

## هیدرولیک کانالهای باز

صفحه	سرفصل
۱۷-۱	فصل اول : اصول و مفاهیم اولیه هیدرولیک
۳۲-۱۸	فصل دوم : اصل انرژی در کانالهای باز
۳۹-۳۳	فصل سوم : اصل اندازه حرکت
۴۶-۴۰	فصل چهارم : جریان حرکت
۵۴-۴۷	فصل پنجم : جریان متغیر تدریجی

اصول دینامیک اولیه هیدرولیک

بخش اول

معاینه جریان در کانالها با روش فشار  
تعیین کانال باز

کانال باز جریان است که جریان با سطح آزاد را از خود عبور می دهد منظور از سطح آزاد جریان مزر است که با تماس هوای باشد شارژ آن می توان گفت جریان در کانالها با روش فشار نسبی همان فشار است حرکت آب در رودخانه ها، کانالها باز و کانالها زهکش نمونه های از جریان کانال باز است

معاینه جریان در کانالها باز و لوله ها تحت فشار، اگر چه بین جریان در لوله ها و کانالها باز تفاوت وجود دارد ولی تفاوت حائز اهمیت نیست شرح زیر ملاحظه می شود

- ۱- در جریان لوله ها (جریان تحت فشار) تمام مایع توسط یک سطح مزر جامد احاطه شده است در حالی که در کانالها با مزر نسبی سطح آزاد وجود دارد که مایع در آن مزر در مجاورت جدار جامد نیست
- ۲- در جریان کانالها با مزر برخلاف جریان لوله ها، جریان در مجاورت هوا بوده و تحت فشار نسبی صفر یا فشار استغفر است - عبارت ساده تر جریان تحت فشار نیست

- ۳- جریان در لوله ها معمولاً دایره ای و سطح مقطع جریان ثابت است اما در کانالها با مزر مستوی و وجود سطح آزاد در عملی که در تفسیر این



وجود دارد سطح مقطع جریان ثابت نیست و تغییر می یابد در ضمن  
سطح مقطع می تواند شکلی مختلف مانند ذراته ، سطحی ، مثلث  
و غیره را داشته باشد

**تقسیم بندر کانالها**

کانالها از سه دیدگاه تقسیم می شوند

**الف: تقسیم بندر کانال از نظر شیب**

اگر کانال محصور جریان توسط انسان ساخته شده باشد کانال مصنوعی  
و در غیر این صورت کانال طبیعی خواهد بود

**ب: تقسیم بندر بر مبنای تغییرات در سطح مقطع کانال**

اگر کانال در مسیر خود دارای سطح مقطع ثابت باشد مستوی و در غیر  
این صورت غیر مستوی خواهد بود، لازم به ذکر است کانالها طبیعی غیر مستوی  
و کانالها مصنوعی مستوی هستند.

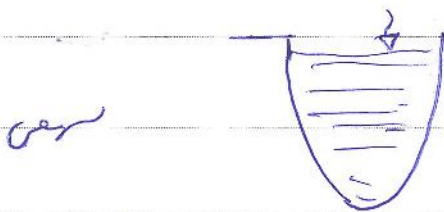
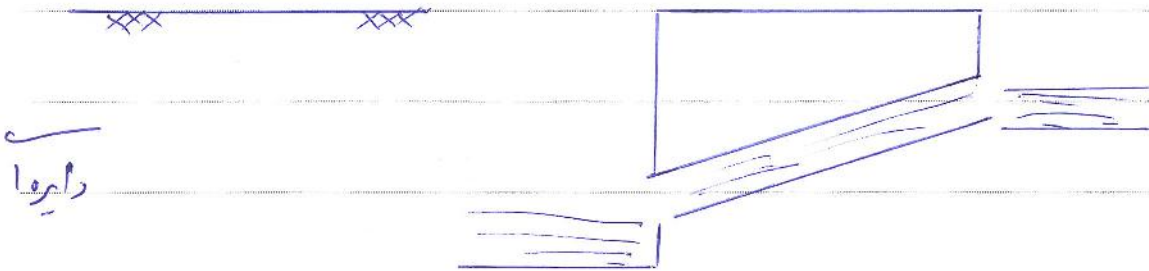
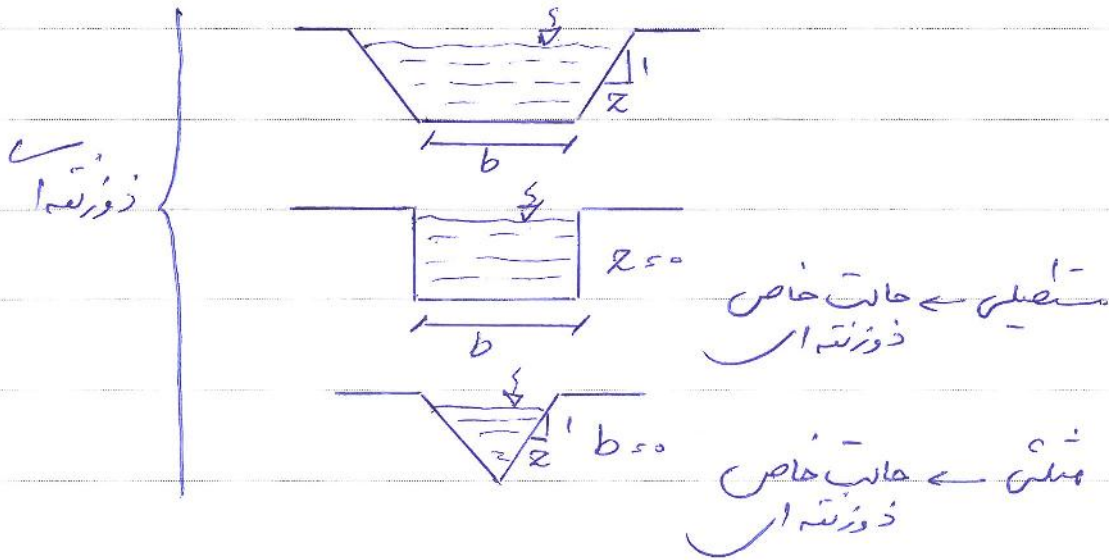
**ج: تقسیم بندر بر اساس پایداری مصالح دیواره**

اگر دیواره کانال از مصالح سخت نظیر بتن ، چوب یا فلز باشد در آن صورت  
به هنگام عبور جریان ثابت مانده و با جریان نسبت نمی شود و پس چنانچه دیواره

کانال از مصالح نرم باشد خاک ساخته شده باشد در آن صورت این قابلیت را دارند  
که تحت تاثیر جریان آب به حرکت در آیند به نوع اول کانال با دیواره ثابت

و به نوع دوم کانال با دیواره متحرک می گویند

نخس دوم \* \*  
انواع مقاطع کانالها باز و مستطیلاً هندس آنها



مقاطع زورته معمولاً در شکل برا کانالها آبیاری می باشد و در مصالح خاص که دارای پوشش نرسیده غرس می گردند مقاطع مستطیل و مثلث نیز حالت خاص از مقطع زورته هستند مقاطع مستطیل معمولاً وقتی که کانال در مصالح یا پوشش نرسیده استفاده می گردد کانالها را مثلث نیز برای دین ها کم آب روکنار



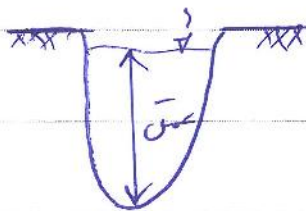
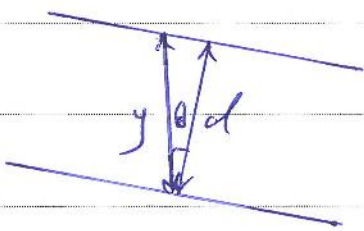
ضایعات و کارها آزما گها هر مورد استناد بقرار می گیرند  
مقاطع دایره ای معمولاً به صورت پیش ساخته تولید شده و در خاک مدفون  
می شوند سیستم های جمع آوری فاضلاب و آب روها با درن کم مقاطع دایره ای  
دارند

مقاطع لوله شکل نیز به علت شباهت با کانالها جعبه به عنوان تقریبی  
مناسب برای این کانالها استفاده می شوند

### مفصلا هندس مقاطع کانالها

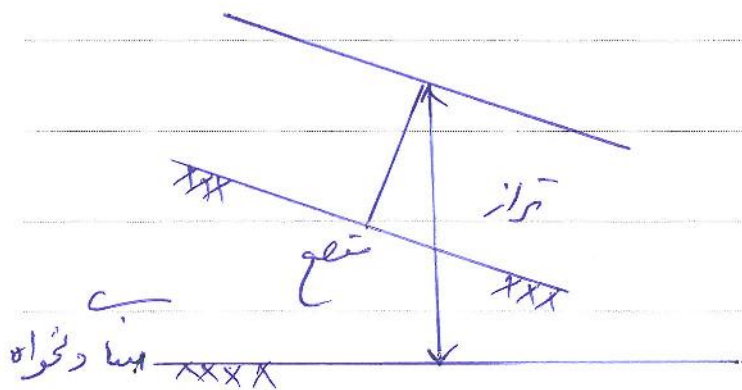
این مفصلا شامل عمق، تراز، مساحت مقطع عرضی سطح  
آزاد، محیط ترشده شعاع هیدرولیک و عمق هیدرولیک می باشد که  
به شرح زیر تعریف می گردند

۱- عمق (y یا h) : در یک محل فاصله قائم یا عمود از سطح مقطع کانال تا  
سطح آزاد آب عمق جریان گفته می شود همین فاصله در راستای عمود در جهت  
جریان در نظر گرفته شود با h نمایش داده می شود در رابطه آن با y به صورت  
زیر است



