

فصل دوم

در پی غذای سالم



غذا، انرژی و برنامه غذایی مناسب

از صفحه ۴۹-۵۳

واحد
یادگیری ۱

هدف‌های آموزشی

- ۱ با نقش اساسی غذا در رشد و تندرستی انسان آشنا شود.
- ۲ به اهمیت غذا و تأمین آن که یکی از دغدغه‌های امروز انسان است، توجه کند.
- ۳ با غذا به عنوان مخلوطی از مواد شیمیایی که منبع تأمین انرژی هستند، آشنا شود.
- ۴ بداند یکی از روش‌های آزاد شدن انرژی مواد غذایی سوختن آن است.

روش تدریس پیشنهادی: مشارکت پژوهشی

- برای تدریس این واحد پس از گروه‌بندی دانش‌آموزان مراحل زیر را به ترتیب انجام دهید :
- ۱ هر یک از مواد غذایی اصلی مانند گندم، برنج، گوشت، میوه، روغن، لبنیات را به یکی از گروه‌ها بدهید و از آنها بخواهید درباره اهمیت، ارزش غذایی، میزان تولید آن پژوهش و نتیجه را به صورت پوستر برای جلسه آینده در کلاس ارائه دهند.
 - ۲ پژوهش‌های دانش‌آموزان را در جلسه بعدی در معرض دید کلاس قرار دهید و با بررسی آنها با گروه‌ها به تبادل نظر بپردازید.
 - ۳ رابطه تولید مصرف یکی از مواد غذایی را بررسی و اهمیت تعادل در این رابطه و چالش‌های مربوط به آن را از طریق بارش فکری مورد بررسی قرار دهید و از دانش‌آموزان بخواهید راه‌حلی ارائه دهند.
 - ۴ با معرفی گروه‌های غذایی با دانش‌آموزان در رابطه با برنامه غذایی مناسب و نقش غذا در بدن گفت‌وگو کنید. از دانش‌آموزان بخواهید نتیجه گفت‌وگوها را به صورت پوستر تنظیم و در کلاس و دبیرستان در معرض نمایش همگان قرار دهند.

بر دانش خود بیفزایید

با اینکه امروزه باور داریم ماده و انرژی، اجزای بنیادی جهان مادی به‌شمار می‌روند و انرژی از راه‌های گوناگون با ماده ارتباط دارد اما دانشمندان در آغاز سده هجدهم حتی حوزه‌های شیمی و فیزیک را جدا از یکدیگر می‌پنداشتند. آنها بر این باور بودند که فیزیک به بررسی فرایندهایی می‌پردازد که در آنها ساختار ذره‌ای ماده دستخوش دگرگونی نمی‌شود درحالی که شیمی به بررسی فرایندها با دگرگونی ساختار ذره‌ای ماده می‌پردازد.

آزمایش‌های فیزیک‌دانانی چون جیمز ژول انگلیسی^۱ (۱۸۱۸-۱۸۸۹)، رابرت مایر^۲ (۱۸۱۴-۱۸۷۸) و وان هلمهولتز آلمانی^۳ (۱۸۹۲-۱۸۲۱) در سال‌های دهه ۱۸۴۰، آشکار ساخت که انرژی در فرایندهایی که با دادوستد گرما و دیگر شکل‌های آن همراه است، نه از بین می‌رود و نه آفریده می‌شود؛ بلکه از شکلی به شکل دیگر درمی‌آید. این نتیجه‌گیری بعدها با نام «قانون پایستگی انرژی» جمع‌بندی شد و از آن قانون اول ترمودینامیک به دست آمد.

دانش ترمودینامیک در سایه کوشش‌های کارنو^۴ (۱۸۳۲-۱۷۹۶) فیزیکدان فرانسوی، ویلیام تامسون (۱۸۲۴-۱۹۰۷) که بعدها به لرد کلوین^۵ مشهور شد، فیزیک‌دان انگلیسی و رودولف کلوژیوس^۶ (۱۸۲۲-۱۸۸۸) فیزیک‌دان آلمانی، سروسامان یافت.

در آن روزها آشکار شده بود که اگر گرما به حال خود رها شود، از نقطه‌ای با دمای بالاتر به نقطه‌ای دیگر با دمای پایین‌تر جاری می‌شود و با جاری شدن آن، کار نیز انجام می‌شود. این ویژگی به دیگر شکل‌های انرژی نیز گسترش یافت؛ به گونه‌ای که گفته می‌شد، انرژی خودبه‌خود می‌تواند از نقطه‌ای که در آن تراکم بیشتری دارد، به نقطه‌ای که در آن تراکم کمتری دارد، جاری شود و در این فرایند، مقداری کار نیز انجام دهد.

چنین پیشرفت‌هایی در قلمرو فیزیک که به منبع انرژی نیاز داشت، نمی‌توانست بی‌نیاز از دنیای شیمی باشد. در سده نوزدهم، منبع بیشتر انرژی‌ها (به جز انرژی خورشیدی)، واکنش‌های شیمیایی به‌ویژه سوختن موادی مانند چوب، زغال‌سنگ، نفت و... بود. بدین‌سان یک دیدگاه مشترک میان فیزیک‌دان‌ها و شیمی‌دان‌ها پیدا شد که نشان می‌داد باید میان قلمروهای شیمی و فیزیک، پیوندهای بنیادی برقرار باشد. پژوهش‌های بیشتر نشان داد که افزون بر واکنش‌های سوختن، در دیگر واکنش‌های شیمیایی مانند خنثی شدن اسید با باز، واکنش اسیدها با فلزها و... نیز مقداری گرما با محیط داد و ستد می‌شود.

در پی پژوهش‌های یک شیمی‌دان سوئیسی - روسی تبار به نام هنری هس^۷ (۱۸۵۰-۱۸۰۲) در سال ۱۸۴۰، دنیای شیمی و فیزیک به یکدیگر پیوند یافت. هس با اندازه‌گیری گرمای برخی واکنش‌های شیمیایی نشان داد که گرمای یک واکنش معین به راهی که برای انجام آن در پیش گرفته می‌شود، وابسته نیست. از این نتیجه امروزه با نام «قانون هس» یاد می‌شود.

بسیاری از شیمی‌دان‌ها بر این باورند که هس پایه‌گذار ترموشیمی است. ترموشیمی شاخه‌ای از شیمی است که در آن از دیدگاه کمی و کیفی، انرژی گرمایی داد و ستد شده در یک واکنش شیمیایی به همراه تغییر و تأثیری که بر حالت ماده دارد، بررسی می‌شود.

۱- James Joule

۲- Robert Mayer

۳- Von Helmholtz

۴- Sodi Carnot

۵- Lord Kelvin

۶- Clausius Rodolf

۷- Henry Hess

انرژی و تنوع آن در ماده

توانایی انجام کار همچنین تولید و انتقال گرما را انرژی می‌نامند. برای روشن شدن این تعریف به نمونه‌های زیر توجه کنید. هنگامی که یک فنر فشرده شده یا یک سامانه محتوی گاز نیتروژن درون یک سیلندر مجهز به پیستون روان متراکم می‌شود، توانایی انجام کار در آنها افزایش می‌یابد، زیرا اگر فنر باز شده یا گاز منبسط شود و پیستون بالا بیاید، سامانه در هر دو فرایند، کار انجام می‌دهد و انرژی آن (توانایی انجام کار نسبت به حالت نخست) کاهش می‌یابد.

هنگامی که انرژی یک سامانه به دلیل ایجاد تفاوت دمای آن با محیط تغییر می‌کند، می‌گویند انرژی به شکل گرما انتقال یافته است. برای نمونه اگر یک ظرف محتوی آب (سامانه) گرم شود، توانایی انجام کار آن افزایش می‌یابد؛ زیرا آب داغ نسبت به آب سرد می‌تواند کار بیشتری انجام دهد. این ویژگی در عملکرد ماشین بخار آشکار است. به طور کلی انرژی بر دو نوع است: جنبشی^۱ و پتانسیل^۲.

انرژی جنبشی وابسته به جنبش و حرکت جرم است؛ درحالی که انرژی پتانسیل وابسته به جرم، به موقعیت نسبی آن بستگی دارد.

برای نمونه هنگامی که جسمی به جرم m ، با تندی v حرکت انتقالی دارد، انرژی جنبشی انتقالی آن برابر با $\frac{1}{2}mv^2$ است. اگر جرم برحسب kg و تندی برحسب ms^{-1} باشد، یکای انرژی جنبشی انتقالی $(\text{ms}^{-1})^2 \text{kg}$ یا ژول (J) خواهد بود.

بر این اساس اگر میانگین تندی یک اتم هلیوم به جرم $6/65 \times 10^{-27} \text{ kg}$ در نمونه‌ای از این گاز با دمای 27°C ، برابر با 1368 ms^{-1} باشد، میانگین انرژی جنبشی انتقالی آن برابر است با:

$$\begin{aligned} \text{میانگین انرژی جنبشی انتقالی یک اتم هلیوم در } 27^\circ\text{C} &= \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}(6/65 \times 10^{-27} \text{ kg})(1368 \text{ ms}^{-1}) \\ &= 6/21 \times 10^{-21} \text{ kgm}^2\text{s}^{-2} = 6/22 \times 10^{-21} \text{ J} \end{aligned}$$

از آنجا که جرم هر اتم هلیوم ناچیز است، انرژی جنبشی هر اتم آن نیز بسیار اندک خواهد بود؛ اما هنگامی که انرژی جنبشی یک مول هلیوم مد نظر باشد:

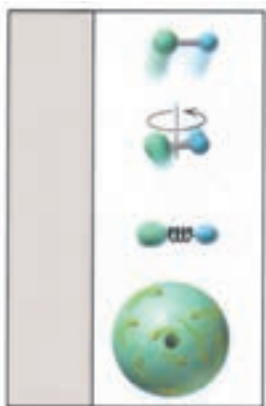
$$\begin{aligned} \text{انرژی جنبشی انتقالی یک مول هلیوم در } 27^\circ\text{C} &= \underbrace{(6/22 \times 10^{-21} \text{ J})}_{\text{ثابت آووگادرو}} \times (6/02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}) \\ &= 3/74 \times 10^3 \text{ Jmol}^{-1} \end{aligned}$$

آنگاه میزان انرژی جنبشی آن قابل ملاحظه خواهد شد.

^۱ – Kinetic

^۲ – Potential

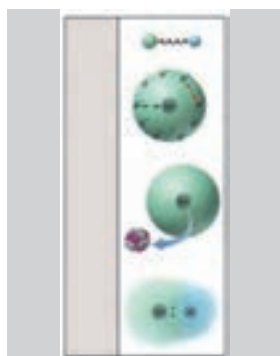
برای اتم‌های مجزا در یک نمونه گاز نجیب مانند هلیوم، انرژی جنبشی تنها از نوع انتقالی است؛ اما مولکول‌های دو یا چند اتمی گازها (مانند CO_2 ، Cl_2 و...) افزون بر جنبش‌های انتقالی، جنبش‌های چرخشی و ارتعاشی نیز دارند^۱ (در دمای اتاق جنبش‌های الکترونی و هسته‌ای چندان محسوس نیست). مولکول‌های دو یا چند اتمی گازها می‌توانند به دور محوری نیز بچرخند از این رو دارای انرژی جنبشی چرخشی هم هستند. همچنین در این مولکول‌ها ممکن است طول و زاویه پیوندها کم یا زیاد شود و ارتعاش رخ دهد. از این رو دارای انرژی جنبشی ارتعاشی نیز هستند (شکل ۱).



شکل ۱- برخی انرژی‌های جنبشی اتم‌ها و مولکول‌ها

انرژی پتانسیل وابسته به جرم، هم‌ارز با انرژی ذخیره شده یا نهفته در نمونه ماده است. برای نمونه هنگامی که گلوله‌ای به جرم 5 kg را تا ارتفاع 1 m بالا می‌کشید، برای این کار، انرژی صرف کرده‌اید و این انرژی در گلوله ذخیره می‌شود. این نمونه نشان می‌دهد که انرژی پتانسیل وابسته به موقعیت گلوله نسبت به حالت آغازی آن است. چون منشأ این انرژی پتانسیل، نیروی گرانش زمین است، از آن به‌عنوان انرژی پتانسیل گرانشی یاد می‌شود.

انرژی پتانسیل می‌تواند در فنر فشرده و همچنین میان بارهای الکتریکی ناهم‌نام مانند ابر الکترونی و هسته یک اتم به دلیل برهم‌کنش جاذبه میان آنها و نیز در یک پیوند شیمیایی، ذخیره شده باشد (شکل ۲). می‌دانید که انرژی می‌تواند شکل‌های گوناگونی مانند انرژی مکانیکی، الکتریکی، گرمایی، شیمیایی، تابشی و... داشته باشد. هریک از این شکل‌های انرژی می‌توانند از نوع جنبشی، پتانسیل یا هر دو باشند. انرژی گرمایی یک ماده وابسته به جنبش‌های نامنظم (انتقالی، چرخشی، ارتعاشی) ذره‌های سازنده آن است؛ به‌گونه‌ای که می‌توان انرژی گرمایی یک نمونه ماده را مجموع انرژی‌های جنبشی انتقال، چرخش و ارتعاش ذره‌های سازنده آن دانست (انرژی گرمایی، شکلی از انرژی بوده که از نوع انرژی جنبشی است).



شکل ۲- برخی انرژی‌های پتانسیل اتم‌ها و مولکول‌ها

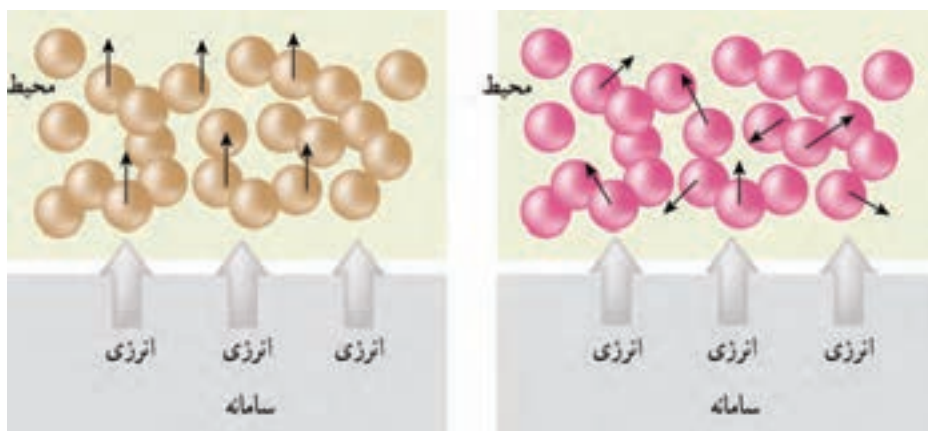
بر همین پایه جنبش‌های نامنظم ذره‌های سازنده نمونه ماده را جنبش‌های گرمایی^۲ می‌نامند. با این توصیف، گرما^۳ به آن مقدار انرژی گرمایی می‌گویند که به دلیل اختلاف دما از یک ماده به ماده دیگر یا از یک نقطه به نقطه دیگر جاری

۱- توجه کنید ذره‌ها در حالت جامد تنها جنبش‌های ارتعاشی دارند، ولی در حالت مایع افزون بر جنبش‌های انتقالی، چرخش‌های درگیرانه و ارتعاش نیز تأیید شده است.

