

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

# راهنمای هنر آموز

## کنترل کیفیت در صنایع شیمیایی

رشته صنایع شیمیایی

گروه مواد و فراوری

شاخه فنی و حرفه‌ای

پایه دوازدهم دوره دوم متوسطه



وزارت آموزش و پرورش  
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی



راهنمای هنرآموز کنترل کیفیت در صنایع شیمیایی - ۲۱۲۹۱۵

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

طیبه کنشلو، اعظم صفاری، بهرام قنبری، رابعه شیخ‌زاده، اعظم یوسفی، قاسم

حاجی قاسمی و سیدرضا سیف محدثی (اعضای شورای برنامه‌ریزی)

گوهر دیلمی راد، حسین بریجانیان، محسن کدیور، طیبه کنشلو، اعظم یوسفی

(اعضای گروه تألیف)

اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

جواد صفری (مدیر هنری) - خدیجه محمدی (صفحه‌آرا)

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

تلفن: ۹-۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹

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

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

شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»

چاپ اول ۱۳۹۷

نام کتاب:

پدیده‌آورنده:

مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف:

شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف:

مدیریت آماده‌سازی هنری:

شناسه افزوده آماده‌سازی:

نشانی سازمان:

ناشر:

چاپخانه:

سال انتشار و نوبت چاپ:

کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب متعلق به سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش است و هرگونه استفاده از کتاب و اجزای آن به صورت چاپی و الکترونیکی و ارائه در پایگاه‌های مجازی، نمایش، اقتباس، تلخیص، تبدیل، ترجمه، 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.



دست توانای معلم است که چشم انداز آینده ما را ترسیم می کند.  
امام خمینی (قدّس سرّه الشّریف)

۱	شیوه‌نامه اجرای تدریس
۷	فصل اول: تهیه محلول‌های استاندارد
۳۹	فصل دوم: پیشگیری خوردگی در صنایع شیمیایی
۷۹	فصل سوم: آزمایش‌های کنترل کیفیت آب
۱۰۳	فصل چهارم: کاربرد مواد افزودنی در صنایع شیمیایی
۱۳۳	فصل پنجم: آزمایش‌های کنترل کیفیت مواد غذایی
۱۵۵	منابع

از الزمات اجرای برنامه درسی، وجود محتوای آموزشی جهت تحقق نیازهای فردی و اجتماعی و اهداف نظام تعلیم و تربیت می‌باشد. با توجه به تغییرات نظام آموزشی که حول محور سند تحول بنیادین آموزش و پرورش انجام شد چرخش‌های جدیدی از وضع موجود به مطلوب صورت پذیرفت. از جمله به نقش معلم از آموزش‌دهنده صرف، به مربی، اسوه و تسهیل‌کننده یادگیری و نقش دانش‌آموز از یادگیرنده منفعل به فراگیرنده فعال، تربیت‌جو و مشارکت‌پذیر و نقش محتوا از کتاب درسی به عنوان تنها رسانه آموزشی به برنامه محوری و بسته یادگیری (آموزشی) نام برد. بسته یادگیری شامل رسانه‌های متنوعی از جمله کتاب درسی دانش‌آموز، کتاب همراه دانش‌آموز/ هنرجو، کتاب راهنمای تدریس معلم/ هنرآموز، نرم‌افزارهای آموزشی، فیلم آموزشی و پوستر و ... می‌باشد که با هم در تحقق اهداف یادگیری نقش ایفا می‌کنند. کتاب راهنمای هنرآموز جهت ایفای نقش تسهیل‌گری، انتقال‌دهنده و مرجعیت هنرآموز در نظام آموزشی برای هر کتاب درسی طراحی و تدوین شده است. در این رسانه سعی شده روش تدریس کلی و جلسه به جلسه به همراه تجهیزات، ابزارها و مواد مصرفی مورد نیاز هر جلسه، نکات مربوط به ایمنی و بهداشت فردی و محیطی آورده شود. همچنین نمونه طرح درس، تبیین پیچیدگی‌های یادگیری هنرجویان، هدایت و مدیریت کارگاه و کلاس در هنرستان، راهنمایی و پاسخ فعالیت‌های یادگیری و تمرین‌ها، بیان شاخص‌هایی اصلی جهت ارزشیابی شایستگی و ارائه بازخورد، اشاره به اشتباهات و مشکلات رایج در یادگیری هنرجویان و روش سنجش و نمره‌دهی، نکات آموزشی شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت و ارگونومی، منابع مطالعاتی، نکات مهم در فرایند اجرا و آموزش در محیط یادگیری، بودجه‌بندی زمانی و صلاحیت‌های حرفه‌ای و تخصصی هنرآموزان و دیگر موارد آورده شده است.

امید است شما هنرآموزان گرامی با دقت و سعه صدر در راستای تحقق اهداف بسته آموزشی که با کوشش و تلاش مؤلفین گرانقدر تدوین و تألیف شده موفق باشید.

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کار دانش



## شیوه‌نامه اجرایی تدریس

کتاب راهنمای هنرآموز شامل مواردی مانند مطرح کردن پرسش، بحث گروهی، نمایش فیلم آموزشی، تحقیق کنید، چگونگی انجام دادن کار عملی و غیره است. در این قسمت سعی شده است برای تدریس این موارد، شیوه‌نامه کمی تهیه شود و در هر قسمت از متن کتاب که به آنها اشاره شد، روش تدریس به شیوه‌نامه مربوط ارجاع داده شود و از تکرار موارد جلوگیری به عمل آید.

شیوه‌نامه‌های مربوط عبارت‌اند از:

شیوه‌نامه فیلم آموزشی

شیوه‌نامه چگونگی کار عملی در کارگاه یا آزمایشگاه

شیوه‌نامه پرسش و پاسخ

شیوه‌نامه نکات ایمنی

### شیوه‌نامه نمایش فیلم آموزشی موجود در متن کتاب

ابتدا هنرآموز فیلم آموزشی را طبق متن کتاب در کلاس نمایش می‌دهد. پس از تمام شدن فیلم از هنرجویان می‌خواهد نظرات و برداشتهای خود از فیلم نمایش داده شده را ارائه کنند.

هنرآموز پس از شنیدن نظرات هنرجویان، در صورت وجود اشکال، با نمایش دوباره قسمت‌هایی از فیلم، بحث گروهی به کمک هنرجویان و ارائه توضیحات، اشکالات را برطرف می‌کند.

در ادامه هنرآموز دوباره فیلم را نمایش می‌دهد و پس از هر قسمت مشخص از فیلم بسته به تشخیص خود، فیلم را متوقف می‌کند و توضیحات کامل و جامع را در ارتباط با آن قسمت ارائه می‌دهد. سپس نمایش فیلم را از نقطه توقف دوباره شروع می‌کند و در صورت نیاز، بنابر تشخیص خود، فیلم را متوقف می‌کند و توضیحات لازم را ارائه می‌دهد. این کار آنقدر ادامه می‌یابد تا فیلم به پایان برسد. سپس از هنرجویان می‌خواهد نتیجه‌گیری خود از فیلم نمایش داده‌شده را در قالب گزارش یا چند سطر ارائه دهند. هنرآموز پس از بررسی نتیجه‌گیری‌های ارائه‌شده، در صورت وجود اشکال، به کمک بحث گروهی با تعامل هنرجویان و ارائه توضیحات تکمیلی، اشکال را رفع می‌کند.

### شیوه‌نامه اجرایی کار عملی

ابتدا هنرآموز ابزار، تجهیزات و مواد مصرفی مربوط به کار عملی را به صورت چشمی به هنرجویان معرفی کند. سپس به صورت عملی مراحل انجام کار را مطابق با موارد ذکر شده در کتاب، به همراه روش صحیح انجام دادن کار عملی با ابزار و تجهیزات در حضور هنرجویان با ذکر توضیحات و نکات ایمنی مربوط به هر مرحله انجام دهد. سپس هنرجویان را به چند گروه تقسیم کند و از هر گروه بخواهد به طور مجزا کار

مشابه با نمایش عملی را انجام دهند و نتیجه را به هنرآموز ارائه کنند. بنابراین در پایان، تمام گروه‌های هنرجویی باید همه کارها را حداقل یک‌بار به صورت عملی انجام داده باشند و نتیجه فعالیت خود را به هنرآموز ارائه دهند. هنرآموز پس از بررسی کارهای هر گروه، در صورت وجود اشکال، با ارائه توضیحات و ذکر علت و روش جلوگیری از بروز اشکال، هنرجویان را در مسیر صحیح راهنمایی کند.

### **شیوه‌نامه اجرایی پرسش و پاسخ**

در قسمت‌هایی از کتاب درسی که شامل پرسش، تمرین و سؤال است، هنرآموز آنها را در کلاس مطرح کند و از هنرجویان بخواهد نظرات و پاسخ‌های خود را در کلاس ارائه دهند. سپس به صورت بحث گروهی و با تعامل هنرجویان، پاسخ‌های ارائه شده را نقد و بررسی نمایند و موارد اشتباه را مشخص کنند و با ارائه توضیحات تکمیلی، اشکال را رفع کنند.

### **شیوه‌نامه نکات ایمنی و بهداشتی**

در هر جلسه کار عملی، هنرآموز نکات ایمنی و بهداشتی مربوط به آن فعالیت را بیان می‌کند. سپس از هنرجویان می‌خواهد به صورت گروهی دلایل رعایت کردن نکات ایمنی و بهداشتی را مشخص کنند. در صورت وجود اشکال هنرآموز با ارائه توضیحات به رفع اشکال می‌پردازد.

### **شیوه‌نامه گزارش کارگاه و آزمایشگاه**

پس از انجام هر جلسه فعالیت عملی، هنرآموز از هنرجویان می‌خواهد، گزارش کار انجام شده را تهیه کنند و تا هفته بعدی آن را به هنرآموز ارائه دهند. در ادامه، یک نمونه جدول گزارش کار آمده است.



### یک نمونه جدول گزارش کار

شماره فعالیت عملی	نام سرگروه	شماره گروه	تاریخ انجام دادن فعالیت عملی
	اعضای گروه	کلاس	نام کتاب
بخش‌های اصلی گزارش کار			
			ردیف
			۱ عنوان فعالیت کارگاهی
			۲ هدف فعالیت کارگاهی
			۳ تئوری فعالیت کارگاهی
			۴ تجهیزات، وسایل و مواد استفاده شده
			۵ چگونگی انجام دادن فعالیت کارگاهی
			۶ فرمول‌ها و محاسبات مربوط
			۷ نتیجه‌گیری
			۸ منابع و مراجع

### شیوه‌نامه بازدید از مراکز علمی و صنعتی

بازدید از مراکز علمی و صنعتی مرتبط با هر دستگاه و فرایند، تأثیر بسزایی در امر یادگیری دارد. از هنرآموزان محترم درخواست می‌شود بازدیدهای خواسته‌شده در متن کتاب درسی را انجام دهند و پس از پایان دوره بازدید، مطابق جدول، از هنرجویان گزارش بازدید خواسته شود.

### یک نمونه جدول گزارش بازدید

عنوان بازدید	شماره گروه	نام مرکز بازدید
تاریخ بازدید	اعضای گروه	نام مرکز آموزشی
سال تحصیلی	نام سرگروه	کلاس
هدف از بازدید	هدف از بازدید به طور خلاصه نوشته شود.	
تئوری بازدید	مطالب علمی مربوط به موضوع بازدید ذکر شود.	
تجهیزات بازدید شده	اسامی تجهیزات بازدید شده ذکر شود.	
مشاهدات	مشاهدات اصلی و جالب ذکر شود.	
نوآوری	مطالب و موضوعاتی که هنرجو در این بازدید برای اولین بار می‌شنود و یا می‌بیند، ذکر شود.	
نتیجه	نتیجه‌گیری کلی از بازدید انجام شود (مثبت یا منفی بودن).	
شایستگی‌های غیرفنی بازدید	اخلاق حرفه‌ای (وقت‌شناسی، حضور منظم و به موقع، انجام دادن وظایف و کارهای محول، پیروی از قوانین کارگاهی و غیره)، کار گروهی (حضور فعال در فعالیت‌های گروهی، انجام دادن کارها و وظایف محول) هنرجو توسط هنرآموز ارزیابی شود.	

## شیوه ارزشیابی هنرجویان

شاخص‌های ارزشیابی پیشرفت تحصیلی در برنامه‌های درسی جدید به شرح زیر است:

- ۱ در نظر گرفتن عملکرد هنرجو
- ۲ در نظر گرفتن پرسش شفاهی، کتبی - عملکردی
- ۳ ارزشیابی تکوینی
- ۴ ارزشیابی پایانی
- ۵ در نظر گرفتن مسائل اخلاقی و انسانی در ارزشیابی
- ۶ توجه به اصل انصاف و عدالت در ارزشیابی
- ۷ مقایسه هر دانش‌آموز با خود
- ۸ تناسب ارزشیابی با تجارب یادگیری تعیین‌شده
- ۹ مشارکت دادن هنرجویان در ارزشیابی
- ۱۰ استفاده از روش‌های متنوع ارزشیابی، متناسب با اهداف و تجارب یادگیری

شیوه ارزشیابی درس کنترل کیفیت در صنایع شیمیایی، ارزشیابی مبتنی بر شایستگی است و در پایان هر فصل شیوه ارزشیابی آورده شده است. هنرآموزان گرامی باید برای هر فصل یک نمره در سامانه ثبت نمرات برای هر هنرجو ثبت کنند. نمره قبولی در هر فصل حداقل ۱۲ است و نمره هر فصل از دو بخش تشکیل می‌شود که شامل ارزشیابی پایانی در هر فصل و ارزشیابی مستمر برای هر یک از فصل‌ها است.

### در ارزشیابی پایانی هر فصل

- شایستگی‌های فنی مراحل انجام کار در نظر گرفته شود.
- در شایستگی‌های غیرفنی به مدیریت زمان، مدیریت مواد و تجهیزات و مسئولیت‌پذیری توجه شود.
- لازم است که هنرجویان نکات ایمنی را در هر قسمت از کار رعایت کنند.
- در تمامی مراحل کار، حفظ محیط‌زیست و کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی، سرلوحه کار قرار گرفته شود.

## ارزشیابی شایستگی

شرح کار:			
استاندارد عملکرد:			
شاخص‌ها:			
شرایط انجام دادن کار و ابزار و تجهیزات:			
شرایط:			
ابزار و تجهیزات:			
معیار شایستگی:			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱			
۲			
۳			
۴			
۵			
۶			
	شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش:		
		۲	*

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

## بودجه‌بندی زمانی و مکانی درس کنترل کیفیت در صنایع شیمیایی

مکان	چگونگی ارائه	زمان		محتوای قابل ارائه	بودمان	ردیف
		عملی	نظری			
کلاس، کارگاه یا آزمایشگاه	کتاب درسی، تحقیق، پرسش تصویر، فعالیت	۱۲	۸	تهیه محلول‌های نرمال	تهیه محلول‌های استاندارد	اول
		۶	۴	سنجش‌های حجمی اسید و باز		
		۱۸	۱۲	سنجش‌های حجمی اکسایش و کاهش		
کلاس، کارگاه یا آزمایشگاه	کتاب درسی تصویر - پوستر فیلم	۱۸	۱۲	مفاهیم خوردگی	پیشگیری خوردگی در صنایع شیمیایی	دوم
		۶	۶	پیل‌های الکتروشیمیایی		
		۱۰	۸	روش‌های جلوگیری از خوردگی		
کلاس، کارگاه یا آزمایشگاه	کتاب درسی تصویر - پوستر فیلم	۱۲	۸	ضرورت کنترل کیفیت آب	آزمایش‌های کنترل کیفیت آب	سوم
		۱۲	۸	آزمایش‌های فیزیکی آب		
		۳	۳	آزمایش‌های شیمیایی آب		
		۸	۶	آزمایش‌های زیست‌شناختی		
کلاس، کارگاه یا آزمایشگاه	کتاب درسی تصویر - پوستر فیلم	۱۸	۱۴	مفاهیم مواد افزودنی	کاربرد مواد افزودنی در صنایع شیمیایی	چهارم
		۳	۳	مواد افزودنی فیزیکی		
		۶	۴	مواد افزودنی شیمیایی		
		۶	۶	مواد افزودنی زیست‌شناختی		
کلاس، کارگاه یا آزمایشگاه	کتاب درسی - تصویر پوستر - فیلم	۸	۴	مفاهیم کنترل کیفیت در مواد غذایی	آزمایش‌های کنترل کیفیت مواد غذایی	پنجم
		۸	۶	آزمایش‌های فیزیکی کنترل کیفیت در مواد غذایی		
		۱۲	۸	آزمایش‌های شیمیایی کنترل کیفیت در مواد غذایی		
		۸	۶	آزمایش‌های زیست‌شناختی کنترل کیفیت در مواد غذایی		

# فصل اوّل

## تهیه محلول های استاندارد



در این فصل هنرجویان با چگونگی تهیه محلول‌های استاندارد آشنا می‌شوند. آموزش این فصل به صورت تدریس نظری و عملی پیش‌بینی شده است. در ابتدا مطالب نظری مربوط به تهیه محلول نرمال، به کارگیری مفاهیم اسید و باز، به کارگیری مفاهیم اکسایش و کاهش و سنجش‌های حجمی ارائه شده است. سپس به فراخور امکانات و تجهیزات موجود در هنرستان‌ها، فعالیت‌های عملی قابل اجرا آورده شده است. بنابراین لازم است که هنرآموزان محترم با تقسیم‌بندی هنرجویان کلاس به گروه‌های مختلف ۳ تا ۴ نفره و با آموزش و راهنمایی دقیق گروه‌های دانش‌آموزی به‌طور مستقیم، در فرایند یاددهی و یادگیری مشارکت مؤثر داشته باشند. همچنین هنرآموزان گرامی توجه داشته باشند که در فرصت‌های یادگیری پیش‌بینی شده به شایستگی‌های غیرفنی این واحد یادگیری مانند اخلاق حرفه‌ای (وقت‌شناسی، حضور منظم و به موقع، انجام دادن وظایف و کارهای محول و پیروی از قوانین کارگاهی)، کار گروهی (حضور فعال در فعالیت‌های گروهی، انجام دادن کارها و وظایف محول) و مستندسازی (گزارش‌نویسی فعالیت‌های کارگاهی) توجه ویژه داشته باشند.

## مرحله ۱: تهیه محلول نرمال

**فعالیت ساخت یافته ۱:** بیان مفهوم محلول‌های استاندارد اولیه و ثانویه با کمک بحث گروهی و مثال

پیامدهای ناشی از تغییر ناگهانی ارتفاع برای کوهنوردان که در ارتفاعات بالا دچار خطرات تنفسی می‌شوند، این واقعیت را به خوبی نشان می‌دهد که صعود به ارتفاعات می‌تواند موجب ناراحتی‌هایی همچون سر درد، حالت تهوع و خستگی شود. همه اینها علائم بیماری هیپوکسیا است. هیپوکسیا بیماری‌ای است که بر اثر کمبود مقدار اکسیژن موجود در بافت‌های بدن بروز می‌کند. آیا علت آن را می‌دانید؟

**پاسخ:** با افزایش ارتفاع، فشار هوا کاهش می‌یابد، با توجه به شکل از تعداد مولکول‌های هوا نیز کاسته می‌شود پس مقدار اکسیژن کم می‌شود و کمبود مقدار اکسیژن در بافت‌های بدن مشکلاتی ایجاد می‌کند.



پرسش ۱



مراحل ساخت یک محلول با غلظت مشخص، از نمونه جامد را با توجه به شکل زیر توضیح دهید.

**پاسخ:** آماده‌سازی محلول با مولاریته مشخص: الف) محاسبات مقدار گرم حل‌شونده از روی تعداد مول و وزن کردن با ترازوی تجزیه‌ای (ب) انتقال حل‌شونده به بالن حجمی مناسب (ج) افزایش مقدار مناسب حلال و حل شدن حل‌شونده با چرخش بالن و اضافه کردن حلال تا رسیدن به خط نشانه بالن و هم‌زدن محلول برای یکنواخت کردن آن.

بحث گروهی

۲



اغلب در زندگی روزمره به کلمه «استاندارد» برخورد کرده‌اید. آیا فکر کرده‌اید چرا در بیشتر حوزه‌های زندگی از این واژه استفاده می‌شود؟  
**پاسخ:** استانداردها هم اکنون جز جدایی‌ناپذیر زندگی و جوامع بشری هستند، به طوری که روش‌های علمی را جایگزین شیوه‌های سنتی کرده است.

**فعالیت ساخت یافته ۲:** تهیه محلول استاندارد ثانویه سدیم هیدروکسید به صورت عملی

### فعالیت عملی ۱

ناپایداری سدیم هیدروکسید (NaOH) در هوای مرطوب

راهنمایی: مطابق ویژگی‌های محلول استاندارد اولیه، بسیاری از مواد مانند سدیم هیدروکسید که جذب‌کننده رطوبت است، نمی‌توانند به عنوان محلول استاندارد اولیه استفاده شوند، زیرا غلظت خلوص آنها دچار تغییر می‌شود. لذا برای استاندارد کردن این محلول‌ها، محلول این مواد و تعیین غلظت دقیق آنها از یک محلول استاندارد اولیه استفاده می‌شود. در این فعالیت دلیل استفاده نکردن از سدیم هیدروکسید به عنوان استاندارد اولیه مورد آزمایش قرار می‌گیرد.

پرسش ۲



الف) با توجه به اینکه موادی که به عنوان استاندارد ثانویه استفاده می‌شوند، ترکیبات پایداری نیستند، چرا محلول استاندارد ثانویه، به عنوان محلول استاندارد استفاده می‌شود؟

ب) برای تعیین حجم نهایی، فقط حجم حلال در نظر گرفته نمی‌شود، بلکه حجم محلول باید در محاسبات و محلول‌سازی استفاده شود، علت را توضیح دهید.

**پاسخ:** الف) استاندارد ثانویه به عنوان یک تنظیم کننده توسط آزمایشگاه‌های کوچک تر برای تعیین نمونه‌های با غلظت نامشخص مورد استفاده قرار می‌گیرد. ب) زیرا حجم نهایی محلول ممکن است به دلیل اضافه حجم ایجاد شده در اثر حل کردن گونه جامد، کمی بیشتر از حجم حلال باشد.

**فعالیت ساخت یافته ۳:** تهیه محلول‌های استاندارد اولیه سدیم کربنات و اگزالیک اسید به صورت عملی

### فعالیت عملی ۲

**تهیه محلول استاندارد اولیه سدیم کربنات**  
**راهنمایی:** برای تهیه محلول استاندارد اولیه سدیم کربنات آب باید عاری از کربن دیوکسید و جوشیده شده باشد.

تمرین ۱



با محاسبات نشان دهید برای تهیه ۲۵۰ میلی لیتر محلول سدیم کربنات ۰/۱ مولار، از ۲/۶۵ گرم سدیم کربنات بدون آب استفاده می‌شود (جرم مولی سدیم کربنات بدون آب  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ، ۱۰۶/۰ گرم بر مول).

**پاسخ:**

$\rightarrow (L) \text{ حجم محلول} \times \text{مولاریته} = \text{مول حل شونده}$

$0.1 \text{ mol/L} \times 250 \text{ mL} = 25 \text{ mmol} \text{ Na}_2\text{CO}_3$

$(\text{g/mol}) \text{ جرم مولکولی} \times \text{مول حل شونده} = \text{مقدار حل شونده}$

$$0.1 \text{ mol} \times 106.0 \left( \frac{\text{g}}{\text{mol}} \right) = 10.6 \text{ g Na}_2\text{CO}_3$$

محلول‌های استاندارد، تا چه زمانی پایدار هستند؟

**راهنمایی:** محلول‌های استاندارد اولیه با غلظت بالا را می‌توان تا دو ماه در آزمایشگاه نگهداری کرد ولی محلول‌های استاندارد ثانویه پیش از استفاده باید با محلول استاندارد اولیه تعیین غلظت شوند.

تحقیق کنید

۱



### فعالیت عملی ۳

**تهیه محلول استاندارد اولیه اگزالیک اسید**

**راهنمایی:** برای تهیه محلول استاندارد باید از موادی استفاده کرد که خصوصیات مناسب را داشته باشند. برای تهیه محلول استاندارد اسیدی، معمولاً اگزالیک اسید و برای تهیه یک محلول استاندارد بازی از سدیم کربنات  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  استفاده می‌شود.



فعالیت ساخت یافته ۴: بیان مفهوم غلظت نرمال با کمک مثال و تمرین.

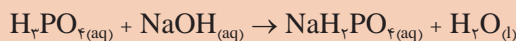
پرسش ۳



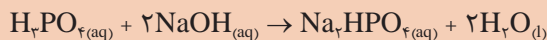
ظرفیت مؤثر فسفریک اسید در هر یک از واکنش‌های (۱) و (۲) چند است؟



پاسخ: ظرفیت مؤثر وابسته به نوع واکنش است. به عنوان مثال ظرفیت مؤثر فسفریک اسید در واکنش شماره (۱) یک است:



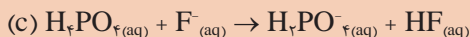
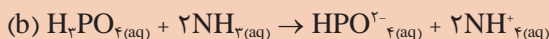
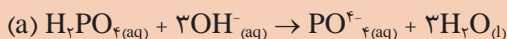
اما در واکنش شماره (۲)، ظرفیت مؤثر برابر ۲ است.



تمرین ۲



هم‌ارز گرم فسفریک اسید در واکنش‌های زیر را محاسبه کنید:



پاسخ: برای فسفریک اسید تعداد هم‌ارزگرم‌ها بر اساس تعداد هیدروژن‌های داده شده محاسبه می‌شود. برای واکنش‌های (a)، (b) و (c) ظرفیت‌های مؤثر فسفریک اسید به ترتیب ۳، ۲ و ۱ است. بنابراین هم‌ارزگرم از معادله‌های زیر محاسبه می‌شوند:

$$(a) \text{EW} = \frac{M_W}{n} = \frac{(97/944)}{3} = 23/665, N = n \times M = 3 \times 6/0 = 18/0N$$

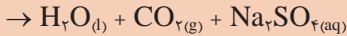
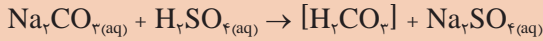
$$(b) \text{EW} = \frac{M_W}{n} = \frac{(97/944)}{2} = 48/997, N = n \times M = 2 \times 6/0 = 12/0N$$

$$(c) \text{EW} = \frac{M_W}{n} = \frac{(97/944)}{1} = 97/944, N = n \times M = 1 \times 6/0 = 6/0N$$

تمرین ۳



در استاندارد کردن سولفوریک اسید از سدیم کربنات به عنوان استاندارد اولیه استفاده می‌شود. برای این منظور از یک محلول ۰/۰۵ نرمال از سدیم کربنات ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) طبق واکنش زیر استفاده می‌شود:



$[\text{H}_2\text{CO}_3]$  یک محصول واسطه است که به طور مستقیم به  $\text{H}_2\text{O}$  و  $\text{CO}_2$  تبدیل می‌شود. چند گرم سدیم کربنات برای تهیه یک لیتر محلول ۰/۰۵ نرمال  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  لازم است؟ (جرم مولی  $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 105/99 \text{ g mol}^{-1}$ )

**پاسخ:** با توجه به واکنش بالا هر مول  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  دو مول یون  $\text{H}^+$  از سولفوریک اسید را در واکنش شرکت داده است، بنابراین تعداد هم‌ارز گرم (در معادله‌های بالا ظرفیت مؤثر  $n$  تعریف شده است)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  برابر با ۲ است.

$$N = n \times M \rightarrow M = \frac{N}{n} = \frac{(0/05)}{2} = 0/025 \text{ M Na}_2\text{CO}_3$$

مول حل شونده  $\rightarrow$  (L) حجم محلول  $\times$  مولاریته = مول حل شونده

$$= 0/025 \times 1/0 \text{ L} = 0/025 \text{ mol Na}_2\text{CO}_3$$

جرم مولکولی  $\times$  مول حل شونده = مقدار حل شونده (g/mol)

$$\text{مقدار حل شونده} = 0/025 \text{ mol} \times 105/99 \left( \frac{\text{g}}{\text{mol}} \right) = 2/65 \text{ g Na}_2\text{CO}_3$$

تمرین ۴



۵۸/۶ گرم باریم هیدروکسید ( $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ) را در ۵/۶۵ لیتر آب حل کردیم، مولاریته و نرمالیتۀ محلول به دست آمده را محاسبه کنید (جرم مولی باریم هیدروکسید  $171/3 \text{ g mol}^{-1}$  است).

**پاسخ:**

$$\text{Ba}(\text{OH})_2 \text{ Molarity} = 58/6 \text{ g Ba}(\text{OH})_2 \times \frac{1 \text{ mol Ba}(\text{OH})_2}{171/3 \text{ g Ba}(\text{OH})_2} \times \frac{1}{5/65 \text{ L}} = 0/061 \text{ M Ba}(\text{OH})_2$$

$$= 0/061 \text{ M Ba}(\text{OH})_2$$

$$N = n \times M \rightarrow N = 2 \times 0/061 = 0/122$$

تمرین ۵



۱۰/۸ گرم پتاسیم نیترات ( $\text{KNO}_3$ ) در چه مقدار آب حل شود تا محلول ۰/۲۸ نرمال به دست آید؟ (جرم مولی پتاسیم نیترات  $101/1 \text{ g mol}^{-1}$  است).

پاسخ:

$$N = n \times M \rightarrow 0/28 = 2 \times M \rightarrow M = 0/14 \text{ mol L}^{-1}$$

$$\text{حجم محلول (L)} = 10/8 \text{ g KNO}_3 \times \frac{1 \text{ mol KNO}_3}{101/1 \text{ g KNO}_3}$$

$$\times \frac{1 \text{ L}}{0/14 \text{ mol KNO}_3} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = 76/3 \text{ mL}$$

**فعالیت ساخت یافته ۵:** بیان مفهوم غلظت مولال با کمک مثال، تمرین و معادله تعریف و معادله غلظت مولالیته بیان شود.

**فعالیت ساخت یافته ۶:** تهیه محلول‌ها با غلظت‌های درصد وزنی، مولار، نرمال به صورت عملی

## فعالیت عملی ۴

### تهیه محلول‌ها با غلظت مشخص

**راهنمایی:** ابتدا گروه‌های هنرجویی با محاسبات دقیق جرم و یا حجم مواد را تعیین کنند و سپس با رعایت نکات ایمنی محلول‌ها با غلظت مشخص تعیین شود. در پایان، بر روی محلول‌های تهیه شده بر چسب غلظت و تاریخ بزنید.

**فعالیت ساخت یافته ۷:** تهیه محلول‌های با غلظت‌های ppm و ppb به صورت عملی.

بحث گروهی

۳



به نظر شما، غلظت ذرات گرد و غبار در هوا با چه واحدی بیان می‌شود؟  
**پاسخ:** با توجه به اینکه حد مجاز و استاندارد ذرات معلق در هوا  $150$  میکروگرم بر مترمکعب است نیاز است واحدهای کوچک‌تر غلظت مانند ppm و ppb استفاده شود.



الف) چرا از غلظت‌های ppm و ppb استفاده می‌شود؟  
 ب) اگر آب به عنوان حلال در نظر گرفته شود، مقدار قسمت در میلیون w/v و w/w یکسان خواهد بود، علت را توضیح دهید. (در مورد قسمت در بلیون w/v و w/w نیز چنین است)

پاسخ: الف) برای بیان راحت‌تر غلظت‌های پایین و در گازها بیان قسمت در میلیون معمولاً براساس نسبت حجمی است. بنابراین هلیوم با غلظت ۶/۳ ppm به معنای ۶/۳ میلی‌لیتر هلیوم در یک لیتر هوا است.  
 ب) اگر چگالی آب  $1.0 \text{ g mL}^{-1}$  در نظر گرفته شود، حجم و جرم آب برابر خواهد بود، بنابراین مقدار قسمت در میلیون و قسمت در بلیون w/v و w/w یکسان خواهد بود.



غلظت برحسب ppm، (W/V)٪ و (W/W)٪ را برای محلول حاوی ۵/۰ میلی‌گرم یک نوع دارو حل شده در ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر بیابید. (چگالی محلول  $1.0 \text{ g mL}^{-1}$  فرض شود).

پاسخ:

$$\text{ppm} = \frac{\text{میلی‌گرم حل‌شونده}}{\text{لیتر محلول}} = \frac{(5.0 \text{ mg})}{(0.500 \text{ L})} = 10.0 \text{ ppm}$$

قسمت در میلیون  $\left(\frac{w}{v}\right)$  (ppm)

$$\begin{aligned} \text{درصد وزنی - حجمی} &= \frac{\text{گرم حل‌شونده}}{\text{میلی‌لیتر محلول}} \times 100 = \frac{(5.0 \times 10^{-3} \text{ g})}{500 \text{ mL}} \times 100 \\ &= 0.001\% \left(\frac{w}{v}\right) \end{aligned}$$



وقتی چگالی محلول ۱/۰ است جرم و حجم آن با هم برابر است.

$$\text{محلول } 500 \text{ g} = \frac{1.0 \text{ g}}{1.0 \text{ mL}} \times \text{محلول } 1 \text{ mL}$$

$$\text{درصد وزنی - وزنی} = \frac{\text{گرم حل‌شونده}}{\text{گرم محلول}} \times 100 = \frac{(5.0 \times 10^{-3} \text{ g})}{500 \text{ g}} \times 100 = 0.001\% \left(\frac{w}{w}\right)$$

## فعالیت عملی ۵

### تهیه محلول‌های ppm و ppb

**راهنمایی:** مطابق مثال شماره ۶ گروه‌های هنرجویی جرم مشخص سدیم کلرید را تهیه کنند و سپس با رعایت تمامی نکات ایمنی، محلول‌ها با غلظت مشخص تهیه شوند. در پایان، بر روی محلول‌های تهیه‌شده بر چسب غلظت و تاریخ بزنید.

**فعالیت ساخت یافته ۸:** رقیق‌سازی محلول‌های غلیظ با کمک مثال، تمرین و فعالیت عملی.

بحث گروهی

۴



آب ژاول (سدیم هیپوکلریت) به عنوان مایع سفیدکننده و ضدعفونی‌کننده، برای شست‌وشوی لباس‌ها (غیر از لباس‌های پشمی، ریون و چرمی)، تمیز و ضدعفونی کردن سطوح استفاده می‌شود. روش استفاده از این مایع چگونه است؟

آیا تاکنون از ماده جرم‌گیر (هیدروکلریک اسید) استفاده کرده‌اید؟ هر دو این محلول‌ها به صورت غلیظ استفاده نمی‌شوند و باید با آب رقیق شوند. علت را بیان کنید.

به نظر شما، نسبت رقیق‌سازی این مواد با آب چقدر است؟



**راهنمایی:** با دقت بر روی شیوه استفاده از محلول‌های ذکرشده مثل جرم‌گیر به رقیق‌سازی این محلول‌ها اشاره شده است. برای رقیق‌سازی محلول‌های جرم‌گیر نکات ایمنی (افزایش قطره قطره اسید به آب) رعایت شود.



الف) سدیم هیدروکسید کاربرد بسیار زیادی در صنایع مختلف از جمله تولید صابون و مواد شوینده و پاک‌کننده، کاغذسازی، دباغی، تصفیه آب، صنایع نساجی، پتروشیمی و استخراج نفت، تولید محصولات لبنی، صنایع فلز و تولید شیشه، روی، آلومینیم، گالوانیزه و آبکاری دارد و همین دلیل سالیانه میلیون‌ها تن از آن در سراسر جهان تولید می‌شود. محاسبه کنید، برای تهیه ۲ کیلوگرم محلول سود (NaOH) با غلظت (w/w) ۲۰٪، چند گرم سدیم هیدروکسید مورد نیاز است؟

ب) چگونه می‌توان از محلول (w/v) ۲۵٪ سدیم کلرید ۲۵۰ میلی‌لیتر محلول (w/v) ۹۵/۰ NaCl (سرم نمکی) تهیه کرد؟

پ) در مخزن ۱ محلول ۸۰٪ و مخزن ۲ محلول ۲۰٪ الکل نگهداری می‌شود، چند لیتر از این دو محلول با هم مخلوط شوند تا ۱۲ لیتر محلول ۶۰٪ الکل تهیه شود؟

ت) یک مخزن حاوی ۴۰ لیتر محلول نمک ۵٪ است، چه مقدار محلول ۲۰٪ نمک اضافه شود که محلول ۱۰٪ تهیه شود؟  
پاسخ: الف) ضریب‌های تبدیل در این مسئله:

$$20\% \left(\frac{w}{w}\right) = \frac{20 \text{ g NaOH}}{100 \text{ گرم محلول}}$$

۱۰۰۰ گرم محلول = ۱ کیلوگرم محلول

$$\rightarrow 400 \text{ g NaOH} = 1 \text{ کیلوگرم محلول} \times \frac{20 \text{ g NaOH}}{100 \text{ گرم محلول}} \times \frac{1000 \text{ گرم محلول}}{1 \text{ کیلوگرم محلول}}$$

این محلول با حل کردن ۴۰۰/۰ گرم سدیم هیدروکسید در مقدار مناسبی حلال و رقیق کردن آن تا رسیدن به جرم ۲/۰ کیلوگرم تهیه می‌شود.  
ب) این مثال یک روند رقیق‌سازی ساده است، برای محاسبه مقدار مورد نیاز از معادله رقت استفاده می‌شود:

$$C_f \times V_f = C_i \times V_i \rightarrow V_i = V_f \times \frac{C_f}{C_i} = \frac{(\% / 95 (w/v))}{(\% / 25 (w/v))} \times 250 \text{ mL} = 9 / 5 \text{ mL}$$

۹/۵ میلی‌لیتر از محلول سدیم کلرید ۲۵٪ به بالن حجمی ۲۵۰/۰ میلی‌لیتری انتقال داده شود و تا خط نشانه با آب مقطر رقیق‌سازی شود.  
پ) اگر حجم محلول مخزن ۱ را X فرض کنیم، خواهیم داشت:

تعداد مول‌های محلول غلیظ = تعداد مول‌های محلول رقیق

$$C_1 V_1 = C_2 V_2 \rightarrow 80 \times x + 20(12 - x) = 60 \times 12 \rightarrow x = 8L$$

از محلول مخزن ۱، ۸ لیتر و مخزن ۲، (۱۲-۸)، یعنی ۴ لیتر مخلوط شود ۱۲ لیتر محلول ۶۰٪ الکل خواهیم داشت.

ت) اگر حجم محلول ۱۰٪ نمک را  $x$  و ۲۰٪ را  $y$ ، فرض کنیم خواهیم داشت: تعداد مول‌های محلول غلیظ = تعداد مول‌های محلول رقیق

$$C_1 V_1 = C_2 V_2 \rightarrow 5 \times 40 + 10 \times x = 20 \times y$$

و از طرفی داریم:

$$40 + x = y$$

با قرار دادن در معادله اول خواهیم داشت:

$$200 + 20x = 400 + 10x$$

$$200 + 20x = 400 + 10x \rightarrow x = 20L$$

پس با مخلوط کردن ۲۰ لیتر محلول نمک ۲۰٪ به ۴۰ لیتر محلول ۵٪، ۶۰ لیتر محلول ۱۰٪ نمک خواهیم داشت.

بحث گروهی

۵



به نظر شما، آیا با استفاده از معادله‌های رقیق‌سازی می‌توان از محلول رقیق، محلول غلیظ تهیه کرد؟ چرا؟

راهنمایی: خیر. فرض کنید بخواهیم از محلول ۲/۰۰ مولار به حجم ۱۰۰/۰ میلی‌لیتر محلول ۳ مولار سدیم‌هیدروکسید تهیه کنیم، بنابراین خواهیم داشت:

$$\left( \frac{V_f}{V_i} \right) = \left( \frac{M_i}{M_f} \right) \rightarrow ((100/0) / (V_i)) = \left( \frac{(2/00)}{3/00} \right) \rightarrow V_i = 150/0 \text{ mL}$$

حجم اولیه از حجم نهایی بیشتر خواهد بود و این غیرممکن است. می‌توان این مطلب را با مثال‌های شربت‌های رقیق به غلیظ نیز مثال زد.

## فعالیت عملی ۶

### رقیق‌سازی محلول‌های غلیظ به‌طور عملی

راهنمایی: با استفاده از اصول رقیق‌سازی و فعالیت عملی ۵، گروه‌های هنرجویی محلول‌های تهیه‌شده سدیم کلرید را رقیق کنند. در پایان، بر روی محلول‌های تهیه‌شده برچسب غلظت و تاریخ زده شود.

## مرحله ۲: سنجش‌های حجمی اسید و باز

**فعالیت ساخت‌یافته ۹:** بیان تئوری‌های آرنیوس و برنستد لوری با کمک مثال، تمرین، بحث گروهی، تحقیق و تصویر.

بحث‌گروهی  
۶



هر روز در بخش‌های گوناگون زندگی، انواع مواد شیمیایی مصرف می‌شود که در اغلب آنها، اسیدها و بازها نقش مهمی ایفا می‌کنند. با توجه به شکل زیر، نمونه‌هایی از آنها را ذکر کنید.

**راهنمایی:** از روی شکل به تفکیک می‌توان کاربردها را بیان کرد مثلاً کاربرد آلومینیم‌هیدروکسید و منیزیم‌هیدروکسید در تهیه داروها است.

تحقیق کنید  
۲



برخی از کاکتوس‌ها، تمایل به خاک قلیایی دارند و برخی در خاک‌های اسیدی به خوبی رشد می‌کنند. ولی بیشتر آنها در خاک نزدیک به اسیدی رشد مناسبی دارند. اما گونه‌های کمی هستند که به‌طور کلی خاک اسیدی را نمی‌پسندند (برای مثال stapeliaها). تحقیق کنید، دوستداران کاکتوس چگونه خاک و آب محیط کشت این گیاهان را کنترل می‌کنند؟

**پاسخ:** دوستداران کاکتوس نیاز است بسته‌های آزمایش pH برای آب و خاک را داشته باشند و به صورت دوره‌ای، آب و خاک خود را کنترل کنند. در صورتی که خاک یا آب مصرفی به سمت قلیایی می‌رود از تیمار سرکه استفاده کنند و در صورتی که آب یا خاک آنها بیش از حد به سمت اسیدی است، می‌توانند مقداری سنگ آهک یا دولومیت و یا پودر آهن برای خاک کاکتوس تجویز کنند.

پرسش  
۵

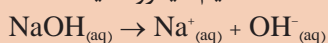


الف) با توجه به نظریه آرنیوس، تفاوت هیدروژن کلرید خالص و هیدروکلریک اسید چیست؟

ب) بر اساس نظریه آرنیوس، یک مثال برای باز بیاورید.

**پاسخ:** الف) مطابق استدلال آرنیوس، اسید خالص هیدروژن کلرید HCl مولکولی خنثی است ولی وقتی در آب حل می‌شود یون‌های  $H^+$  (aq) و  $Cl^-$  (aq) ایجاد می‌کند و این محلول هیدروکلریک اسید نامیده می‌شود. فعالیت یک اسید به غلظت  $H^+$  بستگی دارد.

در زمان آرنیوس چون تمام بازهای شناخته شده دارای گروه هیدروکسیل ( $OH^-$ ) بودند و در آب جریان برق را عبور می‌دادند، آرنیوس جسمی را که در آب به یون  $OH^-$  و یک کاتیون تفکیک می‌شود باز نامید. مانند سدیم هیدروکسید:



فعالیت یک باز به غلظت  $OH^-$  بستگی دارد.



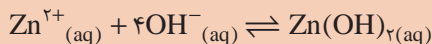
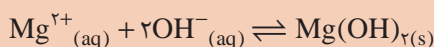
تحقیق کنید

۳



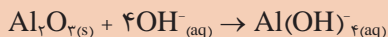
در رابطه با کاربردهای مواد آمفوتر تحقیق کنید و در کلاس ارائه دهید.  
**پاسخ:** آمینواسیدها، پروتئین‌ها و خون آمفوتر هستند. همچنین اکسید تعدادی از فلزات (روی، قلع، سرب، آلومینیم و بریلیوم) و بیشتر شبه فلزات ویژگی آمفوتری دارند.

در برخی فرایندهای صنعتی از ماهیت آمفوتری بعضی هیدروکسیدها، در عملیات جداسازی استفاده شده است. مثلاً  $Mg^{2+}$  و  $Zn^{2+}$  در محلولی که دارای این یون است، به وسیله قلیایی کردن محلول از هم جدا می‌شوند.



منیزیم هیدروکسید نامحلول را می‌توان به کمک صافی از محلول حاوی یون روی جدا کرد.

در تولید فلز آلومینیم از بوکسیت این کانی را پیش از تبدیل آن به فلز آلومینیم، تخلیص می‌کنند. این عمل با حل کردن آلومینیم‌اکسید در محلول سدیم هیدروکسید و جدا کردن ناخالصی‌های نامحلول به کمک صافی انجام می‌گیرد:



وقتی محلول زیر صافی به وسیله  $CO_2$  اسیدی شود، آلومینیم هیدروکسید رسوب می‌کند.

