

## فصل دوم: در پی غذای سالم

مباحث عمده فصل: تغذیه، دما و انرژی گرمایی، گرما شیمی (ترمودینامیک شیمیایی)، گروه های عاملی، سینتیک شیمیایی، مسائل سرعت واکنش ها

- ✓ دانشمندان اجزای بنیادی جهان مادی را ماده و انرژی می دانند.
- ✓ کاهش جرم خورشید به عنوان تنها منبع حیات بخش انرژی، تبدیل ماده به انرژی را تأیید می کند. (طبق رابطه انیشتین  $E=mc^2$ )
- ✓ نیاز به انرژی برای انجام هر فعالیت با هر آهنگی، وجود یک منبع انرژی نزدیک تر را آشکار می سازد؛ منبعی که در آن تغییرهای فیزیکی و به ویژه واکنش های شیمیایی انجام می شود.
- ✓ راه تأمین انرژی برای بدن گوارش غذا (چربی ها و قندها) است.
- ✓ انرژی از طریق سوزاندن سوخت ها و نیز گوارش غذا در بدن تأمین می شود.
- ✓ امیدواریم با بررسی و درک واکنش های گرما شیمیایی و سرعت انجام آنها، در استفاده درست و مناسب از دو منبع سوخت و غذا تلاش کنیم.
- ✓ غذا همواره نقش محوری در رشد، تندرستی و زندگی انسان داشته است. بشر آغازین اغلب در طول روز به دنبال غذا و جمع آوری دانه های خوراکی بود. انسان به تدریج آموخت که دانه ها را بکارد و فرآورده ها را درو کند؛ فرایندی که نخستین انقلاب در کشاورزی بود و باعث شد انسان ها حبوبات، غلات و ... را به مقدار زیادی تولید کند.
- ✓ افزایش جمعیت جهان عاملی تعیین کننده در انقلاب کشاورزی بوده و هست، به طوری که امروزه تأمین غذای میلیارد ها نفر بسیار پیچیده و دشوار است، زیرا برای انجام این مهم سالانه بایستی حجم انبوهی از غلات، حبوبات، مواد پروتئینی و ... تولید شود.

میثم احمدوند



نمودار تولید و مصرف جهانی غلات (میلیون تن)

۱. مطابق نمودار مقابل مقدار تولید، مصرف و انبار شدن با هم متناسب است.
۲. اگر مصرف بیش از تولید باشد از ذخایر مصرف می شود.
۳. روند تولید و مصرف غلات به طور نامنظم رو به افزایش است.
۴. اثر هر سال در سال بعد نشان داده می شود.

- ✓ پیشرفت دانش و فناوری موجب شده است که تولید فراورده های کشاورزی و دامی افزایش یابد و غذا به روش صنعتی تولید شود.
- ✓ در تولید انبوه، به دلیل فساد مواد غذایی و دشواری نگهداری آنها، حفظ کیفیت و ارزش مواد غذایی اهمیت بسزایی دارد.
- ✓ برای تولید غذا در حجم انبوه به فعالیت های صنعتی گوناگونی مانند تولید، حمل و نقل، نگهداری، فراوری و ... نیاز است. مجموعه حوزه هایی که صنایع غذایی نامیده می شوند.
- ✓ یکی از مهم ترین و شاید دشوارترین مسئولیت هر دولت، تأمین غذای افراد جامعه است. مسئولیتی که در گذشته با قحطی و جنگ غذا تهدید می شد و امروزه نیز چالشی نگران کننده به شمار می رود.
- ✓ در صنایع غذایی سطح وسیعی از زمین های بایر و حجم عظیمی از آب های قابل استفاده در کشاورزی مصرف می شود.

## ص ۵۱ کتاب درسی

## خود را بیازمایید

سرانه مصرف (Kg)		منبع خوراکی
ایران	جهان	
۱۱۵	۲۵	نان
۳۷	۲۲	برنج
۱۲	۲۲	حبوبات
۱۰۰	۱۳۰	سبزیجات
۹۵	۱۴۵	میوه
۱۹	۳۷	گوشت قرمز
۹	۱۹	ماهی
۹	۲۴	تخم مرغ
۹۰	۳۰۰	شیر
۳۰	۵	شکر
۶	۳	نمک خوراکی
۱۹	۱۴	روغن

جدول روبه رو، سرانه مصرف سالانه برخی مواد خوراکی را نشان می‌دهد. با توجه به آن، به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.

✓ سرانه مصرف ماده غذایی، مقدار میانگین مصرف آن را به ازای هر فرد در یک گستره زمانی معین (معمولاً یک ساله است) نشان می‌دهد.

✓ سرانه مصرف مواد غذایی در کشورهای مختلف، یکسان نیست.

الف) دیابت بزرگسالی یکی از بیماری‌های شایع در ایران است. مصرف بی‌رویه کدام مواد در گسترش این بیماری نقش دارد؟ **مصرف زیاد نان، برنج و شکر و ...**

ب) گوشت قرمز و ماهی افزون بر **پروتئین**، محتوی انواع **ویتامین** و مواد **معدنی** است. چه پیشنهادهایی برای گنجاندن آنها در برنامه غذایی خانواده خود دارید؟

**در هفته چند نوبت در رژیم غذایی قرار گیرد.**

پ) **شیر** و فراورده‌های آن، منبع مهمی برای تأمین **پروتئین** و به ویژه **کلسیم** است. کارشناسان تغذیه بر مصرف مناسب آنها برای **پیشگیری** و **ترمیم** پوکی استخوان تأکید دارند. اگر شما یک مدیر تصمیم گیرنده در کشور باشید، چه راهکارهایی برای افزایش مصرف آنها ارائه می‌کنید؟

**کاهش قیمت بر اساس پرداخت یارانه، توزیع در مدارس و محل کار کارمندان فرهنگ سازی و تشویق خانواده‌ها به مصرف شیر با برنامه سازی و ...**

✓ کشور ایران در مصرف پنج ماده خوراکی **نان، برنج، شکر، روغن و نمک خوراکی** مصرف سالانه **بالتری** نسبت به سرانه جهانی دارد.

✓ در مقابل، در مصرف **حبوبات** (نخود، لوبیا، عدس و ...)، **سبزیجات**، **میوه‌جات**، **گوشت قرمز**، **ماهی**، **تخم مرغ** و **شیر** مصرف سالانه **کمتری** نسبت به سرانه جهانی دارد.

ت) کارشناسان تغذیه بر مصرف حبوبات مانند نخود، لوبیا، عدس و ... در برنامه غذایی تأکید دارند زیرا سرشار از مواد مغذی هستند. بر اساس برنامه غذایی خانواده خود چه پیشنهادی برای افزایش مصرف آنها دارید؟



**استفاده از آنها همراه با مواد غذایی به صورت مستمر**

۱- غذا می‌تواند موجب **بیماری** شود. (پس باید در مصرف غذا حد اعتدال را رعایت کرد.)

۲- با غذا می‌توان برخی بیماری‌ها را **درمان** کرد.

۳- با غذا می‌توان از بروز برخی بیماری‌ها **پیشگیری** کرد.

۴- تأمین **انرژی** بدن و **سلامت** خانواده در گرو رژیم غذایی **سالم** است.

محورهای مهم خود را بیازمایید:

میثم احمدوند

بدن انسان در هنگام **گرسنگی** توانایی انجام فعالیت‌های **جسمی** و **ذهنی** را ندارد در واقع غذا چیزی **فراتر** از پاسخ به احساس **گرسنگی** است. غذا نقش‌های مختلفی در بدن دارد که از جمله آنها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- **انرژی** مورد نیاز بدن برای حرکت **ماهچه‌ها**، **ارسال پیام عصبی**، **جابجایی یونها** و **مولکول‌ها** از دیواره هر **یاخته** را تأمین می‌کند.

۲- مواد اولیه برای **ساخت** و **رشد** بخش‌های گوناگون بدن مانند **سلول‌های خونی**، **استخوان**، **پوست**، **مو**، **ماهچه**، **آنزیم‌ها** و ... را فراهم می‌کند.

۳- تأمین **حرارت بدن** و **تنظیم آن**

همه این فرایندها وابسته به انجام واکنش‌های **شیمیایی** هستند که هر یک **آهنک** ویژه ای دارند؛ واکنش‌هایی که **دمای** بدن را نیز **کنترل** و **تنظیم** می‌کنند.

غذا معجونی از مواد **شیمیایی**، محتوی ذره‌های گوناگون است. منظور از **ذره‌ها**، **اتم‌ها**، **مولکول‌ها** و **یون‌هاست** که بخش عمده ذره‌های بدن از **غذایی** که می‌خوریم **تأمین** می‌شود.

✓ تغذیه **درست** شامل وعده‌های غذایی است که **مخلوط** مناسبی انواع **ذره‌ها** را در بر دارد.

✓ تغذیه **نادرست** (**سوء تغذیه**) به حالتی می‌گویند که وعده‌های غذایی با **کمبود** نوع خاصی از **ذره‌ها** همراه است. در این شرایط، بدن به **تدریج ضعیف** شده و شرایط **بیماری** فراهم خواهد شد.

✓ افزایش **نامتناسب** برخی **مولکول‌ها** و **یون‌ها** در وعده‌های غذایی سبب **افزایش وزن** و دیگر بیماری‌ها خواهد شد.

### غذا، ماده و انرژی:

بدن ما برای انجام فعالیت‌های **ارادی** و **غیر ارادی** گوناگون به **ماده** و **انرژی** نیاز دارد. مثلاً هنگامی که **قندخون** (گلوکز) پایین می‌آید می‌توان با خوردن **سیب** یا **شربت آلبیمو** و **عسل** و یا هنگامی که بدن دچار **کمبود آهن** باشد با خوردن **اسفناج** و **عدسی**، بدن را به حالت طبیعی برگرداند.

✓ ارزش مواد غذایی در **تأمین ماده** و **انرژی** مورد نیاز بدن یکسان **نیست**. به عنوان مثال ارزش غذایی **ماکارونی** و **گردو** متفاوت است. به همین دلیل خوردن این مواد غذایی انرژی متفاوتی در بدن تولید می‌کند.

				
ماست	گوشت ماهی	تخم مرغ	عدس	اسفناج
منبع غنی <b>منیزیم</b> و <b>کلسیم</b>	حاوی <b>امگا-۳</b>	حاوی <b>آمینو اسید</b> و <b>پروتئین ساز</b>	<b>خون ساز</b> - حاوی <b>آهن</b>	<b>خون ساز</b> - حاوی <b>آهن</b>

خوردن هر یک از مواد غذایی زیر **انرژی** مورد نیاز بدن و نیز **کمبود** برخی مواد را **جبران** و **سلامت** بدن ما را **تأمین** می‌کند.

✓ خوردن سیب یا نوشیدن شربت آلبیمو و عسل	← افزایش <b>قند خون</b>
✓ خوردن اسفناج و عدسی	← <b>جبران کمبود آهن</b> و <b>کم خونی</b>
✓ خوردن شیر و ماست منبع غنی <b>منیزیم</b> و <b>کلسیم</b>	← جلوگیری از <b>پوکی استخوان</b>
✓ خوردن گوشت ماهی ( <b>امگا-۳</b> )	← کاهش <b>کلسترول خون</b> و کاهش خطر ابتلا به بیماری‌های <b>قلبی</b>
✓ خوردن <b>تخم مرغ</b> سرشار از انواع <b>آمینو اسیدها</b>	← به ساخت <b>پروتئین‌ها</b> در بافت‌های بدن کمک می‌کند.

✓ یکی از راه‌های آزاد شدن انرژی مواد، **سوزاندن** آنهاست. سوخت‌هایی مانند **گاز شهری**، **بنزین**، **الکل** و **زغال** هنگام سوختن، انرژی آزاد می‌کنند و این انرژی برای **گرم کردن خانه**، **پخت و پز** و نیز به **حرکت درآوردن** خودروها مصرف می‌شود.

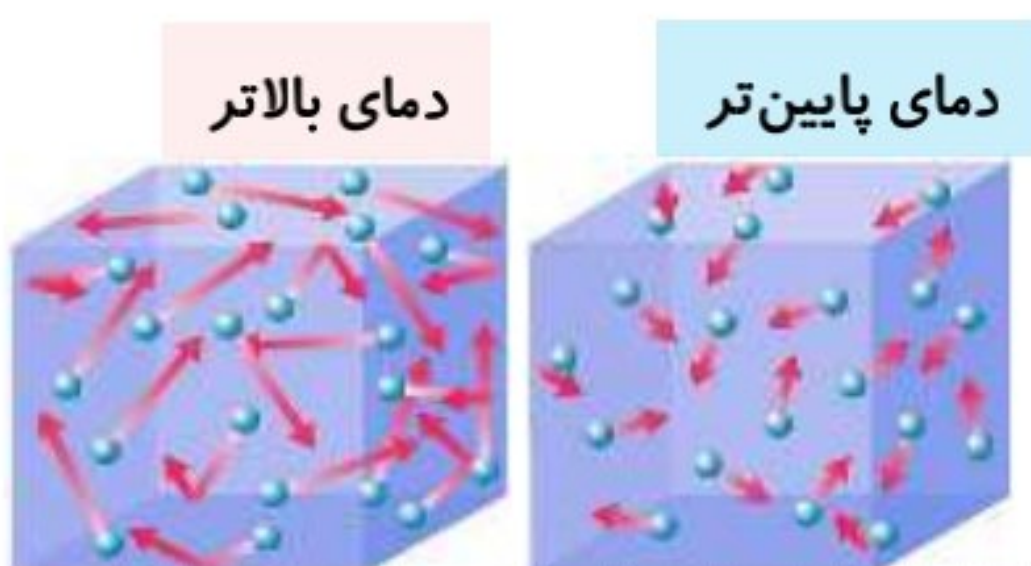
✓ باید توجه داشته باشیم که مقدار گرمای آزاد شده به **نوع ماده** و **جرم ماده** بستگی دارد به عنوان مثال **گردو** و **ماکارونی** هنگام سوختن انرژی آزاد می‌کنند، اما میزان انرژی حاصل از سوختن آن‌ها **متفاوت** است. به طوری که انرژی آزاد شده از **۲ گرم ماده ۲** برابر انرژی آزاد شده از **یک گرم آن** است.

هنگامی که یک قطعه کاکائو را در جیب خود بگذارید یا در دست نگه دارید پس از مدتی ذوب شده و حالت خمیری به خود می‌گیرد زیرا دمای آن افزایش یافته و جنبش ذرات سازنده آن شدیدتر می‌شود.



## دمای یک ماده از چه خبر می‌دهد؟

- ✓ در تعریف رایج گفته می‌شود که **دما** معیاری از **گرمی** و **سردی** اجسام می‌باشد و با مفهوم **گرما** متفاوت است. به عنوان مثال سردی یا گرمی هوا نشانه تفاوت میان **دمای** آنهاست. از آنجا که در شیمی بررسی **ساختار مواد** و **فرایندها** از دیدگاه **ذره ای** (میکروسکوپی) اهمیت ویژه ای دارد، می‌خواهیم مفهوم دما را از این دیدگاه بررسی کنیم.
- ✓ می‌دانیم که ذرات سازنده یک ماده در سه حالت فیزیکی **جامد**، **مایع** و **گاز** پیوسته در جنب و جوش هستند اما میزان جنب و جوش ذرات با یکدیگر **متفاوت** است.
- ✓ در دمای معین، **یک ویژگی مشترک** تمام مواد با هر حالت فیزیکی، وجود **جنبش‌های نامنظم** ذرات آن است.
- ✓ جنبش‌های نامنظم ذرات در حالت **گاز**، شدیدتر از **مایع** و در حالت **مایع** شدیدتر از حالت **جامد** است.
- ✓ هر چه دمای ماده **بیشتر** باشد، **جنبش‌های نامنظم** ذرات سازنده آن **شدیدتر** و **بیشتر** است. برای نمونه این جنبش‌ها در آب **گرم** شدیدتر از آب **سرد** است. و یا بوی غذای گرم سریعتر از غذای سرد به مشام می‌رسد.



- ✓ مقایسه میزان جنب و جوش ذرات: **گاز** < **مایع** < **جامد**
- ✓ رابطه دما با میزان جنبش ذرات: هر چه دما **بالاتر** ← جنبش ذرات **بیشتر** ↑

**تعریف دما:** در واقع دمای یک ماده معیاری برای توصیف میانگین **تندی** و میانگین **انرژی جنبشی** ذرات سازنده آن است.

- ✓ دمای یک ماده به **مقدار** ماده (جرم ماده) بستگی **ندارد**.
- ✓ در بررسی جنبش مولکولی ذرات ماده، حالت **فیزیکی** ماده مقدم بر **دمای** ماده است. مثلاً جنبش ذرات بخار آب با دمای  $20^{\circ}\text{C}$  بیشتر از آب مایع با دمای  $60^{\circ}\text{C}$  است. دما معیاری برای توصیف انرژی جنبشی ذرات است نه تعیین انرژی جنبشی ذرات.
- ✓ چون انرژی **جنبشی** همه ذرات یکسان **نیست** به همین دلیل از کلمه **میانگین** استفاده می‌کنیم.
- ✓ یکای رایج دما، درجه سلسیوس ( $^{\circ}\text{C}$ ) است در حالی که یکای دما در SI، کلوین (**K**) می‌باشد.
- ✓ نماد دما بر حسب درجه سلسیوس،  $\theta$  و برای کلوین، **T** است. رابطه بین این دو به صورت مقابل است:  $T(\text{K}) = \theta(^{\circ}\text{C}) + 273$
- ✓ **ارزش دمایی** یک درجه **سلسیوس** و یک **کلوین** برابر است از این رو در فرایندهایی که دما تغییر می‌کند  $\Delta\theta = \Delta T$  می‌باشد.
- ✓ اگر دمای دو نمونه ماده با هم **برابر** باشد. **میانگین** انرژی جنبشی این دو نمونه با هم **برابر** است.

## با هم بیندیشیم

(ا) شکل زیر دو نمونه از هوای صاف شهر شما را با جرم یکسان نشان می‌دهد. با توجه به آن در هر مورد با خط زدن واژه نادرست، عبارت را کامل کنید.



- (الف) شکل A، نمونه‌ای از هوا را در ~~ظهر~~ ~~شب~~ نشان می‌دهد.
- (ب) شکل B، نمونه‌ای از هوا را در یک روز ~~تابستانی~~ ~~زمستانی~~ نشان می‌دهد.

(پ) اگر مجموع انرژی جنبشی ذره‌های سازنده یک نمونه ماده، هم ارز با انرژی گرمایی آن باشد، انرژی گرمایی  $\frac{A}{B}$  بیشتر بوده زیرا ~~شمار مولکول‌های~~ ~~دمای~~ آن بیشتر است.

(۲) با توجه به شکل‌های زیر به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.

(الف) میانگین تندی مولکول‌های آب را در دو ظرف مقایسه کنید.

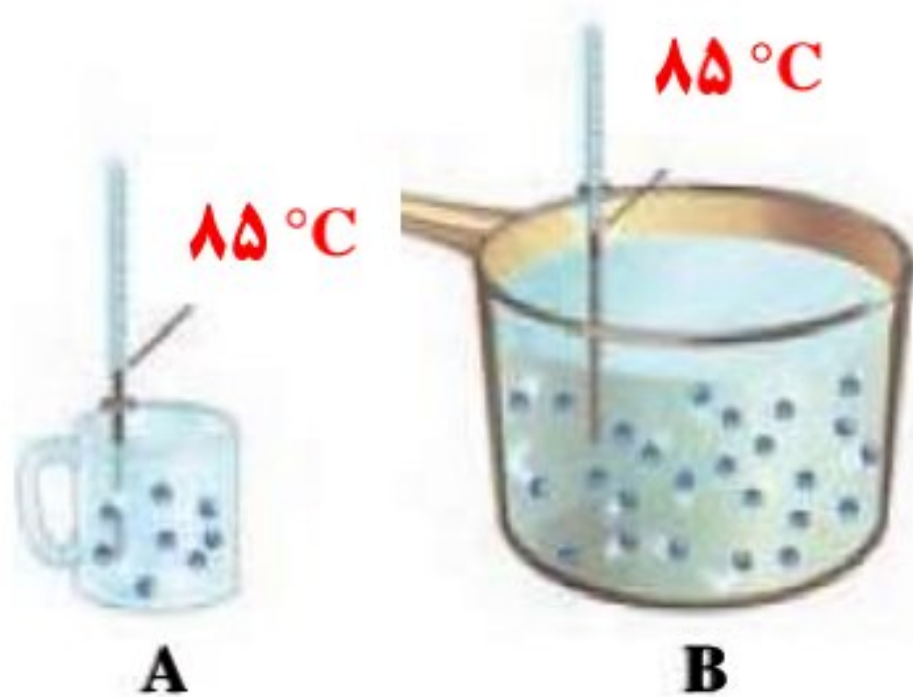
**میانگین تندی مولکول‌ها به دما بستگی دارد و چون دما در هر دو ظرف یکسان است**

**بنابراین میانگین تندی مولکول‌ها برابر است.**

(ب) انرژی گرمایی آب موجود در کدام ظرف بیشتر است؟ چرا؟

**B- زیرا مقدار مقدار ماده موجود در ظرف B بیشتر است بنابراین مجموع انرژی جنبشی**

**ذرات آن نیز بیشتر است.**



**تعریف انرژی گرمایی:** به مجموع انرژی جنبشی ذرات سازنده یک ماده، **انرژی گرمایی** آن ماده می‌گویند.

✓ **انرژی گرمایی** به **دما** و **مقدار** ماده بستگی دارد به طوری که هر چه **دما** و **مقدار** ماده **بیشتر** باشد انرژی گرمایی آن نیز **بیشتر** است.

✓ هر چه **دمای جسمی بیشتر** باشد، مجموع انرژی جنبشی ذرات که همان **انرژی گرمایی** است، **بیشتر** می‌شود.

✓ **انرژی گرمایی**، نوعی از انرژی است و یکای آن ژول (J)، کالری (cal) و ... است.

✓ از دست دادن **گرما** باعث می‌شود دمای جسم **کاهش** یابد و میانگین انرژی جنبشی ذرات آن **کم** می‌شود و گرفتن **گرما** باعث **افزایش** دمای جسم می‌شود.

### تهیه غذای آب پز، تجربه تفاوت دما و گرما:

زمانی که درون یک ظرف مقداری آب با دمای  $25^{\circ}\text{C}$  ریخته و تخم مرغی را درون آن می‌گذاریم طبیعی است که تخم مرغ نمی‌پزد اما با

دادن **گرما** به آن و **بالا** بردن دما امکان پخت آن فراهم می‌شود. در این فرایند  $25^{\circ}\text{C}$  تنها یک **کمیت** به نام **دمای** آب را نشان می‌دهد و

**توصیف** یک ویژگی ماده است. مواردی از این دست نشان می‌دهد که **تغییر دما** برای توصیف یک **فرایند** به کار می‌رود، در واقع انجام **فرایند**

(**مبادله گرما**) است که می‌تواند باعث **تغییر دما** شود.

✓ یکی از روش‌های تغییر دمای ماده، انجام **فرایندی** است که در آن ماده **گرما جذب** می‌کند یا **از دست می‌دهد**. این توصیف بیانگر این

است که **گرما** از ویژگی‌های یک ماده **نیست** چون **تغییر** می‌کند.

### مقایسه دما و گرما:

(۱) **دما** برخلاف گرما صورتی از انرژی **نیست** و کمیتی **نسبی** است که با کمک آن می‌توان **میانگین انرژی ذرات** را با یکدیگر **مقایسه** کرد.

(۲) **دما** برای **توصیف** یک ماده بکار **می‌رود** چون جزو ویژگی یک ماده محسوب **می‌شود**.

(۳) **گرما** از ویژگی‌های یک ماده **نیست** و نباید برای توصیف آن **به کار برود**.

(۴) یکای رایج دما، درجه **سلسیوس** ( $^{\circ}\text{C}$ ) است در حالی که یکای دما در **SI**، **کلونین (K)** می‌باشد.

(۵) گرما، انرژی در حال **انتقال** است که عامل انتقال آن اختلاف **دما** است.

(۶) گرما با نماد **Q** نشان داده می‌شود و یکای آن در **SI**، ژول (**J**) است. در برخی موارد از یکای **کالری** نیز استفاده می‌کنند.

$$1 \text{ cal} = 4/18 \text{ J} \quad , \quad 1 \text{ J} = 1 \text{ Kg.m}^2\text{s}^{-2}$$

### مقایسه روغن و چربی:

(۱) روغن و چربی هر دو از جمله ترکیب‌های **آلی** هستند.

(۲) روغن و چربی به دلیل **تفاوت** در **ساختار**، رفتارهای **فیزیکی** و **شیمیایی** متفاوتی دارند.

(۳) روغن دارای حالت فیزیکی **مایع** بوده اما **چربی جامد** است.

(۴) از دیدگاه **شیمیایی**، در ساختار مولکول‌های روغن، پیوندهای دوگانه **بیشتری** وجود دارد.

(۵) **واکنش‌پذیری** روغن از چربی **بیشتر** است (زیرا روغن **سیر نشده تر** از چربی است).

## انواع ظرفیت‌های گرمایی:

**ظرفیت گرمایی (C):** مقدار گرمای لازم برای افزایش دمای یک جسم به اندازه یک درجه سلسیوس (یا یک کلونین) است.

$$C (J \cdot ^\circ C^{-1}) = \frac{Q(J)}{\Delta\theta(^{\circ}C)} \quad \text{یا} \quad C = \frac{\text{گرمای مبادله شده}}{\text{تغییرات دما}} \quad \text{ظرفیت گرمایی} \Rightarrow J \cdot ^\circ C^{-1}$$

✓ ظرفیت گرمایی یک ماده به نوع و مقدار آن ماده وابسته است.

✓ به عنوان مثال در مقدار برابر آب و روغن زیتون ظرفیت گرمایی آب به دلیل تفاوت نوع مواد، بالاتر است.

✓ هرچه جرم ماده بیشتر باشد ظرفیت گرمایی آن نیز بالاتر است؛ مثال: ظرفیت گرمایی یک پارچ آب بیشتر از یک لیوان آب است.

میثم احمدوند

**ظرفیت گرمایی ویژه یا گرمای ویژه (c):** مقدار گرمای لازم برای افزایش دمای یک گرم از یک جسم به اندازه یک درجه سلسیوس است.

$$Q = mc \Delta\theta \quad \text{یا} \quad c = \frac{Q}{m \times \Delta\theta} \quad \text{یا} \quad c = \frac{\text{مقدار گرما مبادله شده}}{\text{جرم ماده} \times \text{تغییرات دما}} = \frac{\text{ظرفیت گرمایی}}{\text{جرم ماده}} \quad \text{ظرفیت گرمایی ویژه} \Rightarrow J \cdot g^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}$$

✓ به دلیل اینکه  $\Delta\theta = \Delta T$  است در مخرج فرمول می‌توان بجای  $\Delta\theta$  از  $\Delta T$  استفاده کرد.

✓ ظرفیت گرمایی ویژه یک ماده تنها به نوع آن ماده بستگی دارد زیرا آن ماده هر مقدار هم باشد فقط گرمای لازم برای افزایش دمای یک گرم از آن را بررسی می‌کنیم. (زمانی که نوع ماده که گفته می‌شود حالت فیزیکی آن را نیز در بر می‌گیرد).

✓ برای تبدیل ظرفیت گرمایی ویژه به ظرفیت گرمایی کافی است ظرفیت گرمایی ویژه را در جرم جسم ضرب کنیم:  $C = c \times m$

✓ ظرفیت گرمایی برای یک ماده فرضی بسته به جرم آن می‌تواند بزرگتر، مساوی یا کوچک‌تر از ظرفیت گرمایی ویژه خود آن باشد. اگر جرم ماده فرضی بیشتر از یک گرم باشد، ظرفیت گرمایی آن به همان نسبت بزرگتر از ظرفیت گرمایی ویژه خواهد بود، اگر جرم ماده فرضی برابر با یک گرم باشد، ظرفیت گرمایی آن برابر با ظرفیت گرمایی ویژه خواهد بود و اگر جرم ماده فرضی کمتر از یک گرم باشد، ظرفیت گرمایی آن کوچکتر از ظرفیت گرمایی ویژه اش خواهد بود.

گرمای ویژه برخی مواد خالص در  $25^{\circ}C$  و  $1atm$

گرمای ویژه ( $J \cdot g^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}$ )	ماده	گرمای ویژه ( $J \cdot g^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}$ )	ماده
0/900	آلومینیم	4/184	آب
0/236	نقره	0/850	سدیم کلرید
0/128	طلا	2/430	اتانول
0/920	اکسیژن	0/840	کربن دی اکسید

✓ بیشترین ظرفیت گرمایی ویژه مربوط به آب و کمترین مربوط به طلا می‌باشد.

✓ به طور کلی در این جدول فلزات عمدتاً کمترین گرمای ویژه را دارند.

✓ برای محاسبه گرمای جذب یا آزاد شده می‌توان از ظرفیت گرمایی ویژه استفاده کرد؛ یعنی فرمول را بصورت  $Q = mc\Delta\theta$  نوشت.

مثال: مقدار گرمای لازم برای افزایش دمای ۱۰ گرم نمک به اندازه ۲۰ درجه سلسیوس برابر است با:  $Q = 10 \times 0/850 \times 20 = 170 J$

**ظرفیت گرمایی مولی ( $C_m$ ):** مقدار گرمای لازم برای افزایش دمای یک مول از یک جسم به اندازه یک درجه سلسیوس است.

$$C_m (J \cdot mol^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}) = \frac{Q(J)}{n \Delta\theta(^{\circ}C)} \quad \text{یا} \quad C_m = \frac{\text{گرمای مبادله شده}}{\text{تغییرات دما} \times \text{تعداد مول ماده}} \quad \text{ظرفیت گرمایی مولی} \Rightarrow J \cdot mol^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}$$

✓ ظرفیت گرمایی مولی یک ماده تنها به نوع آن بستگی دارد.

✓ برای تبدیل ظرفیت گرمایی مولی به ظرفیت گرمایی کافی است ظرفیت گرمایی مولی در تعداد مول ماده ضرب شود:  $C = C_m \times n$

✓ به دلیل بیشتر بودن جرم مولی ترکیبات از عدد ۱، همیشه ظرفیت گرمایی مولی از ظرفیت گرمایی ویژه بیشتر است.

✓ برای تبدیل ظرفیت گرمایی ویژه به مولی کافی است ظرفیت گرمایی ویژه در جرم مولی ضرب شود:  $C_m = c \times M$

میثم احمدوند

## تعدادات گرمایی:

در برخی سوالات مرتبط با ظرفیت گرمایی، به جای یک ماده دو یا چند ماده را در کنار هم داریم؛ به طور کلی سبک این سوالات به ۳ صورت زیر است:

(۱) یکی از مواد دمای بالا و دیگری دمای پایین تری دارد و می‌خواهیم آنها به تعادل دمایی برسند؛ برای حل این سوالات چون مقدار گرمایی که جسم گرم از دست می‌دهد با گرمایی که جسم سرد به دست می‌آورد برابر است، پس داریم:

$$Q_1 + Q_2 = 0 \rightarrow m_1 c_1 \Delta \theta_1 = - (m_2 c_2 \Delta \theta_2)$$

(۲) می‌خواهیم همزمان دو یا چند ماده را گرم یا سرد کنیم؛ برای این حالت فرض می‌کنیم مواد مستقل از هم گرم یا سرد می‌شوند؛ یعنی:

$$Q_1 + Q_2 + \dots = Q_{\text{کل}} \rightarrow m_1 c_1 \Delta \theta_1 + m_2 c_2 \Delta \theta_2 + \dots = Q_{\text{کل}}$$

(۳) هر گاه دو جسم با دمای متفاوت داشته باشیم و با هم تماس داده شوند آن گاه گرما از جسم گرمتر به جسم سردتر انتقال می‌یابد تا هر دو جسم به تعادل برسند. در این حالت دمای تعادل برابر است با:

$$\theta_{\text{تعادل}} = \frac{m_1 c_1 \theta_1 + m_2 c_2 \theta_2}{m_1 c_1 + m_2 c_2}$$

ص ۵۷ کتاب

با هم بیندیشیم

دو ظرف فلزی دارای ۲۰۰ گرم آب و ۲۰۰ گرم روغن زیتون در دمای  $25^\circ\text{C}$  را در نظر بگیرید و هم زمان محتویات تخم مرغی را به آرامی به هریک بیفزایید؛ با دادن گرما، دمای آنها را به  $75^\circ\text{C}$  برسانید. با توجه به شکل‌های داده شده، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.



$200\text{g}$  روغن زیتون ( $25^\circ\text{C}$ )  $\xrightarrow{19700\text{J}}$   $200\text{g}$  روغن زیتون ( $75^\circ\text{C}$ )

$200\text{g}$  آب ( $25^\circ\text{C}$ )  $\xrightarrow{41800\text{J}}$   $200\text{g}$  آب ( $75^\circ\text{C}$ )

الف) توضیح دهید چرا تخم مرغ در آب می‌پزد اما در روغن زیتون تغییر محسوسی نمی‌کند؟

مطابق شکل برای افزایش دمای آب به اندازه  $50$  درجه سلسیوس، گرمای بیش تری جذب شده است پس انرژی گرمایی ظرف محتوی آب بیشتر است و تخم مرغ انرژی گرمایی بیشتری دریافت کرده است.

ب) می‌دانید که ظرفیت گرمایی ماده هم ارز با گرمای لازم برای افزایش دمای آن به اندازه یک درجه سلسیوس است. با این توصیف ظرفیت گرمایی آب و روغن زیتون را محاسبه و با یکدیگر مقایسه کنید.

$$\text{ظرفیت گرمایی روغن زیتون} = \frac{19700\text{J}}{50^\circ\text{C}} = 394\text{ J}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\text{ظرفیت گرمایی آب} = \frac{41800\text{J}}{50^\circ\text{C}} = 836\text{ J}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$$

ظرفیت گرمایی آب بیشتر است.

پ) ظرفیت گرمایی ماده به چه عواملی بستگی دارد؟ (ظرفیت گرمایی در دمای اتاق و فشار  $1\text{atm}$  اندازه گیری می‌شود)

مقدار ماده - نوع ماده شامل (حالت فیزیکی ماده و ... است).

ت) در فیزیک دهم آموختید که ظرفیت گرمایی یک گرم ماده، ظرفیت گرمایی ویژه یا گرمای ویژه (c) آن ماده را نشان می‌دهد، مقدار این کمیت را برای آب و روغن زیتون حساب و باهم مقایسه کنید.

$$\text{ظرفیت گرمایی ویژه آب} = \frac{41800\text{J}}{200\text{g} \times 50^\circ\text{C}} = 4.18\text{ J}\cdot\text{g}^{-1}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\text{ظرفیت گرمایی ویژه روغن زیتون} = \frac{19700\text{J}}{200\text{g} \times 50^\circ\text{C}} = 1.97\text{ J}\cdot\text{g}^{-1}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$$

ظرفیت گرمایی ویژه آب بیش تر است.

ث) رابطه ای میان ظرفیت گرمایی و گرمای ویژه یک ماده بیابید.

$$\text{جرم} \times \text{ظرفیت گرمایی ویژه} = \text{ظرفیت گرمایی}$$

## خود را بیازمایید

ص ۵۸ کتاب

۱) یک استکان چای با دمای  $90^{\circ}\text{C}$  درون اتاقی با دمای  $25^{\circ}\text{C}$  قرار دارد. با گذشت زمان، دما و انرژی گرمایی آن چه تغییری می‌کند؟ چرا؟ هر دو کاهش می‌یابد. استکان چای انرژی از دست می‌دهد و با دمای اتاق هم دما می‌شود در نتیجه میانگین انرژی جنبشی ذرات کم و انرژی گرمایی کاهش می‌یابد.

۲) با خط زدن واژه نادرست در هر مورد، عبارت زیر را کامل کنید.

گرما را می‌توان هم ارز با آن مقدار (انرژی گرمایی / دمایی) دانست که به دلیل تفاوت در (انرژی گرمایی / دمایی) جاری می‌شود.

۳) تکه‌ای نان و تکه‌ای سیب زمینی را با جرم و سطح یکسان در دمای  $60^{\circ}\text{C}$  در نظر بگیرید. اگر آنها را هم زمان در محیطی با دمای  $20^{\circ}\text{C}$  قرار دهیم کدام یک زودتر با محیط هم دما می‌شود؟ نان و سیب زمینی هر دو از نشاسته تشکیل شده‌اند بنابراین سرعت هم دما شدن با محیط به میزان آب موجود در آنها بستگی دارد از آن جا که مقدار آب در نان کمتر است زودتر با محیط هم دما می‌شود.

## جاری شدن انرژی گرمایی:

- ✓ در ترمودینامیک بخشی از جهان را انتخاب و تغییرات انرژی آن را مطالعه می‌کنند.
- ✓ تعریف سامانه یا سیستم: به بخشی از جهان که برای مطالعه انتخاب می‌شود، سامانه یا سیستم می‌گویند.
- ✓ مرز سامانه: به دیواره‌ای که سامانه را از محیط جدا می‌کند، مرز سامانه می‌گویند.
- ✓ نکته: مرز سامانه می‌تواند واقعی و قابل مشاهده و یا اینکه مجازی و قابل تصور باشد.
- ✓ تعریف محیط: هر چیزی که در پیرامون سامانه باشد، محیط نامیده می‌شود. مثلاً هنگام نوشیدن شیر گرم انرژی گرمایی بین شیر و بدن انسان مبادله می‌شود، در این حالت شیر گرم را سامانه و بدن را محیط در نظر می‌گیرند.
- ✓ انرژی همواره بین سامانه و محیط جابجا می‌شود ولی طبق قانون پایستگی انرژی مقدار آن در کل جهان ثابت می‌ماند.

## انواع واکنش از لحاظ ترموشیمی:

گرمایی که در یک واکنش مبادله می‌شود، می‌تواند از سیستم به محیط یا از محیط به سیستم منتقل شود. بر این اساس دو نوع واکنش داریم:

۱- فرایندهای گرماده: اگر گرما از سیستم به محیط منتقل شود، گفته می‌شود آن واکنش گرماده است. مانند گرمایی که از یک لیوان

شیر گرم (سیستم) به بدن انسان (محیط) منتقل می‌شود.

ا. سطح انرژی فرآورده‌ها پایین‌تر از سطح انرژی واکنش دهنده‌هاست.

ب. فرآورده‌ها پایدارتر از واکنش دهنده‌ها هستند.

ت. انرژی از سامانه به محیط جریان می‌یابد.

ث. گرما در سمت فرآورده‌ها نوشته می‌شود و علامت آن منفی است. ( $Q < 0$ )

ج. نمودار انرژی در آنها نزولی است.

ح. در فرایند گرماده چون دمای ثانویه کمتر از دمای اولیه است پس داریم:  $\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1 < 0$

خ. الگوی نوشتاری به صورت  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{HCl}(\text{g}) + Q$  یا  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{HCl}(\text{g})$   $\Delta H < 0$  است.

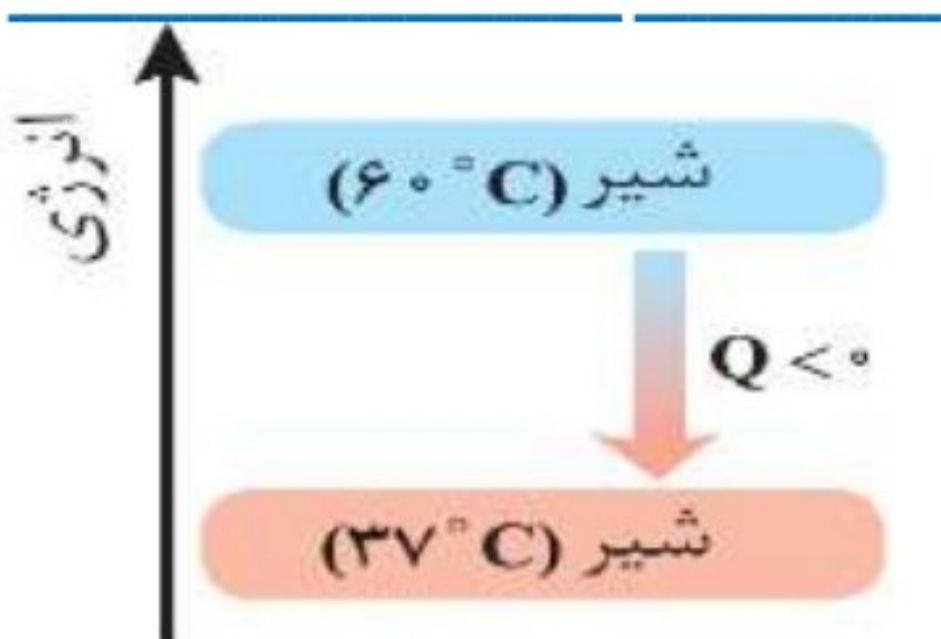
د. آنتالپی واکنش دهنده‌ها بیشتر از آنتالپی فرآورده‌هاست. پس علامت تغییرات آنتالپی منفی است.  $\Delta H < 0$

مثال: هنگام نوشیدن شیر داغ دو نوع انرژی در بدن آزاد می‌شود:

۱- انرژی که به هنگام برقراری تعادل گرمایی آزاد می‌شود.

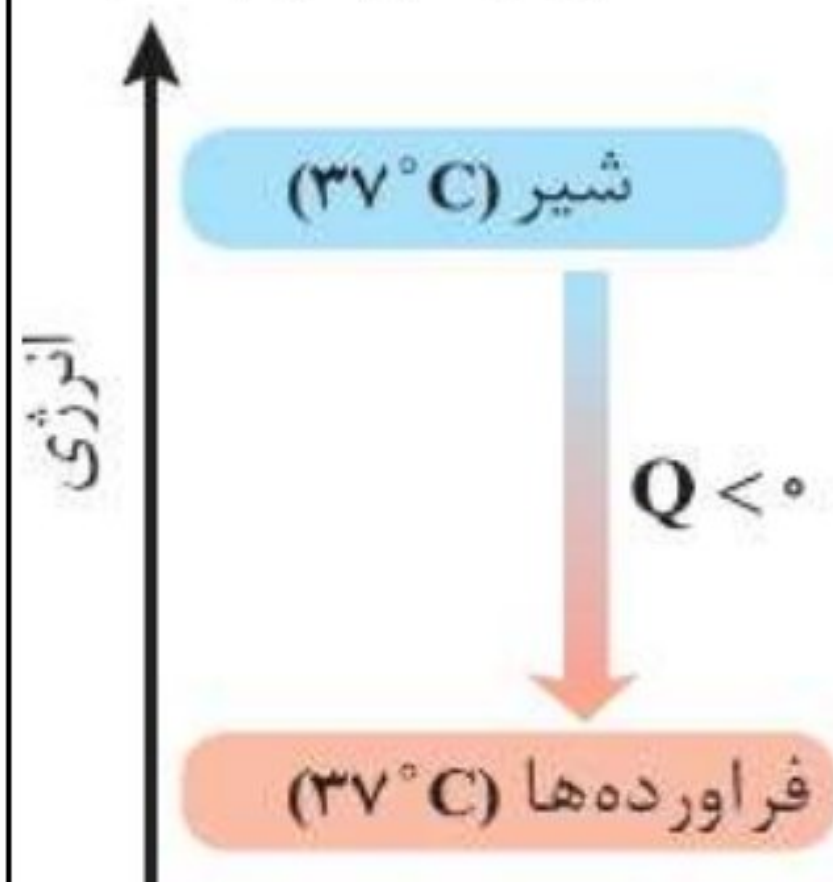
فرایند هم‌دما شدن شیر در بدن:

نمودار مربوط به فرایند فیزیکی است.





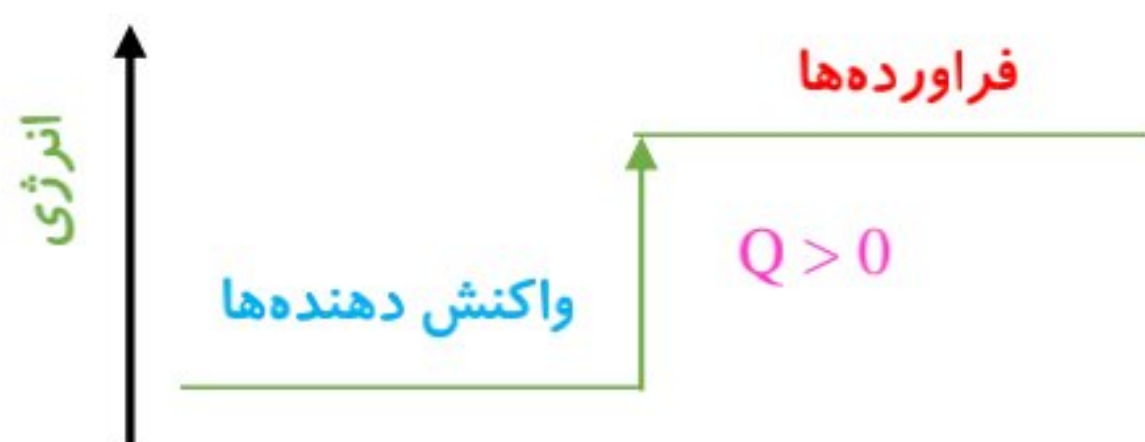
بخش عمده انرژی موجود در شیر هنگام فرایند **گوارش** و **سوخت و ساز** به بدن می‌رسد.



- ✓ **تعریف گوارش:** مجموعه فرایندهایی با انجام واکنش‌های شیمیایی گوناگون است که منجر به تولید **انرژی** و **مواد اولیه** مورد نیاز سوخت و ساز یاخته‌ها خواهد شد.
- ✓ در این واکنش‌ها با اینکه دما ثابت است ( $37^{\circ}\text{C}$ ) اما باز هم میان سامانه و محیط پیرامون، انرژی **داد و ستد** می‌شود.

نمودار آزاد شدن انرژی در فرایند گوارش و سوخت و ساز شیر در بدن: نمودار مربوط به فرایند **شیمیایی** است.

۲- **فرایندهای گرماگیر:** اگر گرما از **محیط** به **سیستم** منتقل شود، گفته می‌شود آن واکنش **گرماگیر** است. مانند گرمایی که یک قطعه یخ برای ذوب شدن از محیط جذب می‌کند.



- ✓ سطح انرژی فراورده‌ها **بالتر** از سطح انرژی واکنش دهنده‌هاست.
- ✓ فراورده‌ها **ناپایدارتر** از واکنش دهنده‌ها هستند.
- ✓ انرژی از **محیط** به **سامانه** جریان می‌یابد.
- ✓ **گرما** در سمت **واکنش دهنده‌ها** نوشته می‌شود و علامت آن **مثبت** است. ( $Q > 0$ )
- ✓ دمای سامانه **افزایش** می‌یابد.  $\Delta\theta > 0$
- ✓ نمودار انرژی **صعودی** است.

✓ آنتالپی واکنش دهنده‌ها **کمتر** از آنتالپی فراورده‌هاست. پس علامت تغییرات آنتالپی **مثبت** است  $\Delta H > 0$

✓ الگوی نوشتاری به صورت  $\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) + \text{Q} \rightarrow 2\text{NO}(\text{g})$  یا به صورت  $\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{NO}(\text{g}) \quad \Delta H > 0$  است.

✓ در فرایندهای گرماگیر چون دمای اولیه کمتر از دمای ثانویه است بنابراین داریم:  $\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1 > 0$

✓ **پایداری** با سطح **انرژی** رابطه **معکوس** دارد یعنی ذرات با **کسب** انرژی ناپایدارتر می‌شوند.

✓ اتم‌ها در حالت پایه با **جذب** انرژی به اتم‌های **برانگیخته** تبدیل می‌شوند. اتم‌های برانگیخته، **پرانرژی‌تر** و **ناپایدارتر**ند.

### گرما در واکنش‌های شیمیایی (گرماشیمی):

✓ هر واکنش شیمیایی ممکن است با تغییر **رنگ**، تولید **رسوب**، آزاد شدن **گاز** و ایجاد **نور** و **صدا** همراه باشد.

✓ ویژگی **بنیادی** در **همه** واکنش‌ها **داد** و **ستد** گرما با **محیط** پیرامون است.

✓ **تعریف ترموشیمی (گرماشیمی):** شاخه‌ای از علم شیمی که به بررسی **کمی** و **کیفی** گرمای واکنش‌های شیمیایی، **تغییر آن** و **تأثیری** که بر **حالت** ماده دارد، می‌پردازد.

✓ هر واکنش شیمیایی ممکن است **گرما** یا **گرماگیر** باشد.

✓ مواد غذایی پس از **گوارش**، **انرژی** لازم برای سوخت و ساز یاخته‌ها را در بدن **تأمین** می‌کنند.

✓ سوختن **سوخت‌ها**، انرژی لازم برای **حمل و نقل** و نیز **گرمایش** محیط‌های گوناگون را فراهم می‌کنند.

✓ **زغال کک**، **واکنش دهنده‌ای** رایج در استخراج **آهن** و **تأمین کننده انرژی** لازم برای انجام این واکنش است.

از آنجا که روزانه واکنش‌های شیمیایی بسیاری در اطراف ما و حتی درون بدن ما رخ می‌دهد؛ می‌توان به **وسعت** قلمرو ترموشیمی پی برد. در ادامه مثال‌هایی را برای مشخص شدن آن بیان می‌کنیم:

✓ (۱) یک لیوان شیر  $60^{\circ}\text{C}$  را در نظر بگیرید که می‌نوشیم، شیر گرم، سامانه و بدن محیط پیرامون آن است. گرما به دلیل اختلاف دما از شیر گرم به بدن منتقل می‌شود و دمای سامانه کاهش می‌یابد. (**هم دما شدن**)

در هنگام گوارش و سوخت و ساز شیر در بدن، واکنش های شیمیایی گوناگونی اتفاق می افتد که منجر به تولید انرژی و مواد اولیه مورد نیاز سوخت و ساز سلولها خواهد شد. در این حالت با وجود اینکه دما ثابت است، اما به دلیل انرژی پیوندهایی که دچار تغییر شده اند انرژی تولید شده است. (انجام واکنش در دمای ثابت)

✓ (۲) فرایند همدم شدن بستنی در بدن با جذب انرژی (گرماگیر)، و گوارش و سوخت و ساز آن با آزاد شدن انرژی (گرماده) همراه است. می توان نتیجه گرفت گرما در واکنشها، به دو طریق مبادله می شود:

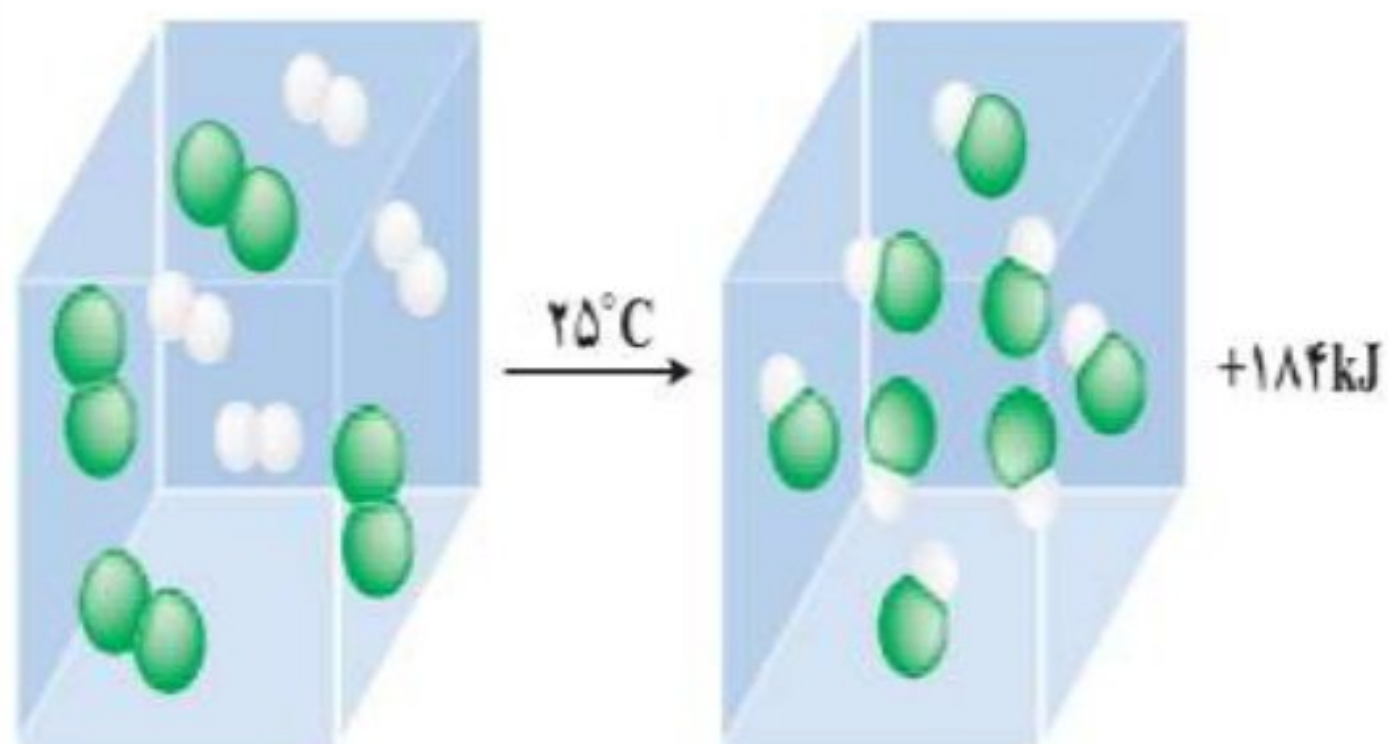
(۱) هم دما شدن ( $\Delta\theta \neq 0$ )

در این حالت یک سیستم نسبت به محیط سردتر یا گرمتر است و به دلیل اختلاف دما، گرما از سیستم به محیط یا بالعکس منتقل می شود.

(۲) انجام واکنش در دمای ثابت ( $\Delta\theta = 0$ )

با توجه به شکل، در واکنش میان گازهای هیدروژن و کلر با آن که واکنش گرماده است، باز هم دما ثابت است.

پژوهشها نشان می دهد که مقدار گرمای آزاد شده در واکنشها، ناشی از تفاوت انرژی گرمایی (مجموع انرژی جنبشی ذرات) در مواد واکنش دهنده و فرآورده نیست بلکه علت آن، تفاوت انرژی پتانسیل (ناشی از نیروهای نگه دارنده ذره های سازنده ذرات) میان واکنش دهنده ها و فرآورده ها است.



✓ در برخی منابع از انرژی پتانسیل موجود در یک نمونه ماده، با نام انرژی شیمیایی یاد می شود.

✓ در واکنش  $H-H(g) + Cl-Cl(g) \rightarrow 2H-Cl(g)$  به ازای مصرف ۱ مول از گازهای هیدروژن و کلر و تولید ۲ مول هیدروژن کلرید مقدار ۱۸۴ kJ گرما تولید می شود.

✓ با توجه به این توضیحات با انجام یک واکنش شیمیایی و تغییر در شیوه اتصال اتمها به یکدیگر، تفاوت آشکاری در انرژی پتانسیل وابسته به آنها ایجاد می شود؛ تفاوت انرژی ای که در واکنشها به شکل گرما ظاهر می شود.