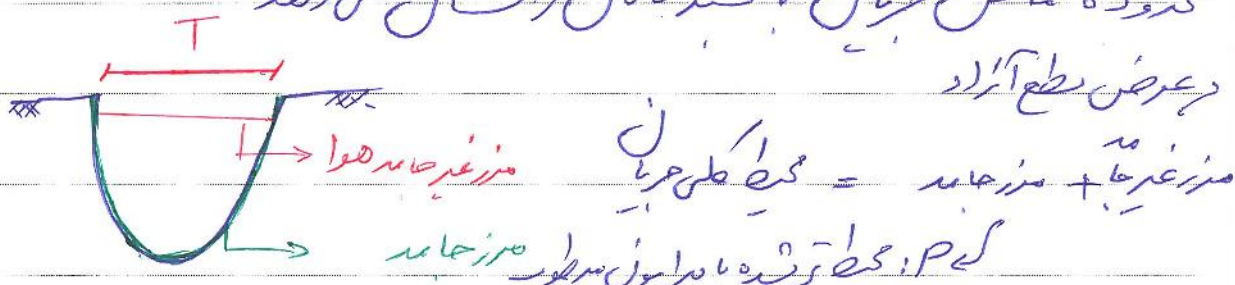
$$\left. \begin{aligned} h > y &\rightarrow \text{عمق} = h \\ h < y &\rightarrow \text{عمق} = y \end{aligned} \right\}$$

۲- تراز در یک مقطع از کانال، فاصله قائم سطح آزاد آب نسبت به سطح مقطع دلتواه تراز باشد می شود



۳- سطح مقطع جریان (آب هائز) منظور از سطح مقطع جریان در یک محل ساعت مقطع جریان در راستای عمود بر جریان است

۴- عرض سطح آزاد (T) و عمق ترشده (P) طولی از سطح جریان که در تماس با هوا سطح آزاد است عرض سطح آزاد گفته می شود حال اگر عرض سطح آزاد را از عمق کل کم کنیم عمق ترشده نسبت می آید که عموده تماس جریان با بسته کانال را نشان می دهد



شعاع هیدرولیک (R) و عمق هیدرولیک (D) اینها تعریف نسبت سطح مقطع جریان به محیط ترشده و عرض سطح آزاد آب به ترتیب شعاع هیدرولیک و عمق هیدرولیک نامیده می شود

$$R = \frac{A}{P} \quad D = \frac{A}{T}$$





نکته: اگر کانال بتلش قائم باشد در آن صورت  $R$  شده و خواهیم داشت

$$R = \frac{y}{2\sqrt{2}}$$

توجه: در کانال بتلش همواره  $D = y$  می باشد و اگر کانال بتلش عرضی باشد  $R = y = D$  پس ترتیب در کانال

بتلش همواره  $D = y/2$  است و اگر کانال بتلش قائم باشد

$$D = \frac{y}{2} = \sqrt{2}R$$

$$\frac{R}{y} = \frac{b}{b+2y} < 1 \rightarrow R < y$$

تمرین ۱ - ترتیب ۳

$R = y$  : مقطع عرضی دقیقاً برابر می شود و پس از آن کمتر خواهد بود

$$\frac{D}{R} = \frac{P}{T} = \frac{b+2y\sqrt{1+1^2}}{b+2y \times 1} = \frac{b+2\sqrt{2}y}{b+2y}$$

تمرین ۲ -

$$= P \frac{\frac{b}{y} + 2\sqrt{2}}{\frac{b}{y} + 2} = \frac{2\sqrt{2}}{2} = \sqrt{2}$$



بخش سوم  
طبقه بندی انواع جریان در کانالها باز

در هیدرولیک جریان ها را بر اساس معیار زمان و مکان طبقه بندی می کنند  
الف) طبقه بندی بر اساس معیار زمان

در این نوع طبقه بندی جریان به دو دسته دائمی و غیر دائمی تقسیم می شود در  
جریان دائمی در یک مقطع دلخواه از یک جریان عمیق با گذشت زمان تغییر  
نمی کند در حالی که اگر جریان غیر دائمی باشد عمق با گذشت زمان تغییر  
خواهد کرد

ب) طبقه بندی جریان بر اساس معیار مکان

در این حالت جریان به دو دسته یکنواخت و غیر یکنواخت تقسیم می شود  
در جریان غیر یکنواخت در هر لحظه از زمان در یک مقطع عمق جریان در مقاطع  
مختلف در راستای طول تغییر می کند اما چنانچه عمق جریان در مقاطع  
مختلف تغییر پیدا نکند در این صورت جریان غیر یکنواخت نامتغیر  
نامیده می شود

۱- جریان متغیر تدریجی : در این جریان تغییرات عمق در یک مقطع  
طولانی و به تدریج اتفاق می افتد به طوری که نمی توان در فواصل کوتاه  
این تغییرات را مشاهده کرد

۲- جریان متغیر سریع : در این جریان تغییرات شدید عمق در فواصل  
کوتاه می از غیر صورت گرفته و این تغییرات قابل مشاهده است

۳- جریان متغیرکمانی در دو جریان قبل فرض بر این است که هیچ گونه جریانی به کمانن اصله دارد یا از آن خارج نمی شود حال اگر این اتفاق بیافتد باعث تغییرات عمق و طول جریان گردد در آن صورت جریان متغیرکمانی نامیده می شود

نکته چهارم  
وضوح جریان در کانالها باز

منظور از تعیین وضوح جریان مشخص کردن اثرات نیروهای لزج و ثقل است نیروی اندلس است - عبارت دیگری خواهیم عدد رینولدز و عدد فرود را در کانالها باز مشخص کرده و رژیم جریان را تعیین کنیم

	$Re \leq 500 \rightarrow$	آرام
$Re = \frac{V R}{\nu} \rightarrow$ بررسی اثر نیروی لزج - ۱	$500 < Re < 2000 \rightarrow$	انتقال
	$Re \geq 2000 \rightarrow$	آشفته
$Fr = \frac{V^2}{gD} \rightarrow$ بررسی اثر نیروی ثقل - ۲	$Fr > 1 \rightarrow$	جریان فوق بحرانی
	$Fr = 1 \rightarrow$	جریان بحرانی
	$Fr < 1 \rightarrow$	جریان زیر بحرانی

نکته ۱: اگرچه تاثیر مشترک نیروی ثقل و لزج رژیم جریان را در کانالها باز مشخص می کند ولی با توجه به اینست که در اکثر موارد جریان آشفته است زیرا نیروهای لزج در جریانهایی که دارای سطح آزاد می باشند نقش چندانی ندارند



بنابراین می توان گفت در کانالها باز عدد فرود در رژیم جریان را مشخص می کنند

نکته ۲: در جریان فوق بحرانی عمق جریان کم و سرعت زیاد است این در حالی است که در جریان زیر بحرانی عمق جریان زیاد و سرعت آن کم است

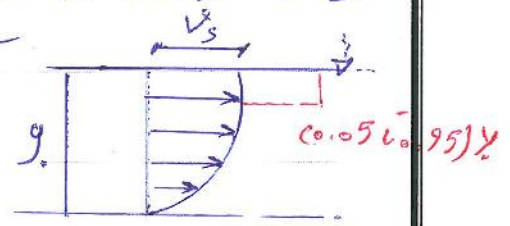
نکته ۳: اگر عدد فرود را برابر یک قرار دهیم در آن صورت می توان معادله جریان بحرانی را برای انواع مقاطع به صورت زیر مشخص کرد

$$F_r = 1 \rightarrow 1 = \frac{v}{\sqrt{gD}} \rightarrow gD = v^2 \rightarrow g\left(\frac{A}{T}\right) = \frac{Q^2}{A^3}$$

$$\rightarrow \frac{A^3}{T} = \frac{Q^2}{g} \quad \text{معادله جریان بحرانی}$$

**خشک بنعم: توزیع سرعت در کانال**

علت تأثیر لزجت آب و وجود حداره ها و زبر در آن ها و هم چنین سطح آزاد آن و نیز نامنظمی مقاطع، توزیع سرعت در کانالها پیچیده و نامنظم است و بدین ترتیب آوردن یک رابطه کلی برای آن امکان پذیر نیست از این رو عموماً در محاسبات هیدرولیک استفاده می شود از متوسط سرعت در مقطع کانال است که به شکل زیر محاسب می گردد



(سیالات) 
$$V = \frac{\text{مجموع برد قیل سرعت}}{\text{مساحت مقطع}}$$

علاقمیوسط در کانال (تقریب) 
$$V = \frac{V_{0.25} + V_{0.85}}{2}$$

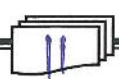
(تقریب) 
$$V = \frac{V_{0.05} + V_{0.95}}{2}$$

**نکته ۱:** مقدار سرعت در حداره ها صفر می شود (اصل پذیرش حدارم) و با دور شدن از حداره ها افزایش می یابد به همین دلیل گزاردیان سرعت در مرزها شدید بود و زیر لایه آرام را به هنگام جریان آب شسته خواهیم داشت

**نکته ۲:** سرعت حداکثر در هر مقطع در نزدیکی سطح آب و در فاصله ۰.۲۵ تا ۰.۰۵ عمق جریان از سطح آزاد رخ می دهد

تقریب ۳-

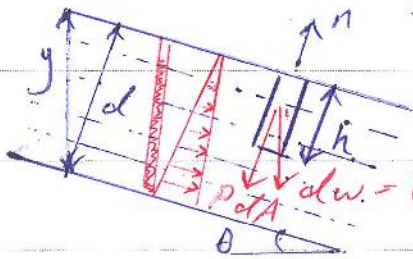
$$V = \frac{V_{0.25} + V_{0.85}}{2} = \frac{2 + 5.5}{2} = 3.75 \text{ m/s}$$





بخش ششم  
توزیع فشار در کانالها باز

در این بخش به حالت مورد بررسی قرار می‌گیرد  
۱- فشار در جریان‌ها متناهی است



$$\sum F_n = 0 \rightarrow dp \cos \theta = P dA$$

$$\rightarrow \gamma h d A \cos \theta = P dA \rightarrow P = \gamma h \cos \theta$$

