

به نام خدا

آزمایشگاه مکانیک سیالات

عنوان: روش های آزمایشگاهی

مدرس: مجتبی برزویی

جلسه اول_ ۹۹/۲/۱۵

روشهای آزمایشگاهی

❖ روش های مطالعه مسائل

روش مطالعه	مزایا	معایب
روش تحلیلی	پدیده های فیزیکی را می توان به کمک یک فرمول، مدل کرد. ورودی می گیرد و خروجی مورد نظر را ارائه می کند.	محدود به هندسه های ساده و مسائل خطی. فرضیات و ساده سازی ها باعث انحراف نتایج از واقعیت میشود. نتایج بدست آمده نیاز به اعتبار سنجی دارند.
روش عددی	محدود به هندسه های ساده و مسائل خطی و غیر خطی نیست. مسائل پیچیده براحتی قابل حل است. تغییرات زمانی قابل بررسی است.	نتایج بشدت به نحوه طراحی مدل و شبکه بندی وابسته است. تعیین صحیح شرایط مرزی و الگوریتم حل. نادیده گرفته شدن برخی واقعیات فیزیکی در خلال حل عددی برای مدل ها و مسائل پیچیده نیاز به سیستم های قدرتمند می باشد. نتایج بدست آمده نیاز به اعتبارسنجی دارند.
روش آزمایشگاهی	نتایج بدست آمده به جواب واقعی نزدیک تر است. به عنوان مرجعی برای اعتبارسنجی بکار می رود.	احتیاج به تجهیزات دارد. مشکل scaling دارد. نتایج بدست آمده بایستی توسط ضریب تصحیح اصلاح شوند. اندازه گیری مشکل و پرهزینه.

روشهای آزمایشگاهی

❖ مقدمه

همانطور که پیش تر اشاره شده، آزمایش از جایگاه ویژه ای در مکانیک سیالات برخوردار است. به عنوان مثال برای بدست آوردن ارتباطی که بین افت فشار در یک لوله با متغیرهای مستقل مسئله (ویسکوزیته، دانسیته، قطر لوله، زبری جدار داخلی لوله و سرعت متوسط سیال در لوله) وجود دارد می توان بجای روش های نظری یا عددی سراغ انجام عملیات آزمایشگاهی رفت. بدیهی است برای نیل به چنین هدفی لازم است تجهیزات مربوط به اندازه گیری این پارامترها موجود باشند. در اینجا، به معرفی تعدادی از این تجهیزات خواهیم پرداخت.

روشهای آزمایشگاهی

❖ اندازه گیری دانسیته

ابزاری که برای این منظور استفاده می شود:

۱. پینکومتر

۲. هیدرومتر



روشهای آزمایشگاهی

❖ پینکومتر

ظرفی است از جنس شیشه یا استیل با حجم و وزن معلوم. برای اندازه گیری چگالی با پینکومتر، حجم معلومی از سیال مورد نظر را داخل آن ریخته، سپس وزن کل مجموعه توسط ترازوی دقیق اندازه گیری می شود. در نهایت وزن مخصوص سیال توسط رابطه زیر محاسبه می گردد.

