

گرما (اصول شیمی اتکینز) – منبع کتاب اصول شیمی اتکینز، شیمی عمومی کاتز

انرژی درونی یک سامانه، می تواند کار انجام دهد، همچنین می تواند به وسیله انتقال انرژی یا گرمای محیط تغییر کند. گرما با دما هم خانواده است، اما در ترمودینامیک معنای خاصی دارد. در ترمودینامیک، گرما انرژی انتقال یافته ناشی از اختلاف دما است. جریان انرژی به صورت گرما از منطقه ای با دمای بالا به منطقه ای با دمای پایین جاری می شود. بنابر این، به شرطی که دیواره سامانه عایق گرما نباشد، اگر سامانه سردتر از محیط باشد، انرژی از محیط به سامانه جاری می شود.

قبلاً توضیح دادیم گرما ماده نیست و گرما حرکت نمی کند. پس، گرما چیست و چگونه در هنگام گرمایش انتقال می یابد؟ آن چه اغلب "انرژی گرمایی" سامانه نامیده می شود، حاصل جمع انرژی پتانسیل و انرژی جنبشی ناشی از جنبش های نامنظم گرمایی اتم ها، یون ها، و مولکول ها است. مولکول ها در منطقه ای با دمای بالا حرکت شدیدتری نسبت به مولکول ها در دمای پایین دارند. وقتی دو منطقه با هم تماس پیدا می کنند، مولکول های پر انرژی در منطقه با دمای بالاتر، جنبش های مولکول ها در منطقه با دمای پایین تر را بیشتر می کند. در نتیجه، انرژی درونی سامانه سردتر افزایش می یابد و انرژی درونی سامانه گرمتر کاهش خواهد یافت. "جاری شدن" انرژی ناشی از تفاوت دما روشی ساده برای انتقال انرژی جنبش های گرمایی، یعنی انرژی وابسته به جنبش های نامنظم مولکول ها است.

نکته ای برای یادگیری بهتر با دقت روی مفاهیم گرما و انرژی گرمایی آن ها را با هم اشتباه نمی کنیم. گرما انرژی انتقال یافته در نتیجه تفاوت دما است. انرژی گرمایی، یا به عبارت بهتر، انرژی جنبش های گرمایی، انرژی وابسته به جنبش های نامنظم مولکول ها در دمای بالاتر از صفر مطلق (صفر کلوین) است.

انرژی انتقال یافته در سامانه به صورت گرما را با نماد q می نویسیم. بنابر این، وقتی انرژی درونی سامانه به وسیله انتقال انرژی به صورت گرما تغییر کند (و هیچ فرایند دیگری انجام نگیرد)، $\Delta U = q$ (تغییر انرژی درونی سامانه ΔU). اگر انرژی به صورت گرما به سامانه وارد شود، انرژی درونی سامانه افزایش می یابد و q مثبت است. بنابر این، اگر سامانه 10 J گرما بگیرد، $q = +10\text{ J}$ و (کار روی سامانه یا توسط سامانه انجام نمی گیرد) $\Delta U = +10\text{ J}$. همچنین اگر سامانه 10 J گرما از دست بدهد، $q = -10\text{ J}$ و $\Delta U = -10\text{ J}$.

مثال های بالا نشان می دهد، انتقال انرژی به صورت گرما (مشابه انرژی های دیگر) بر حسب ژول (J) اندازه گیری می شود. به هر حال، واحدی که هنوز در بیوشیمی و رشته های وابسته به آن استفاده می شود کالری (cal) است. در ابتدا، 1 کالری انرژی مورد نیاز برای افزایش دمای 1 گرم آب به اندازه $1^\circ C$ تعریف می شد. تعریف جدید کالری به این صورت است. (دقیقاً) $1\text{ cal} = 4.184\text{ J}$.

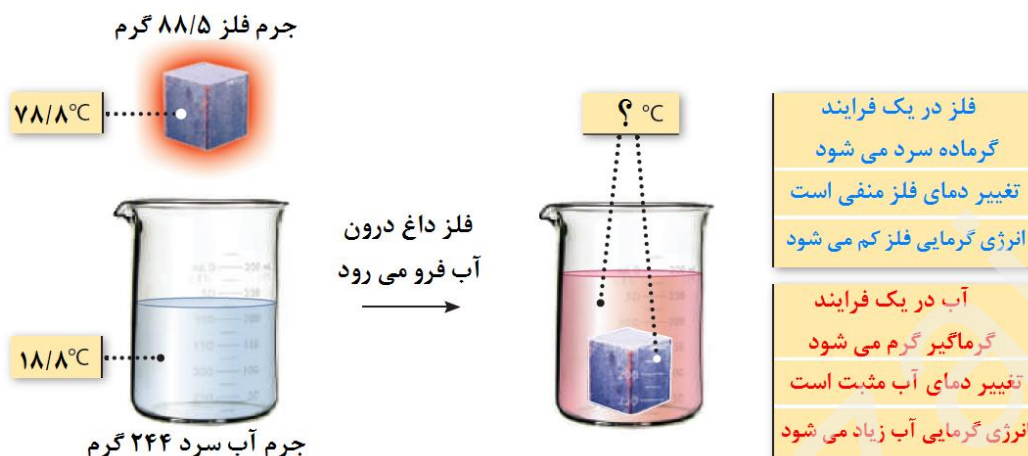
این مقدار به طور دقیق نسبت کالری با ژول را مشخص می کند؛ ژول یکای اصلی اندازه گیری گرما است. کالری غذایی (Cal)، دقیقاً 1 کیلوکالری ($Kcal$)، است و همچنین اهمیت دارد که به عنوان یکای اندازه گیری محتوای انرژی مواد غذایی استفاده می شود.

گرما انتقال انرژی در نتیجه تفاوت دما است. وقتی انرژی به صورت گرما انتقال یابد و فرایند دیگری رخ ندهد، $\Delta U = q$ خواهد بود. هنگامی که سامانه گرما بگیرد، q مثبت است؛ و هنگامی که سامانه انرژی از دست بدهد، q منفی است.

انرژی گرمایی انتقال یافته (شیمی کاتز)

مشابه با نقطه ذوب، نقطه جوش، و چگالی، گرمای ویژه یک خاصیت برای ماده خالص است. گرمای ویژه یک ماده می تواند با انجام آزمایش به وسیله اندازه گیری دقیق تغییر دما، وقتی انرژی به صورت گرما از ماده ای به مقدار معلوم آب (گرمای ویژه آن معلوم است) انتقال می یابد، تعیین شود.

در نظر بگیرید قطعه ای از یک فلز داغ به جرم $۸۸/۵$ گرم و دمای $۷۸/۸^{\circ}\text{C}$ ، درون یک بشر عایق بندی شده دارای آب سرد قرار می گیرد. فرض کنید بشر محتوی ۲۴۴ گرم آب و دمای اولیه (قبل از فرو بردن فلز درون آن) $۱۸/۸^{\circ}\text{C}$ است. دمای نهایی فلز و آب (دمای تعادل) چقدر است؟



- در این جا فلز و آب را به عنوان سامانه و بشر و اطراف آن را محیط در نظر می گیریم، و فرض کنیم انرژی گرمایی فقط درون سامانه انتقال می یابد، به این معنا که انرژی بین سامانه و محیط تبادل ندارد.
- آب و فلز در پایان به دمای یکسان می رسند. (نهایی) T برای هر دو مساوی است.
- همچنین فرض می کنیم انرژی فقط به صورت گرما درون سامانه انتقال می یابد.
- انرژی به صورت گرما از فلز به آب انتقال می یابد، مقدار (فلز) q کاهش می یابد زیرا دمای فلز کم می شود. برعکس، (آب) q افزایش می یابد چون دمای آب زیاد می شود.

- مقدار (آب) q با مقدار (فلز) q از نظر عددی برابر می شود اما با علامت عکس یک دیگر

به دلیل قانون پایستگی انرژی، در یک سامانه ایزوله (سامانه منزوی؛ سامانه ای که با پیرامون خود تبادل ماده و انرژی ندارد)، حاصل جمع تغییر انرژی درون سامانه باید صفر شود. اگر انرژی فقط به صورت گرما انتقال یابد، داریم

$$q_1 + q_2 + q_3 + \dots = 0$$

در اینجا مقادیر q_1 و q_2 ، نمایش انرژی انتقال یافته به صورت گرما برای هر جزء سامانه می باشند. برای این تمرین خاص، تغییر

$$q(\text{آب}) + q(\text{فلز}) = 0 \quad \text{انرژی گرمایی به دو ترکیب در سامانه وابسته است، آب و فلز، (آب) } q \text{ و (فلز) } q \text{؛ بنابر این}$$

هر یک از این مقادیر به طور مجزا به گرمای ویژه، جرم، و تغییر دما وابسته است، که با معادله زیر تعریف می شود.

$$[c_{\text{فلز}} \times m_{\text{فلز}} \times (T_{\text{نهایی}} - T_{\text{اولیه فلز}})] + [c_{\text{آب}} \times m_{\text{آب}} \times (T_{\text{نهایی}} - T_{\text{اولیه آب}})] = 0$$

گرمای ویژه فلز $۰/۴۴۹ \text{ J/g}^{\circ}\text{C}$ و گرمای ویژه آب $۴/۱۸۴ \text{ J/g}^{\circ}\text{C}$ می باشند. با جای گذاری مقادیر داده شده در معادله بالا، دمای نهایی (دمای تعادل) به دست می آید.

$$[(4/184 \text{ J/g}^{\circ}\text{C}) \times (244 \text{ g}) \times (T_{\text{نهایی}} - 18/8^{\circ}\text{C})] + [(0/449 \text{ J/g}^{\circ}\text{C}) \times (88/5 \text{ g}) \times (T_{\text{نهایی}} - 78/8^{\circ}\text{C})] = 0$$

$$T_{\text{نهایی}} = T_{\text{تعادل}} = 21^{\circ}\text{C} \quad (294 \text{ K})$$

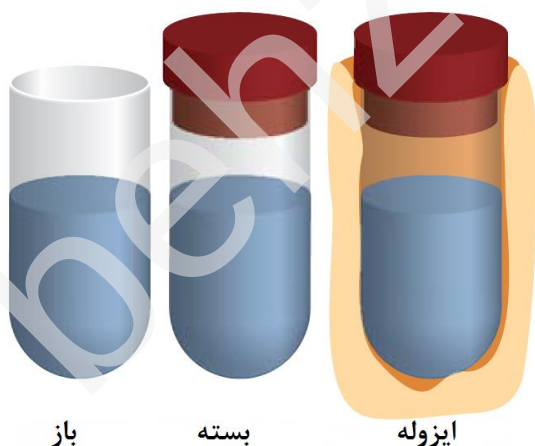
سامانه (سیستم) – منبع کتاب اصول شیمی اتکینز

در ترمودینامیک بررسی می کنیم که چگونه انرژی از یک حالت به حالت دیگر تبدیل می شود و از یک مکان به مکان دیگر انتقال می یابد. برای مثال، الکتریسیته می تواند در یک نیروگاه برق تولید شود، اما در مسافت های بسیار دور استفاده می شود؛ غذا می تواند در معده شما هضم شود اما انرژی آزاد شده ممکن است در سر شما استفاده شود. برای ردیابی مسیر تغییر انرژی، جهان را به دو قسمت تقسیم می کنیم. بخشی که به آن توجه داریم، همچون یک فلاسک محتوی گاز، یک بشر محتوی اسید، یک مخلوط واکنش، یا یک رشته عضله، سامانه (سیستم) نامیده می شود. هر چیزی به جز این، همچون حمام آبی که مخلوط واکنش می تواند در آن غوطه ور باشد، محیط (پیرامون) نامیده می شود. هر جایی که انتقال انرژی به درون یا بیرون سامانه را با آن بررسی می کنیم محیط است. سامانه و محیط با هم جهان را می سازند. هرچند، اغلب فقط قسمتی از جهان که روی نمونه اثر دارد مورد توجه است، در این مورد؛ فلاسک، و حمام آبی.



❖ سامانه نمونه یا مخلوط واکنش است که بررسی می کنیم. بیرون از سامانه محیط می باشد. برخی اوقات سامانه به اضافه محیط جهان نامیده می شود.

یک سامانه می تواند باز، بسته و یا منزوی (ایزوله) باشد. سامانه باز می تواند با محیط تبادل ماده و انرژی داشته باشد. مثالی از سامانه باز موتور اتومبیل و بدن انسان است. سامانه بسته مقدار ماده ثابت دارد، اما می تواند با محیط تبادل انرژی داشته باشد. مثال از سامانه بسته، بسته سرمازا است که برای درمان آسیب های ورزشی استفاده می شود. سامانه ایزوله با محیط تماس ندارد. می توانیم دیواره عایق بندی شده از درون در مقابل گرما را سامانه ایزوله تصور کنیم. یک مثال خوب برای یک سامانه ایزوله فلاسک عایق بندی شده مایعات داغ است.



❖ می توانیم هر سامانه ای را مطابق برهم کنش با محیط دسته بندی کنیم. یک سامانه باز می تواند با محیط ماده و انرژی مبادله کند. سامانه بسته می تواند انرژی مبادله ولی تبادل ماده ندارد. سامانه ایزوله توانایی مبادله ماده و انرژی را ندارد.

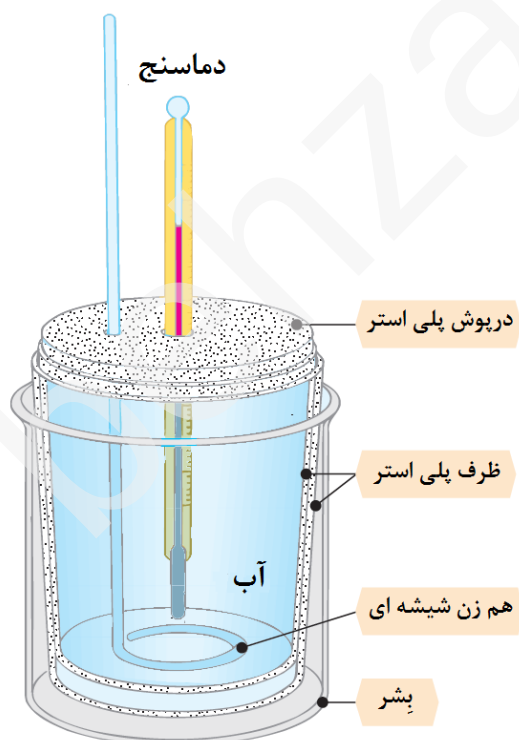
گرماسنجی (کالریمتری): اندازه گیری گرمای انتقال یافته در یک فرایند - منبع کتاب شیمی عمومی وایتن

می توانیم تغییر انرژی وابسته به یک فرایند شیمیایی یا فیزیکی را به وسیله استفاده از تکنیک آزمایشگاهی به نام گرماسنجی (کالریمتری) تعیین کنیم. این تکنیک بر اساس مشاهده تغییر دما هنگامی که سامانه انرژی را به صورت گرما جذب می کند یا از دست می دهد بنا شده است. آزمایش توسط دستگاهی به نام گرماسنج (کالریمتر) انجام می شود که می تواند تغییر دمای مقدار معین یک ماده (اغلب آب) با گرمای ویژه معلوم را اندازه گیری کند. تغییر دما به دلیل جذب یا از دست دادن گرما به وسیله فرایند شیمیایی یا فیزیکی مورد تحقیق است.

گرماسنج لیوانی اغلب در کلاس های آزمایشگاه برای اندازه گیری گرمای واکنش در فشار ثابت، q_p ، در محلول های آبی استفاده می شود. آزمایش هایی که در آن ها واکنش دهنده یا فراورده گازی وجود نداشته باشد انتخاب می شوند. بنابر این، تمام واکنش دهنده ها و فراورده ها در طی انجام آزمایش در ظرف باقی می مانند. چنین گرماسنجی می تواند برای اندازه گیری مقدار گرمای جذب شده یا آزاد شده هنگامی که واکنش در محلول آبی انجام می گیرد، استفاده شود. می توانیم واکنش دهنده ها و فراورده ها را سامانه و گرماسنج به اضافه محلول (بیشتر آب) را به عنوان محیط در نظر بگیریم. برای یک واکنش گرماده، مقدار گرمای آزاد شده در واکنش می تواند از مقدار گرمایی که موجب افزایش دمای گرماسنج و محلول می شود محاسبه شود. می توان تصور کرد گرما به دو قسمت تقسیم شده است.

$$\left(\begin{array}{c} \text{مقدار گرمای آزاد} \\ \text{شده در واکنش} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{مقدار گرمای جذب شده} \\ \text{به وسیله گرماسنج} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{c} \text{مقدار گرمای جذب شده} \\ \text{به وسیله محلول} \end{array} \right)$$

مقدار گرمای جذب شده توسط گرماسنج بعضی اوقات به صورت ظرفیت گرمایی گرماسنج بر حسب ژول بر درجه بیان می شود. ظرفیت گرمایی گرماسنج به وسیله دادن مقدار معینی گرما و اندازه گیری افزایش دمای گرماسنج و محلول درون آن تعیین می شود. ظرفیت گرمایی گرماسنج برخی اوقات ثابت گرماسنج نامیده می شود.



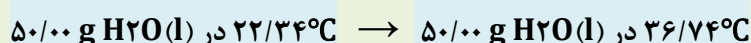
گرماسنج لیوانی. هم زن به سمت بالا و پایین حرکت می کند تا در مدت انجام واکنش محلول یکنواخت گرم شود. دیواره پلی استر و درپوش عایق موجب می شود مقدار کمی گرما خارج شود. این نوع گرماسنج q_p ، گرمای مبادله شده در فشار ثابت را اندازه گیری می کند.

تمرین ظرفیت گرمایی گرماسنج

سوال به یک گرماسنج دارای ۵۰/۰۰ گرم آب، ۳/۳۵۸ KJ گرما داده می شود. دمای آب و گرماسنج که ابتدا ۲۲/۳۴°C بوده به ۳۶/۷۴°C افزایش می یابد. ظرفیت گرمایی گرماسنج را بر حسب J/°C حساب کنید.

راهکار ابتدا مقدار گرمایی که آب درون گرماسنج می گیرد را حساب می کنیم. باقی مانده گرما باید به وسیله گرماسنج گرفته شده باشد، بنابراین می توانیم ظرفیت گرمایی گرماسنج را حساب کنیم.

راه حل



تغییر گرما برابر است با

$$(۳۶/۷۴ - ۲۲/۳۴^\circ\text{C} = ۱۴/۴۰)^\circ\text{C}$$

گرمایی که آب درون گرماسنج به دست می آورد برابر است با

$$q = ۵۰/۰۰ \text{ g} \times \frac{4.184 \text{ J}}{\text{g}^\circ\text{C}} \times ۱۴/۴۰^\circ\text{C} = ۳/۰۱۲ \times ۱۰^۳ \text{ J}$$

مقدار کل گرمای داده شده ۳/۳۵۸ KJ یا ۳/۳۵۸ × ۱۰³ J است. اختلاف بین این مقدار گرماها، مقدار گرمای جذب شده توسط گرماسنج را نشان می دهد.

گرمای جذب شده توسط گرماسنج

$$q = ۳/۳۵۸ \times ۱۰^۳ - ۳/۰۱۲ \times ۱۰^۳ = ۰/۳۴۶ \times ۱۰^۳ \text{ J یا } ۳۴۶ \text{ J}$$

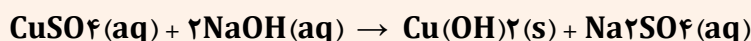
برای به دست آوردن ظرفیت گرمایی گرماسنج، مقدار گرمای جذب شده توسط گرماسنج، ۳۴۶ J را به تغییر دما تقسیم می کنیم.

$$\frac{q}{\Delta T} = \frac{346 \text{ J}}{14.40^\circ\text{C}} = ۲۴/۰ \text{ J/}^\circ\text{C}$$

گرماسنج برای افزایش دما به ازای هر درجه سلسیوس ۲۴/۰ J گرما جذب می کند.

اندازه گیری گرما با استفاده از گرماسنج

سوال ۵۰/۰ میلی لیتر نمونه ای از محلول ۰/۴۰۰ مولار مس (II) سولفات با دمای ۲۳/۳۵°C با ۵۰/۰ میلی لیتر محلول ۰/۶۰۰ مولار سدیم هیدروکسید در همان دمای ۲۳/۳۵°C درون گرماسنج لیوانی مخلوط می شوند. پس از انجام واکنش، دمای نهایی به ۲۵/۲۳°C می رسد. چگالی محلول نهایی ۱/۰۲ g/mL است. گرمای آزاد شده در واکنش را حساب کنید. فرض کنید ظرفیت گرمایی محلول تقریباً با آب خالص ۴/۱۸۴ J/g°C برابر است.



راهکار گرمای آزاد شده در واکنش، به وسیله گرماسنج و محلول جذب می شود. گرمای جذب شده توسط محلول را پیدا می کنیم، باید جرم محلول را داشته باشیم؛ برای پیدا کردن آن، فرض می کنیم حجم مخلوط واکنش حاصل جمع حجم واکنش دهنده ها می باشد. ظرفیت گرمایی گرماسنج از تمرین قبل ۲۴ J/°C به دست آمده است.

راه حل جرم محلول برابر است با؛

$$\text{محللول } 1.02 \text{ g} = (50/0 + 50/0) \text{ mL} \times \frac{\text{محللول } 1.02 \text{ g}}{\text{mL}} = 102 \text{ g}$$

مقدار گرمای جذب شده به وسیله گرماسنج به اضافه مقدار گرمای جذب شده توسط محلول برابر است با؛

$$\begin{array}{l} \text{مقدار گرمای} \\ \text{جذب شده توسط گرماسنج} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{مقدار گرمای} \\ \text{جذب شده توسط محلول} \end{array}$$

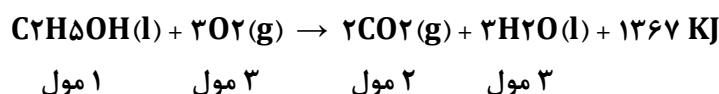
$$-J = \frac{24.0 \text{ J}}{^\circ\text{C}} \times (25/23 - 23/35)^\circ\text{C} + 102 \text{ g} \times \frac{4.18 \text{ J}}{\text{g}^\circ\text{C}} \times (25/23 - 23/35)^\circ\text{C}$$

$$\text{مقدار گرمای جذب شده توسط محلول و گرماسنج} = 45 \text{ J} + 801 \text{ J} = 846 \text{ J}$$

بنابر این، واکنش باید ۸۴۶ J یا ۰/۸۴۶ KJ گرما آزاد کند.

معادله ترموشیمیایی واکنش – منبع کتاب شیمی عمومی رچر

یک معادله موازنه شده شیمیایی، که بر اساس شرح تغییر گرمای واکنش در آن نوشته شده باشد، معادله ترموشیمیایی واکنش نامیده می شود. برای مثال،



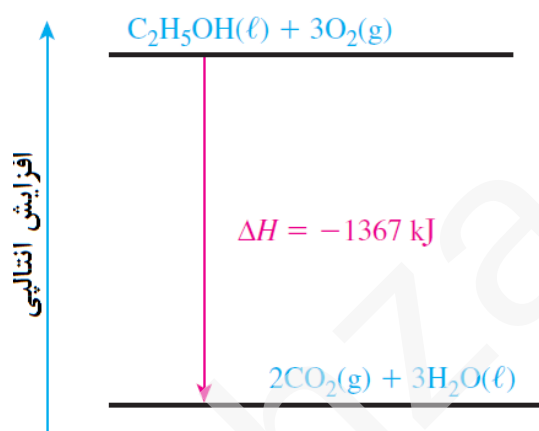
معادله ترموشیمیایی واکنش سوختن (مشتعل شدن) یک مول اتانول مایع در دما و فشار معین را شرح می دهد. ضریب ها در معادله موازنه شده ترموشیمیایی باید تعداد مول های هر یک از واکنش دهنده ها و فراورده ها را مشخص کنند. بنابر این، هنگامی که یک مول $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l})$ ، با سه مول $\text{O}_2(\text{g})$ واکنش می دهند و دو مول $\text{CO}_2(\text{g})$ و سه مول $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ تولید می شود، 1367 KJ گرما آزاد می شود. در واکنش این مقدار را با **مول واکنش** نشان می دهیم، که آن را به صورت کوتاه mol rxn ، $[\text{mol}(\text{واکنش})]$ می نویسیم. این توصیف به ما اجازه می دهد تا ضریب های مناسب گوناگون را به کار ببریم.

$$\frac{1 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l})}{\text{mol rxn}}, \quad \frac{2 \text{ mol CO}_2(\text{g})}{\text{mol rxn}}, \quad \frac{1367 \text{ KJ آزاد شده}}{\text{mol rxn}}, \quad \text{و به همین ترتیب}$$

معادله ترموشیمیایی بیشتر به صورت زیر نوشته می شود.