اگر  $\theta < 90^\circ$  باشد:

$$P = \gamma h \rightarrow \frac{P}{\gamma} = h$$

ارتفاع در فاصله مانده نظر باشد

$$h = d \rightarrow P = \gamma d \cos \theta = \gamma y \cos^2 \theta \rightarrow \frac{P}{\gamma} = y \cos^2 \theta$$

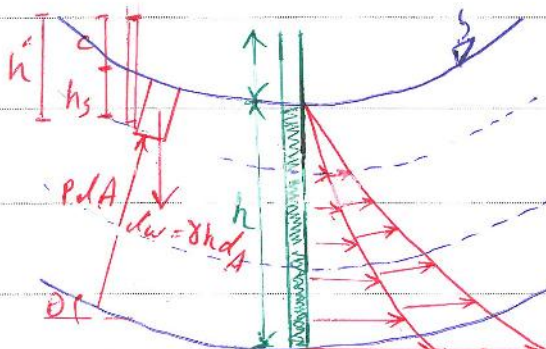
$$\theta < 60^\circ \rightarrow P = \gamma d = \gamma y \rightarrow \frac{P}{\gamma} = y$$

۲- فشار در جریان‌ها متغیر است

در جریان‌ها متغیر در عرض می‌بینیم که باشد جریان متناهی است توزیع فشار  
همه رو استایی بود و هر خطی که باشد در این روابط گفته شده در جریان‌ها  
متناهی است در این حالت قرار است

۳- فشار در جریان‌ها با عمق در صاف تمام

الف) سطح تقریبی



$$\sum F_n = m a_n$$

$$P dA - \gamma h d A \cos \theta = P h d A \left( \frac{v^2}{r} \right)$$

$$P = \gamma h \cos \theta + \frac{\gamma v^2 h}{g r} \quad \frac{P}{\gamma} = h \cos \theta + \frac{v^2 h}{g r}$$

$$h = h_s + c$$

ملاحظه کنید

در رانده بالا که ارتفاع معادل فشار بر حسب ستون آب می باشد و  $h$  نیز ارتفاع نظیر فشار هیدرواستاتیک است مانند جریان کنواخت غیر فشار جانب مرکز نا همبسته می شود که در آن سرعت کنواخت و متوسط جریان بوده و شعاع اینجا خط جریان در ستون آب است.

**نکته:** مقدار  $\theta$  در کف کانال ماعداً با بسته شعاع اینجا سطح باشد و محاسبات دقیق تر نشان می دهد که بسته از شعاع اینجا متوسط یعنی میانگین شعاع اینجا کف کانال و سطح آزاد استفاده کرد (در آزمون هر دو کنترل می کنیم)

**ب) سطوح محدب**

در سطوح محدب برخلاف سطوح مقعر که کمتر از فشار هیدرواستاتیک خواهد بود در این حالت ارتفاع نظیر فشار برابر است با:  $h' = h_s - c$

**تمرین ۴ -**  $\theta = 60^\circ \rightarrow d \cos \theta = \frac{d}{2} \rightarrow d = 2 \times \frac{d}{2}$  قسمت اول

$\frac{P}{8} = d \cos \theta = y \cos^2 \theta$

قسمت دوم  $y = \frac{1}{2}$

$y \cos^2 \theta = \frac{1}{2} \rightarrow \cos \theta = \frac{\sqrt{2}}{2} \rightarrow \theta = 45^\circ$

**تمرین ۵ -** تراز  $h$

$h' = h_s - c < h_s$

**تمرین ۶ -**

$\frac{v^2}{2g} = zH$

$h' = h_s + \frac{v^2 h}{gr} \rightarrow h' = zH + \frac{v^2 \times zH}{g \times 4H} = 4H$

$h_s = h = zH \quad v = \frac{5H + 3H}{2} = 4H$

$\frac{v^2}{2g} = zH$



بخش هفتم

معادلات اساسی حالت بر حرکت سیال در کانالها باز

الف) رابطه پیوستگی

اگر آب در کانالها با سرعت ثابت در این رابطه پیوستگی جریان همواره برقرار بوده و خواهم داشت

$$Q_1 = Q_2 \rightarrow A_1 V_1 = A_2 V_2 \rightarrow b_1 y_1 V_1 = b_2 y_2 V_2$$

متغیر

در کانالها متغیر دس در واحد عرض کانال را بصورت زیر نشان داد

در دس در واحد عرض

$$q = \frac{Q}{b} = y V \rightarrow q_1 b_1 = q_2 b_2$$

رابطه پیوستگی

توجه: در یک کانال متغیر دس در نقطه تقاطع یک است اما دس در واحد عرض فقط در صورتی برابر است که عرض کانال تغییر نکند

ب) رابطه انرژی

برای جریان دائمی آب در کانال که البته ترالیم نامیده هم می باشد دو نقطه واقع بر کف کانال در نظر گرفته می شود و با فرض توزیع هیدرواستاتیک فشار معادله برنولی که با آن رابطه انرژی در صورت زیر نوشته می شود

$$y_1 C_1 \theta + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = y_2 C_2 \theta + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + h_f$$

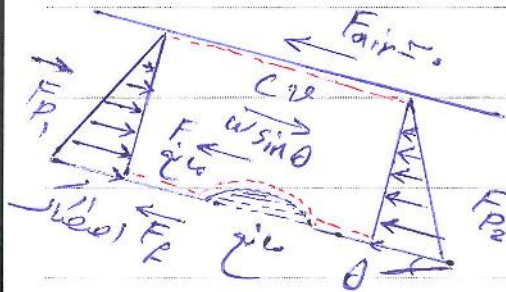
توجه:  $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$

$$\xrightarrow{\theta < 6^\circ} y_1 + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = y_2 + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + h_f$$

ج: رابطه اندازه حرکت

رابطه موافق با اندازه حرکت برای کانالها نیز بصورت زیر نوشته می شود

$$F_{P_1} - F_{P_2} + W \sin \theta - F_{air} - F_f - F_{مانع} = \rho Q (v_2 - v_1)$$



$$F_{P_1} - F_{P_2} + F_{ext} = \rho Q (\beta_2 v_2 - \beta_1 v_1)$$

$$y_1 + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 = y_2 + \frac{v_2^2}{2g} + z_2$$

تقریب ۱ -

$$4 + \frac{4^2}{2 \times 10} + 0 = (4 + \Delta y) + 0 + 0 \quad \Delta y = 0.8 \text{ m}$$

$$Q_1 = Q_2 \rightarrow b_1 y_1 v_1 = b_2 y_2 v_2$$

تقریب ۱ -

$$\rightarrow 2 \times 1.85 \times 2 = 3.7 \times y_2 v_2 \rightarrow y_2 v_2 = 2$$

$$\overset{\text{فواصل کوتاه}}{\rightarrow} z_1 \approx z_2 \quad y_1 + \frac{v_1^2}{2g} = y_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

$$1.85 + \frac{2^2}{2 \times 10} = y_2 + \frac{2^2}{2 \times 10 \times y_2^2} \rightarrow y_2 = 2 \text{ m}$$



بخش هشتم

بررسی حرکت موج در کانالها باز

اگر جسمی مانند بند را در داخل یک آب ساکن برتاب کنیم در آن صورت موج ایجاد شده مطابق شکل زیر از نقطه برتاب دور می شود و سرعت آن مطابق با رابطه زیر است



$$c = \sqrt{gD}$$

سرعت هیدرولیک

حال اگر جریان آب در کانال با سرعت  $v$  حرکت کند در آن صورت می تواند سرعت  $v$  را با سرعت  $c$  مقایسه کرد. اگر  $v < c$  یعنی سرعت جریان کمتر از سرعت موج است و حالت به شرح زیر اتفاق می افتد

$$c > v \rightarrow \frac{v}{\sqrt{gD}} < 1 \rightarrow Fr < 1$$

$$c = v \rightarrow \frac{v}{\sqrt{gD}} = 1 \rightarrow Fr = 1$$

$$c < v \rightarrow \frac{v}{\sqrt{gD}} > 1 \rightarrow Fr > 1$$

تمرین ۹

$$C_d = 1.5 \text{ m/s}$$

$$C_u = 1.5 \text{ m/s}$$

$$C_u = C - v \rightarrow 0.5 = C - v$$

$$C_d = C + v \rightarrow 1.5 = C + v$$

$$C = 1 \text{ m/s}, v = 0.5 \text{ m/s}$$

$$C = \sqrt{gD} = \sqrt{gy} = 1 \rightarrow y = \frac{1}{g} \quad q = Vy = 0.5 \times \frac{1}{g} = \frac{1}{2g}$$

تمرین ۱۰ - فرسایش ۱۳ و از رابطه انرژی

$$3 = C + v$$

تمرین ۱۱ - فرسایش ۱۲

$$1 = C - v$$

$$C = 2, v = 1 \quad z = \sqrt{gy} \rightarrow y = \frac{4}{g}$$

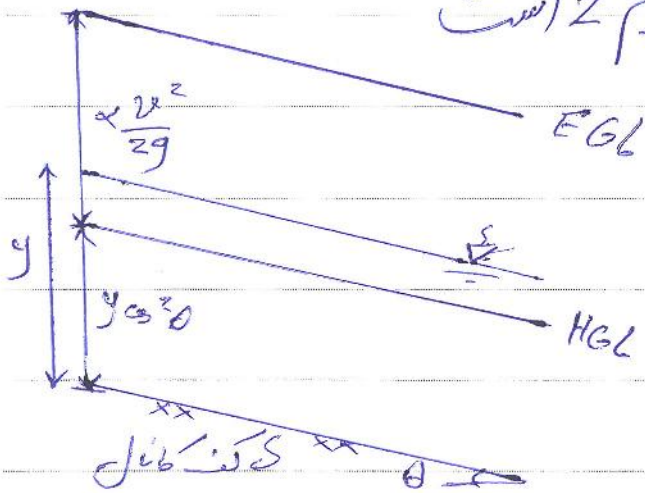
$$x = q \times b = Vy \times b = 1 \times \frac{4}{g} \times 2 = \frac{8}{g}$$

