

1

۴۱: ویکوتزه: خاصیتی از سیل است که در مقابل نیروهای برشی از خود مقاومت نشان دهد.

درماتیت - نیروی مولکول (جیسینرگ) ، کربن - انتقال و مشتق

$$\frac{\mu}{\mu_0} = \left(\frac{T}{T_0} \right)^b \quad \text{: } \omega_b \text{ b'sin}$$

$$M = \frac{\tau}{\frac{\partial u}{\partial y}} = \frac{\frac{N}{m^2}}{\frac{m/s}{m}} = \frac{N \cdot s}{m^2}$$

$$\frac{1 \text{ gr}}{\text{cm} \cdot \text{sec}} = 1 \text{ poise} \rightarrow \frac{\frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}}{\frac{100 \text{ g} \cdot \text{sec}}{\text{ft}} \cdot \frac{1 \text{ m}}{\text{ft} \cdot \text{sec}}} = \text{ML}^{-1}\text{T}^{-1}$$

Poise = 0.1 Pa.Sec Cp = Centipoise = 10^{-3} Pa.S

* اغزالش فشا، موجش اغرائش سرعت بخورد و طغش طول بخورد، شود که این دو اثر هم راضی کنند.

لذا اولسکونز تبه گارها هیستقل از فضا رهنمایستر

$$v = \frac{\mu}{\rho} = \frac{\frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{sec}}}{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = \begin{cases} \text{m}^2/\text{sec} \\ \text{ft}^2/\text{sec} \end{cases} (L^2 T^{-1}) \quad \text{ویسکوزیته سینماتیک}$$

$$\frac{C_m^2}{N} = 1 \text{ Stokes Stokes}$$

$$\text{استوكس} \times \left(\rho \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \right) = \text{Poise}$$

* مثال: بیست و نه - یازده (۲۹ - ۱۷)

نیوتن : حساب ۸ (تبع رش) عطار اللہ از مبداء و ۴ تابع حسیات

مستقل از : $\Delta M \Delta T$: Dilatant } غلیظ شوند در برابر تنش
زمان

تبریکات: ۱۸۴

(Yield stress) σ_y Bingham

$$\tau = \mu(\gamma)^n \quad n \geq 1 \text{ Dilatant}$$

فہم پلا سیک
نویس

$$\tau = \tau_p + M \left(\frac{\partial u}{\partial y} \right) \quad \text{Bingham}$$

$$\tau = \tau_p + \mu \delta$$

ولایت بزم رفا: ایک مکتوب: ۱۸۹۷ء: برای شہید

م. آخوندی شیرازی

هے آوند زنده
رو بنده . \uparrow \uparrow \uparrow : راه تابت

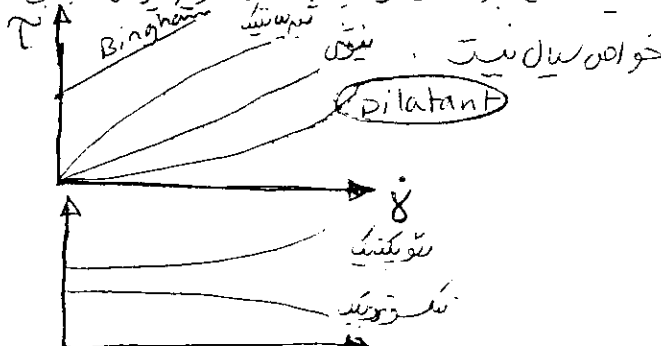
نوروز کشت باید هزار مادر د

غیر شوقی : ج حسب لا حظیت
و از خطی است از سند ما که در

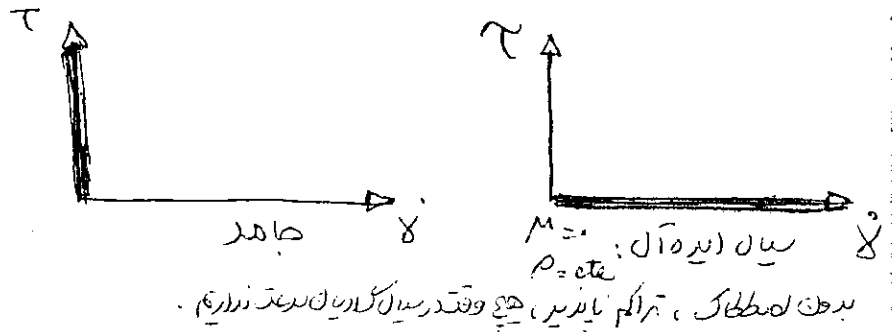
مقدمه نوری سادات

④ در روایات نفیاتی چون و مسکوزیده مستقل از تنه است

و کوزنہ ۶ حوالہ سید ابرار ولد نور محمد ۸۱ پانچ ۶ فر



مسائل / قسمیت اصول ^t / ۱۵



* مثال صحت

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 اصل را اصل یاسکال می نامیم. اگر سیال ساکن نباشد اصل یاسکال برقرار نیست.

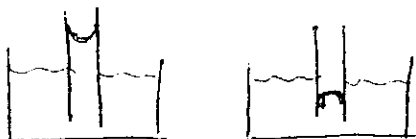
* مدول الاستیسیته: K ضریب تراکم پذیری هم دما. $K = -\frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial P} \right)_T$

واحد K عکس فشار است. مدول بزرگ عکس تراکم پذیری هم دما است و وضوح آن بیشتر باشد: $K = -\frac{dP}{\left(\frac{dV}{V} \right)}$ مدول بزرگ

مدول بزرگ به بزرگ مزین تراکم پذیری $\leftarrow K$ تراکم ناپذیرتر است.

$$K = \rho R T$$

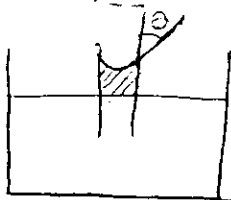
* کشش سطحی: انرژی سطح سیال به ازای واحد سطح. $\left(\frac{J}{m^2} \text{ یا } \frac{N}{m} \right)$



معمولاً در مویک: هقصر مصرع

* در آب و تمام مایعاتی که در لوله مویک بالا می روند

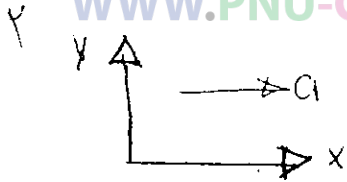
نمونه های چسبندگی بین آب و شیشه بیشتر از نمونه های پیوستگی بین مویک و آب است. سیاحت جاری باره
در مویک این دو نیرو برابر شوند و بر عکس/ سیاحت که در لوله مویک بالا می روند اصطلاحاً در مویک سطح را خیس می کنند.
و مایعاتی که در لوله مویک نزول دارند سطح را خیس نمی کنند.
* هر چقدر کشش سطحی بیشتر شود سیال در لوله بیشتر بالا می رود.



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

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

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



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

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

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

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

$$\frac{P}{P_0} = \left(\frac{T_0 - BY_0}{T_0 - BY} \right)^{\frac{Mg}{BR}}$$

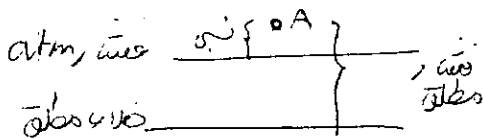
حالت اول: تغییرات خطی دما با ارتفاع.

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

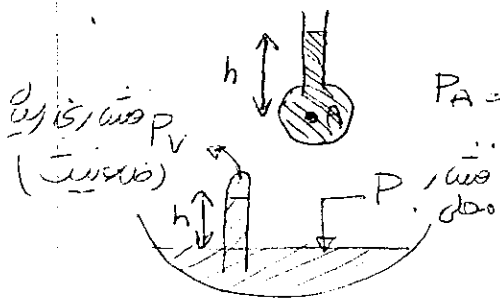
اصل $P_x = P_y = P_z = P_0$ اگر سیال سکند باشد و جهت یابی. اگر سیال سکند باشد و جهت یابی.

