دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

خلاصه درس مکانیک سیالات

(برمبنای کتاب سری عمران)

تهیه و تنظیم : مصطفی رحیمی

E-MAIL: nce.rahimi@yahoo.com

بهار سال ۱۳۹۴

www.CivilFile.com
سیویل فایل مرجع فایل های مهندسی عمران
PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of CVISION PDFCompressor

مقدمه :

خلاصه ای که پیش روی شماست، خلاصه درس مکانیک سیالات بر مبنای کتاب سری عمران چاپ ۱۳۹۰ می باشد. درس سیالات یکی از دروس مهم در کنکور کارشناسی ارشد به شمار می رود. در این خلاصه سعی شده است که تمامی نکات مهم درس نامه ها، تست های آزمون ها و تست های تالیفی و کنکور، به خوبی گنجانده شود.

دقت شود که بعضا نکاتی جدید در مورد این درس در آزمون ها مطرح شده که سعی شده تمامی آن نکات در جزوه گنجانده شود.

لازم به ذکر است که این خلاصه برای یادگیری هر چه بیشتر، همراه با شمار کثیری از مثال های متنوع تدوین شده است.

امید است که مورد رضایت مهندسین عزیز واقع شود ...

در مورد نحوه ی خواندن درس مکانیک سیالات و توضیح بیشتر در مورد این درس، پی دی افی آماده گردیده که پیشنهاد می شود قبل از مطالعه این درس آن پی دی اف نیز مطالعه شود.

لطفا هرگونه انتقاد و پیشنهاد در مورد این جزوه را از طریق ایمیل **nce.rahimi@yahoo.com** با بنده در میان بگذارید.

به امید موفقیت شما مهندسین عزیز در کنکور کارشناسی ارشد

مصطفی رحیمی

رتبه ۳۴ کنکور کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران سال ۱۳۹۴

PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of CVISION PDFCompressor

تاریخ / /
موضوع .....

مکانیک سیالات و هیدرولیک

Mostafa Rahimi

فصل اول: خواص سیالات:

وزن مخصوص:

$$\gamma = \frac{W}{V} \xrightarrow{\text{واحد}} \begin{cases} gr_f/cm^3 \\ Kg_f/m^3 \\ N/m^3 \text{ یا } KN/m^3 \end{cases} \xrightarrow{\text{دیمانسیون}} (ML^{-2}T^{-2})$$

$$1\ gr_f/cm^3 = 1000\ Kg_f/m^3 = 9806\ N/m^3 = 10\ KN/m^3$$

حجم مخصوص:

عکس جرم مخصوص (ρ) را حجم مخصوص گویند.

$$v_s = \frac{V}{M} = \frac{1}{\rho} \longrightarrow cm^3/gr \text{ یا } m^3/kg \xrightarrow{\text{دیمانسیون}} M^{-1}L^3$$

$$1\ m^3/kg = 1000\ cm^3/gr$$

چگالی نسبی:

$$S = \frac{\gamma}{\gamma_w} = \frac{\rho}{\rho_w} \longrightarrow \text{بدون واحد}$$

وزن مخصوص و جرم مخصوص آب.

$$\gamma_w = 1\ gr_f/cm^3 = 1000\ kg_f/m^3 = 9806\ N/m^3 = 9,806\ KN/m^3 = 10\ KN/m^3$$

$$\rho_w = 1\ gr/cm^3 = 1000\ kg/m^3$$

ضریب تراکم حجمی (β_P):

تغییرات نسبی حجم در واحد تغییر فشار سیال را ضریب تراکم حجمی گویند.

$$\beta_P = \frac{(-\frac{dv}{v})}{dp} = -\frac{1}{v}\left(\frac{dv}{dp}\right) = \frac{1}{\rho}\left(\frac{d\rho}{dp}\right)$$

عدول الاستیسیته حجمی یا مدول بالک (K):

عکس ضریب تراکم حجمی و مقاومت سیال را در برابر تغییر حجم نسبی از تغییر فشار را نشان می‌دهد.

$$K = \frac{1}{\beta_P} = \frac{dp}{(-\frac{dv}{v})} = -v\left(\frac{dp}{dv}\right) = \rho\left(\frac{dp}{d\rho}\right)$$

PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of CVISION PDFCompressor

تاریخ / /

موضوع .....

ضریب انبساط حجمی (β_t):

$$\beta_t = \frac{\left(\frac{dv}{v}\right)}{dt} = \frac{1}{v}\left(\frac{dv}{dt}\right)$$

t: درجه حرارت ($^\circ C$)

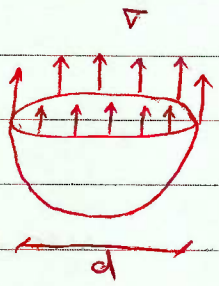
*** کشش سطحی: در یک مایع به درجه حرارت آن مایع بستگی دارد، با افزایش درجه حرارت کشش سطحی کاهش می‌یابد.

واحد کشش سطحی ← $\frac{\text{نیرو}}{\text{طول}}$

$$F = \sigma L$$

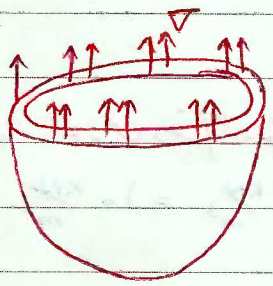
*** فشار نسبی:

الف) فشار نسبی داخلی در قطره آبی:



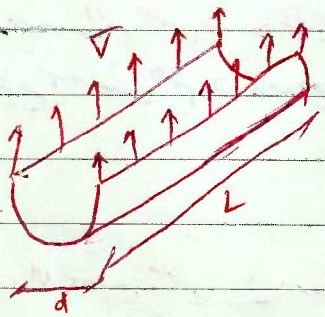
$$P = \frac{4\sigma}{d}$$

ب) فشار نسبی داخلی در حباب آبی:



$$P = \frac{8\sigma}{d}$$

ج) فشار نسبی داخلی در حباب یک استوانه‌ای:

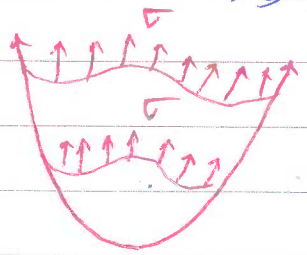


$$P = \frac{2\sigma}{d}$$

PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of CVISION PDFCompressor

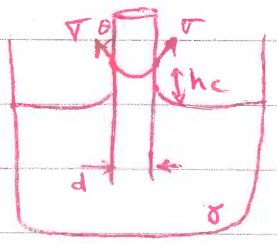
تاریخ / /
موضوع .....

وقتی که برای یک سطح منحنی گوسی که شعاع های اصلی آن در دو راستای عمود بر هم برابر r_1 و r_2 می باشند اختلاف فشار در دو طرف سطح طبق رابطه زیر بیان می گردد:



$$\Delta P = \sigma \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right)$$

** موئینگی:



$$\sigma \cos\theta \times \pi d = \gamma \times \frac{\pi d^2}{4} \times h_c \Rightarrow h_c = \frac{4\sigma\cos\theta}{\gamma d}$$

اگر لوله بسیار موئینگی باشد ← $h_c = \frac{2\sigma\cos\theta}{\gamma d}$

** فشار بخار مایع به دلیل تبخیر ذرات به سطحی که با افزایش دما افزایش می یابد.

لزجت دینامیکی ⇒
- $N.s/m^2 = kg/m.s = Pa.s$
- $dyn.s/cm^2 = gr/cm.s = Poise$ (پواز)

دیمانسیون: $ML^{-1}T^{-1}$

تبدیل واحد ← $Pa.s = 10\,Poise$

لزجت سینماتیکی ⇒ $\nu = \frac{\mu}{\rho}$

- m^2/s
- Cm^2/s (استوک)
- ft^2/s

دیمانسیون: L^2T^{-1}

تبدیل واحد

$ft^2/s = 929\ Cm^2/s$

$= 0,0929\ m^2/s$

PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of CVISION PDFCompressor

تاریخ / /

موضوع .....

** در سطح آزاد هر مایع، تنش برشی برابر صفر است. $\tau = -\mu\left(\frac{du}{dr}\right)$

اگر ضخامت لایه سیالی که تحت تنش قرار گرفته است کم باشد (در حدود دهم میلی متر) آن صورت پروفیل سرعت خطی در نظر گرفته می شود.

$T = I\alpha$ گشتاور جرمی $R = \sqrt{\frac{I}{m}}$ شعاع ژیراسیون

*** اگر تعداد دور در دقیقه را مبدل داریم: $rpm \times \pi/30 = rad/s$

*** اگر در صفحه مسئله ی تنش، دور یک استوانه یا ... و روغن را داده بودن، ابتدا ω را حساب می کنیم سپس سرعت را از رابطه زیر محاسبه می کنیم:

$V = r\omega$ (سرعت دورانی)

حال $F = \tau . A$ را بدست می آوریم و در آخر برای محاسبه ی توان تلف شده:

$$P = FV$$

*** هرگاه دو جسم که توسط مایعی با ویسکوزیته μ از سطح مماس جدا شده است میان دو تنش برشی روی جسم جامد یکسان نباشد، محاسبه گشتاور لازم برای دوران با سادگی امکان پذیر است. در این حالت با انتخاب یک المان مماس به مساحت dA روی جسم جامد می توان نوشت:

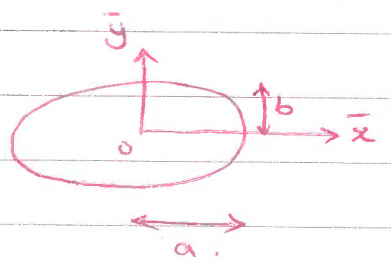
$$dT = dF . r$$

$$dF = \tau . dA$$

$$\tau = \mu\left(\frac{V}{t}\right) = \frac{\mu r\omega}{t}$$

$$\Rightarrow \boxed{dT = \frac{\mu r^2 \omega}{t} dA}$$

*** ممان اینرسی قطبی دایره:



$$J_o = \bar{I}_x + \bar{I}_y = \frac{1}{4}\pi a b^3 + \frac{1}{4}\pi a^3 b$$

*** لزجت مایعات با افزایش درجه حرارت کاهش می یابد.

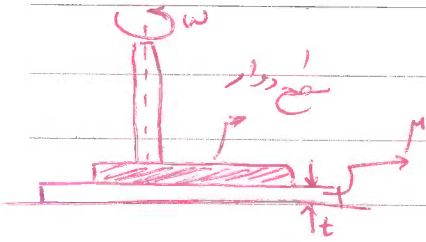
لزجت گازها با افزایش درجه حرارت افزایش می یابد.

M-Doka

PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of CVISION PDFCompressor

تاریخ / /

موضوع .....



*** می‌توان مسائل را با معادلات انرژی حل کرد:

$$dT = \frac{\mu r^2 \omega}{t} dA \Rightarrow T = \int \left(\frac{\mu r^2 \omega}{t}\right) dA$$

$$= \frac{\mu \omega}{t} \underbrace{\int r^2 dA}_{J_0} \Rightarrow \boxed{T = \frac{\mu \omega J_0}{t}}$$

*** اگر چگالی مایع متغیر داده شده بود، باید دقت کرد که برای بدست آوردن یک نقطه باید میانگین چگالی را نسبت به نقطه مبدا در نظر گرفت.

$$\bar{\rho} = \frac{1}{h_2 - h_1} \int_{h_1}^{h_2} \rho \, dh$$

تاریخ / /
موضوع .....