۲- Thermal motions

۳- Heat

می‌شود. اینک می‌توان گفت هرچه میزان جنبش‌های گرمایی یک نمونه ماده شدیدتر باشد، ماده پراثری‌تر است. همچنین هنگامی که یک ماده (یا سامانه) محیط پیرامون خود را گرم می‌کند، ذره‌های سازنده سامانه، جنبش‌های گرمایی ذره‌های محیط را تشدید می‌کنند (شکل ۳).



شکل ۴— هنگامی که سامانه کار انجام می‌دهد، حرکت منظمی را در محیط ایجاد می‌کند. برای مثال، اتم‌های نشان داده شده در این شکل می‌توانند بخشی از وزنه‌ای باشند که بالا آمده است. حرکت منظم اتم‌ها در وزنه سقوط کننده بر روی سامانه کار انجام می‌دهد.

شکل ۳— هنگامی که انرژی به صورت گرما به محیط داده می‌شود، حرکت درهم برهم اتم‌ها در محیط تشدید می‌شود. انتقال انرژی از محیط به سامانه از جنبش‌های نامنظم (گرمایی) مولکول‌ها در محیط ناشی می‌شود.

گرما، هم‌ارز با مقدار انرژی گرمایی است که به دلیل تفاوت دما از جسمی به جسم دیگر جاری می‌شود اما کار، انرژی‌ای است که به دلیل نیرویی که میان دو جسم عمل می‌کند، از یکی به دیگری انتقال می‌یابد.

افزون بر گرما، کار^۱ نیز راهی برای انتقال انرژی است. کار، انتقال انرژی‌ای است که به صورت حرکت سازمان یافته ذره‌های سازنده سامانه در یک جهت معین توصیف می‌شود. برای نمونه هنگامی که یک گلوله آهنی بالا یا پایین می‌رود، اتم‌های سازنده آن به صورت سازمان یافته در یک جهت بالا یا پایین می‌روند (شکل ۴). به همین دلیل گفته می‌شود، هنگامی که کار روی سامانه‌ای انجام می‌شود، مولکول‌های محیط باعث انتقال انرژی سازمان یافته‌ای به سامانه می‌شود. توجه کنید کار می‌تواند از نوع کار انبساطی (تغییر حجم سامانه در فشار ثابت)، کار کشش فنر، کار الکتریکی و ... باشد.

موضوع : دما و گرما

از صفحه ۵۴ تا ۵۸

واحد
یادگیری ۲

هدف‌های آموزشی

- ۱ مفهوم دما به عنوان ویژگی مشترک مواد را درک کند.
- ۲ به رابطه دما با میانگین تندی و انرژی جنبشی ذره‌های سازنده ماده پی ببرد.
- ۳ مفهوم انرژی گرمایی را درک کند.
- ۴ عامل مؤثر بر انرژی گرمایی ماده و چگونگی اثر آنها را درک کند.
- ۵ تفاوت دما و گرما را درک کند.
- ۶ مفهوم ظرفیت گرمایی و تفاوت آن با گرمای ویژه را درک کند.
- ۷ مهارت محاسبه گرمای مبادله شده طی یک فرایند را کسب و در خود تقویت کند.

روش تدریس پیشنهادی: مشارکتی، بارش فکری

برای تدریس این واحد به ترتیب زیر عمل کنید.

۱ یک فلاسک چای داغ و یک فلاسک آب یخ به کلاس بیاورید. لیوان کاغذی در اختیار گروه‌ها قرار دهید. و از آنها بخواهید یک لیوان چای داغ و یک لیوان آب یخ از فلاسک‌ها بردارند، با لمس کردن میزان گرمی و بادماسنج دمای آنها را یادداشت و با هم مقایسه کنند. از عبارتهای یادداشت شده نتیجه‌گیری کنند.

آنها از عبارتهای یادداشت شده باید به این نتیجه برسند :
جسمی که دمای بالاتری دارد گرم‌تر است.

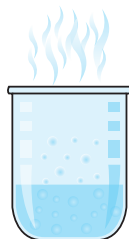
۲ سه لیوان با محتویات زیر در اختیار گروه‌ها قرار دهید و فیلمی از بخار شدن آب در حال جوش نشان دهید.



یخ



آب معمولی

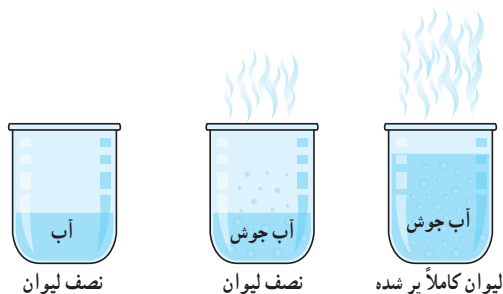


آب جوش

از گروه‌ها بخواهید جنب و جوش مولکول آب در سه حالت را توصیف و با هم مقایسه کنند. فعالیت دانش‌آموزان را به تابلو اعلانات منتقل و نتیجه‌گیری کنید. آنها از این فعالیت باید به نتایج زیر برسند :

- ذره‌های سازنده یک ماده پیوسته در جنب و جوش نامنظم هستند.
- جنب و جوش مولکول‌ها در حالت گاز < مایع > جامد است.
- با افزایش دما جنبش ذره‌ها بیشتر می‌گردد.

۳ سه لیوان با محتویات زیر به همراه دماسنج در اختیار گروه‌ها قرار دهید و از آنها بخواهید بررسی‌های زیر را انجام دهند.



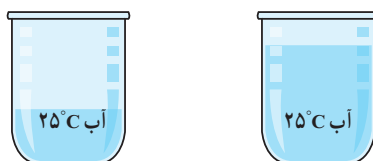
آ) دمای آب را در سه ظرف اندازه‌گیری و یادداشت کنید و آنها را با هم مقایسه کنید؟
 ب) میانگین تندی مولکول‌های آب را در سه ظرف با هم مقایسه کنید؟ چه رابطه‌ای دما با تندی دارد؟
 پ) انرژی گرمایی آب در سه ظرف را با دلیل با هم مقایسه کنید.
 دانش‌آموزان باید در پایان این فعالیت به نتایج زیر برسند.

- میانگین تندی ذره‌های سازنده ماده با دما رابطه مستقیم دارد.
- میانگین انرژی جنبشی ذره‌های سازنده ماده با دما رابطه مستقیم دارد.
- انرژی گرمایی یک نمونه ماده هم به دما و هم به جرم ماده بستگی دارد.

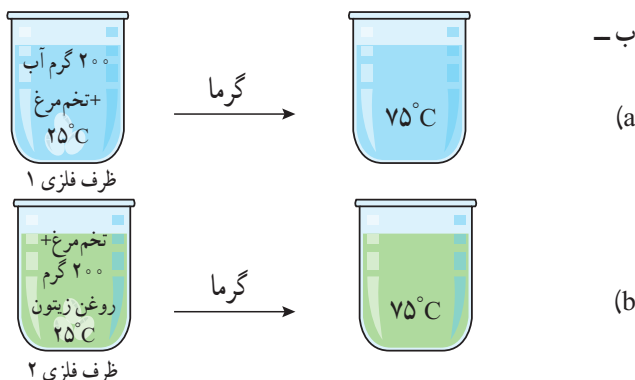
۴ به هر گروه یک تخم‌مرغ بدهید از آنها بخواهید آن را در ظرف فلزی محتوی آب 25°C قرار دهند چند دقیقه صبر کنند آیا تخم‌مرغ در این شرایط می‌پزد.
 ■ ظرف را روی شعله اجاق گاز قرار داده به آن گرما بدهند و هم‌زمان دمای آب را یادداشت کنند این کار را تا دمای آب 80°C ادامه دهند.
 ■ با گرما دادن چه اتفاقی برای آب و تخم‌مرغ می‌افتد.

۵ سؤال‌های زیر را در اختیار گروه‌ها قرار دهید و از آنها بخواهید پس از تبادل نظر در گروه به آنها پاسخ دهند.

آ- با توجه به مقدار آب ظروف زیر



برای رساندن آب به دمای 80°C آیا گرمای یکسانی لازم است؟ چرا؟



آیا این دو ظرف گرمای دریافت کرده‌اند؟ چرا؟

تجربه نشان می‌دهد تخم مرغ در ظرف محتوی آب می‌پزد اما تخم مرغ درون ظرف محتوی روغن زیتون خیر؟ علت چیست؟

پ) گرمای لازم برای تبدیل 200°C گرم روغن زیتون 25°C به 75°C برابر 19700J و برای 200°C گرم آب 25°C به 75°C برابر 41800J است.

(a) گرمای لازم برای تبدیل یک گرم آب 25°C به 75°C را حساب کنید.

(b) گرمای لازم برای تبدیل یک گرم آب 25°C به 26°C را حساب کنید.

مقادیر به دست آمده در a و b را با هم مقایسه و نتیجه‌گیری کنید آنها را به نتیجه زیر هدایت کنید.

گرمای لازم برای افزایش دمای هر ماده به اندازه یک درجه سلسیوس را ظرفیت گرمایی می‌نامند.

(c) گرمای لازم برای تبدیل یک گرم آب 25°C به 26°C را حساب کنید.

آنها را به نتیجه صفحه بعد هدایت کنید.

گرمای لازم برای افزایش دمای یک گرم از یک ماده به اندازه 1°C را گرمای ویژه یا ظرفیت گرمایی ویژه می‌نامند.

۶ از گروه‌ها بخواهید با توجه به جدول (۱) صفحه ۵۸ کتاب درسی به موارد زیر پاسخ دهند.

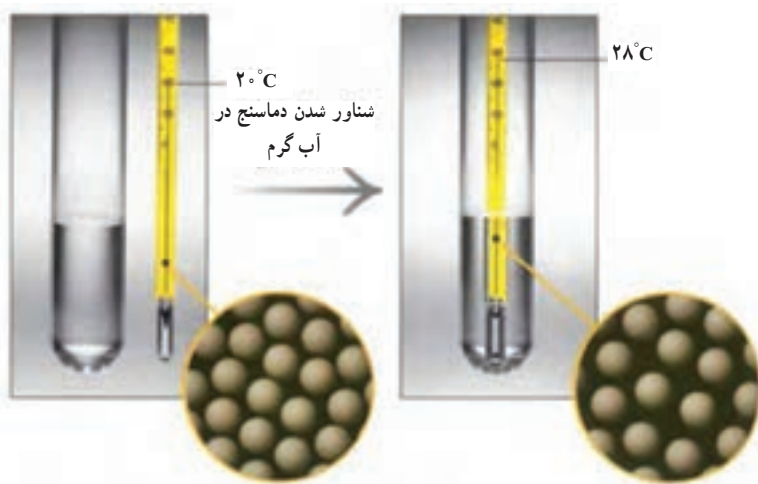
- علت تفاوت ظرفیت گرمایی و ظرفیت گرمایی ویژه آب چیست؟
- با توجه به ظرفیت گرمایی ویژه، چگونه پختن تخم مرغ در روغن زیتون در شرایط داده شده چیست؟
- تفاوت ظرفیت گرمایی و گرمای ویژه چیست؟

بر دانش خود بیفزایید

دما و دماسنجی

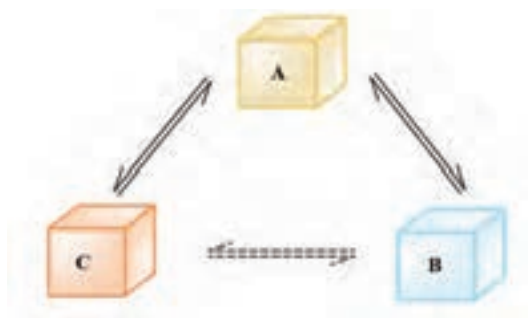
اگر سامانه‌ای با یک مرز رسانای گرما (دیاترمیک)، از محیط پیرامون خود جدا شده باشد، هنگام برقراری تعادل گرمایی میان سامانه و محیط، می‌توان گفت که سامانه و محیط هم‌دما شده‌اند. پس دما می‌تواند کمیتی باشد که نشان می‌دهد، دو ماده در دو سوی یک دیوارهٔ دیاترمیک (مانند سامانه در تماس با محیط)، در تعادل گرمایی‌اند یا نه؟ بدیهی است اگر در تعادل گرمایی نباشند، دما کمیتی است که جهت جریان انرژی به شکل گرما را نشان می‌دهد؛ به گونه‌ای که اگر جهت جریان گرما از سامانه (A) به محیط (B) باشد، دمای سامانه (A) از دمای محیط (B) بیشتر است ($T_A > T_B$).

از سوی دیگر دما را می‌توان کمیتی دانست که میزانی از میانگین شدت جنبش‌های گرمایی ذره‌های سازندهٔ ماده را بیان می‌کند. هرچه دمای سامانه بالاتر باشد، جنبش‌های گرمایی آن شدیدتر است. برای نمونه میانگین جنبش‌های گرمایی (انتقالی، چرخشی و ارتعاشی) اتم‌های جیوه در 28°C ، شدیدتر از این جنبش‌ها در دمای 2°C است (شکل ۵).



شکل ۵- اثر دما بر جنبش‌های مولکولی

اینک تصور کنید دو سامانه A و B از طریق یک دیوارهٔ دیاترمیک در تعادل گرمایی اند و سامانه A با سامانه C نیز در تعادل گرمایی باشد، پس سامانه B نیز با سامانه C در تعادل گرمایی خواهد بود. به دیگر سخن دمای سامانه‌های B و C نیز یکسان است. (شکل ۶).



شکل ۶- نمایش قانون صفرم ترمودینامیک

این تعمیم از مشاهدات تجربی، قانون صفرم ترمودینامیک^۱ نام دارد. نام صفرم پس از آنکه قانون‌های اول، دوم و سوم ترمودینامیک ارائه شده بود، مشخص گردید، زیرا برای گسترش ترمودینامیک به قانون صفرم نیاز بود و از سوی دیگر قانون صفرم به لحاظ منطقی مقدم بر سه قانون دیگر است.

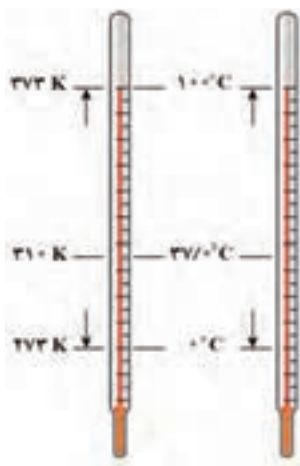
قانون صفرم پایه‌ای برای مفهوم دما و ساخت دماسنج‌هاست. برای نمونه اگر یک دماسنج جیوه‌ای درون یک لیوان آب خالص قرار گیرد و پس از تعادل گرمایی و هم‌دما شدن، دماسنج دمای 25°C را نشان دهد، می‌توان گفت دمای 25°C نشان‌دهندهٔ دمای جیوه، دیوارهٔ شیشه‌ای دماسنج و آب درون لیوان است؛ زیرا دیوارهٔ شیشه‌ای دماسنج (A) از یک سو در تعادل گرمایی با جیوه (B) است و از سوی دیگر در تعادل گرمایی با آب درون لیوان (C) است، پس جیوه درون دماسنج (B) با آب درون لیوان (C) در تعادل گرمایی بوده و این سه هم‌دما هستند.

