



مکانیک سیالات و هیدرولیک

مهندس هادی سیاسی دکتر عظیم شیردلی

بسم الله الرحمن الرحيم

پیشگفتار ناشر

کتاب‌های دانشگاه پیام نور حسب مورد و با توجه به شرایط مختلف یک درس در یک یا چند رشته دانشگاهی، به صورت کتاب درسی، متن آزمایشگاهی، فرادرسی، و کمک درسی چاپ می‌شوند.

کتاب درسی ثمره کوشش‌های علمی صاحب اثر است که براساس نیازهای درسی دانشجویان و سرفصل‌های مصوب تهیه و پس از داوری علمی، طراحی آموزشی، و ویرایش علمی در گروه‌های علمی و آموزشی، به چاپ می‌رسد. پس از چاپ ویرایش اول اثر، با نظرخواهی‌ها و داوری علمی مجدد و با دریافت نظرهای اصلاحی و متناسب با پیشرفت علوم و فناوری، صاحب اثر در کتاب تجدیدنظر می‌کند و ویرایش جدید کتاب با اعمال ویرایش زبانی و صوری جدید چاپ می‌شود.

متن آزمایشگاهی (م) راهنمایی است که دانشجویان با استفاده از آن و کمک استاد، کارهای عملی و آزمایشگاهی را انجام می‌دهند.

کتاب‌های فرادرسی (ف) و **کمک درسی** (ک) به منظور غنی‌تر کردن منابع درسی دانشگاهی تهیه و بر روی لوح فشرده تکثیر می‌شوند و یا در وبگاه دانشگاه قرار می‌گیرند.

مدیریت تولید محتوا و تجهیزات آموزشی

فهرست

پیشگفتار	یازده
فصل اول: خواص سیالات	۱
۱-۱ مقدمه	۱
۲-۱ سیال یا شاره	۳
۳-۱ مفهوم پیوستگی سیال	۴
۴-۱ ابعاد و واحدها	۵
۵-۱ تنش برشی	۱۰
۶-۱ لزجت (ویسکوزیته یا گرانروی)	۱۰
۷-۱ قانون لزجت نیوتن	۱۱
۸-۱ ضریب لزجت دینامیکی یا لزجت مطلق	۱۱
۹-۱ ضریب لزجت سینماتیکی	۱۲
۱۰-۱ مسائل مطرح شده در مورد قانون لزجت نیوتن	۱۴
۱-۱۰-۱ حرکت یک صفحه روی سیال	۱۴
۲-۱۰-۱ حرکت یک صفحه بین دو سیال	۱۶
۳-۱۰-۱ سطح شیبدار	۱۸
۴-۱۰-۱ لزجت سنج استوانه‌ای (حرکت یک استوانه داخل استوانه دیگر)	۱۹
۱۱-۱ انواع سیالات	۲۲
۱-۱۱-۱ سیال ایده‌آل	۲۲
۲-۱۱-۱ سیال واقعی (حقیقی)	۲۳
الف) سیالات نیوتنی	۲۳
ب) سیالات غیرنیوتنی	۲۳
۱۲-۱ حجم	۲۶
۱۳-۱ جرم مخصوص یا چگالی جرم یا دانسیته	۲۶
۱۴-۱ وزن مخصوص یا چگالی وزن	۲۷
۱۵-۱ چگالی نسبی (S) یا جرم حجمی نسبی	۲۷
۱۶-۱ حجم مخصوص	۲۹
۱۷-۱ فشار	۲۹
۱۸-۱ گاز کامل و معادله حالت	۳۰
۱۹-۱ قابلیت تراکم‌پذیری سیالات (مدول بالک یا ضریب کشسانی حجمی)	۳۰
۲۰-۱ فشار بخار	۳۱