فصل سوم: فشار و روش های اندازه گیری آن

** اگر f بردار نیروهای فشاری وارد بر واحد حجم از ان باشد

$$f = -\nabla P = -\left(\frac{\partial P}{\partial x}\hat{i} + \frac{\partial P}{\partial y}\hat{j} + \frac{\partial P}{\partial z}\hat{k}\right)$$

اگر فشار نسبت به صفر مطلق سنجیده شود، به آن فشار مطلق گفته شده و آن را با P_{abs} نشان می دهند حال آن که فشار نسبت به فشار اتمسفر محلی (P_{atm}) فشار سنجی نامیده می شود.

فشار سنجی، فشار عقربه ای و فشار گیج $\leftarrow \gamma h = P_g$

$$P_{abs} = P_{atm} + P_g$$

*** تبدیل واحدها:

$1\ atm \xrightarrow{\times 1.1325} P_a \xrightarrow{1.45\times 10^{-4}} psi$

سانتی متر آب

$1\ atm = 14.7\ psi = 760\ mmHg = 1.01\times 10^5\ Pa = 10.34\ m H_2O$

فشار بر حسب ارتفاع ستون مایع:

$P = S_{Hg}\,\gamma_w\,h$ ($\gamma_w \rightarrow 10\ kN/m^3$، $h \rightarrow mmHg$، $S_{Hg} \rightarrow 13.6$، P_a)

معمولا به بالغه بودن فشار سنجی ما در مقدار آن قدرت فشار مطلق روی آن کن

*** اگر فشار سنجی ما به دست آید، فشار سنجی علامت منفی خلا سنجی است.

*** قانون گاز کامل:

$PV_s = RT$ ← ثابت گازها

$V_s = \frac{V}{m} = 1/\rho$ حجم مخصوص گاز (حجم بر واحد جرم)

$R = \frac{8312}{M}$ ← $n = \frac{m}{M}$ تعداد مول ها

M ← جرم مولکولی

R = ثابت گاز $\left(\frac{m\cdot N}{kg\cdot K}\right)$

T = دمای مطلق $(^\circ K)$

$T = 273 + {}^\circ C$

$P = \frac{mRT}{V}$

$P = \rho RT$

©M-Deka

PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of CVISION PDFCompressor

تاریخ / /
موضوع .....

فصل سوم: نیروی هیدرواستاتیک

نیروی وارد بر سطوح:

روش انتگرال گیری:

مرحله ها: نیرو را داریم: فاصله افقی مرکز ثقل تا ... فاصله قائم مرکز ثقل تا ...

$M_y = \int x P dA$ ، $M_x = \int y P dA$ ← گشتاور نیروهای وارد بر صفحه

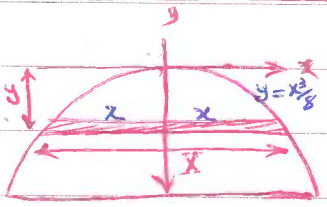
گشتاور نیروی برآیند حول محور y ها و محور x ها را با گشتاور توزیع نیرو برابر قرار می دهیم.

فاصله مرکز ثقل تا محور y ها

$x_p = \frac{M_y}{F} = \frac{1}{F}\int x P dA$ ، $y_p = \frac{M_x}{F} = \frac{1}{F}\int y P dA$

مختصات مرکز فشار:

مثال:



$dA = X\,dy$ ، $X = 2x$ ، $y = \frac{x^3}{8}$

$dA = 4\sqrt[3]{y}\,dy$

$F = \int P dA = \int_0^R \gamma y (4\sqrt[3]{y})\,dy = \dots$

$M_x = \int_A y P dA = \int^R (y)(\gamma y)(4\sqrt[3]{y}) = \dots$ ، $y_p = \frac{1}{F} M_x$

چون نسبت به محور y متقارن است ← $x_p = 0$

روش استفاده از منبول:

$\bar{y} = \frac{\int y\,dA}{A}$ ، $\bar{h} = \bar{y}\sin\theta$ ، $F = \gamma \bar{h} A = P_G A$

$\bar{y}$: فاصله مرکز ثقل از محور x ها

$\bar{h}$: ارتفاع قائم (ارتفاع نیروضربدر سینوس)

F: نیروی هیدرواستاتیک

مختصات مرکز فشار:

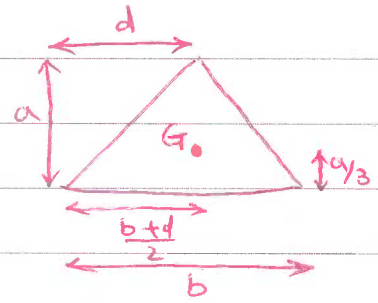
$x_p = \bar{x} + \frac{\bar{I}_{xy}}{A\bar{y}}$ ، $y_p = \bar{y} + \frac{I_G}{A\bar{y}}$

اگر صفحه نسبت به یکی از محورها متقارن باشد ← $I_{xy} = 0$

PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of CVISION PDFCompressor

تاریخ / /

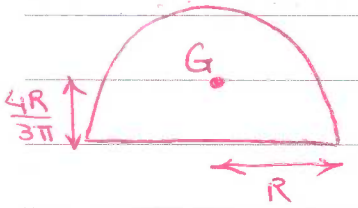
موضوع .....



$$A = \frac{1}{2}ab$$

$$I_G = \frac{1}{36}ba^3$$

$$\bar{I}_{xy} = \frac{1}{72}ba^2(b-2d)$$



$$A = \frac{1}{2}\pi R^2 \qquad I_G = 0.1098R^4$$

* مرکز فشار همواره زیر مرکز سطح قرار دارد.

نکته: اگر به جای $\bar{y}$ مقدار $\bar{h}$ را در اختیار داشته باشیم آنگاه می‌توانیم فاصله مرکز فشار تا سطح آزاد مایع (h_p) را به صورت زیر بدست آوریم:

$$y_p = \bar{y} + \frac{I_G}{A\bar{y}} \xrightarrow{\times \sin\theta} y_p \sin\theta = \bar{y}\sin\theta + \frac{I_G \sin^2\theta}{A\bar{y}\sin\theta}$$

$$\Rightarrow \boxed{h_p = \bar{h} + \frac{I_G \sin^2\theta}{A\bar{h}}} \xrightarrow[\theta = 90^\circ]{\text{صفحه قائم}} \boxed{h_p = \bar{h} + \frac{I_G}{A\bar{h}}}$$

نتیجه مهم: هرچه صفحه شیب در درون سیال مایی رود، به علت افزایش $\bar{h}$، فاصله بین h_p و $\bar{h}$ (یعنی $h_p - \bar{h}$) کمتر خواهد شد به طوری که در اعماق شیب $h_p \cong \bar{h}$ می‌شود.

$h \to \infty \Rightarrow \boxed{h_p \cong \bar{h}}$

گشتاور نیروی هیدرواستاتیک حول محور افقی گذرنده از مرکز سطح:

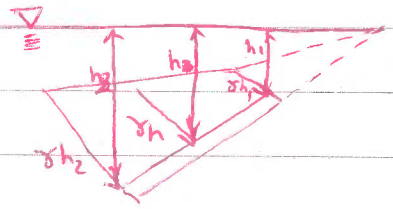
$$\boxed{M = \gamma I_G \sin\theta}$$

©A-Deka

PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of CVISION PDFCompressor

تاریخ / /
موضوع .....

3) روش مستقیم مشاره‌ای



$$x_p = \frac{1}{V}\int x\,dv \qquad y_p = \frac{1}{V}\int y\,dv$$

نکات مهم:

1) اگر سطح مورد نظر در یک مایع متراکم نباشد، لاشعر قرار داشته باشد، از آن صورت برای محاسبه نیروی هیدرواستاتیک و گشتاور ناشی از آن حتماً باستی از روش انتگرال گیری استفاده کنیم.

2) اگر سطح تخت در یک یا چند مایع متراکم نباشد، لاشعر باشد، در آن صورت برای محاسبه نیروی هیدرواستاتیک بهتر است از روش فرمول استفاده کنیم.

3) اگر یک سطح تخت مستطیل داشته باشیم و مساحت بخشی از سطح نیروی هیدرواستاتیک مورد نظر باشد، در آن صورت بهتر است از روش منشور فشار استفاده گردد.

Caution: اگر مایع در دو طرف یک سطح تخت یکسان نباشد، نیروی هیدرواستاتیک وارد بر این سطح برابر نیروی فشار یکنواختی است که بر آن وارد می‌شود و ناشی از اختلاف ارتفاع مایع (اختلاف سطح آزاد مایع) در دو طرف سطح تخت است.

نیروی هیدرواستاتیک وارد بر سطوح منحنی:

مؤلفه افقی نیروی وارد بر سطح منحنی با نیروی وارد بر تصویر قائم آن سطح برابر می‌باشد.

مؤلفه قائم نیروی وارد بر سطح منحنی برابر است با وزن مایعی که به صورت قائم، از سطح آزاد، بر روی سطح منحنی قرار دارد.

نقطه اثر نیروی افقی، از مرکز فشار تصویر قائم سطح می‌گذرد و اندازه نیروی قائم نیز از مرکز حجم ستون مایع عبور خواهد کرد.

PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of CVISION PDFCompressor

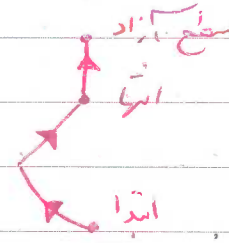
تاریخ / /
موضوع .....

یک روش خوب:

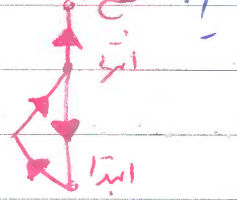
هنگامی که سطح سفتی از زیر و درون تمام اثر فشار مایع می باشد، بهتر است برای تعیین حجم مایعی که روی آن (حقیقی و مجازی) مثلاً می نیروی محرکه ای است از روش زیر استفاده شود.

گام اول: سطح مورد نظر را مشخص می کنیم و از ابتدا به انتهای آن حرکت می کنیم. نقاط ابتدا و انتهای سطح روی یک پاره خط محدوی مایع قرار دارند و ترتیب آن ها اختیاری است.

گام دوم: در صورت نیاز، جهت محدودی خود را از نقطه ای انتها به سطح آزاد رسم و سپس در صورت نیاز جهت افقی را بالای نقطه ای ابتدا قرار می دهیم.



گام سوم: در این مرحله با جهت محدودی از سطح آزاد خود را به نقطه ابتدا می رسیم.

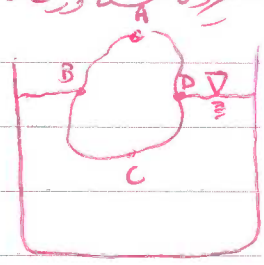


گام چهارم: حجم محصور شده بین سطح مشخص شده، حجم مورد نظر برای می باشد. نیروی قائم است. اگر به طور واقعی در داخل این حجم مایعی وجود داشته باشد، جهت نیرو به سمت پایین و در غیر این صورت جهت نیرو به سمت بالا است. در حجم محصور شده مایعی وجود ندارد و مجازی است، بنابراین جهت نیرو به سمت بالا خواهد بود.