پس از آشنایی با دما، دانستن مقیاس دما و عملکرد دماسنج‌ها^۲ اهمیت شایانی دارد. رایج‌ترین مقیاس‌های اندازه‌گیری دما، درجهٔ سلسیوس و کلون هستند. مقیاس سلسیوس یک مقیاس صد قسمتی (از صفر تا صد) است (شکل ۷).

۱- The zeroth law of thermodynamics

۲- Thermometer

(θ) دما بر حسب سلسیوس + $273/15^\circ$ (T) دما بر حسب کلون



شکل ۷- مقیاس دمای سلسیوس و کلون

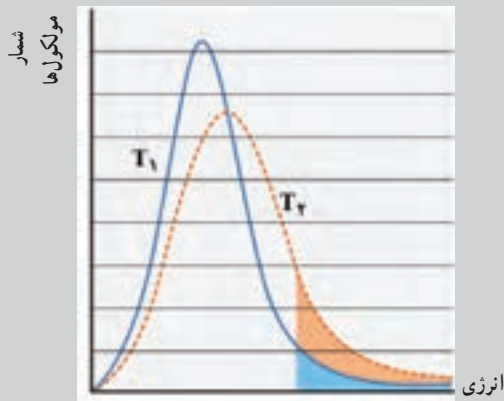
در مقیاس صد قسمتی سلسیوس، نقطه صفر نشان دهنده دمای تعادلی آب و یخ در فشار یک اتمسفر (دمای ذوب نرمال یخ معروف به نقطه یخ) و نقطه صد، نشان دهنده دمای تعادلی بخار و آب در فشار یک اتمسفر (دمای جوش نرمال آب معروف به نقطه بخار) است. نکته جالب توجه اینکه ارزش دمایی یک درجه سلسیوس برابر با یک کلون است. برای نمونه اگر دمای سامانه ای 5°C افزایش یابد، همانند این است که دمای سامانه 5K افزایش یافته است.

ابزار اندازه گیری دما، دماسنج است که دو نوع متداول آن دماسنج های جیوه ای و الکلی هستند. در این دماسنج ها حجم مایع با دما به طور منظم تغییر می کند (دما تابع خطی از حجم مایع است). بدیهی است آب، مایع مناسبی برای دماسنج ها نیست، زیرا حجم آب از 0°C تا 4°C غیر عادی تغییر می کند. با اینکه این دماسنج ها بر پایه مقیاس صد قسمتی تنظیم شده اند؛ اما برای اندازه گیری دماهای کمتر از صفر درجه و بیشتر از صد درجه سلسیوس نیز به کار می روند (دماهای کمتر از 0°C با علامت منفی گزارش می شوند). جالب است بدانید دماسنج استاندارد که همه دماسنج ها با آن تنظیم (کالیبره) می شوند، براساس فشار گاز در حجم ثابت کار می کند و معروف به دماسنج گازی است. در این فشارسنج ها، گاز $T \propto P$ بوده و هر جسمی که در تماس گرمایی با دماسنج باشد می توان از فشارسنج دستگاه، P گاز را خوانده و از رابطه صفحه بعد، T را به دست آورد.

$$T = T_p \left(\frac{p}{p_p} \right)$$

T_p و P_p به ترتیب دما و فشار نقطه سه گانه آب بوده که به ترتیب برابر با $۲۷۳/۱۶\text{K}$ و $۶۱۱\text{Pa}(\text{Nm}^{-2})$ هستند.

مطابق نمودار انرژی همه ذره ها یکسان نیست. برخی از مولکول ها پتانسی ترازی بقیه و برخی از بقیه کم انرژی ترند، در حالی که تعداد زیادی از مولکول ها، دارای میانگین انرژی هستند. افزایش دما، تعداد مولکول های پتانسی ترازی را افزایش می دهد^۱.



نمودار ۱- توزیع انرژی جنبشی میان ذره های یک مایع ($T_1 < T_2$)

۱- هنگامی که سامانه ای مانند یک لیوان محتوی ۲۰۰g آب را گرم می کنیم، چون موقعیت مولکول ها و برهم کنش میان آنها در همه سامانه یکسان نیست، توزیع انرژی گرمایی میان آنها یکسان رخ نمی دهد (برخی مولکول ها نزدیک به سطح، برخی در عمق و برخی در کنار دیواره یا میان سامانه وجود دارند) از این رو میانگین انرژی همه آنها اندازه گیری می شود (نمودار ۱).

جاری شدن انرژی گرمایی

از صفحه ۵۸ تا ۵۹

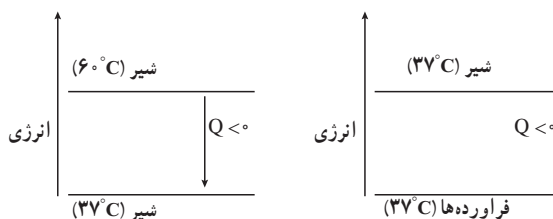
واحد
یادگیری ۳

هدف‌های آموزشی

- مفهوم جاری شدن انرژی در فرایندهای فیزیکی و شیمیایی در دمای ثابت و متغیر را درک کند.
- مهارت رسم نمودار تغییر انرژی برای یک فرایند را کسب و در خود تقویت کند.
- رابطه محتوای انرژی ماده و پایداری آن را درک کند.
- با یکی از کاربردهای جاری شدن انرژی در زندگی روزمره آشنا شود.
- مفهوم انرژی شیمیایی و رابطه آن با انرژی ذخیره و جنبشی پی ببرد.
- به رابطه ساختار ماده و انرژی ذخیره پی ببرد.

روش تدریس پیشنهادی: مشارکتی، بارش فکری

- ۱ بر روی یک برگه نمودار زیر را منتقل و به تعداد گروه‌ها کپی گرفته و در اختیار آنها قرار دهید و از گروه‌ها بخواهید تبادلاً نظر منظورشان را درباره نمودارها بنویسند یا اینکه نمودارها را توصیف کنند.



- ۲ نوشته‌های گروه‌ها را به تابلوی کلاس منتقل کنید تا در معرض دید و قضاوت بقیه گروه‌ها قرار گیرد.
- ۳ با هدایت دیدگاه گروه‌ها درباره نمودارها، محتوا را در جهت اهداف درس جمع‌بندی نمایید انتظار می‌رود در این جمع‌بندی دانش‌آموزان به نتایج زیر برسند.
- نمودارها فرایند مصرف شیر و تغییرات فیزیکی و شیمیایی بر روی شیر پس از نوشیدن در بدن را نشان می‌دهند.

■ ابتدا در یک فرایند فیزیکی شیر 6°C با از دست دادن گرما با بدن هم دما می شود بنابراین تبدیل شیر 6°C به شیر 37°C در بدن فرایندی گرماده است.

$$\text{گرما} + \text{شیر}(37^{\circ}\text{C}) \rightarrow \text{شیر}(6^{\circ}\text{C})$$

سپس شیر وارد فرایند گوارش و سوخت و ساز بدن می گردد فرایندهایی که با انجام واکنش های شیمیایی گوناگونی همراه است. که نتیجه آن تولید انرژی و فراورده هایی است که خود مواد اولیه برای سوخت و ساز یاخته ها محسوب می شود.

■ در هر دو نمودار دادوستد گرما بین سامانه و محیط صورت می گیرد که در نمودار اول ناشی از تغییر دما (تغییر فیزیک) و در نمودار دوم ناشی از تبدیل شیر به فراورده های جدید است (تغییر شیمیایی)

۴ از گروه ها بخواهید درباره ساختار و فرایندها در یخچال صحرایی گفت و گو و برای جلسات بعد نمونه ای از آن را بسازند و به کلاس بیاورند، طرز ساخت و کار آن را توضیح و مورد امتحان و آزمایش قرار دهند.

بر دانش خود بیفزایید

انرژی هر نمونه ماده به مقدار آن بستگی دارد

سامانه ای محتوی مقدار معینی ماده با دمای T_1 در نظر بگیرید، هنگامی که به این سامانه گرما داده می شود، دمای آن به T_2 می رسد. اگر در این فرایند گرم کردن از T_1 تا T_2 ، ماده دچار تغییر حالت فیزیکی نشود، می توان نوشت:

$$C = \frac{Q}{\Delta T}, \quad \Delta T = T_2 - T_1$$

C ، ظرفیت گرمایی^۱ سامانه را نشان می دهد که برابر با نسبت گرمای داد و ستد شده به تغییر دمای سامانه است، به همین دلیل یکای JK^{-1} دارد.

اگر $\Delta T = 1\text{K}$ باشد، $C = Q$ خواهد بود، با این توصیف ظرفیت گرمایی را می توان گرمای لازم برای افزایش دما به اندازه 1K دانست.

از آنجا که گرمای داد و ستد شده میان سامانه و محیط پیرامون را می توان در حجم ثابت یا در فشار ثابت اندازه گیری کرد، ظرفیت هایی که به دو شکل بیان می شوند:

$$C_P = \frac{Q_P}{\Delta T} \quad \text{و} \quad C_V = \frac{Q_V}{\Delta T}$$

ظرفیت گرمایی در حجم ثابت (C_V) همانند ظرفیت گرمایی در فشار ثابت (C_P) به نوع، مقدار، حالت فیزیکی ماده و دما وابسته اند. از آنجا که بیشتر فرایندها در فشار ثابت (هوا) انجام می‌شوند، C_P کاربردهای گسترده‌تری از C_V دارد. هنگامی که جرم نمونه ماده یک گرم باشد، ظرفیت گرمایی آن با نام گرمای ویژه^۱ خوانده شده و با نماد c_p و c_v نشان داده می‌شود. بدیهی است که برای یک مول از نمونه ماده، ظرفیت گرمایی مولی^۲ به کار می‌رود ($C_{V,m}$ و $C_{P,m}$).

با توصیف گرمای ویژه و ظرفیت گرمایی مولی ماده می‌توان پی برد که به ترتیب با یکای $Jg^{-1}K^{-1}$ و $Jmol^{-1}K^{-1}$ بیان می‌شوند. رابطه ظرفیت‌های گرمایی ماده را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$C_P = mc_p = nC_{P,m}$$

در این رابطه n ، شمار مول‌های ماده و m ، جرم ماده را برحسب گرم نشان می‌دهد. جدول ۱، این کمیت‌ها را برای برخی فلزها نشان می‌دهد.

جدول ۱— گرمای ویژه و ظرفیت گرمایی مولی برخی فلزها در $25^\circ C$ و 1 atm

فلز	$c(Jg^{-1}K^{-1})$	جرم مولی ($gmol^{-1}$)	$C_m(Jmol^{-1}K^{-1})$
روی	$0/388$	$65/40$	$25/37$
مس	$0/385$	$63/55$	$24/46$
آهن	$0/451$	$55/85$	$25/19$
قلع	$0/214$	$118/70$	$25/40$
سرب	$0/123$	$207/20$	$25/48$
طلا	$0/125$	$197/00$	$24/63$

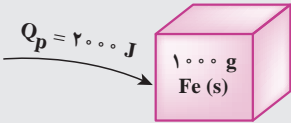
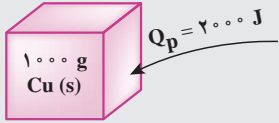
نکته جالبی که در این جدول به چشم می‌خورد این است که ظرفیت گرمایی مولی (که حاصل ضرب جرم مولی در گرمای ویژه) فلزها حدود یکدیگر و نزدیک به $25Jmol^{-1}K^{-1}$ است. در گذشته از ویژگی با نام قانون دولن—پتی یاد می‌شد و برای محاسبه جرم مولی تقریبی فلزها به کار می‌رفت.

برای درک مفهوم c_p و C_p به مثال زیر توجه کنید. دو سامانه جداگانه در نظر بگیرید که هر یک دارای 1 kg فلز است. اگر سامانه A ، حاوی فلز مس و سامانه B حاوی فلز آهن باشد، هنگامی که 2 kJ گرما در

۱— Specific Heat

۲— Molar Heat Capacity

فشار ثابت به آنها داده شود، تغییر دمای آنها متفاوت خواهد بود، زیرا :

سامانه B	سامانه A
$Q = 200 \text{ J}$ 1000 g Fe(s)	$Q = 200 \text{ J}$ 1000 g Cu(s)
	
$C_p = m \cdot c_p = 1000 \times 0.451 = 451 \text{ J/K}$	$C_p = m \cdot c_p = 1000 \times 0.385 = 385 \text{ J/K}$
$\Delta T = \frac{Q_p}{C_p} = \frac{2000}{451} = 4.43 \text{ K}$	$\Delta T = \frac{Q_p}{C_p} = \frac{2000}{385} = 5.19 \text{ K}$

این محاسبه نشان می‌دهد هنگامی که به جرم‌های برابر از دو ماده متفاوت در فشار ثابت، گرمای یکسانی داده می‌شود، آنکه گرمای ویژه بیشتری دارد، تغییر دمای کمتری خواهد داشت؛ به‌دیگر سخن هنگامی که گرمای یکسانی به دو ماده گوناگون با جرم برابر داده می‌شود، آنکه ظرفیت گرمایی بیشتری دارد، تغییر دمای کمتری خواهد داشت. این بیان نشان می‌دهد که هرچه ظرفیت گرمایی یک ماده بیشتر باشد، در شرایط یکسان، آن ماده ظرفیت بیشتری برای گرفتن یا از دست دادن گرما برای تغییر دمای معینی (ΔT) دارد. ظرفیت گرمایی برای هر سامانه منحصر به فرد است و به مقدار، نوع و حالت فیزیکی ماده (در واقع شیوه‌های حرکتی انتقال، چرخش و ارتعاش ذره‌ها) و دما بستگی دارد.

$C_{p,m}$ برای هیدروژن و آب فراتر از انتظار

در میان مواد شیمیایی خالص، گاز هیدروژن (H_2) بالاترین گرمای ویژه را دارد زیرا دارای کمترین جرم مولی بوده و یک گرم از آن حاوی شمار مول‌ها و مولکول‌های بیشتری است. برای نمونه اگر هدف رساندن دمای 1 g گاز هیدروژن از 25°C به 35°C باشد، باید 1441 J انرژی مصرف کرد این درحالی است که این مقدار انرژی دمای 1 g آهن را حدود 32°C افزایش خواهد داد زیرا :

$$Q_p = mc_p \Delta\theta \rightarrow 1441\text{J} = 10\text{g} \times 0.45\text{Jg}^{-1}\text{C}^{-1} \times \Delta\theta$$

$$\Delta\theta = 32.0/2^\circ\text{C}$$

همچنین آب دارای گرمای ویژه و آنتالپی تبخیر غیرعادی و بالاست. دلیل این رفتار را می‌توان به پیوندهای هیدروژنی قوی میان مولکول‌ها نسبت داد. برای درک بالا بودن گرمای ویژه آب به شکل ۸ توجه کنید.



شکل ۸- بالا بودن گرمای ویژه آب

مطابق شکل ۸، با گرمایی به اندازه ۳۳۳J می‌توان دمای یک گرم آهن را از 0°C تا 738°C افزایش داد، درحالی‌که این مقدار گرما فقط می‌تواند یک گرم یخ 0°C را به آب 0°C تبدیل کند.

