

آشنایی با مفاهیم مکانیک سیالات



دانشگاه صنعت آب و برق
(شهید باپی)

تألیف:

سید رضا شمشیرگران

امیر فرهاد نجفی

دانشگاه صنعت آب و برق

شمشیر گران، رضا، ۱۳۵۵.

آشنایی با مفاهیم مکانیک سیالات / رضا شمشیر گران، امیر فرهاد

نجفی. / تهران: دانشگاه صنعت آب و برق (شهید عباسپور)، ۱۳۸۷-

ا.ج. (شماره گذاری گوناگون) ۲۰۹ ص. : مصور، جدول، نمودار.

ISBN 978-964-8348-16-3

فهرست نویسی بر اساس اطلاعات فیا.

کتابنامه.

۱. سیالات. ۲. مکانیک. الف. شمشیر گران، رضا، ب. نجفی،

امیر فرهاد، ۱۳۵۲-، ج. دانشگاه صنعت آب و برق (شهید

عباسپور). د. عنوان.

۵۳۲

QC ۱۴۵ / ۲ / ۸۱۵ ۱۳۸۷

۸۷-۱۲۱۹۷۲۹ م

کتابخانه ملی ایران

آشنایی با مفاهیم مکانیک سیالات

مؤلفان: سید رضا شمشیر گران / امیر فرهاد نجفی.

نوبت چاپ: اول

تاریخ انتشار: بهمن ۱۳۸۷

ناشر: انتشارات دانشگاه صنعت آب و برق (شهید عباسپور)

شمارگان: ۱۵۰۰ نسخه

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۸۳۴۸-۱۶-۳

قیمت: ۳۵۰۰۰ ریال

مرکز بخش:

۱- فلکه چهارم نهر انپارس- بزرگراه وفادار شرقی- بلوار شهید عباسپور- دانشگاه صنعت آب و

برق (شهید عباسپور)- صندوق پستی: ۱۷۱۹- ۱۶۷۶۵- تلفن: ۷۳۹۳۲۳۷۳- دورنگار:

۷۳۹۳۲۳۷۶

۲- خیابان انقلاب- خیابان اردیبهشت- بین لبافی نژاد و جمهوری- پلاک ۱۲۶- انتشارات

فدک ایساتیس- تلفن: ۶۶۴۶۵۸۳۱

پیشگفتار

بدون تردید بشر از دیر باز با سیال ارتباط مستقیم داشته است. نقش آب و هوا، که جزو مهمترین سیالات می‌باشند، در حیات بشر مؤید همین مطلب است، بویژه آنکه خداوند متعال می‌فرماید: ما از آب هر چیزی را زنده گردانیدیم. از اینرو نقش و کاربرد سیال در زندگی انسان بر هیچکس پوشیده نیست؛ همچنانکه در گذر زمان شاهد دسناورهای شگفت‌انگیزی بوده‌ایم که پایه و اساس آنها بر بکارگیری پتانسیل موجود در سیالات، بویژه آب، استوار بوده است.

واضح است شگفت‌آفرینی سیالات در دنیای صنعتی امروز که مرهون تلاش بی‌وقفه مهندسان بزرگی بوده و موجبات آسایش زندگی ما را فراهم نموده، بدون مطالعه دقیق ماهیت و رفتار سیالات در شرایط گوناگون امکان‌پذیر نبوده است. همین مطالعات، زمینه شکل‌گیری تدریجی دانش مکانیک سیالات گردیده و تجربیات بدست آمده، خود بر غنای این دانش افزوده و موجب کسب تجربیات جدیدتری شده است و این توالی به حدی رسیده که اکنون با استفاده از دانش مکانیک سیالات، حتی می‌توان شرایط جوی را هم از قبل پیش‌بینی نمود.

بسیاری از تجهیزاتی که در دنیای صنعتی امروز شاهد کارکرد آنها هستیم و فرآیندهایی که در آنها صورت می‌گیرد، بطور مستقیم یا غیر مستقیم با نوعی سیال مرتبط می‌باشند. توربو ماشین‌ها شامل موتورهای جت، توربین‌های بخار و گاز، پمپ‌ها، فن‌ها، کمپرسورها و غیره، مبدل‌های حرارتی شامل بویلرها، کندانسورها، هیترها و غیره، همگی بطور مستقیم با سیال سر و کار دارند.