✓ انرژی پتانسیل یک نمونه ماده، انرژی نهفته شده در آن است، انرژی ای که ناشی از نیروهای نگه دارنده ذره های سازنده آن است، یعنی نیروهای نگه دارنده اتم در هر مولکول و در نتیجه استحکام پیوندها از یکدیگر متفاوت خواهد بود.

✓ ثابت ماندن دما در یک واکنش شیمیایی دلیل مساوی بودن مجموع انرژی گرمایی و شیمیایی برای مواد اولیه و فرآورده ها نیست.

✓ گرمای جذب یا آزاد شده در هر واکنش شیمیایی را به طور عمده وابسته به تفاوت میان انرژی پتانسیل مواد واکنش دهنده و فرآورده می باشد زیرا در دمای ثابت تفاوت چشمگیری میان انرژی گرمایی آنها وجود ندارد.

✓ به دلیل متفاوت بودن انرژی شیمیایی در واکنش های مختلف گرمای مبادله واکنشها نیز متفاوت خواهد بود.

✓ تفاوت در انرژی پتانسیل باعث تغییر دما نمی شود ولی تفاوت در انرژی جنبشی باعث تغییر دما می شود.

✓ منبع انرژی در بدن، غذا است. منبعی که پس از انجام واکنش های شیمیایی گوناگون، انرژی آن به بدن می رسد.

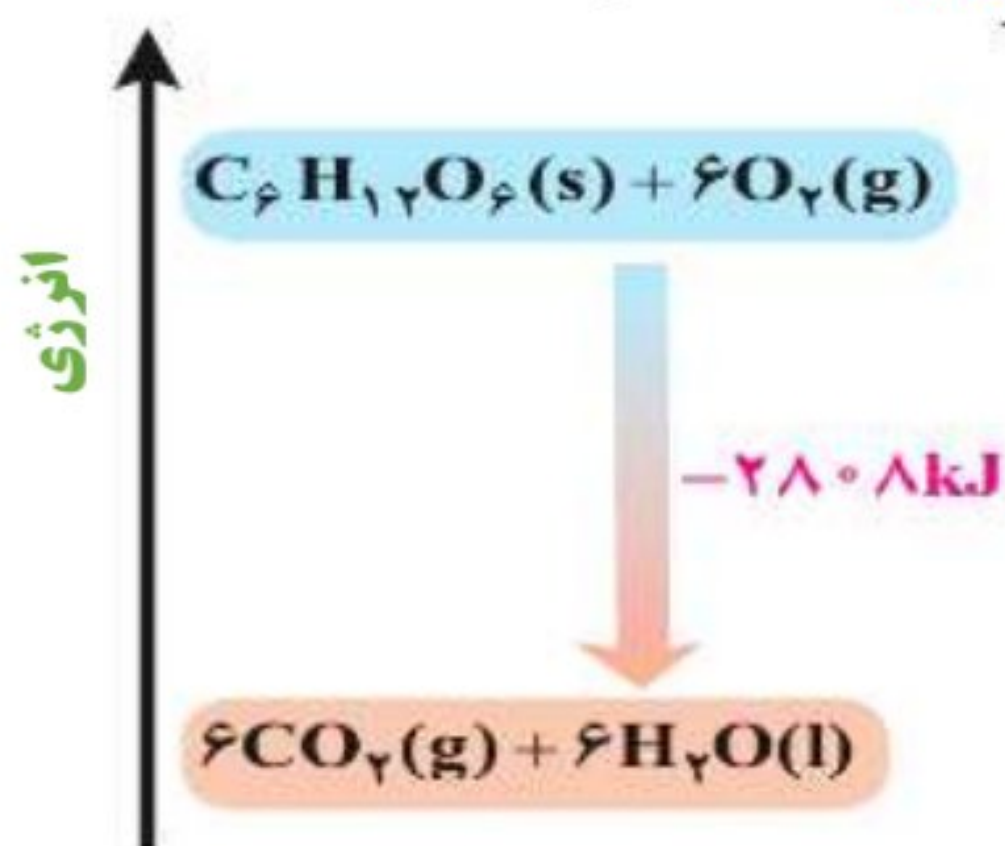
✓ یکی از مهم ترین واکنشها در فرایند سوخت و ساز یاخته ای، اکسایش گلوکز در بدن

است که فرایندی گرماده است:

✓ با وجود تولید انرژی در واکنش اکسایش گلوکز، دمای بدن تغییر محسوسی

نمی کند، زیرا دمای مواد واکنش دهنده پیش از آغاز واکنش با دمای مواد فرآورده

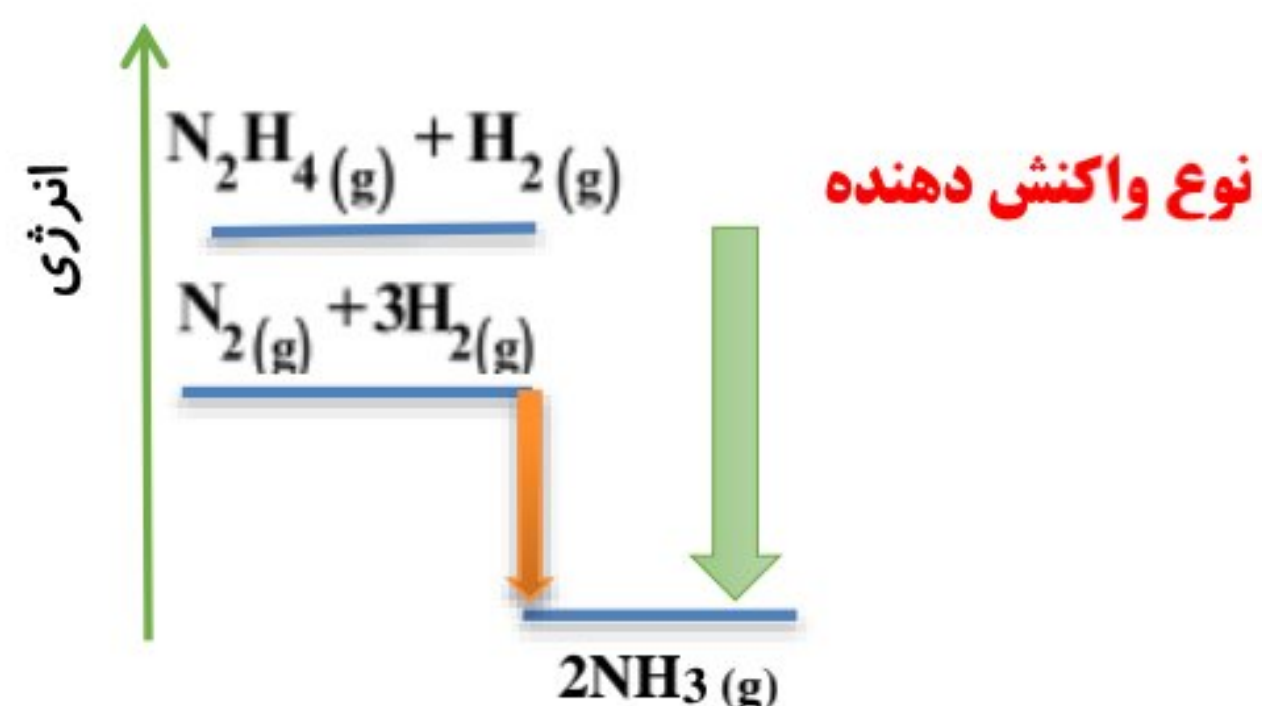
پس از پایان واکنش برابر است در واقع واکنش در دمای ثابت ( $\Delta\theta = 0$ ) انجام می شود.



✓ از طرفی گلوکز از طریق **فتوسنتز** توسط گیاهان حاصل می‌شود. **اکسایش** گلوکز نمونه‌ای از واکنش **گرما ده** و **فتوسنتز** نمونه واکنش **گرما گیر** است.

### عوامل مؤثر بر گرمای واکنش در دما و فشار ثابت:

گرمای یک واکنش در دما و فشار ثابت، به موارد زیر بستگی دارد:



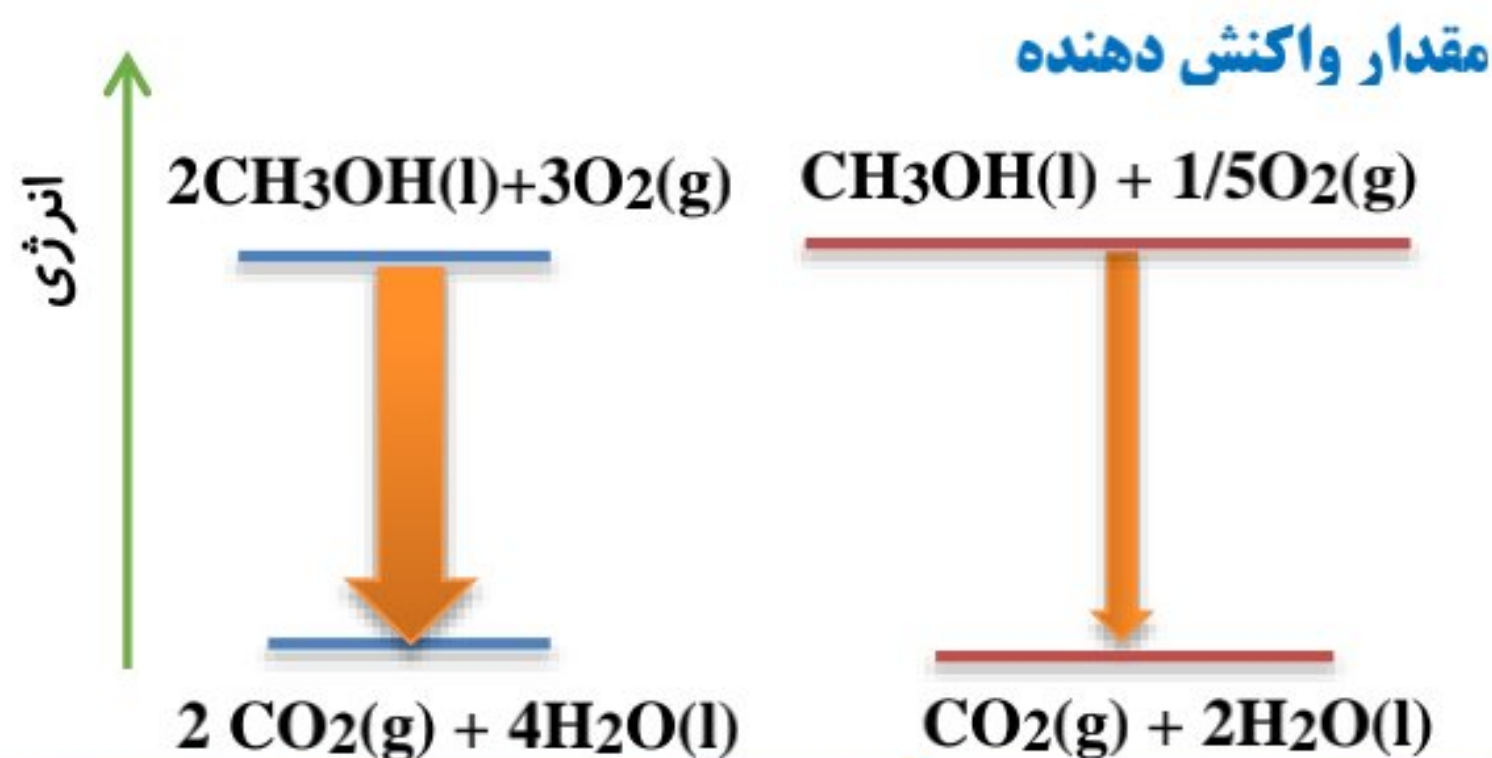
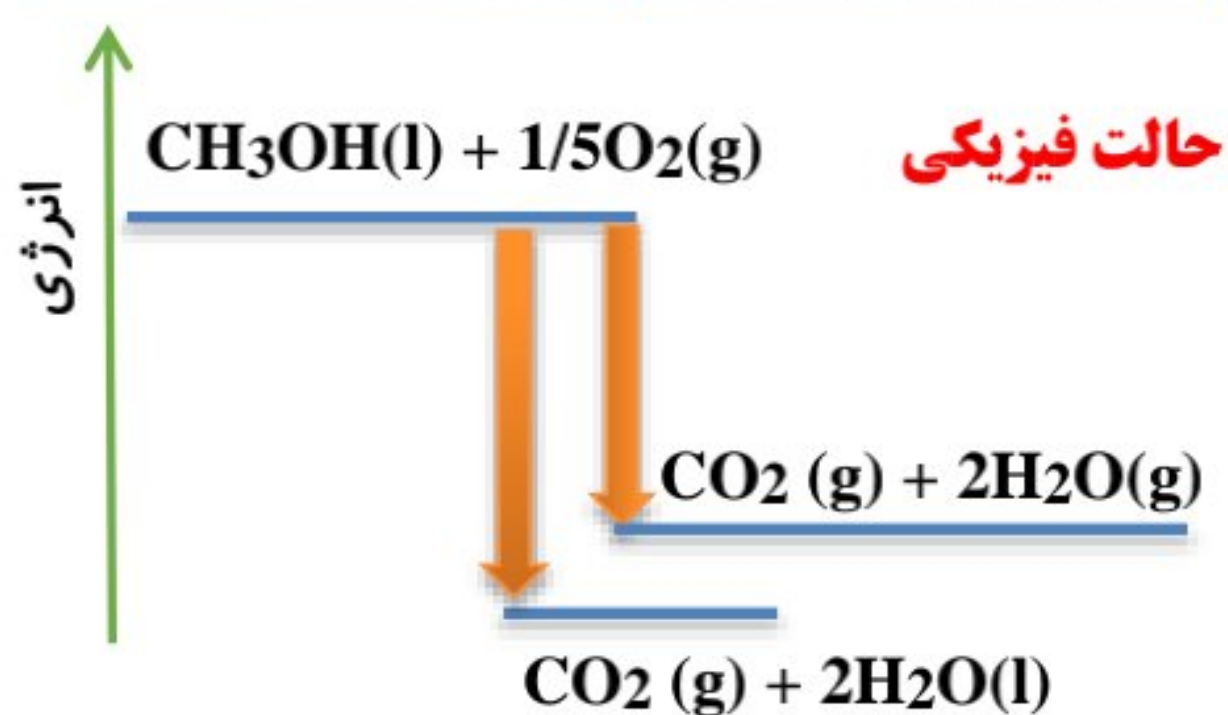
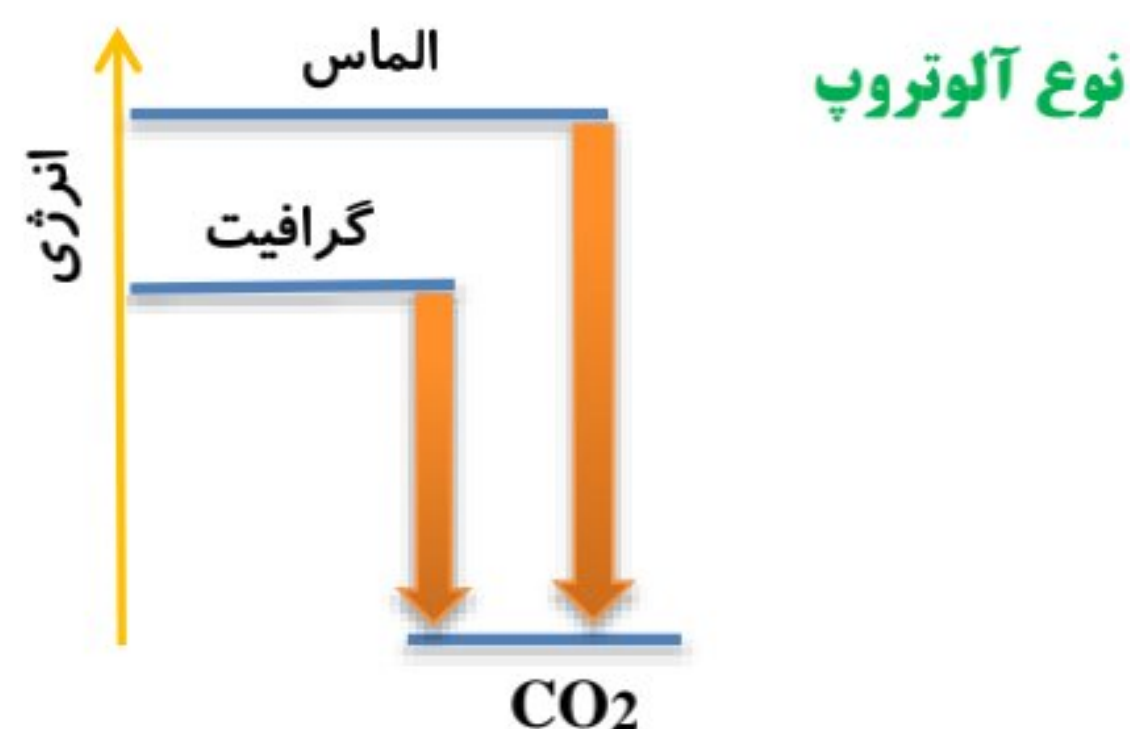
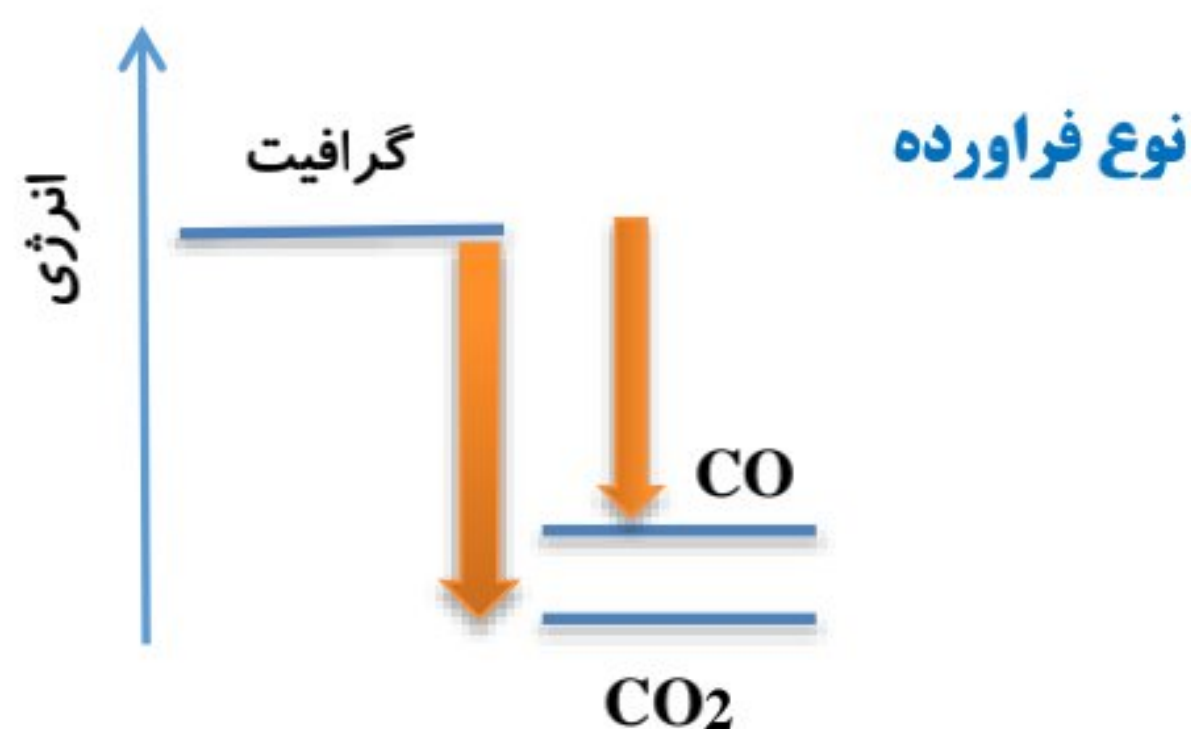
۱- نوع مواد واکنش دهنده

۲- نوع فراورده‌ها

۳- نوع آلوتروپ

۴- حالت فیزیکی مواد شرکت کننده در واکنش

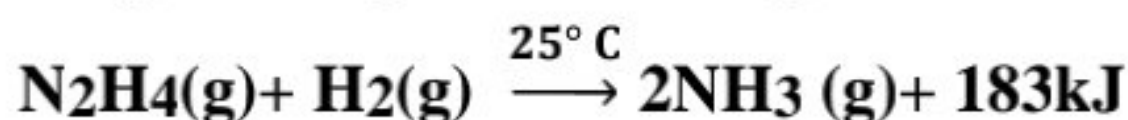
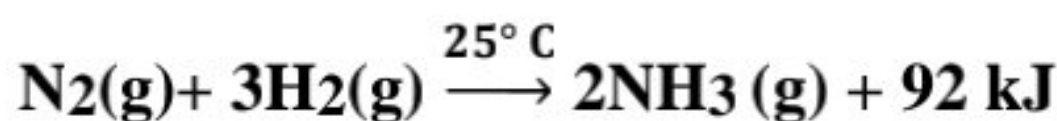
۵- مقدار واکنش دهنده



ص ۶۲ کتاب

با هم بیندیشیم

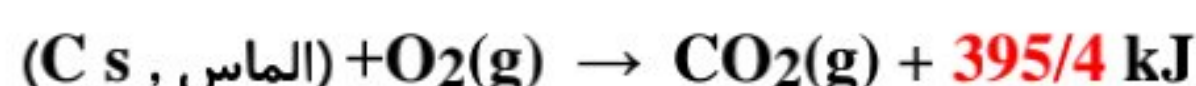
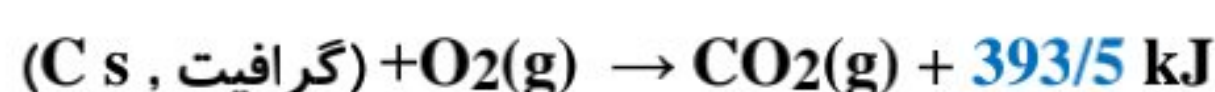
(۱) با توجه به واکنش‌های زیر پاسخ دهید:



الف) چرا گرمای آزاد شده در دو واکنش متفاوت است؟ توضیح دهید. با تغییر مقدار و نوع مواد شرکت کننده در یک واکنش به دلیل تغییر پیوندهای شیمیایی، انرژی پتانسیل پیوندها تغییر کرده و گرمای مبادله شده نیز دچار تغییر می‌شود.

ب) در کدام واکنش، مواد واکنش دهنده پایدارتر است؟ چرا؟ برای مقایسه پایداری دو ماده می‌توان گفت به دلیل یکسان بودن محصول نهایی چون  $\text{N}_2\text{H}_4$  گرمای بیشتری آزاد کرده است بنابراین ناپایدارتر بوده و سطح انرژی بالاتری دارد. ✓ (هیدرازین  $\text{N}_2\text{H}_4$  ماده‌ای پر انرژی است که برای سوخت موشک استفاده می‌شود.)

(۲) گرافیت و الماس دو آلوتروپ کربن هستند که فراورده واکنش سوختن کامل آنها، گاز کربن دی‌اکسید است.



الف) چرا گرمای حاصل از سوختن یک مول گرافیت متفاوت از یک مول الماس است؟ زیرا در این دو آلوتروپ کربن، نحوه اتصال اتمها متفاوت و در نتیجه ساختار متفاوت دارند پس رفتار و محتوای انرژی گرمایی آنها نیز یکسان نیست.

ب) الماس پایدارتر است یا گرافیت؟ چرا؟ گرافیت، با توجه به یکسان بودن ماده فرآورده ( $\text{CO}_2(\text{g})$ ) و سطح انرژی آن، گرافیت که گرمای کمتری آزاد کرده تا به پایداری بیشتر برسد، دارای پایداری بیشتری نسبت به الماس می باشد.

پ) از سوختن کامل  $7/2 \text{ g}$  گرافیت، چند کیلوژول گرما آزاد می شود؟

$$7/2 \text{ g C} \times \frac{1 \text{ mol C}}{12 \text{ g C}} \times \frac{393/5 \text{ kJ}}{1 \text{ mol}} = 236/1 \text{ kJ}$$

۳) با توجه به واکنش  $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + 484 \text{ kJ}$  پیش بینی کنید گرمای واکنش  $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$  کدام است ( $-572 \text{ kJ}$ ،  $+572 \text{ kJ}$ ،  $-422 \text{ kJ}$ ،  $+422 \text{ kJ}$ )؟ چرا؟

واکنش از نوع سوختن بوده و واکنش سوختن همواره گرماده است و انرژی دارای علامت منفی است. حالت استاندارد ترمودینامیکی آب، مایع است، بنابراین آب ابتدا به شکل مایع تولید می شود و با جذب گرما از محیط به بخار آب ( $2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{Q} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ ) تبدیل می شود و اندکی محیط واکنش را سرد می کند، پس گرمای بیشتری آزاد می کند. پس عدد  $-572 \text{ kJ}$  صحیح است.

✓ با تغییر دما یا فشار (در سامانه گازی) گرمای واکنش تغییر می کند.

✓ با  $n$  برابر شدن ضریب استوکیومتری در یک واکنش گرمای واکنش نیز  $n$  برابر می شود.

✓ اگر واکنشی در جهت رفت گرمایگر باشد، در جهت برگشت گرماده است یعنی با تغییر جهت واکنش علامت گرما معکوس می شود.

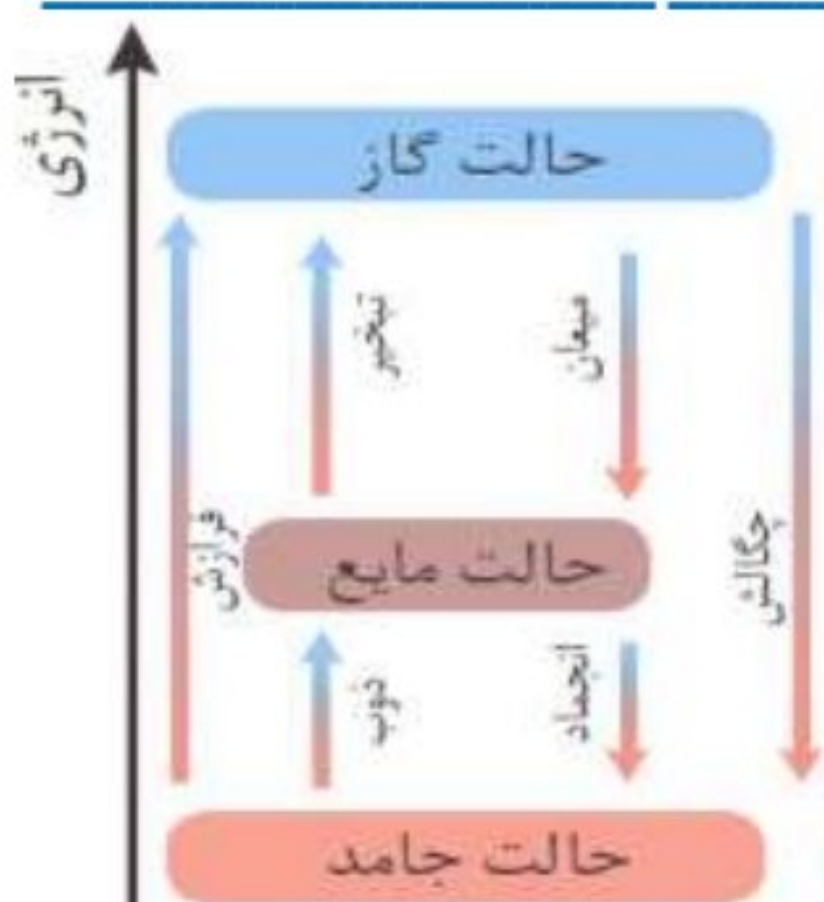
✓ تغییر حالت فیزیکی مواد خالص با تغییر انرژی همراه است.

✓ تعریف تغییر فیزیکی: تغییراتی که در آنها ماده جدیدی تولید نشده اما حالت فیزیکی (جامد-مایع-گاز) ماده تغییر می کند.

✓ با توجه به نمودار مشاهده می کنید که سطح انرژی در گازها از مایعات بیشتر و آن نیز از جامدات بیشتر است.

✓ فاصله بین حالت گاز با مایع از فاصله بین مایع و جامد بیشتر می باشد.

✓ در پیوندهای اشتراکی انرژی بصورت مقابل می باشد: سه گانه < دو گانه < یک گانه

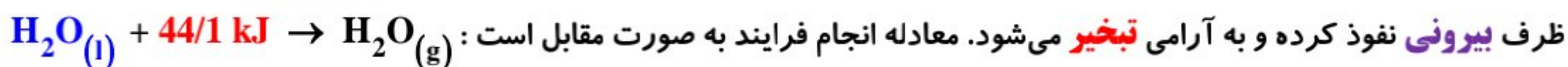


پیوند با صنعت: (استفاده از یک واکنش گرماگیر برای تولید یخچال صحرایی)

✓ طراح: محمد باه آبا، معلم مسلمان نیجریایی

✓ نحوه انجام کار: در این دستگاه، دو ظرف سفالی که از جنس خاک رس هستند درون یکدیگر قرار گرفته اند و فضای میان آنها با شن خیس پر می شود.

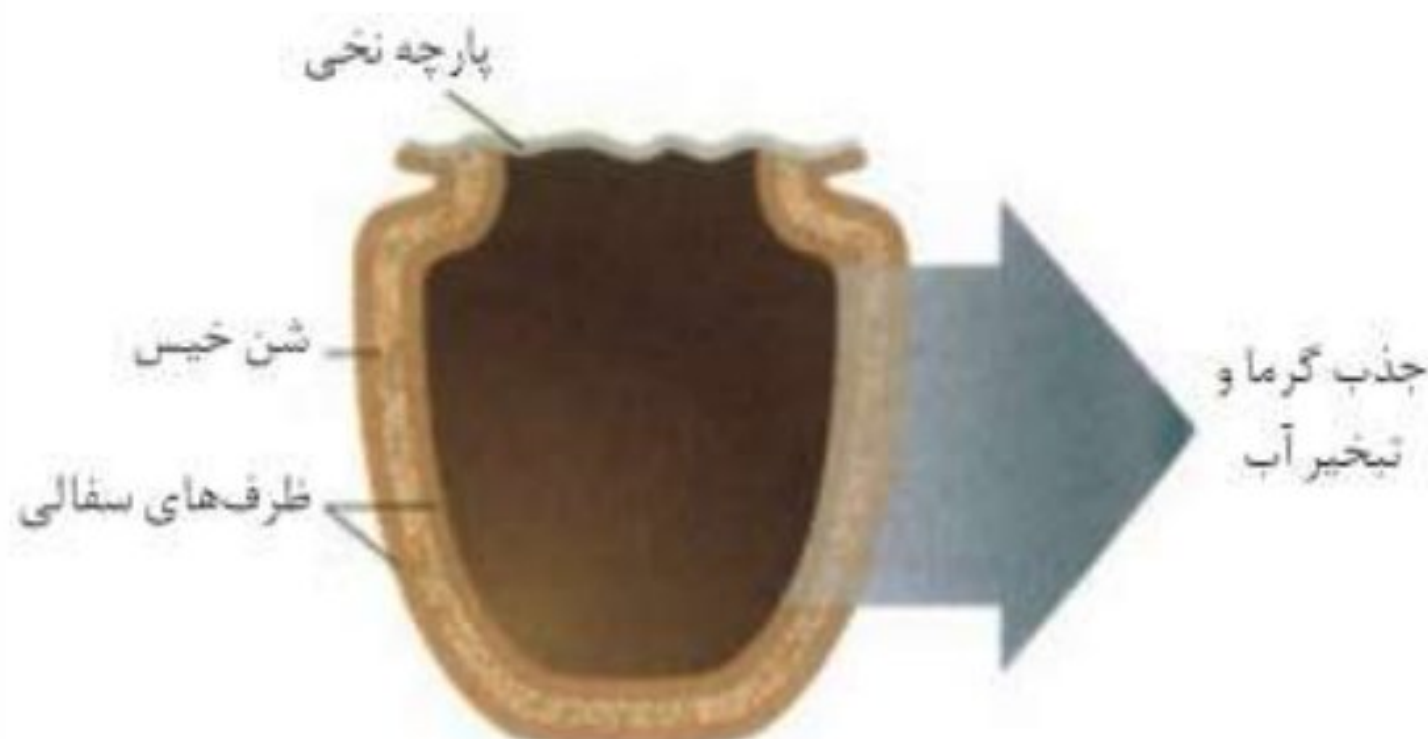
✓ درپوش این مجموعه نیز پوششی نخی و مرطوب است که تهویه را به آسانی انجام می دهد. با گذشت زمان و به مرور، آب در بدنه سفالی ظرف بیرونی نفوذ کرده و به آرامی تبخیر می شود. معادله انجام فرایند به صورت مقابل است:



✓ با توجه به معادله واکنش، برای تبخیر هر مول آب،  $44/1$  کیلوژول گرما از محیط جذب می شود.

✓ فرایند جذب گرما در این دستگاه، فضای داخلی و محتویات درونی آن را خنک کرده و شرایط را برای سالم نگه داشتن غذا به مدت طولانی تر مناسب می کند.

✓ کاربرد: بدون نیاز به انرژی الکتریکی، غذا را خنک و برای مدت طولانی تری نگه می دارد.



### آنتالپی، همان محتوای انرژی است:

- ✓ هر نمونه ماده از تعداد بسیار زیادی ذره تشکیل شده است و این ذره‌ها افزون بر جنبش‌های نامنظم، با یکدیگر برهمکنش نیز دارند.
- ✓ در واقع، ذره‌های سازنده یک نمونه ماده علاوه بر انرژی جنبشی، دارای انرژی پتانسیل نیز هستند.
- ✓ انرژی جنبشی ذره‌ها ناشی از جنب و جوش پیوسته و نامنظم و انرژی پتانسیل ناشی از برهمکنش بین ذرات است.
- ✓ به مجموع انرژی جنبشی و پتانسیل (انرژی کل) ذره‌های تشکیل دهنده یک سامانه، محتوای انرژی یا آنتالپی آن سامانه می‌گویند.
- ✓ یک نمونه ماده با مقدار آن در دما و فشار معین توصیف می‌شود مثلاً ۲۰۰ گرم آب در دما و فشار اتاق یک نمونه ماده است.
- ✓ هر سامانه (یا همه مواد در اطراف ما) در دما و فشار ثابت، آنتالپی معینی دارد که با انجام یک واکنش گرماگیر آنتالپی آن افزایش می‌یابد و با انجام یک واکنش گرماده آنتالپی یا محتوای انرژی آن کاهش می‌یابد.
- ✓ آنتالپی یک نمونه ماده یعنی محتویات انرژی (مجموع انرژی جنبشی و پتانسیل) آن در دما و فشار ثابت، به مقدار (۱) و نوع ماده (۲) و حالت فیزیکی آن وابسته است.
- ✓ از آنجا که داد و ستد انرژی در واکنش‌ها به شکل عمده به صورت گرما ظاهر می‌شود، شیمی‌دان‌ها تغییر آنتالپی هر واکنش را هم ارز با گرمایی می‌دانند که در فشار ثابت با محیط پیرامون داد و ستد می‌کند و آن را با  $Q_p$  نشان می‌دهند.
- ✓ گرمای واکنش در فشار ثابت را با  $\Delta H$  نیز نشان می‌دهند.
- ✓ برای یک واکنش اغلب به جای تغییر آنتالپی واکنش، واژه آنتالپی واکنش به کار می‌رود.
- ✓ آنتالپی: گرمای مبادله شده یک واکنش در فشار ثابت است که با  $H$  نشان داده می‌شود و تغییر آن نیز با  $\Delta H$  نمایش داده می‌شود.

$$Q_p = H_{\text{واکنش دهنده}} - H_{\text{فرآورده}} = \Delta H_{\text{واکنش}} \quad \text{آنتالپی واکنش (تغییر آنتالپی واکنش)}$$

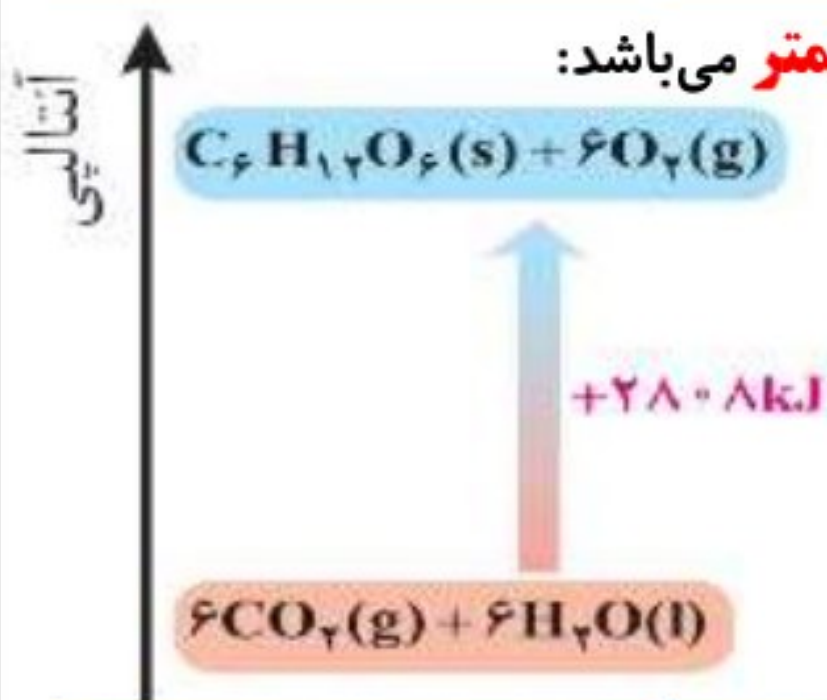
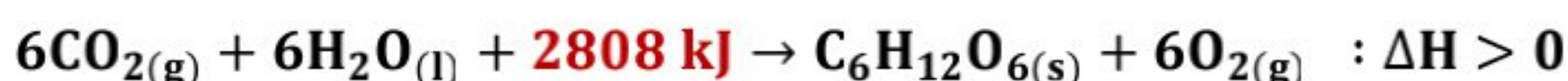
✓ تغییر آنتالپی واکنش در دما و فشار ثابت به علت تغییر در شیوه اتصال اتم‌هاست.

- ✓ مقدار عددی  $\Delta H$  بزرگی گرمای مبادله شده را نشان می‌دهد در حالی که علامت مثبت نشان‌دهنده گرماگیر و علامت منفی نشان‌دهنده گرماده بودن آن واکنش است.

- ✓ در واکنش‌های گرماگیر  $\Delta H_{\text{واکنش}} > 0$  است، یعنی آنتالپی واکنش دهنده‌ها از آنتالپی فرآورده‌ها کمتر می‌باشد:

$$\Delta H_{\text{واکنش}} = H_{\text{فرآورده}} - H_{\text{واکنش دهنده}} > 0 \implies H_{\text{فرآورده}} > H_{\text{واکنش دهنده}}$$

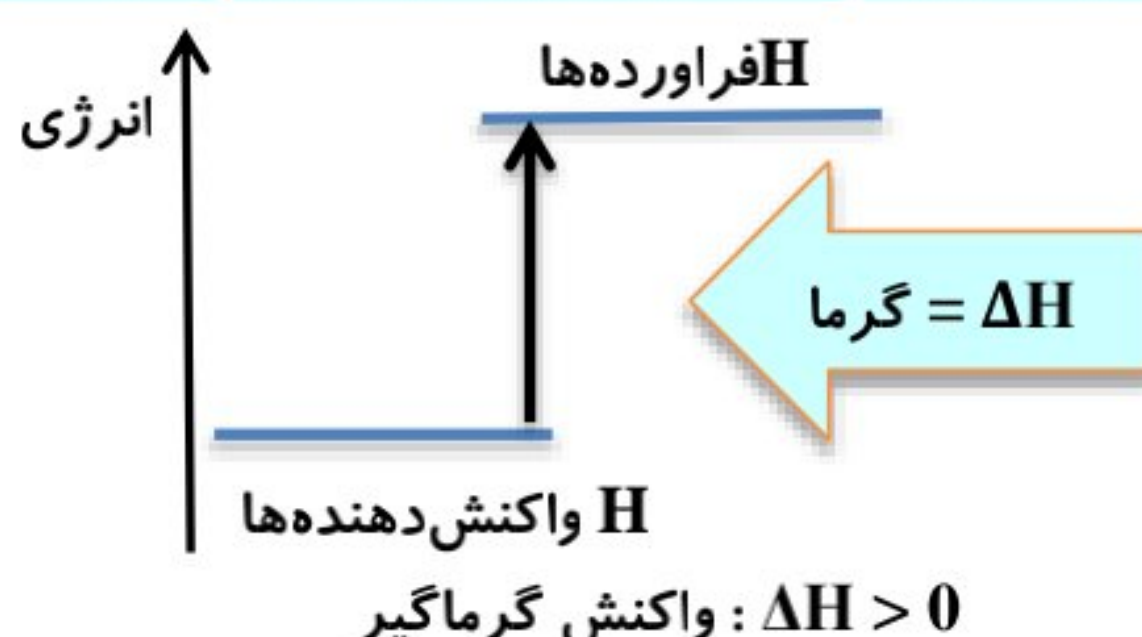
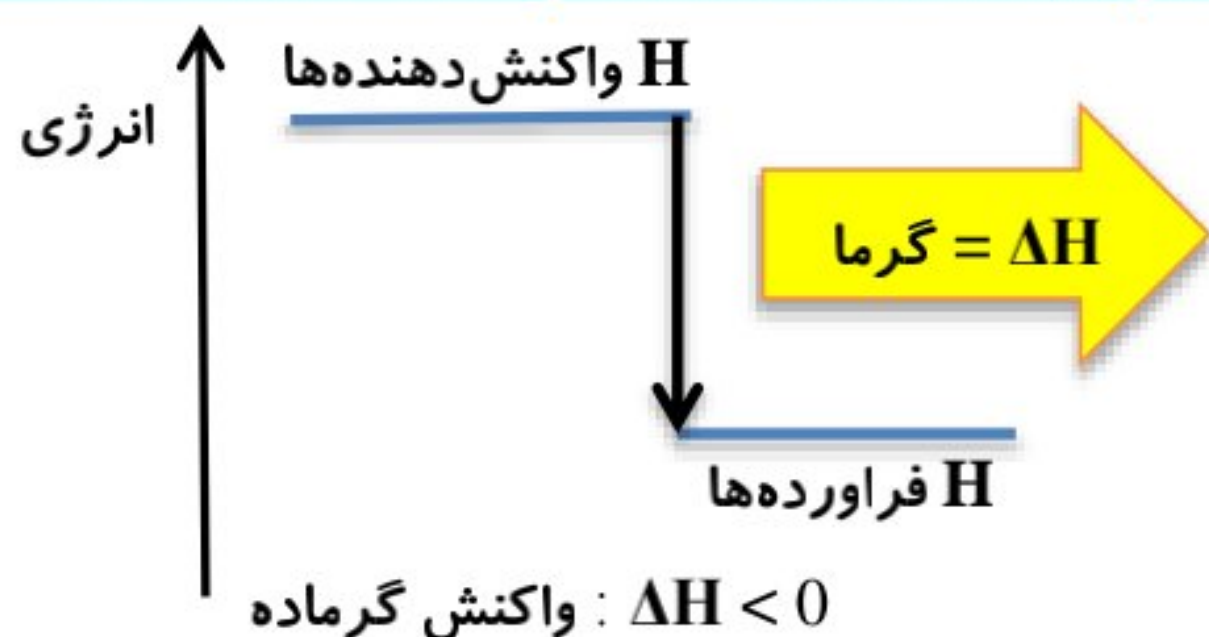
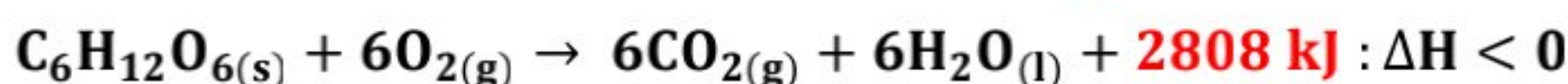
فتوسنتز مثالی از واکنش گرماگیر است.



- ✓ در واکنش‌های گرماده  $\Delta H_{\text{واکنش}} < 0$  است یعنی آنتالپی فرآورده‌ها کمتر از آنتالپی واکنش دهنده‌ها می‌باشد.

$$\Delta H_{\text{واکنش}} = H_{\text{فرآورده}} - H_{\text{واکنش دهنده}} < 0 \implies H_{\text{فرآورده}} < H_{\text{واکنش دهنده}}$$

اکسایش گلوکز در سلول‌های بدن مثالی از واکنش گرماده است و برعکس واکنش فتوسنتز می‌باشد:



- ✓ وقتی یک واکنش **گرماده** اتفاق می افتد نخست دمای فراورده‌ها **بالا** می رود، بعد فراورده‌ها می توانند آن قدر گرما از دست **بدهند** تا به دمای اولیه واکنش دهنده‌ها برسند، این مقدار گرما همان  $\Delta H$  است.
- ✓ **آنتالپی** از جنس **انرژی** است و به طور **مطلق** قابل اندازه گیری **نیست** بلکه تغییرات آن ( $\Delta H$ ) قابل اندازه گیری است و یکای آن **کیلو ژول بر مول** می باشد.

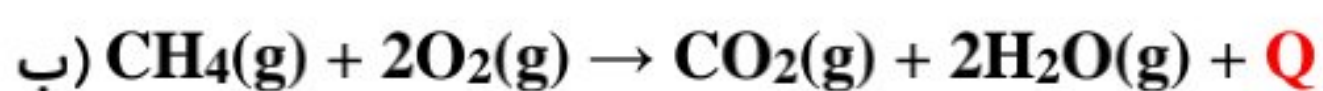
✓ سطح انرژی یا آنتالپی با پایداری ماده رابطه **عکس** دارد ولی با **واکنش پذیری** و **ناپایداری** آن رابطه مستقیم دارد.

$$\frac{1}{\text{پایداری}} \propto \alpha \text{ واکنش پذیری} \propto \alpha \text{ ناپایداری} \propto \alpha \text{ سطح انرژی (آنتالپی)}$$

**جامد > مایع > گاز**: مقایسه سطح انرژی یا آنتالپی مواد با حالت فیزیکی

**خود را بیازماید صفحه ۶۴ و ۶۵ کتاب درسی:**

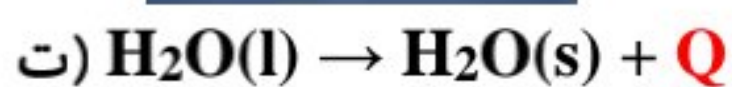
(۱) نماد  $Q$  را در هر معادله وارد کرده سپس علامت « $\Delta H$ » را در هر مورد مشخص کنید.



$$\Delta H < 0$$



$$\Delta H > 0$$



$$\Delta H < 0$$



$$\Delta H > 0$$

✓  $\text{NO}_2$  یکی از آلاینده‌های هوا می باشد که رنگ آن **قهوه‌ای** (خرمایی) می باشد.

✓ نماد  $Q$  در سمت مخالف مواد ناپایدار ( $\text{N}_2\text{H}_4$ ،  $\text{NO}$ ،  $\text{H}_2\text{O}_2$ ،  $\text{O}_3$ ) قرار می گیرد.

✓ در واکنش‌هایی که در آنها مواد **گازی** وجود دارد گرما در سمتی قرار می گیرد که تعداد مول‌های گازی **کمتر** است.

✓ در واکنش‌های **سوختن** همواره گرما در سمت **فراورده‌ها** قرار می گیرد.

✓ فرایندهای فیزیکی از قبیل **فرازش** (تصعید)، **ذوب** و **تبخیر**، **گرماگیر** هستند.

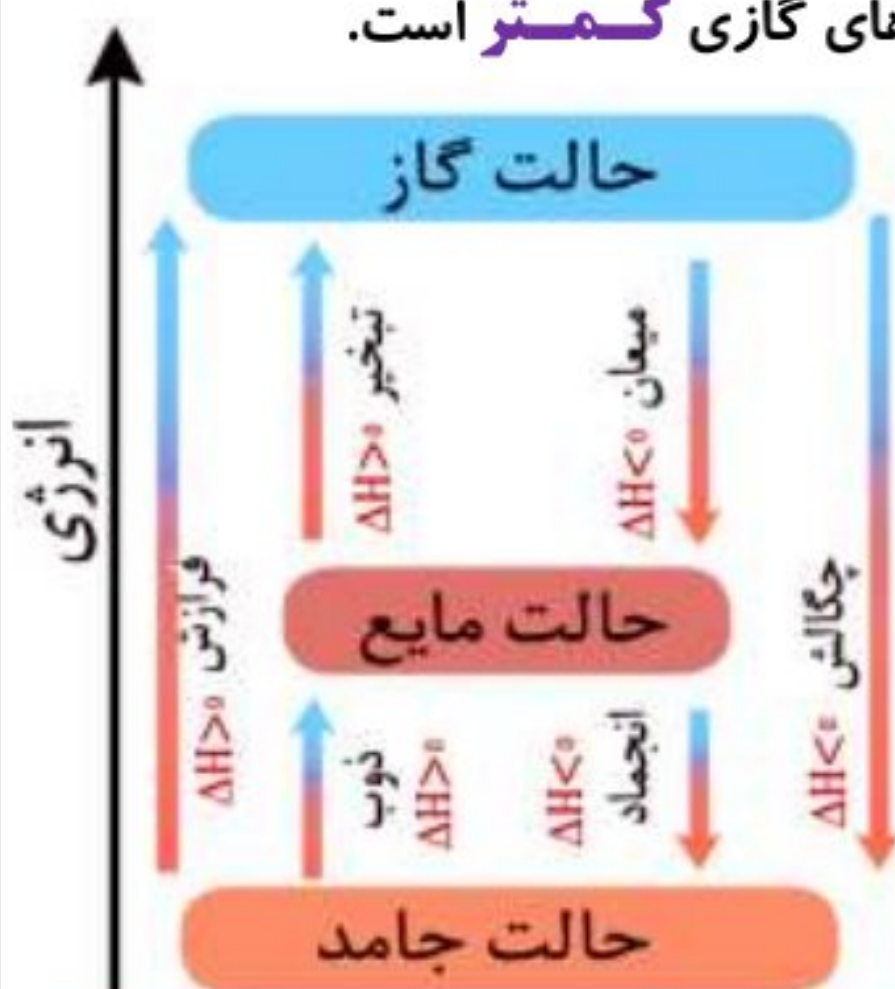
✓ فرایندهای فیزیکی از قبیل **چگالش**، **میعان** و **انجماد**، **گرماده** هستند.

✓ اختلاف آنتالپی حالت **مایع** و **جامد** کمتر از اختلاف آنتالپی حالت **مایع** و حالت **گاز** است.

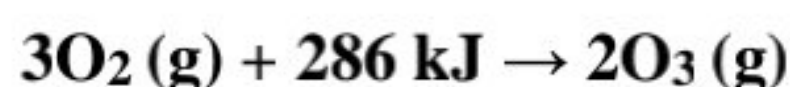
✓ زمانی که در مسئله گفته می شود گرما **آزاد** یا **تولید** می شود علامت  $\Delta H$  **منفی** است.

✓ زمانی که در مسئله گفته می شود گرمای **مورد نیاز** یا **گرمای لازم** برای انجام واکنش علامت

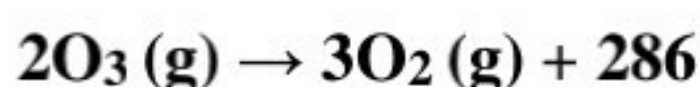
$\Delta H$  **مثبت** است.



(۲) اگر برای تولید یک مول گاز اوزون از گاز اکسیژن، آنتالپی به اندازه  $143 \text{ kJ}$  افزایش یابد، آنتالپی واکنش  $3\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{O}_3(\text{g})$  را در جهت رفت و در جهت برگشت حساب کنید.



$$\Delta H_{\text{رفت}} = +286 \text{ kJ}$$



$$\Delta H_{\text{برگشت}} = -286 \text{ kJ}$$

**گرمایشیمی (ترمو شیمی) و استوکیومتری واکنش:**

✓ گرمای مبادله شده که به صورت آنتالپی در کنار واکنش نوشته می‌شود یا به صورت  $Q$  در یک سمت از واکنش می‌آید به ازای ضرایب مولی هر یک از مواد است. به عنوان مثال در واکنش فرضی مقابل:  $A + 2B \rightarrow 3C + 60 \text{ kJ}$  می‌توان دریافت که به ازای مصرف ۱ مول A یا ۲ مول B یا تولید ۳ مول C مقدار ۶۰ کیلوژول گرما تولید می‌شود؛ هر کدام از این تساوی‌ها را می‌توان به صورت یک کسر نوشت که گرما و مول مواد را به هم ربط می‌دهد.

✓ برای حل مسائل استوکیومتری  $\Delta H$ ، ابتدا مقدار ماده مورد نظر را به مول تبدیل کرده و سپس با استفاده از معادله موازنه شده و ضریب استوکیومتری آن ماده، مقدار گرمای مبادله شده را محاسبه می‌کنیم.

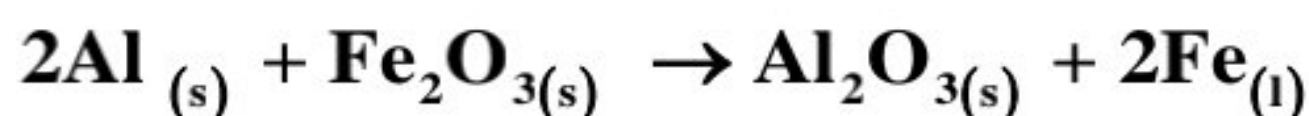
**مثال:** با توجه به واکنش زیر، مقدار گرمای آزاد شده به ازای مصرف ۹۶ گرم  $\text{SO}_2$  چه قدر است؟ ( $S=32$ ،  $O=16$  :  $\text{g.mol}^{-1}$ )



$$\Delta H = 96 \text{ g SO}_2 \times \frac{1 \text{ mol SO}_2}{64 \text{ g SO}_2} \times \frac{-198/2 \text{ kJ}}{2 \text{ mol SO}_2} = -148/65 \text{ kJ } 198/2$$

**تمرین:** با توجه به واکنش:  $\text{N}_2\text{O}_3(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ ،  $\Delta H = -1653 \text{ kJ}$ ، به ازای مصرف هر گرم گاز هیدروژن در این واکنش، چند کیلوژول گرما آزاد می‌شود؟ ( $H=1 \text{ g.mol}^{-1}$ )

**تمرین:** اگر در واکنش ترمیت، به ازای تولید ۲/۸ گرم آهن، ۲۰/۵ کیلوژول گرما آزاد شود،  $\Delta H$  واکنش ترمیت را بدست آورید: ( $Fe=56$ )



**تمرین:** 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 می‌برد؟ ( $c_{\text{H}_2\text{O}} = 4.2 \text{ J.g}^{-1}.\text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ )

**آنتالپی پیوند و میانگین آن:**

✓ انجام یک واکنش شیمیایی نشانه‌ایی از تغییر در **شیوه اتصال** اتم‌ها به یکدیگر است که به تغییر در **ساختار و خواص** مواد منجر می‌شود.

✓ یکی از خواصی که در واکنش‌های شیمیایی تغییر می‌کند، **محتوای انرژی** مواد است.