**فعالیت ساخت یافته ۱۰:** بیان مفهوم pH محلول‌ها با استفاده از بحث کلاسی، مثال، تمرین و تصویر.

بحث گروهی

۷



آیا می‌دانید گستره pH خون یک فرد سالم در محدوده ۷/۳۵-۷/۴۵ است؟ و اگر مقدار آن به ۷/۵ کاهش یابد و یا به ۷/۸ افزایش یابد باعث مرگ می‌شود؟ چگونه در بدن تنظیم pH صورت می‌گیرد؟

**پاسخ:** به طور طبیعی pH خون بین ۷/۳ تا ۷/۵ متغیر است. اگر pH خون به کمتر از ۶/۸ و یا بیشتر از ۷/۸ برسد، خطر مرگ وجود دارد. سامانه‌های بافری که در خون وجود دارند، مانع تغییرات pH می‌شوند.

pH خون و مایعات بدن در اثر عوامل مختلف تغییر می‌کند و بدن به کمک عوامل تنظیم‌کننده دقیقی (سامانه بافری خون، ریه‌ها و کلیه‌ها) در برابر این گونه تغییرات، مقاومت می‌کند.

به طور کلی چهار سامانهٔ بافری در خون وجود دارد:

۱ بافر بی کربنات که مهم‌ترین بافر خون است. در صورت ورود ترکیبات اسیدی و یا بازی این بافر به صورت زیر عمل می‌کند: دفع ریوی: ورود ترکیبات اسیدی و دفع کلیوی: ورود ترکیبات قلیایی.

۲ سامانهٔ هموگلوبین - اکسی هموگلوبین دومین سامانهٔ تامپونی خون است که در گلبول‌های قرمز وجود دارد.

۳ پروتئین‌ها، پروتئین‌های پلاسما، بافر دیگر خون هستند و چون pH ایزوالکتریک آنها کمتر از pH پلاسما است، در خون دارای بار منفی هستند. این سامانه به دلیل غلظت کم، بافر مهمی در خون محسوب نمی‌شود، ولی به دلیل غلظت بالای آن در داخل سلول، مهم‌ترین سامانهٔ بافری سلول است.

۴ فسفات‌های دی‌بازیک ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ) و مونوبازیک ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) که نقش مهمی در دفع ترکیبات اسیدی توسط ادرار دارند. بنابراین عمل آنها در کلیه‌ها مهم‌تر از فعالیت آنها در پلاسما است.

تمرین ۸

pH یک محلول را که  $[\text{H}^+] = 6/3 \times 10^{-6} \text{ M}$  است را محاسبه کنید.

پاسخ:

$$\text{pH} = \log [\text{H}^+] = \log (6/3 \times 10^{-6}) = 5/195$$



تمرین ۹

الف) غلظت یون  $\text{OH}^-$  را در محلول هیدروکلریک اسید که غلظت یون هیدرونیوم در آن  $1/4 \times 10^{-3}$  مولار است را حساب کنید.

ب) pH آب باران جمع شده در یک روز خاص در شهر صنعتی، ۴/۸۲ است، غلظت یون  $\text{H}^+$  را در این آب حساب کنید.

پ) اگر pH آب پرتقال ۳/۳۰ باشد، غلظت یون  $\text{H}^+$  را محاسبه کنید.  
ت) غلظت یون هیدرونیوم را برحسب  $\text{mol L}^{-1}$  برای محلول‌های زیر که مقدار pH آنها داده شده، محاسبه کنید.

الف) ۲/۴۲ (ب) ۱۱/۲۱ (ج) ۶/۹۶ (د) ۱۳/۰

پاسخ:

$$\text{الف) } [\text{OH}^-] = \frac{K_w}{[\text{H}^+]} = \frac{1/0 \times 10^{-14} \text{ M}^2}{1/4 \times 10^{-3} \text{ M}} = 7/1 \times 10^{-11} \text{ M}$$

$$\text{ب) } [\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-4/82} = 1/5 \times 10^{-5} \text{ M}$$

$$\text{پ) } [H^+] = 10^{-pH} = 10^{-2/30} = 5/01 \times 10^{-4} M$$

$$\text{الف) } [H^+] = 10^{-pH} = 10^{-2/42} = 1/45 \times 10^{-5} M$$

$$\text{ب) } [H^+] = 10^{-pH} = 10^{-1/21} = 6/16 \times 10^{-12} M$$

$$\text{ج) } [H^+] = 10^{-pH} = 10^{-6/96} = 1/10 \times 10^{-7} M$$

$$\text{د) } [H^+] = 10^{-pH} = 10^{-13/0} = 1/0 \times 10^{-13} M$$

**فعالیت ساخت یافته ۱۱:** اندازه‌گیری pH محلول‌ها با کمک کاغذ pH، شناساگرها و دستگاه pH متر به صورت عملی.

## فعالیت عملی ۷

### اندازه‌گیری pH محلول‌های مختلف

با استفاده از شناساگرهای موجود در آزمایشگاه، کاغذ pH و دستگاه pH متر، ویژگی اسیدی یا بازی چند نمونه میوه، نوشیدنی و مواد خوراکی را اندازه‌گیری کنید. **راهنمایی:** مقایسه دقت pH به دست آمده نمونه‌های مختلف، توسط شناساگرهای موجود در آزمایشگاه، کاغذ pH و دستگاه pH متر، صورت گیرد. **فعالیت ساخت یافته ۱۲:** بیان ثابت تفکیک اسید و بازهای قوی و ضعیف با کمک مثال و تمرین.

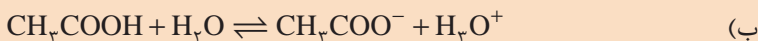
تمرین ۱۰



الف) pH محلول هیدروکلریک اسید با غلظت  $1/08 \times 10^{-2}$  مولار را محاسبه کنید.  
 ب) مقدار pH محلول  $0/10$  مولار استیک اسید را که ثابت تفکیک آن  $2/24 \times 10^{-5}$  است، محاسبه کنید.  
 پ) بنزوئیک اسید به عنوان نگه‌دارنده در صنایع غذایی و همچنین به عنوان دارو در درمان بیماری‌های قارچی پوست و مو استفاده می‌شود. ثابت اسیدی آن  $6/5 \times 10^{-5}$  است، مقدار pH را برای محلول  $0/10$  مولار آن محاسبه کنید.  
 ت) pH محلول  $0/01$  مولار از یک اسید تک پروتون  $6/5$  است، ثابت تفکیک اسیدی آن را بیابید.

پاسخ:

$$\text{الف) } pH = -\log [H^+] = -\log (1/08 \times 10^{-2}) = 1/967$$



$$K_a = \frac{[\text{CH}_r\text{COO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_r\text{COOH}]}$$

با توجه به اینکه  $\text{CH}_r\text{COO}^-$  و  $\text{H}_3\text{O}^+$  محصول تفکیک استیک اسید است، لذا غلظت آنها با هم برابر است:

$$[\text{CH}_r\text{COO}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] = y$$

و مقدار استیک اسید باقی مانده برابر مقدار اسید اولیه منهای مقدار اسید تفکیک شده است:

$$[\text{CH}_r\text{COOH}] = 0.10 - y$$

اگر از مقدار تفکیک شده ( $y$ ) در مقابل غلظت اولیه صرف نظر کنیم، خواهیم داشت:

$$y = 0.0 \rightarrow [\text{CH}_r\text{COOH}] = 0.10$$

$$2/24 \times 10^{-5} = \frac{y^2}{0.10} \rightarrow y^2 = 2/24 \times 10^{-6}$$

با حل معادله درجه ۲ برحسب  $y$  می توان غلظت یون هیدرونیوم را به دست آورد:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = y = 0.00149$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log(0.00149) = 2.82$$



$$K_a = \frac{[\text{C}_6\text{H}_\Delta\text{COO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{C}_6\text{H}_\Delta\text{COOH}]}$$

با توجه به اینکه  $\text{C}_6\text{H}_\Delta\text{COO}^-$  و  $\text{H}_3\text{O}^+$  محصول تفکیک بنزوئیک اسید است، لذا غلظت آنها با هم برابر است:

$$[\text{C}_6\text{H}_\Delta\text{COO}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] = y$$

و مقدار بنزوئیک اسید باقی مانده برابر مقدار اسید اولیه منهای مقدار اسید تفکیک شده است:

$$[\text{C}_6\text{H}_\Delta\text{COOH}] = 0.10 - y$$

اگر از مقدار تفکیک شده ( $y$ ) در مقابل غلظت اولیه صرف نظر کنیم، خواهیم داشت:

$$y = 0/0 \rightarrow [C_2H_3COOH] = 0/10$$

$$6/5 \times 10^{-5} = \frac{y^2}{0/10} \rightarrow y^2 = 6/5 \times 10^{-6}$$

با حل معادله درجه ۲ برحسب  $y$  می‌توان غلظت یون هیدرونیوم را به دست آورد:

$$[H_3O^+] = y = 0/0025$$

$$pH = -\log[H^+] = -\log(0/00149) = 2/60$$



$$K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]}$$

$$pH = -\log[H_3O^+] \rightarrow 6/0 = -\log[H_3O^+] \rightarrow [H_3O^+] = 10^{-6}$$

با توجه به اینکه  $H_3O^+$  و  $A^-$  محصول تفکیک اسید است، لذا غلظت آنها با هم برابر است:

$$[A^-] = [H_3O^+] = y$$

و مقدار اسید باقی‌مانده برابر مقدار اسید اولیه منهای مقدار اسید تفکیک شده است:

$$[HA] = 0/01 - [H_3O^+]$$

اگر از مقدار تفکیک شده ( $[H_3O^+]$ ) در مقابل غلظت اولیه صرف نظر کنیم، خواهیم داشت:

$$[H_3O^+] = 10^{-6} \rightarrow [HA] = 0/01$$

$$K_a = \frac{10^{-6} \times 10^{-6}}{0/01} \rightarrow K_a = 1/0 \times 10^{-10}$$

**فعالیت ساخت یافته ۱۳:** بیان مفهوم سنجش حجمی اسید و باز با کمک تصویر، بحث گروهی.

بحث گروهی

۸



بحث گروهی ۸: چرا در سنجش حجمی، فقط چند قطره شناساگر استفاده می‌شود؟

در سنجش حجمی، افزایش محلول استاندارد را با تغییر بسیار کم رنگ از شناساگر باید ادامه داد، علت چیست؟

**راهنمایی:** نقطه‌اکی‌والان یا نقطه هم‌ارزی نقطه‌ای است که در آن محلول استاندارد و ماده مورد سنجش یکدیگر را کاملاً خنثی می‌کنند. به عبارت دیگر در نقطه هم‌ارزی، اکی‌والان‌های محلول استاندارد و ماده مورد سنجش برابر می‌شود اما هنوز رنگ محلول تغییر نکرده است ولی نقطه پایانی، نقطه‌ای که رنگ تغییر می‌کند و سنجش حجمی متوقف می‌شود. توجه داشته باشید که نقطه پایانی و نقطه هم‌ارزی به ندرت یکی هستند. در حالت بهینه، باید نقطه هم‌ارز و نقطه پایانی یکسان باشد ولی به دلیل استفاده از شناساگر برای مشاهده نقاط پایانی، این مورد به ندرت اتفاق می‌افتد. در نتیجه تفاوت بین نقطه پایانی و نقطه هم‌ارز، خطای سنجش حجمی، نامیده می‌شود. برای کاهش خطای سنجش حجمی هم مقدار شناساگر را باید کمتر استفاده کرد و هم با تغییر رنگ بسیار جزئی محیط سنجش حجمی، می‌توان این خطا را کم کرد.

**فعالیت ساخت یافته ۱۴:** استاندارد کردن محلول‌های هیدروکلریک اسید و سدیم‌هیدروکسید به روش سنجش حجمی به صورت عملی.

## فعالیت عملی ۸

### سنجش حجمی به منظور استاندارد کردن محلول هیدروکلریک اسید

**راهنمایی:** برای تعیین غلظت دقیق محلول‌های تهیه‌شده آنها را با یک محلول استاندارد اولیه (که غلظت آن معلوم است و برای همین منظور ساخته شده‌اند) مورد سنجش حجمی قرار می‌دهند. بدیهی است که هر اندازه در تهیه محلول استاندارد دقت شود، نتایج دقیق‌تری به دست خواهد آمد.

دلیل استفاده از کاغذ سفید زیر ارلن چیست؟  
**پاسخ:** برای کاهش خطای سنجش حجمی برای تشخیص چشمی سریع نقطه اکی‌والان یا نقطه هم‌ارزی با تغییر رنگ بسیار جزئی محیط سنجش حجمی از کاغذ سفید زیر ارلن استفاده می‌شود.

پرسش ۶



## فعالیت عملی ۹

### سنجش حجمی به منظور استاندارد کردن محلول سدیم‌هیدروکسید

**راهنمایی:** براساس نتایج به دست آمده از فعالیت عملی ۱، سدیم‌هیدروکسید شرایط استاندارد اولیه را ندارد، بنابراین پیش از استفاده، باید غلظت دقیق آن با یک محلول استاندارد اولیه تعیین شود. با استفاده از اگزالیک‌اسید تهیه‌شده در فعالیت عملی ۳، می‌توان غلظت سدیم‌هیدروکسید را تعیین کرد.

پرسش ۷



الف) چرا در هنگام آزمایش از وسایل حفاظت شخصی باید استفاده کرد؟  
ب) در صورت تماس پوستی با مواد شیمیایی، چه اقداماتی باید انجام شود؟  
پاسخ: الف) - زیرا:

- ✓ سدیم هیدروکسید بسیار خورنده است و در صورت تماس پوستی می‌تواند سبب تخریب لایه‌های عمیق پوست شود.
  - ✓ در صورت تماس چشم با سدیم هیدروکسید، موجب عوارضی نظیر آب مروارید (گلوکوم) و کوری دائمی می‌شود.
  - ✓ قرار گرفتن در معرض مستقیم سدیم هیدروکسید حتی مقدار کم آن، می‌تواند سبب مشکلات شدید تنفسی شود.
  - ✓ سدیم هیدروکسید می‌تواند با فلزات واکنش دهد و تولید هیدروژن کند که در حضور اکسیژن منجر به آتش‌سوزی می‌شود.
- ب) شست‌وشو با آب فراوان و دفع لباس‌های آلوده

**فعالیت ساخت یافته ۱۵:** تعیین غلظت محلول‌های اسید و باز به روش سنجش حجمی با استفاده از شناساگر و دستگاه pH متر.

بیشتر بدانید

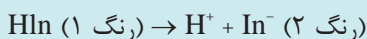


### شناساگرهای رنگی اسید - باز

شناساگرها یا معرف‌های اسید و باز، اسیدهای ضعیفی (HIn) هستند که مطابق شکل زیر در محیط‌های مختلف اسیدی و بازی، دارای رنگ‌های متفاوتی هستند. اغلب این معرف‌ها، اسیدهای ضعیف آلی هستند.



رنگ متفاوت شناساگر در محیط‌های مختلف اسیدی و بازی (رنگ‌های مختلف آنتوسیانین موجود در کلم قرمز در pHهای مختلف (در  $\text{pH}=2$  قرمز، در  $\text{pH}=4$  ارغوانی، در  $\text{pH}=6$  بنفش، در  $\text{pH}=8$  آبی، در  $\text{pH}=10$  سبز - آبی)



ثابت تعادل رابطه فوق به صورت معادله زیر است:

$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{In}^-]}{[\text{HIn}]}$$

اگر  $[\text{In}^-] = [\text{HIn}]$  انتظار می‌رود که رنگ معرف حد واسط شکل اسیدی بازی باشد. با توجه به رابطه ثابت تعادل خواهیم داشت:

$$K_a = [\text{H}^+] \rightarrow \text{p}K_a = \text{pH}$$

pH تغییر رنگ معرف با pKa آن متناسب است، پس می‌توان با انتخاب معرفی که pKa آن تا حد ممکن به pH نقطه اهم ارزگرم سنجش حجمی مورد نظر نزدیک باشد، به معرف مناسب دست یافت.

چشم انسان در عمل، زمانی می‌تواند رنگ یک شکل معرف را تشخیص دهد که غلظت آن ۱۰ برابر دیگری باشد. بنابراین زمانی رنگ ۱ را مشاهده می‌کند

که  $\frac{[\text{In}^-]}{[\text{HIn}]} = 1/10$  و زمانی رنگ ۲ را مشاهده می‌کند که  $\frac{[\text{In}^-]}{[\text{HIn}]} = 10$  باشد. پس می‌توان نوشت:

$$\text{pH} = \text{p}K_a \pm 1$$

اگر pH ناحیه تغییر رنگ، pH نقطه هم‌ارزی را در بر نگیرد، خطایی در اندازه‌گیری حجم نقطه هم‌ارزی ایجاد خواهد کرد. اگر تغییر رنگ شناساگر پیش از نقطه هم‌ارزی صورت گیرد، حجم نقطه پایانی کمتر از نقطه هم‌ارزی خواهد بود و برعکس اگر تغییر رنگ شناساگر پس از نقطه هم‌ارزی باشد، حجم نقطه پایانی بیشتر از نقطه هم‌ارزی خواهد شد.

تعدادی از شناساگرهای اسید - باز با pH ناحیه تغییر رنگ در جدول صفحه بعد آمده است. در بعضی مواقع که برای سنجش، شناساگر مناسبی وجود نداشته باشد، می‌توان از مخلوط دو یا چند شناساگر استفاده نمود.

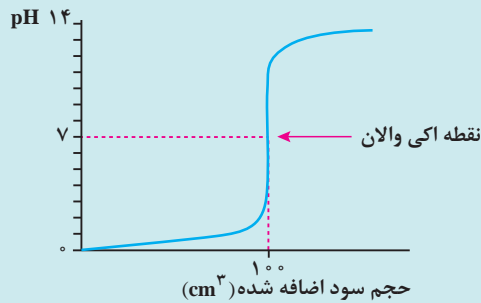


نام معرف	غلظت (%)	اسیدی	بازی	گستره pH
زرد متانول	۰/۱ در الکل	قرمز	زرد	۱/۲ - ۲/۳
آبی تیمول				۱/۲ - ۲/۸
زرد متیل				۲/۶ - ۴/۰
متیل اورانژ یا هلیانتین	۰/۱ در آب	زرد	آبی	۳/۱ - ۴/۴
آبی بروموفنل				۳/۵ - ۴/۶
سبز بروموکروزول	۰/۱ در الکل	قرمز	زرد	۳/۸ - ۵/۴
قرمز متیل				۴/۲ - ۶/۲
قرمز کلروفنل				۴/۸ - ۶/۴
آبی برموتیمول				۶/۰ - ۷/۶
قرمز فنل				۶/۴ - ۸/۰
قرمز خنثی				۶/۸ - ۸/۰
قرمز کروزول				۷/۲ - ۸/۸
نفتل فتالین				۲/۷ - ۸/۷
آبی تیمول				۸/۰ - ۹/۶
فنل فتالین				۸/۰ - ۹/۹
تیمول فتالین				۹/۳ - ۱۰/۵
آبی نیلی				۱۰/۱ - ۱۱/۱



### تعیین نقطه هم‌ارزی از روی منحنی سنجش حجمی

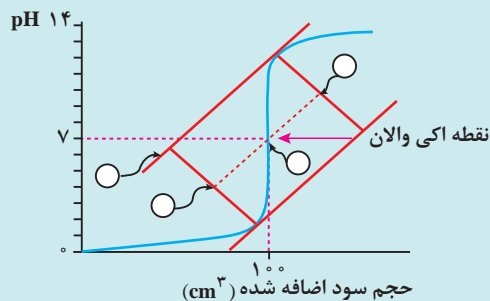
در حالت کلی منحنی‌های نمودارهای سنجش حجمی S شکل هستند که از تغییرات pH بر حسب حجم واکنش‌گر به دست می‌آیند. تعیین نقطه هم‌ارزی در منحنی‌هایی که شیب تندی دارند از وسط بخش شیب‌دار منحنی (نقطه عطف نمودار) تعیین می‌شود. در این روش دو خط موازی مماس بر قسمت‌های خمیده منحنی S شکل رسم کنید و در محل تماس، دو خط عمود بر آنها رسم شود. وسط دو خط عمود را به هم وصل کنید، نقطه تلاقی آن با منحنی نقطه پایانی است.



منحنی تغییرات pH بر حسب حجم سود اضافه شده

### تعیین نقطه هم‌ارزی منحنی به روش نصف کردن

در این روش دو خط موازی مماس بر قسمت‌های خمیده منحنی S شکل رسم کنید و در محل تماس، دو خط عمود بر آنها رسم شود. وسط دو خط عمود را به هم وصل کنید، نقطه تلاقی آن با منحنی نقطه پایانی است.



روش نصف کردن در تعیین نقطه هم‌ارزی

روش‌های دیگری برای تعیین نقطه هم‌ارزی نیز وجود دارد که از بحث کتاب خارج است.

## فعالیت عملی ۱۰

### سنجش حجمی اسید و باز قوی

**راهنمایی:** مطابق روش کار گفته شده در کتاب درسی، سنجش حجمی اسید و باز قوی با رعایت تمامی نکات ایمنی، توسط گروه‌های مختلف هنرجویی به‌طور جداگانه سه بار انجام شود. در پایان، پس از متوسط‌گیری غلظت سدیم‌هیدروکسید را تعیین کنند. با مقایسه نتایج گروه‌های مختلف هنرجویی، بهترین گروه با ذکر دلیل انتخاب شود و مورد تشویق قرار گیرد.

## فعالیت عملی ۱۱

### کنترل کیفیت مواد غذایی در تعیین مقدار استیک اسید سرکه سفید

**راهنمایی:** مطابق روش کار گفته شده در کتاب درسی، مقدار استیک اسید سرکه سفید با رعایت تمامی نکات ایمنی، توسط گروه‌های مختلف هنرجویی به‌طور جداگانه سه بار انجام شود. در پایان، پس از متوسط‌گیری غلظت استیک اسید را در سرکه برای محلول رقیق شده و سرکه اولیه تعیین کنند. با مقایسه نتایج گروه‌های مختلف هنرجویی، بهترین گروه با ذکر دلیل انتخاب شود و مورد تشویق قرار گیرد. فعالیت عملی را می‌توان با نمونه‌های مختلف سرکه موجود در بازار تکرار کرد.

پرسش ۸



نکته‌های ایمنی مربوط به این آزمایش چیست؟

**پاسخ:** هنرآموزان محترم، باز هم نکات ایمنی مربوط به اسیدها و بازها (سود و سرکه) را تذکر دهند.

## فعالیت عملی ۱۲

### سنجش حجمی pH سنجی اسید قوی با باز قوی

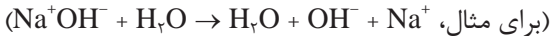
**راهنمایی:** مطابق روش کار گفته شده در کتاب درسی، سنجش حجمی pH سنجی اسید قوی با باز قوی با رعایت تمامی نکات ایمنی، توسط گروه‌های مختلف هنرجویی به‌طور جداگانه انجام شود. در پایان، با تعیین نقطه عطف منحنی، غلظت هیدروکلریک اسید مجهول را به دست آورید. با مقایسه نتایج گروه‌های مختلف هنرجویی، بهترین گروه با ذکر دلیل انتخاب شود و مورد تشویق قرار گیرد.

برای درک بهتر سنجش حجمی اسید - باز قوی به جزئیات بیشتری اشاره می‌شود: واکنش بین HCl (به‌عنوان مجهول در بالن) و NaOH (محلول استاندارد در بورت) در نظر گرفته می‌شود. همان‌طور که بیان شد، اسیدهای قوی در آب ۱۰۰ درصد

تفکیک می شوند:



و بازهای قوی ۱۰۰ درصد هیدرولیز می شوند:



بنابراین واکنش بین HCl و NaOH به صورت واکنش زیر بیان می شود:



یون های  $Na^+$  و  $Cl^-$  در واکنش سنجش حجمی وارد نمی شوند. در این واکنش، یون های  $Cl^-$  نه به بالن اضافه می شوند و نه در واکنش سنجش حجمی مصرف می شوند. بنابراین، تعداد مول های  $Cl^-$  ثابت باقی می ماند در حالی که غلظت آنها در نتیجه رقیق سازی کاهش می یابد. (به یاد داشته باشید که حجم محلول در بالن در طول سنجش حجمی افزایش می یابد و تغییر حجم باعث رقیق سازی محلول می شود و روی غلظت تأثیر می گذارد.) گونه های  $H_3O^+$  و  $OH^-$  در واکنش سنجش حجمی دخالت دارند، محاسبات  $[H_3O^+]$  و  $[OH^-]$  در بالن سنجش حجمی وابسته به بخش سنجش حجمی است.

### مرحله ۳: سنجش های حجمی اکسایش - کاهش

فعالیت ساخت یافته ۱۶: بیان تعریف اکسایش - کاهش، عامل اکسنده، عامل کاهنده، و عدد اکسایش با کمک بحث کلاسی، تحقیق و مثال.

تغییر رنگ ظروف نقره‌ای و سبز شدن ظروف مس به چه علت است؟  
پاسخ: نقره جامد سفید جلادار، شکل پذیر و نرم و چکش خوار است. در برابر اکسایش مقاوم است اما در هوا وقتی ترکیب های گوگردی بر آن اثر بگذارد تیره می شود. فلز مس نیز در مجاورت هوا با ایجاد لایه مس کربنات، باعث سبز رنگ شدن سطوح مسی می شود.

بحث گروهی  
۹



الف) الکتربسیته لازم برای به حرکت درآوردن خودروها چگونه از باتری تأمین می شود؟

ب) چرا آهن در محیط مرطوب زنگ می زند؟

تحقیق کنید  
۴

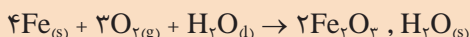


پ) قدرت رنگ‌بری سدیم هیپوکلریت، ماده فعال در سفیدکننده‌های خانگی، به چه علت است؟

پاسخ:

الف) در اثر انجام واکنش الکتروشیمیایی در باتری اتومبیل جریان الکتروسیسته تولید می‌شود.

ب) زنگ زدن آهن در هوای مرطوب نتیجه واکنش شیمیایی آهن با رطوبت موجود در هوا است که طبق واکنش زیر انجام می‌شود:

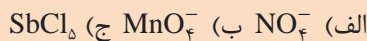


پ) در محلولی حاوی درصدی از سدیم هیپوکلریت (NaOCl) در آب است  $\text{OCl}^-$  دارای خاصیت اکسیدکنندگی است.

تمرین ۱۱



عدد اکسایش تمام عناصر را در ترکیبات زیر به دست آورید.



پاسخ: الف)

+۵ = عدد اکسایش نیتروژن  $\rightarrow -1 = \text{بار یون} = (3(-2)) + \text{عدد اکسایش نیتروژن}$  (ب)

+۷ = عدد اکسایش منگنز  $\rightarrow -1 = \text{بار یون} = (4(-2)) + \text{عدد اکسایش منگنز}$  (ج)

+۴ = عدد اکسایش آنتیموان  $\rightarrow -1 = \text{بار یون} = (5(-1)) + \text{عدد اکسایش آنتیموان}$

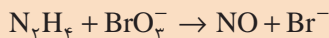
تمرین ۱۲



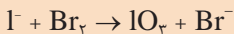
واکنش زیر را موازنه کنید:



۱- واکنش زیر را در محیط بازی موازنه کنید.

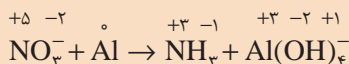


۲- واکنش زیر را در محیط اسیدی موازنه کنید:

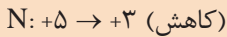


پاسخ:

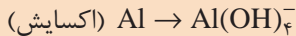
مرحله اول: تعیین اعداد اکسایش و کاهش عناصر:



تغییر اعداد اکسایش:



مرحله دوم نوشتن نیم‌واکنش‌ها:



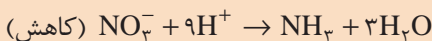
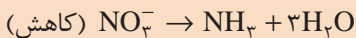
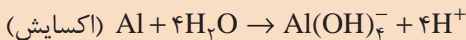
**مرحله سوم:**

● موازنه اتم‌ها در هر نیم‌واکنش به جز H و O

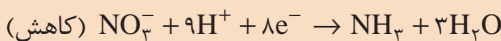
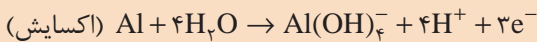
● موازنه اتم O با افزایش  $\text{H}_2\text{O}$

● موازنه اتم H با افزایش  $\text{H}^+$

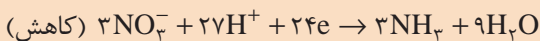
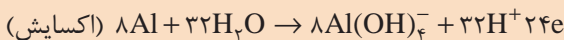
**توجه:** در محیط بازی، برای موازنه هیدروژن یون در محیط وجود ندارد ابتدا برای موازنه وارد می‌کنیم و سپس در موازنه نهایی خنثی‌سازی انجام می‌شود.



**مرحله چهارم:** موازنه بار با افزایش الکترون به سمت راست نیم‌واکنش اکسایش و سمت چپ واکنش کاهش



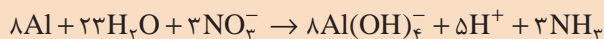
**مرحله پنجم:** یکسان کردن تعداد الکترون‌ها در دو نیم‌واکنش



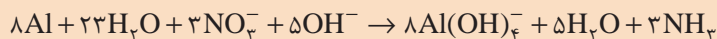
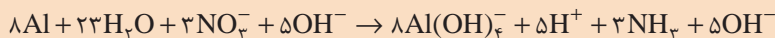
**مرحله ششم:** ترکیب دو نیم‌واکنش



**مرحله هفتم:** ساده کردن واکنش:



تغییر محلول به محیط قلیایی با افزایش  $\text{OH}^-$  به دو طرف واکنش:

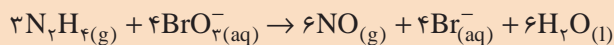


مرحله هشتم: نشان دادن حالت ترکیبات و معادله کلی واکنش

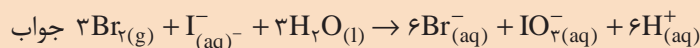


این واکنش از نظر بار نیز موازنه است.

۱- پاسخ:



۲- پاسخ:

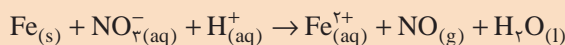


فعالیت ساخت یافته ۱۷: موازنه واکنش‌های اکسایش و کاهش به روش نیمه واکنش‌ها و تغییر عدد اکسایش با استفاده از مثال و تمرین‌های عملی.

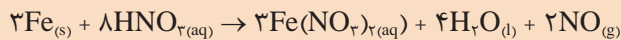
تمرین ۱۳



واکنش زیر را به روش تغییر عدد اکسایش موازنه کنید:



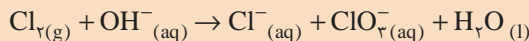
پاسخ:



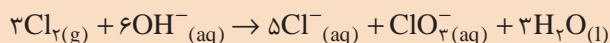
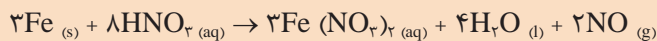
تمرین ۱۴



واکنش مربوط به نکته ۱ و ۲ را به روش تغییر عدد اکسایش موازنه کنید.



پاسخ:



فعالیت ساخت یافته ۱۸: انجام سنجش‌های اکسایش و کاهش به صورت عملی در آزمایشگاه.

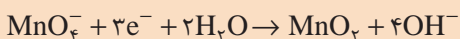
تمرین ۱۵



واکنش یون پرمنگنات را در محیط اسیدی و قلیایی بنویسید و موازنه کنید.  
پاسخ: فرمول واکنش پرمنگنات در محیط اسیدی به‌قرار زیر است:



فرمول واکنش پرمنگنات در محیط قلیایی به‌قرار زیر است:

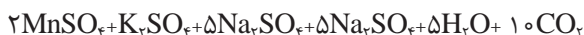


### فعالیت عملی ۱۳

#### سنجش حجمی اکسایش - کاهش

راهنمایی: مطابق روش کار گفته‌شده در کتاب درسی، استاندارد کردن محلول پتاسیم پرمنگنات با محلول سدیم اگزالات با رعایت تمامی نکات ایمنی، توسط گروه‌های مختلف هنرجویی به‌طور جداگانه انجام شود. در پایان، نرمالیت محلول پرمنگنات را به دست آورید. با مقایسه نتایج گروه‌های مختلف هنرجویی، بهترین گروه با ذکر دلیل انتخاب شود و مورد تشویق قرار گیرد.

واکنش سدیم اگزالات با پتاسیم پرمنگنات در محیط اسیدی به صورت زیر است:

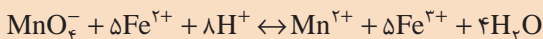


فرمول کلی واکنش سنجش حجمی فعالیت (۱۳ - ب) «اندازه‌گیری غلظت آهن موجود در نمونه با نمک مور» را نوشته، موازنه کنید.

پاسخ:



و به صورت یونی به صورت زیر نوشته می‌شود:



پرسش ۹



تحقیق کنید

۴



الف) چرا نباید محلول سدیم اگزالات اسیدی بجوشد؟  
ب) در ارتباط با میزان آهن موجود در مواد غذایی مختلف گزارشی تهیه کنید و در کلاس ارائه دهید.

پ) با مراجعه به تارنمای سازمان ملی استاندارد ایران، و تهیه استاندارد شماره



۵۵۰۹ (روش اندازه‌گیری مقدار آهن کل در غذاهای رژیمی)، کاربردهای عملی مربوط به این فصل را مشخص کنید.

**پاسخ:** الف) زیرا در صورت جوشیدن محلول سدیم‌اگزالات در محیط اسیدی، اگزالیک‌اسید تولیدشده طبق واکنش زیر تجزیه می‌شود و از مقدار اگزالات کم می‌شود.



ب) مواد غذایی شامل جگر، گوشت قرمز، ماهی، زرده تخم‌مرغ، سبزیجات دارای برگ‌های سبز تیره و پهن مثل اسفناج، حبوبات و میوه‌های خشک مخصوصاً برگه زردآلو و دانه‌های روغنی بهترین منابع خوراکی حاوی آهن هستند. مقدار آهن در ۱۰۰ گرم از مواد غذایی زیر عبارت است از:

جگر ۲۳ میلی‌گرم، دانهٔ کدو حلواپی ۱۵ میلی‌گرم، آجیل ۶/۱ میلی‌گرم، گوشت گاو و گوسفند ۳/۷ میلی‌گرم، حبوبات ۳/۷ میلی‌گرم و...

## آدرس های مفید مربوط به اسید – باز و اکسایش – کاهش

### **1- Title : A Chem1 General Chemistry Virtual Textbook on Matter and Measure.**

URL : <http://www.Chem1.com/acad/webtext/matmeasure/index.html> <http://www.chem1.com/acad/webtext/matmeasure/mm1.html>;  
<http://www.chem1.com/acad/webtext/matmeasure/mm2.html>;  
<http://www.chem1.com/acad/webtext/matmeasure/mm3.html>;  
<http://www.chem1.com/acad/webtext/matmeasure/mm4.html>;  
<http://www.chem1.com/acad/webtext/matmeasure/mm5.html>;

### **2- Title: Chemistry: The Science in Context**

URL: <http://www.wwnorton.com/chemistry/concepts/ch16.htm>

### **3- Title: Acids and Bases: Chemistry Online**

URL: [http://www.teachmetuition.co.uk/Chemistry/Acids\\_and\\_Bases/acids\\_and\\_bases.h](http://www.teachmetuition.co.uk/Chemistry/Acids_and_Bases/acids_and_bases.h)  
<http://antoine.frostburg.edu/chem/senese/101/acidbase/glossary.shtml>

### **4- Title: Ions and Equilibrium; Acids and Bases: Chapter 16: Foundations to Chemistry**

URL: <http://www.chem.ox.ac.uk/vrchemistry/chapter16/pag01.htm>

### **5- Title: Redox Titration Experiment**

URL: <http://www.chem.iastate.edu/group/Greenbowe/sections/projectfolder/flashfil>.  
<http://www.chemguide.co.uk/inorganic/redoxmenu.html#top>  
<http://www.chemguide.co.uk/physical/redoxeqia/combinations.html#top>  
<http://www.voyager.dvc.edu/~Iborowski/chem120index/Redox/RedoxIndex.htm>

### **6- Title: Equilibrium : Acids and Bases**

URL: <http://www2.ucdsb.on.ca/tiss/stretton/CHEM2/acidx.htm>  
<http://www.chemguide.co.uk/physical/acideqiamenu.html#top>

## ارزشیابی شایستگی تهیه محلول‌های استاندارد

<p><b>شرح کار:</b>                  چگونگی استفاده از تجهیزات آزمایشگاهی را بداند و کار سپرده شده را با دقت انجام دهد.                  هنگام کار مراقب باشد که وسایل صدمه نبیند.                  پس از انجام کار، وسایل را تمیز و سالم در حالت اولیه قرار دهد.</p>			
<p><b>استاندارد عملکرد:</b>                  تهیه محلول‌های نرمال، سنجش‌های حجمی «اسید و باز» و «اکسایش و کاهش» را طبق دستور کار انجام دهد.</p>			
<p><b>شاخص‌ها:</b>                  رعایت مسائل ایمنی حین کار                  انجام کار طبق دستورکار</p>			
<p><b>شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:</b>                  شرایط مکان: آزمایشگاه                  شرایط دستگاه: تمیز و آماده برای کار                  زمان: یک جلسه آموزشی                  ابزار و تجهیزات: لوازم آزمایشگاهی شیشه‌ای، انواع ترازو، pHسنج، گرم‌کن برقی</p>			
<p><b>معیار شایستگی:</b></p>			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	تهیه محلول‌های نرمال	۱	
۲	سنجش‌های حجمی اسید و باز	۲	
۳	سنجش‌های حجمی اکسایش و کاهش	۲	
۴			
	<p>شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش:                  ۱- ایمنی: انجام کار کارگاهی با رعایت موارد ایمنی و استفاده از وسایل ایمنی شخصی                  ۲- نگرش: صرفه‌جویی                  ۳- توجهات زیست‌محیطی: جلوگیری از صدمه زدن به محیط زیست از طریق انجام کار بدون ریخت و پاش                  ۴- شایستگی‌های غیرفنی: ۱- اخلاق حرفه‌ای ۲- مدیریت منابع ۳- محاسبه و کاربست ریاضی                  ۵- مستندسازی: گزارش‌نویسی</p>	۲	
	<p>میانگین نمرات</p>		
			*

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



## فصل دوم

### پیشگیری خوردگی در صنایع شیمیایی

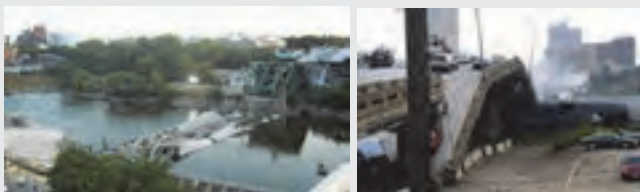


در این فصل هنرجویان با راهبردهای پیشگیری خوردگی در صنایع شیمیایی آشنا می‌شوند. آموزش این فصل به صورت تدریس نظری و عملی پیش‌بینی شده است. در این فصل کاربرد پیل‌های الکتروشیمیایی (مبانی پیل الکتروشیمیایی، عدد اکسایش، آند، کاتد، کترولیت، اکسایش و کاهش، موازنه واکنش‌ها)، انجام دادن برق کافت و روش‌های جلوگیری از خوردگی آموزش داده می‌شود. سپس به فراخور امکانات و تجهیزات موجود در هنرستان‌ها، فعالیت‌های عملی ساده و قابل اجرا آورده شده است. بنابراین لازم است که هنرآموزان محترم با تقسیم‌بندی هنرجویان کلاس به گروه‌های مختلف ۳ تا ۴ نفره و با آموزش و راهنمایی‌های دقیق گروه‌های دانش‌آموزی، به طور مستقیم در فرایند یاددهی و یادگیری مشارکت مؤثر داشته باشند. هنرآموزان گرامی توجه داشته باشند که در فرصت‌های یادگیری پیش‌بینی شده به شایستگی‌های غیرفنی این واحد یادگیری مانند اخلاق حرفه‌ای (وقت‌شناسی، حضور منظم و به موقع، انجام دادن وظایف و کارهای محول و پیروی از قوانین کارگاهی)، کار گروهی (حضور فعال در فعالیت‌های گروهی، انجام دادن کارها و وظایف محول) و مستندسازی (گزارش نویسی فعالیت‌های کارگاهی) توجه ویژه داشته باشند.

## مرحله ۱: به کارگیری مفاهیم خوردگی

فعالیت ساخت یافته ۱: بیان مفهوم خوردگی با استفاده از بحث گروهی و تصویر

به تصویرهای زیر نگاه کنید، به نظر شما این رویدادها چرا اتفاق می‌افتند؟ پاسخ: این فرایندها نتیجه پوسیده شدن و از بین رفتن قطعات در یک پدیده خودبه‌خودی طبیعی مخرب، در شرایط جوی و محیطی است.



بحث گروهی

۱



## فعالیت ساخت یافته ۲: معرفی محیط‌های خوردنده، آب، خاک، جو و گازهای خشک با کمک تصویر، تحقیق، پرسش

پرسش ۱



در سامانه‌هایی که آب در مدار بسته در گردش است مانند پکیج‌های گرمایی، خوردگی پس از مدتی متوقف می‌شود. علت را توضیح دهید.  
 پاسخ: در این سامانه‌ها به دلیل اینکه آب در مدار بسته گردش می‌کند، گازهای حل شده مانند  $O_2$  و  $CO_2$  مصرف می‌شوند و به همین دلیل عامل خوردگی از بین می‌رود و خوردگی متوقف می‌شود. اما در سامانه‌های باز که آب در تماس با هوا است این گازها به‌طور پیوسته در آب حل می‌شوند و خوردگی ادامه پیدا می‌کند.



خوردگی در خط لوله آب

تحقیق کنید

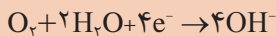
۱



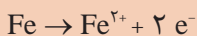
در زمینه تک‌تک عامل‌های مؤثر بر خوردگی فلزات در محیط‌های آبی تحقیق کنید و در کلاس ارائه دهید.

پاسخ:

**اکسیژن حل شده:** مهم‌ترین ویژگی برای خوردنده بودن آب، غلظت اکسیژن آن است، زیرا اکسیژن می‌تواند در واکنش کاتدی شرکت کند و به‌صورت زیر کاهش یابد:



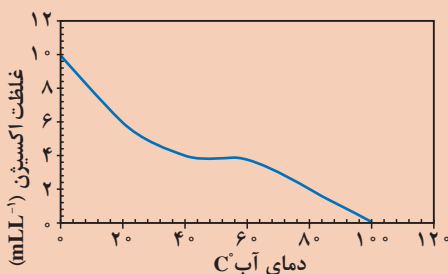
در این وضعیت اگر فلز در معرض خوردگی، آلیاژ بر پایه آهن باشد، آهن در نقش آند است و خورده می‌شود.



اگر آب فاقد اکسیژن باشد، معمولاً عامل اکسنده دیگری نخواهد داشت و در نتیجه انجام شدن واکنش کاتدی، مصرف الکترون و در نهایت فرایند خوردگی به این روش محدود می‌شود. در آب دریا اکسیژن حل شده عامل مهمی در

خوردگی فلزات در تماس با آب است. آب دریا با شوری متداول در تماس با جو، دارای مقدار اکسیژن حل شده متفاوتی است. جریان داشتن آب دریاها سبب تأمین اکسیژن لازم برای خوردگی می‌شود. در آب‌های سرشار از اکسیژن، مانند آب شبکه لوله‌کشی، اغلب سرعت خوردگی لوله‌های فولادی قابل توجه است. تأثیر اکسیژن در خوردگی را می‌توان در اجسامی که تنها قسمتی از آنها در آب غوطه‌ور است، مشاهده کرد. در این مورد شدیدترین حمله در مرز بین آب و هوا قرار دارد، که تفاوت غلظت اکسیژن در آن زیاد است رخ می‌دهد. این نوع خوردگی را خوردگی خط آب می‌نامند.

**دما:** بالا رفتن دما به مقدار  $10^{\circ}\text{C}$ ، سرعت واکنش‌های شیمیایی را دو برابر می‌کند. چون خوردگی عمدتاً یک واکنش شیمیایی بین فلز و محیط است، در نتیجه افزایش دما سبب بالا رفتن سرعت خوردگی می‌شود. از سوی دیگر افزایش دما می‌تواند باعث کاهش حل‌پذیری عوامل تشدیدکننده خوردگی مانند اکسیژن محلول در آب شود و سرعت خوردگی کاهش یابد. شکل زیر غلظت اکسیژن حل‌شده در آب را در دماهای مختلف نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، با افزایش دما، حل‌شدن اکسیژن در آب کاهش می‌یابد.



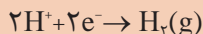
در بیشتر مواقع سرعت خوردگی آب در دماهای بالاتر حل‌پذیری اکسیژن در آب، کاهش می‌یابد. در سامانه‌های بسته آب گرم، این پدیده سبب می‌شود تا واکنش اکسیژن با سطح وسیع آهن (رادیاتورها، لوله‌ها) کاهش یابد. البته در سامانه‌های بسته به دلیل مصرف شدن اکسیژن خوردگی متوقف می‌شود. بهتر است اکسیژن محلول از سامانه خارج شود تا شدت خوردگی کمتر شود، این کار در سامانه‌های بسته صنعتی مانند تولید بخار توسط هوازداد<sup>۱</sup> صورت می‌گیرد.

