

سرفصل :

- مروری بر یک نیک سیالات

- تعاریف پایه

- اصل انرژی در کانالهای باز

* مفهوم انرژی مخصوص

* مفهوم عمق بحرانی و اعماق متناوب

- اصل اندازه حرکت در کانالهای باز

* مفهوم نیروی مخصوص و تعریف انحراف مزوج

- جریان تکبواخت

* مفهوم عمق نرالی، بهترین مقطع هیدرولیکی

- تئوری جریان متغیر تدریجی

تعریف نیم رخ سطح آب

- محاسبات جریان متغیر تدریجی

روش های محاسب نیم رخ سطح آب

۲
- جریان غیر دائمی

مفهوم و محادلات مسطحه

H. Chanson

نکته
*

open channel flow → Henderson → PDF
1966

مراجعه

✓ open channel hydraulics → W.T. Chow

1958 → 2008

نکته
*

open channel hydraulics → Sturm → PDF
2001

Open channel hydraulics → R. French 1947

✓ نتیجه ← هیدرولیک کانالهای باز ← دکتر ابریشی

اصل هیدرولیک کاربردی ← محشاش (علم و صنعت)

- 2500 solve problem in Fluid mechanic

از زبان

۳. بیان تمام اندازه حرکت

۵. بیان تمام

۲. کلاس و پروژه



H.E.C Ras (4.2) نرم افزار

U.S Army corps of Engineers

U.S.A.C.E

زمانی از سیستم های تحت فشار استفاده می شود که می خواهیم آب را از زیر آب کنیم - ۲. می خواهیم بر روی غلبه کنیم و می از کانه ها باز برای انتقال از منبع اصلی به تصفیه خانه استفاده می شود.

مروری بر مکانیک سیالات

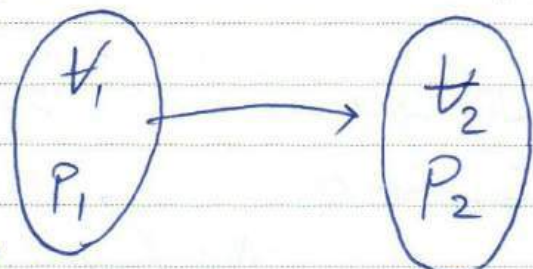
خواص سیال

- چگالی (جرم مخصوص)
- وزن مخصوص
- چگالی نسبی: نسبت وزن هر ماده به وزن آب هم حجم آن

$$S_g = \frac{\rho_f}{\rho_w}$$

$$[\rho] = mL^{-3}$$

$$[\gamma] = FL^{-3}$$



تراکم پذیری:

مدول فشانی آب با سیال

$$K = E = - \frac{\Delta P}{\frac{\Delta V}{V}}$$

این نشان دهنده سختی سیال در برابر تراکم است که هر چه بزرگتر باشد سیال تراکم ناپذیرتر است.

در حالت

$$\alpha = EE$$

در سیالات

$$\Delta P = -K \frac{\Delta V}{V}$$

گشتن جبهه

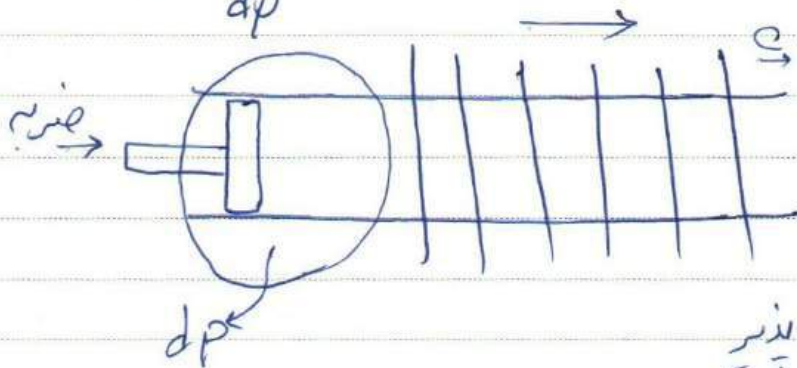
$E_{-r} = 2 \text{ GPa}$

$E_{\text{مادر}} = 200 \text{ GPa}$

$m = \rho V \quad dm = \rho dV + V d\rho = 0 \rightarrow -\frac{dV}{V} = \frac{d\rho}{\rho}$

$$c^2 = \frac{dp}{d\rho}$$

تعریف سرعت موج فشاری :



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

سیال تراکم ناپذیر یا تراکم ناپذیر

رغبار تراکم پذیر یا تراکم ناپذیر

ممكن است سیالی تراکم پذیر باشد ولی تحت شرایطی رغبار تراکم ناپذیر از خود نشان دهد مثلاً در

سرعت های بالا تراکم پذیر است.

$$Ma = \frac{V}{c} = \frac{\text{سرعت سیال}}{\text{سرعت موج فشاری}}$$

سرعت مرجع فشاری در هوا : 300 m/s

$Ma > 0.8$ رغبار تراکم پذیر
 $0.3 < Ma < 0.8$ رغبار باریک
 $Ma < 0.3$ رغبار تراکم ناپذیر

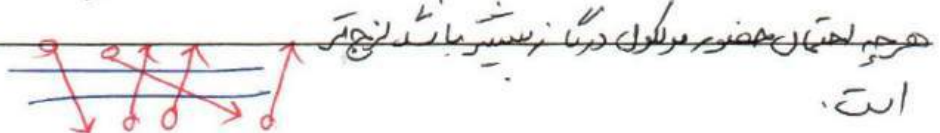
$$[M], M L^{-1} T^{-1}$$

لزجت : مقاومت سیال در برابر حرکت

$$M, kg/m \cdot s \text{ و } Pa \cdot s$$

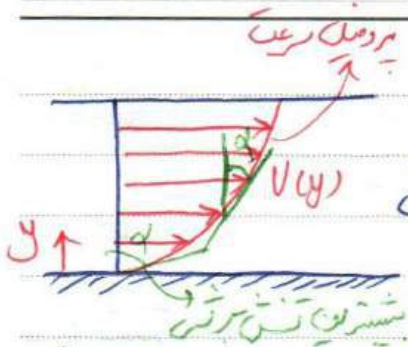
عوامل لزجت در مایعات : نیروی بین مولکولی - با افزایش دما لزجت کاهش پیدا می کند

عوامل لزجت در گازها : متوسط ذرات گاز - با افزایش دما لزجت بیشتر است



Subject :

Year . Month . Date . ()



$$\tau d \frac{dv}{dy}$$

قانون لزجت نیوین ؟

$$\tau = \mu \left(\frac{dv}{dy} \right) \rightarrow \text{رابطه}$$

ح = شیب تنش برشی

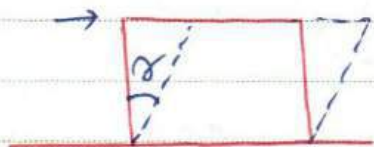
جهت مشتق تغییرات

$$T(x, y, z) \Rightarrow \vec{E}_T = \frac{\partial T}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial T}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial T}{\partial z} \vec{k}$$

$$\frac{dv}{dy} = \tan \alpha$$

$$\tau = \mu \tan \alpha$$

سرعت سیال در نزدیکی مرز جامد برابر است با سرعت مرز جامد

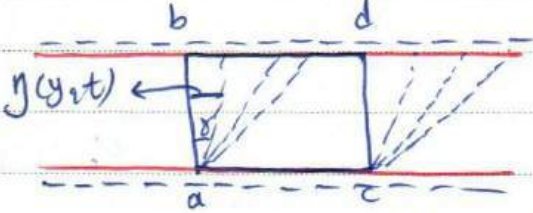


$$\tau = G \gamma$$

در جامدات

تفاوت سیال و جامد

در سیال



$$\tau = \mu \frac{dv}{dy} = \mu \frac{d}{dy} \left(\frac{d\eta}{dt} \right) = \mu \frac{d}{dt} \left(\frac{d\eta}{dy} \right) = \mu \dot{\gamma}$$

در جامدات : تنش برشی متناسب است با کرنش برشی

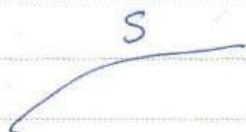
در سیالات : تنش برشی متناسب است با تغییرات کرنش برشی

طبقه بندی جریان در سیالات

- آرام - لایه ای - ورقه ای Laminar

- آشفتگی - درهم Turbulent

- انتقالی Transition



$$F_I = m v \frac{\partial v}{\partial s} \sim \rho L^3 v \frac{v}{L} = \rho L^2 v^2$$

نیروی اینرسی

$$F_v = \mu \frac{dv}{dy} A \sim \mu \frac{v}{L} L^2 \sim \mu v L$$

نیروی لزجت

* تمام اعداد بدون بعد مهم در سیالات نسبت آن نیروی مهم به نیروی اینرسی می باشد.

$$F_g, mg \sim \rho L^3 g$$

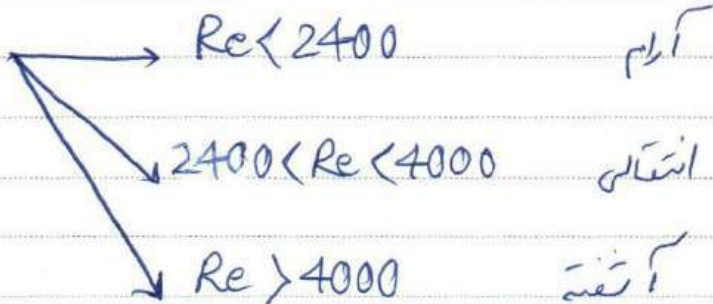
ثقل

$$Re = \frac{\text{نیروی اینرسی}}{\text{نیروی لزجت}} = \frac{\rho L^2 v^2}{\mu v L} = \frac{\rho v L}{\mu}$$

مثلاً عدد رینولدز

L: طول مشخصه در لوله ← D: قطر لوله است.

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu}$$



$$\mu_{\text{آب}} = 10^{-3} \text{ kg/m.s}$$

$$\rho_{\text{آب}} = 10^3 \text{ kg/m}^3$$

Subject :

Year : Month : Date : ()

$$Fr^2 = \frac{\text{نیروی اینرسی}}{\text{نیروی ثقل}} = \frac{\rho v^2 L^2}{\rho L^3 g} = \frac{v^2}{gL}$$

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gL}}$$

انواع جریان از حيث تغيرات مکانی در زمان :

تغییر مکانی در زمان

Q $\frac{\partial Q}{\partial x} = 0$

uniform یکنواخت

$\frac{\partial Q}{\partial x} \neq 0$

non-uniform غیر یکنواخت

جریان

$\frac{\partial Q}{\partial t} = 0$

steady state دائمی - پایدار

$\frac{\partial Q}{\partial t} \neq 0$

Transient غیر دائمی - ناپایدار

جریان

↓
موج یا جریان غیر دائمی است.

تمرین : برای هر کدام از ۴ حالت جریان مثال ذکر نمایید.

نوع غیر دائمی یک نواخت و خود خاری نخواهد داشت.

معادلات حرکت سیال نرم انتقال

قانون انتقال بنفولتز

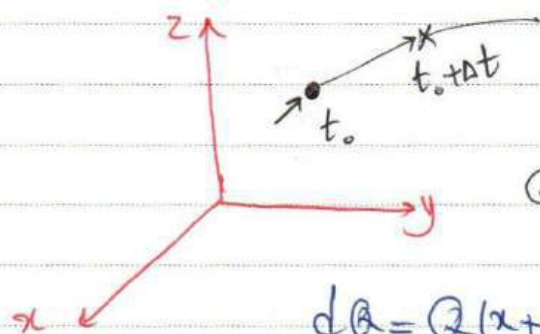
- حجم کنترل : حجم ثابت در فضا را گویند . (e.v)

- سطح کنترل : سطح حجم کنترل را گویند . (c.s)

- سیستم : حجم ثابت در فضا را گویند . (sys)

برای بررسی سیال از دوروش اولی و لایرانسی استفاده می کنند که مثلا دیدگاه لایرانسی

روی یک ذره از سیال قرار می گیرند و تغییرات زمان را بررسی می کنند و می در دیدگاه اولی یک نقطه ثابت در فضا را بررسی می کنند .



$$Q(x+\Delta x, y+\Delta y, z+\Delta z, t+\Delta t)$$

$$dQ = Q(x+\Delta x, y+\Delta y, z+\Delta z, \Delta t+t) - Q(x, y, z, t)$$

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{\partial Q}{\partial x} \frac{dx}{dt} + \frac{\partial Q}{\partial y} \frac{dy}{dt} + \frac{\partial Q}{\partial z} \frac{dz}{dt} + \frac{\partial Q}{\partial t}$$

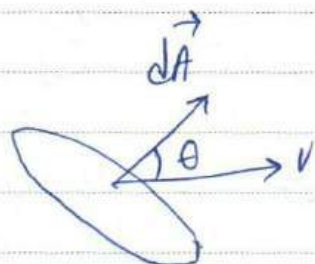
شیق ثابت
نرخهای

قانون انتقالی و پیوستگی

دیدگاه لایران

دیدگاه اولر - بررسی برای نقطه ثابت

ترکیب دیدگاه لایران و اولر دیدگاه انتگرالی را بوجود می آورد



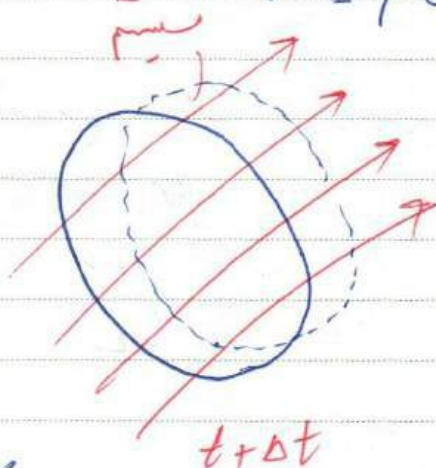
دبی : حجم سیال عبوری از مقطع جریان در واحد زمان

$$dQ = |\vec{V}| |d\vec{A}| \cos \theta = \vec{V} \cdot d\vec{A}$$

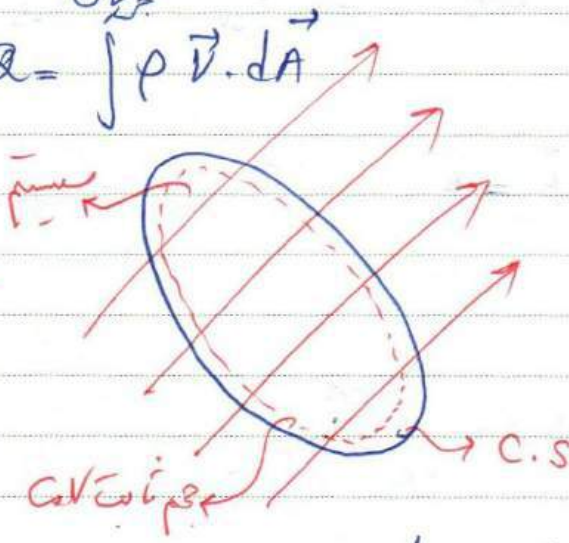
$$Q = \int \vec{V} \cdot d\vec{A}$$

سطح مقطع
جریان

$$\dot{m} = \rho Q = \int \rho \vec{V} \cdot d\vec{A}$$



$t + \delta t$



C.S

حجم ثابت است

N : کمیت مشخص بیان شده خاصیت از جرم سیستم

- N : جرم - یونیت
- N : دما - یونیت
- N : انرژی - یونیت

Subject :

Year . Month . Date . ()

$$\eta = \frac{N}{m_{sys}} \rightarrow m_{sys} = \int \rho d\tau$$

1. N بر واحد حجم سیستم

$$m_{sys} = \int \rho d\tau \quad \int n \rho d\tau = N$$

$$\frac{DN}{Dt} = \frac{\partial}{\partial t} \int \eta \rho d\tau + \int \eta \rho \vec{v} \cdot d\vec{A}$$

تغییرات کل سیستم N در سیستم $=$ تغییرات کمیت N درون حجم کنترل + شارخالص

عبوری کمیت N از روی سطح کنترل

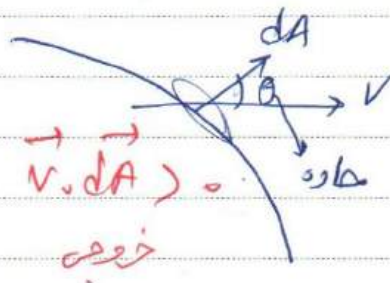
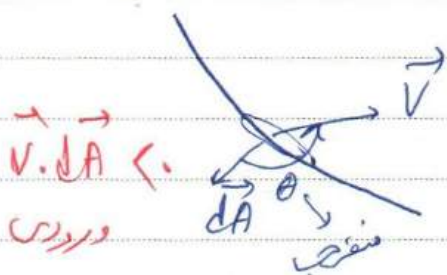
وابستگی یونسکی

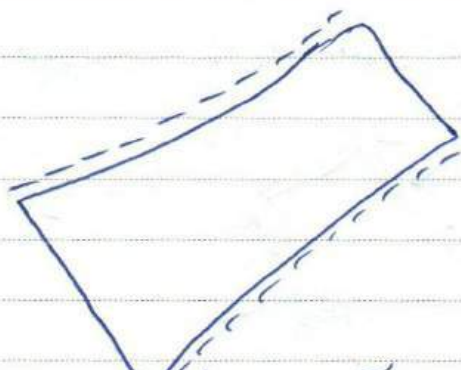
$$\frac{DM_{sys}}{Dt} = \frac{\partial}{\partial t} \int_{cv} \rho d\tau + \underbrace{\int_{cs} \rho \vec{v} \cdot d\vec{A}}_{\text{درودی - خروجی}}$$

درودی - خروجی

$$\int_{cs} \rho \vec{v} \cdot d\vec{A} = 0$$

اگر جریان یکنواخت باشد یعنی ورودی و خروجی با هم برابر باشند



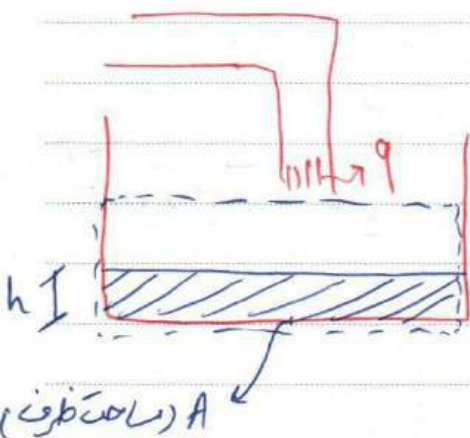


$$-P_1 V_1 A_1 + P_2 V_2 A_2 = 0$$

$$\underbrace{P_1 V_1 A_1}_{\dot{q}_1} = \underbrace{P_2 V_2 A_2}_{\dot{q}_2}$$

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

مثال: ظرفی مطابق شکل از آب پر می شود و تغییرات سطح آب در ظرف کدام است؟



$$\frac{\partial}{\partial t} \int_{C.V} \rho d\tau + \int \rho \vec{V} \cdot d\vec{A} = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (Ah) + (-q) = 0$$

$$A \frac{\partial h}{\partial t} = q \rightarrow \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{q}{A}$$

$$N = m_{sys} \vec{V}$$

$$y = \vec{V}$$

رابطه ی دوم:

$$\frac{DN}{Dt} = \frac{D}{Dt} (m_{sys} \vec{V}) = m_{sys} \frac{D\vec{V}}{Dt} = m_{sys} \vec{a} = \sum \vec{F}$$

برای نیروی ظاهر برهم نهد

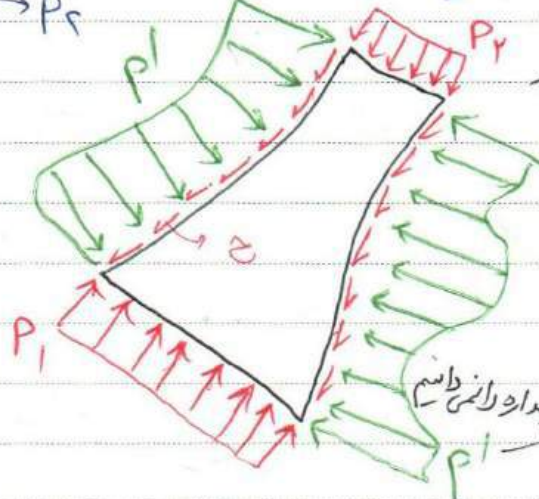
$$\sum \vec{F} = \frac{\partial}{\partial t} \int_{C.V} \vec{V} \cdot \rho d\tau + \int_{C.S} \vec{V} \rho \vec{V} \cdot d\vec{A}$$

$$\sum \vec{F} = \int_{C.S} \rho \vec{V} \vec{V} \cdot d\vec{A}$$

اگر جریان پایا باشد:



مثال: نیروی وارد بر زانویی شکل مقابل کدام است؟



مفروضه کنیم برآیند عمود بر صفحه است.

نیروی ترمز نیروی جدا دانه داریم

$$\sum \vec{F} = \int_{CS} \vec{V} \rho \vec{V} \cdot d\vec{A} \quad F_{P1} + F_{P2} + F_{P'} + F_c = \int_{CS} \vec{V} \rho \vec{V} \cdot d\vec{A}$$

نیروی وارد بر زانویی
نیروی ترمز
نیروی جدا دانه
نیروی وارد می شود
نیروی وارد می شود
نیروی وارد می شود

$$\vec{F}_{x1} + \vec{F}_{y1}$$

$$\sum F_x = P_1 A_1 \cos \theta_1 - P_2 A_2 \cos \theta_2 + F_x = \int_{CS} \vec{V} \rho \vec{V} \cdot d\vec{A}$$

$$= \rho (-V_1 A_1) V_1 \cos \theta_1 + \rho (V_2 A_2) V_2 \cos \theta_2 \rightarrow F_x = ?$$

$$\sum F_y = P_1 A_1 \sin \theta_1 - P_2 A_2 \sin \theta_2 + F_y = \rightarrow F_y = ?$$

$$\rho (-V_1 A_1) V_1 \sin \theta_1 + \rho (V_2 A_2) V_2 \sin \theta_2$$

$$V_1 A_1 = V_2 A_2 = Q$$

جریان مایه تراکم ناپذیر:

$$\textcircled{I} \quad \Sigma F_x = \rho Q (V_2 \cos \theta_2 - V_1 \cos \theta_1) = \rho Q (V_{2x} - V_{1x})$$

$$\textcircled{II} \quad \Sigma F_y = \rho Q (V_2 \sin \theta_2 - V_1 \sin \theta_1) = \rho Q (V_{2y} - V_{1y})$$

$$I, II \rightarrow \boxed{\Sigma \vec{F} = (\rho Q)(\vec{V}_2 - \vec{V}_1)} \quad \leftarrow \text{رابطه بسیار مهم و بنفوذی}$$

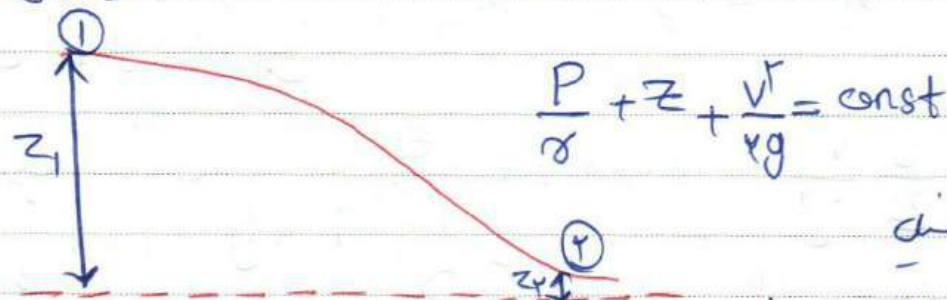
شرط استفاده از رابطه فوق آن است که مقطع خروجی و ورودی داشته باشیم اگر بسته بود

باید از مفهوم برای حل استفاده کرد.

رابطه برنولی و اصل انرژی:

شرط استفاده از رابطه برنولی:

۱- از میکوزیته صاف نظریه گردد. ۲- جریان مایه تراکم ناپذیر. ۳- محاسبه برای یک خط جریان نوشته می شود.



z : هد پتانسیل

$\frac{V^2}{2g}$: هد انرژی جنبشی

$\frac{P}{\gamma}$: هد کینماتی از فشار (فشار باعث کار در هر متر متحرک سیال می شود)

Subject:

Year:

Month:

Date:

()

در بنابر $E = E_p + E_k = mgh + \frac{1}{2}mv^2$

$$\frac{E}{W} = h + \frac{v^2}{2g}$$

انرژی $H_T : \frac{P}{\gamma} + Z + \frac{v^2}{2g} \rightarrow EGL \rightarrow \text{energy grade line}$

هدسز و سرب $H_p : \frac{P}{\gamma} + Z \rightarrow HGL \rightarrow \text{hydraulic grade line}$

در جایی که هد سرعت بسیار ناچیز باشد از این هد بسیار استفاده می شود مثل کانال خالی

رابطه انرژی

اصطلاحی Friction Loss

انواع افت

موضعی minor loss

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

$$h_L = \sum h_f + \sum h_m$$

رابطه دارسی - وایسباخ

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

$$f = f(Re, \frac{e}{D})$$

moody

f ضریب اصطلاحی

v سرعت لوله

D قطر لوله

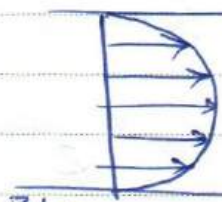
L طول لوله

ضرایب تصحیح: در روابط قبل سرعت همان سرعت متوسط بود اما اگر سرعت به گونه ای پروفیل شده
 تغییر یابد نمی توان از سرعت متوسط استفاده کرد و ضرایب تصحیح داخل می گردد.

ضرایب تصحیح انرژی جنبشی (K)

ضرایب تصحیح مومنتم (B)

انرژی HT: $\frac{P}{\gamma} + z + \frac{v^2}{2g}$ →
 HTp: $\frac{P}{\gamma} + z + \frac{v^2}{2g}$



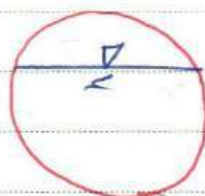
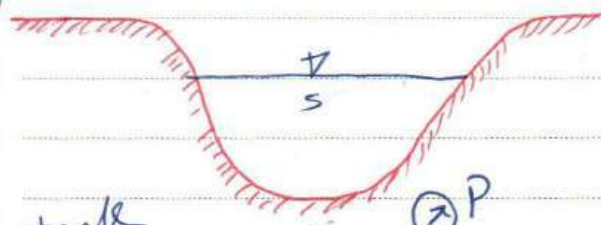
$$K = \frac{\int v^3 dA}{v^3 A}, \quad B = \frac{\int v^2 dA}{\bar{v}^2 A}$$

تقسیم بندی انواع جریان:

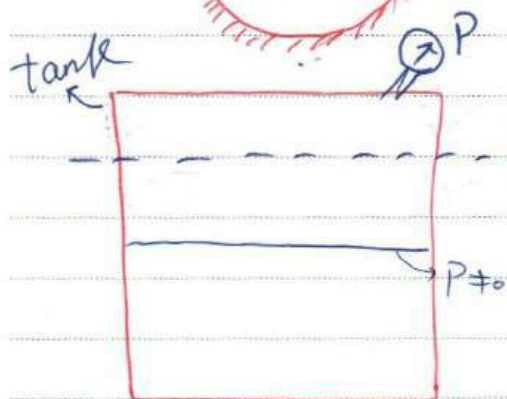
بستر جریان

- جریان تحت فشار (لوله)، مجاری انتقال آب رفته یا باز

- جریان کانال باز، اگر یک وجه سیال در تماس با فشار اتمسفر باشد.