همچنین آنتالپی تبخیر یک مول آب در دمای اتاق، برابر با $44/1\text{kJ}$ است به دیگر سخن برای تبدیل یک مول (۱۸g) آب در دمای اتاق به یک مول بخار با دمای 100°C ، باید 44100J انرژی مصرف شود، این مقدار انرژی می‌تواند دمای یک مول (۵۶g) آهن را حدود 175°C افزایش دهد زیرا:

$$Q_p = mc_p \Delta\theta \rightarrow 44100\text{J} = 56\text{g} \times (0.45\text{Jg}^{-1}\text{C}^{-1}) \times \Delta\theta$$

$$\Delta\theta = 175^\circ\text{C}$$

با این توصیف می‌توان درک کرد که چرا تبخیر سطحی آب از سطح بیرونی کوزه، باعث خنک شدن سامانه می‌شود. همچنین یخچال صحرایی که بر اساس تبخیر آب کار می‌کند چرا توانایی نگهداری مواد غذایی را به مدت طولانی‌تری دارد.

در این دو نمونه که حل و محاسبه شد، دریافتید گرم کردن سبب افزایش دمای گاز هیدروژن اما سبب افزایش دمای آب و تغییر حالت فیزیکی آن شد. به نظر شما میزان انرژی دادوستد میان سامانه شیمیایی با محیط پیرامون در مقایسه با انرژی این فرایندها چگونه است؟

گرما در واکنش‌های شیمیایی (گرماشیمی)

از صفحه ۶۰ تا ۶۳

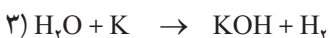
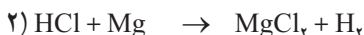
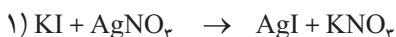
واحد
یادگیری ۴

هدف‌های آموزشی

- با نمودار آنتالپی آشنا شود.
- با نمودارهای تغییر آنتالپی واکنش‌ها آشنا شود.
- مفهوم واکنش‌های گرماده و گرماگیر را درک کند.
- با عوامل مؤثر بر مقدار آنتالپی آشنا شود.

روش تدریس پیشنهادی: مشارکتی

۱ واکنش‌های زیر را از پیش در آزمایشگاه انجام و فیلم بگیرید :



از گروه‌ها بخواهید بعد از دیدن فیلم به سؤال‌های زیر پاسخ دهند :

الف) در هر واکنش چه اتفاقی می‌افتد؟

ب) ویژگی مشترک همه این واکنش‌ها چیست؟

۲ پاسخ هر گروه درباره سؤالات را به تابلو منتقل و پس از تبادل نظر دانش‌آموز را به این جمع‌بندی برسانید که ویژگی مشترک همه واکنش‌ها داد و ستد گرما بین سامانه (واکنش) و محیط پیرامون آن است. به همین دلیل یک واکنش می‌تواند گرماگیر یا گرماده باشد. سپس گرماشیمی (ترموشیمی) را به عنوان یکی از شاخه‌های علم شیمی معرفی کنید.

۳ از گروه‌ها بخواهید فهرستی از فرایندی گرماگیر و گرماده در زندگی روزانه فهرست و ارائه دهند.

۴ نمودار اکسایش گلوکز برای تولید انرژی در بدن را در اختیار گروه‌ها قرار دهید، از آنها بخواهید این نمودار را تحلیل و نتیجه‌گیری کنند. یادآور شوید این یک نمونه از هزاران واکنش شیمیایی است که در بدن رخ می‌دهد.

۵ حال واکنش $\text{H}-\text{H} + \text{Cl}-\text{Cl} \rightarrow ۲\text{H}-\text{Cl}$ را در اختیار گروه‌ها قرار دهید از آنها بخواهید پس

از تبادل نظر در گروه تحلیل کنند چگونه H_2 و Cl_2 به HCl تبدیل می‌شوند در این تبدیل چه اتفاق‌هایی رخ می‌دهد کدام گرماگیر و کدام گرماده‌اند در نهایت انرژی بیشتری آزاد شده یا مصرف شده است به عبارتی نتیجه عمل یک واکنش گرماگیر یا گرماده؟ نمودار انرژی آن چگونه رسم می‌شود. نتایج گروه‌ها را به تابلو کلاس منتقل و جمع‌بندی کنید.

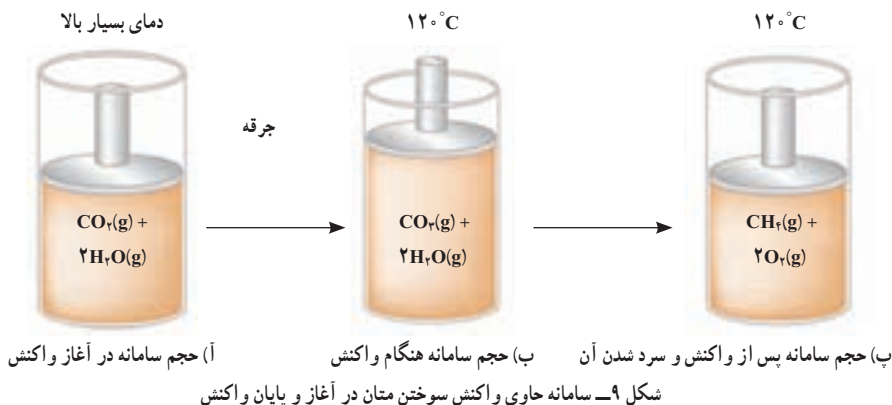
بر دانش خود بیفزایید

تغییر انرژی سامانه شیمیایی از کجا سرچشمه می‌گیرد؟

یک سیلندر مجهز به پیستون روان را در نظر بگیرید که حاوی یک مول گاز متان (16 g) و دو مول گاز اکسیژن (64 g) با دمای 12°C است. در چنین سامانه‌ای از یک سو هر یک از مولکول‌ها به دلیل جنبش‌های نامنظم (گرمایی)، انرژی جنبشی (گرمایی) دارند (E_k) از سوی دیگر به دلیل وجود پیوندهای اشتراکی در ساختار خود و نیز برهم‌کنش میان مولکول‌ها انرژی پتانسیل (شیمیایی) وجود دارد (E_p). اینک انرژی دورنی (E) چنین سامانه‌ای را می‌توان برابر با مجموع آنها در نظر گرفت:

$$E = E_k + E_p$$

با اینکه تعریف انرژی دورنی سامانه ساده و روشن به نظر می‌رسد اما تعیین مقدار دقیق و مطلق آن ممکن نیست؛ زیرا از همه برهم‌کنش‌ها و انرژی وابسته به آنها، یافته‌های دقیقی در دست نیست. جالب است بدانید کمیتی که با دقت بالا می‌توان اندازه‌گیری کرد، تغییر انرژی دورنی (ΔE) سامانه در یک فرایند است. با ایجاد جرقه در چنین سامانه‌ای پس از انجام یک واکنش سریع و شدید، دمای سامانه افزایش یافته و درون سامانه یک مول گاز کربن‌دی‌اکسید (44 g) و دو مول بخار آب (36 g) وجود خواهد داشت. اگر گرمای آزاد شده در این واکنش (80 kJ) منبعی ذخیره شود به‌طوری که دمای سامانه دوباره به 12°C برسد، یک واکنش هم‌دما انجام شده است (شکل ۹).



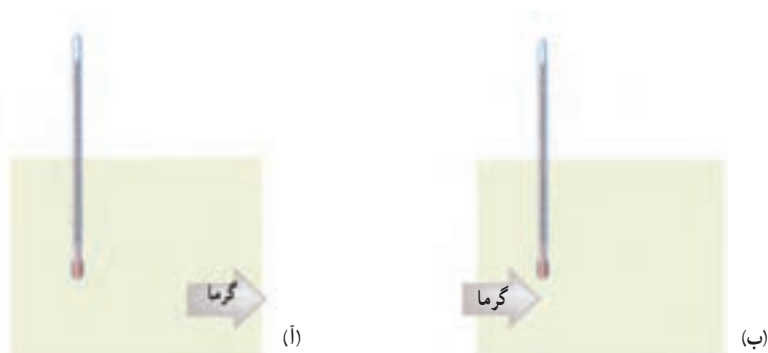
اگر انرژی درونی سامانه در آغاز برابر با E (آغازی) و در پایان واکنش، E (پایانی) باشد، تغییر انرژی درونی سامانه در این واکنش برابر است با :

$$\Delta E = E - E(\text{آغازی}) = E(\text{پایانی}) - E(\text{آغازی})$$

یافته‌های تجربی نشان می‌دهند که برای این سامانه شیمیایی، $\Delta E \approx -80 \text{ kJ}$ است که تنها به دلیل دادوستد گرما با محیط پیرامون است ($\Delta E = Q$). در واقع در این سامانه، انرژی به شکل کار میان سامانه و محیط پیرامون دادوستد نشده و حجم سامانه در آغاز و پایان ثابت مانده است. گویی این واکنش در دما، حجم و فشار ثابت انجام می‌شود، سه دلیل زیر این شرایط ثابت در این واکنش را توجیه می‌کند.

۱ سامانه تحت فشار ثابت هوا قرار دارد ($p \approx 1 \text{ atm}$).

۲ دمای سامانه در آغاز و پایان واکنش برابر است (شکل ۱).




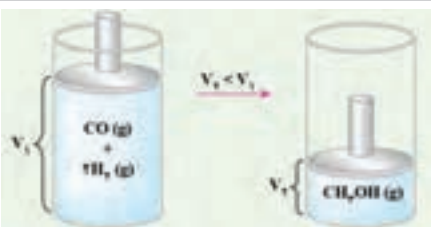

شکل ۱- دمای ثابت نشان می‌دهد که با انجام فرایند میان سامانه و محیط گرما دادوستد می‌شود تا سرانجام سامانه و محیط هم‌دما شوند.
(A) فرایند گرماگیر (B) فرایند گرماده

۳ حجم سامانه به دلیل برابر بودن شمار مول‌های گازی مواد واکنش‌دهنده با مواد فراورده، ثابت مانده است.

اگر سامانه‌ای مانند سیلندر مجهز به پیستون روان در فشار ثابت (هوا) دچار تغییر حجم شود، کار ناشی از تغییر حجم سامانه که با محیط دادوستد می‌شود برابر است با $W = -p \Delta V$ ، علامت منفی در این رابطه نشان می‌دهد که روند تغییر ΔV و W ناهم‌سوست. به‌طوری‌که اگر $\Delta V > 0$ باشد یعنی با انجام فرایند، حجم سامانه افزایش یابد، $W < 0$ خواهد بود. در واقع سامانه روی محیط کار انجام داده است.

نکته شایان توجه این است که اغلب واکنش‌های شیمیایی با تغییر مول‌های گازی مواد همراه‌اند. در واقع برای آنها $\Delta V \neq 0$ بوده و افزون بر گرما، با محیط پیرامون کار تغییر حجم نیز دادوستد می‌کنند. جدول ۲، دو نمونه سامانه حاوی واکنش‌هایی از این دست را در دما و فشار ثابت در مقایسه با سامانه حاوی واکنش سوختن متان نشان می‌دهد.

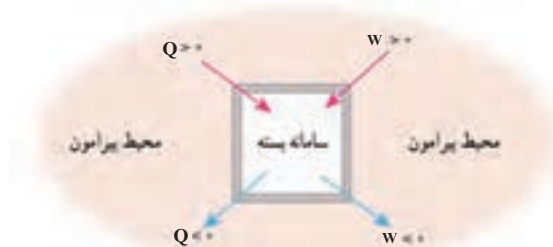
جدول ۲- انجام واکنش در سامانه بسته با دما و فشار ثابت

سامانه انجام واکنش	$\Delta n \text{ (mol)}$	ΔV	W
	$\Delta n = 7 - 6 = 1$ $\Delta n > 0$	> 0	< 0
	$\Delta n = 1 - 3 = -2$ $\Delta n < 0$	< 0	> 0
	$\Delta n = 3 - 3 = 0$ $\Delta n = 0$	$= 0$	$= 0$

بدیهی است که در این سامانه ها $\Delta E = Q$ نیست و می توان رابطه زیر را برای محاسبه ΔE آنها به کار برد :

$$\Delta E = Q + W$$

این رابطه قانون اول ترمودینامیک^۱ را در سامانه بسته نشان می دهد. به طوری که تغییر انرژی درونی یک سامانه بسته در فرایند معین، هم ارز با جمع جبری کار و گرمای دادوستد شده میان سامانه و محیط پیرامون است. اما هنگام استفاده از این رابطه باید به علامت جبری Q و W توجه کرد (شکل ۱۱).

شکل ۱۱- علامت Q و W هنگام انجام فرایند در سامانه

آنتالپی و اکس (محتوای انرژی)، آنتالپی پیوند

از صفحه ۶۳ تا ۶۷

واحد
یادگیری ۵

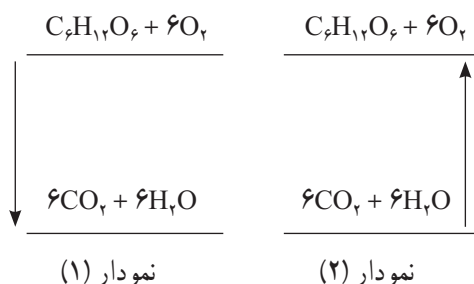
هدف‌های آموزشی

- با آنتالپی پیوند به عنوان یکی از انواع آنتالپی و اکس آشنا شود.
- به رابطه آنتالپی پیوند و آنتالپی تشکیل پیوند پی ببرد.

روش تدریس پیشنهادی: مشارکتی، بارش فکری

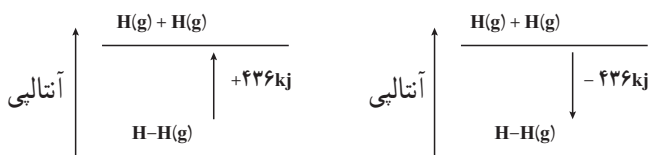
پیشنهاد می‌شود به روش زیر عمل شود.

۱. نمودار زیر را با هم در اختیار گروه‌ها قرار دهید و از آنها بخواهید هر نمودار را توصیف و تفاوت آنها را بیان کنند.



آنها را هدایت کنید پس از تبادل نظر در گروه خود به سؤال‌های زیر پاسخ دهند.

- آ) انرژی مواد اولیه (واکنش دهنده) از چه چیزی ناشی می‌شود؟
 - ب) انرژی مواد فراورده از چه چیزی ناشی می‌شود؟
 - پ) تفاوت انرژی این دو سطح مربوط به چیست؟
 - ت) علت تفاوت جهت انرژی در این دو نمودار چیست؟
 - ث) تشابه و تفاوت واژه آنتالپی با انرژی در چیست؟
۲. نتایج گروه‌ها را به تابلو کلاس منتقل و پس از بررسی توسط گروه‌ها و تبادل نظر جمع‌بندی نمایید.
 ۳. نمودارهای صفحه بعد را در اختیار گروه‌ها قرار دهید و از آنها بخواهید هر نمودار را توصیف کنند و تفاوت آنها را با یکدیگر و نمودارهای مرحله (۱) بیان کنند.



آنها را هدایت کنید که به موارد زیر بپردازند :

■ این نمودارها مربوط به شکستن و تشکیل پیوند هستند.

■ بر حسب آنتالپی اند.

