

روابط و فرمول‌های حقیقی مایعات سیالیت / خواص سیالیت ، استاتیسیته سیالیت

تغیرگشت ، تغییرپذیرا  $\gamma = \frac{\partial u}{\partial y}$  ،  $\tau = \mu \gamma = \mu \frac{\partial u}{\partial y}$

$\mu$  : ویسکوزیته : خاصیتی از سیال است که در مقابل نیروهای برشی از خود مقاومت نشان دهد در مایعات + نیروی بین مولکول (جذبندگی) ، گازها + انتقال دوشتوم

مادهای سیالیت :  $\mu = \mu_0 e^{-bT}$  ، گازها :  $\frac{\mu}{\mu_0} = \left(\frac{T}{T_0}\right)^h$

واحد های ویسکوزیته :  $\mu = \frac{\tau}{\frac{\partial u}{\partial y}} = \frac{\frac{N}{m^2}}{\frac{m/s}{m}} = \frac{N \cdot s}{m^2}$

$\frac{1 \text{ gr}}{\text{cm} \cdot \text{sec}} = 1 \text{ poise}$  ،  $\frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}} = \text{ML}^{-1}\text{T}^{-1}$  ،  $\frac{1 \text{ lbm}}{\text{ft} \cdot \text{sec}} = \frac{1 \text{ lbm}}{\text{ft} \cdot \text{sec}}$

Poise = 0.1 Pa.sec    Cp = Centipoise = 10<sup>-3</sup> Pa.s

\* افزایش فشار موجب افزایش سرعت برخورد و کاهش طول برخورد می‌شود که این دو اثر هم راضی می‌کنند لذا ویسکوزیته گازها مستقل از فشار می‌باشد

ویسکوزیته سینماتیک :  $\nu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{\frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{sec}}}{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{\text{m}^2}{\text{sec}} \\ \frac{\text{ft}^2}{\text{sec}} \end{array} \right. (L^2 T^{-1})$

استوکس  $\frac{\text{cm}^2}{\text{s}} = 1 \text{ Stokes}$      $\left( \rho \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \right) \times \text{استوکس} = \text{Poise}$

\* مثال : نسبت تغییر  $\mu$  -> پامپان (استاتیسیته)

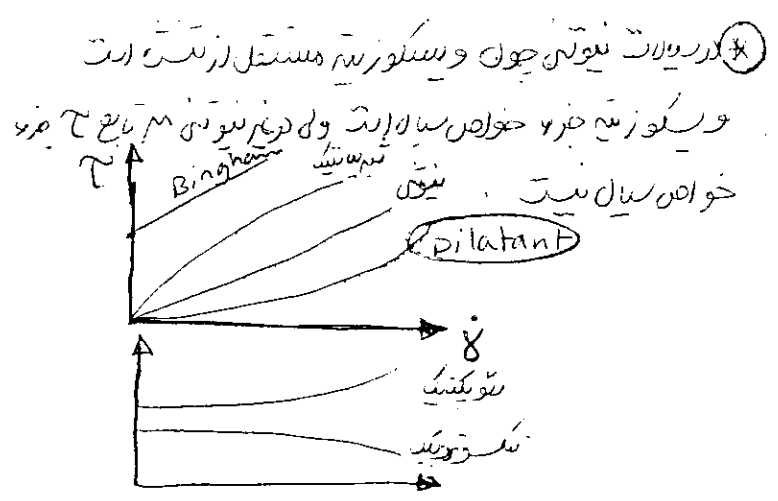
نیوتنی :  $\tau$  محاسب لا (تغیرگشت) خطارت از مبداء و  $\mu$  تابع  $\tau$  نیست

مستقل از زمان  
 Dilatant :  $\mu \uparrow \tau \uparrow$     غیر نیوتنی :  $\tau$  محاسب لا خطاریت  
 شیب پلاستیک :  $\mu \downarrow \tau \uparrow$     و از خطارت از مبداء می‌گذرد  
 Bingham : متن تسلیم فشار (Yield stress)

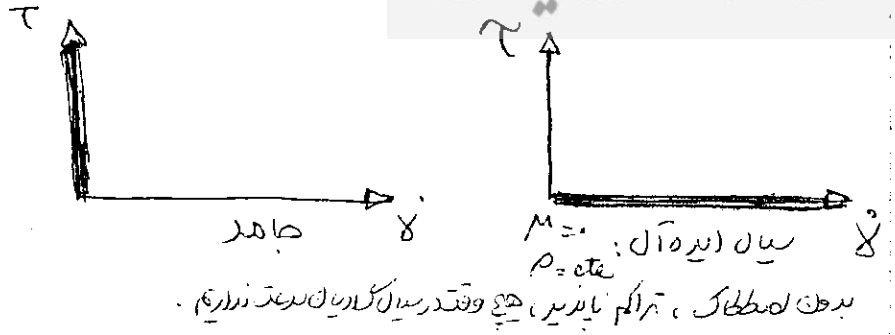
$\tau = \mu (\gamma)^n$      $n > 1$  Dilatant  
 $n < 1$  شیب پلاستیک  
 $n = 1$  نیوتنی

$\tau = \tau_p + \mu \left( \frac{\partial u}{\partial y} \right)$  : Bingham  
 $\tau = \tau_p + \mu \gamma$

ولایت در رها :  $\mu \uparrow \tau \uparrow$     یک سو ترونیست :  $\mu \uparrow \tau \uparrow$  برای شایسته  
 $\mu$  تغییر می‌کنند می‌آید    بدون تغییر گشت باید  $\tau$  را کم کرد  
 هیچ  $\tau$  و ندرت ندرت    روئینیک :  $\mu \uparrow \tau \uparrow$  برای شایسته  
 بدون تغییر گشت باید  $\tau$  را زیاد کرد



سیالیت / مایعیت اول / است



\* مثال ۳

اصل اول:  $P_x = P_y = P_z = P_s = P_a$  در یک سیال ساکن فشار در هر نقطه در تمام جهات یکسان است که در این اصل را اصل پاسکال می‌نامیم. اگر سیال ساکن نباشد اصل پاسکال برقرار نیست.

مدول الاستیسیته:  $K$  ضریب تراکم پذیری هم‌رما.  $K = -\frac{1}{V} \left( \frac{\partial V}{\partial P} \right)_T$

واحد  $K$  عکس فشار است. مدول بانگ عکس تراکم پذیری هم‌رما است و واحد آن

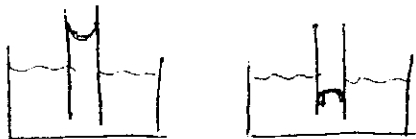
فشاره باشد:  $K = -\frac{dP}{\left(\frac{dV}{V}\right)}$  مدول بانگ

مدول بانگ  $\leftarrow$  بیانگر میزان تراکم پذیری  $\leftarrow K$  تراکم ناپذیرتر است.

مدول بانگ گازهای ایده آل:  $K = PRT$

کشش سطحی: انرژی سطح سیال به ازای واحد سطح.  $\left(\frac{J}{m^2} \text{ یا } \frac{N}{m}\right)$

صورت لوله هویجین: مقطع مخروط



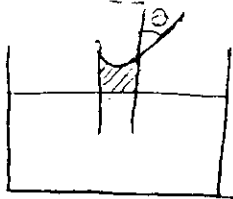
\* در آب و تمام مایعات که در لوله هویجین بالا می‌روند

نمونه‌های چسبندگی بین آب و شیشه بیشتر از نمونه‌های پیوسته بین مویکول‌ها و آب است. سیاحت جوی با

در مایعات این دو نیرو برابر شوند. در عکس/سیاحت که در لوله هویجین بالا می‌روند اصطلاحاً در لوله سطح را ضعیف می‌کنند.

و مایعاتی که در لوله هویجین نزول دارند سطح را ضعیف می‌کنند.

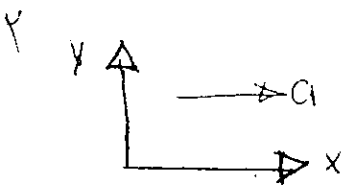
\* هر چقدر کشش سطحی بیشتر شود سیال در لوله بیشتر بالا می‌رود.



$$mg \sin \theta = (2\pi r) \sigma \cos \theta = 0$$

$$P(\pi r^2 h) g = \sigma (2\pi r) \cos \theta \rightarrow h = \frac{2\sigma \cos \theta}{\rho g r}$$

$$\Delta P = \frac{2\sigma}{R}$$



$$\frac{\partial P}{\partial x} = -\rho a$$

$$\frac{\partial P}{\partial y} = -\rho(a_y + g)$$

$$\frac{\partial P}{\partial x} = 0 \quad \frac{\partial P}{\partial y} = -\rho g \quad \leftarrow \quad a_x = a_y = 0 \quad \left. \vphantom{\frac{\partial P}{\partial x}} \right\} \text{استاتیسی}$$

سیال تراکم پذیر:  $\frac{\partial P}{\partial y} = -\rho g = -\frac{PM}{RT} g \rightarrow \frac{dP}{P} = -\frac{Mg}{R} \frac{dy}{dT}$

$$\frac{P}{P_0} = \left( \frac{T_0 - \beta y}{T_0 - \beta y_0} \right)^{\frac{Mg}{BR}}$$

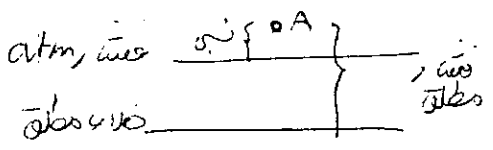
حالت اول: تغییرات خطی دما با ارتفاع.