نیروی شناوری:

$$F_B = \gamma_f \cdot V_d = W_d$$

F_B: نیروی شناوری
γ_f: وزن مخصوص مایع (سیال)
V_d: حجم مایع جابه جا شده
W_d: وزن مایع جابه جا شده



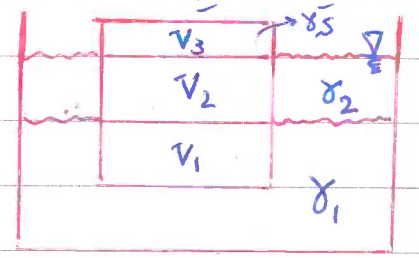
مثال: حجم مایع جابه جا شده در شکل برابر است با V_{BCD}

© A-Doka

PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of CVISION PDFCompressor

تاریخ / /
موضوع .....

نکته: اگر جسمی درون دو سیال غیرمحلول قرار گرفته باشد، در این حالت نیروی شناوری را می‌توان به صورت زیر به دست آورد:

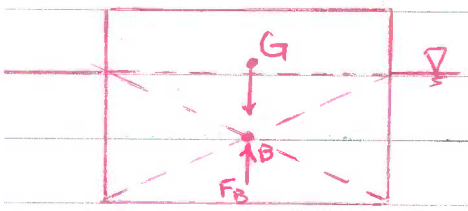


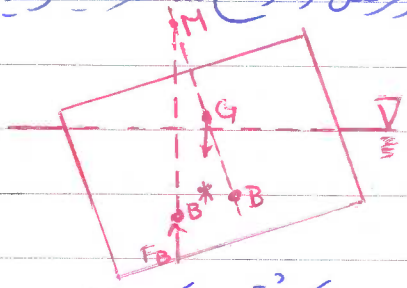
$$F_B = \gamma_1 V_1 + \gamma_2 V_2$$

مرکز شناوری:
نقطه اثر نیروی شناوری، مرکز شناوری نامیده می‌شود که مرکز حجم قسمتی از جسم شناور است که در مایع فرو رفته است. (B)

متاسنتر یا نقطه استقرار:
اگر G نشانگر مرکز ثقل جسم شناور و B مرکز شناوری آن در حالت افقی باشد، محل برخورد امتداد GB با امتداد نیروی شناوری در حالت دوران یافته، نقطه استقرار یا متاسنتر نامیده می‌شود. (M)

ارتفاع متاسنتریک:
فاصله متاسنتر تا مرکز ثقل را ارتفاع متاسنتریک گویند. ($\overline{MG}$)





$$\overline{MG} = \overline{MB} - \overline{GB}$$

در رابطه با $\overline{GB}$ فاصله بین مرکز ثقل و مرکز شناوری در حالت افقی است و $\overline{MB}$ از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\overline{MB} = \frac{\gamma I_n}{W} = \frac{I_n}{V_d}$$

V_d: حجم مایع جابه‌جا شده
γ: وزن مخصوص سیال (مایع)
I_n: گشتاور اینرسی سطح مقطعی که جسم شناور حول آن دوران می‌یابد.
W: وزن جسم

H-Yaka
PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of CVISION PDFCompressor

تاریخ / /
موضوع .....

اگر ارتفاع متاسنتریک ($\overline{MG}$) مثبت باشد، پس از برداشتن عامل نیروی آن یک کوپل برگرداننده از نیروی وزن و شناوری جسم را به حالت اولیه برمی‌گرداند (تعادل پایدار)

اگر ارتفاع متاسنتریک منفی باشد، یک کوپل واژگون کننده از این نیروها باعث دوران بیشتر و واژگونی خواهد شد. (تعادل ناپایدار)

Caution: می‌توان کوپل برگرداننده را به صورت زیر محاسبه کرد:

$$M = W \times \overline{MG} \times \sin\theta$$

نکته تستی: اگر در یک سوال گفته بود وزن یک جسم در آب مثلاً 3N و در روغن 4N است و جرم مخصوص، حجم مخصوص و حجم جسم را حساب کنید، فرمول زیر خوب است:

$F_1 = 3N$ $\quad \gamma_1 = 1$

$F_2 = 4N$ $\quad \gamma_2 = 1 \times 1.83$

$$V = \frac{F_1 - F_2}{\gamma_2 - \gamma_1} \longrightarrow \text{حجم جسم بر حسب لیتر}$$

$$W = F_1 + V\gamma_1 \longrightarrow \text{وزن جسم} \Rightarrow \rho = \frac{W}{gV}$$

γ_1: وزن مخصوص آب

$V = \frac{1}{\rho}$: حجم مخصوص

نکته: اگر مرکز ثقل جسم غوطه‌ور زیر مرکز شناوری آن قرار داشته باشد، تعادل آن پایدار است

©Al-Deka

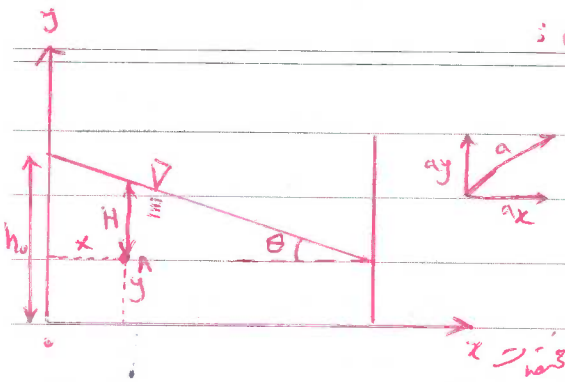
PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of CVISION PDFCompressor

تاریخ / /

موضوع .....

فصل چهارم: تعادل نسبی

حرکت مستقیم با شتاب ثابت:



وزن مخصوص سیال

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

فشار در مبدا مختصات

x

معادله سطح آزاد مایع $\Rightarrow$ $$y = -\left(\frac{a_x}{a_y+g}\right)x + \frac{P_0}{\gamma\left(1+\frac{a_y}{g}\right)}$$

$$y = -x\,tg\theta + h_0$$

$$tg\theta = \frac{a_x}{a_y+g}$$

فشار در مبدا مختصات $\rightarrow$ $$P_0 = \gamma h_0\left(1+\frac{a_y}{g}\right)$$

عمق

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

برای تعیین فشار در هر نقطه از مایع، که فرض فاصله‌ی قائم آن نقطه تا سطح آزاد (H) را داریم و پس از فرمول زیر فشار نقطه مورد نظر را می‌توانیم بدست آوریم.

$$P_A = \gamma H\left(1+\frac{a_y}{g}\right)$$

*** اگر ظرف روی سطح شیبدار بود:

زاویه گوه

$$a = g(\sin\alpha - f\cos\alpha)$$

α : زاویه گوه

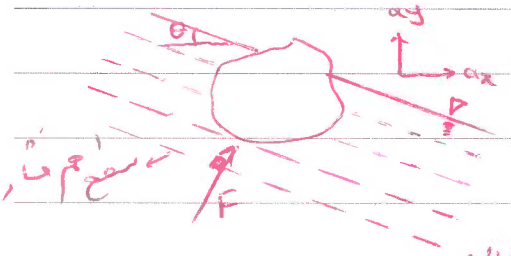
$$tg\theta = \frac{a_x}{a_y+g} = \frac{a\cos\alpha}{-a\sin\alpha+g}$$

زاویه‌ی افزایش سیال از اثر شتاب

PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of CVISION PDFCompressor

تاریخ / /
موضوع .....

*** نیروی فشاری خالص وارد بر یک جسم غوطه ور یا شناور در سیال (نیروی شناوری) رو به بالا و عمود بر سطح آزاد مایع است



$$F = \frac{\gamma_f V_d}{\cos\theta}\left(1+\frac{a_y}{g}\right)$$

γ_f ← وزن مخصوص سیال
V_d ← حجم قسمتی از جسم که در سیال است
θ ← زاویه سیال برای استوال حول محور، زاویه ای که جسم با حرکت شناور
a_y ← شتاب حرکت شناور

*** برای به دست آوردن نیروی وارد بر یک فرش در حالت شناور

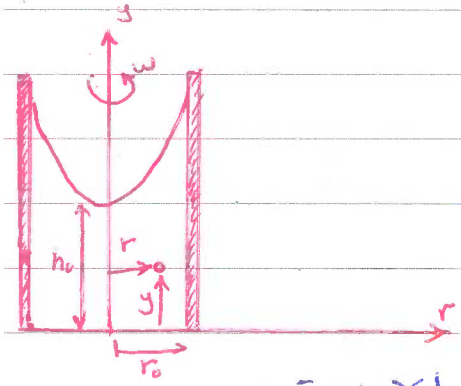
$$F = \gamma V\left(1+\frac{a_y}{g}\right) = W_f\left(1+\frac{a_y}{g}\right)$$

W_f ← وزن مایع درون مخزن

نکته: اگر ظرف محتوی مایع را کاملاً ببندیم و سپس آن را تحت شتاب خطی ثابت به حرکت درآوریم، در آن صورت

1) در هیچ نقطه ای از مایع فشار منفی نخواهیم داشت
2) به هنگام ترسیم سطح آزاد، همیشه بایستی نقطه ای از مایع وجود داشته باشد که فشار آن صفر شود

حرکت دورانی یکنواخت حول محور قائم:



$$P(r,y) = P_0 + \gamma\left(\frac{\omega^2 r^2}{2g}\right) - \gamma y$$

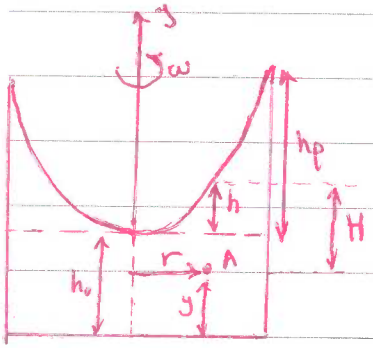
در این رابطه P_0 فشار در مبدأ مختصات است که مقدار آن γh_0 است.

معادله سطح آزاد مایع: $y = \left(\frac{\omega^2}{2g}\right)x^2 + h_0$

M-Doka
PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of CVISION PDFCompressor

Mostafa Rahimi

معادله‌ی سطح هم‌فشار : $y=\left(\frac{\omega^2}{2g}\right)x^2+\left(\frac{P_0-P}{\gamma}\right)$



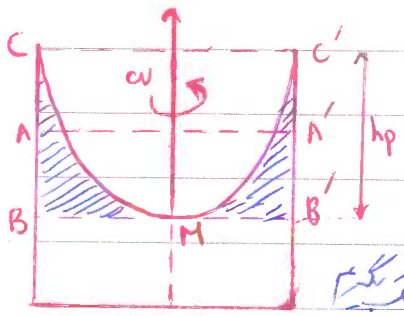
$$h_p=\frac{\omega^2 r_0^2}{2g}$$

$$P=P_0+\left(\frac{\omega^2 r^2}{2g}\right)\gamma-\gamma y=\gamma\left[h_0+\frac{\omega^2 r^2}{2g}-y\right]$$

$$=\gamma[h_0+h-y] \rightarrow (H) \Rightarrow P=\gamma H$$

فاصله‌ی قائم نقطه مورد نظر از سطح آزاد

نکته مهم:

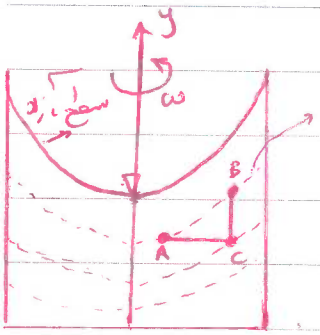


$$AC=AB=\frac{1}{2}BC=\frac{1}{2}h_p$$

* برای بررسی اینکه آب از ظرف هنگام چرخش بیرون می‌ریزد یا نه باید از نسبت حجم AC و مقایسه‌ی آن با نصف ارتفاع ظرف نتیجه بگیریم

نصف حجم استوانه $CC'B'B$ = حجم بیرون‌ریز CMC' = حجم ناصیه حاصل‌خورده = حجم استوانه $AA'B'B$

نکته ②:



اختلاف تراز نقاط هم‌فشار:

$$\Delta y_{BA}=\frac{\omega^2}{2g}\left(r_B^2-r_A^2\right)$$

اختلاف فشار نقاط هم‌تراز:

$$\Delta P_{CA}=\frac{\omega^2}{2g}\left(r_C^2-r_A^2\right)\gamma$$

PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of CVISION PDFCompressor

تاریخ / /
موضوع .....