■ نتایج‌های گروه‌ها را به تابلو کلاس منتقل و پس از تبادل نظر جمع‌بندی کنید در این جمع‌بندی به

موارد زیر بپردازید :

■ مفهوم آنتالپی پیوند و جدول مربوط به آن

■ مفهوم میانگین آنتالپی برای مولکول‌های چنداتمی

بر دانش خود بیفزایید

انجام یک واکنش از دو راه گوناگون اما با ΔE یکسان

سامانه‌ای را در نظر بگیرید که در آن واکنش : $2\text{CO(g)} + \text{O}_2\text{(g)} \rightarrow 2\text{CO}_2\text{(g)}$ انجام می‌شود. برای

انجام این واکنش دو راه گوناگون را انتخاب در پیش است :

۱- انجام واکنش در دما و حجم ثابت : واکنش در یک سامانه بسته با دیواره‌های دیاترمیک انجام

می‌شود. سامانه دیواره‌های بسیار محکمی با حجم ثابت 10 L دارد و دمای آغازی با پایانی برابر است (25°C) .



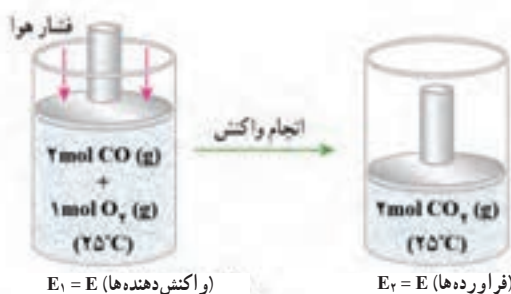
با انجام واکنش در این سامانه، حجم ثابت می‌ماند ($\Delta V = 0$) در نتیجه کار تغییر حجم میان سامانه و

محیط پیرامون دادوستد نمی‌شود ($W = 0$) به همین دلیل تغییر انرژی درونی سامانه تنها به دلیل دادوستد

گرما با محیط پیرامون است ($\Delta E = Q_V$).

در دمای ثابت انجام فرایند در یک سامانه با حجم ثابت دو حالت دارد. نخست اینکه دیواره‌های سامانه به اندازه‌ای محکم‌اند و ضریب انبساط گرمایی کمی دارند. دوم اینکه سامانه، سیلندر مجهز به پیستون روان است اما مول‌های گازی درون آن بیش و پس از انجام واکنش برابرند.

۲- انجام واکنش در دما و فشار ثابت : واکنش در سیلندر مجهز به پیستون روان در فشار ثابت
 هوا انجام می‌شود.



افزون بر گرما، دادوستد کار تغییر حجم با محیط پیرامون نیز سبب تغییر انرژی درونی سامانه شده است، از این رو برای آن $\Delta E = Q_p + W$ خواهد بود.

یافته‌های تجربی نشان می‌دهد که ΔE در این دو سامانه برای انجام واکنش یکسان در دمای ثابت، برابر است. به دیگر سخن $Q_v = Q_p + W$ خواهد بود. از آنجا که اغلب واکنش‌های شیمیایی در فشار ثابت (به‌ویژه فشار ثابت هوا) انجام می‌شوند، اندازه‌گیری گرمای واکنش‌ها در فشار ثابت (Q_p) اهمیت و کاربرد گسترده‌تری دارد. این ویژگی سبب شد، کمیت آنتالپی اهمیت پیدا کند.

آنتالپی، کمیتی پر کاربردتر و از جنس انرژی

دریافتید که اگر حجم سامانه‌ای با انجام یک واکنش شیمیایی درون آن ثابت بماند ($\Delta V = 0$)، کار تغییر حجم سامانه برابر با صفر خواهد بود ($W = 0$). در این شرایط تغییر انرژی درونی (ΔE) سامانه با گرمای دادوستد شده میان سامانه و محیط (Q_v) برابر است.

$$\Delta E = Q + W \xrightarrow{\Delta V=0} \Delta E = Q_v$$

از آنجا که اغلب واکنش‌های شیمیایی در فشار ثابت (به‌ویژه فشار ثابت هوا) انجام می‌شوند، می‌توان نوشت :

$$\Delta E = Q_p + W \rightarrow E_2 - E_1 = Q_p - p\Delta V$$

$$Q_p = E_2 - E_1 + p\Delta V = E_2 - E_1 + pV_2 - pV_1 = (E + pV)_2 - (E + pV)_1$$

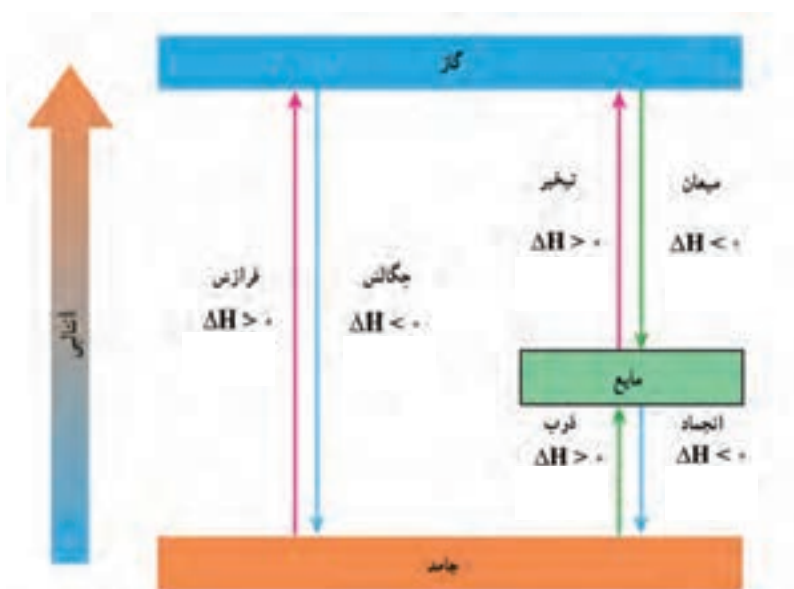
$$\xrightarrow{H=E+pV} Q_p = H_f - H_i = \Delta H$$

H ، آنتالپی سامانه و ΔH ، تغییر آنتالپی سامانه را در یک فرایند یا انجام یک واکنش شیمیایی نشان می‌دهد. رابطه $\Delta H = Q_p$ تأیید می‌کند که تغییر آنتالپی سامانه در یک فرایند برابر با گرمای دادوستد شده میان سامانه و محیط پیرامون در فشار ثابت است.

به رابطه $H = E + pV$ توجه کنید که در آن V ، حجم سامانه و p ، فشار ثابت وارد بر سامانه را نشان می‌دهد. pV کمیتی از جنس انرژی است و همواره علامت مثبت دارد. از این رو برای هر سامانه $H > E$ خواهد بود. این در حالی است که مقایسه ΔH با ΔE یک فرایند به مقدار و علامت W وابسته است زیرا:

$$H - E = pV \rightarrow \Delta H - \Delta E = p\Delta V$$

در منابع علمی از H ، به عنوان محتوای انرژی یا محتوای گرمایی سامانه یاد می‌شود در حالی که ΔH ، تغییر آنتالپی سامانه را در یک فرایند نشان می‌دهد. همچنین برخی ΔH فرایند را آن بخش از انرژی پتانسیل (شیمیایی) سامانه می‌دانند که هنگام انجام فرایند در فشار ثابت، به شکل گرما آشکار می‌شود. اگر سامانه‌ای تنها محتوی یک نمونه ماده خالص باشد و در آن تنها تغییر حالت فیزیکی ماده رخ دهد می‌توان از نمودار ۲، بهره برد.



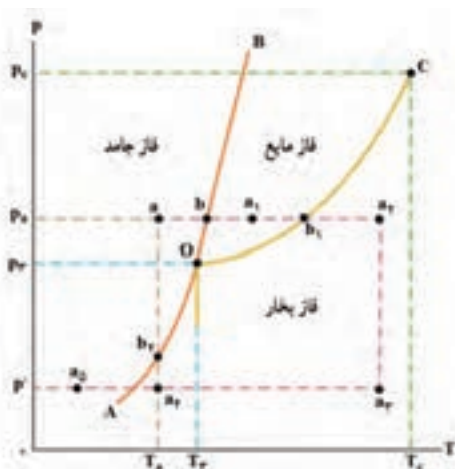
نمودار ۲- علامت ΔH در تغییر حالت فیزیکی ماده خالص

تغییر حالت مادهٔ خالص (نمودار فاز)

هر مادهٔ خالص بسته به دما (T) و فشار (p) محیط پیرامون خود می‌تواند به حالت جامد، مایع یا گاز باشد. برای نمونه در دمای اتاق ($298K$) و فشار یک اتمسفر، آهن، آب و کربن دی‌اکسید خالص به ترتیب به حالت جامد، مایع و گازند.

این ویژگی نشان می‌دهد که برای هر مادهٔ خالص با تغییر دما در فشار ثابت همچنین با تغییر فشار در دمای ثابت، تغییر حالت رخ می‌دهد. برای نمونه در فشار یک اتمسفر، با کاهش دما تا $0^{\circ}C$ و کمتر از آن، آب به حالت جامد درمی‌آید، درحالی‌که با افزایش دما تا $100^{\circ}C$ و بیشتر از آن در همین فشار، آب به بخار تبدیل می‌شود. همچنین در دمای اتاق، افزایش فشار تا $6^{\circ}atm$ ، کربن دی‌اکسید را به حالت جامد درمی‌آورد (کیسول آتش‌نشانی).

برای درک روند تغییر دما در فشار ثابت همچنین تغییر فشار در دمای ثابت بر حالت مادهٔ خالص، نمودار فشار – دما به نام نمودار فاز مادهٔ خالص رسم می‌شود. هر نمودار فاز، نموداری از فشار – دما ($p - T$) است که در هریک از این دما و فشارها، مادهٔ خالص در پایدارترین فاز^۱ خود است (فاز، ساختاری از آن ماده است که حالت فیزیکی و ترکیب شیمیایی یکنواخت دارد). نمودار فاز بیشتر مواد خالص همانند نمودار ۳ است. مطابق این نمودار، در دماهای پایین و فشارهای بالا، فاز جامد پایدارتر است؛ درحالی‌که در دماهای بالا و فشارهای پایین، فاز گاز پایدارتر است.

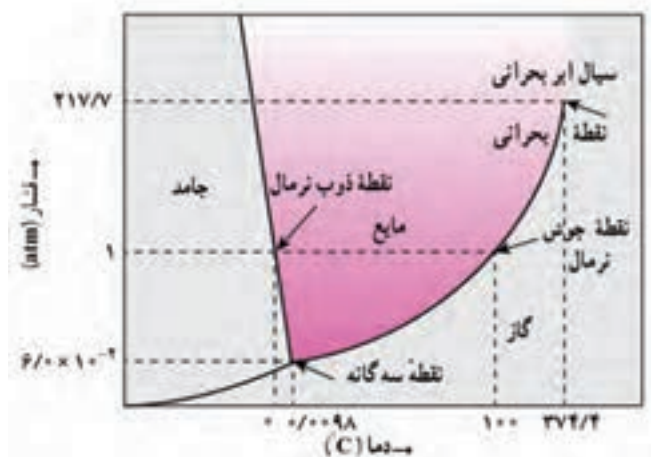


نمودار ۳- الگوی نمودار فاز برای بیشتر مواد خالص

۱- برای هر مادهٔ خالص، مفهوم حالت و فاز یکسان است و به همین دلیل تغییر حالت مادهٔ خالص هم‌ارز با تبدیل فاز است.

۵ نقطه C، نقطه بحرانی نام دارد. اگر مایع خالصی در ظرف سر بسته و محکمی گرم شود، جوشیدن رخ نمی‌دهد؛ بلکه با افزایش دما، فشار بخار بیشتر شده، به گونه‌ای که پیوسته چگالی بخار افزایش و چگالی مایع کاهش می‌یابد تا اینکه مرز میان دو فاز ناپدید می‌شود. دمایی که در آن چنین پدیده‌ای رخ می‌دهد، دمای بحرانی (T_c) و فشار بخار آن، فشار بحرانی (p_c) نام دارد. در T_c و بالاتر از آن، فاز همگنی به نام سیال ابر بحرانی همه ظرف را پر می‌کند. این ویژگی نشان می‌دهد که هیچ ماده خالصی در بالاتر از T_c خود، نمی‌تواند به حالت مایع باشد. به همین دلیل دمای بحرانی را دمایی می‌دانند که در آن یا بالاتر از آن، هرچه گاز فشرده شود، مایع نخواهد شد.

۶ نگاهی ژرف‌تر نشان می‌دهد که برای رسم نمودار فاز یک ماده خالص دست کم به پنج داده تجربی (پنج نقطه) نیاز است. این پنج داده تجربی همان نقطه جوش نرمال، نقطه ذوب نرمال، نقطه بحرانی، نقطه سه گانه و نقطه‌ای که فشار بخار جامد را در دماهای پایین نشان می‌دهد (مانند A)، می‌باشند. به همین دلیل گفته می‌شود: «هر نمودار فاز از داده‌های تجربی رسم می‌شود؛ سپس در بررسی‌های نظری به کار می‌رود». برای نمونه برخی ویژگی‌های غیرعادی آب از جمله افزایش حجم آن به هنگام انجماد سبب می‌شود که نمودار فاز آن متفاوت از اغلب مواد باشد (نمودار ۴).



نمودار ۴ — نمودار فاز آب خالص

آلدهیدها و کتون‌ها

از صفحه ۶۸-۷۰

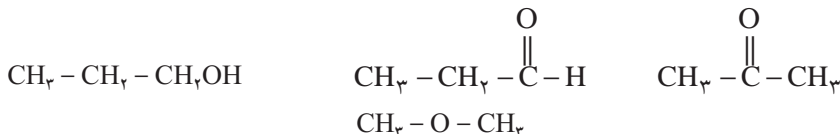
واحد
یادگیری ۶

هدف‌های آموزشی

- بدانند که اغلب ادویه‌ها دارای ترکیب‌های آلی هستند.
- با برخی گروه‌های عاملی اکسیژن‌دار آشنا شود.
- تفاوت گروه‌های عاملی آلدهید، کتون، الکل و اتر را بدانند.
- درک کند شیوه اتصال اتم‌ها موجب تغییر خواص و ویژگی‌های مواد می‌شود.
- مهارت شناخت گروه‌های عاملی الکل، اتر، آلدهید و کتون را کسب و در خود تقویت کند.
- با مفهوم ایزومری ساختاری آشنا شود.

روش تدریس پیشنهادی: حل مسئله

۱ ساختارهای زیر را در اختیار گروه‌ها قرار دهید و از آنها بخواهید تشابه و تفاوت این ساختارها را بیان کنند.



آنها را هدایت کنند دریابند این ساختارها در تعداد کربن برابر اما در نحوه اتصال اتم اکسیژن به کربن متفاوت‌اند.

۲ از آنها بخواهید دور محل اتصال اکسیژن به کربن‌ها خط بکشند. نمونه‌ای را برای آنها نمایش و هدایت نمایید تا این کار درست انجام شود.

۳ توضیح دهید آنچه آنها در مورد هر ساختار مشخص کرده‌اند گروه عاملی نامیده می‌شود. به توصیف گروه عاملی و تفاوت گروه‌های عاملی در تشخیص ساختارها و خانواده مربوط به آنها پردازید و گروه‌های

عاملی هیدروکسیل ($-\text{OH}$) برای خانواده الکل‌ها، گروه اتری ($-\text{O}-$) برای اترها، ($-\overset{\text{O}}{\parallel} \text{C}-\text{H}$) برای

آلدهیدها و کربونیل ($-\overset{\text{O}}{\parallel} \text{C}-$) را برای کتون‌ها معرفی کنید.