تمرین ۱۲ - فرسایش ۱۴



فصل دوم  
 اصل انرژی در کانالها باز  
 بخش اول  
 انرژی مخصوص

انرژی کانال به عنوان سطح معادله انرژی نوشته شود در آن صورت انرژی در هر مقطع از کانال (برای واحد وزن) انرژی مخصوص نامیده می شود به عبارت دیگر انرژی مخصوص، انرژی بدون آرم Z است



$$E = y \cos^2 \theta + \alpha \frac{v^2}{2g} \xrightarrow[\theta < 60^\circ]{\alpha = 1} E = y + \frac{v^2}{2g} \xrightarrow[\text{مسطح}]{q = v y} E = y + \frac{q^2}{2g y^3}$$

نکته: انرژی مخصوص در صورتی که دو مقطع برابر شود؛

الف) نقطه تراز انرژی موازی کف کانال باشد که این حالت وقتی اتفاق می افتد که سطح مقطع کانال ثابت بوده و عرض نیز تغییر نکند

ب) وقتی دو مقطع در فاصله کمی از هم قرار گرفته باشند و نسبت کانال نیز طوری باشد که  $\theta < 60^\circ$  باشد در این حالت نیز ترم Z بین دو مقطع تقریباً برابر می شود

انرژی مخصوص این دو سطح تقریباً برابر است (لازم به ذکر است که در خواص کوتاه از افت انرژی صرف نظر می شود)

نکته ۱۲: رابطه بین انرژی مخصوص و عرض جریان در کانال مستطیل به صورت زیر است

$$E = y + \frac{v^2}{2g} \quad \frac{E}{y} = 1 + \frac{v^2}{2gy} \quad \frac{E}{y} = 1 + \frac{1}{2} \left( \frac{v^2}{2gy} \right)$$

$$\rightarrow \frac{E}{y} = 1 + 0.5 Fr^2$$

نکته ۱۳: تمام ازاویه

$$A = yz = yz \times 1 = y^2$$

تمرین ۱۳ -

$$Q_1 = Q_2 \rightarrow v_1 A_1 = v_2 A_2 \rightarrow v_1 \times y_1^2 = v_2 y_2^2$$

$$\rightarrow v_1 \times 2^2 = v_2 \times 1^2 \rightarrow v_2 = 4v_1$$

فاصله کمترین در سطح

$$E_1 = E_2 \rightarrow y_1 + \frac{v_1^2}{2g} = y_2 + \frac{v_2^2}{2g} \rightarrow 2 + \frac{v_1^2}{2g} = 1 + \frac{(4v_1)^2}{2g}$$

$$\rightarrow \frac{v_1^2}{2g} = \frac{1}{15} \text{ m} \quad E_1 = y_1 + \frac{v_1^2}{2g} = 2 + \frac{1}{15} = 2 \frac{1}{15}$$

تمرین ۱۴ -

$$Q_1 = Q_2 \rightarrow v_1 \times 2^2 = v_2 \times 3 \times 2 \rightarrow v_1 = \frac{3}{2} v_2$$

$$E_1 = y_1 + \frac{v_1^2}{2g} = 6.5 \rightarrow 2 + \frac{v_1^2}{2g} = 6.5 \rightarrow \frac{v_1^2}{2g} = 4.5 = \frac{9}{2}$$

$$E_2 = y_2 + \frac{v_2^2}{2g} = y_2 + \frac{4}{9} \frac{v_1^2}{2g} = 2 + \frac{4}{9} \times \frac{9}{2} = 4 \text{ m}$$

تمرین ۱۵ -

$$\frac{E}{y} = 1 + 0.5 Fr^2 = 1 + 0.5 \times 0.8^2 = 1.32$$



تمرین ۱۶ -

$$\left. \begin{aligned} Fr=1 &\rightarrow v_c = \sqrt{gy_c} \\ \frac{v_c^2}{2g} = h &\rightarrow v_c = \sqrt{2gh} \end{aligned} \right\} \rightarrow y_c = 2h$$

$$q = v_c \times y_c = \sqrt{2gh} \times 2h = 2h\sqrt{2gh}$$

نخستین دوم (بسیار مهم) \*\*\*\*\*  
عمق بحرانی

اگر عدد فرود برابر یک در نظر گرفته شود در آن صورت عمق بحرانی بدست می آید  
عمق بحرانی به ازای یک دس ثابت مدنظر است و می توان با استفاده از مقدار  
هر یک بحرانی که در فصل ۱ ذکر شد مقدار آن را برای مقاطع مختلف بدست  
آورد به عنوان مثال برای مقاطع مستطیل و مثلث داریم

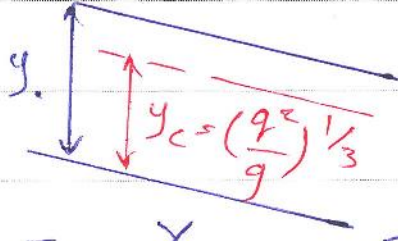
$$\frac{Q^2}{g} = \frac{A^3}{T} \left\{ \begin{array}{l} a, \text{ مستطیل} \rightarrow \frac{Q^2 b^2}{g} = \frac{b^3 y_c^3}{b} \rightarrow y_c = \left(\frac{Q^2}{g}\right)^{1/3} \\ b, \text{ مثلث} \rightarrow \frac{Q^2}{g} = \frac{y_c^6 z^3}{2y_c z} \rightarrow y_c = \left(\frac{2Q^2}{g z^4}\right)^{1/5} \end{array} \right.$$

نکته ۱: رابطه بین انرژی مخصوص و عمق جریان در حالت بحرانی را می توان  
به صورت زیر بیان کرد

$$E_c = y_c + \frac{v_c^2}{2g} = y_c + \frac{1}{2} D \times \frac{v_c^2}{gD} = y_c + \frac{1}{2} D \times Fr_c^2$$

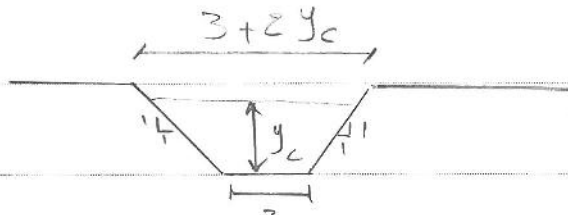
$$\left. \begin{array}{l} \frac{D=D_c}{Fr_c=1} \rightarrow E_c = y_c + \frac{1}{2} D_c \\ \text{مستطیل} \rightarrow E_c = y_c + \frac{1}{2} y_c \rightarrow E_c = \frac{3}{2} y_c \\ \text{مثلث} \rightarrow E_c = y_c + \frac{1}{2} \frac{y_c}{2} \rightarrow E_c = \frac{5}{4} y_c \end{array} \right\}$$

نکته ۲: پس از مواردی که قبلاً بحث شد عمق جریان را حائز اهمیت می‌نماید  
 عمق جریان با عمق نرمال جریان متفاوت است زیرا ارتباط بین  
 عمق جریان و تفاوت (y) با عمق جریان را در یک کانال مستطیلی  
 باید عرض ثابت نشان می‌دهد



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

$$\rightarrow \frac{y_c}{y} = Fr^{2/3}$$



تمرین ۱۷ -

$$E_c = y_c + \frac{1}{2} P_c \quad 1.4 = y_c + \frac{1}{2} \left[ \frac{(3 + y_c)(y_c)}{3 + 2y_c} \right]$$

$$y_c = 1m$$

تمرین ۱۸ -

$$y_c = \left( \frac{2Q^2}{gZ^2} \right)^{1/5} = \left[ \frac{2 \times 1^2}{10 \times 1^2} \right]^{1/5} = 0.2^{(1/5)}$$

که بهشت قائم



محس سوم  
 منحنی انرژی مخصوص

برای یک کانال مستطیل رابطه انرژی مخصوص به صورت زیر می باشد

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

عرض ثابت  
 $q = \text{const}$

$$(E - y)y^2 = \text{const}$$

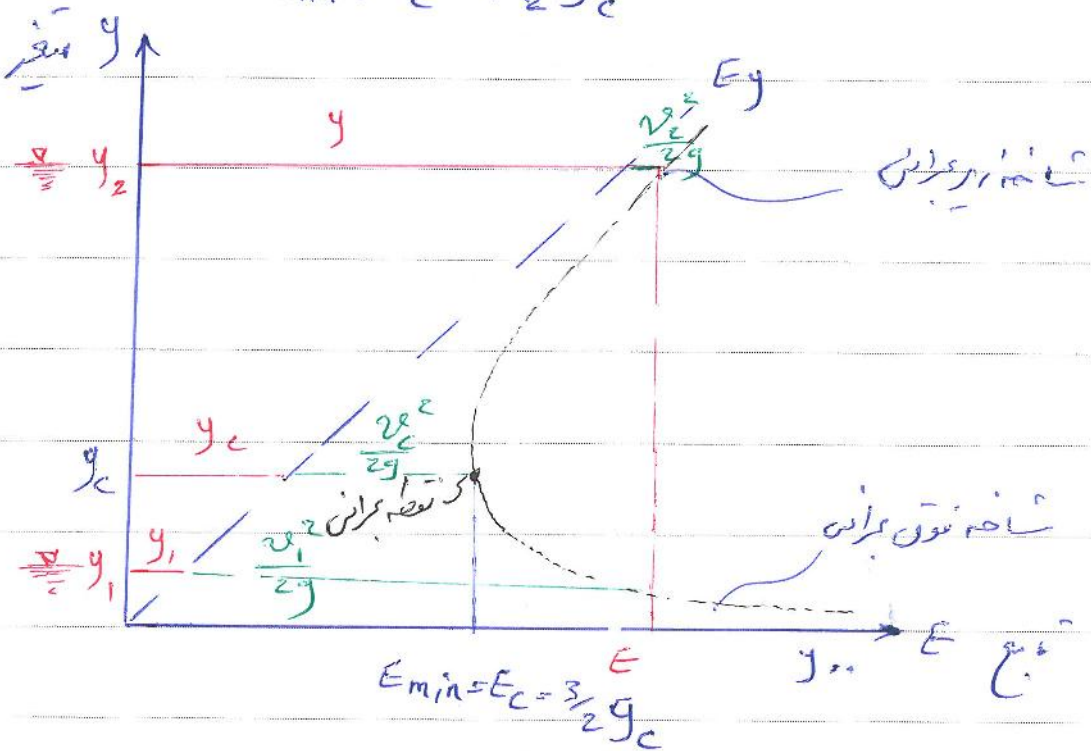
مایل  $E = y$   
 قائم  $y = 0$

محاسب

قبل از رسم نمودار

$$\frac{dE}{dy} = 0 \rightarrow 1 + \frac{q^2}{2g} \left(-\frac{2}{y^3}\right) = 0 \rightarrow y = \left(\frac{q^2}{g}\right)^{1/3} = y_c$$