۳۲	۱-۲۱ کشش سطحی.....
۳۳	۱-۲۲ اثرات کشش سطحی.....
۳۴	۱-۲۲-۱ محاسبه فشار نسبی داخلی در قطره، حباب و جت باریک مایع.....
۳۵	۱-۲۲-۲ موینگی.....
۳۸	۱-۲۴ اصل عدم لغزش و عدم پرش دما.....
۵۱	فصل دوم: استاتیک سیالات.....
۵۱	۲-۱ مقدمه.....
۵۱	۲-۲ فشار.....
۵۳	۲-۳ فشار استاتیکی و فشار دینامیکی.....
۵۳	۲-۴ فشار نسبی و فشار مطلق.....
۵۶	۲-۵ محاسبه فشار در مایعات.....
۵۷	۲-۶ تغییر فشار با عمق.....
۶۰	۲-۷ تغییرات فشار در سیال ساکن تراکم پذیر.....
۶۲	۲-۸ وسایل اندازه گیری فشار.....
۶۲	۲-۸-۱ فشارسنج بوردن.....
۶۲	۲-۸-۲ فشارسنج جیوه ای (بارومتر جیوه ای).....
۶۳	۲-۸-۳ پیزومتر.....
۶۴	۲-۸-۴ مانومترها.....
۶۶	۲-۸-۵ مانومتر دیفرانسیلی (مانومتر تفاضلی).....
۶۶	۲-۸-۶ مانومتر شیبدار (مایل).....
۷۱	۲-۹ نیروی هیدرواستاتیکی وارد بر سطوح.....
۷۲	۲-۱۰ نیروی فشار وارد بر سطوح تخت یا مسطح.....
۷۲	۱. حالتی که صفحه افقی باشد.....
۷۳	۲. حالتی که صفحه شیبدار (مایل) باشد (حالت کلی).....
۷۵	۳. حالتی که صفحه قائم باشد.....
۸۴	۲-۱۱ تعیین مقدار نیروی برآیند و خط اثر آن با استفاده از روش منشور فشار.....
۸۶	۲-۱۲ نیروی هیدرواستاتیک وارد بر سطوح منحنی.....
۹۳	۲-۱۳ نیروی شناوری یا نیروی ارشمیدس و مرکز اثر آن.....
۹۳	۲-۱۳-۱ حالت شناوری.....
۹۵	۲-۱۳-۲ حالت غوطه‌وری.....
۹۵	۲-۱۳-۳ حالت ته‌نشینی.....
۹۹	۲-۱۴ معیار پایداری اجسام غوطه‌ور.....
۱۰۰	۲-۱۵ نقطه متاستریک و ارتفاع متاستریک.....
۱۰۱	۲-۱۶ معیار پایداری اجسام شناور.....
۱۰۳	۲-۱۷ تعادل نسبی.....

فصل سوم: جریان سیال؛ مفاهیم و معادلات اصلی.....	۱۱۱
۳-۱ مقدمه.....	۱۱۱
۳-۲ طبقه‌بندی جریان سیال.....	۱۱۱
۳-۲-۱ جریان یکنواخت و غیریکنواخت.....	۱۱۲
۳-۲-۲ جریان آرام (لایه‌ای یا ورقه‌ای) و درهم (جریان آشفته).....	۱۱۲
۳-۲-۴ جریان دائمی (پایداری ماندگار) و جریان غیردائمی (ناپایدار).....	۱۱۴
۳-۲-۵ جریان‌های تراکم‌پذیر و تراکم‌ناپذیر.....	۱۱۴
۳-۲-۶ جریان‌های چرخشی و غیرچرخشی.....	۱۱۵
۳-۲-۷ جریان‌های یک بعدی، دو بعدی و سه بعدی.....	۱۱۵
۳-۳ خطوط جریان.....	۱۱۶
۳-۴ خطوط پتانسیل یا خطوط هم پتانسیل.....	۱۱۷
۳-۵ شبکه جریان.....	۱۱۷
۳-۶ روابط اساسی مکانیک سیالات.....	۱۱۸
۳-۷ روش‌های اساسی تحلیل جریان.....	۱۱۸
۳-۸ مفاهیم سیستم، حجم کنترل.....	۱۱۹
۳-۸-۱ روش سیستم (جرم مشخص).....	۱۱۹
۳-۸-۲ حجم کنترل (حجم مشخص).....	۱۱۹
۳-۹ معادله انتقال رینولدز.....	۱۲۰
۳-۱۰ معادلات پیوستگی، انرژی و مومنتم.....	۱۲۱
۳-۱۰-۱ معادله پیوستگی.....	۱۲۲
۳-۱۰-۲ معادله مومنتم (اندازه حرکت).....	۱۲۸
۳-۱۰-۳ معادله انرژی.....	۱۳۲
۳-۱۱ معادله اولر.....	۱۳۲
۳-۱۲ معادله برنولی در مورد سیالات ایده‌آل.....	۱۳۳
۳-۱۳ ماشین‌های هیدرولیکی.....	۱۳۵
۳-۱۴-۱ بازده η	۱۳۶
۳-۱۵ تغییرات انرژی در یک سیستم سیال (خط شیب انرژی و خط شیب هیدرولیکی).....	۱۴۰
۳-۱۶ ضریب تصحیح انرژی جنبشی.....	۱۴۳
۳-۱۷ ضریب تصحیح اندازه حرکت.....	۱۴۴
۳-۱۸ کاربردهای معادله برنولی.....	۱۴۶
۳-۱۸-۲ اندازه‌گیری دبی به وسیله روزنه.....	۱۴۸
۳-۱۸-۴ سیفون.....	۱۵۱