قوت محرک انتقال آب



فشار آزاد مجازی (Fictitious)
جریان با $P = 0$ است.
 $\{ h_{eq} = \frac{P}{\rho g}$

کانالهای باز - جریان با سطح آزاد

ل انواع تونل های آب بر، کانالها، جویها، نهرها

- جریان در محیط های متخلخل Hydraulics of porous media

تغییرات زمان:

$$\frac{\partial}{\partial t} = 0$$

- دائمی، پایا، ماندگار steady state

$$\frac{\partial}{\partial t} \neq 0$$

- غیردائمی، ناپایا، غیرماندگار Transient

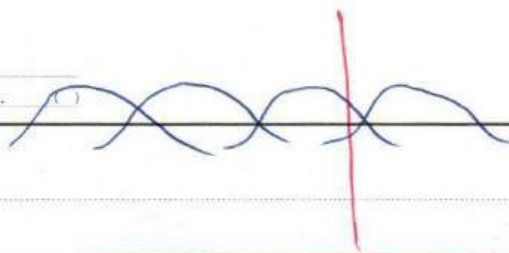
ل موج دشار موج در سیستم، جریان غیرماندگار، سیل (Flood)

Subject:

Year:

Month:

Date:



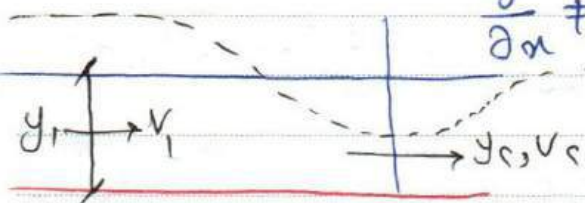
تغییرات مکانی

$$\frac{\partial}{\partial x} = 0$$

یکنواخت، uniform

$$\frac{\partial}{\partial x} \neq 0$$

غیر یکنواخت، nonuniform

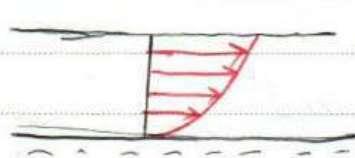


یکنواخت $\rightarrow V_1 = V_2$ و $y_1 = y_2$

غیر یکنواخت $\rightarrow V_1 \neq V_2$ و $y_1 \neq y_2$

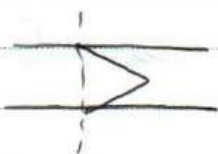
گاهی اوقات جریان می 2D و یا 1D تقریب می زنند و در حالتی است که طول مسیر بسیار طولانی تر از عرض آن باشد مثل آبراه بسیار طولانی

بعد مکانی



1D (یک بعدی) ← جریان در لوله
2D (دو بعدی) ←
3D (سه بعدی)

ابعاد مکانی



مثل سرریز سد

$$1D \rightarrow \frac{\partial}{\partial x} \neq 0 \quad \frac{\partial}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial z} = 0$$

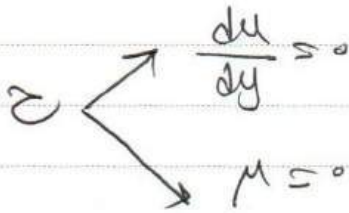
$$2D \rightarrow \frac{\partial}{\partial x} \neq 0 \quad \frac{\partial}{\partial y} \neq 0 \quad \frac{\partial}{\partial z} = 0$$

$$3D \rightarrow \frac{\partial}{\partial x} \neq 0 \quad \frac{\partial}{\partial y} \neq 0 \quad \frac{\partial}{\partial z} \neq 0$$

انواع جریان غیر یکنواخت: (جریان متغیر) $G.V.B = \text{gradually varied flow}$

جریان متغیر تدریجی اگر تغییرات پارامترهای جریان (عمق، سرعت) در طول قابل توجهی از مسیر صورت گیرد به آن جریان متغیر تدریجی گویند در این حالت توزیع فشار هیدرواستاتیک برقرار می شود.
* قوانین سکون سیال زمانی قابل استفاده است که ذرات سیال به هم سرعتی نداشته باشند چون اگر سرعت داشته باشند تنش برشی ایجاد می گردد و اگر سرعت سیال صفر باشد تنش برشی صفر است و

قوانین استاتیک سیالات برای آنها برقرار است. $\frac{du}{dy} = 0$ $\mu = 0$

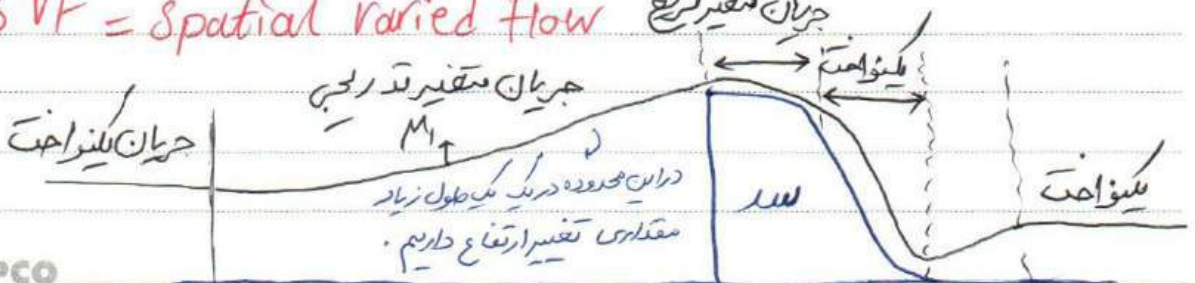


جریان متغیر سریع اگر تغییرات پارامترهای جریان در طول کوتاهی از مسیر صورت گیرد در این حالت

فشار هیدرواستاتیک برقرار نیست. $R.V.F = \text{Rapid varied flow}$

جریان متغیر مکانی: اگر در طول مسیر جریان دبی اضافه یا کم شود

$S.V.F = \text{spatial varied flow}$ جریان متغیر سریع



hydraulic jump (جریان متغیر سریع) پرش هیدرولیکی

پلیرد از آن سرریز خارج می شود.

سرریز جانبی

سرریز جانبی

آب داخل کانال

مقطع عرضی کانال

جریان مورد استفاده در این درس :

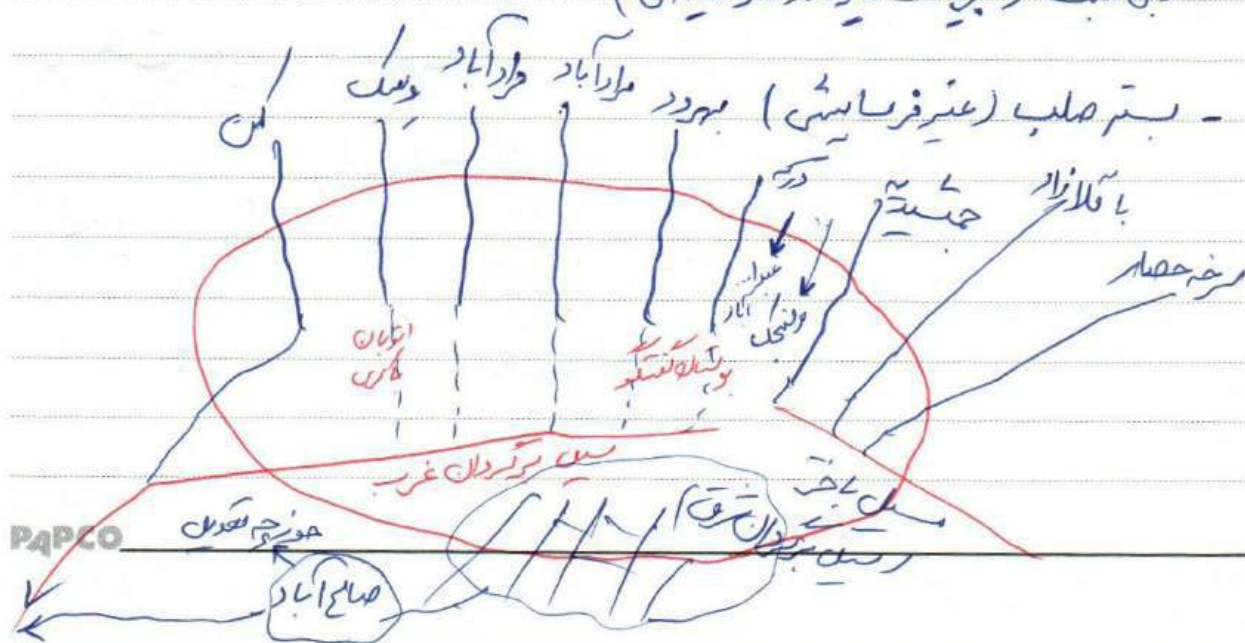
خجریان با طبع آزاد (واقعی)

جریان یک بعدی 1D

- جریان اللواحق و متغیر تد رخی

- دبی ثابت (جراثیمات غیر ماضی دار لایہ اس)

- بتر صلب (عتر فرمائی) مہر



Subject:

Year:

Month:

Date:

()

مقایسه جریان سطح آزاد با جریان تحت فشار

$$h_T = \frac{P}{\gamma} + Z + \frac{V^2}{2g}$$

$$h_p = \frac{P}{\gamma} + Z$$

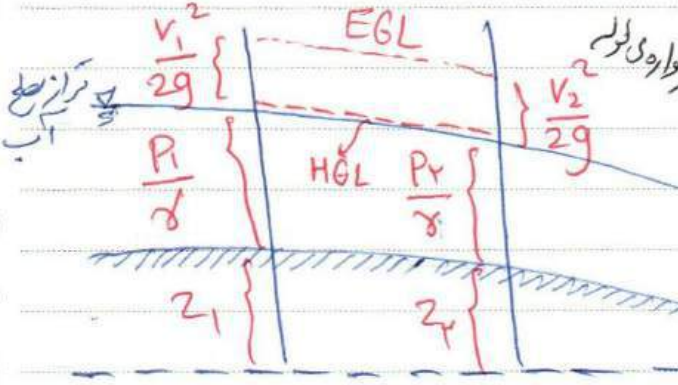
$$H_1 = H_2 + H_L$$

لولی
بسته

افت
موقعی
اصطلاحی

کینال

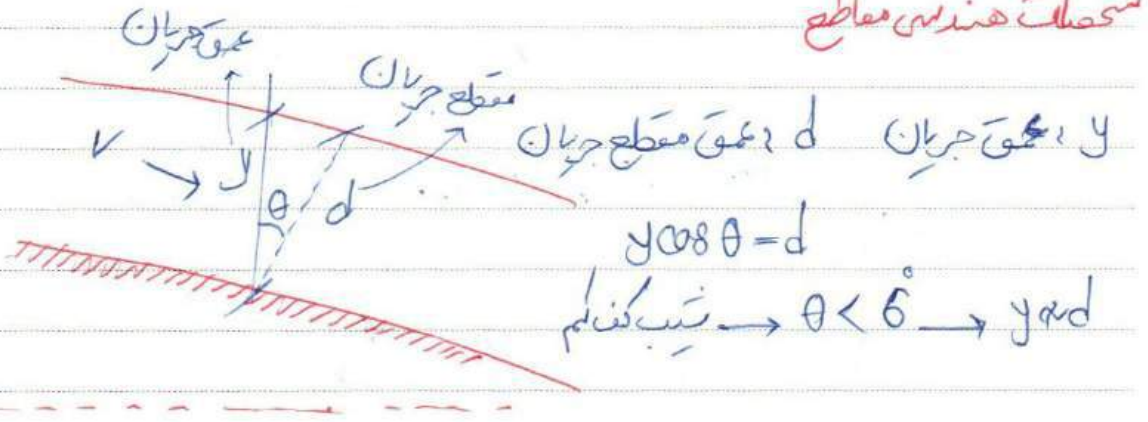
به خط موازی با محور جریان



* اگر فرض کنیم سبب کم باشد در اثر برخورد یا دیواره لوله

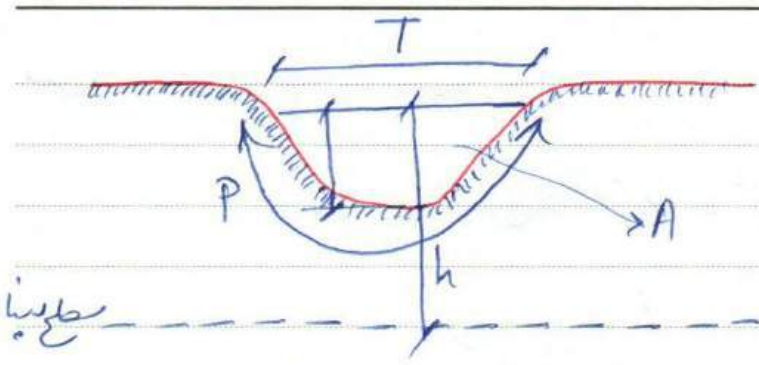
* اگر سبب کم باشد HGL با سطح آزاد یکسان می باشد.

تفاوت هندسی مقاطع



$$y \cos \theta = d$$

$\theta < 6^\circ \rightarrow y \approx d$ سبب کنیم



A : سطح مقطع
 T : عرض سطح آزاد
 P : پیرامون ترشده

$R = \frac{A}{P}$ شعاع هیدرولیکی

$D_H = \frac{A}{T}$ عمق هیدرولیکی

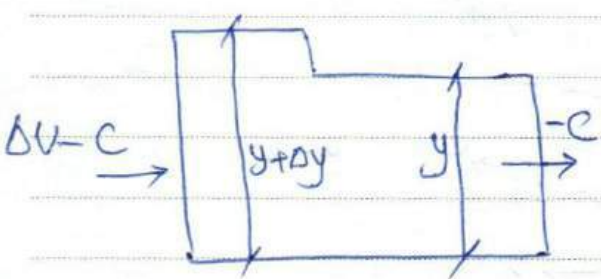
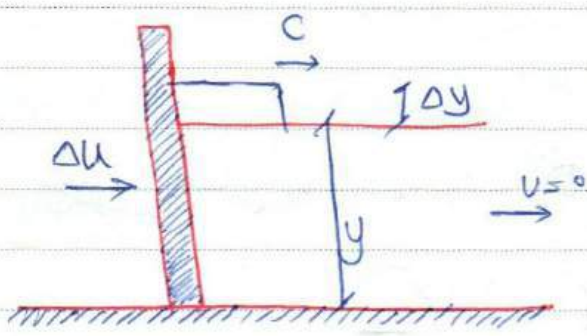
$Z = A \sqrt{D_H}$ فاکتور سطح

عدد بدون بعد جریان در ماناها بازه

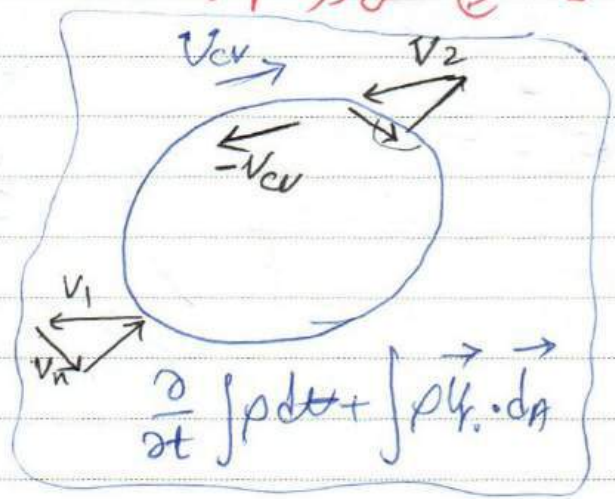
$F_r^2 = \frac{\text{نیروی اینرسی}}{\text{نیروی ثقلی}} = \frac{V^2}{g L}$

Froude's number : عدد فرود

$F_r = \frac{V}{\sqrt{g L}}$ L : طول مشخصه جریان



سرعت موج سطحی در ماناها



$(\Delta V - C)(y + \Delta y) = (-C)(y)$ معادله پیوستگی

$\Delta V \times \Delta y \ll 1$

$C = \frac{\Delta u}{\Delta y} y$

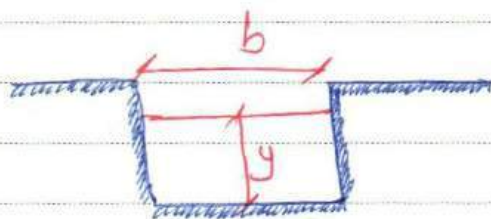
$$\sum \vec{F} = \rho Q (\vec{V}_2 - \vec{V}_1)$$

معادله ی مومنتم

$$\frac{1}{2} \rho (y + \Delta y)^2 - \frac{1}{2} \rho y^2 = \rho (-c)(y) (-c - \Delta y + c)$$

$$\boxed{\Delta y^2 \approx 0} \rightarrow g(1 + \frac{\Delta y}{2y}) = c \frac{\Delta y}{\Delta y} \quad (I)$$

با به معادله ی (I) و معادله ی $c = \frac{\Delta y}{\Delta y} y$ که در معادله ی قبلی گفته شد داریم $c = \sqrt{gy}$ توجه



* اگر مقطع مستطیلی باشد

$$R = \frac{by}{b+2y}$$

$$A = by$$

$$P = b + 2y$$

$$T = b$$

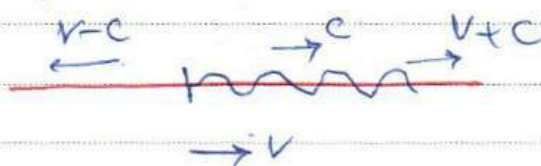
$$D_H = \frac{by}{b} = y$$

سرعت موج سطحی در کانالهای باز : $c = \sqrt{gD_H}$

عمق هیدروستاتیک

$$F_r = \frac{V}{c} = \frac{V}{\sqrt{gD_H}}$$

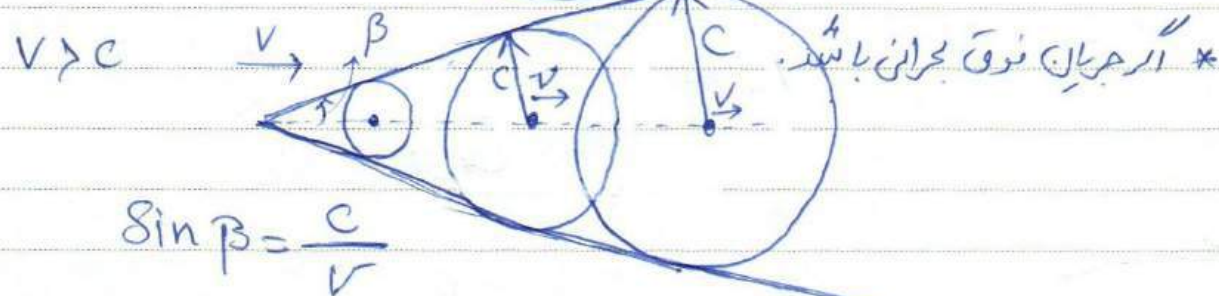
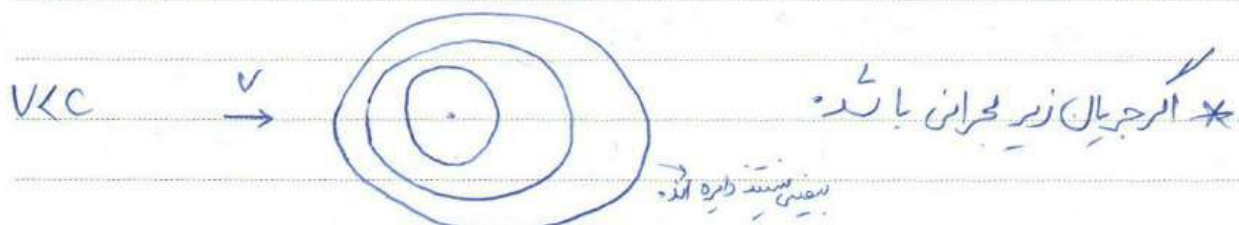
طول مشخصه کانالهای باز ← عمق هیدروستاتیک ✓



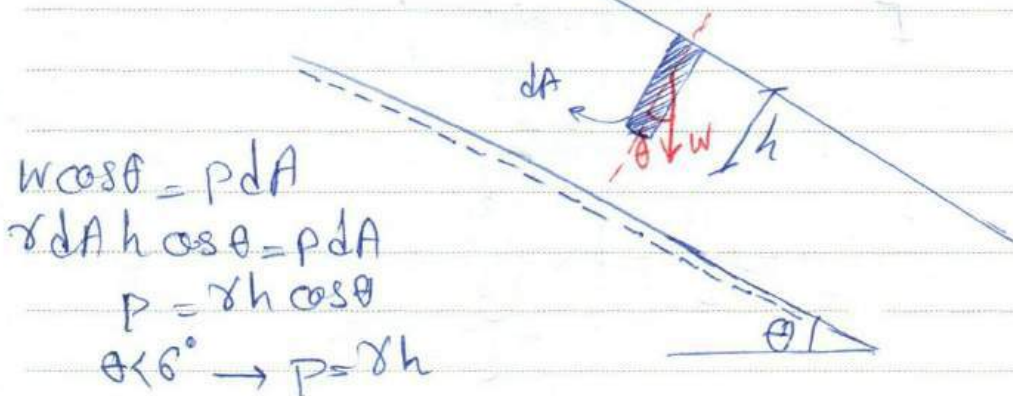
$$C > V \Rightarrow \frac{V}{C} < 1 \Rightarrow Fr < 1 \rightarrow \text{subcritical} \text{ جریان زیر بحرانی}$$

$$C < V \Rightarrow \frac{V}{C} > 1 \Rightarrow Fr > 1 \rightarrow \text{super critical} \text{ جریان فوق بحرانی}$$

$$C = V \Rightarrow \frac{V}{C} = 1 \Rightarrow Fr = 1 \rightarrow \text{critical} \text{ جریان بحرانی}$$



تغییرات فشار در داخل کانال :



$$H = y$$

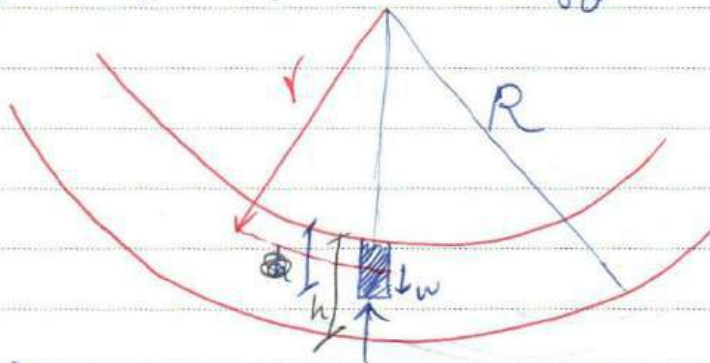
$$P = \gamma y \cos^2 \theta$$

$$y \cos \theta = d$$

$$P = \gamma y \cos^2 \theta$$

برای عمق جریان

$$P = \gamma d \cos \theta$$



فشار بر سطح منحنی

$$\sum \vec{F} = m \vec{a} \rightarrow p dA - W = \underbrace{\rho(h dA)}_{\text{جرم المان}} \left(\frac{v^2}{R} \right)$$

اگر

ثابت می شود اگر تا وسط المان در نظر گرفته شود $r = R$ ← chow

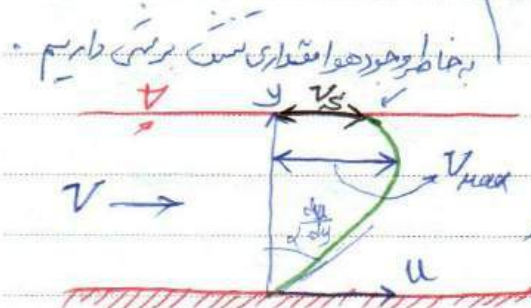
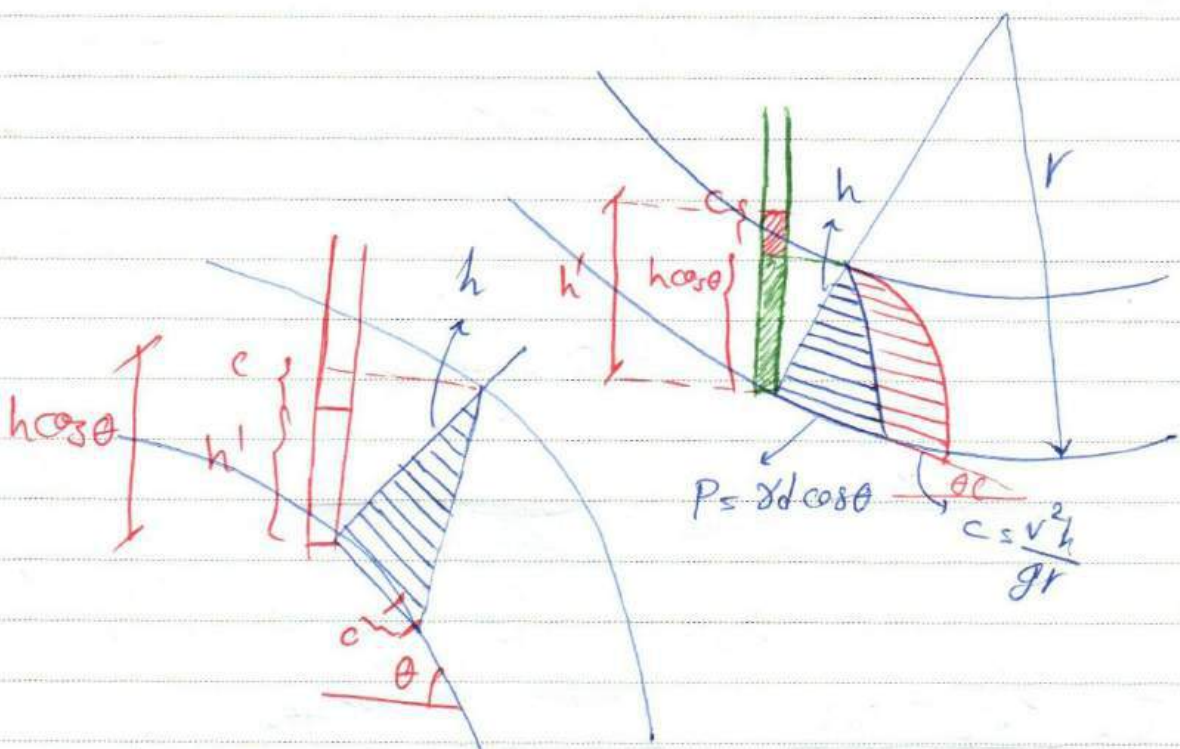
$$p dA = \gamma dA h + \rho dA h \left(\frac{v^2}{r} \right)$$

$$p = \gamma h + \rho h \frac{v^2}{r}$$

$$h' = \frac{p}{\gamma} = h + \underbrace{\frac{v^2 h}{rg}}_c$$

(فشار در سطح منحنی)

* اگر تقریباً به سمت بالا باشد $\leftarrow h' = h + c$ فشار اضافه می شود
 * اگر تقریباً به سمت بالا باشد $\leftarrow h' = h - c$ فشار کم می شود



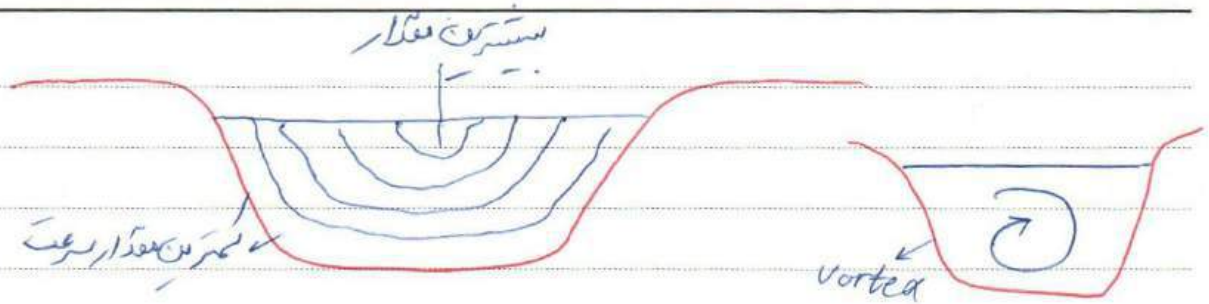
توزیع سرعت در کانالها:

سرعت در نزدیکی مرز جاذب برابر است با سرعت مرز جاذب

سرعت در نزدیکی مرز جاذب این صفر بوده و با فاصله از مرز جاذب افزایش می یابد.

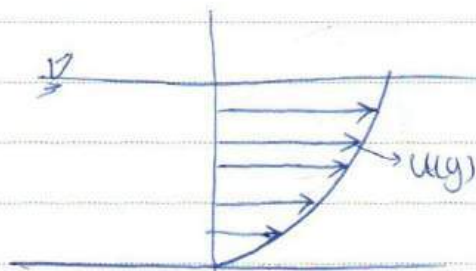
تغییرات سرعت در مجاریت فرکانس سینم تن مقدار خود را دارد. (گرادیان سرعت) $\frac{du}{dy}$ می باشد.

سرعت Ma در جایی نزدیک به سطح آزاد اتفاق افتاده (در جایی که هنوز تفاوت هوا خود را به پروپیل سرعت تحمل ننموده است). (و v) سرعت در سطح آزاد



* در حل مسائل از فرض متوسط سرعت استفاده می شود.

