

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

هیدرو دینامیک

Hydrodynamics

جلد اول

www.ketab.ir

تألیف:

دکتر حسن احمدی کرویق

دکتر فرهنگ راد



انتشارات دانشگاه تهران

شماره ۲۵۳۱

شماره مسلسل ۷۲۳۱

سرشناسه	: احمدی، حسن، ۱۳۲۹
عنوان و نام پدیدآور	: هیدرودینامیک - Hydrodynamic / تألیف حسن احمدی، فرهنگ راد
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه تهران، مؤسسه انتشارات، ۱۳۹۱
مشخصات ظاهری	: ۴ ج: مصور، جدول، نمودار
فروخت	: انتشارات دانشگاه تهران، شماره ۲۵۳۱
شابک	: 978-964-03-4454-5
وضعیت فهرست نویسی	: فیا
یادداشت	: کتابنامه
موضوع	: هیدرودینامیک
شماره افزوده	: راد، فرهنگ، ۱۳۵۴
شماره افزوده	: دانشگاه تهران، مؤسسه انتشارات
رده‌بندی کنگره	: ۱۳۹۲ - ۳ الف / TC ۱۷۱
رده‌بندی دبیری	: ۵۳۲/۵
شماره کتابشناسی ملی	: ۸۰۰ ۲۰۱۳۶

ISBN:978-964-03-4454-5



9 789640 344545

عنوان: هیدرودینامیک (جلد اول)

تألیف: دکتر حسن احمدی کرویچ - دکتر فرهنگ راد

نوبت چاپ: دوم

تاریخ انتشار: ۱۳۹۲

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

چاپ و صحافی: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

«مسئولیت صحت مطالب کتاب با مؤلفان است»

«کلیه حقوق برای ناشر محفوظ است»

بها: ۳۰۰۰۰۰ ریال

خیابان کارگر شمالی - خیابان شهید فرش مقدم - مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

پست الکترونیک: press@ut.ac.ir - تارنما: <http://press.ut.ac.ir>

بخش و فروش: تلفکس ۸۸۰۱۲۰۷۸

پیشگفتار	۹
فصل اول - کلیات و یادآوری	۱۱
۱-۱- تفاوت هیدرودینامیک و مکانیک سیالات	۱۱
۲-۱- دینامیک سیالات و کتاب‌های علم مکانیک سیالات و هیدرودینامیک	۱۳
۳-۱- تاریخچه مختصری از تکامل علم مکانیک سیالات و هیدرودینامیک	۱۹
۱-۳-۱- از مکانیک دویان باستان تا عصر نیوتنی	۱۹
۲-۳-۱- عصر برنولی و اولر، هیدرومکانیک در قرن نوزدهم	۲۲
۳-۳-۱- توسعه مکانیک سیالات در قرن بیستم	۳۴
۴-۱- توصیف کلی برخی مفاهیم و واژه‌های هیدرودینامیک	۴۰
۱-۴-۱- سیال نیوتنی و غیرنیوتنی	۴۱
۲-۴-۱- متغیرها و توابع در علم دینامیک سیالات	۴۴
۳-۴-۱- جریانات چرخشی و غیرچرخشی	۴۵
۴-۴-۱- سیال ایده‌آل و حقیقی	۴۸
۵-۴-۱- جریانات آرام و متلاطم	۴۸
۶-۴-۱- لایه مرزی	۵۰
۵-۱- چکیده‌ای از مکانیک سیالات مقدماتی (تئوری فیلمان سیال)	۵۱
۱-۵-۱- رابطه برنولی برای فیلمان جریان (لوله جریان)	۵۱
۲-۵-۱- روش استفاده از روابط حرکت یک‌بعدی در جریانات با خطوط	
جریان پرانحنا	۶۰
۳-۵-۱- روابط اندازه حرکت، انرژی و پیوستگی برای حجم مینا	۷۵
فصل دوم - دیدگاه‌های بررسی جریان سیالات	۸۵
۱-۲- دیدگاه لاگرانژی	۸۵

