

فصل دوم

فرایندهای شیمیایی



انرژی گرمایی چه تأثیری بر واکنش‌های شیمیایی دارد؟
چگونه می‌توان سرعت واکنش‌های شیمیایی را تغییر داد؟

سیمای فصل

مفهوم دما و گرما



واکنش‌های شیمیایی



گرما شیمی



سرعت واکنش



1. قانون پایستگی انرژی را بیان کنید ؟

دانشمندان تا حدود ۳۰۰ سال پیش، دنیای فیزیک و شیمی را جدا از یکدیگر می‌پنداشتند؛ آنها فیزیک را بررسی فرایندهایی می‌دانستند که طی آن ساختار ماده دستخوش دگرگونی نمی‌شود؛ درحالی که شیمی، بررسی فرایندها با تغییر ساختار ماده بود. آزمایش‌های فیزیک‌دانان آشکار ساخت که انرژی در فرایندهایی که با مبادله گرما همراه است، از بین نمی‌رود و به وجود نمی‌آید؛ بلکه از شکلی به شکل دیگر درمی‌آید. این نتیجه‌گیری بعدها **قانون پایستگی انرژی** نامیده شد.

چنین پیشرفت‌هایی در دنیای فیزیک، نمی‌توانست بی‌نیاز از دنیای شیمی باشد. به‌طور مثال حدود صد سال بعد دانشمندان پی بردند که منبع بیشتر انرژی‌ها (صرف نظر از انرژی خورشیدی)، واکنش‌های شیمیایی به ویژه سوختن موادی مانند چوب، زغال سنگ، نفت و... است. به این ترتیب فیزیک‌دانان و شیمی‌دان‌ها ضرورت ارتباط دنیای فیزیک و شیمی را دریافتند.

یکی از مفاهیم مشترک میان علوم فیزیک و شیمی مفهوم گرما و دما است، این دو مفهوم در انجام فرایندهای شیمیایی نقش عمده ای دارند.



شکل ۱. تغییرات دما تأثیر بسیاری بر وضعیت حیات روی کره زمین دارد.

مفهوم دما و گرما

مفهوم دما

2

2 (دما بیان‌کننده میزان گرمی یا سردی یک جسم است) جسمی که دمای کمتری دارد سردتر احساس می‌شود. بسیاری از خواص مواد به دما وابسته است. نخستین وسیله برای اندازه‌گیری دما در سال ۱۵۹۲ توسط گالیله اختراع شد. وی به این منظور یک بطری شیشه‌ای گردن باریک انتخاب کرد. بطری با آب رنگین تا نیمه پر شده و به‌صورت وارونه در یک ظرف محتوی آب رنگین قرار گرفته بود. با تغییر دما، هوای محتوی بطری منبسط یا منقبض می‌شد و ستون آب در گردن بطری بالا یا پایین می‌رفت (شکل ۲).



شکل ۲. تأثیر دما بر هوای درون بطری

2. دما را تعریف کنید ؟

دما را می‌توان کمیتی دانست که میزان شدت جنبش‌های گرمایی ذره‌های سازنده ماده را بیان می‌کند.

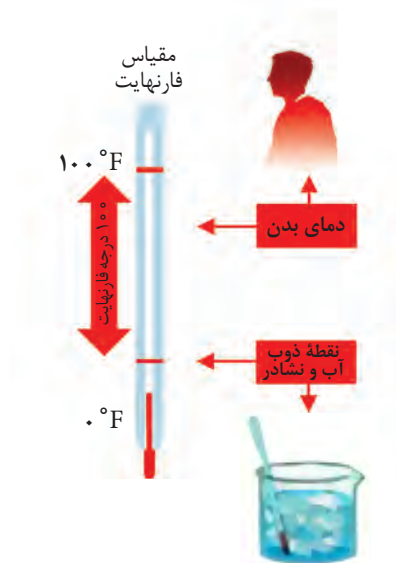
1. دو نمونه از رایج ترین دماسنج ها را نام ببرید؟ دماسنج های جیوه ای و الکلی

سال ۱۷۱۵ میلادی، فارنهایت دماسنج جیوه‌ای را اختراع نمود که در آن زمان پیشرفت فوق‌العاده‌ای محسوب می‌شد. او برای تعیین درجه صفر، از سرمای زمستان سال ۱۷۰۹ میلادی الهام گرفت و ترکیبی از یخ، آمونیوم کلرید جامد (نشادر) و آب را به کار برد و دمای خون یک شخص سالم را تقریباً ۱۰۰ درجه فارنهایت در نظر گرفت.

با استفاده از دماسنج می‌توان میزان گرمی و سردی جسم را اندازه‌گیری کرد. دماسنج‌های جیوه‌ای و الکلی رایج‌ترین دماسنج‌ها هستند. این دماسنج‌ها بر مبنای انبساط مایعات کار می‌کنند. تقریباً همه مواد هنگام گرم شدن منبسط می‌شوند. هرگاه دمای محیط اطراف دماسنج افزایش یابد، مایع دماسنج بالا می‌رود و با کاهش دمای محیط، جیوه و الکل به درون محفظه شیشه‌ای باز می‌گردند. امروزه بیشتر از مقیاس سانتی‌گراد (°C) یا سلسیوس برای اندازه‌گیری دما استفاده می‌شود. بسیاری از شیمی‌دانان برای اندازه‌گیری دما از کلون (K) نیز استفاده می‌کنند. برای تبدیل دمای سانتی‌گراد به کلون از رابطه زیر استفاده می‌شود:

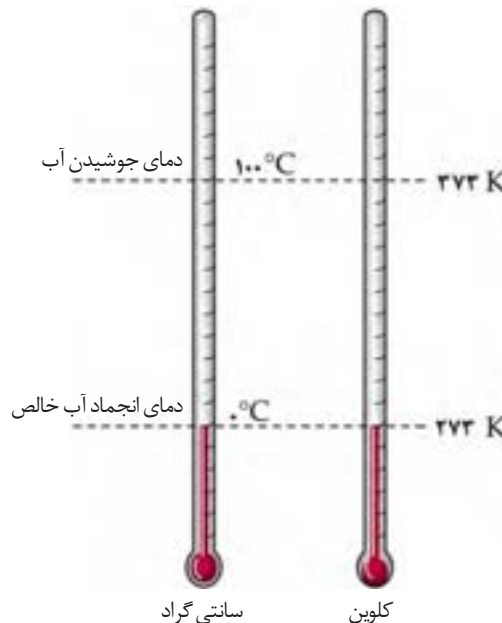
2. برای تبدیل دمای سانتی‌گراد به کلون از چه رابطه‌ای استفاده می‌شود؟

$$2(T_k = T_c + 273/15) 2$$



جواب تحقیق کنید :

- 1- جیوه کدر است و به خوبی دیده می‌شود.
 - 2- جیوه به دلیل جاذبه بین مولکولی زیاد به جداره لوله دماسنج نمی‌چسبد و بنابراین در برابر حرکت آن نیروی مقاومی ایجاد نمی‌شود.
 - 3- تغییر حجم جیوه در برابر تغییرات کوچک دما نیز به خوبی قابل مشاهده است.
 - 4- نقطه انجماد و جوش جیوه به ترتیب 39- و 357 درجه سانتیگراد است، پس قابلیت اندازه‌گیری دماهای بالای 100 درجه سانتیگراد که در این دما آب به جوش می‌آید را دارد.
- نقطه انجماد و جوش الکل به ترتیب 115- و 79 درجه سانتیگراد است که از دماسنج الکلی برای محاسبه نقاط انجماد پایین استفاده می‌شود ولی برای محاسبه نقطه جوش، گزینۀ مناسبی نیست. دماسنج الکلی حتی نمی‌تواند نقطه جوش آب را نشان دهد زیرا نقطه جوش آن تنها 79 درجه است. با توجه به نقطه انجماد و جوش جیوه، دماسنج جیوه‌ای برای اندازه‌گیری دماهای بالا مناسب است.