روش آوردن سرعت متوسط در کانالها :

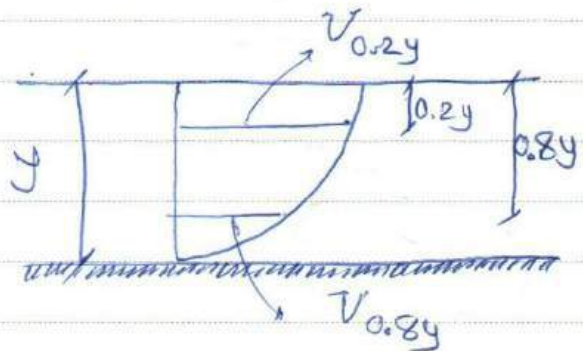


$$Q = \int \vec{V} \cdot d\vec{A}$$

$$V_{avg} = \bar{V} = \frac{Q}{A}$$

در کانالها، تجربه نشان می دهد که سرعت متوسط برابر است با

$$\bar{V} = \frac{V_{0.2y} + V_{0.8y}}{2}$$



اگر عمق جریان کم باشد $\bar{V} = V_{0.6y}$

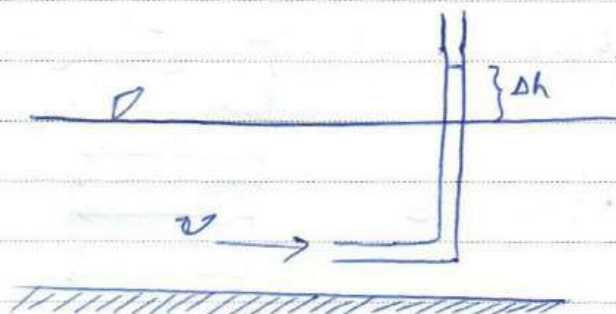
اگر سرعت سطح V_s باشد $\bar{V} = KV_s$ $0.8 < K < 0.95$

اندازه گیری سرعت در کانالها: از دستگاهی به نام مولینه استفاده می کنند که یک پروانه است در سرعت

چرخش آن رو صفحه را محاسبه می کنند و از آنجا که



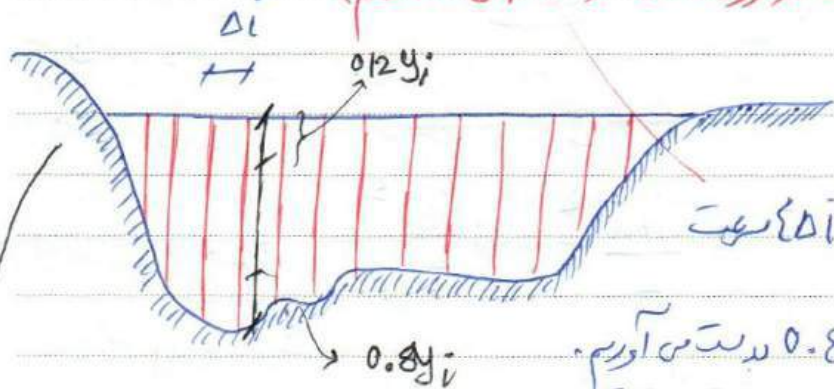
سرعت جریان V → سرعت دوران پروانه مولینه



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

$$v_1 = \sqrt{2g\Delta h}$$

محاسبه دبی و سرعت متوسط در رودخانه (کانالهای نامنظم)



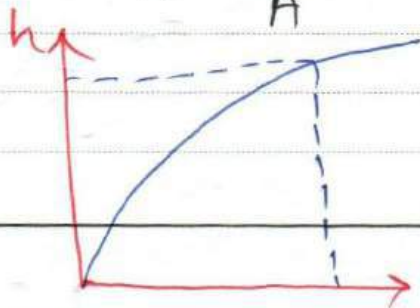
نقطه را به فواصل مشخص Δi

تقسیم کردیم در وسط آن از این Δi سرعت

را در دو عمق 0.2y و 0.8y بدست می آوریم.

$$A_i = \Delta i y_i \quad \bar{v}_i = \frac{v_{0.2y_i} + v_{0.8y_i}}{2}$$

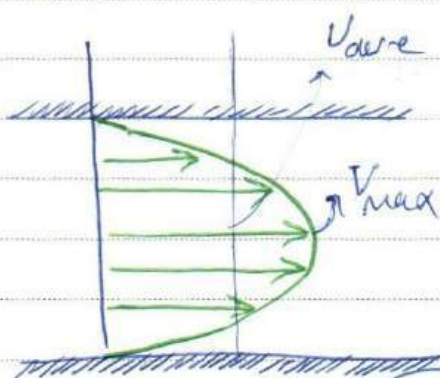
$$Q = \sum \bar{v}_i A_i \quad \bar{v}_m = \frac{Q}{A} = \frac{\sum \bar{v}_i A_i}{\sum A_i}$$



دبی

ضریب تصحیح انرژی جنبشی و بوسنوم :

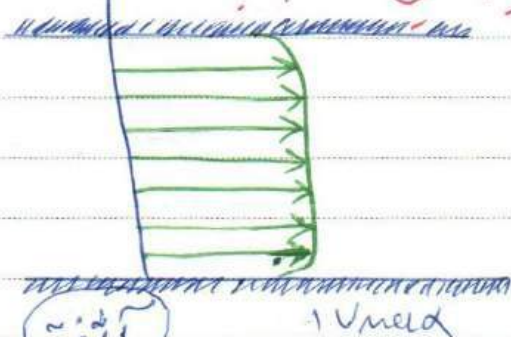
زمانیکه سرعت متوسط در مقطع جریان تفاوت قابل توجهی با سرعت واقعی جریان داشته باشد
ترم کمی سرعت در محادلات انرژی و بوسنوم نیاز به تصحیح دارد.



$$V_{max} = \frac{3}{2} \bar{V}$$

لایه‌ای

ضریب تصحیح انرژی جنبشی :

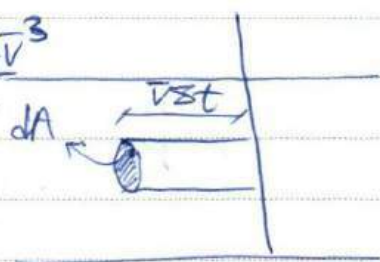


آشفته

همان در جریان آشفته توزیع سرعت تقریباً یکنواخت است نیاز به ضریب تصحیح ندارد.

انرژی جنبشی عبوری
ناشی از سرعت متوسط

$$\frac{dm \bar{v}^2}{2} = \rho \bar{v} \delta t \frac{dA \bar{v}^2}{2} = \rho \delta t \frac{dA \bar{v}^3}{2}$$



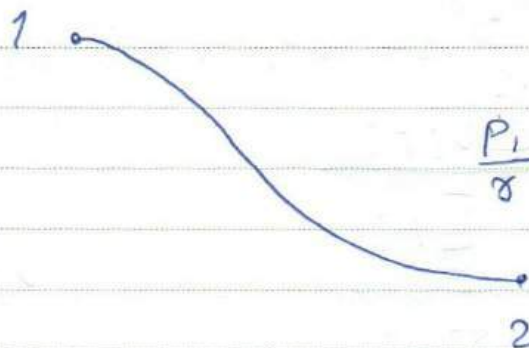
انرژی جنبشی عبوری
ناشی از سرعت واقعی

$$\frac{dm v^2}{2} = \rho \delta t dA v^3$$

انرژی جنبشی عبوری ناشی از سرعت واقعی

ضریب تصحیح
کینتیک

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



ضریب تصحیح موستوم

$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g}$$

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

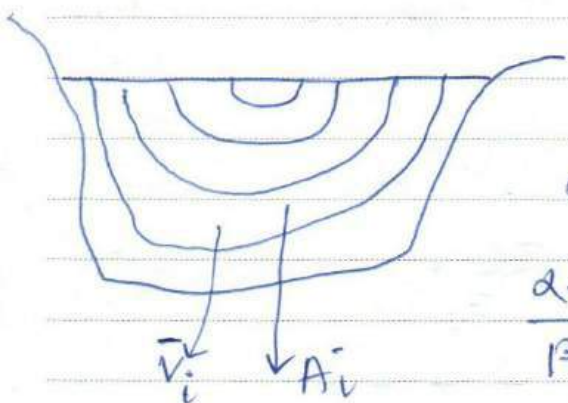
موستوم عبوری ناشی از سرعت متوسط : $dm\vec{V} = \rho \vec{V} \underline{\underline{dV}} + dA\vec{V} = \rho \underline{\underline{st}} dA\vec{V}^2$

موستوم عبوری ناشی از سرعت واقعی : $dm\vec{V} = \rho \underline{\underline{st}} dA\vec{V}^2$

ضریب تصحیح موستوم $\beta = \frac{\text{موستوم عبوری ناشی از سرعت واقعی}}{\text{موستوم عبوری ناشی از سرعت متوسط}} = \frac{\int V^2 dA}{\int \bar{V}^2 dA} = \frac{\int V^2 dA}{\int \bar{V}^2 dA}$

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

مقادیر α و β



(1) $\alpha > \beta > 1$ تیرین ثابت کند

(2) در جریان آشفته $\alpha \approx \beta (1.05 - 1.15)$

(3) تجربه نشان می دهد $\frac{\alpha - 1}{\beta - 1} = 2.7 - 2.8$ بین

Subject:

Year: Month: Date: ()

در لوله از d و β صرف نظر می کنیم.

رابطه متوسط مقطع

$$d = \frac{\int V^3 dA}{V_m^3 A}$$

$$V_m = \frac{\sum \bar{V}_i A_i}{\sum A_i}$$

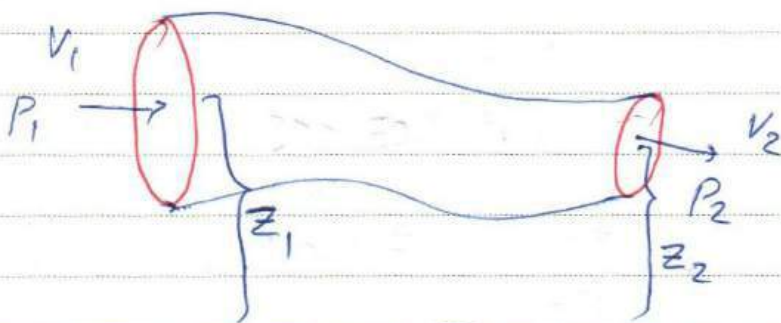
V_i : سرعت بین دو ناظر سرعت است.

$$d = \frac{\bar{V}_1^3 A_1 + \bar{V}_2^3 A_2 + \dots}{V_m^3 (A_1 + A_2 + \dots)} = \frac{\sum \bar{V}_i^3 A_i}{\left(\frac{\sum \bar{V}_i A_i}{\sum A_i} \right)^3 (\sum A_i)}$$

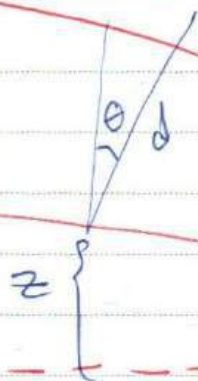
$$\alpha = \frac{(\sum \bar{V}_i^3 A_i)(\sum A_i)^2}{(\sum \bar{V}_i A_i)^3}$$

$$\beta = \frac{(\sum \bar{V}_i^2 A_i)(\sum A_i)}{(\sum \bar{V}_i A_i)^2}$$

اصل انرژی در ناظرهای باز:



$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + h_L$$



$$h_T = \frac{P}{\gamma} + z + \frac{\alpha v^2}{2g}$$

انرژی کل در لوله

$$H_T = z + \frac{\alpha v^2}{2g} + d \cos \theta$$

$$= z + \frac{\alpha v^2}{2g} + y \cos^2 \theta$$

$$H_T = z + \frac{\alpha v^2}{2g} + y$$

اگر شیب کم باشد: $\theta < 6^\circ \rightarrow \cos \theta \approx 1$ و $y \approx d$

در سیستم کانالهای باز: شیب کم باشد.

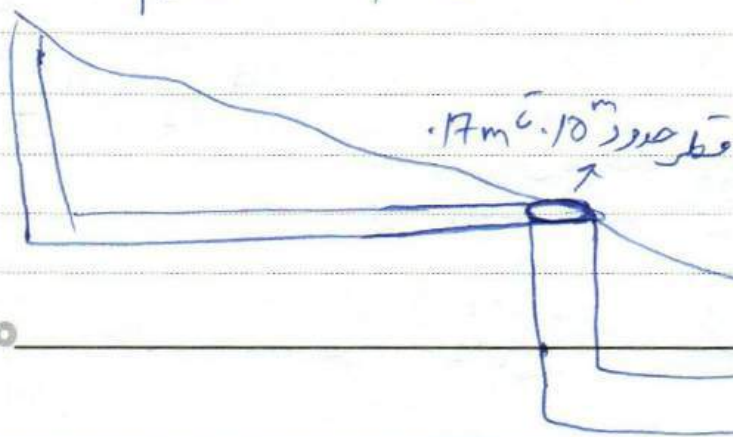
$$S_o = 0.001 \sim 0.002 \rightarrow \text{در کانالهای انتقال}$$

$$S_o > 0.005 \rightarrow \text{در کانالهای شهری این شیب مجاز نیست.}$$

جریان فوق بحرانی

$$S_o > 0.07 \rightarrow \text{احتمال شیب بدون}$$

برای اینده از جریان فوق بحرانی اجتناب کنیم آنگاه کانال را بیلانی می سازیم ولی اگر شیب خیلی زیاد بود آنگاه از شفت های قائم استفاده می کنیم.



Subject,

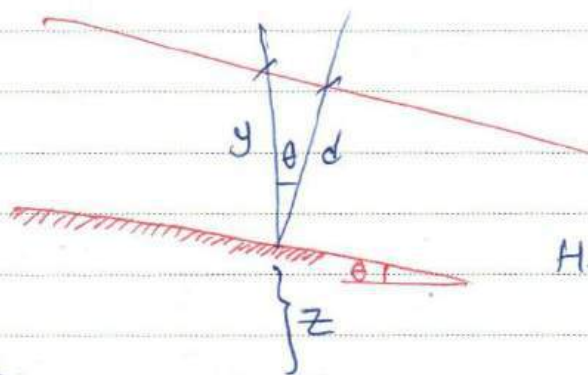
Year,

Month,

Date,

()

اصل انرژی :



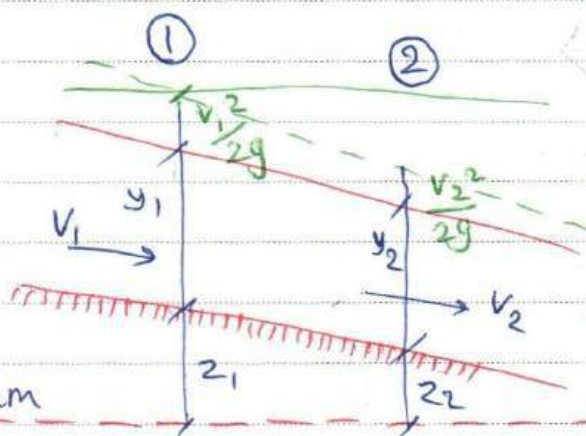
$$H_T = z + y \cos^2 \theta + \alpha \frac{v^2}{2g}$$

datum

اگر $\theta < 90^\circ$ باشد
 انچه $\rightarrow H_T = y + z + \frac{v^2}{2g} = y + z + \frac{Q^2}{2g A^2}$

تعریف انرژی مخصوص : (specific Energy)

اگر کف کانال به عنوان سطح مبدا در نظر گرفته شود، آنگاه انرژی عبوری از هر سطح مقطع



در واحد زمان را انرژی مخصوص گوئیم.

در میان اینها اختلاف در کانالها :

$$H_{T1} = y_1 + z_1 + \frac{v_1^2}{2g}$$

$$H_{T1} = y_2 + z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

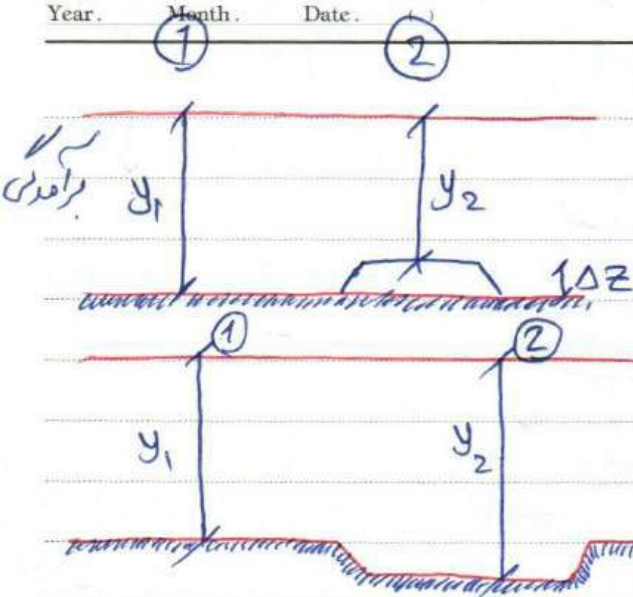
$$H_{T1} = H_{T2} + h_L$$

$$H_{T2} < H_{T1}$$

اگر جریان یکسوفت باشد
 $E_1 = y_1 + \frac{v_1^2}{2g}$
 $E_2 = y_2 + \frac{v_2^2}{2g}$
 $E_1 = E_2$
 $y_1 = y_2$
 $v_1 = v_2$

Subject:

Year: Month: Date:



الترتیب برآمدگی و فرود رفتهی دانسته باشیم

$$E_1 = E_2 + \Delta Z$$

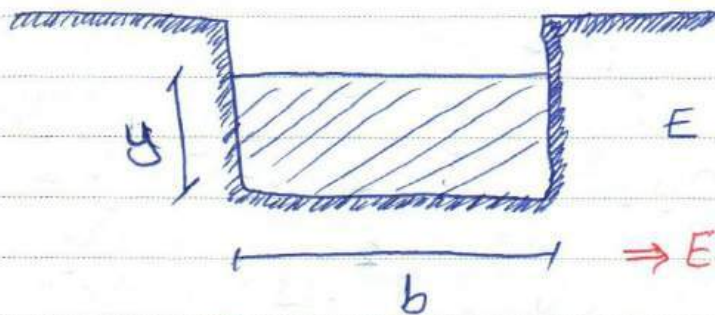
$$E_1 = E_2 - \Delta Z$$

* اگر در سیر جریان حرکت کنیم

- حتماً انرژی که کاهش می یابد.

- انرژی مخصوص می تواند ثابت باشد، کاهش یا افزایش یابد.

معادله انرژی مخصوص و تعریف اعماق متناوب (Alternate depths)



- برای مقطع مستطیلی

$$E = y + \frac{v^2}{2g} = y + \frac{Q^2}{2gA^2}$$

$$\Rightarrow E = y + \frac{Q^2}{2gb^2y^2}$$

$q = \frac{Q}{b} \rightarrow \frac{m^3}{s/m}$

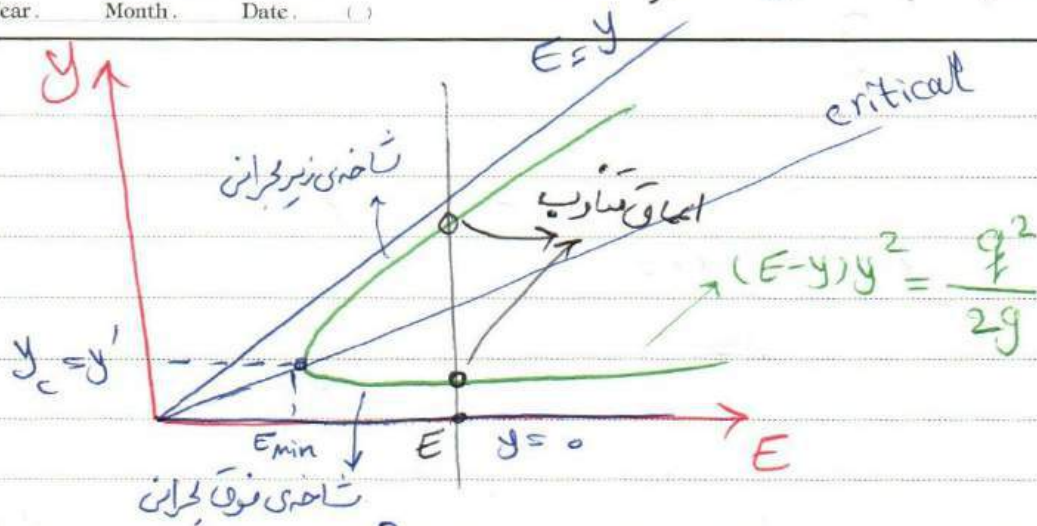
دری در واحد عرض

$$E = y + \frac{q^2}{2gy^2} \rightarrow (E - y)y^2 = \frac{q^2}{2g}$$

Subject:

Year. Month. Date. ()

تیمارهای میانی برای مقطع مستطیلی است.



$$E = y + \frac{q^2}{2gy^2}$$

$$\frac{dE}{dy} = 1 + \frac{q^2}{2g} \left(-\frac{2y}{y^4} \right) = 0 \quad \frac{q^2}{gy^3} = 1$$

$$q = \frac{Q}{b} = \frac{bvvy}{b} = vy \rightarrow \text{سرعت عمق} = \text{دبی در واحد عرض}$$

$$\frac{v^2}{gy} = 1 \rightarrow Fr^2 = 1 \rightarrow Fr = 1 \quad \text{انرژی min در عمق بحرانی اتفاق می افتد}$$

$$\rightarrow E_{min} = y + \frac{q^2}{2gy^2} = y + \frac{q^2}{2gy^3} y = y + \frac{y}{2} = \frac{3y}{2}$$

$$\frac{q^2}{gy^3} = 1 \rightarrow y_c = \left(\frac{q^2}{g} \right)^{1/3}$$

critical depth

* عمق بحرانی فقط تابع از دبی در واحد عرض است.

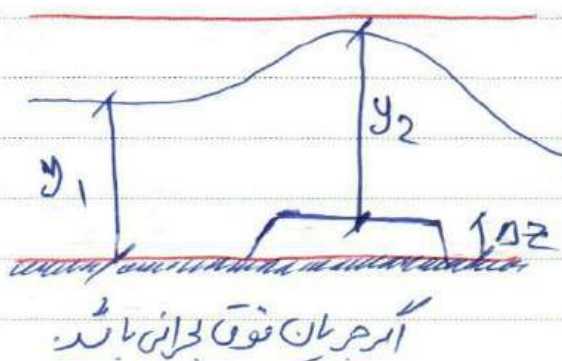
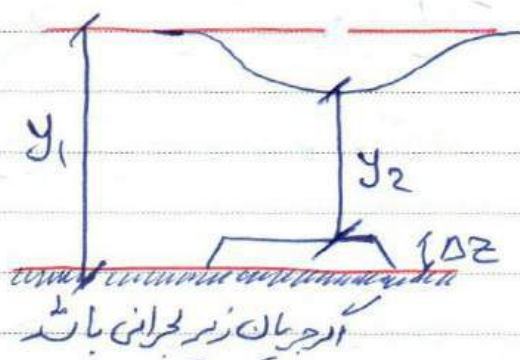
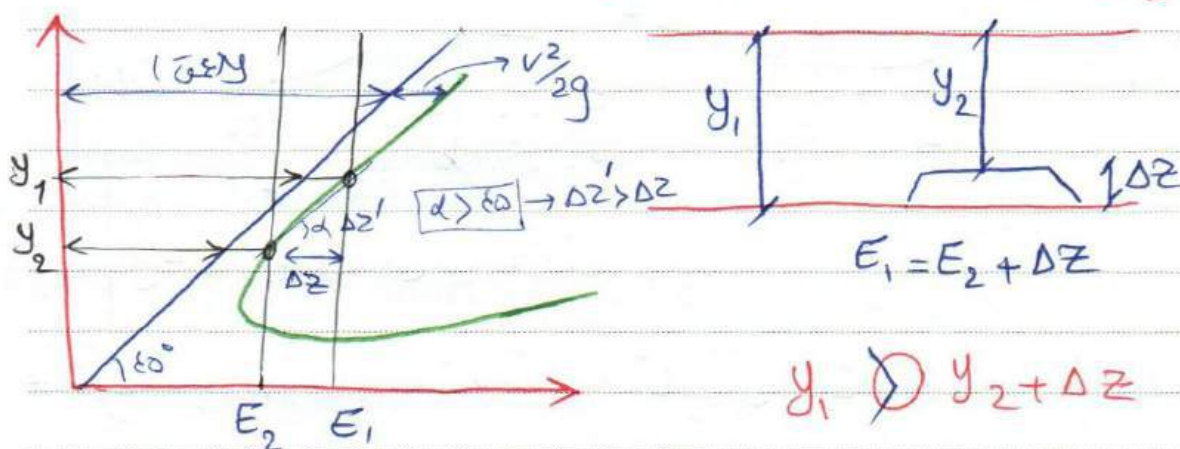
مفهوم کانال عرضی مستطیلی:

$$\frac{y}{b} \ll 1 \rightarrow R = \frac{A}{P} = \frac{by}{b+2y} = \frac{y}{1+2\frac{y}{b}}$$

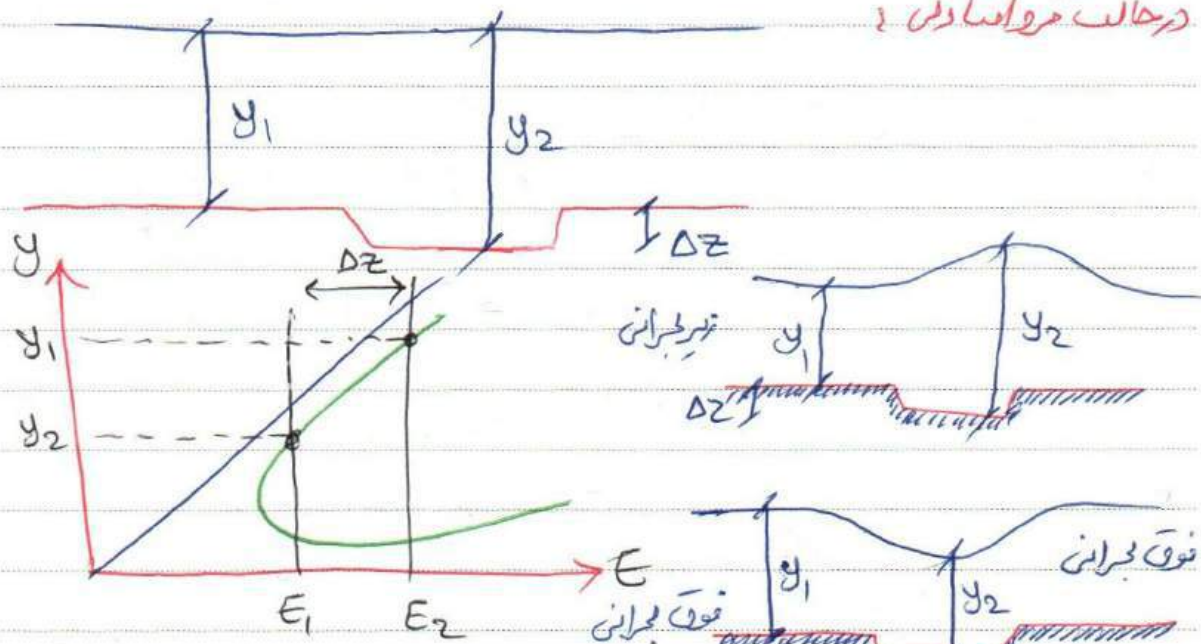
P ← پیرامون مرطوب

در بطور عرضی $R \approx y$

تعریف برای مدلی و فرومانی کف با انرژی مخصوص



در حالت فرو افتادگی :



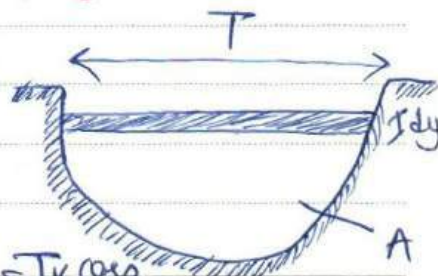
محن $E-y$ در حالت کلی برای هر مقطع دلخواه

* مرتب مقاطع روزنه ای نسبت به مقاطع مستطیلی آن است در اثر تغییر جانی خاک گند
اجبار می کند که مقطع مستطیلی باید اصلاح باشد تا گند ایجاد شده را بتواند تحمل کند و علاوه بر آن مستطیلی
هزینه بر است چون نیاز به قالب گذاری دارد.

$$E = y \cos^2 \theta + \frac{\alpha Q^2}{2gA^2}$$

برای حالت انحرافی مستقیم :

$$\frac{dE}{dy} = 0 = \cos^2 \theta + \frac{\alpha Q^2}{2g} \left(\frac{-2A}{A^4} \right) \frac{dA}{dy}$$



$$dA = T dy \rightarrow \frac{dA}{dy} = T \cos \theta$$

$$\cos^2 \theta - \frac{dQ^2}{g} * \frac{T \cos \theta}{A^3} = 0 \rightarrow \frac{dQ^2 T}{g A^3 \cos \theta} = 1 \rightarrow y_c \text{ محمول}$$

$$\frac{dQ^2 V^2}{g A^2 A \cos \theta} = 1 \rightarrow \frac{dV^2}{g D \cos \theta} = 1 \rightarrow Fr = \frac{\sqrt{d} V}{\sqrt{g D \cos \theta}}$$