نکته ③ اگر یک ظرف استوانه‌ای (محتوی مایعی به وزن مخصوص γ) حول محور خود با سرعت زاویه‌ای ω دوران داشته باشد، دارای حرکت انتقالی در راستای y نیز باشد، در آن صورت ارتفاع سهمی‌گون برابر است با:

$$h_p = \frac{\omega^2 r_0^2}{2(g+a_y)}$$

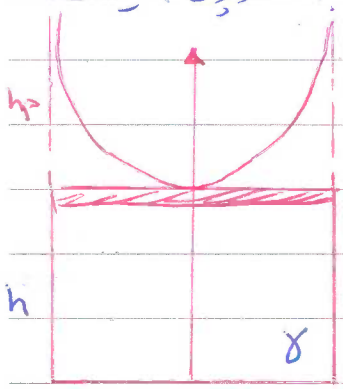
$$P = \gamma H\left(1+\frac{a_y}{g}\right)$$

اگر به پایین سقوط کند علامت منفی است

اگر نیروی وارد بر کف ظرف را از روی فشار بخواهیم به دست آوریم از فرمول حجم منشور استفاده می‌کنیم.

$$F = \gamma V$$

نکته ④: اگر در سؤال در ظرف ایستا بودن و نیروی وارد بر کف ظرف و در نتیجه فشار بر کف ظرف که حجم مایع حقیقی + حجم مایع مجازی را باید حساب کنیم ولی برای دریوش باید فقط حجم مایع مجازی را تأثیر دهیم.



حجم مایع مجازی ←

$$F_{\text{کف}} = \gamma V = \gamma\left[\pi R^2 \times h + \tfrac{1}{2}\pi R^2 h_p\right]$$

$$F_{\text{دریوش}} = \gamma V = \gamma\left[\tfrac{1}{2}\pi R^2 h_p\right]$$

www.CivilFile.com
سیویل فایل مرجع فایل های مهندسی عمران
© A-Deka
PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of CVISION PDFCompressor

تاریخ / /
موضوع .....

فصل پنجم: سینماتیک سیال

دیدگاه اولر:
در این دیدگاه تمرکز بر نقطه‌ای ثابت در فضا و قرار دادن مشخصات آن در توابع

دیدگاه لاگرانژ:
کلیه ذرات سیال در نقطه‌های مختلف بررسی می‌شوند.

طبقه‌بندی انواع جریان:

(1) دائمی و غیردائمی: خواص سیال نسبت به زمان در هر نقطه از سیال ثابت بماند دائمی است

$$\begin{cases} \frac{\partial}{\partial t}(P, \rho, \vec{V}, \dots) = 0 \Rightarrow & \text{دائمی} \\ \frac{\partial}{\partial t}(P, \rho, \vec{V}, \dots) \neq 0 \Rightarrow & \text{غیردائمی} \end{cases}$$

(2) یکنواخت و غیریکنواخت:
بردار سرعت در هر لحظه مشخص، در تمام نقاط سیال یکسان باشد. یعنی تغییرات سرعت نسبت به مکان صفر باشد ← یکنواخت

(3) تراکم‌پذیر و تراکم‌ناپذیر:
تراکم‌پذیر ← جرم مخصوص سیال، از نقطه‌ای به نقطه‌ای دیگر تغییری کند
تراکم‌ناپذیر ← ضمن آنکه جرم مخصوص سیال در همه‌ی نقاط ثابت است، نباید تغییر زمانی هم تغییری در آن ایجاد نکند.

$$\begin{cases} \frac{\partial \rho}{\partial(x,y,z)} \neq 0 \Rightarrow & \text{تراکم‌پذیر} \\ \frac{\partial \rho}{\partial(x,y,z,t)} = 0 \Rightarrow & \text{تراکم‌ناپذیر} \end{cases}$$

Hi-Soka
PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of CVISION PDFCompressor

تاریخ / /

موضوع .....

(4) جریان چرخشی و غیر چرخشی:

$\omega = \frac{1}{2}(curl\,V) = \frac{1}{2}\nabla \times V$

شرط غیر چرخشی بودن ← $curl\,V = 0$

(5) جریان ایده آل و حقیقی:

الزجریان، عدم اصطکاک (غیر لزج)، غیر چسبنده) و تراکم ناپذیر باشد ← ایده آل

(6) جریان آرام:

در آن سیال مسیرهای منظم و هموار را طی می کند ← جریان لایه ای و در آن $\tau = \mu \frac{du}{dt}$

(7) جریان آشفته:

دارای انرژی جنبشی زیاد، مسیرها نامنظم ← باعث به هم خوردن لایه ها و گسست انتقال انرژی

$\tau = \eta \left(\frac{du}{dy}\right)$ ← نرخ برشی

برخلاف μ که فقط خاصیت سیال است بلکه آشفتگی جریان و هم مخصوص سیال بستگی دارد.

(8) خط مسیر:

از متغیرهای x و y و z، پارامتر t را حذف می کنیم. $f(x,y,z) = 0$

(9) خط جریان:

برداری که در تمام نقاط بر بردار سرعت در آن نقطه مماس است.

$\frac{dx}{u} = \frac{dy}{v} = \frac{dz}{w}$ و $\vec{V} = u\hat{i} + v\hat{j} + w\hat{k}$ ← بردار سرعت

© U-Deka

PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of CVISION PDFCompressor

تاریخ / /

موضوع .....

(10) خط جریان:

تعدادی از ذرات در یک لحظه از یک نقطه عبور می‌کنند، با گذشت زمان مسیرهای متفاوتی را طی می‌کنند. منحنی که شامل تمام این مسیرها است خط جریان است.

(11) لوله جریان:

خطوط جریانی که از دور اول یک منحنی بسته در یک لحظه رسم می‌شود ← تشکیل لوله‌ای فرضی می‌دهد.

شتاب سیال:

$$\vec{a} = \frac{\partial \vec{V}}{\partial x}u + \frac{\partial \vec{V}}{\partial y}v + \frac{\partial \vec{V}}{\partial z}w + \frac{\partial \vec{V}}{\partial t}$$

شتاب انتقالی — شتاب محلی (موضعی)

جریان دائمی $\Rightarrow \frac{\partial V}{\partial t} = 0$ شتاب محلی $\Rightarrow a = \frac{\partial V}{\partial x}u + \frac{\partial V}{\partial y}v + \frac{\partial V}{\partial z}w$

جریان یکنواخت $\Rightarrow \frac{\partial V}{\partial (x,y,z)} = 0 \Rightarrow \boxed{a = \frac{\partial V}{\partial t}}$

مولفه‌های شتاب در راستا مختصات:

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

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

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

Ali Yaka

PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of CVISION PDFCompressor

تاریخ / /

موضوع .....

نکته: در صورتی که از خطوط جریان به عنوان سیستم مختصات استفاده کنیم و محل ذره روی یک خط جریان را با S نشان دهیم:

$$V = V(S,t) \rightarrow a = \frac{\partial V}{\partial S} V + \frac{\partial V}{\partial t}$$

مثال $\rightarrow V = 4\sqrt{x^2+y^2} \rightarrow V = 4S \Rightarrow \frac{\partial V}{\partial S} = 4, V = \cdots$

دبی:

$$Q = \int u \, dA = \bar{V} \cdot A \qquad \text{سرعت متوسط } \bar{V} = \frac{\int V dA}{A}$$

(A: سطح مقطع)

نکته: پروفیل توزیع سرعت در جریان آرام که سهمی‌گون است و حجم آن نصف حجم استوانه‌ای محیط بر آن است.

جریان آرام $\rightarrow$ دبی Q = حجم سهمی‌گون = حجم پروفیل سرعت $= \frac{1}{2}(\pi R^2 u_{max})$

در جریان آرام، همواره سرعت متوسط مقطع نصف سرعت ماکزیمم است.

جریان آشفته $\rightarrow$ پرانتل $\frac{1}{7}$

$$u = u_{max}\left(1 - \frac{r}{R}\right)^m$$

نکته مهم: در جریان تراکم‌ناپذیر داریم:

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

©U-Doka

PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of CVISION PDFCompressor

تاریخ / /
موضوع .....

دبی جرمی (جرم تراکم‌پذیر) در حالت ناپایدار:

$$\rho_1 A_1 V_1 = \rho_2 A_2 V_2 = \rho_3 A_3 V_3 = \cdots = cte$$

معادله پیوستگی ← $A_1 V_1 = A_2 V_2 = A_3 V_3 = cte$

$$\sum Q_{(ورودی)} = \sum Q_{(خروجی)}$$

معادله انتقال رینولدز:

خاصیت

$$\frac{\partial N}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t}\int \eta \rho \, d\forall + \int \eta \rho V \, dA$$

$\eta = \frac{N}{m} \Rightarrow$ اگر $\eta = 1$ ←

$$\frac{\partial}{\partial t}\int_{CV} \rho \, d\forall + \int_{CS} \rho V \, dA = 0$$

- $\int_{CV} \rho \, d\forall$ ← افزایش جرم در حجم کنترل
- $\int_{CS} \rho V \, dA$ ← خالص خروج از سطح کنترل
- اصل بقای جرم

معادله پیوستگی دیفرانسیلی:

حل ←

$$\frac{\partial}{\partial x}(\rho u) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho v) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho w) + \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$$

دبی جرمی ثابت $\Rightarrow \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0 \Rightarrow$

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

اصل بقای جرم ← اصل پیوستگی

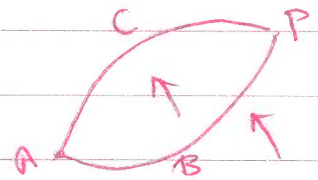
$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of CVISION PDFCompressor

تاریخ / /
موضوع .....

تابع جریان:

در یک جریان دو بعدی بردار سرعت برای هر ذره‌ای که دو نقطه A و P را به هم وصل می‌کند تابع موقعیت نقطه متحرک P خواهد بود و به مسیر خطوط بستگی ندارد. (با ψ نشان می‌دهند)



$$q_{A-B} = \psi_B - \psi_A$$

(دبی جریان بین A و B)

$\psi = f(x, y, t)$ تابع جریان

$$\Rightarrow \begin{cases} \frac{\partial \psi}{\partial x} = +v \\ \frac{\partial \psi}{\partial y} = -u \end{cases} \Rightarrow \vec{V} = u\hat{i} + v\hat{j}$$

(بردار سرعت)

← به منفی ترجم شود.