شکل ۳. مقایسه دمای انجماد و جوشیدن آب در مقیاس کلون و سانتی‌گراد

الف) دماهای زیر را بر حسب درجه فارنهایت و کلون محاسبه کنید.

جواب:

با توجه به رابطه $T_K = T_C + 273/15$ جدول را کامل می‌کنیم:

سلسیوس	۰	۱۰۰	۳۷	۲۵	-۲۷۳
کلون	۲۷۳/۱۵	۳۷۳/۱۵	۳۱۰/۱۵	۲۹۸/۱۵	۰/۱۵

چرا معمولاً از جیوه و الکل برای ساخت دماسنج استفاده می‌شود؟ آیا از آب نیز می‌توان به این منظور استفاده کرد؟ تفاوت عمده دماسنج‌های جیوه‌ای و الکلی چیست؟

خود را بیازمایید



تحقیق کنید



جواب آزمایش کنید :
 هنگامی که مقداری مرکب به ظرف حاوی آب داغ اضافه شود با توجه به اینکه مولکول های آن سریع تر حرکت می کنند ، مرکب سریع پخش می شود. در حالی که در آب سرد با توجه به جنب و جوش کم ذرات آن، در یک زمان مشخص مرکب به مقدار کمتری پخش می شود.

مفهوم گرما

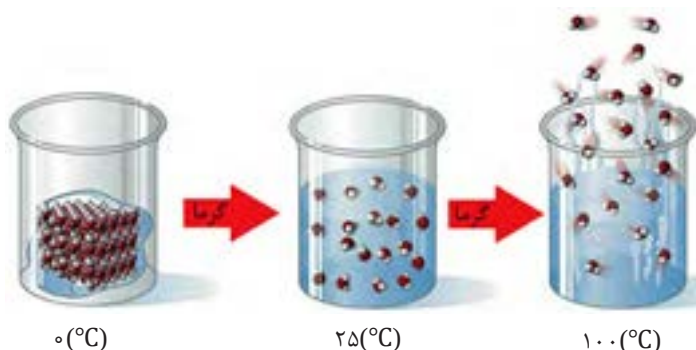
1. گرما را تعریف کنید ؟



شکل ۴- گرم کردن یک ماده باعث افزایش جنب و جوش ذرات آن می شود.



دانشمندان از حدود سه قرن پیش، به مطالعه مفهوم گرما پرداختند. در آن زمان، بشر معتقد بود که گرما یک ماده نامرئی است که وقتی یک جسم گرم در کنار جسم سرد قرار می گیرد، از ماده گرم خارج شده و به ماده سرد منتقل می شود. امروزه می دانیم گرما نیز مانند انرژی الکتریکی، شیمیایی، مکانیکی و... یکی از صورت های انرژی است. گرم کردن یک ماده جنب و جوش ذرات آن را افزایش می دهد که نتیجه آن افزایش دما یا تغییر حالت است (شکل ۴). (گرما صورتی از انرژی است که در اثر اختلاف دما به طور خود به خود از جسم گرم به جسم سرد منتقل می شود). واحد اندازه گیری گرما ژول (J) است، اما از واحدهای دیگر مانند کالری (cal) نیز استفاده می شود. شکل ۵ تفاوت های مفهوم دما و گرما را در تبدیل یخ به آب مایع و بخار آب نمایش می دهد.



شکل ۵: تفاوت دما و گرما در تبدیل یخ به آب مایع و بخار آب

آزمایش کنید



دو لیوان بردارید و به اندازه مساوی در یکی آب سرد و در دیگری آب گرم بریزید. آنگاه با قطره چکان در یک لیوان یک قطره جوهر آبی و در دیگری جوهر قرمز بریزید. در مورد آنچه مشاهده می کنید با هم کلاسی های خود گفت و گو کنید.

تمرین در خانه

۱- مفهوم دما و روش های اندازه گیری آن را توضیح دهید.

۲- تفاوت مفهوم دما و گرما چیست؟

۳- با افزایش دما جنبش مولکول های ماده چه تغییری می کند؟ توضیح دهید.

واکنش های شیمیایی

معادله شیمیایی



هنگام انجام یک واکنش شیمیایی، ماهیت ماده دچار تغییر شده و ماده جدیدی تولید می شود. برای نمایش واکنش های شیمیایی از معادله شیمیایی به صورت زیر استفاده می شود:

فرآورده (ها) → واکنش دهنده (ها)

2. برای نمایش واکنش های

شیمیایی از چه چیزی استفاده

می شود ؟

معادله شیمیایی

واکنش سوختن در نتیجه یک فرایند شیمیایی میان یک ماده سوختنی و اکسیژن است. در این خصوص می توان سوختن گاز متان (گاز طبیعی) که برای پخت و پز استفاده می شود، را مثال زد.

معادله شیمیایی یک واکنش، به شکل های مختلف نمایش داده می شود. در نوعی از معادله شیمیایی که معادله نوشتاری نامیده می شود، نام مواد شرکت کننده (واکنش دهنده ها) و مواد تولید شده در واکنش (فرآورده ها)

1- تغییرات فیزیکی: تغییراتی که در آنها فقط حالت فیزیکی ماده تغییر می کند و ماهیت شیمیایی مواد ثابت

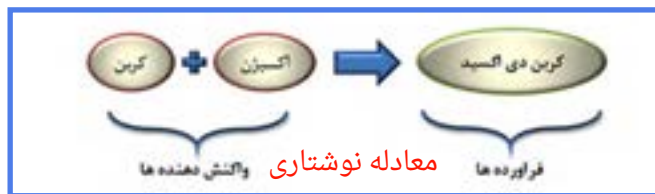
باقیمانده و دچار تغییر نمی شود. ۳۳

2- تغییرات شیمیایی: تغییراتی که در آن ماهیت مواد و ساختار ذره های تشکیل دهنده آن دچار تغییرات اساسی شده و مواد جدیدی تولید می شود.

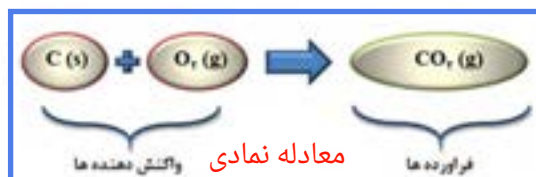
1. معادله نمادی چند نوع است ، نام ببرید ؟ و توضیح دهید ؟

- دو نوع ، 1. معادله نوشتاری : معادله ای که در آن نام مواد شرکت کننده (واکنش دهنده ها) و مواد تولید شده در واکنش (فرآورده) نوشته می شود ، معادله نوشتاری می گویند .
2. معادله نمادی : معادله ای است اطلاعات بیشتری از واکنش را نمایش می دهد ، مثل نماد یا فرمول شیمیایی مواد موجود در واکنش ، حالت فیزیکی مواد و گاهی هم شرایط انجام دادن واکنش را نشان می دهد .
2. معادله نمادی چه اطلاعاتی از واکنش را نمایش می دهد ؟

نوشته می شود. برای مثال معادله نوشتاری واکنش سوختن کربن در گاز اکسیژن خالص به صورت زیر است:



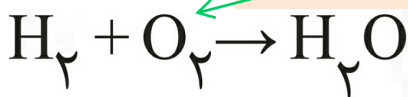
شکل دوم نمایش یک معادله شیمیایی ، معادله نمادی است. (معادله نمادی اطلاعات بیشتری از واکنش را نمایش می دهد، نماد یا فرمول شیمیایی مواد موجود در واکنش ، حالت فیزیکی مواد جامد را با (s)، مایع را با (l)، گاز را با (g) و محلول را با (aq) در جلوی نماد یا فرمول ماده نشان می دهند و گاهی شرایط انجام دادن واکنش (روی پیکان واکنش) هم ذکر می شود) برای مثال معادله نمادی واکنش سوختن کربن به صورت زیر است:



3. قانون پایستگی جرم را بیان کنید ؟

در این واکنش ، کربن در حالت جامد و مولکول اکسیژن و کربن دی اکسید در حالت گازی هستند. واکنش های شیمیایی از **قانون پایستگی جرم** پیروی می کنند. (در یک واکنش شیمیایی اتمی از بین نمی رود و اتم جدیدی نیز تولید نمی شود).
43. منظور از معادله موازنه شده چیست ؟
پس (معادله شیمیایی هنگامی صحیح نوشته می شود که نشان دهد واکنش از قانون پایستگی جرم پیروی می کند. به چنین معادله ای، **معادله موازنه شده** می گویند. هنگام انجام یک واکنش شیمیایی همه یا تعدادی از پیوندهای شیمیایی میان اتم های واکنش دهنده ها شکسته شده و پیوندهای شیمیایی جدید تشکیل می شوند. بنابراین در معادله نمادی یک واکنش شیمیایی ، تعداد اتم های هر عنصر در دو طرف معادله باید برابر باشد (معادله موازنه باشد).

واکنش شیمیایی تولید آب از گاز اکسیژن و گاز هیدروژن را در نظر بگیرید.



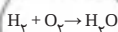
الف) جدول زیر را کامل کنید.

کاردکلاس



تعداد اتم هر عنصر		نماد شیمیایی	عناصر موجود در واکنش
در واکنش دهنده ها	در فرآورده ها		
۱	۲	O	اکسیژن
۲	۲	H	هیدروژن

در معادله موازنه شده ضرایبی که برای مواد به کار برده می شوند کوچک ترین اعداد صحیح (غیر کسری) ممکن هستند.



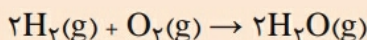
ب) آیا این معادله صحیح است؟ چرا؟

خیر زیرا تعداد اتم های اکسیژن در دو طرف معادله برابر نیست.

پ) برای حل این مشکل چه پیشنهادی دارید؟ (توجه! در فرمول شیمیایی هر ماده ای نباید زیوندها تغییر داده شوند)

معادله را موازنه کنیم.

ج) معادله نمادی موازنه شده را بنویسید. در پایان تعداد اتم های سمت چپ و راست معادله را مشخص کنید.



تعداد اتم های هیدروژن در دو طرف معادله ۴ و تعداد اتم های اکسیژن ۲.

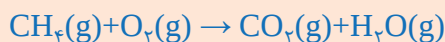
در ابتدای کار باید بدانیم از هر اتم چه تعداد در هر طرف واکنش وجود دارد. مراحل موازنه کردن یک واکنش شیمیایی:

1- ابتدا به دنبال عنصری می گردیم که فقط در یک واکنش دهنده (در سمت چپ واکنش) و یک فراورده (در سمت راست واکنش) وجود دارد. بهتر است این عنصر اکسیژن و هیدروژن نباشد و تا حد امکان از سایر عناصر شروع کنیم.

2- در صورتی که با ضرایب کسری (1/2 یا 2/3 و...) موازنه را پیش بردیم باید در انتهای کار همه ضریبها را در عددی ضرب کنیم تا به ضریبهای صحیح تبدیل شوند. نمی خواهیم در معادله ها ضریب های نیمه داشته باشیم، زیرا نمی توانیم کسری از مولکول را در واکنش شرکت دهیم.

نمونه حل شده

آیا واکنش زیر از قانون پایستگی جرم پیروی می کند؟ چرا؟

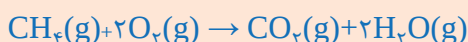


پاسخ: ابتدا تعداد اتم های کربن (C)، هیدروژن (H) و اکسیژن (O) را در فراورده ها و واکنش دهنده ها محاسبه می کنیم:

عناصر	فراورده ها		واکنش دهنده ها
کربن (C)	۱	=	۱
هیدروژن (H)	۲	≠	۴
اکسیژن (O)	۳	≠	۲

3. پس از موازنه این اتم سراغ اتم بعدی می رویم که در تعداد کمتری از مواد در دو سوی واکنش وجود دارد. برای دیگر واکنش دهنده نیز به همین ترتیب عمل می کنیم.

در سمت واکنش دهنده ها ۲ اتم (۱ اتم کربن، ۴ اتم هیدروژن و ۲ اتم اکسیژن) و در سمت فراورده ها ۶ اتم (۱ اتم کربن، ۲ اتم هیدروژن و ۳ اتم اکسیژن) وجود دارد. پس این معادله موازنه نیست و واکنش مورد نظر از قانون پایستگی جرم پیروی نمی کند.
برای برابر شدن تعداد اتم های اکسیژن و هیدروژن در دو سمت واکنش، با ضریب ۲ برای آب (H₂O) و ضریب ۲ برای گاز اکسیژن (O₂) معادله را موازنه می کنیم:



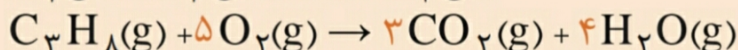
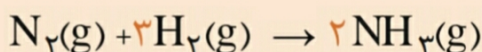
4- موازنه را به همین ترتیب ادامه دهیم تا به اکسیژن و هیدروژن برسیم. با موازنه این دو عنصر موازنه را به اتمام می رسانیم. اغلب توصیه میشود. اکسیژن و هیدروژن را به انتهای موازنه موکول می کنیم. چون این عناصر معمولاً در بیش از یک ترکیب وجود دارند و باعث سردرگمی می شوند. توجه شود که گونه هایی را که به صورت عنصری در واکنش شرکت کرده اند نیز بهتر است بعد از گونه های دیگر موازنه کنیم.

عناصر	فراورده ها		واکنش دهنده ها
کربن (C)	۱	=	۱
هیدروژن (H)	۴	=	۴
اکسیژن (O)	۴	=	۴

معادله های شیمیایی زیر را موازنه کنید.

با توجه به قوانین ذکر شده برای موازنه یک معادله شیمیایی:

خود را بیازماید

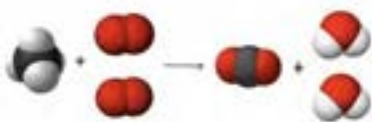


نسبت مواد در واکنش

1. مشخص بودن نسبت مواد در واکنش چه کمکی به ما می کند؟

در معادله نمادی، نسبت واکنش دهنده ها و فراورده ها مشخص است. برای مثال، معادله نمادی واکنش سوختن کربن، نشان می دهد که اگر ۱ اتم کربن در واکنش شرکت کند، ۱ مولکول گاز اکسیژن (شامل ۲ اتم اکسیژن) در واکنش شرکت می کند و ۱ مولکول کربن دی اکسید (شامل ۱ اتم کربن و ۲ اتم اکسیژن) تولید می شود¹. مشخص بودن نسبت مواد به ما کمک می کند تا بتوانیم مقدار مواد مورد نیاز برای یک واکنش یا مقدار فراورده تولید شده را محاسبه کنیم. اگر تعداد اتم های یکی از مواد موجود در واکنش را بدانیم، با استفاده از ضرایب معادله موازنه شده، تعداد اتم ها یا مولکول های سایر مواد (چه واکنش دهنده و چه فراورده) را می توانیم محاسبه کنیم.¹

اعدادی که قبل از فرمول شیمیایی مواد در معادله موازنه شده وجود دارد. (عدد یک را در معادله موازنه شده نمی نویسند)



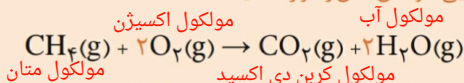
شکل ۶. واکنش سوختن یک

مول گاز متان با ۲ مول گاز

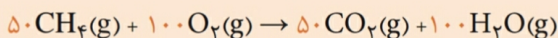
اکسیژن.

