

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

# عملیات دستگاهی در صنایع شیمیایی

رشته صنایع شیمیایی

زمینه صنعت

شاخه آموزش فنی و حرفه‌ای

شماره درس ۲۴۰۹

توفیقی، سیدپندار	۵۴۳
عملیات دستگاهی در صنایع شیمیایی / مؤلفان: سید پندار توفیقی، ساسان صدرایی نوری.	ع ۸۵۳/ت
— تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۴.	۱۳۹۴
۱۱۲ص. : مصور. — (آموزش فنی و حرفه‌ای؛ شماره درس ۲۴۰۹)	
متون درسی رشته صنایع شیمیایی، زمینه صنعت.	
برنامه‌ریزی و نظارت، بررسی و تصویب محتوا: کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های	
درسی رشته صنایع شیمیایی دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کار دانش وزارت	
آموزش و پرورش.	
۱. تجزیه دستگاهی. ۲. صنایع شیمیایی. الف. ایران. وزارت آموزش و پرورش. دفتر	
تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کار دانش. ب. عنوان. ج. فروست.	

همکاران محترم و دانش‌آموزان عزیز :

پیشنهادات و نظرات خود را درباره محتوای این کتاب به نشانی  
تهران - صندوق پستی شماره ۴۸۷۴/۱۵ دفتر تألیف کتاب‌های درسی  
فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ارسال فرمایند.

پیام‌نگار(ایمیل) info@tvoccd.sch.ir

وب‌گاه (وبسایت) www.tvoccd.sch.ir

این کتاب در سال تحصیلی ۸۹-۸۸ بر اساس نظرها و پیشنهادهای هنرآموزان سراسر کشور پس از  
تأیید در کمیسیون تخصصی رشته صنایع شیمیایی بازنگری و اصلاح شده است.

### وزارت آموزش و پرورش سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف : دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

نام کتاب : عملیات دستگاهی در صنایع شیمیایی - ۴۹۲/۳

مؤلفان : سیدپندار توفیقی، ساسان صدرایی نوری

اعضای کمیسیون تخصصی : محمدرضا ارشدی، طیبه کنشلو، مرضیه گرد، ساسان صدرایی نوری،

اعظم صفاری و ناصر رضایی شوشتری

آماده‌سازی و نظارت بر چاپ و توزیع : اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

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

تلفن : ۸۸۸۳۱۱۶۱-۹، دورنگار : ۸۸۳۰۹۲۶۶، کدپستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹،

وبسایت : [www.chap.sch.ir](http://www.chap.sch.ir)