$$\gamma_f = \frac{W' - W}{V}$$

در رابطه فوق،

W : وزن پینکومتر

W' : وزن سیال + پینکومتر

V : حجم پینکومتر



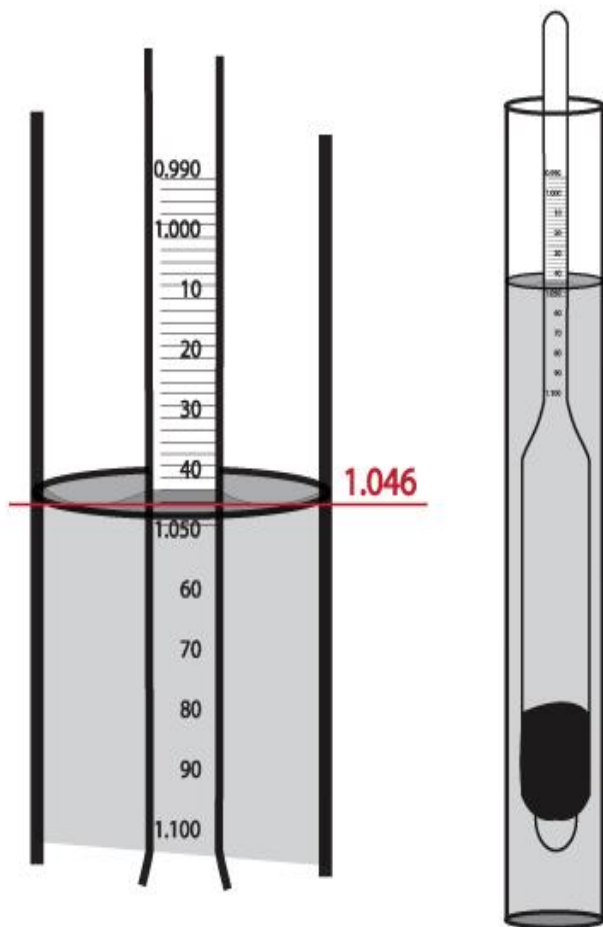
روشهای آزمایشگاهی

❖ هیدرومتر

این وسیله متشکل از ساقه ای شیشه ای و مدرج به قطر D است که در انتهای آن مقداری سرب برای حفظ تعادل استاتیکی دستگاه قرار داده شده است. ساقه هیدرومتر برمبنای چگالی ویژه درجه بندی شده است. عدد ۱ برای چگالی ویژه آب مقطر می باشد.

چنانچه هیدرومتر داخل سیال چگال تر از آب قرار گیرد، بسمت بالا حرکت کرده و سطح سیال بر روی اعداد بالاتر از ۱ قرار می گیرد. این روند برای سیالات سبک تر از آب، معکوس است.

این وسیله در صنعت به نام های اسیدسنج، الکل سنج و کالری سنج نیز شناخته می شود.



روشهای آزمایشگاهی

❖ اندازه گیری لزجت

اندازه گیری لزجت جزو مهمترین و در عین حال دشوارترین اندازه گیری ها محسوب می شود. دستگاهی که برای اندازه گیری ویسکوزیته به کار می رود، "ویسکومتر" نام دارد.

ویسکومترها از تنوع زیادی برخوردارند که بسته به نوع سیال، بازه دمایی، میزان لزجت، دقت مورد نیاز و ... نوع آن تعیین می شود.

در اینجا به ۳ نوع ویسکومتر لوله موئین فشاری، لوله موئین شیشه ای و ویسکومتر دورانی اشاره می شود.

روشهای آزمایشگاهی

❖ ویسکومتر لوله موئین فشاری

رابطه دبی حجمی جریان گذرنده از یک لوله موئین با شرط آرام بودن و توسعه یافتگی کامل جریان به صورت زیر می باشد که به رابطه پوآزی موسوم است:

$$Q = \frac{\pi d^4}{128\mu} \left(\frac{\Delta P}{L} \right) \rightarrow \mu = \frac{\pi d^4}{128Q} \left(\frac{\Delta P}{L} \right)$$

طبق این رابطه، برای بدست آوردن ویسکوزیته سیال کافی است سیال موردنظر را با اعمال فشار معینی مجبور کنیم تا در لوله ای با قطر و طول معلوم جریان یابد و همزمان دبی حجمی خروجی از لوله را اندازه بگیریم.

در عمل برای افزایش دقت بایستی طول لوله به اندازه کافی بزرگتر از طول توسعه نیافته جریان باشد. همچنین دمای سیال را در حین تست تا حد ممکن ثابت نگه داشت.



روشهای آزمایشگاهی

❖ ویسکومتر لوله موئین شیشه ای

در این نوع خاص از ویسکومتر لوله موئین، زمان مورد نیاز برای تخلیه حجم معینی از سیال (که بین دو علامت حک شده در جدار لوله قرار دارد) اندازه گیری می شود. در صورتی که جریان از نوع آرام باشد، بر اساس مشاهدات تجربی، زمان مزبور متناسب با ویسکوزیته سینماتیکی سیال است ($\Delta t \sim \nu$).