Fr^2

$$y_c \text{ عمق آب} E_{min} = y_c \cos^2 \theta + \frac{dQ^2 T_c}{2g A_c^2 A_c} \frac{A_c \cos \theta}{T_c \cos \theta}$$

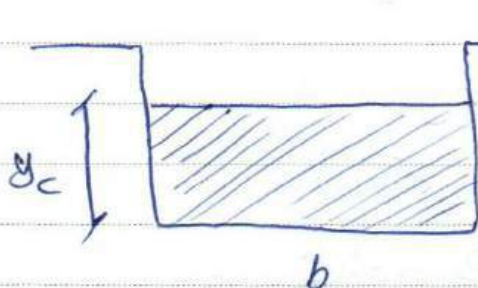
این دو عبارت = 1

$$E_{min} = y_c \cos^2 \theta + \frac{1}{2} D_c \cos \theta$$

برای مقاطع مستطیری -

$$\frac{dQ^2 T}{g A^3 \cos \theta} = 1$$

$$\frac{dQ^2}{g} = \frac{A^3 \cos \theta}{T \cos \theta}$$



$$\frac{dQ^2}{g} = \frac{(b y_c)^3}{b \cos \theta} \rightarrow y_c = \left(\frac{dQ^2 \cos \theta}{g} \right)^{1/3}$$

$$E_{min} = y_c \cos^2 \theta + \frac{1}{2} y_c \cos \theta$$

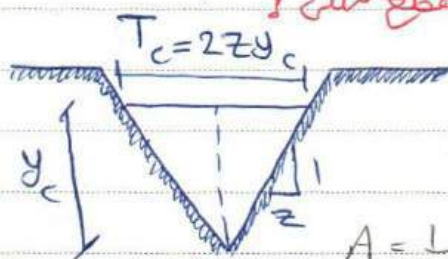
$$\theta < 6^\circ \rightarrow E_{min} = \frac{3}{2} y_c$$

Subject:

Year: Month: Date: ()

$$\frac{dQ^2}{g} = \frac{A^3 \cos \theta}{T \cos \theta}$$

$$\frac{dQ^2}{g} = \frac{(zy_c^2)^3 \cos \theta}{12zy_c \cos \theta} = \frac{zy_c^6 \cos \theta}{2zy_c \cos \theta}$$



$$A = \frac{1}{2} \times 2zy_c \times y_c = zy_c^2$$

$$y_c = \left(\frac{2dQ^2 \cos \theta}{g z^2 \cos \theta} \right)^{1/5}$$

$$D_c = \frac{A}{T}$$

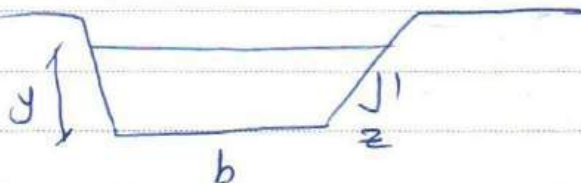
$$E_{\min} = y_c \cos^2 \theta + \frac{1}{2} \frac{zy_c^2}{2zy_c} \cos \theta = y_c \cos^2 \theta + \frac{y_c}{4} \cos \theta$$

$$\theta < \theta^* \rightarrow E_{\min} = \frac{5}{4} y_c$$

$$\frac{dQ^2}{g} = \frac{A^3}{T \cos \theta}$$

حسابی y برای مقاطع دلتا

$$\frac{dQ^2}{g} - \frac{A^3}{T \cos \theta} = 0$$



$$A = (b + zy)y \rightarrow T = b + 2zy$$

$$F(y) = 0 \quad \checkmark$$

به کمک روش
نیوتون رافسون

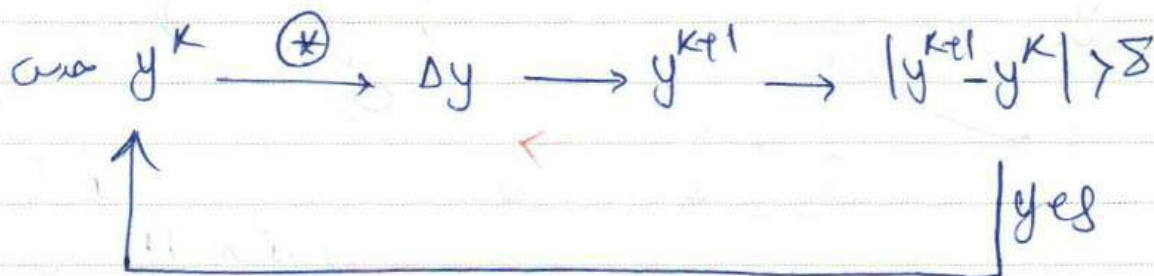
$$F(y^{k+1}) = F(y^k) + \left. \frac{dF}{dy} \right|_{y^k} \Delta y + \dots$$

$$F(y^{k+1}) = 0 \Rightarrow \Delta y = \frac{-F(y^k)}{\left. \frac{dF}{dy} \right|_{y^k}} \quad (*)$$

$$\Delta y = y^{K+1} - y^K$$

$$y_0 = y^{K+1}$$

↑ No



تمرین ۱: کمانال دوزنقه‌ای به فرم زیر موجود است. بمق جبرانی آن را محاسبه نمایید.

$$b = 3 \text{ m}, Q = 7 \text{ m}^3/\text{s}, Z = 2, \alpha = 1.3, \delta = 0.01$$

با کمک برنامه نویسی Matlab

نکته ۱: برای یک مقطع دلخواه، به ازای یک انرژی مشخص ثابت در مقیاس جبرانی وجود می‌آید.

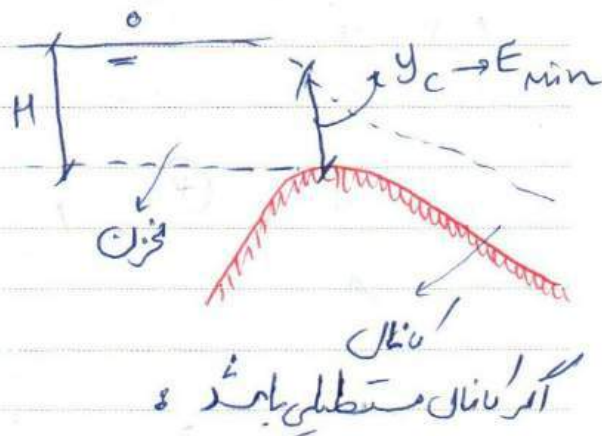
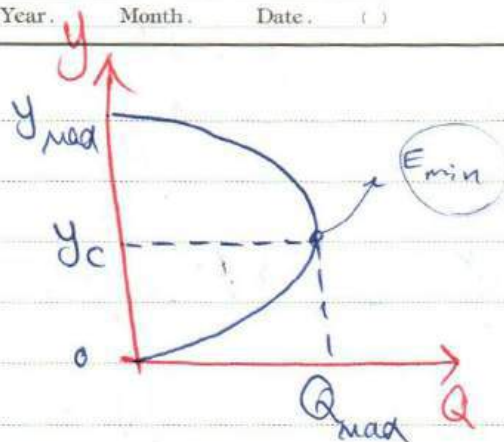
(بسیترین دبی در کمترین انرژی)

$$E = y + \frac{Q^2}{2gA^2} \quad \alpha = 1, \cos\theta = 1$$

$$Q^2 = 2gA^2(E - y) \quad Q = A \sqrt{2g(E - y)}$$

$$\rightarrow \frac{dQ}{dy} = \frac{dA}{dy} \sqrt{2g(E - y)} - \frac{gA}{\sqrt{2g(E - y)}} = 0$$

$$\rightarrow \frac{QT}{A} - \frac{gA^2}{Q} = 0 \rightarrow \frac{Q^2}{g} = \frac{A^3}{T}$$



$$E_{min} = \frac{3}{2} y_c \quad E_c = E_{min} = H = \frac{3}{2} y_c$$

مثال) موجی به ارتفاع ۱۰ cm از روی آبی با عمق ۱ m عبور می نماید، سرعت موج بطی

$$\Delta y = 0.1 \text{ m} \quad y_c = 1 \text{ m} \quad c = ?$$

کدام است؟

$$c^2 = gy \left(1 + \frac{\Delta y}{y}\right) \left(1 + \frac{\Delta y}{2y}\right)$$

$$\frac{\Delta y}{y} \ll 1 \rightarrow c = \sqrt{gy}$$

$$c^2 = g \times 1 (1 + 0.1) (1 + 0.05) \rightarrow c = 3.37 \text{ m/s}$$

مثال) در یک کانال مستطیلی با عمق ثابت جریان با سرعت ۷ و عمق ۳۰ cm وجود دارد.

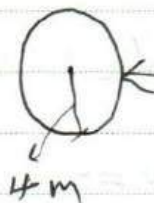
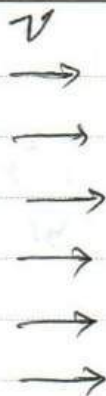
در نقطه A در شلنگ سنگی به داخل آب انداخته می شود، با توجه به امواج ایجاد

شده، سرعت جریان کدام است؟

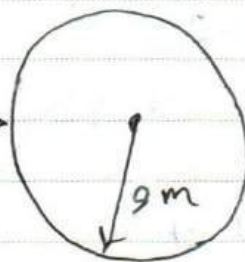
41

Subject:

Year. Month. Date. ()



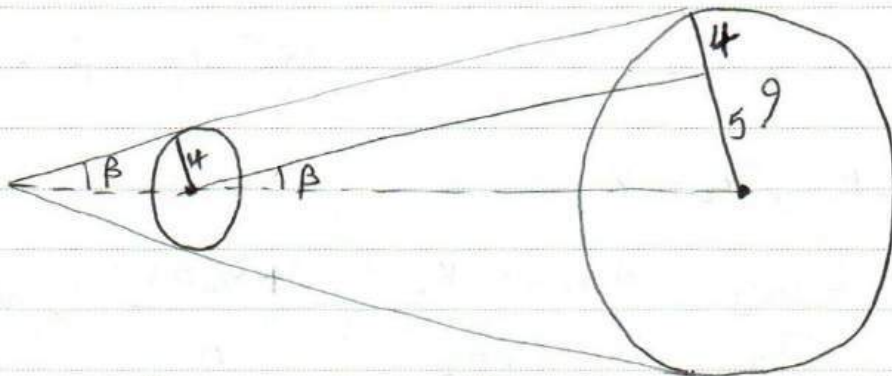
6m



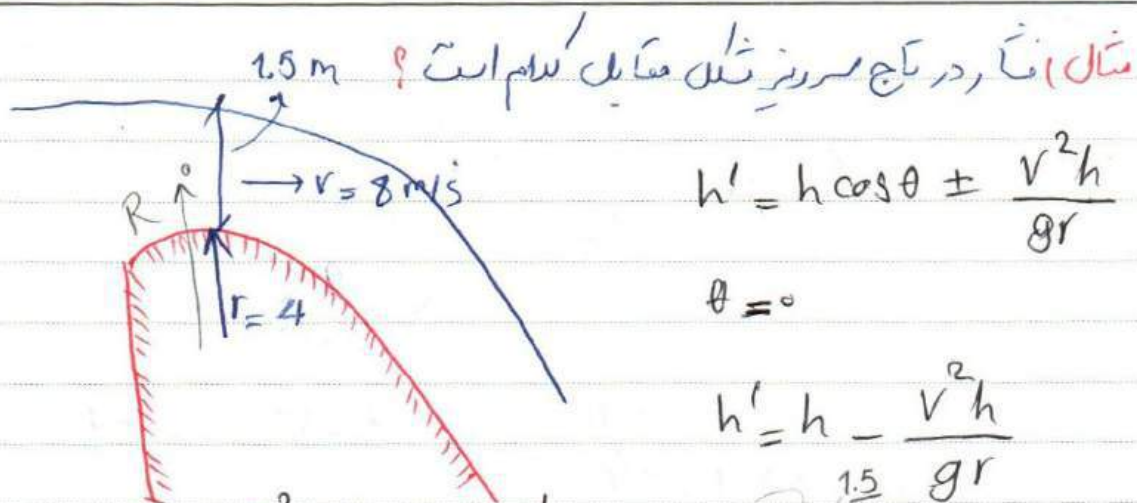
$$\left\{ \begin{array}{l} y = 0.3 \text{ m} \\ v = ? \end{array} \right.$$

$$\begin{aligned} (v+c)t &= 24 \rightarrow 2ct = 10 \rightarrow ct = 5 \\ (v-c)t &= 14 \end{aligned}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} c = \sqrt{gy} = \sqrt{9.81 \times 0.3} = 1.715 \text{ m/s} \\ v = \frac{19}{5}c \rightarrow v = \frac{19 \times 1.715}{5} = 6.52 \text{ m/s} \end{array} \right.$$



$$\sin \beta = \frac{c}{v} \quad / \quad \sin \beta = \frac{4}{9} = \frac{c}{v} \rightarrow v = \frac{19}{5}c$$



$$h' = h \cos \theta \pm \frac{v^2 h}{gr}$$

$$\theta = 0$$

$$h' = h - \frac{v^2 h}{gr}$$

$$h' = 1.5 - \frac{8^2 \times 1.5}{9.81 \times (R)} \rightarrow R = 4 + \frac{1.5}{4} = 4.75$$

$$h' = 1.5 - \frac{8^2 \times 1.5}{9.81 \times 4.75} = -0.56 \rightarrow \text{در تاج} = P = -5.6 \text{ kPa}$$

مثال) در مقطع از یک کانال سرعت در $1/4$ مقطع صفر و در $3/4$ دیگر یکسان است. باشد

ضرایب α و β کدام است؟

$$\left\{ \begin{array}{l} A_1 = 1/4 A, \quad V_1 = 0 \\ A_2 = 3/4 A, \quad V_2 = V \end{array} \right.$$

$$\bar{V} = \frac{\sum A_i V_i}{\sum A_i} = \frac{A_1 V_1 + A_2 V_2}{A_1 + A_2} = \frac{0 + 3/4 A V}{A} = 3/4 V$$

$$\alpha = \frac{\sum V_i^3 A_i}{\bar{V}^3 \sum A_i} = \frac{V_1^3 A_1 + V_2^3 A_2}{\bar{V}^3 \times (A_1 + A_2)} = \frac{(0)^3 \frac{3}{4} A}{(3/4 V)^3 A} = \frac{1}{(3/4)^2} = 1.78$$

$$\beta = \frac{\sum V_i^2 A_i}{\bar{V}^2 \sum A_i} = \frac{3/4}{(3/4)^2} = 1.33$$

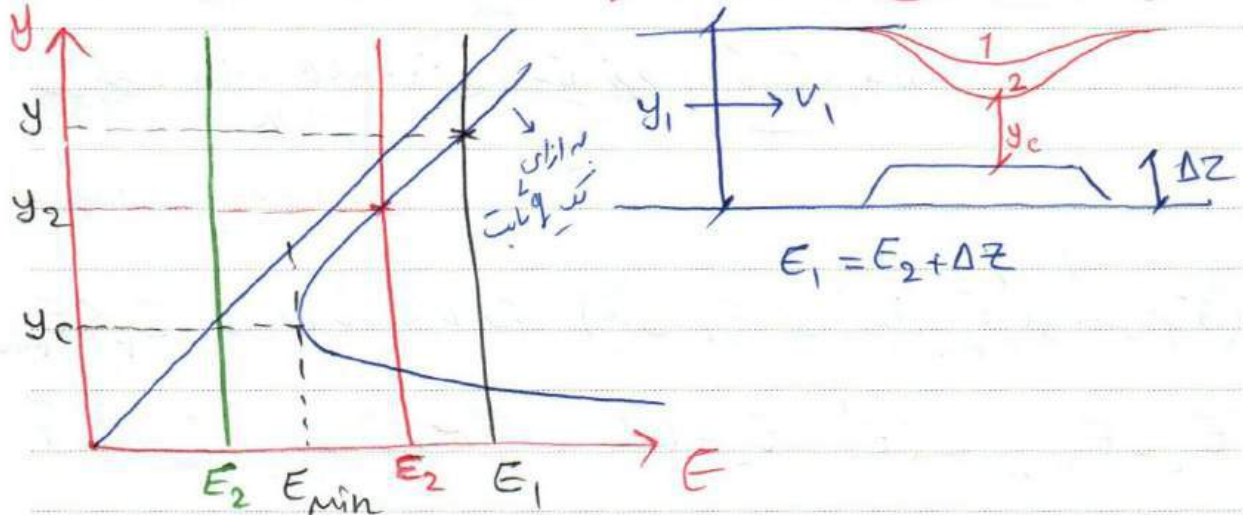
مثال) نشان دهید در یک مقطع مستطیلی $Fr^2 = \left(\frac{y_c}{y}\right)^3$

$$y_c = \left(\frac{q^2}{g}\right)^{1/3} \rightarrow y_c = \left(\frac{v^2 y^2}{g}\right)^{1/3} = \left(\frac{v^2 y^3}{gy}\right)^{1/3}$$

$$y_c = (Fr^2 y^3)^{1/3} \rightarrow y_c^3 = Fr^2 y^3$$

$$\rightarrow Fr^2 = \left(\frac{y_c}{y}\right)^3 \checkmark$$

تحلیل جریان عبور از یک مقطع مستطیلی ناشی از وجود برآمدگی و یا افتادگی در مقطع



1) $\Delta Z < \Delta Z_{max}$ $\rightarrow$ در دو نقطه ای اور و زیره می بر می گردد.

2) $\Delta Z = \Delta Z_{max}$

3) $\Delta Z > \Delta Z_{max}$ $\leftarrow$ ثابت Q
متغیر Q (ثابت نیست)

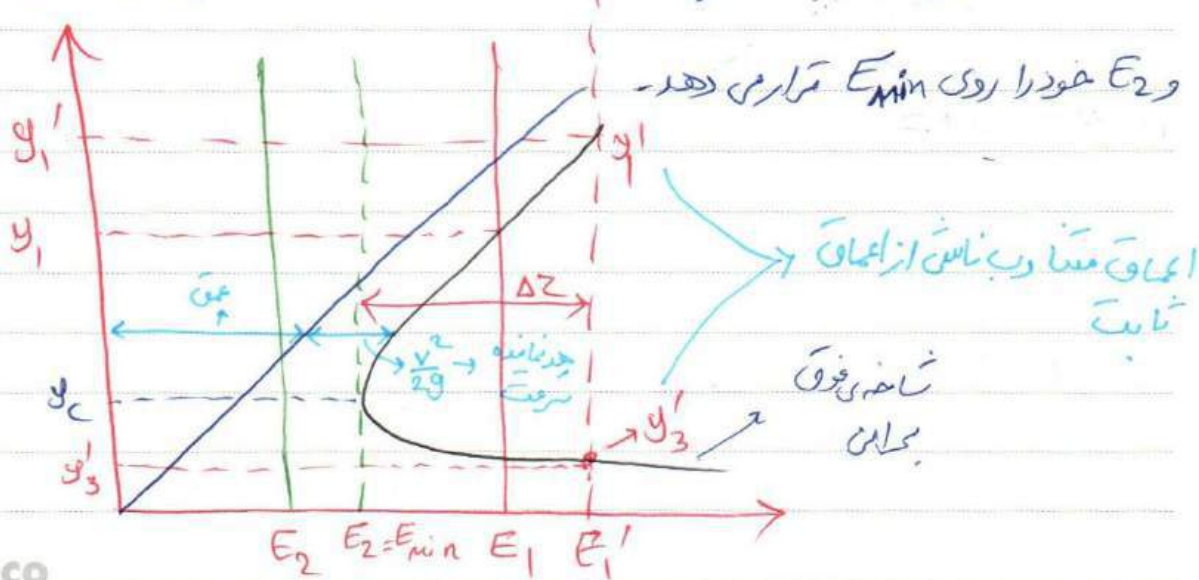
اگر آب بعد از برخورد به مانع و ارتفاع زمین *back water* ایجاد گردد این خط
 تا مخزن رس و مخزن را قطع کرد پس تا اثر گذایی روی مخزن دائیس دی می گردد
 ولی اگر خط *back water* مخزن را قطع نکرد دی ثابت می ماند .
curve

* در حالت ۳ صفحه قبل

$E_p < E_{min}$ و در این حالت باشد (هون) E_2 در عمل نباید از E_{min} کمتر باشد

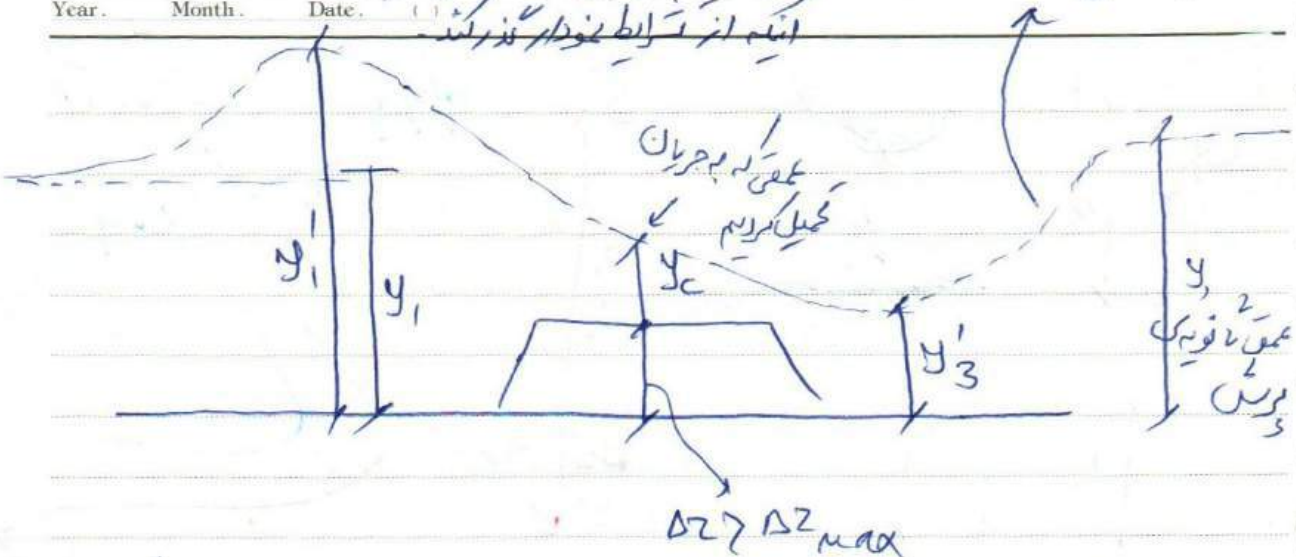
از آنجا که E_1 باید خیلی نزدیک به $E_2 = E_{\min} \rightarrow E'_1 = E_2 + \Delta Z$

و E_2 خود را روی E_{min} قرار می دهد.


$$\Delta z > \Delta z_{Max}$$

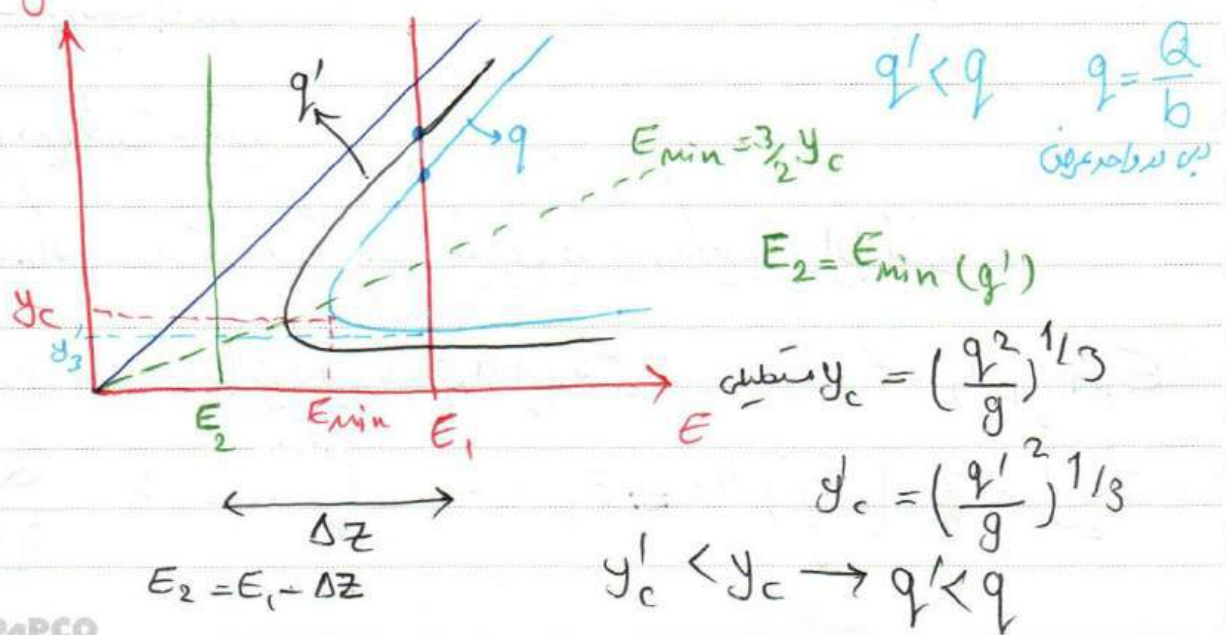
از وضعیت فوق برای به وضعیت زیر جریان می رود بدون اینکه انرژی را از دست بدهد

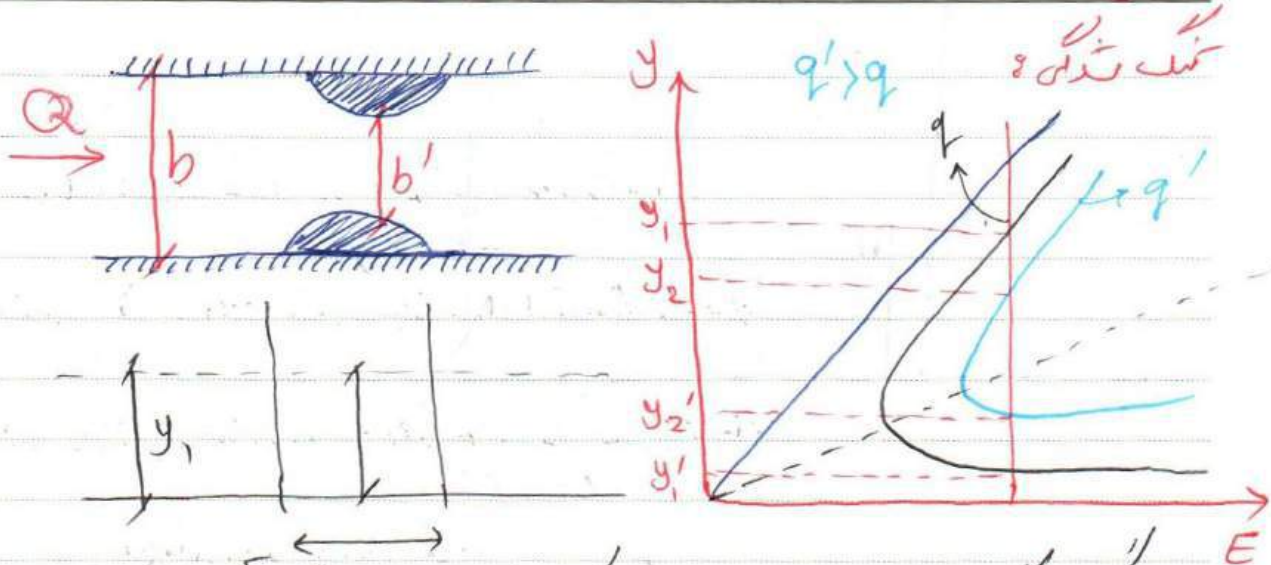
hydraulic jump



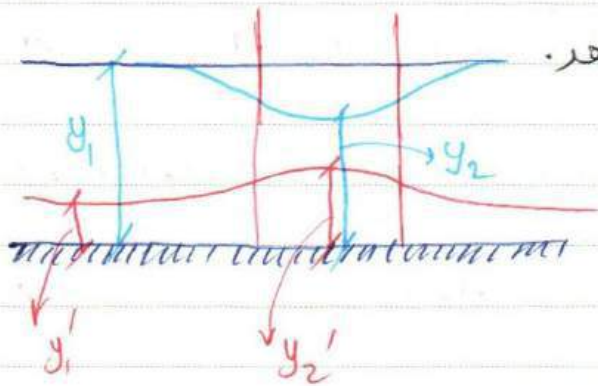
از آنجایی که y_c تابعی از q است $y_c = (\frac{q^2}{g})^{1/3}$ اگر q را زیاد کنیم y_c هم می بینیم
 یعنی وقتی y_c به سمت شیب می رود چون y_c باید زیاد شود و اگر q را کم کنیم y_c کم می شود و نمودار به چپ می کشد.