فصل چهارم: جریان عبوری از لوله‌ها.....	۱۷۵
۴-۱ مقدمه.....	۱۷۵
۴-۲ انواع جریان در لوله‌ها.....	۱۷۶

۱۷۶	۴-۲-۱ جریان آرام (ورقه‌ای).....
۱۷۶	۴-۲-۲ جریان آشفته (متلاطم یا درهم).....
۱۷۶	۴-۳ معیار آرام یا آشفته بودن جریان با استفاده از عدد رینولدز.....
۱۸۰	۴-۴ نیمرخ توزیع سرعت‌ها.....
۱۸۱	۴-۵ جریان‌های داخلی و خارجی.....
۱۸۱	۴-۶ لایه مرزی.....
۱۸۲	۴-۷ جریان کاملاً توسعه‌یافته.....
۱۸۳	۴-۸ تنش برشی در لوله‌ها.....
۱۸۶	۴-۹ جریان آرام در لوله با سطح مقطع مدور.....
۱۸۸	۴-۱۰ محاسبه افت.....
۱۹۰	۴-۱۱ طریقه محاسبه f (ضریب اصطکاک دارسی ویسباخ).....
۱۹۶	۴-۱۲ معادلات تجربی برای تعیین دبی جریان.....
۱۹۶	۴-۱۲-۱ فرمول هیزن - ویلیامز.....
۱۹۷	۴-۱۲-۲ فرمول مانینگ.....

فصل پنجم: محاسبه افت‌ها در لوله‌ها..... ۲۱۹

۲۱۹	۵-۱ افت انرژی در خطوط لوله.....
۲۱۹	۵-۲ افت اصطکاکی (طولی یا خطی) در خطوط لوله.....
۲۲۱	۵-۳ افت‌های موضعی.....
۲۲۲	۵-۴ گذشت زمان و تأثیر آن در ضریب اصطکاک (f) لوله‌ها.....
۲۲۳	۵-۴-۱ افت موضعی در اثر انبساط ناگهانی مقاطع (واگرایی).....
۲۲۴	۵-۴-۲ افت موضعی در اثر انبساط تدریجی (انبساط مخروطی).....
۲۲۶	۵-۴-۳ افت موضعی در اثر انقباض ناگهانی (همگرایی).....
۲۲۸	۵-۴-۴ افت موضعی در اثر انقباض تدریجی (انقباض مخروطی).....
۲۲۹	۵-۵ افت به واسطه اتصالات (زانویی، شیر و...).....
۲۳۰	۵-۶ طول معادل.....
۲۳۳	۵-۷ مسائل مربوط به جریان در لوله‌ها.....
۲۳۴	۵-۷-۱ روش حل مسائل نوع اول (مجهول h_f).....
۲۳۴	۵-۷-۲ روش حل مسائل نوع دوم (مجهول Q).....
۲۳۶	۵-۷-۳ روش حل مسائل نوع سوم (مجهول D).....
۲۳۷	۵-۸ سیستم‌های لوله کشی.....
۲۳۷	۵-۸-۱ لوله‌های سری (متوالی).....
۲۳۹	۵-۸-۲ لوله‌های موازی.....
۲۴۱	۵-۸-۳ لوله‌های انشعابی.....
۲۴۲	۵-۸-۴ شبکه‌های لوله کشی.....
۲۴۴	۵-۹ افت ناشی از اصطکاک برای کانال‌ها و مقاطع غیرمدور.....