ذخیره آب در پشت سدها و تولید انرژی برقایی، تصفیه آب در تصفیه‌خانه‌ها، حتی خنک‌کاری تجهیزات الکتریکی مانند ژنراتورها، مدارهای الکتریکی و غیره نیز از مواردی هستند که سیال در آنها دخالت دارد.

بمنظور طراحی تجهیزات پیشرفته‌تر و توسعه و بهبود کارکرد تجهیزات موجود و کنترل عملکرد آنها، لازم است رفتار سیال را در آنها بشناسیم. اینکار با استفاده از دانش مکانیک سیالات میسر است. بنابراین آشنایی هر چند مختصر با این دانش، بویژه برای افرادی که در این زمینه فعالیت می‌نمایند، اجتناب‌ناپذیر است.

هدف از تهیه این کتاب، ارائه مبانی مقدماتی مورد نیاز در راستای فهم مناسب مکانیک سیالات و موضوعات مرتبط با آن می‌باشد. از آنجا که اغلب کتب و منابع موجود در کشور که در دوره‌های کارشناسی و بالاتر استفاده می‌شوند حاوی جزئیات مفصلی هستند که باعث کندی فرآیند یادگیری سریع می‌گردد، از اینرو وجود متنی موجز که قابلیت بیان مطالب و موضوعات اصلی مکانیک سیالات را به زبانی ساده داشته باشد ضروری بنظر می‌رسد؛ بطوریکه بدون ورود به جزئیات به بیان مفاهیم اصلی مورد نیاز برای مطالعه افراد پردازد. البته لازم به ذکر است که تهیه چنین متونی توسط افراد دانشگاهی در کشورهای پیشناز در زمینه‌های علمی نیز متداول می‌باشد.

اثر حاضر با این دیدگاه تلاش دارد تا با پرهیز از جزئیات، مقدمات اولیه را برای ورود به حوزه مکانیک سیالات، بویژه برای مهندسين سایر رشته‌ها و همچنین علاقمندان به علم مکانیک سیالات، به زبانی ساده فراهم نماید.

بخشهایی از این کتاب برگرفته از همان مطالب کتب مرجع در زمینه مکانیک سیالات می‌باشد که توسط نگارندگان تلخیص و سایر بخشها بر اساس تجربه به زبانی ساده تألیف گردیده‌اند.

این اثر در هشت فصل همراه با چهار پیوست تهیه گردیده است. فصل اول به تعاریف و مفاهیم اولیه در خصوص سیالات و فصل دوم به نیروهای مؤثر در جریان سیالات و رابطه‌شان با خواص فیزیکی سیال اختصاص یافته است. فصل سوم به بحث در مورد شرایط سکون سیالات می‌پردازد. در فصل چهارم انواع جریان‌ها در سیالات معرفی گردیده‌اند. در فصل پنجم، ششم و هفتم به ترتیب اصل بقای جرم، اصل بقای انرژی و اصل بقای اندازه حرکت مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. فصل آخر نیز به معرفی روشها و تجهیزات اندازه‌گیری خواص و پارامترهای سیالات اختصاص یافته است. خواص فیزیکی انواع سیالات و ضرایب تبدیل واحدها در پیوست کتاب ارائه شده‌اند.

در پایان ضمن ابراز تشکر صمیمانه از کلیه عزیزانی که در تهیه این اثر ما را یاری نمودند بویژه آقای مهرداد محمدنیا در امور تایپ و همچنین انتشارات دانشگاه صنعت آب و برق در امور چاپ و نشر، امیدواریم این اثر مورد استفاده همه خوانندگان گرامی واقع گردد. انتقادات و پیشنهادات کلیه خوانندگان عزیز و یادآوری هرگونه نقص احتمالی را پذیرا می‌باشیم.

