

مکانیک سیالات (۲)

مهندسی شیمی

(ویرایش اول)

مؤلفان

مهندس حدیث محمدی

فاغ التحصیل کارشناسی ارشد

مهندسی شیمی، دانشگاه اراک

دکتر حمیدرضا سنایی‌پور

عضو هیات علمی و دانشیار

گروه مهندسی شیمی، دانشگاه اراک



انتشارات دانشگاه اراک

سال انتشار:	-۱۳۶۰	سرشناسه:	سنایی پور، حمیدرضا،
نام انتشارات:	مکانیک سیالات (۲) مهندسی شیمی / سنایی پور، حمیدرضا؛ محمدی، حدیث	عنوان و نام پدیدآور:	
ناشر:	اراک: دانشگاه اراک، انتشارات.	مشخصات نشر:	۱۴۰۳
تعداد صفحه:	۲۳۸ ص: مصور، جدول، نمودار (بخشی رنگی).	مشخصات ظاهری:	
شماره انتشار:	انتشارات دانشگاه اراک، شماره انتشار ۲۴۰/۲۰	فروش:	
ردیف:	.۹۱۵-۱۵۴-۸۲۲-۸۷۷۸	شایلک:	
نوع کتاب:	فیبا	وضعیت فهرست‌نویسی:	
نامه اراده:	و از نامه	یادداشت:	
سال انتشار:	.۲۱۹-۲۲۰	یادداشت:	
نامه اراده:	کتابنامه: ص.	موضوع:	
نامه اراده:	سیالات - مکانیک		
نامه اراده:	Fluid Mechanics		
نامه اراده:	مهندسی شیمی		
نامه اراده:	Chemical Engineering		
نامه اراده:	-۱۳۷۸	شناسه افزوده:	شناسه افزوده
نامه اراده:	دانشگاه اراک. انتشارات.	شناسه افزوده:	دانشگاه اراک
نامه اراده:	Arak University Press	ردیبدنده کنگره:	
نامه اراده:	QC145/۲	ردیبدنده دیوبی:	
نامه اراده:	۵۳۲/۰۲۴۶۶	شماره کتابشناسی ملی:	۹۶۳۲۲۵۴

این کتاب مشمول قانون حمایت از حقوق مؤلفان و مصنفان است. تکثیر کتاب به هر روش اعم از فتوکپی، ریسوگرافی، تهیه فایل‌های لوح فشرده، بازنویسی در وبلاگ‌ها، سایتها، مجله‌ها و کتاب، بدون اجازه کتبی ناشر مجاز نیست و موجب پیگرد قانونی می‌شود و تمامی حقوق برای ناشر محفوظ است.

عنوان: مکانیک سیالات (۲) مهندسی شیمی
تألیف: دکتر حمیدرضا سنایی پور و مهندس حدیث محمدی
نوبت چاپ: اول
تاریخ انتشار: ۱۴۰۳
شماره گذاری: ۲۰۰ نسخه
ناشر: انتشارات دانشگاه اراک
چاپ و صحافی: انتشارات دانشگاه اراک

«مسئولیت صحت مطالب کتاب با مؤلفان است»

قیمت: ۳۰۰۰۰۰ تومان

اراک، میدان بسیج، بلوار کربلا، دانشگاه اراک، ساختمان کتابخانه مرکزی و مرکز اسناد، طبقه دوم، اتاق شماره ۲، انتشارات دانشگاه اراک
پست الکترونیک: press@araku.ac.ir - تارنما: <https://press.araku.ac.ir>

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِيْمِ

فهرست مطالب

۹.....	مقدمه مولفان.....
۱۱.....	فصل اول - اندازه‌گیری فشار و جریان.....
۱۱.....	۱-۱ مقدمه.....
۱۳.....	۱-۲ اندازه‌گیری فشار.....
۱۳.....	۱-۲-۱ فشار استاتیکی.....
۱۶.....	۱-۲-۲-۱ ابزارهای اندازه‌گیری فشار
۱۶.....	۱-۲-۲-۱ مانومتر ساده.....
۱۷.....	۱-۲-۲-۱ مانومتر خوش‌اندام
۱۸.....	۱-۲-۲-۱ مانومتر شیدار
۱۸.....	۱-۲-۲-۱ مانومتر معکوس
۱۹.....	۱-۲-۲-۱ مانومتر با دو مایع
۱۹.....	۱-۲-۲-۱ فشارسنج بوردون
۲۰.....	۱-۲-۲-۱ فرسنده‌های سیگنال فشار
۲۱.....	۱-۳ اندازه‌گیری شدت جریان سیالات
۲۴.....	۱-۳-۱ جریان‌سنج‌های هد در مجاری بسته
۲۴.....	۱-۱-۳-۱ اوریفیس‌متر برای جریان سیال تراکم‌ناپذیر
۲۹.....	۲-۱-۳-۱ اوریفیس‌متر برای جریان سیال تراکم‌پذیر
۳۰.....	۳-۱-۳-۱ ونتوری متر
۳۳.....	۴-۱-۳-۱ نازل جریان
۳۴.....	۵-۱-۳-۱ لوله پیتوت
۳۶.....	۶-۱-۳-۱ روتامتر.....
۳۷.....	۲-۳-۱ جریان‌سنج‌های هد در مجاری باز
۳۷.....	۱-۲-۳-۱ بند مستطیلی
۳۹.....	۲-۲-۳-۱ بند مثلثی یا V شکل.....

