شیمی تکمیلی

سال سوم دوره‌ی راهنمایی تحصیلی

مرکز ملّی پرورش استعدادهای درخشان و دانش‌پژوهان جوان

شناسنامه:

- **عنوان کتاب: شیمی تکمیلی سال سوم دوره‌ی راهنمایی**
- **گردآوری و تألیف: حامد قربانی ، محمدرضا پورجاوید**
- **ویراستار: طاهره السادات رضوی**
- **هماهنگی و نظارت علمی: محمدرضا پورجاوید**
- **طراح جلد و رنگ آمیزی رایانه‌ای: حامد مشفق آرانی**
- **حروف چینی: گروه افرا**
- **صفحه آرایی: حامد مشفق آرانی**
- **شابک:**

www.chemyazd.com

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

مقدمه

فصل اوّل- تغییرات انرژی ۱
سوخت ۲
محتوای انرژی سوخت‌ها ۳
واکنش‌های گرماگیر و گرمادِه ۵
چه اتفاقی برای دما می‌افتد؟ ۶
نمودارهای سطح انرژی ۸
تشکیل شدن و شکستن پیوندها ۱۱
انرژی پیوند ۱۲

فصل دوم- سرعت واکنش‌ها ۲۱
اندازه‌گیری سرعت واکنش ۲۳
اثر سطح تماس ۲۶
اثر غلظت ۲۹
اثر دما ۳۱
کاتالیزگر ۳۴
آنزیم‌ها ۳۷

فصل سوم - واکنش‌های برگشت‌پذیر ۴۹
تعادل پویا ۵۳
تغییر در موقعیت تعادل ۵۵
اسید قوی و ضعیف ۵۸

فصل چهارم- ترکیب‌های یونی ۶۵
پیوند یونی ۶۶
ترکیب‌های یونی بیشتر ۶۸
ویژگی‌های ترکیب‌های یونی ۷۱
ساختار یونی شبکه‌ای ۷۳

فصل پنجم- پیوند کووالانسی ۷۹
ساختارهای کووالانسی شبکه‌ای ۸۳
ساختارهای مولکولی ساده ۹۱

مقدمه

شما تاکنون مفاهیم مقدماتی علم شیمی را آموخته‌اید و ضمن آشنایی با برخی از عنصرهای مختلف، ترکیب‌های حاصل از آن‌ها را نیز مورد مطالعه قرار داده‌اید. حال زمان آن رسیده است که با دقت بیشتری به بررسی چگونگی انجام واکنش‌های شیمیایی بپردازید.

انجام هر نوع واکنش شیمیایی با تغییر سطح انرژی مواد شرکت کننده در آن همراه است. با شناخت چگونگی این تغییرات می‌توان به درک صحیح‌تری از واکنش‌های مذکور رسید. به این ترتیب، فصل اوّل کتاب به همین موضوع اختصاص یافته است. از طرفی سرعت انجام یک واکنش شیمیایی نیز از اهمیت فراوانی برخوردار است، چرا که بعضی از واکنش‌ها باید با سرعت‌های زیاد انجام گیرند تا مفید واقع شوند در حالی که برخی دیگر بهتر است در سرعت‌های پایین انجام شوند. به همین دلیل در دومین فصل از این کتاب علاوه بر تعریف سرعت واکنش، به بررسی عوامل مؤثر بر آن نیز خواهیم پرداخت.

بررسی مسیرهای ممکن برای انجام یک واکنش نیز از اهمیت زیادی برخوردار است، ضمن آنکه چگونگی برقراری پیوند اتم‌ها با یکدیگر نیز تأثیر مستقیمی در خواص ترکیب حاصل از آن‌ها دارد. به همین دلیل دو نوع اصلی از انواع پیوندها (پیوند یونی و پیوند کووالانسی) مورد بررسی قرار خواهند گرفت. انتظار می‌رود بعد از مطالعه‌ی این کتاب بتوانید خواص بعضی از مواد و شیوه‌ی تولید آن‌ها را حدس بزنید و با بررسی شرایط اوّلیه‌ی هر واکنش، امکان انجام شدن یا انجام ناپذیر بودن آنرا مشخص کنید. ضمن آنکه از این پس به تنهایی قادر به مطالعه‌ی برخی از کتاب‌های شیمی عمومی و درک مطالب موجود در آن‌ها باشید.

کتاب حاضر به گونه‌ای طراحی شده است که تا حد امکان شرایط مناسب برای آموزش و یادگیری کامل مطالب ارائه شده را برای شما فراهم کند. در هر فصل از کتاب، آزمایش‌های گوناگونی مطرح شده‌اند تا دانش‌آموزان با انجام آن‌ها به درک بهتری از بحث‌های ارائه شده دست یابند. ضمن آنکه در مورد تمام این آزمایش‌ها توضیح مناسبی نیز داده شده است تا حتی اگر امکان انجام شان در آزمایشگاه برای شما وجود ندارد، با مطالعه‌ی این مطالب بتوانید به نتیجه‌های مورد نظر دست یابید. در برخی از آزمایش‌ها از علامت هشدار دهنده استفاده شده است که نشان دهنده‌ی لزوم در نظر داشتن احتیاط در رابطه با ماده یا موردی خاص است (در این موارد معلمین ارجمند بهترین راهنمای شما خواهند بود).

کلماتی که نیاز به توجه بیشتری در هنگام مطالعه داشته‌اند به صورت **پُر رنگ** نوشته شده‌اند و نکته‌های آموزشی مهم در داخل یک کادر قرار گرفته‌اند. در برخی موارد نیز از مثال‌ها و تمرین‌های گوناگون برای درک بهتر مطالب استفاده شده است. شکل‌ها و تصویرهای موجود در کتاب به گونه‌ای برگزیده شده‌اند که ضمن کمک به فرآیند آموزش شیمی، موجب تنوّع و زیبایی کتاب نیز باشند. در انتهای هر فصل، خلاصه‌ی بحث‌ها قرار دارد و در ادامه‌ی آن نیز پرسش‌ها و مسائل مختلفی برای خودآزمایی شما در نظر گرفته شده‌اند. از طرفی تقریباً در تمام فصل‌های کتاب، این پرسش‌ها از موارد ساده‌تر آغاز شده و تا مسائل پیشرفته ادامه یافته‌اند.

بدیهی است که کتاب حاضر، کامل و خالی از نقص نیست. لذا از کلیه‌ی همکاران محترم و دانش‌آموزان گرامی تقاضا می‌شود تا با بیان نظرها و پیشنهادهای سازنده‌ی خود، ما را در ارتقای سطح کیفی این اثر یاری فرمایند.

با سپاس

گروه گردآوری و تألیف

فصل اوّل

تغییرات انرژی

www.chemyazd.com

همه‌ی انسان‌ها به انرژی حاصل از واکنش‌های شیمیایی نیاز دارند. این انرژی ممکن است برای گرم کردن خانه‌ها مورد استفاده قرار بگیرد و یا در صنایع مختلف به کار گرفته شود. حتی بدن ما نیز برای ادامه‌ی حیات خود به انرژی واکنش‌های شیمیایی که در داخل بدن انجام می‌شوند احتیاج دارد.

در هنگام انجام واکنش‌های شیمیایی، انرژی از حالتی به حالت دیگر تبدیل می‌شود. معمولاً انرژی حاصل از واکنش‌های شیمیایی به صورت گرما درمی‌آید، امّا در مواقعی نیز این انرژی خود را به صورت نور و یا صدا نشان می‌دهد. آیا می‌توانید چند واکنش شیمیایی را که منجر به تولید گرما، نور و صدا می‌شوند نام ببرید؟

انرژی شیمیایی موجود در مواد مورد استفاده در آتش‌بازی به انرژی گرمایی، نور و صدا تبدیل می‌شود.

سوخت

سوخت‌ها انرژی‌های شیمیایی را در خود ذخیره کرده‌اند. زمانی که ماده سوختنی شروع به سوختن می‌کند، درحال انجام واکنش با اکسیژن بوده و انرژی شیمیایی آن در حال آزاد شدن است. ما می‌توانیم از این انرژی برای به دست آوردن نور و گرما استفاده کنیم.

غذا در بدن ما به عنوان سوخت عمل می‌کند. مواد قندی در سلول‌های بدن و در حضور اکسیژن می‌سوزند. البته این واکنش توسط تنفس سلولی کنترل می‌شود تا بدن شعله‌ور نشود!

برای ایجاد شعله به سه عامل زیر نیاز داریم:

• **سوخت** • **گرما** • **اکسیژن**

انتخاب سوخت

برای انتخاب سوخت باید به موارد زیر توجه کرد:

- مقدار (محتوای) انرژی موجود
- قیمت
- میزان آلودگی زیست محیطی
- میزان در دسترس بودن
- میزان سمی‌بودن
- سهولت استفاده و انبار کردن

تحقیق ۱ – ۱: مقایسه‌ی شعله‌ی چراغ بونزن

آزمایشی طراحی کنید تا با کمک آن بتوانید مشخص کنید شعله آبی چراغ انرژی بیشتری دارد یا شعله زرد آن. قبل از شروع آزمایش اطمینان پیدا کنید که سیستم مورد استفاده‌ی شما از نظر ایمنی قابل قبول است و امکان انجام آزمایشی بی‌خطر به وسیله‌ی آن وجود دارد. قبل از انجام آزمایش با معلم خود در مورد طرحی که داده‌اید مشورت کنید.

- کدام نوع شعله بهتر است؟ چرا؟

اگـر به خوبی دقت کنید متوجه خواهید شـد که در شـعله‌ی زرد رنگ چـراغ کمی‌دوده نیز وجود دارد. تولید دوده نشـانه‌ی **سـوختن ناقص** است. معادله‌ی واکنش سوختن کامل و ناقص گاز متان (CH_4) به صورت زیر است:

سوختن کامل: $CH_{4\,(g)} + 2O_{2\,(g)} \longrightarrow CO_{2\,(g)} + 2H_2O_{(g)}$

(در واکنش بالا انرژی بیشتری آزاد می‌شود)

سوختن ناقص: $2CH_{4\,(g)} + 3O_{2\,(g)} \longrightarrow 2CO_{(g)} + 4H_2O_{(g)}$

(یا) $CH_{4\,(g)} + O_{2\,(g)} \longrightarrow C_{(s)} + 2H_2O_{(g)}$

کربن (دوده)

محتوای انرژی سوخت‌ها

در هنـگام انتخـاب سـوخت یکـی از عوامل مهمی که باید مورد توجه قـرار گیرد، محتوای انرژی آن اسـت. برای مقایسه‌ی محتوای انرژی سـوخت‌های مختلف کافی اسـت کـه مقدار انرژی حاصل از سـوختن یک گـرم از هر نوع سوخت را به دست آوریم. در آزمایشی که برای این مقایسه انجام می‌دهیم باید تمام پارامترها (در تمام آزمایش‌ها) یکسـان باشند و تنها نوع (و نه مقدار) سوخت مورد استفاده تغییر کند.

محتوای انرژی مواد غذایی اغلب به صورت مقدار کالری در ۱۰۰ گـرم ماده غذایی بیان می‌شـود. هر کالری برابر با ۴/۲ ژول اسـت. چربی، روغن و کربوهیدرات‌ها دارای انرژی زیادی هستند و استفاده زیاد از آنها در برنامه غذایی باعث ایجاد چاقی در هر شخصی خواهد شد. به همین دلیل توصیه می‌شود که اگر به خوراکی‌هایی مانند چیپس، ژله و ... علاقه مند هستید، سعی کنید انواع کم چرب آنها را خریداری کنید.

مرکز ملی پرورش استعدادهای درخشان و دانش پژوهان جوان

برای انجام این کار، گرمای حاصل از سوختن یک گرم از هر ماده را برای گرم کردن مقدار مشخصی آب استفاده می‌کنیم. به این ترتیب میزان تغییر دمای آب می‌تواند معیاری برای مقایسه‌ی محتوای انرژی هر یک از سوخت‌ها باشد. برای این آزمایش از یک بشر آزمایشگاهی مخصوص از جنس فلز مس استفاده می‌کنیم که کالریمتر(نوعی گرماسنج) نامیده می‌شود.

- چرا بدنه‌ی کالریمتر باید از جنس فلز مس باشد؟
- چرا این بشر فلزی را کالریمتر می‌نامند؟

در این آزمایش لازم است تا جرم سوخت مورد استفاده نیز اندازه‌گیری شود. به این ترتیب با استفاده از رابطه‌ی زیر می‌توان مقدار انرژی انتقال یافته به آب را محاسبه کرد:

انرژی (J) = جرم آب (g) × (J/g × °C) ظرفیت گرمای ویژه‌ی آب × (°C) تغییرات دما

با استفاده از رابطه‌ی زیر می‌توان مقدار انرژی آزاد شده از ۱ گرم سوخت را محاسبه کرد:

مقدار انرژی برای ۱ گرم ماده = انرژی آزاد شده (J) / جرم سوخت مورد استفاده (g)

مثال

۰/۲ گرم سوخت دمای ۱۰۰ گرم آب را به مقدار $25\,^{\circ}C$ افزایش می‌دهد، محاسبه کنید به ازای هر گرم سوخت چه مقدار انرژی تولید خواهد شد؟ ظرفیت گرمایی ویژه‌ی آب را $4/2\ J/g.^{\circ}C$ درنظر بگیرید (یعنی برای افزایش دمای ۱ گرم آب به اندازه‌ی ۱ درجه‌ی سانتیگراد به ۴/۲ ژول انرژی نیاز خواهیم داشت):

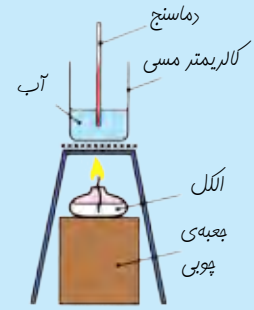
انرژی = $25 \times 4/2 \times 100 = 10500\ J$

مقدار انرژی برای ۱ گرم ماده = $10500 \div 0/2 = 52500\ J/g$ یا $52/5\ kJ/g$

تحقیق ۲ - ۱ مقایسه‌ی سوخت‌ها

با استفاده از این آزمایش می‌توان محتوای گرمایی الکل‌های مختلف را اندازه‌گیری کرد. مقدار مشخصی از چند الکل (مانند اتانول، متانول، ایزوپروپیل الکل و ...) را هر بار در چراغ الکلی بریزید و با استفاده از روش نشان داده شده میزان افزایش دمای مقدار مشخصی از آب را اندازه‌گیری کنید. به خاطر داشته باشید که باید قبل و بعد از حرارت دادن آب، چراغ الکلی و

الکل داخل آن را وزن کنید. با اســتفاده از اطلاعات به دست آمده از آزمایش، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:



- مقدار انرژی تولید شده از سوختن هر الکل را به دست آورید.
- مقدار انرژی تولید شده از سوختن هر گرم الکل را تعیین کنید.
- آیا می‌توانید رابطه‌ای بین مقدار انرژی تولید شده از سوختن هر گرم الکل با فرمول شیمیایی الکل‌ها به دست آورید؟
- به نظر شــما چه عواملی می‌توانند باعــث ایجاد خطا در این آزمایش شوند؟
- چگونه می‌توان صحّت نتایج به دست آمده از آزمایش را بیشتر کرد؟

واکنش‌های گرماگیر و گرمادِه

واکنش‌های گرمادِه

زغال(کربن) با اکسیژن واکنش می‌دهد. گرمای تولید شده در این واکنش گرماده باعث پختن غذا می‌شود.

حتماً تا به حال با نمونه‌ای از واکنش سوختن یک ماده‌ی سوختنی برخورد داشته‌اید. به نظر شما در چنین واکنشی گرما به محیط داده می‌شود و یا از محیط گرفته خواهد شد؟

واکنش‌هایی که به محیط انرژی می‌دهند واکنش **گرمادِه** نامیده می‌شوند. واکنش‌های سوختن، خنثی شدن و بسیاری از واکنش‌هایی که با اکسیژن انجام می‌شوند، گرماده هستند.

آزمایش ۳ – ۱ احساس گرما!

۲۵ میلی لیتر محلول مس سـولفات را در بشــر ریخته و به آن مقداری پودر روی اضافه کنید. سـپس مخلوط را با استفاده از حسگر دمایی به آرامی به هم بزنید. با دقت سطح بیرونی بشر را لمس کنید.

- چه اتفاقی را مشاهده می‌کنید؟
- دیواره‌ی بشر گرم می‌شود یا سرد؟
- آیا در این واکنش گرما آزاد خواهد شد؟
- آیا می‌توانید نمودار نشان داده شده در شکل را تفسیر کنید؟
- آیا می‌توانید معادله‌ی واکنش انجام شده را بنویسید؟

مرکز ملی پرورش استعدادهای درخشان و دانش‌پژوهان جوان

واکنش جانشینی بین روی و مس سولفات با آزاد کردن گرما همراه بوده و از نوع واکنش‌های گرماده است.

در واکنش‌های گرماده، انرژی معمولاً به صورت گرما آزاد می‌شود.

واکنش‌های گرماگیر

برخی از واکنش‌ها برای انجام شدن از محیط اطراف خود گرما می‌گیرند. به این دسته از واکنش‌ها، واکنش‌های گرماگیر می‌گویند. به عنوان مثال تجزیه‌ی حرارتی از نوع واکنش‌های گرماگیر است و برای انجام شدن باید همواره به آن گرما داده شود.

آزمایش ۴ – ۱ احساس سرما!

۲۵ میلی لیتر آب را در یک بشر ریخته و ۱۰ گرم پودر پتاسیم نیترات به آن اضافه کنید. سپس مخلوط را با استفاده از حسگر دمایی به آرامی به هم بزنید.

بشر را در کف دست خود نگه دارید.

- چه چیزی احساس می‌کنید؟
- انرژی گرمایی به دست شما داده شده است و یا از آن گرفته شده است؟
- آیا می‌توانید نمودار نشان داده شده در شکل را تفسیر کنید؟

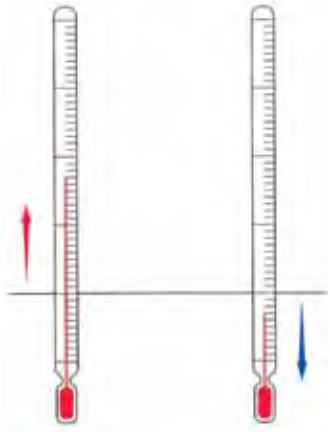
حل شدن پتاسیم نیترات در آب با گرفتن انرژی گرمایی از محیط همراه است. منظور از محیط در این واکنش مجموعه‌ی بشر، همزن شیشه ای، آب، هوای اطراف و حتی دست شما می‌باشد!

در واکنش‌های گرماگیر انرژی معمولاً به صورت گرما از محیط گرفته می‌شود.

چه اتفاقی برای دما می‌افتد؟

همانطور که می‌دانید برخی از واکنش‌ها با آزاد کردن انرژی و برخی دیگر با گرفتن انرژی همراه هستند. برای نمونه واکنش سوختن با آزاد کردن گرما همراه است. حال این سوال ایجاد می‌شود که دمای اطراف ماده‌ی سوختنی چه می‌شود؟ آیا این دما افزایش می‌یابد و یا کاهش خواهد یافت؟

بـه دو آزمایش قبل دقت کنید. در هر یک از آنها دما چه تغییراتی خواهد داشت؟


واکنش گرماگیر (کاهش دما)
واکنش گرماده (افزایش دما)

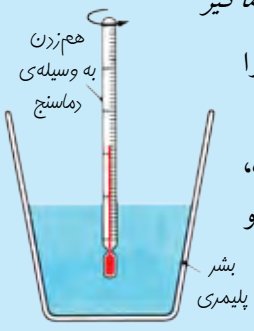
- در واکنش‌های **گرماده**، دما **افزایش** می‌یابد.
- در واکنش‌های **گرماگیر**، دما **کاهش** می‌یابد.

در آزمایش‌هـای زیـر چند واکنش را از نظـر گرماده یا گرماگیر بودن بررسی می کنیم:

آزمایش ۵ – ۱ گرماده یا گرماگیر

ابزارهای نشان داده شده در شکل را فراهم کنید.

با استفاده از روش نشان داده شده، آزمایش‌های زیـر را انجام دهید و جدول داده شده را کامل کنید.



کمترین و بیشـترین دما را در هر آزمایش ثبت کنید. می‌توانید برای سـاده‌تر شدن محاسـبه‌های خود فرض کنید ظرفیت گرمایی ویژه‌ی محلول به دسـت آمـده در هر آزمایش با ظرفیت گرمایی ویژه‌ی آب (۴/۲ ژول انرژی برای تغییر دادن دمـای ۱g (۱ cm^3) آب به اندازه‌ی ۱°C) برابر است.

اسید و باز

واکنش	دما قبل از انجام واکنش(°C)	دما بعد از انجام واکنش(°C)	گرماده یا گرماگیر؟
محلول سدیم هیدروکسید + هیدروکلریک اسید رقیق			
محلول سدیم هیدروژن کربنات + سیتریک اسید			
محلول مس سولفات + پودر منیزیم			
سولفوریک اسید رقیق + نوار منیزیم			

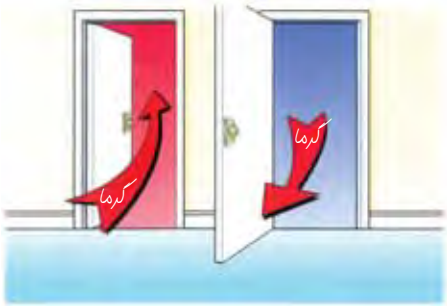
مرکز ملی پرورش استعدادهای درخشان و دانش‌پژوهان جوان

با توجه به نتایج آزمایش به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

- بیشتر واکنش‌های بالا گرماده هستند یا گرماگیر؟
- در آزمایش اوّل اسید و باز با هم واکنش می‌دهند. به این نوع واکنش چه می‌گویند؟
- در واکنش دوم چه گازی تولید می‌شود؟
- در آزمایش سوم چه نوع واکنشی انجام می‌شود؟
- در آزمایش آخر چه گازی آزاد می‌شود؟
- آیا با استفاده از یک حسگر دمایی حساس‌تر نتایج بهتری به دست خواهید آورد؟ چرا؟

نمودارهای سطح انرژی

تا اینجا با نمونه‌هایی از واکنش‌های گرماگیر و گرماده آشنا شده‌اید و مطالبی را در مورد چگونگی مبادله‌ی گرما در آنها آموخته‌اید.

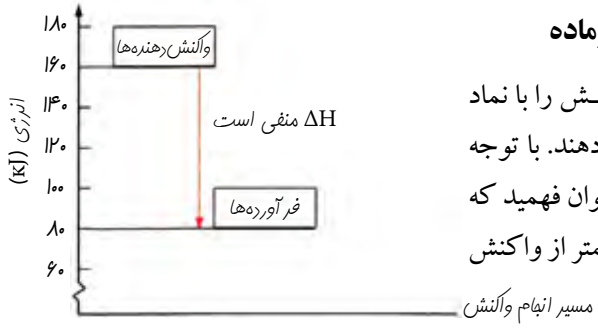


واکنش گرمازا؛ خارج شدن گرما از سیستم به محیط

واکنش گرماگیر؛ وارد شدن گرما از محیط به سیستم

انتقال انرژی در واکنش‌ها را می‌توان بر روی نمودارهایی به نام نمودار سطح انرژی نشان داد. این نمودار مقدار انرژی ذخیره شده در واکنش دهنده‌ها را با مقدار انرژی ذخیره شده در فرآورده‌ها مقایسه می‌کند (به خاطر دارید که واکنش دهنده‌ها همان موادی هستند که واکنش با آنها آغاز می‌شود و فرآورده‌ها نیز موادی هستند که بر اثر انجام واکنش تولید خواهند شد). به مثال‌های زیر توجه کنید:

نمودار سطح انرژی واکنش گرماده



«تغییرات انرژی» در یک واکنش را با نماد ΔH (بخوانید دلتا اچ) نشان می‌دهند. با توجه به نمودار نشان داده شده می‌توان فهمید که سطح (میزان) انرژی فرآورده‌ها کمتر از واکنش دهنده‌ها خواهد بود.

در واکنش‌های **گرماده**، ΔH دارای علامت **منفی** است.

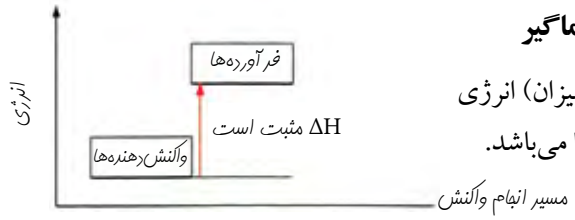
تفاوت انرژی واکنش دهنده‌ها و فرآورده‌ها به شـکل گرما آزاد می‌شـود. بنابراین دما افزایش می‌یابد. به عنوان مثال:

$$HCl + NaOH \longrightarrow NaCl + H_2O \qquad \Delta H = -۵۸\ kJ / mol$$

• نمودار سطح انرژی واکنش انجام شده بین HCl و NaOH را رسم کنید.

نمودار سطح انرژی واکنش گرماگیر

در واکنش‌های گرماگیر سـطح (میزان) انرژی فرآورده‌ها بیشتر از واکنش دهنده‌ها می‌باشد.



در واکنش‌های **گرماگیر**، ΔH دارای علامت مثبت است.

انـرژی اضافی مورد نیاز برای تولیـد فرآورده‌ها از محیط گرفته می‌شـود. بنابراین دما کاهش خواهد یافت.

شیمی‌در عمل: خاموش کردن آتش

پیش از این با مثلث آتش آشـنا شدیم. برای خاموش کردن آتش باید حداقل یکی از بخش‌های مثلث آتش را از بین ببریم.

حذف کردن گرما

آتش نشان‌ها معمولاً برای خاموش کردن خانه‌ای که در حال آتش سوزی است، به سمت شعله آب می‌پاشند. این عمل باعث سرد شدن شعله و خاموش شدن آن می‌شود.

• چرا آتش نشان‌ها ابتدا ناحیه‌هایی از ساختمان را کـه در اطراف آتش قرار گرفته‌اند را به خوبی آب پاشی می‌کنند؟

• در چه نوع آتش سـوزی‌هایی نباید از آب برای خاموش کردن استفاده کرد؟

حذف کردن سوخت

به آتش سوزی یک چاه گاز که در شکل نشان داده شده است نگاه کنید. برای مهار و خاموش کردن این شعله کافیست که جریان گاز را قطع کنیم. در طراحی جنگل‌های جدید، مناطقی را بدون کاشتن درخت رها می کنند.

• به نظر شما دلیل انجام این کار چیست؟

حذف کردن اکسیژن

آیا تا به حال در آشپزخانه‌ی منزل خود آتش سوزی داشته‌اید؟ گاهی اوقات ممکن است شخصی که مشغول آشپزی است، روغن و چربی را تا دمایی بیشتر از نقطه‌ی اشتعال این مواد حرارت دهد. نقطه‌ی اشتعال یک ماده دمایی است که در آن ماده شعله ور خواهد شد. اگر به چربی یا روغن در حال سوختن مقداری آب اضافه شود، باعث بیشتر شدن آتش خواهد شد. چرا که آب در چنین دماهای بالایی بخار می‌شود و روغن در حال سوختن را همراه با خود به هوا می‌برد. به شکل داده شده توجه کنید.

• پارچه‌ی خیس چگونه شعله ایجاد شده را خاموش می کند؟

• چرا باید پارچه‌ی خیس را تا مدتی بر روی ظرف آتش نگه داشت؟

برخی کپسول‌های آتش‌نشانی دارای گاز کربن دی اکسید هستند. این گروه از آتش خاموش کن‌ها بیشتر برای خاموش کردن شعله‌های ناشی از جریان برق مناسب هستند و از رسیدن اکسیژن به شعله جلوگیری می کنند.

