

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

اللَّهُمَّ صَلِّ عَلَى مُحَمَّدٍ وَآلِ مُحَمَّدٍ وَعَجِّلْ فَرَجَهُمْ



# عملیات در کارخانه های صنایع شیمیایی

رشته صنایع شیمیایی

گروه مواد و فراوری

شاخه فنی و حرفه ای

پایه دوازدهم دوره دوم متوسطه





وزارت آموزش و پرورش  
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی



نام کتاب: عملیات در کارخانه‌های صنایع شیمیایی - ۲۱۲۵۲۳

پدیدآورنده:

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف:

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کار دانش

شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف:

طیبه کنشلو، اعظم صفاری، بهرام قنبری، رابعه شیخ‌زاده، اعظم یوسفی، قاسم حاجی قاسمی و سیدرضا سیف‌محدثی (اعضای شورای برنامه‌ریزی)

مهرداد محرابی، مهسا مهدویان، غلامرضا شادبختی، علی پورجوادی، محمد کوهستانیان، زهرا طاهری، حسین خوش‌روش و محمد اسمعیل یوسفی (اعضای گروه تألیف) - علی پورجوادی (ویراستار علمی) محمد محمودی (ویراستار ادبی)

مدیریت آماده‌سازی هنری:

اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

شناسه افزوده آماده‌سازی:

جواد صفری (مدیر هنری) - صبا کاظمی دوانی (طراح جلد) - زهرا راست‌نسب (صفحه‌آرا) - فاطمه رئیس‌یان فیروز آباد (رسام)

نشانی سازمان:

تهران: خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)

تلفن: ۹-۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار: ۰۹۲۶۶-۸۸۳۰، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹

وبگاه: [www.irtextbook.ir](http://www.irtextbook.ir) و [www.chap.sch.ir](http://www.chap.sch.ir)

ناشر:

شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران - کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (داروپخش)

تلفن: ۵-۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۱۳۹-۳۷۵۱۵

چاپخانه:

شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»

سال انتشار و نوبت چاپ:

چاپ ششم ۱۴۰۲

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 به‌صورت چاپی و الکترونیکی و ارائه در پایگاه‌های مجازی، نمایش، اقتباس، تلخیص، تبدیل، ترجمه، عکس‌برداری، نقاشی، تهیه فیلم و تکثیر به هر شکل و نوع بدون کسب مجوز از این سازمان ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.



اگر یک ملتی نخواهد آسیب ببیند باید این ملت اولاً با هم متحد باشد و ثانیاً در هر کاری که اشتغال دارد آن را خوب انجام بدهد. امروز کشور محتاج به کار است. باید کار کنیم تا خودکفا باشیم، بلکه ان شاءالله صادرات هم داشته باشیم. شما برادرها الآن عبادتتان این است که کار بکنید. این عبادت است.  
امام خمینی (قَدِيسِ سِرَّة)

۱	پودمان اول: نمونه‌گیری مواد شیمیایی
۴۱	پودمان دوم: عملیات در صنایع معدنی
۹۷	پودمان سوم: عملیات در صنایع پوششی
۱۵۵	پودمان چهارم: عملیات در صنایع کشاورزی، بهداشتی و دارویی
۲۰۳	پودمان پنجم: عملیات در صنایع پتروشیمی
۲۵۰	منابع

## سخنی با هنرآموزان گرامی

در راستای تحقق اهداف سند تحول بنیادین آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران و نیازهای متغیر دنیای کار و مشاغل، برنامه درسی رشته صنایع شیمیایی طراحی و بر اساس آن محتوای آموزشی نیز تألیف شد. کتاب حاضر از مجموعه کتاب‌های کارگاهی می‌باشد که برای سال دوازدهم تدوین و تألیف شده است، این کتاب دارای ۵ پودمان است که هر پودمان از یک یا چند واحد یادگیری تشکیل شده است. همچنین ارزشیابی مبتنی بر شایستگی از ویژگی‌های این کتاب می‌باشد که در پایان هر پودمان شیوه ارزشیابی آورده شده است. هنرآموزان گرامی می‌بایست برای هر پودمان یک نمره در سامانه ثبت نمرات برای هر هنرجو ثبت کنند. نمره قبولی در هر پودمان حداقل ۱۲ می‌باشد و نمره هر پودمان از دو بخش تشکیل می‌شود که شامل ارزشیابی پایانی در هر پودمان و ارزشیابی مستمر برای هر یک از پودمان‌ها است. از ویژگی‌های دیگر این کتاب طراحی فعالیت‌های یادگیری ساخت یافته در ارتباط با شایستگی‌های فنی و غیرفنی از جمله مدیریت منابع، اخلاق حرفه‌ای و مباحث زیست محیطی است. این کتاب جزئی از بسته آموزشی تدارک دیده شده برای هنرجویان است که لازم است از سایر اجزای بسته آموزشی مانند کتاب همراه هنرجو، نرم‌افزار و فیلم آموزشی در فرایند یادگیری استفاده شود. کتاب همراه هنرجو در هنگام یادگیری، ارزشیابی و انجام دادن کار واقعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. شما می‌توانید برای آشنایی بیشتر با اجزای بسته یادگیری، روش‌های تدریس کتاب، شیوه ارزشیابی مبتنی بر شایستگی، مشکلات رایج در یادگیری محتوای کتاب، بودجه‌بندی زمانی، نکات آموزشی شایستگی‌های غیرفنی، آموزش ایمنی و بهداشت و دریافت راهنما و پاسخ فعالیت‌های یادگیری و تمرین‌ها به کتاب راهنمای هنرآموز این درس مراجعه کنید. لازم به یادآوری است، کارنامه صادر شده در سال تحصیلی قبل براساس نمره ۵ پودمان بوده است و در هنگام آموزش و سنجش و ارزشیابی پودمان‌ها و شایستگی‌ها، می‌بایست به استاندارد ارزشیابی پیشرفت تحصیلی منتشر شده توسط سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی مراجعه شود. رعایت ایمنی و بهداشت، شایستگی‌های غیرفنی و مراحل کلیدی براساس استاندارد از ملزومات کسب شایستگی می‌باشند. همچنین برای هنرجویان تبیین شود که این درس با ضریب ۸ در معدل کل محاسبه می‌شود و دارای تأثیر زیادی است.

کتاب شامل پودمان‌های ذیل است:

پودمان اول: با عنوان «نمونه‌گیری مواد شیمیایی» است و روش‌های نمونه‌گیری از جامدات، مایعات و گازها آموزش داده می‌شود.

پودمان دوم: عنوان «عملیات در صنایع معدنی» نام دارد، که در آن تهیهٔ اسیدها، بازهای معدنی، نمک‌ها، استخراج فلزات و لعاب‌کاری آموزش داده می‌شود.

پودمان سوم: دارای عنوان «عملیات در صنایع پوششی» است. در این پودمان ابتدا عملیات آماده‌سازی قطعه جهت پوشش‌دهی بیان شده و هنرجویان به‌طور عملی آزمایش‌های آبکاری و رنگ جهت پوشش‌دهی را انجام می‌دهند.

پودمان چهارم: «عملیات در صنایع کشاورزی، بهداشتی و دارویی» نام دارد. هنرجویان در این پودمان به‌طور عملی چند نمونه فراورده کشاورزی، بهداشتی و دارویی را تهیه می‌کنند.

پودمان پنجم: با عنوان «عملیات در صنایع پتروشیمی» است که در آن پالایش نفت، گاز و پتروشیمی، تهیهٔ بسپارها، چسب‌ها و کامپوزیت‌ها آموزش داده می‌شود.

امید است که با تلاش و کوشش شما همکاران گرامی اهداف پیش‌بینی شده برای این درس محقق شود.

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

## سخنی با هنرجویان عزیز

شرایط در حال تغییر دنیای کار در مشاغل گوناگون، توسعه فناوری‌ها و تحقق توسعه پایدار، ما را بر آن داشت تا برنامه‌های درسی و محتوای کتاب‌های درسی را در ادامه تغییرات پایه‌های پیشین، براساس نیاز کشور و مطابق با رویکرد سند تحول بنیادین آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران در نظام جدید آموزشی بازطراحی و تألیف کنیم. مهم‌ترین تغییر در کتاب‌ها، آموزش ارزشیابی مبتنی بر شایستگی است. شایستگی، توانایی انجام دادن کار به‌طور استاندارد و درست تعریف شده است. توانایی شامل دانش، مهارت و نگرش می‌شود. در رشته تحصیلی - حرفه‌ای شما، چهار دسته شایستگی در نظر گرفته شده است:

۱ شایستگی‌های فنی برای جذب در بازار کار مانند توانایی انجام دادن کار در کارخانه‌های صنایع شیمیایی

۲ شایستگی‌های غیر فنی برای پیشرفت و موفقیت در آینده مانند نوآوری و مصرف بهینه

۳ شایستگی‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات مانند کار با نرم‌افزارها

۴ شایستگی‌های مربوط به یادگیری همیشگی مانند کسب اطلاعات از منابع دیگر

بر این اساس دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش مبتنی بر اسناد بالادستی و با مشارکت متخصصان برنامه‌ریزی درسی فنی و حرفه‌ای و خبرگان دنیای کار مجموعه اسناد برنامه درسی رشته‌های شاخه فنی و حرفه‌ای را تدوین کرده‌اند که مرجع اصلی و راهنمای تألیف برای هر یک از کتاب‌های درسی در هر رشته است.

این درس، ششمین درس شایستگی‌های فنی و کارگاهی است که ویژه رشته صنایع شیمیایی برای پایه ۱۲ تألیف شده است. کسب شایستگی‌های این کتاب برای موفقیت آینده شغلی و حرفه‌ای بسیار ضروری است. هنرجویان عزیز سعی کنید تمام شایستگی‌های آموزش داده شده در این کتاب را کسب و در فرایند ارزشیابی به اثبات رسانید.

کتاب درسی **عملیات در کارخانه‌های صنایع شیمیایی** شامل پنج پودمان است، هر پودمان دارای یک یا چند واحد یادگیری و هر واحد یادگیری از چند مرحله کاری تشکیل شده است. شما هنرجویان عزیز پس از یادگیری هر پودمان می‌توانید شایستگی‌های مربوط به آن را کسب کنید. هنرآموز محترم شما برای هر پودمان یک نمره در سامانه ثبت نمرات منظور می‌کند و نمره قبولی در هر پودمان حداقل ۱۲ می‌باشد. در صورت احراز نشدن شایستگی پس از ارزشیابی اول، فرصت جبران و ارزشیابی دوباره تا آخر سال تحصیلی وجود دارد. کارنامه شما در این درس شامل ۵ پودمان درج شده که هر پودمان از دو بخش نمره مستمر و نمره شایستگی برای هر پودمان خواهد بود و اگر در یکی از پودمان‌ها نمره قبولی را کسب نکردید، تنها در همان پودمان لازم است مورد ارزشیابی قرار گیرید و پودمان‌های قبول شده در مرحله اول ارزشیابی مورد تأیید است و لازم به

ارزشیابی دوباره نیست. همچنین این درس دارای ضریب ۸ است و در معدل کل شما بسیار تأثیرگذار است. همچنین علاوه بر کتاب درسی شما امکان استفاده از سایر اجزای بسته آموزشی که برای شما طراحی و تألیف شده است، وجود دارد. یکی از این اجزای بسته آموزشی کتاب همراه هنرجو است که برای انجام دادن فعالیت‌های موجود در کتاب درسی باید استفاده کنید. کتاب همراه خود را می‌توانید هنگام آزمون و فرایند ارزشیابی نیز همراه داشته باشید. اجزای بسته آموزشی دیگری نیز برای شما در نظر گرفته شده است که با مراجعه به وبگاه رشته خود با نشانی [www.tvoccd.oerp.ir](http://www.tvoccd.oerp.ir) از عناوین آنها مطلع شوید. فعالیت‌های یادگیری در ارتباط با شایستگی‌های غیرفنی مانند مدیریت منابع، اخلاق حرفه‌ای، حفاظت از محیط‌زیست و شایستگی‌های یادگیری همیشگی و فناوری اطلاعات و ارتباطات همراه با شایستگی‌های فنی، طراحی و در کتاب درسی و بسته آموزشی ارائه شده است. شما هنرجویان عزیز کوشش کنید این شایستگی‌ها را در کنار شایستگی‌های فنی آموزش ببینید، تجربه کنید و آنها را در انجام دادن فعالیت‌های یادگیری به کار گیرید.

رعایت نکات ایمنی، بهداشتی و حفاظتی از اصول انجام دادن کار است، لذا توصیه‌های هنرآموز محترمان را در خصوص رعایت مواردی که در کتاب آمده است، جدی بگیرید. امیدواریم با تلاش و کوشش شما هنرجویان عزیز و راهنمایی هنرآموزان گرامی، گام‌های مؤثری در جهت سربلندی و استقلال کشور و پیشرفت اجتماعی و اقتصادی و تربیت مؤثر و شایسته جوانان برومند میهن اسلامی برداشته شود.

**دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش**





## پودمان اول

# نمونه‌گیری مواد شیمیایی



نمونه‌گیری از اهمیت زیادی در صنایع مختلف برخوردار است. نمونه‌شاخص باید بیانگر تمامی مشخصات فرآورده اصلی باشد.

# واحد یادگیری ۱

## نمونه گیری مواد شیمیایی

### مقدمه

شناسایی و تعیین مقدار مواد مورد آزمایش در مرحله‌ای به نام نمونه‌گیری انجام می‌شود. این مرحله از اهمیت خاصی برخوردار است. نمونه‌گیری در صنایع مختلف مانند نفت، علوم پزشکی، داروسازی، تهیه مواد منفجره و سموم کاربردهای زیادی دارد. در این پودمان مفهوم نمونه‌گیری، عوامل مؤثر در نمونه‌گیری، ویژگی‌های شخص نمونه‌گیر، انواع ظروف نمونه‌گیری، نمونه‌گیری جامدات، مایعات و گازها همراه با فیلم آموزشی، تحقیق کنید، پرسش، فعالیت‌های عملی قابل اجرا، نکات ایمنی و زیست‌محیطی مرتبط آورده شده است.

### استاندارد عملکرد

انجام دادن نمونه‌گیری از جامدات، مایعات و گازها طبق دستور کار

#### شایستگی‌های غیرفنی

- ۱- اخلاق حرفه‌ای: حضور منظم و وقت شناسی - انجام دادن وظایف و کارهای محول - پیروی از قوانین
- ۲- مدیریت منابع: شروع به کار به موقع - مدیریت مؤثر زمان - استفاده صحیح از مواد و تجهیزات
- ۳- کار گروهی: حضور فعال در فعالیت‌های گروهی - انجام دادن کارها و وظایف محول
- ۴- مستندسازی: گزارش نویسی فعالیت‌های کارگاهی
- ۵- محاسبه و کاربست ریاضی

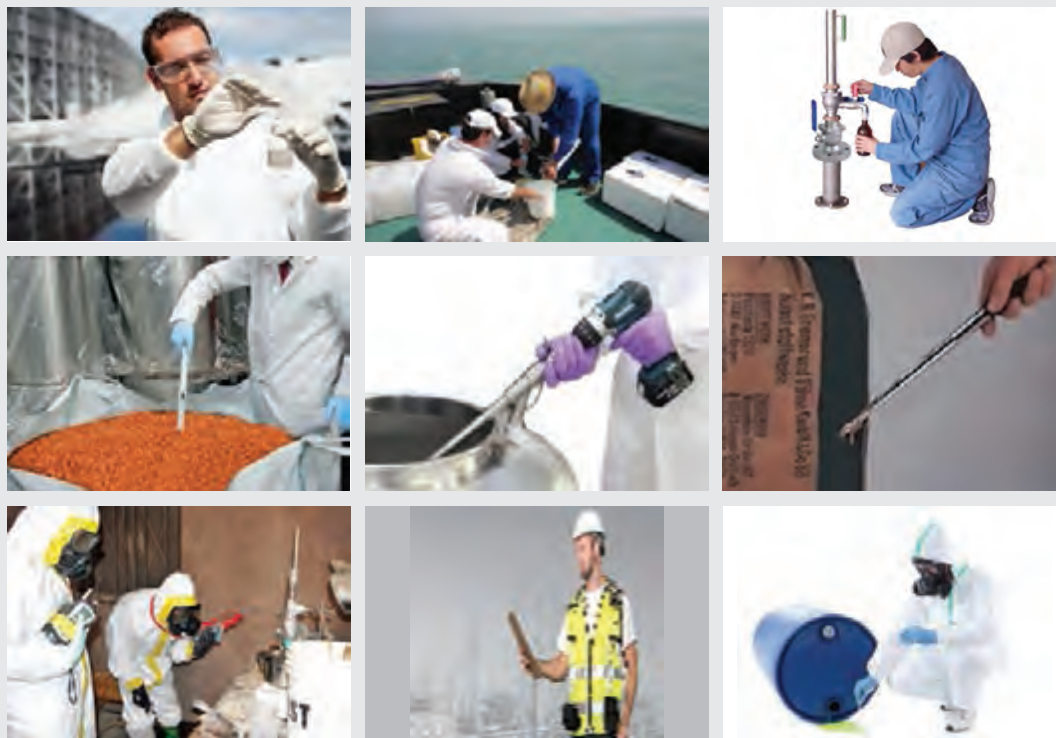
#### شایستگی‌های فنی

پس از پایان این واحد یادگیری هنرجویان قادر خواهند بود:

- ۱ نمونه‌گیری از جامدات را انجام دهند.
- ۲ نمونه‌گیری از مایعات را انجام دهند.
- ۳ نمونه‌گیری از گازها را انجام دهند.



به تصویرهای زیر نگاه کنید. به نظر شما افراد در حال انجام دادن چه فعالیت هایی هستند و به چه دلیلی این کارها را انجام می دهند؟



**نمونه گیری:** طبق تعریف، نمونه، قسمت انتخابی از ماده مورد آزمایش است؛ به طوری که تمام خواص آن ماده را دارا باشد. و نمونه گیری<sup>۱</sup>، فرایند برداشت قسمتی از ماده است که نمایانگر کل مواد فرض می شود و به منظور تعیین ویژگی های مختلف نمونه به آزمایشگاه ارسال می شود (شکل ۱).

شناسایی و تعیین مقدار مواد مورد آزمایش در مرحله ای به نام نمونه گیری انجام می گیرد. این مرحله از اهمیت خاصی برخوردار است و کیفیت انجام دادن آن به دو عامل دقت<sup>۲</sup> و صحت<sup>۳</sup> بستگی دارد. نمونه گیری در صنعت نفت، علوم پزشکی، داروسازی، تهیه مواد منفجره و سموم از صورت یک امر ساده خارج شده و جنبه تخصصی به خود گرفته است؛ به طوری که اگر کارکنان تحت کارآموزی های ویژه قرار نگرفته و تجربه کافی نداشته باشند، نباید مسئولیت نمونه گیری را بر عهده آنها گذاشت. مثال زیر اهمیت نمونه گیری صحیح را تا حد زیادی مشخص می کند. در نمونه گیری از مخزن بنزین، اگر شیشه نمونه گیری را به وسیله ظرف مخصوص نمونه گیری در مخزن فرو ببرند و نمونه گرفته شده برای آزمایش، به شیشه دیگری منتقل شود، ممکن است نتیجه آزمایش

۱- Sampling

۲- Precision

۳- Accuracy



شکل ۱- نمونه شاخص باید بیانگر تمامی مشخصات فرآورده اصلی باشد.

خارج از مشخصات واقعی بنزین به دست آید. همچنین اگر در موقع انتقال نمونه به آزمایشگاه، مقداری از ترکیبات سبک موجود در بنزین تبخیر شود، مقدار نسبی مجاز بعضی ترکیبات در نمونه بیشتر از مقدار حقیقی به دست می آید و به این ترتیب در فشار بخار بنزین، اختلاف قابل ملاحظه‌ای مشاهده می شود. در این صورت نمونه گرفته شده، بیانگر مشخصات فرآورده اصلی نخواهد بود.

مثال بالا نشان می دهد که تمام کوشش ها به این منظور صورت می گیرد که نمونه های گرفته و ارسال شده به آزمایشگاه، نشان دهنده تمامی مشخصات فرآورده هایی باشند که نمونه گیری شده اند؛ یعنی در حقیقت هدف اصلی، تهیه نمونه شاخص و فراگیر<sup>۱</sup> است.

### عوامل مؤثر در نمونه گیری

عوامل مؤثر در نمونه گیری عبارت اند از:

- ۱ نوع نمونه (نفت خام، بنزین، آب، هوا، خاک)
- ۲ فشار و دمای محیط در هنگام نمونه گیری
- ۳ مشخصات ظرف نمونه گیری
- ۴ مقدار نمونه محصول تولید شده (برای مثال برای محصولات نفتی برحسب بشکه در روز و محصولات دیگر، واحدهای رایج آنها. این عامل مشخص می کند که نمونه، بیانگر چه مقدار از محصول تولید شده است).
- ۵ نام کارخانه یا محل نمونه گیری
- ۶ مقدار متوسط دما و فشار مخزن ذخیره برای محصولات نفتی
- ۷ حجم نمونه در مورد مایعات و گازها و یا مقدار نمونه در مورد جامدات
- ۸ تعداد نمونه ها
- ۹ تکرار نمونه گیری
- ۱۰ روش نمونه گیری
- ۱۱ تجهیزات نمونه گیری<sup>۲</sup>
- ۱۲ نام و امضای شخص نمونه گیر

به طور کلی برای نمونه گیری و تجزیه یک ماده طبیعی یا یک فرآورده صنعتی، باید نکات زیر را در نظر گرفت:  
- اطلاعات مربوط به کاربرد ماده مورد آزمایش: برای مثال، سیمان، که باید معین شود نمونه گرفته شده قرار است در سدسازی مصرف شود یا در ساختمان سازی، زیرا آزمایش هایی که قرار است بر روی نمونه انجام شود، براساس نوع کاربردی که نمونه دارد، تفاوت دارد.

۱- Representative Sample

۲- Sampling Equipment

– **تغییراتی که ماده می تواند تحمل کند:** مثلاً سایش چه اثری بر روی نمونه مورد آزمایش دارد؟ آیا باعث تجزیه یا اکسایش آن می شود؟ برای مثال، در مورد پیریت، مقداری از گوگرد در اثر گرمای حاصل از سایش در مجاورت هوا اکسید می شود، یا سنگ های معدنی دارای یون آهن (II) در اثر سایش و مجاورت با هوا به آهن (III) تبدیل می شوند.

– **رابطه بین ارزش ماده، هدف و هزینه آزمایش:** انجام یک آزمایش پرهزینه بر روی یک ماده ارزان قیمت صحیح نیست، مگر اینکه هدف آزمایش مهم باشد؛ برای مثال، اگر ماده ای به جرم ۲ کیلوگرم به قیمت ۵۰۰۰۰۰ ریال باشد و هزینه تعیین مشخصات ماده، ۷۰۰۰۰۰ ریال شود، نمونه گیری و تعیین مشخصات آن، کاری منطقی نیست.

– **نوع اطلاعات لازم:** یعنی هدف از نمونه گیری و انجام دادن آزمایش روی آن، فقط شناسایی و محاسبه درصد اجزای سازنده یک جسم یا تعیین فرمول شیمیایی، ساختار مولکولی، خواص فیزیکی و شیمیایی نمونه است.

– **حالت فیزیکی ماده:** میزان پایداری آن در شرایط معمولی و چگونگی انتقال و نگهداری صحیح نمونه، از مسائلی است که باید مورد توجه قرار گیرد. برای مثال، نمونه گازی مثل بوتان و یا پروپان که تحت فشار است در چه ظرفی پر شود، چگونه نگهداری و حمل و نقل شود. یا مواد فرّار مثل بنزن و تولوئن در شرایط محیطی تبخیر می شوند و اگر نمونه در شرایط دمایی مناسب (استفاده از یخدان) جمع آوری نشود، نتایج به دست آمده در آزمایشگاه صحیح نخواهد بود.

## فعالیت عملی ۱



### بررسی عوامل مؤثر بر نمونه گیری

#### روش کار:

فرض کنید می خواهید از آب شرب هنرستان خود نمونه گیری کنید. عوامل مؤثر بر نمونه گیری و نکات قابل توجه در این فعالیت را در جدول زیر بنویسید.

ردیف	عامل مؤثر	نکات قابل توجه
۱	نوع نمونه	آب شرب هنرستان
۲	فشار و دمای محیط در هنگام نمونه گیری	
۳	مشخصات ظرف نمونه گیری	
۴	مقدار نمونه	
۵	تعداد نمونه	
۶	؟	
...	؟	

## ویژگی‌های شخص نمونه‌گیر<sup>۱</sup>

نمونه‌گیر باید به کار خود اعتقاد و علاقه داشته باشد و در عین منظم بودن، در حفظ وسایل و ابزار نمونه‌گیری بکوشد. پس از نمونه‌گیری و تحویل نمونه به آزمایشگاه نیز، ابزار خود را برای نمونه‌گیری نوبت بعد آماده نگه دارد. همچنین نمونه‌گیر باید از فرایند تولید محصول شناخت کافی داشته باشد؛ همواره ملاحظات ایمنی را رعایت کند و با کفش، کلاه و لباس ایمنی نمونه‌گیری را انجام دهد؛ پیش از نمونه‌گیری با مسئول اتاق فرمان هماهنگی کند و هدف هر مرحله از نمونه‌گیری را بداند.

## فعالیت عملی ۲



### بررسی ویژگی شخص نمونه‌گیر

#### روش کار:

ویژگی‌های خود و هم‌گروهی خود را با ویژگی‌های شخص نمونه‌گیر مقایسه کنید. به نظر شما، آیا می‌توانید نمونه‌گیر موفق باشید؟

#### ظرف نمونه‌گیری

ظروف نمونه‌گیری در شکل‌ها، اندازه‌ها و جنس‌های مختلفی موجود هستند. ظرف مناسب، براساس نوع نمونه انتخاب می‌شود، به طوری که نمونه هیچ‌گونه اثری بر روی جنس ظرف نداشته باشد؛ چرا که بعضی از نمونه‌ها با مواد تشکیل‌دهنده ظرف واکنش می‌دهند و به این ترتیب در تعیین ویژگی‌های نمونه، خطا رخ می‌دهد. در انتخاب ظرف نمونه‌گیری موارد زیر رعایت شود:

- هیچ حباب و یا لکه‌های مرده در داخل ظرف وجود نداشته باشد.
- ظرف نمونه‌گیری به گونه‌ای انتخاب شود که ایجاد رسوب در سطوح داخلی و یا خوردگی در آن، به کمترین مقدار برسد.
- شکل ظرف به گونه‌ای باشد که بتوان مراحل آماده‌سازی و انتقال نمونه را به درستی، از یک مخلوط همگن به دستگاه تعیین مشخصات فیزیکی و شیمیایی نمونه، انجام داد تا دقت آزمون بالا برود.
- در ظروف نمونه به راحتی محکم شود و برای جلوگیری از تراوش نمونه در هنگام حمل و نقل، بتوان آن را با سیم، نوار و یا ریسمان بست.
- ظروف نمونه باید به اندازه‌ای باشد که پس از پر شدن آن با حجم مشخص، فضای خالی برای انبساط مایع نیز وجود داشته باشد.
- جنس ظرف نمونه‌گیری، براساس نوع مواد تشکیل‌دهنده نمونه‌ها انتخاب می‌شود. برای مثال، از بطری‌های پلاستیکی ساخته شده از مواد مناسب برای حمل و نقل و ذخیره‌سازی نمونه‌های نفتی، گازوئیلی و یا روغنی استفاده می‌شود. از مزایای بطری‌های پلاستیکی، نشکستن و نداشتن خوردگی است (شکل ۲).



شکل ۲- نمونه‌هایی از ظروف نمونه‌گیری



شکل ۳- نمونه‌ای از حمل و نقل دستی ظرف نمونه‌ها

- حمل و نقل ظروف نمونه باید در جعبه (شکل ۳) انجام شود. این جعبه دارای محفظه‌های جداگانه برای هر یک از ظروف نمونه است و بقیه فضای آن در اطراف ظرف نمونه باید با کاغذ مچاله‌شده، نمد و یا مواد مشابه دیگری پر شود و یا ظرف نمونه در محل خود توسط گیره‌های فنری، خاک‌آزه و یا فوم پلاستیکی و یا موادی مشابه آن مستقر شود.

در صورتی که حلال‌های نفتی برای شست‌وشو مصرف شوند، نباید آنها را در طبیعت رها کرد، باید آنها را در یک بشکه ذخیره نگهداری کرد و برای سوخت به صنایعی که از سوخت مایع برای تولید انرژی استفاده می‌کنند، تحویل داد.



### خطاهای نمونه‌گیری

فرایند نمونه‌گیری همواره با مقداری خطا همراه است. خطای نمونه‌گیری به متغیرهایی همچون حجم و جرم نمونه، مشخصات نمونه (دانه‌بندی، درصد جامد و غیره)، دقت ابزار یا دستگاه نمونه‌گیری، دقت شخص نمونه‌گیر و زمان نمونه‌گیری بستگی دارد.

خطاها به سه دسته کلان<sup>۱</sup>، سیستماتیک<sup>۲</sup> و تصادفی<sup>۳</sup> تقسیم‌بندی می‌شوند:

**۱- خطاهای کلان:** خطاهای کلان ناشی از اشتباهات، حواس‌پرتی و استفاده غلط از دستگاه و تجهیزات است. هرگاه خطای کلان وارد فرایند نمونه‌گیری شود، این نمونه‌ها باید به محل ابتدایی خود برگردانده شوند و نمونه‌های جدید تهیه شود.

**۲- خطاهای سیستماتیک:** به اختلاف متوسط مقادیر اندازه‌گیری شده با مقدار واقعی، خطای سیستماتیک گفته می‌شود. خطای سیستماتیک ممکن است مقداری مثبت یا منفی باشد و به سه دسته تقسیم‌بندی می‌شود:

- **خطاهای دستگاهی:** مانند فرسودگی تجهیزات

- **خطاهای محیطی:** مانند رطوبت، فشار، گرما، لرزش، میدان مغناطیسی

- **خطاهای چشمی:** مانند استفاده غلط از تجهیزات، نگاه مایل به وسایلی که دارای عقربه هستند.

۱- Gross Errors

۲- Systematic Errors

۳- Random Errors

**۳- خطاهای تصادفی:** به اختلاف میان داده‌های اندازه‌گیری شده نسبت به یک مقدار متوسط، خطای تصادفی گفته می‌شود. این خطاها ناشی از جریان هوا، تابش، گرد و غبار، سرو صدا و قابلیت خواندن است. به‌طور کلی، خطا تفاوت مقدار اندازه‌گیری شده کمیّت با مقدار واقعی آن است. تمامی اندازه‌گیری‌ها تا حدودی نامطمئن هستند و هدف نهایی حذف تمامی خطاهای اندازه‌گیری نیست، بلکه کم کردن خطا تا حد قابل قبول است. خطا با استفاده از معادله (۱) محاسبه می‌شود، که در آن:

معادله (۱)

$$E = A - B$$

E: خطای اندازه‌گیری

A: مقدار اندازه‌گیری شده

B: مقدار واقعی یا اندازه‌گیری شده استاندارد

مقدار خطا می‌تواند عددی مثبت یا منفی باشد. اغلب به‌جای خطا، مقدار درصد خطا مطابق معادله (۲) محاسبه می‌شود:

$$\% E = \frac{A - B}{B} \times 100 \quad \text{معادله (۲)}$$

### دقت و صحت

نمونه‌گیری یکی از مهم‌ترین متغیرهای تعیین‌کننده دقت و صحت آزمایش‌های انجام‌گرفته در آزمایشگاه است. نمونه‌ارسالی به آزمایشگاه باید براساس روش‌های استاندارد تهیه شده باشد تا نماینده واقعی نمونه‌ها از محدوده نمونه‌گیری شده باشد. این موضوع درمورد نمونه‌های گوناگون اعم از آب، خاک، گیاه، مواد شیمیایی، مواد غذایی و غیره صدق می‌کند. همچنین نمونه‌ها باید در کوتاه‌ترین زمان ممکن و در شرایط مناسب به آزمایشگاه منتقل شوند. افزون بر این نمونه‌های گرفته‌شده باید توسط کارشناس آموزش‌دیده و مجرب گرفته شود تا موارد گفته شده مدنظر قرار گیرد.

یک تعریف ساده و خلاصه از دقت و صحت این است: **دقت** به معنای نزدیک بودن مقادیر اندازه‌گیری به همدیگر است، خواه این مقادیر واقعیت را نشان بدهد یا خیر. **صحت** به معنای نزدیکی مقادیر اندازه‌گیری شده به مقدار واقعی است. اما منظور از مقدار واقعی چیست؟ مقدار استاندارد یا مرجعی که ما به آن اعتماد داریم. ریشه این استانداردها و مرجع‌های مورد اعتماد از کجاست؟ آزمایشگاه‌ها و مؤسسه‌های استاندارد مرجع. به همین دلیل در نمونه‌گیری سعی می‌شود با به حداقل رساندن خطاهای سیستماتیک از صحت آنها اطمینان حاصل شود.

دقت یک مفهوم کیفی است و به صورت زیاد (بالا) و کم (پایین) بیان می‌شود.

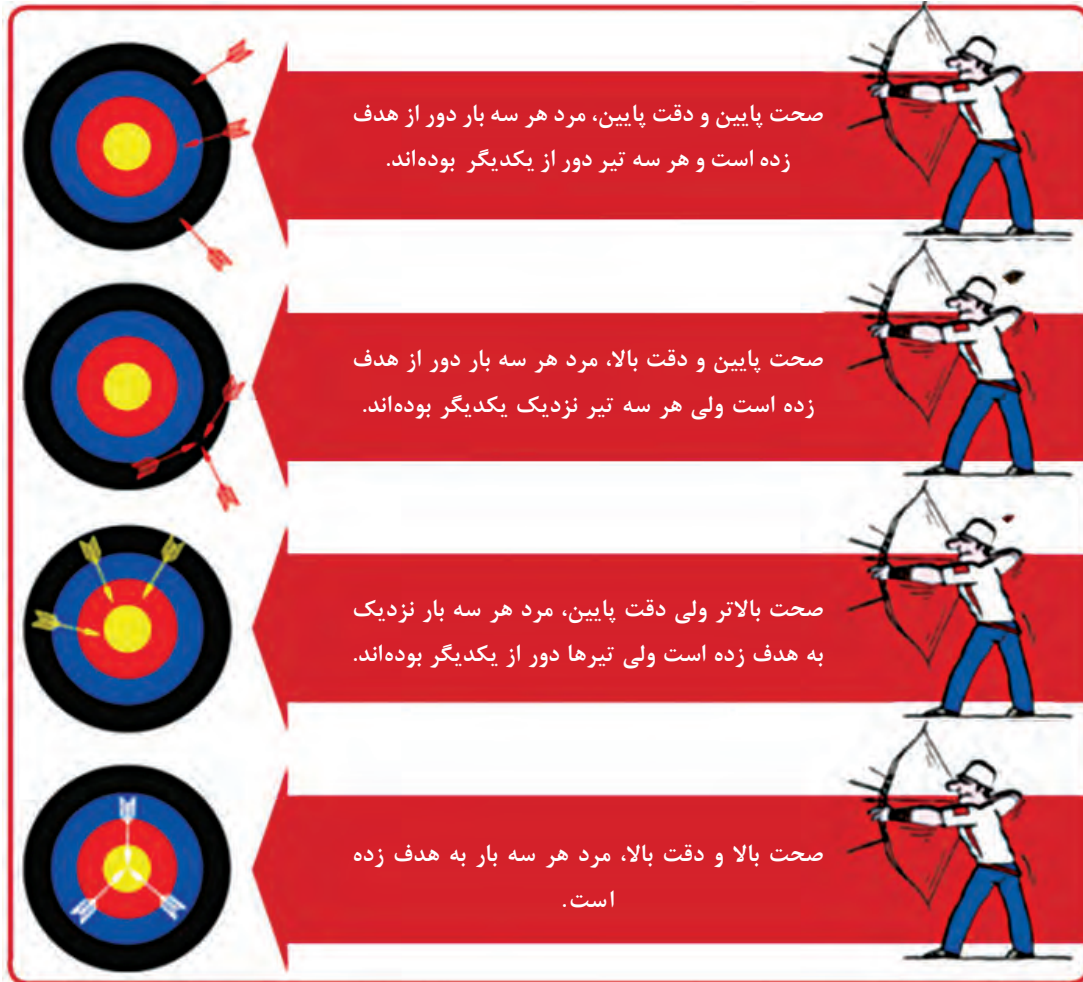
برای مثال، دمای محیطی را که ۲۵/۲ درجه سلسیوس است، ۲ نفر با دو دماسنج اندازه می‌گیرند. به فرض نفر اول و دماسنج اول با سه بار اندازه‌گیری ۲۶/۹ و ۲۲/۸ و ۲۱/۲ درجه را ثبت می‌کند. نفر اول و دماسنج دوم با سه بار اندازه‌گیری ۲۵/۹ و ۲۵/۸ و ۲۶/۰ درجه را ثبت می‌کند. نفر دوم و دماسنج اول با سه بار اندازه‌گیری ۲۷/۵ و ۲۵/۲ و ۲۲/۹ درجه را ثبت می‌کند. نفر دوم و دماسنج دوم با سه بار اندازه‌گیری ۲۵/۲ و ۲۵/۳ و ۲۵/۱ درجه را ثبت می‌کنند. نتایج دقت و صحت به صورت زیر بیان می‌شود:

1 دقت و صحت هر دو پایین است.

2 دقت بالا و صحت پایین است. (چون نتایج نزدیک هم هستند، دقت اندازه‌گیری بالا است ولی نتایج صحیح نیستند).



- ۳ دقت پایین و صحت بالا است. (نتایج با هم فاصله دارند ولی متوسط نتایج دارای صحت بالایی است).
- ۴ دقت و صحت هر دو بالا است.
- شکل ۴ نیز از بالا به پایین نتایج مثال را نشان می دهد.



شکل ۴- نتایج دقت و صحت

- ۱ خطاهای نمونه گیری به چه عواملی بستگی دارد؟
- ۲ انواع خطاهای اندازه گیری را نام ببرید.
- ۳ دقت و صحت را تعریف کنید.
- ۴ اگر نمونه ها به طور صحیح جمع آوری نشوند، چه اشکالی به وجود می آید؟
- ۵ عوامل مؤثر در نمونه گیری چیست؟

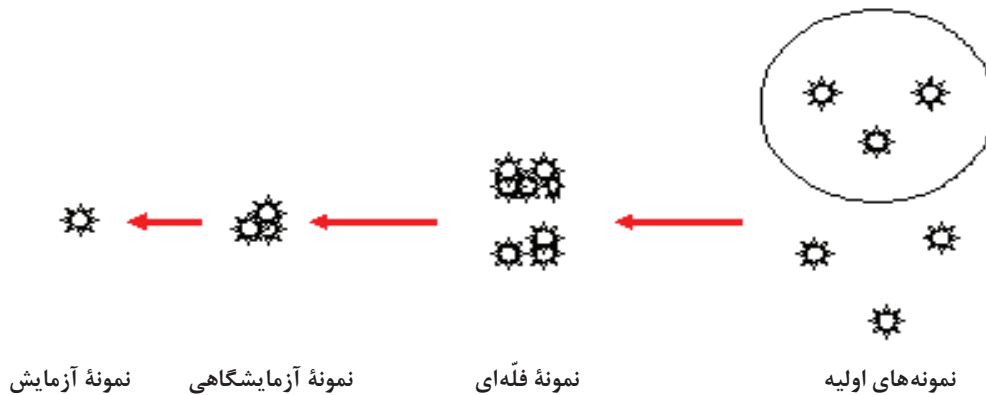
پرسش ۱



## نمونه‌گیری جامدات

مطابق شکل ۵، در فرایند نمونه‌گیری جامدات انواع نمونه‌ها به صورت زیر تعریف می‌شوند:

- **نمونه اولیه<sup>۱</sup>**: که از کل محموله و یا قسمتی از آن در یک بهر<sup>۲</sup> نمونه‌گیری می‌شود.
- **نمونه فله‌ای<sup>۳</sup>**: نمونه‌هایی شامل ترکیبی از نمونه‌های اولیه یک‌دست شده که از قسمت‌هایی از یک بهر یا محموله گرفته می‌شود.
- **نمونه آزمایشگاهی<sup>۴</sup>**: قسمتی از نمونه فله‌ای است که برای انجام دادن آزمایش‌های معمولی استفاده می‌شود.
- **نمونه آزمایش<sup>۵</sup>**: قسمتی از نمونه آزمایشگاهی است که برای انجام دادن آزمایش‌های خاص استفاده می‌شود.
- **نمونه مرجع<sup>۶</sup>**: نمونه‌هایی هستند که از نمونه‌های آزمایشگاهی و نمونه آزمایش در طی بازرسی‌ها گرفته شده‌اند و برای اقدامات بعدی انبار می‌شوند.



شکل ۵- انواع نمونه‌های تعریف شده در فرایند نمونه‌گیری جامدات

## وسایل نمونه‌گیری از جامدات

نمونه‌های اولیه بهتر است توسط وسایل مکانیکی خاص و توصیه‌شده تهیه شوند. در ادامه تعدادی از این وسیله‌ها معرفی شده‌اند:

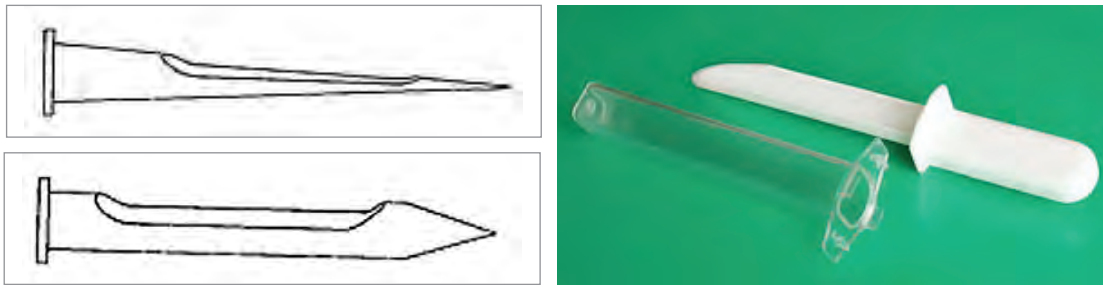
– **لوله‌های نمونه‌گیری<sup>۷</sup>**: این تجهیزات نوک تیز هستند و طول آنها برای نمونه‌گیری از داخل کیسه‌ها طراحی شده است. قطر داخلی این نوع سوند<sup>۸</sup> برای دانه‌های کوچک مانند گندم و جو ۱۲ میلی‌متر، و برای دانه‌های بزرگ‌تر مانند ذرت ۲۵ میلی‌متر است (شکل ۶).

۱- Primary Sample

۲- Lot مقدار معینی از کالای تولیدی در شرایطی از ساخت که یکنواخت فرض شده است. در برخی صنایع، اصطلاح Batch ممکن است به جای بهر به کار گرفته شود.

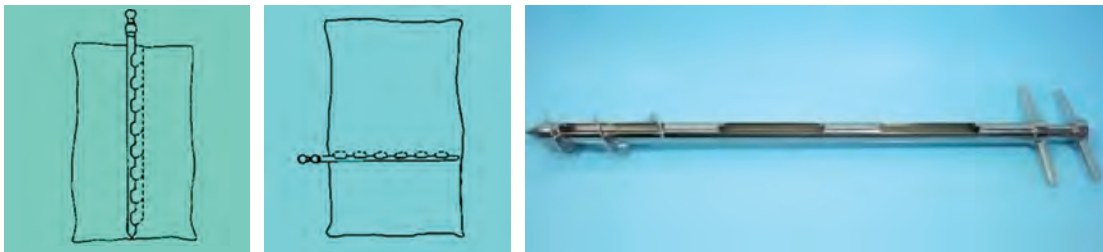
۳- Bulk Sample ۴- Laboratory Sample ۵- Test Sample ۶- Reference Sample ۷- Sample Probe

۸- لوله باریک توخالی است که برای جمع‌آوری نمونه، درون محموله قرار داده می‌شود.



شکل ۶- لوله های نمونه گیری جامدات

– **لوله های انتخابگر<sup>۱</sup>**: شامل دو لوله، یکی استوانه گردان و دیگری دسته آن است. این دو داخل هم قرار می گیرند و با گرداندن دسته داخلی، قسمت پهلویی نمونه گیر باز می شود و از قسمت های نمونه به طور هم زمان نمونه گیری می کند. این وسیله برای نمونه گیری از کیسه های باز و محموله های فله ای به کار می رود و عملیات نمونه گیری در عمق های مختلف به طول سوند (از ۱/۳ تا ۲ متر) بستگی دارد. قطر داخلی این نوع سوند از ۱۲ تا ۵۰ میلی متر و طول آن از ۴۵ سانتی متر به بالا است (شکل ۷).



شکل ۷- لوله های انتخابگر

– **نمونه گیرهای مخروطی<sup>۲</sup>** که می تواند به قسمت های داخلی محموله های بسته بندی شده نفوذ کند و در داخل آن باز شود و مقداری از محموله را در خود جای دهد. برای نمونه گیری از محموله های فله ای، دسته های مختلف و به اندازه های متفاوت وجود دارد (شکل ۸).



شکل ۸- نمونه گیرهای مخروطی

۱- Sector Probe

۲- Conical Sampler

– نمونه‌گیرهای پیچی<sup>۱</sup> که می‌تواند به قسمت‌های داخلی در عمق‌های مختلف محموله وارد شود و توسط دست پیچانده می‌شوند. این وسیله برای نمونه‌گیری از آردها و بذره‌های فله‌ای مناسب است (شکل ۹).



شکل ۹- نمونه‌گیرهای پیچی



– تاس نمونه‌گیر<sup>۲</sup>، وسیله‌ای که برای نمونه‌گیری از محموله‌های فله‌ای در طی بارگیری و یا تخلیه به کار می‌رود (شکل ۱۰).

شکل ۱۰- تاس نمونه‌گیر

– تقسیم‌کننده‌ها<sup>۳</sup>: تجهیزاتی هستند که یک نمونه را به دو یا چند قسمت تقسیم می‌کنند. با چند بار تکرار می‌توان جرم نمونه ارسالی به آزمایشگاه را کاهش داد (شکل ۱۱ الف و ب).



ب) تقسیم‌کننده بورنر<sup>۵</sup>

الف) تقسیم‌کننده ریفل<sup>۴</sup>

شکل ۱۱- انواع تقسیم‌کننده‌ها

- ۱- Screw Sampler
- ۲- Sampler Spoon
- ۳- Divider
- ۴- Riffle Divider
- ۵- Boerner Divider

مخروط کردن و سپس یک چهارم کردن! ساده ترین روش تقسیم نمونه های فله ای است. نمونه های اولیه روی هم ریخته می شوند و سپس مخلوط می گردند. این مقدار از نمونه ها به شکل مخروط در می آید و نوک آن صاف می شود. توسط وسیله مشخص شده در شکل ۱۲ توده نمونه جامد به چهار قسمت تقسیم شده و دو مقدار روبه رویی حذف می شوند و اگر باز مقدار نمونه مورد نیاز آزمایش زیاد بود، دوباره دو توده روبه روی هم، با یکدیگر مخلوط و چهار قسمت می شود و این کار تا رسیدن نمونه مورد نیاز آزمایش به حد لازم ادامه می یابد.



۱- دانه ها مخلوط می شوند و سپس به شکل مخروط در می آیند.



۲- سر مخروط برداشته می شود.



۳- تقسیم اولیه



۴- تقسیم ثانویه



۵- دو قسمت روبه رو با هم ترکیب می شود.



۶- نمونه کاهش یافته

شکل ۱۲- مخروط کردن و سپس یک چهارم کردن

## نمونه گیری جامدات

فیلم آموزشی



پرسش ۲



- ۱ ساده ترین روش تقسیم نمونه های فله ای (مخروط کردن و سپس یک چهارم کردن) را شرح دهید.
- ۲ چرا بعضی از وسایل نمونه گیری (لوله های نمونه گیری) نوک تیز هستند و قطرهای مختلف دارند؟
- ۳ دو دستگاه نمونه گیری از جامدات را بیان کنید که مشابه روش مخروط کردن و سپس یک چهارم کردن هستند.

تحقیق کنید  
۱



یک نمونه بزرگ از یک ماده معدنی همگن به جرم ۲۵۶۰۰ گرم در اختیار است. چگونه می توان با استفاده از دستگاه ریفل که در شکل ۱۱ نشان داده شده است، ۲۰۰ گرم نمونه برای ارسال به آزمایشگاه تهیه کرد؟ چند بار نمونه درون دستگاه ریخته می شود؟ آیا می توانید برای تعداد دفعات، قاعده‌ای ارائه دهید؟

### فعالیت عملی ۳



#### تهیه و ساخت نمونه گیر جامدات

روش کار:

الف) جدولی از نمونه‌گیرهای جامدات در آزمایشگاه و کارگاه هنرستان خود تهیه کنید.  
ب) هر گروه یک نمونه‌گیر برای جامدات طراحی کند و بسازد.

### فعالیت عملی ۴



#### نمونه‌گیری از جامدات

روش کار:

- ۱ با استفاده از لوله‌های نمونه‌گیری (شکل ۶)، مقداری نمونه از یک کیسه حاوی شن و ماسه یا خاک بردارید و پس از وزن کردن درون کیسه نمونه‌گیری بریزید. اطلاعات لازم را بر روی برچسب نمونه‌گیری بنویسید و به مسئول آزمایشگاه تحویل دهید.
- ۲ حدود ۱ کیلوگرم شن و ماسه را بردارید و با روش مخروط کردن و سپس یک چهارم کردن به ۲۵۰ گرم برسانید و پس از وزن کردن درون کیسه نمونه‌گیری بریزید. اطلاعات لازم را بر روی برچسب نمونه بنویسید و به مسئول آزمایشگاه تحویل دهید.

### فعالیت عملی ۵



#### نمونه‌گیری از سنگ نمک

روش کار:

- ۱ ۵۰ گرم از یک نمونه جامد سنگ نمک را آسیاب کنید تا اندازه ذرات آن کاهش یابد، سپس آنها را مخلوط کنید تا همگن شود.
- ۲ مطابق روش مخروط کردن و یک‌چهارم کردن در شکل ۱۲، عملیات تقسیم کردن جامد را انجام دهید.
- ۳ عمل مخروط کردن و یک‌چهارم کردن را دو بار دیگر تکرار کنید.
- ۴ نمونه را در ظرف مناسب نگهداری کنید.
- ۵ بر روی ظرف نمونه برچسب اطلاعات نصب کنید.



در شهر و استان شما، چه نوع معادنی وجود دارد؟ آیا می‌توانید نمونه‌های کوچکی از سنگ و پودر آنها را تهیه کنید و ترکیب آنها را حدس بزنید.

- نگهداری نمونه‌ها:** برخی از استانداردهای نگهداری نمونه‌ها شامل استانداردهای بین‌المللی<sup>۱</sup> و استاندارد انگلیسی<sup>۲</sup> هستند که به‌طور خلاصه شامل دستورهای زیر هستند:
- الف) نمونه‌های آزمایشگاهی که در حجم کم تهیه و آماده می‌شوند.
  - نمونه‌هایی که برای آزمایش‌های رطوبت‌سنجی آماده شده‌اند، باید در ظروف پلاستیکی و یا شیشه‌ای کدر نگهداری شوند.
  - حجم ظروف نگهداری نمونه‌های رطوبت‌سنجی باید به اندازه‌ای باشد که به‌طور کامل با مقدار نمونه تهیه شده، پر شود.
  - ظروف نگهداری نمونه‌های تجزیه شیمیایی و یا مطالعات خشک باید کاملاً ضد نفوذ هوا و رطوبت باشند.
  - برای نگهداری نمونه‌ها با خاصیت اسیدی یا قلیایی، از ظروف شیشه‌ای استفاده شود.
  - ظروف نگهداری نمونه‌های رطوبت‌سنجی باید در جای خشک و خنک (دمای کمتر از  $25^{\circ}\text{C}$ ) و دیگر نمونه‌ها در جای خشک (حداکثر  $40^{\circ}\text{C}$ ) نگهداری شوند.
  - ب) نمونه‌هایی که در حجم‌های متوسط هستند و برای انجام مطالعات تحقیقاتی یا بهینه‌سازی (غیر از انجام دادن تجزیه شیمیایی و رطوبت‌سنجی) تهیه شده‌اند.
  - این نمونه‌ها را می‌توان با توجه به ماهیت و یا اهمیت در ظروف درباز و یا دربسته نگهداری کرد.
  - پیشنهاد می‌شود تا در صورت امکان، ظرف‌های مربوط در رنگ‌های متفاوت و مشخص شده انتخاب شوند.
- اشکالات نمونه‌گیری از جامدات:** اشکال نمونه‌گیری از جامدات، ناهمگن بودن و متفاوت بودن اندازه ذرات است.



به نظر شما، همگن نبودن جسم جامد را چگونه می‌توان برطرف کرد؟



بهترین زمان برای نمونه‌گیری از سنگ‌های معدنی چه وقتی است؟



- ۱ در نمونه‌گیری جامدات، نمونه و نمونه اولیه را تعریف کنید.
- ۲ ویژگی وسایل نمونه‌گیری از جامدات را توضیح دهید.
- ۳ اشکالات نمونه‌گیری از جامدات را نام ببرید.

۱- ISO (International Standard Organization): سازمان بین‌المللی استاندارد است که تدوین استانداردها را بر عهده دارد.

۲- BS (British Standard): استانداردهایی هستند که در کشور انگلستان تهیه و تدوین می‌شوند.



۱ برای نمونه‌گیری از موادی که به صورت پودر هستند، مانند سیمان و آرد، پس از مخلوط کردن از میله نمونه‌گیری استفاده شود. میله نمونه‌گیری را از چند جهت تا نیمه کیسه یا ظرف حاوی نمونه بزرگ فرو ببرید و نمونه لازم را برای آزمایش بیرون آورید.

۲ برای نمونه‌گیری از موادی که بسته‌بندی شده‌اند، مثل کیسه‌ها، و به همین صورت از کارخانه خارج می‌شوند، باید از هر ۱۰ یا ۵ کیسه، یکی را انتخاب کرد و مواد آن را مخلوط کرد، آنگاه از مخلوط حاصل نمونه مورد نظر را برداشت.

۳ در مورد شمش فلزات و آلیاژها، باید به وسیله سوهان، سند یا وسایل دیگر، از نقاط مختلف آنها، یعنی قسمت‌های خارجی و داخلی، نمونه‌گیری کرد. زیرا در این گونه موارد تنها نمونه‌گیری از سطح فلز کافی نیست. نمونه مورد نظر، از مخلوط کردن مواد برداشته شده به دست می‌آید.

## نمونه‌گیری مایعات

نمونه‌گیری از مایعات در صنایع به روش‌های مختلف انجام می‌شود. شکل ۱۳ تعدادی از تجهیزات نمونه‌گیری و شیوه‌های مختلف نمونه‌گیری مایعات را نشان می‌دهد.



شکل ۱۳- تعدادی از تجهیزات و شیوه‌های مختلف نمونه‌گیری مایعات

روش‌های نمونه‌گیری از مایعات به نوع محلول و شکل ظرف بستگی دارد و به صورت‌های زیر انجام می‌شود:

۱ چنانچه محلول مورد نظر همگن باشد، یعنی تنها از یک فاز تشکیل شده باشد، نمونه‌گیری کار آسانی است و می‌توان هر قسمتی از آن را توسط روش‌هایی مانند سیفون کردن، ریختن و پی‌پت کردن به عنوان نمونه انتخاب کرد.





برای حالت سوسپانسیون (تعلیق) چه روشی برای نمونه‌گیری پیشنهاد می‌کنید؟

- ۲ اگر محلول همگن نباشد، مانند امولسیون باید پس از هم‌زدن، حجم‌های مساوی از قسمت بالا، پایین و وسط ظرف، نمونه‌های مجزا را برداشت و سپس، با هم مخلوط کرد.
- ۳ در مایعات مخلوط نشدنی که تشکیل چند لایه جدا از هم را می‌دهند (مانند آب و نفت)، از هر مایع به اندازه حجم نسبی آنها، به‌طور مجزا، نمونه‌گیری می‌شود.
- ۴ اگر محلول دارای ذراتی باشد که ته‌نشین می‌شوند، ابتدا باید آنها را به‌خوبی مخلوط کرد و سپس به سرعت از آن نمونه‌گیری انجام شود. همچنین می‌توان قسمت جامد را صاف کرد و سپس به‌طور جداگانه از قسمت‌های مایع و جامد، برحسب وزن نسبی آنها نمونه‌گیری انجام داد.
- ۵ محلول‌های فزّار باید پیش از نمونه‌گیری خنک شود و محلول‌های غیرفزّار که دارای بلور هستند، باید ابتدا گرم شوند تا بلورهای تولیدشده حل شوند.
- ۶ از محلول‌هایی که به‌وسیله لوله انتقال پیدا می‌کنند، باید در فاصله‌های زمانی مساوی، در مدت ۲۴ ساعت از محلی که مایع خارج می‌شود، مقادیر مساوی از ماده را انتخاب کرد و با یکدیگر مخلوط نمود. اگر چندین شیر خروجی وجود داشته باشد، باید از هریک به مقدار مساوی نمونه‌گیری کرد و سپس آنها را با هم مخلوط نمود.

## فعالیت عملی ۶



### نمونه‌گیری از مایعات به روش سیفون کردن

#### وسایل لازم:

ظرف شیشه‌ای بزرگ و دهان‌گشاد (دو عدد) و لوله پلاستیکی

#### روش کار:

- مطابق شکل، شیشه بزرگ و دهان‌گشادی را پر از آب کنید و روی میز بگذارید. شیشه مشابه دیگری را که خالی است، روی صندلی کنار میز بگذارید.
- یک شیلنگ یا لوله خرطومی را پر از آب کنید. با فشار دو انگشت یا با گیره لباس مسیر شیلنگ را کاملاً ببندید.
- حال یک سر شیلنگ را در داخل شیشه روی میز و سر دیگر آن را داخل شیشه خالی بگذارید. دو سر شیلنگ را آزاد کنید یا گیره‌ها را بردارید. چه اتفاقی می‌افتد؟
- وقتی جریان آب متوقف شد، جای شیشه‌ها را با یکدیگر عوض کنید. حال چه مشاهده می‌کنید؟



## ظروف نمونه‌گیری از مایعات

تعدادی از ظروف نمونه‌گیری مایعات در جدول ۱ به همراه کاربردهای آنها آورده شده است:

جدول ۱- ظروف نمونه‌گیری مایعات و ویژگی‌های آنها

نام ظرف	ویژگی‌ها و کاربردها	شکل ظرف نمونه‌گیری
نمونه‌گیر مایع مستر <sup>۱</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- مناسب برای برداشتن مایعات با گران‌روی متوسط و پایین</li> <li>- مناسب برای نمونه‌ها با حجم‌های مختلف</li> <li>- از جنس فولاد ضدزنگ<sup>۲</sup> با کیفیت بالا و یا پلاستیک</li> <li>- مناسب برای نمونه‌گیری چند بخشی از مایعات یا نمونه‌گیری از یک نقطه خاص</li> <li>- موجود در طول‌ها و قطرهای مختلف</li> </ul>	
نمونه‌گیر پمپی <sup>۳</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- نمونه‌گیری سریع</li> <li>- کاهش احتمال آلودگی</li> <li>- مناسب برای برداشتن مایعات با گران‌روی متوسط و پایین</li> <li>- مناسب برای نمونه‌گیری از یک نقطه خاص</li> <li>- سهولت نمونه‌گیری از مایعات در مخازنی تا ارتفاع ۴ متر</li> <li>- از جنس فولاد ضدزنگ با کیفیت بالا و یا پلاستیک</li> </ul>	
نمونه‌گیر تلسکوپی <sup>۴</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- مناسب برای نمونه‌گیری از مایعات و تعلیق‌ها</li> <li>- مناسب برای نمونه‌گیری از رودخانه‌ها و دریاچه‌ها</li> <li>- وزن کم</li> <li>- دسته آلومینیمی</li> </ul>	
نمونه‌گیر از نوع بطری <sup>۵</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- برای نمونه‌گیری مستقیم از یک نقطه مشخص</li> <li>- مناسب برای برداشتن مایعات با گران‌روی متوسط و پایین</li> <li>- بدنه نمونه‌گیر از جنس فولاد ضدزنگ با کیفیت بالا و بطری شیشه‌ای</li> </ul>	
نمونه‌گیر فنجان‌ی <sup>۶</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- مناسب برای برداشتن مایعات و تعلیق‌هایی با گران‌روی پایین و بالا</li> <li>- جنس فولاد ضدزنگ با کیفیت بالا</li> </ul>	
نمونه‌گیر دیپپر <sup>۷</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- مناسب برای نمونه‌گیری از مایعات و تعلیق‌ها</li> <li>- امکان نمونه‌گیری از سطح مایعات</li> <li>- جنس فولاد ضد زنگ با کیفیت بالا</li> </ul>	

۱- Master Liquid Sampler ۲- Stainless Steel ۳- Pump Sampler ۴- Telescopic Sampler ۵- Bottle Sampler ۶- Cup Sampler ۷- Utility Dipper Sampler

	<p>- مناسب برای نمونه گیری از سطح مایعات - جنس فولاد ضدزنگ</p>	<p>نمونه گیر محیطی دیپر<sup>۱</sup></p>
	<p>- مناسب برای برداشتن مایعات با حجم مشخص - استفاده در صنعت دارویی</p>	<p>نمونه گیر دارویی<sup>۲</sup></p>
	<p>- مناسب برای نمونه گیری از مایعات شامل آب، روغن و لجن - جنس: برنج - دارای سامانه منحصربه فرد جداکننده بطری</p>	<p>نمونه گیر قسمت های تحتانی<sup>۳</sup></p>
	<p>- مناسب برای نمونه گیری حجم های کم تا متوسط از مایعات - قابلیت کار کردن با دست یا پا</p>	<p>پمپ های آسان</p>
	<p>- مناسب برای نمونه گیری از بشکه ها - مناسب برای برداشت حجم زیادی از نمونه - مناسب برای استفاده های بهداشتی</p>	<p>پمپ های ضدزنگ</p>
	<p>- مناسب برای نمونه گیری از سیلوها یا چاه ها</p>	<p>نمونه گیر یک بار مصرف</p>
<p>توجه: نیازی به حفظ کردن اطلاعات جدول نیست.</p>		

۱- Enviro Dipper sampler

۲- U-D Doser Sampler

۳- Sub Sampler



شناسایی نمونه‌گیرها و نمونه‌گیری مایعات

الف) شناسایی نمونه‌گیرهای موجود در کارگاه و آزمایشگاه هنرستان جدولی از مشخصات نمونه‌گیرهای موجود در کارگاه و آزمایشگاه هنرستان خود تهیه کنید.

ردیف	جنس نمونه‌گیر	حجم نمونه قابل برداشت	نوع مایع قابل برداشت	ویژگی	نام نمونه‌گیر
۱					
۲					
۳					
۴					
۵					

ب) هر گروه یک نمونه‌گیر مایع طراحی کند و سپس با وسایل ساده آن را بسازد.  
پ) نمونه‌گیری مایعات: ۱ لیتر آب و حدود ۱۰ گرم شن و ماسه را با هم مخلوط کنید و سپس با دوروش متفاوت، حدود ۵۰ میلی‌لیتر نمونه‌گیری کنید. کدام یک از روش‌های استفاده‌شده، آسان‌تر و دقیق‌تر است؟ چرا؟

## نمونه‌گیری آب

هدف از نمونه‌گیری، به‌دست آوردن قسمت کوچکی از آب است که نمایانگر خصوصیات واقعی منبع اصلی باشد. عوامل مهم در این راستا شامل مکان نمونه‌گیری، زمان و تناوب نمونه‌گیری و حفظ ترکیب نمونه تا لحظه آزمون است.

در هر روش نمونه‌گیری آب موارد زیر باید رعایت شوند:

الف) نمونه‌ها باید نمایانگر وضعیت موجود در نقطه نمونه‌گیری باشد.

ب) حجم نمونه باید در حدی باشد که تکرار آزمون به‌تعداد موردنظر میسر شود.

پ) نمونه‌ها باید طبق روشی جمع‌آوری، بسته‌بندی و حمل و نقل شود که پیش‌بینی و مراقبت‌های لازم برای تغییر نیافتن در ترکیب و خصوصیات ویژه آن تا مرحله اجرای آزمایش، صورت پذیرد.

ت) در صورتی که آب موجود در منبع اصلی دارای مواد کلوئیدی و یا مواد معلق به‌هم پیوسته باشد، نمونه‌ها را باید به‌طور معمول بدون جدا کردن ذرات معلق برداشت.

ظرف حمل نمونه آبی: این ظرف باید از نوع پلی‌اتیلن و یا شیشه‌ای باشد. ظروف پلی‌اتیلنی به‌دلیل نشکن بودن معمولاً به نوع شیشه‌ای برتری دارد، ولی در مورد نمونه‌هایی که دارای ترکیباتی مانند فسفر در غلظت‌های بالا باشد، باید از نوع شیشه‌ای استفاده کرد.

نکته

در جمع‌آوری نمونه برای آزمون‌های میکروشناسی لازم است ظروف حمل نمونه در ابتدا سترون شود و سپس به کار رود. این‌گونه نمونه‌ها باید خیلی سریع مورد آزمون قرار گیرد.



## فعالیت عملی ۸

### سترون‌سازی ظروف نمونه‌گیری

#### روش کار

- ۱ تمامی ظرف‌های نمونه‌گیری را بشویید و بگذارید تا خشک شوند.
- ۲ تمامی ظرف‌ها را توسط در آنها یا پنبه و فویل آلومینیمی ببندید و آنها را درون اتوکلاو بگذارید.
- ۳ در اتوکلاو را با دقت ببندید و با رعایت نکات ایمنی آن را روشن کنید.
- ۴ مطابق دستور کار اتوکلاو، اجازه دهید شرایط سترون‌سازی به خوبی انجام شود.
- ۵ اتوکلاو را خاموش کنید و اجازه دهید تا خنک شود.
- ۶ با احتیاط در اتوکلاو را باز کنید و وسایل سترون‌شده را خارج کنید.

با مراجعه به تارنمای مؤسسه ملی استاندارد ایران، شماره ۲۳۴۸ (روش روزمره نمونه‌گیری آب)، را تهیه کنید و در مورد قسمت‌های مختلف آن گفت‌وگو کنید.

تحقیق کنید  
۴



## فعالیت عملی ۹

### روش‌های نمونه‌گیری آب

#### الف) روش نمونه‌گیری از آب‌های زیرزمینی (چاه‌های سرباز کم‌عمق) وسایل لازم:

- بطری دهان‌گشاد شیشه‌ای و یا پلاستیکی ساخته‌شده از مواد غیرسمی به حجم ۲۰۰ تا ۵۰۰ میلی‌لیتر که پیش‌تر سترون شده است و درپوش آن از نوع پیچی و یا تویی باشد. درپوش نیز به وسیله ورقه آلومینیمی و یا یک کاغذ ضخیم استریل، پوشیده شده باشد و توسط کش و یا نخ محکم شود.
- یخدان

#### روش کار:

- ۱ هنگام نمونه‌گیری از چاه و یا یک منبع سرباز کم‌عمق، درپوش بطری را بردارید و آن را واژگون کنید و طوری در آب فرو برید که در عمق ۲۵ تا ۴۰ سانتی‌متری سطح آب قرار گیرد.
- ۲ بطری را به آرامی طوری کج کنید که دهانه و گردن آن به سمت بالا قرار گیرد و در هنگام پر شدن از آب، آن را در جهت مخالف خود، به‌طور افقی حرکت دهید.
- ۳ چنانچه آب دارای جریان باشد، دهانه بطری را به‌طور مستقیم در مقابل آب قرار دهید.
- ۴ بطری را از آب خارج کنید و مقداری از آب آن را خالی کنید، به‌گونه‌ای که سطح آب به ۳ الی ۴ سانتی‌متری لبه برسد.
- ۵ بطری نمونه را درون یخدان قرار دهید.
- ۶ پس از جمع‌آوری نمونه، بطری به‌صورت زیر برچسب‌گذاری شود:

- نام و نام خانوادگی نمونه‌گیر
- محل نمونه‌گیری (با جزئیات درحدی که با در دست داشتن این مشخصات فرد دیگری بتواند از همان نقطه نمونه‌گیری کند).
- دمای آب در محل نمونه‌گیری
- زمان نمونه‌گیری (ساعت، روز، ماه و سال)

### ب) روش نمونه‌گیری از شیر و یا پمپ آب

- ۱ با شعله گاز و یا چراغ الکلی محل خروج آب را گرم کنید.
- ۲ برای به‌دست آوردن یک نمونه که نمایانگر خصوصیات اصلی منبع آب از شیر و یا پمپ باشد، لازم است جریان آب به مدت یک تا دو دقیقه برقرار باشد.
- ۳ کاغذ محافظ و سرپوش بطری نمونه‌گیری را به‌طور یکجا از روی بطری بردارید.
- ۴ بطری را تا حدود ۳ الی ۴ سانتی‌متری لبه آن از آب پر کنید.
- ۵ سرپوش و کاغذ را به‌جای خود بگذارید و پس از محکم کردن، بطری را درون یخدان قرار دهید.
- ۶ نمونه را برچسب‌گذاری کنید.

### پ) روش نمونه‌گیری از چشمه آب

مطابق روش ب عمل کنید و دهانه بطری را در زیر آب چشمه در محلی که آب آن به پایین ریخته می‌شود، به دقت طوری بگیرید که مشابه برداشتن آب از شیر باشد.

در صورت حمل و نقل، نمونه‌ها را باید در ظرف با جدار عایق که محتوی یخ است، منتقل کرد تا دمای آن بین صفر تا چهار درجه سلسیوس باقی بماند و امکان استفاده برای آزمون، ظرف ۱۲ ساعت پس از جمع‌آوری فراهم شود. شرایط واقعی در گزارش آزمون بیان می‌شود.

نکته



فیلم آموزشی



۱ نمونه‌گیری از آب رودخانه

۲ نمونه‌گیری از آب شهری

## نمونه‌گیری فرآورده‌های نفتی

معمولاً نمونه‌گیری در صنایع شیمیایی و نفتی به سه دلیل انجام می‌شود:

- ۱ تعیین کیفیت محصول
  - ۲ انجام دادن آزمایش برای طراحی کارخانه‌های شیمیایی و یا پالایشگاه‌ها
  - ۳ تعیین کارکرد صحیح فرایند تولید
- نمونه‌هایی که برای ارزیابی مشخصات و کنترل کیفیت به آزمایشگاه فرستاده می‌شوند، باید نمایانگر واقعی فرآورده و یا محتوای مخزن مورد نظر باشند. مهم‌ترین نکات نمونه‌گیری به شرح زیر است:

- هنگام نمونه گیری از فراورده های نفتی باید دقت شود تا از آلوده شدن نمونه به مواد خارجی و یا تبخیر مواد سبک و نیز اکسید شدن آنها و تغییرات دیگر جلوگیری شود.
- در جریان نمونه گیری، باید تا آنجا که ممکن است، اثر عوامل خارجی، مانند جریان هوا و رطوبت را کم کرد و پس از نمونه گیری، بی درنگ تماس هوا با آن قطع شود.
- نمونه گیری از درون مخازن باید مطابق با روش استاندارد باشد و نمونه گیری فقط از دریچه بالای مخزن انجام شود. نمونه به هیچ وجه نباید از محل دیگری مثل شیر یا لوله عمق سنج گرفته شود، مگر اینکه تصریح شده باشد.
- وسایل نمونه گیری از جمله طناب، ظرف نمونه، ظرف حامل نمونه و موارد مشابه برای هر نمونه باید اختصاصی باشد.
- هنگام نمونه گیری از اعماق مختلف مخزن، قاعده این است که نمونه ها به ترتیب از بالا به پایین گرفته شود. نمونه گیری مایعات نفتی به دو روش غیر پیوسته و نمونه گیری از خطوط لوله انجام می گیرد.

### الف) روش نمونه گیری ناپیوسته

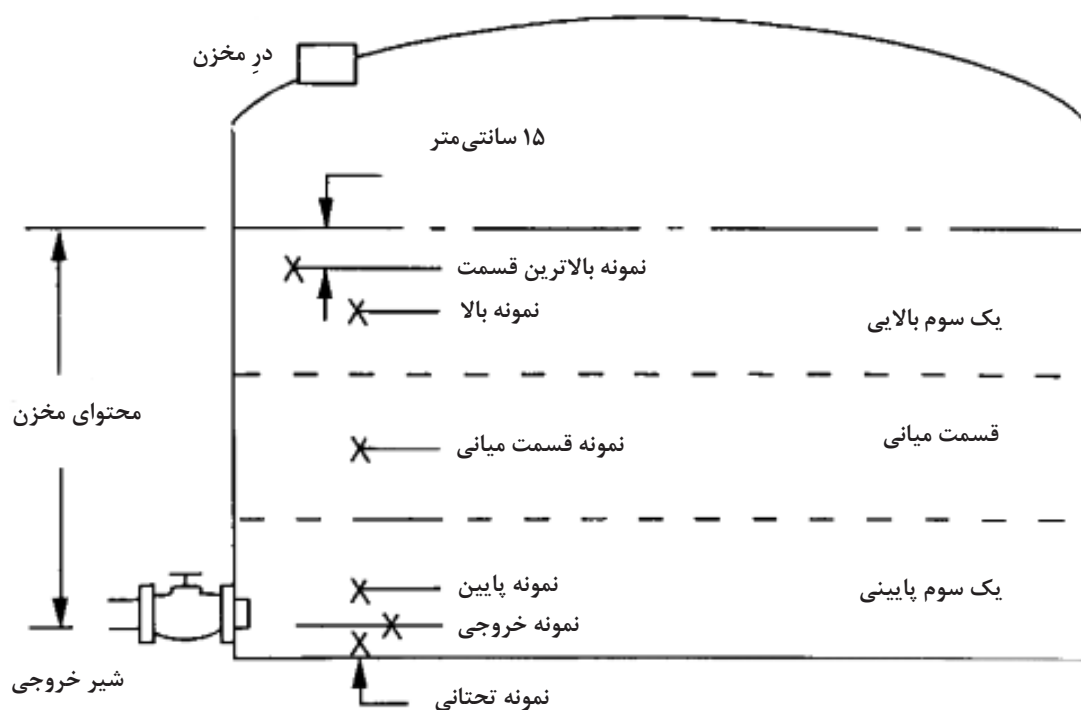
این روش برای نمونه گیری از نفت خام و محصولات نفتی در مخازن ذخیره استفاده می شود. هنگامی که نفت خام تولید و در مخازن ذخیره می شود، به مرور ترکیبات هیدروکربنی موجود در آن به ترتیب جرم مولکولی آرایش جدیدی در مخزن ایجاد می کنند. پس از گذشت چند روز از ذخیره سازی، مشاهده شده است غلظت ترکیبات سبک در بالای مخزن و ترکیبات سنگین در کف مخزن افزایش می یابد. از این رو لازم است با استفاده از روش های استاندارد، نمونه گیری به صورتی انجام شود تا نمونه گرفته شده، نماینده محتوای کلی مخزن اصلی باشد. مهم ترین استاندارد مورد استفاده، استاندارد ASTM D۴۰۵۷ است که برای نمونه گیری از مواد هیدروکربنی با فشار بخار کمتر از ۱۴/۷ Psi در دمای محیط توصیه شده است. در شکل ۱۴، یک مخزن ذخیره مواد هیدروکربنی نشان داده شده است. برای مثال، در صنایع نفت برای نمونه گیری از مخازن از روش دستی استفاده می شود. همان طوری که در شکل نشان داده شده است، محتوای هیدروکربنی مخزن ذخیره به ۳ قسمت اصلی بالا، وسط و پایین تقسیم بندی می شود. حال نمونه هایی که می توان از این مخزن تهیه نمود به شرح زیر است:

- نمونه بالاترین قسمت مخزن<sup>۱</sup> عبارت است از نمونه ای که از ۱۵ سانتی متری سطح نمونه از بالای مخزن گرفته شود.
- نمونه قسمت بالا<sup>۲</sup> به نمونه ای اطلاق می شود که از وسط ناحیه بالا تهیه شود.
- نمونه قسمت وسط<sup>۳</sup> به نمونه ای اطلاق می شود که از وسط قسمت میانی تهیه شود. به عبارت دیگر این نمونه درست از قسمت میانی مخزن ذخیره تهیه می شود.
- نمونه قسمت یک سوم پایین<sup>۴</sup> مخزن به نمونه ای اطلاق می شود که از وسط این ناحیه تهیه شود.
- در قسمت دیواره پایین مخزن معمولاً شیری وجود دارد که به آن شیر تخلیه می گویند. محل نصب شیر تخلیه مقداری از کف مخزن فاصله دارد. اگر از این قسمت نمونه تهیه شود، به آن نمونه خروجی<sup>۵</sup> می گویند.
- معمولاً کف مخازن نفتی محل تجمع آب و رسوبات است. اگر مقدار آنها در مخزن زیاد شود، باید از کف مخزن تخلیه شوند. نمونه ای که از آنها تهیه شود، نمونه ته مخزن تا تحتانی<sup>۶</sup> است.

۱- Top Sample  
۲- Upper Sample  
۳- Middle Sample

۴- Lower Sample  
۵- Outlet Sample  
۶- Bottom Sample

همان طوری که در شکل ۱۴ مشاهده می‌شود، نمونه‌های زیادی با اهداف گوناگون می‌توان از یک مخزن تهیه کرد. برای مثال، می‌توان به نمونه تحتانی اشاره کرد که معمولاً در یک مخزن ذخیره نفت یا فراورده نفتی نشان‌دهنده وجود آب و رسوبات در مخزن است. اگر هدف از نمونه‌گیری دستی، شناسایی محتوای کلی مخزن باشد، باید نمونه‌ها را به نسبت مساوی از قسمت‌های بالا، میانی و پایین مخزن تهیه کرد و سپس آنها در ظرف دیگری مخلوط شوند. به نمونه‌های تهیه‌شده با این روش، نمونه نماینده مخزن گفته می‌شود.



شکل ۱۴- تقسیم‌بندی مخزن در نمونه‌گیری دستی

معمولاً به دلیل یکنواخت نبودن مواد در مخازن در روش دستی نمونه‌گیری به طریق گفته‌شده در بالا عمل می‌شود. این روش، روش کم‌هزینه‌ای است. اما در صورتی که به هر دلیلی نتوان از این روش برای نمونه‌گیری استفاده کرد، می‌توان با استفاده از پمپ و ایجاد جریان برگشتی، مواد را از پایین مخزن به بالای مخزن وارد کرد. این عمل باعث تلاطم در مخزن می‌شود و پس از گذشت زمان، غلظت مواد در سراسر مخزن یکنواخت می‌شود.

## فعالیت عملی ۱۰



### نمونه‌گیری مواد نفتی

#### روش کار:

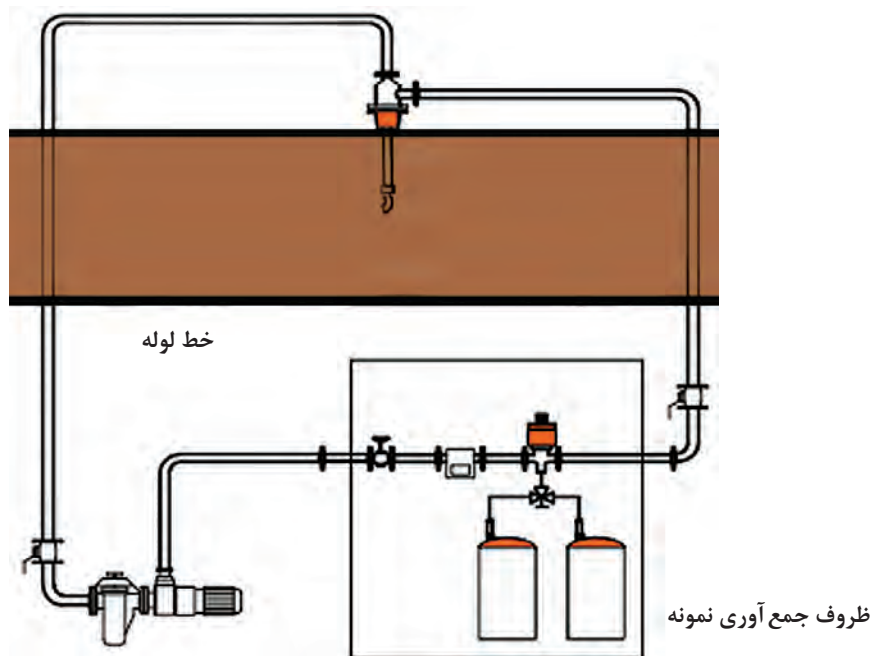
در یک ستون شیشه‌ای آب، نفت و روغن خودرو (روغن استفاده‌شده و دورریز) را بریزید و سپس از ۳ محل متفاوت از ستون شیشه‌ای نمونه بردارید. نمونه‌ها را مخلوط کنید و درون یک ظرف نمونه‌گیری بریزید مشخصات نمونه را روی ظرف بنویسید و به مسئول آزمایشگاه تحویل دهید.