حالت دوم: اتمسفر هم دما:  $\ln \frac{P}{P_0} = -\frac{Mg}{RT} (y - y_0) \rightarrow P = P_0 e^{-\frac{Mgz}{RT}}$

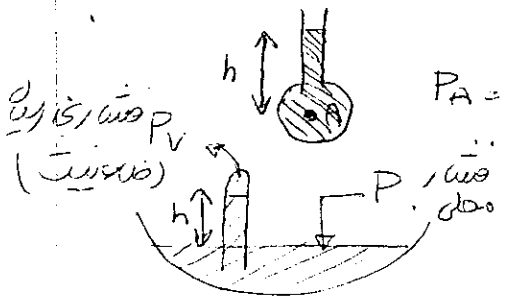
اصل اول:  $P_x = P_y = P_z = P_0 + \rho a$  اگر سیال کند نشدند و در جهت افقی حرکت نکنند.

$$P = \frac{P_x + P_y + P_z}{3}$$

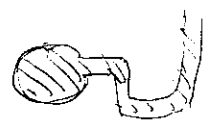
1 atm = 14.7 psi (1 lb/in<sup>2</sup>) = 1.013 x 10<sup>5</sup> Pa = 10.33 mH<sub>2</sub>O = 760 mmHg = 29.92 inHg



فشار مطلق ← فشار



$$P_A = \rho g h$$



$$P = P_v + \rho g h$$

پوشش های اندازه گیری فشار:

فشار زیاد و منفی زیاد + سیال مایع

بارومتر: فشار مطلق را اندازه گیری می کند.

سیالات / اقل / ص ۲

نیروی وارد بر سطوح :

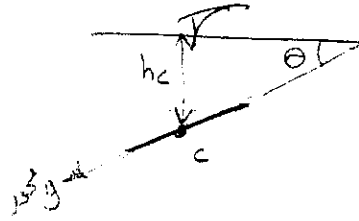
درک سطح / عمق / ارتفاع : نقطه ای است که اگر محور مختصات را به آن نقطه منتقل کنیم همان اول سطح / عمق / ارتفاع حول محور

$I = \int x^2 dm$  همان طبقه را با  $m$  نسبت به محورها  
 x ها و y ها هم می شود کرد.

$F = \gamma h_c A$

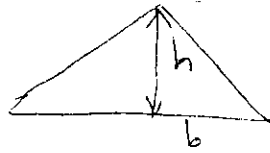
$y_p = - \frac{I_{xx} \sin \theta}{h_c \cdot A}$

نسبت به مرکز سطح  
 از مرکز سطح  
 یا بین آن است

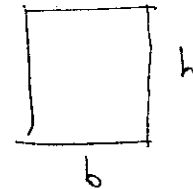


حالت دوم :

$I_{xx} = \frac{bh^3}{36}$



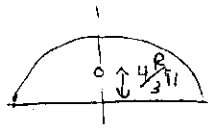
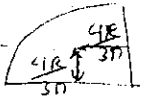
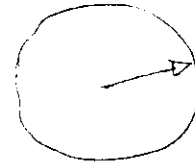
$I_{xx} = \frac{bh^3}{12}$



$I_{xx} = \frac{\pi R^4}{8}$



$I_{xx} = \frac{\pi R^4}{4}$

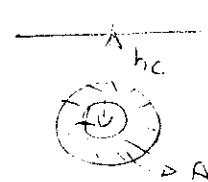


مثال ۱۴ : سطح جزیره را همین

پوشش منشور قائم : اگر روی صغری هورن منشوری بسیار کم بطوریکه ارتفاع منشور در نقطه مرکز ارتفاع بسیار سطح آزاد مایع در آن نقطه باشد در این صورت می توان گفت نیروی وارد بر صغری برابر است با وزن مایع بالای منشور. در این روش محل اثر نیروی برآیند برابر است با مرکز حجم منشور.

$F = V \cdot \gamma$

فرض صغری بسیار کم است ولی مرکز آن در عمق  $h_c$  است.  $F_1$  و  $F_2$  در جهت مخالف و در مرکز قرار دارند.  $F = \gamma h_c A$

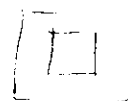


$F_2 \times x_2 - F_1 \times x_1 = \bar{F} \times x_c$

راه (۱۵) : در مجموع  $I_{xx}$  اصناف رویتا دارند هم



$y_p = - \frac{\frac{\pi}{4} (R^4 - r^4)}{h_c \times \pi (R^2 - r^2)}$



$y_p = - \frac{\frac{1}{12} (bh^3 - b'h'^3)}{h_c (bh - b'h')}$

نیروی وارد بر سطح ایستادار:

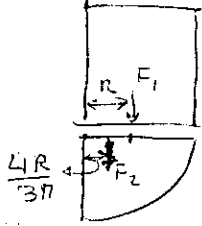
$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

$F_x$ : نیروی وارد بر تصویر AB روی محور yها

$F_y$ : وزن سیال روی سطح ایستادار سطح آزاد

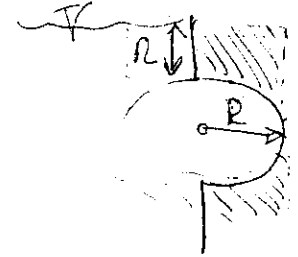
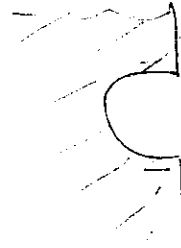
$$F_{y1} * R + F_{y2} * \frac{4R}{3\pi} = (F_{y2} + F_{y1}) * y_c$$

سه محل اثر نیرو



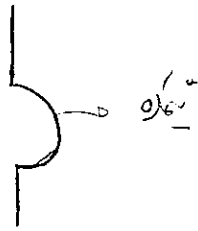
$F_1$  = وزن مستطی

$F_2$  = وزن بخش طایفه



$$F = \gamma V$$

سه نقطه، استواری



خواهیم در: کامل در داخل سیال

شناور: قسمتی در سیال قسمتی از جسم در هوا

نیروهای غوطه‌وری

$$F_B = \gamma V_{\text{جسم}}$$

نیروی بویانس روی بالا، و راستای نیروی بویانس از مرکز حجم می‌گذرد. یا مرکز حجم محل اثر نیروی

$$W' = W_{\text{واقع}} - F_B$$

شکل ص ۱۷ و ص ۱۸ و ص ۱۹

همیشه کمتر: وسیله‌ای است که برای اندازه‌گیری م سیال بکار رفته و براساس اصول شناوری عمل می‌کند.

تعادل:

توازن بیلابلک و نیروی کشیم، برگردد، و مرکز جسم پایین تر از مرکز حجم (محل اثر نیروی بویانس)

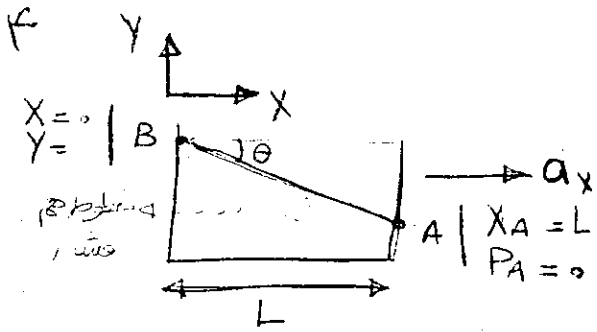
بیابلک: " " " برگردد، " حجم " " جسم

صبی: " " " حالت ثبات با اولیج فوق بلند، دورکز منطبق شوند.

$$W_{\text{کل}} = \frac{a h_1 \gamma_1 \gamma_2}{\gamma_1 - \gamma_2}$$

سیالات / اول / ص ۱





حرکت سیال :

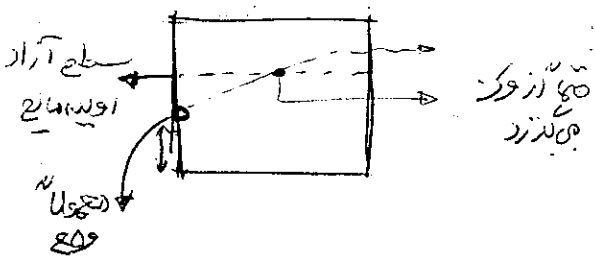
$$\frac{dp}{dx} = -\rho a_x$$

$$\frac{dp}{dy} = -\rho (a_y + g)$$

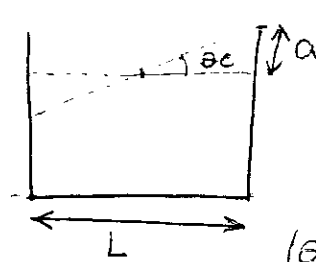
$$dp = -\rho a_x dx - \rho (a_y + g) dy$$

تساوی خطوط هم‌تساوی

$$\frac{dy}{dx} = \tan \theta = -\frac{a_x}{a_y + g}$$



\* مقدار آن خارج شده از طرف :



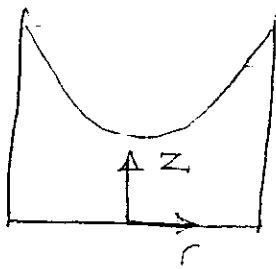
تازمان که سطح آزاد مایل به بالای طرف برشده مایل خارج نمی‌شود ( $\theta < \theta_c$ )

تساوی خطوط هم‌تساوی

$$P = P_0 - \gamma \frac{a_x}{g} x - \gamma \left(1 + \frac{a_y}{g}\right) y$$

$$\tan \theta_c = \frac{a}{L/2}$$

$\theta > \theta_c$  سطح خارج می‌شود  
 $\theta < \theta_c$  سطح نمی‌شود



تساوی خطوط هم‌تساوی

تساوی دورانی :

