



مکانیک سیالات

تألیف: سید حسن هاشم آبادی

عضو هیئت علمی دانشگاه علم و صنعت ایران

| | |
|---------------------|---|
| سرشناسه | : هاشم‌آبادی، سیدحسین، ۱۳۴۹ - |
| عنوان و نام پدیدآور | : مکانیک سیالات / سیدحسین هاشم‌آبادی. |
| مشخصات نشر | : تهران: سیدحسین هاشم‌آبادی، ۱۳۹۳. |
| مشخصات ظاهری | : ز، ۴۱۸ص: مصور، جدول، نمودار. |
| شابک | : ۹۷۸-۶۰۰-۰۴-۱۹۰۳-۵ |
| وضعیت فهرست نویسی | : فیپا |
| یادداشت | : کتابنامه: ص. ۴۰۷ - ۴۱۸. |
| موضوع | : سیالات - مکانیک |
| موضوع | : سیالات -- مکانیک -- مسائل، تمرین‌ها و غیره (عالی) |
| موضوع | : دانشگاه‌ها و مدارس عالی -- ایران -- آزمون‌ها |
| رده بندی کنگره | : ۱۳۹۳۳۵۷TA / ۱۶م ۸/ه |
| رده بندی دیویی | : ۱۰۴/۶۲۰: |
| شماره کتابشناسی ملی | : ۳۶۵۸۱۳۸: |



نام کتاب: مکانیک سیالات

تالیف: سیدحسین هاشم‌آبادی

چاپ اول: ۱۳۹۳

شمارگان: ۵۰۰ جلد

قیمت: ۲۱۵۰۰۰ ریال

قطع: وزیری

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: مرکز تخصصی CFD ایران، تلفن: ۰۲۱-۷۷۲۱۱۱۴۴

وبسایت: ۰۲۱-۷۷۴۴۱۹۳۰، WWW.CFDIran.com، ایمیل: info@cfdiran.com

حق چاپ برای مولف محفوظ است

ISBN: 978-600-04-1903-5

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۰۴-۱۹۰۳-۵

پیشگفتار

فرآیندهای مختلف مهندسی به سه دسته فرآیندهای جامد^۱، جامد- سیال^۲ و تماما سیال^۳ تقسیم بندی می شوند. عمدتاً فرآیندها در صنایع شیمیایی، نفت، گاز، پتروشیمی، صنایع غذایی و صنایع پلیمری از نوع فرآیندهای جریان می باشند. اهمیت تحلیل سیالات بصورت ساکن یا در حال حرکت در رشته های مختلف مهندسی بر کسی پوشیده نیست. طراحی و بهره برداری از کلیه ادوات و تجهیزات فرآیندی نیاز به دانستن رفتار و عملکرد سیال در آنها دارد. جالب آنکه در دستگاه هایی مثل انواع مبدل های حرارتی، کوره ها، انواع راکتورها، برج های جداکننده مثل برج های تقطیر، برج های جذب و دفع، انواع خشک کن های صنعتی و ... که به نظر می رسد انتقال سایر پدیده شامل حرارت و جرم مهم باشند، نقش اصلی و کلیدی را جریان سیال در دستگاه بازی می کند. لذا جهت ایجاد توانمندی لازم برای طراحی انواع دستگاه ها، درک عمیق مفاهیم، قوانین و اصول محاسبات در مکانیک سیالات امری اجتناب ناپذیر است.

سرفصل های مهم درس مکانیک سیالات دوره کارشناسی شامل قانون ویسکوزیته نیوتن، استاتیک سیالات، قوانین بقاء، دینامیک سیالات، جریان روی اجسام، سیالات غیرنیوتنی و جریانهای تراکم پذیر مطابق با مصوبه وزارت علوم، تحقیقات و فناوری در کتاب حاضر مورد بحث قرار گرفته اند. در مباحث مختلف سعی شده است ضمن داشتن بیان ساده به اهمیت کاربرد آنها در صنعت نیز اشاره گردد. در فصول مختلف پس از بیان مباحث مربوطه، با مثال هایی متعدد روش حل مسائل مورد بحث قرار گرفته است و تعدادی از سوالات برگزیده از کنکورهای کارشناسی ارشد و دکترا و همچنین المپیاد مهندسی شیمی در سنوات گذشته در انتها به صورت حل نشده آمده است.

