

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

# دانش فنی پایه

رشته صنایع شیمیایی  
گروه مواد و فراوری  
شاخه فنی و حرفه‌ای  
پایه دهم دوره دوم متوسطه



وزارت آموزش و پرورش  
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی



- نام کتاب:** دانش فنی پایه (رشته صنایع شیمیایی) - ۲۱۰۵۲۰
- پدیدآورنده:** سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
- مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف:** دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش
- شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف:** طیبه کنشلو، بهرام قنبری، رابعه شیخ‌زاده، قاسم حاجی‌قاسمی، اعظم صفاری، سیدرضا سیف‌محدثی (اعضای شورای برنامه‌ریزی)
- مدیریت آماده‌سازی هنری:** رابعه شیخ‌زاده، طیبه کنشلو، اعظم صفاری (اعضای گروه تألیف) - بهرام قنبری (ویراستار علمی)
- شناسه افزوده آماده‌سازی:** اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
- نشانی سازمان:** مجید ذاکری یونسی (مدیر هنری) - محمد عباسی (صفحه‌آرا) - سمیه نصری (طراح جلد) - سید مرتضی میرمجیدی (رسام)
- ناشر:** تهران: خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهیدموسوی)  
تلفن: ۹-۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
- چاپخانه:** وب سایت: [www.irtextbook.ir](http://www.irtextbook.ir) و [www.chap.sch.ir](http://www.chap.sch.ir)
- سال انتشار و نوبت چاپ:** شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران - کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (دارو پخش) تلفن: ۵ - ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۱۳۹ - ۳۷۵۱۵
- چاپ سوم ۱۳۹۷:** شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»

کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب متعلق به سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش است و هرگونه استفاده از کتاب و اجزای آن به صورت چاپی و الکترونیکی و ارائه در پایگاه‌های مجازی، نمایش، اقتباس، تلخیص، تبدیل، ترجمه، عکس برداری، نقاشی، تهیه فیلم و تکثیر به هر شکل و نوع بدون کسب مجوز ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.



ما باید زحمت بکشیم تا در همه جناح‌ها خودکفا باشیم. امکان ندارد که استقلال به دست بیاید، قبل از اینکه استقلال اقتصادی داشته باشیم. اگر ما بنا باشد که در اقتصاد احتیاج داشته باشیم، در چیزهای دیگر هم وابسته خواهیم شد و همین‌طور اگر در فرهنگ، ما وابستگی داشته باشیم، در اساس مسائل وابستگی پیدا می‌کنیم.

امام خمینی (قُدَسَ سِرِّهَ الشَّرِیْف)

۱	فصل اول: کلیات
۷	فصل دوم: مفاهیم پایه و اصلی (۱)
۸	۲-۱- معرفی اتم
۹	۲-۲- ساختار اتم
۱۳	۲-۳- مدل اتمی بور
۱۴	۲-۴- انرژی متوالی یونش و آرایش الکترون‌ها در اتم
۲۰	۲-۵- جدول تناوبی عناصر
۲۱	۲-۶- ساختار جدول تناوبی و برخی ویژگی‌های عنصرهای آن
۲۹	فصل سوم: مفاهیم پایه و اصلی (۲)
۳۰	۳-۱- پیوندهای شیمیایی
۳۶	۳-۲- انواع فرمول‌های شیمیایی
۴۲	۳-۳- الکترونگاتیوی عناصر
۴۴	۳-۴- مولکول‌های قطبی و غیرقطبی
۴۷	۳-۵- نمایش مولکول‌ها
۵۰	۳-۶- نیروهای جاذبه بین مولکولی
۵۶	۳-۷- توجیه خواص غیرعادی آب
۵۸	۳-۸- واکنش‌های شیمیایی
۶۱	فصل چهارم: شیمی ترکیبات آلی
۶۲	۴-۱- فراوانی ترکیب‌های آلی
۶۴	۴-۲- طبقه‌بندی هیدروکربن‌ها
۶۶	۴-۳- آلکان‌ها
۶۸	۴-۴- نام‌گذاری آلکان‌ها
۷۱	۴-۵- انواع اتم کربن
۷۲	۴-۶- خواص فیزیکی آلکان‌ها
۷۵	۴-۷- خواص شیمیایی آلکان‌ها
۷۷	فصل پنجم: فناوری و نوآوری‌ها
۷۸	۵-۱- معرفی فناوری نانو
۸۰	۵-۲- ویژگی‌های نانو ذرات
۸۴	۵-۳- نانو فناوری و برخی کاربردهای آن
۸۸	۵-۴- فناوری زیستی
۹۱	۵-۵- شیمی سبز چیست؟
۹۳	منابع

## سخنی با هنرآموزان گرامی

با توجه به آموزه‌های اسلامی، کار و اشتغال از ارزش تربیتی برخوردار است و انسان از طریق کار، نفس سرکش را رام کرده و شخصیت وجودی خویش را صیقل داده، هویت خویش را تثبیت کرده و زمینه ارتقای وجودی خویش را مهیا و امکان کسب روزی حلال و پاسخگویی به نیازهای جامعه را فراهم می‌آورد. آموزش فناوری، کار و مهارت‌آموزی، باعث پیشرفت فردی، افزایش بهره‌وری، مشارکت در زندگی اجتماعی و اقتصادی، کاهش فقر، افزایش درآمد و توسعه‌یافتگی خواهد شد. برای رسیدن به این مهم، برنامه‌ریزی درسی حوزه دنیای کار و دنیای آموزش بر مبنای نیازسنجی شغلی صورت گرفته است. درس‌های رشته‌های تحصیلی شاخه فنی و حرفه‌ای شامل دروس آموزش عمومی، دروس شایستگی‌های غیرفنی و شایستگی‌های فنی مورد نیاز بازار کار است. دروس دانش فنی از دروس شایستگی‌های فنی است که برای هر رشته در دو مرحله طراحی شده است. درس دانش فنی پایه با هدف شناخت مفاهیم و کسب دانش فنی پایه در گروه و رشته تحصیلی است که هنرجویان در پایه دهم و در آغاز ورود به رشته تحصیلی خود می‌بایست آن را آموزش ببینند و شایستگی‌های لازم را در ارتباط با دروس عملی و ادامه تحصیل در رشته خود کسب نمایند. درس دانش فنی تخصصی که در پایه دوازدهم طراحی شده است، شایستگی‌هایی را شامل می‌شود که موجب ارتقای دانش تخصصی حرفه‌ای شده و زمینه را برای ادامه تحصیل و توسعه حرفه‌ای هنرجویان در مقطع کاردانی پیوسته نیز فراهم می‌کند.

لازم به یادآوری است که کتاب دانش فنی پایه تئوری تفکیک شده دروس عملی کارگاه‌های ۸ ساعته نیست بلکه در راستای شایستگی‌ها و مشاغل تعریف شده برای هر رشته تدوین شده است. در ضمن، آموزش این کتاب نیاز به پیش‌نیاز خاصی ندارد و براساس آموزش‌های قبلی تا پایه نهم به تحریر درآمده است. محتوای آموزشی کتاب دانش فنی پایه، آموزش‌های کارگاهی را عمق می‌بخشد و نیازهای هنرجویان را در راستای محتوای دانش نظری تأمین می‌کند.

تدریس کتاب در کلاس درس به صورت تعاملی و با محوریت هنرآموز و هنرجوی فعال صورت می‌گیرد.

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

درس دانش فنی پایه با هدف شناخت مفاهیم، کسب دانش فنی پایه در گروه مواد و فراوری و رشته تحصیلی صنایع شیمیایی برای شما هنرجویان عزیز طراحی و کتاب آن تألیف شده است. در تدوین درس دانش فنی پایه، موضوعاتی مانند تاریخچه رشته، محتوا جهت ایجاد انگیزش، مشاغل و هدف رشته تحصیلی، نقش رشته شما در توسعه کشور، مثال‌هایی از نوآوری، خلاقیت و الهام از طبیعت، اصول، مفاهیم، قوانین، نظریه، فناوری، علائم، تعاریف کمیت‌ها، واحدها و یکاها، فرمول‌های فنی، تعریف دستگاه‌ها و وسایل کار، مصادیقی از ارتباط مؤثر فنی و مستندسازی، زبان فنی، ایمنی و بهداشت فردی و جمعی، پیشگیری از حوادث احتمالی شغلی و نمونه‌هایی از مهارت حل مسئله در بستر گروه تحصیلی و برای رشته تحصیلی در نظر گرفته شده است. می‌توانید در هنگام ارزشیابی این درس، از کتاب همراه هنرجوی خود استفاده نمایید. توصیه می‌شود در یادگیری این درس به دلیل کاربرد زیاد آن در درس‌های دیگر رشته، کوشش لازم را داشته باشید.

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

# فصل ۱

## کلیات



با توجه به پتانسیل‌های کشور جمهوری اسلامی ایران در زمینه نفت و گاز و مواد معدنی گوناگون و... توسعه صنایع شیمیایی در کشور ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است.

## اهمیت و ضرورت رشته



نظر به تحولات سریع صنعتی کشور به خصوص در صنایع شیمیایی و داشتن ذخایر عظیم و خدادادی نفت، گاز و مواد معدنی گوناگون و با توجه به گسترش این صنایع به ویژه صنایع پتروشیمی در کشورمان نیاز به متخصصین و تکنسین‌های فنی در این رشته روز به روز بیشتر احساس می‌گردد.

دوره سه ساله متوسطه رشته صنایع شیمیایی به گونه‌ای طراحی شده است که نیازهای این صنعت را به دیپلمه‌های فنی متبحر برطرف نماید. باید توجه داشت

که کشور ما از نظر صنایع شیمیایی اعم از نفت، گاز، پتروشیمی، صنایع معدنی و کانی، صنایع غذایی، آرایشی، بهداشتی و... صدها برابر بیش از آنچه امروز شاهد آن هستیم ظرفیت توسعه دارد. منطقه عسلویه به عنوان قطب اصلی صنعت گاز کشور پتانسیل‌های زیادی جهت توسعه دارد که امید است به تدریج در آینده این توانمندی‌های بالقوه به فعل تبدیل شود. بنابراین اگر صنایع شیمیایی کشور جایگاه شایسته خود را پیدا نماید، توسعه رشته صنایع شیمیایی در مقطع متوسطه و کاردانی جهت آموزش تکنسین‌های کارآموده امری اجتناب ناپذیر است. فارغ‌التحصیلان این رشته توانایی تغییر و تبدیل بر روی مواد خام را دارند و به یاری همین توانایی، تعداد زیادی از فارغ‌التحصیلان این رشته کارگاه‌ها یا کارخانه‌های شیمیایی کوچک یا بزرگ دایر کرده و در کار خود نیز موفق بوده‌اند. آنها همچنین می‌توانند در کارگاه‌ها و کارخانه‌های تهیه مواد آلی، دارویی، بهداشتی و آرایشی، رنگ‌ها، رزین‌ها و تهیه و تخلیص مواد معدنی مشغول به کار شوند. همچنین می‌توانند در صورت تمایل در مقاطع بالاتر ادامه تحصیل دهند.

## قلمرو دانش رشته



صنایع شیمیایی علم کاربرد شیمی، ریاضیات، فیزیک و اقتصاد در فرایند تبدیل مواد خام به مواد باارزش‌تر یا سودمندتر است. هدف اصلی این رشته تهیه مواد ویژه و کارآمد برای صنایع متنوع امروزی و تولید محصولات با کیفیت بالاتر می‌باشد و از این رو صنایع شیمیایی ارتباطی تنگاتنگ با علوم مهندسی دارد.

از شاخه‌های رشته صنایع شیمیایی می‌توان صنایع شیمیایی آلی (نظیر صنایع نفت، گاز، پتروشیمی،



دارویی، رنگ، مواد شوینده، سموم دفع آفات)، صنایع شیمیایی معدنی (سیمان، گچ، آهک، شیشه،...)، صنایع سلولزی (کاغذ، مقوا، چوب)، صنایع غذایی (قند و شکر، مواد تخمیری، نوشابه‌ها، روغن نباتی، کنسروسازی،...)، صنایع فراوری چرم و پوست، علوم هسته‌ای، تصفیه آب و پساب و... را نام برد.

## مشاغل رشته و توصیف‌های شغلی

فارغ‌التحصیلان رشته صنایع شیمیایی می‌توانند جهت اشتغال در شاخه‌های مختلف صنایع شیمیایی نظیر صنایع نفت، گاز و پتروشیمی، دارویی، رنگ، مواد شوینده و سموم دفع آفات، صنایع شیمیایی معدنی اعم از سیمان، گچ، آهک و شیشه و صنایع سلولزی مانند کاغذ، مقوا و چوب صنایع غذایی مانند قند و شکر، مواد تخمیری، نوشابه‌ها، روغن نباتی و کنسروسازی صنایع فراوری چرم و پوست علوم هسته‌ای تصفیه آب و پساب جذب کار شوند. در زیر توصیف شغلی برخی از آنها آورده شده است.

### صنایع شیمیایی معدنی

بخشی از صنایع و فناوری‌ها تولیدی می‌باشد که در آنها از مواد شیمیایی و سنگ‌های استخراج‌شده معدنی به‌عنوان ماده اولیه استفاده می‌گردد تا مواد و محصولات مختلفی نظیر سیمان، شیشه، کاشی و سرامیک، گچ، آهک و یا محصولاتی چون مواد شیمیایی معدنی مانند اسیدها و بازها، و گازهای صنعتی و بسیاری از محصولات دیگر به‌دست آیند.

امروزه طراحی فرایند تبدیل مواد اولیه به محصولات قابل استفاده در کارخانه‌های صنعتی تولید مواد غیرآلی به‌عهد متخصصان این بخش می‌باشد و به‌همین دلیل کارخانه‌ها و صنایع تحت پوشش این گروه، طیف وسیعی از صنایع تولیدی را در بر می‌گیرند. همچنین صنایع شیمیایی معدنی با صنایعی چون صنایع معدنی، متالورژی و سرامیک ارتباط نزدیکی داشته و به‌همراه این صنایع، نقش مهمی را در ساخت‌وساز و فعالیت‌های عمرانی جوامع به‌عهده دارند.

### صنایع نفت، گاز و پتروشیمی

بخش گسترده‌ای از فناوری‌های صنایع شیمیایی است که مربوط به کاربرد دانش، فناوری، ریاضیات و اقتصاد در فرایند اکتشاف، استخراج، برآورد مخزن و توسعه نفت، گاز و سایر ترکیبات هیدروکربنی از مخازن زیرزمینی و انتقال آنها به پالایشگاه‌های نفت می‌باشد. پس از آن در صنایع پتروشیمی هیدروکربن‌های موجود در نفت خام یا گاز طبیعی

با انجام فرایندهای مختلف و پیچیده به محصولات و فرآورده‌های شیمیایی مختلف تبدیل می‌گردند. امروزه صنایع نفت و پتروشیمی تأمین‌کننده مواد و نیازهای بسیاری از صنایع دیگر بوده و در تأمین انرژی و توسعه جوامع صنعتی نقش مهمی دارند. صنایع نفت، گاز و پتروشیمی با بسیاری از شاخه‌های دیگر صنایع شیمیایی مرتبط بوده و به‌ویژه در کشورهای دارنده منابع هیدروکربنی یکی از صنایع بسیار مهم تلقی می‌شود.





### صنایع غذایی

یکی از شاخه‌های صنایع شیمیایی است که با توجه به خصوصیات شیمیایی، میکروبیولوژی، تغذیه‌ای و بهداشتی مواد غذایی به طراحی و نظارت بر واحدهای تولید صنایع غذایی و کنترل کیفی محصولات آنها می‌پردازد. در این بخش جنبه‌های تئوری و عملی طراحی کارخانه‌ها و واحدهای تولید مواد غذایی، که شامل طراحی فرایند، طراحی خطوط آماده‌سازی، فرآوری و بسته‌بندی مواد غذایی می‌باشد، مورد توجه قرار می‌گیرد، بدین منظور از سایر علوم و فناوری‌های مهندسی استفاده می‌گردد.

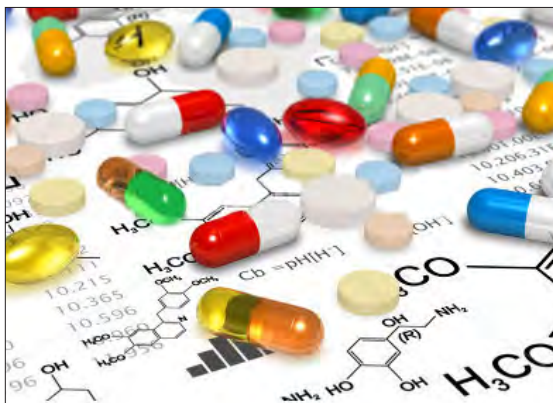
پنج ماده شیمیایی پرمصرف جامعه بشری را تعیین کنید.

تحقیق کنید



### صنایع دارویی

شاخه‌ای از صنایع شیمیایی است که به کشف، بررسی، تکوین و استفاده از اثر ترکیبات شیمیایی در سطح مولکولی، با هدف درمانش در سامانه‌های زیستی می‌پردازد. علم شیمی از دانش‌های پایه در علم داروسازی به‌شمار می‌رود و بخش گسترده‌ای از داروها از مطالعات در این زمینه حاصل می‌شوند. لذا دانش آموختگان رشته صنایع شیمیایی توانایی انجام کار در مراکز داروسازی را دارا می‌باشند.



### شیمی محیط زیست

شاخه‌ای از صنایع شیمیایی است که با بررسی و سنجش مواد و ترکیبات شیمیایی و تأثیر آنها بر محیط زیست، به راهکارهای کاهش آلاینده‌گی حاصل از آنها می‌پردازد. در این زمینه به موضوعاتی نظیر مهندسی محیط زیست، شیمی محیط زیست، شیمی سبز، کنترل آلودگی آب و هوا، مدیریت محیط زیست، تصفیه آب و فاضلاب، شیمی آب و خاک پرداخته می‌شود.





این وظیفه خطیر را برعهده دارند. برای این منظور در آزمایشگاه‌های مجهز به وسایل و دستگاه‌ها و باروش‌های آزمایشگاهی فیزیکی، شیمیایی، توسط افراد متخصص علم شیمی، بیوشیمی، میکروبی شناسی و.....، تصفیه آب و فاضلاب و پساب‌ها انجام می‌شود.

### صنعت تصفیه آب و فاضلاب

امروزه حفظ منابع آب، یعنی حیاتی‌ترین ماده‌ای که بشر به آن نیاز دارد، به‌طور فزاینده‌ای مورد توجه مجامع مختلف بین‌المللی قرار گرفته‌است. رشد روزافزون جمعیت و در نتیجه بهره‌برداری بیش از حد از منابع محدود آب از یک طرف و آلوده شدن آنها به سبب فعالیت‌های گوناگون زیستی، کشاورزی و صنعتی بشر از طرف دیگر، همگی دست به دست هم‌دیگر داده و زنگ خطر بحران آب را در سال‌های آینده به صدا در آورده‌است. بنابراین حفظ کیفیت فیزیکی و شیمیایی و زیست‌شناختی منابع آب سرلوحه فعالیت بسیاری از سازمان‌هایی است که به نحوی با این منابع سروکار دارند.

صنایع تصفیه آب و فاضلاب با هدف فراهم نمودن آب آشامیدنی سالم برای انسان‌ها، کاهش آلاینده‌های فاضلاب‌های خانگی و صنعتی و همچنین کاهش خطرات زیست‌محیطی

### وظایف شاغلین در رشته صنایع شیمیایی



- ۱ انجام آزمایش‌های آزمایشگاهی
- ۲ کنترل کیفی مواد اولیه، میانی و محصولات و نظارت بر فرایند تولید
- ۳ کار با دستگاه‌های فنی آزمایشگاه شیمی
- ۴ کار در واحدهای تولید به عنوان اپراتور بهره‌برداری
- ۵ کاردر واحدهای کنترل (اتاق‌های کنترل دستگاه‌ها)
- ۶ کار با ماشین‌آلات صنعتی واحد‌های تولید
- ۷ - دستگاه‌های تبادل حرارت و مبدل‌های حرارتی
- ۸ - دستگاه‌های تصفیه
- ۹ - واحد‌های تبلور و تبلور مجدد
- ۱۰ - دستگاه‌های احتراقی
- ۱۱ - توربین‌ها، شیرها، پمپ‌ها و کوره‌ها و.....
- ۱۲ کاردر واحدهای سرویس برق و بخار و تصفیه آب
- ۱۳ کار با دستگاه‌های پالایش، برج‌های تقطیر
- ۱۴ کار با دستگاه‌های تبدیل و کراکینگ
- ۱۵ کار با ابزار آلات مختلف در
- ۱۶ - صنایع پلیمر و رنگ
- ۱۷ - صنعت چوب و کاغذ
- ۱۸ - صنایع غذایی
- ۱۹ - مواد منفجره
- ۲۰ - نساجی
- ۲۱ - صنایع سیلیکات و نظایر آنها

## فعالیت‌های اقتصادی در منطقه و نقش رشته در توسعه کشور



کشور جمهوری اسلامی ایران به دلیل وجود ذخایر گسترده نفت، گاز و مواد معدنی گوناگون دارای ثروت خدادادی است. ولی امروزه تنها داشتن منابع طبیعی، کافی نیست و قدرت و ثروت کشورها بیشتر بر مبنای نوآوری و تولید فناوری شکل می‌گیرد.

ارتقای جایگاه ایران در زمینه توسعه صنایع شیمیایی به عنوان ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است و رشد صنایع شیمیایی در کشور نسبت به گذشته رو به جلو است. سهم کشور در صادرات محصولات شیمیایی در جهان محدود بوده و به رغم ظرفیت‌های بالایی که این صنعت در کشور دارد از پتانسیل‌ها آن‌گونه که باید استفاده نشده است. طبق برنامه‌های چشم‌انداز ۲۰ ساله وزارت صنعت، معدن و تجارت و افق آینده سهم ایران در صادرات محصولات صنایع شیمیایی باید ارتقا یابد.

صنعت پتروشیمی بخشی از صنایع شیمیایی است که محصولاتش را از نفت خام یا گاز طبیعی تولید می‌کند. صنعت پتروشیمی از صنایع

مادر و اشتغال‌زا است که به عنوان تغذیه‌کننده سایر بخش‌های صنعت می‌تواند به عنوان موتور حرکت اقتصاد کشورهای در حال توسعه نقش اساسی را ایفا نماید. از امتیازات مهم صنعت پتروشیمی که دارای مزیت نسبی است، تأمین مواد اولیه آن در داخل کشور است. با گسترش صنعت پتروشیمی ضمن اینکه بسیاری از نیازهای داخلی رفع می‌شود، ارزش افزوده ماده خام نیز به داخل کشور بازمی‌گردد و باعث رونق هر چه بیشتر اقتصاد می‌شود.

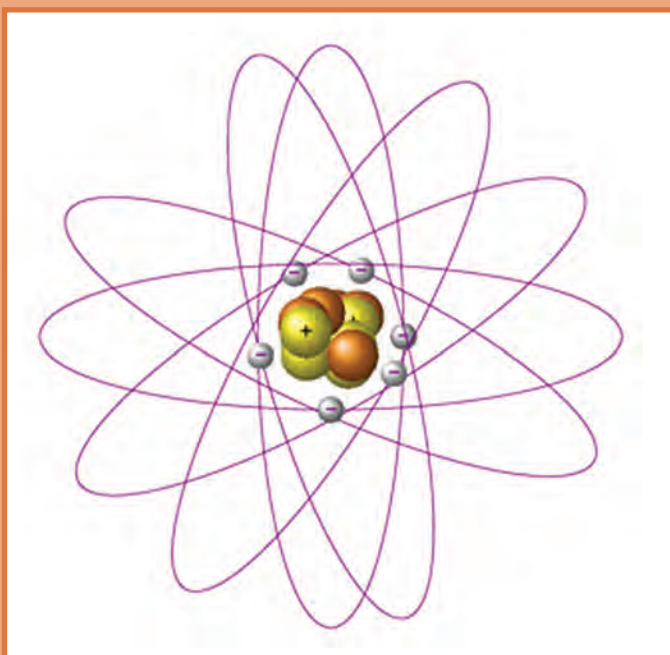
صنایع مرتبط با صنایع شیمیایی که در استان شما وجود دارد شناسایی کرده و گزارش را در قالب پاور پوینت در کلاس ارائه دهید.

تحقیق



## فصل ۲

### مفاهیم پایه و اصلی (۱)



شیمی با مطالعه ماده و تغییرات آن سروکار دارد. آنجا که ماده به تمام مواد موجود در جهان اطلاق می‌شود پس هر جسمی را که می‌بینیم و یا به نحوی از آن استفاده می‌کنیم بخشی از داستان شیمی را بازگو می‌کند.

## ۲-۱- معرفی اتم

**تئوری اولیه در باره اتم:** در حدود ۴۰۰ ق. م فیلسوفی یونانی به نام دموکریتوس نخستین اندیشه های مربوط به اتم را مطرح کرد. نظری این بود که جهان از دو چیز ساخته شده است: یکی فضای خالی و دیگری ذرات بسیار کوچکی که او آنها را «اتم» نامید. او می پنداشت که اتمها کوچکترین ذرات ممکن ماده اند و هر یک از مواد موجود در جهان، اتمهای متفاوتی دارند.

مدتی پس از دموکریتوس ارسطو این نظر را مطرح کرد که ماده پیوسته و یکپارچه است و از ذرات کوچکتری ساخته نشده است. تا قرن هفدهم نظر ارسطو پذیرفته شده بود و از آن پس تردیدها آغاز شد و اندیشه های وی مورد اعتراض قرار گرفت.

دو تن از مخالفان نظر ارسطو، آیزاک نیوتن و رابرت بویل بودند. آنها مقالاتی منتشر کردند که بیانگر اعتقادشان به ماهیت اتمی بودن عنصرها بود. اما هیچ مدرک آزمایشی شده ای برای اعتقاد خود نداشتند.

جان دالتون در سالهای اولیه ۱۸۰۰ میلادی نتایج مشاهدات آزمایشی دیگران درباره واکنشهای شیمیایی را بررسی کرد. آنتوان لاوازیه در پی آزمایشهای خود دریافته بود که وقتی واکنش شیمیایی در سیستم بسته ای صورت می گیرد، جرم مواد پس از تغییر شیمیایی برابر جرم مواد پیش از تغییر شیمیایی است. (سیستم بسته، سیستمی است که نمی تواند با محیطش جرم مبادله کند.) اظهار نظر وی این بود که در واکنشهای شیمیایی معمولی، ماده تغییرات بسیاری می کند، اما خلق یا نابود نمی شود.

شیمی دان فرانسوی «ژوزف پروست»<sup>۱</sup> در بررسیهای خود مشاهده کرده بود که مواد خالص همیشه شامل عناصری با نسبت جرمی یکسان هستند. برای مثال در نمک طعام که از دو عنصر کلر و سدیم تشکیل شده است، نسبت جرم سدیم به جرم کلر همواره و در همه نمونههای خالص این نمک، ثابت بوده و تغییر نمی کند.

**نظریه اتمی دالتون:** جان دالتون<sup>۲</sup> با توجه به یافتههای لاوازیه و پروست، نظریه اتمی خود را در اوایل قرن نوزدهم اعلام کرد. نظریه اتمی دالتون را می توان در چهار بند خلاصه کرد:



جان دالتون (۱۸۴۴-۱۷۶۶)

۱ همه مواد از ذره های بسیار ریز به نام اتم تشکیل شده اند. و اتمهای یک عنصر غیر قابل تقسیم اند.

۲ تمام اتمهای یک عنصر، از هر لحاظ یکسان بوده، جرم ثابت و مشخص دارند، اما اتمهای عنصرهای مختلف با یکدیگر تفاوت دارند.

۳ اتم ضمن یک تغییر شیمیایی از بین نمی رود یا به وجود نمی آید، و به اتم عنصر دیگر نیز تبدیل نمی شود.

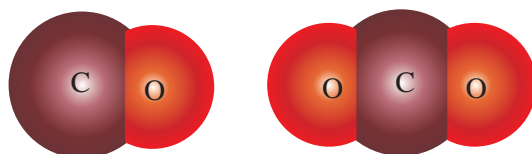
۴ هر ترکیب شیمیایی، از تشکیل پیوند بین اتمهای دو یا چند عنصر به وجود می آید و نسبت اتمها با یکدیگر مشخص و ثابت است. به بیان دیگر، در هر ترکیب معین نسبت تعداد اتمها همواره ثابت است. مثلاً در جیوه (II) اکسید HgO نسبت تعداد اتمهای جیوه به اکسیژن همواره ۱:۱ است.

**نظریه دالتون چگونه قوانین جرم را توضیح می دهد:** جرم مواد شرکت کننده در واکنش با جرم مواد تشکیل دهنده محصول برابر است. اصل سوم نظریه دالتون همان قانون بقای جرم است. (با موضوع قانون بقای جرم در علوم سال نهم آشنا شده اید).

قانون نسبتهای معین می گوید که ترکیب خالص همواره شامل عنصرهای یکسان با نسبت جرمی یکسان است. اصل

۱- Joseph Proust

۲- Gohon Dalton

شکل (۲-۱) مولکول‌های CO و CO<sub>۲</sub>

چهارم نظریه دالتون بیانگر این قانون است.  
- طبق بند ۲ اتم‌های یک عنصر جرم یکسانی دارند و طبق بند ۴ اتم‌های مختلف با نسبت‌های معینی با هم ترکیب می‌شوند. در نتیجه اگر تعداد متفاوتی از اتم‌های B با هر اتم A ترکیب شوند، مواد مختلفی پدید می‌آیند که در آنها نسبت جرم‌های اتم B با اتم A در دو ترکیب مختلف، شامل نسبت دو عدد صحیح کوچک است. این نتیجه اهمیت بسیاری دارد و به «قانون نسبت‌های چندگانه» معروف است.

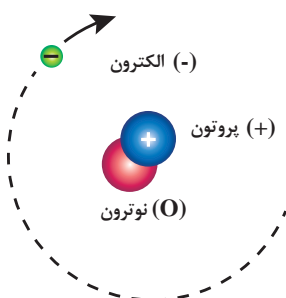
برای درک قانون نسبت‌های چندگانه به شکل (۲-۱) توجه کنید: کربن منوکسید CO از یک اتم کربن و یک اتم اکسیژن و کربن دی‌اکسید CO<sub>۲</sub> از یک اتم کربن و دو اتم اکسیژن تشکیل شده است. از قانون نسبت‌های چندگانه دالتون می‌توان نتیجه گرفت که نسبت جرم اکسیژن در کربن دی‌اکسید به جرم اکسیژن در کربن منوکسید باید نسبت دو عدد صحیح کوچک باشد، که در این مثال نسبت ۲ به ۱ است. گرچه نکات اساسی مربوط به نظریه اتمی دالتون به قوت خود باقی است، ولی با پیشرفت علم امروزه می‌دانیم که در مورد بند ۱ اتم‌های یک عنصر از ذره‌های زیر اتمی<sup>۱</sup> کوچک‌تری تشکیل شده‌اند و در مورد بند ۲ اتم‌های یک عنصر می‌توانند جرم‌های متفاوت که آن ایزوتوپ‌های آن عنصر است را، داشته باشند.

## ۲-۲- ساختار اتم

در سال‌های قبل از ۱۹۰۹ با تلاش دانشمندان مختلف به وجود دو ذره زیر اتمی الکترون و پروتون پی بردند. در این سال تامسون مدلی برای اتم به شکل کره‌ای در نظر گرفت که پروتون‌ها در همه حجم آن به‌طور یکنواخت گسترده بودند و الکترون‌ها نیز به‌طور یکنواخت در فضای بین پروتون‌ها پراکنده بودند. مدل پیشنهادی تامسون به مدل هندوانه‌ای معروف است که قسمت خوراکی آن را پروتون‌ها تشکیل می‌دهند و الکترون‌ها مانند تخمه‌های هندوانه در آن پراکنده‌اند. بعداً معلوم شد که این مدل با مشاهدات تجربی سازگاری ندارد.

سال‌های بعد تلاش‌های دانشمندان چون ارنست رادرفورد، و در پی آن جیمز چادویک منجر به ارائه مدلی برای اتم شد. در این مدل پیشنهادی اتم به شکل کره‌ای در نظر گرفته شده است که دارای هسته‌ای با بار مثبت که با یک یا چند الکترون با بار منفی احاطه گردیده است. الکترون‌ها به سرعت در فضای اتمی موجود حرکت می‌کنند و از طریق جاذبه هسته نگهداری می‌شوند. هسته فوق‌العاده متراکم و فشرده و بیشترین وزن اتم را تشکیل می‌دهد.

هسته اتم از پروتون‌ها و نوترون تشکیل شده است (تنها استثنا ساده‌ترین هسته اتم هیدروژن است که فقط یک پروتون دارد). پروتون (P<sup>+</sup>) دارای بار مثبت و نوترون (n) بدون بار است. از آنجا که اتم‌ها از لحاظ بار الکتریکی خنثی هستند، تعداد پروتون‌های هسته با تعداد الکترون‌های (e<sup>-</sup>) اطراف هسته برابر است.



مدل اتمی رادرفورد

۱- ذرات زیر اتمی: ذرات تشکیل دهنده اتم‌ها را ذرات زیر اتمی می‌نامند.

۲- ایزوتوپ: اتم‌های یک عنصر که دارای الکترون و پروتون‌های مساوی بوده و در تعداد نوترون‌ها با هم تفاوت دارند.

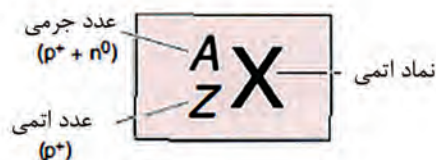
فکر کنید



اگر بپذیریم که در یک اتم الکترون‌ها در اطراف پروتون‌ها می‌چرخند، به نظر شما چه نیرویی این دو ذره را در کنار هم نگه می‌دارد؟

جدول (۲-۱) خواص سه ذره بنیادی الکترون، پروتون و نوترون

مکان ذره در اتم	جرم		بار		نام و نماد
	مطلق	نسبی	مطلق	نسبی	
هسته	$1/673 \times 10^{-24} \text{ g}$	۱	کولن $1/6 \times 10^{-19}$	$1^+$	پروتون ( $P^+$ )
هسته	$1/675 \times 10^{-24} \text{ g}$	۱	۰	۰	نوترون ( $n^0$ )
خارج از هسته	$9/109 \times 10^{-28} \text{ g}$	$\frac{1}{1837}$	کولن $1/6 \times 10^{-19}$	$1^-$	الکترون ( $e^-$ )



شکل (۲-۲) نماد شیمیایی اتم‌ها

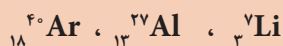
### عدد اتمی و عدد جرمی

هسته هر اتم از تعدادی پروتون و نوترون (به جز اتم هیدروژن که تنها یک پروتون در هسته دارد) تشکیل شده است. تعداد پروتون‌های هر اتم را عدد اتمی آن می‌نامند و با نماد  $Z$  نشان می‌دهند. مجموع تعداد پروتون‌ها و نوترون‌ها در هسته یک اتم عدد جرمی نامیده می‌شود که آن را با نماد  $A$  نشان می‌دهند. اطلاعات مربوط به جرم و بار هسته را غالباً با نماد شیمیایی یک عنصر ( $X$ ) نشان می‌دهند. عدد اتمی ( $Z$ ) به صورت زیروند در سمت چپ نماد شیمیایی و عدد جرمی ( $A$ ) به صورت بالا وند در سمت چپ نماد شیمیایی نوشته می‌شود:

پرسش



۱- درسه عنصر آلومینیوم ( $Al$ )، لیتیم ( $Li$ ) و آرگون ( $Ar$ ) تعداد پروتون‌ها، نوترون‌ها و الکترون‌های اتم را مشخص کنید.