سید رضا شمشیرگران / امیر فرهاد نجفی

شهریور ۱۳۸۷ - تهران - دانشگاه صنعت آب و برق

shamshirgaran@pwut.ac.ir

afnajafi@pwut.ac.ir

عنوان	صفحه
-------	------

پیشگفتار

فصل اول - مقدمه و تعاریف اولیه

۱-۱- مقدمه	۱
۱-۱-۱- تعریف علم مکانیک	۱
۱-۱-۲- ماهیت علم مکانیک	۲
۱-۱-۳- هدف علم مکانیک	۲
۱-۱-۴- سابقه علم مکانیک	۲
۱-۲- تعریف و اختلاف بین جامد، مایع و گاز	۲
۱-۳- مروری بر تعریف ابعاد و واحدها	۶
۱-۳-۱- سیستم ابعاد	۸
۱-۳-۲- سیستم واحدها	۹

فصل دوم - نیروهای مؤثر در جریان سیالات و رابطه‌شان با خواص فیزیکی سیال

۱-۲- تعریف خواص فیزیکی سیال و بعد و واحد آنها	۱۱
۱-۱-۲- جرم مخصوص	۱۱
۱-۲-۲- گرانش مخصوص	۱۱
۱-۳-۲- وزن مخصوص	۱۲
۱-۴-۲- کشش سطحی	۱۲
۱-۵-۲- عدم لغزش	۱۴
۱-۶-۲- ضریب الاستیک	۱۴

۱۶	۲-۱-۷-لزجت.....
۱۶	۲-۱-۷-۱-لزجت دینامیکی.....
۱۶	۲-۱-۷-۲-لزجت سینماتیکی.....
۱۸	۲-۲-معادلات نیروهای وارد بر سیال و رابطه آنها با خواص فیزیکی سیال.....
۲۱	۲-۲-۱-نیروی حرکتی (اینرسی).....
۲۱	۲-۲-۲-نیروی لزجت (اصطکاکی).....
۲۱	۲-۲-۳-نیروی گرانشی.....
۲۶	۲-۲-۴-نیروی کشش سطحی.....
۲۶	۲-۲-۵-نیروی الاستیک.....
۲۶	۲-۲-۶-نیروی فشاری.....
۲۳	۲-۳-اعداد بدون بعد و موارد کاربرد آنها.....
۲۴	۲-۳-۱-عدد رینولدز.....
۲۴	۲-۳-۲-عدد اولر.....
۲۵	۲-۳-۳-عدد فرود.....
۲۵	۲-۳-۴-عدد ویر.....
۲۵	۲-۳-۵-عدد ماخ.....

فصل سوم- اصول استاتیک سیالات

۲۷	۳-۱-معادله استاتیک سیالات.....
۲۸	۳-۲-فشار مطلق و نسبی.....
۲۹	۳-۳-مسائل مانومترها.....
۳۱	۳-۴-کاربرد معادله استاتیک در سیالات و محاسبه نیروها در یک صفحه غوطه‌ور.....
۳۶	۳-۵-معادلات لازم برای تعیین مقدار نیروی فشار و تعیین نقطه اثر آن.....

فصل چهارم - تقسیم‌بندی و روش محاسبه نوع جریان در سیالات

- ۴-۱- انواع جریان ۳۹
- ۴-۱-۱- جریان‌های لزج و غیرلزج ۴۰
- ۴-۱-۲- جریان تراکم‌پذیر و تراکم‌ناپذیر ۴۰
- ۴-۱-۳- جریان ایده‌آل - غیرایده‌آل ۴۱
- ۴-۱-۴- جریان آرام و متلاطم ۴۱
- ۴-۱-۵- جریان داخلی و خارجی ۴۲
- ۴-۱-۶- جریان ماندگار و غیرماندگار ۴۲
- ۴-۱-۷- جریان یکنواخت و غیریکنواخت ۴۸
- ۴-۱-۸- جریان یک بعدی، دو بعدی و سه بعدی ۴۸
- ۴-۱-۹- جریان یک جهتی، دو جهتی و سه جهتی ۴۵
- ۴-۱-۱۰- جریان چرخشی و غیرچرخشی ۴۵
- ۴-۲- خط جریان و لوله جریان ۴۷
- ۴-۳- معادلات سرعت و شتاب ۴۸
- ۴-۳-۱- معادله سرعت جریان ۴۸
- ۴-۳-۲- معادله شتاب جریان ۵۱