• چرا نباید شعله‌های ناشی از جریان برق را با آب خاموش کرد؟

آیا تا به حال فکر کرده‌اید که چرا برای خاموش کردن آتش در محیط‌های باز استفاده از ابزارهای خاموش کننده‌ی دارای گاز کربن دی اکسید توصیه نمی‌شود و در چنین مکان‌هایی از کف استفاده می‌شود؟

در آتش خاموش کن‌هایی که دارای کف هستند، گاز کربن دی اکسید در داخل کف مایع به دام افتاده است و به این ترتیب می‌تواند شعله‌ی آتش را خاموش کند.

تشکیل شدن و شکستن پیوندها

برای شکستن پیوند باید انرژی مصرف شود.

همانطور که می‌دانید اتم‌ها در واکنش‌های شیمیایی ذره‌های کناری خود را تغییر می‌دهند و این یعنی پیوند بین اتم‌های اوّلیه باید شکسته شود. برای تولید فرآورده‌ها نیز لازم است پیوندهای جدیدی بین اتم‌ها تشکیل شوند.

آیا می‌دانستید که برای شکستن پیوند بین اتم‌ها به انرژی نیاز داریم؟ شکستن پیوند بین دو اتم مانند جدا کردن دو آهن ربا از یکدیگر است که باید برای آن انرژی زیادی مصرف کرد. بنابراین می‌توان نوشت:

شکستن پیوند به مصرف انرژی نیاز دارد. بنابراین یک فرآیند **گرماگیر** است.

نظر شما در مورد تشکیل پیوندهای جدید چیست؟ تشکیل پیوند هم مانند چسبیدن دو آهن ربا به یکدیگر از فاصله‌ای مشخص است که به علت نیروهای جاذبه‌ی موجود بین آنها اتفاق می‌افتد.

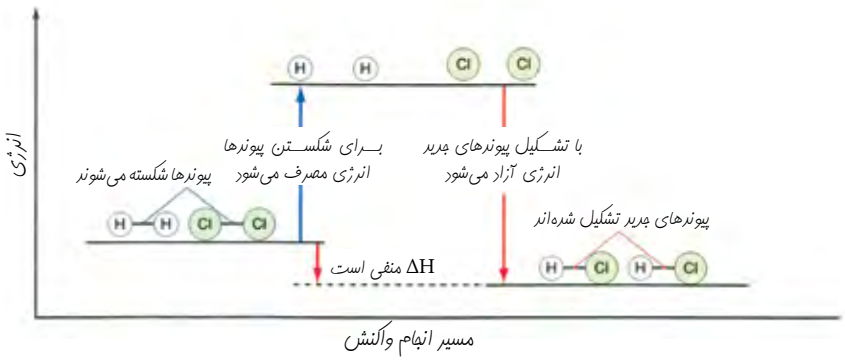
تشکیل شدن پیوند باعث تولید انرژی می‌شود. بنابراین یک فرآیند **گرماده** است.

مرکز ملی پرورش استعدادهای درخشان و دانش‌پژوهان جوان

می‌توان این دو حالت را در نمودار سطح انرژی نشان داد. بهتر است نگاهی به واکنش بین گاز هیدروژن (H_2) و گاز کلر (Cl_2) که منجر به تولید هیدروژن کلرید (HCl) می‌شود، داشته باشیم.

این واکنش برای شروع به انرژی اوّلیه نیاز دارد:

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



- کدام مرحله انرژی بیشتری دارد؟ شکستن پیوندهای اوّلیه (مرحله‌ی گرماگیر) و یا تشکیل پیوندهای جدید (مرحله‌ی گرماده) ؟
- واکنش کلی گرماده است یا گرماگیر؟

انرژی پیوند

برای شکستن پیوند بین اتم‌ها مقداری انرژی نیاز است که به آن **انرژی پیوند** می‌گویند. این انرژی برای پیوندهای مختلف متفاوت است. جدول زیر نشان می‌دهد که برخی از پیوندها قوی‌تر از برخی دیگر هستند. با توجه به اطلاعات موجود در این جدول مشخص کنید که کدام پیوند قوی‌تر است؟

پیوند	انرژی پیوند (kJ / mol)
H – H	۴۳۶
Cl – Cl	۲۴۲
H – Cl	۴۳۱
C – H	۴۱۳
C – C	۳۴۷
C – O	۳۳۵

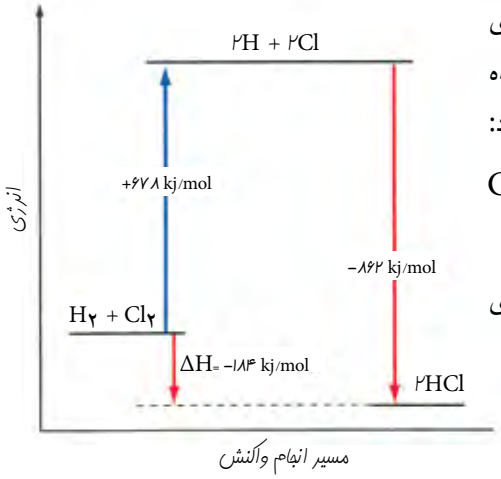
انرژی پیوند را مانند ΔH با واحد kJ / mol بیان می کنند. این مقدار انرژی برای شکستن تعداد معینی از پیوندها به کار می‌رود (شـیمیدان‌ها به این تعداد معین «مول» می گویند). در سـال‌های آینده با مفهوم مول آشنا خواهید شد.

محاسبه‌ی ΔH

با اسـتفاده از نمودار سـطح انرژی و مقادیر انرژی پیوند می‌توان تغییرات انرژی (ΔH) را برای یک واکنش تعیین کرد. دوباره به واکنش بین گاز هیدروژن و گاز کلر باز می گردیم. با استفاده از نمودار سـطح انرژی و جدول انرژی پیوند می‌توان مقدار گرمای تولید شـده (ΔH) در این واکنش را محاسـبه کرد:

چه تعـداد پیونـد $H - H$ و $Cl - Cl$ شکسته شده است؟

می‌توانیم فرض کنیم که این انرژی برای شروع شدن واکنش مورد نیاز است.



محاسبات انجام شده را می‌توان بر روی نمودار سطح انرژی نشان داد.

ابتدا باید تمام انرژی‌های پیوندی را با یکدیگر جمع کنیم. از آنجا که شکستن پیوندها به مصرف انرژی نیاز دارد، علامت انرژی در این قسمت مثبت خواهد بود:

$$E_1 = + [\ 1 \times (H - H)\ ] + [\ 1 \times (Cl - Cl)\ ]$$
$$= + (436 + 242) = + 678\ kJ / mol$$

چه تعداد پیوند جدید $H - Cl$ تشکیل شده است؟ همانطور که قبلاً دیدید، تشکیل پیوند با تولید گرما همراه است. بنابراین انرژی علامت منفی به خود می گیرد:

$$E_2 = - [\ 2 \times (H - Cl)\ ]$$
$$= - (2 \times 431) = - 862\ kJ / mol$$

مرکز ملی پرورش استعدادهای درخشان و دانش پژوهان جوان

حال می‌توان مقدار گرمای تولید شده (ΔH) در این واکنش را محاسبه کرد:

$$\Delta H = (+ ۶۷۸) + (- ۸۶۲)$$

$$= - ۱۸۴ \ kJ / mol$$

در نتیجه واکنش انجام شده گرماده است.

مقدار انرژی تولید شده از تشکیل پیوندهای جدید در این واکنش از مقدار انرژی مورد نیاز برای شکستن پیوندهای اوّلیه بیشتر است.

انرژی‌های پیوندی، مقادیر میانگین به دست آمده از پیوندهای موجود در مولکول‌های مختلف هستند. بنابراین با چنین محاسباتی ما مقدار تقریبی ΔH را به دست می‌آوریم.

شیمی‌در عمل: هیدروژن به عنوان یک سوخت

آیا شیوه‌ی شناسایی گاز هیدروژن را به خاطر دارید؟ هیدروژن با اکسیژن موجود در هوا واکنشی انفجاری می‌دهد و بخار آب تولید می‌کند.

هیدروژن + اکسیژن ⟶ آب

$$۲ H_۲ (g) + O_۲ (g) \longrightarrow ۲ H_۲O (g)$$

هیدروژن سبک‌ترین گاز موجود در جهان است. یکی از استفاده‌های اوّلیه از گاز هیدروژن در پُرکردن بالون‌های هوایی بود. امّا واکنش انفجاری هیدروژن با اکسیژن باعث ایجاد مشکلاتی برای سرنشینان این بالون‌ها شد. بنابراین از گاز سبک دیگری برای این منظور استفاده شد.

مفزن گاز هیدروژن در صندوق عقب خودروها نصب می‌شود.

آیا می‌دانید نام این گاز چیست؟

امروزه دانشمندان علاقه‌ی زیادی برای استفاده از هیدروژن به عنوان سوخت دارند. به معادله واکنش بالا نگاه کنید:

- به نظر شما آیا بر اثر سوختن گاز هیدروژن آلودگی ایجاد می‌شود؟
- به نظر شما خودروهایی که از سوخت هیدروژنی استفاده می‌کنند با چه مشکلاتی روبرو هستند؟

شـیمیدان‌ها تلاش‌های زیـادی کرده‌اند تا راهی برای نشـاندن (نگه داشـتن) گاز هیدروژن بر روی فلزهای واسـطه پیدا کنند. ایـن روش ایمن‌ترین راه برای ذخیره کردن گاز هیدروژن در خودرو است و فضای کمتری از آن را نیز اشغال می‌کند.

هیدروژن نقش مهمی‌در سـفرهای فضایی دارد. می‌توان از این ماده به عنوان سـوخت موشـک اسـتفاده کرد. هیدروژن مایع در مخزن‌های ویژه‌ای نگهداری شده و آماده‌ی واکنش با اکسیژن مایع است.

همچنین در **پیل‌هـای سـوختی** موجود در داخل فضاپیماهـا نیز از هیدروژن اسـتفاده می‌شود. به کارگیری پیل‌های سوختی، روش مناسـبی برای انجام واکنش بین هیدروژن و اکسیژن است. انرژی تولید شده در این پیل‌ها مستقیماً به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود.

هیدروژن یکی از اوّلین سـوخت‌هایی اسـت که در موشک‌ها مورد استفاده قرار گرفت. از طرفی این گاز در پیل‌های سوختی نیز برای تولید الکتریسیته مورد نیاز فضانوردان در سفینه‌های فضایی به کار گرفته می‌شود.

تحقیق ۶ – ۱ سوخت مناسب

فهرسـتی از مشخصات یک سـوخت مناسب (از نظـر خودتان) را تهیه کنیـد. به عنوان مثال می‌توانید از چنین مواردی استفاده کنید: مقدار انرژی تولید شـده، چگونگی جابجایی، نگهداری، ایمنی، آلودگی، سـهولت شعله ور شدن و ... . با کمک معلم خود سوخت‌هایی را که می‌توانید برای انجام آزمایش انتخاب کنید و روشـی را برای انتخاب بهترین سوخت از میان آنها ارائه کنید.

مرکز ملی پرورش استعدادهای درخشان و دانش‌پژوهان جوان

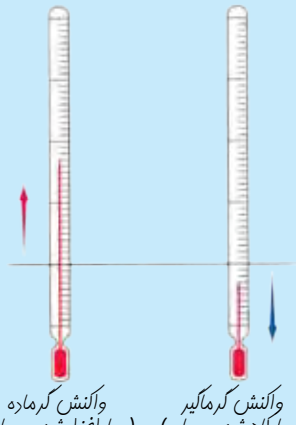
خلاصه‌ی فصل

• برای تولید آتش سه چیز مورد نیاز است: سوخت، گرما و اکسیژن. اگر هر یک از این عوامل وجود نداشته باشند، آتش تولید نخواهد شد.

• به واکنش ماده‌ی سوختنی با اکسیژن **سوختن**(احتراق) گفته می‌شود.

• وقتی یک هیدروکربن(ماده‌ای که فقط دارای C و H است) در حضور مقدار فراوانی اکسیژن می‌سوزد، گاز کربن دی اکسید و بخار آب تولید خواهند شد. این واکنش **سوختن کامل** نامیده می‌شود.

• اگر یک هیدروکربن در حضور مقدار کمی‌اکسیژن بسوزد، گاز کربن مونواکسید، دوده و بخار آب را تولید می‌کند. به چنین واکنشی **سوختن ناقص** می‌گویند که در مقایسه با سوختن کامل، انرژی کمتری تولید خواهد کرد.



• واکنش‌های **گرماده** باعث آزاد شدن گرما می‌شوند. بنابراین دما زیاد می‌شود.

• در واکنش‌های **گرماده**، ΔH دارای علامت منفی است.

• واکنش‌های گرماگیر باعث گرفتن گرما از محیط می‌شوند. بنابراین دما کاهش خواهد یافت.

• در واکنش‌های گرماگیر، ΔH دارای علامت مثبت است.

• با استفاده از انرژی‌های پیوند می‌توان مشخص کرد که در هنگام انجام واکنش، چه مقدار انرژی تولید و یا مصرف می‌شود.

پرسش‌ها

۱- جاهای خالی را با کلمه (های) مناسب پُر کنید:

برای تولید آتش به سه عامل سوخت، گرما و ..... نیاز داریم.
از سوختن هیدروکربن‌ها در حضور مقدار زیادی اکسیژن، کربن دی اکسید و ..... تولید می‌شوند و به چنین واکنشی، سوختن ..... می‌گویند. اگر مقدار اکسیژن کم باشد، گاز سمّی ..... و ..... تولید خواهند شد. به این نوع واکنش، سوختن ..... گفته می‌شود.
در واکنش‌های گرمازا ..... تولید می‌شود و دما ..... می‌یابد، در حالی که در واکنش‌های گرماگیر ..... گرفته (مصرف) شده و دما ..... خواهد شد.

۲- با توجه به معادله‌ی واکنش‌های زیر به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید:

$C + O_2 \longrightarrow CO_2 \qquad \Delta H = -۳۹۴\ kJ / mol$

$2C + O_2 \longrightarrow 2CO \qquad \Delta H = -۲۲۱\ kJ / mol$

آ) در کدامیک از این دو واکنش، سوختن یک گرم کربن موجب تولید انرژی بیشتری می‌شود؟

ب) توضیح دهید که چرا برای ایجاد حرارت در واحدهای صنعتی بزرگ استفاده از کُک (C) اهمیت دارد؟

۳- وحید ۲۰ گرم از دو اسیدضعیف A و B را وزن کرد. او هر یک از پودرهای اسیدی را در لیوانی ریخت که دارای محلول سدیم هیدروژن کربنات (جوش شیرین) بود. سپس با استفاده از دماسنج تغییرات دمای محلول را اندازه‌گیری کرد. وحید آزمایش خود را ۳ بار تکرار کرد و نتایج به دست آمده را در جدول زیر ثبت کرد:

اسید ضعیف	افزایش دما (°C)		
	آزمایش اوّل	آزمایش دوم	آزمایش سوم
A	۴	۹	۸
B	۲	۲	۳

آ) واکنش‌های انجام شده گرمازا هستند یا گرماگیر؟

ب) مقدار میانگین تغییرات دما را برای اسیدهای A و B محاسبه کنید.

پ) دامنه‌ی (گستره ی) تغییرات دما را برای هر یک از واکنش‌ها تعیین کرده و نظر خود را درباره‌ی صحت نتایج به دست آمده از این آزمایش‌ها بنویسید.

ت) وحید در هر آزمایش از $۲۵\ cm^3$ محلول جوش شیرین استفاده کرد. میانگین تغییرات انرژی در واکنش ماده A را مشخص کنید (فرض کنید برای افزایش دمای $۱\ cm^3$ آب به اندازه‌ی $۱\ °C$ به ۴/۲ ژول انرژی احتیاج داریم).

ث) به نظر شما آیا وحید به این نتیجه رسیده است که واکنش اسید ضعیف باعث تولید انرژی زیادی شده است؟ پاسخ خود را توضیح دهید.

مرکز ملی پرورش استعدادهای درخشان و دانش‌پژوهان جوان

۴- آ) سوخت اصلی خودروهای سواری بنزین است. توضیح دهید که چرا از اگزوز این خودروها گاز کربن مونواکسید خارج می‌شود؟

ب) مولکول‌های کربن مونواکسید می‌توانند به هموگلوبین خون متصل شوند. به نظر شما چرا این ویژگی باعث شده است تا کربن مونواکسید را به عنوان یک ماده‌ی سمّی در نظر بگیرند؟

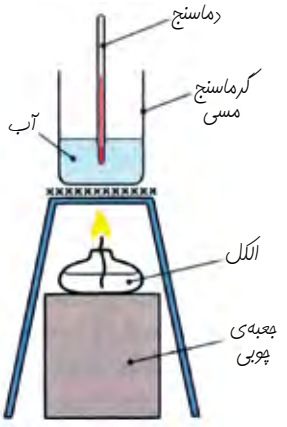
۵- به جدول زیر نگاه کنید:

واکنش	دمای ابتدایی (°C)	دمای پایانی (°C)
A + B	۱۹	۲۷
C + D	۲۰	۲۵
E + F	۱۹	۱۷

آ) به نظر شما هر یک از این واکنش‌ها گرماگیر هستند و یا گرماده؟ برای پاسخ خود چه دلیلی دارید؟

ب) با توجه به اینکه حجم محلول‌ها در واکنش‌های بالا یکسان بوده‌اند، مشخص کنید که کدام واکنش تغییرات انرژی بیشتری داشته است؟

۶- بر اثر سوختن یک ماده‌ی سوختنی، دمای ۵۰۰ گرم آب به اندازه‌ی ۴ °C افزایش می‌یابد:



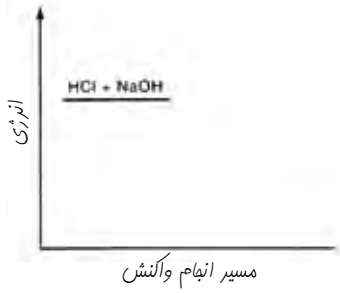
آ) مشخص کنید که سوختن این ماده چه مقدار انرژی تولید خواهد کرد؟ (فرض کنید برای بالا بردن دمای ۱ cm^3 آب به اندازه ۱ °C به ۴/۲ ژول انرژی نیاز داریم).

ب) مقدار سوخت مصرف شده در این آزمایش ۰/۲۵ گرم بوده است. انرژی تولید شده بر اثر سوختن ۱ گرم از این ماده را محاسبه کنید.

پ) روش مورد استفاده در این آزمایش را ارزیابی کنید.

۷- در یک بشـر مقداری هیدروکلریک اسـید ریخته و بر روی آن محلول سدیم هیدروکسید (سود سوزآور) اضافه می‌کنیم. واکنش این دو ماده باعث افزایش دما خواهد شد:

$$HCl + NaOH \longrightarrow NaCl + H_2O \qquad \Delta H = -۵۸\ kJ / mol$$



آ) با ذکر ۲ دلیل مشخص کنید که این واکنش گرماده است یا گرماگیر؟

ب) نمودار مقابل را کامل کنید:

۸- از سوختن هیدروژن در هوا، بخار آب تولید می‌شود:

$$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$$

آ) حالت فیزیکی واکنش دهنده‌ها و فرآورده‌ها را در این واکنش مشخص کنید.

ب) این واکنش به کدام دسته از واکنش‌های شیمیایی تعلق دارد؟

پ) نمودار سـطح انرژی را برای این واکنش رسـم کنید (توجه داشـته باشید که نمودار شامل شکستن و تشکیل پیوندها باشد. همچنین H_2 یک پیوند $H - H$ داشته و O_2 دارای یک پیوند دوگانه $O = O$ است. H_2O نیز دو پیوند $O - H$ خواهد داشت.

ت) با استفاده از جدول زیر مقدار ΔH را برای این واکنش تعیین کنید:

پیوند	انرژی پیوند (kJ / mol)
$H - H$	۴۳۶
$O = O$	۴۹۸
$O - H$	۴۶۴

ث) به نظر شما چرا انرژی پیوند $O = O$ از انرژی پیوندهای $O - H$ و $H - H$ بیشتر است؟

۹- به نظر شـما استفاده از هیدروژن به عنوان سوخت در خودروها چه مزیت‌ها و چه عیب‌هایی دارد؟

مرکز ملی پرورش استعدادهای درخشان و دانش‌پژوهان جوان

فصل دوم

سرعت واکنش‌ها

www.chemyazd.com

برخی از واکنش‌های شـیمیایی با سـرعت بالا و برخی دیگر با سـرعت پایین انجام می‌شوند. آیا می‌توانید واکنشی را نام ببرید که با سرعت بالایی انجام می‌شود؟

واکنش‌های سریع مانند انفجار دینامیت در کمتر از یک ثانیه انجام می‌شوند. واکنش‌های آهسته مانند سـفت شدن سـیمان ممکن است روزها، هفته‌ها و یا حتی سـال‌ها به طـول بیانجامند! آیا می‌توانیـد واکنشـی را نام ببرید که با سـرعت پایینی انجام می‌شود؟

مواد موجود در فشفشه‌ها باعث می‌شوند که آن‌ها در کمتر از یک ثانیه بسوزند.

سـوختن چوب کبریت بیشتر از چند ثانیه طول نخواهد کشید.

سال‌ها طول می‌کشد تا فلز مس استفاده شده در این سقف با هوا واکنش دهد.

«سرعت واکنش» چیست؟

سـرعت واکنش به ما نشـان می‌دهـد که یک واکنـش **چقدر سـریع** انجام می‌شـود. یکی از پارامترهـای مـورد توجه در صنعت، سـرعت انجام واکنش می‌باشـد. صنعتگـران باید بدانند که در هر سـاعت، روز و یـا هفته می‌توانند چه مقدار محصول تولید کنند. برای مثال در برخی ازکارخانه‌های تولید شـامپو در هـر دقیقه ۱۰۰ بطری شامپو ساخته می‌شود!

سـرعت واکنش را نمی‌توان از روی معادله‌ی واکنش پیش بینی کرد. با دانسـتن معادله‌ی یک واکنش می‌توان مقدار محصول را مشـخص کرد امّا درباره‌ی سـرعت و مدت زمان رسیدن به محصول مورد نظر اطلاعاتی به دست نمی‌آوریم.

سرعت واکنش را فقط باید با انجام آزمایش بدست آورد.

درهنـگام انجـام واکنش می‌توان مقـدار واکنش دهنده‌های مصرف شـده و یـا مقدار تولید فرآورده‌ها را **در یک زمان مشخص** به دست آورد. به معادله‌ی زیر توجه کنید:

سرعت واکنش = مقدار تولید محصول یا مقدار مصرف واکنش دهنده ÷ زمان

اندازه‌گیری سرعت واکنش

پیش از این با واکنش کلسیم کربنات با هیدروکلریک اسید آشنا شدید:

$$CaCO_{3\,(s)} + 2\,HCl_{(aq)} \longrightarrow CaCl_{2\,(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2\,(g)}$$

کلسیم کربنات — هیدروکلریک اسید — کلسیم کلرید — آب — کربن دی اکسید

واکنش دهنده‌ها — فرآورده‌ها

به نظر شما چگونه می‌توان سرعت واکنش بالا را تعیین کرد؟

می‌توان سـرعت مصرف یکی از واکنش دهنده‌ها را به دسـت آورد. امّا به دست آوردن مقدار کلسیم کربنات یا هیدروکلریک اسید مصرف شده کار ساده‌ای نیست.

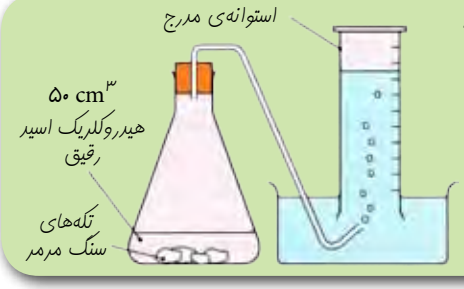
حال ببینیم که آیا می‌توان مقدار تولید شده‌ی یکی از فرآورده‌ها را به دست آورد یا خیر!

کدامیک از فرآورده‌های این واکنش به شکل گاز است؟ به دست آوردن **مقدار گاز** تولید شده در واکنش کار ساده‌تری است.

آزمایش‌های زیر چگونگی تعیین سرعت واکنش را نشان می‌دهند:

آزمایش ۱ – ۲ حجم گاز تولید شده (۱)!

وسایل نشان داده شده در شکل مقابل را آماده کنید:



مرکز پرورش استعدادهای درخشان و دانش‌پژوهان جوان

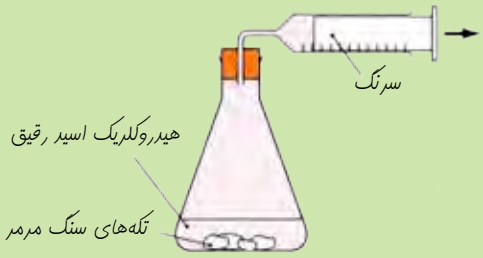
بعد از هر ۳۰ ثانیه حجم گاز تولید شده را اندازه‌گیری کنید. به محض اینکه درب پوش ارلن را در جای خود قرار دادید، زمان سنج را فعال کرده و نتایج را در جدول زیر ثبت کنید (در صورت نیاز می‌توانید جدول را گسترده‌تر کنید):

زمان (s)	حجم گاز (cm^3)
۰	۰
۳۰	
۶۰	
۹۰	

نمودار نتایج حاصل از این آزمایش را رسم کنید (زمان را به عنوان محور x و حجم گاز کربن دی اکسید را به عنوان محور y در نظر بگیرید).

آزمایش ۲ – ۲ حجم گاز تولید شده (۲)!

سیستمی‌مانند آنچه در شکل نشان داده شده است را فراهم کنید:



اسید

آزمایش را مانند آزمایش قبل تکرار کنید. هر وقت حجم گاز تولید شده به $100\ cm^3$ رسید درب پوش را بردارید. حال با استفاده از نتایج آزمایش نموداری مانند نمودار آزمایش قبل رسم کنید.

- توضیح دهید که چرا برای نمایش نتایج خود از نمودار خطی استفاده می‌کنید؟

آزمایش ۳ – ۲ اندازه‌گیری جرم گاز تولید شده

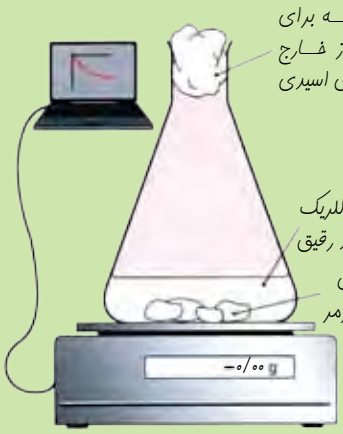
اسید

سیستمی‌مانند آنچه در شکل نشان داده شده است را تهیه کنید:

پس از هر ۳۰ ثانیه جرم را اندازه‌گیری کرده و در جدول زیر ثبت کنید:

زمان (s)	جرم (g)	کاهش جرم (g)
۰		۰
۳۰		
۶۰		
۹۰		

نمودار نتایج حاصل از آزمایش را رسم کنید (محور x نشان دهنده‌ی زمان و محور y بیانگر کاهش جرم گاز در نظر گرفته شود).

