

فهرست مطالب:	
عنوان	شماره صفحه
فصل اول: مقدمه و کلیات	۲
مکانیک سیالات	۲
سیال	۲
تنش برشی متوسط	۳
قانون لزجت نیوتن	۴
آحاد و ابعاد	۶
ویسکوزیته مطلق	۷
ویسکوزیته سینماتیکی	۸
دانسیته	۱۰
حجم مخصوص	۱۰
وزن مخصوص	۱۰
چکالی	۱۱
فشار	۱۱
فشار بخار	۱۱
کشش سطحی	۱۲
خاصیت موئینگی	۱۵
فصل دوم: استاتیک سیالات یا هیدرواستاتیک	۱۷
تغییرات فشار در یک سیال ساکن	۱۷
تغییر فشار در یک سیال تراکم ناپذیر	۱۷
آحاد و مقیاس های اندازه گیری فشار	۱۹
بارومتر	۲۰
مانومتر	۲۰
نیروی شناورسازی	۲۲
وزن ظاهری	۲۴
فصل سوم: مفاهیم جریان سیال و معادلات بنیادی حجم کنترل	۲۵
بررسی جریان سیال	۲۵
جریان آرام	۲۶
جریان درهم	۲۶
جریان پایدار	۲۶
جریان ناپایدار	۲۶
جریان یکنواخت	۲۶
جریان غیر یکنواخت	۲۶

پنجم	جریان لزج در لوله‌ها و کانال‌ها، فرمول منینگ، معادله دارسی، آشنایی با وسایل اندازه‌گیری سرعت جریان و ...
ششم	آنالیز ابعادی، عدد رینولدز، عدد اولر، عدد وبر و ...
ششم	مباحث پایانی مکانیک سیالات و حل تمرین‌های تکمیلی و رفع اشکالات در زمینه مکانیک سیالات
هفتم	اصول و انواع مکانیسم انتقال گرما (تابشی، هدایتی، جابه‌جایی)، انتقال حرارت هدایتی، قانون فوریه، تعریف ضریب هدایت حرارتی و تشریح مولکولی آن
هشتم	اثبات روابط مربوط به انتقال حرارت در دیوارهای مسطح ساده و مرکب
هشتم	اثبات روابط مربوط به انتقال حرارت در دیوارهای استوانه‌ای ساده و مرکب
نهم	اثبات روابط مربوط به انتقال حرارت در دیوارهای کروی ساده و مرکب
دهم	کلیات انتقال حرارت به روش جابه‌جایی و رابطه سرمایش نیوتن
دهم	معادله هدایت حرارت یک بعدی، دو بعدی و سه بعدی
یازدهم	کلیات انتقال حرارت به روش تابش و رابطه استفان بولتزمن
دوازدهم	انواع مقاومت‌های حرارتی (هدایتی، جابه‌جایی و تشعشعی) در دیوار مسطح، استوانه و کره، ضریب کلی انتقال حرارت در سیستم‌های دگارتی و شعاعی
دوازدهم	عایق‌بندی، ضخامت بحرانی عایق در سیستم‌های شعاعی انواع مبدل‌های حرارتی و نقش حرکت نسبی سیالات سرد و گرم در آن‌ها
سیزدهم	روش LMTD جهت محاسبه انتقال حرارت و ضریب کلی انتقال حرارت، مباحث پایانی انتقال حرارت و حل تمرین‌های تکمیلی و رفع اشکالات در زمینه انتقال حرارت
چهاردهم	تعریف کلی انتقال جرم، معرفی فرایندهای عملیات انتقال جرم، نفوذ مولکولی، قانون اول فیک و قانون دوم فیک
چهاردهم	تعریف ضریب نفوذ و مفهوم مولکولی و نحوه‌ی محاسبه آن در گازها و مایعات
پانزدهم	انتقال جرم در حالت آرام و غلظت مربوط
شانزدهم	آشنایی با ابعاد بدون بعد در انتقال جرم و روش محاسبه ضریب انتقال جرم
شانزدهم	انتقال جرم از یک فاز به فاز دیگر و ضرایب انتقال جرم کلی، آشنایی با دستگاه‌های صنعتی مرتبط با انتقال جرم

مکانیک:

علم فیزیک است که با حالت سکون (Stationary) و حالتی که جسم تحت تأثیر یک نیرو در حال حرکت است، سروکار دارد.

* شاخه‌ای از مکانیک که با اجسام در حالت سکون سروکار دارد استاتیک (statics) و شاخه‌ای که با اجسام در حال حرکت سروکار دارد، دینامیک (dynamics) نام دارند.