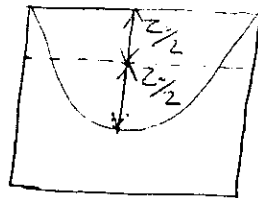
$$a_x = -r\omega^2 \quad a_y = 0$$

$$\rightarrow dp = \rho r\omega^2 dr - \rho g dz$$

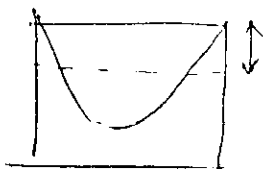
$$\frac{dz}{dr} = \frac{r\omega^2}{g}$$

برای برسی آوردن سطحی های اینویاری :

$$z_0 = \frac{R^2 \omega^2}{2g}$$



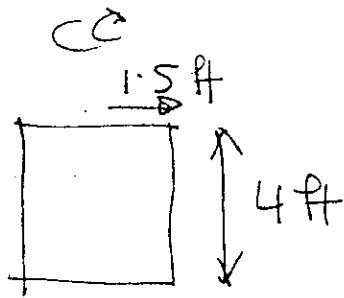
نکته ۱) به شرطی که هیچ گونه مایعی بیرون نریزد  
 ۲)  $\text{حجم مایعی} = \frac{1}{2} \pi R^2 z_0$   
 (برابر نصف حجم استوانه متداول)



\* مدل عمیق و ضعیف  
 اگر  $h < \frac{z_0}{2}$  مایع بیرون می‌ریزد  
 اگر  $h > \frac{z_0}{2}$  مایع بیرون نمی‌ریزد

$$P = P_0 + \gamma \frac{r^2 \omega^2}{2g} - \gamma y$$

تساوی خطوط  
 اقل  
 صفا



$$\omega = 10 \frac{\text{rad}}{\text{Sec}}$$

$$Z_0 = \frac{(1.5)^2 (10)^2}{20} = 11.25$$

$$\frac{1}{2} \times 11.25 \times \pi \times (1.5)^2 = 39.74$$

$$\pi R^2 \times 4 = 28.26$$

$$0 = \cancel{m} \omega^2 (0.2) - \cancel{m} g (0.2)$$

(0.2) ? 10

$$\omega^2 = (0.04) \omega^2$$

$$50 = \frac{2}{100}$$



هفته اول دوره تکمیلی : / سیدات / استادتیک سیدات / فصل دوم کتاب سمیع پور .

① راه درست

② راه درست

⑦ برای صوت مستطیل مرکز فضا برابر با ارتفاع از پایین و  $\frac{2}{3}$  از بالای اوتر .

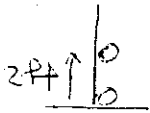
⑭ انتقال هوشیوم فقط در صحتی رخ دهد که سیال در کان حرکت سازند .

⑲ جواب درست

⑳  $kg \cdot f \times 9.8 = N$

㉔ جواب درست دره رتور .

㉔ جواب درست .



$1m = 2.28ft$

⑧ ع

⑩

⑫

⑬

سیدات / فصل اول کتاب سمیع پور

①  $1N = 10^5 dyn$

② م ↑ P ↑ کثافت

④



⑥

⑧

⑨

⑫

⑬  $\Delta p = \frac{2\sigma}{R}$  (شکل)  $\Delta p = \frac{\sigma}{R}$

⑮

⑰

سیدات / استادتیک سیدات / فصل اول کتاب



ادباج و ذمول های حقیقی سیالات (جریان سیالات در داخل لوله ها)

در جریان آرام اتلاف و بارگشت نادیده گرفته می شود و سرایت کمتر از جریان در هم نه با شدت

$$\left. \begin{array}{l} \text{جریان آرام} \\ \text{جریان} \end{array} \right\} \begin{array}{l} h_f \propto Q \\ h_f \propto V \end{array} \quad \left. \begin{array}{l} \text{جریان} \\ \text{در هم} \end{array} \right\} \begin{array}{l} h_f \propto Q^n \\ h_f \propto V^n \quad n=1.75 \sim 2 \end{array}$$

در جریان آرام قانون دخت بیوتن صدق است  $(-\mu \frac{\partial u}{\partial y})$  و در جریان در هم رابطه دخت بیوتن صدق نیست

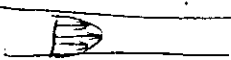
و داریم:  $\tau = -\eta \frac{\partial u}{\partial y}$ ;  $\eta$ : دخت گرنای من مناسه و تابع خواص سیال (م)، نوع حرکت و ...

جریان یکنواخت: Steady Flow: جریان است که در آن تغییرات سرعت با مکان و صورت ندارد

$$\frac{\partial v}{\partial s} = 0 \quad (\text{برای یک سطح مقطع}) \quad (\text{تغییرات زمان و مکان نداریم})$$

در جریان یکنواخت تنش برشی نداریم

جریان دائم پایدار: Steady state: جریانی که در آن بردار سرعت از لحاظ مقدار و جهت با زمان تغییر نمی کند. (تغییرات فقط داریم)



جریان یک بعدی: جریانی است که مولفه های سرعت در راستای محور حرکت سیال مساوی صفر است.

$$v_r = v_\theta = 0 \quad (\text{حرکت عرضی نداریم})$$

خط مسیر: Path line: مکان هندسی نقطه که یک ذره سیال طی می کند.

خط جریان: خطی است که تماس بر آن در هر لحظه بردار سرعت سیال راهی دهد.

$$\frac{dx}{u} = \frac{dy}{v} = \frac{dz}{w} \quad (\text{معادله خط جریان})$$

خط راه: مسیری که ماده رنگ از خودی می گذرد خط راه نام دارد.

\* اگر جریان پایدار (steady) باشد در این صورت خطوط راه، مسیر و خط جریان با هم منطبق هستند

$$\frac{dN}{dt} = \frac{d}{dt} \int_{V_{CV}} \rho \eta dV + \int_{CS} \rho V_{e1} \eta dA$$

تغییرات در سیال و خروجی ورودی

$$N_{in} = m \leftarrow N = m$$

$$\int \rho V_{e1} dA = 0 \quad (\text{اگر حالت پایدار باشد})$$

حاصل ضرب داخلی بردار سرعت و بردار سطح

$$\int \rho_i V_i dA_i \cos 180^\circ + \int \rho_e V_e dA_e \cos 0^\circ = 0$$

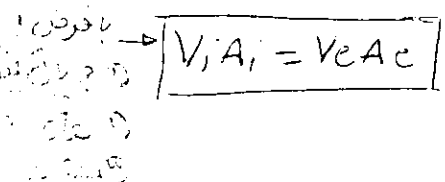
$$\rho_i V_i A_i = \rho_e V_e A_e$$

قانون پیوستگی جریان یکنواخت (پدیده شناخته شده برای سیال تراکم پذیر)

حالت پایدار

اگر حالت پایدار جریان یکنواخت و برای سیال تراکم پذیر:

سیالات / قسمت دوم / ص ۱



\* جریان یکواخت در لوله اصطلاحاً عملاً امکان پذیر نیست بنابراین در مقیاس پیوسته از متوسط

سرعت متوسط استفاده می‌کنیم  $\rho_i \bar{V}_i A_i = \rho_e \bar{V}_e A_e$

میانگین سرعت متوسط:  $\dot{m} = \rho \bar{V} A \rightarrow \bar{V} = \frac{1}{A} \int V dA$   
 $\dot{m} = \int \rho V dA$

توزیع سرعت در جریان آرام در لوله نو:  $\bar{U} = \frac{U_{max}}{2}$  و  $U = U_{max} [1 - (\frac{r}{R})^2]$

توزیع سرعت در جریان درهم در لوله نو:  $U = U_{max} [\frac{y}{R}]^{1/7}$  و  $U = U_{max} [1 - (\frac{r}{R})]^{1/7}$

در جریان درهم  $\frac{\bar{U}}{U_{max}} = \frac{49}{60} = 0.82$

توزیع سرعت در جریان حینل درهم:  $\frac{\bar{U}_{max}}{U_{max}} = \frac{2}{(m+1)(m+2)}$  و  $U = U_{max} [1 - (\frac{r}{R})]^{1/9}$

بطور کلی از توزیع سرعت بصورت:  $\bar{U} = \frac{2U_{max}}{(m+1)(m+2)}$  و  $U = U_{max} [1 - \frac{r}{R}]^m$  استفاده می‌کنیم

توان پیوسته در حرکت شعری:  $\frac{\delta(\rho u)}{\delta x} + \frac{\delta(\rho v)}{\delta y} + \frac{\delta(\rho w)}{\delta z} = -\frac{\delta \rho}{\delta t}$

$\nabla(\rho \vec{V}) = -\frac{\delta \rho}{\delta t}$

اگر سیال تراکم ناپذیر باشد:  $\rho = cte$

در سیال تراکم ناپذیر چه Steady باشد چه Unsteady:  $\frac{\delta u}{\delta x} + \frac{\delta v}{\delta y} + \frac{\delta w}{\delta z} = 0$

$\nabla \vec{V} = 0$

اگر جریان تراکم پذیر و Steady باشد:  $\frac{\delta(\rho u)}{\delta x} + \frac{\delta(\rho v)}{\delta y} + \frac{\delta(\rho w)}{\delta z} = 0$