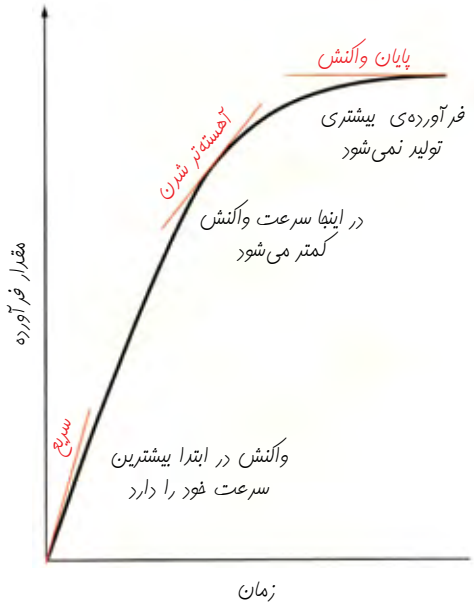


ترازو (با دقت اندازه‌گیری ۰/۰۱ گرم)

نمودار و سرعت واکنش

آیا نمودارهایی که در آزمایش‌های قبل رسم کردید شبیه نمودار داده شده در این شکل بودند؟

با استفاده از نمودار می‌توان سرعت واکنش را در هر لحظه محاسبه کرد. **شیب** چنین نموداری سرعت واکنش را در هر لحظه از واکنش نشان می‌دهد.



هرچه شیب نمودار بیشتر باشد، سرعت واکنش بیشتر است.

به نمودار داده شده نگاه کنید:

- در کدام قسمت از نمودار، سرعت واکنش بیشتر است؟
- چرا با گذشت زمان سرعت واکنش کاهش می‌یابد؟
- چطور می‌توان فهمید که واکنش پایان یافته است؟

مرکز ملی پرورش استعدادهای درخشان و دانش‌پژوهان جوان

اثر سطح تماس

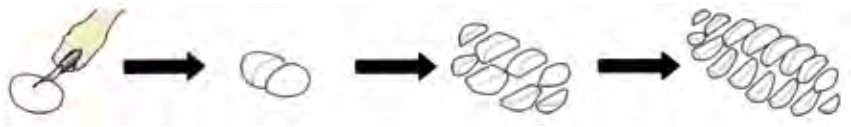
قطعات بزرگ زغال با سرعت کمی می‌سوزند، درحالی که پودر زغال پراکنده شده در هوا باعث انفجار در معادن می‌شود!

آیا تابه حال سعی کرده‌اید که در بیرون از خانه آتش درست کنید؟ به نظر شما برای ایجاد شعله بهتر است از تنه‌ی یک درخت استفاده شود یا به کار گیری شاخه‌های کوچک آن مناسب‌تر خواهد بود؟

می‌دانیم که قطعه‌های ریز جامد (مخصوصا اگر به صورت پودر باشند) در مقایسه با قطعه‌های بزرگتر با سرعت بیشتری واکنش خواهند داد.

دو ماهی تابه را درنظر بگیرید که یکی از آنها دارای قطعه‌های بسیار ریز سیب زمینی است و در داخل دیگری قطعه‌های درشت سیب زمینی وجود دارد. سیب زمینی‌های موجود در کدام ظرف سریع‌تر پخته می‌شوند؟ قطعه‌های سیب زمینی در کدام ظرف سطح تماس بیشتری دارند؟

سطح تماس نشان دهنده‌ی مقدار سطح در دسترس ماده‌ی جامد برای انجام واکنش است. درنتیجه برای مقدارهای یکسانی از سیب زمینی، قطعه‌های کوچکتر نسبت به قطعه‌های بزرگتر سطح تماس بیشتری دارند.



با بریدن سیب زمینی در هر مرحله، سطح تماس آن را بیشتر می‌کنید.

در آزمایش زیر اثر سطح تماس بر سرعت واکنش مورد بررسی قرار می‌گیرد:

آزمایش ۴ – ۲ اثر سطح تماس بر روی سرعت واکنش

وسایل نشان داده شده در شکل را آماده کنید:
آزمایش را مانند آزمایش ۳ – ۲ انجام دهید. آزمایش را دو مرتبه تکرار کنید.
تنها موردی که باید تغییر داده شود، اندازه‌ی قطعه‌های سنگ مرمر است. ابتدا از ۵ گرم سنگ مرمر با اندازه‌های بزرگ استفاده کنید و سپس همین مقدار سنگ مرمر را با اندازه‌های کوچک‌تر آزمایش کنید.

- قطعه‌های بزرگ سنگ مرمر سطح تماس بزرگ‌تری دارند یا قطعه‌های کوچک آن؟
- چرا باید به غیر از اندازه‌ی ذرات تمام پارامترهای دیگر ثابت باشند؟

نتایج به دست آمده در هر دو آزمایش را در یک نمودار رسم کنید (در محور x زمان را نشان دهید و محور y را نیز برای نشان دادن کاهش جرم گاز در نظر بگیرید).

- کدام خط در نمودار شیب بیشتری دارد؟
- کدام اندازه از سنگ مرمر با سرعت بیشتری واکنش می‌دهد؟
- با افزایش سطح تماس سرعت واکنش چه تغییری می‌کند؟

اسید

ترازو (با دقت اندازه‌گیری ۰/۰۱ گرم)

با افزایش سطح تماس سرعت واکنش افزایش می‌یابد.

نظریه‌ی برخورد

همانطور که می‌دانید تمامی‌مواد از ذره ساخته شده‌اند، که این ذرات می‌توانند اتم، مولکول و یا یون باشند. قبل از انجام واکنش شیمیایی این ذرات سازنده باید با یکدیگر برخورد کنند. این برخورد باید دارای انرژی کافی باشد.

این نظریه را **نظریه‌ی برخورد** می‌نامند.

به نظر شما با افزایش سرعت واکنش تعداد برخوردهای بین ذرات چه تغییری می‌کند؟

ذرات واکنش دهنده باید قبل از انجام واکنش با انرژی زیادی با یکدیگر برخورد کنند. کمترین انرژی مورد نیاز برای شروع یک واکنش شیمیایی را **انرژی فعالسازی** می‌گویند.

هر قدر تعداد برخوردهای بین ذرات در مدت زمان معینی افزایش یابند، سرعت واکنش نیز بیشتر می‌شود.

مرکز ملی پرورش استعدادهای درخشان و دانش‌پژوهان جوان

بررسی اثر سطح تماس بر سرعت واکنش

با گرم کردن آهن در هوا، این فلز با اکسیژن هوا واکنش می‌دهد. محصول این واکنش چیست؟

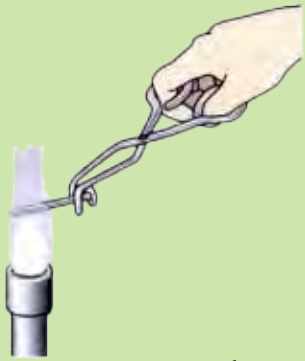
آزمایش ۵ – ۲ جرقه زن‌ها!

رفتار هر یک از مواد زیر در هنگام گرما دادن را با یکدیگر مقایسه کنید:

۱- میخ آهنی

۲- سیم ظرفشویی آهنی

۳- براده‌ی آهن



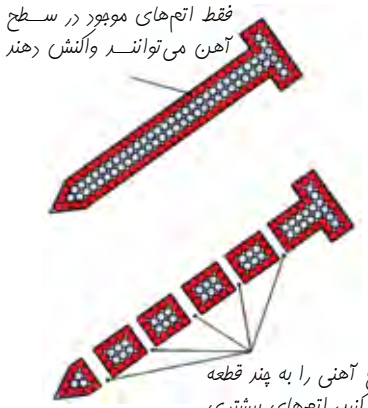
میخ و سیم ظرفشویی آهنی را با انبر روی شعله‌ی گاز بگیرید، همچنین با استفاده از قاشقک آزمایشگاهی براده‌ی آهن را روی شعله بپاشید.

- هر سه ماده‌ی گفته شده را از نظر مقدار سطح تماس با یکدیگر مقایسه کنید.
- سطح تماس چه تأثیری بر روی سرعت واکنش مواد داشت؟

سوختن براده‌های آهن را به یاد بیاورید. براده‌های آهن سطح تماس بسیار زیادی دارند. تعدادی زیادی اتم‌های آهن در معرض واکنش با اکسیژن قرار می‌گیرند و مولکول اکسیژن می‌تواند به هریک از این اتم‌های آهن حمله کرده و یا برخورد کند. بنابراین در زمان معینی تعداد برخوردها افزایش می‌یابد و واکنش با سرعت بیشتری انجام خواهد شد.

همین وضعیت را می‌توان با میخ آهنی مقایسه کرد. میخ آهنی سطح تماس کوچکی دارد. بنابراین با سرعت کمی‌در واکنش شرکت می‌کند.

هنگامی که توده‌ی جامدی را به قطعه‌های کوچکتر تقسیم می‌کنیم، قطعه‌های کوچکتر موجب می‌شوند که واکنش شیمیایی با سرعت بیشتری انجام شود.



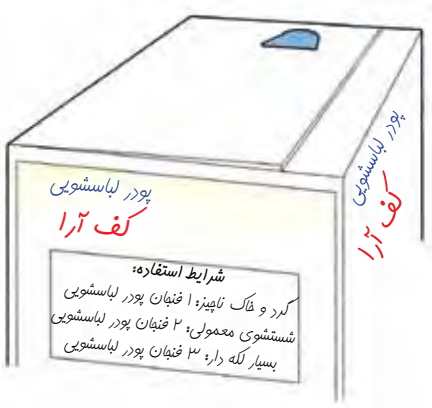
فقط اتم‌های موجود در سطح آهن می‌توانند واکنش دهند

اگر میخ آهنی را به چند قطعه تقسیم کنید، اتم‌های بیشتری از آن در معرض انجام واکنش قرار خواهند گرفت

در تــوده‌ی جامد ذرات کمتری در معرض انجام واکنش قرار می‌گیرند ولی با خرد کردن آن، سطح فعال برای انجام واکنش بیشتر شده و واکنش با سرعت بیشتری انجام می‌گیرد. خرد کردن بیش از حد ذرات جامد ممکن است باعث شود که واکنش آنها حالتی انفجاری داشته باشد.

اثر غلظت

بــه دســتور العمل نوشــته شــده بــر روی پودر لباسشویی مقابل نگاه کنید:



پودر لباسشــویی در آب حل می‌شود و تشکیل یــک محلــول را می‌دهد. در این پــودر موادی وجــود دارند که می‌توانند با لکه‌ها واکنش داده و آنها را از سطح لباس جدا کند.

بــه نظر شــما بــا افزایش مقــدار پودر ماشــین لباسشویی، غلظت محلول شــوینده چه تغییری می‌کند؟

کدام محلول پودر لباسشویی غلیظ تر است؟

اگر لباس‌هایی که قرار اســت شسته شوند خیلی لکه‌دار و کثیف نباشند، می‌توان با مصرف مقدار کمتری از پودر شوینده در هزینه نیز صرفه‌جویی کــرد. امّا اگــر لباس‌هــا خیلی کثیف باشــند، اســتفاده از پودر شــوینده کم باعث می‌شود که لباس‌ها به خوبی شســته نشوند و مجبور شویم چندین بار آنها را بشــوییم. به همین خاطر بهتر است به دســتور العمل نوشته شده بر روی پودر لباسشویی عمل کنیم و فقط لباس‌ها را یک مرتبه بشوییم. با افزودن مقدار پودر شوینده، غلظت محلول نیز افزایش می‌یابد. به نظر شــما با افزایش غلظت محلول شــوینده سرعت واکنش آن با لکه‌ها چه تغییری می‌کند؟

آزمایش ۶ – ۲ اثر غلظت بر سرعت واکنش

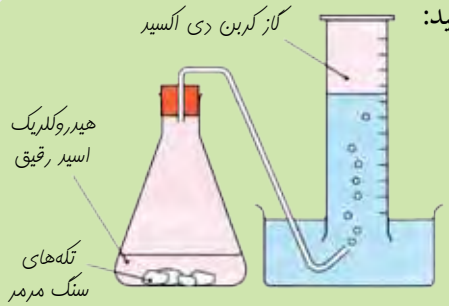
اسید

در این آزمایش هر بار **غلظت اسید** را تغییر می‌دهیم.

- در این آزمایش چه عواملی (پارامترهایی) باید ثابت در نظر گرفته شوند؟

مرکز ملی پرورش استعدادهای درخشان و دانش‌پژوهان جوان

وسایل نشان داده شده در شکل را آماده کنید:



مدت زمان‌هایی را که طول می‌کشد تا حجمی معادل با $20cm^3$ از گاز تولید شود را در جدول زیر ثبت کنید:

- کدام آزمایش با سرعت بیشتری انجام می‌شود؟
- با افزایش مقدار اسید، سرعت واکنش چه تغییری می‌کند؟

اسید (cm^3)	آب (cm^3)	زمان جمع آوری $20cm^3$ گاز (ثانیه)
۱۰	۴۰	
۲۰	۳۰	
۳۰	۲۰	
۴۰	۱۰	
۵۰	۰	

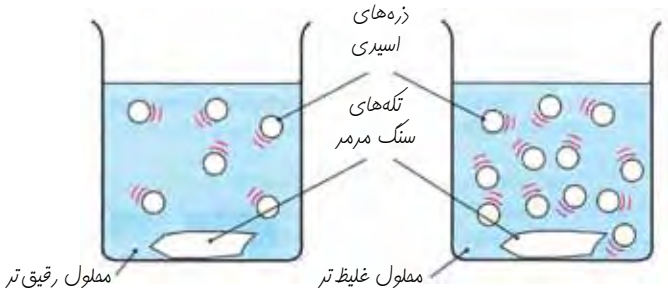
غلظت کمتر ↓ غلظت بیشتر

با افزایش غلظت، سرعت واکنش افزایش می‌یابد.

بررسی اثر غلظت بر سرعت واکنش

در مطالب قبلی با نظریه‌ی برخورد آشنا شدید. با استفاده از این نظریه می‌توان توضیح داد که چرا با افزایش غلظت محلول سرعت واکنش افزایش می‌یابد. اجازه دهید به واکنش انجام شده در آزمایش قبل نگاهی دوباره بیندازیم:

ذره‌های اسید فقط در هنگام برخورد با ذره‌های سنگ مرمر با آنها واکنش می‌دهند. به شکل‌های زیر نگاه کنید:



- واکنش انجام شده در کدام بشر سریع‌تری است؟
- چرا؟

ذره‌های اسید به طور اتفاقی در آب حرکت می‌کنند. با افزایش غلظت اسید تعداد ذره‌های موجود از آن در حجم معینی از محلول افزایش می‌یابد و تعداد بیشتری از ذره‌های اسیدی شانس واکنش با ذره‌های سطحی سنگ مرمر را خواهند داشت. در نتیجه سرعت واکنش افزایش می‌یابد.

واکنش‌های گازی

به سرنگ‌های شکل مقابل نگاه کنید:

با افزایش فشار گاز، تعداد برخوردهای بین ذره‌ها در مدت زمانی معین افزایش می‌یابند.

با بستن انتهای سرنگ، فشار گازهای موجود در داخل سرنگ را تا چه حدی می‌توان افزایش داد؟ با فشرده کردن پیستون سرنگ، تعداد ذره‌های گازی تغییری نمی‌کنند ولی همین تعداد در حجم کوچکتری قرار می‌گیرند. به عبارت دیگر غلظت گاز افزایش خواهد یافت. بنابراین:

در واکنش‌های گازی با افزایش فشار، سرعت واکنش افزایش می‌یابد.

اثر دما

چرا مواد غذایی را در یخچال نگهداری می‌کنیم؟ در مواد غذایی ترکیباتی وجود دارند که می‌توانند با اکسیژن هوا واکنش دهند.

آیا تابه حال مزه‌ی شیر فاسد شده را چشیده‌اید؟ اگر این کار را انجام دهید متوجه ترش مزه بودن آن می‌شوید (البته انجام چنین کاری را پیشنهاد نمی‌کنیم). روغن و چربی موجود در بسیاری از مواد غذایی در تماس با هوا ترش مزه می‌شوند. این مواد با اکسیژن هوا واکنش داده و اسید تولید می‌کنند.

دمای کم یخچال سرعت فاسد شدن مواد غذایی را کاهش می‌دهد. برای مشاهده‌ی اثر دما بر روی سرعت واکنش‌ها، واکنش زیر را انجام می‌دهیم:

مرکز ملی پرورش استعدادهای درخشان و دانش‌پژوهان جوان

آزمایش ۷ – ۲ اثر دما بر روی سرعت واکنش

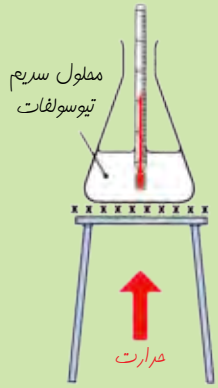
مقدارهای یکسانی از محلول سدیم تیوسولفات و محلول رقیق شده‌ی هیدروکلریک اسید را در ارلن بریزید.

مدت زمانی را که طول می‌کشد تا علامت X ناپدید شود را اندازه‌گیری کنید.

- مشاهدات خود را بنویسید.

با گذشت زمان و به دلیل تولید گوگرد، محلول کاملا کدر می‌شود. برای به دست آوردن سرعت واکنش می‌توان مدت زمان کدر شدن محلول را اندازه‌گیری کرد. شکل داده شده چگونگی انجام واکنش را نشان می‌دهد:

در هر آزمایش ۵۰ میلی لیتر محلول سدیم تیوسولفات را در دماهای داده شده در جدول زیر به ارلن اضافه کنید و ارلن را روی علامت X قرار دهید. سپس به آن ۵ میلی لیتر محلول اسید اضافه کنید و ارلن را به هم بزنید و مدت زمانی که طول می کشد تا علامت X ناپدید شود را اندازه گیری کنید. نتایج آزمایش را در جدول زیر ثبت کنید:



دما (°C)	زمان ناپدید شدن علامت X (ثانیه)
۲۰	
۳۰	
۴۰	
۵۰	

- چگونه می‌توان دقت و صحت آزمایش را افزایش داد؟
- در چه دمایی علامت X سریعتر ناپدید می‌شود؟
- از جدول بالا چه اطلاعاتی را می‌توان بدست آورد؟

با انجام این آزمایش می‌توان فهمید که:

با افزایش دما، سرعت انجام واکنش افزایش می‌یابد.

بررسی اثر دما بر سرعت واکنش

افزایش دما چه تأثیری بر حرکت ذره‌ها دارد؟

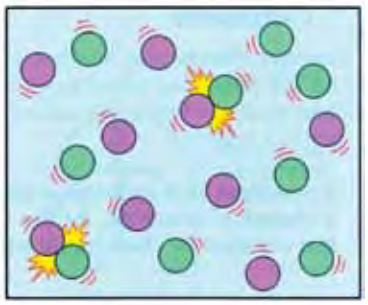
بـا افزایش انرژی، ذره‌ها با سـرعت بیشـتری در اطراف خود حرکت می‌کننـد. بنابراین تعداد برخوردهای شـان با یکدیگر در زمان مشـخصی بیشتر شـده و در نتیجه واکنش نیز با سرعت بیشتری انجام خواهد شد.

امّا عامل دیگری نیز وجود دارد که باعث افزایش سرعت واکنش می‌شود. تعدادی از برخوردهای بین ذرات واکنش دهنده به دلیل نداشـتن انرژی کافی نمی‌توانند منجر به انجام واکنش شـوند. با افزایش دما، ذرات با سـرعت بیشـتری حرکت کرده و با شـدت بیشتری با یکدیگر برخورد می‌کننـد. در نتیجه تعداد برخوردهایی که منجر به انجام واکنش می‌شـوند و **برخورد مؤثر** نام دارند نیز افزایش خواهند یافت.

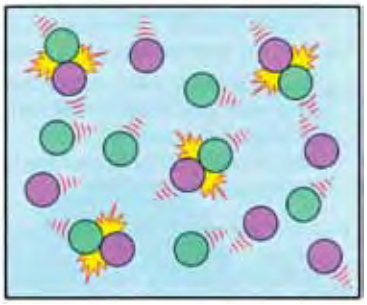
با **افزایش دما**:

۱- تعداد برخوردهای ذرات **با یکدیگر** در واحد زمان افزایش می‌یابد.

۲- تعداد برخوردهایی که منجر به **انجام واکنش** می‌شوند افزایش می‌یابد.



واکنش در دمای ۳۰ °C



واکنش در دمای ۴۰ °C

تغییر دما تأثیر مهمی در افزایش سـرعت واکنش‌ها دارد، به طوری که معمولا با افزایش دما به اندازه‌ی $10^{\circ}C$ ، سرعت واکنش دو برابر می‌شود.

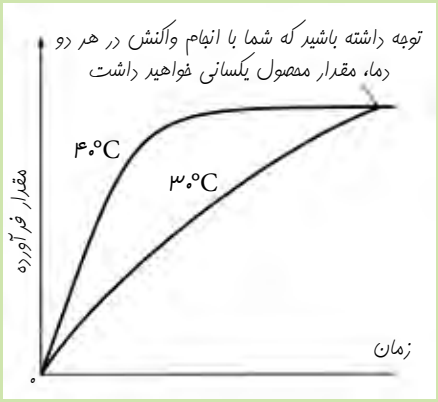
مثال

در این مثال همه‌ی عامل‌ها به غیر از دما ثابت نگه داشته شده‌اند. به نمودار داده شده توجه کنید: نکته‌ی قابل توجه در این نمودار، به دست نیاوردن فرآورده‌ی بیشتر در دماهای بالاتر است.

مرکز ملی پرورش استعدادهای درخشان و دانش‌پژوهان جوان

در واقع مقدار فرآورده‌ی یکسانی را به دست می‌آوریم امّا سریع‌تر و در مدت زمان کمتر.

- واکنش در دمای ۳۰°C سریع‌تر انجام می‌شود یا در دمای ۴۰°C ؟
- چگونه می‌توانید بگویید که کدام واکنش سرعت بیشتری دارد؟
- به نظر شما در دمای ۵۰°C شکل نمودار واکنش چگونه خواهد بود؟



کاتالیزگر

پیش از این با کاتالیزگرها آشنا شده‌اید. آیا به خاطر می‌آورید که چه فلزهایی (و یا ترکیب‌های فلزی) کاتالیزگرهای خوبی بودند؟ در صنعت برای کم کردن قیمت محصول تولید شده در یک واکنش از کاتالیزگر استفاده می‌شود.

کاتالیزگر ماده‌ای است که سرعت واکنش را **افزایش** می‌دهد و در پایان واکنش **بدون تغییر** باقی می‌ماند.

بنابراین با انتخاب کاتالیزگری مناسب، می‌توان در مدت زمان معینی، مقدار محصول بیشتری را تولید کرد.

آیا تا به حال پُر کردن سطح فرورفته‌ی یک ماشین تصادفی را با بتونه‌های مخصوص دیده‌اید؟ تعمیرکاران دوست دارند برای سفت شدن سریع‌تر بتونه از کاتالیزگر استفاده کنند. چگونگی استفاده از بتونه را در شکل داده شده مشاهده می‌کنید:

بتونه در مدت کوتاهی پس از استفاده از کاتالیزگر به سرعت سفت می‌شود.

• آیا به مقدار زیادی کاتالیزگر احتیاج دارید؟
• چـرا باید سـطح را قبل از بتونـه زدن تمیز و خشک کرد؟
• چرا باید تنها به همان مقداری که از این مواد نیاز دارید، برداشته و با یکدیگر مخلوط کنید؟

در آزمایـش زیر می‌توانید اثـر کاتالیزگر را بر روی سرعت واکنش ببینید:

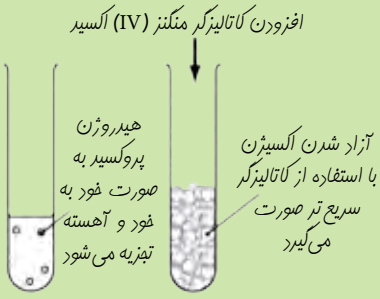
دستورالعمل استفاده:
۱- سطحی که باید بتونه شود را تمیز و خشک کنید.
۲- مانند شکل زیر بتونه و کاتالیزگر را با هم مخلوط کنید.

۳- بتونه را به سرعت روی سطح مورد نظر بمالید.

آزمایش ۸ - ۲ تجزیه‌ی آب اکسیژنه (هیدروژن پروکسید)

مقداری آب اکسیژنه را در یک لوله‌ی آزمایش بریزید.

• در دیواره و سطح داخلی لوله‌ی آزمایش چه چیزی مشاهده می‌کنید؟



• آیا سرعت تشکیل حباب‌ها بیشتر شده است؟

بر اثر تجزیه‌ی آب اکسیژنه، گاز اکسیژن آزاد می‌شـود. برای آزمایش کردن گاز اکسـیژن می‌توان یـک کبریت نیمـه افروخته (کبریتی کـه مدت زمـان کوتاهـی از خاموش شـدن آن می‌گـذرد) را به لولـه‌ی آزمایش نزدیک کـرد. در ایـن صورت چـه اتفاقـی می‌افتد؟

حالا مقداری پودر منگنز (IV) اکسید را به لوله‌ی آزمایش اضافه کنید و دوباره آزمایش گاز اکسیژن را انجام دهید.

• بلافاصله پس از اضافه کردن پودر منگنز (IV) اکسید چه اتفاقی می‌افتد؟
• آیا کبریت نیمه افروخته در این شرایط دوباره روشن می‌شود؟

مرکز ملی پرورش استعدادهای درخشان و دانش‌پژوهان جوان

پودر منگنز (IV) اکسید در واکنش تجزیه‌ی آب اکسیژنه (هیدروژن پروکسید) نقش کاتالیزگر را دارد:

$$۲\,H_۲O_۲\,(aq) \xrightarrow{\text{منگنز دی اکسید}} ۲H_۲O\,(l) + O_۲\,(g)$$

آب اکسیژنه (هیدروژن پروکسید) — آب — اکسیژن

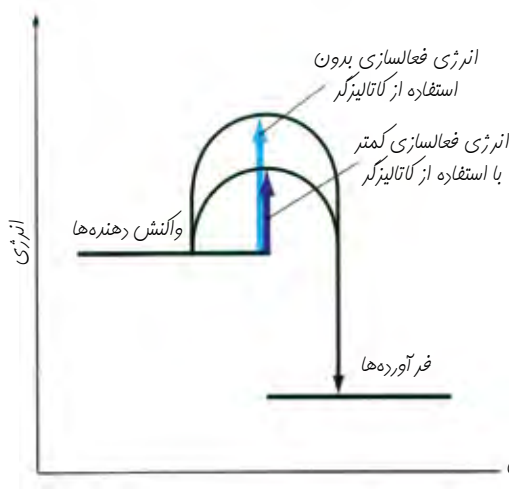
کاتالیزگر در معادله‌ی واکنش نوشته نمی‌شود و فقط نام آن را بر روی علامت ⟵ می‌نویسیم تا نشان دهیم که کاتالیزگر در تمام لحظه‌های آزمایش حضور دارد.

• در آزمایش ۸ - ۲ چگونه می‌توان منگنز (IV) اکسید را برای استفاده‌ی دوباره از محلول جدا کرد؟ (منگنز (IV) اکسید در آب حل نمی‌شود)

چگونگی عملکرد کاتالیزگر

آیا نمودارهایی که تغییرات انرژی در طی انجام یک واکنش را نشان می‌دادند، به خاطر دارید؟ این نمودارها میزان تغییرات انرژی را درهنگام انجام واکنش بین واکنش‌دهنده‌ها نشان می‌دهند.

برای تبدیل واکنش دهنده‌ها به محصولات، این ذره‌ها (واکنش دهنده‌ها) باید دارای انرژی کافی برای انجام واکنش باشند. به عنوان مثال برای روشن کردن چراغ گاز به انرژی حاصل از روشن کردن کبریت و یا جرقه نیاز داریم. همانطور که می‌دانید برخوردهایی با انرژی کم نمی‌توانند موجب انجام واکنش شوند.



به **کمترین** انرژی مورد نیاز برای انجام یک واکنش شیمیایی، **انرژی فعالسازی** می‌گویند.