۲- اگر تعداد الکترون‌های اتمی ۱۷ و تعداد نوترون‌های هسته اتم ۱۸ باشد، عدد اتمی و عدد جرمی آن اتم را به دست آورید.



## ایزوتوپ

همان طور که گفته شد عدد اتمی برابر تعداد پروتون‌های هسته اتم و عدد جرمی مجموع تعداد پروتون‌ها و نوترون‌هاست. همه اتم‌های یک عنصر عدد اتمی یکسان دارند، اما ممکن است عدد جرمی متفاوتی داشته باشند، در این صورت می‌توان گفت این اتم‌ها در تعداد نوترون‌ها با هم متفاوت‌اند. به اتم‌هایی که عدد اتمی یکسان ولی عدد جرمی متفاوت دارند، ایزوتوپ گویند.

به عنوان مثال تمام ایزوتوپ‌های اتم کربن در جدول ۲-۲ آمده است.

جدول (۲-۲) درصد فراوانی ایزوتوپ‌های اتم کربن

ایزوتوپ‌ها	عدد اتمی Z	عدد جرمی A	تعداد نوترون‌ها	درصد فراوانی
$^{12}\text{C}$	۶	۱۲	۶	۹۸/۸۹
$^{13}\text{C}$	۶	۱۳	۷	۱/۱۱
$^{14}\text{C}$	۶	۱۴	۸	۰/۰۱

تحقیق کنید



با مراجعه به منابع در دسترس خود، ایزوتوپ‌های مربوط به عنصرهای هیدروژن و اکسیژن را در جدولی مانند جدول (۲-۲) جمع‌آوری کنید.

پرسش



اتم سیلیسیم سه ایزوتوپ طبیعی  $^{28}\text{Si}$ ،  $^{29}\text{Si}$ ،  $^{30}\text{Si}$  دارد. تعداد پروتون‌ها، نوترون‌ها و الکترون‌ها را در هر ایزوتوپ تعیین کنید.

## محاسبه جرم اتمی میانگین

برای عنصرهایی که بیش از یک نوع ایزوتوپ دارند، جرم اتمی با توجه به درصد فراوانی هر ایزوتوپ در طبیعت محاسبه می‌شود.

..... + (فراوانی نسبی ایزوتوپ ۲ × جرم ایزوتوپ ۲) + (فراوانی نسبی ایزوتوپ ۱ × جرم ایزوتوپ ۱) = جرم اتمی میانگین

واحد جرم اتمی (amu): جرم یک اتم نسبت به جرم یک استاندارد تعیین می‌شود. و برای این منظور اتم کربن ۱۲ به عنوان استاندارد انتخاب و جرم آن دقیقاً ۱۲ واحد جرم اتمی (amu) تعریف شده است. بنابراین واحد جرم اتمی (amu)، ۱۲ جرم یک اتم کربن ۱۲ است.

## مثال:

ایزوتوپ‌های طبیعی نئون،  $^{20}\text{Ne}$ ،  $^{21}\text{Ne}$  و  $^{22}\text{Ne}$  به ترتیب فراوانی نسبی ۹۰/۵، ۰/۳ و ۹/۲ درصد است. جرم اتمی این عنصر چیست؟

پرسش



۱- عنصر بور دارای دو ایزوتوپ طبیعی به جرم های اتمی  $^{10}\text{B} = 10/0129 \text{ amu}$  و  $^{11}\text{B} = 11/0093 \text{ amu}$  است. با در نظر گرفتن جرم اتمی بور که معادل  $10/81 \text{ amu}$  است، درصد فراوانی ایزوتوپ های  $^{10}\text{B}$  و  $^{11}\text{B}$  را حساب کنید.

۲- هرگاه  $92/21\%$  اتم های سیلیسیم جرم  $29/777 \text{ amu}$ ،  $4/70\%$  جرم  $28/976 \text{ amu}$  و  $3/09\%$  جرم  $29/974 \text{ amu}$  داشته باشند، جرم اتمی سیلیسیم چقدر خواهد بود؟

۳- جرم اتمی میانگین نقره را معین کنید، هرگاه  $83/51\%$  اتم های نقره موجود در طبیعت  $106/905 \text{ amu}$  و  $17/48\%$  از آنها  $108/905 \text{ amu}$  جرم داشته باشند.

تحقیق کنید



۱- چرا کربن به عنوان عنصری برای تعیین جرم اتمی استفاده شده است؟

۲- آب سنگین چه تفاوت هایی با آب معمولی دارد؟ و کاربرد آن چیست؟

### محاسبه جرم مولکولی:

جرم مولکولی (وزن مولکولی) یک واحد فرمولی ترکیب است که به صورت مجموعه ای از جرم های اتمی محاسبه می شود:

$$\text{جرم مولکولی} = \text{مجموع جرم های اتمی}$$

جرم مولکولی آب (با استفاده از جرم اتمی، تا چهار رقم معنی دار)، از جدول تناوبی به صورت زیر محاسبه می شود:

$$\begin{aligned} \text{جرم اتمی } (1 \times \text{O}) + (\text{جرم اتمی } 2 \times \text{H}) &= \text{جرم مولکولی } \text{H}_2\text{O} \\ &= (2 \times 1/008 \text{ amu}) + 16/00 \text{ amu} = 18/02 \text{ amu} \end{aligned}$$

ترکیب های یونی نیز به همین صورت در نظر گرفته می شوند، ولی چون آنها شامل مولکول نیستند، اصطلاح جرم فرمولی را برای ترکیب های یونی به کار می بریم. برای محاسبه جرم فرمولی، تعداد اتم های هر عنصر در پرانتز، در زیروند خارج پرانتز ضرب می شود. برای باریم نیترات  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  به صورت زیر محاسبه می کنیم:

$$\begin{aligned} \text{جرم فرمولی } \text{Ba}(\text{NO}_3)_2 &= (\text{جرم اتمی } 1 \times \text{Ba}) + (\text{جرم اتمی } 2 \times \text{N}) + (\text{جرم اتمی } 6 \times \text{O}) \\ &= 137/3 \text{ amu} + (2 \times 14/01 \text{ amu}) + (6 \times 16/00 \text{ amu}) = 261/3 \text{ amu} \end{aligned}$$

در مورد ترکیب های آلی به سادگی می توان جرم مولکولی را از ضرب کردن تعداد هر عنصر در جرم اتمی آن و جمع بستن مجموع آنها، محاسبه نمود.



با استفاده از داده های جدول تناوبی، جرم مولکولی ترکیب های زیر را محاسبه کنید.

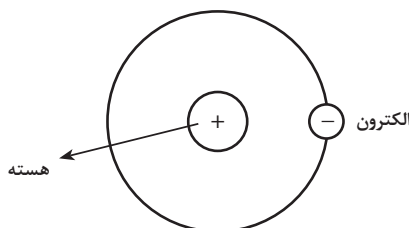
$\text{NH}_4\text{NO}_3$	(ب) آمونیوم نیترات:	$\text{H}_2\text{SO}_4$	(الف) سولفوریک اسید:
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	(ت) سدیم کربنات:	$\text{NaOH}$	(پ) سدیم هیدروکسید:
(HCl)	(ج) هیدروکلریک اسید:	(KCl)	(ث) پتاسیم کلراید:

## ۲-۳- مدل اتمی بور

نظریه های علمی دیگری پس از دالتون مطرح و مورد پژوهش و آزمایش قرار گرفتند. از جمله نظریه بور (نیلز بور)<sup>۱</sup> (۱۸۸۵-۱۹۶۲) که پیشنهاد کرد اتم هیدروژن دارای یک الکترون و هسته ای متشکل از یک پروتون است. شکل (۲-۳) طبق نظریه بور، در اطراف هسته هر اتم چندین مدار یا سطح انرژی در فاصله های معین وجود دارند و الکترون ها تنها مجازند در این مدارها یا سطوح انرژی به دور هسته بچرخند. شکل (۲-۴)



شکل (۲-۴) مدل اتمی بور و لایه های الکترونی

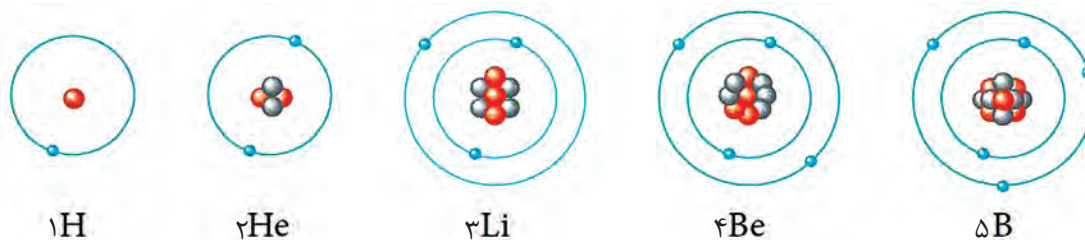


شکل (۲-۳) مدل اتمی بور برای اتم هیدروژن

از آنجا که مدل پیشنهادی بور برای چرخش الکترون ها به دور هسته اتم مشابه به گردش سیاره ها به دور خورشید است این مدل به مدل سیاره ای بور معروف است.

شواهد تجربی نشان می دهند که حداکثر تعداد الکترون ها در هر سطح انرژی ثابت است. تعداد الکترون ها در نخستین مدار یا سطح انرژی که با حرف K مشخص می شود، حداکثر دو است. مثلاً در اتم هیدروژن که تنها یک پروتون در هسته و یک الکترون در فضای خارج از هسته دارد، این الکترون در نخستین سطح انرژی در نزدیک ترین فاصله تا هسته قرار دارد، می چرخد. در اتم هلیم که بعد از هیدروژن است و دو پروتون در هسته دارد، ۲ الکترون موجود در این اتم در همان سطح انرژی K به دور هسته در حال چرخش اند. در سطوح انرژی دوم، سوم و چهارم که به ترتیب با حروف L، M و N مشخص می شوند، حداکثر تعداد الکترون ها به ترتیب ۸، ۱۸ و ۳۲ می باشد.

شکل (۲-۵) مدل بور را برای اتم های هیدروژن، هلیم، لیتیم، بریلیم و بور نشان می دهد.

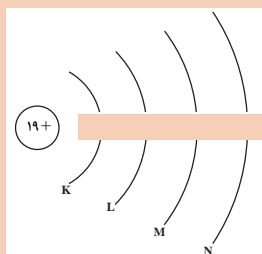


شکل (۲-۵) مدل اتمی بور برای اتم های هیدروژن، هلیم، لیتیم، بریلیم و بور

پرسش

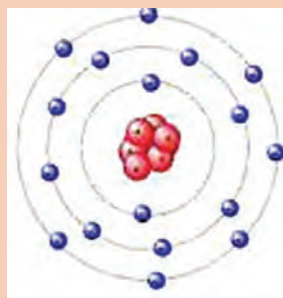
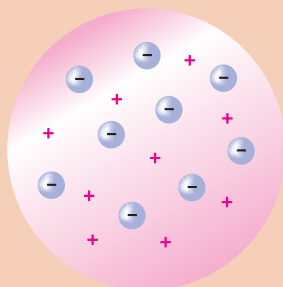


۱- برای اتم پتاسیم با عدد اتمی ۱۹، تعداد الکترون‌ها در هر لایه را روی شکل مشخص کنید.



۲- برای اتم‌های  ${}_{17}\text{Cl}$ ،  ${}_{15}\text{P}$ ،  ${}_{12}\text{Mg}$ ،  ${}_{9}\text{F}$  آرایش مدل بور را رسم کنید.

۳- به تصویرهای داده شده توجه کنید. کدام مدل اتمی را نشان می‌دهند؟



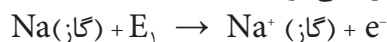
تحقیق کنید



الکترون‌ها با سرعتی در حد سرعت نور در اطراف پروتون‌های هسته می‌چرخند. چه عاملی سبب حفظ فاصله هر الکترون نسبت به هسته اتم می‌شود؟

## ۲-۴- انرژی متوالی یونش آرایش الکترون‌ها در اتم

برای پی بردن به آرایش الکترونی اتم از مفهوم انرژی یونش<sup>۱</sup> کمک می‌گیریم. همان طوری که می‌دانید اتم از نظر الکتریکی خنثی است به این معنی که تعداد پروتون‌ها در هسته اتم با تعداد الکترون‌ها در اطراف اتم برابر است. جدا کردن الکترون از اتم به صرف انرژی نیاز دارد. مطابق تعریف، مقدار انرژی لازم برای جدا کردن سست‌ترین الکترون از یک اتم گازی و تشکیل یون مثبت گازی را انرژی نخستین یونش<sup>۲</sup> می‌گویند. مانند:



که  $E_1$  انرژی نخستین یونش را می‌رساند.

در اینجا می‌توان با صرف مقدار انرژی بیشتر، از یون گازی سدیم یک الکترون دیگر جدا و آن را به یون گازی<sup>۲+</sup> تبدیل کرد:

$$\text{Na}^+(\text{گاز}) + E_2 \rightarrow \text{Na}^{2+}(\text{گاز}) + e^-$$

۱- Ionization energy

۲- First ionization energy

$E_7$  را انرژی دومین یونش می‌گویند. طبیعی است که مقدار  $E_7$  بزرگ‌تر از  $E_1$  است، زیرا در مورد  $E_1$  الکترون از یک اتم خنثی جدا می‌شود، حال آنکه در مورد  $E_7$  برای جدا کردن الکترون از یک یون  $+1$ ، برای غلبه بر نیروی جاذبه الکتروستاتیک بین بارهای مخالف، باید انرژی بیشتری صرف شود. مقدار انرژی یونش برحسب کیلوژول برای جدا کردن یک مول الکترون<sup>۱</sup> بیان می‌شود. برای مثال، انرژی نخستین یونش سدیم  $E_1 = 490 \text{ kJ/mol}$  و انرژی دومین یونش آن  $E_7 = 4560 \text{ kJ/mol}$  است.

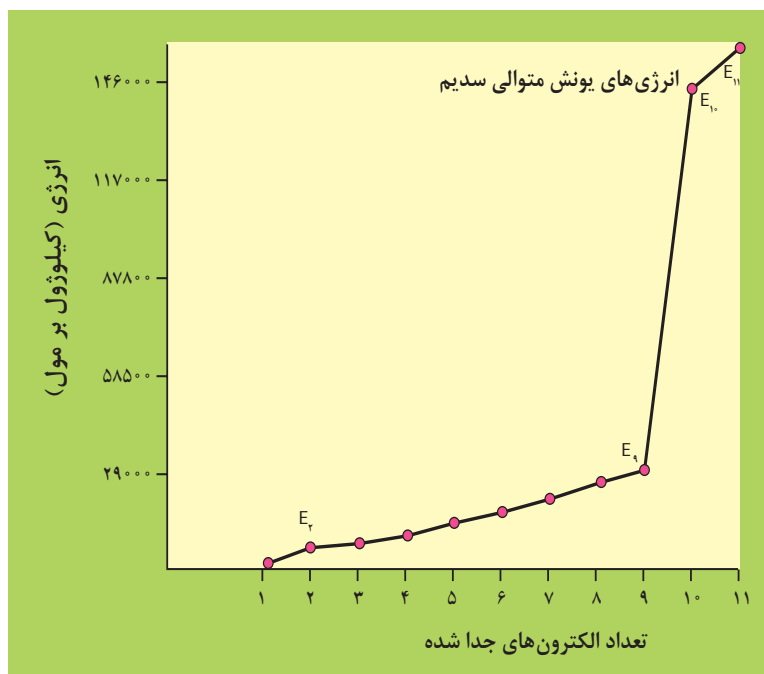
### تحقیق دربارهٔ گروه‌های الکترونی اتم با استفاده از جدول انرژی‌های یونش

از روی انرژی‌های یونش متوالی می‌توان دربارهٔ آرایش الکترونی اتم اطلاعاتی به دست آورد. برای این منظور انرژی‌های یونش متوالی اتم سدیم را در نظر می‌گیریم. انرژی‌های یونش متوالی لیتیم تا سدیم برحسب مگاژول بر مول ( $\text{MJ/mol}$ )<sup>۲</sup> در جدول ۲-۳ داده شده است. چنانچه انرژی‌های یونش متوالی اتم سدیم را از  $E_1$  تا  $E_{11}$  روی محور عمودی و تعداد الکترون‌های جدا شده را روی محور افقی منتقل کنیم، دو جهش عمده در نمودار حاصل مشاهده می‌شود (شکل ۲-۶). جهش اول از  $E_1$  به  $E_7$  است.

$$(E = 4/56 - 0/49 = 4/07 \text{ MJ/mol}, E_1 \rightarrow E_7)$$

و جهش دوم از  $E_9$  به  $E_{10}$  است.

$$(E = 141/37 - 28/93 = 112/44 \text{ MJ/mol}, E_9 \rightarrow E_{10})$$

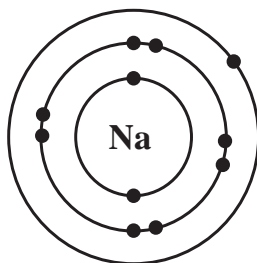


شکل (۲-۶) نمودار جهش‌های مشاهده شده در انرژی‌های یونش متوالی اتم سدیم

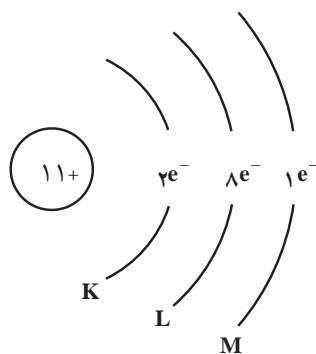
۱- یک مول الکترون برابر  $6/02 \times 10^{23}$  الکترون است. به  $6/02 \times 10^{23}$  عدد آووگادرو گفته می‌شود.

۲- مگا ( $M$ ) =  $10^6$  برای تبدیل مگاژول به کیلوژول آن را در  $1000$  ضرب می‌کنیم.

بنابراین، سه گروه الکترونی در اتم سدیم قابل تشخیص است. گروه اول فقط شامل یک الکترون است که انرژی کمتری برای جدا کردن آن لازم است و بیرونی‌ترین لایه الکترونی اتم سدیم را تشکیل می‌دهد. گروه دوم شامل هشت الکترون است (انرژی‌های یونش  $E_7$  تا  $E_8$ ) که انرژی‌های یونش مربوط به آنها با توجه به زیاد شدن متوالی بار یون‌ها یک افزایش مداوم را نشان می‌دهد. درونی‌ترین لایه الکترونی در اتم سدیم شامل دو الکترون است که انرژی‌های یونش مربوط به آنها  $E_{10}$  و  $E_{11}$  است و به طوری که ملاحظه می‌شود انرژی فوق‌العاده زیادی برای جدا کردن آنها لازم است. با توجه به اینکه در هسته اتم سدیم ۱۱ پروتون وجود دارد، هرچه الکترون‌ها به هسته اتم نزدیک‌تر باشند، تحت تأثیر نیروی جاذبه الکتروستاتیک بیشتری قرار می‌گیرند و در نتیجه انرژی زیادتری هم برای جدا کردن آنها لازم می‌شود. دو الکترون آخر که جدا کردن آنها از سایر الکترون‌ها دشوارتر است، به هسته اتم نزدیک‌ترند و گفته می‌شود که پایین‌ترین سطح انرژی را اشغال کرده‌اند. این سطح انرژی را که همان سطح انرژی  $K$  است، آن را با  $n=1$  مشخص می‌کنند.



دومین سطح انرژی (سطح انرژی  $L$ )، همان‌طور که اشاره شد شامل هشت الکترون است و آن را با  $n=2$  مشخص می‌کنند. بیرونی‌ترین سطح انرژی در اتم سدیم که بیشترین فاصله را نسبت به هسته اتم سدیم دارد، فقط شامل یک الکترون است. سومین سطح انرژی (سطح انرژی  $M$ ) را با  $n=3$  مشخص می‌کنند. به این ترتیب آرایش الکترونی اتم سدیم مطابق مدل سیاره‌ای بوهر به صورتی است که در شکل ۲-۷ نشان داده شده است.



شکل (۲-۷) نمایش مدل سیاره‌ای اتم سدیم

با توجه به انرژی‌های یونش اتم بریلیم چند الکترون باید از اتم بریلیم ( $Z=4$ ) برداریم تا با نخستین جهش بزرگ در انرژی یونش مواجه شویم؟ در اتم بور چگونه؟

پرسش





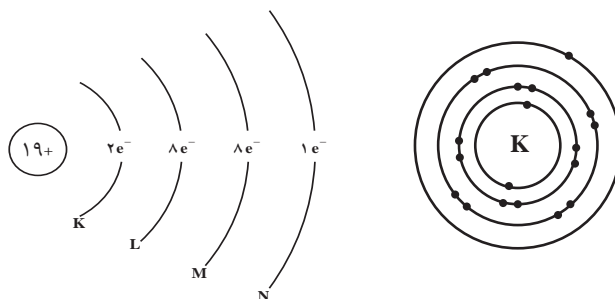
با استفاده از ستون  $E_1$  در جدول ۲-۳ تحقیق کنید که آیا انرژی نخستین یونش عنصرهای  $Z=۱$  تا  $Z=۱۰$  به طور منظم افزایش دارد؟ در کدام عنصرها بی نظمی دیده می شود؟

جدول (۲-۳) انرژی های یونش متوالی (MJ/mol) \* عنصرهای لیتیم تا سدیم

Z	عنصر	تعداد الکترون های ظرفیت	$E_1$	$E_2$	$E_3$	$E_4$	$E_5$	$E_6$	$E_7$	$E_8$	$E_9$	$E_{10}$	$E_{11}$
			الکترون های درونی										
۳	Li	۱	۰/۵۲	۷/۳۰	۱۱/۸۱								
۴	Be	۲	۰/۹۰	۱/۷۶	۱۴/۸۵	۲۱/۰۱							
۵	B	۳	۰/۸۰	۲/۴۳	۳/۶۶	۲۵/۰۲	۳۲/۸۲						
۶	C	۴	۱/۰۹	۲/۳۵	۴/۶۲	۶/۲۲	۳۷/۸۳	۴۷/۲۸					
۷	N	۵	۱/۴۰	۲/۸۶	۴/۵۸	۷/۴۸	۹/۴۴	۵۳/۲۷	۶۴/۳۶				
۸	O	۶	۱/۳۱	۳/۳۹	۵/۳۰	۷/۴۷	۱۰/۹۸	۱۳/۳۳	۷۱/۳۳	۸۴/۰۸			
۹	F	۷	۱/۶۸	۳/۳۷	۶/۰۵	۸/۴۱	۱۱/۰۲	۱۵/۱۶	۱۷/۸۷	۹۲/۰۴	۱۰۶/۴۳		
۱۰	Ne	۸	۲/۰۸	۳/۹۵	۶/۱۲	۹/۳۷	۱۲/۱۸	۱۵/۲۴	۲۰/۰۰	۲۳/۰۷	۱۱۵/۳۸	۱۳۱/۴۳	
۱۱	Na	۱	۰/۴۹	۴/۵۶	۶/۹۱	۹/۵۴	۱۳/۳۵	۱۶/۶۱	۲۰/۱۱	۲۵/۴۹	۲۸/۹۳	۱۴۱/۳۷	۱۵۹/۰۷

\* مگا (M) =  $۱۰^۶$

با توجه به سه گروه الکترونی که برای اتم سدیم، نخستین عنصر تناوب سوم مشخص شد، می توان چنین نتیجه گیری کرد که برای اتم پتاسیم که مانند سدیم به گروه IA در جدول تناوبی عنصرها تعلق دارد و در تناوب چهارم ( $n=۴$ ) این جدول واقع شده است، چهار گروه الکترونی قابل تشخیص است. یک گروه شامل دو الکترون (سطح انرژی K)، دو گروه هر کدام شامل هشت الکترون (سطح های انرژی L و M) و سرانجام بیرونی ترین لایه الکترونی که چهارمین سطح انرژی ( $n=۴$ ) را تشکیل می دهد و آن را سطح انرژی N می نامند. این سطح انرژی در اتم پتاسیم شامل یک الکترون است. آرایش الکترونی اتم پتاسیم مطابق مدل سیاره ای بوهر به صورتی است که در شکل ۲-۸ نمایش داده شده است.



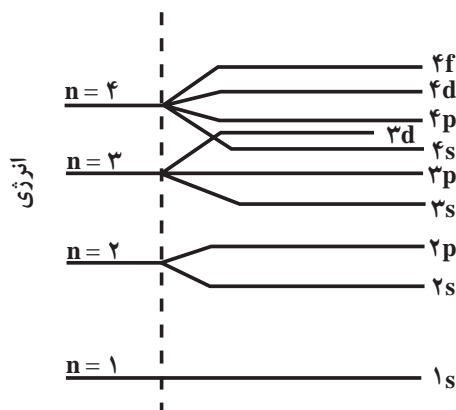
شکل (۲-۸) نمایش مدل سیاره ای اتم پتاسیم

## ترازهای فرعی انرژی

انرژی نخستین یونش ( $E_1$ ) در یک تناوب به طوری که انتظار می رود با افزایش بار هسته اتمها افزایش می یابد. اما بررسی دقیق تر انرژی نخستین یونش اتم عنصرهای تناوب دوم جدول تناوبی عنصرها به عنوان مثال، نشان می دهد که از بریلیم به بور با اینکه بار هسته یک واحد اضافه شده است ولی انرژی نخستین یون  $B$  ( $800 \text{ kJ/mol}$ ) کمتر از انرژی نخستین یونش  $Be$  ( $900 \text{ kJ/mol}$ ) است (به فعالیت گروهی مراجعه شود). این تفاوت نشان دهنده این واقعیت است که الکترون پنجم در اتم بور نسبت به الکترون های سوم و چهارم در فاصله دورتری نسبت به هسته قرار گرفته است. در نتیجه می توان گفت که سطح انرژی دوم ( $n=2$ ) خود، شامل دو تراز فرعی انرژی است که آنها را ترازهای فرعی  $2s$  و  $2p$  می نامیم. تراز فرعی  $2s$  می تواند حداکثر دو الکترون در خود جای دهد حال آنکه تراز فرعی  $2p$  حداکثر تا ۶ الکترون می پذیرد. تراز فرعی  $2p$  در فاصله دورتری نسبت به تراز فرعی  $2s$  از هسته اتم قرار دارد. شایان ذکر است که در این تناوب همچنین از  $7N$  ( $E_1=1400 \text{ kJ/mol}$ ) به  $8O$  ( $E_1=1310 \text{ kJ/mol}$ ) انرژی نخستین یونش برخلاف انتظار کاهش می یابد. دلیل آن را ضمن بررسی ترتیب پر شدن ترازهای انرژی در اتمها توضیح خواهیم داد. تحقیقات تجربی نشان می دهد که سطح انرژی سوم ( $n=3$ ) خود شامل ترازهای فرعی  $3s$ ،  $3p$  و  $3d$  است. وجود ترازهای فرعی  $3p$  و  $3s$  مشابه ترازهای فرعی  $2s$  و  $2p$ ، نیز با توجه به کاهش انرژی نخستین یونش قابل تشخیص است. در تناوب دوم، انرژی نخستین یونش از  $Be$  به  $B$  کاهش یافت، در تناوب سوم نیز انرژی نخستین یونش از  $12Mg$  به  $13Al$  کاهش می یابد ( $E_1=738 \text{ kJ/mol}$  و  $E_1=578 \text{ kJ/mol}$ ). در تناوب سوم نیز تغییری را که بین  $7N$  و  $8O$  در تناوب دوم مشاهده کردیم، از  $15P$  ( $E_1=1012 \text{ kJ/mol}$ ) به  $16S$  ( $E_1=1000 \text{ kJ/mol}$ ) ملاحظه می کنیم. تحقیقات همچنین نشان می دهد که سطح انرژی چهارم ( $n=4$ ) نیز شامل چهار تراز فرعی است که آنها را به عنوان ترازهای فرعی  $4s$ ،  $4p$ ،  $4d$  و  $4f$  می شناسیم. تراز فرعی  $d$  حداکثر گنجایش ۱۰ الکترون و تراز فرعی  $f$  نیز حداکثر گنجایش ۱۴ الکترون را دارد.

## ترتیب پر شدن ترازهای فرعی انرژی در اتم

در شکل ۹-۲ ترتیب پر شدن عده ای از ترازهای فرعی انرژی نشان داده شده است. برای به دست آوردن آرایش الکترونی اتمها، الکترون های مربوط به هر اتم را در ترازهای فرعی انرژی قرار می دهیم. به این ترتیب که از پایین ترین تراز فرعی در  $n=1$  شروع می کنیم و به تدریج به سمت ترازهای فرعی بالاتر در سطح های  $n=2$ ،  $n=3$  و... پیش می رویم.



شکل (۹-۲) سطح های انرژی اصلی و ترازهای فرعی آنها



چنانکه قبلاً اشاره شد در سطح انرژی  $n=1$  که همان تراز  $1s$  است و درونی‌ترین لایه الکترونی اتم را تشکیل می‌دهد، حداکثر دو الکترون قرار می‌گیرد. در سطح انرژی دوم ( $n=2$ ) پس از پر شدن تراز فرعی  $2s$  با دو الکترون، الکترون‌های بعدی در تراز فرعی  $2p$  قرار می‌گیرند. در سطح انرژی سوم ( $n=3$ ) ابتدا تراز فرعی  $3s$  و سپس تراز فرعی  $3p$  به وسیله الکترون‌ها اشغال می‌شوند. اما همان‌طور که در شکل ۹-۲ دیده می‌شود، تراز فرعی  $4s$  پایین‌تر از تراز فرعی  $3d$  قرار دارد و از این‌رو پس از اتم آرگون ( $Z=18$ ) که آخرین لایه الکترونی آن به صورت  $3s^2 3p^6$  است، تناوب چهارم با وارد شدن نوزدهمین الکترون در تراز فرعی  $4s$  آغاز می‌شود که همان عنصر پتاسیم باشد. تراز فرعی  $4s$  در عنصر کلسیم ( $Z=20$ ) کامل می‌شود و آن‌گاه ده الکترون بعدی از الکترون بیست و یک تا الکترون سی در تراز فرعی  $3d$  قرار می‌گیرند و سری عنصرهای واسطه از اسکاندیم تا روی را به وجود می‌آورند. پس از کامل شدن تراز فرعی  $3d$  نوبت به تراز فرعی  $4p$  می‌رسد و این تراز فرعی نیز با دریافت شش الکترون در عنصر کریپتون ( $Z=36$ ) کامل می‌شود. ترتیب پر شدن ترازهای فرعی انرژی بالاتر مطابق الگوی شکل ۹-۲ در عنصرهای مربوط به تناوب‌های بالاتر ادامه می‌یابد که بررسی آنها خارج از قلمرو برنامه این درس است.

در این کتاب تأکید بیشتر روی یادگیری آرایش الکترونی ۲۰ عنصر اول جدول تناوبی عنصرها است که در جدول ۴-۲ آمده است.

جدول (۴-۲) آرایش الکترونی ۲۰ عنصر اول جدول تناوبی عنصرها

عدد اتمی	عنصر	آرایش الکترونی
۱	H	$1s^1$
۲	He	$1s^2$
۳	Li	$1s^2, 2s^1$
۴	Be	$1s^2, 2s^2$
۵	B	$1s^2, 2s^2, 2p^1$
۶	C	$1s^2, 2s^2, 2p^2$
۷	N	$1s^2, 2s^2, 2p^3$
۸	O	$1s^2, 2s^2, 2p^4$
۹	F	$1s^2, 2s^2, 2p^5$
۱۰	Ne	$1s^2, 2s^2, 2p^6$
۱۱	Na	$1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^1$
۱۲	Mg	$1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2$
۱۳	Al	$1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^1$
۱۴	Si	$1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^2$
۱۵	P	$1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^3$
۱۶	S	$1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^4$
۱۷	Cl	$1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^5$
۱۸	Ar	$1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6$
۱۹	K	$1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6, 4s^1$
۲۰	Ca	$1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6, 4s^2$

## ۵-۲- جدول تناوبی عناصر

در گذشته شیمی‌دانان به این نکته پی برده بودند که بین برخی از عناصر و همچنین ترکیبات آنها تشابهاتی وجود دارد و از طرفی بین این عناصر و عناصر دیگر تفاوت‌هایی دیده می‌شود. از جمله موارد در خور توجه، تشابه فلزات قلیایی مانند سدیم و پتاسیم از یک سو و هالوژن‌ها مانند کلر و برم از سوی دیگر و تفاوت کامل خواص این فلزات با هالوژن‌ها بود. در آغاز توسعه علم شیمی برخورد با این قبیل موارد نشان می‌داد که برای تأکید این تشابهات و تفاوت‌ها به یک طرح طبقه‌بندی عناصر نیاز است. موفق‌ترین طرح در این راه در سال ۱۸۶۹ توسط مندلیف<sup>۱</sup> ارائه شد. مندلیف جدولی منتشر کرد که در آن حدود ۶۰ عنصر شناخته شده تا آن زمان را به ترتیب افزایش جرم اتمی آنها تنظیم کرده بود به گونه‌ای که عناصر دارای خواص فیزیکی و شیمیایی مشابه در یک گروه قرار گرفته بودند. این جدول بر اساس تکرار تناوبی خواص معینی استوار بود. مندلیف توانست به کمک این جدول خواص برخی از عناصری را که تا آن زمان شناخته نشده بودند پیش‌بینی کند و جای آنها را در جدول تناوبی عناصر خالی گذاشت. مثلاً خواص عنصری که باید زیر سیلیسیم قرار گیرد تا آن زمان شناخته نشده بود. مندلیف خواص این عنصر را که اکاسیلیسیم نامید پیش‌بینی کرد و با کشف این عنصر در سال ۱۸۸۶ توسط وینکلر که آن را ژرمانیم نامید، این پیش‌بینی درست از آب درآمد.



شکل (۲-۱۰) مندلیف (۱۹۰۷-۱۸۳۴)

۱- Dimitri Ivanovich Mendeleev

۲- اکا به زبان روسی معنی زیر می‌دهد.

گرچه تنظیم جدول مندلیف بر اساس افزایش جرم اتمی عناصر استوار بود، اما مندلیف در چند مورد مجبور شد برای رعایت تشابه خواص عناصر، عنصری را که جرم اتمی بیشتری داشت مقدم بر عنصر با جرم اتمی کمتر قرار دهد. مثلاً بر اساس افزایش جرم اتمی، عنصر کبالت (Co) باید بعد از نیکل قرار گیرد. اما تشابه نیکل (Ni) با پالادیم (Pd) و پلاتین (Pt) بیشتر از تشابه کبالت با دو عنصر مذکور است یا در جای دیگر جرم اتمی تلور (Te) از جرم اتمی ید (I) بیشتر است. با این همه ید بعد از تلور قرار داده شده بود زیرا ید از نظر خواص شیمیایی شبیه برم و کلر است و تلور هم با سلنیم (Se) و گوگرد (S) تشابه دارد. امروزه می‌دانیم که ترتیب معکوس جرم اتمی در این موارد مربوط به تفاوتی است که در فراوانی نسبی ایزوتوپ‌های این عناصر وجود دارد. پس از کشف عدد اتمی (تعداد پروتون‌ها در هسته اتم) در سال ۱۹۱۳ توسط مزلی معلوم شد که استفاده از عدد اتمی هر عنصر که مقدار معین و ثابتی است ملاک مناسب‌تری برای طبقه‌بندی عناصر است. جدول تناوبی جدید بر اساس افزایش عدد اتمی استوار است. قانون تناوبی به این صورت بیان می‌شود. با تنظیم عناصرها برحسب افزایش عدد اتمی، خواص شیمیایی و فیزیکی آنها به‌طور تناوبی تکرار می‌شود.