فصل پنجم - اصل بقای جرم و معادله پیوستگی

- ۵-۱- مقدمه ۵۵
- ۵-۲- آشنایی با برخی خواص ترمودینامیکی ۵۷
- ۵-۳- معادله پیوستگی در حرکت یک بعدی ۵۹
- ۵-۴- رابطه بین سطح و سرعت و محاسبه سرعت متوسط ۶۰

فصل ششم - اصل بقای انرژی و معادله انرژی

- ۶۵-۱-۶ معادله انرژی بر اساس اصل اول ترمودینامیک.....
۷۳-۲-۶ معادله انرژی بر اساس اصل دوم نیوتن.....
۷۷-۳-۶ ضریب تصحیح انرژی و نحوه استفاده از آن.....
۸۰-۴-۶ کاربرد معادله انرژی برای سیالات ایده آل.....
۸۰-۱-۴-۶ خط تراز انرژی.....
۸۰-۲-۴-۶ خط تراز هیدرولیکی.....

فصل هفتم - اصل بقای اندازه حرکت و معادله مومنتوم

- ۸۶-۱-۷ معادله حرکت بر اساس قانون دوم نیوتن.....
۸۷-۲-۷ ضریب تصحیح حرکت یا مومنتوم.....
۸۸-۳-۷ کاربرد معادله مومنتوم.....
۸۸-۱-۳-۷ محاسبه نیرو در مومنتوم خطی.....
۹۱-۲-۳-۷ محاسبه نیرو در مومنتوم زاویه‌ای.....

فصل هشتم - اندازه‌گیری خواص و پارامترهای سیالات

- ۹۵-۱-۸ اندازه‌گیری خواص فیزیکی سیال.....
۹۵-۱-۱-۸ اندازه‌گیری جرم مخصوص.....
۹۸-۲-۱-۸ اندازه‌گیری لزجت.....
۹۹-۱-۲-۱-۸ ویسکومترهای چرخشی.....
۹۹-۱-۱-۲-۱-۸ سیلندرهای هم مرکز.....
۱۰۰-۲-۱-۲-۱-۸ مخروط و صفحه.....
۱۰۱-۳-۱-۲-۱-۸ دیسک‌های موازی.....

- ۱۰۲.....۸-۱-۲-۲-۲-ویسکومترهای موبین (آوندی).
- ۱۰۳.....۸-۱-۲-۲-۱-ویسکومترهای موبین شیشه‌ای.
- ۱۰۳.....۸-۱-۲-۲-۲-ویسکومترهای موبین اُریفیس / پیاله.
- ۱۰۳.....۸-۱-۲-۳-ویسکومترهای سقوط آزاد.
- ۱۰۳.....۸-۱-۲-۳-۱-ویسکومترهای سقوط آزاد برای سیالات زلال.
- ۱۰۶.....۸-۱-۲-۳-۲-ویسکومترهای سقوط آزاد برای سیالات کدر.
- ۱۰۷.....۸-۱-۲-۴-ویسکومترهای حبابی / قطره‌ای.
- ۱۰۷.....۸-۱-۲-۵-ویسکومترهای ارتعاشی.
- ۱۰۹.....۸-۱-۲-۶-ویسکومترهای اولتراسونیک.
- ۱۱۰.....۸-۱-۳-۳-اندازه‌گیری کشش سطحی.
- ۱۱۰.....۸-۱-۳-۱-روش لوله موبین.
- ۱۱۱.....۸-۱-۳-۲-روش صفحه ویلهلم و رینگ دِنوی.
- ۱۱۳.....۸-۱-۳-۳-روش فشار ماکزیمم حباب.
- ۱۱۳.....۸-۱-۳-۴-روش قطره عمودی و قطره افقی.
- ۱۱۵.....۸-۱-۳-۵-روش وزن یا حجم قطره.
- ۱۱۵.....۸-۱-۳-۶-روش قطره چرخان.
- ۱۱۶.....۸-۱-۳-۷-روشهای خاص.
- ۱۱۶.....۸-۱-۴-۱-اندازه‌گیری ضریب الاستیک.
- ۱۱۶.....۸-۱-۴-۱-روش اندازه‌گیری ارتعاش.
- ۱۱۷.....۸-۱-۴-۲-روش تطبیق دهنده صوتی.
- ۱۱۷.....۸-۱-۴-۳-روش تداخل‌سنجی به شیوه تمام‌نگاری.
- ۱۱۸.....۸-۱-۴-۴-روش تداخل‌سنجی الکترونیکی به شیوه طرح لکه‌ای.
- ۱۱۸.....۸-۱-۴-۵-روش تداخل‌سنج نوع داپلر.
- ۱۱۹.....۸-۱-۴-۶-روش مقاومت ظاهری معمولی و ریل جریان.
- ۱۲۰.....۸-۱-۴-۷-روشهای صوتی.
- ۱۲۱.....۸-۱-۴-۸-سنسور هوشمند ضریب الاستیک.