با نمونه گیر مایع مستر و یا نمونه گیر دیپر می توانید نمونه گیری را انجام دهید.



ب) نمونه گیری از خطوط لوله مواد نفتی: روش استاندارد برای نمونه گیری از خطوط لوله انتقال مواد، از جمله نفت خام و فراورده های نفتی، استفاده از روش خودکار است. شکل ۱۵ یک سامانه خودکار نمونه گیری از خط لوله را نشان می دهد.



شکل ۱۵- نمونه گیری خودکار از خطوط لوله

فیلم آموزشی



۱ نمونه گیری از مخازن

۲ نمونه گیری از خطوط لوله نفت خام

تحقیق کنید

۵



با توجه به شکل ۱۵، نمونه گیری خودکار از خطوط لوله نفت خام را شرح دهید.

وسایل نمونه گیری خودکار برای نمونه گیری از خطوط لوله گران قیمت هستند و معمولاً در جاهایی که حجم نمونه صادراتی بالا باشد و کوچک ترین خطا، باعث ضرر و زیان بزرگی شود، نصب می شوند. در کشور ما، در پایانه صادراتی در آخرین نقطه تحویل نفت خام به مشتری، دستگاه نمونه گیری خودکار نصب شده است. در اغلب صنایع، محلی برای نمونه گیری از خط لوله موجود است. اما باید توجه داشت که همانند شکل ۱۵، سر لوله نمونه گیر در وسط لوله اصلی جریان قرار گیرد.

## نمونه‌گیری از روغن‌های روانکاری

یکی از عوامل مؤثر در تعیین مشخصات روغن، نمونه‌گیری صحیح از آن است. با وجود سادگی کار، با توجه به حساسیت و دقت مورد نیاز در نمونه‌گیری، آموزش نیروها و اجرای روش نمونه‌گیری صحیح از اهمیت خاصی برخوردار است.

نکته

از نقاطی که روغن در آنجا ساکن است، نباید نمونه‌گیری انجام شود.



## فعالیت عملی ۱۱



### نمونه‌گیری از روغن‌های روانکاری

#### روش کار:

- ۱ پیش از انجام دادن نمونه‌گیری، مسیر روغن را بررسی کنید که سامانه روغن در حال گردش باشد.
- ۲ نمونه‌گیری از تجهیز در حال کار بهترین نمونه و نماینده واقعی سیال است. اگر این کار امکان‌پذیر نیست، پس از خاموش کردن دستگاه، بی‌درنگ نمونه‌گیری صورت گیرد.
- ۳ نمونه‌گیری را همیشه به یک روش و در شرایط یکسان انجام دهید تا نتایج قابل مقایسه‌ای از خواص روغن به دست آید.
- ۴ سرعت جریان روغن را بررسی کنید تا ذراتی که در روغن هستند، در نمونه جمع‌آوری شوند.
- ۵ از نقاط تعیین‌شده نمونه‌گیری انجام گیرد.
- ۶ در مواردی که بررسی وضعیت یک قطعه مدنظر باشد، توصیه می‌شود در صورت امکان، نمونه‌گیری بعد از قطعه انجام شود.
- ۷ ظرف نمونه باید به اندازه یک سوم خالی باشد تا بتوان پیش از آزمایش با تکان دادن آن را کاملاً مخلوط کرد.
- ۸ در تمامی موارد، نقطه و محل نمونه‌گیری باید روی ظرف نمونه‌گیری درج شود.
- ۹ توصیه می‌شود فاصله زمانی تهیه نمونه و ارسال به آزمایشگاه و دریافت نتایج، به ویژه در شرایط اضطراری تعمیراتی، بیش از ۷۲ ساعت نباشد.
- ۱۰ پس از نمونه‌گیری، مطابق روش زیر برچسب‌گذاری روی ظرف نمونه‌گیری انجام شود:  
اطلاعات دقیق تجهیز، اطلاعات محل (نام کارخانه)، تاریخ نمونه‌گیری، محل نمونه‌گیری، میزان کارکرد روغن، نام و نوع روغن، نام سازنده روغن، ساعت‌های کارکرد روغن و تجهیز، نوع سامانه تصفیه و خالص‌سازی (صافی، سانتریفیوژ و غیره) و نام نمونه‌گیر.

توجه

در مواقعی که یک نمونه خاص مد نظر باشد، باید دستور کار نمونه‌گیری مطابق با آنچه تقاضا شده است، انجام شود. برای مثال، برای پی بردن به وجود ناخالصی‌ها ممکن است نمونه‌گیری از بالا یا پایین مخزن نیاز باشد.



- ۱ مزیت ظروف پلاستیکی نسبت به ظروف فلزی این است که خورده نمی شوند.
- ۲ دقت کنید برخی پلاستیک‌ها در روغن‌های فسفاتی مقاوم در برابر آتش، حل می شوند.



- ۱ برای نگهداری نمونه‌های با خاصیت اسیدی یا بازی از چه ظرفی استفاده می شود؟
- ۲ اگر محلول همگن نباشد و به حالت امولسیون و تعلیق باشد، چگونه نمونه گیری انجام می شود؟
- ۳ نمونه گیری از محلول‌های دارای ذرات ته‌نشین شونده چگونه انجام می شود؟
- ۴ نمونه گیری در صنایع شیمیایی و نفتی به چه دلایلی انجام می شود؟



## نمونه‌گیری از گازها

برای انتخاب نمونه از گازها دو روش کلی وجود دارد؛ روش اول **لحظه‌ای** است که در آن، نمونه در زمان و مکان معین و در عرض چند ثانیه تا دو دقیقه انتخاب می شود و بی درنگ مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد. نمونه گازی در ظروف تخلیه مانند لوله‌ها و بطری‌های شیشه‌ای، فلزی و یا پلاستیکی جا داده می شود. روش دوم انتخاب نمونه‌های **پیوسته** است. این شیوه برای حالتی است که ترکیب گازها برحسب زمان متغیر باشد.

### روش‌های نمونه‌گیری گازها و بخارات

روش‌های نمونه‌گیری گازها عبارت‌اند از:

- نمونه‌گیری با جاذب‌های سطحی
  - نمونه‌گیری با صافی‌های آغشته به ترکیبات شیمیایی
  - نمونه‌گیری با بطری‌های گازشوی
  - کیسه‌های نمونه‌گیری
  - سیلندرهای نمونه‌گیری
- در ادامه، توضیح مختصر این روش‌ها آورده شده است.

### ۱- نمونه‌گیری با جاذب‌های سطحی

**لوله‌های جذب سطحی:** این وسایل بیشتر به منظور اندازه‌گیری کیفی کاربرد دارند و مناسب مکان‌هایی هستند که حجم آلودگی بالایی دارند. لوله‌های جذب سطحی مجموعه‌ای از دو بخش پمپ و لوله‌های شناساگر رنگ‌سنجی هستند. پمپ ممکن است از نوع پیستونی باشد. لوله شیشه‌ای شناساگر دارای قطر ۴-۶ میلی‌متر است و از گرانول‌های پر شده از ژل‌های جاذب مانند سیلیکاژل، زغال فعال، آلومینا فعال شده و یا گرانول‌های بی‌اثر تشکیل گردیده و به ماده شیمیایی مخصوص آغشته شده است. وقتی گاز یا هوای حاوی یک آلوده‌کننده خاص یا گروهی از آلوده‌کننده‌ها به‌داخل لوله کشیده می‌شود، شناساگر تغییر رنگ می‌دهد. با مقایسه تغییر رنگ ایجاد شده با استاندارد معین می‌توان به نوع آلاینده پی‌برد. برای مثال، در صورتی که گاز کربن مونوکسید وجود داشته باشد، قسمت آغشته به مواد شیمیایی فوق در اثر ترکیب با گاز مزبور به رنگ سبز مایل به قهوه‌ای تغییر رنگ خواهد داد. میزان اندازه‌گیری آلاینده بر اساس درصد و یا ppm است. یک نمونه از بسته دستگاه معرفی شده در شکل ۱۶ نشان داده شده است.



شکل ۱۶- بسته کامل لوله جذب سطحی

طرز قرار گرفتن لوله‌های جاذب درون پمپ نمونه‌گیری در شکل ۱۷ نشان داده شده است.



شکل ۱۷- طرز قرار گرفتن لوله‌های جاذب درون پمپ نمونه‌گیری

همچنین شیوه اتصال دستگاه به شخص نمونه‌گیر در شکل ۱۸ نمایش داده شده است.



شکل ۱۸- شیوه اتصال دستگاه لوله جذب به شخص نمونه‌گیر

## انواع جاذب در لوله‌های جذب سطحی

■ **جاذب زغالی یا چارکول:** رایج‌ترین جاذب گازها و بخارات آلی است. از این جاذب در جنگ جهانی اول استفاده شد و منشأ آن پوست نارگیل است. نمونه‌گیری از چند آلاینده (مانند آروماتیک‌ها) به صورت هم‌زمان می‌تواند انجام شود. زغال فعال حالت بی‌شکل کربن است که در نتیجه سوختن بسیاری از مواد کربن‌دار تشکیل می‌شود و با گرما دادن در دمای ۸۰۰-۹۰۰ درجه سلسیوس تهیه می‌شود (شکل ۱۹). زغال فعال مهم‌ترین و درعین حال پرکاربردترین ماده در نمونه‌گیری از گازها و بخارات ناقطبی در هوای محیط کار است (شکل ۲۰).

زغال فعال



شکل ۱۹- زغال فعال

### تولید زغال فعال

فیلم آموزشی

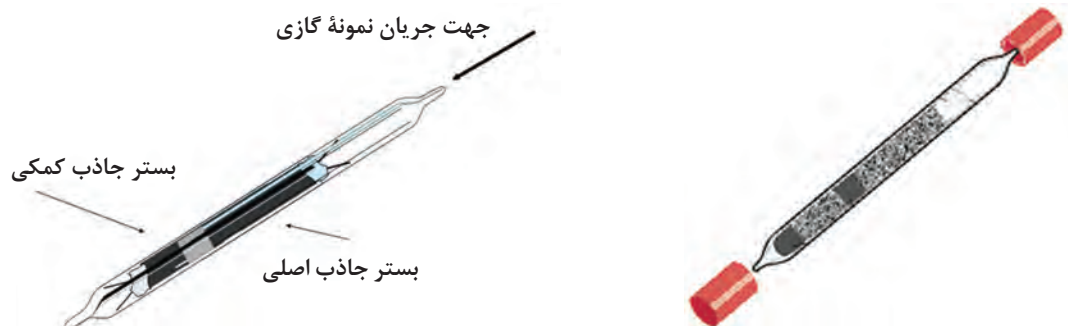


نکته



زغال فعال برای نمونه‌گیری از ترکیبات زیر به دلیل واکنش زغال فعال با این گونه مواد سفارش نمی‌شود:

- ترکیبات آلی: مرکاپتان‌ها و آلدهیدها
- ترکیبات غیر آلی: فسژن ( $\text{COCl}_2$ ),  $\text{O}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  و  $\text{SO}_2$



شکل ۲۰- لوله جذب سطحی حاوی زغال فعال

## معایب:

- ۱ حجم هوای نمونه‌گیری شده با توجه به ظرفیت زغال فعال محدود است، و افزایش جریان عبوری باعث خارج شدن مواد آلاینده از طرف دیگر زغال فعال می‌شود.
- ۲ رطوبت موجود در هوا باعث کاهش جذب ترکیبات آلی توسط زغال فعال می‌شود.
- ۳ در طی عمل نمونه‌گیری، مقاومت زغال فعال بر روی دبی پمپ تأثیر می‌گذارد و گذشت زمان باعث کاهش دبی پمپ می‌شود.



شکل ۲۱- سیلیکاژل

■ **سیلیکاژل:** سیلیکاژل، حالت بی‌شکل سیلیس است که در نتیجه واکنش شیمیایی میان سولفوریک اسید و سدیم سیلیکات به وجود می‌آید. سیلیکاژل به شکل گرانول‌های براق، سفید و دانه‌ای شکل در اندازه‌های مختلف ساخته می‌شود (شکل ۲۱). سیلیکاژل ترکیب قطبی است و ترکیبات قطبی را بهتر از زغال فعال جذب می‌کند؛ به همین دلیل جاذب رطوبت است و افزایش جذب رطوبت باعث ترک آلاینده از آن می‌شود.

درباره شیوه بازیابی سیلیکاژل استفاده شده تحقیق کنید و نتیجه آن را در کلاس ارائه دهید.

تحقیق کنید  
۶



■ **غریبال‌های مولکولی<sup>۱</sup>:** از تفکافت (پیرولیز)<sup>۲</sup> یک بسیار مصنوعی یا مواد حاصل از تقطیر نفت ساخته می‌شود و از ساختار متخلخل برخوردار است. این مواد جاذب خوبی برای نیتروژن دیوکسید و ترکیبات آلی ناقطبی بسیار فرار است.

## مزایای استفاده از لوله جاذب سطحی:

- ۱ وسیله نمونه‌گیری کوچک و قابل حمل است و در موقع نمونه‌گیری به محلول شیمیایی نیاز نیست.
- ۲ با جاذب‌های سطحی می‌توان به‌طور هم‌زمان ترکیبات شیمیایی مختلف را نمونه‌گیری کرد.

با بررسی وسایل پیرامون خود، انواع تجهیزات حاوی مواد جاذب را شناسایی و در جدولی یادداشت کنید.

تحقیق کنید  
۷



## فعالیت عملی ۱۲



### کار با لوله های جذب سطحی

وسایل لازم: مجموعه دستگاه (لوله های جذب سطحی) نمونه گیری از گازها

#### روش کار

- ۱ پیش از نمونه گیری پمپ را به مدت ۵ دقیقه روشن کنید و مطابق دفترچه راهنمای دستگاه تنظیم کنید.
- ۲ دبی پمپ (۰/۰۱ تا ۰/۲ لیتر بر دقیقه) را با پیچ گوشتی تنظیم کنید.
- ۳ دو سر لوله آشکارساز شکسته شود.
- ۴ با توجه به جهت پیکان نشانگر روی آشکارساز، به پمپ نمونه گیری وصل شود.
- ۵ حجم مشخصی از هوا یا گاز آلاینده از داخل لوله آشکارساز با استفاده از پمپ نمونه گیری عبور داده شود تا تغییر رنگ ایجاد شود.
- ۶ انتهای ترین نقطه تغییر رنگ را بخوانید و بر حسب ppm گزارش کنید.
- ۷ یک عدد لوله جذب سطحی دیگر، مشابه لوله جذب سطحی که عمل نمونه گیری با آن انجام شده است، به عنوان شاهد انتخاب شود و تمام عملیاتی که در ارتباط با نمونه اصلی انجام شده است (شکستن دوطرف، گذاشتن سرپوش پلاستیکی و حمل) برای نمونه شاهد انجام گیرد؛ با این تفاوت که هوا نباید از نمونه شاهد عبور کند.

نکته



- ۱ چنانچه از دو لوله جذب سطحی به صورت متوالی استفاده می شود، پس از شکستن دو طرف لوله های جذب سطحی با یک لوله رابط به طول تقریبی ۵ سانتی متر به ترتیبی به یکدیگر وصل می شوند تا بخش بزرگ تر جذب در مجاورت محیط، قرار گیرد.
- ۲ لازم است لوله جذب سطحی به طور عمودی در مسیر جریان گاز یا هوا قرار گیرد و در صورتی که عمل نمونه گیری فردی انجام می گیرد، به یقه شخص نمونه گیر و در مجاورت دستگاه تنفسی وی وصل شود. در ضمن هوا نباید پیش از ورود به جذب سطحی از مسیر دیگری بگذرد.

فیلم آموزشی



شیوه اتصال لوله جذب سطحی به پمپ جذب

## فعالیت عملی ۱۳



### تعیین میزان کربن دیوکسید هوای محیط

#### روش کار:

مطابق فعالیت عملی ۱۲ و با استفاده از لوله های تشخیص کیفی و کمی و پمپ نمونه گیری، میزان  $CO_2$  موجود در هوا را تعیین کنید.



لوله تشخیص کیفی و کمی  $CO_2$

## ۲- نمونه‌گیری با صافی‌های آغشته به ترکیبات شیمیایی

برای جمع‌آوری ذرات گرد و غبار از روش صاف کردن استفاده می‌شود. صافی‌های متنوعی برای نمونه‌گیری از هوا وجود دارند که هر یک کاربردی خاص دارند و نمی‌توان از یک صافی برای هر نوع ذره یا در هر شرایطی استفاده کرد (شکل ۲۲). انتخاب صافی به خاصیت فیزیکی و شیمیایی ذرات، حجم نمونه و روش شیمیایی مورد استفاده برای آماده‌سازی نمونه بستگی دارد. در هنگام عبور هوای حاوی آلاینده از روی صافی، ذرات در خلل و فرج صافی به دام می‌افتند، جمع‌آوری و تجزیه می‌شوند. جنس، قطر و اندازه سوراخ‌های صافی‌ها باید مشخص باشد.



شکل ۲۲- صافی‌های آغشته به ترکیبات شیمیایی

جنس، قطر و اندازه سوراخ‌های صافی‌ها با توجه به روش نمونه‌گیری و وسایل اندازه‌گیری انتخاب می‌شود.

### انواع صافی‌ها

- ۱ صافی‌های PVC (پلی‌وینیل کلرید) مناسب برای ذرات غبار معمولی و سیلیس
- ۲ صافی‌های فایبرگلاس<sup>۱</sup> مناسب برای ذرات و آفت‌کش‌ها
- ۳ صافی‌های غشایی سلولوزی مناسب برای ذرات فلزی و الیاف پنبه نسوز
- ۴ صافی‌های غشایی نقره‌ای مناسب برای تجزیه سیلیس
- ۵ صافی‌های پلی‌تترافلوراتیلن (PTFE) مناسب برای نمونه‌گیری آرد

### مزایای روش صاف کردن عبارت‌اند از:

- ۱ مواد شیمیایی واکنش داده سریع‌تر، آسان‌تر، و ایمن‌تر جمع‌آوری می‌شوند.
- ۲ به واسطه کوچکی و سبک بودن، از فرایند نمونه‌گیری آسانی برخوردار هستند.
- ۳ هزینه کمتر در مقایسه با دیگر روش‌ها دارند.
- ۴ دارای قابلیت نگهداری بیشتر نمونه‌ها برای مدت طولانی پیش از تجزیه هستند.
- ۵ با آغشته کردن سطح صافی به مواد مشخص، می‌توان گازها و بخارات خاص را نیز نمونه‌گیری کرد. برای مثال، با آغشته کردن صافی فایبرگلاس به سولفوریک اسید، می‌توان نمونه‌گیری از  $\text{SO}_2$  و دی‌آمین تولوئن را انجام داد.





شکل ۲۳- شیوه اتصال صافی به پمپ نمونه گیر هوا

۶ امکان جمع آوری آئروسول‌ها، میست‌ها<sup>۲</sup> و برخی ترکیبات با نقطه جوش بالا با این روش فراهم است.

شیوه اتصال صافی به پمپ نمونه گیر هوا در شکل ۲۳ نشان داده شده است.

## فعالیت عملی ۱۴



### کار با صافی‌های آغشته به ترکیبات شیمیایی

وسایل لازم: وسایل و دستگاه نمونه گیری با صافی

روش کار:

- ۱ صافی‌ها ۲۴ ساعت پیش از نمونه‌گیری در خشکانه قرار گیرند و بعد از تنظیم ترازو، وزن شوند.
- ۲ در هنگام نمونه‌گیری، دوباره ترازو تنظیم شود و صافی وزن شود. اگر اختلاف میان دو اندازه‌گیری کمتر از  $0.05 \text{ mg}$  باشد، میانگین جرم به عنوان جرم صافی پیش از نمونه‌گیری یادداشت شود.
- ۳ پس از تنظیم پمپ نمونه‌گیری و توزین صافی‌های مورد و شاهد، صافی موردنظر در نگهدارنده صافی قرار داده شود و توسط لوله‌های رابط به پمپ وصل شود.
- ۴ پمپ نمونه‌گیری در ناحیه کمر و نگهدارنده صافی در ناحیه تنفسی شخص نمونه‌گیر نصب شود (مطابق شکل). صافی‌های شاهد در هنگام نمونه‌گیری در محیط نمونه‌گیری قرار گیرند تا تغییرات ناشی از فشار، رطوبت و بار آلودگی بر روی آن اعمال شوند.



نصب صافی در ناحیه تنفسی شخص نمونه‌گیر

۱- Aerosol

۲- Mist: قطرات کروی با قطر  $0.1$  تا  $10$  میکرون که در اثر تراکم حالت گازی مواد در مایع یا در اثر انتشار به روش‌های افشانه‌ای، ریزپاشی و مدیدن گاز به مایع تولید می‌شود.

۵ پس از تکمیل مدار و نصب، شدت جریان مورد نظر تنظیم شود و نمونه‌گیری در مدت زمان بیان شده توسط استاندارد انجام گیرد.

۶ با داشتن زمان نمونه‌گیری بر حسب ثانیه و شدت جریان پمپ بر حسب لیتر بر ثانیه، میزان هوای ورودی به صافی با استفاده از معادله (۲) محاسبه می‌شود.

$$V = Q \times t \quad \text{معادله (۲)}$$

شدت جریان پمپ نمونه‌گیری بر حسب لیتر بر ثانیه = Q

حجم هوای عبور داده‌شده از صافی بر حسب لیتر = V

زمان نمونه‌گیری بر حسب ثانیه = t

۷ نگهدارنده صافی از پمپ نمونه‌گیری جدا گردد و نمونه به آزمایشگاه منتقل شود.

پرسش ۵



در یک نمونه‌گیری از هوای محیط، از پمپی با دبی ۰/۲ لیتر بر دقیقه استفاده شده است. اگر مدت زمان نمونه‌گیری ۳۰ ثانیه طول کشیده باشد، حجم هوای جمع‌آوری شده را بر حسب لیتر و سانتی‌متر مکعب محاسبه کنید.

### ۳- نمونه‌گیری با بطری‌های گازشوی

بطری‌های گازشوی برای گازها و بخارات محلول یا واکنش‌پذیر با جاذب‌های مایع استفاده می‌شوند. این وسیله دارای بطری‌های کوچک با ظرفیت‌های مختلف است که محلول جاذب در آنها ریخته می‌شود و سپس با دبی ۱ لیتر بر دقیقه نمونه‌گیری انجام می‌شود. بطری‌های گازشوی دارای یک مخزن مدرج محلول جاذب، یک ورودی برای انتقال هوا به درون محلول و یک خروجی که به پمپ نمونه‌گیری وصل می‌شود، هستند.

در این ظرف‌ها، میزان جذب آلودگی به ارتفاع مایع و قطر بطری نمونه‌گیری بستگی دارد. اگر ۲ یا ۴ بطری به‌طور سری نصب شوند، میزان بازده جذب گازها و بخارات افزایش می‌یابد. بطری‌های گازشوی انواع مختلفی دارند شکل (۲۴).

بطری‌های گازشوی حاوی آب یون‌زدوده یا شناساگرهای شیمیایی رقیق محلول در آب هستند. این دستگاه‌ها از دو لوله شیشه‌ای متصل به هم تشکیل شده است. در بعضی از بطری‌های گازشوی از جیوه استفاده شده است که علاوه بر گرانی، خطر مسمومیت نیز وجود دارد؛ همچنین سنگینی آن باعث ایجاد مشکلاتی می‌شود. به علاوه، اگر در نمونه‌گازهای  $H_2S$ ،  $SO_2$  یا  $Cl_2$  وجود داشته باشد، با جیوه ترکیب خواهند شد.



شکل ۲۴- انواع بطری گازشوی شیشه‌ای

برای هر آلاینده، جاذب مایع خاصی انتخاب می‌شود؛ برای مثال، متانول و بوتانول در آب مقطر، استر در جاذب الکل، گوگرددیوکسید در آب اکسیژنه.

### عوامل مهم و مؤثر جذب آلاینده‌ها در جاذب مایع عبارت‌اند از:

- نوع آلاینده
- حل‌پذیری آلاینده در جاذب مایع
- فرآیند آلاینده
- حجم هوای نمونه‌گیری شده
- شدت جریان نمونه‌گیری
- فشار بخار آلاینده در دمای نمونه‌گیری
- واکنش شیمیایی آلاینده با شناساگر

جدول ۲ چند مثال برای جذب گازها در محلول‌های جاذب را نشان می‌دهد.

### جدول ۲- انواع محلول جاذب برای گازها و بخارات مختلف

محلول جاذب	گاز یا بخار
سولفوریک اسید رقیق	آمونیاک
آب مقطر	متانول و بوتانول
الکل	استرها
بوتانول	کلریدهای آلی
کادمیم سولفات	هیدروژن سولفید
آب اکسیژنه	گوگرددیوکسید

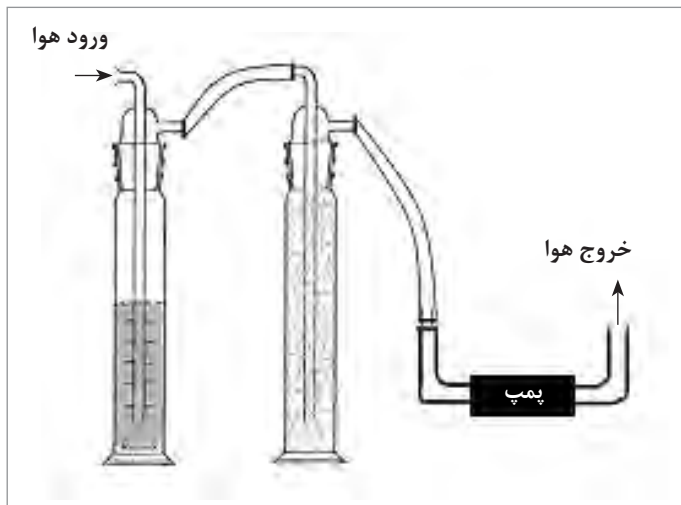
### فعالیت عملی ۱۵



### آماده‌سازی و کار کردن با بطری‌های گازشوی

#### روش کار:

بطری گازشوی را به صورت عمودی مطابق شکل الف طوری قرار دهید که ورودی آن به سمت هوای حاوی آلاینده باشد. مطابق شکل ب، برای جلوگیری از ریختن مایع به درون پمپ از یک لوله گازشوی خالی استفاده شود. پس از پایان نمونه‌گیری محلول حاوی آلاینده داخل لوله گازشوی را در ظرف شیشه‌ای بریزید و به آزمایشگاه منتقل کنید.



ب) استفاده از لوله گازشوی خالی



الف) شیوه اتصال لوله گازشوی به ناحیه تنفسی شخص نمونه‌گیر

#### ۴- کیسه‌های نمونه‌گیری

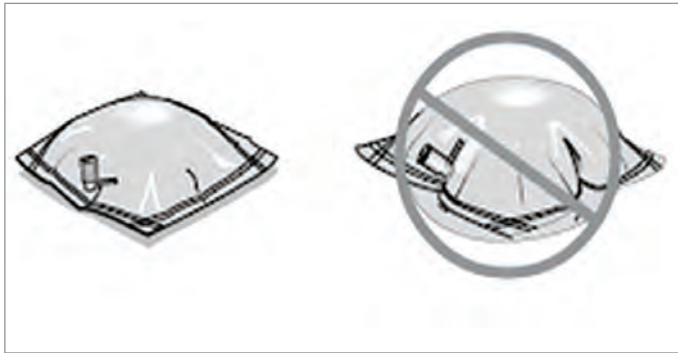
کیسه‌های نمونه‌گیری یکی دیگر از وسایل جمع‌آوری و نمونه‌گیری گازها هستند. از مزایای کیسه‌ها شفاف بودن آنها است. کیسه‌های ۱، ۵، ۱۰ و ۱۰۰ لیتری در بازار موجود است. قسمت‌های مختلف کیسه شامل شیر چند منظوره از جنس نیکل برای پرکردن کیسه، کیسه از جنس سیلیکون یا نئوپرن برای تزریق نمونه است.

#### راهنمای نمونه‌گیری با کیسه:

- ۱ پر کردن کیسه‌ها با هوای تمیز و یا گاز نیتروژن
- ۲ اطمینان از واکنش‌ناپذیری آلاینده با کیسه نمونه‌گیری
- ۳ انجام دادن تجزیه آزمایشگاهی در مدت زمان ۲۴ تا ۴۸ ساعت پس از نمونه‌گیری
- ۴ استفاده هر کیسه برای یک بار نمونه‌گیری
- ۵ جمع‌آوری نکردن ترکیبات خطرناک
- ۶ استفاده از کیسه ۵ لایه، برای نمونه‌گیری طولانی مدت.

معمولاً این کیسه‌ها به یک مدار نمونه‌گیری متصل می‌شوند. در استفاده از کیسه‌های نمونه‌گیری محدودیت‌هایی وجود دارد که عبارت‌اند از: حجم کیسه، حمل و نقل، پاره شدن کیسه و تجزیه نمونه در کیسه پیش از آزمایش اصلی.

کیسه‌های نمونه‌گیری نباید بیش از حد پر شوند (۸۰ درصد ظرفیت کیسه پر شود). شکل ۲۵- الف مدار نمونه‌گیری و ۲۵- ب روش صحیح و غلط پر کردن کیسه را نشان می‌دهد.



ب) روش صحیح و اشتباه پر کردن کیسه نمونه گیری



شکل ۲۵- الف) مدار نمونه گیری

مهم ترین دلایل استفاده از کیسه های نمونه گیر هوا شامل موارد زیر است:

- هیچ روش پیشنهادی وجود ندارد.
- وجود مخلوطی از آلاینده ها.
- نفوذ آلاینده بر روی جاذب ها بسیار پایین است.

## فعالیت عملی ۱۶



### استفاده از کیسه های نمونه گیری هوا

توسط کیسه های نمونه گیری گازها از هوای محیط های مختلف (محیط هنرستان، سطح شهر و روستایی که در آن ساکن هستید) و یا هوای معادن استان خود نمونه گیری کنید.

نمونه گیری با استفاده از کیسه نمونه گیری

فیلم آموزشی



## سیلندر های نمونه گیری

این وسیله راه حل مطلوبی برای جمع آوری نمونه و تجزیه و تحلیل آن است. در حال حاضر ده ها هزار سیلندر نمونه گیری در صنایع مختلف مانند نفت و پتروشیمی، آزمایشگاه های تحلیلی، فناوری های سوخت در سراسر جهان استفاده می شوند. هر جا که خطوط سیال مایع و گاز جریان دارند، نیاز است که از سیال مورد نظر نمونه گیری شود و آن را مورد آزمایش قرار داد. در همین راستا همواره نیاز به سیلندر نمونه گیری احساس می شود. سیلندر نمونه گیری از لوله ای بدون درز ساخته شده است که موجب انسجام و یکپارچگی در ضخامت دیواره، اندازه و ظرفیت می شود. سیلندر نمونه گیری دارای انحنای ملایم در ناحیه گردن است که موجب می شود

به آسانی تمیز شود و مایعات به دام افتاده در آن حذف شوند. معمولاً جنس سیلندرهای نمونه‌گیری، فولاد ضدزنگ است و دارای حجم ۵۰، ۱۰۰، ۳۰۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۲۵۰ سانتی‌متر مکعب و یک گالنی هستند (شکل ۲۶). سیلندرهای نمونه‌گیری تا فشار کاری ۵۰۰۰ Psi معادل ۳۰۰ بار را تحمل می‌کنند.



شکل ۲۶- سیلندرهای نمونه‌گیری

## فعالیت عملی ۱۷



### نمونه‌گیری گازها

مشابه سیلندرهای نمونه‌گیری گازها، وسایلی طراحی کنید و از هوای مکان‌های مختلف نمونه‌گیری کنید.

کار کردن با سیلندرهای نمونه‌گیری

فیلم آموزشی



## پرسش‌های پایانی:

- ۱ مسئولیت‌های فرد نمونه‌گیر را نام ببرید.
- ۲ غلظت آلاینده جمع‌آوری شده در بطری گازشوی، زغال فعال و یا صافی بر حسب چه واحدی ارائه می‌شود؟
- ۳ دو ماده که در ساخت جاذب‌های سطحی استفاده می‌شود، نام ببرید.
- ۴ عوامل مهم و مؤثر جذب آلاینده‌ها در جاذب مایع چیست؟
- ۵ خطاهای ناشی از نمونه‌گیری از هوا و حمل نمونه چیست؟
- ۶ از مزایای صافی‌های آغشته به مواد شیمیایی در نمونه‌گیری از هوا چیست؟
- ۷ دلایل استفاده از کیسه‌های نمونه‌گیر هوا چیست؟
- ۸ محدودیت استفاده از کیسه‌های نمونه‌گیر هوا چیست؟
- ۹ چه مواردی در تعیین تعداد نمونه در نمونه‌گیری از هوا مهم هستند؟
- ۱۰ میزان جریان هوا در نمونه‌گیری بر حسب چه واحدی اندازه‌گیری می‌شود؟
- ۱۱ چگونه می‌توان حجم نمونه را به دست آورد؟
- ۱۲ لوله جاذب چیست و چه کاربردی دارد؟
- ۱۳ چگونه جمع‌آوری یک نمونه با لوله‌های جاذب را شرح دهید.
- ۱۴ انواع نمونه‌گیرها را نام ببرید.
- ۱۵ به چه نکاتی باید پیش از نمونه‌گیری توجه کرد؟
- ۱۶ نمونه‌گیری از هوای محیط کارگاه به چه منظور انجام می‌گیرد؟
- ۱۷ اهداف نمونه‌گیری هوا را برشمارید.

## ارزشیابی شایستگی نمونه‌گیری مواد شیمیایی

### شرح کار:

چگونگی استفاده از تجهیزات کارگاهی را بدانند و کار داده‌شده را با دقت انجام دهد. هنگام کار مراقب باشد که وسایل صدمه نبیند. پس از انجام دادن کار وسایل را تمیز و سالم درحالت اولیه قرار دهد.

### استاندارد عملکرد:

انجام دادن نمونه‌گیری از جامدات، مایعات و گازها طبق دستور کار

شاخص‌ها: ■ رعایت مسائل ایمنی هنگام انجام دادن کار ■ انجام دادن کار طبق دستور کار فرایندی

### شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

شرایط مکان: کارگاه / آزمایشگاه

شرایط دستگاه: آماده به کار

زمان: یک جلسه آموزشی

ابزار و تجهیزات: وسایل ایمنی شخصی، تجهیزات کارگاهی، ظروف مخصوص نمونه‌گیری

### معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	نمونه‌گیری از جامدات	۱	
۲	نمونه‌گیری از مایعات	۲	
۳	نمونه‌گیری از گازها	۱	
	<p>شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش:</p> <p>۱- ایمنی: انجام دادن کار کارگاهی با رعایت موارد ایمنی و استفاده از وسایل ایمنی شخصی</p> <p>۲- نگرش: صرفه‌جویی در مواد مصرفی</p> <p>۳- توجهات زیست‌محیطی: جلوگیری از صدمه زدن به محیط‌زیست از طریق انجام دادن کار بدون ریخت و پاش</p> <p>۴- شایستگی‌های غیرفنی: ۱- اخلاق حرفه‌ای ۲- مدیریت منابع</p> <p>۳- محاسبه و کاربست ریاضی</p> <p>۵- مستندسازی: گزارش‌نویسی</p>		۲
	میانگین نمرات		*

\* کمترین میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ است.





## پودمان دوم

# عملیات در صنایع معدنی



کارخانه‌های صنایع شیمیایی از دیدگاه اقتصادی و ملی حائز اهمیت بسیار هستند. تولید فراوان و صنعتی هر ماده معدنی در مجتمع‌ها و کارخانه‌های صنایع شیمیایی معدنی انجام می‌شود.

## واحد یادگیری ۲

### انجام عملیات در صنایع معدنی

#### مقدمه

تولید صنعتی هر ماده معدنی مانند انواع اسید و باز، نمک‌ها، رنگ‌های معدنی، سیمان و لعاب در حیطة کار مهندسی شیمی گرایش صنایع شیمیایی معدنی قرار دارد. در این پودمان روش‌های صنعتی تولید سولفوریک اسید، نیتریک اسید، سدیم هیدروکسید، پتاسیم هیدروکسید، کلسیم هیدروکسید، نمک‌ها، استخراج فلزات از سنگ معدن و لعاب‌ها و کاربرد آنها همراه با فیلم آموزشی، تحقیق کنید، پرسش، فعالیت‌های عملی قابل اجرا، نکات ایمنی و زیست‌محیطی مرتبط آورده شده است.

#### استاندارد عملکرد

انجام دادن عملیات در صنایع معدنی طبق دستور کار واحد فرایندی

#### شایستگی‌های غیرفنی:

- ۱ اخلاق حرفه‌ای: حضور منظم و وقت‌شناسی - انجام دادن وظایف و کارهای محوّل - پیروی از قوانین
- ۲ مدیریت منابع: شروع به کار به موقع - مدیریت مؤثر زمان - استفاده بهینه از مواد و تجهیزات
- ۳ کار گروهی: حضور فعال در فعالیت‌های گروهی - انجام دادن کارها و وظایف محوّل
- ۴ مستندسازی: گزارش نویسی فعالیت‌های کارگاهی
- ۵ محاسبه و کاربست ریاضی

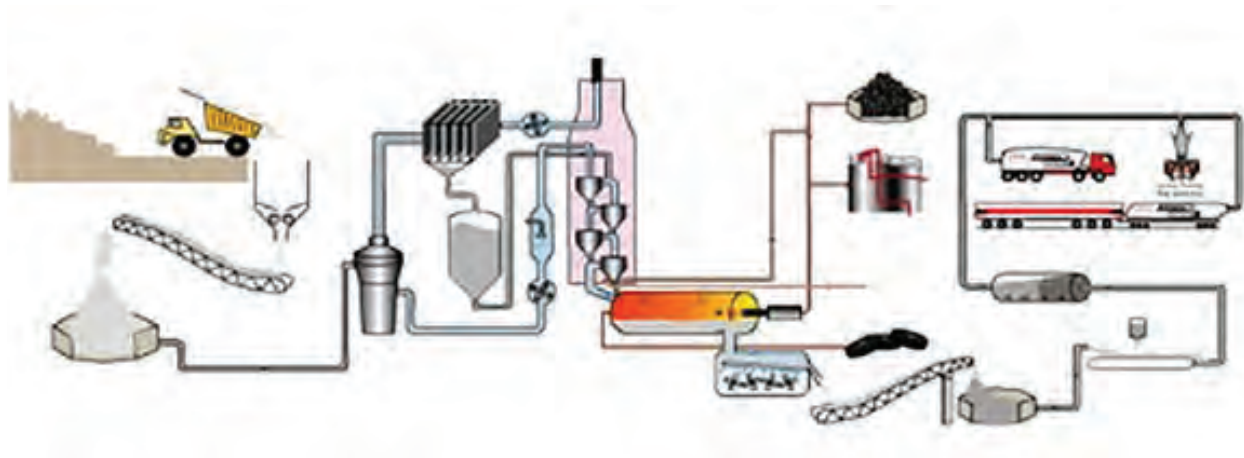
#### شایستگی‌های فنی:

پس از پایان این واحد یادگیری، هنرجویان قادر خواهند بود:

- ۱ برخی از اسیدها و بازهای معدنی را تهیه کنند.
- ۲ برخی از نمک‌ها را تهیه کنند.
- ۳ برخی از فلزات را استخراج کنند.
- ۴ برخی از انواع لعاب کاری را انجام دهند.

## صنایع شیمیایی معدنی

پیدایش صنایع شیمیایی به دوران قدیم و عصر آتش نسبت داده می‌شود. مفهوم واقعی شیمی صنعتی، شناختن و تسلط بر مناسب‌ترین و با صرفه‌ترین وسیله‌ها، امکانات و روش‌هایی است که کالاهای مورد نیاز را از راه تغییر و اجزای مواد موجود تولید و عرضه کند که از آن به عنوان فناوری یاد می‌شود. کارخانه‌های شیمیایی از دیدگاه اقتصادی و ملی در کشورهای مختلف حائز اهمیت است. تولید صنعتی هر ماده معدنی مثل انواع اسیدها و بازها، کودهای شیمیایی معدنی، حشره‌کش‌ها، نمک‌ها، رنگ‌های معدنی، سیمان، لعاب و غیره در حیطه کار مهندسی شیمی گرایش شیمیایی معدنی قرار دارد. انواع مختلفی از اسیدها و بازهای معدنی در صنعت و زندگی روزمره ما استفاده می‌شوند. این مواد اغلب به دلیل واکنش‌پذیری بالا و تأثیری که در تولید سایر مواد شیمیایی دارند، به عنوان مواد اولیه در صنایع مختلف به کار می‌روند و منجر به تولید محصولات متنوعی می‌شوند. استفاده از انواع اسیدها و بازها در تولید کودهای شیمیایی، مواد شوینده، پتروشیمی و صنعت ساختمان، نشان‌دهنده اهمیت این مواد است. شکل ۱، نشان‌دهنده ارتباط بین علم شیمی و دنیای صنعت است. اهمیت مواد تولیدی در صنایع شیمیایی معدنی در ادامه پودمان، بررسی می‌شوند.



شکل ۱- طرحی از یکی از واحدهای صنایع شیمی معدنی

با توجه به مطالب آموخته شده در کتاب‌های تخصصی سال دهم خود، بگویید صنایع شیمیایی و صنایع شیمیایی معدنی چه تفاوتی با یکدیگر دارند؟

پرسش ۱



**اسید و باز:** در طول تاریخ علم شیمی، تعریف‌های مختلفی برای اسیدها و بازها پیشنهاد شده است. لاوازیه<sup>۱</sup> که بنیان‌گذار شیمی جدید محسوب می‌شود، اکسیژن را به‌عنوان عنصر اصلی سازندهٔ اسیدها در نظر گرفت. در ادامه دیوی<sup>۲</sup> هیدروژن را به‌عنوان عنصر مشترک در ساختار اسیدها معرفی کرد. با پیشرفت مباحث نظری شیمی، مشاهدات بیشتر و مدل‌های پیچیده‌تر دیدگاه‌های فراگیرتری برای اسیدها و بازها ارائه شد. یک اسید یا باز معدنی، اسید و بازی مشتق‌شده از یک ترکیب معدنی است. اسیدهای معدنی به‌خوبی در آب حل می‌شوند و یون هیدروژن آزاد می‌کنند. از جمله مهم‌ترین اسیدهای معدنی سولفوریک‌اسید، هیدروکلریک‌اسید و نیتریک‌اسید هستند. بازهای معدنی، گروه بزرگی از ترکیبات معدنی با توانایی واکنش با اسیدها و تشکیل نمک هستند. امروزه میزان تولید و مصرف اسیدها و بازهای معدنی، که در بسیاری از بخش‌های صنایع شیمیایی استفاده می‌شوند، نشانگر سطح توسعهٔ صنعتی یک کشور است.

## سولفوریک‌اسید

سولفوریک‌اسید یک اسید معدنی سوزاننده با فرمول مولکولی  $H_2SO_4$  است. این ماده از نظر فیزیکی به‌صورت مایع شفاف، بی‌رنگ و کاملاً محلول در آب است. سولفوریک‌اسید خاصیت خوردگی زیادی بر روی فلزات، بافت‌های زنده و حتی سنگ دارد و در غلظت‌های بالا یک خشک‌کنندهٔ قوی است.

پرسش ۲



- ۱ با توجه به اطلاعات گذشتهٔ خود، در مورد پرکاربردترین اسید صنعتی به سؤالات زیر پاسخ دهید.
  - الف) مواد اولیهٔ تولید سولفوریک‌اسید را بنویسید.
  - ب) واکنش‌های تولید سولفوریک‌اسید را بنویسید.
- ۲ برخی از خواص فیزیکی و شیمیایی سولفوریک‌اسید را نام ببرید.
- ۳ چه زمانی ممکن است، باران اسیدی ایجاد شود؟
- ۴ باران اسیدی چه ضررهایی می‌تواند داشته باشد؟
- ۵ کاربردهای سولفوریک‌اسید را نام ببرید.

۱- Lavoisier

۲- Davy

به برخی از خواص فیزیکی و شیمیایی سولفوریک اسید در جدول ۱ اشاره شده است.

جدول ۱- برخی از خواص سولفوریک اسید

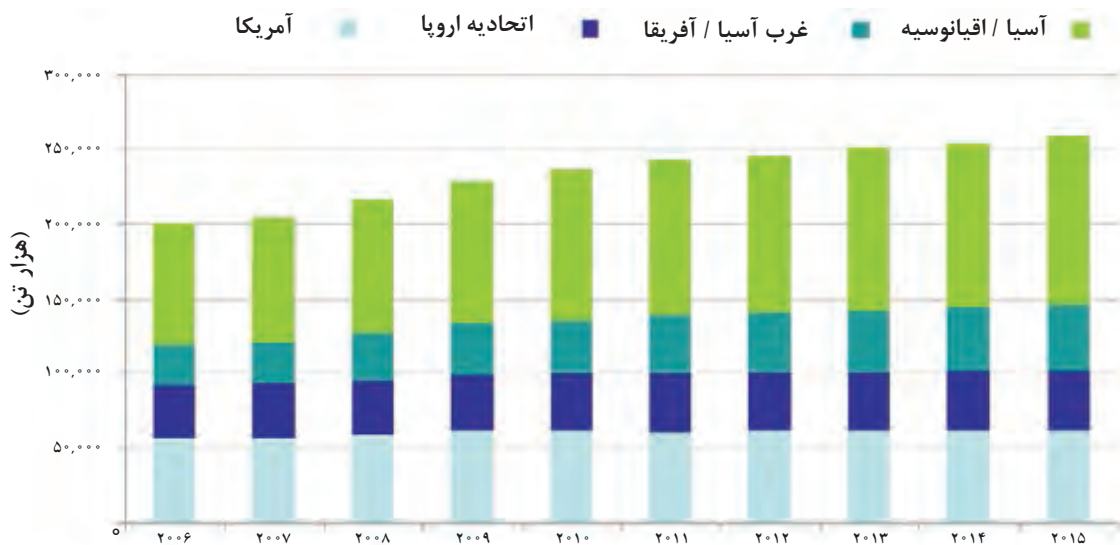
فرمول شیمیایی	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
جرم مولکولی (g/mol)	۹۸/۰۸
شکل ظاهری (خالص)	مایع شفاف، بی‌رنگ و بی‌بو
دمای ذوب (°C)	۱۰
دمای جوش (°C)	۳۳۷
چگالی (g/cm <sup>3</sup> )	۱/۸۴
حل‌پذیری در آب	به‌طور کامل محلول

کاربرد سولفوریک اسید: بر طبق نتایجی که در سال ۲۰۱۷ اعلام شده است، سولفوریک اسید، در صدر جدول تولید سالانه مواد شیمیایی در دنیا قرار گرفته است. در شکل ۲ به برخی از مهم‌ترین کاربردهای سولفوریک اسید اشاره شده است.



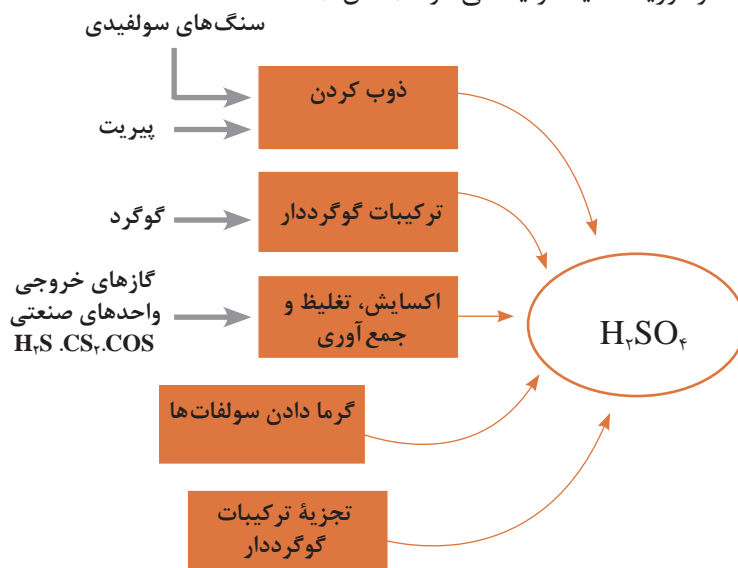
شکل ۲- برخی از کاربردهای اصلی سولفوریک اسید

به دلیل اهمیت سولفوریک اسید، تولید سالانه این محصول در جهان در سال ۲۰۱۶ به بیش از ۲۶۰ میلیون تن رسید. ایران به دلیل دارا بودن صنایع نفت، گاز و پتروشیمی عظیم یکی از تولیدکنندگان مهم این محصول در قاره آسیا است. در نمودار شکل ۳، روند عرضه سالانه سولفوریک اسید نشان داده شده است.



شکل ۳- عرضه جهانی سولفوریک اسید از سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۵ (سال)

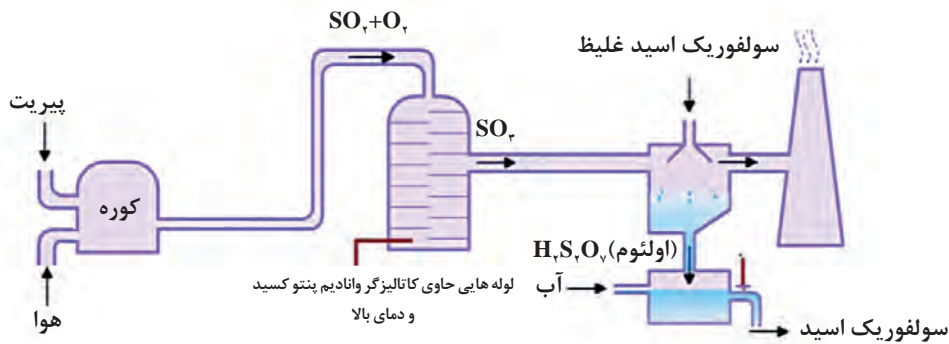
تهیه سولفوریک اسید: صنعت سولفوریک اسیدسازی از سال ۱۸۱۳ شروع شد و در قرن ۱۹ تکمیل گردید. امروزه برای تهیه سولفوریک اسید از دو روش تماسی (مجاورت) و مرطوب استفاده می‌شود. مواد اولیه طی واکنش‌هایی به گوگرد دیوکسید ( $SO_2$ ) تبدیل می‌گردد و در ادامه با حضور اکسیژن، آب و کاتالیزگر در دماهای بالا سولفوریک اسید تولید می‌شود (شکل ۴).



شکل ۴- برخی مواد خام اولیه برای تهیه سولفوریک اسید

در روش تماسی که نسبت به روش مرطوب متداول تر است، مهم‌ترین روش تولید گوگرد دی‌اکسید در مرحله نخست، استفاده از گوگرد عنصری است. مهم‌ترین معدن‌های گوگرد آزاد در مناطقی مثل ایتالیا، آمریکا و آرژانتین وجود دارد. در ایران نیز معادن گوگرد زیادی وجود دارد. (به دلیل فراوانی منابع نفت و گاز اغلب تولیدات گوگرد ایران از نوع نفتی است). در برخی موارد و در مناطقی که منابع گوگرد عنصری محدود است، مانند کشور چین، برای تهیه گوگرد دی‌اکسید، از سولفیدهای فلزی نظیر آهن سولفید ( $FeS_2$ ) استفاده می‌شود. آهن سولفید در طبیعت به شکل کانی<sup>۱</sup> پیریت یافت می‌شود.

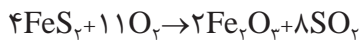
طرح ساده‌ای از تهیه سولفوریک اسید از پیریت در شکل ۵ نشان داده شده است.



شکل ۵- تهیه سولفوریک اسید از پیریت

مراحل تهیه سولفوریک اسید از پیریت عبارت‌اند از:

**مرحله اول:** گرما دادن کانی پیریت در کوره‌های مناسب در دمای  $1000-600^{\circ}C$  به منظور تولید گاز گوگرد دی‌اکسید مطابق واکنش زیر:



**مرحله دوم:** عبور گاز  $SO_2$  از برج‌های شست‌وشو به منظور حذف مواد ناخالص و رطوبت

**مرحله سوم:** واکنش  $SO_2$  با اکسیژن ( $O_2$ ) به منظور تولید  $SO_3$  در برج تماس که متشکل از لوله‌هایی حاوی کاتالیزگر وانادیم پنتو کسید و دمای بالا ( $400-500^{\circ}C$ ) است.



با در نظر گرفتن واکنش بالا، توجه به چند نکته به لحاظ عملی الزامی است:

۱- جامد طبیعی با ساختار بلوری است که در ترکیب سنگ‌های پوسته زمان یافت می‌شود.

۱ با توجه به گرمازا بودن این واکنش و طبق اصل لوشاتلیه، کاهش دما باعث افزایش تولید گاز  $SO_3$  می‌شود. از سوی دیگر کاهش دما باعث کاهش سرعت واکنش می‌شود و زمان لازم برای تولید محصول را افزایش می‌دهد، که از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست. برای رفع این مشکل از کاتالیزگر و دمای مناسب استفاده می‌شود. همچنین در این واکنش تعادلی چون تعداد مول محصول تولیدشده کمتر از مواد اولیه است، به منظور افزایش بازده، می‌توان از فشار بالا استفاده کرد. استفاده از فشارهای بالا هزینه تجهیزات را تا چندبرابر افزایش می‌دهد، به همین دلیل این واکنش در فشارهای نزدیک به فشار جو انجام می‌شود.

۲ در واکنش‌های تعادلی، افزایش غلظت مواد اولیه سبب پیشرفت واکنش به سمت تولید محصول بیشتر خواهد شد. در این واکنش اگر غلظت اکسیژن زیادتر باشد، تولید گاز گوگردتری اکسید نیز بیشتر می‌شود. بدین منظور نسبت ۱:۱ از گازهای اکسیژن و گوگرد دی‌اکسید در حضور کاتالیزگر واکنش می‌دهند (اکسیژن دو برابر مقدار استوکیومتری به کار رفته است).

**مرحله چهارم:** گاز  $SO_3$  را در  $H_2SO_4$  غلیظ حل می‌کنند و پیروسولفوریک اسید (اولئوم) تولید می‌شود.



**مرحله پنجم:** پیروسولفوریک اسید با آب رقیق می‌شود تا  $H_2SO_4$  با غلظت مورد نیاز تولید شود.



## فعالیت عملی ۱



### تولید سولفوریک اسید به روش جابر

**وسایل و مواد لازم:** ارلن، بالن، میرد (چگالنده)، لوله‌های رابط، منبع گرمایی برقی یا گازی، کاغذ pH، آهن سولفات ( $FeSO_4$ )

نکته ایمنی



- ۱ آزمایش حتماً در زیر هود با قدرت مکش بالا انجام شود.
- ۲ استفاده از روپوش، دستکش و عینک آزمایشگاه ضروری است.
- ۳ پیش از انجام دادن واکنش، از بسته بودن سامانه واکنش اطمینان حاصل کنید.

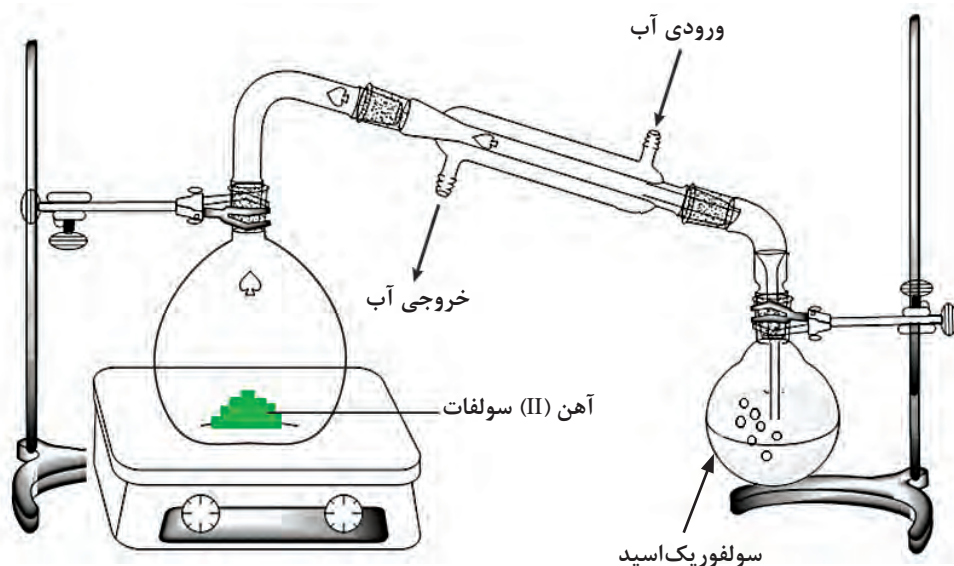
### روش کار:

۱ مقداری آهن (II) سولفات را در بالن یا ارلن مقاوم بریزید و با کمک مسئول آزمایشگاه سامانه‌ای مانند شکل ۶ سوار کنید.

۲ با استفاده از چراغ گازی یا گرمکن برقی رسوب موجود در ارلن را به شدت گرما دهید تا قهوه‌ای رنگ شود. بخارات حاصل را پس از سرد شدن در میرد (چگالنده)، در ظرف دیگر که حاوی آب مقطر است، جمع‌آوری کنید.



- ۳ با استفاده از کاغذ pH، خاصیت اسیدی محلول به دست آمده را بررسی کنید.
- ۴ در یک لوله آزمایش تکه کوچکی نوار منیزیم بیندازید و چند قطره از محلول به دست آمده از واکنش بالا را بر روی آن بریزید.
- واکنش‌های انجام شده و مشاهدات خود را یادداشت کنید.



شکل ۶- سامانه تولید سولفوریک اسید

- ۱ مزایا و معایب استفاده از پیریت برای تولید سولفوریک اسید در مقایسه با گوگرد عنصری چیست؟
- ۲ یکی از مراحل پالایش گاز طبیعی جداسازی کربن دیوکسید و هیدروژن سولفید است (شیرین‌سازی گاز). با تحقیق در مراجع علمی، اهمیت استفاده از گوگرد حاصل از شیرین‌سازی گاز طبیعی برای تولید سولفوریک اسید را بیان کنید.

تحقیق کنید  
۱



فیلم آموزشی



تولید سولفوریک اسید در آزمایشگاه و صنعت



## کاربرد سولفوریک اسید در صنعت چرم‌سازی

سولفوریک اسید در صنایع مختلف، از جمله صنعت چرم‌سازی دارای اهمیت زیادی است. در فرایند چرم‌سازی برای حذف موهای پوست از آهک استفاده می‌شود. عمل آهک‌دهی برای سست کردن ریشه مو و کمک به از بین بردن پروتئین‌های زائد و چربی‌های موجود در پوست است. در مراحل بعدی آهک باقی مانده باید به طور کامل حذف شود، چرا که باعث ایجاد ترک‌هایی در سطح چرم و کاهش کیفیت محصول تولیدی می‌شود. حذف آهک توسط مواد شیمیایی مانند سولفوریک اسید انجام می‌گیرد.

## نیتریک اسید

نیتریک اسید یا جوهر شوره، با فرمول مولکولی  $\text{HNO}_3$ ، یک اسید معدنی سمی است که به شدت خاصیت خوردگی دارد. نیتریک اسید خالص مایع بی‌رنگی است و با گذشت زمان به علت تجمع نیتروژن اکسید، رنگ آن به زردی می‌گراید. این ماده به نور حساس است و اغلب در بطری‌های شیشه‌ای قهوه‌ای‌رنگ ذخیره می‌شود. به‌عنوان یک اسید قوی، میزان حل‌پذیری نیتریک اسید در آب بسیار زیاد است.

واکنش انجام‌شده در ظرف حاوی نیتریک اسید که باعث تغییر رنگ از بی‌رنگ به زرد می‌شود را بنویسید.

تحقیق کنید  
۲



به برخی از خواص فیزیکی و شیمیایی نیتریک اسید در جدول ۲ اشاره شده است.

جدول ۲- برخی از خواص نیتریک اسید

$\text{HNO}_3$	فرمول شیمیایی
۶۳/۰۱	جرم مولکولی (g/mol)
مایع بی‌رنگ	شکل ظاهری
-۴۲	دمای ذوب ( $^{\circ}\text{C}$ )
۸۴	دمای جوش ( $^{\circ}\text{C}$ )
۱/۵۱	چگالی ( $\text{g/cm}^3$ )
به‌طور کامل محلول	حل‌پذیری در آب

**کاربردهای نیتریک اسید:** بخش عمده نیتریک اسید در تولید آمونیم نیترات که ماده اصلی در تهیه کود شیمیایی است، استفاده می شود. از نیتریک اسید در تهیه مواد منفجره مثل تی ان تی<sup>۱</sup> و نیترو گلیسرین<sup>۲</sup> نیز استفاده می شود. از سایر موارد استفاده نیتریک اسید می توان به استفاده در سوخت مایع موشک ها در صنعت هوافضا، خالص سازی فلزات با ارزش مانند طلا، نقره و پلاتین، استفاده به عنوان یکی از مواد اولیه در تولید نایلون، پارچه، لاستیک و رنگ ها و همچنین استفاده در فعالیت های آزمایشگاهی، تولید مواد شیمیایی و تهیه تیزاب سلطانی<sup>۳</sup> اشاره کرد.

**تهیه نیتریک اسید:** اولین گزارش ها از تولید نیتریک اسید به قرون وسطی و واکنش سولفوریک اسید با سدیم نیترات اشاره دارد.

## فعالیت عملی ۲



### تولید نیتریک اسید در آزمایشگاه

**وسایل و مواد لازم:** بالن، چگالنده، شیلنگ آب، ترازو، گرمکن برقی یا گازی، پتاسیم نیترات، سولفوریک اسید، کاغذ pH

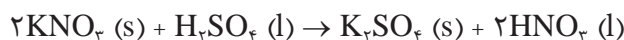
این آزمایش به دلیل تولید گاز سمی NO<sub>۲</sub> زیر هود با قدرت مکش بالا انجام شود. استفاده از روپوش، دستکش و عینک آزمایشگاه الزامی است.

نکته ایمنی



### روش کار:

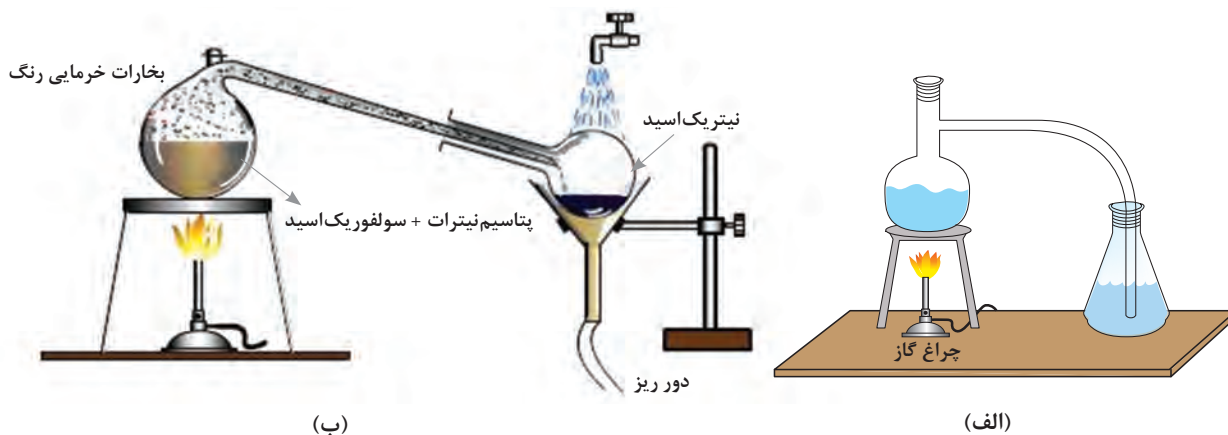
- ۱ گرم پتاسیم نیترات را وزن کنید و در یک بالن شیشه ای بریزید.
- ۲ ۵ میلی لیتر سولفوریک اسید غلیظ به بالن اضافه کنید.
- ۳ در زیر هود سامانه ای مانند شکل ۷- الف یا ۷- ب را سوار کنید.
- ۴ ظرف واکنش را گرما دهید تا گاز خرمایی رنگ NO<sub>۲</sub> متصاعد شود و از طریق میعان در طرف دیگر (بالن حاوی مقداری آب مقطر) جمع آوری شود.
- ۵ از کاغذ pH برای بررسی اسیدی بودن محصول استفاده کنید.



۱- TNT

۲- Nitroglycerin

۳- مخلوطی از نیتریک اسید و هیدروکلریک اسید غلیظ با نسبت حجمی ۱ به ۳ است و برای حل کردن فلزات (از جمله طلا و پلاتین) به کار می رود.



شکل ۷- سامانه تهیه نیتریک اسید

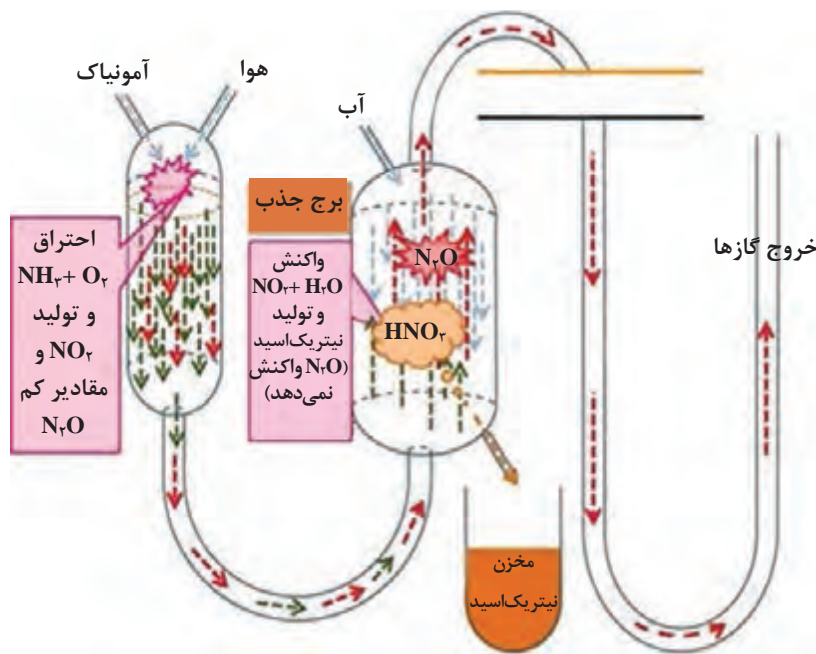
مشاهدات خود را یادداشت کنید.

فیلم آموزشی

آزمایش تهیه نیتریک اسید



امروزه با توسعه روزافزون صنعت آمونیاک سازی تقریباً تمام مقادیر تجاری نیتریک اسید از ترکیب شدن آمونیاک با اکسیژن در یک فرایند به نام فرایند استوالد<sup>۱</sup> تولید می شود (شکل ۸).



شکل ۸- مراحل تولید نیتریک اسید

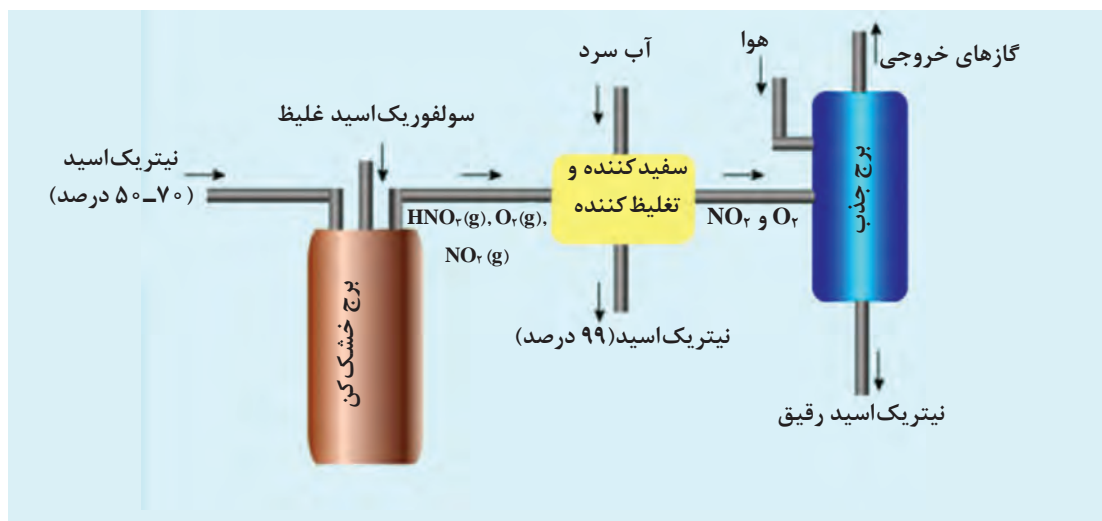
۱- Ostwald Process



فریدریش ویلهلم استوالد

فریدریش ویلهلم استوالد<sup>۱</sup> (۱۸۵۳-۱۹۳۲) یک شیمی دان آلمانی بود. او با ابداع فرایند تولید نیتریک اسید در سال ۱۹۰۲ اعتبار فراوانی کسب کرد. استوالد مطالعات زیادی در زمینه علم شیمی انجام داد و در سال ۱۹۰۹ جایزه نوبل شیمی را در زمینه شیمی، تعادل شیمیایی و سرعت واکنش دریافت کرد.

**تهیه نیتریک اسید با غلظت بالا:** نیتریک اسید غلیظ برای بسیاری از فرایندهای شیمیایی نیاز است. این اسید غلیظ را می توان از خشک کردن، بی رنگ کردن، متراکم کردن و جذب کردن نیتریک اسید رقیق تهیه کرد. در این روش، سولفوریک اسید غلیظ و نیتریک اسید رقیق به داخل یک استوانه خشک کننده بسته ریخته می شوند. بخار اسید حاصل، متراکم می شود و نیتریک اسید با غلظت ۹۸ تا ۹۹ درصد را تولید می کند (شکل ۹).



شکل ۹- تهیه نیتریک اسید غلیظ

نقش سولفوریک اسید در فرایند تولید نیتریک اسید غلیظ چیست؟



نکته ایمنی



نیتریک اسید و سولفوریک اسید از جمله خطرناک‌ترین اسیدهای شناخته‌شده هستند که اگر موارد ایمنی آن رعایت نشود، می‌تواند آسیب‌های جبران‌ناپذیری به بدن انسان وارد کند که از سوختگی تا مرگ را شامل می‌شود. در صورت تماس با پوست و چشم باعث سوزش، خارش و در غلظت‌های بالا باعث نابینایی می‌شود. در صورت تماس با چشم یا پوست باید موضع مورد نظر با آب فراوان شسته شود. تنفس بخارات و ذرات ریز این ماده سبب تحریک دستگاه تنفسی و در موارد شدیدتر خوردگی دندان‌ها و حتی منجر به مرگ می‌شود. قرار گرفتن در هوای آزاد تأثیرات حاصل از تنفس اسید را کاهش می‌دهد.

فیلم آموزشی



تولید آزمایشگاهی و صنعتی نیتریک اسید

## هیدروکلریک اسید

هیدروکلریک اسید یا جوهرنمک یک محلول شفاف، بی‌رنگ و با بویی بسیار تند و نافذ است که حاصل حل شدن گاز هیدروژن کلرید در آب است. این ماده یک اسید معدنی قوی با خاصیت خوردگی بسیار بالا است. به برخی از خواص فیزیکی و شیمیایی هیدروکلریک اسید در جدول ۳ اشاره شده است.

جدول ۳- برخی از خواص هیدروکلریک اسید (۳۶٪)

HCl	فرمول شیمیایی
۳۶/۴۶	جرم مولکولی (g/mol)
مایع بی‌رنگ یا زرد کم‌رنگ و دارای بوی تند	شکل ظاهری
-۳۰	دمای ذوب (°C)
۶۱	دمای جوش (°C)
۱/۱۸	چگالی (g/cm <sup>۳</sup> )
به‌طور کامل محلول	حل‌پذیری در آب

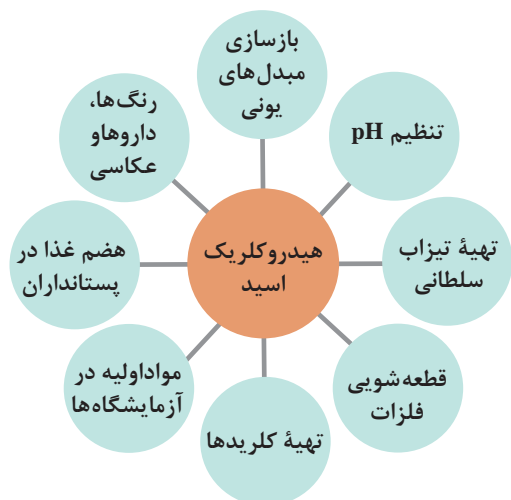
بیشتر بدانید



اسید معده یک مایع گوارشی اسیدی، رقیق و یکی از اجزای اصلی شیرۀ معده است که توسط سلول‌های موجود در پوشش معده تولید می‌شود. از جمله موادی که در اسید معده وجود دارد، هیدروکلریک اسید است. این اسید با فعال شدن آنزیم‌های گوارشی که زنجیره‌های طولانی اسید آمینه را تجزیه می‌کنند، نقش مهمی در هضم پروتئین‌ها دارد. از سوی دیگر هیدروکلریک اسید با از بین بردن باکتری‌هایی که با تغذیه وارد معده می‌شوند، بدن را از بیماری محافظت می‌کند و به این ترتیب به سامانه ایمنی بدن کمک می‌کند.



تولید آزمایشگاهی و صنعتی هیدروکلریک اسید

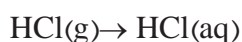
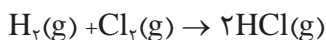


شکل ۱۰- نمایشی از کاربردهای هیدروکلریک اسید

### کاربردهای هیدروکلریک اسید:

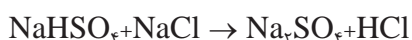
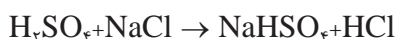
هیدروکلریک اسید جزء مواد شیمیایی است که استفاده‌های صنعتی زیادی دارد. به برخی از کاربردهای مهم این اسید در شکل ۱۰ اشاره شده است.

**تهیه هیدروکلریک اسید:** گازهای هیدروژن و کلر مواد اولیه برای تولید هیدروکلریک اسید هستند. در این شرایط گاز کلر می‌تواند با گاز هیدروژن ترکیب شود و گاز هیدروژن کلرید خالص تولید کند، گاز  $HCl$  آزاد شده با حل شدن در آب به هیدروکلریک اسید تبدیل می‌شود.



حل شدن گاز هیدروژن کلرید در آب

یکی دیگر از روش‌های تولید هیدروکلریک اسید استفاده از واکنش مانهایم<sup>۱</sup> است. در این روش سولفوریک اسید (۹۸٪) و سدیم کلرید در یک واکنشگاه در دمای  $150^\circ C$  طی دو مرحله ترکیب می‌شوند.



گاز هیدروژن کلرید حاصل از قسمت بالایی واکنشگاه خارج می‌گردد و توسط لوله‌ها به برج‌های جذب آب هدایت می‌شود. جذب هیدروژن کلرید در آب به شدت گرم‌زا است، گرمای آزاد شده با استفاده از برج‌های خنک‌کننده جذب می‌شود.

واکنشگاه مانهایم چه واکنشگاهی است؟

تحقیق کنید

۳



## فعالیت عملی ۳



### تولید هیدروکلریک اسید در آزمایشگاه

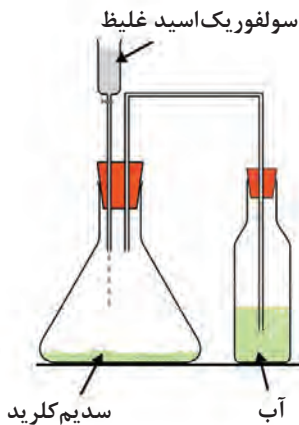
**مواد و وسایل لازم:** ترازو، ارلن، بشر، درپوش سوراخ دار، لوله پلاستیکی (شفاف) رابط، کاغذ pH، سدیم کلرید، سولفوریک اسید، آب مقطر.

نکته ایمنی



- واکنش زیر هود با قدرت مکش بالا انجام شود.
- استفاده از روپوش، دستکش و عینک آزمایشگاه الزامی است.

### روش کار:



شکل ۱۱- تهیه هیدروکلریک اسید

۱ اگرم نمک سدیم کلرید را وزن کنید و داخل ارلن کاملاً خشک بریزید. در ظرف را با یک درپوش سوراخ دار بپوشانید. از یک سوراخ لوله پلاستیکی داخل یک ظرف آب بگذارید. سوراخ دیگر برای افزودن سولفوریک اسید است (برای انجام واکنش سامانه‌ای مانند آنچه در شکل ۱۱ نشان داده شده است، تهیه کنید).

۲ pH آب را اندازه‌گیری کنید.

۳ تا ۵ میلی لیتر سولفوریک اسید غلیظ را قطره‌قطره به ظرف واکنش اضافه کنید. به خروج حباب‌های گاز HCl به داخل ظرف آب دقت کنید.

۴ دوباره pH آب را اندازه‌گیری کنید.

۵ مشاهدات خود را یادداشت کنید.

تحقیق کنید

۴



نکات ایمنی



در نگهداری و کاربرد اسیدها باید به چند نکته توجه داشت:

۱ ظرف حاوی اسید باید در محل خشک، خنک و دور از آفتاب نگهداری شود.

۲ در ظرف حاوی اسید پس از هر بار استفاده باید محکم بسته شود.

۳ ظرف حاوی اسید باید از عوامل اکسایش، بازها، فلزات، منابع گرمایی و غذایی دور نگه داشته شود.

۴ واکنش اضافه کردن آب به اسید گرمازا است که می‌تواند منجر به آتش‌سوزی شود. بنابراین باید همیشه اسید را به آب اضافه کرد.

۵ محل نگهداری اسید باید مجهز به تجهیزات ضدآتش باشد.



## فعالیت عملی ۴



### بررسی اثر جوهرنمک بر روی جرم‌ها

وسایل و مواد لازم: جوهرنمک و سرامیک جرم‌دار

#### روش کار:

- ۱ با رعایت نکات ایمنی مقداری از جوهرنمک تجاری را روی جرم موجود در سرامیک‌ها بریزید.
- ۲ همین فعالیت را با هیدروکلریک‌اسید تولیدشده در فعالیت عملی ۳ انجام دهید و میزان جرم‌زدایی آنها را با هم مقایسه کنید.
- ۳ مشاهدات خود را یادداشت کنید.

## سدیم هیدروکسید

سدیم هیدروکسید با فرمول شیمیایی NaOH ماده معدنی جامد و سفیدرنگ با خاصیت خورندگی است که در اصطلاح عامیانه به سود سوزآور معروف است (شکل ۱۲). این ماده به خوبی در آب حل می‌شود و گرمای زیادی تولید می‌کند، محلول حاصل معمولاً بی‌رنگ و بی‌بو است. این ترکیب، در تماس با پوست، دارای اثر خورندگی است و هنگام استفاده باید نکته‌های ایمنی مورد توجه قرار گیرد.



حبه‌ای



پودری



پرک

شکل ۱۲- صورت‌های مختلف سود جامد

در جدول ۴، خواص فیزیکی و شیمیایی سدیم هیدروکسید خلاصه شده است.

جدول ۴- برخی از خواص سدیم هیدروکسید

NaOH	فرمول شیمیایی
۳۹/۹۹	جرم مولکولی (g/mol)
جامد سفید رنگ	شکل ظاهری
۳۱۸	دمای ذوب (°C)
۱۳۸۸	دمای جوش (°C)
۲/۱۳	چگالی (g/cm <sup>۳</sup> )

**کاربرد سدیم هیدروکسید:** سدیم هیدروکسید، به عنوان یک باز قوی، یکی از مواد شیمیایی صنعتی بسیار مهم به شمار می رود که سالیانه حجم بسیار زیادی از آن در کشورهای مختلف تولید می شود. در زیر به برخی از کاربردهای مهم سدیم هیدروکسید اشاره شده است.