جرم اتمی →	۱۲۷/۶	۱۲۶/۹
	Te	I
عدد اتمی →	۵۲	۵۳

## ۶-۲- ساختار جدول تناوبی و برخی ویژگی‌های عناصر آن

بعد از مطالعه چگونگی پیدایش جدول تناوبی به بررسی برخی ویژگی‌ها و امتیازات جدول می‌پردازیم. منظور از جدول تناوبی در حال حاضر، جدول ارائه شده در شکل ۱۱-۲ است که ساختار کامل‌تر و ساده‌تری نسبت به جدول قدیمی مندلیف دارد. مهم‌ترین امتیازی که جدول تناوبی دارد، کمک در تفسیر خواص عناصرها و ترکیب‌های آنها، همچنین پیش‌بینی کردن درباره این خواص و نجات دادن همگان از الزام در مرور و به خاطر سپردن انبوه داده‌ها و ویژگی‌های مواد است. برای استفاده از جدول تناوبی باید آن را شناخت. هرچه جدول را بهتر بشناسیم؛ بیشتر از آن بهره‌مند می‌شویم. با دانستن عدد اتمی یا موقعیت یک عنصر در جدول، به بسیاری از اطلاعات مورد نیاز دسترسی پیدا می‌کنیم.

### ساختار تناوب‌های جدول

- تناوب اول دارای دو عنصر گازی شکل هیدروژن (H) و هلیم (He) است.  
 - تناوب‌های دوم و سوم هریک دارای ۸ عنصر اصلی است که با یک فلز قلیایی آغاز شده و به یک گاز نجیب پایان می‌یابد (تناوب دوم از Li تا Ne و تناوب سوم از Na تا Ar).  
 - تناوب‌های چهارم و پنجم، هریک دارای ۱۸ عنصر است که اینها نیز با یک فلز قلیایی آغاز می‌شوند و به یک گاز نجیب پایان می‌یابند. ۸ عنصر در هریک از این تناوب‌ها اصلی هستند (گروه‌های IA تا VIIIA) و ۱۰ عنصر نیز واسطه به شمار می‌روند (گروه‌های B) که به شیوه خاصی میان دو گروه IIA و IIIA قرار گرفته‌اند.

- تناوب ششم دارای ۳۲ عنصر است که شامل ۸ عنصر اصلی در گروه‌های IA تا VIIIA، ۱۰ عنصر واسطه (گروه‌های B) و ۱۴ عنصر هم معروف به لانتانیدها که در یک ردیف زیر جدول قرار دارند (ردیف بالایی).

عدداً می ←  
 نام عنصر ←  
 نماد شیمیایی ←  
 جرم اتمی میانگین ←

	1A	2A															13A	14A	15A	16A	17A	18A	
1	H هیدروژن 1/008	He هلیوم 4/003															B بور 10/811	C کربن 12/011	N نیتروژن 14/007	O اکسیژن 15/999	F فلور 18/998	Ne نئون 20/180	
2	Li لیتیم 6/941	Be بیریم 9/012																Al آلومینیم 26/982	Si سیلیسیم 28/086	P فسفر 30/974	S کبر 32/066	Cl کلر 35/453	Ar آرگون 39/948
3	Na سدیم 22/990	Mg منیزیم 24/305																					
4	K پتاسیم 39/098	Ca کلسیم 40/078	Sc اسکاندیم 44/956	Ti تیتانیم 47/88	V وانادیوم 50/942	Cr کروم 51/996	Mn منگنز 54/938	Fe آهن 55/845	Co کوبالت 58/933	Ni نیکل 58/69	Cu مس 63/546	Zn روی 65/38	Ga گالیم 69/723	Ge ژرمانیم 72/63	As آرستیک 74/922	Se سلنیم 78/96	Br برم 79/904	Kr کریپتون 83/798					
5	Rb روبیوم 85/468	Sr استرانسیم 87/62	Y ایتریم 88/906	Zr زیرکونیم 91/224	Nb نیوم 92/906	Mo مولیبدن 95/94	Tc تکنسیم 98/906	Ru روتنیم 101/07	Rh رودیم 101/07	Pd پالادیم 106/36	Ag نقره 107/868	Cd کادمیم 112/411	In ایندیم 114/818	Sn قلع 118/710	Sb آنتیمن 121/757	Te تلوریم 127/60	I یود 126/905	Xe زنون 131/29					
6	Cs سزیم 132/905	Ba باریم 137/327	Lu لوتتیم 174/967	Hf هافنیم 178/49	Ta تانتالم 180/948	W تنگستن 183/84	Re رنتیم 186/207	Os اوسمیوم 190/23	Ir ایریدیوم 192/222	Pt پلاتین 195/08	Au طلا 196/967	Hg جیوه 200/59	Tl تالیوم 204/387	Pb سرب 207/2	Bi بیسموت 208/980	Po پولونیم 209	At استانتین 210	Rn رادون 222					
7	Fr فرانسیم 223	Ra رادیوم 226	Lr لارنسیم 260	Rf رادفوردیم 261	Db دوبنیوم 262	Sg سیبیریزیم 263	Bh بریم 264	Hs هاسیم 265	Mt میترنیم 266	Ds دارمستادیم 267	Rg روگنیم 268	Cn کورتسیوم 269	Uut آن ان تیم 270	Lv فلوریم 271	Uup آن ان پتیم 272	Lv لیورموریم 273	Uus آن ان سبتیم 274	Uuo آن ان اکتیم 275					

57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
La لانتانیم 138/905	Ce سرم 140/12	Pr پراسمیتیم 140/907	Nd نئودیم 144/24	Pm پرمیتیم 144/912	Sm ساماریوم 150/36	Eu اروپیم 151/964	Gd گادولینیم 157/25	Td تریم 158/93	Dy دیسپروسیم 162/50	Ho هولمیتیم 164/93	Er ایتریم 167/26	Tm تیم 168/932	Yb ایتریم 173/054
89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102
Ac آکتینیم 227	Th توریم 232	Pa پروتکتینیم 231	U اورانوم 238	Np نپتونیم 237	Pu پلوتونیم 244	Am آمرسیوم 243	Cm کوریوم 247	Bk برکلیم 247	Cf کالیفرنیم 251	Es اینشتینیم 252	Fm فرمنیم 257	Md مندلیوویچ 258	No نوبلیوم 259

شکل (۱۱-۲) جدول تناوبی عناصر

- تناوب هفتم ناقص است و در صورتی که عنصرهای جدیدی در آزمایشگاه‌های تحقیقات هسته‌ای ساخته شوند، قاعدتاً در این تناوب قرار می‌گیرند. این عنصرها با فلز قلیایی و پرتوزای فرانسیم آغاز می‌شود. عنصر دوم آنها فلز پرتوزای رادیوم (Ra) است. ۱۴ عنصر پرتوزای دیگر آنها به نام آکتینیدها در یک ردیف زیر سری قبلی لانتانیدها قرار گرفته‌اند. همان‌طور که در جدول مزبور دیده می‌شود، تناوب هفتم ناقص است و فقط شامل چند عنصر پرتوزای مصنوعی دیگر است که در بخش پایینی گروه‌های B قرار دارد.

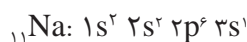
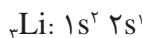
### ساختار گروه‌های جدول تناوبی با توجه به آرایش الکترونی عنصرهای آنها

در این بخش به رابطه‌ای که میان آرایش الکترونی اتم یک عنصر و بسیاری از خواص آن برقرار است اشاره می‌کنیم. در این میان آرایش الکترونی لایه ظرفیت و موقعیت عنصر در جدول تناوبی نقش اساسی دارد. بجاست که در پرتو این نکات، مروری بر عنصرهای ۸ گروه اصلی A و ۱۰ گروه فرعی B، در جدول تناوبی داشته باشیم. ضمناً جدول ۲-۵ که خاص گروه‌های ۸ گانه اصلی است نیز در این مورد سودمند است.

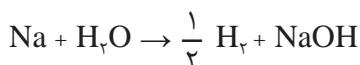
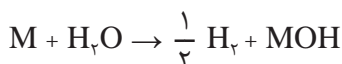
جدول (۲-۵) عنصرهای اصلی جدول تناوبی و آرایش الکترونی لایه ظرفیت آنها

گروه	IA	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA
تعداد الکترون ها در لایه بیرونی	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	(به استثنای He) ۸
تناوب اول	H·							He:
تناوب دوم	Li·	Be:	B·	C·	N·	O·	F·	:Ne:
تناوب سوم	Na·	Mg:	Al·	Si·	P·	S·	Cl·	:Ar:
تناوب چهارم	K·	Ca:	Ga·	Ge·	As·	Se·	Br·	:Kr:
تناوب پنجم	Rb·	Sr:	In·	Sn·	Sb·	Te·	I·	:Xe:
تناوب ششم	Cs·	Ba:	Tl·	Pb·	Bi·	Po·	At·	:Rn:
تناوب هفتم	Fr·	Ra:						

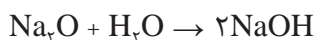
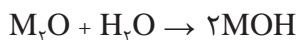
**گروه IA (خانواده فلزهای قلیایی یا گروه لیتیم):** آرایش الکترونی عنصرهای این گروه به تراز  $ns^1$  ختم می‌شود. نماد  $n$  نشان دهنده شماره آخرین لایه الکترونی (لایه ظرفیت) است. به سه مثال زیر توجه کنید:



لایه ظرفیت اتم لیتیم  $2s$  و  $2p$ ، اتم سدیم  $3s$  و  $3p$  و اتم پتاسیم  $4s$  و  $4p$  است. بدیهی است که تراز  $p$  در آنها خالی است. همان طور که آموختید، مقدار انرژی یونش لازم برای جدا کردن تنها الکترون موجود در لایه  $ns$  فلزهای قلیایی نسبتاً کم است و این عنصرها در واکنش با عنصرهای دیگری همچون کلر، این الکترون را به آسانی از دست می‌دهند و به یونی با بار  $+1$  تبدیل می‌شوند. خواص فلزی قوی این عنصرها و واکنش پذیری شدید آنها نیز دلالت بر آمادگی زیاد برای تبدیل شدن به یون  $M^+$  دارد. برای مثال این فلزها به شدت با آب واکنش می‌دهند و  $\frac{1}{2}$  مول گاز  $H_2$  به ازای مصرف یک مول فلز  $M$  پدید می‌آورند. فرمول معادله عمومی واکنش فلزهای این خانواده با آب و برای مثال واکنش سدیم با آب به قرار زیر است:



اکسیدهای فلزی این خانواده به شدت بازی هستند و با آب تولید هیدروکسید فلز می‌کنند که در آب محلول است.



**مثال:**

۰/۳۹ گرم فلز قلیایی مجهول با آب به شدت واکنش می‌کند و ۱۱۲ سانتی‌متر مکعب گاز هیدروژن در شرایط دما و فشار استاندارد<sup>۱</sup> پدید می‌آورد. با استفاده از جدول تناوبی، نام این فلز، همچنین آرایش الکترونی و عدد اتمی آن را مشخص کنید.

**پاسخ:**

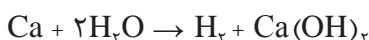
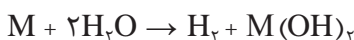
$$M = 0.39 \text{ g} \times \frac{\frac{1}{2} \times 22400 \text{ cm}^3}{112 \text{ cm}^3} = 39 \text{ گرم (جرم اتمی فلز)}$$

با در دست داشتن جرم اتمی به جدول تناوبی مراجعه می‌کنیم و متوجه می‌شویم که این فلز پتاسیم است که در آغاز تناوب چهارم قرار دارد. بنابراین، آرایش الکترونی آخرین لایه آن  $4s^1$  است. از این‌رو، آرایش الکترونی آن، باید به صورت زیر باشد:



عدد اتمی آن نیز ۱۹ است، زیرا ۱۹ پروتون دارد.

**گروه IIA (خانواده فلزهای قلیایی خاکی یا گروه بریلیم):** آرایش الکترونی عنصرهای این گروه به تراز انرژی  $ns^2$  ختم می‌شود. چون در لایه ظرفیت ۲ الکترون دارند، انرژی نخستین و دومین یونش آنها نسبتاً کم و سومین یونش آنها همراه با جهش بزرگ است. بنابراین، این عنصرها به جز بریلیم ۲ الکترون لایه ظرفیت خود را به راحتی از دست می‌دهند و به یون  $2+$  تبدیل می‌شوند. فعالیت شیمیایی فلزهای گروه IIA اندکی کمتر از IA است. برای مثال، در تناوب چهارم، واکنش فلز کلسیم با آب، برخلاف فلز پتاسیم، نسبتاً آرام است. فرمول کلی معادله واکنش و مثال آن که مربوط به کلسیم است، به قرار زیر است. در اینجا یک مول گاز هیدروژن به ازای یک مول فلز آزاد می‌شود.



اکسیدهای فلزی این خانواده به فرمول کلی MO نیز از جمله بازهای قوی به شمار می‌آیند، اسیدها را خنثی می‌کنند و اغلب آنها با آب، هیدروکسید فلز به وجود می‌آورد.



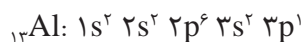
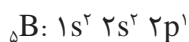
(آهک مرده و آب آهک) (آهک زنده)

۸/۷۶ گرم از یک فلز قلیایی مجهول با آب به شدت واکنش داده است. حجم گاز آزاد شده در شرایط دما و فشار استاندارد ۲/۲۴ لیتر است.  
با استفاده از جدول تناوبی، نام این فلز، همچنین آرایش الکترونی آن را مشخص کنید.

پرسش

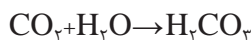


**گروه IIIA (خانواده بور):** آرایش الکترونی عنصرهای این گروه به تراز انرژی  $ns^2 np^1$  ختم می‌شود. از این رو اتم‌های این عنصرها در لایه ظرفیت خود سه الکترون دارند. به بیان دیگر، انرژی‌های نخستین، دومین و سومین یونش آنها نسبتاً کم، اما انرژی چهارمین یونش آنها همراه با جهش بزرگ است. مهم‌ترین عنصر این گروه فلز آلومینیوم است. آرایش الکترونی اتم‌های بور و آلومینیوم به قرار زیر است:

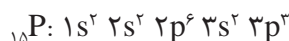
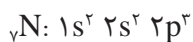


بور نخستین عنصر این گروه یک عنصر نافلزی است. آلومینیوم یک عنصر فلزی است، اما خواص فلزی آن در مقایسه با منیزیم از گروه IIA به میزان قابل ملاحظه‌ای کمتر است و در واقع یک عنصر دو خصلتی است. هم با اسیدها و هم با بازها واکنش می‌دهد.

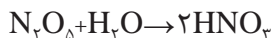
**گروه IVA/14 (گروه کربن):** آرایش الکترونی لایه ظرفیت عنصرهای این گروه به تراز انرژی  $ns^2 np^2$  ختم می‌شود. مثال آنها عنصر کربن با آرایش الکترونی  $1s^2 2s^2 2p^2$ ؛ C است. خصلت نافلزی در این گروه از عنصرها نسبت به گروه IIIA آشکارتر است. در عنصرهای پایین‌تر این گروه از خصلت نافلزی کاسته و بر خصلت فلزی افزوده می‌شود، به طوری که کربن نافلز، سیلیسیم و ژرمانیم شبه‌فلز، قلع و سرب فلز محسوب می‌شوند. کربن در اکسیژن می‌سوزد و  $\text{CO}_2$  می‌دهد که در آب خاصیت اسیدی دارد.



**گروه VA/15 (گروه نیتروژن):** آرایش الکترونی لایه ظرفیت عنصرهای این گروه به  $ns^2 np^3$  ختم می‌شود. به آرایش الکترونی دو عنصر نیتروژن و فسفر در این گروه توجه شود:

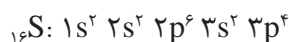
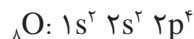


در این گروه نسبت به گروه پیشین، خصلت نافلزی آشکارتر است. نیتروژن، اکسیدی به فرمول  $\text{N}_2\text{O}_5$  (دی نیتروژن پنتوکسید) تشکیل می‌دهد که در آب نیتریک اسید پدید می‌آورد.



فسفر دومین عنصر این گروه نیز خصلت نافلزی قابل توجهی دارد. بیسموت (Bi) پایین‌ترین عنصر این گروه را می‌توان فلز دانست.

**گروه VI/16 (گروه اکسیژن):** آرایش الکترونی عنصرهای این گروه به  $ns^2 np^4$  ختم می‌شود مانند:



خصلت نافلزی این عنصرها که در سمت راست جدول تناوبی قرار دارند، در مقایسه با گروه‌های پیشین بیشتر است. به همین دلیل به آسانی با کسب ۲ الکترون به آرایش الکترونی گاز نجیب بعدی می‌رسند.

**گروه ۱۷/VIIA (خانواده هالوژن‌ها):** آرایش الکترونی لایه ظرفیت این عنصرها  $ns^2np^5$  است مانند:



خصلت نافلزی این گروه از عنصرها نسبت به عنصرهای هم‌دوره آنها در گروه‌های قبلی بیشتر است. اتم این عنصرها با گرفتن یک الکترون از فلزها به آنیون‌هایی با نماد کلی  $X^-$  مانند  $Cl^-$  تبدیل می‌شوند.

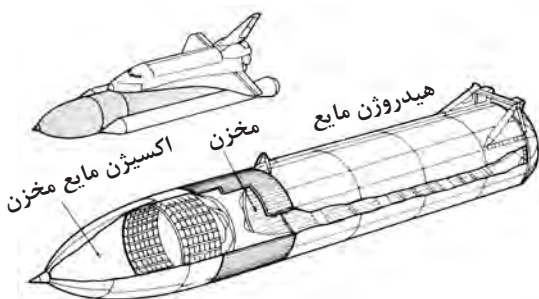
فلوئور را که نخستین عنصر این گروه است، می‌توان واکنش پذیرترین نافلز دانست. کلر، اکسیدی به فرمول  $Cl_2O_7$  پدید می‌آورد که عدد اکسایش کلر در آن  $+7$  است. این اکسید در آب خاصیت اسیدی قوی دارد.



پرکلریک اسید      دی‌کلر هپتوکسید

**گروه ۱۸/VIIIA (گازهای نجیب):** آرایش الکترونی عنصرهای این گروه به  $ns^2np^6$  می‌رسد (به جز هلیم که  $ns^2$

است). به علت پر شدن اوربیتال‌ها، عنصرهای این گروه تمایل به کسب الکترون و تشکیل آنیون ندارند و به علت بالا بودن انرژی یونش برای واکنش با سایر عنصرها از خود تمایلی نشان نمی‌دهند. عنصرهای پایینی آنها مانند زنون (Xe) با دشواری در برخی واکنش‌ها شرکت می‌کنند. (مثلاً زنون با فلوئور ترکیبی به فرمول  $XeF_4$  پدید می‌آورد).



شکل (۱۲-۲) برخی کاربردها برای عنصرهای گروه VIA

(ب) تعبیهٔ مخزن‌های بزرگ سوخت مایع در فضاپیماهای شاتل. به حجم بسیار بزرگ مخزن هیدروژن نسبت به مخزن اکسیژن توجه کنید. گرمای واکنش سوختن هیدروژن مایع بسیار زیاد است.

(الف) تودهٔ بزرگی از گوگرد در انتظار ورود به مجتمع سولفوریک اسید سازی. گوگرد را می‌سوزانند و  $SO_2$  پدید می‌آورند. این گاز را به کمک کاتالیزگر به  $SO_3$  و سپس به  $H_2SO_4$  تبدیل می‌کنند.



### عنصرهای واسطه d

همان‌طور که دیدید، در اتم‌های عنصرهای گروه‌های IA و IIA که در سمت چپ جدول هستند، تراز s لایه ظرفیت آنها در حال اشغال شدن است. در اتم‌های عنصرهای گروه‌های اصلی IIIA تا VIIIA نیز که در سمت راست جدول قرار دارند، تراز p لایه ظرفیت آنها در حال اشغال شدن است و در عناصر واسطه تراز d در حال پُر شدن است. همه عنصرهای واسطه فلز هستند و کاربرد فراوانی در ساختن ابزار، ماشین‌آلات و دستگاه‌های صنایع شیمیایی دارند.

مهم‌ترین ویژگی‌های مشترک عنصرهای واسطه d (به جز برخی محدودیت‌ها و استثناها) به شرح زیر است:

- ۱- چگالی آنها نسبتاً زیاد است. برای مثال، چگالی آهن که در ردیف اول این عنصرها (تناوب چهارم جدول) قرار دارد،  $7/86$  گرم بر سانتی‌متر مکعب است.
- ۲- دمای ذوب آنها نسبتاً بالاست. برای مثال، دمای ذوب آهن  $1535^{\circ}\text{C}$  است.
- ۳- این عنصرها اکثراً ترکیب‌های رنگین پدید می‌آورند (به جز ترکیب‌های عنصر روی).
- ۴- این عنصرها می‌توانند بیش از یک عدد ظرفیت داشته باشند. مانند آهن (II) و آهن (III) و یا مس (I) و مس (II).
- ۵- هم این فلزها و هم برخی از ترکیب‌های آنها اغلب نقش کاتالیزگر را در واکنش‌های شیمیایی بازی می‌کنند (مانند  $\text{MnO}_2$  در تهیه اکسیژن از  $\text{H}_2\text{O}_2$  یا Ni در تبدیل روغن مایع به روغن نباتی جامد).

تمرین



۱- با مراجعه به جدول تناوبی عناصر آرایش الکترونی اتم‌ها و یون‌های زیر را با استفاده از نمادهای p و s بنویسید.

الف) $\text{He}^+$	ب) $\text{N}^{3-}$	پ) $\text{Mg}^{2+}$	ت) $\text{S}^{2-}$
ث) Cl	ج) B	چ) $\text{O}^{2-}$	ح) $\text{O}^+$

۲- در اتم نئون بر اساس انرژی‌های یونش متوالی چند گروه الکترونی قابل تشخیص است؟ جهش‌های عمده انرژی‌های یونش در کدام الکترون‌ها اتفاق می‌افتد؟

۳- در تناوب چهارم چند عنصر وجود دارد؟ چه تعداد از آنها به عنوان عنصرهای واسطه شناخته می‌شوند؟ کدام عنصر این تناوب با از دست دادن سه الکترون به آرایش الکترونی یک گاز نجیب می‌رسد؟ (به جدول تناوبی مراجعه کنید).

۴- تعداد الکترون‌ها و پروتون‌ها و نوترون‌ها را برای هر یک از اتم‌های  $^{41}_{21}\text{Sc}$ ،  $^{15}_{15}\text{P}$ ،  $^{14}_{7}\text{N}$ ،  $^{18}_{18}\text{Ar}$  مشخص کنید.

۵- از واکنش فلز آلومینیم با گاز فلوئور چه محصولی به دست می‌آید؟ تشکیل این محصول را بر اساس آرایش الکترونی لایه ظرفیت دو عنصر توضیح دهید.

۶- آرایش الکترونی لایه ظرفیت چهار عنصر به شرح زیر است:

الف)  $3s^1$       ب)  $3s^2 3p^2$       ج)  $2s^2 2p^5$       د)  $4s^2$

بدون مراجعه به جدول تناوبی عنصرها

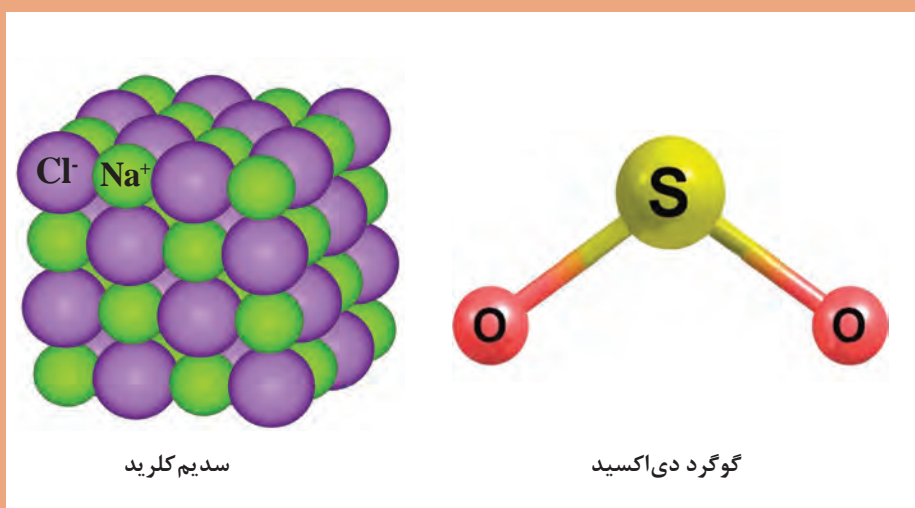
الف) عدد اتمی هر عنصر را مشخص کنید.

ب) هریک از این عنصرها در کدام گروه و کدام تناوب قرار دارد؟

۷- خواص عنصری با عدد اتمی  $10$  با خواص کدام عنصر از بین عنصرهای با اعداد اتمی  $9$ ،  $11$ ،  $16$  و  $18$  مشابه است؟

## فصل ۳

### مفاهیم پایه و اصلی (۲)



سديم کلريد به صورت آرایه ای از یون های سدیم و یون های کلريد (سمت چپ) وجود دارد درحالی که گوگرد دیوکسید به صورت مولکولی است و هر مولکول، مرکب از یک اتم گوگرد و دو اتم اکسیژن است (سمت راست).

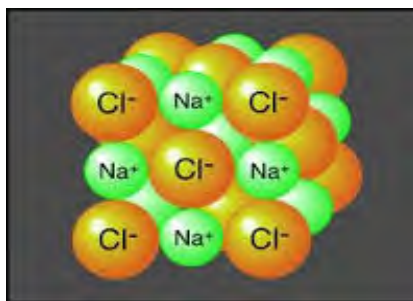
## ۳-۱ پیوندهای شیمیایی

بیشتر عناصر به صورت ترکیب شیمیایی با عناصر دیگر وجود دارند. فقط عناصر محدودی به صورت آزاد در طبیعت یافت می‌شوند. گازهای نجیب هلیوم (He)، نئون (Ne)، آرگون (Ar)، کریپتون (Kr)، زنون (Xe) و رادون (Ra) به صورت اتم‌های مجزا در هوا وجود دارند. اکسیژن (O)، نیتروژن (N)، و گوگرد (S) علاوه بر ترکیب با سایر عناصر، در متداول‌ترین شکل خود به صورت مولکول‌های  $S_8$ ،  $N_2$ ،  $O_2$  یافت می‌شوند. بعضی فلزات مانند مس (Cu)، نقره (Ag)، طلا (Au) و پلاتین (Pt)، ممکن است به شکل ترکیب نشده با سایر عناصر، وجود داشته باشند.

در تشکیل ترکیب‌ها الکترون‌های اتم‌های واکنش دهنده، به دو صورت کلی شرکت دارند:

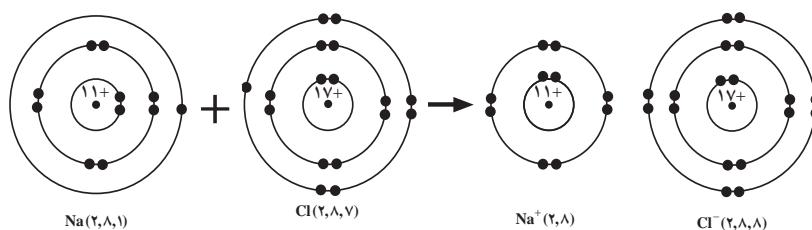
- ۱ انتقال الکترون از اتم‌های یک عنصر به اتم‌های عنصر دیگر برای تشکیل ترکیب‌های یونی
- ۲ به اشتراک گذاشتن الکترون‌ها بین اتم‌های عنصرهای مختلف برای تشکیل ترکیب‌های کووالانسی

### پیوند یونی:



بلور سدیم کلرید

با توجه به آرایش الکترونی اتم‌های عنصرها می‌توان گفت که فلزهای سمت چپ جدول تناوبی که انرژی یونش آنها به نسبت کم است، با فلزهایی که همچون فلئوئور، کلر و اکسیژن در سمت راست جدول تناوبی، که انرژی یونش آنها به نسبت زیاد است، ترکیب می‌شوند و نمک‌های متبلور تشکیل می‌دهند. برای مثال از واکنش سدیم که فلزی به شدت واکنش‌پذیر است با کلر که به صورت مولکول دو اتمی  $Cl_2$  است و گازی سمی است جامدی سخت، متبلور و سفید رنگ حاصل می‌شود که آن را به عنوان سدیم کلرید می‌شناسیم و خواصی به کلی متفاوت با خواص هر یک از دو عنصر سازنده این نمک دارد. به عنوان مثال، از سدیم کلرید در رژیم غذایی خود، البته به مقدار کم استفاده می‌کنیم. در این واکنش اتم سدیم با از دست دادن تنها الکترون ظرفیت خود به صورت یون مثبت  $Na^+$  با آرایش الکترونی گاز نجیب نئون در می‌آید و در مقابل اتم کلر با پذیرفتن یک الکترون به یون منفی  $Cl^-$  با آرایش الکترونی گاز نجیب آرگون تبدیل می‌شود. تشکیل زوج یون  $Na^+Cl^-$  بر اساس مدل سیاره‌ای بوهر در شکل ۳-۱ نشان داده شده است.

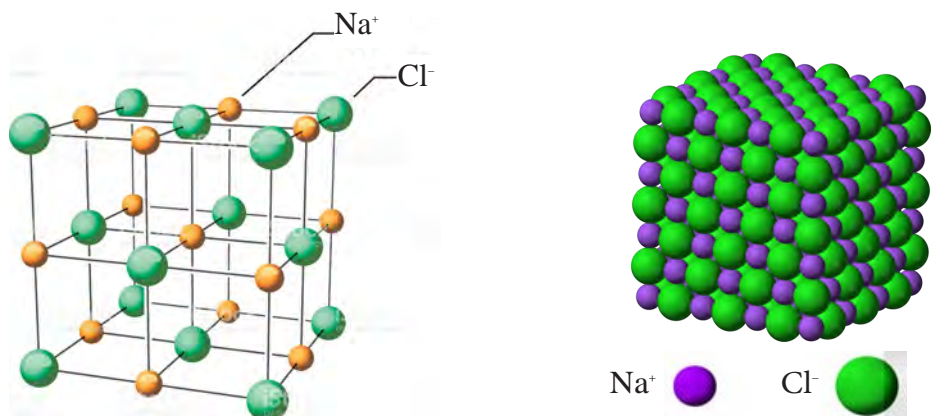


شکل (۳-۱) نمایش تشکیل زوج یون  $Na^+Cl^-$  بر اساس مدل سیاره‌ای بوهر



پیوند شیمیایی که به این روش تشکیل می‌شود، پیوند یونی نامیده می‌شود.

**ساختار بلور سدیم کلرید:** عکسبرداری با پرتو ایکس نشان می‌دهد که بلور سدیم کلرید ساختار مکعبی دارد و در آن یون‌های  $\text{Na}^+$  و  $\text{Cl}^-$  به‌طور یک در میان محل‌های ثابتی را در این ساختار سه‌بُعدی اشغال کرده‌اند. چنانچه این یون‌ها را به‌صورت گوی‌های کروی و سختی تصور کنیم، می‌توانیم انباشتگی آنها را برای ایجاد یک ساختار مکعبی به‌صورتی که در شکل ۲-۳ الف نشان داده شده است، در نظر بگیریم. چنین مدلی را یک مدل فضا پُرکن می‌نامیم. مدل دیگری که موقعیت فضایی یون‌های مثبت و منفی را به‌طور واضح‌تری مجسم می‌کند، مدل گلوله و میله است که در شکل ۲-۳ ب نشان داده شده است.



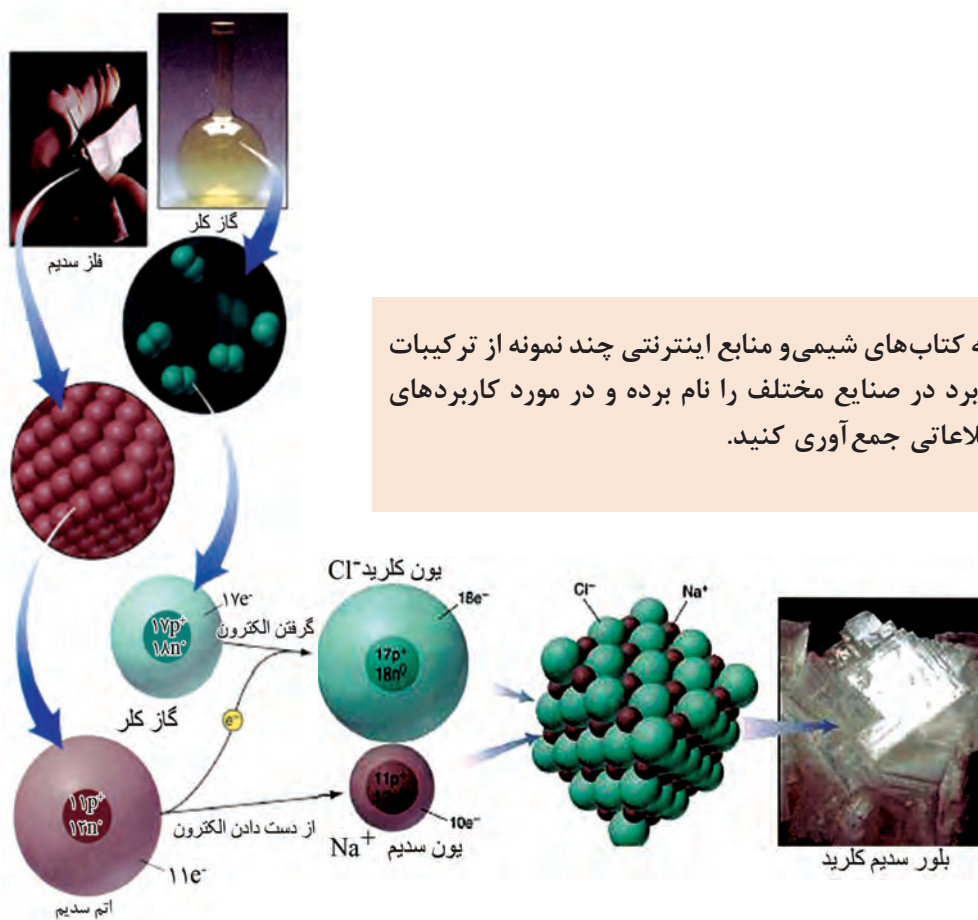
(ب) مدل گلوله و میله برای سدیم کلرید. یون‌های کلرید در اطراف یون سدیم آرایش هندسی هشت‌وجهی ایجاد می‌کنند. به همین ترتیب یون‌های سدیم در اطراف یون کلرید آرایش هشت‌وجهی دارند.

(الف) مدل فضا پُرکن برای سدیم کلرید

در ساختار مکعبی بلور سدیم کلرید هر یک از یون‌های  $\text{Na}^+$  و  $\text{Cl}^-$  در نزدیک‌ترین فاصله نسبت به خود به‌وسیله شش یون با بار مخالف احاطه شده است و این شش یون یک آرایش هندسی هشت‌وجهی منتظم (شکل ۲-۳ ج) را در اطراف یون مرکزی خود به‌وجود می‌آورند. یون‌های سدیم و کلرید در بلور سدیم کلرید به‌وسیله نیروهای جاذبه الکترواستاتیک قوی که پیوند یونی نامیده می‌شود، به یکدیگر متصل هستند و اثر این نیروهای جاذبه در کلیه جهت‌ها ظاهر می‌شود.



شکل (۲-۳) (ج) نمایش آرایش هشت‌وجهی یون‌های کلرید در پیرامون یون سدیم.



با مراجعه به کتاب‌های شیمی و منابع اینترنتی چند نمونه از ترکیبات یونی پرکاربرد در صنایع مختلف را نام برده و در مورد کاربردهای هر کدام اطلاعاتی جمع‌آوری کنید.