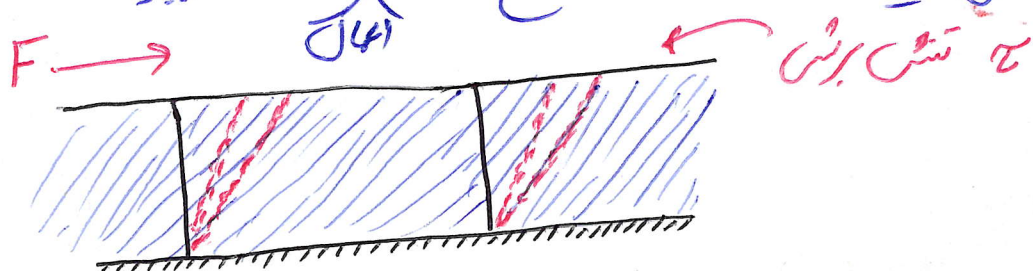
مکانیک سیالات (Fluid mechanics): علمی است که رفتار سیالات را در حالت

سکون (fluid statics) و یا در حالت حرکت (fluid dynamics) و برهم‌کنش

سیالات با اجسام و یا با سیالات دیگر را در مرز بین آن‌ها (لایه مرزی boundary layer) بررسی می‌کند.

سیال (Fluid): سیال ماده‌ای است که تحت تأثیر تنش برشی هر چند کوچک، بر روی وضع تغییر شکل می‌دهد.

پدیده تغییر شکل در سیالات در اثر اعمال نیروهای برشی به وجود می‌آید. این نیروها مانند F در شکل زیر به صورت یک بر سطح سیال و باعث تغییر مکان یا جابه‌جایی سیال می‌شوند.



که با ثابت بودن سایر کمیت‌ها، F با A و λ نسبت مستقیم و با ضخامت سیال τ نسبت معکوس دارد. به شکل رابطه‌ای می‌توان نوشت:

$$F = \mu \frac{AU}{\tau}$$

μ ضریب تناسب بوده و نشان دهنده خاصیت ویسکوزیته از سیال است. اگر

$$\tau = \mu \frac{U}{\tau}$$

باشد. تنش برشی معادل است با:

نسبت $\frac{U}{\tau}$ سرعت زاویه‌ای خط ab یا میزان تغییر شکل زاویه‌ای سیال یا به بیان

ساده‌تر میزان گامش زاویه‌ای abd است. سرعت زاویه‌ای را به صورت $\frac{du}{dy}$

نیز می‌توان نشان داد. زیرا $\frac{U}{\tau}$ و $\frac{du}{dy}$ هر دو حاصل تقسیم تغییرات سرعت بر مسافت

مربوط به این تغییرات در طول کن‌ها انجام شده است. بنابراین:

$$\tau = \mu \frac{du}{dy}$$

قانون لزجت نیوتن (Newton's law of viscosity)

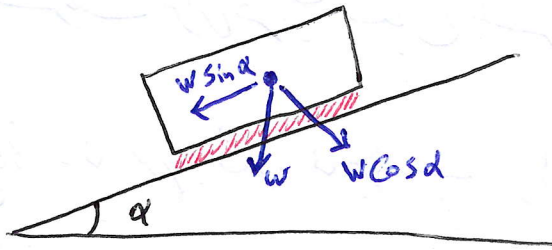
ضریب تناسب μ ویسکوزیته سیال نامیده می‌شود و معادله بالا قانون ویسکوزیته نیوتن خوانده می‌شود.

* سیالات را می‌توان به دو گروه نیوتن و غیر نیوتن تقسیم کرد. به طور کلی هر دو گروه در شکل‌های

متعدد می‌شوند، در سیالات نیوتن بین تنش برشی و سرعت تغییر شکل زاویه‌ای

رابطه‌ای خطی وجود دارد. اما در سیالات غیر نیوتن، غیر خطی می‌باشد.

6/ یک مکعب به جرم 12 kg در سطح شیب دار که با افق زاویه 30° دارد و لغزد. لایه نازکی از سیال به ضخامت 0.1 mm جسم جامد و سطح را از هم جدا می کند. لزجت سیال معادل $0.04 \frac{N \cdot s}{m^2}$ می باشد. با فرض این که توزیع سرعت در لایه نازک خطی است. سرعت جاری مکعب را بدست آورید. سطح مکعب در تماس با لایه سیال معادل $0.25 m^2$ است.



