

مکانیک سیالات مهندسی

تالیف

دکتر یوسف حسن زاده

سرشناسه	حسن زاده، یوسف، ۱۳۲۶ -
عنوان و نام پدیدآور	مکانیک سیالات مهندسی / تألیف یوسف حسن زاده.
مشخصات نشر	تبریز: دانشگاه تبریز، ۱۳۹۲.
مشخصات ظاهری	۵۳- ص: مصور، جدول.
فروست	انتشارات دانشگاه تبریز؛ ۶۰۳
شابک	۹۷۸ - ۶۰۰ - ۵۱۹۹ - ۸۱ - ۹
وضعیت فهرست نویسی	فیها.
موضوع	سیالات - مکانیک - راهنمای آموزشی (عالی)
موضوع	سیالات - مکانیک - مسائل، تمرین ها و غیره (عالی)
شناسه افزوده	: دانشگاه تبریز
رده بندی کنگره	۱۳۹۲ م ۷ ح / ۲۸۳۵۷
رده بندی دیویی	۶۲۰/۱۰۶۰۷۶
شماره کتابشناسی ملی	۳۲۰۱۱۸۵



انتشارات دانشگاه تبریز

مکانیک سیالات مهندسی

تألیف:	دکتر یوسف حسن زاده
ویراستار علمی و ادبی:	دکتر داود سادی
ناشر و فروست:	انتشارات دانشگاه تبریز
تاریخ و نوبت چاپ:	۱۳۹۲ - اول
شمارگان:	۱۰۰۰ نسخه
شابک:	۹۷۸ - ۶۰۰ - ۵۱۹۹ - ۸۱ - ۹
قیمت:	۱۷۰۰۰ ریال
لیتوگرافی، چاپ و صحافی:	انتشارات دانشگاه تبریز

این اثر مشمول قانون حمایت از مؤلفان و مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸ است. هر کس در نقض این قانون یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه ناشر، نشر یا پخش کند مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

نشانی: تبریز - بلوار ۲۹ بهمن - دانشگاه تبریز - تلفن: ۳۳۹۲۶۶۹ - فاکس: ۳۳۴۲

فصل اول- خواص عمومی سیالات

صفحه

۱-۱- کلیات	۱
۱- خواص فیزیکی سیالات	۳
۱-۲-۱- جرم مخصوص	۳
۲-۲- وزن مخصوص	۳
۳-۲-۱- چگالی	۶
۴- قابلیت انکسار	۶
۲-۲-۱- خواص لزجی	۹
۱-۲-۱-۵- ضریب لزجت	۱۲
۲-۲-۱-۵- واحدهای ضریب لزجت دینامیکی	۱۵
۲-۲-۱-۳- واحدهای ضریب لزجت سینماتیکی	۱۶
۲-۲-۱-۴- واحدهای صنعتی ضریب لزجت سینماتیکی	۲۰
۲-۲-۱-۵- طبقه بندی سیالات نسبت به لزجت	۲۴
۲-۲-۱-۶- روش اندازه گیری ضریب لزجت دینامیکی	۲۷
۲-۲-۱-۶-۱- روش استوانه دوار	۲۷
۲-۲-۱-۶-۲- روش سرعت سقوط گلوله	۳۰
۲-۲-۱-۶-۳- روش لوله موئین	۳۱
۲-۲-۱-۶- کشش سطحی	۳۱

- ۳۶ ۱-۲-۶-۱ ارتفاع صعود مایع در داخل یک لوله موئین
- ۳۸ ۱-۲-۶-۲ رابطه بین فشار مانومتریک و کشش سطحی
- ۴۲ ۱-۳-۳ تبدیل درجه حرارت
- ۴۳ ۱-۴-۴ نیروهای حجمی و نیروهای سطحی
- ۴۵ ۱-۴-۱ واحدهای فشار
- ۴۷ مسائل حل نشده