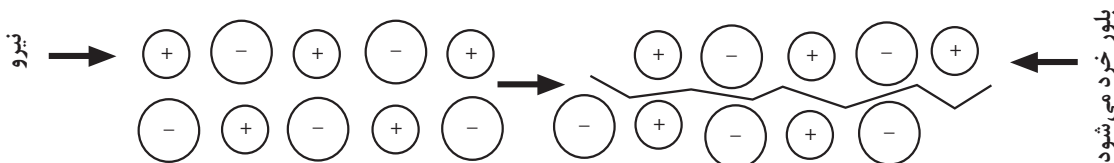
شکل (۳-۳) مراحل تشکیل سدیم کلرید از عناصر سدیم و کلر

**خواص فیزیکی سدیم کلرید:** از خواص فیزیکی سدیم کلرید، می‌توان به بالا بودن دمای ذوب، سخت و شکننده بودن آن و همچنین قابلیت هدایت الکتریکی به حالت مذاب و به صورت محلول آبی را ذکر کرد که این خواص بر اساس مدل یونی ارائه شده در بالا قابل توجیه است.

**۱- بالا بودن دمای ذوب:** در جامدهای یونی بین یون‌های با بار مخالف نیروهای جاذبه الکترواستاتیک قوی وجود دارد، برای غلبه بر این نیروها و جدا کردن یون‌ها از یکدیگر به طوری که بتوانند آزادی حرکت داشته باشند باید انرژی زیاد مصرف شود. از این رو دمای ذوب سدیم کلرید و دیگر جامدهای یونی بالاست. برای مثال، دمای ذوب سدیم کلرید  $808^\circ\text{C}$  و منیزیم اکسید ( $\text{MgO}$ )  $2800^\circ\text{C}$  است.

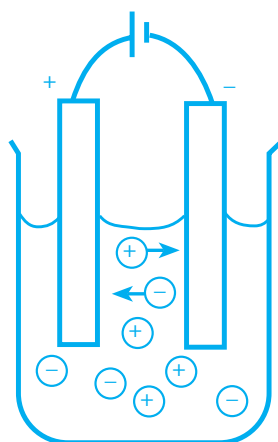
**۲- سخت و شکننده بودن:** با توجه به وجود نیروهای جاذبه الکترواستاتیک قوی بین یون‌ها برای درهم‌ریختن ساختار بلور سدیم کلرید باید نیروی زیادی به کار برد. یک تکه بلور سدیم کلرید به آسانی خط بر نمی‌دارد ولی با ضربه چکش به راحتی خرد می‌شود. چنانچه وضعیت یون‌های سدیم و کلرید را نسبت به یکدیگر در یک لایه

از این یون‌ها در نظر بگیریم، ملاحظه می‌شود که با وارد شدن نیرو و جابه‌جا شدن یک ردیف از یون‌ها نسبت به ردیف دیگر، بارهای همنام در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند و نیروی دافعه حاصل، به از هم پاشیدن بلور کمک می‌کند (شکل ۳-۴).



شکل (۳-۴) بر اثر جابه‌جا شدن یک ردیف از یون‌ها، بارهای همنام یکدیگر را دفع می‌کنند و سبب فرو ریختن ساختار بلور می‌شوند.

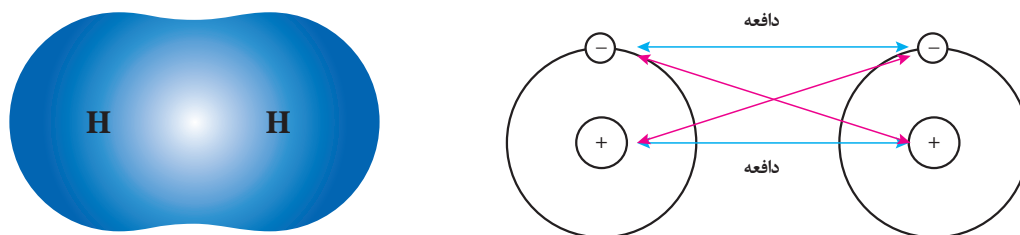
**۳- قابلیت هدایت الکتریکی سدیم کلرید به صورت مذاب و در محلول:** در سدیم کلرید جامد چون یون‌ها محل‌هایی ثابتی را اشغال کرده‌اند و جز حرکت ارتعاشی در محل‌های خود حرکت دیگری ندارند، نمی‌توانند حامل جریان برق باشند ولی در حالت مذاب، یون‌های مثبت و منفی به علت داشتن آزادی حرکت می‌توانند با برقرار شدن یک اختلاف سطح الکتریکی به سمت الکترودی که بار مخالف دارد، حرکت کنند و به این ترتیب هادی جریان برق باشند (شکل ۳-۵). قابل ذکر است که استفاده از نیروی برق تنها راه کاهش یون‌های سدیم در حالت مذاب و تهیه سدیم فلزی است. در محلول آبی سدیم کلرید، یون‌ها به صورت آب پوشیده‌اند و می‌توانند آزادانه حرکت کنند و به این ترتیب هادی جریان برق هستند.



شکل (۳-۵) یون‌ها در سدیم کلرید مذاب بر اثر اختلاف سطح الکتریکی به سمت الکترودها هدایت می‌شوند.

## پیوند کووالانسی

ترکیب‌های کووالانسی وقتی تشکیل می‌شوند که عنصرها، الکترون به اشتراک بگذارند، که معمولاً این عمل بین نافلزات رخ می‌دهد. گرچه تعداد نسبتاً کمی نافلز وجود دارد، این عنصرها با یکدیگر برهم کنش‌های متعددی انجام داده و تعداد بسیار زیادی از ترکیب‌های کووالانسی را تشکیل می‌دهند.



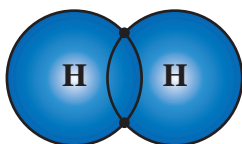
شکل (۳-۶) نمایش مفهوم نیروهای میان الکترون‌ها و هسته‌ها در یک مولکول دو اتمی ( $H_2$ )

در تشکیل پیوند بین دو اتم هیدروژن به نظر شما کدام اتم، الکترون از دست داده و کدام الکترون می‌پذیرد؟

بحث  
کلاسی



**مولکول هیدروژن ( $H_2$ ):** از دو اتم هیدروژن، هر یک شامل یک پروتون در هسته و یک الکترون ظرفیت، تشکیل شده است. در تشکیل نمک‌ها دیدیم که فلز، الکترون از دست می‌دهد و نافلز الکترون می‌پذیرد و بین یون‌های حاصل یک نیروی جاذبه الکتروستاتیک به وجود می‌آید. اما وقتی دو اتم هیدروژن به یکدیگر نزدیک می‌شوند، الکترون‌های ظرفیت این دو اتم با یکدیگر جفت شده، بین دو هسته اتم هیدروژن به طور مشترک قرار می‌گیرند. این جفت الکترون مشترک، نماینده یک پیوند کووالانسی بین این دو اتم است. چنین پیوندی که از اشتراک الکترون بین دو اتم ایجاد می‌شود، پیوند کووالانسی (اشتراکی) نامیده می‌شود.



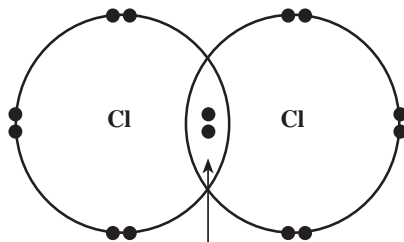
نمایش مدل بوهر برای تشکیل پیوند در مولکول هیدروژن

نمایش الکترون - نقطه‌ای مولکول هیدروژن

**مولکول  $Cl_2$ :** آرایش الکترونی اتم کلر به صورت ۲, ۸, ۷ است. تجربه نشان می‌دهد که در مولکول کلر، دو اتم کلر به وسیله پیوند یگانه به یکدیگر متصل‌اند (شکل ۳-۷).



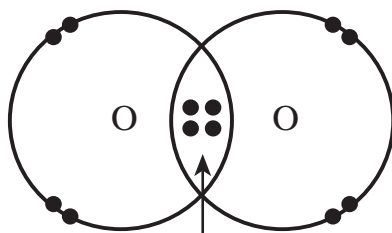
الکترون‌های ناپیوندی (سه جفت روی هر اتم کلر)



یک جفت الکترون پیوندی

شکل (۳-۷) آرایش الکترونی لایه ظرفیت در مولکول کلر

نیروی که دو اتم کلر را به یکدیگر متصل می‌سازد، نیروی جاذبه الکتروستاتیک بین هسته‌های کلر و جفت الکترون مشترک است. در این مولکول فقط یک جفت الکترون بین دو اتم مشترک است که آنها را الکترون‌های پیوندی می‌نامند و بقیه الکترون‌ها (سه جفت روی هر اتم کلر) ناپیوندی هستند. این الکترون‌ها را همچنین به عنوان **جفت‌های تنها** می‌شناسند. الکترون‌های لایه‌های درونی در تشکیل پیوند شرکت ندارند، از این رو در نموداری که برای نمایش پیوند به کار برده می‌شود، فقط الکترون‌های ظرفیت را نشان می‌دهند. به طوری که در نمودار شکل ۳-۷ مشاهده می‌شود، از راه اشتراک یک جفت الکترون بین دو اتم کلر، هر یک از اتم‌های کلر به آرایش الکترونی گاز نجیب آرگون رسیده است. **مولکول  $O_2$** : آرایش الکترونی اتم اکسیژن به صورت ۲,۶ است. تجربه نشان می‌دهد که در مولکول اکسیژن، دو اتم اکسیژن به وسیله پیوند دوگانه به یکدیگر متصل‌اند (شکل ۳-۸). در مولکول  $O_2$ ، با به اشتراک قرار گرفتن دو جفت الکترون بین دو اتم اکسیژن روی هر اتم اکسیژن دو جفت تنها باقی می‌ماند و به این ترتیب هر اتم اکسیژن به آرایش الکترونی هشتایی گاز نجیب نئون می‌رسد.



دو جفت الکترون پیوندی

شکل (۳-۸) آرایش الکترونی لایه ظرفیت در مولکول  $O_2$ 

آرایش الکترونی اتم نیتروژن به صورت ۲,۵ است. آرایش الکترونی در لایه ظرفیت مولکول  $N_2$  را رسم کنید.

پرسش

علاوه بر پیوندهای یونی و کووالانسی پیوندهای دیگری چون کوئوردینانس یا داتیو و پیوند فلزی نیز وجود دارد که در سال‌های آینده به این پیوندها خواهیم پرداخت.

## ۲-۳- انواع فرمول‌های شیمیایی

شیمی‌دان‌ها مواد شیمیایی را با فرمول شیمیایی معرفی می‌کنند. مثلاً برای کربن دی‌اکسید  $\text{CO}_2$ ، برای آب  $\text{H}_2\text{O}$  و برای آمونیاک  $\text{NH}_3$  می‌نویسند. هر یک از این فرمول‌ها نشان می‌دهد که در هر مورد چه عنصرهایی وجود دارند و این عناصر با چه نسبتی با هم ترکیب شده‌اند. بنابراین می‌توان گفت: **فرمول شیمیایی یک ماده نشان دهنده نوع عناصر و تعداد اتم‌های هر عنصر در مولکول آن ماده است.** مثلاً در مولکول آب دو نوع عنصر هیدروژن و اکسیژن وجود دارد و در آن به ازای هر اتم اکسیژن دو اتم هیدروژن موجود است.

در یک فرمول شیمیایی، علامت‌های عناصر و زیروند (اندیس) عددی نوع و تعداد هر اتم موجود در کوچک‌ترین واحد ماده را نشان می‌دهد. چند نوع فرمول شیمیایی برای ترکیب‌ها وجود دارند که عبارت‌اند از:

**۱ فرمول تجربی**، تعداد نسبی اتم‌های هر عنصر در ترکیب را نشان می‌دهد. این فرمول ساده‌ترین نوع است و از جرم‌های عناصر تشکیل دهنده مشتق می‌شود. برای مثال، در هیدروژن پروکسید ( $\text{H}_2\text{O}_2$ )، یک قسمت جرمی هیدروژن برای هر ۱۶ قسمت جرمی اکسیژن وجود دارد. لذا، فرمول تجربی هیدروژن پروکسید  $\text{HO}$  است: یک اتم هیدروژن به ازای هر اتم اکسیژن.

**۲ فرمول مولکولی**، تعداد واقعی اتم‌های هر عنصر در مولکول ترکیب را نشان می‌دهد. فرمول مولکولی هیدروژن پروکسید  $\text{H}_2\text{O}_2$  است: دو اتم هیدروژن و دو اتم اکسیژن در مولکول وجود دارد.

**۳ فرمول ساختاری**، تعداد اتم‌ها و پیوندهای بین آنها را نشان می‌دهد؛ یعنی محل نسبی و ارتباط‌های اتم‌ها در مولکول را نمایان می‌سازد. فرمول ساختاری هیدروژن پراکسید  $\text{H}_2\text{O}_2$  است. هر  $\text{H}$  به یک  $\text{O}$  پیوند شده و  $\text{O}$ ها به یکدیگر وصل شده‌اند.

تحقیق کنید

خواص شیمیایی  $\text{H}_2\text{O}$  و  $\text{H}_2\text{O}_2$  چه تفاوتی با هم دارند؟



## فرمول نویسی و نام گذاری

برای نوشتن فرمول شیمیایی مواد گوناگون باید از ظرفیت<sup>۱</sup> اتم عنصرهای مختلفی که در تشکیل یک جسم معین به کار رفته است آگاهی داشته باشیم. با استفاده از نشانه‌های شیمیایی عناصر و رعایت ظرفیت آنها می‌توان فرمول شیمیایی ترکیب‌ها را نوشت. در جدول (۱-۳) نام‌ها و ظرفیت چند عنصر متداول داده شده است. در یک ترکیب یونی منظور از ظرفیت تعداد الکترون‌هایی است که یک اتم ضمن انجام واکنش از دست داده یا می‌گیرد. که به آن ظرفیت الکترووالانسی می‌گویند. از سوی دیگر در ترکیبات کووالانسی تعداد الکترون‌هایی را که هر اتم به اشتراک می‌گذارد، ظرفیت کووالانسی آن عنصر می‌نامند.

۱- ظرفیت (Valence) عددی است که مشخص می‌کند یک نوع اتم حداکثر با چند اتم دیگر می‌تواند پیوند برقرار کند.

جدول (۳-۱) ظرفیت کووالانسی چند اتم

ترکیب	ظرفیت کووالانسی	نماد شیمیایی	نام عنصر
CH <sub>۴</sub>	۴	C	کربن
NH <sub>۳</sub>	۳	N	نیتروژن
H <sub>۲</sub> O	۲	O	اکسیژن
SH <sub>۲</sub>	۲	S	گوگرد
H <sub>۱</sub>	۱	H	هیدروژن
Cl <sub>۱</sub>	۱	Cl	کلر
I <sub>۱</sub>	۱	I	ید

در یک ترکیب مجموع ظرفیت‌های یک عنصر با مجموع ظرفیت‌های اتم‌های عنصر دیگر که با یکدیگر ترکیب شده‌اند، برابر است.

### نام‌گذاری ترکیبات معدنی

**نام‌گذاری کاتیون‌های تک اتمی:** هنگامی که یک اتم یک یا چند الکترون از دست دهد به یون مثبت یا کاتیون تبدیل می‌شود. کاتیون‌های تک اتمی به صورت زیر نام‌گذاری می‌شوند:

پیشوند یون + نام اتم + بارالکتریکی کاتیون که با عدد رومی داخل پرانتز نوشته می‌شود.

مثال:

نام کاتیون	فرمول یون	عنصر
یون آهن (II)	Fe <sup>۲+</sup>	آهن
یون آهن (III)	Fe <sup>۳+</sup>	
یون مس (I)	Cu <sup>+</sup>	مس
یون مس (II)	Cu <sup>۲+</sup>	

برای کاتیون‌های کبالت (۲+)، (۳+) و منگنز (۲+)، (۳+) جدول زیر را کامل کنید:

نام کاتیون	فرمول یون	عنصر

تمرین



**نام گذاری آنیون های تک اتمی:** آنیون های تک اتمی از افزایش یک یا چند الکترون به یک اتم حاصل می شوند. برای نام گذاری آنیون ها از روش زیر استفاده می شود:

پیشوند یون + ریشه نام اتم + پسوند "ید" یا "ide"

مثال:

نام یون	فرمول یون	عنصر
یون هیدرید	H <sup>-</sup>	هیدروژن
یون فلوئورید	F <sup>-</sup>	فلوئور
یون کلرید	Cl <sup>-</sup>	کلر

**نام گذاری ترکیب های یونی دو تایی:** ترکیب های یونی از کاتیون ها و آنیون ها تشکیل شده اند. برای نام گذاری از روش زیر استفاده می شود:

نام کاتیون ( فلز ) + نام آنیون ( نافلز )

اگر کاتیون با ظرفیت های متفاوتی با آنیون ترکیب شود ذکر عدد ظرفیت یا بار الکتریکی کاتیون با عدد رومی الزامی است.

فرمول ترکیب	نام ترکیب
NaCl	سدیم کلرید
FeO	آهن (II) اکسید
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	آهن (III) اکسید

برای ترکیب هایی مانند سدیم کلرید و منیزیم برمید، که کاتیون فقط با یک ظرفیت در ترکیب وجود دارد لزومی به ذکر بار کاتیون با عدد رومی نیست.

نام گذاری ترکیب های یونی با کاتیون ها و آنیون های چند اتمی: برخی از آنیون ها و کاتیون ها از چند اتم تشکیل

شده اند، مانند  $PO_4^{3-}$ ،  $NH_4^+$ ،  $SO_4^{2-}$ .

برای نام گذاری ترکیب های یونی چند اتمی از روش عمومی زیر استفاده می شود:

نام کاتیون ( فلز ) + نام آنیون ( نافلز )

## مثال:

فرمول ترکیب	نام ترکیب
$\text{CuSO}_4$	مس (II) سولفات
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	آلومینیوم سولفات
$\text{Cu}_2\text{SO}_4$	مس (I) سولفات
$\text{NH}_4\text{Cl}$	آمونیم کلرید

تمرین



۱- فرمول های شیمیایی ترکیب های یونی زیر را بنویسید:

الف) آهن (III) فلوئورید      ب) منیزیم سولفات

پ) مس (II) کلرید      ت) نقره نیترات

۲- ترکیبات یونی زیر را نام گذاری کنید:

الف)  $\text{FeSO}_4$       ب)  $\text{CaCl}_2$       پ)  $\text{CaSO}_4$

ت)  $\text{Ba}(\text{OH})_2$       ث)  $\text{PbO}_2$       ح)  $\text{KNO}_3$

## نام گذاری اسیدها و بازها

اسیدها و بازها از ترکیب های مهم شیمیایی هستند که انواع مختلفی دارند. اسید ترکیبی است که در آب یون  $(\text{H}^+)$  و باز ترکیبی است که در آب یون هیدروکسید  $(\text{OH}^-)$  آزاد می کند. برای نام گذاری اسیدهای دوتایی HA که در آن A اتم هالوژن، گوگرد یا... است، از روش زیر استفاده می شود.

پیشوند هیدرو + نام اتم + پسوند "ایک" + واژه اسید

## مثال:

فرمول اسید	نام اسید
$\text{HF}$	هیدروفلوئوریک اسید
$\text{HCl}$	هیدروکلریک اسید

برای نام گذاری بازها از روش زیر استفاده می شود:

نام کاتیون (فلز) + پیشوند "هیدرو" + واژه اکسید

مثال:

فرمول باز	نام باز
LiOH	لیتیم هیدروکسید
NaOH	سدیم هیدروکسید
Ca(OH) <sub>2</sub>	کلسیم هیدروکسید

**فرمول نویسی:**

برای نوشتن فرمول ترکیب‌های شیمیایی یا خواندن نام آنها می‌توان از دستور ساده زیر استفاده نمود:

۱ نشانه شیمیایی یون مثبت (کاتیون) را در سمت چپ و نشانه شیمیایی یون منفی (آنیون) را در سمت راست می‌نویسند. نشانه شیمیایی یون هیدروژن  $H^+$  را نیز مانند کاتیون‌ها در سمت چپ می‌نویسند.

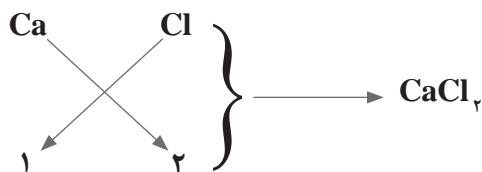
**مثال: نام شیمیایی NaCl چیست؟**

این ترکیب از دو جزء یون منفی کلرید و یون مثبت سدیم تشکیل شده است؛ بنابراین در خواندن نام ترکیب: ابتدا نام یون مثبت، سپس نام یون منفی خوانده می‌شود. لذا نام ترکیب «سدیم + کلرید = سدیم کلرید» خواهد بود.

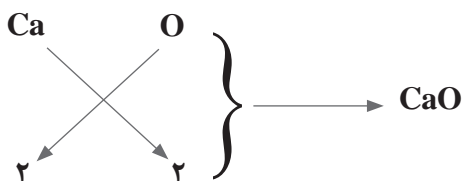
۲ ظرفیت یک عنصر را ضریب عنصر دیگر و به صورت زیروند قرار می‌دهند.

**مثال: فرمول شیمیایی کلسیم کلرید را بنویسید.**

نماد شیمیایی کلسیم Ca و ظرفیت آن ۲، نماد یون کلرید Cl و ظرفیت آن ۱ است. ابتدا یون مثبت از سمت چپ سپس یون منفی نوشته شده و ظرفیت‌های آنها به یکدیگر داده می‌شود:



۳ چنانچه ضرایب قابل ساده کردن باشند، آنها را ساده کرده و از نوشتن ضریب (۱) خودداری شود.

**مثال: فرمول شیمیایی کلسیم اکسید را بنویسید.**

۴ در صورتی که در ترکیب به جای یون مثبت یون هیدروژن باشد ترکیب اسید بوده و به صورت زیر خوانده می شود.

#### مثال: نام شیمیایی HCl چیست؟

این ترکیب از دو جزء  $\text{H}^+$  و  $\text{Cl}^-$  تشکیل شده است: پیشوند هیدرو + کلر + پسوند «ایک» + واژه اسید در نتیجه نام ترکیب «هیدرو کلریک اسید» خواهد بود.

۵ در صورتی که عنصری چند ظرفیت داشته باشد، در خواندن نام ترکیب باید ظرفیت مورد استفاده نوشته شود.

#### مثال: نام شیمیایی $\text{FeCl}_2$ چیست؟

نام یون مثبت + ظرفیت یون مثبت (عدد رومی) + نام یون منفی = آهن (II) کلرید

۱- با کمک جدول یون های مثبت و منفی در کتاب همراه دانش آموز، نام ترکیب های شیمیایی زیر را بنویسید.



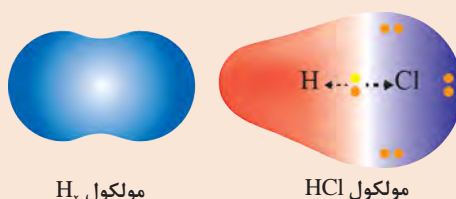
۲- فرمول شیمیایی ترکیب های زیر را بنویسید:

پتاسیم سولفید، کلسیم هیدروکسید، آلومینیم اکسید، سدیم اکسید، نقره نیترات، مس (II) سولفات، نیتریک اسید، منیزیم فسفات، باریم سولفات، آلومینیم نیترات، کلسیم سولفیت

پرسش

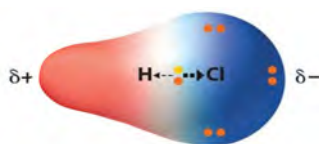
### ۳-۳- الکترونگاتیوی عناصر

هنگامی که دو اتم هیدروژن پیوند کووالانسی تشکیل می دهند، فاصله جفت الکترون مشترک از هسته دو اتم هیدروژن به یک اندازه است در حالی که وقتی اتم هیدروژن و اتم کلر پیوند کووالانسی تشکیل می دهند فاصله جفت الکترون پیوندی از هسته دو اتم برابر نیست. علت آن چیست؟



هنگامی که دو اتم متفاوت، مانند اتم هیدروژن و اتم کلر، با پیوند کووالانسی به یکدیگر متصل می شوند و مولکول دو اتمی هیدروژن کلرید به وجود می آید، فاصله جفت الکترون مشترک در این پیوند کووالانسی، از هسته های هیدروژن و کلر، به یک اندازه نیست.

مشاهدات دقیق از مولکول هیدروژن کلرید نشان می دهد که هسته اتم کلر الکترون های پیوندی را بیش از هسته اتم هیدروژن به سوی خود جذب می کند. در نتیجه، چگالی ابر الکترونی مربوط به پیوند، روی هسته کلر بیشتر و روی هسته اتم هیدروژن کمتر است (شکل ۳-۹).



شکل (۳-۹) توزیع چگالی ابر الکترونی بین کلر و هیدروژن یکسان نیست.

با بررسی مولکول های دو اتمی متفاوت به نظر می رسد که قابلیت اتم ها برای جذب الکترون های پیوندی، به هنگام رقابت با یک اتم دیگر یکسان نیست، برخی از اتم ها تمایل بیشتری برای جذب الکترون، نسبت به اتم دیگر دارند. قابلیت یک اتم برای جذب الکترون های پیوندی، به هنگام رقابت با یک اتم دیگر را الکترونگاتیوی آن اتم می نامند. هر چه قابلیت یک اتم برای جذب الکترون های پیوندی بیشتر باشد، آن اتم جفت الکترون های پیوندی را بیشتر به سمت خود جذب می کند که موجب توزیع نامتقارن بار الکترونی می شود.

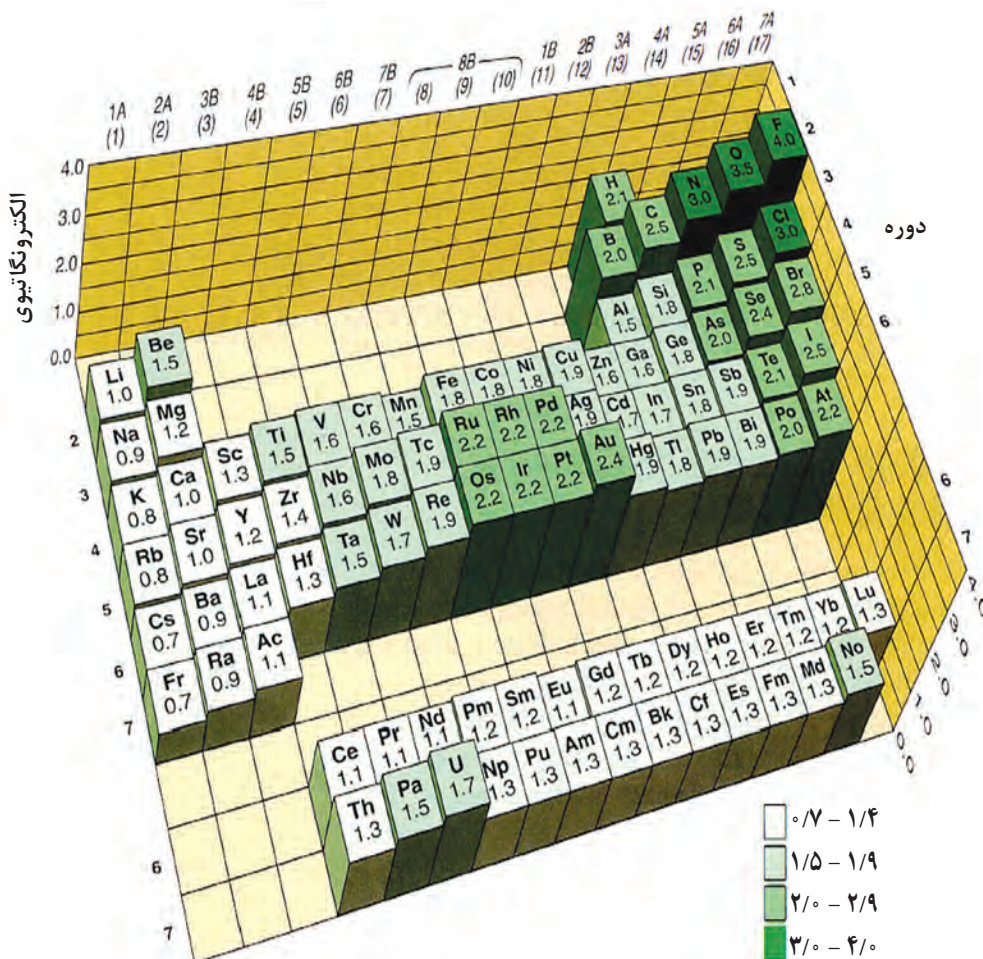
الکترونگاتیوی یک عنصر به طور مستقیم قابل اندازه گیری نیست. تنها می توان الکترونگاتیوی یک عنصر را با الکترونگاتیوی یک عنصر دیگر مقایسه کرد. بنابراین الکترونگاتیوی یک کمیت نسبی است.

برای نخستین بار، مقدار عددی برای الکترونگاتیوی عناصرها توسط لینوس پاولینگ<sup>۱</sup> پیشنهاد شد. الکترونگاتیوی عناصرها از ۴/۰ برای الکترونگاتیوترین عنصر، یعنی فلئور، تا ۰/۷ برای سزیم که کمترین قابلیت را برای جذب الکترون دارد، تغییر می کند. الکترونگاتیوی نسبی تعدادی از عناصرها، به ترتیبی که در جدول تناوبی ظاهر می شوند، در شکل (۳-۱۰) داده شده است.

۱- Linus Pauling







شکل (۱۰-۳) الکترونگاتیوی نسبی عناصر در جدول تناوبی

فکر کنید



۱- چرا در هر تناوب از جدول تناوبی، با افزایش عدد اتمی از چپ به راست، بر الکترونگاتیوی عناصر افزوده می شود؟  
 ۲- در یک گروه از جدول تناوبی، از بالا به پایین، بر تعداد پروتون های هسته اضافه می شود، ولی، الکترونگاتیوی عناصر به تدریج کاهش می یابد. کدام عامل را در این روند مؤثر می دانید؟

## ۴-۳- مولکول‌های قطبی و غیر قطبی

وقتی دو اتم از یک عنصر، مثلاً دو اتم هیدروژن، پیوند کووالانسی تشکیل می‌دهند، هر یک از آنها از الکترون‌های پیوندی سهم یکسان دریافت می‌کند، زیرا جاذبه آنها برای جفت الکترون مشترک در پیوند کووالانسی یکسان است. در این حالت، گفته می‌شود که پیوند بین این دو اتم غیر قطبی است. پیوندهای موجود بین دو اتم اکسیژن در مولکول اکسیژن،  $O=O$ ، دو اتم نیتروژن در مولکول نیتروژن،  $N \equiv N$  و مانند آنها نیز غیر قطبی به شمار می‌آیند.

در مولکول H-Cl پیوند کووالانسی بین اتم هیدروژن و کلر تشکیل می‌شود. آیا مولکول HCl قطبی است یا غیر قطبی؟

پرسش



هنگامی که اتم A با الکترونگاتیوی بیشتر و اتم B با الکترونگاتیوی کمتر، با پیوند کووالانسی به یکدیگر متصل می‌شوند، به علت بالاتر بودن الکترونگاتیوی اتم A، چگالی ابر الکترونی پیوند روی اتم A بیشتر و روی اتم B کمتر است. به عبارت دیگر، سهم اتم A از الکترون‌های پیوندی بیشتر از سهم اتم B است. در نتیجه، اتم A حامل جزئی بار منفی ( $\delta^-$ ) و اتم B حامل کمی بار مثبت ( $\delta^+$ ) خواهد بود. این نوع پیوند را که دارای دو سر (دو قطب) مثبت و منفی است، پیوند قطبی می‌نامند.

نکته

اگر پیوند کووالانسی بین دو اتم مختلف تشکیل شود، پیوند قطبی خواهد بود.



با توجه به الکترونگاتیوی عناصر در جدول تناوبی، قطبیت کدام یک از پیوندهای زیر بیشتر است؟ آنها را به ترتیب کاهش قطبیت از چپ به راست منظم کنید (پیوندی را که قطبیت آن بیشتر است در سمت چپ بنویسید).



پرسش



در میان مولکول‌های  $Cl_2$ ،  $CO$ ،  $NO$ ،  $HBr$  و  $Br_2$  کدام قطبی و کدام غیر قطبی است؟ علت آن را توجیه می‌کنید؟

پرسش

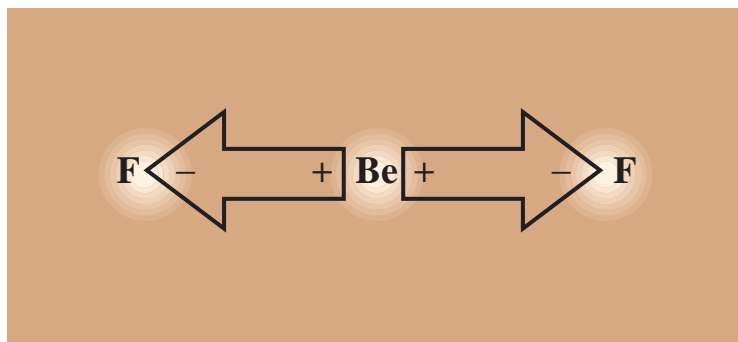


آیا می‌توان یک قاعده کلی برای قطبی - غیر قطبی بودن، در مولکول‌های دو اتمی بیان کرد؟  
در مولکول‌های دو اتمی چنانچه .....

### مولکول‌های سه اتمی

در مولکول چند اتمی  $\text{BeF}_2$ ، به دلیل اختلاف الکترونگاتیوی اتم‌ها، پیوند بین دو اتم  $\text{Be}$  و  $\text{F}$  قطبی است. آیا می‌توان گفت مولکول هم قطبی است؟

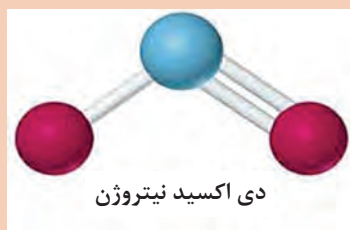
همان‌طور که در شکل (۱۱-۳) مشاهده می‌کنید، مولکول  $\text{BeF}_2$  به صورت خطی بوده و اتم‌های سازنده آن در یک راستا قرار دارند، به علت اینکه قطبیت پیوندهای  $\text{Be-F}$  به یک اندازه است ولی در دو راستای مخالف قرار دارند، اثر یکدیگر را خنثی کرده و قطبیت مولکول صفر می‌شود بنابراین در مولکول سه اتمی  $\text{BeF}_2$  با وجود اینکه پیوندها قطبی هستند، مولکول غیر قطبی است.



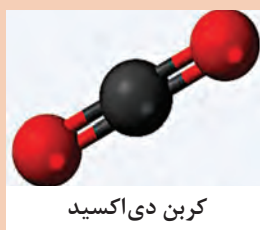
شکل (۱۱-۳) مولکول  $\text{BeF}_2$

مشخص کنید کدام یک از مولکول‌های زیر، قطبی و کدام غیر قطبی هستند. پاسخ خود را با ارائه دلیل علمی بیان کنید.