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



باتوجه به نمودار من توان به موارد زیر اشاره کرد

۱- عمق نامعین از  $y$  من باشد زیرا به ازای یک عمق مشخص مانند  $y$  دو انرژی مخصوص متفاوت می‌باشد پس به ازای یک انرژی مخصوص ثابت من توان اشکال داشت که دو عمق مختلف در کانال داشته باشیم

۲- مشخص رسم شده مربوط به یک کانال متطبیق نامعرض ثابت است واضح است که اگر عرض کانال تغییر کند  $q$  نیز تغییر کرده و مشخص دیگر خواهیم داشت

۳- برخلاف آنچه در رسم نمودار در ریاضیات مرسوم است در مشخص انرژی مخصوص تابع دور محور افقی و متغیر دور محور قائم در نظر گرفته شده است این موضوع آن است که در یک انرژی از وضعیت عمق ایجاد شود

۴- به ازای هر انرژی مخصوص ثابت امکان شکل گیری دو عمق جریان وجود دارد که یک عمق بزرگتر از عمق بحرانی و دیگری کوچکتر از عمق بحرانی است این دو عمق بنامه تعریف اعماق متفاوت نامیده می‌شوند با این تعریف یک شاخه مشخص وضعیت جریان فوق بحرانی در شاخه دیگر وضعیت جریان زیر بحرانی را به ازای یک  $q$  در واحد عرض ثابت نشان می‌دهد

۵- رابطه بین اعماق متضاد به صورت زیر بدست می‌آید

$$E_1 = E_2 \rightarrow y_1 + \frac{q^2}{2gy_1^2} = y_2 + \frac{q^2}{2gy_2^2}$$

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

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



تمرین ۱۹ -

$$\frac{q^2}{g} = \frac{2y_1^2 y_2^2}{y_1 + y_2} \quad \frac{q^2}{10} = \frac{2 \times 2^2 \times 3^2}{2 + 3}$$

$$\rightarrow q^2 = 144 \rightarrow q = 12 \text{ m}^3/\text{s.m}$$

تمرین ۲۰ -

$$E_c = \frac{y}{2} = 1 + 0.5 Fr^2$$

$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{1 + 0.5 Fr_1^2}{1 + 0.5 Fr_2^2} = \frac{1 + 0.5 \times 0.5^2}{1 + 0.5 \times 2^2} = \frac{1 + 1/8}{3} = \frac{9/8}{3} = \frac{3}{8}$$

تمرین ۲۱ -

$$E_{min} = E_c = \frac{3}{2} y_c = 3 \rightarrow y_c = 2 \text{ m}$$

$$y_c = \left(\frac{q^2}{g}\right)^{1/3} \rightarrow 2^3 = \frac{q^2}{10} \rightarrow q^2 = 80$$

$$q = 9 \text{ m}^3/\text{s.m} \rightarrow Q = 9 \times 5 = 45 \text{ m}^3/\text{s}$$

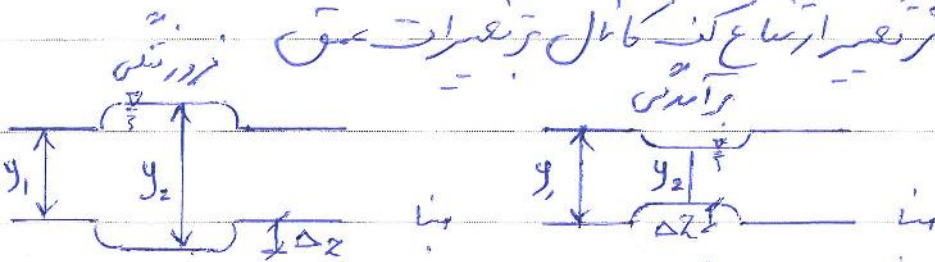
تمرین ۲۲ -

$$E_{min} = \frac{3}{2} y_c = 3 \rightarrow y_c = 2$$

$$\frac{y_c}{y_0} = Fr_0^{2/3} \quad \frac{2}{2.5} = Fr_0^{2/3} \quad 0.8 = Fr_0^{2/3} \quad Fr_0 = 0.8 \sqrt{0.6}$$

نخستین چهارم  
تخلیل جریان در هندسه تغییر ارتفاع کانال

الف) بررسی اثر تغییر ارتفاع کنه کانال بر تغییرات عمق



$$y_1 + \Delta z + \frac{v_1^2}{2g} = y_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

$$E_1 + \Delta z = E_2$$

$$y_1 + \frac{v_1^2}{2g} = y_2 + \Delta z + \frac{v_2^2}{2g}$$

$$E_1 = E_2 + \Delta z \rightarrow E_2 = E_1 - \Delta z$$

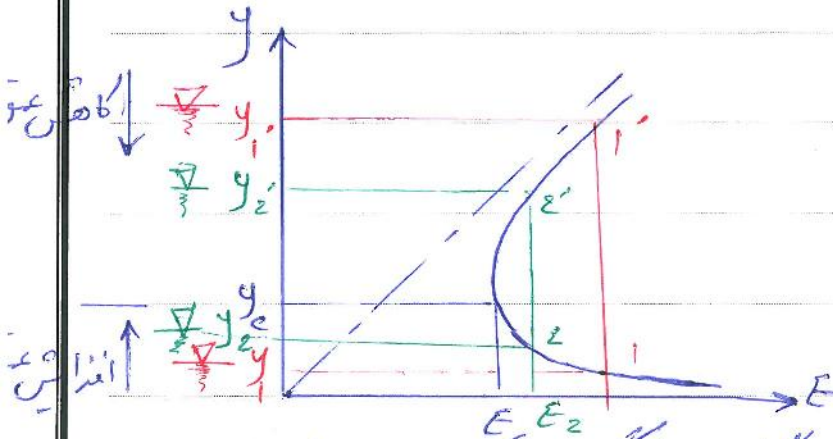
$$\rightarrow E_2 > E_1$$

۲۴

$$\rightarrow E_2 < E_1$$

همانطور که ملاحظه می شود علت فرورفتن انرژی مخصوص به اندازه ارتفاع فرورفتن انرژی در عمق میله و به هنگام برآمدن انرژی در عمق به اندازه ارتفاع برآمدن کم خواهد شد

برای بررسی تغییرات عمق در این حالت ها از منحنی انرژی مخصوص در عمق در عمق



همانطور که ملاحظه می شود هنگام فرورفتن در کانال در جریان زیر بحرانی با افتدش عمق و در جریان فوق بحرانی با کاهش عمق مواجه می شویم. منحنی مطابق شکل به هنگام برآمدن در جریان زیر بحرانی با کاهش عمق و در جریان فوق بحرانی با افزایش عمق مواجه می شویم جدول زیر در این مورد این موضوع را ارائه می دهد

زیر بحرانی (-)	فوق بحرانی (+)	
↑ +	↓ -	فرورفتن (-)
↓ -	↑ +	برآمدن (+)

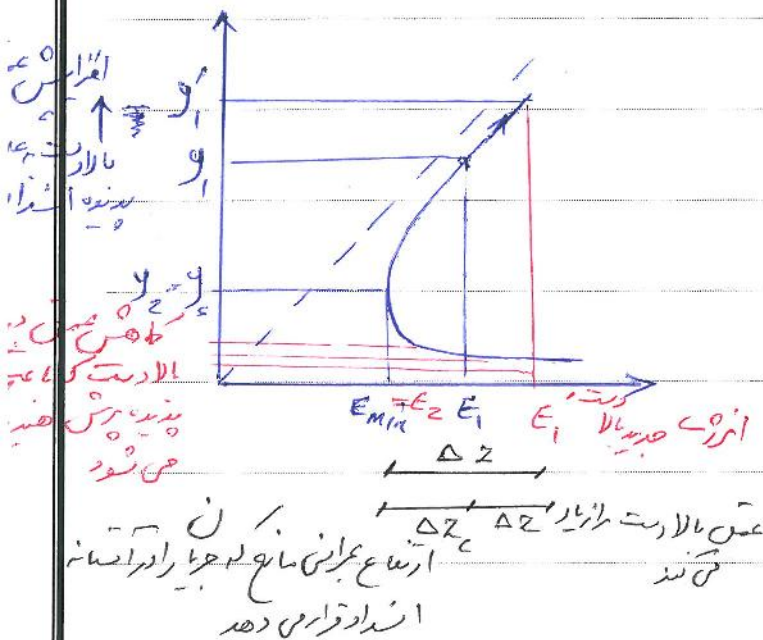
نکته: از ارتفاع برآمدن به گونه ای که  $E_2$  نخواهد از  $E_{min}$  کمتر شود در آن صورت چنین اجازه ای به داده می شود در این حالت  $E_2$  در همان  $E_{min}$  باقی می ماند در عوض  $z_2$  همان فاصله  $E_2$  است با افزایش  $E_2$  و حرکت آن



به سمت راست باسن می‌گردد در این حالت بسته به نوع بحرانی یا زیر بحرانی بودن جریان دو وضعیت خواهیم داشت