- تولید صابون و مواد شوینده و پاک کننده، این ترکیب بهترین ماده ضد چربی و ضد رسوب و شوینده در دنیای صنعت است. در کتاب های تخصصی سال های دهم و یازدهم صنایع شیمیایی، با این کاربردها آشنا شده اید.
- استفاده در صنعت کاغذسازی به منظور تجزیه چوب، تولید خمیر و سفید کردن الیاف قهوه ای رنگ
- استفاده در صنعت پتروشیمی و استخراج نفت به منظور خنثی سازی، چربی گیری و تصفیه محصولات نفتی
- ماده اولیه و واسطه برای تولید بسیاری از مواد شیمیایی (انواع ترکیبات آلی و معدنی)
- استفاده در صنایع فلزی و آبکاری، مانند حل کردن سنگ معدن آلومینیم در صنعت آلومینیم سازی

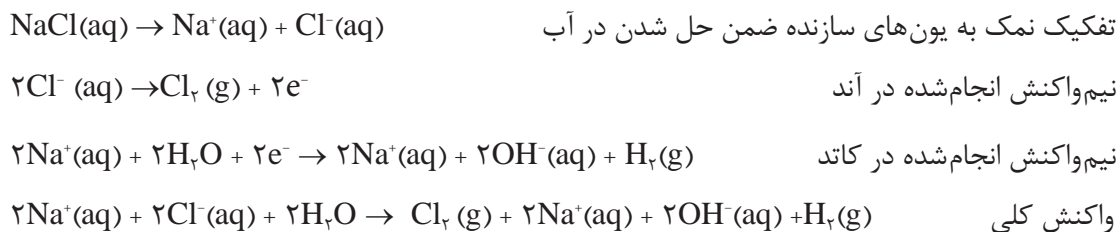
**تهیه سدیم هیدروکسید:** سدیم هیدروکسید از برقکافت (الکترولیز<sup>۱</sup>) سدیم کلرید (سنگ نمک) تولید می شود. معدن های زیادی از سدیم کلرید در جای جای جهان یافت می شود. بیشتر این معادن چندصد متر عمق دارند و رسوب های استخراج شده از آنها تقریباً خالص است (شکل ۱۳).



شکل ۱۳- سنگ نمک موجود در معدن نمک سمنان

فرایند برقکافت محلول های سدیم کلرید که در صنعت به فرایند کلر-قلیایی یا کلر-آلکالی<sup>۲</sup> معروف است، در یکی از انواع سلول های الکترولیتی انجام می شود. در این فرایند از محلول آبی سدیم کلرید (آب نمک) به عنوان ماده اولیه استفاده می شود و گاز کلر، گاز هیدروژن و سود مایع به عنوان محصولات نهایی تولید می شوند. انواع مختلف سلول های الکترولیتی که به طور تجاری استفاده می شوند، عبارت اند از: روش غشایی<sup>۳</sup>، روش دیافراگم<sup>۴</sup> و روش جیوه ای<sup>۵</sup>. روش های الکترولیتی بر اساس واکنش های صفحه بعد پایه گذاری شده اند. غلظت و خلوص سدیم هیدروکسید تولید شده در هر فرایند متفاوت است.

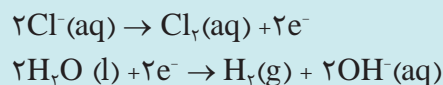
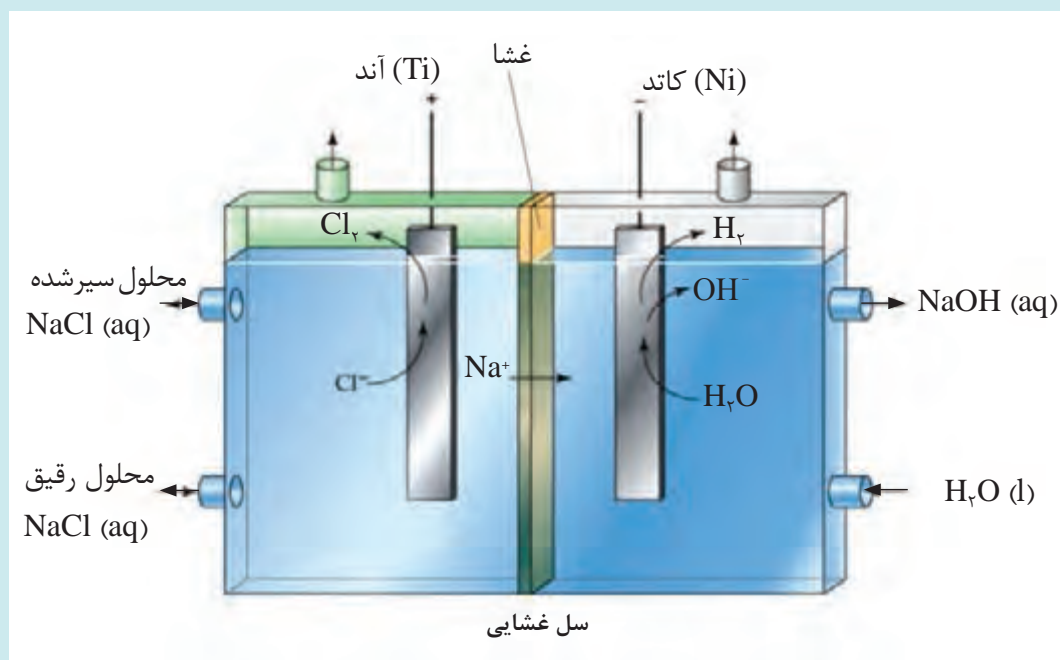
۱- Electrolysis  
۲- Chloralkali Process  
۳- Membrane Cell  
۴- Diaphragm Cell  
۵- Mercury Cell



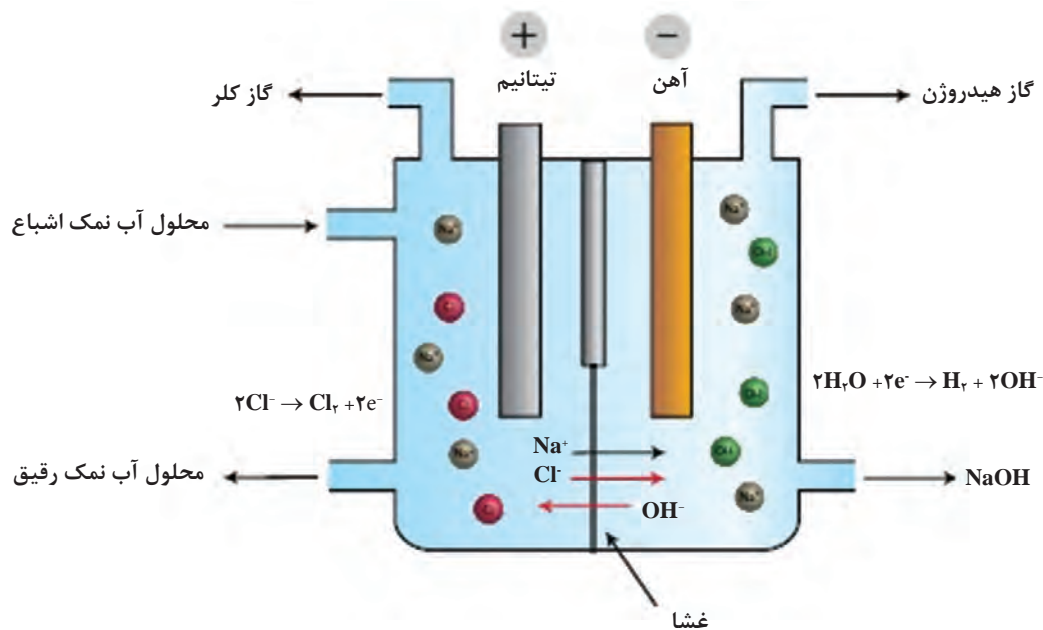
بیشتر بدانید



**روش غشایی:** در این روش، غشای به کاررفته انتخابی عمل می‌کند و فقط به یون‌های مثبت (سدیم) اجازه عبور می‌دهد و از واکنش سدیم هیدروکسید و هیدروژن با کلر جلوگیری می‌کند. با ورود آب نمک اشباع به محفظه آندی، یون‌های کلرید با از دست دادن الکترون به گاز کلر تبدیل می‌شوند. در ادامه با عبور کاتیون‌های سدیم و آب از غشا به سمت محفظه کاتدی، واکنش کاهش آب و تولید گاز هیدروژن و آنیون هیدروکسید در کاتد انجام می‌شود. آنیون هیدروکسید با کاتیون سدیم ترکیب می‌شوند و محلول سدیم هیدروکسید تولید می‌کند. نمونه‌ای از این سل در شکل زیر نشان داده شده است.



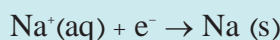
**روش دیافراگمی:** سل استفاده شده در این روش توسط یک صفحه دیافراگمی نفوذپذیر به دو بخش تقسیم می شود و مانع از عبور گازهای تولیدی در آند و کاتد می شود (شکل ۱۴). در روش دیافراگمی محلولی از آب نمک وارد محفظه آندی می گردد و با حذف الکترون از آنیون های کلر در آند، گاز کلر تولید می شود. با عبور محلول آب نمک از دیافراگم به سمت کاتد، گاز هیدروژن و آنیون هیدروکسید در کاتد تولید می شوند. کاتیون سدیم با عبور از دیافراگم وارد کاتد می گردد و محلولی از سدیم هیدروکسید تولید می شود. با عبور آنیون های کلر از دیافراگم، مقداری سدیم کلرید به همراه سدیم هیدروکسید تولید می شود. پس از تغلیظ این مخلوط از طریق تبخیر، محلولی حاوی ۵۰٪ سدیم هیدروکسید حاصل می شود.



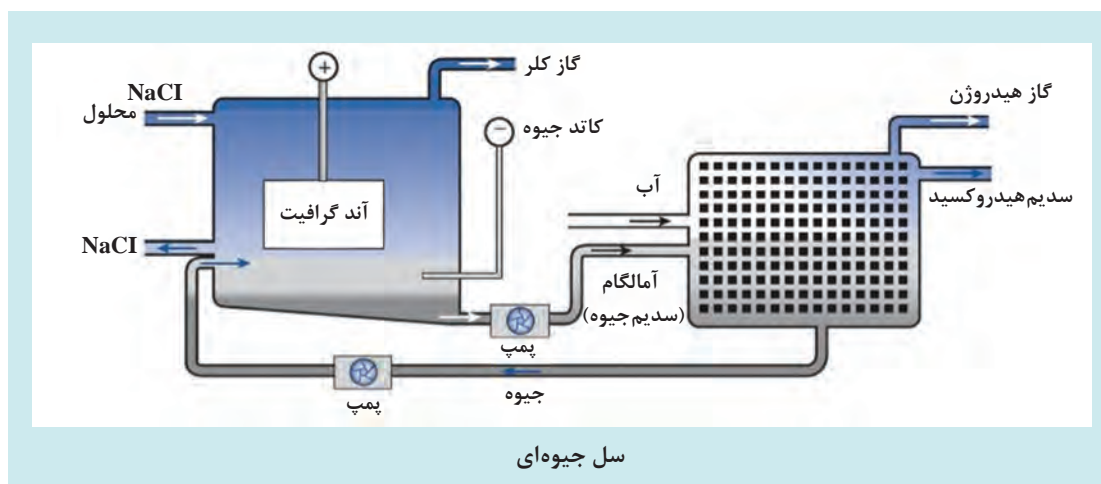
شکل ۱۴- سل دیافراگمی

**روش جیوه‌ای:** در فرایند سل جیوه‌ای، عنصر سدیم در کاتد که لایه نازکی از جریان فلز جیوه است، تشکیل می شود.

بیشتر بدانید



سدیم تولید شده با جریان جیوه مخلوط می شود و به صورت ملغمه (آمالگام) سدیم - جیوه از سلول خارج می شود. ملغمه مایع در محفظه تفکیک کننده و در حضور کاتالیزگر گرافیت با آب واکنش می دهد و سدیم هیدروکسید، گاز هیدروژن و جیوه تولید می کند. جیوه حاصل از تجزیه ملغمه به سل بازگردانده می شود و دوباره استفاده می شود. در الکترودهای آند که در فاصله چند میلی متری از سطح جیوه در محلول الکترولیت معلق هستند، واکنش اکسایش یون های کلرید و تولید گاز کلر انجام می شوند.



برای تولید سدیم هیدروکسید جامد از فرایند تغلیظ استفاده می‌شود. برای این منظور محلول سود تولید شده به مخزن‌های کوچک منتقل می‌گردد و روی سینی‌های نیکل سرریز می‌شود. در دماهای بالا غلظت سود به ۹۸٪ می‌رسد و در ادامه با استفاده از دستگاه خنک‌کننده و با سرمایه‌ش به ورقه‌های نازک پرک تبدیل می‌شود.

تولید سدیم هیدروکسید با روش‌های مختلف

فیلم آموزشی



بیشتر بدانید



اولین واحد کلرآلکالی ایران در استان خوزستان با هدف تولید کلر مایع برای تصفیه آب نوشیدنی و سود برای صنایعی مثل کاغذسازی راه‌اندازی گردید. در این واحد سدیم کلرید مورد نیاز برای تولید سود در سل‌های جیوه‌ای، از تبخیر خورشیدی آب‌های خلیج فارس تأمین می‌شود. امروزه به علت مصرف بالای جیوه در مقایسه با واحدهای کلرآلکالی اروپا و مشکلات زیست محیطی ایجاد شده، این روش از مدار خارج شده است. این واحد صنعتی در نظر دارد، به منظور تولید بیشتر سدیم هیدروکسید و حفظ محیط زیست، با بهره‌گیری از فرایند غشایی، در مصرف انرژی صرفه‌جویی کند. منطقه ماهشهر و صنایع آلومینای جاجرم از مهم‌ترین مصرف‌کننده‌های این ماده هستند.



واحد کلرآلکالی پتروشیمی بندر امام خمینی

با بررسی مراجع علمی، سه روش تهیه سدیم هیدروکسید را از نظر خلوص سود تولیدی، محصولات جانبی، معایب و مزایا مقایسه کنید.

تحقیق کنید  
۵





استفاده از سدیم هیدروکسید در صنایع غذایی (شیرین کردن زیتون): کاشت و پرورش زیتون از گذشته در کشور ایران رایج بوده است. اغلب صاحبان درختان زیتون راغب هستند تا روش ساده‌ای را برای فراوری محصول به کار گیرند. اولین مرحله برای فراوری زیتون شیرین کردن آن است که با استفاده از محلول سود انجام می‌شود. دانه‌های زیتون پس از تلخی‌زدایی، چندین بار در آب شسته می‌شود و در انتها برای خنثی شدن باقی‌مانده احتمالی سود، از مخلوط آب و سرکه استفاده می‌شود.

## پتاسیم هیدروکسید

پتاسیم هیدروکسید یا پتاس، با فرمول شیمیایی KOH، یک ترکیب معدنی سفیدرنگ است که مانند سدیم هیدروکسید از قوی‌ترین بازها هستند. این ماده بیشتر به شکل پودر و حبه‌های سفیدرنگ تولید می‌شود و به فروش می‌رسد. پتاسیم هیدروکسید به شدت جذب‌کننده رطوبت است و به عنوان یک ماده خشک‌کننده در آزمایشگاه عمل می‌کند. این ماده نسبت به سدیم هیدروکسید بیشتر در آب حل می‌شود و طی یک واکنش شدید، گرمای زیادی تولید می‌کند. جدول ۵ نشان‌دهنده برخی خواص پتاسیم هیدروکسید است.

جدول ۵- برخی از خواص پتاسیم هیدروکسید

KOH	فرمول شیمیایی
۵۶/۱۱	جرم مولکولی (g/mol)
جامد سفید رنگ	شکل ظاهری
۳۶۰	دمای ذوب (°C)
۱۳۲۷	دمای جوش (°C)
۲/۱	چگالی (g/cm <sup>۳</sup> )

**کاربرد پتاسیم هیدروکسید:** پتاسیم هیدروکسید به دلیل خاصیت بازی قوی، کاربردهای فراوانی در صنایع مختلف دارد که در ادامه به آنها اشاره می‌شود.

- استفاده برای خنثی کردن قدرت اسیدی، تنظیم pH محلول‌ها و تعیین غلظت اسید در روش حجم‌سنجی
- تولید شامپو، صابون‌های مایع و شوینده‌هایی با کیفیت بالا. صابون‌های پتاسیم نرم‌تر و محلول‌تر از صابون‌های سدیم هستند؛ در نتیجه، صابون‌های مایع معمولاً صابون‌های پتاسیم هستند. در سال دهم این صابون‌ها را تهیه کردید.

- تولید باتری‌ها و سلول‌های سوختی. محلول آبی از پتاسیم هیدروکسید به عنوان الکترولیت در انواع باتری‌ها استفاده می‌شود.
- تهیه کودهای شیمیایی، به منظور تأمین منبع پتاسیم (یکی از سه غذای اصلی گیاهی) برای محصولات کشاورزی
- کمک به تجزیه بافت‌های نرم موجودات و موزدایی از پوست حیوانات
- تولید مواد شیمیایی (سایر ترکیبات پتاسیم)، رنگدانه‌ها و شیشه
- مصارف پزشکی و دارویی. پتاسیم هیدروکسید برای تشخیص عفونت‌های قارچی استفاده می‌شود.
- به عنوان ماده اولیه برای تهیه برخی مواد نگهدارنده در صنایع غذایی

## فعالیت عملی ۵



### اندازه‌گیری تغییر دمای حاصل از حل شدن سود و پتاس در آب

**وسایل و مواد لازم:** بشر، استوانه مدرج، دماسنج، همزن شیشه‌ای، سدیم هیدروکسید، پتاسیم هیدروکسید و آب مقطر.

### روش کار

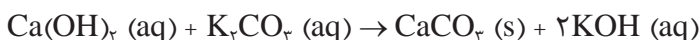
- ۱ با استفاده از یک استوانه مدرج، ۳۰ میلی‌لیتر آب مقطر در یک بشر بریزید و دمای آن را با استفاده از دماسنج یادداشت کنید.
- ۲ ۱ گرم سدیم هیدروکسید را وزن کنید و به بشر بیفزایید.
- ۳ در حالی که دماسنج در ظرف واکنش است، مخلوط واکنش را با احتیاط به هم بزنید تا سدیم هیدروکسید کاملاً حل شود. در تمامی مراحل دما را یادداشت کنید.
- ۴ تفاوت دمای اولیه و نهایی را محاسبه کنید.
- ۵ همین آزمایش را برای پتاسیم هیدروکسید انجام دهید.
- ۶ مشاهدات خود را یادداشت کنید.

تجزیه بال مرغ توسط سدیم هیدروکسید

فیلم آموزشی



**تهیه پتاسیم هیدروکسید:** در روش‌های قدیمی برای تولید پتاسیم هیدروکسید از واکنش کلسیم هیدروکسید با پتاسیم کربنات استفاده می‌شد. این واکنش در زیر نشان داده شده است.



محلول به دست آمده از این واکنش صاف می‌شود و کلسیم کربنات رسوب کرده جدا می‌شود. در ادامه، محلول به دست آمده تغلیظ می‌شود تا پتاسیم هیدروکسید جامد حاصل شود.



### تولید پتاسیم هیدروکسید در آزمایشگاه

**وسایل و مواد لازم:** استوانهٔ مدرج، بشر، همزن شیشه‌ای، قیف، کاغذ صافی، ترازو، کلسیم هیدروکسید، پتاسیم کربنات و آب مقطر.

#### روش کار:

- ۱ ۵/۰ گرم کلسیم هیدروکسید را وزن کنید و در ۳۰ میلی لیتر آب به خوبی هم بزنید و سپس صاف کنید. محلول زیر صافی حاوی کلسیم هیدروکسید محلول است.
  - ۲ به محلول کلسیم هیدروکسید، حدود ۱ گرم پتاسیم کربنات اضافه کنید و خوب هم بزنید.
  - ۳ رسوب تشکیل شده در ظرف را که کلسیم کربنات است، صاف کنید. محلول زیر صافی حاوی پتاسیم هیدروکسید است.
- مشاهدات خود را یادداشت کنید.

فیلم آموزشی



تولید پتاسیم هیدروکسید در آزمایشگاه و صنعت

در روش جدید برای تولید پتاسیم هیدروکسید، از برقکافت محلول‌های پتاسیم کلرید با استفاده از سل‌های جیوه‌ای و غشایی استفاده می‌شود. فرایند برقکافت پتاسیم کلرید مشابه فرایند برقکافت سدیم کلرید است ولی ولتاژ پیل آن کمی کمتر است.

نکته ایمنی



سدیم هیدروکسید و پتاسیم هیدروکسید به‌عنوان بازهای قوی و خورنده هستند که می‌توانند در پوست و بافت نفوذ کنند و آسیب‌های جدی برای انسان به دنبال داشته باشند. شدت جراحات به مدت زمان تماس مواد با اندام‌های بدن بستگی دارد. چشم، دستگاه تنفسی و پوست بیشتر در معرض آسیب هستند که در نتیجهٔ آلوده شدن با مواد، فرد دچار سوزش، تاول، سوختگی، التهاب، تنگی نفس و سرفه‌های شدید می‌شود و در موارد شدیدتر، کاهش بینایی و یا کوری را به دنبال دارد. استفاده از آب و شست‌وشوی عضو آسیب‌دیده باعث کاهش تأثیرات مخرب سود و پتاس بر بدن می‌شود. استفاده از وسایل ایمنی مثل عینک آزمایشگاهی، روپوش و دستکش‌های مناسب مواد شیمیایی در هنگام کار با این مواد الزامی است.

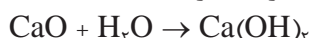


## کلسیم هیدروکسید

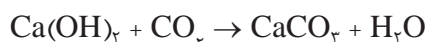


شکل ۱۵- پودر سفید کلسیم هیدروکسید

کلسیم هیدروکسید (شکل ۱۵) که با نام‌های آهک آب‌دار، شکفته و مرده نیز شناخته می‌شود، یک ماده معدنی با فرمول شیمیایی  $\text{Ca(OH)}_2$  است. این ماده از لحاظ فیزیکی به صورت بلورهای بی‌رنگ یا پودر سفیدرنگ وجود دارد و از واکنش شیمیایی بین کلسیم‌اکسید (آهک زنده  $\text{CaO}$ ) و آب تولید می‌شود. این واکنش با آزاد شدن گرما همراه است.



کلسیم هیدروکسید با جذب کربن دی‌اکسید به کلسیم کربنات تبدیل می‌شود.



حل‌پذیری کلسیم هیدروکسید در آب بسیار کم است؛ با این حال محلول حاصل که آب آهک نام دارد دارای خاصیت بازی است و قابلیت واکنش با محلول‌های اسیدی را دارد. با افزودن کلسیم هیدروکسید اضافی به آب آهک، مخلوطی متشکل از ذرات کلسیم هیدروکسید حاصل می‌شود (تعلیق) که شیر آهک یا دوغاب آهک نامیده می‌شود و یک محصول بسیار پرمصرف در صنعت ساختمان است.

### فعالیت عملی ۷



#### تهیه شیر آهک و آب آهک

**وسایل و مواد لازم:** بشر، همزن شیشه‌ای، قیف شیشه‌ای، کاغذ صافی، نی، کاغذ pH، کلسیم هیدروکسید، آب مقطر.

#### روش کار:

- ۱ ۱ گرم کلسیم هیدروکسید را در یک بشر شیشه‌ای تمیز بریزید.
- ۲ ۳۰ میلی‌لیتر آب به بشر اضافه کنید.
- ۳ مخلوط واکنش را به مدت ۳ الی ۴ دقیقه خوب به هم بزنید. (در صورت امکان از دستگاه همزن برقی استفاده کنید). این مخلوط شیر آهک است.
- ۴ پس از هم زدن صبر کنید رسوب موجود در ظرف واکنش ته‌نشین شود.
- ۵ محلول بالای بشر را به آرامی و با استفاده از کاغذ صافی، صاف کنید.
- ۶ pH محلول زیر صافی (آب آهک) را با استفاده از دستگاه pH متر یا کاغذ pH بررسی کنید.
- ۷ با استفاده از یک نی در داخل محلول بدمید.
- ۸ مشاهدات خود را یادداشت کنید و واکنش‌های شیمیایی صورت گرفته را بنویسید.

## کاربردهای کلسیم هیدروکسید

- تصفیه آب و فاضلاب، شفاف کردن آب با حذف ذرات ریز و تنظیم قدرت اسیدی آب
- استفاده در صنایع غذایی (تهیه قند از نیشکر به منظور تنظیم pH)
- استفاده در ساختمان سازی (تولید ملات و تهیه سیمان)
- استفاده در صنایع چرم (زدودن مو از روی پوست چرم)
- استفاده در صنایع فولاد (جدا کردن ناخالصی های آهن)
- استفاده در صنایع شیمیایی، پتروشیمی و نفت
- کنترل آلودگی هوا (با جذب گازهای سمی)

فیلم آموزشی

تهیه قند از چغندر قند



## فعالیت عملی ۸



### کاربرد کلسیم هیدروکسید در تهیه قند

وسایل و مواد لازم: چغندر قند یا نیشکر، ترازو، قیف شیشه‌ای، کاغذ صافی، کلسیم هیدروکسید و آب مقطر.

### روش کار:

- ۱ یک چغندر قند تهیه کنید و پس از شست و شو، آن را به خلال های باریک برش دهید.
- ۲ حدود ۲۰۰ گرم خلال را با استفاده از ترازو وزن کنید و به آن ۵۰۰ میلی لیتر آب اضافه کنید و مخلوط را تا  $70^{\circ}\text{C}$  گرما دهید. برای جلوگیری از تبخیر آب از درپوش استفاده کنید.
- ۳ پس از گذشت دست کم ۲۰ دقیقه و با تغییر رنگ محلول، آن را از تفاله های باقی مانده جدا کنید (شربت قند خام).
- ۴ شربت حاصل شده را به دو قسمت مساوی تقسیم کنید. به یکی از آنها مقداری شیر آهک اضافه کنید و به هم بزنید تا ناخالصی ها به صورت رسوب از محیط خارج شود. نمونه دیگر را به عنوان شاهد نگاه دارید.
- ۵ مشاهدات خود را یادداشت کنید.
- ۶ از این فعالیت چه نتیجه ای می گیرید؟

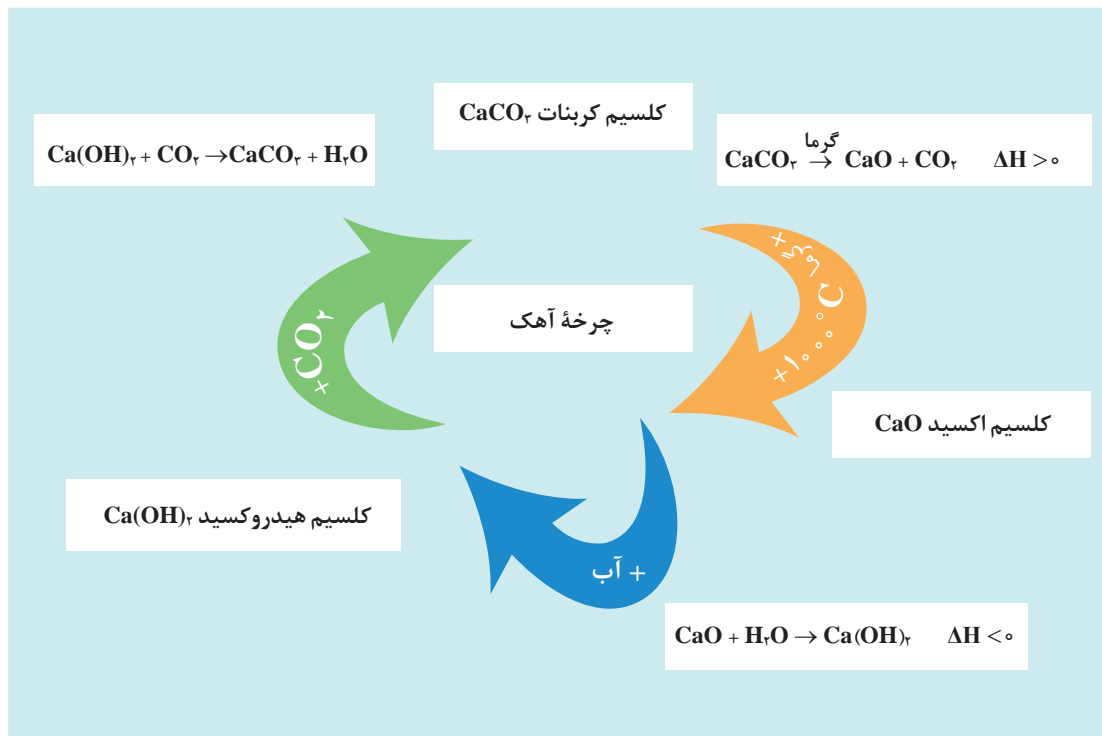
تحقیق کنید

۶

آهک چگونه می تواند باعث تصفیه هوا شود.



تهیه کلسیم هیدروکسید: ماده اولیه در تهیه کلسیم هیدروکسید، کلسیم اکسید است. این ماده اولیه از گرما دادن کلسیم کربنات (سنگ آهک) حاصل می شود. کلسیم اکسید تولید شده در ادامه با جذب آب به کلسیم هیدروکسید تبدیل می شود. این ماده با جذب کربن دیوکسید دوباره به کلسیم کربنات تبدیل می شود. این روند به چرخه آهک معروف است که به خوبی ماهیت و طبیعت علم شیمی است (شکل ۱۶).



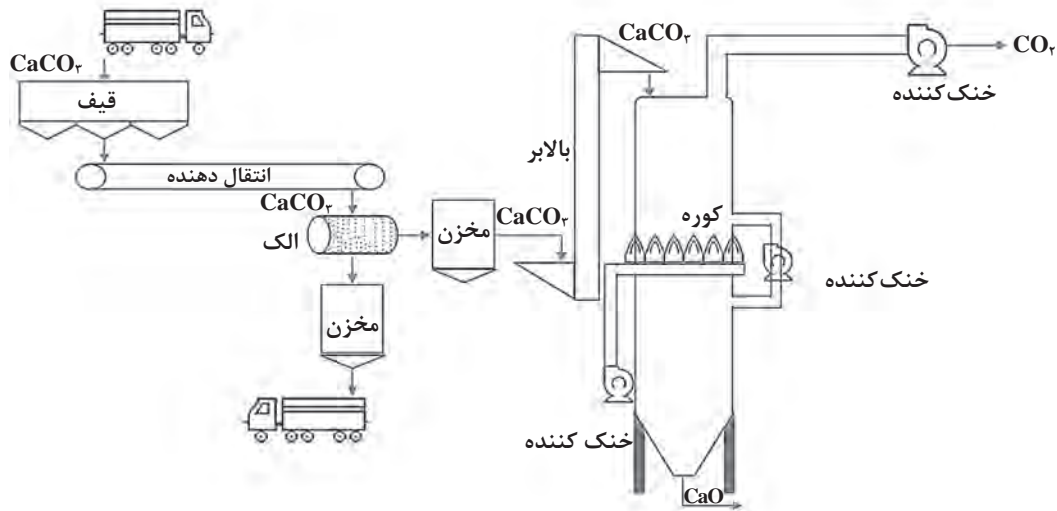
شکل ۱۶- چرخه آهک، سه ماده اصلی چرخه عبارتند از: کلسیم کربنات (سنگ آهک)، کلسیم اکسید (آهک زنده) و کلسیم هیدروکسید (آهک آب دار)

مراحل تولید کلسیم هیدروکسید عبارتند از:

**مرحله اول:** شکستن سنگ آهک استخراج شده از معدن توسط سنگ شکن

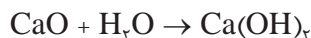
**مرحله دوم:** تجزیه گرمایی کلسیم کربنات در کوره هایی با دمای  $1000^{\circ}\text{C}$  و تولید کلسیم اکسید





شکل ۱۷- انتقال سنگ آهک به کوره و تجزیه گرمایی آن برای تولید کلسیم اکسید

مرحله سوم: آب زدن به آهک و انجام واکنش در دمای بالای  $150^{\circ}\text{C}$  و تولید کلسیم هیدروکسید



با استفاده از منابع علمی فرایند شکفته شدن آهک را بررسی کنید.

تحقیق کنید  
۷



تولید کلسیم هیدروکسید

فیلم آموزشی



فعالیت عملی ۹



تولید کلسیم هیدروکسید در آزمایشگاه

وسایل و مواد لازم: ترازو، بشر، همزن شیشه‌ای، قیف شیشه‌ای، کاغذ صافی، کلسیم کلرید، سدیم هیدروکسید، آب مقطر.

روش کار:

۱ گرم از کلسیم کلرید را وزن کنید و در یک بشر بریزید و به آن ۴۰ میلی لیتر آب اضافه کنید و خوب به هم بزنید تا محلول شفاف شود.

۲ ۰/۷ گرم سدیم هیدروکسید را پس از وزن کردن، در بشر دیگری بریزید و به آن ۱۵ میلی لیتر آب اضافه کنید و خوب هم بزنید تا محلول شفاف شود.

- ۳ محلول سدیم هیدروکسید را به آرامی به محلول کلسیم کلرید اضافه کنید و مخلوط را هم بزنید.
- ۴ رسوب حاصل را صاف کنید.
- ۵ مشاهدات خود را یادداشت کنید و واکنش صورت گرفته را بنویسید.

## فعالیت عملی ۱۰



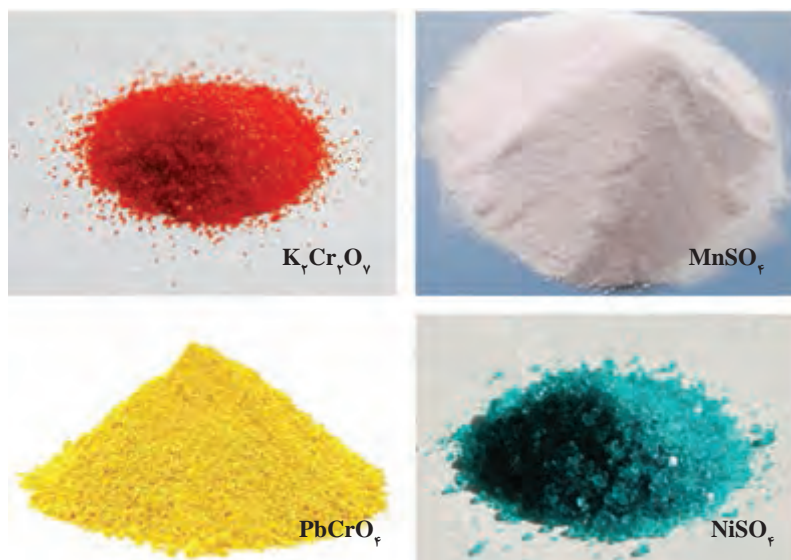
### بازدید از کارخانه‌های تولید باز

#### روش کار:

با هماهنگی مسئولان هنرستان خود از یکی از مجتمع‌های تولیدی انواع باز دیدن کنید و در پایان، گزارشی از آن ارائه دهید.

## نمک‌ها

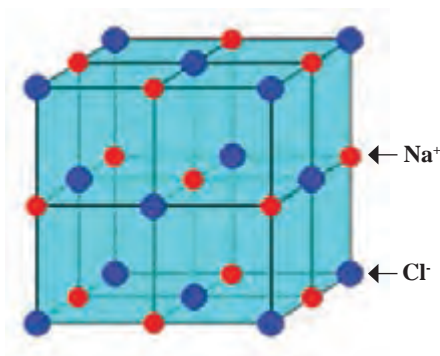
در علم شیمی نمک به موادی گفته می‌شود که از کاتیون‌ها (یون‌هایی با بار مثبت) و آنیون‌ها (یون‌هایی با بار منفی) تشکیل شده باشد؛ بنابراین محصول نهایی از نظر بار الکتریکی خنثی است. نمک‌ها اغلب از واکنش خنثی‌سازی بین اسید و باز حاصل می‌شود و خواص منحصر به فردی دارند که از جمله می‌توان به ساختار بلوری، دمای ذوب بالا و رسانایی جریان الکتریکی در حالت مذاب و حل‌پذیری اغلب آنها در آب اشاره کرد. نمک‌های شیمیایی دارای کاربردهای فراوانی در صنایع مختلف برای تولید مواد گوناگون هستند. بسیاری از نمک‌ها مانند سدیم بی‌کربنات (جوش شیرین) و سدیم کلرید (نمک طعام)، که شناخته‌شده‌ترین نمک‌ها هستند، در منزل یافت می‌شوند و در زندگی روزمره استفاده می‌شوند.



شکل ۱۸- برخی از نمک‌های شیمیایی (منگنز سولفات در تهیه کودهای شیمیایی، نیکل سولفات در آب کاری، سرب کرومات در تهیه رنگدانه‌ها و پتاسیم دی کرومات به عنوان واکنشگر شیمیایی کاربرد دارد).

## نمک سدیم کلرید

همان‌طور که در کتاب دانش فنی پایه سال دهم خود مطالعه کردید نمک طعام یا سدیم کلرید، با فرمول مولکولی NaCl، جامد یونی است که از یون‌های سدیم و کلرید با نسبت ۱:۱ تشکیل شده است. ساختار بلوری این نمک به صورت یک شبکه مکعبی و به گونه‌ای است که یون‌های منفی کلر که بزرگ‌تر هستند، در ساختار مکعب‌شکلی قرار گرفته‌اند؛ در حالی که یون‌های مثبت سدیم که کوچک‌ترند، فاصله بین آنها را پر می‌کنند (شکل ۱۹).



شکل ۱۹- شبکه مکعبی نمک طعام

برخی از خواص فیزیکی و شیمیایی سدیم کلرید در جدول ۶ آمده است.

### جدول ۶- برخی از خواص سدیم کلرید

NaCl	فرمول شیمیایی
۵۸/۴۴	جرم مولکولی (g/mol)
بلورهای بی‌رنگ و بی‌بو	شکل ظاهری (خالص)
۸۰۱	دمای ذوب (°C)
۱۴۶۱	دمای جوش (°C)
۲/۱۷	چگالی (g/cm <sup>۳</sup> )
۳۵۸	حل‌پذیری در آب (g/L)

نمک در ایران از هزاران سال پیش مورد استفاده قرار گرفته است. ایران از نظر ذخایر نمک بسیار غنی است. معدن‌های نمک در نواحی مختلف کشور دیده می‌شوند که اغلب به شکل کوه‌های نمکی هستند (شکل ۲۰) و گاهی رگه‌های ضخیم نمک در آنها به چند کیلومتر می‌رسد. امروزه معدن‌های نمک در استان‌های آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، بوشهر، تهران، خراسان، خوزستان، زنجان، سمنان، فارس، قزوین، قم، کرمان، هرمزگان و یزد وجود دارد. تولید سالانه نمک در ایران بیش از سه و نیم میلیون تن است و با توجه به قرارگرفتن ایران در فهرست ۲۰ کشور اول تولیدکننده نمک، کشورمان یکی از قطب‌های اصلی تولید سنگ نمک در بازار جهانی به شمار می‌رود.



شکل ۲۰- کوه نمکی جاشک در استان بوشهر

گرمسار به عنوان یکی از شهرهای استان سمنان، دارای بهترین و وسیع‌ترین معدن‌های سنگ نمک در ایران است. از سالیان گذشته با توجه به موقعیت ممتاز جغرافیایی گنبد نمکی گرمسار و نزدیکی به تهران پژوهشگران و زمین‌شناسان متعددی را در این منطقه به خود جذب کرده است. به دلیل مرغوبیت و خلوص بالای سنگ نمک استخراج شده از معدن سنگ نمک گرمسار، از این نوع سنگ نمک در بازار جهانی، به عنوان یکی از



معدن‌های نمک گرمسار

بهترین سنگ نمک‌ها یاد می‌شود. معدن‌های نمک فراوانی در این منطقه وجود دارد که علاوه بر استخراج نمک، صادرات و تأمین درصد بالایی از نمک خوراکی کشور، به سبب زیبایی

بیشتر بدانید



طبیعی به‌عنوان مکانی برای بازدید گردشگران تبدیل شده است. زیبایی‌های ظاهری این معدن‌ها چشم هر بیننده‌ای را خیره می‌کند. شیارهای ایجادشده توسط شست‌وشوی باران، سقف و دیواره‌های طبیعی از نمک با معماری جالب، تونل‌ها و ستون‌های ایجادشده در اثر حفاری به‌همراه نورپردازی جلوه زیبایی ایجاد کرده است.



کارخانجات فراوری نمک

**کاربرد نمک سدیم کلرید:** نمک یکی از پرکاربردترین و مفیدترین مواد معدنی به‌دست‌آمده از طبیعت است که مصارف بسیار زیادی در زندگی بشر دارد. نمک‌ها بسته به نوع مصرف انواع گوناگونی دارند که از جمله آنها می‌توان به نمک‌های خوراکی و یددار، نمک‌های صنعتی و نمک دریا اشاره کرد. نمک‌های یددار که به‌منظور جبران کمبود عنصر ید در بدن مصرف می‌شود، معمولاً از افزودن ید به نمک خوراکی تصفیه‌شده با خلوص بالا حاصل می‌شوند. نمک صنعتی نمکی است که درجه خلوص آن کمتر از نمک خوراکی است و در صنایع مختلف استفاده می‌شوند. نمک دریا از تبخیر آب دریاها و دریاچه‌ها به‌دست می‌آید؛ از این رو هر عنصر مفید یا مضر که در دریا یا دریاچه وجود داشته باشد، در نمک حاصل نیز موجود است. از گذشته تا به امروز، به‌دلیل استفاده زیاد و ضروری نمک در برنامه غذایی، همواره مزه شور و مصرف خوراکی آن مدنظر است. اما جالب است که بدانید مصارف غذایی و خوراکی، درصد کمی از مصرف نمک را به خود اختصاص می‌دهد.



## تهیه نمک دریا

فیلم آموزشی



## فعالیت عملی ۱۱



### تعیین غلظت کلر در محلول سدیم کلرید

**وسایل و مواد لازم:** بورت، ارلن، پیپت، محلول سدیم کلرید، پتاسیم کرومات ۵ درصد، محلول نقره نیترات (۰/۱ مولار)

### روش کار:

- ۱ با استفاده از پیپت، ۲۵ میلی لیتر محلول سدیم کلرید در ارلن بریزید و به آن دو تا سه قطره شناساگر پتاسیم کرومات اضافه کنید.
- ۲ بورت را با محلول نقره نیترات پر کنید.
- ۳ ارلن را در زیر شیر بورت قرار دهید و در حال هم زدن، به آن محلول نقره نیترات اضافه کنید تا رسوب تشکیل شده به رنگ زرد تیره تبدیل شود.
- ۴ با استفاده از رابطه  $N_1 V_1 = N_2 V_2$ ، نرمالیه یون های کلر را حساب کنید.
- ۵ آزمایش حجم سنجی را ۳ بار تکرار کنید و از نتایج حاصل میانگین بگیرید.

## تشخیص ید در نمک طعام

فیلم آموزشی



صنایع شیمیایی بزرگ ترین مصرف کننده نمک هستند. بیشترین استفاده از نمک سدیم کلرید برای تولید مواد مهمی مانند گاز کلر، سدیم هیدروکسید و سدیم کربنات است که خود مواد اولیه بسیاری از صنایع هستند. مصارف خانگی نمک از جمله مصارف خوراکی و نظافتی از شناخته شده ترین کاربردهای نمک سدیم کلرید است. محلول آب نمک به عنوان یک تسکین دهنده گلودرد، میکروب کش و دهان شویه استفاده می شود.

سازمان بهداشت جهانی میزان استاندارد مصرف نمک را برای هر فرد ۳-۵ گرم در روز عنوان کرده است.

نکته  
بهداشتی



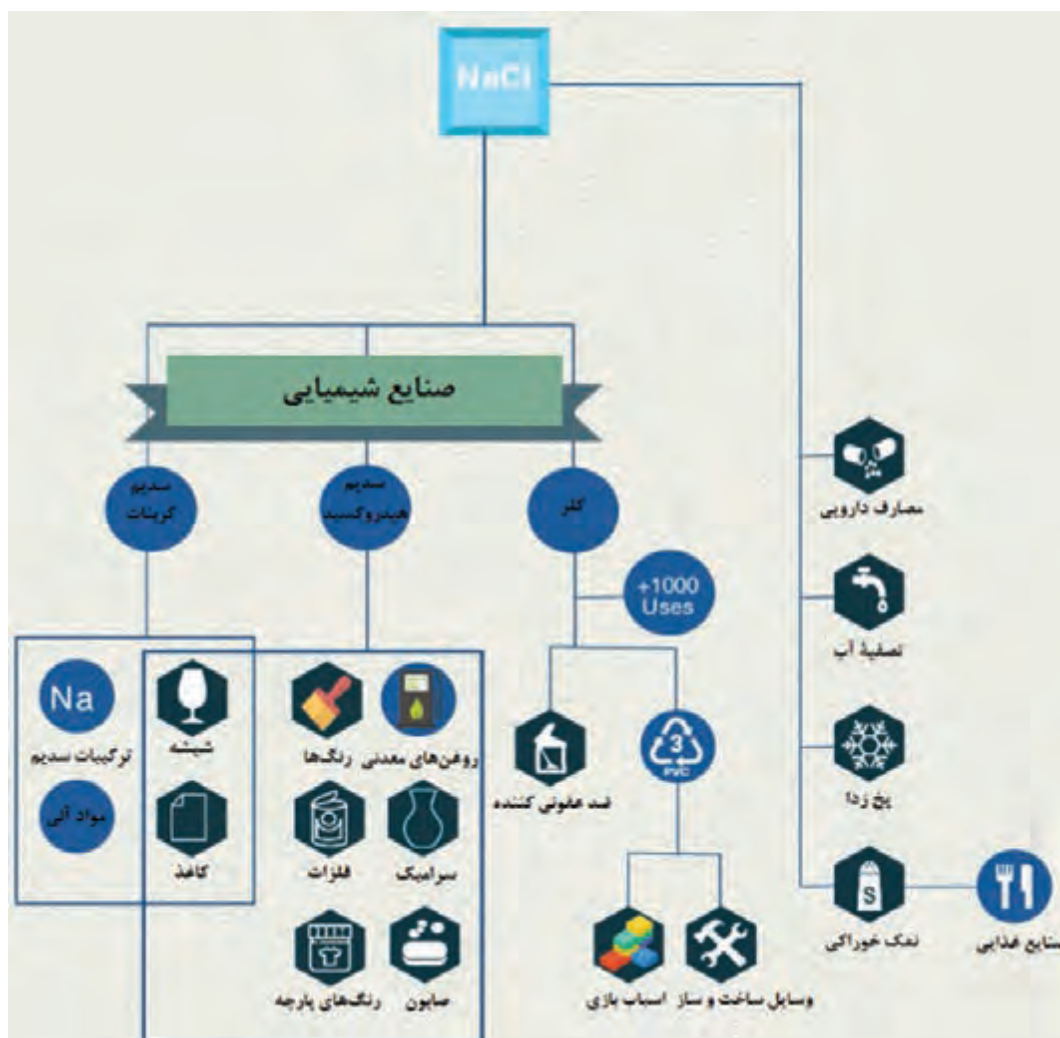
آماری از مصرف نمک سدیم کلرید در ایران تهیه کنید.

تحقیق کنید  
۸





میزان مصرف روزانه نمک سدیم کلرید خود و خانواده را در یک بازه ۷ روزه اندازه‌گیری کنید. برخی از کاربردهای نمک سدیم کلرید در شکل ۲۱ نشان داده شده است.



شکل ۲۱- برخی از کاربردهای نمک طعام

**تهیه نمک سدیم کلرید:** معدن‌های تأمین نمک سدیم کلرید که به عنوان یک ماده ضروری در زندگی موجودات کره زمین شناخته شده است، آب‌های شور (ذخایر آبی) و معادن نمک (ذخایر سنگی) هستند (شکل ۲۲). آب‌های شور که برای استخراج نمک استفاده می‌شوند، به صورت محدود (دریاچه ارومیه) و یا دریا‌های آزاد هستند. نمک به‌دست‌آمده از دریا به صورت دانه‌های ریز و نمک معدن به صورت کلوخه است. روش‌های متداول استخراج نمک از منابع موجود، تبخیر، بهره‌برداری از معدن سنگ نمک و گنبد‌های نمکی داخل زمین است.



شکل ۲۲- ذخایر آبی نمک (سمت راست، دریاچه ارومیه)، معدن نمک (غار نمکدان در جزیره قشم)

فیلم آموزشی



- ۱ مستند نمک طعام
- ۲ آزمایش تشکیل سدیم کلرید
- ۳ تشکیل سدیم کلرید

تحقیق کنید

۹



در رابطه با انواع نمک‌های موجود در دریاچه ارومیه تحقیق کنید و نتیجه را در کلاس ارائه کنید.

برخی از مهم‌ترین نمک‌های معدنی و کاربردهای آنها در جدول ۷ آمده است.

### جدول ۷- کاربرد برخی از نمک‌های معدنی مهم

کاربرد	نام
تهیه شیشه	سدیم سولفات
تهیه شیشه، الیاف، پاک‌کننده‌های قلیایی، کاغذسازی	سدیم کربنات
عکاسی	سدیم سولفیت، سدیم تیوسولفات، سدیم سولفید
تهیه کودهای شیمیایی	نمک‌های سولفات، فسفات، نیترات
تهیه کودهای شیمیایی، مواد منفجره	پتاسیم کلرید
تهیه صنعتی رنگ‌ها، الیاف صنعتی، پلاستیک‌ها، شوینده‌ها	سدیم و پتاسیم دی‌کرومات، سدیم فلئورید
صنایع غذایی، شوینده‌ها	سدیم بی‌کربنات
عکاسی، مصارف دارویی	سدیم و پتاسیم برمید



چرا نقطه ذوب نمک‌ها بالا است؟

## استخراج فلزات

کانی‌ها جامدات طبیعی با ساختار بلوری هستند که خواص فیزیکی و شیمیایی متفاوتی دارند. تجمع کانی‌ها باعث پیدایش سنگ‌ها می‌شود. کانی‌ها از نظر ترکیب شیمیایی، شکل ظاهری، رنگ و اندازه با هم متفاوت هستند و ممکن است از یک یا ترکیب چند نوع عنصر تشکیل شده باشند. کانی طلا، که البته کمتر به صورت خالص یافت می‌شود، از یک عنصر تشکیل شده است؛ در حالی که کانی کوارتز، ترکیبی از سیلیسیم و اکسیژن است. کانی‌ها کاربردهای فراوانی دارند و زمین‌شناسان از کانی‌ها برای مطالعه گذشته زمین استفاده می‌کنند. برخی از کانی‌ها به علت دارا بودن رنگ، جلا و سختی بالا بسیار زیبا هستند و از آنها به عنوان جواهر استفاده می‌شود. برخی کانی‌ها حاوی عنصرهای معدنی ارزشمندی هستند. اهمیت این نوع از کانی‌ها به دلیل عنصرهای فلزی و مواد معدنی قابل استخراجی است که در ساختار آنها وجود دارد. امروزه کانی‌های مختلفی شناخته شده است که البته اهمیت آنها با توجه به قابلیت بهره‌برداری و استخراج عنصرهای موجود در کانی، یکسان نیست.

استخراج معدن به دو روش روباز و زیرزمینی انجام می‌شود. روش روباز برای استخراج معدن‌هایی است که در سطح و یا نزدیک سطح زمین قرار گرفته‌اند. در این روش، حفاری به صورت پلکانی است و تا عمقی از ذخیره معدنی که عملیات اقتصادی باشد، ادامه پیدا می‌کند (شکل ۲۳).



شکل ۲۳- چاله‌های پلکانی در یک معدن روباز



در مواردی که مواد معدنی در نزدیکی سطح زمین نباشند، فرایند استخراج به شیوه زیرزمینی انجام می‌گیرد. (شکل ۲۴).



شکل ۲۴- معدن زیرزمینی

پس از عملیات معدن‌کاری، سنگ‌های استخراج‌شده تحت فرایند فراوری قرار می‌گیرند و کانی‌های معدنی و با ارزش از سنگ‌های باطله جدا می‌شوند. در نتیجه عملیات فراوری، کانی‌های مورد نظر تغلیظ می‌شوند و برای عملیات متالورژی استخراجی آماده می‌شوند. متالورژی، علم جداسازی مواد معدنی از سنگ معدن، ذوب و استخراج کانی فراوری‌شده، تصفیه، بهبود خواص و تهیه آلیاژها، کار بر روی فلزات، شکل دادن آنها و محافظت از محصولات فلزی در برابر آسیب و خوردگی است.



بازدید از یکی از موزه‌های زمین شناسی و آشنایی با انواع سنگ‌ها و کانی‌ها

بیشتر بدانید



کشورمان به عنوان یکی از مهم‌ترین تولیدکنندگان مواد معدنی جهان در میان ۱۵ کشور برتر جهان قرار دارد و بیشتر مواد معدنی در ایران یافت می‌شوند. در سال ۲۰۱۴ حدود ۳۷ میلیارد تن ذخایر اثبات شده است و بیشتر از ۵۷ میلیارد تن ذخایر بالقوه تخمین زده شده است. مهم‌ترین معدن‌ها در ایران عبارت‌اند از: زغال‌سنگ، مواد معدنی فلزی، شن و ماسه، مواد معدنی شیمیایی و نمک.



**معادن مس:** مناطق مختلفی از ایران دارای سنگ‌های معدنی حاوی مس هستند که بیشتر آنها از درصد بالایی از مس خالص برخوردارند. یافته‌های باستان‌شناسی کشف‌شده در سیلک (ناحیه کاشان در استان اصفهان) نشان می‌دهد که ایران از اولین مکان‌های استخراج مس بوده است. بزرگ‌ترین کمر بند مس شناخته‌شده در ایران، کمر بند قلعه دختر ارومیه است. یکی از معادن اصلی مس، مس سرچشمه است که در جنوب شهرستان رفسنجان واقع شده است. از دیگر معادن مس می‌توان به معدن مس سونگون ورزقان، میدوک کرمان و مزرعه اهر اشاره کرد. در کنار محصول اصلی این معادن، فلزات مولیبدن، نقره و طلا نیز به عنوان محصول فرعی استخراج می‌شوند.

**معادن آهن:** کانسارهای آهن منحصراً به دوره خاصی از تاریخ زمین‌ساختی ایران نیستند و تقریباً با فعالیت‌های زمین‌ساختی، کانی‌سازی آهن رخ داده است. در ایران بیش از چندین توده معدنی سنگ آهن شناخته شده است که تنها برخی از آنها مطالعه شده‌اند که از جمله آنها می‌توان به معدن گل‌گهر سیرجان، چغارت بافق یزد و چادرملو اشاره کرد. معدن سنگ آهن گل‌گهر در شهرستان سیرجان با ذخیره احتمالی در حدود یک میلیارد تن و ذخیره قطعی بیش از ۲۰۰ میلیون تن، بزرگ‌ترین معدن شناخته‌شده سنگ آهن غرب آسیا به حساب می‌آید.

**معادن سرب و روی:** معادن سرب و روی ایران، درون چند کمر بند مهم واقع شده‌اند. کانی‌سازی سرب و روی در ایران بسیار متنوع و گسترده است. حدود ۳ درصد ذخایر جهانی سرب و روی در مهم‌ترین معادن ایران قرار دارد. مهم‌ترین کانسارهای سرب ایران عبارت‌اند از: معدن سرب و روی انگوران، معدن سرب و روی ایرانکوه و معدن سرب و روی کوشک (واقع در شمال شرق شهرستان بافق در استان یزد).

## استخراج آهن از سنگ معدن

آهن یک عنصر فلزی با نماد شیمیایی Fe و عدد اتمی ۲۶ است که در جدول تناوبی در نخستین دوره فلزهای واسطه جای دارد. آهن خالص سطوح صاف و نقره‌ای براق مایل به رنگ خاکستری دارد که در اثر ترکیب با اکسیژن هوا، به رنگ قرمز یا قهوه‌ای (زنگ آهن) درمی‌آید.

در تاریخ به‌طور دقیق ثبت نشده که بشر در چه زمانی و چگونه به‌وجود آهن پی برده است. با پیشرفت بشر و ساختن کوره‌های بلند با توانایی ایجاد دمایی بالاتر از ۱۰۰۰ درجه سلسیوس، آهن به شکل چدن تولید شد. در عصر صنعت و به دنبال اختراعاتی که منجر به انقلاب صنعتی در اروپا شد، پیشرفت‌های زیادی در تهیه آهن و آلیاژهای آن صورت گرفت.

۱- کانسار یا معدن بخشی از پوسته زمین است که تحت هر شرایط خاص زمین‌شناسی ماده معینی در آن متمرکز شده است که از نظر اقتصادی اهمیت دارد.



با استفاده از منابع معتبر جدول زیر را کامل کنید.  
برخی از خواص آهن

	نماد شیمیایی
	جرم اتمی استاندارد ( $\text{g.mol}^{-1}$ )
	حالت فیزیکی
	دمای ذوب ( $^{\circ}\text{C}$ )
	دمای جوش ( $^{\circ}\text{C}$ )



ساخته‌های آهنی برای اولین بار در ایران در عصر آهن (۱۲۰۰-۱۴۵۰ پیش از میلاد) به وجود آمده است. از یافته‌های این دوران می‌توان به کشف یک حلقه آهنی در محوطه باستانی حسنلو و یک خنجر در تپه گیان (غرب کشور) اشاره کرد. یافته‌های آهنی مربوط به سال‌های ۸۰۰-۱۲۰۰ پیش از میلاد در منطقه حسنلو به طرز چشمگیری افزایش یافته است (وسایلی مانند: پیکان، سرنیزه، سنجاق، عصای کوچک دستی، دکمه تزئینی، دستبند و سر گرز). علاوه بر منطقه حسنلو، در نقاط دیگر ایران، از جمله لرستان، اشیای آهنی متعددی کشف شده است که شمشیرهای آهنی تزئین شده از نمونه‌های کم‌نظیر آن است.



یافته‌هایی از جنس برنز و آهن در تپه حسنلو

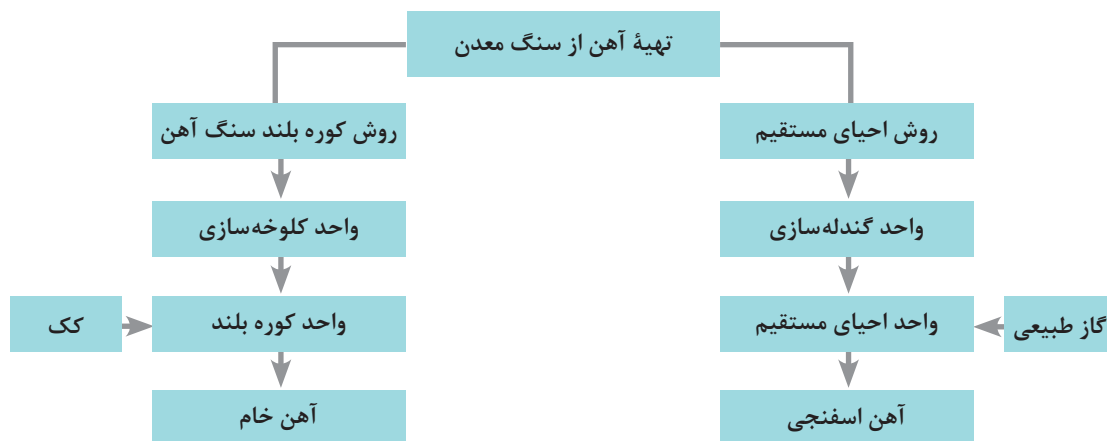


استخراج آهن از سنگ معدن آن صورت می‌گیرد. اغلب مواد اولیه و سنگ‌های معدن آهن در طبیعت به شکل اکسید یافت می‌شوند که علاوه بر قسمت‌های فلزی، مقداری ناخالصی به همراه دارند. ناخالصی‌ها بیشتر شامل سیلیسیم‌اکسید ( $\text{SiO}_2$ )، آلومینیم‌اکسید ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) و اکسیدهای فلزات قلیایی خاکی، گوگرد و ترکیبات فسفردار است. انواع مختلفی از سنگ آهن در طبیعت یافت می‌شود که مهم‌ترین و پرمصرف‌ترین آنها در جدول ۸ نشان داده شده است.

جدول ۸- اصلی‌ترین کانی‌های حاوی آهن

نام کانی	فرمول شیمیایی	درصد حدودی آهن در کانی
ماگنتیت <sup>۱</sup>	$\text{Fe}_3\text{O}_4$	۷۲
هماتیت <sup>۲</sup>	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	۷۰
لیمونیت <sup>۳</sup>	$\text{FeO}(\text{OH}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$	۶۰-۶۵
سیدریت <sup>۴</sup>	$\text{FeCO}_3$	۴۸

استخراج آهن از سنگ معدن‌های آن طی فرایندهای فیزیکی، شیمیایی، مکانیکی و در شرایط ویژه‌ای به دو روش مستقیم و غیرمستقیم صورت می‌گیرد که در شکل ۲۵ نشان داده شده است.

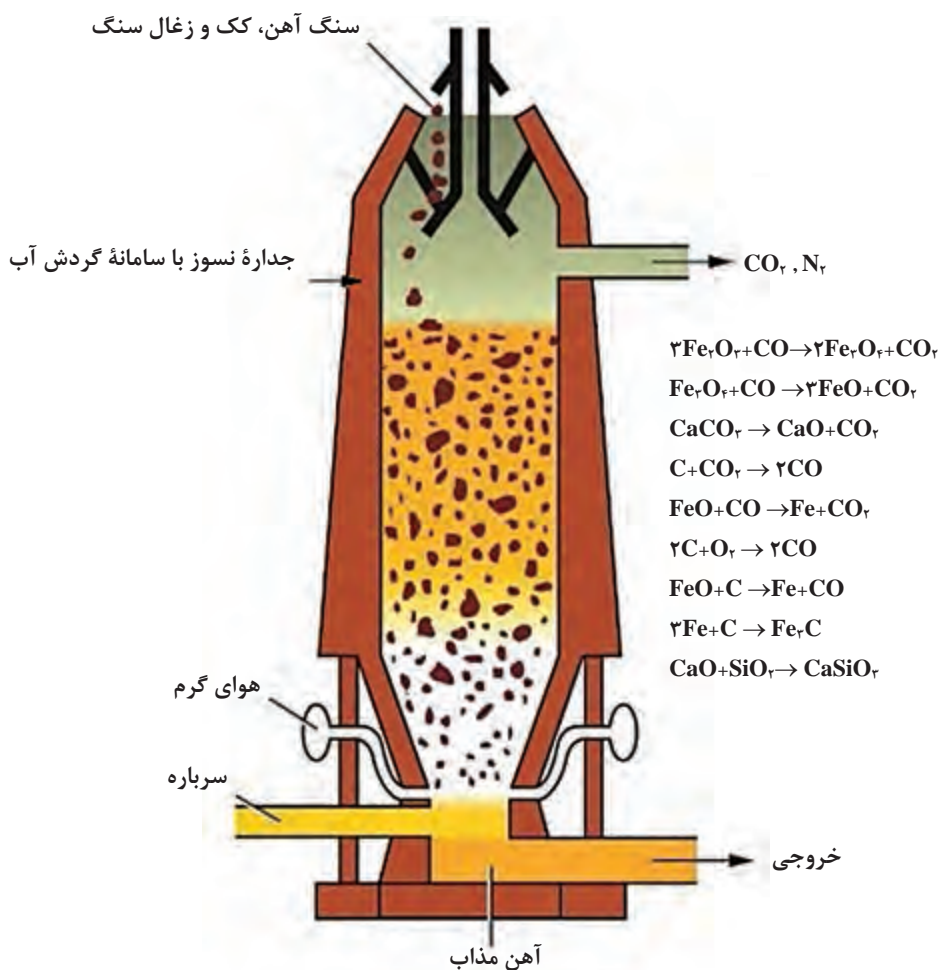


شکل ۲۵- روش‌های استخراج آهن از سنگ معدن

- ۱- Magnetite
- ۲- Hematite
- ۳- Limonite
- ۴- Siderite

استخراج آهن به روش غیرمستقیم: برای تهیه آهن خام به روش غیرمستقیم، از کوره بلند استفاده می‌شود. در گام نخست، کانی استخراج‌شده از معدن، خرد و آسیاب می‌شود و سپس ناخالصی‌های غیرفلزی آن جدا می‌شوند. پودر سنگ معدن به دست آمده که غنی از آهن است، خشک می‌گردد و سپس برای استخراج آهن، به کوره بلند منتقل می‌شود.

کوره بلند برای احیای سنگ آهن و حذف اکسیژن موجود در سنگ آهن استفاده می‌شود. کوره بلند با ارتفاعی بین ۳۰ تا ۸۰ متر، ساختاری مخروطی شکل با بدنه‌ای از جنس فولاد است که قسمت‌های داخلی با مواد نسوز پوشیده شده است. جریان آب موجود در جداره کوره سبب خنکی آن می‌شود (شکل ۲۶).



شکل ۲۶- کوره بلند ذوب آهن

درباره مراحل تولید آهن در کوره‌های بلند تحقیق کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

تحقیق کنید  
۱۲

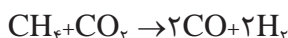


**استخراج آهن به روش مستقیم:** امروزه در فناوری جدید در تولید آهن خام، از کوره بلند و کک صرف نظر می کنند و از روش های مستقیم سنگ معدن آهن با استفاده از گاز طبیعی استفاده می شود. این روش در کشورهایی با منابع غنی گاز طبیعی، مانند ایران، بسیار مورد توجه است.

تولید آهن با فناوری مستقیم به روش های مختلف انجام می گیرد که از جمله مهم ترین آنها که در ایران استفاده می شود روش مستقیم میدرکس<sup>۱</sup> (شرکت فولاد مبارکه) و روش مستقیم پرد<sup>۲</sup> (فولاد بافت استان کرمان) هستند. در کارخانجاتی که آهن به روش مستقیم تولید می شود، بخش های متفاوتی وجود دارد که در زیر به مهم ترین آنها اشاره می شود:

**واحد گندله سازی<sup>۳</sup>:** گندله به گلوله های تولید شده از نرمه سنگ آهن و سایر مواد افزودنی که نخست خام و سپس پخته شده است، گفته می شود و گندله سازی یکی از روش های تبدیل ذرات نرم مواد اولیه به توده ای متراکم است. در روش احیای مستقیم، تهیه گندله به عنوان ماده اولیه برای تولید آهن خام است و اندازه گندله های تولید شده ۵ تا ۲۵ میلی متر است.

**واحد احیای مستقیم:** در این روش اساس احیا، گازهایی هستند که میل ترکیبی بالایی با اکسیژن موجود در سنگ آهن دارند و بدون نیاز به ذوب سنگ آهن، اکسیژن آن را حذف کرده و آهن اسفنجی تولید می کنند. آهن اسفنجی به شکل قطعات کروی متخلخل یا اسفنج گونه است که در ساختار شیمیایی آن اکسید آهن به آهن احیا شده است. در روش میدرکس در اثر واکنش کربن دیوکسید با گاز طبیعی در حضور کاتالیزگر و گرمای بالا، گازهای احیاکننده هیدروژن و کربن مونوکسید تولید می شوند:



در ادامه سنگ معدن آهن با واکنش های زیر به آهن خام احیا می شود.

عامل احیاکننده گاز $\text{H}_2$	عامل احیاکننده گاز $\text{CO}$
$2\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{H}_2 \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_4 + \text{H}_2\text{O}$	$2\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CO} \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_4 + \text{CO}_2$
$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{H}_2 \rightarrow 2\text{FeO} + \text{H}_2\text{O}$	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CO} \rightarrow 2\text{FeO} + \text{CO}_2$
$\text{FeO} + \text{H}_2 \rightarrow \text{Fe} + \text{H}_2\text{O}$	$\text{FeO} + \text{CO} \rightarrow \text{Fe} + \text{CO}_2$

در انتهای کوره، آهن اسفنجی با درصد خلوصی بین ۹۲ تا ۹۶ درصد تولید می شود. بخشی از گازهای احیاشده خروجی پس از تصفیه به همراه گاز طبیعی دوباره وارد کوره می شوند و مورد استفاده قرار می گیرند. استفاده از این روش با استفاده از گاز طبیعی به جای کک، علاوه بر کاهش هزینه ها و افزایش سرعت تولید، کاهش آلودگی های زیست محیطی را به همراه دارد.

۱- Midrex

۲- PERED

۳- گندله در لغت به معنای گرد، مدور و گلوله شده است : Pelletizing

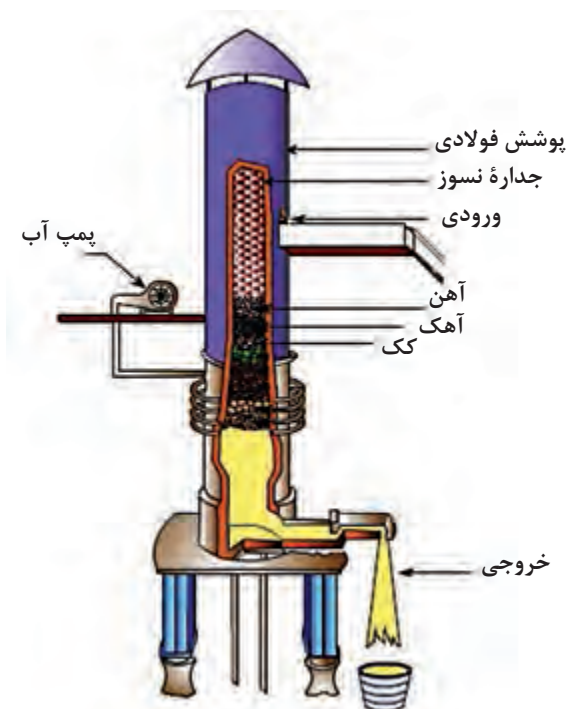


۱ در رابطه با روش‌های جدید تولید مستقیم آهن تحقیق کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.  
۲ دلیل استفاده از مواد گداز‌آور در کوره بلند چیست؟

## استخراج آهن

**آلیاژهای آهن:** به‌طور کلی منظور از آلیاژ مخلوط فلزی متشکل از یک فلز اصلی (فلز پایه) به‌همراه یک یا چند عنصر فلزی یا غیرفلزی است. برای مثال چدن و فولاد آلیاژهایی از آهن و کربن هستند و برای عملیات مکانیکی (آهن‌گری و پرس‌کاری) مناسب‌اند.

چدن آلیاژی از آهن است که حدود ۲ تا ۴ درصد کربن و ۱ تا ۳ درصد سیلیسیم داشته باشد و به‌عنوان آلیاژی سه‌گانه شناخته می‌شود. عناصر آلیاژی برای بهبود کیفیت چدن برای مصارف ویژه به آن افزوده می‌شود. چدن‌ها معمولاً از طریق ریخته‌گری<sup>۲</sup> تولید می‌شوند. در فرایند ریخته‌گری، آهن خام در کوره‌هایی موسوم به کوره کوپل<sup>۳</sup> ذوب و ناخالصی‌های موجود در آن (مانند گوگرد و فسفر) حذف می‌شود و عناصری مانند کربن و سیلیسیم با درصدهای مناسب به آن افزوده می‌شود.



شکل ۲۷- کوره کوپل

۱- Alloy

۲- ریخته‌گری عبارت است از گداختن دوباره آهن خام در کوره و ریختن مایع گداخته در قالب

۳- Copula furnace

چدن به دلیل قیمت تمام شده پایین و قابلیت ریخته‌گری، استحکام، قابلیت ماشین‌کاری، مقاومت در برابر سایش، خوردگی و انتقال گرما یکی از آلیاژهای مهم و پرکاربرد آهن است. فولاد از مهم‌ترین و فراوان‌ترین آلیاژهای فلزی مورد استفاده در دنیای صنعت و یکی دیگر از آلیاژهای آهن و کربن است که عناصر دیگری مانند سیلیسیم، گوگرد و فسفر نیز به همراه دارند. تفاوت اصلی چدن و فولاد در مقدار کربن است، اگر درصد کربن کمتر از حدود ۲ درصد باشد، آلیاژ حاصل فولاد خواهد بود. آهن خام به دست آمده از سنگ معدن آهن معمولاً دارای ناخالصی‌هایی است که بسته به نوع سنگ معدن و چگونگی کار کوره ذوب متفاوت است و قابلیت شکل‌پذیری و چکش‌خواری ندارد؛ به همین دلیل طی فرایندهایی مقدار این ناخالصی‌ها تا حد مناسبی کاهش داده می‌شود.

## استخراج آلومینیم

آلومینیم عنصر شیمیایی با عدد اتمی ۱۳ است که در جدول تناوبی با علامت Al نشان داده شده است. این عنصر یک فلز نرم، نقره‌ای رنگ، چکش‌خوار و نسبتاً مقاوم در برابر خوردگی است که به سرعت در هوا اکسید شده و لایه اکسیدی حاصل مانع از نفوذ هوا به قسمت‌های زیرین فلز می‌شود. این فلز در حالت خالص نرم و ضعیف است، اما به همراه عناصری مانند سیلیسیم، مس و منگنز آلیاژهای مقاومی ایجاد می‌کند. آلومینیم با چگالی  $2.7 \text{ g.cm}^{-3}$  بعد از منیزیم به عنوان سبک‌ترین فلز صنعتی شناخته می‌شود. این فلز، هادی خوبی برای جریان الکتریسیته است.

با استفاده از منابع معتبر جدول زیر را کامل کنید.

### برخی از خواص آلومینیم

	نماد شیمیایی
	جرم اتمی استاندارد ( $\text{g.mol}^{-1}$ )
	حالت فیزیکی
	دمای ذوب ( $^{\circ}\text{C}$ )
	دمای جوش ( $^{\circ}\text{C}$ )

آلومینیم به عنوان یک فلز پرمصرف تقریباً در تمامی بخش‌های صنعت استفاده می‌شود.

تحقیق کنید  
۱۴





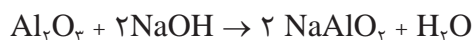
درباره کاربردهای مختلف فلز آلومینیم چه می‌دانید؟



آلومینیم یکی از فراوان‌ترین عناصری است که در قشر زمین وجود دارد و حدود ۸٪ کل پوسته زمین را تشکیل می‌دهد. این عنصر به حالت آزاد یافت نمی‌شود و به صورت ترکیب شده با سایر عناصر به ویژه اکسیژن وجود دارد. استخراج فلز آلومینیم از سنگ معدن بوکسیت ( $Al_2O_3$ )<sup>۱</sup> انجام می‌گیرد. بوکسیت عمدتاً از اکسیدها یا هیدروکسیدهای آلومینیم تشکیل شده است که با ناخالصی‌هایی نظیر اکسیدهای آهن، سیلیس و آب همراه است.

در ایران معدن‌های بوکسیت با مشخصات مختلف و متغیری وجود دارد که بخشی از آنها از نظر اقتصادی اهمیت ویژه‌ای دارند. از مهم‌ترین این معدن‌ها، معدن بوکسیت در منطقه جاجرم واقع در استان خراسان است. از دیگر نمونه‌ها می‌توان به معدن تاش در استان سمنان، معدن بلبل در استان کرمان، معدن قشلاق در استان مازندران، معدن مندون در استان کهگیلویه و بویراحمد اشاره کرد.

برای استخراج آلومینیم از سنگ معدن اولین مرحله تهیه آلومین (آلومینیم اکسید) خالص است که به دو روش بایر<sup>۲</sup> و دوویل پیشنی<sup>۳</sup> انجام می‌گیرد. مرحله دوم برقکافت آلومین خالص و استخراج فلز آلومینیم است. در روش بایر که متداول‌ترین روش برای تولید آلومین است، ابتدا مواد اولیه بوکسیت با استفاده از ماشین‌های سنگ‌شکن، آسیاب و نرم می‌گردد و سپس در محلول غلیظ سود سوزآور در دمای ۲۰۰-۱۵۰ درجه سلسیوس حل می‌شود. بخش اعظم آلومین موجود در سنگ معدن در سود حل می‌شود و بیشتر ناخالصی‌های موجود در بوکسیت به صورت رسوب ته‌نشین می‌شوند. فرایند استخراج آلومین از سنگ معدن و تبدیل به سدیم آلومینات محلول با توجه به معادله شیمیایی زیر انجام می‌شود:

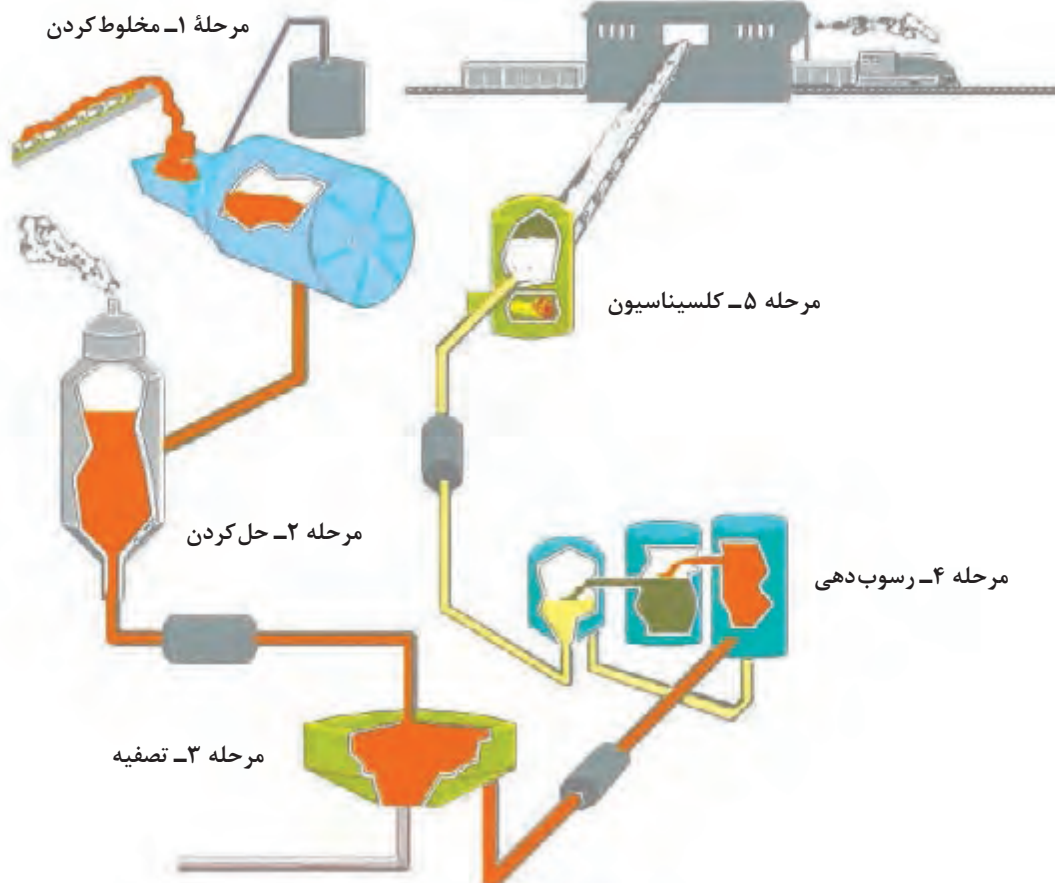


سدیم آلومینات محلول پس از عبور از صافی‌های مکانیکی به مایعی زلال تبدیل می‌شود. با افزودن مقداری آب و هم‌زمان با سرد کردن، آلومینیم‌هیدرات رسوب داده را از محلول آلومینات جدا می‌کند و برای تبدیل به آلومین خالص از کوره‌های مدور گردان با دمای ۱۱۰۰-۱۰۰۰ درجه سلسیوس استفاده می‌کنند. با توجه به آسان‌تر و ارزان‌تر بودن روش بایر، بیشتر آلومین تولیدی از این روش است. طرحی از فرایند بایر در شکل ۲۸ نشان داده شده است.