صفحه‌آرا : علی نجمی

طراح جلد : علیرضا رضائی کُر

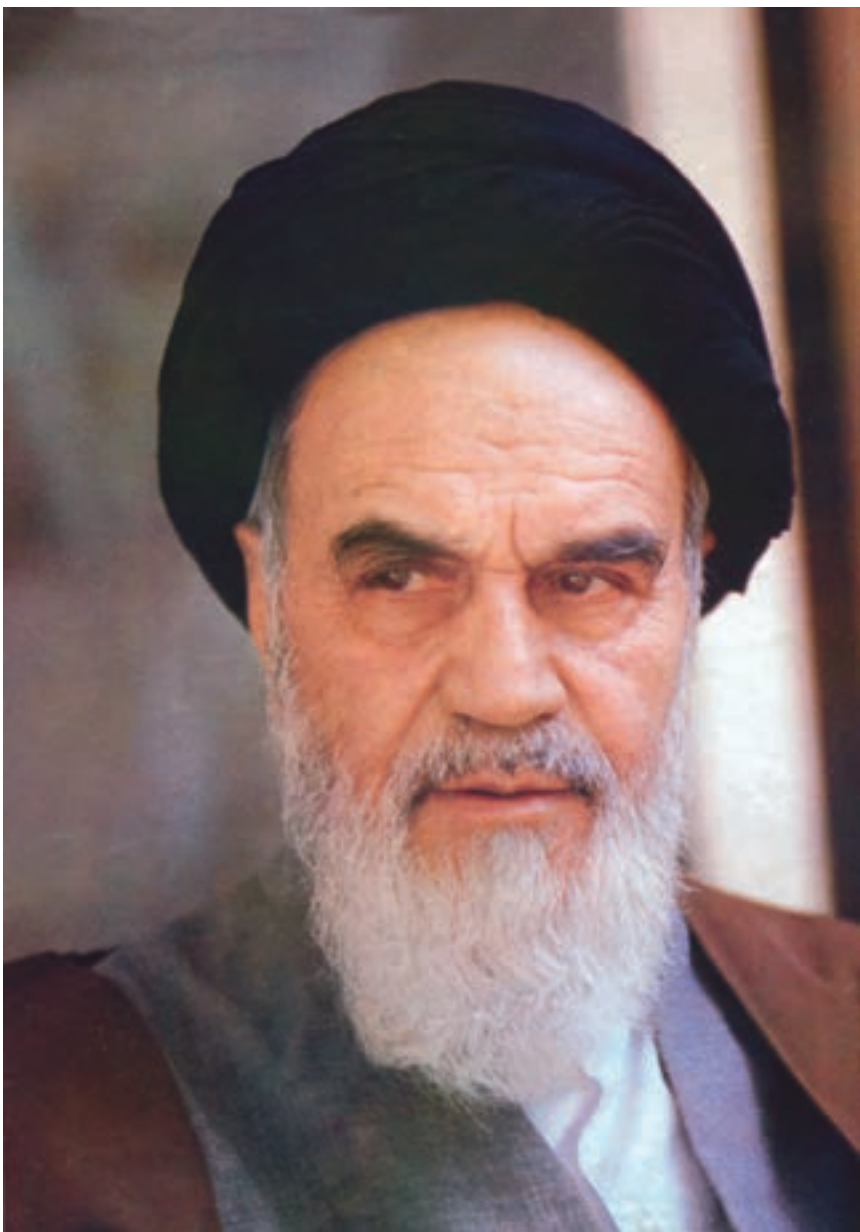
ناشر : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران - تهران - کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (دارو پخش)

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

چاپخانه : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران "سهامی خاص"

سال انتشار و نوبت چاپ : چاپ چهاردهم ۱۳۹۴

حق چاپ محفوظ است.



شما عزیزان کوشش کنید که از این وابستگی بیرون آید و احتیاجات کشور خودتان را برآورده سازید، از نیروی انسانی ایمانی خودتان غافل نباشید و از اتکای به اجانب پرهیزید.

امام خمینی «قدس سرّه الشریف»

## فهرست

۱۷	۳-۵ - فشار نسبی و فشار مطلق		مقدمه
۱۹	خودآزمایی		فصل اوّل - سیستم واحدهای
		۱	اندازه‌گیری
	فصل چهارم - اندازه‌گیری جریان	۱	۱-۱- مفهوم اندازه‌گیری و اهمیت آن
۲۰	سیالات	۱	۲-۱- روش اندازه‌گیری
۲۰	۴-۱- تعریف دبی	۲	۳-۱- واحدها
۲۰	۴-۲- دبی حجمی	۳	۴-۱- دستگاه واحدها
۲۰	۴-۳- دبی جرمی	۵	۵-۱- تبدیل واحدها
۲۰	۴-۴- واحدهای دبی حجمی و جرمی	۹	خودآزمایی
	۴-۵- روش‌های اندازه‌گیری جریان		
۲۱	سیالات	۱۰	فصل دوم - اندازه‌گیری دما
	۴-۵-۱- روش جابه‌جایی مثبت	۱۰	۱-۲- دما
۲۱	(روش پیمانه‌ای)	۱۰	۲-۲- واحدهای اندازه‌گیری دما
۲۲	۴-۵-۲- روش انسداد جریان		۲-۲-۱- درجه سلسیوس
	۴-۵-۳- مقایسه اری فیس و	۱۰	(ساتنی‌گراد)
۲۳	وتوری‌متر	۱۰	۲-۲-۲- درجه فارنهایت
	۴-۵-۴- روش اثرات مقاومت	۱۱	۳-۲-۲- درجه کلونین
۲۳	سیال (استفاده از روتامتر)	۱۱	۴-۲-۲- درجه رنگین
	۴-۶- روش اندازه‌گیری دبی به وسیله	۱۱	۳-۲- تبدیل واحدهای دما به یکدیگر
۲۴	سرعت سیال	۱۲	۴-۲- دماسنج (ترمومتر)
۲۵	خودآزمایی	۱۳	خودآزمایی
۲۶	فصل پنجم - ترازوها و چگالی سنج‌ها	۱۴	فصل سوم - اندازه‌گیری فشار
۲۶	۵-۱- جرم و وزن	۱۴	۱-۳- تعریف فشار
۲۶	۵-۱-۱- تعریف جرم	۱۵	۲-۳- فشار مایعات
۲۶	۵-۱-۲- وزن	۱۶	۳-۳- فشار گازها
۲۷	۵-۲- چگالی (جرم حجمی)	۱۶	۴-۳- واحدهای فشار

