انتشارات، شماره ۵۸۲

مکانیک سیالات
برای مهندسی شیمی

دکتر جواد سرگلزایی

Press.um.ac.ir

سرشناسه:	سرگلزایی، جواد، ۱۳۵۰ -
عنوان و نام پدید آور:	مکانیک سیالات برای مهندسی شیمی /گردآوری جواد سرگلزایی.
مشخصات نشر:	مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۹۰.
مشخصات ظاهری:	۶۲۴ ص.
فروست:	انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد؛ شماره ۵۸۲.
شابک:	(ISBN: 978-964-386-255-8)
وضعیت فهرست نویسی:	فیپا.
یادداشت:	واژه‌نامه.
موضوع:	نمایه.
موضوع:	سیالات -- مکانیک -- راهنمای آموزشی (عالی).
موضوع:	سیالات -- مکانیک -- مسائل، تمرین‌ها و غیره (عالی).
شناسه افزوده:	دانشگاه فردوسی مشهد.
رده‌بندی کنگره:	۱۳۹۰ ۷م ۴س / TA۳۵۷
رده‌بندی دیویی:	۶۲۰/۱۰۶۷۶
شماره کتابخانه ملی:	۲۳۳۱۰۳۹

Press.um.ac.ir

انتشارات، شمارهٔ ۵۸۲

مکانیک سیالات برای مهندسی شیمی

تدوین و گردآوری

دکتر جواد سرگلزایی

ویراستار علمی

دکتر محمد مقیمان

وزیری، ۶۲۶ صفحه، ۱۰۰۰ نسخه، چاپ اول، تابستان ۱۳۹۰

امور فنّی و چاپ: مؤسسهٔ چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد

بها: ۸۷۰۰۰ ریال

شابک ۸-۲۵۵-۳۸۶-۹۶۴-۹۷۸ ISBN: 978-964-386-255-8

فهرست مطالب

پیشگفتار ۱۸

فصل‌اول: انواع سیال و خواص سیالات ۲۱

۱-۱ مقدمه ۲۲

۱-۲ خواص ترمودینامیکی سیالات ۲۲

۱-۲-۱سیال تراکم ناپذیر ۲۲

۱-۲-۲ سیال تراکم پذیر ۲۲

۱-۲-۳ کشش سطحی ۲۳

۱-۲-۴ مویینگی ۲۶

۱-۲-۵ ویسکوزیته ۲۹

۱-۲-۶ ویسکوزیته سینماتیکی ۳۰

۱-۲-۷ پویش آزاد مولکولی متوسط ۳۱

۱-۲-۸ فرضیه محیط پیوسته (پیوستار) ۳۱

۱-۲-۹ ضریب تراکم پذیری ۳۱

۱-۲-۱۰ گاز ایده‌آل (کامل) ۳۲

۱-۲-۱۱ چگالی ۳۳

۱-۲-۱۲ حجم مخصوص ۳۵

۱-۲-۱۳ وزن مخصوص ۳۵

۱-۲-۱۴ ثقل مخصوص ۳۶

۱-۲-۱۵ جرم و نیرو ۳۶

۱-۲-۱۶ فشار ۳۸

۱-۳ بعد ۳۹

۱-۴ واحد ۳۹

۱-۵ سیال ویسکوز ۴۲

۱-۶ تعریف سیال ۴۷

۱-۷ نیروی درگ ۴۸

۱-۸ انواع سیال ۵۲

Press.um.ac.ir

۱-۸-۱ سیال شبه پلاستیک ۵۵
۱-۸-۲ سیال بینگهام پلاستیک ۵۵
۱-۸-۳ سیال دیلاتانت ۵۶
۱-۸-۴ سیال تیکسوتروپیک و رئوپکتیک ۵۶
مسائل ۵۸