۱- Bauxite

۲- Bayer

۳- Deville Pechiney



شکل ۲۸- مراحل مختلف فرایند بایر

- ۱ با مراجعه به منابع علمی، واکنش‌های شیمیایی فرایند بایر را بنویسید.
- ۲ در مورد روش‌های دیگر استخراج آلومینیم تحقیق کنید و در کلاس ارائه دهید.
- ۳ در مورد آلیاژهای آلومینیم تحقیق کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

تحقیق کنید  
۱۵



فیلم آموزشی



استخراج آلومینیم

مس یکی از فلزات واسطه، با نماد اتمی Cu و عدد اتمی ۲۹ است که در دوره چهارم جدول تناوبی قرار دارد. این عنصر دارای خواص فلزات انتقالی است و از خاصیت رسانایی الکتریکی و گرمایی بسیار بالایی برخوردار است. قابلیت چکش خواری، تورق و مفتول شدن بالای مس باعث شده است به آسانی تحت عملیات مکانیکی قرار گیرد و به شکل‌های مختلف درآید. فلز مس خالص سختی پایینی دارد، ولی قابلیت آلیاژسازی آن با سایر عناصر مانند قلع، روی و آلومینیم باعث شده است استفاده از این فلز بسیار وسیع باشد. در هوای مرطوب و در مجاورت گاز CO<sub>۲</sub> لایه نازکی از مس کربنات در سطح اشیای مسی تشکیل می‌شود (شکل ۲۹).



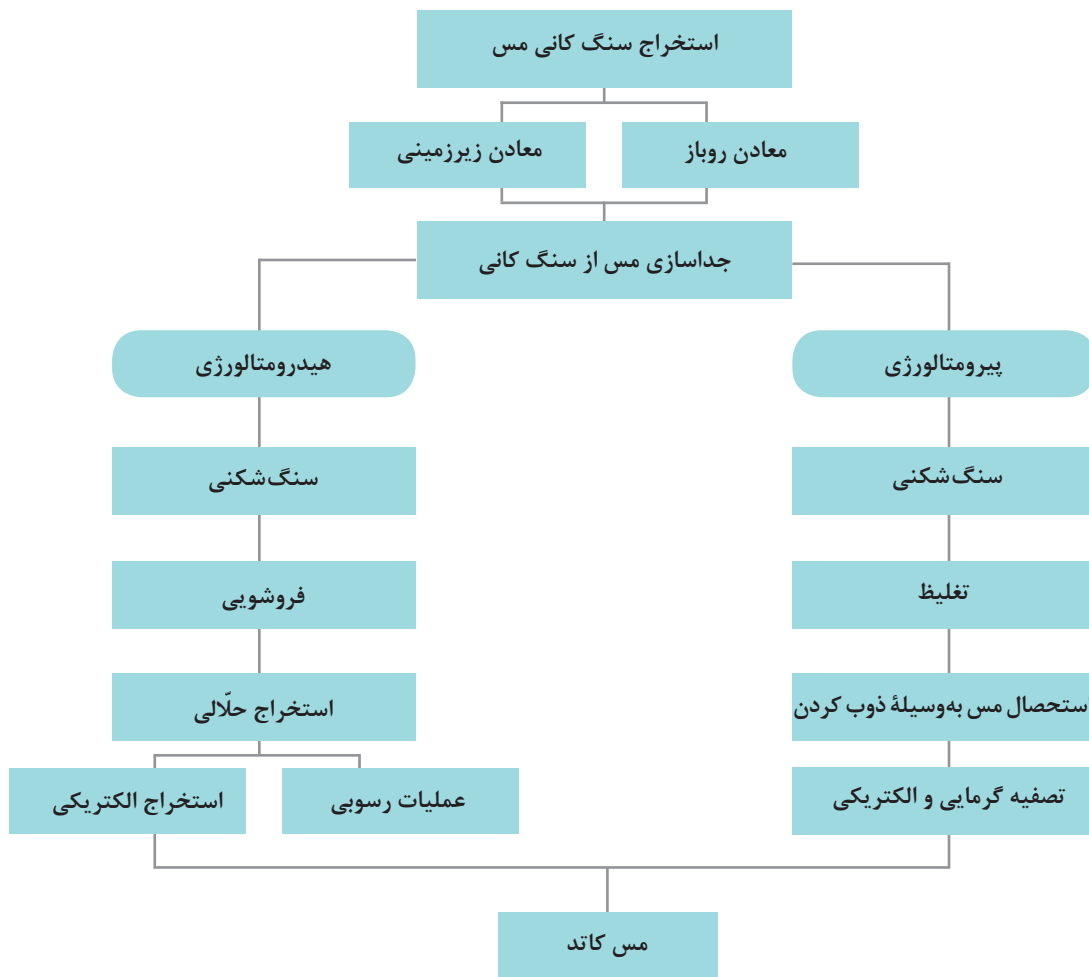
شکل ۲۹- تغییر رنگ لوله مسی در مجاورت هوای مرطوب

سهولت کاربرد، یکی از ویژگی‌های مهم مس و آلیاژهای آن است. مس در میان فلزاتی که کاربردهای وسیع صنعتی دارند، جزء هادی‌ترین فلزات هم از نظر الکتریکی و هم گرمایی است و استفاده گسترده در مصارف خانگی و الکتریکی دارد. قابلیت کشیده شدن و تورق مس و آلیاژهای آن زمینه استفاده در ماشین‌آلات و تجهیزات صنعتی و خانگی، وسایل حمل‌ونقل و صنایع نظامی را فراهم می‌کند. ثبات شیمیایی مس و تشکیل سریع غشای نازکی از اکسید بر سطح آن، چنان مقاومتی نسبت به زنگ‌زدگی و آلودگی‌های زیستی در آن ایجاد می‌کند که از نظر کار در آب و به خصوص آب شور دریا، هیچ فلز یا آلیاژ دیگری نمی‌تواند با آن رقابت کند. روش استخراج مس، با توجه به نوع کانی آن متفاوت است و اغلب به روش‌های خشک (پیرومتالورژی<sup>۱</sup>: گرما دادن و گداختن سنگ معدن) و تر (هیدرومتالورژی<sup>۲</sup>: حل کردن سنگ معدن در حلال) صورت می‌گیرد (شکل ۳۰).

۱- Pyrometallurgy

۲- Hydrometallurgy





شکل ۳۰- روش‌های استخراج مس (لیچینگ<sup>۱</sup> و الکترووینینگ<sup>۲</sup>)

با تحقیق در مراجع علمی روش هیدرومتالورژی را بررسی کنید.

تحقیق کنید  
۱۶



فیلم آموزشی



استخراج مس

۱- Leaching: (لیچینگ): فروشویی، فرایندی است که طی آن ماده مطلوب به وسیله حلال از ماده جامد جدا می‌شود.  
 ۲- Electrowinning: (الکترووینینگ): یا استخراج الکتریکی، فرایند رسوب‌دهی الکتریکی فلزات از سنگ معدن است.

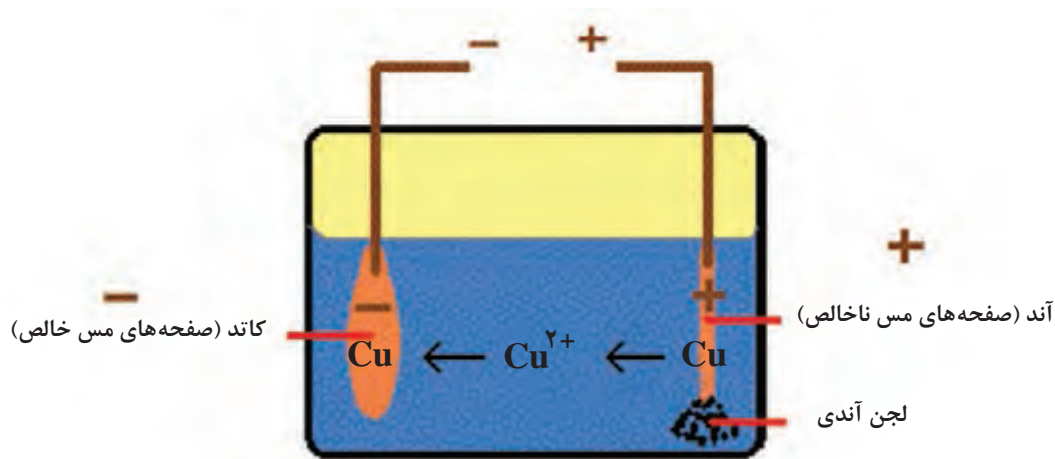


خالص سازی مس از نمونه ناخالص به روش برقکافت

وسایل و مواد لازم: تیغه‌های مسی خالص و ناخالص، بشر، یک سوکننده، محلول مس سولفات (۲ نرمال) اسیدی و استون

روش کار:

- ۱ در بشر ۲۰۰ میلی لیتر محلول مس سولفات اسیدی بریزید.
- ۲ جرم دو تیغه مس را یادداشت کنید و با کمک گیره یا یک صفحه نگهدارنده درون بشر قرار دهید. یکی را به قطب مثبت دستگاه و دیگری را به قطب منفی دستگاه وصل کنید (شکل ۳۱).
- ۳ با استفاده از دستگاه، جریان را روی ۵/۰ آمپر تنظیم کنید و آزمایش برقکافت را به مدت ۳۰ دقیقه ادامه دهید. (در صورت تغییر جریان با استفاده از مقاومت، جریان را ثابت نگه دارید).
- ۴ تیغه‌ها را از بشر خارج کنید و برای خشک شدن سریع با استون شست‌وشو دهید. (دقت کنید سطح تیغه‌ها را لمس نکنید).
- ۵ دوباره تیغه‌های آندی و کاتدی را وزن کرده و با وزن اولیه مقایسه کنید.
- ۶ مشاهدات خود را یادداشت کنید.



شکل ۳۱- تصفیه الکتروشیمیایی مس

**آلیاژهای مس:** مس خالص معمولاً برای ساخت سیم‌ها، کابل‌ها و هرگونه وسیله‌ای که برای انتقال برق به کار می‌رود، مصرف می‌شود. برای بهبود خواصی مانند افزایش استحکام و ریخته‌گری با افزودن عناصری مانند روی، قلع و آلومینیم به فلز مس آلیاژهای مناسبی تهیه می‌شود.

**۱- آلیاژ مس-روی:** این آلیاژها با نام برنج در صنعت شناخته می‌شوند. آلیاژ برنجی که در صنعت ریخته‌گری بیشتر استفاده می‌شود، حاوی ۳۰ درصد روی و ۷۰ درصد مس است. برنج‌ها در برابر کدر شدن مقاوم هستند و معمولاً قابلیت چکش‌خواری بیشتری نسبت به مس و روی دارند.

**۲- آلیاژ مس - قلع:** آلیاژ مس - قلع، مفرغ نامیده می‌شود. البته در بعضی تقسیم‌بندی‌ها به آلیاژهای مس به غیر از مس-روی، برنز نیز گفته می‌شود. آلیاژ برنز بین ۹ تا ۱۲ درصد قلع دارد که باعث افزایش سختی و مقاومت در برابر خوردگی آلیاژ می‌شود.

**۳- آلیاژ آلومینیم - برنز:** این آلیاژها بر پایه مس هستند و حدود ۵ تا ۱۱ درصد عنصر آلیاژی آلومینیم دارند. از جمله خواص این آلیاژها سهولت ریخته‌گری، استحکام بالا و مقاومت در برابر خوردگی است و در تهیه پمپ‌ها، پره توربین، پروانه کشتی‌ها، بدنه هواپیما و ابزار و اتصالات پالایشگاه‌ها به کار گرفته می‌شوند.

## لعاب

دانش و فناوری لعاب در طول تاریخ و در فرهنگ‌های مختلف بسیار متفاوت بوده و همگام با توسعه علم و دانش بشر، پیشرفت‌های فراوانی داشته است. پیشینه لعاب کاری به هزاره چهارم پیش از میلاد مسیح می‌رسد؛ جایی که از

کهن‌ترین تمدن شناخته شده مصر مهره‌هایی قهوه‌ای با لعاب آبی و فیروزه‌ای به دست آمده است. استفاده از لعاب در ایران به هزاره دوم پیش از میلاد باز می‌گردد. کشف گل‌میخ‌ها و مهره‌های استوانه‌ای از جنس سفال لعابدار در معبد چغازنبیل<sup>۱</sup> نشان از تبحر و مهارت مردمان آن روزگار دارد. در آن دوران از آجرهای لعابدار در تزئین کاخ‌ها و معابد استفاده می‌شد. نمونه‌های شاخص آنها و نیز تزئینات لعابدار با رنگ‌های سفید، سبز و آبی در زیگورات<sup>۲</sup> چغازنبیل به کار رفته است. این بنا در سال ۱۳۵۸ شمسی به عنوان اثر ملی ایران در فهرست آثار میراث جهانی یونسکو به ثبت رسید.



شکل ۳۲- مجسمه گاو نر از جنس سفال با پوشش لعاب که در منطقه چغازنبیل کشف شده است و در موزه ملی ایران نگهداری می‌شود.

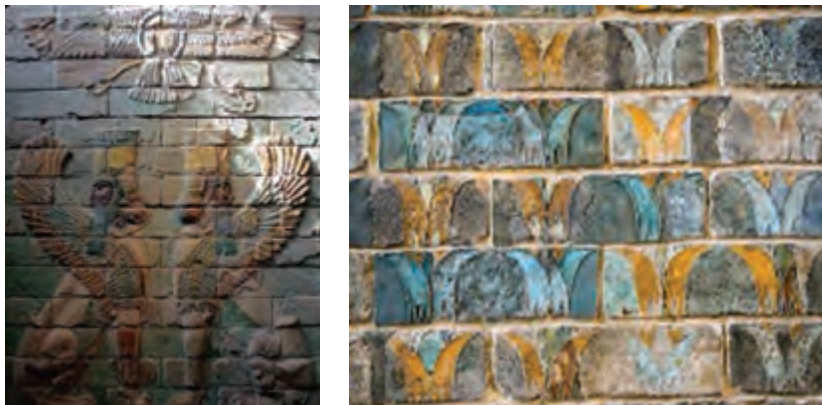
آجرهای مینایی با لعاب قلیایی مربوط به دوران هخامنشی در آپادانای شوش یافت شده است که متأسفانه هم‌اکنون نمونه‌هایی از آن در موزه لوور<sup>۳</sup> پاریس نگهداری می‌شود. در آن زمان استفاده از لعاب بیشتر در معماری و برای پوشش و تولید آجرهای پخته لعابدار بوده است. سربازان جاوید، کمانداران پارسی و نقش فروهر<sup>۴</sup> به صورت برجسته روی آجرهای لعابدار بیان‌کننده این واقعیت است که سفالگران هخامنشی با لعاب آشنا بوده‌اند. حیوانات و نقوشی که در این آجرها دیده می‌شود، جزء مهم‌ترین و بی‌سابقه‌ترین نقوش در ایران هستند (شکل ۳۳).

۱- چغازنبیل نیایشگاهی باستانی و نماد هنر و معماری ایرانی است که در نزدیکی شهر شوش در استان خوزستان قرار دارد.

۲- در تمدن باستان والاترین نیایشگاه هر معبد «زیگورات» خوانده می‌شد، زیگورات معنای برافراشته و بالا رونده می‌دهد. زیگورات معبد چغازنبیل هم یک نمونه بسیار کهن از زیگورات‌هاست.

۳- Louvre

۴- فروهر که در اصل «فره وهر» است، نمادی است که آریایی‌ها برای آنچه امروزه روح نامیده می‌شود، برگزیده بودند.



شکل ۳۳- آجرهای لعاب دار دوره هخامنشی که از محوطه شوش کشف شده است

**تعریف لعاب:** لعاب لایه شیشه‌ای نازکی است که به‌عنوان پوشش سطوح به کار می‌رود. این لایه نازک شیشه‌گونه به صورت شفاف، کدر، سفید یا رنگی و با به‌کارگیری مواد مختلف روی سطوح مختلف، پوششی به ضخامت ۰/۴ تا ۰/۱۵ میلی‌متر ایجاد می‌کند. استفاده از لعاب سبب افزایش استحکام شیمیایی و فیزیکی و جلوه بیشتر رنگ در ظروف سفالی می‌شود و علاوه بر این به‌عنوان ماده‌ای ضدآب به کار می‌رود. لعاب، اجسام سرامیکی را کاملاً متراکم و از نفوذ مایعات و گازها به داخل بافت آنها جلوگیری می‌کند و در نتیجه تأثیر خوردگی و عوامل نامساعد دیگر را کاهش می‌دهد و همچنین از لحاظ بهداشتی مفید خواهد بود. به‌طور کلی لعاب در نتیجه ذوب شدن مخلوطی از سیلیکات‌ها در دماهای مختلف به وجود می‌آید. در این شرایط اتم‌های بعضی از مواد مذاب، به‌علت گران‌روی بالا، توانایی برقراری نظم دوباره در هنگام انجماد را ندارند و حالت بی‌نظم<sup>۱</sup> به خود می‌گیرند. مواد اولیه مورد استفاده در ساخت لعاب تأثیر ویژه‌ای بر کیفیت و خواص نهایی آن دارند. مهم‌ترین مواد در تهیه لعاب به سه دسته مواد شبکه‌ساز، دگرگون‌ساز و واسطه تقسیم‌بندی می‌شوند:

**۱- مواد شبکه‌ساز:** این دسته از مواد که به اکسیدهای اسیدی معروف هستند، اساس، پایه و تعیین‌کننده ساختار نهایی لعاب و شیشه به شمار می‌روند. مهم‌ترین ماده شبکه‌ساز که به فراوانی در طبیعت یافت می‌شود، سیلیس ( $\text{SiO}_2$ ) است. بوراکسید ( $\text{B}_2\text{O}_3$ )، ژرمانیم‌دی‌اکسید ( $\text{GeO}_2$ ) و فسفرپنتا‌اکسید ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) از دیگر مواد شبکه‌ساز هستند.

**۲- مواد دگرگون‌ساز شبکه:** این مواد که با نام اکسیدهای بازی نیز شناخته می‌شوند، با قرار گرفتن در داخل فضاهای شبکه، آن را کم و بیش پر می‌کنند و باعث تغییر و گسستگی در ساختار لعاب و شیشه می‌شوند. مواد دگرگون‌ساز به‌تنهایی حالت شیشه‌ای ایجاد نمی‌کنند و در حالت مطلوب با اکسیدهای اسیدی در هنگام ذوب شدن ترکیب می‌شوند. از جمله مهم‌ترین مواد دگرگون‌ساز شبکه می‌توان به سدیم‌اکسید ( $\text{Na}_2\text{O}$ )، پتاسیم‌اکسید ( $\text{K}_2\text{O}$ )، کلسیم‌اکسید ( $\text{CaO}$ )، سرب‌اکسید ( $\text{PbO}$ ) و منیزیم‌اکسید ( $\text{MgO}$ ) اشاره کرد.

**۳- مواد واسطه:** این دسته از مواد اولیه ما بین دو گروه بالا قرار می‌گیرند و نسبت به شرایط موجود تغییر حالت می‌دهند و می‌توانند هم به‌عنوان شبکه‌ساز و هم دگرگون‌ساز در ایجاد ساختار لعاب و شیشه شرکت داشته باشند. مهم‌ترین ماده واسطه، آلومینیم‌اکسید ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) است.

۱- Amorph



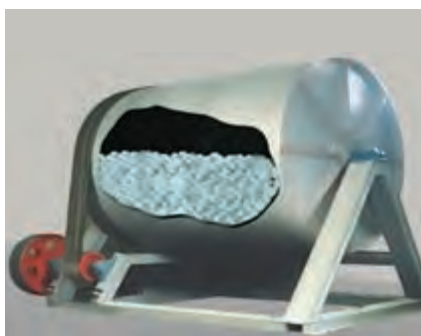
- ۱ با بررسی مراجع علمی، تفاوت شیشه و لعاب را بیان کنید.
- ۲ نقش مواد بازی مانند سدیم اکسید در ساختار لعاب را بررسی کنید.

لعاب‌ها به منظور قرارگیری مناسب و ایده‌آل بر روی سطح‌های مختلف باید ویژگی‌های منحصر به فردی داشته باشند که در زیر به برخی از آنها اشاره شده است:

- ۱ مقاوم در برابر مواد شیمیایی با pH اسیدی و قلیایی؛
- ۲ قابلیت نفوذناپذیری بالا در برابر مایعات و گازها؛
- ۳ ایجاد سطح صاف و صیقلی بر روی مواد متخلخل؛
- ۴ مقاوم در برابر ترک، پوسته شدن و خراشیدگی؛
- ۵ امکان ایجاد رنگ و شکل‌های زیبا روی سطوح؛
- ۶ مقاومت گرمایی مناسب.

### لعاب کاری و تهیه لعاب

منظور از اصطلاح لعاب کاری، ایجاد لایه نازک لعاب در سطح فرآورده‌ها است. در بسیاری از موارد، مواد اولیه لعاب به صورت پودر آسیاب و یکنواخت می‌شوند و در ادامه در تهیه دوغاب به کار می‌روند. برای ساخت لعاب باید ابتدا مواد اولیه را وزن و سپس آسیاب کرد. آسیاب کردن مسئله مهمی است، زیرا اگر مواد به خوبی نرم و آسیاب نشوند، باعث رسوب گذاری در مخزن نگهداری، اختلال در انتقال لعاب و تولید لعاب با سطح ناصاف می‌شود. از سوی دیگر نرم کردن بیش از حد مواد باعث اتلاف انرژی، ضربه پذیری و ترک برداشتن لعاب نهایی می‌شود. فرایند آسیاب کردن با استفاده از آسیاب گلوله‌ای (بال میل<sup>۱</sup>) انجام می‌شود. این دستگاه از یک استوانه که درون آن گلوله‌هایی از جنس سرامیک، که در مقابل سایش بسیار مقاوم هستند، ساخته شده است. در صورتی که این گلوله‌ها از جنس مقاومی نباشند، به راحتی خرد می‌گردند و با مواد اولیه ترکیب می‌شوند. استوانه با سرعت ثابت حول محور افقی می‌چرخد که این چرخش باعث غلتیدن گلوله‌ها بر روی یکدیگر و خرد و آسیاب شدن مواد اولیه می‌شود.



شکل ۳۴- آسیاب گلوله‌ای



صنعت لعاب آلودگی‌های زیست محیطی گوناگونی ناشی از استفاده از آب فراوان، انرژی، گازهای خروجی از کوره، خشک‌کن‌ها، ضایعات لعاب، فاضلاب حاصل از آسیاب‌ها، انتشار گازهای گلخانه‌ای<sup>۱</sup>، پساب‌های صنعتی و انواع آلودگی‌های صوتی را ایجاد می‌کند. استفاده از مواد اولیه بی‌خطر، کاهش میزان تولید ضایعات از طریق بهبود فرایندها و استفاده از تجهیزات پیشرفته، انجام دادن به‌موقع و منظم تعمیرات پیشگیرانه، استفاده دوباره از ضایعات به‌منظور به‌کارگیری دوباره آنها به‌عنوان مواد اولیه و جلوگیری از اتلاف انرژی از جمله اقداماتی است که منجر به کاهش آلودگی‌های زیست محیطی می‌شود.

## فعالیت عملی ۱۵



### بازدید از کارگاه سرامیک و لعاب کاری

#### روش کار:

با همکاری مرکز آموزشی از یک کارگاه تولید سرامیک و لعاب کاری بازدید علمی داشته باشید و در پایان گزارش بازدید تهیه کنید.

### پرسش‌های پایانی

- ۱ کاربردهای نیتریک اسید را نام ببرید.
- ۲ هیدروکلریک اسید با گاز هیدروژن کلرید چه تفاوتی دارد؟
- ۳ روش تولید هیدروکلریک اسید با استفاده از واکنشگاه‌های مانهایم را توضیح دهید.
- ۴ کاربردهای پتاسیم هیدروکسید را بیان کنید.
- ۵ آهک زنده و مرده چه ترکیباتی هستند؟ تفاوت آنها چیست؟
- ۶ چرخه آهک را توضیح دهید.
- ۷ استخراج معادن به چند طریق انجام می‌شود؟ توضیح دهید.
- ۸ تولید سدیم هیدروکسید به روش سل دیافراگمی را توضیح دهید.
- ۹ واکنش‌های احیای مستقیم در تولید آهن اسفنجی را بنویسید.
- ۱۰ منظور از فراوری کانی چیست؟
- ۱۱ تولید آهن به روش مستقیم و غیر مستقیم را با هم مقایسه کنید.
- ۱۲ مهم‌ترین آلیاژهای آهن کدام‌اند؟ چه تفاوتی با هم دارند؟
- ۱۳ دلیل تشکیل رسوب سبز روی میله‌های مسی چیست؟
- ۱۴ آلیاژهای مس کدام‌اند؟
- ۱۵ لجن آندی چیست؟
- ۱۶ برنج و مفرغ چه ترکیباتی هستند؟ چه خصوصیات و کاربردهایی دارند؟
- ۱۷ مهم‌ترین مواد در تهیه لعاب چه موادی هستند؟ نقش هر کدام چیست؟

۱- منظور از گازهای گلخانه‌ای موجود در جو زمین: بخار آب، کربن دیوکسید، متان، اوزون و دی‌نیتروژن مونوکسید است.

## ارزشیابی شایستگی انجام عملیات در صنایع معدنی

<p><b>شرح کار:</b> چگونگی استفاده از وسایل آزمایشگاهی را بداند و کار داده شده را با دقت انجام دهد. پس از انجام دادن کار وسایل را تمیز و سالم در حالت اولیه قرار دهد.</p>			
<p><b>استاندارد عملکرد:</b> انجام دادن عملیات در صنایع معدنی طبق دستور کار واحد فرایندی</p>			
<p><b>شاخص‌ها:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ رعایت مسائل ایمنی هنگام انجام دادن کار</li> <li>■ انجام دادن کار طبق دستور کار</li> </ul>			
<p><b>شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:</b> شرایط مکان: آزمایشگاه/ کارگاه شرایط دستگاه: آماده به کار زمان: یک جلسه آموزشی ابزار و تجهیزات: وسایل ایمنی شخصی، مواد و وسایل آزمایشگاه مربوط به تهیه انواع اسید، باز، نمک و لعاب</p>			
<p><b>معیار شایستگی:</b></p>			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	تهیه اسیدها و بازهای معدنی	۲	
۲	تهیه نمک‌ها	۱	
۳	استخراج فلزات	۱	
۴	لعاب کاری	۱	
<p>شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش:  <b>۱- ایمنی:</b> انجام کار کارگاهی با رعایت موارد ایمنی و استفاده از وسایل ایمنی شخصی  <b>۲- نگرش:</b> صرفه‌جویی در مواد مصرفی  <b>۳- توجهات زیست‌محیطی:</b> جلوگیری از صدمه زدن به محیط‌زیست از طریق انجام کار بدون ریخت و پاش  <b>۴- شایستگی‌های غیرفنی:</b> ۱- اخلاق حرفه‌ای ۲- مدیریت منابع ۳- محاسبه و کاربست ریاضی ۴- مستندسازی: گزارش نویسی</p>		۲	
<b>میانگین نمرات</b>			
<p>* کمترین میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ است.</p>			







## پودمان سوم

# عملیات در صنایع پوششی



پوشش ها از دو جنبه تزئینی و محافظت در برابر خوردگی اهمیت دارند. پوشش های صنعتی به عنوان کارآمدترین روش باز دارندگی خوردگی تجهیزات محسوب می شوند.

## واحد یادگیری ۳

### انجام عملیات در صنایع پوششی

#### مقدمه

پوشش‌های صنعتی برای هدف‌های گوناگون از جمله مسائل حفاظتی، ظاهری و ایمنی به کار گرفته می‌شوند. در واقع یکی از مهم‌ترین دلایل استفاده از پوشش‌های آلی و معدنی، جلوگیری از خوردگی تجهیزات است. کیفیت و مرغوبیت لایه پوششی ایجادشده، رابطه مستقیم با وضعیت و کیفیت سطح فلزی دارد که بایستی پوشش‌دهی شود. بنابراین برای دستیابی به یک پوشش با کیفیت قابل قبول، قبل از انجام دادن عمل اصلی پوشش‌دهی، لازم است سطح کار با یک مجموعه عملیات مکانیکی و شیمیایی آماده‌سازی شود. در این پودمان ابتدا عملیات آماده‌سازی قطعه برای پوشش‌دهی آورده شده است و در ادامه معرفی، مفاهیم و کاربرد آبکاری و پوشش‌های آلی همراه با فیلم آموزشی، تحقیق کنید، پرسش، فعالیت‌های عملی قابل اجرا، نکات ایمنی و زیست محیطی مرتبط آورده شده است.

#### استاندارد عملکرد

آماده‌سازی قطعه و پوشش‌دهی آن به روش آبکاری و رنگ طبق دستور کار

#### شایستگی‌های غیرفنی

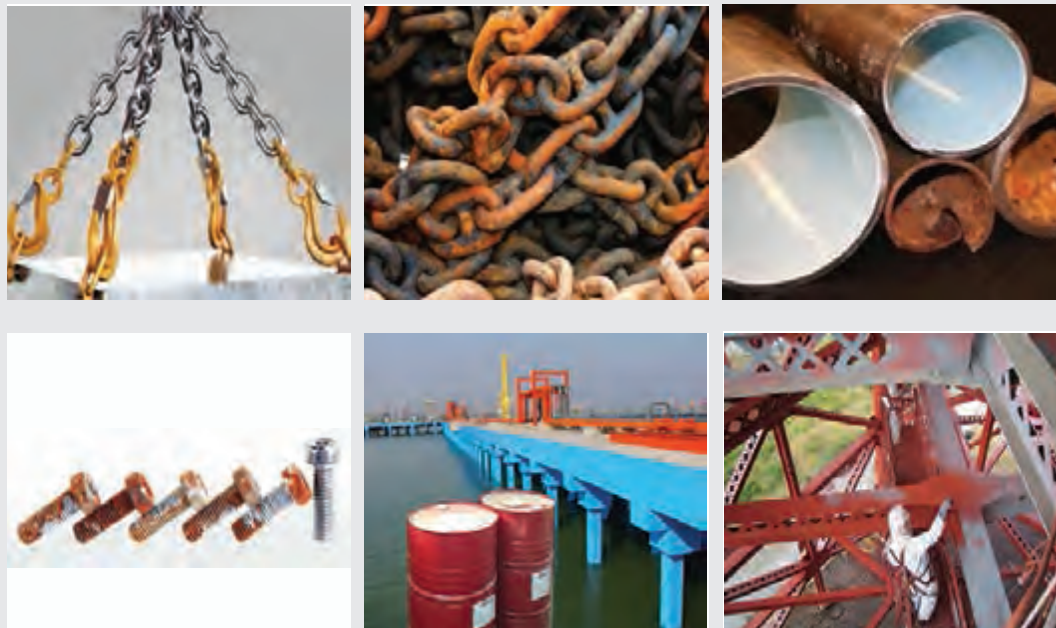
- ۱ اخلاق حرفه‌ای: حضور منظم و وقت‌شناسی - انجام دادن وظایف و کارهای محول - پیروی از قوانین
- ۲ مدیریت منابع: شروع به کار به موقع - مدیریت مؤثر زمان - استفاده صحیح از مواد و تجهیزات
- ۳ کار گروهی: حضور فعال در فعالیت‌های گروهی - انجام دادن کارها و وظایف محول
- ۴ مستندسازی: گزارش نویسی فعالیت‌های کارگاهی
- ۵ محاسبه و کاربست ریاضی

#### شایستگی‌های فنی

- پس از پایان این واحد یادگیری هنرجویان قادر خواهند بود :
- ۱ عملیات آماده‌سازی قطعه پیش از پوشش‌دهی را انجام دهند.
  - ۲ آبکاری قطعات را انجام دهند.
  - ۳ با اعمال رنگ پوشش‌دهی را انجام دهند.



با توجه به تصویرهای زیر در مورد انواع پوشش‌های صنعتی گفت‌وگو کنید. به نظر شما پوشش‌ها چه اهمیتی در زندگی بشری دارند؟ آیا می‌توانید مثال‌های دیگری بیاورید؟



پوشش‌های صنعتی برای هدف‌های گوناگون از جمله مسائل حفاظتی، ظاهری و ایمنی به کار گرفته می‌شوند. در واقع یکی از مهم‌ترین دلایل استفاده از پوشش‌های آلی و معدنی، جلوگیری از خوردگی تجهیزات است. عمل حفاظتی پوشش‌ها از یک یا چند سازوکار تشکیل شده است که عبارت‌اند از:

۱ جلوگیری از تماس جسم و محیط

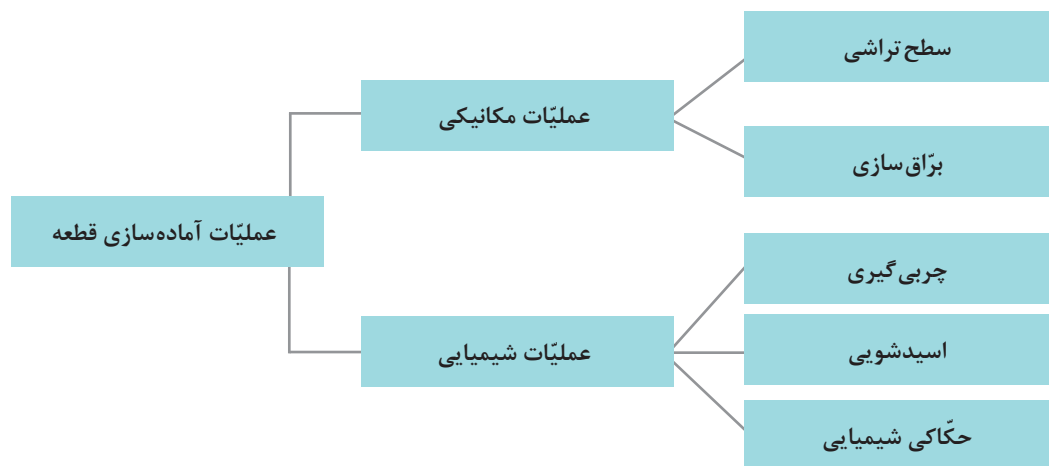
۲ محدود ساختن تماس بین جسم و محیط

۳ انتشار موادی که سبب کندکندگی حملات محیط بر روی جسم است.

کیفیت و مرغوبیت لایه پوششی ایجادشده، رابطه مستقیم با وضعیت و کیفیت سطح فلزی دارد که باید پوشش‌دهی شود، لذا وجود چربی‌ها، اکسیدها و سایر مواد خارجی بر سطح قطعه به هنگام اجرای عمل پوشش‌دهی، در میزان چسبندگی، مقاومت مکانیکی و ظاهر پوشش تأثیر خواهد گذاشت. برای دستیابی به یک پوشش با کیفیت قابل قبول، قبل از انجام‌دادن عمل اصلی پوشش‌دهی، لازم است سطح کار با یک مجموعه عملیات مکانیکی و شیمیایی آماده‌سازی شود.

## عملیات آماده‌سازی قطعه برای پوشش

آماده‌سازی قطعات پیش از پوشش دهی هم از نظر پایین آوردن قیمت تمام‌شده و هم از نظر بالا بردن کیفیت پوشش، اهمیت ویژه‌ای دارد. این آماده‌سازی به روش‌های مکانیکی و شیمیایی انجام می‌گیرد. در شکل ۱ مراحل آماده‌سازی قطعه برای پوشش را مشاهده می‌کنید.



شکل ۱- مراحل آماده‌سازی قطعه برای پوشش

از آنجا که در طی فرایند تولید، قطعات به انواع روغن‌های مصرفی آغشته می‌گردند، سطح آنها پوشیده از اکسید می‌شود و یا پس از خروج از قالب‌ها، ذرات گردوغبار به آنها می‌چسبند و در کنارهای قالب لبه‌های برنده ایجاد می‌کند، لازم است قطعات تولیدشده (قطعات خام)، در ابتدا از لحاظ ظاهری و سطحی اصلاح شوند تا برای پوشش نهایی (رنگ و آبکاری<sup>۱</sup>) آماده شوند. تمامی موارد نام‌برده، باید پیش از انجام‌شدن مراحل نهایی پوشش‌دهی قطعات به روش‌های گوناگون و متداول در صنعت، از روی سطح قطعات زدوده، اصلاح و حذف شوند. شکل ۲ یک قطعه خام را نشان می‌دهد که باید عملیات آماده‌سازی بر روی آن انجام شود.



شکل ۲- یک قطعه خام با ناصافی‌ها در سطح

### عملیات مکانیکی آماده‌سازی سطح

در صنعت به مجموع فرایندهای آماده‌سازی مکانیکی سطح قطعات، پرداختکاری گفته می‌شود. پرداختکاری از دو نوع فرایند سطح‌تراشی (زیرکار) و برآق‌سازی (روکار) تشکیل شده است.

### سطح تراشی (پرداخت):

برای دستیابی به این هدف معمولاً سطح قطعه کار با انواع مختلفی از سنباده‌ها پرداخت می‌شود. با انجام دادن عملیات سنباده‌زنی می‌توان چاله‌های ریز سوزنی، خطوط و زخم‌های سطحی، پلیسه‌ها و سایر عوامل نامطلوب سطح قطعه را که در بخش‌های مختلف فرایند تولید و یا حمل‌ونقل ایجاد شده‌اند، از میان برداشت و به یک سطح صاف و صیقلی مطلوب برای انجام دادن عملیات رنگ یا آبکاری رسید.

**سنباده:** سنباده ورقه‌ای از جنس کاغذ، پارچه و یا الیاف بافته شده است که دانه‌های سخت ساینده بر روی آن به وسیله چسب مخصوص چسبانده شده است و برای ساییدن سطوح مختلف اجسام، از آن استفاده می‌شود. ذرات ساینده در سنباده (پودر سنباده) مواد بسیار سخت و ریزی (در اندازه میکرون) هستند که در اندازه‌ها و شماره‌بندی‌های مختلف موجود هستند و با چسب مخصوص سنباده، روی ورقه‌ها یا نوارهایی (پشت‌بند سنباده) از جنس‌های مختلف چسبانده می‌شوند. این ذرات به‌طور کلی به دو دسته تقسیم‌بندی می‌شوند:

(الف) مواد طبیعی: مانند ماسه، ذرات کوارتز یا سیلیس، ذرات سنگ چخماق

(ب) مواد مصنوعی: مانند آلومینیم اکسید، براده‌های فلزات، سیلیسیم کاربید

**انواع سنباده از لحاظ نوع پشت‌بند:**

سنباده‌ها از لحاظ نوع پشت‌بند یا صفحات اتصال‌دهنده به دانه‌های ساینده، همانند شکل ۳، به چند دسته تقسیم‌بندی می‌شوند:

(الف) **پشت‌بند کاغذی:** سنباده‌های پشت‌بند کاغذی از کم‌دوام‌ترین نوع سنباده هستند و بیشتر در نقاشی ساختمان استفاده می‌شوند.

(ب) **پشت‌بند پارچه‌ای:** سنباده‌های پشت‌بند پارچه‌ای از دوام زیادتری برخوردارند و در رنگ‌کاری چوب، استفاده می‌شوند. آنها را معمولاً به دستگاه سنباده، با دور بالا و ماشین‌های لرزان وصل می‌نمایند و استفاده می‌کنند.

(ج) **پشت‌بند الیافی:** این نوع از سنباده شامل تعداد زیادی لایه‌های پارچه‌ای است که نسبتاً سخت و محکم است و برای ایجاد پشت‌بند برای دیسک‌ها و غلتک‌ها به کار می‌رود.



سنباده الیافی



سنباده پارچه‌ای

سنباده کاغذی

شکل ۳- انواع سنباده

## برآق سازی سطح:

فرایند برآق سازی سطح یا روکار دارای دو مرحله است:

**مرحله اول:** در این مرحله قطعه را با فشار زیاد تا متوسط، به سطح چرخ‌های در حال چرخش برآق کاری می‌فشارند. این کار باعث به دست آمدن یک سطح صاف، یکنواخت و نیمه برآق تا برآق می‌شود.



شکل ۴- دستگاه دو سر معمول در عملیات برآق کاری

**مرحله دوم:** در این مرحله قطعه را با فشاری متوسط تا کم به سطح چرخ‌های در حال چرخش برآق کاری می‌فشارند، که در نتیجه آن یک سطح تمیز، برآق و درخشان ایجاد می‌شود.

در عملیات برآق کاری، می‌توان از انواع چرخ‌های پرداختکاری (نمد، فرچه) و واکس‌های پرداختکاری استفاده کرد (شکل ۴).

## فعالیت عملی ۱



### تمیز کاری مکانیکی

مواد و وسایل لازم	
سنباده‌های کاغذی با زبری‌های مختلف	قطعه‌های آهنی ۴ عدد (۱/۰ × ۲ × ۵ cm و دارای سوراخی به قطر ۲mm)
برس سیمی	خشکانه
پنبه	استون

### روش کار:

- ۱ نمونه‌های آهنی که دارای زائده یا ناصافی باشند، تهیه کنید.
- ۲ با توجه به ناصافی‌های قطعه با استفاده از وسایل تمیزکاری، مانند سنباده یا برس سیمی، ناصافی‌ها را برطرف کنید.
- ۳ قطعه‌های تمیز شده را با آب شست‌و شو دهید تا ذرات ناخالصی از آنها جدا شوند.
- ۴ قطعات را با استفاده از پنبه آغشته به استون، خشک و برای مراحل بعدی در خشکانه نگهداری کنید.

## عملیات شیمیایی آماده‌سازی سطح قطعه

### چربی‌گیری:

به منظور دستیابی به یک پوشش با کیفیت، پیش از انجام دادن عمل اصلی پوشش‌دهی، لازم است سطح کار با یک مجموعه اعمال شیمیایی آماده‌سازی شود که چربی‌گیری اولتین مرحله آماده‌سازی است. مواد چربی‌گیر به دو دسته کلی آلی و معدنی تقسیم‌بندی می‌شوند. چربی‌گیرهای آلی عبارت‌اند از حلال‌های گوناگون مانند استون و بنزن و هیدروکربن‌های کلردار مانند کربن‌تتراکلرید و تری‌کلرواتیلن، که به دلیل قدرت چربی‌گیری بالا به‌طور مستقیم و یا به کمک بخاراتشان قادرند انواع چربی‌های حیوانی، گیاهی و نفتی (چربی‌های معدنی) را زایل کنند.

چربی‌گیرهای معدنی از ترکیبات معدنی با پایه بازی (قلیایی) تشکیل شده‌اند و در آب حل می‌شوند. چربی‌گیرهای بازی با خاصیت صابونی کردن چربی‌ها، عمل چربی‌زدایی را انجام می‌دهند. معمولاً مجموعه‌ای از ترکیبات معدنی به نسبت‌های معین و در کنار یکدیگر به صورت محلول در آب استفاده می‌شوند، که تحت عنوان «چربی‌گیرهای قلیایی» از آنها نام می‌برند. برای فعال‌تر کردن چربی‌گیرهای قلیایی ترکیباتی به عنوان ترکنده<sup>۱</sup> و امولسیون‌کننده<sup>۲</sup> به آنها می‌افزایند.

## فعالیت عملی ۲



### چربی‌زدایی با حلال‌های آلی

مواد و وسایل لازم	
کربن تتراکلرید یا تری کلرواتیلن	نمونه‌های آهنی ۴ عدد
استون	خشکانه
آب گرم (حمام)	بشر دو لیتری
پنبه	بشر ۵۰۰ میلی لیتر

چربی‌گیری به دو صورت انجام می‌شود: الف) چربی‌گیری به روش غوطه‌وری در حلال آلی، ب) چربی‌گیری در بخار حلال آلی.

### چربی‌گیری به روش غوطه‌وری در حلال آلی

#### روش کار:

- در یک بشر ۵۰۰ میلی لیتری مقداری استون (کربن تتراکلرید یا تری کلرواتیلن) بریزید، و در زیر هود قرار دهید. یک قطعه آهنی را به کمک سیم‌های نازک به مدت ۵ دقیقه در حالی که آنها را تکان می‌دهید، در استون غوطه‌ور کنید.
- سپس قطعات را خارج کنید و به وسیله پنبه تمیز، سطح آنها را پاک کنید و بعد از تبخیر نهایی استون، بدون لمس کردن در خشکانه قرار دهید.

#### نکات ایمنی



- آزمایش زیر هود انجام شود.
- از وسایل حفاظت و ایمنی شخصی مانند ماسک، عینک، دستکش و روپوش مناسب استفاده شود.

#### تحقیق کنید

۱



در زمینه چربی‌گیری به روش بخار حلال آلی تحقیق کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

۱- Weting Agent

۲- Emulsifier



چربی زدایی با چربی گیرهای قلیایی

مواد و وسایل لازم	
کاغذ تورنسل یا شناساگر فنول فتالین	قطعه آهنی ۴ عدد
سدیم هیدروکسید	بشر دو لیتری یک عدد
سدیم کربنات	گرمکن برقی
سدیم تری فسفات	همزن (مغناطیسی)
سدیم متاسیلیکات	بشر یک لیتری
مایع ظرف شویی	خشکانه

روش کار:

ترکیب محلول برای چربی زدایی قطعات آهنی:

۱۵ g/L	سدیم هیدروکسید
۳۰ g/L	سدیم کربنات
۱۵ g/L	سدیم تری فسفات
۱۵ g/L	سدیم متاسیلیکات
۲ g/L (به عنوان ترکننده یا فعال کننده سطح فلز)	مایع ظرف شویی

طرز تهیه محلول چربی گیر قلیایی:

- معادل  $\frac{3}{4}$  لیتر آب معمولی را در یک بشر دو لیتری بریزید و روی گرمکن برقی قرار دهید و تا مرحله جوش گرم کنید.
- ۱۵ گرم سدیم متاسیلیکات را وزن کنید و در آب جوشان به کمک همزن شیشه‌ای حل کنید.
- به ترتیب سدیم تری فسفات، سدیم کربنات، سدیم هیدروکسید و در پایان مایع ظرف شویی را به مقدار لازم برای یک لیتر محلول، وزن کنید و در آب مذکور حل کنید و حجم محلول را به یک لیتر برسانید.

روش چربی گیری قلیایی:

- ۱ محلول تهیه شده را تا حدود  $35-40^{\circ}\text{C}$  به کمک گرمکن برقی گرم نمایید و قطعه آهنی را به مدت ۳۰ دقیقه در آن آویزان کنید. در این فاصله هرگاه حجم محلول به دلیل تبخیر کم شد، از بشر یک لیتری که روی گرمکن دارای آب جوشان است، به آن بیفزایید.
- ۲ پس از ۳۰ دقیقه قطعه را خارج کنید و با آب زیاد آنقدر بشویید تا سطح قطعه نسبت به کاغذ تورنسل و یا فنول فتالین حالت خنثی یا غیرقلیایی نشان دهد. استفاده از دست با دستکش لاستیکی تمیز برای پاک شدن سطح قطعه از مواد قلیایی بلامانع است.
- ۳ پس از شست و شوی کامل قطعه آن را به مدت ۳-۴ دقیقه در آب جوشان فرو ببرید و سپس خارج کنید، به این ترتیب قطعه خشک خواهد شد. سپس آن را در خشکانه قرار دهید.





به نظر شما چه نکات ایمنی را در عملیات چربی‌گیری قلبایی باید رعایت کرد؟

### بررسی کیفیت سطوح چربی‌گیری شده

آزمایش گسستگی لایه آب: در این آزمایش با ایجاد یک لایه یکنواخت پیوسته آب بر روی سطوح چربی‌گیری شده و مشاهده گسستگی‌های احتمالی در این لایه پیوسته، به وجود چربی‌های زدوده‌نشده بر سطح قطعه و در نتیجه به کیفیت کار انجام‌شده پی می‌برند. مبنای علمی این کار آن است که وجود لایه چربی بر سطح قطعه از میزان چسبندگی مولکول‌های آب به سطح فلز می‌کاهد، لذا لایه آب از سطح فلز جدا می‌شود.

### روش کار

سطح قطعه را در زیر جریان بسیار آرام و یکنواخت آب معمولی در دمای محیط (شیر آب سرد) بگیرید و به‌گونه‌ای قطعه را از زیر جریان آب خارج کنید که قطعه به حالت افقی یک لایه آب را روی سطح خود نگه دارد و سپس وجود گسستگی در این لایه را کنترل کنید و به این ترتیب کیفیت عمل چربی‌گیری را تعیین نمایید.

حال روش بالا را روی تمام نمونه‌های چربی‌گیری شده (نمونه‌های موجود در خشکانه) اجرا کنید و در جدول ۱ نتایج کار را گزارش کنید.

### جدول ۱- نتایج بررسی کیفیت سطوح چربی‌گیری شده

شرح کار	نمونه ۱	نمونه ۲	نمونه ۳	نمونه ۴
روش چربی‌گیری				
تاریخ چربی‌گیری				
نتیجه آزمایش گسستگی آب				
تاریخ آزمایش گسستگی آب				

**روش تشخیص کیفیت و ثبت نتایج:** تمام قطعات تحت نظر و کنترل هنرآموز بررسی شود و به شرح زیر امتیاز دهید و در جدول ثبت کنید.

- ۱ اگر گسستگی به صورت نقاط پراکنده و با تخمین دیداری در گستره ۱۰-۵ درصد باشد، نتیجه «خوب» در جدول ثبت شود.
- ۲ اگر گسستگی به صورت نقاط پراکنده و با تخمین دیداری ۲۰-۱۰ درصد باشد، نتیجه «متوسط» در جدول ثبت شود.
- ۳ اگر گسستگی به صورت سطح گسترده پیوسته و با تخمین دیداری ۳۰-۲۰ درصد باشد، نتیجه «بد» در جدول ثبت شود.

## پوسته زدایی یا اسیدشویی<sup>۱</sup>

قطعاتی که باید تحت پوشش‌های آلی (رنگ) و یا معدنی (آبکاری) قرار گیرند، پس از چربی‌گیری لازم است عاری از هرگونه مواد زائد مانند اکسیدها و سایر نمک‌ها باشند؛ به همین جهت این مواد زائد را با انواع اسیدها مانند هیدروکلریک اسید، سولفوریک اسید، نیتریک اسید و فسفریک اسید از سطح قطعه پاک می‌کنند تا مانعی برای کیفیت لایه پوششی به وجود نیاید. از آنجایی که اسیدها علاوه بر اکسیدها و سایر ترکیبات، می‌توانند سطح فلز را نیز تحت تأثیر قرار دهند، در نتیجه موادی به عنوان بازدارنده<sup>۲</sup> به آنها اضافه می‌کنند که سطح تمیز فلز با اسید تخریب نشود. انتخاب بازدارنده‌ها به عوامل گوناگون بستگی دارد که عبارت‌اند از نوع اسید، جنس فلز و دمای عملیات اسیدشویی. مقدار بازدارنده به درصد اسید موجود در محلول بستگی دارد.

نکته

آلیاژهای مختلف مانند آهن و مس نباید در یک محفظه واحد، اسیدشویی شوند.



محفظه‌هایی که برای انجام دادن عملیات آبکاری استفاده می‌شوند، در اصطلاح صنعتی به «وان» و یا «حمام آبکاری» موسوم هستند و عموماً از ورقه‌های آهنی و به شکل مکعب مستطیل ساخته می‌شوند. هرگاه قرار باشد در یک وان آبکاری مواد خورنده مانند اسید ریخته شود، درون آنها را با ورق‌های پی‌وی‌سی و یا لاستیک مصنوعی مخصوص می‌پوشانند.

## فعالیت عملی ۴



### اسیدشویی قطعه‌های آهنی

مواد و وسایل لازم	
سولفوریک اسید	قطعه آهنی زنگ‌زده ۴ عدد
هیدروکلریک اسید	بشر یک لیتری
سفیده تخم‌مرغ، ۱ عدد (به عنوان بازدارنده)	بشر نیم لیتری ۲ عدد
هیدرازین (به عنوان بازدارنده)	خشکانه
الکل خالص یا استون (خشک کننده)	شامپوی بچه (به عنوان ترکنده یا فعال کننده)

۱- Pickling

۲- Inhibitor

### روش کار اسیدشویی شماره ۱:

- ۱ ابتدا نمونه‌ها را چربی‌گیری کنید و در خشکانه بگذارید.
- ۲ ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول سولفوریک اسید (W/V) ۲۰٪ تهیه کنید.
- ۳ محلول سولفوریک اسید تهیه‌شده را در دو بشر نیم‌لیتری به دو قسمت مساوی تقسیم کنید.
- ۴ به یکی از این دو بشر به میزان ۱ گرم شامپوی بچه و ۰/۵ گرم هیدرازین اضافه کنید به هم بزنید، سپس در دمای محیط، در هر بشر دو نمونه آهنی بیاویزید و به مدت ۱۵ دقیقه به طور دقیق دو نمونه و پدیده‌های شیمیایی پیش‌آمده را تحت نظر داشته باشید.
- ۵ قطعات را پس از مدت زمان تعیین‌شده از محلول سولفوریک اسید خارج کنید با آب جاری به طور کامل بشویید، سپس با استون یا الکل آغشته نمایید و خشک کنید.
- ۶ کیفیت سطوح تمیزشده را با ذره‌بین با بزرگنمایی ۱۰× مشاهده و بررسی کنید.
- ۷ گزارش بررسی و پدیده‌های مشاهده‌شده ضمن کار و نتایج آن را ارائه کنید.

### روش کار اسیدشویی شماره ۲:

- ۱ ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول (W/V) ۱۰٪ هیدروکلریک اسید تهیه کنید.
- ۲ محلول تهیه‌شده را در دو بشر نیم‌لیتری به دو قسمت مساوی تقسیم کنید. به یکی از دو بشر به میزان ۱ گرم شامپوی بچه و معادل ۰/۵ درصد سفیده تخم مرغ بیفزایید (این درصد، نسبت به وزن هیدروکلریک اسید خالص موجود در محلول محاسبه می‌شود).
- ۳ در دمای محیط در هر بشر دو نمونه از قطعه‌ها را بیاویزید و به مدت ۱۵ دقیقه کلیه پدیده‌های حاصل را مشاهده و بررسی کنید.
- ۴ نمونه‌ها را از محلول اسید خارج کنید و در زیر آب جاری به طور کامل بشویید و با کمک استون یا الکل خشک کنید.
- ۵ کیفیت سطوح تمیزشده را با ذره‌بین با بزرگنمایی ۱۰× مشاهده و بررسی کنید.
- ۶ گزارش بررسی و پدیده‌های مشاهده‌شده ضمن کار و نتایج آن را ارائه کنید.

توجه

برای اسیدشویی یکی از روش‌های ۱ یا ۲ را استفاده کنید.



### حکاکی شیمیایی:

حکاکی شیمیایی آخرین مرحله آماده‌سازی قطعه پیش از پوشش‌دهی است. حکاکی شیمیایی به مفهوم ایجاد خوردگی بسیار ضعیف در قسمت‌های ناپایدار سطح نمونه آماده شده است. این عمل سبب می‌شود ذرات اکسید فلز که ممکن است در مرحله چربی‌گیری پدید آمده باشد، در محلول اسید رقیق حل شود. بدین ترتیب چسبندگی پوشش بر سطح قطعه افزایش می‌یابد.

## فعالیت عملی ۵



### عملیات حکاکی

#### مواد و وسایل لازم:

محلول سولفوریک اسید با غلظت ۵ تا ۱۰ درصد، بشر یک لیتری، قطعات آماده‌سازی شده ۴ عدد

#### روش کار:

قطعه‌های تمیز را به مدت چند ثانیه در داخل محلول سولفوریک اسید به غلظت حدود ۵ تا ۱۰ درصد قرار دهید. سپس از محلول اسیدی خارج کنید و با آب شست‌وشو دهید. بدین ترتیب سطح قطعه فعال شده، آماده آبکاری می‌شود.

نکته

به هنگام آماده‌سازی بعد از هر مرحله از عملیات مکانیکی یا شیمیایی، سطح قطعه باید با آب شست‌وشو داده شود تا ذرات جامد یا محلول و مواد پاک‌کننده از سطح قطعه جدا شوند.



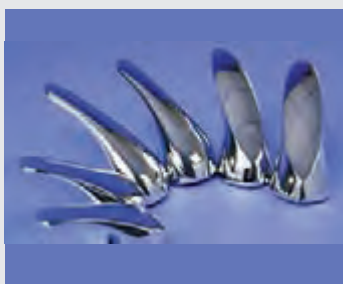
فیلم آموزشی

آماده‌سازی قطعات برای پوشش‌دهی



## آبکاری

به تصویر قطعات آبکاری‌شده زیر توجه کنید. چه تشابه و تفاوت‌هایی در آنها مشاهده می‌کنید؟



بحث‌گروهی  
۲



هر فلزی که بتواند به روش‌های الکتریکی، شیمیایی یا مکانیکی بر روی قطعه رسوب کند، می‌تواند به‌عنوان پوشش محافظ آن استفاده شود. آبکاری یکی از انواع روش‌های ایجاد پوشش‌های فلزی است که به روش شیمیایی، سطح یک جسم را با فلز مورد نظر پوشش می‌دهد. این پوشش فلزی باید چسبندگی زیادی به سطح داشته باشد و تا پایان عمر مفید آن از سطح جدا نشود. قطعه‌ای که سطح آن پوشش داده می‌شود، می‌تواند فلز یا نافلز باشد. قطعه در صورتی، قابلیت آبکاری پیدا می‌کند که پیش‌تر پوششی از یک لایه نازک رسانا به روشی بر روی سطح آن نشانده باشند. آبکاری در صنعت کاربردهای فراوان دارد. برخی از مهم‌ترین اهداف آبکاری عبارت‌اند از:

**جلوگیری از خوردگی قطعه:** در صنایعی که با مواد شیمیایی بسیار خورنده سروکار دارند، غالباً ظروف و دستگاه‌ها را از جنس‌های نسبتاً ارزان مانند فولاد معمولی می‌سازند که مقاومت زیادی در برابر خوردگی ندارند. سپس با پوشش دادن سطح داخلی ظروف و دستگاه‌ها با یک فلز مقاوم در مقابل خوردگی، از خراب شدن و سوراخ شدن آن جلوگیری می‌شود. شکل ۵ نمونه‌هایی از خوردگی در قطعه‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۵- نمونه‌هایی از خوردگی در قطعه‌های فلزی

برای جلوگیری از خوردگی داخل مخزن‌های نگهداری مواد و مایعات مختلف شیمیایی در صنایع چه اقداماتی انجام می‌شود؟

تحقیق کنید  
۲



در صنایع غذایی معمولاً شدت خوردگی زیاد نیست، اما حتی میزان کم آن غیرمجاز است. تحقیق کنید برای جلوگیری از خوردگی داخل قوطی‌های نگهداری مواد غذایی، چه اقداماتی انجام می‌شود؟

تحقیق کنید  
۳



**افزایش مقاومت مکانیکی:** در برخی از موارد نیاز است که سطح یک قطعه در مقابل سایش مقاومت بیشتری داشته باشد. در این حالت با انجام دادن نوعی آبکاری نیکل یا کروم، سختی لازم در سطح پدید می‌آید.

**بهبود ظاهر قطعه:** در بسیاری از موارد تنها دلیل یا یکی از دلایل استفاده از آبکاری، ایجاد ظاهری زیبا برای قطعه است. برای مثال در آبکاری زیورآلات بدلی که با یک لایه بسیار نازک طلا پوشش داده می‌شوند، فقط ظاهر زیبا مدنظر است. البته در اغلب موارد، هم جنبه "زیبایی" و هم جنبه "مقاومت در مقابل خوردگی" دلیل انجام دادن آبکاری است.

تحقیق کنید  
۴



به چه دلیل در وسایل فلزی آشپزخانه از آبکاری استفاده می‌شود؟ کدام فلز یا فلزات برای این مورد به کار می‌روند؟

**افزایش رسانایی الکتریکی:** مس یک رسانای خوب برای جریان برق است و به همین منظور در وسایل برقی و مدارهای الکتریکی به شکل گسترده استفاده می‌شود. با گذر زمان، روی سطح مس لایه تیره نازکی تشکیل می‌گردد و باعث می‌شود در نقاط لحیم کاری شده و در اتصالات، هدایت الکتریکی سطح مس به شدت کاهش یابد. در دستگاه‌های حساس به منظور افزایش رسانایی الکتریکی سطح مس از پوشش بسیار نازک طلا استفاده می‌شود.

**ایجاد خواص سطحی متنوع:** علاوه بر خواصی که گفته شد، آبکاری می‌تواند خواص متنوع دیگری را نیز در سطح یک قطعه ایجاد کند. برای مثال، به منظور ایجاد قدرت انعکاس نور در یک قطعه، آن را با نقره پوشش می‌دهند.

تحقیق کنید  
۵



در مورد کاربردهای فلزات مختلف جهت آبکاری و خواص آنها، تحقیق کنید و جدول زیر را کامل نمایید.

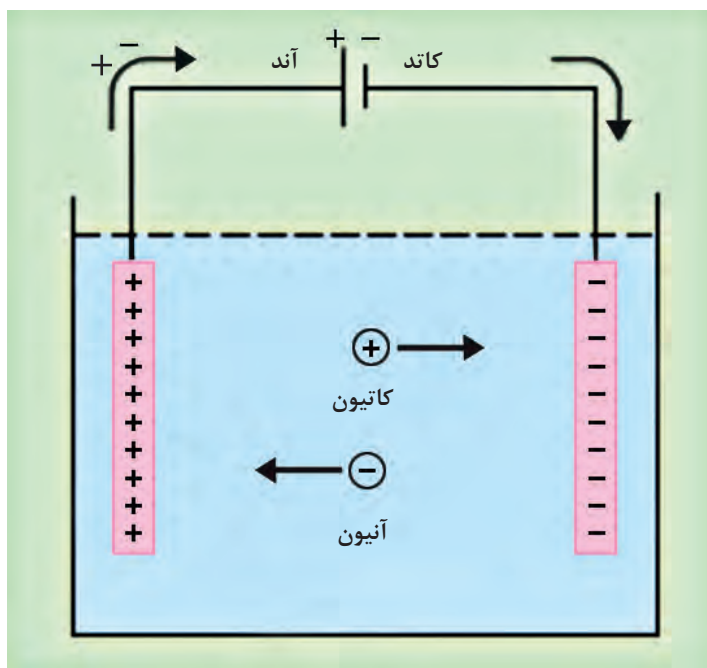
کاربردها و خواص پوشش‌های مختلف آبکاری	فلزات
	طلا
	نقره
	کروم
	نیکل
	مس
	برنج <sup>۱</sup>
	مفرغ (برنز) <sup>۲</sup>
	روی
	آلومینیم
	پلاتین
	قلع

۱- Brass Alloy. آلیاژ برنج شامل فلزات مس و روی است.

۲- Bronze Alloy. آلیاژ برنز از ترکیب مس با عناصری همچون قلع، آلومینیم، منگنز و یا فسفر تولید می‌شود و مفرغ آلیاژی از مس و قلع است.

## مبانی آبکاری

آبکاری یکی از انواع فرایندهای برقکافت است که در آن به کمک جریان الکتریسیته، واکنش‌های اکسایش و کاهش انجام می‌شود و بر اثر آن پوشش مناسب بر سطح قطعه می‌نشیند. شکل ۶، اجزای اصلی یک پیل برقکافت را به شکل ساده نشان می‌دهد. جریان برق مستقیم<sup>۱</sup> را می‌توان به کمک یک باتری یا یک سوکننده جریان برق متناوب<sup>۲</sup> تأمین کرد. تیغه‌هایی که جریان الکتریسیته را وارد محلول می‌کنند **الکتروود** نام دارند. الکترودی که به قطب مثبت باتری متصل است و در آن نیم‌واکنش «اکسایش» انجام می‌شود، **آند** نام دارد. الکترودی که به قطب منفی باتری متصل است و در آن نیم‌واکنش «کاهش» انجام می‌شود، **کاتد** نام دارد. محلولی که آند و کاتد در آن قرار گرفته‌اند و حاوی یون‌های مثبت و منفی است، **الکترولیت** نامیده می‌شود. حرکت یا به عبارت بهتر مهاجرت یون‌های مثبت و منفی به معنی عبور جریان الکتریسیته از داخل محلول است. یون‌های مثبت که به سمت کاتد مهاجرت می‌کنند، **کاتیون** و یون‌های منفی که به سمت آند مهاجرت می‌کنند، **آنیون** نام دارند.

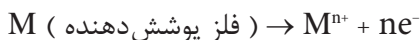


شکل ۶- اجزای اصلی یک پیل برقکافت، یون‌های مثبت (کاتیون‌ها) به سمت کاتد و یون‌های منفی (آنیون‌ها) به سمت آند مهاجرت می‌کنند.

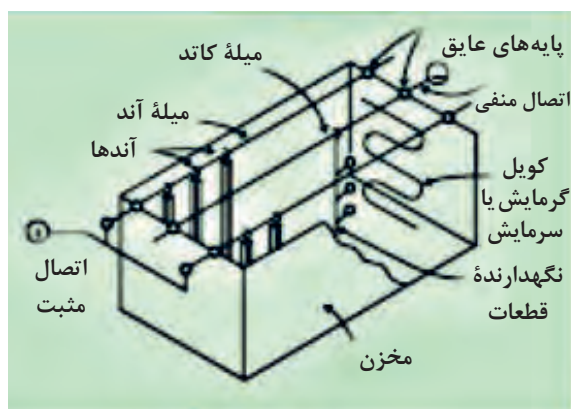
۱- DC: Direct Current

۲- AC: Alternative Current

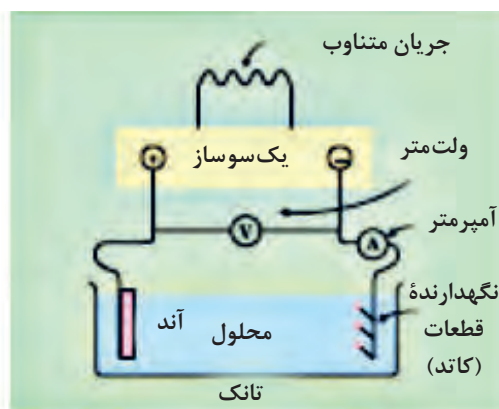
شکل های ۷ طرح کلی یک دستگاه آبکاری و مخزن آن را نشان می دهند. در عملیات آبکاری، فلز پوشش دهنده در موقعیت آند قرار می گیرد. در آند نیم واکنش اکسایش، غالباً به شکل حل شدن آند انجام می شود:



قطعه ای که باید پوشش داده شود و به آن «قطعه کار» یا «کار» می گویند، در موقعیت کاتد قرار می گیرد. در کاتد نیم واکنش کاهش به شکل رسوب فلز بر سطح قطعه کار انجام می شود:



(ب)



(الف)

شکل ۷- الف) طرحی از اجزای اصلی یک دستگاه آبکاری، ب) طرحی از مخزن آبکاری و قسمت های مختلف آن

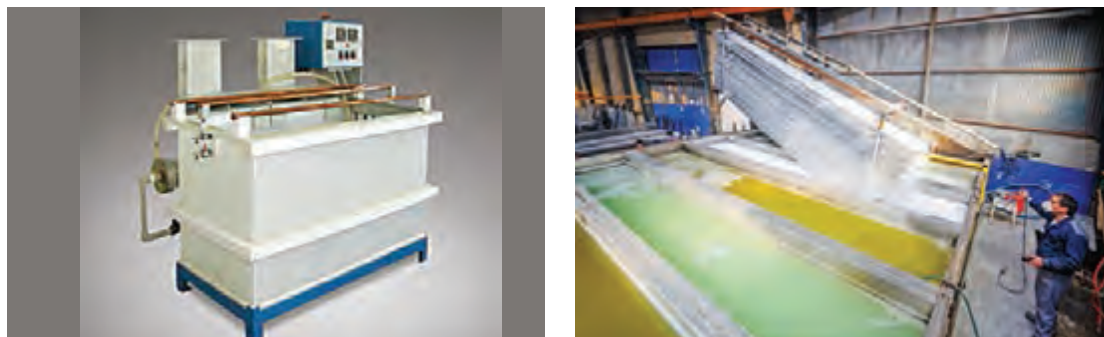


پ) نمونه های صنعتی مخزن آبکاری

ممکن است لازم باشد عملیات آبکاری در یک دمای خاص انجام شود. به همین دلیل دمای مورد نیاز توسط یک گرمکن برقی که در داخل محلول الکترولیت قرار می گیرد، تأمین می شود (شکل ۷- ب).



همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، سه میله از جنس مس در بالای مخزن بر روی پایه‌های عایق قرار گرفته‌اند. دو میله کناری که به قطب مثبت وصل شده‌اند، میله‌های آندی نام دارند. آندها توسط قلاب‌هایی رسانا به این میله‌ها آویزان می‌شوند. میله وسط که به قطب منفی وصل شده است، میله کاتدی نام دارد و تعدادی نگهدارنده قطعات به آن متصل است (شکل ۸).



شکل ۸- مخزن آبکاری با میله‌های آندی و کاتدی

در سال ۱۸۸۳ میلادی مایکل فاراده که به پدر علم الکتروشیمی معروف است، براساس مشاهدات تجربی خود دو قانون مهم در مورد برقکافت به دست آورد که می‌توان نتیجه آنها را در معادله (۱) خلاصه کرد:

$$m = \frac{q}{F} \times \frac{M_w}{n} \quad \text{معادله (۱)}$$

در این معادله:

$m$ : جرم ماده‌ای است برحسب گرم، که در الکتروود موردنظر تولید می‌شود و یا از بین می‌رود.

$q$ : مقدار الکتریسیته‌ای است که از محلول یا از مذاب مورد برقکافت عبور می‌کند و برابر است با  $q = I \cdot t$

که  $I$  جریان الکتریکی برحسب آمپر و  $t$  زمان برحسب ثانیه است.

$F$ : ثابت فاراده است که بار یک مول الکترون را می‌رساند و آن برابر ۹۶۳۸۶ (تقریباً ۹۶۵۰۰) کولن است.

$M_w$ : جرم یک مول ماده موردنظر برحسب گرم است.

$n$ : تعداد مول‌های الکترون به کاررفته برای تولید یا مصرف شدن یک مول ماده موردنظر در الکتروود مربوطه است.

در عمل مقدار ماده‌ای که در یک مخزن آبکاری در کاتد رسوب می‌کند، کمتر از مقداری است که معادله

فاراده نشان می‌دهد. به همین دلیل بازده جریان، که در مورد آبکاری «بازده کاتد» نام دارد، چنین تعریف

می‌شود:

$$\text{بازده کاتد} = \frac{\text{جرم پوشش (واقعی)}}{\text{جرم پوشش (نظری)}} \times 100$$

منظور از جرم پوشش نظری، مقداری است که با استفاده از معادله فاراده به دست می‌آید.

### مثال ۱:

در یک مخزن آبکاری مس، اگر جریان ۱۰۰ آمپری در مدت ۱۰ دقیقه از محلول عبور کند، چند گرم بر جرم تیغه کاتد افزوده می‌شود؟ جرم اتمی مس ۶۳/۵ گرم بر مول است.

پاسخ :



$$q = I \times t = 100 \times 10 \times 60 = 6 \times 10^4 \text{ C}$$

$$m = \frac{q}{F} \times \frac{M}{n} = \frac{6 \times 10^4}{96500} \times \frac{63.5}{2} = 19.74 \text{ g}$$

در یک مخزن آبکاری فلز روی، اگر جریان ۵۰۰ آمپری در مدت ۳۰ دقیقه از محلول عبور کند و مقدار ۲۵۰ گرم از جرم تیغه آند کاسته شود، بازده کاتدی چقدر بوده است؟

تمرین ۱



در یک مخزن آبکاری مس، جریان ۱۵ آمپر از داخل محلول مس سولفات به مدت ۱۰ دقیقه عبور می‌کند. اگر بازده کاتد ۱۰۰٪ باشد،  
 الف) چه جرمی از فلز مس بر روی قطعاتی که در کاتد قرار گرفته‌اند، می‌نشیند؟  
 جرم اتمی مس برابر ۶۳/۵ گرم بر مول است.  
 ب) اگر مجموع سطح آبکاری شده ۱۵۰۰ سانتی‌متر مربع باشد، ضخامت لایه مسی که بر روی قطعات نشسته است، به طور متوسط چقدر است؟ چگالی مس ۸/۹۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب است.

تمرین ۲



### پتانسیل کاهش:

یکی دیگر از عواملی که در فرایندهای برقکافت، از جمله آبکاری نقش دارد، پتانسیل کاهش فلزات مختلف است. پتانسیل کاهش یک فلز عبارت است از توانایی یون آن فلز در گرفتن الکترون و تبدیل شدن به اتم، طبق نیم‌واکنش کاهش زیر است.



پتانسیل کاهش بر حسب ولت  $E =$

هر چه پتانسیل کاهش یک فلز بیشتر باشد، بدان معنی است که یون آن فلز در گرفتن الکترون و انجام نیم‌واکنش کاهش و رسوب کردن در کاتد موفق‌تر است. پتانسیل کاهش یک فلز تابع عوامل مختلف از جمله غلظت یون آن فلز در محلول و دمای محلول است. جدول (۲) پتانسیل کاهش استاندارد ( $E^{\circ}$ ) را برای برخی از فلزات نشان می‌دهد. منظور از کلمه استاندارد آن است که دمای محلول  $25^{\circ}\text{C}$  و غلظت یون فلز در داخل

محلول آبی برابر یک مولار (مول بر لیتر) است. به کمک این جدول می‌توان فهمید که در شرایط استاندارد کدام فلز پتانسیل کاهش بزرگ‌تری دارد و آسان‌تر در سطح کاتد (قطعه کار) رسوب می‌کند.

جدول ۲- پتانسیل کاهش برخی فلزات مشهور

نیم واکنش	$\varepsilon$ (V)	نیم واکنش	$\varepsilon$ (V)
$F_2 + 2e^- \rightarrow 2F^-$	۲٫۸۷	$O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$	۰٫۴۰
$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$	۱٫۹۹	$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$	۰٫۳۴
$Co^{2+} + e^- \rightarrow Co^+$	۱٫۸۲	$Hg_2Cl_2 + 2e^- \rightarrow 2Hg + 2Cl^-$	۰٫۲۷
$H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow 2H_2O$	۱٫۷۸	$AgCl + e^- \rightarrow Ag + Cl^-$	۰٫۲۲
$Ce^{4+} + e^- \rightarrow Ce^{3+}$	۱٫۷۰	$SO_4^{2-} + 4H^+ + 2e^- \rightarrow H_2SO_3 + H_2O$	۰٫۲۰
$PbO_2 + 4H^+ + SO_4^{2-} + 2e^- \rightarrow PbSO_4 + 2H_2O$	۱٫۶۹	$Cu^+ + e^- \rightarrow Cu$	۰٫۱۶
$MnO_4^- + 4H^+ + 3e^- \rightarrow MnO_2 + 2H_2O$	۱٫۶۸	<b><math>2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2</math></b>	<b>۰٫۰۰</b>
$2e^- + 2H^+ + IO_3^- \rightarrow IO_4^- + H_2O$	۱٫۶۰	$Fe^{3+} + 3e^- \rightarrow Fe$	-۰٫۰۳۶
$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$	۱٫۵۱	$Pb^{2+} + 2e^- \rightarrow Pb$	-۰٫۱۳
$Au^{3+} + 3e^- \rightarrow Au$	۱٫۵۰	$Sn^{2+} + 2e^- \rightarrow Sn$	-۰٫۱۴
$PbO_2 + 4H^+ + 2e^- \rightarrow Pb^{2+} + 2H_2O$	۱٫۴۶	$Ni^{2+} + 2e^- \rightarrow Ni$	-۰٫۲۳
$Cl_2 + 2e^- \rightarrow 2Cl^-$	۱٫۳۶	$PbSO_4 + 2e^- \rightarrow Pb + SO_4^{2-}$	-۰٫۳۵
$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$	۱٫۳۳	$Cd^{2+} + 2e^- \rightarrow Cd$	-۰٫۴۰
$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$	۱٫۲۳	$Fe^{2+} + 2e^- \rightarrow Fe$	-۰٫۴۴
$MnO_4^- + 4H^+ + 2e^- \rightarrow Mn^{2+} + 2H_2O$	۱٫۲۱	$Cr^{3+} + e^- \rightarrow Cr^{2+}$	-۰٫۵۰
$IO_3^- + 6H^+ + 5e^- \rightarrow I_2 + 3H_2O$	۱٫۲۰	$Cr^{3+} + 3e^- \rightarrow Cr$	-۰٫۷۳
$Br_2 + 2e^- \rightarrow 2Br^-$	۱٫۰۹	$Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn$	-۰٫۷۶
$VO_2^+ + 2H^+ + e^- \rightarrow VO^{2+} + H_2O$	۱٫۰۰	$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$	-۰٫۸۳
$AuCl_4^- + 3e^- \rightarrow Au + 4Cl^-$	۰٫۹۹	$Mn^{2+} + 2e^- \rightarrow Mn$	-۱٫۱۸
$NO_3^- + 4H^+ + 3e^- \rightarrow NO + 2H_2O$	۰٫۹۶	$Al^{3+} + 3e^- \rightarrow Al$	-۱٫۶۶
$ClO_2 + e^- \rightarrow ClO_2^-$	۰٫۹۵۴	$H_2 + 2e^- \rightarrow 2H^-$	-۲٫۲۳
$2Hg^{2+} + 2e^- \rightarrow Hg_2^{2+}$	۰٫۹۱	$Mg^{2+} + 2e^- \rightarrow 2H$	-۲٫۳۷
$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$	۰٫۸۰	$La^{3+} + 3e^- \rightarrow La$	-۲٫۳۷
$Hg_2^{2+} + 2e^- \rightarrow 2Hg$	۰٫۸۰	$Na^+ + e^- \rightarrow Na$	-۲٫۷۱
$Fe^{2+} + e^- \rightarrow Fe^+$	۰٫۷۷	$Ca^{2+} + 2e^- \rightarrow Ca$	-۲٫۷۶
$O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O_2$	۰٫۶۸	$Ba^{2+} + 2e^- \rightarrow Ba$	-۲٫۹۰
$MnO_4^- + e^- \rightarrow MnO_4^{2-}$	۰٫۵۶	$K^+ + e^- \rightarrow K$	-۲٫۹۲
$I_2 + 2e^- \rightarrow 2I^-$	۰٫۵۴	$Li^+ + e^- \rightarrow Li$	-۳٫۰۵
$Cu^+ + e^- \rightarrow Cu$	۰٫۵۲		

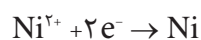
## مثال ۲:

در یک عملیات آبکاری که در شرایط استاندارد (دمای  $25^\circ C$  و غلظت یک مولار یون‌ها) انجام می‌شود، یون‌های پتاسیم و نیکل هر دو در حمام آبکاری حضور دارند و به سمت کاتد مهاجرت می‌کنند. سطح قطعه کار با کدام فلز پوشش داده خواهد شد؟

پاسخ: از جدول ۲ داریم:



$$E^\circ = -2/92v$$



$$E^\circ = -0/23v$$

پتانسیل یا به عبارتی توانایی کاهش نیکل، بیشتر از پتاسیم است؛ بنابراین در میدان رقابت برای گرفتن الکترون، کاتیون نیکل نسبت به کاتیون پتاسیم پیروز است؛ یعنی سطح قطعه کار با نیکل پوشیده خواهد شد. با وجود این، تجربه عملی نشان داده است که حضور یون‌های سدیم و پتاسیم در آبکاری نیکل اثر نامطلوب بر کیفیت پوشش می‌گذارد. برای به دست آوردن پتانسیل کاهش در غلظت C و دمای  $25^{\circ}\text{C}$  از معادله ساده شده نرنست<sup>۱</sup> استفاده می‌شود، که در آن:

$$E = E^{\circ} + \frac{0.059}{n} \log C$$

E: پتانسیل کاهش در غلظت C و دمای  $25^{\circ}\text{C}$

$E^{\circ}$ : پتانسیل کاهش استاندارد

C: غلظت محلول بر حسب مولار

n: تغییر عدد اکسایش است.

