



تقدیم به همه آنان که نام و نشان در کمنامی یافتند

و

جان خود را برای پیشرفت این سرزمین فدا کردند



پیش‌گفتار

پروردگار را شاکرم که کتاب حاضر آماده چاپ گردید. در همین ابتدا از همه دانشجویان و همکارانی که در تهیه، تدوین و تکمیل این اثر همکاری داشته‌اند تشکر می‌کنم و امیدوارم نتیجه این زحمات برای کشور مفید واقع شود.

مکانیک سیالات حوزه‌ای بسیار گسترده است که دانشجویان رشته‌های مختلف و محققین شاخه‌های متعددی نیازمند فراگیری آن هستند. در کتاب حاضر سعی شده بر پایه مقدمات معمول فیزیک، مبحث مکانیک سیالات معرفی و حوزه‌های مختلف آن تشریح شود. اگر چه کتاب‌های زیادی در این حوزه نگاشته شده و یا ترجمه گردیده، ولی هنوز هم می‌توان در هر کتابی نکته‌ای جدید و متفاوت یافت که به نظر من هر کدام از این نکات بسیار ارزنده هستند و شاید توجیه و دلیلی بر تلاش‌های متعدد و فراوان برای تدوین کتب جدید باشد. امیدوارم در کتاب حاضر نیز نوع تشریح مطالب و تجزیه و تحلیل مسائل بتواند نکات جدیدی را به توانایی‌های علمی دانشجویان و محققین عزیز اضافه نماید. همچنین پیشاپیش از نواقص احتمالی عذر خواسته و انشالله با تذکر صاحب‌نظران و متخصصین گرامی بتوان آنها را رفع نمود.

از اساتید خود و صاحب‌نظرانی که از محضر آنها بهره برده‌ام سپاسگزارم و همه نتایج را مرهون صبوری و حمایت‌های خانواده عزیزم می‌دانم.

محمد سعید سیف

تابستان ۱۳۹۱

فهرست مطالب

فصل ۱ مقدمه ۱

تاریخچه ۲	۱.۱
اهداف و کاربردها ۳	۲.۱
پیچیدگی‌های موضوع ۴	۳.۱

فصل ۲ مفاهیم اساسی ۷

مقدمه ۸	۱.۲
بررسی جریان ۱۱	۲.۲
میدان سرعت ۱۳	۳.۲
محیط پیوسته ۱۵	۴.۲
چگالی و حجم مخصوص ۱۷	۵.۲
تراکم‌پذیری ۱۸	۶.۲
معادله حالت گازها ۲۱	۷.۲
لزجت ۲۲	۸.۲
زاویه تماس و موئینگی ۳۵	۱۰.۲
واحدهای اندازه‌گیری ۳۸	۱۱.۲
مثال‌های تکمیلی ۴۲	

فصل ۳ استاتیک سیالات ۵۱

مقدمه ۵۲	۱.۳
تغییرات فشار در یک سیال ۵۳	۲.۳
فشار نسبی ۵۶	۳.۳
قانون پاسکال ۵۷	۴.۳

تغییرات فشار در مایعات تراکم پذیر ۶۱	۵.۳
تغییرات فشار در جو ۶۳	۶.۳
اندازه‌گیری فشار ۶۷	۷.۳
نیروهای وارد بر سطوح مسطح مغروق ۷۳	۸.۳
نیروهای هیدرواستاتیک ناشی از چند لایه سیال ۷۹	۹.۳
نیروهای هیدرواستاتیک وارد بر سطح غیرمسطح ۸۵	۱۰.۳
نیروی شناوری ۸۹	۱۱.۳
پایداری ۹۶	۱۲.۳
پایداری اجسام شناور ۹۷	۱۳.۳

فصل ۴ حجم کنترل ۱۱۱

مقدمه ۱۱۲	۱.۴
معادله انتقال رینولدز ۱۱۳	۲.۴

فصل ۵ معادلات اساسی حرکت سیال ۱۱۹

بقای جرم یا معادله پیوستگی ۱۲۰	۱.۵
معادله اندازه حرکت خطی ۱۲۷	۲.۵
معادله اندازه حرکت زاویه‌ای ۱۳۲	۳.۵
معادله انرژی ۱۳۵	۴.۵
ضریب تصحیح انرژی جنبشی ۱۴۱	۵.۵
معادله برنولی ۱۴۶	۶.۵
فشار دینامیکی ۱۵۰	۷.۵
دستگاه‌های مختصات شتابدار ۱۵۶	۸.۵
توزیع فشار در حجم کنترل شتابدار ۱۶۱	۹.۵