۴۱.....	مسائل
فصل دوم - جریان سیالات تراکم‌پذیر	
۴۵.....	۱-۲ مقدمه
۴۵.....	۲-۲ فرضیات
۴۷.....	۳-۲ معادلات بنیادی
۴۸.....	۱-۳-۲ معادله پیوستگی
۴۸.....	۲-۳-۲ موازنۀ کلی انرژی سیال در حالت پایدار (قانون اول ترمودینامیک)
۴۸.....	۳-۳-۲ موازنۀ انرژی مکانیکی با اصطکاک دیواره
۵۰.....	۴-۳-۲ معادله سرعت صوت
۵۱.....	۵-۳-۲ معادله حالت گاز ایده‌آل
۵۲.....	۴-۲ سرعت صوت و عدد ماخ گاز ایده‌آل
۵۳.....	۵-۲ شرایط ستاره‌دار
۵۳.....	۶-۲ دمای سکون
۵۴.....	۷-۲ فرآیندهای جریان تراکم‌پذیر
۵۶.....	۱-۷-۲ جریان در مجرای با سطح مقطع متغیر (نازل)
۵۹.....	۱-۱-۷-۲ معادلات جریان آیزنتروپیک
۵۹.....	۱-۱-۱-۷-۲ تغییر خواص گاز در حین جریان
۶۰.....	۲-۱-۱-۷-۲ سرعت در نازل
۶۱.....	۳-۱-۱-۷-۲ اثر سطح مقطع
۶۴.....	۲-۷-۲ حرکت آدیاباتیک اصطکاکی در لوله‌ها
۶۵.....	۱-۲-۷-۲ پارامتر اصطکاکی
۶۵.....	۲-۲-۷-۲ معادلات جریان آدیاباتیک اصطکاکی
۶۶.....	۱-۲-۲-۷-۲ معادلات خواص
۷۲.....	۲-۲-۲-۷-۲ حداکثر طول مجرای
۷۲.....	۳-۲-۲-۷-۲ سرعت جرمی
۷۳.....	۳-۷-۲ جریان هم‌دمای اصطکاکی
۷۵.....	۱-۳-۷-۲ انتقال گرما در جریان هم‌دما
۷۶.....	مسائل
۷۹.....	فصل سوم - کمپرسور

۷۹.....	۱-۳ مقدمه
۷۹.....	۲-۲ انواع کمپرسور و معادلات حاکم بر آن
۸۴.....	۳-۲ عملیات مرحله‌ای
۸۶.....	۴-۳ بازده
۸۶.....	۵-۲ توان
۸۶.....	۱-۵-۳ کمپرسور آدیاباتیک
۸۷.....	۱-۱-۵-۳ اسب بخار ترمز (BHP)
۸۸.....	۲-۵-۳ کمپرسور همدما
۹۰.....	۶-۲ نحوه طراحی و انتخاب کمپرسور
۹۰.....	۱-۶-۳ ملاحظات اولیه طراحی
۹۰.....	۲-۶-۳ تخمین تعداد مراحل
۹۱.....	۳-۶-۳ تقریب اسب بخار ترمز
۹۲.....	۱-۶-۳-۳ منحنی تقریب «نگاه سریع GPSA»
۹۲.....	۱-۱-۳-۶-۳ تعیین نسبت گرمahای ویژه (k)
۹۳.....	۲-۱-۳-۶-۳ محاسبه نسبت تراکم کلی (π_1)
۹۲.....	۳-۱-۳-۶-۳ تعیین BHP
۹۳.....	۴-۱-۳-۶-۳ تصحیح پایه فشار و دمای مکش
۹۳.....	۵-۱-۳-۶-۳ تصحیح ارتفاع
۹۳.....	۶-۱-۳-۶-۳ تصحیح وزن مخصوص و فشار ورودی پایین
۹۴.....	۲-۳-۶-۳ فرمول «تقریب BHP»
۹۵.....	۴-۶-۳ انتخاب نوع کمپرسور
۹۵.....	۱-۴-۶-۳ معیارهای انتخاب نوع کمپرسور
۹۶.....	۲-۴-۶-۳ محدوده کاربرد تقریبی
۹۷.....	مسائل
۹۹.....	فصل چهارم - اختلاط مایعات
۹۹.....	۱-۴ مقدمه
۱۰۰.....	۲-۴ انواع اختلاط
۱۰۰.....	۱-۲-۴ اختلاط مایعات در یک فاز
۱۰۰.....	۲-۲-۴ اختلاط مایعات امتزاج‌ناپذیر