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

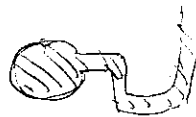
$$1 \text{ atm} = 14.7 \text{ psi} \left(\frac{1 \text{ lbf}}{\text{in}^2} \right) = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa} = 10.13 \text{ mH}_2\text{O} = 760 \text{ mmHg} = 29.92 \text{ inHg}$$



و فشار مطلق ← ظاهر



$$P_A = \rho g h$$



پوشش های اندازه گیری فشار:

فشار زیاد و منفی زیاد + سیال مایل

با رولر: فشار مطلق را اندازه گیری کرد.

$$P = P_v + \rho h$$

سیالات / اقل / صفت

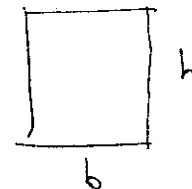
درک سطح / حجم / نوع : نقطه ای است که اگر مصور شخصیت را به آن نقطه منتقل کنیم همان اول سطح / حجم / نوع / حواله خود

جانب ۶ درم :

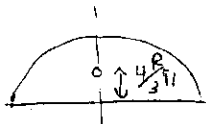
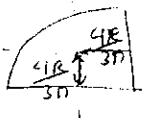
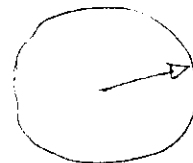
فی گوید
 از هر یک ط
 یا بین آنرا
 که خاصه محمد اثر نیرد
 نسبت به هر یک ط

A diagram of a triangle with a horizontal base labeled b and a vertical height labeled h drawn from the top vertex to the base.

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



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



مثال ۱۴ ص ۱۲ جزوه راضی

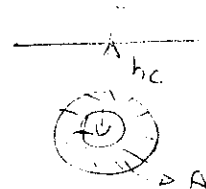
پوشن منشور منشور: اگر روی صفحه دور منشوری بسیار کم بطوریکه ارتفاع منشور در نقطه h ارتفاع سیل از سطح آزاد مایع در آن نقطه باشد در این صورت می توان گفت نیروی خارج بر صفحه برابر است با وزن سیل هم حجم منشور. در این روشن محل اثر نیروی برآیند برابر است با مرکز حجم منشور.

$$F = V \cdot \gamma$$

$$F = V \cdot \gamma$$

راه اول: F_1 نیروی F_2 در جهت مخالف و زور

$$F = \gamma h_c A$$



$$F_2 x_2 - F_1 x_1 = \bar{F}_2 \bar{F}_1 x_{L_p} \quad \text{ricordo}$$

راه (۱۹): I_{xx} استوار و متراکم (۱۵)

01

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

[]

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

نیروی وارد بر سطح استاندارد:

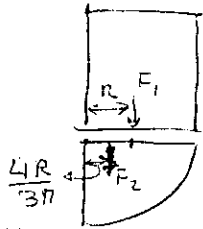
$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

F_x : نیروی وارد بر تصویر AB روی محور افقی

F_y : وزن سیال روی سطح استاندارد سطح آزاد

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

لحظه محول اثر نیرو

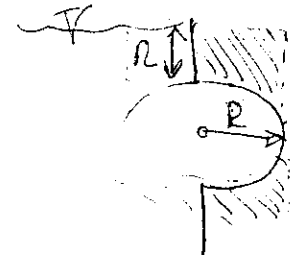
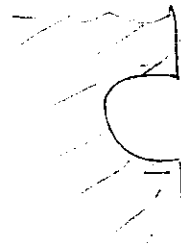
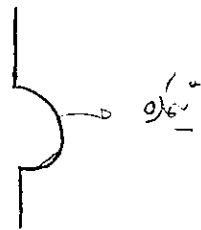


F_1 = وزن مستطیل

F_2 = وزن ربع دایره

$$F = \gamma V$$

لحظه محول، اثر نیرو



نیروهای خطی: غوطه‌ور: کامل در داخل سیال
شناور: قسمتی در سیال و قسمتی از جسم در هوا

$$F_B = \gamma V_{\text{جسم}}$$

نیروی بویایی روی بالا، و رانشی نیروی بویایی از مرکز حجم می‌گذرد، یا مرکز حجم محول اثر نیرو

$$W' = W_{\text{واقع}} - F_B$$

وزن ظاهری

مثال ۱۷، ۱۸ و ۱۹

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

تعداد:

تعداد بلورهای موزون کنیم، برگرد، و مرکز جسم پایین تر از مرکز حجم (محل اثر نیروی بویایی)

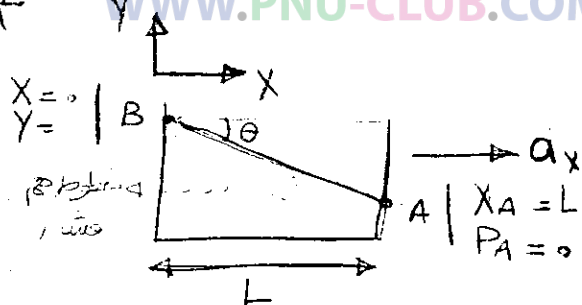
پایدار: " " " برگردد، " جسم " جسم

مبی: " " " حالت ثبات با اولیای فوق نگیرد، دو مرکز منطبق شوند.

$$W_{\text{ظاهری}} = \frac{\gamma h_1 \gamma_1 \gamma_2}{\gamma_1 - \gamma_2}$$

سیالات / اقل / ص

f



حرکت سیال :

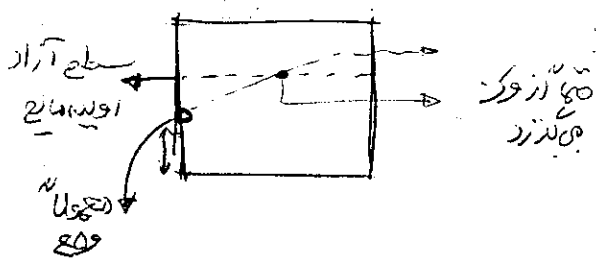
$$\frac{dp}{dx} = -\rho a_x$$

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

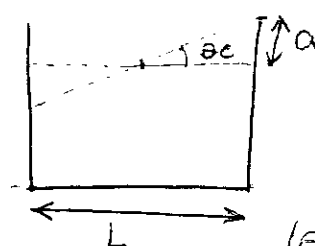
$$dp = -\rho a_x dx - \rho (a_y + g) dy$$

شیب خطوط هم فشار

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



* مقدار آب خارج شده از ظرف :



تأزمان که سطح آزاد مایع بالای ظرف برشرمایع خارج می شود ($\theta < \theta_c$)

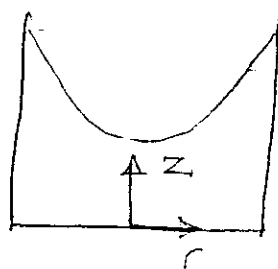
در این حالت

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

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

$\theta > \theta_c$ آب خارج می شود

$\theta < \theta_c$ آب داخل می شود



در این حالت

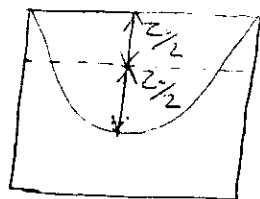
$$a_x = -r\omega^2 \quad a_y = 0$$

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

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

برای بدست آوردن حتی های این و

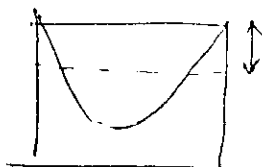
$$Z_0 = \frac{R^2 \omega^2}{2g}$$



نکته ۱) به شرطی که هیچ گونه مایعی بیرون نریزد

$$\text{حجم مایع} = \frac{1}{2} \pi R^2 Z_0$$

(برابر نصف حجم استوانه متعلق)

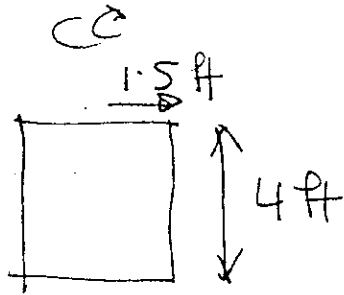


اگر $h < \frac{Z_0}{2}$ مایع بیرون می ریزد

$h > \frac{Z_0}{2}$ مایع بیرون نمی ریزد

* مثال ۲۴ و ۲۵

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



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

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

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

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

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

(0.2) ? 10

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

$$\text{So } \frac{2}{100}$$

هفته اول دوره تکمیلی : / سیرات / استاتیک سیرات / فصل دوم کتاب سمیع پور .