علامت منفی نشانه یک واکنش گرما ده است (با تولید گرما همراه است).



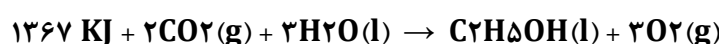
❖ گرمای آزاد شده در واکنش $\text{HCl}(\text{aq})$ با $\text{NaOH}(\text{aq})$ موجب افزایش دمای محلول می شود.

همواره ΔH را تغییر آنتالپی برای واکنش نوشته شده در نظر می گیریم؛ که برابر است با، **(مول واکنش)** / **(تغییر آنتالپی)**، در این جا مول واکنش، تعداد مول های هر ماده به وسیله ضریب ها در واکنش موازنه شده نشان داده شده است.

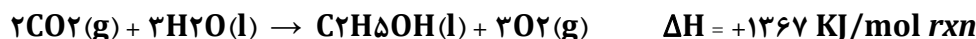
بنابر این، می توانیم از ضریب های گوناگون در تفسیر معادله ترموشیمیایی استفاده کنیم.

$$\frac{1367 \text{ KJ تولید شده}}{\text{مول واکنش}} = \frac{1367 \text{ KJ تولید شده}}{\text{مصرف شده C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l}) \text{ mol}} = \frac{1367 \text{ KJ تولید شده}}{\text{مصرف شده O}_2(\text{l}) \text{ 3 mol}} = \frac{1367 \text{ KJ تولید شده}}{\text{تولید شده CO}_2 \text{ 2 mol}} = \frac{1367 \text{ KJ تولید شده}}{\text{تولید شده H}_2\text{O}(\text{l}) \text{ 3 mol}}$$

واکنش برگشت در شرایط یکسان به 1367 KJ گرما نیاز دارد.



این یک واکنش گرماگیر با $\Delta H = +1367 \text{ KJ}$ می باشد.



اهمیت دارد که قراردادهایی در مورد معادله های ترموشیمیایی را به یاد آوریم.

۱. ضریب های موازنه معادله ترموشیمیایی به تعداد مول های واکنش دهنده ها و فراورده ها در واکنش اشاره می کنند. در ترمودینامیک برای شرح معادله واکنش، هرگز تعداد مول ها تفسیر نمی شود. بنابر این طبق قرارداد، نوشتن ضریب ها به صورت کسری به جای اعداد صحیح قابل قبول است. اما بیشتر شیمی دان ها ترجیح می دهند از کوچک ترین اعداد صحیح برای ضریب ها استفاده کنند.

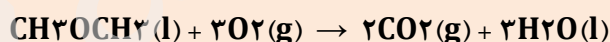
۲. مقدار عددی ΔH (یا هر تغییر ترمودینامیکی دیگر) به تعداد مول های مواد مشخص شده در معادله موازنه شده مربوط است. این مقدار تغییر برای یک **مول واکنش** در نظر گرفته می شود. بنابر این می توانیم ΔH را با واحد " KJ/mol rxn " بیان کنیم. برای اختصار، واحد ΔH برخی اوقات به صورت KJ/mol یا حتی KJ نوشته می شود. اهمیت ندارد چه واحدهایی استفاده شوند، قطعاً نظر شما تغییر ترمودینامیکی برای هر **مول واکنش** در معادله شیمیایی موازنه شده در حال بررسی است. اگر مقدارهای متفاوت ماده در واکنش شرکت کرده باشد، در این صورت ΔH (یا تغییرات دیگر) باید متناسب با آن اندازه گیری شود.

۳. حالت فیزیکی همه ذرات اهمیت دارد و باید مشخص شوند. وقتی تغییر فاز رخ می دهد گرمای داده شده یا جذب شده، همچنین تفاوت مقدار گرمای واکنش به فاز واکنش دهنده ها و فراورده ها بستگی دارد.

۴. مقدار ΔH معمولاً با تغییر مختصر دما تغییر چندانی نمی کند.

تمرین معادله ترموشیمیایی

وقتی ۲/۶۱ گرم دی متیل اتر CH_3OCH_3 ، در فشار ثابت می سوزد، 82.5 KJ گرما آزاد می کند. ΔH این واکنش را حساب کنید.



راهکار مقدار گرمای آزاد شده در آزمایش را مطابق با مقدار CH_3OCH_3 در معادله موازنه شده واکنش مقایسه می کنیم.

راه حل

$$\frac{\text{گرمای تولید شده (KJ)}}{\text{mol rxn}} = \frac{82.5 \text{ KJ گرمای تولید شده}}{2.61 \text{ g CH}_3\text{OCH}_3} \times \frac{46.0 \text{ g CH}_3\text{OCH}_3}{1 \text{ mol CH}_3\text{OCH}_3} \times \frac{1 \text{ mol CH}_3\text{OCH}_3}{\text{mol rxn}} \quad \Delta H = -1450 \text{ KJ/mol rxn}$$

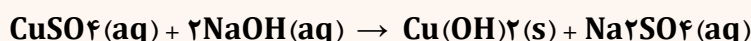
چون گرماده تولید شده است، می دانیم واکنش گرماده است بنابر این مقدار ΔH منفی می شود.

$$\Delta H = -1450 \text{ KJ/mol rxn}$$

تمرین معادله های ترموشیمیایی

۵۰/۰ میلی لیتر نمونه ای از محلول ۰/۴۰۰ مولار مس (II) سولفات با دمای $23/35^\circ\text{C}$ با ۵۰/۰ میلی لیتر محلول ۰/۶۰۰ مولار سدیم هیدروکسید در همان دمای $23/35^\circ\text{C}$ درون گرماسنج لیوانی مخلوط می شوند. پس از انجام واکنش، دمای نهایی به $25/23^\circ\text{C}$

می رسد. چگالی محلول نهایی 1.02 g/mL است. معادله ترموشیمیایی را برای این واکنش بنویسید. فرض کنید ظرفیت گرمایی محلول تقریباً با آب خالص $4.184 \text{ J/g}^\circ\text{C}$ برابر است. (راهنمایی: تمام NaOH در واکنش مصرف می شود اما از CuSO_4 مقداری باقی می ماند).

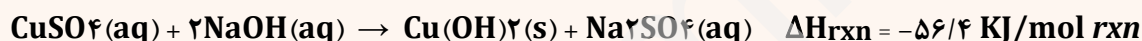


راهکار چون NaOH به طور کامل در واکنش مصرف شده است، باید تعیین کنیم با انجام واکنش، چند مول از آن مصرف شده است. نخست حجم ها را بر حسب لیتر جمع می کنیم، غلظت محلول سدیم هیدروکسید بر حسب mol/L (مولاریته) از روی تعداد مول های آن در مخلوط تعیین می شود. مقدار گرمای آزاد شده در آزمایش را مطابق تعداد مول های NaOH در معادله موازنه شده واکنش مقایسه می کنیم.

$$\text{mol NaOH} = 0.500 \text{ L} \times \frac{0.600 \text{ mol NaOH}}{1.00 \text{ L}} = 0.300 \text{ mol NaOH}$$

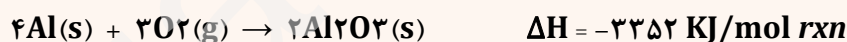
$$\frac{\text{گرمای آزاد شده KJ}}{\text{mol rxn}} = \frac{0.846 \text{ KJ گرمای تولید شده}}{0.0300 \text{ mol NaOH}} \times \frac{2 \text{ mol NaOH}}{\text{mol rxn}} = \frac{56.4 \text{ KJ گرمای تولید شده}}{\text{mol rxn}}$$

بنابراین وقتی واکنش به صورت نمایش داده شده به وسیله معادله موازنه شده شیمیایی انجام می شود، 56.4 KJ گرما آزاد می کند. یادآوری می کنیم واکنش گرماده مقدار ΔH منفی دارد، معادله ترموشیمیایی واکنش را می نویسیم.



تمرین مقدار گرمای تولید شده

وقتی فلز آلومینیم در معرض اکسیژن هوا قرار گیرد (مثل درب و پنجره آلومینیومی)، به آلومینیم اکسید، اکسایش می یابد. چه مقدار گرما از اکسایش کامل $24/2$ گرم آلومینیم در دمای 25°C و فشار 1 atm تولید می شود؟ معادله ترموشیمیایی واکنش به صورت زیر است.



راهکار معادله ترموشیمیایی به ما می گوید 3352 KJ گرما به ازای هر مول واکنش آزاد می شود، در معادله ۴ مول آلومینیم واکنش داده است. $24/2$ گرم Al را به مول تبدیل می کنیم و سپس تعداد کیلوژول معادل با تعداد مول Al مورد استفاده به ازای آن را حساب می کنیم.

$$\frac{-3352 \text{ KJ}}{\text{mol rxn}} \quad \text{و} \quad \frac{1 \text{ mol rxn}}{4 \text{ mol Al}}$$

راه حل برای $24/2 \text{ g Al}$

$$\text{KJ} = 24/2 \text{ g Al} \times \frac{1 \text{ mol Al}}{27.0 \text{ g Al}} \times \frac{1 \text{ mol rxn}}{4 \text{ mol Al}} \times \frac{-3352 \text{ KJ}}{\text{mol}} = -751 \text{ KJ}$$

این محاسبه به ما می گوید به ازای اکسایش $24/2$ گرم آلومینیم 751 KJ گرما در محیط آزاد می شود.

حل مسئله هایی از نوع مول واکنش

به خاطر داشته باشید معادله ترموشیمیایی می تواند ضریب های متفاوت (تعداد مول) از واکنش دهنده ها و فراورده های مختلف داشته باشد، که نیاز نیست برابر یک باشند. در تمرین بالا یک مول واکنش، معادل ۴ مول $\text{Al}(\text{s})$ ، ۳ مول $\text{O}_2(\text{g})$ ، و ۲ مول $\text{Al}_2\text{O}_3(\text{s})$ است.

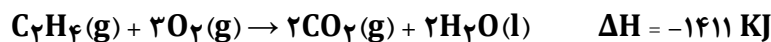
تمرین های پایانی درس

۱. هر یک از فرایندهای زیر را به دو دسته گرماده و یا گرماگیر تقسیم بندی کنید.

(آ) ذوب یخ (ب) سوختن بنزین

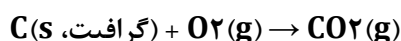
(پ) متراکم شدن بخار (ت) واکنشی با $\Delta H = -50 \text{ KJ}$

۲. مفهوم واکنش ترموشیمیایی زیر را توضیح دهید.



۳. متان $\text{CH}_4(\text{g})$ و اوکتان $\text{C}_8\text{H}_{18}(\text{l})$ ، مهمترین ترکیب هایی هستند که به عنوان سوخت فسیلی استفاده می شوند. تغییر آنتالپی سوختن ۱ مول متان -890 KJ و برای ۱ مول اوکتان -5466 KJ است. کدام سوخت انرژی بیش تری به ازای سوختن یک گرم تولید می کند؟ تفاوت انرژی تولید شده به ازای سوختن یک گرم ترکیب چقدر است؟

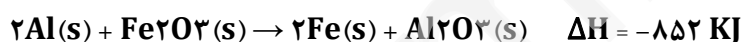
۴. تغییر آنتالپی برای واکنش زیر $-393/5 \text{ KJ}$ است.



تغییر آنتالپی مشاهده شده وقتی $3/00$ گرم کربن (گرافیت) در اکسیژن اضافی می سوزد چقدر است؟

پاسخ: (پ) $-98/3 \text{ KJ}$

۵. واکنش ترمیت با تولید مقدار زیادی گرما همراه است، همچنین در این واکنش فلز آهن به صورت مذاب تولید می شود.



تغییر آنتالپی واکنش اگر $50/0$ گرم Al با آهن (III) اکسید اضافی واکنش دهند چقدر است؟

پاسخ: -789 KJ

۶. از سوختن $1/00$ مول اوکتان مایع $(\text{C}_8\text{H}_{18})$ ، یکی از ترکیب های اصلی سازنده بنزین، در اکسیژن اضافی طی یک واکنش گرماده مقدار $10^3 \text{ KJ} \times 5/46$ گرما تولید می شود.

(آ) معادله ترموشیمیایی را برای این واکنش بنویسید.

(ب) تغییر آنتالپی واکنش را به ازای سوختن $10/0$ گرم اوکتان حساب کنید.

پاسخ: (ب) -478 KJ

۷. از واکنش ۲ مول $\text{Fe}(\text{s})$ با ۱ مول $\text{O}_2(\text{g})$ ، ۲ مول $\text{FeO}(\text{s})$ به همراه 544 KJ گرما تولید می شود. تغییر آنتالپی واکنش را به ازای تولید $100/0$ گرم FeO به دست آورید.

پاسخ: -379 KJ

۸. تغییر آنتالپی هنگامی که ۱ مول متان CH_4 می سوزد، برابر با -890 KJ است. اگر آنتالپی تبخیر ۱ مول آب $44/0 \text{ KJ}$ باشد، چند گرم متان باید بسوزد تا $1/00$ گرم آب را بخار کند؟

پاسخ: $0/0440$ گرم

۹. هنگامی که $2/30$ گرم نمونه ای از منیزیم با هیدروکلریک اسید رقیق واکنش می دهند، $16/25 \text{ KJ}$ گرما آزاد می شود. تغییر آنتالپی را برای واکنش ترموشیمیایی زیر تعیین کنید.



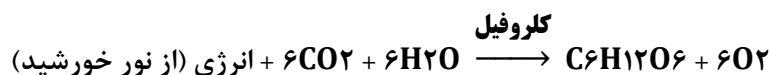
پاسخ: -172 KJ

۱۰. چند گرم اتن $\text{C}_2\text{H}_4(\text{g})$ باید بسوزد تا 3420 KJ گرما تولید کند؟ آنتالپی مولی سوختن اتن $-1410/1 \text{ KJ.mol}^{-1}$ می باشد.

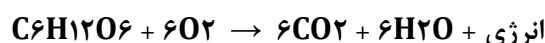
پاسخ: $68/1$ گرم

انرژی حاصل از سوخت و ساز غذا - قسمت نخست (منبع کتاب شیمی عمومی میدلکمپ)

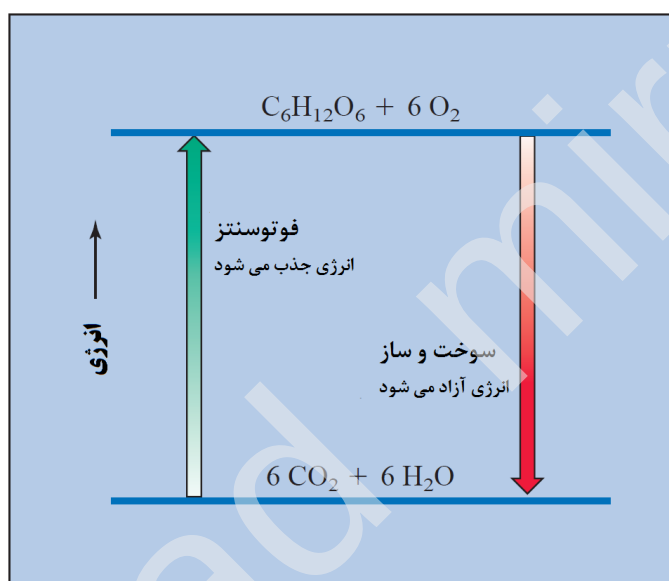
تمام انرژی مورد نیاز فرایندهای پیچیده سیستم های شیمیایی، مکانیکی، و الکتریکی انجام گرفته در بدن انسان از چربی، کربوهیدرات، و پروتئین حاصل می شود. این انرژی ابتدا از نور خورشید به زمین رسیده، و به وسیله گیاهان سبز هنگام فوتوسنتز جذب شده است. تحت تاثیر کاتالیزگری که کلروفیل نامیده می شود، کربن دی اکسید و آب ترکیب شده و گلوکز $C_6H_{12}O_6$ را می سازند. در این فرایند، انرژی خورشید در پیوندهای شیمیایی قند ذخیره می شود.



در هنگام سوخت و ساز، فرایند فوتوسنتز معکوس می شود، غذا به مواد ساده تر تبدیل شده و انرژی ذخیره شده آزاد می شود.



تبادل انرژی در دو معادله بالا به صورت خلاصه در نمودار زیر نشان داده شده است.

❖ **تبادل انرژی بین فوتوسنتز و سوخت و ساز گلوکز**

غذایی که می خوریم انرژی پیشبرد واکنش های شیمیایی که فرایندهای زندگی را تشکیل می دهند تامین می کند. یک مثال از انرژی مورد نیاز این نوع فرایندها، حرکت عضلانی ناشی از ضربان قلب است. اما بیشتر انرژی آزاد شده به وسیله سوخت و ساز صرف عبور یون ها در غلظت یونی متفاوت در سرتاسر غشای سلول ها می شود. در پدیده اسمز تمایل طبیعی مواد حرکت از منطقه ای با غلظت زیاد به منطقه ای با غلظت کم است. برای جلوگیری این از رویداد به انرژی نیاز است. اختلاف غلظت مناسب مورد نیاز برای فعالیت های عصبی و دیگر فعالیت های فیزیولوژیکی با مصرف انرژی زیاد انجام می شود. به طور خلاصه، واکنش های خود به خودی برای انجام واکنش های غیر خود به خودی انرژی تولید می کنند. در یک مقایسه، مشابه انرژی ذخیره شده در باتری خودرو. این فرایندهای خود به خودی، انرژی مورد استفاده برای انجام فرایندهای غیر خود به خودی را فراهم می کنند، همچون استارت زدن خودرو یا تولید نور چراغ جلوی خودرو و بوق زدن.

در تولید انرژی برای تامین انرژی مورد نیاز، بدن باید روش های را برای تنظیم سرعت آزاد شدن انرژی داشته باشد. بدون چنین کنترلی، دما به صورت غیر قابل مهار نوسان می کند و در نتیجه بازده در حدی که انتظار می رود زیاد نخواهد بود. دوباره، برای مقایسه خودرو را می آوریم. انداختن کبریت مشتعل درون مخزن سوخت یک مرتبه همه بنزین را می سوزاند (و خودرو نیز می سوزد). این روش تاثیر شدیدی به خصوص در حرکت خودرو دارد.

در شرایط معمولی، به قدر کافی سوخت برای احتراق تحویل می شود تا انرژی مورد نیاز خودرو را بدون افزایش دما تامین کند. در این روش، با آزاد شدن ملایم انرژی در مدت معین، کارایی خودرو افزایش می یابد. همین وضعیت برای بدن اتفاق می افتد. سرانجام مواد غذایی، به کربن دی اکسید و آب در مراحل خیلی جزئی تبدیل می شود، که هر کدام توسط یک آنزیم، آنزیم های تنظیم کننده، و هورمون ها انجام می گیرد. در نتیجه، انرژی بر حسب نیاز، به تدریج آزاد می شود، و دمای بدن در محدوده عادی ثابت می ماند. انرژی وابسته با هر ماده غذایی بر مصرف در جدول زیر داده شده است.

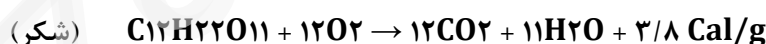
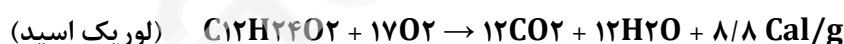
میانگین محتوای انرژی مواد غذایی بر مصرف

چربی ها	۹ Cal/g
کربوهیدرات ها	۴ Cal/g
پروتئین ها	۴ Cal/g

❖ کالری ۱۰۰۰ = ۱ Kcal = ۱ Cal = ۱ کالری غذایی

منشأ مهم انرژی در رژیم غذایی متعادل چربی است. یک گرم چربی در مقایسه با یک گرم از دیگر مواد غذایی، حدود ۲/۵ مرتبه انرژی ذخیره ای بیشتری دارد. این موضوع مفهوم رایج غذای با چربی کم برای کاهش وزن را آسان می سازد. هرچند پروتئین ها، مشابه کربوهیدرات ها، در سوخت و ساز بازدهی در حدود ۴ Cal/g دارند، اصولاً پروتئین ها به عنوان منبع انرژی در بدن استفاده نمی شوند. پروتئین ها بیشتر در اجزای مولکولی برای ساختن پوست، ماهیچه ها، تاندون ها، رباط ها، خون، و آنزیم ها ذخیره می شوند.

دلیل متفاوت بودن انرژی بین چربی ها و کربوهیدرات ها از ترکیب شیمیایی این دو نوع ماده آشکار می شود. فرمول اسید چرب، لوریک اسید $C_{12}H_{24}O_2$ ، با سوکروز (شکر خانگی) $C_{12}H_{22}O_{11}$ ، را مقایسه کنید. هر دو ترکیب در مولکول خود تعداد اتم های کربن برابر و تعداد اتم های هیدروژن خیلی نزدیک به هم دارند. وقتی اسید چرب یا شکر می سوزد، اتم های کربن و هیدروژن با اکسیژن اضافی ترکیب می شوند و به ترتیب CO_2 و H_2O ، تولید می کنند. اما برای سوختن یک گرم لوریک اسید $C_{12}H_{22}O_{11}$ ، نسبت به یک گرم سوکروز $C_{12}H_{22}O_{11}$ ، اکسیژن بیشتر نیاز است. دو واکنش زیر را در نظر بگیرید.



به زبان شیمی، مولکول های شکر نسبت به مولکول های اسید چرب بیشتر "اکسیژن دار" یا بیشتر "اکسیده" شده اند. در شکر پیوند ضعیف تر C - H (۴۱۶ KJ/mol) توسط پیوندهای قوی تر O - H (۴۶۷ KJ/mol) جایگزین شده اند. در نتیجه، با وجود این که پیوندهای دوگانه $O = O$ (۴۹۸ KJ/mol) کمتری در ترکیب شدن شکر با O_2 ، باید شکسته شود، در مجموع انرژی کمتری نسبت به واکنش مشابه سوختن لوریک اسید آزاد می شود.

❖ ساختار لوریک اسید با فرمول نوشتاری $CH_3(CH_2)_{10}COOH$ مشخص می شود.

انرژی حاصل از سوخت و ساز غذا - قسمت دوم

با معلوم بودن مقدار چربی در یک غذای خوشمزه، به دست آوردن درصد کالری غیر سالم (اضافی) روزانه ما از چربی آسان است. بنابر این، این که هر شخص چند کالری نیاز دارد؟ جواب هست: "بستگی دارد". تعداد کالری رژیم غذایی شما هر روز بر اساس میزان فعالیت شما، وضعیت سلامت شما، جنسیت شما، سن، اندازه بدن، و چند فاکتورهای دیگر تعیین می شود. می توانید مناسب ترین طبقه بندی شرح داده شده برای خودتان در جدول زیر، که در آن مقدار انرژی ذخیره شده در غذای روزانه خلاصه شده است پیدا کنید

تخمین میزان کالری مورد نیاز به وسیله میزان فعالیت های فیزیکی گروه های سه گانه مختلف بر اساس جنسیت و سن ارائه می شود.