این نوع از ویسکومترها به رغم دقت بسیار بالای آنها، با چندین مشکل عمده مواجه هستند، از جمله:

✓ تمیز کردن آنها کار مشکلی است.

✓ امکان گرفتگی کامل لوله بوسیله ذرات جامد معلق وجود دارد.

✓ جریان در عمل ممکن است از نوع درهم باشد (که در این صورت رابطه پوآزی قابل استفاده نیست).

✓ و



روشهای آزمایشگاهی

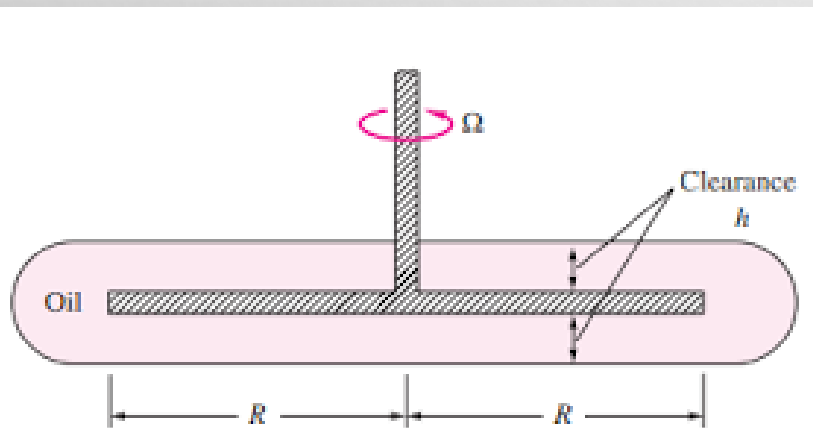
❖ ویسکومتر دورانی

این ویسکومترها نیز از تنوع زیادی برخوردارند که از آن جمله می توان به نوع دیسکی و استوانه ای اشاره کرد.

در جریان آرام بین دیسک دوار و سیلندر ساکن، گشتاور مقاوم متناسب با ویسکوزیته سیال است. این رابطه را می توان بصورت زیر نوشت:

$$dM = 2r(\tau \cdot dA) = 2r \left(\mu \frac{r\Omega}{l} \right) (2\pi r dr)$$

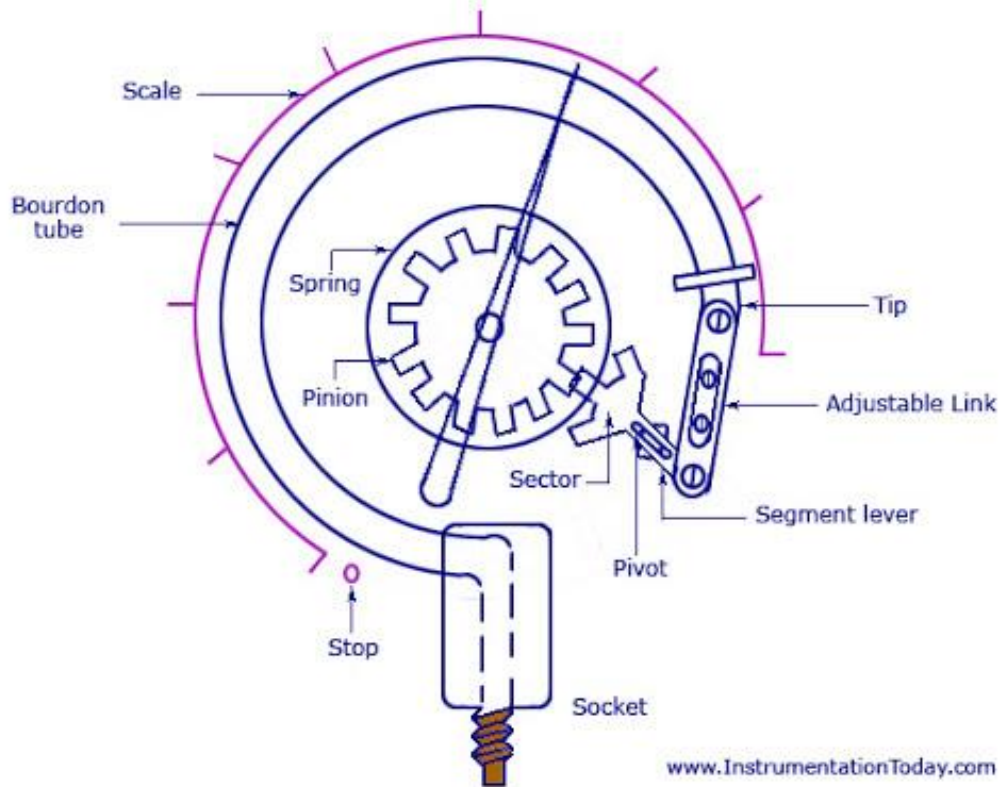
$$\Rightarrow M = 4\pi \frac{\mu\Omega}{l} \int_0^R r^3 dr \Rightarrow M = \frac{\pi\mu\Omega R^4}{l} \Rightarrow \mu = \frac{Ml}{\pi\Omega R^4}$$