① راه درست

② راه درست

$$\begin{array}{c} 0 \\ \uparrow \\ 2F \\ \downarrow \\ 0 \end{array}$$

⑦ برای صوت مستطیل مرکز فضا برابر با ارتفاع از پایین و $\frac{1}{3}$ از بالای اوتر .

⑭ انتقال هوشیوم فقط در صافی رخ می دهد که سیال در کان حرکت ندارد .

②۰ جواب درست

$$Kg \cdot f \times 9.8 = N$$

④۶ جواب درست دره رتور .

④۸ جواب درست .

$$1m = 2.28ft$$

⑧ ع

۱۵ ؟

④۵

۵۰ ؟

سیرات / فصل اول کتاب سمیع پور

$$1/N = 10^{+5} \text{ dyn}$$

①۰ ؟

④۹



①۸

④۱ ؟

در سطح درختی

④۳

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

④۵

④۷

سیرات / استاتیک / فصل اول / استاتیک

ادامع و عوامل های حقیقی سیالات (جریان سیالات در لوله ها)

در جریان آرام اتلاف و بازگشت ناپذیری به سربابت کمتر از جریان درهمه ها باشد.

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

در جریان آرام قانون رخت بیوتن صدق است $(-\mu \frac{\partial u}{\partial y})$ و در جریان درهم رابطه رخت بیوتن صدق نیست و داریم: $\tau = -\eta \frac{\partial u}{\partial y}$ ، رخت گردشی می باشد و تابع خواص سیال (م)، نوع حرکت می باشد.

جریان یکنواخت: Steady Flow: جریان است که در آن تغییرات سرعت با مکان و زمان ندارد. $\frac{\partial V}{\partial s} = 0$ (برای یک سطح مقطع). (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 مکان داریم)

جریان یک بعدی: جریانی است که مولفه های سرعت در راستای محور حرکت سیال مساوی صفر است. (حرکت عرضی نداریم).
 $V_r = V_\theta = 0$

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 را می دهد.
معادله خط جریان: $\frac{dx}{u} = \frac{dy}{v} = \frac{dz}{w}$

خط راه: مسیری که ماده رنگی از خودی می گذارد خط راه نام دارد.
* اگر جریان پایدار (Steady) باشد در این صورت خطوط راه، مسیر و خط جریان هم منطبق هستند.
قوانین بقا در یک سیستم: $\frac{dN}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} \int_{V_{CV}} \rho \eta dV + \int_{CS} \rho V_{ei} \eta dA$
تغییرات در سیال و جرم در خروجی

برای جرم: $N=m \leftarrow \eta=1$

اگر حالت پایدار باشد: $\int \rho V_{ei} dA = 0$

بردار سطح: برداری عمود بر سطح و به سمت بیرون.

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

قانون پیوستگی: جریان یکنواخت (پایدار و ناپذیر) $\rho_i V_i A_i = \rho_e V_e A_e$

$$V_i A_i = V_e A_e$$

اگر حالت پایدار جریان یکنواخت و برای سیال تراکم ناپذیر:

سیالات / قسمت دوم / ص ۱

* جریان می تواند در لاین اصطکاک عملاً امکان پذیر نیست بنابراین در قانون پیوستگی از منبر دوم

سرعت متوسط انتفاخ می کنیم: $\rho_i \bar{V}_i A_i = \rho_e \bar{V}_e A_e$

محاسبه 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 داخل لوله: $U = U_{max} [1 - (\frac{r}{R})^2]$ و در آن $\bar{U} = \frac{U_{max}}{2}$

توزیع سرعت در جریان در هم در داخل لوله: $U = U_{max} [1 - (\frac{r}{R})^2]^{\frac{1}{2}}$
 در جریان در هم $\frac{\bar{U}}{U_{max}} = \frac{49}{60} = 0.82$

توزیع سرعت در جریان چینه در هم: $U = U_{max} [1 - (\frac{r}{R})^2]^{\frac{1}{4}}$
 $\frac{\bar{U}_{max}}{U_{max}} = \frac{2}{(m+1)(m+2)}$

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

قانون پیوستگی سرعت بصورت: $\frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} = -\frac{\partial \rho}{\partial t}$

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

$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$

$\nabla \cdot \vec{V} = 0$

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

در سیال تراکم ناپذیر چه Steady باشد چه Unsteady

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

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

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

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

تابع جریان: فقط در جریان دو بعدی مطرح

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

دارد. تابع جریان به ازای هر مقدار ثابت از

یک خط جریان را می دهد $\frac{dx}{u} = \frac{dy}{v} \rightarrow d\psi = 0 \rightarrow \psi = c$

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

* حلقه جریان دو بعدی، S.S. در سیال تراکم پذیر است و در این حالت می توانیم بنویسیم:

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

قانون بقای مومنتوم :

$$\frac{dN}{dt} = \frac{\delta}{\delta t} \int \rho v_i dv + \int \rho v_{ei} \eta dA$$

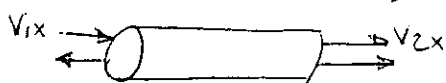
بردار سرعت \rightarrow $N = mV \rightarrow F = \frac{\delta}{\delta t} \int \rho V dv + \int \rho V (V dA)$
 اگر مثلاً سرعت در راستای محور نظر

* فرض ① : اگر جریان دائم باشد :

$$\Sigma F = \int \rho V (V dA)$$

در یک راستا :

$$\Sigma F_x = \int \rho V_x (V dA)$$



فرض ② : سرعت در سطح ثابت باشد

$$\Sigma F_x = -V_{1x} m_1 + V_{2x} m_2$$

این رابطه برای سیال است و برای
 جسم مایع نویسیم
 در نیمه SI و یونانیست

$$\Sigma F_x = \frac{\dot{m}}{g_c} (V_{2x} - V_{1x})$$

اگر m ثابت باشد

$$P_1 A_1 - P_2 A_2 + F_W - F_g = \frac{\dot{m}}{g_c} (V_{2x} - V_{1x})$$

این نیروی وارد شده بر سیال
 است برای بدست آوردن نیروی وارد بر بدن
 علامت را تغییر می دهیم

سرعت
 حرکت
 سرعت فضا
 از نوای

وشتن
 ثقل
 در جهت
 مورد نظر
 داشته باشد

نیروی
 بر روی
 بدن
 وارد
 کننده

فشار در مقطع
 خروجی

فشار در مقطع
 ورودی

معادله اول : فرض ① فرض اصل : سیال در داخل حتماً ایده آل است بنا بر این از آنجا صرف نظر کرده

② چون از رابطه $\Sigma F_x = \frac{\dot{m}}{g_c} (V_{2x} - V_{1x})$ استفاده کرده فرض کردن جریان دائمی است

③ در طول یک خط جریان نوشته شده

$$\frac{dP}{\rho} + \frac{V dV}{g_c} + \frac{g}{g_c} Z = 0$$

معادله برنولی : برای استداک گیری عرض چهارم را اضافه کردند : $\rho = cte$

* معادلات اول و برنولی فقط برای یک خط جریان است

$$\frac{P}{\rho} + \frac{V^2}{2g_c} + \frac{g}{g_c} Z = cte$$

ارتفاع : سرعت خروجی : $V = \sqrt{2gh}$

$$A_c = C_c A_{\text{واضح}} \quad V_{\text{واقعی}} = C_v \sqrt{2gh}$$

$C_c, C_v, C_d < 1$ $Q_{\text{ایده‌آل}} = C_d Q_{\text{واقعی}} = C_c C_v Q_{\text{واقعی}}$

* در بسیاری از مسائل سرعت خروجی $\sqrt{2gh}$

ضریب تصحیح انرژی ولت : فرض ① : سرعت یکدست
 ② : ثابت یا برابر

$$\Sigma F_x = \frac{\dot{m}}{g_c} (V_{2x} - V_{1x})$$

از آن جا که همیشه سرعت یکدست نیست از مفهوم ضریب تصحیح استفاده می کنیم :

$$\beta = \frac{1}{A} \int \left(\frac{V}{V_c} \right)^2 dA$$

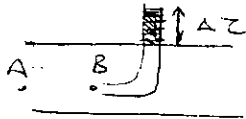
$$\int \rho V V dA = \beta \rho V_c^2 A \rightarrow \beta = \frac{1}{A} \int \left(\frac{V}{V_c} \right)^2 dA$$

* β در جریان آرام درون لوله $\beta = \frac{4}{3}$ و در جریان ریز $\beta = 1.05 - 1.06$ بسته به درجه یونسین
 درجه یونسین

معادله انرژی جنبشی: $\frac{P_1}{\rho} + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g_c} + Z_1 g + h_{fp} = \frac{P_2}{\rho} + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g_c} + Z_2 g + h_{fp}$
* باید فرض برداشتن افت های هیدرولیک بدون سرعت را اصلاح کنیم

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

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



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

مثال ۳۸: $P_B - P_A = \rho g \Delta Z \rightarrow V_A = \sqrt{2g \Delta Z}$

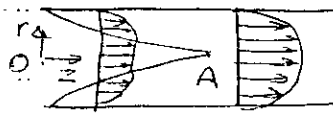
لايه مزی: $Re = \frac{\rho V L}{\mu}$

تخمین از سیال است که تحت تاثیر نیروهای برش قرار می گیرد.