✓ پیوندهای شیمیایی و نقش انرژی وابسته به آنها در تعیین **گرمای** یک واکنش اهمیت زیادی دارد.

✓ شیمی‌دان‌ها برای پیوندهای مختلف بین اتم‌ها یک **محتوای انرژی** قائل می‌شوند که در هنگام واکنش‌ها و شکستن و ایجاد آن پیوندها

**گرما** مبادله می‌شود؛ به عنوان مثال در یک نمونه گاز هیدروژن، تعداد زیادی مولکول هیدروژن وجود دارد که در آن‌ها اتم‌های هیدروژن

دو به دو با یک پیوند کووالانسی ساده به یکدیگر متصل شده‌اند. انتظار می‌رود که برای شکستن این پیوندها انرژی **مصرف** شود و این

فرایند با **افزایش** آنتالپی همراه باشد (این فرایند **گرماگیر** است) بنابراین می‌توان آنتالپی خاصی را برای آن تعریف نمود.

**تعریف آنتالپی پیوند:** به مقدار انرژی لازم برای **شکستن** یک مول پیوند **کووالانسی** در حالت **گازی** و تبدیل آن به اتم‌های گازی **مجزا**، آنتالپی پیوند می‌گویند.

## چند نکته مهم درباره آنتالپی پیوند و میانگین آنتالپی پیوند:

✓ از آنجا که برای  $\Delta H_{\text{پیوند}}$  یک پیوند همواره به انرژی نیاز داریم و فرایند شکستن پیوند گرماگیر است بنابراین مقدار آنتالپی پیوند همواره عددی مثبت است و یکای آن کیلو ژول بر مول است.

✓ شکستن پیوند گرماگیر می باشد، در حالت عکس نیز می توان گفت تشکیل پیوند فرایندی گرماده است.

✓ برای اینکه انرژی مصرف شده فقط برای شکستن پیوند و نه ذوب یا تبخیر ماده به کار رود، مولکول اولیه و محصولات باید در حالت گازی باشند.

✓ برای مولکول‌هایی مانند  $\text{O}_2$ ،  $\text{HCl}$ ،  $\text{N}_2$  و ... که تنها از دو اتم تشکیل شده‌اند، به کار بردن آنتالپی پیوند صحیح می‌باشد، در حالی که برای مولکول‌های چند اتمی مانند  $\text{CH}_4$ ،  $\text{H}_2\text{O}$ ،  $\text{NH}_3$  و ... که اتم مرکزی به چند اتم یگسان متصل است (چند پیوند مشابه در مولکول داریم، مثلاً در  $\text{NH}_3$  سه پیوند N-H داریم) به کار بردن میانگین آنتالپی پیوند مناسب‌تر است؛ زیرا در هنگام شکستن پیوندهایی که مشابه هستند انرژی‌های لازم اندکی با هم متفاوت است.

مثال: براساس واکنش:  $\text{CH}_4(\text{g}) + 1660 \text{ kJ} \rightarrow \text{C}(\text{g}) + 4\text{H}(\text{g})$  میانگین آنتالپی پیوند (C-H) در جدول‌ها  $415 \text{ kJ.mol}^{-1}$  شده به دیگر سخن  $\Delta H(\text{C-H}) = 415 \text{ kJ mol}^{-1}$  است.

✓ آنتالپی پیوند به نوع مولکول نیز بستگی دارد. به طور مثال آنتالپی پیوند C-C در مولکول‌های  $\text{C}_2\text{H}_6$  و  $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$  متفاوت است و یا آنتالپی پیوند C=C در مولکول‌های  $\text{C}_2\text{H}_4$  و  $\text{C}_2\text{Cl}_4$  متفاوت است پس از میانگین آنتالپی پیوند استفاده می‌شود.

✓ انرژی لازم برای شکستن پیوندهای اشتراکی موجود در یک مول  $\text{H}_2(\text{g})$  و تبدیل آن به ۲ مول  $\text{H}(\text{g})$ ، حدود  $436 \text{ kJ}$  است که به آن آنتالپی پیوند H-H گفته شده و با  $\Delta H(\text{H-H}) = 436 \text{ kJ}$  نشان می‌دهند.  $\text{H}_2(\text{g}) + 436 \text{ kJ} \rightarrow 2\text{H}(\text{g})$

✓ آنتالپی پیوند باید برای ۱ مول پیوند تعریف گردد؛ بنابراین در مثال‌هایی که مقادیر دیگر یا تعداد مول پیوندها متفاوت است، با محاسبات لازم آنتالپی را برای یک مول پیوند مشخص نماییم:

مثال: انرژی لازم برای شکستن پیوندهای بین ۵ گرم گاز کلر و تبدیل آن به اتم‌های جدا از هم برابر  $17/04 \text{ kJ}$  است؛ آنتالپی پیوند Cl-Cl چه مقدار است؟ ( $\text{Cl} = 35/5 \text{ gmol}^{-1}$ )

$$1 \text{ mol Cl}_2 \times \frac{71 \text{ g Cl}_2}{1 \text{ mol Cl}_2} \times \frac{17/04 \text{ kJ}}{5 \text{ g}} = 242 \text{ kJ}$$

آنتالپی برخی پیوندها:							
N≡N	O=O	H-Cl	H-H	H-F	I-I	Br-Br	Cl-Cl
۹۴۵	۴۹۵	۴۳۱	۴۳۶	۵۶۷	۱۵۱	۱۹۳	۲۴۲

میانگین آنتالپی پیوندها:								
O-O	N-N	C=O	C≡C	C=C	C-C	O-H	N-H	C-O
۱۴۶	۱۶۳	۷۹۹	۸۳۹	۶۱۴	۳۴۸	۴۶۳	۳۹۱	۳۸۰

✓ بطور کلی برای مقایسه آنتالپی پیوندها باید بدانیم که آنتالپی پیوند به سه عامل مرتبه پیوند و طول پیوند (شعاع اتم) بستگی دارد. با توجه به مرتبه پیوند، آنتالپی پیوند به صورت مقابل است: پیوند سه گانه < پیوند دوگانه < یگانه قطبی < یگانه ناقطبی

✓ قطبیت پیوند: به دلیل داشتن جزئی بار بر روی پیوند، جاذبه اتم‌ها نسبت بهم قوی‌تر می‌شود و بهم نزدیک‌تر می‌شوند و طول پیوند کوتاه‌تر از حد انتظار می‌شود، پس آنتالپی پیوند افزایش می‌یابد.  $\text{H} - \text{F} > \text{H} - \text{H}$

✓ هر چه شعاع یک اتم بزرگ‌تر باشد، طول پیوند آن بزرگ‌تر بوده و در نتیجه آنتالپی پیوند کوچک‌تر است. مثلاً:  $\text{Cl} - \text{Cl} > \text{I} - \text{I}$  از آنجا که معمولاً مقدار عددی طول پیوند کووالانسی در سوالات داده نمی‌شود باید بتوانیم این طول‌ها را مقایسه کنیم. در یک پیوند دو اتمی درگیر هستند، طبیعی است که اگر شعاع اتم‌های درگیر بزرگ باشد، پیوند بین آنها نیز بلند است. بنابراین در مقایسه‌ها از شعاع اتم‌ها به طول پیوند می‌رسیم.



مثال: در مقایسه آنتالپی پیوند **Cl-Cl** و **I-I** به دلیل اینکه هر دو پیوند **یکانه** هستند از مقایسه طول پیوند استفاده می‌کنیم که آن هم به شعاع اتم‌های درگیر مرتبط است. از آنجا که کلر و ید در گروه **۱۷** جدول هستند و از بالا به پایین شعاع اتم‌ها **افزایش** می‌یابد، پس اتم ید بزرگ‌تر بوده و پیوند بین دو ید نیز **بلندتر** است، بنابراین آنتالپی پیوند **I-I** **کمتر** است.

مثال: در مقایسه آنتالپی پیوند **C-O** و **C-C** هر دو پیوند یگانه‌اند و یک اتم **مشترک** داریم، بنابراین کافی است اتم غیر مشابه دو پیوند یعنی **O** و **C** را از لحاظ شعاع مقایسه کنیم. هر دو اتم در **یک دوره** جدول هستند؛ **O** در گروه **۱۶** و **C** در گروه **۱۴** قرار دارد پس شعاع **اکسیژن** کمتر است و طول پیوند **C-O** از **C-C** کوتاه‌تر بوده و در نتیجه آنتالپی پیوند **C-O** **بیشتر** است.

✓ توجه کنید که آنتالپی پیوندهای **سه گانه** و آنتالپی پیوندهای **دو گانه** به ترتیب **۳** برابر و **۲** برابر پیوندهای یگانه نیست:

$$\frac{\Delta H(C \equiv C)}{\Delta H(C - C)} = 2/4 < 3 \quad \text{یا} \quad \frac{\Delta H(C = C)}{\Delta H(C - C)} = 1/8 < 2$$

خود را بیازمایید: صفحه ۶۶ کتاب درسی

با استفاده از داده‌های جدول مربوط به آنتالپی پیوندها، آنتالپی هریک از واکنش‌های زیر را پیش‌بینی کنید.



الف) با توجه به ساختار لوئیس آب باید دو پیوند **O-H** بشکند و اتم‌های اکسیژن و هیدروژن تشکیل شود.



ب) با توجه به ساختارهای لوئیس یک پیوند **N-H** تشکیل می‌شود و تشکیل پیوند همراه با آزاد شدن انرژی است، پس:



۱- در هر جمله، واژه درست را انتخاب کنید.

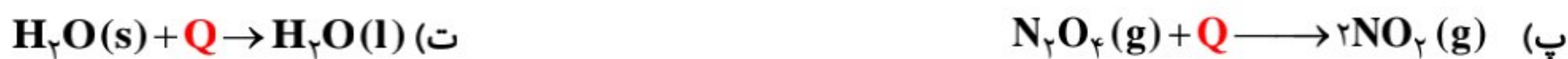
آ) در یک واکنش گرماگیر، مواد با محتوای انرژی (**کمتر** / بیشتر) به موادی با انرژی (**بیشتر** / کمتر) تبدیل می‌شوند.

ب) با انجام یک واکنش شیمیایی و تغییر در شیوه اتصال اتم‌ها به یکدیگر، تفاوت آشکاری در انرژی (جنبشی/ **تانسیل**) وابسته به آن‌ها ایجاد می‌شود.

۲- نماد Q را در هر معادله وارد کرده، سپس علامت  $\Delta H$  را در هر مورد مشخص کنید.

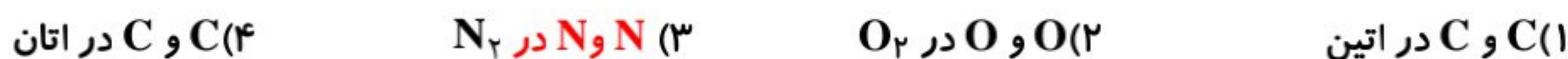


$$\Delta H < 0 \quad \Delta H < 0$$



$$\Delta H > 0 \quad \Delta H > 0$$

۳- میانگین آنتالپی پیوند، بین ۲ اتم داده شده در کدام گزینه بیشتر است؟



۴- برای کدام پیوند، استفاده از میانگین آنتالپی پیوند مناسب‌تر است؟



۵- کدام گزینه نادرست است؟

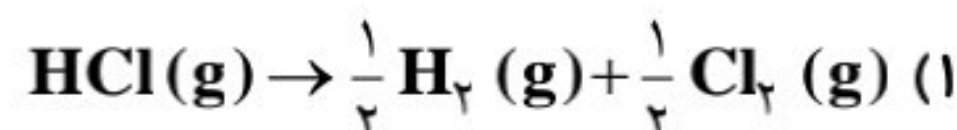
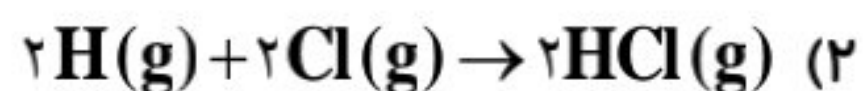
۱) تغییر در شیوه اتصال اتم‌ها به یکدیگر و تغییر ساختار و خواص مواد نشانه‌ای از انجام یک واکنش شیمیایی است.

۲) از خواصی که در واکنش‌های شیمیایی تغییر نمی‌کند محتوای انرژی است.

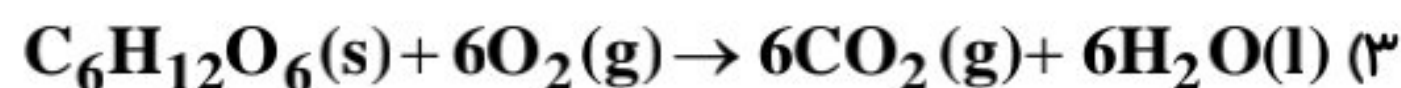
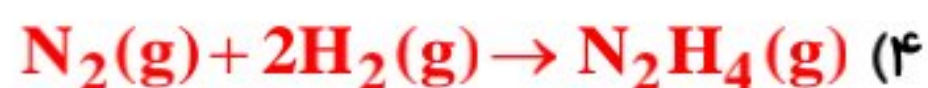
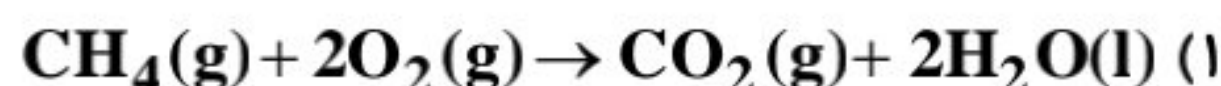
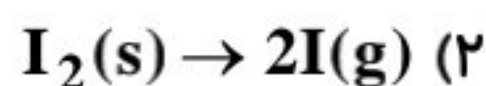
۳) اتم‌های هیدروژن سطح انرژی بالاتری نسبت به مولکول هیدروژن دارند و تبدیل اتم به مولکول گرماده می‌باشد.

۴) انرژی لازم برای شکستن پیوندهای اشتراکی موجود در یک مول H<sub>2</sub>(g) و تبدیل آن به دو مول H(g) را انرژی پیوند «H-H» می‌گویند.

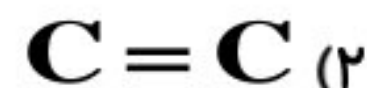
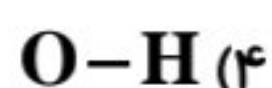
۶- اگر انرژی پیوند  $\text{HCl(g)}$  برابر ۴۳۱ کیلو ژول برمول باشد، در کدام یک از گزینه‌های زیر محتوای انرژی به اندازه ۴۳۱ کیلو ژول کاهش می‌یابد؟



۷- برای محاسبه  $\Delta H$  کدام یک از واکنش‌های زیر می‌توان از آنتالپی پیوند استفاده نمود؟



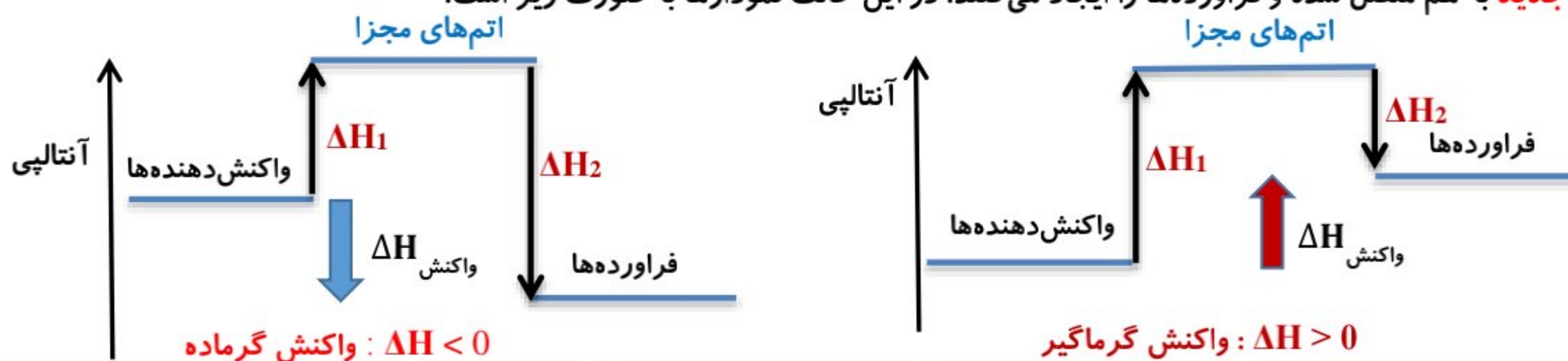
۸- استفاده از واژه آنتالپی پیوند برای کدام پیوند زیر مناسب‌تر است؟



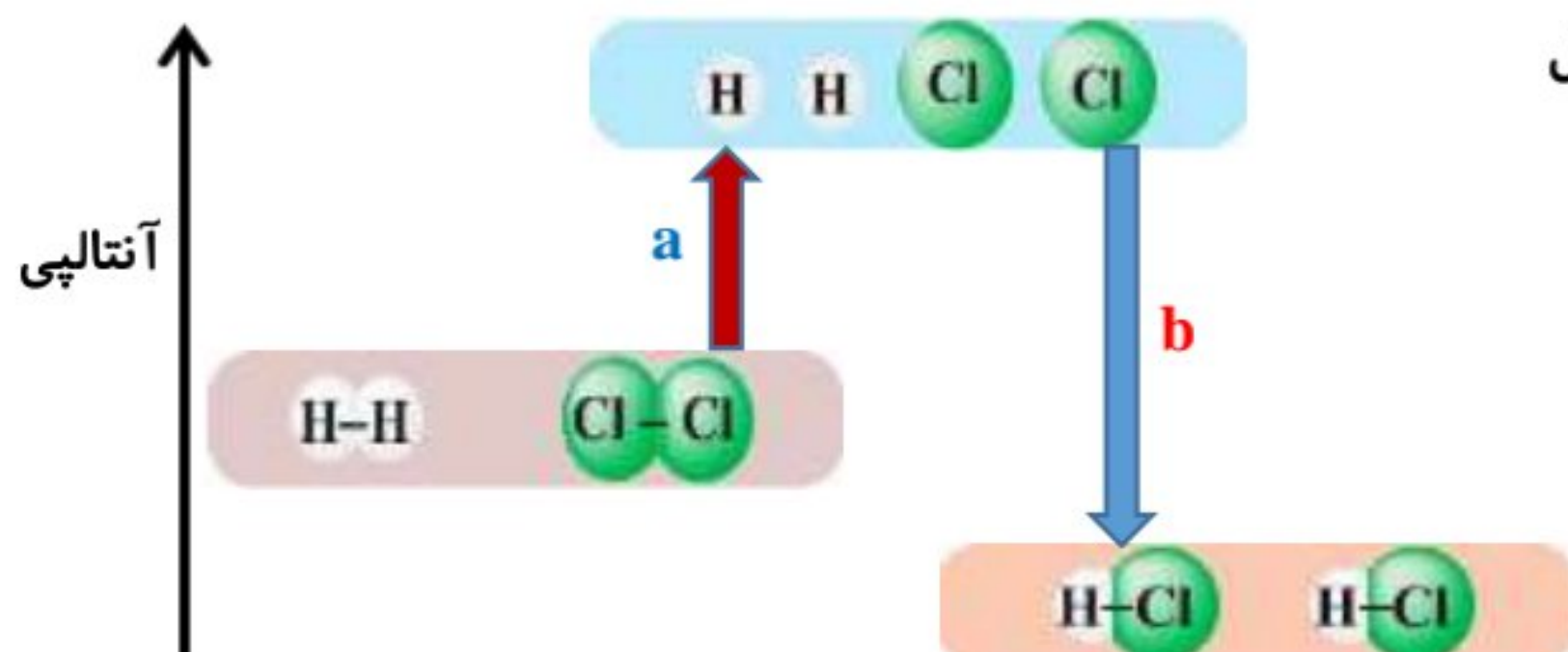
انجام فرایندهای فیزیکی و شیمیایی منجر به تغییر محتوای انرژی مواد می‌شود، از این رو انجام هریک از آن‌ها با جذب یا از دست دادن گرما همراه است. تجربه نشان می‌دهد که گرمای تولید یا مصرف شده در واکنش‌های شیمیایی قابل اندازه‌گیری بوده و یکی از هدف‌هایی است که در ترموشیمی دنبال می‌شود.

### آنتالپی پیوند، راهی برای تعیین $\Delta H$ واکنش:

یکی از راه‌های کاربردی برای محاسبه  $\Delta H$  واکنش‌ها، استفاده از آنتالپی پیوندهای مواد شرکت کننده در واکنش است. برای تعیین آنتالپی ( $\Delta H$ ) از واکنش‌ها، می‌توان از آنتالپی پیوند و میانگین آن بهره برد. فرض می‌کنیم در یک واکنش، تمام پیوندهای اشتراکی در واکنش دهنده‌ها به طور کامل شکسته شده و مجموعه‌ای از اتم‌های مجزا بدست آید و پس از آن اتم‌های مجزا با اتصال پیوندهای کووالانسی جدید به هم متصل شده و فرآورده‌ها را ایجاد می‌کنند. در این حالت نمودارها به صورت زیر است:



$$\Delta H_{\text{واکنش}} = \Delta H_1 + \Delta H_2 \quad \text{و} \quad \Delta H_2 < 0 \quad \text{مجموع آنتالپی پیوند فرآورده‌ها} \quad \text{و} \quad \Delta H_1 > 0 \quad \text{مجموع آنتالپی پیوند واکنش دهنده‌ها} = \Delta H_1$$



در این شکل واکنش بین گازهای هیدروژن و کلر برای تشکیل هیدروژن کلرید را مشاهده می‌کنید:



کمیت  $a$  در نمودار فوق انرژی لازم برای شکستن پیوندهای اشتراکی  $\text{H-H}$  و  $\text{Cl-Cl}$  را در یک مول از هر کدام آن‌ها نشان می‌دهد، به طوری که این مقدار انرژی هم ارز با مجموع آنتالپی این پیوندهاست:

$$a = (1\text{mol} \times 436 \text{kJmol}^{-1}) + (1\text{mol} \times 242 \text{kJmol}^{-1}) = 678 \text{kJ}$$

کمیت  $b$  در این نمودار، انرژی حاصل از تشکیل پیوندهای اشتراکی  $\text{H-Cl}$  را در دو مول از آن نشان می‌دهد، از این رو کمیت  $b$  هم ارز با دو برابر آنتالپی این پیوند اما با علامت منفی است:

$$b = -(2\text{mol} \times 431 \text{kJmol}^{-1}) = -862 \text{kJ}$$

اینک از جمع جبری کمیت‌های  $a$  و  $b$  آنتالپی واکنش به دست می‌آید:

$$\Delta H_{\text{واکنش}} = a + b = 678 \text{ kJ} + (-862 \text{ kJ}) = -184 \text{ kJ}$$

- ✓ تعیین  $\Delta H$  از روش آنتالپی پیوند برای واکنش‌هایی مناسب است که همهٔ مواد شرکت کننده در آن‌ها به حالت **گاز** هستند.
- ✓ هر چه مولکول‌های مواد شرکت کننده در یک واکنش، **ساده‌تر** باشند مقدار  $\Delta H$  محاسبه شده به کمک آنتالپی پیوندها برای آن واکنش به داده‌های تجربی **نزدیک‌تر** است.
- ✓ در صورت شرکت کردن مولکول‌های **پیچیده‌تر** در واکنش، ممکن است مقدار  $\Delta H$  بدست آمده برای آن واکنش با مقدار واقعی آن، تفاوت **زیادی** داشته باشد. می‌دانیم در اغلب واکنش‌های شیمیایی، **همهٔ** پیوندهای موجود در واکنش دهنده‌ها شکسته **نمی‌شوند** و همهٔ پیوندهای موجود در فراورده‌ها هم تشکیل **نمی‌شوند** بلکه برخی از پیوندهای موجود در واکنش دهنده‌ها، **عیناً** در فراورده‌ها وجود دارند به همین دلیل می‌توانیم از رابطه زیر هم استفاده کنیم:
- ✓  $\Delta H_{\text{واکنش}} = [\text{مجموع آنتالپی پیوندهای شکسته شده در واکنش دهنده‌ها}] - [\text{مجموع آنتالپی پیوندهای تشکیل شده در فرآورده‌ها}]$
- ✓ در رابطه با آنتالپی پیوند باید دقت کنیم که **ضرایب استوکیومتری** مواد موجود در واکنش در میزان آنتالپی **ضرب** می‌شود.
- ✓ در برخی مسائل ممکن است بجای آنتالپی پیوند از **انرژی پیوند** استفاده شود.
- ✓ آنتالپی تمام پیوندها **مثبت** است و هر چه این مقدار مثبت‌تر باشد پیوند **محکم‌تر** است.

### خود را بیازمایید: صفحه ۶۷ کتاب درسی

۱- دانش آموزی برای تعیین آنتالپی یک واکنش گازی از رابطهٔ زیر استفاده کرده است، درستی این رابطه را بررسی کنید.

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

هر واکنش را می‌توان جمع **دو** واکنش دانست در واکنش اول تمام پیوندها **شکسته** می‌شود، آنتالپی آن **مثبت** و **گرماگیر** است. در واکنش دوم از تمام اتم‌ها، فراورده‌ها بدست می‌آیند که آنتالپی آن **منفی** و **گرماده** است. بنابراین مجموع آنتالپی این دو واکنش آنتالپی واکنش مورد نظر است.

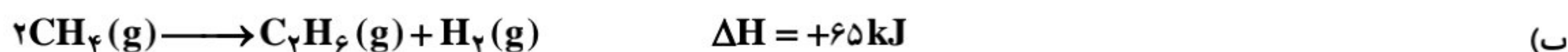
اتم‌ها → واکنش دهنده‌ها	$\Delta H_1 =$ مجموع آنتالپی پیوندها در مواد واکنش دهنده
فراورده‌ها → اتم‌ها	$\Delta H_2 = -$ (مجموع آنتالپی پیوندها در مواد فراورده)
فراورده‌ها → واکنش دهنده‌ها	$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2$

۲- با استفاده از جدول میانگین آنتالپی پیوندها،  $\Delta H$  هر یک از واکنش‌های ترموشیمیایی زیر را حساب نموده و با  $\Delta H$  داده شده مقایسه کنید.



$$\Delta H = [\Delta H_{(\text{N} \equiv \text{N})} + 2\Delta H_{(\text{H}-\text{H})}] - [4\Delta H_{(\text{N}-\text{H})} + \Delta H_{(\text{N}-\text{N})}]$$

$$\Delta H = [(945) + 2 \times (436)] - [4 \times (391) + 163] = +90 \text{ kJ}$$



$$\Delta H = [8\Delta H_{(\text{C}-\text{H})}] - [6\Delta H_{(\text{C}-\text{H})} + \Delta H_{(\text{C}-\text{C})} + \Delta H_{(\text{H}-\text{H})}]$$

$$\Delta H = [(8 \times 415)] - [(6 \times 415) + 348 + 436] = +46 \text{ kJ}$$



$$\Delta H = [2\Delta H_{(\text{H}-\text{H})} + \Delta H_{(\text{O}=\text{O})}] - [4\Delta H_{(\text{O}-\text{H})}]$$

$$\Delta H = [(2 \times 436) + 495] - [4 \times 463] = -485 \text{ kJ}$$

مقدار  $\Delta H$  محاسبه شده، اندکی با  $\Delta H$  حاصل از داده‌های تجربی متفاوت است، زیرا مقادیر آنتالپی‌های پیوند که در جدول‌ها گزارش می‌شوند معمولاً به طور میانگین هستند و برای پیوندهای یکسان در مولکول‌های مختلف، یک مقدار به کار برده می‌شوند.

۱- در هر جمله، واژه درست را انتخاب کنید.

(آ) هر چه مرتبه پیوند (تعداد پیوند بین ۲ اتم) بیشتر باشد، آنتالپی پیوند (بیشتر / کمتر) است.

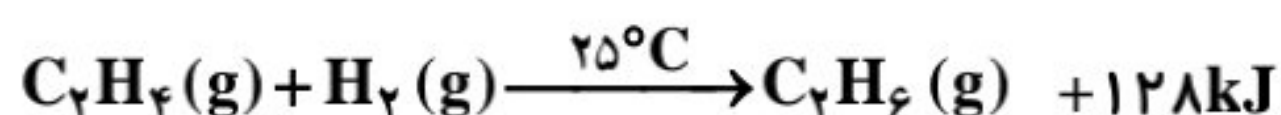
(ب) هر چه شعاع اتم‌های تشکیل‌دهنده پیوند بزرگ‌تر باشد، آنتالپی پیوند (بیشتر / کمتر) است.

۲-  $\Delta H$  واکنش:  $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  چند کیلوژول است؟

(انرژی پیوندهای  $\text{C}-\text{H}$  و  $\text{O}=\text{O}$  و  $\text{C}=\text{O}$  و  $\text{O}-\text{H}$  را بر حسب کیلوژول بر مول ۴۱۵، ۴۹۵، ۷۹۹ و ۴۶۳ در نظر بگیرید.)

$$\Delta H = [4(415) + 2(495)] - [2(799) + 4(463)] = -800 \text{ kJ}$$

۳- با توجه به واکنش و جدول زیر، آنتالپی پیوند  $\text{H}-\text{H}$  بر حسب کیلوژول بر مول حساب کنید.



پیوند	$\text{C}=\text{C}$	$\text{C}-\text{C}$	$\text{C}-\text{H}$	$\text{H}-\text{H}$
$\Delta H(\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$	۶۱۴	۳۴۸	۴۱۵	؟

$$\Delta H = [(C=C) + 4(C-H) + (H-H)] - [(C-C) + 6(C-H)]$$

$$\Delta H = -128 = [614 + 4(415) + (H-H)] - [348 + 6(415)]$$

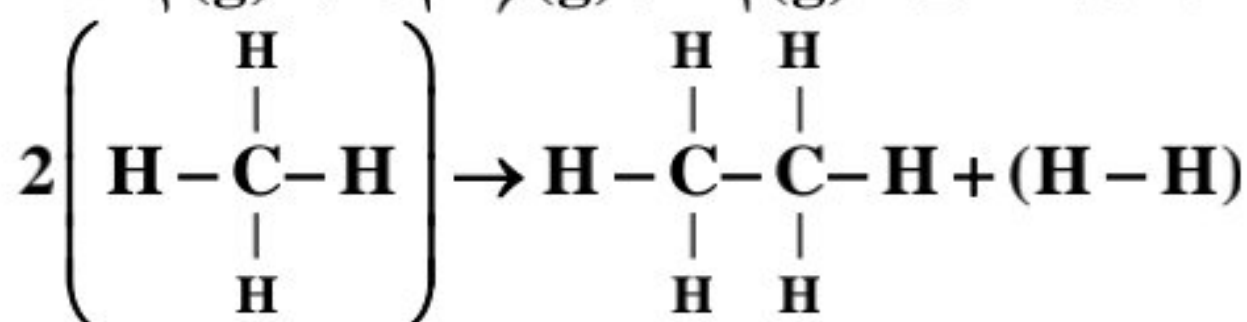
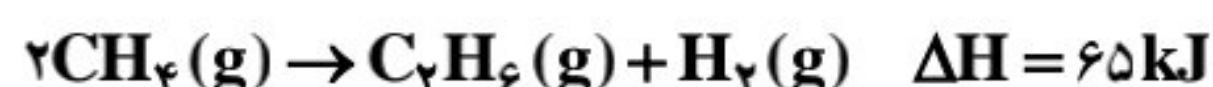
$$\Delta H(H-H) = +436 \text{ kJ}$$

۴- با توجه به داده‌های جدول زیر،  $\Delta H$  واکنش:  $\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$  چند کیلوژول است؟

نوع پیوند	$\text{O}-\text{H}$	$\text{C}-\text{O}$	$\text{C}-\text{H}$	$\text{H}-\text{H}$	$\text{C}\equiv\text{O}$	آنتالپی ( $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ )
	۴۶۴	۳۵۱	۴۱۴	۴۳۶	۱۰۷۵	(۱) -۲۱۰
						(۲) -۱۸۰
						(۳) -۱۱۰
						(۴) -۸۰

$$\Delta H = [1075 + 2(436)] - [3(414) + 1(351) + 1(464)] = -110 \text{ kJ}$$

۵- با توجه به اطلاعات داده شده، میانگین آنتالپی پیوند  $\text{C}-\text{C}$  چند کیلوژول بر مول است؟

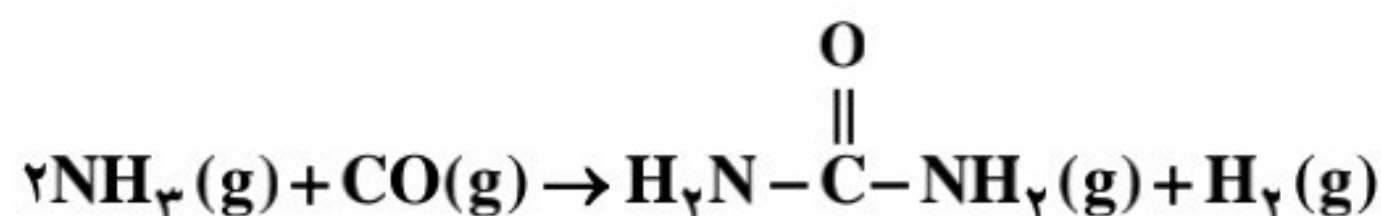


پیوند	$\text{H}-\text{H}$	$\text{C}-\text{H}$	میانگین آنتالپی ( $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ )
	۴۳۶	۴۱۲	(۱) ۳۲۳
			(۲) ۳۴۸
			(۳) ۳۸۸
			(۴) ۲۵۸

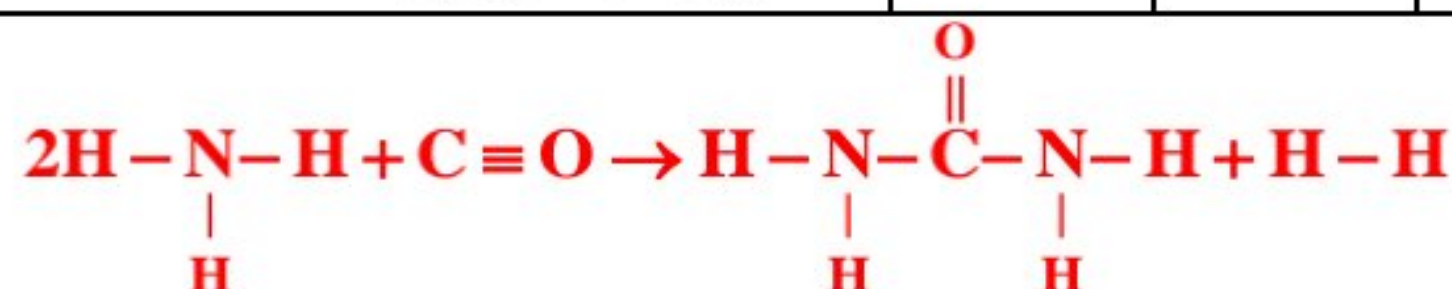
$$\Delta H = [8(C-H)] - [(C-C) + 6(C-H) + (H-H)]$$

$$65 = (8 \times 412) - [(C-C) + 6(412) + 436] \rightarrow \Delta H_{(C-C)} = 323 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

۶- تغییر آنتالپی واکنش زیر بر حسب کیلوژول بر مول کدام است؟



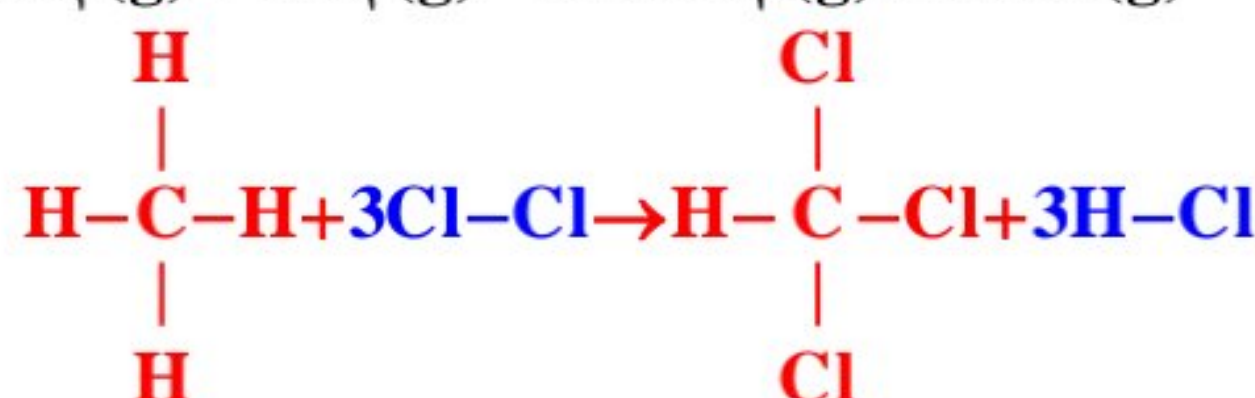
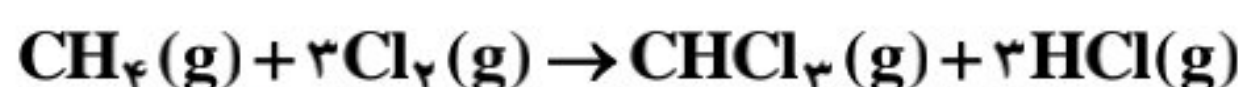
پیوند	$\text{H}-\text{H}$	$\text{C}=\text{O}$	$\text{N}-\text{C}$	$\text{N}-\text{H}$	$\text{C}\equiv\text{O}$
آنتالپی یا میانگین پیوند ( $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ )	۴۳۶	۷۴۵	۲۹۳	۳۸۹	۱۰۷۵
					(۱) ۶۸
					(۲) -۸۶
					(۳) -۶۸
					(۴) ۸۶



$$\Delta H = [6 \times \Delta H_{\text{N-H}} + \Delta H_{\text{C}\equiv\text{O}}] - [4\Delta H_{\text{N-H}} + 2\Delta H_{\text{C-N}} + \Delta H_{\text{C=O}} + \Delta H_{\text{H-H}}]$$

$$= [6 \times 389 + 1075] - [(4 \times 389) + (2 \times 293) + 745 + 436] = 86 \text{ kJ}$$

۷- با توجه به انرژی‌های پیوند داده شده گرمای واکنش زیر بر حسب  $\text{kJ}$  کدام است؟

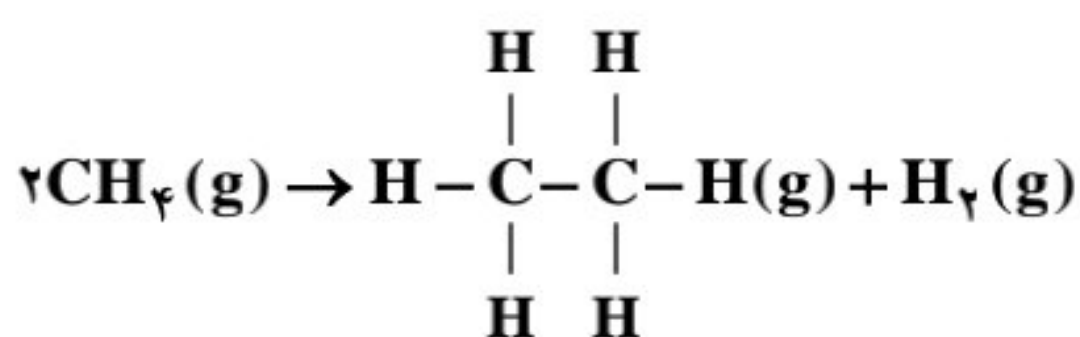


پیوند	C-H	Cl-Cl	C-Cl	H-Cl
انرژی ( $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ )	412	242	326	431
	(2) -309	(3) -214	(4) -76	(1) -722

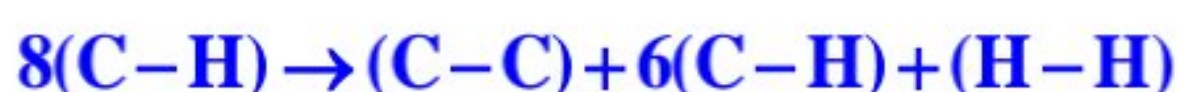


$$\Delta H = (4 \times 412 + 3 \times 242) - (1 \times 412 + 3 \times 326 + 3 \times 431) = -309 \text{ kJ}$$

۸- با توجه به جدول زیر، برای تبدیل ۲۰ گرم متان به اتان چند کیلوژول گرما لازم است؟ ( $\text{C} = 12, \text{H} = 1: \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ )



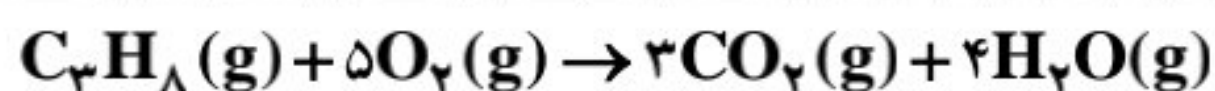
پیوند	C-H	C-C	H-H
میانگین آنتالپی پیوند ( $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ )	412	348	436
	(2) 40	(3) 50	(4) 62/5
	(1) 25		



$$\Delta H_{\text{واکنش}} = [(8 \times 412)] - [(6 \times 412) + 348 + 436] \rightarrow \Delta H$$

$$= 824 - 784 \rightarrow \Delta H_{\text{واکنش}} = 40 \text{ kJ}$$

$$\frac{20 \text{ g}}{2 \times 16 \text{ g}} = \frac{x}{40 \text{ kJ}} \rightarrow x = 25 \text{ kJ}$$



۹- با توجه به داده‌های جدول،  $\Delta H$  واکنش زیر چند کیلوژول است؟

نوع پیوند	C-C	C-H	O=O	O-H	C=O
آنتالپی ( $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ )	348	415	495	463	799

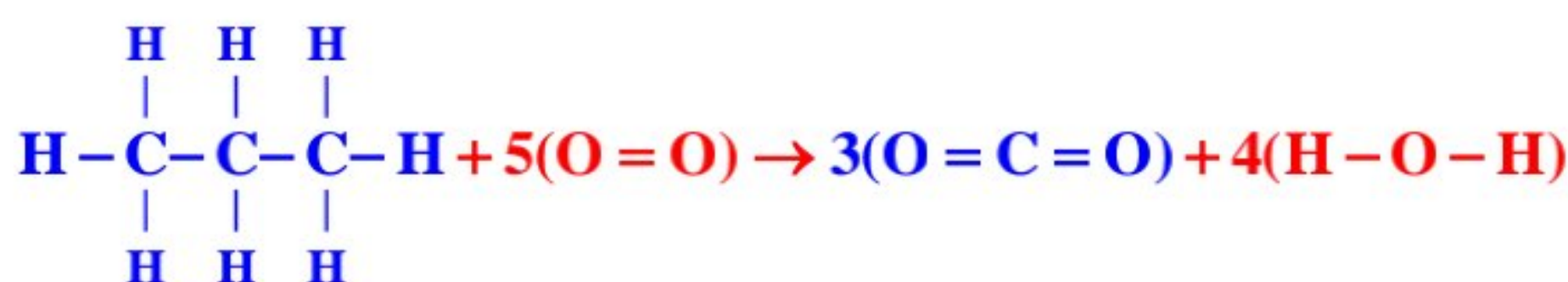
(4) -2007

(3) -940

(2) 2007

(1) 940

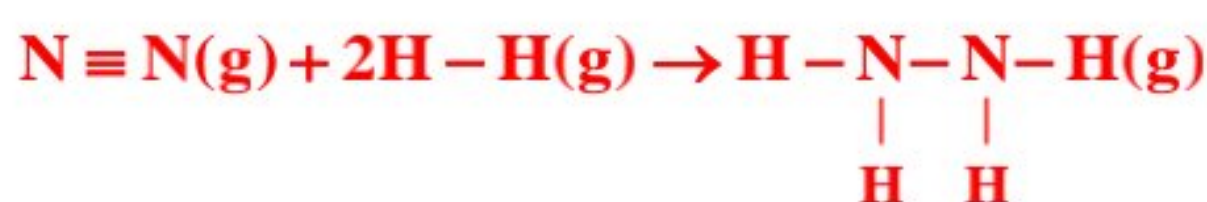
ابتدا واکنش را به فرم زیر بازنویسی می‌کنیم:



$$\Rightarrow [8 \times (\text{C}-\text{H}) + 2 \times (\text{C}-\text{C}) + 5 \times (\text{O}=\text{O})] - [6 \times (\text{C}=\text{O}) + 8 \times (\text{O}-\text{H})]$$

$$= [(8 \times 415) + (2 \times 348) + (5 \times 495)] - [(6 \times 799) + (8 \times 463)] = 6491 - 8498 = -2007 \text{ kJ}$$

۱۰- آنتالپی واکنش  $\text{N}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{N}_2\text{H}_4(\text{g})$  برابر ۹۱ کیلوژول است. اگر آنتالپی پیوندهای  $\text{N}-\text{H}$  و  $\text{N}-\text{N}$  و  $\text{H}-\text{H}$  به ترتیب برابر ۱۶۲ و ۳۹۱ و ۴۳۶ کیلوژول بر مول باشد، آنتالپی پیوند  $\text{N} \equiv \text{N}$  چند کیلوژول بر مول است؟



(4) 975

(3) 810

(2) 945

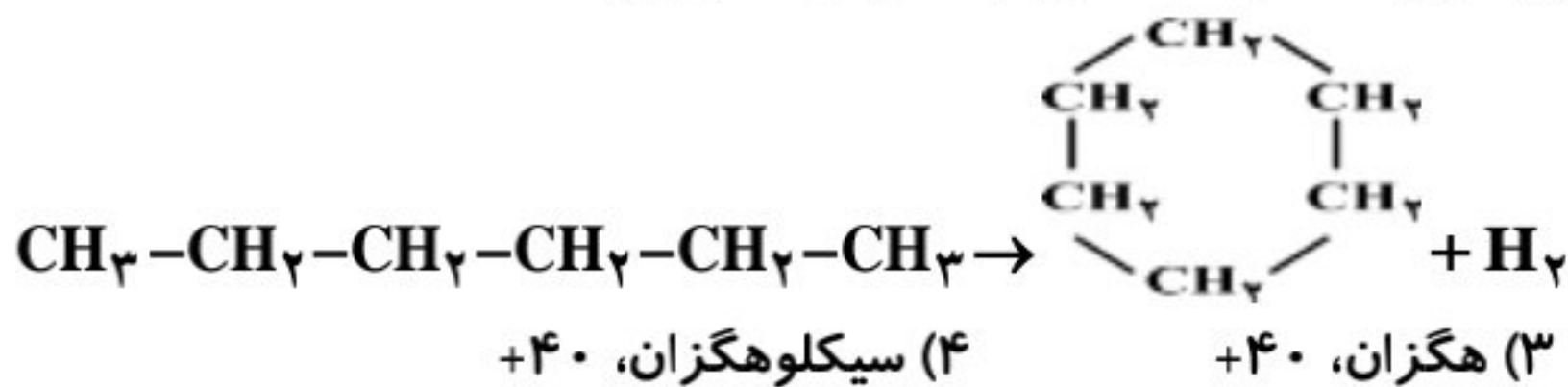
(1) 751

$$\Delta H = 91 \text{ kJ}$$

$$\Delta H = [\Delta H(\text{N} \equiv \text{N}) + 2\Delta H(\text{H}-\text{H})] - [\Delta H(\text{N}-\text{N}) + 4\Delta H(\text{N}-\text{H})]$$

$$\Rightarrow 91 = [\Delta H(\text{N} \equiv \text{N}) + 2(436)] - [(162) + 4(391)] \Rightarrow \Delta H(\text{N} \equiv \text{N}) = 945 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

۱۱- با توجه به آنتالپی پیوندها و واکنش زیر کدام هیدروکربن زیر پایدارتر است و  $\Delta H$  این واکنش، چند کیلوژول است؟



پیوند	H-H	C-H	C-C
انرژی $\text{kJ.mol}^{-1}$	۴۳۶	۴۱۲	۳۴۸

(۱) هگزان، -۴۰      (۲) سیکلوهگزان، -۴۰

✓ در روش محاسبه آنتالپی یک واکنش با استفاده از مقادیر آنتالپی پیوند، می‌توان از رابطه زیر نیز استفاده کرد.

$\Delta H =$  (مجموع آنتالپی پیوندهای تشکیل شده) - (مجموع آنتالپی پیوندهای شکسته شده)

پاسخ: با توجه به مقایسه ساختار گسترده مواد واکنش دهنده و فراورده می‌توان نتیجه گرفت که فقط یک مول پیوند C-C و یک

مول پیوند H-H تشکیل شده است و دو مول پیوند C-H شکسته شده است:

$$\Delta H = (2 \times 412) - (348 + 436) = +40 \text{ kJ}$$

با توجه به مقدار مثبت آنتالپی واکنش، می‌توان نتیجه گرفت که هگزان پایدارتر از سیکلوهگزان است.

(صفحه ۶۸ کتاب درسی)

پیوند با زندگی: ادویه‌ها (گروه‌های عاملی)

✓ ادویه‌ها نقشی جالب در تمدن و تاریخ ملت‌ها دارند. به طوری که بو و مزه لذتبخش غذاهای بومی در هر جای جهان، اغلب به دلیل

افزودن ادویه‌های ویژه‌ای به آنهاست. این مواد علاوه بر رنگ، بو و مزه خوشایندی که به غذا می‌دهند؛ مصرف دارویی نیز دارند و

امروزه دارای کاربردهای زیر نیز هستند:



✓ جلوگیری از گرسنگی

✓ افزایش سوخت و ساز

✓ جلوگیری از التهاب

✓ پیشگیری از سرطان یا گاهی بهبود و رفع آن

✓ یافته‌های تجربی نشان می‌دهد که خواص موجود ادویه‌ها به طور عمده وابسته به ترکیبات آلی موجود در آنهاست.

✓ ترکیبات آلی: ترکیباتی که در ساختار خود علاوه بر اتم‌های کربن و هیدروژن، اتم‌های اکسیژن، گاهی نیتروژن و گوگرد نیز دارند.

✓ شواهد تجربی نشان می‌دهد که تفاوت در خواص ادویه‌ها به دلیل تفاوت در ساختار آلی موجود در آنهاست.

✓ بررسی مواد آلی موجود در ادویه‌ها نشان می‌دهد که وجود آرایش ویژه‌ای از اتم‌ها به نام گروه عاملی نقش تعیین کننده‌ای در خواص

آنها دارد. در واقع، گروه‌های عاملی، خواص و رفتارهای ترکیب‌های آلی را تعیین می‌کنند.

✓ گروه عاملی: آرایش منظمی از اتم‌هاست که به مولکول آلی دارای آن، خواص فیزیکی و شیمیایی منحصر به فردی می‌بخشد.

✓ در هر یک از گروه‌های عاملی شیوه اتصال اتم‌ها به یکدیگر یا پیوند میان آنها اهمیت ویژه‌ای دارد. برای نمونه آرایش اتم‌های کربن

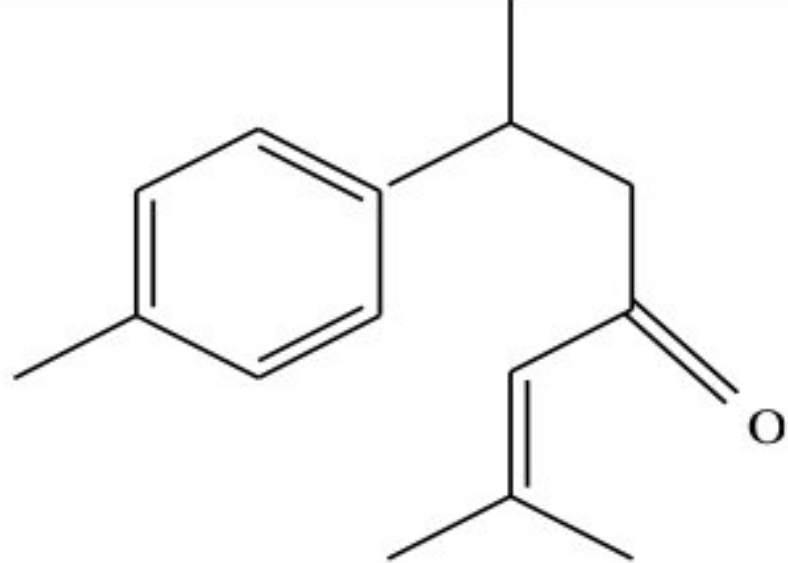

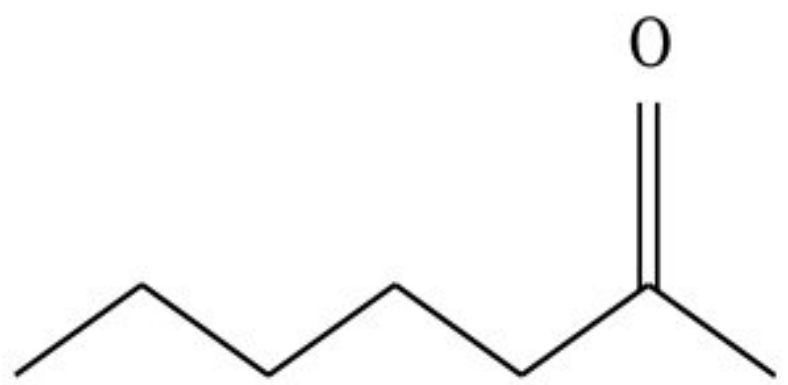

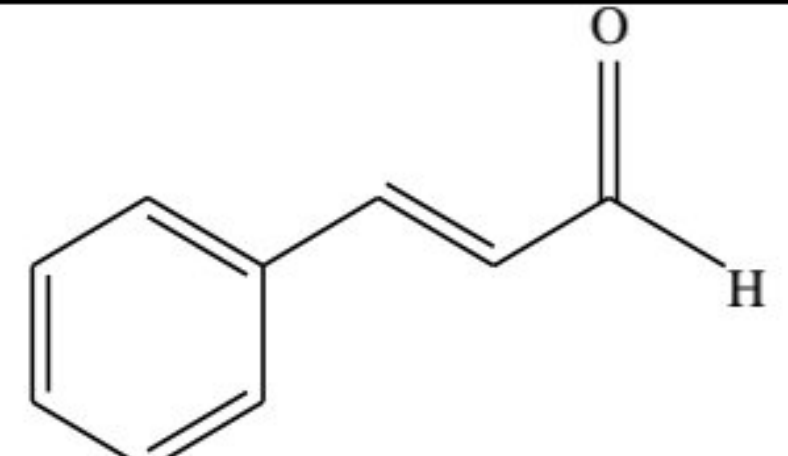

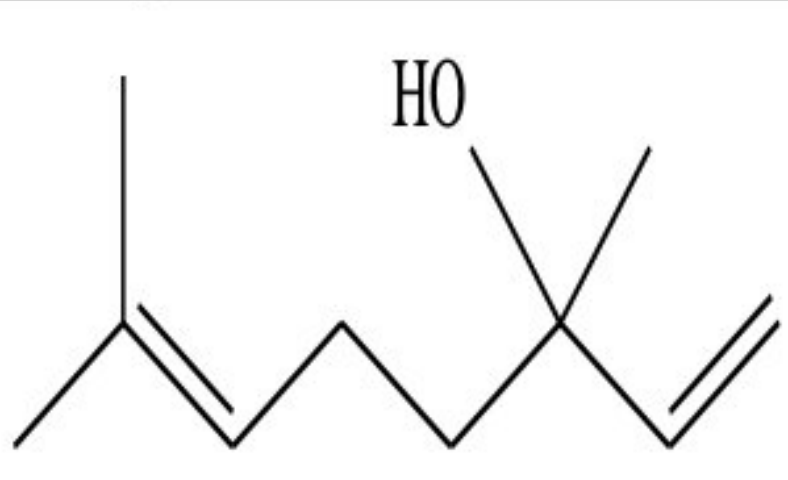

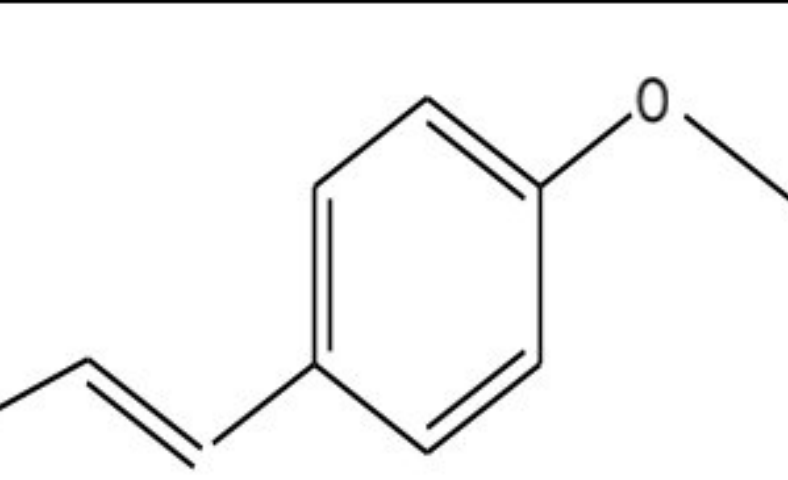

و اکسیژن با پیوند دوگانه نشانه وجود یک گروه عاملی به نام کربونیل است، گروهی که به آلدهیدها و کتون‌ها خواص ویژه‌ای می‌بخشد.