فصل ششم: آنالیز ابعادی و تشابه هیدرولیکی.....	۲۵۵
۱-۶ مقدمه.....	۲۵۵
۲-۶ تحلیل ابعادی و روشهای آن.....	۲۵۶
۱-۲-۶ قضیه باکینگهام.....	۲۵۸
۲-۲-۶ روش دوم برای تعیین پارامترهای بی بعد روش هانساگر و رایتمایر.....	۲۶۳
۳-۶ ضوابط انتخاب متغیرهای تکراری.....	۲۶۴
۴-۶ محدودیت‌های تحلیل ابعادی.....	۲۶۴
۵-۶ نیروهای مؤثر بر سیالات در حال حرکت.....	۲۶۷
۱-۵-۶ نیروی اینرسی.....	۲۶۷
۲-۵-۶ نیروی لزجت (ویسکوزیته).....	۲۶۸
۳-۵-۶ نیروی ثقل.....	۲۶۸
۴-۵-۶ نیروی کشش سطحی.....	۲۶۸
۵-۵-۶ نیروی تراکم‌پذیری یا الاستیک.....	۲۶۹
۶-۵-۶ نیروی فشاری.....	۲۶۹
۶-۶ عددهای بدون بعد مهم در مکانیک سیالات.....	۲۶۹
۱-۶-۶ عدد رینولدز.....	۲۷۰
۲-۶-۶ عدد فرود.....	۲۷۰
۳-۶-۶ عدد ماخ.....	۲۷۰
۴-۶-۶ عدد اولر.....	۲۷۱
۵-۶-۶ عدد وبر.....	۲۷۱
فصل هفتم: جریان در کانال‌های باز.....	۲۷۷
۱-۷ مقدمه.....	۲۷۷
۲-۷ مقایسه جریان در کانال‌های باز و مجاری تحت فشار.....	۲۷۷
۳-۷ انواع کانال‌های باز.....	۲۷۹
۴-۷ انواع مقاطع کانال‌های باز.....	۲۸۰
۵-۷ مشخصات هندسی مقاطع کانال‌های باز.....	۲۸۱
۶-۷ طبقه‌بندی و تشخیص انواع جریان در کانال‌های باز.....	۲۸۳
۷-۷ وضعیت جریان در کانال‌های باز.....	۲۸۶
۱-۷-۷ تأثیر نیروی لزجت.....	۲۸۶
۲-۷-۷ تأثیر نیروی ثقل.....	۲۸۷
۳-۷-۷ رژیم جریان.....	۲۸۸
۸-۷ کاربرد روابط اساسی حاکم بر حرکت سیالات در کانال‌های باز.....	۲۸۹
۱-۸-۷ رابطه پیوستگی.....	۲۸۹
۲-۸-۷ رابطه انرژی.....	۲۹۰
۳-۸-۷ رابطه اندازه حرکت.....	۲۹۰

۲۹۱.....	۷-۹ توزیع سرعت در کانال‌ها.....
۲۹۳.....	۷-۱۰ سرعت حرکت امواج سطحی.....
۲۹۳.....	۷-۱۱ توزیع فشار در کانال‌ها.....
۲۹۴.....	الف) توزیع فشار در جریان‌های یکنواخت (موازی).....
۲۹۵.....	ب) توزیع فشار در جریان‌های متغیر تدریجی.....
۲۹۵.....	ج) توزیع فشار در جریان‌های با انحنا در صفحه قائم.....
۳۰۰.....	پاسخنامه.....
۳۰۳.....	پیوست‌ها.....
۳۰۶.....	منابع.....

پیشگفتار

با توجه به گسترده‌گی مطالب سعی شده کتابی به رشته تحریر در آورده شود تا به عنوان یک مرجع برای دانشجویان دوره کارشناسی مفید واقع شود. فصل‌های مختلف کتاب بر اساس سر فصل‌های مصوب آموزش عالی درس مکانیک سیالات و هیدرولیک به ارزش سه واحد تالیف شده است.

کتاب حاضر چکیده‌ای از مطالب کتاب‌های معروف و شناخته شده علمی در زمینه مکانیک سیالات و هیدرولیک می‌باشد که سعی شده ضمن رعایت جامعیت مطالب و در نظر گرفتن میزان و سطح علمی جهت رشته‌های مختلف کشاورزی (آب و خاک، ماشین آلات کشاورزی و...) (عمران، آبیاری، مکانیک، شیمی و به گونه‌ای خلاصه، ساده و قابل فهم بیان گردد. همچنین به لحاظ یادگیری بهتر ارائه مثال‌های متنوع و کاربردی در هر فصل و خودآزمایی‌های پایان هر فصل از نکات مثبت این اثر می‌باشد. علیرغم این که مباحث مکانیک سیالات و هیدرولیک بسیار جذاب هستند اما فراگیری این مباحث به پیش نیازهایی از علوم مانند فیزیک، مکانیک، ریاضی، استاتیک، بستگی دارد و معمولاً کتب مکانیک سیالات و هیدرولیک با در نظر گرفتن این پیش نیازها نوشته می‌شوند، لذا برای کسانی که بر مباحث قبلی مورد نیاز، تسلط نداشته باشند فهم مطالب مربوطه دشوار و خسته کننده خواهد بود.