نکته آزمون: اگر در سوال تابع پتانسیل داده بود (ϕ) این تابع با تابع جریان (ψ) فرق می‌کند از تابع پتانسیل می‌توان تابع جریان را به دست آورد به صورت زیر:

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

$$v = \frac{\partial \psi}{\partial x} = \frac{\partial \phi}{\partial y}$$

نکته ۹۲: اگر صورت سوال آزمون گرادیان فشار درخواست طبق نامه‌ی اسکوس داریم:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{1}{A}\left(\frac{\partial Q}{\partial t}\right)$$ ← دبی

$$\rho \frac{\partial u}{\partial t} = -\frac{\partial P}{\partial x}$$

گرادیان فشار

M-Deka

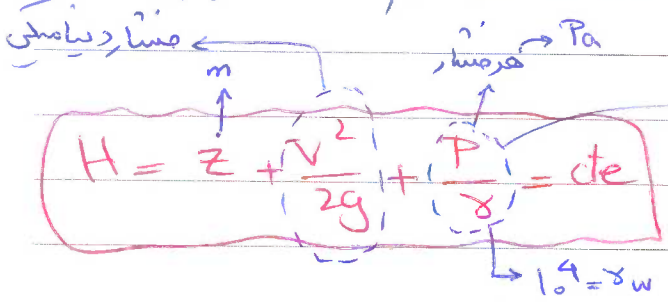
PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of CVISION PDFCompressor

تاریخ / /
موضوع .....

فصل ششم: معادله برنولی و ماشین های هیدرولیکی

برای حل مسائل دینامیک سیالات
- پیوستگی
- برنولی
- مومنتوم (اندازه حرکت)

معادله برنولی:



* اگر جریان غیر چرخشی باشد، لزومی ندارد در تمام نقاط معادله برنولی روی یک خط جریان باشد.
* در مخازن بزرگ سرعت روی سطح آزاد سیال و نقاط داخل مخزن برابر صفر است.

استفاده از برنولی در گاز ها:

در گاز ها معادله برنولی به شکل زیر می شود:

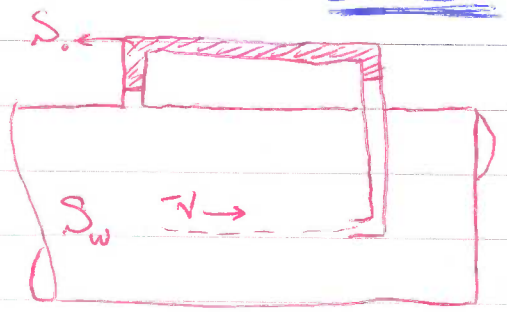
$$P_{total} = \frac{1}{2}\rho V^2 + P = cte$$

فشار کل گاز — فشار استاتیک — فشار دینامیکی

$$\rho = \frac{P}{RT}$$

286,6 — °K

توجه (!!): معادله ی برنولی بین دو نقطه از یک نوع سیال باید نوشت.



سرعت در لوله برابر است با:

$$V = \sqrt{2g\Delta h\left(1 - \frac{\gamma_0}{\gamma_w}\right)}$$

PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of CVISION PDFCompressor

تاریخ / /
موضوع .....

ضریب تصحیح انرژی جنبشی:

در تحلیل یک بعدی جریان سرعت متوسط را به کار می‌گیریم ← نیاز به تصحیح دارد.

$$V = \frac{\int V dA}{A}$$ ← (سرعت متوسط)

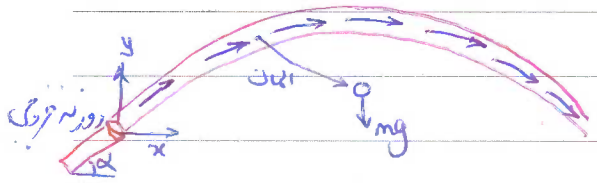
$$\alpha = \frac{1}{A}\int_A \left(\frac{u}{V}\right)^3 dA$$

$\frac{u}{V}$ ← پروفیل توزیع سرعت غیر یکنواخت

در لوله‌ها:
- جریان آشفته ← $\alpha = 1$
- جریان آرام ← $\alpha = 2$

حرکت جسم صلب در مایع:

مسیری که سیال بعد از خارج شدن از سوراخ مخزن طی می‌نماید (سهمی)



$$y = -\frac{gx^2}{2V_0^2\cos^2\alpha} + x\tan\alpha$$

اگر سیال افقی شلیک شود ($\alpha = 0$) ←

$$y = -\frac{gx^2}{2V_0^2}$$

- زمان اوج پرتابه ← $t = \frac{V_0 \sin\alpha}{g}$
- ارتفاع اوج پرتابه ← $h = \frac{V_0^2 \sin^2\alpha}{2g}$

©U-Doka

PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of CVISION PDFCompressor

تاریخ / /
موضوع .....

تفاوت خط تراز انرژی (EGL) با خط تراز هیدرولیک (HGL) 3

اگر برای هر نقطه از سیال معادله‌ی $z + \frac{V^2}{2g} + \frac{P}{\gamma} + \Delta H$ را بدست بیاوریم و نقاط را به هم وصل کنیم ← خط تراز انرژی یا EGL داریم.

اگر برای هر نقطه از سیال معادله $z + \frac{P}{\gamma}$ را بدست بیاوریم و نقاط را به هم وصل کنیم ← خط تراز هیدرولیک یا پیزومتریک یا HGL داریم

جهت جریان:

در سیال واقعی ← جهت جریان از انرژی نسبتاً به سمت انرژی کمتر (یعنی خط تراز انرژی در جهت جریان افت می‌کند)

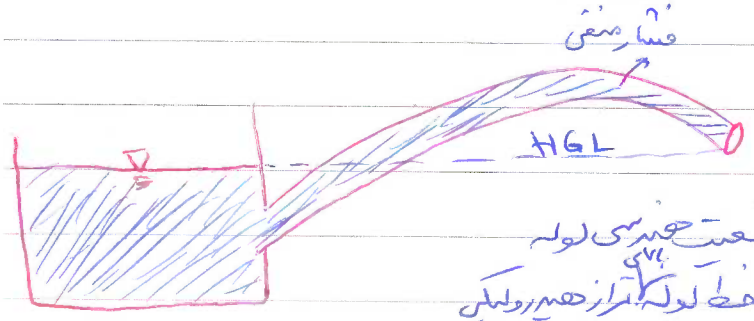
جهت جریان از انرژی هیدرولیکی $(\frac{P}{\gamma}+z)$ نسبتاً به سمت کمتر است

در سیال غیر واقعی ← نمی‌توان جهت را تعیین کرد.

نکته مهم:

✓ در یک لوله با سطح مقطع ثابت ← شیب تراز خط انرژی = شیب تراز خط هیدرولیک

سیفون:



اگر خط تراز HGL پایین‌تر از موقعیت خروجی لوله قرار گیرد ← (فواصلی که خط لوله تراز هیدرولیک قرار گرفته است، فشار جریان منفی است.

PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of CVISION PDFCompressor

تاریخ / /

موضوع .....

لمپ و توربین :

$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + \Delta H_{(1-2)} + H_n$$

$\Delta H_{(1-2)}$ ← افت انرژی جریان از ابتدا (مثلاً سیال از لوله با قطر ۲ برابر به لوله با قطر ۱ برابر)

H_n ← توربین: $H_n = +H_t$

H_n ← لمپ: $H_n = -H_p$

H_n ← هد ارتفاعی لمپ یا توربین

لمپ مقدار منفی نشان می‌دهد

توان لمپ و توربین :

توان = انرژی / زمان ⟹ $N = H_n \times \left(\frac{m}{t} \times g\right)$ ← ($\frac{m}{t}$ دبی جرمی)

$N_u = \gamma Q H_n$

N_a : این رو باسوال ازش می‌خواد یا بهش می‌ده این رو می‌خواد.

راندمان لمپ ← $\eta_P = \frac{N_u}{N_a}$ ← توان روی محور لمپ

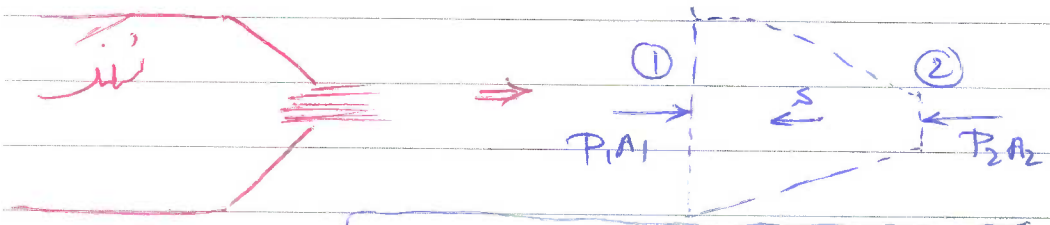
راندمان توربین ← $\eta_T = \frac{N_a}{N_u}$

$\gamma H Q \eta$ ← هد توربین یا لمپ

PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of CVISION PDFCompressor

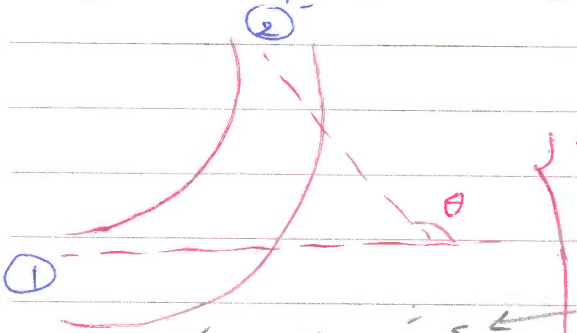
تاریخ / /
موضوع .....

نکته بسیار مهم: در مواردی که سیال به اتمسفر تخلیه می‌شود، مثلاً موضعی به یک شلنگ دریم، در این موقع نیروی P_1A_1 و P_2A_2 در خارج از حجم کنترل فراموش نشود.



$$P_1A_1 - P_2A_2 - S = \rho Q(\vec{V}_2 - \vec{V}_1)$$

نکته: در شرایطی که زانویی داشتیم و نیروی وارد بر زانویی را خواستیم، بر اساس زاویه‌ای که زانویی وارد در جهت x و در جهت y نیز را حساب می‌کنیم و در آخر $F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$ کل به دست می‌آید.



$$\sum F_x = 0 \Rightarrow P_1A_1 - P_2A_2\cos\theta - S_x = \rho Q(V_2\cos\theta - V_1)$$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow S_y - W - P_2A_2\sin\theta = \rho Q(V_2\sin\theta - 0)$$

حل شود.

ضریب تصحیح اندازه حرکت β: هیچگاه از ۱ کمتر نیست

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

u: سرعت موضعی (میکروسکوپی)

V: سرعت متوسط جریان

آشفته $\rightarrow \beta = 1$

آرام $\rightarrow \beta = 4/3$

$\Rightarrow \alpha > \beta > 1$

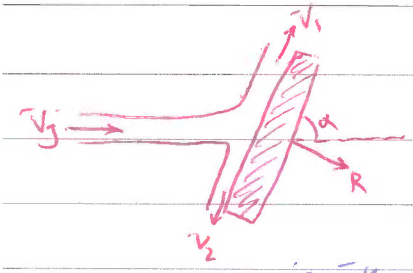
PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of VISION PDFCompressor

تاریخ / /

موضوع .....