تحلیل جریان عبوری ازوی یک برآمدگی و یک شیب (مسطحی) (اگر q ثابت نباشد)





عمل تک تک را می توانیم ادامه دهیم که در q' مقدار E_2 با مقدار انرژی اولیه برابر شود اگر اینگونه نشود پدیده ای انداز رخ می دهد.



فصل تک تک :

- دبی ثابت باشد.

- دبی ثابت نباشد.

حداکثر مقدار تک تک به تعریفی در هیدرولیک جریان ایجاد شود.

سوال: تا چه حد تک کنیم تا انداز ایجاد نشود.

$$E_{\min_2}(q') = E_1$$

$$\frac{3}{2}y_c' = \frac{3}{2} \left(\frac{q'^2}{g} \right)^{1/3} = E_1 \rightarrow q' \rightarrow b' = \frac{Q}{q'}$$

تمرین تحلیل جریان تنگ شدن در حالت انداز

دو حالت در ثابت و دبی معین باید بررسی کرد اگر دبی

ثابت باشد مثل حالت قبل می شود اول ارتفاع می گیریم

وارد جریان فوق بحرانی می شود و عمق کم می شود (من صغری قبل)

اما اگر دبی معین باشد باید بررسی شود

مثال کانال مستطیلی با مشخصات زیر مفروض است، اگر ارتفاع برآمدگی ۰/۲۵ متر

باشد، مقدار عمق در روی برآمدگی کدام است؟ $y_1 = 2.0 \text{ m}$ $v_1 = 2.2 \text{ m/s}$

$\Delta z = 0.25 \text{ m}$

$$E_1 = y_1 + \frac{v_1^2}{2g} = 2 + \frac{2.2^2}{2 \times 9.81} = 2.246 \text{ m} \rightarrow y_c = \left(\frac{q^2}{g} \right)^{1/3}$$

برای تشخیص زیر بحرانی بودن $y_c < y_1$ یا $y_c > y_1$ مقایسه می کنیم اگر $y_c < y_1$ بود زیر بحرانی
فوق بحرانی $y_c > y_1$

$$y_c = \left(\frac{(2 \times 2.2)^2}{9.81} \right)^{1/3} = 1.25 < y_1 \rightarrow \text{زیر بحرانی}$$

$$E_{\min} = \frac{3}{2} y_c = 1.5 \times 1.25 = 1.875 \text{ m}$$

$$\Delta z_{max} = E_1 - E_{min} = 2.246 - 1.875 = 0.371 \text{ m}$$

$$\Delta z < \Delta z_{max} \rightarrow \text{انسداد نداریم}$$

$$E_2 = E_1 - \Delta z = 2.246 - 0.25 = 1.996 \text{ m}$$

$$E_2 = y_2 + \frac{Q^2}{2gA^2} = y_2 + \frac{q^2}{2gy_2^2} = 1.996 \text{ m} \xrightarrow{\text{حل معادله درجه ۳}} y_2 = 1.63 \text{ m}$$

در شان قبل اگر $\Delta z = 0.5$ متر باشد با فرض ربی ثابت مجموع جریان را بدست آورید.

$$\Delta z > \Delta z_{max} \rightarrow \text{انسداد}$$

$$E_2 = E_{min} = 1.875 \quad E_1' = E_2 + \Delta z = 1.875 + 0.5 = 2.375 \text{ m}$$

$$E_1' = y_1' + \frac{q^2}{2gy_1'^2} = y_1' + \frac{(2 \times 2.2)^2}{2g \times y_1'^2}$$

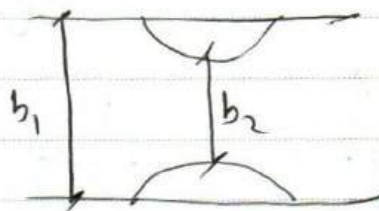
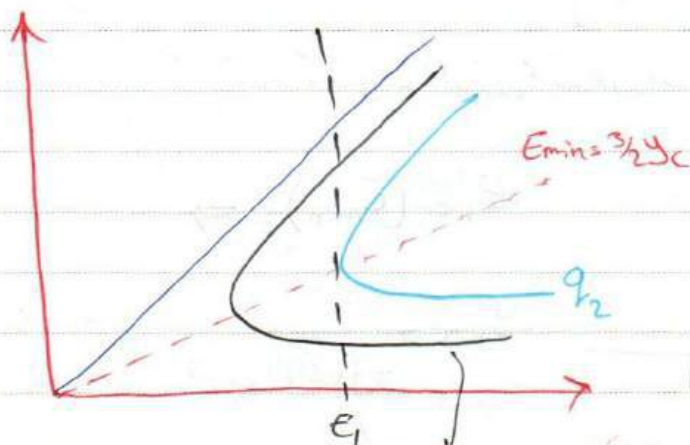
$$y_1' = 2.16 \text{ m}$$

$$y_2' = 1.25$$

$$y_3' = ? \leftarrow \text{مجموع متساوی جریان}$$

مثال ۱ کانال مستطیلی با مشخصات زیر موجود است، حد اکثر جریدر می توان عرض را کاهش داد تا شرایط

جریان کانال تغییر نکند. $b_1 = 30 \text{ m}$, $Q = 90 \text{ m}^3/\text{s}$, $y_1 = 2.5 \text{ m}$



$$E_1 = y_1 + \frac{Q^2}{2gA_1^2} = 2.573 \text{ m}$$

$$q_1 = \frac{Q}{b_1} = \frac{90}{30} = 3 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$$

از آنجا که $q_2 > q_1$ می شود و نهایتاً تا مقداری

می توان عرض را کاهش داد که $E_{\min}$ مقطع جدید E_1 مقطع تنگی گردد.

$$y_{c1} = \left(\frac{q_1^2}{g} \right)^{1/3} = \left(\frac{3^2}{9.81} \right)^{1/3} = 0.97 \text{ m}$$

$$(E_{\min})_{q_2} = E_1 \rightarrow \frac{3}{2} y'_{c2} = 2.573 \rightarrow y'_{c2} = \frac{2}{3} \times 2.573 = 1.72$$

$$y'_{c2} = \left(\frac{q_2^2}{g} \right)^{1/3} \rightarrow q_2 = 7.07 \text{ m}^3/\text{s} \quad b_2 = \frac{Q}{q_2} = \frac{90}{7.07} = 12.73$$

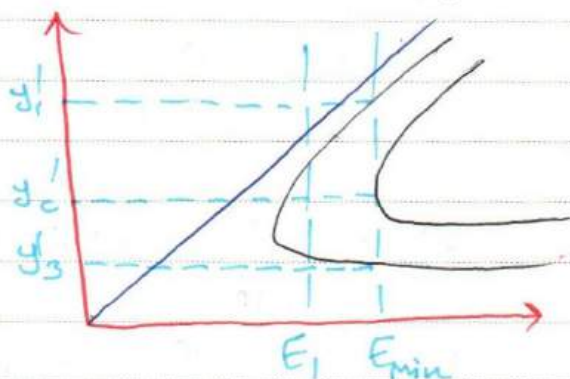
مثال ۱ در مثال قبل اگر عرض مقطع از ۳۰ m به ۱۰ m کاهش یابد، (الف) با فرض بی

تاب (ب) با فرض انرژی مشخص ثابت و وضعیت جریان را محاسبه نماید.

$$b_2 = 10 \rightarrow q_2 = \frac{90}{10} = 9 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$$

$$(E_{\min})_2 = \frac{3}{2}(y_c)_1 = \frac{3}{2} \times \left(\frac{q_2^2}{g}\right)^{1/3} = 3.03 \quad (E_{\min})_2 > E_1$$

الف) اگر دبی ثابت باشد (یعنی انرژی محصول ثابت باشد)



$$E_1' = (E_{\min})_2 \Rightarrow$$

$$y_1' + \frac{Q^2}{2g(30)^3(y_1')^2} = 3.03$$

$y_1' \quad y_3'$

$$y_1' + \frac{Q^2}{2gx(30)^2 y_1'^2} = 3.03 \rightarrow y_1' = 2.98 \sim 3.0$$

$$y_3' = 0.42$$

همان بالا می ماند

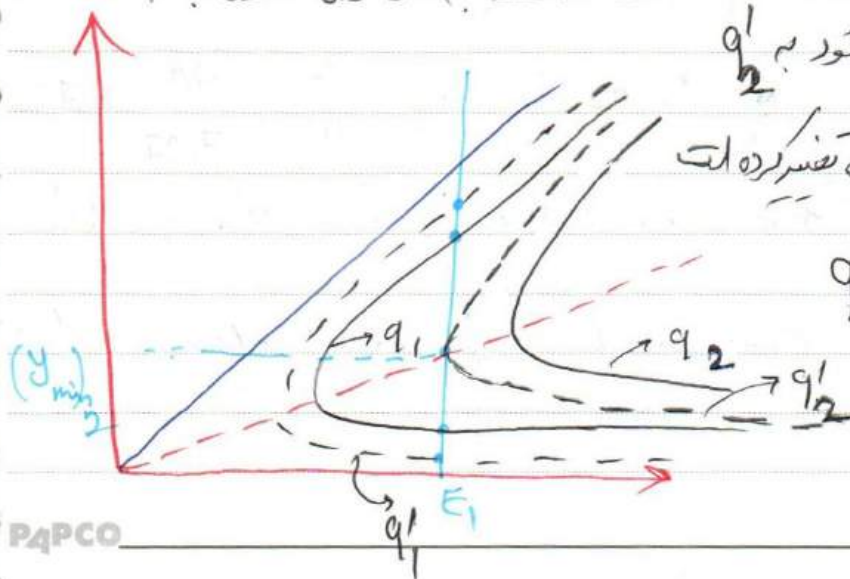
$$y_c' = \left(\frac{q^2}{g}\right)^{1/3} = 2.02 \checkmark$$

ب) اگر انرژی محصول ثابت باشد

q_2 تبدیل می شود به q_2'

چون انرژی تغییر کرده پس دبی تغییر کرده است

و q_1 نیز باید تبدیل شود به q_1'



$$E_1 = (E_{min})_2 = \frac{3}{2} (y_{c2}) = \frac{3}{2} \left(\frac{q_2'^2}{g} \right)^{1/3} = 2.573 \text{ m}$$

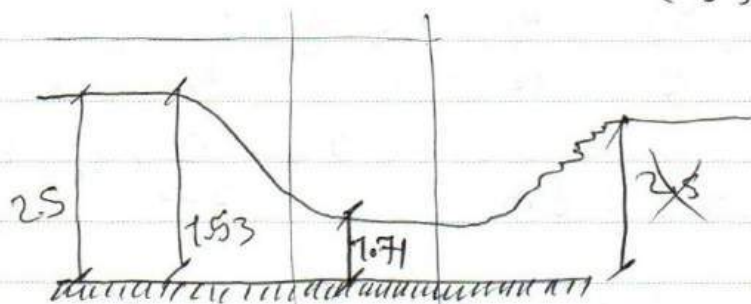
$$\Rightarrow q_2' = 7.04 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$$

$$Q' = b_2 \times q_2' = 10 \times 7.04 = 70.4 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$q_1' = \frac{Q'}{b_1} = \frac{70.4}{30} = 2.35$$

$$y + \frac{Q'^2}{2gA^2} = E_{min} = 2.573 \quad y + \frac{(70.4)^2}{2 \times 9.81 \times (30 \times y)^2} = 2.573$$

جواب معادله $\left\{ \begin{array}{l} y_1' = 2.53 \text{ m} \\ y_3' = 0.36 \text{ m} \end{array} \right.$



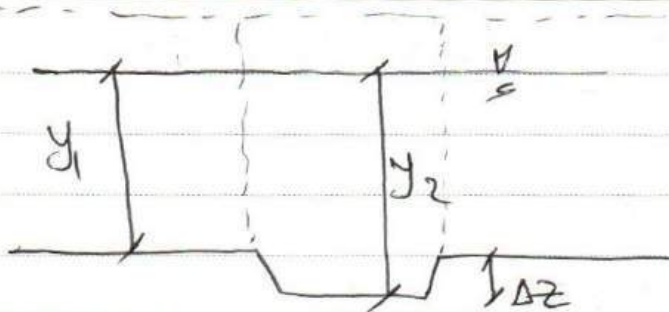
مثال ۱) عرض یک کانال مستطیلی را از ۳.۵ m به ۲.۵ m کاهش می دهیم، اگر عمق آب

قبل از تنگ شدن ۱.۵ m باشد کف کانال در محل تنگ شدن چه تغییری کند، تا تراز سطح

آب در عبور از تنگ شدن تغییر نیابد. اگر تنگ شدن داشته باشیم عمق پایین می آید در عرض

و اگر فرو رفتنی داشته باشیم عمق بالا می آید.

اگر برآمدگی در مقطع کانال داشته باشیم، عمق پایین می آید.



الان این شرط باید جریان محتمل بردیم
 $y_1 + \Delta z = y_2$ گرداننده حتماً
 $V_1 = V_2$ خواهد بود. نشان می دهیم

$$y_2 = y_1 + \Delta z, E_1 + \Delta z = E_2$$

$$y_1 + \frac{Q^2}{2gb_1^2 y_1^2} + \Delta z = y_2 + \frac{Q^2}{2gb_2^2 y_2^2}$$

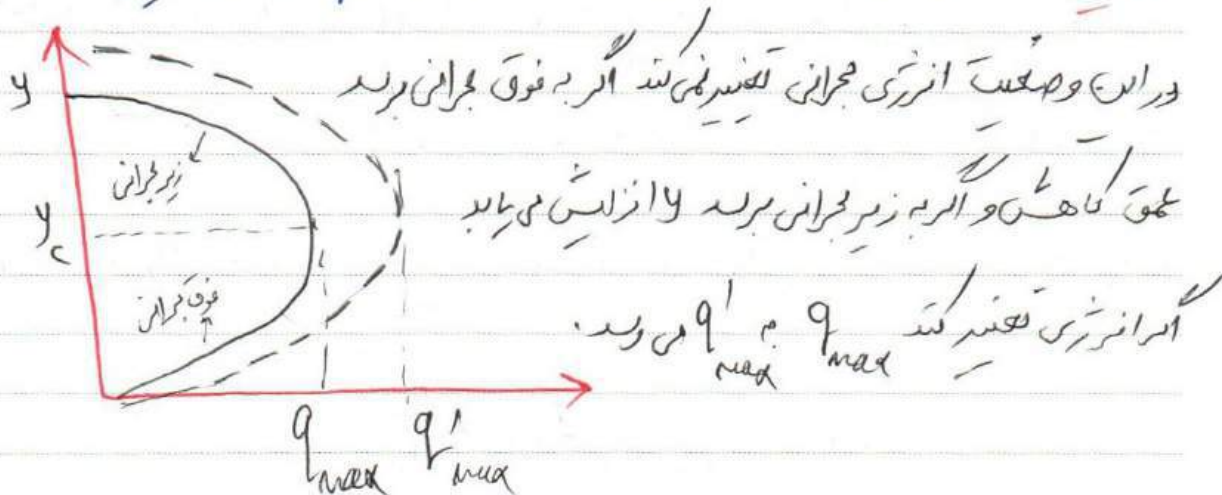
$$\frac{V_1^2}{2g} = \frac{V_2^2}{2g} \rightarrow V_1 = V_2 \checkmark$$

$$\Rightarrow b_2 y_2 = b_1 y_1 \rightarrow \frac{y_2}{y_1} = \frac{b_1}{b_2} \Rightarrow y_2 = \frac{b_1}{b_2} y_1$$

$$= \frac{3.5}{2.5} \times 1.5 = 2.1$$

$$\Delta z = y_2 - y_1 = 2.1 - 1.5 = 0.6 \text{ m}$$

تمرین ۱: وجود یک شکستگی را با منحنی $q-y$ توصیف نماید.



Subject:

Year:

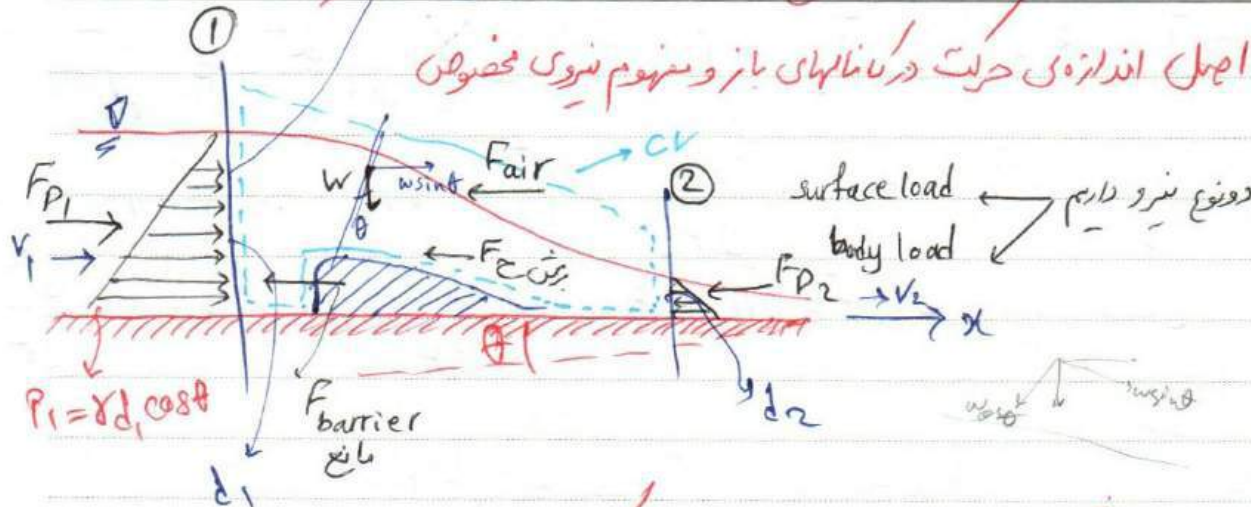
Month:

Date:



$$P_1 = \gamma d_1 \cos \theta \times A_1$$

اصل اندازه‌ی حرکت در ناخالصی‌های باز و مفهوم نیروی مخصوص



قانون استقامت رینولدز و اصل اندازه‌ی حرکت

$$\sum \vec{F} = \frac{\partial}{\partial t} \int_{CV} \rho \vec{V} dV + \int_{CS} \rho \vec{V} \cdot \vec{V} \cdot d\vec{A}$$

سیال‌های جریان

برای جریان پایدار

$$\sum F = \rho Q (\beta_2 V_2 - \beta_1 V_1)$$

جریان یک‌دروزی و یک‌خروجی

$$\sum F_x = F_{p1} - F_{p2} + w \sin \theta - F_b - F_{barrier} - F_{air}$$

$$F_{p1} = \gamma \bar{d}_1 \cos \theta A_1$$

$$F_{p2} = \gamma \bar{d}_2 \cos \theta A_2$$

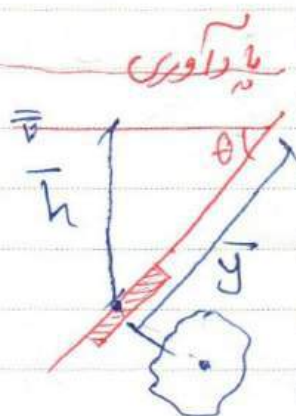
$$\gamma \bar{d}_1 \cos \theta A_1 - \gamma \bar{d}_2 \cos \theta A_2 + F_{ext}$$

$$= \rho Q (\beta_2 V_2 - \beta_1 V_1)$$

$$F_c = \rho A_2 \gamma \bar{h} A$$

centroid

$\bar{y} \sin \theta$



شکل مقطع

$$\gamma \bar{d}_1 \cos \theta A_1 - \gamma \bar{d}_2 \cos \theta A_2 + F_{ext} = \frac{\gamma}{g} \left(\beta_2 \frac{Q^2}{A_2} - \beta_1 \frac{Q^2}{A_1} \right)$$

$$\frac{F_{ext}}{\gamma} = \left(\bar{d}_2 \cos \theta A_2 + \frac{\beta_2 Q^2}{g A_2} \right) - \left(\bar{d}_1 \cos \theta A_1 + \frac{\beta_1 Q^2}{g A_1} \right)$$

تعریف نیروی مخصوص $F = \bar{d} \cos \theta + \beta \frac{Q^2}{g A} = \bar{y} \cos^2 \theta A + \beta \frac{Q^2}{g A}$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{F_{ext}}{\gamma} = F_2 - F_1}$$

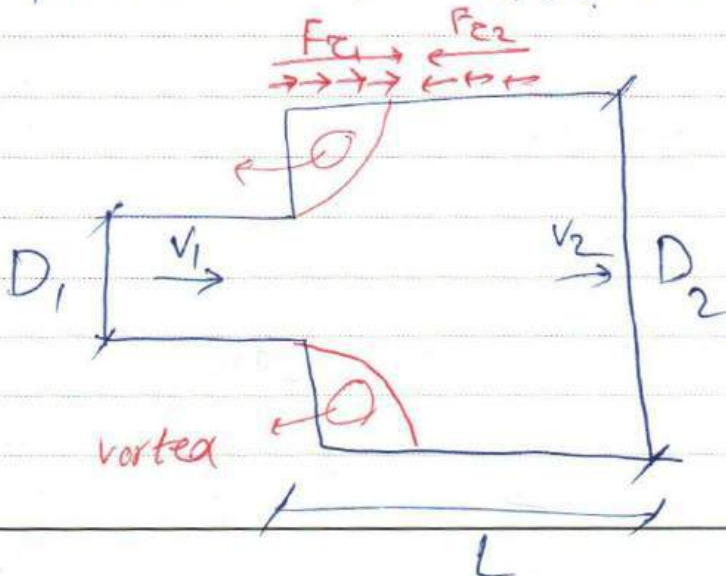
اگر $\theta < 90^\circ \rightarrow \beta = 1 \rightarrow F = \bar{y} A + \frac{Q^2}{g A}$

اگر $\frac{F_{ext}}{\gamma}$ برابر صفر باشد آنگاه در حالتی این مسئله رخ می دهد که $\theta = 90^\circ$ که مولفه $\sin \theta$

صفر رود و F حالتی صفر است که مافت کوتاه باشد و مانع نداشته و F_{air} مابقی صفر نظر باشد.

- در حالتی که افت انرژی مجهول بود (از سیالات) از معادله می توانیم استفاده کنیم

نه معادله انرژی



لرادر سیالیت به گونه ای مرتب می شود که F_1 و F_2 برابر شوند آنگاه با معادله ی موصوف
 P_1 و P_2 به دست می آید V_1 و V_2 در سوال معلوم هستند و نهایتاً با معادله ی انرژی
 تعداد افت انرژی در مقطع به دست می آید

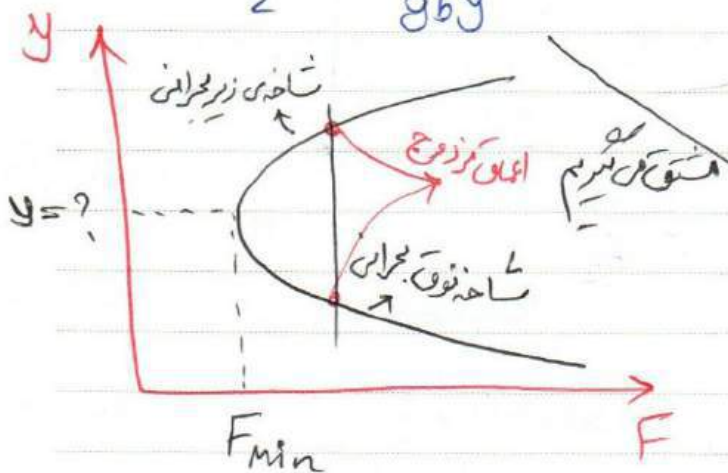
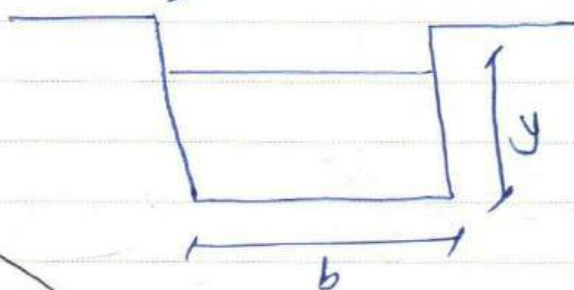
مفهوم نیروی محضولی و تعریف اعماق مزدوج (conjugated depths):

شعاع منبسط $= y_1/2$

$$F = \bar{y} A + \frac{Q^2}{gA}$$

$$F = \frac{by^2}{2} + \frac{Q^2}{gby}$$

استفاده از مقطع مستطیلی:



$$\frac{dF}{dy} = by + \frac{Q^2}{gb} \left(-\frac{1}{y^2} \right) = 0$$

$$by = \frac{Q^2}{gb y^2} \Rightarrow y^3 = \frac{Q^2}{b^2 g}$$

$$= \frac{q^2}{g} \rightarrow y = \left(\frac{q^2}{g} \right)^{1/3} = y_c$$

$$F_{min} = \frac{by_c^2}{2} + \frac{Q^2}{gby_c} \frac{by_c^2}{by_c^2}$$

$$= \frac{by_c^2}{2} + \frac{Q^2}{gb^2 y_c^3} by_c^2 = \frac{by_c^2}{2} + by_c^2 = \frac{3}{2} by_c^2$$

$$= \frac{3}{2} A y_c^3$$

$$Fr^2 = 1$$

کلیت برش هیدرولیک :

فرضیات :