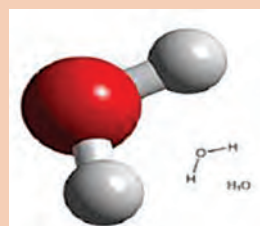
پرسش



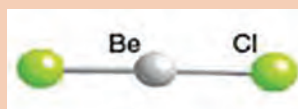
$\text{NO}_2$



$\text{CO}_2$



$\text{H}_2\text{O}$



$\text{BeCl}_2$



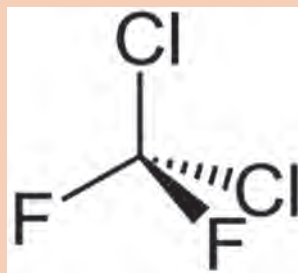
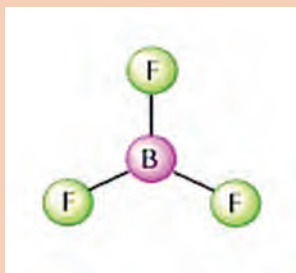
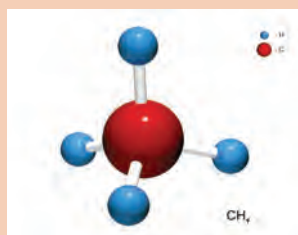
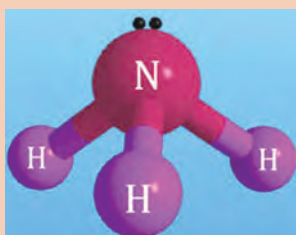
$\text{CS}_2$

آیا می‌توانید روش تشخیص قطبی بودن مولکول‌ها را با یک عبارت بیان کنید؟

.....

.....

بررسی کنید هر یک از مولکول‌های زیر، قطبی هستند یا غیر قطبی؟

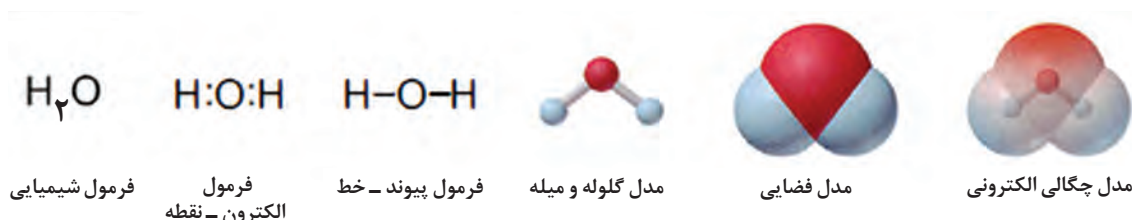


پرسش



## ۳-۵- نمایش مولکول‌ها

مولکول‌ها به روش‌های متنوع نمایش داده می‌شوند. یک فرمول شیمیایی فقط تعداد نسبی اتم‌ها را نشان می‌دهد. فرمول‌های الکترون - نقطه و خط، پیوند بین اتم‌ها را به صورت یک جفت نقطه و یا خط ارائه می‌کنند. مدل گلوله و میله، اتم‌ها را به صورت کره و پیوندها را به شکل میله، با زوایای دقیق و اندازه نسبی نشان می‌دهد، ولی فواصل مبالغه‌آمیز می‌باشند. مدل فضا پر شکل دقیق از یک مولکول است ولی پیوندها را نشان نمی‌دهد. شکل (۳-۱۲) مدل‌های مختلف مولکول آب را نشان می‌دهد. در مدل چگالی الکترون، نواحی بار الکترونی زیاد (قرمز) و کم (آبی) می‌باشد.



شکل (۳-۱۲) نمایش یک مولکول آب

### نمایش مولکول‌ها و یون‌ها با ساختار لوئیس

برای تجسم یک مولکول لازم است که فرمول مولکولی را به ساختار لوئیس (یا فرمول لوئیس) تبدیل کنید. این فرمول شامل نمادهای الکترون - نقطه برای هر اتم و اتم‌های مجاور آن، به شکل جفت‌های پیوندی (که اتم‌ها را به هم نگه داشته است) و جفت‌های ناپیوندی (که لایه بیرونی هر اتم را پر می‌کند)، می‌باشد.

بر مبنای قانون هشتایی، اتم‌ها با تشکیل ترکیب تمایل دارند به آرایش اکت یا هشتایی یا همان آرایش گاز نجیب برسند. این قاعده هم در ترکیبات با پیوندهای یونی و هم در ترکیبات با پیوندهای کووالانسی کاربرد دارد. قانون هشتایی راهنمای مناسبی برای اختصاص دادن الکترون‌ها به اتم‌ها در ساختار لوئیس می‌باشد.

### استفاده از قاعده هشتایی برای نوشتن ساختار لوئیس

برای نوشتن ساختار لوئیس، موقعیت نسبی اتم‌ها در مولکول (یا یون چند اتمی) را تعیین کنید، به عبارت دیگر اتم‌های مجاور که به هم متصل‌اند را مشخص کرده و سپس الکترون‌های خارجی‌ترین لایه یا لایه ظرفیت عنصر ظرفیت را به صورت جفت‌های پیوندی و ناپیوندی توزیع نمایید. ابتدا از ساختارهای لوئیس که از قاعده هشتایی «تبعیت» می‌کنند (آنهایی که لایه بیرونی هر اتم با هشت الکترون یا دو الکترون به‌طور استثنا برای هیدروژن پر می‌شود) بررسی می‌شود.

### ساختار لوئیس برای مولکول‌هایی با پیوند یگانه

مراحل نوشتن ساختار لوئیس برای مولکول‌هایی که فقط پیوندهای یگانه دارند، مانند نیتروژن،  $NF_3$ . در شکل صفحه بعد آمده است.



شکل (۱۳-۳) مراحل تبدیل یک فرمول مولکولی به ساختار لوئیس

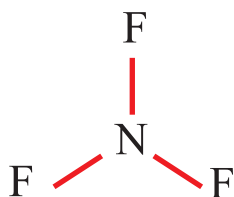
مرحله ۱: برای فرمول مولکولی  $AB_n$ ، اتمی با شماره گروه کمتر در جدول تناوبی (که معمولاً دارای الکترونگاتیوی کمتر است) را در مرکز قرار دهید. به عنوان مثال در مولکول  $NF_3$  اتم N (گروه ۵A،  $EN=3/0$ ) در مولکول پنج الکترون دارد و لذا به سه الکترون نیاز دارد، درحالی که هر اتم F (گروه ۷A،  $EN=4/0$ ) با داشتن هفت الکترون فقط یک الکترون لازم دارد تا به آرایش گاز نجیب بعد برسد. بنابراین اتم N در مرکز و اتم‌های F در اطراف آن قرار می‌گیرند.

۱) اگر اتم‌ها در یک گروه هستند، مانند  $SO_3$  و  $ClF_3$ ، اتمی با دوره تناوبی بیشتر را در مرکز قرار دهید.  
 ۲) چون H فقط یک پیوند تشکیل می‌دهد هرگز در مرکز قرار نمی‌گیرد.

مرحله ۲: برای تعیین تعداد کل الکترون‌های ظرفیت موجود، یک مولکول، لازم است تعداد الکترون‌های ظرفیت تمام اتم‌های آن را جمع کنید.  
 به خاطر داشته باشید تعداد الکترون‌های ظرفیت با شماره گروه‌های اصلی برابر است.  
 مثال: در مولکول  $NF_3$ ، تعداد الکترون‌های ظرفیت را محاسبه کنید.  
 پاسخ: اتم N پنج الکترون ظرفیت و هر F هفت الکترون ظرفیت دارد.

$$[1 \times N(5e^-)] + [3 \times F(7e^-)] = 5e^- + 21e^- = 26 \quad \text{الکترون‌های ظرفیت}$$

در یون‌های چند اتمی، به ازای هر بار منفی، یک الکترون اضافه و به ازای هر بار مثبت یک الکترون کم کنید.

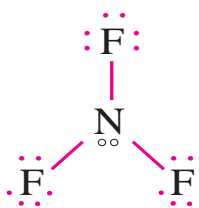


مرحله ۳: از اتم مرکزی به هر اتم مجاور آن یک پیوند یگانه وصل کرده و به ازای هر پیوند دو تا الکترون ظرفیت کم کنید. حداقل باید یک پیوند یگانه بین دو اتم پیوندی وجود داشته باشد:  
 به ازای هر پیوند یگانه از کل تعداد الکترون‌های ظرفیت موجود (مرحله ۲)، دو الکترون کم کنید تا تعداد الکترون‌های باقیمانده به دست آید:

باقیمانده  $20e^- - 6e^- = 14e^-$  بنابراین  $2e^- \times 7 = 14e^-$  پیوند  $F - N - F$

مرحله ۴: الکترون‌های باقیمانده را به صورت جفت بر روی اتم‌ها طوری توزیع کنید که هر اتم هشت الکترونی (برای H دو الکترونی) شود. ابتدا جفت‌های ناپیوندی (جفت الکترون‌هایی که در تشکیل هیچ پیوندی شرکت ندارند) را بر روی اتم‌های اطراف (با الکترونگاتیوی بیشتر) قرار دهید تا همه آنها هشتایی شوند. اگر الکترونی باقی ماند آن را بر روی اتم مرکزی بگذارید. سپس مطمئن شوید که همه اتم‌ها  $8e^-$  دارند:

در مثال  $NF_3$ ، ۲۰ الکترون باقیمانده شامل ۱۰ جفت الکترون می‌شود. برای هر اتم F سه جفت الکترون نیاز دارد تا به هشت الکترون برسد. در نتیجه یک جفت الکترون باقی می‌ماند که آن را برای اتم مرکزی یعنی N و به صورت جفت غیرپیوندی در نظر بگیرید.



ساختار لوئیس  $NF_3$

همواره کنترل کنید که تعداد کل الکترون‌ها (پیوندی و ناپیوندی) با جمع الکترون‌های ظرفیت کلیه اتم‌های تشکیل‌دهنده مولکول برابر باشد.

نکته



می‌توانید با استفاده از این چهار مرحله ساختار لوئیس هر مولکول با پیوندهای یگانه که اتم مرکزی آن C, N یا O باشد و همچنین بعضی از مولکول‌های دیگر که اتم مرکزی تناوب بیشتری دارد را رسم کنید. به خاطر بسپارید که تقریباً در تمام ترکیبات:

- اتم هیدروژن یک پیوند تشکیل می‌دهد.
- اتم کربن چهار پیوند دارد.
- نیتروژن سه پیوند تشکیل می‌دهد.
- اکسیژن دو پیوند دارد.
- هالوژن‌ها موقعی که در اطراف هستند و در یک مولکول نیستند یک پیوند تشکیل می‌دهند.
- فلئوژن همیشه در اطراف قرار می‌گیرد.

برای مولکول‌های داده‌شده ساختار لوئیس را رسم کنید.



پرسش

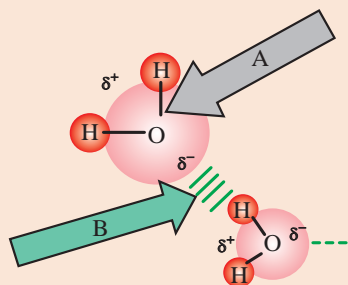


آیا می‌دانید

مولکول  $CCl_2F_2$  (کلرو فلئوژن‌و کربن) یکی از ترکیب‌هایی است که موجب از بین رفتن اوزن می‌شود.

## ۶-۳- نیروهای جاذبه بین مولکولی

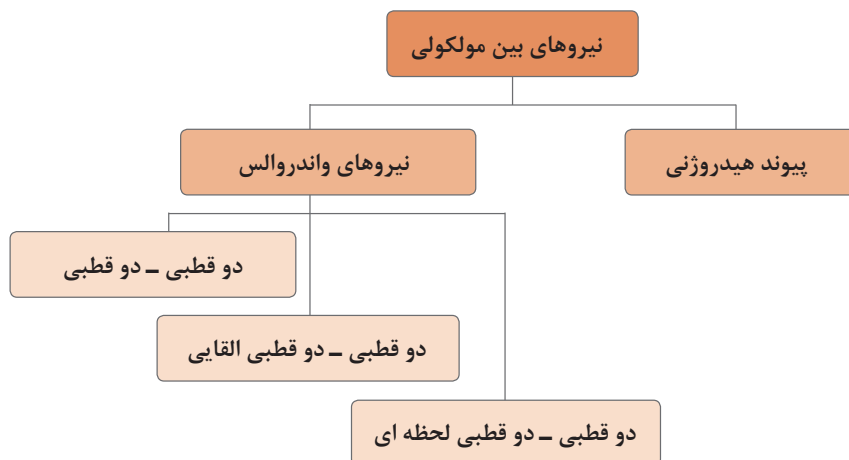
در تصویر زیر دقت کنید. چه نیروهایی در شکل مشاهده می‌کنید؟ نیروهای A و B چه تفاوتی با هم دارند؟



در قسمت‌های قبل با پیوندهای شیمیایی مانند پیوند یونی و کووالانسی آشنا شدید. پیوندهای شیمیایی نیروهای جاذبه‌ای هستند که موجب پیوستگی اتم‌ها به یکدیگر می‌شوند. اکنون می‌خواهیم ببینیم چه عاملی موجب می‌شود مولکول‌های یک ماده، در حالت‌های مختلف کنار یکدیگر قرار بگیرند؟ چرا برخی از مواد جامد، برخی مایع و برخی دیگر به شکل گازی هستند؟

بین مولکول‌های یک ماده یا مولکول‌های مواد گوناگون نیروی‌های جاذبه‌ای به وجود می‌آید که موجب می‌شود این مولکول‌ها به یکدیگر نزدیک شده و در کنار یکدیگر قرار گیرند. این نیروهای جاذبه را **نیروهای جاذبه بین مولکولی** می‌نامیم. نیروهای جاذبه بین مولکولی انواع مختلفی دارند. از آنجا که نیروهای جاذبه واندروالسی و پیوند هیدروژنی از نیروهای جاذبه مهم به‌شمار می‌آیند، اکنون چگونگی پیدایش این نیروها و اثر آنها را بر خواص برخی از مواد بررسی می‌کنیم.

به نظر شما نیروی بین ذره‌ای در کدام حالت ماده بیشتر است، جامد یا مایع یا گاز؟



شکل (۳-۱۴) نمودار انواع نیروهای بین مولکولی

بحث  
کلاسی



پرسش





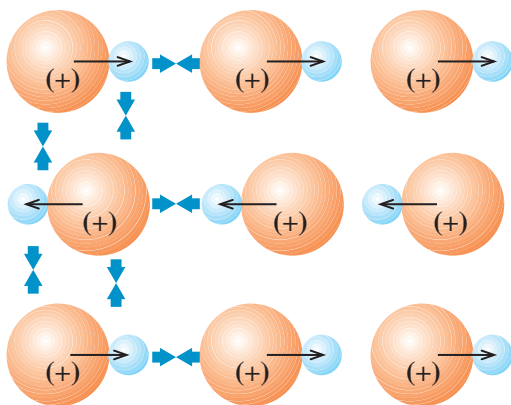
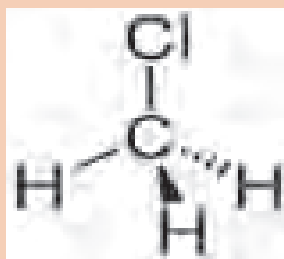
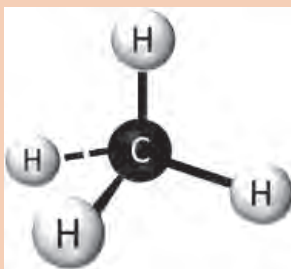
## نیروهای واندروالسی

واندروالس<sup>۱</sup>، دانشمند هلندی، در سال ۱۸۷۳، برای نخستین بار، مسئله وجود نیروهای جاذبه بین مولکول‌های مختلف را مطرح کرد. این نیروها که به عنوان نیروهای جاذبه واندروالسی شناخته شده‌اند، انواع مختلفی دارند. این نیروها ممکن است بین مولکول‌های قطبی، بین مولکول‌های قطبی و غیر قطبی و یا بین مولکول‌های غیرقطبی وجود داشته باشند که در ادامه شرح داده می‌شود.

پرسش



دمای جوش کلرومتان ( $\text{CH}_2\text{Cl}$ ) گازی شکل  $24/2^\circ\text{C}$ ، در حالی که دمای جوش متان ( $\text{CH}_4$ ) برابر  $161/5^\circ\text{C}$  می‌باشد، علت اختلاف دمای جوش این دو ماده چیست؟ نیروهای بین مولکول‌ها در کدام ماده بیشتر است؟



در موادی مانند ید کلرید،  $\text{ICl}$ ، که دارای مولکول‌های قطبی هستند، مولکول‌ها در دمای مناسب، به گونه‌ای در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند که قطب یا سر مثبت ( $\delta^+$ ) یک مولکول در نزدیکی قطب یا سر منفی ( $\delta^-$ ) مولکول دیگر واقع شود. آرایش مولکول‌ها به این شکل نیروی جاذبه الکتریکی قابل توجهی به وجود می‌آورد که موجب مایع شدن یا جامد شدن آنها می‌شود. این نوع نیروهای جاذبه بین مولکولی را **نیروهای جاذبه دو قطبی - دو قطبی** می‌نامند. (شکل ۱۵-۳)

شکل (۱۵-۳) نیروهای دو قطبی - دو قطبی در مولکول ید کلرید

بین مولکول‌های مواد قطبی، نیروی جاذبه دوقطبی - دوقطبی وجود دارد که در بیشتر موارد، قوی‌ترین نیروی جاذبه بین مولکولی به شمار می‌آید.

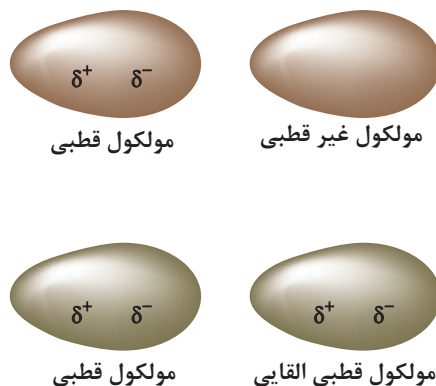
ترکیبات قطبی در حلال‌های قطبی می‌توانند حل شوند. علت این امر آن است که نیروهای جاذبه بین مولکولی در این ترکیبات تقریباً یکسان است. به عبارت دیگر دو ترکیب قطبی قادر هستند یکدیگر را جذب کنند و به هم متصل شوند. در واقع سر مثبت ترکیب قطبی به سمت منفی مولکول حلال و سر منفی آن به سمت قطب مثبت حلال جذب می‌شود و به این ترتیب بین مولکول‌های ماده و حلال نیروهای دو قطبی - دو قطبی به وجود می‌آید.

ید ( $I_2$ ) ماده‌ای غیر قطبی و آب حلالی قطبی است. با این وجود ید در آب به میزان کم حل می‌شود. با توجه به نیروهای بین مولکولی، چگونه حل شدن ید در آب را می‌توان توجیه کرد؟

پرسش



نوع دیگری از نیروهای جاذبه بین مولکولی، نیروی جاذبه‌ای است که می‌تواند بین یک مولکول قطبی و یک مولکول غیرقطبی به وجود آید. هنگامی که یک مولکول قطبی به یک مولکول غیرقطبی نزدیک می‌شود، بار جزئی مثبت یا منفی موجود در سرهای مثبت و منفی مولکول قطبی، الکترون‌های مولکول غیر قطبی را جذب یا دفع می‌کند. برای مثال، اگر سر منفی یک مولکول قطبی به یک مولکول غیرقطبی نزدیک شود، الکترون‌های مولکول غیرقطبی به وسیله سر منفی مولکول قطبی دفع می‌شوند. ابر الکترونی مولکول غیرقطبی از مولکول قطبی دور می‌شود و در نتیجه، مولکول غیر قطبی، در این وضعیت، به یک مولکول قطبی تبدیل می‌شود. در این حالت می‌گوییم که قطبیت مولکول قطبی به مولکول غیر قطبی القا شده است و چون مولکول غیر قطبی به این شکل موقتاً قطبی شده است، به وسیله مولکول قطبی دائمی جذب می‌شود. این نوع نیروی جاذبه بین مولکولی را **نیروی جاذبه دو قطبی - دو قطبی** القا می‌نامند. شکل (۱۶-۳)



شکل (۱۶-۳) مولکول قطبی یک مولکول غیر قطبی را به مولکولی با قطبیت القا، تبدیل می‌کند.

پرسش

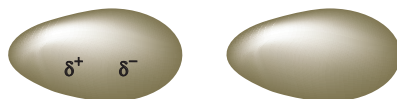


می دانید که مولکول‌های دو اتمی یکسان هسته، مولکول‌های غیر قطبی هستند. چه نیرویی موجب می شود که مولکول‌های مواد غیر قطبی مانند  $O_2$ ،  $N_2$ ،  $Cl_2$ ،  $I_2$  در کنار یکدیگر قرار گرفته و حالت گاز، مایع یا جامد داشته باشند؟

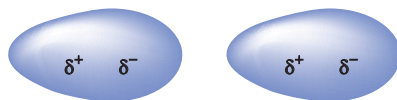
مولکول‌های بعضی از مواد، مانند  $I_2$ ، کربن تتراکلرید،  $CCl_4$  قطبی نیستند، اما بعضی از آنها می توانند در شرایط معمولی یکدیگر را جذب کنند به حالت‌های جامد یا مایع وجود داشته باشند. بررسی‌های لاندن، دانشمند انگلیسی، در سال ۱۹۳۰، درباره نیروی جاذبه موجود بین مولکول‌های این دسته از مواد نشان داد که بعضی از مولکول‌ها به طور لحظه‌ای قطبی می شوند و قطبیت خود را به صورتی که در شکل (۳-۱۷) نشان داده شده است، به مولکول‌های مجاور القا می کنند. این نوع نیروهای جاذبه بین مولکولی را، که البته نیروهای ضعیفی هستند و در همان طبقه نیروهای واندروالسی قرار می گیرند، **نیروهای لاندن** می نامند.



هر دو مولکول غیر قطبی



یک مولکول به طور لحظه‌ای قطبی شده است.



مولکول قطبی شده قطبیت خود را به مولکول دیگر القا کرده است.

شکل (۳-۱۷) پیدایش قطبیت لحظه‌ای در مولکول‌های غیر قطبی

فکر کنید



- ۱- در شرایط عادی کلر  $Cl_2$  گازی شکل، برم  $Br_2$  مایع و ید  $I_2$  جامد است. نیروهای بین مولکولی در کدام بیشتر و در کدام کمتر است؟
- ۲- با توجه به جایگاه اتم‌های کلر، برم و ید در جدول تناوبی، آیا ارتباطی بین اندازه مولکول‌ها و نیروی جاذبه بین مولکولی در این مواد وجود دارد؟

به علت ضعیف بودن این نوع نیروهای جاذبه بین مولکولی، موادی که بر اثر این نیروهای جاذبه (یعنی پیدایش قطبیت لحظه‌ای) به حالت مایع یا جامد باشند، به آسانی تبخیر یا ذوب می شوند، یعنی دماهای ذوب و جوش نسبتاً پایینی دارند و در دسته مواد فرّار قرار می گیرند.

پرسش



آیا نیروهای لاندن فقط در مولکول‌های غیر قطبی وجود دارند؟

### عوامل مؤثر بر میزان نیروهای واندروالسی

شدت و ضعف نیروهای واندروالسی به چند عامل بستگی دارد که در زیر به آنها اشاره می‌کنیم:

۱ قطبیت مولکول: هر چه مولکول‌ها قطبی‌تر باشند، یکدیگر را با شدت بیشتری جذب می‌کنند و در نتیجه، نیروهای واندروالسی اهمیت بیشتری دارند.

۲ حجم یا وزن مولکول: با افزایش حجم اتم‌ها یا مولکول‌ها، امکان برخورد آنها با یکدیگر بیشتر می‌شود و در نتیجه، میزان تأثیر آنها بر هم افزایش می‌یابد و احتمال پیدایش قطبیت لحظه‌ای افزایش می‌یابد.

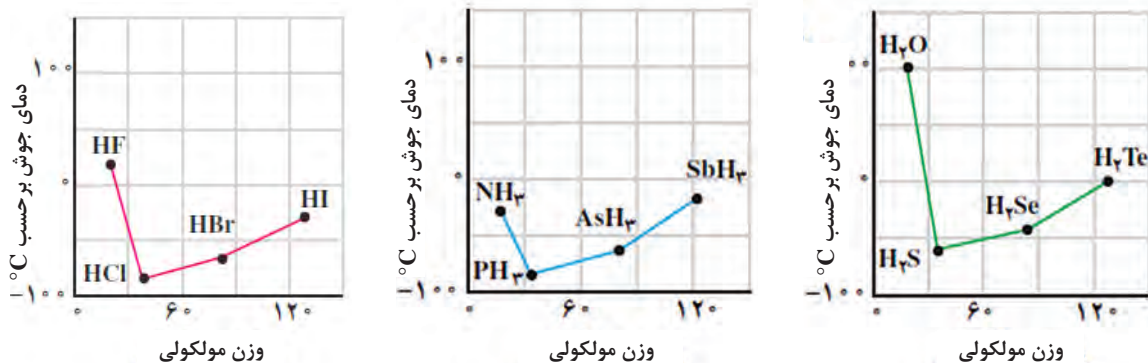
### پیوند هیدروژنی

در مولکول‌های HF، HCl، HBr، HI چه نوع نیرویی بین مولکول‌ها وجود دارد؟  
به نظر شما چه رابطه‌ای بین جرم مولی مواد و نقطه جوش آنها وجود دارد؟

بحث  
کلاسی

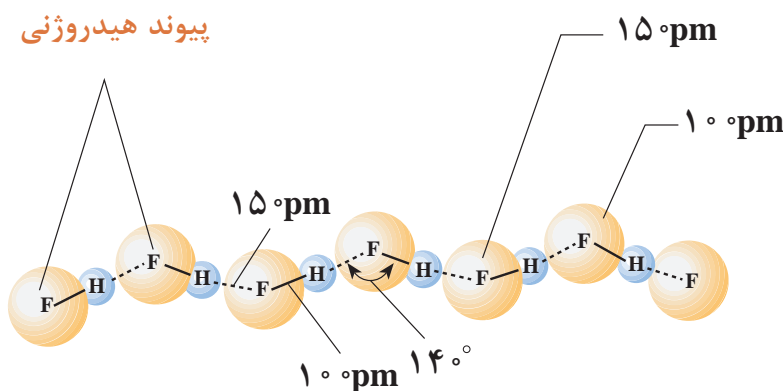


همان‌طور که در شکل (۳-۱۸) ملاحظه می‌شود، دمای جوش HCl، HBr، HI و HF، با افزایش وزن مولکولی، به‌طور منظم، افزوده می‌شود. ولی، دمای جوش HF از این روند پیروی نمی‌کند. وزن اتمی فلوئور از هالوژن‌های دیگر کمتر است. بنابراین انتظار می‌رود که دمای جوش HF پایین‌تر از دمای جوش هیدروژن کلرید، HCl، باشد. ولی، عملاً عکس این روند مشاهده می‌شود؛ یعنی دمای جوش HF (۱۹/۹°C) خیلی بالاتر از دمای جوش سه ترکیب دیگر است.



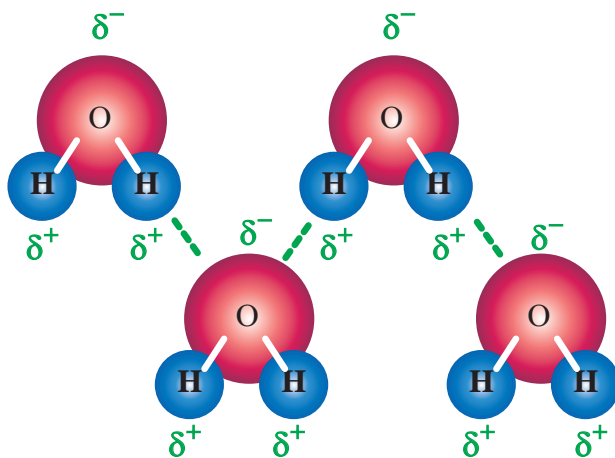
شکل (۳-۱۸) نمودارهای دمای جوش و وزن مولکولی

با توجه به نمودارهای داده شده، مشاهده می‌کنید که  $\text{H}_2\text{O}$  و  $\text{NH}_3$  نیز در مقایسه با ترکیبات هیدروژن دیگر عنصرهای گروه خود حالت استثنا دارند و نقطه جوش آنها به طور غیرعادی از ترکیبات اخیر خود بالاتر است. هیدروژن فلئورید، آب و آمونیاک یک ویژگی مشترک دارند. مولکول‌های این مواد قطبی هستند و در آنها هیدروژن به یک اتم بسیار الکترونگاتیو (F، O، N) با حجم نسبتاً کوچک متصل است. حال اگر مولکول‌های هیدروژن فلئورید را در کنار یکدیگر در نظر بگیریم، بین اتم فلئور از یک مولکول هیدروژن فلئورید و اتم هیدروژن از مولکول مجاور، نوعی پیوند به وجود می‌آید که آن را **پیوند هیدروژنی** می‌نامیم. (در شکل ۱۹-۳)، پیوندهای هیدروژنی با خطوط بریده نشان داده شده‌اند).



شکل (۱۹-۳) نمایش پیوندهای هیدروژنی در مولکول HF

مولکول‌های آب نیز از دیدگاه تشکیل پیوندهای هیدروژنی وضعی شبیه به مولکول‌های هیدروژن فلئورید دارند، با این تفاوت که هر مولکول آب، به علت داشتن دو پیوند H-O و دو جفت الکترون تنها روی اتم اکسیژن، می‌تواند با چهار مولکول مجاور خود پیوند هیدروژنی برقرار کند. چگونگی تشکیل پیوندهای هیدروژنی در آب، در شکل (۲۰-۳) نشان داده شده است.



شکل (۲۰-۳) نمایش پیوندهای هیدروژنی در مولکول  $\text{H}_2\text{O}$



با توجه به دمای جوش مواد داده شده نیروهای جاذبه مولکولی را با هم مقایسه کرده و جاهای خالی را کامل کنید.

نام ماده	جرم مولی	نوع نیروی بین مولکولی	دمای جوش °C
$N_2$	۲۸		-۱۹۶
NO	۳۰		-۱۵۱
$H_2O$	۱۸		۱۰۰

.....< .....< .....

## ۷-۳- توجیه خواص غیرعادی آب

**۱- بالا بودن دمای انجماد و جوش آب، در مقایسه با ترکیب‌های مشابه: دمای انجماد و دمای جوش بالای آب را می‌توان به وجود نیروهای جاذبه قوی بین مولکول‌های آن، بر اثر تشکیل پیوندهای هیدروژنی، نسبت داد.** به علت وجود این نیروهای جاذبه بین مولکول‌های قوی، دمای انجماد آب بالاست و چون فرار مولکول‌ها از سطح مایع نیز، به همین علت با دشواری صورت می‌گیرد، دمای جوش آب نیز به‌طور غیرعادی بالاست.

**۲- بالا بودن گرمای ویژه آب:** به‌طور کلی، هرگاه به جسمی گرما بدهیم، دمای آن بالا می‌رود و بر جنبش‌های مولکولی آن افزوده می‌شود. در مورد آب، چون بخشی از گرمای داده شده صرف شکستن پیوندهای هیدروژنی می‌شود، افزایش جنبش‌های مولکولی در آب، در مقایسه با ماده مشابهی که تشکیل پیوند هیدروژنی نمی‌دهد، کمتر خواهد بود. در نتیجه، در شرایط یکسان، دمای آب، بر اثر گرم کردن دیرتر بالا می‌رود.

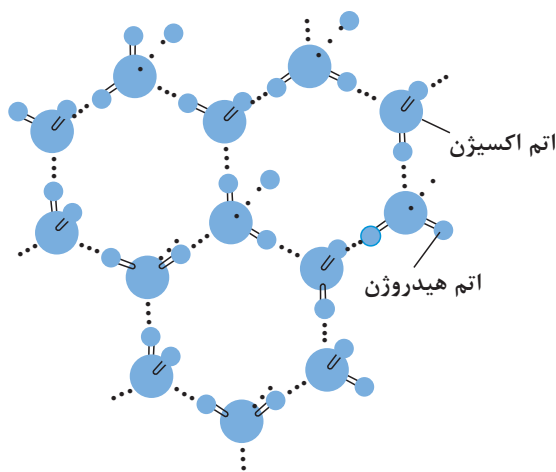
**۳- بالا بودن گرمای نهان تبخیر آب:** با افزایش دمای آب و زیاد شدن جنبش‌های مولکولی در آن، گرچه تعدادی از پیوندهای هیدروژنی، موجود بین مولکول‌های آب، می‌شکنند ولی باز هم تعداد قابل توجهی از پیوندهای هیدروژنی، حتی در دمای جوش آب، باقی می‌مانند که برای شکستن آنها و تبخیر آب به مقداری انرژی اضافی نیاز داریم. از این رو، **گرمای نهان تبخیر آب**، یعنی مقدار گرمایی که لازم است که به یک گرم آب بدهیم تا در دمای جوش از حالت مایع به حالت بخار تبدیل شود، نسبت به بسیاری از مایعات دیگر بیشتر است.

**۴- بالا بودن کشش سطحی آب:** اگر یک تیغه نازک فلزی را با دقت بر سطح آب داخل ظرفی قرار دهیم، آب فشار تیغه را تحمل می‌کند و مانع غوطه‌ور شدن آن می‌شود. بی‌شک، صحنه جالب توجه نشستن بعضی

حشره‌ها را بر سطح آب ملاحظه کرده‌اید. این پدیده به علت زیاد بودن کشش سطحی آب است. یعنی، به علت وجود پیوندهای هیدروژنی نسبتاً قوی بین مولکول‌های آب، پیوستگی مولکول‌های آب با یکدیگر، در تمام قسمت‌های مایع، به‌ویژه در سطح آن زیاد است.

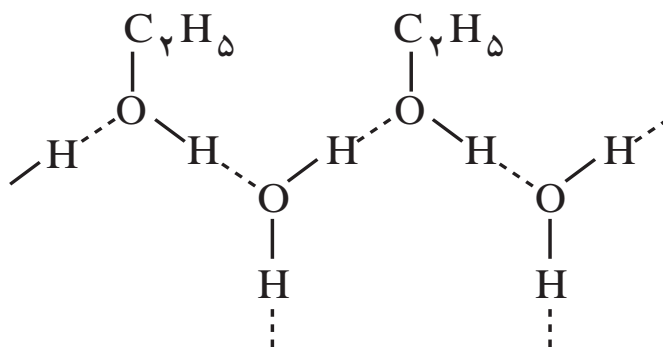
**۵- افزایش حجم آب بین  $0^{\circ}\text{C}$  و  $4^{\circ}\text{C}$ :** هنگامی که بیشتر مایعات را سرد می‌کنیم، جامد می‌شوند و حجم آنها کاهش می‌یابد. برای مثال، آهن مذاب که در ظرفی قرار دارد، بر اثر سرد شدن منجمد می‌شود و کاهش حجم پیدا می‌کند و از دیواره‌های ظرف دور می‌شود. در مورد آب، حجم آن بر اثر سرد شدن تا دمای  $4^{\circ}\text{C}$  کاهش می‌یابد اما، در پایین‌تر از این دما شروع به منبسط شدن می‌کند. وقتی آب به یخ تبدیل می‌شود، حجم آن باز هم به مقدار قابل توجهی افزایش می‌یابد. عکس برداری به‌وسیلهٔ پرتو ایکس نشان می‌دهد که در بلور یخ، هر مولکول آب به چهار مولکول مجاور خود پیوند هیدروژنی برقرار کرده و مجموعه‌های چهاروجهی تشکیل داده‌اند (شکل ۲۱-۳).

هنگامی که یخ ذوب می‌شود، بعضی از پیوندهای هیدروژنی، موجود بین مولکول‌های آب، می‌شکنند و در نتیجه، برخی از مولکول‌های آب که از بقیه جدا شده‌اند، می‌توانند در حفره‌های خالی درون شبکه بلور یخ جای بگیرند و موجب کاهش حجم شوند. این تغییرات تا دمای  $4^{\circ}\text{C}$  ادامه می‌یابد و رفته‌رفته از حجم آب کم می‌شود. اگر دمای آب از  $4^{\circ}\text{C}$  بالاتر رود، به علت زیاد شدن جنبش‌های مولکولی و کمتر شدن نقش پیوندهای هیدروژنی، بر حجم آب افزوده می‌شود.