$$m = 12 \text{ kg} \Rightarrow W = m \cdot g = 12 \times 9.8 = 117.6$$

$$t = 0.1 \text{ mm} \Rightarrow t = 0.1 \times 10^{-3} \text{ m}$$

مختصات

$$\mu = 0.04 \frac{N \cdot s}{m^2}$$

$$\alpha = 30^\circ \Rightarrow \sin 30^\circ = 0.5$$

$$\tau = \mu \frac{V}{t}$$

$$\tau = \frac{F}{A} \Rightarrow \frac{F}{A} = \mu \frac{V}{t}$$

$$F = W \sin \alpha = 117.6 (0.5) = 58.8$$

$$\frac{58.8}{0.25} = 0.04 \frac{V}{0.1 \times 10^{-3}} \Rightarrow V = 0.6 \text{ m/s}$$

آحاد و ابعاد: در جدول زیر آحاد و ابعاد سیستم ها و مقادیر و نشان داده شده است.

سیستم	جرم	طول	زمان	نیرو	تجهیزات	g_c
SI	kg	m	s	N	k	$1 \text{ kg} \cdot \text{m} / \text{N} \cdot \text{s}^2$
مهندسی انگلیسی	slug	ft	s	lb	R	$1 \text{ slug} \cdot \text{ft} / \text{lb} \cdot \text{s}^2$
مهندسی آمریکایی	lbm	ft	s	lbf	R	$32.174 \text{ lbm} \cdot \text{ft} / \text{lbf} \cdot \text{s}^2$
c.g.s	g	cm	s	dyn	k	$1 \text{ g} \cdot \text{cm} / \text{dyn} \cdot \text{s}^2$

$$\frac{\text{slug}}{\text{ft} \cdot \text{s}}$$

$$\frac{\text{lb} \cdot \text{s}}{\text{ft}^2}$$

در سیستم مهندسی انگلیسی
و آمریکایی

* واحد ویسکوزیته در سیستم های SI و c.g.s یکوازی همانند که برابر
نیابراین $1 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ برابر یک سانتی پواز است.

$$1 \text{ slug} = 14.594 \text{ kg}$$

$$* \quad 1 \frac{\text{slug}}{\text{ft} \cdot \text{s}} \quad \text{چند} \quad \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}} \quad \text{است؟}$$

$$1 \text{ ft} = 0.3048 \text{ m}$$

* 1 slug نیز جرم است که اگر نیروی 1 lb به آن وارد شود شتاب معادل $1 \frac{\text{ft}}{\text{s}^2}$ خواهد گرفت.

ویسکوزیته نیابتی: ویسکوزیته مطلق یا ویسکوزیته دینامیکی همانند و مقدار آن

با ویسکوزیته نیابتی " η " مساوی نیست، بلکه رابطه زیر بین آن ها وجود دارد:

$$\eta = \frac{\mu}{\rho}$$

ویسکوزیته مطلق $\rightarrow \mu$ دانسیته $\rightarrow \rho$

ویسکوزیته نیابتی $\rightarrow \eta$

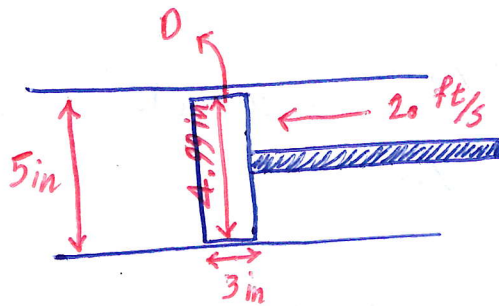
* ویسکوزیته نیابتی کاربردهای بسیار دارد، مانند استفاده آن در عدد رینولدز که در اداس درسی به آن ها
اشاره خواهد شد.

در سیستم SI واحد ویسکوزیته نیابتی برابر $1 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$ و در سیستم مهندسی معادل $1 \frac{\text{ft}^2}{\text{s}}$ خواهد بود.

واحد ویسکوزیته نیابتی در c.g.s را استوک (St) می نامیم که معادل $1 \frac{\text{cm}^2}{\text{s}}$ است.

* مایعی دارای ویسکوزیته $0.005 \text{ kg/m} \cdot \text{s}$ و دانسیته 850 kg/m^3 خواهد بود. مطلوبیت: ویسکوزیته

نیابتی در (الف) سیستم SI (ب) سیستم مهندسی انگلیسی (ج) ویسکوزیته در سیستم مهندسی انگلیسی



یادآوری:

ارتفاع و محیط قاعده = مساحت استوانه

$$\text{محیط دایره} = 2\pi r = \pi D$$

$$t = 5 \text{ in} - 4.99 \text{ in} = 0.01 \text{ in}$$

$$0.01/12 = 0.0008$$

$$\tau = \frac{F}{A} \Rightarrow F = \tau \cdot A = \mu \frac{dv}{dt} \cdot A = 0.02 \times \frac{20}{0.0008} \times 0.3264 = 163.2 \text{ lb}_f$$

$$\tau = \mu \frac{dv}{dt}$$

$$A = \pi \left(\frac{4.99}{12} \right) \times \left(\frac{3}{12} \right) = 0.3264 \text{ ft}^2$$