۱۰۱.....	۳-۲-۴ اختلاط گاز-مایع
۱۰۱.....	۴-۲-۴ اختلاط مایع-جامدات
۱۰۱.....	۵-۲-۴ اختلاط گاز-مایع-جامدات
۱۰۱.....	۶-۲-۴ اختلاط جامدات-جامدات
۱۰۲.....	۷-۲-۴ کاربردهای گوناگون اختلاط
۱۰۳.....	۳-۴ مکانیسم اختلاط
۱۰۳.....	۱-۳-۴ اختلاط آرام
۱۰۶.....	۲-۳-۴ اختلاط آشفته
۱۰۶.....	۴-۴ افزایش مقیاس مخازن همزن دار
۱۰۷.....	۱-۴-۴ تشابه هندسی
۱۰۷.....	۲-۴-۴ تشابه سینماتیکی
۱۰۸.....	۳-۴-۴ تشابه دینامیکی
۱۰۸.....	۱-۳-۴-۴ نیروی اینرسی
۱۰۹.....	۲-۳-۴-۴ نیروی ویسکوزیته
۱۰۹.....	۳-۳-۴-۴ نیروی ثقلی
۱۰۹.....	۴-۳-۴-۴ نیروی تنش سطحی
۱۱۰.....	۵-۴ توان مصرفی در مخازن همزن دار
۱۱۰.....	۱-۵-۴ سیستم‌های با ویسکوزیته کم
۱۱۹.....	۲-۵-۴ سیستم‌های با ویسکوزیته زیاد
۱۲۳.....	فصل پنجم - جریان دوفازی
۱۲۳.....	۱-۵ مقدمه
۱۲۴.....	۲-۵ رژیم‌ها و الگوهای جریان دوفازی
۱۲۴.....	۱-۲-۵ جریان افقی
۱۲۵.....	۲-۲-۵ جریان عمودی
۱۲۹.....	۳-۵ ماندگی
۱۳۱.....	۴-۵ افت فشار
۱۳۱.....	۱-۴-۵ مدل‌های محاسبه افت فشار
۱۳۱.....	۱-۱-۴-۵ مدل همگن
۱۳۲.....	۲-۱-۴-۵ مدل ناهمگن

۵-۵ سایش یا خوردگی سایشی در جریان دو فازی	۱۳۴
مسائل	۱۳۷
فصل ششم - جریان در محیط‌های متخلخل، پسترهای پرشده، فیلتراسیون و سیال شدن.....	۱۳۹
۱-۶ مقدمه	۱۳۹
۲-۶ تعاریف	۱۴۰
۳-۶ نیروی کششی وارد بر ذرات جامد در سیالات	۱۴۴
۱-۳-۶ ذرات غیر کروی	۱۴۸
۲-۳-۶ تنشیتی در اثر گرانش	۱۴۸
۱-۲-۳-۶ سرعت حد	۱۴۹
۱-۲-۳-۶ روش کارامانف برای محاسبه سریع سرعت‌های حدی سقوط و صعود	۱۵۰
۳-۳-۶ کاربردها	۱۵۱
۴-۶ رژیم‌های جریان	۱۵۴
۵-۶ بررسی جریان در محیط‌های متخلخل	۱۵۷
۱-۵-۶ اصطکاک سیال در محیط‌های متخلخل	۱۵۸
۲-۵-۶ محیط متخلخل با جریان همسوی دو سیال	۱۶۶
۳-۵-۶ محیط متخلخل با جریان ناهمسوی دو سیال	۱۶۹
۶-۶ تئوری فیلتر ساده	۱۷۱
۱-۶-۶ فیلتر سطحی	۱۷۲
۲-۶-۶ فیلتر عمقی	۱۷۶
۷-۶ سیال شدن	۱۷۶
۱-۷-۶ ۱- حداقل سرعت سیال شدن	۱۷۹
۵-۶ مسائل	۱۸۴
فصل هفتم - مقدمه‌ای بر جریان ناپایدار.....	۱۸۷
۱-۷ مقدمه	۱۸۷
۲-۷ فشار اینرسی	۱۸۸
۳-۷ زمان تخلیه یک مایع از یک مخزن	۱۹۱
۴-۷ زمان تخلیه یک گاز ایده‌آل از یک مخزن	۱۹۵
۵-۷ موج دار شدن	۱۹۷