**مقدار pH:** pH آب لوله‌کشی شهر حدود ۸ است و pH آب‌های شیرین طبیعی در محدوده ۴/۵-۸/۵ است. در pH‌های اسیدی خوردگی فلزات تشدید می‌شود،

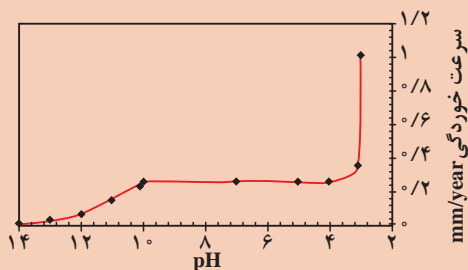
<sup>۱</sup>- Deaerator



زیرا محصولات خوردگی مانند اکسیدها، هیدروکسیدها و نمک‌های هیدروکسید که قادر به ایجاد پوشش محافظ در pH‌های بالاتر از ۷ می‌باشند، حل می‌شوند و در pH‌های پایین‌تر تشکیل نمی‌شوند. آلیاژهای فولاد کربنی در pH‌های پایین‌تر از ۴ حتی در نبود اکسیژن به مقدار قابل توجهی خورده می‌شود. در این شرایط یون‌های  $H^+$  می‌توانند طبق واکنش زیر در نقش عامل اکسنده عمل کنند.



سرعت خوردگی در گستره pH ۱۰-۴ ثابت است و توسط سرعت نفوذ اکسیژن کنترل می‌شود. در این گستره محصول خوردگی آهن (III) هیدروکسید است که روی سطح فولاد رسوب می‌کند که در نقش لایه محافظ عمل می‌کند و از سرعت خوردگی می‌کاهد. در pH‌های بیشتر از ۱۰، به دلیل تشکیل لایه محافظ  $Fe_3O_4$ ، سرعت خوردگی کاهش می‌یابد، اما در صورتی که فولاد به صورت دراز مدت در محیط قلیایی شدید قرار داشته باشد لایه  $Fe_3O_4$  با فلزات موجود واکنش می‌دهد و به فریت  $MFe_2O_4$  تبدیل می‌شود و در محل تشکیل فریت شکست رخ می‌دهد. شکل ۳ زیر اثر pH روی سرعت خوردگی آهن در آب شیرین هوادهی شده در دمای اتاق را نشان می‌دهد.



**نمک‌های معدنی حل شده در آب:** یون‌های غالبی که در آب یافت می‌شوند بیشتر شامل یون‌های کلسیم، منیزیم، بی‌کربنات، سولفات، کلرید و نیترات است. آهن و منگنز نیز ممکن است در حد چند ppm در آب یافت شود. یون کلرید بیشترین میزان مطالعات را در پدیده خوردگی به خود اختصاص داده است. یون کلرید مانند سایر یون‌ها سبب افزایش رسانایی الکتریکی محیط و نیز راحتی انتقال جریان‌های الکتریکی خوردگی می‌شود. این یون سبب کاهش کارایی فیلم‌های محافظتی تشکیل شده در سطح فلزات می‌شود. یون نیترات دارای ویژگی‌های مشابه یون کلرید است اما معمولاً غلظت آن در آب‌ها پایین است. یون سولفات نیز رفتاری مشابه کلرید به ویژه در مورد مواد ساخته شده از فولاد کربنی دارد. آب‌های دارای غلظت بالای سولفات به بتون حمله می‌کند

و همچنین نقش بسیار مهمی در خوردگی باکتریایی تحت شرایط بی‌هوازی ایفا می‌کند. آب دریا تنها الکترولیتی است که به‌صورت طبیعی حاوی غلظت بالایی از نمک‌های مختلف به‌ویژه سدیم کلرید است. به همین دلیل یکی از خورنده‌ترین محیط‌های طبیعی به حساب می‌آید. در آب تمیز اقیانوس‌های بزرگ، ترکیبات موجود در آب و شدت خوردگی آنها اندکی تغییر می‌کند. pH از ۸/۱ زیاد منحرف نمی‌شود و غلظت نمک آن حدود ۳/۵ درصد وزنی است که بیشتر آن NaCl می‌باشد.

آب‌های سخت خوردگی کمتری نسبت به آب‌های نرم دارند. وقتی غلظت نمک‌ها به اندازه کافی زیاد می‌شود، نمک‌ها به ویژه کلسیم کربنات رسوب می‌کنند و لایه محافظی روی سطح فلز ایجاد می‌کند که باعث کاهش خوردگی می‌شوند. لازم به ذکر است فلزاتی مانند سرب و آهن به علت سهولت تشکیل رسوب بر روی آنها نسبت به سایر فلزات، در آب‌های سخت کمتر خورده می‌شوند. در حالی که در آب‌های نرم امکان تشکیل چنین لایه‌ای کمتر وجود دارد.

**مواد آلی:** مواد آلی موجود در آب می‌تواند سبب خوردگی به شیوه‌های مختلف شود. این مواد به‌صورت ذرات معلق یا حل شده در آب وجود دارند و می‌توانند به‌صورت لایه‌های کم و بیش حجیم در مناطقی از آب که دارای سرعت جریان کم است، تجمع کنند. این لایه رسوب کرده می‌تواند مانند یک فیلم محافظ سبب کاهش سرعت خوردگی شود اما به‌صورت مزمن باعث افزایش سرعت خوردگی موضعی، یعنی خوردگی رسوبی<sup>۱</sup> می‌شود. در مورد لوله‌های در معرض گرما این لایه‌ها می‌توانند مانند عایق مانع انتقال حرارت به سیال مجاور شوند و سبب گداختگی یا به عبارتی داغ شدگی مازاد<sup>۲</sup> و به دنبال آن تشکیل ترک در ناحیه گداخته شده شوند.

**جلبک‌ها و باکتری‌ها:** رشد جلبک‌ها و باکتری‌ها سبب تغییر ترکیب شیمیایی محیط خورنده می‌شود. جلبک‌ها CO<sub>۲</sub> آب را مصرف می‌کنند و تولید O<sub>۲</sub> می‌کنند، در حالی که دیگر ریزاندامکان مانند باکتری‌ها اکسیژن مصرف می‌کنند. به‌علاوه برخی باکتری‌ها مانند باکتری‌های کاهنده سولفات<sup>۳</sup>، یون سولفات موجود در محیط را کاهش می‌دهند و در نقش کاتد باعث خوردگی موضعی در نقاطی که غلظت اکسیژن کم و غلظت یون سولفات بالا است، شوند. **شدت جریان آب:** شدت جریان آب روی خوردگی تأثیر می‌گذارد. این عامل

۱- Deposition Corrosion

۲- Over Heating

۳- Sulfate Reducer Bacteria

یک عامل مهم در طراحی و خوردگی سازه‌های فلزی دریایی است. با افزایش شدت جریان آب، سرعت خوردگی نیز افزایش می‌یابد. در قسمت‌هایی از بدنه کشتی‌ها که در تماس با شدت جریان بالا و آشفته آب دریا قرار دارند، خوردگی بیشتری مشاهده می‌شود.

تحقیق کنید

۲



در زمینه طبقه‌بندی خوردگی جوی و طبقه‌بندی جوها بر حسب شدت خوردگی آنها، تحقیق کنید و در کلاس ارائه دهید.

پاسخ: خوردگی جوی را می‌توان به سه دسته طبقه‌بندی کرد:

الف) خوردگی خشک<sup>۱</sup>

ب) خوردگی مرطوب<sup>۲</sup>

ج) خوردگی نمناک<sup>۳</sup>

در خوردگی خشک رطوبت وجود ندارد و در نتیجه خوردگی وابسته به حضور آب در واکنش خوردگی نیست. به عنوان مثال، در هوای خشک، بیشتر فلزات تشکیل فیلم اکسیدی می‌دهند. در حضور مقدار جزئی آلاینده‌هایی مانند اکسیدهای گوگرد، روی سطح فلزاتی نظیر مس و نقره و یا غیرفلزات فیلمی تشکیل می‌شود. به این فرایند تارشدگی<sup>۴</sup> می‌گویند. تارشدگی نقره بسیار معروف است. نقره با اکسیژن و گوگرد ترکیب شده، اکسید یا سولفید نقره ایجاد می‌کند که رنگ تیره دارند.

خوردگی مرطوب تنها زمانی رخ می‌دهد که رطوبت نسبی به ۷۰٪ برسد که به عنوان مقدار بحرانی برای شروع خوردگی در نظر گرفته می‌شود. لایه ایجادشده از آب بر روی سطح، بسیار نازک است و با چشم دیده نمی‌شود. ترکیب شیمیایی سطح فلز، ذرات نمک و گرد و غبار بر روی مقدار خوردگی تأثیر می‌گذارد. خوردگی نمناک، شکل غالب خوردگی جوی است که در آن لایه‌های آب روی سطح فلز تشکیل می‌شود. در هوای بارانی و یا هنگام نقطه شبنم، زمانی که حجم آب زیاد است این لایه ضخیم می‌شود و با چشم قابل مشاهده است.

۱\_ Dry Corrosion

۲\_ Dampening Corrosion

۳\_ Wet Corrosion

۴\_ Tarnishing

## طبقه‌بندی جوها بر حسب شدت خوردگی آنها:

جوها بر حسب شدت خوردنده بودن به صورت زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

۱- **جو روستایی**<sup>۱</sup>: این نوع جو معمولاً به علت کم بودن آلودگی‌های شیمیایی دارای کمترین میزان خوردگی است. این جو دارای ذرات ریز آلی و معدنی است. مهم‌ترین گونه‌های خوردنده عبارت‌اند از: رطوبت، اکسیژن، کربن دی‌اکسید و مقدار کم  $SO_2$  و یون کلرید.

۲- **جو شهری**<sup>۲</sup>: این نوع جو مشابه جو روستایی است و دارای فعالیت صنعتی اندکی است اما نسبت به جو روستایی عوامل آلاینده از نوع  $SO_2$  و  $NO_2$  که از طریق وسایل نقلیه و نیز وسایل گرمایش خانگی تولید می‌شوند در آن بیشتر است و به همین دلیل از جو روستایی خوردنده‌تر است.

۳- **جو صنعتی**<sup>۳</sup>: این نوع جو با صنایع و فرایندهای صنعتی در ارتباط است و بسته به نوع صنعت، میزان و نوع آلودگی آن متغیر است. این نوع جو دارای آلاینده‌هایی نظیر گوگرد دی‌اکسید، کلریدها، نیترات‌ها، فسفات‌ها است. سرعت نشت  $SO_2$  در این جوها اغلب زیاد است. از لحاظ خوردگی، جوهای صنعتی اغلب محدوده معینی دارند و بیشتر به همان منطقه صنعتی و یا حتی به فواصل خیلی نزدیک دودکش‌ها محدود می‌شوند.

۴- **جو دریایی**<sup>۴</sup>: در این نوع جو علاوه بر آلاینده‌هایی مانند اکسیدهای گوگرد که نام برده شد، حاوی قطرات ریز حاصل از پخش آب دریا با غلظت بالای نمک که توسط باد از سطح دریا در هوا پخش می‌شود و همچنین حاوی یون کلرید (به صورت بلورهای سدیم کلرید) است که می‌توانند روی سطوح رسوب کنند. جو دریایی غالباً بسیار خوردنده است و شدت خوردگی به میزان قابل ملاحظه‌ای به مسیر و سرعت باد و فاصله از ساحل وابسته است.

۳- **فعالیت ساخت یافته**<sup>۳</sup>: مقایسه محیط‌های مختلف خوردنده در سرعت خوردگی قطعات آهنی به صورت عملی

### فعالیت عملی ۱

#### مقایسه محیط‌های خوردنده در خوردگی قطعات آهنی

**راهنمایی:** خوردگی فلزات در محیط آب‌های طبیعی (آب‌های سطحی، آب رودخانه، دریا و چاه) بستگی زیادی به کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب دارد. از جمله عامل‌های مهم رسانایی الکتریکی آب، pH، غلظت و نوع نمک‌ها و گازهای موجود در آب و مسائل رسوب‌گذاری ناشی از این عوامل هستند.

۱- Rural

۲- Urban

۳- Industrial

۴- Marine

تأثیر نمک‌های محلول در آب‌های طبیعی به نوع و غلظت آنها بستگی دارد. حضور برخی از یون‌ها نظیر  $\text{SO}_4^{2-}$  سبب تشدید خوردگی و یون‌هایی مثل کربنات، بی‌کربنات و کلسیم سبب کاهش خوردگی می‌شوند. خواص خوردگی و یا بازدارندگی یون‌ها علاوه بر نوع آنها به غلظت یون نیز بستگی دارد. غالباً مقدار یون‌هایی که خاصیت بازدارندگی دارند باید بیش از مقدار اکسیژن حل شده در محلول باشد تا سرعت واکنش کاتدی کاهش اکسیژن کاهش یابد. اما یون‌هایی مثل کربنات، قادرند با تشکیل رسوب کلسیم کربنات، سرعت خوردگی را کم کنند. وقتی یک ترکیب یونی مثل NaCl در آب حل می‌شود شبکه بلوری آن متلاشی می‌شود و یون‌های سازنده بلور در محلول پراکنده می‌شوند. اما باز هم بین این یون‌ها جاذبه وجود دارد که موجب می‌شود یون‌ها در محلول الکترولیت کاملاً مستقل نباشند. «جفت یون» نامی است که به این یون‌ها در محلول الکترولیت داده شده است. با توجه به اینکه محلول سدیم کلرید نقش حامل را دارد، بنابراین با افزایش غلظت این نمک انتظار می‌رود که در سامانه‌آبی به علت برخوردهای بیشتر، خوردگی افزایش یابد. باید دقت کرد که در اغلب موارد چنانچه غلظت محیط خورنده از حد مشخصی کمتر باشد، خود باعث تشدید خوردگی می‌شود. اگرچه به ندرت مشاهده شده است که، افزایش زیاد غلظت، سبب افزایش خوردگی می‌شود. به‌طور کلی در بعضی از آزمایش‌ها خطاهایی دیده شده است که شاید به خاطر محیط واکنش، تمیز نبودن لوله آزمایش باشد. همچنین اثر دما مؤثر است. تمیزی یا عدم تمیزی قطعات نیز می‌تواند در بروز این خطاها مؤثر باشد.

## پرسش ۲



عوامل مؤثر بر سرعت خوردگی را نام ببرید.

پاسخ: با توجه به اینکه میزان خورده شدن یک جسم در محیط خورنده به مدت زمان تماس آن با محیط خورنده بستگی دارد، بنابراین خوردگی را به وسیله سرعت خوردگی که در آن تأثیر زمان نیز لحاظ شده است، بیان می‌کنند. میزان خورده شدن یک جسم در یک محیط به سطح تماس آن بستگی دارد (با افزایش سطح تماس خوردگی افزایش می‌یابد)، بنابراین، بیان سرعت خوردگی برحسب میزان کاهش وزن بر واحد سطح در واحد زمان، تأثیر سطح را بهتر نشان می‌دهد.

## تحقیق کنید

۳



ارائه گزارش‌های خوردگی باید شامل چه جزئیاتی باشد؟ در این باره تحقیق کنید و در کلاس ارائه دهید.

پاسخ: گزارش ارائه شده توسط هنرجویان، باید شامل موارد زیر باشد:

۱- ترکیب شیمیایی، منبع تهیه

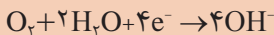
- ۲- روش آماده‌سازی سطح نمونه
- ۳- اندازه و شکل، مساحت و وزن نمونه
- ۴- تعداد نمونه‌های استفاده شده در هر آزمایش
- ۵- ترکیب شیمیایی و روش آماده‌سازی محیط آزمایش، درجه خلوص مواد مورد استفاده، pH و روش هوادهی یا هواگیری
- ۶- دمای آزمایش، روش کنترل دما و حدود کنترل
- ۷- مدت زمان آزمایش و تغییراتی که در روش آزمایش به‌طور اتفاقی یا عمدی رخ داده است.
- ۸- روش اندازه‌گیری تغییرات جرم در اثر خوردگی و تغییرات ایجاد شده در اندازه نمونه
- ۹- ثبت تغییرات جرمی
- ۱۰- محاسبه سرعت خوردگی
- ۱۱- تجزیه و تحلیل جزئیات مشاهده شده در هنگام آزمایش
- ۱۲- بحث و بررسی در مورد چگونگی جلوگیری از خوردگی و یا کاهش اثرات آن

### پرسش ۳



الف) در هر مورد علت اصلی خوردگی را مشخص کنید و واکنش‌های مربوط را بنویسید.

ب) تفاوت‌های عمده بین بشرها را مشخص کنید.  
 پ) کدام روش برای حفاظت از قطعه آهنی در مقابل خوردگی مناسب‌تر است؟  
 ت) با مقایسه لوله‌های ۱ و ۲ تأثیر اکسیژن محلول را بر خوردگی توضیح دهید.  
 پاسخ: در عمل انتظار می‌رود نتایج زیر به دست آید:  
 الف) در بشرهای ۱، ۴، ۵ و ۶: مهم‌ترین ویژگی برای خورنده بودن آب، غلظت اکسیژن آن است، زیرا اکسیژن می‌تواند در واکنش کاتدی شرکت کند و به صورت زیر کاهش یابد:



آهن در نقش آند است و خورده می‌شود.



ب) بشر شماره ۲ آب جوشیده فاقد اکسیژن حل شده است و اگر آب فاقد اکسیژن باشد، معمولاً عامل اکسنده دیگری نخواهد داشت و در نتیجه انجام شدن واکنش کاتدی، مصرف الکترون و در نهایت فرایند خوردگی به این روش محدود می‌شود. یون‌هایی مثل کربنات، بی‌کربنات و کلسیم سبب کاهش خوردگی می‌شوند. خواص خوردگی و یا بازدارندگی یون‌ها علاوه بر نوع آنها به غلظت یون نیز بستگی دارد. غالباً مقدار یون‌هایی که خاصیت بازدارندگی دارند باید بیش از مقدار اکسیژن حل شده

در محلول باشد تا سرعت واکنش کاتدی کاهش تا اکسیژن کاهش یابد. اما یون‌هایی مثل کربنات، قادرند با تشکیل رسوب کلسیم کربنات، سرعت خوردگی را کم کنند. پس، در بشر شماره ۳ حاوی آب مقطر، نسبت به بشر شماره ۲ خوردگی بیشتر است.

در بشر ۶، علاوه بر اکسیژن حل شده، محلول سدیم کلرید هم وجود دارد، با توجه به اینکه محلول سدیم کلرید نقش حامل را دارد، بنابراین با افزایش غلظت این نمک انتظار می‌رود که در سامانه آبی به علت برخوردهای بیشتر، خوردگی افزایش یابد.

پ) در بشر ۲ آب جوشیده عاری از اکسیژن است.  
ت) در قسمت ب پاسخ داده شد

**فعالیت ساخت یافته ۴:** بررسی اثر pH بر خوردگی قطعات آهنی با استفاده از آزمون غوطه‌وری به صورت عملی

## فعالیت عملی ۲

### اثر pH آب بر خوردگی قطعات آهنی

**راهنمایی:** برای اغلب فلزها و آلیاژها آب خالص محیط چندان خورنده‌ای نیست، با این حال گازهای محلول در آب و یون‌های موجود در آن، محیط مناسبی را برای وقوع واکنش‌های الکتروشیمیایی فراهم می‌کند. آب معمولاً حاوی اجزائی است که پذیرنده الکترون هستند و بنابراین شرایط لازم برای انجام شدن واکنش خوردگی را فراهم می‌کنند. این اجزاء عبارت‌اند از: اکسیژن حل شده و یون‌های هیدروژن که با هم بر خوردگی فلزات در آب تأثیر گذارند. تغییر pH که با تغییر غلظت یون هیدرونیوم همراه است بر سرعت خوردگی تأثیر می‌گذارد. در آب خالص با pH برابر با ۷ غلظت  $H^+$  با غلظت  $OH^-$  برابر است و بنابراین محیط خنثی است. اما در محیط‌های اسیدی ( $pH < 7$ ) که غلظت یون  $H^+$  بیشتر از غلظت یون  $OH^-$  و یا در محیط‌های قلیایی ( $pH > 7$ ) غلظت یون  $OH^-$  بیشتر از غلظت یون  $H^+$  است، سرعت خوردگی تابع غلظت  $H^+$  و بنابراین تحت تأثیر pH است. به طوری که در یک pH معین، یک فلز می‌تواند پایدار باشد و با تغییر pH دچار اکسایش شود.

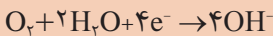
**تفاوت محیط‌های خنثی و اسیدی:** خوردگی فلزات در محیط‌های خنثی و اسیدی دارای دو اختلاف عمده می‌باشد. اول آنکه در محیط خنثی عمده‌ترین واکنش کاتدی، احیاء اکسیژن محلول و تولید یون هیدروکسید می‌باشد، در حالی که این واکنش در محیط‌های اسیدی، واکنش احیاء هیدروژن، به گاز هیدروژن است. دوم آنکه در حالت خنثی سطح فلز از فیلم‌های اکسیدی، هیدروکسیدها، یا نمک‌های کم محلول پوشیده



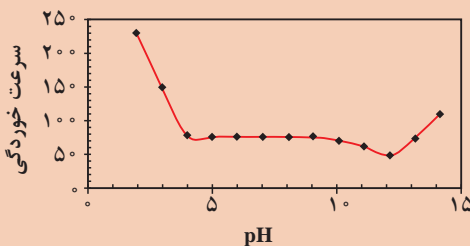
می‌شود ولی در محیط‌های اسیدی این اکسیدها محلول می‌باشند. به دلیل این اختلاف مکانیسم، بازدارنده‌های محیط‌های خنثی و اسیدی از یکدیگر متمایزند. اساس محافظت و بازدارندگی در محیط‌های خنثی، ایجاد ترکیبات پایدار روی سطح فلز می‌باشد.

الف) آیا تغییر رنگی در محلول‌ها و یا قطعات آهنی دیده می‌شود؟  
 ب) نمودار اختلاف جرم آهن را برحسب pH پس از گذشت ۴ ساعت و یک هفته رسم کنید.  
 پ) نمودار سرعت خوردگی آهن را برحسب pH پس از گذشت ۴ ساعت و یک هفته رسم کنید. با توجه به محاسبات سرعت خوردگی در فعالیت آزمایشگاهی ۱، چه تفاوتی در نمودار مشاهده می‌شود؟ چرا؟  
 ت) چرا نمودار سرعت خوردگی آهن برحسب pH هنگامی که واکنش در ظرف در باز یا در بسته انجام شود، متفاوت خواهد بود؟  
 ث) نمودار تغییرات سرعت خوردگی برحسب pH چگونه است؟  
 پاسخ:

از الف تا پ) با توجه به نتایج به دست آمده از فعالیت عملی باید پاسخ داده شود  
 ت) با ورود هوا به ظرف در باز، اکسیژن می‌تواند در واکنش کاتدی شرکت کند و به صورت زیر کاهش یابد و خوردگی را افزایش دهد:



ث) مطابق شکل زیر، بررسی‌های به عمل آمده در مورد فولاد معمولی نشان می‌دهند که سرعت خوردگی با افزایش pH تا ۴ کاهش می‌یابد و پس از آن در محدوده pH ۴ الی ۹ ثابت می‌شود. سپس با افزایش بیشتر pH، سرعت خوردگی کاهش می‌یابد و در pH برابر ۱۲ به کمترین مقدار خود می‌رسد و پس از آن دوباره افزایش می‌یابد. در واقع می‌توان گفت در محیط‌های اسیدی قوی، اکسید آهن سطحی حل می‌شود و خوردگی در سطح بدون اکسید آهن پیش می‌رود. کاهش سرعت خوردگی در گستره pH ۹ تا ۱۲ ناشی از افزایش سرعت واکنش  $O_2$  با آهن و تشکیل پوسته اکسیدی محافظ در سطح فلز است



که سبب کاهش خوردگی می‌شود. در pH بزرگ‌تر از ۱۲، در اثر تبدیل لایه محافظ اکسیدی به فریت‌ها خوردگی افزایش می‌یابد.



## مرحله ۲: به کارگیری پیل‌های الکتروشیمیایی

**فعالیت ساخت یافته ۵:** بیان مفاهیم الکتروشیمی، پیل‌های الکتروشیمیایی، آند، کاتد، محلول الکترولیت و پیل گالوانیک یا ولتایی با کمک پرسش و تصویر

پرسش ۵



دلیل اصلی جداگانه نگه‌داشتن دو محلول مس سولفات و روی سولفات چیست؟ پاسخ: در حالتی که میله‌ای از جنس روی در محلول مس سولفات قرار می‌گیرد، به دلیل تماس مستقیم فلز روی با یون‌های مس، انرژی آزاد شده واکنش به صورت گرما تلف می‌شود در حالی که اگر این واکنش در دو ظرف جداگانه رخ دهد و الکترون‌های آزاد شده در آند از راه مدار خارجی به کاتد برسد می‌توان یک پیل الکتروشیمیایی را طراحی کرد که انرژی گرمایی آزاد شده از واکنش به الکتریسیته تبدیل شود.

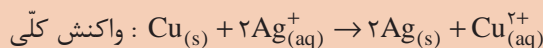
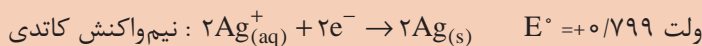
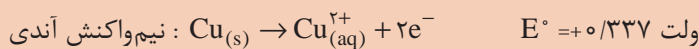
**فعالیت ساخت یافته ۶:** بیان مفاهیم پتانسیل کاهش استاندارد، الکترومد مرجع هیدروژن، نیم‌واکنش کاتدی و آندی، با کمک مثال، تمرین، تصویر و پرسش

تمرین ۱

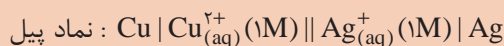


با توجه به پتانسیل‌های کاهش استاندارد (جدول ۱)، نیم‌واکنش‌ها، واکنش کلی، نیروی محرکه پیلی با الکترودهای مس و نقره در شرایط استاندارد را مشخص کنید.

**پاسخ:** پتانسیل کاهش مس و نقره به ترتیب  $+0/۳۳۷$  و  $+0/۷۹۹$  است. چون پتانسیل کاهش نقره از مس بیشتر است پس الکترومد نقره کاتد و الکترومد مس آند است.

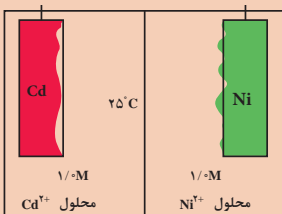


$$E_{\text{cell}}^{\circ} = E_{\text{c}}^{\circ} - E_{\text{a}}^{\circ} \rightarrow E_{\text{cell}}^{\circ} = 0/۷۹۹ - (+0/۳۳۷) = +0/۴۶۲ \text{ ولت}$$



فعالیت ساخت یافته ۷: بیان رابطه نیروی محرکه پیل و غلظت گونه ها با استفاده از معادله نرنست با ذکر مثال و تمرین

تمرین ۲

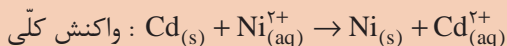
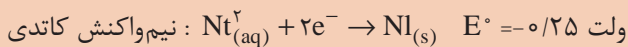
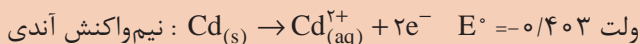


شکل روبه‌رو پیل گالوانی را نشان می‌دهد. کاتد، آند، نیم‌واکنش‌های کاتدی و آندی، واکنش کلی، نیروی محرکه پیل و نماد پیل را مشخص کنید.

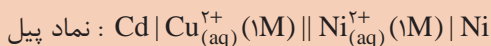
پاسخ: با توجه به جدول پتانسیل کاهش

استاندارد داریم:  $E_{Cd}^{\circ} < E_{Ni}^{\circ}$  پس در الکترو

کادمیم واکنش اکسایش و الکترو نیکل واکنش کاهش انجام می‌دهد. کادمیم آند یا قطب منفی و نیکل کاتد یا قطب مثبت است.



ولت  $E_{cell}^{\circ} = E_c^{\circ} - E_a^{\circ} \rightarrow E_{cell}^{\circ} = -0.25 - (-0.403) = +0.153$  : نیروی محرکه پیل



تمرین ۳



پتانسیل کاهش الکترو حاصل از قرار گرفتن یک قطعه پلاتین در محلولی که غلظت یون‌های  $Fe^{2+}$  و  $Fe^{3+}$  به ترتیب برابر  $2/10$  و  $0.2/10$  مولار است در دمای  $25^{\circ}C$  چقدر است؟  
پاسخ:



$$E = E^{\circ} - \frac{0.0592}{n} \log Q$$

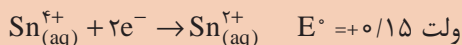
$$\rightarrow E = E^{\circ} - \frac{0.0592}{n} \log \left[ \frac{[Fe^{2+}]}{[Fe^{3+}]} \right] = +0.771 - \frac{0.0592}{1} \log \frac{2/10}{0.2/10}$$

ولت  $= +0.653$

تمرین ۴



اگر پتانسیل کاهش الکتروود (مولار ۰/۰۰۱) و  $\text{Sn}^{2+}$  (مولار x) در دمای  $25^\circ\text{C}$  برابر ۰/۲۰۹۱۶ ولت باشد، غلظت یون‌های  $\text{Sn}^{4+}$  در این شرایط چقدر است؟  
پاسخ:



$$E = E^\circ - \frac{0/0592}{n} \log Q \rightarrow 0/20916 = E^\circ - \frac{0/0592}{n} \log \frac{[\text{Sn}^{2+}]}{[\text{Sn}^{4+}]}$$

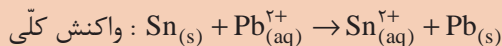
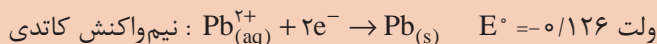
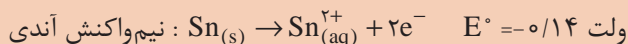
$$= +0/15 - \frac{0/0592}{2} \log \frac{0/001}{[\text{Sn}^{4+}]}$$

$$\rightarrow [\text{Sn}^{4+}] = 0/1 \text{ مولار}$$

تمرین ۵



نیروی محرکه پیل زیر را در دمای  $25^\circ\text{C}$  مشخص کنید:  
پاسخ:



$$\text{ولت } E_{\text{cell}}^\circ = E_c^\circ - E_a^\circ \rightarrow E_{\text{cell}}^\circ = -0/126 - (-0/14) = +0/014$$

$$E_{\text{Cell}} = E_{\text{Cell}}^\circ - \frac{0/0592}{n} \log Q = E_{\text{Cell}}^\circ - \frac{0/0592}{n} \log \frac{[\text{Sn}^{2+}]}{[\text{Pb}^{2+}]}$$

$$= +0/014 - \frac{0/0592}{2} \log \frac{1}{0/001}$$

$$\text{ولت } = -0/0748$$

## فعالیت عملی ۳

### اثر ناخالصی‌های فلزی بر خوردگی قطعات آهنی

راهنمایی: عوامل شیمیایی و ناخالصی‌های فلزی موجود در محیط همواره نقش اصلی در تسریع یا جلوگیری از خوردگی ایفا می‌کنند. از این رو اطلاع از تأثیر محیط‌های مختلف و بررسی اثرات آنها بر روی خوردگی، می‌تواند در کنترل آن و حفاظت از سازه‌های فلزی مؤثر باشد. از آنجا که بیشتر سازه‌های احداث شده از جنس آهن هستند، در این آزمایش تأثیر عوامل بسیار ساده و عمده طبیعی مثل ناخالصی‌های فلزی عمده نظیر سرب، مس، روی و قلع بر روی خوردگی آهن مورد بررسی قرار می‌گیرد.

هرچه قدر اختلاف پتانسیل شیمیایی بین دو ماده در حال واکنش بیشتر باشد، خوردگی بیشتر می‌شود.

پرسش ۶



الف) در هر مورد علت اصلی خوردگی را مشخص کنید و واکنش‌های مربوطه را بنویسید.

ب) در کدام مورد پیل الکتروشیمیایی تشکیل می‌شود؟

پ) آند و کاتد را در موارد تشکیل پیل مشخص کنید.

ت) تفاوت‌های عمده بین بشرها را مشخص کنید.

ث) کدام روش برای حفاظت از قطعه آهنی در مقابل خوردگی مناسب‌تر است؟

ج) واکنش رخ داده در بشرهای ۲ و ۳ را با هم مقایسه کنید.

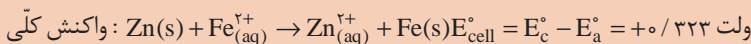
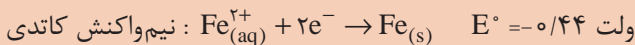
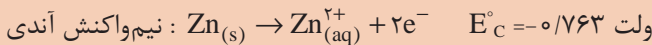
چ) سرعت خوردگی را در هر مورد محاسبه کنید.

پاسخ:

الف تا ج):

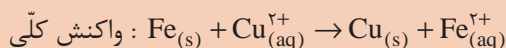
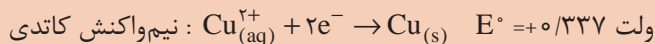
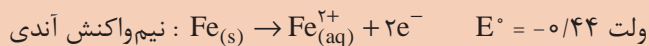
بشر ۱: اگر روی خراشیده شود و آهن در مجاورت محلول الکترولیت داخل بشر

قرار گیرد برای پیل گالوانیکی Zn/Fe واکنش‌های زیر اتفاق می‌افتد:

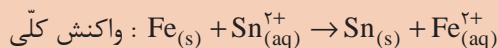
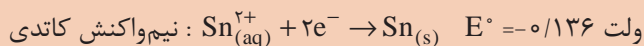
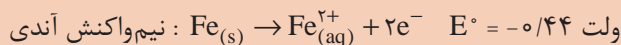


پس آهن حفاظت می‌شود.

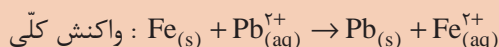
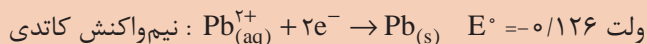
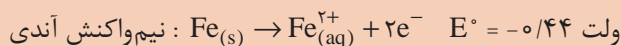
بشر ۲: برای پیل گالوانیکی Cu/Fe



ولت  $E^\circ_{cell} = E^\circ_c - E^\circ_a \rightarrow E^\circ_{cell} = +0/337 - (-0/44) = +0/777$  نیروی محرکه پیل  
در بشر ۳



ولت  $E^\circ_{cell} = E^\circ_c - E^\circ_a \rightarrow E^\circ_{cell} = -0/136 - (-0/44) = +0/204$  نیروی محرکه پیل



ولت  $E^\circ_{cell} = E^\circ_c - E^\circ_a \rightarrow E^\circ_{cell} = -0/126 - (-0/44) = +0/214$  نیروی محرکه پیل  
در هر دو مورد آهن آند است و خورده می‌شود. در تمام حالت‌ها آند خورده می‌شود و کاتد حفاظت می‌شود.

روکش فلز روی برای حفاظت از آهن در برابر خوردگی مناسب‌تر است.  
(چ سرعت خوردگی براساس نتایج کار عملی محاسبه گردد.)



در مورد انواع خوردگی تحقیق کنید و در کلاس ارائه دهید.  
پاسخ: قبل از دسته‌بندی انواع خوردگی لازم است که انواع حمله‌های خوردگی معرفی شود.

حمله‌های خوردگی به فلزات می‌تواند یکنواخت<sup>۱</sup> و موضعی (غیریکنواخت) باشد:  
**الف) حمله خوردگی یکنواخت:** زنگ‌زدن سازه‌های فولادی در جو مثالی از این نوع خوردگی است که به صورت یکنواخت سطح کل قطعه دچار خوردگی می‌شود. حفاظت از این نوع خوردگی به مراتب راحت‌تر از خوردگی غیریکنواخت است. در این خوردگی می‌توان با دانستن سرعت خوردگی و افزایش ضخامت بدنه تأثیرات خوردگی را تا پایان عمر سازه در نظر گرفت. اگر ضخامت مورد نیاز فلز برای یک سازه ۱۰ میلی‌متر و سرعت خوردگی ۰/۰۱ میلی‌متر در سال باشد و عمر سازه ۲۰ سال تعریف شود، کافی است که ضخامت فلز سازه را ۲ میلی‌متر افزایش دهیم تا در صورت وجود خوردگی یکنواخت استحکام سازه حفظ شود به این افزایش مجال خوردگی<sup>۲</sup> گفته می‌شود.

**ب) حمله غیریکنواخت:** در این نوع خوردگی خسارات به صورت موضعی رخ می‌دهند و گرچه کل سازه سالم است، اما در یک نقطه دچار خوردگی شده است. حفاظت از این نوع خوردگی سخت‌تر است و خسارات بیشتری ایجاد می‌کند.  
فرایندهای خوردگی در حالت کلی می‌تواند به چهار نوع تقسیم‌بندی شوند:  
۱- خوردگی شیمیایی ۲- خوردگی الکتروشیمیایی ۳- خوردگی بیوشیمیایی ۴- خوردگی مکانیکی

**خوردگی شیمیایی:** این نوع خوردگی بدون انتقال الکترون بین سامانه مورد نظر و محیط خورنده انجام می‌شود. در خوردگی شیمیایی اگر محیط خورنده، گاز باشد، خوردگی حاصل را گاهی خوردگی خشک هم می‌نامند و اگر محیط خورنده، مایع باشد، خوردگی تر و یا الکتrolیتی نامیده می‌شود. خورده شدن سرامیک‌ها در محیط‌های شیمیایی مانند محیط‌های اسیدی مثالی از این نوع خوردگی است.

**خوردگی الکتروشیمیایی:** خوردگی الکتروشیمیایی با آزاد شدن یون‌ها در محیط و حرکت الکترون‌ها در ماده همراه است و این پدیده زمانی رخ می‌دهد که در محیط، یون‌ها و موادی حضور دارند که هادی الکترون باشند. مثال این فرایند خوردگی فلزها در محیط آبی است که اتم‌های سطح فلز به صورت یونی وارد محلول می‌شوند و الکترون‌ها از فلز به جایی منتقل می‌شوند که بتوانند مصرف شوند (در واقع تشکیل پیل الکتروشیمیایی). پیل‌های الکتروشیمیایی خوردگی از لحاظ اندازه و وسعت به صورت زیر تقسیم می‌شوند: پیل‌های خوردگی میکرو

۱- Uniform

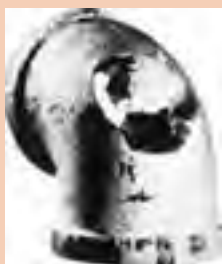
۲- Corrosion allowance

که سطح اندکی در آن خورده می‌شوند. این پیل‌ها باعث خوردگی موضعی می‌شوند. پیل‌های خوردگی نیمه‌میکرو که نقاط متعدد و جدا از هم را تحت تأثیر قرار می‌دهد. این نوع پیل نیز باعث خوردگی موضعی اما در مساحت زیاد می‌شوند و پیل‌های خوردگی ماکرو که در سطح وسیعی باعث خوردگی می‌شود. این نوع پیل باعث خوردگی یکنواخت می‌شوند.

**خوردگی بیوشیمیایی:** هرگاه انجام شدن یکی از مراحل واکنش خوردگی وابسته به حضور ریزاندامکان باشد، خوردگی حاصل را بیوشیمیایی می‌گویند. حضور ریزاندامکان مثل باکتری‌ها باعث خوردگی در فلزاتی نظیر آهن و فولاد می‌شود که اغلب در عمق خاک و در حضور آب و به صورت بی‌هوازی انجام می‌شود.

**خوردگی مکانیکی:** این نوع خوردگی را می‌توان به دو صورت سایشی<sup>۱</sup> و فرسایشی<sup>۲</sup> تقسیم‌بندی کرد.

**خوردگی سایشی:** حرکت نسبی بین یک مایع خورنده و سطح فلز می‌تواند باعث ایجاد نوع دیگری از خوردگی شود که آن را خوردگی سایشی می‌نامند. در این نوع خوردگی سطح فلز در اثر حرکت مایع خورنده دچار سایش و خوردگی می‌شود، افزایش سرعت نسبی حرکت مایع نسبت به سطح فلز باعث افزایش میزان سایش و خوردگی می‌شود. به دلیل حرکت مایع خورنده، یون‌های فلزی حاصل از خوردگی در سطح فلز باقی نمی‌ماند و همین باعث تشدید خوردگی می‌شود. حرکت پیوسته آب باعث خوردگی در دیواره داخلی یک لوله آب می‌شود.



وجود گازهای حل شده خورنده مانند اکسیژن و کلر و وجود ذرات جامد معلق و ترکیدن حباب‌های بخارات و گازهای حل شده ناشی از افزایش دما یا کاهش فشار در سیال سرعت خوردگی را افزایش می‌دهند. سرعت خوردگی سایشی به عوامل مختلفی از قبیل ماهیت سیال، سرعت سیال، دما و شکل هندسی سازه بستگی دارد. شکل زیر یک زانویی را که در معرض خوردگی سایشی قرار گرفته است، نشان می‌دهد.

**خوردگی فرسایشی:** این نوع خوردگی بین دو فلز در حال لغزش و ارتعاش اتفاق می‌افتد و به صورت حفره و شیارهایی ظاهر می‌شود. این نوع خوردگی حالت خاصی از خوردگی سایشی است که در این حالت به جای سیال خورنده، یک قطعه دیگر باعث خوردگی می‌شود. این نوع خوردگی در اجزای موتورها و قطعات خودرو و اجزائی که به هم متصل شده‌اند به وفور مشاهده می‌شود.

۱\_ Erosion Corrosion

۲\_ Fretting Corrosion

**فعالیت ساخت یافته ۸:** بیان اساس کار پیل برق کافت با کمک تصویر اساس کار پیل برق کافت با کمک مثال‌ها و تصویرهای مختلف بیان شود.

**فعالیت ساخت یافته ۹:** مقایسه پیل برق کافت و گالوانی با کمک مثال، تصویر و پرسش

## فعالیت عملی ۴

### مقایسه پیل‌های گالوانی و برق کافت

**راهنمایی:** دلیل اصلی جداگانه نگهداشتن دو محلول مس سولفات و روی سولفات در پیل‌های گالوانی این است که، در حالتی که میله‌ای از جنس روی در محلول مس سولفات قرار می‌گیرد، به دلیل تماس مستقیم فلز روی با یون‌های مس، انرژی آزادشده واکنش به صورت گرما تلف می‌شود در حالی که اگر این واکنش در دو ظرف جداگانه رخ دهد و الکترون‌های آزادشده در آند از راه مدار خارجی به کاتد برسد می‌توان یک پیل الکتروشیمیایی را طراحی کرد که انرژی گرمایی آزادشده از واکنش به الکتریسیته تبدیل شود.

پرسش ۷

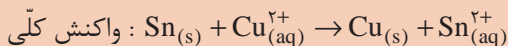
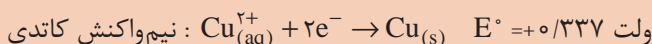
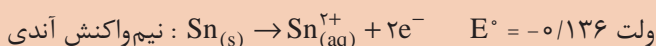


الف) تمامی واکنش‌های انجام شده در سطح الکترودهای کاتد و آند را در پیل گالوانی و پیل برق کافت، بنویسید.

ب) تغییرات جرم الکترودها پیش و پس از آزمایش را بررسی کنید.

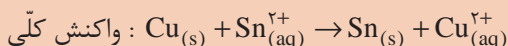
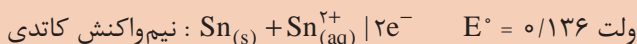
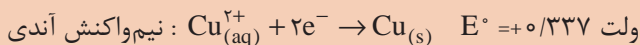
پاسخ:

الف) در پیل گالوانی:



$$E^{\circ}_{\text{cell}} = E^{\circ}_c - E^{\circ}_a \rightarrow E^{\circ}_{\text{cell}} = +0/337 - (-0/136) = +0/473 \quad \text{ولت}$$

نیروی محرکه پیل در الکترولیز:



ب) براساس نتایج فعالیت عملی تعیین می‌گردد.



فعالیت ساخت یافته ۱۰: انجام دادن برق کافت آب به صورت عملی در آزمایشگاه

## فعالیت عملی ۵

### برق کافت آب

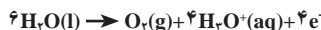
راهنمایی: برق کافت آب فرایندی است که طی آن، آب به عناصر سازنده خود تجزیه می‌شود. از آنجا که در فرایند برق کافت باید جریان الکتریکی را از درون یک محلول عبور دهیم و آب خالص نمی‌تواند رسانای جریان برق باشد، مقدار کمی سولفوریک اسید یا نمک را در آب حل کنید تا با مهاجرت کاتیون‌ها و آنیون‌های آن به سمت کاتد و آند، رسانایی الکتریکی در محلول ایجاد شود.

نکته: نمکی که در آب حل می‌شود باید نمکی باشد که یون‌های آن در رقابت کاتدی و آندی نسبت به مولکول‌های آب بازنده باشند. در واقع کاتیون نمک باید  $E^{\circ}$  کوچک‌تر و آنیون نمک باید  $E^{\circ}$  بزرگ‌تری نسبت به مولکول آب داشته باشد تا در رقابت کاتدی و آندی بازنده شوند. برای مثال می‌توان از محلول نمک‌هایی مانند  $KNO_3$  و  $Na_2SO_4$  در آب استفاده کرد.



برق کافت آب

نیم‌واکنش اکسایش:



نیم‌واکنش کاهش:



در این شکل یک دستگاه برق کافت آب را به همراه نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش مشاهده می‌کنید. در این دستگاه ابتدا با ایجاد یک خلاء نسبی، هر دو لولهٔ چپ و راست را از آب پر می‌کنند. با انجام شدن فرایند برق کافت، نیم‌واکنش اکسایش در آند و نیم‌واکنش کاهش در کاتد انجام می‌گیرند. اطراف کاتد را گاز هیدروژن و اطراف آند را گاز اکسیژن حاصل از نیم‌واکنش‌های کاتدی و آندی فرا می‌گیرند. این گازها به سمت بالا حرکت می‌کنند و در انتهای لوله محبوس می‌شوند و با وارد کردن فشار به ستون آب داخل لوله‌ها، ارتفاع آب را پایین می‌آورند.