فصل دوم- هیدرواستاتیک - تعادل مایعات

- ۵۳ ۱-۲-۱ تعادل
- ۵۳ ۲-۲-۲ فشار در یک نقطه
- ۵۴ ۲-۳-۲ معادلات تعادل سیال
- ۶۴ ۲-۳-۳ اصل پاسکال
- ۶۶ ۲-۳-۲ ظروف مرتبطه
- ۶۶ ۲-۳-۳ مایعات مخلوط نشدنی در داخل یک لوله به شکل U
- ۶۷ ۲-۴-۱ اندازه‌گیری فشار
- ۷۹ ۲-۵-۵ محاسبه نیروی فشار
- ۷۹ ۲-۵-۱-۱ نیروی فشار وارد بر یک قطعه جدار
- ۸۰ ۲-۵-۲ نیروی فشار وارد بر یک سطح مسطح قائم
- ۸۳ ۲-۵-۳ محاسبه مرکز فشار
- ۸۷ ۲-۵-۴ نیروی فشار وارد بر یک سطح مسطح مورب
- ۸۹ ۲-۵-۵ نیروی فشار مایع وارد بر سطوح منحنی

۹۱	۲-۵-۶- نیروی فشار وارد بر یک سطح بسته (اصل ارشمیدس)
۹۲	۲-۵-۷- اجسام غوطه ور و شناور
۹۴	۲-۵-۷-۱- شرایط تعادل اجسام غوطه ور
۹۵	۲-۵-۷-۲- شرایط تعادل اجسام شناور
۹۶	۲-۵-۷-۳- شناوری پایدار
۹۹	۲-۵-۷-۳-۱- روش تحلیلی تعیین ارتفاع متاسانتری
۱۰۱	۲-۵-۷-۳-۲- روش تجربی تعیین ارتفاع متاسانتری یک کشتی
۱۰۲	۲-۵-۷- نیروی فشار وارد بر جدارهای یک لوله
۱۰۳	۲-۵-۷- محاسبه ضخامت جدار لوله
۱۰۵	۲-۵-۷- محاسبه ضریب مت مخازن استوانه ای
۱۰۷	۲-۵-۸-۳- محاسبه ضخامت دیواره های قوسی
۱۰۸	۲-۶-۷- سکون نسبی
۱۱۰	۲-۶-۱- سکون نسبی مایعی که تحت تاثیر یک شتاب ثابت قرار گرفته است
۱۱۱	۲-۶-۲- سکون نسبی مایعی که در حال دوران حول یک محور قائم است
۱۱۵	۲-۶-۳- کاربرد عملی دستگاههای سانتریفور
۱۴۹	مسائل حل نشده

فصل سوم- هیدرو سینماتیک - سینماتیک سیالات

۱۶۳	۳-۱- کلیات
۱۶۴	۳-۱-۱- روش لاگرانژ
۱۶۴	۳-۱-۲- روش اولر

- ۱۶۵ ۳-۱-۳- خطوط جریان - لوله جریان
- ۱۶۷ ۳-۱-۴- جریان دائمی و غیر دائمی
- ۱۶۸ ۳-۱-۵- جریان دائمی متوسط
- ۱۶۸ ۳-۲- دبی حجمی - دبی جرمی - دبی وزنی
- ۱۶۹ ۳-۳- معادله پیوستگی جریان
- ۱۷۱ ۳-۳-۱- معادله پیوستگی برای جریان دائمی
- ۱۷۱ ۳-۲-۱- لوله پیوستگی برای سیال غیر قابل تراکم
- ۱۷۲ ۳-۴- دبی یک لوله جریان
- ۱۷۴ ۳-۵- جریان چرخشی و غیر چرخشی
- ۱۷۶ ۳-۶- گرداب
- ۱۷۷ ۳-۷- گرداب اجبر
- ۱۷۷ ۳-۸- گرداب آزاد
- ۱۷۸ ۳-۹- جریان‌های پتانسیلی
- ۱۷۹ ۳-۱۰- تابع جریان
- ۱۸۱ ۳-۱۱- تابع پتانسیل سرعت
- ۱۸۵ مسایل حل نشده

فصل چهارم - معادله انرژی

- ۱ ۴-۱- کلیات
- ۱۸۷ ۴-۲- معادله برنولی و کاربرد آن در مکانیک سیالات
- ۱۹۳ ۴-۳- تعمیم معادله برنولی