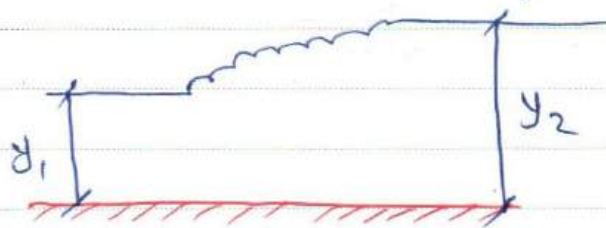
۱- طول برش کوتاه باشد

۲- شیب کف کانال کم باشد

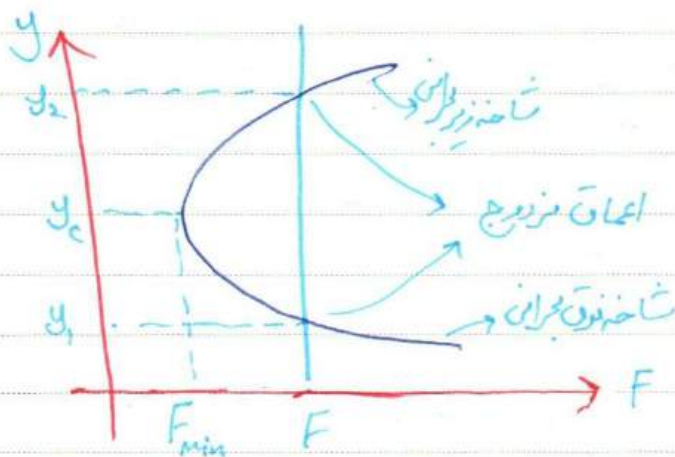
۳- مانع در مسیر برش وجود نداشته باشد

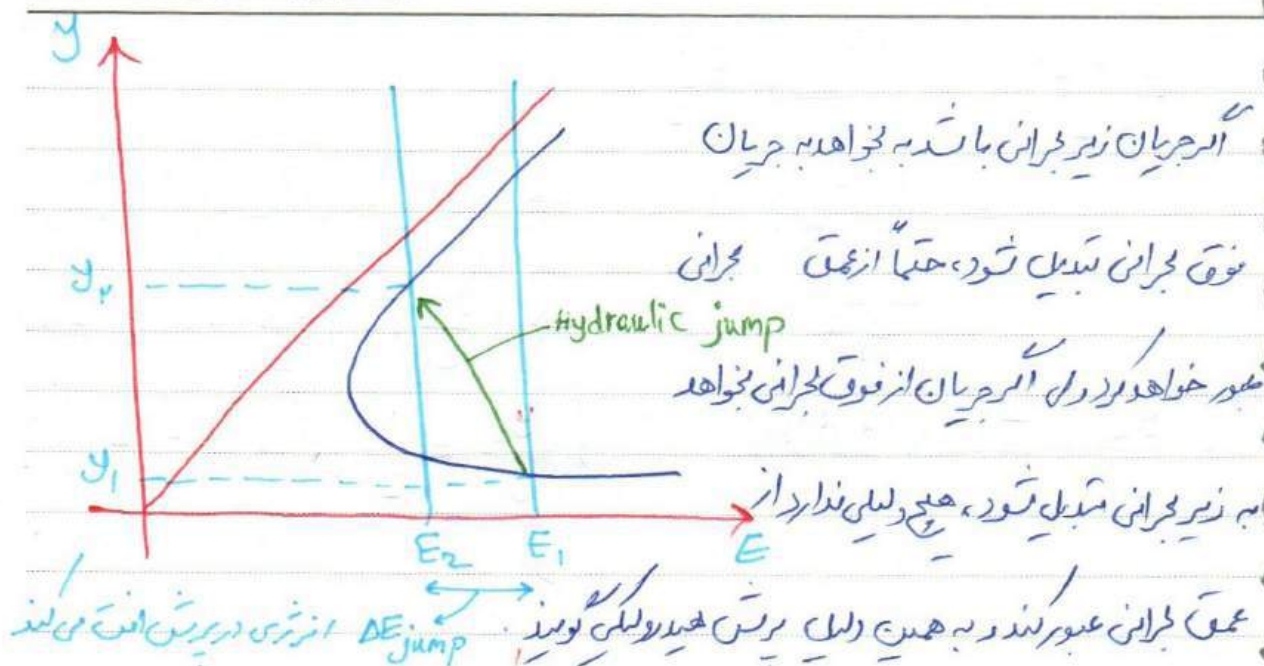
۴- کانال مستطیل منشوری باشد

$$F = \gamma A + \frac{Q^2}{g \cdot A}$$

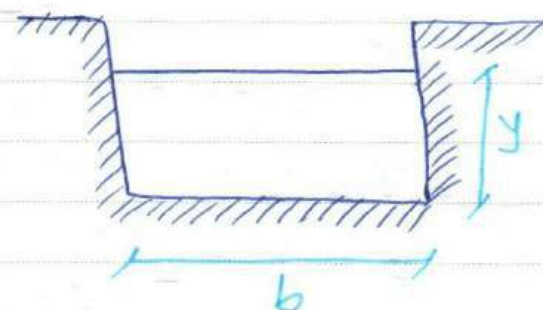


فرضیات $\rightarrow F_{ext} = 0 \rightarrow F_1 = F_2$





در مقطع $F_1 = F_2$



$$\frac{y_1 b y_1}{2} + \frac{Q^2}{g b y_1} = \frac{y_2 b y_2}{2} + \frac{Q^2}{g b y_2}$$

$$\frac{y_1^2}{2} + \frac{q^2}{g y_1} = \frac{y_2^2}{2} + \frac{q^2}{g y_2}$$

$$\rightarrow \frac{q^2}{g} \left(\frac{1}{y_1} - \frac{1}{y_2} \right) = \frac{1}{2} (y_2^2 - y_1^2)$$

$$\frac{q^2}{g y_1 y_2} (y_2 - y_1) = \frac{1}{2} (y_1 + y_2) (y_2 - y_1)$$

$$\frac{y_1 + y_2}{2} = \frac{q^2}{g y_1 y_2}$$

$$\frac{y_1 + y_2}{2} = \frac{q^2}{g y_1 y_2} \times \frac{y_1^2}{y_1^2}$$

$$= \frac{q^2}{g y_1^3} \times \frac{y_1^2}{y_2} \Rightarrow y_1 y_2 + y_2^2 = 2 F_{r_1}^2 y_1^2$$

$$\underbrace{\quad}_{F_{r_1}^2}$$

$$\Rightarrow \left(\frac{y_2}{y_1}\right)^2 + \left(\frac{y_2}{y_1}\right) - 2 F_{r_1}^2 = 0$$

$$\rightarrow \frac{y_2}{y_1} = \frac{-1 \pm \sqrt{1 + 8 F_{r_1}^2}}{2}$$

$$\rightarrow \frac{y_2}{y_1} = \frac{1}{2} (\sqrt{1 + 8 F_{r_1}^2} - 1)$$

$$\frac{y_1}{y_2} = \frac{1}{2} (\sqrt{1 + 8 F_{r_2}^2} - 1)$$

ارتفاع پریش $(y_2 - y_1)$ طول پریش $L_j = (6.5) \times (y_2 - y_1)$

توان از دست رفته $P = \gamma Q \Delta E_j$

تقریباً

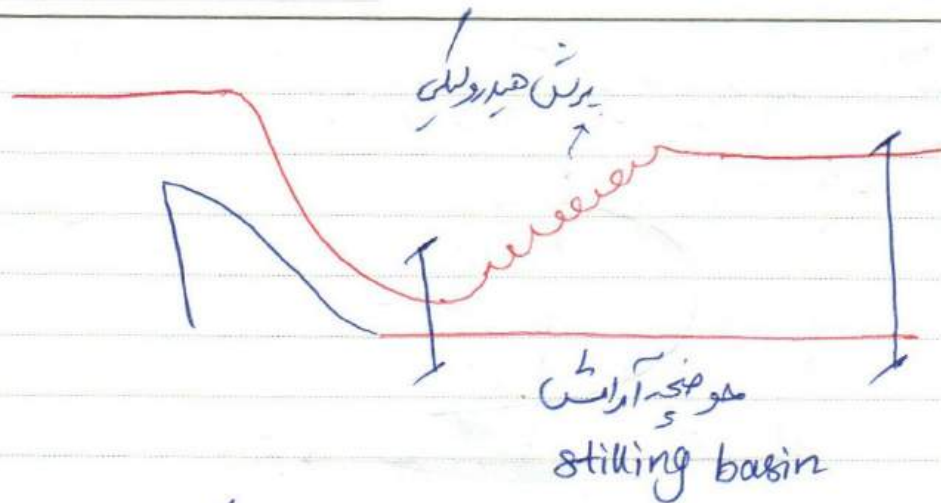
$\frac{q^2}{g} \times \frac{1}{y_1 y_2} = \frac{y_1 + y_2}{2}$ $v_1 y_1 = v_2 y_2$ $\Delta E_j = \frac{(y_2 - y_1)^3}{4 y_1 y_2}$ ثابت است

$$\Delta E_j = E_1 - E_2 = \left(y_1 + \frac{v_1^2}{2g}\right) - \left(y_2 + \frac{v_2^2}{2g}\right) = \left(y_1 + \frac{v_1^2}{2g}\right) - \left(y_2 + \left(\frac{y_1^2}{y_2^2} \times \frac{v_1^2}{2g}\right)\right)$$

$$= (y_1 - y_2) + \left(\frac{v_1^2}{g}\right) \times \frac{1}{2} \times \left(1 - \frac{y_1^2}{y_2^2}\right) = (y_1 - y_2) + \left(\frac{(y_1 + y_2) \times y_2}{2} \times \frac{1}{2} \times \left(1 - \frac{y_1^2}{y_2^2}\right)\right)$$

$$= (y_1 - y_2) - \frac{(y_1 + y_2) y_1}{4 y_2} + \frac{(y_1 + y_2) \times y_2}{4 y_1} = \frac{4 y_1 y_2^2 - 4 y_2 y_1^2 - y_1^3 - y_1^2 y_2 + y_2^2 y_1 + y_2^3}{4 y_1 y_2}$$

$$= \frac{y_2^3 - 3 y_2 y_1^2 + 3 y_2 y_1^2 - y_1^3}{4 y_1 y_2} = \frac{(y_2 - y_1)^3}{4 y_1 y_2} \quad \checkmark$$



مثال) در یک کانال مستطیل، عمق جریان، یک و بعد از پرش هیدرولیک به ترتیب 0.5 و 1.6 م باشد، عمق بحرانی کدام است؟

$$\frac{q^2}{gy_1y_2} = \frac{y_1 + y_2}{2}$$

$$\frac{q^2}{g \times 0.5 \times 1.6} = \frac{1}{2} (0.5 + 1.6) \rightarrow q = 2.87 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$$

$$y_c = \left(\frac{q^2}{g} \right)^{1/3} = 0.944 \text{ m}$$

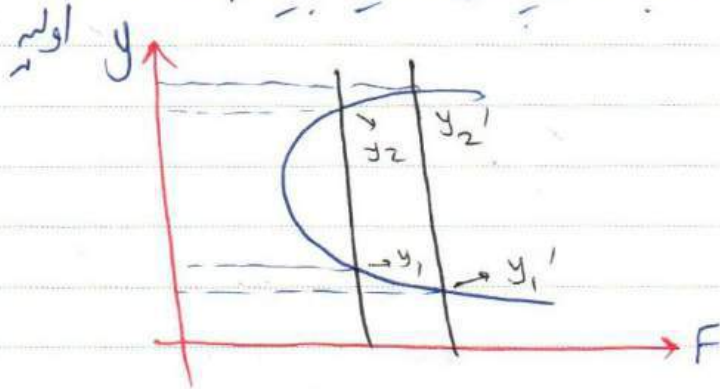
مثال) عدد فرود جریان زیر بحرانی بعد از پرش هیدرولیک 0.2 م باشد، عدد فرود قبل از پرش کدام است؟

$$\frac{y_1}{y_2} = \frac{1}{2} (\sqrt{1 + 8Fr_1^2} - 1)$$

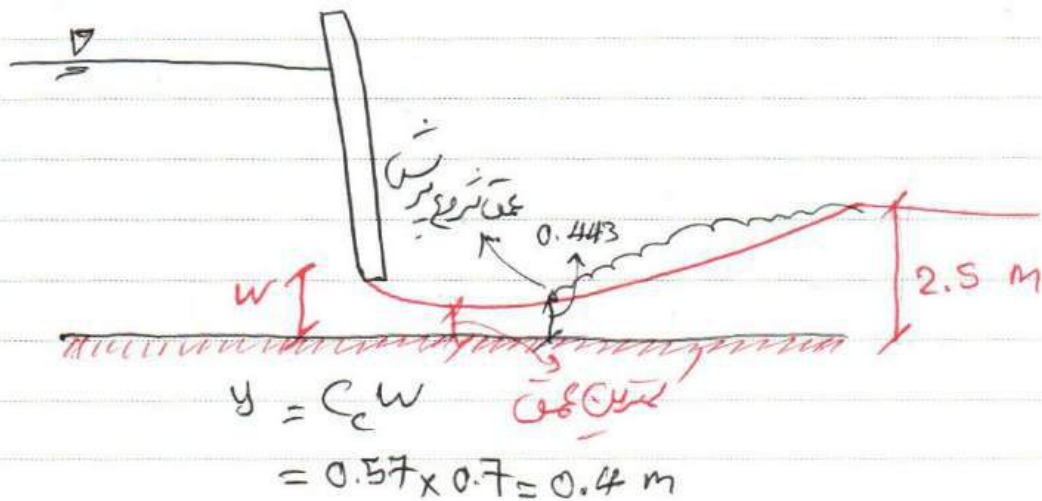
$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{1}{2} (\sqrt{1 + 8Fr_2^2} - 1)$$

$$1 = \frac{1}{4} (\sqrt{1 + 8Fr_1^2} - 1) (\sqrt{1 + 8Fr_2^2} - 1) \rightarrow Fr_1 = 0.2 \rightarrow Fr_2 = 9.84$$

نکته: به ازای دبی ثابت، هر چه عمق ثانویه بیشتر باشد، عمق کمتر می شود.
برعکس.



مثال ۱ در سیریک کانال مستطیلی به عرض ۵ m که در آن آب با دبی $20 \text{ m}^3/\text{s}$ جریان دارد، یک دریچه کشویی به گونه ای قرار می گیرد، که فاصله ی آن از کف ۰.۷ m باشد.
اگر ضریب انقباض مقطع $C_c = 0.57$ باشد در قسمت پایین دیت، جریان کنواخت به عمق ۲.۵ متر وجود داشته باشد، نیروی وارد بر دریچه را محاسبه نمایید.



$$\frac{y_1}{y_2} = \frac{1}{2} \left(\sqrt{1 + 8 Fr_2^2} - 1 \right)$$

$$q = \frac{20}{5} = 4 \rightarrow Fr_2^2 = \frac{q^2}{gy_2^3} = \frac{4^2}{9.81 \times 2.5^3} = 0.704$$

$y_1 = 0.443$ از عمق min شیبند
 پس بیشترین دانه عمق می رود

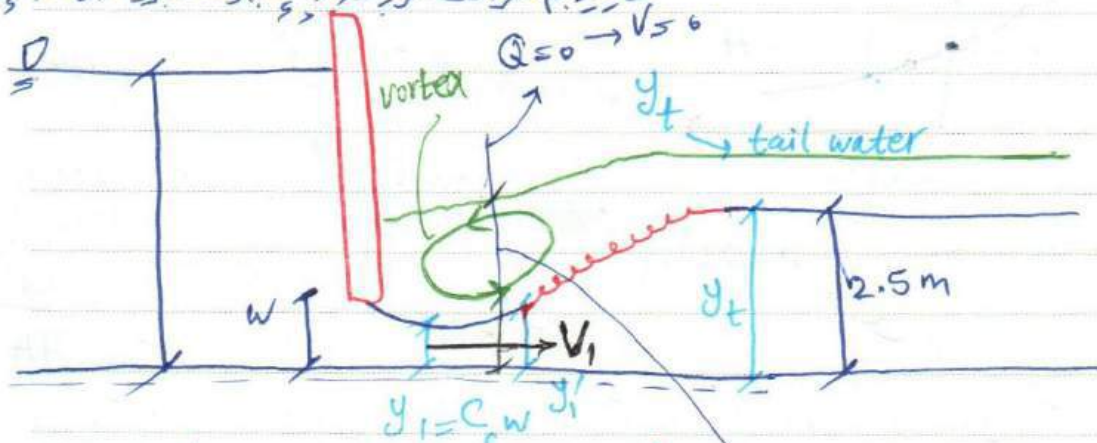
$$E_0 = E_1 \rightarrow y_0 + \frac{Q^2}{2g(by_0)^2} = y_1 + \frac{Q^2}{2g(by_1)^2}$$

$\rightarrow y_0 \rightarrow (to you)$

$$y_0 + \frac{20^2}{2 \times 4.18 \times 2.5 \times y_0^2} = 0.443 + \frac{20^2}{2 \times 4.18 \times (5 \times 0.443)^2} \rightarrow y_0 =$$

مرفی

تغییر حجم منبر است هر چند از جهت به راست برود از راست به چپ



coefficient of contraction (ضریب انقباض)

این ارتفاع فقط را ایجاد می کند و این فشار است می شود

نیروی محضه و طرف برابر گردد

در مسئله قبل از عمق جریان $y_t = 3.5$ m بود، و وضعیت جریان را توصیف نمایید.

عمق Tail water زیاد شود چه می شود.

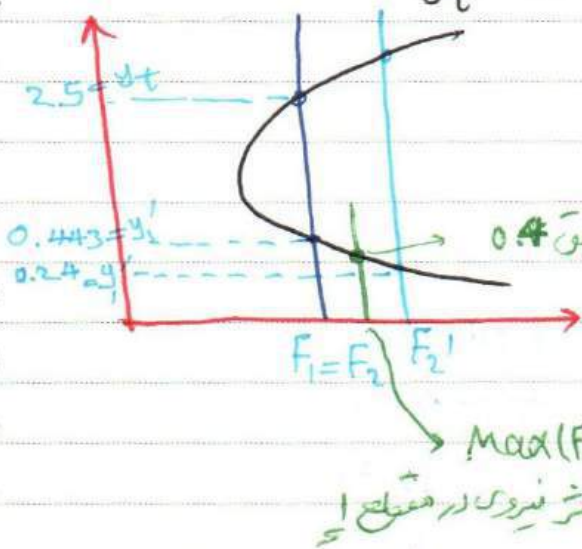
$$\frac{y_1'}{y_t} = \frac{1}{2} (\sqrt{1 + 8Fr_t^2} - 1)$$

$$Q = 20 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow V_t = \frac{20}{5 \times 3.5} = 1.14 \text{ m/s}$$

$$B = 5 \text{ m}$$

$$F_t = \frac{V_t}{\sqrt{gy_t}} = \frac{1.14}{\sqrt{9.81 \times 3.5}} = 0.19$$

$$\frac{y_1'}{y_t} = \frac{1}{2} (\sqrt{1 + 8 \times 0.19^2} - 1) \Rightarrow y_1' = 0.24 \text{ m}$$



عمق y_1 از 0.4 کمتر نمی شود برای تأمین

اختلاف نیروی مقطع ۱ و ۲ در محل بست دریم

vortex ایجاد می گردد که این vortex در مقدار

$$F = \bar{y}A + \frac{Q^2}{gA}$$

روی رسم $\bar{y}A$

حداکثر نیروی در مقطع ۱

تأثیرش ندارد چون در آن ثابت بوده است حال برای پیدا کردن y_1 مقدار نیروی ۱ و ۲ را مساوی فرض می کنیم.

$$F_1' = F_2' \rightarrow \frac{y_d}{2} (by_d) + \frac{q^2}{g(by_d)} = \frac{y_t}{2} (by_t) + \frac{q^2}{g(by_t)}$$

tail

$$\rightarrow \frac{y_d^2}{2} + \frac{4^2}{9 \times 0.4} = \frac{y_t^2}{2} + \frac{4^2}{9 \times y_t} \rightarrow 3.5$$

$$y_d = 2.24 \text{ m} \checkmark$$

مثال) در یک کانال مستطیلی دبی در واحد عرض $5 \text{ m}^3/\text{s}$ می باشد، اگر عمق اولیه برش

0.25 m باشد، عمق ثانویه برش کدام است؟

$$Fr_1 = \frac{v_1}{\sqrt{gy_1}} = \frac{q/y_1}{\sqrt{gy_1}} = \frac{5/0.25}{\sqrt{9.81 \times 0.25}} = 12.77$$

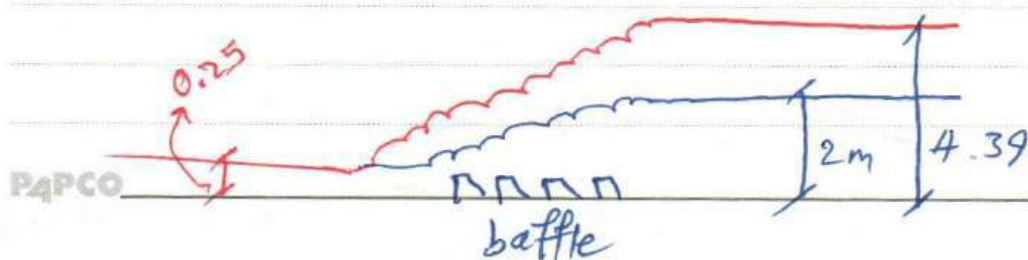
$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{1}{2} (\sqrt{1 + 8 Fr_1^2} - 1) = 17.57$$

$$y_2 = 17.57 \times 0.25 = 4.39$$

$$L_T = (6.5) \times (y_2 - y_1) = 24.85 \text{ m}$$

مثال) در مثال قبل اگر بستر کانال عمق برش 2 m باشد، چند ردیف مانع مورد نیاز

است؟ هر ردیف 10% نیروی مخصوص مقطع را کاهش می نماید.



Subject:

Year:

Month:

Date:

$$\frac{y}{2} \times (by)$$

$$+ \frac{Q^2}{8A^2}$$

$$Q = 9b$$

عرض

۴۴

هر جا ط را تعداد در واحد $b=1$ می گیریم.

$$F_{4.39} = \frac{4.39}{2} \times 4.39 + \frac{Q^2}{gA^2} \times b^2 = 10.22$$

$$gA \rightarrow (1 \times 4.39)$$

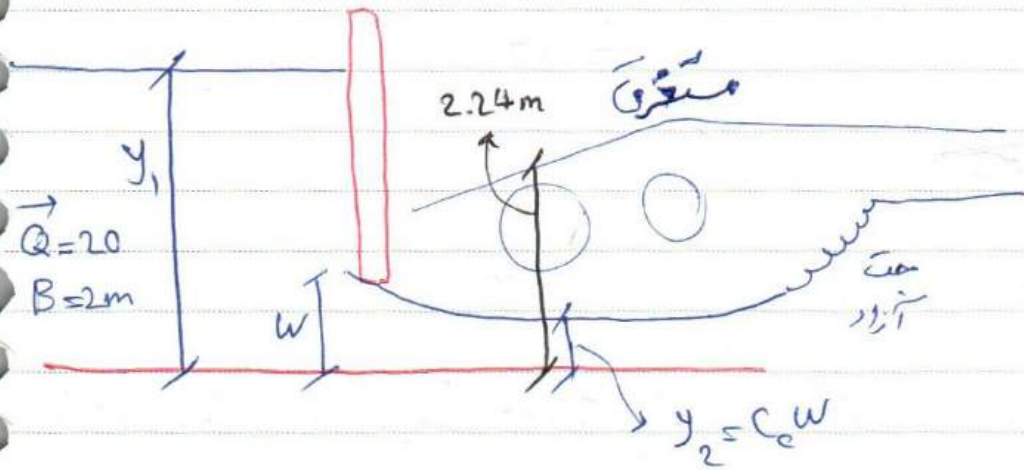
$$F_{2.0} = \frac{2}{2} \times (2 \times 1) + \frac{9^2}{g(1 \times 2)} = 3.27$$

$$\left(\frac{10.22 - 3.27}{3.27} \right) \times 100 = 212.5\% \rightarrow 21$$

دریف تیار داریم

مثال) در مثال قبل ارتفاع آب قبل از دریا را در حالت جبهه آزاد برش مستقیم

به دست آورید، افت جریان عبوری از دریا ۰.۱ هد نامیده سرعت قبل از دریا را می یابند



$$E_1 = E_2 + h_L$$

$$y + \frac{Q^2}{2g(B y_1)^2} = \frac{Q^2}{2g(B y_2)^2} + 0.1 \frac{Q^2}{2g(B y_1)^2}$$

$$y_1 + \frac{16}{2g y_1^2} (0.9) = 0.4 + \frac{16}{2g (0.4)^2} \rightarrow y_1 = 5.47$$

حالت ۲: پرش متغرق submerged jump
غرق شده jump drowned jump

$$E_1 = E_2 + h_L \quad y_1 + \frac{Q^2}{2g (\beta y_1)^2} (0.9) = y_2 + \frac{Q^2}{2g (\beta y_2)^2}$$

اثر ۰.۹ افت را بر سر می‌گیریم
عمق که در آن جت سرعت داریم

$$y_1 + 0.9 \times \frac{16}{2g y_1^2} = 2.24 + \frac{16}{2g (0.4)^2}$$

را می‌نویسیم نه آن عمق با vertical
بالا ریزش

$$\rightarrow y_1 = 7.32$$

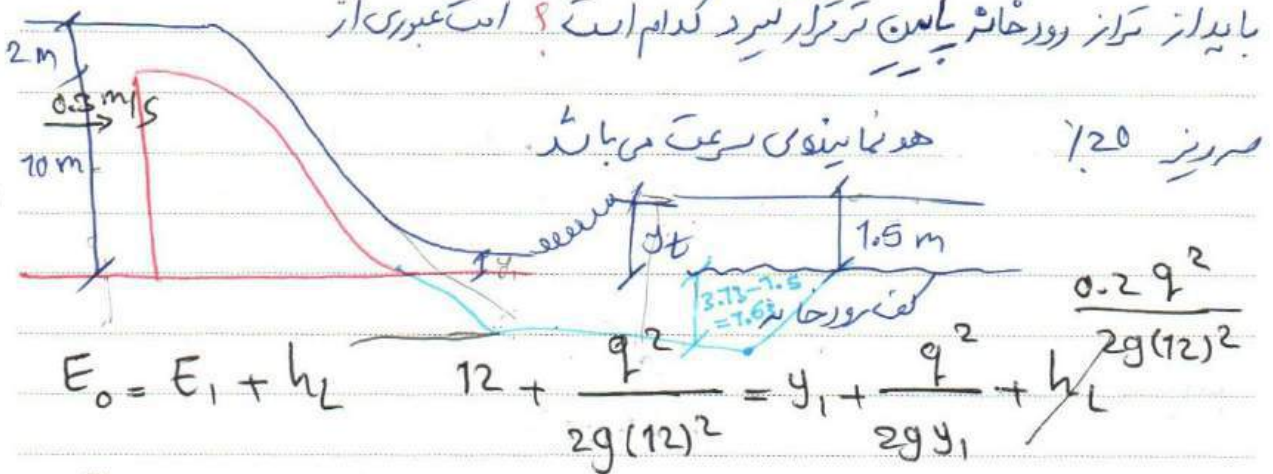
اگر نیروی وارد بر در بچه را نخواهیم باید نیروی مخصوص مقطع ۱ را

از مقطع ۲ کم کنیم و در مقطع ۱ ترم اول اثرش با ارتفاع آن مقطع ۲ است و هدر ریزش

با ارتفاع ۲ لا صورت می‌گیرد چون تا y_2 سرعت داریم.

مسئله: جریان عبوری از سرریزی مطابق شکل مقابل منقوش است. اگر محقق جریان در رودخانهی پایین دست ۱.۵ متر باشد، طول حوضچهی آرامش و ارتفاعی که کف آن

باید از تراز رودخانهی پایین تر قرار گیرد کدام است؟ است عبوری از



$$q = V_1 y_1 = V_2 y_2$$

$$0.3 \times 12 = V_2 y_2 \rightarrow V_2 y_2 = 3.6$$

$$12 + \frac{q^2}{2g \times 12^2} (0.8) = y_1 + \frac{q^2}{2gy_1^2} \rightarrow y_1 = 0.25 \text{ m}$$

$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{1}{2} (\sqrt{1 + 8Fr_1^2} - 1) \rightarrow y_2 = 3.37$$

$$Fr^2 = \frac{V_1^2}{gy_1} = \frac{q^2}{gy_1^3} = \frac{3.6^2}{9.81 \times 0.25^3} = 84.35$$

$$\rightarrow Fr = 9.19$$

نکته: زمانیکه ۱.۶۳ می رویم پایین همه چیز عوض می شود و هد سمت چپ بلندتری

Subject:

Year: Month: Date: ()

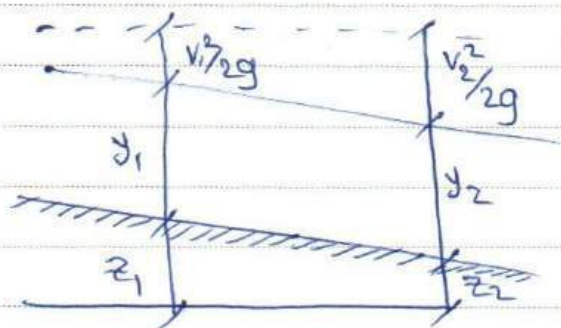
1.63 افرائی میں باید و باید بالعر و خطا میزان اُٹھیں را مانہ بالضر و خطا بدست

آوریم کہ مثلاً ۶.۵ بدیم یاسی خوب است.

(نویس) ! توجه به مثال قبل میزان یاسی رفتن کف حوضچه کدام است؟

جریان بنواخت در مانابهای باز

جریان را بنواخت گویند به پارامترهای جریان، نظیر دبی، سرعت و عمق در راستای جریان.



ثابت بماند.

در جریان بنواخت تغییرات دبی، عمق، سرعت در مسیر ماناب نداریم.

$$\frac{\partial V}{\partial x} = 0 \quad \frac{\partial y}{\partial x} = 0 \quad \frac{\partial \phi}{\partial x} = 0$$

$$y_1 = y_2 \quad v_1 = v_2$$

$$y_1 = y_2 \rightarrow S_o = S_w = S_f$$

ثابت

S_o : شیب کانال
 S_w : شیب سطح آزاد
 S_f : شیب خط انرژی

اگر در جریان باز دبی و در یک ماناب خالی کنیم و در ماناب دیگر دبی باشد و $y_1 = y_2$ و

$v_1 = v_2$ گردد آنگاه چون سرعت ثابت است شیب صفوی همواره صفر است پس نیروی

وارد بر جریان در دو مقطع یکسان است و نرخ کاهش انرژی و هد سرعت با شیب

برابر است و مؤلفه‌های راستای کف هم‌وزن با نیروی اصطکاک برابر است.

جریان کنواخت حاصل متعادل حدی بین مؤلفی وزن در راستای لنگر و نیروی اصطکاک می باشد.

نکته: ایجاد وضعیت متعادل، مستلزم طولانی بودن کانال و هم چنین مستوی بودن آن می باشد. به هیچ عنوان در طول کوتاه، جریان کنواخت نخواهیم داشت.