$\nabla(\rho \vec{V}) = 0$

$\psi = \psi(x, y)$

تابع جریان: فقط در جریان دو بعدی مطرح

$u = -\frac{\delta \psi}{\delta y}$  و  $v = \frac{\delta \psi}{\delta x}$

$\psi = c$  یعنی تابع جریان روی خطوط جریان یک مقدار ثابت

دارد. تابع جریان به ازای هر مقدار ثابت از

یک خط جریان را می‌توانیم به دست آوریم:  $\frac{dx}{u} = \frac{dy}{v} \rightarrow d\psi = 0 \rightarrow \psi = c$

بنابراین  $\frac{\delta u}{\delta x} + \frac{\delta v}{\delta y} = 0 \rightarrow \frac{\delta^2 \psi}{\delta x^2} - \frac{\delta^2 \psi}{\delta x \delta y} = 0 \rightarrow v = -\frac{\delta \psi}{\delta x}$  و  $u = \frac{\delta \psi}{\delta y}$

\* خطوط جریان دو بعدی، S.S و سیال تراکم پذیر است در رابطه معین صدق می‌کند و داریم:

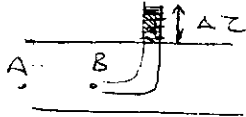
$\rho u = -\frac{\delta \psi}{\delta y}$  و  $\rho v = \frac{\delta \psi}{\delta x}$



تئوری تصویق انرژی جنبشی:  $\frac{P_1}{\rho} + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g_c} + Z_1 \frac{g}{g_c} + \eta W_p = \frac{P_2}{\rho} + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2} + Z_2 g + h_p$   
 \* باید فرض برداشتن اهداف و اینکه طول و سرعت را اصلاح کنیم

$$\alpha = \frac{1}{A} \int \left(\frac{V}{V}\right)^3 dA$$

\* در جریان آرام  $\alpha = 2$  دریا در  $\alpha = 1.05$



طول لوله: سرعت متوسط را اندازه گیری می‌کند.  $V_A^2 = 2 \left( \frac{P_B - P_A}{\rho} \right)$

$P_B - P_A = \rho g \Delta z \rightarrow V_A = \sqrt{2g \Delta z}$  \* شده است

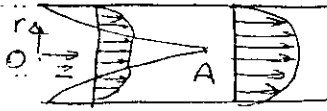
$Re = \frac{\rho V L}{\mu}$

تخمین از سیال است که تحت تاثیر نیروهای برشی قرار می‌گیرد.

در تبدیل جریان از آرام به در هم چسبیدن لازم چون در توری فوری با سرعت بیشتری انجام می‌گیرد.

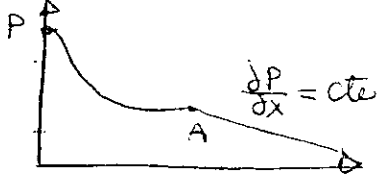
در لایه فزونی نیروی برشی ضعیف‌تر یا دورتری نسبت به لایه میانی است.

آرام:  $\frac{\delta}{x} = \frac{5}{\sqrt{Re}} \rightarrow \delta \propto x^{1/2}$  در  $\frac{\delta}{x} = \frac{0.37}{Re^{0.8}} \rightarrow \delta \propto x^{0.8}$



OA: لایه فزونی در داخل لوله. رابطه ورودی لوله است بعد از نقطه A. سرعت فقط تابع شعاع دارد.

fully developed  $V_z = V(r)$   $V_z = V(r, z)$



افت فشار در داخل لوله: بعد از نقطه A (در حالت توسعه یافته)

افت فشار خطی است  $\frac{dP}{dx} = cte$  بنابراین در حالت توسعه یافته

$\frac{\Delta P}{\Delta L} = cte$  (در آرام به در هم)

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2} + Z_1 g = \frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2} + Z_2 g + h_p$$

در آرام به در هم  $h_p = -\frac{\Delta P}{\rho}$

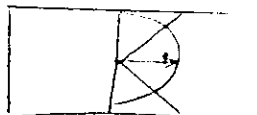
افت فشار و ارتفاع هدف = انرژی

در این صورت ولتاژ ارتفاع می‌باشد  $h_p = -\frac{\Delta P}{\rho g}$

تست:  $\sum F_x = \frac{m}{g_c} (v_{2x} - v_{1x}) \rightarrow P(\pi r^2) - (P + \Delta P)\pi r^2 - \tau(2\pi r L) = 0$

$\tau = -\frac{\Delta P}{L} \cdot \frac{r}{2} \rightarrow \tau \propto r$  چون  $\frac{\Delta P}{L}$  ثابت است

$r=0 \quad \tau=0$   
 $r=R \quad \tau=\tau_w$



جرین آرام :  $U = U_{max} [1 - (\frac{r}{R})^2]$  ،  $U_{max} = - \frac{\Delta P R^2}{L (4\mu)}$   
 $-\Delta P = \frac{32\mu UL}{g_c D^2} = \frac{128\mu QL}{g_c \pi D^4}$

باشند  $\Delta P$  ،  $h_f$  ، بدست می آید .

$\Rightarrow (\frac{\Delta P}{L}) \propto \frac{Q^1}{D^4}$   $\xrightarrow{\text{شاید}} \frac{\Delta P_2}{\Delta P_1} = (\frac{D_1}{D_2})^4$

\* مثال : در جریان آرام در داخل لوله اگر در یک لوله ثابت قطر لوله را دو برابر کنیم وقت رفتن  $\frac{1}{16}$  می شود اگر قطر لوله را ثابت نگاه داریم و ده بار تغییر دهیم

$\Delta P \propto Q^1$  در طول ثابت  
 $\Delta P \propto v^1$  جریان آرام

$h_f \sim \Delta P$

$F = \frac{\tau_w}{\frac{\rho U^2}{2g_c}}$

$\tau_w = - \frac{\Delta P}{L} \cdot \frac{D}{4}$   
 $h_f = - \frac{\Delta P}{\rho}$

ضریب اصطکاک : نسبت نیروهای برشی به نیروهای اینرسی

$h_f = 4F \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g_c}$

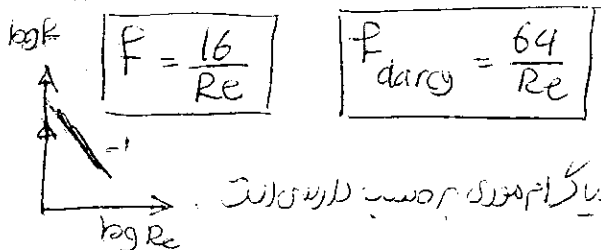
رابطه دارسی-وایسباخ

$F = 4F_{\text{Ranning}} = F_{\text{darcy}}$

SI  $\begin{cases} h_f = 4F \frac{L}{D} \frac{v^2}{2} \frac{N}{kg} \\ h_f = 4F \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \text{ m} \end{cases}$

انگلیسی  $\begin{cases} h_f = 4F \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \text{ ft} \\ h_f = 4F \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g_c} \frac{lb \cdot ft}{lb \cdot m} \end{cases}$

\* این در سیستم انگلیسی علامت  $\frac{v^2}{2g}$  ارتفاع سیال و انرژی را نشان می دهد و در سیستم SI علامت  $\frac{v^2}{2}$  انرژی در واحد جرم است.



ضریب اصطکاک در جریان آرام داخل لوله :

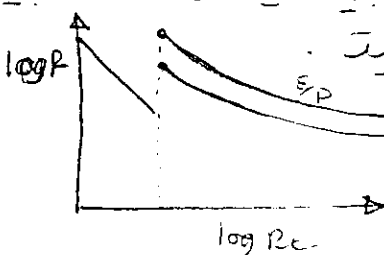
$\rightarrow \log F = \log 64 - \log Re$

یعنی رسم  $\log F$  نسبت به  $\log Re$  خطی با شیب -1 می آید . بزرگ آم هوزی نسبت به دارسی است

آزمای فیزیکی نمی :  $\frac{\epsilon}{D}$  زبری نسبی

در جریان آرام زبری روی جریان خیلی تاثیر ندارد ، در جریان آرام ضریب اصطکاک فقط تابع عدد رینولدز است

$\begin{cases} F = F(Re) \text{ جریان آرام} \\ F = F(Re, \frac{\epsilon}{D}) \text{ جریان دریم} \\ F = F(\frac{\epsilon}{D}) \text{ جریان خیلی دریم} \end{cases}$



سیالات / دوام / حد

$Re \uparrow \quad F \downarrow \quad h_f \uparrow \quad \Delta P \uparrow$   
 $Re \uparrow \quad u \uparrow \quad \tau_w \uparrow \quad T_{\text{cut}} \downarrow \quad F \downarrow$

$h_f = 4f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$   $f = \frac{0.0714}{Re^{0.5}}$  رابطه بازیوس برای جریان آرام  
 $\Rightarrow h_f = \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}}$  پس ثابت  $h_f \propto \frac{1}{D^{4.75}}$

\* اثر افزایش قطر روی کاهش افت فشار در جریان آرام به قدری زیاد است که تقریباً در آنجا از جریان آرام است.

از جریان آرام است.  

$$\left\{ \begin{array}{l} h_f \propto Q^{1.75} \\ h_f \propto v^{1.75} \end{array} \right. \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \Delta P \propto Q^{1.75} \\ \Delta P \propto v^{1.75} \end{array} \right.$$

\* در جریان خیلی آرام فرسنگ اصطلاحاً فقط تابع زبری نیست و تقریباً ثابت است تا جریان ...