حل مسائل مایع:

نیروی وارد بر صفحات تخت:



$$R = \rho Q_j V_j \sin\alpha$$

سرعت در لحظه برخورد ← قبل از برخورد

نیروی برخورد به صفحه = $R \times \rho \sin\alpha \times V$ ← توان در لحظه برخورد به صفحه

نکته سیار مهم: اگر سرعت نسبی داشتیم:

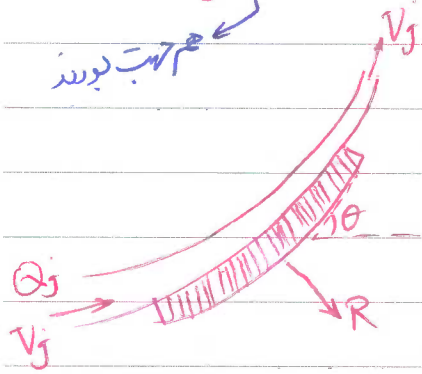
وقتی سرعت نسبی داریم یعنی مثلاً سیال با سرعت V_j به صفحه‌ای که سرعت V_p دارد برخورد کند آن موقع باید سرعت نسبی را هم در معادله‌ی مومنتم وهم در محاسبه‌ی دبی از دهیم (وقت)

حالا فرض جهت بردار

سرعت نسبی $U = V_j \pm V_p$

هم جهت بودند

$Q = A(V)$ ← باید نسبی گذاشته شود



نیروی وارد بر سطوح منحنی:

$$R_x = \rho Q_j V_j (1 - \cos\theta)$$
$$R_y = \rho Q_j V_j \sin\theta$$

برآیند $R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$

راه حل بهتر ← مستقیم ← $R = 2\rho Q V_j \sin(\frac{\theta}{2})$

دقت اگر در مسئله گفته بود سرعت سهمی‌گون است یعنی جریان آرام است و باید β را برابر $\frac{4}{3}$ در نظر بگیریم. $U = U_{max}\left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right)$

PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of CVISION PDFCompressor

تاریخ / /

موضوع .....

گشتاور محور توربین ← $N = F.V \Rightarrow N = Fr.w = T.w$

گشتاور ← سرعت زاویه‌ای توربین

توان توربین

واحد توان:

$F = Q \times H \times \gamma$

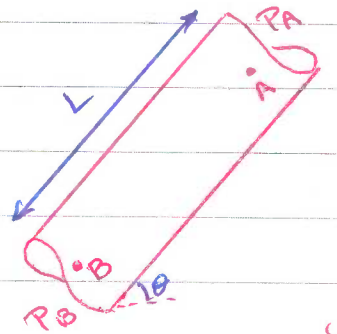
F ↓ W ↓ وات

Q ↓ $\frac{m^3}{s}$

H ↓ m

γ ↓ $\gamma_w = 10^4$

نکته:



شیب خط انرژی هیدرولیک $= \frac{(\frac{P}{\gamma}+Z)_B - (\frac{P}{\gamma}+Z)_A}{L\cos\theta}$

گرادیان هیدرولیک $= \frac{(\frac{P}{\gamma}+Z)_B - (\frac{P}{\gamma}+Z)_A}{L}$

اگر سرعت ثابت باشد ↓ خط انرژی = خط هیدرولیک

شیب خط انرژی $= \frac{\Delta H}{L\cos\theta}$

گرادیان انرژی $= \frac{\Delta H}{L}$

نکته 2: اگر در سوالی گفته شد فشار استاتیک را بدست آورید داریم

فشار استاتیک = فشار سکون − فشار دینامیک

فشار سکون ← برنولی ← L ← ارتفاع پیزومتر

$\frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + \Delta H = \Delta h\left(1 - \frac{\gamma_0}{\gamma}\right)$

در وانتوری متر ← مایع داخل لوله وزنی

مایع داخل لوله امیر

میزان افت انرژی

اختلاف ارتفاع مایع داخل لوله وزنی

PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of CVISION PDFCompressor

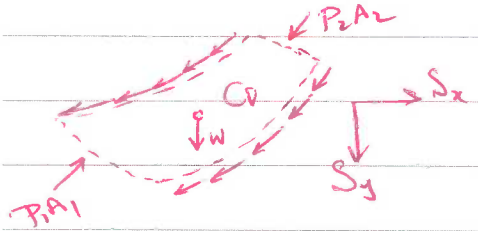
تاریخ / /
موضوع .....

فصل هفتم: دینامیک سیالات - تئوری اندازه حرکت

اندازه حرکت (مومنتم):

$$\vec{F} = \rho Q (\vec{V}_2 - \vec{V}_1)$$

نیروی اندرکنش سیال و جداره (S) ← از جداره به سیال وارد می‌شود.



یعنی اون چیزی که در مومنتم می‌ذاریم جای نیروی S جداره به سیال را می‌دهد.

معادله‌ی انتقال رینولدز با مومنتم:

$$\Sigma F = \frac{\partial}{\partial t}\int_{CV} \vec{v}\rho\, d\forall + \int_{CS} \vec{v}\rho v\, dA$$

یعنی

برآیند نیروهای خارجی وارد بر حجم کنترل = نرخ افزایش مومنتم در داخل حجم کنترل ⊕ نرخ خالص خروج مومنتم از حجم کنترل

$$\Rightarrow \Sigma F = (\Sigma \rho Q \vec{V})_{out} - (\Sigma \rho Q \vec{V})_{in}$$

* اگر مقطع لوله تغییر نکند، سرعت در لوله یک بار می‌ماند.

نکته: معادله‌ی مومنتم در مورد حجم راستا بودن مهم است یعنی اگر یک لوله در صفحه‌ی افق قرار داشته باشد، نیروی وزن در معادله مومنتم وارد نمی‌شود.

©M-Doka

PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of CVISION PDFCompressor

Subject:
Year. Month. Date. ( )

جت مایع :

وقتی صحبت از جت مایع میکنیم یعنی آب ما در مجاورت هوا است پس در جت مایع همواره فشار نسبی صفر است.

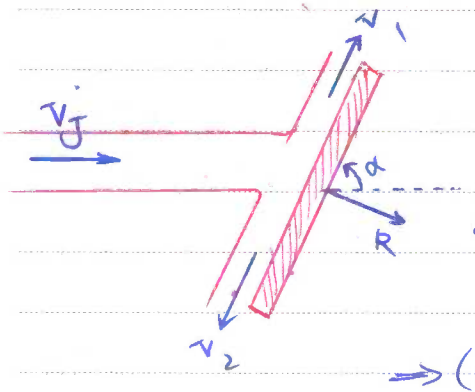
$$P_1A_1 - P_2A_2 = 0$$

فرضیات جت مایع :

جریان دائمی و یک بعدی ، بدون اصطکاک (غیر لزج) ، وزن جت = ۰

این دو فرض در بحث های قبلی وجود نداشت و مختص جت مایع است

نکته مهم :



$$P_j = P_1 = P_2 = 0$$

بزرگی $\Rightarrow$ $V_j = V_1 = V_2$

مومنتوم در راستای x $\Rightarrow$ $\Sigma F_x = (\Sigma \rho Q V_x)_{out} - (\Sigma \rho Q V_x)_{in}$

$$\Rightarrow (\rho Q_1 V_1 - \rho Q_2 V_2) - (\rho Q_j V_j \cos\alpha) = 0$$

$$\Rightarrow \boxed{Q_1 - Q_2 = Q_j \cos\alpha}$$

$$\boxed{Q_1 + Q_2 = Q_j}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} Q_1 = Q_j \left(\frac{1+\cos\alpha}{2}\right) \\ Q_2 = Q_j \left(\frac{1-\cos\alpha}{2}\right) \end{cases}$$

نکته مهم :

اگر در جت مایع از ما توان جت را خواستند نباید از سرول FV استفاده کرد باید از فرمول رویرو استفاده کرد :

$$P = \gamma H Q = \gamma Q \left(\frac{V^2}{2g}\right) = \boxed{\frac{1}{2}\rho A V^3}$$

PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of CVISION PDFCompressor

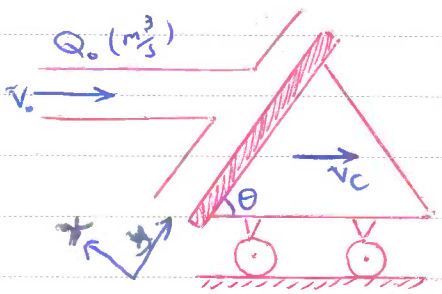
Subject :

Year . Month . Date . ( )

دقت مهم: اگر صحبت سرعت نسبی نسبت به یکدیگر داشتند در فرمول $F=\rho QV$ حتماً حتماً باید دبی براساس سرعت نسبی باشد یعنی از فرمول زیر حتماً باید استفاده شود:

$$F=\rho V^2 A$$ ← سرعت نسبی

سوال مهم: اگر بخواهیم توان جداکثر که توسط صفحه از ارابه جذب می‌شود را حساب کنیم، توان برابر است با $F.V$ اما در این حالت باید برای F حتماً نیروی وارد بر ارابه در راستای x (یعنی همان نیروی راستای شیب θ) را قرار دهیم نه نیروی کل R را !!! یعنی داریم:



$R=\rho QV\sin\theta$ ← چون سرعت نسبی داریم

$R=\rho AV^2\sin\theta$

$\Rightarrow$ $R=\rho A(V_0-V_c)^2\sin\theta$

← این R کل است و به درد مابقی خوره! برای محاسبه توان باید R_x را حساب کنیم.

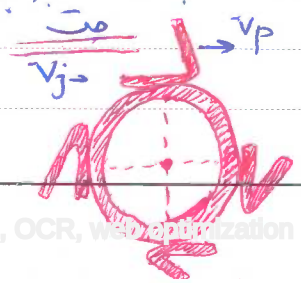
$P=R_x \times V_c$ $\Rightarrow$ $P=\rho A_0 V_c(V_0-V_c)^2\sin^2\theta$

- R_x: نیرو برای محاسبه توان
- V_c: سرعت ارابه را فقط در محاسبه توان تأثیر می‌دهیم نه سرعت نسبی را
- $\sin^2\theta$: توان 2 دارد

$R_x=R\sin\theta$ ← توان

حالا برای جداکثر توان از توان مشتق می‌گیریم و باقی مراحل ...

نکته: اگر دسته پره مشکل داشته باشیم دبی مربوط، دبی هر جزئی از بازل برابر است.



$R_x=\rho Q(V_j-V_p)(1-\cos\theta)$

$R_y=\rho Q(V_j-V_p)\sin\theta$ ← فقط شامل V_j است

PdPCO
PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of CVISION PDFCompressor

تاریخ / /
موضوع .....

Mostafa Rahimi

نکته مهم و کاربردی: به هنگام نزدیک شدن و برخورد جت مایع به یک جسم صلب، نیروی به اندازه $\rho Q V$ و در جهت حرکت جت به جسم وارد می شود.
با بهدرشدن جت مایع از جسم صلب، نیروی $\rho Q V$ در جت، در خلاف جهت آن به جسم وارد می شود.

معادله گشتاور اندازه حرکت:

$$T_z = (\Sigma \rho Q V_t r)_{out} - (\Sigma \rho Q V_t r)_{in}$$

T_z: گشتاور تمام نیروهای وارد بر حجم کنترل حول محور z

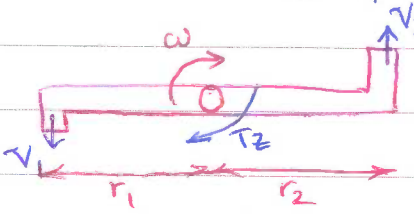
V_t: مولفه ی مماسی بردار سرعت که از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$V_t = V_r - r\omega$$

V_r: مولفه مماسی بردار سرعت های ورودی یا خروجی حجم کنترل

ω: سرعت زاویه ای بدنه حجم کنترل

مثلاً



$$T_z = 0 \Rightarrow (\Sigma \rho Q V_t r)_{out} = 0 \Rightarrow V_{t(1)} r_1 + V_{t(2)} r_2 = 0$$

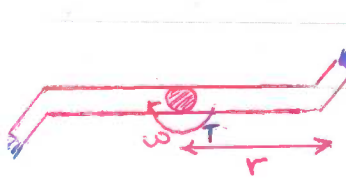
$$\frac{Q}{A_1} - r\omega$$

توان وارد شده به فواره $\Rightarrow P = T \cdot \omega = T \cdot \frac{V}{r} = \frac{T \cdot Q}{A \cdot r}$

(بی هر طرف (نه دبی کل))

$V = \frac{Q}{A} \Rightarrow$ سرعت مماسی خروجی $V_r = V \sin\theta$

سرعت مماسی برای جت $V_t = V_r - r\omega = V\sin\theta - r\omega$



گشتاور مقاوم $T = 2\rho Q V_t r$

دو مورد داریم

برای هر سم سرعت تاریخ ای یا گشتاور مقاوم

PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of CVISION PDFCompressor

تاریخ / /
موضوع .....