طبق نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش، حجم گاز هیدروژن تولیدشده دو برابر حجم گاز اکسیژن تولیدی است، در نتیجه فشاری که گاز هیدروژن بر سطح آب وارد می‌کند بیشتر است و ارتفاع آب در لوله پایین‌تر می‌آید. در این شکل لولهٔ سمت راست حاوی گاز هیدروژن است و به کاتد و قطب منفی باتری متصل است. لولهٔ سمت چپ حاوی گاز اکسیژن است و به آند و قطب مثبت باتری وصل است.

فعالیت ساخت یافته ۱۱: تعیین مقدار مس در محلول مس سولفات به روش برق کافت به صورت عملی

## فعالیت عملی ۶

### تعیین مقدار مس در محلول مس(II) سولفات

راهنمایی: براساس قانون فارادی، با داشتن مقدار شدت جریان و زمان عبور جریان می توان به صورت تئوری جرم فلز رسوب کرده در کاتد را محاسبه نمود.

$$m = \frac{It}{F} \times \frac{M_w}{n}$$

$m$  جرم رسوب کرده در کاتد (تئوری) برحسب گرم،  $I$  شدت جریان برحسب آمپر،  $t$  زمان عبور جریان بر حسب ثانیه،  $F$  ثابت فارادی که معادل بار یک مول الکترون است و مقدار آن ۹۶۴۸۶ (تقریباً ۹۶۵۰۰) کولن می باشد،  $M_w$  جرم یک مول ماده مورد نظر برحسب گرم و  $n$  تعداد الکترون های مبادله شده (تولید یا مصرف شده) است.

پرسش ۸



الف) کلیه واکنش های انجام شده روی سطح کاتد و آند را بنویسید.  
ب) باتوجه به اختلاف جرم کاتد پیش و پس از عمل برق کافت، مقدار مس موجود در نمونه را برحسب مس سولفات ۵ آبه تعیین کنید.  
پاسخ:

الف) ولت  $E^\circ_a = +1/229$ : نیم واکنش آندی

ولت  $E^\circ = +0/337$ : نیم واکنش کاتی

ب) براساس نتایج به دست آمده از فعالیت عملی محاسبه می شود.

فعالیت ساخت یافته ۱۲: معرفی پیل های غلظتی، گالوانی (دو فلزی)، اختلاف دمشی و گرمایی با کمک تصویر، تحقیق و ذکر مثال

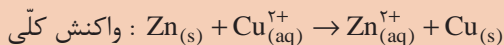
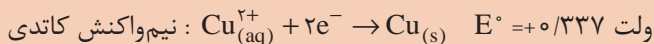
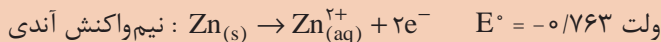
تمرین ۶



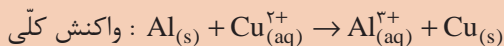
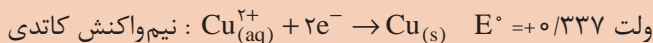
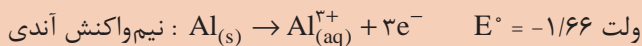
برای پیل های گالوانیکی  $Al/Ni, Cu/Fe, Cu/Ni, Al/Cu, Cu/Zn$  زیر  
الف) آند و کاتد را مشخص نمایید.

ب) پتانسیل زوج های گالوانیکی را در شرایط استاندارد محاسبه کنید.  
ج) در هر مورد از زوج های گالوانیکی کدام فلز خورده شده و کدام یک حفاظت می شود؟

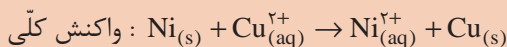
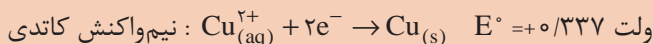
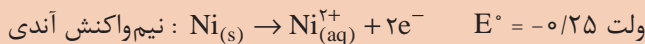
باسخ: برای پیل های گالوانیکی Cu/Zn



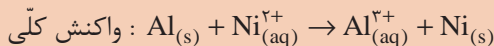
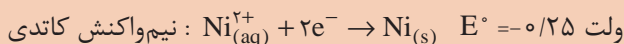
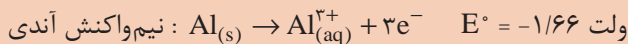
ولت  $E^\circ_{cell} = E^\circ_c - E^\circ_a \rightarrow E^\circ_{cell} = +0/337 - (-0/763) = 1/1$   
 برای پیل های گالوانیکی Al/Cu



ولت  $E^\circ_{cell} = E^\circ_c - E^\circ_a \rightarrow E^\circ_{cell} = +0/337 - (-1/66) = 1/997$   
 برای پیل های گالوانیکی Cu/Ni



ولت  $E^\circ_{cell} = E^\circ_c - E^\circ_a \rightarrow E^\circ_{cell} = +0/337 - (-0/25) = 0/587$   
 برای پیل های گالوانیکی Al/Ni



ولت  $E^\circ_{cell} = E^\circ_c - E^\circ_a \rightarrow E^\circ_{cell} = -0/25 - (-1/66) = 1/41$

### برای پیل‌های گالوانیکی Cu/Fe

ولت  $E^\circ = -0/44$  : نیم‌واکنش آندی  $\text{Fe}_{(s)} \rightarrow \text{Fe}_{(aq)}^{2+} + 2e^-$

ولت  $E^\circ = +0/337$  : نیم‌واکنش کاتدی  $\text{Cu}_{(aq)}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Cu}_{(s)}$

واکنش کلی :  $\text{Fe}_{(s)} + \text{Cu}_{(aq)}^{2+} \rightarrow \text{Cu}_{(s)} + \text{Fe}_{(aq)}^{2+}$

ولت  $E_{\text{cell}}^\circ = E_c^\circ - E_a^\circ \rightarrow E_{\text{cell}}^\circ = +0/337 - (-0/44) = 0/777$  نیروی محرکه پیل

در تمام حالت‌ها آند خورده می‌شود و کاتد حفاظت می‌شود.

### تمرین ۷



یک پیل غلظتی با الکترودهای یکسان گالیم (Ga) کار می‌کند. غلظت یون‌های گالیم (III) ( $\text{Ga}^{3+}$ ) در یکی از الکترودها  $2/0$  مولار و در دیگری  $0/3$  است: الف) کدام الکتروند آند و کدام کاتد است؟ ب) واکنش کلی پیل چگونه است؟ ج) نیروی محرکه پیل را محاسبه کنید.

پاسخ: الف) چون واکنش نهایی پیل‌های غلظتی فقط رقیق شدن الکترولیت یا کاهش غلظت یون‌های مربوط است، پس الکترودی که غلظت یون‌های گالیم در آن بیشتر از  $2$  مولار است، کاتد و دیگری ( $0/3$  مولار) آند است. ب) واکنش کلی پیل:

ولت  $E^\circ = 0/0$   $\text{Ga}_{(s)} + \text{Ga}^{3+}(2/0\text{M}) \rightarrow \text{Ga}^{3+}(0/3\text{M}) + \text{Ga}_{(s)}$

ج) توجه با اینکه پیل‌های غلظتی الکترودهای یکسان دارند، نیروی محرکه استاندارد پیل صفر است. در نتیجه خواهیم داشت:

$$E_{\text{cell}} = E_{\text{cell}}^\circ - \frac{0/0592}{n} \log Q = 0/0 - \frac{0/0592}{3} \log \frac{[\text{Ga}^{3+}]_{\text{محصول}}}{[\text{Ga}^{3+}]_{\text{مواد اولیه}}}$$

$$= -0/01972 \log \frac{0/3}{2/0} = 0/01625 \text{ ولت}$$

پرسش ۹



پیل حرارتی را با استفاده از معادله نرنست توضیح دهید.

پاسخ: با توجه به معادله نرنست  $E = E^\circ - \frac{2/3RT}{nF} \log Q$  بخش دوم معادله M

با دما نسبت مستقیم دارد و با افزایش دما این قسمت بزرگ تر می شود و با کم کردن آن از  $E^\circ$ ، مقدار E کاهش می یابد؛ بنابراین پتانسیل کاهش، کوچک تر شده و نیم واکنش اکسایش، (یعنی آند) انجام می شود.

تحقیق کنید

۵



در مورد کاربرد باتری های گرمایی تحقیق کنید و در کلاس ارائه دهید.

پاسخ: باتری های گرمایی یک منبع تولید جریان الکتریکی هستند که به علت چگالی جریان بالا، قابلیت اطمینان زیاد و عمر طولانی، به منظور تأمین جریان الکتریکی مورد نیاز در سلاح های نظامی به کار می روند.

**فعالیت ساخت یافته ۱۳:** تشکیل پیل غلظتی و بررسی واکنش های آندی و کاتدی و استفاده از معادله نرنست به صورت عملی

## فعالیت عملی ۷

**پیل غلظتی (اثر اختلاف غلظت یون فلزی، بر خوردگی در اتصال دو فلز یکسان)**  
 راهنمایی: با توجه به اینکه واکنش نهایی پیل های غلظتی فقط رقیق شدن الکترولیت یا کاهش غلظت یون های مربوطه است، پس پتانسیل پیل غلظتی حاصل را می توان با استفاده از پتانسیل الکترودها و براساس معادله نرنست بیان کرد. اگر غلظت یون فلزی در محلول الکترولیت رقیق تر  $C_1$  و غلظت یون در الکترولیت غلیظ تر  $C_2$  باشد، پتانسیل الکترودهای در تماس با این محلول ها در دمای  $25^\circ\text{C}$ ، از روابط زیر به دست می آید:

$$E = E_{M^{n+}/M}^\circ + \frac{0.0592}{n} \log C_1, \quad E = E_{M^{n+}/M}^\circ + \frac{0.0592}{n} \log C_2$$

با توجه به اینکه  $C_1 < C_2$  است پس  $E_1 < E_2$  خواهد شد. این پدیده اساس خوردگی اجزای فلزی تجهیزاتی را که در محلول های الکترولیت با غلظت های متفاوت هستند، تشکیل می دهد. در این تجهیزات، قسمتی از فلز که در تماس با الکترولیت رقیق تر است، نقش آند داشته و خورده می شود.



الف) علت برقراری جریان و پتانسیل ایجاد شده بین دو الکتروود را توضیح دهید. ب) آند و کاتد پیل‌های تشکیل شده را مشخص کنید و در هر مورد واکنش کاتدی و آندی را برای دو نیم واکنش بنویسید. پ) برای هر آزمایش اختلاف پتانسیل را بر اساس معادله نرنست محاسبه کنید و با مقدار تجربی (اندازه‌گیری شده) مقایسه کنید. پاسخ:

الف) هرگاه دو الکتروود یکسان در محلول‌های الکترولیت با غلظت‌های متفاوت قرار گیرند، بین دو الکتروود یک اختلاف پتانسیل برقرار می‌شود و یک پیل غلظتی تشکیل می‌شود. پتانسیل پیل غلظتی حاصل را می‌توان با استفاده از پتانسیل الکتروودها و براساس معادله نرنست بیان کرد. اگر غلظت یون فلزی در محلول الکترولیت رقیق‌تر  $C_1$  و غلظت یون در الکترولیت غلیظ‌تر  $C_2$  باشد، پتانسیل الکتروودهای در تماس با این محلول‌ها در دمای  $25^\circ\text{C}$ ، از روابط زیر به دست می‌آید:

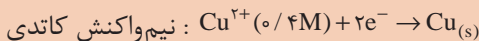
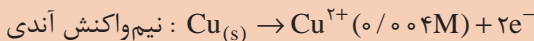
$$E = E_{M^{n+}/M}^{\circ} + \frac{0.0592}{n} \log C_1, \quad E = E_{M^{n+}/M}^{\circ} + \frac{0.0592}{n} \log C_2$$

با توجه به اینکه  $C_1 < C_2$  است پس  $E_1 < E_2$  خواهد شد. ب) ابتدا محاسبات غلظت را برای محلول‌های درصد انجام می‌دهیم. نمونه محاسبات برای محلول ۱۰٪ به صورت زیر است:

$$\frac{10\text{g}(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})}{100\text{g محلول}} \times \frac{1\text{mol}(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})}{249.68\text{g}(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})} \times \frac{1\text{mol}(\text{Cu}^{2+})}{1\text{mol}(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})}$$

$$\times \frac{1\text{g محلول}}{1\text{mL محلول}} \times \frac{100.0\text{mL محلول}}{1\text{lit محلول}} = 0.4 \frac{\text{molCu}^{2+}}{\text{lit}}$$

لذا غلظت‌های ۰/۱، ۰/۰۱ و ۰/۰۰۱ درصد مس سولفات نیز حاوی ۰/۰۰۰۴، ۰/۰۰۰۴ و ۰/۰۰۰۰۰۴ مولار  $\text{Cu}^{2+}$  است. واکنش آندی و کاتدی و واکنش کلی پیل برای غلظت‌های ۱۰٪ و ۰/۱٪ به صورت زیر است:



پ) نمونه محاسبات اختلاف پتانسیل برای غلظت‌های ۱۰٪ و ۰/۱٪ به صورت زیر است:

$$E_{\text{cell}} = E_{\text{cell}}^{\circ} - \frac{0/0592}{n} \log Q = 0/0 - \frac{0/0592}{2} \log \frac{\text{محصول}}{\text{مواد اولیه}} \left[ \frac{\text{Cu}^{2+}}{\text{Cu}^{2+}} \right]$$

$$= -0/0296 \log \frac{0/004}{0/4} = 0/0592 \text{ ولت}$$

مقایسه اختلاف پتانسیل تئوری و تجربی از نتایج فعالیت عملی به دست می‌آید.

**فعالیت ساخت یافته ۱۴:** تشکیل پیل گرمایی و بررسی واکنش‌های آندی و کاتدی به صورت عملی

## فعالیت عملی ۸

### پیل گرمایی

**راهنمایی:** وقتی دو فلز یکسان در یک الکترولیت مشابه و در دو دمای متفاوت قرار گیرند، یک پیل گالوانی تشکیل می‌شود که به آن پیل گرمایی یا پیل اختلاف دما گفته می‌شود. در این پیل‌ها اغلب فلز در دمای بالاتر نقش آند و فلز در دمای پایین‌تر به عنوان کاتد عمل می‌کند.

پرسش ۱۱



پرسش ۱۱: الف) مشاهدات خود را چگونه می‌توانید توجیه کنید؟

ب) جهت جریان و جهت الکترون‌ها را تعیین کنید.

پ) واکنش‌های کاتدی و آندی را برای هر یک از آزمایش‌ها بنویسید.

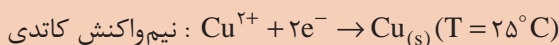
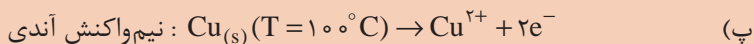
ت) در مورد هر یک از پیل‌های گرمایی، کاتد و آند را با توجه به دما مشخص کنید.

ث) به نظر شما چگونه می‌توان از این نوع خوردگی پیشگیری کرد؟

ج) مواردی از احتمال تشکیل پیل‌های گرمایی در صنایع را جمع‌آوری کنید و توضیح دهید.

پاسخ:

ب) جهت قراردادی جریان از آند به سمت کاتد است.



ت) در این پیل ها اغلب فلز در دمای بالاتر نقش آند و فلز در دمای پایین تر به عنوان کاتد عمل می کند.

ج) در واقع پیل های اختلاف دما یک نوع پیل خوردگی هستند که تأثیر مستقیم دما بر خوردگی فلزات و آلیاژها را در محلول های الکترولیت نشان می دهند. تشکیل پیل های حرارتی در مبدل های حرارتی و دیگ های بخار مطرح است. این پیل ها از مهم ترین اجزای باتری های حرارتی به شمار می آیند.

**فعالیت ساخت یافته ۱۵:** تشکیل پیل اختلاف دمشی و بررسی واکنش های آندی و کاتدی و استفاده از معادله نرنست به صورت عملی

تحقیق کنید  
۶



کاتد و آند در پیل اختلاف دمشی (پیل مس) را مشخص کنید. در طبیعت این پیل ها چگونه ایجاد می شوند؟ نتیجه تحقیق را در کلاس ارائه کنید.

پاسخ: قرار گرفتن یک فلز در محیط دارای غلظت های مختلف اکسیژن سبب تشکیل پیل خوردگی دمشی (پیل غلظتی) می شود. قسمتی از فلز که در تماس با محلول غلیظ تر از اکسیژن است قطب مثبت یا کاتد و قسمتی از فلز که در تماس با محلول رقیق تر از اکسیژن است قطب منفی یا آند پیل را تشکیل می دهد. تشکیل پیل های خوردگی ناشی از توزیع نابرابر اکسیژن را می توان به هنگام عبور لوله های فلزی از زیرزمین و یا سازه های قرار رفته در زمین مشاهده کرد. تفاوت بافت و ترکیب شیمیایی خاک در طول مسیر عبور لوله، باعث تشکیل پیل های دمشی به دلیل اختلاف غلظت اکسیژن محلول می شود. قسمتهایی از لوله که در محیط دارای غلظت کمتر اکسیژن قرار گرفته اند دچار اکسایش شده (آند) و خورده می شوند در حالی که قسمت های واقع در محیط غلیظ تر اکسیژن به عنوان کاتد عمل می کنند و از خوردگی محافظت می شوند. در چنین مواردی، خوردگی فلزات نه تنها سبب خسارت به سازه و آثار اقتصادی نامطلوب می شود بلکه، انتشار محصولات خوردگی (یون های فلزی) توسط جریان های آبی، موجب آلودگی خاک می شود.

## فعالیت عملی ۹

**بررسی اثر غلظت اکسیژن بر خوردگی فلز در تماس با محلول (پیل اختلاف دمشی)**

راهنمایی: تشکیل پیل دمشی در محل اتصال قطعات فلزی و در شیارها و حفره های موجود بر سطح داخلی اتصالات نیز مطرح است. زیرا غلظت اکسیژن در شیارها و محل اتصالات نسبت به سطح صاف قرار گرفته در معرض اتمسفر، کمتر است که منجر به خوردگی در این قسمت ها می شود.





الف) واکنش شیمیایی انجام شده در هر یک از نیم پیل‌ها را بنویسید.  
 ب) در کدام بشر نیم‌واکنش اکسایش و در کدام یک نیم‌واکنش کاهش رخ می‌دهد؟ آند و کاتد را مشخص کنید.  
 پ) جهت جریان و جهت الکترون‌ها را تعیین کنید.  
 ت) با مراجعه به منابع موجود، چند مورد از خوردگی‌های ناشی از تشکیل پیل دمشی را جمع‌آوری کنید و بنویسید.  
 ث) از چه روش‌هایی برای کاهش خسارت مربوط به خوردگی ناشی از اختلاف غلظت اکسیژن استفاده می‌شود؟

پاسخ:

الف) نیم‌واکنش آندی:  $\text{Cu}_{(s)} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2e^{-}$

ب) نیم‌واکنش کاتدی:  $4\text{H}^{+}_{(aq)} + \text{O}_{2(g)} + 4e^{-} \rightarrow 2\text{H}_2$

ب) الکترودی که در بشر در تماس با محلول غلیظ‌تر از اکسیژن است قطب مثبت یا کاتد و الکترودی که در تماس با محلول رقیق‌تر از اکسیژن است قطب منفی یا آند پیل را تشکیل می‌دهد.

پ) جهت قراردادی جریان از آند به سمت کاتد است.

ت) تشکیل پیل‌های خوردگی ناشی از توزیع نابرابر اکسیژن را می‌توان به هنگام عبور لوله‌های فلزی از زیرزمین و یا سازه‌های قرار گرفته در زمین مشاهده کرد. تفاوت بافت و ترکیب شیمیایی خاک در طول مسیر عبور لوله، باعث تشکیل پیل‌های دمشی به دلیل اختلاف غلظت اکسیژن محلول می‌شود. قسمت‌هایی از لوله که در محیط دارای غلظت کمتر اکسیژن قرار گرفته‌اند دچار اکسایش شده (آند) و خورده می‌شوند در حالی که قسمت‌های واقع در محیط غلیظ‌تر اکسیژن به‌عنوان کاتد عمل می‌کنند و از خوردگی محافظت می‌شوند. در چنین مواردی، خوردگی فلزات نه تنها سبب خسارت به سازه و آثار اقتصادی نامطلوب می‌شود بلکه، انتشار محصولات خوردگی (یون‌های فلزی) توسط جریان‌های آبی، موجب آلودگی خاک می‌شود.

**فعالیت ساخت یافته ۱۶:** تشکیل پیل دو فلزی و بررسی واکنش‌های آندی و کاتدی به صورت عملی و تحقیق

## فعالیت عملی ۱۰

### خوردگی دو فلزی

راهنمایی: این نوع خوردگی الکتروشیمیایی زمانی به‌وقوع می‌پیوندد که دو فلز

مختلف در معرض الکترولیت، در تماس الکتریکی با یکدیگر قرار گیرند. بنابراین، پیل الکتروشیمیایی تشکیل شده که در آن فلزات فعال تر و نجیب تر به ترتیب به عنوان آند و کاتد عمل می کنند.

در اتصال دو فلز غیر همجنس شدید خوردگی آند را خوردگی گالوانیکی و کاهش خوردگی کاتد را حفاظت کاتدی گویند. به منظور کاهش میزان خوردگی گالوانیکی از روش های تجربی گوناگون استفاده می شود. روش های معمول در این موارد به قرار زیر هستند:

الف) انتخاب فلزاتی که تا حد امکان در جدول سری الکتروشیمیایی به هم نزدیک تر باشند.

ب) اجتناب از تأثیر نامطلوب مساحت ها (آند کوچک و کاتد بسیار بزرگ).

ج) عایق کردن فلزات غیر همجنس تا حدی که امکان اجرای عملی آن وجود داشته باشد.

د) انجام پوشش مناسب مخصوصاً در منطقه آندی

ه) استفاده از بازدارنده ها جهت کاهش خوردگی محیط

و) دوری از اتصالات پیچی در مورد فلزاتی که در سری گالوانیکی از همدیگر خیلی دور باشند.

ز) طراحی قطعات طوری صورت گیرد که قسمت آندی را بتوان به راحتی تعویض نمود یا این قسمت ها به منظور دوام و عمر بیشتر، ضخیم تر ساخته شوند.

ح) تعبیه یک فلز ثالث در تماس با آنها به طوری که نسبت به هر دو فلز پیشین، دارای پتانسیل الکتریکی بالاتری باشد (خاصیت آندی بیشتر)

پرسش ۱۳



الف) با استفاده از جدول پتانسیل کاهش استاندارد، آند و کاتد را در هر زوج گالوانی مشخص کنید.

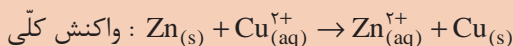
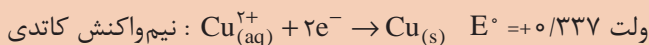
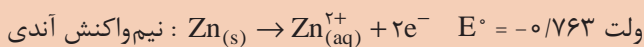
ب) نیروی محرکه استاندارد هر یک از زوج های گالوانی را محاسبه کنید.

پ) در هر مورد از زوج های گالوانیکی کدام فلز خورده شده و کدام یک حفاظت می شود؟

ت) نتایج حاصل از آب شهر را با نتایج به دست آمده در محلول سدیم کلرید مقایسه کنید. چنانچه تفاوتی در نتایج به دست آمده وجود دارد، توضیح دهید.

پاسخ: در تمرین ۶ پاسخ داده شده است.

برای پیل های گالوانیکی Cu/Zn



ولت  $1/1 = E_{\text{cell}}^{\circ} = E_c^{\circ} - E_a^{\circ} \rightarrow E_{\text{cell}}^{\circ} = +0/337 - (-0/763) = 1/1$   
 برای پیل های گالوانیکی Al/Cu

ولت  $-1/66 = E^{\circ} =$  نیم واکنش آندی :  $\text{Al}_{(s)} \rightarrow \text{Ni}_{(aq)}^{2+} + 3e^{-}$

ولت  $+0/337 = E^{\circ} =$  نیم واکنش کاتدی :  $\text{Cu}_{(aq)}^{2+} + 2e^{-} \rightarrow \text{Cu}_{(s)}$

واکنش کلی :  $\text{Al}_{(s)} + \text{Cu}_{(aq)}^{2+} \rightarrow \text{Al}_{(aq)}^{3+} + \text{Cu}_{(s)}$

ولت  $1/997 = E_{\text{cell}}^{\circ} = E_c^{\circ} - E_a^{\circ} \rightarrow E_{\text{cell}}^{\circ} = +0/337 - (-1/66) = 1/997$   
 برای پیل های گالوانیکی Cu/Ni

ولت  $-0/25 = E^{\circ} =$  نیم واکنش آندی :  $\text{Ni}_{(s)} \rightarrow \text{Ni}_{(aq)}^{2+} + 2e^{-}$

ولت  $+0/337 = E^{\circ} =$  نیم واکنش کاتدی :  $\text{Cu}_{(aq)}^{2+} + 2e^{-} \rightarrow \text{Cu}_{(s)}$

واکنش کلی :  $\text{Ni}_{(s)} + \text{Cu}_{(aq)}^{2+} \rightarrow \text{Ni}_{(aq)}^{2+} + \text{Cu}_{(s)}$

ولت  $0/587 = E_{\text{cell}}^{\circ} = E_c^{\circ} - E_a^{\circ} \rightarrow E_{\text{cell}}^{\circ} = -0/337 - (-0/25) = 0/587$   
 برای پیل های گالوانیکی Al/Ni

ولت  $-1/66 = E^{\circ} =$  نیم واکنش آندی :  $\text{Al}_{(s)} \rightarrow \text{Ni}_{(aq)}^{2+} + 3e^{-}$

ولت  $-0/25 = E^{\circ} =$  نیم واکنش کاتدی :  $\text{Ni}_{(aq)}^{2+} + 2e^{-} \rightarrow \text{Ni}_{(s)}$

واکنش کلی :  $\text{Al}_{(s)} + \text{Ni}_{(aq)}^{2+} \rightarrow \text{Al}_{(aq)}^{3+} + \text{Ni}_{(s)}$

ولت  $1/41 = E_{\text{cell}}^{\circ} = E_c^{\circ} - E_a^{\circ} \rightarrow E_{\text{cell}}^{\circ} = -0/25 - (-1/66) = 1/41$   
 برای پیل های گالوانیکی Cu/Fe

ولت  $-0/44 = E^{\circ} =$  نیم واکنش آندی :  $\text{Fe}_{(s)} \rightarrow \text{Fe}_{(aq)}^{2+} + 2e^{-}$

ولت  $+0/337 = E^{\circ} =$  نیم واکنش کاتدی :  $\text{Cu}_{(aq)}^{2+} + 2e^{-} \rightarrow \text{Cu}_{(s)}$

واکنش کلی :  $\text{Fe}_{(s)} + \text{Cu}_{(aq)}^{2+} \rightarrow \text{Cu}_{(s)} + \text{Fe}_{(aq)}^{2+}$

ولت  $0/777 = E_{\text{cell}}^{\circ} = E_c^{\circ} - E_a^{\circ} \rightarrow E_{\text{cell}}^{\circ} = -0/337 - (-0/44) = 0/777$   
 پیل

در تمام حالت ها آند خورده می شود و کاتد حفاظت می شود.

## مرحله ۳: روش‌های جلوگیری از خوردگی

فعالیت ساخت یافته ۱۷: معرفی خوردگی در چاه‌های نفت و گاز، پالایشگاه‌ها، دیگ‌های بخار، توربین‌ها و خطوط لوله

تحقیق کنید  
۷



در ارتباط با زیان‌های ناشی از خوردگی بر محیط‌زیست و انسان گزارشی تهیه کنید و در کلاس ارائه دهید.

**راهنمایی:** خوردگی فلزات نه تنها سبب خسارت به سازه و آثار اقتصادی نامطلوب می‌شود بلکه، انتشار محصولات خوردگی (یون‌های فلزی) توسط جریان‌های آبی، موجب آلودگی محیط‌زیست (خاک، آب و هوا) می‌شود. و از طرف دیگر، حفاظت از منابع فلزی، که عرضه جهانی آن محدود است و از بین رفتن آنها در فرایندهای خوردگی منجر به از بین رفتن و اتلاف بسیار زیاد منابع انرژی و آب همراه با تولید و ساخت سازه‌های فلزی می‌شود.

فعالیت ساخت یافته ۱۸: بیان روش‌های جلوگیری از خوردگی با کمک تصویر و تحقیق

تحقیق کنید  
۸



در زمینه روش‌های گوناگون جلوگیری از خوردگی تحقیق کنید و در کلاس ارائه دهید.

**راهنمایی:** روش‌های گوناگونی برای جلوگیری از خوردگی وجود دارد که عبارت‌اند از: استفاده از پوشش‌های محافظ، حفاظت الکتروشیمیایی (حفاظت کاتدی و آندی)، استفاده از بازدارنده‌های خوردگی و انتخاب آلیاژ و مواد مناسب در محیط خورنده.

**پوشش‌های محافظ:** پوشش‌های محافظ برای کنترل خوردگی در محیط‌ها و شرایط مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند. وظیفه پوشش‌های حفاظتی، جدا کردن سطح قطعات از محیط خورنده است. ویژگی این پوشش‌ها عبارت‌اند از:

- ۱- چسبندگی مناسب به بستر
- ۲- کمترین مقدار تخلخل در پوشش
- ۳- مقاومت بالا در برابر حرکت الکترون‌ها
- ۴- ضخامت مناسب
- ۵- سرعت نفوذ کم در برابر آب و یون‌هایی مثل  $Cl^-$

پوشش‌ها به‌طور کلی به سه دسته معدنی، فلزی و آلی تقسیم‌بندی می‌شوند. پوشش‌های معدنی یا پوشش‌های تبدیلی، لایه‌های معدنی نازکی هستند که

روی سطح فلز از طریق واکنش فلز و محلول‌هایی با ترکیبات ویژه تشکیل می‌شوند و نیاز به هیچ‌گونه جریان یا پتانسیل اعمالی نیست. دو نوع مهم از پوشش‌های تبدیلی، پوشش‌های تبدیلی فسفاتی و پوشش‌های تبدیلی کروماتی است. پوشش‌های فلزی یکی از مهم‌ترین روش‌های مورد استفاده برای تغییر ویژگی‌های سطحی نظیر سختی، شفافیت، لحیم‌کاری و رنگ‌پذیری می‌باشد. این پوشش‌ها علاوه بر تغییر ویژگی‌های سطح منجر به حفاظت در برابر خوردگی می‌شوند. برخی پوشش‌های فلزی مهم عبارت‌اند از کادمیم، مس، کروم، نیکل، آلومینیم، روی و فلزهای نجیب مانند نقره، طلا، پلاتین، پالادیم، رودیم و روتیم. یکی از روش‌های ایجاد پوشش‌های فلزی، آبکاری<sup>۱</sup> است.

پوشش‌های آلی و مواد چسبنده نیز به‌طور گسترده برای حفاظت فلز در محیط خورنده استفاده می‌شوند. یک سامانه حفاظتی کامل، شامل چندین لایه می‌باشد: پوشش آستری<sup>۲</sup>، حد واسط یا پوشش بدنه<sup>۳</sup> و پوشش روئی<sup>۴</sup>. رنگ‌ها، لاک‌ها، لعاب‌ها یا رویه‌های روغنی، لعاب‌های سخت، رنگ‌های پخته یا کوره‌ای، لاستیک‌ها و پلاستیک‌ها و پوشش‌های قیری مثال‌هایی از پوشش‌های آلی هستند.

**حفاظت الکتروشیمیایی:** حفاظت الکتروشیمیایی شامل دو روش حفاظت کاتدی و حفاظت آندی است. هر دو روش شامل اصلاح پتانسیل فلزی و انتقال آن به ناحیه‌ای است که خوردگی اتفاق نمی‌افتد. حفاظت کاتدی اولین بار توسط هامفری دیوی<sup>۵</sup> در سال ۱۸۲۴ میلادی برای حفاظت بدنه کشتی‌های جنگی انگلیس استفاده شد. حفاظت از طریق کاتد قرار دادن بدنه کشتی با استفاده از جریان اعمال شده با اتصال به یک آند قربانی<sup>۶</sup> (فلز فعال تر نسبت به بدنه کشتی که دارای پتانسیل کاهش کمتری است) انجام گرفت. در این صورت یک پیل گالوانی بین سازه حفاظت شده (کاتد) و آند قربانی شونده ایجاد می‌شود که در آن الکترون‌ها به‌طور خودبه‌خودی از آند وارد کاتد می‌شوند. آندهای منیزیم و روی، مهم‌ترین آندهای گالوانیکی برای کاربردهای زیرزمینی هستند.

حفاظت آندی در مقایسه با حفاظت کاتدی، روش نسبتاً جدیدتری است. ادلانو<sup>۷</sup> برای نخستین بار امکان استفاده از حفاظت آندی را در سال ۱۹۵۴ برای دیگ‌های کوچک بخار مورد استفاده در محلول‌های سولفوریک اسید شرح داد. حفاظت آندی بر اساس تشکیل فیلم حفاظتی (فیلم غیرفعال) روی فلزات از طریق اعمال

۱- Electroplating

۲- Primer

۳- Body Coat

۴- Topcoat

۵- Humphery Davy

۶- Sacrificial Anode

۷- Edeleanu

جریان آندی، بیان شده است. حفاظت آندی دارای ویژگی‌های منحصر به فردی است. به عنوان مثال، جریان اعمالی برابر سرعت خوردگی سامانه حفاظت شده است. بنابراین حفاظت آندی نه تنها سبب حفاظت سازه می‌شود بلکه روش مستقیمی را برای تعیین سرعت خوردگی سامانه فراهم می‌کند.

**بازدارنده‌های خوردگی:** بازدارنده‌های خوردگی، موادی هستند که در غلظت‌های کم به محیط خورنده اضافه می‌شوند به طور مؤثر سبب کاهش سرعت خوردگی فلز در تماس با محیط خورنده می‌شوند. حفاظت با بازدارنده‌ها از لحاظ عملی کاربردهای زیادی دارند. معمولاً ممانعت نتیجه جذب بازدارنده روی سطح فلز و تشکیل یک لایه جذب‌ی یا یک فیلم حفاظتی است که واکنش‌های الکتروشیمیایی در فرایند خوردگی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. از طرف دیگر غیرفعال شدن فلز را تسریع می‌کند و یا محلول را از طریق به دام انداختن گونه‌های مهاجم اصلاح می‌کند. بازدارنده‌ها براساس ماهیت شیمیایی و گروه‌های عاملی ترکیبات به سه دسته معدنی، آلی و آلی-کاتیونی طبقه‌بندی می‌شوند.

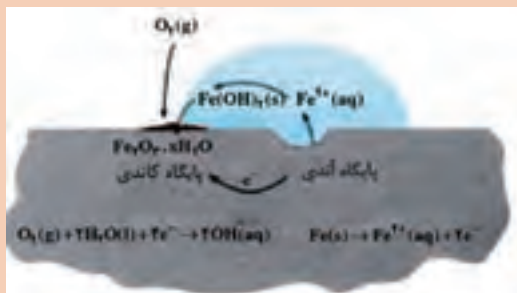
**انتخاب آلیاژ مقاوم در برابر خوردگی:** یکی از شیوه‌های اقتصادی برای جلوگیری از خوردگی، انتخاب مواد با مقاومت بیشتر در برابر خوردگی است. در انتخاب یک آلیاژ مناسب، علاوه بر عوامل نظیر قدرت مکانیکی، قابلیت جوشکاری و شکل‌پذیری، توجه به صرفه اقتصادی و مقاومت در برابر خوردگی آلیاژ حائز اهمیت است. انتخاب آلیاژ مناسب برای جلوگیری از خوردگی به شناخت کامل از آلیاژها و ترکیب شیمیایی آنها و نیز تأثیری که محیط خورنده روی آلیاژها می‌گذارد وابسته است. در نیتریک اسید، فولاد زنگ‌نزن و در سولفوریک اسید غلیظ، فولاد بهترین گزینه است، در حالی که نیکل و آلیاژهای آن در محیط‌های قلیایی استفاده می‌شوند.

تحقیق کنید  
۹

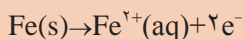


در مورد نیم واکنش‌های آندی و کاتدی و واکنش کلی، الف) در فرایند خوردگی آهن شکل ۲۳

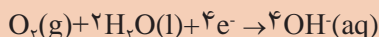
ب) حفاظت از خوردگی آهن (شکل ۲۴) تحقیق کنید و در کلاس ارائه دهید.  
**راهنمایی:** الف) شیوه انجام خوردگی آهن تا حدودی شبیه به پیل‌های الکتروشیمیایی گالوانی است، زیرا یک فرایند اکسایش - کاهش است که نیم‌واکنش اکسایش و نیم‌واکنش کاهش در دو بخش مختلف قطعه آهن رخ می‌دهند. پایگاه آندی محل انجام شدن نیم‌واکنش اکسایش و پایگاه کاتدی محل انجام شدن نیم‌واکنش کاهش خوانده می‌شود. پایگاه آندی جایی است که غلظت اکسیژن کم است و پایگاه کاتدی معمولاً در نقاطی تشکیل می‌شود که غلظت اکسیژن زیاد است.



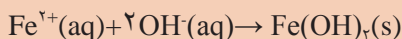
هنگامی که آهن در معرض رطوبت قرار می‌گیرد اکسید می‌شود و الکترون از دست می‌دهد.



الکترون‌ها از میان فلز و از پایگاه آندی به سمت پایگاه کاتدی جریان می‌یابند. از آنجایی که فلز آهن باعث انتقال الکترون‌ها از پایگاه آندی به سمت پایگاه کاتدی می‌شود، به فلز آهن، رسانای الکترونی یا مدار درونی می‌گویند. در پایگاه کاتدی الکترون‌ها در حضور اکسیژن و آب نیم‌واکنش کاتدی را صورت می‌دهند.



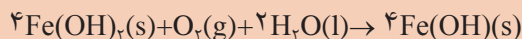
هم زمان که الکترون‌ها از پایگاه آندی در داخل فلز به پایگاه کاتدی منتقل می‌شوند، یون‌های  $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$  حاصل از نیم‌واکنش آندی نیز در قطره آب جریان می‌یابد و از پایگاه آندی به سمت پایگاه کاتدی می‌رود و در آنجا رسوب  $\text{Fe}(\text{OH})_2(\text{s})$  را به وجود می‌آورند.



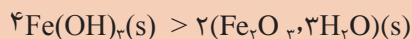
از آنجایی که قطره آب باعث انتقال یون‌ها می‌شود به آن رسانای یونی یا مدار بیرونی می‌گویند.

نکته: بدون آب، مدار الکتریکی مربوط به زنگ زدن آهن کامل نیست و زنگ زدن روی نمی‌دهد.

رسوب  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  به وسیله اکسیژن و آب اکسایش می‌یابد و تبدیل به رسوب  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  می‌شود.



و  $3\text{Fe}(\text{OH})_2$  با از دست دادن آب تبدیل به آهن (III) اکسید آب پوشیده یا زنگ آهن می‌شود.



(ب) حفاظت کاتدی و آندی که در تحقیق کنید ۸ به‌طور کامل آمده است.

- ۱** شش عامل مؤثر و مهم بر خوردگی فلزات را نام ببرید.
- پاسخ:** درجه خلوص فلز، تغییرات فیزیکی و مکانیکی در قطعه؛ غلظت و ماهیت ماده خورنده؛ مقدار اکسیژن، pH محیط، درجه حرارت.
- ۲** چند مثال عملی برای خوردگی فلزات در صنایع را بنویسید.
- پاسخ:** چند مثال خوردگی در صنایع:
- زنگ زدن فولاد و چدن در تانک‌ها و لوله‌های آب صنایع مختلف و سازه‌های مستقر در آب دریاها مثل سکوها و پایه پل‌ها و اسکله‌ها
  - نشت آب از سامانه لوله‌کشی‌های فلزی ساختمان‌های مسکونی در اثر سوراخ‌شدگی و ترک‌های ناشی از پوسیدگی
  - خوردگی فلزات مس، آلومینیم و چدن در سامانه‌های خنک‌کننده
  - خوردگی آلیاژها در فرایندهای شیمیایی مثل آلیاژهای پایه آهن، مس و نیکل
  - خوردگی اگزوز اتومبیل در اثر تماس فلز با گازهای حاصل از احتراق
  - خوردگی پره‌های توربین‌های گازی در اثر تماس با گازهای داغ ناشی از احتراق
  - تخریب سازه‌های بتنی و سنگی در اثر واکنش با رطوبت و آلودگی‌های اسیدی موجود در هوا از قبیل اکسیدهای گوگرد و نیتروژن
- ۳** چند دلیل عملی برای حفاظت از فلزات در برابر خوردگی را ذکر کنید.
- پاسخ:** کنترل خوردگی از سه جنبه ایمنی و اقتصادی و کاهش منابع طبیعی حائز اهمیت است. تجهیزات، ماشین‌آلات و قطعات در کارخانجات در اثر خوردگی شکسته شده و می‌تواند علاوه بر خسارت‌های مالی، خسارات جانی نیز در پی داشته باشد. از بعد ایمنی نیز باید مسائل خوردگی دقت شود که آلاینده‌های سمی فلزات سنگین وارد مواد غذایی و دارویی نشود، به خصوص وقتی که راکتورهای با فشار بالا برای تولید مواد غذایی و دارویی استفاده می‌شوند، جنس داخلی راکتورها باید از موادی انتخاب شوند که دچار خوردگی نشوند. از طرف دیگر مطالعه خوردگی، کاهش منابع طبیعی نیز حایز اهمیت است زیرا منابع طبیعی محدود و به علاوه پیشرفت‌های انقلاب صنعتی بیشتر فلزات در حال تمام شدن هستند. خوردگی سبب کاهش منابع طبیعی می‌شود. به عنوان مثال فولاد از سنگ آهن به دست می‌آید، لذا برای تولید فولاد بیشتر، سنگ آهن بیشتری از معدن‌ها استخراج می‌شود و مقدار سنگ آهن به شدت در طبیعت کاهش می‌یابد. به علاوه هزینه‌های زیادی برای تبدیل آن به فولاد خام و محصولات فولادی صرف می‌شود بنابراین کاهش مقدار خوردگی سبب کاهش زیان اقتصادی و حفاظت از منابع ملی می‌گردد.
- ۴** سه روش کلی برای جلوگیری از خوردگی را شرح دهید.
- پاسخ:** روش‌های گوناگونی برای جلوگیری از خوردگی وجود دارد که عبارت‌اند از:



استفاده از پوشش‌های محافظ، حفاظت الکتروشیمیایی (حفاظت کاتدی و آندی)، استفاده از بازدارنده‌های خوردگی و انتخاب آلیاژ و مواد مناسب در محیط خورنده.

۵ دلیل اهمیت الکتروشیمی در خوردگی فلزات چیست؟

پاسخ: خوردگی یکی از فرایندهای الکتروشیمیایی است که در آن مبادله الکترون صورت می‌گیرد. این دسته از واکنش‌ها، واکنش‌های الکتروشیمیایی نامیده می‌شوند. ۶ پیل خوردگی، پیل گالوانی محسوب می‌شود یا پیل الکترولیزی؟ در پیل خوردگی، فلز مورد نظر که تحت حمله خوردگی قرار می‌گیرد، نقش آند دارد یا کاتد؟ و این الکتروود قطب مثبت است یا منفی؟

پاسخ: پیل گالوانی، آند، منفی.

۷ بر طبق جدول پتانسیل‌های استاندارد کاهش، اتصال کدام یک از فلزات زیر به آهن از خوردگی آن می‌تواند جلوگیری کند (نقش آند قربانی شونده داشته باشد):

الف) مس      ب) منیزیم      ج) روی      د) آلومینیم

پاسخ: روی، منیزیم و آلومینیم پتانسیل کاهش استاندارد کمتر از آهن دارند لذا در برابر آهن نقش آند قربانی شونده را خواهند داشت.

۸ افزایش دما چه اثری روی مقدار پتانسیل الکتروودها دارد؟

پاسخ: با توجه به معادله نرنست  $E = E^\circ - \frac{2/3RT}{nF} \log Q$  بخش دوم معادله

$(\frac{2/3RT}{nF} \log Q)$  با دما نسبت مستقیم دارد و با افزایش دما این قسمت بزرگ‌تر می‌شود و با کم کردن آن از  $E^\circ$  مقدار  $E$  کاهش می‌یابد.

۹ پتانسیل‌های الکتروودی چگونه در تعیین میزان تمایل فلزات برای خورده شدن در محیط‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد؟

پاسخ: پیل خوردگی یک پیل الکتروشیمیایی گالوانیک است. بنابراین واکنش آن خودبه‌خودی و دارای پتانسیل مثبت می‌باشد در نتیجه زمانی که پتانسیل پیل خوردگی محاسبه می‌شود، اگر پتانسیل پیل مثبت باشد خوردگی از لحاظ ترمودینامیکی امکان‌پذیر است.

۱۰ تمایل مس برای خوردگی در محلول مس کلرید با غلظت دسی‌مولار را محاسبه کنید.

پاسخ:

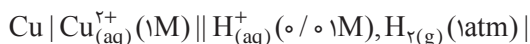
$$E_{Cu} = E_{Cu}^\circ - \frac{0/0592}{n} \log Q = +0/337 - \frac{0/0592}{2} \log \left[ \frac{1}{[Cu^{2+}]} \right]$$

$$= +0/337 - 0/0296 \log \frac{1}{0/1} = +0/3074 \text{ ولت}$$

پتانسیل مس در این غلظت مثبت است و از نظر ترمودینامیکی تمایل به خوردگی ندارد.