دانسته یک سیال (f)، معادل حجم در واحد حجم آن تعریف می شود.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

حجم مخصوص (v_s)، عکس دانسته (f) می باشد. به بیان دیگر حجم اشیاء شده توسط واحد حجم سیال را حجم مخصوص گویند.

$$v_s = \frac{1}{\rho} = \frac{V}{m}$$

وزن مخصوص (γ): نیروی ثقل در واحد حجم جسم می باشد که مقدارش با تغییر محل، تغییر می کند و شبیه به کتاب ثقل زمین دارد.

$$\gamma = \rho \cdot g$$

$$\gamma = \frac{W}{V} = \frac{m \cdot g}{V} \xrightarrow{m = \rho \cdot V} \gamma = \frac{\rho \cdot V \cdot g}{V} \Rightarrow \gamma = \rho \cdot g$$

12/ پس از مدت زمان تعداد موکسل‌های که قبلاً از سطح مایع جدا شده‌اند با تعداد موکسل‌هایی که در اثر برخورد با سطح آن از مایع تقطیر می‌شوند، مساوی خواهد شد و تعادل موجود می‌آید. از آنجایی که این پدیده به تحرک موکسل‌ها بستگی داشته و این تحرک نیز تابعی از درجه حرارت می‌باشد، فشار بخار یک سیال با افزایش درجه حرارت افزایش خواهد یافت.

همکاری که فشار روی یک مایع مساوی با فشار بخار شود، مایع شروع به جوشیدن می‌کند. به عنوان مثال با کاهش فشار به مقدار کافی، آب در دماهای اتاق می‌تواند به جوشش آید. در 20°C ، فشار بخار آب 2451 kPa و فشار بخار جیوه 0.1738 mmHg می‌باشد.

در اغلب سیستم‌هایی که ما می‌بینیم در آن جریان دارند، احتمال این که در نقاطی از سیستم فشار به قدری کاهش یابد که مساوی با فشار بخار آن شود، وجود دارد. این موضوع سبب می‌شود که مایع سریعاً تبخیر شود و پدیده‌ای به نام کائوتیکس مشاهده شود. حباب‌های کوچک یا حفره‌های تشکیل شده، سریعاً انبساط می‌یابند و از مکان اولیه خود به طرف منطقه‌ای که فشار بیشتر است به فشار بخار دارد، حرکت می‌کنند و در آنجا متلاطم می‌شوند. این رشد و نابودی حباب‌ها و ملو از بخار در منطقه کائوتیکس، در پمپ‌ها و توربین‌های هیدروالیک باعث خوردگی فلز می‌شود و خسارتی را به دنبال خواهد داشت.

کشش سطحی (Surface Tension):

در مذکب مایع و یک گاز و یا دو مایع که با یکدیگر مخلوط می‌شوند، لایه‌ای وجود دارد که ظاهراً در اثر نیروی جاذبه بین موکسل‌های تشکیل شده است. وجود این لایه را توسط یک آزمایش ساده می‌توان نشان داد. اگر

بر برش حساب وارد شود. گمانی در نیرو برابر قرار دادن می شود و موازنه برقرار کند. وصل می شود.

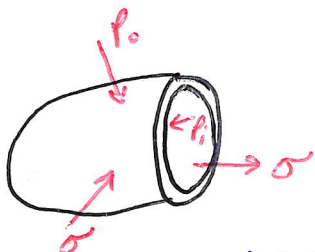
* کشش سطحی نیرو، چندان قوی نیست و نتواند قطرات کوچک را به صورت کره نگه دارد. به اصطلاح قطرات بزرگ پایدار می شوند. σ به محیط وارد می شود، P_i و P_o به سطح وارد می شوند.

$$P = \frac{F}{A} \Rightarrow F = P \cdot A$$

$$\sigma (2\pi r) = P_i \pi r^2 - P_o \pi r^2 \Rightarrow 2\sigma = P_i r - P_o r = r(P_i - P_o)$$

$$P_i - P_o = \frac{2\sigma}{r} \rightarrow P_i = \frac{2\sigma}{r} + P_o \Rightarrow \text{فشار داخل قطره از فشار خارج آن بزرگتر است}$$

* فشار در سطح مقعر بزرگتر از سطح محدب است. $P_i > P_o$



* رابطه بین فشار داخل و خارج حساب را باید.