به نمودار تغییرات انرژی داده شده توجه کنید:

وقتی یک واکنش گرماده آغاز می‌شود، می‌تواند گرمای مورد نیاز برای ادامه یافتن واکنش را فراهم کرده و باعث پیشرفت خود به خودی واکنش شود.

کاتالیزگر، انرژی فعالسازی را **کاهش** می‌دهد.

کاتالیزگر شـرایط انجام واکنش بین ذره‌های واکنش دهنده با یکدیگر را سـاده‌تر می‌کند. در حضور کاتالیزگر تعداد ذره‌های بیشتری دارای انرژی کافی برای انجام واکنش خواهند بود.

ماشین‌ها (واکنش دهنده‌ها) از مسیر تونل (با استفاده از کاتالیزگر) سریع‌تر به مقصد (فرآورده‌ها) می‌رسند.

تحقیق ۹-۲ کاتالیزگرها

۱- کدامیک از اکسیدهای فلزی در واکنش تجزیه‌ی آب اکسیژنه نقش کاتالیزگر را دارند؟

۲- آیا مقدار کاتالیزگر در سرعت واکنش تجزیه‌ی آب اکسیژنه تأثیری دارد؟

- به نظر شما در واکنش تجزیه‌ی آب اکسیژنه چه اتفاقی می‌افتد؟
- در این آزمایش باید چه نکات ایمنی را رعایت کرد؟
- چگونه می‌توان سـرعت تجزیه‌ی آب اکسیژنه را در حضور کاتالیزگرهای مختلف اندازه‌گیری کرد؟

آنزیم‌ها

آیا تابه حال تبلیغات مربوط به پودرهای شوینده‌ی بیولوژیکی (زیستی) را دیده‌اید (در صفحه‌های بعدی در مورد این مواد بیشـتر توضیح خواهیم داد)؟ این پودرها دارای آنزیم‌هایی هسـتند که لکه‌های چربی را از بین می‌برند.

آنزیم‌ها کاتالیزگرهای بیولوژیکی (زیستی) هستند و از مولکول‌های پروتئینی بزرگ تشکیل شده‌اند.

آنزیم‌ها باعث می‌شـوند که واکنش‌های شـیمیایی در دماهای پایین موجود در بدن موجودات زنده انجام شوند. هر آنزیمی‌برای یک واکنش شیمیایی خاص مورد استفاده قرار می‌گیرد.

برای مثال آنزیم آمیلاز که در بزاق دهان وجود دارد، نشاسته را در دهان تجزیه می‌کند.

آنزیم‌ها کمک می‌کنند تا هضم غذا در داخل بدن ما راحت‌تر انجام شود.

در مبحث قبلی واکنش تجزیه‌ی آب اکسیژنه را در حضور کاتالیزگر مناسب مشاهده کردید. آب اکسیژنه ماده‌ای سمی است که می‌تواند در بدن موجودات زنده تولید می‌شود. ولی ما در بسیاری از سلول‌های بدن مان آنزیمی‌داریم که می‌تواند به سرعت این ماده را تجزیه کند.
در آزمایش زیر واکنش تجزیه‌ی آب اکسیژنه در حضور آنزیم را خواهید دید:

آزمایش ۱۰ – ۲ تجزیه‌ی آب اکسیژنه (هیدروژن پروکسید) در حضور آنزیم

۲۵ میلی لیتر محلول آب اکسیژنه را در ارلن ریخته و قطعه‌ای جگر تازه را در آن بیندازید.

- مشاهدات خود را بنویسید.

گاز تولید شده را با یک کبریت روشن و یا فندک الکتریکی ملتهب شده مورد آزمایش قرار دهید.

- گاز تولید شده در این واکنش چیست؟

برخی از گیاهان نیز می‌توانند آب اکسیژنه را تجزیه کنند. برای سنجش این موضوع قطعه‌های خرد شده‌ی سیب زمینی یا کرفس را در داخل ارلن قرار دهید و ۲۵ میلی لیتر آب اکسیژنه بر روی آن بریزید.

- چه چیزی مشاهده می‌کنید؟
- آیا سرعت تجزیه‌ی آب اکسیژنه تغییر خواهد کرد؟

آنزیم موجود در جگر سرعت تجزیه‌ی آب اکسیژنه را افزایش می‌دهد. این آنزیم مانند آنزیم‌های دیگر برای بدن بسیار مفید است.

هر مولکول آنزیم در هر ثانیه می‌تواند با تعداد زیادی از واکنش دهنده‌ها ارتباط داشته و سرعت واکنش آنها را افزایش دهد.

آب + اکسیژن ⟵ (آنزیم موجود در جگر که کاتالاز نامیده می‌شود) آب اکسیژنه

آنزیم‌ها به ما کمک می‌کنند تا مولکول‌های بزرگ غذا را تجزیه کنیم.

چگونگی عملکرد آنزیم‌ها

آنزیم‌ها مولکول‌های بزرگ پروتئین هستند. هر آنزیمی **شکل مخصوصی** دارد. واکنش دهنده‌ها در ساختار آنزیم‌ها قرار می‌گیرند (مانند قرار گرفتن کلید در قفل). در واقع واکنش دهنده‌ها در **جایگاه‌های فعال** آنزیم قرار می‌گیرند. به شکل زیر توجه کنید :

آنزیم‌های دیگری وجود دارند که می‌توانند از متصل کردن مولکول‌های کوچک به یکدیگر، مولکول‌های بزرگتری را به وجود بیاورند.

بررسی اثر دما بر روی آنزیم‌ها

در شکل مقابل جعبه‌ی یک پودر شوینده‌ی بیولوژیکی نشان داده شده است:

این شوینده در چه دمایی کارکرد بهتری دارد؟ آنزیم موجود در این شوینده در آب جوش بدون تأثیر خواهد بود. آزمایش بعد را انجام دهید تا با تأثیر دما بر عملکرد آنزیم‌ها آشنا شوید:

برای افزایش کیفیت شستشو بهتر است در دمای ۴۰ °C از این پودر استفاده کنید

مرکز پرورش استعدادهای درخشان و دانش پژوهان جوان

آزمایش ۱۱ – ۲ گرم کردن آنزیم‌ها

در این آزمایش میزان تأثیر جگر تازه و جگر پخته شده را در تجزیه‌ی آب اکسیژنه مورد بررسی قرار می‌دهیم. ۲۵ میلی لیتر محلول آب اکسیژنه را در ارلن ریخته و قطعه‌ای جگر تازه را در آن بیندازید. به سرعت تجزیه شدن آب اکسیژنه توجه کنید. حال این آزمایش را با جگر پخته شده انجام دهید و نتیجه را مشاهده کنید.

- برای اینکه آزمایش طرح شده از قطعیت بیشتری برخوردار شود، چه راهی پیشنهاد می کنید؟
- چه تفاوتی بین اثر جگر تازه و جگر پخته شده بر روی سرعت واکنش تجزیه‌ی آب اکسیژنه وجود دارد؟

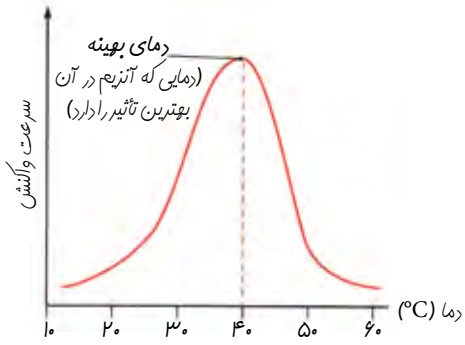
آنزیم‌ها در دماهای بالا بدون تأثیر بوده و ازکار می‌افتند.

به نظر شما با افزایش دما، عملکرد آنزیم‌ها دچار چه تغییری می‌شود؟

آنزیم بر اثر گرم شدن شدید، تغییر شکل می‌دهد. بنابراین واکنش دهنده‌ها نمی‌توانند به خوبی در جایگاه‌های فعال آن قرار بگیرند. به این ترتیب آنزیم نیز نمی‌تواند سرعت واکنش را افزایش دهد.

به نمودار داده شده نگاه کنید:

- دمایی را که آنزیم در آن بیشترین کارایی را دارد چه می‌نامند؟
- دمای بدن شما چقدر است؟ چرا بیشتر آنزیم‌ها بیشترین کارایی را در دمای ۴۰ °C از خود نشان می‌دهند؟



تغییر pH نیز می‌تواند باعث تغییر شکل یافتن و ازکار افتادن آنزیم شود.

شیمی در عمل: کاربردهای آنزیم‌ها

ماست

هزاران سال است که مردم **ماست** و **پنیر** را از شیر تهیه می کنند، بدون آنکه با آنزیم‌ها و چگونگی عملکرد آنها آشنا باشند. شیر دارای یک ماده‌ی قندی به نام **لاکتوز** است که بر اثر فعالیت باکتری‌های موجود در شیر به **لاکتیک اسید** تبدیل می‌شود.

این تغییر اوّلین مرحله از تولید ماســت و پنیر است. لاکتیک اسید باعث ترش شدن شیر شده و همین عامل از شیر محافظت می‌کند.

امروزه ماست و پنیر را از شیر پاستوریزه تهیه می‌کنند. شیر پاستوریزه را در دماهای بالایی حرارت می‌دهند تا تمام باکتری‌های آن از بین بروند. در نتیجه تهیه کنندگان این محصولات می‌تواننــد باکتری‌های مورد نظــر خود را برای بهتر شدن کیفیت ماست و پنیر به شیر اضافه کنند.

به نظر می‌رسد اوّلین بار ماست در خاورمیانه تولید شده است.

آنزیم‌هــای موجود در باکتری، قند لاکتوز را بــه قندهــای ســاده‌تری تجزیــه کرده و سپس آنزیم‌های دیگری نیز این قندها را به لاکتیک اسید تبدیل می‌کنند.

پنیر

بعد از ترش شدن شیر، مایه‌ی پنیر را به آن اضافه می‌کنند. این ماده از معده‌ی گوساله تهیه می‌شود. آنزیم‌های موجود در مایه‌ی پنیر موجب لخته شدن شیر و تولید پنیر می‌شوند. البته پنیرهای ویژه‌ای نیز وجود دارند که به آنها پنیرهای گیاهی گفته می‌شود. آنزیم‌های مورد استفاده برای تهیه‌ی این پنیرها از نوعی قارچ تهیه می‌شود.

توده‌ی لخته شده را که با آب پنیر همراه است به شدت فشرده کرده و قالب گیری می‌کنند. سپس اجازه می‌دهند تا فرآیند تشکیل پنیر کامل شود. در مرحله‌ی آخر آنزیم‌های دیگری بر روی چربی و پروتئین‌های حاصل اثر می‌گذارند تا طعم و بافت پنیر به صورت مطلوبی شکل بگیرد.

حفره‌هــای موجود در این پنیر توســط باکتری‌ها (با تولید کردن گاز کربن دی اکسید) ایجاد می‌شوند.

گاهــی برای تولید و کامل شــدن برخی از پنیرهای مرغوب نزدیک به ۸ تا ۹ ماه زمان احتیاج داریم. امّا امروزه با پیشرفت فناوری، آنزیم‌هایی تولید شده‌اند که این مدت زمان را به مقدار زیادی کاهش می‌دهند.

پودرهای شوینده‌ی بیولوژیکی

پودرهای شـوینده بیولوژیکی (زیستی) دارای آنزیم‌هایی برای از بین بردن لکه‌ها هستند. کار کردن ماشـین لباسشویی در دماهای پایین باعث صرفه جویی در انرژی می‌شود. این شـوینده‌ها معمولا دارای سـه آنزیم هسـتند. آنزیم **پروتئاز** برای تجزیه کردن پروتئین‌ها اسـتفاده می‌شود. آنزیم **لیپاز** برای تجزیه کردن چربی‌ها بوده و آنزیم **سلولاز** نیز برای نرم کردن پارچه به کار می‌رود.

همچنین این پودرها دارای مواد زیر نیز می‌باشند:

- ماده‌ی پاک کننده
- نرم کننده‌ی آب
- سفید کننده (برای از بین بردن لکه‌های رنگی)
- براق کننده

پیش از این با کاربردهای آنزیم‌ها در صنایع غذایی آشنا شدیم. می‌توان کاربردهای بیشـتری را نیز برای آنزیم‌ها نام برد. امروزه در **تهیه‌ی چرم** با پوست حیوانات از آنزیم‌ها اسـتفاده می‌شود. در گذشته پوسـت حیوانات را برای تهیه چرم به مدفوع سگ و خوک آغشته می‌کردند!

امّا خوشبختانه از ابتدای قرن بیستم استفاده از آنزیم‌ها در صنعت آغاز شد. یک شیمیدان آلمانی به نام «اُتو رام» دلیل استفاده از مدفوع سـگ و خوک را توضیح داد. در این مواد آنزیم پروتئـاز وجود دارد کـه پروتئین‌ها را تجزیه می‌کند. ایـن آنزیم را می‌توان از لوزالمعده‌ی (پانکراس) گاو و یا خوک به دسـت آورد (در این صورت از میزان بوی نامطبوع آن نیز کاسته خواهد شد).

تکنولوژی اســتفاده از آنزیم‌ها در صنعت در واقع از ســال ۱۹۵۰ آغاز شد. کارایی آنزیم‌ها در صنعت به عنوان کاتالیزگر ۱۰۰۰۰ برابر بیشــتر از کاتالیزگرهای دیگر اســت. یک مولکول آنزیم می‌تواند در هر ثانیه سرعت ۱۰ میلیون واکنش (بین ذره‌ها) را افزایش دهد! همچنین واکنش‌ها در حضور آنزیم‌ها در دماهای پایین‌تری انجام می‌شوند و باعث صرفه جویی در میزان مصرف انرژی خواهند شد.

آیا شــکلات‌های مغزدار را دوســت دارید؟ مزه‌ی این شکلات‌ها را می‌پسندید؟ آیا تا به حال از خودتان پرسیده‌اید که این خوراکی‌ها چطور تهیه می‌شوند؟ شکلات را با ساکارز (همان شکری که به چای و یا قهوه اضافه می‌کنیم) و یک آنزیم مخلوط می‌کنند و اجازه می‌دهند تا ساکارز توسط این آنزیم به قندهای گلوکز و فروکتوز تجزیه شود. این قندهای کوچکتر در مقایسه با ساکارز بهتر در آب حل می‌شوند. به جدول داده شده توجه کنید:

صنعت	موارد استفاده‌ی آنزیم‌ها
داروسازی	ساخت پنی سیلین / درمان سرطان
قنادی / شکلات سازی	تجزیه‌ی نشاسته به گلوکز (از **کربوهیدراز** استفاده می‌شود) / تبدیل ساکارز به فروکتوز که شیرینی کمتری داشته و در غذاهای رژیمی مورد استفاده قرار می‌گیرد (از **ایزومراز** استفاده می‌شود) / تجزیه‌ی ساکارز به گلوکز و فروکتوز / ساخت ماده‌ی شیرین کننده‌ی مصنوعی
فرآورده‌های گوشتی	تُرد و نازک کردن گوشت
تولید غذای کودک	آغاز کننده (و آسان کننده)ی هضم غذا

ما تا اینجا فقط به نکات مثبت استفاده از آنزیم‌ها اشاره کردیم، در حالی که به کار گیری این مواد مشکلات خاص خود را نیز به همراه دارد. به عنوان مثال برای کاتالیز کردن یک واکنش خاص، بــه یک آنزیم **خالص** (و نه مخلوط موجود در ســلول‌ها) احتیاج داریم. تهیه‌ی آنزیم‌های خالص کار دشواری است و باعث افزایش قیمت آنزیم می‌شود.

مرکز ملی پرورش استعدادهای درخشان و دانش پژوهان جوان

همچنین خارج کـردن آنزیم‌ها از مخلوط به دست آمده (محصول) کار بسـیار دشواری است. بیوتکنولوژیسـت‌ها برای از کارانداختن آنزیم‌های موجـود در محصول، روش‌های مختلفی پیشـنهاد کرده‌اند برای مثال آنها را در حفره‌های پلاسـتیک مانندی به دام می‌اندازند و اصطلاحاً گفته می‌شـود که آنزیم‌ها **تثبیت** شده‌اند.

تحقیق ۱۲-۲ منیزیم و اسید

نـوار منیزیمی با محلول رقیق هیدروکلریک اسـید واکنش می‌دهد و گاز هیدروژن تولید می‌شود.

عوامل مؤثر بر سرعت این واکنش را بنویسید.

خلاصه‌ی فصل

سرعت واکنش‌های شیمیایی با افزایش عوامل زیر بیشتر خواهند شد:

- **سطح تماس**
- **غلظت** (در مورد گازها می‌توان از فشار گاز به جای غلظت نام برد)
- **دما**

نظریه‌ی برخورد اثر این عوامل را بر روی سرعت واکنش توضیح می‌دهد. با افزایش تعداد برخوردهای بین ذرات واکنش دهنده در مدت زمانی مشـخص، سـرعت واکنش افزایش می‌یابد. با افزایش دما شدت برخوردهای صورت گرفته بین ذرات افزایش خواهد یافت.

سرعت برخی از واکنش‌های شیمیایی را می‌توان با استفاده از **کاتالیزگر** افزایش داد. کاتالیزگر سرعت واکنش را افزایش می‌دهد و در پایان واکنش بدون تغییر باقی می‌ماند.

- آنزیم‌ها، مولکول‌های پروتئینی هسـتند که به عنوان کاتالیزگرهای بیولوژیکی (زیستی) شناخته می‌شوند.

پرسش‌ها

۱- جاهای خالی را با کلمه (های) مناسب پُر کنید:

آ) ذره‌های جامد کوچک به ویژه در حالت پودری شکل، سطح تماس ..... دارند. ..... سطح تماس باعث افزایش سرعت واکنش خواهد شد.

ب) با افزایش غلظت، مقدار ..... از مواد با یکدیگر واکنش می‌دهند. زیرا تعداد برخوردهای بین ذرات ..... می‌یابد و در نتیجه سرعت واکنش ..... می‌شود.

پ) ..... دما باعث می‌شود واکنش‌ها با سرعت بیشتری انجام شوند. ذره‌های گرم‌تر دارای انرژی بیشتری هستند و در نتیجه ..... به اطراف حرکت می‌کنند. این موضوع به مفهوم آن است که تعداد برخورد بین آنها ..... می‌شود و همچنین برخوردهای صورت گرفته دارای ..... بیشتری بوده و مؤثرتر خواهند بود.

ت) ..... ماده‌ای است که سرعت واکنش را افزایش می‌دهد.

ث) ..... کاتالیزگری است که در بدن موجودات زنده وجود دارد.

۲- **توضیح دهید** که کدامیک از عوامل نام برده شده در شکل به جادوگر کمک می‌کند که معجون خود را با سرعت بیشتری آماده کند؟ تأثیر هر یک از این عوامل چگونه است؟

۳- فرض کنید مواد غذایی موجود در یک ماهی تابه مانند ذرات واکنش دهنده باشند و برخوردهای پُر انرژی آنها باعث انجام واکنش شود:

آ) با افزایش دما چه تغییری در حرکت مواد اتفاق می‌افتد؟

ب) توضیح دهید که چرا افزایش دما، سرعت واکنش را تغییر می‌دهد؟

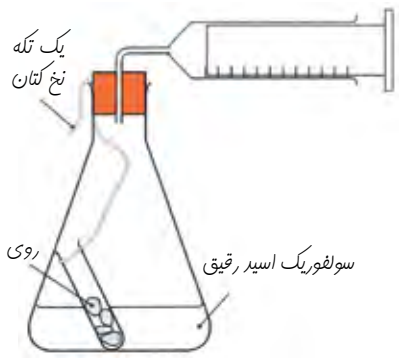
پ) دو راه برای افزایش غلظت مواد موجود در ظرف پیشنهاد کنید.

ت) توضیح دهید که چرا افزایش غلظت، سرعت واکنش را تغییر خواهد داد؟

ث) با استفاده از مواد داخل ظرف توضیح دهید که چگونه می‌توان اثر سطح تماس بر روی سرعت واکنش را نشان داد؟

مرکز ملی پرورش استعدادهای درخشان و دانش‌پژوهان جوان

۴- محسن و پدرام می‌خواهند با انجام آزمایشی سرعت واکنش فلز روی با محلول رقیق سولفوریک اسید را اندازه‌گیری کنند. آنها برای این کار از سیستمی مانند شکل زیر استفاده کردند:



آ) چرا تکه‌های فلز روی در لوله‌ی آزمایش قرار داده شده‌اند؟

ب) آنها چگونه می‌توانند آزمایش را شروع کنند؟

محسن حجم گاز تولید شده در هر دقیقه را اعلام می‌کرد و پدرام این اعداد را در جدولی ثبت می‌کرد. نتایج به دست آمده به صورت زیر هستند:

زمان (دقیقه)	۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
حجم گاز (cm^3)	۰	۱۵	۲۴	۳۲	۳۳	۳۹	۴۰	۴۰	۴۰

پ) نتایج موجود در این جدول را در یک نمودار رسم کنید. نقطه‌ای که به نظر می‌رسد در اطلاعات به دست آمده به اشتباه ثبت شده است را بر روی منحنی مشخص کنید. حال با حذف این نقطه، بهترین منحنی که می‌توانید را رسم کنید.

ت) در کدام دقیقه، واکنش دارای بیشترین سرعت می‌باشد؟

ث) چقدر طول می‌کشد تا واکنش به طور کامل تمام شود؟

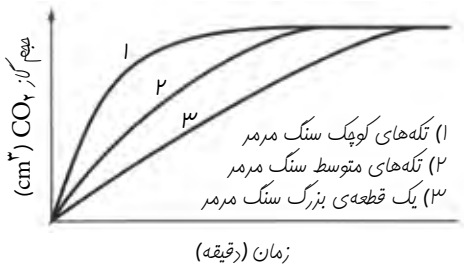
ج) نام گازی که در این واکنش آزاد می‌شود را بیان کنید.

چ) اگر مقداری مس سولفات به ظرف واکنش اضافه کنید، سرعت آزاد شدن گاز بیشتر خواهد شد. با رسم یک نمودار نقطه چینی بر روی همان نمودار قبل، نشان دهید که چه تغییری در سرعت انجام واکنش اتفاق می‌افتد.

۵- آ) **کاتالیزگر** چه نوع ماده‌ای است؟

ب) هیدروژن پراکسید پس از تجزیه شدن به آب و گاز اکسیژن تبدیل می‌شود. این واکنش با اکسید برخی از فلزهای واسطه کاتالیز می‌شود. فرض کنید شما اکسید فلزهای مس، منیزیم و نیکل را در اختیار دارید. توضیح دهید که چگونه می‌توانید نشان دهید کدامیک از آنها کاتالیزگر مناسب‌تری هستند.

۶- چند دانش آموز قصد دارند تا اثر سطح تماس بر روی سرعت یک واکنش را مورد بررسی قرار دهند. آنها برای این کار از واکنش بین چند قطعه سنگ مرمر (کلسیم کربنات) با هیدروکلریک اسید رقیق استفاده کردند.



آ) این دانش‌آموزان چگونه می‌توانند نتایجی قابل قبول و مطمئن‌تر داشته باشند؟

ب) بیشترین سطح تماس مربوط به چه اندازه‌ای از سنگ مرمر است (تمام سنگ‌ها دارای جرم یکسانی هستند)؟

پ) کدام نوع از این سنگ‌ها با سرعت بیشتری واکنش می‌دهند؟ پاسخ خود را چگونه تفسیر می‌کنید؟

ت) این دانش‌آموزان همین آزمایش را با جرم یکسانی از پودر کلسیم کربنات انجام دادند. به نظر شما منحنی جدیدی که به دست آورده‌اند چگونه خواهد بود؟

۷- در واکنش مطرح شده در پرسش قبل، در هنگام انجام شدن واکنش، جرم ظرفی که واکنش دهنده‌ها در آن وجود دارند با گذشت زمان کاهش می‌یابد.

زمان (دقیقه)	جرم ظرف واکنش و محتویات آن (g)
۰	۸۰/۰۰
۱	۷۸/۵۰
۲	۷۷/۵۰
۳	۷۶/۹۵
۴	۷۶/۶۰
۵	۷۶/۴۱
۶	۷۶/۳۳
۷	۷۶/۳۰
۸	۷۶/۳۰

آ) علت کاهش تدریجی جرم ظرف چیست؟

ب) شکل وسایل و سیستمی که در انجام این واکنش استفاده می‌شوند را رسم کنید.

در جدول زیر نتایج به دست آمده از انجام واکنش در دمای ۲۰ °C را مشاهده می‌کنید:

پ) منحنی تغییرات جرم در زمان‌های مختلف را رسم کنید.

ت) منحنی دیگری را به صورت نقطه چین رسم کنید که این تغییرات را در دمای ۳۰ °C نشان دهد.

مرکز ملی پرورش استعدادهای درخشان و دانش‌پژوهان جوان

فصل سوم
واکنش‌های برگشت‌پذیر

www.chemyazd.com

آیا تابه حال از مسواک‌هایی که رنگ آن‌ها قبل و بعد از مسواک زدن تغییر می‌کند استفاده کرده‌اید؟ این مسواک‌ها از موادی پلاستیکی تهیه شده‌اند که با گرم و سرد شدن تغییر رنگ می‌دهند.

با سرد شدن مسواک رنگ بدنه چه تغییری می‌کند؟ به شکل مقابل نگاه کنید:

• چرا رنگ مسواک در هر دو حالت (سرد شدن و گرم شدن) تغییر می‌کند؟

به واکنش‌هایی که در دو جهت رفت و برگشت انجام می‌شوند، واکنش‌های **برگشت‌پذیر** می‌گویند.

برخی از واکنش‌های شیمیایی برگشت‌پذیر هستند. فرآورده‌های حاصل از واکنش در جهت رفت، با یکدیگر واکنش می‌دهند و دوباره واکنش دهنده‌ها را تولید می‌کنند. برای درک بیشتر این موضوع به مثال زیر توجه کنید:

آزمایش ۱ – ۳ تغییر رنگ مس سولفات

مقداری از بلورهای آبی رنگ مس سولفات آبدار را در یک لوله‌ی آزمایش ریخته و حرارت دهید. حرارت دادن را تا جایی ادامه دهید که رنگ بلورها تغییر کند.

• مشاهدات خود را بنویسید. در اطراف دهانه‌ی لوله‌ی آزمایش چه چیزی را مشاهده می‌کنید؟

بعد از سرد شدن لوله‌ی آزمایش با استفاده از قطره چکان چند قطره آب به آن بیافزایید.

• چه اتفاقی می‌افتد؟

• چگونه می‌توان دوباره بلورهای سفید رنگ را به دست آورد؟

با حرارت دادن مس سولفات آبدار آبی رنگ، مولکول‌های آب که در ساختار بلوری آن به دام افتاده‌اند خارج خواهند شد. به این واکنش، **آب زدایی** می‌گویند که نوعی از واکنش‌های گرماگیر است. با آب زدایی از مس سولفات آبدار (که آبی رنگ است)، پودر سفید رنگ مس سولفات بدون آب تولید می‌شود. با افزودن آب به این پودر، دوباره ذره‌های آبی رنگ مس سولفات آبدار تولید خواهند شد. به این واکنش **آبدار شدن** می‌گویند که نوعی واکنش گرماده (گرما زا) است.

برای نشان دادن واکنش برگشت‌پذیر از دو علامت پیکان (فلش) با دو جهت مختلف استفاده می‌کنند.

آب + مس سولفات بدون آب (پودر سفید رنگ) $\rightleftharpoons$ مس سولفات آبدار (پودر آبی رنگ)

$5H_2O$ $CuSO_4$ $CuSO_4 . 5H_2O$

مقدار انرژی گرفته شده در واکنش رفت با مقدار انرژی داده شده در واکنش برگشت یکسان است.