فصل‌دوم: استاتیک سیالات ۶۳
۲-۱مقدمه ۶۴
۲-۲ فشار کمیت اسکالر ۶۴
۲-۳ تعادل هیدرواستاتیکی ۶۷
۲-۴ تغییرات فشار در سیال تراکم ناپذیر ساکن ۶۹
۲-۵ تغییرات فشار در یک سیال تراکم ناپذیر در لوله شیبدار ۶۹
۲-۶ فشارنسبی ۷۰
۲-۷ فشارسنج‌ها ۷۱
۲-۷-۱ بارومتر ۷۱
۲-۷-۲ مانومتر ۷۲
۲-۷-۲-۱ روش کلی برای محاسبه اختلاف فشار در مانومترها ۷۴
۲-۷-۲-۲ مانومتر شیبدار ۷۶
۲-۷-۳ لوله بوردون ۷۷
۲-۸ نیروهای فشاری (نیروهای هیدرواستاتیکی) روی سطوح ۷۸
۲-۸-۱ نیروی هیدرواستاتیکی وارد بر سطح تخت ۷۸
۲-۸-۲ نیروی هیدرواستاتیکی وارد بر سطح عمودی ۸۰
۲-۸-۳ نیروی هیدرواستاتیکی وارد بر سطح تخت شیبدار ۸۱
۲-۹ مرکز سطح ۸۲
۲-۱۰ گشتاور مومنتم سطح ۸۴
۲-۱۱ محاسبهٔ نقطه اثر نیرو یا مرکز فشار روی یک صفحهٔ تخت ۸۵
۲-۱۲ تعیین نقطه اثر نیرو (مرکز فشار) روی یک سطح شیبدار غوطه ور در سیال ۸۷
۲-۱۳ نیروهای شناوری ۹۲
۲-۱۴ هیدرومتر ۹۴

Press.um.ac.ir

۲-۱۵ تعادل اجسام شناور ۹۶
۲-۱۵-۱ تعادل خطی ۹۶
۲-۱۵-۲ تعادل چرخشی ۹۶
۲-۱۵-۳ تعادل چرخشی پایدار ۹۷
۲-۱۵-۴ تعادل چرخشی ناپایدار ۹۷
۲-۱۵-۵ تعادل چرخشی خنثی ۹۷
۲-۱۶ حرکت گردابی اجباری ۹۷
۲-۱۶-۱ نحوه تغییرات فشار در حرکت گردابی اجباری ۹۸
۲-۱۷ حرکت گردابی آزاد ۱۰۰
۲-۱۸ حرکت سیال به سمت بالا و پایین با شتاب ۱۰۱
۲-۱۹ تغییرات فشار برای سیال تراکم‌پذیر ۱۰۳
۲-۱۹-۱ تغییرات فشار سیال تراکم‌پذیر در دمای ثابت ۱۰۳
۲-۱۹-۲ تغییرات فشار سیال تراکم‌پذیر در دمای متغیر ۱۰۴
مسائل ۱۰۷

فصل‌سوم: پدیده جریان سیال ۱۱۳
۳-۱ مقدمه ۱۱۴
۳-۲ دیدگاه اویلری و لاگرانژی ۱۱۴
۳-۳ فرآیند ۱۱۵
۳-۳-۱ فرآیند برگشت پذیر و برگشت ناپذیر ۱۱۵
۳-۳-۲ کار تلف شده (از دست رفته) ۱۱۶
۳-۴ انواع تقسیم‌بندی جریان سیال ۱۱۶
۳-۴-۱ جریان ایده‌آل ۱۱۶
۳-۴-۲ جریان واقعی ۱۱۶
۳-۴-۳ جریان آدیاباتیک ۱۱۶
۳-۴-۴ جریان آیزنتروپیک ۱۱۶
۳-۴-۵ جریان پایا و ناپایا ۱۱۷
۳-۴-۶ جریان یکنواخت و جریان غیریکنواخت ۱۱۷
۳-۴-۷ جریان یک بعدی، دو بعدی و سه بعدی ۱۱۸