✓ گروه‌های عاملی یکسان در مولکول‌های مختلف به واکنش شیمیایی یکسان در آن مولکول‌ها می‌انجامند و حتی برخی خواص فیزیکی

مشابه در مولکول‌ها را نیز سبب می‌شوند.

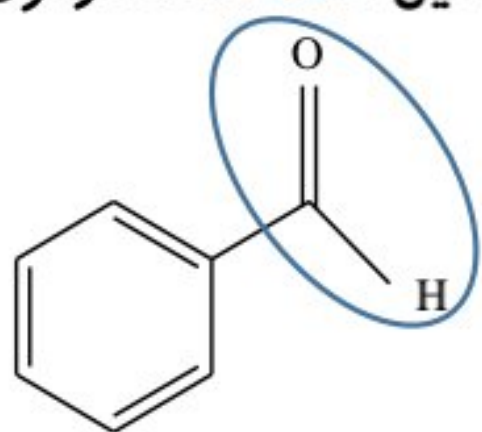
✓ در جدول زیر، ساختار و ترکیبات مربوط به ادویه‌ها خلاصه شده است:

نوع ماده	تصویر	ساختار	گروه عاملی	فرمول مولکولی
بادام			آلدهیدی	$\text{C}_7\text{H}_6\text{O}$

$C_{15}H_{20}O$	آلکنی کتونی			زردچوبه
$C_7H_{14}O$	کتونی			میخک
$C_9H_8O$	آلدهیدی آلکنی			دارچین
$C_{10}H_{18}O$	الکی آلکنی			گشنیز
$C_{10}H_{12}O$	آلکنی اتری			رازیانه

✓ یکی از ترکیبات موجود در **بادام**، **بنز آلدهید** است که از یک حلقه **بنزن** به همراه گروه عاملی **آلدهیدی** تشکیل شده است. فرمول

مولکولی ترکیب مقابل  $C_7H_6O$  است.

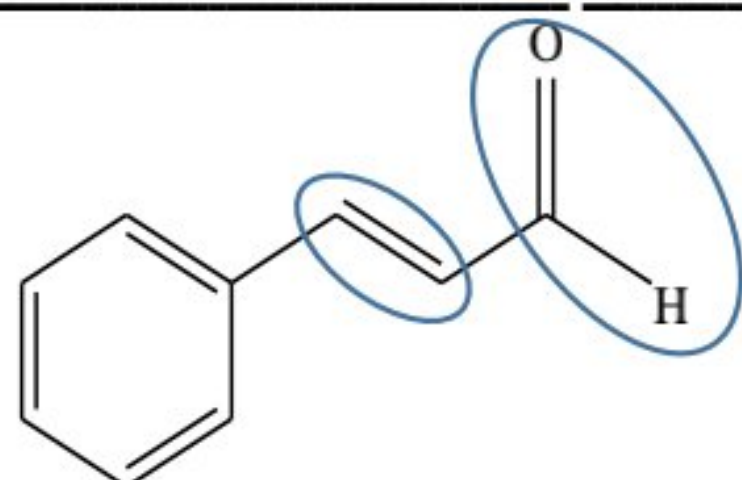


این ترکیب **سیر نشده** است.

در این ترکیب **۱۸** پیوند کووالانسی وجود دارد که شامل **۴** پیوند **دوگانه** و **۱۰** پیوند **یگانه** است.

✓ **دارچین** نیز دارای ترکیبی است که گروه عاملی **آلدهیدی** دارد.

فرمول مولکولی ترکیب مقابل  $C_9H_8O$  است.

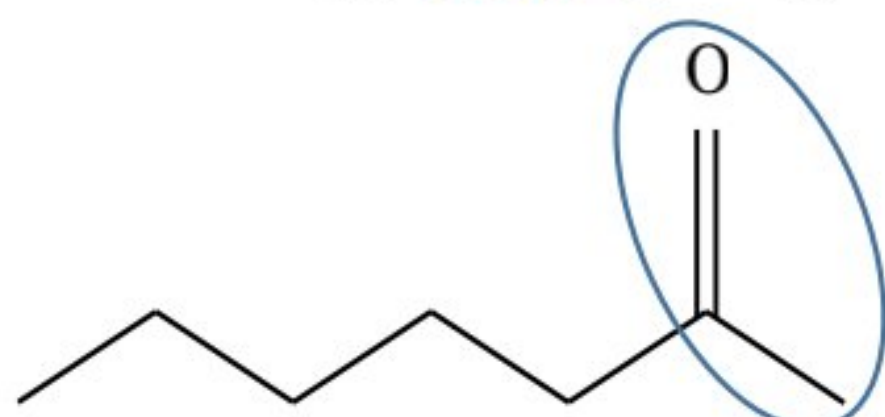


این ترکیب **سیر نشده** است.

در این ترکیب **۲۳** پیوند کووالانسی وجود دارد که شامل **۵** پیوند **دوگانه** و **۱۳** پیوند **یگانه** است.

✓ یکی از ترکیبات آلی موجود در **میخک**، **۲-هپتانون** است که دارای **۷** اتم کربن و یک گروه عاملی **کربونیل** می باشد.

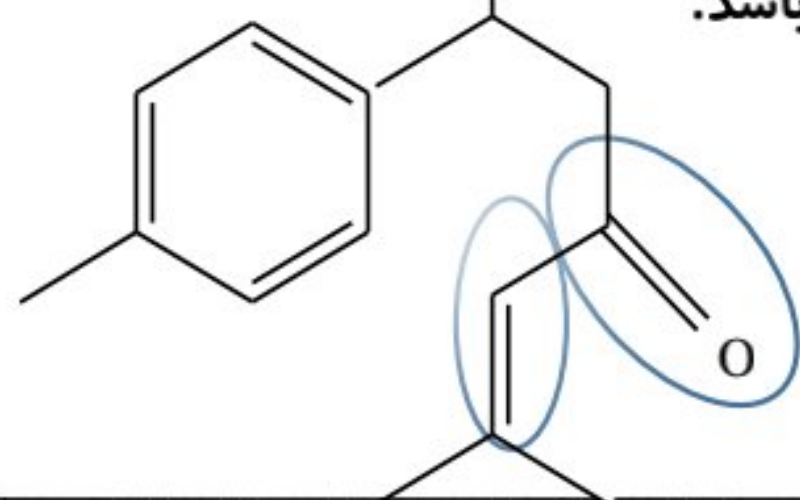
فرمول مولکولی ترکیب مقابل  $C_7H_{14}O$  است.



این ترکیب **سیر شده** است.

در این ترکیب **۲۲** پیوند کووالانسی وجود دارد که شامل **۱** پیوند **دوگانه** و **۲۰** پیوند **یگانه** است.

✓ یکی از ترکیبات آلی موجود در **زردچوبه** ساختار روبرو باشد که دارای گروه عاملی **کربونیل** می باشد.

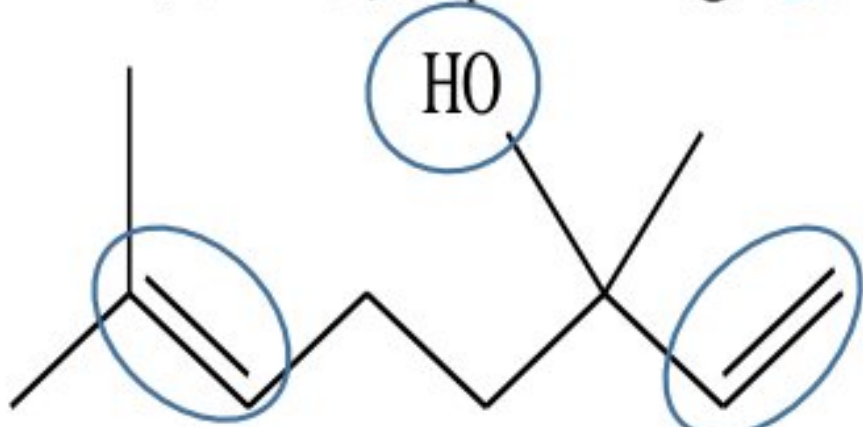


فرمول مولکولی ترکیب مقابل  $C_{15}H_{20}O$  است.

این ترکیب **سیر نشده** است.

در این ترکیب **۴۱** پیوند کووالانسی وجود دارد که شامل **۵** پیوند **دوگانه** و **۳۱** پیوند **یگانه** است.

✓ یکی از ترکیبات آلی موجود در **گشنیز** دارای ساختار روبرو است که دارای گروه عاملی **هیدروکسیل** می باشد. طعم و بوی گشنیز عمدتاً



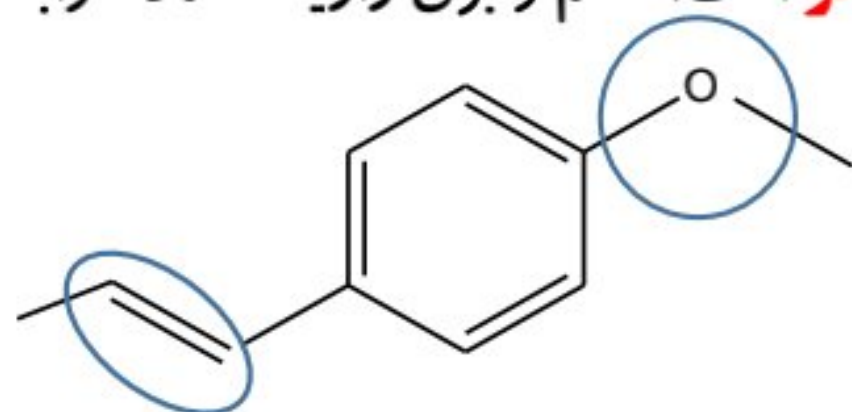
وابسته به این گروه عاملی است.

فرمول مولکولی ترکیب مقابل  $C_{10}H_{17}OH$  یا  $C_{10}H_{18}O$  است.

این ترکیب **سیر نشده** است.

در این ترکیب **۳۰** پیوند کووالانسی وجود دارد که شامل **۲** پیوند **دوگانه** و **۲۶** پیوند **یگانه** است.

✓ یکی از ترکیبات آلی موجود در **رازیانه** ساختار روبرو می باشد که دارای گروه عاملی **تر** است. طعم و بوی رازیانه عمدتاً وابسته به این



گروه عاملی است.

فرمول مولکولی ترکیب مقابل  $C_{10}H_{12}O$  است.

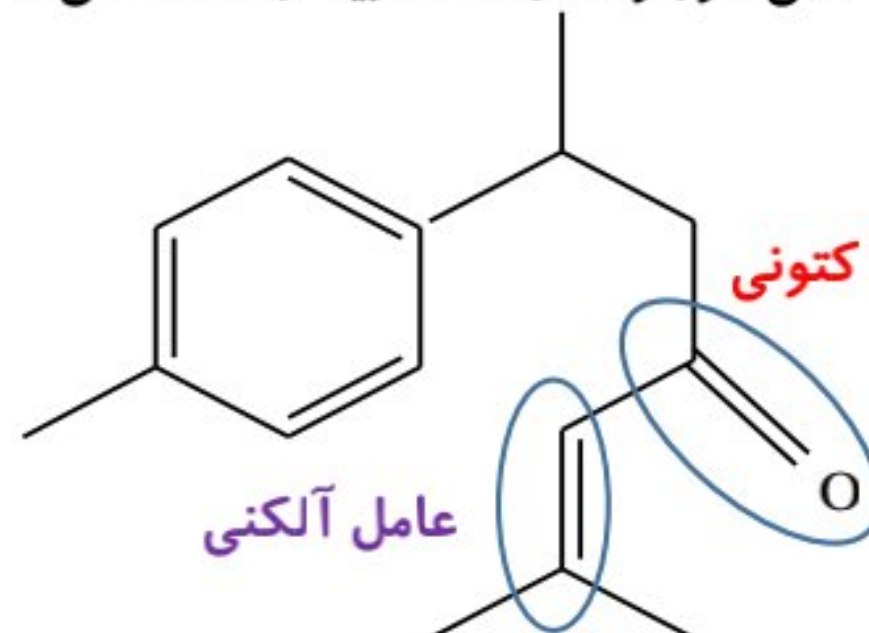
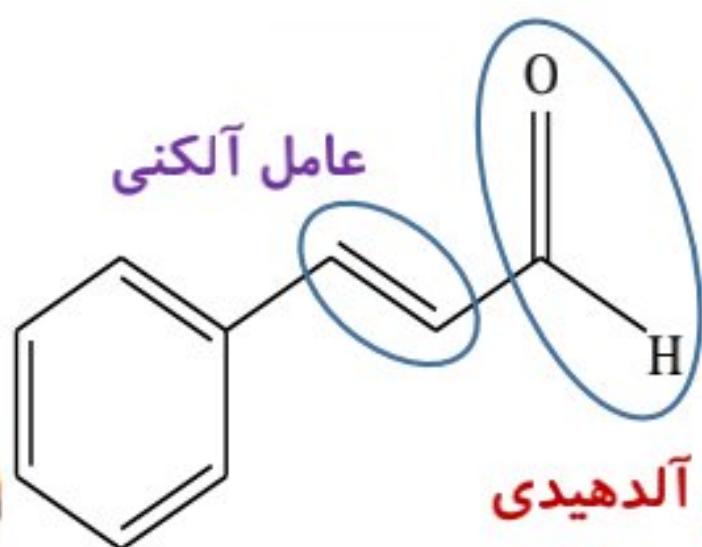
این ترکیب **سیر نشده** است.

در این ترکیب **۲۷** پیوند کووالانسی وجود دارد که شامل **۴** پیوند **دوگانه** و **۱۹** پیوند **یگانه** است.

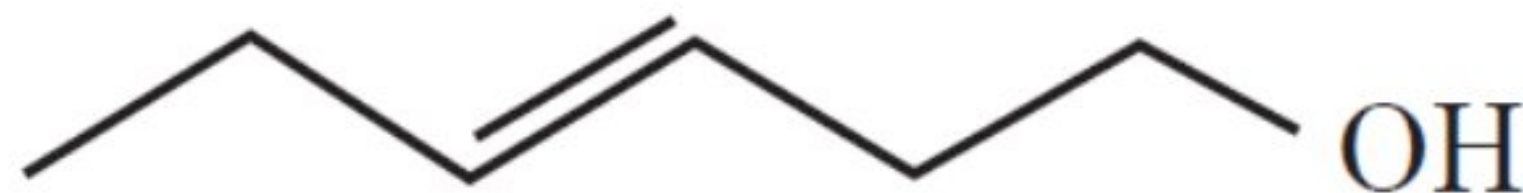
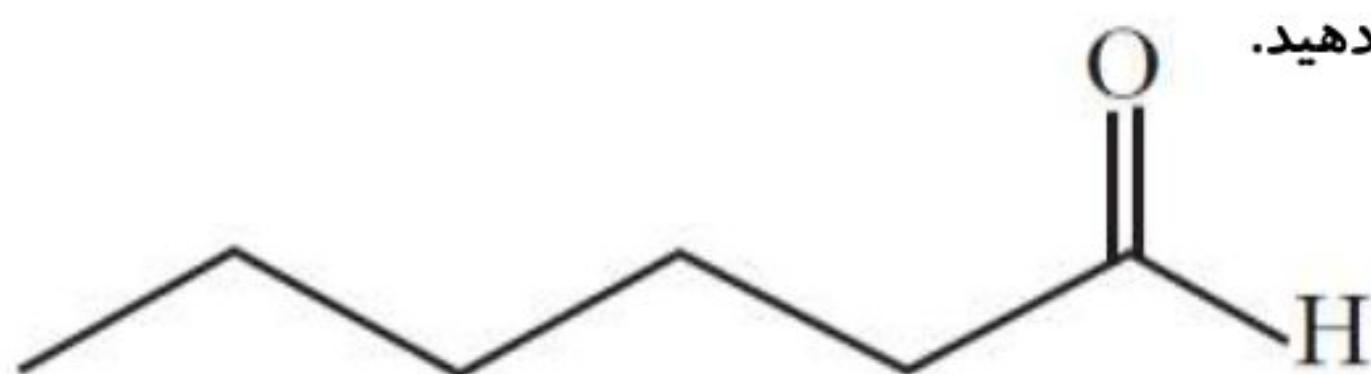
صفحه ۶۹ و ۷۰ کتاب درسی

خود را بیازمایید

۱- هر ساختار زیر یک ترکیب آلی موجود در آن ادویه را نشان می دهد. گروه های عاملی موجود در هر مولکول را مشخص کنید و نام آنها را بنویسید.



۲- با توجه به ساختار ترکیب های آلی زیر به پرسش های مطرح شده پاسخ دهید.



الف) شمار و نوع اتم های سازنده آنها را با یکدیگر مقایسه کنید.

$C_6H_{12}O$  نوع و تعداد اتمها در دو ترکیب مشابه است. **کربن** - **هیدروژن** - **اکسیژن** چنین ترکیباتی که نوع و تعداد اتمهای آنها برابر اما ساختارهای متفاوتی دارند را **ایزومر** گویند.

ب) آیا خواص فیزیکی و شیمیایی آنها یکسان است؟ چرا؟

**خیر** - دو ترکیب گروه های عاملی متفاوت و در نتیجه خواص متفاوتی خواهند داشت. شکل سمت راست دارای گروه عاملی **هیدروکسیل** و گروه عاملی **آلکنی** و شکل سمت چپ دارای گروه عاملی **آلدیدی** است.

پ) آیا محتوای انرژی آنها را یکسان پیش بینی می کنید؟ توضیح دهید.

**خیر** - زیرا ساختار متفاوتی دارند. محتوای انرژی یک ترکیب در دما و فشار ثابت علاوه بر نوع و تعداد اتمها به نحوه اتصال آنها و نوع پیوندهای شیمیایی آنها نیز مربوط است.



## در جدول زیر خلاصه گروه‌های عاملی اکسیژن دار آورده شده است:

نام خانواده دارای گروه عاملی	فرمول گروه عاملی	نام گروه عاملی	فرمول مولکولی داری بخش هیدروکربنی سیر شده
الکل	-OH	هیدروکسیل	$C_nH_{2n+1}OH$ یا $C_nH_{2n+2}O$
اتر	-O-	اتری	$C_nH_{2n+2}O$
آلدهید	$\begin{array}{c} O \\    \\ -C-H \end{array}$ یا -CHO	آلدهیدی	$C_nH_{2n}O$
کتون	$\begin{array}{c} O \\    \\ -C- \end{array}$ یا -CO-	کتونی	$C_nH_{2n}O$
اسید (کربوکسیلیک اسید)	$\begin{array}{c} O \\    \\ -C-OH \end{array}$ یا -COOH	کربوکسیل	$C_nH_{2n}O_2$
استر	$\begin{array}{c} O \\    \\ -C-O- \end{array}$ یا -COO-	کربوکسیلات	$C_nH_{2n}O_2$

✓ شیمی دان‌ها به موادی که فرمول مولکولی یکسان اما ساختار (فرمول ساختاری) متفاوتی دارند، ایزومر (همپار) می‌گویند.

✓ با توجه به جدول مشخص است که **الکل‌ها** با **اترها**، **آلدهیدها** با **کتون‌ها** و **اسیدها** با **استرها** ایزومر هستند.

(تذکر: موارد ذکر شده در صورتی ایزومر هستند که از نظر تعداد کربن و سیرشدگی یا سیرنشده‌گی مانند هم باشند.)

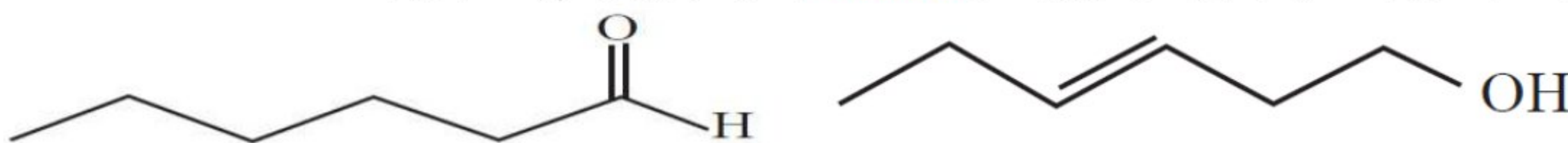
✓ علاوه بر مثال‌های بالا برخی اوقات به دلیل وجود پیوندهای دوگانه، حلقه و ... ممکن است حتی یک آلدهید با یک الکل ایزومر باشد؛

بنابراین بهترین راه برای بررسی ایزومری این است که **فرمول** دو ترکیب را نوشته و باهم مقایسه نماییم.

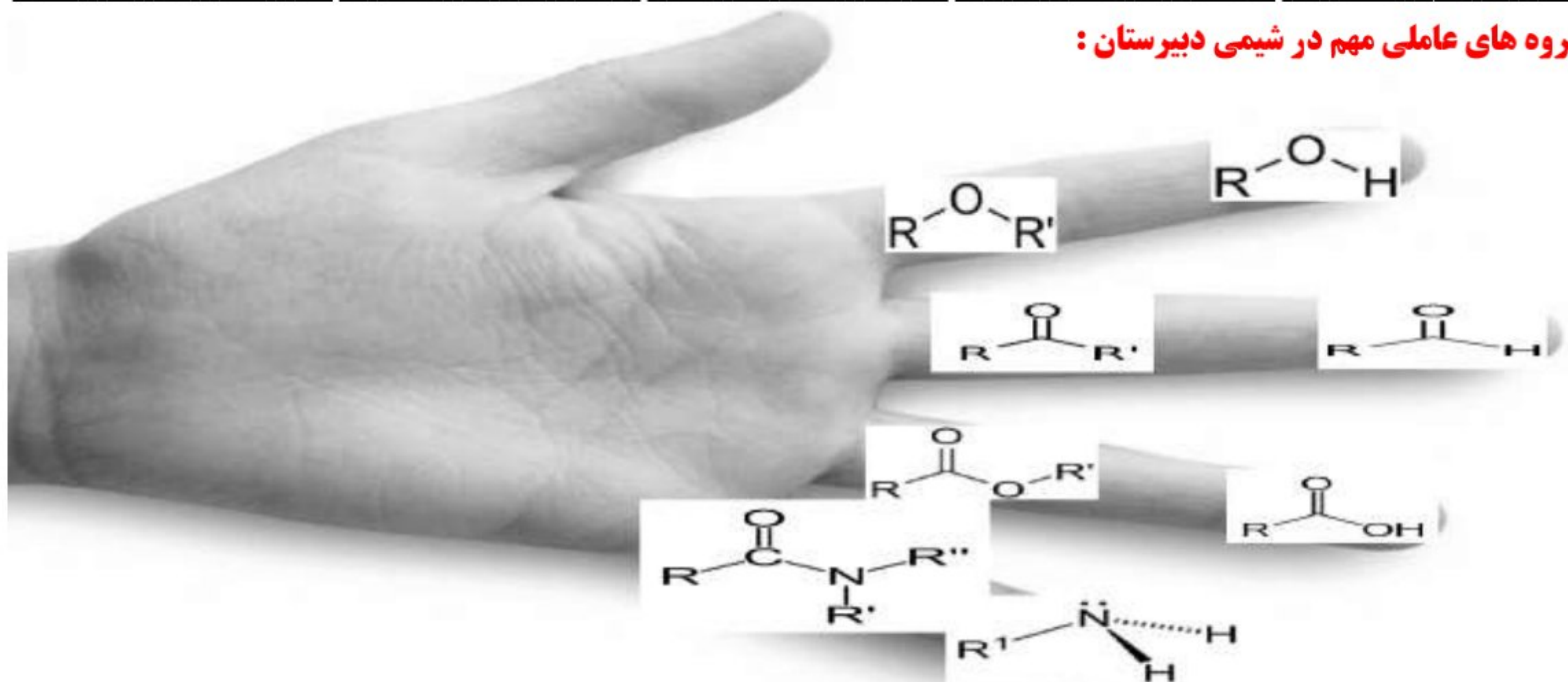
مثال: در شکل‌های زیر دو ساختار می‌بینیم که ساختار سمت راست گروه عاملی هیدروکسیل داشته و یک الکل است و ساختار سمت

چپ یک گروه عاملی آلدهیدی دارد. به دلیل تفاوت ساختارها، خواص فیزیکی و شیمیایی آن دو و محتوای انرژی آنها متفاوت خواهد

بود؛ اما به دلیل اینکه هر دو فرمول مولکولی یکسان  $C_6H_{12}O$  را دارند و ایزومر هم به شمار می‌آیند.



## گروه‌های عاملی مهم در شیمی دبیرستان:



✓ اولین عامل‌های شناخته شده در این کتاب پیوند دوگانه با نام عامل **آلکینی** و پیوند سه گانه با نام عامل **آلکینی** و ترکیبات **آروماتیک** با نام عامل **بنزنی** شناخته شدند. قرار گرفتن اتم‌های **هالوژن** به جای هیدروژن آلکان‌ها، نیز به آن **خواص** و **رفتار** ویژه‌ای می‌بخشد.

✓ به گروه  $(-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-)$  **کربونیل** گفته می‌شود. مهم‌ترین تفاوت گروه عاملی آلدهیدی و کتونی، اتم **هیدروژن** متصل به گروه کربونیل در گروه عاملی آلدهیدی است.

✓ ساده‌ترین آلدهید، **یک** کربن (**فرمالدهید**،  $\text{H}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$ ) و ساده‌ترین کتون، **سه** کربن (**استون**،  $\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_3$ ) دارد.

✓ **استون** یک ترکیب آلی اکسیژن‌دار است که به‌عنوان حلال در صنعت و آزمایشگاه به کار می‌رود (نام دیگر استون، پروپانون می‌باشد).

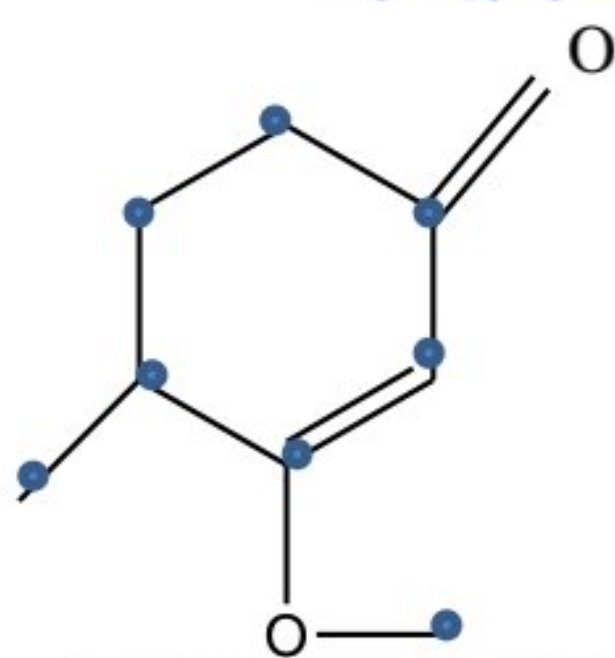
✓ **الکل‌ها** به دلیل داشتن **هیدروژن** متصل به **اکسیژن** در پیوند هیدروژنی شرکت می‌کنند ولی **اترها** به دلیل نداشتن هیدروژن متصل به **FON** نمی‌توانند در پیوند **هیدروژنی** با خودشان شرکت کنند به همین دلیل دمای جوش **اترها** از الکل‌های هم کربن **کمتر** است.

✓ از آنجا که در حل تست‌های مربوط به این قسمت و برای تعیین فرمول مولکولی یک ترکیب آلی، دانستن تعداد هیدروژن مهم است بنابراین از فرمول زیر برای شمارش تعداد اتم‌های هیدروژن استفاده می‌کنیم:  
(۱) تعداد کربن‌ها شمارش می‌شود.

(۲) با توجه به فرمول عمومی آلکان‌ها که به ازای  $n$  تا کربن  $2n+2$  هیدروژن وجود دارد، تعداد هیدروژن را از روی فرمول می‌نویسیم.

$$\text{تعداد هالوژن} - \text{N} + \left[ \text{تعداد حلقه} + 2 \right] + \left[ \text{تعداد پیوندهای سه گانه} + 4 \right] + \left[ \text{تعداد پیوندهای دوگانه} + 2 \right] = 2n + 2 - \text{تعداد هیدروژن}$$

✓ مثال: برای نوشتن فرمول مولکولی ترکیب زیر، نقاط شمارش می‌شود،  $\text{C}_8$ ، سپس مطابق فرمول  $\text{C}_8\text{H}_{2 \times 8 + 2}$  یعنی  $\text{C}_8\text{H}_{18}$  خواهد شد. حال به تعداد پیوند پای که برابر **دو** تا و یک حلقه در مجموع **۶** تا **هیدروژن** کسر می‌شود.  $\text{C}_8\text{H}_{18-6} = \text{C}_8\text{H}_{12}$



(۱) کدام مطلب درباره ترکیب‌هایی با ساختارهای «نقطه - خط» زیر، درست است؟

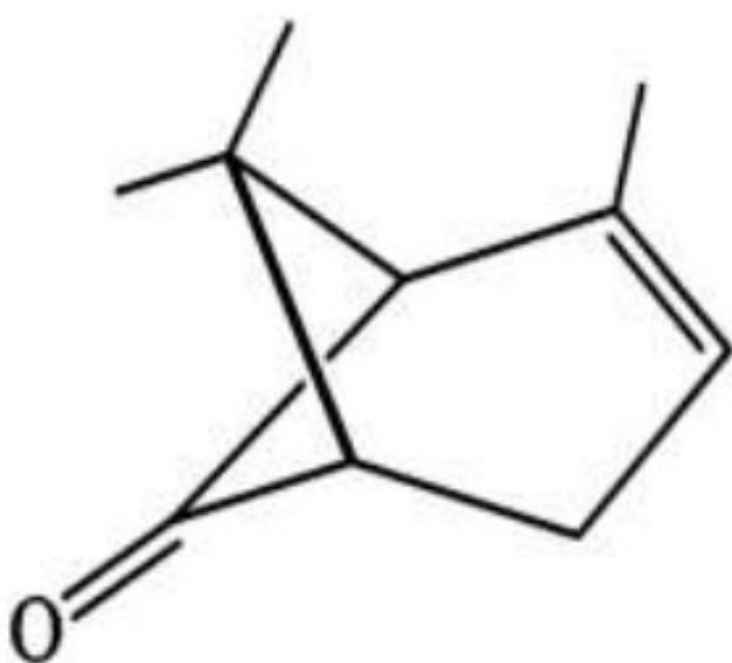
$$(\text{H} = 1, \text{C} = 12, \text{O} = 16, \text{Br} = 80 : \text{g.mol}^{-1})$$

(الف) تفاوت جرم مولی دو ترکیب برابر ۴ گرم است.

(ب)  $3/8$  گرم از ترکیب (II) با ۶ گرم برم واکنش کامل می‌دهد.

(ج) دو ترکیب، همپارند و ترکیب (I)، یک عامل کتونی دارد.

(د) برای سوختن کامل  $7/5$  گرم ترکیب I،  $14/56$  لیتر گاز اکسیژن در شرایط STP مصرف می‌شود.



۲) باتوجه به مولکول‌های داده شده، چه تعداد از عبارتهای زیر درست هستند؟

(الف) فرمول مولکولی ترکیب a به صورت  $C_{15}H_{20}O$  است.

(ب) تفاوت شمار پیوندهای اشتراکی در مولکول‌های a و b برابر با ۲۰ است.

(پ) حدود ۶ درصد جرمی مولکول b را هیدروژن تشکیل داده است.

(ت) در مولکول a، ۱۰ اتم کربن وجود دارد که تنها به سه اتم دیگر متصل شده اند.

(ث) مولکول‌های a و b به ترتیب در زردچوبه و دارچین وجود دارند.

(۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴) ۵ (۴)

۳) گروه‌های عاملی موجود گشیز و رازیانه به ترتیب عبارتند از:

(الف) اتری - الکی (ب) آلدهیدی - کتونی (ج) الکی - اتری (د) کتونی - آلدهیدی

۴) کدام یک از فرمول‌های مولکولی زیر به یک الکل مربوط می‌شود؟

(الف)  $CH_3CHO$  (ب)  $(CH_3)_2O$  (ج)  $(CH_3)_2CO$  (د)  $(CH_3)_3COH$

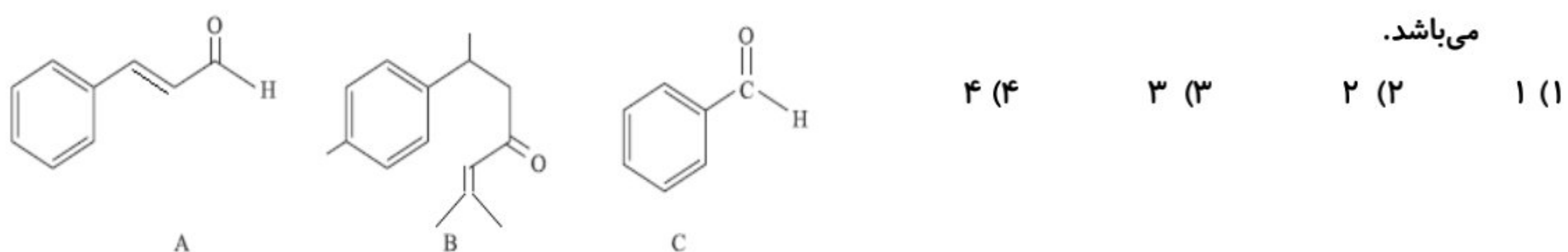
۵) چه تعداد از عبارتهای زیر نادرست است؟

(الف) ساختارهای A، B و C به ترتیب در دارچین، زردچوبه و بادام یافت می‌شوند.

(ب) هر سه ساختار دارای گروه عاملی کربونیل هستند و جزء آلدهیدها به شمار می‌آیند.

(پ) اختلاف جرم مولی ترکیب‌های A و C برابر 40 است.

(ت) تعداد پیوندهای دوگانه کربن-کربن در ساختار B برابر با ترکیب آلی موجود در رازیانه است که دارای فرمول مولکولی  $C_{10}H_{12}O$  می‌باشد.



۶) با توجه به ساختار زیر چه تعداد از عبارتهای زیر درست است؟

(الف) در این ترکیب گروه عاملی کربونیل وجود دارد.

(ب) فرمول مولکولی این ترکیب  $C_9H_{10}O$  می‌باشد.

(پ) این ترکیب آلی در زردچوبه که از ادویه‌ها است، وجود دارد.

(ت) ترکیب آلی موجود در دارچین با این ترکیب ایزومر می‌باشد.

(۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۳ (۴) ۴

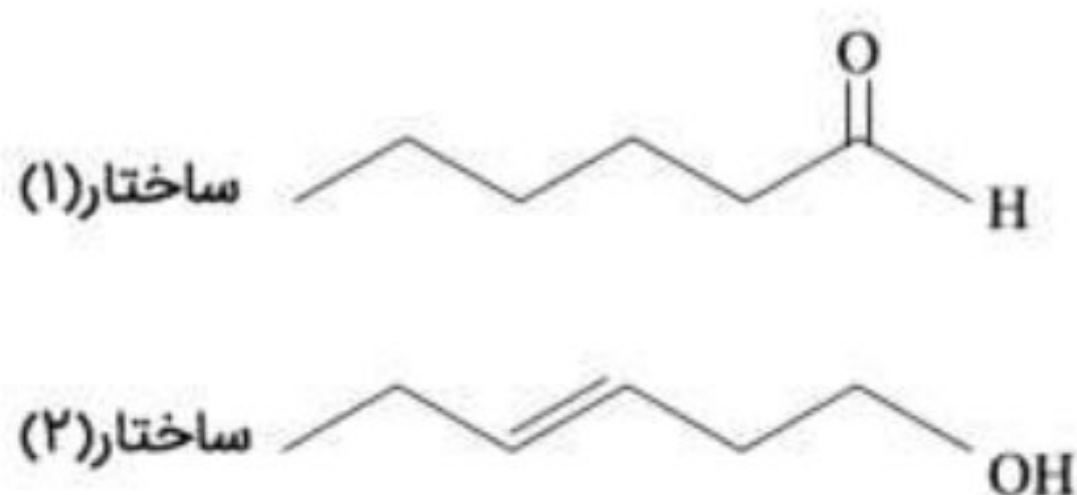
۷- باتوجه به ساختارهای داده شده، عبارت کدام گزینه نادرست است؟

(الف) گروه عاملی موجود در ساختار (2) همان گروه عاملی ترکیب آلی موجود در رازیانه می‌باشد.

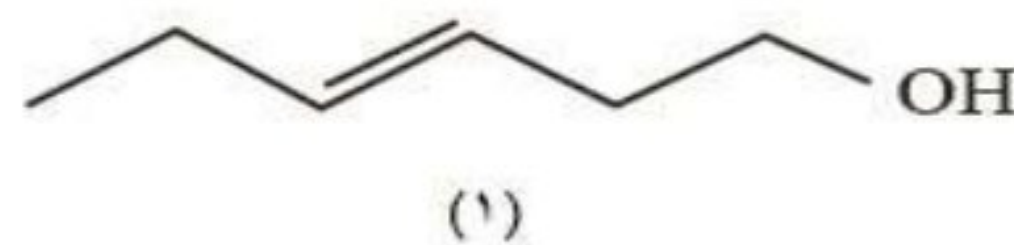
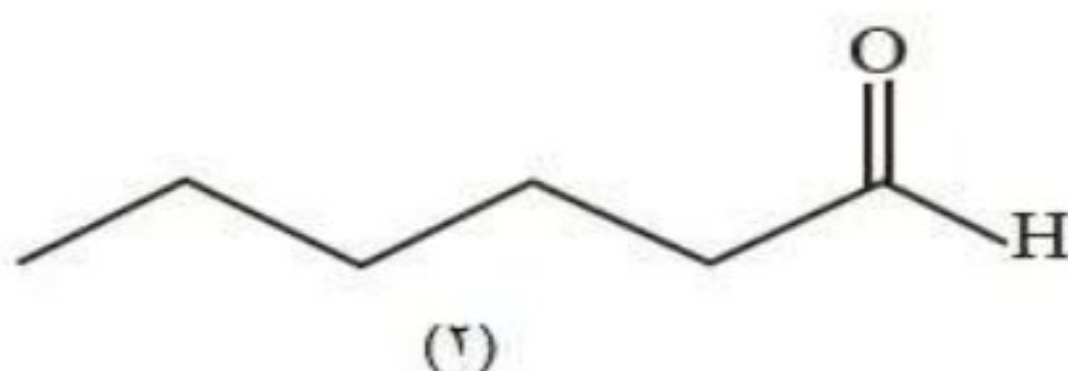
(ب) هر مول از ترکیب ساختار (2) با 2 گرم هیدروژن واکنش داده و به یک ترکیب سیرشده تبدیل می‌شود.

(ج) تفاوت جرم مولی هر یک از این دو ساختار با جرم مولی سیکلوهگزان برابر 16 می‌باشد.

(د) بین مولکول‌های ساختار (2) برخلاف مولکول‌های ساختار (1)، امکان تشکیل پیوند هیدروژنی وجود دارد.



۸) با توجه به ساختارهای داده شده، کدام عبارت درست است؟



الف) ساختار (۱)، مربوط به یک الکل سیر شده با فرمول  $C_6H_{12}O$  است.

ب) ساختار (۲)، مربوط به یک کربوکسیلیک اسید با فرمول  $C_6H_{12}O$  است.

ج) این دو ترکیب ایزومرند و خواص فیزیکی و شیمیایی متفاوت دارند.

د) محتوای انرژی دو ترکیب یکسان است.

### آنتالپی سوختن، تکیه گاهی برای تأمین انرژی:

✓ بدن ما از غذا، مواد گوناگونی شامل **کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها، پروتئین‌ها، آب، ویتامین‌ها** و **مواد معدنی** دریافت می‌کند.

✓ **کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها** علاوه بر **تأمین مواد اولیه** سلول‌ها منبعی برای **تأمین انرژی** آنها نیز هستند.

✓ در این میان تنها **کربوهیدرات‌ها** هستند که در بدن به **گلوکز** تبدیل شده و **گلوکز** حاصل از آنها در **خون** حل می‌شود. خون این

ماده را به **یاخته‌ها** می‌رساند و این ماده هنگام **اکسایش** در **یاخته‌ها**، **انرژی** تولید می‌کند؛ این روند به آسانی **انرژی** مورد نیاز **یاخته‌ها** را تأمین می‌کند.

✓ **گلوکز، قندخون** است و هنگام **اکسایش** آن در **یاخته‌ها**، انرژی تولید می‌شود.

✓ برای بیان انرژی موجود در مواد غذایی از کمیته به نام **ارزش غذایی** یا **ارزش سوختی** استفاده می‌شود.

✓ ارزش سوختی یک ماده غذایی، مقدار انرژی است که از **اکسایش کامل یک گرم** از ماده غذایی حاصل می‌شود و یکای آن  $kJ g^{-1}$  است.

ماده غذایی	کربوهیدرات	پروتئین	چربی
ارزش سوختی ( $kJ g^{-1}$ )	۱۷	۱۷	۳۸

✓ با اینکه **همه** واکنش‌های سوختن **گرما** است؛ اما ارزش سوختی در منابع علمی **بدون** علامت **منفی** گزارش شده است.

✓ با توجه به جدول بالا مشاهده می‌کنید که ارزش سوختی به ترتیب مقابل است: **کربوهیدرات = پروتئین > چربی**.

✓ باید توجه داشت که میزان انرژی مورد نیاز بدن هر فرد به **وزن**، **سن** و **میزان فعالیت‌های** روزانه او بستگی دارد.

✓ هر مقدار **اضافی** از مواد و انرژی دریافتی از مواد غذایی به طور **عمده** به شکل **چربی** در بدن ذخیره شده و باعث **چاقی** می‌شود.

ماده غذایی	نان	پنیر	تخم مرغ	شکلات	شیر	بادام زمینی
ارزش سوختی ( $kJ g^{-1}$ )	۱۱/۵	۲۰/۰	۶/۰	۱۸/۰	۳/۰	۲۳

✓ با استفاده از الگوی فوق می‌توان مقدار انرژی‌ای که با مصرف مقدار معینی از هر غذا به بدن می‌رسد را حساب کرد.

**سوال:** با توجه به جدول بالا، انرژی حاصل از **۵** گرم شکلات چند کیلوژول است؟  $5g \times \frac{18kJ}{1g} = 90kJ$

انرژی لازم برای تهیه غذا به طور عمده از واکنش **سوخت‌های فسیلی** تأمین می‌شود.

یکی از این سوخت‌ها **متان** ( $CH_4$ ) است که بخش عمده گاز شهری را تشکیل می‌دهد. این ماده در حضور **اکسیژن کافی** به طور کامل

می‌سوزد و علاوه بر **بخار آب** و گاز **کربن دی‌اکسید** مقداری انرژی نیز به صورت **گرما** و **نور** آزاد می‌کند. این ویژگی واکنش سوختن یعنی

تولید مقدار زیادی انرژی باعث شده که از آن به عنوان تکیه گاهی برای تأمین انرژی در **صنعت**، کشاورزی و زندگی روزانه استفاده شود.

✓ **آنتالپی سوختن:** آنتالپی سوختن یک ماده **هم ارز** با آنتالپی واکنشی است که در آن **یک مول** ماده در اکسیژن کافی به طور **کامل**

می‌سوزد و یکای آن  $kJ mol^{-1}$  است.

✓ واکنش سوختن همیشه **گرماده** است بنابراین  $\Delta H_{\text{سوختن}} < 0$  می باشد.

✓ تعریف **سوختن**: یک تغییر **شیمیایی** که در آن یک ماده به **سرعت** با اکسیژن واکنش می دهد و بخشی از انرژی پتانسیل مواد واکنش دهنده، به شکل **گرما** و **نور** آزاد می شود و بخش دیگر آن به صورت انرژی پتانسیل پیوندی در فراورده ها ذخیره می شود.

✓ تفاوت سوختن **کامل** و **ناقص** به میزان اکسیژن موجود در واکنش بستگی دارد. اگر اکسیژن کافی باشد، سوختن کامل انجام می شود.

✓ شعله سوختن کامل **آبی** ولی سوختن ناقص **زرد** است.

✓ یکی از فراورده های سوختن کامل ترکیب های آلی، **آب** است.  $H_2O$  در فشار ۱ اتمسفر و دمای اتاق ( $25^\circ C$ ) به صورت **مایع** می باشد. بنابراین در واکنش مربوط به آنتالپی سوختن ترکیب های آلی در دمای اتاق، آب را به صورت  $H_2O(l)$  نمایش می دهیم یا اگر شرایط **STP** را دادند باز هم حالت فیزیکی آب را به صورت **مایع** می نویسیم.

✓ در جدول زیر آنتالپی سوختن برخی ترکیبات آلی در دمای اتاق آورده شده است:

نام ماده	متان	اتان	اتن	پروپن	اتین	پروپین	متانول	اتانول
ماده آلی	$CH_4(g)$	$C_2H_6(g)$	$C_2H_4(g)$	$C_3H_6(g)$	$C_2H_2(g)$	$C_3H_4(g)$	$CH_3OH(l)$	$C_2H_5OH(l)$
آنتالپی سوختن (kJ mol <sup>-1</sup> )	-۸۹۰	-۱۵۶۰	-۱۴۱۰	-۲۰۵۸	-۱۳۰۰	-۱۹۳۸	-۷۲۶	-۱۳۶۸
با توجه به جدول:	آلکان	آلکن	آلکین	الکل				

✓ در یک گروه هیدروکربنی یا ترکیب آلی هر چه تعداد **کربن ها** بیشتر باشد، قدر مطلق گرمای سوختن **مولی** نیز بیشتر است.

✓ **مثال**: (متان > اتان > پروپان)، (اتن > پروپن > بوتن)، (اتین > پروپین)، (متانول > اتانول > پروپانول)

✓ در هیدروکربن های هم کربن هر چه تعداد هیدروژن **بیشتر** باشد، قدر مطلق گرمای سوختن **مولی** نیز بیشتر است. مثال:



✓ قدر مطلق گرمای سوختن **مولی آلکان ها** از **الکل های** هم کربن **بیشتر** است. (متانول > متان)، (اتانول > اتان)

✓ هر چه **جرم مولی** هیدروکربن **بیشتر** باشد، ارزش سوختی آن **کمتر** است، مطابق رابطه زیر ارزش سوختی با افزایش جرم رابطه معکوس

$$\text{دارد.} \quad \left( \text{ارزش سوختی} = \frac{\text{گرمای مولی سوختن}}{\text{جرم مولی}} \right)$$

✓ **جرم مولی** ماده سوختنی × گرمای سوختن گرمی (ارزش سوختی) = **گرمای مولی سوختن**

✓ طبق رابطه فوق در هیدروکربن های هم خانواده هر چه جرم مولی **کمتر** باشد ارزش سوختی **بالتر** است مثلاً ارزش سوختی **اتن** از **پروپن**

در خانواده آلکن ها بیشتر است. در میان هیدروکربن ها **بیشترین** ارزش سوختی مربوط به **متان** است.

✓ هر چه جرم مولی **الکل** **بیشتر** باشد، ارزش سوختی آن نیز **بیشتر** می شود زیرا نسبت کسر بدست آمده بیشتر تحت تأثیر افزایش آنتالپی مولی قرار می گیرد.

✓ بطور کلی برای مقایسه ترکیبات هم کربن داریم: **آلکین > الکل > آلکن > آلکان**

✓ سوخت های سبز در ساختار خود افزون بر **هیدروژن** و **کربن**، **اکسیژن** نیز دارند.

✓ به **اتانول** سوخت **سبز** می گویند.

✓ از پسماندهای گیاهانی مانند **سویا**، **نیسکر** و دیگر **دانه های روغنی** استخراج می شوند.



✓ سوخت سبز مطابق واکنش زیر از **تخمیر بی هوازی** گلوکز به دست می آید:

$$\text{جرم ماده سوختنی (g)} = \text{گرمای آزاد شده (kJ)} \times \frac{1 \text{ mol}}{\text{جرم مولی}} \times \frac{\Delta H}{1 \text{ mol}}$$

مثال: با توجه به واکنش زیر چند گرم اتانول بسوزانیم تا دمای ۵۰۰ g آب از دمای ۲۵ °C به ۵۰ °C برسد؟  $C_2H_5OH = 46 \text{ g. mol}^{-1}$



$$q = mc\Delta\theta = 500 \times 4/18 \times (50 - 25) = 52250 \text{ J} = 52/250 \text{ kJ}$$

$$52/250 \text{ kJ} = X \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol}}{46 \text{ g}} \times \frac{1368 \text{ kJ}}{1 \text{ mol}} \Rightarrow X = 1/76 \text{ g}$$

### خود را بیازمایید

صفحه ۷۱ و ۷۲ کتاب درسی

۱) با توجه به جدول صفحه قبل آنتالپی سوختن پروپان ( $C_3H_8$ ) و ۱- بوتن ( $C_4H_8$ ) را پیش‌بینی کرده سپس با مراجعه به منابع علمی معتبر درستی پیش‌بینی خود را بررسی کنید.

**اختلاف آنتالپی سوختن اتان و پروپان که در یک  $CH_2$  با هم تفاوت دارند برابر با:**

$$-1560 + (-890) = -670 \text{ kJ}$$

**پروپان و اتان نیز در یک  $CH_2$  تفاوت دارند پس:**

$$-1560 + (-670) = -2230 \text{ kJ}$$

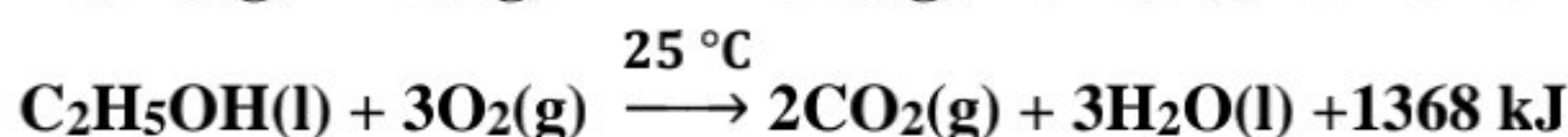
**به همین ترتیب برای ۱- بوتن می‌توان نوشت:**

$$-2058 - (-1410) = -648$$

$$2058 + (-648) = -2706$$

**در منابع علمی معتبر برای پروپان  $-2219/2$  و برای ۱- بوتن  $-2717$  است.**

۲) با توجه به معادله واکنش سوختن کامل اتان و اتانول به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.



الف) ارزش سوختی هریک را محاسبه و با یکدیگر مقایسه کنید.

$$1 \text{ g } C_2H_6 \times \frac{1 \text{ mol}}{30 \text{ g}} \times \frac{3120 \text{ kJ}}{2 \text{ mol}} = 52 \text{ kJ.g}^{-1}$$

$$1 \text{ g } C_2H_5OH \times \frac{1 \text{ mol}}{46 \text{ g}} \times \frac{1368 \text{ kJ}}{1 \text{ mol}} = 29/73 \text{ kJ.g}^{-1}$$

**ارزش سوختی اتان از اتانول بیشتر است.**

ب) جرم  $CO_2$  حاصل از سوختن یک گرم از هریک را محاسبه و با یکدیگر مقایسه کنید.

$$1 \text{ g } C_2H_6 \times \frac{1 \text{ mol } C_2H_6}{30 \text{ g } C_2H_6} \times \frac{4 \text{ mol } CO_2}{2 \text{ mol } C_2H_6} \times \frac{44 \text{ g } CO_2}{1 \text{ mol } CO_2} = 2/93 \text{ g } CO_2$$

$$1 \text{ g } C_2H_5OH \times \frac{1 \text{ mol } C_2H_5OH}{46 \text{ g } C_2H_5OH} \times \frac{2 \text{ mol } CO_2}{1 \text{ mol } C_2H_5OH} \times \frac{44 \text{ g } CO_2}{1 \text{ mol } CO_2} = 1/91 \text{ g } CO_2$$

**جرم  $CO_2$  حاصل از سوختن یک گرم اتانول کمتر از جرم  $CO_2$  حاصل از سوختن یک گرم اتان است.**

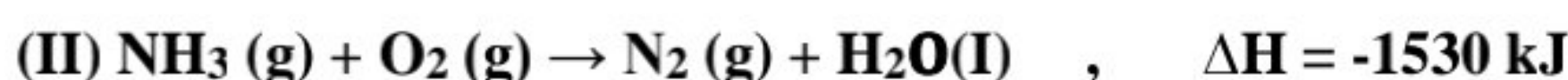
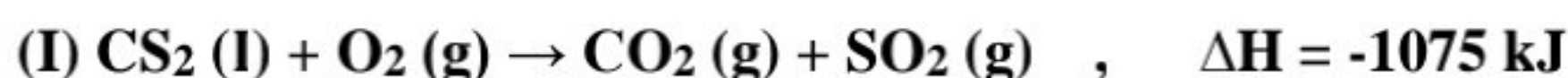
پ) توضیح دهید چرا اتانول سوخت سبز به شمار می‌رود؟

۱- در سوختن اتانول آلاینده و گاز گلخانه‌ای کمتری تولید می‌شود. زیرا به ازای سوختن یک گرم اتانول، کربن دی‌اکسید کمتری حاصل می‌شود.

۲- اکسیژن کمتری مصرف می‌شود.

۳- علاوه بر آن اتانول از بقایای گیاهانی مانند نیشکر، سیب زمینی و ذرت تهیه می‌شود که منابع تجدید پذیر هستند.