در واکنش سوختن متان تعداد مولکول‌های اکسیژن و متان مورد نیاز برای تولید ۵۰ مولکول کربن دی اکسید را محاسبه نمایید.

ابتدا معادله شیمیایی سوختن متان را موازنه کنید.



با توجه به معادله شیمیایی موازنه شده، برای تولید ۱ مولکول کربن دی اکسید ۲ مولکول اکسیژن و ۱ مولکول متان نیاز است. پس برای تولید ۵۰ مولکول دی اکسید کربن به ۵۰ برابر این تعداد نیاز است، یعنی ۵۰ مولکول کربن دی اکسید و ۱۰۰ مولکول اکسیژن:



خود را بیازمایید



ببند پیشید



فرض کنید یک کیسه ۵۰ کیلوگرمی لوبیا در اختیار دارید و می‌خواهید با کمک یک ترازوی معمولی (حداقل ۱۰ گرم را می‌تواند دقیق اندازه‌گیری کند) تعداد لوبیاهای داخل کیسه و جرم یک دانۀ لوبیا را تعیین کنید. چه راه حلی پیشنهاد می‌کنید؟

ابتدا یک لوبیا را روی ترازو قرار داده و جرم آن را مشخص می‌کنیم و سپس با تقسیم جرم کل کیسه یعنی ۵۰ کیلوگرم بر جرم یک لوبیا تعداد لوبیاهای موجود درون کیسه را مشخص می‌کنیم.

شمارش اتم‌ها

۱. عدد آووگادرو چیست؟ عدد $6/022 \times 10^{23}$ را عدد آووگادرو می‌گویند.

می‌دانیم جرم هر اتم به تعداد پروتون و نوترون موجود در هسته آن اتم (عدد جرمی) بستگی دارد. اتم‌ها آن قدر کوچک اند که مشاهده و شمارش آنها با دستگاه‌های معمولی امکان پذیر نیست. پس چگونه می‌توان تعداد اتم‌ها را در یک مقدار معین ماده تعیین کرد؟ بر اساس پاسخی که به فعالیت ببندیشید قبل داده‌اید، راه حلی پیشنهاد کنید.

اگر جرم تعداد مشخصی اتم را داشته باشیم می‌توانیم جرم هر اتم را از تقسیم جرم بر تعداد اتم‌ها محاسبه کنیم (مانند محاسبه جرم ۱ لوبیا) و تعداد اتم‌ها را نیز می‌توانیم در مقداری از ماده تعیین کنیم (مانند شمردن تعداد لوبیا در یک کیسه لوبیا).

تعداد بسیار زیادی اتم باید کنار هم قرار گیرند تا جرم قابل اندازه‌گیری داشته باشند. (به نظر شما چند اتم؟)

این تعداد را دانشمندان $6/022 \times 10^{23}$ به دست آوردند! (می‌توانید بزرگی این عدد را تصور کنید؟ با این تعداد توپ بسکتبال می‌توانیم سیاره‌ای به اندازه کره زمین بسازیم! یا اگر این تعداد سکه ۵۰۰ ریالی روی هم چیده شوند ارتفاع آنها به طرف دیگر کهکشان راه شیری می‌رسد!).

این عدد (یعنی $6/022 \times 10^{23}$) به عدد آووگادرو معروف است و به این تعداد از هر اتم یا مولکول، یک مول (mol) اتم یا مولکول گفته می‌شود. بنابراین می‌توانیم تعداد اتم‌ها و مولکول‌ها را با واحد مول گزارش کنیم.

۲. مول چیست؟ به تعداد $6/022 \times 10^{23}$ از هر ذره یا ماده را، یک مول می‌گویند.

نکته: ذره می‌تواند مولکول، اتم و یون باشد، درواقع مول واحد شمارش برای ذره‌ها یا ماده‌هایی با تعداد خیلی زیاد است.

عدد آووگادرو

تعداد ذره ها در
یک مول ماده

$$6.022 \times 10^{23}$$

اگر یک مول اتم (6.022×10^{23} اتم) کنار هم باشند جرم آنها با دستگاه‌های معمولی قابل اندازه‌گیری است. مثلاً، یک مول اتم کربن جرمی معادل ۱۲ گرم، یک مول اتم اکسیژن جرمی برابر ۱۶ گرم و یک مول اتم هیدروژن جرمی معادل ۱ گرم دارند. مول (mol) کاربرد بسیار وسیعی در دنیای شیمی پیدا کرده است تا جایی که امروزه به عنوان یکا یا واحد شمارش اتم‌ها، مولکول‌ها و یون‌ها شناخته می‌شود.

نمونه حل شده



با توجه به اینکه جرم یک مول اتم کربن ۱۲ گرم است،
(الف) جرم یک اتم کربن را بر حسب گرم حساب کنید.
(ب) در ۲۴ گرم کربن چند اتم کربن وجود دارد؟

پاسخ:

(الف) جرم یک مول یعنی 6.022×10^{23} تا اتم کربن ۱۲ گرم است،
پس جرم یک اتم کربن از تقسیم کردن ۱۲ بر 6.022×10^{23} به دست می‌آید:

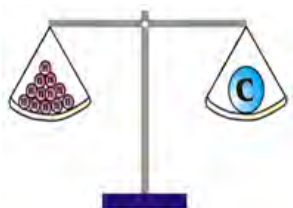
$$g_{\text{جرم یک اتم کربن}} = \frac{12}{6.022 \times 10^{23}} = 1.993 \times 10^{-23} g$$

(ب) در ۱۲ گرم کربن ۱ مول (6.022×10^{23} اتم کربن وجود دارد،
پس از تقسیم کردن جرم مورد نظر از کربن بر ۱۲ و سپس ضرب کردن حاصل در عدد آووگادرو (با Na نشان داده شده است) تعداد اتم کربن به دست می‌آید:

$$N_{\text{اتم کربن}} = \left(\frac{24}{12} \right) \times N_A = 2 \times N_A = 2 \times 6.022 \times 10^{23}$$

از محاسبات مشخص می‌شود که در ۲۴ گرم کربن، ۲ مول اتم کربن وجود دارد.

یک amu برابر 1.67×10^{-24} گرم که برابر با $\frac{1}{12}$ جرم اتم کربن ۱۲ است.



جرم پروتون و نوترون تقریباً یکسان و برابر ۱ amu است و جرم الکترون در حدود 0.0005 amu است.