۱۹۵	۴-۴- کاربرد معادله برنولی
۱۹۵	۴-۴-۱- رابطه تریجلی
۱۹۶	۴-۴-۲- سرعت خروجی گاز از دریچه یک مخزن بسته
۱۹۶	۴-۵- انواع رژیم جریان در لوله ها (جریان ورقه ای و جریان متلاطم)
۱۹۹	۴-۶- سرعت متوسط جریان مایع در یک مقطع
۲۰۰	۴-۷- محاسبه ضریب اصلاحی انرژی سرعتی (ضریب انرژی سینتیک)
۲۰۲	۴-۸- محاسبه ضریب خروجی از یک روزنه
۲۰۴	۴-۹- مدت زمان تخلیه یک مخزن کوچک
۲۲۱	۴-۱۰- محاسبه ضریب انبساط مایع در لوله ها
۲۲۱	۴-۱۰-۱- ضریب انقباض
۲۲۱	۴-۱۰-۲- دستگاه توربینی
۲۲۴	۴-۱۰-۳- روش های تقویتی
۲۲۴	۴-۱۱- سیفون
۲۳۴	مسائل حل نشده

فصل پنجم- قضیه اندازه حرکت- جرم و انرژی

۲۴۳	۵-۱- کلیات
۲۴۱	۵-۲- کاربرد قضیه اندازه حرکت
۲۴۷	۵-۲-۱- کاربرد تئوری اندازه حرکت در جریان یک لوله
۲۴۹	۵-۲-۲- عکس العمل فوران مایع موقع خروج از یک روزنه
۲۵۰	۵-۳- نیروی فوران افقی سیال وارد بر یک سطح

۲۴۹	۵-۳-۱- نیروی فوران افقی وارد بر یک سطح ساکن مورب
۲۵۲	۵-۳-۲- نیروی فوران افقی وارد بر یک سطح ساکن قائم
۲۵۴	۵-۳-۳- نیروی فوران افقی وارد بر یک سطح متحرک قائم
۲۵۵	۵-۳-۴- نیروی فوران افقی وارد بر یک سطح منحنی ثابت
۲۵۶	۵-۳-۵- نیروی فوران افقی وارد بر یک سطح منحنی متحرک
۲۵۸	۵-۳-۶- عمل دینامیک مایع بر روی زانوی یک لوله افقی
۲۷۰	فصل ششم - تنش

فصل ششم - تجزیه و تحلیل ابعادی

۲۷۳	۶-۱- کلیات
۲۷۵	۶-۲- ابعاد و واحدها
۲۷۶	۶-۳- تبدیل واحدهای اندازه گیری
۲۷۷	۶-۴- مضامعات ابعادی
۲۸۴	۶-۵- تئوری بوکینگام
۲۸۹	۶-۶- اعداد بدون بعد
۲۸۹	۶-۶-۱- عدد رینولدز
۲۹۰	۶-۶-۲- عدد فرود
۲۹۱	۶-۶-۳- عدد وبر
۲۹۱	۶-۶-۴- عدد ماخ
۲۹۲	۶-۶-۵- عدد اولر
۲۹۳	۶-۷- اصول مدل‌های هیدرولیکی

۲۹۴	۱-۷-۶- تشابه هندسی
۲۹۴	۲-۷-۶- تشابه سینماتیکی
۲۹۵	۳-۷-۶- تشابه دینامیکی
۲۹۷	۸-۶- قوانین تشابه دینامیک
۲۹۷	۱-۸-۱- تشابه فرود
۲۹۹	۲-۸-۶- تشابه رینولدز
۳۰۱	۲-۸-۶- تشابه های فرود و رینولدز
۳۰۲	مسائل حل نشده

فصل ششم - جریان های داخلی - هیدروئیک لوله ها

۳۰۵	۱-۷- کلیات
۳۰۵	۲-۷- افت انرژی و یا افت فشار در لوله ها
۳۰۷	۱-۲-۷- افت انرژی طولی
۳۱۰	۲-۲-۷- محاسبه ضریب افت فشار
۳۱۱	۱-۲-۲-۷- جریان آرام یا لایه ای
۳۱۱	۲-۲-۲-۷- جریان متلاطم و یا آشسته
۳۱۲	۱-۲-۲-۲-۷- جریان متلاطم در داخل لوله های صاف
۳۱۲	۲-۲-۲-۲-۷- جریان متلاطم در داخل لوله های زیر
۳۱۳	۳-۲-۷- افت انرژی موضعی
۳۱۳	۱-۳-۲-۷- گشاد شدن ناگهانی لوله
۳۱۷	۲-۳-۲-۷- تنگ شدن ناگهانی لوله