۱۱ میزان علاقه مس به خوردگی در محیط سولفوریک اسید سانتی مولار را محاسبه کنید.

پاسخ: سل خوردگی به صورت زیر است:



پتانسیل الکترودی هیدروژن به عنوان کاتد از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$E_c = E_H^{\circ} - \frac{0.0592}{n} \log Q = 0.0 - \frac{0.0592}{1} \log \frac{1}{[\text{H}^+]} = -0.0592 \log \frac{1}{0.01}$$

ولت  $-0.1184$

محاسبه نیروی محرکه پیل:

ولت  $E_{\text{cell}} = E_c - E_a \rightarrow E_{\text{cell}} = -0.1184 - (0.337) = -0.4554$   
 و با توجه به اینکه پتانسیل پیل منفی است، می توان گفت که واکنش خودبه خودی خوردگی انجام نمی شود و مس از نظر ترمودینامیکی تمایل برای خوردگی ندارد.

## ارزشیابی شایستگی پیشگیری خوردگی در صنایع شیمیایی

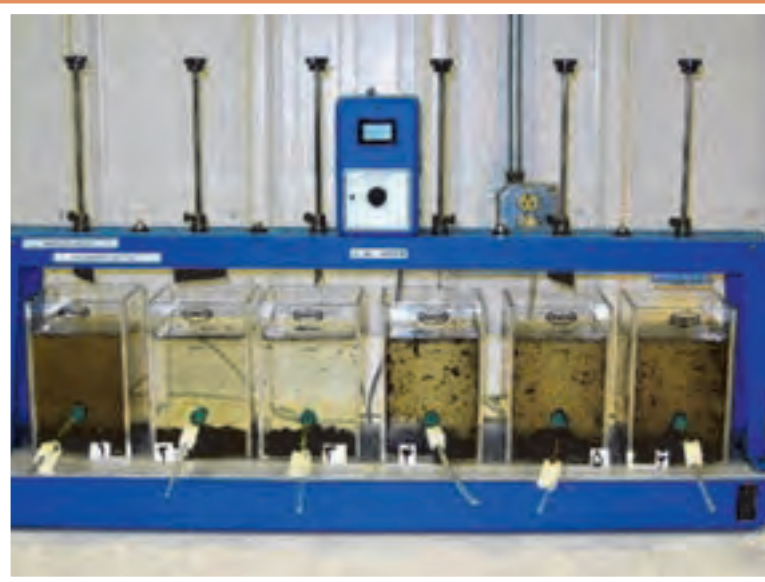
<p>شرح کار: چگونگی استفاده از تجهیزات آزمایشگاهی را بداند و کار داده شده را با دقت انجام دهد.                  هنگام کار مراقب باشد که دستگاه صدمه نبیند.                  پس از انجام کار، وسایل را تمیز و سالم در حالت اولیه قرار دهد.</p>			
<p>استاندارد عملکرد: به کارگیری روش‌های حفاظت از خوردگی در صنایع شیمیایی طبق دستور کار</p>			
<p><b>شاخص‌ها:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ رعایت مسائل ایمنی حین کار</li> <li>■ انجام کار طبق دستور کار</li> </ul>			
<p><b>شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:</b>  <b>شرایط مکان:</b> آزمایشگاه  <b>شرایط دستگاه:</b> تمیز و آماده برای کار  <b>زمان:</b> یک جلسه آموزشی</p> <p><b>ابزار و تجهیزات:</b> pHسنج، کولیس، منبع تغذیه، ترازوی دقیق ۰/۰۰۰۱ گرم، میلی ولت سنج در گستره ۰-۱۰۰۰ میلی‌ولت، میلی آمپرسنج در گستره ۰-۱۰۰۰ میکروآمپر، گرمکن صفحه‌ای، دماسنج، سیم‌های رابط، وسایل آزمایشگاهی شیشه‌ای، کپسول‌های اکسیژن و نیتروژن، الکتروود مرجع نقره - نقره کلرید، الکتروود کمکی پلاتین، الکتروود استاندارد هیدروژن.</p>			
<p><b>معیار شایستگی:</b></p>			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	به کارگیری مفاهیم خوردگی	۱	
۲	به کارگیری پیل‌های الکتروشیمیایی	۲	
۳	به کارگیری روش‌های جلوگیری از خوردگی	۱	
۴			
	<p>شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:</p> <p>۱- ایمنی: انجام کار کارگاهی یا رعایت موارد ایمنی و استفاده از وسایل ایمنی شخصی</p> <p>۲- نگرش: صرفه‌جویی</p> <p>۳- توجهات زیست محیطی: جلوگیری از صدمه زدن به محیط زیست از طریق انجام 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.



## فصل سوم

### آزمایش‌های کنترل کیفیت آب



در این فصل هنرجویان با منابع آب، آلودگی‌های آب، ناخالصی‌های آب، لزوم تصفیه آب، شاخص‌های فیزیکی آب (رنگ، کدورت، TDS، رسانایی الکتریکی)، شاخص‌های شیمیایی آب (pH، سختی کل، سختی موقت، شاخص قلیایی)، شاخص‌های زیست‌شناختی آب (COD، شاخص بهداشتی بودن، BOD)، روش‌های فیزیکی و شیمیایی تصفیه آب (زالال‌سازی، استفاده از منعقدکننده‌ها، حذف ناخالصی‌های گازی، استفاده از رزین‌ها و آزمایش جار) آشنا می‌شوند. به فراخور امکانات و تجهیزات موجود در هنرستان‌ها، فعالیت‌های عملی ساده و قابل اجرا آورده شده است. هم‌چنین در این فصل استفاده همزمان از فیلم‌های آموزشی با مطالب درسی پیش‌بینی شده است. با توجه به اینکه بازدید از مراکز صنعتی مرتبط با هر دستگاه و فرایند، تأثیر بسزایی در امر یادگیری دارد، از هنرآموزان محترم درخواست می‌شود که در این راستا نیز بازدیدهای خواسته‌شده را جامه عمل بپوشانند.

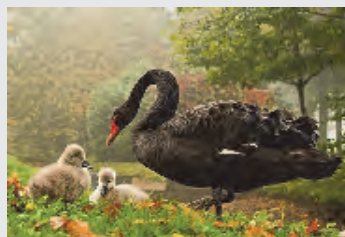
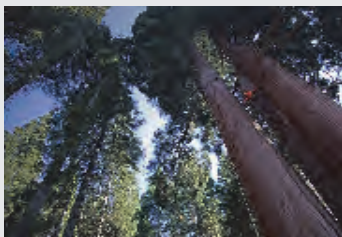
اغلب فعالیت‌های این پودمان به صورت گروهی در نظر گرفته شده است. بنابراین لازم است که هنرآموزان محترم با تقسیم‌بندی هنرجویان کلاس به گروه‌های مختلف ۳ تا ۴ نفره و با آموزش و راهنمایی‌های دقیق گروه‌های دانش‌آموزی، به‌طور مستقیم در فرایند یاددهی و یادگیری مشارکت مؤثر داشته باشند. هم‌چنین هنرآموزان گرامی توجه داشته باشند که در فرصت‌های یادگیری پیش‌بینی شده به شایستگی‌های غیرفنی این واحد یادگیری مانند اخلاق حرفه‌ای (وقت‌شناسی، حضور منظم و به موقع، انجام دادن وظایف و کارهای محول و پیروی از قوانین کارگاهی)، کارگروهی (حضور فعال در فعالیت‌های گروهی و انجام دادن کارها و وظایف محول) و مستندسازی (گزارش‌نویسی فعالیت‌های کارگاهی) توجه ویژه داشته باشند.

## مرحله ۱: ضرورت انجام کنترل کیفیت آب

**فعالیت ساخت یافته ۱: معرفی منابع مختلف آب (زیر زمینی، سطحی، شور) با استفاده از بحث گروهی، تصویر، تحقیق و فیلم**

به تصویرهای زیر نگاه کنید. چه موضوعی در بین آنها مشترک است؟





**پاسخ:** در تصویرهای داده شده برخی از گونه‌های مختلف حیات در زمین دیده می‌شوند. آنچه میان همه آنها مشترک است، نیاز به آب است. در قرآن کریم سوره مبارکه انبیاء آیه ۳۰ آمده است: «و جعلنا من الماء کل شیء حی». یعنی همه موجودات زنده را از آب آفریدیم. باید دانست که زندگی بسیاری از موجودات زنده در زمین حتی بر پایه هوا یا اکسیژن نیست. مانند برخی از ماهیان اعماق اقیانوس‌ها که نور و اکسیژن محلول در آب به آنجا نمی‌رسند یا بعضی از گونه‌های موجودات ذره‌بینی در اعماق زمین که زندگی بی‌هوا و بی‌اکسیژن دارند و اکسیژن برای آنها به شدت سمی است!، در حالی که ۸۰-۶۰٪ بدن موجودات زنده را آب تشکیل می‌دهد. بدون آب تمام اعمال حیاتی بدن انسان متوقف خواهد شد. آب نقش اصلی را در رساندن مواد غذایی به بافت‌ها و سلول‌های بدن حیوانات و نیز رساندن مواد غذایی از خاک توسط ریشه گیاهان به پیکر آنها بر عهده دارد. پس می‌توان گفت: «مهم‌ترین سیال در طبیعت زنده آب است».

فیلم  
آموزشی



## منابع آب

هنرآموزان محترم، مطابق شیوه‌نامه اجرایی فیلم آموزشی، فیلم منابع آب را برای هنرجویان نمایش دهند.

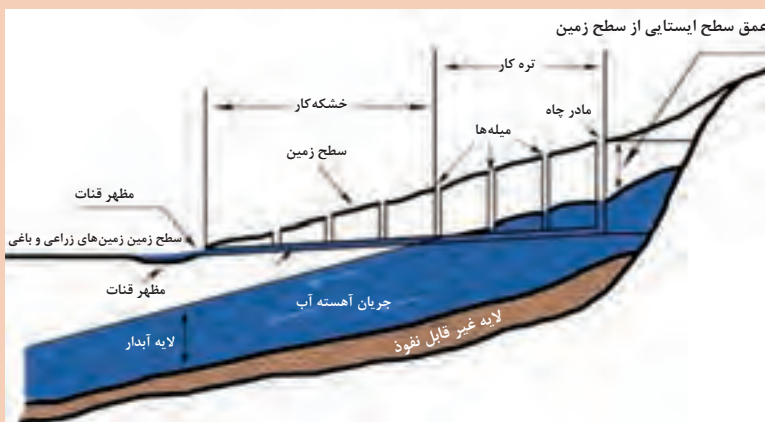
تحقیق کنید  
۱



الف) آیا در ایران منبع آب زیرزمینی مهمی وجود دارد؟

ب) طولانی‌ترین کاریز ایران و جهان در کجا قرار دارد و طول آن چقدر است؟  
**پاسخ:** الف) قنات، کاریز یا کهریز شاهکار بی‌نظیر معماری ایرانی، برای کشف آب در سرزمین خشک و نیمه‌خشک ما است. کاریز، متشکل است از چندین چاه که به صورت عمودی در یک سطح شیب‌دار حفر شده‌اند و این چاه‌ها در زیر زمین با یک راهروی با شیب ملایم‌تر از سطح زمین به یکدیگر متصل می‌شوند. روشی که چندین هزار سال پیش در مناطق خشک کوهستانی کشور ابداع شد تا کشاورزان بتوانند در روزگار خشکسالی زمین‌های تشنه را سیراب کنند. این

میراث معماری سرانجام به نقاط مختلف دنیا راه یافت. با این اختراع می‌توان مقدار قابل توجهی از آب‌های شیرین زیرزمینی را جمع‌آوری کرد و همانند چشمه‌های طبیعی در تمام طول سال بی‌هیچ ابزار کمکی به سطح زمین رساند. این حرفه به همراه خود ساعت آبی و آسیاب آبی را آورده است. در ایران شرقی، افغانستان و آسیای میانه به آن کاریز و در ایران غربی قنات می‌گویند. (ب) اگرچه بسیاری از قنات‌های کشور در این سال‌ها خشکیده و زیر سایه سنگین ساختمان‌های بلند کور شده‌اند، اما هنوز بیش از ۴۰ هزار رشته قنات در ایران فعال است. از این تعداد ۱۱ رشته قنات در کرمان، بم، یزد، اصفهان، اراک، فردوس و گناباد توانستند ثبت جهانی شوند. بخشی از آنها عبارت‌اند از: قنات قصبه گناباد با دو هزار و ۵۰۰ سال قدمت، ۴۷۰ حلقه چاه و عمیق‌ترین مادرچاه جهان به عمق ۳۰۰ متر با عنوان قدیمی‌ترین و پرآب‌ترین قنات جهان است. قنات باغ زاچ یزد، طولانی‌ترین قنات ایران با ۱۲۰ کیلومتر طول، دو هزار و ۱۱۵ حلقه چاه در عمق ۲۳ متری زمین و نزدیک به سه هزار سال قدمت.



قنات مون اردستان که شگفت‌انگیزترین قنات‌ها است، زیرا تنها قنات دو طبقه جهان و با قدمت ۸۰۰ سال است. در هر طبقه این قنات آبی مستقل جریان دارد و آب هیچ‌یک به دیگری نفوذ نمی‌کند.



**فعالیت ساخت یافته ۲:** معرفی ناخالصی‌های گازی، یونی و مولکولی و ناخالصی‌های معلق با کمک پرسش بحث کلاسی و نمایش فیلم

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ: فساد و تباهی در خشکی و دریا به سبب آنچه دست‌های مردمان کسب کرد، آشکار شد، تا به آنها بعضی از آنچه را که کردند بچشانند؛ تا مگر باز گردند. (قرآن کریم سوره مبارکه روم آیه ۴۱)



پرسش ۱



آیا تاکنون آب جوشیده سرد شده را آشامیده‌اید؟ توجه کرده‌اید که چه طعم ناخوشایندی دارد؟ آیا دقت کرده‌اید که خیلی پیش از به جوش آمدن آب درون کتری، حباب‌هایی در سطح داخلی آن تشکیل می‌شود؟ آیا دلیل آن را می‌دانید؟

**پاسخ:** بلی، آب بی‌مزه است. زیرا حل‌پذیری گازها در آب با افزایش دمای آب کاهش می‌یابد. آب جوشیده، هوای حل‌شده در خود را از دست داده است و بی‌مزه می‌شود. حباب‌های سطح داخلی کتری از هوای آزادشده در اثر جوشیدن تشکیل می‌گردند. با حل شدن هوا در آب طعم آن برای آشامیدن بهتر و گواراتر می‌شود.

آیا تا به حال مزه آب دریا را چشیده‌اید؟ چه طعمی دارد؟ چرا؟  
**پاسخ:** طعم آب دریا به دلیل وجود یون‌های کلر شور و به خاطر وجود یون منیزیم تلخ است.

پرسش ۲



استفاده از آب‌های تصفیه نشده، چه عیب و مشکلاتی را در پی خواهد داشت؟  
**پاسخ:** رسوب‌گذاری در تجهیزات، خوردگی در دستگاه‌ها، بیماری‌زایی، آلوده کردن محصولات صنعتی و تغییر در مزه، رنگ و بوی آب از موارد مهم در اثرات زیان‌بخش ناخالصی‌های آب است.

بحث‌گروهی

۲



به نظر شما وجود آلودگی در آب مصرفی صنایع غذایی و نساجی، چه پیامدهایی دارد؟

**پاسخ:** به دلیل کاربرد زیاد آب در تولید محصولات غذایی، وجود هرگونه آلودگی و ناخالصی در آب می‌تواند به لحاظ بهداشتی یا تجارتي ایجاد خسارت کند. در صنایع نساجی، با باقی‌گذارن لکه بر روی آنها، ظاهری نامطلوب ایجاد می‌شود.

بحث‌گروهی

۳



**اثرات زیان‌بخش ناخالصی‌های آب**  
هنرآموزان محترم، مطابق شیوه‌نامه اجرایی فیلم آموزشی، فیلم اثرات زیان‌بخش ناخالصی‌های آب را برای هنرجویان نمایش دهند.

فیلم  
آموزشی



### فعالیت ساخت یافته ۳: بیان اهمیت و ضرورت تصفیه آب با کمک تحقیق

یکی از کاربردهای آب سنگین، در سامانه‌های راکتورهای هسته‌ای است (شکل صفحه بعد)، تحقیق کنید که منظور از آب سنگین چیست؟  
**پاسخ:** آب سنگین معمولاً به هیدروژن اکسید سنگین یعنی  $D_2O$  اطلاق می‌شود. هیدروژن سنگین یا دوتریم<sup>۱</sup>، ایزوتوپی پایدار از هیدروژن است که به نسبت یک به ۶۴۰۰ از اتم‌های هیدروژن در طبیعت وجود دارد. خواص فیزیکی و شیمیایی آن مشابه با آب معمولی یا همان  $H_2O$  است. از کاربردهای آب سنگین می‌توان به استفاده از آن در واکنش‌گاه‌های هسته‌ای با سوخت اورانیوم، به عنوان سیر حفاظتی محوطه اطراف واکنش‌گاه (از پرتوهای هسته‌ای) به جای گرافیت، عامل انتقال گرما از واکنش‌گاه به توربین بخار نیروگاه برق و نیز مهارگر<sup>۲</sup> نوترون اشاره کرد.

تحقیق کنید

۱-۲



۱- Deuterium

۲- Moderator



تحقیق کنید  
۲-۲



آب مصرفی در کشاورزی، چه کیفیتی باید داشته باشد؟  
پاسخ:

استاندارد کیفیت آب برای کاربری کشاورزی

ردیف	متغیر	مقدار	یکا	توضیحات
۱	آلومینیم	۵۰۰۰	میکروگرم بر لیتر	فقط برای خاک‌های اسیدی
۲	آرسنیک	۱۰۰	میکروگرم بر لیتر	
۳	بریلیم	۱۰۰	میکروگرم بر لیتر	
۴	کادمیم	۱۰	میکروگرم بر لیتر	
۵	کبالت	۵۰	میکروگرم بر لیتر	
۶	کروم	۱۰۰	میکروگرم بر لیتر	
۷	مس	۲۰۰	میکروگرم بر لیتر	
۸	آهن	۵۰۰۰	میکروگرم بر لیتر	
۹	لیتیم	۲۵۰۰	میکروگرم بر لیتر	
۱۰	منگنز	۲۰۰	میکروگرم بر لیتر	فقط برای خاک‌های اسیدی
۱۱	مولیبدن	۱۰	میکروگرم بر لیتر	
۱۲	نیکل	۲۰۰	میکروگرم بر لیتر	
۱۳	پالادیم	۵۰۰۰	میکروگرم بر لیتر	
۱۴	سلنیم	۲۰	میکروگرم بر لیتر	

۱۵	وانادیم	۱۰۰	میکروگرم بر لیتر
۱۶	روی	۲۰۰۰	میکروگرم بر لیتر
۱۷	فلوئور	۱۰۰۰	فقط برای خاک‌های اسیدی
۱۸	بر	۳	میکروگرم بر لیتر
۱۹	هدایت الکتریکی	۳۰۰۰	میکرو زیمنس بر سانتی متر
۲۰	نیترژن نیتراتی	۳۰	میلی گرم بر لیتر
۲۱	pH	۶/۵-۸/۴	-

### حدود مجاز کیفیت باکتریولوژیک آب برای کاربری کشاورزی

گروه	نوع محصولات	کرم‌های انگل روده‌ای (میانگین حسابی تعداد در لیتر)	کلیفرم مدفوعی (میانگین هندسی تعداد در ۱۰۰ میلی لیتر)
الف	محصولاتی که خام مصرف می‌شوند، زمین‌های ورزشی، پارک‌های عمومی	کمتر یا مساوی یک	کمتر یا مساوی ۱۰۰۰
ب	غلات، محصولات صنعتی، علوفه، چراگاه‌ها و درختان	کمتر یا مساوی یک	محدودیتی تعیین نشده است.
ج	محصولات گروه «ب» در صورت عدم مواجهه کارگران و عموم	محدودیتی تعیین نشده است.	محدودیتی تعیین نشده است.

در مورد منابع آب اطراف محل زندگی خود تحقیق کنید، درباره نوع کاربرد آنها در کلاس گفتگو کنید.

**پاسخ:** در ابتدا به منابع اصلی آب مانند بارندگی‌ها، چاه‌های معروف، چشمه، قنات، رود و رودخانه‌ها استان اشاره شود.

تحقیق کنید  
۳



منبع آب	کاربرد
آب لوله‌کشی	آشامیدن و مصارف خانگی
آب مقطر	کارهای آزمایشگاهی - دارویی
آب رودخانه	شستشو - کشاورزی
آب دریا	حمل و نقل - صنعتی
آب چاه	خانگی - صنعتی - کشاورزی
آب استخر	شنا - صنعتی

## مرحله ۲: انجام آزمایش‌های فیزیکی آب

فعالیت ساخت یافته ۴: بررسی چند نمونه آب از نظر بو، رنگ، pH به صورت عملی

### فعالیت عملی ۱

#### تشخیص آب تصفیه شده از تصفیه نشده

راهنمایی: مطابق روش کار گفته شده در کتاب درسی، آب‌های مختلف تهیه شود و نمونه‌ها را از نظر بو، رنگ، pH، قابلیت شرب با یکدیگر مقایسه کنید و در جدول یادداشت کنید. با بحث گروهی، بهترین نوع آب برای کاربرد مشخص انتخاب شود و علت آنها را مشخص کنید.

ردیف	نوع آب	بو	رنگ	pH	قابلیت شرب
۱	آب لوله‌کشی	مطبوع	شفاف و زلال	به‌طور دقیق اندازه‌گیری شود	دارد
۲	آب مقطر	ماندگی	شفاف و زلال		دارد
۳	آب رودخانه	مطبوع	شفاف		ندارد
۴	آب دریا	گندیدگی	کمی کدر		ندارد
۵	آب چاه	بر حسب نمک‌های معدنی موجود متفاوت است.	کمی کدر		دارد
۶	آب استخر	بوی کلر	کمی کدر		ندارد
۷	...				

**فعالیت ساخت یافته ۵:** اندازه‌گیری شاخص غلظت کل مواد جامد محلول در آب (TDS) به صورت عملی

### فعالیت عملی ۲

#### اندازه‌گیری شاخص غلظت کل مواد جامد محلول در آب

**راهنمایی:** مطابق روش کار گفته شده در کتاب درسی، شاخص غلظت کل مواد جامد محلول در آب‌های مختلف را اندازه‌گیری کنید و نتایج گروه‌های مختلف هنرجویی با یکدیگر مقایسه شود. با بحث گروهی، بهترین گروه انتخاب شود و علت آنها را مشخص کنید. در پایان گروه هنرجویی منتخب مورد تشویق بیشتر قرار گیرد.

ردیف	نوع آب		آب شور	آب مجاز آشامیدنی	مطلوب آشامیدنی	مطلوب صنعتی	توضیحات
	آب دریا	آب TDS (ppm)					
	حدود ۴۰۰۰۰	حدود ۱۰۰۰۰	کمتر از ۱۰۰۰	حدود ۵۰۰	کمتر از ۱۰۰		
۱			X				آب رودخانه (معمولاً (و نه همیشه)
۲			X				آب استخر (کمتر از ۸۰۰)
۳							آب چاه بستگی به محل احداث آن دارد
۴			X				آب شهر
۵							...

**فعالیت ساخت یافته ۶:** اندازه‌گیری میزان کدری آب به صورت عملی

### فعالیت عملی ۳

#### اندازه‌گیری میزان کدری

**راهنمایی:** مطابق روش کار گفته شده در کتاب درسی، آب‌های مختلف تهیه شود و دستگاه مرتبط میزان کدری آنها اندازه‌گیری شود و سپس نمونه‌ها را از نظر میزان کدری مقایسه کنید. با بحث گروهی، بهترین گروه انتخاب شود و علت آنها را مشخص کنید. در پایان گروه هنرجویی منتخب مورد تشویق بیشتر قرار گیرد.

**توجه:** جدول صفحه بعد برای فعالیت عملی هنرجویان می‌باشد و بسته به محل، مقادیر میزان کدری متفاوت خواهد بود. برای موارد ۳ یا ۵ مقدار خاصی وجود ندارد.

ردیف	نوع آب	میزان کدري
۱	آب لوله‌کشی	کمتر از ۱ تا حداکثر ۵ NTU
۲	آب مقطر	
۳	آب رودخانه	
۴	آب دریا	
۵	آب چاه	
۶	آب استخر	حداکثر ۵/۵ NTU
۷	...	

**فعالیت ساخت یافته ۷:** اندازه‌گیری شاخص رنگ آب به صورت عملی

#### فعالیت عملی ۴

#### اندازه‌گیری شاخص رنگ

**راهنمایی:** مطابق روش کار گفته‌شده در کتاب درسی، آب‌های مختلف تهیه شود و با دستگاه مرتبط شاخص رنگ آنها اندازه‌گیری شود. سپس نمونه‌ها را از نظر شاخص رنگ با یکدیگر مقایسه کنید. با بحث گروهی، بهترین گروه انتخاب شود و علت آنها را مشخص کنید. در پایان گروه هنرجویی منتخب مورد تشویق بیشتر قرار گیرد.

**توجه:** جدول زیر برای فعالیت عملی هنرجویان می‌باشد و بسته به محل، مقادیر شاخص رنگ متفاوت خواهد بود.

ردیف	نوع آب	شاخص رنگ	توضیحات
۱	آب لوله‌کشی		حداقل ممکن
۲	آب مقطر		حداقل ممکن
۳	آب رودخانه		
۴	آب دریا		
۵	آب چاه		
۶	آب استخر		حداقل ممکن
۷	...		

فعالیت ساخت یافته ۸: اندازه‌گیری شاخص رسانایی آب به صورت عملی

### فعالیت عملی ۵

#### اندازه‌گیری رسانایی الکتریکی آب

راهنمایی: مطابق روش کار گفته‌شده در کتاب درسی، آب‌های مختلف تهیه گردد و با دستگاه مرتبط رسانایی الکتریکی آنها اندازه‌گیری شود و سپس نمونه‌ها را از نظر میزان کدري مقایسه کنید. با بحث گروهی، بهترین گروه انتخاب شود و علت آنها را مشخص کنید. در پایان گروه هنرجویی منتخب مورد تشویق بیشتر قرار گیرد.

ردیف	نوع آب	رسانایی الکتریکی micromhos/cm (uS)	توضیحات
۱	آب لوله‌کشی	۵۰ تا ۸۰۰	
۲	آب مقطر	۰/۵ تا ۳	
۳	آب رودخانه	۱۰۰ تا ۲۰۰۰	
۴	آب دریا	۵۰۰۰	
۵	آب چاه	بستگی به محل حفر چاه دارد	
۶	آب استخر	بیشتر از ۸۰۰۰	فقط برای استخرهای پرورش ماهی
۷	...		

### مرحله ۳: انجام آزمایش‌های شیمیایی آب

فعالیت ساخت یافته ۹: اندازه‌گیری غلظت یون هیدروژن (pH) نمونه آب به صورت عملی

### فعالیت عملی ۶

#### اندازه‌گیری شاخص غلظت یون هیدروژن (pH)

راهنمایی: ابتدا حجم معینی از انواع آب‌های در دسترس را بردارید و در بشرهای مختلف بریزید. سپس pH آنها را توسط شناساگرهای رنگی، کاغذی و دستگاهی



تعیین و در جدول یادداشت کنید. سپس نمونه‌ها را مقایسه کنید. با بحث گروهی، بهترین گروه انتخاب شود و علت آنها را مشخص کنید. در پایان گروه هنرجویی منتخب مورد تشویق بیشتر قرار گیرد.

**توجه:** جدول زیر برای فعالیت عملی هنرجویان می‌باشد و بسته به محل، مقادیر pH متفاوت خواهد بود.

توضیحات	pH			نوع آب	ردیف
	دستگاهی	شناساگر کاغذی	محلول شناساگر رنگی		
۸/۵ تا ۶/۵				آب لوله‌کشی	۱
۷ (کاملاً خنثی)				آب مقطر	۲
معمولاً ۵ تا ۹				آب رودخانه	۳
۸/۳ تا ۷/۷				آب دریا	۴
بستگی به محل حفر چاه دارد				آب چاه	۵
۷/۶ تا ۷/۲				آب استخر	۶
				...	۷

**فعالیت ساخت یافته ۱۰:** اندازه‌گیری سختی کل آب به صورت عملی در آزمایشگاه

پرسش ۳



به تصویر زیر بنگرید. به نظر شما این تصویر چه پدیده‌ای را نشان می‌دهد؟



**پاسخ:** تصویر تجمع رسوب‌های ناشی از سختی زیاد آب را در یک کتری برقی نشان می‌دهد.



### معادل کربناتی

به منظور آسانی محاسبات و نیز رسیدن به یک مبنای مشترک در اعلام سختی آب‌ها، ابتدا غلظت تمامی نمک‌های موجود در نمونه آب محاسبه می‌شود. سپس جمع آنها در ۵۰ (یعنی  $100 \div 2 = 50$ ) هم‌ارزگرم کلسیم کربنات ضرب می‌شود و آن را معادل کربناتی می‌نامند. مثلاً اگر غلظت منیزیم سولفات در یک نمونه آب ۴۲۰ mg/L باشد:

$$420 \text{ mg/L} = 420 \text{ ppm}$$

$$420 \div 60 = 7 \text{ میلی هم‌ارزگرم}$$

(زیرا جرم هر هم‌ارزگرم از منیزیم سولفات برابر است با  $120 \div 2 = 60$  گرم)  
پس غلظت منیزیم سولفات در نمونه آب معادل است با:

$$7 \times 50 = 350 \text{ ppm معادل کلسیم کربنات}$$



به نظر شما، دلیل تشکیل رسوب در کتری و سماور چیست؟ در مورد واکنش‌های زیر چه نظری دارید؟



### پاسخ:

چنان‌که دیده می‌شود با تجزیه گرمایی کلسیم بی‌کربنات یون سختی کلسیم تنها به اندازه حل‌پذیری تعادلی کلسیم کربنات در آب وجود خواهد داشت که میزان اندکی است. به عبارت دیگر سختی باقی‌مانده در آب، کاهش یافته است. اما سختی دائم یا سختی مربوط به نمک‌های سولفات، کلرید و نیترات کلسیم و منیزیم، با گرما دادن رسوب نمی‌کنند، به جز اینکه آب در اثر تبخیر از آنها اشباع شود. از این جهت سختی دائم بهتر از سختی موقت است. زیرا سختی موقت با افزایش دما و در مکان یا هنگام نامناسب ممکن است با رسوب کلسیم کربنات و گاز کربن دی‌اکسید در تنظیم pH و میزان انتقال گرما اختلال کند.



۱- کدام یک از نمک‌های زیر باعث سختی موقت می‌شوند؟  
کلسیم سولفات، سدیم کربنات، منیزیم بی‌کربنات، سدیم سولفات

۲- به نظر شما مشکل سختی آب چه راهکاری دارد؟

پاسخ: ۱- منیزیم بی‌کربنات

۲- راهکار این مشکل حذف سختی آب است.

## فعالیت عملی ۷

### تعیین سختی کل

**راهنمایی:** مطابق روش کار گفته‌شده در کتاب درسی، محلول‌های مختلف تهیه گردد سپس با سنجش حجمی سختی کل، کلسیم و منیزیم آب تعیین شود و نتایج گروه‌های مختلف را با یکدیگر مقایسه کنید. با بحث گروهی، بهترین گروه انتخاب شود و علت آنها را مشخص کنید. در پایان گروه هنرجویی منتخب، مورد تشویق بیشتر قرار گیرد.

**فعالیت ساخت یافته ۱۱:** اندازه‌گیری سختی موقت آب به‌صورت عملی در آزمایشگاه

## فعالیت عملی ۸

### اندازه‌گیری سختی موقت آب

**راهنمایی:** مطابق روش کار گفته‌شده در کتاب درسی، با سنجش حجمی سختی موقت آب تعیین شود و سپس نتایج گروه‌های مختلف را با یکدیگر مقایسه کنید. با بحث گروهی، بهترین گروه انتخاب شود و علت آنها را مشخص کنید. در پایان گروه هنرجویی منتخب، مورد تشویق بیشتر قرار گیرد.

**توجه:** با توجه به روش محاسبه موجود در کتاب درسی لازم است جدول زیر با داده‌های عملی هنرجویان پر شود.

۱	۲	۳	نمونه
			حجم نمونه آب
			نرمالیت HCl مصرف شده
			حجم HCl مصرف شده
			تعداد اکی‌والان گرم HCl مصرف شده
			تعداد اکی‌والان گرم برای یک لیتر آب
			تعداد میلی‌اکی‌والان $Ca^{2+}$ و $Mg^{2+}$
			سختی موقت میلی‌اکی‌والان گرم در لیتر

پرسش ۵



با توجه به فعالیت عملی ۸، مقدار سختی دائم آب را به دست آورید.  
**پاسخ:** تفاضل سختی کل و موقت را سختی دائم آب در نظر بگیرید.

تحقیق کنید

۴



در مورد مزیت سختی آب تحقیق کنید و در کلاس ارائه دهید.  
**پاسخ:** برخی از پژوهش‌ها نشان داده‌اند در مناطقی که از آب‌های سخت استفاده می‌کنند بیماری‌های قلبی و عروقی مانند سکتة قلبی و فشار خون کمتر مشاهده شده است. از طرفی آب‌های خیلی سبک طعم بی‌مزه و ناخوشایندی دارند.

**فعالیت ساخت یافته ۱۲:** بیان شاخص قلیایی ساده و کل آب با کمک تصویر و ذکر موارد ایمنی

تحقیق کنید

۵



آیا توجه کرده‌اید که آب رودخانه‌ها با وجود ورود مواد زیاد به آنها، چرا این قدر تمیز می‌مانند؟ آیا دلیل آن را می‌دانید؟



تمیز ماندن آب رودخانه‌ها به دلیل وجود اکسیژن در آنها

**پاسخ:** یکی از دلایل تمیز ماندن آب رودخانه‌ها وجود اکسیژن در آنهاست که با انجام واکنش‌های شیمیایی و زیستی، مواد آلی موجود در آب را پاک‌سازی می‌کند. این اکسیژن ضمن حرکت آب در طبیعت و در اثر تلاطم ناشی از برخورد با سنگ‌ها یا ریزش از آبشارها در آب حل می‌شود. علی‌رغم میزان کم حل شدن اکسیژن در آب، همین مقدار اندک هم برای زندگی آبزیان اهمیت زیادی دارد.

**فعالیت ساخت یافته ۱۳:** اندازه‌گیری شاخص قلیایی ساده و کل آب به صورت عملی

## فعالیت عملی ۹

### تعیین شاخص‌های قلیایی ساده و کل

**راهنمایی:** مطابق روش کار گفته‌شده در کتاب درسی، با سنجش حجمی شاخص قلیایی ساده و کل آب تعیین شود و سپس نتایج گروه‌های مختلف را با یکدیگر مقایسه کنید. با بحث گروهی، بهترین گروه انتخاب شود و علت آنها را مشخص کنید. در پایان گروه هنرجویی منتخب مورد تشویق بیشتر قرار گیرد.

## مرحله ۴: انجام آزمایش‌های زیست‌شناختی آب

**فعالیت ساخت یافته ۱۴:** معرفی شاخص‌های COD، بهداشتی بودن و BOD آب با کمک تحقیق و تصویر

تحقیق کنید

۶



در مورد روش‌های شناسایی و شمارش باکتری‌ها تحقیق کنید و گزارش آن را در کلاس ارائه کنید.

**پاسخ:** روش‌های شناسایی و شمارش باکتری‌ها متنوع است و هنرآموز محترم بر حسب سطح درک هنرجویان کلاس، تحقیقات صورت گرفته را بررسی کنند. باکتری‌های منفرد به‌طور معمول با یکی از روش‌های زیر شمارش می‌شوند: **شمارش مستقیم:** در این روش، شمارش مستقیم کلنی‌ها<sup>۱</sup> با استفاده از میکروسکوپ‌ها صورت می‌گیرد. اما چون تمایز بین سلول‌های زنده و مرده دشوار است، شمارش صورت گرفته شمارش کلی است.

روش دیگر برای دستیابی به شمارش مستقیم به‌وسیله یک قطعه شمارنده الکترونیکی است که در آن نمونه شامل باکتری‌ها از سوراخی عبور داده می‌شود. با عبور باکتری از روزه دستگاه، قابلیت رسانندگی الکتریکی مایع داخل روزه کاهش می‌یابد. تعداد دفعات این کاهش و میزان آن بسته به تعداد باکتری است.

۱- در زیست‌فناوری، یک واحد تشکیل کلنی (Colony-forming unit, cfu)، واحدی است که برای تخمین تعداد سلول‌های باکتریایی یا قارچی زنده در یک نمونه به کار می‌رود. منظور از «زنده»، توانایی تولید مثل از طریق تقسیم دوتایی تحت شرایط کنترل شده است.

## فعالیت ساخت یافته ۱۵: بیان فرایندهای تصفیه آب با کمک تصویر و فیلم

تحقیق کنید  
۷



آب آشامیدنی شهر یا روستای محل زندگی شما از کجا تأمین و چگونه تصفیه می‌شود؟

**پاسخ:** با توجه به استان سکونت هنرجویان پاسخ مناسب ارائه شود. برای مثال بخشی از نیاز آب آشامیدنی شهر تهران از منابع آبی سطحی (سدهای پنج‌گانه تهران) و بخشی دیگر از منابع آب زیرزمینی تأمین می‌شود. چگونگی تصفیه آن:

- **فرایند آشغال‌گیری:** حذف مواد شناور معلق و درشت با توری آشغال‌گیری
- **فرایند پیش‌ته‌نشینی:** با هدف کاهش کدورت اولیه و حذف مواد معلق درشت دانه قابل ته‌نشینی

- **فرایند تهیه و تزریق مواد شیمیایی:** تزریق کلروفریک به عنوان ماده منعقدکننده و شیرآهک برای تنظیم pH و بهبود فرایند انعقاد

- **فرایند اختلاط سریع:** مواد شیمیایی مورد استفاده در فرایند تصفیه، در زمانی بسیار کوتاه و با سرعت زیاد توسط همزن مکانیکی با آب مخلوط می‌شود.

- **فرایند زلال‌سازی:** که در آن عمل انعقاد، لخته‌سازی و ته‌نشینی مواد صورت می‌گیرد.

- **فرایند صافی‌سازی:** حذف نهایی مواد معلق (کلوئیدی) از آب و فلوک‌های ریز که در مرحله زلال‌سازی ته‌نشین نشده‌اند.

- **فرایند کلرزنی اولیه و نهایی:** کلرزنی اولیه قبل از عمل انعقاد، برای حذف و نابودی ارگانسیم‌های نامطلوب بیماری‌زا و اصلاح نسبی رنگ، بو و طعم آب خام انجام می‌شود. کلرزنی ثانویه به منظور گندزدایی و تأمین کلر آزاد باقی‌مانده در آب خروجی صورت می‌گیرد.

فیلم  
آموزشی



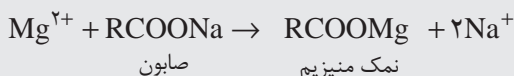
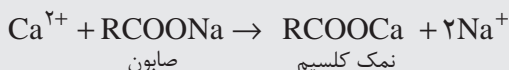
**مراحل مختلف تصفیه آب آشامیدنی**  
هنرآموزان محترم، مطابق شیوه‌نامه اجرایی فیلم آموزشی، فیلم مراحل مختلف تصفیه آب آشامیدنی را برای هنرجویان نمایش دهند.



تصویر زیر چه پدیده‌ای را نشان می‌دهد؟ آیا علت آن را می‌دانید؟



**پاسخ:** تصویر کف نکردن صابون در آب سخت را نشان می‌دهد. دلیل آن قابل حل نبودن صابون‌های کلسیم و منیزیم در آب است. زیرا به لحاظ شیمیایی صابون‌ها، نمک‌های محلول در آب سدیم یا پتاسیم اسیدهای چرب بزرگ مولکول (مانند استئاریک، اولئیک یا پالمیتیک) هستند که می‌توانند در تعامل با آب لکه‌های چربی یا روغنی را حل کنند و از روی پوست یا پارچه بردارند. در برخی از آب‌ها صابون کف نمی‌کند یا دیر کف می‌کند. به این آب‌ها سخت می‌گویند. آب سخت آبی است که حاوی نمک‌های معدنی از قبیل ترکیبات بی‌کربنات، یون‌های کلسیم، منیزیم و غیره است. صابون باید ابتدا یون‌های کلسیم، منیزیم (و بقیه یون‌های) موجود در آب سخت را خنثی کند. این کار زمان‌بر است و بعد از آن صابون کف می‌کند. صابون‌های نامحلول کلسیم و منیزیم به سطح پارچه می‌چسبند و ظرفیت پاک‌کنندگی صابون را کم می‌کنند.



یک مورد استفاده مهم از شوینده‌های مصنوعی، در آب سخت است، زیرا نمک‌های کلسیم و منیزیم شوینده‌های مصنوعی در آب محلول هستند. در نتیجه از صابون بیشتر کف می‌کنند.

**فعالیت ساخت یافته ۱۶:** کاهش سختی موقت آب به صورت عملی در آزمایشگاه

### فعالیت عملی ۱۰

#### کاهش سختی موقت آب

**راهنمایی:** مطابق روش کار گفته شده در کتاب درسی، محلول‌های مختلف تهیه شود و با سنجش حجمی سختی کل آب‌های مختلف را پیش و پس از آهک‌زنی تعیین کنید. سپس نتایج گروه‌های مختلف را با یکدیگر مقایسه کنید. با بحث گروهی،

بهترین گروه انتخاب شود و علت آنها را مشخص کنید. در پایان گروه هنرجویی منتخب مورد تشویق بیشتر قرار گیرد.

**فعالیت ساخت یافته ۱۷:** کاهش سختی کل آب با استفاده از رزین به صورت عملی در آزمایشگاه

### فعالیت عملی ۱۱

**استفاده از رزین‌ها در تصفیه آب**

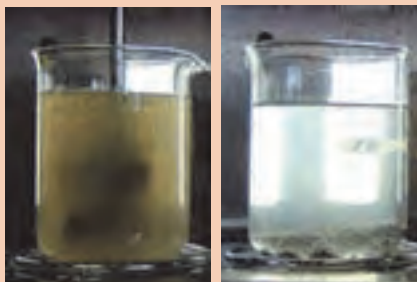
**راهنمایی:** مطابق روش کار گفته شده در کتاب درسی، محلول‌های مختلف تهیه شود و با سنجش حجمی سختی کل آب‌های مختلف را پیش و پس از تصفیه با رزین تعیین کنید. سپس نتایج گروه‌های مختلف را با یکدیگر مقایسه کنید. با بحث گروهی، بهترین گروه انتخاب شود و علت آنها را مشخص کنید. در پایان گروه هنرجویی منتخب، مورد تشویق بیشتر قرار گیرد.

**فعالیت ساخت یافته ۱۸:** بیان روش‌های فیزیکی و شیمیایی حذف ناخالصی‌های گازی آب با کمک تصویر

روش‌های فیزیکی و شیمیایی حذف ناخالصی‌های گازی آب با کمک تصویرهای مختلف بیان شود.

**فعالیت ساخت یافته ۱۹:** بیان روش زلال سازی آب با منعقدکننده‌ها، با استفاده از تصویر و پرسش

فکر می‌کنید تفاوت دو حالت زیر در تصفیه آب ناشی از چه عاملی باشد؟



**پاسخ:** در ظرف سمت راست از موادی مانند منعقدکننده‌ها استفاده شده است.

**فعالیت ساخت یافته ۲۰:** انجام دادن آزمایش جار برای ارزیابی انعقادسازی به صورت عملی

پرسش ۶





## فعالیت عملی ۱۲

### انجام دادن آزمایش جار

راهنمایی: مطابق روش کار گفته شده در کتاب درسی، محلول‌های مختلف تهیه شود و زلال بودن محلول نهایی، سرعت ته نشینی و نیز حجم لجن تولیدشده در هر بشر را در جدولی یادداشت کنید. سپس نتایج گروه‌های مختلف را با یکدیگر مقایسه کنید. با بحث گروهی، بهترین افزودنی انتخاب شود و علت آنها را مشخص کنید.

تحقیق کنید

۸



کدام یک از متغیرهای زیر روی انعقادسازی اثر مثبت دارد؟  
الف) مواد آلی (ب) همزدن (ج) دمای کم (د) pH کم  
پاسخ: هیچ کدام.

**فعالیت ساخت یافته ۲۱:** بیان روش فیلتراسیون و فرایندهای غشایی در تصفیه آب با کمک تصویر و نمایش فیلم

فیلم  
آموزشی



### الکترودیالیز

هنرآموزان محترم، مطابق شیوه‌نامه اجرایی فیلم آموزشی، فیلم الکترودیالیز را برای هنرجویان نمایش دهند.

**فعالیت ساخت یافته ۲۲:** بیان روش گندزدایی فیزیکی و شیمیایی در تصفیه آب با کمک تصویر و بازدید

## فعالیت عملی ۱۳

با هماهنگی مسئولان هنرستان خود از یک سازمان تصفیه آب بازدید کنید و گزارش آن را بنویسید.

راهنمایی: هنرآموزان محترم، مطابق شیوه‌نامه بازدید از مراکز علمی و صنعتی، از یک سازمان تصفیه آب به همراه هنرجویان بازدید کنند و در پایان گزارش بازدید از هنرجویان خواسته شود.

## پرسش‌ها و پاسخ‌های پایانی

۱ منابع آب کدام‌اند؟

پاسخ: مهم‌ترین منابع آب عبارت‌اند از: آب‌های زیرزمینی، آب‌های سطحی و آب‌های شور.