در تبدیل جریان از آرام به در هم چسبیدن داریم چون در دایره وی با سرعت بیشتری انجام می گیرد.

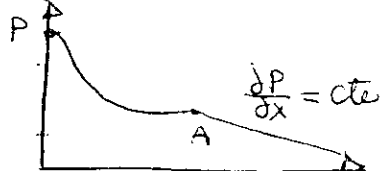
در لایه فرنی نیروی برشی ضعیف تر یا دویروی نیروی ضعیف تر است.

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



لايه مزی در داخل لوله: OA : رابطه دویروی لوله است بعد از نقطه A سرعت فقط تابعیت 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).

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

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

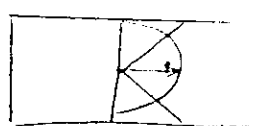
افت فشار / ارتفاع: افت = $\frac{\Delta P}{\rho}$ افت = $\frac{\Delta P}{\rho}$

در این صورت ولز در ارتفاع زیاد است $h_{fp} = -\frac{\Delta P}{\rho g}$

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

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

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



جریان آرام : $U = U_{max} [1 - (\frac{r}{R})^2]$ و $U_{max} = - \frac{\Delta P}{L} \frac{R^2}{(4\mu)}$

$$-\Delta P = \frac{32\mu U L}{g_c D^2} = \frac{128\mu Q L}{g_c \pi D^4}$$

بارش ΔP ، h_f ، h_p بدست می آید .

$$\Rightarrow \left(\frac{\Delta P}{L}\right) \propto \frac{Q'}{D^4} \xrightarrow{\text{ثابت } Q} \frac{\Delta P_2}{\Delta P_1} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^4$$

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

در طول ثابت : $\Delta P \propto Q'$
جریان آرام : $\Delta P \propto v^4$

و $h_f \sim \Delta P$

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

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

$$h_f = - \frac{\Delta P}{\rho}$$

ضریب اصطکاک : نسبت نیروهای برشی به نیروهای اینرسی

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

رابطه دارسی-وایسباخ

F_{anning}

$$F_{\text{darcy}} = 4F_{\text{anning}}$$

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

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

* دین در سیستم انگیس علامت صلب ارتفاع بیان و انرژیک بر واحد جرم بیان است بنابراین 32.2 هرگز درج نمی شود است

$$\log F = \log \left(\frac{16}{Re} \right) \quad \log F_{\text{darcy}} = \log \left(\frac{64}{Re} \right)$$

ضریب اصطکاک در جریان آرام داخل لوله :

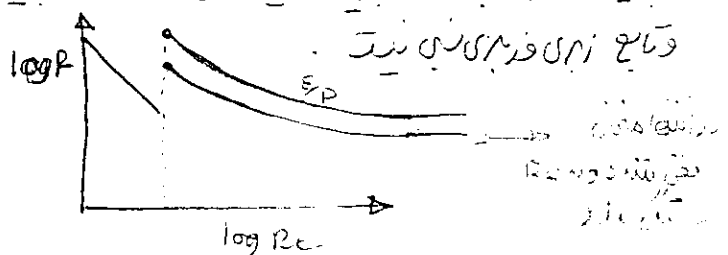
$$\log F = \log 64 - \log Re$$

یعنی رسم $\log F$ بصورت $\log Re$ خطی با شیب -1 می آید . دیاگرام موری بصورت داریسی است

آزمای فزیری نیبی : $\frac{\epsilon}{D}$ زبری نیبی

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

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



$$Re \uparrow \quad F \downarrow \quad h_f \uparrow \quad \Delta P \uparrow$$

$$Re \uparrow \quad u \uparrow \quad \tau_w \uparrow \quad F \downarrow$$

سیالات / دوام / صحت

$$h_f = 4f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \quad f = \frac{0.0794}{Re^{0.5}}$$

$$\Rightarrow h_f = \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}}$$

$$\xrightarrow{\text{بسیار ثابت}} h_f \propto \frac{1}{D^{4.75}}$$

رابطه بازنویس برای جریان آرام

* اثر افزایش قطر لوله

افت فشار در جریان آرام به توان 4.75

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 خیل در هم فرین اصطکاک فقط تابع زبری نیست و تغییرات دارد

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

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

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

$$\begin{array}{l} n=4 \quad \text{جریان آرام} \\ n=4.75 \quad \text{در هم} \\ n=5 \quad \text{خیل در هم} \end{array}$$

* یعنی اثر افزایش قطر روی کاهش

افت فشار خیلی شدید است

اگر قطر ثابت باشد : جریان آرام

$$\propto Q^{1.75} v^{1.75}$$

$$\propto Q^2 v^2$$

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

اگر دبی ثابت باشد :

$$n=4 \quad \text{جریان آرام}$$

$$n=4.75 \quad \text{در هم}$$

$$n=5 \quad \text{خیل در هم}$$

$$\begin{aligned} \frac{\Delta P}{L} \propto h_f &\propto \frac{Q^2}{D^5} \\ &\propto \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} \\ &\propto \frac{Q^2}{D^5} \end{aligned}$$

جریان آرام :

در هم :

خیل در هم

شیع هیدرولیک :

* همواره قطر هیدرولیک را در روابط جایگزینی می کنیم.

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

$$D_H = \text{قطر هیدرولیک} = 4r_H$$

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

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

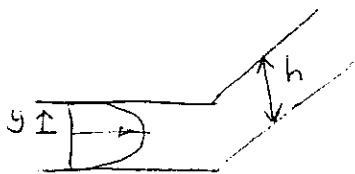


مثال :

$$\rightarrow D_H = D_o - D_i \quad \text{قطر هیدرولیک سیال}$$

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

$$D_H = \frac{D_o^2 - D_i^2}{D_i} \quad \text{قطر هیدرولیک مایع}$$



جریان بین دو سطح موازی :

$$\frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial \tau}{\partial y} = 0 \quad \text{رابطه بین افت فشار و تنش در شیب های کاترین}$$

$$\frac{2\tau}{r} + \frac{\partial P}{\partial x} = 0 \quad \text{رابطه بین افت فشار و تنش در شیب های التولنای}$$

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

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

$$Re = \frac{\rho \bar{U} h}{\mu} \rightarrow \begin{aligned} F_{\text{نایب}} &= \frac{12}{Re} \\ F_{\text{درین}} &= \frac{48}{Re} \end{aligned}$$

$$Re = \frac{\rho \bar{U} D_H}{\mu} \rightarrow \begin{aligned} F_{\text{نایب}} &= \frac{24}{Re} \\ F_{\text{درین}} &= \frac{96}{Re} \end{aligned}$$

* تمام مولد لایه شده در جریان رزونانس در این جامد صلب است. مثلاً جریان آرام بتواند ...