نکته مهم این است که گرم برای گزارش جرم یک اتم، یکای بسیار بزرگی است. مثل اینکه بخواهیم قطر نوک خودکار را با واحد کیلومتر گزارش کنیم. به همین دلیل دانشمندان برای جرم اتم‌ها و مولکول‌ها یکای کوچکی به نام واحد جرم اتمی که آن را با amu نشان می‌دهند ارائه کرده‌اند. جرم یک اتم، عدد جرمی آن است که بر حسب amu بیان می‌شود؛ برای مثال، جرم اتم $^{16}_8\text{O}$ برابر ۱۶ amu است. واحد جرم اتمی یا amu واحدی است که برای بیان جرم اتم‌ها یا ذره‌های خیلی خیلی سبک از آن استفاده می‌شود.

۱. جرم مولی چیست ؟

جرم مولی

شیمی دان‌ها برای بیان جرم یک مول از اتم‌ها یا مولکول‌ها از جرم مولی استفاده می‌کنند.

۱ (جرم مولی، جرم یک مول از اتم‌ها یا مولکول‌هاست که برحسب گرم بر مول (g.mol^{-1}) بیان می‌شود).^۱ برای مثال جرم مولی اتم‌های اکسیژن ۱۶ گرم بر مول است. جرم مولی مولکول‌ها بر اساس جرم مولی اتم‌های سازنده آنها قابل محاسبه است. برای مثال، جرم مولی مولکول‌های اکسیژن (O_2) $2 \times 16 = 32$ گرم بر مول و جرم مولی مولکول‌های آب (H_2O) $(2 \times 1) + 16 = 18$ گرم بر مول (g.mol^{-1}) است.

خودراییازماید



۱. بر اساس جرم مولی عناصر داده شده، جرم مولی ترکیب‌های خواسته شده را محاسبه کنید.

نام و نماد شیمیایی	کربن (C)	هیدروژن (H)	اکسیژن (O)	فسفر (P)	گوگرد (S)
جرم مولی (گرم بر مول)	۱۲	۱	۱۶	۳۱	۳۲

الف) فسفریک اسید (H_3PO_4):

ب) گوگرد تری اکسید (SO_3):

ج) متان (CH_4):

جواب در صفحه بعد

۲. با توجه به اینکه با داشتن جرم و جرم مولی ماده می‌توانیم تعداد مول را محاسبه کنیم به سؤالات زیر پاسخ دهید.

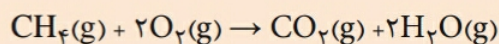
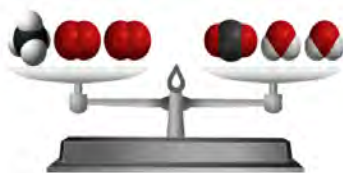
الف) در ۹ گرم آب (جرم مولی 18 g.mol^{-1}) چند مول مولکول H_2O و چند مول اتم هیدروژن وجود دارد؟
ب) چند گرم از کربن دی اکسید شامل ۲ مول مولکول کربن دی اکسید است؟

همان طور که گفته شد، معادله شیمیایی موازنه شده، نسبت تعداد اتم‌ها یا مولکول‌هایی را که در واکنش شرکت می‌کنند یا در جریان واکنش تولید می‌شوند، نشان می‌دهد. برای واکنش سوختن متان در اکسیژن دو توصیف زیر را می‌توانیم به کار ببریم:

۱ مولکول متان با ۲ مولکول اکسیژن واکنش می‌دهد و ۱ مولکول کربن دی اکسید و ۲ مولکول آب تولید می‌شود.
۱ مول متان با ۲ مول اکسیژن واکنش می‌دهد و ۱ مول کربن دی اکسید و ۲ مول آب تولید می‌شود.

با توجه به معادله شیمیایی واکنش سوختن گاز متان در گاز اکسیژن جدول زیر را کامل کنید.

خودراییازماید



تعداد مولکول متان	تعداد مولکول اکسیژن مورد نیاز	تعداد مولکول کربن دی اکسید تولید شده	تعداد مولکول آب تولید شده
۱	۲	۱	۲
۱۰	۲۰	۱۰	۲۰
۱۰۰۰	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰
$6/0.22 \times 10^{23}$	$12/0.44 \times 10^{23}$	$6/0.2 \times 10^{23}$	$12/0.44 \times 10^{23}$
۱ mol	۲	۱	۲
۵ mol	۱۰	۵	۱۰

در معادله موازنه شده سوختن گاز متان، یک مولکول از گاز متان با دو مولکول از گاز اکسیژن واکنش می‌دهند که به تولید یک مول از مولکول کربن دی اکسید و دو مولکول آب منجر می‌شود.

۱- الف) بر اساس جرم مولی عناصر داده شده، جرم مولی ترکیب‌های خواسته شده را محاسبه کنید.

نام و نماد شیمیایی	کربن (C)	هیدروژن (H)	اکسیژن (O)	فسفر (P)	گوگرد (S)
جرم مولی (گرم بر مول)	۱۲	۱	۱۶	۳۱	۳۲

فسفریک اسید (H_3PO_4)

$$3(1) + 31 + 4(16) = 98$$

گوگرد تری اکسید (SO_3)

$$32 + 3(16) = 80$$

متان (CH_4)

$$12 + 4(1) = 16$$

ب) جرم مولی ترکیبی با فرمول شیمیایی HNO_3 ، ۶۳ گرم بر مول است. اتم گرم عنصر نیتروژن (N) را محاسبه کنید. (از اطلاعات جدول قبل استفاده کنید)

$$1 + N + 3(16) = 63 \rightarrow N = 4$$

۲- با توجه به اینکه با داشتن جرم و جرم مولی ماده می‌توانیم تعداد مول را محاسبه کنیم به سؤالات زیر پاسخ دهید.

الف) در ۹ گرم آب (جرم مولی: 18 g.mol^{-1}) چند مول مولکول H_2O و چند مول اتم هیدروژن وجود دارد؟

$$\text{تعداد مول آب} = \frac{9}{18} = 0.5$$

با توجه به اینکه به ازای هر مول آب دو مول هیدروژن وجود دارد پس در نیم مول آب یک مول هیدروژن وجود دارد.

ب) چند گرم از کربن دی اکسید شامل ۲ مول مولکول کربن دی اکسید است؟ ابتدا جرم مولی کربن دی اکسید را محاسبه می‌کنیم:

$$12 + 2(16) = 44$$

$$\text{تعداد مول کربن دی اکسید} = \frac{44}{1} = 0.5$$

نمونه حل شده



با توجه به معادله شیمیایی سوختن گاز متان:
(الف) چند مول گاز اکسیژن برای سوزاندن ۱/۶ گرم گاز متان نیاز است؟
(ب) چند مول آب در طی این واکنش تولید می‌شود؟
(جرم مولی کربن، اکسیژن و هیدروژن به ترتیب ۱۲، ۱۶ و ۱ گرم بر مول است)

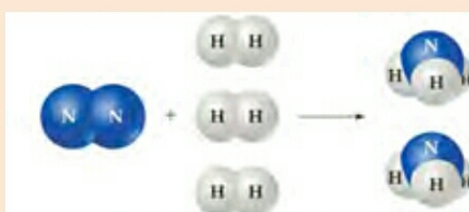
پاسخ:

(الف) ضرایب در معادله موازنه شده نشان دهنده نسبت مولی مواد در واکنش است. پس ابتدا مقادیر داده شده را به مول تبدیل می‌کنیم:

$$\text{mol } 0.1 = \frac{1/6}{16} = \frac{\text{جرم ماده}}{\text{جرم مولی}}$$

(ب) معادله واکنش نشان می‌دهد که اگر ۰/۱ مول متان در واکنش شرکت کند، ۰/۲ مول گاز اکسیژن (یعنی $10.22 \times 6/0.2 \times 0.2$ مولکول O_2) نیاز است و ۰/۲ مول آب تولید می‌شود.