Press.um.ac.ir

۳-۴-۸ جریان چرخشی و غیرچرخشی ۱۱۸
۳-۵ خط جریان ۱۱۸
۳-۶ آزمایش رینولدز ۱۲۰
۳-۷ لایه مرزی ۱۲۲
۳-۸ سرعت‌های انحرافی ۱۲۴
۳-۹ تنش‌های رینولدز ۱۲۵
۳-۱۰ مفاهیم سیستم و حجم کنترل ۱۲۶
۳-۱۰-۱ تعریف میدان یا محیط پیوسته (پیوستار) ۱۲۶
۳-۱۰-۲ قوانین بنیادی (یا اصلی) و قوانین فرعی ۱۲۶
۳-۱۰-۳ سیستم و حجم کنترل ۱۲۷
۳-۱۰-۳-۱ سیستم ۱۲۷
۳-۱۰-۳-۲ حجم کنترل ۱۲۷
۳-۱۰-۴ خاصیت ۱۲۸
۳-۱۱رابطه بین دیدگاه‌های سیستم و حجم کنترل ۱۲۸
۳-۱۱- ۱ قانون بقای جرم یا اصل پیوستگی ۱۳۲
۳-۱۱-۲ قانون بقای انرژی (قانون اول ترمودینامیک) ۱۳۹
۳-۱۱-۲-۱ قانون اول ترمودینامیک برای سیستم ۱۳۹
۳-۱۱-۲-۲ قانون اول ترمودینامیک برای حجم کنترل ۱۴۰
۳-۱۱-۲-۳ کار جریان ۱۴۱
۳-۱۱-۲-۴ معادلهٔ برنولی ۱۴۲
۳-۱۱-۲-۵ به دست آوردن رابطه برنولی از قانون اول ترمودینامیک ۱۴۴
۳-۱۱-۲-۶ جریان صفر و معادله اصلاح شده برنولی ۱۴۵
۳-۱۱-۲-۷ معادله انرژی در حالت پایدار ۱۴۷
۳-۱۱-۲-۸ رابطه انرژی بر اثر اصطکاک ۱۵۰
۳-۱۱-۲-۹ ضریب تصحیح انرژی جنبشی ۱۵۹
۳-۱۱-۳ معادله مومنتوم ۱۶۲
۳-۱۱-۳-۱ تجزیه و تحلیل سیستم ۱۶۲
۳-۱۱-۳-۲ معادلات مومنتوم برای حجم کنترل ۱۶۴
۳-۱۱-۳-۴ رابطه حرکت برای حجم کنترلی که با سرعت ثابت حرکت می‌کند ۱۶۵

Press.um.ac.ir

۵-۳-۱۱-۳ برآیند نیروهای وارده بر سیال ۱۶۷
۶-۳-۱۱-۳ ضریب تصحیح مومنتوم خطی ۱۶۷
۱۲-۳ پره‌ها ۱۷۵
۱۳-۳ پره‌های متحرک ۱۷۹
۱۴-۳ گشتاور مومنتوم خطی ۱۸۳
۱-۱۴-۳ گشتاور مومنتوم برای حجم کنترل ۱۸۴
مسائل ۱۹۰

فصل چهارم: تجزیه و تحلیل ابعادی ۲۰۱
۱-۴ مقدمه ۲۰۲
۲-۴ طبیعت تجزیه و تحلیل ابعادی ۲۰۲
۳-۴ قضیه π بوکینگهام ۲۰۵
۴-۴ روش تجزیه و تحلیل ابعادی ۲۰۷
۵-۴ گروههای بدون بعد مهم در مکانیک سیالات ۲۱۴
۱-۵-۴ عدد اویلر یا ضریب افت فشار ۲۱۴
۲-۵-۴ عدد رینولدز ۲۱۵
۳-۵-۴ عدد فرود ۲۱۵
۴-۵-۴ عدد وبر ۲۱۵
۵-۵-۴ عدد ماخ ۲۱۶
۶-۴ تشابه‌ها ۲۱۷
۱-۶-۴ تشابه هندسی ۲۱۷
۲-۶-۴ تشابه سینماتیکی ۲۱۸
۳-۶-۴ تشابه دینامیکی ۲۲۰
۱-۳-۶-۴ تشابه رینولدز ۲۲۳
۲-۳-۶-۴ تشابه فرود ۲۲۴
۳-۳-۶-۴ تشابه ماخ ۲۲۵
۴-۳-۶-۴ تشابه اویلر و عدد کاویتاسیون ۲۲۵
مسائل ۲۲۹