### مثال ۳:

پتانسیل کاهش مس در یک محلول ۰/۱ مولار و دمای  $25^{\circ}\text{C}$  چقدر است؟

### پاسخ:

به کمک جدول ۲ می‌توان دریافت که پتانسیل کاهش استاندارد مس برابر ۰/۳۴ ولت و تغییر عدد اکسایش مس برابر ۲+ است. بنابراین با جاگذاری این اعداد در معادله ساده شده نرنست داریم:

$$E = 0.34 + \frac{0.059}{2} \log 0.1 = 0.31 \text{ V}$$

پتانسیل کاهش یون‌های نیکل و کروم، در دمای  $25^{\circ}\text{C}$  با غلظت‌های زیر، چند ولت است؟  
الف) محلول نیکل ( $\text{Ni}^{2+}$ ) با غلظت ۰/۰۱ مولار  
ب) محلول کروم ( $\text{Cr}^{3+}$ ) با غلظت ۰/۱ مولار

تمرین ۳



## قسمت‌های مختلف دستگاه آبکاری

یک دستگاه آبکاری از چهار بخش اصلی تشکیل شده است:

- ۱ مدار خارجی جریان مستقیم
- ۲ الکتروود کاتد
- ۳ الکتروود آند
- ۴ محلول آبکاری

**مدار خارجی:** معمولاً انرژی الکتریکی که در اختیار کارگاه‌های آبکاری قرار می‌گیرد به شکل جریان متناوب با فرکانس ۶۰ هرتز و شدت جریان ۱۵ تا ۳۰ آمپر است. معمولاً نمی‌توان در آبکاری از چنین انرژی الکتریکی استفاده کرد و باید آن را به جریان مستقیم با ولتاژی به مراتب کمتر از ۲۲۰ ولت و شدت جریانی به مراتب بیشتر از ۳۰ آمپر تبدیل کرد.

۱- Nernst Equation

برای تبدیل جریان متناوب به جریان مستقیم راه‌های مختلفی وجود دارد. یکی از این راه‌ها استفاده از یک سوسازهای جریان برق است. در کارگاه‌های آبکاری برای این منظور از دستگاه یک‌رکتیفایر<sup>۱</sup> استفاده می‌شود. طرز کار رکتیفایرها به این شرح است که وقتی جریان متناوب به داخل آنها وارد می‌شود، عبور جریان در یک جهت امکان‌پذیر است، ولی در جهت مخالف با مقاومت زیادی روبه‌رو خواهد شد؛ بدین ترتیب جریان متناوب به جریان مستقیم تبدیل می‌شود. شکل ۹ دو نوع یک‌سوساز جریان برق را نشان می‌دهد.



ب



الف

شکل ۹- (الف) دستگاه یک‌سوساز در کارگاه آبکاری (رکتیفایر) (ب) یک‌سوساز جریان برق

هزینه برق مصرفی در یک فرایند آبکاری را بر مبنای انرژی الکتریکی مصرف شده بر حسب کیلووات‌ساعت (KWh) محاسبه می‌کنند:

$$W(\text{kWh}) = P(\text{kW}) \times t(\text{h})$$

در معادله داده شده  $W$  انرژی الکتریکی مصرف شده،  $P$  توان مصرفی دستگاه بر حسب کیلووات و  $t$  زمان آبکاری بر حسب ساعت است.

ولتاژی که در دو سر یک تانک آبکاری اعمال می‌شود، باید از اختلاف پتانسیل میان دو نیم‌واکنش اکسایش و کاهش بیشتر باشد. اگر ولتاژ اعمال شده کمتر از این حد باشد، آبکاری انجام نمی‌شود و اگر خیلی بیشتر از این حد باشد، مقاومت محلول افزایش می‌یابد و سبب اتلاف انرژی می‌شود. طبق قانون کولن و معادله  $q=I.t$  هر قدر شدت جریان بیشتر باشد، جرم فلز رسوب کرده در مدت زمان معین بیشتر خواهد بود. اما نکته مهم آن است که افزایش شدت جریان دارای محدودیت است. شدت جریانی که با آن سرعت رسوب کردن یون‌های فلزی به بیشترین مقدار می‌رسد، «شدت جریان حد<sup>۲</sup>» نام دارد. هنگامی که دستگاه آبکاری با شدت جریان حد یا بیشتر از آن کار می‌کند، رسوب مرغوب به دست نمی‌آید و پوشش ایجاد شده پودری شکل یا اسفنجی شکل و تیره‌رنگ خواهد بود که در اصطلاح می‌گویند پوشش سوخته است.

بیشتر بدانید



۱- Rectifier

۲- Limiting Current

نکته

معمولاً در عملیات آبکاری به جای شدت جریان (I، آمپر) از چگالی جریان  $(\frac{I}{S})$ ، آمپر بر واحد سطح) نام می‌برند.



### کاتد یا قطعه کار:

به قطعه‌ای که باید آبکاری شود، «قطعه کار» یا «کار» می‌گویند. چنانچه قطعه کار یک نارسانا باشد، لازم است پیش از اجرای عملیات آبکاری سطح آن با یک لایه رسانای الکتریسیته پوشیده شود. مهم‌ترین روش‌های ایجاد پوشش رسانا در سطح نافلزات عبارت‌اند از:

- ذوب کردن پودر فلز در سطح جسم
  - غوطه‌ور کردن قطعه در فلز مذاب
  - انجام دادن واکنش شیمیایی در سطح قطعه به منظور رسوب دادن فلز
- با استفاده از این روش‌ها می‌توان سطح بسیاری از قطعات شیشه‌ای، چوبی، سرامیکی و پلاستیکی را با فلزات مختلف پوشاند.

نکته

به‌طور کلی در کاتد واکنشی انجام می‌شود که پتانسیل کاهش بزرگ‌تری دارد. اگر اختلاف پتانسیل اعمال شده به حمام آنقدر بود که در گستره پتانسیل دو یا چند یون باشد، آنها، به‌طور همزمان در کاتد رسوب می‌کنند.



پرسش ۲

چرا نمی‌توان به کمک آبکاری، یک لایه از فلز آلومینیم را از محلول آبی بر سطح یک قطعه نشانده؟ (با مراجعه به جدول ۲ پاسخ صحیح را بیان کنید.)



### آند:

آند غالباً از جنس فلز پوشش‌دهنده است و با حل شدن خود، یون‌های مورد نیاز محلول را تأمین می‌کند. گاهی آند فقط نقش هدایت‌کننده الکتریسیته به داخل محلول را دارد. در این حالت کافی است آند رسانا باشد و لازم نیست از جنس فلز پوشش‌دهنده ساخته شود.

بنابراین آند در عملیات آبکاری دو نقش اساسی دارد:

- ۱- آند خنثی<sup>۱</sup>: تکمیل مدار الکتریکی و رسانایی الکتریسیته به داخل محلول آبکاری
- ۲- آند حل‌شونده یا فعال<sup>۲</sup>: تأمین یون‌های فلز پوشش‌دهنده

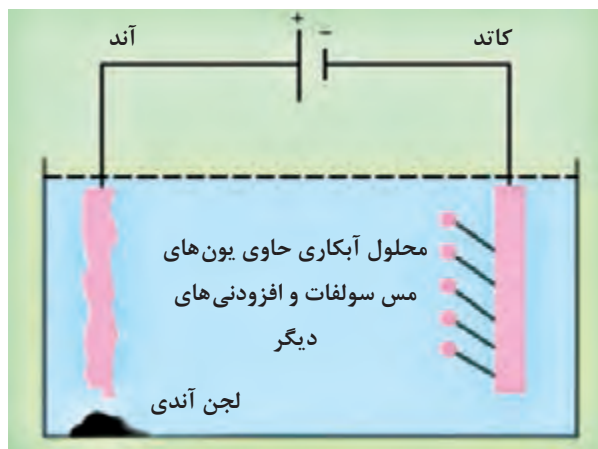
در اغلب فرایندهای آبکاری، یون‌های فلزی که در کاتد رسوب می‌کند، با حل شدن آند (که از جنس فلز پوشش‌دهنده است) تأمین می‌شود. شکل ۱۰ حل شدن آند و رسوب کردن مس را در آبکاری مس نشان می‌دهد.

۱- Current Density

۲- Work

۳- Inert Anode

۴- Active Anode



شکل ۱۰- حمام آبکاری مس

## محلول آبکاری

محلولی است آبی، حاوی یون‌های فلز پوشش‌دهنده که اصطلاحاً به آن «حمام آبکاری» می‌گویند. محلول آبکاری محلولی است که از اجزای مختلف تشکیل شده است. هر کدام از اجزای سازنده حمام آبکاری خاصیت یا خواص معینی را در آن ایجاد می‌کنند. مواد سازنده یک حمام آبکاری باید دارای ویژگی‌های زیر باشد: الف) یون‌های فلز پوشش‌دهنده را در خود داشته باشد. ب) موادی داشته باشد که با یون‌های فلز پوشش‌دهنده کمپلکس تشکیل دهند. برای مثال، یون سیانید (CN)<sup>-</sup> و اتیلن‌دی‌آمین‌ترا استات (EDTA) یکی از مهم‌ترین عوامل کمپلکس‌ساز هستند.

به دلیل سمی بودن یون سیانید و آلودگی محیط‌زیست توسط آن، اغلب استفاده از EDTA ترجیح داده می‌شود.

نکته ایمنی



پ) محلول آبکاری باید رسانایی الکتریکی کافی داشته باشد. ت) محلول آبکاری باید پایدار باشد. برای مثال، اغلب فلزات نمک‌هایی دارند که در واکنش آبکافت شرکت نموده و رسوب تولید می‌کنند. برای جلوگیری از انجام‌شدن چنین واکنش‌هایی، به محلول آبکاری مواد پایدارکننده اضافه می‌کنند. ث) pH محلول آبکاری باید ثابت باشد. تنظیم pH در حمام‌های آبکاری در کیفیت پوشش تأثیر دارد. به همین دلیل استفاده از محلول‌های بافر در حمام‌های آبکاری متداول است. ج) موادی داشته باشند که شکل فیزیکی پوشش را اصلاح کند. با عبور جریان مستقیم از داخل محلول، یون‌های فلز پوشش‌دهنده بر روی کاتد می‌نشینند و در حالت عادی، کیفیت چنین رسوبی نامطلوب است؛ یعنی ناصاف است و پستی و بلندی‌های زیادی دارد، و چسبندگی مطلوب را نیز ندارد. به منظور اصلاح شکل و خواص فیزیکی پوشش، از افزودنی‌های مختلف در حمام آبکاری استفاده می‌شود. برای مثال، مواد بهبوددهنده سطح<sup>۱</sup>، ناصافی‌های پوشش را از بین می‌برد. مواد براق‌کننده<sup>۲</sup> (برآقی) جلای پوشش را افزایش می‌دهند و مواد مرطوب‌کننده (کفی) از حفره‌دار شدن پوشش جلوگیری می‌کند.

۱- Plating Bath

۲- Improvers

۳- Brightener

چ) موادی داشته باشد که به حل شدن آند کمک کند. در شرایطی که آند فعال است، انتظار می‌رود که بتواند یون‌های مصرف‌شده در کاتد را جایگزین کند و ترکیب حمام را ثابت نگه دارد. در مورد بعضی از فلزات همان‌طوری که قبلاً اشاره شد، احتمال دارد لایه‌های نازک نامحلول نظیر اکسید سطح فلز را بپوشاند و باعث کم اثر شدن<sup>۱</sup> آن شود. در این نوع حمام‌ها موادی اضافه می‌کنند تا از وقوع چنین مشکلی جلوگیری شود. در آبکاری نیکل، یون‌های کلر چنین نقشی را ایفا می‌کنند.

نکته

حمام آبکاری نیکل نیاز به برآقی نیکل دارد، ولی حمام آبکاری کروم نیازمند این نوع افزودنی نیست، زیرا کروم جلا و درخشندگی لازم را دارد.



## آبکاری مس

با ایجاد تغییرات فراوان در ترکیبات محلول‌های آبکاری می‌توان پوشش‌های متنوعی با خواص گسترده به‌دست آورد. پوشش مس یکی از مرسوم‌ترین و پرمصرف‌ترین پوشش‌های الکتریکی بر روی فلزات است که به‌سادگی قابل اجرا می‌باشد. فلز مس به‌دلیل قابلیت رسانایی الکتریکی بسیار بالا و چسبندگی خوب به سایر فلزات به‌عنوان زیرکار برای پوشش‌هایی که چسبندگی کمتری روی سطوح فلزی دارند، به کار می‌رود. همچنین به‌منظور افزایش رسانایی الکتریکی در سطوحی که در برابر جریان الکتریکی به هنگام آبکاری مقاومت بیشتری نشان می‌دهند، به کار می‌رود. این نوع آبکاری علاوه بر مصرف بسیار گسترده در صنایعی مانند صنایع الکتریکی و الکترونیکی، کاربردهای تزئینی فراوانی دارد که «سیاه‌قلم مس» یکی از معروف‌ترین آنها است.

تحقیق کنید  
۶

در مورد روش «سیاه قلم مس» تحقیق کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.



کیفیت اجرای عملیات آبکاری به چهار عامل اساسی وابسته است:

۱ غلظت فلز مورد آبکاری

۲ دمای محلول آبکاری

۳ pH محلول آبکاری

۴ به هم زدن محلول هنگام کار

محلول‌های آبکاری مس به انواع مختلف اسیدی و قلیایی تقسیم‌بندی می‌شوند. ترکیب زیر مربوط به یک نوع آبکاری برآق مس از نوع اسیدی می‌باشد ترکیب این وان به نام «بی‌ور<sup>۲</sup>» معروف است.

ترکیب وان «بی‌ور»:

مس سولفات ۲۱۰ گرم در لیتر

سولفوریک اسید ۶۰ گرم در لیتر

تیواوره ۰/۰۰۹۸ گرم در لیتر

دکسترین ۰/۰۰۹۸ گرم در لیتر

هیدروکلریک اسید ۰/۰۱۲ گرم در لیتر



شرایط عمل:

ولتاژ

۱-۴۷

$$2/16-5/4 \frac{A}{dm^2}$$

چگالی جریان (بدون هم زدن)

$$10/8-21/6 \frac{A}{dm^2}$$

چگالی جریان (در حال به هم زدن)

۲۲ - ۲۵°C

دما

آند مسی حل شونده که می توان استفاده کرد، عبارت است از مس خالص حاصل از برقکافت به صورت غلتک کاری شده و یا ریختگی. این نوع آند باید با چگالی جریانی کمتر از  $4/9 \frac{A}{dm^2}$  و بدون به هم زدن محلول استفاده شود.

## فعالیت عملی ۶



### آبکاری مس روی قطعات آهنی

مواد و وسایل لازم	
مس سولفات	نمونه های آهنی ۴ عدد
سولفوریک اسید	مخزن آبکاری
هیدروکلریک اسید	منبع جریان برق مستقیم
تیواوره	آند مسی حل شونده
دکسترین	دماسنج
	ذره بین با بزرگ نمایی ۱۰
	گیره سوسماری و سیم های رابط
	بشر یک لیتری و دو لیتری
	همزن شیشه ای
	گرم کن برقی

روش کار: محلول آبکاری را برابر حجمی معادل  $\frac{2}{3}$  حجم مخزن آبکاری و با ترکیب وان «بی‌ور» تهیه کنید و گرمکن آن را در حدود ۲۵°C تنظیم کنید.

ساخت محلول و آماده‌سازی مخزن آبکاری: در یک بشر با حجم مناسب مقداری آب مقطر، معادل نصف حجم محلول نهایی آبکاری، بریزید و با رعایت اصول ایمنی و در حال هم زدن، به آرامی سولفوریک اسید را اضافه کنید. بعد از حل شدن کامل اسید، مس سولفات توزین شده را در محلول حل کنید، سپس تیواوره، دکسترین و هیدروکلریک اسید را اضافه کنید و با آب مقطر حجم محلول را به میزان نهایی برسانید و در مخزن آبکاری بریزید. به طوری که  $\frac{2}{3}$  حجم مخزن را پر کند. دمای گرمکن را تنظیم کنید و آند مسی را در قطب مثبت به کمک سیم مخصوص ضد زنگ ببندید و آماده کار شوید.

### آماده‌سازی قطعات آهنی و انجام دادن فرایند آبکاری:

- ۱ هر چهار قطعه را با حلال‌های آلی و سپس با استفاده از محلول‌های قلیایی چربی‌گیری کنید.
- ۲ پس از چربی‌گیری، اسیدشویی کنید و آنها را بلافاصله با آب جاری بشوید؛ به طوری که فرصت زنگ‌زدگی سطحی نکنند و سپس آنها را با روش آب داغ خشک کنید.
- ۳ قطعه‌ها را در قطب منفی (کاتد) و فلز مسی را در قطب مثبت (آند) ببندید.
- ۴ منبع جریان برق مستقیم را روشن کنید. چگالی جریان را به کمک محاسبات مساحت قطعه کار، با تغییر ولتاژ و جریان، تحت کنترل داشته باشید. شایان ذکر است که چگالی جریان را در محدوده  $\frac{A}{dm^2} / 4/9$  نگه دارید و محلول را به هم نزنید.
- ۵ قطعه اول را پس از ۵ دقیقه، دومی را بعد از ۱۰ دقیقه، سومی را پس از ۲۰ دقیقه و چهارمی را پس از نیم ساعت از محلول خارج کنید.
- ۶ قطعات را پس از آبکاری با آب بشوید و از نظر کیفیت پوشش ایجاد شده بررسی قرار کنید.

### چسبندگی و انعطاف پذیری پوشش:

از قطعه‌های آبکاری شده برای ارزیابی میزان چسبندگی و انعطاف پذیری پوشش ایجاد شده استفاده کنید.

#### روش کار:

- ۱ یک سر هر قطعه را بین دو تکه چوب در میان یک گیره کارگاهی محکم کنید و به آرامی شروع به خم کردن آن نمایید تا به زاویه ۹۰ درجه برسد. کیفیت پوشش را در محل خمش از نظر پوسته شدن، انعطاف پذیری و چسبندگی به کمک ذره بین با بزرگنمایی ۱۰ بررسی کنید.
- ۲ با ادامه عمل خمش به زاویه ۴۵ درجه برسید و کلیه بررسی‌ها را شبیه ۹۰ درجه برای این مرحله نیز انجام دهید و در جدول ۳ ثبت کنید.

### جدول ۳- بررسی کیفیت پوشش قطعات آبکاری شده با فلز مس

قطعه ۴		قطعه ۳		قطعه ۲		قطعه ۱		زاویه (درجه)
چسبندگی	انعطاف پذیری	پوسته شدن	چسبندگی	انعطاف پذیری	پوسته شدن	چسبندگی	انعطاف پذیری	
								۹۰
								۴۵



## آبکاری نیکل روی قطعات آهنی

مواد و وسایل لازم	
نیکل کلرید	نمونه‌های آهنی ۴ عدد
نیکل سولفات	مخزن آبکاری
بوریک اسید	یک سوکننده جریان برق
همزن شیشه‌ای	گرمکن برقی
بشر یک لیتری و دو لیتری	دماسنج
آند از جنس نیکل	ذره‌بین با بزرگ‌نمایی ۱۰
	گیره سوسماری و سیم‌های رابط

پوشش نیکل همانقدر که به عنوان یک پوشش صنعتی مفید است، به صورت یک لایه تزئینی نیز زیبا و قابل استفاده است، ولی هدف اصلی از ایجاد پوشش نیکل بهره‌گیری صنعتی از خواص این فلز است. یکی از مرسوم‌ترین انواع آبکاری نیکل «وات<sup>۱</sup>» نام دارد که در دو نوع pH پایین و pH بالا مورد استفاده می‌شود. در ادامه ترکیب و مشخصات روش آبکاری با pH پایین ارائه می‌شود. در این روش پوشش مات نیکل بوجود می‌آید.

## ترکیب محلول آبکاری نیکل از نوع وات با pH پایین:

نیکل سولفات	۳۳۰ گرم در لیتر
نیکل کلرید	۴۵ گرم در لیتر
بوریک اسید	۳۷/۵ گرم در لیتر

این محلول در گسترده pH ۵/۵ - ۴/۵ و در دمای ۶۰-۴۶ درجه سلسیوس و جریانی با چگالی ۱۰/۸-۲/۷ آمپر بر دسی مترمربع عمل می‌کند. pH محلول با افزودن بوریک اسید و چگالی جریان با تغییر ولتاژ و شدت جریان در گسترده معین ثابت نگه داشته شود.

## تهیه محلول آبکاری:

## روش کار:

با توجه به حجم مخزن آبکاری باید محلول مورد نیاز را به مقداری تهیه کنید که معادل  $\frac{3}{4}$  حجم مخزن را پر کند. لذا مواد مورد نیاز برای تهیه محلول آبکاری نیکل با pH پایین را برای حجم معین وزن کنید. حال در یک بشر به میزان نصف یا سه چهارم حجم محلول مورد نیاز، آب مقطر بریزید و روی گرمکن برقی تا دمای ۵۰°C گرم کنید و بوریک اسید را در آن حل نمایید. بعد از حل شدن کامل اسید، دو نمک دیگر را نیز به طور

۱-Watts

کامل در محلول حل کنید و به هم بزنید (هیچ نمک نامحلولی نباید در ظرف دیده شود) در حالی که محلول روی گرمکن است، به تدریج در حال هم زدن، آب مقطر گرم به آن اضافه کنید تا به حجم مورد نیاز برای آبکاری برسد. حال محلول را در مخزن بریزید و درجه گرمکن را روی  $50-55^{\circ}\text{C}$  تنظیم کنید، مقدار دما را با استفاده از دماسنج مخزن مشاهده و کنترل نمایید. محلول آبکاری آماده کار است.

- ۱ هر چهار قطعه آهنی را که در مرحله آماده سازی تمیز کرده اید، را از خشکانه بردارید.
- ۲ ابتدا عمل چربی گیری آلی و چربی گیری قلیایی، سپس اسیدشویی (با یکی از روش های معرفی شده) و عمل حکاکی شیمیایی را انجام دهید و در پایان هر مرحله قطعه ها با آب شست و شو دهید و خشک کنید.
- ۳ قطعات آهنی آماده شده را بلافاصله به کمک سیم و گیره های مخصوص به قطب منفی یا کاتد، و تکه های نیکل را در آنند یا قطب مثبت ببندید.
- ۴ دستگاه مولد برق مستقیم را روشن کنید و کلید ولتاژ دستگاه را به تدریج افزایش دهید تا حباب های بسیار ریز به آرامی از سطح آنند آزاد شوند. برای بهبود نتیجه کار در همین حال میزان جریان را روی آمپر متر بخوانید و سطح قطعه را بر حسب دسی متر مربع حساب کنید و با تقسیم مقدار جریانی که آمپر متر نشان می دهد، بر مساحت سطحی از قطعه که در محلول است، می توانید چگالی جریان را محاسبه کنید. اگر در گستره  $10/8-2/7$  نبود، با کمک تغییر ولتاژ و جریان به این گستره از چگالی جریان وارد شوید.
- ۵ توجه داشته باشید که ممکن است با گذشت زمان عوامل تعیین کننده وضعیت آبکاری تغییر کنند که این عوامل عبارت اند از: pH، دمای محلول، چگالی جریان. با هم زدن محلول از تغییرات دمایی و غلظت موضعی جلوگیری کنید. pH محلول را هر ده دقیقه اندازه گیری کنید و در صورت نیاز به کمک بوریک اسید تنظیم نمایید.
- ۶ یک قطعه را به مدت ۵ دقیقه، ۲ عدد دیگر را ۱۰ دقیقه و آخری را ۲۰ دقیقه آبکاری کنید. بعد از تمام شدن کار و شست و شوی قطعات، آنها را خشک کنید و شکل ظاهری و کیفیت پوسته شدن احتمالی پوشش را برای کلیه قطعات به کمک ذره بین بررسی کنید و نتایج را در جدول ۴ ثبت نمایید.

جدول ۴- بررسی کیفیت پوشش قطعات آبکاری شده با فلز نیکل

قطعه ۲۰ دقیقه ای		قطعه ۱۰ دقیقه ای			قطعه ۵ دقیقه ای			زاویه (درجه)
چسبندگی	انعطاف پذیری	پوسته شدن	چسبندگی	انعطاف پذیری	پوسته شدن	چسبندگی	انعطاف پذیری	
								۹۰
								۴۵

### نکته های ایمنی در صنعت آبکاری

✓ برای جلوگیری از هرگونه آسیب افرادی که با مواد شیمیایی کار می کنند، باید از وسایل حفاظت شخصی مانند روپوش مناسب، کفش، دستکش مخصوص، عینک، ماسک استفاده کنید (شکل ۱۱).

- ✓ نصب دوش و چشم‌شوی آزمایشگاهی در کارگاه آبکاری ضروری است.
- ✓ در کارگاه آبکاری بایستی برای خروج مواد زاید، از دودکشی با جنس مقاوم در برابر خوردگی استفاده شود.



شکل ۱۱- تجهیزات ایمنی ضروری به منظور فرایند آبکاری

مقوله محیط زیست از موارد مورد توجه در توسعه پایدار هر کشور محسوب می‌شود. از طرف دیگر صنعت آبکاری علی‌رغم کاربرد گسترده آن در زندگی روزمره و صنایع گوناگون، از جمله اصلی‌ترین صنایع آلوده‌کننده محیط زیست به‌شمار می‌رود. فرایندهای آبکاری از طریق آلوده کردن آب، هوا و خاک، محیط زیست را تهدید می‌کنند؛ لذا در ابتدا باید فرایندها و آلودگی‌های آن شناخته شوند و سپس راهکارهای کاهش آلودگی بررسی شود. در این راستا بهینه کردن فرایندهای رایج و یا جایگزینی روش‌های نوین، برای کاهش یا حذف آلودگی‌ها اصلی‌ترین رهیافت‌ها محسوب می‌شوند.



آلودگی زیست محیطی در کارگاه‌های آبکاری

نکات  
زیست محیطی



از جمله فعالیت‌های مناسب در راستای توجهات زیست‌محیطی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ✓ وجود یک برنامه دقیق برای تنظیم حمام‌ها به منظور پیدا کردن و تعمیر نشتی‌ها
- ✓ تعویض عایق‌های معیوب ظروف آبکاری برای جلوگیری از خارج شدن بیش از حد محلول‌ها
- ✓ نصب سینی‌هایی برای جمع‌آوری چکه‌ها
- ✓ استفاده از کمترین غلظت مواد شیمیایی درون حمام‌ها
- ✓ ایجاد فرایندهای بازیافت مواد شیمیایی و آب مورد استفاده در آبکاری برای استفاده دوباره
- ✓ پالایش حمام‌های آبکاری برای کنترل میزان آلودگی‌ها جهت افزایش عمر خدمات‌رسانی حمام‌ها
- ✓ جداسازی مواد نفتی در مواردی که غلظت مواد نفتی و روغن‌ها در پساب خام یک کارخانه بیشتر از ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر است.

در مورد صنایع وابسته به صنعت آبکاری تحقیق کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

تحقیق کنید  
۷





به نظر شما، فرایندها و پوشش های حاصل از آبکاری و رنگ چه تفاوت ها و چه شباهت هایی با یکدیگر دارند؟

رنگ و صنعت ساخت آن، تاریخ طولانی و کهن را به خود اختصاص می دهد. تاریخچه استفاده از رنگ به انسان های اولیه بر می گردد. آنها بودند که نخستین بار بر روی دیوار غارها، نقوش رنگینی را ترسیم کردند. از ساده ترین و قدیمی ترین رنگ های مورد استفاده بشر می توان مخلوط حاصل از حل شدن خاک رس رنگی در آب را نام برد. مصریان بنیان اولیه صنعت رنگ سازی و به عبارتی هنر رنگرزی و لعاب سازی بوده اند. آنها در حدود ۱۵۰۰ سال پیش از میلاد مسیح (ع) با این هنر آشنا بودند و از صمغ های گیاهی و موم در تهیه مواد رنگی استفاده می کردند. با گذشت زمان از روغن دانه های طبیعی، به عنوان رزین در ساخت رنگ استفاده شد، اما این روغن ها کاملاً پاسخگوی نیاز صنعت نبود؛ در نتیجه، رزین های مصنوعی به طور عمده جانشین روغن های طبیعی شد. در حال حاضر رنگ های بسیار متنوعی با ویژگی های خاصی تولید می شود که برای مصارف گوناگون استفاده می شود. از مهم ترین کاربرد رنگ ها می توان به حفاظت در برابر خوردگی و آسیب پذیری، مصرف تزئینی، بهداشت و پاکیزگی، افزایش صافی، برآفت و علامت گذاری اشاره کرد.

### اجزای تشکیل دهنده رنگ ها

اجزای تشکیل دهنده رنگ ها عبارت اند از:

- رنگ پایه (رزین)<sup>۱</sup>
  - رنگ دانه یا رنگینه (پیگمان)<sup>۲</sup>
  - حلال<sup>۳</sup>
  - مواد افزودنی<sup>۴</sup>
- رنگ پایه یا رزین:

رزین پایه اصلی رنگ است و سایر اجزای رنگ به وسیله آن به یکدیگر و به سطح مورد نظر می چسبند. ضمناً رزین، با تشکیل یک لایه نازک (فیلم)، بعد از خشک شدن رنگ، باعث محافظت سطوح در برابر عوامل خارجی می شود. در واقع کیفیت یک رنگ به نوع رزین آن بستگی دارد. به همین دلیل است که پوشش ها و رنگ های مختلف را بر حسب نوع رزین آنها طبقه بندی می کنند. واکنش تبدیل رنگ تر به یک فیلم جامد را که منحصراً به رزین مربوط می شود، خشک شدن می گویند.

در مورد روش های مختلف خشک شدن رنگ ها تحقیق کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.



پوشش‌ها و رنگ‌های مختلف را بر حسب نوع رزین آن طبقه‌بندی می‌کنند. رزین‌های مصرفی در رنگ‌ها به دو دسته کلی تقسیم‌بندی می‌شوند:

**الف) رزین‌های طبیعی:** این رزین‌ها اغلب از صمغ و شیرۀ درختان مختلف به دست می‌آید.

بیشتر بدانید



معروف‌ترین رزین‌های طبیعی عبارت‌اند از:

– **رزین کوپال<sup>۱</sup>:** از درختی به همین نام (در افریقا و فیلیپین) به دست می‌آید.

– **رزین شلاک<sup>۲</sup>:** از بزاق حشراتی که ما بین شاخه‌های درختان شلاک در هندوستان زندگی می‌کنند، به دست می‌آید.

– **رزین دامار<sup>۳</sup>:** از درختی در مالزی و سومالی تهیه می‌شود.

– **رزین کلوفان<sup>۴</sup> (رزین):** از شیرۀ درخت کاج به دست می‌آید. باقی‌مانده تقطیر چوب درخت کاج (که برای تهیه روغن تراننتین صورت می‌گیرد) رزین کلوفان یا رزین نام دارد.

– **صمغ‌ها و رزین‌های نفتی:** مواد باقی‌مانده از تقطیر نفت خام را شامل می‌شود.

**ب) رزین‌های مصنوعی:** این رزین‌ها که امروزه به شیوه‌های مختلف تهیه می‌شوند عبارت‌اند از: رزین‌های آلکید، پلی‌استر فنولی، اپوکسی، پلی‌اورتان، اپوکسی‌استر، کلروکائوچو، وینیلی، سیلیکونی، آکریلی، پلی‌وینیل استات، پلی‌وینیل بوتیرال، ملامین فرم‌آلدهید و نیترو سلولوزی.

در جدول ۵ خواص و کاربرد شش نوع رزین مصنوعی را ملاحظه می‌کنید.

**جدول ۵- خواص و کاربرد شش نوع رنگ و رزین**

نوع رنگ	نوع رزین	خواص	کاربرد
رنگ آلکیدی	آلکید	خاصیت ارتجاعی، براقیت، مقاوم به نور	کالاهای صنعتی، لوازم فلزی، کاربرد ساختمانی و وسایل نقلیه
رنگ سلولوزی	نیتروسلولوز	خشک شدن سریع، نرمی، مقاوم به آب و هوا	ماشین‌آلات و اثاثیه چوبی
رنگ اپوکسی	اپوکسی	سختی بالا، مقاوم به سایش، خاصیت ارتجاعی، حفاظت از خوردگی بالا، مقاوم به روغن‌ها، حلال‌ها و بازهای رقیق	سازه‌های فولادی در صنایع شیمیایی، پوشش‌های مقاوم در برابر سایش و پوسیدگی و کلیه موارد جلوگیری از خوردگی
رنگ گرما مقاوم	سیلیکونی	مقاوم به گرما تا ۶۰۰°C، مقاوم به آب و هوا	کوره‌ها، اجاق گاز، اتو، دودکش‌ها و کلیه مواردی که در برابر دمای بالا قرار دارند.
رنگ کوره‌ای	آکریلیک	مقاوم به آب و هوا، مقاوم به نور، براقیت، قابلیت انحنا	لوازم خانگی، قطعات یدکی، ماشین لباسشویی، داخل فریزر و یخچال و جوش‌آور آب گرم
کائوچوی کلردار شده	لاستیک کلردار	مقاوم به اسیدها و بازهای رقیق، آب و گازها	استخر شنا، مخزن آب، مخازن ذخیره اسید و حفاظت از خوردگی سازه‌های فولادی

۱- Copal

۲- Shellac

۳- Damar

۴- Rosin

## رنگ دانه:

بحث گروهی  
۴



در زمان های قدیم از چه موادی به عنوان رنگ دانه استفاده می کردند؟ چند نمونه مثال بزنید و درباره کاربردهای هر یک بحث کنید.

رنگ دانه ها ذرات جامد سفید یا رنگین بسیار ریزی هستند که در جزء سیال رنگ پخش می شوند ولی در آن حل نمی شوند. در این ارتباط، معمولاً به جزء سیال رنگ، ناقل<sup>۱</sup> نیز گفته می شود. رنگ دانه علاوه بر جنبه تزئینی، ویژگی های دیگری، از قبیل رنگ ظاهری یا فام<sup>۲</sup>، تقویت قدرت مکانیکی و ثبات در برابر تابش نور خورشید، را در رنگ ایجاد می کند.

### انواع رنگ دانه ها:

رنگ دانه ها را می توان به دو دسته تقسیم بندی کرد:

- ۱- رنگ دانه های اصلی که می توانند مواد معدنی یا آلی باشند، مانند تیتانیوم دیوکسید، سرب کرومات، روی کرومات، اکسیدهای آهن، سرنج<sup>۳</sup>، دوده و گرافیت، فتالوسیانین ها.
  - ۲- رنگ دانه های کمکی یا رنگ دانه یار<sup>۴</sup> مانند کلسیم کربنات<sup>۵</sup> (گل سفید، سنگ آهک)، باریم سولفات<sup>۶</sup> (باریت)، منیزیم سیلیکات<sup>۷</sup> (تالک)، آلومینیم سیلیکات<sup>۸</sup> (خاک چینی یا کائولین که اصطلاحاً خاک رس گفته می شود)، سیلیس<sup>۹</sup>، آزبست یا پنبه نسوز.
- رنگدانه بارها برای ارزانی و ایجاد خواصی چون پوشش دهندگی، ماتی، جلوگیری از ته نشینی، تنظیم گران روی، حفظ شفافیت، ایجاد یکنواختی و به منظور ایجاد خواص مطلوب در سطح فیلم نظیر چسبندگی، نفوذناپذیری، قابلیت سنباده خوری و حفظ رزین از فاسد شدن به کار می روند.

تحقیق کنید  
۹



درباره رنگ دانه های شبرنگ<sup>۱۰</sup>، متالیک و ضد خوردگی تحقیق کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

- ۱- Vehicle
- ۲- Color
- ۳-  $Pb_3O_4$
- ۴- Extender
- ۵-  $CaCO_3$
- ۶-  $BaSO_4$
- ۷-  $2MgO \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$
- ۸-  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$
- ۹-  $SiO_2$
- ۱۰- Luminous Pigments



## حلال‌ها:

به نظر شما حلال‌های مناسب برای تهیه رنگ چه شرایطی باید داشته باشند؟

بحث‌گروهی  
۵



حلال‌ها مایعاتی هستند که برای حل کردن رنگ پایه به رنگ اضافه می‌گردند و پس از کاربرد رنگ تبخیر می‌شوند. معمولاً حلال مناسب ترکیبی از چند نوع حلال است. مخلوط و یا ترکیب مناسبی از حلال‌ها می‌تواند در کاهش قیمت، میزان آلودگی، مسمومیت و خطر آتش‌سوزی مؤثر باشد. انتخاب به‌جا و صحیح حلال در خاصیت برس‌خوری (امکان اعمال مناسب رنگ با قلم‌مو)، سرعت خشک‌شدن و در نهایت در تشکیل فیلم مطلوب تأثیر مستقیم دارد.

الف) آیا آب می‌تواند همواره یک حلال مناسب برای رنگ‌ها باشد؟ توضیح دهید.  
ب) اگر خشک شدن رنگی بیش از حد معمول به‌طول انجامد، چه علتی دارد و چه مشکلاتی در فیلم رنگ ایجاد می‌کند؟ اگر در زمان بسیار کوتاهی رنگ خشک شود، چه علتی دارد و چه مشکلاتی در نتیجه کار خواهد داشت؟

پرسش ۳



**مواد افزودنی:** افزودنی‌ها به موادی گفته می‌شود که به منظورهای گوناگون، از جمله بهبود کیفیت، مرغوبیت بیشتر، بهبود عملکرد و سهولت استفاده به مقدار یک تا دو درصد وزن کل رنگ و حداکثر تا پنج درصد در ساخت یک رنگ استفاده می‌شوند. افزودنی‌ها در انواع گوناگون وجود دارند که برخی از آنها عبارت‌اند از: خشک‌کننده<sup>۱</sup>، ضد پوسته، ضد ته‌نشینی، پوشش‌دهنده، پخش‌کننده، ضد شره، ضد کف، ضد قارچ و کپک‌زدگی، ضد دلمگی، انعطاف‌دهنده<sup>۲</sup> و پایدارکننده<sup>۳</sup>.

## رنگ‌های حفاظتی یا صنعتی

به نظر شما در صنعت به چه دلایلی از رنگ‌ها استفاده می‌شود؟

بحث‌گروهی  
۶



یکی از متداول‌ترین روش‌ها برای حفاظت سازه‌های فولادی و آهنی استفاده از رنگ‌های حفاظتی یا صنعتی است. در بیشتر موارد صنعتی از چند نوع رنگ با عنوان «سامانه پوششی» استفاده می‌شود. این رنگ‌ها با عنوان ضدزنگ یا آستری<sup>۴</sup>، رنگ میانی<sup>۵</sup> و رنگ رویه<sup>۶</sup> مشخص می‌شوند.

۱- Dryer

۲- Plastisizer

۳- Stabilize

۴- Primer

۵- Under Coat - Intermediate Coat

۶- Top Coat - Finish Coat



آیا می‌توان از یک نوع سامانه پوششی در تمام مناطق آب و هوایی کشور استفاده کرد؟

درباره رنگ‌های ضد زنگ و نقش آنها در جلوگیری از خوردگی تحقیق کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

### عوامل مؤثر در ایفای نقش حفاظتی رنگ‌های صنعتی

این عوامل عبارت‌اند از:

- انتخاب سامانه پوششی مطلوب؛
- تولید و فرمول‌بندی مناسب رنگ‌ها؛
- آماده‌سازی مناسب سطوح؛
- اجرای صحیح عملیات رنگ‌آمیزی؛
- نظارت و بازرسی در تمامی مراحل رنگ‌آمیزی.

بی‌توجهی به هر یک از عوامل فوق به نوبه خود موجب ایجاد عوارض در فیلم رنگ می‌شود و در کاهش عمر مفید سامانه پوششی مؤثر خواهد بود. در ادامه توضیح مختصر هر کدام از عوامل مؤثر در ایفای نقش حفاظتی رنگ‌های صنعتی آورده شده است.

**انتخاب سامانه پوششی:** در انتخاب سامانه‌های پوششی باید نوع و جنس سطح مورد نظر، محیط اطراف سازه و طول عمر مفید پوشش در نظر گرفته شوند. برای رسیدن به اهداف فوق، انتخاب صحیح نوع رزین، گونه و درصد وزنی رنگ‌دانه، درصد حجمی مواد جامد و ضخامت پوشش در نظر گرفته می‌شوند.

برای تجهیزات صنعتی باید سامانه‌های پوششی با عمر متوسط ۷ سال را در نظر گرفت.



شکل ۱۲، نمونه‌ای از عوارض ناشی از انتخاب یک سامانه پوششی نامناسب را نشان می‌دهد.



شکل ۱۲- تاول زدگی (مقاومت نکردن فیلم رنگ در محیط مرطوب)



در تعیین رنگ‌ها و سامانه‌های پوششی در شرایط جوی مختلف به چه عواملی باید توجه کرد؟

**تولید و فرمول‌بندی مناسب رنگ‌ها:** پس از انتخاب سامانه پوششی، تولید رنگ‌ها مطابق فرمول‌بندی مربوط در کارخانه صورت می‌گیرد. در تهیه رنگ‌ها بایستی از مواد مرغوب و درصد‌های مشخص و دستگاه‌ها و وسایل مناسب استفاده کرد وگرنه باید تغییرات نامطلوبی را در پوشش انتظار داشت.



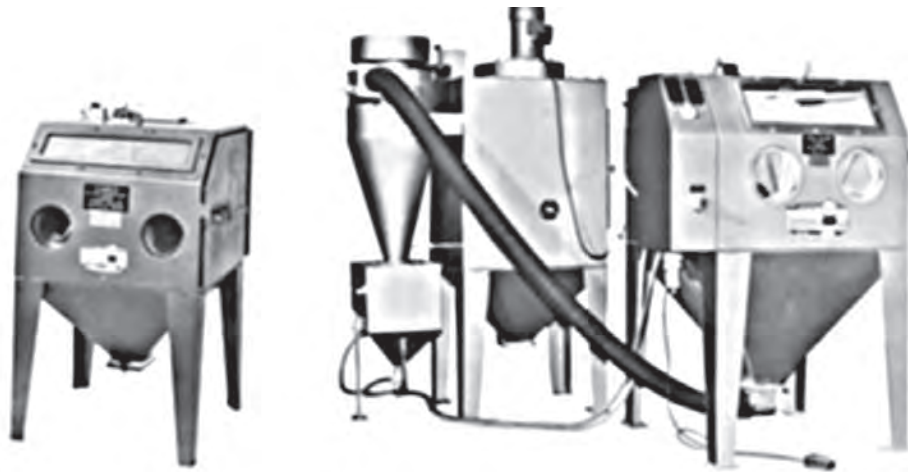
چرا تهیه رنگ‌ها باید به‌طور دقیق مطابق فرمول‌بندی انجام شود؟

### آماده‌سازی مناسب سطوح:

به‌نظر شما پیش از اعمال رنگ بر روی سطوح، عملیات آماده‌سازی ضرورت دارد؟ چه آلاینده‌هایی می‌تواند روی سطح تجهیزات باشد؟



قسمت عمده اهمیت یک پوشش، به کیفیت آماده‌سازی سطح مربوط می‌شود. در عملیات پوشش دادن حدود  $\frac{2}{3}$  هزینه کل کار، برای آماده‌سازی سطح در نظر گرفته می‌شود؛ در نتیجه، در صورت از بین رفتن رنگ به علت نامناسب بودن سطح، دو سوم مخارج و یا به عبارتی تمامی آن به هدر می‌رود. شکل ۱۳، تمیزکاری به روش شن‌پاشی (سندبلاست) و شکل ۱۴، رنگ‌آمیزی مخزن‌های صنعتی را نشان می‌دهد. با توجه به وضعیت سطوح، روش‌های مختلفی برای زیرسازی استفاده می‌شود. از آن جمله می‌توان شست‌وشو با حلال، سنباده‌کشی، برس‌کشی، آب‌فشانی، شن‌پاشی<sup>۱</sup> و ساچمه‌پاشی را نام برد. در برخی موارد خاص برای سطوح زنگ‌زده از مواد شیمیایی تبدیل‌کننده لایه اکسیدشده به یک لایه فیلم محکم با چسبندگی مناسب استفاده می‌شود. در حال حاضر در صنعت بیشتر از روش شن‌پاشی برای آماده‌سازی قطعه استفاده می‌شود. در این روش با پاشیدن شن به وسیله فشار مشخص، لایه‌های اکسید از فلز جدا می‌شود و از طرفی در سطح، حفره‌ها و خلل و فرج‌های فراوان ایجاد می‌شود. وجود این حفره‌ها به دلیل افزایش سطح تماس، و درگیر شدن بیشتر رنگ با سطح، باعث افزایش چسبندگی رنگ به سطح می‌شود.



شکل ۱۳- چند نوع دستگاه شن پاش



شکل ۱۴- رنگ آمیزی مخزن های صنعتی

هر یک از تصویرهای داده شده، نمونه هایی از آماده سازی نامناسب قطعه برای رنگ کاری را نشان می دهد. در هر کدام علت را بیان کنید.

پرسش ۷



پ



ب



الف

## اجرای صحیح عملیات رنگ آمیزی

روش‌های متداول رنگ آمیزی و اعمال رنگ چیست؟ درباره هر یک چه می‌دانید؟

بحث گروهی

۸



پس از عملیات آماده‌سازی، رنگ را باید کاملاً یکنواخت کرد و رنگ آمیزی را، طبق دستور کار مربوط، بر روی سطح مورد نظر اجرا کرد.

اگر به دلیل استفاده از رنگ‌های نامناسب و یا اجرای عملیات رنگ آمیزی نامناسب، عمر و عملکرد رنگ‌های صنعتی کوتاه باشد، مشکلات ذیل در صنعت ایجاد می‌شود:

- ۱ امکان خوردگی و تخریب زود هنگام سطوح فراهم می‌شود.
- ۲ تکرار عملیات رنگ آمیزی ضرورت پیدا می‌کند.
- ۳ گازهای سمی متصاعد شده از رنگ‌ها به هنگام تکرار عملیات، مشکلات زیست محیطی را افزایش می‌دهد.
- ۴ تخریب تأسیسات و تکرار عملیات رنگ آمیزی، توقف کار را به دنبال دارد و باعث کاهش تولید می‌شود و خسارت مالی قابل توجهی به صنعت تحمیل می‌شود.

بین عملیات شن‌پاشی (آماده‌سازی) و رنگ آمیزی نباید بیش از ۶ تا ۱۰ ساعت فاصله زمانی وجود داشته باشد.

نکته



در رنگ آمیزی به چه نکاتی (ایمنی - زیست محیطی - کاربردی) باید توجه کرد؟

پرسش ۸



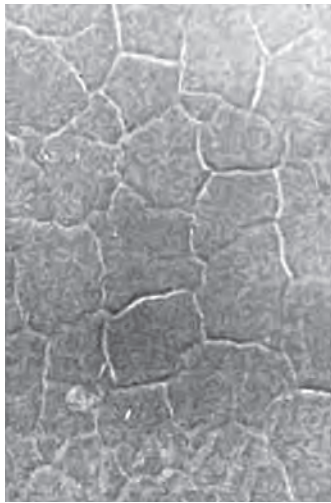
### نظارت و بازرسی در تمامی مراحل یک طرح رنگ آمیزی:

پس از تعیین یک سامانه پوششی مناسب توسط کارشناسان مربوط، تولید رنگ‌ها در کارخانه صورت می‌گیرد. در این مرحله ضمن دقت در مرغوبیت و مقدار مواد مصرفی، ضروری است طی مراحل مختلف تولید، چندین بار نمونه‌گیری صورت گیرد و بررسی‌های لازم انجام شود. همچنین متقاضیان و خریداران رنگ‌ها برای پروژه‌های رنگ آمیزی خود باید نمونه‌های ارائه شده را توسط مراکز مربوط، ارزیابی کنند. در مرحله آماده‌سازی و رنگ آمیزی نیز باید تمامی اصول فنی لازم را رعایت کرد. در صورتی که به هر دلیل در اجرای صحیح مراحل فوق بی‌توجهی شود، عملاً سامانه پوششی مطلوب ایجاد نخواهد شد.



در چه صورتی ناظران عملیات رنگ آمیزی می توانند کار نظارتی خود را به خوبی انجام دهند؟

شکل ۱۵ نشان دهنده چهار نوع عارضه در فیلم رنگ به دلیل فرمول بندی و اعمال رنگ نامناسب است.



پدیده پوست سوسماری شدن



پدیده ترک خوردگی فیلم



پدیده پوسته ای شدن



پدیده شره کردن

شکل ۱۵- چهار نوع عارضه نامطلوب در فیلم رنگ



به چه دلایلی عارضه‌های نامطلوب در فیلم رنگ (شکل ۱۵) ایجاد شده است؟ در مورد علت‌های آن تحقیق کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

## وسایل و ماشین‌آلات مورد نیاز برای ساخت رنگ

مهم‌ترین وسایل و ماشین‌آلات مورد نیاز برای ساخت رنگ‌ها عبارت‌اند از:

- مخلوط‌کن‌ها<sup>۱</sup> یا همزن‌ها؛
- آسیاب‌ها،
- وسایل توزین، بسته‌بندی، نقاله‌های مختلف، ظروف فلزی استوانه‌ای کوچک و بزرگ، لوازم آزمایشگاهی.

## مراحل تهیه یک نمونه رنگ

پس از انتخاب سامانه پوششی، تولید رنگ‌ها در کارخانه، مطابق فرمول‌بندی مربوط، طی مراحل زیر صورت می‌گیرد:

**۱- مرحله ساخت پایه یا خمیر رنگ:** در این مرحله براساس فرمول‌بندی مورد نظر، مقدار مشخصی از رزین، رنگ‌دانه، مواد پرکننده و حلال توسط همزن با قدرت و سرعت زیاد مخلوط می‌شوند. پس از اختلاط و تهیه خمیر رنگ، به‌منظور نرمی مناسب مواد را وارد آسیاب می‌کنند. نوع آسیاب به مواد رنگ‌دانه بستگی دارد. معمولاً باید آسیابی را در نظر گرفت که ذرات رنگ‌دانه و پرکننده‌ها را به خوبی نرم و ریز کند. در ادامه این مرحله و پیش از مرحله دوم از خمیر رنگ آسیاب‌شده نمونه‌گیری کرده و در آزمایشگاه کارخانه میزان نرمی<sup>۲</sup> (دانه‌بندی) آن را ارزیابی می‌کنند. درجه نرمی باید با شرایط استاندارد مطابقت داشته باشد، در غیر این صورت لازم است خمیر تهیه‌شده دوباره آسیاب شود.

**۲- مرحله تکمیل و اصلاح رنگ:** این مرحله در یک همزن انجام می‌شود. سایر مواد از قبیل باقی‌مانده رزین و حلال و نیز مواد افزودنی مورد نیاز در این مرحله اضافه می‌شوند. برای تنظیم رنگ (فام) از خمیرهایی که درصد رنگ‌دانه بالایی دارد و مادر رنگ نامیده می‌شود، به محصول اضافه می‌شود. این کار آنقدر با مادر رنگ‌های مختلف انجام می‌شود تا فام دلخواه به دست آید. این عمل را رنگ‌آرایی<sup>۳</sup> می‌گویند. در این مرحله نیز آزمایش‌هایی در قسمت تولید و یا کنترل کیفیت صورت می‌گیرد که مهم‌ترین آنها عبارت‌اند از: تعیین چگالی، غلظت، نرمی، براقیت<sup>۴</sup>، چسبندگی، سختی، خشک شدن، شره کردن<sup>۵</sup> و ضربه‌پذیری.

**۳- مرحله پرکردن و بسته‌بندی:** رنگ تولیدشده پس از تأیید کیفیت، در ظروف قوطی، حلب، سطل و یا بشکه بسته‌بندی و توزین می‌گردد و پس از نصب برچسب مشخصات به انبار فرستاده می‌شود.

۱- Mixer

۲- Fineness

۳- Tint, Coloring

۴- Gloss

۵- Flowing, Running



تفاوت اساسی بین دو واژه coating و painting چیست؟

## آزمایش‌های رنگ

آزمایش‌هایی که برای ارزیابی عملکرد رنگ‌ها استفاده می‌شوند متعدد و متنوع هستند. تعیین آزمایش‌های ضروری برای یک نمونه رنگ یا سامانه پوششی (مجموعه چند رنگ) به عوامل زیر بستگی دارد:

- نوع سطحی که رنگ بر روی آن اعمال می‌شود؛
- شرایط محیطی؛
- طول عمری که از رنگ برای محافظت سطح انتظار می‌رود.

به‌طور کلی آزمایش‌های رنگ به سه دسته تقسیم‌بندی می‌شوند:

- ۱) آزمایش‌های مربوط به رنگ مایع
- ۲) آزمایش‌های مربوط به فیلم تر رنگ
- ۲) آزمایش‌های مربوط به فیلم خشک رنگ

### نکات ایمنی



- آزمون‌های مربوط به رنگ‌ها، در زیر هود یا جایی که دارای هواکش مناسب باشد، انجام گیرد.
- آزمون‌ها ترجیحاً در محیطی با دمای  $25 \pm 5^{\circ}\text{C}$  و رطوبت نسبی  $50 \pm 5$  صورت گیرد.
- از دستکش مرغوب استفاده شود. برای رنگ‌های صنعتی عینک و ماسک نیز سفارش می‌شود.
- از انجام دادن آزمایش‌ها در کنار شعله خودداری شود.

### نکته زیست محیطی



به هیچ عنوان مواد اضافی و دورریز، به خصوص مواد شست‌وشو، در فاضلاب تخلیه نشود، بلکه در ظرف جداگانه‌ای جمع‌آوری شود. بدیهی است با رعایت اصول ایمنی و زیست‌محیطی باید نسبت به بازیافت و یا انهدام این مواد اقدام کرد.

## آزمایش‌های مربوط به رنگ مایع

به نظر شما، نشانه‌های سالم بودن و قابل مصرف بودن رنگ‌ها کدام است؟

### بحث‌گروهی ۹







## تعیین نوع و درجه ته نشینی رنگ

مواد و وسایل لازم	
رنگ روغنی یک کیلو	همزن مخصوص <sup>۱</sup>
رنگ غنی از روی <sup>۲</sup> یک کیلو	ظرف مخصوص
رنگ آلومینیمی یک کیلو	تینر <sup>۳</sup>

## روش آزمایش :

- ۱ در قوطی رنگ را باز کنید و مطابق جدول زیر به بررسی ته نشینی آن بپردازید.
- ۲ در صورت دسترسی به دو نمونه دیگر رنگ، امکان مقایسه بهتر فراهم شود.

## بررسی ته نشینی رنگ مطابق استاندارد ASTM D-۸۶۹

نوع ته نشینی <sup>۴</sup>	وضعیت رنگ
۱۰	در رنگ دو فاز مایع و جامد به وجود نیامده است و رنگ شرایط اصلی و اولیه را حفظ کرده است.
۸	مقدار کمی رسوب ایجاد شده است. میله همزن با وزن خود داخل رسوب فرومی رود و هیچ گونه مقاومتی در برابر حرکت آن در رنگ دیده نمی شود.
۶	میله همزن با وزن خود داخل رسوب فرومی رود و مقاومت کمی در حرکت آن در داخل رنگ مشاهده می شود. قسمت هایی از رسوب نیز به وسیله همزن کنده می شود.
۴	میله همزن با وزن خود داخل رسوب فرو نمی رود. حرکت آن در جهت پهن مشکل است، ولی در امتداد ضخامت آن، مقاومت کمی مشاهده می شود. در عین حال رنگ به آسانی یکنواخت می شود.
۲	میله همزن با فشار و سختی داخل رسوب می رود. حرکت آن در رنگ خیلی مشکل است، اما به هر ترتیب رنگ با کمک دست یکنواخت می شود.
۰	با کمک دست و حرکت میله همزن نمی توان رنگ را یکنواخت کرد.

۱- این همزن دارای جرم ۴۵ گرم است و تیغه آن به شکل مربع و مستطیل و اندازه ۱۲۵×۲۰ میلی متر است (Spatula).

۲- Zinc Rich

۳- حلالی است که برای رقیق کردن رنگ های پایه روغنی به کار می رود، همچنین می توان برای پاک کردن بخش هایی که رنگ آلود شده اند

به کار رود.

۴- Rate No.

نکته ایمنی



پس از تمام شدن آزمایش، بی‌درنگ وسایل مصرفی با حلال مناسب شسته شود و پساب ایجادشده در ظرف‌های مخصوص نگهداری پسماندها جمع‌آوری شود.

تحقیق کنید  
۱۳



حلال تینر فوری و روغنی چه نوع ترکیب شیمیایی هستند؟ چه تفاوت و چه کاربردهایی دارند؟

### فعالیت عملی ۹



بررسی وضع ظاهری رنگ در قوطی یا ظرف مربوط

مواد و وسایل لازم	
همزن شیشه‌ای	رنگ روغنی استفاده نشده یک قوطی
	تینر

روش کار:

- در قوطی رنگ را باز کنید. رنگ باید فاقد پوسته (رویه) باشد. رسوب آن نیز باید در حدی باشد که با هم‌زدن، رنگ به‌صورت کاملاً یکنواخت درآید.
- ضمناً هیچ‌گونه علائمی از فساد رنگ، شامل بوی نامطبوع و زنده، کپک‌زدگی، ژله‌ای شدن و تجمع رنگ‌دانه نباید در آن مشاهده نشود.

### فعالیت عملی ۱۰



رویه بستن

مواد و وسایل لازم	
همزن شیشه‌ای	رنگ روغنی حدود یک لیتر
آون یا محیطی با دمای $40^{\circ}\text{C}$	تینر
یک قوطی خالی یک لیتری با در مناسب	

روش کار:

- $3/4$  قوطی خالی را از رنگ مورد نظر پر کنید و در آن را محکم ببندید. سپس به مدت ۴۸ ساعت آن را در دمای  $40^{\circ}\text{C}$  قرار دهید.
- پس از گذشت این مدت زمان، رنگ را از نظر وضع ظاهری بررسی کنید. رنگ با کیفیت نباید رویه بسته باشد.

## فعالیت عملی ۱۱



### تعیین گران روی

مواد و وسایل لازم	
مقداری رنگ	چند فنجان <sup>۱</sup> مخصوص اندازه‌گیری با نازل‌های مختلف
تینر	همزن شیشه‌ای
	زمان سنج

مطابق شکل ۱۶، وسایل اندازه‌گیری گران روی رنگ را آماده کنید.

#### روش کار:

- ۱ رنگ را کاملاً یکنواخت کنید.
  - ۲ سوراخ نازل یکی از فنجان‌ها را با انگشت بگیرید آن را از رنگ مورد نظر پر کنید؛ به طوری که با گذاشتن درپوش مربوط، رنگ اضافی از فنجان جدا شود.
  - ۳ همزمان با رها کردن انگشت، زمان سنج را به کار اندازید.
  - ۴ به محض آنکه جریان ریزش رنگ (به صورت سیلان) قطع شد، زمان سنج را متوقف کنید و زمان سیلان را بر حسب ثانیه یادداشت کنید.
- شکل ۱۶، فنجان‌های اندازه‌گیری گران روی را نشان می‌دهد.



شکل ۱۶- فنجان‌های مختلف اندازه‌گیری گران روی

در صورت نبود این تجهیزات در کارگاه هنرستان، با استفاده از انواع لیوان یکبارمصرف، کاپ‌های مختلف را بسازید و فعالیت عملی را انجام دهید.

نکته



معمولاً برای اعمال رنگ به روش‌های مختلف، گران روی مشخصی از رنگ احتیاج است. چگونه می‌توان گران روی مناسب را در کاربردهای مختلف رنگ ایجاد کرد؟

پرسش ۱۰





تعیین دانه‌بندی (اندازه‌گیری درجهٔ پخش شدن رنگدانه‌ها)

مواد و وسایل لازم	
رنگ	وسیلهٔ اندازه‌گیری مربوط به نام گریندومتر <sup>۱</sup>
تینر	همزن شیشه‌ای

برای تعیین دانه‌بندی و اندازه‌گیری درجهٔ پخش شدن رنگ‌دانه‌ها در رنگ از وسیله‌ای به نام گریندومتر استفاده می‌شود. گریندومتر از یک صفحهٔ فلزی مکعب‌مستطیل تشکیل شده است که در سطح آن دو شیار طولی دیده می‌شود. عمق این شیارها از یک طرف به طرف دیگر اضافه شده و از صفر تا صد میکرون درجه‌بندی شده است. یک تیغهٔ فلزی لبه‌تیز نیز، برای کشیدن رنگ بر روی شیارها وجود دارد (شکل ۱۷).



شکل ۱۷- وسیلهٔ اندازه‌گیری دانه‌بندی رنگ تر

روش کار:

- ۱ ابتدا گریندومتر را به صورت افقی قرار داده و چند قطره از رنگ مورد نظر را در قسمت عمیق در شیار قرار دهید.
- ۲ سپس رنگ را با تیغهٔ مربوط در طول دو شیار بکشید.
- ۳ پس از پهن شدن رنگ، بلافاصله گریندومتر را در مقابل نور (ترجیحاً مهتابی) قرار دهید و اندازهٔ ذرات رنگ‌دانهٔ موجود در رنگ را در مقطع شیارها مشخص کنید.
- ۴ هر جا که تجمع رنگ‌دانه‌ها بیشتر بود، عدد مربوط به آن ناحیه نشان‌دهندهٔ اندازهٔ ذرات جامد در رنگ است.

پرسش ۱۱



الف) اهمیت آزمایش تعیین دانه‌بندی رنگ در چیست؟

ب) اگر درجهٔ دانه‌بندی بزرگ‌تر از استاندارد باشد، چه علتی دارد و چه مشکلی در فیلم رنگ ایجاد می‌کند؟

### فعالیت عملی ۱۳



#### سازگاری با رقیق کننده

مواد و وسایل لازم	
رنگ	یک ظرف مناسب ترجیحاً شیشه‌ای و مدرج
رقیق کننده یا حلال مناسب	همزن شیشه‌ای

#### روش کار:

- سه حجم رنگ موردنظر را در ظرف بریزید، سپس یک حجم رقیق کننده مربوط را به آرامی (ضمن همزدن) به آنها اضافه کنید و در ظرف را ببندید.
- پس از گذشت ۲۴ ساعت در ظرف را باز کنید.
- در رنگ رقیق شده نباید هیچ گونه رسوب، جدایی رنگ دانه و رنگ پایه و تشکیل فازهای مختلف مشاهده شود.

### فعالیت عملی ۱۴



#### تعیین میزان پوشانندگی رنگ (قدرت اختفا یا پنهان کنندگی)¹

مواد و وسایل لازم	
رنگ	فیلم کش (اپلیکاتور)
تینر	همزن
کاغذ شطرنجی با خانه‌های سیاه و سفید	

#### روش کار:

- رنگ را کاملاً یکنواخت کنید.
- مطابق شکل ۱۸، فیلم کش مناسبی را با ضخامت‌های متفاوت بر روی کاغذ شطرنجی قرار دهید و داخل آن را از رنگ پر کنید. سپس به آهستگی فیلم کش را بر روی کاغذ عبور دهید. ضخامتی از رنگ را، که در آن خانه‌های سیاه و سفید قابل تمایز نباشد، مشخص کنید.
- این ضخامت با عنوان قدرت پوشانندگی یا اختفای رنگ در نظر گرفته می‌شود.



شکل ۱۸- دو نمونه فیلم کش رنگ

نکته

در صورت موجود نبودن این تجهیزات در کارگاه هنرستان، با طراحی ساده، آنها را بسازید و فعالیت عملی را انجام دهید.



## آزمایش‌های مربوط به فیلم تر رنگ

### فعالیت کارگاهی ۱۵



#### اندازه‌گیری ضخامت فیلم تر

مواد و وسایل لازم	
صفحات فولادی یا شیشه‌ای	رنگ
همزن	تینر
	شانۀ مخصوص <sup>۱</sup>

#### روش کار :



شکل ۱۹- شانۀ مخصوص اندازه‌گیری ضخامت فیلم تر رنگ

- ۱ رنگ یکنواخت‌شده را بر روی سطح مناسبی (شیشه یا فلز) اعمال کنید.
- ۲ مطابق شکل ۱۹، شانۀ مخصوص را به‌صورت عمودی روی فیلم تر رنگ قرار دهید. این شانۀ دارای دندان‌هایی است که دندان‌های اول و آخر یکسان‌اند، اما سایر دندان‌ها کوتاه و بلند هستند و اختلاف طول آنها در بعضی نمونه‌ها یک میلی‌متر است.
- ۳ با قرار دادن شانۀ، دندان‌های که با فیلم تماس پیدا می‌کند، ضخامت آن را مشخص می‌کند.
- ۴ با تمیز کردن شانۀ این کار را می‌توان در قسمت‌های دیگر فیلم تکرار کرد و میانگین ضخامت فیلم تر را به‌دست آورد. این روش برای اندازه‌گیری‌های تقریبی استفاده می‌شود.

نکته

در صورت نداشتن شانۀ مخصوص اندازه‌گیری ضخامت فیلم تر رنگ استاندارد، با استفاده از فویل‌های محکم آلومینیومی، نمونه‌های مشابه با آن را بسازید و به‌طور تقریبی ضخامت فیلم تر رنگ شده را اندازه‌گیری کنید.



۱- Wet Film comb

## فعالیت عملی ۱۶



## مقاومت در برابر شره کردن و موجی شدن رنگ

مواد و وسایل لازم	
صفحات فولادی یا شیشه‌ای	رنگ
همزن	تینر
	شانه یا تیغه مخصوص

## روش کار :

- ۱ رنگ را کاملاً یکنواخت کنید، سپس به روش برس کشی یا پاششی، آن را (با ضخامت مشخص) بر روی ورقه‌های آماده شده و تمیز اعمال کنید.
- ۲ شانه مخصوص را بر روی فیلم تر بکشید. قطعات باریکی با عرض مشخص بر روی فیلم ایجاد می‌شود.
- ۳ ورقه را بلافاصله به حالت عمود بر شیارها قرار دهید. در صورتی که رنگ مشکل شره کردن یا موجی شدن را داشته باشد، جاری می‌شود و سرتاسر باریکه‌های بدون رنگ (شیارها) را می‌پوشاند.

## فعالیت عملی ۱۷



## ضرورت آماده سازی سطح قبل از اعمال رنگ

مواد و وسایل لازم	
چند عدد سنباده با زبری‌های مختلف	۶ قطعه ورقه فولادی به اندازه ۱۵×۱۰ سانتی متر و ضخامتی حدود ۱ تا ۲ میلی متر

## روش کار :

- ۱ یک ورقه زنگ‌زده را کنار بگذارید و بر روی آنها هیچ اقدامی انجام ندهید.
- ۲ یک ورقه دیگر را با سنباده، کمی تمیز کنید؛ به طوری که سطح کاملاً سفید و یک‌دستی ایجاد نشود.
- ۳ سطوح سه ورقه دیگر را جداگانه با سنباده‌های متفاوت کاملاً تمیز کنید. این کار برای ۳ نوع سنباده با زبری مختلف انجام شود.
- ۴ سطح یک ورقه دیگر را با سنباده کاملاً تمیز کنید. سپس آن را برای دقایقی در محیط مرطوب قرار دهید و یا سطح آن را کمی خیس کنید.
- ۵ بر روی کلیه ورقه‌های فوق، رنگ مورد نظر را به‌طور یکسان اعمال کنید و پس از یک هفته، به بررسی چسبندگی فیلم رنگ‌ها بپردازید.



به نظر شما در کدام ورقه چسبندگی رنگ بیشتر و در کدام نمونه رنگ کمترین چسبندگی را خواهد داشت؟

## فعالیت کارگاهی ۱۸



اندازه‌گیری زمان خشک‌شدن سطحی فیلم رنگ

### آزمایش ۱:

مواد و وسایل لازم	
ورقه فولادی یا شیشه‌ای	رنگ
همزن	تینر
وزنه ۵۰۰ گرمی	ترازو

### روش کار:

- ۱ بر روی صفحه آماده‌شده‌ای، قشری از رنگ با ضخامت مناسب (دلخواه) اعمال کنید.
- ۲ ساعاتی بعد، پس از آنکه بر اثر تماس، رنگ به دست نچسبید، صفحه را داخل کفه ترازویی قرار دهید و در کفه دیگر با فشار دادن انگشت دست، نیرویی معادل ۵۰۰ گرم بر روی قشر رنگ وارد کنید.
- ۳ زمانی که با این فشار اثری از خطوط انگشت بر روی فیلم دیده نشود، خشک‌شدن سطحی در فیلم صورت گرفته است. این زمان را یادداشت کنید.

### آزمایش ۲:

مواد و وسایل لازم	
ورقه فولادی یا شیشه‌ای	رنگ
الک ۳۰۰ و ۱۵۰ میکرونی	تینر
قلم‌مو	پودر کلسیم کربنات



## روش کار:

- ۱ پودر کلسیم کربنات را الک کنید تا درشتی ذرات آن بین ۱۵۰ الی ۳۰۰ میکرون شود (از الک ۳۰۰ میکرونی قابل عبور باشد، ولی از الک ۱۵۰ میکرونی رد نشود).
- ۲ سپس آن را بر روی قشر رنگی که پیش تر اعمال کرده‌اید، بپاشید (زمانی که احساس می‌کنید خشک شدن سطحی اتفاق افتاده است). پس از مدتی پودرها را با قلم‌موی تمیز از روی سطح فیلم پاک کنید.
- ۳ خشک شدن سطحی زمانی اتفاق می‌افتد که پودر کلسیم کربنات کاملاً از سطح فیلم جدا شود و این عمل لطمه‌ای به قشر رنگ وارد نکند.

## فعالیت عملی ۱۹



### تعیین خشک شدن کامل

مواد و وسایل لازم	
ورقه رنگ شده	وزنه ۲ کیلوگرمی
ترازو	

## روش کار:

- ۱ صفحه رنگ شده را در یک کفه ترازو قرار دهید. در کفه دیگر، هم وزن آن وزنه بگذارید.
  - ۲ سپس در کفه‌ای که وزنه گذارده‌اید، وزنه دیگری به جرم ۲ کیلوگرم اضافه کنید.
  - ۳ در مرحله بعد، با انگشت دست، روی صفحه رنگ شده فشار دهید تا هر دو کفه برابر شود. به مدت یک دقیقه ترازو را به همان وضع نگهدارید، سپس آن را به آرامی رها کنید.
  - ۴ هیچ اثری از انگشت نباید روی قشر رنگ باقی مانده باشد. می‌توان به جای انگشت پارچه‌ای را روی فیلم رنگ قرار داد و سپس وزنه ۲ کیلوگرمی را روی پارچه گذاشت. در این حالت نیز نباید هیچ‌گونه اثری از خطوط پارچه بر روی قشر رنگ باقی مانده باشد.
- برای اعمال رنگ وسایل مختلفی وجود دارد که با توجه به سطح موردنظر می‌توان وسیله مناسب را انتخاب کرد.

درباره وسایل مختلف اعمال رنگ تحقیق کنید و جدول را کامل کنید.

تحقیق کنید  
۱۴



مقایسه وسایل اعمال رنگ		
تصویر	ویژگی‌ها و نکات مهم	وسایل اعمال رنگ
		قلم مو
		رنگ پاش
		رنگ پاش
		غلtek

## آزمایش‌های فیلم خشک رنگ

فعالیت عملی ۲۰



### تعیین برآقیت

فیلم‌های رنگ می‌توانند برآقیت‌های متفاوتی بین دو حالت بسیار برآق (بازتاب نور ۹۸ تا ۱۰۰٪) و مات (بازتاب نور صورت نمی‌گیرد) داشته باشند. برای تشخیص رنگ‌ها غالباً از این دسته‌بندی استفاده می‌شود: رنگ‌های بسیار برآق، رنگ‌های نیمه‌برآق، رنگ‌های برآق پوست تخم‌مرغی و رنگ‌های مات پوست تخم‌مرغی استفاده می‌شود.

### مواد و وسایل لازم

صفحه پوشش داده شده شیشه‌ای | دستگاه برآقیت سنج

## روش آزمون:

- ۱ ابتدا رنگ مورد نظر را با ضخامت یکسان و یکنواخت به وسیله فیلم کش روی سطح شیشه‌ای صاف اعمال کنید.
  - ۲ ۲۴ ساعت برای خشک شدن آن فرصت دهید.
  - ۳ توسط دستگاه برآقیت سنج، میانگین برآقیت آن را مشخص کنید. معمولاً برای اندازه‌گیری برق فیلم رنگ‌های بسیار برآق، از زاویه ۶۰ درجه استفاده می‌شود.
- در شرایط عادی نقاش با مخلوطی از رنگ‌های برآق و مات، برآقیت مورد نظر را به دست می‌آورد.



شکل ۲۰- دو نمونه دستگاه برآقیت سنج رنگ

## فعالیت عملی ۲۱



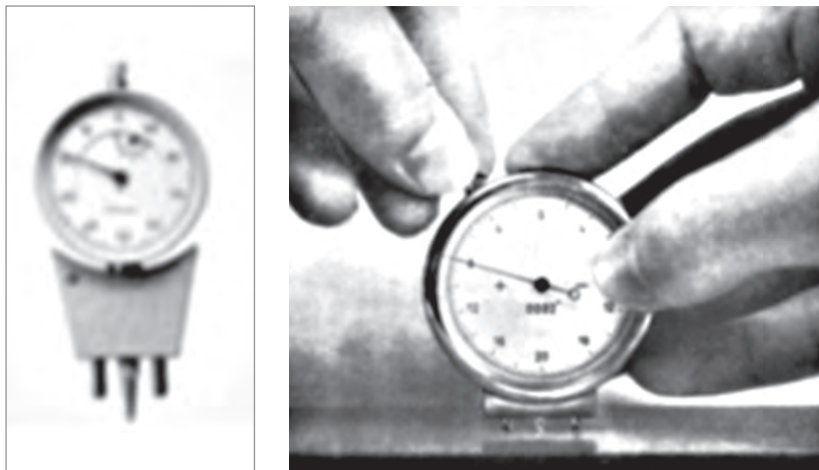
### اندازه‌گیری ضخامت فیلم خشک

مواد و وسایل لازم	
تعدادی ورقه فلزی پوشش داده شده	ضخامت سنج انگشتی
	ضخامت سنج دیجیتال

## روش آزمون

### روش تخریبی:

- ۱ مطابق شکل ۲۱، دستگاه ضخامت سنج فیلم خشک رنگ، دارای ۲ پایه است که بر روی فیلم رنگ قرار می‌گیرند. میله‌ای در وسط این دو پایه وجود دارد که به صفحه مدرج متصل است. برای تنظیم دستگاه میله را روی شیشه قرار دهید. در این حالت عقربه باید عدد صفر را نشان دهد.
- ۲ به مقدار لازم فیلم را از سطح جدا کنید و میله را در آن قسمت قرار دهید تا با سطح زیرین فیلم در تماس باشد (پایه‌ها باید بر روی فیلم قرار داشته باشند). عددی که صفحه مدرج نشان می‌دهد، ضخامت فیلم را مشخص می‌کند. در روش تخریبی می‌توان از میکرومتر و یا میکروسکوپ نیز استفاده کرد.



شکل ۲۱- ضخامت سنج فیلم خشک رنگ (روش تخریبی)

### روش غیر تخریبی:

دستگاه‌هایی وجود دارند که با خاصیت مغناطیسی یا الکتریکی آنها می‌توان ضخامت فیلم خشک را بر روی فلزات آهنی و غیر آهنی تعیین کرد. روش تنظیم و طرز کار دستگاه‌ها در کتابچه‌های راهنمای آنها نوشته شده است. گفتنی است معمولاً ضخامت چندین نقطه را مشخص کرده و میانگین آنها را منظور می‌کنند. شکل ۲۲ دو نوع ضخامت‌سنج را نشان می‌دهد.

نکته

برای اندازه‌گیری ضخامت اطراف و کناره‌های ورقه‌ها را در نظر نمی‌گیرند.



شکل ۲۲- انواع ضخامت‌سنج فیلم خشک رنگ (غیر تخریبی)

کدام روش اندازه‌گیری ضخامت خشک رنگ بیشترین کاربرد را دارد؟ علت را بیان کنید.

پرسش ۱۳





تعیین چسبندگی فیلم خشک به روش برش متقاطع یا صلیبی

مواد و وسایل لازم	
تعدادی ورقه فلزی پوشش داده شده با ضخامت‌های متفاوت	چسب استاندارد پرماسل ۹۹
برس مخصوص	کاتر مخصوص یک و دو میلی متری

روش آزمایش :

- ۱ ورقه پوشش داده شده، به ضخامت فیلم خشک حداکثر ۵۰ میکرون را انتخاب کنید.
- ۲ مطابق شکل ۲۳، بر روی ورقه با کاتر مخصوص<sup>۱</sup> یک میلی متری دو بار به صورت عمود بر هم خراش ایجاد کنید تا ۲۵ مربع یک میلی متری ایجاد شود.
- ۳ برس مربوط دستگاه را به آرامی بر روی خراش‌ها بکشید، سپس چسب نواری مخصوص را بر روی مربع‌های تشکیل شده قرار دهید. طول چسب را حدود ۷ سانتی متر در نظر بگیرید، سپس با پاک کن حدود ۳۰ ثانیه بر روی چسب مالش دهید.
- ۴ حداکثر ۲ دقیقه بعد یک طرف نوار را برگردانید و به حالت موازی با سطح ورقه، آن را از خراش‌ها جدا کنید. مقدار رنگ جدا شده از سطح (که به چسب چسبیده است) کاهش چسبندگی را نشان می‌دهد.
- ۵ نتایج آزمون چسبندگی را مطابق استاندارد ASTM D-۳۳۵۹-۰۳ براساس جدول ۶ بررسی نمایید و گزارش کنید.



۱



۲



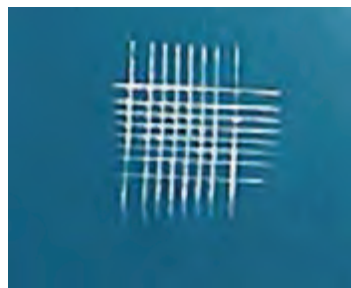
۳



۴



۵



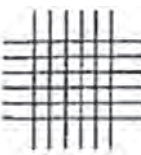
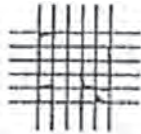
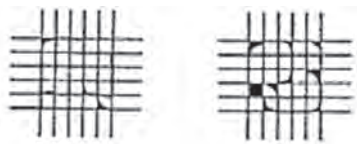
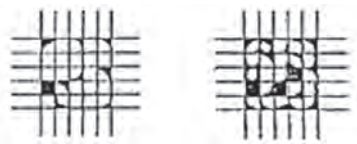
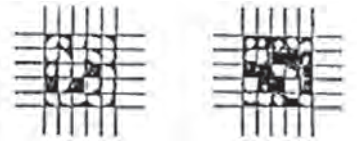
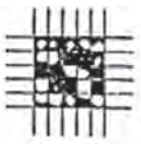
۶

شکل ۲۳- مراحل آزمایش چسبندگی به روش صلیبی

چسبندگی مطلوب ۵B است و به طور معمول چسبندگی کمتر از ۴B در بسیاری از استانداردها پذیرفته نمی‌شود.



جدول ۶- نتایج آزمایش چسبندگی رنگ بر اساس استاندارد ASTM-۳۳۵۹

درجه بندی	درصد نواحی حذف شده	نتیجهٔ آزمون چسبندگی
۵B	۰٪	
۴B	کمتر از ۵٪	
۳B	(۵-۱۵)٪	
۲B	(۱۵-۳۵)٪	
۱B	(۳۵-۶۵)٪	
۰B	بیشتر از ۶۵٪	

## فعالیت عملی ۲۳



### اندازه‌گیری سختی فیلم خشک رنگ

مواد و وسایل لازم	
چند ورقه فلزی رنگ شده با ضخامت‌های متفاوت	مدادهای مخصوص با سختی متفاوت

#### روش آزمایش:

ساده‌ترین روش اندازه‌گیری سختی فیلم خشک استفاده از مدادهایی است که سختی آنها از ۶H به ۴B کاهش می‌یابد. انجام دادن آزمون بدین گونه است که مدادهای مختلف به صورت جداگانه روی سطح فیلم کشیده می‌شوند. این کار تا زمانی ادامه می‌یابد که یکی از مدادها بتواند خط سیاهی روی فیلم رنگ ایجاد کند. سختی مداد استفاده شده، نشان‌دهنده سختی فیلم است (شکل ۲۴-الف).

در صورت موجود نبودن مدادهای مخصوص اندازه‌گیری سختی فیلم خشک رنگ در هنرستان، با استفاده از مدادهای خود، این فعالیت را به‌طور تقریبی انجام دهید.

نکته



روش دیگری که برای تعیین سختی فیلم خشک رنگ در آزمایشگاه‌های مجهز به کار می‌رود، استفاده از آونگ‌های مخصوص است. در این روش سختی رنگ با استفاده از خاصیت تلف شدن انرژی در اثر نوسان آونگ مشخص می‌شود (شکل ۲۴-ب).