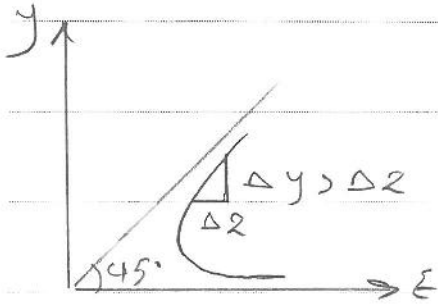
**الف** اگر جریان زیر بحرانی باشد با افزایش عمق و انرژی در بالا دست این استان فراهم می‌شود که انرژی را در دست می‌دهیم و چون با عمق بحرانی از هر مانع عبور کند در این حالت که به آن انرژی در دست داریم، انرژی به بالا دست منتقل می‌شود

**ب** اگر جریان فوق بحرانی باشد به علت کاهش سطح عمق در بالا دست در این ناحیه پرس هیدرولیک رخ می‌دهد و اگر آنجا نباشد موقعیت دقیق پرس قبل از مانع و همچنین امت انرژی را از این پرس بدون مطالعه مشاهده نمی‌توانیم. جریان مشخص نسبت به این پرس تعیین این وضعیت را به مقدار انرژی پرس کنیم



**تمرین ۲۳** - هنگام فرو رفتن در جریان زیر بحرانی با افزایش عمق در هنگام برآمدن با کاهش عمق مواج می‌شود سوال اینست اثرات افزایش با کاهش عمق چیست است با اثرات تغییر را در کنار مثال با توجه به منحنی انرژی در دست توضیح دهید

تبدیل شدن دریاچه زیر برآیند از شب ۴۵ بسته است بنابراین  $\Delta y > \Delta z$  بوده و تغییرات عمق بر تغییرات تراز فوق کانال غالب می کند. نتیجه آنکه هر آنچه در مورد افزایش یا کاهش عمق گفته شد در مورد بالا یا پایین رفتن تراز سطح آب نیز برقرار است.



تمرین ۲۴ -  $y_2 = y_c = 0.4 = \left(\frac{q^2}{g}\right)^{1/3}$

$y_1 = 0.5 \rightarrow 0.1064 = \frac{q^2}{10} \rightarrow q = 0.8 \frac{m^3}{s \cdot m}$

$\rightarrow Q = 0.8 \times 2 = 1.6 \frac{m^3}{s}$

مسئله تمرین ۲۴ - طول بست  $\Delta z$  در تمرین ۲۴

$\Delta z = E_1 - E_2 \quad E_2 = E_{min} = 3/2 y_c = 3/2 \times 0.4 = 0.6 m$

$E_1 = y_1 + \frac{q^2}{2gy_1^2} = 0.5 + \frac{0.8^2}{2 \times 10 \times 0.5^2} = 0.628 m \quad \Delta z = 0.628 - 0.6 = 0.028 m$

ب: بررسی اثر تغییر عرض کانال بر عمق

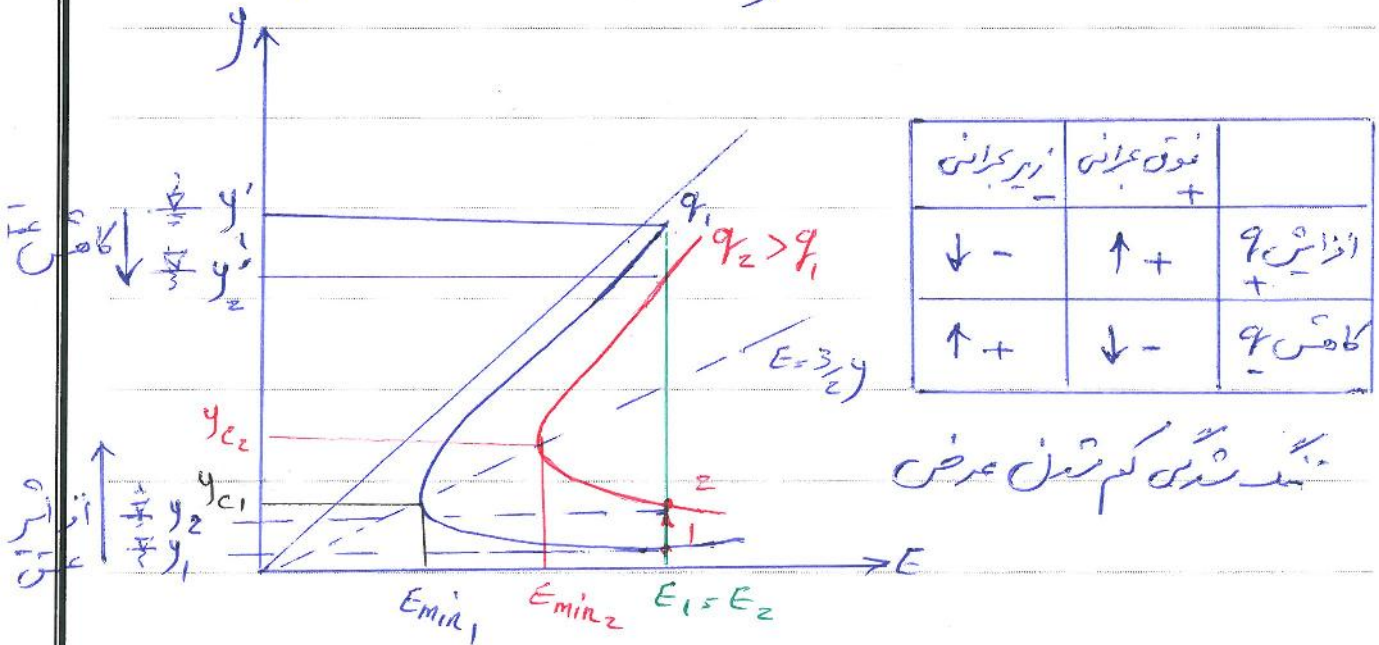
اگر عرض مقطع تغییر کند پس در واحد عرض نیز تغییر خواهد نمود بنابراین  $y_c$  و دنبال آن  $E_c$  نیز تغییر می کند در نتیجه، ممکن است عمق آب افزایش یا کاهش یابد. به طوری که منبسط آن رو به خط  $E = 3/2 y_c$  حرکت خواهد کرد اگر عرض زیاد

کم شود  $q$  زیاد خواهد شد و منبسط به سمت راست می رود با افزایش عرض بسیار بعکس این مطلب اتفاق می افتد.



شکل زیر نحوه تغییرات عمق با تغییرات عرض مقطع را نشان می‌دهد  
 (برابر حالت تک شیب شدن که البته باید شیب نیز مشابه آن است)

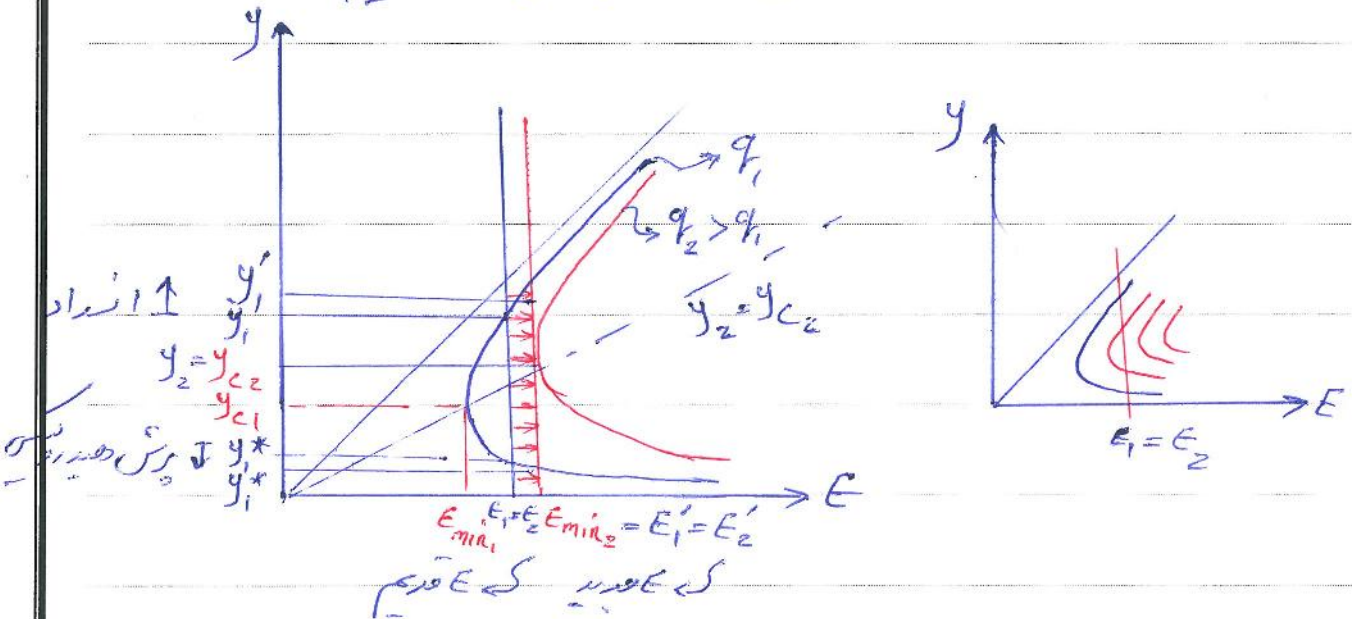
$$Q = b q \uparrow \downarrow \quad y_c = \left(\frac{q^2}{g}\right)^{1/3} \uparrow \downarrow \quad E_c = \frac{3}{2} y_c \uparrow \downarrow$$