- ۳۲۰ ۳-۷ محاسبه هیدرولیکی لوله ها
- ۳۲۰ ۱-۳-۷ اتصال مخازن به وسیله یک خط لوله با مشخصات ثابت
- ۳۲۲ ۲-۳-۷ اتصال سری لوله ها
- ۳۲۵ ۳-۳-۷ اتصال موازی لوله ها
- ۳۲۷ ۴-۳-۷ انشعاب روی یک لوله
- ۳۲۸ ۵-۳-۷ اتصال موازی چند لوله بین دو منبع تحت فشار
- ۳۳۱ ۶-۳-۷ شبکه شاخه ای
- ۳۳۲ ۷-۳-۷ اتصال لوله ها بطور شبکه حلقه ای
- ۳۳۴ ۳-۷ محاسبه ای اصلاحی
- ۳۳۹ ۱-۳-۷ وضعیت خط پیرومتریک نسبت به لوله
- ۳۴۱ ۱۰-۳-۷ اتصال چند لوله به هم دیگر
- ۳۴۱ ۱-۱۰-۳-۷ ترمیم چند لوله توسط یک منبع
- ۳۴۲ ۲-۱۰-۳-۷ تغذیه یک منبع توسط یک منبع
- ۳۵۲ ۴-۷ توان هیدرولیکی جریان مایع در داخل یک لوله
- ۳۵۳ ۱-۴-۷ شرط توان هیدرولیکی ماکزیمم
- ۳۵۴ ۲-۴-۷ توان هیدرولیکی در یک افشانک
- ۳۵۶ ۳-۴-۷ رابطه بین قطر افشانک و قطر لوله انتقال آب
- ۳۵۷ ۵-۷ بررسی یک جریان غیردایمی تحت فشار
- ۳۵۹ ۶-۷ روابط تجربی و استفاده از دیاگرام و نمودار در هیدرولیک لوله ها
- ۳۶۰ ۱-۶-۷ رابطه شری
- ۳۶۳ ۲-۶-۷ رابطه داریسی

۳۶۳	۳-۶-۷- رابطه موريس لوى
۳۶۳	۴-۶-۷- رابطه مونيه
۳۶۴	۵-۶-۷- رابطه فلامان
۳۶۵	۸-۶-۷- رابطه هازن - ويليامز
۳۶۷	۹-۶-۷- سرعت ماکزيمم
۳۶۸	۱۰-۶-۷- قطر اقتصادى لوله ها
۳۷۲	مسائل حل شده

فصل هشتم- جريان سيال ايده آل

۳۷۹	۱-۸- کلیات
۳۷۹	۲-۸- خواص و معادله شرط جريان
۳۸۱	۳-۸- تابع جريان
۳۸۳	۴-۸- گردش
۳۸۴	۵-۸- تابع پتانسيل
۳۸۵	۶-۸- جريان های چرخشى و غيرچرخشى
۳۹۰	۷-۸- انواع الگوهای اساسى جريان
۳۹۰	۱-۷-۸- جريان مستقيم الخط يکنواخت
۳۹۱	۲-۷-۸- جريان های چشمه و چاه
۳۹۳	۳-۷-۸- جريان دوگانه
۳۹۵	۸-۸- تركيب الگوهای جريان
	۱-۸-۸- تركيب جريان يك چشمه و يك چاه

- ۸-۸-۲- ترکیب یک چشمه و یک چاه با جریان یکنواخت ۳۹۷
- ۸-۸-۳- ترکیب یک چشمه با جریان یکنواخت ۳۹۹
- ۸-۸-۴- ترکیب جریان دوگانه و یکنواخت ۴۰۱
- ۸-۸-۵- ترکیب گردابه آزاد و جریان دوگانه با جریان یکنواخت ۴۰۵
- ۸-۸-۶- ترکیب چشمه و گردابه آزاد ۴۰۷
- مسائل حل نشده ۴۰۹