عمق نرمال ← عمق جریان کنواخت y_n

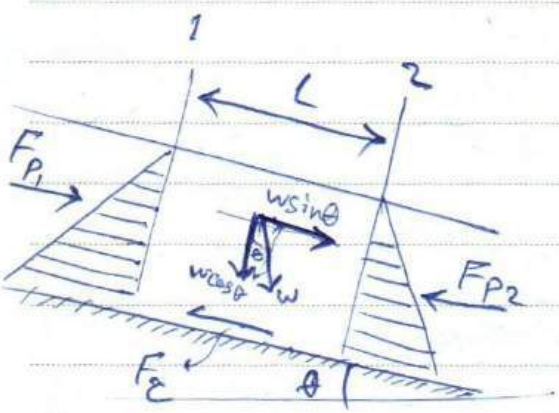
سرعت متوسط در جریان کنواخت

روابط مهم:

۱- **شزی Chezy** ← بر مبنای تئوری متعادل

۲- **مانینگ Manning** ← رابطه تجربی

برای آن ترشده



$$W \sin \theta = F_c \rightarrow \gamma A L \sin \theta = \tau P L$$

$$\tau = \gamma \frac{A}{P} \sin \theta = \gamma R \sin \theta$$

$\frac{P}{R}$ $\frac{S_0}{\text{شیب لنگر کانال}}$

$$C = K \rho V^2$$

تست برشی در دیواره لای کانال ؟

K : ثابت فون مانگان ، ρ : چگالی سیال ، V : سرعت متوسط جریان

$$K \rho V^2 = \tau_{RS} \rightarrow V^2 = \frac{\tau_{RS}}{K}$$

$$V = \sqrt{\frac{\tau_{RS}}{K}} = \sqrt{\frac{g}{K}} \cdot \sqrt{RS}$$

تیب لای کانال $\rightarrow$ $\sqrt{RS}$: شعاع هیدرولیک
 $\sqrt{\frac{g}{K}}$: C به ضریب برشی
 عدد آبرای کانال های معمولی 50-60 C

شتری

$$V = C \sqrt{RS}$$

C : تابعی از مشخصات فیزیکی کانال $\leftarrow$ جنس کانال واحد C $\leftarrow C = \frac{m^{1/2}}{s}$

رابطه مانینگ : یک رابطه تجربی بوده و به صورت زیر بیان می شود ؟

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

مهم حفظ گردد

n : ضریب مانینگ
 S : تیب لای کانال
 R : شعاع هیدرولیک
 V : سرعت متوسط جریان

n : ضریب مانینگ تابعی از جنس لای باشد

$$0.015 \sim 0.072 \text{ n سین (دی)}$$

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2}$$

✓1

Subject :

Year :

Month :

Date :

واحد n

هر چه کف زیرتر باشد n بزرگتر است .
 $\frac{m}{s} = \frac{1}{n} m^{2/3} \rightarrow n = \frac{S'}{m^{1/3}}$

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6}$$

رابطه ی شری و مانینگ :

ضریب مانینگ :

- نامنظمی سطح مقطع (n₁)

- زبری بستر کانال (n₀)

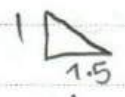
- وجود مانع در مسیر (n₃)

- یخ بستگی یا تغییرات شدید سطح مقطع (n₂)

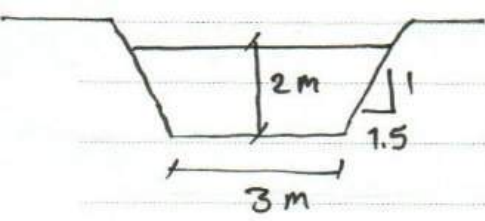
- شیب مسیر (n₅) ← درجه ی شیب
 برون مسیر

- پوشش گیاهی (n₄)

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) - n_5$$



سوال) یک کانال دوزنقه ای به عرض کف ۳m و شیب ای جانبی ۵/۱ افقی به عمودی و شیب کف ۱/۱۰۰۰ موجود است در صورتی که عمق جریان ۲m باشد، شیب برش متوسط چند نبوت بر متر مربع می باشد ؟ $\chi = 8RS$

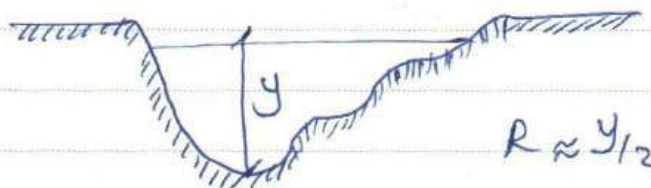


$$R = \frac{A}{P} = \frac{\left(\frac{3+9}{2}\right) \times 2}{3 + 2\sqrt{2^2 + 3^2}} = 1.175 \text{ m}$$

$$\chi = \frac{S}{R} = \frac{9810}{1.175} \times (0.0005) = 3.76 \text{ N/m}^2$$

PAPCO

اگر یک مقطع بچیده داشته باشیم تقریباً شعاع هیدرولیک نصف می شود .

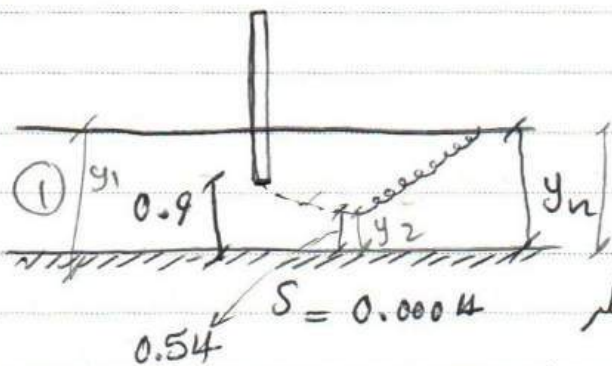


در اکثر مقاطع

مثال در یک کانال مستطیل عرض با شیب طولی $\frac{4}{100000}$ و ضریب مانیت $n=0.01$

جریان بادی و واحد عرض $q=6.35$ در جریان است، اگر در نتیجه به گونه ای باشد شود که میزان باز شدگی آن $0.9m$ باشد با فرض ضریب اصطاف 0.6 و وضعیت

جریان را تحلیل نماید.



باید از رابطه ی مانیت عمق اولیه جریان را y_3 بدست آوریم بعد در نتیجه رابطه اندازه 0.9 در نظر

می گیریم. ممکن است پرسش متغیر گردد آنگاه پرسش در نتیجه ارتفاع می شود

حل خودم
 $Q = q = 6.35 = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2} = \frac{1}{0.01} \times (y_1 \times b) \times \left(\frac{y_1 b}{2y_1 + b} \right)^{2/3} \times \left(\frac{4}{100000} \right)^{1/2}$

$$6.35 = \frac{y_1^{2/3+1}}{(2y_1+1)^{2/3}} \times 0.63245 \rightarrow \frac{y_1^{5/3}}{(2y_1+1)^{2/3}} = 10.04 \rightarrow \frac{y_1^5}{(2y_1+1)^2} = 1012.145$$

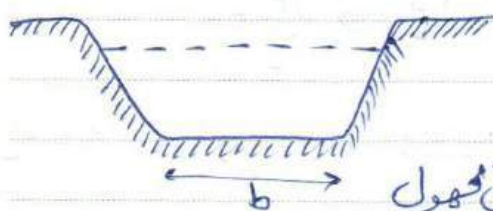
$$\rightarrow y_1^5 = 1012.145 (4y_1^2 + 4y_1 + 1) \rightarrow y_1 = 16.263m \rightarrow \text{ارامه}$$

APCO $y_1 + \frac{Q^2}{2g(b y_1)^2} = y_2 + \frac{Q^2}{2g(b y_2)^2} \rightarrow y_2 = \checkmark \rightarrow \text{منفرد}$

نوع پرسش
 $\checkmark y_3 \leftarrow$

مسائل جریان مغلقت: در مسائل جریان مغلقت گزیده شده داریم ۱- دی، زبری، مانیت،

مختصات هندسی مقطع معلوم و مجهول با عمق نرمال باشد (L_n)



$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S_0^{1/2}$$

۲- دی، زبری و S_0 معلوم و مختصات هندسی و عمق مجهول $\uparrow n$

در این حالت تعداد مجهولات به تعداد فوق و نقاط معادله مانیت وجود دارد.



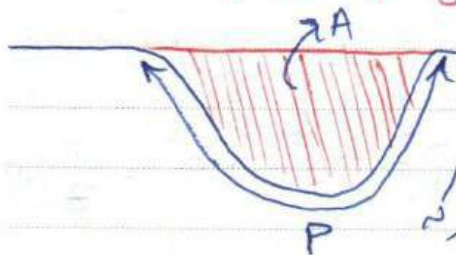
$$A = by$$

$$R = by / (b + 2y)$$

جنس مقطع و نیب داده شده است

$$\Rightarrow Q = \frac{1}{n} (by) \left(\frac{by}{b + 2y} \right)^{2/3} S_0^{1/2}$$

تعریف بهترین مقطع هیدرولیکی (The best hydraulic section)



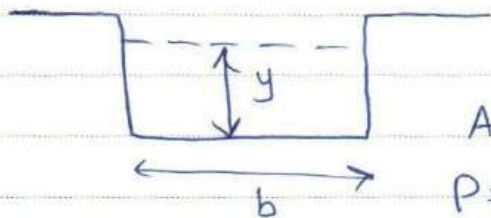
$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S_0^{1/2} = \frac{1}{n} A \frac{A^{2/3}}{P^{2/3}} S_0^{1/2}$$

اگر حالت ثابت باشد، زمانی بیشترین دی تولید می شود که

سیرامون تر شده حداقل باشد. پس بهترین مقطع هیدرولیکی مقطعی است که به ازای مساحت

ثابت کمترین سیرامون تر شده را داشته باشد. در این صورت مقدار دی حداکثر است.

برای مقطع مستطینی



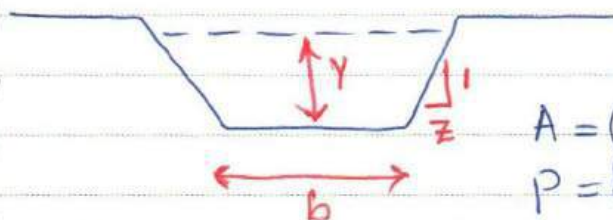
$$A = by$$

$$P = b + 2y = \frac{A}{y} + 2y \Rightarrow \frac{dP}{dy} = 0$$

$$y = b/2$$

$$\rightarrow -\frac{A}{y^2} + 2 = 0 \rightarrow A = 2y^2 \xrightarrow{A=by} by = 2y^2 \rightarrow b = 2y$$

برای مقطع ذوزنقی



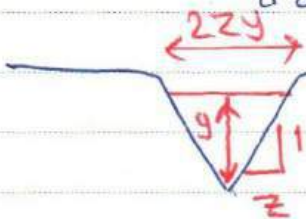
$$A = (b + zy)y$$

$$P = b + 2\sqrt{y^2 + z^2} = \frac{A}{y} - zy + 2y\sqrt{1+z^2}$$

$$\begin{cases} A = by + \frac{(zy)^2}{2} \\ b = \frac{A}{y} - zy \end{cases}$$

$$\xrightarrow{\text{برای } z \text{ ثابت}} \frac{dP}{dy} = 0 \rightarrow -\frac{A}{y^2} - z + 2\sqrt{1+z^2} = 0 \rightarrow b = 2y(\sqrt{1+z^2} - z)$$

$$\xrightarrow{\text{برای } y \text{ ثابت}} \frac{dP}{dz} = 0 \rightarrow z = \frac{\sqrt{3}}{3} (60^\circ)$$



$$A = zy^2$$

برای مقطع مثلثی

$$P = 2y\sqrt{1+z^2} \rightarrow P^2 = 4y^2(1+z^2) = \frac{4A}{z}(1+z^2)$$

$$\frac{dP}{dz} \times 2P = 0 \rightarrow z = \pm 1 (90^\circ)$$

نکته ۲: در بین لایه‌ی مقاطع، مقطع نیم دایره بهترین مقطع هیدرولیکی است، زیرا به ازای واحد ثابت، کمترین میرامون تر شده را دارد. در بهترین مقطع هیدرولیکی نیم دایره، دوزنقه، مستطیل، شعاع هیدرولیکی نصف عمق است. (در قیاسی مقاطع، نزدیک $\frac{1}{2}$ است.) همیشه بهترین مقطع هیدرولیکی بهترین مقطع طراحی نیست. زیرا در برآورد اقتصاد (خاکبرداری، بتن ریزی و قالب بندی) ممکن است مسئله عوض شود.

اگر کانال خارج شهر است، قیمت زمین مهم نیست، اما اگر کانال در شهر باشد، تمهید اراضی ممکن است را مجبور کند که عرض کانال را کم و عمق را زیاد کند. حتی زمانی که در یک محدوده خشک، انتقال آب می دهیم. در آن صورت حتماً عرض باید کم باشد تا بجنید کم باشد. (بتن مسلح اگر مقطع مستطیلی باشد)

مثال یک کانال با شیب طولی $\frac{1}{2000}$ ، از مصالح رس ساخته شده است. اگر دبی کانال $60 \text{ m}^3/\text{s}$ باشد. **الف)** مقطعی دوزنقه ای طراحی کنید ($Z=1.5$ و بدون پوشش $n=0.025$)

ب) مقطع مستطیلی و با پوشش بتن ($n=0.014$)

$$q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2} \quad \frac{y}{2} = R = \frac{A}{P} = \frac{(2y+b)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}} \quad \text{الف}$$

$$A = (b+2y)y, R = \frac{y}{2}, b = 2y(\sqrt{1+z^2} - z) \quad \leftarrow \text{نصف عرض}$$

$$\Rightarrow b = 2 \times y \times (\sqrt{1+1.5^2} - 1.5) = 0.606y$$

$$A = (b+2y)y = (0.606y + 1.5y)y = 2.11y^2$$

$$q = 60 = \frac{1}{0.025} \times (2.11y^2) \left(\frac{y}{2}\right)^{2/3} \times \left(\frac{1}{2000}\right)^{1/2} \rightarrow y = 4.356$$

$$b = 0.606y = 2.5 \checkmark$$

$$b = 2y \quad R = \frac{y}{2} \rightarrow Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2} \quad \text{ب}$$

$$Q = \frac{1}{0.014} (2y^2) \left(\frac{y}{2}\right)^{2/3} \left(\frac{1}{2000}\right)^{1/2} \rightarrow y = 3.57$$

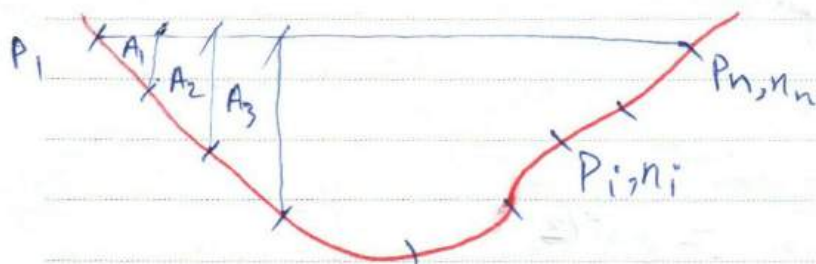
$$b = 2y$$

✱ بیان مضامین بنیاد ✱

نکته : در مقاطع ذوزنقه‌ای، سطحی، دایروی در وضعیت بهترین مقطع هیدرولیک مقدار

شیب هیدرولیک نصف عمق جریان است.

زبری معادل د



والطبی هویتون اینست د

$$A_2 A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n$$

$$V = V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_n$$

یا توجه به ثابت بودن شیب کف

$$S_i^{1/2} = \frac{V_i n_i}{R_i^{2/3}} = \frac{V_2 n_2}{R_2^{2/3}} = \frac{V_3 n_3}{R_3^{2/3}} = \dots = \frac{V_n n_e}{R^{2/3}}$$

بفرض سرعت ثابت

ne زبری معادل

$$\frac{V_i n_i}{R_i^{2/3}} = \frac{V_{ne}}{R^{2/3}} \Rightarrow \left(\frac{A_i}{A}\right)^{2/3} = \frac{n_i P_i^{2/3}}{n_e P^{2/3}} \quad R_i = \frac{A_i}{P_i}$$

$$\rightarrow A_i = A \frac{n_i^{3/2} P_i}{n_e^{3/2} P}$$

$$\sum_{i=1}^n A_i = A = \frac{A \sum_{i=1}^n n_i^{3/2} P_i}{n_e^{3/2} P} \rightarrow n_e^{3/2} = \frac{\sum_{i=1}^n n_i^{3/2} P_i}{P}$$

$$n_e = \frac{(\sum n_i^{3/2} P_i^{2/3})}{P^{2/3}}$$

P : پیرامون تر شده
 n_i : زبری هر قسمت

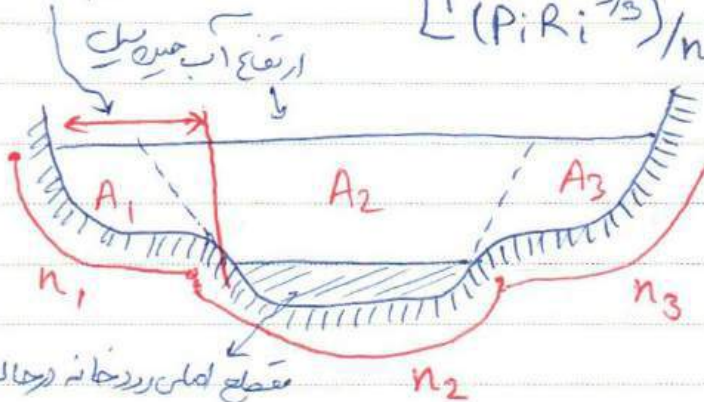
$$n_e = \frac{(\sum n_i^2 P_i)^{1/2}}{P^{1/2}}$$

رابطه‌ی پانولوفسکی :

وقت سیلاب
 flood plain

$$n_e = \frac{PR^{5/3}}{[\sum (P_i R_i^{5/3}) / n_i]}$$

رابطه لوتر :



مقاطع مرکب :
 compound channel.

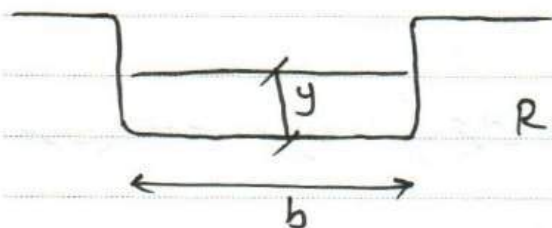
$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$= \underbrace{\frac{1}{n_1} A_1 R_1^{2/3} S_0^{1/2}}_{K_1} + \underbrace{\frac{1}{n_2} A_2 R_2^{2/3} S_0^{1/2}}_{K_2} + \underbrace{\frac{1}{n_3} A_3 R_3^{2/3} S_0^{1/2}}_{K_3}$$

ضریب انتقال : $K = \frac{1}{n} A R^{2/3}$

$$\Rightarrow Q = (K_1 + K_2 + K_3) \sqrt{S_0}$$

مثال در یک کانال مستطیلی عرض، اگر عمق نوال ۱.۲۵ افزایش یابد، درصد افزایش در جریان کدام است؟



$$R = \frac{A}{P} = \frac{by}{b+2y} = \frac{y}{1+y/b} = y$$

در جریان کدام است؟

کانال عمیق $\frac{b}{y} \gg 10$

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S_o^{1/2}$$

کوچک

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{n_1}{n_2} \frac{A_2}{A_1} \times \left(\frac{R_2}{R_1} \right)^{2/3} \times \left(\frac{S_{o2}}{S_{o1}} \right)^{1/2}$$

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{A_2}{A_1} \times \left(\frac{R_2}{R_1} \right)^{2/3} = (1.2)(1.2)^{2/3} = 1.2^{5/3} = 1.36$$

۳۶٪ افزایش در داریم.

مثال آب در یک کانال مستطیلی با در واحد عرض $2 \text{ m}^3/\text{s/m}$ و ضریب مانس 0.014

در جریان است، شیب بحرانی کانال کدام است؟

تعریف شیب بحرانی : شیبی است که به ازای آن عمق جریان برابر با عمق بحرانی خواهد شد.

$$q = 2 \text{ m}^3/\text{s/m} \quad y_c = \left(\frac{q^2}{g} \right)^{1/3} = \left(\frac{4}{9.81} \right)^{1/3} = 0.74 \text{ m}$$

$$R = y \quad Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S_o^{1/2} \quad q = \frac{1}{n} y^{2/3} S_o^{1/2}$$

← S_o نیست بلکه شیب بحرانی است.

$$\Rightarrow 2 = \frac{1}{0.014} (0.74)^{5/3} S_c^{1/2}$$

$$S_c = 0.00212$$

سوال) سرعت جریان در یک مجرای روباز 0.65 m/s باشد، اگر نسبت عرض

متوسط در کف 1.1 m^2 باشد، مقدار ضریب شزی کدام است؟

$$C_s = 48 S_c \quad V = C \sqrt{S_o R} \rightarrow R S_o = \frac{V^2}{C^2}$$

$$C_s = \frac{48 V^2}{C^2} \rightarrow C^2 = \frac{V^2 \times 48}{C_s} = \frac{0.65^2 \times 9810}{1.1}$$

$$\rightarrow C = 61.4$$

مثال) انشال مستطیلی با پوشش آجری ($n = 0.015$) دارای شیب 0.0005

می باشد، اگر دبی انشال $30 \frac{m^3}{s}$ باشد، برای بهترین مقطع هیدرولیکی، عمق جریان کدام

$$\text{است؟} \quad R = \frac{by}{b+2y} = \frac{2y^2}{4y} = \frac{y}{2} \quad b = 2y \quad \text{بهترین مقطع هیدرولیکی مستطیلی}$$

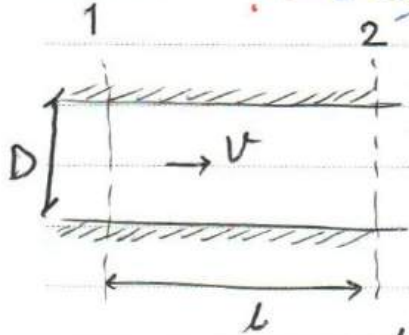
$$Q = \frac{1}{n} \times A R^{2/3} S^{1/2} \rightarrow 30 = \frac{1}{0.015} \times (2y^2) \left(\frac{y}{2}\right)^{2/3} (0.0005)^{1/2}$$

$$y = 2.83 \text{ m}$$

$$h_f = \frac{f L V^2}{2gD}$$

شکل ۱ در یک لوله افقی دایره‌ای، شیب و ضریب زبری نصف و شعاع هیدرولیکی

۲۷ برابر می‌شود، سرعت جریان و ضریب مانینگ چه تغییری می‌کند؟



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

شعاع هیدرولیکی
برای دایره $R = \frac{A}{P} = \frac{\pi D^2/4}{\pi D} = \frac{D}{4}$

ضریب زبری $f = \phi\left(Re, \frac{\epsilon}{D}\right)$ (دارسی و اینزباخ)
قطر دایره $= D/4$
 $D = 4R$
شعاع هیدرولیکی

در حالت مقطع غیردایره‌ای به جای D از شعاع هیدرولیکی به صورت زیر استفاده

می‌شود: $h_f = f \frac{L}{4R} \frac{V^2}{2g}$ (غیردایره‌ای)

$$\frac{h_f}{L} = S_f = \frac{f}{4R} \times \frac{V^2}{2g}$$

در جریان یکسان: $S_f = S_o = \frac{f}{4R} \frac{V^2}{2g}$

$$\frac{S_{o1}}{S_{o2}} = \frac{f_1}{f_2} \times \frac{R_2}{R_1} \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^2 \rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \sqrt{27} = 3\sqrt{3}$$

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S_o^{1/2}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{n_1}{n_2} \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^{2/3} \left(\frac{S_{o2}}{S_{o1}}\right)^{1/2} \quad 3\sqrt{3} = \frac{n_1}{n_2} \times (27)^{2/3} \left(\frac{1}{2}\right)^{1/2}$$

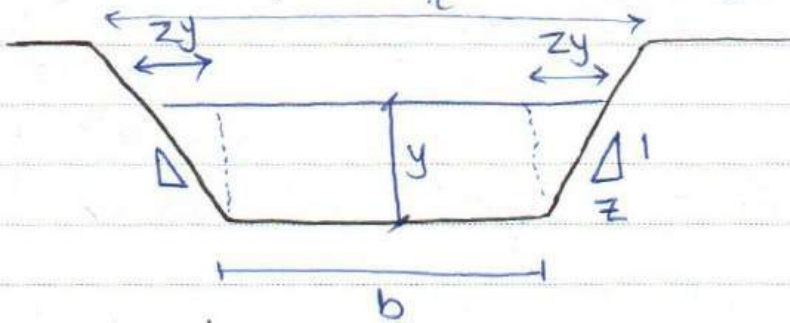
$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{3}{\sqrt{6}}$$

سؤال) در یک کانال فورتسکه ای، با شیب کناره‌های یک به یک، که در آن عمق جریان بسیار

از عرض کف بزرگتر می‌باشد، نسبت عمق هیدرولیکی به شعاع هیدرولیکی کدام است؟

عمق هیدرولیکی
شعاع هیدرولیکی
← R

$$\frac{D_H}{R} = \frac{A/T}{A/P} = \frac{P}{T} = \frac{b+2y\sqrt{1+z^2}}{b+2zy}$$

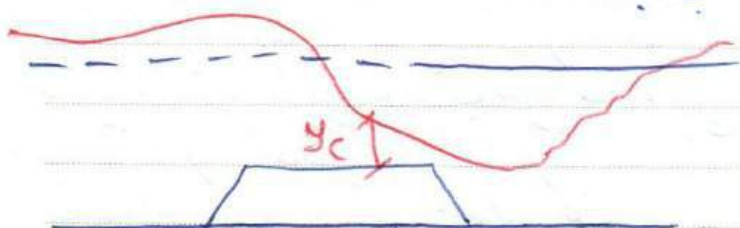


$$\frac{D_H}{R} = \frac{b/y + 2\sqrt{1+1}}{b/y + 2 \times 1} = \frac{2\sqrt{2}}{2} = \sqrt{2} \quad \frac{b}{y} \ll 1$$

جریان متغیر گذرایی (دائمی) و

جریان را متغیر گذرایی گویند که آنجا سطح آب کوچک و تغییرات عمق در فواصل طولانی از مسیر صورت پذیرد.

جریان متغیر گذرایی دائمی ← پس دی ثابت است.



با توجه به بزرگ بودن شعاع انحناء عملاً خطوط جریان دارای انحنای کم بوده و می توان از شتاب قائم بر سطح جریان صرف نظر نمود. در این حالت فرض می‌کنیم هدروا سائلی برقرار است.

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \rightarrow \frac{\partial y}{\partial x} \neq 0$$

$$\rightarrow \frac{\partial v}{\partial x} \neq 0$$

چون جریان دائمی است؛

$$S_o = S_w = S_f$$

در جریان می توانست؛

$$S_o \neq S_w \neq S_f$$

در این حالت؛

خط انرژی ↓ سطح آزاد به شیب کنه مثال

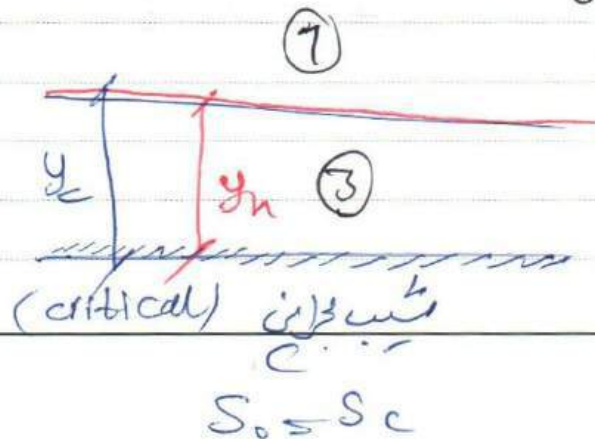
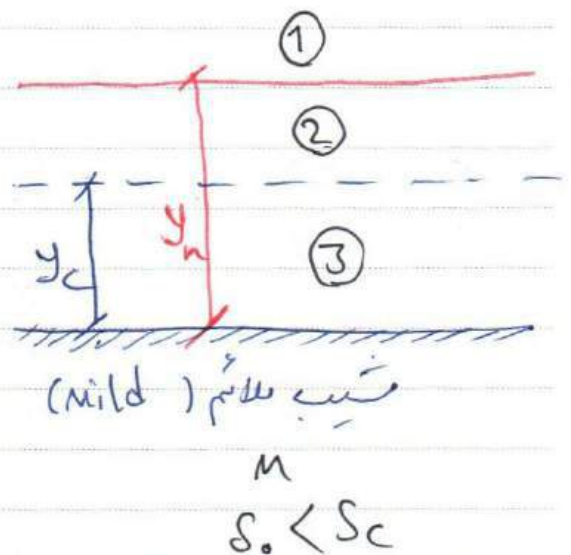
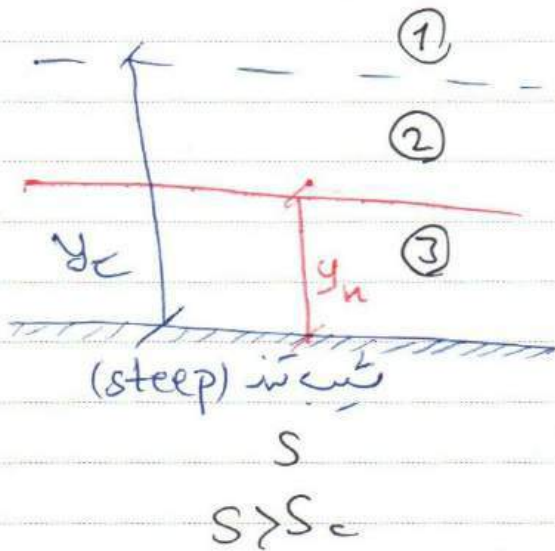
اگر $\frac{\partial y}{\partial x} > 0$ باشد ← در این حالت انزایش عمق داریم .