شیب شیب کم تر شدن عرض

نکته: در افزایش عرض در کانال به طولی باشد، یعنی انرژی مخصوص با دبی  
 در واحد حجم  $q_2$  خواهد درست است  $E_1, E_2$  قرار گیرد در آن صورت  
 این اجازه به آن داده نمی شود در این حالت  $E_1, E_2$  نیز همراه  $E_{min2}$  حرکت  
 کرده و به سمت راست می آید در این حالت انرژی ها مخصوص در هر دو مقطع  
 از ۲ اقتراش یافته و با  $E_{min}$  مقطع دوم برابر شده اند اگر وضعیت جریان  
 قبل از تک شیب شدن زیر بحرانی باشد وضعیت اشباع و حوض آمده و انرژی  
 مخصوص در ابتدا تنگانه اشباع از بود در صورتی که عبور بر اثر تک شیب با  $E_{min2}$  انجام شود  
 در این حالت در محل تک شیب شدن  $y_c, y_1$  و قبل از آن نیز در بالادست  
 عمق اقتراش یافته است در صورتی که جریان بعد از تنگانه فوق بحرانی باشد

در آن صورت در بالادست پرس هیدرولیک خواهیم داشت



تمرین ۲۵ -  $4 \times \frac{3}{2} \left( \frac{q_1^2}{g} \right)^{1/3} = \frac{3}{2} \left( \frac{q_2^2}{g} \right)^{1/3}$   
 $64 q_1^2 = q_2^2 \rightarrow q_2 = 8 q_1$

$Q_1 = Q_2 \rightarrow q_1 b_1 = q_2 b_2 \quad q_1 \times 2 = 8 q_1 \times b_2 \rightarrow b_2 = 0.25 \text{ m}$

$\frac{L}{8} = \frac{b_1 - b_2}{1} \rightarrow L = 8 \times (2 - 0.25) = 14 \text{ m}$

تمرین ۲۶ -  $q_1 = \frac{40\sqrt{5}}{20} = 2\sqrt{5} \rightarrow E_1 = y_1 + \frac{q^2}{2gy_1^2} = 2.5 + \frac{(2\sqrt{5})^2}{2 \times 10 \times 2.5^2} = 2.67 \text{ m} = E_2$

$q_2 = \frac{40\sqrt{5}}{10} = 4\sqrt{5}$

انتقال انبساط  $\rightarrow E_{min2} = E_c = \frac{3}{2} \left( \frac{q_2^2}{g} \right)^{1/3} = \frac{3}{2} \times \left[ \frac{(4\sqrt{5})^2}{10} \right]^{1/3} = 3 \text{ m} \quad E_1 = E_2$

$y_2 = y_{c2} = 2 \text{ m}$



$Q = v \times y \times b \rightarrow 35.5 = v_1 \times 3.55 \times 5 \rightarrow v_1 = 2 \text{ m/s}$  - تمرین ۲۷ -

$E_1 = E_2 = E_{min_2}$

$E_1 = y_1 + \frac{v_1^2}{2g} = 3.55 + \frac{2^2}{2 \times 10} = 3.75 \text{ m}$

$E_1 = E_2 = E_{min_2} = \frac{3}{2} y_{c_2} = \frac{3}{2} y_2 = 3.75 \text{ m} \rightarrow y_2 = 2.5 \text{ m}$

$v_2 = v_{c_2} = \sqrt{g y_{c_2}} = \sqrt{g y_2} = \sqrt{10 \times 2.5} = 5 \text{ m/s}$

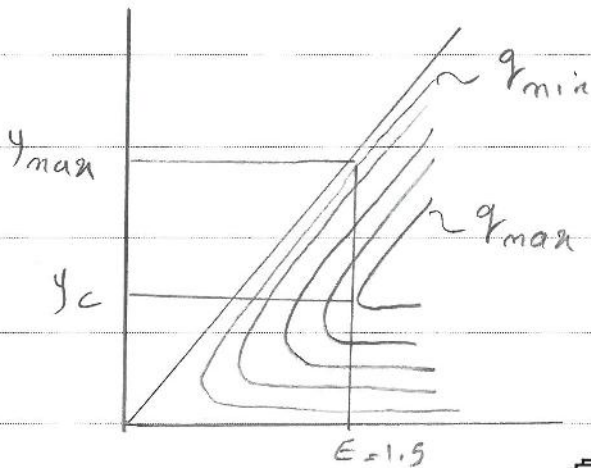
$Q_1 = Q_2 \rightarrow Q_1 = y_2 b_2 v_2 \rightarrow 35.5 = 2.5 \times (b - 0.6) \times 5 \rightarrow b = 3.4 \text{ m}$

تمرین ۲۸ - باید ترازیف کانال برای این باوریم  
 کامپن عرض + میان زیر بسترش +  
 (-) (+)   
 - مرور قبلی -  
 + بالا آمدن

$y_c = \left( \frac{q_{max}^2}{g} \right)^{1/3} = \frac{2}{3} E_c = \frac{2}{3} \times 1.5 = 1$  - تمرین ۲۹ -

$q_{max}^2 = 10 \times 1^3 = 10 \quad q_{max} = \sqrt{10}$

$E = y + \frac{q^2}{2gy^2} \quad 1.5 = y_{max} + \frac{q^2}{2gy_{max}} \rightarrow y_{max} = 1.5 \text{ m}$



تمرین ۳۰ -

$$E_c = \frac{5}{4} y_c$$

تمرین ۳۱ -

$$\frac{5}{4} y_c \left( \text{میل} \right) < E_c < \frac{3}{2} y_c \left( \text{متصل} \right)$$

تمرین ۳۲ -

$$E_1 = y_1 + \frac{q^2}{2gy_1^2} = y_1 + \left( \frac{q^2}{g} \right) \times \frac{1}{2y_1^2} = 2 + 1 \times \frac{1}{2 \times 2^2} = \frac{17}{8} \text{ m}$$

$$E_2 = E_{min} = E_c = \frac{3}{2} y_c = \frac{3}{2} \times 1 = \frac{3}{2} \text{ m}$$

$$\Delta z_c = E_1 - E_2 = \frac{17}{8} - \frac{3}{2} = \frac{5}{8} \text{ m}$$

$$E_{min} = E_c = \frac{3}{2} y_c = 3 \rightarrow y_c = 2 \text{ m}$$

$$y_c^3 = \frac{q^2}{g} \rightarrow 2^3 = \frac{q^2}{g} \rightarrow q = 2\sqrt{2g} \quad Q = q \times b = 2\sqrt{2g} \times 4$$

$$Q = 8\sqrt{2g}$$

تمرین ۳۵ - با افزایش  $\Delta z$  و کاهش فریبدهی و ثابت است این وضعیت

تا آنجا که اندام برقرار است ( $\Delta z = \Delta z_c$ ) از آن پس به  $y_2$  بیشترین مقدار

خود غنی  $y_1$  را خواهد داشت و در  $\Delta z$  که از آن بزرگتر شود در این شرایط  $\Delta z$

بالاترین  $y_1$  تعیین خواهد شد



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

$$\frac{q^2}{g} = \frac{2 \times 3^2 \times 0.5^2}{3 + 0.5}$$

تمرین ۳۶ - زینا

$$\rightarrow q = 3\sqrt{g/7}$$

$$Q_1 = Q_2 \rightarrow v_1 A_1 = q_2 b_2 \rightarrow \left(\frac{\sqrt{g}}{2}\right) \times 4 = q_2 \times 2$$

$$E_1 = y_1 + \frac{v_1^2}{2g} = 1 + \frac{g/4}{2g} = \frac{9}{8} \text{ m}$$

$$E_2 = \frac{3}{2} y_{c2} = \frac{3}{2} \left(\frac{q_2^2}{g}\right)^{1/3} = \frac{3}{2} \times \left(\frac{g}{g}\right)^{1/3} = \frac{3}{2} \text{ m}$$

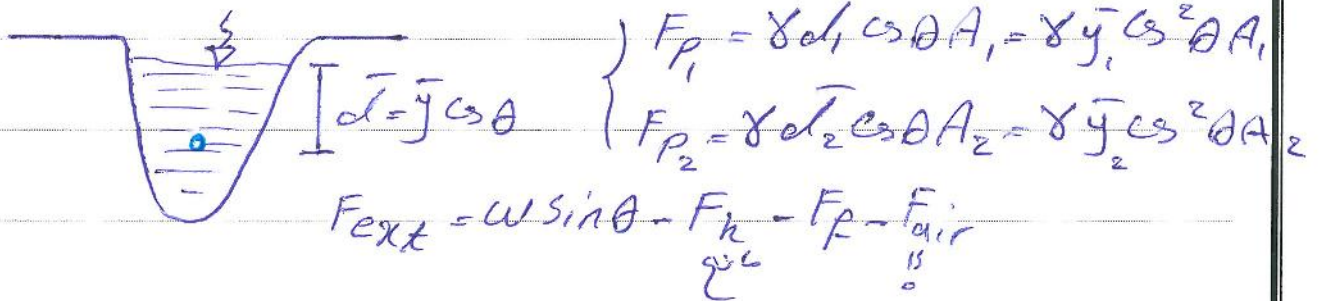
$$E_2 > E_1 \rightarrow \text{فرسایش} \rightarrow \Delta z_c = \frac{3}{2} \text{ m} - \frac{9}{8} = \frac{3}{8} \text{ m} = 37.5 \text{ cm}$$

فصل سوم  
اصل اندازه حرکت  
بخش اول

رابطه اندازه حرکت و نیرو مخصوص

این رابطه اندازه حرکت در کانالها یا بنا بر این فرض که توزیع فشار هیدرواستاتیک است در نهایت منجر به رابطه ساده‌اش می‌شود که همان رابطه اندازه حرکت یا اصل اندازه حرکت می‌گردد. این رابطه به صورت زیر بدست می‌آید:

$$F_{P_1} - F_{P_2} + F_{ext} = \rho Q (\beta_2 v_2 - \beta_1 v_1)$$



$\theta < 6^\circ, \beta_1 = \beta_2 = 1$  (آنچه)

$$\gamma \bar{y}_1 A_1 - \gamma \bar{y}_2 A_2 + F_{ext} = \rho Q v_2 - \rho Q v_1$$