Press.um.ac.ir

فصل پنجم: افت انرژی در لوله‌ها ۲۳۱
۵-۱ مقدمه ۲۳۲
۵-۲ جریان در داخل لوله ۲۳۲
۵-۳ جریان در ورودی لوله ۲۳۳
۵-۴ افت انرژی در جریان آرام لوله‌ها ۲۳۴
۵-۴-۱ ضریب اصطکاک بلازیوس ۲۳۶
۵-۴-۲ ضریب اصطکاک فانینگ ۲۳۶
۵-۵ افت انرژی در جریان درهم لوله‌ها ۲۳۶
۵-۶ روابط ریاضی برای ضریب اصطکاک بر حسب عدد رینولدز و زبری نسبی ۲۳۸
۵-۷ افت جزئی ۲۴۲
۵-۷-۱ افت انرژی در اثر انبساط ناگهانی ۲۴۲
۵-۷-۲ افت انرژی در اثر انقباض ناگهانی ۲۴۳
۵-۷-۳ انبساط و انقباض تدریجی ۲۴۵
۵-۷-۴ افت انرژی در اثر ورود از لوله به مخزن و یا از مخزن به لوله ۲۴۸
۵-۷-۴-۱ جریان از مخزن به لوله ۲۴۸
۵-۷-۴-۲ جریان از لوله به مخزن ۲۴۸
۵-۷-۵ افت انرژی در اتصالات ۲۴۸
۵-۸ مسائل افت فشار در لوله‌ها ۲۴۸
۵-۸-۱ لوله‌های ساده ۲۴۹
۵-۸-۱-۱مسائل نوع اول ۲۴۹
۵-۸-۱-۲ مسائل نوع دوم ۲۵۰
۵-۸-۱-۳ مسائل نوع سوم ۲۵۲
۵-۸-۲ لوله‌های مرکب ۲۵۴
۵-۸-۲-۱ لوله های سری ۲۵۴
۵-۸-۲-۲ لوله‌های موازی ۲۵۹
۵-۹ طول معادل ۲۶۳
۵-۱۰ خط هیدرولیکی ۲۶۶
۵-۱۱ خط انرژی ۲۶۶

Press.um.ac.ir

۵-۱۲ لوله‌های معادل ۲۶۹
۵-۱۲-۱ شرط معادل بودن دو لوله ۲۶۹
مسائل ۲۷۰

فصل ششم: پمپ‌ها، کمپرسورها ۲۷۵
۶-۱ مقدمه ۲۷۶
۶-۲ پمپ‌ها ۲۷۶
۶-۳ تغییر مکان مثبت (پیستونی) ۲۷۸
۶-۳-۱ پمپ دنده‌ای ۲۸۱
۶-۳-۲ پمپ رفت و برگشتی ۲۸۴
۶-۳-۳ پمپ گردشی (دورانی) ۲۸۸
۶-۴ پمپ سانتریفوژ (گریز از مرکز) ۲۸۹
۶-۵ هد مکش مثبت خالص ۲۹۲
۶-۶ کمپرسورها ۲۹۵
۶-۷ دمنده ۳۰۰
مسائل ۳۰۲

فصل هفتم: معادلات جریان سیال برروی سطوح ۳۰۵
۷-۱ مقدمه ۳۰۶
۷-۲ نیروی درگ روی سطوح ۳۰۶
۷-۳ ضریب درگ (C_D) و ضریب لیفت (C_L) ۳۰۹
۷-۴ جدایش و اثر گرادیان فشار ۳۱۲
۷-۵ جریان پتانسیل ۳۱۶
۷-۶ جریان عبوری از بستر ذرات جامد ۳۱۶
۷-۶-۱ ضریب تخلخل ۳۱۷
۷-۶-۲ قطر معادل ذره ۳۱۹
۷-۶-۳ ضریب کرویت ۳۱۹
۷-۶-۴ معادله‌های عبور جریان از بستر ذرات جامد ۳۲۰
۷-۷ حرکت ذرات از درون سیال ۳۲۳