حساب به صورت پوسته ای نازک از مصالح است که از خارج و داخل با گاز در تماس است. چون ضخامت پوسته ناچیز است شعاع داخلی و خارجی حساب یکسان است. $r_i = r_o$

$$\sigma (2\pi r) + \sigma (2\pi r) = P_i \pi r^2 - P_o \pi r^2$$

$$2\sigma + 2\sigma = P_i r - P_o r \Rightarrow P_i - P_o = \frac{4\sigma}{r}$$

* ضرب کشش سطحی با افرایش دما، کاهش می یابد. گفته

16/ $m = \rho \cdot v = \rho \cdot h \cdot \pi r^2$

$$2\pi r \sigma \cos \theta = \rho \cdot g \cdot h \cdot \pi r^2 \Rightarrow \uparrow h = \frac{2\sigma \cos \theta}{\rho \cdot g \cdot r \downarrow}$$

* با کاهش شعاع لوله (r)، ارتفاع سیال در لوله بیشتر شود. نکته

* فشار داخل قطره آب به قطر 0.005 cm در دما 20°C و فشار 101325 Pa چقدر است؟ مثال

برای آب در دما 20°C برابر 0.0736 N/m است.

$$P_0 = 101325 \text{ Pa}$$

$$P_i = ?$$

$$P_i - P_0 = \frac{2\sigma}{r}$$

$$D = 0.005 \text{ cm} \Rightarrow r = 0.0025 \times \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} = 25 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$P_i - 101325 = \frac{2(0.0736)}{25 \times 10^{-6}} \Rightarrow P_i = 107213 \text{ Pa}$$

* در یک لوله موئین با قطر داخل 2 mm، اگر زاویه بین سطح آب و دیواره قائم برابر 25° باشد.

ارتفاع صعود موئینی چقدر است؟
 ($\gamma = 9806 \text{ N/m}^2$ ، $\sigma = 0.075 \text{ N/m}$)

$$r = 1 \text{ mm} \times \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} = 0.001 \text{ m}$$

$$\cos \theta = \cos 25 = 0.906$$

$$\gamma = \rho \cdot g$$

$$h = \frac{2\sigma \cos \theta}{\rho \cdot g \cdot r} = \frac{2(0.075)(0.906)}{9806(0.001)}$$

$$h = 0.0138 \text{ m}$$

* یک آمپفوس شناس بایستی یک آزمایشگاه دریایی به بندر 5 متر اطراف طراحی کند که بتواند در عمق 100 متری از سطح دریا (این ارتفاع از سطح دریا تا بالای آزمایشگاه دریایی است) غوطه ور باشد. اگر چگالی مخصوص آب یک 1.020 باشد فشار بر روی سطح بالای آزمایشگاه و همچنین تغییرات فشار بر روی یک از وجوه آن چگونه خواهد بود؟

$$\gamma = 1.020 (9.8) = 10 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3}$$

در بالای آزمایشگاه $h = 100 \text{ m}$ است و:

$$p = \gamma h = 10(100) = 1000 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} = 1 \text{ MPa}$$

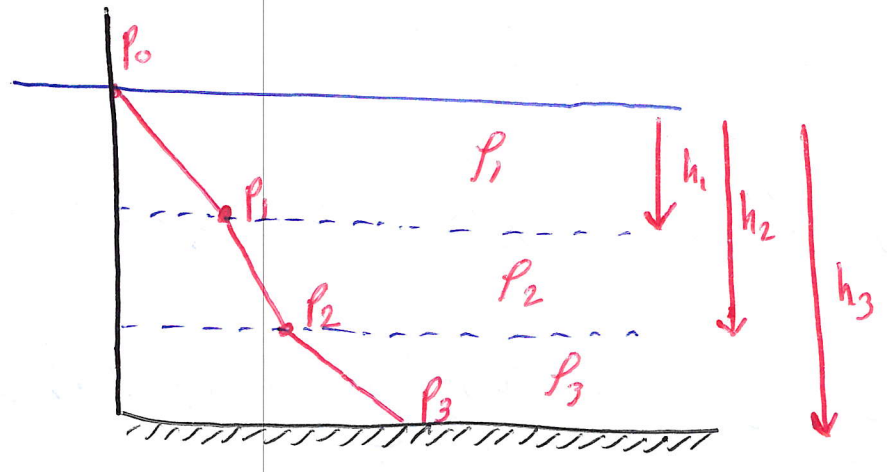
اگر فاصله از بالای آزمایشگاه به طرف پایین باشد تغییرات فشار برابر است با:

$$p = 10 (y + 100) \text{ kPa}$$

۵۴۵

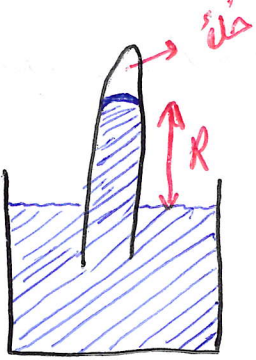


اغلب به دلیل گرمایش یا حضور مواد اتر درون چون نفت یا مواد رسوبی، چگالی یک سیال گرگم تاثیر می‌کند. ممکن است لایه لایه شود. در این صورت لایه‌های تشکیل می‌شود و لایه‌های سیال سنگین‌تر زیر لایه‌های سبک‌تر قرار می‌گیرد. درون هر لایه چگالی ثابت باقی خواهد ماند و فشار به صورت خطی با هیدرواستاتیک نسبت به عمق تغییر می‌کند. شکل زیر نمودار ایده آل تغییرات چگالی بر حسب عمق را برابر آب یک بار به ناصیه چگالی ثابت نشان دهد.



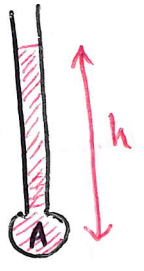
$$p = \begin{cases} p_0 + \rho_1 g h & 0 < h < h_1 \\ p_1 + \rho_2 g (h - h_1) & h_1 < h < h_2 \\ p_2 + \rho_3 g (h - h_2) & h_2 < h < h_3 \end{cases}$$

بارومتر: بارومتر وسیله‌ای است که اختلاف فشار بین اتمسفر و خلأ یا لوله‌ای که هوای آن تخلیه شده باشد را اندازه‌گیری می‌کند. بارومتر جیوه‌ای شامل یک لوله‌ای می‌باشد که در آن جیوه است که یک سر آن بسته و سر باز آن را در ظرفی پر از جیوه غوطه‌ور می‌کنند. بارومتر جیوه‌ای درجه بندی می‌شود که به کمک آن بتوان مقدار R را تعیین کرد.



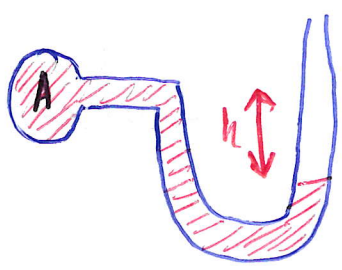
مانومتر: مانومترها دستگاههایی هستند که در آن‌ها از ستون مایع برای تعیین اختلاف فشار استفاده می‌شود.

ساده‌ترین نوع مانومتر که در زیر می‌آید، می‌شود را پیرومتر می‌نامند و از آن، موقعی که فشار نسبی مایع از صفر بیشتر یا کمتر استفاده می‌شود. پیرومتر نمی‌تواند برای اندازه‌گیری فشارهای متغیر به کار برده شود زیرا هوا از طریق لوله به داخل محفظه راه می‌یابد. همچنین از پیرومتر نمی‌توان برای فشارهای زیاد



استفاده کرد. زیرا در این صورت احتیاج به یک لوله قائم بسیار بلندی خواهیم داشت.

برای اندازه‌گیری فشارهای نسبتاً مثبت و متغیر ناچیز یک مایع از لوله‌ای U شکل که در زیر می‌آید، می‌شود استفاده می‌شود.



$$P_{air} - \cancel{0.3(13.6)(9.806)} = 0 \Rightarrow P_{air} = 40.008 \text{ kPa} \quad (-)$$

$$P_A + \cancel{0.6(0.9)(9.806)} - \cancel{0.5(2.94)(9.806)} = 40.008$$

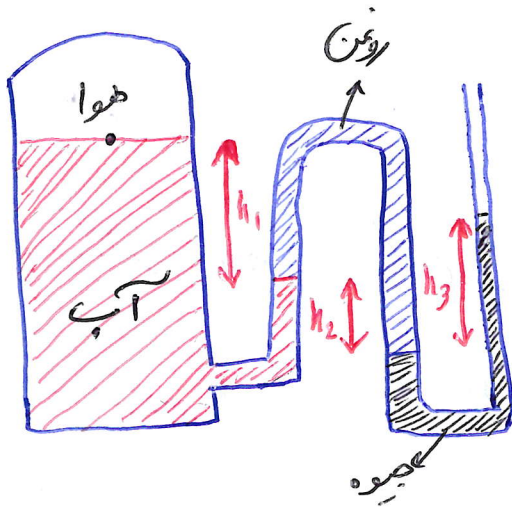
5.295 14.415

$$P_A = 49.128 \text{ kPa}$$

* در شکل زیر آب درون تانک تحت فشار هوا در بالا یک کوه در ارتفاع 1400 m در فشار اتمسفر