۲ ناخالصی‌های آب چند دسته هستند، هر کدام را به‌طور مختصر توضیح دهید.

**پاسخ:** سه دسته:

- گازی، که با افزایش فشار جزئی گاز در تماس با آب، یا کاهش دمای آب حلالیت آنها در آب بیشتر می‌گردد. همچنین با فعالیت میکروارگانیسم‌ها در آب نیز میزان گازها در آن کمتر یا بیشتر می‌شود.

- یونی و مولکولی، نمک‌ها پس از حل شدن در آب به صورت کاتیون‌ها و آنیون‌ها در می‌آیند. بعضی از مواد مانند شکر (ضایعات خروجی از کارخانجات نیشکر) نیز به صورت مولکولی در آب حل می‌شوند.

- معلق (کلوئیدی)، ذرات ریز و درشت جامد و غیر محلول در آب سبب کدر شدن آن می‌گردند.

**۳** اثرات زیانبخش ناخالصی‌های آب در صنعت را توضیح دهید.

**پاسخ:** با توجه به نقش مهم آب در مصارف خانگی، صنعتی، کشاورزی و ...، هر یک از این ناخالصی‌ها می‌توانند مضرات متعددی را ایجاد کنند. مثلاً رسوب‌گذاری در تجهیزات انتقال گرما، خوردگی در دستگاه‌ها و سطوح گوناگون، بیماری‌زایی، اختلال در کاربرد مواد شیمیایی، کثیف یا آلوده کردن محصولات صنعتی و مانند آنها می‌شود.

**۴** سختی آب چیست؟ و انواع آن را نام ببرید.

**پاسخ:** سختی آب به کاتیون‌های دو ظرفیتی کلسیم و منیزیم (و مقدار کمتری یون‌های دیگر) مربوط می‌شود و بر دو نوع است: سختی موقت یا بی‌کربناتی و سختی دائم یا سختی غیرکربناتی.

**۵** شاخص مواد جامد محلول در آب را شرح دهید.

**پاسخ:** منظور از غلظت کل مواد جامد محلول در آب (TDS) مجموع غلظت همه یون‌های موجود در آب می‌باشد. برای سنجش آن، از آبی که با عبور از صافی مخصوص مواد معلق و کلوئیدی آن گرفته شده است، استفاده می‌گردد.

**۶** سختی دائم و موقت چه تفاوت‌هایی با یکدیگر دارند؟

**پاسخ:** سختی موقت یا بی‌کربناتی با حرارت دادن از بین می‌رود و به صورت رسوب کربنات از آب جدا می‌شود. اما سختی دائم یا سختی غیرکربناتی با حرارت دادن تجزیه نمی‌گردد.

**۷** شاخص قلیاییت آب چیست؟ و به چند دسته تقسیم‌بندی می‌شود.

**پاسخ:** شاخص قلیاییت آب برابر با مجموع غلظت سه یون کربنات، بی‌کربنات و هیدروکسید موجود در آن است. قلیاییت بر دو نوع است: قلیاییت ساده یا قلیاییت نسبت به فنل فتالین (P) و قلیاییت کل یا قلیاییت نسبت به متیل اورانژ (M).

**۸** رابطه pH و قلیاییت را بیان کنید.

**پاسخ:** pH آب معرف قدرت اسیدی آب، اما قلیاییت معرف مقاومت آب در برابر تغییرات pH هستند.

**۹** برای سنجش میزان مواد آلی موجود در آب، از چه روش‌هایی استفاده می‌شود؟

**پاسخ:** نیاز اکسیژن بیوشیمیایی (BOD)، نیاز اکسیژن شیمیایی (COD) و

اندازه‌گیری کل کربن آلی (TOC) و با دقت کمتر اندازه‌گیری بخش مواد فرّار، اندازه‌گیری کل مواد جامد.

**۱۵** چه روش‌هایی برای مناسب‌سازی آب وجود دارد؟ به اختصار بیان کنید.

**پاسخ:** برای بهسازی و مناسب‌سازی آب دو روش موجود است:

(الف) حذف و یا کاهش ناخالصی‌های آب در تصفیه‌خانه (تصفیه‌ خارجی)

(ب) افزایش مواد کمکی به آب در محل مصرف (تصفیه‌ داخلی)

**۱۱** رزین‌ها چه موادی هستند؟ چند کاربرد برای آنها بنویسید.

**پاسخ:** رزین‌های مواد جامدی هستند که در آب نامحلول هستند، اما می‌توانند با یون‌های آب تعویض یونی انجام دهند. رزین‌ها در تهیه‌ آب آشامیدنی با کیفیت، صنایع دارویی، غذایی، شیمیایی، پتروشیمی، نفتی، گازی و (به‌ویژه برای دیگ‌های بخار) و کاغذسازی به‌کار می‌روند.

**۱۲** ضد عفونی‌کننده‌ها چند دسته هستند و چگونه عمل می‌کنند؟

**پاسخ:** ضد عفونی‌کننده‌ها یا همان گندزداها موادی‌کننده هستند که کلیه عوامل بیماری‌زا را توسط عوامل فیزیکی و شیمیایی از بین می‌برند. گندزداها شامل دو دسته کلی با واکنش شیمیایی (مانند کلر، ازن، دی اکسید کلر، برم و ید) و با عملکرد فیزیکی (نظیر استفاده از صافی یا پرتودهی) هستند.

گندزدهای شیمیایی با اکسایش و پاره کردن دیواره سلول میکروبی، آنها را می‌کشند و یا با نفوذ درون سلول در کارها و فعالیت‌های حیاتی آنها، اختلال ایجاد می‌کنند.

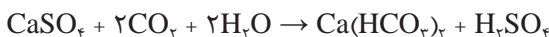
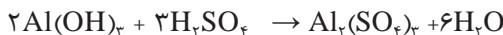
گندزدهای فیزیکی با تابش فرابنفش، گرما یا حذف فیزیکی به‌وسیله غشاهای ریزجانداران را نابود می‌کنند.

**۱۳** گندزدهای شیمیایی کلر، ازن و نقره کلوئیدی را از نظر کاربرد با یکدیگر مقایسه کنید.

**پاسخ: کلر:** این گاز خورنده و خفه‌کننده، ارزان، سمی برای اغلب ریزجانداران، نیازمند به تجهیزات و تأسیسات خاص و گران قیمت، دارای قابلیت حل شدن مناسب در آب است. باقی‌مانده آن می‌تواند شبکه توزیع آب را به لحاظ زیست‌شناختی محافظت کند. **ازون:** گندزدایی مفید و قوی، بدون باقی‌مانده‌ای در آب، با سمیت شدید، گران قیمت و تولیدکننده مواد مضر یا برخی از مواد آلی یا معدنی است.

**نقره کلوئیدی:** بسیار گران است و فقط در صافی‌های کوچک آب استفاده می‌گردد، زیرا برای بیشتر ریزجانداران سمی می‌باشد.

**۱۴** ساز و کار منعقدکننده آلومینیم سولفات را با واکنش شیمیایی مربوطه بنویسید. **پاسخ:**



## ارزش شایستگی آزمایش‌های کنترل کیفیت آب

<p><b>شرح کار:</b>  چگونگی استفاده از تجهیزات آزمایشگاهی را بداند و کار داده شده را با دقت انجام دهد.  هنگام کار مراقب باشد که دستگاه صدمه نبیند.  پس از انجام کار، وسایل را تمیز و سالم در حالت اولیه قرار دهد.</p>			
<p><b>استاندارد عملکرد:</b>  رعایت مسائل ایمنی هنگام کار  انجام کار طبق دستور کار</p>			
<p><b>شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات</b>  <b>شرایط مکان:</b> آزمایشگاه  <b>زمان:</b> یک جلسه آموزشی  <b>ابزار و تجهیزات:</b> pHسنج، رسانایی سنج، آزمایش جار، ترازو، وسایل شیشه‌ای آزمایشگاهی، رنگ‌سنج، کدروی سنج.</p>			
<p><b>معیار شایستگی:</b></p>			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	ضرورت انجام کنترل کیفیت آب	۱	
۲	انجام آزمایش‌های فیزیکی آب	۲	
۳	انجام آزمایش‌های شیمیایی آب	۲	
۴	انجام آزمایش‌های زیست‌شناختی آب	۱	
<p><b>شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش:</b>  <b>۱- ایمنی:</b> انجام کار کارگاهی یا رعایت موارد ایمنی و استفاده از وسایل ایمنی شخصی  <b>۲- نگرش:</b> صرفه‌جویی  <b>۳- توجهات زیست‌محیطی:</b> جلوگیری از صدمه زدن به محیط زیست از طریق انجام کار بدون ریخت‌وپاش  <b>۴- شایستگی‌های غیرفنی:</b> ۱- اخلاق حرفه‌ای ۲- مدیریت منابع  <b>۳- محاسبه و کاربست ریاضی</b>  <b>۵- مستندسازی:</b> گزارش‌نویسی</p>			
<b>میانگین نمرات</b>			
<p>* کم‌ترین میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ است.</p>			

## فصل چهارم

### کاربرد مواد افزودنی در صنایع شیمیایی



در این پودمان هنرجویان با مفاهیم مواد افزودنی، روش‌های مختلف افزودن مواد افزودنی، سازگاری افزودنی‌ها و اهمیت درجه خلوص آنها آورده شده است. همچنین هنرجویان به طور عملی به فراخور امکانات و تجهیزات موجود در هنرستان‌ها با افزودنی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیست‌شناختی مواد مختلف کار می‌کنند. در این پودمان استفاده همزمان از فیلم‌های آموزشی با مطالب درسی پیش‌بینی شده است. با توجه به اینکه بازدید از مراکز صنعتی تأثیر بسزایی در امر یادگیری دارد، از هنرآموزان محترم در خواست می‌شود که در این راستا نیز بازدید از مراکز صنعتی را جامه عمل بپوشانند.

اغلب فعالیت‌های این پودمان به صورت گروهی در نظر گرفته شده است. بنابراین لازم است که هنرآموزان محترم با تقسیم‌بندی هنرجویان کلاس به گروه‌های مختلف ۳ تا ۴ نفره و با آموزش و راهنمایی‌های دقیق گروه‌های دانش‌آموزی به‌طور مستقیم در فرایند یاددهی و یادگیری مشارکت مؤثر داشته باشند. همچنین هنرآموزان گرامی توجه داشته باشند که در فرصت‌های یادگیری پیش‌بینی شده به شایستگی‌های غیرفنی این واحد یادگیری مانند اخلاق حرفه‌ای (وقت‌شناسی، حضور منظم و به موقع، انجام دادن وظایف و کارهای محول و پیروی از قوانین کارگاهی)، کار گروهی (حضور فعال در فعالیت‌های گروهی، انجام دادن کارها و وظایف محول) و مستندسازی (گزارش‌نویسی فعالیت‌های کارگاهی) توجه ویژه داشته باشند.

## مرحله ۱: به کارگیری مفاهیم مواد افزودنی

**فعالیت ساخت یافته ۱:** معرفی مواد افزودنی و هدف از استفاده آن در صنایع شیمیایی با استفاده بحث گروهی، تصویر و نمایش فیلم

در مورد تصویر زیر با دوستان خود گفت و گو کنید.



بحث گروهی

۱



**پاسخ:** این تصویر افزودن ماده‌ای (افزودنی) را جهت تولید محصول (ملاطه سیمانی) به صورت دستی نشان می‌دهد. این نوع عملیات در فعالیت‌های روزانه مانند آشپزی نیز استفاده می‌شود.

فیلم آموزشی



## افزودنی‌های مواد غذایی

هنرآموزان محترم، مطابق شیوه‌نامه اجرایی فیلم آموزشی، فیلم افزودنی‌های مواد غذایی را برای هنرجویان نمایش دهند.

بیشتر بدانید



هنرآموزان گرامی پیش از شروع تدریس به تارنماها، بانک‌های اطلاعاتی، کدها، سازمان‌های نظارتی و استانداردهای معرفی شده مراجعه کنند تا با روش به دست آوردن اطلاعات از این پایگاه‌ها تسلط پیدا کنند. منظور از کد، مجموعه مقرراتی است که باید رعایت شود و استانداردها نیز مجموعه دستور کارهای یکسان شده است که در زمینه‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. این موارد عبارت‌اند از:

۱- سازمان ملی استاندارد ایران (ISIRI): در متن کتاب درسی توضیح داده شده است.



۲- معاونت غذا و دارو: مرجع رسمی و یکی از معاونت‌های وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی کشور است که وظیفه آن تدوین قوانین و نظارت بر محصولات غذایی، دارویی و آرایشی و بهداشتی در کشور است.



۳- فائو (FAO): سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد یکی از سازمان‌های بین‌المللی است که در زمینه توسعه کشاورزی فعالیت دارد. سازمان فائو در سال میلادی ۱۹۴۵ توسط ۴۴ کشور عضو سازمان ملت‌های متحد بنا شد. هدف این سازمان، بالا بردن سطح زندگی و بهبود تغذیه مردم جهان، توزیع مناسب مواد غذایی در مناطق مختلف جهان و ایجاد امنیت غذایی است.

۱- Food and Agriculture Organization

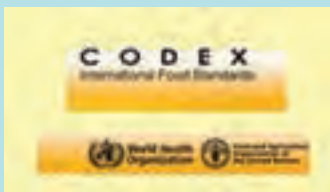
مبارزه با سوء تغذیه و ارائه اطلاعات لازم به کشورهای مختلف از دیگر اهداف فائو است که بازدهی کشاورزی و سطح تغذیه در جهان را افزایش داده است. مکان این سازمان در شهر رم در کشور ایتالیا است.



#### ۴- سازمان جهانی بهداشت (WHO):

یکی از مراکز تخصصی سازمان ملل متحد است که نقش یک مرجع سازمان دهنده را بر بهداشت جامعه جهانی ایفا می‌کند.

هدف سازمان بهداشت جهانی، دستیابی مردم به بیشترین سطح سلامت ممکن بیان شده است. وظیفه اصلی این سازمان مبارزه با بیماری‌ها، مخصوصاً بیماری‌های مسری شایع و افزایش کیفیت سلامت عمومی مردم جهان است. تارنمای این سازمان به نشانی <http://www.who.int/en> است.



#### ۵- کدکس مواد غذایی (CAC):

کارگروه مقررات مواد غذایی، کارگروه مشترک دو سازمان خواربار کشاورزی و بهداشت جهانی است که در سال ۱۹۶۳ میلادی به دلیل اهمیت و لزوم تدوین استانداردهای غذایی، ایجاد شد. این کارگروه، تدوین

استانداردهای غذایی را به‌طور واحد و یکسان بر عهده دارد و اجلاسیه آن هر ساله در یکی از سازمان‌های مذکور برگزار می‌شود. در حال حاضر ۱۸۶ کشور از جمله جمهوری اسلامی ایران عضو این کارگروه هستند. تارنمای رسمی کدکس مواد غذایی <http://www.fao.org/fao-who-codex-alimentarius/en> است. تمامی استانداردهای مواد غذایی از جمله افزودنی‌ها در این پایگاه موجود است.

#### ۶- JECFA:



کارگروه بین‌المللی و تخصصی است که توسط فائو و سازمان جهانی بهداشت مدیریت می‌شود و اولین جلسه آن در سال ۱۹۵۶ میلادی برای برآورد ایمنی افزودنی‌های مواد غذایی، آلودگی‌ها، مواد سمی که به صورت طبیعی وجود دارند و باقی‌مانده داروهای دامی در غذا تشکیل شد.

JECFA در آخرین جلسات خود در سال ۲۰۰۵ میلادی، چهار جلد کتاب

۱- World Health Organization

۲- Codex Alimentarius Commission



«COMBINED COMPENDIUM OF FOOD ADDITIVE SPECIFICATIONS»

را تدوین کرد. جلد اول تا سوم این کتاب مشخصات فنی کامل افزودنی‌ها را بیان می‌کند و جلد چهارم تحت عنوان:

«Analytical methods, test procedures and laboratory solutions used by and referenced in the food additive specifications»

روش‌های آزمایش مواد افزودنی خوراکی را تشریح کرده است. جلد چهارم این کتاب را می‌توان از نشانی زیر تهیه کرد.

<http://www.fao.org/docrep/009/a0691e/a0691e00.htm>

یا

<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=۲&cad=rja&uact=۸&ved=۰ahUKEwiKIP۷j۰۶jYAhVBJ۵oKHaojAtQQFggtMAE&url=http://www.fao.org/a0691e/pdf&usg=AOvVaw۱T۸ipmfqWQJLf۶UIacVP>

با همین عنوان به راحتی جلد‌های دیگر که به ترتیب حروف الفبا انواع افزودنی‌های مواد غذایی را شرح داده است، پیدا می‌کنید که عبارت‌اند از:

Volume ۱ – Specifications for food additives A through D.

Volume ۲ – Specifications for food additives E through O.

Volume ۳ – Specifications for food additives P through Z.

Volume ۴ – Analytical methods, test procedures and laboratory solutions used by and referenced in the food additive specifications.

در واقع این مجموعه یک مرجع کامل و کاربردی و در دسترس و استاندارد و مورد پذیرش جامعه جهانی است.

## ۷- فارماکوپه دارویی:

فارماکوپه‌ها کتاب‌هایی هستند که فهرست کاملی از داروهای موجود در بازار



مشمتمل بر اطلاعات دارویی، موارد مصرف، عوارض جانبی، شیوه نگهداری داروها و مواد اولیه، روش تجزیه و تحلیل مواد اولیه و افزودنی مشتمل بر روش‌های فیزیکی و شیمیایی و استانداردهایی که در داروسازی و صنایع غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند، در آن آمده است. همچنین استانداردهایی که در صنایع داروسازی و غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند در این کتب مرجع موجود هستند.

## ۸- سامانه شماره گذاری بین المللی مواد افزودنی<sup>۱</sup>(INS):

هر افزودنی دارای یک شماره عددی مربوط به (INS) است که جانشین اسامی پیچیده و خاص طولانی می شود. به عنوان مثال سیتریک اسید دارای شماره عددی E330 است. داشتن این شماره به معنای تأیید این جسم به عنوان افزودنی مواد خوراکی توسط کمیته مشترک سازمان جهانی بهداشت و فائو برای مواد افزودنی نیست و باید توسط این کمیته تأیید شده باشد.

## ۹- سازمان بین المللی استاندارد<sup>۲</sup> (ایزو ISO):



مکان آن در ژنو است و در ۲۴ فوریه ۱۹۴۷ میلادی به منظور یکپارچه کردن تدوین استانداردها در سراسر جهان، ایجاد تسهیلات در تجارت جهانی، حمایت از تولیدکننده و مصرف کننده و توسعه همکاری های علمی تکنولوژیکی اقتصادی با عضویت ۲۵ کشور به فعالیت خود ادامه داد. مؤسسه استاندارد و تحقیقات

صنعتی ایران از جمله اعضای اصلی آن است و با فعالیت در کارگروه های فنی ایزو در تدوین استانداردهای بین المللی مشارکت دارد. این استانداردها که تعداد آنها در حال حاضر ۱۱۹۵۰ مورد است توسط ۲۸۵۶ کارگروه و زیرگروه و بیش از سی هزار کارشناس تدوین شده است.

## ۱۰- ASTM<sup>۳</sup>:



یکی از بزرگ ترین سازمان های بین المللی توسعه دهنده استاندارد است. استانداردهای گسترده این سازمان که شامل استانداردهای فنی برای مواد، محصولات، سامانه ها و خدمات است، براساس توافق اعضا به تصویب می رسد. این سازمان دارای بیش از ۱۲۰۰۰ استاندارد است که در ۷۷ جلد به صورت سالیانه چاپ و منتشر می شود و مورد تأیید متخصصین است.

## ۱۱-GMP:

به معنای شرایط خوب تولید<sup>۴</sup> به عنوان شالوده اصلی سامانه های ایمنی و سلامت شامل مجموعه الزامات و دستور کارهایی است که روش ها، تجهیزات مورد نیاز، امکانات و کنترل های الزامی برای تولید محصولات با کیفیت در زمینه های

۱- International Numbering System for Food Additives

۲- International Standard Organization

۳- American Society for Testing Materials

۴- Good Manufacturing Practice

زیر را شرح می‌دهد:

- محصولات دارویی برای انسان‌ها و مصارف دامپزشکی  
- فرآورده‌های زیستی و محصولاتی که از منابع طبیعی مثل انسان، حیوان یا ریزاند امکان تهیه می‌شوند.

- تجهیزات پزشکی

- مواد غذایی فراوری شده

هدف از تدوین این ضوابط راهنمایی تولیدکنندگان برای استقرار کمترین شرایط خوب تولید، استمرار آن و تولید محصول باکیفیت است و اینکه اطمینانی به وجود آید تا محصولات تولیدشده منطبق با استانداردهای مناسب با کاربردشان، تولید و کنترل می‌شوند و نیازهای مصرف‌کنندگان را از نظر کیفیت، ایمنی و کارایی برآورده می‌سازند. داشتن گواهینامه<sup>۱</sup> شرایط خوب ساخت، نشان‌دهنده رعایت مفاد مندرج در آن توسط دارنده این گواهینامه است و به طبع آن اطمینان خاطر را به مصرف‌کننده در مورد کیفیت آن می‌دهد. GMP دارای حدود ۴۵۰ تذکر در زمینه روش افزایش افزودنی‌ها به محصولات غذایی است، به‌عنوان مثال تذکر شماره ۷۱ بیان می‌دارد که فقط نمک‌های کلسیم، سدیم و پتاسیم می‌تواند به‌عنوان افزودنی اضافه شود.

نشانی‌های زیر پایگاه‌های تخصصی و معتبر در زمینه رنگ و پوشش، بسپار، چسب و مواد آرایشی و بهداشتی است که می‌توان فرمول‌بندی‌ها و اطلاعات ارزشمندی از مواد افزودنی در آنها را پیدا کرد.

۱- <https://cosmetics.specialchem.com>

۲- <https://coatings.specialchem.com>

۳- <https://adhesives.specialchem.com>

۴- <https://polymer-additives.specialchem.com>

نکته



هنرآموزان محترم توجه داشته باشند که به‌خاطر سپردن نام مواد افزودنی به دلیل گستردگی زیاد الزامی نیست و کافی است هنرجو بتواند نقش این مواد را توضیح دهد.

## فعالیت عملی ۱

### وجود افزودنی در محصولات

مواد و وسایل لازم: قرص استامینوفن، ترازو  
راهنمایی: مطابق روش کار گفته شده در کتاب درسی، وجود افزودنی در قرص

استامینوفن بررسی شود. استامینوفن ماده مؤثر دارویی است که چون مقدار آن بسیار ناچیز است با مواد افزودنی که نقش پرکنندگی و طعم‌دهندگی و حفاظتی دارند، مخلوط می‌شود و به شکل قرص در آورده می‌شود تا نه تنها بسته‌بندی و نگهداری از آن راحت‌تر شود بلکه بیمار بتواند آن را به خوبی مشاهده کند و به مصرف برساند. مقدار افزودنی و علت تفاوت جرم قرص با میزان نوشته شده بر روی دارو توسط فعالیت گروه‌های مختلف هنرجویی با یکدیگر مقایسه شود. با بحث گروهی، بهترین گروه انتخاب شود و علت آنها را مشخص کنید. در پایان گروه هنرجویی منتخب مورد تشویق بیشتر قرار گیرد.

فیلم  
آموزشی



### افزودنی‌های صنعت سرامیک

هنرآموزان محترم، مطابق شیوه‌نامه اجرایی فیلم آموزشی، فیلم افزودنی‌های صنعت سرامیک را برای هنرجویان نمایش دهند.

**فعالیت ساخت‌یافته ۲:** بیان نقش مواد افزودنی‌ها در صنایع مختلف با استفاده بحث گروهی، مثال و جدول

بحث‌گروهی  
۲



اگر رنگدانه‌ها را که یکی از افزودنی‌های مهم صنایع رنگ هستند، حذف کنید، چه اتفاقی رخ می‌دهد؟ و یا اگر مواد حفاظت‌کننده از باکتری در مواد غذایی، داروها و مواد آرایشی و بهداشتی حذف شوند، چه مشکلی پیش می‌آید؟  
**پاسخ:** با حذف رنگدانه‌ها موادی مانند انواع رنگ‌های صنعتی و ساختمانی، بسپارهای رنگی و مصالح ساختمانی رنگی وجود نخواهند داشت و نقش‌هایی مانند زیبایی، هشدار و ایمنی که توسط رنگ‌ها ارائه می‌شود، وجود نخواهد داشت.

چنانچه مواد ضدباکتری از انواع غذا و دارو و مواد بهداشتی حذف شود، رشد سریع باکتری‌ها، این محصولات را نه تنها به فساد می‌کشاند، بلکه باعث بروز انواع بیماری و مرگ و میر ناشی از این باکتری‌ها می‌شود.

نقش‌ها و تعداد مواد افزودنی در شاخه‌های مختلف صنعتی بسیار متنوع و زیاد هستند و برشماری یک‌یک آنها بسیار سخت است اما در هر صورت تولیدکنندگان افزودنی‌ها براساس نقشی که افزودنی‌ها برعهده دارند آنها را معرفی می‌کنند و نیز استانداردها و قوانین محلی و بین‌المللی دستورکارهای لازم و قانونی در این زمینه را تدوین می‌کنند و بر آنها نظارت می‌کنند.

**فعالیت ساخت یافته ۳:** استفاده از ماده افزودنی مناسب در یک نمونه شامپو و مقایسه آن، به صورت عملی

## فعالیت عملی ۲

### استفاده از مواد افزودنی در یک نمونه شامپو

**مواد و وسایل لازم:** شامپو بی‌رنگ، اسانس و مواد معطر  
**راهنمایی:** مطابق روش کار گفته شده در کتاب درسی، شامپوهای رنگین و معطر تهیه شود. سپس شامپوهای تولیدی توسط گروه‌های مختلف هنرجویی با یکدیگر مقایسه شود. با بحث گروهی در مورد اثر افزودنی‌های رنگی و معطر و غلظت بهینه آنها، بهترین محصول و گروه انتخاب شوند و علت آنها را مشخص کنید. در پایان گروه هنرجویی منتخب مورد تشویق بیشتر قرار گیرد.

**فعالیت ساخت یافته ۴:** معرفی روش‌های استفاده از مواد افزودنی در فرایندهای شیمیایی (پیوسته، ناپیوسته و نیمه پیوسته) با کمک مثال، تصویر و نمایش فیلم

فیلم  
آموزشی



### دوزینگ پمپ

هنرآموزان محترم، مطابق شیوه‌نامه اجرایی فیلم آموزشی، فیلم دوزینگ پمپ را برای هنرجویان نمایش دهند.

فیلم  
آموزشی



### مستریج

هنرآموزان محترم، مطابق شیوه‌نامه اجرایی فیلم آموزشی، فیلم مستریج را برای هنرجویان نمایش دهند.

**فعالیت ساخت یافته ۵:** شناسایی نوع ماده افزودنی (فیزیکی، شیمیایی و زیست‌شناختی) مورد استفاده در محصولاتی مانند شامپو، خمیردندان، بیسکویت با استفاده از تحقیق و مراجعه به تارنمای سازمان ملی استاندارد ایران

## فعالیت عملی ۳

### تشخیص نوع مواد افزودنی (فیزیکی، شیمیایی، زیست‌شناختی) در محصولات

**مواد و وسایل لازم:** چند محصول موجود در بازار  
**راهنمایی:** مطابق روش کار گفته شده در کتاب درسی، چند محصول موجود در بازار تهیه شود. سپس جدول زیر پر شود. و جدول گروه‌های مختلف هنرجویی با یکدیگر مقایسه شود.

ردیف	ماده	نوع ماده افزودنی	نوع تأثیر	شیوه عملکرد افزودنی
۱	آب میوه و کنسانتره	آنزیم‌های خوراکی مانند آمیلاز	بیولوژیک	بهبود دهنده
۲	بستنی	وانیل	فیزیکی	طعم‌دهنده
۳	پودر خامه	لیستین	فیزیکی	امولسیون کننده
۴	کیک	فسفات دی هیدروژن کلسیم	فیزیکی	حجم دهنده

مدرسین محترم می‌توانند شیوه نامه وزارت بهداشت و درمان و آموزش پزشکی در مورد نوع و حد مجاز افزودنی‌ها را دانلود کنند.

**فعالیت ساخت یافته ۶:** بررسی سازگاری مواد افزودنی در چند نمونه محصول موجود در بازار به صورت عملی

بحث گروهی  
۳



افزودن مواد ناسازگار با یکدیگر، در محصول یا فرایند چه مشکلاتی را می‌تواند موجب شود؟

**پاسخ:** حضور افزودنی‌های ناسازگار با یکدیگر در محصول می‌تواند باعث گردد تا با یکدیگر وارد واکنش‌های شیمیایی و یا بیولوژیک شوند و محصولات ناخواسته‌ای تولید کنند که منجر به تولید گاز، تشکیل رسوب، تغییر رنگ، طعم، خنثی کردن اثر یکدیگر و یا اتفاقات نامطلوب دیگر گردد.

به‌عنوان مثال چنانچه کلسیم کربنات به‌عنوان پرکننده به محصولی اضافه شود و سپس مواد اسیدی به‌عنوان پایدارکننده افزوده شود این دو با یکدیگر واکنش می‌دهند و ضمن تولید گاز کربن دی‌اکسید، نه تنها تأثیر یکدیگر را خنثی می‌کنند بلکه منجر به تشکیل نمک کلسیم همان اسید در محصول می‌گردد.

## فعالیت عملی ۴

### لایه داخلی بسته‌بندی محصولات

**مواد و وسایل لازم:** بسته‌بندی‌هایی مانند پاکت شیر، آب میوه، جعبه شیرینی و قوطی فلزی رب گوجه فرنگی و مانند آنها

**راهنمایی:** لایه درونی پاکت‌های شیر از یک لایه نازک پلی اتیلن یل پلی پروپیلن تشکیل شده است تا آن را نفوذ ناپذیر نماید.

همین عمل در لایه درونی پاکت‌ها و جعبه‌های شیرینی اتفاق می‌افتد با این تفاوت که

لایه درونی این بسته‌بندی از نوع لایه نازک پی‌وی‌سی می‌باشد تا نفوذ ناپذیر گردند. لایه درونی قوطی‌های فلزی بسته‌بندی با توجه به نوع ماده درون آن توسط رنگ، فلز قلع یا رزین‌های آکریلیک و از این قبیل پوشش داده می‌شود تا مواد محتوای قوطی با بدنه فلزی وارد واکنش شیمیایی نگردد.

**فعالیت ساخت یافته ۷:** بررسی درجه خلوص یک نمونه از سدیم‌هیدروژن کربنات و مقایسه آن با جدول استاندارد صنایع غذایی به صورت عملی

## فعالیت عملی ۵

### تعیین مشخصات فنی

**مواد و وسایل لازم:** سدیم‌هیدروژن کربنات موجود در آزمایشگاه  
**راهنمایی:** مطابق روش کار گفته شده در کتاب درسی، اطلاعات سدیم‌هیدروژن کربنات موجود در آزمایشگاه از روی ظرف آن خوانده شود. سپس با بحث گروهی، علت عدم استفاده از آن را به عنوان افزودنی مواد غذایی مشخص کنید.

تحقیق کنید

۱



در یکی از زمینه‌های مواد غذایی، کشاورزی، بسپار، محصولات نفتی، فرایندهای پتروشیمی و غیره تحقیق کنید که افزودنی‌ها تابع چه استانداردی هستند؟  
**پاسخ:** هنگام تحقیق در مورد افزودنی‌های خوراکی بهترین منبع کدکس مواد غذایی است. فرض کنید می‌خواهید در مورد پکتین تحقیق کنید.  
ابتدا به تارنمای <http://www.fao.org/gsfaonline/index.html?jsessionid=۹D۱B۸۳۸D۹D۳۷A۷۶۹B۸EBD۱۵BE۵۵۵BCBF> رجوع کنید.  
اگر به منوی FOOD ADDITIVE INDEX مراجعه کنید تمامی افزودنی‌ها براساس حروف الفبا را مشاهده می‌کنید. در آنجا می‌توانید افزودنی مانند پکتین را پیدا کنید. با انتخاب کردن پکتین، صفحه جدیدی باز می‌شود که مشخص کرده است در گروه‌های مختلف مواد غذایی، چه میزان پکتین مجاز به افزودن است. مقدار مجاز یا به صورت عددی مثل ۱۰۰۰ میلی‌گرم به ازای کیلوگرم محصول یا به صورت دستور کار GMP بیان شده است.  
همچنین با استفاده از نشانی‌های زیر می‌توانید به حجم عظیمی از اطلاعات و انتشارات در زمینه افزودنی‌ها و مواد غذایی دسترسی پیدا کنید.

۱- <http://www.fao.org/home/en/>

۲- [http://www.who.int/foodsafety/areas\\_work/chemical-risks/en/](http://www.who.int/foodsafety/areas_work/chemical-risks/en/)

۳- <http://www.who.int/foodsafety/publications/monographs/en/>

۴- <http://www.inchem.org/pages/jecfa.html>

فعالیت ساخت یافته ۸: تعیین مواد افزودنی به کار رفته در چند نمونه محصول و مشخص کردن نقش هر کدام به صورت عملی

## فعالیت عملی ۶

تعیین مواد افزودنی در محصول موجود در بازار  
مواد و وسایل لازم: محصولاتی خوراکی یا بهداشتی

راهنمایی: مطابق روش کارگفته شده در کتاب درسی، محصولاتی خوراکی یا بهداشتی تهیه شود. سپس نوع مواد افزودنی فرآورده مشخص شود.

## فعالیت عملی ۷

ساخت آب میوه مصنوعی

مواد و وسایل لازم: آب معمولی، شکر، سیتریک اسید، اسانس، رنگ خوراکی  
راهنمایی: مطابق روش کار گفته شده در کتاب درسی، آب میوه مصنوعی تهیه شود. سپس آب میوه های تولیدی توسط گروه های مختلف هنرجویی با یکدیگر مقایسه شود و مقدار مناسب افزودنی تعیین شود. با بحث گروهی، بهترین محصول و گروه انتخاب شوند و علت آنها را مشخص کنید. در پایان گروه هنرجویی منتخب مورد تشویق بیشتر قرار گیرد.

به نظر شما، آیا پکتین بر خواص دیگر آب میوه ای که ساخته اید، تأثیر می گذارد؟  
پاسخ: پکتین علاوه بر ایجاد کدورت که شباهت شربت به آب میوه طبیعی را بیشتر می کند، بر روی گرانروی شربت نیز تأثیر می گذارد.

پرسش ۱



تحقیق کنید که پکتین چیست و برای استفاده در مواد غذایی، چه خصوصاتی باید داشته باشد و چگونه به مواد غذایی افزوده می شود؟  
پاسخ: پکتین در گیاهان مختلف وجود دارد و یک ماده گرانرو و ژلاتینی است که در مجاورت آب حجم آن افزایش می یابد. این جسم از دید شیمیایی یک بسیار قندی اسیدی است که از ساختارهای ژلاتینی موجود در میوه جات و سبزیجات به دست می آید. بیشترین مقدار پکتین در میوه های نارس یافت می شود که پس از رسیدن میوه، میزان و کیفیت پکتین کاهش می یابد.  
به میزان قابل توجهی در میوه های مختلف مانند سیب، انگور، کشمش بی دانه، لیموترش وجود دارد. سفتی سیب های تازه یا سیب سبز به دلیل وجود همین

تحقیق کنید

۲





فیبر پکتین است و هرچه سیب رسیده تر و کهنه تر شود، میزان پکتین آن کمتر می شود. پکتین ملین طبیعی، ضدآشتها و چربی سوز است. این ماده یکی از پرکاربردترین ترکیبات در صنایع غذایی است. بخش عمده پکتین تولیدشده به وسیله صنایع فراوری میوه مصرف می شود. از دیگر کاربردهای متداول آن در محصولات لبنی و قنادی، محصولات میوه‌های فرآوری شده پرکننده‌های نانوایی و لعاب‌ها هستند. کاربرد دیگر پکتین‌ها در جایگزینی چربی است. پکتین به عنوان عامل ژله کننده برای مربا و ژله نیز استفاده می شود. کاربردهای میوه‌ای پکتین مانند (مربا، ژله، دسر) پرکننده و روکش‌های پخت (خوراکی‌های میوه برای کاربردهای نانوایی) کاربردهای لبنی (نوشیدنی‌های لبنی اسیدی می شود و پروتئینی و ماست‌ها)، شیرینی‌سازی (ژله‌های میوه، ژله‌های خنثی)، نوشیدنی‌ها، غذاهای منجمد و جایگزین چربی یا قند در غذاهای کم کالری هستند. در صنایع داروسازی نیز برای کاهش کلسترول خون و بیماری‌های معده‌ای، روده‌ای از پکتین استفاده می شود.

**فعالیت ساخت یافته ۹:** استفاده از دو نمونه خمیر با و بدون مواد افزودنی نان موجود در بازار و مقایسه خواص نان تولیدی با هریک به صورت عملی

## فعالیت عملی ۸

### تأثیر افزودنی‌های نان بر کیفیت نان تولیدی

**مواد و وسایل لازم:** مایه خمیر نان (مخمّر)، آرد، بهبوددهنده نان راهنمایی: مطابق روش کار گفته شده در کتاب درسی، نان با بهبوددهنده و بدون آن تهیه شود. سپس نان‌های تولیدی توسط گروه‌های مختلف هنرجویی با یکدیگر مقایسه شود. با بحث گروهی، بهترین نان و گروه انتخاب شوند و علت آنها را مشخص کنید. در پایان گروه هنرجویی منتخب مورد تشویق بیشتر قرار گیرد.

### مرحله ۲: به کارگیری مواد افزودنی (فیزیکی)

**فعالیت ساخت یافته ۱۰:** بیان تأثیرات مواد افزودنی‌های فیزیکی بر روی محصولات و فرایندها راهنمایی: مطابق مطالب کتاب، آموزش نظری این مبحث انجام شود.

**فعالیت ساخت یافته ۱۱:** معرفی انواع مواد افزودنی فیزیکی (ترکننده، فعال کننده، تغلیظ کننده، امولسیفایر، ضد کف) با ذکر مثال، بحث گروهی، جدول، تصویر و نمایش فیلم



احتمالاً با مشکل خروج نمک از نمکدان به دلیل کلوخه شدن مواجه شده‌اید. به نظر شما علت چیست؟ چه راه حلی پیشنهاد می‌کنید؟

**پاسخ:** به طور کلی علت کلوخه شدن مواد پودری و گرانول‌ها عوامل زیر است:

۱- جذب رطوبت و یا سایر حلال‌ها یا باقی ماندن حلال‌ها در محصول وجود برخی ناخالصی‌ها در مواد پودری می‌تواند باعث جذب رطوبت شود. به عنوان مثال نمک‌های منیزیم باقی‌مانده در نمک طعام، جذب‌کننده رطوبت هستند و باعث می‌شوند، ذرات نمک به یکدیگر بچسبند.

۲- قفل شدن مکانیکی

برخی ذرات و به ویژه گرانول‌های نامنظم به صورت مکانیکی در یکدیگر قفل می‌شوند و به یکدیگر می‌چسبند.

۳- نیروهای واندروالسی بین ذرات باعث می‌شوند که ذرات تمایل به کلوخه شدن داشته باشند. هر چقدر سطح این مواد بیشتر باشد، تمایل به کلوخه شدن بیشتر است. مواد ضد کیک می‌توانند مانع رخ دادن این پدیده شوند.

ساز و کار عمل مواد ضد کیک بدین گونه است که خود این مواد ساختاری در اندازه میکرون و یا نانو دارند و معمولاً شکل آنها کروی است. این مواد سطح ذرات پودر و گرانول را به صورت لایه‌ای نازک می‌پوشاند و مانع چسبیدن ذرات به یکدیگر و ایجاد کلوخه می‌شوند. همین امر موجب روانی و جریان پذیری مواد جامد می‌شود. به عنوان مثال محصولاتمانند شیر خشک، نمک و کودهای شیمیایی حاوی درصد کمی از این مواد هستند تا هنگام مصرف به راحتی از ظرف خود خارج شوند و یا به راحتی مخلوط شوند. مثال دیگر پودر تالکی است که به قطعات لاستیکی مانند دستکش اضافه می‌شود. این پودر باعث می‌شود که لایه‌های لاستیکی به یکدیگر نچسبند.

## مواد ضد کیک

هنرآموزان محترم، مطابق شیوه‌نامه اجرایی فیلم آموزشی، فیلم مواد ضد کیک را برای هنرجویان نمایش دهند.

فیلم  
آموزشی



## فعالیت عملی ۹

### مواد ضد کلوخه

**مواد و وسایل لازم:** دو عدد بند کفش و پودر تالک  
**راهنمایی:** پودر تالک به عنوان ماده ضد کیک عمل می‌کند و باعث می‌شود که اجزای بند کفش راحت روی یکدیگر بلغزند و گره راحت‌تر باز شود.

فیلم  
آموزشی



### مواد امولسیون کننده

هنرآموزان محترم، مطابق شیوه‌نامه اجرایی فیلم آموزشی، فیلم مواد امولسیون کننده را برای هنرجویان نمایش دهند.

**فعالیت ساخت یافته ۱۲:** انجام دادن آزمایش استاندارد امولسیون شدن روغن در آب توسط مواد مختلف صنعت غذا مانند آرد، شکر، زرده و سفیده تخم مرغ به صورت عملی

### فعالیت عملی ۱۰

#### به کارگیری یک نمونه امولسیون کننده در تهیه سس مایونز

**مواد و وسایل لازم:** روغن مایع (روغن زیتون) یک پیمانه، زرده تخم مرغ خام و آب پز هر کدام یک عدد، سرکه یک قاشق غذاخوری، آب لیمو یک قاشق غذاخوری، طعم‌دهنده (پودر خردل)، نمک به مقدار کافی  
**راهنمایی:** مطابق روش کار گفته شده در کتاب درسی، سس مایونز تهیه شود. سپس سس‌های مایونز تولیدی توسط گروه‌های مختلف هنرجویی با یکدیگر مقایسه شود. با بحث گروهی، بهترین محصول و گروه انتخاب شوند و علت آنها را مشخص کنید. در پایان گروه هنرجویی منتخب مورد تشویق بیشتر قرار گیرد.

پرسش ۲



آیا می‌توانید سس مایونز خوراکی رنگی تولید کنید؟ چگونه؟

**پاسخ:** بله می‌توان با افزودن رنگ‌های خوراکی در شروع یا هنگام تولید، سس در رنگ‌ها و طعم‌های مختلف تولید کرد.

**فعالیت ساخت یافته ۱۳:** استفاده از یک نمونه ضد کف سیلیکونی در هموپلیمر وینیل استات (ماده اولیه چسب چوب و چسب صحافی) و بررسی خواص آن به صورت عملی

فیلم  
آموزشی



### مواد ضد کف

هنرآموزان محترم، مطابق شیوه‌نامه اجرایی فیلم آموزشی، فیلم مواد ضد کف را برای هنرجویان نمایش دهند.

### فعالیت عملی ۱۱

#### به کارگیری ضد کف سیلیکونی در چسب چوب

**مواد لازم:** چسب چوب، ضد کف سیلیکونی، آب.  
**راهنمایی:** مطابق روش کار گفته شده در کتاب درسی، چسب چوب‌های حاوی درصد‌های مختلف مواد ضد کف تهیه شود. سپس میزان کف تولیدی در نمونه‌های مختلف با

یکدیگر مقایسه شود. با بحث گروهی، بهترین درصد ضد کف در چسب تعیین شود.

فیلم  
آموزشی



### مواد افزایش دهنده گرانروی

هنرآموزان محترم، مطابق شیوه‌نامه اجرایی فیلم آموزشی، فیلم مواد افزایش دهنده گرانروی را برای هنرجویان نمایش دهند.

**فعالیت ساخت یافته ۱۴:** به کارگیری پودر ثعلب در یک محلول قندی و بررسی خواص آن به صورت عملی

### فعالیت عملی ۱۲

#### بررسی اثر غلظت دهنده

**مواد لازم:** غلظت دهنده (پودر ثعلب)، آب مقطر، شکر، آب.

**راهنمایی:** مطابق روش کار گفته شده در کتاب درسی، محلول‌های مختلف با گرانروی متفاوت تهیه شود. سپس تأثیر غلظت دهنده را بر روی محلول‌ها بررسی کنید.

تحقیق کنید  
۳



تحقیق کنید که ثعلب چیست و چرا در بستنی سنتی استفاده می‌شود و چه تأثیری روی خواص بستنی دارد؟

**پاسخ:** بسیاری از تغلیظ‌کننده‌ها مانند ثعلب جزو مواد طبیعی هستند و از گیاه ثعلب استخراج می‌شوند و بسیاری نیز صمغ‌های مختلف گیاهی هستند. علاوه بر اینها طیف وسیعی از تغلیظ‌کننده‌های مصنوعی بر پایه مواد سلولزی و مواد پلیمری ساخته شده‌اند که در شاخه‌های گوناگون صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در بستنی سنتی، هر چه مقدار ثعلب بیشتر شود، بستنی کشدارتر و غلیظ‌تر می‌شود، البته نه بیشتر از حد مجاز.

فیلم  
آموزشی



### مواد نرم‌کننده و ایجاد پیوندهای عرضی

هنرآموزان محترم، مطابق شیوه‌نامه اجرایی فیلم آموزشی، فیلم مواد نرم‌کننده و ایجاد پیوندهای عرضی را برای هنرجویان نمایش دهند.

