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** می‌دانند.
- ✓ **کاهش** جرم خورشید به عنوان **تنها** منبع حیات بخش **انرژی** ، تبدیل **ماده** به **انرژی** را تأیید می‌کند. (طبق رابطهٔ انیشتین $E=mC^2$)
- ✓ نیاز به **انرژی** برای انجام هر فعالیت با هر **آهنگی**، وجود یک منبع **انرژی** نزدیک‌تر را آشکار می‌سازد؛ منبعی که در آن تغییرهای **فیزیکی** و به ویژه واکنش‌های **شیمیایی** انجام می‌شود.
- ✓ راه تأمین انرژی برای بدن **گوارش غذا** (چربی‌ها و قندها) است.
- ✓ **انرژی** از طریق **سوزاندن سوخت‌ها** و نیز **گوارش غذا** در بدن تأمین می‌شود.
- ✓ امیدواریم با بررسی و درک واکنش‌های **گرماشیمیایی** و **سرعت** انجام آنها، در استفادهٔ 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 دانه‌های خوراکی بود. انسان به تدریج آموخت که دانه‌ها را بکارد و فرآورده‌ها را درو کند؛ فرایندی که **نخستین** انقلاب در **کشاورزی** بود و باعث شد انسان‌ها حبوبات ، غلات و ... را به مقدار **زیادی** تولید کند.
- ✓ **افزایش جمعیت** جهان عاملی تعیین کنندهٔ در انقلاب کشاورزی بوده و هست، به طوری که امروزه تأمین غذای میلیاردها نفر بسیار **پیچیده** و **دشوار** است، زیرا برای انجام این مهم سالانه بایستی حجم انبوهی از **غلات**، **حبوبات**، **مواد پروتئینی** و...تولید شود.

نمودارتولید 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 می‌شود.
۳. روند تولید و مصرف غلات به طور **نامنظم** رو به **افزایش** است.
۴. اثر هر سال در **سال بعد** نشان داده می‌شود.

- ✓ **پیشرفت دانش** و **فناوری** موجب شده است که تولید فراورده‌های 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 فعالیت‌های **صنعتی** گوناگونی مانند **تولید**، **حمل و نقل**، **نگهداری**، **فراوری** و ... نیاز است. مجموعه حوزه‌هایی که **صنایع غذایی** نامیده می‌شوند.
- ✓ یکی از **مهم‌ترین** و شاید **دشوارترین** مسئولیت هر دولت، **تأمین غذای** افراد جامعه است. مسئولیتی که در گذشته با **قحطی** و **جنگ** غذا تهدید می‌شد و امروزه نیز **چالشی** نگران کننده به شمار می‌رود.
- ✓ در صنایع غذایی سطح وسیعی از زمین‌های **بایر** و حجم عظیمی از **آب‌های** قابل استفاده در **کشاورزی** مصرف می‌شود.

میثم احمدوند

خود را بیازمایید

ص ۵۱ کتاب درسی

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

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

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

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

الف) دیابت بزرگسالی یکی از بیماری‌های شایع در ایران است. مصرف بی رویهٔ 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 برنامهٔ 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 سالانهٔ **بالاتری** نسبت به سرانهٔ جهانی دارد.

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

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

استفاده از آنها همراه با مواد غذایی به صورت مستمر

محورهای مهم خود را بیازمایید :

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.

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 جملهٔ آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد :

۱- **انرژی** مورد نیاز بدن برای حرکت **ماهیچه‌ها**، **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**، **ماهیچه**، **آنزیم‌ها** و ...را فراهم می‌کند.

۳- تأمین **حرارت بدن** و **تنظیم** آن

همهٔ این فرایندها وابسته به انجام واکنش‌های **شیمیایی** هستند که هر یک **آهنگ** 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 آبلیمو** 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.

اسفناج	عدس	تخم مرغ	گوشت ماهی	ماست
خون ساز- حاوی **آهن**	**خون ساز**- حاوی **آهن**	حاوی **آمینو اسید** و **پروتئین ساز**	حاوی **امگا ـ ۳**	منبع غنی **منیزیم** و **کلسیم**

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

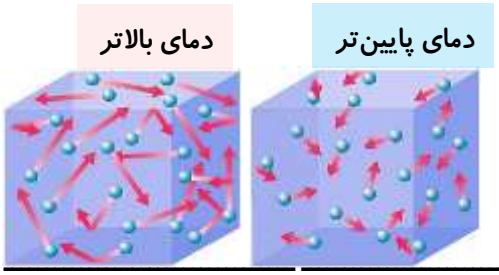
میثم احمدوند

- ✓ **یکی** از راه‌های آزادشدن 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 می کنند، اما میزان انرژی حاصل از سوختن آن ها **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 نشانهٔ 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 سازندهٔ یک ماده در سه حالت فیزیکی **جامد** ، **مایع** و **گاز** پیوسته در جنب‌وجوش هستند اما میزان جنب‌وجوش 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 سازندهٔ 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**
- ✓ **رابطهٔ 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 سازندهٔ 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 **۲۰ °C** بیشتر از آب مایع با دمای **۶۰ °C** است. دما معیاری برای توصیف انرژی جنبشی ذرات است نه تعیین انرژی جنبشی ذرات.
- ✓ چون انرژی **جنبشی** همهٔ ذرات یکسان **نیست** به همین دلیل از کلمه **میانگین** استفاده می‌کنیم.
- ✓ یکای رایج دما، درجه سلسیوس($^\circ C$) است در حالی که یکای دما در SI ،کلوین (K) می‌باشد.
- ✓ نماد دما بر حسب درجه سلسیوس، θ و برای کلوین، T است. رابطه بین این دو به صورت مقابل است : $T(K) = \theta(^\circ C) + 273$
- ✓ **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 ○ ص ۵۵ کتاب

۱) 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 واژهٔ نادرست، عبارت را کامل کنید.

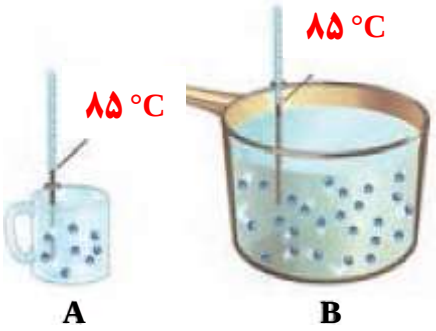
میثم احمدوند

الف) شکل A، نمونه‌ای از هوا را در ~~ظهر~~ / شب نشان می‌دهد.

ب) شکل B، نمونه ای از هوا را در یک روز تابستانی / ~~زمستانی~~ نشان می‌دهد.

پ) اگر مجموع انرژی جنبشی ذره‌های سازندهٔ یک نمونه ماده، هم ارز با انرژی گرمایی آن باشد، انرژی گرمایی ~~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.

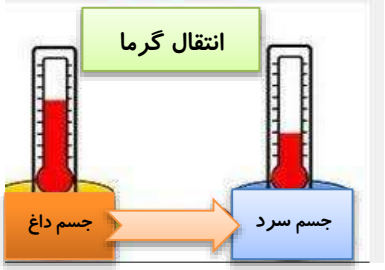
تهیهٔ غذای آب پز، تجربهٔ تفاوت دما و گرما :

زمانی که درون یک ظرف مقداری آب با دمای **۲۵ °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 **۲۵ °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.

مقایسهٔ 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** (°C) است در حالی که یکای دما در **SI** ، **کلوین** (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.

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

مقایسهٔ 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 **سیرنشده تر** از چربی است.)

میثم احمدوند

انواع ظرفیت‌های گرمایی :

ظرفیت گرمایی (C) : مقدار گرمای **لازم** برای افزایش دمای **یک جسم** به اندازهٔ **یک درجهٔ سلسیوس** (یا یک کلوین) است.

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

- 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 اندازهٔ **یک درجهٔ سلسیوس** است.

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

- به دلیل اینکه $\Delta\theta = \Delta T$ است در مخرج فرمول می‌توان بجای $\Delta\theta$ از ΔT استفاده کرد.
- ظرفیت گرمایی ویژهٔ یک ماده تنها به **نوع** آن ماده بستگی دارد زیرا آن ماده هر مقدار هم باشد ما 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 مادهٔ فرضی بسته به جرم آن می‌تواند بزرگتر، مساوی یا کوچک‌تر از ظرفیت گرمایی ویژه خود آن باشد. اگر جرم مادهٔ فرضی بیشتر از یک گرم باشد، ظرفیت گرمایی آن به همان نسبت بزرگتر از ظرفیت گرمایی ویژه خواهد بود، اگر جرم مادهٔ 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 ویژهٔ برخی مواد خالص در 1atm و 25°C

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

میثم احمدوند

- **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 **محاسبهٔ** 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 اندازهٔ ۲۰ درجهٔ 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 اندازهٔ **یک درجهٔ سلسیوس** است.

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

- 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 : $C_m = c \times M$

تعادلات 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 پایین‌تری 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 :

$$Q_1 + Q_2 = 0 \longrightarrow m_1c_1\Delta\theta_1 = -(m_2c_2\Delta\theta_2)$$

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 :

$$Q_1 + Q_2 + \ldots = Q_{کل} \longrightarrow m_1c_1\Delta\theta_1 + m_2c_2\Delta\theta_2 + \ldots = Q_{کل}$$

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 :

$$\theta_{تعادل} = \frac{m_1c_1\theta_1 + m_2c_2\theta_2}{m_1c_1 + m_2c_2}$$

با هم بیندیشیم ص ۵۷ کتاب

دو ظرف فلزی دارای ۲۰۰ گرم آب و ۲۰۰ گرم روغن زیتون در دمای ۲۵ °C را در نظر بگیرید و هم زمان محتویات تخم مرغی را به آرامی به هریک بیفزایید؛ با دادن گرما، دمای آنها را به ۷۵ °C برسانید. با توجه به شکل‌های داده شده، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

۲۰۰g آب (75°C) $\xrightarrow{۴۱۸۰۰J}$ ۲۰۰g آب (25°C)

۲۰۰g روغن زیتون (75°C) $\xrightarrow{۱۹۷۰۰J}$ ۲۰۰g روغن زیتون (25°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 ۵۰ 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 اندازهٔ یک درجهٔ سلسیوس است. با این توصیف ظرفیت گرمایی آب و روغن زیتون را محاسبه و با یکدیگر مقایسه کنید.

$$\text{ظرفیت گرمایی آب} = \frac{41800\ J}{50℃} = 836\ J.℃^{-1}$$

$$\text{ظرفیت گرمایی روغن زیتون} = \frac{19700\ J}{50℃} = 394\ J.℃^{-1}$$

ظرفیت گرمایی آب بیشتر است.

پ) ظرفیت گرمایی ماده به چه عواملی بستگی دارد؟ **(ظرفیت گرمایی در دمای اتاق و فشار 1atm اندازه گیری می شود)**

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.

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

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

ظرفیت گرمایی ویژه آب بیش تر است.

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

جرم × ظرفیت گرمایی ویژه = ظرفیت گرمایی

خود را بیازمایید

ص ۵۸ کتاب

۱) یک استکان چای با دمای ۹۰ °C درون اتاقی با دمای ۲۵ °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 واژهٔ 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 ۶۰°C در نظر بگیرید. اگر آنها را هم زمان در محیطی با دمای ۲۰ °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.**

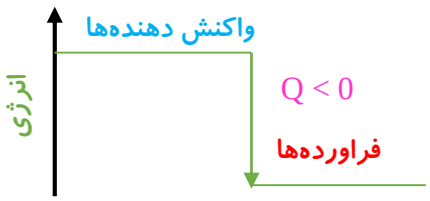
جاری شدن انرژی گرمایی :

- ✓ 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 **دیواره ای** که سامانه را از محیط **جدا** می‌کند ، **مرز** سامانه می‌گویند.
- ✓ **نکته** : مرز سامانه می تواند **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.



أ. سطح انرژی فراورده‌ها **پایین‌تر** از سطح انرژی واکنش دهنده‌هاست.

ب. فراورده‌ها **پایدارتر** از واکنش دهنده‌ها هستند.

ت. انرژی از **سامانه** به **محیط** جریان می‌یابد.

ث. **گرما** در سمت **فراورده‌ها** 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 $H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow 2HCl_{(g)} + Q$ یا $H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow 2HCl_{(g)} \quad \Delta H < 0$ است.

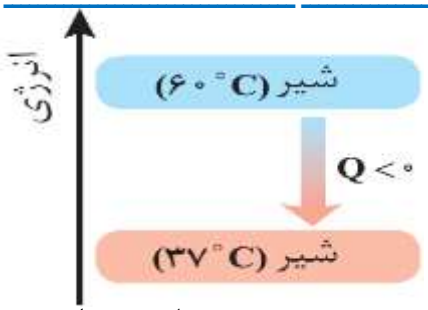
د. آنتالپی واکنش دهنده‌ها بیشتر از آنتالپی فراورده‌هاست. پس علامت تغییرات آنتالپی **منفی** است $\Delta H < 0$

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

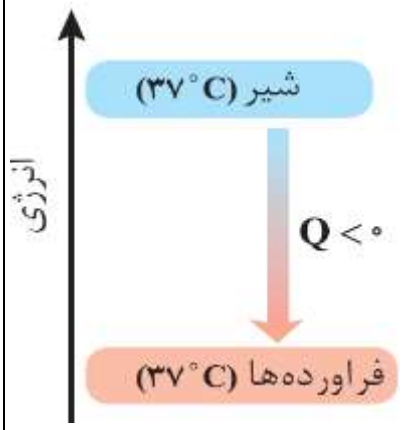
۱- انرژی که به هنگام برقراری **تعادل** گرمایی آزاد می‌شود.

فرایند همدما شدن شیر در بدن : گرما + شیر $(37^\circ C)$ → شیر $(60^\circ C)$

نمودار مربوط به فرایند **فیزیکی** است.



بخش **عمدهٔ** انرژی موجود در شیر هنگام فرایند **گوارش** و **سوخت‌و ساز** به بدن می‌رسد.

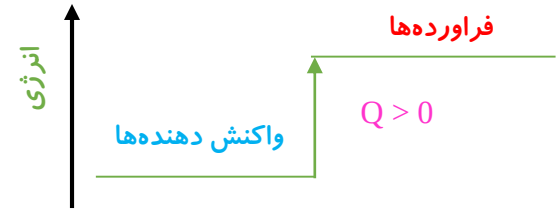


- ✓ تعریف **گوارش** : مجموعه فرایندهایی با انجام واکنش‌های شیمیایی گوناگون است که منجر به تولید **انرژی** و **مواد اولیه** مورد نیاز سوخت و ساز یاخته‌ها خواهد شد.
- ✓ در این واکنش ها با اینکه دما ثابت است (**۳۷ °C**) اما باز هم میان سامانه و محیط پیرامون، انرژی **داد و ستد** می‌شود.

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 **بالاتر** 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** می یابد. $\Delta\theta > 0$
- ✓ نمودار انرژی **صعودی** است.
- ✓ آنتالپی واکنش دهنده‌ها **کمتر** از آنتالپی فراورده‌هاست. پس علامت تغییرات آنتالپی **مثبت** است $\Delta H > ۰$
- ✓ الگوی نوشتاری به صورت $N_{2(g)} + O_{2(g)} + Q \rightarrow 2NO_{(g)}$ یا به صورت $N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{(g)} \quad \Delta H > 0$ 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 رابطهٔ **معکوس** دارد یعنی ذرات با **کسب** انرژی ناپایدارتر می‌شوند.
- ✓ اتم ها در حالت پایه با **جذب** انرژی به اتم‌های **برانگیخته** تبدیل می‌شوند. اتم‌های برانگیخته، **پرانرژی‌تر** و **ناپایدارترند**.

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 **همهٔ** 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 **گرماده** یا **گرماگیر** باشد.
- ✓ مواد غذایی پس از **گوارش**، **انرژی** لازم برای سوخت وساز 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 **۶۰°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، امّا به دلیل انرژی پیوندهایی که دچار تغییر شده‌اند انرژی **تولید** شده است. **(انجام واکنش در دمای ثابت)**

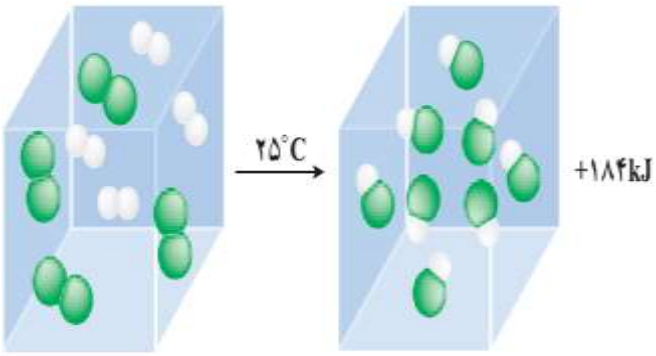
✓ ۲) فرایند همدما شدن بستنی در بدن با جذب انرژی (**گرماگیر**)، و گوارش و سوخت‌و ساز آن با آزاد شدن انرژی (**گرماده**) همراه است.

می‌توان نتیجه گرفت گرما در واکنش‌ها، به دو طریق مبادله می‌شود:

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 می‌شود.

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 می‌دهد که مقدار گرمای آزاد شده در واکنش‌ها، ناشی از تفاوت **انرژی گرمایی** (مجموع انرژی جنبشی ذرات) در مواد واکنش‌دهنده و فراورده **نیست** بلکه علت آن، تفاوت انرژی **پتانسیل** (ناشی از نیروهای نگه‌دارندهٔ ذره‌های سازندهٔ ذرات) میان واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها است.

✓ در **پرتو** منابع از انرژی **پتانسیل** موجود در یک نمونه ماده، با نام انرژی **شیمیایی** یاد می‌شود.

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

✓ با توجه به این توضیحات با انجام یک واکنش شیمیایی و **تغییر در شیوهٔ اتصال** اتم‌ها به یکدیگر، تفاوت *آشکاری* در انرژی **پتانسیل** وابسته به آنها ایجاد می‌شود؛ تفاوت انرژی‌ای که در واکنش‌ها به شکل **گرما** ظاهر می‌شود.

✓ انرژی پتانسیل یک نمونه ماده، انرژی **نهفته** شده در آن است، انرژی‌ای که ناشی از نیروهای **نگه‌دارندهٔ** ذره‌های سازندهٔ آن است، یعنی نیروهای **نگه‌دارندهٔ** 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 فراورده‌ها **نیست**.

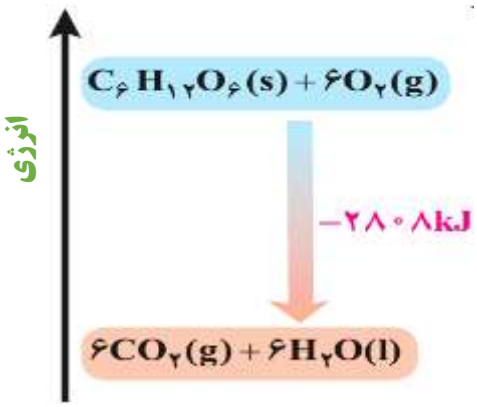
✓ گرمای جذب یا آزاد شده در هر واکنش **شیمیایی** را به طور عمده وابسته به **تفاوت** میان انرژی **پتانسیل** مواد واکنش دهنده و فراورده می‌باشد زیرا در دمای ثابت تفاوت چشمگیری میان **انرژی گرمایی** آنها وجود ندارد.

✓ به دلیل متفاوت بودن انرژی **شیمیایی** در واکنش‌های مختلف گرمای **مبادلهٔ** واکنش‌ها نیز متفاوت خواهد بود.

✓ تفاوت در انرژی **پتانسیل** باعث تغییر دما **نمی‌شود** ولی تفاوت در انرژی **جنبشی** باعث تغییر **دما** می‌شود.

✓ منبع انرژی در بدن، **غذا** است. منبعی که پس از انجام واکنش‌های شیمیایی گوناگون، **انرژی** آن به بدن می‌رسد.