۱- با توجه به واکنش‌های گرماشیمیایی زیر



(معادله واکنش‌ها موازنه شود)

گرمای سوختن هر گرم آمونیاک با گرمای سوختن چند گرم کربن دی‌سولفید برابر است و از سوختن هر مول آمونیاک در واکنش (II) چند مول گاز تولید می‌شود؟ (گزینه‌ها را از راست به چپ بخوانید:  $S=32, N=14, C=12, H=1 \text{ g.mol}^{-1}$ )

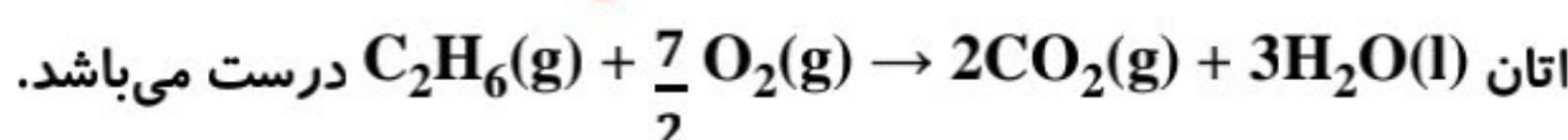
۱ و ۱/۵۹ (۱)      ۲ و ۲/۱۹ (۲)      ۳ و ۱/۵۹ و ۰/۵ (۳)      ۴ و ۲/۱۹ و ۲/۲۵ (۴)



$$1 \text{ g NH}_3 \times \frac{1 \text{ mol NH}_3}{17 \text{ g NH}_3} \times \frac{-1530 \text{ kJ}}{4 \text{ mol NH}_3} \times \frac{1 \text{ mol CS}_2}{-1075 \text{ kJ}} \times \frac{76 \text{ g CS}_2}{1 \text{ mol CS}_2} = 1/59$$

$$1 \text{ mol NH}_3 \times \frac{2 \text{ mol N}_2}{4 \text{ mol NH}_3} = 0/5 \text{ mol}$$

۲- کدام یک از واکنش‌های زیر، آنتالپی سوختن واکنش‌دهنده مورد نظر را در دمای  $25^\circ\text{C}$  نشان می‌دهد؟



بررسی گزینه‌های نادرست:

$\text{H}_2\text{O}$  باید در حالت مایع (۱) باشد.

اتانول در دمای  $(25^\circ\text{C})$  به حالت مایع (۱) است.

هگزان در دمای اتاق  $(25^\circ\text{C})$  به حالت مایع (۱) است.

۳- ارزش سوختی کربوهیدرات‌ها ..... پروتئین‌ها بوده و ..... چربی‌ها می‌باشد.

(۱) بیشتر از - برابر با      (۲) برابر با - کمتر از      (۳) برابر با - بیشتر از      (۴) کمتر از - برابر با

۴- آنتالپی سوختن یک هیدروکربن زنجیری سیرشده، برابر با  $-3509 \text{ kJ.mol}^{-1}$  و ارزش سوختی آن برابر  $48/74 \text{ kJ.g}^{-1}$  می‌باشد.

فرمول مولکولی این هیدروکربن کدام است؟ ( $C=12, H=1 \text{ g.mol}^{-1}$ )

$\text{C}_5\text{H}_{12}$  (۱)       $\text{C}_5\text{H}_{10}$  (۲)       $\text{C}_4\text{H}_{10}$  (۳)       $\text{C}_6\text{H}_{12}$  (۴)

$$72 = \frac{3509}{48/74} \quad \text{C}_n\text{H}_{(2n+2)} = 14n + 2 = 72 \quad \Rightarrow \quad n = 5 \quad \Rightarrow \quad \text{C}_5\text{H}_{12}$$

۵- دو مول مخلوط گازهای اتان و اتین را در مقدار کافی اکسیژن می‌سوزانیم. پس از انجام واکنش‌های سوختن کامل،  $2860 \text{ kJ}$  گرما آزاد

می‌شود. اگر آنتالپی سوختن اتان و اتین به ترتیب  $1560$  و  $1300$  - کیلو ژول بر مول باشد، درصد جرمی اتان در مخلوط اولیه تقریباً کدام

است؟ ( $C=12, H=1; \text{g.mol}^{-1}$ )

۵۰ (۱)      ۴۶/۴ (۲)      ۲۵ (۳)      ۵۳/۶ (۴)

مقدار مول اتان را  $x$  و مقدار مول اتین را  $2-x$  در نظر می‌گیریم و سپس طبق واکنش‌ها، گرمای تولیدی از هر کدام را محاسبه می‌کنیم:



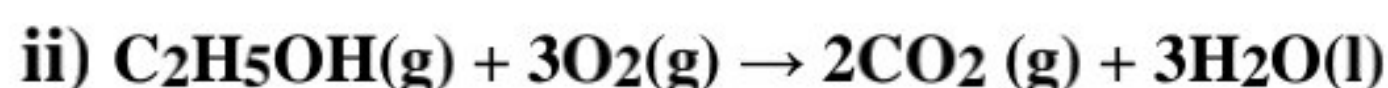
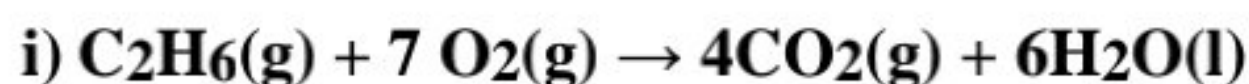
گرمای سوختن اتان =  $X \text{ mol C}_2\text{H}_6 \times \frac{1560 \text{ kJ}}{1 \text{ mol C}_2\text{H}_6} = 1560 X \text{ kJ}$

گرمای سوختن اتین =  $(2-X) \text{ mol C}_2\text{H}_2 \times \frac{1300 \text{ kJ}}{1 \text{ mol C}_2\text{H}_2} = (2-X) \times 1300 = (2600-1300X) \text{ kJ}$

$$1560X + 2600 - 1300X = 2860 \Rightarrow 260X = 260 \Rightarrow X = 1$$

$$\text{درصد جرمی اتان} = \frac{1 \times 30}{(1 \times 30 + 1 \times 26)} \times 100 = 53/6$$

۶- با توجه به واکنش‌های زیر چند مورد از مطالب بیان شده درست‌اند؟



الف) ارزش سوختی اتانول از ارزش سوختی اتان، **بیشتر** است.

ب) سوختن کامل ۱ مول اتان نسبت به ۱ مول اتانول، اکسیژن بیشتری لازم دارد.

پ) جرم  $CO_2$  حاصل از سوختن یک گرم اتانول کمتر از سوختن یک گرم اتان است.

۳(۱)      ۲(۲)      ۱(۳)      ۴(صفر)

۷- اگر آنتالپی سوختن اتن و پروپن در شرایط یکسان به ترتیب ۱۴۱۰ - و ۲۰۵۸ - کیلوژول بر مول باشد، آنتالپی سوختن ۱ - بوتن چند کیلوژول بر مول است؟

۳۲۲۸(۱)      -۲۷۰۶(۲)      -۲۵۰۸(۳)      -۳۴۶۸(۴)

**اختلاف ساختار مولکول‌های اتن و پروپن یک واحد است و این اختلاف بین ۱ - بوتن و پروپن نیز وجود دارد، بنابراین اختلاف مقدار آنتالپی سوختن اتن و پروپن با اختلاف مقدار آنتالپی سوختن ۱ - بوتن و پروپن برابر می‌باشد:**

$$|\Delta H| - 2058 = 2058 - 1410 \Rightarrow |\Delta H| = 2706 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

۸- با توجه به واکنش سوختن کامل اتان، هرگاه به ازای تولید ۶/۶g کربن دی‌اکسید، ۱۱۷kJ گرما آزاد شود، آنتالپی سوختن اتان چند کیلوژول بر مول است؟ (H=1, C=12, O=16g.mol<sup>-1</sup>)



۳۱۲۰(۴)      ۱۵۶۰(۳)      ۷۸۰(۲)      ۳۹۰(۱)

$$\Delta H_{C_2H_6} = 1 \text{ mol } C_2H_6 \times \frac{4 \text{ mol } CO_2}{2 \text{ mol } C_2H_6} \times \frac{44 \text{ g } CO_2}{1 \text{ mol } CO_2} \times \frac{117 \text{ kJ}}{6/6 \text{ g } CO_2} = 1560 \text{ kJ}$$

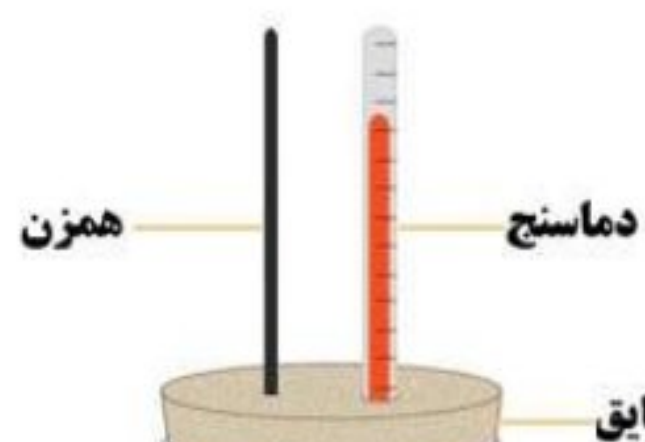
### تعیین $\Delta H$ واکنش‌های شیمیایی:

✓ با انجام فرایندهای **فیزیکی** و **شیمیایی** محتوای انرژی مواد تغییر می‌کند. از اینرو انجام هر یک از این فرایندها با **مبادله** گرما همراه است که این تغییر می‌تواند **گرماگیر** یا **گرماده** باشد. تجربه نشان می‌دهد که گرمای مبادله شده در یک واکنش با **دقت بالا** قابل اندازه‌گیری بوده و یکی از هدف‌های **ترموشیمی** است.

✓ تعیین  $\Delta H$  واکنش‌های شیمیایی به دو روش **مستقیم** (**روش تجربی** یا **گرماسنجی**) و **غیر مستقیم** امکان‌پذیر است:

✓ در روش **مستقیم** باید مقدار مشخصی از واکنش‌دهنده‌ها در شرایط مناسب با هم واکنش دهند و گرمای واکنش را به طور مستقیم اندازه‌گیری می‌شود. برای این منظور از دستگاهی به نام **گرماسنج (کالری‌متر)** استفاده می‌شود.

✓ **گرماسنج** دستگاهی است که برای اندازه‌گیری گرمای واکنش در فشار ثابت ( $q_p$ ) استفاده می‌شود.



✓ گرمای واکنش در فشار ثابت را **آنتالپی** می‌نامند و با علامت  $\Delta H$  نمایش داده می‌شود.  $q_p = \Delta H$

✓ در روش **مستقیم**، اندازه‌گیری  $\Delta H$  یک واکنش با استفاده از **دو** نوع گرماسنج امکان‌پذیر است:

✓ الف) گرماسنج **لیوانی**

✓ ب) گرماسنج **بمبی** (مطلب اضافی)

✓ شکل مقابل ساختار یک گرماسنج **لیوانی** را نشان می‌دهد. برای ساخت آن کافی است دو لیوان یکبار مصرف را داخل هم قرار داده و با قطعه یونولیت برای آن درپوش ساخت.



✓ لیوان پلاستیکی و قطعه یونولیتی به عنوان درپوش گرمای زیادی را با محیط مبادله نمی کنند و **عایق های خوبی** هستند.

✓ اجزای گرماسنج لیوانی: **بدنه و درپوش عایق، دماسنج و همزن**

✓ گرماسنج لیوانی شامل مقدار معینی آب یا **محلول** یک واکنش دهنده در ظرف **عایق بندی** شده است که پیش از انجام واکنش، دمای

آب یا **محلول** ( $\theta_1$ ) اندازه گیری می شود، پس از اضافه کردن واکنش دهنده دوم و انجام واکنش مورد نظر، دمای نهایی ( $\theta_2$ ) اندازه گیری

می شود و سپس از رابطه  $Q=mc\Delta\theta$  برای اندازه گیری گرمای مبادله شده استفاده می شود. از آنجا که جرم حل شونده معمولاً در مقایسه

با جرم حلال (آب) ناچیز است در رابطه مورد نظر معمولاً از جرم و ظرفیت گرمایی ویژه **آب** استفاده می شود.

✓ از گرماسنج لیوانی برای واکنش هایی که در حالت **محلول** انجام می گیرد استفاده می شود (نباید در واکنش، ماده گازی تولید شود). مانند

حل شدن نمک ها، واکنش های اسید باز، تشکیل کمپلکس و ...

✓ اگر دمای این گرماسنج **کاهش** پیدا کند، یعنی واکنش **گرماگیر** و اگر دمای این گرماسنج **افزایش** یابد یعنی واکنش **گرماده** است.

مثال:  $\Delta H$  واکنش حل شدن کلسیم کلرید ( $M=111\text{g.mol}^{-1}$ ) در آب،  $-35$  کیلوژول است. برای گرم کردن  $250$  گرم آب از دمای  $25^\circ\text{C}$

تا دمای  $45^\circ\text{C}$ ، چند گرم از آن باید در آب حل شود؟ ( $c_{\text{H}_2\text{O}} = 4.2 \frac{\text{J}}{\text{g}\cdot^\circ\text{C}}$ )

### روش های غیر مستقیم برای اندازه گیری $\Delta H$ یک واکنش:

✓ آنتالپی بسیاری از واکنش های شیمیایی را **نمی توان** به روش **تجربی** اندازه گیری کرد زیرا:

(۱) برخی از واکنش ها خود یک مرحله از یک واکنش **پیچیده** هستند.

(۲) برخی از واکنش ها به آسانی انجام **نمی شوند** یعنی تأمین شرایط بهینه برای آن ها **دشوار** است.

✓ برای تعیین  $\Delta H$  چنین واکنش هایی از روش های **غیر مستقیم** استفاده می شود که عبارتند از:

(۱) استفاده از **آنتالپی پیوند** واکنش دهنده ها و فرآورده ها

(۲) استفاده از آنتالپی **سوختن** مواد

(۳) استفاده از خاصیت **جمع پذیری** گرمای واکنش ها یا **قانون هس**

(۴) استفاده از **انرژی فعال سازی** واکنش دهنده ها و فرآورده ها (این مورد را در فصل ۴ شیمی ۱۲ می خوانیم).

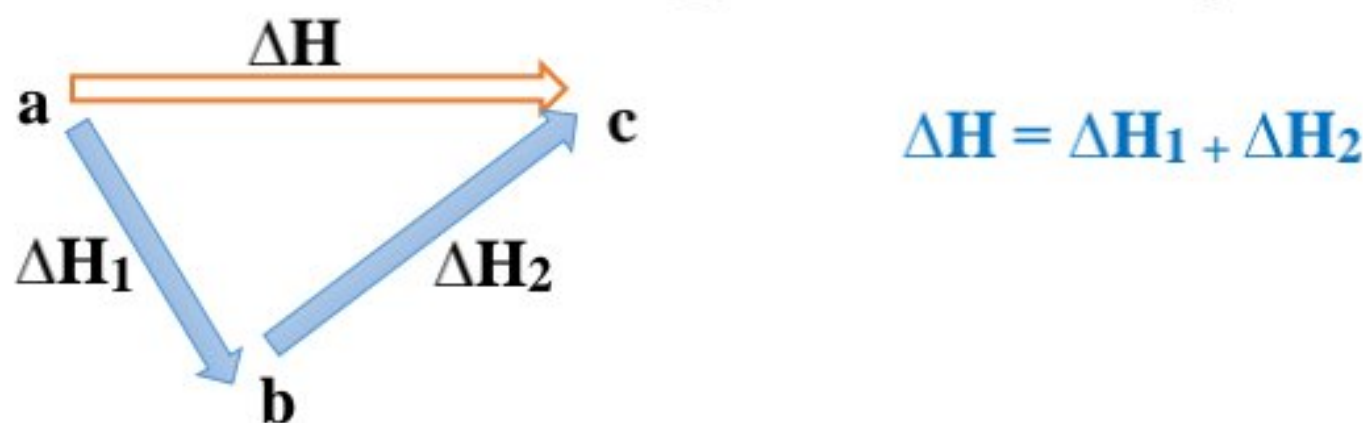
### جمع پذیری گرمای واکنش ها، قانون هس:

✓ اگر واکنش شیمیایی همراه با  $\Delta H$  وابسته به آن بیان شود به آن واکنش **گرما شیمیایی** (ترموشیمیایی) می گویند. آنتالپی در واکنش ها

از قواعد رایج ترموشیمی تبعیت می کند.

✓ آنتالپی تابع **حالت** است و اگر یک واکنش شیمیایی از چند مسیر مختلف انجام شود مقدار تغییر آنتالپی آن در همه مسیرها یکسان بوده

و تنها به حالت آغازین و پایانی فرایند بستگی دارد.



### قانون هس:

✓ نخستین بار هنری **هس** دریافت که گرمای یک واکنش معین به راهی که برای انجام آن در پیش گرفته می شود، وابسته **نیست**. به دیگر

سخن با استفاده از  $\Delta H$  دو یا چند واکنش دیگر می توان  $\Delta H$  یک واکنش معین را به دست آورد، به شرطی که شرایط انجام همه

واکنش ها یکسان باشد.

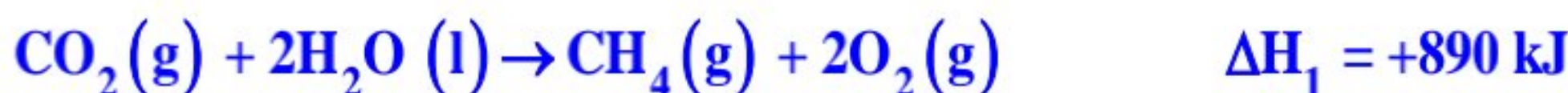
✓ شرایط یکسان مورد نظر در استفاده از قانون هس عبارتند از: **دما، فشار، حالت فیزیکی و نوع آلوتروپ**.

✓ قانون هس، قانونی که به **جمع پذیری گرمای واکنش‌ها** معروف است. بیان علمی قانون هس براساس مفهوم  $\Delta H$  به صورت زیر است:

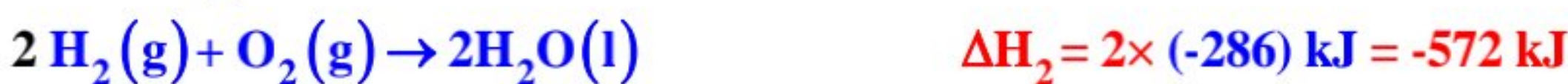
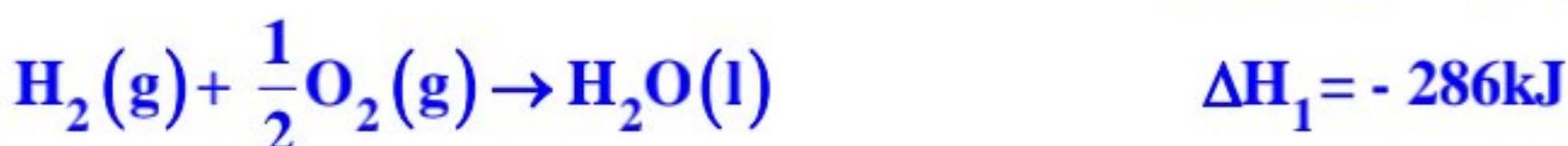
« اگر معادله واکنشی را بتوان از جمع معادله دو یا چند واکنش دیگر به دست آورد  $\Delta H$  آن نیز از جمع جبری  $\Delta H$  همان واکنش‌ها به دست می‌آید. »

### قواعد رایج در ترموشیمی برای جمع‌پذیری گرمای واکنش‌ها:

۱- هرگاه معادله واکنش را وارونه شود علامت  $\Delta H$  هم برعکس می‌شود.



۲- اگر معادله واکنشی در عدد n ضرب شود،  $\Delta H$  واکنش نیز n برابر می‌شود.



۳- برای به دست آوردن واکنش اصلی براساس مجموع چند واکنش:

a. ابتدا جهت واکنش‌ها بر اساس **موقعیت** واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها در واکنش اصلی **همسو** می‌شود.

b. سپس ذرات واکنش‌دهنده حد واسط **حذف** می‌شوند.

c. در مرحله آخر **ضریب** مجموع واکنش‌های به دست آمده با ضریب واکنش اصلی **یکسان** می‌شود.

مثال: نیتریک اسید به صورت صنعتی از اکسایش آمونیاک تهیه می‌شود. مقدار گرمای مبادله شده با یکای kJ برای تهیه هر مول نیتریک

اسید با استفاده از واکنش مقابل، کدام است؟

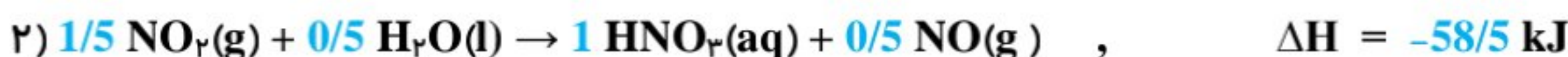


با توجه به واکنش اصلی باید در طرف واکنش‌دهنده‌ها  $\text{NH}_3(\text{g}) + \frac{5}{2}\text{O}_2(\text{g})$  و در طرف فراورده‌ها نیز  $\text{HNO}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$  داشته باشیم:

**معادله اول:** معادله را در  $\frac{1}{4}$  ضرب می‌کنیم  $\Leftarrow$  آنتالپی تقسیم بر 4 می‌شود.

**معادله دوم:** معادله را برعکس نموده، سپس در  $\frac{1}{2}$  ضرب می‌کنیم  $\Leftarrow$  آنتالپی قرینه و نصف می‌شود.

**معادله سوم:** معادله را برعکس نموده، سپس در  $\frac{3}{4}$  ضرب می‌کنیم.  $\Leftarrow$  آنتالپی قرینه و  $\frac{3}{4}$  برابر می‌شود.



## متان:

✓ ساده‌ترین هیدروکربن و نخستین عضو خانواده آلکان‌هاست.

✓ گاز شهری به طور عمده از آن تشکیل شده است.

✓ از تجزیه گیاهان به وسیله باکتری‌های بی‌هوازی در زیر آب نیز تولید می‌شود.

✓ به گاز مرداب معروف است زیرا اولین بار از سطح مرداب‌ها جمع‌آوری شد.

✓ موریانه‌ها یکی از منابع تولید متان هستند، یکی از فراورده‌های تجزیه سلولز در بدن این حشره گاز متان می‌باشد.

✓ متان را نمی‌توان به طور مستقیم از واکنش زیر بدست آورد زیرا تأمین شرایط بهینه برای انجام این واکنش بسیار دشوار و پرهزینه

است به همین دلیل برای تعیین  $\Delta H$  این واکنش باید از روش‌های غیرمستقیم بهره برد:



✓ برای تعیین  $\Delta H$  واکنش  $C_{(s, \text{graphite})} + 2H_2(g) \rightarrow CH_4(g)$  از قواعد رایج در ترموشیمی بر اساس سه واکنش زیر بهره می‌برند

این واکنش‌های ترموشیمیایی می‌توانند واکنش سوختن یک مول گاز هیدروژن، یک مول گرافیت و یک مول گاز متان باشند که معادله

هریک از آنها در  $25^\circ C$  به صورت زیر است:

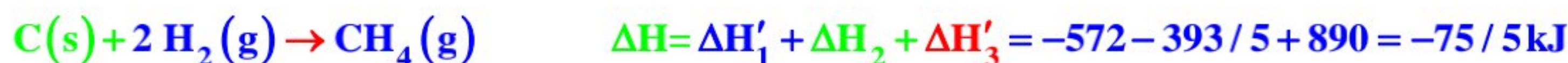


در پاسخ باید تک تک مواد را در واکنش اصلی یافته و با توجه به ضریب و جایگاه آن ماده در واکنش اصلی واکنش‌های ۱ تا ۳ را تغییر داده و آن تغییر در آنتالپی هم اعمال شود تا در نهایت از جمع ۳ واکنش، واکنش اصلی به دست آید و از جمع  $\Delta H$  ها نیز  $\Delta H$  واکنش اصلی محاسبه شود.

واکنش اول: در عدد ۲ ضرب می‌شود.  $\Leftarrow$  آنتالپی آن نیز دو برابر می‌شود.

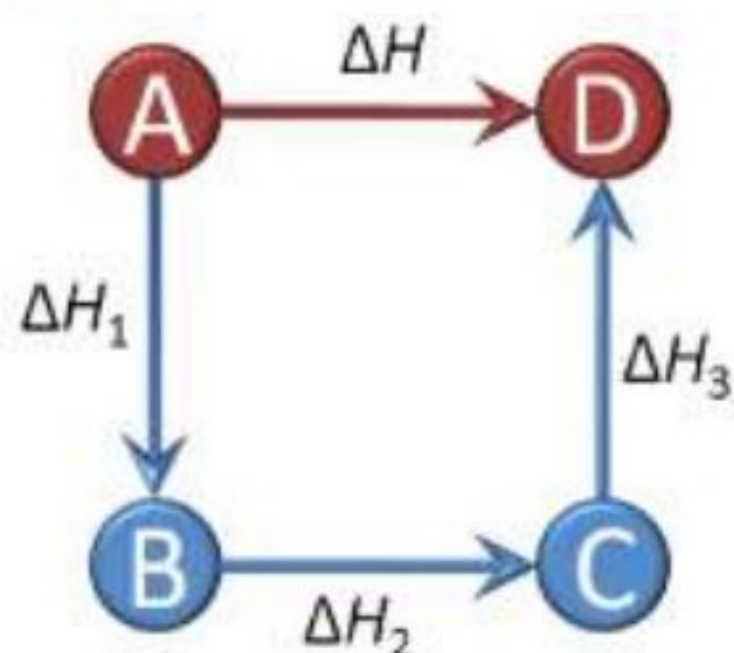
واکنش دوم: بدون تغییر

واکنش سوم: وارونه می‌شود.  $\Leftarrow$  آنتالپی آن نیز قرینه می‌شود.



$$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3$$

مطابق قانون هس  $\Delta H$  تبدیل A به D برابر با مجموع  $\Delta H$  های مسیر A-B-C-D است.



## صفحه ۷۴ کتاب درسی

## خود را بیازمایید:

۱) هیدروژن پراکسید ( $H_2O_2$ ) ماده‌ای است که با نام تجاری **آب اکسیژنه** به فروش می‌رسد.

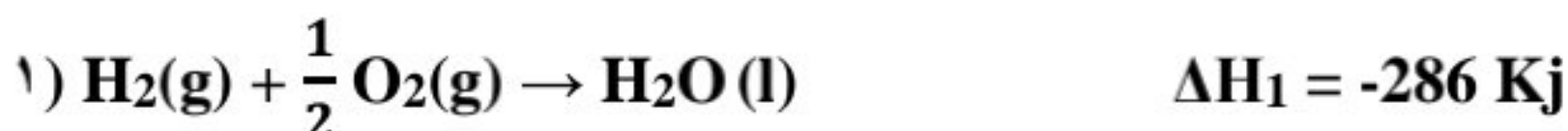
✓ محلول رقیق آب اکسیژنه یک محلول **ضد عفونی** کننده است.

✓ خاصیت **رنگ بری** و **لکه بری** دارد.

✓ از واکنش مستقیم **هیدروژن** و **اکسیژن** حاصل نمی‌شود.

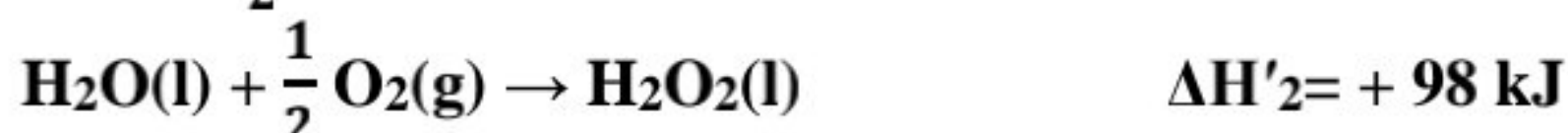
✓ نسبت به آب **ناپایدارتر** و سطح انرژی **بالاتری** دارد.

الف) با استفاده از واکنش‌های زیر، آنتالپی واکنش  $H_2(g) + O_2(g) \rightarrow H_2O_2(l)$  را حساب کنید.



واکنش اول: بدون تغییر

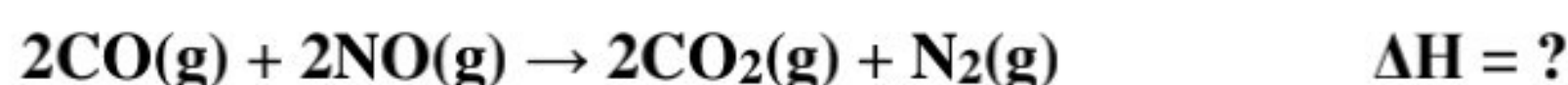
معادله دوم: معادله را برعکس نموده، سپس در  $\frac{1}{2}$  ضرب می‌کنیم  $\Leftarrow$  **آنتالپی قرینه و نصف می‌شود.**



ب) توضیح دهید چرا تهیه این ماده از واکنش مستقیم گاز هیدروژن با اکسیژن ممکن نیست؟

**چون واکنش هیدروژن و اکسیژن، آب که پایدارتر است، تولید می‌کند از طرفی هیدروژن پراکسید ناپایدار بوده و به آب و اکسیژن تجزیه می‌شود.**

۲) در شیمی ۱ آموختید که گازهای آلاینده مانند CO و NO از آگروز خودروها به هواکره وارد می‌شوند. شیمی دان‌های هواکره انجام واکنش زیر را برای تبدیل این آلاینده‌ها به گازهایی پایدارتر و با آلاینده‌گی کمتر، طراحی کرده‌اند.



آنتالپی واکنش بالا را با استفاده از واکنش‌های ترموشیمیایی زیر حساب کنید.



واکنش اول: معادله را ۲ برابر می‌کنیم.  $\Leftarrow$  **آنتالپی ۲ برابر می‌شود.**

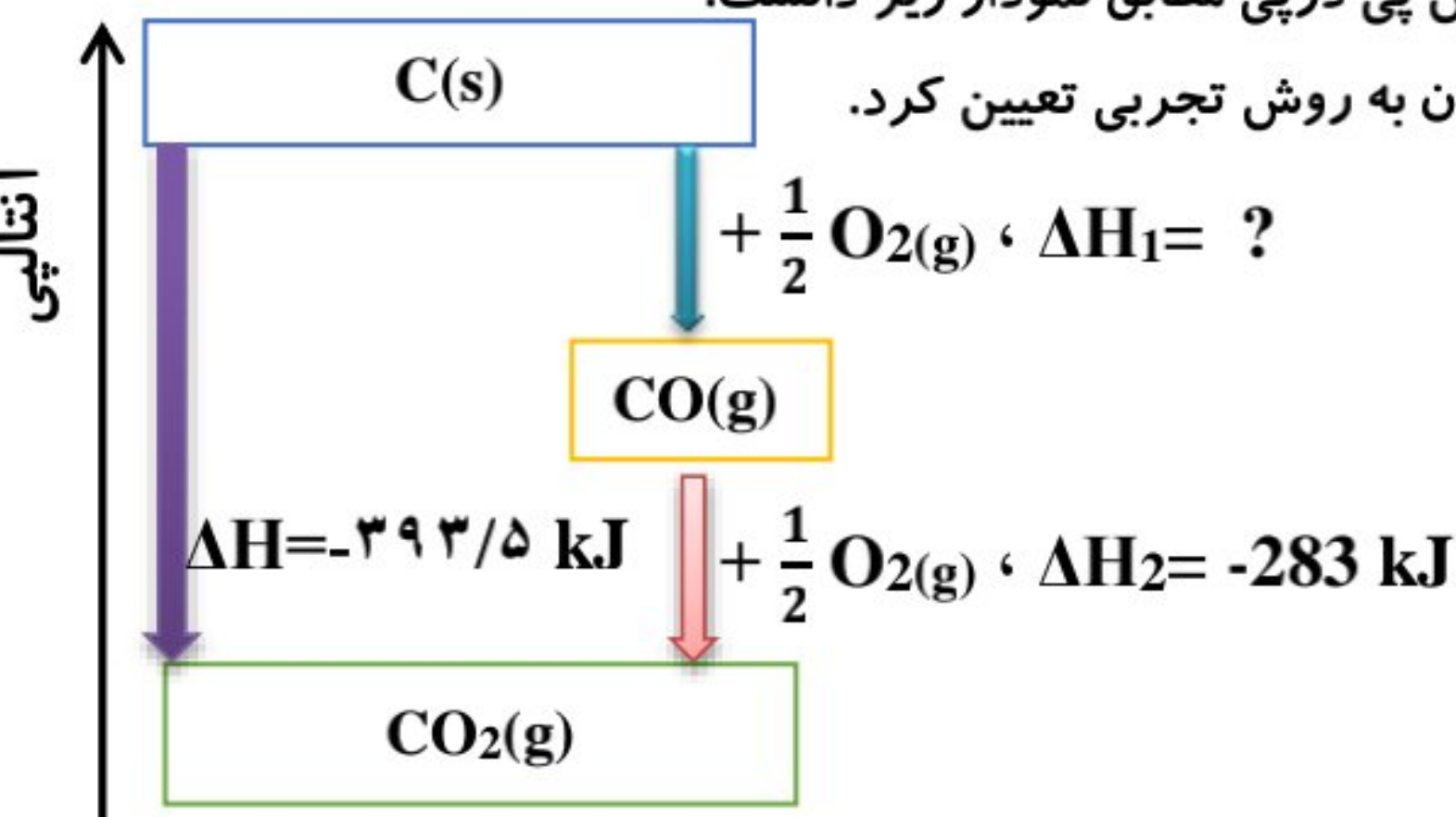
واکنش دوم: معادله را برعکس می‌کنیم  $\Leftarrow$  **آنتالپی قرینه می‌شود.**



۳) واکنش سوختن کامل گرافیت را می‌توان مجموعه‌ای از دو واکنش پی در پی مطابق نمودار زیر دانست.

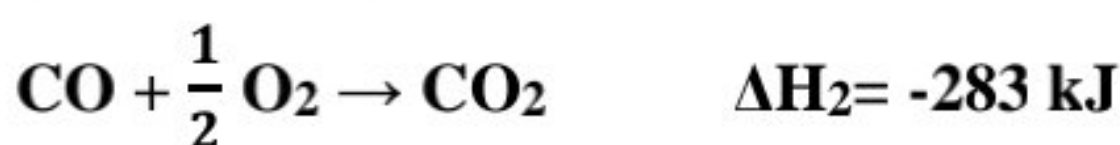
الف) شواهد نشان می‌دهد که  $\Delta H$  واکنش تولید CO (g) را نمی‌توان به روش تجربی تعیین کرد.

درباره علت آن گفت و گو کنید.



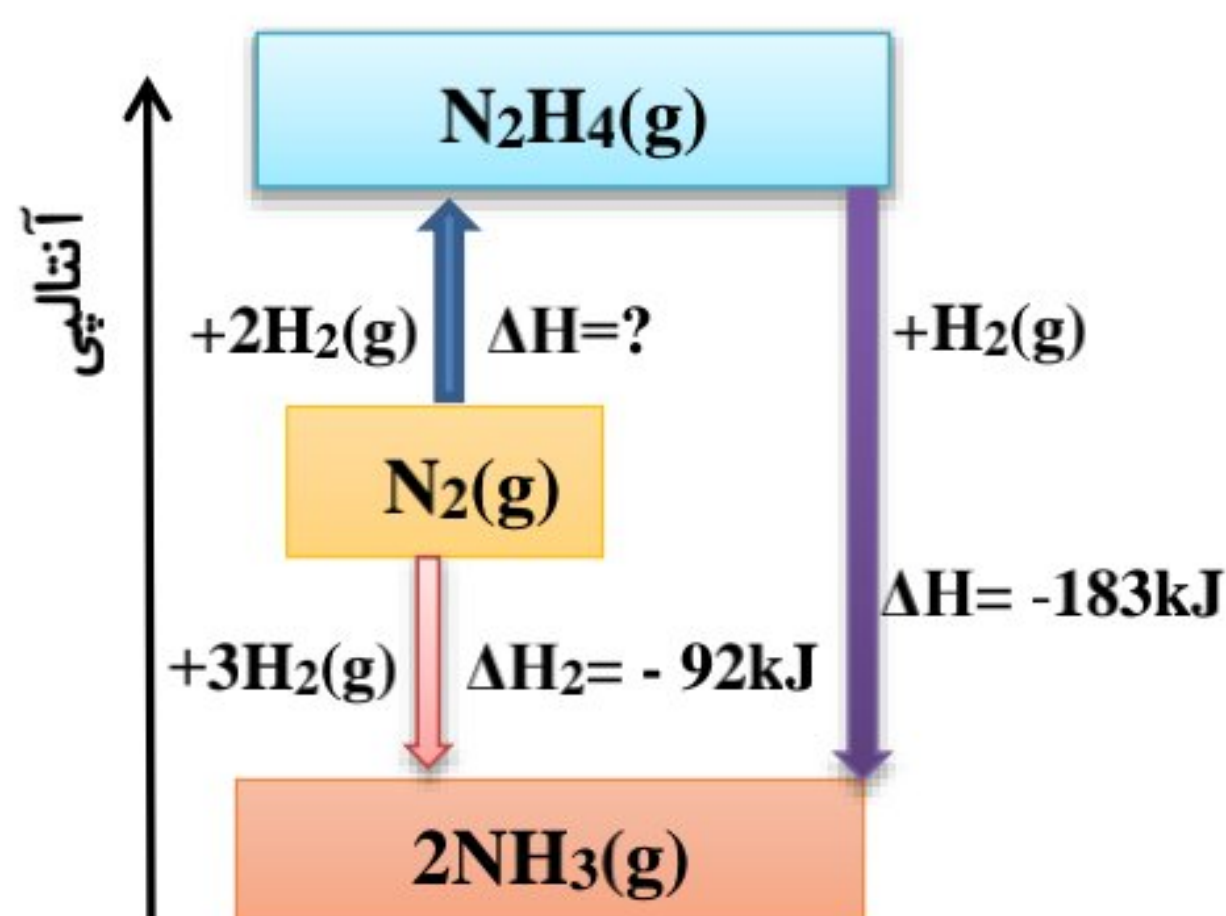
**چون در این فرایند از طریق یک واکنش معین نمی‌توان تنها CO تولید کرد و همواره همراه آن مواد دیگری نیز تولید می‌شود. از طرفی طبق نمودار، تبدیل کربن به کربن دی‌اکسید وضعیت پایدارتری از کربن مونوکسید دارد و فراورده اصلی خواهد بود.**

ب)  $\Delta H$  واکنش تولید  $\text{CO(g)}$  را از گرافیت و گاز اکسیژن حساب کنید.



معادله اول: بدون تغییر

معادله دوم: معادله را برعکس می کنیم  $\Leftarrow$  آنتالپی قرینه می شود.



۴) شواهد تجربی نشان می دهند که تهیه آمونیاک به روش هابر از گازهای نیتروژن و هیدروژن مطابق نمودار زیر یک واکنش دو مرحله ای است.

الف) در شرایط یکسان، هیدرازین پایدارتر است یا آمونیاک؟ چرا؟

آمونیاک پایدارتر است. چون تبدیل هیدرازین به آمونیاک گرماده است پس هیدرازین سطح انرژی بیشتری داشته و ناپایدارتر است (طبق نمودار سطح انرژی آمونیاک پایین تر از هیدرازین است).

ب) آنتالپی واکنش تولید هیدرازین را حساب کنید.

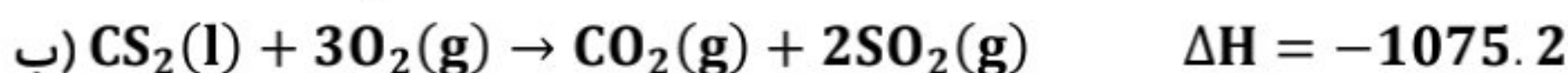
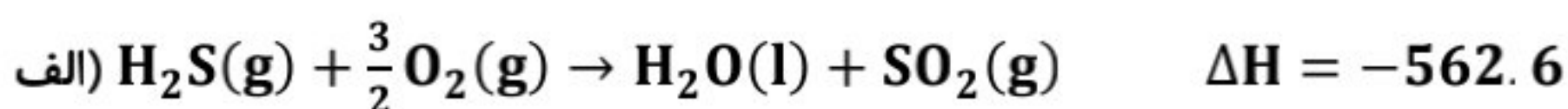


معادله اول: بدون تغییر

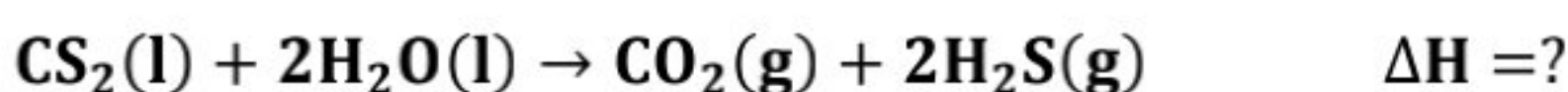
معادله دوم: معادله را برعکس می کنیم  $\Leftarrow$  آنتالپی قرینه می شود.



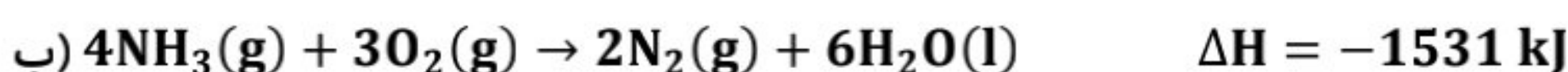
۱- با در دست داشتن واکنش های ترموشیمی زیر



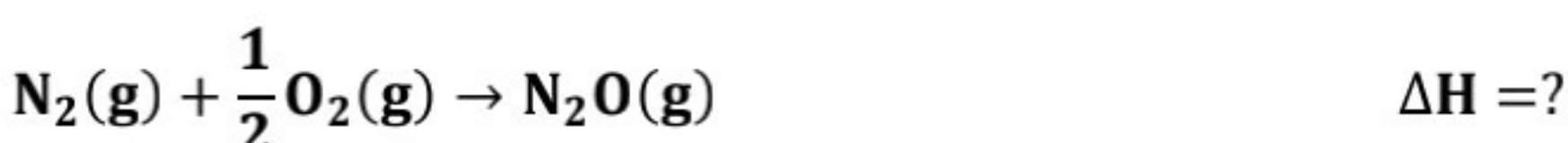
مقدار  $\Delta H$  واکنش زیر را محاسبه کنید:



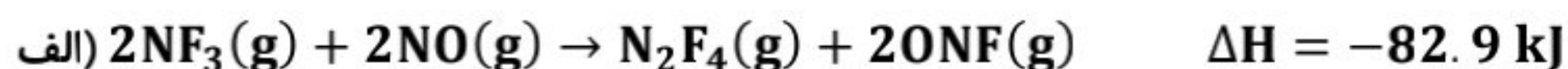
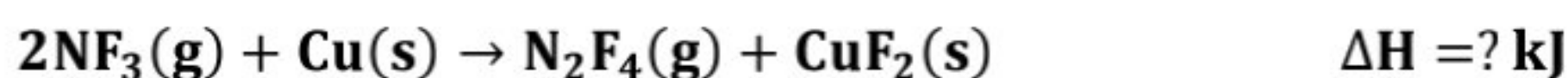
۲- با در دست داشتن واکنش های ترموشیمی زیر



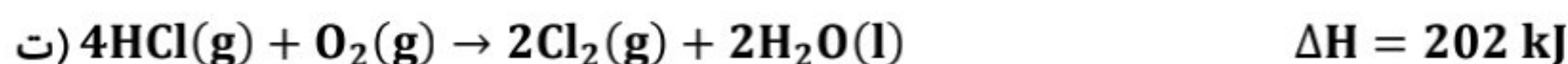
مقدار  $\Delta H$  واکنش زیر را محاسبه کنید:



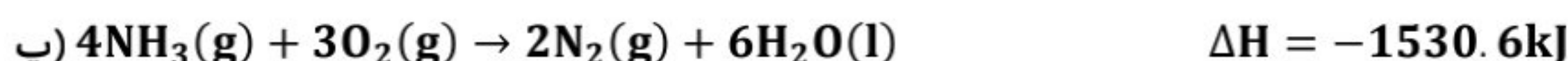
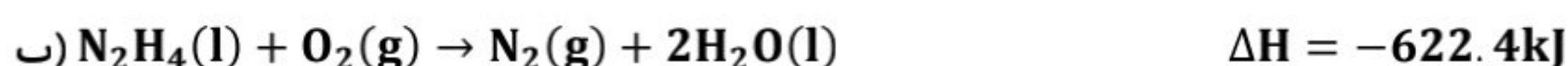
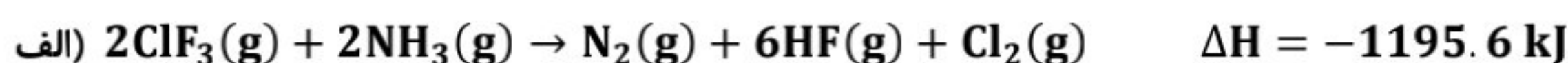
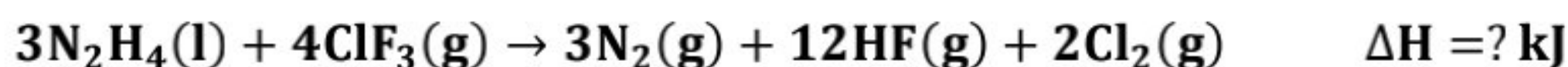
۳- با در دست داشتن واکنش‌های ترموشیمی زیر

مقدار  $\Delta\text{H}$  واکنش زیر را محاسبه کنید:

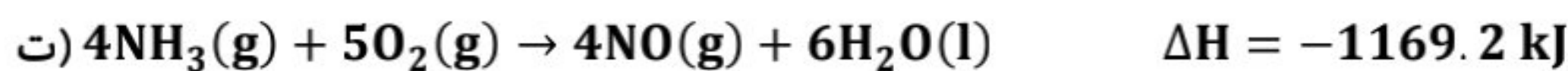
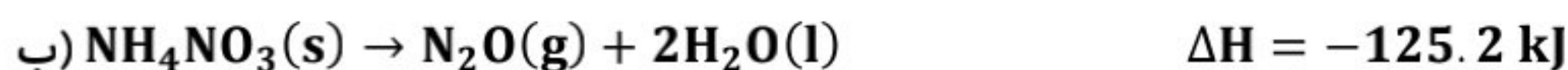
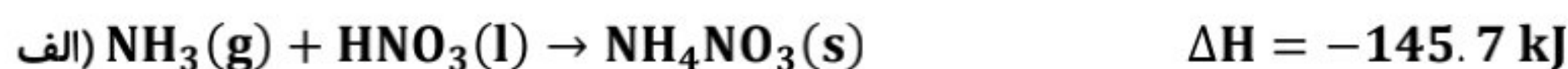
۴- با در دست داشتن واکنش‌های ترموشیمی زیر:

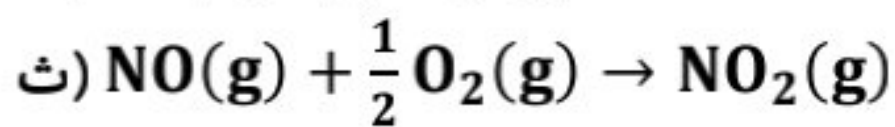
مقدار  $\Delta\text{H}$  واکنش زیر را محاسبه کنید:

۵- با در دست داشتن واکنش‌های ترموشیمی زیر:

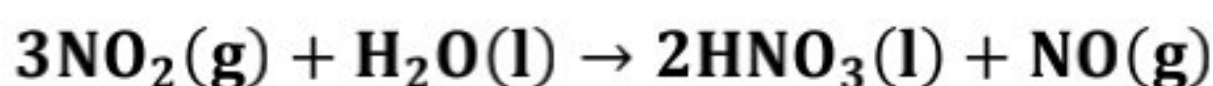
مقدار  $\Delta\text{H}$  واکنش زیر را محاسبه کنید:

۶- با در دست داشتن واکنش‌های ترموشیمی زیر:





$$\Delta H = -56.6 \text{ kJ}$$

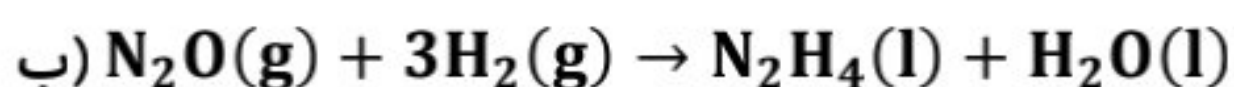
مقدار  $\Delta H$  واکنش زیر را محاسبه کنید:

$$\Delta H = ? \text{ kJ}$$

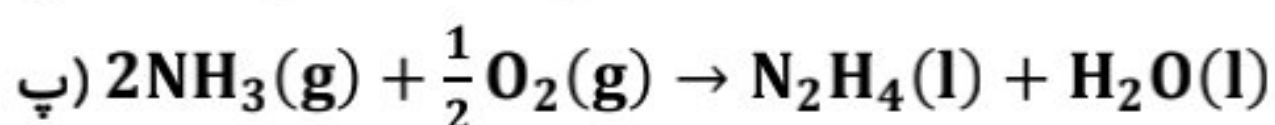
۷- با در دست داشتن واکنش‌های ترموشیمی زیر:



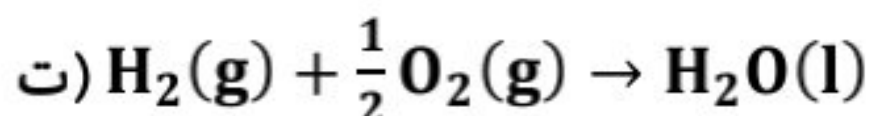
$$\Delta H = -1010 \text{ kJ}$$



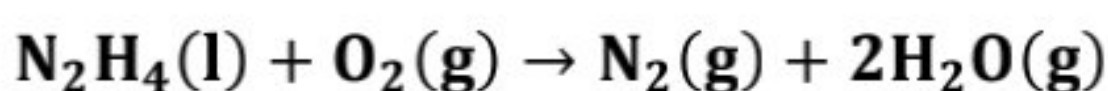
$$\Delta H = -317 \text{ kJ}$$



$$\Delta H = -143 \text{ kJ}$$



$$\Delta H = -286 \text{ kJ}$$

مقدار  $\Delta H$  واکنش زیر را محاسبه کنید:

$$\Delta H = ? \text{ kJ}$$

### غذای سالم

**تاریخ مصرف** چیست؟ تاریخ مصرف مواد غذایی نشان می‌دهد که چه مدتی **سالم** می‌ماند و قابل **مصرف** است.

✓ انسان همواره در جست‌وجوی روش‌هایی بوده که بتواند ماده غذایی را برای مدت **طولانی** سالم نگه دارد و **ذخیره** کند.

روش‌های سنتی نگهداری از مواد غذایی عبارتند از:

#### ۳- نمک سود کردن



#### ۲- تهیه ترشی



#### ۱- خشک کردن میوه‌ها



✓ تجربه نشان می‌دهد که محیط **سرد**، **خشک** و **تاریک** برای نگهداری انواع مواد غذایی مناسب‌تر از محیط **گرم**، **روشن** و **مرطوب** است.

نگهداری مواد غذایی در **سردخانه‌ها** تایید کننده این تجربه است.

✓ در واقع عوامل محیطی مانند **رطوبت**، **اکسیژن**، **نور** و **دما** در چگونگی و زمان نگهداری غذا مؤثرند.

✓ در محیط **مرطوب**، **میکروب‌ها** شروع به **رشد** و **تکثیر** می‌کنند تا جایی که ماده غذایی **کپک** می‌زند و **فاسد** می‌شود اما در محیط **خشک**

**امکان رشد میکروب‌ها وجود ندارد** از اینرو می‌توان خشکبار را **آسان‌تر** و به مدت **طولانی‌تری** در این محیط نگهداری کرد به همین دلیل نیاکان ما بسیاری از میوه‌ها را در فصل برداشت خشک می‌کردند تا آنها را برای مصرف در فصل‌های دیگر ذخیره کنند.

### اکسیژن عامل فساد مواد غذایی:

✓ در شیمی دهم آموختیم که اکسیژن گازی **واکنش‌پذیر** است و تمایل زیادی برای انجام واکنش با دیگر مواد دارد. براساس این ویژگی، مواد غذایی در **هوای آزاد** و در معرض **اکسیژن**، **سریع‌تر** فاسد می‌شوند.

✓ **وجود پوست و پوشش میوه‌ها و خشک‌بار** یک عامل طبیعی برای افزایش زمان ماندگاری است. زیرا **مانع از ورود اکسیژن و جانداران ذره‌بینی به درون آنها می‌شود**.



✓ **حذف اکسیژن** از محیط نگهداری مواد غذایی و خوراکی‌ها باعث **افزایش** زمان ماندگاری و **بهبود کیفیت** مواد غذایی می‌شود به همین دلیل برای نگهداری سالم برخی خوراکی‌ها، هوای درون ظرف بسته‌بندی آنها را **خالی** می‌کنند و درون آنها را با گاز **نیتروژن** پر می‌کنند.

✓ گاز نیتروژن به **جوبی اثر** مشهور است. (دلیل استفاده از گاز نیتروژن در بسته‌بندی **چیپس** و...)

### صفحه ۷۶ کتاب درسی

### خود را بیازمایید:

هر یک از موارد زیر نقش چه عاملی را در سرعت واکنش نشان می‌دهد؛ توضیح دهید.



الف) برای نگهداری طولانی مدت فراورده‌های گوشتی و پروتئینی، آنها را به حالت منجمد ذخیره می‌کنند **با کاهش دما، سرعت واکنش‌هایی که سبب فساد مواد غذایی می‌شود، کم شده در نتیجه مدت ماندگاری افزایش می‌یابد**.

✓ افزایش دما سبب **کاهش زمان** ماندگاری مواد غذایی می‌گردد.

ب) روغن‌های مایع که در ظرف مات و کدر بسته‌بندی شده‌اند، زمان ماندگاری بیشتری دارند.



**زیرا نور و امواج الکترومغناطیسی دارای انرژی بوده و اثر مخرب بر ساختار مولکول‌های روغن دارند اما ظروف با جداره کدر مانع از رسیدن این امواج به روغن می‌شوند لذا ماندگاری بیشتری خواهند داشت**.



پ) قاووت گردی مغزی و تهیه شده از مغز آفتاب‌گردان، پسته و ... است. این سوغات کرمان زودتر از مغز این خوراکی‌ها فاسد می‌شود. **چون به حالت پودر، سطح تماس مواد غذایی با هوا بیشتر شده و سرعت انجام واکنش‌هایی که سبب فساد آن می‌شود نیز بیشتر است در نتیجه ماندگاری قاووت از مغز آن کمتر است**.