دانشمندان متعددی از قبیل اولر، لاگرانژ، هلمولتز، رینولدز، ناویه، استوکس و برنولی مطالعاتی انجام داده و علم مکانیک سیالات را توسعه داده‌اند. و لیکن از میان دانشمندان متقدم که در علم سیالات کار و تحقیق نموده اند می‌توان از اولر و برنولی نام برد که در قرن هیجدهم می‌زیسته‌اند که قانون برنولی امروزه یک از اصلی‌ترین قوانین موجود در مکانیک سیالات می‌باشد.

در علم مکانیک سیالات و هیدرولیک گذشته از قوانین مربوط به لوله کشی آب‌های مشروب شهرها، کشتی رانی، طراحی ساختمان کشتی‌ها، استفاده از نیروی آب و ساختمان

توربین‌ها و پمپ‌ها ، طراحی هواپیماهای جت و تاسیسات بزرگ آبی ، تجزیه و تحلیل ابعادی و مدل سازی از جریان‌های هوا و آب ، امروزه در قالب یک مبحث اساسی در زمینه های پزشکی ، هوانوردی ، نجوم، و اقیانوس شناسی بحث می‌گردد.

این کتاب در ۷ فصل تنظیم شده که فصل اول شامل خواص سیالات ، فصل دوم استاتیک سیالات ، فصل سوم جریان سیال (مفاهیم و معادلات اصلی) ، فصل چهارم جریان عبوری از لوله‌ها ، فصل پنجم محاسبه افت‌ها در لوله‌ها ، فصل ششم آنالیز ابعادی و تشابه هیدرولیکی و فصل هفتم جریان در کانال‌های باز است.

درخاتمه لازم می‌دانیم از کلیه عزیزانی که مشوق ما بوده‌اند صمیمانه تشکر و سپاسگزاری نمائیم . همچنین به دلایل مشکلات فراوانی که در این راه پیش آمده پرهیز از برخی کاستی‌ها و نقایص امکان پذیر نبود. لذا قبلاً از این بابت نیز پوزش می‌طلبیم. امید است که با چاپ این کتاب گامی هرچند کوتاه در جهت رشد و شکوفایی علمی کشورمان برداشته باشیم .

هادی سیاسر- عظیم شیردلی

فصل اول

خواص سیالات

۱-۱ مقدمه

مکانیک سیالات یکی از علوم مهندسی است که به بررسی مسائل استاتیکی و دینامیکی سیالات می‌پردازد. تا پیش از قرن بیستم، مطالعه سیالات اساساً بر عهده دو گروه مهندسين هیدرولیک و ریاضی بوده است. مهندسين در زمینه‌های تجربی کار می‌کردند، در حالی که ریاضی دانان صرفاً به جنبه‌های تئوری و تحلیلی می‌پرداختند. محققین برجسته‌ای چون ارشمیدس، داینچی نیوتن، برنولی، اولر، ناویر، استوک، رینولدز، پراتل، تیلور و فون کارمن دریافتند که مطالعات سیالات باید آمیخته‌ای از تئوری و آزمایش باشد. امروزه در تحقیقات نوین، ریاضیدانان، فیزیک دانان، مهندسين و تکنسین‌های ماهر بصورت گروهی کار کرده و بر حسب ضرورت از هر دو جنبه عملی و تئوری بهره می‌گیرند.



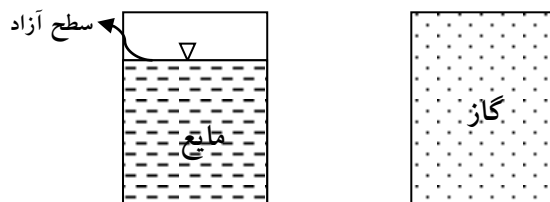
شکل ۱-۱ چهره‌های آشنا در زمینه مکانیک سیالات

رشته‌های مختلف سیالات عبارتند از: استاتیک، مکانیک، هیدرولیک، ایرودینامیک، سینماتیک و مهندسی کشتی. این رشته‌ها در مکانیک سیالات براساس اصول و قوانین مکانیک (قوانین نیوتن، قوانین ترمودینامیک، و اصول بقاء ماده و انرژی و...) و خواص سیالات (قوانین نیوتن، قوانین معادله حالت، کشش سطحی، تراکم‌پذیری، فشار بخار و...) بررسی می‌شوند.