$h_f = 4f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \rightarrow h_f \propto \frac{v^2}{D} \rightarrow h_f \propto \frac{(4Q/\pi D^2)^2}{D} \rightarrow h_f \propto \frac{Q^2}{D^5}$

$$\left\{ \begin{array}{l} h_f \propto Q^2 \\ h_f \propto v^2 \end{array} \right. \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \Delta P \propto Q^2 \\ \Delta P \propto v^2 \end{array} \right.$$

$\frac{\Delta P_2}{\Delta P_1} = \left( \frac{D_1}{D_2} \right)^n$

$n=4$  جریان آرام \* یعنی اثر افزایش قطر روی کاهش افت فشار خیلی شدید است.  
 $n=4.75$  درجه  
 $n=5$  خیلی درجه

$h_f \text{ و } \Delta P \propto Q^1, v^1$  جریان آرام  
 $\propto Q^{1.75}, v^{1.75}$  درجه  
 $\propto Q^2, v^2$  خیلی درجه

$\frac{h_{f2}}{h_{f1}} = \frac{\Delta P_2}{\Delta P_1} = \left( \frac{D_1}{D_2} \right)^n$  انرژی ثابت باشد:

$n=4$  جریان آرام  
 $n=4.75$  درجه  
 $n=5$  خیلی درجه

$\frac{\Delta P}{L} \propto h_f \propto \frac{Q^1}{D^4}$  جریان آرام:  
 $\propto \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}}$  درجه:  
 $\propto \frac{Q^2}{D^5}$  خیلی درجه



شیعاع هیدرولیک :

\* همواره قطر هیدرولیک را در روابط جابجایی می‌کنیم.

$$r_H = \frac{\text{مساحت که جریان عبور کند}}{\text{محیط که شیب در آن است}} \quad \text{شیعاع هیدرولیک}$$

$$D_H = \text{قطر هیدرولیک} = 4r_H$$

مثال : برای جابجایی در رابطه  $\tau = -\frac{\Delta P}{L} \cdot \frac{D_H}{4}$  ←  $\tau = -\frac{\Delta P}{L} \cdot \frac{R}{2}$

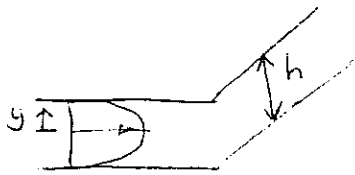
$$D_H = 4 \frac{\frac{\pi}{4} (D_o^2 - D_i^2)}{\pi (D_i + D_o)}$$



→  $D_H = D_o - D_i$  قطر هیدرولیک سیال

$$D_H = 4 \times \frac{\frac{\pi}{4} (D_o^2 - D_i^2)}{\pi D_i}$$

قطر هیدرولیک صلب  $D_H = \frac{D_o^2 - D_i^2}{D_i}$



جریان بین دو سطح موازی :

رابطه بین افت فشار و شیب  $\frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial \tau}{\partial y} = 0$  در سطح‌های کانال

رابطه بین افت فشار و شیب  $\frac{2\tau}{r} + \frac{\partial P}{\partial x} = 0$  در سطح‌های انتهایی

پروفایل سرعت :  $U = U_{max} \left[ 1 - \left( \frac{y}{h} \right)^2 \right]$  و  $U_{max} = -\frac{\Delta P}{L} \cdot \frac{h^2}{8\mu}$

سرعت متوسط بین دو سطح موازی :  $\bar{U} = \frac{2}{3} U_{max}$

$Re = \frac{\rho \bar{U} h}{\mu}$  →  $F_{شیب} = \frac{12}{Re}$   
 $F_{درز} = \frac{48}{Re}$

$Re = \frac{\rho \bar{U} D_H}{\mu}$  →  $F_{شیب} = \frac{24}{Re}$   
 $F_{درز} = \frac{96}{Re}$

\* تمام مولد لایه شده در جریان رزونانس در لوله‌ها در این حالت صدق است. مثلاً جریان آرام بتواند ایجاد کند...

سیال / دینامیک / سیال

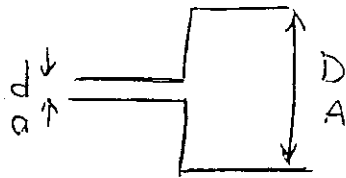
$$h_f = 4f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g_c} \quad \text{در طول لوله}$$

آلاف در اتصالات:

$$h_f = k \frac{V^2}{2g} \quad \text{در اتصالات}$$

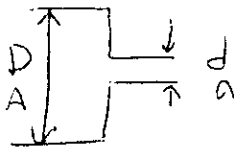
$$h_f = k \frac{V^2}{2g_c} \quad \text{برای بدنه انعطاف‌پذیر و جزو خاصی}$$

حالت ۱) آب طائلمان



$$K = \left[1 - \frac{a}{A}\right]^2$$

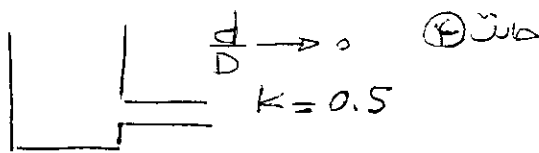
$$K = \left[1 - \left(\frac{d}{D}\right)^2\right]^2$$



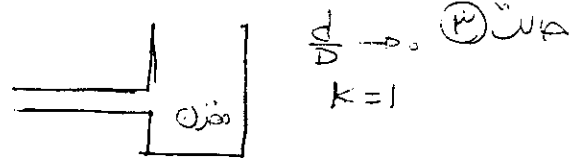
$$K = 0.5 \left[1 - \frac{a}{A}\right] \quad \text{حالت ۲) انقباض ناگهانی}$$

$$K = 0.5 \left[1 - \left(\frac{d}{D}\right)^2\right]$$

برای بعضی شرایط 0.42



$$K = 0.5$$



$$K = 1$$

\* تمامی K ها براساس سرعت در سطح مقطع کوچکتر است.  $h_f = k \frac{V^2}{2g}$    
 بعد از مقطع کوچکتر



\* برای البساط ناگهانی بزرگ است از این رابطه استفاده کنیم.

$$h_f = \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g}$$

$$h_f = 4f \frac{L_e}{D} \frac{V^2}{2g}$$

طول معادل:

$$h_f = k \frac{V^2}{2g}$$

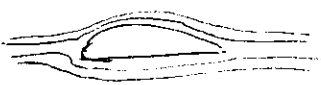
$$L_e = \frac{kD}{4f}$$

$$= \frac{kD}{4f_{Fanning}}$$

فصل سوم / سطح پر / مفاهیم جریان در دو فازات (دینامیک حجم کنترل)

سطح کنترل : مرزهای حجم کنترل

خط جریان : در مدلی از جامد سرعت به موازات دیواره می باشد و به همین دلیل خطوط جریان با یکی به موازات دیواره باشد. سیال هیچ گاه خطوط جریان را نمی تواند قطع کند.



رشد جریان در نزد دیسین خطوط جریان ها ثابت است.

جریان پایدار : در جریان پایدار برای ثابت ماندن سرعت بایستی دلی همین ثابت باشد.

در جریان ناپایدار چون جهت بردار سرعت در هر نقطه نسبت به زمان تغییر می کند ممکن است خط جریان در زمان های مختلف تغییر کند چون در یک لحظه بر روی یک خط جریان در یک لحظه دیگر بر روی خط دیگری حرکت می کند بنابراین ممکن است مسیر ذره هیچ شباهتی به خط جریان لحظه ای نداشته باشد.

جریان تکنواصت : Plug

لوله جریان Stream tube : هیچ جریانی از دیواره آن عبور نخواهد کرد، لوله ای است که خطوط جریان از سطح خارجی آن جاس اند.

معادلات اول و دوم نیوین :  $\frac{P}{\rho} + gz + \frac{v^2}{2} = cte$  (بنویس  $\frac{S}{\rho = cte}$ )

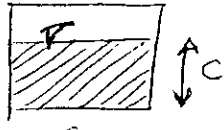
$\frac{dP}{\rho} + g dz + v dv = 0$  (1)  $M = 0$   
 (2)  $S.S$   
 (3)  $\frac{P}{\rho} + z + \frac{v^2}{2g} = cte$  (بنویس  $m$  سیال)

اگر در  $mg$  زمین شود و خاصه انرژی خود را در  $mg$  فرستد و در صورت امکان می شود.

عدد رینولدز برای  $Re_c$  :  $Re_c$  بین (معمولاً)  $1000$  (طول مشخصه در این صورت فاصله بین دو ضخیم است).

$Re_c = 0$  که  $1$  (طول مشخصه در این حالت قبلاً ذکر شده است).

\* در مفهوم قطر هیدرولیک به محیط آن توجه شود.



$A = ac$   
 $P = 2c + a$  (مختصات)

$D_H = \frac{4A}{P} > R_H = \frac{A}{P}$

جریان درونی : جریان درونی که خاصه است. جریان بیرونی : سیال در تمام آن مسدود شده است.

طول خاصه گذرا (در درونی لوله) برای جریان آرام :  $\frac{L}{D} = 0.05 Re$  (بنویس  $\frac{L}{D}$ )

\* در جریان در هم طول خاصه گذرا نوشته می شود.

\* رابطه  $\tau = \frac{\Delta P}{L} \frac{r}{2}$  برای لوله افقی صادق است.

\* در رینولدزهای ضعیف ضعیف یا  $(Re > 10^8)$   $f$  مستقار به  $\frac{1}{D}$  است.

\*\* با افزایش سرعت عدد  $Re$  افزایش می یابد،  $f$  کاهش می یابد،  $h_f$  افزایش می یابد، زیرا با تقسیم به

رابطه  $h_f = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$  افزایش  $v^2$  ضعیف تر از کاهش  $f$  است لذا  $h_f$  افزایش می یابد.