$h_2 = 0.2 \text{ m}$ ، $h_1 = 0.1 \text{ m}$ قرار دارد. فشار هوای درون تانک را تعیین کنید اگر 85.6 kPa

$h_3 = 0.35 \text{ m}$ و دانسیته آب 1 g/cm^3 ، روغن 0.85 g/cm^3 و جیوه 13.6 g/cm^3 باشد.



$$P_{air} + \rho_{H_2O} g h_1 + \rho_{oil} g h_2 - \rho_{Hg} g h_3 = P_{atm}$$

$$P_{air} = P_{atm} + \rho_{Hg} g h_3 - \rho_{H_2O} g h_1 - \rho_{oil} g h_2$$

$$P_{air} = P_{atm} + g (\rho_{Hg} h_3 - \rho_{H_2O} h_1 - \rho_{oil} h_2)$$

$$P_{air} = 85.6 + \cancel{9.806} \left(\cancel{13.6(0.35)} - \cancel{1(0.1)} - \cancel{0.85(0.2)} \right) = 129.63 \text{ kPa}$$

44.03 0.1 0.17
 4.49

* نیروی شناور سازی:

نیروی برآیند وارد از طرف یک سیال ساکن بر جسمی که در داخل آن فرو رفته یا شناور می باشد را نیروی شناور می گویند. این نیرو همیشه به طور قائم و روبه بالا اثر می کند. نیروی شناوری دارای مولفه

وزن ظاهری (apparent weight):

اختلاف نیروی شناوری از وزن واقعی جسم، وزن ظاهری جسم نام دارد. وزن ظاهری همیشه کمتر از وزن واقعی جسم است.

$$W_{\text{apparent}} = W_{\text{actual}} - \gamma V$$

+ یک قطعه سنگ معدنی که در هوا 1.5 N وزن دارد، وقتی به زیر آب فرو برده شود 1.1 N وزن خواهد داشت، حجم آن را بر حسب سانتی متر مکعب بدست آورید.

$$W = W' + F_B$$

$$\gamma_{\text{آب}} = 9806 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}$$

$$1.5 = 1.1 + (9806) V$$

$$\gamma_{\text{آب}} = 9.806 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$V = 0.0000408 \text{ m}^3 \times \left(\frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \right)^3 = 40.8 \text{ cm}^3$$

جریان آرام (laminar): ذرات سیال در امتداد مسیرهای هموار درون لایه‌ها حرکت

می‌کنند و یک لایه بر لایه مجاورش لغزد.

جریان درهم (آشفته) (turbulent): ذرات سیال در مسیرهای بسیار نامنظم حرکت می‌کنند و موجب

می‌شوند که اندازه حرکت (مومنتم) از یک بخش سیال به بخش دیگر منتقل شود.

جریان پایدار (Steady): جریانی است که مشخصه جریان بر حسب زمان بدون تغییر است

$$\left(\frac{dv}{dt} = 0 \quad \frac{dp}{dt} = 0 \quad \frac{dT}{dt} = 0 \right)$$

جریان ناپایدار (Unsteady): جریانی است که یک یا چند مشخصه نسبت به زمان تغییر

$$\frac{dv}{dt} \neq 0$$

جریان یکنواخت (Uniform): جریانی است که در هر نقطه از مسیر جریان، سرعت از نظر

مقدار و جهت بدون تغییر باقی می‌ماند.

جریان غیر یکنواخت (Non Uniform): جریانی است که در آن بردار سرعت در امتداد خط جریان

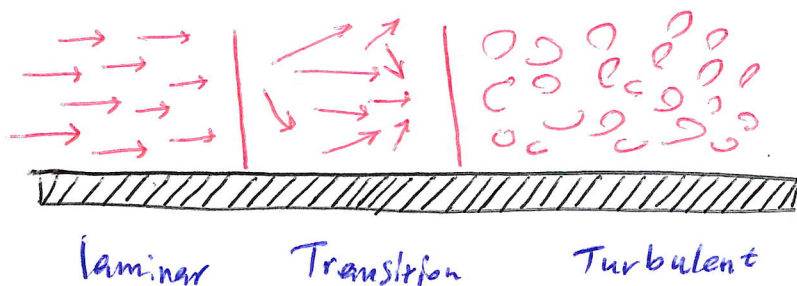
ثابت نیست و سرعت جریان متغیر باشد مانند مايع در یک لوله خمیده، جریان آب در رودخانه

* آزمایش رینولدز (Reynolds):