برآورد کالری مورد نیاز			
جنس بر اساس سن (سال)	میزان فعالیت		
	بدون حرکت	متوسط	فعال
زن			
۱۴ - ۱۸	۱۸۰۰	۲۰۰۰	۲۴۰۰
۱۹ - ۳۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰ - ۲۲۰۰	۲۴۰۰
۳۱ - ۵۰	۱۸۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰ - ۲۲۰۰
+ ۵۱	۱۶۰۰	۱۸۰۰	۲۰۰۰ - ۲۲۰۰
مرد			
۱۴ - ۱۸	۲۲۰۰	۲۴۰۰ - ۲۸۰۰	۲۸۰۰ - ۳۲۰۰
۱۹ - ۳۰	۲۴۰۰	۲۶۰۰ - ۲۸۰۰	۳۰۰۰
۳۱ - ۵۰	۲۲۰۰	۲۴۰۰ - ۲۶۰۰	۲۸۰۰ - ۳۰۰۰
+ ۵۱	۲۰۰۰	۲۲۰۰ - ۲۴۰۰	۲۴۰۰ - ۲۸۰۰

a. بدون تحرک یعنی، سبک زندگی شامل فقط فعالیت های فیزیکی سبک وابسته به زندگی روزانه

b. فعالیت متوسط یعنی، سبک زندگی شامل فعالیت های فیزیکی میانه، راه رفتن حدود ۱ تا ۳ مایل در روز در ۳ تا ۴ مایل در ساعت، به اضافه فعالیت های فیزیکی سبک وابسته به زندگی روزانه

c. فعال یعنی، سبک زندگی شامل فعالیت های فیزیکی میانه، راه رفتن بیش از ۳ مایل در روز در ۳ تا ۴ مایل در ساعت، به اضافه فعالیت های فیزیکی سبک وابسته به زندگی روزانه

منبع: سازمان غذایی آمریکا، ۲۰۰۵

همه این انرژی کجا می رود؟ کالری نخست برای انجام ضربان قلب، پمپاژ ریه ها، فعالیت مغز، گردش خون، کار اندام های مهم بدن، و نگه داشتن دمای بدن در 37°C مصرف می شود. این نیاز آهنگ سوخت و ساز پایه (BMR)، حداقل مقدار انرژی مورد نیاز روزانه برای فعالیت های اساسی بدن را تعیین می کند. نسبت آن تقریباً یک کالری به ازای کیلوگرم وزن بدن در ساعت است، اگرچه با اندازه و سن تغییر می کند.

برخی نیازهای کالری در رژیم غذایی ما در بازی یا فعالیت های سخت در جدول زیر نشان داده شده است. این جدول انرژی مصرف شده برای فعالیت های گوناگون بر اساس وزن بدن را گزارش می دهد.

انرژی مصرف شده (Cal/hr) برای فعالیت های فیزیکی رایج *			
Cal/hr	فعالیت فیزیکی شدید	Cal/hr	فعالیت فیزیکی ملایم
۵۹۰	دویدن ملایم (۵ مایل بر ساعت)	۳۷۰	پیاده روی
۴۴۰	کار سنگین در محوطه (خرد کردن چوب)	۳۳۰	باغبانی سبک / کار در محوطه
۵۱۰	شنا (موج سواری)	۳۳۰	رقص
۴۸۰	ورزش هوازی	۳۳۰	گلف (راه رفتن، حمل چوگان)
۴۸۰	دوچرخه سواری (< ۱۰ mph)	۲۹۰	دوچرخه سواری (> ۱۰ mph)
۴۶۰	قدم زدن (۴/۵ مایل بر ساعت)	۲۸۰	قدم زدن (۳/۵ مایل بر ساعت)
۴۴۰	وزنه برداری (تمرین سنگین)	۲۲۰	وزنه برداری (تمرین سبک)
۴۴۰	بسکتبال (تمرین سنگین)	۱۸۰	تمرین های کششی

* برای هر دو سوخت و ساز با سرعت ملایم و فعالیت زیاد برای یک شخص ۷۰ کیلوگرمی است.

جدول زیر مدت زمان تمرین های ساده به ازای مصرف مواد غذایی همچون همبرگر، سیب زمینی سرخ کرده، و نان را نشان می دهد.

چقدر باید ورزش کنیم اگر از این غذاها بخوریم *			
غذا	کالری	زمان (دقیقه) اگر قدم بزنیم با سرعت ۳/۵ مایل بر ساعت	زمان (دقیقه) اگر بدویم با سرعت ۵ مایل بر ساعت
سیب	۱۲۵	۲۷	۱۳
نان ۸OZ (۲۲۶/۸ گرم)	۱۰۰	۲۱	۱۰
شکلات با تکه های شیرینی	۵۰	۱۱	۵
همبرگر	۳۵۰	۷۵	۵۹
بستنی ۴OZ (۱۱۳/۴ گرم)	۱۷۵	۳۸	۱۸
پیتزا پنیر ۱ برش	۱۸۰	۲۳	۱۱
سیب زمینی سرخ کرده	۱۰۸	۲۳	۱۱

* برای هر دو سوخت و ساز با سرعت ملایم و فعالیت زیاد برای یک شخص ۷۰ کیلوگرمی است.

بخش تمرین ها

۱ کالری غذایی معادل ۱ kcal است. یک پوند چربی بدن تقریباً معادل $4/1 \times 10^3$ کالری غذایی است. بگوئید این مقدار انرژی معادل چند ژول و چند کیلوژول است. (یک پوند برابر با ۴۵۳/۵۶ گرم است.)

۲ اگر یک ورزشکار 1950 kJ.h^{-1} انرژی مصرف کند، چه مدت طول می کشد تا یک پوند از چربی بدنش در سوخت و ساز بدن مصرف شود؟ (یک پوند برابر با ۴۵۳/۵۶ گرم است.)

۳ استئاریک اسید ($\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$)، یک اسید چرب است. مولکولی با زنجیر هیدروکربنی بلند و دارای یک گروه عاملی اسیدهای آلی (COOH) در انتهای زنجیر هیدروکربنی می باشد. از استئاریک اسید برای تهیه مواد آرایشی، کرم، صابون و شمع استفاده می شود و در بافت چربی جانوران وجود دارد. در واقع هنگامی که شما غذا می خورید، مقداری چربی که دارای استئاریک اسید است دریافت می کنید.

(آ) معادله موازنه شده سوختن استئاریک اسید و تولید فراورده های گازی از آن را بنویسید.

(ب) گرمای آزاد شده هنگامی که ۱ گرم استئاریک اسید به طور کامل می سوزد را به دست آورید. گرمای سوختن مولی استئاریک اسید را $-10488 \text{ kJ.mol}^{-1}$ در نظر بگیرید.

۴ یک کارشناس تغذیه ارزش غذایی ۱۰ گرم نمونه ای از چربی را به وسیله سوزاندن در گرماسنج تعیین می کند. گرماسنج دارای $2/5$ کیلوگرم آب است و گرمای ویژه آن $1/360 \text{ KJ/}^\circ\text{C}$ می باشد. با انجام آزمایش دمای گرماسنج از $25/0^\circ\text{C}$ به $56/9^\circ\text{C}$ می رسد.

(آ) حساب کنید چند ژول گرما از سوختن یک گرم چربی تولید می شود.

(ب) یک واحد ارزش غذایی برابر ۱ Kcal یا ۴۱۸۴ J است. ارزش غذایی این نمونه چربی، چند کالری غذایی می باشد؟

۵ انرژی مورد نیاز حرکت عضله ها از کربوهیدرات ها (گلیکوژن) یا چربی (تری گلیسیرید) تامین می شود. متالولیسیم مصرف و تولید انرژی به وسیله کارشناس تغذیه بررسی می شود. میانگین انرژی مصرفی در یک دقیقه برای فعالیت های زیر عبارت است از:

۶ نشستن، ۱/۷ kcal؛ راه رفتن با سرعت ۳/۵ مایل بر ساعت، ۵/۵ kcal؛ دوچرخه سواری با سرعت ۱۳ مایل بر ساعت، ۱۰ kcal؛ شنا ۸/۴ kcal؛ دویدن با سرعت ۱۰ مایل بر ساعت، ۱۹ kcal. همچنین مقدار تقریبی انرژی غذاهای رایج عبارت است از:

سیب بزرگ، ۱۰۰ kcal؛ ۲۲۵ گرم نوشابه کولا، ۱۰۵ kcal؛ بستنی، ۵۰۰ kcal؛ $\frac{3}{4}$ فنجان رب گوجه، ۱۹۵ kcal؛ همبرگر، ۳۵۰ kcal؛ ۲۸۰ گرم گوشت چربی دار، ۱۰۰۰ kcal

برای حفظ وزن بدن، مقدار انرژی جذب شده باید با مقدار آزاد شده آن در تعادل باشد. جدولی آماده کنید که نشان دهد:

(آ) غذای داده شده

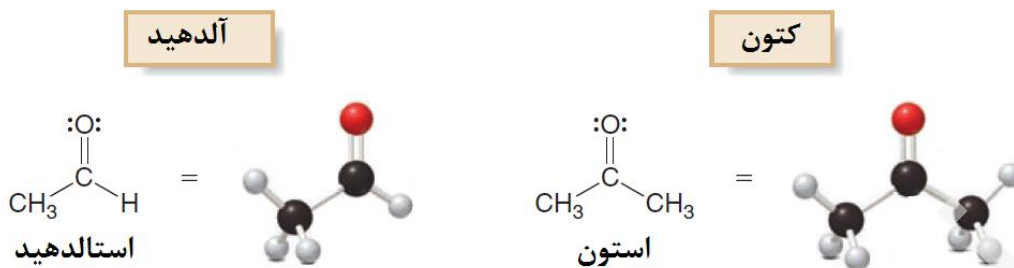
(ب) انرژی مربوط به هر غذا

۷ محتوای انرژی یک غذای چرب ۳۹ KJ/g و برای پروتئین و کربوهیدرات به ترتیب ۱۷ KJ/g و ۱۶ KJ/g است. شخصی با وزن ۷۰/۰ کیلوگرم هنگامی که حرکت ندارد ۳۳۵ KJ/h و هنگام راه رفتن با سرعت ۶ Km/h مقدار ۱۲۵۰ KJ/h انرژی مصرف می کند. اگر این شخص به جای ۱۰۰ گرم پروتئین، از ۱۰۰ گرم از غذای چرب مصرف کند، در روز چند ساعت با سرعت ۶ Km/h می تواند راه برود، بدون این که افزایش وزن پیدا کند؟

پاسخ: ۲/۴ ساعت راه رفتن

نام گذاری، ساختار و خواص آلدهیدها و کتون ها – منبع کتاب شیمی عمومی و آلی اسمیت

مقدمه آلدهیدها (RCHO) و کتون ها (RCOR) دارای گروه کربونیل ($\text{C} = \text{O}$) هستند که کربن گروه کربونیل با اتم کربن یا هیدروژن پیوند دارد.

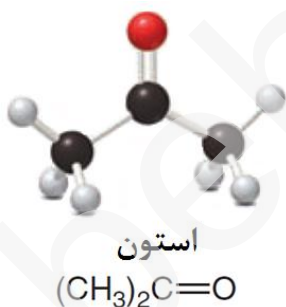
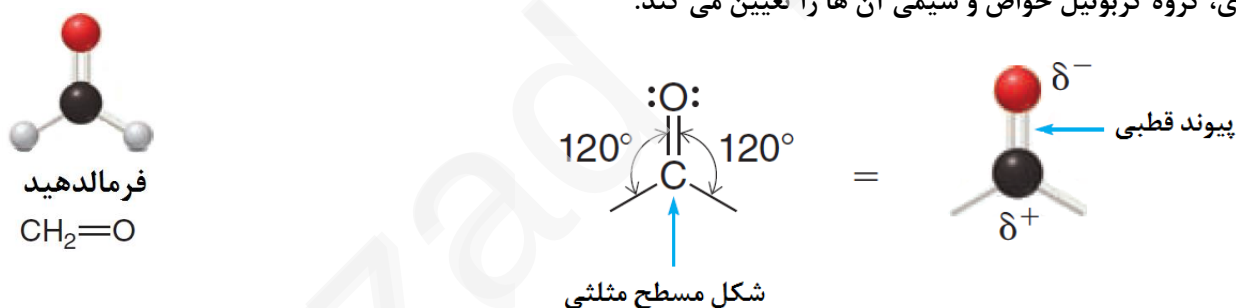


- یک آلدهید حداقل یک اتم H متصل به کربن گروه کربونیل دارد.
- یک کتون دو گروه آلکیل متصل به کربن گروه کربونیل دارد.

پیوند دوگانه گروه کربونیل معمولاً در نوشتن ساختار کوتاه آن رسم نمی شود. برای مثال، استالدهید، به صورت CH_3CHO نوشته می شود. به یاد داشته باشید اتم H با اتم کربن پیوند دارد، نه با اتم اکسیژن. همچنین استون به صورت CH_3COCH_3 یا $(\text{CH}_3)_2\text{CO}$ نوشته می شود. در نظر داشته باشید که، هر ترکیب دارای پیوند $\text{C} = \text{O}$ است.

نام گذاری، ساختار و خواص آلدهیدها و کتون ها

آلدهیدها (RCHO) و کتون ها (RCOR یا R_2CO)، دو ترکیب هم خانواده هستند که دارای گروه کربونیل می باشند. در هر دو شکل ساختاری، گروه کربونیل خواص و شیمی آن ها را تعیین می کند.



- اتم کربن گروه کربونیل مسطح مثلثی است، و همه پیوندها با هم زاویه 120°C می سازند.
- چون الکترونگاتیوی اکسیژن از کربن بیشتر است، گروه کربونیل قطبی می باشد. کربن گروه کربونیل کمبود الکترون دارد (δ^+) و اکسیژن گروه کربونیل تراکم الکترونی (δ^-)

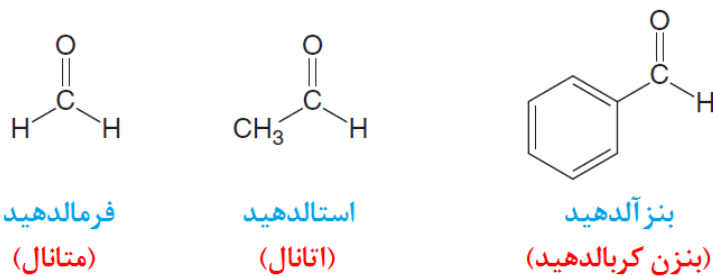
نام گذاری آلدهیدها

- در روش نام گذاری آیوپاک، آلدهیدها با پسوند -ال - شناخته می شوند.

برای نام گذاری آیوپاک آلدهیدها از قواعد زیر استفاده می شود.

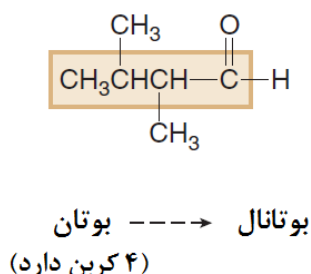
- بلندترین زنجیر دارای گروه CHO را پیدا کنید، و به نام زنجیر اصلی پسوند -ال - اضافه کنید.
- به کربن CHO در زنجیر شماره ۱ بدهید، اما در نام گذاری عدد ۱ را حذف کنید. سایر قواعد نام گذاری را به کار ببرید.

آلدهیدهای ساده نام های رایج دارند که همواره به جای نام آیوپاک استفاده می شوند. در نام رایج آلدهیدها از پسوند - آلدئید - استفاده می شود.

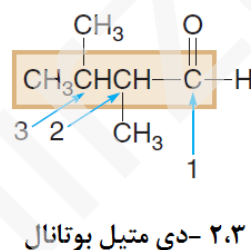


نام آیوپاک درون پرانتز آورده شده است

[1] پیدا کردن و نام گذاری بلندترین زنجیر دارای گروه CHO



[2] شماره گذاری و نام شاخه ها، کربن CHO شماره ۱ می گیرد

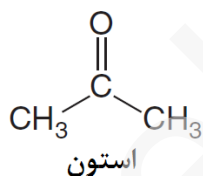


نام گذاری کتون ها

- در روش نام گذاری آیوپاک، کتون ها با پسوند - وُن - شناخته می شوند.

برای نام گذاری کتون ها از قواعد زیر استفاده می کنیم:

- بلندترین زنجیر دارای گروه کربونیل را پیدا کنید، و به نام زنجیر اصلی پسوند - وُن - اضافه کنید.
- در شماره گذاری زنجیر به کربن گروه کربونیل عدد کوچکتری بدهید. سایر قواعد نام گذاری را به کار ببرید.



در بسیاری موارد برای برخی کتون های ساده مثل ترکیب مقابل از نام های رایج استفاده می شود.

خواص فیزیکی آلدهیدها و کتون ها

چون آلدهیدها و کتون ها دارای گروه کربونیل قطبی هستند، آن ها مولکول هایی قطبی با نیروهای بین مولکولی قویتری نسبت به هیدروکربن ها می باشند. به دلیل این که پیوند $\text{O}-\text{H}$ ندارند، دو مولکول RCHO یا RCOR نمی توانند با هم نیروی بین مولکولی از نوع پیوند هیدروژنی ایجاد کنند، همچنین، نیروهای بین مولکولی در آلدهیدها و کتون ها از الکل ها ضعیف تر است.

در نتیجه:

- آلدهیدها و کتون ها دارای نقطه جوش بیشتری نسبت به هیدروکربن های با اندازه برابر هستند.
- آلدهیدها و کتون ها دارای نقطه جوش کمتری نسبت به الکل های با اندازه برابر هستند.



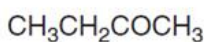
پنتان

نقطه جوش 36°C 

بوتانال

نقطه جوش 76°C 

۱-بوتانول

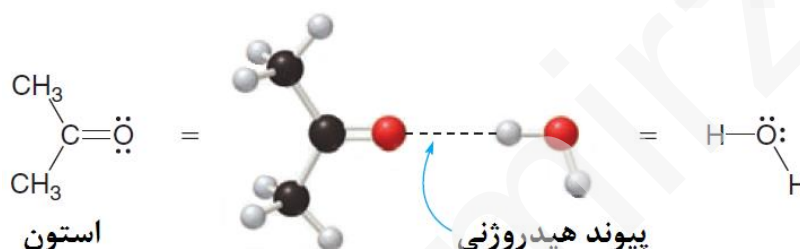
نقطه جوش 118°C 

۲-بوتانون

نقطه جوش 80°C

افزایش نقطه جوش → افزایش قدرت نیروی بین مولکولی

بر اساس قاعده کلی حاکم بر انحلال پذیری (شبیه در شبیه حل می شود)، آلدئیدها و کتون ها در حلال های آلی حل می شوند. علاوه بر این، چون آلدئیدها و کتون ها دارای اتم اکسیژن با جفت الکترون ناپیوندی در دسترس می باشند، می توانند با آب نیروی بین مولکولی از نوع پیوند هیدروژنی تشکیل دهند.



در نتیجه:

- آلدئیدها و کتون های با وزن مولکولی پایین (آن هایی که کمتر از شش کربن دارند)، در حلال های آلی و آب حل می شوند.
- آلدئیدها و کتون های با وزن مولکولی بالا، (آن هایی که شش کربن و بیشتر دارند) در حلال های آلی حل می شوند، اما در آب نامحلول اند.

تمرین های پایانی درس

۱. برای هر یک از ترکیب های زیر فرمول ساختاری رسم کنید که گروه های عاملی موجود در ترکیب را نمایش دهد.

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COCH}_3$ (ب)
 $(\text{CH}_3\text{CH}_2)_2\text{CHCHO}$ (ت)

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$ (آ)
 $(\text{CH}_3)_3\text{CCOCH}_3$ (پ)
۲. سه ایزومر ساختاری که فرمول مولکولی آن ها $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$ بوده و دارای گروه کربونیل باشند رسم کنید. تعیین کنید هر یک از این سه ترکیب آلدئید است یا کتون؟
۳. با توجه به داده های زیر، فرمول ساختاری ترکیب مورد نظر را رسم کنید.

$\text{C}_8\text{H}_{16}\text{O}$ آلدئیدی با فرمول مولکولی $\text{C}_8\text{H}_{16}\text{O}$ ، که زنجیر اصلی آن ۶ کربنه باشد.

$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}$ یک کتون با فرمول مولکولی $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}$ ، که در زنجیر اصلی آن ۵ اتم کربن باشد.
۴. فرمول ساختاری فشرده هر یک از ترکیب های زیر را رسم کنید.

$\text{C}_5\text{H}_8\text{O}$ کتونی با فرمول مولکولی $\text{C}_5\text{H}_8\text{O}$ ، که در ساختار مولکولی آن یک حلقه کربنی وجود داشته باشد.

$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}$ فرمول ساختاری فشرده هر یک از ترکیب های زیر را رسم کنید.
۵. فرمول ساختاری فشرده هر یک از ترکیب های زیر را رسم کنید.

$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}$ (آ) هگزانال

$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}$ (ب) ۲- هگزانون

$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}$ (پ) هپتانال

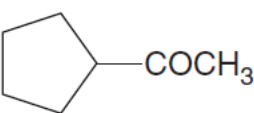
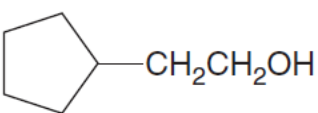
آ) هپتانون ب) پنتانون پ) نونانال ت) بنزالدهید

۶. فرمول ساختاری فشرده چهار ایزومر با فرمول مولکولی $C_6H_{12}O$ ، را رسم کنید که هر کدام یک آلدهید با بلندترین زنجیر ۴ کربنی باشند. نام آیوپاک هر کدام را بنویسید.

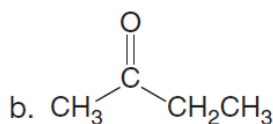
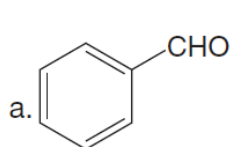
۷. فرمول ساختاری فشرده سه ایزومر کتونی با فرمول مولکولی $C_5H_{10}O$ ، را رسم کنید و نام آیوپاک هر کدام را بنویسید.

۸. در هر جفت ترکیب داده شده در زیر، نقطه جوش کدام یک بیشتر است؟

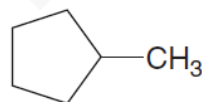
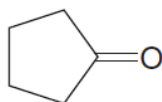
a. $(CH_3)_3CCH_2CH_2CH_3$ or $(CH_3)_3CCH_2CHO$

b.  or 

۹. تعیین کنید هر یک از ترکیب های زیر در آب محلول و یا نامحلول اند.

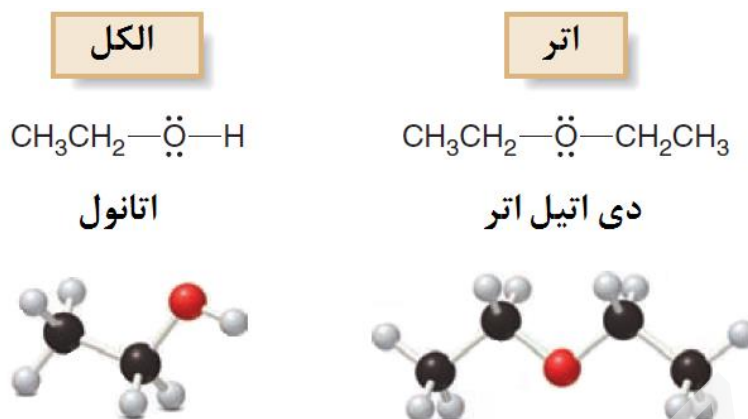


۱۰. ترکیب های زیر را بر حسب افزایش نقطه جوش از کم به زیاد مرتب کنید.