۲۰۰.....	۶-۷ چکش آب یا ضربه قوچ
۲۰۵.....	مسائل
۲۰۷.....	اصطلاحات تخصصی (واژه‌نامه)
۲۱۹.....	منابع
۲۲۱.....	ضمایم

مقدمه مولفان

mekanik سيالات، بخش بزرگی از علوم مربوط به پدیده‌های انتقال است. اين علم، در کنار علوم انتقال جرم و انتقال گرما، سه رأس مثلث سازنده علوم پدیده‌های انتقال هستند. علاوه بر اين، پايه و بنيان، بسياري از مباحث انتقال جرم و انتقال گرما نيز بر مباحث سيالات در حرکت استوار است. بنابراين، شناخت عميق از مبانى اين علم در بسياري از مباحث علوم و مهندسي لازم است. همچنين، در بحث طراحى تجهيزات به منظور کاربرد اين علوم، مکانیک سیالات از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. اغلب تجهيزات فرآیندی انتقال، يا به طور مستقیم کاربردی از علم مکانیک سیالات هستند و يا برای انتقال جرم و گرما به لحاظ کردن جنبه‌های مکانیک سیالات نیاز دارند.

در فصل‌های مختلف این کتاب، پس از بیان اصول بنیادی و مبانی مربوط به تجهيزات فرآیندی، طراحی آنها با کمک اصول گفته شده آموزش داده می‌شود. شایان ذکر است مباحث این کتاب، به طور عمده برگرفته از سرفصل وزارتی مربوط به مقطع کارشناسی رشته مهندسی شیمی برای درس مکانیک سیالات (۲) می‌باشد. با وجود اين، جامع بودن مطالب اين اثر، آن را به منبع مفیدی برای دانشجویان مقاطع دیگر، مهندسان و علاقمندان در رشته‌های مهندسی شیمی، پلیمر، نفت، مکانیک، و غيره تبدیل کرده است.

برخی از ویژگی‌های بارز این کتاب به شرح زیر است:

- (۱) از تجربه چند ساله در تدریس مطالب بهره گرفته شده است.
- (۲) سرفصل‌های مصوب وزارتی به طور کامل پوشش داده شده است.
- (۳) تلاش در پیوستگی مطالب، آموزش ساده و گام به گام مفاهیم، همراه با نگارش ساده و روان برای درک بهتر در اولویت بوده است.
- (۴) مبنای واحدها (یکاها) عمدتاً سیستم متریک (SI) است، مگر در موارد محدودی که در طراحی تجهيزات عملیاتی واقعی توسط استانداردها محدودیتی وجود داشته است.
- (۵) تا حد امکان سعی شده که آموزش طراحی تجهيزات بر اساس استانداردهای معتبر باشد تا باعث آشناسازی خوانندگان با اين اصول به منظور استفاده از اين آموخته‌ها در موقعیت‌های عملیاتی واقعی باشد.
- (۶) در فصل‌های مختلف کتاب از مثال‌های زیاد، و عمدتاً مبتنی بر واقعیت، در راستای آموزش مسئله-محور استفاده شده است.

(۷) مراجع معتبر و کلیدی ویژه رشته مهندسی شیمی و مرتبط در حوزه مباحث این کتاب به دانشجویان و خوانندگان علاقمند معرفی و در سرتاسر کتاب از محتویات آنها بهره‌برداری شده است.

در پایان، ضمن تشکر و قدردانی از انتشارات دانشگاه اراک برای همکاری صمیمانه در داوری، چاپ و نشر این کتاب، از خوانندگان گرامی درخواست می‌شود نویسنده‌گان این اثر را از هر گونه پیشنهاد و نقد سازنده‌ای که منجر به ارتقای کمی و کیفی آن شود، بی‌نصیب نسازند. به این منظور، پست الکترونیکی h-sanaeepur@araku.ac.ir معرفی می‌گردد.

دکتر حمیدرضا سنایی‌پور (عضو هیات علمی و دانشیار گروه مهندسی شیمی، دانشگاه اراک)

مهندس حدیث محمدی (فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد مهندسی شیمی، دانشگاه اراک)

بهار ۱۴۰۳