با توجه به معادله موازنه شده تولید گاز آمونیاک به سؤالات زیر پاسخ دهید.



خود را بیازماید



(الف) برای تولید ۳ مول NH_3 چند مول گاز هیدروژن نیاز است؟
با توجه به اینکه برای تولید ۲ مول آمونیاک به ۳ مول هیدروژن نیاز است، پس برای ۳ مول آمونیاک به ۴/۵ مول گاز هیدروژن نیاز است.

(ب) چند مول اتم نیتروژن برای واکنش کامل با ۲ مول گاز هیدروژن نیاز است؟ (توجه! در مولکول گاز نیتروژن ۲ اتم نیتروژن وجود دارد)

با توجه به معادله موازنه شده واکنش برای واکنش ۳ مول گاز هیدروژن به ۱ مول گاز نیتروژن یا ۲ مول اتم نیتروژن نیاز است. پس برای واکنش ۲ مول گاز هیدروژن به ۴/۳ مول اتم نیتروژن نیاز است.

(ج) در صورتی که ۵/۶ گرم گاز نیتروژن (N_2) در واکنش شرکت کند، چند مول NH_3 تولید می‌شود؟ (جرم مولی عنصر نیتروژن ۱۴ گرم بر مول است)

با توجه به اینکه به ازای ۱ مول گاز نیتروژن ۲ مول آمونیاک تولید می‌شود پس تعداد مول‌های نیتروژن را محاسبه و در ۲ ضرب می‌کنیم

$$0.4 = \frac{1}{14} \times \frac{5.6}{2} = \frac{\text{تعداد مول آب}}{2}$$

پس تعداد مول‌های آمونیاک تولید شده ۰/۸ است.

گرماشیمی

۱. گرماشیمی یا ترموشیمی چیست ؟

۱ (گرماشیمی یا ترموشیمی علمی است که به مطالعه تغییرات انرژی (گرما) طی یک واکنش شیمیایی می‌پردازد) به طور کلی انجام دادن یک واکنش شیمیایی با تغییر انرژی همراه است. در بسیاری از واکنش‌ها مانند سوختن گاز طبیعی، گرما آزاد می‌شود و گرمای لازم برای پختن غذا روی اجاق گاز یا جوشیدن آب فراهم می‌شود. در مقابل، فرایند ذوب یخ به جذب انرژی گرمایی نیاز دارد. پس برای انجام دادن برخی واکنش‌ها، به گرما نیاز داریم، یعنی گرما باید از محیط جذب شود، این واکنش‌ها

۲. منظور از واکنش‌های گرماگیر و گرماده چیست ؟

واکنش گرماگیر: به واکنشی گفته می شود که برای انجام شدن از محیط گرما می گیرد.
واکنش گرماده: به واکنشی گفته می شود که ضمن انجام شدن به محیط گرما می دهد.

گرماگیر نامیده می شوند. واکنش های دیگری هستند که با آزاد شدن گرما همراه اند، در این نوع واکنش ها، گرمای آزاد شده به محیط اطراف منتقل می شود. این واکنش ها **گرماده** یا **گرمازا** نامیده می شوند. (2)

• در واکنشهای گرماده، دما افزایش می یابد.



• در واکنشهای گرماگیر، دما کاهش می یابد.

شکل ۷. واکنش های گرماده و گرماگیر



نمونه هایی از واکنش های گرماده و گرماگیر در طبیعت در جدول زیر نمایش داده شده است.

1 (جدول ۱. نمونه هایی از فرایندهای گرماده و گرماگیر در طبیعت)

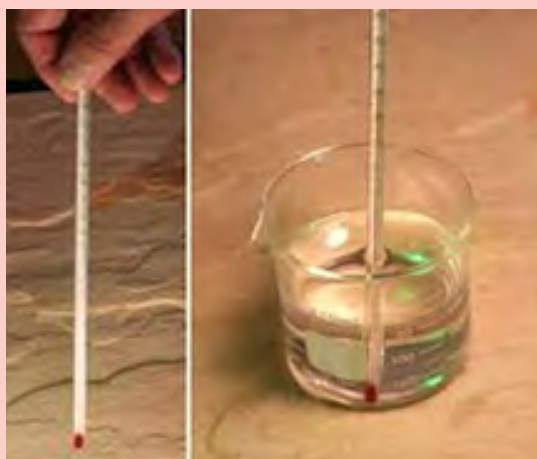
فرایند گرماگیر	فرایند گرماده
ذوب یخ	تشکیل یخ
تبدیل یخ به بخار آب	تشکیل برف از ابر
تبخیر آب	تشکیل باران از بخار آب
پخت نان	سوختن کبریت
تولید قند در فرایند فتوسنتز	زنگ زدن آهن
انحلال آمونیوم نیترات در آب	سوختن گاز طبیعی و نفت
ذوب نمک	انحلال اسیدها در آب

1. نمونه هایی از فرایندهای گرماده و گرماگیر در طبیعت را نام ببرید ؟

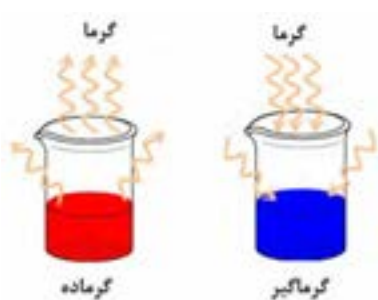


برای درک بهتر واکنش های گرماده و گرماگیر آزمایش های زیر را انجام دهید.
الف) ۲۵ میلی لیتر آب را در یک بشر ریخته و ۱۰ گرم پودر پتاسیم نیترات به آن اضافه کنید. سپس مخلوط را با استفاده از دماسنج به آرامی به هم بزنید. بشر را در کف دست خود نگه دارید. چه چیزی احساس می کنید؟ انرژی گرمایی به دست شما منتقل شده و یا از آن گرفته می شود؟

ب) ۲۵ میلی لیتر محلول مس (II) سولفات را در بشر ریخته و به آن مقداری پودر روی اضافه کنید. سپس با استفاده از دماسنج مخلوط را به آرامی هم بزنید. با دقت سطح بیرونی بشر را لمس کنید. چه اتفاقی را مشاهده می کنید؟ دیواره بشر گرم شده یا سرد می شود؟



سطح انرژی



می دانید که واکنش های گرماده، گرما آزاد می کنند. حال ممکن است بپرسید که منبع این گرما چیست؟ و از کجا می آید؟ در یک واکنش گرماگیر، گرمای جذب شده چه می شود؟ با توجه به قانون بقای انرژی، گرما ناپدید نمی شود. پاسخ این پرسش ها به کمک کمیتی به نام سطح انرژی امکان پذیر است. هر سامانه دارای یک سطح انرژی است، به این معنی که شامل مقدار معینی گرما است. سطح انرژی یک سامانه در جریان واکنش شیمیایی تغییر می کند. تغییر سطح انرژی، همان اختلاف میان سطح انرژی واکنش دهنده ها و فراورده هاست.

در حالت کلی می توان در مورد هر فرایند شیمیایی چنین گفت

بخشی از جهان که مورد مطالعه قرار می گیرد سامانه (سیستم) نام دارد.
بخشی از جهان که با سامانه برهم کنش داشته باشد، محیط در نظر گرفته می شود.

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 فراورده‌ها مقایسه می‌کند.