مسئله / دوام / است

\*  $1000 < Re < 3000$  ،  $f = \frac{0.316}{Re^{0.25}}$  رابطه بلایوس

\* کمترین مقدار  $f$  در جریان آرام در  $Re = 2300$  است و تمامی ضرایب افت از این مقدار کمترند

افت های فرعی (Minor Losses): (زاویه)، (شیر)، (میدرگ)، ... مقدار آن معمولا ۱۰٪ از افت

مبدل اصطکاک است. بجز در اینط نالکوان در نقطه مولد بطور تجربی تعیین می شوند

معمولا افت های فرعی را بصورت  $h = K \frac{V^2}{2g}$  می نویسند

انبات نالکوان:  $h = K \frac{V_1^2}{2g}$  و  $K = \left[ 1 - \left( \frac{D_1}{D_2} \right)^2 \right]^2$

اگر انبات از لوله خون باشد  $\frac{D_1}{D_2} = 0$  افت برابر  $\frac{V_1^2}{2g}$  خواهد بود در این صورت انرژی

جنبش بطور کامل به انرژی مارت تبدیل شده است

انبات تدریجی: از این سیستم برای بازیافت و میران خستار دستگه های اندرزه گیری شش را استفاده

می شود. تابع جفها فراوان با افزایش  $K$  افزایش می یابد که منجر به افزایش

تلفات می گردد  $h = K \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g}$

انقباض نالکوانی:  $h_c = \left( \frac{1}{C_c} - 1 \right)^2 \frac{V_2^2}{2g}$

افت به واسطه انقباضات  $h = K \frac{V^2}{2g}$  ،  $K$  از روی جدول

طول معادل:  $L_e$  طول لوله است که مقدار افت داشته اتصال یا انقباضات را ای رقم گذافت ناشی

از طول  $L_e$  برابر  $h_f = f \frac{L_e}{D} \frac{V^2}{2g}$  و افت ناشی از انقباضات  $h = K \frac{V^2}{2g}$  جمع  $K$  های انقباضات

$h_f = h \rightarrow L_{eq} = \frac{KD}{f}$

پیش هندروئیدکی: تحت شرایط خاص در کانال باز جریان سریع مایع نالکوان تبدیل به جریان آرام

سلج مقطع بزرگتر می شود و ارتفاع سطح مایع بطور ناگهانی افزایش می یابد. دقت

حواله به منبع دستگه و در نظر جنبش را با انرژی که تبدیل و تلفات تبدیل می کنند

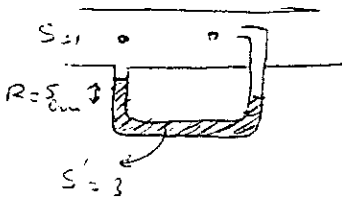
خرج ارتفاع بیشتر به شدت تلفات بیشتر است  $h_L = \frac{(V_2 - V_1)^3}{4gV_2}$

$$\dot{m} = \rho Q$$

$$\dot{m} = \rho V A$$

$$Q = V A$$

$$\text{Flux} = \rho V$$



یونیتور: 5 cm معادل با 15 آب  
چون در شرفه نیگه آب است  
 $V = \sqrt{2gh}$   
 $h: 3 \times h = 1 \times h$   
 $15 = h$

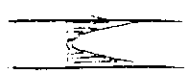
\* همواره سرعت  $\sqrt{2gh}$  و وقتی در طرف دیگر سکون داریم (در این) فقط h باید ارتفاع معادل سیال باشد که سرعت آنها اندازه هم میگیریم.

\* بین از بدست آوردن  $F$  ،  $\Delta P$  را (برای طول مشخصه) میتوان از رابطه:

$$h_f = 4 f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$

معمولاً در  $m$  و  $Pa$  بدست می آید.

\* اگر سیالی در داخل لوله ای ساکن بوده و کند و ترمیم نماند، رانگشیم



اگر همگام دمای با درجه آ جبروت کند:

آب با دبی  $15 \frac{m^3}{min}$  از درون لوله ای با سرعت  $50 \frac{m}{s}$  در لوله در سطح مقطع برابر سرعت  $120 \frac{m}{s}$   $\Delta P$  برابر است با:

$$h_f = \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g} = \frac{900}{20} = 45m$$

$$\Delta P = \rho g h = 10000 \times 10 \times 45$$

سیالات / دوام / حد

چون  $k_e = 20000$  و  $\rho < 0.008$  : جریان آرام سیر از جریان درهم اند.

هدف: دوام دوره زمانی / فصل دوم / مباحث جریان سیال و معادلات بنیادی سیالات

(۲)  $\frac{P}{\rho} + \frac{v^2}{2g} + z = \frac{m}{\rho}$  اگر در  $mg$  ضرب شود تبدیل به انرژی می شود.  
 اگر در  $m$  ضرب شود ... توان می شود.

انرژی =  $\gamma Q h$   
 $\downarrow$   $\downarrow$   
 $m g$   $m$   $h$

(۵) رابطه  $U = \left(\frac{y}{R}\right)^{1/2} U_{max}$  در حالت در هم روی جدار کاربرد ندارد چون:

$\tau_w = -\mu \frac{du}{dr} \Big|_{r=R} \rightarrow \frac{du}{dr} = \frac{1}{7R^{1/2}} y^{-5/2} \rightarrow \tau_w = \tau_r = 0 = \infty$

(۱۱) P

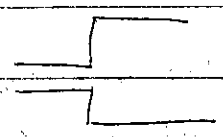
$v_2 = \sqrt{2gh}$

(۱۲) در حالت کلی مشکل:

$v_1 A_1 = v_2 A_2$

$v_1 D_1^2 = \sqrt{2gh} D_2^2$

$\frac{dh}{dt} = \sqrt{2gh} \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^2$



(۱۹)  $\frac{P_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho} + \frac{v_2^2}{2g} + h_p$  (فقر استاتیسی)

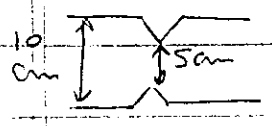
$h_p = \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g} \Rightarrow \frac{\Delta P}{\rho} = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} = \frac{(v_2 - v_1)^2}{2g}$

(۲۰) در جریان در هم اشغال موافق مولکول در نزدیک دیواره نقش دارند.

(۲۱)  $\tau = -\mu \frac{dv}{dr}$  پروفایل سرعت راداره و نیروی وارد بر دیواره را خواند:

$\tau = \frac{2\mu v_{max}}{R}$   $F = \tau A = 2\mu v_{max} \cdot 2\pi R L \rightarrow F \checkmark$

\* در شاقع هیرولیک اگر شفته کانال رو باز رفته دستگیر



$D_1 = 10 \text{ cm}$   
 $D_2 = 5 \text{ cm}$

(۲۲)  $\frac{P_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho} + \frac{v_2^2}{2g}$

$v_1 A_1 = v_2 A_2$

$\tau_w = \rho \frac{v^2}{2}$

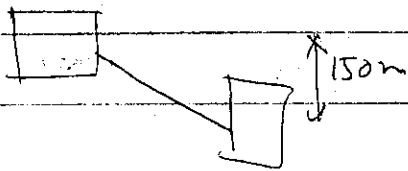
(۲۷)

\* ضریب در هم  $Re \gg 10^7$   
 سیالات / شست / دوام / اصل

(۶۷) درجه ششاعی سرعت، سرعت متوسط برابر است؟

$$\frac{v}{v} = \frac{1}{2} \left[ 1 - \left( \frac{r}{R} \right)^2 \right] \quad v = v_{max} \left[ \frac{1}{2} \right]$$

(۶۸) نوشتن فرمول درجه ششاعی سرعت در محاسبات نقطه ششاعی سرعت... تفسیر کنید



$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\rho} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 + h_f$$

$$150 = h_f = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \rightarrow v \checkmark$$

$$Q = VA \rightarrow Q \checkmark$$

$$V_x = - \frac{\partial \phi}{\partial y} \quad V_y = \frac{\partial \phi}{\partial x}$$

(۱۰۹)

\* در زیر لایه آرام و یکوزینه مولکول حرکت از یکوزینه مؤثر

(۱۱۱)؟

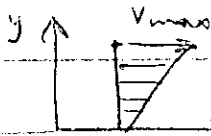
(۱۲۵) اگر پروفایل سرعت در لایه آرام در نقطه جریان بصورت  $u = Ay^2 + By + C$  باشد مقدار A و

B و C عبارت است از:

$$y=0 \text{ و } u=0 \rightarrow 0 = A(0) + B(0) + C \rightarrow C=0$$

$$y=0 \text{ و } \frac{du}{dy}=0 \rightarrow \frac{du}{dy} = 2Ay + B \rightarrow B=0$$

(۱۲۷)



$$V(x) = 2y$$

(۱۲۹)

چون مقدار سرعت در جهت محور x ها با y این گونه تغییر می کند





روابط و فرمول‌های صفحه‌های برآمده:

$$\varepsilon = \frac{\text{حجم فضای خالی}}{\text{کل حجم}} \quad , \quad v_{eff} = \frac{v}{\varepsilon} \quad , \quad r_H = \frac{\varepsilon}{1-\varepsilon} \frac{v_p}{S_p}$$

$$SL(1-\varepsilon) = N_p \cdot v_p \rightarrow N_p = \frac{SL(1-\varepsilon)}{v_p}$$

$$\Phi \text{ ضریب تخلی} = \frac{\left(\frac{S_p}{v_p}\right) \text{ غیر کردن}}{\left(\frac{S_p}{v_p}\right) \text{ کند}} = \frac{S_p \text{ غیر کردن}}{S_p \text{ کند}}$$