اگر واکنش رفت یک واکنش گرماگیر باشد، واکنش برگشت گرما ده خواهد بود. ضمن آنکه انرژی تولید شده در واکنش برگشت، برابر با مقدار انرژی است که در واکنش رفت گرفته شده است.

چند تغییر برگشت‌پذیر

تغییر رنگ شناساگرها در محیط‌های اسیدی و بازی، مثالی از واکنش‌های برگشت‌پذیر می‌باشد. برخی از شناساگرها در حالت‌های اسیدی و یا بازی رنگ‌های متفاوتی از خود نشان می‌دهند. آیا رنگ شناساگر لیتموس را در مجاورت یک ماده‌ی اسیدی و یا یک ماده‌ی بازی به خاطر دارید؟

قبلاً با آزمایش خنثی کردن یک محلول اسیدی با ماده‌ای بازی آشنا شده‌اید.

آیا به خاطر دارید در این آزمایش از چه شناساگری استفاده کردیم؟ چرا حتی اگر مقدار اسید یا باز اضافه شده بیشتر از مقدار مورد نیاز باشد، نیازی به انجام دوباره‌ی آزمایش نیست؟

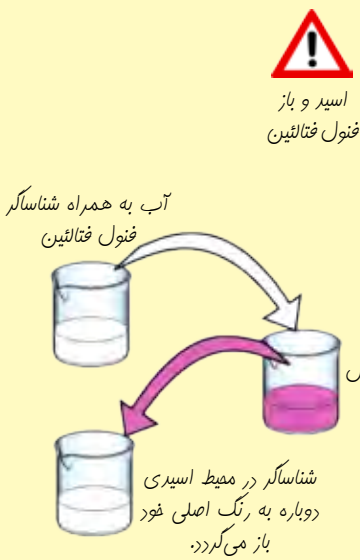
شناساگر یونیورسال در مجاورت یک محلول اسیدی، شناساگر یونیورسال در مجاورت یک محلول بازی

مرکز ملی پرورش استعدادهای درخشان و دانش‌پژوهان جوان

آزمایش ۲ – ۳ تغییر رنگ

محلول فنول فتالئین در محیط اسیدی بی‌رنگ بوده و در محیط بازی ارغوانی رنگ است.

مقداری از محلول فنول فتالئین را در یک بشر دارای آب بریزید. بشر دیگری را با محلول سدیم هیدروکسید (سود سوزآور) شستشو دهید. ممکن است بشر دوم خالی به نظر برسد، امّا در واقع چند قطره از محلول سدیم هیدروکسید در دیواره‌ی ظرف آن وجود دارد. محلول موجود در داخل بشر اوّل را در بشر دوم خالی کنید.



- چه اتفاقی می‌افتد؟ چرا؟

یک بشر دیگر که در آن مقدار کمی اسید وجود دارد را برداشته و محلول قبل را به آن اضافه کنید.

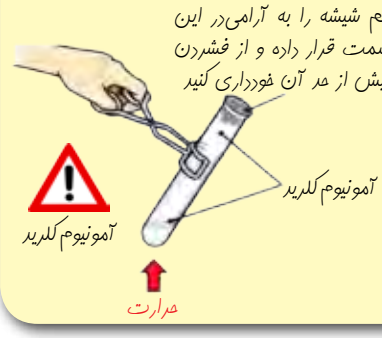
- چه اتفاقی می‌افتد؟ چرا؟

در ادامه با یک واکنش برگشت‌پذیر دیگر آشنا خواهید شد:

از انجام واکنش بین آمونیاک و هیدروکلریک اسید در حالت گازی شکل، پودر سفید رنگ آمونیوم کلرید تشکیل می‌شود. شما می‌توانید با انجام آزمایش زیر، حالت برگشت این واکنش را بررسی کنید:

آزمایش ۳ – ۳ گرم کردن آمونیوم کلرید – یک واکنش برگشت‌پذیر

مقداری آمونیوم کلرید را در یک لوله‌ی آزمایش ریخته و به آرامی حرارت دهید.



- در بخش‌های خنک لوله‌ی آزمایش چه چیزی را مشاهده می‌کنید؟
- توضیح دهید که در لوله‌ی آزمایش چه اتفاقی می‌افتد؟

حرارت دادن آمونیوم کلرید جامد باعث تجزیه شـدن این ماده‌ی سـفید رنگ و تبدیل شـدن آن به آمونیاک و گاز هیدروژن کلرید خواهد شـد. با کاهش دما، گازهای تولید شده دوباره با یکدیگر واکنش داده و آمونیوم کلرید را تولید می‌کنند.

آمونیاک + هیدروژن کلرید ⇌ آمونیوم کلرید

$NH_3(g) + HCl(g) \rightleftharpoons NH_4Cl(s)$

تعادل پویا

بسـیاری از واکنش‌های شیمیایی «یک طرفه» هستند. یعنی واکنش دهنده‌ها با یکدیگر واکنش داده و فرآورده‌هـا (محصولات) را تولید می‌کنند. امّا فرآورده‌ها نمی‌توانند به راحتی و با انجام واکنش برگشت، به مواد اوّلیه تبدیل شوند. برای مثال نمی‌توان یک کیک پخته شده را به آرد، شکر، تخم مرغ و روغن تبدیل کرد!

گاهی اوقـات فرآورده‌ها می‌توانند دوباره واکنش دهنده‌ها را تولید کنند (پیش از این با برخی از چنین واکنش‌هایی آشـنا شـدید). اگر اجـازه ندهید که هیچ یک از واکنـش دهنده‌ها و یا فرآورده‌ها از ظرفی که واکنش در آن انجام می‌گیرد خارج شوند، واکنش‌های رفت و برگشت می‌توانند به طور هم زمان انجام شوند. در واقع هم واکنش دهنده‌ها به فرآورده‌ها تبدیل می‌شوند و هم فرآورده‌ها به مواد واکنش دهنده‌ی اوّلیه تبدیل خواهند شـد. در این «سیسـتم‌های بسته»، واکنش‌های رفت و برگشـت **سرعت یکسانی** خواهند داشت. در چنین شرایطی می‌گوییم یک **تعادل پویا** (دینامیک) برقرار شده است.

آیا می‌دانید معنی کلمه‌ی «دینامیک» (پویا) چیست؟ واژه‌ی دینامیک به معنای حرکت و جنبش اسـت. در تعادل دینامیک، حرکتی ثابت وجود دارد. واکنش دهنده‌ها به طور پیوسـته در حال تبدیل به فرآورده‌ها هسـتند و فرآورده‌ها نیز دائماً به مواد اوّلیه تبدیل می‌شوند. در واقع به یک نقطه‌ی تعادل رسیده ایم.

در حالت **تعادل**، سرعت واکنش رفت با سرعت واکنش برگشت **برابر** است.

- به نظر شما در نقطه‌ی تعادل چه تغییری در مقدار واکنش‌دهنده‌ها و فرآورده‌ها ایجاد می‌شود؟

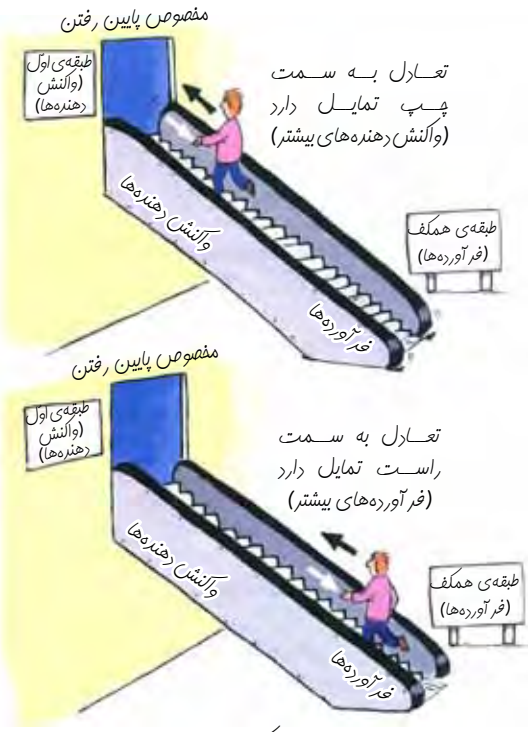
مرکز ملی پرورش استعدادهای درخشان و دانش‌پژوهان جوان

زمانی که بـه **تعادل** می‌رسـیم، مقدار واکنـش دهنده‌هـا و فرآورده‌هـا **ثابت باقی می‌ماند**. اینطور به **نظر** می‌رسد که هیچ تغییری در این سیسـتم بسته ایجاد نمی‌شود. به شکل داده شده توجه کنید. این شـکل به توضیح مفهوم تعادل پویا کمک خواهد کرد.

اگر از کنـار این پله برقی به آن نگاه کنید، به نظر شما موقعیت و مکان مرد بر روی پله برقی ثابت خواهد بود؛ زیرا سـرعت حرکت این پله به سمت پایین با سرعت حرکت مرد به سمت بالا برابر است.

موقعیت تعادل

باید توجه کرد که رسیدن به تعادل مانند یکسـان شـدن دو کفه‌ی یک ترازوی شـاهین‌دار نیسـت. در واقع نباید انتظار داشـت که مقـدار واکنـش دهنده‌ها با مقدار فرآورده‌ها دقیقا برابر شـود. برای درک بهتـر این موضوع به شـکل داده شده دقت کنید:



مردی که در حال بالا رفتن از روی پله برقی پایین رونده است، می‌تواند در هر قسمتی از پله حضور داشته باشد.

مرد نشـان داده شده در شـکل می‌تواند در ابتدا و یا انتهای پله برقی قرار بگیرد و لزومی‌ندارد که حتما در وسط پلکان باشد تا تعادل پویا برقرار شود. فقط کافی است تا سرعت بالا رفتن او از پله برقی با سرعت پایین آمدن پله برابر باشد. با توجه به نوع مواد شـرکت کننـده در واکنش، تعادل می‌تواند در سمت واکنش دهنده‌ها بوده و یا به طرف فرآورده‌ها باشد.

پیش از این با واکنش تعادلی زیر آشنا شده‌اید:

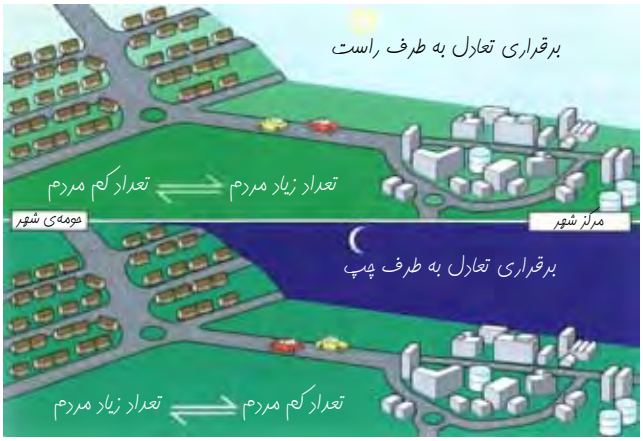
$$H_2O\,(aq) \rightleftharpoons H^+\,(aq) + OH^-\,(aq)$$

طرف چپ تعادل ⇌ طرف راست تعادل

در آب مقدار ناچیزی از یون‌های H^+ و OH^- وجود دارد.

• به نظر شما تعادل به کدام سمت از معادله‌ی واکنش تمایل دارد؟

برای درک بهتر وجود تعادل در سمت چپ و یا راست معادله‌ی یک واکنش شیمیایی، به شکل زیر نگاه کنید:



در هنگام روز تعداد افرادی که به محل کار خود در مرکز شهر آمده‌اند، بیشتر از تعداد افرادی است که در خانه‌های شان در حومه‌ی شهر قرار دارند. هر چند برخی از مردم در این هنگام به خانه‌های خود باز می‌گردند، امّا افرادی که برای خرید کردن به مرکز شهر می آیند، جایگزین این تعداد خواهند شد.

در هنگام شب تعداد افرادی که در خانه‌های شان در حومه‌ی شهر هستند، بیشتر از تعداد افرادی است که به محل کار خود در مرکز شهر رفته‌اند. هر چند برخی از مردم که زمان کاری شان در نوبت شب است در این هنگام به مرکز شهر می‌روند، امّا افرادی که دیر وقت از محل کارشان به خانه باز خواهند گشت، جایگزین این تعداد می‌شوند.

تغییر در موقعیت تعادل

با تغییر در شرایط انجام واکنش می‌توان موقعیت تعادل را تغییر داد. به عنوان مثال می‌توان غلظت واکنش دهنده‌ها یا فرآورده‌ها را تغییر داد. دما نیز می‌تواند بر روی تعادل یک مجموعه مؤثر باشد. در واکنش‌هایی که حداقل یکی از مواد (واکنش دهنده یا فرآورده) موجود در آن گازی شکل باشد، می‌توان با تغییر فشار وضعیت تعادل را جابجا کرد.

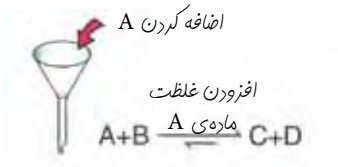
تعادل همواره به سمتی جابجا می‌شود تا اثر تغییر ایجاد شده را از بین ببرد.

«هنری لوویس لوشاتلیه» (از سال ۱۸۵۰ تا سال ۱۹۳۶ میلادی می‌زیست) یک شیمی‌دان فرانسوی بود که بسیاری از تحقیقات اوّلیه‌ی انجام شده بر روی تعادل در واکنش‌ها توسط او انجام گرفته است.

«هنری لوویس لوشاتلیه» (از سال ۱۸۵۰ تا سال ۱۹۳۶ میلادی می‌زیست) یک شیمی‌دان فرانسوی بود که بسیاری از تحقیقات اوّلیه‌ی انجام شده بر روی تعادل در واکنش‌ها توسط او انجام گرفته است.

تغییر غلظت

با افزایش غلظت واکنش دهنده‌ها، برای مدت زمان کوتاهی واکنش رفت (واکنش از سمت چپ به سمت راست) با سرعت زیاد پیش می‌رود و این وضعیت تا زمان رسیدن به تعادل ادامه می‌یابد. در حقیقت با افزایش غلظت مواد موجود در سمت چپ واکنش (واکنش دهنده‌ها)، برای کاهش این اثر ایجاد شده، تعادل به سمت راست حرکت می‌کند.



برای کاهش غلظت ماده‌ی A ، تعادل به سمت راست جابجا می‌شود.

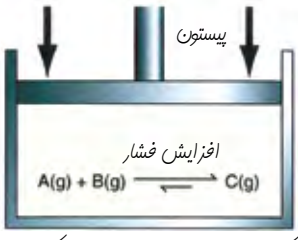
برای کاهش اثر افزایش دما ، تعادل به سمت چپ جابجا می‌شود.

تغییر دما

آیا می‌توانید تصور کنید که با **افزایش** دمای یک مخلوط در حال تعادل چه اتفاقی می‌افتد؟ در این صورت تعادل به سمتی خواهد بود که موجب **کاهش** دما شود. به واکنش زیر توجه کنید. در صنعت از این واکنش برای تولید آمونیاک در فرآیندی به نام فرآیند هابر استفاده می‌شود.

$$N_{۲\,(g)} + ۳H_{۲\,(g)} \rightleftharpoons ۲NH_{۳\,(g)} \qquad \Delta H = -۹۲\ kJ / mol$$

واکنش رفت یک واکنش گرماده است، بنابراین واکنش برگشت گرماگیر خواهد بود. در نتیجه با افزایش دما شرایط برای انجام واکنش برگشت فراهم می‌شود و به این ترتیب دما کاهش خواهد یافت. بنابراین در دماهای بالا، مخلوط موجود در تعادل دارای مقدار بیشتری از گازهای $N_۲$ و $H_۲$ نسبت به حالت قبل (دماهای پایین) خواهد بود.



واکنش به سمتی پیش می‌رود که تعداد مولکول‌های گاز کمتری دارد تا اثر افزایش فشار از بین رفته و فشار کاهش یابد.

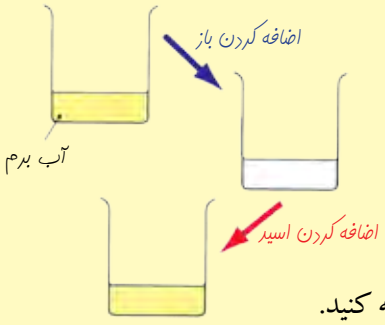
تغییر فشار

تغییر فشار نیز می‌تواند بر روی یک مخلوط در حال تعادل تأثیر گذار باشد. امّا برای این کار لازم است که تعداد مولکول‌های گازی موجود در دو سمت معادله‌ی واکنش با یکدیگر تفاوت

داشته باشند. با افزایش فشار تعادل به سمتی جابجا می‌شود که اثر این افزایش فشار را از بین ببرد. بنابراین واکنش به سمتی پیش می‌رود که تعداد مولکول‌های گازی کمتری داشته و در واقع فشار کمتری دارد.

شما می‌توانید در آزمایش بعدی موقعیت تعادل را تغییر دهید:

آزمایش ۴ – ۳ آب برم



آب برم
اسید و باز

مقداری آب برم را در یک بشر بریزید.

- آب برم چه رنگی دارد؟

شدت رنگ زرد به مقدار مولکول‌های برم (Br_2) موجود در محلول بستگی دارد.

مقداری سدیم هیدروکسید به محلول آب برم اضافه کنید.

- رنگ محلول چه تغییری می‌کند؟
- تعداد مولکول‌های برم موجود در محلول چه تغییری خواهند کرد؟

حالا مقداری هیدروکلریک اسید رقیق به این محلول اضافه کنید.

- چه تغییری را مشاهده می‌کنید؟
- تعداد مولکول‌های برم موجود در محلول چه تغییری خواهند کرد؟

آب برم یک مخلوط تعادلی به صورت زیر است:

$$\underset{\text{زرد}}{Br_{2\,(aq)}} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons \underset{\text{بی رنگ}}{Br^-_{(aq)}} + H^+_{(aq)} + OBr^-_{(aq)}$$

وقتی شما محلول بازی (OH^-) را به محلول اضافه می‌کنید، یون‌های H^+ از بین می‌روند. در واقع یک واکنش خنثی شدن اتفاق می‌افتد که قبلا با آن آشنا شده‌اید و عبارت است از:

$$H^+ + OH^- \rightleftharpoons H_2O$$

بنابراین تعادل به سمت راست جابجا می‌شود تا یون‌های H^+ مصرف شده دوباره توسط واکنش تولید شوند. این موضوع به معنای آن است که باید تعداد بیشتری از مولکول‌های Br_2 و H_2O با یکدیگر واکنش دهند. در نتیجه رنگ زرد محلول کم رنگ شده و یا حتی بی‌رنگ خواهد شد.

مرکز ملی پرورش استعدادهای درخشان و دانش‌پژوهان جوان

وقتی شما اسید به محلول می‌افزایید، دوباره مقدار یون‌های H^+ در مخلوط افزایش خواهد یافت و تعادل به سمت چپ جابجا می‌شود تا اثر آنها را از بین ببرد. این کار باعث تولید مولکول‌های Br_2 شده و شدت رنگ زرد محلول را افزایش می‌دهد.

حال سعی کنید آزمایش زیر را انجام دهید:

آزمایش ۵ – ۳ واکنش تعادلی بین یون کرومات و یون دی کرومات

پتاسیم کرومات
اسید و باز

یون‌های دی کرومات (نارنجی) $\rightleftharpoons$ H^+ + یون‌های کرومات (زرد)

مقدار کمی سولفوریک اسید رقیق را به محلول پتاسیم کرومات اضافه کنید.

- رنگ محلول چه تغییری می کند؟
- چه تغییری در تعداد یون‌های کرومات و دی کرومات موجود در داخل بشر ایجاد می‌شود؟
- چگونه می‌توانید مقدار یون کرومات موجود در محلول را افزایش دهید؟

مقداری از محلول سدیم هیدروکسید را به محلول داخل بشر اضافه کنید. چه اتفاقی می‌افتد؟

- آیا می‌توانید تغییرات ایجاد شده در این واکنش را توضیح دهید؟

اسید قوی و ضعیف

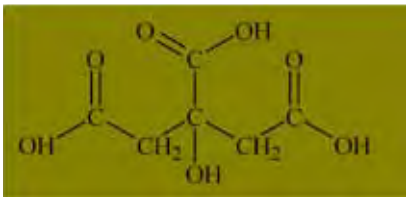
یک گروه از مواد بسیار مهم و پُر کاربردی که در سال‌های گذشته با آنها آشنا شدید اسیدها هستند. همانطور که می‌دانید تمام اسیدها دارای اتم هیدروژن هستند و محلول آنها نیز یون H^+ دارد. امّا برخی از اسیدها توانایی تولید یون‌های H^+ بیشتری را دارند که آنها را **اسیدهای قوی** می‌نامیم. تصور کنید تعداد یکسانی از مولکول‌های چند ماده‌ی اسیدی که در مقدار یکسانی آب حل شده‌اند را در اختیار دارید.

باتری ماشین دارای سولفوریک اسید (H_2SO_4) است که یک اسید قوی می‌باشد.

مرکز ملی پرورش استعدادهای درخشان و دانش پژوهان جوان

در ایـن صورت یک اسـید قوی در مقایسـه با یک اسـید ضعیف مقدار بیشـتری از یون H^+ را در محلـول تولیـد خواهد کرد. بـرای مثال هیدروکلریک اسید (HCl) اسیدی قوی است در حالی که اسـتیک اسـید یا اتانوئیک اسـید (CH_3COOH) یک اسـید ضعیف به شمار می‌رود.

پرتقال دارای اسیدی ضعیف به نام سیتریک اسید ($C_6H_8O_7$) با ساختار زیر است:



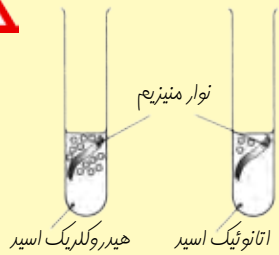
در آزمایش بعدی می‌توانید برخی از تفاوت‌های اسیدهای قوی و ضعیف را مشاهده کنید:

آزمایش ۶ – ۳ مقایسه‌ی اسید قوی و ضعیف

اسید

برای انجـام آزمایش‌های زیـر از محلول‌های هیدروکلریک اسید و اتانوئیک اسید (استیک اسید) استفاده کنید.

- چرا باید هر دو اسـید مورد اسـتفاده دارای غلظت یکسانی باشند؟



آزمایش ۱: به هر یک از اسیدها مقداری شناساگر یونیورسال (عمومی) اضافه کنید.

- pH اسیدها چقدر است؟

آزمایش ۲: مقدار یکسانی از نوار منیزیمی را به هر یک از اسیدها اضافه کنید.

- چه تفاوتی بین آنها مشاهده می‌کنید؟

آزمایش ۳: به اندازه‌ی یک اسپاتول سدیم کربنات را به هر یک از اسیدها اضافه کنید.

- چه تفاوتی بین آنها مشاهده می‌کنید؟

آزمایش ۴: با اسـتفاده از یک مدار الکتریکی مناسـب، میزان رسانایی هر دو اسید را آزمایش کنید.

- چه تفاوتی را در شدت روشنایی لامپ موجود در مدار مشاهده می‌کنید؟

مرکز ملی پرورش استعدادهای درخشان و دانش‌پژوهان جوان

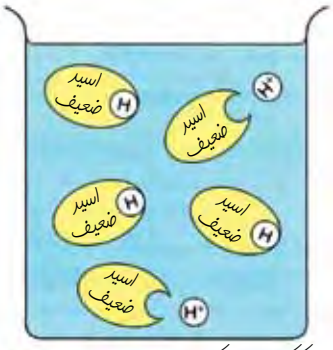
اسیدهای قوی تقریباً به طور کامل در آب **تفکیک** می‌شوند و یون H^+ تولید می‌کنند.
برای مثال:

$$HCl_{(g)} \xrightarrow{\text{آب}} \underbrace{H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}}_{\text{هیدروکلریک اسید}}$$

اسیدهای ضعیف در محلول به حالت **تعادل پویا** می‌رسند. این اسیدها نیز مانند اسیدهای قوی در آب تفکیک می‌شوند. امّا در همان لحظه یون‌های H^+ با یون‌های منفی حاصل از تفکیک به یکدیگر می‌پیوندند و دوباره مولکول‌های اسیدی را تولید می‌کنند. برای مثال در مورد اتانوئیک اسید می‌توان گفت:

$$CH_3COOH_{(aq)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$$

زمانی که سرعت تفکیک استیک اسید با سرعت تولید آن برابر شود، تعادل برقرار خواهد شد. هر قدر یک اسید ضعیف‌تر باشد، تعادل مربوط به تفکیک آن بیشتر به سمت چپ جابجا می‌شود. به این ترتیب مولکول‌های اسیدی تفکیک نشده‌ی بیشتری در محلول وجود خواهند داشت و مقدار یون‌های H^+ تولید شده (که باعث ایجاد خاصیت اسیدی می‌شوند) کاهش می‌یابد.



در این شکل تفکیک جزئی یک اسید ضعیف نشان داده شده است. محلول اسیدهای ضعیف شامل مولکول‌های تفکیک نشده‌ی اسید هستند که با یون‌های H^+ و تعدادی یون منفی در تعادل می‌باشند. به خاطر کمتر بودن تعداد یون‌های موجود در محلول این اسیدها، رسانایی الکتریکی آنها کمتر از محلول اسیدهای قوی خواهد بود.

شیمی در عمل: پیدایش مفهوم اوّلیه‌ی اسید و باز

«سوانت آرنیوس» در نوزدهم فوریه‌ی سال ۱۸۵۹ میلادی در سوئد به دنیا آمد. او از همان کودکی بسیار باهوش و با استعداد بود، به طوری که توانست در سه سالگی خواندن را فرا بگیرد! تحصیلات دانشگاهی را در دانشگاه اوپسالا آغاز کرد. اگرچه سوانت همیشه در دوران تحصیل خود موفق بود، امّا در هنگام انجام پروژه‌ی دانشگاهی خود دچار یأس و ناامیدی شدیدی شد.

سوانت آرنیوس از سال ۱۸۵۹ میلادی تا سال ۱۹۲۷ میلادی می‌زیست. نظریه‌ی او در مورد اسیدها و یون‌ها با تأخیر زیادی پذیرفته شد.

اساتید دانشگاه اوپسالا توجهی به عقیده‌ی او در مورد رسانایی الکتریکی محلول‌ها نداشتند. در واقع آنها نمی‌توانستند بپذیرند که مولکول‌ها می‌توانند در آب تفکیک شده و به یون‌های (ذره‌های باردار) جدا از یکدیگر تبدیل شوند. از طرفی او نیز بسیار جوان‌تر از آن بود که بتواند به اساتید خود بگوید که در اشتباه هستند!

امّا برخی دیگر از دانشمندان جوان اروپایی، نظریه‌ی منطقی سوانت را درک کرده و پذیرفتند. ملاقات او با این افراد و بحث و تبادل نظرهایی که بین آنها صورت گرفت، باعث کامل‌تر شدن نظریه‌ی آرنیوس شد. در دهه‌ی ۱۸۹۰، کشف ذره‌های باردار در درون اتم (الکترون و پروتون) نیز دلیل محکم‌تری را برای اثبات درستی این نظریه فراهم آورد.

سوانت برای گسترش و تکمیل نظریه‌ی خود با تلاش و پشتکار زیادی به تحقیقاتش ادامه داد و عنوان کرد که مولکول‌های اسیدی در آب تفکیک می‌شوند. او گفت که این مواد یون‌های هیدروژن (H^+) تولید می‌کنند و مواد قلیایی (بازها) نیز باعث ایجاد یون‌های هیدروکسید (OH^-) در آب خواهند شد. همین تفکرات و فعالیت‌های علمی‌بود که باعث شد آرنیوس در سال ۱۹۰۳ موفق به گرفتن جایزه‌ی نوبل شیمی‌شود. البته در حال حاضر تعریف‌های دقیق‌تری از اسیدها و بازها ارائه شده است که در سال‌های آینده با آنها آشنا خواهید شد.