✓ یکی از **مهم‌ترین** واکنش‌ها در فرایند **سوخت‌وساز** یاخته‌ای، اکسایش **گلوکز** در بدن است که فرایندی **گرماده** است :



✓ با وجود **تولید انرژی** در واکنش اکسایش گلوکز، دمای بدن تغییر محسوسی **نمی‌کند**، زیرا دمای مواد واکنش‌دهنده پیش از آغاز واکنش با دمای مواد فراورده پس از پایان واکنش **برابر** است در واقع واکنش در دمای ثابت ($\Delta\theta=0$) انجام می‌شود.

$$C_6H_{12}O_{6(s)} + 6O_{2(g)} \rightarrow 6CO_{2(g)} + 6H_2O_{(g)} + 2808\ kJ$$

✓ از طرفی گلوکز از طریق **فتوسنتز** توسط گیاهان حاصل می‌شود. **اکسایش** گلوکز نمونه‌ای از واکنش **گرماده** و **فتوسنتز** نمونه واکنش **گرماگیر** 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

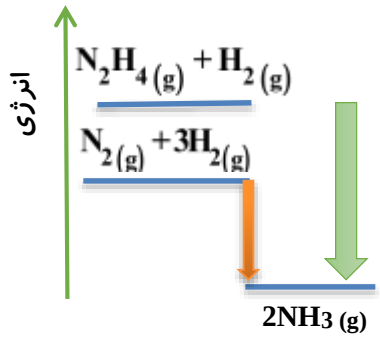
۲- نوع **فراورده‌ها**

۳- نوع **آلوتروپ**

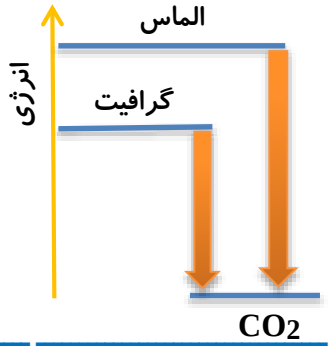
۴- **حالت فیزیکی** مواد شرکت کننده در واکنش

۵- **مقدار** واکنش دهنده

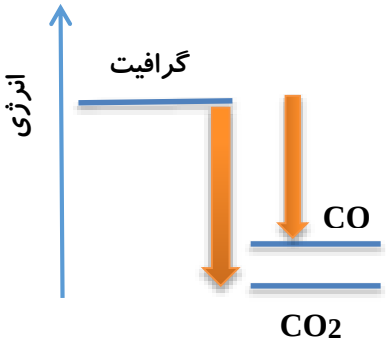
نوع واکنش دهنده



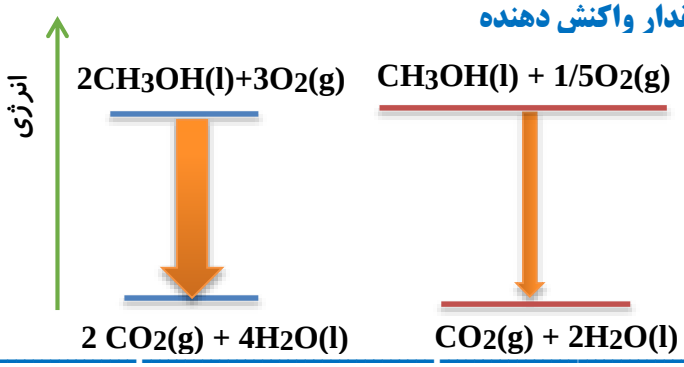
نوع آلوتروپ



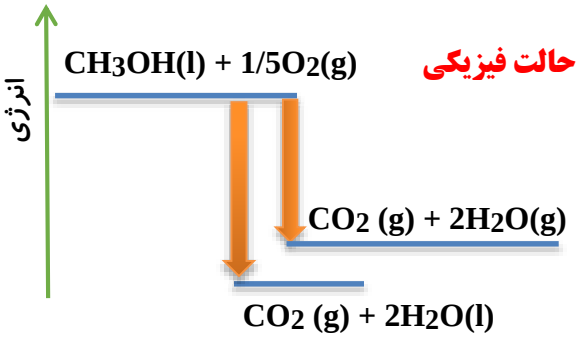
نوع فراورده



مقدار واکنش دهنده



حالت فیزیکی



با هم بیندیشیم

ص ۶۲ کتاب

۱) با توجه به واکنش‌های زیر پاسخ دهید:

$$N_2(g) + 3H_2(g) \xrightarrow{25^\circ C} 2NH_3(g) + 92\ kJ$$

$$N_2H_4(g) + H_2(g) \xrightarrow{25^\circ C} 2NH_3(g) + 183kJ$$

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 مقایسهٔ پایداری دو ماده می‌توان گفت به دلیل یکسان بودن محصول نهایی چون N_2H_4 گرمای بیشتری آزاد کرده است بنابراین ناپایدارتر بوده و سطح انرژی بالاتری دارد.**

✓ **(N_2H_4 هیدرازین ماده‌ای پر انرژی است که برای سوخت موشک استفاده می شود.)**

۲) گرافیت و الماس دو آلوتروپ کربن هستند که فراوردهٔ واکنش سوختن کامل آنها، گازکربن دی اکسید است.

$$(C\ s\ ,\ \text{گرافیت}) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 393/5\ kJ$$

$$(C\ s\ ,\ \text{الماس}) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 395/4\ kJ$$

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 مادهٔ فراورده ($CO_2(g)$) و سطح انرژی آن، گرافیت که گرمای کمتری آزاد کرده تا به پایداری بیشتر برسد، دارای پایداری بیشتری نسبت به الماس می‌باشد.**

پ) از سوختن کامل ۷/۲ g گرافیت، چند کیلوژول گرما آزاد می‌شود؟

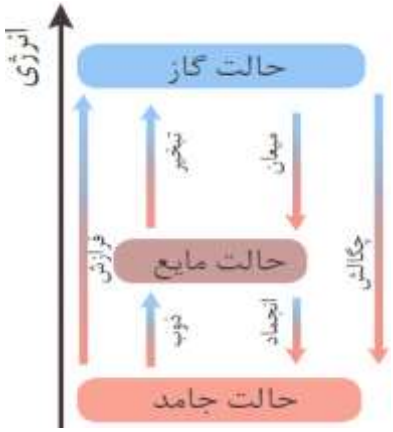
$$7/2\ g\ C \times \frac{1\ mol\ C}{12\ g\ C} \times \frac{393/5\ kJ}{1\ mol} = 236/1 kJ$$

---

۳) با توجه به واکنش $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g) + 484\ kJ$ پیش‌بینی کنید گرمای واکنش $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(l)$ کدام است (+422 kJ ، -422 kJ ، +572 kJ ، -572 kJ) ؟ چرا؟

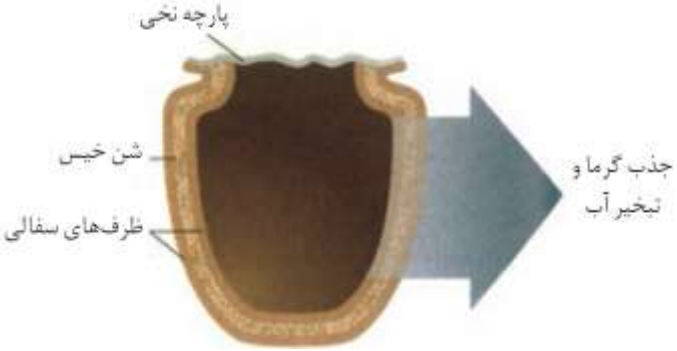
واکنش از نوع سوختن بوده و واکنش سوختن همواره گرماده است و انرژی دارای علامت منفی است. حالت استاندارد ترمودینامیکی آب، مایع است، بنابراین آب ابتدا به شکل مایع تولید می‌شود و با جذب گرما از محیط به بخار آب ($2H_2O(l) + Q \rightarrow 2H_2O(g)$) تبدیل می‌شود و اندکی محیط واکنش را سرد می‌کند، پس گرمای بیشتری آزاد می‌کند. پس عدد -572 kJ صحیح است.

- ✓ با تغییر **دما** یا **فشار** (در سامانهٔ گازی) گرمای واکنش **تغییر** می‌کند.
- ✓ با n برابر شدن **ضریب** استوکیومتری در یک واکنش گرمای واکنش نیز n برابر می‌شود.
- ✓ اگر واکنشی در جهت رفت **گرماگیر** باشد، در جهت برگشت **گرماده** است یعنی با تغییر جهت واکنش علامت گرما **معکوس** می‌شود.



- ✓ تغییر حالت **فیزیکی** مواد خالص با تغییر **انرژی** همراه است.
- ✓ **تعریف تغییر فیزیکی** : تغییراتی که در آنها مادهٔ **جدیدی** تولید نشده اما حالت **فیزیکی** (جامد–مایع–گاز) ماده تغییر **می‌کند**.
- ✓ با توجه به نمودار مشاهده می‌کنید 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 می‌باشد.
- ✓ در پیوندهای اشتراکی انرژی بصورت مقابل می‌باشد : **سه‌گانه** > **دوگانه** > **یگانه**

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 گرفته‌اند و فضای میان آنها با **شن خیس** پر می‌شود.
- ✓ **درپوش** این مجموعه نیز پوششی **نخی** و **مرطوب** است که **تهویه** را به آسانی انجام می‌دهد.با گذشت زمان و به مرور، آب در بدنه سفالی ظرف **بیرونی** نفوذ کرده و به آرامی **تبخیر** می‌شود. معادله انجام فرایند به صورت مقابل است : $H_2O_{(l)} + 44/1\ kJ \rightarrow H_2O_{(g)}$
- ✓ با توجه به معادلهٔ واکنش، برای تبخیر هر **مول** آب، **۴۴/۱** کیلوژول گرما از محیط **جذب** می‌شود.
- ✓ 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 **طولانی‌تر** مناسب می‌کند.
- ✓ *کاربرد* : **بدون** نیاز به انرژی **الکتریکی**، غذا را **خنک** و برای مدت طولانی‌تری **نگه** می‌دارد.

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 سازندهٔ 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.

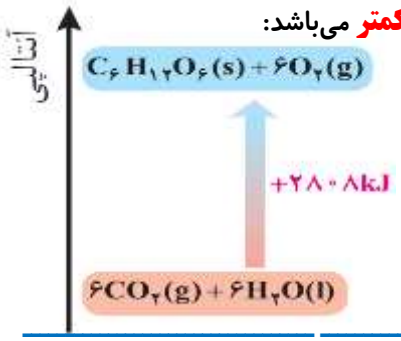
- ✓ یک نمونه ماده با **مقدار** آن در **دما** و **فشار** معین توصیف می‌شود مثلاً ۲۰۰ گرم آب در **دما** و **فشار** اتاق یک نمونه ماده است.
- ✓ هر **سامانه** (یا همهٔ مواد در اطراف ما) در **دما** و **فشار ثابت**، آنتالپی **معینی** دارد که با انجام یک واکنش **گرماگیر** آنتالپی آن **افزایش** می‌یابد و با 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 ① **مقدار** و ② **نوع ماده** و ③ **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 ΔH نیز نشان می‌دهند.
- ✓ برای یک واکنش اغلب به جای **تغییر آنتالپی** واکنش، واژهٔ آنتالپی واکنش به کار می‌رود.
- ✓ **آنتالپی** : گرمای مبادله شدهٔ یک واکنش در **فشار ثابت** است که با H نشان داده می‌شود و **تغییر آن** نیز با ΔH نمایش داده می‌شود.

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

- ✓ **تغییر** آنتالپی واکنش در دما و فشار ثابت به علت تغییر در **شیوه اتصال اتم‌هاست**.
- ✓ مقدار عددی ΔH 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 واکنش‌دهنده‌ها از آنتالپی فرآورده‌ها **کمتر** می‌باشد:

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



فتوسنتز مثالی از واکنش **گرماگیر** است.

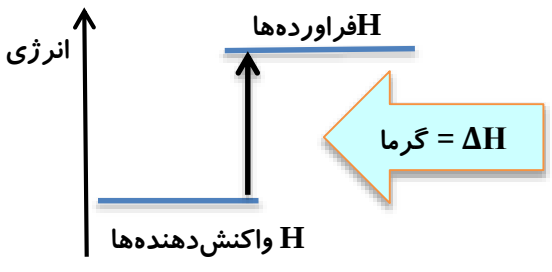
$$6CO_{2(g)} + 6H_2O_{(l)} + 2808\ kJ \rightarrow C_6H_{12}O_{6(s)} + 6O_{2(g)} \quad : \Delta H > 0$$

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

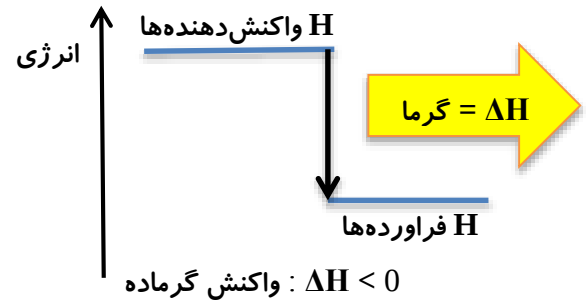
$$\Delta H_{\text{واکنش}} = H_{\text{فراورده ها}} - H_{\text{واکنش دهنده ها}} < 0 \longrightarrow H_{\text{فرآورده ها}} < H_{\text{واکنش دهنده ها}}$$

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

$$C_6H_{12}O_{6(s)} + 6O_{2(g)} \rightarrow 6CO_{2(g)} + 6H_2O_{(l)} + 2808\ kJ : \Delta H < 0$$



$\Delta H > 0$: واکنش گرماگیر



$\Delta H < 0$: واکنش گرماده

✓ وقتی یک واکنش **گرماده** اتفاق می‌افتد نخست دمای فراورده‌ها **بالا** می‌رود، بعد فراورده‌ها می‌توانند آن قدر گرما از دست **بدهند** تا به دمای اولیه واکنش دهنده‌ها برسند، این مقدار گرما همان ΔH است.

✓ **آنتالپی** از جنس **انرژی** است و به طور **مطلق** قابل اندازه‌گیری **نیست** بلکه تغییرات آن (ΔH) قابل اندازه‌گیری است و یکای آن **کیلو ژول بر مول** می‌باشد.

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

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

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

خود را بیازمایید صفحه ۶۴ و ۶۵ کتاب درسی:

۱) نماد Q را در هر معادله وارد کرده سپس علامت « ΔH » را در هر مورد مشخص کنید.

الف) $CO_2(s) + Q \rightarrow CO_2(g)$

$\Delta H > 0$

ب) $CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g) + Q$

$\Delta H < 0$

پ) $N_2O_4(g) + Q \rightarrow 2NO_2(g)$

$\Delta H > 0$

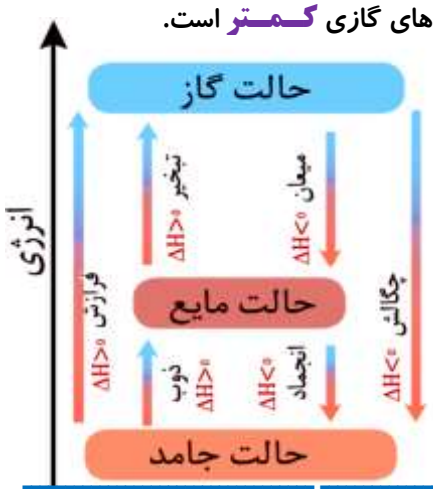
ت) $H_2O(l) \rightarrow H_2O(s) + Q$

$\Delta H < 0$

✓ NO_2 یکی از آلاینده‌های هوا می‌باشد که رنگ آن **قهوه‌ای** (خرمایی) می‌باشد.

✓ نماد Q در سمت مخالف مواد ناپایدار (O_3 ، H_2O_2 ، NO ، N_2H_4) قرار می‌گیرد.

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



✓ در واکنش‌های **سوختن** همواره گرما در سمت **فراورده‌ها** قرار می‌گیرد.

✓ 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 می‌شود گرما **آزاد** یا **تولید** می‌شود علامت ΔH **منفی** است.

✓ زمانی که در مسئله گفته می‌شود گرمای **مورد نیاز** یا **گرمای لازم** برای انجام واکنش علامت ΔH **مثبت** است.

---

۲) اگر برای تولید یک مول گاز اوزون از گاز اکسیژن، آنتالپی به اندازهٔ ۱۴۳ kJ افزایش یابد، آنتالپی واکنش $3O_2(g) \rightarrow 2O_3(g)$ را در جهت رفت و در جهت برگشت حساب کنید.

$2O_3(g) \rightarrow 3O_2(g) + 286$

$\Delta H_{\text{برگشت}} = -286\ kJ$

$3O_2(g) + 286\ kJ \rightarrow 2O_3(g)$

$\Delta H_{\text{رفت}} = +286\ kJ$

گرماشیمی (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 : $A + 2B \longrightarrow 3C + 60\ kJ$ 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 ΔH ، ابتدا مقدار ماده مورد نظر را به مول تبدیل کرده و سپس با استفاده از معادلهٔ 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 SO_2 چه قدر است؟ ($S=32 \ , \ O=16 : g.mol^{-1}$)

$$2SO_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2SO_3(g) \quad \Delta H = -198/2\ kJ$$

$$\Delta H = 96\ g\ SO_2 \times \frac{1\ mol\ SO_2}{64\ g\ SO_2} \times \frac{-198/2\ kJ}{2\ mol\ SO_2} = -148/65\ kJ\ 198/2$$

تمرین : با توجه به واکنش: $N_2O_{3(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow N_{2(g)} + 3H_2O_{(l)} \ , \Delta H = -1653\ kJ$ ، به ازای مصرف هر گرم گاز هیدروژن در این واکنش، چند کیلوژول گرما آزاد می‌شود؟ ($H=1\ g.mol^{-1}$)

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

$$2Al_{(s)} + Fe_2O_{3(s)} \rightarrow Al_2O_{3(s)} + 2Fe_{(l)}$$

تمرین : اگر ΔH واکنش: $Fe_{(s)} + H_2O_{(g)} \rightarrow Fe_3O_{4(s)} + H_{2(g)}$ پس از موازنه برابر $-۱۵۰\ kJ$ باشد، گرمای آزادشده ضمن تشکیل چند لیتر گاز هیدروژن در شرایطی که حجم مولی گازها برابر ۲۵ لیتر است دمای ۳۰۰ گرم آب را به اندازه $40^{\circ}C$ بالا می‌برد؟

($c_{H_2O} = 4.2J.g^{-1}.{}^{\circ}C^{-1}$)

آنتالپی پیوند و میانگین آن :

- ✓ انجام یک واکنش شیمیایی نشانه‌ایی از تغییر در **شیوهٔ اتصال** اتم‌ها به یکدیگر است که به تغییر در **ساختار** و **خواص** مواد منجر می‌شود.
- ✓ یکی از خواصی که در واکنش های 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 دربارهٔ آنتالپی پیوند و میانگین آنتالپی پیوند :

- از آنجا که برای شکستن 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 می‌توان 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 N_2، HCl، O_2 و ... که تنها از دو اتم تشکیل شده‌اند، به کار بردن **آنتالپی پیوند** صحیح می‌باشد، در حالی که برای مولکول‌های چند اتمی مانند CH_4 ، H_2O ، NH_3 و ... که اتم مرکزی به چند اتم **یکسان** متصل است (چند پیوند مشابه در مولکول داریم، مثلاً در 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 : $CH_4\ (g) + 1660\ kJ \rightarrow C\ (g) + 4H\ (g)$ میانگین آنتالپی پیوند (C-H) در جدول‌ها $415\ kJ.mol^{-1}$ درج شده به دیگر سخن $\Delta H\ (C\text{-}H) = 415\ kJ\ mol^{-1}$ است.

- آنتالپی پیوند به نوع مولکول نیز بستگی دارد. به طور مثال آنتالپی پیوند C-C در مولکول‌های C_2H_6 و C_2H_5Cl متفاوت است و یا آنتالپی پیوند C=C در مولکول های C_2H_4 و C_2Cl_4 متفاوت است پس از میانگین آنتالپی پیوند استفاده می‌شود.
- انرژی لازم برای شکستن پیوندهای اشتراکی موجود در یک مول $H_2(g)$ و تبدیل آن به **۲** مول H(g) ، حدود **۴۳۶ kJ** است که به آن آنتالپی پیوند H-H گفته شده و با $\Delta H_{(H\text{-}H)} = 436\ kJ$ نشان می‌دهند. $\Delta H = 436\ kJ.mol^{-1}$ $H_2(g) + 436\ kJ \rightarrow 2H(g)$
- 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 $17/04\ kJ$ است؛ آنتالپی پیوند Cl-Cl چه مقدار است؟ $(Cl = 35/5\ gmol^{-1})$

$$1mol\ Cl_2 \times \frac{71g\ Cl_2}{1\ mol\ Cl_2} \times \frac{17/04\ kJ}{5g} = 242\ kJ$$

آنتالپی برخی پیوندها :

پیوند	Cl-Cl	Br-Br	I-I	H-F	H-H	H-Cl	O=O	N≡N
آنتالپی $(kJ.mol^{-1})$	۲۴۲	۱۹۳	۱۵۱	۵۶۷	۴۳۶	۴۳۱	۴۹۵	۹۴۵

میانگین آنتالپی پیوندها :

پیوند	C-O	N-H	O-H	C- C	C= C	C≡C	C= O	N-N	O-O
میانگین آنتالپی $(kJ.mol^{-1})$	۳۸۰	۳۹۱	۴۶۳	۳۴۸	۶۱۴	۸۳۹	۷۹۹	۱۶۳	۱۴۶

- 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. $H - F > H - H$
- هر چه شعاع یک اتم **بزرگ‌تر** باشد، طول پیوند آن **بزرگ‌تر** بوده و در نتیجه آنتالپی پیوند **کوچک‌تر** است. مثلا: $Cl - Cl > I - I$

از آنجا که معمولاً مقدار عددی طول پیوند کووالانسی در سوالات داده نمی‌شود باید بتوانیم این طول‌ها را مقایسه کنیم. در یک پیوند دو اتم 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 مقایسهٔ آنتالپی پیوند Cl-Cl و I-I به دلیل اینکه هر دو پیوند **یگانه** هستند از مقایسهٔ 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 مقایسهٔ 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 **دوگانه** 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

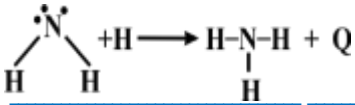
با استفاده از داده‌های جدول مربوط به آنتالپی پیوندها ، آنتالپی هریک از واکنش‌های زیر را پیش‌بینی کنید.

الف) $H_2O(g) \longrightarrow O(g) + 2H(g)$ ب) $NH_2(g) + H(g) \longrightarrow NH_3(g)$

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

$\longrightarrow 2H + O + Q$ $\quad \Delta H = 2\times 463\,kJ = +926\,kJ$

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



$\Delta H = -391\,kJ$

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

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

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

۲- نماد Q را در هر معادله وارد کرده، سپس علامت ΔH را در هر مورد مشخص کنید.

آ) $C(S, \text{گرافیت}) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + Q$ $\quad \Delta H < 0$

ب) $Q + \text{شیر}\ (37^\circ C) \rightarrow \text{شیر}\ (60^\circ C)$ $\quad \Delta H < 0$

پ) $N_2O_4(g) + Q \longrightarrow 2NO_2(g)$ $\quad \Delta H > 0$

ت) $H_2O(s) + Q \rightarrow H_2O(l)$ $\quad \Delta H > 0$

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

۱) C و C در اتین ۲) O و O در O_2 ۳) N و N در N_2 ۴) C و C در اتان

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

۱) C≡C ۲) Br-H ۳) N≡N ۴) F-F

۵- کدام گزینه نادرست است؟

۱) تغییر در شیوهٔ 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 $H_2(g)$ و تبدیل آن به دو مول $H(g)$ را انرژی پیوند «H-H» می‌گویند.

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

۱) $HCl(g) \rightarrow \frac{1}{2}H_2(g) + \frac{1}{2}Cl_2(g)$
۲) $2H(g) + 2Cl(g) \rightarrow 2HCl(g)$
۳) $HCl(g) \rightarrow H(g) + Cl(g)$
۴) $H(g) + Cl(g) \rightarrow HCl(g)$

۷- برای محاسبهٔ ΔH کدام‌یک از واکنش‌های زیر می‌توان از آنتالپی پیوند استفاده نمود؟

۱) $CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l)$
۲) $I_2(s) \rightarrow 2I(g)$
۳) $C_6H_{12}O_6(s) + 6O_2(g) \rightarrow 6CO_2(g) + 6H_2O(l)$
۴) $N_2(g) + 2H_2(g) \rightarrow N_2H_4(g)$

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

۱) $C=O$
۲) $C=C$
۳) $O=O$
۴) $O-H$

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.

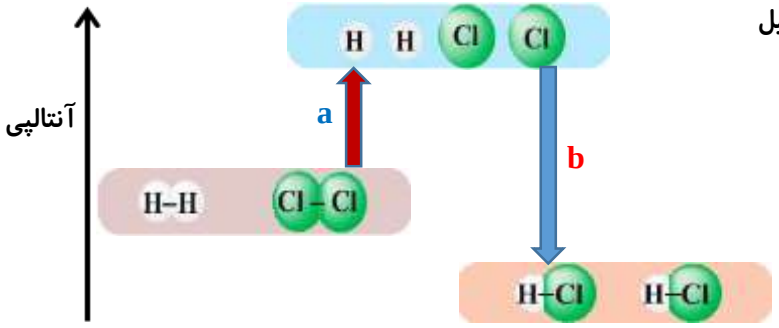
آنتالپی پیوند، راهی برای تعیین ΔH واکنش :

یکی از راه‌های کاربردی برای محاسبهٔ ΔH واکنش‌ها، استفاده از **آنتالپی پیوندهای مواد شرکت کننده** در واکنش است. برای تعیین آنتالپی (ΔH) **برخی** ازواکنش‌ها، می‌توان از آنتالپی پیوند و میانگین آن بهره برد. فرض می‌کنیم در یک واکنش، تمام پیوندهای اشتراکی در واکنش‌دهنده‌ها **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 فراورده‌ها را ایجاد می‌کنند. در این حالت نمودارها به صورت زیر است:

$\Delta H_{واکنش} = \Delta H_1 + \Delta H_2$ و ΔH_2 = مجموع آنتالپی پیوند فرآورده‌ها < 0 و ΔH_1 = مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها > 0

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

$$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow 2HCl_{(g)}$$



کمیت a در نمودار فوق انرژی لازم برای شکستن پیوندهای اشتراکی H-H و 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:

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

کمیت b در این نمودار، انرژی حاصل از تشکیل پیوندهای اشتراکی 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 :

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

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

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

- ✓ تعیین ΔH از روش آنتالپی پیوند برای واکنش‌هایی مناسب است که همهٔ مواد شرکت کننده در آن‌ها به حالت **گاز** هستند.
- ✓ هر چه مولکول‌های مواد شرکت‌کننده در یک واکنش، **ساده‌تر** باشند مقدار ΔH 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 ΔH 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 واکنش‌دهنده‌ها، **عیناً** در فراورده‌ها وجود دارند به همین دلیل می‌توانیم از رابطه زیر هم استفاده کنیم :

$$\Delta H_{\text{واکنش}} = [\text{مجموع آنتالپی پیوندهای تشکیل شده در فرآورده‌ها}] - [\text{مجموع آنتالپی پیوندهای شکسته شده در واکنش دهنده‌ها}]$$

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

$$\Delta H_{\text{(واکنش)}} = \begin{bmatrix}\text{مجموع آنتالپی پیوندها}\\ \text{در مواد واکنش‌دهنده}\end{bmatrix} - \begin{bmatrix}\text{مجموع آنتالپی پیوندها}\\ \text{در مواد فراورده}\end{bmatrix}$$

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 موردنظر است.