نام گذاری، ساختار و خواص الکل ها و اترها – منبع کتاب شیمی عمومی و آلی اسمیت

مقدمه الکل ها (ROH) و اترها (ROR)، دو گروه ترکیب های هم خانواده هستند که در آن ها اتم کربن با پیوند یگانه به اتم اکسیژن متصل است.



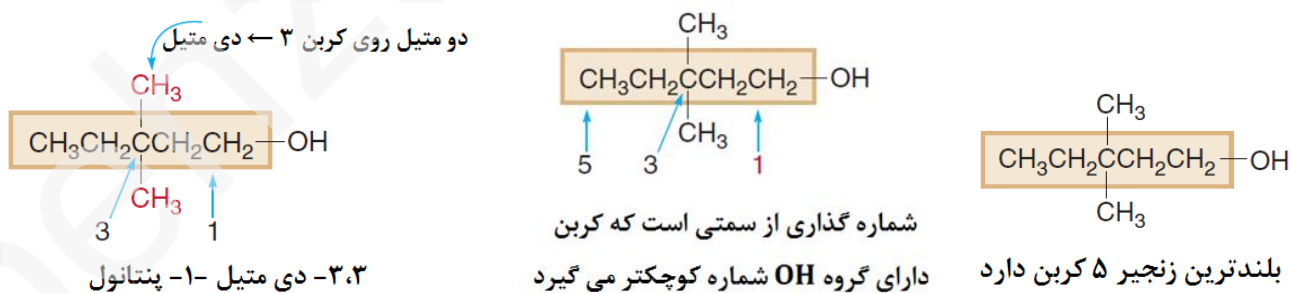
- الکل ها دارای گروه هیدروکسیل (OH) هستند که با کربن در آرایش چهاروجهی پیوند داده است.
- اترها دارای دو گروه آلکیل هستند که با یک اتم اکسیژن پیوند داده اند.

اتم اکسیژن در الکل ها و اترها دو جفت الکترون ناپیوندی دارد، به همین دلیل هر اتم به وسیله هشت الکترون احاطه شده است.

نام گذاری الکل ها

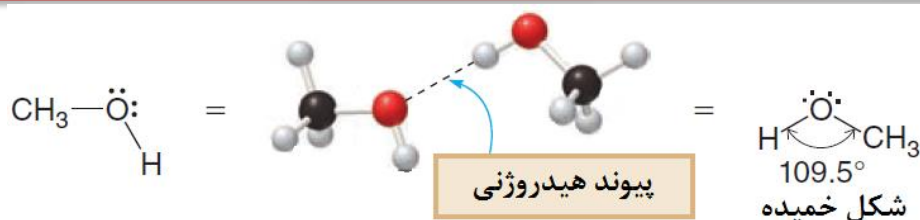
در روش آیوپاک، الکل ها با پسوند -آل - شناخته می شوند. برای نام گذاری یک الکل:

- بلندترین زنجیر کربنی دارای کربنی که گروه OH به آن پیوند دارد را پیدا می کنیم.
- زنجیر کربنی را از سمتی شماره گذاری می کنیم که کربن دارای گروه OH عدد کوچک تری بگیرد، و بقیه قواعد نام گذاری را به کار می بریم.



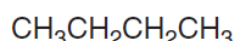
خواص فیزیکی الکل ها

یک الکل دارای اتم اکسیژن با شکل خمیده شبیه مولکول H_2O است. زاویه پیوند $\text{C}-\text{O}-\text{H}$ مشابه زاویه پیوندها در چهاروجهی و برابر 109.5° می باشد. الکل ها توانایی تشکیل نیروی بین مولکولی از نوع پیوند هیدروژنی را دارند، زیرا، آن ها یک اتم هیدروژن متصل به اکسیژن دارند. به همین دلیل الکل ها نسبت به هیدروکربن ها نیروهای بین مولکولی قویتری دارند.



در نتیجه:

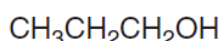
الکل ها دارای نقطه جوش و نقطه ذوب بیشتری نسبت به هیدروکربن های مشابه خود از نظر اندازه و شکل هستند.



بوتان

نقطه ذوب -۱۳۸°C

نقطه جوش ۵/۰°C



۱-بوتانول

نقطه ذوب -۱۲۷°C

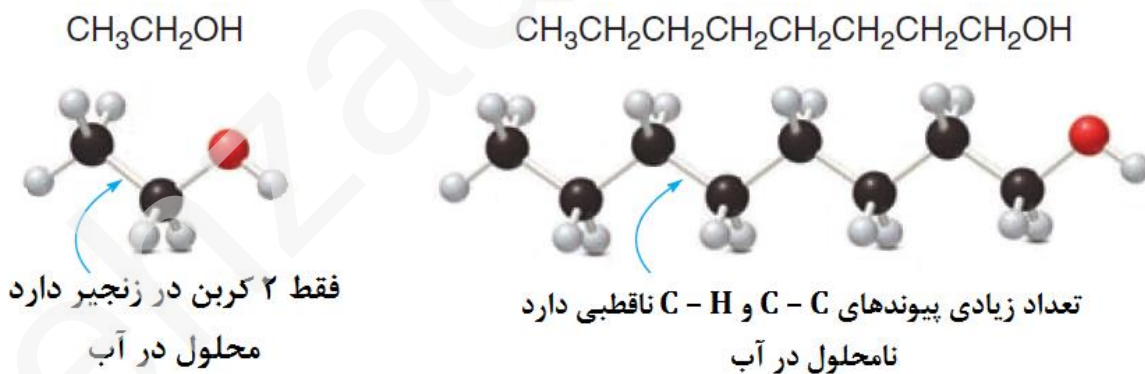
نقطه جوش ۹۷°C

نیروی بین مولکولی قویتر، نقطه جوش و نقطه ذوب بالاتر

قاعده کلی حاکم بر انحلال پذیری - شبیه در شبیه حل می شود - قواعد انحلال پذیری الکل ها را توضیح می دهد.

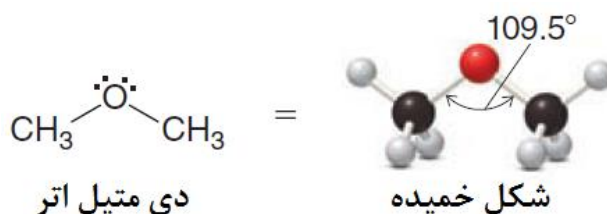
- الکل ها در حلال های آلی حل می شوند.
- الکل های با وزن مولکولی کم (الکل هایی که تا پنج اتم کربن دارند) در آب حل می شوند.
- الکل های با وزن مولکولی بالا (الکل هایی که شش اتم کربن یا بیشتر دارند) در آب حل نمی شوند.

بنابر این، اتانول (CH₃CH₂OH) و ۱-اوکتانول [CH₃(CH₂)₇OH]، هر دو در حلال های آلی حل می شوند، اما اتانول در آب حل می شود و ۱-اوکتانول در آب نامحلول است.

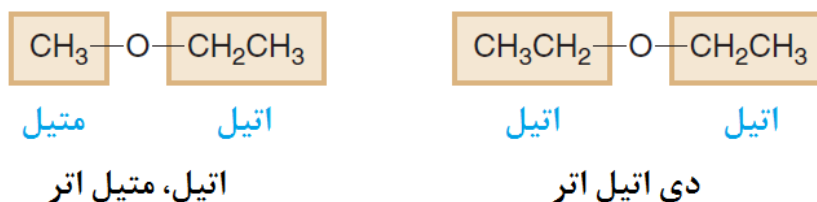


ساختار و خواص اترها

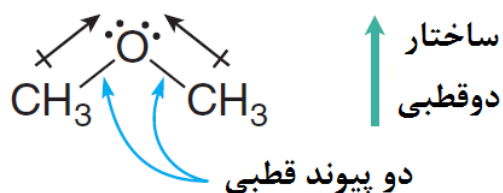
اترها (ROR) ترکیب های آلی هستند که در ساختار آن ها دو گروه آلکیل با یک اتم اکسیژن پیوند دارند. در اطراف اتم اکسیژن در اترها دو اتم کربن و دو جفت الکترون ناپیوندی وجود دارد، که مشابه با اکسیژن در H₂O به اترها شکل خمیده می دهد.



اترهای ساده معمولاً به روش معمولی زیر نام گذاری می شوند. در این روش، نام هر دو گروه آلکیل متصل به اکسیژن به ترتیب الفبایی آورده می شود، پس از آن نام اتر اضافه خواهد شد. برای اترهای با گروه های آلکیل یکسان، نام گروه آلکیل با پیشوند - دی - آورده می شود.



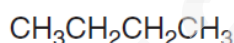
به دلیل این که خصلت نافلزی اکسیژن بیشتر از کربن است، هر دو پیوند $\text{C} - \text{O}$ در اتر قطبی اند. چون یک اتر دارای دو پیوند قطبی است و شکل خمیده دارد، یک دوقطبی می سازد.



در اترها هیدروژن متصل به اتم اکسیژن وجود ندارد، از این رو، با الکل ها مشابه نیستند، دو مولکول اتر نمی توانند با هم نیروی بین مولکولی از نوع پیوند هیدروژنی برقرار کنند. این موضوع نشان می دهد نیروهای بین مولکولی در اترها قویتر از هیدروکربن ها است، اما نسبت به نیروهای بین مولکولی در الکل ها ضعیف ترند.

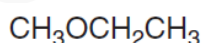
در نتیجه:

- نقطه جوش و نقطه ذوب اترها از هیدروکربن های با اندازه و شکل مشابه بیشتر است.
- نقطه جوش و نقطه ذوب اترها از الکل های با اندازه و شکل مشابه کمتر است.



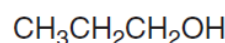
بوتان

نقطه جوش $-5/0^\circ\text{C}$



اتیل متیل اتر

نقطه جوش 11°C

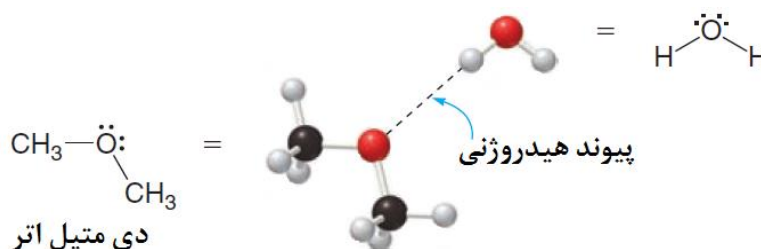


پروپانول

نقطه جوش 97°C

افزایش نقطه جوش

تمام اترها در حلال های آلی حل می شوند. مشابه با الکل ها، اترهای با وزن مولکولی پایین در آب محلول اند، زیرا اتم اکسیژن اتر می تواند با یکی از هیدروژن های آب پیوند هیدروژنی تشکیل دهد. هنگامی که گروه های آلکیل اترها در مجموع بیش از پنج کربن داشته باشند، بخش ناقطبی مولکول بزرگ می شود، بنابر این اتر در آب نامحلول خواهد بود.



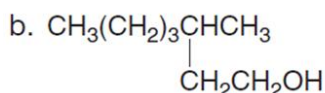
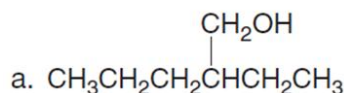
تمرین های پایانی درس

۱. ساختار مولکول هایی را رسم کنید که با هر یک از توصیف های زیر مطابقت داشته باشد؟

(آ) الکلی با فرمول مولکولی $C_6H_{14}O$ که در آن گروه $-OH$ به کربن شماره ۳ در زنجیر اصلی متصل باشد.

(ب) یک اتر با فرمول مولکولی $C_6H_{14}O$ که در آن یک گروه متیل به اکسیژن متصل باشد.

۲. نام آیوپاک هر یک از الکل های زیر را بنویسید.



۳. فرمول ساختاری فشرده هر یک از ترکیب های زیر را رسم کنید.

(آ) ۳- هگزانول

(ب) ۲- متیل، پروپانول

(پ) دی بوتیل اتر

(ت) ۱- هپتانول

۴. فرمول ساختاری تمام ایزومر هایی که فرمول مولکولی $C_4H_{10}O$ دارند و در ساختار آن ها گروه OH وجود دارد را بنویسید. نام هر یک از این الکل ها را مشخص کنید.

۵. مشاهده های زیر را توضیح دهید.

دی متیل اتر $[(CH_3)_2O]$ و اتانول (CH_3CH_2OH) ، هر دو در آب محلول اند. نقطه جوش اتانول $(78^\circ C)$ است که نسبت به نقطه جوش دی متیل اتر $(-24^\circ C)$ بسیار بیشتر است.

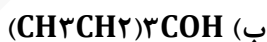
۶. ترکیب های زیر را بر حسب افزایش نقطه جوش از کم به زیاد مرتب کنید.



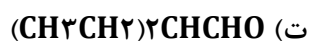
۷. توضیح دهید چرا: دو ترکیب آلی چهار کربنه ۱- بوتانول $(CH_3CH_2CH_2CH_2OH)$ و ۱- بوتن $(CH_2=CHCH_2CH_3)$ خاصیت انحلال پذیری بسیار متفاوت دارند؟ ۱- بوتانول در آب محلول ولی ۱- بوتن در آب نامحلول است.

۸. توضیح دهید چرا: نقطه جوش $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2OH$ $(118^\circ C)$ از نقطه جوش $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2SH$ $(98^\circ C)$ بیشتر است؟ در صورتی که جرم مولی $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2SH$ بزرگتر می باشد.

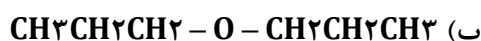
۹. فرمول ساختاری آلکن حاصل از واکنش آبدیاری الکل های زیر را در مجاورت H_2SO_4 بنویسید.



۱۰. برای هر یک از ترکیب های زیر فرمول ساختاری رسم کنید که گروه های عاملی موجود در ترکیب را نمایش دهد.



۱۱. نام هر یک از اترهای زیر را بنویسید.



۱۲. ساختار گلوله و میله الکل زیر را در نظر بگیرید.

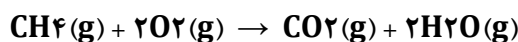
(آ) فرمول ساختاری فشرده این الکل را بنویسید.

(ب) نام این الکل را بنویسید.



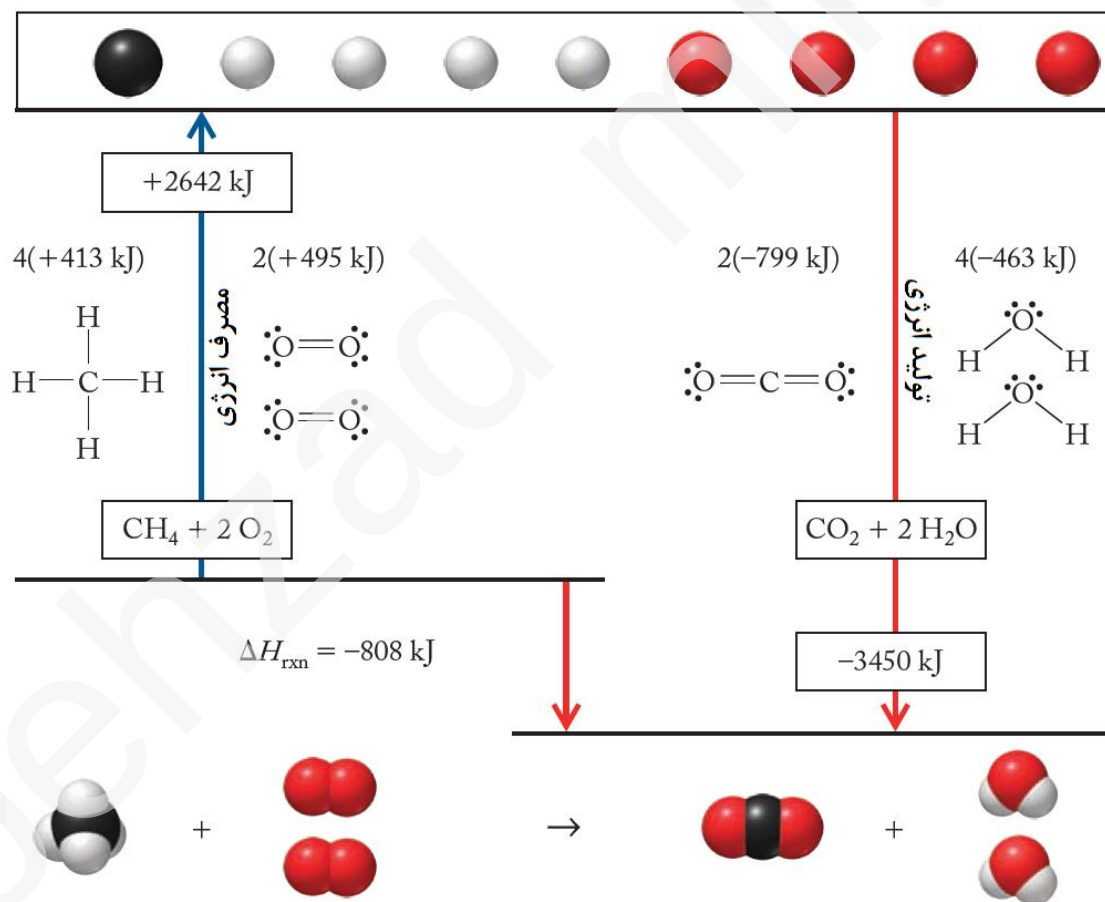
آنتالپی پیوند - منبع کتاب شیمی عمومی کیلبرت

تغییر انرژی مربوط به واکنش های شیمیایی، وابسته به این است که چه مقدار انرژی برای شکستن پیوندها در واکنش دهنده ها مورد نیاز است، و چه مقدار انرژی از ترکیب اتم ها برای تولید فراورده ها آزاد می شود. برای مثال، در واکنش سوختن متان



پیوندهای C-H در CH₄ و پیوندهای O=O در O₂ قبل از این که پیوندهای C=O در CO₂ و پیوندهای O-H در H₂O تشکیل شوند باید شکسته شوند. (در واقع، تشکیل برخی پیوندها هم زمان با شکستن پیوندها رخ می دهد؛ (این فرایند مرحله به مرحله انجام نمی گیرد). شکستن پیوندها گرماگیر است (پیکان آبی رنگ در شکل زیر)، و تشکیل پیوندها گرماده است (پیکان قرمز در شکل زیر). اگر واکنش شیمیایی گرماده باشد، همانند سوختن متان، انرژی آزاد شده از تشکیل پیوندها در مولکول های فراورده ها بیشتر از انرژی مصرف شده برای شکستن پیوندها در مولکول های واکنش دهنده ها است.

انرژی پیوند، یا قدرت پیوند، معمولاً با عبارت تغییر آنتالپی پیوند (ΔH) بیان می شود هنگامی که یک مول پیوند معین در حالت گازی می شکند. توجه داشته باشید تمام مقادیر انرژی پیوند مثبت هستند زیرا همیشه شکستن پیوند گرماگیر است.



در سوختن یک مول متان باید ۴ مول پیوند C-H و ۲ مول پیوند O=O بشکند. انجام این فرایند با حدود $+2642 \text{ kJ}$ تغییر آنتالپی همراه است. برای تشکیل ۴ مول پیوند O-H و ۲ مول پیوند C=O، تغییر آنتالپی در حدود -3450 kJ است. این واکنش در مجموع گرماده است: $+2642 \text{ kJ} - 3450 \text{ kJ} = -808 \text{ kJ}$

❖ انرژی پیوند، انرژی مورد نیاز برای شکستن ۱ مول پیوند کوالانسی معین در یک مولکول یا در یک یون چند اتمی در فاز گازی است.

مقدار انرژی مورد نیاز برای شکستن پیوند معین برابر است با همان مقدار انرژی آزاد شده هنگامی که همان پیوند تشکیل می شود اما با علامت مثبت.

مشابه طول پیوند، انرژی های پیوند مقادیر میانگین هستند زیرا انرژی پیوند وابسته به ساختار مولکول تغییر می کند. برای مثال، انرژی پیوند $C = O$ در کربن دی اکسید 799 KJ/mol است، اما انرژی پیوند $C = O$ در فرمالدهید فقط 743 KJ/mol می باشد.

در مثالی دیگر تغییر انرژی حاصل از شکستن پیوندهای $C - H$ در CH_4 به صورت مرحله به مرحله، در جدول زیر نشان داده شده است.

مرحل تفکیک	انرژی مورد نیاز (KJ/mol)
$CH_4 \rightarrow CH_3 + H$	۴۳۵
$CH_3 \rightarrow CH_2 + H$	۴۵۳
$CH_2 \rightarrow CH + H$	۴۲۵
$CH \rightarrow C + H$	۳۳۹
جمع	۱۶۵۲
میانگین	۴۱۳

می گوئیم محیط شیمیایی پیوند بر انرژی مورد نیاز شکستن آن تاثیر دارد: شکستن نخستین پیوند $C - H$ در متان ساده تر (انرژی کمتری مصرف می شود) از شکستن دومین پیوند اما مشکل تر از شکستن پیوند سوم و چهارم می باشد. مجموع انرژی مورد نیاز شکستن هر چهار پیوند $C - H$ برابر با 1652 KJ/mol بوده که میانگین برای هر پیوند 413 KJ/mol است.

همچنین بین مرتبه پیوند (چندگانگی پیوند) و انرژی پیوند رابطه وجود دارد. انرژی پیوند دوگانه $O = O$ ، برابر 495 KJ/mol ، سه مرتبه بیشتر از انرژی پیوند یگانه $O - O$ می باشد. این وابستگی بین مرتبه پیوند و انرژی پیوند بین جفت اتم های دیگر نیز وجود دارد: مرتبه پیوند بالاتر، انرژی پیوند بیشتر دارد. انرژی پیوند سه گانه $N \equiv N$ (941 KJ/mol) بیش از دو برابر انرژی پیوند دوگانه $N = N$ و بیش از پنج برابر انرژی پیوند یگانه $N - N$ است. مقدار زیاد انرژی مورد نیاز شکستن یک مول پیوند $N \equiv N$ یک از دلایل های واکنش پذیری کم ذرات N_2 است.

تمرین های پایانی درس

جدول مقادیر آنتالپی پیوند

پیوندهای یگانه							
C-H	414	N-H	389	O-H	463	F-F	159
C-C	348	N-N	163	O-O	146	Cl-F	253
C-N	293	N-O	201	O-F	190	Cl-Cl	242
C-O	351	N-F	272	O-Cl	203	Br-F	237
C-F	439	N-Cl	200	O-I	234	Br-Cl	218
C-Cl	328	N-Br	243			Br-Br	193
C-Br	276			S-H	339	I-Cl	298
C-I	238	H-H	436	S-F	327	I-Br	180
C-S	259	H-F	569	S-Cl	251	I-I	151
		H-Cl	431	S-Br	218		
Si-H	293	H-Br	368	S-S	266		
Si-Si	226	H-I	297				
Si-C	301						
Si-O	368						
پیوندهای چندگانه							
C=C	611	O=O (O ₂)	498				
C≡C	837						
C=N	615	N=N	418				
C≡N	891	N≡N	946				
C=O	799						
C≡O	1072	S=O	523				
		S=S	418				

۱. ساختار لوویس H_2CNH و H_3CNH_2 را رسم کنید و با استفاده از جدول آنتالپی های پیوند، تعیین کنید در کدام مولکول انرژی پیوند C - N بزرگ تر است؟

۲. با استفاده از جدول آنتالپی های پیوند، انرژی مصرف شده برای شکستن تمام پیوندها در یک مول از ترکیب های زیر را حساب کنید. (آ) NH_3 (ب) CH_3OH

پاسخ: (آ) 1167 KJ (ب) 2056 KJ

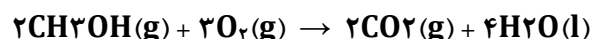
۳. با استفاده از جدول آنتالپی های پیوند تغییر آنتالپی را برای هر یک از واکنش های زیر حساب کنید.