سیال / دوام / صلب

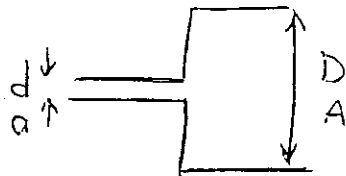
$$h_f = 4 f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g_c} \quad \text{برای لوله}$$

آلاف در اتصالات:

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

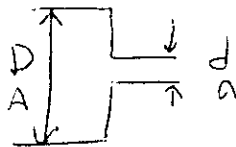
$$h_f = K \frac{V^2}{2g_c} \quad \text{برای بدنه انشعابی و حوضه اوری}$$

حالت ۱) انقباض ناگهانی



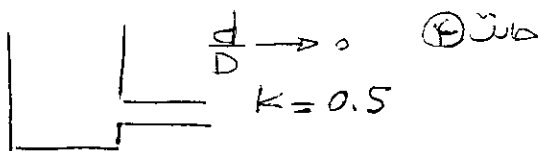
$$K = \left[1 - \frac{a}{A}\right]^2$$

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

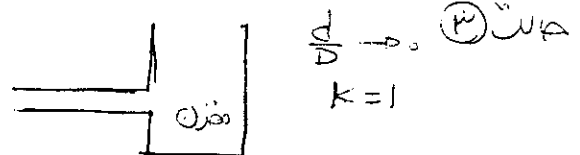


$$\text{حالت ۲) انقباض ناگهانی} \quad K = 0.5 \left[1 - \frac{a}{A}\right]$$

$$K = 0.5 \left[1 - \left(\frac{d}{D}\right)^2\right] \quad \text{در بعضی کتابها 0.42}$$



$$\text{حالت ۳) } \frac{d}{D} \rightarrow 0 \quad K = 0.5$$



$$\text{حالت ۴) } \frac{d}{D} \rightarrow 0 \quad K = 1$$

* تمامی K ها برابر با سرعت در سطح مقطع کوچکتر است

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



* برای انبساط ناگهانی بزرگتر است از این رابطه استفاده کنیم

$$h_f = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g}$$

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

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

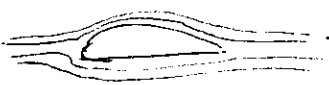
$$\left. \begin{array}{l} h_f = 4 f \frac{L_e}{D} \frac{V^2}{2g} \\ h_f = K \frac{V^2}{2g} \end{array} \right\} \rightarrow L_e = \frac{K D}{4 f}$$

طول معادل:

$$= \frac{K D}{4 f_{Fanning}}$$

فصل سوم / سطح پر / مفاهیم جریان در دو فازات بنیادی حجم کنترل

سطح کنترل : مرزهای حجم کنترل

خط جریان : در هر دلی هر جا که سرعت به موازات دیواره می باشد و به همین دلیل خطوط جریان با ریتی به موازات دیواره باشند. میان هیچ خط به خطوط جریان را نمی توان قطع کرد.  رزق جریان ندرند در این خط جریان ها ثابت است.

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

در جریان ناپایدار چون جهت برادر 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 تکنواخت : Plug

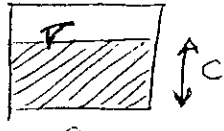
لوله جریان Stream tube : هیچ جریانی از دیواره آن عبور نخواهد کرد، لوله ای است که خطوط جریان بر سطح خارجی آن جاس اند.

معادلات اول و برنولی : $\frac{P}{\rho} + gz + \frac{v^2}{2} = cte$ بنویس $\frac{S}{\rho = cte}$
 $\frac{dP}{\rho} + g dz + v dv = 0$ (1) $M = 0$
 S.S (2) $\frac{P}{\rho} + z + \frac{v^2}{2g} = cte$ به حسب m میاد
 اگر در mg ضرب شود و خاص از آن می شود mg ضرب شود


در این توان می شود

عدد رینولدز Re_c : Re_c بین ۱۰۰۰ (طول مشخص در این حالت خاص به بین دو سطح است).

$Re_c = 0$ (طول مشخص در این حالت قوی تر است)

* در مفهوم قطر هیدرولیک به محیط آن توجه شود
 $A = ac$
 $P = 2C + a$ 
 $D_H = \frac{4A}{P} > R_H = \frac{A}{P}$

جریان درونی : جریان درونی که خاصیت است. جریان بیرونی : میان دو سطح از مسطح شده است.

طول خاص گذرا (در دلی لوله) برای جریان آرام : $\frac{L}{D} = 0.05 Re$  رابطه تجربی

* در جریان در هم طول خاص گذرا لوله است.

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

* در رینولدز های ضعیف $(Re < 10^3)$ f متناسب $\frac{1}{Re}$ است

(**) با افزایش سرعت عدد Re افزایش می دهد، کاهش دلی h_f افزایش می دهد، 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.

سیالات / دوام / است

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

* 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، خمیدگی، ...) مقدار آن معمولا کمتر از افت

مبدل اصطلاح است. بجز در اینطای ناگهان در فید مولد بطور تجربی تعیین می شوند.

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

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

اگر انطباق از لوله بزرگتر به لوله کوچکتر باشد $\frac{D_1}{D_2} = 0$ و افت برابر $\frac{V_1^2}{2g}$ خواهد بود در این حالت انرژی

جنبش بطور کامل به انرژی مارت تبدیل می شود.

انطباق تدریجی: از این سیستم برای بازیافت و میزان خستار دستگاه های اندازه گیری شش را استفاده

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

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

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

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

طول معادل: L_e طول لوله است که مقدار افت و فشار اتصال یا انقباضات را ای رقم گذارند ناشی

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

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

پیش هیدرولیک: تحت شرایط خاص در کانال باز جریان سریع مایع ناگهان تبدیل به جریان آرام می

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

مولفه های نسبت شده در انرژی جنبشی را به انرژی پتانسیل و تلفات تبدیل می کنند.

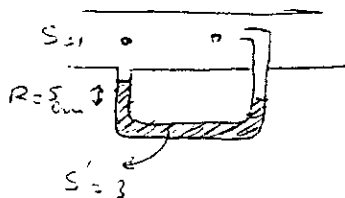
خرج ارتفاع بیشتر به شدت تلفات بیشتر است. $h_L = \frac{(V_2 - V_1)^3}{4g_1 g_2}$

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

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

$$Q = V A$$

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



نویسند: S_2 معادل با S_1 آب
چون در شفا $S_2 = 15 - S_1$
پس $S_2 = 15 - 5 = 10$ است.

$$h: 3 \times h' = 1 \times h$$

$$15 = h$$

* هموار سرعت $\sqrt{2gh}$ و وقتی در طرف دیگر سکون داریم فقط h باید ارتفاع معادل سیال باشد که سرعت آنها اندازه هم می گیریم.

* پس از بدست آوردن F ، ΔP را (برای طول مشخصه) می توان از رابطه:

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

معادله دarcy
در جرم نه بد کردن
بدست می آید.



* اگر نیازی به در دامن بودن ای ساکن بوده و یکد وقتیم بودن را بکشیم



اگر منقسم دایره با سرعت V حرکت کند:

آب با دبی $15 \frac{m^3}{min}$ از درون لوله ای با سرعت $50 \frac{m}{s}$ می گذرد، سطح مقطع برابر سرعت $12.5 \frac{m}{s}$ ΔP برابر است با:

$$h_f = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g} = \frac{900}{20} = 45m$$

$$\Delta P = \rho g h = 1000 \times 10 \times 45$$

سیالات / دینامیک

$K_e = 20050$ ← $P < 0.008$: چون جریان آرام بیشتر از جریان درهم اند.

هدف دوم دوره بنایی / فصل سوم / مفاهیم جریان حیدر و معادلات بنیادی سیما

(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 $U = \left(\frac{y}{R}\right)^{1/2}$ در حالت دریم روی جداره کاربرد ندارد چون U_{max}

$\tau_w = -\mu \frac{du}{dr} \Big|_{r=R} \rightarrow \frac{du}{dr} = \frac{1}{4R} y^{-1/2} \rightarrow \tau_w = \tau_r = 0 = \infty$

(۱۱) ؟

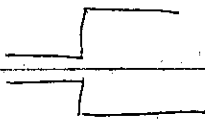
$V_2 = \sqrt{2gh}$

(۱۶) در آن لحظه مضطرب

$V_1 A_1 = V_2 D_2$

$V_1 D_1^2 = \sqrt{2gh} D_2^2$

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



(۱۹) فرض کنیم $\frac{P_1}{\rho_1} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho_2} + \frac{V_2^2}{2g} + h_F$

$h_F = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g} \Rightarrow \frac{\Delta P}{\rho} = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} = \frac{(V_2 - V_1)^2}{2g}$

(۲۰) در جریان دریم انتقال مومستوم مولکول در نزدیک دیواره نقش دارند.