فصل هشتم: آنالیز ابعادی و تشابه

چند دیمانسیون مهم:

فشار ⟵ $ML^{-1}T^{-2}$	وزن مخصوص ⟵ $ML^{-2}T^{-2}$
ویسکوزیته سینماتیکی ⟵ L^2T^{-1}	مدول الاستیسیته حجمی (K) ⟵ $ML^{-1}T^{-2}$
کشش سطحی ⟵ MT^{-2}	گشتاور ⟵ ML^2T^{-2}
کار ⟵ ML^2T^{-2}	انرژی ⟵ ML^2T^{-2}
توان ⟵ ML^2T^{-3}	

آنالیز ابعادی یعنی گروه بندی متغیرهای موثر به گروه های بی بعد ⟵ Π

قضیه Π - باکینگهام:

هرگاه مسئله n کمیت (متغیر) داشته باشد و m بعد اصلی داشته باشد

⟵ تعداد پارامترهای بی بعد ⟵ $\boxed{j = n - m}$

از بین n کمیت تعداد m کمیت را انتخاب می کنیم که به آن متغیرهای تکراری می گویم و باقی می ماند.

عنوان متغیرهای تکراری استفاده می شود.

m حداکثر ⟵ (3)

حواس جمع: اگر یک کمیت بی بعد در میان متغیرها داشتیم آن را در سایر n حالت نمی کنیم (توجه)

EXP) $F = MLT^{-2}$, $\rho = ML^{-3}$, $\mu = ML^{-1}T^{-1}$

$D = L$, $V = LT^{-1}$

$j = n - m = 5 - 3 = \boxed{2}$ ⟵ $f(F, \rho, \mu, V, D) = 0$

$\Rightarrow \Pi_1 = \rho^{x_1} V^{y_1} D^{z_1} \mu$, $\Pi_2 = \rho^{x_2} V^{y_2} D^{z_2} F$

M-Deka

PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of CVISION PDFCompressor

تاریخ / /
موضوع .....

$$\Rightarrow \Pi_1 \Rightarrow M^0 L^0 T^0 = (ML^{-3})^{x_1} (LT^{-1})^{y_1} (L)^{z_1} (ML^{-1}T^{-1})$$

$$\Rightarrow \boxed{\Pi_1 = \frac{M}{\rho V D}} \Rightarrow \boxed{\Pi_2 = \frac{T}{\rho V^2 D^2}}$$

روش رایلیه - هانسار:

ابتدا ابعاد اصلی M و L و T را برحسب متغیرهای تکراری بدست می آوریم. سپس در سایر کمیت ها متغیری وجود دارد که ابعاد آن را بدون بعد بدست آوریم.

$$D = L \quad , \quad V = LT^{-1} \quad , \quad \rho = ML^{-3}$$

$$\Rightarrow$$

$$L = D$$

$$V = LT^{-1} \Rightarrow V = DT^{-1} \Rightarrow T = DV^{-1}$$

$$\rho = ML^{-3} \Rightarrow \rho = MD^{-3} \Rightarrow M = \rho D^3$$

$$M = ML^{-1}T^{-1} = (\rho D^3)(D^{-1})(D^{-1}V) = \rho V D \Rightarrow \boxed{\Pi_1 = \frac{M}{\rho V D}}$$

نکات واقعا مهم:

1) در صورتی که دو کمیت دارای ابعاد یکسان باشند نسبت آن ها یک عامل Π است.

2) در صورتی که یک کمیت بدون بعد داشته باشیم، ضرب آن در یک عامل Π است.

3) هر توانی از یک عامل Π، ضرب در یک عامل Π است.

4) حاصل ضرب یا تقسیم Π ها خود یک عامل Π جدید است.

5) اگر در مسئله ای هر دو V و L داشتیم، آن ها را به عنوان متغیرهای تکراری در نظر می گیریم.

PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of CVISION PDFCompressor

تاریخ / /

موضوع .....

چارامترهای بدون بعد مهم:

اسم پارامتر	فرمول	در کجا کاربرد دارند
عدد رینولدز	$Re = \frac{\rho V l}{\mu}$	جریان داخل لوله‌ها، حرکت زیردریایی، آیرفویل توربین بادی، حرکت توپ در هوا
عدد فرود	$Fr = \frac{V}{\sqrt{gl}}$	کانال‌های روباز، رودخانه‌ها، پرش هیدرولیکی، امواج سطحی، سرریزها
عدد ماخ	$M = \frac{V}{c}$	جریان‌های پرسرعت (جریان تراکم‌پذیر)، آیرفویل‌های سیستم‌های هوایی
عدد وبر	$We = \frac{\rho V^2 l}{\sigma}$	اگر جریان دارای سطح آزاد باشد و اثرات کوچک نباشند
عدد اویلر	$Eul = \frac{\Delta P}{\rho V^2}$	اگر افت فشار به گونه‌ای باشد که سبب تغییر ماوتاسیون شود

انواع نیروهای موثر در حرکت سیال:

نیروها	فرمول نیروها
نیروی لزجت	$F_\mu = \tau . A = \mu . V . l$
نیروی ثقل	$F_g = m.g = \rho l^3 g$
نیروی فشار	$F_p = P.A = P l^2$
نیروی کشش سطحی	$F_\sigma = \sigma . L = \sigma l$
نیروی الاستیسیته	$F_K = K.A = K l^2$
نیروی اینرسی	$F_i = \rho V^2 l^2$

©A-Doka

PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of CVISION PDFCompressor

تاریخ / /
موضوع .....

Mostafa Rahimi

پارامترهای بدون بعد به شکل دیگر:

پارامتر بدون بعد	فرمول	پارامتر بدون بعد	فرمول
رینولدز	$Re = \frac{\text{نیروی اینرسی}}{\text{نیروی لزجت}}$	وبر	$We = \frac{\text{نیروی اینرسی}}{\text{نیروی کشش سطحی}}$
فرود	$F_r = \left(\frac{\text{نیروی اینرسی}}{\text{نیروی ثقل}}\right)^{0.5}$	اویلر	$Eul = \frac{\text{نیروی فشاری}}{\text{نیروی اینرسی}}$
ماخ	$M = \left(\frac{\text{نیروی اینرسی}}{\text{نیروی الاستیک}}\right)^{0.5}$		

نکته: در حل سوالات آنالیز ابعادی، ابتدا باید بینیم که صورت مسئله در مورد هم موضوعی صحبت می‌کند مثلاً اگر صحبت از سرریز بود از عدد فرود استفاده می‌کنیم. و عدد فرود مدل و نمونه را برابر هم قرار می‌دهیم و با توجه به چند برابر بودن ابعاد مدل نسبت به نمونه اصلی در فرمول جایگذاری می‌کنیم و پارامترهایی که مسئله می‌خواهد را محاسبه می‌کنیم.

تشابه رینولدز:

$$(Re)_m = (Re)_p \Rightarrow \frac{V_m l_m}{\nu_m} = \frac{V_p l_p}{\nu_p}$$

$$V_r = \frac{1}{L_r}\left(\frac{\nu_m}{\nu_p}\right)$$

جریان آشفته ← $\Delta P \propto Q^2$ ← افت فشار

دبی

اگه سوال آنالیز انرژی یا استهلاک انرژی رو ازمون خواست:

$W = F \cdot L$ (انرژی) → $V^2 \times L^3$

Al-Doka

نمره ۴۲

تاریخ / /
موضوع .....

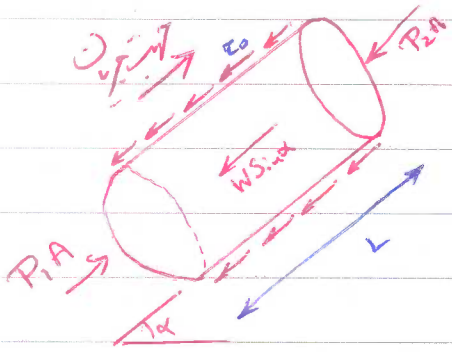
فصل نهم: جریان لزج و هیدرولیک لوله‌ها

جریان در لوله‌ها

- $Re < 2000$ ← جریان آرام
- $2000 < Re < 4000$ ← جریان انتقالی
- $Re > 4000$ ← جریان آشفته

$Re = 2000$ ← رینولدز بحرانی

تنش برشی در لوله‌های تحت فشار



$$\sum F = \rho Q(V_2 - V_1) \Rightarrow$$

$$P_1A - W\sin\alpha - P_2A - \tau_0(\pi DL) = 0$$

$$\tau_0 = \frac{\Delta H \gamma D}{4L} = \frac{\Delta H \gamma r_0}{2L}$$

- τ_0: تنش برشی روی جداره لوله
- ΔH: میزان افت ناشی از اصطکاک در لوله
- D: قطر لوله

اگر لوله افقی باشد:

$$\tau_0 = \frac{\Delta P}{L}\left(\frac{D}{4}\right) \quad (۴۰)$$

اگر جریان آرام باشد:

$$\tau = \frac{\gamma \Delta H r}{2L} = \tau_0\left(\frac{r}{r_0}\right)$$

مثال: اگر بخواهید تنش در لوله در فاصله $r = \ldots$ از محور لوله را بدست آورید

پروفیل سرعت ⇒

$$u = \frac{\Delta H \cdot \gamma}{4\mu L}\left(r_0^2 - r^2\right)$$

سرعت هر لایه روی لوله چقدر می‌شود

$$r=0 \Rightarrow u_{max} = \frac{\Delta H \cdot \gamma \cdot r_0^2}{4\mu L} = \frac{\Delta H \gamma D^2}{16\mu L} \Rightarrow V = \frac{\Delta H \gamma D^2}{32\mu L}$$

سرعت متوسط

$$u = u_{max}\left(1 - \frac{r^2}{r_0^2}\right)$$

M-Doka

PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of CVISION PDFCompressor

تاریخ / /

موضوع .....

دبی جریان ⇒ $Q = \frac{\pi \Delta H \gamma D^4}{128 \mu L}$

افت ناشی از اصطکاک (هاگن - پوازی) = $\Delta H = \frac{32 \mu V L}{\gamma D^2}$

$\tau_0 = 8\mu \left(\frac{V}{D}\right)$ ⇒ تنش برشی در دیواره لوله

سرعت متوسط

فقط در جریان آرام

توان تلف شده :

تغییرات مهم

توان تلف شده (هاگن پوازی) $= \int_V \tau \left(\frac{du}{dy}\right) dV = \gamma Q \Delta H$

توان تلف شده (جریان آرام) $= \int_V \mu \left(\frac{du}{dy}\right)^2 dV = \int \frac{\tau^2}{\mu} dV$

افت انرژی :

افت انرژی طولی : (داربی وایسباخ)

ناشی از اصطکاک در یک طول مشخص است.