ماده به‌طور کلی به سه حالت تقسیم می‌شود: جامد، مایع و گاز. با توجه به اینکه بحث سیالات مربوط به دو حالت مایع و گاز می‌باشد، لذا به بررسی خواص آنها می‌پردازیم.

تفاوت مهم این دو درچگونگی تراکم‌پذیری ونحوه اشغال ظرف می‌باشد. مایعات معمولاً تراکم‌ناپذیر فرض می‌شوند و قسمت پائین ظرف را اشغال کرده و چنانچه ظرف پر نباشد سطح آزاد تشکیل می‌دهند و حجم معینی را اشغال می‌کنند. در حالی که گازها کاملاً تراکم‌پذیر بوده و تغییرات حجم آنجا نسبت به فشار وارده و درجه حرارت زیاد می‌باشد و تا هنگامی که فضا و حجم ظرف اجازه دهد، انبساط می‌یابد و کلیه فضای ظرف را گرفته و سطح آزاد تشکیل نمی‌دهند. شکل (۱-۲) دو فرق مهم بین مکانیک سیالات و مکانیک جامدات وجود دارد. اول اینکه

خواص سیالات کاملاً با خواص جامدات متفاوت است و این خواص نیز معمولاً با حرکت سیال تغییر می‌کند. دوم اینکه در مکانیک جامدات معمولاً حرکت اجسامی مشخص با جرمی معین مورد مطالعه قرار می‌گیرد، حال آنکه در مکانیک سیالات مطالعه حرکت پیوسته سیال، به صورت یک جریان مورد نظر می‌باشد.



شکل ۱-۲ خواص سیالات در ظروف

مطالعه سیالات در حالت سکون را استاتیک سیالات^۱؛ مطالعه حرکت آنها را دینامیک سیالات^۲ و مطالعه توام ایستایی و پویایی سیالات را مکانیک سیالات^۳ می‌گویند. در مکانیک سیالات دو شاخه تخصصی به نام نیوماتیک^۴ (با نظام‌های هوای فشرده سروکار دارد) و هیدرولیک^۵ (با مایعات تحت فشار سروکار دارد) وجود دارد. بحث سیالات بیشتر در خصوص مایعات می‌باشد. لذا بیشتر به جای مایع از لفظ سیال استفاده می‌کنیم.

۱-۲ سیال یا شاره^۶

سیال ماده‌ای است که تحت تأثیر تنش برشی هر چند ناچیز بتواند پیوسته تغییر شکل دهد. بنابراین با توجه به این تعریف، حالت فیزیکی سیال فقط می‌تواند مایع و گاز (یا بخار) باشد. بر خلاف آن جسم جامد هنگامی که در معرض تنش برشی قرار می‌گیرد، تغییر شکل می‌دهد ولی این تغییر شکل پس از مدتی متوقف می‌شود (یا این که جسم کاملاً می‌شکند).

1. Fluid Statics
2. Fluid Dynamic
3. Fluid Mechanic
4. Pneumatics
5. Hydraulics
6. Fluid

فاصله زیاد ملکول‌ها و نیروی جاذبه کم بین آنها سبب سهولت تغییر شکل سیال می‌گردد. برای مثال، ما به راحتی می‌توانیم در هوا حرکت کنیم و آن را جابجا نماییم. به‌طور کلی سیالات را می‌توان به دو گروه مایعات و گازها تقسیم کرد. تفاوت اصلی بین این دو، ناشی از اثر نیروهای چسبندگی است. مایع از مولکول‌های به هم فشرده با نیروی چسبندگی قوی تشکیل شده که مایل است حجم خود را حفظ کند، ضمن اینکه یک سطح آزاد در تماس با محیط دارد. در حالی که گاز، حجم معین و تعریف شده‌ای را درون اتمسفر ساکن اشغال نمی‌کند و آزادانه در فضا جاری می‌گردد و شکل تمام ظرف را به خود می‌گیرد.

۱-۳ مفهوم پیوستگی سیال

به‌طور کلی سیالات از مولکول‌های در حال حرکت تشکیل می‌شوند. اما در اغلب کاربردهای مهندسی عموماً اثرات متوسط یا کلی مولکول‌ها مورد توجه قرار می‌گیرد. بنابراین سیالات مجموعه‌ای پیوسته و یکسان به حساب می‌آیند که در آن فضای خالی و یا سوراخ وجود ندارد و رفتار تک تک مولکول‌ها مورد توجه نیست، یعنی رفتار حجمی سیال موردنظر است.