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

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

الف)

$$N\equiv N(g) + 3H_2(g) \longrightarrow H_2N-NH_2(g) \qquad \Delta H = +91\ kJ$$

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

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

ب)

$$2CH_4(g) \longrightarrow C_2H_6(g) + H_2(g) \qquad \Delta H = +65\ kJ$$

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

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

پ)

$$2H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2H_2O(g) \qquad \Delta H = -484\ kJ$$

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

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

مقدار ΔH محاسبه شده، اندکی با ΔH 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) هرچه شعاع اتم‌های تشکیل‌دهنده پیوند بزرگ‌تر باشد، آنتالپی پیوند(بیشتر/**کمتر**) است.

۲- ΔH واکنش : $CH_4(g)+2O_2(g)\longrightarrow CO_2(g)+2H_2O(g)$ چند کیلوژول است؟

(انرژی پیوندهای $C-H$ و $O=O$ و $C=O$ و $O-H$ را برحسب کیلوژول بر مول ۴۱۵ ، ۴۹۵، ۷۹۹ و ۴۶۳ درنظر بگیرید.)

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

۳- با توجه به واکنش و جدول زیر ، آنتالپی پیوند $H-H$ بر حسب کیلو ژول بر مول حساب کنید.

$$C_2H_4(g)+H_2(g)\xrightarrow{25^\circ C}C_2H_6(g)\quad +128kJ$$

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

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

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

$\Delta H\ (H-H)=+436kJ$

۴- با توجه به داده‌های جدول زیر، ΔH واکنش: $CO(g)+2H_2(g)\rightarrow CH_3OH(g)$، چند کیلوژول است؟

$$C\equiv O+2(H-H)\rightarrow H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-O-H$$

نوع پیوند	$C\equiv O$	$H-H$	$C-H$	$C-O$	$O-H$
آنتالپی $(kJ.mol^{-1})$	۱۰۷۵	۴۳۶	۴۱۴	۳۵۱	۴۶۴

۱) -۲۱۰ ۲) -۱۸۰ ۳) -۱۱۰ ۴) -۸۰

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

۵- با توجّه به اطلاعات داده شده، میانگین آنتالپی پیوند $C-C$ چند کیلوژول بر مول است؟

$$2CH_4(g)\rightarrow C_2H_6(g)+H_2(g)\quad \Delta H=65kJ$$

$$2\left(H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-H\right)\rightarrow H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\underset{H}{\overset{H}{C}}-H+(H-H)$$

پیوند	$C-H$	$H-H$
میانگین آنتالپی $(kJ.mol^{-1})$	۴۱۲	۴۳۶

۱) ۳۲۳ ۲) ۳۴۸ ۳) ۳۸۸ ۴) ۲۵۸

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

$65=(8\times412)-[(6\times412)+(C-C)+436]\rightarrow \Delta H_{(C-C)}=323kJ.mol^{-1}$

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

$$2NH_3(g)+CO(g)\rightarrow H_2N-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-NH_2(g)+H_2(g)$$

پیوند	$H-H$	$C=O$	$N-C$	$N-H$	$C\equiv O$
آنتالپی یا میانگین پیوند $(kJ.mol^{-1})$	۴۳۶	۷۴۵	۲۹۳	۳۸۹	۱۰۷۵

۱) ۶۸ ۲) -۸۶ ۳) -۶۸ ۴) ۸۶

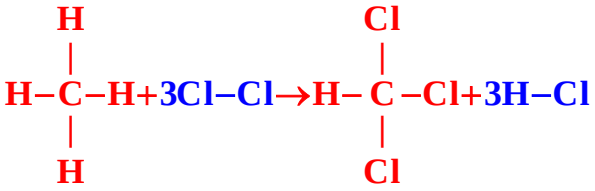
$$2H-\underset{H}{N}-H+C\equiv O\rightarrow H-\underset{H}{N}-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-\underset{H}{N}-H+H-H$$

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

$$=[6\times389+1075]-[(4\times389)+(2\times293)+745+436]=86\,kJ$$

۷- با توجه به انرژی‌های پیوند داده شده گرمای واکنش زیر برحسب kJ کدام است؟

$$CH_4(g)+3Cl_2(g)\rightarrow CHCl_3(g)+3HCl(g)$$



پیوند	C – H	Cl – Cl	C – Cl	H – Cl
انرژی ($kJ.mol^{-1}$)	۴۱۲	۲۴۲	۳۲۶	۴۳۱

۱) ۷۲۲- ۲) ۳۰۹- ۳) ۲۱۴- ۴) ۷۶-

$$4(C-H)+3(Cl-Cl)\rightarrow(C-H)+3(C-Cl)+3(H-Cl)$$

$$\Delta H=(4\times412+3\times242)-(1\times412+3\times326+3\times431)=-309\,kJ$$

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

$$2CH_4(g)\rightarrow H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\underset{H}{\overset{H}{C}}-H(g)+H_2(g)$$

پیوند	C – C	C – H	H – H
میانگین آنتالپی پیوند ($kJ.mol^{-1}$)	۳۴۸	۴۱۲	۴۳۶

۱) ۲۵ ۲) ۴۰ ۳) ۵۰ ۴) ۶۲/۵

$$8(C-H)\rightarrow(C-C)+6(C-H)+(H-H)$$

$$\Delta H_{\text{واکنش}}=[(8\times412)]-[(6\times412)+348+436]\rightarrow\Delta H$$

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

$$\frac{20\,g}{2\times16\,g}=\frac{x}{40\,kJ}\rightarrow x=25\,kJ$$

۹- با توجّه به داده‌های جدول، ΔH واکنش زیر چند کیلوژول است؟

$$C_3H_8(g)+5O_2(g)\rightarrow3CO_2(g)+4H_2O(g)$$

نوع پیوند	C – C	C – H	O = O	O – H	C = O
آنتالپی ($kJ.mol$)	۳۴۸	۴۱۵	۴۹۵	۴۶۳	۷۹۹

۱) ۹۴۰ ۲) ۲۰۰۷ ۳) ۹۴۰- ۴) ۲۰۰۷-

ابتدا واکنش را به فرم زیر بازنویسی می‌کنیم:

$$H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\underset{H}{\overset{H}{C}}-H+5(O=O)\rightarrow3(O=C=O)+4(H-O-H)$$

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

$$=[(8\times415)+(2\times348)+(5\times495)]-[(6\times799)+(8\times463)]=6491-8498=-2007\,kJ$$

۱۰- آنتالپی واکنش $N_2(g)+2H_2(g)\rightarrow N_2H_4(g)$ برابر ۹۱ کیلوژول است. اگر آنتالپی پیوندهای $N-H, N-N$ و $H-H$ به ترتیب برابر ۱۶۲ و ۳۹۱ و ۴۳۶ کیلوژول بر مول باشد، آنتالپی پیوند $N\equiv N$ چند کیلوژول بر مول است؟

$$N\equiv N(g)+2H-H(g)\rightarrow H-\underset{H}{\overset{H}{N}}-\underset{H}{\overset{H}{N}}-H(g)$$

۱) ۷۵۱ ۲) ۹۴۵ ۳) ۸۱۰ ۴) ۹۷۵

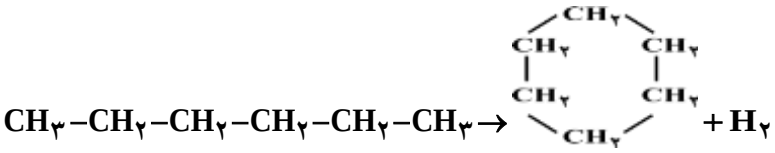
$$\Delta H=91\,kJ$$

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

$$\Rightarrow91=[\Delta H(N\equiv N)+2(436)]-[(162)+4(391)]\Rightarrow\Delta H(N\equiv N)=945\,kJ.mol^{-1}$$

۱۱- با توجه به آنتالپی پیوندها و واکنش زیر کدام هیدروکربن زیر پایدارتر است و ΔH این واکنش، چند کیلوژول است؟

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



۱) هگزان، ۴۰- ۲) سیکلوهگزان، ۴۰- ۳) هگزان، ۴۰+ ۴) سیکلوهگزان، ۴۰+

✓ **در روش محاسبهٔ آنتالپی یک واکنش با استفاده از مقادیر آنتالپی پیوند، می‌توان از رابطهٔ زیر نیز استفاده کرد.**

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

پاسخ: با توجه به مقایسهٔ ساختار گسترده مواد واکنش‌دهنده 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:

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

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

پیوند با زندگی : ادویه‌ها (گروه‌های عاملی) (صفحه ۶۸ کتاب درسی)

✓ ادویه‌ها نقشی جالب در تمدن و تاریخ ملت‌ها دارند. به طوری که بو و مزهٔ لذت‌بخش غذاهای بومی در هر جای جهان، اغلب به دلیل افزودن ادویه‌های ویژه‌ای به آن‌هاست. این مواد علاوه بر **رنگ**، **بو** و **مزهٔ** خوشایندی که به غذا می‌دهند؛ مصرف **دارویی** نیز دارند و امروزه دارای کاربردهای زیر نیز هستند:

- ✓ **جلوگیری از گرسنگی**
- ✓ **افزایش سوخت‌و ساز**
- ✓ **جلوگیری از التهاب**
- ✓ **پیشگیری از سرطان یا کاهی 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.

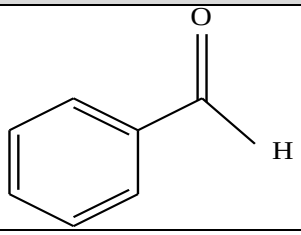
✓ بررسی مواد آلی موجود در ادویه‌ها نشان می‌دهد که وجود آرایش ویژه‌ای از اتم‌ها به نام **گروه عاملی** نقش تعیین کننده‌ای در خواص آن‌ها دارد. در واقع، گروهای عاملی، **خواص** و **رفتارهای** ترکیب‌های آلی را تعیین می‌کنند.

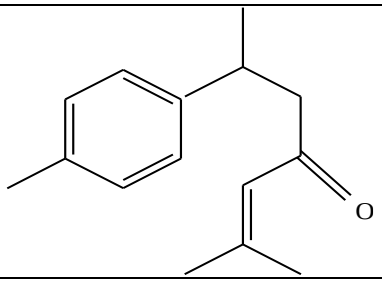
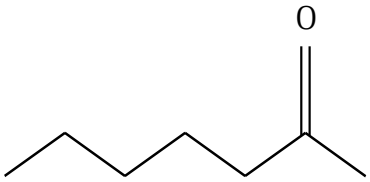
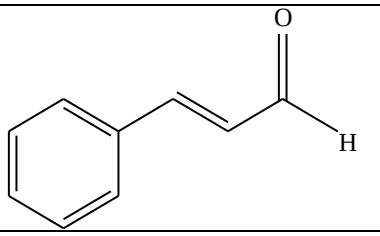
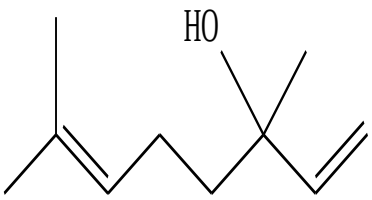
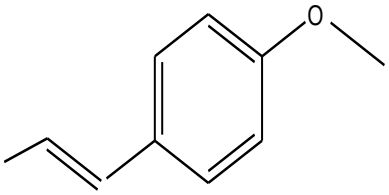
✓ **گروه عاملی** : آرایش **منظمی** از اتم‌هاست که به مولکول **آلی** دارای آن، خواص **فیزیکی** و **شیمیایی** منحصر به فردی می‌بخشد.

✓ 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** نشانهٔ وجود یک گروه عاملی به نام **کربونیل** است، گروهی که به **آلدهیدها** و **کتون‌ها** خواص ویژه‌ای می‌بخشد.

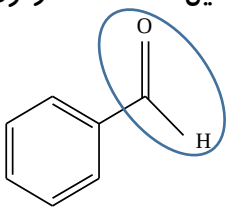
✓ گروه‌های عاملی یکسان در مولکول‌های مختلف به واکنش شیمیایی **یکسان** در آن مولکول‌ها می‌انجامند و حتی برخی خواص **فیزیکی** مشابه در مولکول‌ها را نیز سبب می‌شوند.

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

نوع ماده	تصویر	ساختار	گروه عاملی	فرمول مولکولی
بادام			آلدهیدی	C_7H_6O

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

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

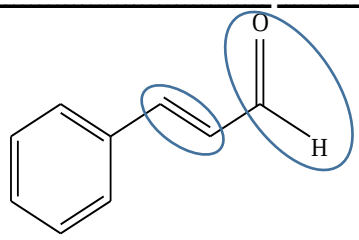


مولکولی ترکیب مقابل C_7H_6O است.

این ترکیب **سیرنشده** 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.

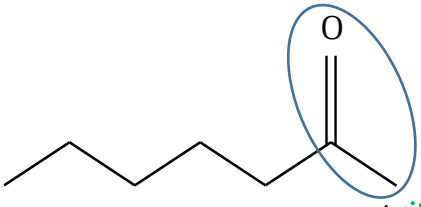


فرمول مولکولی ترکیب مقابل C_9H_8O است.

این ترکیب **سیرنشده** است.

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

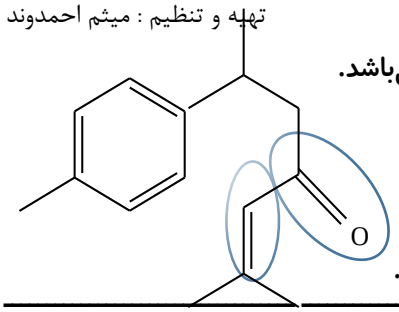
✓ یکی از ترکیبات آلی موجود در **میخک**، **۲– هپتانون** است که دارای **۷** اتم کربن و یک گروه عاملی **کربونیل** می‌باشد.



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

این ترکیب **سیرشده** است.

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



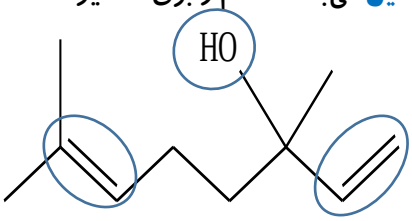
✓ یکی از ترکیبات آلی موجود در **زردچوبه** ساختار روبرو باشد که دارای گروه عاملی **کربونیل** می‌باشد.

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

این ترکیب **سیرنشده** 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** می‌باشد. طعم و بوی گشنیز عمدتاً وابسته به این گروه عاملی است.

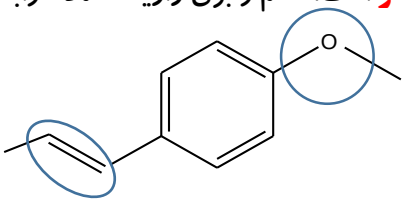


فرمول مولکولی ترکیب مقابل $C_{10}H_{17}OH$ یا $C_{10}H_{18}O$ است.

این ترکیب **سیرنشده** 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 می‌باشد که دارای گروه عاملی **اتر** است. طعم و بوی رازیانه عمدتاً وابسته به این گروه عاملی است.



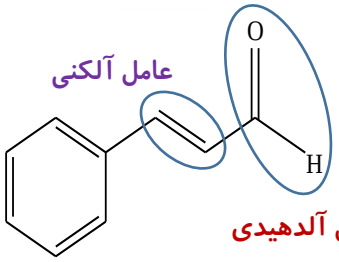
فرمول مولکولی ترکیب مقابل $C_{10}H_{12}O$ است.

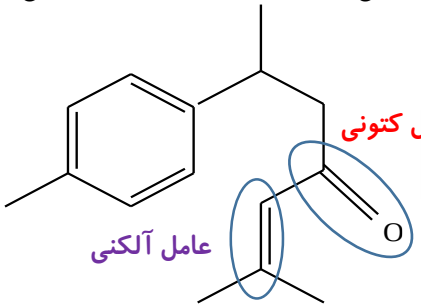
این ترکیب **سیرنشده** است.

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

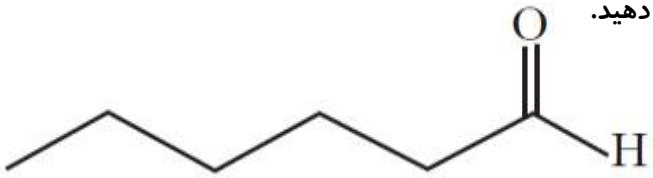
خود را بیازمایید **صفحه ۶۹ و ۷۰ کتاب درسی**

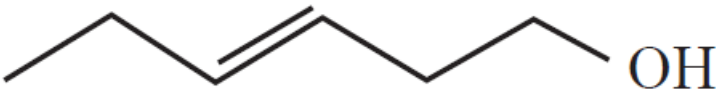
۱- هر ساختار زیر یک ترکیب آلی موجود در آن ادویه را نشان می‌دهد. گروه‌های عاملی موجود در هر مولکول را مشخص کنید و نام آنها را بنویسید.





۲- با توجه به ساختار ترکیب‌های آلی زیر به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.





الف) شمار و نوع اتم‌های 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 آلدهیدی است.

پ) آیا محتوای انرژی آنها را یکسان پیش بینی می‌کنید؟ 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 اکسیژن‌دار آورده شده است:

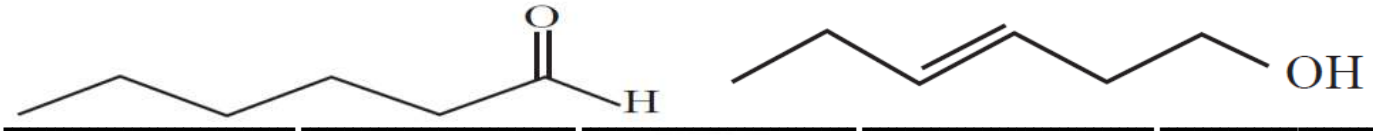
نام خانواده دارای گروه عاملی	فرمول گروه عاملی	نام گروه عاملی	فرمول مولکولی داری بخش هیدروکربنی سیر شده	
الکل	-OH	هیدروکسیل	$C_nH_{2n+1}OH$ یا $C_nH_{2n+2}O$	R-OH
اتر	-O-	اتری	$C_nH_{2n+2}O$	R-O-R´
آلدهید	-CHO یا $-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H$	آلدهیدی	$C_nH_{2n}O$	R-CHO
کتون	- CO - یا $-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-$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

- شیمی‌دان‌ها 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.

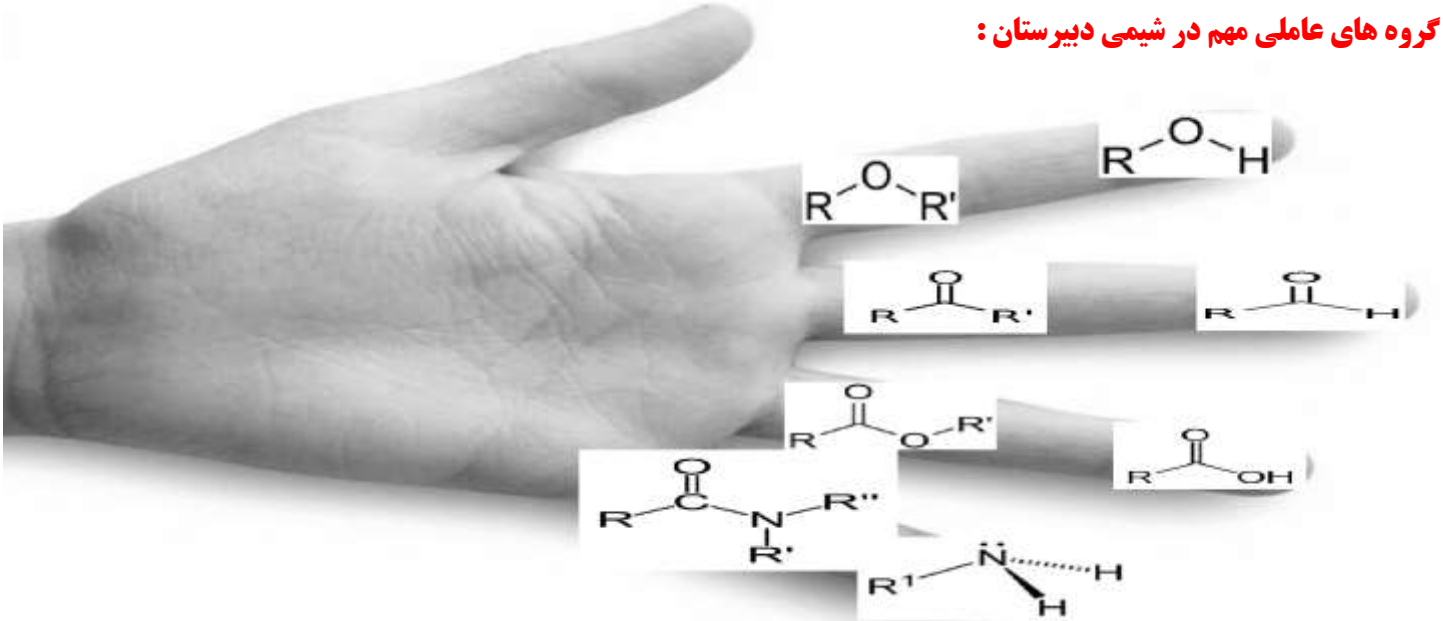
(تذکر: موارد ذکر شده درصورتی ایزومر هستند که از نظر تعداد کربن و سیرشدگی یا سیرنشدگی مانند هم باشند.)

- 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.



گروه های عاملی مهم در شیمی دبیرستان :



✓ اولین عامل‌های شناخته شده در این کتاب پیوند دوگانه با نام عامل **آلکنی** و پیوند سه‌گانه 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 ($-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-$) **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** ، $H-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H$) و ساده‌ترین کتون، **سه** کربن (**استون** ، $CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-CH_3$) 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.

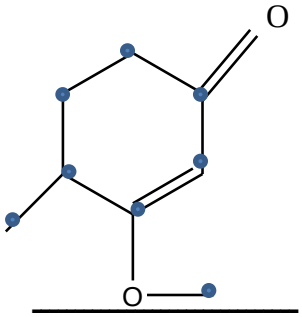
✓ از آنجا که در حل تست‌های مربوط به این قسمت و برای تعیین فرمول مولکولی یک ترکیب آلی، دانستن تعداد هیدروژن مهم است بنابراین از فرمول زیر برای شمارش تعداد اتم‌های هیدروژن استفاده می‌کنیم :

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.