پیشرفت علوم تجربی باعث شده تا برای افزایش زمان ماندگاری مواد غذایی و بهبود کیفیت مواد غذایی از روش‌های گوناگون استفاده شود

### روش‌های جدید نگهداری از مواد غذایی:

① تهیه کنسرو ② بسته‌بندی نوین ③ افزودن نگهدارنده‌ها ④ نگهداری در یخچال‌های صنعتی، سردخانه‌ها ⑤ خالی کردن هوای درون ظرف بسته‌بندی ⑥ پر کردن محفظه مواد غذایی با گاز نیتروژن و ایجاد محیط بی اثر ⑦ نگهداری غلات در سیلوها

✓ **سینتیک شیمیایی** به عنوان شاخه‌ای از علم شیمی افزون بر بررسی **آهنگ تغییر شیمیایی** در واکنش‌ها، عوامل مؤثر بر این آهنگ را نیز بررسی می‌کند.

✓ **با آشنایی و درک سینتیک شیمیایی** می‌توان **روش‌های** گوناگون نگهداری سالم مواد غذایی را **یافت** و **گسترش** داد.



## آهنگ واکنش:

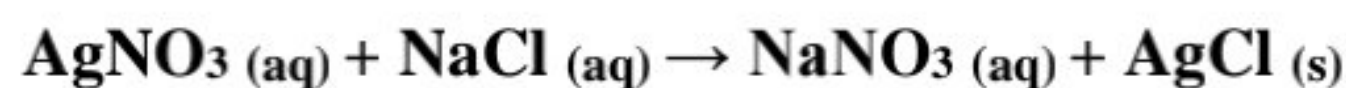
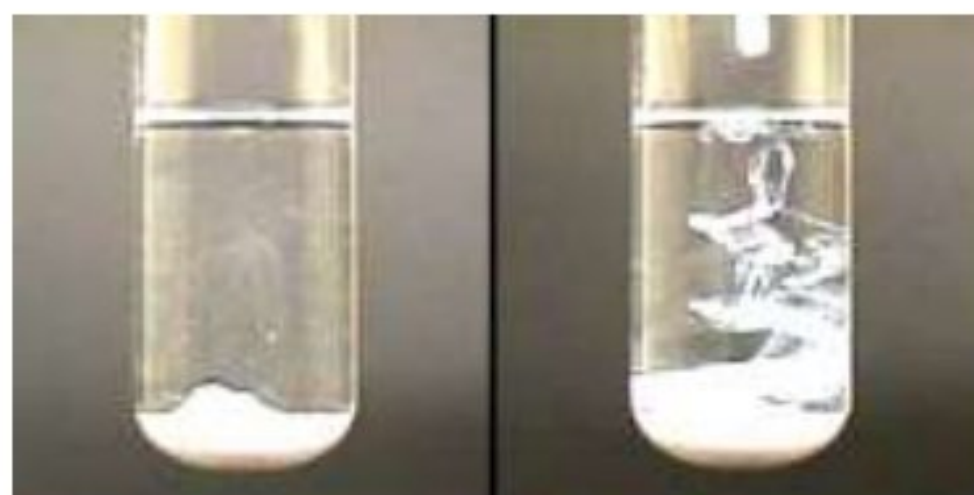
- ✓ تهیه و تولید سریع تر یا کندتر یک فراورده صنعتی، دارویی یا غذایی بر **کیفیت** و **زمان** ماندگاری آن نقش تعیین کننده ای دارد.
- ✓ **آهنگ واکنش** معیاری برای **زمان ماندگاری** مواد است.
- ✓ آهنگ واکنش کمی است که نشان می دهد هر تغییر شیمیایی **در چه گستره ای** از زمان رخ می دهد.
- ✓ هر چه گستره زمان انجام واکنش ها **کوچک تر** باشد، آهنگ انجام **تندتر** است و واکنش **سریع تر** انجام می شود.
- ✓ شیمیدان ها آهنگ واکنش را در گستره **معینی** از زمان با نام **سرعت واکنش** بیان می کنند.
- ✓ گستره انجام واکنش از چند صدم ثانیه تا چند سده را در بر می گیرد.
- ✓ واکنش های شیمیایی از نظر سرعت انجام به چهار دسته تقسیم می شوند:

① واکنش بسیار سریع    ② واکنش سریع    ③ واکنش کند    ④ واکنش بسیار کند



**واکنش بسیار سریع:** انفجار واکنش شیمیایی بسیار سریعی است که در آن از **مقدار کمی** ماده **منفجرشونده** به حالت **جامد** یا **مایع**، حجم زیادی از **گازهای داغ** تولید می شود.

**واکنش سریع:** واکنش های **رسوبی** جزو واکنش های **سریع** هستند. برای نمونه افزودن محلول شفاف **سدیم کلرید** به محلول شفاف **نقره نیترات** باعث تشکیل سریع **رسوب سفید رنگ نقره کلرید** می شود. (از این واکنش برای شناسایی یون کلرید و یون نقره نیز استفاده می شود).



**واکنش کند:** اشیای آهنی در هوای مرطوب به **کندی** زنگ می زنند. زنگار تولید شده در این واکنش **سرخ** و **سخت** است و فرو می ریزد که به این عمل **خوردگی** می گویند.



**واکنش بسیار کند:** بسیاری از کتاب های قدیمی در گذر زمان **زرد** و **پوسیده** می شوند. این پدیده نشان می دهد که واکنش **تجزیه سلولز کاغذ بسیار کند** رخ می دهد.



دانش آموزان گرامی کاوش کنید صفحه ۷۸ کتاب درسی را انجام داده و در هر مورد بیان کنید کدام یک از عوامل مؤثر بر سرعت واکنش ها بررسی و به چه نتیجه ای منجر می گردد.

آزمایش ۱: در حالت اول از  $\frac{1}{2}$  قرص جوشان و در حالت دوم از  $\frac{1}{4}$  قرص جوشان استفاده شده است.

**نتیجه: با کاهش غلظت واکنش دهنده سرعت واکنش کاهش می یابد.**

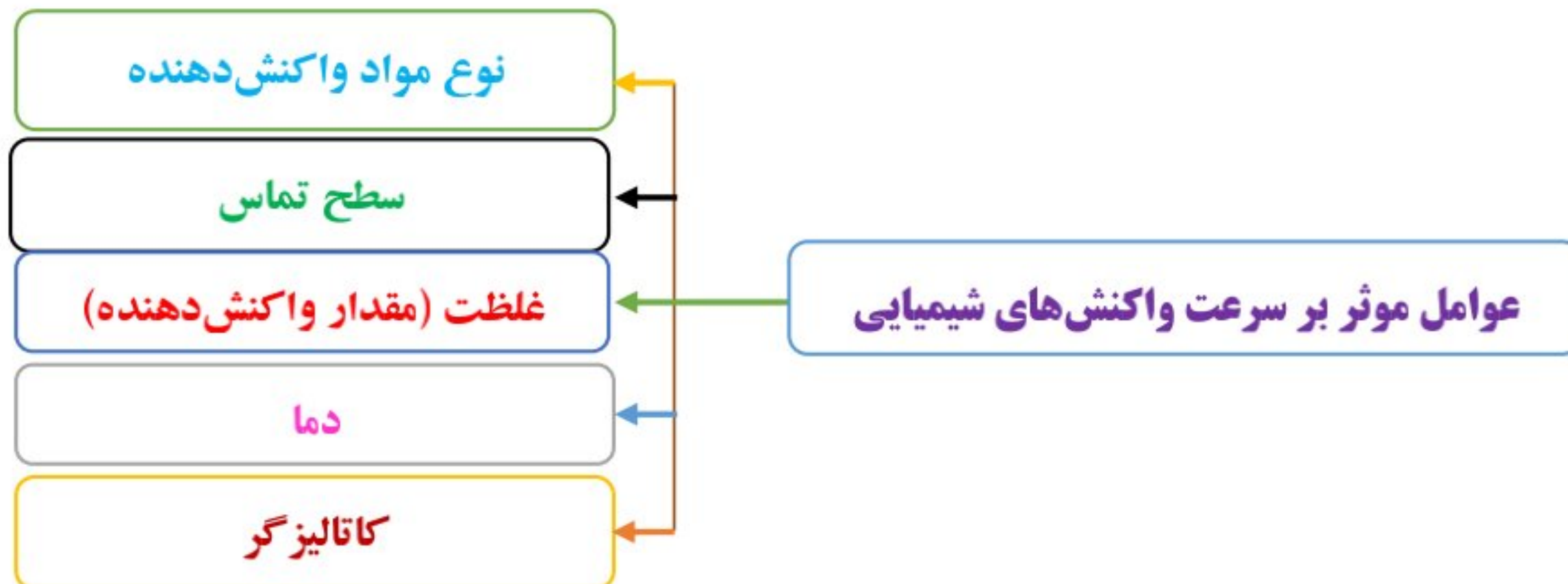
آزمایش ۲: در حالت اول دمای آزمایش  $25^\circ\text{C}$  و در حالت دوم دمای آزمایش  $10^\circ\text{C}$  است.

**نتیجه: با کاهش دما سرعت واکنش کاهش می یابد.**

آزمایش ۳: بجای استفاده از قرص جوشان آن را تبدیل به پودر کرده و آزمایش را تکرار می کنیم.

**نتیجه: با افزایش سطح تماس واکنش دهنده ها سرعت واکنش افزایش می یابد.**

## عوامل گوناگونی بر زمان انجام واکنش‌های شیمیایی اثر می‌گذارند که عبارتند از:



✓ بررسی‌ها نشان می‌دهد که زمان انجام واکنش‌ها به عوامل گوناگونی وابسته است. به گونه‌ای که برای **کاهش** یا **افزایش** سرعت انجام واکنش‌ها می‌توان عواملی مانند **دما**، **غلظت**، **نوع مواد واکنش دهنده**، **کاتالیزگر** و **سطح تماس** واکنش دهنده‌ها را تغییر داد.

## ۱- اثر نوع (ماهیت) واکنش دهنده‌ها بر سرعت واکنش:



✓ ماهیت واکنش دهنده‌ها اگر چه به عنوان یک **متغیر مطرح نیست**، اما از ۴ عامل دیگر **مهم‌تر** است.

✓ مواد مختلف واکنش‌پذیری **متفاوتی** دارند و همین موجب **تفاوت سرعت** واکنش‌ها می‌شود.

**مثال ۱:** فلزهای قلیایی **سدیم** و **پتاسیم** در شرایط یکسان با **آب سرد** به شدت واکنش می‌دهند، اما

سرعت واکنش آن‌ها **متفاوت** است و سرعت واکنش **پتاسیم** بیشتر از **سدیم** است.

✓ واکنش‌پذیری فلزات قلیایی و قلیایی خاکی از بالا به پایین **افزایش** و هالوژن‌ها از بالا به پایین **کاهش** می‌یابد.

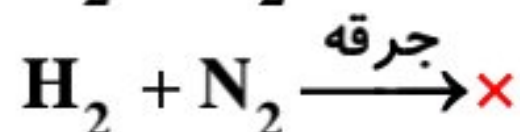
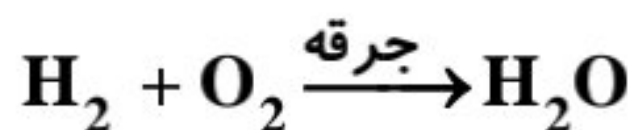
**مثال ۲:** در آزمایشگاه، برای نگهداری **سدیم** آن را **زیر نفت** نگهداری می‌کنند در صورتی که **منیزیم** را به صورت **نواری** در می‌آورند.

**مثال ۳:** بارگاه ملکوتی امامان معصوم (ع) را با ورقه‌های نازک **طلا** تزئین می‌کنند که پس از سال‌ها هنوز جلای خود را حفظ کرده (با **اکسیژن**

و **رطوبت هوا** و **سایر عوامل محیطی** واکنش نداده) اما مقبره حافظ که از **مس** ساخته شده به رنگ **سبز** درآمده است.

**مثال ۴:** ایجاد جرقه در مخلوطی از **H<sub>2</sub>** و **O<sub>2</sub>** سبب می‌شود واکنش انفجاری و بسیار سریع انجام شود. این در حالی است که ایجاد جرقه در

مخلوطی از **H<sub>2</sub>** و **N<sub>2</sub>** منجر به انجام واکنش نمی‌شود.

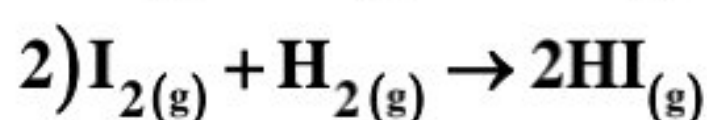
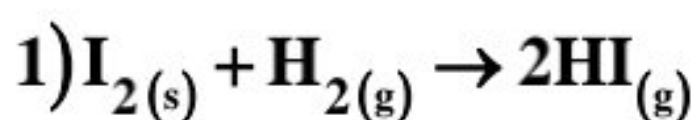


## ۲- اثر سطح تماس واکنش دهنده‌ها بر سرعت واکنش:

## الف) حالت فیزیکی

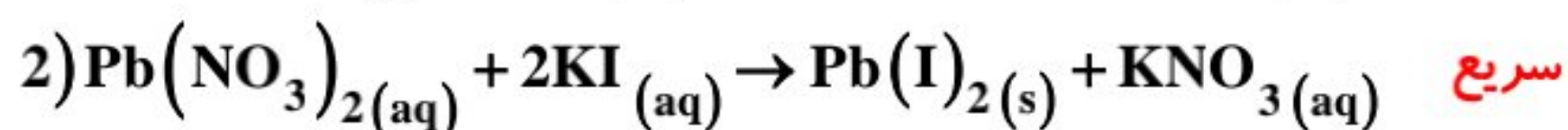
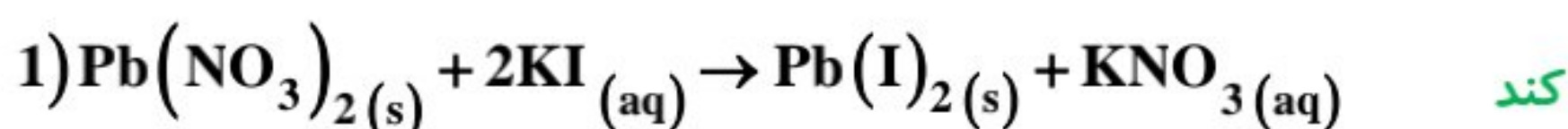
سرعت واکنش مواد در حالت **گازی** و **محلول** بیشتر از حالت **جامد** است زیرا **سطح تماس** در ذرات گازی و محلول **افزایش** می‌یابد.

**مثال ۱:** گاز هیدروژن فقط در **سطح ید جامد** واکنش می‌دهد در صورتی که در حالت **گازی** امکان واکنش با تک تک ذرات ید وجود دارد



پس سرعت واکنش **بیشتر** می‌شود.

**مثال ۲:** واکنش **سرب (II) نیترات** در حالت **محلول** سرعت بیشتری دارد.



**(ب) کوچک کردن اندازه ذرات**

**مثال ۱:** شعله آتش، گرد آهن موجود در کپسول چینی را داغ و سرخ می‌کند؛ در حالی که پاشیدن و پخش کردن گرد آهن بر روی شعله، سبب سوختن آن می‌شود.

**مثال ۲:** هنگامی که پودر قرص جوشان را داخل آب می‌ریزیم نسبت به حالتی که قرص جوشان را داخل آب می‌ریزیم سرعت بیشتری دارد.

**مثال ۳:** قاووت گردی مغزی و تهیه شده از مغز آفتابگردان، پسته و ... است. این سوغات کرمان زودتر از مغز این خوراکی‌ها فاسد می‌شود.



زیرا در قاووت سطح تماس با اکسیژن بیشتر از مغز سالم است.

**مثال ۴:** تراشه‌های چوب، سریع‌تر از تکه‌های چوب می‌سوزند.

✓ هم زدن مخلوط واکنش باعث افزایش سطح تماس ذرات می‌شود.

**۳- اثر غلظت واکنش دهنده‌ها یا مقدار واکنش دهنده‌ها:**

در اغلب واکنش‌ها، با افزایش غلظت واکنش دهنده‌ها، سرعت واکنش افزایش می‌یابد. زیرا با افزایش غلظت تعداد برخوردها بین واکنش دهنده‌ها بیشتر شده و در نتیجه سرعت واکنش افزایش می‌یابد.



**مثال ۱:** الیاف آهن در مجاورت هوا (شامل ۲۱٪ اکسیژن) روی شعله، داغ و سرخ شده اما نمی‌سوزد.

در حالی که الیاف آهن داغ و سرخ شده در مجاورت اکسیژن خالص می‌سوزد. علت این امر مربوط

به افزایش غلظت اکسیژن در آزمایش دوم است که موجب افزایش سرعت واکنش شده است.

**مثال ۲:** بیمارانی که مشکلات تنفسی دارند در شرایط اضطراری نیاز به تنفس از کپسول اکسیژن دارند که غلظت اکسیژن در آن بیشتر از هوا است.

**روش‌های تغییر غلظت:****(a) افزایش فشار**

✓ افزایش فشار بر واکنش دهنده‌های گازی سبب افزایش غلظت و بیشتر شدن تعداد برخوردها می‌شود.

✓ در واکنش‌های شیمیایی اگر حداقل یکی از واکنش دهنده‌ها به حالت گازی باشد، با افزایش فشار بر ظرف واکنش، ذرات گاز به هم

نزدیک و به نوعی غلظت ماده افزایش یافته است؛ در نتیجه سرعت واکنش زیاد خواهد شد.

✓ افزایش فشار فقط بر واکنش‌هایی تأثیر دارد که حداقل یکی از واکنش دهنده‌ها گازی باشد.

✓ افزایش مول‌های گازی در فشار ثابت بر سطح جامد، تأثیری بر سرعت واکنش ندارد.

**(b) افزایش مقدار**

✓ با افزایش مقدار یک یا چند مورد از واکنش دهنده‌ها تعداد برخوردهای آن‌ها با یکدیگر افزایش می‌یابد.

✓ برای مثال در واکنش  $\text{NO}_2(\text{g}) + \text{O}_3(\text{g}) \rightarrow \text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$  با افزایش تعداد مولکول‌های NO سرعت واکنش بیشتر می‌شود.

**(c) افزودن آب یا حلال**

✓ با افزودن آب یا حلال به سامانه محلول، سرعت واکنش کاهش می‌یابد زیرا ذرات واکنش دهنده از هم فاصله می‌گیرند و تعداد

برخوردها کمتر می‌شود.

**۴- اثر دما بر سرعت واکنش:**

✓ همه مولکول‌ها دارای انرژی جنبشی هستند و در ظرف واکنش پیوسته با یکدیگر برخورد می‌کنند، ولی همه برخوردهای بین

مولکول‌های واکنش دهنده به واکنش نمی‌انجامد؛ زیرا همه آنها انرژی کافی ندارند.

✓ با افزایش دما: انرژی جنبشی ذرات افزایش می‌یابد و انرژی کافی برای تعداد بیشتری از ذرات برخورد کننده فراهم می‌شود، پس

در گستره زمان کوتاه‌تری واکنش انجام می‌شود و سرعت انجام واکنش افزایش می‌یابد.

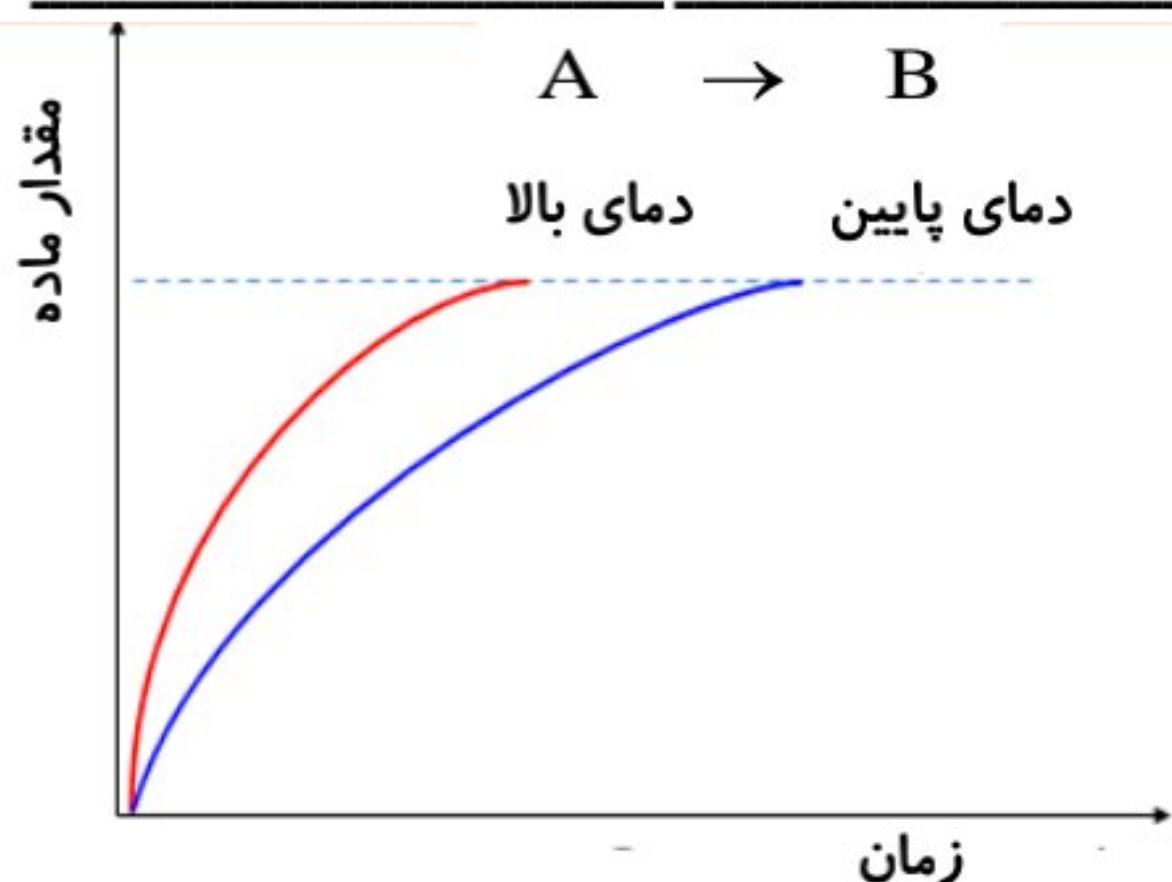
یا به عبارتی در واکنش‌های شیمیایی (گرماگیر و گرماده)، با **افزایش** دما **تعداد برخوردهای مؤثر** بین واکنش‌دهنده‌ها **زیاد** شده و سرعت واکنش را **افزایش** می‌دهد.



**مثال ۱:** محلول **بنفش رنگ پتاسیم پرمنگنات (KMnO4)** با یک **اسید آلی** در دمای اتاق به **کندی** واکنش می‌دهد اما با **گرم** شدن محلول به سرعت **بی‌رنگ** می‌شود.

**مثال ۲:** شکر در آب **داغ** با سرعت **بیشتری** حل می‌شود.

**مثال ۳:** با نگهداری مواد غذایی درون **یخچال**، سرعت فرایندهای شیمیایی منجر به **فساد** آن‌ها، **کندتر** می‌شود. در حالی که **گرمای شعله** اجاق گاز سرعت فرایندهای شیمیایی منجر به پختن غذا را **افزایش** می‌دهد.



✓ با **افزایش دما**، واکنش در زمان **کمتری** به پایان می‌رسد ولی مقدار **نهایی** فرآورده در همه دماها **یکسان** خواهد بود. (در صورتی که فرآورده‌های واکنش در همه دماها **یکسان** باشند.)

✓ **اغلب** واکنش‌های **گرماگیر** در دماهای **بالا** انجام‌پذیر می‌شوند.

✓ تأثیر **افزایش دما** بر سرعت واکنش‌هایی که **گرماگیرتر** هستند، **بیشتر** است.

✓ بین میزان افزایش دما و سرعت واکنش رابطه **مستقیم** و **غیرخطی** وجود دارد،

مثلاً با **دو** برابر شدن دما، سرعت زیاد می‌شود ولی نه به اندازه **دو** برابر.

✓ انحلال‌پذیری **اکثر** نمک‌ها در آب با افزایش دما **بیشتر** می‌شود زیرا با افزایش دما **آنتالپی فروپاشی شبکه بلور** نمک‌ها تأمین می‌شود.

### ۵- اثر کاتالیزگر بر روی سرعت واکنش:

✓ **کاتالیزگرها** موادی هستند که **سرعت** واکنش‌های شیمیایی را **افزایش** می‌دهند و در پایان واکنش **بدون تغییر** باقی می‌مانند.

**مثال ۱:** واکنش **سوختن قند** آغشته به **خاک باغچه** سریع‌تر است زیرا در خاک باغچه **کاتالیزگر** مناسب برای این واکنش وجود دارد.

**مثال ۲:** برخی افراد با مصرف کلم و حبوبات دچار **نفخ** می‌شوند. زیرا **فاقد** آنزیمی هستند که آن‌ها را **کامل** و **سریع** هضم کند.

✓ **آنزیم‌ها** در بدن نقش **کاتالیزگر** را دارند. آنزیم‌ها واکنش‌های شیمیایی گوناگونی را که در سلول‌ها انجام می‌شود، **سرعت** می‌بخشند.

**مثال ۳:** محلول **هیدروژن پراکسید** در دمای اتاق به **کندی** تجزیه شده و گاز **اکسیژن** تولید می‌کند. در حالی که با اضافه کردن دو قطره

محلول **پتاسیم یدید (KI (aq))** به عنوان **کاتالیزگر** سرعت واکنش به طور چشمگیری **افزایش** می‌یابد. سرعت این واکنش را می‌توان با جمع

آوری گاز **اکسیژن** بررسی کرد.



تجزیه هیدروژن پراکسید **بدون** کاتالیزگر



تجزیه هیدروژن پراکسید **در حضور** کاتالیزگر پتاسیم یدید

صفحه ۸۰ و ۸۱ کتاب درسی

خود را بیازمایید:

در هر یک 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 می‌دهند، اما سرعت واکنش‌ها **متفاوت** است.



**ماهیت واکنش دهنده‌ها متفاوت بوده و واکنش‌پذیری متفاوتی دارند. هر دوی این فلزها در گروه ۱ جدول تناوبی جای دارند اما واکنش‌پذیری پتاسیم از سدیم بیشتر است زیرا در یک گروه از فلزات فعالیت شیمیایی از بالا به پایین افزایش می‌یابد بنابراین شدت واکنش آن و در نتیجه سرعت واکنش آن با آب نیز بیشتر است.**



(ب) شعله آتش، گرد آهن موجود در کپسول چینی را داغ و سرخ می‌کند؛ در حالی که پاشیدن و پخش کردن گرد آهن بر روی شعله، سبب سوختن آن می‌شود.  
**سطح تماس گرد آهن با شعله و اکسیژن هنگامی که بر روی شعله پاشیده می‌شود، بیشتر از زمانی است که در کپسول چینی قرار دارد. افزایش سطح تماس موجب افزایش سرعت واکنش می‌شود.**



(پ) محلول بنفش رنگ پتاسیم پرمنگنات با یک اسید آلی در دمای اتاق به کندی واکنش می‌دهد، اما با گرم شدن، محلول به سرعت بی‌رنگ می‌شود.  
**با افزایش دما سرعت واکنش بیشتر می‌شود.**



(ت) الیاف آهن داغ و سرخ شده در هوا نمی‌سوزد، در حالی که همان مقدار الیاف آهن داغ و سرخ شده در یک ارلن پر از اکسیژن می‌سوزد.  
**غلظت اکسیژن در ارلن بیشتر است. معمولاً با افزایش غلظت واکنش دهنده‌ها، سرعت واکنش نیز بیشتر خواهد شد.**



(ث) محلول هیدروژن پراکسید در دمای اتاق به کندی تجزیه شده و گاز اکسیژن تولید می‌کند، در حالی که افزودن دو قطره از محلول پتاسیم یدید، سرعت واکنش را به طور چشمگیری افزایش می‌دهد.  
**پتاسیم یدید نقش کاتالیزگر را داشته و سبب افزایش سرعت واکنش خواهد شد. با افزایش سرعت تجزیه هیدروژن پراکسید، سرعت تولید گاز اکسیژن نیز بیشتر می‌شود.**

۱- کدام یک از عوامل زیر باعث افزایش سرعت واکنش می‌شود؟

\* کاهش دما      \* افزایش فشار در واکنش‌های گازی      \* افزایش سطح تماس

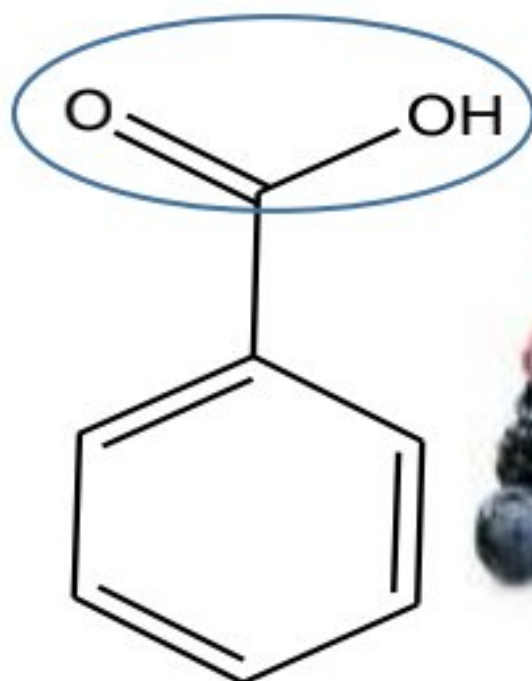
۲- عامل موثر بر هر عبارت ستون (۱) را از ستون (۲) انتخاب کنید.

ستون (۲)	ستون (۱)
(a) غلظت	۱) سرعت واکنش سدیم و پتاسیم با آب متفاوت است.
(b) ماهیت مواد	۲) آغشتن یک جبه قند به خاک باغچه، باعث افزایش سرعت سوختن می‌شود.
(c) کاتالیزگر	۳) توری فولادی در ارلن پر از اکسیژن به سرعت شعله‌ور می‌شود.
(d) سطح تماس	۴) خرده‌های چوب سریع‌تر از یک تکه چوب قطور شعله‌ور می‌شود.
(e) دما	

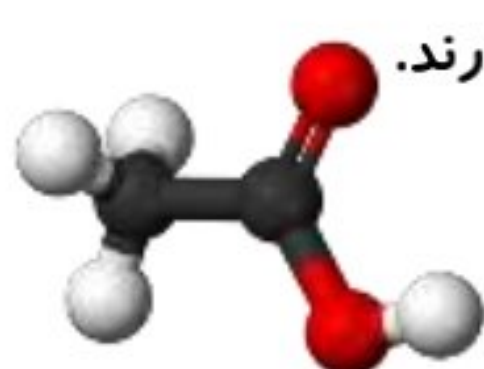
## پیوند با صنعت (بازدارنده‌ها)

- ✓ با زیاد شدن جمعیت و گرایش مردم به شهرنشینی، روش سنتی تهیه غذا، دیگر پاسخگوی نیازها نبود. در چنین شرایطی **ذخیره‌سازی** و **صادرات** غذا به عنوان **صنعتی نو**، خودنمایی کرد.
- ✓ صنعت **ذخیره‌سازی** و **صادرات** غذا با کمک فناوری‌هایی مانند **بسته‌بندی**، **کنسروسازی**، **انجماد** و ... به سرعت گسترش یافت.
- ✓ **افزایش** زمان ماندگاری و **کیفیت** مواد غذایی هنوز شرکت‌های صنایع غذایی را با **چالش‌هایی** روبه‌رو می‌کند.
- ✓ استفاده از مواد **شیمیایی** با ویژگی‌های **خاص** به عنوان **افزودنی‌ها** سبب افزایش زمان **ماندگاری** و **کیفیت** مواد غذایی شد.
- ✓ **افزودنی‌ها**، مواد شیمیایی مانند **نگهدارنده**، **رنگ‌دهنده**، **طعم‌دهنده** و ... هستند که به صورت **هدفمند** به مواد خوراکی یا غذاها افزوده می‌شوند.
- ✓ **نگهدارنده‌ها**، سرعت واکنش‌های شیمیایی که منجر به **فساد** ماده غذایی می‌شود را **کاهش** می‌دهند.
- ✓ یکی از این مواد، **بنزوئیک اسید** است که در **تمشک** و **توت فرنگی** وجود دارد و منشأ **طبیعی** دارد.

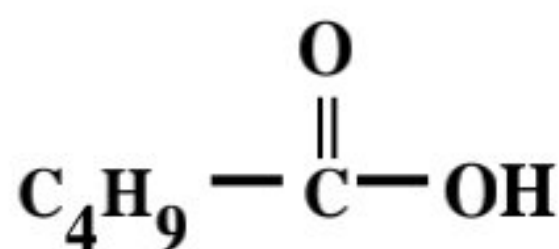
## بنزوئیک اسید:



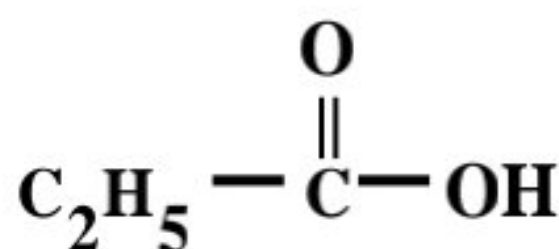
- ✓ دارای گروه عاملی **اسیدی** ( $\text{COOH}^-$ ) و یک **کربوکسیلیک اسید آروماتیک** است.
- ✓ فرمول مولکولی آن  $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$  می‌باشد.
- ✓ تعداد پیوند کووالانسی آن برابر 19 و تعداد پیوند ساده در آن برابر 11 می‌باشد.
- ✓ تعداد جفت الکترون ناپیوندی در آن برابر 4 جفت است.
- ✓ در **تمشک** و **توت فرنگی** وجود دارد.
- ✓ هم خانواده آن **اتانوئیک اسید** (استیک اسید با فرمول  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) یا **جوهر سرکه** است، که **آشناترین** عضو این خانواده است.



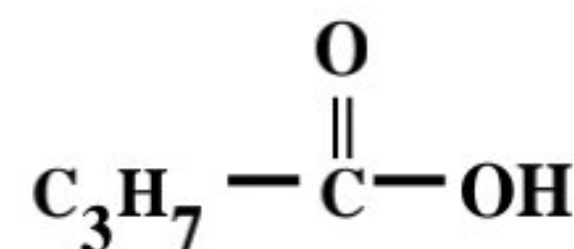
- ✓ کربوکسیلیک اسیدها خانواده‌ای از ترکیبات آلی هستند که **حداقل** یک گروه عاملی کربوکسیل ( $\text{COOH}^-$ ) دارند.
- ✓ کربوکسیلیک اسیدها به دلیل داشتن گروه عاملی **کربوکسیل** ( $\text{COOH}^-$ ) دارای خاصیت **اسیدی** هستند.
- ✓ **تمامی** کربوکسیلیک اسیدها، اسیدهای **ضعیفی** هستند.
- ✓ ساده‌ترین عضو این خانواده، **متانوئیک اسید** (فرمیک اسید) و معروف‌ترین عضو خانواده آن، **اتانوئیک اسید** (استیک اسید) می‌باشد.
- ✓ **سرکه خوراکی** با خاصیت اسیدی **ملایم** به عنوان **چاشنی** در غذاها مصرف می‌شود و محلول 5% جرمی **استیک اسید** در آب است.
- ✓ برای نامگذاری **کربوکسیلیک اسیدهای** راست زنجیر کافی است که نام **آلکان** هم کربن با آن‌ها را به «**انوئیک اسید**» ختم کنیم:



پنتانوئیک اسید



پروپانوئیک اسید

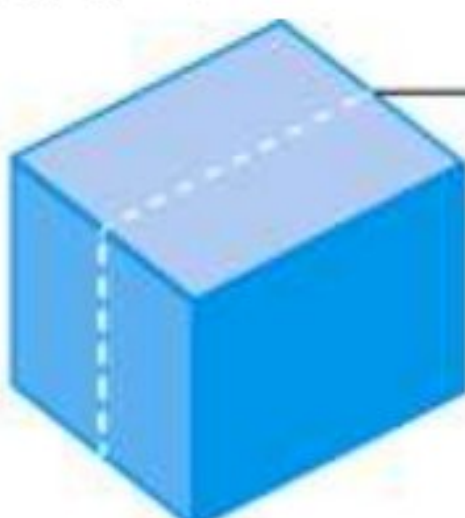


بوتانوئیک اسید

- ✓ کربوکسیلیک اسیدها به دلیل داشتن **H** متصل به **O** در گروه کربوکسیل ( $\text{COOH}^-$ ) می‌توانند با خود و مولکول آب، پیوند **هیدروژنی** تشکیل دهند.
- ✓ بنزآلدهید ( $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}$ ) را با بنزوئیک اسید ( $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$ ) اشتباه نگیرید.

## صفحه ۸۲ کتاب درسی

## پیوند با ریاضی:



یک تکه زغال چوب به شکل مکعب با طول ضلع 2 cm در نظر بگیرید. حجم این تکه زغال برابر با  $8 \text{ cm}^3$ ، 2cm. در حالی که مساحت کل آن برابر با  $24 \text{ cm}^2$  (چرا)؟

$$V = a^3 = 2^3 = 8 \text{ cm}^3$$

$$S = 6a^2 = 6 \times (2)^2 = 24 \text{ cm}^2$$

۱) کدام کمیت (حجم یا مساحت کل)، سطح تماس این تکه زغال را با شعله هنگام سوختن نشان می‌دهد؟ توضیح دهید.

**واکنش در سطح ذغال که در تماس با اکسیژن است رخ می‌دهد.**

۲) اگر این مکعب از وسط یک ضلع برش بخورد و به دو مکعب مستطیل تقسیم شود، حساب کنید حجم زغال و سطح تماس آن چه تغییری می‌کند؟



**حجم آن تغییری نمی‌کند اما مساحت آن افزایش می‌یابد.**

$$V = a^3 = 2^3 = 8 \text{ cm}^3$$

$$S = 4(2 \times 1) + 2(2 \times 2) = 16 \text{ cm}^2 \Rightarrow S_t = 16 \times 2 = 32 \text{ cm}^2$$

۳) بر اساس تحلیل خود از پرسش‌های بالا، علت تفاوت در سرعت واکنش سوختن تکه زغال با گرد آن را توضیح دهید.

**با برش ذغال در حجم ثابت، نسبت سطح به حجم افزایش می‌یابد. گرد ذغال دارای سطح تماس بیشتری است. بنابراین دارای واکنش پذیری شیمیایی بیشتری است.**

### سینتیک شیمیایی

✓ **واکنش‌های شیمیایی** در طبیعت، صنعت و آزمایشگاه با سرعت‌های **متفاوتی** انجام می‌شوند.

واکنش‌های طبیعی به دو دسته تقسیم می‌شوند:

۱) واکنش‌های **مطلوب و مفید**: مانند: **گوارش، تنفس، تهیه دارو و تولید فراورده‌های صنعتی مفید و ضروری**

✓ شیمی‌دان‌ها به دنبال **سرعت بخشیدن** به واکنش‌هایی هستند که بتوانند فراورده‌های گوناگونی با صرفه **اقتصادی** تولید کنند.

۲) واکنش‌های **ناخواسته یا مضر**: مانند: خوردگی فلزات، تولید آلاینده‌ها، زرد و پوسیده شدن کاغذ

✓ شیمی‌دان‌ها در پی یافتن راه‌هایی برای **کاهش سرعت** یا **توقف** واکنش‌های ناخواسته‌اند.

**سینتیک شیمیایی**: شاخه‌ای از علم شیمی است که درباره **شرایط و چگونگی** انجام واکنش‌های شیمیایی و **عوامل مؤثر بر سرعت** آنها گفت‌وگو می‌کند.

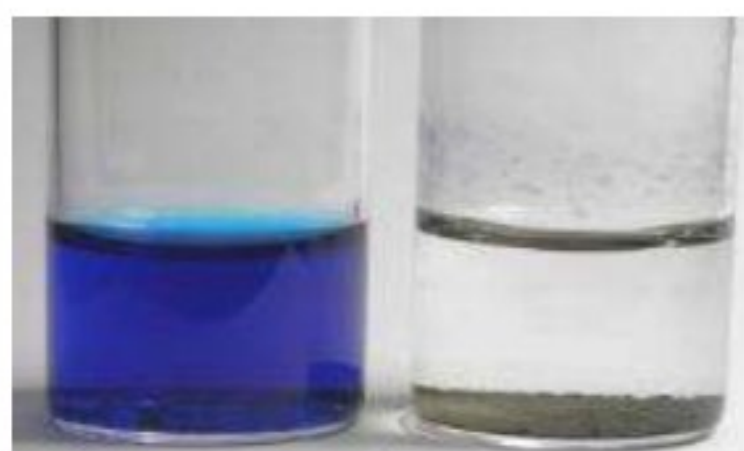
### سرعت تولید یا مصرف مواد شرکت کننده در واکنش از دیدگاه کمی

✓ **سرعت واکنش** در پژوهش‌های علمی، فناوری‌های نو، تولید فراورده‌های دارویی و ... آن چنان اهمیت دارد که باید با **دقت** اندازه‌گیری و گزارش شود. به دیگر سخن **مقایسه دقیق** میان سرعت واکنش‌ها هنگامی از **صحت و اعتبار علمی** برخوردار است که به شکل **کمی** بیان شود.

✓ در یک واکنش شیمیایی با **گذشت زمان**، واکنش‌دهنده‌ها **مصرف** و فراورده‌ها **تولید** می‌شوند، آهنگ مصرف واکنش‌دهنده‌ها و تولید فراورده‌ها را در **بازه‌ای** از زمان **قابل** اندازه‌گیری است.

✓ **سرعت مصرف** یا **تولید** یک ماده شرکت کننده در واکنش در **گستره زمانی** قابل اندازه‌گیری را **سرعت متوسط** آن ماده می‌گویند و آن را **سرعت متوسط** می‌نامند و با  $\bar{R}$  نمایش می‌دهند. از اینرو  $\bar{R}(A)$  سرعت متوسط **تولید** یا **مصرف** ماده A را نشان می‌دهد.

✓ با اندازه‌گیری کمیت‌هایی مانند **حجم، غلظت، فشار، تغییر رنگ** و ... می‌توان **سرعت متوسط** یک واکنش را در **دهای معین** به دست آورد.



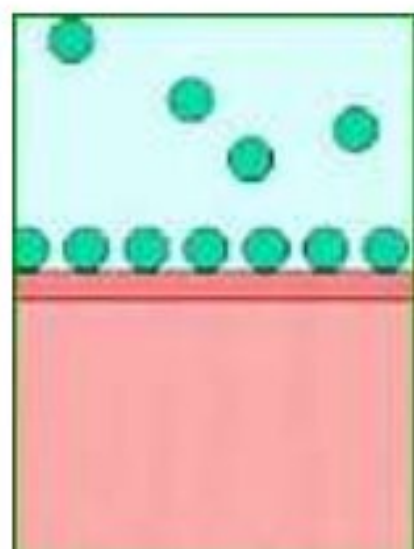
✓ برای تعیین سرعت **مصرف** نوعی رنگ غذا به آن **مایع سفید کننده** اضافه می‌کنند و زمان را تا از **بین رفتن رنگ** آن اندازه‌گیری می‌کنند. با توجه به زمان از **بین رفتن رنگ محلول** پیشرفت واکنش را ملاحظه نمود.



✓ هنگام وارد کردن یک تیغه روی درون محلول آبی رنگ مس (II) سولفات به دلیل واکنش پذیری بیشتر روی از مس یک واکنش جابجایی یگانه اتفاق می افتد که رفته رفته فلز روی بصورت یون  $Zn^{2+}$  وارد محلول شده و جرم تیغه روی کم می شود. یون مس نیز بصورت فلز قرمز رنگ ( $Cu(s)$ ) بر روی تیغه می نشیند و به دلیل تبدیل  $Cu^{2+}$  به ( $Cu(s)$ )، محلول بی رنگ می شود. بنابراین با توجه به این تغییرات ظاهری می گوئیم واکنش پیشرفت خوبی داشته است.



### تغییرات سرعت واکنش با گذشت زمان



- ✓ سرعت اغلب واکنش ها هم نسبت به واکنش دهنده و هم نسبت به فراورده کاهش می یابد.
- ✓ واکنش هایی که در سطح یک جامد یا مایع انجام می شود معمولاً سرعت ثابتی دارند.
- ✓ برخی از واکنش ها با گذشت زمان سرعت بیشتری پیدا می کنند که دو حالت دارد:
  - ۱- در آغاز واکنش انرژی اولیه زیادی نیاز دارند ولی گرماده هستند و با گرمای آزاد شده سرعت می گیرند.
  - ۲- در واکنش یکی از فراورده ها نقش کاتالیزگر دارد.

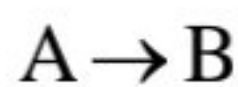
### سرعت متوسط واکنش ( $\bar{R}$ ) بر حسب تغییرات مول:

- ✓ در ابتدای واکنش غلظت مواد واکنش دهنده بیشتر از حالت انتهایی واکنش است، بنابراین سرعت واکنش در ابتدای واکنش اغلب واکنش ها بیشتر است و رفته رفته کاهش می یابد، پس سرعت را در یک بازه زمانی معین محاسبه می کنند که به آن سرعت متوسط می گویند.
- ✓ سرعت واکنش در شیمی کمیته تجربی و همواره مثبت (+) است یعنی با کمک آزمایش مقدار آن محاسبه می شود.
- ✓ اگر یک واکنش یا تغییر شیمیایی ویژگی قابل اندازه گیری نداشته باشد، نمی توان برای آن سرعت متوسط تعریف کرد.
- ✓ رابطه سرعت به دو صورت زیر نوشته می شود.

$$(1) \text{ بر حسب فراورده: } R_{\text{فراورده}} = \frac{n_2 - n_1}{t_2 - t_1} \quad : \quad n_2 - n_1 = \Delta n > 0$$

$$(2) \text{ بر حسب واکنش دهنده: } R_{\text{واکنش دهنده}} = - \frac{n_2 - n_1}{t_2 - t_1} \quad : \quad n_2 - n_1 = \Delta n < 0$$

- ✓ از آنجا که مواد واکنش دهنده مصرف می شوند، و مقدار نهایی آنها کمتر از مقدار اولیه است، تغییر کمیت های مختلف برای آنها منفی است؛ برای اینکه سرعت منفی نباشد، یک علامت منفی در کنار تغییر کمیت های مربوط به محاسبه سرعت واکنش دهنده ها قرار می دهیم.



مثال:

$$A \quad \bar{R}(A) = \frac{-\Delta n_A}{\Delta t} \quad \text{سرعت متوسط مصرف A}$$

$$B \quad \bar{R}(B) = \frac{+\Delta n_B}{\Delta t} \quad \text{سرعت متوسط تولید B}$$

- ✓ اگر سرعت واکنش را بر حسب تغییرات مول بیان کنیم، یکای سرعت برابر مول بر ثانیه ( $\text{mol.S}^{-1}$ ) یا (دقیقه و ساعت) خواهد بود. بنابراین یکای سرعت بر حسب فرمول های داده شده ( $\text{mol. زمان}^{-1}$ ) است.
- ✓ یکای زمان معمولاً ثانیه، دقیقه و ساعت است، هرچه سرعت یک واکنش بیشتر باشد یکای زمان را کوچک تر انتخاب می کنند.



## سرعت واکنش بر حسب تغییرات غلظت مولی مواد

✓ در مواردی که مواد در حالت **گازی** یا **محلول** هستند می توان سرعت را بر حسب **تغییرات غلظت مولی** در واحد زمان بیان کرد که در این صورت غلظت مولی یک ماده را با قرار دادن **فرمول آن ماده** در داخل **کروشه** نمایش می دهند. مثال:  $[A]$  یعنی غلظت مولار A. مثال:

$$A \quad \bar{R}(A) = \frac{-\Delta[A]}{\Delta t} \quad \text{سرعت متوسط مصرف A}$$

$$B \quad \bar{R}(B) = \frac{+\Delta[B]}{\Delta t} \quad \text{سرعت متوسط تولید B}$$

✓ اگر سرعت واکنش را بر حسب **تغییرات غلظت** مواد بیان کنیم، یکای سرعت **مول بر لیتر بر ثانیه** ( $\text{mol.L}^{-1}.\text{S}^{-1}$ ) (دقیقه یا ساعت) خواهد بود. بنابراین یکای سرعت بر حسب فرمول های داده شده ( $\text{mol.L}^{-1}.\text{زمان}^{-1}$ ) است.

✓ در مورد مواد **گازی** می توان سرعت واکنش را بر حسب **تغییر حجم گاز** در واحد زمان بیان کرد. با توجه به تبدیل حجم گاز به مول در شرایط استاندارد می توان آن را بر حسب **مول** نیز بیان نمود. ( $1\text{mol gas} = 22/4 \text{ L gas}$ )

## جمع بندی:

$$\bar{R}_g = \frac{\Delta n_g}{\Delta t} = \frac{\Delta[g]}{\Delta t} = \frac{\Delta V_g}{\Delta t} = \frac{\Delta P_g}{\Delta t} \quad \text{برای مواد گازی (g) فرمول های سرعت متداول عبارتند از:}$$

$$\bar{R}_{aq} = \frac{\Delta n}{\Delta t} = \frac{\Delta[]}{\Delta t} \quad \text{برای مواد محلول (aq) فرمول های سرعت متداول عبارتند از:}$$

$$\bar{R}_{sl} = \frac{\Delta n}{\Delta t} \quad \text{برای مواد جامد (s) و مایع خالص (l) فرمول سرعت متداول عبارتست از:}$$

**پیشتر بدانید:** برای مواد **جامد** یا **مایع خالص** نمی توان از **تغییرات غلظت** برای محاسبه سرعت استفاده کرد؛ زیرا **غلظت مولی** مواد **جامد** و **مایع خالص**، از تقسیم **چگالی** آنها بر **جرم مولیشان** به دست می آید و از آنجا که این دو کمیت **عددهای ثابتی** هستند؛ غلظت مولی این مواد در طول زمان **ثابت** است:

$$\text{غلظت مولی (جامد یا مایع خالص)} = \frac{\text{چگالی}}{\text{جرم مولی}} = \frac{d}{m} = \frac{(g/L)}{(g/mol)} = \frac{\text{mol}}{L}$$

**خود را بیازمایید:** صفحه ۸۴ کتاب درسی

(۱) آهنگ مصرف رنگ غذا را بر حسب مول بر دقیقه را با شرایط داده شده محاسبه کنید؟ (زمان ۵ دقیقه و تغییرات مول ۰/۰۵ مول)

$$\bar{R} = \frac{-\Delta n}{\Delta t} = \frac{-(0-0/05)\text{mol}}{5\text{min}} = 0/01\text{mol.min}^{-1}$$

(۲) دانش آموزی درون یک محلول محتوی ۰/۰۳ مول مس (II) سولفات، تیغه ای از جنس روی قرار داده است. شکل زیر پیشرفت واکنش  $\text{Zn(s)}$  با  $\text{CuSO}_4(\text{aq})$  را در این آزمایش نشان می دهد، با توجه به آن به پرسش ها پاسخ دهید.



الف) واکنش پذیری فلز روی را با مس مقایسه کنید.

**واکنش پذیری فلز روی بیشتر از مس است چون فلز روی توانسته جایگزین مس در ترکیب آن شود.**

ب) با گذشت زمان مقدار  $\text{Cu(s)}$  و  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  چه تغییری می کند؟ چرا؟

**مقدار  $\text{Cu}^{2+}$  کاهش پیدا می کند چون رنگ محلول که حاوی  $\text{Cu}^{2+}$  کم رنگ می شود و مقدار  $\text{Cu}$  افزایش می یابد چون مقدار رسوب مس قرمز روی تیغه افزایش پیدا می کند.**

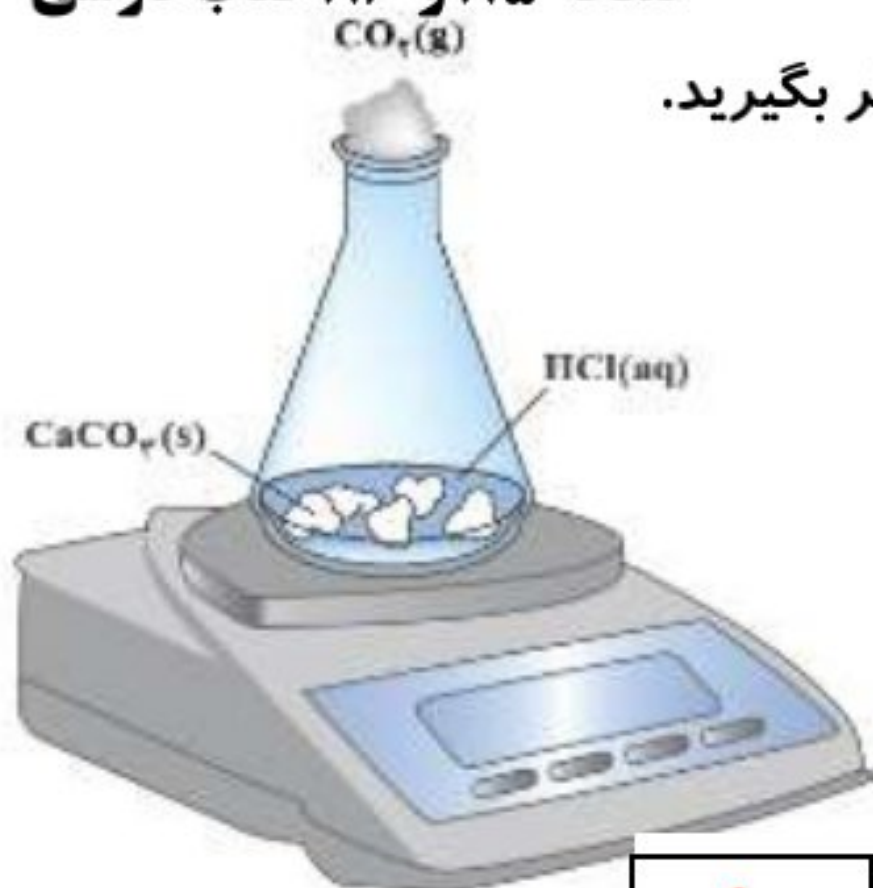
پ) اگر شمار مول‌های مصرف شده از هر واکنش دهنده در واحد زمان بیانگر سرعت مصرف آن باشد، سرعت مصرف  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  را بر حسب

$$\bar{R} = \frac{-\Delta n}{\Delta t} = \frac{-(0 - 0.03)\text{mol}}{2\text{h}} \times \frac{1\text{h}}{60\text{min}} = 2.5 \times 10^{-4} \text{mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

mol min<sup>-1</sup> حساب کنید.

صفحه ۸۵ و ۸۶ کتاب درسی

با هم بیندیشیم:



۱) واکنش کلسیم کربنات را با محلول هیدروکلریک اسید در دما و فشار اتاق مطابق شکل زیر در نظر بگیرید.



این واکنش در ابتدا از نوع جابجایی **دوگانه** و سپس انجام یک واکنش **تجزیه** می‌باشد.

جدول زیر، جرم مخلوط واکنش را بر حسب زمان برای این آزمایش نشان می‌دهد. با توجه به داده‌های جدول، به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید:

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	۱/۱۰	۱/۳۲	۱/۴۳	۱/۴۸	۱/۴۸

الف) چرا با گذشت زمان از جرم مخلوط واکنش کاسته می‌شود؟

چون با گذشت زمان مقداری  $\text{CO}_2$  تولید شده از داخل ظرف خارج می‌شود.