۴ ساختارهای متنوعی خارج از کتاب درسی در اختیار گروه‌ها قرار دهید و از آنها بخواهید دور گروه عاملی خط کشیده و خانواده مربوط را مشخص نمایند.

۴ وابستگی خواص ترکیب‌های آلی به گروه عاملی آنها را با استفاده از نمونه‌های کتاب درسی و نمونه‌های خارج از کتاب درسی بررسی کنید.

آنتالپی سوختن

از صفحه ۷۰ تا ۷۲

واحد
یادگیری ۷

هدف‌های آموزشی

- با آنتالپی سوختن به عنوان یکی از انواع آنتالپی‌ها آشنا شود.
- با مفهوم ارزش سوختی مواد آشنا شود.
- مهارت محاسبه ارزش سوختی مواد را کسب و در خود تقویت کند.
- با سوخت سبز به عنوان یکی از منابع تأمین انرژی آشنا شود.
- با یکی از روش‌های مستقیم آنتالپی سوختن مواد آشنا شود.

روش تدریس پیشنهادی: مشارکتی

۱ جدول‌های زیر را در اختیار گروه‌ها قرار دهید و از آنها بخواهید آنها را مجزا توصیف کنند.

خوراکی	نان	پنیر	تخم مرغ	شکلات	شیر	بادام زمینی
ارزش سوختن kJg^{-1}	۱۱/۵	۲۰	۶	۱۸	۳	۲۳

ماده سوختنی	$\text{CH}_4(\text{g})$	$\text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$	$\text{C}_2\text{H}_5(\text{g})$	$\text{C}_2\text{H}_2(\text{g})$
آنتالپی سوختن (kJmol^{-1})	-۸۹۰	-۱۵۶۰	-۱۴۱۰	-۱۳۰۰

۲ توصیف گروه‌ها را به تابلوی کلاسی منتقل و پس از گفت‌وگو و تبادل نظر باید دانش‌آموزان به نتایج صفحه بعد برسند. آنها را برای رسیدن به موارد صفحه بعد راهنمایی کنید.

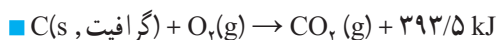
ارزش سوختی: آنتالپی مربوط به سوختن یک گرم از یک ماده
آنتالپی سوختن: آنتالپی واکنشی است که در آن یک مول ماده در اکسیژن کافی به طور کامل می‌سوزد.

۲ معادله‌هایی نمونه مشابه شماره ۲ خود را بیازمایید صفحه ۷۰ آماده کنید و در اختیار گروه‌ها قرار دهید.

بر دانش خود بیفزایید

برخی آنتالپی‌های پرکاربرد در واکنش‌های شیمیایی

۱- آنتالپی سوختن (ΔH_C): تغییر آنتالپی واکنشی است که در آن یک مول ماده، در مقدار کافی اکسیژن می‌سوزد؛ مانند:



$$\Delta H_C(\text{C, s, گرافیت}) = -393/5 \text{ kJmol}^{-1}$$

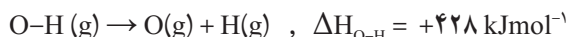
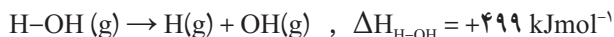


$$\Delta H_C(\text{CH}_4, \text{g}) = -890 \text{ kJmol}^{-1}$$

۲- میانگین آنتالپی پیوند (ΔH_{A-B}): تغییر آنتالپی واکنشی است که در آن یک مول پیوند کووالانسی به صورت یکنواخت شکسته می‌شود و در آن همه شرکت‌کننده‌ها به حالت گازی و در حالت پایه (و نه برانگیخته) هستند؛ مانند:



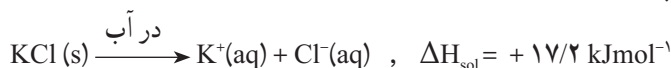
در گونه‌هایی که چند پیوند کووالانسی یکسان وجود دارد، آنتالپی نخستین پیوند با دومین با سومین و... متفاوت است. در چنین حالت‌هایی باید میانگین آنتالپی پیوند به کار رود.
برای نمونه به آنتالپی‌های پیوند O-H در ساختار $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ توجه کنید.



در جدول آنتالپی‌های پیوند، میانگین این دو مقدار درج شده است:

$$\Delta H_{\text{O-H}} = \frac{1}{2}(\Delta H_{\text{H-OH}} + \Delta H_{\text{O-H}}) = \frac{1}{2}(499 + 428) = +463/5 \text{ kJmol}^{-1}$$

۳- **آنتالپی انحلال** (ΔH_{sol}): آنتالپی فرایندی است که در آن یک مول حل شونده در مقدار معینی حلال در دما و فشار ثابت حل می شود. اگر مقدار حلال به کار رفته بسیار زیاد باشد، محلول به دست آمده بسیار رقیق است و به تغییر آنتالپی آن، آنتالپی حدی انحلال می گویند. برای نمونه آنتالپی حدی انحلال برای پتاسیم کلرید در آب برابر است با:



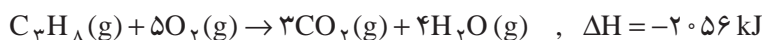
۴- **آنتالپی شبکه یونی** (ΔH_L): تغییر آنتالپی وابسته به واکنشی است که در آن یک مول جامد یونی از یون های گازی سازنده تولید می شود، مانند:



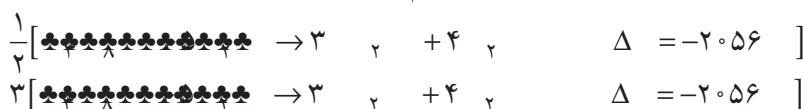
■ آنتالپی فروپاشی شبکه یونی، آنتالپی واکنشی است که در آن یک مول جامد یونی به یون های سازنده گازی تبدیل می شود.

آنتالپی واکنشی به چه عواملی بستگی دارد؟

پیش از این دریافتید که آنتالپی یک واکنش شیمیایی معین که درون سامانه ای مانند سیلندر مجهز به پیستون روان انجام می شود، هم ارز با گرمای داد و ستد شده میان سامانه و محیط در فشار ثابت است. آنچه اهمیت دارد این است که ΔH در شرایط معین برای یک واحد از آن واکنش تعریف و گزارش می شود. برای نمونه به یک واحد از واکنش سوختن کامل گاز پروپان توجه کنید:



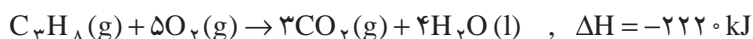
در این واکنش، $\Delta H = -2056 \text{ kJ}$ نشان می دهد که به ازای یک واحد از این واکنش (سوختن کامل یک مول گاز پروپان با پنج مول گاز اکسیژن و تولید سه مول گاز کربن دی اکسید به همراه چهار مول بخار آب در این دما و فشار)، 2056 kJ گرما در فشار ثابت تولید می شود. بدیهی است که به ازای انجام نیم واحد از این واکنش، 1028 kJ و به ازای انجام سه واحد از این واکنش، 6168 kJ گرما در دما و ثابت آزاد خواهد شد (این بدان معناست که این واکنش باید سه بار انجام شود).



۱- Enthalpy of Solution

۲- Enthalpy of Lattice

گفته‌های بالا نشان می‌دهند که ΔH یک واکنش، به مقدار مواد واکنش دهنده وابسته است. توجه کنید افزون بر مقدار واکنش دهنده‌ها، حالت فیزیکی شرکت کننده‌ها، دما و فشار نیز بر ΔH یک واکنش مؤثرند. از آنجا که تغییر حالت فیزیکی ماده با تغییر انرژی همراه است، در واکنش سوختن کامل گاز پروپان هنگامی که به جای بخار آب، آب به حالت مایع تولید می‌شود، ΔH واکنش نیز تغییر خواهد کرد:



بررسی واکنش تشکیل گاز آمونیاک از گازهای نیتروژن و هیدروژن در دماها و فشارهای گوناگون، اثر این عوامل را بر ΔH واکنش بهتر نشان می‌دهد.



بررسی عوامل مؤثر بر ΔH واکنش‌ها، تأیید می‌کند که مناسب‌تر آن است که گرمای همه واکنش‌های شیمیایی در شرایط یکسان اندازه‌گیری و گزارش شود.

تعیین ΔH واکنش، قانون هس

از صفحه ۷۵ تا ۷۲

واحد
یادگیری ۸

هدف‌های آموزشی

- با قانون هس به عنوان یک شیوه غیر مستقیم اندازه گیری گرمای واکنش آشنا شود.
- مهارت محاسبه آنتالپی یک واکنش را کسب و در خود تقویت کند.
- مهارت محاسبه تغییر آنتالپی واکنش‌ها را با توجه به نمودار تغییر آنتالپی کسب و در خود تقویت کند.
- مهارت رسم نمودار، تغییر آنتالپی یک واکنش را با استفاده از جدول میانگین آنتالپی پیوند کسب و در خود تقویت کند.

روش پیشنهادی: مشارکتی، حل مسئله

دو نمونه مسئله مشابه موارد زیر در اختیار گروه‌ها قرار دهید و از آنها بخواهید تفاوت آنها را بیان کند.
نمونه ۱: ۵۰ میلی لیتر محلول ۰/۲ مولار HCl را با ۵۰ میلی لیتر محلول ۰/۲ مولار NaCl در دمای ۲۵°C در گرماسنجی برهم اثر می‌دهیم اگر در پایان واکنش دماسنج دمای ... (از روی دماسنج گرماسنج بخوانید) را نشان دارد چند kJ گرما مبادله شده است.

نمونه ۲: ۵۰ میلی لیتر محلول ۰/۲ مولار HCl را با ۵۰ میلی لیتر محلول ۰/۲ مولار NaCl به طور کامل واکنش می‌دهیم دمای از ۲۵°C به ۳۳°C افزایش می‌یابد در این عمل با توجه به واکنش چند kJ گرما آزاد می‌شود. ($m = 100 \text{ g}$ $C = 4/2 \text{ J/g}^\circ\text{C}$)

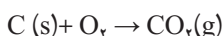
دانش آموزان باید با بررسی این دو نمونه مثال به این نتیجه برسند که دو روش برای تعیین ΔH یک واکنش وجود دارد:

۱ روش مستقیم (گرماسنجی) تجربی

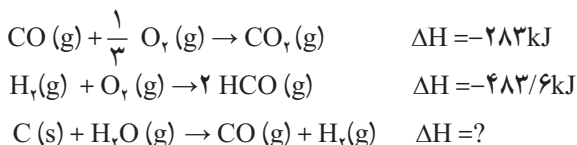
۲ روش غیرمستقیم (نظری)

سپس انواع روش‌های غیر مستقیم را معرفی کنید.

چند نمونه مطابق نمونه صفحه بعد در اختیار گروه‌ها قرار دهید و از آنها بخواهید با کمک واکنش‌های ΔH معلوم دارند راهی برای محاسبه واکنش مجهول پیدا کنند.



$$\Delta H = -393/5 \text{ kJ}$$



۳ فعالیت‌ها و نتایج به دست آمده در هر گروه را به تابلوی کلاس منتقل و پس از گفت‌وگو و تبادل نظر نتیجه‌گیری و قواعد مربوط به محاسبه ΔH واکنش مجهول به کمک قانون هس را بیان و نمونه مثال در اختیار گروه‌ها قرار دهید تا حل نمایند.

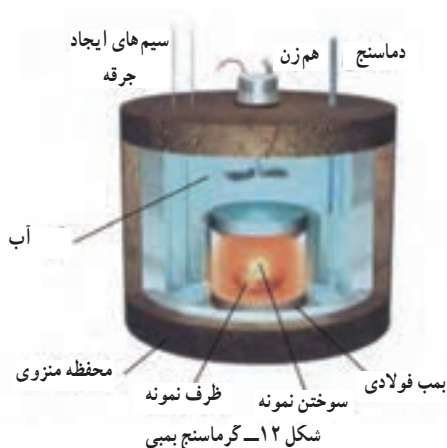
۴ واکنش‌های مطابق پرسش‌ها ۳ و ۴ خود را بیازمایید صفحه ۷۴ و ۷۵ کتاب درسی، در اختیار گروه‌ها قرار دهید و از آنها بخواهید آنها را تحلیل و ΔH واکنش مجهول را محاسبه کنند.

۵ نموداری مشابه نمودار صفحه ۷۴ به همراه جدول آنتالپی پیوند در اختیار گروه‌ها قرار دهید. از آنها بخواهید راهی برای محاسبه آنتالپی واکنش از روی آنتالپی پیوند پیشنهاد کنند.

بردانش خود بیفزایید

گرماسنج^۱ و گرماسنجی^۲

گرماسنجی روش مستقیم اندازه‌گیری گرمای واکنش‌های شیمیایی است. این آزمایش در حجم ثابت یا در فشار ثابت صورت می‌گیرد. اندازه‌گیری گرمای واکنش در حجم ثابت (Q_v) در بمب گرماسنج (گرماسنج بمبی) انجام می‌شود (شکل ۱۲).



۱- Calorimeter

۲- Calorimetry

در این دستگاه واکنش شیمیایی مورد نظر درون ظرف محکم فولادی با حجم ثابت به نام بمب انجام می‌شود. اگر این واکنش از نوع سوختن باشد، گاز اکسیژن را با فشار نزدیک به 3 atm در آن وارد می‌کنند.

این بمب درون یک حمام آب که پیوسته در حال به هم خوردن است، جای دارد. به مجموعه بمب و حمام آب پیرامون آن، گرماسنج بمبی می‌گویند. این مجموعه با دیواره‌های مناسبی عایق بندی شده است. دماسنج موجود در آن، تغییر دمای آب را پس از انجام واکنش نشان می‌دهد (ΔT). با معلوم بودن ظرفیت گرمایی (C) گرماسنج می‌توان گرمای آزاد شده از واکنش را محاسبه کرد. توجه کنید با اینکه نام دستگاه گرماسنج است؛ اما نمی‌تواند گرمای آزاد شده از واکنش را اندازه‌گیری کند؛ بلکه با استفاده از تغییر دما و ظرفیت گرمایی گرماسنج می‌توان گرما را محاسبه کرد.

در سال‌های دهه ۱۸۶۰ برتلو که به شیمی علاقه‌مند شده بود، با ابداع و ساخت یک گرماسنج به اندازه‌گیری گرمای واکنش‌های شیمیایی پرداخت.

او گرمای صدها واکنش شیمیایی را با دقت اندازه‌گیری کرد. این در حالی بود که یک شیمی‌دان دانمارکی به نام تامسن (۱۸۲۶-۱۹۰۹) نیز به طور مستقل به اندازه‌گیری گرمای واکنش‌های شیمیایی پرداخت. جالب اینکه هر دو در واکنش‌های یکسان به نتایج یکسانی دست یافته بودند. برتلو آن چنان شیفته گرمای واکنش‌های شیمیایی شده بود که به تعمیم نادرستی دست زد! او گفت: گرماده بودن یک واکنش شیمیایی ملاک انجام خود به خودی آن است و هر واکنش گرماگیر، خود به خود انجام نخواهد شد!