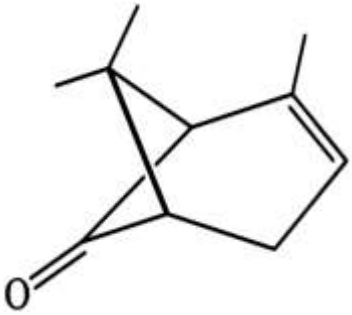
$$\text{تعداد هیدروژن} = 2n+2-\left[2\left(\text{تعداد پیوندهای دوگانه}\right)+4\left(\text{تعداد پیوندهای سه گانه}\right)+2\left(\text{تعداد حلقه}\right)\right]+N-\text{تعداد هالوژن}$$

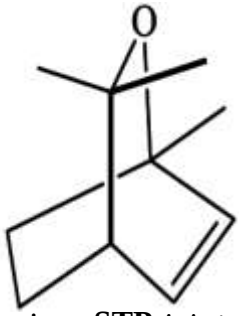
✓ مثال: برای نوشتن فرمول مولکولی ترکیب زیر، نقاط شمارش می‌شود، C_8، سپس مطابق فرمول $C_8H_{2\times8+2}$ یعنی C_8H_{18} خواهد شد. حال به تعداد پیوند پای که برابر **دو** تا و یک حلقه در مجموع **۶** تا **هیدروژن** کسر می‌شود. $C_8H_{18-6}=C_8H_{12}$



---

۱) کدام مطلب دربارهٔ ترکیب‌هایی با ساختارهای «نقطه – خط» زیر، درست است؟





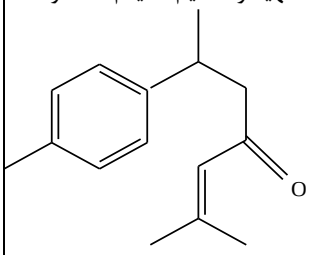
$(H=1, C=12, O=16, Br=80: g.mol^{-1})$

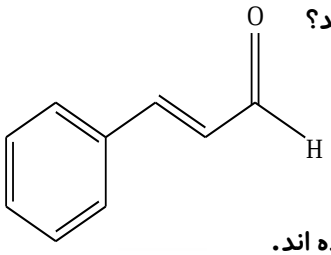
الف) تفاوت جرم مولی دو ترکیب برابر ۴ گرم است.

ب) ۳/۸ 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 ۷/۵ گرم ترکیب I، ۱۴/۵۶ لیتر گاز اکسیژن در شرایط STP مصرف می‌شود.


a


b

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

---

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

الف) اتری – الکلی ب) آلدهیدی – کتونی ج) الکلی – 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) $(CH_3)_3COH$

---

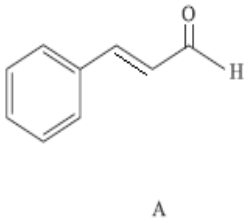
۵) چه تعداد از عبارت‌های زیر نادرست است؟

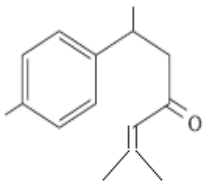
الف) ساختارهای A ، Bو C به ترتیب در دارچین، زردچوبه و بادام یافت می‌شوند.

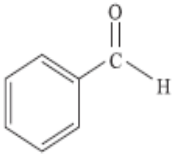
ب) هر سه ساختار دارای گروه عاملی کربونیل هستند و جزء آلدهیدها به شمار می‌آیند.

پ) اختلاف جرم مولی ترکیب‌های A وC 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.


A

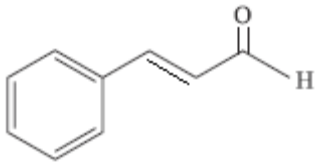

B


C

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

---

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؟

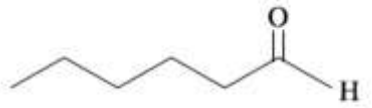
الف) گروه عاملی موجود در ساختار (2) همان گروه عاملی ترکیب آلی موجود در رازیانه می‌باشد.

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

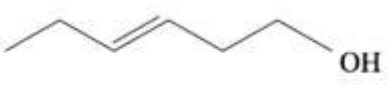
ج) تفاوت جرم مولی هر یک از این دو ساختار با جرم مولی سیکلوهگزان برابر 16 می‌باشد.

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

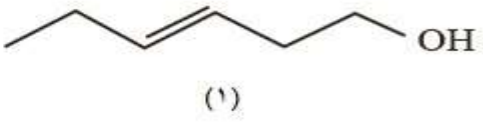
ساختار(۱)



ساختار(۲)



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



(۱)

(۲)

الف) ساختار (۱)، مربوط به یک الکل سیرشده 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 اولیهٔ** سلول‌ها منبعی برای **تأمین انرژی** آنها نیز هستند.
- ✓ در این میان تنها **کربوهیدرات‌ها** هستند که در بدن به **گلوکز** شکسته 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 کمیتی 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.

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

- ✓ با اینکه **همهٔ** واکنش‌های سوختن **گرماده** است؛ اما ارزش سوختی در منابع معتبر 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** روزانهٔ 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.

مادهٔ 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؟ $\text{۵ g شکلات} \times \frac{18\ kJ}{1\ g} = \text{۹۰ kJ}$

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 دی اکسید** 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 $\Delta H_{\text{سوختن}} < 0$ می‌باشد.
- تعریف **سوختن** : یک تغییر **شیمیایی** که در آن یک ماده به **سرعت** با اکسیژن واکنش می‌دهد و بخشی از انرژی پتانسیل مواد واکنش‌دهنده، به شکل **گرما** و **نور** آزاد می‌شود و بخش دیگر آن به صورت انرژی پتانسیل پیوندی در فراورده‌ها ذخیره می‌شود.
- تفاوت سوختن **کامل** و **ناقص** به میزان اکسیژن موجود در واکنش بستگی دارد. اگر اکسیژن کافی باشد، سوختن کامل انجام می‌شود.
- شعلهٔ سوختن کامل **آبی** ولی سوختن ناقص **زرد** است.
- یکی از فراورده‌های سوختن کامل ترکیب‌های آلی، **آب** است. H_2O در فشار **۱** اتمسفر و دمای اتاق ($25^\circ C$) به صورت **مایع** می‌باشد. بنابراین در واکنش مربوط به آنتالپی سوختن ترکیب‌های آلی در دمای اتاق، آب را به صورت $H_2O(l)$ نمایش می‌دهیم یا اگر شرایط **STP** را دادند باز هم حالت فیزیکی آب را به صورت **مایع** می‌نویسیم.
- در جدول زیر آنتالپی سوختن برخی ترکیبات آلی در دمای اتاق آورده شده است :

نام ماده	متان	اتان	اتن	پروپن	اتین	پروپین	متانول	اتانول
مادهٔ 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 ($kJ\ mol^{-1}$)	−۸۹۰	−۱۵۶۰	−۱۴۱۰	−۲۰۵۸	−۱۳۰۰	−۱۹۳۸	−۷۲۶	−۱۳۶۸
با توجه به جدول :	آلـــکـــان		آلـــکـــن		آلـکـیـن		الـکـل	

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

مثال : (متان < **اتان** < **پروپان**) ، (اتن < **پروپن** < **۱–بوتن**) ، (**اتین**< **پروپین**) ، (متانول < **اتانول** < **پروپانول**)

- در هیدروکربن‌های هم کربن هرچه تعداد هیدروژن **بیشتر** باشد، قدر مطلق گرمای سوختن **مولی** نیز بیشتر است. مثال :

$$C_2H_2(g) \quad < \quad C_2H_4(g) \quad < \quad C_2H_6(g)$$

- قدر مطلق گرمای سوختن مولی **آلکان‌ها** از **الکل‌های** هم کربن **بیشتر** است. (**متانول** < **متان**) ، (**اتانول** < **اتان**)
- هر چه **جرم مولی** هیدروکربن **بیشتر** باشد، ارزش سوختی آن **کمتر** است، مطابق رابطهٔ زیر ارزش سوختی با افزایش جرم رابطهٔ معکوس دارد.

$$\text{ارزش سوختی} = \frac{\text{گرمای مولی سوختن}}{\text{جرم مولی}}$$

- **جرم مولی** مادهٔ سوختنی × گرمای سوختن گرمی (**ارزش سوختی**) = **گرمای مولی سوختن**
- طبق رابطه فوق در هیدروکربن‌های هم خانواده هر چه جرم مولی **کمتر** باشد ارزش سوختی **بالاتر** است مثلا ارزش سوختی **اتن** از **پروپن** در خانواده آلکن‌ها 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** می‌شود زیرا نسبت کسر بدست آمده بیشتر تحت تأثیر افزایش آنتالپی مولی قرار می‌گیرد.
- بطور کلی برای مقایسه ترکیبات هم کربن داریم : **آلکین** > **الکل** > **آلکن** > **آلکان**

- سوخت‌های سبز در ساختار خود افزون بر **هیدروژن** و **کربن**، **اکسیژن** نیز دارند.
- به **اتانول** سوخت **سبز** می‌گویند.
- از پسماندهای گیاهانی مانند **سویا**، **نیشکر** و دیگر **دانه‌های روغنی** استخراج می‌شوند.
- سوخت سبز مطابق واکنش زیر از **تخمیر بی هوازی** گلوکز به دست می‌آید : $C_6H_{12}O_6(aq) \rightarrow 2C_2H_5OH(aq) + 2CO_2(g)$

برای حل مسائل مربوط به گرمای واکنش می‌توان از فرمول استوکیومتری زیر استفاده کرد:

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

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

$$C_2H_5OH(l) + 3O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(l) \quad \Delta H_1 = -1368\ kJ$$ (ظرفیت گرمایی ویژه آب = ۴/۱۸ J/g°C)

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

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

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 : $-۱۵۶۰+(-۸۹۰)=-۶۷۰\ kJ$

پروپان و اتان نیز در یک CH_2 تفاوت دارند پس : $-۱۵۶۰+(-۶۷۰)=-۲۲۳۰\ kJ$

به همین ترتیب برای ۱- بوتن می‌توان نوشت :

$۲۰۵۸+(-۶۴۸)=-۲۷۰۶$ $\quad -۲۰۵۸-(-۱۴۱۰)=-۶۴۸$

در منابع علمی معتبر برای پروپان ۲۲۱۹/۲- و برای ۱- بوتن ۲۷۱۷- است.

---

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

$$2C_2H_6(g) + 7O_2(g) \xrightarrow{25\ °C} 4CO_2(g) + 6H_2O(l) + 3120\ kJ$$

$$C_2H_5OH(l) + 3O_2(g) \xrightarrow{25\ °C} 2CO_2(g) + 3H_2O(l) + 1368\ kJ$$

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

$$1g\ C_2H_5OH \times \frac{1mol}{46\ g} \times \frac{1368\ kJ}{1\ mol} = 29/73\ kJ.g^{-1} \qquad 1g\ C_2H_6 \times \frac{1mol}{30\ g} \times \frac{3120\ kJ}{2\ mol} = 52\ kJ.g^{-1}$$

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.

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

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

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 دی اکسید 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- باتوجه به واکنش‌های گرماشیمیایی زیر

(I) $CS_2(I) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + SO_2(g)$, $\Delta H = -1075\ kJ$

(II) $NH_3(g) + O_2(g) \rightarrow N_2(g) + H_2O(I)$, $\Delta H = -1530\ kJ$ (معادلهٔ واکنش‌ها موازنه شود)

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

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

(I) $CS_2\ (l) + 3O_2\ (g) \rightarrow CO_2\ (g) + 2SO_2\ (g)\ ,\ \Delta H = -1075\ kJ$

(II) $4NH_3\ (g) + 3O_2\ (g) \rightarrow 2\ N_2\ (g) + 6\ H_2O(l)\ ,\ \Delta H = -1530\ kJ$

$$1\ g\ NH_3 \times \frac{1\ mol\ NH3}{17\ g\ NH3} \times \frac{-1530\ KJ}{4\ mol\ NH3} \times \frac{1\ mol\ CS2}{-1075\ kJ} \times \frac{76\ g\ CS2}{1\ mol\ CS2} = ۱/۵۹$$

$$1\ mol\ NH_3 \times \frac{2\ mol\ N2}{4\ mol\ NH3} = ۰/۵\ mol$$

۲- کدام یک از واکنش‌های زیر، آنتالپی سوختن واکنش‌دهنده مورد نظر را در دمای 25°C نشان می‌دهد؟

۱) پروپان $C_3H_8(g) + 5O_2(g) \rightarrow 3CO_2\ (g) + 4H_2O(g)$

۲) اتانول $C_2H_5OH(g) + 3O_2(g) \rightarrow 2CO_2\ (g) + 3H_2O(l)$

۳) هگزان $C_6H_{14}(g) + \frac{19}{2}\ O_2(g) \rightarrow 6CO_2\ (g) + 7H_2O(l)$

۴) اتان $C_2H_6(g) + \frac{7}{2}\ O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(l)$

اتان $C_2H_6(g) + \frac{7}{2}\ O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(l)$ درست می‌باشد.

بررسی گزینه‌های نادرست :

H_2O باید در حالت مایع (l) باشد.

اتانول در دمای (25°C) به حالت مایع (l) است.

هگزان در دمای اتاق (25°C) به حالت مایع (l) 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 $-3509\ kJ.mol^{-1}$ وارزش سوختی آن برابر $48/74\ kJ.g^{-1}$ می‌باشد. فرمول مولکولی این هیدروکربن کدام است؟ ($C=12\ ,\ H=1\ g.mol^{-1}$)

۱) C_5H_{12} ۲) C_5H_{10} ۳) C_4H_{10} ۴) C_6H_{12}

$$72 = \frac{3509}{48/74} \qquad C_nH_{(2n+2)} = ۱۴n + ۲ = ۷۲ \Rightarrow n = ۵ \Rightarrow C_5H_{12}$$

۵- دو مول مخلوط گازهای اتان و اتین را در مقدار کافی اکسیژن می‌سوزانیم. پس از انجام واکنش‌های سوختن کامل، 2860kJ گرما آزاد می‌شود. اگر آنتالپی سوختن اتان و اتین به ترتیب ۱۵۶۰ – و ۱۳۰۰ – کیلو ژول بر مول باشد، درصد جرمی اتان در مخلوط اولیه تقریباً کدام است؟ ($C=12, H=1: g.mol^{-1}$)

۱) ۵۰ ۲) ۴۶/۴ ۳) ۲۵ ۴) ۵۳/۶

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:

$C_2H_6 + \frac{7}{2}\ O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O \quad ,\ \Delta H = -1560\ kJ\ .\ mol^{-1}$

$C_2H_2 + \frac{5}{2}\ O_2 \rightarrow 2CO_2 + H_2O \quad ,\ \Delta H = -1300\ kJ\ .\ mol^{-1}$

$$\text{گرمای سوختن اتان} = X\ mol\ C_2H_6 \times \frac{1560\ kJ}{1\ mol\ C_2H_6} = 1560\ X\ kJ$$

$$\text{گرمای سوختن اتین} = (2-X)\ mol\ C_2H_2 \times \frac{1300\ kJ}{1\ mol\ C_2H_6} = (2-X) \times 1300 = (2600-1300X)kJ$$

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

$$\text{درصد جرمی اتان} = \frac{1\times 30}{(1\times 30 + 1\times 26)} \times ۱۰۰ = ۵۳/۶$$

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

i) $C_2H_6(g) + 7\,O_2(g) \rightarrow 4CO_2(g) + 6H_2O(l)$

ii) $C_2H_5OH(g) + 3O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(l)$

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.

۱) ۳ ۲) **۲** ۳) ۱ ۴) صفر

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

۱) -۳۲۲۸ ۲) -۲۷۰۶ ۳) -۲۵۰۸ ۴) -۳۴۶۸

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 :

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

۸- با توجه به واکنش سوختن کامل اتان، هرگاه به ازای تولید 6/6g کربن دی‌اکسید، 117kJ گرما آزاد شود، آنتالپی سوختن اتان چند کیلوژول بر مول است؟ $(H=1 , C=12 , O=16g.mol^{-1})$

$2C_2H_6 + 7O_2 \rightarrow 4CO_2 + 6H_2O$

۱) ۳۹۰ ۲) ۷۸۰ ۳) ۱۵۶۰ ۴) ۳۱۲۰

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

تعیین ΔH 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 ΔH 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 ΔH نمایش داده می‌شود. $q_p = \Delta H$

- در روش **مستقیم** ، اندازه‌گیری ΔH یک واکنش با استفاده از **دو** نوع گرماسنج امکان پذیر 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 نمی‌کنند و **عایق‌های** 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 **عایق‌بندی** شده است که پیش از انجام واکنش، دمای آب یا **محلول** (θ_1) اندازه‌گیری می‌شود، پس از اضافه کردن واکنش‌دهندهٔ دوم و انجام واکنش مورد نظر، دمای نهایی (θ_2) اندازه‌گیری می‌شود و سپس از رابطهٔ $Q=mc\Delta\theta$ برای اندازه‌گیری گرمای مبادله شده استفاده می‌شود. 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 می‌شود.
- ✓ از گرماسنج لیوانی برای واکنش‌هایی که در حالت **محلول** انجام می‌گیرد استفاده می‌شود (نباید در واکنش، ماده گازی تولید شود). مانند حل شدن نمک‌ها، واکنش‌های 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: ΔH واکنش حل شدن کلسیم کلرید ($M=111g.mol^{-1}$) در آب، ۳۵- کیلوژول است. برای گرم کردن ۲۵۰ گرم آب از دمای $25^\circ C$ تا دمای $45^\circ C$، چند گرم از آن باید در آب حل شود؟ ($c_{H_2O} = 4.2 \frac{J}{g.^\circ C}$)

روش‌های غیر مستقیم برای اندازه گیری ΔH یک واکنش :

- ✓ آنتالپی بسیاری از واکنش‌های شیمیایی را **نمی‌توان** به روش **تجربی** اندازه‌گیری کرد زیرا :

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

۲) برخی از واکنش‌ها به آسانی انجام **نمی‌شوند** یعنی تأمین شرایط بهینه برای آن‌ها **دشوار** است.

- ✓ برای تعیین ΔH چنین واکنش‌هایی از روش‌های **غیرمستقیم** استفاده می‌شود که عبارتند از :

۱) استفاده از **آنتالپی پیوند** واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها

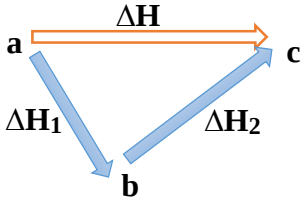
۲) استفاده از آنتالپی **سوختن** مواد

۳) استفاده از خاصیت **جمع‌پذیری** گرمای واکنش‌ها یا **قانون هس**

۴) استفاده از **انرژی فعال‌سازی** واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها (این مورد را در فصل **۴** شیمی **۱۲** می‌خوانیم.)

جمع پذیری گرمای واکنش‌ها، قانون هس :

- ✓ اگر واکنش شیمیایی همراه با ΔH وابسته به آن بیان شود به آن واکنش **گرما شیمیایی** (ترموشیمیایی) می‌گویند. آنتالپی در واکنش‌ها از قواعد رایج ترموشیمی تبعیت می‌کند.
- ✓ 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.



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

قانون هس :

- ✓ نخستین بار هنری **هس** دریافت که گرمای یک واکنش معین به راهی که برای انجام آن در پیش گرفته می‌شود، وابسته **نیست**. به دیگر سخن با استفاده از ΔH دو یا چند واکنش دیگر می‌توان ΔH یک واکنش معین را به دست آورد، به شرطی که شرایط انجام همهٔ واکنش‌ها 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 **جمع‌پذیری گرمای واکنش‌ها** معروف است. بیان علمی قانون هس براساس مفهوم ΔH به صورت زیراست:

« اگر معادلهٔ واکنشی را بتوان از جمع معادلهٔ دو یا چند واکنش دیگر به دست آورد ΔH آن نیز از جمع جبری ΔH همان واکنش‌ها به دست می‌آید. »

قواعد رایج در ترموشیمی برای جمع‌پذیری گرمای واکنش‌ها :

۱– هرگاه معادلهٔ واکنش را وارونه شود علامت ΔH هم برعکس می‌شود.

$$CO_2(g) + 2H_2O(l) \rightarrow CH_4(g) + 2O_2(g) \qquad \Delta H_1 = +890\ kJ$$

$$CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l) \qquad \Delta H_2 = -890\ kJ$$

۲– اگر معادلهٔ واکنشی در عدد n ضرب شود، ΔH واکنش نیز n برابر می‌شود.

$$H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(l) \qquad \Delta H_1 = -286\ kJ$$

$$2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(l) \qquad \Delta H_2 = 2\times(-286)\ kJ = -572\ kJ$$

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 واکنش‌دهندهٔ 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؟

$$NH_3(g) + 2O_2(g) \rightarrow HNO_3(aq) + H_2O(l)$$

۱) $4NH_3(g) + 5O_2(g) \rightarrow 4NO(g) + 6H_2O(l)$, $\Delta H_1 = -905\ KJ$

۲) $2HNO_3(aq) + NO(g) \rightarrow 3NO_2(g) + H_2O(l)$, $\Delta H_2 = +117\ KJ$

۳) $2NO_2(g) \rightarrow O_2(g) + 2NO(g)$, $\Delta H_3 = +114\ KJ$

با توجه به واکنش اصلی باید در طرف واکنش‌دهنده‌ها $NH_3(g) + 2O_2(g)$ و در طرف فراورده‌ها نیز $HNO_3(aq) + H_2O(l)$ داشته باشیم:

معادله اول : معادله را در $\frac{1}{4}$ ضرب می‌کنیم ⇐ آنتالپی تقسیم بر ۴ می‌شود.

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

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

۱) $1NH_3(g) + 1/25\ O_2(g) \rightarrow 1NO(g) + 1/5\ H_2O(l)$, $\Delta H = -226/25\ kJ$

۲) $1/5\ NO_2(g) + 0/5\ H_2O(l) \rightarrow 1\ HNO_3(aq) + 0/5\ NO(g)$, $\Delta H = -58/5\ kJ$

۳) $0/75\ O_2(g) + 1/5\ NO(g) \rightarrow 1/5\ NO_2(g)$, $\Delta H = -85/5\ kJ$

$$NH_3(g) + 2O_2(g) \rightarrow HNO_3(aq) + H_2O(l) \qquad \Delta H = -370/25\ kJ$$

متان :

- ✓ **ساده‌ترین** هیدروکربن و **نخستین** عضو خانواده آلکان‌هاست.
- ✓ **گاز شهری** به طور عمده از آن تشکیل شده است.
- ✓ از **تجزیهٔ** گیاهان به وسیلهٔ **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 ΔH این واکنش باید از روش‌های غیرمستقیم بهره برد:

$$C_{(s,graphite)} + 2H_{2\,(g)} \rightarrow CH_{4\,(g)} \quad ، \quad \Delta H = \quad -75/5KJ$$

- ✓ برای تعیین ΔH واکنش $C_{(s,graphite)} + 2H_{2\,(g)} \rightarrow CH_{4\,(g)}$ 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 معادلهٔ هریک از آنها در **۲۵** $^{\circ}C$ به صورت زیر است:

$$1)\ H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(l) \qquad \Delta H_1 = -286kJ$$

$$2)\ C(s) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) \qquad \Delta H_2 = -393/5kJ$$

$$3)\ CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O\ (l) \qquad \Delta H_3 = -890\ kJ$$

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 درنهایت از جمع ۳ واکنش، واکنش اصلی به دست آید و از جمع ΔH ها نیز ΔH واکنش اصلی محاسبه شود.