خلاصه‌ی فصل

• تعداد زیادی از واکنش‌های شیمیایی به صورت یک طرفه یا برگشت ناپذیر انجام می‌شوند. در این حالت واکنش دهنده‌ها به فرآورده‌ها تبدیل می‌شوند ولی فرآورده‌ها نمی‌توانند باعث تولید واکنش دهنده‌ها شوند.

• بعضی از واکنش‌های شیمیایی دوطرفه یا **برگشت‌پذیر** هستند. یعنی واکنش دهنده‌ها به فرآورده‌ها تبدیل می‌شوند و فرآورده‌ها نیز می‌توانند دوباره واکنش دهنده‌ها را تولید کنند.

• اگر در یک واکنش برگشت‌پذیر هیچ یک از ذرات موجود در ظرف واکنش امکان خروج از آن را نداشته باشند، واکنش می‌تواند به حالت **تعادل** برسد. در این حالت مقدار واکنش دهنده‌ها و فرآورده‌ها ثابت باقی می‌ماند.

• در این نقطه، واکنش در یک تعادل **پویا (دینامیک)** قرار دارد و سرعت واکنش رفت با سرعت واکنش برگشت برابر خواهد بود.

• با تغییر شرایط انجام واکنش می‌توان موقعیت تعادل را نیز تغییر داد. تعادل همواره به سمتی جابجا می‌شود که اثر تغییر ایجاد شده را از بین ببرد. باید توجه داشت که اضافه کردن کاتالیزگر به واکنش موقعیت تعادل را جابجا نخواهد کرد، امّا سرعت رسیدن به تعادل را افزایش می‌دهد. همچنین کاتالیزگر نمی‌تواند بازده واکنش را افزایش دهد و مقدار فرآورده‌ی تولید شده تغییری نمی‌کند، بلکه سرعت به دست آوردن همان مقدار از فرآورده بیشتر خواهد شد.

• اسیدها و بازهای قوی در آب به طور کامل **تفکیک شده** و به یون تبدیل می‌شوند.

پرسش‌ها

۱- جاهای خالی را با کلمه (های) مناسب پُر کنید:

واکنش‌هایی که هم در جهت رفت و هم در جهت برگشت انجام می‌شوند، واکنش ..... نام دارند.

در یک مخلوط در حال ..... در یک سیستم بسته، مقدار واکنش دهنده‌ها و فرآورده‌ها ثابت باقی می‌ماند.

به تعادلی که در آن سرعت واکنش رفت با سرعت واکنش برگشت یکسان است، تعادل ..... گفته‌می‌شود.

ما می‌توانیم با تغییر دادن غلظت و یا ..... ، موقعیت تعادل را جابجا کنیم. تغییر فشار در واکنش‌هایی که تعداد مولکول‌های ..... در دو طرف معادله‌ی واکنش با یکدیگر برابر نیستند، موجب تغییر در سرعت واکنش خواهد شد.

استفاده از ..... موقعیت تعادل را جابجا نمی‌کند امّا سرعت رسیدن به تعادل را افزایش می‌دهد.

۲- مس سولفات آبدار دارای بلورهایی به رنگ آبی است:

آ) توضیح دهید که با حرارت دادن مس سولفات آبدار چه اتفاقی می‌افتد؟

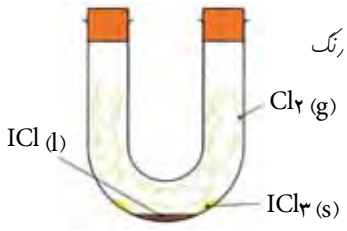
ب) چگونه می‌توان دوباره مس سولفات آبدار را تولید کرد؟

پ) یک معادله‌ی واکنش برگشت‌پذیر برای این فرآیند بنویسید.

۳- معادله‌ی زیر یک تعادل پویا (دینامیک) را نشان می‌دهد:

$$ICl_3\,(s) \rightleftharpoons Cl_2\,(g) + ICl\,(l)$$

جامد زرد رنگ — گاز زرد مایل به سبز — مایع قهوه‌ای رنگ



این واکنش را می‌توان در لوله‌ای U شکل انجام داد:

آ) مخلوط تعادلی دارای سه حالت ماده است. منظور از جمله‌ی قبل را توضیح دهید.

ب) فرض کنید فشار داخل لوله‌ی U شکل افزایش یافته است. در این صورت چه تغییری در مخلوط تعادلی ایجاد خواهد شد؟ پاسخ خود را توضیح دهید.

پ) با خروج گاز کلر از لوله‌ی U شکل، چه تغییری در تعادل ایجاد می‌شود؟ پاسخ خود را توضیح دهید.

مرکز ملی پرورش استعدادهای درخشان و دانش‌پژوهان جوان

فصل چهارم

ترکیب‌های یونی

www.chemyazd.com

در هنگام بررسی جدول تناوبی عنصرها با گروهی از عنصرها آشنا شدید که تقریباً هیچ تمایلی برای انجام واکنش‌های شیمیایی ندارند.

• آیا می‌توانید نام این گروه را به خاطر بیاورید؟ در مورد آرایش الکترونی این اتم‌ها چه نظری دارید؟

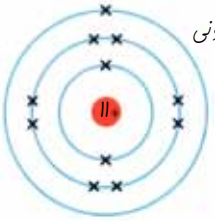
فلزهایی مانند سدیم با نافلزهایی مانند کلر واکنش می‌دهند. ترکیب‌های برست آمده از یون تشکیل شده‌اند.

در اتم گازهای بی‌اثر (نجیب)، لایه‌های بیرونی کاملاً پُر از الکترون بوده و به این ترتیب اتم‌های این عنصرها بسیار پایدار هستند. اتم عنصرهای دیگر نیز با پُر شدن لایه‌ی بیرونی خود پایدار خواهند شد. در این قسمت از کتاب با پیوند فلزها و نافلزها و تشکیل ترکیب‌های جدیدی آشنا خواهید شد که بر اساس همین ایده ساخته می‌شوند.

پیوند یونی

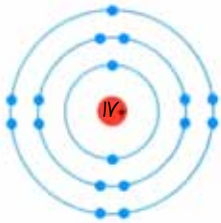
برای شروع بررسی این پیوندها، سدیم کلرید را به عنوان مثال در نظر می‌گیریم:

پیوندهای یونی بین فلزها و نافلزها تشکیل می‌شوند.



اتم Na در لایه بیرونی خود ۱ الکترون دارد

اتم Na دارای ۱۱ الکترون است (۱ و ۸ و ۲)



اتم Cl در لایه بیرونی خود ۷ الکترون دارد

اتم Cl دارای ۱۷ الکترون است (۷ و ۸ و ۲)

هر دو اتم سدیم و کلر در صورتی که دارای لایه‌ی آخر کاملاً پُر باشند، بسیار پایدارتر خواهند بود. از طرفی برای رسیدن به چنین حالتی همیشه راحت‌ترین راه را انتخاب می‌کنند! همان طور که دیدید سدیم فقط یک الکترون در لایه‌ی بیرونی خود دارد.

اتم‌های فلزی به اتم‌های نافلزی الکترون می‌دهند

• به نظر شما این اتم چطور می‌تواند دارای یک لایه‌ی بیرونی کاملاً پُر از الکترون شود؟ برای سدیم راحت‌تر است که یک الکترون از دست بدهد یا اینکه ۷ الکترون بدست آورد؟

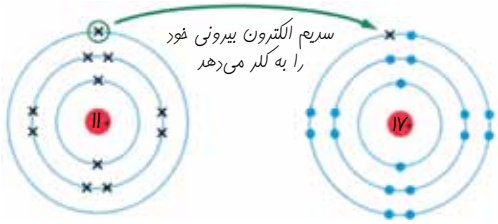
حال به اتم کلر نگاه کنید. این اتم در لایه‌ی بیرونی خود دارای ۷ الکترون است.

• به نظر شما این اتم چطور می‌تواند دارای یک لایه‌ی بیرونی کاملاً پُر از الکترون شود؟ برای کلر راحت‌تر است که ۷ الکترون از دست بدهد یا اینکه یک الکترون بدست آورد؟

وقتی سدیم واکنش می‌دهد، تک الکترون موجود در لایه‌ی خارجی خود را **از دست می‌دهد.** این کار باعث می‌شود لایه‌ی بیرونی آن (که حالا دومین لایه‌ی آن خواهد بود) به یک لایه‌ی پُر از الکترون تبدیل شود.

به نظر شما این الکترون به کجا خواهد رفت؟

کلر این الکترون سدیم را می‌گیرد.



در واقع این اتم یک الکترون **به دست می‌آورد**، زیرا فقط یک الکترون نیاز دارد تا لایه‌ی بیرونی خود را کامل کند.

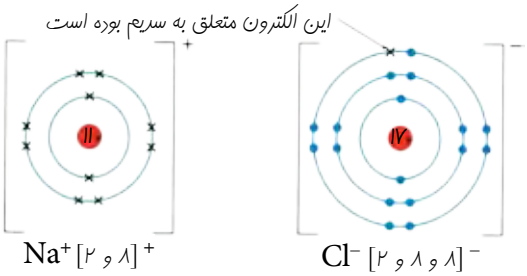
به شکل مقابل توجه کنید:

همان‌طور که به خاطر دارید، اتم‌ها در حالت عادی خنثی بوده و تعداد پروتون‌های مثبت و الکترون‌های منفی آن‌ها با یکدیگر برابر هستند. بنابراین هیچ گونه بار الکتریکی نخواهند داشت.

امّا بعد از اینکه سدیم یک الکترون خود را به کلر داد، دیگر تعداد الکترون‌ها و پروتون‌ها در این دو اتم برابر نیستند. با بررسی این تغییرات می‌توان گفت:

سدیم: ۱۰ الکترون	=	−۱۰	**کلر:** ۱۸ الکترون	=	−۱۸
۱۱ پروتون	=	+۱۱	۱۷ پروتون	=	+۱۷
مجموع بار الکتریکی	=	+۱	مجموع بار الکتریکی	=	−۱

به این ترتیب اتم‌های خنثی به **یون‌های** باردار تبدیل شده‌اند که به صورت Na^+ و Cl^- نشان داده می‌شوند. می‌توان این یون‌ها را به صورت زیر نشان داد:



$Na^+ [۲ و ۸]^+$ $Cl^- [۲ و ۸ و ۸]^-$

مرکز ملی پرورش استعدادهای درخشان و دانش‌پژوهان جوان

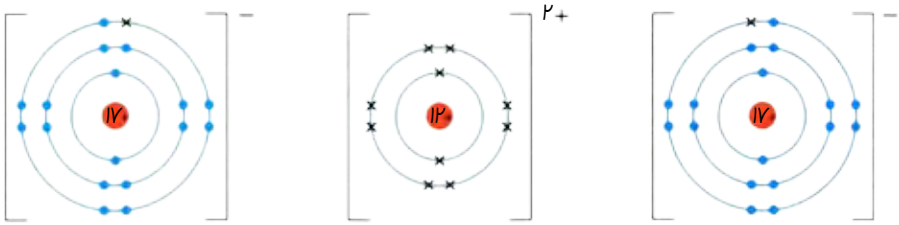
همـــان طور که می‌دانیـــد، بارهـــای الکتریکی مخالف، یکدیگـــر را جذب می‌کننـــد. بنابراین یون‌هـــای Na^+ و Cl^- به شـــدت یکدیگـــر را جذب خواهند کرد، زیرا یکـــی از آن‌ها دارای بار الکتریکی مثبت اســـت و دیگری بار الکتریکی منفی خواهد داشت. این نیروهای جاذبه (که جاذبه‌ی الکتروستاتیک نامیده می‌شوند) یون‌ها را در کنار یکدیگر نگه می‌دارند و **پیوند یونی** نامیده می‌شوند. میلیون‌ها یون با یکدیگر پیوند می‌دهند و **بلورهای** محکمی‌را می‌سازند که این نیروهـــای جاذبه در تمام جهت‌های آن وجود خواهند داشـــت (در واقع یون‌ها به صورت یک شبکه‌ی بزرگ سه بعدی در کنار هم قرار گرفته‌اند).

ترکیب‌های یونی بیشتر

در قســـمت‌های قبلی سدیم کلرید را به عنوان یک ترکیب یونی مورد بررسی قرار دادیم. وقتی ســـدیم و کلر با یکدیگر واکنش می‌دهند، هر اتم سدیم به هر اتم کلر، یک الکترون می‌دهد و اتم‌ها به صورت یک به یک با هم واکنش می‌دهند. بنابراین فرمول سدیم کلرید $NaCl$ خواهد بود.

منیزیم در گروه ۲ از جدول تناوبی قرار دارد. همـــان طور کـــه می‌دانید، این اتم در لایه‌ی بیرونی خود دارای ۲ الکترون خواهد بود. این اتم چگونه می‌تواند یک لایه‌ی بیرونی کاملاً پُر داشـــته باشد؟ به نظر شما اگر به جای سدیم، فلز منیزیم را با کلر واکنش دهیم چه اتفاقی می‌افتد؟

اتم Cl (۲ و ۸ و ۷)　　اتم Mg (۲ و ۸ و ۲)

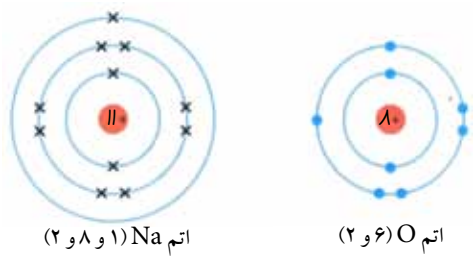


Cl^- یون [۲ و ۸ و ۸]$^-$　　Mg^{2+} یون [۲ و ۸]$^{2+}$　　Cl^- یون [۲ و ۸ و ۸]$^-$

اتم منیزیم در هنگام واکنش ۲ الکترون از دســـت می‌دهد. بنابراین یون آن دارای بار الکتریکی ۲+ بوده و به صورت Mg^{2+} نشان داده می‌شود.

مرکز ملی پرورش استعدادهای درخشان و دانش پژوهان جوان

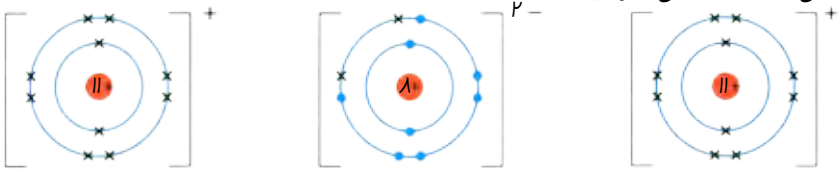
همین طور که می‌بینید هر اتم منیزیم می‌تواند به هر یک از ۲ اتم کلر، یک الکترون بدهد. به این ترتیب فرمول منیزیم کلرید به صورت $MgCl_2$ خواهد بود.


اتم O (۶ و ۲)

اتم Na (۱ و ۸ و ۲)

حالا به واکنش بین سدیم و اکسیژن نگاهی خواهیم داشت:

یک اتم اکسیژن در لایه‌ی بیرونی خود ۶ الکترون دارد. این اتم چگونه می‌تواند لایه‌ی آخر خود را کامل کند؟ به شکل زیر توجه کنید:

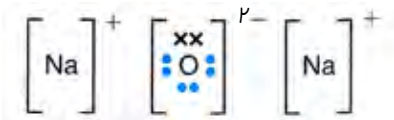

Na^+ یون [۸ و ۲] $^+$

O^{2-} یون [۸ و ۲] $^{2-}$

Na^+ یون [۸ و ۲] $^+$

اتم اکسیژن ۲ الکترون به دست می‌آورد که هر کدام از آن‌ها یک بار منفی دارند. بنابراین یون اکسیژن دارای بار الکتریکی ۲- بوده و به صورت O^{2-} نشان داده می‌شود.

برای پُر کردن لایه‌ی بیرونی یک اتم اکسیژن، ۲ اتم سدیم مورد نیاز است. بنابراین فرمول سدیم اکسید به صورت Na_2O خواهد بود.



مدل «نقطه و ضربدر» برای Na_2O، در این مدل فقط الکترون‌های لایه‌ی بیرونی نشان داده می‌شوند.

تعیین فرمول ترکیب‌های یونی

شما تا به حال با چگونگی تشکیل ۳ ترکیب یونی آشنا شدید. به یون‌های تشکیل دهنده‌ی هر یک از این ترکیب‌ها توجه کنید:

ترکیب یونی	فرمول	نسبت یون‌های موجود در ترکیب
سدیم کلرید	$NaCl$	یک Na^+ به ازای یک Cl^-
منیزیم کلرید	$MgCl_2$	یک Mg^{2+} به ازای دو Cl^-
سدیم اکسید	Na_2O	دو Na^+ به ازای یک O^{2-}

مرکز پرورش استعدادهای درخشان و دانش‌پژوهان جوان

حالا مجموع بار الکتریکی یون‌های موجود در هر ترکیب را مشخص کنید.

• چه چیزی مشاهده می‌کنید؟ آیا مجموع بارهای مثبت و منفی با یکدیگر برابر بوده و موازنه هستند؟

ترکیب‌های یونی در مجموع خنثی می‌باشند. بار موجود در یون‌های این ترکیب‌ها یکدیگر را خنثی می‌کنند. با توجه به این موضوع و همچنین دانستن بار هر یون، می‌توانیم فرمول هر ترکیب یونی را تعیین کنیم.

مثال

منیزیم اکسید

منیزیم اکسید دارای فرمول MgO است

یون‌های منیزیم دارای بار الکتریکی ۲+ هستند (Mg^{2+}).

یون‌های اکسید بار الکتریکی ۲- دارند (O^{2-}).

بار الکتریکی موجود بر روی یک یون منیزیم با بار الکتریکی موجود بر روی یک یون اکسید خنثی (موازنه) می‌شود. ۰ = (۲-) + (۲+)

بنابراین آن‌ها با نسبت یک Mg^{2+} به ازای یک O^{2-} با یکدیگر پیوند می‌دهند.

فرمول این ترکیب MgO خواهد بود.

مثال

آلومینیم اکسید کمی پیچیده‌تر است.

آلومینیوم اکسید دارای فرمول Al_2O_3 است

یون‌های آلومینیم دارای بار الکتریکی ۳+ هستند (Al^{3+}).

یون‌های اکسید بار الکتریکی ۲- دارند (O^{2-}).

به این ترتیب باید چند یون آلومینیم و چند یون اکسید با یکدیگر ترکیب شوند تا بار الکتریکی آن‌ها خنثی (موازنه) شود؟

دو یون Al^{3+} می‌توانند بار الکتریکی سه یون O^{2-} را خنثی کنند.

در واقع می‌توان گفت: ۲ × (۳+) = ۶+ و ۳ × (۲-) = ۶- ۰ = (۶+) + (۶-)

بنابراین فرمول این ترکیب Al_2O_3 خواهد بود.

توجه داشته باشـید که در هنگام نوشتن فرمول یک ترکیب یونی، ابتدا نماد شیمیایی فلز نوشته می‌شود و سپس نماد شیمیایی نافلز قرار می‌گیرد.

• جدول زیر را در دفتر خود نوشته و کامل کنید:

	کلرید، Cl^-	برمید، Br^-	اکسید، O^{2-}
سدیم، Na^+	$NaCl$		Na_2O
منیزیم، Mg^{2+}	$MgCl_2$		
آلومینیم، Al^{3+}			Al_2O_3

ویژگی‌های ترکیب‌های یونی

تا اینجا مشاهده کردید که چگونه فلزها با نافلزها پیوند می‌دهند. فلزها به نافلزها الکترون می‌دهند. به این ترتیب:

فلزها همیشه یون‌های مثبت تولید می‌کنند و نافلزها یون‌های منفی تشکیل می‌دهند.

بلورهای دو ترکیب یونی مختلف

به شکل دو ترکیب یونی مقابل نگاه کنید:
آیا شباهتی بین این دو ترکیب مشاهده می‌کنید؟
شما می‌توانید در آزمایش زیر، یک ترکیب یونی را بررسی کنید:

آزمایش ۱-۴ بررسی ترکیب‌های یونی

۱- مقداری سدیم کلرید را در زیر یک میکروسکوپ قرار دهید. میکروسکوپ را بر روی ذره‌های سدیم کلرید متمرکز کنید.

• شکل دانه‌های کوچک سدیم کلرید چگونه است؟

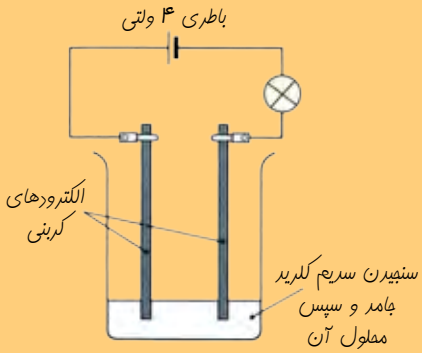
• آیا شکل و زاویه‌های موجود در دانه‌های سدیم کلرید با یکدیگر مشابه هستند؟

به مواد جامدی که دارای شـکل هندسـی منظم و زاویه‌های مشـخصی هسـتند، **بلور** گفته می‌شود.

مرکز پرورش استعدادهای درخشان و دانش‌پژوهان جوان

۲- مقداری از بلورهای سـدیم کلرید را به شـدت در یک لوله‌ی آزمایش حرارت دهید.

• چه اتفاقی می‌افتد؟ آیا سدیم کلرید **نقطه‌ی ذوب بالایی** دارد؟



۳- به اندازه یک قاشـق چای خوری از سدیم کلرید را در یک لیوان که نصف آن از آب پُر شده است بریزید. سـپس آن را با یک میله‌ی شیشه‌ای به هم بزنید.

• چه اتفاقی می‌افتد؟ آیا سدیم کلرید **در آب حل می‌شود؟**

کلر

۴- یک مدار الکتریکی مانند شکل مقابل درست کنید:
الکترودهای کربنی را وارد مقداری سدیم کلرید جامد کنید.

• آیا این جامد، رسانای الکتریسیته است؟

حال مقداری آب داخل لیوان بریزید و آن را به هم بزنید.

• آیا در این شرایط لامپ روشن می‌شود؟

• آیا محلول **رسانای الکتریسیته** است؟

به محض پایان یافتن آزمایش، مدار الکتریکی را قطع کنید.

در این قسمت فهرستی از ویژگی‌های ترکیب‌های یونی آورده شده است:

ترکیب‌های یونی:

- از بلور ساخته شده‌اند (که شکل هندسی مشخصی دارند).
- نقطه‌ی ذوب بالایی دارند.
- اغلب در آب حل می‌شوند.
- در حالت مذاب یا محلول در آب رسانای جریان الکتریسیته هستند، امّا در حالت جامد چنین خاصیتی ندارند.

ساختار یونی شبکه‌ای

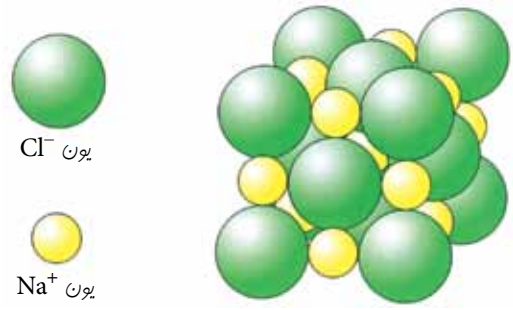
دوروتی‌هادکین برای کمک به مشخص شدن ساختار مواد از پرتوهای X استفاده کرد.

دانشمندان احتیاج دارند که بدانند یون‌ها چگونه در یک ترکیب یونی در کنار هم قرار می‌گیرند. این موضوع به فهمیدن رفتار و ویژگی‌های ترکیب‌های یونی کمک می‌کند.

ما می‌توانیم با تاباندن پرتوهای X به یک بلور، اطلاعاتی را در مورد آن به دست آوریم. در هنگام عبور پرتوهای X از میان یک بلور، الگویی از نحوه‌ی قرار گرفتن اجزای بلور در کنار یکدیگر به دست می‌آید. این الگو آرایش یون‌ها در کنار یکدیگر را مشخص می‌کند.

دانشمندان دریافته‌اند که یون‌ها، **ساختارهای شبکه‌ای** را تشکیل می‌دهند. میلیون‌ها یون مثبت و منفی در جای خود به صورت ثابت قرار گرفته‌اند.

به شکل زیر نگاه کنید:



بخشی از ساختار یونی بسیار بزرگ سدیم کلرید، این ساختارها را شبکه‌ی یونی نیز می‌گویند.

آیا می‌بینید که یون‌ها به صورت یک الگوی منظم و ثابت در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند؟

همین موضوع نشان دهنده‌ی شکل هندسی منظم بلورهای یونی است.

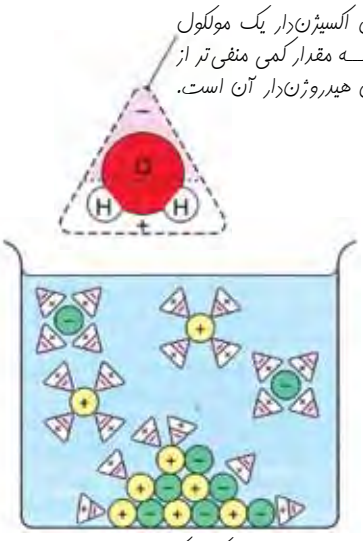
به نظر شما چرا ترکیب‌های یونی دارای نقطه‌ی ذوب بالایی هستند؟ به خاطر دارید که نیروی جاذبه‌ی بین بارهای مخالف، باعث تشکیل پیوندهای یونی قوی خواهد شد. این نیروهای جاذبه در همه‌ی جهت‌ها وجود دارند. حال تصور کنید که باید تمام یون‌های موجود در ساختار یونی شبکه‌ای یک ترکیب یونی (مانند سدیم کلرید) را از یکدیگر جدا کنید! مسلماً غلبه بر نیروهای جاذبه‌ای که در تمام جهت‌ها وجود دارند، انرژی زیادی را نیاز دارد.

مرکز ملی پرورش استعدادهای درخشان و دانش‌پژوهان جوان

بسیاری از ترکیب‌های یونی در آب حل می‌شوند. برای توضیح این موضوع لازم است نگاه دقیق‌تری به مولکول آب داشته باشیم:

الکترون‌های موجود در H_2O به طور یکنواخت در بین اتم‌های آن توزیع نشده‌اند. در واقع یک طرف مولکول مقداری منفی‌تر از قسمت دیگر آن است (با این پدیده در سال‌های آینده بیشتر آشنا خواهید شد).

به شکل داده شده دقت کنید:



حل شدن یک ترکیب یونی در آب

مولکول‌های آب یون‌ها را جذب کرده و آن‌ها را از ساختار شبکه‌ای خود خارج می‌کنند. با حل شدن ترکیب یونی، یون‌های آن می‌توانند آزادانه به اطراف حرکت کنند.

شیمی‌در عمل: ترکیب‌های یونی–هالیدها

شما تاکنون با چند ترکیب یونی مهم آشنا شده‌اید. به عنوان مثال نمک طعام (سدیم کلرید) از این جمله است که ساختار و ویژگی‌های آن قبلاً مورد بررسی قرار گرفت.

در این قسمت تصمیم داریم چند ترکیب یونی مفید و پُرکاربرد ازهالوژن‌ها (عنصرهای گروه ۱۷ جدول تناوبی) را بررسی کنیم. به این ترکیب‌ها، هالید گفته می‌شود (که نام آن‌ها از نام‌هالوژن‌ها گرفته شده است).