ب) سختی‌سنج پاندولی



الف) سختی‌سنج مدادی

شکل ۲۴- دو نوع سختی‌سنج فیلم خشک رنگ

رنگ‌های صنعتی

فیلم آموزشی



- ۱ هدف از انجام دادن عملیات آبکاری چیست؟ ۵ مورد را با ذکر مثال برای هر کدام بنویسید.
- ۲ قسمت‌های مختلف یک دستگاه آبکاری را نام ببرید.
- ۳ نقش‌های آند در آبکاری را نام ببرید و درباره هر کدام توضیح دهید.
- ۴ چگونه می‌توان یک قطعه نارسانا را به روش آبکاری پوشش داد؟
- ۵ اجزای تشکیل دهنده یک حمام آبکاری را نام ببرید.
- ۶ انواع عملیات آماده‌سازی را نام ببرید.
- ۷ علت انجام دادن عملیات اسیدشویی را توضیح دهید.
- ۸ نقش یون‌های کلر در آبکاری نیکل را بنویسید.
- ۹ از یک محلول نقره‌نیترات جریان ۰/۰۵ آمپر به مدت ۳۰ دقیقه عبور می‌کند. در صورتی که بازده کاتد صددرصد باشد، چند گرم نقره در کاتد رسوب می‌کند؟ جرم اتمی نقره ۱۰۸ است.
- ۱۰ در یک مخزن آبکاری فلز روی، کل مساحت پوششی ۱/۵ متر مربع و متوسط ضخامت پوشش ۲۵ میکرون است. اگر شدت جریان در مدت ۱۵ دقیقه به‌طور متوسط ۱۰۰۰ آمپر باشد، بازده کاتد را به‌دست آورید. جرم اتمی روی ۶۵ و چگالی آن ۷/۱۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب است.
- ۱۱ در آبکاری مس جریان ۱۵ آمپر از داخل محلول مس سولفات عبور می‌کند و مس بر روی قطعه کار که مساحت مجموع آنها ۱۰۰۰ سانتی‌متر مربع است، می‌نشیند. اگر بازده کاتد صددرصد باشد، چه مدت باید عملیات آبکاری را ادامه داد تا ضخامت پوشش ۵ μm شود؟ جرم اتمی مس ۶۳/۵ و چگالی آن  $\frac{g}{cm^3}$  ۸/۹۳ است.
- ۱۲ هر یک از واژه‌های زیر را توضیح دهید:  
الف) کفی      ب) برّاقی      پ) حکاکی شیمیایی
- ۱۳ پتانسیل کاهش کروم در محلول ۰/۰۰۱ مولار حاوی یون‌های  $Cr^{3+}$  چند ولت است.
- ۱۴ اگر اجرای رنگ رویه (به هر دلیل) پس از یک سال از اجرای لایه آستری (ضد زنگ) صورت گیرد، چه کارهایی جهت چسبندگی بهتر آن باید انجام داد؟
- ۱۵ آثار موج یا غیریکنواخت بودن رنگ به هنگام رنگ‌آمیزی در منزل چگونه تشخیص داده می‌شود؟
- ۱۶ پنج مورد از نشانه‌های فساد رنگ را نام ببرید.
- ۱۷ آزمایش‌های عمومی برای رنگ‌های مختلف کدام‌اند؟
- ۱۸ در ارزیابی رنگ‌ها معمولاً به تأثیرات محیط بر روی آنها توجه می‌شود. چند نمونه را نام ببرید که تأثیر رنگ بر محیط باید بررسی شود.



## ارزشیابی شایستگی انجام عملیات در صنایع پوششی

<p><b>شرح کار:</b>                  چگونگی استفاده تجهیزات کارگاهی را بداند و کار داده شده را با دقت انجام دهد.                  هنگام انجام دادن کار مراقب باشد که دستگاه صدمه نبیند. پس از انجام دادن کار، وسایل را تمیز و سالم در حالت اولیه قرار دهد.</p>		
<p><b>استاندارد عملکرد:</b>                  آماده سازی قطعه و پوشش دهی به روش آبکاری و رنگ طبق دستور کار</p>		
<p><b>شاخص ها:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ رعایت مسائل ایمنی هنگام انجام دادن کار</li> <li>■ انجام دادن کار طبق دستور کار</li> </ul>		
<p><b>شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:</b>                  شرایط مکان: کارگاه / آزمایشگاه                  شرایط دستگاه: آماده به کار                  زمان: یک جلسه آموزشی                  ابزار و تجهیزات: وسایل ایمنی شخصی - تجهیزات کارگاهی - وان آبکاری - لوازم آزمایش های رنگ (گریندومتر - ضخامت سنج - ...)</p>		
<p><b>معیار شایستگی:</b></p>		
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳
۱	آماده سازی قطعه پیش از پوشش	۱
۲	آبکاری قطعات	۲
۳	پوشش دهی با اعمال رنگ	۲
۴		
<p>شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:                  ۱- ایمنی: انجام دادن کار کارگاهی با رعایت موارد ایمنی و استفاده از وسایل ایمنی شخصی                  ۲- نگرش: صرفه جویی در مواد مصرفی                  ۳- توجهات زیست محیطی: جلوگیری از صدمه زدن به محیط زیست از طریق انجام دادن کار بدون ریخت و پاش                  ۴- شایستگی های غیر فنی: ۱- اخلاق حرفه ای ۲- مدیریت منابع ۳- محاسبه و کاربست ریاضی                  ۵- مستندسازی: گزارش نویسی</p>		
<b>میانگین نمرات</b>		
<p>* کمترین میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ است.</p>		





## پودمان چهارم

# عملیات در صنایع کشاورزی، بهداشتی و دارویی



آدمی برای آسایش خود نه تنها به غذای مناسب محتاج است بلکه باید از بهداشت و سلامت کامل نیز برخوردار باشد.

## واحد یادگیری ۴

### انجام عملیات در صنایع کشاورزی، بهداشتی و دارویی

#### مقدمه

بشر برای زنده نگه داشتن خود از محصولاتی که از خاک حاصل می شود، استفاده می کند. تقویت خاک توسط مواد معدنی، آلی یا زیستی انجام می شود. این کار باعث افزایش حاصلخیزی خاک و عملکرد بهتر آن می شود. در سیر تحول زندگی و گذر از دوره صنعتی، شوینده ها مورد توجه صنعتگران و تولیدکنندگان قرار گرفتند و تولید مواد شوینده با پشتوانه علمی، روزبه روز مسیر تکاملی خود را طی کرد. در این فرایند تکاملی علاوه بر نظافت، به مقوله زیبایی، صرفه جویی، افزایش قدرت پاک کنندگی و بهداشت فردی توجه شده است. دارو از مهم ترین کالاها در تجارت امروزی بشر به لحاظ اثرگذاری بر سلامت انسان است. صنعت دارو به عنوان یکی از صنایع استراتژیک نقش مهمی در سلامت، اقتصاد، سیاست و امنیت جامعه ایفا می کند. در این پودمان، ابتدا معرفی انواع کود، آفت کش و صنایع سلولوزی مانند کاغذ آورده شده است. سپس مواد شوینده و انواع آن و در آخر هم معرفی داروها و انواع آنها همراه با فیلم آموزشی، تحقیق کنید، پرسش، فعالیت های عملی قابل اجرا، نکات ایمنی و زیست محیطی مرتبط آورده شده است.

#### استاندارد عملکرد

تهیه چند نمونه کود، آفت کش، مواد شوینده و محصول دارویی طبق روش کار

#### شایستگی های غیر فنی

- ۱ اخلاق حرفه ای: حضور منظم و وقت شناسی، انجام دادن وظایف و کارهای محول، پیروی از قوانین
- ۲ مدیریت منابع: شروع به کار به موقع - مدیریت مؤثر زمان - استفاده بهینه از مواد و تجهیزات
- ۳ کار گروهی: حضور فعال در فعالیتهای گروهی - انجام دادن کارها و وظایف محول
- ۴ مستندسازی: گزارش نویسی فعالیتهای کارگاهی
- ۵ محاسبه و کار بست ریاضی

#### شایستگی های فنی

- پس از پایان این واحد یادگیری هنرجویان قادر خواهند بود:
- ۱ چند نمونه فرآورده مصرفی در صنعت کشاورزی را تهیه کنند.
  - ۲ برخی از شوینده های تجاری را تهیه کنند.
  - ۳ چند نمونه محصولات بهداشتی دارویی را تهیه کنند.



به نظر شما، گیاهان برای رشد به مواد غذایی نیاز دارند؟

بشر از روز اول خلقت برای زنده نگه داشتن خود از محصولاتی که از خاک روییده‌اند و یا حیواناتی که از محصولات روییده از خاک استفاده می‌کنند، تغذیه کرده است و همواره مهم‌ترین مسئله بشر تغذیه مناسب است. تقویت خاک توسط مواد معدنی، آلی یا زیستی انجام شده است. این کار باعث بالا بردن حاصلخیزی خاک و افزایش عملکرد کیفی و کمی آن می‌شود. به این مواد اصطلاحاً کود گفته می‌شود (شکل ۱). در سال ۱۸۴۱ میلادی دانشمند آلمانی به نام لیبیگ<sup>۱</sup> از کشور آلمان در مورد مواد غذایی مؤثر در رشد گیاهان تحقیقاتی انجام داد. در سال ۱۸۴۳ میلادی لاو<sup>۲</sup> در انگلستان موفق شد تا نتیجه‌ای را که فون<sup>۳</sup> از حل کردن استخوان‌های حیوانات در سولفوریک اسید برای تهیه کود شیمیایی به دست آورده بود را بهره‌برداری کند و از همان زمان صنایع تولید کودهای شیمیایی پایه‌گذاری شد.



شکل ۱- استفاده از کود به عنوان ماده غذایی برای گیاهان

۱- Libig  
۲- Lawes  
۳- Fone

کودها به سه دسته شیمیایی، آلی و زیستی<sup>۱</sup> تقسیم‌بندی می‌شوند.

### کودهای آلی

کودهای آلی مانند کود دامی یا کودهای سبز، ترکیباتی شامل یک یا چند نوع ماده آلی هستند. این نوع کودها از فاسد شدن پودر استخوان، تجزیه گیاهان و همچنین بخش‌هایی از گیاهان که خرد شده و یا ذرات کوچک آنها بر روی زمین افتاده است، به دست می‌آید. به طور کلی، هر ماده‌ای که تجزیه آن منشأ طبیعی دارد، می‌تواند گزینه مناسبی برای گنجاندن در این گروه از کودها به حساب آید. کودهای دامی (مرغی، گاوی و اسبی) دارای مقادیر پایینی از عناصر معدنی هستند که امروزه به کمک روش‌هایی همراه با پوساندن کود، میزان شوری و بازی (قلیایی) بودن آن را پایین می‌آورند و آن را با عناصر معدنی غنی‌سازی می‌کنند.

درصد مواد غذایی کود حیوانی و کیفیت فیزیکی آن به عواملی مانند نوع حیوان، میزان پوسیدگی کود، تغذیه دام، مقدار بذر علف‌های هرز، لارو و تخم حشرات، شن و خاک بستگی دارد. نمونه‌ای از کود حیوانی گاوی در شکل ۲ نشان داده شده است. درباره کودهای سبز که حاصل پوساندن بقایای سبز باغ‌ها و مزارع است، فرایندی



مشابه صورت می‌گیرد. این نوع کودها مواد آلی و هموس<sup>۲</sup> (هیومیک اسید) خاک را بالا می‌برند و ظرفیت نگهداری آب در خاک را افزایش می‌دهند، که این امر در مواقع کم‌آبی کمک شایانی خواهد کرد. همچنین نفوذپذیری آب در خاک را بهبود می‌بخشد و باعث افزایش ریزجانداران و افزایش فعالیت زیست‌شناختی خاک می‌شود.

شکل ۲- نمونه‌ای از کود حیوانی

کود سبز عملاً مواد غذایی به خاک اضافه نمی‌کند، بلکه آنچه را که طی رشد خود از خاک جذب و ذخیره کرده است، به خاک بر می‌گرداند. در صورتی که از گیاهان تیره به عنوان کود سبز استفاده شود تمام ازت تثبیت شده را به خاک بر می‌گرداند.

کود هموس چیست؟ چه ویژگی‌هایی دارد؟ مزایای استفاده از آن چیست؟

تحقیق کنید  
۱



۱- Biologic

۲- Humus

**کمپوست:** به محصولات حاصل از تجزیه ضایعات و پسماندهای آلی مانند بقایای گیاهی، حیوانی یا زباله‌های شهری کمپوست می‌گویند. کمپوست کردن زباله زیست تخریب‌پذیر خانگی، علاوه بر کاهش تولید زباله، روشی آسان برای تولید کودی آلی و بی‌هزینه برای مصارف خانگی (گلدان‌ها و باغچه‌ها) است. همچنین کمپوست خانگی کمک می‌کند از آلودگی‌ها و سموم کمپوست‌های تجاری نیز خلاص شوید. همان‌طور که باکتری‌های مفید در روده انسان به هضم و جذب مواد غذایی کمک می‌کنند، کمپوست نیز در خاک گیاهان چنین نقشی دارد و کیفیت رشد گیاهان را بهبود می‌بخشد.

هر ماده آلی طبیعی در نهایت تجزیه خواهد شد، اما، در روند کمپوست شدن، به دلیل وجود باکتری‌ها و سایر ریزجانداران تجزیه‌کننده، سرعت تجزیه مواد بیشتر خواهد بود. ریزجاندارهای تجزیه‌کننده شامل باکتری‌ها، قارچ‌ها، کرم‌ها و حشرات جونده هستند. چهار عامل کلیدی در تهیه کمپوست خانگی عبارت‌اند از: نیتروژن، کربن، رطوبت و اکسیژن.



شکل ۳- تهیه کود گیاهی در خانه با استفاده از پسماندهای غذایی

مهم‌ترین هدف از تهیه کمپوست خانگی دستیابی به کیفیت مناسب کود است. شکل ۳ نمونه‌ای از مواد مصرفی در تهیه کود خانگی را نشان می‌دهد. برای کاهش خطر ابتلا به مواد خطرناک و شیمیایی مضر از ریختن زباله‌های برقی، مدفوع حیوانات، گیاهان آفت‌زده و بیمار، مواد گوشتی و لبنی و محصولات دیگر حیوانی، روغن و چربی، خاکستر زغال یا زغال چوب، کاغذ چاپ‌شده و هر ماده‌ای که به سموم آلوده باشد، در ظرف کمپوست خانگی خودداری کنید.

## فعالیت عملی ۱



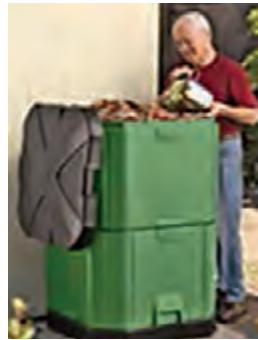
### تهیه کمپوست خانگی

#### روش کار:

- ۱ محلی خشک، سایه‌دار و نزدیک به آب را برای قرار دادن مخزن کمپوست خود انتخاب کنید. مخزن کمپوست مطابق شکل، باید دریچه‌های مناسب برای گردش هوا داشته باشد.
- ۲ پسماندهای قهوه‌ای‌رنگ و سبزرنگ را جمع‌آوری کنید و مواد درشت را ریز کنید. برای مثال پوست تخم‌مرغ، برگ کاهو، هویج‌های پلاسیده را می‌توانید استفاده کنید.
- ۳ مخزن کمپوست خود را با پسماندهای سبز مثل چمن، پوست میوه‌ها و ضایعات قهوه‌ای‌رنگ و دارای کربن مثل برگ‌های مرده و شاخه‌های ریز و کمی آب پر کنید.
- ۴ پس از هر بار اضافه کردن مواد به ظرف، کمی آن را مرطوب کنید. میوه‌ها و سبزیجات را در عمق ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متری قرار دهید تا بپوسند. برای هوادهی بهتر، هر چند روز یک بار مواد داخل مخزن را زیرورو کنید.
- ۵ بهتر است در ظرف کمپوست خانگی را ببندند. زمانی که رنگ مواد قهوه‌ای تیره شود، کمپوست خانگی شما قابل استفاده خواهد بود. این فرایند بین ۲ ماه تا ۲ سال طول می‌کشد. این مراحل در شکل نشان داده شده است.



نمونه‌های مخزن مناسب برای تهیه کمپوست خانگی



مراحل تهیه کود آلی کمپوست

**کودهای زیستی:** کودهای زیستی به موادی گفته می‌شود که دارای تعداد کافی از یک یا چند گونه از ریزاندامکان‌های (میکروارگانسیم‌های) سودمند خاکزی هستند. این کودها دارای ریزاندامکانی هستند که قادرند عناصر غذایی خاک را در یک فرایند زیستی، به مواد مغذی همچون ویتامین‌ها و دیگر مواد معدنی تبدیل کنند و به ریشه خاک برسانند. ورمی کمپوست‌ها<sup>۱</sup> جزء این گروه از کودها هستند (شکل ۴). مصرف کودهای زیستی کم

هزینه‌تر هستند و در زیست‌بوم<sup>۲</sup> یا به عبارتی شرایط طبیعی محیط در یک منطقه که زندگی تمام گیاهان، حیوانات و سایر موجودات طبق آن شرایط به وجود آمده، آلودگی به وجود نمی‌آورد.



شکل ۴- نمونه‌ای از ورمی کمپوست

۱- Vermicompost

۲- Ecosystem



**کودهای شیمیایی:** کودهای شیمیایی که حاوی ترکیبات معدنی هستند، برحسب اینکه چه عنصری را به خاک تغذیه می‌کنند، به کودهای فسفاتی، نیتروژنی (ازت‌دار)، پتاسیمی (پتاسیم‌دار) و کودهای کامل دسته‌بندی می‌شوند، که در ادامه به آن پرداخته شده است. نمونه‌ای از آنها در شکل ۵ نشان داده شده است.



شکل ۵- نمونه‌ای از کود شیمیایی

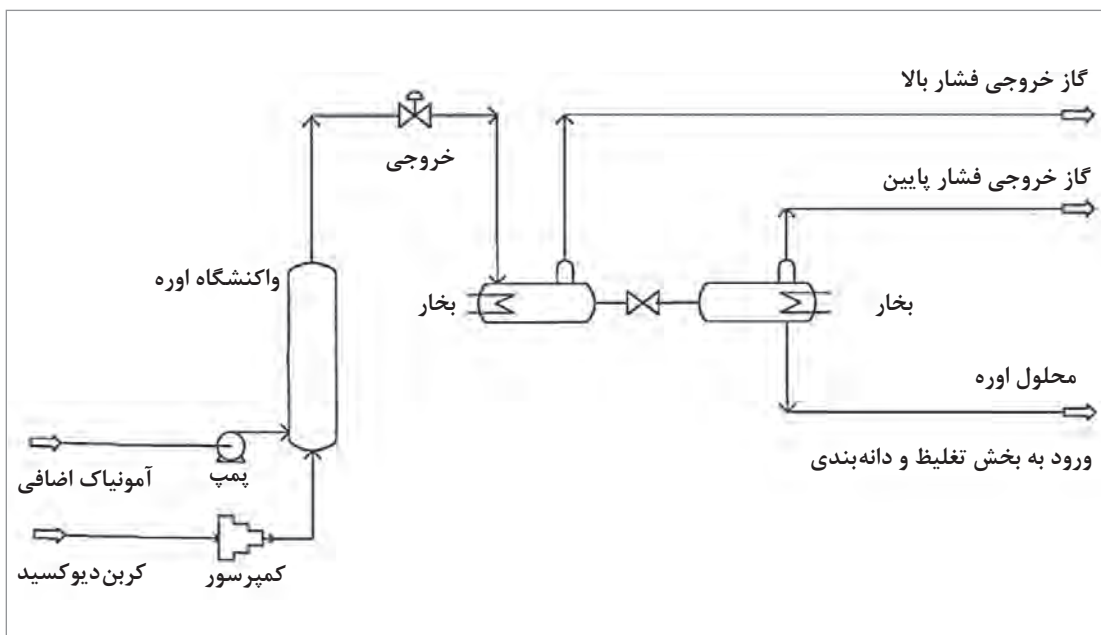
**کود نیتروژنی:** در ابتدای قرن نوزدهم پژوهشگران متوجه شدند تغذیه خاک با ترکیبات نیتروژن‌دار در رشد غلات و نباتات مؤثر است. اولین بار از سدیم‌نیترات به عنوان کود نیتروژنی استفاده شد. سپس با استفاده از آمونیاک حاصل از گازهای صنایع کک‌سازی، آمونیوم‌سولفات ساخته شد. در حال حاضر از موادی نظیر آمونیوم‌سولفات، کلسیم‌نیترات، سدیم‌نیترات، اوره و آمونیوم‌نیترات به عنوان کود استفاده می‌شود.



شکل ۶- اوره

**فرایند تولید اوره:** اوره رایج‌ترین کود در ایران است که به نام کود شکرکی یا کود سفید معروف است (شکل ۶). از اوره در محلول‌پاشی برگ گیاهان نیز استفاده می‌شود. این کود برای انواع گیاهان زینتی، باغ‌ها، صیفی‌جات، مزارع و زمین‌های چمن قابل استفاده است.

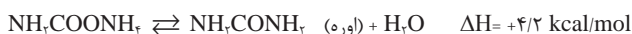
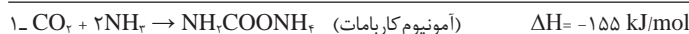
خوراک مصرفی واحد تولید اوره، شامل گازهای کربن دیوکسید و آمونیاک است. با انجام شدن واکنش شیمیایی، ترکیب آمونیوم کاربامات<sup>۱</sup> حاصل می‌شود. آمونیوم کاربامات تولیدی به واکنشگاه واحد اوره ارسال می‌شود تا ترکیب فوق به اوره و آب تجزیه شود. به دلیل اینکه غلظت اوره<sup>۲</sup> تولیدی پایین است، عملیات تغلیظ محلول اوره در چند مرحله انجام می‌شود و غلظت محلول اوره به بیش از ۹۸ درصد افزایش می‌یابد. محلول اوره تغلیظ شده برای دانه‌بندی به برج پریل<sup>۲</sup> ارسال می‌شود و در این قسمت محلول اوره مذاب به اوره جامد (پرل) تبدیل می‌شود. اوره تولیدی برای تنظیم دانه‌بندی به قسمت غربال هدایت می‌شود و اوره با اندازه مشخص، به عنوان محصول نهایی وارد بخش خنک‌سازی می‌شود و پس از سردسازی به انبار ارسال می‌شود. دانه‌های اوره با اندازه‌های نامطلوب پس از خرد شدن و طی مراحل مختلف، دوباره به فرایند تولید برگشت داده می‌شود. فرایند تولید اوره در شکل ۷ نشان داده شده است.



شکل ۷- فرایند تولید اوره

علائم کمبود نیتروژن در گیاه چیست؟

تحقیق کنید  
۲



۲- Prill

**کودهای فسفاتی:** فسفر یکی از عناصری است که به مقدار زیاد در درختان میوه مصرف می‌شود. غالباً درصد فسفر کودهای شیمیایی را به صورت درصد فسفر اکسید بیان می‌کنند. فسفر در خاک به صورت سنگ فسفات مطابق شکل ۸، خاک فسفات و ترکیبات آلی فسفات وجود دارد. در قدیم تنها از استخوان‌های حیوانات به عنوان ذخیره فسفات برای گیاهان استفاده می‌کردند. برای اولین بار در سال ۱۸۴۱ از اختلاط سولفوریک اسید با سنگ فسفات مخلوطی به دست آمد که سوپرفسفات نامیده شد و در سال ۱۸۴۳ این ماده در مقیاس صنعتی تولید شد.



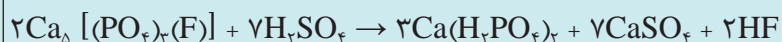
شکل ۸- سنگ معدن فسفات

بیشتر بدانید



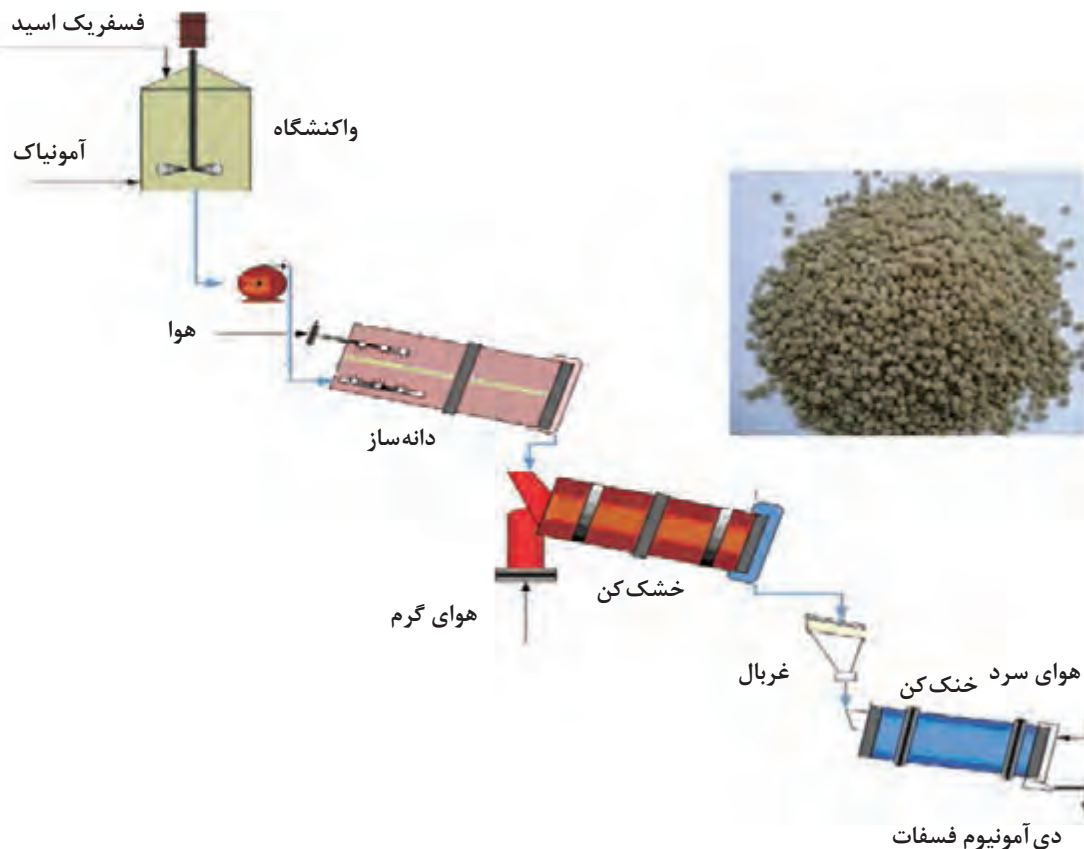
### ساخت کودهای سوپر فسفاتی

ساخت کود سوپر فسفات بر اساس واکنش بین کانی آب‌تیتی  $Ca_5[(PO_4)_3(F)]$  و سولفوریک اسید انجام می‌گیرد:



از کودهای گروه فسفات می‌توان کودهای دی‌آمونیم فسفات  $(NH_4)_2HPO_4$  و مونوآمونیم فسفات  $(NH_4)H_2PO_4$ ، پلی فسفات آمونیوم  $(NH_4)_3PO_4$  و سوپر فسفات تریپل  $(Ca(H_2PO_4)_2)_3$  را نام برد.

فرایند تولید دی‌آمونیم فسفات: دی‌آمونیم فسفات از بهترین کودهای شیمیایی فسفات دار است. این ماده در دمای بالای ۸۰ درجه سلسیوس تجزیه می‌شود. برای تهیه دی‌آمونیم فسفات از فسفریک اسید و آمونیاک استفاده می‌شود. فسفریک اسید از سنگ فسفات، و آمونیاک از گاز سنتز<sup>۱</sup> تهیه می‌شود. آمونیاک و فسفریک اسید رقیق در واکنشگاه، واکنش گرمازا را انجام می‌دهند. دی‌آمونیم فسفات تشکیل شده همراه با آب وارد دستگاه دانه‌ساز<sup>۲</sup> شده و به شکل دانه‌های ریز مرطوب خارج می‌شود. پس از آن، در خشک‌کن با هوای داغ گرم می‌شود و به صورت دانه‌هایی در اندازه ۲ الی ۳ میلی‌متر تبدیل می‌شود. سپس توسط خنک‌کن سرد و در آخر بسته‌بندی می‌شود (شکل ۹).



شکل ۹- فرایند تولید دی‌آمونیم فسفات

**کودهای پتاسیمی:** پتاسیم یکی از عناصری است که در رشد غلات و گیاهان اهمیت خاصی دارد. نیاز خاک به پتاسیم بیشتر در خاک‌های اسیدی و خاک‌های شنی دیده می‌شود. پتاسیم بخش کوچکی از عناصر و محتویات گیاهی را تشکیل می‌دهد ولی در فرایندهای متعدد زیستی رشد گیاه نقش کلیدی دارد. از تولید پروتئین گرفته تا تعادل و پیوستگی آب در گیاه به میزان پتاسیم آن بستگی دارد. کاهش پتاسیم موجب

۱- Synthesis Gas: سوخت گازی حاوی هیدروژن، کربن مونوکسید و کربن دیوکسید است.

کمبود رشد گیاه و یا زردی و سوختگی انتهای برگ می‌شود. همچنان که پتاسیم در گیاه جریان دارد علائم کمبود ابتدا در برگ‌های پیر ظاهر می‌شود. از دیگر علائم کمبود پتاسیم در گیاه کاهش استحکام ساقه گیاه است که مشکلات بعدی را در حمل و نقل مواد به وجود می‌آورد و همچنین موجب کمبود مقاومت گیاه در برابر بیماری می‌شود.

اغلب کودهای پتاسیمی در آب محلول هستند. از ترکیبات کودهای پتاسیمی می‌توان به پتاسیم کلرید، پتاسیم سولفات و پتاسیم نیترات اشاره کرد. کودهای پتاسیمی از استخراج رسوبات طبیعی و تغلیظ آنها از روش‌های مختلف حاصل می‌شود. پتاسیم سولفات به دلیل فراوانی در طبیعت و ارزان بودن نسبت به کودهای دیگر برای تغذیه گیاه ترجیح داده می‌شود. برای غلاتی مانند ذرت، چغندر قند، سویا، گندم و پنبه از این کود استفاده می‌شود که به دلیل خواص نزدیک با پتاسیم کلرید، جایگزین بسیار خوبی برای آن است.



شکل ۱۰- کود کامل (NPK) بسته‌بندی شده

**کودهای کامل:** با گذشت زمان و استفاده وسیع کودهای شیمیایی، خاک‌های مختلف طبقه‌بندی و نیاز به عناصر مغذی خاک مشخص شد و بدین ترتیب استفاده از کودهای کامل که نیاز تغذیه‌ای خاک‌های مختلف را تأمین کند، متداول گردید. در کودهای کامل یا مرکب مجموع عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم با نسبت استاندارد وجود دارد که اصطلاحاً به آن NPK گفته می‌شود (شکل ۱۰).

فرایند تولید کود کامل به صورت جامد شامل یک فرایند اختلاط و دانه‌سازی است.

نکته



پرسش ۱



مزایای استفاده از کود شیمیایی کامل چیست؟

## فعالیت عملی ۲



### تهیه کود کامل

#### مواد و وسایل لازم:

آمونیم سولفات، پتاسیم سولفات و آمونیم فسفات، آسیاب یا هاون، بشر، همزن و ترازو.

#### روش کار:

- ۱ نمک‌های آمونیم سولفات، پتاسیم سولفات و آمونیم فسفات را توسط آسیاب به ذرات ریز تبدیل کنید.
- ۲ مواد با نسبت‌های یکسان، وزن شود.
- ۳ مواد را درون بشر مناسب با یکدیگر به طور کامل مخلوط کنید.



تصویرهای زیر مزارع تولید خیار را نشان می دهد. به نظر شما اختلاف این دو تصویر به چه دلیل است؟



سلامت و بهبود رشد گیاهان برای همه انسان ها و از جمله افرادی که به کاشت گیاهان و تهیه فرآورده های گیاهی اشتغال دارند مهم است. میزان رشد و باروری گیاهان به عوامل محیطی از قبیل آب، خاک، نور و گرما و ایمنی آنها در مقابل عوامل نامساعد، بستگی دارد. تقریباً یک سوم مواد غذایی جهان توسط آفات از بین می روند. در چنین شرایطی بدیهی است کنترل آفات برای آینده کشاورزی حیاتی است.

### آفت چیست؟

آفت و بیماری در گیاهان عبارت است از هرگونه اختلالی که توسط موجود زنده بیماری زا یا عوامل محیطی در عملیات تولید، انتقال، استفاده از مواد غذایی، مواد معدنی و آب روی می دهد و باعث تغییرات ظاهری و کاهش میزان محصول می شود. عمل فیزیولوژیکی گیاه که تحت تأثیر عوامل بیماری زا قرار می گیرد، به نوع و محل بافت آسیب دیده بستگی دارد. بیماری های ریشه باعث اختلال در جذب آب و مواد معدنی خاک می شود. بیماری های آوندهای چوبی باعث اختلال در انتقال آب و مواد دیگر به سایر بخش ها می شود. بیماری های گل ها و میوه ها باعث اختلال در تولید مثل و یا ذخیره مواد غذایی جدید برای گیاه می شود.

### آفت کش ها

آفت کش ها ترکیبات مصنوعی یا طبیعی هستند که برای جلوگیری، از بین بردن، دور کردن و کاهش آفات مانند حشرات (شکل ۱۱) استفاده می شود. کاربرد آفت کش ها در صنایع کشاورزی کنترل شیمیایی خوانده می شود.



شکل ۱۱- نمونه ای از آفت کش

بیشتر بدانید



گیاه شوکران

استفاده از آفت‌کش‌ها سابقه طولانی در تاریخ تکاملی زندگی بشر دارد و محدود به زندگی کنونی نیست. مصریان قدیم ۱۲۰۰ سال پیش از میلاد مسیح از عصاره گیاهانی نظیر شوکران برای مبارزه با آفات استفاده می‌کردند. در سال ۱۹۳۹ پل مولر<sup>۱</sup>، شیمی‌دان سوئیس، به خواص حشره‌کشی ددت پی برد که این نوآوری جایزه نوبل را به همراه داشت.

درباره ددت، خواص و خطرات استفاده از آن برای انسان‌ها و محیط‌زیست تحقیق کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

تحقیق کنید

۳



برهم‌کنش بین نیازهای کشاورزی، حفاظت از محیط‌زیست و نگرانی‌های موجود در زمینه بهداشت انسان که در مثلث شکل ۱۲ نشان داده شده است، امری است پیچیده، که روش‌های کنترل آفات به‌عنوان عامل تأثیرگذار بر آنها باید به‌دقت بررسی شوند.



شکل ۱۲- الگوی اساسی استفاده از روش‌های کنترل آفات

آفت‌کش ماده شیمیایی نسبتاً خالصی است که حاوی ۹۵ تا ۱۰۰ درصد ماده موثر است. اغلب ماده موثر را نمی‌توان به‌طور مستقیم بر ضد آفات به‌کار برد و باید به‌منظور استفاده عملی از نظر انبار کردن، حمل‌ونقل، کاربرد، نفوذپذیری، پایداری و بهداشتی عملیات رقیق‌سازی آنها انجام شود.

۱- Paul Muller

در تهیه آفت‌کش‌ها می‌توان از مایع غلیظ امولسیون‌شونده<sup>۱</sup> که یک محلول غلیظ روغنی حاوی ماده مؤثر آفت‌کش است، استفاده کرد. مایع امولسیون‌شونده به راحتی با آب مخلوط می‌شود و به صورت ذرات روغنی معلق در آب درمی‌آید. در تهیه محلول‌های رقیق آفت‌کش از مواد کمکی، مانند پخش‌کننده، چسباننده و ضدکف استفاده می‌شود.

### فعالیت عملی ۳



#### تهیه آفت‌کش خانگی

**مواد و وسایل لازم:** مایع ظرف‌شویی، روغن مایع خوراکی، بشر، قاشق غذاخوری، فنجان، استوانه مدرج و همزن.

#### روش کار:

- ۱ یک قاشق غذاخوری مایع ظرف‌شویی را با یک فنجان روغن پخت‌وپز در یک کاسه مخلوط کنید و ۱۲ میلی‌لیتر از این ترکیب را به یک فنجان آب اضافه کنید و آن را به خوبی مخلوط کنید.
- ۲ آفت‌کش را روی قسمت کوچکی از گیاه که آلوده شده است اسپری کنید و به مدت یک روز آن را تحت نظر داشته باشید، اگر پژمرده نشد یا تغییر رنگ نداد، بی‌خطر است.
- ۳ هر سه روز یک بار آفت‌کش را روی گیاه اسپری کنید و این کار را به مدت ۲ هفته انجام دهید تا اطمینان حاصل شود که آلودگی از بین رفته است.



از تماس و پاشش آفت‌کش‌ها به صورت و چشم خودداری شود.

نکته ایمنی







مقدار زیادی از آفت کش ها همه ساله به محیط زیست راه پیدا می کنند. آفت کش ها می توانند در آب حل شوند و یا به صورت معلق در آب در آیند و در مسافت طولانی جابه جا گردند، با توجه به سمیت آفت کش ها، مصرف آنها محدود شده است.

نکته  
زیست محیطی



تحقیق کنید  
۴



خطرات و زیان های آفت کش ها برای انسان و محیط زیست چیست؟



## سلولوز

جزء اصلی دیواره و بدنه گیاهان را سلولوز تشکیل می دهد. سلولوز یک پلی ساکارید است که از هزاران مولکول گلوکوز تشکیل شده است. اولین بار در حدود ۲۰۰ سال پیش دانشمندان به خواص مفید سلولوز برای استفاده در دیگر صنعت ها پی بردند. سلولوز به واسطه اینکه در رشته های پنبه ای وجود دارد، از آن برای تولید پوشاک سلولوزی استفاده می شود. همچنین کاربرد دیگر سلولوز در صنعت پزشکی است. ساخت مواد منفجره، پلاستیک و رنگ سازی از دیگر موارد کاربرد سلولوز است. شکل ۱۳ چند نمونه کاربرد الیاف سلولوزی را نشان می دهد.

از دیگر انواع محصولات سلولوزی لوازم بهداشتی هستند. از ماده سلولوز برای تولید دستمال کاغذی و پنبه های بهداشتی استفاده می شود. تا چند سال پیش، ایران جز واردکنندگان این محصولات بود ولی با گسترش فناوری، ایران نیز جزو کشورهای تولیدکننده و صادرکننده آنها شده است. از دیگر کاربردهای سلولوز تولید محصولات کاغذی و مقوایی است.



شکل ۱۳- نمونه‌هایی از کاربردهای الیاف سلولوزی

### کاغذ

کاغذ در اصطلاح علمی عبارت است از تراکم الیاف سلولوزی که به‌طور نامنظم داخل یکدیگر هستند و یک ماده فشرده را تولید می‌کند. این ماده از خمیرکتان، پنبه، کنف، چوب یا ضایعات کشاورزی ساخته می‌شود. مصریان باستان اولین مردمانی بودند که از نوعی نی شبیه بامبو به نام پاپیروس صفحاتی تهیه کردند و بر روی آن می‌نوشتند (شکل ۱۴). صنعت کاغذسازی در ایران از قرن هفتم هجری در شکل ابتدایی آن وجود داشته و گسترش یافته است.



شکل ۱۴- قدیمی‌ترین کاغذ کشف‌شده در مصر از جنس پاپیروس

**تولید کاغذ:** الیاف سلولوزی در چوب، ماده اصلی تولید کاغذ است. فرایند تولید کاغذ یک فرایند مکانیکی - شیمیایی است (شکل ۱۵). پس از قطع درختان و کندن پوست آنها برای تبدیل به خمیر اولیه کاغذ، درختان به تکه‌های ریز در می‌آیند. در مرحله خمیر کردن، لیگنین موجود در چوب و مقداری رزین و روغن از درخت جدا می‌شود که این کار توسط مواد شیمیایی نظیر سدیم هیدروکسید، سولفیت، سولفات‌ها و آب داغ انجام می‌شود. در این مرحله خمیر قهوه‌ای رنگی حاصل می‌شود که از آن در تهیه مقوا، کارتن و یا کاغذهای کاهی استفاده می‌شود. سپس شست‌وشوی قلیایی با استفاده از محلول ۳ درصد سود دوباره صورت می‌گیرد تا جداسازی لیگنین و کاهش رنگ خمیر انجام پذیرد. برای رنگ‌زدایی و تهیه کاغذ سفید، از کلر زنی و ترکیبات کلردیوکسید، هیدروژن پراکسید، ازون به خمیر استفاده می‌شود تا لیگنین از بین برود و باقی‌مانده آن در خمیر سفید رنگ شود.



شکل ۱۵- تولید کاغذ

شایان ذکر است در مراحل مختلف آماده‌سازی خمیر برای ورود به ماشین کاغذسازی، مواد شیمیایی متنوعی استفاده می‌شوند تا به بهبود خواص کاغذ کمک کنند. مصرف افزودنی‌ها از قبیل آلومینیم سولفات، کاربرد پلاستیک برای کاغذهای گلاسه و لیوان کاغذی ضد آب، عوامل تثبیت اندازه و آهاردهنده، پرکننده‌های معدنی، نشاسته و رنگ‌ها عمومیت دارد. در مرحله خشک کردن کاغذ، خمیر کاغذ را از دستگاه تمیزکننده و توری‌هایی که دارای سوراخ‌های ۲ تا ۳ میلی‌متری هستند، عبور می‌دهند تا قسمت عمده آب خود را از دست بدهد. بعد آن را از پرس‌های قوی عبور می‌دهند تا باقی‌مانده آب آن خارج شود. سپس خمیر خشک‌شده از میان غلتک‌های مخصوص، عبور می‌کند و به صورت صفحات کاغذ خارج می‌شود، در پایان توسط دستگاه برش آن را در اندازه‌های سفارش شده برش می‌دهند و بسته‌بندی می‌کنند. در تولید کاغذ می‌توان از بازیافت کاغذهای باطله استفاده کرد. در این روش کاغذهای باطله خرد شده و آن قدر ریز می‌شود که بتوان آنها را در آب حل کرد. بازیافت کاغذ موجب صرفه‌جویی در مصرف آب و برق می‌شود.

نمودار BFD فرایند تولید کاغذ را بر اساس توضیحات داده‌شده و اطلاعات سال گذشته خود رسم کنید.

پرسش ۲



فیلم آموزشی



تحقیق کنید  
۵



## تولید کاغذ

۱ کدام ضایعات کاغذی غیر قابل بازیافت هستند؟

۲ درباره فرایند تولید دستمال کاغذی تحقیقی (به صورت متن و فیلم) انجام دهید و نتیجه آن را در کلاس ارائه کنید.

آلودگی در زندگی بشر همیشه همراه او بوده است. بنابراین نظافت و زدودن آلودگی از نیازهای اولیه انسان به شمار می‌رود. از جمله آلودگی‌ها می‌توان آلودگی هوا، آب، غذا، بدن و محیط زندگی را نام برد.

به نظر شما، برای نظافت کامل یک شخص، چند نوع ماده شوینده مورد نیاز است؟



بحث‌گروهی  
۳



از جمله عوامل مؤثر در آلودگی، چربی‌ها هستند؛ به‌ویژه اگر همراه گرد و خاک باشند، موجب آلودگی خواهند شد. محل تجمع چربی‌ها، محیطی مناسب برای رشد و تکثیر میکروب‌ها و تشدید عفونت و آلودگی، ایجاد بوی ناخوشایند و در نهایت باعث شیوع بیماری‌های مختلف می‌شود.

### شوینده‌ها<sup>۱</sup>

نگاهی به تاریخ بهداشت بشر نشان از آن دارد که پیش از به‌وجود آمدن شوینده‌های جدید، نظافت در بین ملت‌ها با پیشینه تمدن طولانی وجود داشته است. از جمله می‌توان به مصر باستان اشاره کرد که ۲۵۰۰ تا ۳۰۰۰ سال پیش از میلاد، شست‌وشوی لباس‌ها با روش مکانیکی یعنی کوبیدن با پا انجام می‌شده است. بعدها با شناخت مواد طبیعی، چوبک (برای نظافت لباس‌ها) و خاکستر (برای شست‌وشوی ظروف) استفاده شدند.

درباره چرایی تمیزکنندگی چوبک و خاکستر تحقیق کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

تحقیق کنید  
۶



گرچه از صابون به عنوان اولین ماده شوینده تغییر یافته یاد می‌شود، ولی اغلب عقیده بر این است که صابون ماده‌ای کشف شده نیست؛ بلکه ماده‌ای است که به تدریج تغییر یافته است. آنچه روشن است این است که ماده اولیه مصرفی، چربی بوده است که به تدریج از چربی حیوانی (پیه) به روغن‌ها و چرب‌کننده‌های صنعتی (اسیدهای چرب)، تغییر یافته است.

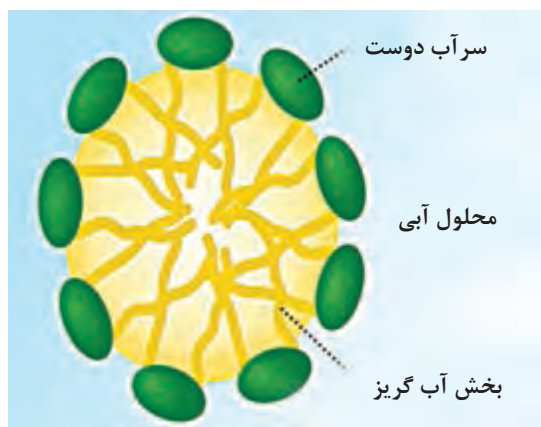
در سیر تحول زندگی و گذر از دوره کشاورزی به دوره صنعتی، شوینده‌ها توجه صنعتگران و تولیدکنندگان به خود جلب کرد و تولید مواد شوینده با پشتوانه علمی، روز به روز مسیر تکاملی خود را طی کرده است. در این فرایند تکاملی علاوه بر نظافت، به مقوله زیبایی، صرفه‌جویی، افزایش قدرت پاک‌کنندگی و بهداشت فردی نیز توجه ویژه شده است.

### اجزای اصلی شوینده‌ها

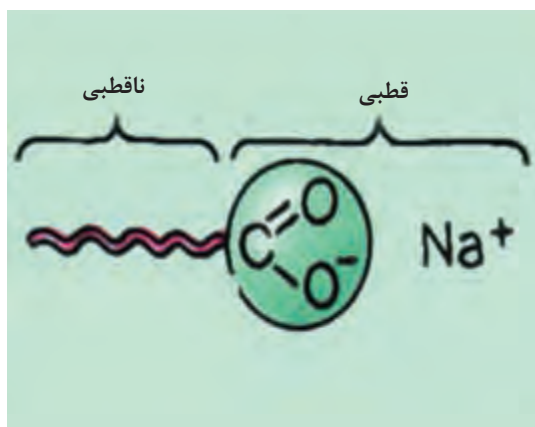
شوینده‌های خانگی و صنعتی دارای فرمول‌بندی بسیار پیچیده‌ای هستند و از چندین نوع ماده مختلف تشکیل شده‌اند که این مواد به گروه‌های زیر دسته‌بندی می‌شوند:

- الف) مواد فعال‌کننده سطح<sup>۱</sup> (ب) سازنده‌ها
- پ) عوامل رنگ‌بر یا سفیدکننده (ت) عوامل کمکی

**الف) مواد فعال‌کننده سطح:** «مواد فعال‌کننده سطح» از مهم‌ترین مواد اولیه در صنایع آرایشی - بهداشتی هستند. این مواد پس از حل شدن در آب تمایل، به جمع شدن در سطح دارند. افزودن این مواد به آب باعث کاهش کشش سطحی آن می‌شود. مواد فعال‌کننده سطح دارای یک سر قطبی یا بخش آب‌دوست<sup>۲</sup>، و یک سر (دم) ناقطبی یا بخش آب‌گریز<sup>۳</sup> (اغلب یک زنجیر بلند آلکیل) هستند (شکل ۱۶).



شکل ۱۶- ب) مولکول‌های ماده فعال‌کننده سطح در محلول آبی

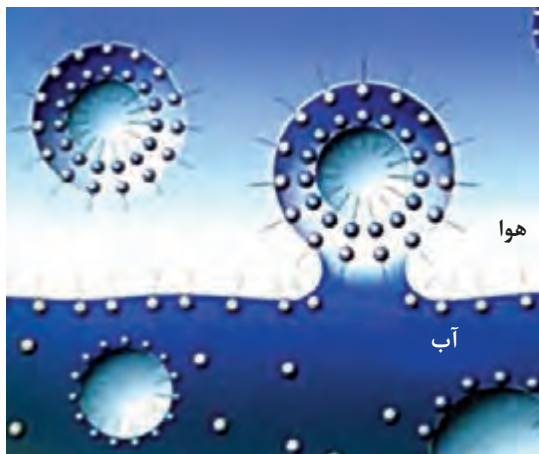


شکل ۱۶- الف) سرهای قطبی و ناقطبی در مولکول ماده فعال‌کننده سطح

۱- Surfactant: Surface Active Agents

۲- Head: Hydrophilic

۳- Tail: Hydrophobic



در اثر ورود هوا به آب حاوی مواد فعال کننده سطح (از طریق دمیدن یا هم زدن)، بخش قطبی مولکول به طرف آب و سر ناقطبی آن به طرف هوا (حفره گازی) قرار می گیرد و با حرکت آن به سطح، کف تشکیل می شود (شکل ۱۷).

شکل ۱۷- ایجاد شدن کف در آب حاوی مواد فعال کننده سطح

مولکول های آب دوست در شیمی و زیست شناسی کاربرد فراوانی دارند. مولکول های آب دوست علاوه بر تمایل به حل شدن در آب، قابلیت حل شدن در هر حلال قطبی دیگر را نیز دارند. مولکول های آب دوست به دلیل قطبی بودن به آسانی در آب و دیگر مولکول های قطبی، حل می شوند، ولی از حل شدن در انواع چربی ها و روغن ها و هر مولکول آب گریزی سر باز می زنند. خاصیت آب گریزی از جمله خصوصیات فیزیکی برخی مواد دیگر است. مواد آب گریز به دلیل خواص ناقطبی خود اجازه پخش شدن یا جذب شدن آب روی سطح را نمی دهند، از این رو موجب قطره ای شدن و سر خوردن قطرات آب می شوند (شکل ۱۸).



ب



الف

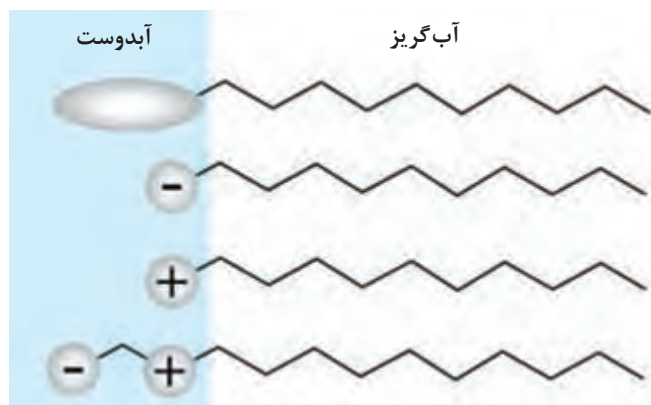
شکل ۱۸- سطح آب گریز: الف) مصنوعی، ب) طبیعی

مولکول های آب دوست و آب گریز را با یکدیگر مقایسه کنید.

تحقیق کنید  
۷



یک ماده فعال سطحی می تواند با توجه به بار الکتریکی موجود در قسمت حامل زنجیر مولکول، پس از حل شدن در محلول آبی، در یکی از چهار طبقه زیر قرار گیرد (شکل ۱۹):



- ۱ ماده فعال کننده سطح آنیونی
- ۲ ماده فعال کننده سطح کاتیونی
- ۳ ماده فعال کننده سطح غیر یونی
- ۴ ماده فعال کننده سطح آمفوتری

شکل ۱۹- انواع مواد فعال کننده سطح

مواد فعال کننده سطح با دارا بودن تعداد شاخه‌های کمتر در زنجیرهای آلکیل به طور کلی تأثیرات شویندگی بهتری نشان می دهند، اما خصوصیات ترکنندگی<sup>۱</sup> آنها به طور نسبی ضعیف است؛ در صورتی که مواد فعال کننده سطح با شاخه‌های بیشتر در قسمت زنجیر آلکیل، خصوصیت ترکنندگی خوبی دارند، اما قدرت شویندگی آنها ضعیف است.

یک ماده فعال کننده سطح مناسب برای استفاده در شوینده‌ها معمولاً دارای خصوصیات زیر است:

- ۱ حساسیت کم به سختی آب
- ۲ قابلیت تعلیق چرک و لکه
- ۳ حل پذیری زیاد
- ۴ قدرت ترکنندگی بالا
- ۵ رفتار زیست محیطی مطلوب

شکل ۲۰ مقایسه قدرت ترکنندگی و کشش سطحی را نشان می دهد.



قدرت ترکنندگی ضعیف، کشش سطحی زیاد، زاویه تماس بزرگ

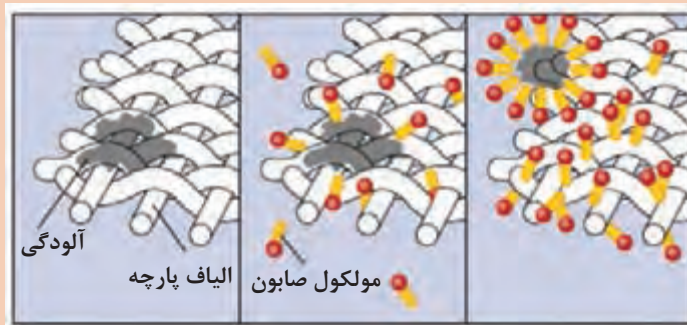
قدرت ترکنندگی خوب، کشش سطحی کم، زاویه تماس کوچک

شکل ۲۰- مقایسه قدرت ترکنندگی و کشش سطحی

۱- وقتی قطره آب روی سطحی قرار می گیرد، دو حالت پیش می آید؛ یا روی آن سطح پخش می شود و یا اینکه به شکل قطره محفوظ می ماند. اگر پخش شود، می گوئیم سطح تر شده و اگر شکل قطره محفوظ بماند، آن سطح تر نشده است. کاهش کشش سطحی آب در اثر افزودن یک ماده شوینده می تواند یک محلول غیر ترکننده را به یک محلول ترکننده تبدیل کند.



با توجه به شکل، شیوه تمیز شدن لباس از آلودگی‌ها توسط صابون را توضیح دهید.



درباره رفتار زیست‌محیطی شوینده‌ها تحقیق کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

**(ب) سازنده‌ها:** سازنده‌های مواد شوینده، نقشی اساسی در جریان فرایند شست‌وشو ایفا می‌کنند. عملکرد آنها بیشتر باعث تقویت و نگهداری کارایی شوینده و حذف یون‌های کلسیم و منیزیم می‌شود که تا حدی از آب و بعضی اوقات از لکه‌ها و پارچه‌ها ناشی می‌شوند. این سازنده‌ها شامل چندین نوع ماده هستند:

- ۱ مواد بازی ویژه از قبیل سدیم کربنات و سدیم سیلیکات
- ۲ عوامل کمپلکس‌کننده<sup>۱</sup> مانند سدیم دی‌فسفات، سدیم تری‌فسفات یا نیتریلوتری‌استیک اسید<sup>۲</sup> (NTA)
- ۳ تبادل‌گرهای یونی شامل پلی‌کربوکسیلیک اسید<sup>۳</sup> محلول در آب و ژئولیت‌های حل‌ناپذیر

کلمه ژئولیت مشتق از دو کلمه یونانی است که با هم به معنای سنگ جوشان می‌باشد و این نام مبتنی بر این واقعیت است که در هنگام گرما دادن ژئولیت، مقدار زیادی آب، به صورت بخار خارج می‌شود. ژئولیت‌ها جامدات بلورین با سوراخ‌های ریز هستند که پیوند مولکول‌های آب در شبکه این کانی‌ها ضعیف است و در اثر دما بدون آنکه ساختار شبکه فرو ریزد، آب خود را از دست می‌دهند و این عمل به صورت برگشت پذیر انجام می‌شود. ژئولیت‌ها به صورت شبکه بلوری شامل اکسیژن و آلومینیم یا سیلیس هستند که به صورت ساختاری سه بعدی درآمده‌اند. از دیدگاه شیمی دانان ژئولیت ساختاری است از بسپارهای معدنی که دارای اندامی چهاروجهی هستند (شکل ۲۱).



شکل ۲۱- یک نوع ژئولیت

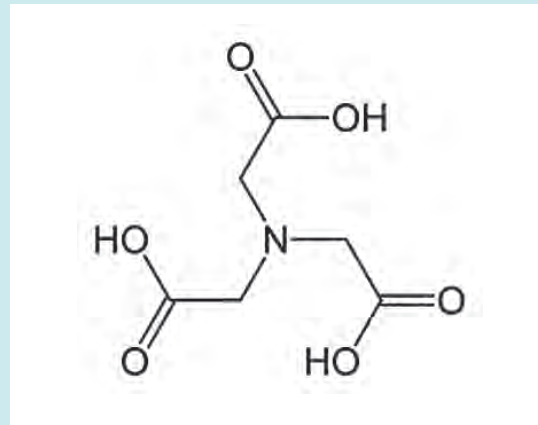
- ۱- Complex Agents
- ۲- Nitrilotriacetic Acid
- ۳- Polycarboxylic Acid



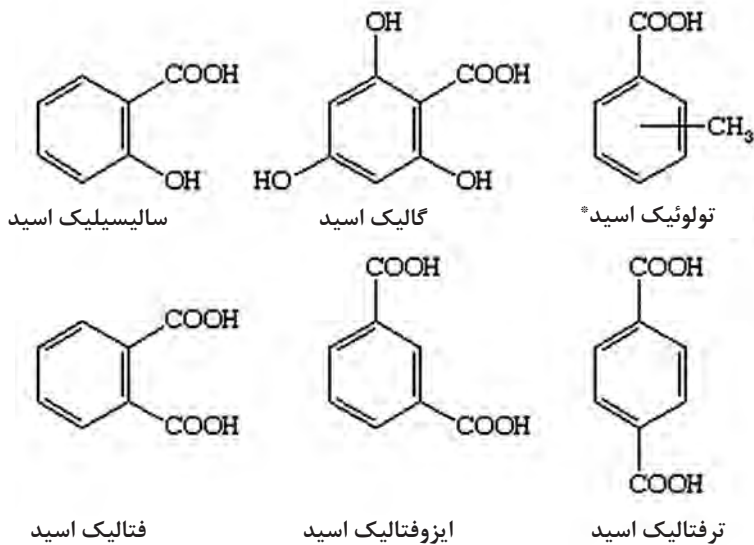


## معرفی چند ماده سازنده شوینده‌ها

۱ مولکول نیتریلوتری استیک اسید



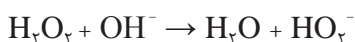
۲ انواع مونومرهای کربوکسیلیک اسید



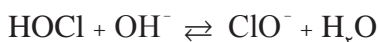
\* این نماد، سه ایزومر اسیدی ارتو، متا و پارا تولوئیک را نشان می‌دهد.

پ) عوامل رنگ بر 'یا سفیدکننده': واژه رنگ بر که می تواند در معنای گسترده ای استفاده شود، شامل القای هر نوع تغییر در جهت روشن تر شدن رنگ ماده است. به طور فیزیکی، مفهوم آن این است که شدت نور مرئی در نتیجه جذب توسط سطح، کاهش می یابد؛ در صورتی که اجسام با رنگ روشن تر انعکاس نور مرئی بیشتری دارند. در کل اثر سفیدکنندگی می تواند به سبب عوامل شیمیایی، فیزیکی و یا مکانیکی به خصوص به علت تغییر یا جابه جایی رنگدانه ها و لکه های چسبیده به جسم رخ دهد. میزان تأثیر سفیدکنندگی به نوع سفیدکننده، غلظت، زمان تماس در فرایند شست و شو یا آبکشی، دمای شست و شو، نوع لکه رنگی و جنس پارچه بستگی دارد.

ترکیبات مؤثر سفیدکننده: سفیدکننده های مهم از نوع پروکسید ( $H_2O_2$ ) هستند. هیدروژن پروکسید در محیط قلیایی، به گونه فعال آنیون هیدروژن پروکسید تبدیل می شود:



به طور معمول سدیم هیپوکلریت برای سفیدکنندگی استفاده می شود. در محیط قلیایی، سفیدکننده های هیپوکلریت تبدیل به آنیون هیپوکلریت ( $ClO^-$ ) می شوند:



منابع هیدروژن پروکسید معمولاً پروکسیدهای معدنی هستند. مهم ترین منبع، سدیم پربورات ( $NaBO_3 \cdot nH_2O$ ) است، که بهترین شرایط برای استفاده به عنوان سفیدکننده فعال و مؤثر شوینده را دارد. آبکافت این ماده، هیدروژن پروکسید به وجود می آورد و هنگامی که در شوینده ها وجود داشته باشد، عمر نگهداری را افزایش می دهد. غلظت سفیدکننده فعال آنیون هیدروژن پروکسید با افزایش pH و دما افزایش می یابد.

نکات ایمنی



- ۱ در هنگام استفاده از سفیدکننده ها حتماً از دستکش، ماسک، عینک و روپوش مناسب استفاده کنید.
- ۲ مایع سفیدکننده را دور از دسترس کودکان نگهداری کنید.
- ۳ ترکیبات کلر، از جمله سدیم هیپوکلریت، قدرت سفیدکنندگی خوبی دارند و در هنگام تماس با پوست بدن به سرعت باعث سوزش و آسیب آن می شوند.
- ۴ در صورت تماس مایع سفیدکننده با پوست، آن را با مقدار زیادی آب شست و شو دهید. در صورت بروز سوختگی، محل سوختگی را با آب سرد برای مدتی شست و شو دهید و سپس گاز استریل به کار ببرید و برای درمان به پزشک مراجعه کنید.
- ۵ از اختلاط مایع سفیدکننده با مواد شیمیایی دیگر به ویژه اسیدها (مانند جوهر نمک) به دلیل ایجاد گازهای سمی خودداری کنید.
- ۶ از اختلاط مایع سفیدکننده حاوی کلر با آمونیاک خودداری کنید.
- ۷ استنشاق بخارات کلر به دندان ها و دستگاه تنفسی آسیب می رساند.
- ۸ در صورت استنشاق گاز کلر متصاعد شده از مایع سفیدکننده، مصدوم را به هوای آزاد منتقل کنید و در صورت احتیاج از گاز اکسیژن و تنفس مصنوعی استفاده کنید و سپس به پزشک مراجعه شود.

### ت) عوامل کمکی

یکی از عوامل کمکی مهم در شوینده‌ها، آنزیم‌ها هستند که خاصیت نرم‌کنندگی و لکه‌بری دارند و اغلب در پودرهای شوینده استفاده می‌شوند. آنزیم‌ها، کاتالیزگرهای فرایندهای زیستی هستند و اغلب ساختار پروتئینی دارند. آنزیم‌ها باعث کاهش انرژی فعال‌سازی یک واکنش زیستی می‌شوند. معمولاً آنزیم‌ها توانایی حذف لکه‌ها را در فرایند شست‌وشو فراهم می‌آورند. انواع آنزیم‌های مصرفی در شوینده‌ها عبارت‌اند از:

- ۱- سلولاز: این آنزیم برای نرم کردن پارچه و همچنین روشن کردن، سفیدکنندگی و براق کردن پارچه‌های سفید با از بین بردن پرزها و گلوله‌های پنبه‌ای، به کار می‌رود.
- ۲- پروتئاز: این آنزیم لکه‌های پروتئینی روی لباس‌ها (لکه‌های غذا، شیر، تخم‌مرغ، گیاهان و خون) را به اجزای کوچک‌تر تبدیل می‌کند و لکه‌ها به راحتی در فرایند شست‌وشو حذف می‌شوند.
- ۳- لیپاز: این آنزیم لکه‌های چربی و روغنی روی لباس‌ها را به اسیدهای چرب کوچک‌تر تبدیل می‌کند و به راحتی در هنگام شست‌وشو حذف می‌شوند.
- ۴- آمیلاز: این آنزیم لکه‌های نشاسته‌ای مانند مواد قندی روی لباس‌ها را به اجزای کوچک‌تر تبدیل می‌کند و به راحتی در هنگام شست‌وشو حذف می‌شوند.

نکته

آنزیم‌ها علاوه بر افزایش قدرت پاک‌کنندگی، دارای فواید زیست‌محیطی هستند. آنزیم‌ها با کاهش مصرف انرژی و آب، کاهش زمان و دمای شست‌وشو، به یاری محیط‌زیست می‌شتابند.

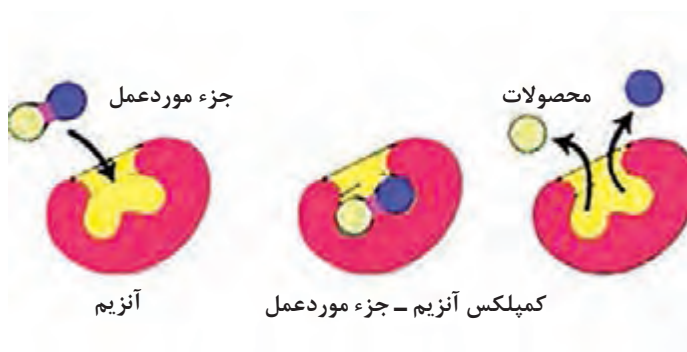


تحقیق کنید  
۹

نقش فناوری زیستی (بیوتکنولوژی) را در آینده صنعت شوینده‌ها بررسی کنید.



تقریباً تمام فرایندهای داخل سلول به کمک آنزیم‌ها انجام می‌دهند. آنزیم‌ها در طول واکنش مصرف نمی‌شوند و تعادل شیمیایی را جابه‌جا نمی‌کنند و همانند دیگر کاتالیزگرها با کاهش انرژی فعال‌سازی، واکنش را تسریع می‌کنند. مطابق شکل ۲۲ آنزیم مواد اولیه را در خود جذب می‌کند و بعد از واکنش شیمیایی محصول را رها می‌کند.



شکل ۲۲- شیوه عملکرد آنزیم‌ها

جدا کردن هر نوع آلودگی از یک سطح نیازمند صرف انرژی مکانیکی است که با عملیات سایش تأمین می‌شود. هر ماده‌ای که به تنهایی یا در ترکیب با مواد دیگر بتواند بخشی از این انرژی مکانیکی (مانند سایش با دست یا کار با ماشین لباس شویی) مورد نیاز را با انرژی فیزیکی- شیمیایی (مانند سایش به همراه یک ماده فعال کننده طبیعی) جایگزین کند، تحت عنوان ماده شوینده شناخته می‌شود. افزودن ماده شوینده به سامانه نظافت، باعث جایگزین شدن بخشی از انرژی مکانیکی لازم با انرژی فیزیکی- شیمیایی آن شوینده می‌شود. یک ماده شوینده مناسب، صرف نظر از نوع آن، دارای برخی مشخصه‌های متمایز کننده است، مهم‌ترین این مشخصات عبارت‌اند از:

- توانایی بالا در حذف سختی آب (یون‌های کلسیم و منیزیم)
- غیرخورنده بودن
- غیرسمی بودن و سازگاری با محیط زیست
- مقرون به صرفه بودن
- قابلیت ترکندگی و نفوذکنندگی بالا
- قابلیت چربی زدایی
- قابلیت آبکشی مناسب
- قابلیت حذف زنگ و پوسته

مواد شوینده صنعتی به پنج گروه اصلی تقسیم‌بندی می‌شوند که عبارت‌اند از:

- ۱- **مواد شوینده قلیایی:** شوینده‌های قلیایی اصلی‌ترین گروه مواد شوینده صنعتی هستند، که قادرند با چربی و روغن ترکیب شوند و صابون تشکیل دهند و پروتئین را حل کنند.
- ۲- **مواد شوینده اسیدی:** در این شوینده‌ها، از مواد اسیدی به عنوان عامل اصلی پاک‌کنندگی استفاده می‌شود که قادر به حل کردن رسوبات معدنی مانند نمک‌های کلسیم و منیزیم و همچنین رسوبات ناشی از سختی آب بر روی سطح ماشین‌آلات و تجهیزات است. از شوینده‌های اسیدی می‌توان برای حذف زنگ، آلودگی‌های قلیایی، سیمان، گچ یا بتن نیز استفاده کرد.
- ۳- **مواد شوینده فعال کننده سطح یا چربی زداها:** این نوع شوینده‌ها از مواد فعال کننده سطح تشکیل شده‌اند و در صورت اضافه شدن به آب، باعث کاهش کشش سطحی آب (افزایش قدرت ترکندگی) می‌شوند و تماس بین آلودگی و عامل پاک‌کننده را افزایش می‌دهند. این مواد قادر به جدا کردن چربی‌ها از سطح هستند و سپس این آلودگی‌های جدا شده، راحت‌تر توسط آب از محیط حذف می‌شوند. قابلیت پاک‌کنندگی این مواد چندان بالا نیست اما دارای اثر ضد میکروبی هستند و می‌توانند به عنوان ماده ضد عفونی کننده یا در ترکیب با مواد شوینده - ضد عفونی کننده استفاده شوند از این مواد برای حذف گریس و آلودگی‌های روغنی استفاده می‌شود.
- ۴- **مواد شوینده ضد عفونی کننده:** این مواد دارای عامل ضد عفونی کننده همراه با عامل شوینده هستند، در نتیجه می‌توانند به طور هم‌زمان سطوح را پاک و ضد عفونی کنند.

۵- مواد شویندهٔ حلال پایه: این گونه از مواد شوینده، از حلال‌های هیدروکربنی (بنزین، نفت سفید و تینر روغنی) تشکیل شده‌اند و برای حذف آلودگی‌هایی نظیر واکس‌های حلال پایه، روغن و گریس، انواع خمیرها و مایعات چرب، استفاده می‌شوند. این مواد شوینده برای کاربرد بر روی سطوح چوبی، بتن و سنگ بسیار مناسب هستند، اما نباید بر روی آسفالت، مواد گرمانرم<sup>۱</sup>، پی‌وی‌سی<sup>۲</sup> یا سطوح لاستیکی به کار روند.

## فعالیت عملی ۴



### تهیهٔ محلول شیشه پاک کن ساده

#### مواد و وسایل لازم:

آب مقطر، سولفونیک‌اسید، اتانول، رنگ، دی‌اتانول‌آمین، اسانس، بشر، همزن، استوانهٔ مدرج ۱۰۰ mL، شیشه ساعت، کاغذ pH و ترازو.

#### روش کار:

- ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر در بشر بریزید و روی همزن مغناطیسی قرار دهید و با سرعت کم هم بزنید.
- ۲ حدود ۰/۲ گرم سولفونیک‌اسید اضافه کنید و سپس تا خنثی شدن محلول، دی‌اتانول‌آمین اضافه کنید. (برای تعیین pH از کاغذ pH استفاده کنید)
- ۳ حدود ۱۰ میلی‌لیتر اتانول صنعتی اضافه کنید.
- ۴ مقدار بسیار کمی رنگ و حدود ۰/۱ گرم از یک اسانس مناسب اضافه کنید.
- ۵ چند دقیقه هم بزنید تا محلول شفاف و یک‌دست به‌دست آید.

#### نکته

- اگر محلول کدر بود نشان‌دهندهٔ آن است که اسانس مناسب نبوده است. می‌توانید با یک اسانس دیگر آزمایش را تکرار کنید.
- معمولاً pH محلول شیشه پاک کن را ۶/۵ در نظر می‌گیرند تا کمی اسیدی باشد و جرم‌های ضعیف را به راحتی پاک کند.



هنگام انتخاب مواد شویندهٔ صنعتی، برای دستیابی به نتیجه‌ای مطلوب، باید به نکات زیر توجه کرد:

- ✓ نوع آلودگی
- ✓ روش نظافت
- ✓ جنس سطح، برای اطمینان از آسیب ندیدن آن توسط مادهٔ شوینده

بسیاری از افراد، از سایر پاک‌کننده‌های سطحی مانند محصولات غذایی سرکه و نوشابه استفاده می‌کنند، چون معتقدند که از لحاظ محیطی بر دیگر پاک‌کننده‌های سطحی اولویت دارند. این مواد به دلیل خاصیت اسیدی که دارند، حل‌کنندهٔ رسوبات سطحی ضعیف و پاک‌کنندهٔ چربی‌ها و ضد عفونی‌کننده هستند.

#### نکته

زیست محیطی



مایع ظرف شویی، پودر رخت شویی، مایع چند منظوره و مایع دست شویی از مواد شوینده خانگی مهم به شمار می‌روند. در ادامه روش‌های تولیدی آزمایشگاهی این مواد آورده شده است.

برداشت‌های خود را درباره شکل زیر بنویسید.



بحث‌گروهی  
۴



به نظر شما، چرا بعضی از شوینده‌ها به صورت جامد، برخی به شکل پودر و برخی دیگر به شکل مایع ساخته می‌شوند؟

پرسش  
۴



### مایع ظرف شویی

مایع ظرف شویی، مایعی شوینده و کف‌زا است که برای زدودن چربی و باقی‌مانده مواد غذایی از روی ظروف طراحی شده است. نوع دیگری از آن برای شستن ظروف با استفاده از ماشین ظرف شویی ساخته می‌شود. از نظر شیمیایی، مایع ظرف شویی از ترکیب چند ماده اصلی پاک‌کننده و دیگر مواد افزودنی به منظور ایجاد کیفیت بیشتر و برخی خصوصیات مانند نرم‌کنندگی و عطر تشکیل شده است. از ویژگی‌های مایع ظرف شویی ایمنی برای همه ظروف و پوشش‌ها است. مایع ظرف شویی باید بتواند انواع سطوح را بدون هیچ نوع آسیبی، پاک‌کند. این نوع از سطوح شامل ظروف نقره‌ای، مسی، آلومینیمی، شیشه‌ای، سرامیکی، پلاستیکی، چوبی، و چینی است.

نکته ایمنی



مایع ظرف شویی به دلیل خاصیت چربی‌زدایی، باعث خشکی پوست دست می‌شود، بهتر است هنگام شستن ظروف با مایع ظرف شویی، از دستکش استفاده شود.

## فعالیت عملی ۵



### تهیه مایع ظرف شویی

#### مواد و وسایل لازم:

- ۱ مواد فعال کننده سطح: سدیم لوریل اتر سولفات (با نام تجاری تگزاین<sup>۱</sup>)، آلکیل بنزن سولفونیک اسید<sup>۲</sup> و لورامید<sup>۳</sup>
- ۲ خنثی کننده ها: سدیم هیدروکسید و تری اتانول آمین.
- ۳ نرم کننده و مرطوب کننده: گلیسرین
- ۴ پرکننده ها: سولفات ها و نمک ها (معمولاً نقش غلظت دهنده و حجم دهنده دارند).
- ۵ مواد جانبی: رنگ و اسانس
- ۶ اوره (نقش نرم کننده در مایع ظرف شویی)



مخلوط کردن اجزای مایع ظرف شویی با همزن برقی

#### روش کار:

- ۱ ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر در یک بشر بریزید.
- ۲ ۱/۰ گرم سدیم هیدروکسید به آب اضافه کنید و با همزن خوب هم بزنید.
- ۳ ۲/۵ گرم تری اتانول آمین و ۰/۲ میلی لیتر لورامید به ظرف اضافه کنید.
- ۴ ۳ گرم نمک خوراکی اضافه کنید و به هم بزنید تا محلول یکنواختی به دست آید.
- ۵ در حال به هم زدن، آرام آرام و قطره قطره آلکیل بنزن سولفونیک اسید اضافه کنید. هم زمان pH مخلوط را اندازه گیری کنید. pH باید حدود ۷ باشد. اگر محلول اسیدی بود، با سدیم هیدروکسید یا تری اتانول آمین و اگر محلول قلیایی بود، با سولفونیک اسید خنثی کنید.
- ۶ حدود ۵ تا ۷ گرم سدیم لوریل اتر سولفات اضافه کنید و به هم بزنید.
- ۷ حدود ۰/۳ گرم اوره را در ۵ میلی لیتر آب حل کرده و به بشر حاوی شوینده اضافه کنید و خوب به هم بزنید.
- ۸ اگر از غلظت رضایت ندارید، کم کم نمک اضافه کنید و خوب به هم بزنید تا گرانروی مناسب را پیدا کند.
- ۹ در آخر رنگ و اسانس را بیفزایید و صبر کنید کف روی ظرف از بین برود.

۱- نام علمی تگزاین، سدیم لوریل اتر سولفات است که باعث ایجاد کف می شود. این کف سبک مناسب برای حذف لایه چربی از روی پوست و مو و ظروف می شود.

۲- آلکیل بنزن سولفونیک اسید به عنوان ماده فعال کننده سطح آنیونی در فرمول بندی بسیاری از ترکیبات شوینده استفاده می شود.

۳- لورامید (کوکونات فتی اسیددی اتانول آمین)



دربارهٔ مواد شوینده، یک نکتهٔ زیست محیطی بنویسید؟

### پودر رخت شویی

پودرهای شوینده نیز (شکل ۲۳) به سبب داشتن مواد فعال کننده سطح از قدرت پاک کنندگی بسیار بالایی برخوردارند. همچنین سازنده‌هایی نظیر سدیم کربنات، سدیم تری پلی فسفات و زئولیت، سبب می‌شوند تا پودر مصرفی در آب سخت کف قابل قبولی داشته باشد.



شکل ۲۳- یک نمونه پودر شوینده

مهم‌ترین اجزای سازندهٔ پودرهای شوینده عبارت‌اند از:

- ۱- پاک کننده‌ها: سازنده‌های اصلی پودرهای شوینده شامل: سدیم تری پلی فسفات، سدیم آلومیناسیلیکات‌ها<sup>۱</sup> یا زئولیت، فسفونات<sup>۲</sup> و سدیم لوریل اتر سولفات<sup>۳</sup> هستند.
- ۲- پرکننده‌ها: این مواد حجم محصول را بالا می‌برد و موجب صرفهٔ اقتصادی می‌شوند؛ مانند سیلیکات‌ها، کربنات‌های معدنی و سولفات‌ها.
- ۳- نگه دارنده‌ها: این مواد در طول عمر پارچه‌ها مؤثر هستند، مانند سدیم سیترات<sup>۴</sup>.
- ۴- درخشان کننده‌ها: این دسته از مواد موجب درخشندگی پارچه‌ها می‌شوند؛ مانند آلکیل بنزن سولفونات، سدیم کربنات و سدیم پربورات<sup>۵</sup>.



۱- Sodium Aluminosilicates  
 ۲- Phosphonates  
 ۳- Sodium Lauryl Ether Sulfates  
 ۴- Sodium Citrate  
 ۵- Sodium Perborate



## فعالیت عملی ۶



### تولید آزمایشگاهی پودر رخت شویی

#### مواد لازم:

- ۱ صابون لباس شویی ۲۰ گرم
- ۲ بوراکس<sup>۱</sup> (جهت کفزایی بیشتر) ۵ گرم
- ۳ سدیم کربنات بلورین یا پاک کننده اکسیژن دار (حذف یون های کلسیم و منیزیم) ۵ گرم
- ۴ اسانس (اسانس سیب یا پرتقال) ۳ گرم

#### روش کار:

- ۱ ۲۰ گرم صابون رنده شده را در بشر بریزید.
- ۲ ۵ گرم سدیم کربنات و ۵ گرم بوراکس به آن اضافه کنید.
- ۳ ۱ گرم اسانس به محتویات ظرف اضافه کنید، و با یک مخلوط کن برقی خوب بهم بزنید. در صورت نداشتن مخلوط کن، چند دقیقه با قاشق خوب بهم بزنید.

نکته

می توان از جوش شیرین به عنوان جایگزین سدیم کربنات استفاده کرد.



تحقیق کنید  
۱۰

بوراکس چیست؟ نقش بوراکس را در صنایع مختلف بررسی کنید.



### پاک کننده چند منظوره

پاک کننده چند منظوره با قدرت پاک کنندگی بالا، برای زدودن انواع لکه های چربی، دوده، بو، اثر انگشت و موارد مشابه از روی سطوح فلزی، چوبی، پلاستیکی و سنگی (به جز شیشه و آینه<sup>۲</sup>) به کار می رود.

۱- Borax:  $\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$

۲- استفاده از پاک کننده چند منظوره بر روی شیشه و آینه باعث کدری سطح آنها می شود.