۸۷	۲-۲- دیدگاه اولری
۸۸	۲-۳- مشتق توابع برحسب متغیرهای لاگرانژی
۸۹	۲-۴- مشتق توابع برحسب متغیرهای اولری
۹۳	۲-۵- مشتق جهت‌دار
۹۴	۲-۶- بردار گرادیان
۹۴	۲-۷- مشتق انتقالی
۹۵	۲-۸- میدان سرعت
۹۶	۲-۹- شتاب سیال
۹۷	۲-۱۰- شتاب در دستگاه‌های مختلف مختصات
۹۹	۲-۱۱- مقایسه دیدگاه‌های لاگرانژی و اولری و تبدیل آنها به یکدیگر
۱۰۴	مسائل فصل دوم
۱۱۷	فصل سوم- سینماتیک جریان
۱۱۷	۳-۱- انواع خطوط حرکت
۱۱۸	۳-۱-۱- خط جریان
۱۲۰	۳-۱-۲- خط مسیر
۱۲۱	۳-۱-۳- خط رگه
۱۲۲	۳-۱-۴- مقایسه خطوط حرکت
۱۲۲	۳-۲- سیرکولاسیون و وُرتیسیستی
۱۲۵	۳-۳- لوله‌های جریان و لوله‌های گرداب
۱۲۶	۳-۴- سینماتیک خطوط گرداب
۱۳۰	مسائل فصل سوم
	فصل چهارم- معادله پیوستگی و معادلات مستخرج از آن برای جریان سیال
۱۳۷	ایده‌آل
۱۳۷	۴-۱- معادله پیوستگی در دستگاه مختصات کارتزین
۱۳۸	۴-۲- فرم برداری معادله پیوستگی
۱۴۰	۴-۳- معادله پیوستگی در دستگاه مختصات استوانه‌ای
۱۴۱	۴-۴- معادله پیوستگی در دستگاه مختصات کروی

۱۴۲	۴-۵- معادله پیوستگی در دستگاه مختصات طبیعی
۱۴۴	۴-۶- معادله پیوستگی برای لوله جریان یا روش دیگر استخراج معادله پیوستگی
۱۴۶	۴-۷- رابطه پیوستگی برای کانال‌های روباز با بستر ثابت
۱۴۹	۴-۸- رابطه پیوستگی در دستگاه لاگرانژی
۱۵۱	۴-۹- تبدیل معادله پیوستگی به معادله لاپلاس برای ϕ در جریان ایده‌آل
۱۵۸	۴-۱۰- تابع جریان ψ در حرکت دوبعدی سیال ایده‌آل
۱۶۳	۴-۱۱- مفهوم فیزیکی حرکت غیرچرخشی
۱۷۳	۴-۱۲- حرکت غیرچرخشی در محدوده‌های همبند چندگانه
۱۷۹	مسائل فصل چهارم
۱۸۳	فصل پنجم- معادلات حرکت سیال ایده‌آل
۱۸۳	۵-۱- معادلات حرکت سیالات ایده‌آل (معادله اولر) در دستگاه مختصات کارتزین
۱۸۵	۵-۲- شکل‌های دیگر معادله اولر
۱۹۲	۵-۳- معادله اولر در دستگاه مختصات استوانه‌ای متقارن همراه با دوران
۱۹۳	۵-۴- معادله اولر در دستگاه مختصات طبیعی
۱۹۹	۵-۵- معادله اولر در دستگاه لاگرانژی
۱۹۹	۵-۶- انتگرال معادله اولر، رابطه برنولی
۲۰۴	۵-۷- حرکت چرخشی سیال ایده‌آل
۲۱۳	۵-۸- میدان سرعت ناشی از میدان ورتکس
۲۱۸	۵-۹- میدان سرعت ناشی از میدان مولد جریان
۲۲۱	۵-۱۰- شرایط مرزی و اولیه حرکت سیال ایده‌آل تراکم‌ناپذیر
۲۲۳	۵-۱۱- معادله انرژی جنبشی سیال ایده‌آل غیرچرخشی و قضیه کلوین
۲۲۸	۵-۱۲- دسته‌بندی مسائل جریان ایده‌آل به سه نوع کلی و روش حل آنها
۲۳۳	مسائل فصل پنجم
۲۵۵	فصل ششم- جریان صفحه‌ای سیال ایده‌آل
۲۵۵	۶-۱- مقدمه