¹ - Solid Process

² - Fluid-Solid Process

³ - Fluid Process

در پایان از کلیه کسانیکه در نگارش این کتاب کمک کردند، به خصوص از دانشجویان گرامی آقایان توحید ایرجی، حامد یوسف زاده، مسعود رحیمی، علی غفاری، مهدی زارع، عباس عبادی و همچنین اعضای انجمن علمی دانشکده آقایان امیر شهریار قربانیان، کیوان بادکوبه، رضا خراسانی، حامد عالی، سید میلاد سیدی ثانی، احمد رضا آفاخانی و سامان کاظمی به خاطر چک کردن نگارش بخش‌هایی از کتاب و سرکار خانم زهرا صائب برای طراحی جلد کتاب تشکر می‌شود. علی‌رغم تلاش زیاد در ارائه ساده و روان مطالب، مطمئناً نواقصی همچنان در ارائه مطالب موجود باشد، لذا نیازمند راهنمایی‌ها و پیشنهادات خوانندگان عزیز به ویژه اساتید بزرگوار و دانشجویان عزیز می‌باشم.

سید حسن هاشم آبادی
دانشیار دانشکده مهندسی شیمی
دانشگاه علم و صنعت ایران

فهرست

فصل اول: قانون ویسکوزیته نیوتن و کشش سطحی سیالات

| | | |
|-------|------------------------------------|----|
| ۱-۱ | مقدمه | ۱ |
| ۲-۱ | محیط پیوسته | ۲ |
| ۳-۱ | قانون ویسکوزیته نیوتن | ۳ |
| ۱-۳-۱ | اثر دما و فشار بر ویسکوزیته سیالات | ۷ |
| ۴-۱ | تراکم پذیری سیالات | ۱۱ |
| ۵-۱ | سیالات غیر نیوتنی | ۱۲ |
| ۶-۱ | کشش سطحی | ۱۲ |

فصل دوم: استاتیک سیالات

| | | |
|-------|---------------------------------------|----|
| ۱-۲ | مقدمه | ۲۱ |
| ۲-۲ | قانون پاسکال | ۲۱ |
| ۳-۲ | گرادیان فشار | ۲۲ |
| ۱-۳-۲ | تغییرات فشار بین دو نقطه افقی در سیال | ۲۴ |
| ۲-۳-۲ | تغییرات فشار با ارتفاع | ۲۵ |
| ۴-۲ | اندازه گیری فشار و آحاد مختلف آن | ۲۷ |
| ۵-۲ | مانومترها | ۲۹ |
| ۶-۲ | نیروی وارده از سیال روی سطوح | ۳۴ |
| ۱-۶-۲ | حالت اول: سطح افقی | ۳۵ |
| ۲-۶-۲ | حالت دوم: سطح عمودی | ۳۸ |

| | | | |
|----|-------|--------|----------------------------------|
| ۴۸ | ..... | ۳-۴-۲ | حالت سوم: سطح مورب |
| ۵۱ | ..... | ۴-۶-۲ | حالت چهارم: سطوح منحنی |
| ۵۶ | ..... | ۷-۲ | نیروی شناوری |
| ۶۲ | ..... | ۸-۲ | پایداری اجسام |
| ۶۴ | ..... | ۹-۲ | هیدرومتر چیست و چگونه کار میکند؟ |
| ۶۶ | ..... | ۱۰-۲ | سیالات دارای شتاب ثابت |
| ۶۶ | ..... | ۱-۱۰-۲ | شتاب ثابت انتقالی |
| ۷۰ | ..... | ۲-۱۰-۲ | سیالات دارای شتاب ثابت دورانی |
| ۷۴ | ..... | ۱۱-۲ | سوال ها |
| ۷۵ | ..... | ۱۲-۲ | مسئله ها |

فصل سوم: قوانین بقاء جرم، ممنتوم و انرژی

| | | | |
|-----|-------|-------|--|
| ۸۵ | ..... | ۱-۳ | قانون بقاء جرم |
| ۹۱ | ..... | ۲-۳ | فرم انتگرالی معادلات بقاء ممنتوم |
| ۹۵ | ..... | ۳-۳ | ضریب تصحیح انرژی جنبشی |
| ۹۷ | ..... | ۴-۳ | معادله حرکت اولر |
| ۱۰۰ | ..... | ۵-۳ | معادله برنولی |
| ۱۰۹ | ..... | ۶-۳ | کاربرد معادله برنولی در اندازه گیری دبی سیالات |
| ۱۰۹ | ..... | ۱-۶-۳ | ونتوریمتر |
| ۱۱۰ | ..... | ۲-۶-۳ | جریان سنج روزنه ای |
| ۱۱۲ | ..... | ۳-۶-۳ | لوله پیتوت |
| ۱۱۵ | ..... | ۷-۳ | مسئله ها |