روشهای آزمایشگاهی

❖ اندازه گیری فشار

متداول ترین روش برای اندازه گیری فشار مایعات و گازها، استفاده از "فشارسنج بوردون" است. در این فشارسنج خاص، فشار سیال به حلقه ای قابل انعطاف به شکل حرف C با سطح مقطع تقریباً بیضوی که سر آن بسته است منتقل شده و موجب تغییر شکل آن می شود. تغییر شکل این حلقه از طریق یک اهرم و تاج خروسی به چرخنده محرک عقربه اثر کرده و موجب حرکت عقربه می گردد.

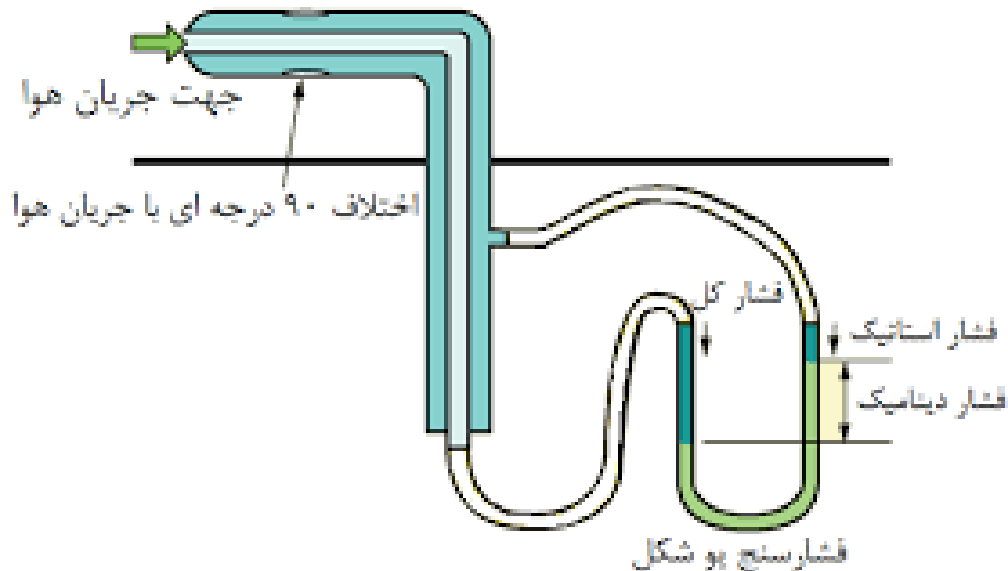
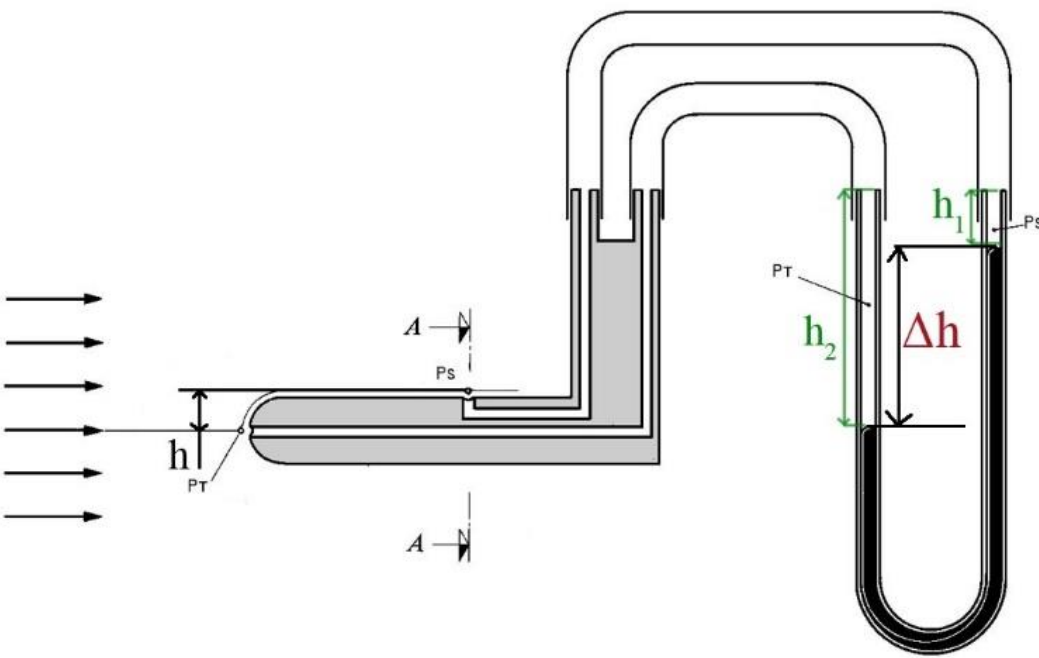


Bourdon Tube Pressure Gauge

روشهای آزمایشگاهی

❖ اندازه گیری سرعت

ساده ترین روش برای اندازه گیری سرعت سیال، استفاده از "لوله پیتو" است. این لوله مجهز به یک سوراخ در مرکز و چندین سوراخ در جداره جانبی آن است. پس از برقراری شرایط دائم، فشارسنجی که به سوراخ مرکزی وصل است، فشار کل (P_0) و فشارسنجی که به سوراخهای جانبی وصل است، فشار استاتیک (P_s) را اندازه گیری می کند. اختلاف بین این دو فشار را می توان براحتی به سرعت در محل لوله پیتو ارتباط داد.



روشهای آزمایشگاهی

❖ اندازه گیری سرعت

برای نیل به این هدف فرض کنید نقطه ۱ نقطه ای به اندازه کافی دور از لوله پیتو باشد. نقطه ۲ نیز نقطه واقع بر مقطع ورودی لوله پیتو است (که در ضمن نقطه سکون جریان نیز هست). در این صورت داریم:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2$$

حال اگر P_1 را P_S (فشار نقطه سکون) نشان دهیم، با توجه به اینکه V_A برابر با صفر است، داریم:

$$V_1 = \sqrt{\frac{2(P_0 - P_S)}{\rho}} = \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}$$

در عمل برای اینکه دقت اندازه گیری سرعت افزایش یابد، لازم است رابطه بالا در ضریب تصحیح سرعت C_V ضرب شود. این ضریب همواره کوچکتر از ۱ است و از طریق کالیبراسیون و معمولاً توسط شرکت سازنده دستگاه پیتو بدست می آید:

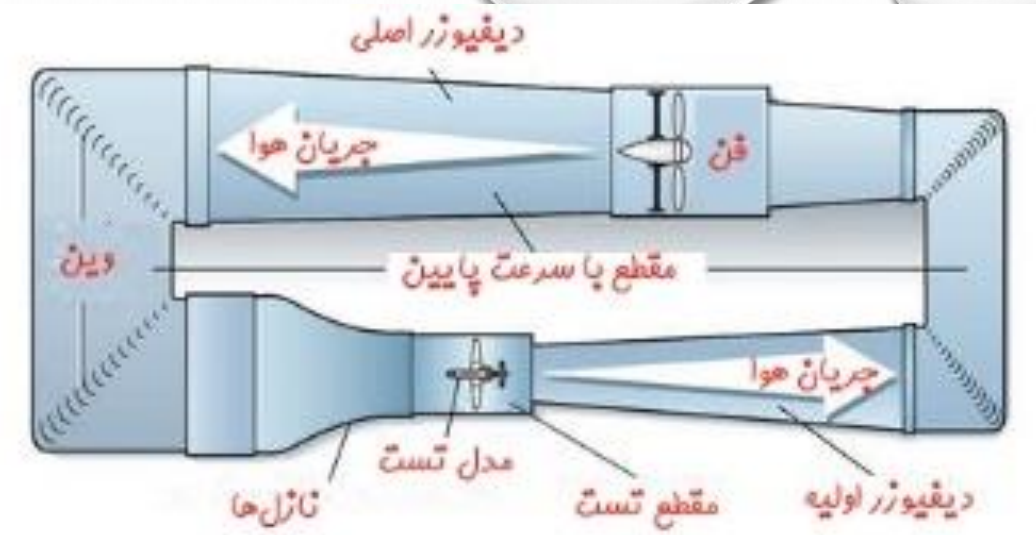
$$V_1 = C_V \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}$$

روشهای آزمایشگاهی

❖ اندازه گیری نیرو

اندازه گیری نیرو از مهمترین اندازه گیری ها در مکانیک سیالات محسوب می شود. برای اندازه گیری نیروی وارده از طرف سیال به جسم موردنظر، از تونل باد و یا برج آب استفاده می شود.

در هر دو روش، ابتدا مدل کوچکی از جسم موردنظر با مقیاس معین تهیه شده، سپس در مقطع تست تونل باد بر روی پایه نصب می گردد. سپس توسط فن یا کمپرسور محوری جریان هوا در اطراف مدل برقرار می گردد. برای اندازه گیری درگ و لیفت وارده از طرف سیال به مدل، از سنسورهای دقیق و متعدد که در نقاط موردنظر تعبیه شده اند، استفاده می گردد.



روشهای آزمایشگاهی

❖ اندازه گیری نیرو

تونل باد و تونل آب از این نظر که قیمت بسیار بالایی دارند، ممکن است در همه پروژه ها قابل استفاده نباشند. در ضمن فضای آزمایشگاهی موردنیاز برای نصب تونل باد یا آب ممکن است بیش از حد زیاد باشد. از طرف دیگر برای ثابت نگهداشتن مدل در داخل تونل باد یا آب نیاز به پایه و مکانیزم مناسبی داریم که نه تنها در ایجاد نیروی درگ دخیل است بلکه می تواند میدان جریان را نیز از حالت تقارن خارج سازد. برای اجتناب از چنین مشکلاتی میتوان از دستگاه ساده ای به نام برج آب اسفاده کرد. در این دستگاه خاص، مدل کوچکی از جسم موردنظر در داخل برج که نزدیک به چهار متر ارتفاع دارد از یک نیروسنج حساس آویزان می شود. پیش از شروع آزمایش، نیرویی که توسط نیروسنج ثبت می شود وزن جسم است. با حرکت پیستون بسمت بالا، آب در اطراف مدل به جریان درمی آید و موجب می شود که به جسم مزبور نیرو وارد شود. این نیرو باعث می شود که نیروسنج، نیروی کمتری را نسبت به حالت قبل نشان دهد. اختلاف بین این دو نیرو در واقع نیروی درگی است که در این سرعت خاص، به جسم وارد می شود.