واکنش اول : در عدد ۲ ضرب می‌شود. ⇐ آنتالپی آن نیز دو برابر می‌شود.

واکنش دوم : بدون تغییر

واکنش سوم : وارونه می‌شود. ⇐ آنتالپی آن نیز قرینه می‌شود.

$$1)\ 2\times\left(H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(l)\right) \qquad \Delta H_1' = 2\times(-286)kJ = -572kJ$$

$$1')\ 2\,H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(l)) \qquad \Delta H_1' = -572kJ$$

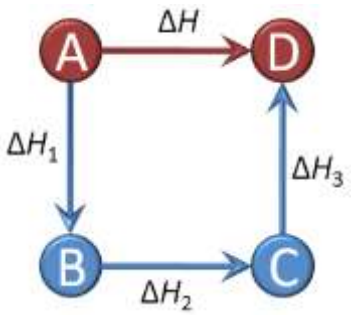
$$2)\ C(s) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) \qquad \Delta H_2 = -393/5kJ$$

$$3)\ CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O\ (l) \qquad \Delta H_3 = -890\ kJ$$

$$3')\ CO_2(g) + 2H_2O\ (l) \rightarrow CH_4(g) + 2O_2(g) \qquad \Delta H_3' = +890\ k$$

$$C(s) + 2\,H_2(g) \rightarrow CH_4(g) \qquad \Delta H = \Delta H_1' + \Delta H_2 + \Delta H_3' = -572 - 393/5 + 890 = -75/5kJ$$

مطابق قانون هس ΔH تبدیل **A** به **D** برابر با مجموع ΔH های مسیر **A-B-C-D** است. $\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3$



خود را بیازمایید : **صفحه ۷۴ کتاب درسی**

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

- ✓ محلول رقیق آب اکسیژنه یک محلول **ضدعفونی** کننده است.
- ✓ خاصیت **رنگ بری** و **لکه‌بری** 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.

۱) $H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(l)$ $\quad \Delta H_1 = -286\ Kj$

۲) $2H_2O_2(l) \rightarrow 2H_2O(l) + O_2(g)$ $\quad \Delta H_2 = -196\ kJ$

واکنش اول : بدون تغییر

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

$H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(l)$ $\quad \Delta H_1 = -286\ kJ$

$H_2O(l) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O_2(l)$ $\quad \Delta H'_2 = +98\ kJ$

$H_2(g) + O_2(g) \rightarrow H_2O_2(l)$ $\quad \Delta H = \Delta H_1 + \Delta H'_2 = -286 + 98 = -188\ kJ$

ب) توضیح دهید چرا تهیهٔ 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 می شود.

---

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

$2CO(g) + 2NO(g) \rightarrow 2CO_2(g) + N_2(g)$ $\quad \Delta H = ?$

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

۱) $CO(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$ $\quad \Delta H = -283\ kJ$

۲) $N_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO(g)$ $\quad \Delta H = +181\ kJ$

واکنش اول : معادله را ۲ برابر می‌کنیم. ⇐ آنتالپی ۲ برابر می‌شود.

واکنش دوم : معادله را برعکس می‌کنیم ⇐ آنتالپی قرینه می‌شود.

۱) $2CO(g) + O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g)$ $\quad \Delta H = -566\ kJ$

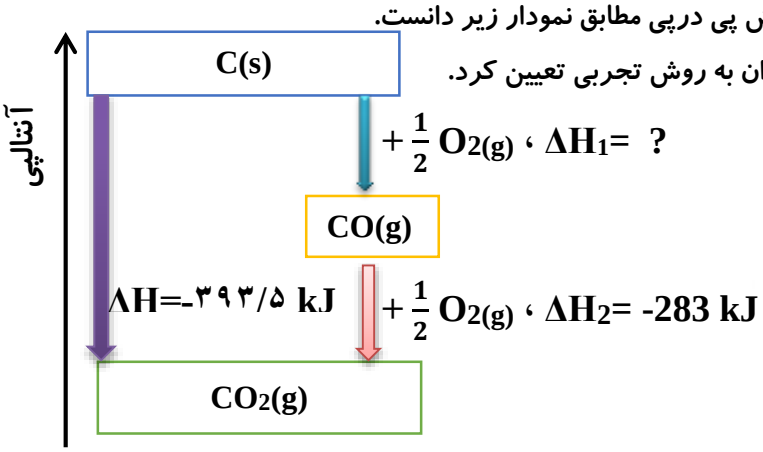
۲) $2NO(g) \rightarrow N_2(g) + O_2(g)$ $\quad \Delta H = -181\ kJ$

$2CO(g) + 2NO(g) \rightarrow 2CO_2(g) + N_2(g)$ $\quad \Delta H = -566 - 181 = -747\ kJ$

---

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

الف) شواهد نشان می‌دهد که ΔH واکنش تولید CO (g) را نمی‌توان به روش تجربی تعیین کرد. دربارهٔ علت آن گفت وگو 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 دی اکسید وضعیت پایدارتری از کربن مونوکسید دارد و فراورده اصلی خواهد بود.

ب) ΔH واکنش تولید $CO(g)$ را از گرافیت و گاز اکسیژن حساب کنید.

$C + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow CO$ $\quad \Delta H_1=?$

$C + O_2 \rightarrow CO2$ $\quad \Delta H= -393/5\ kJ$

$CO + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow CO_2$ $\quad \Delta H_2= -283\ kJ$

معادله اول : بدون تغییر

معادله دوم : معادله را برعکس می‌کنیم ⇐ آنتالپی قرینه می‌شود.

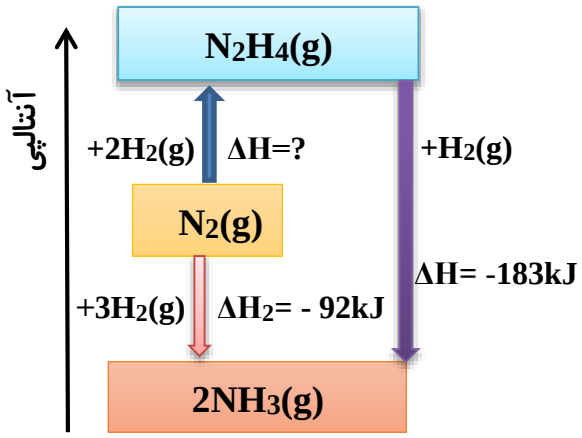
$C + O_2 \rightarrow CO2$ $\quad \Delta H= -393/5\ kJ$

$CO_2 \rightarrow CO + \frac{1}{2}O_2$ $\quad \Delta H_2= +283\ kJ$

$C + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow CO$ $\quad \Delta H_1=-393/5 +283 = -110/5\ kJ$

---

۴) شواهد تجربی نشان می‌دهند که تهیهٔ آمونیاک به روش هابر از گازهای نیتروژن و هیدروژن مطابق نمودار زیر یک واکنش دو مرحله‌ای 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 پایین‌تر از هیدرازین است).

ب) آنتالپی واکنش تولید هیدرازین را حساب کنید.

$N_2 + 2H_2 \rightarrow N_2H_4$ $\quad \Delta H= ?$

$N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$ $\quad \Delta H= -92\ kJ$

$N_2H_4 + H_2 \rightarrow 2NH_3$ $\quad \Delta H= -183\ kJ$

معادله اول : بدون تغییر

معادله دوم : معادله را برعکس می‌کنیم ⇐ آنتالپی قرینه می‌شود.

$N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$ $\quad \Delta H= -92\ kJ$

$2NH_3 \rightarrow N_2H_4 + H_2$ $\quad \Delta H= +183\ kJ$

$N_2 + 2H_2 \rightarrow N_2H_4$ $\quad \Delta H= -92 +183 = +91\ kJ$

۱- با در دست داشتن واکنش‌های ترموشیمی زیر

الف) $H_2S(g) + \frac{3}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(l) + SO_2(g)$ $\quad \Delta H = -562.6$

ب) $CS_2(l) + 3O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2SO_2(g)$ $\quad \Delta H = -1075.2$

مقدار ΔH واکنش زیر را محاسبه کنید:

$CS_2(l) + 2H_2O(l) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2S(g)$ $\quad \Delta H =?$

۲- با در دست داشتن واکنش‌های ترموشیمی زیر

الف) $2NH_3(g) + 3N_2O(g) \rightarrow 4N_2(g) + 3H_2O(l)$ $\quad \Delta H = -1010\ kJ$

ب) $4NH_3(g) + 3O_2(g) \rightarrow 2N_2(g) + 6H_2O(l)$ $\quad \Delta H = -1531\ kJ$

مقدار ΔH واکنش زیر را محاسبه کنید:

$N_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow N_2O(g)$ $\quad \Delta H =?$

۳- با در دست داشتن واکنش‌های ترموشیمی زیر

الف) $2NF_3(g) + 2NO(g) \rightarrow N_2F_4(g) + 2ONF(g)$ $\Delta H = -82.9\ kJ$

ب) $NO(g) + \frac{1}{2}F_2(g) \rightarrow ONF(g)$ $\Delta H = -156.9\ kJ$

پ) $Cu(s) + F_2(g) \rightarrow CuF_2(s)$ $\Delta H = -531.0\ kJ$

مقدار ΔH واکنش زیر را محاسبه کنید:

$2NF_3(g) + Cu(s) \rightarrow N_2F_4(g) + CuF_2(s)$ $\Delta H = ?\ kJ$

۴- با در دست داشتن واکنش‌های ترموشیمی زیر:

الف) $SOCl_2(l) + H_2O(l) \rightarrow SO_2(g) + 2HCl(g)$ $\Delta H = +10.3\ kJ$

ب) $PCl_3(l) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow POCl_3(l)$ $\Delta H = -325.1\ kJ$

پ) $P(s) + \frac{3}{2}Cl_2(g) \rightarrow PCl_3(l)$ $\Delta H = -306.7\ kJ$

ت) $4HCl(g) + O_2(g) \rightarrow 2Cl_2(g) + 2H_2O(l)$ $\Delta H = 202\ kJ$

مقدار ΔH واکنش زیر را محاسبه کنید:

$2P(s) + 2SO_2(g) + 5Cl_2(g) \rightarrow 2SOCl_2(l) + 2POCl_3(l)$ $\Delta H = ?\ kJ$

۵- با در دست داشتن واکنش‌های ترموشیمی زیر:

الف) $2ClF_3(g) + 2NH_3(g) \rightarrow N_2(g) + 6HF(g) + Cl_2(g)$ $\Delta H = -1195.6\ kJ$

ب) $N_2H_4(l) + O_2(g) \rightarrow N_2(g) + 2H_2O(l)$ $\Delta H = -622.4kJ$

پ) $4NH_3(g) + 3O_2(g) \rightarrow 2N_2(g) + 6H_2O(l)$ $\Delta H = -1530.6kJ$

مقدار ΔH واکنش زیر را محاسبه کنید:

$3N_2H_4(l) + 4ClF_3(g) \rightarrow 3N_2(g) + 12HF(g) + 2Cl_2(g)$ $\Delta H = ?\ kJ$

۶- با در دست داشتن واکنش‌های ترموشیمی زیر:

الف) $NH_3(g) + HNO_3(l) \rightarrow NH_4NO_3(s)$ $\Delta H = -145.7\ kJ$

ب) $NH_4NO_3(s) \rightarrow N_2O(g) + 2H_2O(l)$ $\Delta H = -125.2\ kJ$

پ) $3NO(g) \rightarrow N_2O(g) + NO_2(g)$ $\Delta H = -155.8\ kJ$

ت) $4NH_3(g) + 5O_2(g) \rightarrow 4NO(g) + 6H_2O(l)$ $\Delta H = -1169.2\ kJ$

ث) $NO(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow NO_2(g)$ $\Delta H = -56.6\ kJ$

مقدار ΔH واکنش زیر را محاسبه کنید:

$3NO_2(g) + H_2O(l) \rightarrow 2HNO_3(l) + NO(g)$ $\Delta H = ?\ kJ$

۷- با در دست داشتن واکنش‌های ترموشیمی زیر:

الف) $2NH_3(g) + 3N_2O(g) \rightarrow 4N_2(g) + 3H_2O(l)$ $\Delta H = -1010\ kJ$

ب) $N_2O(g) + 3H_2(g) \rightarrow N_2H_4(l) + H_2O(l)$ $\Delta H = -317\ kJ$

پ) $2NH_3(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow N_2H_4(l) + H_2O(l)$ $\Delta H = -143\ kJ$

ت) $H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(l)$ $\Delta H = -286\ kJ$

مقدار ΔH واکنش زیر را محاسبه کنید:

$N_2H_4(l) + O_2(g) \rightarrow N_2(g) + 2H_2O(g)$ $\Delta H = ?\ kJ$

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 :

۱- خشک کردن میوه‌ها

۲- تهیهٔ ترشی

۳- نمک سود کردن

✓ 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 کنندهٔ 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 **جو بی اثر** مشهور است.(دلیل استفاده از گاز **نیتروژن** در بسته‌بندی **چیپس** و...)

خود را بیازمایید : **صفحه ۷۶ کتاب درسی**

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 بسته بندی شده‌اند، زمان ماندگاری بیشتری دارند.

زیرا نور و امواج الکترومغناطیس 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 مغذی 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 می شود 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 تهیهٔ کنسرو ② بسته‌بندی نوین ③ افزودن نگهدارنده‌ها ④ نگهداری در یخچال‌های صنعتی، سردخانه‌ها ⑤ خالی کردن هوای درون ظرف بسته‌بندی ⑥ پرکردن محفظه مواد غذایی با گاز نیتروژن و ایجاد محیط بی اثر ⑦ نگهداری غلّات در سیلوها

- ✓ **سینتیک شیمیایی** به عنوان شاخه‌ای از علم شیمی افزون بر بررسی **آهنگ تغییر شیمیایی** در واکنش‌ها، **عوامل مؤثر بر این آهنگ** را نیزبررسی می‌کند.
- ✓ با **آشنایی** و **درک** سینتیک شیمیایی می‌توان **روش‌های** گوناگون نگه‌داری سالم مواد غذایی را **یافت** و **گسترش** داد.

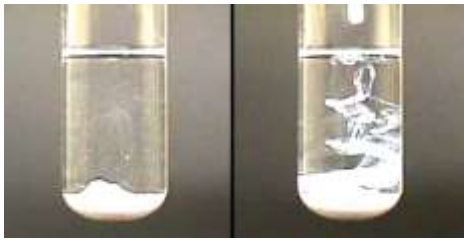
آهنگ واکنش :

- ✓ تهیه و تولید سریع‌تر یا کندتر یک فراوردهٔ صنعتی، دارویی یا غذایی بر **کیفیت** و **زمان** ماندگاری آن نقش تعیین کننده‌ای دارد.
- ✓ **آهنگ واکنش** معیاری برای **زمان ماندگاری** مواد است.
- ✓ آهنگ واکنش کمیتی است که نشان می‌دهد هر تغییر شیمیایی **در چه گستره‌ای** از زمان رخ می‌دهد.
- ✓ هر چه گسترهٔ زمان انجام واکنش‌ها **کوچک‌تر** باشد، آهنگ انجام **تندتر** است و واکنش **سریع‌تر** انجام می‌شود.
- ✓ شیمیدان‌ها آهنگ واکنش را در گسترهٔ **معینی** از زمان با نام **سرعت واکنش** بیان می‌کنند.
- ✓ گسترهٔ انجام واکنش از چند صدم ثانیه تا چند سده را در بر می‌گیرد.
- ✓ واکنش‌های شیمیایی از نظر سرعت انجام به چهار دسته تقسیم می‌شوند:

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** مادهٔ **منفجرشونده** به حالت **جامد** یا **مایع**، حجم زیادی از **گازهای داغ** تولید می‌شود.

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



$$AgNO_{3\,(aq)} + NaCl_{(aq)} \rightarrow NaNO_{3\,(aq)} + AgCl_{(s)}$$

محلول شفاف — محلول شفاف — رسوب سفید

واکنش کند : اشیای آهنی در هوای مرطوب به **کندی** زنگ می‌زنند. زنگار تولید شده در این واکنش [illegible] و [illegible] است و فرو می‌ریزد که به این عمل **خوردگی** می‌گویند.

$$4Fe_{(s)} + 3O_{2\,(g)} + 6H_2O_{(l)} \rightarrow 4Fe(OH)_{3\,(s)} \text{ یا } 2Fe_2O_3.3H_2O_{(s)}$$

واکنش بسیار کند : بسیاری از کتاب‌های قدیمی در گذر زمان **زرد** و **پوسیده** می‌شوند. این پدیده نشان می‌دهد که واکنش **تجزیهٔ سلولز** کاغذ **بسیار کند** رخ می‌دهد.

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 واکنش‌ها بررسی و به چه نتیجه‌ای منجر می‌گردد.

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 می‌یابد.

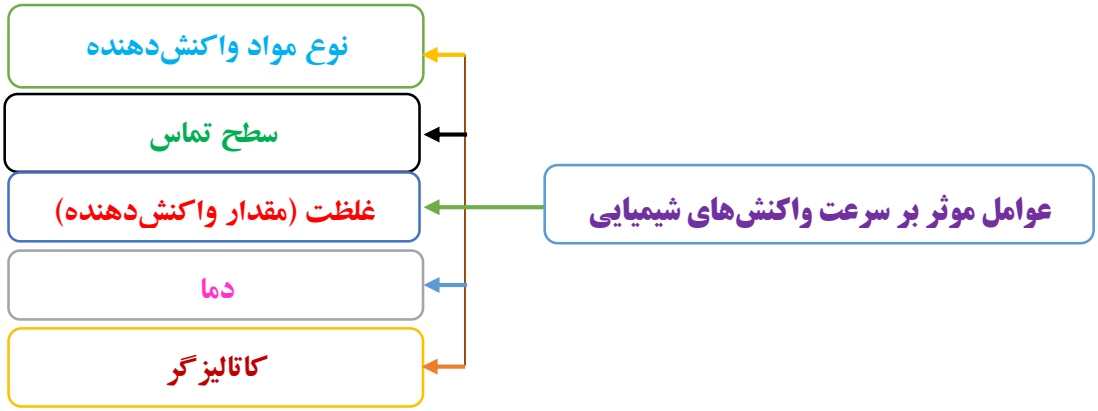
آزمایش ۲ : در حالت اول دمای آزمایش $25\ ^\circ C$ و در حالت دوم دمای آزمایش $10\ ^\circ C$ است.

نتیجه : با کاهش دما سرعت واکنش کاهش می‌یابد.

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

نتیجه : با افزایش سطح تماس واکنش دهنده‌ها سرعت واکنش افزایش می‌یابد.

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) واکنش‌دهنده‌ها 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.

مثال۱: 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.

مثال۲: در آزمایشگاه، برای نگهداری **سدیم** آن را **زیر نفت** نگهداری می‌کنند در صورتی که **منیزیم** را به صورت **نواری** در می‌آورند.

مثال۳: بارگاه ملکوتی امامان معصوم (ع) را با ورقه‌های نازک **طلا** تزیین 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.

مثال۴: ایجاد جرقه در مخلوطی از H_2 و O_2 سبب می‌شود واکنش انفجاری و بسیار سریع انجام شود. این در حالی است که ایجاد جرقه در مخلوطی از H_2 و N_2 منجر به انجام واکنش نمی‌شود.

$$H_2 + O_2 \xrightarrow{\text{جرقه}} H_2O$$
$$H_2 + N_2 \xrightarrow{\text{جرقه}} \times$$

۲- اثر سطح تماس واکنش‌دهنده‌ها 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.

مثال۱: 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.

$$1)\ I_{2(s)} + H_{2(g)} \rightarrow 2HI_{(g)}$$ کند

$$2)\ I_{2(g)} + H_{2(g)} \rightarrow 2HI_{(g)}$$ سریع

مثال۲: واکنش **سرب (II) نیترات** در حالت **محلول** سرعت بیشتری دارد.

$$1)\ Pb(NO_3)_{2(s)} + 2KI_{(aq)} \rightarrow Pb(I)_{2(s)} + KNO_{3(aq)}$$ کند

$$2)\ Pb(NO_3)_{2(aq)} + 2KI_{(aq)} \rightarrow Pb(I)_{2(s)} + KNO_{3(aq)}$$ سریع

ب) کوچک کردن اندازهٔ ذرات

مثال۱ : شعلهٔ آتش، گردِ آهن موجود در کپسول چینی را داغ و سرخ می‌کند؛ در حالی که پاشیدن و پخش‌کردن گردِ آهن بر روی شعله، سبب سوختن آن می‌شود.

مثال۲ : هنگامی که **پودر** قرص جوشان را داخل آب می‌ریزیم نسبت به حالتی که قرص جوشان را داخل آب می‌ریزیم سرعت **بیشتری** دارد.

مثال۳ : قاووت **گردی** مغذی 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.

مثال۴ : تراشه‌های چوب، سریع‌تر از تکه‌های چوب می‌سوزند.

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

۳- اثر غلظت واکنش‌دهنده‌ها یا مقدار واکنش‌دهنده‌ها :

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

مثال۱ : 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.

مثال۲ : 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 واکنش‌دهنده‌های **گازی** سبب افزایش **غلظت** و بیشتر شدن تعداد **برخوردها** می‌شود.

✓ در واکنش‌های شیمیایی اگر حداقل یکی از واکنش‌دهنده‌ها 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 واکنش‌دهنده‌ها **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 واکنش‌دهنده‌ها تعداد برخوردهای آن‌ها با یکدیگر **افزایش** می‌یابد.

✓ برای مثال در واکنش $NO_{(g)} + O_{3(g)} \rightarrow NO_{2(g)} + O_{2(g)}$ با افزایش تعداد مولکول‌های NO سرعت واکنش بیشتر می‌شود.

---

c) افزودن آب یا حلال

✓ با افزودن **آب** یا **حلال** به سامانهٔ محلول، سرعت واکنش **کاهش** می‌یابد زیرا ذرات واکنش‌دهنده از هم **فاصله** می‌گیرند و تعداد برخوردها **کمتر** می‌شود.

۴- اثر دما بر سرعت واکنش:

✓ **همهٔ** مولکول‌ها دارای انرژی **جنبشی** هستند و در ظرف واکنش پیوسته با یکدیگر **برخورد** می‌کنند، ولی همهٔ برخوردهای بین مولکول‌های واکنش‌دهنده به واکنش **نمی‌انجامد**؛ زیرا همهٔ آنها **انرژی** کافی **ندارند**.