Press.um.ac.ir

۸-۷ حرکت در میدان گریز از مرکز ۳۲۴
۹-۷ سرعت حد ۳۲۴
۱۰-۷ سیالیت یا روان شدن ۳۲۵
۱۱-۷ معادلات ناویر-استوکس ۳۲۷
مسائل ۳۳۹

فصل‌هشتم: جریان در کانال‌های باز ۳۴۳
۱-۸ مقدمه ۳۴۴
۲-۸ قطر هیدرولیکی برای کانال‌ها ۳۴۴
۳-۸ جریان یکنواخت ۳۴۴
۴-۸ عدد بدون بعد فرود ۳۴۷
۵-۸ انواع جریان در کانال باز ۳۴۷
۶-۸ پرش هیدرولیکی ۳۴۸
۷-۸ انرژی مخصوص سیال ۳۵۱
مسائل ۳۵۳

فصل‌نهم: مکانیک سیالات در روش‌های جداسازی ۳۵۵
۱-۹ مقدمه ۳۵۶
۲-۹ فیلتراسیون (صاف کردن) ۳۵۶
۳-۹ سازوکار فیلتراسیون ۳۵۸
۱-۳-۹ قطع اینرسی ۳۶۰
۲-۳-۹ قطع نفوذ ۳۶۱
۳-۳-۹ برخورد مستقیم ۳۶۲
۴-۳-۹ رسوب الکترواستاتیک ۳۶۳
۳-۹- ۵ ته‌نشینی ثقلی ۳۶۳
۴-۹ دستگاه‌های جداسازی ۳۶۴
۱-۴-۹جداکننده ثقلی ۳۶۵
۲-۴-۹ جداکننده گریز از مرکز ۳۶۶

Press.um.ac.ir

۹-۴-۳ جداکننده پره‌ای (ون) ۳۶۷
۹-۴-۴ حذف کننده‌های غبار ۳۶۸
۹-۴-۵ جداکننده‌های سیکلونی ۳۶۹
۹-۴-۶ جداکننده مافوق صوت ۳۶۹
۹-۵ تقسیم‌بندی فیلتراسیون از نظر جداسازی ۳۷۱
۹-۵-۱ کیک فیلتر ۳۷۱
۹-۵-۲ زلال کننده ۳۷۱
۹-۵-۳ فیلتر با جریان متقاطع ۳۷۱
۹-۶ اصول فیلتر کیک ۳۷۱
۹-۷ صافی کیکی ۳۷۳
۹-۸ مقاومت فیلتر ۳۷۴
۹-۹ مراحل محاسبه یک سیستم صافی ناپیوسته ۳۷۵
۹-۱۰ انواع دیگر صافی‌ها ۳۸۱
۹-۱۰-۱ صافی‌های خلأ ۳۸۱
۹-۱۰-۱-۱ صافی‌های خلأ ناپیوسته ۳۸۱
۹-۱۰-۱-۲ صافی‌های خلأ پیوسته ۳۸۱
۹-۱۰-۲ صافی‌های سانتریفوژی ۳۸۲
۹-۱۰-۲-۱ اصول فیلتراسیون سانتریفیوژی ۳۸۲
۹-۱۱ سیکلون‌ها ۳۸۴
۹-۱۱-۱ انواع سیکلون‌ها ۳۸۸
۹-۱۱-۱-۱ سیکلون‌های با ورودی مماسی معمولی ۳۸۸
۹-۱۱-۱-۲ سیکلون‌های با ورودی مماسی متقارن ۳۸۹
۹-۱۱-۱-۳ سیکلون‌های با ورودی مماسی مارپیچ ۳۸۹
۹-۱۱-۲ الگوی جریان در سیکلون ۳۹۰
۹-۱۱-۳ راندمان سیکلون ۳۹۱
۹-۱۱-۳-۱ روش بازده جزیی ۳۹۱
۹-۱۱-۳-۲ بازده کلی جمع‌آوری ذرات ۳۹۳
۹-۱۱-۴ متغیرهای اصلی در سیکلون ۳۹۴
۹-۱۱-۵ سرعت جریان ورودی در سیکلون ۳۹۶