تولید آزمایشگاهی پاک‌کننده چند منظوره

مواد و وسایل لازم			
شیشه ساعت	بشر	کوکامیددی اتانول آمید	ایزوپروپیل الکل
کاغذ pH	همزن	دی اتانول آمین	سولفونیک اسید
	استوانهٔ مدرج ۵ mL و ۱۰۰	اسانس	سدیم هیدروکسید
	ترازو	آب مقطر	رنگ



روش کار:

- ۱ ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر در بشر بریزید.
- ۲ ۵ گرم سدیم هیدروکسید اضافه کنید و هم بزنید تا حل شود.
- ۳ ۱۰ گرم دی اتانول آمین اضافه کنید.
- ۴ ۵ گرم، سولفونیک اسید را آرام آرام اضافه کنید.
- ۵ ۵ میلی لیتر ایزوپروپیل الکل اضافه کنید.
- ۶ pH را با استفاده از سولفونیک اسید و یا سدیم هیدروکسید در حدود ۷/۰ تنظیم کنید.
- ۷ ۱۰ گرم کوکامیددی اتانول آمید اضافه کنید.
- ۸ رنگ و اسانس را هر کدام به مقدار ۰/۱ گرم اضافه کنید.

## مایع دست شویی

امروزه بنا بر تغییر شرایط زندگی، از جمله افزایش جمعیت و استفاده عمومی از وسایل مشترک، موضوع بهداشت مورد توجه ویژه قرار گرفته است. با توجه به غیربهداشتی بودن و امکان انتقال آلودگی در استفاده عمومی از صابون جامد، استفاده از صابون مایع به منظور کنترل آلودگی ضروری و اجتناب ناپذیر شده است (شکل ۲۴).



شکل ۲۴- استفاده بهداشتی و راحت از مایع دست شویی

## فعالیت عملی ۸



### تولید مایع دست شویی

مواد و وسایل لازم			
اسانس	سدیم کلرید	سیتریک اسید	آب یون زدایی شده
بشر	رنگ	سولفونیک اسید	سدیم لوریل اترسولفات (تگزاین)
استوانه مدرج	همزن	ETDA	کوکامیدو پروپیل بتائین (بتائین)
ترازو	کاغذ pH	اوره	گلیسرین
پی پت ۱۰ mL	شیشه ساعت	سدیم هیدروکسید	دی اتانول آمین

## روش کار:

- ۱ ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر را در بشر بریزید.
- ۲ ۱/۰ گرم سدیم هیدروکسید (باز قوی) در آب بریزید و هم بزنید.
- ۳ ۳/۵ گرم دی اتانول آمین (باز ملایم) اضافه کنید و هم بزنید.
- ۴ قطره قطره سولفونیک اسید اضافه کنید تا محلول خنثی شود ( $\text{pH} = 7.0$ )
- ۵ ۱۰ گرم تگزاین اضافه کنید و هم بزنید تا حل شود.
- ۶ ۵ گرم بتائین اضافه کنید و هم بزنید.
- ۷ ۱ گرم سیتریک اسید و ۰/۳ گرم نمک ETDA اضافه کنید، سپس هم بزنید تا حل شود.
- ۸ ۵ گرم گلیسرین، ۱ گرم اوره و مقدار کمی رنگ و اسانس اضافه کنید و چند دقیقه خوب هم بزنید.
- ۹  $\text{pH}$  مخلوط را اندازه گیری کنید، باید حدود ۷ باشد، اگر کمتر از ۷ بود، با دی اتانول آمین، و اگر بالاتر بود با سولفونیک اسید به ۷ برسانید.
- ۱۰ حدود ۳-۵ گرم نمک طعام را کم کم اضافه کنید و غلظت را کنترل کنید، اگر مخلوط غلیظ نشده بود، ۲ گرم دیگر اضافه کنید.

نکته

در تهیه مایع دست شویی، بیشترین مقدار نرم کننده (گلیسرین) و کمترین میزان، ماده بازی و خشک کننده (سدیم هیدروکسید) استفاده می شود.



تحقیق کنید  
۱۱

- ۱ نقش نمک طعام در شوینده های مایع چیست؟ آیا می توان در این شرایط، به مقدار زیاد استفاده کرد؟
- ۲ چگونه می توان نرم کنندگی یک مایع دست شویی را افزایش داد؟



بیشتر بدانید



از گران ترین اجزای تشکیل دهنده مواد آرایشی، عطر و اسانس آنها است. بو و عطر یک فراورده، ترکیبی از چند مولکول معطر است؛ مثلاً عطر یک صابون به طور متوسط می تواند از ۲۰ تا ۵۰ ماده معطر تشکیل شده باشد. یک کرم آرایشی، عطر و ادکلن ها به طور متوسط از ده ها ماده شیمیایی تشکیل شده است. بروز واکنش های ناخوشایند پوستی نسبت به فراورده های آرایشی، به وضعیت پوست و سامانه ایمنی بدن هر فردی بستگی دارد. شایع ترین واکنش های پوستی، سوزش، خارش و قرمزی است.



دارو از مهم‌ترین کالاها در تجارت امروزی بشر به لحاظ تأثیرگذاری بر سلامت انسان است. صنعت دارو به عنوان یکی از صنایع استراتژیک که نقش مهمی در سلامت و امنیت جامعه ایفا می‌کند، همواره توجه اقتصاددانان و سیاست‌گذاران به خود جلب کرده است. توسعه صنعت داروسازی بیشتر از سایر صنایع، تابع پژوهش‌های نوآورانه، سرمایه‌گذاری و مقررات دولتی است. هزینه سرمایه‌گذاری برای ایجاد نوآوری در این صنعت با توجه به ماهیت آن بالاتر از سایر صنایع است. دوره زمانی کشف، تولید و معرفی یک دارو به بازار در حدود ۱۰ تا ۱۵ سال طول می‌کشد. بر اساس گزارش‌ها، صنعت جهانی دارو پس از حوزه نفت و پتروشیمی بالاتر از صنایعی همچون مواد غذایی، مخابرات و انرژی، سودآورترین صنعت در سطح جهان محسوب می‌شود.

پرسش ۶



دربارۀ تصویرهای زیر چند عبارت علمی بنویسید.

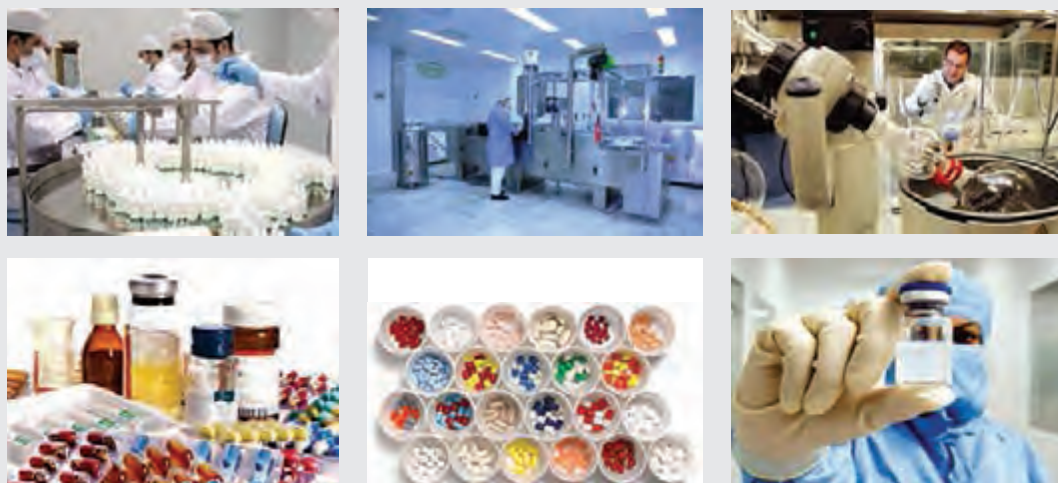




## صنایع دارویی

توجه به تولید داروی با کیفیت و اطمینان از استمرار آن در هر شرایط، یکی از دغدغه‌های واقعی دلسوزان هر کشور محسوب می‌شود، چرا که هر کشوری با فرهنگ اصیل و متکی به قدرت و توانایی ملت خود، همیشه در معرض تهدید و یا تحریم است. در شرایط وقوع بحران نه تنها امکان حذف دارو از سبد عرضه به مردم مقدور نیست، بلکه مصرف آن به صورت تصاعدی افزایش می‌یابد.

به نظر شما برای اینکه یک دارو به دست بیمار برسد، چه مراحل را باید طی کند؟



هر دارو از دو قسمت تشکیل شده است: ۱- ماده مؤثر ۲- مواد حامل یا کمکی مهم‌ترین ماده تشکیل‌دهنده دارو، ماده مؤثر است که خواص درمانی را دارد. مواد حامل، کمکی یا جانبی موادی کم و بیش خنثی هستند که به مواد دارویی اضافه می‌شوند تا به آنها قوام و شکل ببخشند و خواص

درمانی ندارد. مواد جانبی می‌توانند نقش پرکننده یا رقیق‌کننده، بازکننده، چسباننده، مواد جاذب، طعم‌دهنده و مواد رنگی باشند. شیوه ترکیب کردن ماده مؤثر و مواد جانبی را فرمول‌بندی دارو می‌گویند. داروها به صورت‌های خوراکی (قرص، کپسول، شربت)، تزریقی و پماد به بدن منتقل می‌شوند (شکل ۲۵). تولید فرآورده نهایی دارویی، با توجه به خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیست‌شناختی ماده مؤثر و مواد جانبی به روش‌های گوناگون و با دستگاه‌های متفاوتی مانند انواع واکنشگاه (راکتور)، خشک‌کن، دستگاه‌های استخراج و صاف کردن (فیلتراسیون) صورت می‌گیرد.



شکل ۲۵- انواع دارو به صورت شربت، پودری، قرص، تعلیق (سوسپانسیون)

برای اینکه یک دارو بتواند وارد بازار مصرف شود، مراحل مختلف تولید آزمایشگاهی، آزمایش‌های بالینی حیوانی و انسانی را طی می‌کند و پس از موفقیت، اجازه ورود به بازار را پیدا می‌کند. پس از اینکه دارو وارد بازار شد، مرحله دیگری آغاز می‌شود. در این مرحله از بیمارانی که از دارو استفاده کرده‌اند، خواسته می‌شود به‌طور داوطلبانه با مراکز پژوهشی همکاری کنند تا عوارض جانبی دارو بهتر شناخته شوند.

کشف و ورود داروی جدید به بازار بسیار پیچیده و نیازمند نظارت‌های سخت‌گیرانه است.

نکته



تحقیق کنید  
۱۲



- ۱ درباره صنایع داروسازی مهم ایران تحقیق کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.
- ۲ داروها به چه شکل‌های ظاهری تهیه می‌شوند و در دسترس مصرف‌کننده قرار می‌گیرند؟ درباره نام شکل‌های مختلف داروها، ویژگی و جایگاه مصرف آن تحقیق کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

## انواع دارو

به‌طور کلی داروها از نظر منشأ به سه گروه طبیعی، نیمه‌مصنوعی و مصنوعی تقسیم‌بندی می‌شوند.

**داروهای طبیعی:** داروهای طبیعی داروهایی هستند که از منابع طبیعی به‌دست می‌آیند. این‌گونه فراورده‌ها یا به‌صورت خام مصرف می‌شوند، مانند عصاره گیاه آلوئه که برای درمان بیماری‌های پوستی به‌کار می‌رود، و یا شامل مواد شیمیایی خاصی هستند که از فراورده خام طبیعی استخراج و سپس به‌عنوان دارو مصرف می‌شوند. بیشتر داروهای طبیعی، ریشه گیاهی دارند.

**داروهای نیمه‌مصنوعی:** داروهای نیمه‌مصنوعی با ایجاد تغییرات شیمیایی بر روی داروهای طبیعی به‌دست می‌آیند. این تغییرات با هدف افزایش قدرت دارو، کاهش عوارض جانبی، و بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی انجام می‌شوند. گاه داروی به‌دست آمده از منابع طبیعی دارای نقایصی است که با انجام دادن تغییرات جزئی روی ساختار شیمیایی آن می‌توان نقص موجود را برطرف کرد. مثلاً پنی‌سیلین حاصل از قارچ پنی‌سیلیوم در اسید معده تخریب می‌شود و نمی‌توان آن را به‌صورت خوراکی مصرف کرد، ولی با انجام دادن تغییراتی کوچک که نسبت به محیط اسیدی معده مقاوم شود، تهیه می‌گردند.

**داروهای مصنوعی:** با پیشرفت علم شیمی، به‌ویژه دانش شیمی آلی و پیدایش روش‌های گوناگون تولید مواد، هم‌اکنون میلیون‌ها ترکیب شیمیایی ساخته شده وجود دارد و همه‌روزه ترکیب‌های جدید دیگر نیز ساخته می‌شوند. از میان این ترکیبات، موادی که دارای تأثیرات درمانی هستند، انتخاب می‌شوند. این‌گونه داروها را که به روش شیمیایی تولید شده‌اند، داروهای مصنوعی می‌نامند. با توجه به اینکه اثر یک ماده ناشی از ساختار شیمیایی آن است، پژوهشگران متوجه شده‌اند که ممکن است گروه‌های خاصی از مواد شیمیایی روی یک بیماری مشخص مؤثر باشد. به این ترتیب اثر این‌گونه مواد را در آزمایشگاه بررسی می‌کنند. ممکن است این بررسی‌ها به کشف ماده‌ای مؤثر بینجامد و یا بی‌نتیجه باشد. اغلب داروهای مصنوعی و نیمه‌مصنوعی تحت عنوان داروهای شیمیایی معروف هستند.



۱ به نظر شما اختلاط داروها و مصرف هم‌زمان آنها چه پیامدهایی می‌تواند داشته باشد؟



۲ مصرف برخی داروها تأثیرات منفی زیادی روی سلامتی می‌گذارد، تعدادی از عوارض جانبی انواع داروها را جمع‌آوری کنید و خلاصه آن را در کلاس ارائه دهید.

۳ درباره ناسازگاری داروها با یکدیگر تحقیق کنید و خلاصه آن را در کلاس ارائه دهید.



✓ مصرف گیاهان دارویی در درمان قطعی بیماری‌ها کاربرد اثبات‌شده‌ای ندارد و به این منظور باید داروهای شیمیایی، پیرو تشخیص پزشکان استفاده شوند.  
✓ مصرف داروهای گیاهی عوارض کمتری نسبت به داروهای شیمیایی در بیماران ایجاد می‌کند، اما بیماران باید از مصرف نابه‌جا یا خودسرانه داروهای گیاهی پرهیز کنند.

فرق دارو با سم چیست؟





## روش تهیه داروها

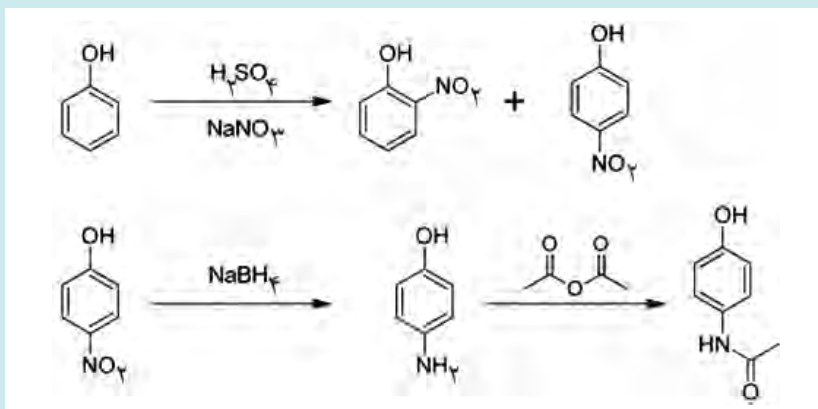
با توجه به تنوع داروهای شیمیایی و گیاهی، روش‌های گسترده‌ای برای تهیه آنها ایجاد شده است. این روش‌ها به‌طور اختصار در ادامه آورده شده است:

۱- **تهیه داروهای شیمیایی:** داروهای شیمیایی به موادی گفته می‌شود که برای درمان و تشخیص بیماری و پیشگیری از آن به کار رود و بر ساختار یا کارکرد موجود زنده اثر گذارد. داروهای شیمیایی توسط واکنش‌های شیمیایی ساخته می‌شوند و در طبیعت وجود ندارند. این داروها ممکن است به‌صورت خوراکی (قرص و شربت)، مالیدنی (پماد و قطره)، استنشاقی (از راه تنفس) یا تزریقی (آمپول) مصرف شوند (شکل ۲۶).



شکل ۲۶- تولید داروهای شیمیایی

در آزمایشگاه‌ها استامینوفن یا پاراستامول توسط نیتراسیون فنول با سدیم نیترات تهیه می‌شود. گروه نیترو به‌واسطه گروه الکترون‌دهنده‌ای چون OH در موقعیت‌های ارتو و پارای حلقه قرار می‌گیرد. با افزودن سدیم بوروهیدرید ( $\text{NaBH}_4$ ) گروه  $\text{NO}_2$  به گروه  $\text{NH}_2$  کاهش پیدا می‌کند و نتیجه آن پاراآمینوفنول خواهد بود. حال با افزودن انیدریداستیک، پاراستامول تهیه می‌شود. در فرایندهای صنعتی، تولید این ماده مشابه همین روش است، اما به جای افزودن سدیم بوروهیدرید، هیدروژن دارشدن پارانیتروافنول انجام می‌گیرد. داروی استامینوفن مسکن و تب‌بر است.



بیشتر بدانید





## معرفی یکی از شرکت‌های داروسازی

داروها اصولاً باید در شرایط ویژه‌ای نگهداری شوند و تاریخ مصرف مشخصی دارند. شیوه مصرف دارو در نسخه پزشک معالج مشخص می‌شود. در تهیه مواد دارویی و بهداشتی، حتماً از مواد اولیه استاندارد مخصوص داروسازی استفاده شود.

## فعالیت عملی ۹



## تهیه کرم نرم کننده و مرطوب کننده

نرم کننده‌هایی نظیر لانولین<sup>۱</sup> و گلیسرین، نه تنها سبب نرم شدن پوست می‌شوند، بلکه در روی پوست یک لایه ایجاد می‌کنند که از تبخیر آب پوست جلوگیری می‌کند.

(الف)

مواد لازم			
۶۰ میلی لیتر	آب مقطر	۱۴۰ گرم	وازلین سفید
۵ گرم	الکل ۹۰ درصد	۱۰ گرم	پارافین جامد
به مقدار کافی	اسانس	۴۰ گرم	لانولین

## روش کار

وازلین و پارافین را با گرمای غیر مستقیم ذوب کنید و در ظرف گرمی بریزید و لانولین را اضافه کنید. پس از افزودن آب مقطر (با دمای مساوی ظرف روغن) مرتباً هم بزنید تا شبیه کرم شود، سپس عطر و وانیل را که در الکل حل کرده‌اید، اضافه کنید.

(ب)

مواد لازم			
۵ میلی لیتر	گلیسرین	۵ گرم	اوره
۱۰ میلی لیتر	آب مقطر	۵ گرم	سدیم کلرید
۵ میلی لیتر	لاکتیک اسید	۱۰۰ گرم	اوسرین <sup>۲</sup>

## روش کار:

ابتدا اوره و سدیم کلرید را پس از توزین در آب مقطر حل کنید. سپس لاکتیک اسید و گلیسرین را به آن اضافه کنید. حدود ۷۰ گرم اوسرین را کم کم به آن اضافه کنید و هم بزنید. جرم محصول نهایی را با ترازو اندازه‌گیری کنید و در صورت کم بودن، تا حدود ۱۰۰ گرم به آن اوسرین اضافه کنید.

۱- Lanolin: روغن پشم گوسفند

۲- Eucerin: ماده‌ای که از لانولین استخراج می‌شود.

از کرم‌های تهیه‌شده، روزی ۳-۴ مرتبه در نواحی خشک پوست می‌توان استفاده کرد.



### کرم ضد آفتاب

قرار گرفتن در معرض تابش بیش از اندازه نور خورشید به‌طور شدید به آفتاب‌سوختگی و به‌طور مزمّن به پیری زودرس پوست و سرطان منجر می‌شود. با استفاده از محافظ‌های موضعی نور خورشید، می‌توان از تأثیرات نامطلوب آن جلوگیری کرد. این محافظ‌ها در کاهش بیماری‌هایی که به‌وسیله پرتوی فرابنفش تشدید می‌شوند نیز مفیدند.

میزان محافظت یک فراورده ضد آفتاب با عامل SPF<sup>۱</sup>، سنجیده می‌شود. برای مثال، یک فراورده ضد آفتاب با SPF برابر ۱۰ موجب می‌شود شخصی که به‌طور طبیعی در عرض ۳۰ دقیقه دچار سوختگی می‌شود، بتواند تا ۲۰۰ دقیقه پیش از اینکه سوختگی ایجاد شود، در معرض نور خورشید قرار گیرد. دو گروه محافظ نور خورشید وجود دارد: الف) فیزیکی (ب) شیمیایی. محافظ فیزیکی عمدتاً شامل روی اکسید، تیتانیوم دی‌اکسید، باریم سولفات، منیزیم اکسید و کلسیم کربنات هستند. روی اکسید از نظر بازتاب پرتو فرابنفش خورشید ضعیف‌تر از بقیه است، ولی از نظر تحمل توسط پوست به سایر ترکیبات اشاره‌شده برتری دارد.

### فعالیت عملی ۱۰



#### تهیه کرم ضد آفتاب

مواد لازم	
۰/۸ گرم	تیتانیوم دی‌اکسید (مخصوص تهیه کرم)
۰/۸ گرم	روی اکسید (مخصوص تهیه کرم)
۴۰ گرم	اوسرین

#### روش کار:

- ۱ برای تهیه این ترکیب، تیتانیوم دی‌اکسید و روی اکسید را در هاون بریزید. این پودرها باید به خوبی نرم شوند.
- ۲ پس از آن کمی آب اضافه کنید تا پودرها راحت‌تر نرم شوند.
- ۳ کم کم اوسرین را به آن اضافه کنید و به هم بزنید. پس از آزمایش فراورده بر روی پشت دست، نباید پودرها قابل لمس باشند.

می‌توانید نیم‌ساعت قبل از خروج از منزل و سپس هر سه ساعت یک‌بار از کرم ضدآفتاب تهیه‌شده بروی دست‌ها استفاده کنید.



## کرم‌های ویتامینی

ترکیبات ویتامینی در شب به عنوان منبع مغذی پوست به کار می‌روند. این ترکیبات حاوی ویتامین‌های محلول در روغن A و D هستند. کرم‌های ویتامینی برای درمان حالت خشکی پوست و نیز برای تسکین پوست پس از استفاده از موبرها بسیار مفیدند.

ویتامین F به مخلوطی از اسیدهای چرب سیرنشده از جمله لینولنیک اسید<sup>۱</sup> اطلاق می‌شود. این مواد خاصیت بهبوددهندگی دارند و در درمان بیماری‌های پوستی از ارزش فراوانی برخوردارند. ویتامین E نیز در ترکیبات تقویتی و ضد چروک به کار می‌رود. از آنجایی‌که این ویتامین، عمل رادیکال‌های آزاد تولیدشده توسط پرتو فرابنفش خورشید را (که علل مهم و اساسی پیری زود هنگام پوست هستند) خنثی می‌کند، در ترکیبات ضدآفتاب نیز به کار می‌رود.

از ترکیبات ویتامینی در فرآورده‌های دور چشم استفاده می‌شود که عمل آنها جلوگیری از چروک شدن پوست است.

## فعالیت عملی ۱۱



### تهیه کرم ویتامینی

مواد لازم			
ویتامین A	۱ آمپول	لانولین	۵ گرم
ویتامین E	۱ آمپول	اوسرین	۵۰ گرم

## روش کار

ابتدا اوسرین و لانولین را به خوبی در بشر مخلوط کنید. سپس آمپول‌ها را به مخلوط اضافه کنید تا خمیر یک‌دستی ایجاد شود.

- ✓ پیش از مصرف کرم‌های تهیه‌شده، بهتر است فرآورده‌ها روی پوست بررسی شوند.
- ✓ کرم تهیه‌شده را شب‌ها به دور چشم بزنید.
- ✓ این فرآورده باید در جای خنک نگهداری شود و از انجماد آن جلوگیری شود.
- در صورت حساسیت به لانولین، از این ماده در تهیه کرم استفاده نشود و به جای آن از آب مقطر استفاده کنید.





### تهیه کرم ضد چروک

مواد لازم			
موم زرد	۱۰ گرم	آب مقطر	۳۰ گرم
پارافین جامد	۵ گرم	بوراکس	۱ گرم
پارافین مایع	۴۰ گرم		

### روش کار:

مواد را در یک بشر بریزید و هم بزنید تا خمیر یک‌دستی حاصل شود.

### ماسک‌های آرایشی و بهداشتی

ماسک، خمیر صاف و نرمی است که بر روی پوست به کار می‌رود و باید به سرعت، پوششی ایجاد کند که در صورت نیاز بتوان آن را به سهولت از روی پوست کند. ماسک‌ها مواد جزئی و آلودگی‌های پوست را با عمل جذبی جدا می‌کنند. وقتی که ماسک از روی پوست برداشته شد، مواد زائد به همراه آن کنده می‌شوند. ویژگی‌های ماسک‌های صورت عبارت‌اند از:

- ۱ نرم و عاری از ذرات خشن و بوهای ناخوشایند باشند. ماسک‌های پودری شکل باید به سرعت در آب پراکنده شوند و خمیر خوبی ایجاد کنند.
- ۲ بعد از استعمال، بدون ایجاد درد یا ناراحتی از روی صورت برداشته شوند.
- ۳ نسبت به پوست بی‌ضرر و غیرسمی باشند.
- ۴ به سرعت روی پوست خشک شوند.
- ۵ هرگونه ماده باقی‌مانده‌ای به راحتی به وسیله آب برطرف شود.

### انواع ماسک

۱- **ماسک‌های مومی:** این ماسک‌ها از موم پارافین با نقطه ذوب مناسب، یا مخلوط موم‌های همراه با ژل وازلین یا ستیل‌الکل<sup>۱</sup> تشکیل یافته‌اند. در ابتدا این اجزا ذوب می‌شوند و آنها را در حالت گرم (۳۵ تا ۴۵ درجه سلسیوس) بر روی صورت می‌مالند. این فراورده‌ها به میزان زیادی باعث ایجاد تعرق می‌شوند و در نتیجه به رفع آلودگی‌ها و کثافات از روی پوست کمک می‌کنند.

۲- **ماسک‌های ژلاتینی:** اینها ژل‌های جامدی هستند که از گلیسرین، ژلاتین و صمغ کتیرا تشکیل یافته‌اند. می‌توان روی اکسید، عسل و تیتانیوم‌دی‌وکسید را نیز به آن افزود. این ماسک‌ها باعث سفتی پوست و پاک‌سازی و نرمی آن می‌شوند.

۱- Cetyl Alcohol (C<sub>16</sub>H<sub>34</sub>O)



## تهیه ماسک ژلاتین

مواد لازم			
۸۶ گرم	آب مقطر	۲/۲ گرم	صمغ کتیرا
۲/۵ گرم	روی اکسید	۲/۵ گرم	گلیسرین
۰/۱۵ گرم	محافظت کننده (متیل پارابن یا پروپیل پارابن)	۲/۳ گرم	ژلاتین
		۴/۵ گرم	عسل

**روش تهیه:** گلیسرین را با صمغ کتیرا در یک بشر مخلوط کنید، ژلاتین و آب را بیفزایید و دما را بالا ببرید. تمام مواد جامد باید در محلول گرم، مخلوط شوند.

ابتدا مواد جامد را با گلیسرین خیس کنید؛ بدین ترتیب این مواد با سهولت بیشتری پراکنده خواهند شد. این ماسک‌ها ابتدا باید گرم شوند. سپس در حالی که هنوز گرم هستند (۳۵ درجه سلسیوس)، بر روی پوست به کار برده شوند.

**۲- تهیه داروهای گیاهی:** گیاهان دارویی یا داروهای خام گیاهی به شکل‌های مختلف به صورت فرآورده‌هایی مانند دم کرده، جوشانده، شربت‌ها و سایر فرآورده‌های دارویی قابل استفاده هستند. وسایل لازم برای ساخت فرآورده‌های گیاهی دارویی شامل: چاقو، قاشق اسپاتول، ظروف از جنس استیل، لعابی یا شیشه‌ای، الک‌های نایلونی و پلاستیکی، دستگاه فشار یا عصاره‌گیر مواد گیاهی، ترازوی دقیق الکتریکی، اون (خشک‌کن) و ظرف‌های شیشه‌ای یا پلاستیکی تیره رنگ با دهانه تنگ و گشاد هستند.

بیشتر بدانید



### داروهای گیاهی

اقلیم و خاک ایران یکی از بهترین خاستگاه‌های جهان در رشد و تکثیر گیاهان دارویی است. براساس تحقیقات پژوهشگران، تعداد و تنوع گیاهان دارویی در ایران معادل دو برابر کل قاره اروپا است. کشور ایران با داشتن ۱۱ اقلیم از ۱۳ اقلیم جهان و دارا بودن تنوع گیاهی بیشتر از قاره اروپا، سهم بالایی از تجارت جهانی گیاهان دارویی را به خود اختصاص داده است. تبدیل ایران به قطب تولید و صادرات گیاهان دارویی در سطح جهان به هیچ عنوان دور از دسترس نیست و ایران با توجه به عقبه تاریخی و فرهنگی خود در حوزه گیاهان دارویی می‌تواند با سرمایه‌گذاری حتی حداقلی و تدوین برنامه‌ای مدون و البته حمایت جدی از فعالان این حوزه با سرعتی مضاعف، عقب‌ماندگی گذشته خود در رقابت با کشورهای مطرح این حوزه را جبران کند و از همین رهگذر دستیابی به درآمد ارزی کلان بدون اتکا به نفت، داشته باشد.

نکته

در تهیه داروهای گیاهی، از ظرف‌های آلومینیمی که به راحتی جذب گیاه می‌شوند، به هیچ وجه نباید استفاده کرد.



در زمینه تهیه انواع دم کرده، جوشانده، و سایر فرآورده‌های دارویی تحقیق کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.



تحقیق کنید  
۱۵



## تهیه داروهای گیاهی

فیلم آموزشی



- ۱ معمولاً در سونای بخار از عصاره گیاه اکالیپتوس استفاده می‌شود. دلیل این کار را بیابید.
- ۲ خواص درمانی گیاه زعفران چیست؟
- ۳ خواص درمانی انواع چای (سیاه، سبز، ترش و سفید) را تهیه کنید.
- ۴ خواص درمانی گیاه کدو چیست؟

تحقیق کنید  
۱۶



## تهیه چند نمونه داروی گیاهی

فعالیت عملی ۱۴



### تهیه دمنوش گل گاوزبان

#### روش کار:

- ۱ حدود ۲۰۰ میلی‌لیتر آب نوشیدنی را به جوش آورید.
- ۲ آب جوشیده را از روی چراغ بردارید.
- ۳ حدود ۵ گرم گیاه خشک شده گل گاوزبان به آن اضافه کنید.
- ۴ در ظرف را ببندید و بر روی آن پارچه تمیزی قرار دهید.
- ۵ پس از ۱۵ دقیقه، ۵۰ میلی‌لیتر از محلول صاف و دم شده گل گاوزبان را بردارید، رنگ و pH آن را یادداشت کنید.
- ۶ به محتویات محلول بالا، چند قطره آب لیموی تازه بیفزایید. در این حالت نیز رنگ و pH آن را یادداشت کنید.
- ۷ به نظر شما دلیل اختلاف رنگ و pH محلول چیست؟

تحقیق کنید  
۱۷



تحقیقی دربارهٔ خواص درمانی گیاه گل گاوزبان تهیه کنید.

### فعالیت عملی ۱۵



تهیهٔ عصاره‌های گیاهی:

روش کار:

با استفاده از انواع روش‌های تقطیر و استخراج که می‌شناسید، عصاره‌های گیاهی گلاب، نعنا و امثال آن را تهیه کنید.

تحقیق کنید  
۱۸



تحقیقی دربارهٔ خواص درمانی انواع عصاره‌های گیاهی تهیه کنید.

## پرسش‌های پایانی

- ۱ منظور از کود چیست؟
- ۲ به طور کلی کودها به چند دسته تقسیم‌بندی می‌شوند؟
- ۳ کمپوست را تعریف کنید.
- ۴ نشانه‌های کمبود عنصر پتاسیم در گیاه چیست؟
- ۵ میزان کف در شوینده‌ها به چه عواملی بستگی دارد؟
- ۶ چند نمونه از سطوح آب‌گریزی را که می‌شناسید نام ببرید.
- ۷ آنزیم چیست؟ نقش آنزیم در قدرت پاک‌کنندگی یک شوینده را توضیح دهید.
- ۸ آیا با افزایش درصد آنزیم در شوینده‌ها، می‌توان قدرت پاک‌کنندگی شوینده را بالا برد؟
- ۹ آیا یک شوینده می‌تواند خاصیت خوردگی داشته باشد؟
- ۱۰ داروها از چند قسمت تشکیل شده‌اند؟
- ۱۱ داروها از نظر منشأ به چند دسته طبقه‌بندی می‌شوند؟
- ۱۲ داروهای شیمیایی چه موادی هستند؟
- ۱۳ نقش لانولین و گلیسرین در تهیهٔ کرم چیست؟
- ۱۴ قرار گرفتن بیش از حد در تابش مستقیم نور خورشید، چه پیامدهایی دارد؟



## ارزشیابی شایستگی انجام عملیات در صنایع کشاورزی، بهداشتی و دارویی

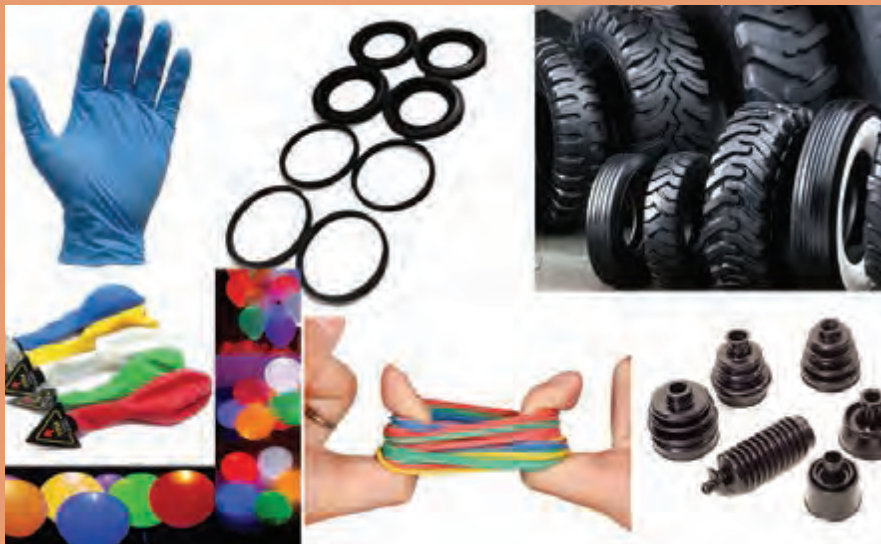
<p><b>شرح کار:</b>                  چگونگی استفاده از تجهیزات کارگاهی را بداند و کار داده شده را با دقت انجام دهد.                  هنگام کار مراقب باشد که وسایل صدمه نبیند. پس از انجام دادن کار وسایل را تمیز و سالم در حالت اولیه قرار دهد.</p>			
<p><b>استاندارد عملکرد:</b>                  تهیه چند نمونه کود، آفت کش، شوینده و محصول دارویی طبق دستور کار</p>			
<p><b>شاخص ها:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ رعایت مسائل ایمنی هنگام کار</li> <li>■ انجام دادن کار طبق دستور کار</li> </ul>			
<p><b>شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:</b>                  شرایط مکان: آزمایشگاه / کارگاه                  شرایط دستگاه: آماده به کار                  زمان: یک جلسه آموزشی                  ابزار و تجهیزات: وسایل ایمنی شخصی تجهیزات آزمایشگاهی</p>			
<p><b>معیار شایستگی:</b></p>			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	تهیه چند نمونه ماده کشاورزی	۱	
۲	تهیه چند نمونه شوینده	۱	
۳	تهیه چند نمونه دارو	۲	
	<p>شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:</p> <p>۱- ایمنی: انجام دادن کار کارگاهی با رعایت موارد ایمنی و استفاده از وسایل ایمنی شخصی</p> <p>۲- نگرش: صرفه جویی در مواد مصرفی</p> <p>۳- توجهات زیست محیطی: جلوگیری از صدمه زدن به محیط زیست از طریق انجام دادن کار بدون ریخت و پاش</p> <p>۴- شایستگی های غیر فنی: ۱- اخلاق حرفه ای ۲- مدیریت منابع ۳- محاسبه و کاربست ریاضی ۴- مستندسازی: گزارش نویسی</p>	۲	
<p>میانگین نمرات</p>			*
<p>* کمترین میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ است.</p>			





## پودمان پنجم

# عملیات در صنایع پتروشیمی



ایران با توجه به دارا بودن دومین ذخایر بزرگ گاز دنیا و پنجمین تولیدکننده نفت جهان، درصد بالایی از درآمدهای صادراتی خود را از نفت و گاز تأمین می‌کند. امروزه صنایع پتروشیمی اهمیت اساسی و بنیادی در رفع نیازهای عمومی جامعه بشری، برعهده دارد.

## واحد یادگیری ۵

### انجام عملیات در صنایع پتروشیمی

#### مقدمه

صنایع پتروشیمی، بخشی از صنایع شیمیایی است که فراورده‌های شیمیایی را طی واکنش‌هایی از نفت خام یا گاز طبیعی به دست می‌آورد. بنابراین صنعت پتروشیمی را می‌توان تأمین‌کننده اصلی مواد و بسپارهای مصرفی در بیشتر صنایع شیمیایی، نساجی، خودروسازی، لوازم خانگی، پزشکی، برق و الکترونیک و غذایی دانست. در این پودمان ابتدا صنعت نفت، گاز و پتروشیمی معرفی شده است و سپس مفاهیم بسپار و بسپارش و انواع آنها، الیاف، چسب‌ها و کامپوزیت همراه با فیلم آموزشی، تحقیق کنید، پرسش، فعالیت‌های عملی قابل اجرا، نکات ایمنی و زیست‌محیطی مرتبط آورده شده است.

#### استاندارد عملکرد

تهیه برخی از فراورده‌های پتروشیمی مانند بسپارها و چسب طبق دستور کار

#### شایستگی های غیر فنی

- ۱ اخلاق حرفه ای: حضور منظم و وقت شناسی - انجام دادن وظایف و کارهای محول - پیروی از قوانین
- ۲ مدیریت منابع: شروع به کار به موقع - مدیریت مؤثر زمان - استفاده بهینه از مواد و تجهیزات
- ۳ کار گروهی: حضور فعال در فعالیت‌های گروهی - انجام دادن کارها و وظایف محول
- ۴ مستند سازی: گزارش نویسی فعالیت‌های کارگاهی
- ۵ محاسبه و کار بست ریاضی

#### شایستگی های فنی

پس از پایان این واحد یادگیری هنرجویان قادر خواهند بود:

- ۱ پالایش نفت و گاز را شرح دهند.
- ۲ چند نمونه بسپار تهیه کنند.
- ۳ چند نمونه چسب و کامپوزیت تهیه کنند.

## نفت خام

میلیون‌ها سال قبل، نفت خام و گاز طبیعی در اثر تجزیه و فاسد شدن گیاهان و اجساد حیوانات در ته دریاها و اقیانوس‌ها به وجود آمد. بخش اعظم این مواد آلی در هوا تجزیه (اکسید) و وارد جو شد. ولی بخشی دیگر پیش از تجزیه، مدفون و بر اثر فشار و گرمای درونی زمین به صورت عنصرهای آلی همچون نفت و گاز طبیعی تبدیل و در مخزن‌های زیرزمینی و در عمق سه تا چهار هزار متری و با فشار حدود چند صد اتمسفر ذخیره شده است.

در حدود چهار هزار و پانصد سال پیش، در دوران باستان ملت‌های متمدن همچون سومری‌ها و بابلی‌ها با برخی از مواد نفتی که در دریاچه قیر به دست می‌آمد، آشنایی داشتند. آنان از قیر به عنوان مادهٔ نفوذناپذیر استفاده می‌کردند. همچنین یونانی‌ها و رومی‌ها از مواد قیری برای نفوذناپذیر کردن بدنهٔ کشتی‌ها و برای روشنایی و گرم کردن بهره می‌جستند.



شکل ۱- استفاده از قیر برای آب‌بندی کشتی‌ها و به عنوان سوخت برای روشنایی

ترکیبات عمده موجود در نفت خام شامل هیدروکربن‌های سیرشده زنجیره‌ای به فرمول کلی  $C_nH_{2n+2}$ ، هیدروکربن‌های سیرشده حلقوی به فرمول عمومی  $C_nH_{2n}$  و هیدروکربن‌های سیرنشده زنجیری مانند اتیلن و استیلن هستند. گازهای طبیعی، بخش گازی شکل مواد نفتی است که همراه با نفت خام در مخزن‌های زیرزمینی وجود دارد یا از تقطیر نفت خام به دست می‌آید.

## گاز طبیعی

استفاده از گاز طبیعی قدمتی چند هزار ساله دارد. در حدود ۹۵۰ سال پیش از میلاد مسیح، مردم چین از گاز طبیعی برای جوشاندن آب دریا و به دست آوردن نمک استفاده می‌کردند. تمدن‌های باستانی دیگری نیز خروج گاز از زمین را متوجه شده و دریافته بودند که قابل سوختن است. اما از اوایل دهه ۱۹۳۰ اهمیت گاز طبیعی به عنوان سوخت در زندگی بشر آغاز شد. در اواخر سده بیستم گاز طبیعی در بخش اعظم جهان صنعتی به یک منبع انرژی بسیار ضروری و حیاتی تبدیل شد.

گازهای طبیعی، مخلوطی از گازهای متان (قسمت عمده حدود ۸۵٪)، اتان، پروپان، بوتان و مقدار کمی دوده است. در این میان هیدروکربن‌های سنگین‌تر، در برخی از میدان‌های گازی اتان درصد قابل ملاحظه‌ای (۱۰٪ یا کمی بالاتر) را تشکیل می‌دهد. اغلب گازهای طبیعی که از میدان‌های مختلف گازی استخراج می‌شوند، علاوه بر هیدروکربن‌ها، حاوی درصد پایینی از گازهای اسیدی مانند  $CO_2$  و  $H_2S$  هستند که درصد آنها در مخزن‌های مختلف و حتی در قسمت‌های مختلف از یک مخزن، با یکدیگر متفاوت است. گاز طبیعی به دلیل بوی بد حاصل از محتویات گوگردی آن «گاز ترش» نامیده می‌شود. همچنین گاز ترش به علت محتوای گوگردی آن می‌تواند برای تنفس بسیار خطرناک و سمی باشد. گاز ترش گاز نامطلوبی است و به شدت باعث خوردگی لوله‌های انتقال گاز می‌شود. به فرایند جداسازی کربن دی‌اکسید و هیدروژن سولفید از گاز طبیعی به وسیله محلولی از آب و آمین‌ها شیرین‌سازی گاز می‌گویند. فرایند شیرین‌سازی در پالایش گاز و واحدهای پتروشیمی کاربرد فراوان دارد.

گفتنی است همیشه مقدار ناچیزی از بخار آب با گاز طبیعی استخراج می‌شود که در واحدهای پتروشیمی (پالایشگاه‌ها) در بخشی به نام واحد نم‌زدایی، آب و ترکیب‌های مزاحم که سبب پایین آوردن ارزش گرمایی گاز شده و همچنین مشکلاتی در انتقال و مصرف گاز به وجود می‌آورند، از گاز طبیعی جدا شده و پس از آن، گاز به خطوط انتقال و در نهایت به مصرف‌کنندگان تحویل داده می‌شود.

پالایش گاز طبیعی و شیرین‌سازی

فیلم آموزشی



## صنایع پتروشیمی

در اواسط سده نوزدهم با توسعه و پیشرفت فناوری حفاری و در اواخر سده نوزدهم با فناوری تقطیر و پالایش نفت، استفاده از آن جهش حیرت‌آوری یافت. به طوری که در اوایل سده بیستم نفت خام و گاز طبیعی به عنوان ماده اولیه برای تهیه بسیاری از ترکیبات مصرفی انسان، اهمیت حیاتی و روزافزونی پیدا کرد (شکل ۲).



شکل ۲ - جداسازی صورت گرفته بر روی نفت خام در یک واحد پالایشگاهی

توجه خاص کشورها به صنعت پتروشیمی، رونق و فراگیری آن در جهان را موجب شده است. در حال حاضر صنایع شیمیایی به همراه صنایع غذایی و خودروسازی جزء سه صنعت بزرگ جهان محسوب می‌شوند. ایران با توجه به دارا بودن دومین ذخایر بزرگ گاز دنیا و پنجمین تولیدکننده نفت جهان، درصد بالایی از درآمدهای صادراتی خود را از نفت و گاز تأمین می‌کند. شرکت ملی صنایع پتروشیمی ایران، کار خود را از سال ۱۳۴۲ با افتتاح واحد تولیدی کود شیمیایی شیراز شروع کرد. در فاصله بین سال‌های ۱۳۴۲ تا پیش از جنگ تحمیلی شرکت ملی صنایع پتروشیمی ایران مرحله توسعه نخستین خود را پشت سر گذاشت، اما فعالیت‌های این شرکت تا اواسط ۱۳۶۷ به کمترین مقدار خود رسید. اما پس از جنگ با توجه به اهمیت فراوان صنعت پتروشیمی،

شرکت ملی صنایع پتروشیمی ایران مرحله تجدید حیات و نوسازی را به سرعت شروع کرد و در حال حاضر دومین تولیدکننده فرآورده‌های پتروشیمی در غرب آسیا است. امروزه صنایع پتروشیمی اهمیت اساسی و بنیادی در رفع نیازهای عمومی جامعه بشری به عهده دارد.

صنایع پتروشیمی، بخشی از صنایع شیمیایی است که فرآورده‌های شیمیایی را طی واکنش‌هایی از نفت خام یا گاز طبیعی به دست می‌آورند. صنعت پتروشیمی را می‌توان تأمین‌کننده اصلی مواد مصرفی در بیشتر صنایع شیمیایی، نساجی، خودروسازی، لوازم خانگی، پزشکی، برق و الکترونیک، غذایی و غیره دانست. یکی از ویژگی‌های این صنعت، تنوع محصولات آن و تأمین مواد اولیه هزاران کارگاه و کارخانه است که از نظر اشتغال‌زایی و کسب درآمدهای ارزی و قطع وابستگی نقش بسیار مؤثری در اقتصاد کشور دارد. یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های دیگر صنعت پتروشیمی ارزش افزوده بسیار بالای آن است. بدین معنی که با تغییرات شیمیایی و فیزیکی بر روی هیدروکربن‌های نفتی و گازی می‌توان ارزش محصول را به میزان ۱۰ تا ۱۵ برابر افزایش داد. تولید محصولات پتروشیمی به گونه‌ای است که معمولاً یک واحد اصلی در بالادست، ماده اولیه واحدهای دیگر را تولید می‌کند؛ مانند واحد الفین که با تولید اتیلن و پروپیلن نیاز واحدهای پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن را تأمین می‌کند. پالایشگاه‌ها واحدهای بسیار مهمی هستند که در آنها نفت خام به مواد مفیدتری مانند گاز مایع، نفت سفید، بنزین، گازوئیل، نفت کوره، قیر و دیگر فرآورده‌های نفتی جداسازی شده و به‌عنوان مواد اولیه برای واحدهای بنیادی فرستاده می‌شود. پالایشگاه‌های نفت به‌طور معمول واحدهای صنعتی بزرگ و پیچیده‌ای هستند که در آنها واحدهای مختلف توسط مسیرهای لوله‌کشی متعددی به هم پیوند داده شده‌اند (شکل ۳). پالایشگاه‌های نفت خام و گاز به‌عنوان واحدهای بالادست شناخته می‌شوند.



شکل ۳- یکی از پالایشگاه‌ها و مجتمع‌های پتروشیمی کشور

همان‌طور که در شکل ۲ ملاحظه شد، بنزین برشی از نفت خام و یکی از محصولات مهم پالایشگاه‌های نفت خام است که محتوی هیدروکربن‌های ۵ تا ۱۲ کربنی است. بنزین در حدود ۱۵٪ از نفت خام را تشکیل می‌دهد و در موتورهای احتراقی (خودروها، هواپیماها، موتورسیکلت‌ها و موتورهای برق) به‌عنوان سوخت به کار می‌رود. (شکل ۴). یکی از عوامل بسیار مهم بنزین عدد اکتان آن است. این عدد بیانگر ویژگی ضدضربه یا درجه آرام‌سوزی بنزین است.





شکل ۴- برخی از کاربردهای بنزین به عنوان سوخت

چه افزودنی‌هایی به بنزین برای بالا بردن عدد اکتان اضافه می‌شود؟

تحقیق کنید  
۱



مجتمع‌های پتروشیمی دارای واحدهای بنیادی، واسطه‌ای و نهایی هستند.

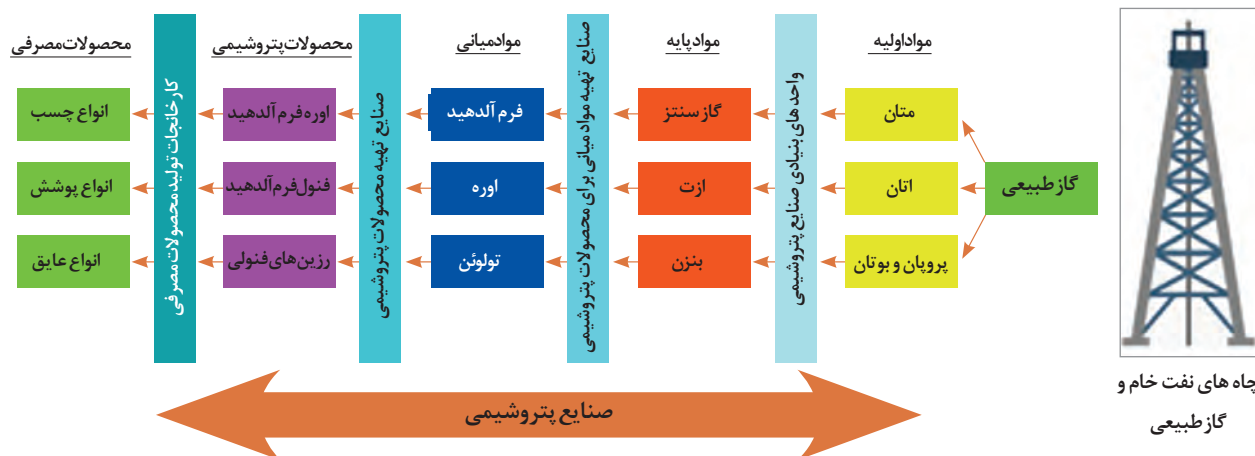
**واحدهای بنیادی:** مانند واحدهای مولکول‌شکنی (کراکینگ)؛ در این واحدها مواد اولیه حاصل شده از پالایشگاه‌ها به مواد پایه مانند متان، اولفین‌ها (هیدروکربن‌هایی که در ساختار خود دارای پیوند دوگانه هستند؛ مانند اتیلن، پروپیلن و وینیل کلرید) ترکیبات حلقوی دارای کلر و گوگرد تبدیل می‌شوند.

**واحدهای واسطه‌ای:** مانند واحدهای تولید دی‌کلرواتیلن، وینیل کلرید؛ در صنایع پتروشیمی به واحدهایی گفته می‌شود که از نظر خط تولید و برحسب ضرورت در میان واحدهای بنیادی و واحدهای نهایی قرار گرفته باشند. مثلاً برای تولید پلی‌وینیل کلرید (PVC) از اتیلن، نیاز به دو واحد واسطه‌ای یکی جهت ساختن دی‌کلرواتیلن و دیگری جهت ساختن وینیل کلرید از آن نیاز است.

**واحدهای نهایی:** مانند واحدهای تولید پلی‌وینیل کلرید (PVC) و لاستیک مصنوعی؛ در این واحد فرآورده نهایی پتروشیمی تولید و به بازار عرضه می‌شود.

در واحدهای پایین دست (کارخانجات مختلف) فرآورده‌های نهایی پتروشیمی به محصولات مصرفی تبدیل می‌شوند. واحدهای تولید الیاف مصنوعی، قطعات پلاستیکی و لاستیکی را می‌توان از مهم‌ترین کارخانجات

و واحدهای پایین دست به حساب آورد. شکل ۵، مراحل مختلف رسیدن به انواع چسب، پوشش و عایق را از نفت خام یا گاز طبیعی نشان می دهد.



شکل ۵ - تهیه انواع چسب، پوشش و عایق از نفت خام (از ابتدا تا انتها)

همان طور که در بالا اشاره شد، طیف وسیعی از مواد اولیه، محصولات مصرفی و محصولات صنعتی از محصولات پتروشیمی به دست می آید. بسیاری از آنها در گذشته نقش بسیار کلیدی را در زندگی ما دارند. بخش مهمی از محصولات ارزشمند صنعت پتروشیمی هستند. به همین دلیل در ادامه به طور گسترده درباره آنها صحبت می شود.

### اهمیت نفت در معادلات سیاسی جهان

تلاش برای استفاده از منابع نفت ایران، مهم ترین علت دخالت کشورهای استعمارگری مانند انگلیس و آمریکا بوده است. در سند شماره ۸ از اسناد لانه جاسوسی (سفارت سابق آمریکا در ایران) مربوط به سال ۱۳۵۳ و در بخش «خیلی محرمانه» آن چنین آمده است: نفت موضوعی است که امروزه افکار همگان را به خود مشغول داشته است. آمریکا در حال حاضر ۴۰ درصد نفت تولیدی جهان را مصرف می کند. نیاز ما به انرژی رو به افزایش می باشد در حالی که میزان تولید داخلی مان رو به کاهش است. بدون شک آمریکا مجبور خواهد بود حداقل تا پایان دهه ۱۹۸۰ مقادیر بیشتری نفت را وارد کند. در حال حاضر کمتر از ۵ درصد نفت صادراتی ایران مستقیماً به آمریکا فرستاده می شود. ولی مقادیر بسیار بیشتری به کشور هم پیمان مهم ما در آسیا یعنی ژاپن و نیز به هم پیمانان ما در سازمان ناتو در اروپای غربی صادر می گردد. در صورت بروز بحرانی در زمینه انرژی و در صورت اجرای تهدیدهای اعراب مبنی بر استفاده از نفت به عنوان سلاحی برای ایجاد اعتدال در حمایت آمریکا از اسرائیل، ایران به صورت یک منبع مهم نفت وارداتی مطمئن عمل می کند. بالاخره ایران به خاطر موقعیت جغرافیایی خویش محل مناسبی برای فعالیت تأسیسات متعدد آمریکایی می باشد که به نوبه خود مساعدتی است حیاتی در امنیت ملی آمریکا. (اسناد لانه جاسوسی آمریکا، ۱۳۸۶، ج ۶، ص ۷۰۴) اما از آنجا که بیشتر نفت ایران و دیگر کشورهای خلیج فارس از تنگه هرمز می گذرد، این تنگه از اهمیت بسیار

زیادی برخوردار است و شاهد پرداختن اسناد بسیار زیادی به آن می‌باشیم. سرپرست اطلاعات مرکزی آمریکا در واشنگتن در تاریخ ۴ نوامبر ۱۹۷۶-۱۳ آبان ۱۳۵۵ (بیش از دو سال قبل از انقلاب اسلامی) در نامه‌ای با تردید نسبت به اقدامات ایران در آن زمان نگاه می‌کند و می‌پرسد: آیا آن (اقدامات) شامل کنترل تنگه هرمز و همکاری مشترک آینده می‌باشد؟ آیا یک سیاست عادی در رابطه با «راه عبور بی‌ضرر» برای کشتی‌هایی که به خلیج وارد و یا از آن خارج می‌شوند وجود دارد؟ آیا ایران به دنبال برقراری یک پایگاه دائمی عملیات در عمان به منظور قدرت‌ش در اقیانوس هند و یا دریای سرخ است؟ (همان، ج ۱، ص ۴۳۹)

همچنین در سند دیگری، از زبان یکی از مسئولان حکومتی در رژیم طاغوت خاطر نشان می‌شود که «اگر تنگه هرمز بسته شود، نفت حیاتی اروپای غربی و ژاپن کامل قطع می‌شود.» (همان، ج ۸، ص ۸۱۱)

حساسیت آمریکا نسبت به تنگه هرمز بعد از انقلاب اسلامی به شدت افزایش می‌یابد. به طوری که تنها سه هفته بعد از پیروزی انقلاب در نامه‌ای «خیلی محرمانه» از سفارت آمریکا در تهران در تاریخ ۵ مارس ۱۹۷۹ - ۱۴ اسفند ۵۷ خطاب به وزارت امور خارجه آمریکا چنین آمده است: تشریح کنید که منافع ما در ایران چیست؟ مهم‌تر از هر چیز می‌خواهیم تمامیت ارضی ایران و به دور بودن آن از تسلط شوروی را ببینیم. نفت ایران نیز از اهمیت خارق‌العاده‌ای برخوردار است، اگر مستقیم به ما مربوط نباشد ولی به هم‌پیمانان اروپایی و ژاپنی ما ارتباط دارد. موقعیت استراتژیک ایران ۷۰٪ نفت کشورهای صادرکننده نفت (اوپک) و ۵۰٪ نفت مصرفی کشورهای غیر کمونیست از تنگه هرمز می‌گذرد، جلب توجه می‌کند. (همان، ج ۲، ص ۱۲۰؛ ج ۷، ص ۳۳)

سند شماره ۹۷ نامه‌ای «سری» است. در تاریخ ۲۰ می ۱۹۷۹-۳۰ اردیبهشت ۱۳۵۸ از سفارت آمریکا در مسقط که در آن با اشاره به ناتوانی آمریکا در الزام دولت‌های منطقه برای همکاری با آمریکا برای تأمین امنیت خلیج فارس و مخصوصاً تنگه هرمز چنین آمده: «منافع ما در این منطقه آن قدر عمیق است که نمی‌توانیم بر همکاری منطقه‌ای به عنوان ستون اصلی سیاست امنیتی خود تکیه کنیم. تاریخ، فرهنگ و سازمان قبیله‌ای مردم منطقه، به سهولت افزایش همکاری منطقه‌ای را پدید نمی‌آورد و ما از اهرمی آنچنان مؤثر برخوردار نیستیم که با وجود عدم تمایل طرفین مربوطه، بتوانیم آنان را وادار به همکاری بیشتر بنماییم.» (همان، ج ۱۱، ص ۲۳۹-۲۴۰)

هارولد براون، وزیر دفاع آمریکا در دوران جیمی کارتر نیز اعلام داشت که خطرات نظامی که می‌توانند بر جریان نفت تأثیر داشته باشند «بسیار جدی و حاد بوده و ما باید خود را آماده مقابله با آنها بنماییم.» این خطرات به اشکال گوناگون و به طور ناگهانی ظاهر خواهند شد. تصرف عمان توسط شورشیان تحت حمایت یمن جنوبی، «گلوگاه» نفتی خلیج فارس را که همان کانال ۱۹ مایلی تنگه هرمز است به خطر خواهد انداخت. حملات تروریستی علیه حوزه‌های نفتی فاقد حراست عربستان سعودی و نیز علیه مراکز توزیع نفت این کشور می‌تواند سبب قطع جریان نفت گردد. بروز درگیری بین عراق و کویت یا عربستان سعودی در پی اختلافات دیرین ارضی نیز یک خطر واقعی دیگر به حساب می‌آید. (همان، ج ۱۱، ص ۱۵۰)

علاوه بر جنبه جغرافیایی تنگه هرمز از حیث عبور کشتی‌ها و مخصوصاً نفت‌کش‌ها، یکی دیگر از ابعاد اهمیت تنگه هرمز این است که طبق اسناد به‌دست آمده و حساسیتی که نیروهای آمریکایی نشان داده‌اند، مشخص می‌شود که علاوه بر خشکی، در داخل خود تنگه هرمز نیز نفت بسیاری وجود دارد. در این زمینه اکتشافاتی انجام شده و شرکت نفت فرانسوی الف در عمق ۱۲۰۰۰ پایی تنگه هرمز به نفت ۴۱ درجه دست یافت که در منطقه آب‌های ایران واقع شده است؛ (همان، ج ۱۱، ص ۱۱۱-۱۱۲) در سند دیگر تصریح می‌شود که «هم‌اکنون در بخش ایرانی تنگه هرمز نفت مرغوب دارای کمیت تجاری کشف شده است.» (همان، ج ۷، ص ۴۷۷)

## اهمیت استراتژیک تنگه هرمز در جریان انرژی

در حالی که صنایع اقتصادی به نوبه تعیین کننده سیاست گذاری ژوا به این اطلالی شده است، طی روزهای اخیر بارها نام تنگه هرمز و خلیج همیشه فارس در رسانهها و سیاست های فضا به آمریکا علیه اقتصاد کشورهای مطرح شده است. از این رو به نیست نگاهی به اهمیت اقتصادی جریان انرژی این گرا هم بین اطلالی داشته بشیم.



### مشخصات تنگه هرمز

کمترین عرض تنگه ۲۱ مایل، تنها ۲ مایل از این تنگه قابلیت عبور و مرور کشتیهای تجاری بزرگ، بزرگ و نفتکشها را دارد.



## حجم ترانزیت نفت از آبراه های بین المللی جهان

نام منطقه	۲۰۱۱	۲۰۱۲	۲۰۱۳	۲۰۱۴	۲۰۱۵	۲۰۱۶
تنگه هرمز	۱۷/۱	۱۷	۱۶/۵	۱۷/۲	۱۷/۳	۱۸/۵
تنگه مالاکا	۱۴/۲	۱۵	۱۵/۷	۱۵/۸	۱۵/۸	۱۶
کانال سوئز	۴	۴/۸	۴/۸	۵/۱	۵/۲	۵/۵
باب المندب	۳	۳/۸	۴	۴/۲	۴/۶	۴/۸
تنگه دانمارک	۳	۳/۸	۳/۷	۳/۶	۳/۸	۳/۲
تنگه بوسفور	۲/۹	۲/۴	۲/۴	۲/۴	۲/۲	۲/۴
کانال پاناما	۰/۸	۰/۸	۰/۸	۰/۸	۱/۱	۰/۹

\* میلیون بشکه در روز

## فعالیت عملی ۱

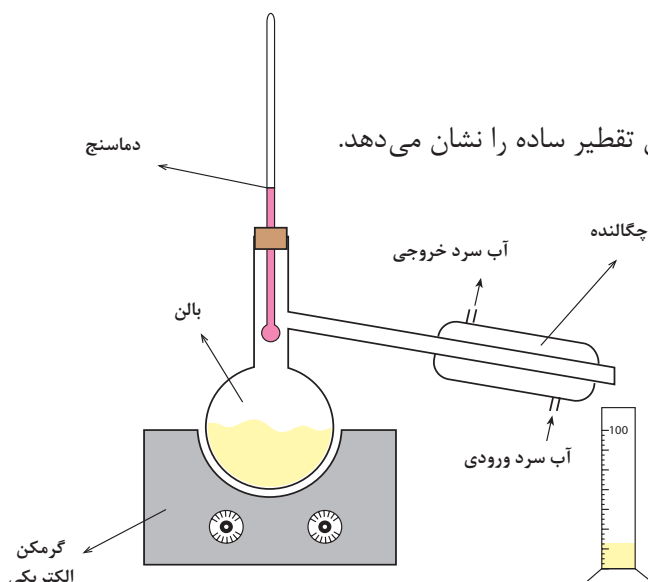


### تقطیر فراورده‌های نفتی

این آزمایش که به تقطیر ASTM<sup>۱</sup> مشهور است، ساده‌ترین نوع تقطیر است که به منظور تعیین گستره دمای جوش محصولات نفتی مختلف نظیر بنزین، نفتا، نفت سفید، گازوئیل و سوخت کوره انجام می‌شود. همان‌طور که می‌دانید مواد خالص در فشار ثابت در یک دمای ثابت و معین می‌جوشند یعنی تا زمانی که آخرین قطره مایع تبخیر شود، دما تغییر نمی‌کند و همچنان ثابت است. اما مخلوط‌ها و از جمله محصولات نفتی که مخلوطی از هیدروکربن‌های مختلف هستند، در یک دمای ثابت نمی‌جوشند، بلکه دارای «دامنه دمای جوش» می‌باشند. در این آزمایش می‌توان گستره دمای جوش ترکیبات مختلف نفتی را تعیین کرد و براساس آن نموداری به نام «منحنی تقطیر ASTM» رسم کرد. این منحنی امکان نتیجه‌گیری در مورد توزیع هیدروکربن‌های موجود در یک نمونه را فراهم می‌کند.

### مواد و وسایل لازم:

شکل الف تجهیزات موردنیاز برای انجام دادن تقطیر ساده را نشان می‌دهد.



شکل الف) دستگاه تقطیر ASTM

### روش کار:

ابتدا لازم است با بعضی از اصطلاحات مهم در خصوص تقطیر، به شرح زیر آشنا شوید:

- **نقطه جوش اولیه<sup>۲</sup> (IBP):** دمایی است که در آن، اولین قطره از مایعات تقطیرشده وارد استوانه مدرج می‌شود.
- **نقطه جوش نهایی<sup>۳</sup> (FBP):** بالاترین دمایی است که به هنگام تقطیر نمونه مشاهده می‌شود. اگر همه نمونه تبخیر شود و هیچ ته‌مانده‌ای در داخل بالن باقی نماند، این دما هنگامی مشاهده می‌شود که آخرین قطره نمونه، تبخیر شود.
- **نقطه تجزیه:** دمایی است که در آن، اولین آثار تجزیه نمونه در داخل بالن، مشاهده می‌شود. تشکیل ذرات سیاه و چسبنده در کف بالن نشانه تجزیه ماده نفتی است.

۱- American Society for Testing and Materials

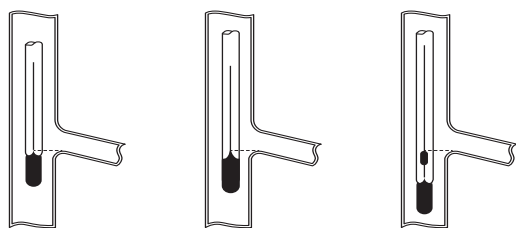
۲- Initial Boiling Point (IBP)

۳- Final Boiling Point (FBP)

در ابتدا ۱۰۰ میلی لیتر نمونه را داخل بالن بریزید و مطابق شکل الف چگالنده را به بالن متصل کنید و استوانه مدرج را در زیر لوله خروجی چگالنده قرار دهید. وضعیت قرارگرفتن دماسنج در داخل بالن مطابق شکل ب باشد تا دماهایی که یادداشت می کنید دقیقاً گستره جوش نمونه را نشان دهند.

بعد از آماده شدن دستگاه، نمونه را گرما دهید. معمولاً شدت گرما را به گونه ای تنظیم می کنند که اولین قطره مایعات تقطیرشده بعد از ۵ تا ۱۰ دقیقه در استوانه مدرج ظاهر شود. هنگامی که اولین قطره مایع به داخل استوانه مدرج وارد شد، دما را یادداشت کنید. این دما همان IBP است. طبق جدول زیر وقتی که حجم مایعات تقطیرشده در استوانه مدرج به ۵، ۱۰، ۲۰، ...، ۹۰ و ۹۵ میلی لیتر رسید، دما را یادداشت کنید. معمولاً شدت گرما را به گونه ای تنظیم می کنند که در هر دقیقه ۵°C به دمای نمونه افزوده شود. هنگامی که آخرین قطره مایع تبخیر شد، دماسنج بالاترین دما را نشان خواهد داد، آن را به عنوان FBP یادداشت کنید. البته اگر

نمونه تجزیه شد و قسمتی از آن در ته بالن باقی ماند، بالاترین دمایی را که دماسنج در طول آزمایش نشان داد، به عنوان FBP گزارش کنید. در خاتمه گرما دادن را قطع کنید و اجازه دهید دستگاه خنک شود. پس از خنک شدن دستگاه، بخش های مختلف آن را جدا کنید با حلال (استون) شست و شو دهید.



شکل ب) موقعیت صحیح انواع دماسنج در داخل بالن

جدول تغییرات دما بر حسب حجم مایعات تقطیر شده (میلی لیتر)

حجم مایعات تقطیر شده (میلی لیتر)	دما (°C یا °F)
IBP	
۵	.....
۱۰	.....
۲۰	.....
۳۰	.....
۴۰	.....
۵۰	.....
۶۰	.....
۷۰	.....
۸۰	.....
۹۰	.....
۹۵	.....
FBP	.....

نتایج به دست آمده را به صورت تغییرات دما (محور عمودی) بر حسب تغییرات حجم<sup>۱</sup> مایعات تقطیر شده (محور افقی) رسم کنید تا منحنی تقطیر ASTM نمونه مورد آزمایش به دست آید. شکل پ نمونه‌ای از منحنی‌های تقطیر ASTM را نشان می‌دهد. همان طور که در شکل مشاهده می‌کنید حجم مایعات تقطیر شده که در استوانه<sup>۲</sup> مدرج جمع‌آوری شده‌اند ۱۰۰ میلی لیتر نیست، زیرا ممکن است بخشی از نمونه از درزها یا از داخل استوانه<sup>۳</sup> مدرج به شکل بخار خارج شود<sup>۴</sup>. همچنین ممکن است بخشی از نمونه تجزیه شود و در کف بالن باقی بماند<sup>۵</sup> (حتی به صورت جامد به کف بالن بچسبد). به هر حال باید معادله زیر برقرار باشد:

$$100 = d + l + r$$

$d = mL$ ، حجم مایعات تقطیر شده،

$l = mL$ ، حجم مایعاتی که به شکل بخار از درزها خارج شده‌اند (تلف شده‌اند)،

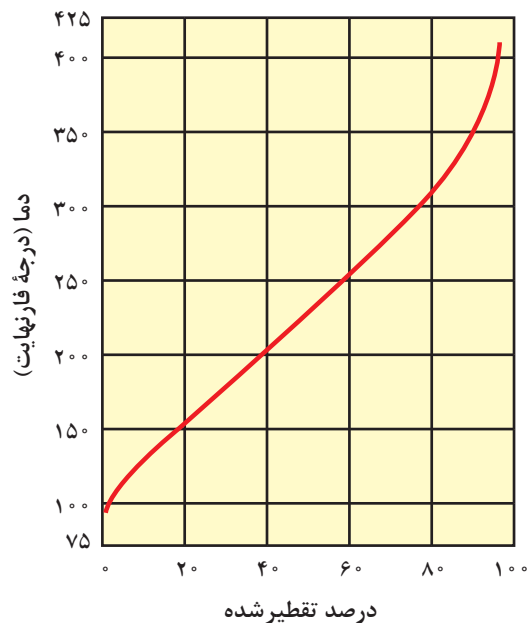
$r = mL$ ، حجم مایع باقی مانده در کف بالن،

حجم مایعات تقطیر شده (%)	دما (°F)	دما (°C)
نقطه جوش اولیه (IBP)	۹۸	۳۶/۵
۵٪	۱۱۴	۴۵/۵
۱۰٪	۱۲۹	۵۴
۲۰٪	۱۵۰	۶۵/۵
۳۰٪	۱۷۱	۷۷
۴۰٪	۱۹۳	۸۹/۵
۵۰٪	۲۱۵	۱۰۱/۵
۷۰٪	۲۶۸	۱۳۱
۸۰٪	۳۰۰	۱۴۹
۹۰٪	۳۴۰	۱۷۱
۹۵٪	۳۶۸	۱۸۶/۵
نقطه جوش نهایی (FBP)	۴۰۸	۲۰۹
مقدار مواد تقطیر شده (d)		۹۷/۵٪
مقدار مواد ته مانده (r)		۱/۰٪
مقدار مواد تلف شده (l)		۱/۵٪

۱- چون حجم نمونه ۱۰۰ میلی لیتر است، بنابراین محور افقی نمودار شکل پ را می‌توان بر حسب درصد یا بر حسب میلی لیتر نام گذاری کرد که اولی متداول است.

۲- Loss

۳- Residue



شکل پ) نمونه‌ای از اطلاعات گزارش شده در تقطیر ASTM

معمولاً مقدار  $d$  و  $r$  اندازه‌گیری می‌شوند و سپس حجم مایعات تلف شده ( $l$ ) محاسبه می‌شود. در این فعالیت، علاوه بر جدول و منحنی تقطیر ASTM، مقدارهای زیر را نیز گزارش می‌کنند:

$$\text{درصد بازیابی شده} = \frac{\text{حجم نهایی مایعات تقطیر شده در استوانه مدرج (mL)}}{100 \text{ (mL)}} \times 100$$

$$\text{درصد باقی مانده} = \frac{\text{حجم نهایی مایع باقی مانده در بالن (mL)}}{100 \text{ (mL)}} \times 100$$

درصد باقی مانده - درصد بازیابی شده - 100 = درصد تلف شده

$$\text{فاصله جوش نمونه} = \text{FBP} - \text{IBP}$$

## بسپارها

بسپارها یا پلیمرها در دنیای گوناگون و پرجاذبه شیمی به مرحله ظهور رسیده‌اند. ما در دوره‌ای زندگی می‌کنیم که بسپارها هر روز بیشتر از پیش در جنبه‌های گوناگون زندگی مطرح می‌شوند. تصوّر جهان پیشرفته کنونی بدون وجود مواد بسپاری بسیار مشکل است. امروزه بسپارها جزئی از زندگی شده‌اند و در ساخت اشیای مختلف، از وسایل زندگی معمولی گرفته تا ابزار دقیق و پیچیده به کار می‌روند. مطابق شکل ۶، پلاستیک‌ها، لاستیک‌ها، الیاف، چسب‌ها و رنگینه‌ها همگی نمونه‌هایی از بسپارها هستند. هر کدام از این بسپارها به دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد خود کاربرد ویژه‌ای دارند.





شکل ۶- برخی از کاربردهای بسپارها

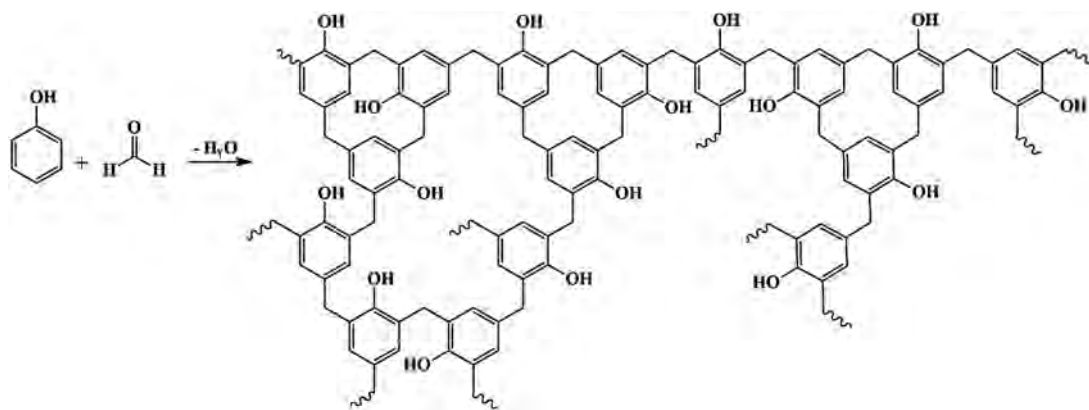
### پیشینه تاریخی بسپار

پیشرفت‌های اولیه علوم در هیچ جایی ثبت نشده است، اما بشر نخستین، آموخته بود که چگونه الیاف پروتئینی مانند پشم و ابریشم و همچنین الیافی مانند پنبه و کتان (الیاف سلولوزی<sup>۱</sup>) را عمل آورد، رنگریزی کند و ببافد. همچنین از بسپارهای طبیعی مانند پوشش خارجی لاک پشت، شاخ حیوانات و صمغ درختان (شکل ۷) با استفاده از گرما دادن و اعمال فشار، وسایل تزئینی بسازد.

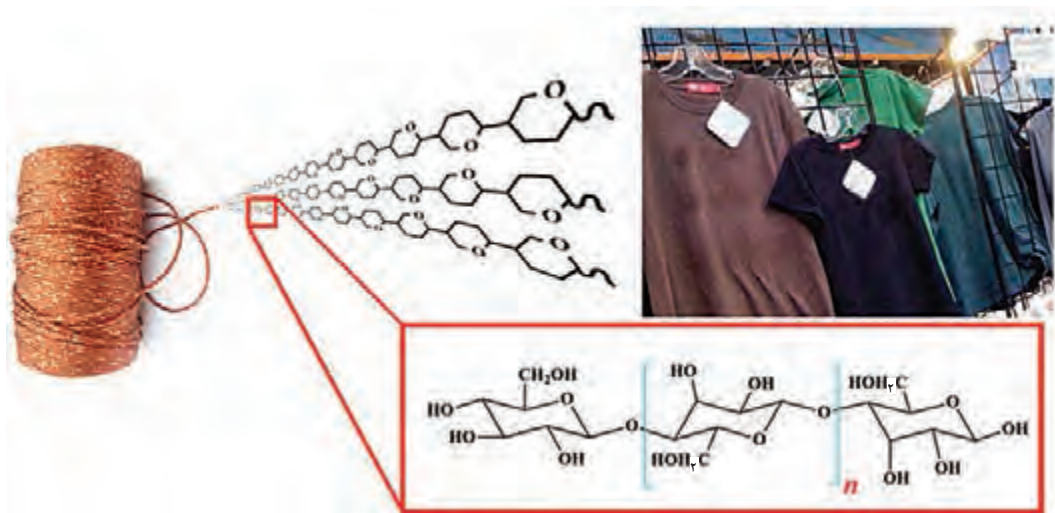


شکل ۷- جمع آوری صمغ درختان و محبوس شدن حشره در صمغ گیاهی

با توجه به مراجع، پیدایش علوم بسیار به میانه‌های سده نوزدهم میلادی بازمی‌گردد: زمانی که هنوز ساختار ساده‌ترین مولکول‌ها هم یکی از بحث‌برانگیزترین مباحث آن زمان بود، اصطلاح بسیار توسط برزیلیوس<sup>۱</sup> به کار برده شده است. باکلیت<sup>۲</sup> را می‌توان اولین بسیار مصنوعی دانست که لئو باکلند<sup>۳</sup>، شیمی‌دان بلژیکی در اوایل سده نوزدهم میلادی آن را از واکنش فنول و فرم‌آلدهید (شکل ۸) ساخت. پس از آن، الیاف نیمه‌مصنوعی ریون که از اصلاح شیمیایی سلولوز به دست می‌آید، در سال ۱۹۱۱ ساخته شد (شکل ۹). با شروع جنگ جهانی اول، موادی مانند نایلون، لاستیک بوتادی‌ان - استایرن، پلی‌اتیلن و سایر بسپارها جایگزین مواد طبیعی کمیاب شدند. از آن زمان، سیر رشد محصولات بسیار تا به امروز ادامه یافته است. جدول ۱، فهرستی از بسپارهای معروف و تاریخ ابداع و همچنین کاربردهای آنها را ارائه می‌دهد.



شکل ۸ - تهیه بسیار باکلیت از فنول و فرم‌آلدهید (حفظ کردن فرمول باکلیت الزامی نیست).



شکل ۹ - ساختار الیاف ریون و نمونه‌ای از کاربرد آن (حفظ کردن فرمول ریون الزامی نیست).