یکی از راه‌های تعیین ظرفیت گرمایی این گرماسنج‌ها، عبور دادن یک جریان الکتریکی در زمان معینی از درون گرمکن الکتریکی است که در گرماسنج کار گذاشته می‌شود. با اندازه‌گیری افزایش دما و محاسبه کار الکتریکی انجام شده، می‌توان ظرفیت گرمایی گرماسنج را به دست آورد.

برای نمونه اگر جریان $3/0$ آمپری از یک منبع $12/0$ ولتی برای 1000 s به درون گرماسنج راه یابد و دمای آن به اندازه $5/5 \text{ K}$ بالا رود، ظرفیت گرمایی گرماسنج برابر است با:

$$w = I \cdot V \cdot t = (3/0 \text{ A}) \times (12/0 \text{ V}) \times (1000 \text{ s}) = 36000 \text{ J}$$

$$1 \text{ CV} = 1 \text{ J} \quad \text{و} \quad (1 \text{ کولن}) = 1 \text{ As}$$

این مقدار کار الکتریکی در گرماسنج به گرما تبدیل شده و باعث افزایش دمای آن شده است؛ از این رو:

$$Q = C \Delta T \rightarrow C = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{36 \text{ kJ}}{6/5 \text{ K}} \approx 6/5 \text{ kJ K}^{-1}$$

اگر در این گرماسنج ۱/۶ g نفتالن ($C_{10}H_8 \approx 128 \text{ g mol}^{-1}$) به طور کامل بسوزد و افزایش دما برابر با 1°K باشد، آنتالپی سوختن کامل نفتالن به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$Q_V = C\Delta T = 6/5 \text{ kJ K}^{-1} \times 1^\circ\text{K} = 65 \text{ kJ}$$

توجه کنید که گرمای آزاد شده باید با علامت منفی نشان داده شود. ارزش سوختن نفتالن برابر است با:

$$-65 \text{ kJ} \div 1/6 \text{ g} = -40/29 \text{ kJ g}^{-1}$$

$$\Delta E_{\text{سوختن}} = 40/29 \text{ kJ g}^{-1} \times \frac{128 \text{ g}}{1 \text{ mol}} \approx -5157/^\circ \text{ kJ/mol}$$

یک نمونه گرماسنج که برای اندازه‌گیری گرمای واکنش در فشار ثابت به کار می‌رود، گرماسنج لیوانی است (شکل ۱۳).



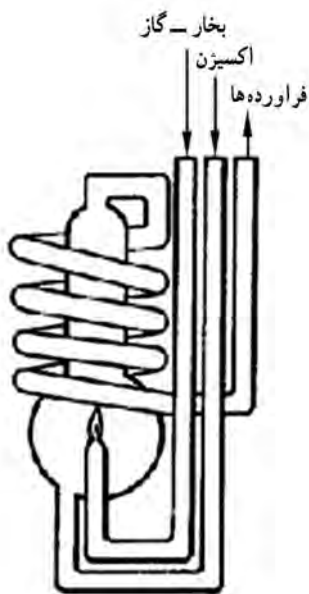
شکل ۱۳- گرماسنج لیوانی: برای اندازه‌گیری گرمای واکنش‌هایی که تغییر حجم آشکاری ندارند، گرماسنج لیوانی مناسب است. این گرماسنج برای تعیین گرمای واکنش‌هایی که منجر به تولید فرآورده‌های گازی می‌شود، به کار نمی‌رود.

از اندازه‌گیری گرمای واکنش در گرماسنج لیوانی (Q_p) و گرماسنج بمبی (Q_v) و مقایسه آنها درمی‌یابیم که :

آ) چون گرمای یک واکنش به شرایط انجام آن بستگی دارد، Q_p و Q_v با یکدیگر تفاوت دارند و این تفاوت وابسته به تغییر مول‌های گازی در واکنش است.

ب) سادگی و در دسترس بودن گرماسنج لیوانی نشان می‌دهد که اندازه‌گیری Q_p (یا ΔH) به مراتب آسان‌تر از Q_v (یا ΔE) است.

پ) تفاوت Q_p و Q_v برای یک واکنش معین، تابع مسیر بودن گرما را نشان می‌دهد. گرماسنج دیگری که با استفاده از آن گرمای واکنش را در فشار ثابت به‌طور دقیق اندازه‌گیری می‌کنند، گرماسنج شعله‌ای آدیاباتیک (شکل ۱۴) است. قسمت اصلی این گرماسنج در یک حمام آبی است که پیوسته به هم زده می‌شود. با سوزاندن کامل مقدار معینی واکنش دهنده در محل تشکیل شعله، افزایش دما اندازه‌گیری می‌شود.



شکل ۱۴- گرماسنج شعله‌ای با فشار ثابت، شامل دستگاه بالا است که در یک حمام آب در حال به هم خوردن است. با عبور مقدار معینی ماده از درون شعله، احتراق انجام و افزایش دما اندازه‌گیری می‌شود.

آهنگ واکنش

از صفحه ۷۵ تا ۸۳

واحد
یادگیری ۹

هدف‌های آموزشی

- با مفهوم تاریخ مصرف مواد غذایی آشنا شود.
- با شیوه‌های نگهداری و ماندگاری غذا آشنا شود.
- عوامل فیزیکی و شیمیایی مؤثر بر کوتاه شدن زمان ماندگاری غذا را بشناسد.
- به اهمیت روش‌های نگهداری و ماندگاری غذا پی ببرد.
- مفهوم آهنگ واکنش را درک کند.
- بتواند مثال‌هایی از محیط زندگی برای واکنش‌هایی با آهنگ تند و کند بیان کند.
- در فعالیت‌های گوناگون با مفهوم عوامل مؤثر بر سرعت واکنش آشنا شود.
- مهارت پیش‌بینی سرعت یک واکنش معین در شرایط سینتیکی گوناگون را کسب و در خود تقویت کند.

روش تدریس پیشنهادی: مشارکتی، بارش فکری

- ۱ چند نمونه از خوراکی‌های با درج تاریخ مصرف را در اختیار گروه‌ها قرار دهید و از آنها بخواهید پس از تبادل نظر در گروه به موارد زیر پاسخ دهند.
(آ درباره معنای تاریخ مصرف گفت و گو کنند.
- (ب) پس از پایان تاریخ مصرف احتمال چه تغییراتی در آنها وجود دارد؟
(پ) چه عواملی بر میزان تغییرات مؤثرند؟ چگونه می‌توان آهنگ این تغییرات را کند کرد یا سرعت بخشید؟
(ت) شیمی چه نقشی در معرفی و بررسی این تغییرات دارد؟
- ۲ نتایج گروه‌ها را به تابلو منتقل و پس از تبادل نظر آنها را به جمع‌بندی زیر هدایت کنید.

- هر ماده غذایی و خوراکی زمان ماندگاری مشخص دارد.
- عوامل محیطی مانند رطوبت، اکسیژن، نور و دما در چگونگی و مدت زمان ماندگاری مؤثرند.
- محیط مرطوب موجب رشد و تکثیر میکروب‌ها و فاسد شدن آنها می‌شود.
- هوای آزاد به دلیل تمایل زیاد اکسیژن برای واکنش با دیگر مواد موجب فاسد شدن سریع‌تر مواد غذایی می‌گردد.

- برای افزایش زمان ماندگاری مواد غذایی باید مانع ورود اکسیژن و جانداران ذره‌بینی به درون آنها شود.
- افزایش دما سبب کاهش زمان ماندگاری مواد غذایی می‌گردد.
- سینتیک شیمیایی به عنوان شاخه‌ای از علم شیمی به بررسی آهنگ تغییر شیمیایی در واکنش مواد بایکدیگر می‌پردازد و عوامل مؤثر بر این آهنگ را بررسی می‌کند.

۳ شکل ۱۱ صفحه ۷۷ کتاب درسی را در اختیار گروه‌ها قرار دهید و از آنها بخواهید پس از تبادل نظر تفسیر خودشان را جمع‌بندی و به تابلو کلاس منتقل کنند. آنها را هدایت کنید تا به موارد زیر برسند.

- هر تغییر شیمیایی در گستره‌ای از زمان رخ می‌دهد (چند صدم ثانیه تا چند سده)
- هرچه گستره زمان انجام یک تغییر کوچک‌تر باشد، آهنگ انجام آن تندتر است.
- در واکنش‌ها، آهنگ واکنش بیانی از زمان ماندگاری مواد است.
- آهنگ واکنش در گستره معینی از زمان را سرعت واکنش می‌نامند.
- زمان انجام واکنش (سرعت واکنش) به عواملی مانند دما، غلظت، نوع مواد واکنش دهنده و سطح تماس آنها و حضور کاتالیزگر بستگی دارد.

۴ از گروه‌ها بخواهید کاوش کنید. صفحه ۷۸ را انجام و در هر مورد بیان کنند کدام یک از عوامل مؤثر بر سرعت واکنش‌ها بررسی و به چه نتیجه‌ای منجر می‌گردد. آنها باید به نتایج زیر برسند.

- ازمایش ۱ : با کاهش مقدار واکنش دهنده سرعت واکنش کاهش می‌یابد.
- ازمایش ۲ : با کاهش دما سرعت واکنش کاهش می‌یابد.
- ازمایش ۳ : با افزایش سطح تماس واکنش دهنده‌ها سرعت واکنش افزایش می‌یابد.

۵ از گروه‌ها بخواهید خود را بیازمایید را بررسی و در هر مورد مشخص کنند کدام یک از عوامل مؤثر بر سرعت واکنش مورد بررسی قرار گرفته است آنها باید به نتایج زیر برسند.

- (آ) نوع مواد واکنش دهنده
 (ب) سطح تماس مواد واکنش دهنده
 (پ) دما
 (ت) مقدار مواد واکنش دهنده (غلظت مواد واکنش دهنده)
 (ث) کاتالیزگر

۶ برای گروه‌ها توضیح دهید برای افزایش زمان ماندگاری برخی مواد غذایی به آنها مواد نگهدارنده می‌افزایند. یکی از نگهدارنده‌ها بنزوئیک اسید است. با توجه به ساختار بنزوئیک اسید از گروه‌ها بخواهید به موارد زیر پاسخ دهند:

- گروه عاملی و فرمول مولکولی آن را مشخص کنند.
- چگونه نگهدارنده‌ها زمان ماندگاری مواد غذایی را افزایش می‌دهند.

۷ نتایج کار گروه‌ها را به تابلو کلاس منتقل و پس از تبادل نظر در کلاس جمع‌بندی نمایید.

بردانش خود بیفزایید

سینتیک شیمیایی

در ترموشیمی با ΔH واکنش آشنا شدید، کمیتی که براساس مقایسه محتوای انرژی مواد فراورده با واکنش دهنده، گرماده یا گرماگیر بودن واکنش را مشخص می‌کند. اما کمیت‌های ترموشیمیایی از زمان و راه انجام واکنش اطلاعاتی به دست نمی‌دهد. در واقع با دانش ترموشیمی نمی‌توان دربارهٔ سرعت و نحوهٔ انجام یک واکنش شیمیایی اظهار نظر کرد. برای نمونه به واکنش زیر توجه کنید:



با اینکه چنین واکنشی گرماده است و تمایل دارد پس از آغاز شدن تا مرز کامل شدن پیش برود اما در دمای اتاق به اندازه‌ای کند است که انجام نمی‌شود. شیمی‌دان‌ها چنین واکنش‌هایی را از دیدگاه ترمودینامیک شیمیایی مساعد اما از دیدگاه سینتیکی نامساعد می‌دانند. اگر در این سامانه جرقه یا توری

پلاتینی وارد شود، واکنش بسیار شدید و سریعی به شکل انفجاری انجام می‌شود، گویی در این شرایط به یک واکنش پربازده تبدیل می‌گردد زیرا در مدت زمان کوتاهی، مقدار چشمگیری فراورده تولید می‌کند. اینک می‌توان گفت که سینتیک شیمیایی شاخه‌ای از دانش شیمی است که به شیوه انجام واکنش، سرعت آن و عوامل مؤثر بر سرعت واکنش می‌پردازد.

برای نمونه در فرایندها بر سرعت واکنش به اندازه پیشرفت آن اهمیت دارد. در این فرایند صنعتی، ثابت تعادل ما را از میزان پیشرفت واکنش در دما و فشار معین آگاه می‌کند اما باید سرعت واکنش میان گازهای H_2 ، N_2 به اندازه‌ای باشد که با صرفه اقتصادی همراه شود. نمونه‌هایی از این دست نشان می‌دهد برای پیش‌بینی رفتار یک سامانه شیمیایی باید افزون بر ترمودینامیک شیمیایی هم‌زمان سینتیک شیمیایی نیز به کار گرفته شود.

سرعت واکنش از دیدگاه کمی

از صفحه ۸۳-۸۸

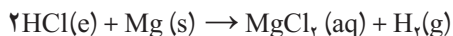
واحد
یادگیری ۱۰

هدف‌های آموزشی

- با سرعت واکنش از دیدگاه کمی آشنا شود.
- مفهوم سرعت متوسط مصرف یا تولید را درک کند.
- مهارت محاسبه سرعت متوسط مصرف یا تولید یک گونه شرکت کننده در واکنش را کسب و در خود تقویت کند.
- مهارت تفسیر نمودار تغییر مول یا غلظت بر حسب زمان گونه مصرف یا تولید شده را کسب و در خود تقویت کند.
- مهارت رسم نمودار مول – زمان یا غلظت – زمان گونه‌های شرکت کننده را کسب و در خود تقویت کند.

روش پیشنهادی: مشارکتی، بارش فکری

- توصیه می‌شود مراحل زیر را به ترتیب انجام دهید.
- ۱ داده‌های زیر را در اختیار گروه‌ها قرار دهید و از آنها بخواهید پس از بررسی جدول را کامل نمایند.
- در آزمایشی فلز منیزیم را بر محلول حاوی ۵۴/۰۲ گرم هیدروکلریک اسید اثر داده و نتایج آن مطابق جدول زیر ثبت شده است.



زمان	۰	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰s
جرم HCl	۵۴/۰۲	۲۹/۹۳	۱۳/۸۷			۰
جرم گاز H ₂	۰	۰/۶۶	۱/۱۰	۱/۳۲	۱/۴۳	۱/۴۸
مول گاز H ₂						
مول Mg						

تغییر مول H_2 ، ΔH					
تغییر زمان	۰-۱۰	۱۰-۲۰	۲۰-۳۰	۳۰-۴۰	۴۰-۵۰
$\frac{\text{تغییر مول } H_2}{\text{تغییر زمان}}$					

تغییر مول Mg					
تغییر زمان	۰-۱۰	۱۰-۲۰	۲۰-۳۰	۳۰-۴۰	۴۰-۵۰
$\frac{\text{تغییر مول Mg}}{\text{تغییر زمان}}$					

چرا تغییر مول بر تغییر زمان برای Mg منفی و H_2 مثبت است این تغییرات را چه می نامند؟
۲ جدول گروه را به تابلو کلاس منتقل و پس از بررسی به صورت زیر نتیجه گیری کنید. در شیمی سرعت منفی نداریم برای اینکه تغییرات مول بر زمان مثبت شود چه کنیم.