Press.um.ac.ir

۶-۱۱-۹ جهت جریان در سیکلون ۳۹۶
۷-۱۱-۹ فشار استاتیکی و دینامیکی سیکلون ۳۹۶
۸-۱۱-۹ افت فشار در سیکلون ۳۹۷
۹-۱۱-۹ طراحی سیکلون ۳۹۸
مسائل ۴۰۰

فصل دهم: جریان دو فازی سیالات ۴۰۱
۱-۱۰ مقدمه ۴۰۲
۲-۱۰ نمودار فازی مخلوطهای هیدروکربوری ۴۰۲
۳-۱۰ متغیرهای مورد استفاده در جریانهای دو فازی ۴۰۵
۱-۳-۱۰ لغزش ۴۰۵
۲-۳-۱۰ اثر لغزش در ترکیب درصد جریان دو فازی ۴۰۶
۳-۳-۱۰ پس ماند ۴۰۷
۴-۳-۱۰ اثر لغزش برروی آنتالپی جریان دو فازی (مخلوط گاز- مایع) ۴۰۹
۵-۳-۱۰ سرعت ۴۱۰
۶-۳-۱۰ چگالی ۴۱۲
۷-۳-۱۰ ویسکوزیته ۴۱۳
۴-۱۰ الگوهای جریان دو فازی درون خطوط لوله ۴۱۶
۱-۴-۱۰ الگوهای جریان در خطوط لوله افقی ۴۱۴
۲-۴-۱۰ الگوهای جریان در خطوط لوله قائم ۴۱۴
۳-۴-۱۰ الگوهای جریان در خطوط لوله شیبدار ۴۱۸
۵-۱۰ افت فشار جریان دو فازی به روش لاکارت- مارتینلی ۴۲۱

فصل یازدهم: هم زدن و اختلاط مایعات ۴۲۳
۱-۱۱ مقدمه ۴۲۴
۲-۱۱ هم‌زدن مایعات ۴۲۴
۳-۱۱ تجهیزات مربوط به همزن ۴۲۵
۴-۱۱ پروانه‌ها ۴۲۶

Press.um.ac.ir

۱-۴-۱۱پروانه‌های ملخی ۴۲۶
۲-۴-۱۱ پروانه‌های پارویی ۴۲۷
۳-۴-۱۱ پروانه‌های توربینی ۴۲۸
۵-۱۱ الگوهای جریان در ظروف مجهز به همزن ۴۲۹
۱-۵-۱۱ ممانعت از چرخش ۴۳۰
۶-۱۱ لوله‌های کشش جریان ۴۳۳
۷-۱۱ روش استاندارد طراحی همزن توربینی ۴۳۴
۸-۱۱ چرخش، سرعت‌ها و توان مصرفی در ظروف مجهز به همزن ۴۳۵
۹-۱۱ معادلات برآورد توان مصرفی در پروانه‌های خاص ۴۳۷
۱۰-۱۱ تاثیر ضرائب شکل برعدد توان ۴۴۰
۱۱-۱۱ محاسبه توان مصرفی ۴۴۱
۱۲-۱۱ عدد جریان ۴۴۴
۱۳-۱۱ گرادیان‌های سرعت و الگوهای سرعت در مخزن همزن دار ۴۴۶
۱۴-۱۱ امتزاج و مخلوط کردن ۴۵۰
۱۵-۱۱ اختلاط مایعات قابل امتزاج ۴۵۰
۱۶-۱۱ سوسپانسیون ذرات جامد ۴۵۱
۱۷-۱۱ توان لازم برای جامدات معلق شده در مایع ۴۵۲
۱۸-۱۱ افزایش مقیاس همزن در سوسپانسیون جامدها ۴۵۵
۱۹-۱۱ افزایش مقیاس همزن‌ها در اختلاط مایعات قابل امتزاج ۴۵۶
۲۰-۱۱ آمیختن مایعات قابل امتزاج ۴۵۷
۲۱-۱۱ مخلوط‌کن‌های ساکن ۴۶۲
۲۲-۱۱ رابطه نوع مخلوط‌کن در توان مصرفی ۴۶۳
۲۳-۱۱ عملیات پخش ۴۶۵
۲۴-۱۱ ضریب کرویت فاز پخش شونده ۴۶۵
۲۵-۱۱ پخش گاز در مایع ۴۶۶
۱-۲۵-۱۱ پخش گاز در ظروف مجهز به همزن ۴۶۸
۲۶-۱۱ ظرفیت حمل گاز و انباشتگی در همزن‌های توربینی ۴۶۹
۲۷-۱۱ توان ورودی به پخش کننده‌های توربینی ۴۶۹
۲۸-۱۱ پخش مایع در مایع ۴۷۳