(آ) واکنش مولکول های هیدروژن (H_2) با مولکول های اکسیژن (O_2) در فاز گاز و تولید ۲ مول بخار آب

(ب) واکنش کربن مونو اکسید با اکسیژن مولکولی و تولید ۲ مول کربن دی اکسید

پاسخ: (آ) -554 KJ (ب) -482 KJ

۴. معادله واکنش سوختن متانول گازی به صورت زیر است. با استفاده از مقادیر آنتالپی پیوند، تغییر آنتالپی این واکنش را حساب کنید.



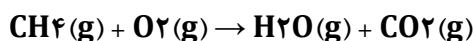
۵. با استفاده از جدول آنتالپی های پیوند تغییر آنتالپی را برای هر یک از واکنش های زیر حساب کنید.

(آ) سوختن ۱ مول گاز C_2H_4 در اکسیژن مولکولی اضافی و تولید بخار آب و گاز CO_2

(ب) واکنش ۱ مول فرمالدهید، H_2CO با مولکول های هیدروژن گازی و تولید متانول گازی (CH_3OH)

پاسخ: (آ) -1287 KJ (ب) $+7 \text{ KJ}$

۶. بیشتر گاز طبیعی از متان CH_4 تشکیل شده است. در منازل از سوختن گاز طبیعی طبق واکنش زیر انرژی لازم برای گرم کردن خانه به دست می آید.

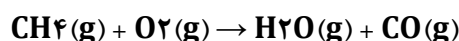


آ) واکنش را موازنه کنید.

ب) گرمای تولید شده در واکنش را برای سوختن ۱ مول متان با استفاده از مقادیر انرژی پیوند محاسبه کنید.

پ) در بین واکنش دهنده ها و فراورده ها، کدام پیوندها قطبی و کدام یک ناقطبی اند؟

ت) اگر گاز طبیعی در مقدار محدود اکسیژن بسوزد، به جای کربن دی اکسید، گاز کربن مونو اکسید تولید می شود. این واکنش را موازنه کنید.



ث) چه تفاوتی بین پیوند $\text{C}-\text{O}$ در CO و CO_2 وجود دارد؟

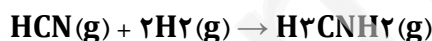
ج) با استفاده از مقادیر آنتالپی پیوند، تغییر انرژی واکنش را محاسبه کنید.

چ) دقیقاً ۱ مول گاز متان می سوزد و $6000/0 \text{ KJ}$ گرما آزاد می کند. چند گرم CO و CO_2 در هر یک از واکنش ها تولید می شود؟

۷. فسژن، Cl_2CO ، گازی به شدت سمی است که از واکنش CO با Cl_2 تولید می شود. با استفاده از مقادیر انرژی پیوند، تغییر آنتالپی واکنش تولید فسژن را محاسبه کنید.

۸. تغییر آنتالپی واکنش زیر را با استفاده از مقادیر انرژی های پیوند محاسبه کنید.

پاسخ: 136 KJ -.

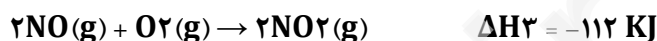
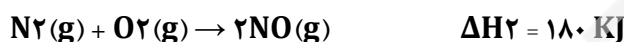


قانون هس - منبع کتاب شیمی عمومی زومداهل

از آن جایی که آنتالپی یک تابع حالت است (مقدار آن فقط به حالت آغازی و پایانی واکنش بستگی دارد)، تغییر آنتالپی در واکنش از حالت ابتدایی به حالت انتهایی مستقل از مسیر انجام واکنش می باشد. مفهوم آن این است که در تبدیل ذرات واکنش دهنده به ذرات فراورده، تغییر آنتالپی برای واکنش، خواه در یک مرحله یا چند مرحله انجام شود، برابر است. این اصل قانون هس نام دارد و می توان آن را با اکسایش نیتروژن که منجر به تولید نیتروژن دی اکسید می شود توضیح داد. واکنش کلی را می توان به صورت یک مرحله ای که تغییر آنتالپی آن با ΔH_1 نشان داده شده است، به صورت زیر نوشت.



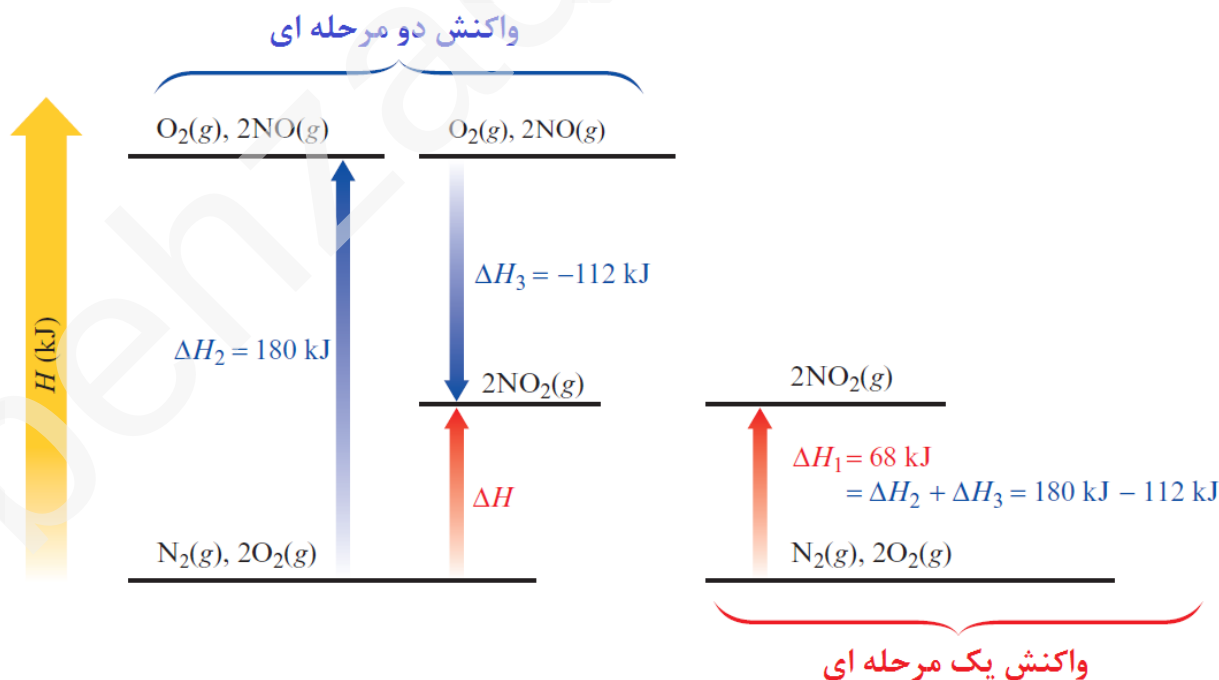
این واکنش همچنین می تواند در دو مرحله جداگانه انجام شود، که تغییر آن آنتالپی آن ها ΔH_2 و ΔH_3 در نظر گرفته شده است.



توجه داشته باشید حاصل جمع آنتالپی های دو مرحله، یا مرحله کلی، آنتالپی واکنش اصلی است.

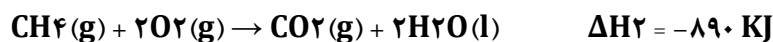
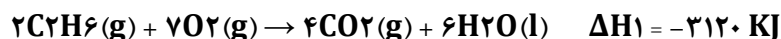
$$\Delta H_1 = \Delta H_2 + \Delta H_3 = 68 \text{ KJ}$$

اصول قانون هس در نمودار زیر نشان داده شده است.



دو نمونه تمرین حل شده از قانون هس

۱ با توجه به واکنش های زیر، ΔH واکنش: $2CH_4(g) \rightarrow C_2H_6(g) + H_2(g)$ ، چند کیلو ژول است؟ **کنکور تجربی ۹۸**



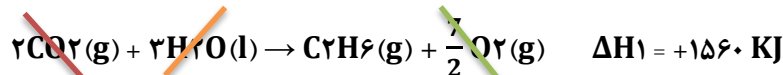
-۳۵۲ (۴)

-۶۶ (۳)

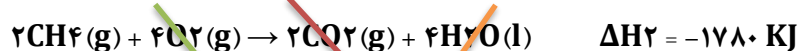
+۶۶ (۲)

+۳۵۲ (۱)

واکنش (۱) عکس و تقسیم بر ۲ می شود.



واکنش (۲) در ۲ ضرب می شود.



واکنش (۳) عکس و تقسیم بر ۲ می شود.

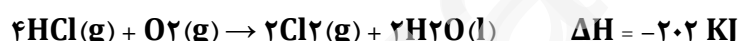
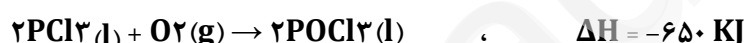
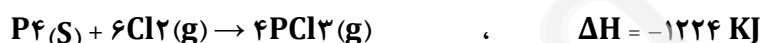
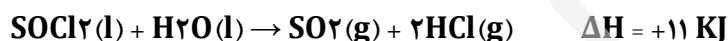
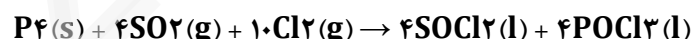


جمع جبری واکنش ها



$$\Delta H(\text{واکنش}) = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 = +1560 - 1780 + 286 = +66 \text{ KJ}$$

۲ با توجه به واکنش های زیر:

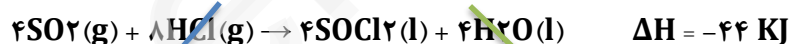
به ازای تشکیل ۰/۱ مول $POCl_3(l)$ ، مطابق واکنش زیر، چند کیلوژول گرما آزاد می شود؟ **کنکور تجربی ۹۹**

۶۴/۲ (۴)

۶۲/۴ (۳)

۵۴/۱ (۲)

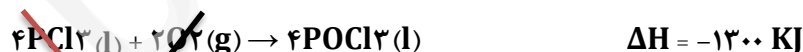
۵۲/۸ (۱)



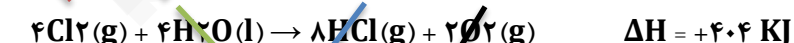
واکنش (۱) عکس و در ۴ ضرب می شود.



واکنش (۲) بدون تغییر

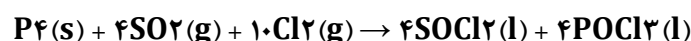


واکنش (۳) در ۲ ضرب می شود.



واکنش (۴) عکس و در ۲ ضرب می شود.

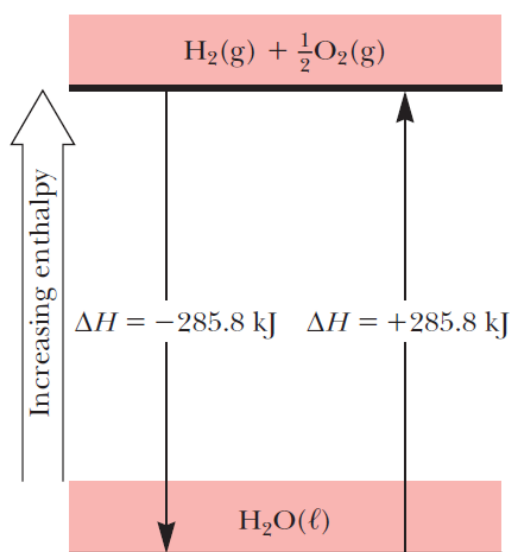
جمع جبری معادله واکنش ها



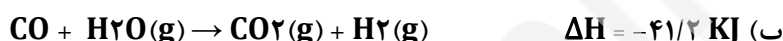
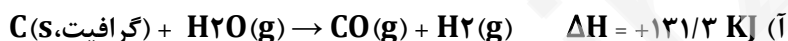
$$\Delta H = -44 - 1224 - 1300 + 404 = -2164 \text{ kJ}$$

$$0.1 \text{ mol } POCl_3 \times \frac{-2165 \text{ kJ}}{4 \text{ mol } POCl_3} = 54.1 \text{ kJ}$$

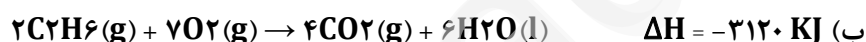
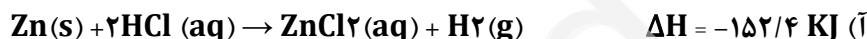
تمرین های پایانی درس



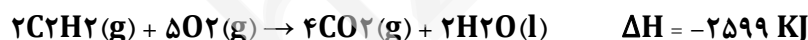
۱. نمودار انرژی را برای هر یک از معادله های ترموشیمیایی زیر رسم کنید. (مشابه نمودار داده شده). سطح انرژی هر یک از واکنش دهنده ها و فراورده ها را در نمودار رسم کنید و بین دو سطح انرژی آنتالپی واکنش را نشان دهید.



۲. نمودار انرژی را برای هر یک از معادله های ترموشیمیایی زیر رسم کنید. (مشابه نمودار داده شده). سطح انرژی هر یک از واکنش دهنده ها و فراورده ها را در نمودار رسم کنید و بین دو سطح انرژی آنتالپی واکنش را نشان دهید.



۳. با استفاده از معادله های ترموشیمیایی زیر



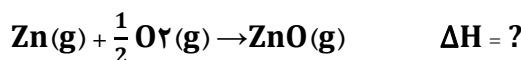
پاسخ: -312 KJ

مقدار ΔH را برای واکنش زیر حساب کنید.

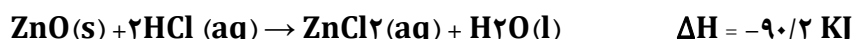
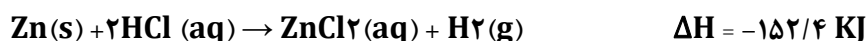


پاسخ: -348/0 KJ

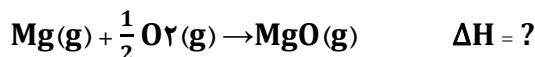
۴. مقدار ΔH را برای واکنش زیر حساب کنید.



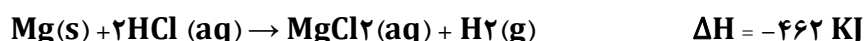
از معادله های زیر استفاده کنید.



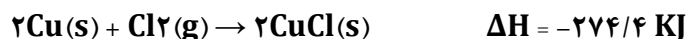
۵. مقدار ΔH را برای واکنش زیر حساب کنید.



از معادله های زیر استفاده کنید.



۶. آ با استفاده از معادله های ترموشیمیایی زیر

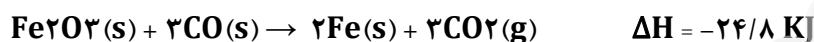


مقدار ΔH را برای واکنش زیر حساب کنید.



پاسخ: $-220/1 \text{ KJ}$

۷. آ در فرایند جداسازی آهن از سنگ معدن آن، کربن مونو اکسید با آهن (III) اکسید طبق معادله زیر واکنش می دهد.



تغییر آنتالپی برای سوختن کربن مونو اکسید در زیر آمده است.



از داده های بالا استفاده کنید و تغییر آنتالپی واکنش زیر را حساب کنید.

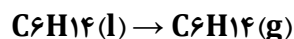


ب) نمودار سطح انرژی را برای نمایش قانون هس در این سوال رسم کنید.

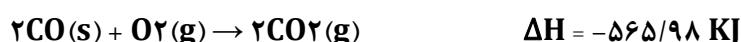
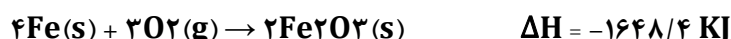
پ) آیا نمودار سطح انرژی برای واکنش ها در جهت عکس مشابه نمودار قبلی است؟

۸. آنتالپی سوختن هگزان مایع C_6H_{14} برابر با $-4159/5 \text{ KJ.mol}^{-1}$ و برای هگزان به حالت گاز $-4191/1 \text{ KJ.mol}^{-1}$ است. با استفاده از قانون هس، ΔH تبخیر ۱ مول هگزان مایع را حساب کنید.

پاسخ $31/6 \text{ KJ/mol}$



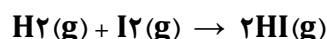
۹. (واکنش) ΔH برای واکنش آهن (III) اکسید و کربن مونواکسید که منجر به تولید فلز آهن و گاز کربن دی اکسید می شود را با استفاده از واکنش های زیر حساب کنید.



سرعت واکنش های شیمیایی – منبع کتاب شیمی عمومی ترو

سرعت یک واکنش شیمیایی نشان می دهد که واکنش با چه سرعتی انجام می گیرد. اگر یک واکنش شیمیایی سریع باشد، درصد بزرگی از مولکول های واکنش دهنده در دوره معینی از زمان به فراورده ها تبدیل می شوند. اگر سرعت واکنش کم باشد، فقط بخش کوچکی از مولکول های واکنش دهنده در دوره معینی از زمان به فراورده ها تبدیل می شوند.

تعریف سرعت واکنش هنگامی که سرعت رخداد های گوناگون را اندازه گیری می کنیم، یا این که یک رخداد به خصوص بیشتر با چه سرعتی انجام می گیرد، معمولاً اندازه گیری تغییر در برخی کمیت ها در واحد زمان را بیان می کنیم. برای مثال، سرعت حرکت اتومبیل را در مسافت بر حسب کیلومتر بر ساعت اندازه گیری می کنیم، و مردم با چه سرعتی وزنه ها را بر حسب پوند در هفته کم می کنند. این سرعت ها بر حسب تغییر اندازه گیری شده (فاصله یا وزن) تقسیم بر زمان گزارش می شوند. به طور مشابه، سرعت واکنش شیمیایی بر حسب تغییر مقدار واکنش دهنده ها یا فراورده ها (معمولاً با واحد غلظت) تقسیم بر تغییر زمان بیان می شود. برای مثال، واکنش گازی بین $\text{H}_2(\text{g})$ و $\text{I}_2(\text{g})$ را در نظر بگیرید:



می توانیم سرعت این واکنش را در فاصله زمان های t_1 و t_2 به صورت زیر تعیین کنیم:

$$\text{سرعت واکنش} = - \frac{\Delta[\text{H}_2]}{\Delta t} = - \frac{[\text{H}_2]_{t_2} - [\text{H}_2]_{t_1}}{t_2 - t_1}$$

در این عبارت، $[\text{H}_2]_{t_2}$ ، غلظت هیدروژن در زمان t_2 و $[\text{H}_2]_{t_1}$ ، غلظت هیدروژن در زمان t_1 را نشان می دهد. سرعت واکنش عبارت است از منفی تغییر غلظت واکنش دهنده ها تقسیم بر تغییر زمان. هنگامی که سرعت واکنش بر حسب واکنش دهنده ها تعیین شود، علامت منفی جزئی از عبارت سرعت است، زیرا در طی انجام واکنش غلظت واکنش دهنده ها کم می شود؛ بنابراین، تغییر غلظت واکنش دهنده ها منفی خواهد شد. در نتیجه علامت منفی موجب می شود سرعت واکنش مقداری مثبت نشان داده شود. (بر حسب قرارداد، سرعت واکنش را به صورت کمیتی مثبت گزارش می کنیم.)

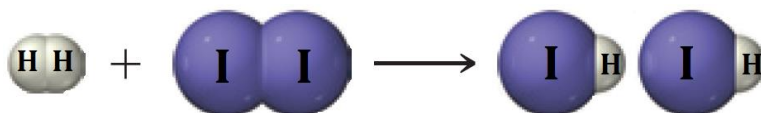
به طور مشابه، می توانیم سرعت واکنش را برای اجزای دیگر واکنش تعیین کنیم.

$$\text{سرعت واکنش} = - \frac{\Delta[\text{I}_2]}{\Delta t}$$

چون ۱ مول H_2 با ۱ مول I_2 واکنش داده اند، سرعت را برای هر دو به طور مشابه تعیین می کنیم. همچنین می توانیم سرعت را برای فراورده ها در واکنش تعیین کنیم:

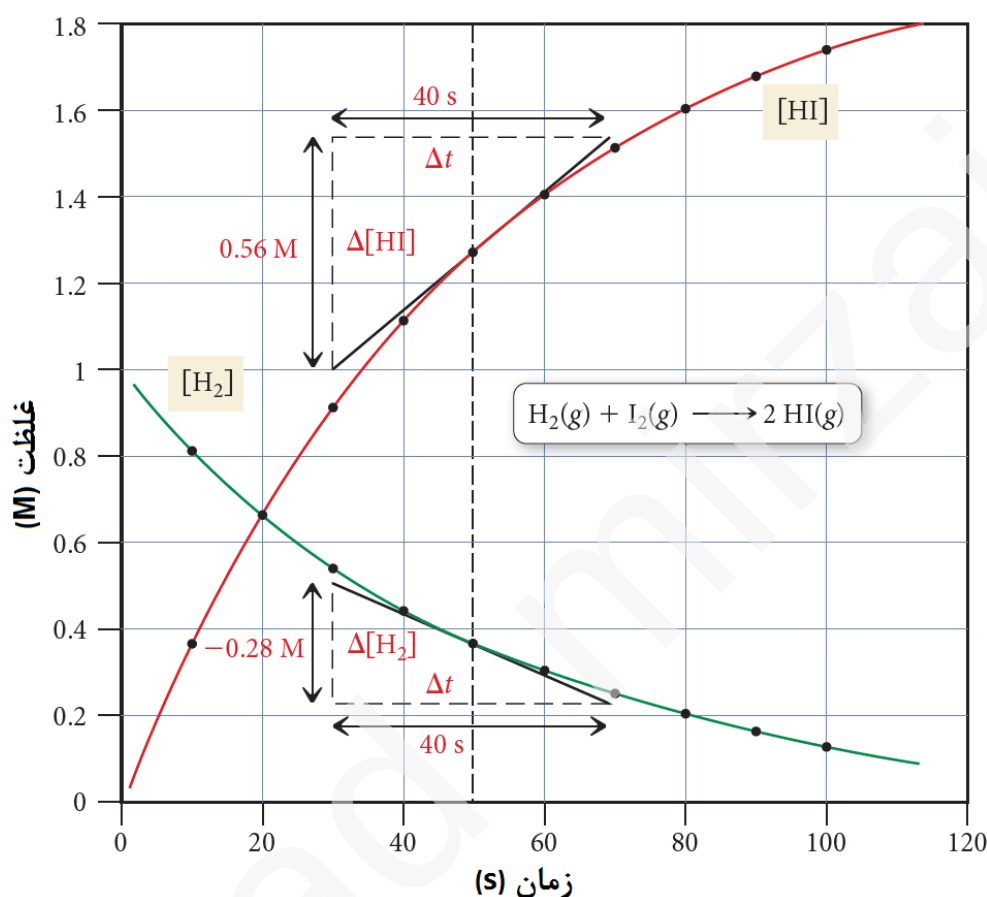
$$\text{سرعت واکنش} = + \frac{1}{2} \frac{\Delta[\text{HI}]}{\Delta t}$$

چون غلظت فراورده ها در طی واکنش افزایش می یابد، تغییر غلظت فراورده ها مثبت می شود. بنابراین، هنگامی که سرعت را برای فراورده ها تعیین می کنیم، نیاز نیست در عبارت سرعت علامت منفی قرار دهیم زیرا سرعت به طور طبیعی مثبت به دست می آید. ضرب $\frac{1}{2}$ در عبارت سرعت مربوط به استوکیومتری واکنش است. در واکنش هایی که همه اجزا مرتبه یک دارند، (در شیمی یازدهم به مرتبه واکنش اشاره نشده است. م) در عبارت سرعت برای هر یک از واکنش دهنده ها و فراورده ها باید ضریب های استوکیومتری واکنش در نظر گرفته شوند. در این واکنش خاص، ۲ مول HI از ۱ مول H_2 و ۱ مول I_2 تولید می شود:



افزایش غلظت HI دو برابر کاهش غلظت H_2 یا I_2 است. به عبارت دیگر، اگر در یک ثانیه ۱۰۰ مولکول I_2 در واکنش شرکت کند، ۲۰۰ مولکول HI در یک ثانیه تولید می شود.