سدیم فلوئورید

غذاهای شیرین باعث خراب شدن دندان‌ها می‌شوند.

اگر شما شکلات و یا غذاهای چسبناک(!) بخورید، احتمال پوسیدگی دندان‌های خود را بیشتر کرده‌اید. باکتری‌های موجود در دهان شما که از قند تغذیه می‌کنند، اسید می‌سازند و همین اسید باعث خرابی دندان خواهد شد.

یون‌هـای فلوئورید به جلوگیری از خراب شـدن دندان کمک می‌کنند. همزمان با رشد کودکان، فلوئورید بخشـی از ترکیب‌های کلسیم‌دار دندان آن‌ها را تشکیل خواهد داد. این امر تخریب دندان توسـط اسیدها را دشوارتر خواهد کرد. در بعضی از کشورها مقداری فلوئورید به منابع آب مصرفی افزوده می‌شود و به این ترتیب مشکلات دندان (به ویژه در کودکان) تا حد مطلوبی کمتر خواهد شد.

البته مقدار زیاد فلوئورید نیز می‌تواند مضر و زیان آور باشـد. در حقیقت مقدار زیاد این یون می‌تواند سمّی باشد! بنابراین در افزودن فلوئورید به آب باید بسیار دقت کرد.

- نظر شما در رابطه با افزودن فلوئورید به منابع آب شهری چیست؟
- چطور می‌توان فهمید که مقدار فلوئورید افزوده شده مناسب بوده و ایمنی لازم را دارد؟

نقره‌هالیدها

ظاهر کردن یک عکس

این ترکیب‌های در فیلم‌ها و کاغذهای مورد استفاده در عکاسی بـه کار می‌روند. اگر نقره‌هالیدهـا در معرض نور قرار بگیرند، تغییر می‌کنند. در صورت امکان آزمایش زیر را انجام دهید:

آزمایش ۲-۴ تأثیر نور بر روی نقره‌هالیدها

بـه دو لوله‌ی آزمایش که هر کدام مقداری سـدیم کلرید دارند، محلول نقره نیترات اضافه کنید. چه اتفاقی می‌افتد؟

رسوب سفید تولید شده، نقره کلرید است.

همیـن آزمایش را با دو لوله‌ی آزمایش که دارای سـدیم برمید هسـتند انجام دهید.

آزمایش را برای سدیم یدید نیز تکرار کنید.

لولـه‌ی آزمایش دارای هر یک از نقره‌هالیدها را بـه مدت ۵ دقیقه در یک محفظه‌ی تاریک قرار دهید. حالا هر سه نقره‌هالید را در معرض نور قرار دهید.

- مشاهده‌ی خود را بنویسید.

نقره‌هالیدهـا در مجاورت نور به نقره تبدیل می‌شـوند. همین ویژگی باعث به کار گیری آن‌ها در عکاسی شده است.

مرکز ملی پرورش استعدادهای درخشان و دانش‌پژوهان جوان

خلاصه‌ی فصل

در یک ساختار یونی شبکه‌ای نیروهای جاذبه‌ی الکتروستاتیک قوی در تمام جهت‌ها تأثیر گذار هستند.

• وقتی فلزها و نافلزها با یکدیگر واکنش می‌دهند، ترکیب‌های **یونی** را تشکیل می‌دهند. اتم‌های فلزی به اتم‌های نافلزی الکترون می‌دهند. این کار موجب ساخته شدن یون‌های **فلزی مثبت** و یون‌های **نافلزی منفی** می‌شود.

• یون‌های دارای بار الکتریکی مخالف (مثبت و منفی) توسط نیروهای الکتروستاتیک قوی به یکدیگر می‌چسبند. به این حالت **پیوند یونی** گفته می‌شود.

• این یون‌ها به صورت یک ساختار بزرگ در کنار هم قرار می‌گیرند که **ساختار یونی شبکه‌ای** نام دارند.

• ترکیب‌های یونی:

– از بلورهای منظم ساخته شده‌اند.

– نقطه‌ی ذوب بالایی دارند.

– اغلب در آب حل می‌شوند.

– در حالت مذاب یا محلول در آب (که یون‌های موجود در آنها به صورت آزاد وجود دارند) رسانایی الکتریکی دارند، امّا در حالت جامد رسانا نیستند.

پرسش‌ها

۱– جاهای خالی را با کلمه (های) مناسب پُر کنید:

ترکیب‌های ..... از فلزها و نافلزها ساخته شده‌اند.

فلزها همیشه یون‌هایی با بار الکتریکی ..... تولید می‌کنند، و نافلزها یون‌هایی با بار الکتریکی ..... را می‌سازند.

این یون‌ها در ساختارهای یونی ..... در کنار هم قرار می‌گیرند. بلورهای آن‌ها دارای نقطه ذوب ..... هستند و اغلب در آب ..... می‌شوند.

این ترکیب‌ها در حالت مذاب یا محلول در آب رسانایی ..... دارند، امّا در حالت ..... این خاصیت را ندارند.

۲- کدام یک از مواد زیر دارای پیوندهای یونی هستند؟ علت انتخاب هر ماده توسط خود را بیان کنید.

آمونیاک، NH_3 آب، H_2O
مس اکسید، CuO روی کلرید، $ZnCl_2$
سرب برمید، $PbBr_2$ پتاسیم فلوئورید، KF
متان، CH_4

۳- با رسم شکل نشان دهید که هر یک از اتم‌های داده شده در گزینه‌های زیر، با انتقال الکترون‌های خود، یون تولید می‌کنند (به خاطر دارید که اوّلین لایه می‌تواند ۲ الکترون در خود نگه دارد، دومین لایه توانایی نگهداری ۸ الکترون را دارد و لایه‌ی سوم نیز می‌تواند ۸ الکترون داشته باشد).

آ) لیتیم، Li (که دارای ۳ الکترون است) و فلوئور، F (که ۹ الکترون دارد).
ب) پتاسیم، K (که دارای ۱۹ الکترون است) و کلر، Cl (که ۱۷ الکترون دارد).

۴- سه یون فلزی زیر را در نظر بگیرید:

لیتیم، Li^+ کلسیم، Ca^{2+} آهن(III)، Fe^{3+}

سه یون نافلزی زیر را نیز در نظر بگیرید:

فلوئورید، F^- یدید، I^- سولفید، S^{2-}

با رسم یک جدول، فرمول ترکیب‌های حاصل از هر یک از این یون‌ها با یکدیگر را مشخص کنید.

۵- با رسم شکل نشان دهید که این اتم‌ها چگونه با انتقال الکترون، یون‌های خود را تولید می‌کنند:

آ) منیزیم، Mg (با داشتن ۱۲ الکترون) و فلوئور، F (با داشتن ۹ الکترون).
ب) منیزیم، Mg (با داشتن ۱۲ الکترون) و اکسیژن، O (با داشتن ۸ الکترون).

مرکز ملی پرورش استعدادهای درخشان و دانش‌پژوهان جوان

۶- با توجه به جدول تناوبی عنصرها به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

آ) چه رابطه‌ای بین شماره‌ی گروه یک فلز و بار الکتریکی یون‌های آن وجود دارد؟ می‌توانید از سدیم، منیزیم و آلومینیم به عنوان مثال استفاده کنید.

ب) سعی کنید یک معادله‌ی ریاضی ساده پیدا کنید که رابطه‌ی بین شماره‌ی گروه یک نافلز و بار الکتریکی یون‌های آن را نشان دهد. می‌توانید از اکسیژن و فلوئور به عنوان مثال استفاده کنید.

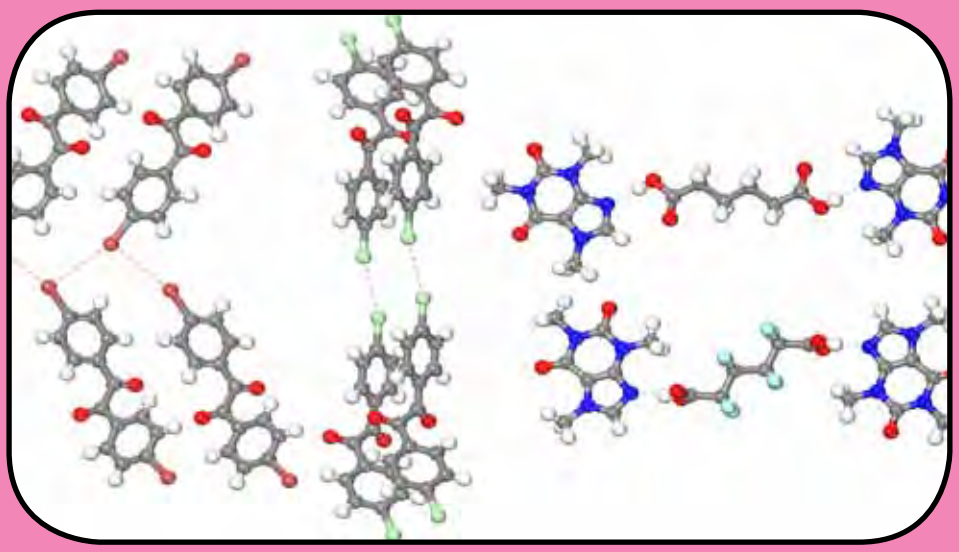
پ) کربن (که دارای ۶ الکترون است) هیچ گاه یون تولید نمی‌کند. به نظر شما چرا این اتم توانایی تشکیل یون را ندارد؟

ت) هیدروژن (که تنها یک الکترون دارد)، هم می‌تواند یون‌های H^+ تولید کند و هم امکان تولید یون‌های H^- را دارد. توضیح دهید که علت این موضوع چیست؟

ث) چرا بعضی از شیمی‌دان‌ها عقیده دارند که هیدروژن در جدول تناوبی عنصرها باید در بالای لیتیم (Li) قرار داشته باشد، امّا برخی دیگر معتقد هستند که جای هیدروژن در بالای فلوئور (F) است؟

فصل پنجم

پیوند کووالانسی



www.chemyazd.com

در فصل قبل با چگونگی پیوند فلزها و نافلزها آشنا شدید. به یاد دارید که اتم‌های فلزی تمایل به از دست دادن الکترون دارند و اتم‌های نافلزی نیز به گرفتن الکترون احتیاج دارند.

امّا بعضی از ترکیب‌ها مانند آب **فقط از نافلزها** ساخته شده‌اند. این موضوع چگونه امکان پذیر است؟

متان یکی از سوخت‌های مهم است که فرمول آن CH_4 می‌باشد. اتم‌های کربن و هیدروژن به وسیله‌ی پیوند کووالانسی به یکدیگر متصل شده‌اند.

اکسیژن و کربن هر دو نافلز بوده و به گرفتن الکترون احتیاج دارند. حال چگونه ممکن است اتم‌های آن‌ها به یکدیگر متصل شوند؟ چطور ممکن است **هر دو** با گرفتن الکترون لایه‌ی آخر خود را پُر کنند؟ چنین چیزی در اینجا با تشکیل پیوند یونی امکان پذیر نیست، زیرا هیچ اتم فلزی برای دادن الکترون وجود ندارد.

گروهی از مهمترین ترکیب‌های شیمیایی هیدروکربن‌ها نام دارند. این ترکیب‌ها فقط دارای هیدروژن و کربن هستند. متان یکی از معروف‌ترین هیدروکربن‌ها است که در آن اتم‌های نافلزی کربن و هیدروژن به هم متصل شده‌اند. امّا این پیوند چگونه تشکیل می‌شود؟

دو اتم نافلزی می‌توانند با **به اشتراک گذاشتن الکترون‌های خود**، الکترون مورد نیازشان را به دست آورند. اگر لایه‌های خارجی آن‌ها بر روی یکدیگر بیافتند (هم پوشانی کنند)، این اتم‌ها دارای جفت الکترون‌های مشترک در بین خود خواهند شد. به این ترتیب هر دو اتم می‌توانند الکترون به دست آورند.

به اشتراک گذاشتن الکترون‌ها باعث تشکیل
پیوندهای کووالانسی بین اتم‌های نافلزی می‌شود.

می‌خواهیم نگاه دقیق‌تری به ساده‌ترین هیدروکربن (یعنی متان با فرمول CH_4) داشته باشیم.

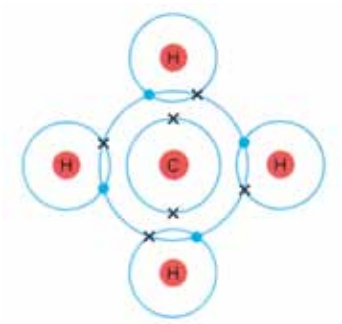
اتم کربن

کربن در لایه‌ی بیرونی (خارجی) خود ٤ الکترون دارد. این اتم برای پُرکردن لایه‌ی بیرونی خود باید ٤ الکترون به دست آورد. (به خاطر دارید که لایه‌ی دوم می‌تواند ٨ الکترون در خود جای دهد)

اتم هیدروژن

هیدروژن تنها دارای یک الکترون است. اگر این اتم یک الکترون دیگر به دست آورد، لایه‌ی خود را کامل می‌کند. (لایه‌ی اوّل تنها با ٢ الکترون پُر می‌شود)

یک اتم کربن و ۴ اتم هیدروژن به این صورت روی هم قرار می‌گیرند (هم پوشانی می‌کنند):



تعداد الکترون‌های لایه‌ی بیرونی اتم‌های کربن و هیدروژن در متان را بشمارید.

• آیا تمام لایه‌ها پُر شده‌اند؟

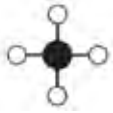
حالا می‌توانید ببینید که کربن در لایه‌ی بیرونی خود ۸ الکترون دارد؟

هر هیدروژن چند الکترون دارد؟

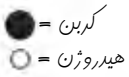
آیا هیدروژن با داشتن این آرایش الکترونی، پایدار خواهد بود؟

بین جفت الکترون‌ها و هسته‌ی اتم‌های C و H موجود در مولکول متان یک نیروی جاذبه‌ی الکتروستاتیک وجود دارد که اتم‌ها را در کنار یکدیگر نگه داشته است. این نیروی جاذبه (که همان پیوند کووالانسی است) فقط بین هسته‌ی اتم‌ها و الکترون‌های مشترک وجود دارد.

پیوندهای کووالانسی را به صورت زیر نیز نشان می‌دهند:



CH_4 متان



این مدل نمایش پیوندها «مدل کلوله و میله» نام دارد که ٤ پیوند کووالانسی یگانه را بین اتم‌های C و H نشان می‌دهد. هر پیوند کووالانسی نشان دهنده‌ی یک جفت الکترون است.

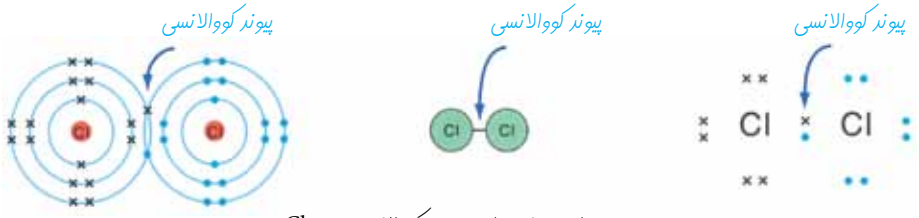
حال به مثالی دیگر از پیوندهای کووالانسی توجه کنید:

گاز کلر به صورت تک اتمی‌وجود دارد. به خاطر دارید که یک اتم کلر در لایه‌ی بیرونی خود دارای ۷ الکترون است. این اتم برای پُر کردن لایه‌ی بیرونی خود به یک الکترون دیگر احتیاج دارد. به نظر شما اتم کلر چطور می‌تواند به هدف خود برسد؟

اتم‌های کلر، یک جفت الکترون را در یک پیوند کووالانسی به اشتراک می‌گذارند.

مانند بسیاری از گازهای دیگر، گاز کلر نیز دو اتمی است. دو اتم کلر برای ساختن یک مولکول Cl_2 با یکدیگر پیوند می‌دهند. به شکل‌های زیر در مورد مولکول Cl_2 توجه کنید:

مرکز ملی پرورش استعدادهای درخشان و دانش‌پژوهان جوان



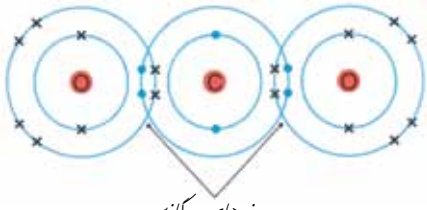
سه روش برای نشان دادن پیوند کووالانسی در Cl_2.
به روش استفاده شده در شکل سمت راست، روش «نقطه و ضربدر» می‌گویند (که فقط الکترون‌های بیرونی را نشان می‌دهد).

الکترون‌های موجود در لایه‌ی خارجی هر اتم کلر را بشمارید. آیا هر دو اتم ۸ الکترون دارند؟ آیا مولکول‌های کلر در مقایسه با اتم‌های کلر پایدارتر هستند؟

پیوندهای دوگانه

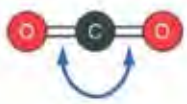
مولکول اِتن یکی دیگر از هیدروکربن‌های معروف و پُرمصرف است که فرمول آن C_2H_4 می باشد. در ساختار این ترکیب، اتم‌های کربن با یکدیگر «پیوند دوگانه» تشکیل داده‌اند.

کربن دی اکسید مولکول دیگری است که پیوند دوگانه دارد. به شکل زیر توجه کنید:



پیوندهای دوگانه

در اتن بین اتم‌های کربن پیوند کووالانسی دوگانه وجود دارد.



یک پیوند دوگانه بین اتم کربن با هر اتم اکسیژن.

(هر پیوند دوگانه دارای ۲ جفت الکترون است، یعنی ٤ الکترون دارد)
مدل «نقطه و ضربدر» برای CO_2

• در هر قسمت همپوشانی شده (روی هم افتاده) چند الکترون وجود دارد؟ چند الکترون در پیوندهای کووالانسی یگانه در CH_4 و Cl_2 موجود هستند؟

هر جفت الکترون در لایه‌هایی که با یکدیگر همپوشانی کرده‌اند، یک پیوند کووالانسی محسوب می‌شود. به این ترتیب یک پیوند دوگانه از ۴ الکترون (۲ جفت الکترون) ساخته خواهد شد.

ساختارهای کووالانسی شبکه‌ای

یکی از دلایل مهمی که باعث وجود تنوع در زندگی بر روی کره‌ی زمین شـده است، توانایی کربن در تشکیل پیوند کووالانسی با خودش می‌باشد. مانند بسیاری از عنصرهای دیگر، اتم‌های کربن نیز می‌توانند به صورت الماس و گرافیت به میلیون‌ها اتم کربن دیگر متصل شوند.

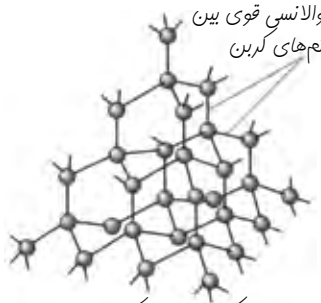
کربن به شکل الماس

آیا شما سخت‌ترین ماده‌ی موجود بر روی زمین را می‌شناسید؟ به شکل مقابل توجه کنید: سختی الماس آن را به ماده‌ای بسـیار مفید و پُرمصرف تبدیل کرده است. الماس فقط از اتم‌های کربن ساخته شده است.

نوک بعضی از مته‌ها از الماس سـاخته شده است. در این شـکل یک مته‌ی بزرگ را می‌بینید که برای کندن زمین و ایجاد چاه‌های نفتی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

بـا توجه به مطالبی که تاکنـون آموخته‌اید فکر می‌کنیـد هر اتـم کربـن می‌تواند چنـد پیوند کووالانسی تشکیل دهد؟

به شکل زیر نگاه کنید:



پیوندهای کووالانسی قوی بین تمام اتم‌های کربن

ساختار کووالانسی شبکه‌ای الماس

هـر اتم کربن بـا ۴ اتم مجاور خـود پیوندهای کووالانسی محکمی برقرار می‌کند. این اتم‌ها **در یک ساختار کووالانسی شبکه‌ای** قرار می‌گیرند. برخـی از محققان بـه این حالت، سـاختارهای مولکولـی شـبکه‌ای یـا سـاختارهای ماکـرو مولکولی (درشت مولکولی) می‌گویند.

• به نظر شما الماس دارای نقطه‌ی ذوب بالایی است یا نقطه‌ی ذوب کمی‌دارد؟ توضیح دهید.

مـاده‌ی دیگـری کـه دارای یـک سـاختار کووالانسی غول‌پیکر است، سیلیس می‌باشد. نام شـیمیایی این ماده سیلیسیم دی اکسید (SiO_2) بوده و در دمای ۱۵۰۰ ^oC ذوب می‌شود.

اگرچه الماس بسیار سفت است، امّا می‌توان آن را در جهت‌های خاصی برش داد و جواهرآلات زیبایی را با آن ساخت.

مرکز ملی پرورش استعدادهای درخشان و دانش‌پژوهان جوان

موادی که دارای ساختارهای کووالانسی شبکه‌ای هستند **در آب قابل حل نمی‌باشند**. ذره‌های این مواد بار الکتریکی ندارند (برخلاف ترکیب‌های یونی). بنابراین مولکول‌های آب نمی‌توانند آن‌ها را جذب کنند.

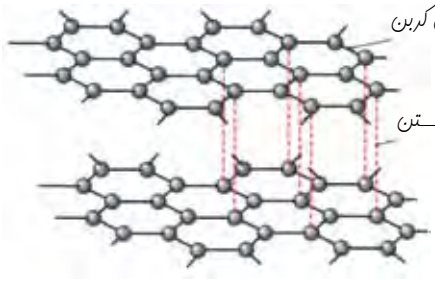
ایـن مواد در هیچ حالتـی (جامد، مایع یا حتـی گاز!) **رسـانای الکتریکی نیسـتند**. در این مواد هیچ گونه یون یا الکترون آزادی برای انتقال دادن بار الکتریکی وجود ندارد (البته گرافیت یک مورد استثنایی در این زمینه است).

کربن به شکل گرافیت

گرافیت (به صورت مفلوط با خاک رس) به عنوان مغز مداد مورد استفاده قرار می‌گیرد.

گرافیت شـکل دیگری از کربن است. الماس و گرافیت **آلوتروپ‌های** (دگر شکل‌های) کربن هسـتند. آلوتروپ‌ها در واقع شکل‌های مختلف یـک عنصر هسـتند. اتم‌هـای کربـن موجود در گرافیـت نیز در یک سـاختار کووالانسـی غول‌پیکر در کنار هـم قرار گرفته‌اند. امّا بعضی از خواص آن بسیار متفاوت از مواد کووالانسی شبکه‌ای مانند الماس یا سیلیس است.

اگر به یک تکه گرافیت دست بزنید، نرم و لغزنده به نظر می‌رسد. مغز مداد شما دارای گرافیت است. با حرکت دادن آن بر روی کاغذ، گرافیت موجود در آن به صورت ورقه ورقه جدا شده و اتم‌های کربن را برروی صفحه‌ی کاغذ برجای می‌گذارد. به شکل زیر توجه کنید:



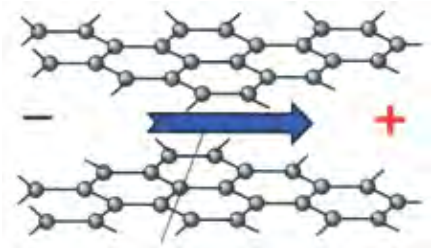
لایه‌های کربنی می‌توانند به راحتی بر روی یکدیگر بلغزند.

• این موضوع چطور می‌تواند استفاده از گرافیت به عنوان مغز مواد را توجیه کند؟

آیا شـما تنها عنصر نافلزی که رسانایی الکتریکی دارد را می‌شناسید؟ برای پاسخ به این پرسش می‌توانید به جنس الکترودهایی که در فرآیند الکترولیز مورد استفاده قرار می‌گیرند توجه کنید.

• در گرافیـت، چند اتم کربن مجاور هم با پیوندهای کووالانسـی محکمی‌به یکدیگر متصل شده‌اند؟ چه چیزی در این مورد تعجب آور است؟

چهارمین الکترون هـر اتم کربن در بالا یا پایین لایه‌هـای کربنی قـرار دارد. ایـن الکترون‌ها به صـورت ضعیفـی در کنار اتم‌هـای کربن قرار گرفته‌انـد و می‌توانند در طول لایه‌های گرافیت شناور باشند. به چنین الکترون‌هایی، الکترون‌های «نامستقر» می‌گویند. به شکل مقابل دقت کنید:



الکترون‌هـای نامسـتقر می‌توانند در امتـداد لایه‌های گرافیت حرکت کنند.

• به نظر شما گرافیت انتقال جریان را از روی لایه‌های خود انجام می‌دهد و یا از میان این لایه‌ها؟

گرافیت بر اثر حرارت دادن ذوب نمی‌شود. این ماده در دمای $3000\ ^oC$ مستقیماً به گاز تبدیل می‌شود. به این فرآیند **تصعید (فرازش)** گفته می‌شود.

• چرا برای تصعید (فرازش) گرافیت به انرژی زیادی نیاز داریم؟

شیمی‌در عمل: کربن

کاربردهای الماس

جواهر سازی

یک سنجاق سر ساخته شده از الماس

همه‌ی ما در مورد استفاده از الماس در ساختن جواهـر آلات اطلاعاتی داریم. اگر نگاهی به یک مغازه‌ی جواهر فروشـی بیاندازید، از قیمـت بـالای آن نیـز آگاه می‌شـوید! الماس ویژگی‌های منحصر به فردی برای اسـتفاده در سنگ‌های زینتی دارد. یک الماس که به خوبی بُرش خرده باشد بهتر می‌تواند نور را بازتابش کند (انعکاس نور مناسبی خواهد داشت). چنین الماسی دارای درخشندگی خاصی است. همچنین می‌تواند نور سفید را به نورهای سازنده‌اش تبدیل کند که در این صورت رنگ‌های متفاوتی را نشان خواهد داد.

ابزارهای بُرش دهنده

الماس از تمام مواد سخت‌تر است. این ماده در نوک مته‌هایی که برای کندن چاه‌های نفتی به کار می‌روند، مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین در ساختن اَره‌های مخصوصی که برای بریدن فلزها، سنگ‌ها و یا مواد سخت دیگر به کار گرفته می‌شوند، از الماس استفاده شده است.

یک هنرمند قلم زن، با استفاده از قلم خود که دارای نوکی از جنس الماس است، بر روی شیشه طراحی می‌کند.

در حال حاضر با استفاده از یک روش جدید، می‌توان قطعه‌های کوچک الماس را با یکدیگر ترکیب کرد. بنابران به جای استفاده از فلزهایی که با الماس پوشیده شده‌اند، می‌توان از یک تکه الماس جامد در دستگاه‌های تراش کاری استفاده کرد. به این ترتیب برش دادن و شکل دادن مواد سخت نیز امکان پذیر است.

ابزارهای جراحی که در ساخت آن‌ها از الماس استفاده شده است، برای عمل‌های جراحی حساسی مانند عمل چشم مورد استفاده قرار می‌گیرند.

این جراح برای عمل کردن چشم بیمار خود از دستگاه‌هایی استفاده می‌کند که دارای الماس هستند.

کاربردی دیگر

کدام نوع از مواد، بهترین رساناهای گرمایی هستند؟

احتمالاً پاسخ بسیاری از مردم به این پرسش، فلزها خواهند بود، در حالی که الماس در مقایسه با فلزها رسانای بهتری برای گرما به شمار می‌رود! امّا رسانایی الکتریکی آن ضعیف می‌باشد و به همین دلیل است که در الکترونیک از آن برای آزاد کردن گرمای تولید شده در یک مدار استفاده می‌شود.