Press.um.ac.ir

مسائل ۴۷۷

فصل‌دوازدهم: اندازه‌گیری جریان سیالات ۴۷۹
۱-۱۲ مقدمه ۴۸۰
۲-۱۲طبقه‌بندی جریان سنج‌ها ۴۸۰
۱-۲-۱۲جریان سنج‌های جابه‌جایی ۴۸۰
۲-۲-۱۲جریان سنج‌های استنتاجی ۴۸۱
۳-۱۲ جریان سنج‌های اریفیس یا اریفیس متر ۴۸۱
۱-۳-۱۲ صفحه اریفیس ۴۸۳
۲-۳-۱۲ نصب اریفیس ۴۸۶
۳-۳-۱۲ محاسبه جریان (دبی) سیال با استفاده از معادله برنولی ۴۹۰
۴-۳-۱۲ استفاده از اریفیس برای محاسبه دبی جریان گازها ۴۹۱
۴-۱۲ لوله ونتوری ۴۹۲
۵-۱۲ جریان‌سنج هدف ۴۹۲
۶-۱۲ جریان‌سنج توربینی ۴۹۳
۷-۱۲ جریان‌سنج گردابی ۴۹۳
۸-۱۲ جریان‌سنج تغییر سطح ۴۹۴
۱-۸-۱۲ روتامتر ۴۹۵
۲-۸-۱۲ جریان‌سنج نوع پیستون‌دار ۴۹۶
۳-۸-۱۲ جریان‌سنج نوع شناوردار ۴۹۶
۹-۱۲ جریان‌سنج‌های حجم‌سنج ۴۹۷
۱-۹-۱۲ جریان‌سنج توربین‌دار(پروانه‌دار) ۴۹۷
۲-۹-۱۲ جریان‌سنج جابجایی مثبت ۴۹۸
۱۰-۱۲ لوله پیتوت ۴۹۹
۱۱-۱۲ جریان‌سنج‌های گرمایی ۴۹۹