محتوای انرژی مواد غذایی
اغلب به صورت مقدار کالری در ۱۰۰ گرم ماده غذایی بیان می‌شود. هر کالری برابر با ۴/۲ ژول است. محتوای انرژی مواد غذایی مانند چربی، روغن و کربوهیدرات‌ها بسیار بالاست.

• در یک **فرایند گرماده**، سطح انرژی فراورده‌ها (به اندازه گرمای آزاد شده) کمتر از سطح انرژی واکنش دهنده‌هاست.



شکل ۸. سطح انرژی واکنش دهنده‌ها و فراورده‌ها در یک فرایند گرماده

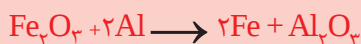
• در یک **فرایند گرماگیر**، سطح انرژی فراورده‌ها (به اندازه گرمای گرفته شده) بیشتر از سطح انرژی واکنش دهنده‌ها است.



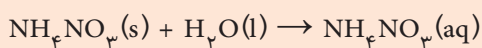
شکل ۹. سطح انرژی واکنش دهنده‌ها و فراورده‌ها در یک فرایند گرماگیر



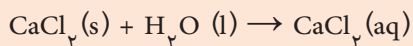
جوشکاری ترمیت، واکنشی گرماده بین اکسید فلز آهن و فلز آلومینیوم است. در اثر این واکنش، حرارت بسیار بالایی به وجود می آید که گرمای مورد نیاز برای ذوب شدن قطعاتی که قرار است به هم جوش داده شوند، تأمین می شود. جوشکاری ریل های راه آهن از جمله پرکاربردترین موارد استفاده از جوشکاری ترمیت است. علت اصلی انجام این واکنش و تولید گرمای فراوان، تمایل زیاد فلز آلومینیوم به ترکیب شدن با اکسیژن و تشکیل ترکیب پایدار Al_2O_3 است.



با استفاده از توضیحات زیر، کیسه های سرمازا و گرمازا بسازید: کیسه های سرمازا، حاوی کیسه کوچکی از آمونیم نیترات در داخل کیسه آب است. با فشار دادن کیسه، آمونیم نیترات از کیسه خارج شده و وارد آب می شود. در این کیسه ها واکنش شیمیایی زیر انجام می شود:



با قرار دادن این کیسه ها در محل آسیب دیده، فرد درد کمتری احساس می کند. چرا؟ کیسه های گرمازا حاوی مقداری کلرید کلسیم است و واکنش زیر در آنها انجام می شود.



با قرار دادن این کیسه ها در محل آسیب دیده، جریان خون افزایش می یابد و گرفتگی ماهیچه ها به سرعت بر طرف می شود. چرا؟



تمرین در خانه

۱- گرماده یا گرماگیر بودن فرایندهای زیر را تعیین کنید:

تصعید یخ خشک (کربن دی اکسید جامد)، واکنش پودر روی با مس (II) سولفات، ذوب کره

۲- نمودار تغییر سطح انرژی را برای فرایندهای زیر رسم کنید و تعیین کنید دمای سیستم چه تغییری می کند؟

انحلال آمونیوم نیترات در آب، زنگ زدن آهن

۳- مفاهیم سطح انرژی و ترموشیمی را توضیح دهید.

مفهوم سرعت: به تغییر وضعیت یک پدیده در زمان معین سرعت آن پدیده می گویند. به طور مثال وقتی گفته می شود اتومبیلی با سرعت 120 کیلومتر در ساعت حرکت می کند یا شخصی 150 کلمه در دقیقه می خواند سرعت میزان تغییر موقعیت بر روی جاده و صفحه را با زمان توصیف میکند. همیشه سرعت برابر است با تغییر یک کمیت تقسیم بر زمانی که برای انجام این تغییر لازم است.

1. سرعت واکنش چیست ؟ به مقدار پیشرفت یک واکنش در واحد زمان ، سرعت واکنش می گویند.

2. واکنش های شیمیایی از نظر سرعت به چند دسته تقسیم می شوند ؟ آن ها را نام برده و با مثال توضیح دهید ؟

سه دسته

سرعت واکنش

سرعت یک واکنش شیمیایی، روند تبدیل مواد واکنش دهنده به محصول را در مدت زمان معینی نشان می دهد. بررسی سرعت واکنش ها یکی از مهم ترین مباحث در شیمی است. شیمی دان ها همیشه به دنبال راهی هستند که سرعت یک واکنش را بالا ببرند تا در زمان کوتاه بازده بالایی داشته باشند یا در پی راهی برای کاهش سرعت یا متوقف ساختن برخی واکنش های مضر هستند. هدف از مطالعه سرعت یک واکنش این است که بدانیم واکنش چقدر سریع رخ می دهد. از این نظر، واکنش ها به سه دسته تقسیم می شوند:

2 (۱- واکنش های سریع که زمان انجام این واکنش ها کم و در حدود حساسیت انسان به زمان (ثانیه) است، مانند واکنش های انفجاری. (شکل ۹)



شکل ۱۰. واکنش های سریع

یکی از پارامترهای مورد توجه در صنعت، سرعت انجام واکنش است. صنعت گران باید بدانند که در هر ساعت، روز و یا هفته می توانند چه مقدار محصول تولید کنند.

۲- واکنش های معمولی که زمان انجام این واکنش ها در حدود چند دقیقه یا چند ساعت طول می کشد، مانند پختن تخم مرغ.



شکل ۱۱. واکنش های معمولی

۳- واکنش های کند که زمان انجام این واکنش ها ماه ها و سال ها طول می کشد، مانند زنگ زدن آهن. (2



شکل ۱۲. واکنش های کند

برای جلوگیری از فاسد شدن مواد غذایی، آنها را در یخچال نگهداری می کنند. چرا؟

چون کاهش دما ، باعث کند شدن واکنش فساد مواد غذایی می شود .

1. عوامل مؤثر بر سرعت واکنش های شیمیایی را نام ببرید ؟ دما ، کاتالیزگر و غلظت

2. افزایش دما چه تاثیری بر واکنش های شیمیایی دارد ؟

3. کاتالیزگر چیست ؟

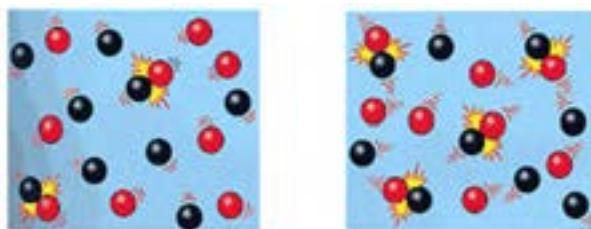
عوامل مؤثر بر سرعت واکنش



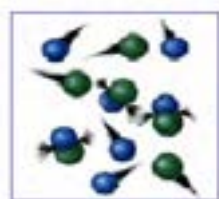
برخوردهای میان مواد واکنش دهنده که انرژی کافی برای انجام واکنش و تشکیل فراوردهها را دارند برخوردهای مؤثر نامیده می شوند.

جهت گیری مناسب برای

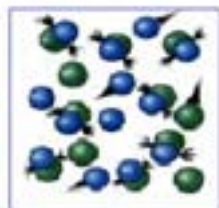
می دانیم که برخورد مولکول ها مقدمه انجام واکنش شیمیایی است. اما واقعیت آن است که تنها برخوردهایی به انجام یک واکنش شیمیایی منجر می شود که از انرژی کافی برخوردار باشند. شکل زیر نشان می دهد که ²افزایش دما باعث می شود تعداد برخوردهای مولکول ها افزایش یابد و در نتیجه باعث افزایش سرعت واکنش می شود. ²



شکل ۱۳. افزایش تعداد برخوردهای دارای انرژی کافی با افزایش دما



غلظت کم



غلظت زیاد

افزایش تعداد مولکول های واکنش دهنده در واحد حجم (غلظت) نیز موجب افزایش تعداد برخوردهای مؤثر و در نتیجه افزایش سرعت واکنش می شود.