**فعالیت ساخت یافته ۱۵:** به کارگیری یک ماده انعطاف‌دهنده در چسب چوب در غلظت‌های مختلف و بررسی خاصیت انعطاف‌پذیری پلیمر خشک شده آن به صورت عملی

## فعالیت عملی ۱۳

### بررسی اثر مواد نرم کننده

**مواد لازم:** روغن دی اکتیل فتالات یا دی بوتیل فتالات، جور بسپار وینیل استات، صفحه‌های شیشه‌ای به اندازه ۱۰ در ۲۰ سانتی متر.

**راهنمایی:** مطابق روش کار گفته شده در کتاب درسی، جور بسپارهای وینیل استات حاوی درصدهای مختلف نرم کننده تهیه شود. سپس نرمی بسپارهای مختلف با یکدیگر مقایسه شود. با بحث گروهی، بهترین محصول و گروه انتخاب شوند و علت آنها را مشخص کنید. در پایان گروه هنرجویی منتخب مورد تشویق بیشتر قرار گیرد.

تحقیق کنید  
۴



یکی از مشکلات استفاده از نرم کننده‌ها، مهاجرت آنها از بسپار است، در این مورد تحقیق کنید.

**پاسخ:** استرهای ترفتالیک اسید مانند دی بوتیل فتالات (DBP)، دی اکتیل فتالات (DOP) و دی ایزواکتیل فتالات (DIOP) مهم ترین نرم کننده‌هایی هستند که در مواد بسپاری مانند پی وی سی، کلروپرن و نیتریل رابر استفاده می شوند. در مبحث بسپارها باید توجه داشت که می توان تا نرم کننده به بسپار افزود ولی بیش از مقدار مجاز نه تنها باعث می شود که بسپار انسجام خود را از دست بدهد، بلکه نرم کننده اضافی از بسپار به بیرون تراوش می کند که به آن مهاجرت نرم کننده گفته می شود. نرم کننده‌ای که از بسپار مهاجرت می کند عملیات بعدی مانند رنگ کاری یا پوشش دهی بسپار را با مشکل مواجه می کند.

## فعالیت عملی ۱۴

### بررسی تأثیر مواد دمنده و کفزا

**مواد لازم:** پودر گچ نرم و الک شده، پودر آلومینیم نرم، محلول سدیم هیدروکسید ۲۵٪، قالب پلاستیکی، آب معمولی.

**راهنمایی:** مطابق روش کار گفته شده در کتاب درسی، نمونه‌های گچی و بدون مواد کفزا تهیه شود. سپس میزان حجم نمونه‌های مختلف مقایسه شود. با بحث گروهی، بهترین محصول و گروه انتخاب شوند و علت آنها را مشخص کنید. در پایان گروه هنرجویی منتخب مورد تشویق بیشتر قرار گیرد.

پرسش ۳



به نظر شما، مصالحی مانند بتن و گچ منبسط شده با این روش چه تأثیری بر وزن و قیمت تمام شده ساختمان دارند؟  
**پاسخ:** وزن و قیمت ساختمان کمتر می شود.

فیلم  
آموزشی



### تولید فوم بتن

هنرآموزان محترم، مطابق شیوه‌نامه اجرایی فیلم آموزشی، فیلم تولید فوم بتن را برای هنرجویان نمایش دهند.

## مرحله ۳: به کارگیری مواد افزودنی (شیمیایی)

**فعالیت ساخت یافته ۱۶:** بیان تأثیر مواد افزودنی‌های شیمیایی (موادمحافظ خوردگی، پیونددهنده، شتاب‌دهنده، جاروب‌کننده اسیدی) بر محصولات و فرایندها به کمک تصویر و نمایش فیلم

فیلم  
آموزشی



### فرایند تولید لاستیک و ولکانش

هنرآموزان محترم، مطابق شیوه‌نامه اجرایی فیلم آموزشی، فیلم فرایند تولید لاستیک و ولکانش را برای هنرجویان نمایش دهند.

**فعالیت ساخت یافته ۱۷:** استفاده از گوگرد در ولکانش لاستیک طبیعی و بررسی تأثیر آن به صورت عملی

## فعالیت عملی ۱۵

### ولکانش لاستیک طبیعی

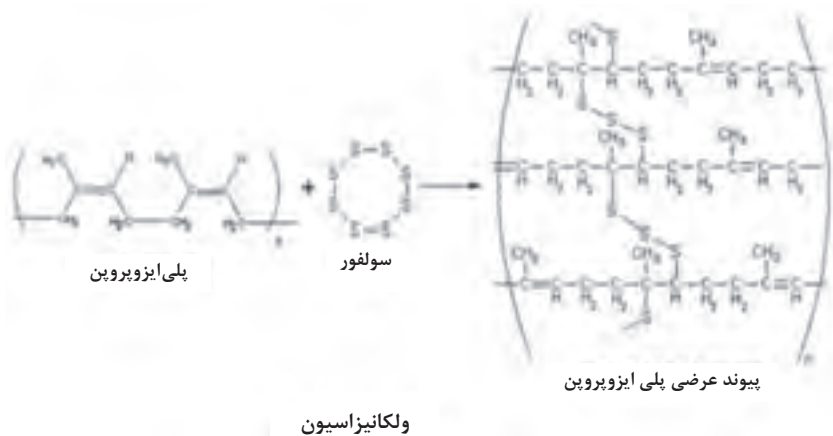
**مواد لازم:** گوگرد و لاستیک طبیعی.

**راهنمایی:** مطابق روش کار گفته شده در کتاب درسی، لاستیک حاوی درصدی مختلف گوگرد تا ۳۰ تهیه شود و نمونه‌های تولیدی را از نظر انعطاف‌پذیری و سختی با یکدیگر و با لاستیک طبیعی ناولکانیده مقایسه کنید. با بحث گروهی، بهترین محصول و گروه انتخاب شوند و علت آنها را مشخص کنید. در پایان گروه هنرجویی منتخب مورد تشویق بیشتر قرار گیرد.

نکته



لاستیک‌ها هر چقدر بیشتر ولکانیده شوند سخت‌تر می‌شوند و درجه ولکانش لاستیک وابسته به کاربرد آن می‌باشد. مثلاً تسمه نقاله و لاستیک خودرو درجه‌های مختلف ولکانش را دارند.



**فعالیت ساخت یافته ۱۸:** استفاده از سخت کننده در قالب گیری با رزین اپوکسی به صورت عملی

فیلم آموزشی



### قالب گیری با رزین اپوکسی

هنرآموزان محترم، مطابق شیوه نامه اجرایی فیلم آموزشی، فیلم قالب گیری با رزین اپوکسی را برای هنرجویان نمایش دهند.

### فعالیت عملی ۱۶

#### به کارگیری یک نمونه مواد افزودنی شیمیایی سخت کننده

**مواد لازم:** چسب سنگ یا رزین سیلیکون قالب گیری و یا پلی استر دو جزئی همراه با سخت کننده مربوط.

**راهنمایی:** مطابق روش کار گفته شده در کتاب درسی، رزین و سخت کننده را با یکدیگر مخلوط کنید. سپس زمان ژل شدن و گیرایی رزین های مختلف اندازه گیری شود. با بحث گروهی، محصول های مختلف با یکدیگر مقایسه شوند.

**نکته:** فرایند بسپارش در همه این رزین ها شامل سه مرحله است که عبارت اند از:  
**۱- زمان ژل شدن:** در واقع با افزودن آغازگر یا سخت کننده فرایند بسپارش آغاز می شود و گرانیروی رزین شروع به افزایش می کند و به مرحله ای می رسد که رزین به شکل ژل تبدیل شود که دیگر قابلیت قالب گیری ندارد. زمان ژل شدن می تواند از چند دقیقه تا دو ساعت برای رزین های مختلف باشد.

**۲- زمان گیرایی:** زمانی که رزین مایع درون قالب ریخته شود، ابتدا ژل می‌شود و سپس ادا می‌ماند تا زمانی که رزین آنقدر سخت شود که بتوان بدون تغییر شکل دادن آن را از قالب خارج کرد. بسته به رزین‌های مختلف این زمان نیز متفاوت است.

**۳- زمان عمل آمدن:** پس از گیرایی هنوز کامل نیست و قطعه به استحکام نهایی خود نرسیده است اما به علت ممانعت فضایی و افزایش گرانشی، سرعت سپارش کاهش یافته است. به همین دلیل زمان طولانی‌تری مثلاً در مورد رزین‌های پلی‌استر حدود ۱۸۰ ساعت لازم است تا باقی‌مانده پیوندهای بسپاری ایجاد شود و قطعه به استحکام نهایی خود برسد. افزایش دما باعث کاهش زمان عمل‌آوری می‌شود، به گونه‌ای که می‌توان رزین‌های پلی‌استر را در دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس در مدت سه ساعت عمل آورد.

**فعالیت ساخت یافته ۱۹:** به کارگیری ماده افزودنی زلال‌کننده و محافظت‌کننده در محصولات با نمایش فیلم و تحقیق

### زلال‌کننده

هنرآموزان محترم، مطابق شیوه‌نامه اجرایی فیلم آموزشی، فیلم زلال‌کننده را برای هنرجویان نمایش دهند.

فیلم  
آموزشی



تحقیق کنید  
۵



۱- لوله‌های انتقال گاز و نفت در محیط‌های جنگلی با شدت بیشتری دچار خوردگی می‌شوند، ولی همین لوله‌ها در محیط‌های بیابانی و خاک‌های قلیایی با شدت کمتری خورده می‌شوند. در مورد علت این پدیده، با توجه به تشکیل لایه محافظ تحقیق کنید.

۲- روغن موتور و سوخت‌هایی مانند بنزین و گازوییل به‌طور پیوسته با قطعات فلزی موتور و دیگر

قسمت‌ها مانند مخزن ذخیره سوخت خودرو، در تماس هستند؛ بنابراین باید حاوی مواد حفاظت از خوردگی باشند. تحقیق کنید که در این زمینه، چه موادی به روغن موتور و سوخت‌ها افزوده می‌شود؟

**پاسخ ۱:** در محیط‌های جنگلی بافت خاک اسیدی است و در محیط‌های بیابانی بافت خاک بازی است. در محیط‌های بازی روی سطح لوله‌ها توسط هیدروکسیدها، اکسیدها و کربنات‌های آهن پوشانده می‌شود و لایه محافظی تشکیل می‌دهد

۱- Setting Time

۲- Curing Time



که از سرعت خوردگی می‌کاهد. اما در محیط‌های جنگلی که خاک اسیدی است این لایه محافظ حل می‌شود و سطح فلز در معرض خوردگی بیشتر قرار می‌گیرد و سرعت خوردگی افزایش می‌یابد.

**پاسخ ۲:** به طور کلی روغن‌های معدنی قابلیت محافظت و جلوگیری از خوردگی و زنگ‌زدگی را دارند اما در عمل به دلیل وارد شدن آب به صورت قطره‌های بسیار ریز در داخل روغن و تشکیل مواد اسیدی، با گذشت زمان، قطعات فلزی دچار زنگ‌زدگی و خوردگی می‌شوند. برای جلوگیری از این پدیده، مواد افزودنی ضدخوردگی و ضد زنگ‌زدگی را به روغن اضافه می‌کنند. همچنین، مواد افزودنی بازی نیز می‌توانند اسیدهای ناشی از عمل سوختن را (در موتورهای احتراق داخلی) که موجب خوردگی و زنگ‌زدگی می‌شوند، را از بین ببرند. مثالی از این مواد سولفونات‌های بازی خاک هستند که علاوه بر خنثی کردن اسیدهای تولیدشده در محیط روی سطح فلزی تشکیل لایه محافظ می‌دهند.

فیلم  
آموزشی



### حفاظت از خوردگی

هنرموزان محترم، مطابق شیوه‌نامه اجرایی فیلم آموزشی، فیلم حفاظت از خوردگی را برای هنرجویان نمایش دهند.

**فعالیت ساخت یافته ۲۰:** به کارگیری کلسیم کربنات و منیزیم اکسید در محیط‌های اسیدی و کاربرد دارویی به صورت عملی

### فعالیت عملی ۱۷

#### خنثی کردن باران‌های اسیدی توسط کلسیم کربنات

**مواد لازم:** سدیم سولفیت، سولفوریک اسید رقیق، کلسیم کربنات، آب. **راهنمایی:** مطابق روش کار گفته شده در کتاب درسی، باران اسیدی تولید شود. سپس pH باران اسیدی مصنوعی اولیه و نهایی را با یکدیگر مقایسه کنید تا نقش کلسیم کربنات به خوبی دیده شود.

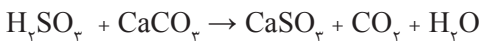
**پاسخ:** اکسیدهای گوگرد و نیز اکسیدهای نیتروژن که از فعالیت‌های بشر مانند احتراق سوخت‌های فسیلی و یا از فعالیت‌های طبیعی مانند آتش‌فشان‌ها و رعد و برق تولید می‌شوند پس از انحلال در آب باران تشکیل اسید می‌دهند و اصطلاحاً باران اسیدی تولید می‌شود. این باران بر سازه‌ها و تأسیسات فلزی و نیز بسیاری از سنگ‌ها و مصالح ساختمانی دیگر مانند بتن اثر می‌کند و باعث تخریب آنها و ایجاد خوردگی می‌گردد.

در این آزمایش از انحلال گوگرد دی اکسید در آب، باران اسیدی مصنوعی تولید می‌شود  
 گوگرد دی‌اکسید از واکنش بین سدیم سولفیت و سولفوریک اسید رقیق طبق معادله شیمیایی زیر تولید می‌شود.



$$\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3$$

سولفورو اسید می‌تواند بر سنگ‌های از جنس کلسیم کربنات مانند سنگ مرمریت اثر کند و نه تنها سنگ را حل و تخریب می‌کند بلکه، اسید موجود در آب خنثی می‌شود.



## فعالیت عملی ۱۸

### کاربرد راینده‌های اسیدی

**مواد لازم:** منیزیم هیدروکسید، هیدروکلریک اسید رقیق، آب.  
**راهنمایی:** مطابق روش کار گفته شده در کتاب درسی، pH محلول اسیدی را پیش و پس از افزودن منیزیم هیدروکسید با یکدیگر مقایسه کنید تا نقش منیزیم هیدروکسید به خوبی دیده شود.

**پاسخ:** منیزیم اکسید و منیزیم هیدروکسید به عنوان راینده اسیدی در بسیاری از محصولات مانند چسب، رنگ، رزین، لاستیک، پلاستیک، داروها و... مورد استفاده قرار می‌گیرند.

چنانچه منیزیم هیدروکسید را به محلول رقیق کلریدریک اسید بیفزایید باعث می‌گردد تا اسید خنثی شود.

این عمل مشابه آن چیزی است که داروی آلومینیوم ام جی اس با اسید معده که کلریدریک اسید می‌باشد نیز انجام می‌دهد.  
 معادله واکنش به شرح زیر است.



## مرحله ۴: به کارگیری مواد افزودنی (زیست شناختی)

**فعالیت ساخت یافته ۲۱:** بیان تأثیرات مواد افزودنی با تأثیر زیست شناختی بر روی محصولات و فرایندها با کمک تحقیق و تصویر

تحقیق کنید  
۶



در مورد آنزیم لیپاز و کاربرد آن تحقیق کنید.

**پاسخ:** لیپاز جزء آنزیم‌های هیدرولیزکننده است که به روش خاصی در فصل مشترک آب و روغن عمل می‌کند. لیپاز ۵ درصد سهم بازار جهانی آنزیم را به خود اختصاص داده است و بعد از پروتئازها و کربوهیدرازها قرار دارد. این آنزیم توانایی بالایی در زیست فناوری دارد. منابع استخراج لیپاز به طور کلی به سه دسته میکروبی، گیاهی و حیوانی تقسیم‌بندی می‌شود. لیپاز میکروبی کاربرد بیشتر و گسترده‌تری دارد. در صنعت لبنی از این آنزیم به منظور ایجاد طعم خاص در فرآورده‌های لبنی از راه تجزیه چربی شیر استفاده می‌شود. برای افزایش عطر و طعم در محصولاتی نظیر پنیر و تسریع در رسیدن آن از این آنزیم استفاده می‌شود. در طی رسیدن پنیر، توسعه عطر و طعم با توجه به طیف گسترده‌ای از واکنش‌های شیمیایی صورت می‌پذیرد. لیپازها برای هیدرولیز چربی شیر به منظور کاربرد در صنایع مختلف قنادی، شکلات‌سازی، نانوائی، اسنک‌ها و سس‌سازی به کار می‌روند.

لیپازها می‌توانند به صورت جزئی یا کلی جایگزین اغلب امولسیون‌کننده‌ها شوند. این آنزیم‌ها ابداع جدیدی در صنعت نان هستند و کاربرد وسیعی در صنایع وابسته به آرد، از خود آرد گرفته تا خمیر نان و کیک دارند. همچنین این آنزیم‌ها به عنوان ابزاری جدید و قدرتمند برای کاربرد به صورت حرفه‌ای در زمینه بهبود کیفیت آرد، تولید محصولات جدید و تولید بهبوددهنده‌های نان می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند.

**فعالیت ساخت یافته ۲۲:** معرفی انواع مواد افزودنی‌های با تأثیر زیست‌شناختی (ضدقارچ، ضدباکتری، آنزیم، ضدکپک) با کمک تصویر و نمایش فیلم

فیلم  
آموزشی



### موادکشندهٔ جلبک‌ها

هنرآموزان محترم، مطابق شیوه‌نامهٔ اجرایی فیلم آموزشی، فیلم مواد کشندهٔ جلبک‌ها را برای هنرجویان نمایش دهند.

فیلم  
آموزشی



### زیست‌کش‌ها

هنرآموزان محترم، مطابق شیوه‌نامهٔ اجرایی فیلم آموزشی، فیلم زیست‌کش‌ها را برای هنرجویان نمایش دهند.

تحقیق کنید  
۷



۱- در رابطه با صابون‌های ضدقارچ تحقیق کنید.  
۲- در مورد قارچ‌کش‌های مانب، زینب و مانکوزب تحقیق کنید و در کلاس ارائه دهید.

**پاسخ ۱:** در صابون‌های ضدجوش، گوگرد کلوییدی وجود دارد. گوگرد یک قارچ‌کش قوی است و با بیماری‌های پوستی قارچی مقابله می‌کند.  
**پاسخ ۲:** گوگرد از سال ۱۸۰۷ تاکنون به‌عنوان قارچ‌کش به کار رفته است. سه سم سمپاشی زینب، مانب و مانکوزب از جمله سمومی هستند که با وجود گزارش‌های متعدد از معایب و ناهنجاری‌های ناشی از آن طی سال‌های اخیر همچنان تولید و در سطح وسیع مصرف می‌شود. تحقیقات نشان داده است که سموم سمپاشی مانب و مانکوزب منجر به بیماری پارکینسون یا لرزش غیرارادی اندام‌های بدن می‌شود.  
**زینب:** اتیل‌بیس‌دی‌تیوکاربامات روی یا زینب در گذشته بسیار پر مصرف بوده است. یکی از معایب این ترکیب سرطان‌زا بودن آن است. علیه انگل‌های داخلی گیاهان کاربرد دارد. زینب برای زنگ‌ها خصوصاً زنگ میخک به کار رفته است. کمبود روی را نیز در برخی موارد برطرف کرده است.

فیلم  
آموزشی



### آنزیم‌ها

هنرآموزان محترم، مطابق شیوه‌نامه اجرایی فیلم آموزشی، فیلم آنزیم‌ها را برای هنرجویان نمایش دهند.

**فعالیت ساخت یافته ۲۳:** به‌کارگیری فرمالین یا سایر مواد محافظ میکروبی در حذف کپک در مرکب خوشنویسی یا فراورده تولید شده از نشاسته به‌صورت عملی

### فعالیت عملی ۱۹

#### به‌کارگیری فرمالین در حذف کپک

**مواد لازم:** نشاسته، آب، مواد لازم برای تهیهٔ مرکب خوشنویسی (گل سرخ، پودر آهن)، فرمالین.

**راهنمایی:** مطابق روش کار گفته شده در کتاب درسی، مرکب خوشنویسی یا محلولی از نشاسته تهیه شود. سپس نقش فرمالین در حذف کپک در این مواد بررسی شود.

تحقیق کنید  
۸



یک نمونه محصول بهداشتی مانند خمیر دندان را انتخاب کنید و نوع مادهٔ محافظ (با اثر زیست‌شناختی) در آن را مشخص کنید.  
**پاسخ:** جنس لوله‌های خمیر دندان امروزه از مواد بسیاری انتخاب می‌شوند که

مقاومت شیمیایی بالایی دارند اما نوع فلزی آن از جنس آلومینیم است که خود با تشکیل لایه محافظ از سرعت خوردگی کم می‌کند. اما برای ایجاد لایه محافظ ضخیم‌تر و قوی‌تر به خمیردندان سدیم سیلیکات افزوده می‌شود که با آلومینیم ترکیب می‌شود و لایه محافظی از جنس آلومینوسیلیکات‌های بازی روی فلز تشکیل می‌شود و سرعت خوردگی کم می‌شود. علاوه بر استفاده از این ماده امروزه درون سطوح فلزی مواد بسته‌بندی را توسط لایه‌های بسیاری پوشش می‌دهند. یکی از اجزای خمیر دندان، مواد محافظ هستند که مواد ضد میکروبی هستند و خاصیت ضد عفونی‌کنندگی از خود نشان می‌دهند و عبارت‌اند از: سدیم بنزوات، بنزوئیک اسید و متیل پارابن.

## فعالیت عملی ۲۰

### تأثیر مواد افزودنی برای تولید محصول جدید

**مواد لازم:** شیر، ماست، خامه، افزودنی‌های گیاهی معطر مانند سیر، نعناع، میوه. **راهنمایی:** مطابق روش کار گفته شده در کتاب درسی، ماست خامه‌ای تهیه شود. سپس ماست خامه‌ای با طعم‌های مختلف با یکدیگر مقایسه شود. با بحث گروهی، بهترین محصول و گروه انتخاب شوند و علت آنها را مشخص کنید. در پایان گروه هنرجویی منتخب مورد تشویق بیشتر قرار گیرد.

تحقیق کنید

۹



یک محصول کشاورزی، دارویی، غذایی و یا بهداشتی را در نظر بگیرید و تحقیق کنید چه عوامل زیست‌شناختی می‌تواند باعث فساد آنها شود و به کمک چه مواد افزودنی می‌توان از فساد آنها جلوگیری کرد.

**پاسخ:** یک محصول غذایی مانند گوشت می‌تواند در معرض فساد توسط عوامل مختلف زیست‌شناختی مانند آنزیم‌ها و میکروارگانیسم‌ها باشد.

روش‌های زیادی برای پیشگیری و یا کند کردن سرعت فساد قابل اجرا می‌باشند مثلاً می‌توان گوشت را منجمد کرد، پخت و یا کنسرو نمود که هر کدام از این روش‌ها زمان نگهداری متفاوتی دارند اما در هر صورت زمان نگهداری را افزایش می‌دهند.

انجماد باعث کشته شدن بسیاری از میکروارگانیسم‌ها و نیز کند شدن فعالیت‌های آنزیمی می‌گردد. پختن و نیز کنسرو کردن باعث کشته شدن میکروارگانیسم‌ها و نیز تغییر فرایندهای آنزیمی می‌شود.

به علت سترون بودن و کشته شدن همه میکروارگانیسم‌ها در فرایند کنسرو کردن، می‌توان کنسرو را مدت طولانی‌تری نگهداری نمود.

افزودن مواد نگهدارنده به گوشت مجاز نمی‌باشد.

یک روش دیگر محافظت از گوشت تبدیل آن به فرآورده‌های گوشتی با زمان ماندگاری بالاتر مانند گوشت نمک سود و یا سوسیس کالباس است.

## پرسش‌ها و پاسخ‌های پایانی

**۱** با توجه به شکل ۱ کتاب، به نظر شما چرا درصد و نوع افزودنی‌ها در روغن‌های با کاربردهای مختلف متفاوت است؟

**پاسخ:** شرایط کارکرد روغن‌های مختلف از دیدگاه فشار، دما، تنش‌های موجود، حضور مواد خارجی و ناشی از سوختن و نیز حساسیت قطعات مورد روغن‌کاری با یکدیگر متفاوت است. به همین دلیل است که بیشترین افزودنی‌ها در روغن موتورهای درون‌سوز است که در فشار و دمای بالا کار می‌کنند و در تماس با گازهای حاصل از سوختن و دور بالای قطعات هستند.

**۲** وظایف اصلی مواد افزودنی را نام ببرید.

**پاسخ:** پرکنندگی، پایدارکنندگی و بهبوددهندگی

**۳** در مورد هر یک از نقش‌های مواد افزودنی شامل پرکنندگی، پایدارکنندگی و بهبوددهندگی دو مثال بزنید.

**پاسخ:** پرکننده‌ها مانند پودرهای معدنی مثل سیلیکون دیوکسید و کلسیم کربنات که به مواد بسپاری افزوده می‌شوند.

پایدارکننده مانند آلدئیدها، نمک‌های فلزات سنگین که به محصولات مختلف صنعتی افزوده می‌شوند.

بهبوددهنده مانند رنگدانه‌ها و ضدکف‌ها که به رنگ افزوده می‌شوند.

**۴** در گذشته پس از پخت نان مقداری از خمیر کنار گذاشته می‌شد تا در تولید خمیر بعدی استفاده شود. به نظر شما دلیل آن چه بوده است؟

**پاسخ:** این تکه خمیر که به آن مایه خمیر گفته می‌شود حاوی ریزاندامکان و آنزیم‌های لازم است که وقتی به خمیر جدید اضافه می‌شود ریزاندامکان تکثیر و رشد می‌کنند و به ورآمدن یا تخمیر خمیر جدید کمک می‌کنند.

**۵** افزودنی‌ها چه خواصی به محصولات می‌دهند؟ مثال بزنید.

**پاسخ:** افزودنی‌ها خواص متنوع کمی و کیفی و اقتصادی به محصولات می‌دهند. آنها باعث طعم و رنگ و عطر بهتر، مقاومت شیمیایی و مکانیکی، ایجاد حس خوب و ماندگاری می‌شوند.

**۶** مقدار و روش افزودن مواد افزودنی به محصولات چگونه تعیین می‌شود؟

**پاسخ:** طراح فرمول براساس نیاز، اهداف و خواص مورد نیاز، نوع افزودنی را با توجه به متغیرهای اقتصادی و عملیاتی انتخاب می‌کند. مقدار و روش افزودن این مواد براساس استانداردها و الزاماتی است که سازمان‌های نظارتی و تولیدکنندگان افزودنی‌ها تعیین کرده‌اند. سپس با انجام آزمون‌های تجربی، این عملیات تأیید می‌شود و فرمول‌بندی جدید به دست می‌آید. در فرایندهای شیمیایی این عملیات توسط طراحان فرایند در واحدهای تولیدی انجام می‌شود.

**۷** در فرایندهای ناپیوسته، افزودنی‌ها چگونه به محصولات اضافه می‌شوند؟  
**پاسخ:** با توجه به روش تولید و یا محصول، افزودنی از قبل با یکی از مواد اولیه مخلوط می‌شود و یا در مرحله‌ای از تولید به یکباره و یا به‌طور قطره‌ای افزوده می‌شود.

**۸** مستریج چیست و چگونه تولید می‌شود؟

**پاسخ:** مستریج در صنعت بسیار، آمیزه غلیظی حاوی سه جزء بسیار پایه، ماده افزودنی و عامل پخش‌کننده است. این مواد با یکدیگر مخلوط و سپس ذوب می‌شوند و پس از یکنواخت شدن اجزاء، به شکل گرانول تبدیل می‌شوند. تولیدکنندگان قطعات پلاستیکی مطابق با نیاز، مستریج را تهیه می‌کنند و با گرانول‌های بسیار مخلوط می‌کنند و به روش‌های مختلف قطعات را تولید می‌کنند.

**۹** یک غذای خانگی را در نظر بگیرید و تحقیق کنید که از چه موادی تهیه می‌شود و کدام یک از این مواد می‌تواند نقش افزودنی را داشته باشد. سپس تحقیق کنید که چه مواد دیگری می‌توان به‌عنوان افزودنی به آن اضافه کرد تا محصول بهتری تولید کرد.

**پاسخ:** پاسخ به این سؤال خیلی متنوع است مثلاً با انتخاب یک خورش می‌توان به افزودنی‌هایی مانند نمک، انواع ادویه‌جات، طعم‌دهنده و عطردهنده‌هایی مانند انواع سبزیجات و سیر و پیاز و لیمو اشاره کرد. و به ابتکار دانش‌آموز می‌تواند افزودنی‌های جدیدی پیشنهاد داد.

**۱۰** در تولید بعضی از رنگ‌ها، از حلال‌های آلی استفاده می‌شود. به‌نظر شما این حلال‌ها چه تأثیری بر محیط‌زیست دارند؟

**پاسخ:** این حلال‌ها در هنگام تولید محصول و نیز استفاده از محصول علاوه بر خطرات سلامتی برای کاربران و خطراتی نظیر آتش‌سوزی، تبخیر می‌شوند و وارد محیط‌زیست می‌شوند و تأثیرات منفی نظیر اثر گلخانه‌ای بر محیط‌زیست دارند.

**۱۱** رنگ خودرو را در نظر بگیرید. به‌نظر شما هرکدام از افزودنی‌های زیر چه تأثیری بر کیفیت رنگ هنگام استفاده و پس از خشک شدن دارد؟ مواد ضدپرتو فرابنفش، رنگدانه، مواد ضدکف، غلظت‌دهنده

**پاسخ:** مواد ضدپرتو فرابنفش، مقاومت رنگ در برابر نور خورشید را افزایش می‌دهد و باعث می‌شود رنگ به مرور زمان کهنه نشود و تغییر رنگ ندهد.

رنگدانه به‌رنگ، قام و طیف موردنظر را می‌بخشد.

مواد ضدکف باعث می‌شود در هنگام تولید و مصرف کف پایدار ایجاد نشود و غلظت‌دهنده برای تنظیم گرانروی رنگ به‌کار می‌رود.

**۱۲** مواد ضدکپک چه نقشی در محصولات جامد دارند؟ مثال بزنید.

**پاسخ:** ذرات مواد پودری و گرانول‌ها در سیلوهای ذخیره، هنگام انتقال در خطوط تولید و در بسته‌بندی ممکن است به یکدیگر بچسبند و تشکیل کیک و کلوخه دهند و نه تنها انجام شدن فرایندها را دچار اشکال کنند بلکه هنگام مصرف نیز قابلیت

استفاده راحت را ندارند. در خطوط تولید نمک خوراکی حجم زیادی از نمک توسط تسمه‌های نقاله و کانال‌های فلزی انتقال داریم در حال منتقل شدن بین تجهیزات مختلف مانند خشک کن سیلوا و تجهیزات بسته‌بندی می‌باشند. ذرات مواد پودری مانند نمک ممکن است در اثر پیوندهای فیزیکی و قفل مکانیکی در یکدیگر به هم بچسبند و تشکیل کلوخه‌های بزرگ را بدهند که حرکت این مواد را سخت می‌کند.

افزودن مقدار کمی سیلیکون دی‌اکسید سنتزی (synthetic silicone dioxide) (SAS) که از دید شیمیایی و سلامت خنثی و بی اثر است باعث می‌گردد که ذرات سیلیکون دی‌اکسید سطح ذرات نمک را آغشته کند و باعث شود که این ذرات به راحتی روی یکدیگر بلغزند و به راحتی جاری شوند و به دلیل کلوخه شدن باعث انسداد و یا توقف مواد در مسیرها نشوند. به علاوه هنگام مصرف توسط مصرف‌کننده نهایی نیز نمک به راحتی از بسته‌بندی و نیز نمکدان جاری می‌شود.

**۱۲** گرانروی چه نقشی در محصولات تولید دارد و چگونه می‌توان گرانروی را در محصولات تولیدی افزایش داد؟

**پاسخ:** گرانروی مناسب باعث کاربری بهتر محصول و ایجاد حس خوب و مناسب در مصرف‌کننده می‌شود.

**۱۴** مواد نرم‌کننده یا پلاستی‌سایزرها چه تأثیراتی بر محصول تولیدشده می‌گذارند؟ **پاسخ:** موادی هستند که خواص گرمایی و مکانیکی مواد را تغییر می‌دهند. این تغییرات شامل کم کردن سختی و استحکام در دمای معمولی، افزایش خاصیت کشسانی، افزایش ضربه‌پذیری و افزایش حس لطافت و احساس خوب هنگام لمس کردن است. مانند دی‌بوتیل‌فتالات (DBP) و دی‌اکتیل‌فتالات (DOP)

**۱۵** افزودنی با عملکرد شیمیایی چیست و چه نقشی در محصولات یا فرایندها دارند؟ **پاسخ:** افزودنی‌هایی که با یک تغییر شیمیایی، منجر به بهبود خواص محصولات و یا فرایندها می‌شوند، افزودنی با تأثیر شیمیایی هستند. تغییر در سرعت واکنش‌های شیمیایی، کم کردن سرعت خوردگی، انجام شدن واکنش‌های دلخواه و کنترل شده از وظایف افزودنی‌ها با تأثیر شیمیایی است.

**۱۶** مواد افزودنی ایجادکننده پیوندهای عرضی چه تأثیری بر خواص لاستیک می‌گذارند؟ **پاسخ:** باعث می‌شوند که علاوه بر انعطاف دارای استحکام بالایی باشند، این مواد باعث می‌شود که در اثر اعمال نیرو زنجیرهای بسیار روی هم نلغزند.

**۱۷** عوامل پخت و سخت‌کننده چه موادی هستند؟ با ذکر یک مثال نقش آنها را شرح دهید.

**پاسخ:** این افزودنی‌ها به‌طور عمده، در مورد رزین‌های مایع مانند رزین‌های اپوکسی و پلی‌استر نیمه اشباع و رزین‌های پلی‌یورتان کاربرد دارد و باعث می‌شوند که فرایند بسپارش تک‌پارهای موجود رخ دهد و بسپار سخت تشکیل شود. مانند چسب دوقلو



که از دو جز شامل رزین اپوکسی و سخت کننده تشکیل شده است. با مخلوط کردن این دو جز فرایند بسپارش شروع می شود و بسیار سخت تشکیل می شود.

**۱۸** مواد حفاظت از خوردگی چه نقشی در فرایندها و محصولات دارند؟

**پاسخ:** مواد حفاظت از خوردگی، ترکیبات شیمیایی آلی مانند استرهای فسفریک اسید و فسفونات ها یا ترکیبات معدنی نظیر سیلیکات های فلزات قلیایی هستند که از ۱۰ ppm تا یک درصد به محیط افزوده می شود و با سطح فلزات واکنش می دهند و با تشکیل لایه محافظ سطح فلز را از خوردگی محافظت می کند.

**۱۹** منظور از رباينده مواد اسیدی چیست؟ مثال بزنید.

**پاسخ:** تخریب و تغییر آرایش مولکول های آلی به دلایل مختلفی مانند آبکافت، تخریب گرمایی، تغییر در اثر فعالیت های آنزیمی و فعالیت ریزاندامکان و اکسایش. در محصولات و فرایندهای مختلف رخ می دهند. به این محصولات و فرایندها اکسیدهای فلزی نظیر منیزیم، کلسیم و روی اکسید افزوده می شود تا با مواد اسیدی تولید شده واکنش دهند و آن را خنثی کنند.

**۲۰** انواع مواد افزودنی با تأثیرات زیستی را نام ببرید.

**پاسخ:** مواد مؤثر دارویی، آفت کش ها (عوامل ضد جلبک و لجن، مواد ضد میکروب، مواد ضد باکتری و کشنده باکتری و مواد ضد قارچ و قارچ کش) و آنزیم ها

**۲۱** ماده مؤثر دارویی چیست؟

**پاسخ:** ماده مؤثر دارویی آن قسمت از هر دارو است که عمل درمان را انجام می دهد.

**۲۲** آنزیم ها چه فعالیت هایی را تسریع و یا ممکن می کنند؟

**پاسخ:** تجزیه مولکول های بزرگ مواد به کمک آب

برداشتن یا افزایش گروه های عاملی یا ایجاد و حذف پیوند دوگانه روی مولکول ها بازآرایی و تغییر آرایش مولکول ها

**۲۳** روش تولید پنیر در گذشته به شرح زیر بوده است. به یک بزغاله یا بره تازه متولد شده شیر می خوراندند. سپس آن را ذبح می کردند و محتویات معده آن را خالی کرده و به عنوان مایه پنیر نگهداری می کردند. هنگام تولید پنیر مقداری از این ماده را به شیر می افزودند تا پنیر تشکیل شود. به نظر شما چه ماده ای در معده حیوان ذبح شده وجود دارد که باعث تولید پنیر می شود؟

**پاسخ:** زمانی که حیوان شیر می خورد، شیر وارد سامانه گوارشی می شود. سامانه گوارشی آنزیم های مختلفی به شیر اضافه می کند تا عملیات هضم صورت پذیرد. اگر حیوان را ذبح کنند، عملیات هضم متوقف می شود و ماده ای که در سامانه گوارشی حیوان باقی می ماند، شیر دلمه شده حاوی آنزیم های مختلف است که همین آنزیم ها فرایند تبدیل شیر به پنیر را انجام می دهند.

## ارزشیابی شایستگی کاربرد مواد افزودنی در صنایع شیمیایی

<p><b>شرح کار:</b>  چگونگی استفاده از تجهیزات آزمایشگاهی را بداند و کار داده شده را با دقت انجام دهد.  هنگام کار مراقب باشد که دستگاه صدمه نبیند.  پس از انجام کار، وسایل را تمیز و سالم در حالت اولیه قرار دهد.</p>			
<p><b>استاندارد عملکرد:</b>  به کارگیری مواد افزودنی فیزیکی، شیمیایی و زیست‌شناختی طبق استاندارد  <b>شاخص‌ها:</b>  - رعایت مسائل ایمنی هنگام کار  - انجام کار طبق دستور کار</p>			
<p><b>شرایط انجام کار:</b>  <b>شرایط مکان:</b> آزمایشگاه  <b>شرایط دستگاه:</b> آماده به کار  <b>زمان:</b> یک جلسه آموزشی  <b>ابزار و تجهیزات:</b> وسایل شیشه‌ای آزمایشگاهی، ترازو، آسیاب، همزن برقی، مخلوط‌کن، اون</p>			
<p><b>معیار شایستگی:</b></p>			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	به کارگیری مفاهیم مواد افزودنی	۱	
۲	به کارگیری مواد افزودنی فیزیکی	۲	
۳	به کارگیری مواد افزودنی شیمیایی	۲	
۴	به کارگیری مواد افزودنی زیست‌شناختی	۱	
	<p><b>شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش:</b>  <b>۱- ایمنی:</b> انجام کار کارگاهی با رعایت موارد ایمنی و استفاده از وسایل ایمنی شخصی  <b>۲- نگرش:</b> صرفه‌جویی  <b>۳- توجهات زیست‌محیطی:</b> جلوگیری از صدمه زدن به محیط زیست از طریق انجام کار بدون ریخت و پاش  <b>۴- شایستگی‌های غیر فنی:</b> ۱- اخلاق حرفه‌ای ۲- مدیریت منابع ۳- محاسبه و کارپست ریاضی  <b>۵- مستندسازی:</b> گزارش نویسی</p>	۲	
			<p><b>میانگین نمرات</b></p>
			*

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

## فصل پنجم

# آزمایش‌های کنترل کیفیت مواد غذایی



آموزش فصل آزمایش‌های کنترل کیفیت صنایع غذایی به صورت تدریس نظری و عملی پیش‌بینی شده است. در این فصل هنرجویان با مفاهیم کنترل کیفیت، استانداردهای محلی و بین‌المللی، اندازه‌گیری‌های کمی و کیفی مواد غذایی آشنا می‌شوند و هنرجویان به‌طور عملی آزمایش‌های کنترل کیفیت فیزیکی، شیمیایی و زیست‌شناختی مواد غذایی را انجام می‌دهند. همچنین در این فصل استفاده هم‌زمان از فیلم‌های آموزشی با مطالب درسی پیش‌بینی شده است. اغلب فعالیت‌های این فصل به صورت گروهی در نظر گرفته شده است. بنابراین لازم است که هنرآموزان محترم با تقسیم‌بندی هنرجویان کلاس به گروه‌های مختلف ۳ تا ۴ نفره و با آموزش و راهنمایی‌های دقیق گروه‌های دانش‌آموزی، به‌طور مستقیم در فرایند یاددهی و یادگیری مشارکت مؤثر داشته باشند. همچنین هنرآموزان گرامی توجه داشته باشند که در فرصت‌های یادگیری پیش‌بینی شده به شایستگی‌های غیرفنی این واحد یادگیری مانند اخلاق حرفه‌ای (وقت‌شناسی، حضور منظم و به موقع، انجام دادن وظایف و کارهای محول و پیروی از قوانین کارگاه)، کار گروهی (حضور فعال در فعالیت‌های گروهی، انجام دادن کارها و وظایف محول) و مستندسازی (گزارش‌نویسی فعالیت‌های کارگاهی) توجه ویژه داشته باشند.

## مرحله ۱- به‌کارگیری مفاهیم کنترل کیفیت در صنایع غذایی

فعالیت ساخت یافته ۱: بیان اهمیت کنترل کیفیت مواد غذایی به کمک بحث گروهی، تحقیق کنید، نمایش فیلم و تصویر

از تصویرهای زیر، چه مطالبی استنباط می‌کنید؟



بحث‌گروهی  
۱



**پاسخ:** فعالیت و آزمایش‌های مختلف کنترل کیفیت در صنایع غذایی دیده می‌شود.

فیلم  
آموزشی



### ایمنی غذا

هنرآموزان محترم، مطابق شیوه‌نامه اجرایی فیلم آموزشی، فیلم ایمنی غذا را برای هنرجویان نمایش دهند.

**فعالیت ساخت یافته ۲:** تعریف کنترل کیفیت با استفاده از تحقیق، نمایش فیلم و جدول مقایسه‌ای

تحقیق کنید  
۱



در ارتباط با اجرای سامانه مدیریت کیفیت تحقیق کنید و در کلاس ارائه دهید.  
**پاسخ:** سامانه مدیریت کیفیت طبق استاندارد ایزو ۹۰۰۱ شامل سه بخش کنترل کیفیت، بهبود کیفیت و تضمین کیفیت است. کنترل کیفیت به تنهایی تضمین‌کننده کیفیت محصول خروجی سامانه نیست و نیاز به مجموعه عملیاتی دارد که مدیریت کیفیت نامیده می‌شود و شامل سه بخش نام برده است. در سامانه مدیریت کیفیت از کوچک‌ترین اجزای سامانه تا مدیریت کلان سامانه درگیر کیفیت هستند و هر کدام وظایفی بر عهده دارند. بهبود کیفیت به اقدامات سازمان یافته و پیوسته‌ای که منجر به بهبود قابل اندازه‌گیری در محصول می‌شود اطلاق می‌شود.

تضمین کیفیت، نظارت و ارزیابی منظم و برنامه‌ریزی شده جنبه‌های گوناگون یک پروژه، سرویس، سامانه یا وسیله است که احتمال رعایت حداقل‌های استاندارد کیفیت در فرایند تولید را به بیشترین مقدار می‌رساند. تضمین کیفیت قطعاً نمی‌تواند تولید محصولات با کیفیت را ضمانت کند. اجرای سامانه مدیریت کیفیت نیازمند آموزش پیوسته کارکنان و به‌روزرسانی سامانه‌ها و استفاده از روش‌های استاندارد است.

بیشتر بدانید



### استانداردهای محلی و بین‌المللی کنترل کیفیت

جهت کنترل کیفیت نیازمند دستورکارهای استاندارد و روش‌های استاندارد عملیاتی هستیم. این استانداردها همگی تدوین شده‌اند و در دسترس هستند. علاوه بر استانداردهای بین‌المللی برخی اوقات الزامات و استانداردهای محلی در

مورد برخی محصولات اعمال می‌شود. سازمان ملی استاندارد ایران متولی این امر در کشور ما است.

سامانه<sup>۱</sup> HACCP: روش تجزیه و تحلیل خطرو کنترل نقاط بحرانی که به HACCP معروف است، به‌عنوان یک سامانه کنترل ایمنی از اهمیت خاصی برخوردار است به‌طوری که سازمان‌های بین‌المللی و اجرایی قوانین نظارت بر مواد غذایی به‌طور جدی نسبت به تداوم و پیشبرد این روش در صنعت غذا تأکید دارند.

گروه غذایی کدکس<sup>۲</sup> سامانه<sup>۲</sup> HACCP را به‌عنوان استاندارد پذیرفته‌شده بین‌المللی مشخص کرده است که می‌تواند سلامتی مواد غذایی را تضمین کند. مزایای استفاده از سامانه<sup>۲</sup> HACCP عبارت‌اند از:

- تحت پوشش قراردادن تمامی جنبه‌های بهداشتی مواد غذایی از مواد اولیه تا محصول نهایی
- به‌عنوان مکملی برای دیگر سامانه‌های مدیریت کنترل کیفی مانند ISO ۹۰۰۰
- رونق و آسانی تجارت بین‌المللی
- اطمینان و تضمین کیفیت مواد غذایی از نظر آلودگی‌های میکروبی، شیمیایی و فیزیکی
- مهار آلودگی قبل از تولید مواد غذایی
- جلوگیری از آلودگی‌های ثانویه مواد غذایی
- صرفه‌جویی در مصرف شناساگرها و وسایل آزمایشگاهی
- صرفه‌جویی در وقت و هزینه‌های اضافی
- جلوگیری از ضایعات و به هدر رفتن مواد غذایی ناسالم بعد از تولید

### کنترل کیفیت

هنرآموزان محترم، مطابق شیوه‌نامه<sup>۳</sup> اجرایی فیلم آموزشی، فیلم کنترل کیفیت را برای هنرجویان نمایش دهند.