فصل ۶ تحلیل ابعادی و تشابه ۱۸۱

مقدمه ۱۸۲	۱.۶
ابعاد و گروه‌های بدون بعد ۱۸۴	۲.۶
تعیین گروه‌های بدون بعد ۱۸۷	۳.۶
مدلسازی و تشابه ۱۹۱	۴.۶

فصل ۷ جریان سیال در لوله‌ها ۲۰۱

انواع جریان در لوله‌ها ۲۰۲	۱.۷
اتلافات انرژی حرکت سیال در لوله‌ها ۲۰۴	۲.۷
جریان پوازوی (Poiseuille flow) ۲۰۸	۳.۷
جریان مغشوش در لوله‌ها (Turbulent flow in pipes) ۲۱۱	۴.۷
مقاطع غیر دایروی ۲۲۳	۵.۷
طول ورودی (Entrance length) ۲۲۵	۶.۷
افت‌های موضعی ۲۲۶	۷.۷
سیستم‌های لوله‌کشی ۲۳۱	۸.۷

فصل ۸ میدان تنش و سینماتیک جریان ۲۳۵

مقدمه ۲۳۶	۱.۸
کمیت‌های اسکالر، برداری، و تانسور ۲۳۶	۲.۸
نیروی سطحی، نیروی حجمی و تنش ۲۳۷	۳.۸
تنش در یک نقطه برای سیال ساکن یا جریان غیرویسکوز ۲۳۸	۴.۸
حرکت سیال ویسکوز ۲۴۱	۵.۸
خواص تنش ۲۴۴	۶.۸
گرادیان ۲۴۶	۷.۸
دیورژانس میدان‌های برداری ۲۵۰	۸.۸
کرل (تاو) میدان‌های برداری ۲۵۱	۹.۸
میدان سرعت ۲۵۴	۱۰.۸
روش‌های بررسی جریان ۲۵۷	۱۱.۸
شتاب یک ذره ۲۵۸	۱۲.۸
آهنگ تغییر شکل ۲۶۴	۱۳.۸
حرکت و تغییر شکل خطی ۲۶۷	۱۴.۸
حرکت و تغییر شکل زاویه‌ای ۲۶۹	۱۵.۸
رابطه بین جریان غیرچرخشی و ویسکوزیته ۲۷۳	۱۶.۸

فصل ۹ روابط دیفرانسیلی حاکم بر جریان ۲۷۷

مقدمه ۲۷۸	۱.۹
-----------	-----

بقای جرم ۲۷۸	۲.۹
قانون دوم نیوتن؛ معادله اوایلر ۲۸۲	۳.۹
مایعات تحت شتاب ثابت ۲۸۳	۴.۹
معادله برنولی ۲۸۷	۵.۹
معادله برنولی برای جریان بی چرخش ۲۸۹	۶.۹
قانون دوم نیوتن برای جریان‌های کلی ۲۹۰	۷.۹
معادله انرژی ۲۹۳	۸.۹
جمع‌بندی ۲۹۶	۹.۹

فصل ۱۰ جریان سیال ویسکوز (معادلات ناویراستوکس ۲۹۹)

مقدمه ۳۰۰	۱.۱۰
قانون ویسکوزیته استوکس ۳۰۰	۲.۱۰
معادله‌های ناویر - استوکس ۳۰۶	۳.۱۰
جریان موازی ۳۰۹	۴.۱۰
جریان آرام دو بعدی بین صفحه‌های موازی ۳۱۱	۵.۱۰
جریان در لوله ۳۱۴	۶.۱۰
جریان سیال بین دو صفحه موازی ثابت ۳۲۲	۷.۱۰
جریان آرام در لوله‌های با مقطع دایره‌ای ۳۳۳	۸.۱۰
جریان آرام بین دو لوله هم محور ۳۳۸	۹.۱۰
توزیع سرعت در جریان آشفته ۳۳۹	۱۰.۱۰
لایه مرزی ۳۴۶	۱۱.۱۰
توسعه لایه مرزی ۳۴۶	۱.۱۱.۱۰