فصل نهم- هیدرودینامیک

- ۹-۱-۱- کانت ۴۱۳
- ۹-۲-۲- هیدرودینامیک مایعات کامل ۴۱۴
- ۹-۲-۱- معادلات دینامیکی جریان سیال کامل یا معادلات اولر ۴۱۴
- ۹-۲-۲- انتگرال گیر معادلات دینامیکی جریان سیال کامل یا معادلات اولر ۴۱۹
- ۹-۳-۳- هیدرودینامیک مایعات حقیقی ۴۲۱
- ۹-۳-۱- جریان سیال حقیقی لزج ۴۲۱
- ۹-۳-۲- حرکت و تغییر شکل المان سیال ۴۲۳
- ۹-۳-۳- رابطه پیوستگی جریان ۴۲۴
- ۹-۳-۴- معادلات عمومی حرکت یک سیال حقیقی - معادلات ناویه - استوکس ۴۲۸
- ۹-۳-۵- بیان معادلات ناویه - استوکس به شکل بی بعد ۴۳۳
- ۹-۴-۴- جریان های لایه ای ۴۳۵
- ۹-۴-۱- جریان لایه ای بین دو صفحه موازی ۴۳۶
- ۹-۴-۲- جریان لایه ای بین دو جدار موازی غیرمتحرک - جریان صفحه ای پوانکاره ۴۳۸

.....	۳-۴-۹- جریان لایه‌ای بین دو جدار موازی یکی ساکن و دیگری متحرک با
۴۳۹	گرادیان فشار برابر صفر - جریان صفحه‌ای کوات
.....	۴-۴-۹- جریان لایه‌ای بین دو جدار موازی یکی ساکن و دیگری متحرک با
۴۴۰	گرادیان فشار غیر صفر - تعمیم جریان صفحه‌ای کوات
۴۴۲	۵-۱- جریان‌های آشفته
۴۴۴	۱-۵-۹- معادله پیوستگی جریان در متوسط زمانی
۴۴۴	۲-۵-۹- اندازه اندازه حرکت در متوسط زمانی
۴۴۵	۳-۳-۹- مدل‌های ساده جریان‌های آشفته
۴۴۵	۱-۲-۱- مدل رینولدز
۴۴۷	۱-۵-۹- مدل گردابی
۴۴۸	۳-۳-۵-۹- مدل آشفته
۴۴۹	۴-۵-۹- معادله توزیع سرعت
۴۵۴	مسائل حل نشده

فصل دهم- جریان‌های خارجی - لایه مرزی

۴۵۷	۱-۱۰- کلیات
۴۵۸	۲-۱۰- ناحیه ورودی و جریان کاملاً توسعه یافته
۴۵۹	۳-۱۰- ساختار و متغیرهای لایه مرزی در جریان خارجی
۴۶۵	۴-۱۰- تحلیل کارمن برای جریان روی صفحه تخت
۴۶۷	۵-۱۰- محاسبه ضخامت لایه مرزی
۴۶۷	۶-۱۰- تحلیل معادلات لایه مرزی روی صفحه تخت

۷-۱۰- لایه مرزی آشفته ۴۸۳

۱۰-۸- تأثیر گرادیان فشار ۴۸۹

۱۰-۹- جریان سیال پیرامون اجسام غوطه‌ور و نیروهای وارد بر آنها ۴۹۵

۱۰-۱۰- جریان پیرامون یک استوانه ۴۹۹

مسائل حل نشده ۵۰۸

مبانی ۵۱۱

www.ketab.ir

مقدمه

کتاب حاضر که مطالب آن منطبق با سرفصل های مصوب درس مکانیک سیالات دوره کارشناسی رشته های مختلف مهندسی عمران است، در عین حال اهم فصول درس هیدرودینامیک دوره های کارشناسی ارشد رشته های مذکور را نیز پوشش می دهد. تجربه سالهای متمادی تدریس و تحقیق در دانشگاه ها و احساس وظیفه نسبت به نیاز مهندسان و دانشجویان رشته های مختلف و کمبود منابع فارسی در این زمینه، انگیزه اصلی مولف از نگارش این اثر بوده است.