$\Delta H_T = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$

ضریب اصطکاک دارسی

سرعت جریان در لوله

برحسب دبی ⇒ $\Delta H_T = \frac{f L Q^2}{12.1 D^5} = \frac{8 f L Q^2}{\pi^2 g D^5}$

این رابطه در هر نوع رژیم آرام و آشفته کاربرد دارد

نکته: اگر بخواهیم جریان کاملا آشفته باشد باید در دیاگرام مودی به خط مابین آشفته برسیم یعنی ϵ/D کمتر و Re بیشتر

Al-Doka

PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of CVISION PDFCompressor

تاریخ / /
موضوع .....

مقدار f :

$$f = \frac{64}{Re}$$ ← در جریان آرام

جریان آرام ← فقط تابع رینولدز است (زبری در جریان آرام تأثیری ندارد)

جریان انتقالی ← تابع $\frac{\varepsilon}{D}$ و رینولدز است

جریان آشفته ← فقط تابع $\frac{\varepsilon}{D}$ (خود جریان آشفته در نمودار سه قسمت است)

* طبق دیاگرام مودی ناحیه جریان آشفته به سه ناحیه تقسیم می‌شود
  - ناحیه لوله صاف
  - ناحیه لوله زبر جریان
  - ناحیه انتقالی جریان

تنش روی جداره‌ی لوله :

$$\tau_0 = f\left(\frac{\rho V^2}{8}\right)$$ ← جریان آرام ← $\tau_0 = 8\mu\left(\frac{V}{D}\right)$

* تناسب‌ها :

در جریان آرام ← دقت V^2 نیست

$$\Delta H_T \propto \frac{VL}{D^2} \propto \frac{QL}{D^4}$$

اگر ضریب اصطکاک f ثابت شد ←

$$\Delta H_T \propto \frac{LV^2}{D} \propto \frac{LQ^2}{D^5}$$

در جریان آشفته ←

$$\Delta H_T \propto LV^2 \propto LQ^2$$

M-Doka

PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of CVISION PDFCompressor

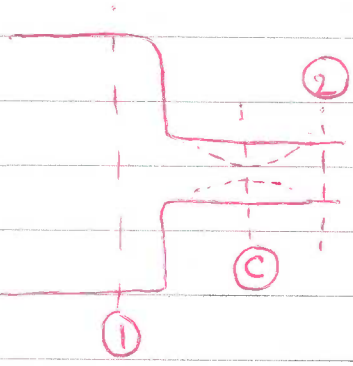
تاریخ / /
موضوع .....

افت انرژی موضعی:
تغییرناگهانی سطح مقطع امتداد یا زانو

$$\Delta H_c = k_m \frac{V^2}{2g}$$

از طرف آن بیشتر می‌آید

افت موضعی در اثر انبساط ناگهانی سطح:

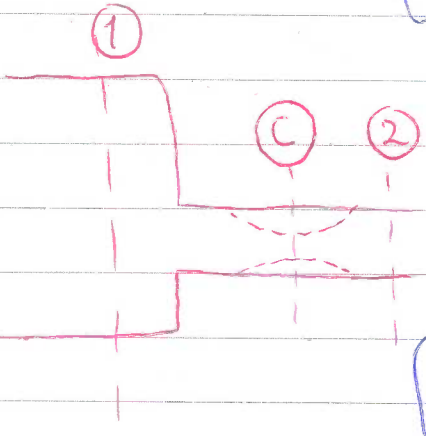


$$\Delta H_c = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g}$$

اگر لوله وارد یک مخزن بزرگ شود:

$$\Delta H_c = \frac{V_1^2}{2g}$$

افت موضعی در اثر انقباض ناگهانی سطح:



تلفات از مقطع (1) تا (C) در مقایسه با تلفات از مقطع (C) تا (2) بسیار کوچک خواهد بود.

$$\Delta H_c = \frac{(V_c - V_2)^2}{2g} = \left(\frac{A_2}{A_c} - 1\right)^2 \frac{V_2^2}{2g}$$

$$\text{ضریب انقباض} = C_c = \frac{A_c}{A_2} = \text{نسبت مساحت‌ها}$$

نکته بسیار مهم: ناحیه‌ی آشفته سه قسمت است:

(1) ناحیه لوله‌ی جریان ← فقط تابع عدد رینولدز

(2) ناحیه لوله زبر جریان ← تنها تابع زبری نسبی لوله

(3) ناحیه انتقالی جریان ← تابع هم زبری نسبی هم عدد رینولدز

Al-Dafa
PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of CVISION PDFCompressor

تاریخ / /

موضوع .....

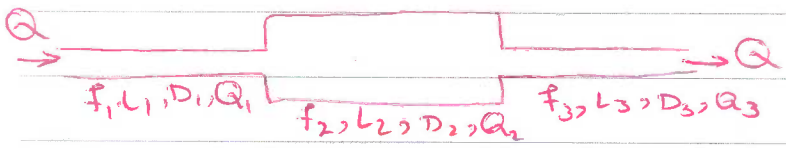
** افت انرژی در حالت کلی :

$$\Delta H = \Delta H_T + \Delta H_c = \left(f \frac{L}{D} + \sum K_m \right) \frac{V^2}{2g}$$

یعنی اگه مثلاً در لوله هم زیری لوله داشتیم و هم وسط لوله شیر فلکه بود، هم باید افت موضعی را در نظر بگیریم و هم افت طولی

تقسیم جریان لوله ای :

لوله های سری :



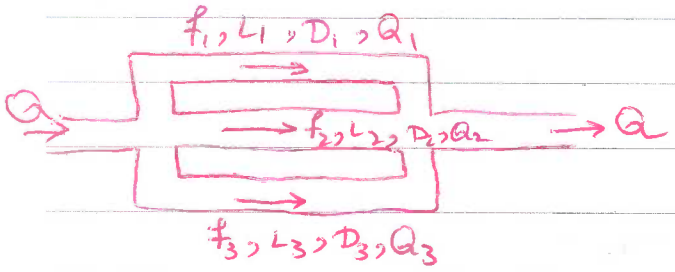
$$\begin{cases} Q = Q_1 = Q_2 = Q_3 \\ \Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 \end{cases}$$

طول معادل لوله : اگر دو لوله داشته باشیم $\frac{f_1 L_1 Q^2}{12.1 D_1^5} = \frac{f_2 L_e Q^2}{12.1 D_2^5} \Rightarrow$

$$L_e = L_1 \frac{f_1}{f_2} \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^5$$

طول معادل لوله دوم است که جایگزین لوله اول شده است

لوله های موازی :



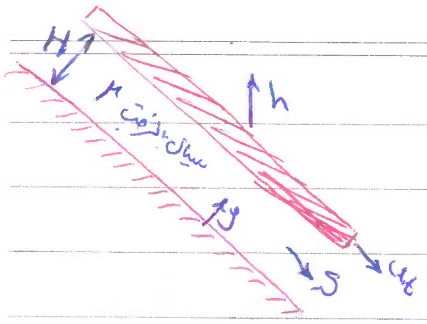
$$\begin{cases} Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \\ \Delta H = \Delta H_1 = \Delta H_2 = \Delta H_3 \end{cases}$$

PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of CVISION PDFCompressor

تاریخ / /

موضوع .....

جریان آرام بین صفحات موازی ثابت



پروفیل سرعت

$$u = u_t\left(\frac{y}{H}\right) - \frac{1}{2\mu}\cdot\frac{d(P+\gamma h)}{ds}\left(Hy - y^2\right)$$

سرعت صفحه

(شیب فشار)

الف) صفحه افقی بود $\rightarrow$ $\frac{d(P+\gamma h)}{ds} = \frac{dP}{ds}$

$$u = u_t\left(\frac{y}{H}\right) - \frac{1}{2\mu}\cdot\frac{dP}{ds}\left(Hy - y^2\right)$$

ب) توزیع تنش برشی در سیال $\rightarrow$ $u = u_t\left(\frac{y}{H}\right)$

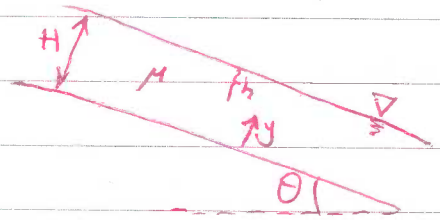
انتگرال می‌گیریم

u $\rightarrow$ سرعت

u' $\rightarrow$ تنش برشی $\tau = \mu\frac{du}{dy}$

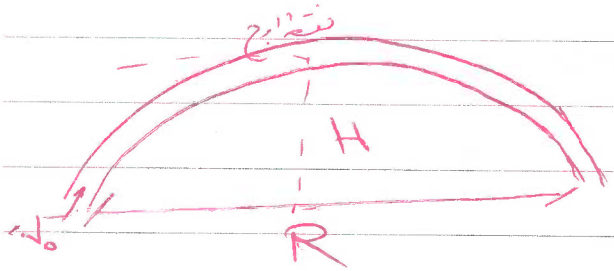
مشتق می‌گیریم

مثال ۵: گرانروی نازی زیت مایع به سمت پایین روی لوله سراسر یکنواخت



$$u = \frac{\gamma}{2\mu}\left(H^2 - h^2\right)\sin\theta$$

مثال ۶:



$$H = \frac{(V_0\sin\theta)^2}{2g}$$

$$R = \frac{V_0^2\sin 2\theta}{g}$$

Al-Toka

PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of CVISION PDFCompressor

تاریخ / /
موضوع .....

نیروی درگ:

$$Drag = \frac{1}{2} C_D \rho A V^2$$

- V: سرعت نسبی سیال (سرعت نزدیکی)
- A: سطح مواجهه
- C_D: ضریب درگ

A: سطح مواجهه ← برای بدنه موازی جریان ← مساحت سطح مورد نظر
← سطوح گوه دار (بیضی و دوکش) ← مساحت مقطع عمود بر سطح جریان

نیروی که بر اجسام در حال حرکت از طرف سیال وارد می شود.
نیروی لیفت هم مانند درگ است با این تفاوت که در امتداد عمود بر جریان وارد می شود.

$$Lift = \frac{1}{2} C_L \rho A V^2$$

C_L: ضریب لیفت

قانون استوکس و سرعت حدی:
فرض کنید حرکتی در سیال ساکن انجام می دهد. طبق قانون استوکس، برای اعداد رینولدز کوچک (کمتر از یک) مقدار نیروی درگ برابر است با:

$$Drag = 3\pi \mu V D$$

μ: گرانروی سیال

وقتی پس از مدتی نیروها در سیال متعادل شدند جسم به سرعت حدی می رسد:

$$F_B + Drag = W$$

$$V = \frac{D^2}{18\mu} (\gamma_S - \gamma_F)$$

- γ_F: وزن مخصوص سیال
- γ_S: وزن مخصوص کره
- μ: گرانروی

* در لوله ها سرعت ماکزیمم در وسط اتفاق می افتد.

$$V_{max} = 2\bar{V}$$

$\bar{V}$: سرعت متوسط

در جریان آرام

M-Doka

PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of CVISION PDFCompressor

لازم می دانم از جناب آقای مهندس غفاری بابت اسکن خلاصه این درس تشکر ویژه و صمیمانه داشته باشم

اگر این جزوه نقشی در موفقیت شما در کنکور کارشناسی ارشد و دکتری داشت، لطفا ما را از دعای خیر خود بی نصیب نگذارید.

با تشکر

مصطفی رحیمی

nce.rahimi@yahoo.com

www.CivilFile.com
سیویل فایل مرجع فایل های مهندسی عمران
PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of CVISION PDFCompressor