فیلم  
آموزشی



**فعالیت ساخت‌یافته<sup>۳</sup>:** بیان مزایا و وظایف سامانه مدیریت کیفیت با استفاده از تصویر و فیلم

۱- HAZARD ANALYSIS CRITICAL CONTROL POINT  
۲- CODEX

فیلم  
آموزشی



### شیوه‌های تولید خوب (GMP)

هنرآموزان محترم، مطابق شیوه‌نامه اجرایی فیلم آموزشی، فیلم شیوه‌های تولید خوب (GMP) را برای هنرجویان نمایش دهند.

**فعالیت ساخت یافته ۴:** شرح کنترل کیفیت مواد غذایی و ذکر مراحل آن

بر اساس مطالب کتاب درسی کنترل کیفیت مواد غذایی شرح داده شود.

**فعالیت ساخت یافته ۵:** تهیه چند نمونه استانداردهای تجزیه و تحلیل مواد غذایی

با کمک تحقیق و تصویر و فیلم آموزشی

فیلم  
آموزشی



### استاندارد ایزو ۲۲۰۰۰ و روش استفاده از تارنمای سازمان ملی استاندارد ایران

هنرآموزان محترم، مطابق شیوه‌نامه اجرایی فیلم آموزشی، فیلم‌های مربوط را برای هنرجویان نمایش دهند و روش تهیه استانداردهای مورد نیاز از شبکه وب را توضیح دهند.

### فعالیت عملی ۱

#### تهیه استانداردهای تجزیه و تحلیل مواد غذایی

**راهنمایی:** هنرجویان عزیز با جست‌وجوی در تارنماهای مربوط به استانداردها، استانداردهای تجزیه و تحلیل مواد غذایی را تهیه کنند. سپس در گروه خود بر روی قسمت‌های مختلف آن بحث کنند و توسط گروه‌های مختلف چند نمونه استاندارد تهیه شده در کلاس ارائه شود.

روش گام به گام برای استفاده از تارنمای سازمان ملی استاندارد ایران:

۱ ابتدا درگاه این سازمان به آدرس <http://www.isiri.gov.ir> را باز کنید. صفحه

زیر نمایش داده می‌شود:



۲ پس گزینه فهرست استانداردهای ملی را انتخاب کنید صفحه زیر باز می‌شود:



۳ در این صفحه شماره استاندارد مربوطه را در محل مربوط بنویسید و جست‌وجو کنید.

اگر شماره استاندارد را ندارید می‌توانید آن را به‌صورت موضوعی با توجه به رشته مربوط جست‌وجو کنید به‌عنوان مثال اگر استاندارد ملی شماره ۱۹۱ را جست‌وجو کنید با نتیجه زیر مواجه خواهید شد.



شماره استاندارد	موضوع	شماره استاندارد	موضوع	شماره استاندارد	موضوع
ISIRI 87100-99	دامه پاستوریزه و خامه فرم‌اسه (LHT) و ژل‌ها و روغن‌های آردچون	ISIRI 1381	کمیته ملی استاندارد و فوراک و فرآورده‌های کشاورزی	ISIRI 1381	کمیته ملی استاندارد و فوراک و فرآورده‌های کشاورزی
ISIRI 1381	کمیته ملی استاندارد و فوراک و فرآورده‌های کشاورزی	ISIRI 1381	کمیته ملی استاندارد و فوراک و فرآورده‌های کشاورزی	ISIRI 1381	کمیته ملی استاندارد و فوراک و فرآورده‌های کشاورزی
ISIRI 1381	کمیته ملی استاندارد و فوراک و فرآورده‌های کشاورزی	ISIRI 1381	کمیته ملی استاندارد و فوراک و فرآورده‌های کشاورزی	ISIRI 1381	کمیته ملی استاندارد و فوراک و فرآورده‌های کشاورزی

همان‌گونه که مشخص است ۱۹۵ مورد ثبت شده است که در آنها عدد ۱۹۱ وجود دارد با توجه به موضوع مورد جست‌وجو (خامه پاستوریزه)، اولین یافته مورد نظر ما است که با انتخاب آن می‌توانید جزئیات فایل مورد نظر را مشاهده کنید و آن را ذخیره کنید.



## فعالیت ساخت یافته ۶: تهیه چند نمونه استاندارد مواد غذایی با کمک تحقیق

دستور کار کامل در مورد نمونه برداری شامل تمام جزئیات نمونه برداری در کدکس غذایی ۲۰۰۴-۵۰ CAC/GL آورده شده است، آن را تهیه کنید و در کلاس ارائه دهید.

**راهنمایی:** هنرجویان کدکس خواسته شده را از شبکه وب دریافت کنند و تمام مراحل نمونه برداری را مطالعه کنند. برای دریافت آن کافی است CAC/GL ۲۰۰۴-۵۰ یا GENERAL GUIDELINES ON SAMPLING CAC/GL ۲۰۰۴-۵۰ را در شبکه جهانی وب جست و جو کنند.

تحقیق کنید

۲



## نمونه برداری از گوشت و بسته بندی نمونه های زیستی

هنرآموزان محترم، مطابق شیوه نامه اجرایی فیلم آموزشی، فیلم های نام برده را برای هنرجویان نمایش دهند.

فیلم  
آموزشی



## فعالیت عملی ۲

### تهیه استانداردهای مواد غذایی

**راهنمایی:** با مراجعه به تارنمای معاونت غذا و داروی کشور، بخش آزمایشگاه کنترل مواد غذایی و بهداشتی به آدرس

<http://fdo.umsha.ac.ir/index.aspx?siteid=۱۶&pageid=۲۴۶۲>

چند استاندارد مرتبط با مواد غذایی را تهیه کنید. سپس بر روی تعدادی از آنها گفت و گو شود.

**فعالیت ساخت یافته ۷:** انجام دادن کنترل کیفیت خامه به طور عملی و نمایش فیلم و تصویر

## فعالیت عملی ۳

### کنترل کیفیت خامه

**راهنمایی:** با توجه به راهنمایی فعالیت عملی ۱، استاندارد مربوط به کیفیت خامه تهیه شود و خامه موجود در آزمایشگاه مطابق موارد یادآوری شده در روش کار، بررسی و نتایج به دست آمده در جدولی ثبت شود.

## آزمایشگاه مواد غذایی

هنرآموزان محترم، مطابق شیوه نامه اجرایی فیلم آموزشی، فیلم آزمایشگاه مواد غذایی را برای هنرجویان نمایش دهند.

فیلم  
آموزشی



## مرحله ۲- انجام آزمایش‌های فیزیکی کنترل کیفیت در صنایع غذایی

فعالیت ساخت یافته ۸: معرفی خواص فیزیکی مواد غذایی با کمک تصویر

فیلم  
آموزشی



### رطوبت و فعالیت آب مواد غذایی

هنرآموزان محترم، مطابق شیوه‌نامه اجرایی فیلم آموزشی، فیلم رطوبت و فعالیت آب مواد غذایی را برای هنرجویان نمایش دهند.

فعالیت ساخت یافته ۹: بررسی پایداری امولسیون سس مایونز به طور عملی

### فعالیت عملی ۴

#### بررسی پایداری یک امولسیون خوراکی

راهنمایی: مطابق روش کار کتاب درسی، بررسی بر روی نمونه انجام شود و پس از بررسی نتیجه در مورد پایداری نمونه مورد آزمایش گفت‌وگو شود.  
فعالیت ساخت یافته ۱۰: کنترل کیفیت نمک خوراکی به طور عملی

### فعالیت عملی ۵

#### کنترل کیفیت نمک خوراکی

راهنمایی: مطابق روش کار کتاب درسی، بررسی کیفیت بر روی نمونه‌های مختلف انجام شود و نتایج بررسی‌ها در جدولی مانند جدول زیر ثبت شود، سپس نمونه‌های مختلف از نظر کیفیت با هم مقایسه شوند.

نمونه ۴	نمونه ۳	نمونه ۲	نمونه ۱	بررسی کیفیت نمک خوراکی / شماره نمونه
			رنگ سفید، شفاف تا مات	بررسی وضعیت ظاهری
			باید بدون نقص و پارگی و سوراخ باشد	کیفیت بسته‌بندی
			نمک تصفیه شده	نام و نوع فرآورده
			خلوص بیش از ۹۹/۲ درصد	درجه خلوص
			ید دار دارای ۳۰ تا ۶۰ گاما ید.	ذکر نام ماده افزودنی و مقدار آن

			مثلاً	جرم خالص هر بسته (برحسب گرم یا کیلوگرم)
			آدرس تولیدکننده که روی بسته‌بندی وجود دارد	نام و نشانی کارخانه تولیدکننده
			۲ سال پس از تولید	تاریخ انقضای قابلیت مصرف (به روز، ماه و سال)
			۳۸۴۶۴۵	شماره گروه (سری) ساخت
			۳۶/۱۱۸۰۲	شماره پروانه ساخت وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی

**فعالیت ساخت یافته ۱۱:** اندازه‌گیری گران‌روی و چگالی روغن خوراکی به‌طور عملی و نمایش فیلم

چه مواد غذایی رامی‌شناسید که از غلظت‌دهنده در آنها استفاده شده است؟ چند مورد را نام ببرید.

**پاسخ:** سس‌های مختلف، ماست، خامه، دسرهای آماده، رب‌ها

پرسش ۱



### طعم و بافت غذا

هنرآموزان محترم، مطابق شیوه‌نامه اجرایی فیلم آموزشی، فیلم طعم و بافت غذا را برای هنرجویان نمایش دهند.

فیلم آموزشی



### فعالیت عملی ۶

#### تعیین چگالی و گران‌روی یک نمونه روغن

**راهنمایی:** مطابق روش کار گفته‌شده در کتاب درسی، آزمایش بر روی نمونه‌های مختلف مایع انجام شود. سپس نتایج اندازه‌گیری چگالی و گران‌روی نمونه روغنی توسط گروه‌های مختلف هنرجویی با یکدیگر مقایسه شود.

**فعالیت ساخت یافته ۱۲-** اندازه‌گیری چگالی یک نمونه شیر به‌طور عملی و با کمک تصویر

## فعالیت عملی ۷

### تعیین چگالی شیر

**راهنمایی:** مطابق استاندارد شماره ۶۳۸ سازمان ملی استاندارد ایران، چگالی چند نمونه شیر را اندازه‌گیری کنید و نتایج را در جدول ثبت کنید. از نمونه شیر کارخانه‌های مختلف، همچنین نمونه‌های شیر مختلف (شیر گاو، بز، گوسفند، شتر و غیره) برای آزمایش می‌توان استفاده کرد.

چگالی نمونه	نمونه‌های شیر
۱/۰۲۸	۱
۱/۰۳۰	۲
۱/۰۳۲	۳
۱/۰۳۳	۴

**فعالیت ساخت یافته ۱۳-** تعیین درصد مواد جامد نامحلول در آب نمونه‌های میوه و سبزی به‌طور عملی

## فعالیت عملی ۸

### تعیین درصد مواد جامد نامحلول در آب در مواد غذایی

**راهنمایی:** مطابق با استاندارد شماره ۳۸۶۰ سازمان ملی استاندارد ایران با موضوع «فرآورده‌های میوه و سبزی - اندازه‌گیری مواد جامد نامحلول در آب - روش آزمون»، درصد مواد جامد نامحلول در آب را در یک نمونه از فرآورده‌های میوه یا سبزی اندازه‌گیری کنید و نتایج را در جدول ثبت کنید.

درصد مواد جامد نامحلول در آب در نمونه	نوع نمونه‌ها
۶/۰۷	گوجه فرنگی
۳	سیب
۱/۲	هلو
۱	کیوی

## مرحله ۳- انجام آزمایش‌های شیمیایی کنترل کیفیت در صنایع غذایی

فعالیت ساخت یافته ۱۴: بیان ارزش مواد غذایی با کمک بحث گروهی، تصویر و تحقیق

یک لیوان شیر، یک تکه صد گرمی گوشت کباب شده، یک عدد سیب و یا یک برش نان را در نظر بگیرید. کدام یک از آنها نیازمندی بدن شما به گروه‌های مواد غذایی را تأمین می‌کند؟

**پاسخ:** شیر به دلیل داشتن کلیه گروه‌های مواد غذایی شامل پروتئین، قند، مواد معدنی، چربی و ویتامین در تأمین نیازمندی‌های ما به مواد غذایی، غذای کامل‌تری است.

بحث گروهی  
۲



یک انسان ۱۶ ساله چقدر پروتئین در روز نیاز دارد؟

**پاسخ:** میزان پروتئین مورد نیاز روزانه، وابسته به عوامل زیادی است. به‌طور متوسط هر فرد روزانه به ازای هر کیلوگرم از جرم بدن به ۰/۸ گرم پروتئین نیاز دارد، این مقدار در زنان باردار و یا شیرده و ورزشکاران متفاوت است به گونه‌ای که مقدار آن می‌تواند تا دو گرم در روز افزایش پیدا کند.

تحقیق کنید  
۳



فعالیت ساخت یافته ۱۵: تعیین میزان گلوتن موجود در آرد گندم به‌طور عملی و با کمک نمایش فیلم

### فعالیت عملی ۹

#### تعیین میزان گلوتن در آرد گندم

**راهنمایی:** مطابق روش کار گفته‌شده در کتاب درسی، میزان گلوتن نمونه‌های مختلف آرد (آرد بربری، سنگک، باگت، شیرینی‌پزی، ذرت و جو) را اندازه‌گیری کنید و نتایج را در جدول ثبت کنید.

درصد گلوتن	نوع نمونه‌ها
۲۳	آرد بربری
۲۲	آرد سنگک
۲۴	آرد باگت
۲۲	آرد شیرینی
۰	آرد ذرت
۶/۵	آرد جو

فیلم  
آموزشی



## هرم غذایی

هنرآموزان محترم، مطابق شیوه‌نامه اجرایی فیلم آموزشی، فیلم هرم غذایی را برای هنرجویان نمایش دهند.

فعالیت ساخت یافته ۱۶: تعیین مقدار چربی در گوشت به‌طور عملی و با کمک تصویر

### فعالیت عملی ۱۰

#### تعیین میزان چربی در فراورده‌های گوشتی

راهنمایی: مطابق روش کار گفته‌شده در کتاب درسی، میزان چربی نمونه‌های مختلف گوشت (گوساله، گوسفند، بوقلمون، مرغ، شترمرغ، شتر) را اندازه‌گیری کنید و نتایج را در جدول ثبت کنید.

درصد چربی	نوع نمونه‌ها
۴/۲	گوشت گوساله
۸/۸	گوسفند
۱۳	بوقلمون
۳	سینه مرغ
۱۳	ران مرغ
۳	شترمرغ
۱	شتر
	.....

فعالیت ساخت یافته ۱۷: اندازه‌گیری عدد صابونی روغن‌ها به‌طور عملی و با کمک تصویر

### فعالیت عملی ۱۱

#### اندازه‌گیری عدد صابونی در روغن‌ها و چربی‌های خوراکی

راهنمایی: مطابق روش کار گفته‌شده در کتاب درسی، عدد صابونی نمونه‌های مختلف روغن را اندازه‌گیری کنید و نتایج را در جدول ثبت کنید و با مقادیر زیر مقایسه کنید.

نتیجه آزمایش	عدد صابونی برحسب میلی گرم به ازای گرم روغن		نوع روغن و یا چربی
	NaOH	KOH	
	۱۳۷	۱۹۲	روغن کرچک
	۱۳۶	۱۹۱	کره کائو
	۱۴۲	۱۹۹	روغن پالم
	۱۳۶	۱۹۰	روغن سویا
	۱۳۴	۱۸۷	روغن آفتابگردان
	۱۳۴	۱۸۸	روغن زیتون

**فعالیت ساخت یافته ۱۸:** کنترل کیفی شیر به طور عملی و با کمک تصویر و فرمول

### فعالیت عملی ۱۲

#### کنترل کیفیت شیر

**راهنمایی:** مطابق روش کار گفته شده در کتاب درسی، آزمایش جوش و اندازه گیری pH را بر روی چند نمونه شیر انجام دهید و نتایج را در جدول زیر مقایسه کنید. برای مقایسه بهتر نتایج از شیرهای تولید یک کارخانه استفاده شود. پیشنهاد می شود هر گروه از شیر تولیدی یک کارخانه استفاده کند.

نمونه‌ها	آزمایش جوش	pH
شیر تاریخ روز		
شیر قبل از تاریخ انقضا		
شیر بعد از تاریخ انقضا		



## فعالیت ساخت یافته ۱۹: تعیین خاکستر موجود در یک نمونه گوشت به طور عملی و با کمک تصویر و تحقیق

تحقیق کنید  
۴



در مورد مواد معدنی مورد نیاز بدن موجودات زنده و منابع تأمین هر یک تحقیق کنید و در کلاس ارائه دهید.

**پاسخ:** حدود ۳۸۰۰ ترکیب معدنی وجود دارد که از میان آنها ۲۱ عنصر به عنوان مواد معدنی حیاتی ضروری بدن انسان شناخته شده است که باید آنها را در برنامه غذایی روزمره بگنجانیم. تعدادی از این عناصر عبارت‌اند از:

**کلسیم:** کلسیم در بدن بیشتر در ناخن، دندان و استخوان‌ها وجود دارد. نقش آن کمک به انعقاد خون، عملکرد بهتر بعضی از آنزیم‌ها، سلامت قلب و انقباض ماهیچه‌ها و محکم شدن استخوان‌ها است.

**علائم کمبود:** استخوان و ناخن‌های شکننده، تأخیر رشد در کودکان و نوجوانان، ضعیف شدن دستگاه عصبی

**منابع دریافت:** سبزیجات سبزرنگ مانند بروکلی، کلم، آجیل، خرما، پرتقال، لبنیات  
**فسفر:** فسفر برای سلامت استخوان، دندان، سلول‌های خونی و کل سلول‌های بدن مهم است سوزاندن چربی‌ها، کربوهیدرات‌ها و شکستن مولکول پروتئین‌های بدن به عهده این ماده معدنی است. فسفر در سلامت سلول‌های مغز و عصبی نیز نقش مهمی به عهده دارد. این ماده معدنی همراه با کلسیم باعث محکم شدن و سلامت بیشتر استخوان‌ها می‌شود.

**علائم کمبود:** دندان‌ها و استخوان‌های ضعیف، خستگی فکری، افسردگی و کمبود انرژی

**منابع دریافت:** نارگیل، سبزیجات سبزرنگ، خرما، گلابی، سیب، آواکادو، ماهی، هویج، انواع حبوبات

**پتاسیم:** پتاسیم نقش مهمی در سم‌زدایی سلول‌های بدن، گذارسانی به آنها، منظم کردن ضربان قلب، خاصیت ارتجاعی بافت‌ها، کارکرد کبد و منظم کردن کار ماهیچه‌ها و اعصاب دارد.

**علائم کمبود:** مشکل هضم غذا، ضعف ماهیچه‌ها، مشکلات کبد، درمان کند زخم‌ها  
**منابع دریافت:** غلات، سبزی و میوه‌جات تازه، موز، ماهی، آجیل و تخمه‌ها  
**سدیم:** سدیم همراه با پتاسیم باعث تنظیم تبادلات سلولی، حفظ مایعات بدن، دفع کربن دی‌اکسید و عملکرد بهتر سامانه عصبی می‌شود.

**علائم کمبود:** گرفتگی عضلات، غش، مشکلات هضم، آرتрит، روماتیسم، سنگ صفرا و سنگ کلیه

**منابع دریافت:** توت فرنگی، هندوانه، ماهی، نمک‌های دریا  
**منیزیم:** حفظ سلامت ماهیچه‌ها، عملکرد بهتر سامانه ایمنی و سوخت کربوهیدرات‌ها از تأثیرات منیزیم در بدن است.

**علائم کمبود:** تحریک پذیری، مشکلات گوارشی، استخوان‌های ضعیف  
**منابع دریافت:** دانه‌های روغنی به خصوص گردو و بادام، غلات، اسفناج و ماهی  
**آهن:** سازنده اصلی هموگلوبین در سلول‌های خونی، تبادل اکسیژن و کربن دی‌اکسید  
سلول‌ها، ساخت بافت استخوان‌ها و ماهیچه‌ها از عملکردهای آهن است.  
**علائم کمبود:** رنگ پریدگی، کم خونی، بی حالی و قد کوتاه  
**منابع دریافت:** سبزیجات تیره، میوه‌های خشک شده، محصولات چند غله‌ای،  
اسفناج، جگر، حبوبات

پخت و پز در ظروف چدنی چه تأثیری در تأمین آهن مورد نیاز بدن ما دارد؟  
**پاسخ:** چدن آلیاژی از آهن می باشد که به دلیل خواص منحصر به فرد آن در ریخته‌گری  
و نیز نقطه ذوب پایین تر از فولاد جهت ساخت ظروف مورد استفاده قرار می‌گیرد.  
هنگام پخت و پز در ظروف چدنی اسیدهای آلی موجود در مواد غذایی با آن  
واکنش می‌دهند و منجر به تشکیل ترکیبات آلی محلول در آب آهن می‌گردند.  
این ترکیبات نه تنها بر طعم و رنگ غذا تأثیر می‌گذارند بلکه باعث می‌گردند غذا  
غنی از آهن شود و مقدار زیادی از آهن مورد نیاز بدن از این طریق وارد غذا و  
سپس بدن ما بشود.

تحقیق کنید  
۵



### فعالیت عملی ۱۳

#### کنترل کیفیت گوشت

**راهنمایی:** خاکستر موجود در یک نمونه از گوشت را مطابق با استاندارد شماره  
۷۴۴ سازمان ملی استاندارد ایران با موضوع «گوشت و فرآورده‌های آن - تعیین مقدار  
خاکستر کل» اندازه‌گیری کنید.  
پیشنهاد می‌شود گروه‌های مختلف آزمایش را در مورد نمونه‌های متفاوت گوشت و  
فرآورده‌ها (گوساله، گوسفند، مرغ، کالباس و سوسیس) انجام دهند و سپس نتایج  
حاصل با یکدیگر مقایسه شود.  
**فعالیت ساخت یافته ۲۰:** اندازه‌گیری نمک موجود در کره به‌طور عملی و با کمک تصویر

### فعالیت عملی ۱۴

#### کنترل کیفیت کره

**راهنمایی:** نمک موجود در یک نمونه از کره را مطابق با استاندارد شماره ۶۹۴  
سازمان ملی استاندارد ایران با موضوع «کره - تعیین میزان نمک - روش آزمون»  
اندازه‌گیری کنید. پیشنهاد می‌شود گروه‌های مختلف آزمایش را در مورد نمونه‌های  
متفاوت کره (کره حیوانی، کره پاستوریزه و کره گیاهی) انجام دهند و نتایج را با  
یکدیگر مقایسه کنند.

فیلم  
آموزشی



### کربوهیدرات‌ها

هنرآموزان محترم، مطابق شیوه‌نامه اجرایی فیلم آموزشی، فیلم کربوهیدرات‌ها را برای هنرجویان نمایش دهند.

**فعالیت ساخت یافته ۲۱:** تشخیص قند مواد غذایی به‌طور عملی و با کمک نمایش فیلم و فرمول

### فعالیت عملی ۱۵

#### بررسی قند موجود در مواد غذایی

مطابق روش کار کتاب درسی، آزمایش را بر روی چند نمونه ماده غذایی حاوی قند انجام دهید و نتایج را مقایسه کنید. پیشنهاد می‌شود گروه‌های مختلف آزمایش را در مورد نمونه‌های متفاوت ماده غذایی قندی انجام دهند و نتایج را در جدولی ثبت کنند.

پرسش ۲



نکات ایمنی در آزمایش تشخیص قندها به روش مولیش چیست؟ نام ببرید.

**پاسخ:** اسید سولفوریک غلیظ زمانی که وارد محیط آبی می‌شود به دلیل هیدراتاسیون گرمای زیادی آزاد می‌کند که ممکن است اگر افزودن اسید به آرامی و کنترل شده صورت نپذیرد، گرمای زیاد آزاد شده محلول را به نقطه جوش برساند و باعث پاشش محتویات لوله به بیرون شود.

**فعالیت ساخت یافته ۲۲:** تعیین طعم مواد غذایی با کمک تحقیق و تصویر

تحقیق کنید  
۶



با رجوع به استاندارد شماره ۲۴۴۲ سازمان ملی استاندارد ایران با موضوع «روش تشخیص ارزیابی میزان احساسی طعم در مواد خوراکی» در مورد سنجش طعم مواد خوراکی مطلب تهیه کنید و در کلاس ارائه دهید.

**پاسخ:** به تارنمای سازمان ملی استاندارد ایران مراجعه نمایید و استاندارد ۲۴۴۲ را دانلود کنید و با مطالعه آن کنفرانس خود را ارائه دهید. در این استاندارد چهار محلول استاندارد شور و شیرین و ترش و تلخ تهیه می‌شود که افراد مختلف بامزه کردن این طعم‌ها و مقایسه آن با طعمی که قرار است سنجیده شود نوع مزه را مشخص می‌نمایند و در جدولی ذکر می‌کنند و سپس نتایج مطابق با روش استاندارد ارزیابی می‌شوند.

فیلم  
آموزشی



### زیست‌شناختی غذا

هنرآموزان محترم، مطابق شیوه‌نامه اجرایی فیلم آموزشی، فیلم زیست‌شناختی غذا را برای هنرجویان نمایش دهند.

## مرحله ۴- انجام آزمایش‌های زیست‌شناختی کنترل کیفیت در صنایع غذایی

فعالیت ساخت یافته ۲۳: بیان خواص زیست‌شناختی مواد غذایی با کمک تصویر و فیلم آموزشی

فیلم  
آموزشی



### فساد نان

هنرآموزان محترم، مطابق شیوه‌نامه اجرایی فیلم آموزشی، فیلم فساد نان را برای هنرجویان نمایش دهند.

فعالیت ساخت یافته ۲۴: بررسی کیفی رشد ریزندامکان در مواد غذایی به‌طور عملی

### فعالیت عملی ۱۶

#### بررسی کیفی رشد ریزندامکان در ماده غذایی

راهنمایی: مطابق روش کار گفته شده در کتاب درسی، تأثیر سدیم بنزوات بر روی نمونه‌های مختلف آب‌میوه طبیعی بررسی شود و نتیجه‌ها را با یکدیگر مقایسه کنید. لازم به یادآوری است که بررسی‌ها باید به‌صورت کیفی انجام شوند.

فعالیت ساخت یافته ۲۵: بررسی اثر دمای محیط بر فساد مواد غذایی به‌طور عملی

### فعالیت عملی ۱۷

#### بررسی دمای محیط بر فساد مواد غذایی

راهنمایی: مطابق روش کار گفته شده در کتاب درسی، تأثیر دما را بر روی تخم‌مرغ‌های مشابه انجام دهید و فسادپذیری نمونه‌ها را با یکدیگر مقایسه کنید. لازم به یادآوری است که بررسی‌ها باید به‌صورت کیفی انجام شود.

فعالیت ساخت یافته ۲۶: بررسی اثر رطوبت محیط بر زمان نگهداری مواد غذایی به‌طور عملی

### فعالیت عملی ۱۸

#### بررسی اثر رطوبت در نگهداری مواد غذایی

راهنمایی: مطابق روش کار گفته شده در کتاب درسی، تأثیر رطوبت بر مواد غذایی را انجام دهید و نمونه‌ها را پس از مدت زمان تعیین شده با یکدیگر مقایسه کنید. لازم به یادآوری است که بررسی‌ها باید به‌صورت کیفی انجام شوند.

## پرسش‌ها و پاسخ‌های پایانی

**۱** غذای سالم و مناسب را تعریف کنید.

**پاسخ:** غذای سالم، عاری از عوامل بیماری‌زای زیستی، شیمیایی و فیزیکی است و چنانچه مراحل تولید، آماده‌سازی و بسته‌بندی آن بر اساس قواعد استاندارد و نیاز مشتری انجام شده باشد، غذای مناسب نامیده می‌شود.

**۲** کنترل کیفیت چیست؟

**پاسخ:** کنترل کیفیت عبارت از «تولید محصول با ویژگی‌های کیفیتی از جمله شکل، اندازه، استحکام، ترکیب و رنگ مطابق با استانداردهای مورد قبول مشتری جهت تأمین نیازهای پایه، تصریحی و پنهان مشتری با کم‌ترین هزینه و بالاترین قابلیت اطمینان می‌باشد.»

**۳** دو مورد از وظایف سامانه مدیریت کیفیت را بنویسید.

**پاسخ:** دو مورد از موارد زیر:

■ ارتقای کیفیت محصول

■ ایجاد سامانه ردیابی و شناسایی محصول

■ برخورداری از کارکنان شایسته و آموزش‌دیده

■ مشخص بودن وظایف و اختیارات کارکنان

■ توجه به خرید مواد اولیه مرغوب

■ افزایش و حفظ رضایت مشتری

■ بهبود بازاریابی

■ پیشرفت تجارت بین‌المللی

■ افزایش سود، کاهش ضایعات و افزایش بهره‌وری

**۴** وظیفه بخش کنترل کیفیت در صنایع غذایی چیست؟

**پاسخ:** وظیفه بخش کنترل کیفیت یک کارخانه مواد غذایی در همکاری با سایر بخش‌های سامانه مدیریت کیفیت، بازرسی‌های فیزیکی و شیمیایی و زیستی از مواد خام اولیه، محصولات نهایی، واسطه و فرایند تولید جهت اطمینان از برآورده شدن و حفظ استانداردهای تعریف شده است.

**۵** راه‌های ورود خطرات شیمیایی، فیزیکی و زیست‌شناختی به یک کارخانه مواد غذایی کدام‌اند؟

**پاسخ:** مواد خام ورودی شامل مواد اولیه و حتی آب و هوای فشرده ورودی به خط تولید می‌توانند منشأ بسیاری از خطرات فیزیکی مانند گل‌ولای، خطرات شیمیایی مانند انواع سموم و خطرات زیستی مانند انواع قارچ، باکتری، ویروس، حشرات و تخم آنها باشند. بخشی از آلودگی‌ها مانند آدامس جویده‌شده، ته سیگار توسط کارکنان و یا بازدیدکنندگان کارخانه و برخی از آلودگی‌ها توسط سایر موجودات مانند موش و

سوسک که به شکلی به کارخانه راه پیدا می کنند، وارد چرخه تولید می شود. به علاوه در طول فرایند تولید، نوسانات متغیرهای فرایندی مانند دما و فشار و مشکلات مکانیکی تجهیزات مانند نشستی روغن و گریس بریفیت تأثیر می گذارند.

۶ مراحل کنترل کیفیت فیزیکی، شیمیایی و زیستی را نام ببرید.

### پاسخ:

۱ بازرسی و کنترل کیفیت مواد خام ورودی به گونه ای که مواد با کیفیت بد در ورودی ها نباشد.

۲ تمامی متغیرهای فرایند تولیدی مانند دما، فشار، غلظت ها و نیز تجهیزات تولید و دستورکارهای روش تولید محصول کنترل شوند.

۳ بازرسی کیفی و کمی محصول نهایی تا رسیدن محصول با کیفیت به دست مشتری.

۴ اجزای اصلی مواد غذایی را نام ببرید.

پاسخ: اجزای اصلی مواد غذایی کربوهیدرات ها، چربی ها، پروتئین ها، مواد معدنی، آنزیم ها، رنگ دانه ها، ویتامین ها، مواد معطر و طعم دهنده و اسیدها می باشند. علاوه بر این مواد، آب مهم ترین ترکیب مواد غذایی است.

۸ نقش و اهمیت آب در مواد غذایی را شرح دهید.

پاسخ: آب در سه حالت فیزیکی جامد و مایع و گاز در تأثیر متقابل با مواد تشکیل دهنده غذا مانند پروتئین ها، پلی ساکاریدها، چربی ها و املاح، نقش بسزایی در طعم، بو، بافت، جریان پذیری، جذب مواد غذایی و نیز واکنش های شیمیایی غذا و عملکرد ریزاندامکان دارد. فرایندهایی مانند انجماد، خشک کردن، نمک سود کردن، با کنترل محتوای آب ماده غذایی باعث افزایش زمان نگهداری مواد غذایی می شود.

۹ منظور از جریان پذیری مواد غذایی چیست؟

پاسخ: جریان پذیری شامل بررسی و اندازه گیری خاصیتی از مواد غذایی است که تغییر شکل و تحرک آن را در اثر یک نیروی خارجی بررسی می کند.

۱۰ چه عواملی بر گرانروی مواد غذایی تأثیر می گذارند؟ نام ببرید.

پاسخ: شکل، اندازه، غلظت، جرم مولکولی. اجزای غذا و دمای محیط

۱۱ هرم تغذیه چیست؟

پاسخ: هرم تغذیه به صورت نسبی، ترکیب و سهم مواد غذایی که یک فرد سالم باید به صورت روزانه مصرف کند را نشان می دهد.

۱۲ چه تفاوت عمده ای بین چربی های گیاهی و حیوانی وجود دارد؟

پاسخ: چربی های گیاهی مانند روغن ذرت، بادام زمینی، زیتون، پالم، کنجد، کتان و آفتابگردان که معمولاً نقطه ذوب پایین تر و کم تر از ۲۰ درصد چربی های اشباع دارند، در صنعت تولید شیرینی و مانند آن استفاده می شود. چربی های حیوانی شامل اسیدهای چرب ۱۶ تا ۱۸ کربنه اشباع هستند و دارای نقطه ذوب بالاتری هستند.

**۱۳** خواص شیمیایی مواد چرب را شرح دهید.

**پاسخ:** مواد چرب توسط اسیدها، قلیاها، گرما و آنزیم‌ها و در حضور آب آبکافت می‌شوند و اسید چرب تولید می‌کنند. آبکافت یک فرایند دلپذیر نیست و باعث تخریب محصول می‌شود، اما مقدار کمی آبکافت می‌تواند بوی مطبوعی در مواد غذایی ایجاد کند. از این روی در تولید پنیر، ماست و نان باکتری‌ها و آنزیم لیپاز با هیدرولیز چربی‌ها بوی مطبوعی به آنها می‌دهند. اکسایش شدید مواد چرب باعث کاهش کیفیت محصولات غذایی و ایجاد بوی ترشیدگی و نیز کاهش ارزش غذایی و گاه ایجاد سمیت می‌شود.

**۱۴** عدد صابونی چیست و چه چیزی را در مورد روغن‌ها را نشان می‌دهد؟

**پاسخ:** مقدار KOH بر حسب میلی‌گرم است که جهت خنثی شدن اسیدهای چرب حاصل از آبکافت یک گرم چربی لازم است. این عدد در واقع مقیاسی برای بازگو کردن میانگین جرم مولکولی اسیدهای چرب موجود در روغن است. هرچه مقدار KOH مصرف شده بیشتر باشد، زنجیره‌ها و جرم مولکولی اسیدهای چرب کوچک‌تر است. برای مثال کره که قسمت اعظم آن را چربی‌های با مولکول‌های کوچک تشکیل می‌دهند، به‌طور نسبی عدد صابونی بزرگ‌تری دارد، اما این موضوع در مورد چربی ذرت که اصولاً فقط از اسیدهای چرب بزرگ مولکول ساخته شده است برعکس است.

**۱۵** انواع ویتامین‌ها بر اساس حل‌پذیری را نام ببرید.

**پاسخ:** ویتامین‌هایی مانند ویتامین C و هشت گروه ویتامین B محلول در آب هستند و قابلیت ذخیره در بدن را ندارند، بنابراین باید روزانه مصرف شوند. ویتامین‌های A، D، E و K محلول در چربی‌ها هستند و می‌توانند در بدن ذخیره شوند.

**۱۶** کربوهیدرات چیست؟ به چند دسته تقسیم می‌شوند؟ نام ببرید.

**پاسخ:** کربوهیدرات‌ها یا مواد قندی ترکیبات آلی طبیعی هستند که محصول عمل فتوسنتز هستند. این ترکیبات به منوساکاریدها، اولیگوساکاریدها و پلی‌ساکاریدها تقسیم‌بندی می‌شوند.

**۱۷** عوامل مؤثر بر فعالیت ریزاندامکان و آنزیم‌ها را نام ببرید.

**پاسخ:** دو دسته عوامل درونی و بیرونی، عوامل درونی مؤثر عبارتند از: pH، محتوای رطوبت، محتوای مواد مغذی غذا، مواد ضدباکتری، ساختار زیستی. عوامل بیرونی مؤثر بر رشد ریزاندامکان شامل دمای نگهداری غذا، حضور و غلظت گازها در محیط و رطوبت نسبی محیط نگهداری است.

## ارزشیابی شایستگی آزمایش‌های کنترل کیفیت مواد غذایی

<p><b>شرح کار:</b>  چگونگی استفاده از تجهیزات آزمایشگاهی را بدانند و کار داده شده را با دقت انجام دهد.  هنگام کار مراقب باشد که دستگاه صدمه نبیند.  پس از انجام کار، وسایل را تمیز و سالم در حالت اولیه قرار دهد.</p>		
<p><b>استاندارد عملکرد:</b>  انجام آزمایش‌های فیزیکی، شیمیایی و زیست‌شناختی کنترل کیفیت مواد غذایی طبق استاندارد</p>		
<p><b>شاخص‌ها:</b>  - رعایت مسائل ایمنی هنگام کار  - انجام کار طبق دستور کار</p>		
<p><b>شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:</b>  شرایط مکان: آزمایشگاه  شرایط دستگاه: آماده به کار  زمان: یک جلسه آموزشی  ابزار و تجهیزات: وسایل شیشه‌ای آزمایشگاهی، چگالی‌سنج، لاکتودانسیتومتر، اون، خشکانه، ترازو، دستگاه سوکسله</p>		
<p><b>معیار شایستگی:</b></p>		
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳ نمره هنرجو
۱	به‌کارگیری مفاهیم کنترل کیفیت در مواد غذایی	۱
۲	انجام آزمایش‌های فیزیکی کنترل کیفیت در مواد غذایی	۱
۳	انجام آزمایش‌های شیمیایی کنترل کیفیت در مواد غذایی	۲
۴	انجام آزمایش‌های زیست‌شناختی کنترل کیفیت در مواد غذایی	۱
	<p><b>شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:</b>  <b>۱- ایمنی:</b> انجام کار کارگاهی با رعایت موارد ایمنی و استفاده از وسایل ایمنی شخصی  <b>۲- نگرش:</b> صرفه‌جویی  <b>۳- توجهات زیست محیطی:</b> جلوگیری از صدمه زدن به محیط زیست از طریق انجام کار بدون ریخت و پاش  <b>۴- شایستگی‌های غیر فنی:</b> ۱- اخلاق حرفه‌ای ۲- مدیریت منابع ۳- محاسبه و کاربست ریاضی  <b>۵- مستندسازی:</b> گزارش نویسی</p>	۲
	<b>میانگین نمرات</b>	*

\* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.



## منابع

- ۱ برنامه درسی رشته صنایع شیمیایی، ۱۳۹۴، دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش
- ۲ آبرومند، علی. (۱۳۸۹). بیوشیمی و شیمی مواد غذایی. انتشارات علم کشاورزی ایران.
- ۳ ابراهیمی ذاکر، داوود. (۱۳۹۴). آب، فاضلاب و تصفیه. (چاپ اول). تهران: انتشارات یزدا.
- ۴ ادیفر، اکبر. (۱۳۸۹). شیرین‌سازی آب: مبانی و روش‌ها. (چاپ اول). تهران: انتشارات پندار پارس.
- ۵ برشا، ارنست، مایزلیش و تورک. شیمی عمومی جلد ۲. ترجمه: هیأت مترجمان (۱۳۶۳). تهران: انتشارات مرکز نشر دانشگاهی.
- ۶ بیروق‌دار، احسان. (۱۳۹۵). مقدمه‌ای بر تصفیه فاضلاب. (چاپ اول). تهران: انتشارات آینده دانش.
- ۷ پیکری، محمود و مهربانی، ارجمند. (۱۳۹۱). مبانی تصفیه آب. (چاپ پنجم). اصفهان: انتشارات ارکان دانش.
- ۸ پی‌آراو، سوچی. اچ خلیلی، ای‌وی ساهلان. ارزشیابی مواد خوراکی. ترجمه: علی‌اصغر ساکی و زهرا مانی. (۱۳۹۰). همدان: نشر دانشگاه بوعلی سینا
- ۹ ج. فونتانا، مارس. مهندسی خوردگی. ترجمه: احمد ساعتچی (۱۳۸۶). (ویرایش سوم. چاپ ششم). اصفهان: انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان.
- ۱۰ چالکش امیری، محمد. (۱۳۹۴). اصول تصفیه آب. (چاپ یازدهم). اصفهان: انتشارات ارکان دانش.
- ۱۱ حسینیان، مرتضی. (۱۳۸۷). اصول تصفیه آب: (تئوری - طراحی). (چاپ چهارم). تهران: انتشارات فنی حسینیان.
- ۱۲ حسینی، زیبا. (۱۳۸۶). روش‌های متداول در تجزیه مواد غذایی. شیراز: مرکز نشر دانشگاه شیراز.
- ۱۳ دانشور، نظام‌الدین. (۱۳۸۸). شیمی تصفیه آب و پساب‌های صنعتی. (چاپ اول). تبریز: انتشارات عمیدی.
- ۱۴ زارع، فرهاد. حبیب‌الهی، سعید و صلواتی، حسین. (۱۳۸۷). شیمی عمومی ۲. تهران: انتشارات دانشگاه پیام نور.
- ۱۵ زمانیان، رحیم. (۱۳۸۵). خوردگی و روش‌های کنترل آن. تهران: انتشارات دانشگاه تهران. (چاپ چهارم).

- ۱۶ سریل، ساهین. سروت گولوم، سومنو. ویژگی‌های فیزیکی مواد غذایی. ترجمه: مهدی کاشانی‌نژاد و مهدی جعفری. (۱۳۸۹). ناشر دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی
- ۱۷ عباسی، سلیمان. (۱۳۸۶). رئولوژی مواد غذایی بافت و گرانروی مواد غذایی: مفهوم و اندازه‌گیری. انتشارات مرز دانش.
- ۱۸ کرمی، حسن و قاسمی‌میر، شهرام. (۱۳۹۲). خوردگی فلزات. تهران: انتشارات دانشگاه پیام نور.
- ۱۹ گل‌عذار، محمدعلی. (۱۳۸۰). آزمون‌های آزمایشگاهی خوردگی و حفاظت، همراه با سؤال و تمرین. اصفهان: نشر ارکان.
- ۲۰ مفیدی، جمشید. (۱۳۷۷). اصول خوردگی و حفاظت فلزها. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- ۲۱ منصف خوش حساب، زهرا و هشیار، زری. (۱۳۹۱). آزمایشگاه خوردگی فلزات. تهران: انتشارات دانشگاه پیام.
- ۲۲ مورتیمر، چارلز. شیمی عمومی (شیمی با نگرش مفهومی) جلد دوم. ترجمه: منصور عابدینی و احمد خواجه نصیر طوسی (۱۳۶۳). تهران: انتشارات مرکزی نشر دانشگاهی.
- ۲۳ میرزایی، حبیب‌الله. (۱۳۸۸). روش‌های آزمون شیمیایی مواد غذایی. تهران: انتشارات علم کشاورزی ایران
- ۲۴ نوئل، میل و اگانام - روگر، ریکسوم. مواد افزودنی شیمیایی بتن. ترجمه: علیرضا صالحین و رضا عسگری اصل (۱۳۹۲). تهران: انتشارات دانشگاهی فرهمند
- ۲۵ ویدا پروانه. (۱۳۷۷). کنترل کیفی و آزمایش‌های شیمیایی مواد غذایی. انتشارات: دانشگاه تهران
- ۲۶ هافمن. تکنولوژی جامع لاستیک. ترجمه: مریم ابانی، پیمان ابراهیمی، پروین اسلامی و زهرا عابدینی (۱۳۸۷). تهران: توسط شرکت مهندسی و تحقیقات صنایع لاستیک و شرکت ایران یاسا تایر و رابر

۲۷ Alli, I. (2004). Food Quality Assurance: Principles and Practices. CRC Press, Boca Raton.

۲۸ D.C, Harris. (1997). Exploring Chemical Analysis. W.H.Freeman & Company

۲۹ Douglas A, Skoog & Donald M. West. (1976). Fundamentals of Analytical Chemistry. 3rd Edition. Holt, Rinehart and Winston.

- ۳۰ Douglas A. Skoog, Donald M. West, James F. Holler and Stanley R. Crouch. (2004). Fundamentals of Analytical Chemistry. 8th Edition, Thomson, Brooks/Cole Publishing Co.
- ۳۱ Douglas A. Skoog, Donald M. West. James F. Holler & Stanley R. Crouch. (2000). Analytical Chemistry: An Introduction, 7th Edition, Thomson, Brooks/Cole Publishing Co.
- ۳۲ Dongfeng, Wang. Hong, Lin. Jianqian, Kan. Lin, weiliu. Xiaoxing, Zeng. & Shengrong, Shen. (2012). Food Chemistry. Nova Science Publishers. Inc. New York.
- ۳۳ Ebnesajjad, Sina. (2008). Adhesives technology handbook. 2th edition. USA: William Andrew Inc.
- ۳۴ Harris, D.C. (2002). Quantitative Chemical Analysis, 6th Ed., New York: W.H. Freeman and Co.
- ۳۵ Hasenhuettl, G.L. & Hartel, R.W. (2008). Food Emulsifiers and their Applications. Second edition. Springer Press. 281,384.
- ۳۶ Henry F. Holtzclaw, Jr. & William R. Robinson. (1988). General Chemistry. 8th Edition. D.C. Heath and Company.