ب) با گذشت زمان جرم گاز آزاد شده چه تغییری می‌کند؟ چرا؟

زیاد می‌شود زیرا واکنش‌دهنده‌ها با گذشت زمان کمتر شده و فراورده بیشتری تولید می‌کند که یکی از فراورده‌ها  $\text{CO}_2$  است.

پ) در چه زمانی واکنش به پایان می‌رسد؟ چرا؟ در ۵۰ ثانیه چون از آن به بعد مقدار مواد تغییر نمی‌کند.

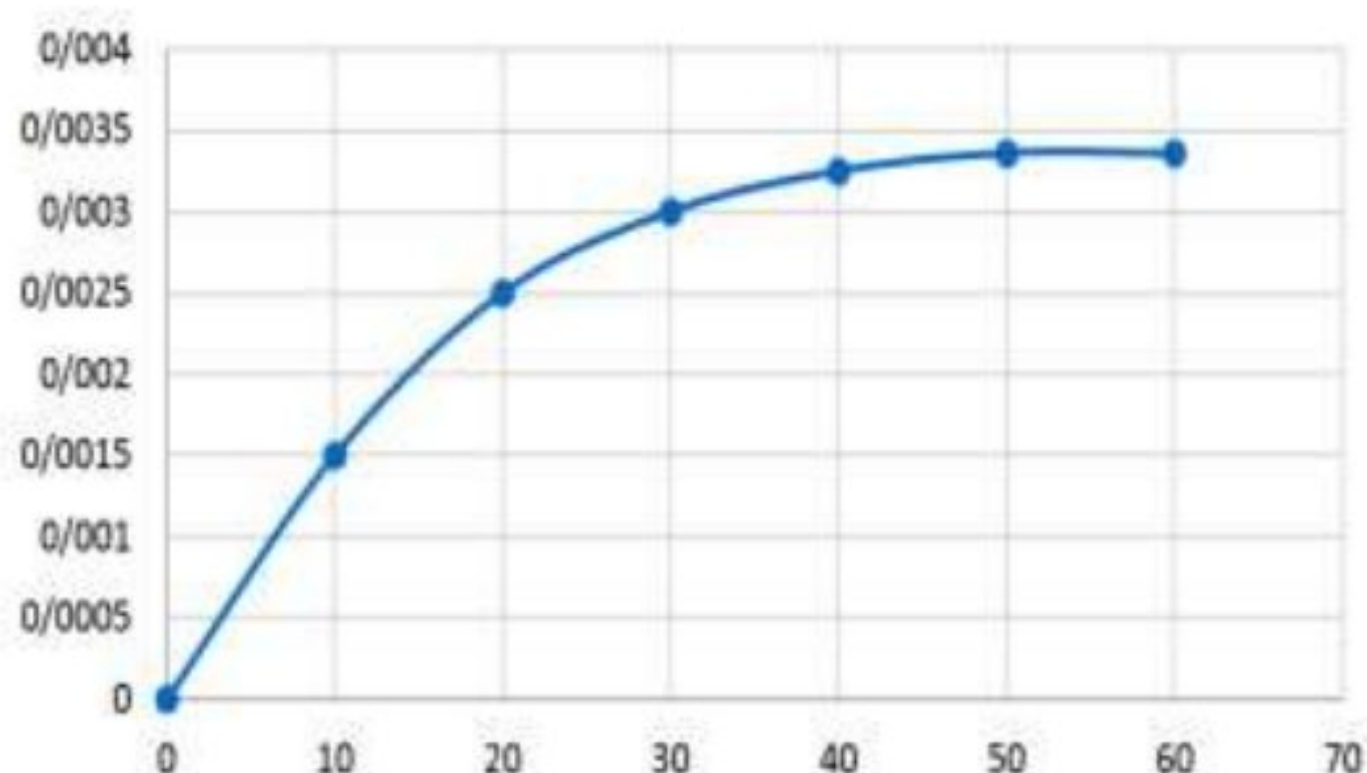
۲) جدول زیر را کامل کنید ( $1\text{mol CO}_2 = 44\text{g}$ )

$\bar{R}(\text{CO}_2) = \frac{\Delta n(\text{CO}_2)}{\Delta t}$ , ( $\text{mol} \cdot \text{s}^{-1}$ )	$\Delta n(\text{CO}_2)$ , (mol)	$n(\text{CO}_2)$ , (mol)	زمان (s)
-	-	۰	۰
$1/50 \times 10^{-3}$	$1/50 \times 10^{-2}$	$1/50 \times 10^{-2}$	۱۰
$1/00 \times 10^{-3}$	$1/00 \times 10^{-2}$	$2/50 \times 10^{-2}$	۲۰
$5/00 \times 10^{-4}$	$5/00 \times 10^{-3}$	$3/00 \times 10^{-2}$	۳۰
$2/50 \times 10^{-4}$	$2/50 \times 10^{-3}$	$3/25 \times 10^{-2}$	۴۰
$1/10 \times 10^{-4}$	$1/10 \times 10^{-3}$	$3/36 \times 10^{-2}$	۵۰

۳) نمودار مول-زمان را برای گاز  $\text{CO}_2$  بر روی کاغذ میلی‌متری زیر رسم کنید.

۹

نمودار مول - زمان

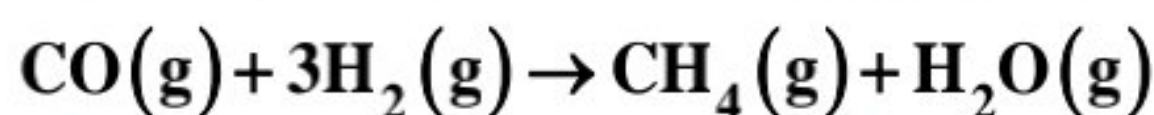


زمان (S)

۴) سرعت متوسط تولید  $CO_2$  با گذشت زمان چه تغییری می کند؟ چرا؟ **کاهش پیدا می کند زیرا تغییرات غلظت  $CO_2$  کم می شود.**

۵) آزمایش نشان می دهد که نمودار مول-زمان برای هر سه فراورده در واکنش کلسیم کربنات با محلول هیدروکلریک اسید از هر لحاظ یکسان است. چرا؟ **چون ضرایب واکنش هر سه فراورده یکسان است یعنی میزان سرعت متوسط تولید هر سه برابر است.**

مثال: اگر در مدت ۲۰ ثانیه ۸۰ گرم متان از واکنش زیر تولید شده باشد، سرعت متوسط تولید گاز متان چند مول بر ثانیه است؟



$$mol_{CH_4} = \frac{80g}{16} = 5 \text{ mol} \Rightarrow R = \frac{5-0}{20-0} = 0.25 \text{ mol/S}$$

مثال ۲: داده های جدول زیر مربوط به بخشی از انجام واکنش است با توجه به آن به پرسش ها پاسخ دهید:

زمان (min)	A (L)
۲۰	۰/۵۶
۴۰	۱/۱۲
۶۰	۱/۴

الف) ماده A واکنش دهنده است یا فراورده؟ چرا؟

**ماده A فراورده است زیرا با گذشت زمان مقدار آن بیشتر شده است.**

ب) سرعت تغییرات مقدار A را در محدوده زمانی ۲۰ تا ۴۰ و ۴۰ تا ۶۰ بر حسب مول بر دقیقه در شرایط STP به دست آورید.

**در ابتدا داده ها به مول تبدیل می شود و سپس طبق فرمول، سرعت محاسبه می گردد.**

$$molA_{20} = \frac{0/56L}{22/4L} = 0/025 \text{ mol}$$

$$molA_{40} = \frac{1/12L}{22/4L} = 0/05 \text{ mol}$$

$$molA_{60} = \frac{1/4L}{22/4L} = 0/0625 \text{ mol}$$

زمان (s)	A (L)	A (mol)	سرعت (mol/min)
۲۰	۰/۵۶	۰/۰۲۵	۰
۴۰	۱/۱۲	۰/۰۵	۰/۰۷۵
۶۰	۱/۴	۰/۰۶۲۵	۰/۰۳۷۵

ج) با گذشت زمان سرعت چه تغییری می کند؟ چرا؟ **کاهش پیدا می کند زیرا تغییرات حجم ماده A کم می شود.**

### مسائل سرعت مربوط به یک ماده:

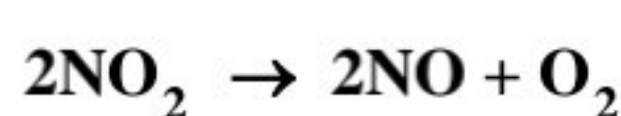
در مورد حل مسائل مربوط به سرعت، اگر اطلاعاتی که مسئله داده بود مربوط به یک ماده باشد و سرعت مربوط به همان ماده، خواسته شود، نیازی به نوشتن معادله واکنش و موازنه آن نیست، بلکه با توجه به تغییرات توضیح داده شده در سوال، سرعت آن ماده قابل محاسبه است.

مثال: در واکنش  $2A + B \rightarrow 2C + 2D$  پس از گذشت ۲ دقیقه، تعداد مول های A از ۲/۱ به ۱/۲ مول کاهش یافته است سرعت مصرف ماده A چند مول بر ثانیه است؟

$$\Delta n = 1/2 - 2/1 = -0/9 \text{ mol}$$

$$R_A = -\frac{(-0/9) \text{ mol}}{2 \text{ min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ S}} = 0/0075 \text{ mol.S}^{-1} = 7/5 \times 10^{-3} \text{ mol.S}^{-1}$$

مثال: اگر در تجزیه ۴/۵ مول  $NO_2$  مطابق واکنش زیر، بر اثر گرما، پس از ۱۰ ثانیه ۱۳۸ گرم از آن باقی مانده باشد، سرعت متوسط مصرف  $NO_2$ ، برابر چند مول، بر ثانیه است؟



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

$$\Delta n = 3 - 4/5 = -1/5 \text{ mol}$$

$$138 \text{ g } NO_2 \times \frac{1 \text{ mol } NO_2}{46 \text{ g } NO_2} = 3 \text{ mol } NO_2$$

$$R_{NO_2} = -\frac{(-1/5) \text{ mol}}{10 \text{ S}} = 0/15 \text{ mol.S}^{-1}$$

مثال: هر گاه مطابق واکنش  $N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$ ، در طی مدت ۵ دقیقه، مقدار ۶۸ گرم آمونیاک تولید شده باشد، سرعت متوسط تولید  $NH_3$  بر حسب مول بر ثانیه تقریباً کدام است؟ (N=14, H=1 g.mol<sup>-1</sup>)

0/013 (1)      0/023 (2)      0/033 (3)      0/043 (4)

$$68 \text{ g } NH_3 \times \frac{1 \text{ mol } NH_3}{17 \text{ g } NH_3} = 4 \text{ mol } NH_3 \Rightarrow R_{NH_3} = \frac{4 \text{ mol } NH_3}{5 \text{ min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ S}} = 0/013 \text{ mol.S}^{-1}$$

مثال: اگر ۸/۳۴ گرم  $\text{PCl}_5$  را در ظرفی گرما دهیم و پس از گذشت ۲۰ ثانیه، ۲۵ درصد آن تجزیه شده باشد؛ سرعت مصرف این گاز بر

حسب مول بر دقیقه کدام است؟ ( $P=31$ ,  $Cl=35/5 \text{ g.mol}^{-1}$ ) (ریاضی ۸۷)

0/02(1)      0/03(2)      0/04(3)      0/05(4)

$$8/34 \text{ g} \times \frac{25}{100} = 2/085 \text{ g}$$

$$2/085 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol } \text{PCl}_5}{208/5 \text{ g } \text{PCl}_5} = 0/01 \text{ mol } \text{PCl}_5$$

$$R_{\text{PCl}_5} = - \frac{(-0/01) \text{ mol } \text{PCl}_5}{20 \text{ S}} \times \frac{60 \text{ S}}{1 \text{ min}} = 0/03 \text{ mol.min}^{-1}$$

مثال: در یک پالایشگاه، که شامل ۲۱۹۰۰۰ تن تأسیسات آهنی است، سالانه ۵٪ از فلز به کار رفته در آن در اثر خوردگی از بین می‌رود.

سرعت متوسط مصرف فلز آهن در این پالایشگاه چند تن در روز است؟ (هر سال را برابر ۳۶۵ روز در نظر بگیرید.) (ریاضی ۹۸ خارج)

۳۰ (۱)      ۳۵ (۲)      ۴۰ (۳)      ۴۵ (۴)

$$219000 \text{ ton} \times 0/05 = 10950 \text{ ton} \quad \Rightarrow \quad \frac{10950 \text{ ton}}{365} = 30 \text{ ton}$$

### مسائل سرعت مربوط به یک واکنش

✓ در حالتی که اطلاعات مربوط به **یک ماده** را داریم (تغییرات مقدار یا سرعت متوسط آن) و می‌خواهیم سرعت یا تغییرات **ماده دیگری** را در **همان** واکنش بدست آوریم، باید از معادله موازنه شده کمک بگیریم.

✓ به طور کلی، سرعت را می‌توان در یک واکنش برای مصرف مواد، تولید مواد یا حتی برای کل واکنش بدست آورد.

✓ رابطه بین سرعت‌ها به صورت مقابل است:  $aA + bB \rightarrow cC + dD \Rightarrow \bar{R}_{\text{واکنش}} = \frac{\bar{R}_A}{a} = \frac{\bar{R}_B}{b} = \frac{\bar{R}_C}{c} = \frac{\bar{R}_D}{d}$

✓ طبق رابطه بالا ماده‌ای که ضریب **بزرگ‌تری** دارد، تغییرات مقداری **بیشتر** و در نتیجه **سرعت** تولید یا مصرف آن نیز **بیشتر** است.

✓ برای بدست آوردن **سرعت متوسط کلی واکنش** کفایت سرعت هر ماده را به **ضریب استوکیومتری** آن در معادله موازنه شده تقسیم کنیم.

✓ **نسبت** سرعت‌ها برای **دو ماده** برابر نسبت ضرایب استوکیومتری در واکنش موازنه شده است (یعنی اگر ضریب استوکیومتری ماده‌ای **۲** برابر ماده دیگر بود، سرعت متوسط تولید یا مصرف آن نیز **۲** برابر آن دیگر است.)

مثال: در واکنش زیر، سرعت تولید یا مصرف کدام ماده، بر حسب  $\text{mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$  کمترین مقدار است؟ (واکنش موازنه نشده است.)



با توجه به ضرایب استوکیومتری در معادله موازنه شده سرعت تولید  $\text{N}_2$  از سایر مواد کمتر است.

توجه: برای  $\text{K}_2\text{O}$  چون این ماده بصورت جامد است برای آن غلظت مولی و در نتیجه رابطه  $\text{mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$  تعریف نمی‌شود.

مثال: مطابق واکنش  $A(\text{g}) \rightarrow 2B(\text{g}) + 3C(\text{g})$ ، در ظرفی در بسته مقداری ماده A را حرارت می‌دهیم تا تجزیه شود، کدام گزینه درست است؟

(۱) با گذشت زمان سرعت متوسط تولید C افزایش می‌یابد.

(۲) غلظت B در هر لحظه دو برابر غلظت A است.

(۳) سرعت تولید C بر حسب مولار بر ثانیه از سایر اجزای واکنش کمتر است.

(۴) در هر لحظه سرعت مصرف A، نصف سرعت تولید B است.

مثال: با توجه به رابطه بین سرعت‌های مواد گازی که در حالت‌های زیر داده شده است، معادله شیمیایی موازنه شده آن واکنش را بنویسید.

الف)  $\bar{R}_{\text{واکنش}} = -\frac{1}{2} \frac{\Delta[\text{N}_2\text{O}_5]}{\Delta t} = \frac{1}{4} \frac{\Delta[\text{NO}_2]}{\Delta t} = \frac{\Delta[\text{O}_2]}{\Delta t}$

ب)  $\bar{R}_{\text{واکنش}} = \frac{1}{3} \frac{\Delta[A]}{\Delta t} = \frac{1}{2} \frac{\Delta[B]}{\Delta t} = -\frac{\Delta[C]}{\Delta t}$

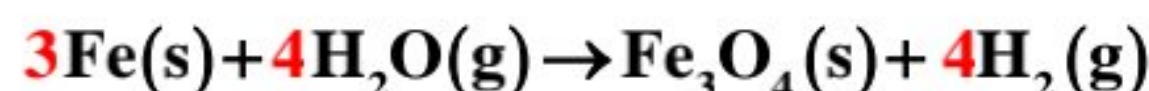
مثال: با توجه به این که سرعت متوسط تولید گاز هیدروژن در واکنش:  $\text{Fe(s)} + \text{H}_2\text{O(g)} \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4\text{(s)} + \text{H}_2\text{(g)}$  (معادله موازنه شود). در دمای آزمایش برابر  $2 \times 10^{-2}$  مول بر ثانیه است، کدام مطلب، نادرست است؟ (تجربی ۹۸ خارج)

(۱) در هر ثانیه، ۰/۱۵ مول  $\text{Fe(s)}$  مصرف می‌شود.

(۲) در هر دقیقه، ۰/۳ مول  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{(s)}$ ، تولید می‌شود.

(۳) سرعت متوسط مصرف  $\text{H}_2\text{O(g)}$ ، برابر  $0.02 \text{ mol.s}^{-1}$  است.

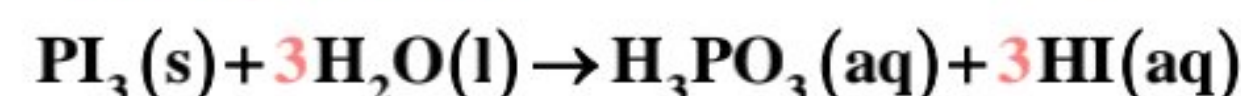
(۴) سرعت متوسط واکنش، برابر سرعت متوسط تولید  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{(s)}$  است.



$$\bar{R}_{\text{Fe}} = \frac{3}{4} \bar{R}_{\text{H}_2} = \frac{3}{4} \times 2 \times 10^{-2} = 1.5 \times 10^{-2}$$

مثال: در واکنش:  $\text{PI}_3\text{(s)} + \text{H}_2\text{O(l)} \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_3\text{(aq)} + 3\text{HI(aq)}$  (معادله موازنه شود)، اگر مقدار آغازین  $\text{PI}_3\text{(s)}$  برابر ۲۰/۶ گرم درون یک لیتر آب بوده و پس از دو دقیقه به ۴/۱۲ گرم برسد، سرعت متوسط مصرف این ماده به تقریب به چند مول بر ثانیه و غلظت  $\text{HI(aq)}$  به چند مول بر لیتر می‌رسد؟ ( $\text{P} = 31$  و  $\text{I} = 127$  :  $\text{g.mol}^{-1}$ ) (ریاضی ۹۸)

1) 0/12,  $3/3 \times 10^{-4}$     2) 0/08,  $3/3 \times 10^{-4}$     3) 0/12,  $6/67 \times 10^{-4}$     4) 0/08,  $6/67 \times 10^{-4}$



$$\Delta m = 4/12 \text{ g} - 20/6 \text{ g} = -16/48 \text{ g}$$

$$\text{mol PI}_3 = 16/48 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol PI}_3}{412 \text{ g PI}_3} = 0/04 \text{ mol PI}_3 \Rightarrow R_{\text{PI}_3} = -\frac{(-0/04) \text{ mol PI}_3}{2 \text{ min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 3/3 \times 10^{-4} \text{ mol.s}^{-1}$$

$$\frac{\bar{R}_{\text{HI}}}{\bar{R}_{\text{PI}_3}} = \frac{3}{1} \Rightarrow \bar{R}_{\text{HI}} = 3\bar{R}_{\text{PI}_3} = 3(3/3 \times 10^{-4}) = 9/9 \times 10^{-4}$$

$$9/9 \times 10^{-4} = \frac{\Delta n}{120 \text{ s}} \Rightarrow \Delta n \cong 0/12 \text{ mol HI}$$

تغییر غلظت  $\text{H}_2\text{O}_2$  نسبت به زمان در آزمایش تجزیه آن، مطابق داده‌های زیر بدست آمده است:  $2\text{H}_2\text{O}_2\text{(aq)} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O(l)} + \text{O}_2\text{(g)}$  نسبت سرعت متوسط در دو ثانیه چهارم واکنش به سرعت متوسط در ده ثانیه آخر ثبت شده در جدول، کدام است؟ (تجربی ۹۹)

t(s)	.	۲/۰	۶/۰	۸/۰	۱۰/۰	۲۰/۰
$[\text{H}_2\text{O}_2]\text{(mol L}^{-1}\text{)}$	۰/۰۵۰۰	۰/۰۴۴۸	۰/۰۳۰۰	۰/۰۲۴۶	۰/۰۲۰۹	۰/۰۰۸۴

۲/۱۰ (۴)

۲/۰۴ (۳)

۱/۸۱ (۲)

۱/۶۴ (۱)

محاسبه سرعت متوسط واکنش در دو ثانیه چهارم (ثانیه ۶ تا ثانیه ۸) و ۱۰ ثانیه آخر

$$\bar{R}_{\text{H}_2\text{O}_2} = -\frac{\Delta[\text{H}_2\text{O}_2]}{\Delta t} = -\frac{(-0/0051) \text{ mol}}{2 \text{ s}} = 2/55 \times 10^{-3}$$

$$\frac{2/55 \times 10^{-3}}{1/25 \times 10^{-3}} = 2/04$$

$$\bar{R}_{\text{H}_2\text{O}_2} = -\frac{\Delta[\text{H}_2\text{O}_2]}{\Delta t} = -\frac{(-0/0125) \text{ mol}}{10 \text{ s}} = 1/25 \times 10^{-3}$$

### مسائل سرعت (بدست آوردن مقدار اولیه یا نهایی)

زمانی که می‌خواهیم سرعت مصرف یا تولید شدن ماده‌ای را بدست آوریم، تغییرات مول (مولار یا حجم گاز) آن ماده را در رابطه وارد می‌کنیم:  $\bar{R}_A = \frac{(\Delta[A] \text{ or } \Delta n_A \text{ or } \Delta V_A)}{\Delta t}$ . در برخی مسائل فقط مقدار اولیه یا فقط مقدار باقی مانده (نهایی) به همراه زمان داده می‌شود (سرعت تولید یا مصرف مشخص نیست) و دیگری مجهول است که در این صورت نمی‌توان از رابطه بالا برای آن ماده استفاده نمود.

راه حل این مسائل این است که در سوال به دنبال ماده‌ای باشیم که سرعت آن مشخص است یا مقدار اولیه و نهایی آن هر دو مشخص باشد؛

مانند فراورده‌ای که ابتدا مقدارش صفر بوده و حالا مقداری تولید شده تا بتوانیم به راحتی سرعت آن را محاسبه و به کمک معادله واکنش، سرعت متوسط تولید یا مصرف شدن مواد دیگر را بدست آوریم:

مثال: اگر در دمای معین، در واکنش فرضی  $AB_2(g) \Rightarrow A(g) + B_2(g)$  هر نیم ساعت، ۱۰ درصد مقدار اولیه واکنش دهنده مصرف شود و همین واکنش در مجاورت کاتالیزگر مناسب، هر ۵ دقیقه با همین روند پیشرفت کند، در لحظه‌ای که ۵۰ درصد ماده اولیه مصرف شده باشد، تفاوت زمان این دو روند، چند دقیقه است و با کاربرد کاتالیزگر، سرعت متوسط واکنش، چند برابر می‌شود؟ (تجربی ۹۹ خارج)

۵،۱۲۵ (۱)      ۶،۱۲۵ (۲)      ۵،۱۵۰ (۳)      ۶،۱۵۰ (۴)

برای هر دو حالت با کاتالیزگر و بدون کاتالیزگر، زمان واکنش برای مصرف ۵۰٪ ماده اولیه را تعیین می‌کنیم. سپس، اختلاف زمان‌های تعیین شده را بدست می‌آوریم.

بدون کاتالیزگر: ۱۰٪ در نیم ساعت مصرف شده است.  $\Rightarrow$  ۵۰٪ در  $2/5$  ساعت مصرف می‌شود که برابر ۱۵۰ دقیقه است.

با استفاده از کاتالیزگر: ۱۰٪ در ۵ دقیقه مصرف شده است.  $\Rightarrow$  ۵۰٪ در ۲۵ دقیقه مصرف می‌شود.

دقیقه  $125 = 150 - 25$ : اختلاف زمان انجام واکنش بدون کاتالیزگر و با استفاده از کاتالیزگر

محاسبه سرعت متوسط واکنش بدون کاتالیزگر و با کاتالیزگر:

فرض می‌کنیم مقدار اولیه  $AB_2$  یک مول باشد.

$$\bar{R}_{AB_2} = -\frac{(-0/5)\text{mol}}{150} = 3/33 \times 10^{-3} \text{ mol.min}^{-1}$$

$$\bar{R}_{AB_2} = -\frac{(-0/5)\text{mol}}{25} = 0/02 \text{ mol.min}^{-1} \Rightarrow \frac{0/02}{3/33 \times 10^{-3}} = 6$$

مثال: در بررسی واکنش:  $CH_4(g) + H_2O(g) \rightarrow CO(g) + 3H_2(g)$ ، داده‌های جدول زیر بدست آمده است. نسبت سرعت متوسط واکنش در ۵۰ ثانیه سوم، به سرعت متوسط واکنش در ۴۰۰ ثانیه پایانی ثبت شده در جدول، به تقریب کدام است؟ (تجربی ۹۹ خارج)

t(s)	۰	۵۰	۱۰۰	۱۵۰	۲۰۰	۳۰۰	۴۰۰	۷۰۰	۸۰۰
$[CH_4] \text{ mol.L}^{-1}$	۰/۱۰۰	۰/۰۹۰۵	۰/۰۸۲	۰/۰۷۴۱	۰/۰۶۲۱	۰/۰۴۵۹	۰/۰۴۳۰	۰/۰۲۱۰	۰/۰۱۷۰

۲/۴۳ (۴)

۲/۳۴ (۳)

۰/۲۴۳ (۲)

۰/۲۳۴ (۱)

محاسبه سرعت متوسط واکنش در ۵۰ ثانیه سوم (از ثانیه ۱۰۰ تا ۱۵۰ واکنش) و ۴۰۰ ثانیه پایانی:

$$\bar{R}_{CH_4} = -\frac{\Delta[CH_4]}{\Delta t} = -\frac{(0/0741 - 0/082) \text{ molL}^{-1}}{50 \text{ s}} = -\frac{(-8 \times 10^{-3}) \text{ mol}}{50 \text{ s}} = 1/6 \times 10^{-4} \text{ molL}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\bar{R}_{CH_4} = -\frac{\Delta[CH_4]}{\Delta t} = -\frac{(0/0170 - 0/0430) \text{ molL}^{-1}}{400 \text{ s}} = -\frac{(-0/0260) \text{ molL}^{-1}}{400 \text{ s}} = 6/5 \times 10^{-5} \text{ molL}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\frac{1/6 \times 10^{-4}}{6/5 \times 10^{-5}} = 2/43$$

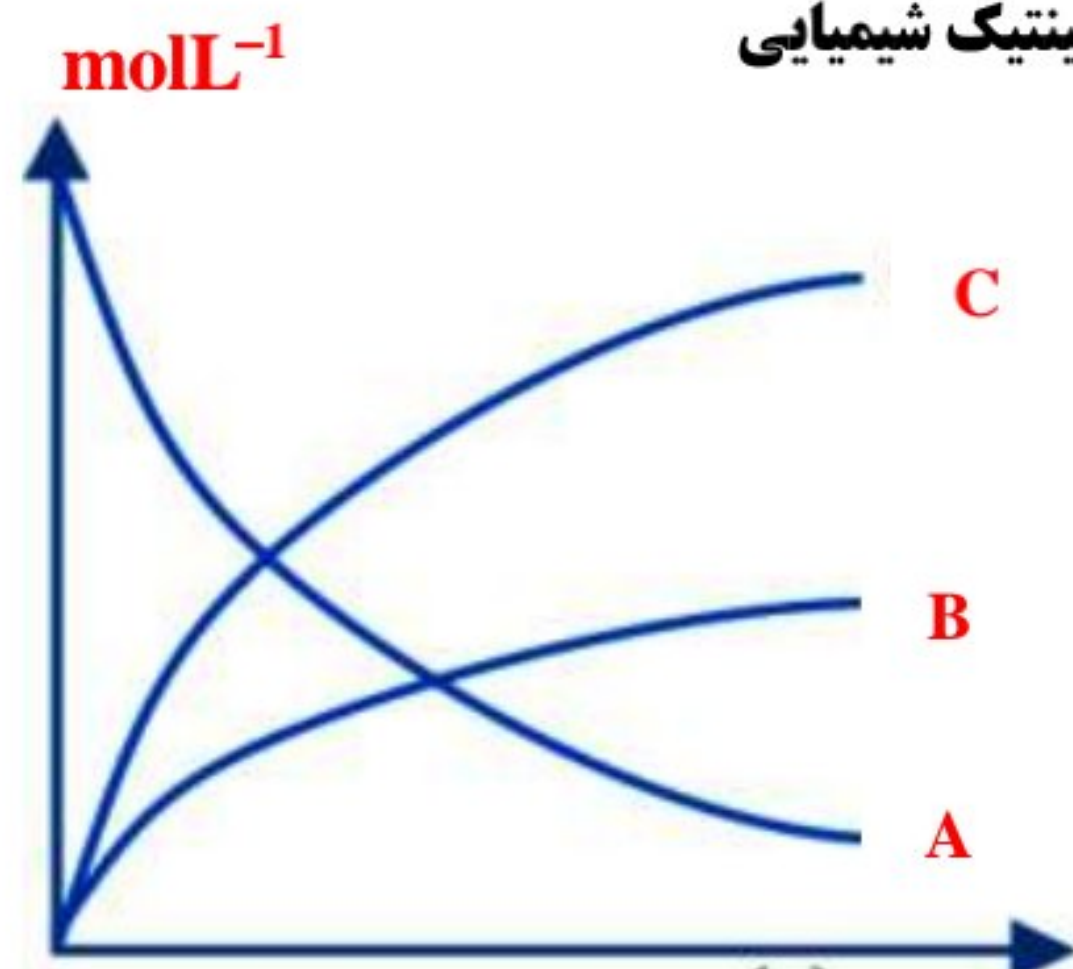
در مورد جدول‌هایی که غلظت یا مقدار مواد را در زمان‌های مختلف آورده‌اند؛ نکات زیر را به یاد داشته باشید:

(۱) برای نوشتن معادله واکنش از روی جدول، موادی که مقدار آنها در طول زمان کاهش می‌یابد، واکنش‌دهنده بوده و موادی که مقدار آنها در حال افزایش است، فراورده واکنش می‌باشند.

(۲) برای تعیین ضریب استوکیومتری مواد واکنش به کمک جدول، تغییرات مقدار ماده در فاصله بین دو زمان دلخواه را مشخص و اعداد به دست آمده را بر کوچک‌ترین عدد تقسیم می‌کنیم تا ضریب هر ماده مشخص گردد.

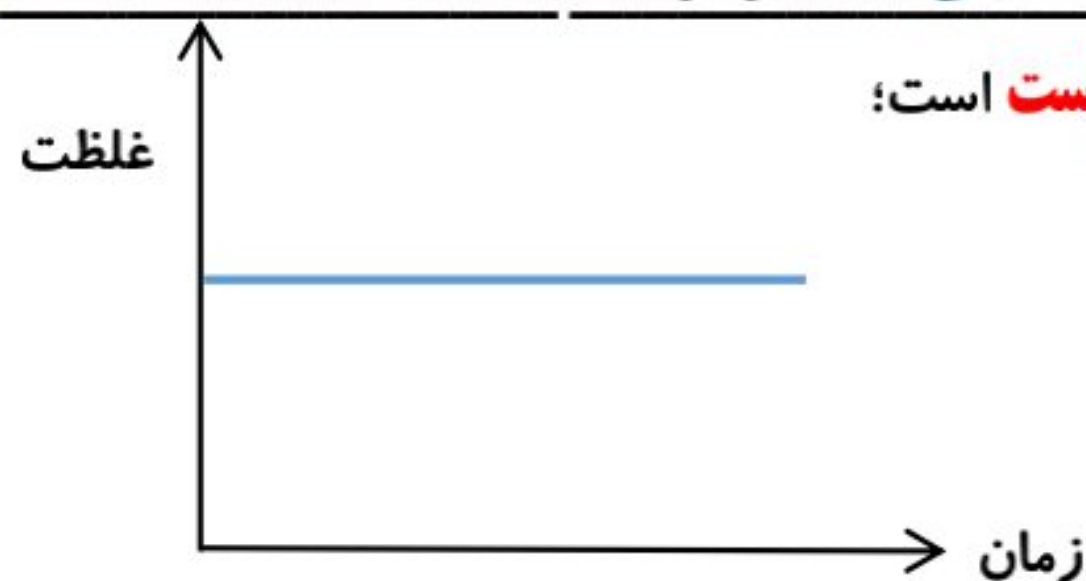
(۳) گاهی ممکن است مقدار مواد از لحظه آغاز واکنش داده نشده باشد و سوال مقدار اولیه واکنش‌دهنده را بخواهد؛ در این موارد با توجه به این نکته که مقدار اولیه فراورده‌ها صفر بوده، سرعت این مواد را به دست آورده و سپس به سرعت واکنش‌دهنده و در نهایت به مقدار اولیه واکنش‌دهنده ربط می‌دهیم.

### بررسی نمودارهای غلظت-زمان و مول-زمان در سینتیک شیمیایی

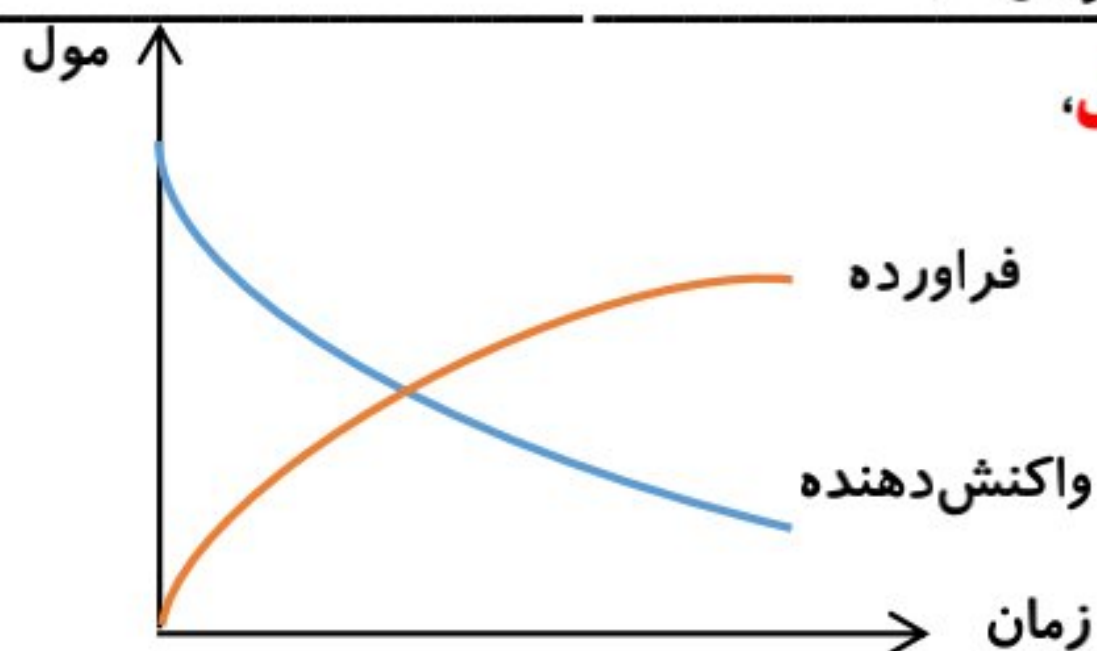


در برخی مسائل نیز می‌باید تغییرات مورد نیاز برای محاسبهٔ سرعت را از یک نمودار، جدول یا شکل بدست آوریم. نکات مورد نیاز برای بررسی نمودارها به صورت زیر توضیح داده شده است:

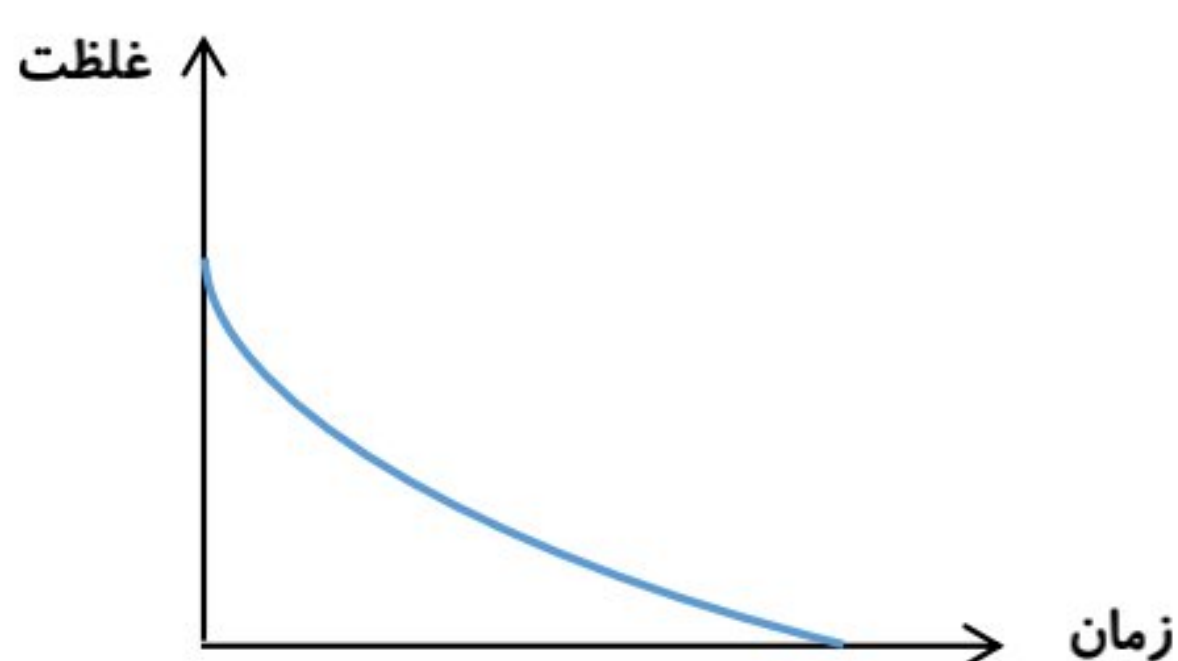
✓ نمودار تغییرات غلظت **واکنش‌دهنده‌ها** (A) (اگر بصورت جامد یا مایع خالص نباشند) روند **نزولی** دارد زیرا در حال **مصرف شدن** و کاهش غلظت است اما نمودار غلظت **فراورده‌ها** (B و C) روند **صعودی** دارد زیرا در حال **تولید شدن** و افزایش غلظت است.



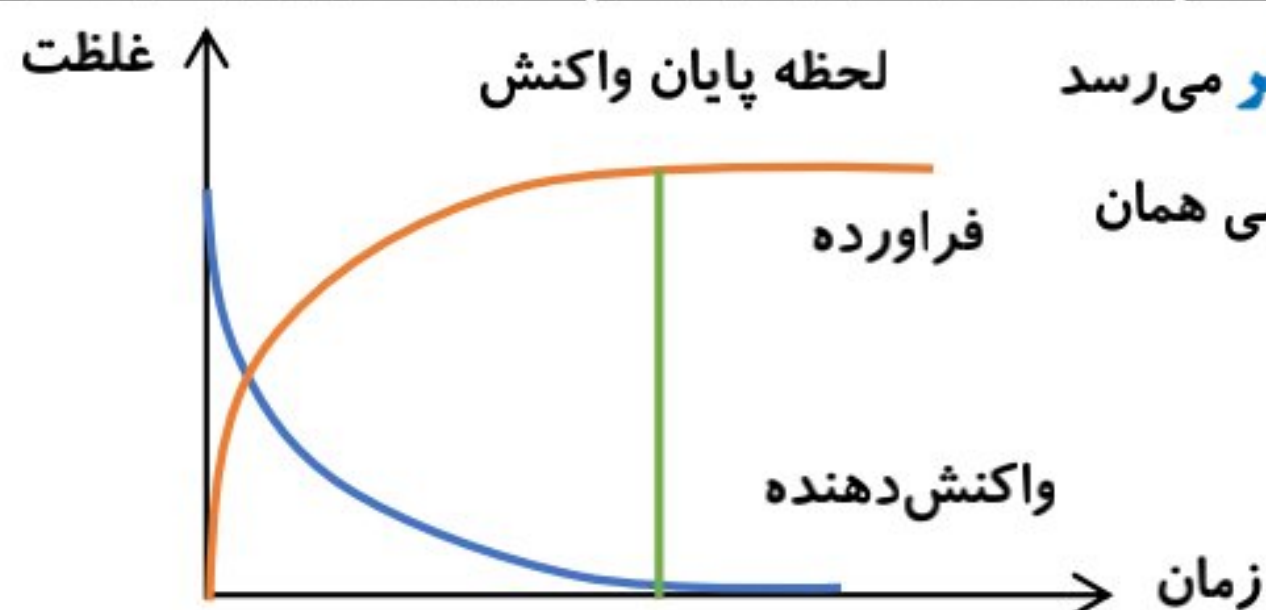
✓ نمودار تغییرات (غلظت - زمان) مواد جامد و مایع خالص به صورت یک **خط راست** است؛ زیرا غلظت این مواد **ثابت** است.



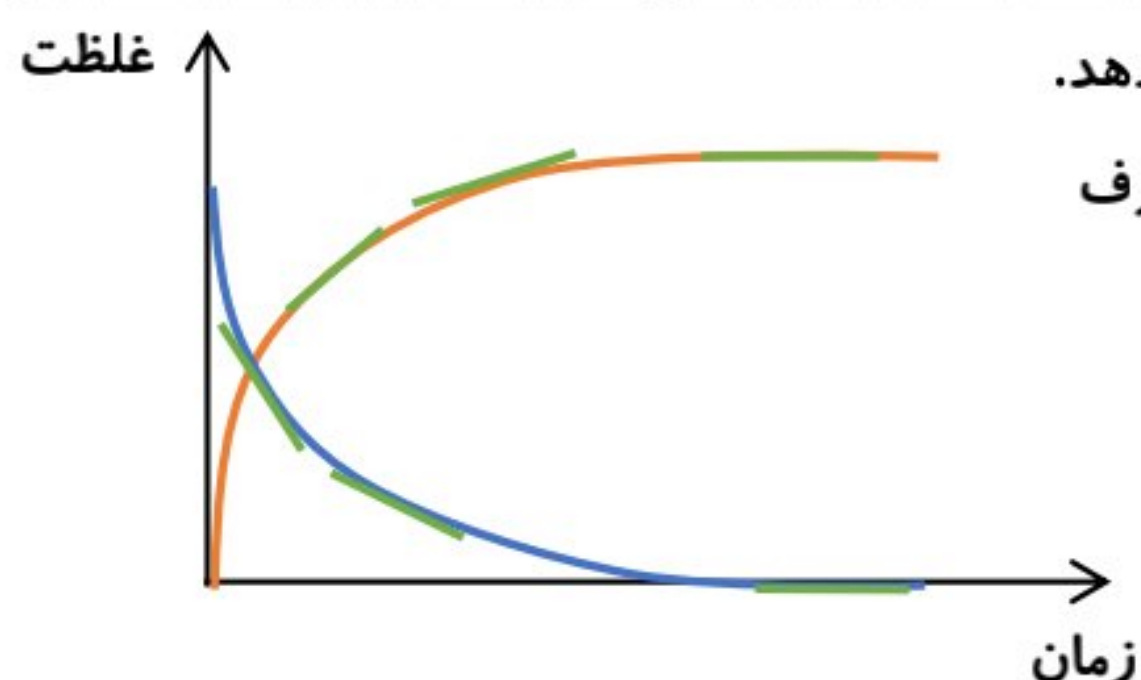
✓ در صورتی که نمودار (مول-زمان) باشد، برای واکنش‌دهندهٔ **جامد و مایع خالص**، نمودار **نزولی** و برای **فراورده‌ها** نیز **صعودی** است.



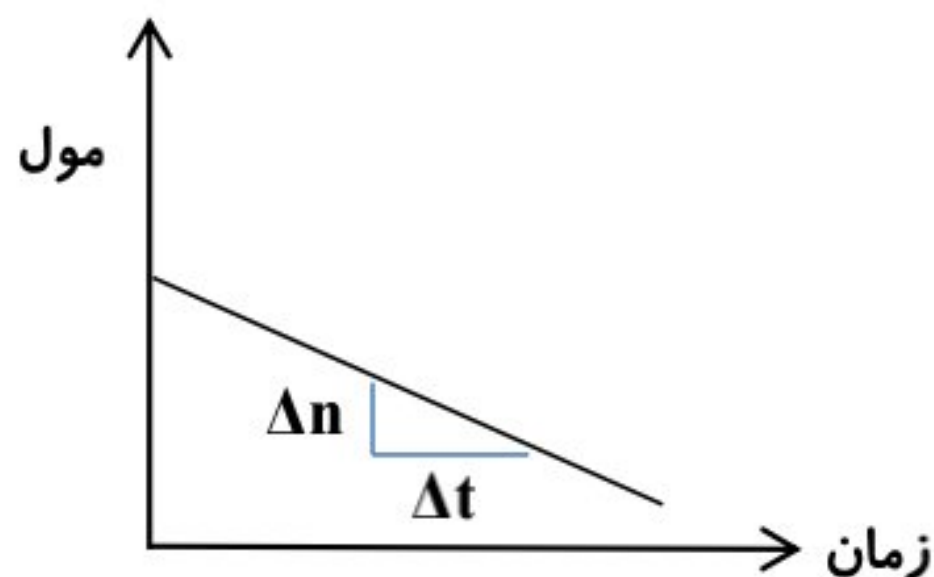
✓ **واکنش کامل**: واکنشی که در آن یکی از واکنش‌دهنده‌ها به **اتمام** می‌رسد.



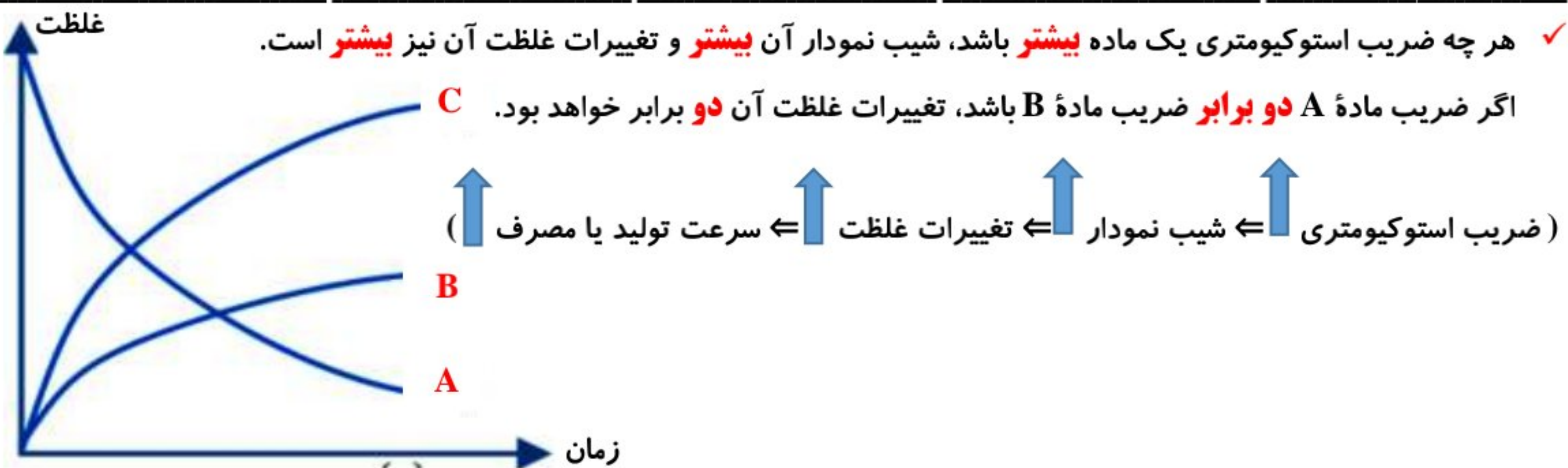
✓ در واکنش کامل نخستین لحظه‌ای که نمودار یکی از واکنش‌دهنده‌ها به **صفر** می‌رسد یا نمودار **فراورده** و **واکنش‌دهندهٔ اضافی** به حالت **افقی** در می‌آیند (یعنی همان صفر شدن شیب نمودار)، لحظهٔ **پایان** واکنش را نشان می‌دهد.



✓ شیب خط مماس بر نمودار در هر لحظه، **سرعت لحظه‌ای** را در آن لحظه نشان می‌دهد.  
 ✓ در لحظات ابتدایی واکنش به دلیل بالا بودن غلظت مواد واکنش‌دهنده، سرعت مصرف مواد واکنش‌دهنده و تولید فراورده‌ها بالا و شیب نمودارها زیاد است ولی رفته رفته سرعت **کم** و شیب نیز **کاهش** می‌یابد.  
 ✓ برای واکنش‌دهنده شیب نمودار **منفی** و برای فراورده شیب نمودار **مثبت** است.



- ✓ در اغلب واکنش‌ها هم واکنش‌دهنده و هم فراورده دارای نمودار **منحنی** هستند.
- ✓ اغلب شیب نمودار هم برای واکنش‌دهنده و هم برای فراورده در حال **کاهش** است.
- ✓ واکنش‌هایی که سرعت **ثابت** دارند، نمودار آن یک خط **مستقیم** با شیب **ثابت** است.



✓ اگر در یک واکنش، ضریب استوکیومتری دو ماده با هم **برابر** باشد تنها می‌توان گفت که تعداد مول مصرف شده یا تولید شده آنها ( $\Delta n$ ) با هم **برابر** است نه مول‌های آنها در هر لحظه از انجام واکنش.

مثال: در واکنش موازنه نشده:  $MnO_2 + HCl \rightarrow MnCl_2 + Cl_2 + H_2O$ ، سرعت تولید  $H_2O$  ..... برابر سرعت مصرف  $MnO_2$  است و در این واکنش سرعت مصرف یا تولید .... ماده با هم برابر است.

(۱) ۲-۲      (۲) ۳-۲ ★      (۳) ۳-۰/۵      (۴) ۲-۰/۵

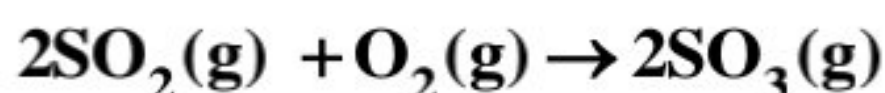
**خود را بیازمایید:** صفحه ۸۷ و ۸۸ کتاب درسی

(۱) در واکنش  $CaCO_3(s) + HCl(aq)$  با  $HCl(aq)$ ، چه رابطه‌ای بین سرعت متوسط مصرف این دو ماده وجود دارد؟ این رابطه را بنویسید.



**چون ضریب HCl در واکنش ۲ برابر ضریب  $CaCO_3$  است پس سرعت متوسط مصرف HCl باید دو برابر سرعت مصرف  $CaCO_3$  باشد.**

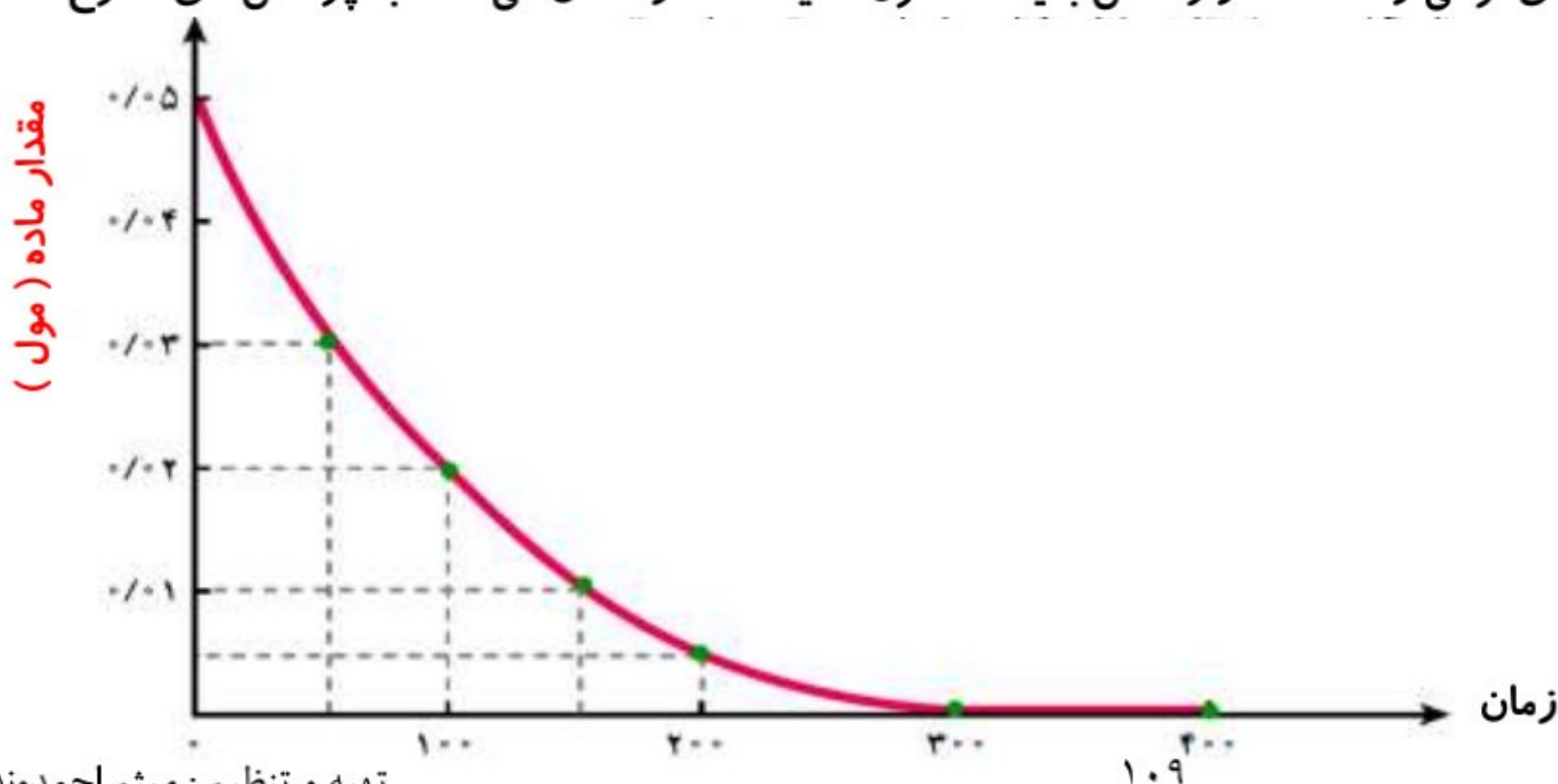
(۲) یکی از آلاینده‌های هوا که باعث تولید باران اسیدی می‌شود، گاز گوگرد تری اکسید است که مطابق واکنش زیر تولید می‌شود:



اگر در شرایط معین  $\bar{R}(O_2) = 0/01 \text{ mol.s}^{-1}$  باشد،  $\bar{R}(SO_2)$  و  $\bar{R}(SO_3)$  را بر حسب  $\text{mol.min}^{-1}$  حساب کنید.

$$\bar{R}(SO_3) = \bar{R}(SO_2) = 2\bar{R}(O_2) = 2 \times 0/01 \frac{\text{mol}}{\text{s}} \times \frac{60\text{s}}{1\text{min}} = 1/2 \text{ mol.min}^{-1}$$

(۳) با توجه به نمودار زیر که تغییر مول‌های نوعی رنگ غذا در واکنش با یک محلول سفیدکننده را نشان می‌دهد، به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.





