دقیقه تجزیه می‌شود. پس از گذشت ۲۰ ثانیه از آغاز واکنش، چند گرم گاز نیتروژن درون ظرف وجود دارد؟ ( $N = 14 g.mol^{-1}$ )

### تمرین

(۷۵) ۴ مول ماده‌ی A را در ظرفی می‌ریزیم تا مطابق واکنش  $2A \rightarrow B + 3C$  تجزیه شود. اگر پس از دو دقیقه مجموع مول‌های موجود در ظرف برابر ۶ مول باشد، سرعت مصرف A چند مول بر دقیقه خواهد بود؟

	$2A \rightleftharpoons B + 3C$		
اولیه			
تغییر			
باقی مانده			

### تمرین

(۷۶) ۶ مول ماده‌ی A را در ظرفی می‌ریزیم تا مطابق واکنش  $2A(g) + B(s) \rightarrow 2C(s) + D(g)$  با ماده‌ی B واکنش دهد. اگر بعد از گذشت ۱۲ دقیقه مقدار گاز موجود در ظرف برابر ۴ مول باشد. سرعت مصرف A چند  $\text{mol.H}^{-1}$  است؟

### تمرین

(۷۷) ۲۴۵ گرم پتاسیم کلرات در ظرفی وارد شده است تا با سرعت متوسط  $48^\circ/\text{mol}$  بر دقیقه تجزیه شود. پس از گذشت چند ثانیه از آغاز واکنش ۸۰٪ ماده‌ی مورد نظر تجزیه شده است؟ ( $\text{KClO}_3 = 122.5 \text{ g.mol}^{-1}$ )



تمرین

۷۸) x گرم ماده‌ی A را در ظرفی می‌ریزیم اگر پس از گذشت ۲۰ ثانیه از آغاز تعداد مول‌های A موجود در ظرف به ۴۰٪ مقدار اولیه رسیده باشد و سرعت متوسط واکنش در این مدت ۲۴٪ مول بر دقیقه باشد، مقدار اولیه ماده‌ی مورد نظر چند گرم بوده است؟ ( $A = 60 \text{ g.mol}^{-1}$ )

تست

۷۹) ۸ گرم  $\text{H}_2$  و ۳۲ گرم  $\text{O}_2$  را در ظرفی می‌ریزیم تا واکنش  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$  انجام شود. اگر پس از گذشت ۵ دقیقه مقدار مول‌های موجود در واکنش برابر ۴ مول باشد سرعت مصرف  $\text{H}_2$  برابر چند مول بر دقیقه است؟

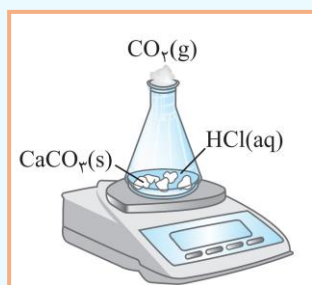
۱) ۱٪      ۲) ۲٪      ۳) ۳٪      ۴) ۴٪

تمرین

۸۰) ۵۳/۴۷ گرم کلسیم کربنات را حرارت می‌دهیم تا تجزیه شود. پس از گذشت ۱۲۰ ثانیه از آغاز واکنش، ۵۲/۱۵ گرم ماده جامد در ظرف باقی مانده است. سرعت متوسط تجزیه کلسیم کربنات چند مول بر دقیقه است؟

۸۱) واکنش کلسیم کربنات با محلول HCl مطابق شکل زیر است، با توجه به داده‌های جدول کدام مطالب درست‌اند؟

زمان (ثانیه)	۰	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰
جرم مخلوط واکنش (گرم)	۶۵/۹۸	۶۵/۳۲	۶۴/۸۸	۶۴/۶۶	۶۴/۵۵	۶۴/۵۰	۶۴/۵۰
جرم کربن دی‌اکسید (گرم)	۰	۰/۶۶	A	.....	.....	.....	۱/۴۸



آ- مقدار A برابر با ۰/۴۴ است.

ب- به دلیل خروج گاز از ارلن، جرم مخلوط واکنش کاهش می‌یابد.

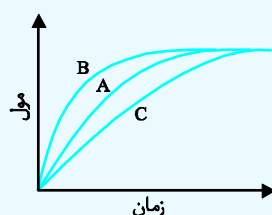
پ- با این که با گذشت زمان جرم گاز آزاد شده افزایش می‌یابد،

ولی جرم گاز آزاد شده در واحد زمان کاهش می‌یابد.

ت- سرعت واکنش از لحظه‌ی شروع تا پایان واکنش،  $\frac{۳۷}{۱۱۰۰} \text{ mol.min}^{-۱}$  است.

ث- سرعت مصرف HCl در بازه‌ی زمانی ۲۰ تا ۳۰ ثانیه، برابر  $۱۰^{-۳} \text{ mol.s}^{-۱}$  است.

۸۲) با توجه به نمودار مقابل، منحنی A برای واکنش کلسیم کربنات با مقدار اضافی محلول هیدروکلریک اسید  $۱ \text{ mol.L}^{-۱}$  در دمای اتاق رسم شده است. در هر یک از موارد زیر، کدام منحنی (B یا C) تغییر مول‌های کربن دی‌اکسید را با گذشت زمان به درستی نمایش می‌دهد؟



آ- پودر کردن کلسیم کربنات

ب- استفاده از محلول HCl با  $\text{pH} = ۲$

پ- قرار دادن ظرف واکنش در حمام محتوی آب و یخ

ت- استفاده از کاتالیزگر

ث- کاهش حجم ظرف واکنش

ج- اضافه کردن آب به ظرف واکنش