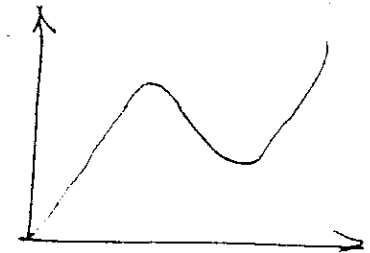
$$F \text{ ضریب اصطکاک در فضای خالی} = \frac{150(1-\varepsilon)}{\phi Re} + 1.75$$

جریان غیر لزج  $\rightarrow F = 1.75$       جریان لزج  $\rightarrow F = \frac{150(1-\varepsilon)}{\phi Re}$

- { جریان لزج  $\Delta p \sim v^2$       رژیم
- { جریان آشفته  $\Delta p \sim v$       Kozensy - karman
- { جریان غیر لزج  $\log \Delta p \sim 2 \log v$
- { در تمام  $\log \Delta p \sim \log v$

• موارد ذکر شده برای جریان آشفته به طرز بسیار نرسیده است.  
حالت بسیار:

۱۷ - نیروی بویانسی و درزه غلبه کند.  
اینرسی



افت فشار در آستانه سیست:  $-\frac{\Delta P}{L} = \frac{g}{g_c} (1-\varepsilon) (\rho_s - \rho_f)$

$$\frac{L}{d_p} \frac{dP}{dL} = \frac{6(1-\varepsilon)}{d_p}$$

روابط و فرمول‌های حفظی سیالات تراکم‌پذیر :

قانون پیوستگی در یک لوله با سطح مقطع ثابت :  $\rho dv + v d\rho = 0$

$\Sigma F_x = m(v_{2x} - v_{1x}) \rightarrow PA - (P+dP)A = \rho VA(v+dv - v)$

$-dP = \rho v dv$

قانون بقای مومنتوم  
(سطح مقطع ثابت)

$v = \sqrt{\frac{dP}{\rho}}$

سرعت سیال تراکم‌پذیر  
داخل لوله

سرعت  
صوت

$c = \sqrt{\frac{dP}{\rho}}$

$c = \sqrt{\frac{k}{\rho}}$

$k = -\frac{dP}{dx} = \frac{dP}{dv}$

سرعت صوت

$c = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}}$

ضریب انبساط

$c = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$

رطوبت Adia. و rev :

$Ma = \frac{v}{c}$

$Ma \leq 0.3$  سیال تراکم‌پذیر

$Ma > 0.3$  سیال تراکم‌پذیر

\*  $Ma > 1$  : ماخوق صوت : Supersonic \*  $Ma < 1$  : ماخوق صوت : Subsonic

قانون پیوستگی (تفاضل)  $\frac{dA}{A} + \frac{dv}{v} + \frac{d\rho}{\rho} = 0$   
 (لوله)  $\frac{dP}{\rho} + v dv = 0$   
 $c = \sqrt{\frac{dP}{\rho}}$

$\frac{dA}{A} = \frac{dv}{v} (Ma^2 - 1)$

max شدت جریان در کانال همگرا زمانی است که شرطه  
سرعت صوتی باشد.

جریان Adia. در لوله با سطح مقطع ثابت : اولاً (۲) احق (۳) کارصنو.

$L < L_c$  : سرعت کمتر از سرعت و  $L > L_c$  : حلقه.

در لوله با A ثابت max سرعت سرعت صوت است و به ماخوق صوت گذرند.

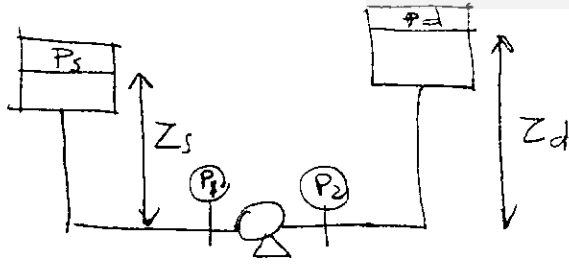
در لوله با سطح مقطع ثابت با شرایط ذکر شده با افزایش سرعت کاهش دما

داریم :

$T_2 = T_1 \left( \frac{v_2^2 - v_1^2}{2c_p} \right)$

سیالات / سووم / صد

کلیه :



$$P_1 = P_s + \rho g z_s - h_{fs}$$

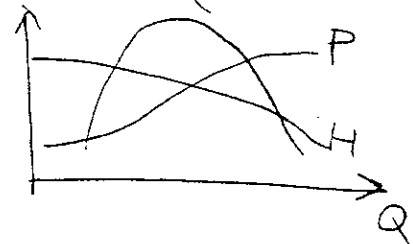
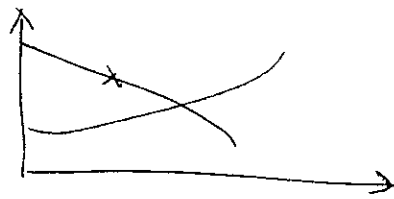
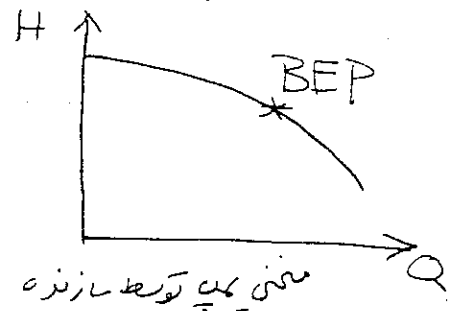
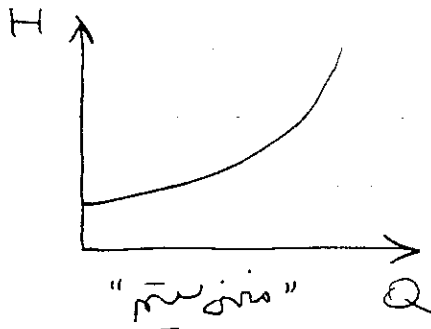
$$P_2 = P_d + \rho g z_d + h_{fd}$$

$$\frac{P_1}{\rho g} = H_1 = \frac{P_s}{\rho g} + z_s - h'_{fs}$$

$$H_2 = \frac{P_d}{\rho g} + z_d + h'_{fd}$$

$$H = H_2 - H_1 = \frac{P_d - P_s}{\rho g} + (z_d - z_s) + (h'_{fd} + h'_{fs})$$

$$H = A + SQ^2 \quad \leftarrow \quad h_f = 4f \frac{L}{D} \frac{4Q^2}{(\pi D^2)^2}$$



توان کم به بیش  
توان زیاد

$$P = Q \Delta P$$

$$P = \rho g H Q$$

توان کم به بیش  
توان زیاد

$$P = \frac{\rho g H Q}{\eta}$$

- \* با کاهش راندمان به باید توان افزایش یابد.
- ۱) در کم به بیش عضو شده و شروع به زرش نه کند
- ۲) با این بدین پدیده هم در این پدیده شدت کاهش میابد
- ۳) و Pitt با حضور صابن به پی

NPSH : هر ضامن قسمت مکش که باید موجود باشد تا کواشلیون رخ ندهد:

$$P_s + \rho g z_s - h_{fs} > P_{vp} \quad \rightarrow \quad P_s - P_v + \rho g z_s - h_{fs} > 0$$

$$NPSH = \left( \frac{P_s - P_{vp}}{\rho g} \right) - h_{fs} + z_s > 0$$

available ←

NPSHR : سازنده به ما می دهد

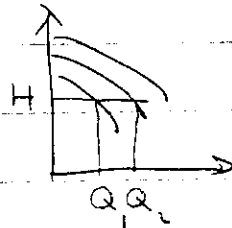
NPSHA : در دسترس

$$NPSHA = NPSHR + \sqrt{\frac{0.5 \text{ m}}{2 \text{ ft}}}$$

\* اگر فرق پائین تر از زمین بود باید Z را منفی بگیریم

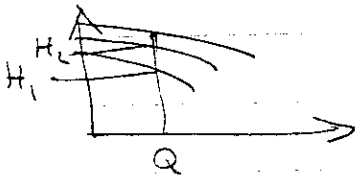
کمی کمتر نیوتر : ①  $\downarrow H$  ②  $\downarrow P \uparrow Q$  ③ تبیم با تبیم /  
 ④ کمی برای انتقال سیاحت در درون با دور شدن کاره کنیم

⑤ در صورتی که رانندگی با آن دارند  
 ⑥ ارزان است، معضاتی کم دارد، هزینه راه اندازی، نصب و ... ↓



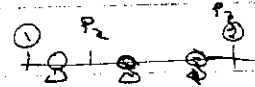
کمی موازی :  $Q = Q_1 + Q_2$   
 $H = H_1 = H_2$

← افزایش در



کمی سری : افزایش هد

$Q = Q_1 = Q_2$   
 $H = H_2 + H_1$   
 $\Delta P_{کل} = P_3 - P_1$

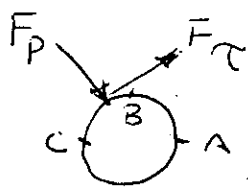


کمی جابجایی + : این می تواند است مردهند

①  $\downarrow H$  ②  $\downarrow Q$  ③  $\uparrow H$  ④  $\uparrow Q$  فست فوود ضد زیادت

③ x برای انتقال سیاحت dilatant بکار می روند. ④ هزینه خرید، نصب، نگهداری  
 به آن نسبت به سایر نیوتر