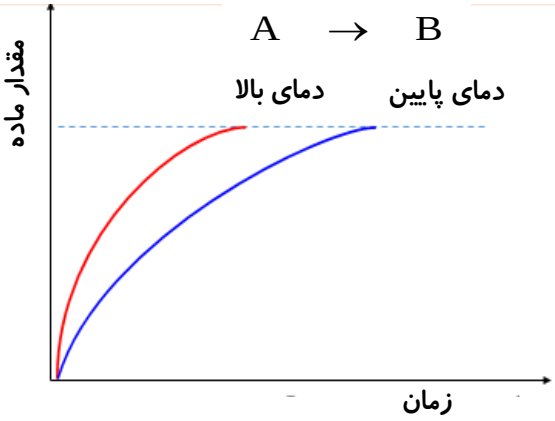
✓ **با افزایش دما :** انرژی **جنبشی** ذرات **افزایش** می‌یابد و انرژی **کافی** برای تعداد **بیشتری** از ذرات برخورد کننده فراهم می‌شود، پس در گسترهٔ زمان **کوتاه‌تری** واکنش انجام می‌شود و سرعت انجام واکنش **افزایش** می‌یابد.

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** ($KMnO_4$) 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 شعلهٔ** 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** فراورده در همهٔ دماها **یکسان** خواهد بود. (*در صورتی که فراورده‌های واکنش در همهٔ 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 رابطهٔ **مستقیم** و **غیرخطی** وجود دارد، مثلاً با **دو** برابر شدن دما، سرعت زیاد می‌شود ولی نه به اندازهٔ **دو** برابر.
- انحلال‌پذیری **اکثر** نمک‌ها در آب با افزایش دما **بیشتر** می‌شود زیرا با افزایش دما **آنتالپی فروپاشی شبکهٔ 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.

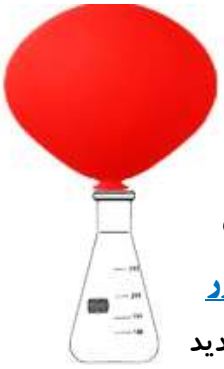
مثال ۱ : واکنش **سوختن قند** آغشته به **خاک باغچه** سریع‌تر است زیرا در خاک باغچه **کاتالیزگر** مناسب برای این واکنش وجود دارد.

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.

$$2H_2O_{2\,(aq)} \rightarrow 2H_2O_{(l)} + O_{2\,(g)}$$



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

تجزیه هیدروژن پراکسید **بدون کاتالیزگر**

خود را بیازمایید: **صفحه ۸۰ و ۸۱ کتاب درسی**

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 می دهند، اما سرعت واکنش ها **متفاوت** است.

ماهیت واکنش دهنده‌ها متفاوت بوده و واکنش‌پذیری متفاوتی دارند. هردوی 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) شعلهٔ آتش، گردِ آهن موجود در کپسول چینی را داغ و سرخ می‌کند؛ در حالی که پاشیدن و پخش کردن گردِ آهن بر روی شعله، سبب سوختن آن می‌شود.

سطح تماس گرد آهن با شعله و اکسیژن هنگامی که بر روی شعله پاشیده می شود، 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 واکنش‌دهنده ها، 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 واکنش های گازی　　* افزایش سطح تماس

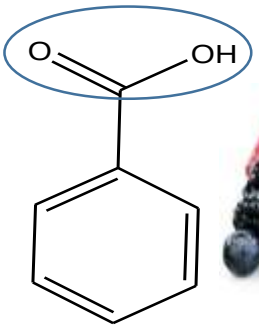
۲- عامل موثر بر هر عبارت ستون (۱) را از ستون (۲) انتخاب کنید.

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

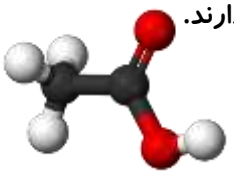
پیوند با صنعت (بازدارنده‌ها)

- با زیاد شدن جمعیت و گرایش مردم به شهرنشینی، روش سنتی تهیهٔ 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**، **طعم دهنده** و ... هستند که به صورت **هدفمند** به مواد خوراکی یا غذاها افزوده می‌شوند.
- **نگهدارنده‌ها**، سرعت واکنش‌های شیمیایی که منجر به **فساد** مادهٔ غذایی می‌شود را **کاهش** می‌دهند.
- یکی از این مواد، **بنزوئیک اسید** است که در **تمشک** و **توت فرنگی** وجود دارد و منشأ **طبیعی** دارد.

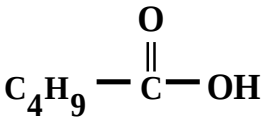
بنزوئیک اسید :



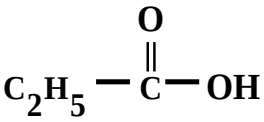
- دارای گروه عاملی **اسیدی** ($-COOH$) و یک **کربوکسیلیک اسید آروماتیک** است.
- فرمول مولکولی آن $C_7H_6O_2$ می‌باشد.
- تعداد پیوند کووالانسی آن برابر **19** و تعداد پیوند ساده در آن برابر **11** می‌باشد.
- تعداد جفت الکترون ناپیوندی در آن برابر **۴** جفت است.
- در **تمشک** و **توت فرنگی** وجود دارد.
- هم خانوادهٔ آن **اتانوئیک اسید** (استیک اسید با فرمول CH_3COOH) یا **جوهر سرکه** است، که **آشناترین** عضو این خانواده است.



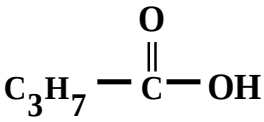
- کربوکسیلیک‌اسیدها خانواده‌ای از ترکیبات آلی هستند که **حداقل** یک گروه عاملی کربوکسیل ($-COOH$) دارند.
- کربوکسیلیک اسیدها به دلیل داشتن گروه عاملی **کربوکسیل** ($-COOH$) دارای خاصیت **اسیدی** هستند.
- **تمامی** کربوکسیلیک اسیدها، اسیدهای **ضعیفی** هستند.
- ساده‌ترین عضو این خانواده، **متانوئیک اسید** (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 **کربوکسیلیک‌اسیدهای** راست زنجیر کافی است که نام **آلکان** هم کربن با آن‌ها را به « **اوئیک اسید** » ختم کنیم:



پنتانوئیک اسید



پروپانوئیک اسید

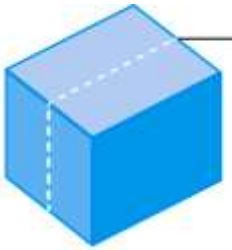


بوتانوئیک اسید

- کربوکسیلیک اسیدها به دلیل داشتن H متصل به O در گروه کربوکسیل ($-COOH$) می‌توانند با خود و مولکول آب، پیوند **هیدروژنی** تشکیل دهند.
- بنزآلدهید (C_7H_6O) را با بنزوئیک اسید ($C_7H_6O_2$) اشتباه نگیرید.

پیوند با ریاضی:

صفحه ۸۲ کتاب درسی



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

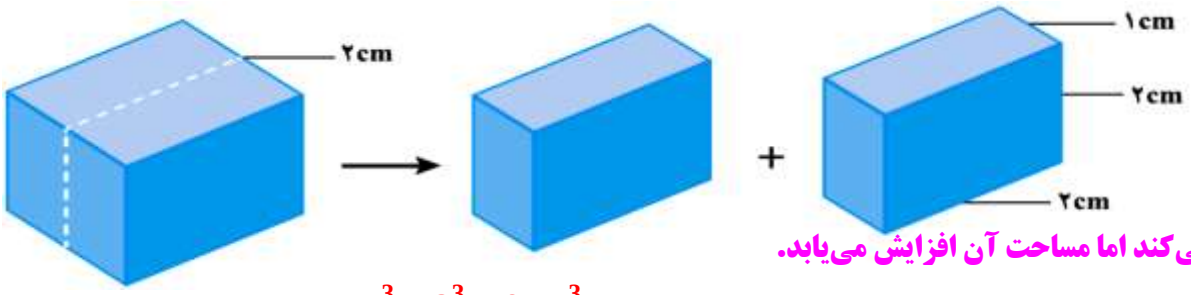
$$V = a^3 = 2^3 = 8\,cm^3$$

$$S = 6a^2 = 6\times(2)^2 = 24\,cm^2$$

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.

$$V = a^3 = 2^3 = 8\,cm^3$$

$$S = 4(2\times1) + 2(2\times2) = 16\,cm^2 \Rightarrow S_t = 16\times2 = 32\ cm^2$$

---

۳) بر اساس تحلیل خود از پرسش‌های بالا، علت تفاوت در سرعت واکنش سوختن تکهٔ 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 واکنش‌پذیری 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، تهیهٔ دارو و تولید فراورده‌های صنعتی مفید و ضروری**

✓ شیمی‌دان‌ها به دنبال **سرعت بخشیدن** به واکنش‌هایی هستند که بتوانند فراورده‌های گوناگونی با صرفهٔ **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 دربارهٔ **شرایط** و **چگونگی** انجام واکنش‌های شیمیایی و **عوامل مؤثر** بر **سرعت** آنها گفت‌وگو می‌کند.

سرعت تولید یا مصرف مواد شرکت‌کننده در واکنش از دیدگاه کمّی

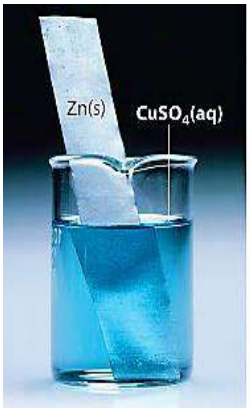
✓ **سرعت واکنش** در پژوهش‌های علمی، فناوری‌های نو، تولید فراورده‌های دارویی و ... آن چنان اهمیت دارد که باید با **دقت** اندازه‌گیری و گزارش شود. به دیگر سخن **مقایسهٔ دقیق** میان سرعت واکنش‌ها هنگامی از **صحت** و **اعتبار علمی** برخوردار است که به شکل **کمّی** بیان شود.

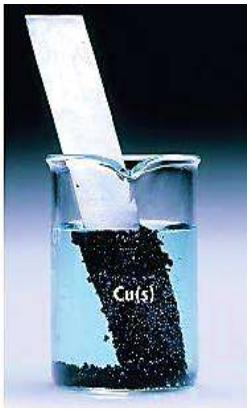
✓ در یک واکنش شیمیایی با **گذشت زمان**، واکنش‌دهنده‌ها **مصرف** و فراورده‌ها **تولید** می‌شوند، آهنگ مصرف واکنش دهنده‌ها و تولید فراوده‌ها را در **بازه‌ای** از زمان **قابل** اندازه‌گیری است.

✓ سرعت **مصرف** یا **تولید** یک مادهٔ شرکت کننده در واکنش در **گسترهٔ 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** مادهٔ A را نشان می دهد.

✓ با اندازه‌گیری کمیت‌هایی مانند **حجم**، **غلظت**، **فشار**، **تغییررنگ** و... می‌توان **سرعت متوسط** یک واکنش را در **دمای 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.

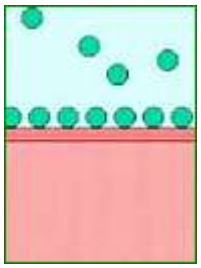




✓ هنگام وارد کردن یک تیغهٔ **روی** درون محلول **آبی رنگ مس (II) سولفات** به دلیل واکنش‌پذیری بیشتر **روی** از **مس** یک واکنش جابجایی یگانه اتفاق می‌افتد که رفته رفته فلز روی بصورت یون Zn^{2+} وارد محلول شده و جرم تیغهٔ روی **کم** می‌شود. یون مس نیز بصورت فلز **قرمز رنگ** ($Cu_{(s)}$) بر روی تیغه می‌نشیند و به دلیل تبدیل Cu^{2+} به ($Cu_{(s)}$) ، محلول **بی‌رنگ** می‌شود. بنابراین با توجه به این تغییرات ظاهری می‌گوییم واکنش پیشرفت خوبی داشته است.

$$Zn + Cu^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Cu$$

تغییرات سرعت واکنش با گذشت زمان



✓ سرعت **اغلب** واکنش‌ها هم نسبت به واکنش‌دهنده و هم نسبت به فراورده **کاهش** می‌یابد.

✓ واکنش‌هایی که در **سطح** یک **جامد** یا **مایع** انجام می‌شود **معمولاً** سرعت ثابتی دارند.

✓ برخی از واکنش‌ها با گذشت زمان سرعت **بیشتری** پیدا می‌کنندکه **دو** حالت دارد:

۱- در آغاز واکنش انرژی اولیه زیادی نیاز دارند ولی **گرماده** هستند و با گرمای آزاد شده **سرعت** می‌گیرند.

۲- در واکنش یکی از فراورده‌ها نقش **کاتالیزگر** دارد.

سرعت متوسط واکنش ($\bar{R}$) برحسب تغییرات مول:

✓ در **ابتدای** واکنش غلظت مواد واکنش‌دهنده **بیشتر** از حالت **انتهایی واکنش** است، بنابراین سرعت واکنش در ابتدای **اغلب** واکنش‌ها **بیشتر** است و رفته رفته **کاهش** می‌یابد، پس سرعت را در یک **بازهٔ زمانی معیّن** محاسبه می‌کنند که به آن **سرعت متوسط** می‌گویند.

✓ **سرعت واکنش** در شیمی کمیتی **تجربی** و همواره **مثبت** (+) است یعنی با کمک **آزمایش** مقدار آن محاسبه می‌شود.

✓ اگر یک واکنش یا تغییر شیمیایی **ویژگی قابل اندازه‌گیری** نداشته باشد، **نمی‌توان** برای آن سرعت متوسط تعریف کرد.

✓ رابطهٔ سرعت به دو صورت زیر نوشته می‌شود.

۱) برحسب فراورده :

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

۲) بر حسب واکنش‌دهنده :

$$R_{\text{واکنش‌دهنده}} = -\frac{n_2 - n_1}{t_2 - t_1} \quad : \quad n_2 - n_1 = \Delta n < 0$$

✓ از آنجا که مواد واکنش‌دهنده **مصرف** می‌شوند، و مقدار نهایی آنها **کمتر** از مقدار اولیه است، تغییر کمیت‌های مختلف برای آنها **منفی** است؛ برای اینکه سرعت **منفی** نباشد، یک علامت **منفی** در کنار تغییر کمیت‌های مربوط به محاسبهٔ سرعت واکنش‌دهنده‌ها قرار می‌دهیم.

مثال:

$$A \rightarrow B$$

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

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

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

✓ یکای زمان معمولاً ثانیه، دقیقه و ساعت است، هرچه **سرعت** یک واکنش **بیشتر** باشد یکای زمان را **کوچک‌تر** انتخاب می‌کنند.

سرعت واکنش بر حسب تغییرات غلظت مولی مواد

✓ در مواردی که مواد در حالت **گازی** یا **محلول** هستند می‌توان 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 می‌دهند. مثال : $[A]$ یعنی غلظت مولار A.

مثال: $A(aq) \rightarrow B(aq)$

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

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

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

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

جمع‌بندی:

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

برای مواد **محلول** (aq) فرمول‌های سرعت متداول عبارتند از : $\bar{R}_{aq} = \frac{\Delta n}{\Delta t} = \frac{\Delta[\,]}{\Delta t}$

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

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

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

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

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

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

---

۲) دانش‌آموزی درون یک محلول محتوی ۰/۰۳ مول مس (II) سولفات، تیغه‌ای از جنس روی قرار داده است. شکل زیر پیشرفت واکنش Zn(s) با CuSO4(aq) را در این آزمایش نشان می‌دهد، با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.

$Zn + CuSO_4(aq) \rightarrow ZnSO_4(aq) + Cu(s)$

الف) واکنش‌پذیری فلز روی را با مس مقایسه کنید.

واکنش‌پذیری فلز روی بیشتر از مس است چون فلز روی توانسته جایگزین مس در ترکیب آن شود.

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

مقدار Cu^{2+} کاهش پیدا می‌کند چون رنگ محلول که حاوی Cu^{2+} کمرنگ می‌شود و مقدار Cu افزایش می‌یابد چون مقدار رسوب مس قرمز روی تیغه افزایش پیدا می‌کند.

پ) اگر شمار مول‌های مصرف شده از هر واکنش‌دهنده در واحد زمان بیانگر سرعت مصرف آن باشد، سرعت مصرف $Cu^{2+}(aq)$ را برحسب $mol\ min^{-1}$ حساب کنید.

$$\bar{R} = \frac{-\Delta n}{\Delta t} = \frac{-(0-0/03)mol}{2\ h} \times \frac{1h}{60\,min} = 2/5 \times 10^{-4}\ mol.min^{-1}$$

با هم بیندیشیم : **صفحه ۸۵ و ۸۶ کتاب درسی**

۱) واکنش کلسیم کربنات را با محلول هیدروکلریک اسید در دما و فشار اتاق مطابق شکل زیر در نظر بگیرید.

$$CaCO_3(s) + 2\,HCl(aq) \rightarrow CaCl_2(aq) + CO_2(g) + H_2O(l)$$

✓ این واکنش در ابتدا از نوع جابجایی **دوگانه** و سپس انجام یک واکنش **تجزیه** می‌باشد.

جدول زیر، جرم مخلوط واکنش را برحسب 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 دی اکسید(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 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 ازفراورده‌ها CO_2 است.

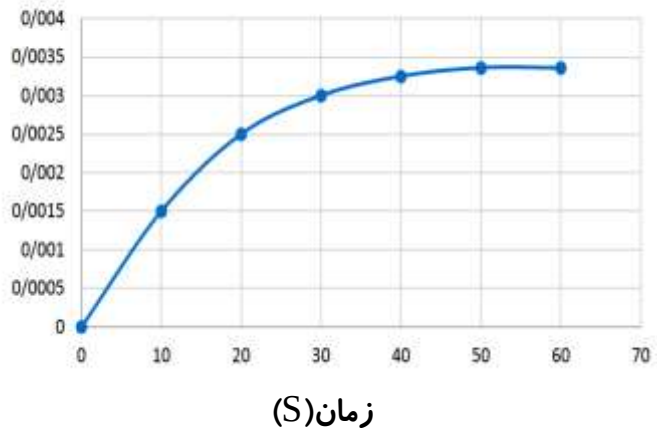
پ) در چه زمانی واکنش به پایان می‌رسد؟ چرا؟ **در ثانیه ۵۰ چون از آن به بعد مقدار مواد تغییر نمی‌کند.**

۲) جدول زیر را کامل کنید ($1\,mol\ CO_2 = 44g$)

زمان (s)	$n(CO_2)$, (mol)	$\Delta n\ (CO_2)$, (mol)	$\bar{R}(CO_2) = \frac{\Delta n\ (CO_2)}{\Delta t}$, $(mol.s^{-1})$
۰	۰	–	–
۱۰	$1/50 \times 10^{-2}$	$1/50 \times 10^{-2}$	$1/50 \times 10^{-3}$
۲۰	$2/50 \times 10^{-2}$	$1/00 \times 10^{-2}$	$1/00 \times 10^{-3}$
۳۰	$3/00 \times 10^{-2}$	$5/00 \times 10^{-3}$	$5/00 \times 10^{-4}$
۴۰	$3/25 \times 10^{-2}$	$2/50 \times 10^{-3}$	$2/50 \times 10^{-4}$
۵۰	$3/36 \times 10^{-2}$	$1/10 \times 10^{-3}$	$1/10 \times 10^{-4}$

۳) نمودار مول-زمان را برای گاز CO_2 بر روی کاغذ میلی‌متری زیر رسم کنید.

نمودار مول – زمان



۴) سرعت متوسط تولید CO_2 با گذشت زمان چه تغییری می‌کند؟ چرا؟ **کاهش پیدا می‌کند زیرا تغییرات غلظت CO_2 کم می‌شود.**

۵) آزمایش نشان می‌دهد 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 زیرتولید شده باشد، سرعت متوسط تولید گاز متان چند مول بر ثانیه است؟

$$CO(g)+3H_2(g)\rightarrow CH_4(g)+H_2O(g)$$

$$mol_{CH_4}=\frac{80g}{16}=5\ mol \quad \Rightarrow \quad R=\frac{5-0}{20-0}=0.25 mol/S$$

مثال۲ : داده‌های جدول زیر مربوط به بخشی از انجام واکنش است با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید:

زمان(min)	A(L)
۲۰	۰/۵۶
۴۰	۱/۱۲
۶۰	۱/۴

الف) ماده A واکنش‌دهنده 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 برحسب مول بر دقیقه در شرایط STP به دست آورید.

درابتدا داده‌ها به مول تبدیل می‌شود و سپس طبق فرمول، سرعت محاسبه می‌گردد.

سرعت(mol/min)	A(mol)	A (L)	زمان (s)
۰	۰/۰۲۵	۰/۵۶	۲۰
۰/۰۷۵	۰/۰۵	۱/۱۲	۴۰
۰/۰۳۷۵	۰/۰۶۲۵	۱/۴	۶۰

$$molA_{20}=\frac{0/56L}{22/4L}=0/025mol$$

$$molA_{40}=\frac{1/12L}{22/4L}=0/05mol$$

$$molA_{60}=\frac{1/4L}{22/4L}=0/0625mol$$

ج) با گذشت زمان سرعت چه تغییری می‌کند؟ چرا؟ **کاهش پیدا می‌کند زیرا تغییرات حجم ماده A کم می‌شود.**

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 معادلهٔ واکنش و موازنهٔ 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 مول‌های A از ۲/۱ به ۱/۲ مول کاهش یافته است سرعت مصرف ماده A چند مول بر ثانیه است؟

$$\Delta n=1/2-2/1=-0/9mol$$

$$R_A=-\frac{(-0/9)mol}{2min}\times\frac{1min}{60S}=0/0075 mol.S^{-1}=7/5\times10^{-3}mol.S^{-1}$$

مثال : اگر در تجزیهٔ ۴/۵ مول NO_2 مطابق واکنش زیر، بر اثر گرما، پس از ۱۰ ثانیه ۱۳۸ گرم از آن باقی‌مانده باشد، سرعت متوسط مصرف NO_2، برابر چند مول، بر ثانیه است؟

$2NO_2 \rightarrow 2NO + O_2$ $\quad N=14\ ,O=16\ g.mol^{-1}$

$$138g\,NO_2\times\frac{1mol\,NO_2}{46g\,NO_2}=3mol\,NO_2$$

$$\Delta n=3-4/5=-1/5mol$$

$$R_{NO_2}=-\frac{(-1/5)mol}{10S}=0/15\ mol.S^{-1}$$

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؟ $(N=14\ ,\ H=1\ g.mol^{-1})$

1) 0/013 $\quad$ 2) 0/023 $\quad$ 3) 0/033 $\quad$ 4) 0/043

$$68g\,NH_3\times\frac{1mol\,NH_3}{17g\,NH_3}=4mol\,NH_3 \quad \Rightarrow \quad R_{NH_3}=\frac{4mol\,NH_3}{5min}\times\frac{1min}{60S}=0/013 mol.S^{-1}$$

مثال : اگر ۸/۳۴ گرم 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؟ $(P=31 , Cl=35/5\ g.mol^{-1})$ (ریاضی ۸۷)

۱) ۰/۰۲ ۲) ۰/۰۳ ۳) ۰/۰۴ ۴) ۰/۰۵

$8/34g \times \frac{25}{100} = 2/085g$

$2/085g \times \frac{1mol\ PCl_5}{208/5\ g\ PCl_5} = 0/01 mol\ PCl_5$

$R_{PCl_5} = -\frac{(-0/01)mol\ PCl_5}{20S} \times \frac{60S}{1min} = 0/03\ mol.min^{-1}$

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)

۱) ۳۰ ۲) ۳۵ ۳) ۴۰ ۴) ۴۵

$219000\,ton \times 0/05 = 10950\,ton \quad \Rightarrow \quad \frac{10950\,ton}{365} = 30\,ton$

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 **مادهٔ دیگری** را در **همان** واکنش بدست آوریم، باید از معادلهٔ 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.
- ✓ رابطهٔ بین سرعت‌ها به صورت مقابل است : $aA + bB \rightarrow cC + dD \quad \Rightarrow \quad \bar{R}_{واکنش} = \frac{\bar{R}_A}{a} = \frac{\bar{R}_B}{b} = \frac{\bar{R}_C}{c} = \frac{\bar{R}_D}{d}$
- ✓ طبق رابطهٔ 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** کافیست سرعت هر ماده را به **ضریب استوکیومتری** آن در معادلهٔ 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 مادهٔ دیگر بود، سرعت متوسط تولید یا مصرف آن نیز **۲** برابر آن مادهٔ دیگر است.)