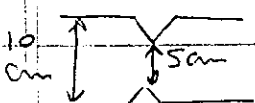
$\tau = -\mu \frac{dv}{dr}$

(۲۴) پروفایل سرعت راداره و نیروی وارد بر دیواره را خواند.

$\tau = \frac{2\mu V_{max}}{R}$

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

* در شمع هیرولک اگر شفته کانال رو به رفته در شمع



$D_1 = 10 \text{ cm}$

$D_2 = 5 \text{ cm}$

(۴۴) $\frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2g}$

$V_1 A_1 = V_2 A_2$

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

(۸۷)

* ضریب دریم: $Re \gg 10^7$

سیالات / شست / روم / صفت

$$\frac{V}{V} = \frac{1}{2} [1 - (\frac{r}{R})^2] \quad V = \frac{V_{max}}{2} [1 - (\frac{r}{R})^2]$$

$$\frac{P_1}{8} + \frac{V_1^2}{Z_g} + \frac{Z_1}{150} = \frac{P_2}{8} + \frac{V_2^2}{Z_g} + \frac{Z_2}{150} \quad (11)$$

$$150 = h_f = f \frac{L}{D} \frac{v^3}{2g} \rightarrow v \checkmark$$

① = YA → Q ✓

$$V_x = -\frac{\partial \phi}{\partial y} \quad V_y = \frac{\partial \phi}{\partial x} \quad (1.9)$$

* در زیر آرام و گزینیه مولودی نیز برآید از و گزینیه مؤثر

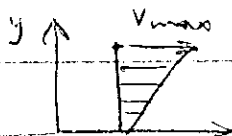
8 (11)

(۱۲۵) اگر پروفایل سرعت دایره $U = Ay^2 + By + C$ وری در نقطه جدار بصورت $U = Ay^2 + By + C$ باشد مقدار A و B و C عبارت است از:

$$y=0, u=0 \Rightarrow 0 = A(0) + B(0) + C \Rightarrow C=0$$

$$y = 0.9 \frac{dv}{dy} = 0 \Rightarrow \frac{dv}{dy} = 2Ay + B \rightarrow B = 0$$

154



$$V_{(x)} = 2y$$

199

۴۔ چون مقدار سرعت در جهت محور xy این گونه تغییر می کند

روابط و فرمول های حفظی :

Drag Force:

$2\pi R\mu u$ نیروی ناشی از شکل هندسی
 $2\pi R\mu u$ " " " " " "
 $4\pi R\mu u$ " " " " " " پوسته ای

ای که : steady state , creeping flow

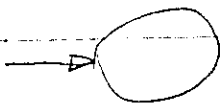
$$F_D = 6\pi R\mu u = 3\pi\mu D u_0$$

$$F_p = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho_s g + 2\pi R\mu u$$

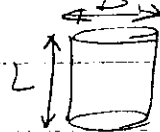
$$F_w = 4\pi R\mu u$$

$$C_D = \frac{F_D/A}{\rho u^2/2} \rightarrow \boxed{F_D = C_D A_p \rho \frac{u^2}{2}}$$

$A_p = ?$ مساحت تصویر جسم روی صفحه عمود بر جهت جریان

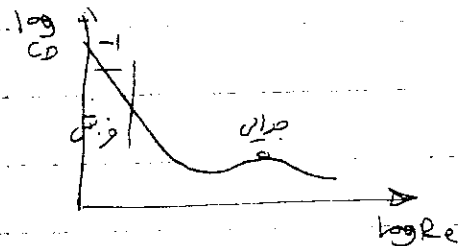


$$A_p = \pi R^2$$



$$A_p = L \cdot D$$

(برای کره) $C_D = \frac{24}{Re} \rightarrow \log C_D = \log 24 - \log Re$



$Re \uparrow \rightarrow C_D \downarrow \rightarrow F_D \uparrow \rightarrow \text{wake} \uparrow$

عدت آینه اندن C_D بعد از مراد :



* در ناحیه فرشی برای کام اصنام $C_D \propto \frac{1}{Re}$

کاربرد نیروی برگ : محاسبه ویسکوزیته سیال مجهول : $W - F_B - F_D = 0$

$$\frac{4}{3}\pi R^3 \rho_s g - \frac{4}{3}\pi R^3 \rho g - 6\pi R\mu u_0 = 0$$

$$\rightarrow \mu = \frac{1}{18} \frac{D^2 (\rho_s - \rho)}{u_0}$$

$$\boxed{u_0 \propto d_p^2}$$

$$\frac{4}{3}\pi R^3 \rho_s g - \frac{4}{3}\pi R^3 \rho g - C_D A_p \rho \frac{u^2}{2} = 0$$

$$\rightarrow u = \sqrt{\frac{8Rg(\rho_s - \rho)}{3C_D \rho}}$$

میت
شیت سوم
ص

$$W - F_D - F_B = 0$$

درجه اول خارجی :

$$m \frac{ae}{g_c} - C_D A_p \rho \frac{u^2}{2g_c} - \frac{m}{\rho_s} \rho \frac{ae}{g_c} = 0$$

$$\rightarrow u = \sqrt{\frac{2mae(\rho_s - \rho)}{\rho \rho_s C_D A_p}}$$

$$ae \propto \omega^2 \rightarrow u = \omega \sqrt{\frac{2rmae(\rho_s - \rho)}{\rho \rho_s C_D A_p}}$$

روابط و فرمول های صفتی ستاره های پر شده :

$$\epsilon = \frac{\text{حجم فضای خالی}}{\text{کل حجم}} \quad , \quad V_{eff} = \frac{V}{\epsilon} \quad , \quad r_H = \frac{\epsilon}{1-\epsilon} \frac{V_p}{S_p}$$

$$SL(1-\epsilon) = N_p \cdot V_p \rightarrow N_p = \frac{SL(1-\epsilon)}{V_p}$$

$$\Phi = \frac{\left(\frac{S_p}{V_p} \right) \text{ غیر کروی}}{\left(\frac{S_p}{V_p} \right) \text{ کروی}} = \frac{S_p \text{ غیر کروی}}{S_p \text{ کروی}}$$

$$F = \frac{150(1-\epsilon)}{\phi Re} + 1.75$$

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

جریان دینامیک $\Delta p \sim v^2$ جریان آرام $\Delta p \sim v$ Kozensy - karman

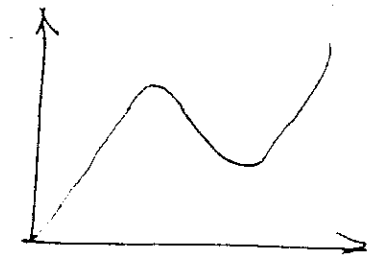
جریان دینامیک $\log \Delta p \sim \log v$ جریان آرام $\log \Delta p \sim \log v$

با وارد زک شده برای جریان آرام به بطنه میان بررسیه ریت

$$L_1(1-\epsilon_1) = L_2(1-\epsilon_2)$$

حالت میان :

↑ v نیروی بویانسی و بر وزن غلبه کند
اینرسی



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

$$\frac{L}{\phi} \frac{dp}{dv} = \frac{6(1-\epsilon)}{dp}$$

روابط و فرمول‌های حفظی نسبیت ترانسمیر :

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

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

$-dP = \rho v dv$

قانون بقای مومنتوم
(سطح مقطع ثابت)

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

سرعت سیال ترانسمیر
داخل لوله

سرعت
صوت

$C = \sqrt{\frac{dP}{d\rho}}$

$C = \sqrt{\frac{K}{\rho}}$

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

میزان:

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

ضریب

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

در حالت Adia. و rev :

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

$Ma \leq 0.3$ سیال ترانسمیر

$Ma > 0.3$ سیال ترانسمیر

* $Ma > 1$: ماخ فوق صوت : Supersonic * $Ma < 1$: ماخ دون صوت : Subsonic

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

max شدت در برکانان همگرا زمان است که بطور
سرعت صوتی باشد.

جریان Adia. در لوله با سطح مقطع ثابت : ۱) اولی (۲) آخر (۳) کارصن.