این کتاب که مطالب آن برای مهندسان و دانشجویان رشته های مختلف مهندسی عمران، مکانیک، آب و سازه های مرتبط قابل استفاده است، در ده فصل تدوین شده است. در فصل اول، کلیات و تعاریف مربوط به خواص فیزیکی سیالات مورد بحث قرار گرفته است.

در فصل دوم، هیدرواستاتیک فشار و تغییرات آن، نیروی فشار، شناوری و سکون نسبی مورد مطالعه قرار گرفته است.

در فصل سوم، ضمن توصیف انواع جریان ها و تعریف جریان های چرخشی و غیر چرخشی، گردش و گرداب، معادلات حرکتی جریان ارائه شده است.

با عنایت به اهمیت معادله انرژی برای جریان های لزج، فصل چهارم به برقراری، کاربرد و تعمیم آن به انواع رژیم جریان و تبدیل انرژی اختصاص داده شده است.

در فصل پنجم، قضیه اندازه حرکت و کاربردهای آن در مکانیک سیالات و هیدرولیک مورد مطالعه قرار گرفته است.

در فصل ششم، تجزیه و تحلیل ابعادی، تبدیل واحدها، اصول مدل ها، هیدرولیکی، اعداد بی بعد مورد استفاده در مکانیک سیالات، تشابه هندسی، سینماتیک و دینامیکی تشریح گردیده است.

در فصل هفتم، جریان های داخلی، محاسبه هیدرولیکی لوله ها، محاسبه افت انرژی در انواع جریان های لایه ای و آشسته، اتصال لوله ها و مخازن مورد بحث قرار گرفته است.

فصل هشتم به مطالعه جریان سیال ایده آل اختصاص داده شده است. در این فصل، ضمن توصیف تابع جریان و تابع پتانسیل، انواع الگوهای جریان و ترکیب های الگوهای جریان تشریح گردیده است.

در فصل نهم، مباحث هیدرودینامیک مایعات کامل و حقیقی به تفصیل مورد مطالعه و بحث قرار گرفته است.

فصل دهم به مطالعه جریان های خارجی و لایه مرزی اختصاص داده شده است که در این فصل ضمن تعریف ساختار و متغیرهای لایه مرزی و محاسبه ضخامت لایه مرزی، معادلات لایه مرزی آرام و آشفته تحلیل گردیده و تأثیر گرادیان سرعت، جریان پیرامون اجسام غوطه ور و نیروهای وارد بر آنها مورد بررسی قرار گرفته است.

به منظور ریشه یابی و بیان مفاهیم علمی و فنی، معادل انگلیسی و فرانسه واژه ها به صورت پاورقی آورده شده است.

در اینجا بسمه خود می دانم که از زحمات آقای دکتر داود فرسادی زاده ویراستار علمی این کتاب، از مساعدتهای آقای دکتر ناصر تقی زادیه معاون محترم پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشگاه تبریز، آقای دکتر علی رستمی معاون محترم پژوهش و فناوری و آقای دکتر تراب خاوری رئیس محترم اداره انتشارات دانشگاه تبریز کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم.

همچنین از همکاران محترم اداره انتشارات دانشگاه تبریز به ویژه آقایان رضا روحی و محمدرضا دشتی و خانم میتا ارسنی به خاطر مساعدت ها و همکاری در چاپ و انتشار این اثر کمال سپاسگزاری را دارم.

بالاخره از کلیه عزیزانی که در تالیف این کتاب اسباب را یاری نموده اند، به ویژه از خانم مهندس صنم آیین فر و آقایان مهندس مهران حسن زاده و مهندس شهرام انصاری که در ترسیم اشکال و صفحه آرایی کتاب همکاری مجدانه داشته اند صمیمانه تشکر می نمایم.

علیرغم تلاش فراوان و اعمال دقت لازم، مسلماً مجموعه حاضر کمی از نقص نخواهد بود. لذا از استادان گرانقدر و علاقمندان محترم درخواست می نمایم که نقایص کتاب را کتباً یادآوری فرموده و نظرات و پیشنهادهای خود را در جهت بهبود کیفیت و ارتقای این اثر، به نشانی اینجانب ارسال نمایند.

یوسف حسن زاده

دکتر مهندس در مکانیک سیالات و هیدرولیک

استاد دانشکده فنی و مهندسی عمران دانشگاه تبریز

بهار ۱۳۹۲