هدف از آزمایش رینولدز تعیین طبیعت و ماهیت سیال است. دستگاه آزمایش از یک مخزن

آب، یک لوله شیشه‌ای باریک سر در انتهای یک قیف حاوی مایه رنگی تشکیل شده است. ماده رنگی

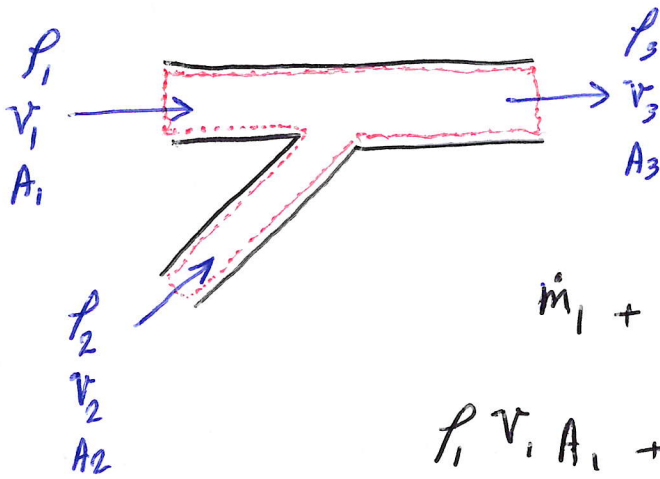
هرگاه یک جریان تکینوافت بدیل وارد صغره تحت شود صرف نظر از آرام یا نا آرام بودنش 28
 اولین لایه دریا با سطح جامد سرعتش به صفر میرسد این لایه با سرعت صفر بر روی لایه های دیگر
 تأثیر گذاشته و سرعت آنان را نیز کم می کند با افزایش فاصله از سطح جامد سرعت ذرات بدیل افزایش
 یافته و در فاصله نسبتاً کمی سرعت ذرات بدیل تقریباً به سرعت جریان آزاد V_{∞} میرسد. ناصیه ای
 که در آن تغییرات سرعت وجود دارد لایه مرزی هیدرودینامیکی نامیده می شود. این ناصیه از سطح
 جامد تا جایی که سرعت به $\frac{1}{2}$ از V_{∞} مقدار V_{∞} میرسد، می باشد.



وقتی که جریان تکینوافت وارد صغره تحت می شود در امتداد صغره، جریان آرام ایجاد می گردد. بعد از طی یک فاصله
 اگر طول صغره به اندازه کافی زیاد باشد آشفتگی در جریان ظاهر می شود که این ناصیه Transition می گویند.
 فاصله از لبه صغره تا جایی که جریان آرام به گذار تبدیل می شود را طول بحرانی می گویند، بعد از ناصیه گذار جانی
 طول صغره به اندازه کافی بزرگ باشد ناصیه نامنظم هر جریان به وجود می آید و حرکات گردابی (Eddy) در جریان
 توسعه می یابد. به این ناصیه توربولنت (توربولانس)، نا آرام می گویند.

معادله عمومی بقایای حجم کنترل (قانون بقایای جرم):

قانون بقایای جرم بیان می کند که جرم درون سیستم نسبت به زمان ثابت خواهد ماند. شکل سیستم



$$\dot{m}_1 + \dot{m}_2 = \dot{m}_3$$

$$\rho_1 v_1 A_1 + \rho_2 v_2 A_2 = \rho_3 v_3 A_3$$

* اگر سیال لزج جنبی باشد، دانسیته ها با هم برابرند بنابراین:

$$v_1 A_1 + v_2 A_2 = v_3 A_3$$

معادله انرژی:

در صورتی که از اثرات هسته ای، الکتریکی، مغناطیسی و کشش سطحی صرف نظر شود، انرژی داخلی و یک ماده خالص برابر است با جمع انرژی های پتانسیل، جنبی و ذاتی:

انرژی ذاتی در واحد جرم (U^{**}) ، ناشی از نیروهای بین مولکولی است (و شبیه به p یا T دارد).

$$e = gz + \frac{v^2}{2} + U^{**}$$

← انرژی داخلی
 ← انرژی جنبی
 ← انرژی ذاتی

* m در معادله یک است.

$$\frac{p_1}{\gamma_1} + z_1 + \alpha_1 \frac{v_1^2}{2g} = H_s + \frac{p_2}{\gamma_2} + z_2 + \alpha_2 \frac{v_2^2}{2g} + k \frac{v^2}{2g}$$

فشار
 ← ارتفاع
 ← سرعت
 ← ضریب تصحیح
 ← هدایت
 ← ضریب تلفات
 ← تلفات