نمودار زیر را در نظر بگیرید، که تغییر غلظت H_2 (یکی از واکنش دهنده ها) و HI (فراورده) را بر حسب زمان نشان می دهد. برخی ویژگی هایی این نمودار را بررسی می کنیم.



تغییر غلظت واکنش دهنده ها و فراورده ها

انتظار می رود، با گذشت زمان غلظت واکنش دهنده ها کاهش یابد زیرا واکنش دهنده ها در واکنش مصرف می شوند. با گذشت زمان غلظت فراورده ها افزایش می یابد زیرا در واکنش تولید می شوند. سرعت افزایش غلظت HI دقیقاً دو برابر سرعت کاهش غلظت H_2 است زیرا طبق استوکیومتری واکنش: با مصرف هر ۱ مول H_2 ، مقدار ۲ مول HI تولید می شود.

سرعت متوسط واکنش

می توانیم سرعت متوسط واکنش را در فاصله زمانی معین با استفاده از معادله زیر برای H_2 حساب کنیم.

$$\text{سرعت} = -\frac{\Delta[H_2]}{\Delta t} = -\frac{[H_2]_{t_2} - [H_2]_{t_1}}{t_2 - t_1}$$

تغییر غلظت H_2 در هر فاصله زمانی $(\Delta[H_2])$ ، تغییر زمان در هر فاصله زمانی (Δt) ، و سرعت در هر فاصله زمانی $(-\Delta[H_2]/\Delta t)$ می باشند. سرعت به دست آمده، سرعت متوسط در مدت زمان واکنش است. برای مثال، سرعت متوسط واکنش در فاصله زمانی بین ۱۰ تا ۲۰ ثانیه برابر با 0.0149 M/s در حالی که سرعت متوسط واکنش در دوره زمانی بین ۲۰ تا ۳۰ ثانیه برابر با 0.0121 M/s می باشد. (داده ها از نمودار بالا گرفته شده است. M غلظت مول بر لیتر را نشان می دهد).

توجه داشته باشید که در این جا سرعت متوسط واکنش کاهش می یابد. به بیان دیگر، با پیشرفت واکنش سرعت آن کم می شود. بعداً خواهیم دید برای بیشتر واکنش ها، سرعت واکنش به غلظت واکنش دهنده ها وابسته است. در تبدیل واکنش دهنده ها به فراورده ها، غلظت واکنش دهنده ها کاهش می یابد و سرعت واکنش کم می شود.

سرعت لحظه ای واکنش

سرعت لحظه ای یک واکنش، در یک لحظه از زمان است و با استفاده از شیب منحنی واکنش نشان داده می شود. می توانیم به وسیله تانژانت شیب منحنی، سرعت لحظه ای واکنش را تعیین کنیم. در نمودار بالا خط تانژانت برای $[H_2]$ و $[HI]$ در ثانیه ۵۰ از پیشرفت واکنش رسم شده است. سرعت لحظه ای واکنش در ثانیه ۵۰ به صورت زیر محاسبه می شود.

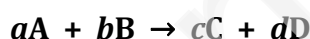
برای $[H_2]$:

$$\text{سرعت لحظه ای واکنش در ثانیه ۵۰ واکنش} = -\frac{\Delta[H_2]}{\Delta t} = \frac{-0.28 \text{ M}}{40 \text{ s}} = 0.007 \text{ M/s}$$

برای $[HI]$:

$$\text{سرعت لحظه ای واکنش در ثانیه ۵۰ واکنش} = +\frac{1}{2} \frac{\Delta[HI]}{\Delta t} = +\frac{1}{2} \frac{0.56 \text{ M}}{40 \text{ s}} = 0.007 \text{ M/s}$$

همچنان که انتظار داریم در محاسبات چه از واکنش دهنده ها و یا فراورده استفاده کنیم، سرعت ها یکسان به دست می آیند. به طور کلی می توانیم سرعت واکنش را با استفاده از معادله عمومی زیر تعیین کنیم.



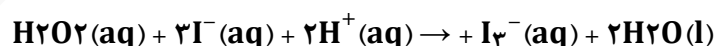
در این جا A و B واکنش دهنده ها، C و D فراورده ها، و a، b، c و d ضریب های استوکیومتری هستند. سرعت واکنش را به صورت زیر تعیین می کنیم.

$$\text{سرعت واکنش} = -\frac{1}{a} \frac{\Delta[A]}{\Delta t} = -\frac{1}{b} \frac{\Delta[B]}{\Delta t} = +\frac{1}{c} \frac{\Delta[C]}{\Delta t} = +\frac{1}{d} \frac{\Delta[D]}{\Delta t}$$

از این عبارت، می توانیم، تغییر سرعت بر اساس غلظت هر یک از واکنش دهنده ها و فراورده ها در هر لحظه از زمان را نسبت به تغییر سرعت واکنش دهنده ها یا فراورده های دیگر در همان زمان نتیجه بگیریم (بر اساس معادله موازنه شده). در هر حال، پیش بینی سرعت برای زمان های بعدی واکنش با استفاده از معادله موازنه شده غیر ممکن است.

تمرین بیان سرعت واکنش

معادله شیمیایی موازنه شده زیر را در نظر بگیرید:



در ۱۰/۰ ثانیه نخست از شروع واکنش، غلظت I^- از ۱/۰۰۰ مولار به ۰/۸۶۸ مولار کاهش می یابد.

(آ) سرعت متوسط واکنش را در زمان داده شده حساب کنید.

(ب) تغییر سرعت را برای غلظت H^+ (یعنی $\Delta[H^+]/\Delta t$) را در زمان داده شده حساب کنید.

راه حل

(آ) از رابطه سرعت متوسط واکنش استفاده می کنیم.

$$\text{سرعت واکنش} = -\frac{1}{3} \frac{\Delta[I^-]}{\Delta t} = \frac{1}{3} \frac{(0.868 M - 1.000 M)}{10.0 s} = 4/40 \times 10^{-3} M.s^{-1}$$

(ب) طبق معادله موازنه شده واکنش، سرعت برای H^+ دو برابر سرعت متوسط واکنش است.

$$H^+ \text{ سرعت برای } = \frac{\Delta[H^+]}{\Delta t} = -2 \times (\text{سرعت واکنش}) = 2 \times (4/40 \times 10^{-3} M.s^{-1}) = 8/40 \times 10^{-3} M.s^{-1}$$

تمرین

برای واکنش نشان داده شده در تمرین قبل، سرعت تغییر غلظت H_2O ، $(\Delta[H_2O_2]/\Delta t)$ و سرعت تغییر غلظت I_3^- ، $(\Delta[I_3^-]/\Delta t)$ در زمان داده شده را حساب کنید.

تمرین های پایانی درس

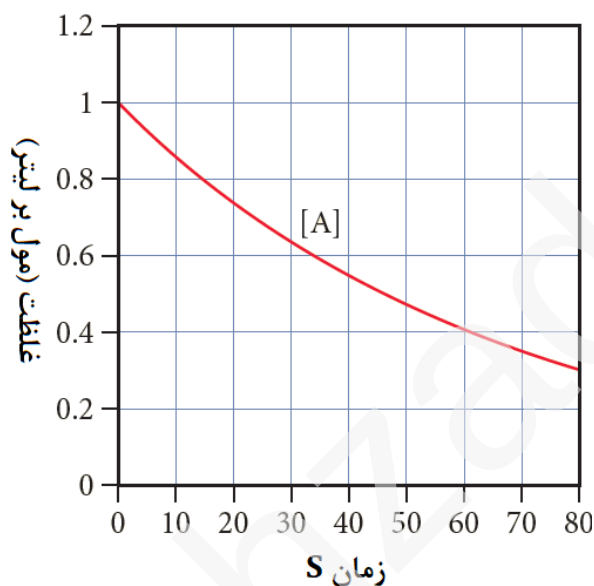
(۱) برای واکنش فرضی $A + 2B \rightarrow C$ ، در شرایط معین سرعت اولیه واکنش برابر $0/100 M.s^{-1}$ است. برای این واکنش در شرایط مشابه، $\Delta[B]/\Delta t$ چقدر است؟

(پ) $0/200 M.s^{-1}$

(ب) $0/100 M.s^{-1}$

(آ) $0/0500 M.s^{-1}$

(۲) نمودار زیر تغییر غلظت واکنش دهنده A را در واکنش $A \rightarrow B$ نشان می دهد. سرعت متوسط واکنش از شروع واکنش تا ثانیه ۱۰ چقدر است.



(ب) $0/007 M.s^{-1}$

(آ) $0/07 M.s^{-1}$

(ت) $0/014 M.s^{-1}$

(پ) $0/86 M.s^{-1}$

(۳) دی نیتروژن مونوکسید در اثر گرما تجزیه می شود. سرعت اولیه واکنش $0/022 M.s^{-1}$ است. سرعت اولیه تغییر غلظت N_2O ، $(\Delta[N_2O]/\Delta t)$ چقدر است؟



(ت) $+0/022$

(پ) $-0/044$

(ب) $-0/011 M.s^{-1}$

(آ) $-0/022 M.s^{-1}$

(۴) واکنش زیر را در نظر بگیرید:



(آ) سرعت واکنش را بر حسب واکنش دهنده و هر یک از فراورده ها بیان کنید.

(ب) در ۲۵ ثانیه نخست واکنش، غلظت HBr از $0/600$ مولار به $0/512$ مولار کاهش می یابد. سرعت متوسط واکنش را در این بازه از زمان حساب کنید.

پ) اگر حجم ظرف واکنش در قسمت (ب)، ۱/۵۰ لیتر باشد، چه مقدار Br_2 (بر حسب مول) در ۲۵/۰ ثانیه نخست واکنش تولید می شود؟

۵) واکنش زیر را در نظر بگیرید:



آ) سرعت واکنش را بر حسب واکنش دهنده و هر یک از فراورده ها بیان کنید.

ب) در ۱۵/۰ ثانیه نخست از واکنش ۰/۰۱۵ مول O_2 در ظرف واکنش به حجم ۰/۵ لیتر تولید می شود. سرعت متوسط واکنش در این بازه از زمان چقدر است؟

پ) پیش بینی کنید تغییر سرعت غلظت N_2O در مدت زمان بیان شده چقدر است، به عبارت دیگر $(\Delta[\text{N}_2\text{O}]/\Delta t)$ ، را حساب کنید.

۶) برای واکنش $2\text{A}(\text{g}) + \text{B}(\text{g}) \rightarrow 3\text{C}(\text{g})$:

آ) سرعت واکنش را بر حسب تغییر غلظت هر یک از واکنش دهنده ها و فراورده بیان کنید.

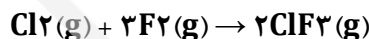
ب) وقتی A با سرعت 0.100 M.s^{-1} کاهش می یابد، B با چه سرعتی کاهش خواهد یافت؟ سرعت افزایش C چقدر است؟

۷) برای واکنش $\text{A}(\text{g}) + \frac{1}{2} \text{B}(\text{g}) \rightarrow 2\text{C}(\text{g})$:

آ) سرعت واکنش را بر حسب تغییر غلظت هر یک از واکنش دهنده ها و فراورده بیان کنید.

ب) وقتی C با سرعت 0.25 M.s^{-1} افزایش می یابد، B با چه سرعتی کاهش خواهد یافت؟ A با چه سرعتی مصرف می شود؟

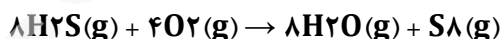
۸) واکنش زیر را در نظر بگیرید:



جدول زیر را کامل کنید.

سرعت واکنش	$\Delta[\text{ClF}_3]/\Delta t$	$\Delta[\text{F}_2]/\Delta t$	$\Delta[\text{Cl}_2]/\Delta t$
			0.12 M.s^{-1}

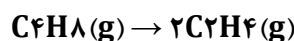
۹) واکنش زیر را در نظر بگیرید:



جدول زیر را کامل کنید.

سرعت واکنش	$\Delta[\text{H}_2\text{O}]/\Delta t$	$\Delta[\text{O}_2]/\Delta t$	$\Delta[\text{H}_2\text{S}]/\Delta t$
			0.80 M.s^{-1}

۱۰) واکنش زیر را در نظر بگیرید:



اطلاعات جدول مقابل برای غلظت C_4H_8 در زمان معین جمع آوری شده است.

آ) سرعت متوسط واکنش را از شروع واکنش تا ثانیه ۲۰، همچنین بین ثانیه ۴۰ تا ۵۰ محاسبه کنید.

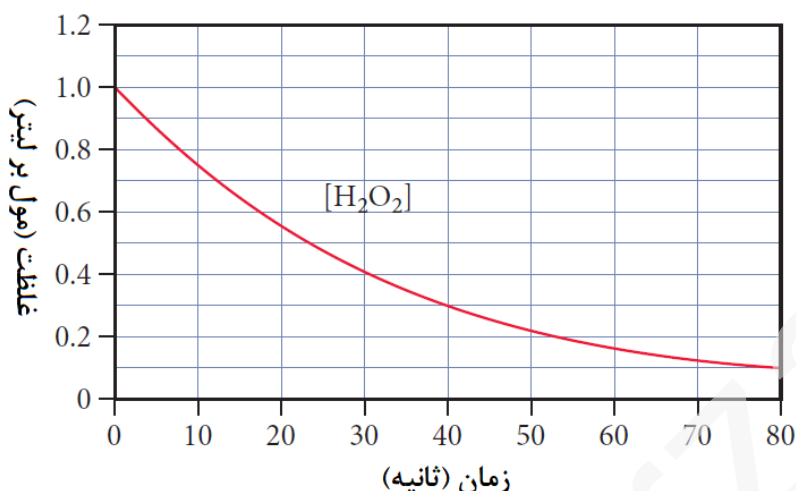
ب) سرعت متوسط واکنش تولید C_2H_4 بین ثانیه ۲۰ تا ۳۰ چقدر است؟

زمان (s)	$[\text{C}_4\text{H}_8] (\text{M})$
۰	۱/۰۰۰
۱۰	۰/۹۱۳
۲۰	۰/۸۳۵
۳۰	۰/۷۶۳
۴۰	۰/۶۹۷
۵۰	۰/۶۳۷

(۱۱) واکنش زیر را در نظر بگیرید.



نمودار زیر غلظت H_2O_2 را بر حسب زمان واکنش نشان می دهد.



(آ) سرعت متوسط واکنش را بین ۱۰ تا ۲۰ ثانیه حساب کنید.

(ب) اگر حجم ظرف محتوی H_2O_2 برابر با ۱/۵ لیتر باشد، مقدار کل O_2 تولید شده (بر حسب مول)، از شروع تا ثانیه ۵۰ واکنش چقدر است؟

پاسخ تشریحی سوال ۴

(آ) از رابطه مقابل استفاده می کنیم.

$$R(\text{سرعت واکنش}) = -\frac{1}{a} \frac{\Delta[A]}{\Delta t} = -\frac{1}{b} \frac{\Delta[B]}{\Delta t} = +\frac{1}{c} \frac{\Delta[C]}{\Delta t} = +\frac{1}{d} \frac{\Delta[D]}{\Delta t}$$

$$R(\text{سرعت واکنش}) = -\frac{1}{2} \frac{\Delta[\text{HBr}]}{\Delta t} = +\frac{\Delta[\text{H}_2]}{\Delta t} = +\frac{\Delta[\text{Br}_2]}{\Delta t}$$

(ب) با استفاده از داده های مسئله، سرعت مصرف HBr را حساب می کنیم.

$$R(\text{HBr}) = -\frac{\Delta[\text{HBr}]}{\Delta t} = \frac{0.512 - 0.600}{25 \text{ s}} = 3/52 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$$

با توجه به معادله سرعت و معادله موازنه شده واکنش، $R(\text{واکنش}) = \frac{1}{2} R(\text{HBr})$ است. محاسبات را انجام می دهیم.

$$R(\text{واکنش}) = \frac{1}{2} R(\text{HBr}) = \frac{1}{2} \times 3/52 \times 10^{-3} = 1/76 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$$

$$R(\text{واکنش}) = R(\text{Br}_2)$$

(پ) بر اساس معادله سرعت و معادله موازنه شده واکنش،

(ضریب استوکیومتری Br_2 برابر با ۱ است)

$$R(\text{Br}_2) = 1/76 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$$

سرعت واکنش برای تولید Br_2 بر حسب $\text{mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$ است. آن را بر حسب mol.s^{-1} به دست می آوریم.

بین سرعت بر حسب $\text{mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$ و mol.s^{-1} رابطه زیر برقرار است. (زمان هر یکای دیگری به جز ثانیه نیز می تواند باشد).

$$R \text{ mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1} = \frac{R \text{ mol.s}^{-1}}{\text{حجم ظرف (V)}}$$

$$1/76 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1} = \frac{R(\text{Br}_2) \text{ mol.s}^{-1}}{1.5 \text{ L}} \rightarrow R(\text{Br}_2) = 1/76 \times 10^{-3} \times 1/5 = 2/64 \times 10^{-3} \text{ mol.s}^{-1}$$

از رابطه سرعت متوسط واکنش برای (Br_2) استفاده می کنیم، تا مقدار Br_2 تولید شده (بر حسب مول) را به دست آوریم.

$$R(\text{Br}_2) = \frac{\Delta[\text{Br}_2]}{\Delta t} \rightarrow 2/64 \times 10^{-3} \text{ mol.s}^{-1} = \frac{\Delta[\text{Br}_2]}{25 \text{ s}} \rightarrow \Delta[\text{Br}_2] = 0.066 \text{ mol Br}_2$$

پاسخ تشریحی سوال ۶

$$R(\text{سرعت واکنش}) = -\frac{1}{a} \frac{\Delta[A]}{\Delta t} = -\frac{1}{b} \frac{\Delta[B]}{\Delta t} = +\frac{1}{c} \frac{\Delta[C]}{\Delta t} = +\frac{1}{d} \frac{\Delta[D]}{\Delta t}$$

(آ) از رابطه مقابل استفاده می کنیم.

$$R(\text{سرعت واکنش}) = -\frac{1}{2} \frac{\Delta[A]}{\Delta t} = -\frac{\Delta[B]}{\Delta t} = +\frac{1}{3} \frac{\Delta[C]}{\Delta t}$$

ب) طبق معادله سرعت، سرعت هر جزء واکنش با ضریب استوکیومتری آن رابطه مستقیم دارد. بنابر این، نسبت سرعت دو جزء

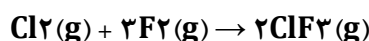
$$\text{واکنش } \left(\frac{R(B)}{R(A)} \right) \text{ با نسبت ضریب استوکیومتری آن ها در واکنش } \left(\frac{\text{ضریب استوکیومتری B}}{\text{ضریب استوکیومتری A}} \right) \text{ متناسب است.}$$

$$\frac{R(B)}{R(A)} = \frac{\text{ضریب استوکیومتری B}}{\text{ضریب استوکیومتری A}} \rightarrow \frac{R(B)}{R(A)} = \frac{1}{2} \rightarrow \frac{R(B)}{0.100} = \frac{1}{2} \rightarrow R(B) = 0.05 \text{ M.s}^{-1}$$

$$\frac{R(C)}{R(A)} = \frac{\text{ضریب استوکیومتری C}}{\text{ضریب استوکیومتری A}} \rightarrow \frac{R(C)}{R(A)} = \frac{3}{2} \rightarrow \frac{R(C)}{0.100} = \frac{3}{2} \rightarrow R(C) = 0.15 \text{ M.s}^{-1}$$

پاسخ تشریحی سوال ۸

طبق معادله سرعت، نسبت سرعت اجزای واکنش با ضریب استوکیومتری آن ها متناسب است.



$$\frac{\Delta[\text{F}_2]}{\Delta t} = \frac{3}{1} \frac{\Delta[\text{Cl}_2]}{\Delta t} = 3 \times 0.012 = 0.036 \text{ M.s}^{-1}$$

نسبت ضریب استوکیومتری F_2 به Cl_2 برابر با $\frac{3}{1}$ است.

$$\frac{\Delta[\text{ClF}_3]}{\Delta t} = \frac{2}{1} \frac{\Delta[\text{Cl}_2]}{\Delta t} = 2 \times 0.012 = 0.024 \text{ M.s}^{-1}$$

نسبت ضریب استوکیومتری ClF_3 به Cl_2 برابر با $\frac{2}{1}$ است.

طبق معادله سرعت، $R(\text{واکنش}) = R(\text{Cl}_2)$ (چون ضریب استوکیومتری (Cl_2) در معادله موازنه شده ۱ می باشد).

$$R(\text{واکنش}) = 0.012 \text{ M.s}^{-1}$$

سرعت واکنش	$\Delta[\text{ClF}_3]/\Delta t$	$\Delta[\text{F}_2]/\Delta t$	$\Delta[\text{Cl}_2]/\Delta t$
0.012 M.s^{-1}	0.024 M.s^{-1}	0.036 M.s^{-1}	0.012 M.s^{-1}

آهنگ واکنش – سرعت واکنش (منبع کتاب مرجع شیمی عمومی)

آهنگ واکنش معیاری برای زمان ماندگاری مواد است، و کمیتی است که نشان می دهد هر تغییر شیمیایی در چه گستره ای از زمان رخ می دهد. به این صورت که:

هر چه گستره زمان انجام واکنش کوچک تر باشد ← آهنگ انجام واکنش تندتر است ← واکنش سریعتر است

و برعکس:

هر چه گستره زمان انجام واکنش بزرگ تر باشد ← آهنگ انجام واکنش کندتر است ← واکنش کندتر است

برای مثال، آهنگ فرایند فاسد شدن غذا در دمای اتاق، کندتر از آهنگ فرایند زنگ زدن آهن در شرایط مشابه است، و زمان ماندگاری آهن در این شرایط بیشتر است.

سرعت واکنش آهنگ انجام واکنش در گستره معینی از زمان سرعت واکنش را بیان می کند.

برای واکنش های گوناگون گستره زمان می تواند بسیار کوچک و یا بسیار بزرگ باشد. سرعت یک واکنش شیمیایی نشان می دهد که واکنش با چه سرعتی انجام می گیرد. اگر یک واکنش شیمیایی سریع باشد، درصد بزرگی از مولکول های واکنش دهنده در زمان معین به فراورده ها تبدیل می شوند. اگر سرعت واکنش کم باشد، فقط بخش کوچکی از مولکول های واکنش دهنده در زمان معین به فراورده ها تبدیل می شوند.

سرعت متوسط سرعت مصرف یا تولید یک ماده شرکت کننده در واکنش در گستره زمانی قابل اندازه گیری را سرعت متوسط آن ماده می گویند و آن را با نماد $\bar{R}$ نمایش می دهند.

واکنش فرضی زیر را در نظر بگیرید.



$\bar{R}(A)$ سرعت متوسط مصرف ماده A را نشان می دهد، و $\bar{R}(B)$ سرعت متوسط تولید ماده B را نشان می دهد.

سرعت واکنش چگونه اندازه گیری می شود

سرعت واکنش یک کمیت تجربی است، و با انجام آزمایش برای یک واکنش تعیین می شود. سرعت یک واکنش را با اندازه گیری کمیت هایی مانند غلظت (برای محلول ها و گازها)، جرم (برای مواد جامد و مایعات خالص)، فشار (برای گازها)، رنگ (برای واکنش هایی که در آن ها تغییر رنگ دیده می شود) و کمیت های قابل اندازه گیری دیگر می توان اندازه گیری کرد.

اندازه گیری سرعت متوسط تولید یا مصرف یک ماده در واکنش

سرعت تولید یا مصرف یک ماده در واکنش بر حسب تغییر مقدار واکنش دهنده ها یا فراورده ها، تقسیم بر تغییر زمان انجام واکنش بیان می شود. دوباره واکنش فرضی زیر را در نظر بگیرید.