فصل چهارم: جریان های آرام، ناآرام و محاسبات خطوط لوله

| | | | |
|-----|-------|-----|-------|
| ۱۲۱ | | ۱-۴ | مقدمه |
|-----|-------|-----|-------|

| | | |
|-------|---------------------------------------|-----|
| ۲-۴ | آزمایش رینولدز..... | ۱۲۱ |
| ۱-۲-۴ | جریان آرام در لوله..... | ۱۲۲ |
| ۲-۲-۴ | جریان آرام بین دو صفحه موازی..... | ۱۲۸ |
| ۳-۴ | معادلات ناویه استوکس..... | ۱۳۵ |
| ۴-۴ | چند مسئله از المپیاد مهندسی شیمی..... | ۱۳۷ |
| ۵-۴ | جریان های ناآرام..... | ۱۴۶ |
| ۱-۵-۴ | شدت اغتشاش..... | ۱۴۷ |
| ۲-۵-۴ | توزیع سرعت در جریان ناآرام..... | ۱۴۹ |
| ۶-۴ | سایر تلفات در خط لوله..... | ۱۵۶ |
| ۷-۴ | شبکه لوله کشی..... | ۱۶۱ |
| ۸-۴ | محاسبات پمپها..... | ۱۶۴ |
| ۱-۸-۴ | پمپ های سانتریفوژ..... | ۱۶۵ |
| ۹-۴ | مفهوم لایه مرزی..... | ۱۷۲ |
| ۱۰-۴ | سوال ها..... | ۱۷۵ |
| ۱۱-۴ | مسئله ها..... | ۱۷۷ |

فصل پنجم: آنالیز ابعادی و اصول بزرگنمایی

| | | |
|-----|---------------------------------|-----|
| ۱-۵ | آنالیز ابعادی..... | ۱۹۱ |
| ۲-۵ | روش ريله..... | ۱۹۲ |
| ۳-۵ | روش باکینگهام یا قضیه ی II..... | ۱۹۴ |
| ۴-۵ | اصول افزایش مقیاس..... | ۱۹۸ |
| ۵-۵ | انواع تشابه..... | ۱۹۹ |
| ۶-۵ | گروههای بی بعد..... | ۲۰۱ |

۲۰۴ ۷-۵ مسئله ها

فصل ششم: جریان روی اجسام

| | |
|-----|----------------------------|
| ۲۰۷ | ۱-۶ مقدمه |
| ۲۰۷ | ۲-۶ نیروی درگ و نیروی لیفت |
| ۲۰۹ | ۳-۶ جریان روی کره |
| ۲۱۷ | ۴-۶ بسترهای متخلخل |
| ۲۲۳ | ۵-۶ بستر سیال |
| ۲۲۷ | ۶-۶ مسئله ها |

فصل هفتم: سیالات غیر نیوتنی

| | |
|-----|--|
| ۲۳۱ | ۱-۷ مقدمه |
| ۲۳۱ | ۲-۷ سیالات غیر نیوتنی |
| ۲۳۳ | ۳-۷ دسته بندی سیالات غیر نیوتنی |
| ۲۳۴ | ۴-۷ سیالات غیر نیوتنی وابسته به زمان |
| ۲۳۶ | ۵-۷ سیالات ویسکوالاستیک |
| ۲۳۸ | ۶-۷ مدل‌های سیالات غیر نیوتنی در جریان های یک بعدی |
| ۲۴۰ | ۷-۷ مدل تعمیم یافته سیالات نیوتنی |
| ۲۳۶ | ۸-۷ جریان آرام سیال پاورلا در لوله |
| ۲۴۳ | ۹-۷ جریان درهم سیال پاورلا داخل لوله |
| ۲۴۵ | ۱۰-۷ جریان سیال بینگهام پلاستیک روی سطح شیب دار |
| ۲۴۶ | ۱۱-۷ رابطه دبی سیال و گرادیان فشار |
| ۲۴۹ | ۱۲-۷ رئومتر لوله ی موین |
| ۲۵۲ | ۱۳-۷ آنالیز داده ها و نتایج |
| ۲۶۶ | ۱۴-۷ سوال ها |
| ۲۶۷ | ۱۵-۷ مسئله ها |

فصل هشتم: جریان های تراکم پذیر

| | | |
|-----|-----|---------------------------|
| ۲۷۱ | ۱-۸ | مقدمه |
| ۲۷۲ | ۲-۸ | محاسبه عدد ماخ |
| ۲۷۴ | ۳-۸ | معادله بقاء جرم و مومنتوم |
| ۲۷۷ | ۴-۸ | معادله ی انرژی |
| ۲۸۳ | ۵-۸ | جریان های اصطکاکی |
| ۲۸۴ | ۶-۸ | مسئله ها |