■ نسبت تغییرمول هر ماده بر زمان تغییر آن بیانگر سرعت مصرف یا تولید آن ماده است.
 ■ سرعت مصرف یا تولید یک ماده شرکت کننده در واکنش، در گستره زمان مشخص را سرعت متوسط آن ماده می نامند و با \bar{R} نشان می دهند

■ \bar{R} سرعت متوسط ماده فراورده : $\bar{R} = + \frac{\Delta n \text{ (فراورده)}}{\Delta t}$

■ \bar{R} سرعت متوسط واکنش دهنده : $\bar{R} = - \frac{\Delta n \text{ (واکنش دهنده)}}{\Delta t}$

۳ نموداری مول بر زمان برای Mg و H_2 را مجزا رسم کنید چه نتیجه گیری می کنند.
 چه رابطه ای بین تغییرات HCl و H_2 در یک بازه زمانی مشخص وجود دارد. بین سرعت آنها چه رابطه ای وجود دارد؟

سرعت متوسط مصرف و تولید مواد شرکت کننده در واکنش

با تابع $y = f(x)$ آشنا هستید و می‌دانید که سرعت از یک واژه همگانی به نام نرخ یا آهنگ تغییر

سرچشمه می‌گیرد. برای تابع $y = f(x)$ ، سرعت لحظه‌ای برابر با $\frac{dy}{dx}$ بوده و در گستره معین و قابل

اندازه‌گیری از x ، سرعت متوسط برابر با $\frac{\Delta y}{\Delta x}$ است.

در فیزیک اگر جسمی روی محور x حرکت کند، برای نشان دادن بردار مکان آن در لحظه t می‌توان x را با تابعی از زمان نشان داد $x = f(t)$ ، حرکت این جسم را می‌توان با نمودار «مکان-زمان» بررسی کرد که

در آن سرعت لحظه‌ای و سرعت متوسط جسم به ترتیب با $\frac{dx}{dt}$ و $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ گزارش می‌شوند.

در شیمی، مقدار (برحسب مول) یا غلظت هر ماده شرکت کننده در واکنش (هر جزء واکنش مانند ماده i)، وابسته به زمان بوده و یک تابع به‌شمار می‌رود. بنابراین برای ماده i می‌توان نوشت:

$$n(i) = f(t) \text{ و } [i] = f(t)$$

$n(i)$: مول ماده i ، t : زمان انجام واکنش و $[i]$: غلظت مولی ماده i .

انجام واکنش را می‌توان با نمودارهای «مول-زمان» و «غلظت-زمان» برای هر ماده شرکت کننده بررسی

کرد که در آن سرعت لحظه‌ای و سرعت متوسط ماده i به ترتیب با $R(i) = \frac{dn(i)}{dt}$ و $\bar{R}(i) = \frac{\Delta n(i)}{\Delta t}$

یا $\bar{R}(i) = \frac{\Delta [i]}{\Delta t}$ گزارش می‌شوند.

نمودار «مول-زمان» برای واکنش: $A \rightarrow B$ ، که در آن A و B جامد یا مایع هستند، به شکل

نمودار ۱ است (t_f = زمان پایان واکنش). این نمودار نشان می‌دهد. $\Delta n(A) = n(A)_f - n(A)_i < 0$

و $\Delta n(B) = n(B)_f - n(B)_i > 0$ بوده و چون سرعت متوسط کمیتی مثبت است، می‌توان نوشت:

$$\bar{R}(A) = -\frac{\Delta n(A)}{\Delta t} \text{ و } \bar{R}(B) = +\frac{\Delta n(B)}{\Delta t}$$

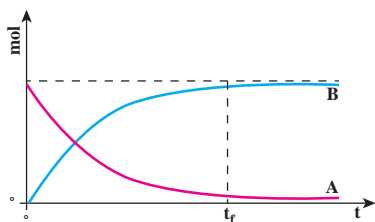
از آنجا که غلظت ماده جامد و مایع خالص در دمای معین،

مقداری ثابت بوده و به حجم سامانه بستگی ندارد، نمودار

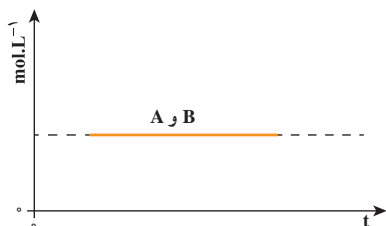
«غلظت-زمان» برای مواد A و B به شکل نمودار ۲ است.

بنابراین یکای سرعت متوسط مصرف یا تولید ماده جامد و

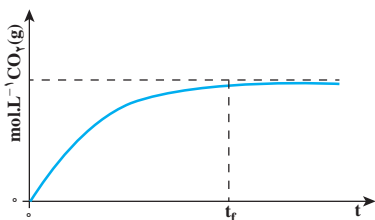
مایع خالص، «مول بر زمان» است نه «غلظت بر زمان».



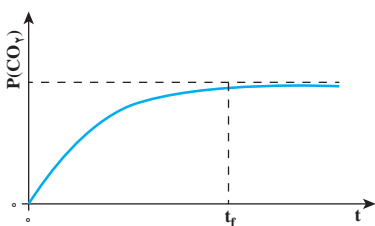
نمودار ۱- مول برحسب زمان برای مواد شرکت کننده



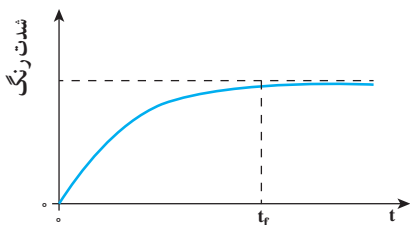
نمودار ۲- غلظت برحسب زمان برای مواد شرکت کننده - حالت جامد یا مایع



نمودار ۳- غلظت برحسب زمان برای فراورده



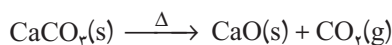
نمودار ۴- فشار گاز فراورده برحسب زمان



نمودار ۵- شدت رنگ سامانه برحسب زمان

در این کتاب درسی فرض می شود همه واکنش ها تا مرز کامل شدن پیش می روند و یا مقدار A در پایان واکنش نزدیک به صفر خواهد شد (نه برابر با صفر). به چنین واکنش هایی، واکنش یک طرفه می گویند.

چون برای هر ماده به حالت گاز یا محلول، حجم ظرف یا محلول اهمیت زیادی دارد، سرعت متوسط تولید یا مصرف چنین موادی را اغلب با یکای «غلظت مولی بر زمان» گزارش می دهند. بر این پایه نمودارهای «غلظت - زمان» برای گاز CO_2 حاصل از تجزیه گرمایی کلسیم کربنات جامد (سنگ آهک) بر حسب «مول - زمان» و «غلظت - زمان» برای اجزای جامد این واکنش مانند نمودار ۳ است.



گاهی اندازه گیری غلظت مولی یک ماده در زمان انجام واکنش دشوار است. در این شرایط می توان کمیتی مانند حجم گاز، فشار گاز یا شدت رنگ سامانه را که وابسته به غلظت است، در زمان انجام واکنش اندازه گیری کرد. سپس به جای نمودار «غلظت - زمان»، نمودار «کمیت وابسته به غلظت - زمان» را برای آن رسم نمود. برای نمونه اگر سامانه واکنش در تجزیه گرمایی کلسیم کربنات مجهز به فشارسنج باشد، می توان فشار گاز CO_2 را در زمان انجام واکنش اندازه گیری و نمودار «فشار - زمان» (نمودار ۴) را برای آن رسم کرد.

در واکنش تجزیه گرمایی دی نیتروژن تترااکسید، N_2O_4 و NO_2 به ترتیب بی رنگ و خرمایی رنگ هستند. بنابراین می توان در زمان های گوناگون شدت رنگ سامانه را به دلیل تولید NO_2 خرمایی رنگ، با دستگاه رنگ سنج اندازه گیری و نمودار ۵ را رسم کرد.

سرعت واکنش

از صفحه ۸۸ تا ۹۳

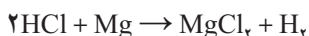
واحد
یادگیری ۱۱

هدف‌های آموزشی

- با مواد نگهدارنده و نقش آنها در ماندگاری غذا آشنا شود.
- با گروه عاملی کربوکسیل آشنا شود.
- به کمک روابط ریاضی اثر سطح تماس بر سرعت واکنش‌ها را بررسی کند.
- به رابطه میان شیب نمودار مواد شرکت‌کننده با ضریب استوکیومتری آنها در واکنش موازنه شده پی ببرد.
- مفهوم بازدارنده را درک کند.
- با برخی از بازدارنده‌های طبیعی آشنا شود.
- با مفهوم رادیکال آشنا شود.
- به رابطه میزان مصرف مواد غذایی و ردپای کربن دی‌اکسید پی برده و در جهت مصرف مناسب آن احساس مسئولیت کند.
- رابطه میان اصول شیمی سبز و راه‌های پیشنهادی کاهش پسماند مواد غذایی را درک کند.

روش تدریس پیشنهادی: مشارکتی، بارش فکری

- ۱ داده‌های زیر را در اختیار گروه‌ها قرار دهید و از آنها بخواهید پس از تبادل نظر در گروه و انجام محاسبات لازم جدول را کامل کنند.
- در آزمایش فلز منیزیم را بر محلول حاوی ۵۴/۰۲ گرم هیدروکلریک اسید اثر داده و برخی نتایج به‌دست آمده با گذشت زمان در جدول زیر ثبت شده است.



جدول ۱

زمان	۰	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰s
گرم جرم HCl	۵۴/۰۲	۲۹/۹۳	۱۳/۸۷			۰
گرم جرم لازم H	۰	۰/۶۶	۱/۱۰	۱/۳۲	۱/۴۳	۱/۴۸
مول HCl						
مول H _۲						

جدول ۲

تغییرات زمان	۰-۱۰	۱۰-۲۰	۲۰-۳۰	۳۰-۴۰	۴۰-۵۰s
تغییرات مول H _۲					
$\frac{\text{تغییرات مول H}_2}{\text{تغییرات زمان}}$					

جدول ۳

تغییرات زمان	۰-۱۰	۱۰-۲۰	۲۰-۳۰	۳۰-۴۰	۴۰-۵۰s
تغییرات مول HCl					
$\frac{\text{تغییرات مول HCl}}{\text{تغییرات زمان}}$					

۲ از گروه‌ها بخواهید جداول کامل شده را به تابلو کلاس منتقل و به سؤال‌های زیر پاسخ دهند.
تغییرات مول HCl و H_۲ را در هر بازه زمانی با هم مقایسه کنند.

بردانش خود بیفزایید

اندازه‌گیری سرعت واکنش

برای اندازه‌گیری R باید غلظت واکنش‌دهنده یا فراورده را با زمان دنبال کرد. در روش شیمیایی، چند ظرف با ترکیب یا مخلوط آغازی یکسان را در حمام با دمای ثابت جای می‌دهند و در فاصله‌های زمانی

معین نمونه‌ها را از حمام درآورده و واکنش درون آنها را کند یا متوقف نموده و مخلوط را به سرعت تجزیه شیمیایی می‌کنند. روش‌های کند کردن می‌توانند سرد کردن، بیرون آوردن کاتالیزگر، رقیق کردن زیاد مخلوط واکنش یا افزودن گونه‌هایی که به سرعت با یک واکنش‌گر ترکیب می‌شوند، باشند. نمونه‌های گازی را بیشتر با یک طیف‌سنج جرمی یا یک کروماتوگراف گازی اندازه‌گیری می‌کنند.

روش‌های فیزیکی آسان‌تر و دقیق‌ترند. در این روش‌ها یک خاصیت فیزیکی سامانه در حال واکنش را به شکل تابعی از زمان اندازه می‌گیرند. این روش‌ها امکانی فراهم می‌کنند تا واکنش را همان‌گونه که پیش می‌روند، دنبال کنیم. برای یک واکنش گازی که با پیشرفت واکنش، در سامانه بسته، مول‌ها در آن تغییر می‌کنند می‌توان فشار کل را اندازه‌گیری کرد (به شرط آنکه واکنش جانبی رخ ندهد). اگر واکنشی با تولید فراورده گازی همراه باشد، می‌توان جرم مخلوط واکنش را در زمان‌های گوناگون در یک سامانه باز دنبال کرد (در کتاب درسی این روند مشاهده می‌شود). اگر یکی از گونه‌ها، فعال نوری باشد می‌توان چرخش نوری را بررسی کرد. برای واکنش‌های یونی در محلول‌ها می‌توان اندازه‌گیری رسانایی الکتریکی با تابعی از زمان را به کار برد.

بیشتر واکنش‌گرها در یک ظرف بسته، مخلوط و نگهداری می‌شوند که به آن روش ایستا می‌گویند. در روش جاری، واکنش‌گرها پیوسته به‌درون ظرف واکنش در دمای ثابت، جریان داشته و فراورده‌ها پیوسته بیرون می‌روند. اندکی پس از آغاز واکنش، سیستم به حالت پایا رسیده و غلظت‌های خروجی با زمان، ثابت می‌مانند. رابطه سرعت و ثابت سرعت با اندازه‌گیری غلظت‌های خروجی برای چند غلظت ورودی، با سرعت جریان‌های گوناگون به‌دست می‌آیند. سیستم‌های جاری در صنایع تولید مواد شیمیایی کاربرد گسترده‌ای دارند.

به روش‌های بالا، روش‌های سینتیکی کلاسیک می‌گویند و برای واکنش‌هایی با نیمه عمر دست‌کم چند ثانیه به کار می‌روند (نیمه عمر زمانی است که در آن غلظت یک واکنش‌دهنده نصف می‌شود). برای واکنش‌های سریع که نیمه عمری از یک تا 10^{-11} ثانیه دارند مانند واکنش میان رادیکال‌های آزاد، واکنش‌های یونی در محلول‌های آبی و واکنش در سیستم‌های بیولوژیکی، روش‌های دیگری مانند روش آسایش به کار می‌رود.

سرعت واکنش

می‌دانید که سرعت متوسط هر ماده، متناسب با ضریب استوکیومتری آن ماده در معادله واکنش است. بنابراین می‌توان به تعداد اجزای واکنش، سرعت متوسط محاسبه کرد. از آنجا که کار کردن با یک سرعت، آسان‌تر از کار کردن با سرعت‌های گوناگون است، سرعت متوسط هر جزء واکنش را به ضریب استوکیومتری

آن تقسیم می‌کنیم. نتیجه این تقسیم، یکسان بوده و به آن سرعت واکنش می‌گویند. مهم‌ترین ویژگی سرعت واکنش این است که به ضریب استوکیومتری اجزای واکنش بستگی ندارد.

بر این پایه برای واکنش $aA + bB \rightarrow cC + dD$ می‌توان نوشت :

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

اگر بخواهیم سرعت واکنش را با یکای مول بر زمان گزارش کنیم، رابطه بالا به شکل زیر درمی‌آید :

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

اما اگر بخواهیم سرعت واکنش همگنی (در فاز گاز یا فاز محلول) را با یکای غلظت مولی بر زمان گزارش کنیم، می‌توان نوشت :

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

توجه کنید سرعت واکنش را نباید با واژه «سرعت متوسط واکنش» بیان کرد زیرا این کمیت می‌تواند به شکل زیر ارائه شود :

$$R(\text{واکنش}) = -\frac{1}{a} \frac{dn(A)}{dt} = -\frac{1}{b} \frac{dn(B)}{dt} = +\frac{1}{c} \frac{dn(C)}{dt} = +\frac{1}{d} \frac{dn(D)}{dt}$$