اگر $\frac{\partial y}{\partial x} < 0$ باشد ← در این حالت کاهش عمق داریم .

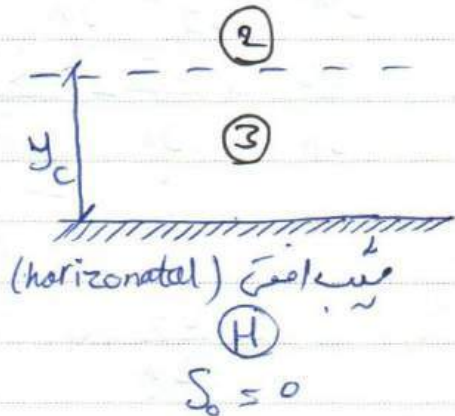
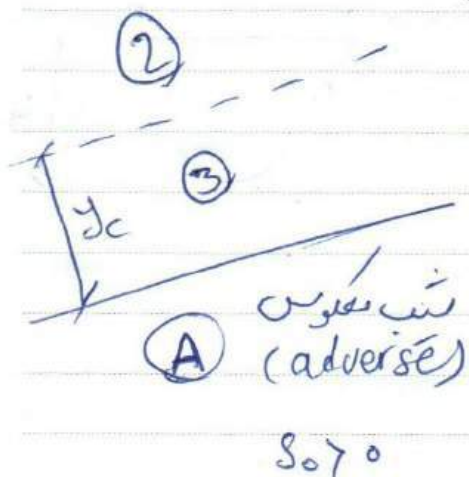
طبقه بندی شریخ های سطح آب :

باتوجه شیب کف کانال ، عمق بحرانی و عمق نرمال ، شریخ های سطح آب به 5 دسته عمده

تقسیم می شوند :
 ۱- شریخ با شیب ملایم کف ، شریخ با شیب تند کف ، شریخ با شیب بحرانی کف
 ۲- شیب افقی کف ، شیب معکوس کف



مثبت ۱ در شیب آبی صعودی و منکوس عمق نرمال نداریم

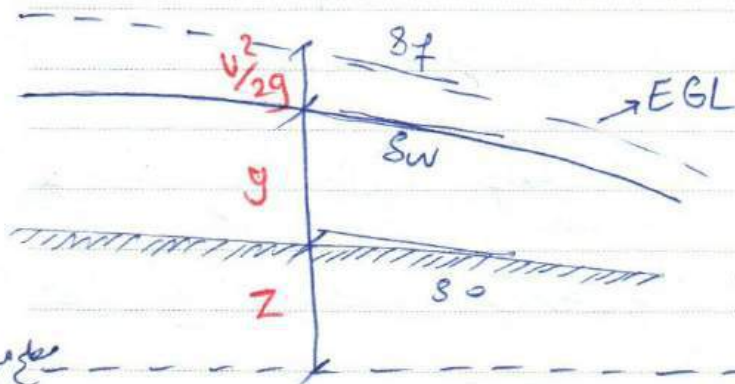


معادلات دینامیک جریان متغیر تدریجی

فرضیات اساسی

۲- شیب کف کانال کم در نظر گرفته نشود ($\theta < 6^\circ$)

۱- توزیع فشار هیدرواستاتیک می باشد



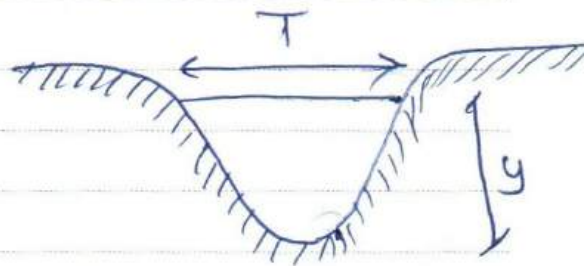
$$H = y + z + \frac{\alpha v^2}{2g}$$

$$= y + z + \alpha \frac{Q^2}{2gA^2}$$

$$\frac{\partial H}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left(y + z + \frac{\alpha Q^2}{2gA^2} \right)$$

$$\frac{\partial H}{\partial x} = \frac{\partial y}{\partial x} + \frac{\partial z}{\partial x} + \frac{\alpha Q^2}{2g} \left(\frac{-2A \frac{\partial A}{\partial x}}{A^4} \right) = \frac{\partial y}{\partial x} + \frac{\partial z}{\partial x} - \frac{\alpha Q^2}{gA^3} \left(\frac{\partial A}{\partial x} \right)$$

$$\frac{\partial A}{\partial x} = \frac{\partial A}{\partial y} \times \frac{\partial y}{\partial x}$$



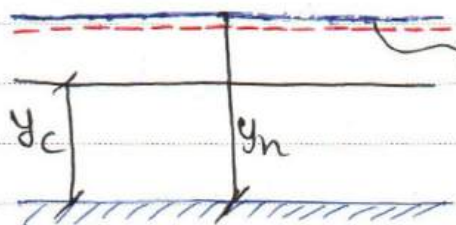
$$\frac{\partial H}{\partial x} = \frac{\partial y}{\partial x} + \frac{\partial z}{\partial x} - \underbrace{\frac{2Q^2}{8A^3} T}_{Fr^2} \frac{\partial y}{\partial x}$$

$-S_f$ $-S_o$

$$S_o - S_f = \frac{\partial y}{\partial x} (1 - Fr^2)$$

$$\frac{\partial y}{\partial x} = \frac{S_o - S_f}{1 - Fr^2}$$

توصیف تغییرات سطح آب :



$$\frac{dy}{dx} = 0 \text{ (در اینجا)}$$

توصیف منحنی M

$$\frac{dy}{dx} = \frac{S_o - S_f}{1 - Fr^2}$$

در حالت کلی

اصول توصیف : ← محارلی دنیا مکی :

* در نزدیکی عمق نرمال : $S_o = S_f$

منحنی سطح آزا باید ماس بر عمق نرمال باشد $\Leftrightarrow \frac{dy}{dx} = 0$

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S_o^{1/2}$$

$$S_o = S_f$$

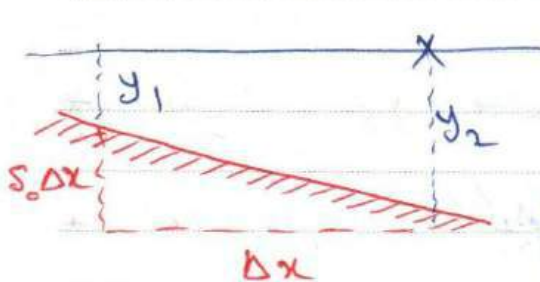
* در عمق نرمال :

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S_f^{1/2}$$

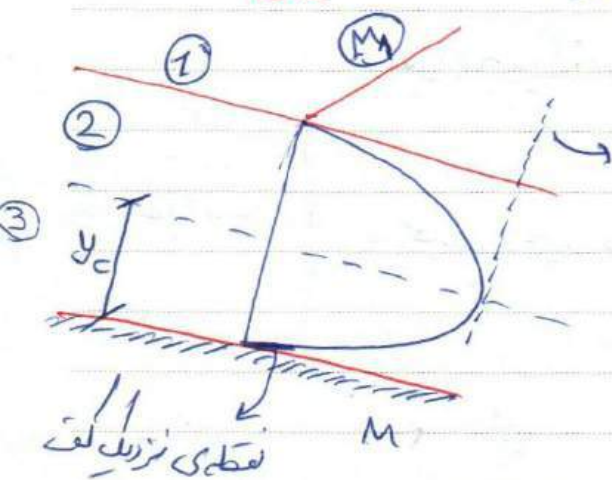
$$\rightarrow S_f = f(V^2)$$

$y > y_n \rightarrow S_f \downarrow \rightarrow S_0 - S_f > 0 \left\{ \frac{dy}{dx} > 0 \right.$
 (برای ارتفاع سطح) $\Rightarrow Fr < 1 \Rightarrow 1 - Fr^2 > 0$

$y \uparrow \Rightarrow S_f \rightarrow 0 \rightarrow$ (نیایاً به چاه برسیم) $\rightarrow V^2$ (خوب نزدیک صفر)
 $F_r = \frac{V}{\sqrt{gD}} \Rightarrow F_r \rightarrow 0$

$\frac{dy}{dx} = S_0 \rightarrow \frac{y_2 - y_1}{\Delta x} = S_0$


$\Rightarrow y_2 = S_0 \Delta x + y_1$



$y_c < y < y_n$ (نقطه دوم)

$y < y_n \rightarrow V \uparrow \rightarrow S_f \uparrow \Rightarrow S_0 - S_f < 0 \left\{ \frac{dy}{dx} < 0 \right.$
 $y > y_c \rightarrow Fr < 1 \rightarrow 1 - Fr^2 > 0$

نامقوع لا ← نا هشن بمق

$$(y \rightarrow y_c) \rightarrow (1 - Fr^2 \rightarrow 0) \rightarrow \left(\frac{dy}{dx} \rightarrow -\infty \right)$$

y

خاصیت سوم:

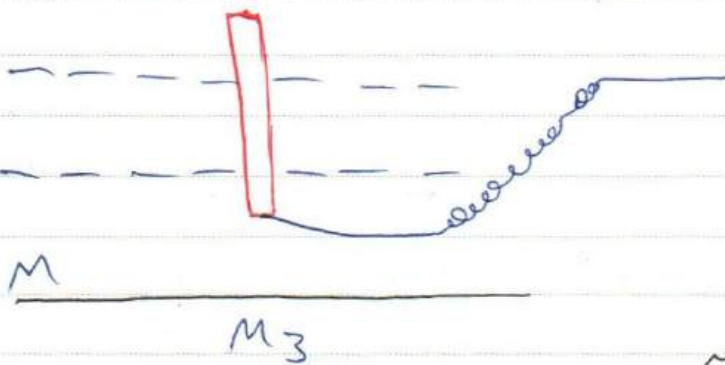
$$\left. \begin{aligned} y < y_c &\rightarrow v \uparrow \rightarrow S_f \uparrow \rightarrow S_b - S_f < 0 \\ y < y_c &\rightarrow Fr > 1 \rightarrow 1 - Fr^2 < 0 \end{aligned} \right\} \frac{dy}{dx} > 0$$

* در نزدیکی کف ← در نقطه ای به عنوان نقطه شروع

* سوال هر کدام از منحنی ها کجا شروع می شوند؟

در جلوی جریان زیر بحرانی، مانعی قرار دهیم } $\frac{M_1}{\text{قبل مانع}}$
در پی آن و جبرداشته باشد سرعت را کمتر کند.

M_2 ← در پی
در محل تغییر شیب

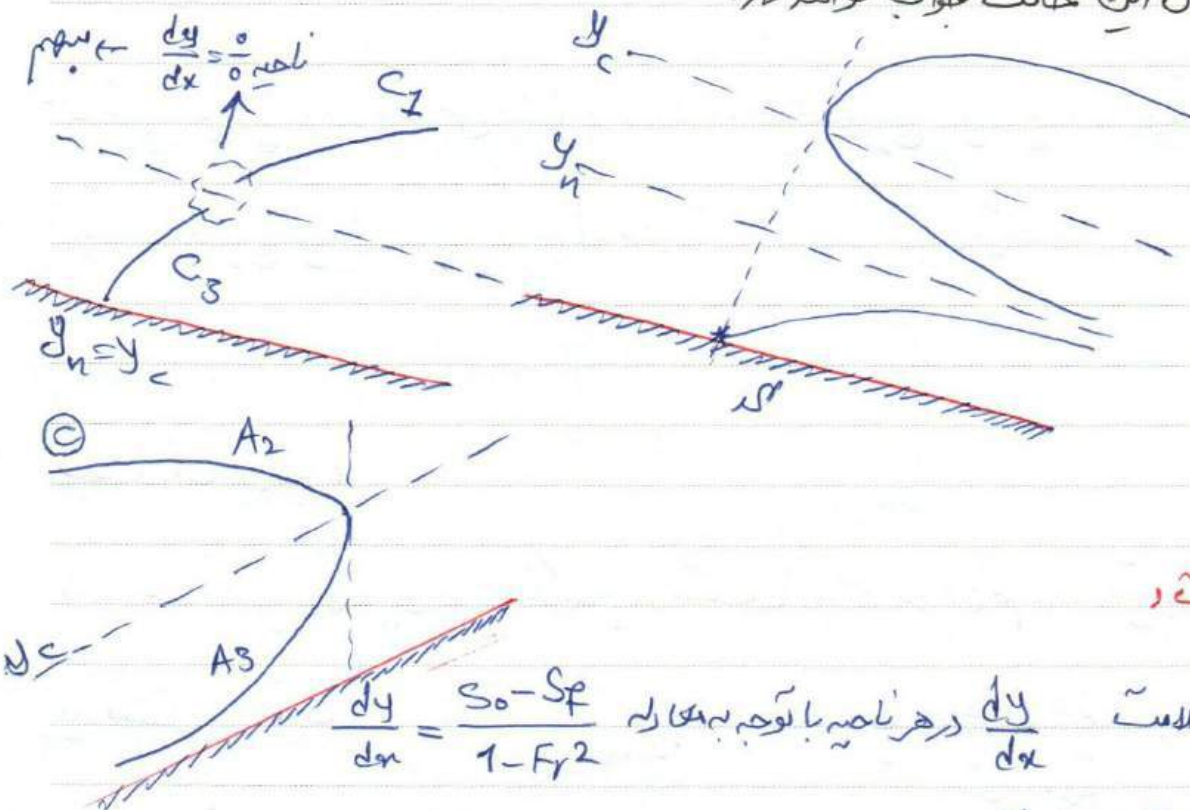


M_3 ← زیر در پی

* توصیف منحنی کی آگے ← * اثبات بہ عنوان تمرین *

* درجائی کہ $\frac{dy}{dx} = 0$ باشد، حالت برائیان مبہم است ← این روش

برای این حالت جواب نخواهد داد.



* تمرین ۱) تمام منحنی های سطح آزاد را با توجه به معادله (رابطه جریان) تغییر تدریجی توصیف

نمایند.

۲- سطح آب به صورت مماس به عمق زیاد نزدیک و از آن دور می شود.

۲- سطح آب در هنگام میل به سمت محور مجرای دارای انحنا زیاد و مماس بر خط قائم

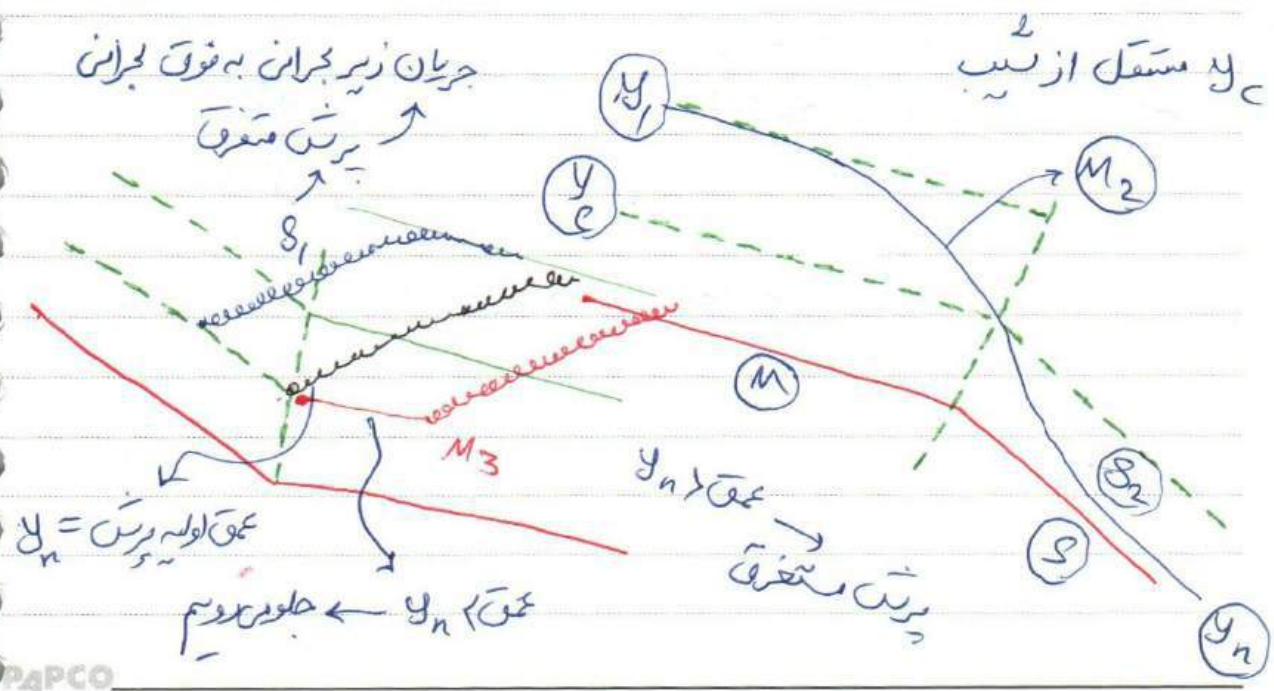
خواهد بود.

۴- سطح نوع ۱، عمدتاً در محل بند (سد) و در ریه ۱ و سطح نوع ۲، در محل تغییر

شیب ۱ و سطح نوع ۳، در زیر ریه ۱ و برای شیب های تند تشکیل می گردد.

شیب های مرکب :

اولین کار تعیین y_n و y_c برای هر کدام از شیب ۱ ← با فرض کم بودن شیب



نکته: به هر صورت وارد ریب تند می شویم حتماً از عمق مجرای عبور خواهیم کرد: از کدام C

مستقیم است.

مست ارتباط دو دریاچه Two lake problems حتماً مطالعه کرد.

محاسبه سطح آزاد در جریان متغیر تدریجی:

روش های ثابت در مانع های تدریجی:

الف: روش های ساده:

۱- روش گام به گام مستقیم: عمق اول را خراب داریم به محاسبه فاصله های عمیق

۲- روش اولیه: فاصله مشخص به هدف محاسبه عمق است.

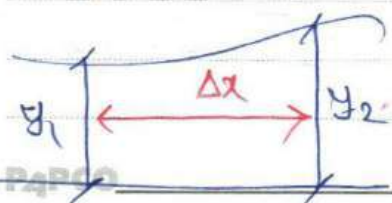
$$H = y + z + \frac{v^2}{2g}$$

$\underbrace{\hspace{10em}}_E$

۱- روش گام به گام مستقیم:

$$\frac{dH}{dx} = \frac{dz}{dx} + \frac{dE}{dx} \rightarrow \frac{dE}{dx} = S_0 - S_f \rightarrow dx = \frac{dE}{S_0 - S_f}$$

$\frac{dH}{dx} = \frac{dz}{dx} + \frac{dE}{dx}$



$$\Delta x = \frac{E_2 - E_1}{S_0 - S_f}$$

برای محاسبه S_f : میانگین S_{f1} و S_{f2} → $S_f = \frac{S_{f1} + S_{f2}}{2}$

$S_f = \sqrt{S_{f1} S_{f2}}$ $y_1 - y_1' - y_2' - y_3' - y_n' - y_2$
 Δx

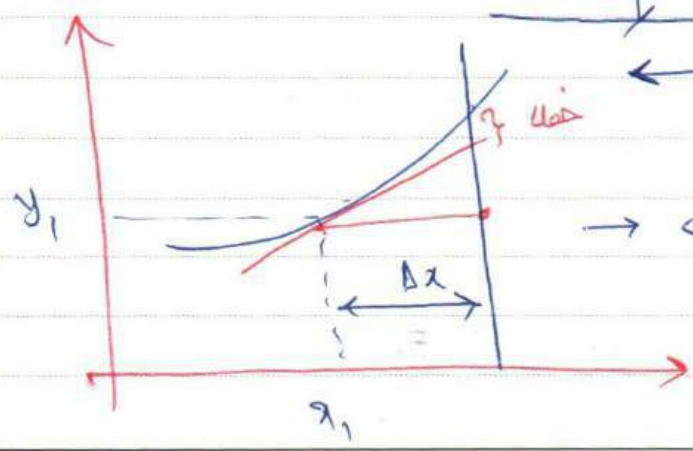
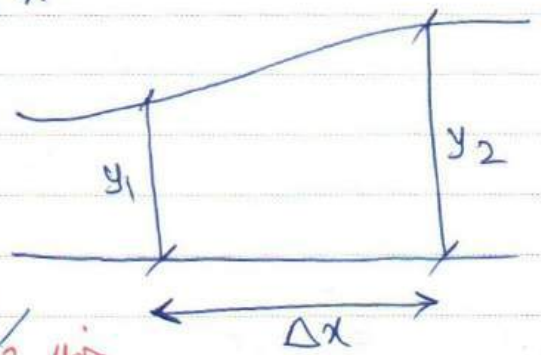
نکات و معنی شود Δy ما می توانیم کوچک در نظر گرفته شود، در این صورت مسئله به جواب دقیق تری منتهی خواهد شد.

نکته: در صورتی که در محاسبه به سمت عمق زمان حرکت می نماییم با توجه به اینکه در عمق زمان، مخرج کمتر خواهد شد، مقدار y_n را $y_n (1 + 0.01)$ یا $1.01 y_n$ در نظر می گیریم.

روش اولیة: $\frac{dy}{dx} = \frac{S_0 - S_f}{1 - Fr^2}$ مقدار خطا order

$y_2 = y_1 + \frac{dy}{dx} \bigg|_{x=x_1} \Delta x + O(\Delta x^2)$

$\frac{dy}{dx} \bigg|_{x=x_1} = \frac{S_0 - S_{f1}}{1 - Fr_1^2}$



روش اولیة از تقریب خط زدن بدست می آید →

Subject:

Year. Month. Date. ()

$$y_2^* = y_1 + \left. \frac{dy}{dx} \right|_{x=x_0} \Delta x$$

روش اول اصلاح شده

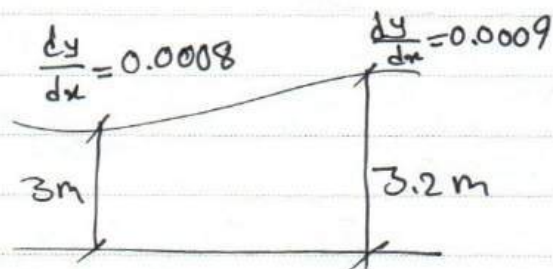
$$\left. \frac{dy}{dx} \right|_{x=x_0} = \frac{S_0 - S_{f1}}{1 - F_{r1}^2}$$

$$\left. \frac{dy}{dx} \right|_{x=x_2} = \frac{S_0 - S_{f2}^*}{1 - F_{r2}^{*2}}$$

$$y_2 = y_1 + \frac{1}{2} \left(\left. \frac{dy}{dx} \right|_{x=x_1} + \left. \frac{dy}{dx} \right|_{x=x_2} \right) \Delta x$$

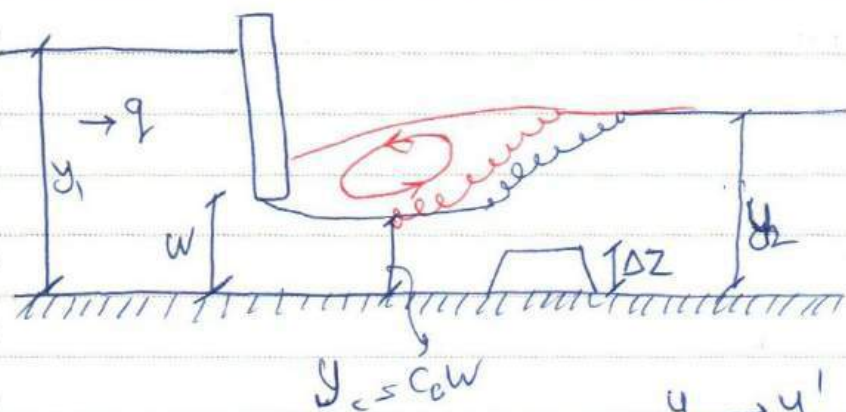
مثال) در کانالی افزونیته این دو مقطع به اعماق 3 و 3.2 متر نسبت به سطح آزاد به ترتیب

0.0008 و 0.0009 می باشد، ناصافی طولی این دو مقطع کدام است؟

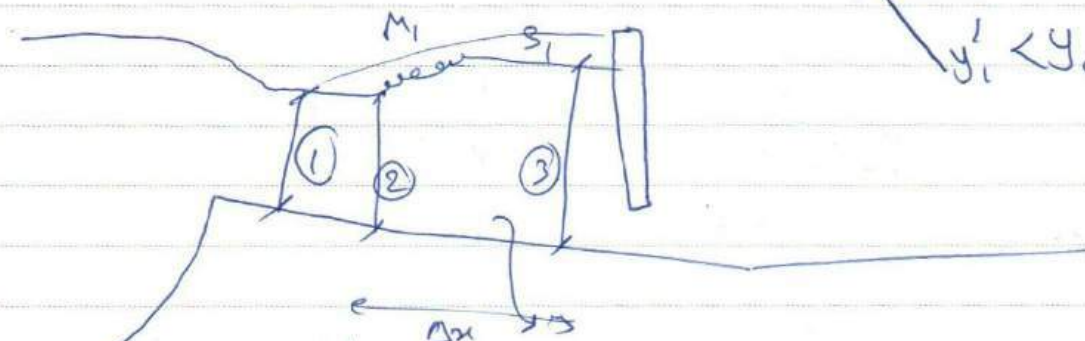


$$y_2 = y_1 + \frac{1}{2} \left(\left. \frac{dy}{dx} \right|_{x=x_1} + \left. \frac{dy}{dx} \right|_{x=x_2} \right) \Delta x$$

$$\Delta x = \frac{y_2 - y_1}{\frac{1}{2} (0.0008 + 0.0009)} = \frac{0.4}{0.0008 + 0.0009} = 235.3 \text{ m} \checkmark$$



$$y_n \rightarrow y'_1 \begin{cases} y'_1 = y_c \\ y'_1 > y_c \\ y'_1 < y_c \end{cases}$$



زمانی که آب از دریاچه به روی تیب می آید طول بافت Δx حداقل به مانوشن

محاسباتی از ژرفای آب بدست می آید پس ① از مقطع ۱ به بعد با توجه به تیب آب با تغییر

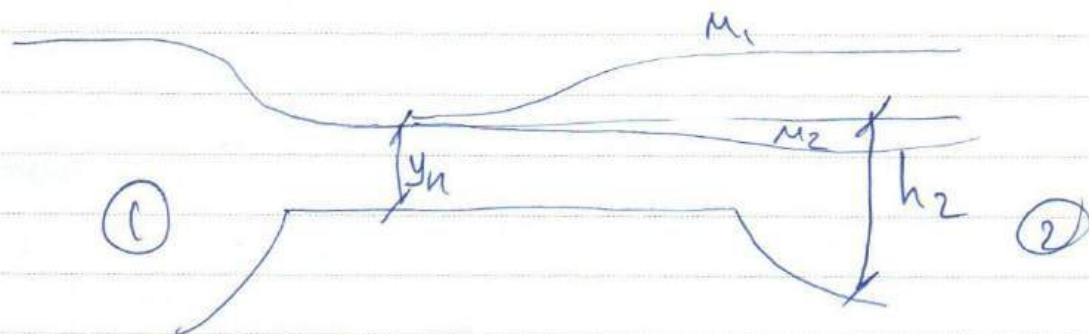
مربوط به تیب حرکت می کند اگر از درجه پایین تر باشد از زیر درجه عبور می کند اگر از درجه بالاتر باشد

دو حالت ممکن است رخ دهد یعنی M_1 و S_1 ممکن است رخ دهد. ممکن است در مقدار

② پیش صورت گرفت و به ارتفاع ③ که رسید طول Δx وجود نداشت و جریان پس نزد

آینده هیچگاه از ارتفاع دریاچه بالاتر نمی رود آنگاه دریاچه تا به درجه می آید و

مخزن کی S_1 و M_1 تشکیل نمی شود. در حالت کلی برای تشکیل مخزن باید طول داشته باشیم اگر طول کافی نباشد آنده مخزن تشکیل نمی شود.



$$y_n < h_2 \rightarrow \text{مخزن } M_1$$

$$y_n = h_2 \rightarrow \text{بهمان } y_n \text{ حرکت می کند.}$$

$$y_n > h_2 \rightarrow M_2$$

اگر h_2 از y_n بزرگتر باشد، آنده مخزن M_2 که در شکل می گیرد و سپس به دریاچه ۲ می ریزد.

مسئله ی ارتباط بین دو دریاچه مطالعه می گردد.
انواع مخزن های سطح آزاد دریاچه مطالعه می گردد.

Subject :

Year . Month . Date . ()