فصل نهم: جریان های چند فازی

| | | |
|-----|-------|-------------------------------------|
| ۲۸۷ | ۱-۹ | مقدمه |
| ۲۸۸ | ۲-۹ | جریان های چندفازی |
| ۲۹۰ | ۱-۲-۹ | بویلرهای آب لوله |
| ۲۹۳ | ۲-۲-۹ | پمپ هواکار |
| ۲۹۴ | ۳-۲-۹ | قهوه ساز |
| ۲۹۵ | ۳-۹ | تعیین الگوی جریان در لوله های عمودی |
| ۳۱۱ | ۴-۹ | تعیین الگوی جریان در لوله های افقی |
| ۳۰۳ | ۵-۹ | محاسبه افت فشار جریان دوفازی |
| ۳۰۴ | ۶-۹ | مدل جریان یکنواخت |
| ۳۱۰ | ۷-۹ | ضرایب تصحیح افت فشار اصطکاکی |
| ۳۱۶ | ۸-۹ | مدل جریان جداگانه |
| ۳۲۳ | ۹-۹ | افت فشار کل جریان دوفازی |
| ۳۲۷ | ۱۰-۹ | مدل فلاکس نسبی |
| ۳۳۷ | ۱۱-۹ | حل تحلیلی جریان آرام لایه ای |
| ۳۴۱ | ۱۲-۹ | مسئله ها |

فصل دهم: مبانی شبیه سازی CFD

| | |
|-----|--|
| ۳۵۱ | ۱-۱۰ مقدمه |
| ۳۵۱ | ۲-۱۰ دیدگاه های مختلف تحلیل جریان سیالات |
| ۳۵۴ | ۳-۱۰ شبیه سازی های CFD در مهندسی شیمی |
| ۳۵۷ | ۴-۱۰ مزایای استفاده از شبیه سازی CFD |
| ۳۵۹ | ۵-۱۰ استفاده از CFD برای طراحی تجهیزات |
| ۳۶۱ | ۶-۱۰ یک مدل CFD چگونه کار می کند؟ |
| ۳۶۲ | ۱-۶-۱۰ کار با نرم افزار گمبیت |
| ۳۶۲ | ۲-۶-۱۰ شبیه سازی با نرم افزار فلوئنت |
| ۳۶۳ | ۷-۱۰ مراحل کار در شبیه سازی CFD |
| ۳۶۶ | ۸-۱۰ روش های حل عددی در شبیه سازی CFD |
| ۳۶۷ | ۹-۹ شبکه محاسباتی |
| ۳۶۹ | ۱-۹-۹ انواع شبکه های محاسباتی |
| ۳۷۱ | ۲-۹-۹ استقلال نتایج از مش |
| ۳۷۲ | ۱۰-۱۰ تفاوت شبیه سازی CFD با سایر شبیه سازی ها |
| ۳۷۲ | ۱۱-۱۰ معادلات حاکم بر شبیه سازی |
| ۳۷۳ | ۱-۱۱-۱۰ قانون ویسکوزیته نیوتن |
| ۳۷۴ | ۲-۱۱-۱۰ معادله پیوستگی |
| ۳۷۶ | ۳-۱۱-۱۰ معادلات ممنتوم |
| ۳۷۷ | ۴-۱۱-۱۰ ساده سازی معادله مومنوم |
| ۳۷۸ | ۵-۱۱-۱۰ معادله انرژی |
| ۳۸۰ | ۶-۱۱-۱۰ ساده سازی معادله انرژی |
| ۳۸۲ | ۷-۱۱-۱۰ ساده سازی معادله انرژی |
| ۳۸۳ | ۱۲-۱۰ شبیه سازی جریانهای درهم |

- ۳۸۳.....۱۰-۱۲-۱ فیزیک حاکم بر جریان مغشوش
- ۳۸۳.....۱۰-۱۲-۲ دیدگاههای مدلسازی جریان ناآرام
- ۳۸۵.....۱۰-۱۲-۳ مدلسازی مبتنی بر RANS
- ۳۸۷.....۱۰-۱۲-۴ مدل اغتشاش نیمه تجربی $k-\epsilon$
- ۳۸۹.....۱۰-۱۲-۵ شبیه سازی اثرات دیواره در جریان مغشوش
- ۳۹۰.....۱۰-۱۲-۶ روش حل معادلات در جریان ناآرام
- ۳۹۱.....۱۰-۱۲-۷ مدل تنش رینولدز ((RSM))
- ۳۹۲.....۱۰-۱۳-۱ حل عددی معادلات حاکم
- ۳۹۲.....۱۰-۱۳-۱ روش حجم محدود
- ۳۹۳.....۱۰-۱۳-۲ طرح های مختلف جهت محاسبه ترمهای جابجایی معادلات حاکم
- ۳۹۵.....۱۰-۱۳-۳ نفوذ کاذب
- ۳۹۵.....۱۰-۱۳-۴ محاسبه میدان سرعت
- ۳۹۸.....۱۰-۱۳-۵ شرایط مرزی
- ۴۰۰.....۱۰-۱۴-۱ حل معادلات انفصال
- ۴۰۱.....**مراجع:**