- ۲۵۷ ۲-۶- کاربرد توابع تحلیلی در هیدرودینامیک صفحه‌ای
- ۲۷۰ ۳-۶- جریان‌های پایه
- ۲۷۰ ۱-۳-۶- جریان یکنواخت
- ۲۷۱ ۲-۳-۶- چشمه / چاه
- ۲۷۴ ۳-۳-۶- گرداب یا ورتکس غیر چرخشی
- ۲۷۶ ۴-۳-۶- چشمه - گرداب
- ۲۷۸ ۵-۳-۶- دابلت
- ۲۸۳ ۶-۳-۶- جریان در گوشه
- ۲۸۸ ۴-۶- استفاده از اصل تجمع
- ۲۸۹ ۱-۴-۶- زوج چشمه و چاه در صفحه جریان
- ۲۹۰ ۲-۴-۶- زوج چشمه و چاه در جریان یکنواخت
- ۲۹۳ ۳-۴-۶- محور جریان یکنواخت از اجسام رانکین
- ۲۹۸ ۴-۴-۶- میلدر یا سیرکولاسیون در جریان یکنواخت
- ۳۰۳ ۵-۴-۶- مجموعه‌ای از نقاط تکینه در صفحه جریان
- ۶-۴-۶- توزیع فشار در مرزهای جامد و محاسبه لیفت و درگ
- ۳۰۹ (قضیه بلازیوس)
- ۳۲۱ ۵-۶- استفاده از اصل قرینه‌ها
- ۳۲۱ ۱-۵-۶- اصول روش قرینه‌ها
- ۳۲۸ ۲-۵-۶- قرینه چشمه نسبت به دایره
- ۳۳۱ ۳-۵-۶- قرینه دابلت نسبت به دایره
- ۳۳۳ ۴-۵-۶- جریان در نیم صفحه
- ۳۳۶ ۵-۵-۶- جریان در داخل دایره
- ۳۳۷ ۶-۵-۶- قضیه دایره
- ۳۴۰ ۷-۵-۶- تکینگی‌ها در نوار قائم نامحدود
- ۳۴۰ ۶-۶- کاربرد تبدیلات همدیس
- ۳۴۰ ۱-۶-۶- کلیات
- ۳۴۳ ۲-۶-۶- تصویر جریان پتانسیل در تبدیل همدیس
- ۳۵۴ ۳-۶-۶- تصویر تکینگی‌ها در تبدیل همدیس تبدیلات تک مقداری
- ۳۵۷ ۴-۶-۶- پتانسیل مختلط به عنوان یک تبدیل همدیس

۳۶۰	۵-۶-۶ - حل مسائل جریان به کمک تبدیلات همدیس
	۶-۶-۶ - حل مسائل جریان صفحه‌ای ناشی از تکینگی هابه کمک
۳۷۵	تبدیلات همدیس
	۷-۶-۶ - حل مسئله جریان از اطراف سیلندر با مقطع دلخواه به کمک
۳۷۹	تبدیل همدیس
۴۱۰	مسائل فصل ششم
۲۳۳	فصل هفتم - کاربرد هیدرودینامیک جریان صفحه‌ای
۴۳۳	۱-۷ - حرکت اجسام دوبعدی در سیال
۴۳۳	۱-۱-۷ - کلیات و تعریف مسئله
۴۳۶	۲-۱-۷ - مجورهای مختصات و شرایط مرزی
۴۴۲	۳-۱-۷ - حرکت سیلندر استوانه‌ای
۴۴۵	۴-۱-۷ - حرکت سیال از اطراف سیلندر استوانه‌ای ساکن
۴۵۰	۵-۱-۷ - میدان سرعت در حرکت انتقالی سیلندر استوانه‌ای
۴۵۵	۶-۱-۷ - محاسبه نیروی وارد به استوانه متحرک
۴۶۰	۷-۱-۷ - حرکت غیریکنواخت انتقالی استوانه در سیال
۴۶۶	۸-۱-۷ - حرکت غیرماندگار استوانه با مقطع دلخواه
۴۷۸	۹-۱-۷ - حرکت سیلندر بیضوی شکل در سیال
۴۸۹	۱۰-۱-۷ - حرکت ورق (صفحه) در سیال
۴۹۵	۱۱-۱-۷ - حرکت کنتورهای محتوی سیال
۵۰۱	۲-۷ - تئوری باله‌ها
۵۰۱	۱-۲-۷ - کلیات
۵۰۸	۲-۲-۷ - خصوصیات هندسی پروفیل باله (ایرفویل)
۵۱۱	۳-۲-۷ - جریان از سیلندر دایره‌ای با سیرکولاسیون
۵۱۵	۴-۲-۷ - جریان از باله با پروفیل کلی
۵۲۹	۵-۲-۷ - باله‌های خطی
۵۳۹	۶-۲-۷ - باله‌های با پروفیل ژوکوفسکی - چاپلگین
۵۵۵	۷-۲-۷ - روش‌های دیگر حل جریان از باله با پروفیل دلخواه
۵۶۰	۸-۲-۷ - تئوری باله‌های نازک، روش تبدیل همدیس