می خواهیم سرعت متوسط مصرف ماده A (واکنش دهنده) را بین دو زمان (t_1) و (t_2) به دست آوریم. تعداد مول های A در زمان t_1 را برابر با n_1 و تعداد مول های A در زمان t_2 را برابر با n_2 در نظر می گیریم.

با توجه به تعریف سرعت واکنش "**تغییر مقدار واکنش دهنده ها یا فراورده ها تقسیم بر تغییر زمان انجام واکنش**" معادله سرعت واکنش برای مصرف A به صورت زیر نوشته می شود.

$$\bar{R}(A) = - \frac{\Delta n}{\Delta t} = - \frac{n_2 - n_1}{t_2 - t_1}$$

علامت Δ در معادله سرعت، تغییر را نشان می دهد. Δn تغییر تعداد مول های ماده و Δt تغییر زمان را مشخص می کنند.

هنگامی که سرعت واکنش بر حسب واکنش دهنده ها تعیین شود، سرعت واکنش عبارت است از منفی تغییر غلظت واکنش دهنده ها تقسیم بر تغییر زمان. علامت منفی جزئی از عبارت سرعت است، زیرا در طی انجام واکنش مقدار واکنش دهنده ها کم می شود؛ بنابراین، تغییر مقدار واکنش دهنده ها منفی خواهد شد. در نتیجه علامت منفی موجب می شود سرعت واکنش مقداری مثبت نشان داده شود. (بر حسب قرارداد، سرعت واکنش را به صورت کمیتی مثبت گزارش می کنیم).

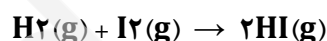
حالا می خواهیم سرعت متوسط تولید ماده B (فراورده) را بین دو زمان (t_1) و (t_2) به دست آوریم. تعداد مول های B در زمان t_1 را برابر با n_1 و تعداد مول های B در زمان t_2 را برابر با n_2 در نظر می گیریم.

با توجه به تعریف سرعت واکنش "**تغییر مقدار واکنش دهنده ها یا فراورده ها تقسیم بر تغییر زمان انجام واکنش**" معادله سرعت واکنش برای تولید B به صورت زیر نوشته می شود.

$$\bar{R}(B) = + \frac{\Delta n}{\Delta t} = + \frac{n_2 - n_1}{t_2 - t_1}$$

چون مقدار فراورده ها در طی واکنش افزایش می یابد، تغییر مقدار فراورده ها مثبت می شود. بنابراین، هنگامی که سرعت را برای فراورده ها تعیین می کنیم، نیاز نیست در عبارت سرعت علامت منفی قرار دهیم زیرا سرعت به طور طبیعی مثبت به دست می آید.

برای مثال از یک واکنش شیمیایی، واکنش گازی بین $H_2(g)$ و $I_2(g)$ را در نظر بگیرید:



می خواهیم سرعت متوسط مصرف گاز H_2 را بین دو زمان (t_1) و (t_2) به دست آوریم. تعداد مول های گاز H_2 در زمان t_1 را برابر با n_1 و تعداد مول های گاز H_2 در زمان t_2 را برابر با n_2 در نظر می گیریم.

معادله سرعت مصرف گاز H_2 به صورت زیر نوشته می شود.

$$\bar{R}(H_2) = - \frac{\Delta n}{\Delta t} = - \frac{n_2 - n_1}{t_2 - t_1}$$

معادله سرعت را برای مصرف I_2 می نویسیم. مشاهده می کنید، برای I_2 که یک واکنش دهنده است، سرعت متوسط عبارت است از، منفی تغییر مقدار I_2 تقسیم بر تغییر زمان انجام واکنش.

$$\bar{R}(I_2) = - \frac{\Delta n}{\Delta t} = - \frac{n_2 - n_1}{t_2 - t_1}$$

معادله سرعت را برای تولید HI می نویسیم.

$$\bar{R}(HI) = + \frac{\Delta n}{\Delta t} = + \frac{n_2 - n_1}{t_2 - t_1}$$

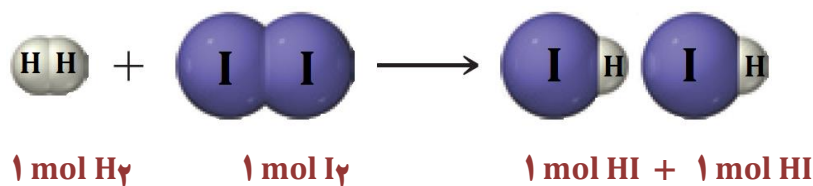
مشاهده می کنید، چون HI فراورده واکنش است، در معادله سرعت آن علامت مثبت نوشته شده است.

وابستگی سرعت تولید یا مصرف هر یک از شرکت کننده ها در واکنش با ضریب استوکیومتری

با گذشت زمان غلظت واکنش دهنده ها کاهش می یابد زیرا واکنش دهنده ها در واکنش مصرف می شوند. همچنین با گذشت زمان غلظت فراورده ها افزایش می یابد زیرا در واکنش تولید می شوند. سرعت افزایش غلظت HI دقیقاً دو برابر سرعت کاهش غلظت H_2 است زیرا طبق استوکیومتری واکنش:

با مصرف هر ۱ مول H_2 ، مقدار ۲ مول HI تولید می شود.

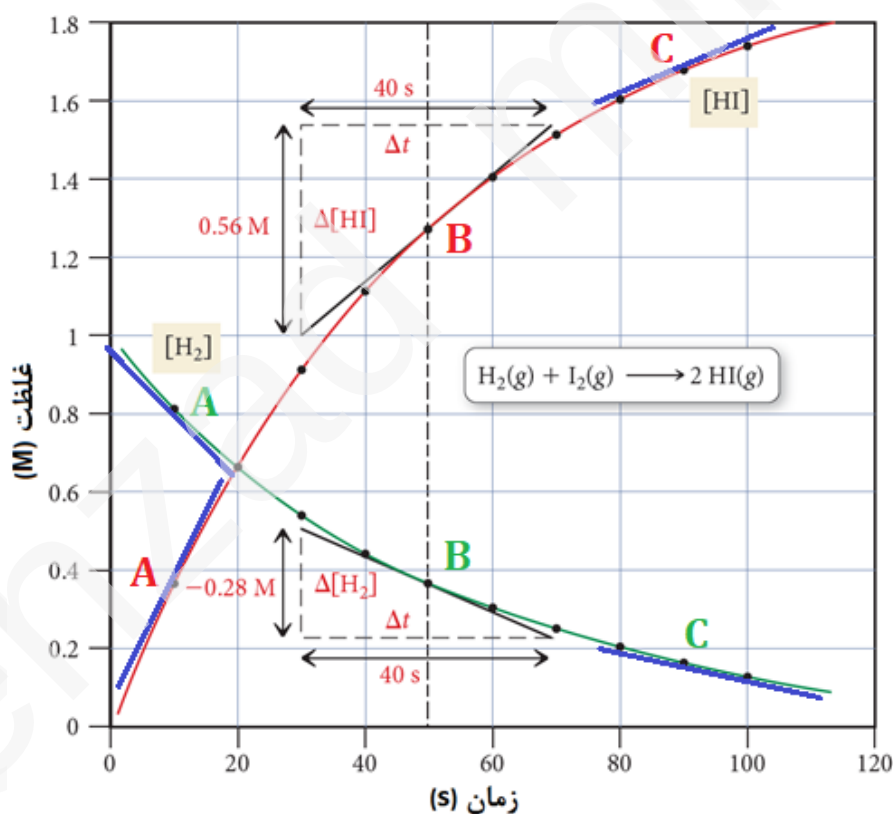
در این واکنش ۲ مول HI از ۱ مول H_2 و ۱ مول I_2 تولید می شود:



افزایش غلظت HI دو برابر کاهش غلظت H_2 یا I_2 است. به عبارت دیگر، اگر در یک ثانیه ۱۰۰ مولکول I_2 در واکنش شرکت کند، ۲۰۰ مولکول HI در یک ثانیه تولید می شود.

نمودارهای مول (غلظت) - زمان برای سرعت واکنش

نمودار زیر را در نظر بگیرید، که تغییر غلظت H_2 (یکی از واکنش دهنده ها) و HI (فراورده) را بر حسب زمان نشان می دهد. مشاهده می کنید با گذشت زمان شیب نمودار برای هر دو ماده H_2 و HI کم می شود، که نشان دهنده کاهش سرعت واکنش با گذشت زمان است. با استفاده از این نمودارها می توان سرعت متوسط واکنش را بین دو زمان معین اندازه گیری کرد.



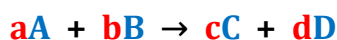
سرعت واکنش

اگر در یک واکنش شیمیایی ضریب استوکیومتری مواد شرکت کننده در واکنش یکسان نباشد، سرعت متوسط تولید یا مصرف آن ها متفاوت خواهد بود. به همین دلیل شیمی دان ها برای درک آسان پیشرفت واکنش از یک مفهوم کاربردی به نام سرعت واکنش استفاده می کنند.

سرعت واکنش طبق رابطه زیر تعریف می شود.

$$\text{سرعت ماده شرکت کننده در واکنش} = \text{ضریب استوکیومتری آن ماده} \times \text{سرعت واکنش } R$$

می توانیم سرعت واکنش را با استفاده از معادله فرضی زیر تعریف کنیم.



در این معادله A و B واکنش دهنده ها، C و D فراورده ها، و a, b, c, d ضریب های استوکیومتری هستند. سرعت واکنش به صورت زیر است.

$$R = \text{سرعت واکنش} = \frac{\bar{R}(A)}{a} = \frac{\bar{R}(B)}{b} = \frac{\bar{R}(C)}{c} = \frac{\bar{R}(D)}{d}$$

معادله سرعت برای هر یک از مواد A, B, C و D به صورت زیر نوشته می شود.

$$\bar{R}(A) = \frac{\Delta n(A)}{\Delta t}, \quad \bar{R}(B) = \frac{\Delta n(B)}{\Delta t}, \quad \bar{R}(C) = \frac{\Delta n(C)}{\Delta t}, \quad \bar{R}(D) = \frac{\Delta n(D)}{\Delta t}$$

اگر در معادله سرعت واکنش، به جای سرعت متوسط ($\bar{R}$)، مقدار آن را از رابطه های بالا جای گذاری کنیم، معادله سرعت واکنش به صورت زیر خواهد شد.

$$\text{سرعت واکنش} = -\frac{1}{a} \frac{\Delta n(A)}{\Delta t} = -\frac{1}{b} \frac{\Delta n(B)}{\Delta t} = +\frac{1}{c} \frac{\Delta n(C)}{\Delta t} = +\frac{1}{d} \frac{\Delta n(D)}{\Delta t}$$

مثال معادله سرعت را برای واکنش $2A(g) + B(g) \rightarrow 3C(g)$ بنویسید.

پاسخ

$$R = \text{سرعت واکنش} = \frac{\bar{R}(A)}{a} = \frac{\bar{R}(B)}{b} = \frac{\bar{R}(C)}{c} = \frac{\bar{R}(D)}{d}$$

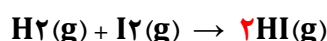
از رابطه مقابل استفاده می کنیم.



$$R(\text{سرعت واکنش}) = -\frac{1}{2} \frac{\Delta n(A)}{\Delta t} = -\frac{\Delta n(B)}{\Delta t} = +\frac{1}{3} \frac{\Delta n(C)}{\Delta t}$$

از این عبارت، می توانیم، بر اساس معادله موازنه شده واکنش، تغییر سرعت هر یک از واکنش دهنده ها و فراورده ها را در هر لحظه از زمان نسبت به تغییر سرعت واکنش دهنده ها یا فراورده های دیگر در همان زمان نتیجه بگیریم در هر حال، پیش بینی سرعت برای زمان های بعدی واکنش با استفاده از معادله موازنه شده غیر ممکن است.

برای مثال، واکنش گازی بین $H_2(g)$ و $I_2(g)$ را در نظر بگیرید:



می توانیم سرعت این واکنش را بر اساس مصرف گاز H_2 طبق رابطه زیر به دست آوریم.

$$R = \text{سرعت واکنش} = -\frac{\Delta n(H_2)}{\Delta t}$$

به طور مشابه، می توانیم سرعت واکنش را بر اساس مصرف I_2 اندازه گیری کنیم.

$$R \text{ سرعت واکنش} = - \frac{\Delta n(I_2)}{\Delta t}$$

چون ۱ مول H_2 با ۱ مول I_2 واکنش داده اند، سرعت واکنش برای هر دو به طور مشابه تعیین می شود.

همچنین می توانیم سرعت واکنش را بر اساس تولید HI اندازه گیری کنیم.

$$R \text{ سرعت واکنش} = + \frac{1}{2} \frac{\Delta n(HI)}{\Delta t}$$

ضریب $\frac{1}{2}$ در عبارت سرعت مربوط به استوکیومتری واکنش است. در عبارت سرعت برای هر یک از واکنش دهنده ها و فراورده ها ضریب های استوکیومتری واکنش در نظر گرفته می شوند.

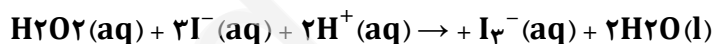
حل مسئله در سرعت واکنش

در محدوده کتاب درسی شیمی یازدهم مسئله های سرعت واکنش را می توان در سه نوع دسته بندی کرد. در ادامه مسئله های سرعت واکنش را بررسی می کنیم.

نوع اول مسئله های سرعت واکنش

مسئله هایی که در آن ها، تغییر غلظت (یا تغییر مول، تغییر جرم و یا تغییر حجم) یکی از اجزای واکنش و تغییر زمان داده می شود، و باید سرعت متوسط تولید یا مصرف آن ماده را به دست آورد. برای حل این نوع مسئله ها از رابطه $R = \pm \frac{\Delta n}{\Delta t}$ استفاده می کنیم. به مثال زیر توجه کنید.

مثال معادله شیمیایی موازنه شده زیر را در نظر بگیرید:



در ۱۰ ثانیه نخست از شروع واکنش، غلظت I^- از ۱ مولار به ۰/۸ مولار کاهش می یابد. سرعت متوسط مصرف یون های I^- در زمان داده شده حساب کنید.

راه حل از رابطه سرعت متوسط واکنش استفاده می کنیم.

$$I^- \text{ سرعت مصرف} = - \frac{\Delta[I^-]}{\Delta t} = - \frac{(0.8 \text{ M} - 1 \text{ M})}{10 \text{ s}} = 0.02 \text{ M.s}^{-1}$$

نوع دوم مسئله های سرعت واکنش

محاسبه سرعت متوسط تولید یا مصرف یکی از مواد شرکت کننده در واکنش، با داشتن سرعت متوسط تولید یا مصرف یک ماده دیگر در همان واکنش

این نوع مسئله ها با استفاده از رابطه "نسبت سرعت واکنش با نسبت ضریب استوکیومتری" در معادله موازنه شده واکنش حل می شوند.

مثال برای واکنش $2A(g) + B(g) \rightarrow 3C(g)$ ، وقتی غلظت A با سرعت 0.1 M.s^{-1} کاهش می یابد، غلظت B با چه سرعتی کاهش خواهد یافت؟ سرعت افزایش غلظت C چقدر است؟

راه حل طبق معادله سرعت، سرعت هر جزء واکنش با ضریب استوکیومتری آن رابطه مستقیم دارد. بنابر این، نسبت سرعت دو

جزء واکنش $\left(\frac{R(B)}{R(A)}\right)$ با نسبت ضریب استوکیومتری آن ها در واکنش $\left(\frac{\text{ضریب استوکیومتری B}}{\text{ضریب استوکیومتری A}}\right)$ متناسب است.

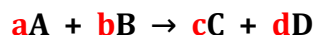


$$\frac{R(B)}{R(A)} = \frac{\text{ضریب استوکیومتری B}}{\text{ضریب استوکیومتری A}} \rightarrow \frac{R(B)}{R(A)} = \frac{1}{2} \rightarrow \frac{R(B)}{0.100} = \frac{1}{2} \rightarrow R(B) = 0.05 \text{ M.s}^{-1}$$

$$\frac{R(C)}{R(A)} = \frac{\text{ضریب استوکیومتری C}}{\text{ضریب استوکیومتری A}} \rightarrow \frac{R(C)}{R(A)} = \frac{3}{2} \rightarrow \frac{R(C)}{0.100} = \frac{3}{2} \rightarrow R(C) = 0.15 \text{ M.s}^{-1}$$

نوع سوم مسئله های سرعت واکنش

مسئله هایی که در آن ها با داشتن سرعت متوسط یکی از اجزای واکنش، باید سرعت متوسط واکنش را حساب کنیم. یا عکس این حالت با داشتن سرعت متوسط واکنش، سرعت یکی از اجزای واکنش تعیین می شود. برای حل این نوع مسئله ها از معادله سرعت واکنش استفاده می شود.



$$R(\text{سرعت واکنش}) = -\frac{1}{a} \frac{\Delta[A]}{\Delta t} = -\frac{1}{b} \frac{\Delta[B]}{\Delta t} = +\frac{1}{c} \frac{\Delta[C]}{\Delta t} = +\frac{1}{d} \frac{\Delta[D]}{\Delta t}$$

مثال واکنش زیر را در نظر بگیرید:



در ۲۵ ثانیه نخست واکنش، غلظت HBr از ۰/۶ به ۰/۴ مولار کاهش می یابد. سرعت متوسط واکنش را در این بازه از زمان حساب کنید.

راه حل با استفاده از داده های مسئله، سرعت مصرف HBr را حساب می کنیم.

$$R(\text{HBr}) = -\frac{\Delta[\text{HBr}]}{\Delta t} = -\frac{0.4-0.6}{25 \text{ s}} = 8 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$$

با توجه به معادله سرعت و معادله موازنه شده واکنش، $R(\text{واکنش}) = \frac{1}{2} R(\text{HBr})$ است. محاسبات را انجام می دهیم.

$$R(\text{واکنش}) = \frac{1}{2} R(\text{HBr}) = \frac{1}{2} \times 8 \times 10^{-3} = 4 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$$

بررسی یک تست کنکور سراسری سال ۹۸

در واکنش: (معادله موازنه شود) $\text{PI}_3(\text{s}) + \text{H}_2\text{O(l)} \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_3(\text{aq}) + \text{HI(aq)}$ اگر مقدار آغازین $\text{PI}_3(\text{s})$ برابر ۲۰/۶ گرم درون یک لیتر آب بوده و پس از دو دقیقه به ۴/۱۲ گرم برسد، سرعت متوسط مصرف این ماده، به تقریب به چند مول بر ثانیه و غلظت HI(aq) به چند مول بر لیتر می رسد؟ $P = 31$ ، $I = 127 \text{ g.mol}^{-1}$ ؛ از تغییر حجم صرف نظر شود. (کنکور ریاضی ۹۸ نظام جدید)

$$(1) \quad 0.12, 3/3 \times 10^{-4} \quad (2) \quad 0.08, 3/3 \times 10^{-4} \quad (3) \quad 0.12, 6/67 \times 10^{-4} \quad (4) \quad 0.08, 6/67 \times 10^{-4}$$

چه اطلاعاتی در اختیار داریم

گرم $\text{PI}_3 = 20/6$ ، گرم PI_3 اولیه = ۴/۱۲ گرم PI_3 در پایان دقیقه دوم واکنش

گرم PI_3 اولیه = ۲۰/۶ ، گرم PI_3 در پایان دقیقه دوم واکنش

گرم PI_3 اولیه = ۲۰/۶ ، گرم PI_3 در پایان دقیقه دوم واکنش

گرم PI_3 اولیه = ۲۰/۶ ، گرم PI_3 در پایان دقیقه دوم واکنش

$$\Delta t = 2 \text{ min} = 120 \text{ s} \quad \langle$$

چه چیز را باید به دست آوریم

$$\overline{R}(\text{PI}_3) = ? \text{ mol.s}^{-1} \quad \langle \text{ (سرعت متوسط مصرف PI}_3\text{)}$$

$$[\text{HI}] = ? \text{ mol.L}^{-1} \quad \langle \text{ (غلظت محلول HI)}$$

معادله موازنه شده واکنش را می نویسیم.



راه حل جرم PI_3 که در واکنش شرکت کرده است را به دست می آوریم (تغییر جرم PI_3)، و آن را به مول تبدیل می کنیم.

$$20.6 - 4.12 \cong 16.5 \text{ g}$$

تغییر جرم PI_3 در مدت زمان واکنش:

$$16.5 \text{ g PI}_3 \times \frac{1 \text{ mol PI}_3}{412 \text{ g PI}_3} \cong 0.04 \text{ mol PI}_3 \rightarrow \Delta n = 0.04 \text{ mol PI}_3 \text{ تغییر تعداد مول PI}_3$$

با استفاده از معادله سرعت، سرعت مصرف PI_3 را حساب می کنیم.

$$R(\text{PI}_3) = \frac{\Delta \text{mol PI}_3}{\Delta t} = \frac{0.04 \text{ mol}}{120 \text{ s}} = 3/3 \times 10^{-4} \text{ mol.s}^{-1}$$

برای محاسبه غلظت HI تولید شده، باید تعداد مول های HI که در واکنش تولید می شود را حساب کنیم و با استفاده از رابطه غلظت محلول ها $C_M = \frac{n \text{ mol}}{V(L)}$ ، غلظت محلول را به دست آوریم.

با استفاده از نسبت سرعت ها در واکنش، سرعت تولید (HI) را حساب می کنیم.

$$\frac{R(\text{HI})}{R(\text{PH}_3)} = \frac{3}{1} \rightarrow \frac{R(\text{HI})}{3.3 \times 10^{-4}} = \frac{3}{1} \rightarrow R(\text{HI}) = 9/9 \times 10^{-4}$$

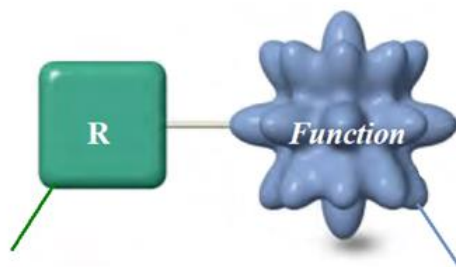
با جای گذاری در معادله سرعت، می توان تعداد مول های HI تولید شده را به دست آورد.

$$R(\text{HI}) = \frac{\Delta n}{\Delta t} \rightarrow 9/9 \times 10^{-4} = \frac{\Delta n}{120 \text{ s}} \rightarrow \Delta n \cong 0.12 \text{ mol HI}$$

$$C_M = \frac{n \text{ mol}}{V(L)} = \frac{0.12 \text{ mol HI}}{1 \text{ L محلول}} = 0.12 \text{ mol.L}^{-1}$$

گروه های عاملی، مراکز فعالیت - منبع کتاب شیمی آلی ولهارد

اغلب مولکول ها عمدتاً شامل یک استخوان بندی کربنه هستند که توسط پیوندهای یگانه با هم مرتبط شده و فقط اتم های هیدروژن به آن ها متصل شده اند. ولی، این مولکول ها می توانند حاوی کربن هایی که توسط پیوندهای سه گانه و یا دوگانه به هم وصل شده اند و نیز شامل عنصرهای دیگر هم باشند. این اتم ها یا گروه های اتم ها که نشانگر مکان هایی با فعالیت شیمیایی نسبتاً بالا می باشند، به گروه های **عاملی** موسوم هستند. یک چنین گروه هایی خواص مشخصی دارند و فعالیت مولکول ها را در حالت کلی کنترل می کنند.