در بررسی رفتار سیالات در شرایط معمولی فرض پیوستگی سیال، صحیح است. اگر چه ساختمان ملکولی سیالات برای تشخیص یک سیال از سیال دیگر اهمیت دارد، اما مطالعه رفتار هر یک از مولکول‌ها برای تشریح رفتار سیالات ساکن یا متحرک امکان‌پذیر نیست. در این شرایط رفتار سیالات از طریق مطالعه مقدار متوسط کمیت مورد نظر مشخص می‌شود. بنابراین هنگامی که گفته می‌شود سرعت در یک نقطه از سیال زیاد است منظور، سرعت متوسط مولکول‌ها در یک حجم کوچک اطراف آن نقطه می‌باشد. این حجم در مقایسه با ابعاد فیزیکی سیستم مورد مطالعه، کوچک و در مقایسه با فاصله متوسط بین مولکول‌ها بزرگ است. بنابراین فرض می‌شود مشخصاتی نظیر فشار و سرعت، توابع پیوسته‌ای از زمان و مکان باشند. از اینرو سیال به‌عنوان یک ماده پیوسته^۱ مورد بررسی قرار می‌گیرد و پیوستگی سیال اساس مکانیک سیالات می‌باشد.

بنابراین با فرض پیوستگی، هر خاصیت از سیال در هر نقطه‌ای از فضا، مقدار معینی را دارا می‌باشد. در مسائل مربوط به گاز رقیق شده یا گازهای کم چگال (گازهای سطوح بالای اتمسفر) فرض پیوستگی محیط صادق نیست. بنابراین در محیط پیوسته فرض می‌شود که مقادیر چگالی، حجم مخصوص، سرعت و شتاب در تمامی سیال به‌طور پیوسته تغییر نماید (یا ثابت باشد).

۱-۴ ابعاد و واحدها^۱

بعد یا دیمانسیون، به هر کمیت قابل اندازه‌گیری نظیر طول، زمان و سرعت اطلاق می‌شود و واحد، وسیله بیان کمیت به‌صورت عدد است. مثلاً بعد طول، بیانگر متغیرهایی از قبیل مسافت، جابجایی، پهنا، خمیدگی و ارتفاع است و سانتی‌متر و اینچ دو واحد عددی برای بیان طول‌اند. دیمانسیون مفهومی است که براساس آن تحلیل ابعادی شکل می‌گیرد، در حالی که واحدها برای بدست آوردن جواب کمی نهایی به کار می‌روند.

در نقاط مختلف جهان سیستم‌های آحادی متفاوتی به کار برده می‌شود؛ مثلاً در انگلیس سیستم فوت، پوند و ثانیه (یا FPS) به کار برده می‌شود. در بخش‌هایی از اروپا سیستم متریک (MKS) متر، کیلوگرم، ثانیه، یا CGS که بر اساس سانتی متر، گرم و ثانیه استوار است، به کار می‌روند. اما در کارهای مهندسی و هیدرولیکی معمولاً از سیستم SI استفاده می‌شود.

در سالهای اخیر سیستم بین‌المللی (SI) رفته رفته جایگزین سیستم‌های قدیمی FPS و CGS شده است. جدول (۱-۱) کمیت‌ها و واحدهای مربوط به آنها را در دستگاه‌های مختلف نشان می‌دهد. [۱۳]

دستگاه بین‌المللی (SI) در بسیاری از کشورهای جهان پذیرفته شده است. در این دستگاه واحد طول متر (m) واحد زمان ثانیه (s)، واحد جرم کیلوگرم (kg) و واحد دما سانتیگراد ($^{\circ}\text{C}$) است. سیستم واحدی SI جزو سیستم‌های مطلق به شمار می‌روند. سیستم‌های مطلق سیستم‌هایی هستند که در آن از میان جرم و نیرو یکی به‌طور مستقل تعریف شده و دیگری با استفاده از قانون دوم نیوتن به‌دست می‌آید.