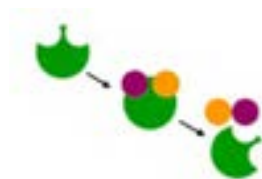
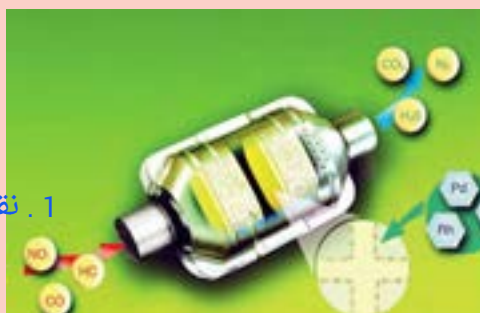
دیگر عامل تأثیرگذار بر سرعت واکنش های شیمیایی کاتالیزگر است. ³کاتالیزگر ماده ای است که در واکنش شرکت می کند و سرعت واکنش های شیمیایی را افزایش می دهد ولی در واکنش مصرف نمی شود. ³به این معنی که در پایان واکنش دست نخورده باقی می ماند. در صنعت استفاده از کاتالیزگر بر افزایش دما به علت صرف انرژی کمتر و کاهش هزینه ها برتری دارد. تعدادی از کاتالیزگرهای مورد استفاده در صنعت در شکل زیر نمایش داده شده است.



شکل ۱۴. نمونه هایی از کاتالیزگرهای مورد استفاده در صنعت نفت، گاز و پتروشیمی.



سوختن بنزین در موتور خودروها، گازهای آلاینده هوا از قبیل کربن مونوکسید، نیتروژن اکسید و هیدروکربن‌های نسوخته را که گازهایی سمی هستند؛ پدید می‌آورد. با قرار دادن کاتالیزگرهایی از جنس نانو ذرات فلز پلاتین و پالادیم یا فولاد ضد زنگ در آگزوز خودروها گازهای فوق با سرعت به گازهایی بی‌خطر، مانند گاز کربن دی‌اکسید، گاز نیتروژن و بخار آب تبدیل شوند.



1 (کاتالیزگرها محیطی مناسب برای نزدیک شدن واکنش‌دهنده‌ها به یکدیگر فراهم آورده و موجب افزایش سرعت واکنش می‌شوند.) 1

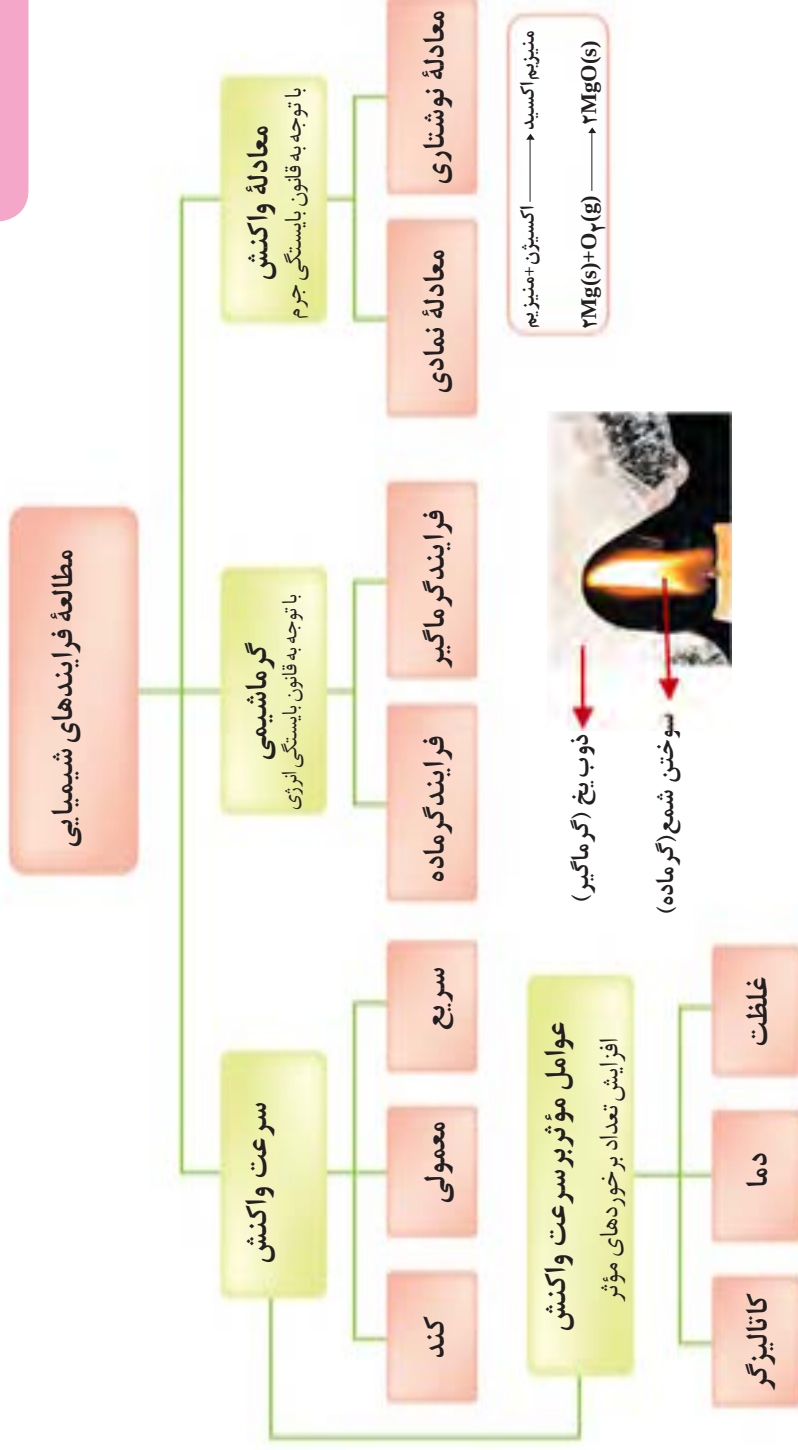
1. نقش کاتالیزگرها در واکنش‌های شیمیایی چیست؟



اخیراً از نانو کاتالیزگرها در حذف آلاینده‌های آب و هوا استفاده می‌شود. به همین دلیل نانو کاتالیزورگرها در شیمی سبز مورد توجه شیمی‌دانان قرار گرفته است.

تمرین در خانه

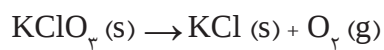
- ۱- سرعت واکنش چیست؟
- ۲- تأثیر دما بر سرعت واکنش را توضیح دهید.
- ۳- کاتالیزگر چه تأثیری بر سرعت واکنش دارد؟
- ۴- برخوردهای مؤثر دارای چه ویژگی‌هایی هستند؟



ارزشیابی پایان فصل

۱- تفاوت عمده مفهوم دما و گرما را توضیح دهید.

۲- واکنش زیر را موازنه کنید:



۳- دو نمونه از واکنش های گرماده و گرماگیر را نام ببرید و معادله نمادی آنها را بنویسید.

۴- واکنش های زیر را از نظر سرعت انجام دسته بندی کنید:

واکنش	واکنش سدیم با آب	سوختن گاز طبیعی	تیره شدن انگشتر نقره	فاسد شدن مواد غذایی
سرعت				