۲۹	۳-۵- چگالی نسبی	۲۹	۲-۳-۷- مبدل های حرارتی
۲۹	۴-۵- چگالی سنج	۴۱	پوسته - لوله
۳۱	خودآزمایی	۴۲	۴-۷- برج های خنک کننده
۳۲	فصل ششم - پمپ ها	۴۴	۵-۷- کوره ها
۳۲	۱-۶- تعریف پمپ	۴۴	۱-۵-۷- ساختمان دیواره کوره ها
۳۲	۲-۶- انتخاب انواع پمپ	۴۴	۲-۵-۷- انواع کوره ها
۳۲	۳-۶- تقسیم بندی پمپ ها	۴۴	۳-۵-۷- کوره های سوختی
۳۳	۴-۶- پمپ های گریز از مرکز	۴۵	۴-۵-۷- کوره های الکتریکی
۳۳	۵-۶- تقسیم بندی پمپ های گریز از مرکز	۴۶	۵-۵-۷- کوره های تابشی
۳۳	۶-۶- مشخصات اصلی پمپ های گریز از مرکز	۴۶	خودآزمایی
۳۶	۶-۶- مشخصات اصلی پمپ های گریز از مرکز	۴۷	فصل هشتم - کنترل فرآیندها
۳۷	۷-۶- پمپ های رفت و برگشتی	۴۷	۱-۸- مقدمه
۳۷	۸-۶- مشخصات اصلی پمپ های رفت و برگشتی	۴۷	۲-۸- کنترل دما
۳۸	۹-۶- کاویتاسیون (حفره زایی)	۴۸	۳-۸- حلقه کنترل
۳۸	خودآزمایی	۴۹	۴-۸- کنترل فشار
		۵۰	۵-۸- کنترل سطح مایع
		۵۱	۶-۸- اجزای یک سیستم کنترل ساده
		۵۲	۷-۸- شیرهای کنترل بادی
		۵۲	خودآزمایی
		۵۳	فصل نهم - راکتورهای شیمیایی
		۵۴	۱-۹- تقسیم بندی راکتورها
		۵۴	۲-۹- راکتورهای ناپیوسته
		۵۶	۳-۹- راکتورهای پیوسته
		۵۸	۴-۹- راکتورهای نیمه پیوسته
		۵۸	۵-۹- طراحی راکتور
		۶۱	خودآزمایی
		۳۹	۱-۷- مقدمه
		۳۹	۲-۷- دسته بندی مبدل های حرارتی
		۳۹	۱-۲-۷- بر مبنای ساختمان مبدل
		۳۹	۲-۲-۷- تقسیم بندی مبدل ها
		۴۰	بر اساس نوع جریان
		۴۰	۳-۷- مبدل های حرارتی لوله ای
		۴۱	۱-۳-۷- مبدل های حرارتی دو لوله ای