- ۱۲۳..... ۲-۸- اندازه گیری کمیت ها یا پارامترهای جریان
- ۱۲۴..... ۱-۲-۸- اندازه گیری فشار
- ۱۳۳..... ۲-۲-۸- اندازه گیری دبی
- ۱۳۵..... ۱-۲-۲-۸- دبی سنج های ساخته شده بر پایه اصل برنولی
- ۱۳۷..... ۱-۱-۲-۲-۸- نازل جریان
- ۱۳۹..... ۲-۱-۲-۲-۸- اُریفیس صفحه نازک
- ۱۴۰..... ۳-۱-۲-۲-۸- لوله ونتوری
- ۱۴۱..... ۲-۲-۲-۸- دبی سنج های ساخته شده بر پایه سایر اصول فیزیکی
- ۱۴۱..... ۱-۲-۲-۲-۸- دبی سنج توربینی
- ۱۴۳..... ۲-۲-۲-۲-۸- دبی سنج گردابه ای
- ۱۴۴..... ۳-۲-۲-۲-۸- دبی سنج اولتراسونیک
- ۱۴۵..... ۴-۲-۲-۲-۸- دبی سنج شناوری (روتامتر)
- ۱۴۶..... ۵-۲-۲-۲-۸- دبی سنج کُربولیس
- ۱۴۷..... ۶-۲-۲-۲-۸- دبی سنج دارای المان جریان آرام
- ۱۴۸..... ۳-۲-۸- اندازه گیری سرعت
- ۱۵۰..... ۱-۳-۲-۸- سرعت سنج ساخته شده بر پایه مسیر شناورها یا ذرات شناور
- ۱۵۰..... ۲-۳-۲-۸- سرعت سنج های چرخان
- ۱۵۱..... ۳-۳-۲-۸- سرعت سنج لوله پیتوت
- ۱۵۲..... ۴-۳-۲-۸- سرعت سنج الکترومغناطیسی
- ۱۵۳..... ۵-۳-۲-۸- سرعت سنج سیم داغ و لایه داغ
- ۱۵۴..... ۶-۳-۲-۸- سرعت سنج لیزری- داپلری
- ۱۵۵..... ۴-۲-۸- اندازه گیری سطح مایع
- ۱۵۵..... ۱-۴-۲-۸- روشهای مستقیم
- ۱۵۶..... ۲-۴-۲-۸- روشهای غیر مستقیم
- ۱۵۷..... ۱-۲-۴-۲-۸- سطح سنج های نیرویی
- ۱۵۷..... ۲-۲-۴-۲-۸- سطح سنج های فشاری

- ۱۶۱..... ۸-۲-۴-۲-۳- سطح سنج های شناوری
- ۱۶۵..... ۸-۲-۴-۲-۴- سطح سنج های الکتریکی
- ۱۶۸..... ۸-۲-۴-۲-۵- سطح سنج های نوری



- | | |
|-----|----------------|
| ۱۷۱ | منابع و مراجع |
| ۱۷۳ | پیوست |
| ۱۸۱ | راهنمای موضوعی |
| ۱۸۵ | واژه نامه |