فصل‌سیزدهم: جریان سیالات تراکم‌پذیر ۵۰۱
۱-۱۳مقدمه ۵۰۲
۲-۱۳ گاز ایده‌ال ۵۰۲

Press.um.ac.ir

۱۳-۳ انتشار امواج صوتی ۵۰۸
۱۳-۴ انواع امواج صوتی ۵۱۲
۱۳-۵ مخروط ماخ ۵۱۳
۱۳-۶ قوانین اصلی و فرعی لازم برای جریان سیالات تراکم‌پذیر ۵۱۷
۱۳-۷ جریان پایدار یک بعدی سیالات تراکم‌پذیر ۵۲۴
۱۳-۷-۱ جریان آیزنتروپیک در مجاری با سطح مقطع متغیر ۵۲۴
۱۳-۷-۲ اثر تغییر مساحت روی خواص در جریان آدیاباتیک ۵۲۶
۱۳-۷-۳ جریان ایزنتروپیک در گاز ایده‌آل ۵۳۰
۱۳-۷-۳-۱ معادله‌های اصلی ۵۳۰
۱۳-۷-۳-۲ شرایط مرجع برای جریان آیزنتروپیک یک گاز ایده‌آل ۵۳۱
۱۳-۷-۳-۳ محاسبات برای جریان آیزنتروپیک یک گاز ایده‌آل ۵۳۵
۱۳-۷-۳-۴ شدت جریان جرمی در جریان آیزنتروپیک در شیپوره همگرا- واگرا ۵۳۷
۱۳-۷-۳-۵ جریان آیزنتروپیک در یک شیپوره همگرا - واگرا ۵۴۲
۱۳-۷-۴ جریان در یک مجرا با مساحت ثابت با اصطکاک ۵۴۷
۱۳-۷-۴-۱ معادله اصلی برای جریان آدیاباتیک با اصطکاک ۵۴۸
۱۳-۷-۴-۲ جریان آدیاباتیک با اصطکاک در مجرای با سطح مقطع ثابت: خط فانو ۵۵۱
۱۳-۷-۴-۳ محاسبه جریان خط فانو یک گاز ایده‌آل ۵۵۶
۱۳-۷-۵ جریان غیرآدیاباتیک در یک مجرا با مساحت ثابت بدون اصطکاک ۵۶۶
۱۳-۷-۵-۱ معادله‌های اصلی ۵۶۶
۱۳-۷-۵-۲ جریان‌سیال‌تراکم‌پذیردرمجرای بدون اصطکاک و بدون آدیاباتیک: خط ریلی ۵۶۸
۱۳-۷-۳-۵ جریان ایزوترمال همراه با اصطکاک ۵۷۴
۱۳-۷-۶ موج ضربه‌ای (شوک) ۵۸۱
۱۳-۷-۶-۱ روابط موج ضربه‌ای عمودی (قائم) ۵۸۲

مسائل ۵۹۰

مراجع ۵۹۵

پیوست ۵۹۹

نمایه ۶۲۳

Press.um.ac.ir

Press.um.ac.ir

پیشگفتار

درس "مکانیک سیالات" مبحث خاصی از رشته مهندسی شیمی می‌باشد و دانشجویان این رشته، با توجه به آینده کاری خویش باید توجه جدّی بدان داشته باشند.

به این جهت بر آن شدم که در مجموعه پیش روی به مباحث فرآیند جداسازی، جریان دو فازی سیالات، هم زدن و اختلاط مایعات که در کتب مربوط به این درس اشاره‌ای به آنها نشده است، بپردازم تا دانشجویان محترم این رشته و رشته‌های مختلف مانند مکانیک، محیط زیست و مواد و سایر کسانی که می‌خواهند دانستنی‌هایی در این موارد کسب نمایند کتاب حاضر کمک مؤثری به یادگیری آنها بنماید.

علاوه بر این در این کتاب، خواص سیالات همراه با تعریف‌شان ارائه شده و نیز قوانین بقاء جرم، مومنتم و انرژی که اتصال میان واقعیت فیزیکی مسائل و مدل ریاضی را برقرار می‌کنند همراه با دو پدیده سکون و جریان سیال و جنبه‌های دیگر مکانیک سیالات با ذکر مثالهای کاربردی در رشتهٔ مهندسی شیمی بیان شده است تا دانشجویان محترم بهتر بتوانند در این رشتهٔ مهم، دانش کافی جهت کارایی لازم را کسب نمایند.

در پایان از شورای محترم انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد که چاپ این کتاب را تصویب نموده‌اند و همچنین از ویراستار محترم علمی کتاب آقای دکتر مقیمان، نهایت سپاسگزاری را دارم.

برای این عزیزان و سایر کسانی که آموزه‌های علمی را نشر می‌دهند، از خداوند تبارک و تعالی توفیق روزافزون خواستارم.

جواد سرگلزایی
دانشیار مهندسی شیمی
مشهد مقدس
بهار ۱۳۹۰

Press.um.ac.ir