۸۴	۱۱-۱- اصول تقطیر	فصل دهم - مخلوط کن ها و دستگاه های
۸۴	۱۱-۲- انواع تقطیر	کاهش اندازه ۶۲
۸۵	۱۱-۲-۱- تقطیر ساده	۶۲ ۱۰-۱- انواع اختلاط
۸۶	۱۱-۲-۲- تبخیر ناگهانی	۱۰-۱-۱- اختلاط دو یا چند
	۱۱-۲-۳- تقطیر جزء به جزء	۶۳ مایع محلول (یک فاز)
۸۶	(نایبوسته)	۱۰-۱-۲- اختلاط دو یا چند
	۱۱-۲-۴- تقطیر جزء به جزء	۶۴ مایع نامحلول (دو یا چند فاز)
۸۷	(پیوسته)	۱۰-۱-۳- تعلیق جامد در مایع
۸۹	۱۱-۳- فشار برج های تقطیر	۱۰-۱-۴- پخش گاز در مایع
۹۰	۱۱-۴- استخراج مایع از مایع	۱۰-۱-۵- تماس سه فاز
	۱۱-۵- عملیات استخراج	۱۰-۱-۶- اختلاط جامدات
۹۱	(فرآیند استخراج)	۱۰-۲- انواع مخلوط کن ها
۹۱	۱۱-۶- انتخاب حلال	۱۰-۱-۲- مخلوط کن های فاز
۹۲	۱۱-۷- برج های تقطیر	مایع ۶۵
۹۲	۱۱-۷-۱- برج های سینی دار	۱۰-۲-۲- مخلوط کن های فاز
۹۵	۱۱-۷-۲- انواع سینی ها	جامد ۷۱
۹۹	۱۱-۷-۳- برج های آکنده	۱۰-۳- اصول کار دستگاه های کاهش
۱۰۲	۱۱-۷-۴- انواع آکنه ها	اندازه ۷۵
۱۰۴	۱۱-۸- برج های استخراج	۱۰-۴- دستگاه های کاهش اندازه مواد ۷۶
۱۰۴	۱۱-۸-۱- برج های پاششی	۱۰-۴-۱- خردکن ها ۷۶
۱۰۵	۱۱-۸-۲- برج های سینی دار	۱۰-۴-۲- آسیاب ها ۷۸
۱۰۶	۱۱-۸-۳- برج های آکنده	۱۰-۴-۳- دستگاه های رُنده ۸۱
	۱۱-۸-۴- استخراج کننده با	۱۰-۵- عملکرد دستگاه های کاهش ۸۱
۱۰۷	همزن مکانیکی	اندازه ۸۱
۱۰۹	خودآزمایی	خودآزمایی ۸۲
۱۱۱	منابع و مراجع	فصل یازدهم - برج های تقطیر و استخراج ۸۳

## مقدمه

بنابر ضرورت و اهمیت رشته‌ی صنایع شیمیایی در کشور و با توجه به حجم ذخایر و میادین نفت و گاز و سایر مواد معدنی که پایه‌گذار تدوین رشته‌های ذی‌ربط بوده‌اند، همواره توجه صاحب‌نظران و متخصصین را به خود مشغول و معطوف داشته است. در همین راستا جهت پرورش افراد متخصص و ماهر در زمینه‌های مختلف صنایع شیمیایی هنرستان‌های این رشته تأسیس شده است تا نیروهای کارآمد را برای راهبری تأسیسات تربیت نماید. کتاب حاضر که جهت درس عملیات صنایع شیمیایی تألیف گردیده است شامل فصول متنوع و مورد نیاز هنرجویان رشته‌ی مذکور می‌باشد. در فصل‌های اول تا پنجم سیستم‌های اندازه‌گیری و تبدیل واحدها، فصول مربوط به دما، فشار، جریان سیالات، ترازوها و چگالی سنج‌ها مطرح و بر اساس نیازهای موجود تألیف گردیده است. فصل ششم پمپ‌ها و کاربرد آن در صنایع شیمیایی، فصل هفتم مبدل‌های حرارتی و فصل هشتم کنترل فرآیندهای شیمیایی را دربر می‌گیرد. در فصل نهم راکتورهای شیمیایی و انواع آنها شرح داده شده است. فصل دهم به بررسی مخلوط‌کن‌ها و خردکن‌ها می‌پردازد و فصل یازدهم عملیات استخراج و تقطیر و ستون‌های مربوطه را شرح می‌دهد. فصل یازدهم بازنویسی کتاب مبانی صنایع شیمیایی و مبحث مربوط به کوره‌ها و برج‌های خنک‌کن نیز از فصل هفتم کتاب مبانی صنایع شیمیایی اقتباس شده است.

قابل ذکر این که فصول ۱ تا ۸ توسط آقای سیدپندار توفیقی و فصول ۹ تا ۱۱ توسط آقای ساسان صدرایی نوری تألیف گردیده است.

برای جلب توجه بیشتر هنرجویان، فرمول‌ها و مثال‌ها در زمینه با رنگ صورتی ارائه شده‌اند.

## هدف کلی

پس از پایان این درس از فراگیر انتظار می‌رود که اطلاعات لازم و اولیه را در مورد دستگاه‌های صنایع شیمیایی و عملیات مربوط به آن راکسب کرده باشد و توانایی لازم جهت انجام محاسبات مربوط به عملیات صنایع شیمیایی را به دست آورده باشد.