شکل (۳-۲۱) ساختار شبکه بلور یخ و آرایش مولکول‌های  $\text{H}_2\text{O}$  در آن

**۶- آب به عنوان یک حلال خوب:** حل شدن بعضی از مواد در آب را می‌توان با تکیه بر تشکیل پیوندهای هیدروژنی بین مولکول‌های آب و مولکول‌های مواد حل شده، توجیه کرد. برای مثال، الکل معمولی (اتیل الکل یا اتانول) به هر نسبت در آب حل می‌شود. در این فرایند، تشکیل پیوندهای هیدروژنی بین مولکول‌های آب و مولکول‌های الکل نقش اساسی را به عهده دارد. یادآوری می‌شود که پیوندهای هیدروژنی نه تنها بین مولکول‌های یک ماده، بلکه بین دو یا چند نوع مولکول نیز می‌توانند به‌وجود آید. برای مثال، به شکل ۲۲-۳ که تشکیل پیوندهای هیدروژنی را بین مولکول‌های آب و الکل نشان می‌دهد، توجه کنید.



شکل (۳-۲۲) تشکیل پیوندهای هیدروژنی بین مولکول‌های آب و الکل

دمای جوش متان، بر خلاف آب و آمونیاک، پایین است و به سختی مایع می‌شود. چگونه آن را توجیه می‌کنید؟

پرسش

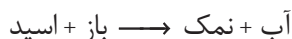


## ۸-۳- واکنش‌های شیمیایی

واکنش‌های شیمیایی بین مواد را می‌توان در دو گروه کلی دسته‌بندی کرد. این گروه‌ها عبارت‌اند از واکنش‌های اسید و باز و اکسایش و کاهش

### واکنش‌های اسید-باز

واکنش‌های اسید-باز (خنثی‌سازی) زمانی رخ می‌دهد که یک اسید و یک باز واکنش داده، آب و نمک را تولید می‌کنند.



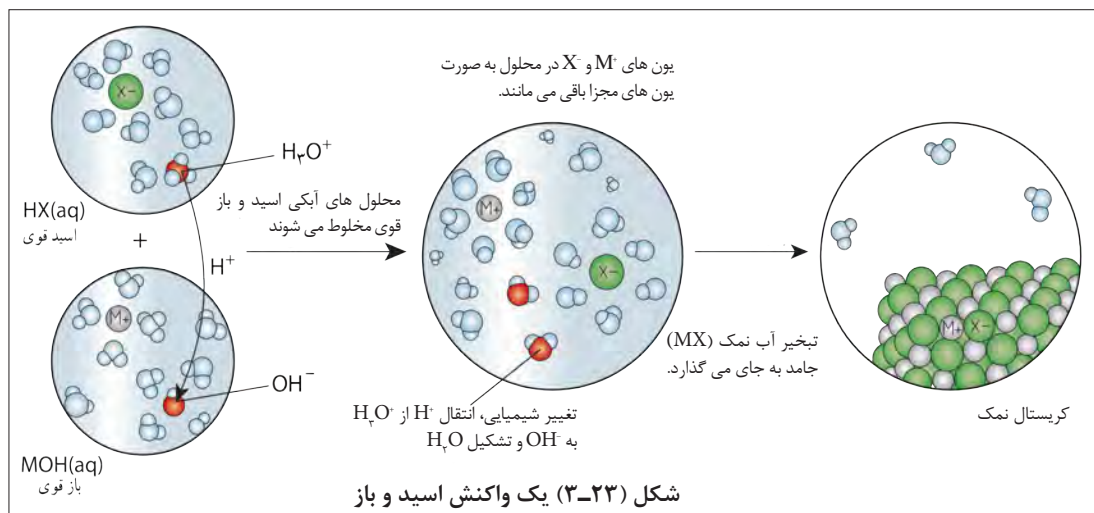
این واکنش‌ها در فرایندهای بسیار متنوع نظیر سنتز بیوشیمیایی پروتئین‌ها، تولید صنعتی کودها و بعضی از روش‌های مربوط به احیای دریاچه آسیب دیده با باران‌های اسیدی و غیره، صورت می‌گیرد. تعاریف متعددی برای مفهوم اسید-باز وجود دارد براساس یکی از متداول‌ترین تعاریف اسید و باز اسید ماده‌ای است که وقتی در آب حل شود یون  $\text{H}^+$  ایجاد کند:



باز ماده‌ای است که وقتی در آب حل شود یون  $\text{OH}^-$  ایجاد کند:







باید توجه داشت که این تعاریف وقتی به کار می روند که در مورد یک اسید، یک اتم هیدروژن به یک اتم یا گروه اتم های الکترون گاتیو متصل باشد تا بتواند؛ به صورت  $H^+$  آزاد شود و در مورد باز هم وقتی این تعریف به کار می رود که گروه  $OH^-$  به یک اتم یا گروهی از اتم ها با حداقل خاصیت الکترون گاتیوی متصل باشد.

چه تعاریف دیگری برای اسید و باز وجود دارد. در مورد اختلاف این تعاریف با یکدیگر و موارد کاربرد آنها بحث کنید.

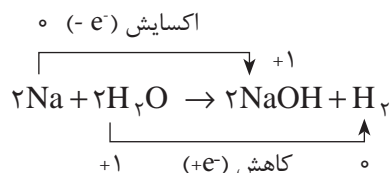
تحقیق کنید



### واکنش های اکسایش<sup>۱</sup> - کاهش<sup>۲</sup> (ردوکس)

واکنش های ردوکس، دومین دسته از فرایندهای شیمیایی است. در واکنش های اکسایش و کاهش، انجام واکنش بین دو جزء با مبادله الکترون همراه است. به عنوان مثال: این واکنش ها شامل تشکیل یک ترکیب از عناصرش (و برعکس) می باشد.

مثال: در واکنش های اکسایش انجام واکنش بین دو جزء با مبادله الکترون همراه است.

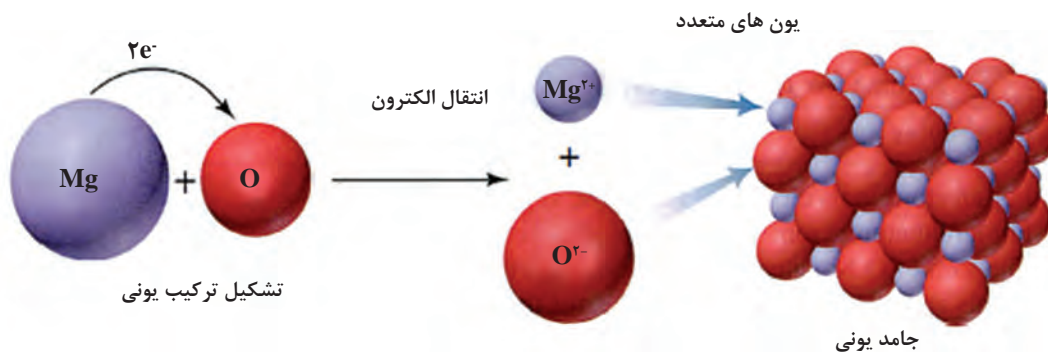


در واکنش های اکسایش و کاهش، انجام واکنش بین دو جزء، با مبادله الکترون همراه است. بسیاری از تغییرات شیمیایی مهم شامل واکنش های اکسایش و کاهش هستند. همه واکنش های احتراقی، واکنش فلز با آب، حل شدن فلز در محلول های اسیدی، خوردگی فلزها، واکنش های انجام یافته در باتری ها و بسیاری از فرایندهای حیاتی نمونه هایی از واکنش های اکسایش و کاهش می باشند.

۱- Oxidation

۲- Redaction

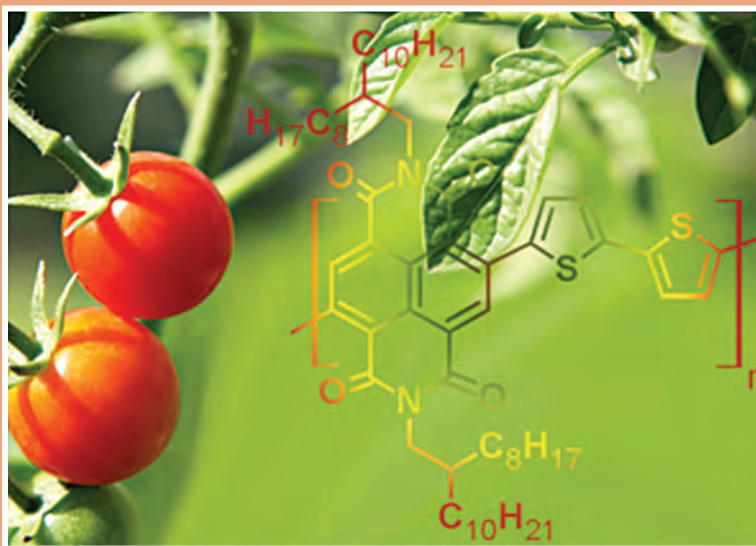
برای مثال واکنش سوختن منیزیم را در نظر بگیرید. فلز منیزیم با اکسیژن واکنش می‌دهد در این واکنش اتم منیزیم ۲ الکترون به اتم اکسیژن می‌دهد و در نتیجه، اتم منیزیم به یون مثبت و اتم اکسیژن به یون منفی تبدیل می‌شوند. نیروی جاذبه قوی بین یون‌های مثبت و منفی موجب می‌شود که این یون‌ها در کنار هم قرار گرفته و منیزیم اکسید جامد را به وجود آورند. واکنش‌های ترکیب فلزها با نافلزها که منجر به تشکیل نمک‌ها می‌شود، مثال‌هایی از واکنش اکسایش و کاهش می‌باشند.



شکل (۲۴-۳) نمایش واکنش بین منیزیم و اکسیژن

## فصل ۴

# شیمی ترکیبات آلی



شیمی آلی برای همه قلمرو های زندگی ما اهمیت حیاتی دارد. لباس هایی که می پوشیم، انواع مواد غذایی و دارویی که مصرف می کنیم، رنگ ها، پاک کننده ها و بسیاری مواد بهداشتی معجزه گر، اسباب بازی ها و ظروف پلاستیکی، نوشابه ها، مواد دفع آفات همه از مواد آلی ساخته می شوند. تقریباً همه فعالیت های حیاتی در زندگی انسان و سایر مخلوقات، بر واکنش های ترکیب های آلی استوار است. هرگاه از این ترکیب ها و واکنش های آنها برخوردار نبودیم، کره زمین نیز همچون کره ماه، سرزمینی فاقد حیات بود.

## ۴-۴- فراوانی ترکیب های آلی

شیمی آلی شیمی ترکیب های کربن است. اتم کربن در میان بیش از یک درصد عنصر جدول تناوبی ویژگی های بی نظیری از نظر گوناگونی و پیچیدگی ترکیب های خود دارد.

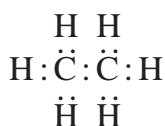
چرا عنصر کربن همچون سایر عنصرهای جدول تناوبی نیست؟ چرا این عنصر قادر به ایجاد انبوه مواد آلی با آن همه تفاوت در خواص است؟ پاسخ به این پرسش ها را می توان با مطالعه ساختار اتمی کربن که دارای ۴ الکترون ظرفیت است، همچنین کوچک بودن اندازه اتم و داشتن الکترونگاتیوی در حد میانه، توجیه کرد. این ویژگی ها موجب پیدایش دو خاصیت عمومی زیر است:

### امکان تشکیل پیوندهای محکم کربن - کربن

هر یک از الکترون های لایه ظرفیت کربن می توانند با عنصرهای دیگری که قادرند از راه به اشتراک گذاشتن الکترون و تشکیل پیوند کووالانسی، لایه الکترونی خود را کامل کنند. هیدروژن، اکسیژن و نیتروژن از جمله عنصرهایی هستند که قادرند در این راه، با کربن پیوند تشکیل می دهند. یک اتم کربن می تواند در ترکیبات به تنهایی حداکثر چهار زوج الکترون به همراه داشته باشد. این اتم در ترکیب با ۴ اتم هیدروژن که هر یک از آنها یک الکترون دارند، می تواند ساده ترین و کوچک ترین مولکول آلی شامل یک کربن را به صورت متان ( $\text{CH}_4$ ) پدید آورد.



لیکن بارزترین ویژگی که اتم کربن را از بسیاری عنصرها متمایز می سازند، قابلیت به اشتراک گذاشتن الکترون با سایر اتم های کربن و ایجاد پیوندهای کووالانسی محکم کربن - کربن است. برای مثال، به ساختار دومین مولکول آلی از نظر سادگی، معروف به اتان ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ) توجه کنید:



پدیده تشکیل پیوند ساده و محکم C - C، ممکن است ادامه یابد و مولکول هایی با زنجیرهای بلند پدید آورد که نمونه های آن را در خانواده بزرگی از ترکیب های آلی به نام آلکان مطالعه خواهید کرد. در عین حال، دو اتم کربن می توانند دو جفت الکترون به اشتراک بگذارند و پیوند کووالانسی دوگانه ( $\text{C}=\text{C}$ ) پدید آورند که در این حالت خانواده دیگری از ترکیب های آلی به نام «آلکن» تشکیل می شود.

همچنین دو اتم کربن، می توانند سه جفت الکترون به اشتراک گذاشته و پیوند کووالانسی سه گانه ( $\text{C}\equiv\text{C}$ ) به وجود آورند که در این صورت خانواده آلکین ها را خواهیم داشت.



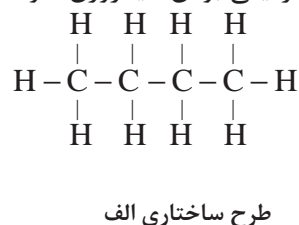
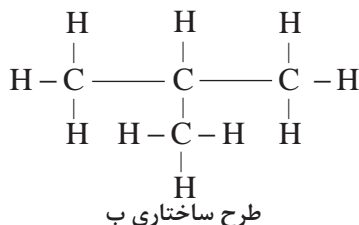
### امکان پیدایش ایزومرها

یک فرمول در شیمی معدنی، معمولاً نشان‌دهنده یک ماده با ویژگی‌های خاص آن است. مثلاً فرمول  $H_2SO_4$  فقط نماینده یک ماده به نام سولفوریک‌اسید است. در صورتی که یک فرمول مولکولی در شیمی آلی، معمولاً نشان‌دهنده یک یا چندین ترکیب با خواص مختلف است. برای مثال، آزمایش نشان می‌دهد که دو نوع ماده با فرمول مولکولی  $C_4H_{10}$  وجود دارد که از نظر برخی خواص با یکدیگر تفاوت دارند. جدول (۴-۱)، برخی ویژگی‌های فیزیکی این دو ماده را نشان می‌دهد.

جدول (۴-۱) برخی خواص فیزیکی دو ماده با فرمول مولکولی  $C_4H_{10}$

ماده شماره ۲ (فرمولی مولکولی $C_4H_{10}$ )	ماده شماره ۱ (فرمولی مولکولی $C_4H_{10}$ )	
$-159^{\circ}C$	$-128^{\circ}C$	دمای ذوب
$-12^{\circ}C$	$-0/5^{\circ}C$	دمای جوش
$0/557^{\circ} g/cm^3$	$0/599^{\circ} g/cm^3$	چگالی مایع (در $20^{\circ}C$ )
$1320 mL$	$1813 mL$	میزان حل شدن در $1000 mL$ الکل معمولی

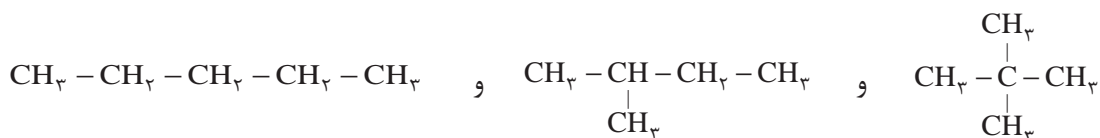
چگونه می‌توان این واقعیت‌ها را توجیه کرد؟ با توجه به تأثیر ساختار یک ماده بر خواص آن، آیا می‌توان چنین فرض کرد که این دو ماده نیز ساختار متفاوت دارند؟ هرگاه درصدد باشیم که آرایش‌های ممکن را برای مولکول  $C_4H_{10}$  به صورت گسترده روی کاغذ بیاوریم، مشاهده خواهیم کرد که ضمن رعایت ۴ ظرفیتی بودن کربن و یک ظرفیتی بودن هیدروژن، دو امکان وجود دارد:



با کم کردن یک اتم کربن از زنجیره بدون شاخه طرح «الف»، و تشکیل شاخه جانبی، طرح «ب» به وجود می‌آید. تحقیق تجربی، صحت وجود این دو طرح ساختاری را تأیید کرده و نشان می‌دهد که طرح ساختاری «الف» با فرمول ساختاری ماده شماره ۱ و طرح ساختاری «ب» با فرمول ساختاری ماده شماره ۲، در جدول مطابقت دارد. موادی که دارای فرمول مولکولی یکسان هستند، ولی دارای فرمول‌های ساختاری و خواص متفاوت می‌باشند، ایزومر نامیده می‌شوند.

ترکیبات آلکان سه کربنه (پروپان)، ایزومر ندارد. ترکیبات آلکان چهار کربنه (بوتان)، ۲ ایزومر و ترکیبات آلکان پنج کربنه (پنتان)، ۳ ایزومر ساختاری دارد. هرچه بر تعداد اتم‌های کربن در مولکول، افزوده شود، تعداد ایزومرها بیشتر می‌شود.

ایزومرهای پنتان را می‌توان چنین رسم کرد:



۱- چرا تعداد ترکیب‌های آلی به میلیون‌ها می‌رسد، در صورتی که تعداد عنصرهای تشکیل‌دهنده این مواد بسیار محدود است؟

پرسش ۱



۲- نام سه ماده آلی مهم موجود در محیط زندگی را که در طبیعت وجود دارند، و سه ماده دیگر را که به‌طور مصنوعی تهیه می‌شوند، نام ببرید.

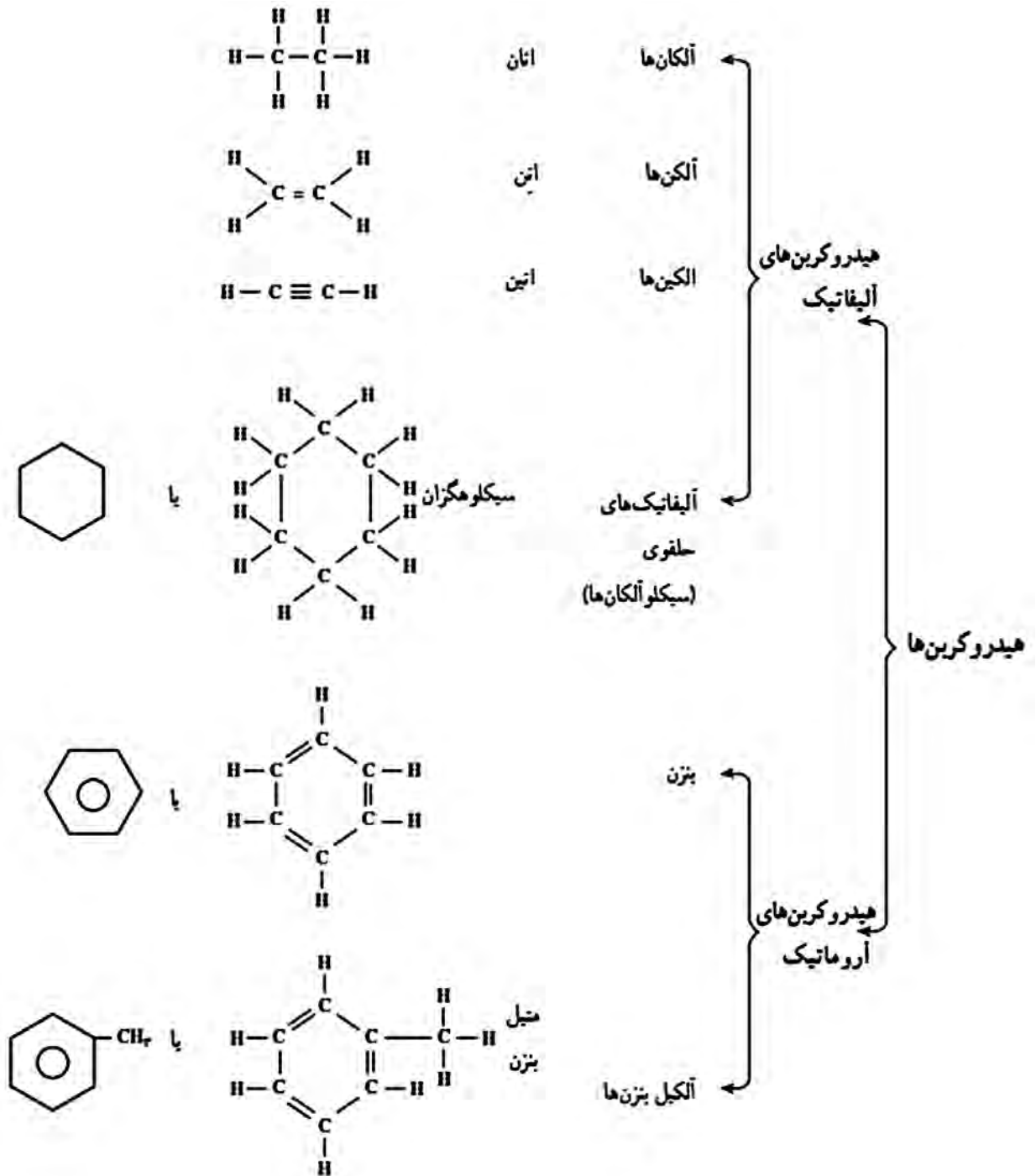
## ۲-۴- طبقه‌بندی هیدروکربن‌ها

هیدروکربن‌ها گروه بزرگی از مواد آلی هستند که فقط شامل هیدروژن (هیدرو) و کربن می‌باشند. ملاک علمی طبقه‌بندی هیدروکربن‌ها، براساس نوع پیوندهای کربن - کربن و شکل ساختاری مولکول‌های آنهاست. به‌طور کلی همه مواد آلی به دو دسته بزرگ هیدروکربن‌های آلیفاتیک و هیدروکربن‌های آروماتیک تقسیم می‌شوند. بنابراین، طبقه‌بندی کلی هیدروکربن‌ها، به‌صورت نمودار در شکل (۴-۱) ارائه شده است. (این نمودار صرفاً به‌منظور آشنایی هنرجویان بوده و نیاز به حفظ کردن آن نمی‌باشد).

با توجه به شکل (۴-۱) در مخلوط نفت خام کدام یک از هیدروکربن‌های نام برده وجود دارند؟

تحقیق کنید





شکل (۴-۱) طبقه‌بندی کلی هیدروکربن‌ها

### ۳-۴- آلکانها

آلکانها، هیدروکربنهایی هستند که به صورت گاز، مایع و جامد در نفت خام وجود دارند. آلکانها ترکیبهایی از هیدروژن و کربن هستند که هر اتم کربن در آنها به وسیله چهار پیوند کووالانسی ساده، و از طریق چهار جفت الکترون با چهار اتم دیگر پیوند دارند. از این رو به آلکانها هیدروکربنهای سیرشده اطلاق می شود. به مثالهای زیر که مربوط به چهار آلکان اولیه است، توجه کنید:

فرمول ساختاری <sup>۲</sup> (پیوندها به صورت خط فاصله)	فرمول ساختاری (پیوندها به صورت جفت الکترون مشترک)	فرمول مولکولی <sup>۱</sup>	نام
$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \text{H}:\ddot{\text{C}}:\text{H} \\ \ddot{\text{H}} \end{array}$	$\text{CH}_4$	متان
$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \text{H}:\ddot{\text{C}}:\ddot{\text{C}}:\text{H} \\ \ddot{\text{H}} \quad \ddot{\text{H}} \end{array}$	$\text{C}_2\text{H}_6$	اتان
$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \text{H}:\ddot{\text{C}}:\ddot{\text{C}}:\ddot{\text{C}}:\text{H} \\ \ddot{\text{H}} \quad \ddot{\text{H}} \quad \ddot{\text{H}} \end{array}$	$\text{C}_3\text{H}_8$	پروپان
$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \text{H}:\ddot{\text{C}}:\ddot{\text{C}}:\ddot{\text{C}}:\ddot{\text{C}}:\text{H} \\ \ddot{\text{H}} \quad \ddot{\text{H}} \quad \ddot{\text{H}} \quad \ddot{\text{H}} \end{array}$	$\text{C}_4\text{H}_{10}$	بوتان

در گاز طبیعی کدام یک از هیدروکربنهای جدول بالا وجود دارد؟

تحقیق کنید



بررسی ساختار این هیدروکربنها، ما را به چند ویژگی مهم می رساند:

۱- هر اتم کربن به وسیله چهار پیوند کووالانسی ساده با چهار اتم مجاور پیوند یافته است. چون هر چهار ظرفیت اتم

۱- فرمول مولکولی: نشان دهنده نوع عنصرها و تعداد اتمهای هر عنصر در یک مولکول است.

۲- فرمول ساختاری: نشان دهنده نوع عنصرها و تعداد اتمهای هر عنصر در یک مولکول است و هم نشان دهنده موقعیت اتمها یا گروههای چند اتمی نسبت به یکدیگر در مولکول می باشد.



کربن به وسیله چهار اتم دیگر اشغال شده، بنابراین، جایی برای ترکیب اضافی با اتم دیگر وجود ندارد. به همین دلیل، این هیدروکربن‌ها سیر شده یا اشباع شده<sup>۱</sup> نامیده می‌شوند، و بنابر قرارداد، نام آلکان<sup>۲</sup> به آنها اطلاق می‌شود.

**۲** تفاوت هر عضو از این مجموعه، با عضو قبلی یا بعدی در یک «-CH<sub>۲</sub>-» است. این نوع ترکیب‌ها را که تفاوت آنها در یک یا چند (-CH<sub>۲</sub>-) است، سری هومولوگ<sup>۳</sup> (هم‌رده) می‌نامند. به همین دلیل، چهار هیدروکربن متان، اتان، پروپان و بوتان را هومولوگ یکدیگر هستند. در آینده خواهیم دید که هومولوگ‌ها در هر خانواده‌ای از ترکیب‌های آلی وجود دارند، و در هر مورد، هر عضوی با عضو بعدی یا قبلی خود، در یک -CH<sub>۲</sub>- اختلاف دارد.

**۳** از آنجا که در این ترکیب‌ها، هر ترکیب با ترکیب قبلی و بعدی خود در یک گروه «-CH<sub>۲</sub>-» تفاوت دارد، یعنی به ازای هر اتم کربن، دو اتم هیدروژن به هیدروکربن قبلی اضافه می‌شود، پس اگر تعداد اتم‌های کربن n باشد، تعداد هیدروژن‌ها ۲n خواهد بود. از طرفی چون متان که نخستین عضو این خانواده است، خود دو اتم هیدروژن بیشتر از -CH<sub>۲</sub>- دارد، پس می‌توان فرمول کلی هیدروکربن‌های این خانواده را (CH<sub>۲</sub>)<sub>n</sub> + ۲H نوشت. این فرمول را به سادگی به صورت C<sub>n</sub>H<sub>۲n+۲</sub> می‌نویسند. یعنی در این هیدروکربن‌ها، تعداد اتم‌های هیدروژن در هر مولکول، ۲ اتم بیشتر از ۲ برابر تعداد اتم‌های کربن است. با این ترتیب، در خانواده آلکان‌ها بعد از بوتان، ترکیبی به فرمول C<sub>۵</sub>H<sub>۱۲</sub> خواهیم داشت (n=۵ است، پس ۱۲=۲×۵+۲ خواهد بود) این هیدروکربن، پنتان نام دارد.

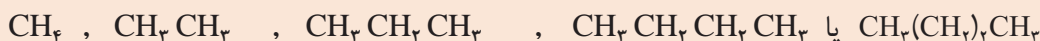
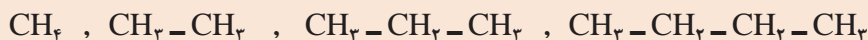
تمرین ۱



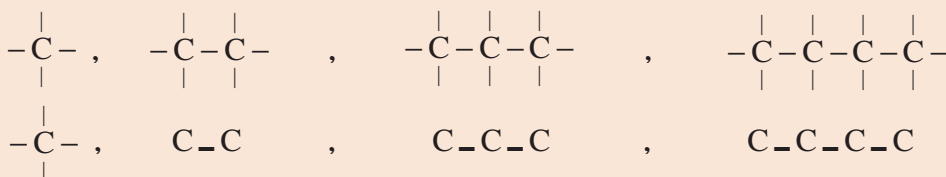
- ۱- فرمول مولکولی آلکانی را که ۶ اتم کربن دارد، بنویسید و یک فرمول الکترون نقطه‌ای و همچنین فرمول ساختاری برای آن رسم کنید.
- ۲- فرمول مولکولی آلکان‌ها را از C<sub>۷</sub> تا C<sub>۱۰</sub> بنویسید.

یادآوری

برای صرفه‌جویی در کاغذ، همچنین آسان کردن فرمول‌نویسی، به جای فرمول ساختاری گسترده می‌توان فرمول این مواد را «به صورت متراکم» نوشت:



متان                      اتان                      پروپان                      بوتان



## ۴-۴- نام گذاری آلکان ها

در اینجا برای نام گذاری ترکیبات آلی قواعد کلی نام گذاری آلکان ها را ارائه نموده، سپس آن را به سایر ترکیب های آلی تعمیم می دهیم. نام هر ترکیب آلی از سه بخش تشکیل شده است:

### پیشوند + ریشه + پسوند

**ریشه:** ریشه تعداد اتم های کربن در بلندترین زنجیر پیوسته در مولکول را مشخص می کند، بر مبنای اعداد یونانی بیان می شود. در جدول (۴-۲) ریشه ده آلکان اولیه نشان داده شده است.

جدول (۴-۲) نام و فرمول های ده آلکان اولیه (ریشه)

فرمول ساختاری متراکم	فرمول مولکولی	نام آلکان
$\text{CH}_4$	$\text{CH}_4$	متان
$\text{CH}_3-\text{CH}_3$	$\text{C}_2\text{H}_6$	اتان
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	$\text{C}_3\text{H}_8$	پروپان
$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_2-\text{CH}_3$	$\text{C}_4\text{H}_{10}$	بوتان
$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_3-\text{CH}_3$	$\text{C}_5\text{H}_{12}$	پنتان
$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}_3$	$\text{C}_6\text{H}_{14}$	هگزان
$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_5-\text{CH}_3$	$\text{C}_7\text{H}_{16}$	هپتان
$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_6-\text{CH}_3$	$\text{C}_8\text{H}_{18}$	اکتان
$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}_3$	$\text{C}_9\text{H}_{20}$	نونان
$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_8-\text{CH}_3$	$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$	دکان

**پسوند:** پسوند نوع ترکیب آلی مولکول را مشخص می سازد، یعنی گروه عاملی کلیدی که مولکول دارد را تعیین می کند. پسوند بعد از ریشه می آید.

**پیشوند:** هر پیشوند یک گروه متصل به زنجیر اصلی و شماره کربنی را که به آن وصل شده است، مشخص می کند. پیشوندهایی که شاخه های هیدروکربنی را مشخص می سازند، با ریشه ها نام یکسانی داشته و در انتها «یل» دارند (جدول ۴-۳). مانند متیل، اتیل، پروپیل و ...

جدول (۳-۴) نام ۸ آلکیل (پیشوندها)

ریشه	تعداد اتم‌های کربن	نام آلکیل
meth	۱	متیل
eth	۲	اتیل
prop	۳	پروپیل
but	۴	بوتیل
pent	۵	پنتیل
hex	۶	هگزیل
hept	۷	هپتیل
oct	۸	اکتیل

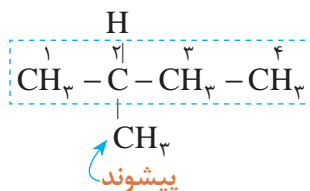
۵ اگر پیشوند (شاخه‌ها) بیش از یک مورد باشد از یک سر مولکول شماره‌گذاری کنید و به هر شاخه شماره‌ای بدهید. توجه داشته باشید شماره‌گذاری را طوری انجام دهید که مجموع شماره‌های شاخه‌ها کوچک‌ترین حالت را داشته باشد.

۶ در خواندن نام پیشوندها از قانون الفبایی انگلیسی تبعیت کنید.

### دستورالعمل نام‌گذاری ترکیب‌های آلی

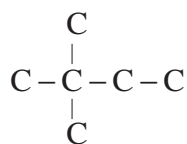
- بلندترین زنجیر را نام‌گذاری کنید (ریشه).
- نوع ترکیب را مشخص کنید (پسوند).
- اگر ترکیب چند شاخه داشت، همه شاخه‌ها را نام‌گذاری کنید (پیشوند).
- برای خواندن از دستورالعمل «پیشوند+ریشه+پسوند» استفاده کنید.

### مثال: ترکیب زیر را نام‌گذاری کنید:



پاسخ:  
 ریشه: بلندترین زنجیر دارای ۴ کربن بوده، بنابراین «بوت» نام دارد.  
 پسوند: ترکیب یک آلکان بوده بنابراین پسوند ترکیب «آن» (ane) خواهد بود.  
 پیشوند: یک شاخه با یک کربن دارد، بنابراین «متیل» نام خواهد داشت.  
 شماره‌گذاری از سیستمی انجام شود که به پیشوند (شاخه) شماره کوچک‌تری تعلق گیرد. در این ترکیب بنابراین نام ترکیب به صورت زیر تعیین می‌شود:  
 پیشوند به کربن شماره ۲ زنجیر اصلی متصل است.  
 «شماره و نام پیشوند + ریشه + پسوند»  
 ۲-متیل (پیشوند) + «بوت» ریشه (زنجیر اصلی چهار کربن دارد) + «آن (ane)» پسوند (ترکیب یک آلکان است) به عبارت دیگر نام ترکیب «۲-متیل، بوتان» خواهد بود.

نکته

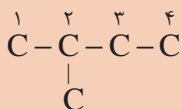


اگر دو یا تعداد بیشتری پیشوند مشابه در یک ترکیب باشد، برای خواندن نام ترکیب ابتدا شماره پیشوند ها سپس تعداد آنها با اعداد یونانی (دی، تری و...) بیان می شود. مانند ۲،۲-دی متیل بوتان

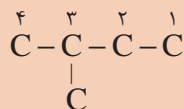
پرسش



۱- کدام شماره گذاری برای زنجیره جانبی ترکیبات ذیل صحیح می باشد؟



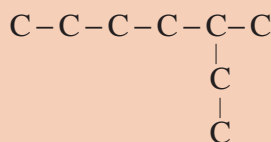
(۲)



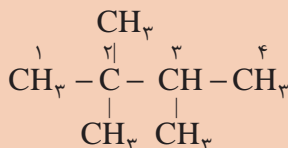
(۱)

۲- کدام نام برای ترکیب زیر صحیح است؟

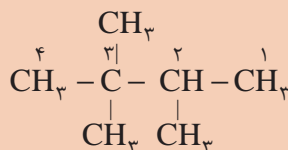
(الف) ۲-اتیل، هگزان یا (ب) ۳-متیل، هپتان



۳- کدام نام گذاری صحیح است؟

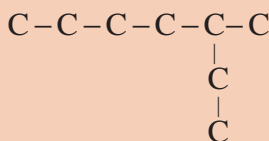


(ب) ۲، ۲، ۳-تری متیل بوتان

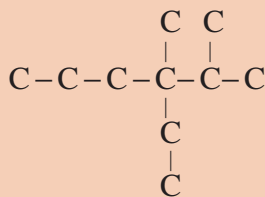


(الف) ۲، ۳، ۳-تری متیل بوتان

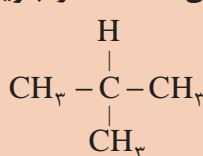
۴- نام ترکیب های داده شده را بنویسید.