مثال : در واکنش زیر، سرعت تولید یا مصرف کدام ماده، بر حسب $mol.L^{-1}.s^{-1}$ کمترین مقدار است؟ (واکنش موازنه نشده است.)

$4KNO_3(s) \rightarrow 2K_2O(s) + 2N_2(g) + 5O_2(g)$

۱) KNO_3 ۲) K_2O ۳) N_2 ۴) O_2

با توجه به ضرایب استوکیومتری در معادلهٔ موازنه شده سرعت تولید N_2 از سایر مواد کمتر است.

توجه : برای K_2O چون این ماده بصورت جامد است برای آن غلظت مولی و در نتیجه رابطهٔ $mol.L^{-1}.s^{-1}$ تعریف نمی‌شود.

مثال : مطابق واکنش $A(g) \rightarrow 2B(g) + 3C(g)$، در ظرفی دربسته مقداری مادهٔ 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 برحسب 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 رابطهٔ بین سرعت‌های مواد گازی که در حالت‌های زیر داده شده است، معادلهٔ شیمیایی موازنه شدهٔ آن واکنش را بنویسید.

الف) $\bar{R}_{واکنش} = -\frac{1}{2}\frac{\Delta[N_2O_5]}{\Delta t} = \frac{1}{4}\frac{\Delta[NO_2]}{\Delta t} = \frac{\Delta[O_2]}{\Delta t}$

ب) $\bar{R}_{واکنش} = \frac{1}{3}\frac{\Delta[A]}{\Delta t} = \frac{1}{2}\frac{\Delta[B]}{\Delta t} = -\frac{\Delta[C]}{\Delta t}$

مثال : با توجه به این که سرعت متوسط تولید گاز هیدروژن در واکنش: $Fe(s)+H_2O(g)\rightarrow Fe_3O_4(s)+H_2(g)$ (معادله موازنه شود.) ، در دمای آزمایش برابر 2×10^{-2} مول بر ثانیه است، کدام مطلب، نادرست است؟ (تجربی ۹۸ خارج)

۱) در هر ثانیه، ۰/۱۵ مول $Fe(s)$ مصرف می‌شود.

۲) در هر دقیقه، ۰/۳ مول $Fe_3O_4(s)$ ، تولید می‌شود.

۳) سرعت متوسط مصرف $H_2O(g)$ ، برابر $0/02 mol.s^{-1}$ است.

۴) سرعت متوسط واکنش، برابر سرعت متوسط تولید $Fe_3O_4(s)$ است.

$$3Fe(s)+4H_2O(g)\rightarrow Fe_3O_4(s)+4H_2(g)$$

$$\bar{R}_{Fe}=\frac{3}{4}\bar{R}_{H_2}=\frac{3}{4}\times2\times10^{-2}=1/5\times10^{-2}$$

مثال : در واکنش : $PI_3(s)+H_2O(l)\rightarrow H_3PO_3(aq)+HI(aq)$ (معادله موازنه شود.)، اگر مقدار آغازین $PI_3(s)$ 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 $HI(aq)$ به چند مول بر لیتر می‌رسد؟ ($g.mol^{-1}$: $I=127$ و $P=31$ ؛ از تغییر حجم صرف نظر شود.) (ریاضی ۹۸)

1) $0/12\ ,\ 3/3\times10^{-4}$ 2) $0/08,\ 3/3\times10^{-4}$ 3) $0/12,\ 6/67\times10^{-4}$ 4) $0/08\ ,6/67\times10^{-4}$

$$PI_3(s)+3H_2O(l)\rightarrow H_3PO_3(aq)+3HI(aq)$$

$$\Delta m=4/12\ g-20/6g=-16/48g$$

$$mol\,PI_3=16/48g\times\frac{1mol\,PI_3}{412g\,PI_3}=0/04mol\,PI_3\quad\Rightarrow R_{PI_3}=-\frac{(-0/04)mol\,PI_3}{2min}\times\frac{1min}{60s}=3/3\times10^{-4}\ mol.s^{-1}$$

$$\frac{\bar{R}_{HI}}{\bar{R}_{PI_3}}=\frac{3}{1}\quad\Rightarrow\bar{R}_{HI}=3\bar{R}_{PI_3}=3(3/3\times10^{-4})=9/9\times10^{-4}$$

$$9/9\times10^{-4}=\frac{\Delta n}{120s}\Rightarrow\Delta n\cong0/12\ mol\,HI$$

تغییر غلظت H_2O_2 نسبت به زمان در آزمایش تجزیهٔ آن، مطابق داده‌های زیر بدست آمده است : $2H_2O_2(aq)\rightarrow 2H_2O(l)+O_2(g)$

نسبت سرعت متوسط در دو ثانیهٔ چهارم واکنش به سرعت متوسط در ده ثانیهٔ آخر ثبت شده در جدول، کدام است؟ (تجربی ۹۹)

$t(s)$	۰	۲/۰	۶/۰	۸/۰	۱۰/۰	۲۰/۰
$[H_2O_2](mol\ L^{-1})$	۰/۰۵۰۰	۰/۰۴۴۸	۰/۰۳۰۰	۰/۰۲۴۶	۰/۰۲۰۹	۰/۰۰۸۴

۱) ۱/۶۴ ۲) ۱/۸۱ ۳) ۲/۰۴ ۴) ۲/۱۰

محاسبه سرعت متوسط واکنش در دو ثانیه چهارم (ثانیه ۶ تا ثانیه ۸) و ۱۰ ثانیه آخر

$$\bar{R}_{H_2O_2}=-\frac{\Delta[H_2O_2]}{\Delta t}=-\frac{(-0/0051)mol}{2\ s}=2/55\times10^{-3}$$

$$\bar{R}_{H_2O_2}=-\frac{\Delta[H_2O_2]}{\Delta t}=-\frac{(-0/0125)mol}{10\ s}=1/25\times10^{-3}$$

$$\frac{2/55\times10^{-3}}{1/25\times10^{-3}}=2/04$$

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؛ $\bar{R}_A=\frac{(\Delta[A]\ or\ \Delta n_A\ or\ \Delta V_A}{\Delta t}$. در برخی مسائل فقط مقدار اولیهٔ یا فقط مقدار باقی‌مانده (نهایی) به همراه زمان داده می‌شود (سرعت تولید یا مصرف مشخص نیست) و دیگری مجهول است که در این صورت نمی‌توان از رابطهٔ 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 معادلهٔ 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 اولیهٔ واکنش‌دهنده مصرف شود و همین واکنش در مجاورت کاتالیزگر مناسب، هر ۵ دقیقه با همین روند پیشرفت کند، در لحظه‌ای که ۵۰ درصد مادهٔ 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)

۱) ۱۲۵ ، ۵ ۲) ۱۲۵ ، ۶ ۳) ۱۵۰ ، ۵ ۴) ۱۵۰ ، ۶

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. ⇐ ۵۰ ٪ در ۲/۵ ساعت مصرف می‌شود که برابر ۱۵۰ دقیقه است.

با استفاده از کاتالیزگر: ۱۰٪ در ۵ دقیقه مصرف شده است. ⇐ ۵۰ ٪ در ۲۵ دقیقه مصرف می‌شود.

دقیقه ۱۲۵ = ۲۵ − ۱۵۰ : اختلاف زمان انجام واکنش بدون کاتالیزگر و با استفاده از کاتالیزگر

محاسبه سرعت متوسط واکنش بدون کاتالیزگر و با کاتالیزگر :

فرض می کنیم مقدار اولیه AB_2 یک مول باشد.

$$\bar{R}_{AB_2} = -\frac{(-0/5)\,mol}{150} = 3/33\times10^{-3}\ mol.min^{-1}$$

$$\bar{R}_{AB_2} = -\frac{(-0/5)\,mol}{25} = 0/02\ mol.min^{-1} \quad \Rightarrow \quad \frac{0/02}{3/33\times10^{-3}} = 6$$

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 ثانیهٔ سوم، به سرعت متوسط واکنش در ۴۰۰ ثانیهٔ پایانی ثبت شده در جدول، به‌تقریب کدام است؟ (تجربی ۹۹ خارج)

t(s)	۰	۵۰	۱۰۰	۱۵۰	۲۰۰	۳۰۰	۴۰۰	۷۰۰	۸۰۰
$[CH_4]$ mol.L^{-1}	۰/۱۰۰	۰/۰۹۰۵	۰/۰۸۲	۰/۰۷۴۱	۰/۰۶۲۱	۰/۰۴۵۹	۰/۰۴۳۰	۰/۰۲۱۰	۰/۰۱۷۰

۱) ۰/۲۳۴ ۲) ۰/۲۴۳ ۳) ۲/۳۴ **۴) ۲/۴۳**

محاسبه سرعت متوسط واکنش در ۵۰ ثانیه سوم (از ثانیه ۱۰۰ تا ۱۵۰ واکنش) و ۴۰۰ ثانیه پایانی :

$$\bar{R}_{CH_4} = -\frac{\Delta[CH_4]}{\Delta t} = -\frac{(0/0741-0/082)\ molL^{-1}}{50\ s} = -\frac{(-8\times10^{-3})\ mol}{50\ s} = 1/6\times10^{-4}\ molL^{-1}.s^{-1}$$

$$\bar{R}_{CH_4} = -\frac{\Delta[CH_4]}{\Delta t} = -\frac{(0/0170-0/0430)\ molL^{-1}}{400\ s} = -\frac{(-0/0260)\ molL^{-1}}{400\ s} = 6/5\times10^{-5}\ molL^{-1}s^{-1}$$

$$\frac{1/6\times10^{-4}}{6/5\times10^{-5}} = 2/43$$

در مورد جدول‌هایی که غلظت یا مقدار مواد را در زمان‌های مختلف آورده‌اند ؛ نکات زیر را به یاد داشته باشید :

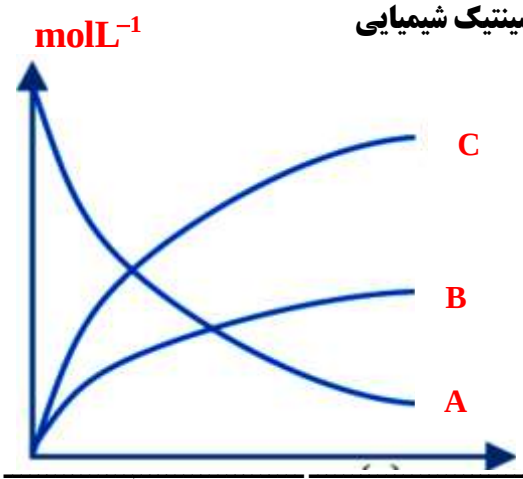
۱) برای نوشتن معادلهٔ واکنش از روی جدول، موادی که مقدار آنها در طول زمان **کاهش** می‌یابد، **واکنش‌دهنده** بوده و موادی که مقدار آنها در حال **افزایش** است، فراوردهٔ **واکنش** می‌باشند.

۲) برای **تعیین ضریب استوکیومتری** مواد واکنش به کمک جدول، **تغییرات** مقدار ماده در فاصلهٔ 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 لحظهٔ 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.

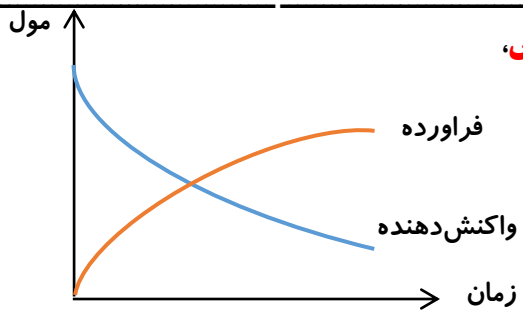
بررسی نمودارهای غلظت–زمان و مول–زمان در سینتیک شیمیایی

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 :

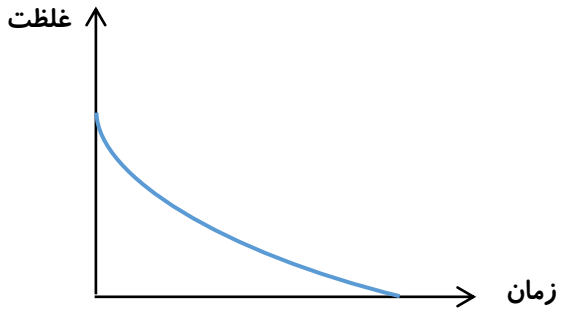


✓ نمودار تغییرات غلظت **واکنش‌دهنده‌ها** (A) (اگر بصورت جامد یا مایع خالص نباشند) روند **نزولی** دارد زیرا در حال **مصرف شدن** و کاهش غلظت است اما نمودار غلظت **فراورده‌ها** (B و C) روند **صعودی** دارد زیرا در حال **تولید شدن** و افزایش غلظت است.

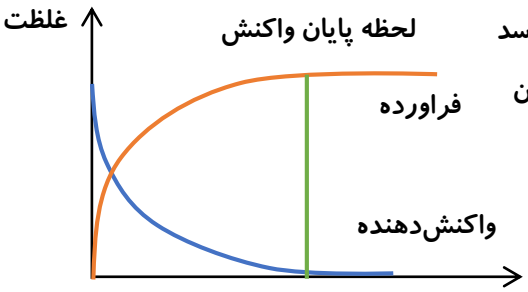
✓ نمودار تغییرات (**غلظت – زمان**) مواد جامد و مایع خالص به صورت یک **خط راست** است؛ زیرا غلظت این مواد **ثابت** است.



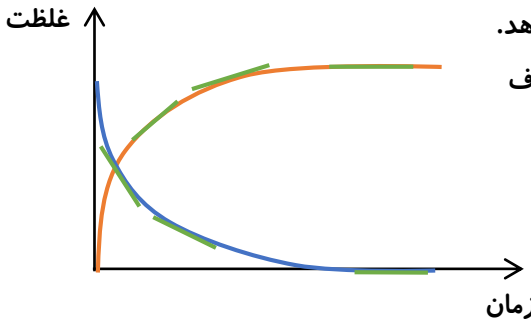
✓ در صورتی که نمودار (**مول–زمان**) باشد، برای واکنش‌دهندهٔ **جامد** و **مایع خالص**، نمودار **نزولی** و برای **فراورده‌ها** نیز **صعودی** است.



✓ **واکنش کامل** : واکنشی که در آن یکی از واکنش‌دهنده‌ها به **اتمام** می‌رسد.



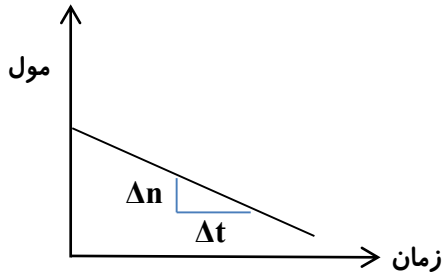
✓ در واکنش کامل نخستین لحظه‌ای که نمودار یکی از واکنش‌دهنده‌ها به **صفر** می‌رسد یا نمودار **فراورده** و **واکنش‌دهندهٔ اضافی** به حالت **افقی** در می‌آیند (یعنی همان صفر شدن شیب نمودار) ، لحظهٔ **پایان** واکنش را نشان می‌دهد.



✓ 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.

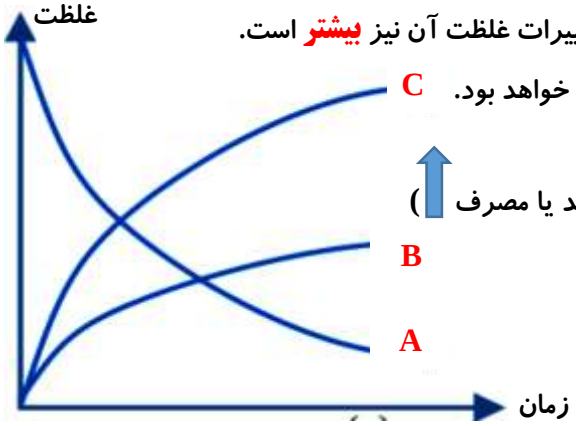
✓ برای واکنش‌دهنده شیب نمودار **منفی** و برای فراورده شیب نمودار **مثبت** است.



✓ 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.



✓ هر چه ضریب استوکیومتری یک ماده **بیشتر** باشد، شیب نمودار آن **بیشتر** و تغییرات غلظت آن نیز **بیشتر** است.

اگر ضریب مادهٔ A **دو برابر** ضریب مادهٔ B باشد، تغییرات غلظت آن **دو** برابر خواهد بود.

(ضریب استوکیومتری ↑ ⇐ شیب نمودار ↑ ⇐ تغییرات غلظت ↑ ⇐ سرعت تولید یا مصرف ↑)

✓ اگر در یک واکنش، ضریب استوکیومتری دو ماده با هم **برابر** باشد تنها می‌توان گفت که تعداد مول مصرف شده یا تولید شده آنها (Δn) 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 $CaCO_3(s)$ با $HCl(aq)$، چه رابطه‌ای بین سرعت متوسط مصرف این دو ماده وجود دارد؟ این رابطه را بنویسید.

$$CaCO_3(s) + 2HCl(aq) \rightarrow CaCl_2(aq) + CO_2(g) + H_2O(l)$$

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:

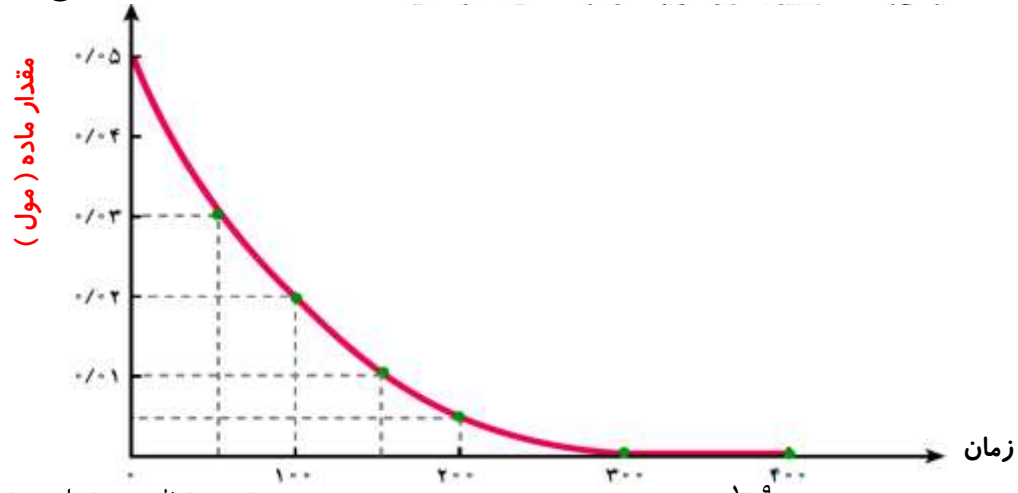
$$2SO_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2SO_3(g)$$

اگر در شرایط معین $\bar{R}(O_2) = 0/01 mol.s^{-1}$ باشد، $\bar{R}(SO_2)$ و $\bar{R}(SO_3)$ را بر حسب $mol.min^{-1}$ حساب کنید.

$$\bar{R}(SO_3) = \bar{R}(SO_2) = 2\bar{R}(O_2) = 2 \times 0/01 \frac{mol}{s} \times \frac{60s}{1min} = 1/2\ mol.min^{-1}$$

---

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 واکنش‌دهنده (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 رابطهٔ مقابل نوشته می‌شود. $\overline{R}(\text{واکنش‌دهنده}) = -\frac{\Delta n(\text{واکنش‌دهنده})}{\Delta t}$

زیرا مقدار واکنش‌دهنده‌ها با گذشت زمان کاهش می‌یابد و مقدار Δn 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 برحسب مول بر دقیقه حساب کنید.

$$\overline{R}(\text{مصرف رنگ غذا}) = -\frac{(0-0/05)\text{mol}}{300\text{s}} \times \frac{60\text{s}}{1\text{min}} = 0/01\,\text{mol.min}^{-1}$$

رابطهٔ سرعت واکنش با ضرایب استوکیومتری

مثال : اگردر واکنش : $3BrO^-(aq) \rightarrow BrO_3^-(aq) + 2Br^-(aq)$، پس ازگذشت ۷ ثانیه، مقدار یون BrO^- به اندازه ۰/۲۸ مول کاهش یابد، سرعت متوسط تشکیل یون BrO_3^- ، چند مول بر دقیقه است؟

$$\text{mol}BrO_3^- = 0/28\ \text{mol}BrO^- \times \frac{1\ \text{mol}\ BrO_3^-}{3\text{mol}\ BrO^-} = 0/0933\,\text{mol}$$

$$R_{BrO_3^-} = \frac{0/0933\text{mol}}{7\text{s}} \times \frac{60\text{s}}{1\text{min}} = 0/8\,\text{mol.min}^{-1}$$

- نسبت سرعت بر حسب دو مادهٔ مختلف در یک واکنش برابر نسبت ضرایب استوکیومتری آن‌هاست.

$$aA(g) + bB(g) \rightarrow cC(g) + dD(g)$$

$$\frac{R_A}{R_B} = \frac{a}{b} \quad ، \quad \frac{R_B}{R_C} = \frac{b}{c} \quad ،، \quad \frac{R_D}{R_B} = \frac{d}{b} \qquad \frac{R_A}{R_C} = \frac{a}{c}$$

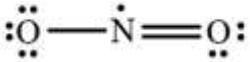
پیوند با زندگی : (خوراکی‌های طبیعی رنگین، بازدارنده‌هایی مفید و مؤثر)

- برنامهٔ 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.

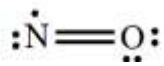
- **هندوانه** و **گوجه فرنگی** محتوی **لیکوپن** بوده که فعالیت **رادیکال‌ها** را کاهش می‌دهد.

رادیکال‌ها

- **رادیکال**، گونهٔ **پر انرژی** و **ناپایداری** است.
- رادیکال‌ها در ساختار خود، **الکترون جفت نشده (الکترون تک)** دارند.
- محتوی اتم‌هایی هستند که از قاعدهٔ **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.
- Cl , $CHCl_2$, O_2^- , CH_3 , NO_2 , NO ذراتی هستند که مجموع الکترون **فرد** دارند و رادیکال به شمار می‌روند.
- اگر رادیکال‌ها به وسیلهٔ **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.