فصل ۱۱ لایه مرزی ۳۵۳

مقدمه ۳۵۴	۱.۱۱
ضخامت لایه مرزی ۳۵۵	۲.۱۱
معادلات جریان در لایه مرزی ۳۶۰	۳.۱۱
بررسی لایه مرزی آرام روی صفحه تخت ۳۶۴	۴.۱۱
معادله انتگرال اندازه حرکت فون کارمن ۳۶۸	۵.۱۱
مرحله گذار در جریان ۳۷۸	۶.۱۱
لایه مرزی مغشوش ۳۸۱	۷.۱۱

بازدارندگی اصطکاک جداری ۳۸۳	۸.۱۱
تنش برشی در جریان مغشوش ۳۸۸	۹.۱۱
بازدارندگی اصطکاک جداری در لایه مرزی متلاطم برای صفحه‌های زیر ۳۹۶	۱۰.۱۱
جریان روی مرزهای خمیده ۳۹۹	۱۱.۱۱
بازدارندگی وارد بر اجسام غوطه‌ور ۴۰۲	۱۲.۱۱
ایرفویل‌ها ۴۱۴	۱۳.۱۱
پسای القایی ۴۱۹	۱۴.۱۱

فصل ۱۲ جریان‌های پتانسیل

مقدمه ۴۲۶	۱.۱۲
جریان صفحه‌ای ۴۳۱	۲.۱۲
ترکیب جریان‌های صفحه‌ای ۴۳۶	۳.۱۲
جریان دو بعدی حول اجسام ۴۴۸	۴.۱۲
روش نگاشت هم‌دیس ۴۵۹	۵.۱۲
تصاویر ۴۶۵	۶.۱۲
تئوری ایروفویل ۴۶۸	۷.۱۲

فصل ۱۳ توربوماشین‌ها

مقدمه ۴۷۶	۱.۱۳
پمپ گریز از مرکز (Centrifugal Pumps) ۴۷۸	۲.۱۳
منحنی‌های عملکرد پمپ و قوانین تشابه ۴۸۶	۳.۱۳
پمپ‌های جریان مختلط و جریان محوری سرعت مخصوص ۴۹۷	۴.۱۳

فصل ۱۴ موج

مقدمه ۵۰۶	۱.۱۴
امواج منظم ۵۰۷	۲.۱۴
تئوری پتانسیل ۵۰۸	۱.۲.۱۴
پتانسیل سرعت ۵۰۹	۲.۲.۱۴
شرط پیوستگی و معادله لاپلاس ۵۰۹	۳.۲.۱۴
شرایط مرزی بستر دریا ۵۱۰	۴.۲.۱۴

شرط مرزی دینامیکی سطح آزاد ۵۱۲	۵.۲.۱۴
شرط مرزی سینماتیکی سطح آزاد ۵۱۳	۶.۲.۱۴
سرعت فاز ۵۱۶	۳.۱۴
سینماتیک ذره آب ۵۱۷	۴.۱۴
سرعت‌ها ۵۱۸	۱.۴.۱۴
جابه‌جایی‌ها ۵۱۹	۲.۴.۱۴
خط سیر ۵۲۰	۳.۴.۱۴
شتاب‌ها ۵۲۱	۴.۴.۱۴
فشار ۵۲۲	۵.۴.۱۴
انرژی موج ۵۲۲	۶.۴.۱۴
انتقال انرژی یا توان ۵۲۵	۵.۱۴
سرعت گروهی ۵۲۷	۶.۱۴

پیوست‌ها ۵۳۱

پیوست الف مشخصات سیالات متفاوت در شرایط متفاوت ۵۳۲

پیوست ب تبدیل واحدها و کمیات مختلف ۵۳۹

پیوست ج جبر برداری ۵۴۳

ج. ۱ مقدمه ۵۴۳

ج. ۲ انواع بردارها ۵۴۳

ج. ۳ جمع برداری ۵۴۳

پیوست د میدان‌های برداری، اسکالر و نگاشت ۵۴۸

د. ۱ گرادینان ۵۴۸

د. ۲ میدان برداری ۵۴۸

د. ۳ میدان اسکالر ۵۴۸

د. ۴ دیورژانس ۵۴۸

د. ۵ کرل ۵۴۸

د. ۶ قضیه گرین ۵۴۹

د. ۷ قضیه دیورژانس ۵۴۹

د. ۸ قضیه استوکس ۵۴۹

د. ۹ نگاشت ۵۴۹

منابع و مراجع ۵۵۱

فهرست الفبایی ۵۵۳

فصل اول



مقدمه

Introduction