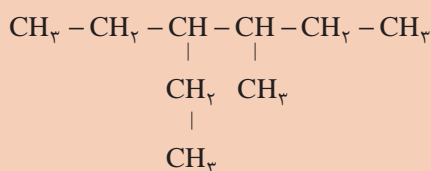
(۳)



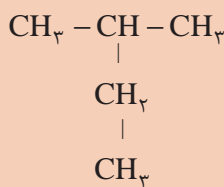
(۲)



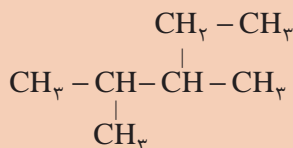
(۱)



(۶)



(۵)



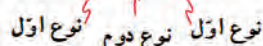
(۴)

## ۵-۴- انواع اتم کربن

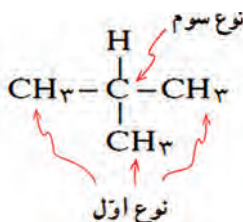
در برخی موارد، با ۴ واژه کربن نوع اول، کربن نوع دوم، کربن نوع سوم و کربن نوع چهارم مواجه می‌شویم که در اینجا به تعریف آنها می‌پردازیم:

**کربن نوع اول:** هرگاه اتم کربن در یک مولکول، فقط با یک اتم کربن دیگر پیوند داشته باشد، آن را کربن نوع اول می‌نامند. برای مثال، در مولکول اتان  $C-C$ ، دو اتم کربن نوع اول وجود دارد، زیرا هر کربن به یک اتم کربن دیگر متصل است. (ضمناً اتم کربن در متان نیز استثناً نوع اول به‌شمار می‌رود).

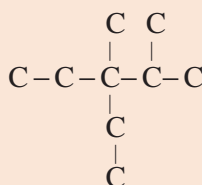
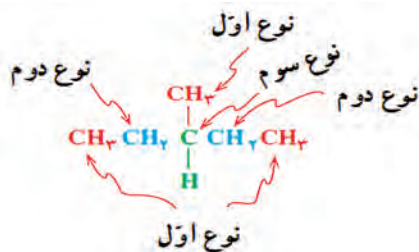
**کربن نوع دوم:** هرگاه اتم کربن در یک مولکول، با دو اتم کربن دیگر پیوند داشته باشد، آن را اتم کربن نوع دوم می‌نامند. برای مثال در مولکول پروپان ( $C-C-C$ )، اتم‌های کربن ۱ و ۳ از نوع اول و اتم کربن شماره ۲ از نوع دوم است.



**کربن نوع سوم:** هرگاه اتم کربن در یک مولکول، با سه اتم کربن دیگر پیوند داشته باشد، آن را کربن نوع سوم می‌نامند. برای مثال در مولکول ۲-متیل پروپان ۳ اتم کربن نوع اول و یک اتم کربن نوع سوم وجود دارد.



**کربن نوع چهارم:** هرگاه اتم کربن در یک مولکول، با چهار اتم کربن دیگر پیوند داشته باشد، آن را کربن نوع چهارم می‌نامند. برای مثال، در مولکول ۲،۲-دی‌متیل پروپان، چهار اتم کربن نوع اول، و یک اتم کربن نوع چهارم وجود دارد.



نام ترکیب و نوع اتم‌های کربن را در مولکول زیر مشخص کنید.

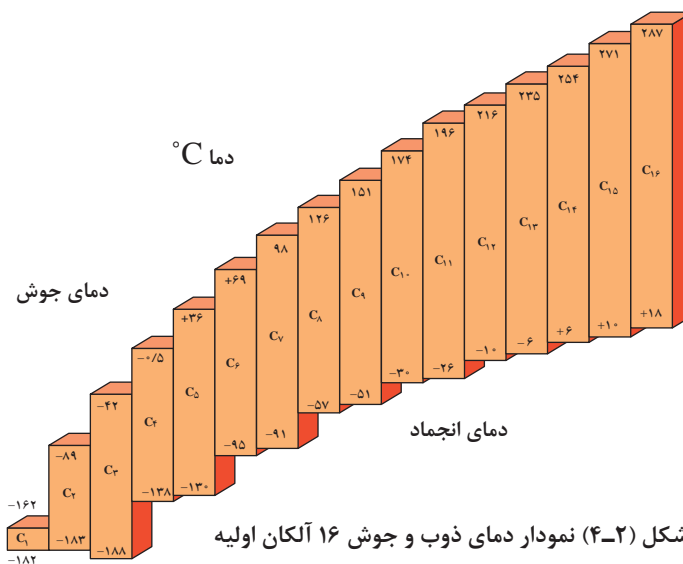
تمرین



## ۴-۶- خواص فیزیکی آلکان‌ها

### دمای جوش و ذوب آلکان‌ها

آلکان‌ها، تغییر تدریجی نسبتاً منظمی در خواص فیزیکی از خود نشان می‌دهند. در دمای اتاق، هومولوگ‌های سبک‌تر به صورت گاز یا مایع بی‌رنگ هستند، در صورتی که هومولوگ‌های سنگین‌تر جامدند. شکل (۴-۲) نمودار دماهای جوش و ذوب ۱۶ آلکان نرمال اولیه را نشان می‌دهد.



شکل (۴-۲) نمودار دمای ذوب و جوش ۱۶ آلکان اولیه

با توجه به نمودار داده شده به سؤال‌های زیر پاسخ دهید:

۱- گاز بوتان که بخش اصلی گاز مایع را تشکیل می‌دهد، در فشار یک جو، در چه دمایی ممکن است مایع شود؟ چنانچه آن را در کپسول گاز تحت فشار وارد کنند، آیا زودتر مایع می‌شود یا دیرتر؟ چرا؟

۲- بخش اعظم گاز طبیعی که در شبکه لوله‌کشی گاز شهرها و روستاهای ایران جریان دارد، متان و مقداری نیز اتان است. چرا این گاز را نیز، مانند بوتان در استوانه تحت فشار به صورت گاز مایع پخش نمی‌کنند؟

۳- هرگاه بدانید که بنزین، شامل مولکول‌های C<sub>8</sub> تا C<sub>10</sub> است، حدود تقریبی دمای جوش بنزین چقدر است؟ (منظور از چه دمایی تا چه دمایی؟)

۴- هرگاه بدانید که نفت سفید مخلوطی از مولکول‌های C<sub>9</sub> تا C<sub>16</sub> است، اولاً: حدود تقریبی دمای جوش آن چقدر است؟ ثانیاً: چرا روشن کردن نفت سفید با یک چوب کبریت، دیرتر از بنزین صورت می‌گیرد؟

۵- نظام کلی مشاهده شده در مورد رابطه دماهای جوش با اندازه مولکول‌های آلکان و وزن آنها چیست؟

پرسش



۶- میانگین افزایش دمای جوش، به ازای افزایش یک اتم کربن در مولکول‌های آلکان‌های  $C_8$  تا  $C_{12}$  چقدر است؟

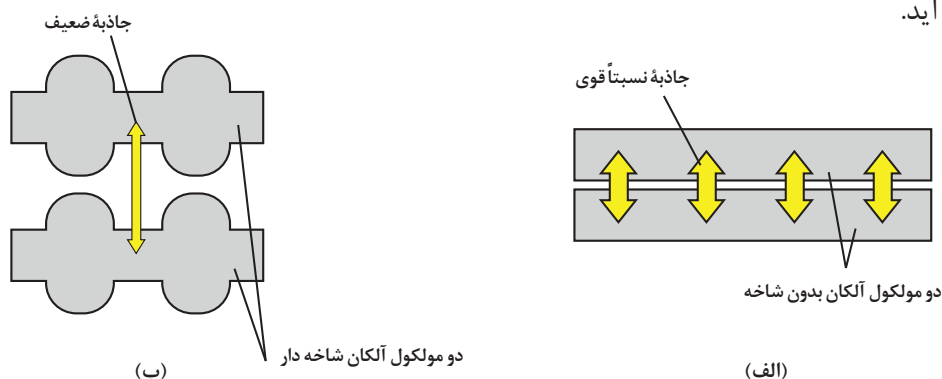
۷- با توجه به شکل (۲-۴)، آیا می‌توان پیش‌بینی کرد که نفت سفید در یک روز زمستانی بسیار سرد ایران، منجمد شود یا نه؟ هگزان چگونه؟

### نیروهای جاذبه و اندروالسی میان مولکول‌های آلکان‌ها:

مولکول‌های آلکان‌ها، معمولاً غیر قطبی هستند، بنابراین در حالت مایع و جامد، نیروهای جاذبه ضعیف و اندروالسی از نوع لاندن میان مولکول‌های آنها برقرار است. هرچه بر حجم و وزن مولکول‌ها افزوده شود، سطح تماس میان آنها بیشتر شده، بر میزان نیروهای جاذبه و اندروالسی افزوده می‌شود. نتیجه آنکه این مولکول‌ها نیاز به کسب انرژی گرمایی بیشتری دارند تا از حالت مایع به حالت گاز تبدیل شوند، و یا از حالت جامد به حالت مایع بروند. یک مورد کاربرد برای این نظام، آن است که هرچه مولکول آلکان مایع کوچک‌تر و سبک‌تر باشد مانند (بنزین)، فشار بخار و فراریت آن بیشتر است. (بنزین خیلی زودتر از نفت سفید تبخیر می‌شود). به همین دلیل بر خطرات نگهداری آلکان‌های سبک در منزل و کارگاه‌ها افزوده می‌شود. تبخیر سریع بنزین در فضای بسته، مخلوط قابل انفجاری با هوا پدید می‌آورد که فقط در انتظار یک جرقه کوچک است.

### مقایسه دمای جوش یک آلکان با دمای جوش یک ایزومر شاخه دار آن:

نکته مهمی را که باید در مورد دماهای جوش هیدروکربن‌ها یادآور شویم، آن است که هرچه بر تعداد شاخه‌های فرعی مولکول آلکان افزوده شود، به احتمال زیاد، دمای جوش آن پایین می‌آید. شکل (۳-۴) الف الگوی برای نمایش دو مولکول آلکان نرمال (مثلاً n بوتان) را نشان می‌دهد. به علت نبود شاخه، امکان تماس اتم‌ها در دو زنجیر مجاور بیشتر است. بنابراین، بر نیروهای جاذبه و اندروالسی افزوده می‌شود و دمای جوش آلکان اندکی بالا می‌رود. شکل (۳-۴) ب، الگوی برای نمایش دو آلکان شاخه دار است. در اینجا فاصله میان مولکول‌های مجاور بیشتر است و از نیروهای جاذبه و اندروالسی و دمای جوش کاسته می‌شود. برای اطمینان یافتن از صحت این نظام، آن را در مورد ایزومرهای پنتان امتحان می‌کنیم. پیش‌بینی ما این است که هرچه بر تعداد شاخه‌ها افزوده شود، دمای جوش پایین می‌آید.



شکل (۳-۴) اتم‌ها در زنجیرهای بدون شاخه مجاور، خیلی به یکدیگر نزدیک هستند و در زنجیرهای شاخه دار، اندکی دورتر قرار دارند.

جدول (۴-۴) مقایسه دمای جوش ایزومرهای پنتان

دمای جوش (°C)	فرمول ساختاری	فرمول متراکم	نام فرمول
+۳۶	$  \begin{array}{ccccccc}  & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \\  &   &   &   &   &   & \\  \text{H} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{H} \\  &   &   &   &   &   & \\  & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} &   \end{array}  $	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	پنتان نرمال
+۳۰	$  \begin{array}{ccccccc}  & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & & \\  &   &   &   &   & & \\  \text{H} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{H} & \\  &   &   &   &   & & \\  & \text{H} & \text{H} & & \text{H} & & \\  & & & \text{H}-\text{C}-\text{H} & & & \\  & & &   & & & \\  & & & \text{H} & & &   \end{array}  $	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3$	۲-متیل، بوتان
+۹/۵	$  \begin{array}{ccccccc}  & & \text{H} & & & & \\  & &   & & & & \\  & & \text{H}-\text{C}-\text{H} & & & & \\  & &   & & \text{H} & & \\  & \text{H} & & &   & & \text{H} \\  &   & & &   & &   \\  \text{H} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{H} & & \\  &   & & &   & & \\  & \text{H} & & & \text{H} & & \\  & & & \text{H}-\text{C}-\text{H} & & & \\  & & &   & & & \\  & & & \text{H} & & &   \end{array}  $	$  \begin{array}{c}  \text{CH}_3 \\    \\  \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH} \\    \\  \text{CH}_3  \end{array}  $	۲ و ۲-دی‌متیل، پروپان

دماهای جوش که به طریق تجربی به دست آمده، صحت پیش‌بینی ما را تأیید می‌کند.

### حل شدن آلکان‌ها در حلال‌ها

به‌طور کلی، قاعده «قطبی در قطبی و غیرقطبی در غیرقطبی حل می‌شود» کم و بیش، در آلکان‌ها صدق می‌کند. مولکول‌های آلکان‌ها، غیر قطبی هستند. بنابراین در آب که یک مایع قطبی است، حل نمی‌شود. (نفت در آب حل نمی‌شود). ولی این مولکول‌ها در حلال‌های غیرقطبی، کم و بیش حل می‌شوند (بنزین در نفت حل می‌شود قیر نیز در نفت حل می‌شود).

چرا تفکیک نفت از آب، به وسیله قیف جدا کننده به آسانی انجام می‌گیرد؟ دو دلیل ارائه دهید.

تمرین



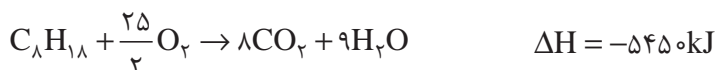


## ۷-۴- خواص شیمیایی آلکان ها

آلکان ها با اغلب واکنش گرما و واکنشی انجام نمی دهند. به دلیل عدم تمایل آلکان ها برای شرکت در اغلب واکنش های شیمیایی در شرایط عادی، آنها را هیدروکربن های پارافینی می نامند. یک آلکان با سولفوریک اسید غلیظ، نیتریک اسید، سدیم هیدروکسید، پتاسیم پرمنگنات واکنش ندارد. با وجود این، آلکان ها مواد کاملاً بی اثری نیستند و از دو ویژگی مهم قابلیت سوختن و ترکیب با هالوژن ها برخوردارند.

### سوختن آلکان ها در هوا یا اکسیژن

آلکان ها به آسانی و به کمک شعله در هوا می سوزند و به شدت گرما آزاد می کنند. به همین دلیل، آلکان ها مهم ترین منبع سوخت و تولید انرژی هستند. واکنش سوختن اکتان نرمال که بخش عمده بنزین را تشکیل می دهد، به قرار زیر است:



سوختن هومولوگ های سبک تر مانند گاز مایع و یا سنگین تر مانند نفت سفید نیز، به همین شیوه است.

**سوختن ناقص متان:** از سوختن ناقص متان در هوای محدود دوده تولید می شود.



### گرمای سوختن مولی و گرمای سوختن یک گرم از سوخت ها

انرژی که از سوختن یک مول ماده آزاد شده یا جذب می شود، «گرمای سوختن مولی»، همچنین انرژی که از سوختن یک گرم از ماده آزاد شده یا جذب می شود، گرمای سوختن یک گرم از سوخت ها گفته می شود.

از آنجا که گرمای سوختن اکتان، ۵۴۵۰ کیلوژول بر مول است، می توان گرمای سوختن یک گرم آن را حساب کرد.

$$C_8H_{18} = 8 \times 12 + 18 = 114 \text{ گرم}$$

$$\text{اکتان } 1 \text{ g} \times \frac{5450 \text{ (KJ mol}^{-1}\text{)}}{114 \text{ g mol}^{-1}} = 47.8 \text{ KJ}$$

هرگاه چگالی نوع بنزین با این فرض که همه آن از اکتان تشکیل شده باشد، برابر ۰/۷ گرم بر سانتی متر مکعب باشد، گرمای سوختن یک لیتر بنزین را حساب کنید.

تمرین



## جدول (۴-۵) گرمای مولی و گرمای سوختن یک گرم از چند آلکان

گرمای سوختن مولی ( $\text{Kj/mol}^{-1}$ )	گرمای سوخت یک گرم ( $\text{Kj/g}$ )	فرمول مولکولی	هیدروکربن
۸۱۰	۵۰/۶	$\text{CH}_4$	متان
۱۵۶۰	۵۲	$\text{C}_2\text{H}_6$	اتان
۲۲۰۰	۵۰	$\text{C}_3\text{H}_8$	پروپان
۲۸۵۹	۴۹/۳	$\text{C}_4\text{H}_{10}$	بوتان
۳۵۱۰	۴۸/۸	$\text{C}_5\text{H}_{12}$	پنتان
۴۱۴۱	۴۸/۲	$\text{C}_6\text{H}_{14}$	هگزان
۴۸۱۷	۴۸/۲	$\text{C}_7\text{H}_{16}$	هپتان
۵۴۵۰	۴۷/۸	$\text{C}_8\text{H}_{18}$	اکتان

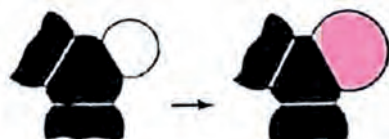
تمرین



۱- در جدول (۴-۵) مقدار تقریبی گرمای سوختن یک گرم از انواع سوخت‌های ارائه شده، چه نظمی دیده می‌شود؟

۲- به نظر شما، کدام هیدروکربن، بهترین سوخت است؟ شرایط را توضیح دهید.

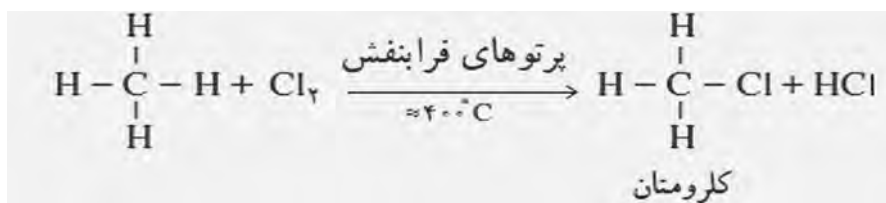
## واکنش‌های جانشینی در آلکان‌ها:



در یک واکنش جانشینی، یک اتم (یا مجموعه‌ای از اتم‌ها) از مولکول اولیه جدا شده، و اتمی دیگر (یا مجموعه‌ای از اتم‌ها) جانشین آن می‌شود. اتم جایگزین شده در آلکان‌ها، هیدروژن است.

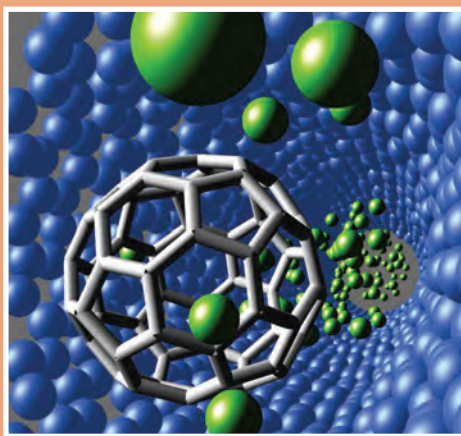
شکل (۴-۴)، خروج یک اتم هیدروژن (سفید) و جانشین شدن آن به شکل (۴-۴) نمایش واکنش جانشینی در آلکان‌ها وسیله یک اتم کلر (سرخ) را به نمایش می‌گذارد.

برای مثال واکنش گاز متان و کلر را در نظر می‌گیریم. در این واکنش یک اتم هیدروژن از متان جدا شده، و یک اتم کلر جانشین آن می‌شود. این واکنش در حضور پرتوهای فرابنفش و در دمای  $4000^\circ\text{C}$  انجام می‌گردد.



## فصل ۵

# فناوری و نوآوری‌ها



در نیمه دوم قرن بیستم، فناوری‌های جدیدی پدید آمد که در علم و صنعت و همچنین در زندگی انسان تأثیر بسیار گذاشت. از جمله این فناوری‌ها می‌توان فناوری نانو (نانو تکنولوژی)، فناوری زیستی (بیوتکنولوژی)، شیمی سبز و... را نام برد.

## ۱-۵- فناوری نانو

### تاریخچه فناوری نانو

در سال ۱۹۵۹ ریچارد فیمنن، دانشمند و تئوری پرداز، با ارائه نظریاتش اولین قدم را به سمت فناوری نانو برداشت. از آن روز تا کنون، این فناوری همواره چه از جهت مفهوم و چه از جهت کاربرد در علوم و صنایع، موضوع پژوهش بسیاری از محققان در سراسر جهان قرار گرفته است. نتایج کاربردی حاصل از این پژوهش‌ها، تحولات زیادی را در زمینه‌های مختلف نشان می‌دهد. خوشبختانه در سرزمین ما نیز ضرورت داشتن برنامه بلند مدت برای توسعه فناوری نانو مورد توجه مسئولان و متخصصان کشور واقع شده و تشکیل «ستاد ویژه توسعه فناوری نانو» در پاییز ۱۳۸۲ با همین هدف صورت گرفته است. ستاد ویژه توسعه فناوری نانو می‌کوشد تا از طریق ایجاد چشم‌انداز، ارائه تسهیلات، ایجاد بازار و رفع مشکلات، زمینه فعالیت تمام نهادها و تولید ثروت در جامعه را فراهم آورد.

● [www.nano.ir](http://www.nano.ir) ستاد ویژه توسعه فناوری نانو

● [www.nanoclub.ir](http://www.nanoclub.ir) باشگاه دانش آموزی

### فناوری نانو چیست؟

در این بخش ابتدا با مفاهیم نانو، نانومتر و نانو ذرات آشنا می‌شویم و سپس به تعریف «فناوری نانو» می‌پردازیم. نانو، نانومتر: پیشوند نانو یک کلمه یونانی است. در بحث اندازه‌گیری به معنی یک میلیاردم ( $10^{-9}$ ) است. بنابراین، یک نانومتر (1nm)، یک میلیاردم متر ( $10^{-9}$ m) است. آیا این اندازه را می‌توانید تصور کنید؟ به جدول ۱-۵ نگاه کنید.

جدول (۱-۵) اندازه متوسط چند نمونه

ماده	اندازه (mm)
قطر یک تار مو	۵۰۰۰۰
باکتری	۱۰۰۰
ویروس	۱۰۰
مولکول آسپرین	۱
۱۰ اتم هیدروژن در یک خط	۱



شکل (۱-۵) نسبت ابعاد یک نانو متر به یک توپ فوتبال مانند تناسب یک توپ فوتبال با کره زمین است.

**نانو ذرات:** نانو ذره و نانو فناوری نام‌های نسبتاً جدیدی هستند، اما مدت‌ها قبل از اینکه نامی برای آنها انتخاب شود، نانو ذرات وجود داشته و توسط بشر مورد استفاده و آزمایش قرار گرفته است. برای مثال بسیاری از رنگ‌های زیبایی شیشه‌های رنگی پنجره‌ها ناشی از وجود ذرات ریز اکسیدهای فلزی است. ذرات با اندازه‌های متفاوت، طول موج‌های مختلفی از نور را پراکنده می‌کنند که موجب به وجود آمدن رنگ‌های متنوع در شیشه می‌شود. ذرات کلوییدی ریز نقره جزئی از فرایند تشکیل عکس در عکاسی است. آب در دمای محیط شامل خوشه‌هایی<sup>۱</sup> از مولکول‌های آب با پیوند هیدروژنی است. معمولاً، نانو ذرات به تعدادی از اتم‌ها یا مولکول‌ها، که به هم متصل شده‌اند و شعاعی بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر دارند، اطلاق می‌شود.

**تعریف فناوری نانو و اهمیت آن:** از تعاریف متعددی که درباره فناوری نانو وجود دارد، دو نمونه در زیر بیان شده است:

الف) فناوری نانو به معنای توسعه، ساخت، طراحی و استفاده از محصولاتی است که اندازه آنها بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر قرار دارد.

ب) فناوری نانو به معنای قابلیت تولید مواد، ابزارها و سامانه‌های جدید با کنترل ماده در سطوح مولکولی و اتمی و بهره‌برداری از خواصی است که در آن سطوح ظاهر می‌شوند.

از این تعریف چنین برمی‌آید که فناوری نانو یک رشته جدید نیست، بلکه رویکردی جدید در تمام رشته‌هاست. این فناوری می‌تواند در تمام صنایعی که بشر تاکنون به آنها دست یافته است، اثرگذار باشد. برای این فناوری کاربردهایی در زمینه‌های مختلف دارو، غذا، تشخیص پزشکی تا الکترونیک، کامپیوتر، ارتباطات، انرژی، محیط‌زیست، مواد و هوا فضا برشمردند. از این رو، تحولات زیادی را در صنایع مختلف به وجود آورده و همچنین به وجود خواهد آورد. تعریف فناوری نانو با توجه به ماهیت و زمینه‌های گسترده فعالیت آن، درعین سادگی بسیار دشوار است. شاید بتوان گفت هنوز تعریف جامعی، که بیان‌کننده تمام خصوصیات این پدیده باشد، ارائه نشده است.

## ۲-۵- ویژگی‌های نانو ذرات

با کاهش اندازه ذرات از میکرو به نانو، تعدادی از خواص فیزیکی، شیمیایی و الکتریکی آن به دلایلی تغییر می‌کند. در اینجا به ذکر دو دلیل اکتفا می‌شود. یکی از دلایل، افزایش مساحت کل سطح ذرات نسبت به حجم آنهاست. وقتی یک قطعه را چند قسمت می‌کنیم حجم کل ثابت می‌ماند یعنی حجم قطعه اولیه دقیقاً برابر با جمع حجم همه تکه‌هاست اما در طی این فرایند مجموع سطح بیرونی تکه‌ها چند برابر سطح بیرونی قطعه اولیه خواهد شد.



مکعبی به ضلع ۲ سانتی متر در نظر بگیرید. اگر آن را به مکعب‌هایی به ضلع ۱ سانتی متر تقسیم کنیم ۸ مکعب کوچک‌تر به دست می‌آید:

$$\begin{aligned} \text{سانتی‌متر مربع } S &= 6 \times 2^2 = 24 \\ \text{سانتی‌متر مربع } S' &= 6 \times 1^2 = 6 \\ \text{سانتی‌متر مربع } &= 8 \times 6 = 48 \end{aligned}$$

مشاهده می‌کنید که مساحت کل دو برابر شده است.

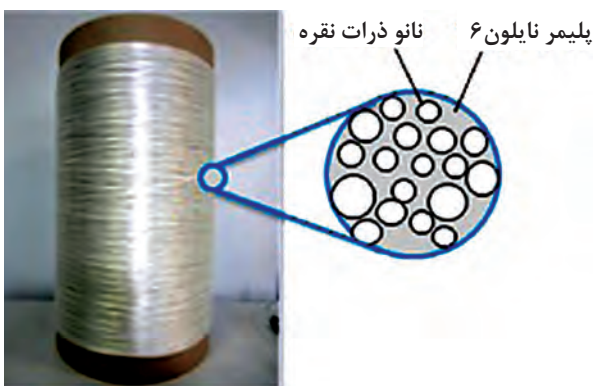
اگر ابعاد یک مکعب به طول ضلع  $n$  به مکعب‌های کوچک‌تری با ابعاد  $\frac{1}{n}$  تبدیل شود، سطح کلی آن چقدر تغییر می‌کند؟

پرسش



از آنجا که بسیاری از تبدلات مهم شیمیایی و فیزیکی از طریق سطح انجام می‌گیرد، این ویژگی، واکنش پذیری نانو ذرات را به شدت افزایش می‌دهد. مثلاً نانو ذرات فلزی به محض قرار گرفتن در هوا به سرعت اکسید می‌شوند. علاوه بر این ازدیاد در سطح خارجی ذرات مواد، عامل مهمی است و در کارکرد کاتالیزگرها و ساختارهایی همچون الکترودها یا در افزایش کارایی فناوری‌هایی همچون باتری‌ها نقش اساسی دارد.

۱- کاتالیزگر ماده‌ای است که اگر به مخلوط واکنشی اضافه شود، سرعت واکنش را بدون آنکه خود دستخوش تغییر شیمیایی شود، تغییر می‌دهد.



برخی از نانو ذراتی که تاکنون مورد استفاده قرار گرفته‌اند، عبارت‌اند از آهن (III) اکسید ( $Fe_2O_3$ )، سیلیسیم دی اکسید ( $SiO_2$ )، تیتانیم دی اکسید ( $TiO_2$ )، روی (II) اکسید ( $ZnO$ ) و فلز نقره ( $Ag$ ).

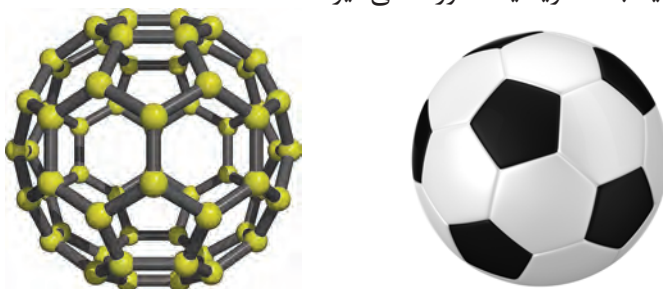
نانو ذرات نقره به داشتن خصوصیت ضد میکروبی مشهور است. نانو نقره کاتالیست است و می‌تواند بر میکروب‌ها (باکتری‌ها، ویروس‌ها، قارچ‌ها) اثر کند و آنها را از بین ببرد. در عین حال، حساسیت و آلرژی ایجاد نمی‌کند، ضد الکتریسیته ساکن است و برای انسان و محیط‌زیست ضرری ندارد. به همین دلیل کاربردهای گسترده‌ای در بخش پزشکی، مواد بهداشتی و آرایشی، نساجی، رنگ، کاشی، سرامیک و غیره برای آن وجود دارد.

شکل (۲-۵) برخی از موارد گسترده کاربرد نانو ذره نقره

## نانو ساختارهای کربن

در بخش‌های قبلی با نقش مهم پیوندهای کربن-کربن در مولکول‌های آلی و ماهیت منحصر به فرد خود پیوند کربن، آشنا شدید. در واقع ماهیت متنوع این پیوند است که به کربن امکان می‌دهد نانو ساختارهایی به نام فولرن<sup>۱</sup>ها و نانو لوله کربنی<sup>۲</sup> داشته باشد.

**فولرن  $C_{60}$** : در این مولکول ۶۰ اتم کربن در ساختاری شبیه توپ فوتبال گرد هم آمده‌اند. قطر آن کمتر از یک نانومتر است و استفاده‌های فراوانی از آن به ویژه در مصارف پزشکی، ابررساناها و در آینده به عنوان بخشی از سلول‌های تبدیل نور خورشید به الکتریسیته صورت می‌گیرد.



شکل (۳-۵) فولرن ( $C_{60}$ ) ساختاری شبیه توپ فوتبال دارد

۱- Fulleren

۲- Carbon nanotube

**نانو لوله‌های کربنی و خواص آنها:** ساختار نانو لوله کربنی مانند یک صفحه گرافیت است که به شکل یک لوله درآمده و دو طرف آن توسط پیوندهای موجود در انتهای صفحه بسته شده است (اگرچه در واقع، نانو لوله‌های کربنی از صفحات گرافیت پیچیده شده ساخته نشده‌اند اما این روشی است که برای توصیف ساختارهای مختلف آن به کار می‌رود).

فعالیت

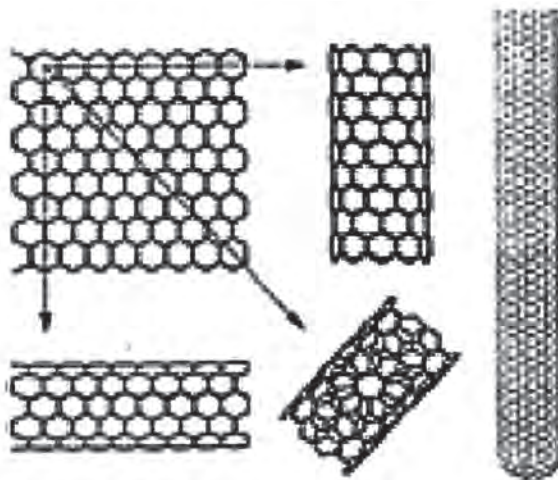


نانو لوله کاغذی بسازید:

۱- بر روی یک صفحه با رسم شش ضلعی‌های منتظم در کنار یکدیگر، یک صفحه گرافیتی بسازید.

۲- این صفحه را می‌توانید به سه شکل متفاوت به یکدیگر وصل کنید (با توجه به شکل ۴-۵) و هر شکل از این نانو لوله‌ها خواص متفاوتی نیز دارند.

نانو لوله‌های کربنی به صورت نانو لوله‌های تک دیواره<sup>۱</sup> و چنددیواره<sup>۲</sup> نیز وجود دارند. یک نانو لوله تک دیواره، قطری حدود چند نانومتر و طولی هزاران برابر بیشتر دارد (به طور مثال قطر ۲nm و طول ۱۰ μm) و می‌تواند به یک ساختار تک بعدی تبدیل گردد، که به آن نانوسیم<sup>۳</sup> می‌گویند. نانو لوله‌های چند دیواره، استوانه‌های هم محور کربنی با قطرهای حدود (۱۰-۱۰۰nm) را تشکیل می‌دهند.



شکل (۴-۵) نانو لوله‌های کربنی تک دیواره

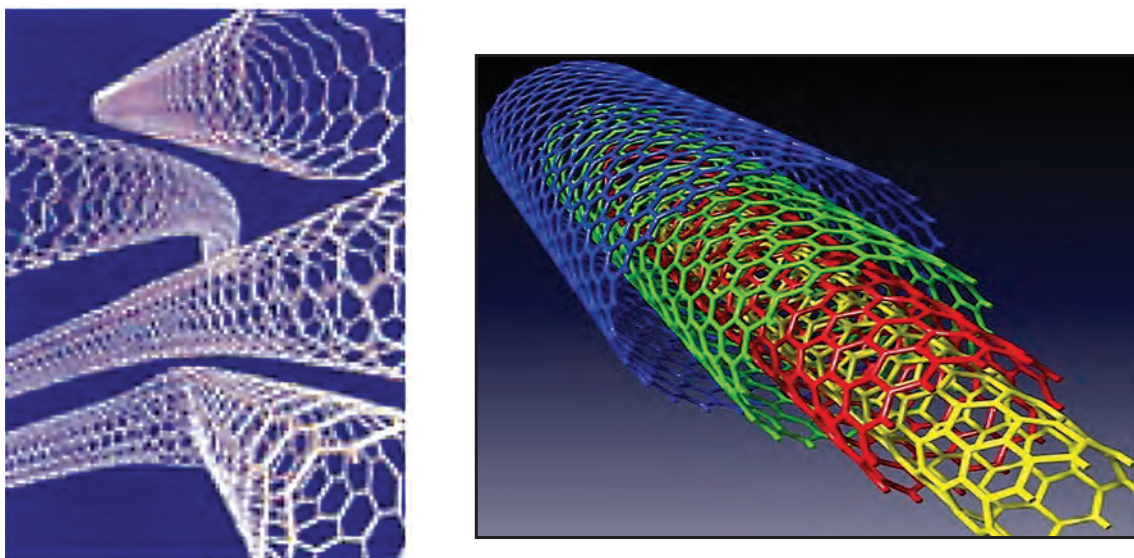
۱- SWNT: Single Wall Nano Tube

۲- MWNT: Multy Wall Nano Tube

۳- Nano Wire



این ساختارهای متعدد (شکل ۵-۵) خواص متفاوتی نیز دارند. ولی به طور کلی این لوله‌های بسیار بلند و نازک ساختارهایی پایدار و مقاوم و انعطاف‌پذیر دارند. آنها مانند کاه هستند، کج می‌شوند اما نمی‌شکنند و می‌توانند بدون هرگونه آسیبی به حالت اول برگردند. استحکام (کششی و خمشی) نانو لوله‌های تک دیواره در حدود ۱۰۰ برابر فولاد است، در حالی که حدود ۶ برابر سبک‌ترند. رسانایی حرارتی آنها از الماس که بهترین هدایت‌گر حرارتی شناخته شده است، بیشتر است. ویژگی مهم دیگر نانو لوله‌ها خاصیت فلزی یا نیمه رسانا بودن آنهاست.