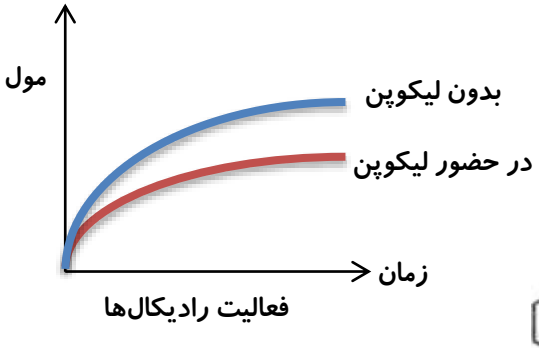
✓ لیکوپن هیدروکربنی **سیرنشده** و **غیرآروماتیک** است.

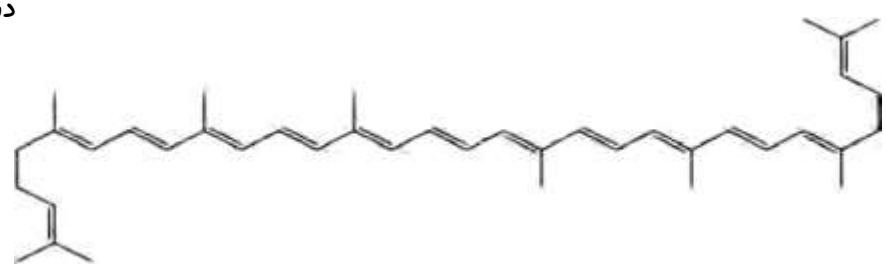
✓ شمار پیوندهای کووالانسی در آن برابر **۱۰۸** که شمار پیوندهای **دوگانه** برابر **۱۳** و شمار پیوندهای **ساده** برابر **۸۲** می‌باشد.

✓ در میوه‌هایی با رنگدانهٔ **قرمز** وجود دارد.

✓ با جذب **رادیکال‌ها** فعالیت آنها را **کاهش** می‌دهد.

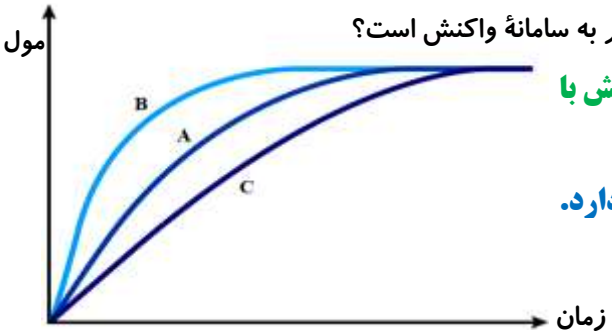
✓ شیب نمودار فعالیت رادیکال‌ها در بدن انسان با مصرف لیکوپن **کاهش** می‌یابد.





خود را بیازمایید : **صفحه ۸۹ و ۹۰ کتاب درسی**

در نمودار داده شده، منحنی A نشان دهندهٔ تغییر مول‌های یکی از مواد فراورده در واکنش فرضی است. با دلیل مشخص کنید کدام منحنی (B یا C) نشان‌دهندهٔ افزودن بازدارنده و کدام یک نشان‌دهندهٔ افزودن کاتالیزگر به سامانهٔ 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 شرکت کننده‌ها 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 در واکنش وجود دارد تعیین شود، تفاوتی **نمی‌کند** و مقدار **یکسان** خواهد بود.

✓ اگر در معادلهٔ سرعت داده شده ضرایب پایین کسر نبود باید معادلهٔ را به یک عدد (کوچک‌ترین مضرب مشترک اعداد صورت کسر) تقسیم نماییم تا هیچ عددی در صورت کسرها نماند.

$$-\frac{2\Delta n_A}{\Delta t}=-\frac{\Delta n_B}{2\Delta t}=\frac{3\Delta n_C}{\Delta t}=\frac{\Delta n_D}{\Delta t} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{6}\times\left[-\frac{2\Delta n_A}{\Delta t}=-\frac{\Delta n_B}{2\Delta t}=\frac{3\Delta n_C}{\Delta t}=\frac{\Delta n_D}{\Delta t}\right]$$

$$\Rightarrow -\frac{\Delta n_A}{3\Delta t}=-\frac{\Delta n_B}{12\Delta t}=\frac{\Delta n_C}{2\Delta t}=\frac{\Delta n_D}{6\Delta t} \quad \Rightarrow \quad 3A(g)+12B(g)\rightarrow 2C(g)+6D(g)$$

✓ معادلهٔ واکنش براساس رابطهٔ 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. **غلظت مولی A** = [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 برحسب مول بر زمان را به **حجم** سامانه **تقسیم** کنیم.

با هم بیندیشیم : **صفحه ۹۰ و ۹۱ کتاب درسی**

۱) سرعت متوسط تولید گاز آمونیاک در شرایط معینی بر اساس معادله واکنش زیر در گسترهٔ زمانی معینی برابر با $4\times10^{-2}\ mol\,S^{-1}$ است.

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$$

الف) سرعت متوسط مصرف $N_2(g)$ و $3H_2(g)$ را در این گسترهٔ زمانی حساب کنید.

$$\bar{R}(N_2\ \text{مصرف}) = \frac{1}{2}\bar{R}(NH_3\ \text{تولید}) = \frac{1}{2}\times 4\times10^{-2} = 2\times10^{-2}\ mol.S^{-1}$$

$$\bar{R}(H_2\ \text{مصرف}) = \frac{3}{2}\bar{R}(NH_3\ \text{تولید}) = \frac{3}{2}\times 4\times10^{-2} = 6\times10^{-2}\ mol.S^{-1}$$

ب) سرعت متوسط تولید یا مصرف هر شرکت‌کننده را به ضریب استوکیومتری آن تقسیم کنید. از حاصل این تقسیم‌ها چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

$$\frac{\bar{R}(N_2\ \text{مصرف})}{1} = \frac{\bar{R}(H_2\ \text{مصرف})}{3} = \frac{\bar{R}(NH_3\ \text{تولید})}{2} = \frac{2\times10^{-2}}{1} = \frac{6\times10^{-2}}{3} = \frac{4\times10^{-2}}{2}\ mol.S^{-1}$$

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، رابطهٔ سرعت واکنش را بنویسید.

$$\bar{R}(\text{واکنش}) = \frac{\bar{R}(N_2\ \text{مصرف})}{1} = \frac{\bar{R}(H_2\ \text{مصرف})}{3} = \frac{\bar{R}(NH_3\ \text{تولید})}{2} = -\frac{\Delta n(N_2)}{\Delta t} = -\frac{\Delta n(H_2)}{3\Delta t} = +\frac{\Delta n(NH_3)}{2\Delta t}$$

ت) ارتباط معادلهٔ شیمیایی موازنه شده واکنش را با رابطهٔ زیر توضیح دهید.

$$\bar{R}(\text{واکنش}) = +\frac{\Delta n(NH_3)}{2\Delta t} = -\frac{\Delta n(H_2)}{3\Delta t} = -\frac{\Delta n(N_2)}{\Delta t}$$

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.

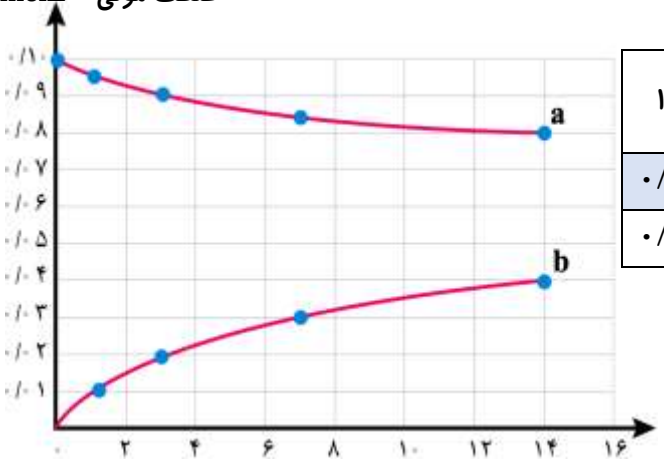
نیتروژن ، سرعت اجزایی از واکنش که ضریب استوکیومتری برابر یک دارند با سرعت متوسط واکنش برابر است.

---

۲) قند موجود در جوانه گندم (مالتوز) مطابق واکنش زیر به گلوکز تبدیل می‌شود. $C_{12}H_{22}O_{11}(aq) + H_2O(l) \rightarrow 2C_6H_{12}O_6(aq)$

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، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

زمان(دقیقه) / غلظت مولی $molL^{-1}$	۰	۱	۳	۷	۱۴
$[C_6H_{12}O_6]$	۰	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۴
$[C_{12}H_{22}O_{11}]$	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 دقیقهٔ نخست، (گلوکز) $\overline{R}$ و (مالتوز) $\overline{R}$ را برحسب $mol.L^{-1}.S^{-1}$ حساب کنید.

$$\overline{R}(C_6H_{12}O_6)=\frac{(0/02-0)mol}{3minL}\times\frac{1min}{60s}=1/1\times10^{-4}molL^{-1}s^{-1}$$

$$\overline{R}(C_{12}H_{22}O_{11})=-\frac{(0/09-0/1)mol}{3minL}\times\frac{1min}{60s}=5/5\times10^{-5}molL^{-1}s^{-1}$$

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.

$$\overline{R}(\text{هفت دقیقه نخست})=-\frac{(0/085-0/1)mol}{7minL}=2/1\times10^{-3}molL^{-1}min^{-1}$$

$$\overline{R}(\text{هفت دقیقه دوم})=-\frac{(0/08-0/085)mol}{7minL}=7/1\times10^{-4}molL^{-1}min^{-1}$$

سرعت در هفت دقیقه نخست بیشتر است زیرا با گذشت زمان از غلظت واکنش‌دهنده‌ها کاسته شده و سرعت نیز کاهش می‌یابد.

پ) هر یک از منحنی‌های a و b مربوط به کدام ماده شرکت‌کننده 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 کربن‌دی‌اکسید، آب، غذا و . . . .

ردپای غذا

دو چهره دارد :

۱. چهرهٔ **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. چهرهٔ **پنهان** که خود شامل **دو** قسمت است:

الف) تولید گازهای گلخانه‌ای به ویژه **کربن‌دی‌اکسید** 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 **همهٔ** منابعی است که در **تهیهٔ 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، حمل‌و نقل، آب و انرژی مصرفی، زمین‌های بایر و... از جمله این منابع هستند.

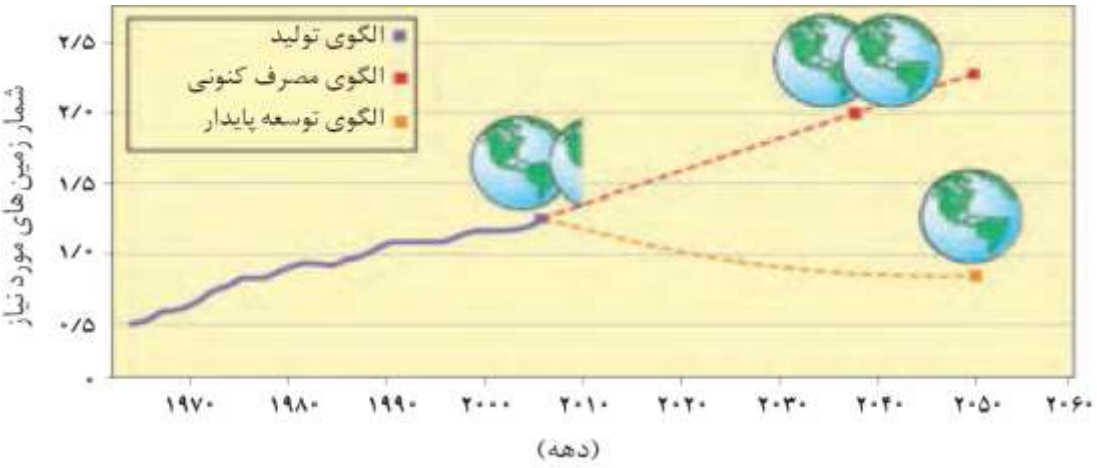
اثرات افزایش جمعیت جهان

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.

پیش بینی 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 هریک از این برنامه‌ها در گرو همت و تلاش یکایک ساکنان زمین است.

پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۱۶ منابع مورد نیاز برای تأمین غذا بیش از منابع موجود در سطح زمین است. و درسال 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 می‌دهد. در گفت‌وگو با یکدیگر مشخص کنید هر بیانی از اصل شیمی سبز در ستون سمت چپ با کدام الگو همخوانی بیشتری دارد.

الگوی کاهش ردپای غذا	بیانی از اصل شیمی سبز
خرید به اندازهٔ نیاز	کاهش تولید زباله و پسماند
کاهش مصرف گوشت و لبنیات	کاهش ورود مواد شیمیایی ناخواسته به محیط زیست
استفاده از غذاهای بومی و فصلی	کاهش مصرف انرژی
کاهش مصرف غذاهای فراوری شده	طراحی مواد و فراورده‌های شیمیایی سالم‌تر

تمرین‌های دوره‌ای : **صفحه ۹۴ تا ۹۶ کتاب درسی**

۱) اغلب ورزشکاران برای درمان آسیب‌دیدگی‌های خود از بسته‌هایی استفاده می‌کنند که به سرعت گرما را انتقال می‌دهند. اساس کار این بسته‌ها، انحلال برخی ترکیب‌های یونی در آب است. با توجه به معادله‌های ترموشیمیایی زیر به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.

$$NH_4NO_3(s) + 26\ kJ \xrightarrow{\text{آب}} NH_4^+(aq) + NO_3^-(aq)$$

$$CaCl_2(s) \xrightarrow{\text{آب}} Ca^{2+}(aq) + 2Cl^-(aq) + 83\ kJ$$

آ) کدام فرایند انحلال برای سرد کردن محل آسیب‌دیدگی مناسب است؟ چرا؟

واکنش اول چون گرماگیر است و با جذب گرما از محل آسیب دیده آن را سرد می‌کند.

ب) از انحلال کامل ۲/ ۲۲ g کلسیم کلرید خشک در آب چند کیلوژول گرما آزاد می‌شود؟

$$?\,kJ = 2/22\ g\ CaCl_2 \times \frac{1\,mol\,CaCl_2}{111\,g\,CaCl_2} \times \frac{83\,kJ}{1\,mol\,CaCl_2} = 1/66\,kJ$$

---

۲) چربی ذخیره شده در کوهان شتر هنگام اکسایش افزون بر آب مورد نیاز، انرژی لازم برای فعالیت‌های جانور را نیز تأمین می‌کند. واکنش ترموشیمیایی آن به صورت زیر است :

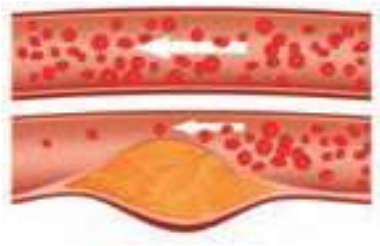
$$2C_{57}H_{110}O_6(s) + 163O_2(g) \rightarrow 114CO_2(g) + 110H_2O(l) \quad ، \quad \Delta H = -75520\,kJ$$

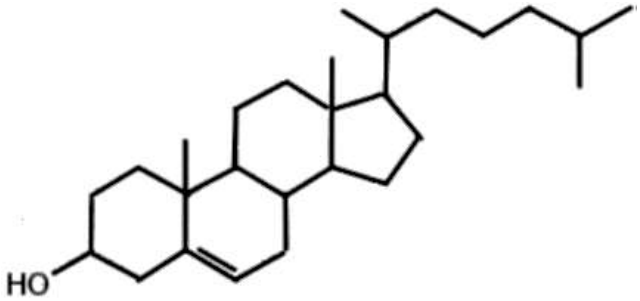
حساب کنید از اکسایش هر کیلوگرم چربی، چند کیلوژول انرژی آزاد می‌شود؟

$$?\,kJ = 1kg \times \frac{1000\,g}{1kg} \times \frac{1\,mol\,C_{57}H_{110}O_6}{890\,g\,C_{57}H_{110}O_6} \times \frac{75520\,kJ}{2\,mol\,C_{57}H_{110}O_6} = 42426/97\,kJ$$

---

۳) کلسترول، یکی از مواد آلی موجود در غذاهای جانوری است که مقدار اضافی آن در دیوارهٔ رگ‌ها رسوب می‌کند، فرایندی که منجر به گرفتگی رگ‌ها و سکته می‌شود. با توجه به ساختار آن به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.





الف) توضیح دهید چرا شیمی‌دان‌ها 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 درحلال‌های **آلی** است.

---

۴) از مصرف هر گرم آلومینیم در واکنش ترمیت، 15/24 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 درجهٔ سلسیوس افزایش می‌دهد؟

$$Q = mc\Delta\theta \quad : \quad 15/24\,kJ \times \frac{1000\,J}{1\,kJ} = 100\,g \times 4/184\,\frac{J}{g°C} \times \Delta\theta \quad \Rightarrow \Delta\theta = 36/42°C$$

ب) ΔH واکنش ترمیت را حساب کنید.

$$2\,mol\,Al \times \frac{27\,g\,Al}{1\,mol\,Al} \times \frac{15/24\,kJ}{1\,g\,Al} = 822/96\,kJ \quad \Rightarrow \quad \Delta H = -822/96\,kJ$$

---

۵) با توجه به واکنش ترموشیمیایی: $H_2(g) + I_2(s) + 53kJ \rightarrow 2HI(g)$ آنتالپی واکنش $H_2(g) + I_2(g) \rightarrow 2HI(g)$ را حساب کنید

(راهنمایی : آنتالپی فرازش (تصعید) یُد را $62/5\ kJmol^{-1}$ در نظر بگیرید.)

مطابق قانون هس خواهیم داشت :

واکنش بدون تغییر

واکنش را در (–۱) ضرب می‌کنیم.

$$1)\ H_2(g) + I_2(s) \rightarrow 2HI(g) \qquad \Delta H_1 = 53\,kJ$$

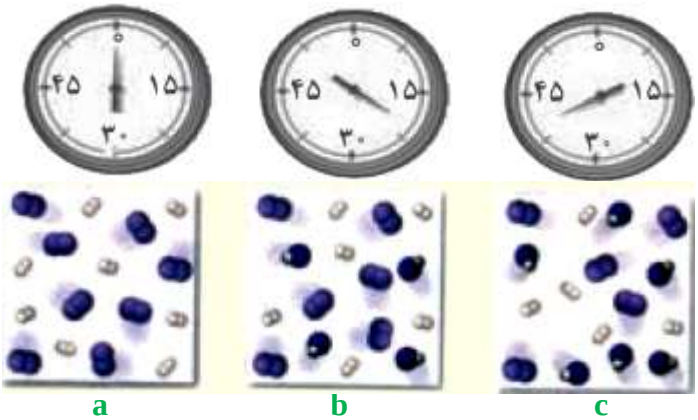
$$2)\ I_2(s) \rightarrow I_2(g) \qquad \Delta H_2 = 62/5\,kJ$$

$$H_2(g) + I_2(g) \rightarrow 2HI(g) \quad \Rightarrow \quad \Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 = 53 - 62/5 = -9/5\,kJ$$

---

۶) شکل زیر واکنش میان گاز هیدروژن و بخار بنفش رنگ ید را در دمای معینی نشان می‌دهد. $H_2(g) + I_2(g) \rightarrow 2HI(g)$

اگر هر ذره هم ارز با ۰/۱ مول از ماده و سامانه دو لیتری باشد، سرعت واکنش را پس از ۲۰ دقیقه (b) و پس از ۴۰ دقیقه (c) برحسب $mol.L^{-1}.h^{-1}$ حساب و با یکدیگر مقایسه کنید.



a b c

در ۲۰ دقیقه نخست واکنش، دو مولکول هیدروژن مصرف شده است. پس تغییر مول هیدروژن برابر است با :

در ۲۰ دقیقه اول : $\Delta n(H_2) = 0/2\ mol \qquad \Delta[H_2] = \frac{0/2\,mol}{2\,L} = 0/1\,mol.L^{-1}$

چون ضریب H_2 در این واکنش برابر یک است پس سرعت متوسط مصرف هیدروژن با سرعت واکنش برابر است :

$$\Delta t = 20\,min \times \frac{1\,h}{60\,min} = \frac{1}{3}\,h$$

$$\bar{R}(\text{واکنش}) = \bar{R}(H_2) = \frac{\Delta[H_2]}{\Delta t} = \frac{0/1\,mol.L^{-1}}{\frac{1}{3}\,h} = 0.3\,mol.L^{-1}h^{-1}$$

پس از ۴۰ دقیقه : $\Delta n(H_2) = 0/3\ mol$ $\qquad \Delta[H_2] = \frac{0/3\,mol}{2\,L} = 0/15\,mol.L^{-1}$

$$\Delta t = 40\,min \times \frac{1\,h}{60\,min} = \frac{2}{3}\,h$$

$$\bar{R}(\text{واکنش}) = \bar{R}(H_2) = \frac{\Delta[H_2]}{\Delta t} = \frac{0/15\,mol.L^{-1}}{\frac{2}{3}\,h} = 0.225\,mol.L^{-1}h^{-1}$$

---

۷) ΔH واکنش $C_2H_4(g) + H_2(g) \rightarrow C_2H_6(g)$ را با استفاده از : الف) جدول ۲ و ۳ حساب کنید.

$\Delta H_{\text{واکنش}}$ = (مجموع آنتالپی‌های پیوند فراورده‌ها) - (مجموع آنتالپی‌های پیوند واکنش‌دهنده‌ها)

$\Delta H = (4\ C\text{-}H + 1\ C{=}C + 1\ H\text{-}H) - (6\ C\text{-}H + 1\ C\text{-}C)$

$\Delta H = (4\ mol \times 415\ kJ.mol^{-1} + 1\ mol \times 614\ kJ.mol^{-1} + 1\ mol \times 436\ kJ.mol^{-1}) -$

$(6\ mol \times 415\ kJ.mol^{-1} + 1\ mol \times 348\ kJ.mol^{-1})$

$\Delta H = 3320\ kJ - 3274\ kJ \Rightarrow \Delta H = -128\ kJ$

ب) آنتالپی سوختن اتن، 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 :

$$C_2H_4(g) + 3O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + 2H_2O(l) \qquad \Delta H_1 = -1410\,kJ$$

$$C_2H_6(g) + \frac{7}{2}O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(l) \qquad \Delta H_2 = -1560\,kJ$$

$$H_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow H_2O \qquad \Delta H_3 = -286\,kJ$$

برای رسیدن به واکنش تهیه اتان از اتن باید واکنش اول و سوم بدون تغییر و واکنش دوم برعکس شوند. بنابراین ΔH محاسبه شده از این روش برابر است با :

$\Delta H = \Delta H_1 - \Delta H_2 + \Delta H_3 = -1410 + 1560 + (-286) = -86\ kJ$

محاسبات نشان می‌دهد که مقدار ΔH 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.

۱۰۰g اخوراکی / ارزش غذایی — ماده غذایی	برگه زردآلو	سیب	بادام
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 انرژی در پیاده‌روی را $190\ kcal.h^{-1}$ در نظر بگیرید.

$$25\,g \times \frac{579\,kcal}{100\,g} \times \frac{1\,h}{190\,kcal} = 0/76\,h \quad \text{or} \quad 45/6\,min$$