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

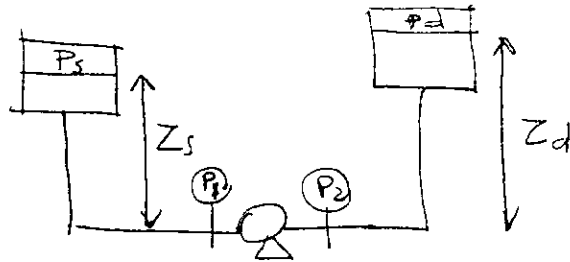
در لوله با A ثابت max سرعت سرعت صوت است و به ماخ فوق صوتی می‌رسد.

در لوله با سطح مقطع ثابت با شرایط مذکور با افزایش سرعت کاهش دما داریم :

$T_2 = T_1 \left(1 - \frac{v_2^2 - v_1^2}{2C_p} \right)$

نسبیت / سوّم / صد

پمپ ها :



$$P_1 = P_s + \rho g Z_s - h_{fp}$$

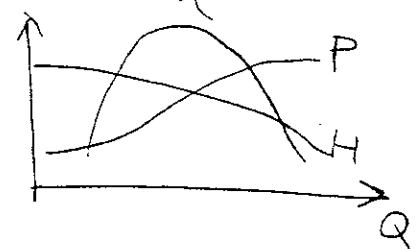
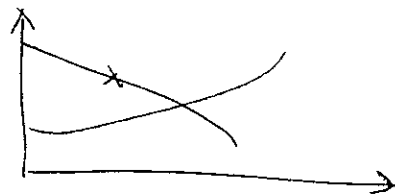
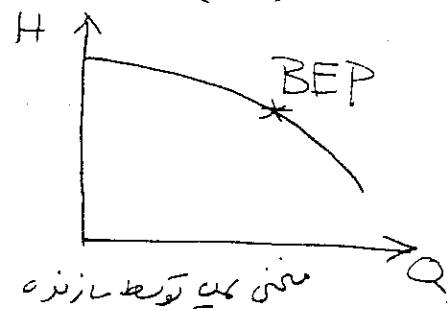
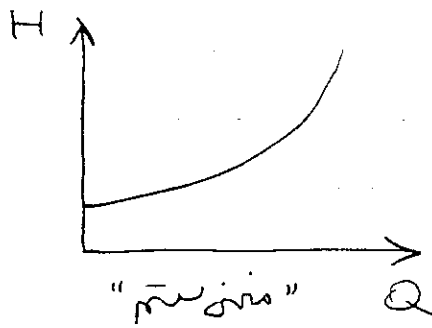
$$P_2 = P_d + \rho g Z_d + h_{fp}$$

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

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

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

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



توان کم می بیند : $P = Q \Delta P$

$$P = \rho g H Q$$

توان کم می بیند : $P = \frac{\rho g H Q}{\eta}$

- * با کاهش رانندگی پمپ باید توان افزایش یابد.
- ۱) دما و جرم پمپ عوض شده و شروع به لرزش می کند.
- ۲) با این دما و جرم پمپ پمپ به هم می خورد و پمپ به هم می خورد.
- ۳) و با این دما و جرم پمپ پمپ به هم می خورد.

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

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

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

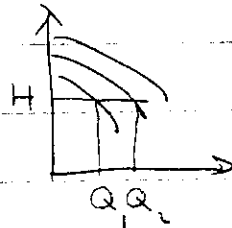
available ←
NPSH A : در دسترس NPSH R : سازنده به ما می دهد

$$NPSH A = NPSH R + \sqrt{\frac{0.5}{2}} \frac{v}{H}$$

* اگر فن یا پمپ ترازیوم بود باید Z را منفی بگیریم

میان آنترنیوژ : ① H ② Q ③ P ④ ΔP ⑤ ΔP ⑥ ΔP ⑦ ΔP ⑧ ΔP ⑨ ΔP ⑩ ΔP ⑪ ΔP ⑫ ΔP ⑬ ΔP ⑭ ΔP ⑮ ΔP ⑯ ΔP ⑰ ΔP ⑱ ΔP ⑲ ΔP ⑳ ΔP ㉑ ΔP ㉒ ΔP ㉓ ΔP ㉔ ΔP ㉕ ΔP ㉖ ΔP ㉗ ΔP ㉘ ΔP ㉙ ΔP ㉚ ΔP ㉛ ΔP ㉜ ΔP ㉝ ΔP ㉞ ΔP ㉟ ΔP ㊱ ΔP ㊲ ΔP ㊳ ΔP ㊴ ΔP ㊵ ΔP ㊶ ΔP ㊷ ΔP ㊸ ΔP ㊹ ΔP ㊺ ΔP ㊻ ΔP ㊼ ΔP ㊽ ΔP ㊾ ΔP ㊿ ΔP

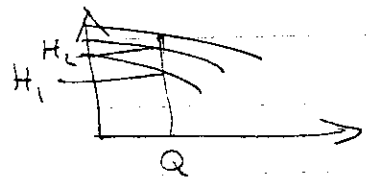
④ این برای انتقال سیال در درون
⑤ دود صاف کم را نسبت به آن دارند
⑥ از زمان است، عضای کمی دارد
⑦ هزینه (راه اندازی، نصب و ...)



$$Q = Q_1 + Q_2$$

$$H = H_1 = H_2$$

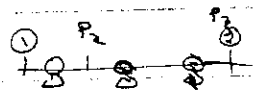
افزایش در



$$Q = Q_1 = Q_2$$

$$H = H_2 + H_1$$

$$\Delta P_{کل} = P_3 - P_1$$



میان سری : افزایش هد

میان جابجایی + : این می تواند ثابت بماند

① H ② Q ③ P ④ ΔP ⑤ ΔP ⑥ ΔP ⑦ ΔP ⑧ ΔP ⑨ ΔP ⑩ ΔP ⑪ ΔP ⑫ ΔP ⑬ ΔP ⑭ ΔP ⑮ ΔP ⑯ ΔP ⑰ ΔP ⑱ ΔP ⑲ ΔP ⑳ ΔP ㉑ ΔP ㉒ ΔP ㉓ ΔP ㉔ ΔP ㉕ ΔP ㉖ ΔP ㉗ ΔP ㉘ ΔP ㉙ ΔP ㉚ ΔP ㉛ ΔP ㉜ ΔP ㉝ ΔP ㉞ ΔP ㉟ ΔP ㊱ ΔP ㊲ ΔP ㊳ ΔP ㊴ ΔP ㊵ ΔP ㊶ ΔP ㊷ ΔP ㊸ ΔP ㊹ ΔP ㊺ ΔP ㊻ ΔP ㊼ ΔP ㊽ ΔP ㊾ ΔP ㊿ ΔP

③ ΔP ای انتقال سیال dilatant بکار می روند. ④ هزینه خرید، نصب، نگهداری
با آن نسبت به آنترنیوژ

سیال / سووم / است

روابط و فرمول‌های حفظی گروه‌های بعد :
- Rayleigh - π - Buckingham.

تعداد ابعاد اساسی - تعداد پارامترها = n تعداد گروه‌های بعدی

\swarrow MLT: 3
 \rightarrow ML: 2
 \searrow I = MLT: 4

$$\pi_1 = (A^a B^b C^c) \cdot D$$

$$\pi_2 = (A^{a'} B^{b'} C^{c'}) \cdot E$$

$$\pi_3 = (A^{a''} B^{b''} C^{c''}) \cdot G$$

$$Re = \frac{\rho U D}{\mu} = \frac{\rho U^2}{\mu \frac{U}{D}} \quad \begin{array}{l} \text{نیروی اینرسی} \\ \text{نیروی ویسکوزیته} \end{array}$$

$$Ma = \frac{V}{C}$$

$$Fr = \frac{V^2}{Lg} \quad \begin{array}{l} \text{نیروی اینرسی} \\ \text{جاذبه} \end{array}$$

$$Eu = -\frac{\Delta P}{\rho V^2} = \frac{\text{نیروی فشار}}{\text{نیروی اینرسی}}$$

$$We = \frac{\rho V^2 L}{\sigma}$$

تشابه : آزمایشگاه به سرعت : (*) شبیه هندسی : برای ابعاد .
 (*) .. رینولدز : نسبت نیروهای وارده بر جسم
 در یک نقطه در یک مقطع معین به نیروی وارده بر همان
 نقطه در یک مقطع دیگر برابر است .