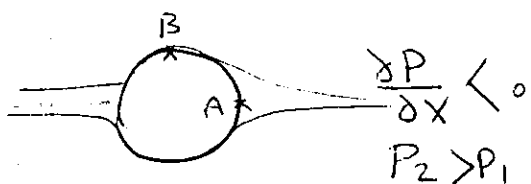




روابط و فرمول های حقیقی :

شروی درگ :  $\sum F_x = \int P dA \cos \theta + \int \tau dA \sin \theta$

مقادیر  $V_A$  ،  $V_C$  ،  $V_B$  :  $V_A < V_C < V_B$



\* جریان زمان اتفاق می افتد :

$$\left. \frac{\partial v}{\partial y} \right|_{y=0} = 0 \quad \text{یا} \quad \frac{\partial P}{\partial x} > 0$$

- \* سطوح انحنا دار به جریان لایه نوری می گذرند. بعد از آن احتمال جدایی آن بیشتر است.
- \* جریان لایه نوری در جریان آرام نودتر از دهم اتفاق می افتد.

$$\frac{V_p}{S_p} = \frac{D_p}{6} \quad , \quad F_D = (-\Delta P) S \cdot \epsilon$$

بتوان  
عوضان

اگر به در حالت سیالیت باشد :  $-\frac{\Delta P}{L} = \frac{9}{g_c} (P_3 - P) (1 - \epsilon) *$   
 سرعت را افزایش دهیم  $\epsilon \uparrow$  و  $\frac{\Delta P}{L} \downarrow$  ولی  $\Delta P$  کل ثابت است چون  $L(1 - \epsilon)$  مقداری ثابت است.

آنانیز ابعادی :

سیال تراکم پذیر :

اگر  $L < L^*$  در آنجا سرعت صوت کماهم رسید و سرعت ما در آن صورت است  
 \*  $L > L^*$  جفتی : من مورد نظر از لوله عبور نمی کند و شروع به کاهش سرعت  
 می کند در این حالت در ضروی به سرعت صوت می رسد یعنی شرایطی وجودی به لوله ای  
 تغییر می کند که در ضروی به سرعت صوت برسیم

\* اگر در جریان آریا باشد کماهم سرعت سیال را افزایش دهیم باز در آنجا سیال  
 کاهش پیدا کند  
 سیالات انوسوم اصاع

پایه ها :

انتقال ذرات جامد توسط مایع (Slurry Transport) :

مایع حاوی ذرات جامد : Slurry (دوغاب) ← قابل رسوب : مخلوط نامیونی دو فاز با ذرات جامد  
 ← غیر قابل رسوب : بزرگ و غلظت کم

\* در حالت قابل رسوب : بویکوزیم مایع بوسیله ذرات جامد تغییر می کند

\* پمپ کردن دوغاب قابل ته نشینی در حالت آرام امپا ندارد

جریان متناطم به جلوگیری از ته نشینی

\*  $\Delta P_{min}$  تا سرعت مناسب برای عدم ته نشینی

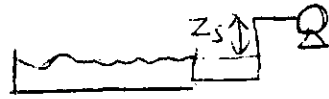
\* سرعت استاندارد : سرعت حالت متناطم که در پائین تر از آن ته نشینی

دارد

\* در حالت غیر قابل رسوب : جریان بصورت آرام و متناطم می تواند باشد ، مایع چگال ،

معمولاً غلظت جامد زیاد ، رفتاری مانند نیوتونی غیر نیوتونی

تذکره : در حالت زیر :



$$NPSH = \left( \frac{P_s - P_v}{\rho g} \right) - Z_s - h_{fs}$$

نسبت سرعت مخصوص در پمپ : سرعتی که پمپ به از آن سرعت دوران در آن واحد هند و واحد دور در دقیقه  $\uparrow N_s$  ← سائز تقویت

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{N_2}{N_1} \left( \frac{D_2}{D_1} \right)^3$$

$\downarrow N_s$  ← چلپایی مثبت

→ روابط برای سائز تقویت

$$\frac{H_2}{H_1} = \left( \frac{N_2}{N_1} \right)^2 \left( \frac{D_2}{D_1} \right)^2$$

صادق است



وسایل اندازه گیری :



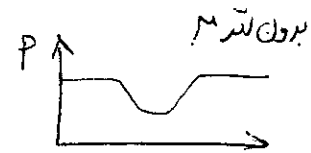
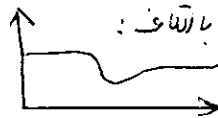
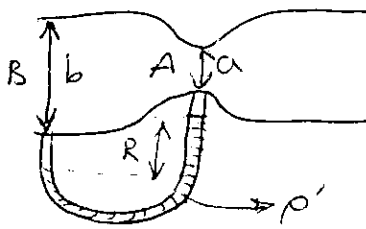
نوعی : (۱) سرریزها :

$$Q_{\text{مستطیل}} = \frac{2}{3} b \sqrt{2g} H^{3/2} \rightarrow Q \propto H^{3/2}$$

$$Q_{\text{شلی}} \propto H^{5/2}$$

(۲) ونتوری :

اساس کار ونتوری و ارفیس : برابر شدن کاهش سطح سرعت زیاد شده و فشار کاهش می یابد. از روی اختلاف فشار در اندازه دهی بگیریم.



(فشار در ونتوری قابل بازیابی است)

$$V_A = \sqrt{\frac{2Pg(P' - P)}{\rho(1 - \beta^4)}}$$

$$\beta = \frac{a}{b} < 1$$

$$Q = \frac{\pi}{4} (a)^2 V_A$$

$$Q = C_D \frac{\pi}{4} (a)^2 V_A \quad \text{با ضریب اکتشاف افتاب}$$

(۳) ارفیس :

روابط ونتوری برقرار است و فشار قابل بازیابی نیست



حفظه سوّم دوره تپایی / سیالات اسمعیل پور / آملای اعدادی و نسبیه دینا دنگلی

۴۲

۴۳

$$v = \frac{\dot{m}}{\rho A}$$

۴

۵

۷ ✓

۹) دسدرت لزوم می‌تواند  $Re$  را بصورت  $Re = \frac{4\dot{m}}{\mu P}$

حفظه سوّم دوره تپایی / سیالات / اسمعیل پور / سیالات (کم‌بندید) استرینر شده

۴) تغییرات غشای تپایی از کلخص و ارتفاع انت اما تغییر نمی‌کند.

۷) در جریان سیال تراکم‌پذیر در نازک‌ها و اگر ا در حالت استرینر ثابت  $max$  جریان سیال

است که سرعت سیال در نقطه‌ها برابر با سرعت صوت باشد

۸) درم حرارت یک گاز جاری درون لوله افقی در حالت استرینر با افزایش سرده‌دهش می‌باید

۱۱

۱۳) سهدت ظهوی دردی همین ثابت ارتباط با کلخص ندارد.

۱۴ ✓

$$Ma = \frac{v}{c} = \frac{v}{\sqrt{\gamma R T}} \rightarrow Ma \propto \frac{v}{\sqrt{T}}$$

۱۵

۱۸) در جریان اینوتیم یک گاز ایده آل در یک لوله با طول  $max$  عدد  $Ma$  ضوعی از طول

کند است

Porosity :  $\epsilon$



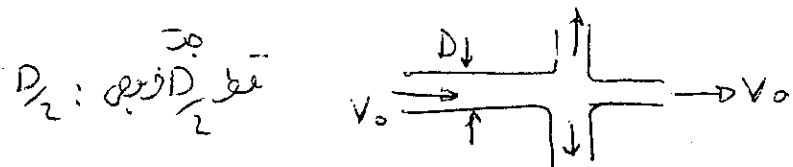
۲۵) تغییر فشار و تقویر

و تقویر

سیالات / نسبیه / نسبیه سوّم / اصل

حداکثر نوسان در دوره زمانی / نیروهای برندی و کششی

- ۳ ✓
- ۴ ✓
- ۵ درجه کششی ذرات نیروهای وزن، کشش (Drag) و شناوری ضریب درازدرا حاصل اصل نیروی وزن است.
- ۷ ضریب دراز تابع عدد Re است.
- ۹ ✓
- ۱۰ ✓
- ۱۱
- ۱۲
- ۱۳ ✓
- ۱۴ ✓
- ۱۵ گردان سرعت در نقطه مرکزی منوی شود.
- ۱۶ ضریب دراز برای مایع که بر روی جسم جامدی حرکت می کند تابع است از عدد Re.



$$F_x = (m_2 v_{2x} - m_1 v_{1x}) = \frac{\rho v_0^2 n d^2}{16} - \frac{\rho v_0^2 n d^2}{4}$$

= نیروی وارده بر مایع

$$- F_x = \text{نیروی وارده از طرف مایع}$$

- ۲۸
- ۲۹ ✓
- ۳۰
- ۳۱
- ۳۲ در نقطه مگن چون سرعت منور است  $\max P_i$  است  $\frac{\partial P}{\partial x}$  در آنرا منوی باشد ؟
- ۳۳  $F_x = \rho Q (v_2 - v_1)$

هفته سوم دوره نیایی / پهن ها / سیدت سیدع پور

۴ در جریان دوغازی مایع چه مدروقتی کم ذرات قابل ته نشینی نباشند و سیکوریتیم مایع تقصیری کنند.

۴ ✓

۵ فاصله پهن تا بالاترین قسمت کلیم را ارتفاع استایک کلیم می نامیم.

۷ ✓

۹ ✓ ۱۰ ✓ ۱۱ ✓

۱۲ ✓

۱۳ ✓ ۱۴ ✓

۱۵ نوشتن برنولی برای مایع  $h_p + \frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + h_f$

۱۶ قدرت کپسور متظورش نسبت تراکم بوده است.