۱- Berzelius

۲- Bakelite

۳- Leo Baekeland

## جدول ۱- برخی از بسپارهای معروف و کاربردهای آنها

کاربردهای نمونه	بسپار	سال
پریزهای برق، پایه و گوشی تلفن	فنول - فرم‌آلدهید	۱۹۰۹
سقف‌های کاذب، در و پنجره، لوله‌های فاضلاب	پلی‌وینیل کلرید (پی وی سی)	۱۹۲۷
ظروف یک بار مصرف، اسباب‌بازی‌ها	پلی‌استایرن	۱۹۳۷
فیلم <sup>۱</sup> و الیاف	نایلون (پلی‌آمید)	۱۹۳۸
ظروف غذا	ملامین فرم‌آلدهید	۱۹۳۹
بدنه قایق و پارچه‌های مصنوعی	پلی‌استر	۱۹۴۲
لوله‌های آب	پلی‌اتیلن	۱۹۴۲
پوشش‌ها (ظروف نچسب) و کلاه ایمنی	تفلون (فلوئورو بسپارها)	۱۹۴۳
کف‌پوش و ابزارآلات	اپوکسی‌ها	۱۹۴۷
کلاه ایمنی، الیاف فرش‌های ماشینی	پلی‌پروپیلن	۱۹۵۷
شیشه‌های نشکن	پلی‌کربنات	۱۹۵۷
نخ‌های لاستیک خودرو و جلیقه ضدگلوله	پلی‌آمیدهای آروماتیک	۱۹۷۴
بسپارهای رسانا در خازن‌ها و الکتروود باتری‌ها	پلی‌پیرول	۱۹۷۹
بسپارهای رسانا در خازن‌ها و الکتروود باتری‌ها	پلی‌تیوفن	۱۹۸۲

تعریف بسپار و بسپارش<sup>۲</sup>

واژه بسپار، یک واژه فارسی است که از دو بخش «بس» به معنی بسیار و «پار» به معنی پاره یا قطعه تشکیل شده است. این واژه در برابر پلیمر انتخاب شده است که خود از دو بخش یونانی «پلی» به معنای بسیار و «مر» به معنی قسمت، پاره یا قطعه گرفته شده است. بنابراین بسپارها مولکول‌های بزرگی هستند که از واحدهای کوچک تکرارشونده که تکپار یا مونومر<sup>۳</sup> نامیده می‌شود، ساخته شده‌اند. تک‌پارها اغلب مولکول‌های کوچک حاوی گروه‌های فعال هستند که می‌توانند با مولکول‌های همانند خود یا از نوع دیگر واکنش دهند و مولکول‌های بسیار بزرگ یا بسپار را تشکیل دهند.

به فرایند تهیه بسپارها، بسپارش گفته می‌شود. بسپارش، یک واکنش شیمیایی است که در آن مولکول‌های کوچک و ساده یا همان تکپارها، با یکدیگر پیوند برقرار می‌کنند و مولکولی بزرگ (بسپار) با جرم مولکولی چندین برابر (چندین هزار یا بیشتر) جرم تکپار اولیه را به وجود می‌آورند. از آنجا که تعداد واحدهای تکرارشونده در یک زنجیره بسپار بسیار زیاد است، شیمی دانان مطابق شکل ۱۰ برای نمایش بسپارها، واحدهای تکرارشونده را درون قلاب می‌نویسند و زیروند  $n$  (درجه بسپارش) را جلوی آن می‌گذارند.

۱- در بسته‌بندی مواد غذایی (سوسیس و کالباس) و دارویی (کیسه‌های سرم و لوازم استریل‌یزه) استفاده می‌شود.

۲- Polymerization

۳- Monomer



شکل ۱۰- الگوی تشکیل بسپار از تکپارها

## تقسیم‌بندی بسپارها

بسیاری از موادی که ما با آنها سروکار داریم همچون پروتئین‌ها، چوب، پشم، لاستیک خام، پنبه، پلاستیک، چسب‌ها و رزین‌ها، همگی بسپار هستند. با توجه به تنوع بسیار زیاد بسپارها چندین روش مختلف برای تقسیم‌بندی آنها استفاده می‌شود. بسپارها را می‌توان براساس منبع و منشأ آنها یا براساس تفاوت در ساختار مولکولی و یا براساس خواص گرمایی و کاربرد نهایی آنها به شش گروه، طبقه‌بندی کرد.

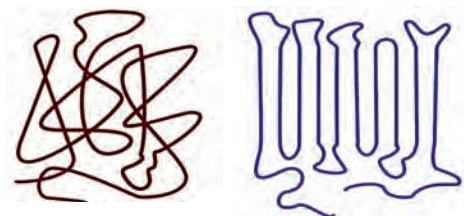
**۱- تقسیم‌بندی براساس منبع و منشأ:** در این تقسیم‌بندی بسپارها در یکی از سه گروه: بسپارهای طبیعی، بسپارهای نیمه‌مصنوعی (یا بازیافته) و بسپارهای مصنوعی قرار می‌گیرند. به بسپارهایی مانند پنبه، ابریشم و نشاسته که منشأ طبیعی دارند و به همان صورت هم استفاده می‌شوند، بسپارهای طبیعی گفته می‌شود. بسپارهای نیمه‌مصنوعی یا بازیافته به بسپارهایی گفته می‌شود که از اصلاح بسپارهای طبیعی در آزمایشگاه‌ها و یا کارخانه‌ها تهیه می‌شوند. از این نوع بسپارها می‌توان به نیتروسولوز که به‌طور گسترده در رنگ‌ها و لاک‌ها استفاده می‌شود، اشاره کرد. بسپارهای مصنوعی به بسپارهایی گفته می‌شود که در آزمایشگاه‌ها و کارخانه‌ها توسط شیمی‌دانان از تک‌پارهای متنوع تهیه می‌شوند. از این نوع بسپارها می‌توان پلی‌اتیلن (PE)، پلی‌استایرن (PS)، پلی‌وینیل کلرید (PVC) و پلی‌اتیلن ترفتالات (PET) را نام برد.

**۲- تقسیم‌بندی براساس ساختار:** واحدهای ساختاری حاصل از واکنش تکپارها ممکن است در الگوهای متفاوتی به هم متصل شوند که منجر به تهیه بسپارهای خطی، شاخه‌دار و یا شبکه‌ای شده شوند (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- تقسیم‌بندی بر اساس ساختار بسپارها

**۳- تقسیم‌بندی بر اساس بلورینگی:** بسپارها از نظر بلورینگی می‌توانند بی‌شکل (آمورف<sup>۱</sup>) یا نیمه‌بلوری باشند (شکل ۱۲). به علت بلند بودن زنجیره‌های بسپار امکان دستیابی به آرایشی کاملاً منظم، مانند موادی با جرم مولکولی کم، وجود ندارد. پلی‌اتیلن، پلی‌پروپیلن، پلی‌آکریل و نیتریل و همچنین پلی‌اتیلن ترفتالات نمونه‌هایی از

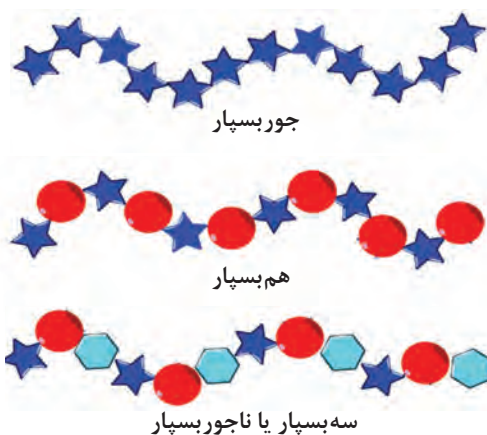


بی شکل

نیمه‌بلوری

شکل ۱۲- طرح‌وارهٔ بسپارهای بی‌شکل و نیمه‌بلوری

بسپارهای نیمه‌بلوری هستند. در مقابل بسپارهای نیمه‌بلوری بسپارهای بی‌شکل زنجیره‌هایی دارند که توانایی کنار هم قرار گرفتن به صورت منظم و به وجود آوردن آرایش منظم را ندارند. در این بسپارها زنجیره‌هایی به صورت اتفاقی مانند ظرفی پر از رشته‌های ماکارونی وجود دارد. پلی‌متیل متاکریلات و پلی‌کربنات نمونه‌هایی از بسپارهای بی‌شکل هستند.



جور بسپار

هم بسپار

سه بسپار یا ناجور بسپار

شکل ۱۳- نمای ساده از انواع بسپارها بر اساس ماهیت تکپارها

**۴- تقسیم‌بندی بر اساس ماهیت تکپارها:** در این نوع تقسیم‌بندی، بسپارهایی که فقط از یک نوع واحد تکرارشونده (تکپار) تشکیل شده‌اند، جور بسپار<sup>۲</sup> و آنهایی که از دو نوع واحد تکرارشونده (تکپار) تشکیل شده‌اند، هم بسپار<sup>۳</sup> نامیده می‌شوند. گاهی اصطلاح سه بسپار<sup>۴</sup> نیز برای محصولات حاصل از بسپارش سه تکپار به کار می‌رود. در عین حال، در مورد محصولاتی که با بیش از سه تکپار بسپارش شده‌اند، لفظ ناجور بسپار<sup>۵</sup> رایج است (شکل ۱۳).

**۵- تقسیم‌بندی بر اساس پاسخ گرما:** از دیدگاه مهندسی مفیدترین طبقه‌بندی برای بسپارها بر اساس پاسخ گرمایی آنهاست. بر این اساس بسپارها به دو دستهٔ گرمانرم‌ها (ترموپلاستیک‌ها<sup>۶</sup>) و گرماسخت‌ها (ترموست‌ها<sup>۷</sup>) تقسیم‌بندی می‌شوند.



شکل ۱۴- برخی از کاربردهای بسپارهای گرمانرم

**گرمانرم‌ها:** به بسپارهایی مانند نایلون، پلی‌استایرن و پلی‌اتیلن گفته می‌شود که با افزایش دما بدون تغییر شیمیایی، ذوب می‌شوند. رفتار این بسپارها مانند رفتار شمع است و می‌توانند به دفعات ذوب و دوباره جامد شوند. چنین بسپارهایی در حالت مذاب، مانند مایعات جاری می‌شوند و در اثر سرما سخت می‌شوند و شکل قالب را به خود می‌گیرند. مطابق شکل ۱۴، گرمانرم‌ها به‌طور گسترده در صنایع بسته‌بندی، ساخت لوازم خانگی، لباس و عینک آزمایشگاهی کاربرد دارند.

۱- Amorphous

۳- Copolymer

۵- Heteropolymer

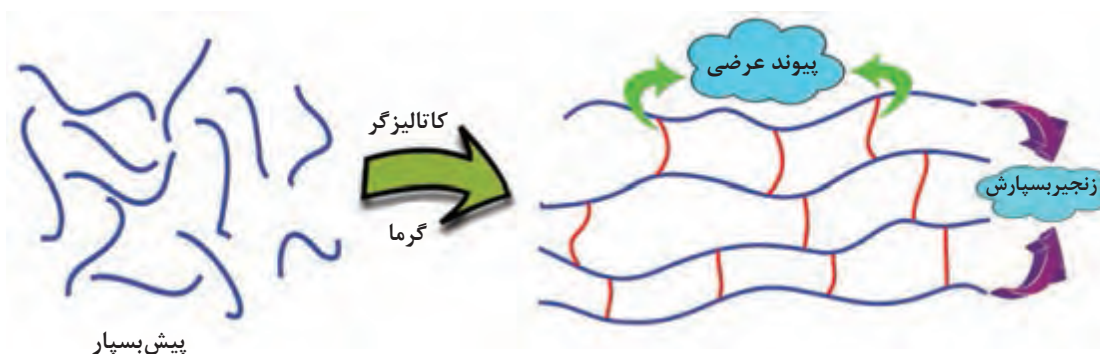
۷- Thermosets

۲- Homopolymer

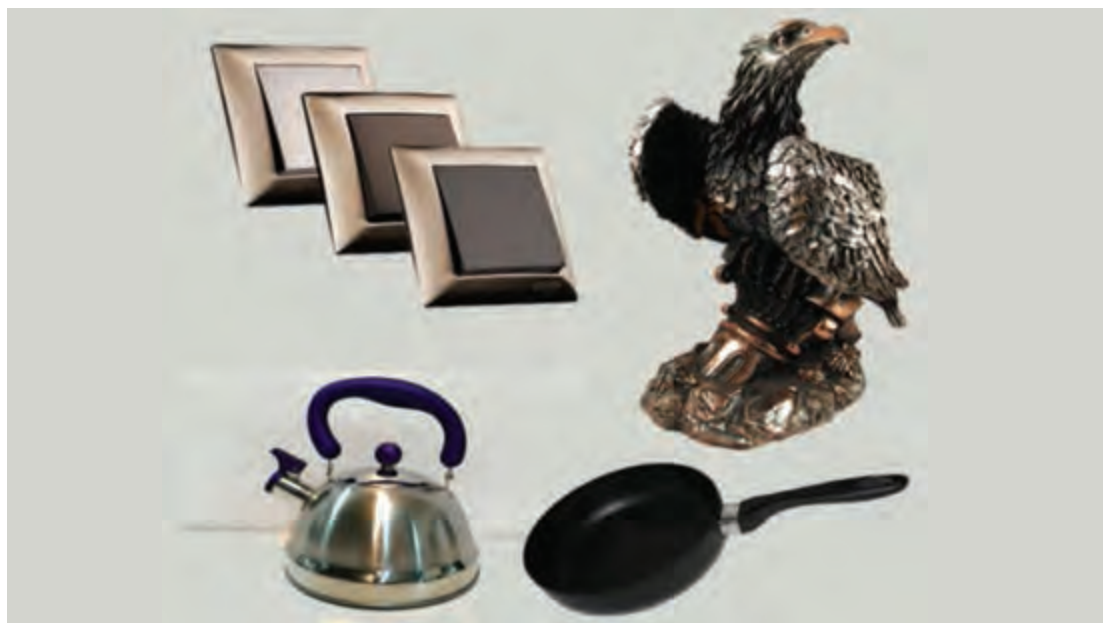
۴- Terpolymer

۶- Thermoplastics

**گرما سخت‌ها:** به بسپارهایی گفته می‌شود که بر اثر اعمال گرما در تغییرات شیمیایی شرکت می‌کنند و در آنها پیوندهای عرضی ایجاد می‌شود و بسپار جامد می‌شود. گرماسخت‌ها بیشتر به صورت مایع و پیش‌بسپار وجود دارند که توسط کاتالیزگرها یا گرم‌شدن در زیر فشار به یک شکل دائمی و پایدار تبدیل می‌شوند (شکل ۱۵). این بسپارها هنگام گرم‌دهی، ذوب نمی‌شوند، بلکه در دماهای بسیار بالا تجزیه می‌شوند. فنول فرم‌آلدهید، پلی‌استرهای سیرنشده و اپوکسی‌ها در این دسته از بسپارها قرار می‌گیرند و در مجسمه‌سازی، ساخت کلید و پریز برق و همچنین دسته کتری و ماهی‌تابه کاربرد دارند (شکل ۱۶).



شکل ۱۵- سازوکار کلی تهیه گرماسخت‌ها از پیش‌بسپار

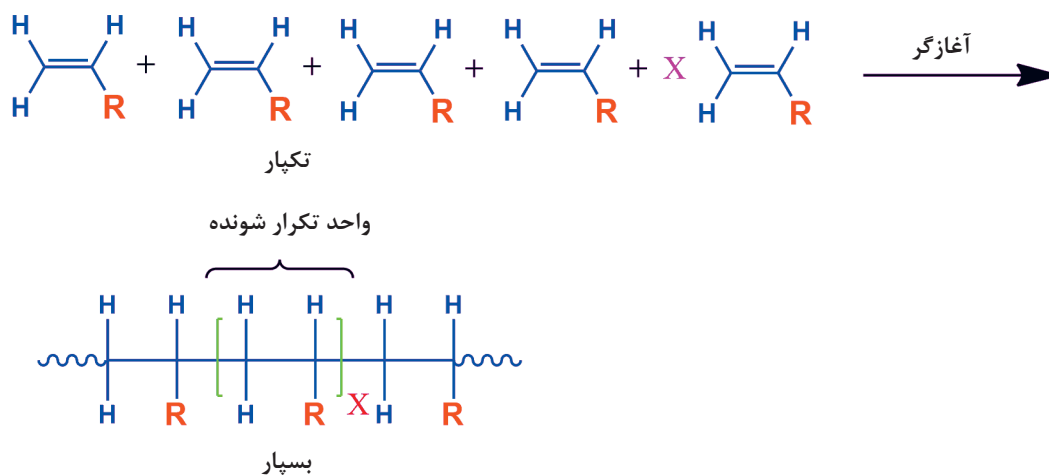


شکل ۱۶- برخی از کاربردهای گرماسخت‌ها

۶- تقسیم‌بندی براساس کاربرد: بسپارها در صنعت به چهار گروه بزرگ پلاستیک‌ها، لاستیک‌ها، الیاف و چسب‌ها تقسیم‌بندی می‌شوند که در صفحات بعدی به صورت گسترده به این مطالب پرداخته شده است.

### انواع بسپارش

واکنش‌های بسپارش به دو نوع زنجیره‌ای (یا افزایشی) و تراکمی (یا مرحله‌ای) طبقه‌بندی می‌شوند. واکنش‌های بسپارش زنجیره‌ای (یا افزایشی)، عموماً واکنش‌هایی هستند که در آنها از تکپارهای دارای پیوند دوگانه کربن-کربن (C=C) استفاده می‌شود (شکل ۱۷). در این نوع بسپارش، ابتدا با استفاده از یک آغازگر یک مرکز فعال در محیط واکنش به وجود می‌آید که می‌تواند به سهولت با تکپارها واکنش دهد و واکنش به صورت زنجیره‌وار ادامه پیدا کند. پلی‌اتیلن، پلی‌پروپیلن، پلی‌استایرن و پلی‌وینیل‌استات نمونه‌هایی از بسپارهایی هستند که به روش بسپارش زنجیره‌ای یا افزایشی تولید می‌شوند.



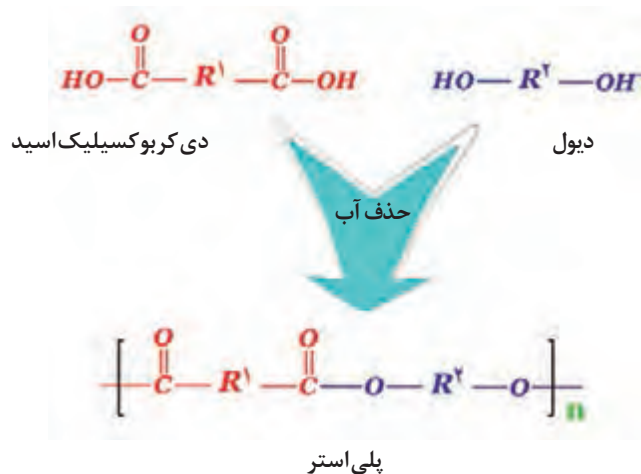
شکل ۱۷- سازوکار کلی بسپارش زنجیره‌ای یا افزایشی

واکنش بسپارش، پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن را از تکپارهای مربوط بنویسید.

پرسش ۱

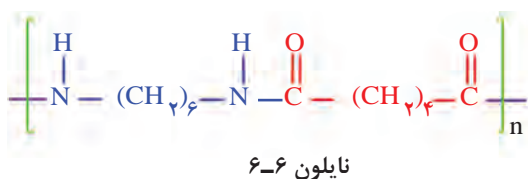
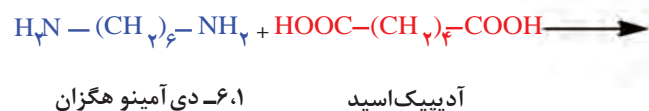
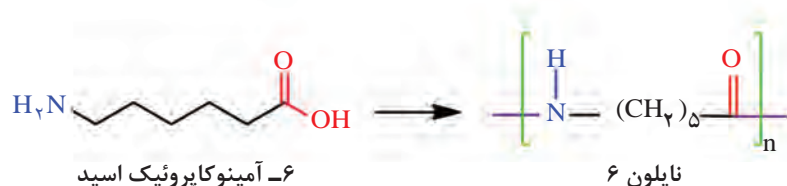


واکنش‌های بسپارش تراکمی (یا مرحله‌ای) عموماً واکنش‌هایی هستند که در آنها از تکپارهایی که دارای دو گروه عاملی مناسب هستند، استفاده می‌شوند. پلی‌استرها و پلی‌آمیدها (نایلون‌ها) معروف‌ترین بسپارهایی هستند که با این روش تولید می‌شوند. برای مثال پلی‌استرها معمولاً از طریق واکنش بین تکپارهای کربوکسیلیک‌اسید و دیول که منجر به حذف آب می‌شود، مطابق شکل ۱۸ تهیه می‌شوند.



شکل ۱۸- سازوکار کلی تهیه پلی استر از روش بسپارش مرحله‌ای یا تراکمی

گفتنی است نایلون‌ها نخستین الیاف مصنوعی ساخت بشر هستند که در سال ۱۹۳۸ تهیه شدند. نایلون‌ها دسته بزرگی از پلی آمیدها هستند که از واکنش آمینواسیدها به دست می‌آیند. رایج‌ترین نایلون، نایلون ۶ است که از بسپارش ۶- آمینوکاپروئیک اسید یا ترکیب حلقوی آن (لاکتام) در حضور مقدار کمی آغازگر مانند آب تهیه می‌شود. روش دیگر تهیه نایلون‌ها از واکنش بین دی کربوکسیلیک اسیدها با دی آمین‌ها است. برای مثال، نایلون ۶-۶ از واکنش آدیپیک اسید و ۶،۱-دی آمینوهگزان تهیه می‌شود (شکل ۱۹).

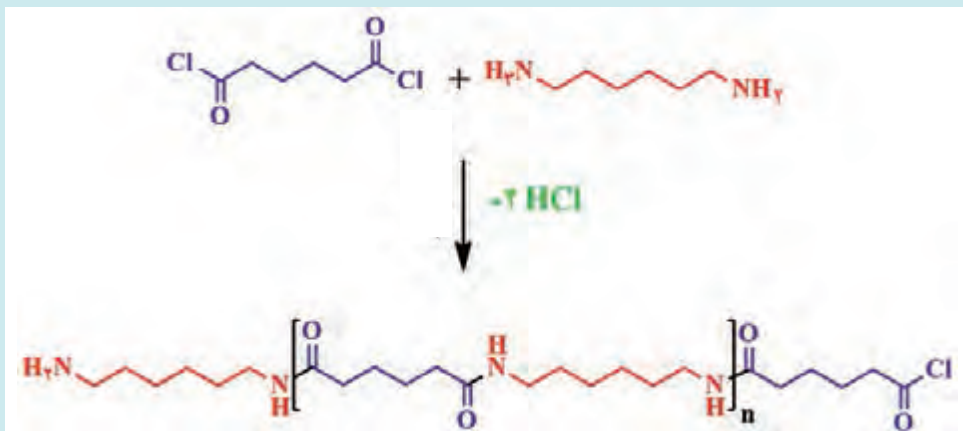


شکل ۱۹- سازوکار کلی تهیه نایلون ۶ و نایلون ۶-۶





برای تهیه پلی استرها و پلی آمیدها می توان به جای دی کربوکسیلیک اسیدها، از دی آسید کلریدها استفاده کرد.



روش تهیه نایلون ۶-۶

ثابت سرعت این واکنش‌ها چند ده برابر واکنش‌های مشابهی است که از دی کربوکسیلیک اسیدها استفاده می‌شود. امتیاز دیگر این روش این است که در دمای پایین تری (صفر تا ۵۰ درجه سلسیوس) انجام پذیر هستند. برای انجام شدن این واکنش‌ها، در دمای پایین، از روش بسپارش مرحله‌ای بین سطحی استفاده می‌شود. بدین ترتیب که تکپارها در فصل مشترک دو فاز آلی و آبی با یکدیگر

واکنش می‌دهند. مثلاً در تهیه نایلون ۶-۶، ۱، ۶ دی آمینوهگزان را در آب حل کرده، به آن محلول آدیپوئیل کلرید در یک حلال آلی (مانند کلروفرم) اضافه می‌شود. از آنجا که دو فاز آبی و آلی با هم امتزاج پذیر نیستند، فاز آبی بر روی فاز آلی قرار می‌گیرد. تکپارها خود را به سطح مشترک دو مایع رسانده، در فاز مخالف نفوذ می‌کنند. دو تکپار با یکدیگر واکنش می‌دهد و بسپار تشکیل می‌شود. اما این بسپار دچار جدایی فازی می‌شود (رسوب می‌کند) و به شکل یک لایه، بین دو فاز درمی‌آید. چنانچه خواص مکانیکی بسپار حاصل قوی باشد، می‌توان آن را مانند نخ به دور یک میله جمع کرد و از داخل محلول بیرون کشید.



سازوکار کلی تهیه نایلون ۶-۶ از طریق بسپارش بین سطحی



در نامگذاری نایلون ۶-۶ اعداد به کاررفته نشان دهنده چیست؟

## تهیه نایلون ۶-۶

### جرم مولکولی بسپارها

به مجموع جرم‌های اتمی همه اتم‌های موجود در یک مولکول، جرم مولکولی گفته می‌شود. در بیشتر مواد غیر بسپاری جرم مولکولی یک عدد مشخص و ثابت است ولی در بسپارها جرم مولکولی تک تک زنجیره‌ها متغیر است و به همین جهت معمولاً به صورت متوسط جرم مولکولی بیان می‌شود. تغییر در جرم مولکولی بسپارها باعث تغییر در خواص فیزیکی، مکانیکی و همچنین خواص کاربردی بسپارها می‌شود. برای مثال پلی اتیلن با جرم مولکولی پایین دارای حالت فیزیکی به صورت شمع و پارافین‌های سنگین و پلی اتیلن با جرم مولکولی بالا دارای حالت فیزیکی جامد سخت است.

همان‌طور که در صفحه‌های پیش اشاره شد بسپارها در صنعت به چهار گروه بزرگ: پلاستیک‌ها، لاستیک‌ها، الیاف و چسب‌ها تقسیم‌بندی می‌شوند. شایان ذکر است در سال‌های اخیر در صنعت مخلوطی از این مواد و برخی مواد معدنی تحت عنوان کامپوزیت‌ها یا چندسازه‌ها کاربرد پیدا کرده است. این مطالب در ادامه به صورت گسترده‌تری آورده شده است.

### روش‌های شناسایی مقدماتی بسپارها

تعدادی روش ساده وجود دارد که می‌توان از آنها برای شناسایی انواع بسپارها استفاده کرد. این روش‌ها شامل آزمون‌های حل‌پذیری، تعیین نقطه ذوب و آزمون شعله هستند. آزمون حل‌پذیری برای بسپارها یکی از روش‌های ساده تشخیص بسپارهاست. در آزمون حل‌پذیری، حل شدن یا نشدن یک بسپار در یک یا چند حلال در دمای محیط یا بالاتر بررسی می‌شود. آزمون حل‌پذیری می‌تواند از قرار دادن حدود یک گرم از بسپار در لوله آزمایش و افزودن ۵ میلی لیتر حلال بررسی شود. برخی از نمونه‌ها ممکن است برای حل شدن به زمان بیشتر و یا مقداری گرما نیاز داشته باشند و بنابراین توصیه می‌شود به نمونه‌ها چند ساعت زمان و کمی گرما داده شود. جدول ۲ انواع حلال‌ها را برای برخی از بسپارهای متداول نشان می‌دهد.

## جدول ۲- حلال برخی از بسپارهای متداول

حلال	بسپار
هیدروکربن‌ها (زایلن جوشان)	پلی اتیلن
هیدروکربن‌ها (زایلن جوشان)	پلی پروپیلن
دی‌متیل فرمامید، سیکلوهگزان، تتراهیدروفوران، متیل اتیل کتون و کربن تتراکلرید	پلی وینیل کلرید
استون، بنزن، تولوئن، سیکلوهگزان و متیل اتیل کتون	پلی استایرن
متاکروزول و استون	نایلون‌ها (پلی آمید)
اتر، هیدروکربن‌ها و هیدروکربن‌های کلردار	لاستیک طبیعی
فنول	پلی اتیلن ترفتالات (PET)

### فعالیت عملی ۲



### تعیین حلال مناسب برای بسپارها

#### مواد و وسایل لازم:

لوله آزمایش، همزن شیشه‌ای، حمام روغن، چراغ گاز، لوله خودکار شفاف، لیوان یک‌بار مصرف، ظرف شامپو، روکش سیم برق و حلال‌های مختلف (زایلن، فنول، تترا هیدرو فوران، استون، تولوئن و کربن تتراکلرید).

#### روش کار:

در ابتدا نمونه را با کمک ابزار مختلف تا جای ممکن خرد کنید. سپس مقدار بسیار کم نمونه خرد شده را به یک لوله آزمایش بیفزایید و مقدار بسیار کم حلال (حدود ۲ تا ۳ میلی‌لیتر) به لوله آزمایش اضافه کنید. اگر نمونه حل نشد، لوله آزمایش را در حمام آب گرم قرار دهید. سعی شود لوله آزمایش چند دقیقه در نقطه جوش حلال نگه داشته شود. حل‌ناپذیری نمونه بسپاری هنگامی تأیید می‌شود که بر اثر گرما حل نشود یا در صورتی که در اثر گرما حل شد با سرد کردن محلول رسوب کند. در پایان فعالیت، گزارشی مربوط به بسپار سازنده هر کدام از نمونه‌ها ارائه دهید.

همان‌طور که می‌دانید اغلب حلال‌ها مایعاتی بسیار خطرناک و به شدت آتش‌گیرند، لذا در مراحل آزمون حل‌پذیری نکات ایمنی را رعایت کنید.

نکات  
زیست محیطی



گرم کردن یک بسپار می‌تواند اطلاعات اولیه‌ای برای تجزیه و تحلیل بسپار فراهم کند. دمای ذوب در بسپارهای گرمانرم می‌تواند برای شناسایی آنها مورد استفاده قرار گیرد. رفتار ذوب را می‌توان با استفاده از لوله استاندارد تعیین نقطه ذوب و یا دستگاه اندازه‌گیری نقطه ذوب تعیین کرد. جدول ۳ گستره دمای ذوب برخی از بسپارهای متداول را نشان می‌دهد.

جدول ۳- دمای ذوب برخی از بسپارهای متداول

بسیار	دما (°C)
پلی اتیلن	۱۱۵-۱۲۵
پلی پروپیلن	۱۶۰-۱۷۰
پلی وینیل کلرید	۱۷۵
پلی استایرن	۲۴۰
نایلون ۶-۶	۲۵۰-۲۶۰
لاستیک طبیعی	۲۸
پلی اتیلن ترفتالات (PET)	۲۴۵-۲۶۵

چرا دمای ذوب بسپار نایلون ۶-۶ بالا است؟

بحث‌گروهی  
۱



آزمون شعله غالباً به منظور شناسایی کیفی بسپارها کاربرد فراوان دارد. در حقیقت هدف از انجام دادن این آزمون بررسی و تحقیق پیرامون رفتار و پدیده‌هایی است که یک بسپار در هنگام مواجهه با شعله از خود نشان می‌دهد. برای این منظور، مقدار کمی در حدود نیم‌گرم نمونه را توسط اسپاتول فلزی روی لبه خارجی شعله بگیرید. اگر نمونه بلافاصله شعله‌ور نشود، به مدت چند ثانیه آن را درون شعله قرار دهید و سپس آن را از شعله دور کنید. به شیوه شعله‌وری، بو و رنگ شعله توجه شود. جدول ۴ نتایج آزمون شعله را برای برخی از بسپارهای متداول نشان می‌دهد.

#### جدول ۴- بو و رنگ آزمون شعله برای برخی از بسپارهای متداول

بو	رنگ	بسپار
سوزاندن شمع	زرد، پایه آبی	پلی اتیلن
سوزاندن شمع	زرد، پایه آبی	پلی پروپیلن
بوی تند (بوی هیدروکلریک اسید)	زرد، پایه سبز	پلی وینیل کلرید
استایرن	زرد، پایه آبی و همراه با دوده زیاد	پلی استایرن
بوی سوختن پشم	زرد، دود آبی	نایلون ها (پلی آمید)
بوی تیز	زرد و همراه با دوده	لاستیک طبیعی
بوی شیرین	زرد و همراه با دوده زیاد	پلی اتیلن ترفتالات

### فعالیت عملی ۳



#### تعیین نوع بسپار از طریق آزمون شعله

#### مواد و وسایل لازم:

اسپاتول، چراغ گاز، نایلون فریزر، دستکش پلاستیکی، لیوان یک بار مصرف و ظرف آب معدنی.

#### روش کار:

مقدار کمی از نمونه را بر روی یک اسپاتول قرار دهید و به آهستگی به سمت کنار شعله نزدیک کنید. آنچه مشاهده می شود را به خاطر بسپارید و به سؤالات زیر پاسخ دهید و در پایان نام بسپار سازنده هر یک از مواد سوزانده شده را گزارش کنید.

- آیا نمونه شعله ور می شود؟
- آیا در زمان سوختن نمونه، گاز یا بخار آزاد می شود؟
- آیا شعله حاصل از سوختن نمونه رنگی است؟
- آیا دوده تشکیل می شود؟

چرا سوختن بسپارهایی مانند پلی استایرن و پلی اتیلن ترفتالات همراه با دوده است؟

تحقیق کنید  
۳



## فعالیت عملی ۴



### تهیه بسیار اوره فرم آلدهید

#### مواد و وسایل لازم:

لوله آزمایش (۱ عدد)، کاغذ pH، سولفوریک اسید ۰/۵ نرمال (۱۰ میلی لیتر)، اوره (۵ گرم)، فرم آلدهید (۶ میلی لیتر).

#### روش کار:

- در یک لوله آزمایش ۱ گرم اوره و ۱/۵ میلی لیتر فرم آلدهید را مخلوط کنید و لوله را تکان دهید تا اوره کاملاً حل شود.
- سپس pH این محلول را با چند قطره (۳-۴) سولفوریک اسید ۰/۵ نرمال به  $\text{pH} = 4$  برسانید.
- زمان لازم برای تشکیل رسوب در لوله آزمایش را اندازه گیری کنید.
- مقداری آب به لوله آزمایش بیفزایید و حل پذیری آن را در آب بررسی کنید.

## فعالیت عملی ۵



### مقایسه بسیارهای گرمانرم و گرماسخت

#### مواد و وسایل لازم:

لوله آزمایش، بسیارهای مختلف ضایعاتی (کلید و پریز، سبد پلاستیکی، ظروف ملامین، دستکش لاتکس و دسته کتری)، گیره لوله.

#### روش کار:

- به تعداد نمونه های ضایعات بسیار، لوله آزمایش تهیه کنید و هرکدام را نام گذاری کنید.
- به مقدار مساوی از هر نمونه ضایعات بسیار، بردارید و در لوله های آزمایش نام گذاری شده بریزید.
- زیر هود نمونه ها را گرما دهید و به حالت بسیارها و گازهای خارج شده از لوله ها دقت کنید.
- شعله را خاموش کنید و اجازه دهید که نمونه ها سرد شوند.

#### پرسش ۲



- کدام یک از ضایعات ذوب نشدند؟
- کدام یک از نمونه ها زودتر ذوب شد؟
- آیا تغییر رنگ در نمونه ها در اثر گرما مشاهده شد؟
- کدام یک از نمونه ها گرمانرم و کدام یک گرماسخت هستند؟

## پلاستیک‌ها

از پلاستیک‌ها به سبب خواص مناسبی همچون سبکی و مقاومت در برابر خوردگی و همچنین صرفه اقتصادی می‌توان به‌عنوان جایگزین فلزات در صنایع نام برد. پلاستیک‌ها براساس ملاحظات اقتصادی و همچنین کاربرد نهایی به دو دسته پلاستیک‌های معمولی و پلاستیک‌های مهندسی تقسیم‌بندی می‌شوند. مشخصه پلاستیک‌های معمولی حجم زیاد تولید و قیمت کم آنهاست. این نوع پلاستیک‌ها معمولاً شامل چهار گروه اصلی: پلی‌اتیلن، پلی‌پروپیلن، پلی‌وینیل کلراید و پلی‌استایرن هستند. در مقابل پلاستیک‌های معمولی پلاستیک‌های مهندسی دارای قیمت بالاتر و حجم تولید کمتری هستند. از نمونه‌های این نوع پلاستیک‌ها می‌توان به پلی‌آمید، پلی‌کربنات و پلی‌استر اشاره کرد.

**الف) پلی‌اتیلن:** پلی‌اتیلن یا پلی‌اتن با عنوان اختصاری PE، بسیاری است که از اتیلن درست می‌شود. این بسیار ساده‌ترین ساختار مولکولی را دارد (شکل ۲۰).



شکل ۲۰- بسپارش پلی‌اتیلن



شکل ۲۱- ظروف تهیه شده از پلی‌اتیلن

پلی‌اتیلن به دلیل برخورداری از ویژگی‌هایی نظیر انعطاف‌پذیری بالا، مقاومت خوب در برابر اسیدها، بازها و نمک‌ها (به استثنای مواد اکسیدکننده قوی)، در تولید محصولات بی‌شماری به کار رفته است و به همین دلیل، امروزه بیشترین تولید بسیار در جهان را به خود اختصاص داده است. سه گروه اصلی این بسپار عبارت‌اند از: پلی‌اتیلن سنگین<sup>۱</sup>، پلی‌اتیلن سبک<sup>۲</sup> و پلی‌اتیلن سبک خطی<sup>۳</sup>. انواع گوناگون پلی‌اتیلن کاربردهای گوناگونی از جمله لوله‌ها، اجزای سازنده کارخانه‌های مواد شیمیایی، جعبه‌ها، عایق‌های الکتریکی و همچنین در صنعت بسته‌بندی (شکل ۲۱) دارد.

۱- High Density Polyethylene (HDPE)

۲- Low Density Polyethylene (LDPE)

۳- Linear Low Density Polyethylene (LLDPE)



- ۱ سه گونه پلی اتیلن (سنگین، سبک و سبک خطی) که در متن اشاره شد؛ چه تفاوت‌های ساختاری با یکدیگر دارند؟
- ۲ تکپار پلی اتیلن در کدام بخش از صنایع نفت تهیه می‌شود؟

**ب) پلی پروپیلن:** به دنبال تحقیقات درباره بسپارش پلی اتیلن در سال ۱۹۵۴ امکان تهیه بسپارهای شبیه، مانند پلی پروپیلن نیز فراهم شد. پلی پروپیلن یا پلی پروپن که با عنوان اختصاری PP شناخته می‌شود، بسپاری گرمانرم است که تولید صنعتی آن به سرعت توسعه یافت و در سال ۱۹۵۷ برای اولین بار وارد بازار شد. هنگامی که اولین بار پلی پروپیلن ساخته شد، از دو نوع مختلف با خواص متفاوت به دست آمد. یکی از آنها شبیه پلی اتیلن بود با سختی بیشتر، ولی نوع دیگر آن دارای سختی کمتری بود. امروزه مشخص شده است که نوع اول دارای ساختار فضایی منظم است و به پلی پروپیلن تک‌سو آرایش (ایزوتاکتیک<sup>۱</sup>) و پلی پروپیلن دو سو آرایش (سندیوتاکتیک<sup>۲</sup>) شناخته می‌شود. نوع دوم که دارای ساختار نامنظمی است به پلی پروپیلن بی آرایش (اتاکتیک<sup>۳</sup>) شناخته می‌شود (شکل ۲۲).



تک‌سو آرایش



دو سو آرایش



بی آرایش

شکل ۲۲- انواع آرایش مندی بسپارها

- ۱- Isotactic
- ۲- Syndiotactic
- ۳- Atactic



پلی پروپیلن صنعتی معمولاً دارای ۹۵-۹۰٪ تک سو آرایش است و شباهت زیادی به پلی اتیلن دارد. پلی پروپیلن در صنعت خودرو، در ساخت تزئینات داخلی، پروانه‌ها، کفپوش خودرو و جعبه باتری و همچنین در ساخت بدنهٔ رادیو و تلویزیون، لوله، ساخت فیلم‌های بسته‌بندی برای صنایع غذایی و ساخت الیاف فرش‌های ماشینی، پستی و گونی استفاده می‌شود (شکل ۲۳). چمن‌های مصنوعی، طناب‌های مقاوم در برابر پوسیدگی، تورهای ماهی‌گیری و قلم‌موها از کاربردهای دیگر پلی پروپیلن هستند.



شکل ۲۳- لوله‌های ساخته شده از پلی پروپیلن

**پ) پلی استایرن:** استایرن یا وینیل بنزن، از مشتقات بنزن، مایعی بی‌رنگ و روان است و به آسانی بسپار می‌شود. پلی استایرن (PS) به سبب ویژگی‌های خاص خود همچون شفافیت بالا، سختی، جذب آب کم و کم‌هزینه بودن ساخت آن در دنیای امروزی کاربردهای زیادی دارد. از کاربردهای آن می‌توان به ظروف یک‌بار مصرف، وسایل الکترونیکی، بدنه ساعت، تلویزیون، رادیو، لوازم ورزشی، اسباب بازی، عایق بدنهٔ یخچال‌ها و فریزرها و وسایل خانگی اشاره کرد (شکل ۲۳).

در برابر ویژگی‌های کلی و مناسب پلی استایرن باید به این نکته توجه داشت که این بسپار در بسیاری از موارد بسیار شکننده است. روش‌های مختلفی برای اصلاح این نقص ارائه شده است. روش هم‌بسپارش<sup>۱</sup> و افزایش پرکننده‌های لاستیکی به آن از موفق‌ترین روش‌های اصلاح شکنندگی پلی استایرن است.



شکل ۲۴ - نمونه‌هایی از کاربرد پلی‌استایرن

در دهه‌های اخیر شاهد گسترش روزافزون استفاده از مواد پلاستیکی و به‌ویژه انواع ظروف یک‌بار مصرف در صنایع غذایی هستیم. در هنگام تولید اینگونه ظروف برای افزایش کیفیت محصول نهایی، مواد افزودنی مانند نرم‌کننده‌ها، رنگینه‌ها و پاداکسنده‌ها (آنتی‌اکسیدانت‌ها) به‌منظور بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی به بسیار اضافه می‌شود. تکپارهای باقی‌مانده بعد از بسپارش و تأثیر عوامل محیطی مانند دما باعث جدا شدن تکپارها و برخی مواد افزودنی می‌شود. این مواد در تماس با مواد خوراکی از طریق پدیده مهاجرت<sup>۱</sup> می‌توانند وارد ماده غذایی شوند و در نهایت آنها را آلوده کنند.

پلی‌استایرن به‌صورت گسترده در تولید ظروف و لیوان‌های یک‌بار مصرف استفاده می‌شود. تکپار استایرن می‌تواند با توجه به پدیده مهاجرت از طریق مصرف مواد غذایی آلوده وارد بدن انسان شود. تکپارهای استایرن سمی هستند و می‌توان از قلب، کبد، مغز و چربی زیر پوست به‌عنوان مهم‌ترین محل‌های توزیع آنها در بدن نام برد. مصرف بلندمدت مواد غذایی آلوده به تکپار استایرن می‌تواند باعث صدمه به بافت‌های مغز، کبد، کلیه‌ها و همچنین دستگاه عصبی بدن شود.

برای مصون بودن از خطرات بسپارها، شما چه راهکاری را ارائه می‌دهید؟

نام آیوپاک و فرمول مولکولی استایرن چیست؟

واکنش بسپارش استایرن را بنویسید.

نکات زیست  
محیطی و  
بهداشتی



پرسش ۳



تحقیق کنید  
۵



پرسش ۴





ویژگی‌های استفاده از ظروف غذاخوری بسپاری، فلزی و شیشه‌ای را با یکدیگر مقایسه کنید.

ت) **پلی‌وینیل کلرید:** پلی‌وینیل کلرید که با عنوان اختصاری PVC شناخته شده است نام پذیرفته شده برای پلی‌کلرواتن است. پلی‌وینیل کلرید در کنار سه بسپار پلی‌اتیلن، پلی‌پروپیلن و پلی‌استایرن جزء چهار بسپار مهم از نظر تولید جهانی است. از مزایای پلی‌وینیل کلرید، مقاومت خوب آن در برابر چربی‌ها، روغن‌ها، اسیدها و بازها است. عایق الکتریسیته و در برابر شعله، مقاوم است و از آنجایی که به راحتی با انواع نرم‌کننده‌ها آمیخته می‌شود، می‌توان محصولات پلاستیکی متنوعی، از سخت‌ترین شکل تا انعطاف‌پذیرترین شکل را تولید کرد. از کاربردهای مهم پلی‌وینیل کلرید می‌توان به: ساخت لوله، کانال و لوازم نصب‌کردنی، کیف‌های ارزان قیمت، ساخت در و پنجره و در شکل نرم آن برای لباس، لوازم داخلی منزل نظیر پرده، کفپوش و سقف، پوسته کابل‌های الکتریکی، توپ‌های بازی سبک‌وزن اشاره کرد (شکل ۲۵)



شکل ۲۵- نمونه‌هایی از کاربرد پلی‌وینیل کلرید

فرمول مولکولی پلی‌وینیل کلرید چیست؟

تحقیق کنید  
۶

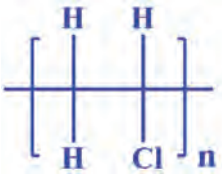
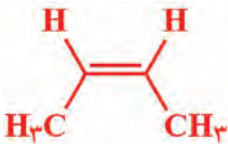
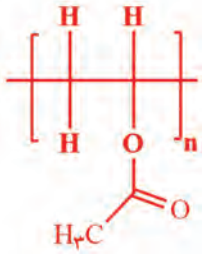
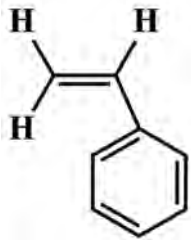



واکنش بسپارش وینیل کلرید را بنویسید.

پرسش ۵



خود را بیازمایید: جدول زیر را کامل کنید.

کاربردها	نام و ساختار بسپار	نام و ساختار تکپار
سقف‌های کاذب _____	_____ 	وینیل کلرید _____
لوله آب _____	پلی پروپیلن _____	
چسب چوب _____		وینیل استات _____
ظروف یک بار مصرف _____	پلی استایرن _____	
ظروف آشپزخانه _____	پلی تترافلوئورو اتیلن (تفلون) _____	

**لاستیک‌ها:** لاستیک‌ها یا الاستومرها<sup>۱</sup>، بسپارهایی با قابلیت کشش و انقباض سریع هستند. بادکنک‌ها، تایر خودروها، واشرها و دستکش‌ها همگی از کاربردهای بی‌شمار لاستیک‌ها هستند (شکل ۲۶). لاستیک طبیعی از عصاره درختان هوآ<sup>۲</sup> که در کشور برزیل و برخی از نواحی گرمسیر آمریکای جنوبی یافت می‌شود، به دست می‌آید. پس از انجام دادن چندین فرایند بر روی این عصاره، لاستیک خام یا کائوچو به دست می‌آید. برای بهبود خواص مکانیکی لازم است لاستیک خام را دوباره فراوری و پیوندهای عرضی در آن ایجاد کرد که به نام ولکانش<sup>۳</sup> شناخته می‌شود. گوگرد بیشترین کاربرد را در فرایند ولکانش دارد.



شکل ۲۶- برخی از کاربردهای لاستیک‌ها

تحقیقی درباره لاستیک طبیعی برای رسیدن به دستکش لاتکس انجام دهید و نتیجه را در کلاس ارائه کنید.

تحقیق کنید  
۷



شکل ۲۷- نمونه‌ای از الیاف رنگ شده

**الیاف:** الیاف به سبب دارا بودن استحکام بالا، پایداری گرمایی خوب، قابلیت ریسندگی و بسیاری از خواص دیگر، در ساخت انواع منسوجات، نخ تایر و طناب به طور گسترده کاربرد دارند (شکل ۲۷).

۱- Elastomers

۲- Hevea Trees

۳- Vulcanization

الیاف طبیعی را می‌توان به دو گروه اصلی: پلی‌ساکاریدها مانند پنبه و گروه پروتئین‌ها مانند پشم و ابریشم تقسیم‌بندی کرد. از الیاف مصنوعی می‌توان به الیاف پلی‌استر و الیاف نایلون اشاره کرد که حدود ۷۰٪ حجم تولید الیاف مصنوعی را به خود اختصاص می‌دهند (شکل ۲۸).



شکل ۲۸ - نمونه‌هایی از الیاف طبیعی و مصنوعی

سه کاربرد متفاوت از الیاف طبیعی و مصنوعی را نام ببرید.

پرسش ۶



طرز تهیه الیاف

فیلم آموزشی



فعالیت عملی ۶



ساخت الیاف ریون از پنبه

وسایل و مواد لازم:

بشر، همزن شیشه‌ای، سرنگ، مس کربنات بازی ( $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$ )، سولفوریک اسید (۱ مولار)، محلول آمونیاک (۲۵٪) و پنبه.

## روش کار:

ابتدا ۴ گرم مس کربنات بازی را در بشر بریزید و به آن ۴۰ میلی لیتر محلول آمونیاک ۲۵٪ اضافه کنید و با همزن شیشه‌ای به خوبی هم بزنید. پس از تشکیل یک محلول آبی رنگ، محلول رویی را در یک بشر دیگر خالی کنید. کم کم پنبه را به محلول اضافه کنید تا یک محلول گران رو به دست آید. محلول گران رو را توسط سرنگ بکشید و در یک بشر دیگر که حاوی سولفوریک اسید ۱ مولار است کم کم خالی کنید. منتظر بمانید تا الیاف تشکیل شده بی رنگ شوند.

فیلم آموزشی

روش تهیه الیاف ریون از پنبه



## چسب ها

از زمان های بسیار دور، اندیشه چسبانیدن دو چیز به هم، پیوسته دغدغه ذهن بشر بوده است. در قدیم، چسب را از استخوان، شاخ، پوست و رگ و پی حیوانات تهیه می کردند. چسب به عنوان ماده ای غیر فلزی تعریف می شود که قادر است دو بستر را به هم متصل کند. اغلب چسب ها از بسیار، حلال، مواد پایدار کننده<sup>۱</sup>، نرم کننده و تغلیظ کننده تشکیل شده اند. بسیاری از چسب ها به چسب قدرت چسبندگی می دهند. برای مثال، بسیار موجود در چسب چوب، پلی وینیل استات و یا بسیار موجود در چسب های قطره ای، پلی سیانوآکریلات<sup>۲</sup> است. چسب ها هنگامی که اعمال می شوند در حالت مایع هستند و پس از تبخیر حلال یا واکنش شیمیایی سخت می شوند و به حالت جامد در می آیند. برای متصل کردن وسایل ساده مانند دو تکه کاغذ تا اتصال قطعات هواپیماهای پیشرفته از چسب استفاده می شود (شکل ۲۹). امروزه در دنیا بیش از صدها سازنده چسب وجود دارند و هزاران نفر در این زمینه مشغول به کار و فعالیت هستند و این تعداد روز به روز افزایش می یابد. چسب ها نه تنها برای موادی که باید چسبانده و به هم پیوسته شوند، به کار برده می شوند، بلکه در ایجاد



چسبندگی برای موادی از قبیل جوهر تحریر، وسایل بتونه کاری و وجوه میانی در مواد ترکیبی از قبیل تایرهای لاستیکی و شیشه یا الیاف در پلاستیک ها هم استفاده می شود. چسب ها را می توان به چهار گروه اصلی: گیاهی،

شکل ۲۹- نمونه هایی از چسب های موجود در بازار

۱- Stabilizer باعث افزایش مقاومت عوامل خارجی مانند نور فرابنفش و اکسیژن می شوند.

۲- Poly Cyanoacrylate

حیوانی، معدنی و مصنوعی طبقه‌بندی کرد.

**الف) چسب‌های گیاهی:** این چسب‌ها مانند چسب نشاسته و صمغ عربی منبع گیاهی دارند و محلول در آب هستند و از آنها در چسباندن تمبر و پاکت، مقوا، چوب و کاغذ استفاده می‌شود.

**ب) چسب‌های حیوانی:** این چسب‌ها از اعضای بدن حیوانات تهیه می‌شوند و از لحاظ چسبندگی قوی‌تر از چسب‌های گیاهی هستند. سریشم و لاک<sup>۱</sup> نمونه‌ای از چسب‌های حیوانی هستند که در نجاری، تهیه کاغذ سنباده و کارتن‌سازی کاربرد دارند.

**پ) چسب‌های معدنی:** این چسب‌ها مانند چسب‌های سیلیکونی مقاومت خوبی در برابر گرما و آب دارند و در اتصال اشیای شیشه‌ای، سرامیکی و کوارتزی کاربرد دارند. این چسب‌ها در ساختن آکواریوم‌ها و ساخت آجرهای نسوز استفاده می‌شوند.

**ت) چسب‌های مصنوعی:** این چسب‌ها از بسپارهای مصنوعی تهیه می‌شوند و تنوع بسیار زیادی دارند. این چسب‌ها تقریباً توانایی چسباندن همه چیز را دارند و به همین دلیل، کاربردهای گوناگونی در مصارف خانگی، صنعتی و تجاری دارند. چسب‌های قطره‌ای (پلی‌سیانواکریلات)، چسب‌های دوقلو (چسب اپوکسی) و چسب‌های نواری (پلی‌وینیل کلرید) نمونه‌هایی رایج از این نوع چسب‌ها هستند.

پرسش ۷



چند نمونه از کاربردهای متفاوت چسب‌های مصنوعی را نام ببرید.

دو نیرو در سازوکار اتصال چسب‌ها به سطوح مختلف دخالت دارند که عبارت‌اند از: نیروهای واندروالسی و پیوندهای شیمیایی.

نیروهای واندروالسی ناشی از نیروهای جاذبه بین چسب و جسم است که اساس اغلب فرایندهای چسبندگی هستند. پیوندهای شیمیایی، چسبندگی به مراتب قوی‌تر از نیروهای واندروالسی ایجاد می‌کنند. این نوع اتصال زمانی رخ می‌دهد که سطح دارای گروه‌های شیمیایی باشد که بتواند از طریق واکنش شیمیایی با چسب اتصال برقرار کند.

فعالیت عملی ۷



تهیه چسب گیاهی

روش کار:

با انواع صمغ‌های در دسترس چسب گیاهی تهیه کنید.

تحقیق کنید

۸



درباره چسبندگی شش نظریه وجود دارد که عبارت‌اند از: نظریه جذب فیزیکی، نظریه جذب شیمیایی، نظریه الکترواستاتیک، نظریه نفوذ، نظریه پیوند چسبندگی مکانیکی و نظریه لایه مرزی ضعیف، به صورت گروهی درباره هر نظریه گزارشی ارائه دهید.

۱- از حشره‌ای به نام قرمزخانه به دست می‌آید و در نجاری برای جلا دادن به چوب استفاده می‌شود.





## فعالیت عملی ۸



چگونه با مواد ارزان یک چسب خیلی قوی تهیه کنیم؟

**وسایل و مواد لازم:** ظرف شیشه‌ای و همزن (اسپاتول)، مقداری یونولیت و ۱۰ میلی لیتر استون.

**روش کار:**

- ۱ یونولیت را در ظرف بریزید و کم کم استون را به آن اضافه کنید.
- ۲ پس از اضافه کردن استون، یونولیت حل می شود. آنقدر یونولیت اضافه کنید تا محلول غلیظ عسلی شکل تهیه شود.
- ۳ چسب تهیه شده را در یک ظرف شیشه‌ای دردار بریزید و در زمان نیاز، استفاده کنید.

همان طور که می دانید استون مایعی بسیار خطرناک و به شدت آتشگیر است، لذا در مراحل ساخت چسب و نگهداری آن نکات ایمنی را رعایت کنید.

نکات  
زیست محیطی



با توجه به ساخت چسب از یونولیت، به نظر شما یونولیت چیست؟

بحث گروهی  
۳



## فعالیت عملی ۹



**تهیه چسب PVC**

**وسایل و مواد لازم:**

- ظرف فلزی دردار با گنجایش ۱۵۰ mL (مانند یک قوطی رنگ) (در وسط در قوطی، سوراخی به اندازه محور همزن تعبیه کنید).
- میله همزن شیشه‌ای
- ترازوی دوکفه‌ای با دقت  $\pm 1$  گرم
- همزن برقی با دور متغیر
- بشر ۱۰۰ mL
- شیشه ساعت (یک عدد)

- استوانهٔ مدرج (یک عدد)
- پیپت آزمایشگاه
- پیپت پُرکن
- پودر PVC(S)<sup>۱</sup>
- حلال سیکلوهگزانون
- حلال تتراهیدروفوران
- دی‌اکتیل فتالات (DOP)<sup>۲</sup>
- مادهٔ غلظت‌دهنده

### روش کار:

- برای ساخت ۱۰۰ گرم چسب PVC مراحل زیر را انجام دهید.
- ۱ ۱۰ گرم پودر PVC را به کمک ترازو و شیشهٔ ساعت بردارید.
  - ۲ ۵۰ گرم حلال تتراهیدروفوران (THF) را به کمک ترازو و بشر مناسب بردارید.
  - ۳ ۴۰ mL حلال سیکلوهگزانون را به کمک استوانهٔ مدرج بردارید.
  - ۴ ۳ گرم DOP را وزن کنید.
  - ۵ حلال THF و سیکلوهگزانون و DOP توزین‌شده را در یک ظرف فلزی دارای حجم ۱۵۰ mL مخلوط کنید.
  - ۶ سپس پودر PVC(S) را که پیش‌تر توزین شده است به آرامی ضمن هم‌زدن با میلهٔ شیشه‌ای به آن اضافه کنید. اکنون ظرف را در زیر همزن برقی قرار دهید به‌گونه‌ای که محور همزن از وسط در قوطی عبور کرده باشد و در آن کاملاً بسته شود.

چرا در قوطی باید بسته شود؟

پرسش ۸



- توجه داشته باشید که محور همزن در داخل قوطی به اندازهٔ کافی از ته ظرف فاصله داشته باشد.
- ۷ سپس ظرف را توسط گیره در جای خود محکم کنید.
  - ۸ همزن را با دور کم روشن کنید و عمل هم‌زدن را به مدت ۲-۳ ساعت ادامه دهید تا عمل اختلاط به‌خوبی انجام شود. سپس به منظور افزایش گرانروی چسب حدود یک گرم مادهٔ غلظت‌دهنده از جنس سیلیس پودر شده به مخلوط اضافه کنید و هم‌زدن را به مدت یک ساعت دیگر ادامه دهید.

توجه



این ماده یک پودر سفید رنگ و بسیار سبک است لذا هنگام توزین نباید در معرض وزش باد قرار گیرد. پس از پایان اختلاط، قوطی حاوی چسب را به آرامی از زیر همزن خارج کنید و در قوطی را به‌طور کامل ببندید.

۱ - PVC بسته به نوع فرایند تولید به دو صورت PVC(S) (سوسپانسیون) و PVC(E) (امولسیون) در بازار وجود دارد.  
 ۲- دی‌اکتیل فتالات به‌عنوان نرم‌کننده به‌کار می‌رود.



### چسباندن قطعات پی‌وی‌سی با چسب تهیه شده

**دامنه کاربرد:** چسب PVC معمولاً برای چسباندن قطعات لوله PVC به یکدیگر استفاده می‌شود. لوله‌های PVC با عنوان تجاری پولیکا در بازار مصرف وجود دارند که معمولاً برای انتقال فاضلاب‌ها در زیر خاک از آنها استفاده می‌شود. این لوله‌ها از جنس پلی‌وینیل کلرید هستند، پس حلال‌های موجود در چسب می‌توانند روی سطح این لوله‌ها خراش و چسبندگی ایجاد کنند.

**چگونگی چسباندن قطعات لوله‌های پولیکا توسط چسب PVC:** یک قطعه لوله پولیکا با قطر دلخواه بردارید. یک عدد زانویی متناسب با قطر انتخابی تهیه کنید. هدف چسباندن لوله به زانویی آن است. توجه داشته باشید برای این که لوله‌ها هیچ‌گونه نشستی نداشته باشند، از این چسب برای عایق‌کاری لوله استفاده می‌شود. به‌منظور چسباندن قطعات PVC می‌توانید از چسبی که تهیه کرده‌اید، استفاده کنید. لازم است عملیات آماده‌سازی سطح و اعمال چسب با دقت صورت گیرد.

#### وسایل و مواد لازم:

- ۱ پارچه کتان به اندازه  $10\text{ cm} \times 10\text{ cm}$
- ۲ حلال متانول
- ۳ قلم‌مو
- ۴ چسبی که خودتان تهیه کرده‌اید.

#### روش کار:

پارچه کتان را به مقداری متانول آغشته کنید سپس سطح خارجی لوله و سطح زانویی را به‌دقت تمیز کنید. توجه داشته باشید که متانول از خانواده حلال‌های سمی است. این الکل ضمن چربی‌زدایی سطح، آسیبی در سطح لوله ایجاد نمی‌کند ولی حتماً از دستکش استفاده کنید. سطح خارجی لوله و سطح داخلی زانویی را با قشری از چسب، توسط قلم‌مو، با ضخامت یکنواخت بپوشانید. بعد از حدود ۱۵ ثانیه لوله را روی زانویی سوار کنید. توجه داشته باشید که با حلال‌های موجود در چسب می‌توانید سطح لوله PVC را نرم کنید به‌طوری که بسپارهای نرم‌شده در محل اتصال در یکدیگر ممزوج شوند. پس از خشک شدن چسب حدود ۲۴ ساعت طول می‌کشد تا لوله‌ها بچسبند. در صورتی که عملیات چسب‌زدن و تمیزکاری سطح به‌طور کامل انجام شده باشد، لوله‌ها نشستی نخواهند داشت. در انتهای کار مجموعه لوله و زانویی که توسط هنرجو تهیه شده است، از نظر تمیزی کار و نداشتن نشستی ارزیابی شود.

✓ قدرت چسبندگی چسب پی‌وی‌سی تجاری را با چسب تهیه‌شده در کارگاه هنرستان خود مقایسه کنید.

حتماً تا به حال با واژه‌هایی مانند الیاف شیشه (فایبرگلاس<sup>۱</sup>) یا کامپوزیت<sup>۲</sup> (چندسازه) مواجه شده‌اید. این مواد امروزه کاربردهای وسیعی در صنایع مختلف پیدا کرده‌اند. برای شروع بد نیست بدانیم که فایبرگلاس یا الیاف شیشه انواع بسیار متداولی از کامپوزیت‌ها است. اما کامپوزیت چیست؟

به هر ماده‌ای که از بیش از یک جزء (فاز) تشکیل شده باشد، کامپوزیت یا چندسازه می‌گویند. کامپوزیت‌ها شامل یک فاز زمینه (ماتریس<sup>۳</sup>) و یک یا چند فاز تقویت‌کننده (پرکننده) هستند. البته ترکیب مواد در کامپوزیت یک ترکیب فیزیکی است؛ یعنی اجزای تشکیل‌دهنده یک کامپوزیت با هم به صورت شیمیایی ترکیب نمی‌شوند به طوری که اجزای تشکیل‌دهنده ماهیت شیمیایی و طبیعی خود را کاملاً حفظ می‌کنند. در اطراف ما، کامپوزیت‌های زیادی وجود دارند. شاید بتوان کاهگل را به عنوان اولین کامپوزیت ساخته دست بشر دانست (شکل ۳۰). این ماده کامپوزیت است، چرا که از بیش از یک جزء تشکیل شده است (کاه و گل)، و نکته جالب اینجاست که خواص آن هم از کاه و هم از گل خالص بهتر است. بسپارها به طور گسترده در تهیه کامپوزیت‌ها استفاده می‌شوند. منظور از کامپوزیت‌های بسپاری، کامپوزیت‌هایی هستند که از بسپارها، و یا بسپار همراه با انواع دیگری از مواد همچون الیاف و نانوذرات ساخته شده‌اند.



شکل ۳۰- کاهگل یک نوع کامپوزیت طبیعی

۱- Fiber Glass  
۲- Composite  
۳- Metrix

از مهم‌ترین مزیت‌های کلی کامپوزیت‌های بسپاری می‌توان به مقاومت مکانیکی و استحکام بالا نسبت به وزن، مقاومت بالا در برابر خوردگی و خواص عایق گرمایی خوب اشاره کرد. یکی از کامپوزیت‌های رایج تقویت شده با الیاف، الیاف شیشه (فایبرگلاس) است. الیاف به‌عنوان فاز پرکننده کامپوزیت‌ها باعث تقویت استحکام آنها می‌شوند. کامپوزیت‌های پلی‌استر تقویت شده با الیاف شیشه به‌طور گسترده در بدنه خودروها و قایق‌ها، کلاه ایمنی موتورسواران، عایق کاری ساختمان‌ها و کوره‌ها و یخچال‌ها استفاده می‌شوند (شکل ۳۱).



شکل ۳۱- نمونه‌هایی از کاربرد کامپوزیت‌های الیاف شیشه

فاز زمینه و فاز تقویت کننده در هر کدام از کامپوزیت‌های زیر کدام است؟  
کاهگل، ملات و بدنه قایق‌ها

تحقیق کنید  
۹



الیاف کربن یکی از مواد نوظهوری است که توجه پژوهشگران و البته سرمایه‌گذاران را به سوی خود جلب کرده است. الیاف کربن از الیاف بسیار نازکی که دارای اتم‌های کربن هستند، ساخته می‌شود. الیاف کربن می‌توانند از مواد اولیه مختلف مانند قیر حاصل از قطران زغال سنگ و الیاف سلولوزی مانند ریون ساخته شوند، اما الیاف کربن تجاری اغلب از بسپاری به نام « پلی‌آکریلونیتریل<sup>۱</sup> » یا به اختصار « پان<sup>۲</sup> » شکل می‌گیرند. الیاف کربن دارای استحکامی مشابه و یا بیشتر از استحکام فولاد است، درحالی‌که بسیار سبک و انعطاف پذیر است. این

۱- Poly Acrylonitrile

۲- Pan

الیاف همچنین در صورت گرم شدن منبسط نمی‌شوند و در کل به دلیل مقاومت بالای گرمایی نمی‌سوزند. این نوع الیاف در مقابل خم شدن و کشیدگی آسیب نمی‌بینند و بسیار مقاوم هستند، اما اگر در برابر یک ضربه ناگهانی زیاد، مانند ضربه با چکش، قرار گیرند، می‌شکنند. الیاف کربن به صورت گسترده در ساخت تجهیزات ورزشی، پره توربین‌ها، ساخت بدنه خودروها و در صنایع نظامی و هوا فضا کاربرد دارد (شکل ۳۲).



شکل ۳۲- نمونه‌هایی از کاربرد کامپوزیت‌های کربنی



### ساخت قایق ابتکاری، برون رفت از باتلاق و نیزار

چند سال پس از شروع جنگ در مواقعی نیاز بود رزمندگان، ابتدا وارد آب شوند و سپس در خشکی به پیشروی ادامه دهند. یکی از مشکلات ورود به مرداب، از کار افتادن پروانه موتور قایق‌ها به دلیل حجم زیاد نی و گیاهان مرداب بود. در هورالعظیم، برگ نی‌ها پس از قطع شدن، روی سطح آب شناور می‌شدند و به دور پره موتور قایق‌ها می‌پیچیدند و آنها را از کار می‌انداختند. بنابراین باید نیروی پیش‌برنده قایق در بیرون از آب قرار می‌گرفت. به علاوه در جایی که آب نبود، قایق باید بر روی نی‌ها حرکت کند. از این رو طراحی و ساخت تجهیزات و وسایل نقلیه آبی - خاکی سبک در دستور کار پشتیبانی و مهندسی جنگ جهاد سازندگی قرار گرفت.

مهندسان با استفاده از یونولیت و فوم (به خاطر سبکی) طرح‌هایی را استفاده کردند. در شکل زیر نمونه‌هایی از طرح‌های مختلف قایق مرداب‌رو و خودروهای دوزیست آورده شده است.





تهیه یک نمونه کامپوزیت طبیعی (کاهگل)

مواد و وسایل لازم:

خاک رس، آب، کاه، لیوان یک‌بار مصرف.

روش کار:

در چهار آزمایش جداگانه، یک لیوان یک‌بار مصرف به‌عنوان پیمانه بردارید و هر کدام از لیوان‌ها را تا نیمه از خاک رس پر کنید. سپس در هر یک به ترتیب ۵، ۱، ۲ و ۳ گرم کاه اضافه کنید و خوب مخلوط کنید. به هر کدام به‌مقدار لازم آب اضافه کنید و در نهایت کامپوزیت را توسط لیوان قالب‌گیری کنید و کنار بگذارید تا کاملاً خشک شوند. استحکام چهار نمونه تهیه‌شده را (ضربه‌زدن و مقاومت در برابر آب) با یکدیگر مقایسه کنید.

■ کدام نمونه استحکام بالاتری دارد؟

■ چه نتیجه‌گیری از این آزمون عملی دارید؟

پرسش پایانی

- ۱ ترکیبات عمده نفت خام را نام ببرید.
- ۲ گازهای طبیعی مخلوط کدام هیدروکربن‌ها است؟
- ۳ منظور از صنعت پتروشیمی چیست؟
- ۴ اهمیت بسپارها را بنویسید.
- ۵ تقسیم‌بندی بسپارها را براساس ساختار بنویسید.
- ۶ بسپار گرمانرم چه بسپاری است؟
- ۷ بسپارش افزایشی را با مثال شرح دهید.
- ۸ پلاستیک‌ها چه موادی هستند؟
- ۹ کاربرد الیاف را بنویسید.
- ۱۰ انواع چسب‌ها را نام ببرید.



## ارزشیابی شایستگی انجام عملیات در صنایع پتروشیمی

<p><b>شرح کار:</b> چگونگی استفاده از تجهیزات را بداند و کار داده شده را با دقت انجام دهد. هنگام کار مراقب باشد که وسایل صدمه نبیند. پس از انجام دادن کار وسایل را تمیز و سالم در حالت اولیه قرار دهد.</p>			
<p><b>استاندارد عملکرد:</b> تهیه برخی از فراورده‌های پتروشیمی مانند بسیار و چسب طبق دستور کار</p>			
<p><b>شاخص‌ها:</b>                  رعایت مسائل ایمنی هنگام انجام دادن کار ■ انجام دادن کار طبق دستور کار ■</p>			
<p><b>شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:</b>                  شرایط مکان: آزمایشگاه/ کارگاه                  شرایط دستگاه: آماده به کار                  زمان: یک جلسه آموزشی                  ابزار و تجهیزات: وسایل ایمنی شخصی تجهیزات آزمایشگاهی</p>			
<p><b>معیار شایستگی:</b></p>			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	پالایش نفت و گاز	۱	
۲	تهیه چند نمونه بسیار	۲	
۳	تهیه چند نمونه چسب و کامپوزیت	۱	
	<p>شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش:                  ۱- ایمنی: انجام دادن کار آزمایشگاهی با رعایت موارد ایمنی و استفاده از وسایل ایمنی شخصی                  ۲- نگرش: صرفه‌جویی در مواد مصرفی                  ۳- توجهات زیست‌محیطی: جلوگیری از صدمه زدن به محیط زیست از طریق انجام دادن کار بدون ریخت و پاش                  ۴- شایستگی‌های غیرفنی: ۱- اخلاق حرفه‌ای ۲- مدیریت منابع ۳- محاسبه و کاربست ریاضی                  ۵- مستندسازی: گزارش نویسی</p>		
	<p><b>میانگین نمرات</b></p>		
			*

\* کمترین میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ است.

- ۱ برنامه درسی درس عملیات در کارخانه‌های صنایع شیمیایی، رشته صنایع شیمیایی، (۱۳۹۴). دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش
- ۲ اداره کل نظارت بر امور دارو، داروهای جالینوسی. (۱۳۷۰). شرکت دارویی پخش هجرت.
- ۳ اصیلیان، علی. (۱۳۷۲). درمان‌شناسی بیماری‌های پوست. نشر آذربایجان.
- ۴ ایرانی، نادر و یارندی، امیرعباس. (۱۳۷۲). مواد اولیه محصولات پاک‌کننده و مسائل محیط‌زیست آنها در ژاپن. انتشارات شرکت تحقیقات و توسعه صنایع شوینده و بهداشتی.
- ۵ بهرامی، عبدالرحمان. (۱۳۹۲). روش‌های نمونه‌برداری و تجزیه آلاینده‌های هوا. (جلد اول). ناشر فن‌آوران.
- ۶ بختی، بشیر و صالحی، فرزانه. (۱۳۶۶). فرهنگ فرآورده‌های صنعتی. چاپ رشیدیه.
- ۷ پگاه حائری، هادی. (۱۳۴۵) اصول گداز و استخراج فلزات. تهران: دانشگاه تهران.
- ۸ تفتدی، محسن. امیری، رضا و حسین‌زاده، حسین. عوارض جانبی گیاهان دارویی. (۱۳۷۶). انتشارات دانشگاه علوم پزشکی مشهد.
- ۹ تقی بیگلر، چنگیز. (۱۳۶۷). فرآورده‌های آرایشی و بهداشتی. نشر آدینه.
- ۱۰ تعویذی، فرزاد. (۱۳۹۲) فلزات استراتژیک. تهران: دانشگاه صنعتی شریف، مؤسسه انتشارات علمی.
- ۱۱ تکنولوژی و کارگاه عمومی سرامیک. (۱۳۸۹) رشته سرامیک. چاپ و نشر کتاب‌های درسی.
- ۱۲ توحیدی، ناصر. (۱۳۶۴). سیر تکاملی تولید آهن و فولاد در ایران و جهان. تهران: امیرکبیر.
- ۱۳ جعفرزاده، اسدالله؛ رضوی، میربهزاد. (۱۳۷۱). اکتشاف و محاسبه کانه آهن. مرکز انتشارات: صنعت فولاد، شرکت ملی فولاد ایران.
- ۱۴ جهان‌بخش جاوید، نیلوفر؛ فرهودی، مهران. (۱۳۹۵). فرایند تولید کلرالکالی به روش الکترولیز غشایی، سومین کنفرانس بین‌المللی نوآوری‌های اخیر در شیمی و مهندسی شیمی.
- ۱۵ حسینیان، مرتضی. (۱۳۶۴). دترجنت‌ها و آلودگی آب. ناشر شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس.
- ۱۶ حقیقت‌پژوه، حمیدرضا. (۱۳۸۵). شناخت و تکنولوژی مواد شوینده. (چاپ اول). انتشارات مبتکران پیشروان.
- ۱۷ حلمی، فریده. (۱۳۷۹). شرحی بر نمک طعام پتاس و پراکندگی آنها. انتشارات: سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- ۱۸ خوشدست، حمید. (۱۳۹۵). نمونه‌برداری در فراوری مواد معدنی. (ویرایش دوم). مجتمع آموزش عالی زرنند. گروه فراوری مواد معدنی، بخش مهندسی معدن.
- ۱۹ دبیری اصفهانی، حسن. (۱۳۹۶). پتروشیمی. (چاپ دوم). نشر افروز.
- ۲۰ دبیری، مینو. (۱۳۷۵). آلودگی محیط‌زیست هوا، آب، خاک، صوت. انتشارات اتحاد.
- ۲۱ ریجر، مارتین. دایرة‌المعارف مواد فعال سطحی. ترجمه محمدرضا شاه‌بنده. (۱۳۸۰). چاپ دوم. انتشارات موثقی
- ۲۲ سالاریه، محمود (۱۳۸۳). لعاب: خواص، کاربرد، عیوب و بهبود آن. تهران: دانشگاه آزاد اسلامی، مرکز انتشارات علمی.
- ۲۳ شکری، جواد. (۱۳۹۶). فرآورده‌های آرایشی و بهداشتی. (چاپ دوم). نشر افروز.
- ۲۴ شناخت فلزات. (۱۳۸۹). رشته متالورژی. چاپ و نشر کتاب‌های درسی.
- ۲۵ طالبی جهرمی، خلیل. سم‌شناسی آفت‌کش‌ها. (۱۳۸۶). دانشگاه تهران.
- ۲۶ عباسیان، میرمحمد. (۱۳۷۰). مبانی شیمی فیزیک: مواد کانی غیر فلزی تهیه و تولید سرامیک‌ها، مواد نسوز شیشه، گچ، آهک. تهران: میرمحمد عباسیان.
- ۲۷ قاسمی، مرتضی. (۱۳۳۸). شیمی صنعتی. تهران: دانشگاه تهران.

- ۲۸ قصابیان، سوسن. (۱۳۷۷). داروهای ترکیبی در داروخانه. چاپ نوبهار.
- ۲۹ گرشاسبی، وحید و انبیاء، منصور. (۱۳۸۹). خوردگی، پوشش‌ها و فناوری‌های نوین؛ رنگ‌زدایی در صنعت، چاپ سیما گرافیک.
- ۳۰ ماخاچکی، فلیکس. (۱۳۴۸). طبقه‌بندی کانی‌ها براساس ژئوشیمی، ترجمه حسین عرفانی. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- ۳۱ محمدی، زهرا و شیخ مهدی مسگر، عبدالرضا. شیمی معدنی صنعتی، اهمیت اقتصادی تولید و کاربرد. (۱۳۷۹). انتشارات آزاده.
- ۳۲ مؤمن هروی، احمد و عظیمی نانوائی، علیرضا. (۱۳۷۵). شیمی تجربی رنگ. چاپ سپهر.
- ۳۳ میسر، کریت. (۱۳۹۰). گندله‌سازی سنگ آهن. ترجمه آزیتا منصوری علی آبادی. مشهد: شاملو.
- ۳۴ میرهادی، بهمن. (۱۳۸۷). تئوری و تکنولوژی ساخت لعاب‌های سرامیک. تهران: بهمن میرهادی.
- ۳۵ نیک‌پی، احمد. (۱۳۹۳). روش‌ها و وسایل نمونه‌برداری. قزوین. دانشگاه علوم پزشکی.
- ۳۶ نواب، ایرج. (۱۳۹۲). متالورژی فلزات غیرآهنی. تهران: دانشگاه صنعتی شریف، مؤسسه انتشارات علمی.
- ۳۷ صدرائی نوری، ساسان و دیگران. (۱۳۹۴). فرایندهای شیمیایی. تهران. شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی.
- ۳۸ صدرائی نوری، ساسان و دیگران. (۱۳۹۴). کارگاه فرایندهای شیمیایی. تهران. شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی.

- ۳۹ Smith, Hilton, 1937. Sulfuric acid by the lead chamber process. A laboratory experiment: Journal of Chemical Education.
- ۴۰ Sorgenti, H.A. Sachs, G.F. 1960. Nitric Acid Manufacture-Theory and Practice: Industrial & Engineering Chemistry.



سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی جهت ایفای نقش خطیر خود در اجرای سند تحول بنیادین در آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران، مشارکت معلمان را به‌عنوان یک سیاست اجرایی مهم دنبال می‌کند. برای تحقق این امر در اقدامی نوآورانه سامانه تعاملی بر خط اعتبارسنجی کتاب‌های درسی راه‌اندازی شد تا با دریافت نظرات معلمان درباره کتاب‌های درسی نونگاشت، کتاب‌های درسی را در اولین سال چاپ، با کمترین اشکال به دانش‌آموزان و معلمان ارجمند تقدیم نماید. در انجام مطلوب این فرایند، همکاران گروه تحلیل محتوای آموزشی و پرورشی استان‌ها، گروه‌های آموزشی و دبیرخانه راهبری دروس و مدیریت محترم پروژه آقای محسن باهو نقش سازنده‌ای را بر عهده داشتند. ضمن ارج نهادن به تلاش تمامی این همکاران، اسامی دبیران و هنرآموزانی که تلاش مضاعفی را در این زمینه داشته و با ارائه نظرات خود سازمان را در بهبود محتوای این کتاب یاری کرده‌اند به شرح زیر اعلام می‌شود.

#### اسامی دبیران و هنرآموزان شرکت‌کننده در اعتبارسنجی کتاب عملیات در کارخانه‌های صنایع شیمیایی - کد ۲۱۲۵۲۳

ردیف	نام و نام خانوادگی	استان محل خدمت	ردیف	نام و نام خانوادگی	استان محل خدمت
۱	گوهر دیلمی راد	فارس	۱۲	حسن بشیریان	همدان
۲	میترا حکمت	قزوین	۱۳	محمد داننده	اردبیل
۳	اعظم یوسفی	شهرتهران	۱۴	طاهره حقی	لرستان
۴	الهه وهابی نژاد	خراسان رضوی	۱۵	فتاح ربیعی	مرکزی
۵	مژگان معتمدی	خوزستان	۱۶	علیرضا مهرعلی زاده	آذربایجان غربی
۶	محمدرضا شاهسون	شهرستانهای تهران	۱۷	مجتبی شارع ملاشاهی	سیستان و بلوچستان
۷	آرزو رضا زاده	خراسان رضوی	۱۸	عبداله زارع	هرمزگان
۸	محمد صالح صدیقی	قزوین	۱۹	حسن ملکی	کرمان
۹	خدبچه خارستانی	چهارمحال و بختیاری	۲۰	محمد ایرنگانی	سیستان و بلوچستان
۱۰	ساناز منصوری	اصفهان	۲۱	فاطمه پاشالو	آذربایجان شرقی
۱۱	نادر مولوی	آذربایجان شرقی			

جهت دانلود رایگان منابع استخدامی هنرآموز صنایع شیمیایی آزمون آموزش و پرورش، اینجا بزنید.