جدول ۱-۱ کمیتها و واحدهای مربوط به آنها در دستگاههای مختلف

عنوان	دستگاههای ثقلی					دستگاههای مطلق
	M.K.S	C.G.S	M.T.S	F.P.S	انگلیسی	متریک
زمان	ثانیه	ثانیه	ثانیه	ثانیه	ثانیه	ثانیه
طول	متر	سانتیمتر	متر	فوت	فوت	متر
جرم	کیلوگرم	گرم	تن	پوند	اسلاگ	کیلوگرم جرم
نیرو	نیوتن	دین	استن	پاندول	پوندنیرو	کیلوگرم نیرو
انرژی	ژول	ارگ	متر- استن	فوت- پاندول	فوت- پوند نیرو	متر- کیلوگرم نیرو
قدرت	وات	ارگ بر ثانیه	متر- استن ثانیه	فوت- پاندول ثانیه	فوت- پوند نیرو ثانیه	متر- کیلوگرم نیرو ثانیه
فشار	پاسکال	باری	پیز	پاندول فوت مربع	پوند نیرو فوت مربع	کیلوگرم نیرو متر مربع
لزجت	پوازیل	پواز	میرپواز	پاندول ثانیه فوت مربع	پوندنیرو- ثانیه فوت مربع	کیلوگرم نیرو- ثانیه متر مربع

در سیستمهای مطلق برای مرتبط کردن واحد نیرو به واحد جرم نیازی به هیچگونه ضریبی برای ارضای اصل همگنی نداریم. به عنوان مثال در سیستم SI واحد نیرو یک بعد فرعی است که نیوتن نام دارد و می توانیم آن را از قانون دوم نیوتن به دست آوریم: یک نیوتن نیرویی است که به جرم 1 kg شتابی برابر 1 m/s^2 بدهد.

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \frac{1 \text{ m}}{\text{s}^2} \quad (1-1)$$

نیرویی که جاذبه ثقل به یک جسم وارد می کند، وزن جسم نامیده می شود. جرم یک جسم (m) با تغییر موقعیت آن تغییر نمی کند. اما وزن (W) آن برابر است با جرم ضربدر شتاب جاذبه محل (g):

$$W = mg \quad (2-1)$$

وزن جسم تابع موقعیت محلی جسم است. برای مثال در محلی که $g = 9.806 \text{ m/s}^2$ است، اگر وزن جسمی 10 نیوتن باشد بدین معناست که جرم آن $\frac{10}{9.806}$ کیلوگرم می باشد. حال اگر همین جسم با همین جرم در محلی قرار گیرد که

شتاب جاذبه آن $g = 9/7 \text{ m/s}^2$ باشد، وزن آن بدین صورت محاسبه می‌گردد:

$$W = \frac{10 \text{ N}}{9/806 \text{ m/s}^2} (9/7 \text{ m/s}^2) = 9/892 \text{ N}$$

خواهد بود. شتاب جاذبه استاندارد در سیستم SI برابر $9/806 \text{ m/s}^2$ است.

نکته: یک پوند نیرو (1 lbf)، نیرویی است که به جرم یک پوند (1 lbm)، شتابی

معادل شتاب ثقل استاندارد زمین $32/2 \frac{\text{ft}}{\text{s}^2}$ می‌دهد.

$$g_c = \frac{(1 \text{ lbm}) (32/2 \text{ ft/s}^2)}{(1 \text{ lbf})}$$

مثال ۱-۱: جرمی به وزن 1000 lbf، تحت تاثیر جاذبه زمین با شتاب ثقل

$32/2 \text{ ft/s}^2$ قرار دارد. جرم آن چند کیلوگرم است؟

حل داریم:

$$w = m.g$$

$$1000 \text{ lbf} = (m.\text{slug}) (32/2 \text{ ft/s}^2)$$

$$m = \frac{1000}{32/2} = 31/08 \text{ slug}$$

برای تبدیل اسلاگ به کیلوگرم باید از ضریب $14/5939 \text{ kg/slug}$ استفاده کرد.

بنابراین:

$$m = (31/08 \text{ slug}) \times (14/59 \text{ kg/slug})$$

$$m = 453/46 \text{ kg}$$

مکانیک سیالات چهاربُعد اصلی (کمیت اصلی) دارد که عبارتند از: جرم (M)، طول

(L)، زمان (T) و دما (Θ). ابعادی که مستقل از بقیه ابعاد انتخاب می‌شوند ابعاد اصلی

یا اولیه نامیده شده و آنهایی که برحسب ابعاد اصلی بیان می‌شوند به ابعاد فرعی یا

ثانویه موسومند.

در کمیت‌های فرعی ابعاد برحسب کمیت‌های اصلی قابل بیان است، مثلاً نماد

بُعد سطح (L^2) و سرعت (LT^{-1}) است. در اکثر مسائل مکانیک سیالات فقط به سه

کمیت اصلی M، L، و T نیاز است. همچنین ممکن است از کمیت‌های F و T و

نیز استفاده شود که بعد F نیروست.