شکل (۵-۵) نانو لوله‌های چند دیواره و خمیده

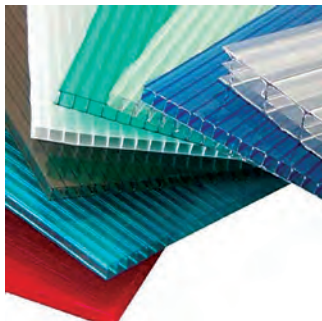
خواص شگفت‌انگیز نانو لوله‌های کربنی آنها را از کاربردهای گوناگونی برخوردار کرده است. برای مثال از آنها می‌توان در باتری‌ها، سل‌های ذخیره‌کننده انرژی، الیاف و کابل‌ها و مصارف دارویی و پزشکی استفاده کرد.

چرا به فولرن و نانو لوله‌های کربن، نانو ذره گفته می‌شود اما به الماس و گرافیت این عنوان تعلق نمی‌گیرد.

تحقیق کنید



## کامپوزیت‌ها



به منظور بهبود یا به دست آوردن خصوصیات جدید یک کالا، محصولی از ترکیب یا امتزاج دو یا چند جزء جدا از هم (مثل آلیاژ فلزات، سرامیک‌ها، پلیمرها و مواد زیستی) به دست می‌آید، که به آن کامپوزیت<sup>۱</sup> گویند. اگر یک یا چند جزء از آن دارای ابعاد متوسط کمتر از ۱۰۰nm باشد نانو کامپوزیت نامیده می‌شود.

گذشته از تمام خصوصیات ذاتی اجزا، نانو کامپوزیت‌ها می‌توانند از تک تک اجزای خود بهتر عمل کنند. با افزودن مقدار کمی نانو ساختار مناسب به محصول مورد نظر، می‌توان خواص مکانیکی الکتریکی، نوری و حرارتی و غیر آنها را در محصول جدید به دلخواه تغییر داد. نانو کامپوزیت‌های تشکیل

شده از نشاسته سیب‌زمینی و نانو ذرات کلسیم کربنات، مثالی در این خصوص است. این فوم نسبت به حرارت مقاومت خوبی دارد و سبک و زیست تخریب‌پذیر است و می‌تواند، در بسته‌بندی مواد غذایی به کار رود.

پلیمرهای تقویت شده با نانو ذرات (نانو کامپوزیت‌ها) می‌توانند از نظر اقتصادی برای فلزات جایگزین مناسبی باشند. این محصولات، محکم‌تر، استوارتر، سفت‌تر و شکل‌پذیرتر از فلزات‌اند، حال آنکه وزنشان کمتر از فلزات است و در برابر خوردگی مقاومت بیشتری دارند.

**یک نمونه کاربرد:** نانورس‌ها<sup>۲</sup> پرکننده‌هایی هستند که در مواد کامپوزیتی مورد استفاده قرار می‌گیرند. ویژگی نانو کامپوزیت حاصل کاهش وزن آن (حدود ۱۰ الی ۲۰ درصد) است. علاوه بر این در برابر نفوذ گازها مقاومت بیشتری پیدا می‌کنند. مثلاً نایلون ۶ با ۲ درصد نانو ذرات رس، در برابر نشت بنزین، پنج برابر بیشتر از نایلون ۶ معمولی مقاومت می‌کند. این فناوری برای ساخت باک بنزین و مخازن شیمیایی کاربرد دارد و قیمت مخازن را پایین می‌آورد. اکثر شرکت‌های بزرگ پلیمر در حال تحقیق روی فناوری‌های نانو کامپوزیت هستند تا به خواص جدیدی برای مصنوعات آینده برسند.

## ۳-۵- نانو فناوری و برخی کاربردهای آن



تا اینجا با چند نمونه از کاربردهای نانو فناوری آشنا شدید و دریافتید که دامنه تأثیر آن فقط به چند صنعت محدود نمی‌شود و حوزه گسترده‌ای از دانش‌ها و فناوری‌ها، مانند پزشکی، داروسازی، صنایع غذایی، مواد شیمیایی، انرژی، نساجی، الکترونیک، خودرو، لوازم بهداشتی و آرایشی و غیر آنها را در برمی‌گیرد هم اکنون کالاهای مختلفی که در زندگی روزمره کاربرد دارند، با استفاده از فناوری نانو با

۱- Composite

۲- Nano clay

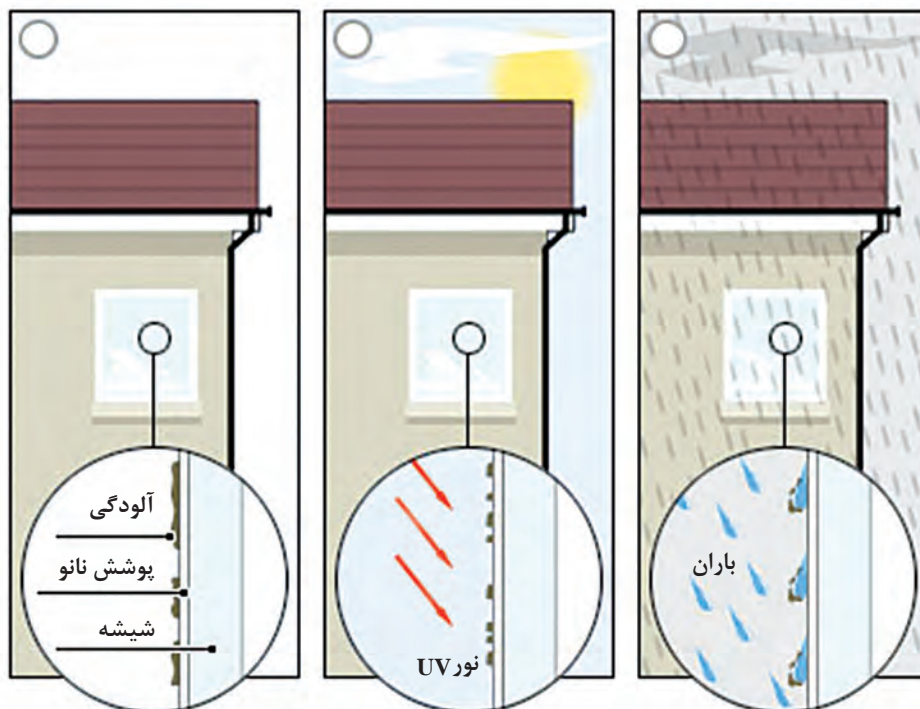
کیفیت بهتر و با خواصی متفاوت تولید می‌شوند. در زیر به برخی دیگر از نمونه‌های کاربردی اشاره می‌شود.

**کاتالیزگرها:** با اضافه نمودن ماده‌ای به نام کاتالیزگر می‌توان سرعت انجام واکنش شیمیایی را زیاد نمود. هرگاه دو یا چند واکنش شیمیایی به صورت متوالی یا هم‌زمان پیش روند، کاتالیزگر یکی از واکنش‌ها را به طور انتخابی نسبت به دیگری شتاب می‌دهد. ذکر این نکته ضروری است که خود کاتالیزگر در طی واکنش مصرف نمی‌شود. فعالیت یک کاتالیزگر با افزایش مساحت سطح کل در واحد حجم متناسب است. بنابراین، افزایش مساحت سطح نانو ذرات باعث می‌گردد تا عملکرد کاتالیزگری آنها به طور مؤثری بهبود یابد و سبب افزایش بازده واکنش شود. افزایش بازده نیز باعث می‌شود از رآکتورهای کوچک‌تر و در نتیجه ارزان‌تری استفاده شود.

کاتالیزگرها در بسیاری از صنایع از جمله داروسازی و صنعت نفت و پتروشیمی از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند.

**نانو روکش‌ها:** در اکثر صنایع، «پوشش دهی» آخرین مرحله تولید محصول است و این مرحله جهت ارتقای کیفیت محصول انجام می‌پذیرد. با افزودن افزودنی‌هایی در ابعاد نانو به مواد روکش‌ها، می‌توان نانو روکش‌هایی با ویژگی‌های جدید و جالب به دست آورد، مانند:

- شیشه‌های خود تمیز شونده: پوشش شیشه با نوعی نانو روکش حساس به نور موجب می‌شود تا سطح آن به نحو مؤثری تمیز شود. به این ترتیب که تابش نور خورشید به آن باعث می‌شود ذرات آلی چسبندگی خود را به سطح شیشه از دست بدهند (خاصیت کاتالیزگری) و به این ترتیب به دلیل خاصیت آب دوستی از سطح شیشه شسته شوند.



شکل (۵-۶) طرز کار شیشه خود تمیز شونده



شکل (۷-۵) پارچه و پیراهن ضد لک و ضد چروک

### کاربردهای نانو ذره در نساجی

این کاربردها را در سه بخش می توان خلاصه کرد:

- **لباس های ضد لک:** با اضافه نمودن ساختارهای مولکولی به الیاف پارچه، لباس های ضد لک، ضد آب و خودتمیزشونده تهیه شده است. این پارچه ها هیچ گونه آلودگی را جذب نمی کنند، مایعات بر روی آنها حرکت می کنند و جذب نمی شوند (مثل حرکت قطرات آب بر روی پره های غاز). لباس های دوخته شده با این پارچه ها چروک نمی شوند. در ایران نیز چند شرکت در زمینه این محصول فعال هستند و محصول آنها تجاری شده است.

- **منسوجات هوشمند:** تهیه منسوجات هوشمند مراحل آزمایشی را می گذراند. قابلیت الیاف آن به نحوی است که با حرارت یا برودت هوا تغییر ساختار می دهند و متناسب با تغییرات دمای هوا فشرده تر یا بازتر می شوند و پارچه را ضخیم تر یا نازک تر می کنند.

- **خاصیت ضد میکروبی:** اضافه نمودن نانو ذرات نقره به الیاف منسوجات آنها را از خاصیت ضد میکروبی مطلوبی برخوردار می کند. این منسوجات کاربری های مختلفی مانند منسوجات پزشکی و پوشاک عمومی دارند.

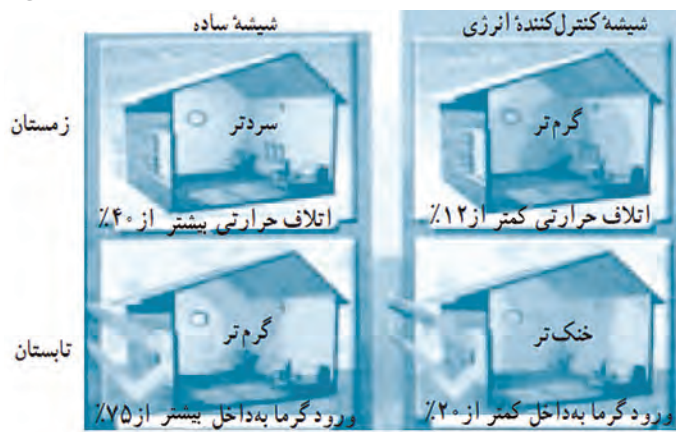


شکل (۸-۵) جوراب های حاوی نانو ذرات نقره، جهت جلوگیری از بوی بد پا و جلوگیری از عفونت پای افراد ورزشکار و دیابتی

### انرژی

در باتری ها، استفاده از نانو لوله های کربن به جای گرافیت در الکترودها ظرفیت آن را تا چند برابر افزایش می دهد. وجود روکش های نانویی بر روی شیشه های ساختمان در زمستان، از هدر رفتن انرژی جلوگیری می کند و نیز باعث می شود از ورود حرارت در تابستان به داخل ساختمان کاسته شود. در نتیجه هزینه سامانه گرمایشی در زمستان و سرمایشی در تابستان کاهش می یابد.

هرچه خودرو سنگین تر باشد سوخت بیشتری مصرف می کند. به همین جهت، استفاده از نانو کامپوزیت ها به جای فولاد (در ساخت خودرو) از وزن آن می کاهد و باعث می شود در مصرف سوخت خودروها بسیار صرفه جویی به عمل آید. با ترکیب برخی نانو ذرات و فولرن با روغن های موتور معمول، خواص روان کاری روغن ها بیشتر می شود و در نتیجه بازده انرژی افزایش می یابد.



شکل (۵-۹) شیشه‌های کنترل کننده انرژی

### فناوری نانو در پزشکی و داروسازی:

فناوری نانو قابلیت زیادی در تشخیص بهتر بیماری‌های موجود در بدن، به همراه درمان مؤثرتر دارد. همچنین، در ساخت دارو و رساندن آن به سلول‌های بیمار بسیار مؤثر است. برخی از کاربردهای نانو ذرات در پزشکی به شرح زیر می‌باشد:

- جهت درمان مؤثرتر سرطان، می‌توان از نانو ذراتی که حامل داروهای ضد سرطانی هستند استفاده کرد. یک تزریق ساده می‌تواند هزاران یا میلیون‌ها نانو ذره (نانو کپسول حامل دارو) را وارد جریان خون کند. این نانو ذرات درون سلول‌های سرطانی تجمع می‌کنند و داروی بیشتری در سلول بیمار قرار می‌دهند. در حالی که بر سلول‌های سالم اثری ندارند. و به این ترتیب بازده درمانی آنها بسیار بالا است.
- اسپری‌ها و مواد ضد عفونی کننده مبتنی بر نانو ذرات نقره در زخم بندی و انواع پانسمان‌ها (به منظور جلوگیری از عفونت) و امور پزشکی و بهداشتی کاربرد وسیعی دارند.
- داروهای جدید با ساختار نانو، تجزیه و تحلیل آزمایشگاهی بر روی یک تراشه، نانو مولکول‌هایی برای رشد و ترمیم استخوان و بازسازی آنها، نمونه‌های دیگری از این فناوری است.



- ۱- دو مورد از فناوری‌های نوین که امروزه در دنیای علم بسیار مورد توجه هستند را نام ببرید.
- ۲- فناوری نانو را تعریف کنید.
- ۳- اهمیت فناوری نانو در چیست؟
- ۴- نانو ذره چیست؟ مثال بزنید.
- ۵- ساختارهای کربنی را که می‌شناسید نام ببرید.
- ۶- ویژگی اصلی نانو ذرات چیست؟ این ویژگی چه تأثیر منحصر به فردی در خواص نانو ذرات دارد؟
- ۷- چند مورد از خواص نانو لوله‌های کربنی را بیان کنید.
- ۸- نانو کامپوزیت چیست؟
- ۹- چند نمونه از کاربردهای نانو فناوری که امروزه تجاری سازی شده‌اند را شرح دهید.
- ۱۰- یکی از علوم و صنایعی را، که مورد علاقه شماست انتخاب نمایید و سپس:
  - الف) در مورد کاربردهای فناوری نانو تحقیق کنید.
  - ب) همچنین، چه طرح‌هایی به نظر تان می‌رسد که در آینده ممکن است به انجام رسد؟ نتایج را در کلاس بازگو نمایید.

## ۴-۵- فناوری زیستی

واژه «بیوتکنولوژی» یا «فناوری زیستی» ترکیبی از دو کلمه «بیو» به معنای «زیست» و «تکنولوژی» به معنای «فناوری» است. قسمت اول واژه دلالت بر فرایندهای حیاتی و استفاده از عوامل زنده دارد و قسمت دوم آن به طیفی از ابزار و فنون و اصول مهندسی اشاره می‌کند. برای بیوتکنولوژی تعاریف متعددی ارائه شده است که به دلیل گستردگی دامنه فعالیت و کاربردهای آن هیچ کدام از این تعاریف کامل و جامع نیست. از جمله این تعاریف‌ها می‌توان به دو تعریف زیر که توسط مراجع و سازمان‌های بین‌المللی ارائه شده است اشاره کرد.

بیوتکنولوژی یعنی «استفاده از موجودات زنده برای ساخت فراورده‌های تجاری».

بیوتکنولوژی یعنی «کاربرد زیست‌شناسی، بیوشیمی، میکروبی‌شناسی و مهندسی شیمی در فرایندها، تولید فراورده‌های صنعتی و حذف آلودگی‌های محیط زیست».

همان‌طور که از این دو تعریف مشخص است بیوتکنولوژی یک علم مستقل نیست بلکه مجموعه‌ای منسجم و هماهنگ از علوم مختلف است. به عبارت دیگر بیوتکنولوژی علمی است چند پایه، به طوری که می‌توان آن را به تنه درختی شبیه کرد که ریشه‌های آن علوم مختلفی چون میکروبی‌شناسی، بیوشیمی، ژنتیک، شیمی، مهندسی شیمی، کامپیوتر، الکترونیک، ریاضیات و... است و شاخه‌ها و میوه‌های آن کاربردهای متعدد این علم در زمینه‌های مختلف زندگی بشر است، از قبیل پزشکی، داروسازی، صنایع غذایی، صنایع شیمیایی، محیط زیست، کشاورزی، دام و آبزیان، معدن و...

بیوتکنولوژی علم استفاده از میکروارگانیسم‌ها در راستای منافع انسان است و به عبارتی کاربرد فنون مهندسی ژنتیک در تولید محصولات کشاورزی، صنعتی، درمانی و تشخیصی با کیفیت بالاتر، قیمت ارزان‌تر، محصول بیشتر و خطر کمتر است. این رشته حوزه مشترکی از رشته‌های بیوشیمی، ژنتیک، سلولی مولکولی، میکروبیولوژی، داروسازی، کامپیوتر و... را دربرمی‌گیرد.



شکل (۱۰-۴) درخت بیوتکنولوژی

## تاریخچه

می‌توان گفت که بیوتکنولوژی قدمتی همپای بشر دارد. انسان از هزاران سال پیش تاکنون، بدون اینکه خود متوجه باشد از فرایندهای بیوتکنولوژی بهره برده است. تهیه ماست، پنیر و خمیر نان نمونه‌هایی از آن است. سپس با استفاده از روش‌های تخمیر و کشت میکروارگانیسم‌ها و تولید آنتی بیوتیک‌ها پیشرفت کرد و امروزه بیوتکنولوژیست‌ها با انتقال ژن‌هایی از یک میکروارگانیسم به میکروارگانیسم دیگر و ایجاد صفات جدید و مطلوب در آن که به نفع انسان و یا محیط زیست می‌باشد این علم را به اوج رسانده‌اند.

مراکز فعال در این رشته عبارت‌اند از: مؤسسه پاستور، پژوهشکده بیوتکنولوژی سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی، مرکز ملی تحقیقات مهندسی ژنتیک و تکنولوژی زیستی، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی شمال غرب کشور و...

از جمله تولیدات بیوتکنولوژی در ایران عبارت‌اند از: سرم و واکسن، کشت بافت گیاهی، کود و سموم بیولوژیک، فرآورده‌های میکروبی و کیت‌های تشخیصی، آنتی بیوتیک‌ها، هورمون‌ها، فاکتورهای پروتئینی، الکل، اوره، استون، اسید استیک و...

تاریخچه تکامل بیوتکنولوژی را براساس وقایع مهمی که در سیر تکاملی آن رخ داده است می‌توان به پنج دوره تقسیم کرد. **الف) دوره قبل از پاستور:** این دوره سال‌های قبل از ۱۸۶۵ میلادی را دربرمی‌گیرد. در این دوره انسان بدون اینکه از نقش میکروارگانیسم‌ها و عوامل زیستی آگاهی داشته باشد از آنها استفاده می‌کرده است. از محصولات تخمیری این دوره می‌توان به تولید نوشابه‌های الکلی توسط بابلیان و سومریان (از ۶۰۰۰ سال قبل از میلاد)، استفاده از مخمر نان در میان مصریان (۴۰۰۰ سال قبل از میلاد) و تولید محصولات لبنی مانند ماست و پنیر و تولید سرکه، در همه جوامع، اشاره کرد.

**ب) دوره پاستور (۱۸۶۵-۱۹۴۰):** هر چند قبل از سال ۱۸۶۵ به وجود میکروارگانیسم‌ها پی برده شده بود ولی نقش آنها در فرایندهای تخمیری مشخص نبود تا اینکه در این سال با تلاش‌های لویی پاستور، دانشمند مکتشف فرانسوی، نقش میکروارگانیسم‌ها در فرایندهای تخمیری به اثبات رسید و از آن پس انسان با آگاهی یافتن از نقش میکروارگانیسم‌ها و همچنین آگاهی از توانایی آنها، به استفاده آگاهانه از این عوامل همت گماشت. از فرایندهای تخمیری این دوره می‌توان به فرایند تولید گلیسرول در آلمان و تولید استون و بوتانول در انگلستان در خلال جنگ جهانی اول و نیز تولید میکروبی سیتریک اسید پس از جنگ جهانی اول اشاره کرد.

**پ) دوره آنتی بیوتیک‌ها (۱۹۴۰-۱۹۴۰):** آنتی بیوتیک‌ها موادی ضد میکروبی هستند که منشأ بیولوژیکی دارند. پنی‌سیلین که توسط کپک پنی‌سیلیوم تولید می‌شود اولین آنتی بیوتیکی است که خاصیت ضد میکروبی آن توسط الکساندر فلمینگ<sup>۱</sup> شناخته شد. در خلال جنگ جهانی دوم به دلیل نیاز شدید به تولید پنی‌سیلین تحقیقات گسترده‌ای برای تولید انبوه آن صورت گرفت و در نهایت منجر به توسعه بیوراکتورهای مخزنی همزن دار<sup>۲</sup> و کشت در شرایط سترون<sup>۳</sup> (استریل) شد.

از خصوصیات مهم دوره آنتی بیوتیک‌ها استفاده از علوم مهندسی در طراحی و ساخت مخازن کشت میکروبی (بیوراکتورها)، توسعه تخمیرهای سترون و افزایش مقیاس تولید می‌باشد. از موفقیت‌های دیگر این دوره می‌توان به توسعه و گسترش کشت سلول‌های حیوانی و گیاهی و تولید واکسن‌ها اشاره کرد که این امر به دنبال توسعه تکنیک‌های کشت سترون امکان پذیر شد.

۱- Alexandre Fleming

۲- Stirred Tank Bioreactor

۳- محیط سترون محیطی است که عاری از هرگونه میکروب باشد. کشت سترون نیز به کشتی اطلاق می‌شود که فقط میکروب مورد نظر را داشته باشد.

**ت) دوره تولید پروتئین تک‌یاخته‌ای (۱۹۷۵-۱۹۶۴):** در اواخر دهه ۱۹۶۰، به واسطه چشم‌انداز استفاده از توده سلولی<sup>۱</sup> میکروارگانسیم‌ها به عنوان منبع پروتئینه‌ای که در اصطلاح پروتئین تک‌یاخته<sup>۲</sup> نامیده می‌شود، هیجان و تحرک قابل توجهی ایجاد شد. فرایندهای مختلفی در این زمینه، به ویژه با استفاده از منابع هیدروکربنی (به دلیل قیمت پایین نفت خام در آن زمان) توسعه داده شد. در این دوره تکامل تجهیزات کشت میکروبی و بیورآکتورها که از دوره قبل آغاز شده بود با توسعه انواع بیورآکتورها به اوج خود رسید.

**ث) دوره بیوتکنولوژی مولکولی<sup>۳</sup> یا مدرن:** این دوره از سال ۱۹۷۵ با ابداع روش‌های دست‌کاری ژنتیکی موجودات که در اصطلاح مهندسی ژنتیک خوانده می‌شود آغاز گردید. با ابداع این روش، انسان قادر شد تغییرات آگاهانه‌ای در اطلاعات ژنتیکی موجودات زنده ایجاد کند و از این طریق ویژگی‌ها و صفات جدیدی را در آنها به وجود بیاورد و یا صفاتی را از یک موجود به موجود دیگر منتقل سازد.

یکی از ویژگی‌های این دوره تولید محصولاتی است که میکروارگانسیم‌ها به طور طبیعی قادر به تولید آنها نیستند. از آن جمله می‌توان به تولید هورمون‌ها و پروتئین‌های انسانی توسط باکتری‌ها و مخمرها اشاره کرد.

## زیست فناوری برای توسعه پایدار

با توجه به اینکه منابع زیستی بخشی از کره زمین می‌باشد، حفاظت و حمایت از منابع طبیعی کشور و اشاعه فرهنگ زیست محیطی وظیفه ملی و دینی هر ایرانی است. یکی از ابزارهای کاربردی جهت رسیدن به توسعه پایدار، استفاده از فناوری‌های نوین به خصوص بیوتکنولوژی می‌باشد. از آنجا که کاربردهای بیوتکنولوژی در کلیه شئون زندگی بشر نقش آفرین شده است. بنابراین بیوتکنولوژی علاوه بر اینکه می‌تواند ابزار مناسب و قدرتمندی برای دستیابی به توسعه پایدار به شمار آید، کاربرد وسیع بیوتکنولوژی در بخش‌های مختلف نشانگر گستره وسیع این علم می‌باشد. برخی از کاربردهای آن عبارت‌اند از:

- تولید فراورده‌های غذایی
- تولید آنزیم‌های گوناگون با کاربرد در صنایع غذایی و دارویی
- تولید انرژی
- تولید فراورده‌های ویژه دارویی (آنتی بیوتیک‌ها و پروتئین‌ها) که از طرق عادی امکان تولید آنها میسر نیست.
- تصفیه بیولوژیکی آب‌های آلوده و پساب‌ها

۱- مفهوم واژه بیوتکنولوژی چیست؟

۲- خصوصیات مهم دوره‌های بیوتکنولوژی را بیان کنید.

چگونه آنتی بیوتیک‌ها را از میکروب‌ها تهیه می‌کنند؟

پرسش



تحقیق کنید



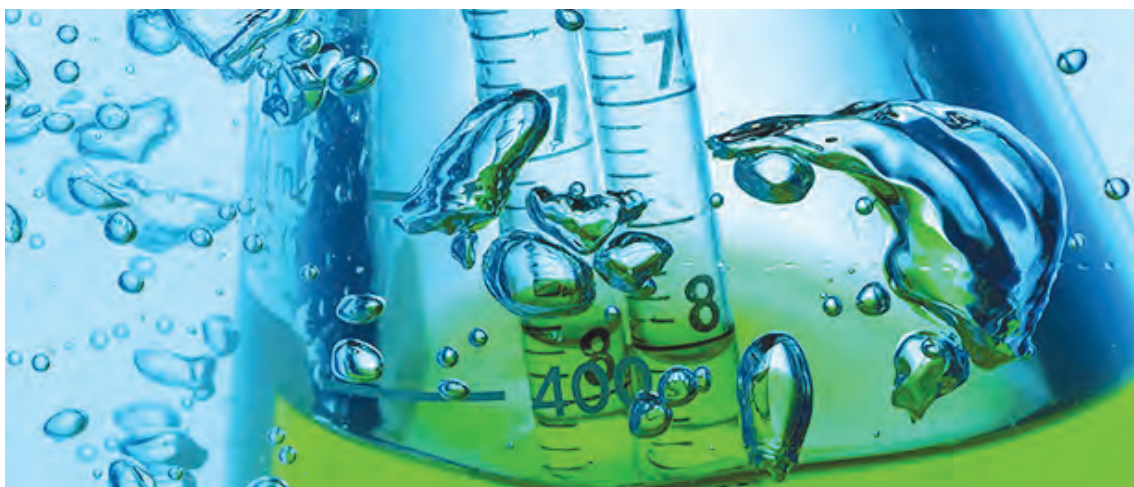
۱- Bio mass

۲- Single cell protein (SCP)

۳- Molecular Biotechnology



## ۵-۵- شیمی سبز چیست؟



بارها از آسیب‌های مواد شیمیایی به بدن آدمی و محیط زیست شنیده و خوانده‌ایم، آیا دوری و پرهیز از بهره‌گیری از مواد شیمیایی می‌تواند به ما کمک کند، تا چه اندازه‌ای می‌توانیم از آنها دوری کنیم؟ کدام یک از فرآورده‌های شیمیایی را می‌توان یافت که با آسیب به سلامت آدمی یا محیط زیست همراه نباشد؟ داروهایی که سلامتی ما به آنها بستگی زیادی دارد، با آسیب‌هایی به بدن ما نیز همراهند.. آیا می‌توانیم آنها را به کار نبریم؟ آیا می‌توان آب تصفیه شده با مواد شیمیایی را ننوشیم؟

بی‌گمان هر اندازه که بتوانیم از به‌کارگیری مواد شیمیایی در زندگی خود پرهیز کنیم یا از رها شدن این‌گونه مواد در طبیعت جلوگیری کنیم، به سلامت خود و محیط زیست کمک کرده‌ایم. اما به نظر می‌رسد که در این راهکارهای پیشگیرانه، که تا کنون کارآمدی چشمگیری از خود نشان نداده‌اند، باید به راه‌هایی کارآمدتر نیز بیندیشیم که دگرگونی در شیوه ساختن مواد شیمیایی در راستای کاهش آسیب‌های آنها به آدمی و محیط زیست یکی از این راه‌ها است. امروزه، از این رویکرد نوین با عنوان شیمی سبز یاد می‌شود که عبارت است از: طراحی فرآورده‌ها و فرایندهای شیمیایی که به‌کارگیری و تولید مواد آسیب‌رسان به سلامت آدمی و محیط زیست را کاهش می‌دهند یا از بین می‌برند.

در علم شیمی انقلابی سبز در حال شکل‌گیری است که نه تنها پایداری محیط و سود بخشی را به ارمغان می‌آورد بلکه از خطرات فاجعه‌های صنعتی نیز می‌کاهد.

شیمی سبز عبارت است از ساخت تولید محصولات جدید با استفاده از روش‌های جدیدی که متناسب با اهداف سه‌گانه محیط زیست پایدار- اقتصاد پایدار- و جامعه پایدار است.

استفاده از شیمی سبز به‌طور کلی با کاستن مخارج همراه است که کاهش یا حذف کلی مخارج از بین بردن پسماندهای شیمی جزئی از آن است و نیز پیامدها و اثرات منفی زیست محیطی را به حداقل می‌رساند این دو عامل، رقابت پذیری بیشتری برای کمپانی‌ها ایجاد می‌نماید. شیمی سبز کره زمین را تمیزتر، ایمن‌تر و بهره‌ورتر می‌نماید. شیمی سبز وجدان علم شیمی و راه آینده است.

## معرفی اصول شیمی سبز

شیمی دان‌ها می‌توانند با یافتن راه‌هایی برای کاهش مصرف و حذف تولید یا کاربرد مواد سمی (در فرایندهای شیمیایی) به حفظ سلامت بشر و استانداردهای زیست محیطی کمک کنند. شیمی سبز از دوازده اصل تشکیل می‌شود که هشت اصل آن عبارت است از:

**اصل اول – پیشگیری از آلودگی:** بهتر است به جای رفع آلودگی صنعتی پس از تشکیل در جریان یک فرایند صنعتی فرایندهای شیمیایی را چنان طراحی کنیم که به طور کلی آلاینده نباشند.

**اصل دوم – کارایی بهینه اتم‌ها:** روش‌های سنتزی باید طوری طراحی شوند که حداکثر تعداد اتم‌های واکنش دهنده در یک واکنش مورد مصرف قرار گیرند.

**اصل سوم – سنتز با آلاینده‌گی کمتر:** تا آنجا که ممکن است باید روش‌های سنتزی طوری انتخاب شوند که در آنها کمترین استفاده از مواد شیمیایی سمی به عمل آید و همچنین محصول واکنش‌ها سمی نباشد.

**اصل چهارم – تولید فراورده‌های شیمیایی غیرسمی:** محصولات شیمیایی باید در صورت امکان کمترین اثرات سمی را به همراه داشته باشند.

**اصل پنجم – استفاده از حلال‌ها و مواد کمکی با سمیت کمتر:** باید در فرایندهای جانبی مربوط به یک واکنش شیمیایی صنعتی مانند انحلال، استخراج و... تا حد ممکن از مواد غیرسمی استفاده شود.

**اصل ششم – کارایی بیشتر انرژی:** ملاحظات مربوط به انرژی باید برای کلیه بخش‌های یک فرایند مورد توجه قرار گیرد تا آن فرایند با صرف حداقل میزان انرژی و ایجاد کمترین اثرات منفی زیست محیطی انجام شود. در یک فرایند شیمیایی کاربردهای انرژی به شکل‌های مختلف مشاهده می‌شود که برخی از اشکال آن عبارت‌اند از: حرارت دادن، سرد کردن، ایجاد سر و صدا، افزایش فشار، ایجاد خلأ و نیز انرژی مورد نیاز برای جداسازی و خالص‌سازی محصولات واکنش.

**اصل هفتم – کاتالیز واکنش‌ها:** کاتالیزورها به دلیل نقشی که در تسریع واکنش‌ها دارند مورد استفاده فراوان هستند. علاوه بر اینکه در بسیاری از موارد، افزایش گزینش‌پذیری واکنش‌ها سبب کاهش تشکیل محصولات جانبی و افزایش درجه خلوص محصول می‌شود.

**اصل هشتم – تجزیه‌پذیری محصولات:** فرایندهای شیمیایی باید چنان طراحی شوند که محصولات نهایی آنها در طبیعت موادی تجزیه‌پذیر باشند.

۱- به نظر شما تفاوت اصول شیمی سبز با ملاحظات زیست محیطی چیست؟

۲- برخی از کاربردهای شیمی سبز را نام ببرید؟

پرسش



تحقیق کنید



چهار اصل باقیمانده شیمی سبز را بنویسید و برای هر یک از اصول شیمی سبز یک مثال واقعی بیاورید.

## منابع

- ۱ برنامه درسی رشته صنایع شیمیایی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ۱۳۹۴.
- ۲ سیلبربرگ مارتین، اصول شیمی عمومی، جلد اول و دوم، ترجمه میرمحمد صادقی مجید، پارسا فرغلام عباس، سعیدی محمدرضا، مرکز نشر نوپردازان، ۱۳۹۳.
- ۳ پارسا فرغلام عباس، شفیع افشین، جلالی هروی مهدی، و... شیمی با نگرش تحلیلی، جلد اول و دوم، مؤسسه فرهنگی فاطمی، ۱۳۸۸.
- ۴ اسمیت اسموت پرایس، شیمی عمومی با نگرش کاربردی جلد اول، دوم و سوم، ترجمه خواجه‌نصیری احمد، سیدی علی، عابدینی منصور، مؤسسه فرهنگی فاطمی، ۱۳۸۳.
- ۵ مورتیمر چارلز، شیمی عمومی، ترجمه خواجه نصیر طوسی احمد، مرکز نشر دانشگاهی، ۱۳۸۳.
- ۶ جوستن ملوین، جانستن دیوید، ترجمه خواجه نصیر طوسی احمد، انتشارات فاطمی.
- ۷ شیمی عمومی، رشته صنایع شیمیایی، سال دوم، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۴.
- ۸ شیمی آلی، رشته صنایع شیمیایی، سال دوم، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۴.
- ۹ شناخت صنایع شیمیایی، رشته صنایع شیمیایی، سال دوم، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۴.
- ۱۰ شیمی معدنی، رشته صنایع شیمیایی، سال دوم، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۴.
- ۱۱ فرایندهای شیمی عمومی، رشته صنایع شیمیایی، سال دوم، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۴.
- ۱۲ کنشلو، طیبه و همکاران، راهنمای انتخاب رشته، انتشارات مدرسه، ۱۳۸۸.
- ۱۳ دیوید ویلیام، آرتور شارپ، فرهنگ شیمی، ترجمه یآوری عیسی، انتشارات فاطمی، ۱۳۷۵.