معدن‌های الماس

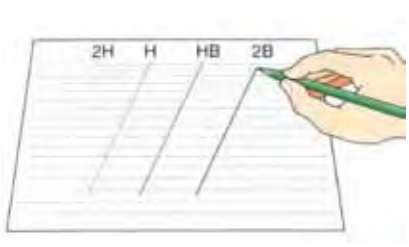
صنعت الماس در آفریقای جنوبی یک تجارت بزرگ به شمار می‌آید. معمولاً الماس از معدن‌های موجود در اعماق زمین استخراج می‌شود. الماس در زیر زمین و بر اثر فشارهای بسیار زیاد و دماهای بالا تشکیل می‌شود.

شرایط کار برای معدن‌چیان آفریقای جنوبی و ساکنان شهرهای کوچک آن، بسیار دشوار و طاقت فرسا است. گرد و غبار حاصل از این معدن‌ها یک مشکل اساسی در این زمینه به شمار می‌آید.

- پی‌آمدهای حاصل از صنعت الماس در یک منطقه را بیان کنید.

کاربردهای گرافیت

مدادها



پیش از این در مورد استفاده از گرافیت در مغز مداد مطالبی را آموختید. در مغز مداد برای سخت‌تر کردن گرافیت، آن را با خاک رس مخلوط می‌کنند. همانطور که می‌دانید مدادها درجه بندی‌های متفاوتی نیز دارند (به عنوان مثال H، HB یا ۲B).

- کدام نوع از مدادها می‌توانند خطوط پُررنگ‌تری را روی صفحه‌ی کاغذ ایجاد کنند؟
- به نظر شما مقدار خاک رس در هر مداد چه تفاوتی با بقیه دارد (بیشتر است یا کمتر)؟
- کدام یک از آن‌ها را باید زودتر تراشید تا تیز شود (به عبارتی کدام یک سریع‌تر مصرف می‌شود)؟

روان ساز

گرافیت بسیار لغزنده به نظر می‌رسد. می‌توان از پودر آن برای روان کردن قسمت‌های فلزی برخی از دستگاه‌ها استفاده کرد.

لغزیدن اتم‌های کربن بر روی یکدیگر باعث شده است که گرافیت یک روان ساز مناسب باشد.

• به نظر شما چه زمانی استفاده از گرافیت جامد بهتر از گرافیت به شکل روغنی است؟ احتمالاً به خاطر دارید که گرافیت در دماهای بالاتر از $3000\ ^oC$ به گاز تبدیل می‌شود!

در بعضی از روان کننده‌ها، گرافیت به ماده‌ای روغنی اضافه می‌شود تا خواص آن را بهبود ببخشد.

تبدیل گرافیت به الماس

الماسی که در ابزارهای تراشکاری و بُرش کاری استفاده می‌شود، **الماس صنعتی** نام دارد. این الماس بر خلاف الماس به کار رفته در جواهر سازی، از زمین استخراج نمی‌شود بلکه در بعضی از کارخانه‌ها از گرافیت ساخته می‌شود.

الماس‌های صنعتی، کوچک هستند و جذابیت زیادی ندارند. تعدادی از محققان روش جدیدی را ابداع کرده‌اند و با کمک آن الماسی به طول ۲۰ Cm را ساخته‌اند!

گرافیت بر اثر فشار و دمای وارد شده به آن فشرده می‌شود. از یک فلز به عنوان حلال و کاتالیزگر (برای افزایش سرعت فرآیند) استفاده می‌شود. دما تقریباً $1400\ ^oC$ خواهد بود و فشاری در حدود ۶۰۰۰۰ برابر فشار هوای معمولی به آن وارد می‌شود! به این ترتیب پس از چند دقیقه الماس ساخته می‌شود. در این شرایط، هر چیزی که دارای کربن باشد (حتی چوب) به الماس تبدیل می‌شود!

الماس‌های ساخته شده با این روش کوچک بوده و جذابیت زیادی ندارند. سازندگان این الماس‌ها با تغییر شرایط می‌توانند اندازه‌ی الماس‌های ساخته شده را تغییر دهند تا برای کاربردهای خاصی مناسب باشند.

شیمی در عمل: فولرن‌ها

باکی بال‌ها

یک مدل از باک مینستر- فولرن

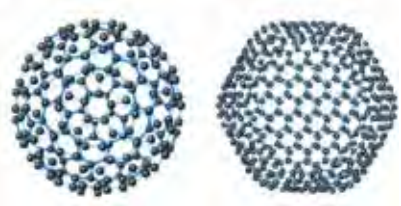
در سال ۱۹۸۵ شـکل جدیدی از کربن کشف شـد که مولکـول آن از ۶۰اتم کربن متصل به هم سـاخته شـده بود. این اتم‌ها در سـاختاری شـبیه یک توپ در کنار هم قرار گرفته بودند. به شکل مقابل نگاه کنید:

این مولکول جدید مانند یک توپ فوتبال است! اتم‌های کربن با اتصال به یکدیگر، پنج ضلعی‌ها و شش ضلعی‌های منظمی‌را به وجود آورده‌اند. نام کامل این مولکول **باک مینستر- فولرن** است. دانشمندان نام این ترکیب را از اسم یک مهندس معمار به نام باک مینستر فولر انتخاب کرده‌اند. این فرد در سال ۱۹۶۷ و در مونترال ساختمان‌هایی به شکل توپ طراحی کرده بود. باک مینستر- فولرن یک جامد سیاه رنگ است که با حل شدن در بنزین، محلولی به رنگ قرمز تیره تولید می‌کند.

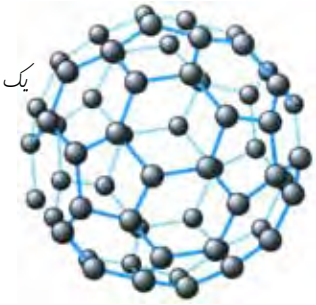
این مولکول جدید مورد استقبال زیادی قرار گرفت و با گذشت زمان مولکول‌های مشابه دیگری نیز کشف شدند. یکی از این مولکول‌ها به شکل توپ راگبی بود و مولکول دیگر، شکلی شبیه به لوله‌ها را داشت.

خانواده‌ی فولرن

در شکل‌های زیر با ساختار چند مولکول از خانواده‌ی فولرن آشـنا می‌شـوید:



در حال حاضر امکان ساختن ساختارهای قفس مانند بزرگتری مانند C_{240} و C_{540} نیز وجود دارد



یک باکی بال C_{60}

یک مولکول C_{70} که به شکل یک توپ راگبی است

مرکز ملی پرورش استعدادهای درخشان و دانش‌پژوهان جوان

کاربرد فولرن‌ها

شیمی‌دان‌ها موفق شده‌اند گروه جالبی از آلوتروپ‌های کربن به نام «**باکی تیوب‌ها**» (باکی لوله‌ها) را نیز بسازند. به شکل داده شده نگاه کنید:

آن‌ها چنین ساختارهایی را با متصل کردن فولرن‌ها به یکدیگر ساخته‌اند. این لوله‌های کوچک گاهی اوقات **نانو تیوب** (نانو لوله) نامیده می‌شوند. بعضی از موارد کاربرد نانو لوله‌ها عبارتند از:

هری کروتو

- نیمه رساناها (در مدارهای الکتریکی بسیار کوچک)
- کاتالیزگرهای صنعتی (کاتالیزگری که به نانو لوله‌ها متصل شده است، سطح تماس بزرگتری را فراهم می‌کند)
- راکت‌های تنیس تقویت شده (که بسیار قوی و سبک هستند)

این مولکول‌ها در زمینه‌ی فناوری نانو (نانو تکنولوژی) کاربردهای بسیار زیادی پیدا کرده‌اند.

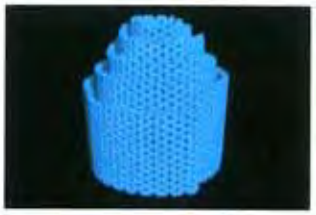
• مزیت‌ها و عیب‌های حاصل از گسترش استفاده از کاتالیزگرهای جدید با سطح مقطع بسیار بزرگ را بیان کنید.

کاربردهایی که دیده نمی‌شوند!

تلویزیون

محققان توانسته‌اند با روشی مخصوص از باکی تیوب‌ها در صفحه‌ی نمایشگر تلویزیون و کامپیوتر استفاده کنند. این روش به ویژه در مورد نمایشگرهای مسطح قابلیت‌های فراوانی را نشان داده و این امیدواری را ایجاد کرده است که بتوانیم تصویری واضح‌تر و در زاویه‌هایی وسیع‌تر را مشاهده کنیم.

پوشش‌های مقاوم



گروهی از دانشمندان با انجام آزمایش‌هایی نشان داده‌اند که باکی تیوب‌ها می‌توانند فشاری نزدیک به یک میلیون برابر فشار هوای معمولی را تحمل کنند. همین خاصیت باعث شده است که ۲۰۰ برابر قوی‌تر از الیاف دیگر باشند.

این دانشمندان عقیده دارند که با قرار دادن باکی تیوب‌ها در مواد دیگری مانند پلاستیک‌ها، می‌توان موادی با مقاومت بسیار زیاد تولید کرد. از چنین موادی می‌توان در ساخت لباس‌های ضد گلوله استفاده کرد.

حمل کننده‌های ویژه

باکی بال‌ها و ترکیب‌های قفس مانند می‌توانند اتم یا گروهی از اتم‌ها را در داخل ساختارشان به دام بیاندازند.

دانشمندان روش‌هایی را توسعه داده‌اند تا از این «حمل کننده‌های مولکولی» برای انتقال دادن داروها یا اتم‌های پرتوزا (که برای درمان سرطان استفاده می‌شوند) به قسمت‌هایی از بدن بیمار که مورد نظر است، استفاده کنند.

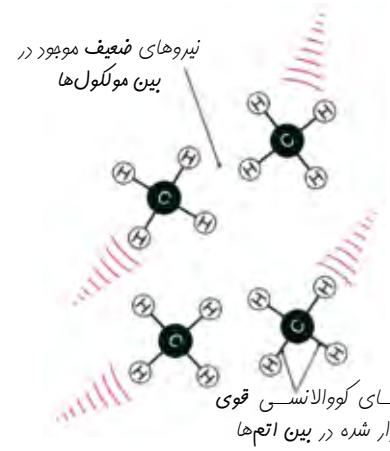
ساختارهای مولکولی ساده

پیش از این آموختید که پیوندهای کووالانسی، پیوندهایی قوی و محکم هستند. امّا آیا تا به حال به این موضوع فکر کرده‌اید که چرا بسیاری از مواد که پیوندهای کووالانسی دارند به راحتی ذوب شده و یا به جوش می‌آیند؟

به عنوان مثال، متان را در نظر بگیرید که نقطه‌ی جوش بسیار کمی‌دارد. این ماده در دمای $-۱۶۱^{\circ}C$ می‌جوشد (این مقدار را با نقطه‌ی جوش ساختارهای کووالانسی شبکه‌ای که در جدول بعد داده شده مقایسه کنید)!

ساختار مولکولی ساده		ساختار کووالانسی شبکه‌ای	
ماده	نقطه‌ی جوش (برحسب درجه‌ی سانتی گراد)	ماده	نقطه‌ی جوش (برحسب درجه‌ی سانتی گراد)
متان	-۱۶۱	الماس	۴۸۳۰
آب	۱۰۰	سیلیسیم	۲۳۵۵
کلر	-۳۵	ماسه (سیلیس)	۲۲۳۰

در دمای اتاق ($20^{\circ}C$)، متان به صورت یک گاز است. امّا بین اتم‌های آن پیوندهای کووالانسی قوی وجود دارند، همان طور که این پیوندها در الماس نیز وجود دارند. امّا چرا به جوش آوردن متان بر خلاف الماس تا این اندازه راحت است؟



متان دارای یک ساختار مولکولی ساده است.

برای پاسخ به این پرسش باید این مطلب را درک کنید که وقتی متان به جوش می‌آید هیچ یک از پیوندهای کووالانسی آن شکسته نمی‌شوند. در واقع در چنین حالتی فقط مولکول‌های CH_4 از یکدیگر جدا شده‌اند و به طور مستقل حرکت می‌کنند. امّا هنوز تمام آن‌ها مولکولی به فرمول CH_4 هستند.

این حالت را با ساختارهای کووالانسی شبکه‌ای در الماس، سیلیسیم و ماسه مقایسه کنید.

برای به جوش آوردن این مواد باید تمام پیوندهای موجود در ساختار آن‌ها را از بین ببریم و ساختار آن‌ها را کاملاً تخریب کنیم. به این ترتیب باید میلیون‌ها پیوند کووالانسی شکسته شوند.

موادی با نقطه‌ی جوش و ذوب **کم**، دارای **ساختارهای مولکولی ساده** هستند.

در ساختارهای مولکولی ساده، پیوندهای کووالانسی قدرتمندی بین اتم‌های یک مولکول وجود دارند و این اتم‌ها را متصل به هم نگه داشته‌اند. در حالی که بین مولکول‌ها، نیروهای جاذبه‌ی ضعیفی وجود دارند. در واقع می‌گوییم آن‌ها دارای **نیروهای بین مولکولی ضعیفی** هستند.

آزمایش ۱-۵ حرارت دادن یُد

یُد

با استفاده از یک قاشقک، مقداری بلور یُد را در داخل ظرفی بریزید. درب ظرف را با چوب پنبه ببندید و کف ظرف را مطابق شکل به مدت چند دقیقه در دست خود نگه دارید. با دقت به داخل ظرف نگاه کنید.

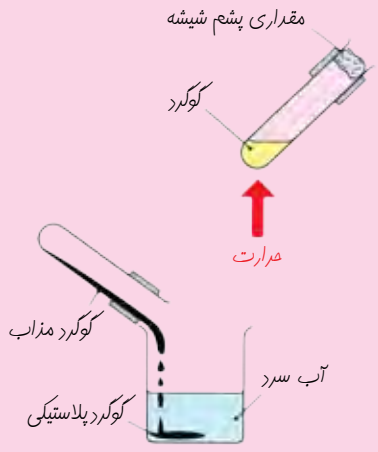
- چه چیزی مشاهده می‌کنید؟
- به نظر شما جدا کردن مولکول‌های یُد از یکدیگر آسان است یا سخت؟ آیا فکر می‌کنید یُد دارای یک ساختار شبکه‌ای است؟
- یُد به صورت مستقیم از حالت جامد به گاز تبدیل می‌شود. نام این تغییر فیزیکی چیست؟

یُد با فرمول I_2 دارای یک ساختار مولکولی ساده است. نیروهای ضعیفی باعث کنار هم قرار گرفتن مولکول‌های آن در بلورهای یُد می‌شوند.

این ماده در هیچ حالتی رسانای الکتریسیته نیست، زیرا مولکول‌های آن هیچ گونه بار الکتریکی ندارند.

آزمایش ۲-۵ حرارت دادن گوگرد

امکان تشکیل گاز کوکرد دی اکسید وجود دارد



مقداری پودر گوگرد را در یک لوله‌ی آزمایش بریزید و آن را به آرامی و با ملایمت بر روی شعله حرارت دهید. این کار را حتماً در زیر هود آزمایشگاه انجام دهید.

- چه اتفاقی می‌افتد؟ تغییرهایی که در هنگام ذوب شدن آن می‌بینید را بیان کنید.

بعد از ذوب شدن گوگرد، آن را با شدت بیشتری حرارت دهید. دهانه‌ی لوله‌ی آزمایش را از شعله دور نگه دارید. ممکن است گازهای دارای گوگردی که از لوله‌ی آزمایش خارج می‌شوند، آتش بگیرند.

- گوگرد چگونه تغییر می‌کند؟

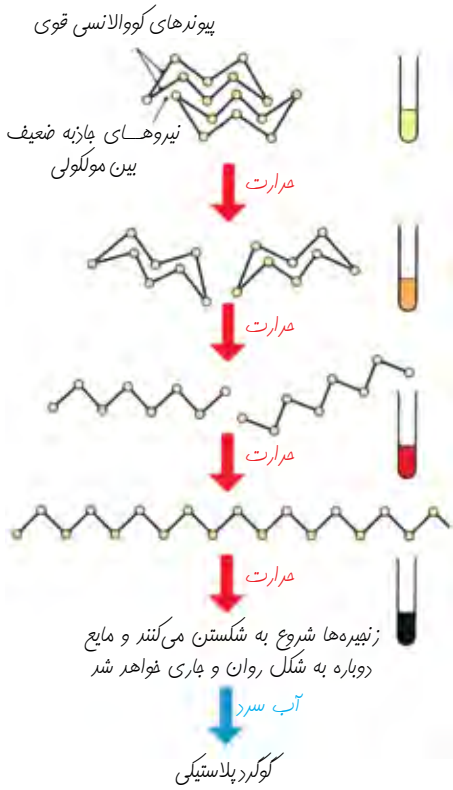
مرکز ملی پرورش استعدادهای درخشان و دانش پژوهان جوان

وقتی مایع نزدیک به جوشیدن است، پشم شیشه را از درب لوله برداشته و مایع را در داخل ظرفی که در آن آب سرد قرار دارد، بریزید.

• چه اتفاقی می‌افتد؟

ماده‌ی جامد تشکیل شده را از ظرف خارج کنید و آن را به آرامی بکِشید.

• چه اتفاقی می‌افتد؟ آیا این جامد حالتی کِش‌مانند دارد و کِشسان است؟



۱- گوگرد در دمای اتاق به صورت مولکول S_8 وجود دارد. این مولکول‌های تاجی شکل به صورت منظم در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند تا بلورهای گوگرد را تشکیل دهند.

۲- گوگرد در دمای ۱۱۵ ^oC ذوب می‌شود. این نقطه‌ی ذوب کم به ما می‌گوید که گوگرد یک ساختار مولکولی ساده دارد. بنابراین در بین مولکول‌های آن نیروهای جاذبه‌ی نسبتاً ضعیفی وجود دارند.

۳- با حرارت دادن شدیدتر گوگرد مذاب، زنجیره‌های ۸ اتمی گوگرد باز می‌شوند و سپس به یکدیگر متصل می‌شوند تا زنجیره‌های بلندتری را بسازند.

۴- در نزدیکی نقطه‌ی جوش آن، زنجیره‌های بلند گوگردی شروع به شکستن می‌کنند و به صورت گاز از سطح مایع جدا می‌شوند.

۵- اگر گوگرد مذاب را به داخل آب سرد بریزید، گوگرد پلاستیکی ساخته می‌شود. در این حالت گوگرد فرصت کافی برای تبدیل شدن به مولکول S_8 را ندارد. بنابراین به صورت ساختارهای زنجیره‌ای بلندی منجمد شده و شبیه پلاستیک خواهد شد. سرانجام گوگرد پلاستیکی به شکل سخت و محکم در می‌آید. این ماده مجدداً به آرامی به مولکول‌های S_8 تبدیل می‌شود.

**به طور کلی، هر قدر مولکول بزرگ‌تر باشد،
نیروهای بین مولکولی آن نیز قوی‌تر خواهند بود.**

خلاصه‌ی فصل

- اتم‌های نافلزی به وسیله‌ی **پیوندهای کووالانسی** با یکدیگر پیوند می‌دهند.
- یک پیوند کووالانسی در واقع یک **جفت الکترون پیوندی** است.
- مواد کووالانسی می‌توانند دارای:

یک **ساختار کووالانسی شبکه‌ای** باشند،

و یا

یک **ساختار مولکولی ساده** داشته باشند.

اتم‌های کلر، یک جفت الکترون در یک پیوند کووالانسی به اشتراک می‌گذارند.

- ساختارهای کووالانسی غول‌پیکر، در واقع شبکه‌های سه بعدی از اتم‌ها هستند. میلیون‌ها اتم با پیوندهای کووالانسی قوی به یکدیگر متصل شده‌اند. این بدان معنی است که نقطه‌ی ذوب و جوش آن‌ها زیاد است.
- مواد مولکولی ساده از مولکول‌های کوچکی ساخته شده‌اند. در هر مولکول، اتم‌ها به وسیله‌ی پیوندهای کووالانسی قوی به یکدیگر متصل شده‌اند. امّا در **بین** مولکول‌ها، نیروهای جاذبه‌ای **ضعیفی** وجود دارند. به طور کلی، هر قدر مولکول بزرگ‌تر باشد، نیروهای بین مولکولی آن نیز قوی‌تر خواهند بود (بنابراین نقطه‌ی ذوب و جوش بیشتری نیز خواهد داشت).
- موادی که دارای پیوند کووالانسی هستند، رسانای الکتریکی **نیستند** (به غیر از گرافیت).

پرسش‌ها

۱- جاهای خالی را با کلمه (های) مناسب پُر کنید:

اتم‌های نافلزی به وسیله‌ی ..... الکترون‌ها با یکدیگر پیوند می‌دهند. به این پیوندها، پیوندهای ..... گفته می‌شود.

موادی که دارای پیوندهای کووالانسی بوده و نقطه‌ی ..... و نقطه‌ی جوش بالایی دارند، دارای ساختارهای ..... می‌باشند.

از طرفی، موادی با نقطه‌ی ذوب و جوش کم، دارای ساختارهای مولکولی ..... هستند. در این ترکیب‌ها ..... به وسیله‌ی پیوندهای کووالانسی قوی به یکدیگر متصل می‌شوند، امّا ..... مولکول‌ها نیروهای ضعیفی وجود دارد.

هیچ یک از موادی که پیوندهای کووالانسی دارند نمی‌توانند رسانای الکتریکی باشند به غیر از ..... .

مرکز ملی پرورش استعدادهای درخشان و دانش‌پژوهان جوان

۲- به جدول زیر نگاه کنید:
همه‌ی مواد A، B، C و D دارای پیوندهای کووالانسی هستند.

ماده	نقطه‌ی ذوب (برحسب ^{o}C)	نقطه‌ی جوش (برحسب ^{o}C)
A	-۱۲۵	-۹۰
B	۵	۱۷۰
C	۲۲۰۰	۳۹۰۰
D	۵۵	۳۲۵

آ) کدام ماده دارای یک ساختار کووالانسی شبکه‌ای است؟
ب) بقیه‌ی مواد چه نوع ساختاری دارند؟
پ) کدام ماده در دمای اتاق (نزدیک به $۲۰^{o}C$) یک گاز است؟
ت) کدام ماده در دمای اتاق یک مایع است؟

۳- فلوئور مولکول‌های دو اتمی F_2 را تشکیل می‌دهد (اتم‌های فلوئور دارای ۹ الکترون هستند). با رسم یک شکل، پیوند موجود در یک مولکول F_2 را نشان دهید.

۴- آب یک ترکیب با پیوندهای کووالانسی و فرمول H_2O است (اتم‌های هیدروژن یک الکترون دارند و اتم‌های اکسیژن دارای ۸ الکترون می‌باشند).
آ) طرحی رسم کنید که پیوند موجود در یک مولکول H_2O را نشان دهد.
ب) چطور می‌توانیم بگوییم که آب یک ساختار مولکولی ساده دارد؟

۵- کربن به صورت الماس و گرافیت وجود دارد.
آ) به شکل‌های مختلف یک عنصر چه می‌گوییم؟
ب) الماس و گرافیت ویژگی‌ها و کاربردهای بسیار متفاوتی دارند. با استفاده از ساختار آن‌ها علت این تفاوت‌ها را توضیح دهید.

۶- سینا مقداری گوگرد را در داخل یک لوله‌ی آزمایش و در زیر هود حرارت داد. او این کار را آن قدر ادامه داد تا گوگرد داخل لوله تقریباً شروع به جوشیدن کرد.
آ) تغییرهایی که سینا در داخل لوله‌ی آزمایش **مشاهده کرد** را بنویسید.
ب) این تغییرها را توضیح دهید.
پ) چرا او آزمایش‌های خود را در زیر هود انجام داد؟

۷- آ) هر یک از ویژگی‌های توصیف شده (از ۱ تا ۵) مربوط به کدام یک از مواد داده شده (از A تا E) می‌باشد؟

ویژگی‌ها:

۱) یک جامد سیاه رنگ که بعد از حل شدن در بنزین یک محلول با رنگ قرمز تیره تولید می‌کند.

۲) گازی که آب آهک را کدر می‌کند.

۳) یک جامد شفاف که سخت‌ترین ماده بر روی زمین است.

۴) یک جامد با رنگ خاکستری تیره که علی رغم نافلز بودن، جریان الکتریکی را به خوبی از خود عبور می‌دهد و رسانای الکتریکی است.

۵) گازی که می‌توانیم از آن به عنوان سوخت در چراغ‌های خوراک پزی یا شعله‌های آزمایشگاهی استفاده کنیم.

مواد:

A) کربن دی اکسید

B) گرافیت

C) متان

D) باک مینستر- فولرن

E) الماس

ب) کدام یک از مواد نام برده شده در این فهرست، ترکیب هستند؟

پ) کدام یک از این مواد، از مولکول‌هایی با ۵ اتم ساخته شده‌اند؟

ت) ۱) این مواد را به دو گروه «نقطه‌ی جوش بالا» و «نقطه‌ی جوش پایین» تقسیم کنید. مشکلاتی که در این تقسیم بندی دارید، بیان کنید.

۲) ساختار مواد داده شده چطور به تقسیم بندی شما کمک می‌کند؟ توضیح دهید.

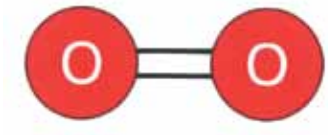
ث) کدام یک از این مواد اتم‌هایی دارد که با پیوندهای کووالانسی قوی به یکدیگر متصل شده‌اند؟ (دقت کنید!)

ج) طرحی را رسم کنید که پیوند اتم‌ها در کربن دی اکسید را نشان دهد (می‌توانید از مدل «نقطه و ضربدر» استفاده کنید).

چ) کدام یک از این مواد در شکل مقابل نشان داده شده است؟

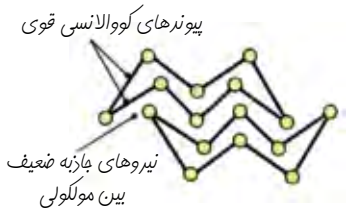
مرکز ملی پرورش استعدادهای درخشان و دانش پژوهان جوان

۸- آ) اتم‌های اکسیژن دارای ۸ الکترون هستند. توضیح دهید که چرا می‌توان یک مولکول اکسیژن را به صورت زیر نمایش داد:



ب) به مولکولی که از دو اتم ساخته شده است، چه می‌گوییم؟

پ) نام و فرمول مولکول دیگری را بنویسید که فرمول آن به صورت X_2 باشد؟



ت) چرا نقطه‌ی جوش اکسیژن $-183\ ^{o}C$ است؟

ث) گوگرد به دو شکل متفاوت وجود دارد که هر دو بلورهای جامدی هستند. این دو شکل با یکدیگر چه نسبتی دارند؟

ج) اتم‌های گوگرد ۱۶ الکترون دارند. گوگرد در دمای $20^{o}C$ به صورت مولکول S_2 وجود ندارد، بلکه در زنجیره‌های ۸ اتمی به صورت مولکول‌های S_8 خواهد بود.

توضیح دهید که هر اتم گوگرد در مولکول S_8 چگونه به لایه‌ی بیرونی پُر از الکترون می‌رسد؟

چ) در جمله‌ی زیر چه کلمه‌ای حذف شده است؟

گوگرد در مقایسه با اکسیژن دارای نقطه‌ی ذوب و جوش بالاتری است، زیرا مولکول‌های آن ..... هستند.

۹- با انجام چند تحقیق در مورد فولرن‌ها مشخص کنید:

آ) باک مینستر- فولرن چگونه کشف شد؟

ب) کاربردهای کنونی فولرن‌ها و کاربردهای احتمالی آن‌ها در آینده چیست؟