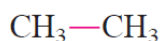
اسکلت کربنی ساختار مولکول را می سازد

گروه عاملی واکنش پذیری را تعیین می کند

هیدروکربن ها مولکول هایی حاوی فقط کربن و هیدروژن هستند هیدروکربن ها که دارای فرمول تجربی کلی C_xH_y هستند. آن دسته از هیدروکربن ها که فقط شامل پیوندهای یگانه، مثل متان، اتان و پروپان هستند، آلکان ها نامیده می شوند. مولکول هایی نظیر سیکلو هگزان که کربن های آن یک حلقه تشکیل می دهند، سیکلوآلکان ها نامیده می شوند. آلکان ها فاقد گروه های عاملی هستند: در نتیجه نسبتاً ناطبی و غیر فعال هستند.

آلکان ها

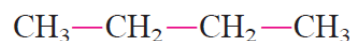
متان



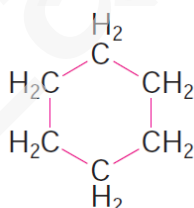
اتان



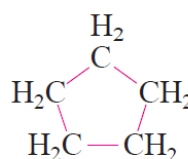
پروپان



بوتان

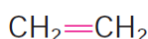
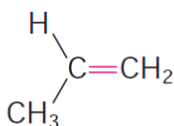
سیکلوآلکان ها

سیکلو هگزان



سیکلو پنتان

پیوندهای دوگانه و سه گانه به ترتیب، گروه های عاملی آلکن ها و آلکین ها می باشند.

آلکن ها و آلکین هااتن
(اتیلن)

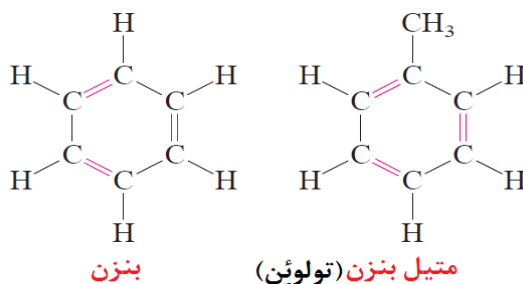
پروپن

اتین
(استیلن)

پروپین

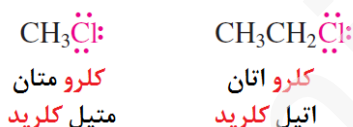
یکی از انواع هیدروکربن ها بنزن C_6H_6 است، که در آن سه پیوند دوگانه در یک حلقه شش ضلعی شرکت دارند. بنزن و مشتقات آن از قدیم **آروماتیک** نامیده شده اند، زیرا بعضی از مشتقات بنزن یک بوی معطر تند دارند.

ترکیب های آروماتیک (آرن ها)

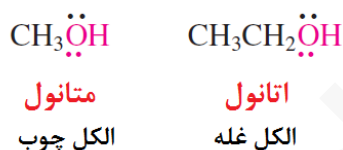


اغلب گروه های عاملی حاوی پیوندهای قطبی هستند پیوندهای قطبی رفتار اغلب دسته های مولکول ها را تعیین می نمایند. یادآور می شویم که قطبیت زائیده اختلاف الکترونگاتیویته دو اتم تشکیل دهنده یک پیوند می باشد. هالوآلکان ها (آلکان های هالوژن دار)، شامل پیوندهای کربن - هالوژن به عنوان گروه های عاملی می باشند. نمونه دیگر، گروه هیدروکسی ($\text{O} - \text{H}$)، مشخصه الکل ها است. واحد عاملی مشخص اترها اتم اکسیژن متصل به دو اتم کربن است ($\text{C} - \text{O} - \text{C}$). گروه عاملی در الکل ها و بعضی اترها را می توان به انواع متعددی از گروه های عاملی دیگر تبدیل کرد و لذا در تبدیلات سنتزی اهمیت دارند.

هالوآلکان ها



الکل ها

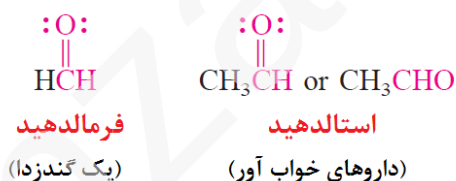


اترها

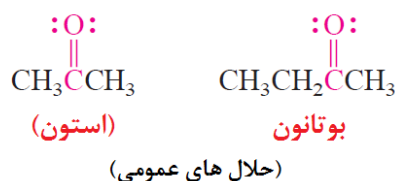


عامل کربونیل ($\text{C} = \text{O}$)، در آلدهیدها و کتون ها و به صورت متصل با OH -، در اسیدهای کربوکسیلیک یافت می شود.

آلدهیدها



کتون ها

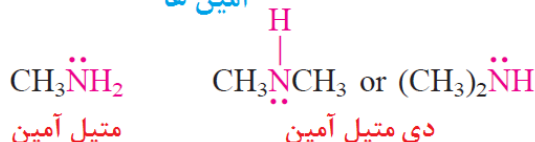


کربوکسیلیک اسیدها

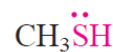


عناصر دیگر به گروه های عاملی دیگر منجر می شوند. مثلاً، ترکیب های آلکیل نیتروژن، آمین ها هستند. جایگزینی اکسیژن در الکل ها به وسیله گوگرد، تیول ها را می دهد.

آمین ها



یک تیول



R نمایانگر بخشی از یک مولکول آلکان است

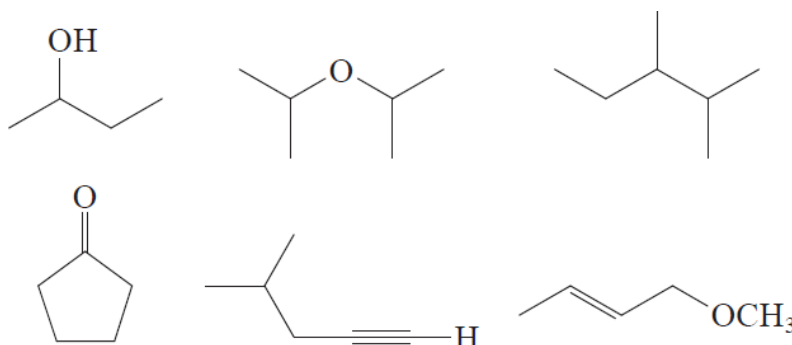
جدول زیر نمونه هایی از گروه های عاملی را ارائه می کند. در این جدول دسته های ترکیب های آلی حاصل از این گروه های عاملی، ساختمان کلی و یک مثال نیز آورده شده است. در ساختمان های کلی ما معمولاً از علامت R (رادیکال یا باقی مانده) برای ارائه گروه آلکیل استفاده می کنیم. گروه آلکیل قسمتی از مولکول است که با حذف یک اتم هیدروژن از یک آلکان مشتق می شود. لذا، فرمول کلی یک هالو آلکان $R - X$ است، که در آن R نشان دهنده یک گروه آلکیل و X نشانگر یک هالوژن می باشد. به همین شکل الکل ها به صورت $R - OH$ ، نشان داده می شوند. در ساختار هایی که دارای چند گروه آلکیل می باشند، یک علامت پریم (') یا دو علامت پریم (') اضافه می کنیم تا بتوانیم گروه هایی که از نظر ساختاری با هم متفاوت هستند را از هم تشخیص دهیم. به این ترتیب یک فرمول کلی برای یک اتر که در آن هر دو گروه آلکیل یکسان هستند (یک اتر متقارن)، $R - O - R$ است. در حالی که یک اتر با دو گروه آلکیل غیر یکسان (یک اتر نامتقارن)، به صورت $R - O - R'$ نشان داده می شود.

گروه های عاملی متداول			
مثال	گروه عاملی	فرمول کلی	ترکیب آلی
$CH_3CH_2CH_2CH_3$ بوتان	ندارند	$R - H$	آلکان ها
$CH_3CH_2 - \ddot{Br}:$ برومواتان	$-\ddot{X}:$	$R - \ddot{X}:$ (X = F, Cl, Br, I)	هالو آلکان ها
$\begin{array}{c} CH_3 \\ \diagdown \\ C = CH_2 \\ \diagup \\ CH_3 \end{array}$ ۲-متیل پروپن	$\diagdown \quad \diagup \\ C = C \\ \diagup \quad \diagdown$	$\begin{array}{c} (H)R \quad R(H) \\ \diagdown \quad \diagup \\ C = C \\ \diagup \quad \diagdown \\ (H)R \quad R(H) \end{array}$	آلکن ها
$CH_3C \equiv CCH_3$ ۲-بوتین	$-C \equiv C-$	$(H)R - C \equiv C - R(H)$	آلکین ها
$\begin{array}{c} CH_3 \\ \\ HC = C - CH \\ \quad \quad \\ HC = C - CH \\ \quad \quad \\ H \end{array}$ متیل بنزن (تولوئن)	$\begin{array}{c} \\ C \\ / \quad \backslash \\ C = C \\ \backslash \quad / \\ C \\ \end{array}$	$\begin{array}{c} R(H) \\ \\ (H)R - C = C - R(H) \\ \quad \quad \\ (H)R - C = C - R(H) \\ \quad \quad \\ R(H) \end{array}$	ترکیب های آروماتیک
$\begin{array}{c} :O: \\ \\ CH_3CH_2CH \end{array}$ پروپانال	$\begin{array}{c} :O: \\ \\ -C-H \end{array}$	$\begin{array}{c} :O: \\ \\ R-C-H \end{array}$	آلدهیدها
$\begin{array}{c} :O: \\ \\ CH_3CH_2CCH_2CH_2CH_3 \end{array}$ ۳-هگزانون	$\begin{array}{c} :O: \\ \\ -C- \end{array}$	$\begin{array}{c} :O: \\ \\ R-C-R' \end{array}$	کتون ها

مثال	گروه عاملی	فرمول کلی	ترکیب آلی
$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ (\text{CH}_3)_2\text{C}-\ddot{\text{O}}\text{H} \end{array}$ پروپانول	$-\ddot{\text{O}}\text{H}$	$\text{R}-\ddot{\text{O}}\text{H}$	الکل ها
$\text{CH}_3\text{CH}_2-\ddot{\text{O}}-\text{CH}_3$ اتیل متیل اتر	$-\ddot{\text{O}}-$	$\text{R}-\ddot{\text{O}}-\text{R}'$	اترها
$\begin{array}{c} :\text{O}: \\ \\ \text{CH}_3\text{CH}_2-\text{C}-\ddot{\text{O}}\text{H} \end{array}$ پروپانویک اسید	$\begin{array}{c} :\text{O}: \\ \\ -\text{C}-\ddot{\text{O}}\text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} :\text{O}: \\ \\ \text{R}-\text{C}-\ddot{\text{O}}-\text{H} \end{array}$	کربوکسیلیک اسیدها
$\begin{array}{c} :\text{O}: \\ \\ \text{CH}_3\text{CH}_2-\text{C}-\ddot{\text{O}}\text{CH}_3 \end{array}$ متیل پروپانوات	$\begin{array}{c} :\text{O}: \\ \\ -\text{C}-\ddot{\text{O}}- \end{array}$	$\begin{array}{c} :\text{O}: \\ \\ (\text{H})\text{R}-\text{C}-\ddot{\text{O}}-\text{R}' \end{array}$	استرها
$(\text{CH}_3)_3\text{N}:$ تری متیل آمین	$-\ddot{\text{N}} \begin{array}{l} / \\ \backslash \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{R}-\ddot{\text{N}}-\text{R}'(\text{H}) \\ \\ \text{R}''(\text{H}) \end{array}$	آمین ها
$\begin{array}{c} :\text{O}: \\ \\ \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{C}-\ddot{\text{N}}\text{H}_2 \end{array}$ بوتان آمید	$\begin{array}{c} :\text{O}: \\ \\ -\text{C}-\ddot{\text{N}} \begin{array}{l} / \\ \backslash \end{array} \end{array}$	$\begin{array}{c} :\text{O}: \\ \\ \text{R}-\text{C}-\ddot{\text{N}}-\text{R}'(\text{H}) \\ \\ \text{R}''(\text{H}) \end{array}$	آمیدها

تمرین های پایانی درس

۱. در هر یک از ترکیب های زیر نوع گروه عاملی را مشخص کنید.



۲. در هر گروه ترکیب های داده شده را بر حسب افزایش نقطه جوش مرتب کنید.

(a) هگزان ، هگزانول ، کلرو هگزان

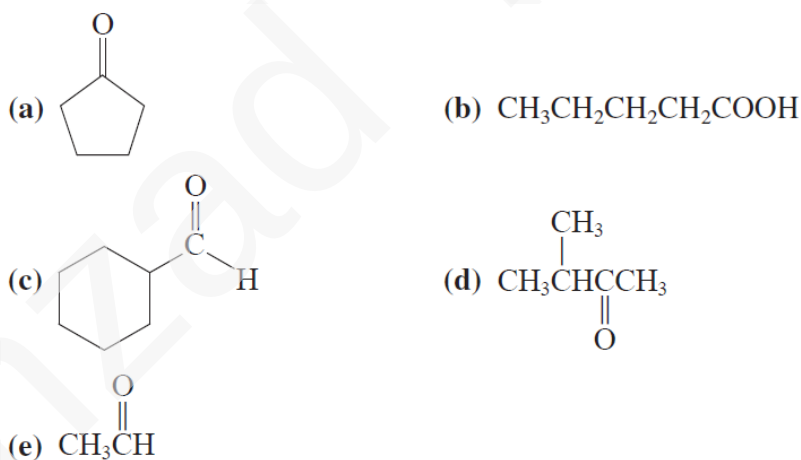
(b) ۳،۲-دی متیل -۲-پنتانول ، ۲-متیل -۲-هگزانول ، ۲-هپتانول

۳. در هر گروه، ترتیب انحلال پذیری ترکیب های زیر را در آب توضیح دهید؟

(a) اتان > کلرواتان > اتانول

(b) ۱-پروپانول > اتانول > متانول

۴. تعیین کنید هر یک از ترکیب های زیر جزو کدام دسته از ترکیب های آلی هستند؟



۵. در جدول زیر در هر ردیف، نقطه جوش چند اتر و الکل هم کربن مقایسه شده است.

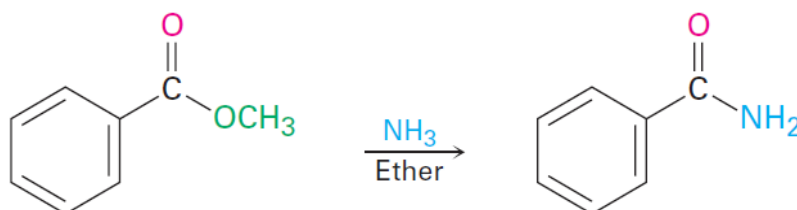
مقایسه نقطه جوش اترها و الکل های با کربن برابر					
اتر	نام	نقطه جوش (°C)	الکل	نام	نقطه جوش (°C)
CH ₃ OCH ₃		-۲۳/۰	CH ₃ CH ₂ OH		۷۸/۵
CH ₃ OCH ₂ CH ₃		۱۰/۸	CH ₃ CH ₂ CH ₂ OH		۸۲/۴
CH ₃ CH ₂ OCH ₂ CH ₃		۳۴/۵	CH ₃ (CH ₂) ₃ OH		۱۱۷/۳
CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ OH		۱۴۲	CH ₃ (CH ₂) ₇ OH		۱۹۴/۵

آ) نام اترها و الکل های داده شده در جدول را بنویسید.

ب) چرا با افزایش تعداد کربن (هم در اترها و هم در الکل ها)، نقطه جوش افزایش می یابد؟

پ) چرا نقطه جوش الکل ها از اترهای هم کربن خود بیشتر است؟

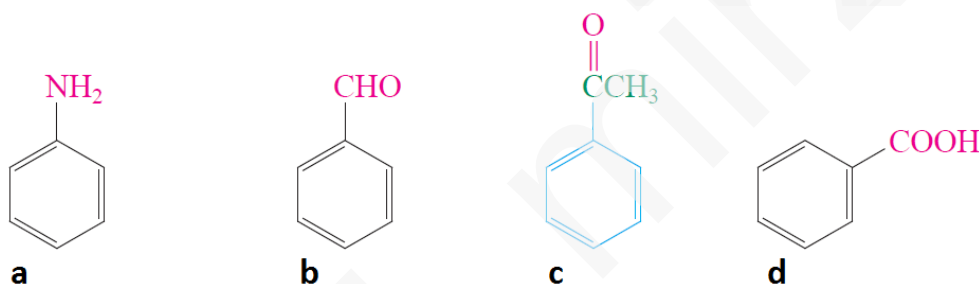
۶. در واکنش زیر، در سمت واکنش دهنده و فراورده، گروه عاملی که تغییر کرده را مشخص کنید و نوع آن را بنویسید.



۷. آ) تعیین کنید هر یک از ترکیب های آروماتیک زیر، جزو کدام دسته از ترکیب های آلی هستند؟

ب) کدام یک می توانند با مولکول های هم نوع خود پیوند هیدروژنی تشکیل دهند؟

پ) با در نظر گرفتن این که جرم مولی این ترکیب ها به هم نزدیک است، کدام یک بالاترین نقطه جوش را دارد؟ چرا؟



۸. کدام یک از ترکیب های زیر در مولکول خود موقعیت

های بیشتری برای تشکیل پیوند هیدروژنی دارد؟ آن ها

را مشخص کنید.



۹. در جدول زیر نقطه جوش چند آلدهید و کتون هم کربن داده شده است.

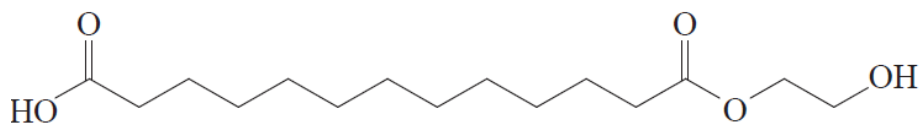
نقطه جوش آلدهیدها و کتون ها					
فرمول	نام	نقطه جوش (°C)	فرمول	نام	نقطه جوش (°C)
HCHO	فرمالدهید	-۲۱			
CH ₃ CHO	استالدهید	۲۱			
CH ₃ CH ₂ CHO	پروپانال	۴۹	CH ₃ COCH ₃	استون	۵۶
CH ₃ CH ₂ CH ₂ CHO	بوتانال	۷۶	CH ₃ CH ₂ COCH ₃	بوتانون	۸۰
CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CHO	پنتانال	۱۰۲	CH ₃ CH ₂ CH ₂ COCH ₃	۲-پنتانون	۱۰۲

آ) چرا با افزایش تعداد کربن در آلدهیدها و کتون ها، نقطه جوش آن ها نیز زیاد می شود؟

ب) به چه دلیل نقطه جوش آلدهیدها و کتون های با کربن برابر به هم نزدیک است؟ آیا این ترکیب ها می توانند با مولکولی های هم

نوع خودشان پیوند هیدروژنی تشکیل دهند؟ چرا؟

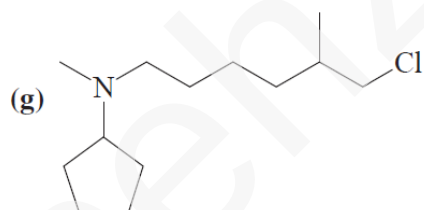
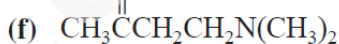
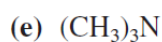
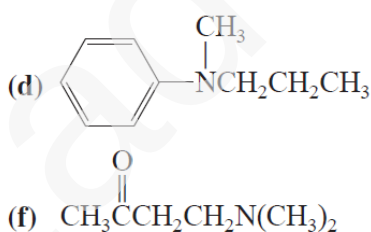
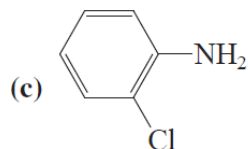
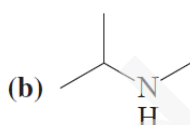
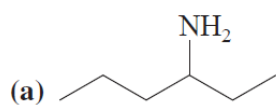
۱۰. (آ) در ترکیب آلی زیر کدام گروه های عاملی وجود دارد؟ فرمول مولکولی این ترکیب را بنویسید.
(ب) در مورد انحلال پذیری این ترکیب در آب چه پیش بینی می کنید؟



۱۱. جدول زیر نقاط ذوب و جوش چند ترکیب آلی دارای گروه های عاملی مشتق شده از آلکان سه کربنه را نشان می دهد.

نقطه ذوب و جوش گروه های عاملی مشتق شده از آلکان با زنجیر یکسان			
ترکیب	نام	نقطه ذوب (°C)	نقطه جوش (°C)
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$	پروپان	-۱۸۷/۷	-۴۲/۱
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$	کلرو پروپان	-۱۲۲/۸	۴۶/۶
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	پروپانول	-۱۲۶/۵	۹۷/۴
CH_3COCH_3	استون	-۸۱/۰	۴۸/۸
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$	پروپانویک اسید	-۲۰/۸	۱۴۱/۸

- (آ) به چه دلیل نقطه جوش پروپانول و پروپانویک اسید بالاتر از دیگر ترکیب هاست؟
(ب) در مورد انحلال پذیری این ترکیب ها در آب چه پیش بینی می کنید؟



۱۲. در شکل ساختار چند آمین آورده شده است.
(آ) بین دو آمین (a) و (b)، کدام یک نقطه جوش بیشتری دارد؟

- (ب) بین دو آمین (c) و (d)، کدام یک به مقدار بیشتری در آب حل می شود؟
(پ) آمین (e) را نام گذاری کنید.

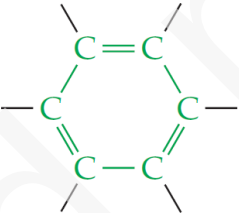
- (ت) آمین (f) با کدام آمین، هم کربن است؟ آیا می توان گفت نقطه جوش این دو آمین برابر است؟
(ث) فرمول مولکولی آمین (g) را بنویسید.

مهم ترین گروه های عاملی و ترکیب های آلی هم خانواده

تهیه و تنظیم بهزاد میرزائی

(منبع: شیمی عمومی سیلبر برگ - شیمی عمومی مک موری)

ترکیب	فرمول عمومی	گروه عاملی	نامگذاری
آلکان	C_nH_{2n+2}	فقط شامل پیوندهای C - H و C - C می باشند.	آلکان
هالو آلکان	$C_nH_{2n+1}X$	$\begin{array}{c} \\ -C- \ddot{X}: \\ \\ (X = \text{halogen}) \end{array}$	هالو آلکان
آلکن	C_nH_{2n}	$\begin{array}{c} \diagup \quad \diagdown \\ C=C \\ \diagdown \quad \diagup \end{array}$	آلکن
آلکین	C_nH_{2n-2}	$-C \equiv C-$	آلکین
الکل	$C_nH_{2n+1}(OH)$ یا $C_nH_{2n+2}O$	$\begin{array}{c} \\ -C-\ddot{O}-H \\ \end{array}$	آلکانول الکل ها و اترها
اتر	$C_nH_{2n+2}O$	$\begin{array}{c} \quad \\ -C-O-C- \\ \quad \end{array}$	دی الکیل اتر ایزومرند با هم (نام گذاری معمولی)
آلدهید	$C_nH_{2n}O$	$\begin{array}{c} :O: \\ \\ -C-H \end{array}$	آلکانال آلدهیدها و کتون ها
کتون	$C_nH_{2n}O$	$\begin{array}{c} :O: \\ \\ -C-C-C- \\ \quad \end{array}$	آلکانون ایزومرند با هم

کربوکسیلیک اسیدها و آلکانوئیک اسید	—C(=O)—O—H	$\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$	کربوکسیلیک اسید
استرها با هم ایزومرند آلکیل آلکانوات (نام گذاری معمولی)	—C(=O)—O—C—	$\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$	استر
آلکیل آمین (نام گذاری معمولی)	—C—N—	$\text{C}_n\text{H}_{2n+3}\text{N}$	آمین
آلکیل آمید (نام گذاری معمولی)	—C(=O)—N—	$\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{NO}$	آمید
آروماتیک های ساده با یک حلقه بنزنی		$\text{C}_n\text{H}_{2n-6}$	آروماتیک