الف) مول‌های واکنش دهنده (رنگ غذا) با گذشت زمان چه تغییری می‌کند؟ چرا؟

**کاهش پیدا می‌کند زیرا طبق نمودار با گذشت زمان مقدار مول آن رو به کاهش است و طی انجام واکنش مصرف می‌شود.**

ب) شیب نمودار مول-زمان چه علامتی دارد؟ چرا؟ **علامت منفی دارد، چون منحنی مربوط به آن نزولی است.**

پ) توضیح دهید چرا علامت منفی در رابطه مقابل نوشته می‌شود. 
$$\bar{R}(\text{واکنش دهنده}) = -\frac{\Delta n}{\Delta t}$$

**زیرا مقدار واکنش دهنده‌ها با گذشت زمان کاهش می‌یابد و مقدار  $\Delta n$  منفی است، بنابراین با ضرب در علامت منفی به یک عدد مثبت تبدیل می‌شود. زیرا سرعت واکنش همواره عددی مثبت است.**

ت) سرعت متوسط مصرف رنگ غذا را بر حسب مول بر دقیقه حساب کنید.

$$\bar{R}(\text{مصرف رنگ غذا}) = -\frac{(0-0/05)\text{mol}}{300\text{s}} \times \frac{60\text{s}}{1\text{min}} = 0/01\text{mol}\cdot\text{min}^{-1}$$

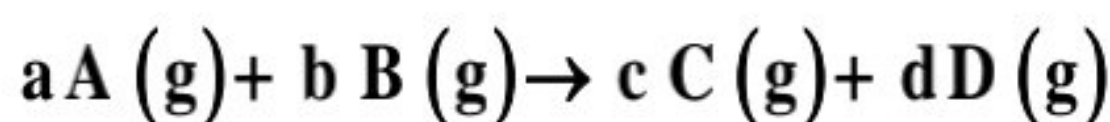
### رابطه سرعت واکنش با ضرایب استوکیومتری

مثال: اگر در واکنش:  $3\text{BrO}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{BrO}_3^-(\text{aq}) + 2\text{Br}^-(\text{aq})$ ، پس از گذشت ۷ ثانیه، مقدار یون  $\text{BrO}^-$  به اندازه ۰/۲۸ مول کاهش یابد، سرعت متوسط تشکیل یون  $\text{BrO}_3^-$ ، چند مول بر دقیقه است؟

$$\text{mol BrO}_3^- = 0/28 \text{ mol BrO}^- \times \frac{1 \text{ mol BrO}_3^-}{3 \text{ mol BrO}^-} = 0/0933 \text{ mol}$$

$$R_{\text{BrO}_3^-} = \frac{0/0933 \text{ mol}}{7\text{s}} \times \frac{60\text{s}}{1\text{min}} = 0/8 \text{ mol}\cdot\text{min}^{-1}$$

✓ نسبت سرعت بر حسب دو ماده مختلف در یک واکنش برابر نسبت ضرایب استوکیومتری آن‌هاست.



$$\frac{R_A}{R_B} = \frac{a}{b}, \quad \frac{R_B}{R_C} = \frac{b}{c}, \quad \frac{R_D}{R_B} = \frac{d}{b}, \quad \frac{R_A}{R_C} = \frac{a}{c}$$

پیوند با زندگی: (خوراکی‌های طبیعی رنگین، بازدارنده‌هایی مفید و مؤثر)

✓ برنامه غذایی محتوی **سبزیجات و میوه‌های گوناگون**، نقش **بازدارندگی** مؤثری در برابر **سرطان‌ها** و **پیری زودرس** دارند.

✓ **ریز مغذی‌ها** ترکیب‌های آلی **سیرنشده‌ای** هستند که در حفظ **سلامت بافت‌ها** و **اندام** دخالت دارند، **برخی** از ریز مغذی‌ها به عنوان

**بازدارنده** از انجام واکنش **نامطلوب** و **ناخواسته** به دلیل حضور **رادیکال‌ها** جلوگیری می‌کنند.

✓ **هندوانه** و **گوجه فرنگی** محتوی **لیکوپن** بوده که فعالیت **رادیکال‌ها** را کاهش می‌دهد.

### رادیکال‌ها

✓ **رادیکال**، گونه **پرانرژی** و **ناپایداری** است.

✓ رادیکال‌ها در ساختار خود، **الکترون جفت نشده (الکترون تک)** دارند.

✓ محتوی اتم‌هایی هستند که از قاعده **هشت‌تایی** پیروی **نمی‌کنند**.

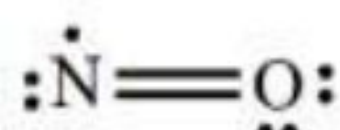
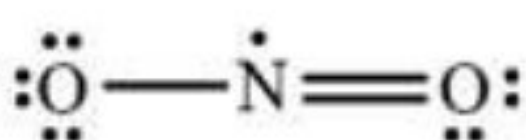
✓ رادیکال‌ها واکنش‌پذیری **بالایی** دارند.

✓ در **بدن** ما به دلیل انجام واکنش‌های **متنوع** و **پیچیده**، رادیکال‌ها به وجود می‌آیند.

✓ **مجموع** الکترون‌های ظرفیت اتم‌های یک رادیکال یک عدد **فرد** است.

✓  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CH}_3$ ,  $\text{O}_2^-$ ,  $\text{CHCl}_2$ ,  $\text{Cl}$  ذراتی هستند که مجموع الکترون **فرد** دارند و رادیکال به شمار می‌روند.

✓ اگر رادیکال‌ها به وسیله **بازدارنده‌ها** جذب نشوند، می‌توانند با انجام **واکنش‌های سریع** به بافت‌های بدن **آسیب** برسانند.



✓ مصرف خوراکی‌های محتوی **بازدارنده‌ها** سبب خواهد شد که **رادیکال‌ها** به دام بیفتند تا با **کاهش** مقدار آنها از سرعت واکنش‌های ناخواسته **کاسته** شود.

### لیکوپن

✓ فرمول مولکولی آن برابر  $C_{40}H_{56}$  است.

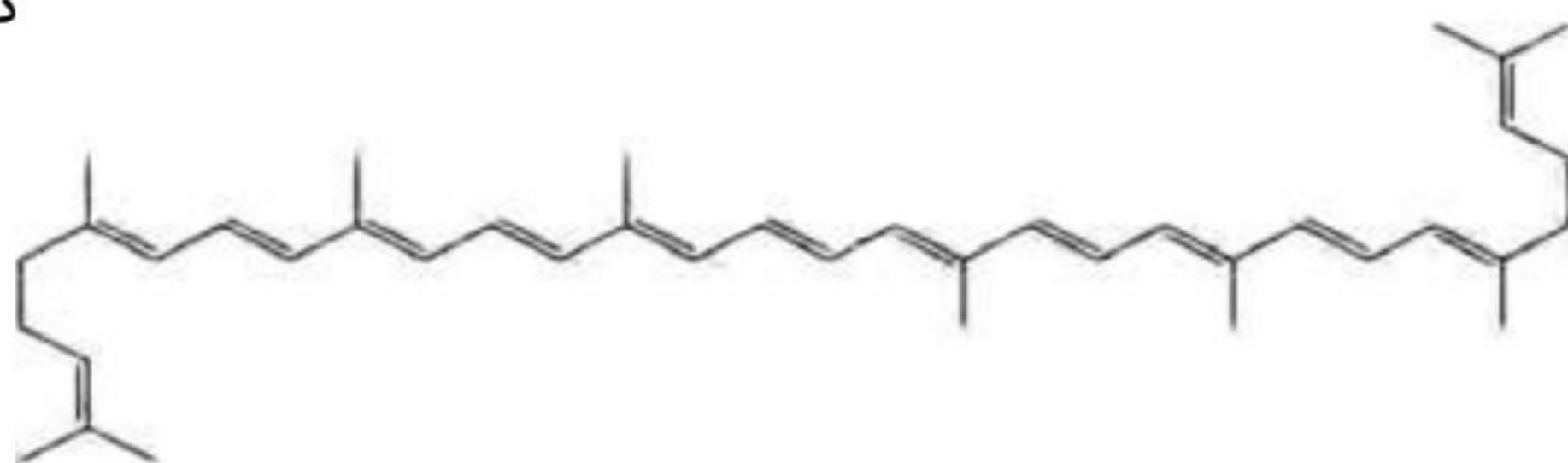
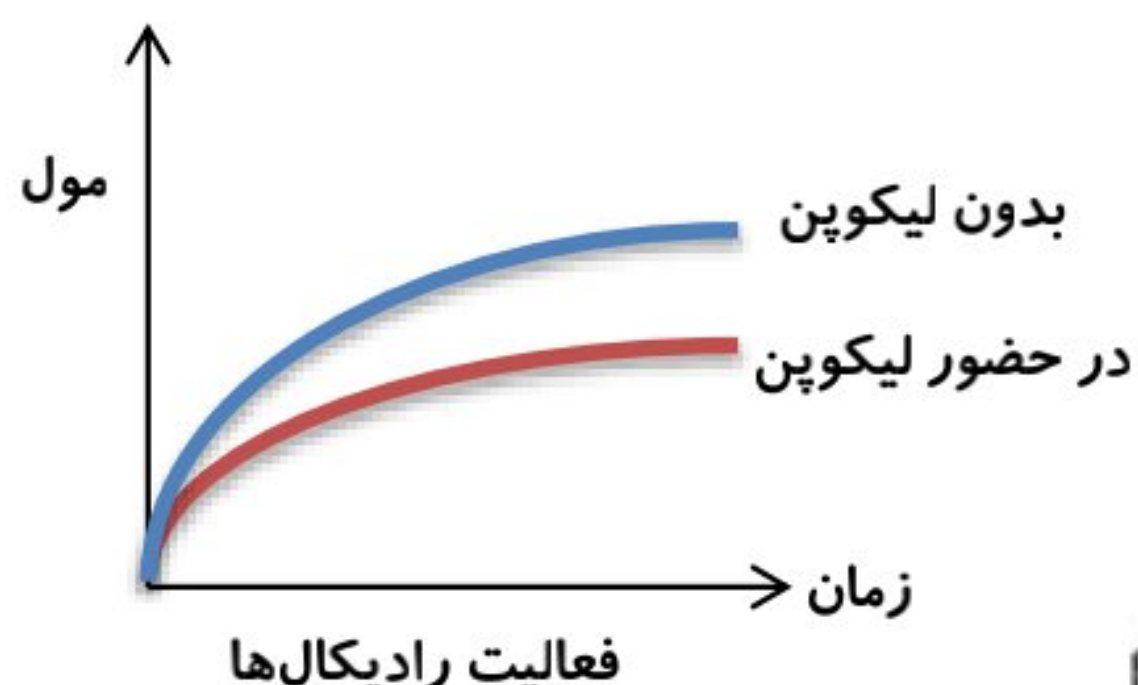
✓ لیکوپن هیدروکربنی **سیر نشده** و **غیر آروماتیک** است.

✓ شمار پیوندهای کووالانسی در آن برابر **۱۰۸** که شمار پیوندهای **دوگانه** برابر **۱۳** و شمار پیوندهای **ساده** برابر **۸۲** می‌باشد.

✓ در میوه‌هایی با رنگدانه **قرمز** وجود دارد.

✓ با جذب **رادیکال‌ها** فعالیت آنها را **کاهش** می‌دهد.

✓ شیب نمودار فعالیت رادیکال‌ها در بدن انسان با مصرف لیکوپن **کاهش** می‌یابد.

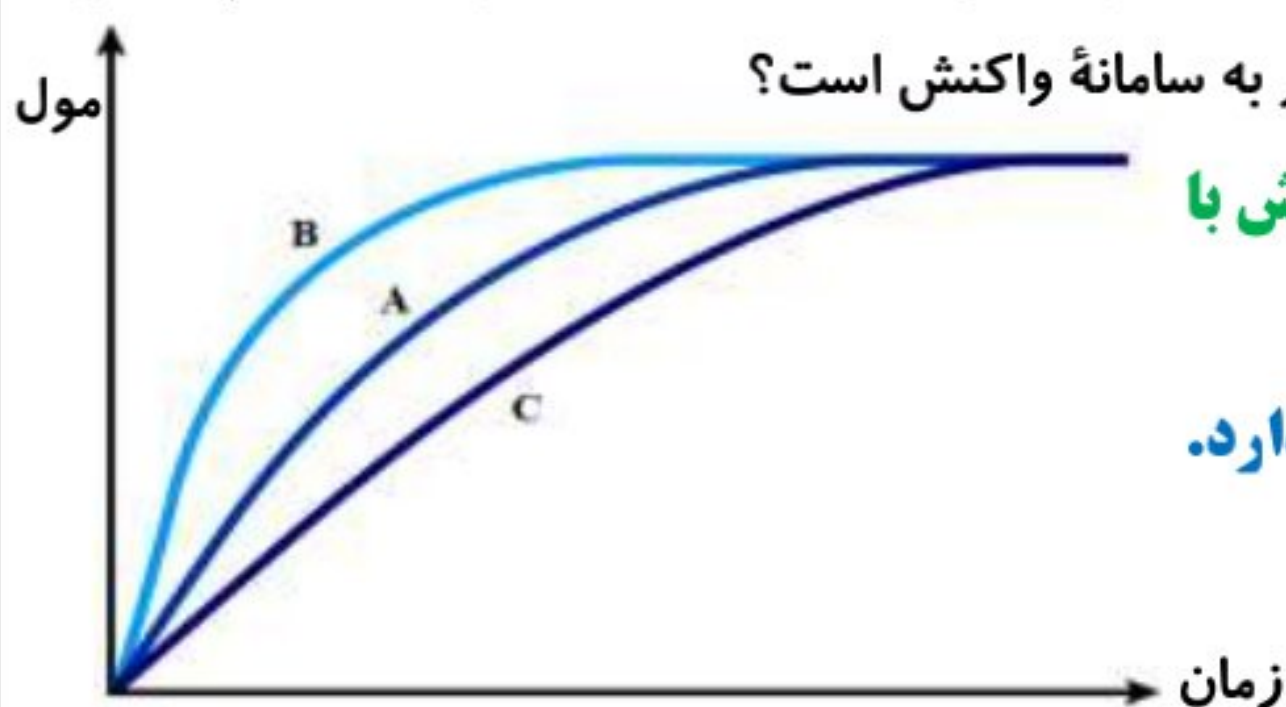


صفحه ۸۹ و ۹۰ کتاب درسی

خود را بیازمایید:

در نمودار داده شده، منحنی A نشان دهنده تغییر مول‌های یکی از مواد فراورده در واکنش فرضی است. با دلیل مشخص کنید کدام منحنی

(B یا C) نشان دهنده افزودن بازدارنده و کدام یک نشان دهنده افزودن کاتالیزگر به سامانه واکنش است؟



منحنی B، افزودن کاتالیزگر را نشان می‌دهد، زیرا شیب بیشتری دارد و واکنش با سرعت بیشتری انجام می‌شود.

منحنی C، افزودن بازدارنده را نشان می‌دهد زیرا این منحنی شیب کمتری دارد.

### سرعت واکنش

✓ شیب نمودار مول-زمان برای هر یک از شرکت‌کننده‌ها در واکنش، متناسب با ضریب استوکیومتری آن است.

✓ اگر ضریب استوکیومتری شرکت‌کننده‌ها یکسان نباشد، سرعت متوسط آنها متفاوت خواهد بود.

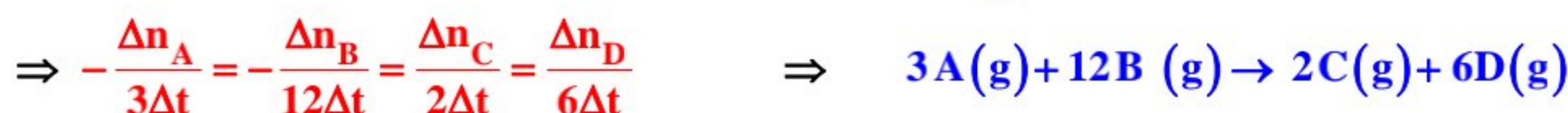
✓ شیمی‌دان‌ها برای درک آسان پیشرفت واکنش در واحد زمان، از یک مفهوم کاربردی به نام **سرعت واکنش** استفاده می‌کنند.

✓ سرعت واکنش برابر است با: « **سرعت متوسط تولید یا مصرف هر شرکت‌کننده به ضریب استوکیومتری آن** »

✓ سرعت واکنش مستقل از نوع ماده شرکت‌کننده در واکنش است. یعنی نسبت به هر ماده‌ای که در واکنش وجود دارد تعیین شود، تفاوتی نمی‌کند و مقدار یکسان خواهد بود.

✓ اگر در معادله سرعت داده شده ضرایب پایین کسر نبود باید معادله را به یک عدد (کوچک‌ترین مضرب مشترک اعداد صورت کسر) تقسیم نماییم تا هیچ عددی در صورت کسرها نماند.

$$-\frac{2\Delta n_A}{\Delta t} = -\frac{\Delta n_B}{2\Delta t} = \frac{3\Delta n_C}{\Delta t} = \frac{\Delta n_D}{\Delta t} \Rightarrow \frac{1}{6} \times \left[ -\frac{2\Delta n_A}{\Delta t} = -\frac{\Delta n_B}{2\Delta t} = \frac{3\Delta n_C}{\Delta t} = \frac{\Delta n_D}{\Delta t} \right]$$



✓ معادله واکنش براساس رابطه سرعتی نوشته می‌شود که **هیچ عددی** در صورت کسرها دیده نشود.

✓ **غلظت مولی** یک ماده را با نوشتن فرمول شیمیایی آن درون یک کروشه نمایش می‌دهند.  $[A] = \text{غلظت مولی } A$

✓ برای شرکت‌کننده‌ها در فاز **گاز** و **محلول**، می‌توان سرعت متوسط مصرف یا تولید را افزون بر یکای مول بر زمان با **یکای مول بر لیتر بر زمان** نیز گزارش کرد.

✓ **تعریف فاز**: بخشی از یک سامانه که خواص **فیزیکی** و **شیمیایی** در همه جای آن **یکسان** است (محیط همگن) **فاز** نامیده می‌شود.

✓ برای تبدیل یکای **مول بر زمان** به **مولار بر زمان** کافی است سرعت داده شده بر حسب مول بر زمان را به **حجم سامانه تقسیم** کنیم.

صفحه ۹۰ و ۹۱ کتاب درسی

با هم بیندیشیم:

(۱) سرعت متوسط تولید گاز آمونیاک در شرایط معینی بر اساس معادله واکنش زیر در گستره زمانی معینی برابر با  $4 \times 10^{-2} \text{ mol S}^{-1}$



است. الف) سرعت متوسط مصرف  $\text{N}_2(\text{g})$  و  $3\text{H}_2(\text{g})$  را در این گستره زمانی حساب کنید.

$$\bar{R}(\text{مصرف } \text{N}_2) = \frac{1}{2} \bar{R}(\text{تولید } \text{NH}_3) = \frac{1}{2} \times 4 \times 10^{-2} = 2 \times 10^{-2} \text{ mol.S}^{-1}$$

$$\bar{R}(\text{مصرف } \text{H}_2) = \frac{3}{2} \bar{R}(\text{تولید } \text{NH}_3) = \frac{3}{2} \times 4 \times 10^{-2} = 6 \times 10^{-2} \text{ mol.S}^{-1}$$

ب) سرعت متوسط تولید یا مصرف هر شرکت‌کننده را به ضریب استوکیومتری آن تقسیم کنید. از حاصل این تقسیم‌ها چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

$$\frac{\bar{R}(\text{مصرف } \text{N}_2)}{1} = \frac{\bar{R}(\text{مصرف } \text{H}_2)}{3} = \frac{\bar{R}(\text{تولید } \text{NH}_3)}{2} = \frac{2 \times 10^{-2}}{1} = \frac{6 \times 10^{-2}}{3} = \frac{4 \times 10^{-2}}{2} \text{ mol.S}^{-1}$$

حاصل تقسیم برای همه برابر است.

پ) حاصل تقسیم در قسمت ب، سرعت واکنش نام دارد. برای این واکنش با استفاده از سرعت متوسط تولید یا مصرف مواد شرکت‌کننده، رابطه سرعت واکنش را بنویسید.

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

ت) ارتباط معادله شیمیایی موازنه شده واکنش را با رابطه زیر توضیح دهید.

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

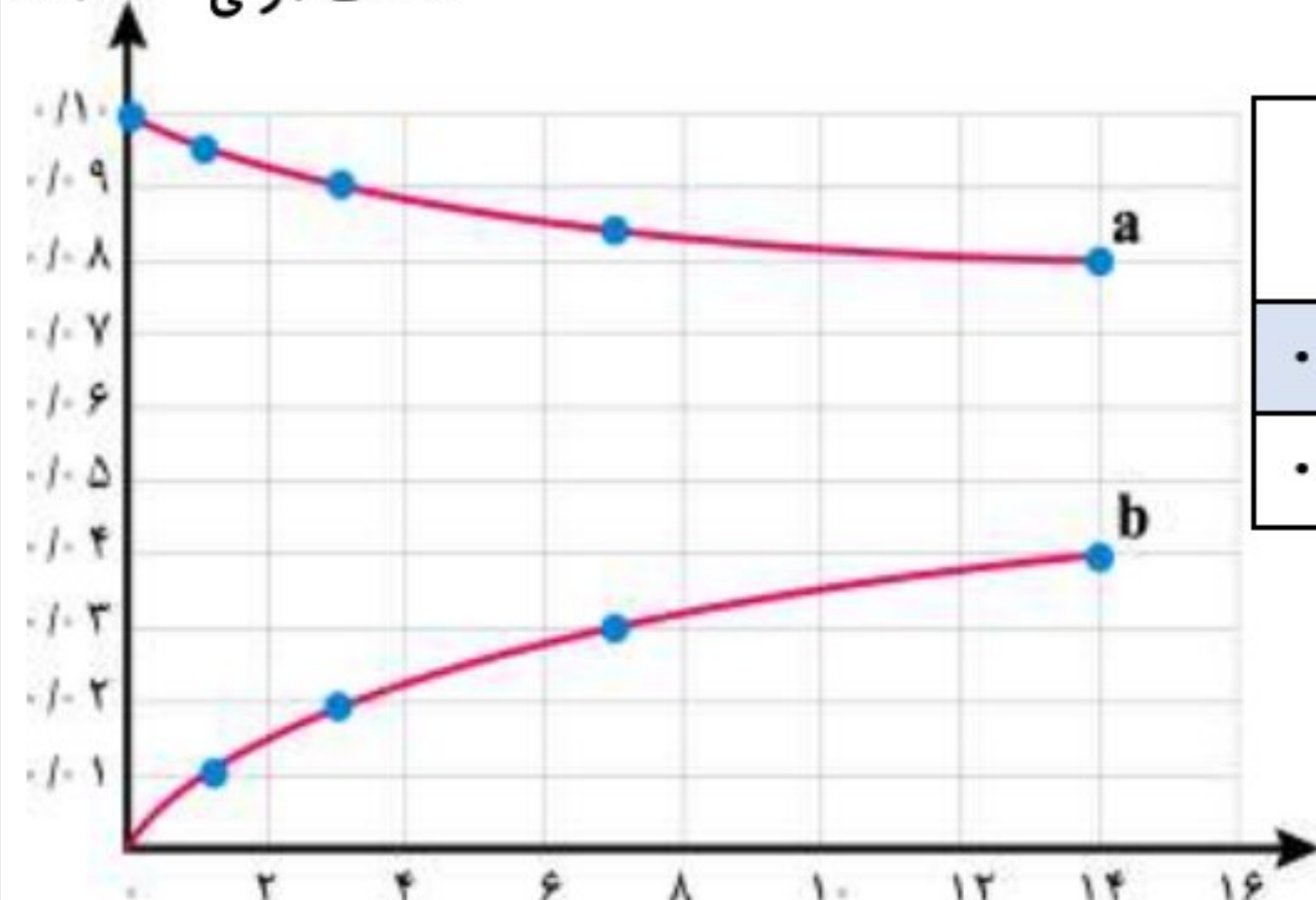
سرعت متوسط واکنش از تقسیم سرعت تولید فراورده یا سرعت مصرف واکنش‌دهنده بر ضریب استوکیومتری حاصل می‌شود.

ث) سرعت متوسط کدام ماده با سرعت واکنش برابر است؟ توضیح دهید.

نیترژن، سرعت اجزایی از واکنش که ضریب استوکیومتری برابر یک دارند با سرعت متوسط واکنش برابر است.

(۲) قند موجود در جوانه گندم (مالتوز) مطابق واکنش زیر به گلوکز تبدیل می‌شود.  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow 2\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{aq})$

این واکنش در دمای ثابت و شرایط معین بررسی شده و جدول زیر، داده‌های تجربی آن را نشان می‌دهد. با توجه به آن و نمودار داده شده، غلظت مولی  $\text{mol L}^{-1}$  به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.



زمان (دقیقه)	۰	۱	۳	۷	۱۴
غلظت مولی $\text{mol L}^{-1}$					
$[\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6]$	۰	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۴
$[\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}]$	۰/۱۰	۰/۰۹۵	۰/۰۹	۰/۰۸۵	۰/۰۸

✓ سمنو که از جوانه گندم تهیه می‌شود محتوی مواد غذایی گوناگونی

از جمله **مالتوز** است.

الف) در سه دقیقه نخست، (گلوکز)  $\bar{R}$  و (مالتوز)  $\bar{R}$  را بر حسب  $\text{mol.L}^{-1}.\text{S}^{-1}$  حساب کنید.

$$\bar{R}(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = \frac{(0/02-0)\text{mol}}{3\text{min L}} \times \frac{1\text{min}}{60\text{s}} = 1/1 \times 10^{-4} \text{molL}^{-1}\text{s}^{-1}$$

$$\bar{R}(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = -\frac{(0/09-0/1)\text{mol}}{3\text{min L}} \times \frac{1\text{min}}{60\text{s}} = 5/5 \times 10^{-5} \text{molL}^{-1}\text{s}^{-1}$$

ب) سرعت واکنش را در هفت دقیقه نخست و هفت دقیقه دوم حساب کنید. کدام یک بیشتر است؟ چرا؟

سرعت واکنش برابر با سرعت مصرف مالتوز است زیرا ضریب استوکیومتری آن برابر یک است.

$$\bar{R}(\text{هفت دقیقه نخست}) = -\frac{(0/085-0/1)\text{mol}}{7\text{min L}} = 2/1 \times 10^{-3} \text{molL}^{-1} \text{min}^{-1}$$

$$\bar{R}(\text{هفت دقیقه دوم}) = -\frac{(0/08-0/085)\text{mol}}{7\text{min L}} = 7/1 \times 10^{-4} \text{molL}^{-1} \text{min}^{-1}$$

سرعت در هفت دقیقه نخست بیشتر است زیرا با گذشت زمان از غلظت واکنش دهنده‌ها کاسته شده و سرعت نیز کاهش می‌یابد.

پ) هر یک از منحنی‌های a و b مربوط به کدام ماده شرکت کننده است؟ توضیح دهید.

a مربوط به مالتوز است زیرا با گذشت زمان در حال کاهش است و شیب نمودار منفی است.

b مربوط به گلوکز است زیرا با گذشت زمان در حال افزایش است و شیب نمودار مثبت است علاوه بر این شیب نمودار آن بیشتر است زیرا ضریب استوکیومتری بیشتر و شیب تندتری دارد.

### غذا، پسماند و ردپای آن :

میزان نیاز و بهره‌مندی از منابعی مانند هوا، آب، غذا و ... برای همه یکسان نیست. زیرا سبک زندگی هر فرد با هم فرق می‌کند. هر انسان در طول عمر خود، ردپاهایی متفاوتی در محیط زیست برجای می‌گذارد. ردپای کربن دی‌اکسید، آب، غذا و ...

### ردپای غذا

دو چهره دارد :

۱. چهره آشکار آن نشان می‌دهد که سالانه حدود ۳۰٪ غذایی که در جهان فراهم می‌شود به مصرف نمی‌رسد و به زباله تبدیل می‌شود و یا از بین می‌رود.

۲. چهره پنهان که خود شامل دو قسمت است:

الف) تولید گازهای گلخانه‌ای به ویژه کربن دی‌اکسید است، آنچنان که سهم تولید این گاز در ردپای غذا به مراتب بیش از سوختن سوخت‌ها در خودروها، کارخانه‌ها و ... است.

ب) ردپای دیگر شامل همه منابعی است که در تهیه غذا از آغاز تا سر سفره سهم داشته‌اند. مدیریت منابع، نیروی انسانی برای تولید و تأمین مواد اولیه و انرژی، فراوری، ابزار و دستگاه‌های مورد نیاز، بسته‌بندی، حمل و نقل، آب و انرژی مصرفی، زمین‌های بایر و ... از جمله این منابع هستند.

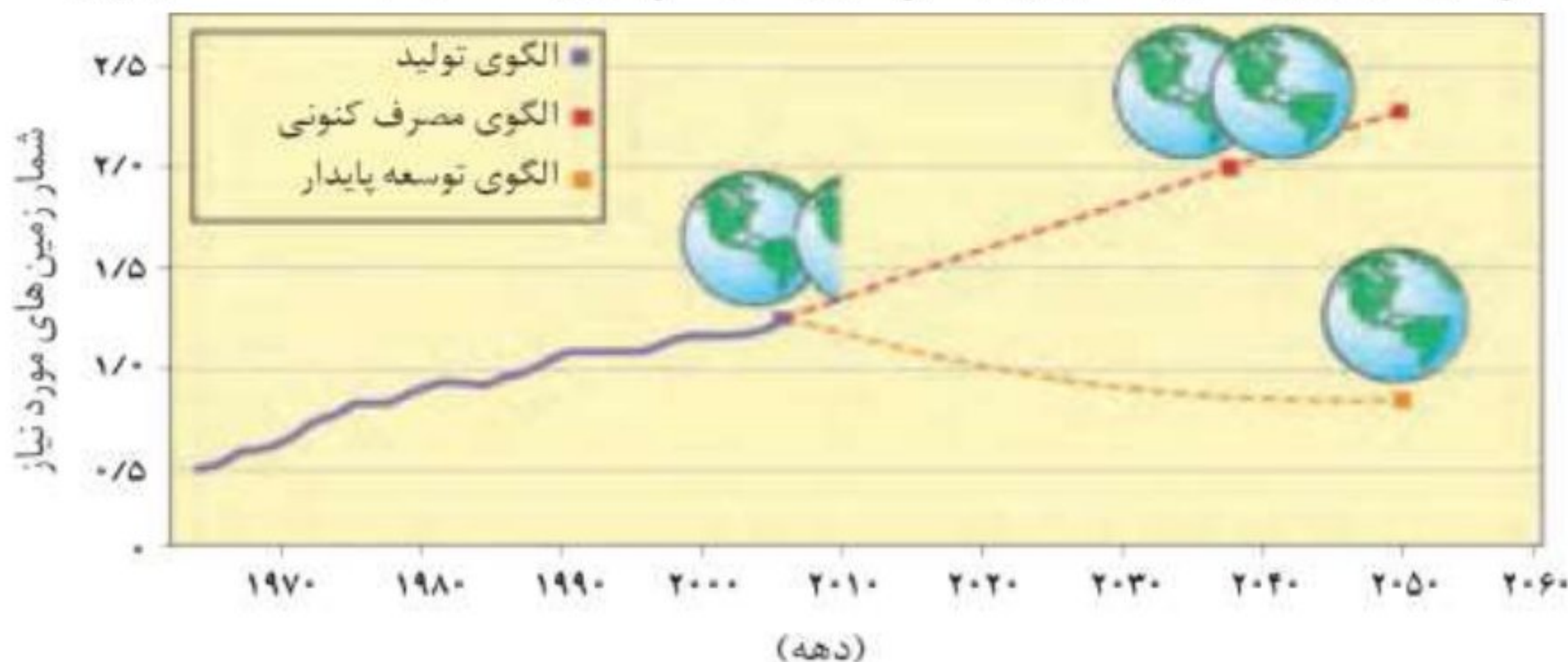
### اثرات افزایش جمعیت جهان

با افزایش جمعیت جهان، رشد اقتصادی، افزایش سطح رفاه و ... رو به افزایش است. تقاضا برای غذا نیز پیوسته افزایش می‌یابد. تقاضایی که برای تأمین آن منابع آب، انرژی، مواد اولیه و زمین بیشتری را می‌طلبد. بدیهی است که با این روند ردپای غذا روی محیط زیست سنگین‌تر شده و مساحت کل مورد نیاز برای تأمین اقلام ضروری زندگی بیشتر خواهد شد.

### پیش‌بینی مساحت زمین مورد نیاز برای تأمین غذا

با توجه به الگوی تولید و مصرف غذا انتظار می‌رود مدیران جامعه جهانی با طراحی و انتخاب راه‌حل‌های اجرایی مناسب و هماهنگ، بهره‌وری را در مراحل تولید و تأمین غذا افزایش دهند تا ردپای آن کاهش یابد. آشکار است که اجرای هر یک از این برنامه‌ها در گرو همت و تلاش یکایک ساکنان زمین است.

پیش بینی می شود در سال ۲۰۱۶ منابع مورد نیاز برای تأمین غذا بیش از منابع موجود در سطح زمین است. و در سال ۲۰۴۰ دو برابر آن خواهد شد.



### خود را بیازمایید:

#### صفحه ۹۳ کتاب درسی

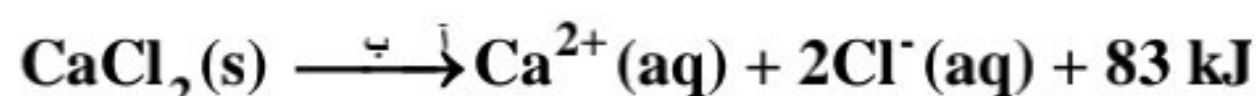
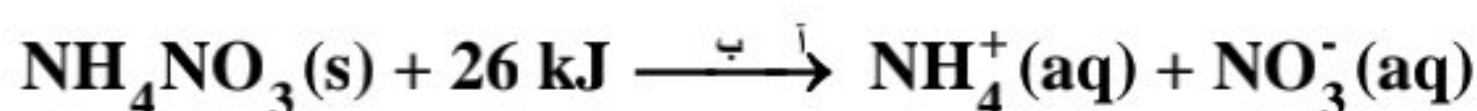
ستون سمت راست در جدول زیر چهار الگو برای کاهش ردپای غذا را نشان می دهد. در گفت و گو با یکدیگر مشخص کنید هر بیانی از اصل شیمی سبز در ستون سمت چپ با کدام الگو همخوانی بیشتری دارد.

بیانی از اصل شیمی سبز	الگوی کاهش ردپای غذا
کاهش تولید زباله و پسماند	خرید به اندازه نیاز
کاهش ورود مواد شیمیایی ناخواسته به محیط زیست	کاهش مصرف گوشت و لبنیات
کاهش مصرف انرژی	استفاده از غذاهای بومی و فصلی
طراحی مواد و فرآورده های شیمیایی سالم تر	کاهش مصرف غذاهای فرآوری شده

#### صفحه ۹۴ تا ۹۶ کتاب درسی

#### تمرین های دوره ای:

(۱) اغلب ورزشکاران برای درمان آسیب دیدگی های خود از بسته هایی استفاده می کنند که به سرعت گرما را انتقال می دهند. اساس کار این بسته ها، انحلال برخی ترکیب های یونی در آب است. با توجه به معادله های ترموشیمیایی زیر به پرسش های مطرح شده پاسخ دهید.



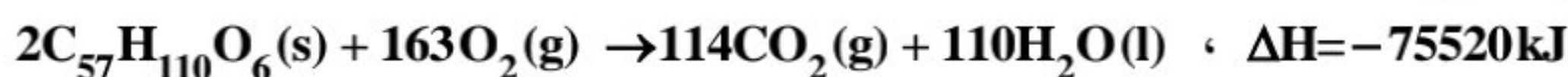
(آ) کدام فرایند انحلال برای سرد کردن محل آسیب دیدگی مناسب است؟ چرا؟

**واکنش اول چون گرماگیر است و با جذب گرما از محل آسیب دیده آن را سرد می کند.**

(ب) از انحلال کامل ۲/۲۲ g کلسیم کلرید خشک در آب چند کیلوژول گرما آزاد می شود؟

$$? \text{ kJ} = \frac{2}{22} \text{ g CaCl}_2 \times \frac{1 \text{ mol CaCl}_2}{111 \text{ g CaCl}_2} \times \frac{83 \text{ kJ}}{1 \text{ mol CaCl}_2} = 1/66 \text{ kJ}$$

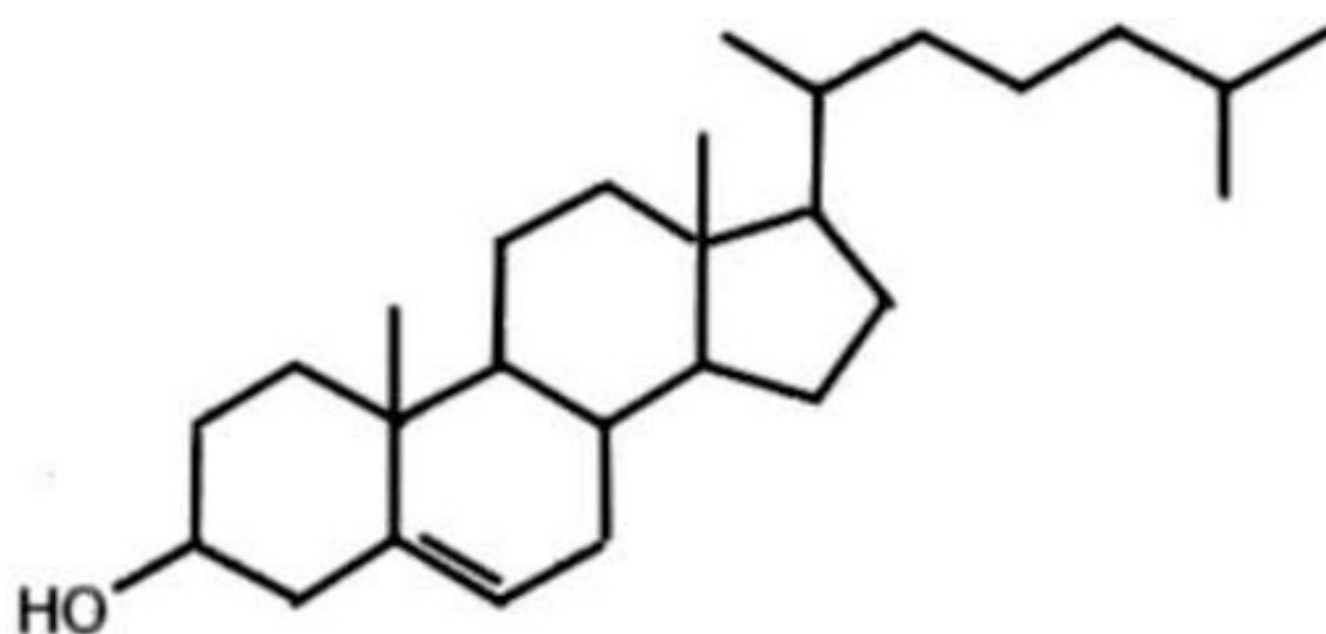
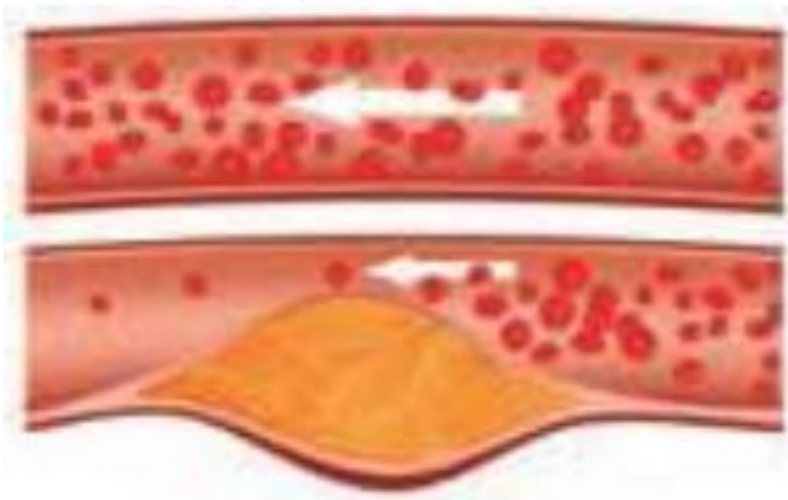
(۲) چربی ذخیره شده در کوهان شتر هنگام اکسایش افزون بر آب مورد نیاز، انرژی لازم برای فعالیت های جانور را نیز تأمین می کند. واکنش ترموشیمیایی آن به صورت زیر است:



حساب کنید از اکسایش هر کیلوگرم چربی، چند کیلوژول انرژی آزاد می شود؟

$$? \text{ kJ} = 1 \text{ kg} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \times \frac{1 \text{ mol C}_{57}\text{H}_{110}\text{O}_6}{890 \text{ g C}_{57}\text{H}_{110}\text{O}_6} \times \frac{75520 \text{ kJ}}{2 \text{ mol C}_{57}\text{H}_{110}\text{O}_6} = 42426/97 \text{ kJ}$$

(۳) کلسترول، یکی از مواد آلی موجود در غذاهای جانوری است که مقدار اضافی آن در دیواره رگ ها رسوب می کند، فرایندی که منجر به گرفتگی رگ ها و سکت می شود. با توجه به ساختار آن به پرسش های مطرح شده پاسخ دهید.



الف) توضیح دهید چرا شیمی دان‌ها آن را یک الکل سیر نشده می‌دانند؟

**چون در ساختار این مولکول، علاوه بر عامل الکلی (گروه هیدروکسیل -OH) یک پیوند دوگانه کربن-کربن نیز وجود دارد.**

ب) با توجه به جدول شماره ۳ (کتاب درسی)، در شرایط یکسان کدام پیوندهای اشتراکی یگانه در ساختار کلسترول آسان‌تر شکسته می‌شود؟ چرا؟ **با توجه به مقادیر آنتالپی پیوند در جدول شماره ۳، پیوند کربن-کربن ساده (C-C) مقدار انرژی کمتری برای شکسته شدن نیاز دارد و آسان‌تر شکسته می‌شود.**

✓ فرمول مولکولی کلسترول  $C_{27}H_{46}O$  با داشتن **چهار** حلقه و تعداد پیوندهای کووالانسی آن برابر 78 می‌باشد.

✓ کلسترول محلول در حلال‌های **آلی** است.

۴) از مصرف هر گرم آلومینیم در واکنش ترمیت،  $15/24 \text{ kJ}$  گرما آزاد می‌شود.  $2Al(s) + Fe_2O_3(s) \rightarrow Al_2O_3(s) + 2Fe(l)$

الف) این مقدار گرما، دمای صدگرم آب خالص را چند درجه سلسیوس افزایش می‌دهد؟

$$Q = mc\Delta\theta \quad : \quad 15/24 \text{ kJ} \times \frac{1000 \text{ J}}{1 \text{ kJ}} = 100 \text{ g} \times 4/184 \frac{\text{J}}{\text{g}^\circ\text{C}} \times \Delta\theta \quad \Rightarrow \quad \Delta\theta = 36/42^\circ\text{C}$$

ب)  $\Delta H$  واکنش ترمیت را حساب کنید.

$$2 \text{ mol Al} \times \frac{27 \text{ g Al}}{1 \text{ mol Al}} \times \frac{15/24 \text{ kJ}}{1 \text{ g Al}} = 822/96 \text{ kJ} \quad \Rightarrow \quad \Delta H = -822/96 \text{ kJ}$$

۵) با توجه به واکنش ترموشیمیایی:  $H_2(g) + I_2(s) + 53 \text{ kJ} \rightarrow 2HI(g)$  آنتالپی واکنش  $H_2(g) + I_2(g) \rightarrow 2HI(g)$  را حساب کنید

(راهنمایی: آنتالپی فرازش (تصعید)  $I_2$  را  $62/5 \text{ kJ mol}^{-1}$  در نظر بگیرید.)

**مطابق قانون هس خواهیم داشت:**



**واکنش بدون تغییر**

**واکنش را در (-) ضرب می‌کنیم.**

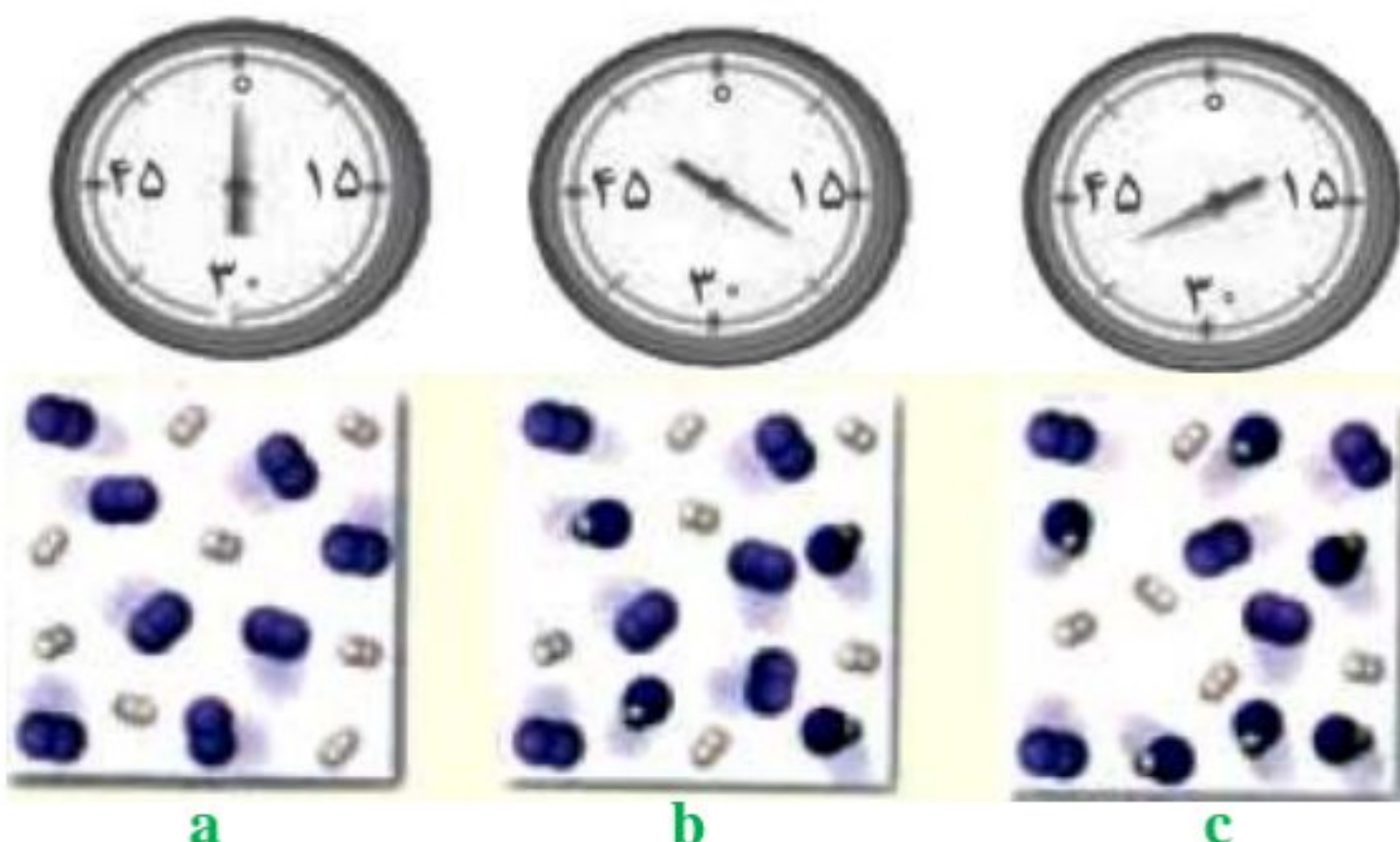


۶) شکل زیر واکنش میان گاز هیدروژن و بخار بنفش رنگ را در دمای معینی نشان می‌دهد.  $H_2(g) + I_2(g) \rightarrow 2HI(g)$

اگر هر ذره هم ارز با ۱/۰ مول از ماده و سامانه دو لیتری باشد، سرعت

واکنش را پس از ۲۰ دقیقه (b) و پس از ۴۰ دقیقه (c) برحسب

$\text{mol.L}^{-1}.\text{h}^{-1}$  حساب و با یکدیگر مقایسه کنید.



در ۲۰ دقیقه نخست واکنش، دو مولکول هیدروژن مصرف شده است. پس تغییر مول هیدروژن برابر است با:

$$\Delta n(H_2) = 0/2 \text{ mol} \quad \Delta [H_2] = \frac{0/2 \text{ mol}}{2 \text{ L}} = 0/1 \text{ mol.L}^{-1}$$

در ۲۰ دقیقه اول

چون ضریب H<sub>2</sub> در این واکنش برابر یک است پس سرعت متوسط مصرف هیدروژن با سرعت واکنش برابر است:

$$\Delta t = 20 \text{ min} \times \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} = \frac{1}{3} \text{ h}$$

$$\bar{R}(\text{واکنش}) = \bar{R}(\text{H}_2) = \frac{\Delta[\text{H}_2]}{\Delta t} = \frac{0/1 \text{ mol.L}^{-1}}{\frac{1}{3} \text{ h}} = 0.3 \text{ mol.L}^{-1} \text{ h}^{-1}$$

پس از ۴۰ دقیقه:  $\Delta n(\text{H}_2) = 0/3 \text{ mol}$        $\Delta[\text{H}_2] = \frac{0/3 \text{ mol}}{2 \text{ L}} = 0/15 \text{ mol.L}^{-1}$

$$\Delta t = 40 \text{ min} \times \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} = \frac{2}{3} \text{ h}$$

$$\bar{R}(\text{واکنش}) = \bar{R}(\text{H}_2) = \frac{\Delta[\text{H}_2]}{\Delta t} = \frac{0/15 \text{ mol.L}^{-1}}{\frac{2}{3} \text{ h}} = 0.225 \text{ mol.L}^{-1} \text{ h}^{-1}$$

(V)  $\Delta H$  واکنش  $\text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$  را با استفاده از: الف) جدول ۲ و ۳ حساب کنید.

(مجموع آنتالپی‌های پیوند فراورده‌ها) - (مجموع آنتالپی‌های پیوند واکنش‌دهنده‌ها) = واکنش  $\Delta H$

$$\Delta H = (4 \text{ C-H} + 1 \text{ C=C} + 1 \text{ H-H}) - (6 \text{ C-H} + 1 \text{ C-C})$$

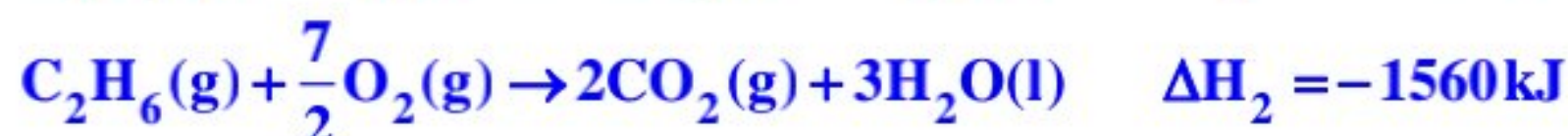
$$\Delta H = (4 \text{ mol} \times 415 \text{ kJ.mol}^{-1} + 1 \text{ mol} \times 614 \text{ kJ.mol}^{-1} + 1 \text{ mol} \times 436 \text{ kJ.mol}^{-1}) -$$

$$(6 \text{ mol} \times 415 \text{ kJ.mol}^{-1} + 1 \text{ mol} \times 348 \text{ kJ.mol}^{-1})$$

$$\Delta H = 3320 \text{ kJ} - 3274 \text{ kJ} \Rightarrow \Delta H = -128 \text{ kJ}$$

(ب) آنتالپی سوختن اتان، اتان و هیدروژن که به ترتیب برابر با ۱۴۱۰، -۱۵۶۰ و -۲۸۶ کیلو ژول بر مول است، حساب کنید.

**سوختن کامل این سه ماده به صورت زیر است:**



برای رسیدن به واکنش تهیه اتان از اتان باید واکنش اول و سوم بدون تغییر و واکنش دوم برعکس شوند. بنابراین  $\Delta H$  محاسبه شده از

$$\Delta H = \Delta H_1 - \Delta H_2 + \Delta H_3 = -1410 + 1560 + (-286) = -86 \text{ kJ}$$

این روش برابر است با:

محاسبات نشان می‌دهد که مقدار  $\Delta H$  محاسبه شده به روش آنتالپی پیوند با مقدار اندازه‌گیری شده به روش تجربی (سوختن) تفاوت دارد و با خطای بیشتری همراه است. لذا آنتالپی واکنش بر حسب واکنش سوختن که خطای کمتری دارد، انتخاب می‌شود.

ماده غذایی	برگه زردآلو	سیب	بادام
ارزش غذایی	۲۴۱	۵۲	۵۷۹
چربی (گرم)	۰/۵۱	۰/۱۷	۴۹/۹۰
کربوهیدرات (گرم)	۷۸/۷۰	۲۴/۲۰	۲۵/۹۰
پروتئین (گرم)	۳/۳۹	۰/۲۶	۲۱/۲۰

الف) اگر بدن فردی نیاز فوری و ضروری به تأمین انرژی داشته باشد، کدام خوراکی را پیشنهاد می‌کنید؟ چرا؟

**برگه زردآلو، چون مقدار کربوهیدرات موجود در آن بیشتر است و زودتر تولید انرژی می‌کند.**

ب) مصرف کدام خوراکی را برای فعالیت‌های فیزیکی که در مدت طولانی‌تری انجام می‌شوند، مناسب می‌دانید؟ توضیح دهید.

**بادام، چون میزان چربی موجود در آن بیشتر است و چربی‌ها در مدت زمان طولانی‌تری در سوخت‌وساز شرکت می‌کنند و کم کم انرژی خود را از دست می‌دهند.**

پ) اگر یک فرد 70 کیلوگرمی، 25 گرم بادام خورده باشد، برای مصرف انرژی حاصل از آن چه مدت باید پیاده‌روی کند؟ آهنگ مصرف

$$25 \text{ g} \times \frac{579 \text{ kcal}}{100 \text{ g}} \times \frac{1 \text{ h}}{190 \text{ kcal}} = 0/76 \text{ h} \text{ or } 45/6 \text{ min}$$

انرژی در پیاده‌روی را 190 kcal.h<sup>-1</sup> در نظر بگیرید.