۵۷۱	 ۷-۲-۹- حل باله‌های نازک، روش تجمع تکیه‌ها
۵۹۱	 ۷-۲-۱۰- جریان از شانه باله
۶۰۸	 مسائل فصل هفتم
۶۳۵	 پیوست ۱- روابط اساسی و مکانیک سیالات برای حجم مینا
۶۳۵	 A۱-۱- رابطه بقای جرم
۶۳۷	 A۱-۲- رابطه بقای اندازه حرکت
۶۳۹	 A۱-۳- رابطه بقای انرژی
۶۴۰	 پیوست ۲- قضایای گوس، گرین و استوکس
۶۴۳	 پیوست ۳- دستگاه‌های مختصات متعامد
۶۵۰	 پیوست ۴- تبدیلات هم‌مدیس
۶۶۲	 پیوست ۵- شتاب در دستگاه مختصات متحرک و دوار (غیراینرسی)
۶۷۲	 پیوست ۶- توابع خاص
۶۷۲	 A۶-۱- انتگرال‌های بیضوی
۶۷۳	 A۶-۲- توابع بیضوی ژاکوبی
۶۷۵	 A۶-۳- انتگرال بواسون
۶۷۶	 A۶-۴- سری‌های سینوسی و کسینوسی فوریه
۶۷۷	 A۶-۵- قضیه اشتروم لوویه
۶۷۹	 مراجع

پیشگفتار

کتاب هیدرودینامیک که جلد اول آن اینک تقدیم علاقمندان می‌گردد، با این نیت تدوین شده که مرجع نسبتاً کاملی در این علم به زبان فارسی به وجود آید. علیرغم آنکه کتاب‌های متعددی به زبان فارسی اعم از ترجمه و تألیف در مکانیک سیالات مقدماتی انتشار یافته ولی کتاب قابل توجهی در هیدرودینامیک که ادامه منطقی علم مکانیک سیالات می‌باشد، به زبان فارسی وجود ندارد. اشاره می‌شود که مکانیک سیالات مقدماتی عموماً به بررسی جریان یک بعدی سیال و هیدرودینامیک به بررسی جریان‌های دو و سه بعدی سیالات می‌پردازد.

کتاب هیدرودینامیک در مجلدات زیر تدوین شده است :

جلد اول - مبانی و معادلات حرکت سیال ایده‌آل و جریان دوبعدی آن

جلد دوم - دنباله جریان دوبعدی و جریان سه بعدی سیال ایده‌آل

جلد سوم - مبانی و معادلات حرکت سیال لزج و جریان دوبعدی و سه بعدی آرام (لامینار) سیال لزج

جلد چهارم - جریان دو و سه بعدی منقلب یا متلاطم (توربولان) سیال لزج

کتاب حاضر، جلد اول از مجموعه چهار جلدی فوق می‌باشد. این مجموعه برای دانشجویان دوره‌های کارشناسی ارشد و دکتر که درس هیدرودینامیک را می‌گذرانند، و همچنین برای محققین و اساتید قابل استفاده می‌باشد. مدرسین محترم درس هیدرودینامیک می‌توانند مباحث مورد نظر خود را جهت تدریس از این مجموعه انتخاب نمایند، زیرا سعی گردیده که مرجع کاملی در رشته هیدرودینامیک عرضه شود و بخشی از مباحث آن بالاتر از سطح درس هیدرودینامیک می‌باشد که فعلاً در دانشگاهها تدریس می‌شود.

در پایان هر فصل از فصول کتاب تعدادی مسئله حل شده و تعدادی مسئله برای حل (همراه با جواب‌های آن) ارائه گردیده تا در تفهیم بیشتر مطالب و مباحث کتاب، به خواننده یاری رساند.

امید است که اساتید و دانشمندان گرامی با تذکر نواقص و اشکالات کتاب، ما را برای بهبود کیفیت آن در چاپ‌های بعدی یاری رسانند.

حسن احمدی

فرهنگ راد

شهریور ۱۳۸۰