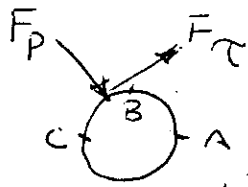
(*) Re : ضریب رینولدز .

(*) افت فشار : Eu :

* Fr : حرکت در سطح آزاد ، و قوت سیال از ارتفاع پایین بریزد .

(*) Ma : سیال تراکم پذیر : مثال : حرکت هواپیما .

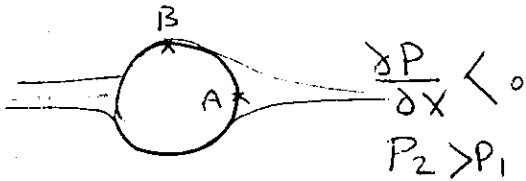
(*) کشش سطحی : We : صغور سیال از روی لوله موئین .



روابط و فرمول های حفظی :

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

$V_A < V_C < V_B$ ، P_B مطلق ، V_A مطلق مقدار



* جریان زمانی اتفاق می افتد :

$\frac{\partial v}{\partial y} \Big|_{y=0} = 0$ یا $\frac{\partial P}{\partial x} > 0$

- * سطوح انحنا دار به جریان لایه نوری کمک می کنند. بعد از آن احتمال جریان آن بیشتر است.
- * جریان لایه نوری در جریان آرام نودتر از در هم اتفاق می افتد.

$\frac{V_P}{S_P} = \frac{D_P}{6}$

$F_D = (-\Delta P) S \cdot \epsilon$

بتوان عوشن

* $-\frac{\Delta P}{L} = \frac{9}{9c} (P_3 - P) (1 - \epsilon)$ اگر به در حالت سیالیت باشد
سرعت را افزایش دهیم $\epsilon \leftarrow 4$ و $\frac{\Delta P}{L} \downarrow$ و ΔP کل ثابت است چون $L(1 - \epsilon)$ مقداری ثابت است

آنانیز ابعادی :

سیال تراکم پذیر :

اگر $L < L^*$ در به سرعت صوت خواهیم رسید و سرعت ما دون صوت است
* $L > L^*$ جفگی : 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 بر می خیزد

* اگر در جریان آریا باشد خواهیم سرعت سیال را افزایش دهیم با برده های زیاد
کاهش پیدا کند
سیالات / سووم / صاع

نکته ها :

انتقال ذرات جامد توسط مایع (Slurry Transport) :

مایع حاوی ذرات جامد : Slurry (روغاب) ← قابل رسوب : مخلوط نامتجان در دوزایی با ذرات
← غیر قابل رسوب : بزرگ و غلظت کم

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

* پمپ کردن روغاب قابل ته نشینی در حالت آرام امکان ندارد.

جریان متناطم ← جلوگیری از ته نشینی

* ΔP_{min} تا سرعت مناسب برای عدم ته نشینی.

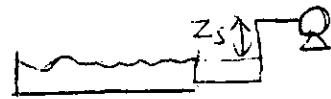
* سرعت استاندارد : سرعت حالت متناطم که در پائین تر از آن ته نشینی

داریم.

* 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 :



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

سرعت مخصوص در پمپ : سرعتی که پمپ به از آن سرعت دوار در N_s \leftarrow سانتریفیوژ در دایره واحد واحد دوار

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

$\uparrow N_s$ ← سانتریفیوژ
 $\downarrow N_s$ ← چرخش مثبت

→ روابط برای سانتریفیوژ

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

صادق است .

وسایل اندازه گیری :



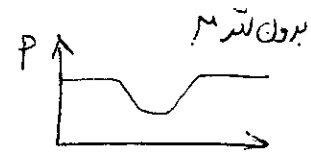
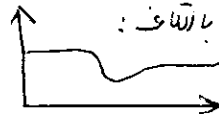
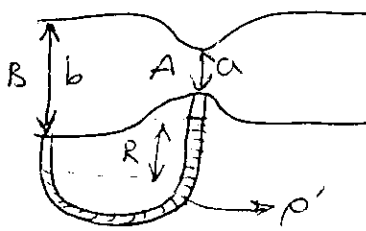
نوع ۱: سرریزها:

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

$$Q_{\text{شلی}} \propto H^{5/2}$$

۱۲) ونتوری :

اساس کار ونتوری و ارفیس : براسس کاهش سطح سرعت زیاد شده و فشار کاهش می یابد .
از روی اختلاف فشار در رانندزه ده گیریم .



(فشار در ونتوری قابل بازیابی است)

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

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

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

$$Q = C_D \frac{\pi}{4} (a)^2 V_A : \text{بافتاب گرفتن افتاب}$$

۱۳) ارفیس :

روابط ونتوری برقرار است و فشار قابل بازیابی نیست

سیالات / سوّم / صفت

حقیقتاً سوّم دوره نیایی / سیالات / سمیع پور / آنالیز ابعادی و تبدیلی دیناردگی.

۴۲

۴۳

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

۴

۵

۷

۹) دهنده رنوم می‌توان Re را بصورت $Re = \frac{4\dot{m}}{\mu P}$

حقیقتاً سوّم دوره نیایی / سیالات / سمیع پور / میانگین کم‌بند استرینر شده

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

۷) در جریان میانگین کم‌بند در نازک‌ها و اگر ا در حالت استرینر ثابت max جریان

است که سرعت میانگین کم‌بند برابر با سرعت صوت باشد

۸) در حالت یک‌ظریه جاری درون لوله افقی در حالت استرینر با افزایش سرعت غشای

۱۱

۱۳) سرعت ظری در دی همی 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 استرینر کم‌بند از آن در یک لوله با طول max ، عدد Ma ضریب از لوله

Porosity : ϵ



۲۵) تغییر فشار و توری

سیالات / تبدیلی / حقیقتاً سوّم / اصل

حقیقتاً سوّم دوره تابستانی / نیروهای برشی و کششی

۳✓

۴✓

۶) درجه کششی ذرات نیروهای وزن، کشش (Drag) و کشندگی در درجه حاصل
اصل نیروی وزن است.

۷) ضریب درج تابع عدد Re است.

۹✓ ۱۰✓

۱۱✓

۱۲✓

۱۳✓

۱۵) گردان سرعت در نقطه مرکزی منتهی شود.

۱۶) ضریب درج برای مایع که بر روی جسم جامدی حرکت می کند تابع است از عدد Re .

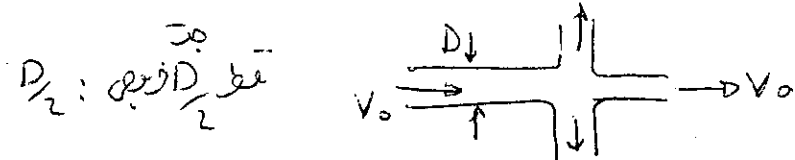
۲۱✓

۲۲✓

۲۳✓

۲۵✓

۲۷✓



$$F_x = (m_2 V_{2x} - m_1 V_{1x}) = \frac{\rho V_0^2 n d^2}{16} - \frac{\rho V_0^2 n d^2}{4}$$

= نیروی وارده بر مایع

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

۲۸

۲۹✓

۳۰✓

۳۲) در نقطه مگن چون سرعت منفرجه است $\max P$ است $\frac{\partial P}{\partial x}$ در آنجا منفرجه است ؟

$$F_x = \rho Q (V_2 - V_1)$$

۳۳

هفته سوم دوره بنایی / پهن ها / سیرات سوییچ پور

④ در جریان دوغازی مایع چه مدروقتی کم ذرات قبل تا شینی نباشند و یکوزیدم مایع تقصیری کنند.

④✓

⑤ فاصله پهن تا بالاترین قسمت کلیم را ارتفاع است یک کلیم می نامیم.

⑦✓

⑨✓ ⑩✓ ⑪✓

⑫✓

⑬✓ ⑭✓

⑮ نوشتن برنولی برای میسبه $h_p + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + h_p$

⑭ قدرت کمپرسور متظورش نسبت تراکم بوده است.

سیارات / نت / سوم / صد