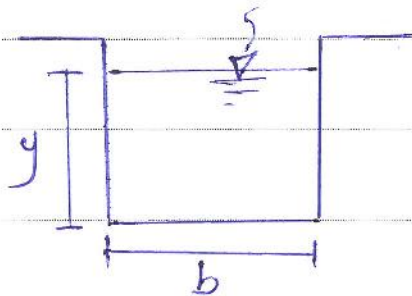
$$F_{ext} = (\rho Q v_2 + \gamma \bar{y}_2 A_2) - (\rho Q v_1 + \gamma \bar{y}_1 A_1)$$

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

$$\frac{F = \bar{y} A + Q^2/gA}{\text{نیروی مخصوص}} \rightarrow \frac{F_{ext}}{\gamma} = F_2 - F_1$$



رابطه نیرو مخصوص و تقسیم عمودار مربوط به آن بر اکانال مستطیلی:



$$F = \bar{y}A + \frac{Q^2}{gA} = \left(\frac{y}{2}\right)(by) + \frac{q^2 b^2}{g \times by}$$

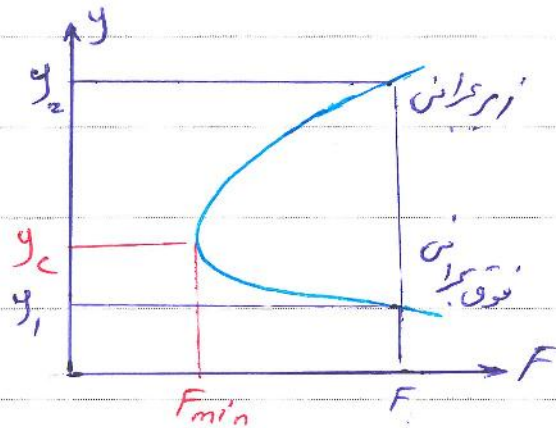
$$= b \left[ \frac{y^2}{2} + \frac{q^2}{gy} \right]$$

$$\frac{dF}{dy} = 0 \rightarrow y + \frac{q^2}{g} \left(-\frac{1}{y^2}\right) = 0 \rightarrow y = \left(\frac{q^2}{g}\right)^{1/3} = y_c$$

نکته: مقدار  $F$  در عمق بحرانی مینیمم خواهد شد:

$$F_{min} = F_c = b \left[ \frac{y_c^2}{2} + \frac{q^2}{g y_c} \right] = b \times \frac{3}{2} y_c^2 = b \times \frac{3}{2} y_c \times y_c$$

$$\frac{F_{min}}{b} = \frac{F_c}{b} = \frac{3}{2} y_c^2 = E_c y_c$$



با توجه به بخش نیرو مخصوص مشخص است که با افزایش نیرو مخصوص ثابت اعماق متفاوت خواهیم داشت که یکی در شاخه زیر بحرانی و دیگری در شاخه فوق بحرانی است که با این اعماق عمیق‌ها مزدوج می‌گوییم.

نکته ۱: حداقل بودن نیرو مخصوص در عمق بحرانی نقطه مربوط به مقاطع مستطیلی نسبت به عبارت دیگر مینیمم بودن نیرو مخصوص در عمق بحرانی بستگی به شکل مقطع نداشته و به ازار هر شکل مقطع دیگر نیز این ویژگی برقرار است.

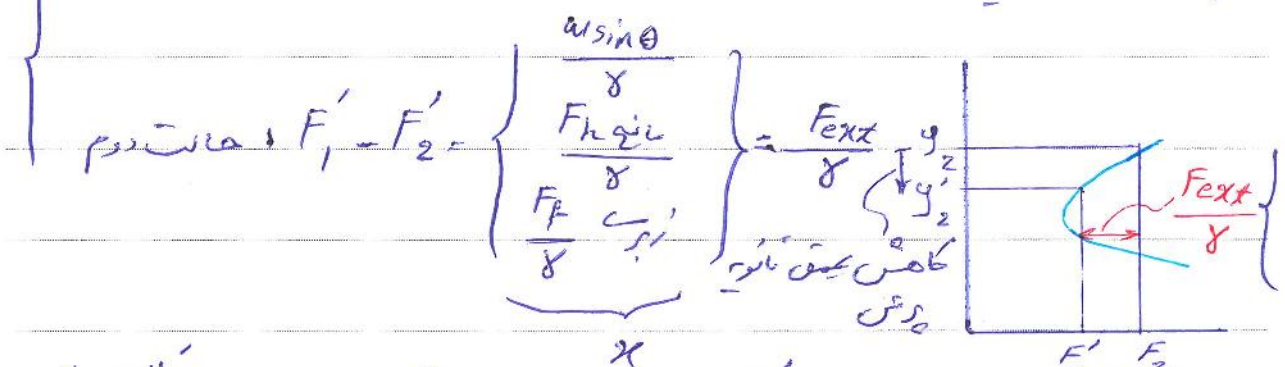




$$\frac{y_1^2}{2} + \frac{q^2}{gy_1} = \frac{y_2^2}{2} + \frac{q^2}{gy_2} \rightarrow \begin{cases} \frac{y_1}{y_2} = \frac{1}{2} [-1 + \sqrt{1 + 8Fr_2^2}] \\ \frac{y_2}{y_1} = \frac{1}{2} [-1 + \sqrt{1 + 8Fr_1^2}] \end{cases}$$

**سوال ۱** وجود مانع قوی مگنوس و بربر زیاد در ترف کانال چه تأثیر بر عمق ثانویه پرس هیدرولیک خواهد داشت فرض من کنیم که عمق اولیه پرس ثابت مانده و تغییر نکند

حالت اول:  $F_1 - F_2 = 0 \rightarrow F_1 = F_2$



$\frac{ws \sin \theta}{\gamma}$   
 $\frac{F_{hydro}}{\gamma}$   
 $\frac{F_p}{\gamma}$

$y_1 = y_1' \rightarrow F_2 - F_2' = \alpha \rightarrow F_2' = F_2 - \alpha \rightarrow F_2' < F_2$

**نتیجه ۱** وجود هر یک از عوامل فوق باعث می شود عمق ثانویه پرس کاهش یابد

حال اگر این عوامل با یکدیگر ظاهر شوند طبیعی است که عمق ثانویه پرس باز هم کاهش یابد

دو نکته مهم در مورد پرس هیدرولیک

۱- انرژی تلف شده در جدول پرس هیدرولیک همچنین توان تلفات ناشی از آن

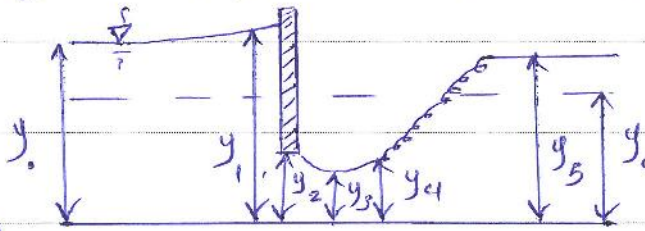
(توان پرس) به صورت زیر بدست می آید

$$\Delta E = \frac{(y_2 - y_1)^3}{4y_1 y_2}$$

توان پرس

توان تلفات =  $8Q \Delta E$

۲- چنانچه بعد از یک درجه انقباض اتفاق بیفتد بعد از آن پرس هیدرولیک داشته باشیم در آن صورت احماق پرس و ارتباط آنها با یکدیگر به صورت زیر خواهد بود



لا: عمق نرمال جریان بخواهت بالا رست که شخص من باشد و با استفاده از روابط

جریان بخواهت قابل محاسب است  $y_2$  معلوم است قابل مشاهده و اندازه گیری می باشد

$y_3 = y_2 \times C_c$   $C_c$  ضریب انقباض یا فکدرسی در یک که صورت تجربی شخص من خواهد بود

مقدار  $y_3$  قابل تعیین است  $E_1 = E_3 \rightarrow y_1 + \frac{q^2}{2gy_1^2} = y_3 + \frac{q^2}{2gy_3^2}$

$y_5$  عمق نرمال جریان بخواهت پایین دست من باشد که قابل اندازه گیری و محاسب است و مخصوصاً جریان پایین دست بستگی دارد

بسته می آید  $\frac{y_4}{y_3} = \frac{1}{2} [-1 + \sqrt{1 + 8Fr_5^2}] \rightarrow y_4$

نیروی وارد بر دری  $F_3 - F_1 = \frac{F_{ext} \sqrt{F_h}}{\gamma}$

لازم به ذکر است که  $y_5$  عمق نرمال جریان پایین دست من باشد مخصوصاً

جریان بستگی داشته و قابل تنظیم است بنابراین در جریان آن را افزایش

داد با افزایش  $y_4$  و کاهش  $y_3$  منبسط و خود را به  $y_3$  نزدیک می کند با افزایش

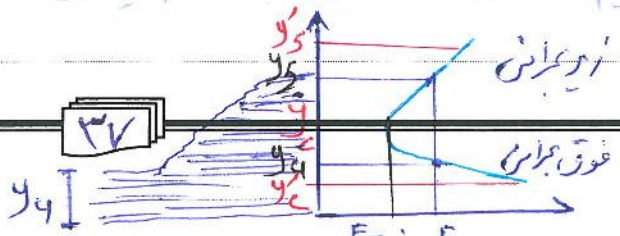
بیشتر  $y_4$  و کاهش بیشتر  $y_3$  منبسط و تمام  $y_4$  را می گیرد و این به معنی

ناهمبندی  $y_4$  و  $y_3$  کاهش منبسط در عوض پرس هیدرولیک به یکدیگر قابل

تکلیف نشود در حوز غلظت بیشتر می باشد بنابراین به پرس هیدرولیک مستحق

فرگشت در محل مثل بقیه پرس مستحق توجه نمی باشد

$y_4 = y_3 = y_2 C_c$





$$Fr_1 = \sqrt{3}$$

تمرین ۳۸

$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{1}{2} [-1 + \sqrt{1 + 8Fr_1^2}] = \frac{1}{2} [-1 + \sqrt{1 + 8 \times 3}] = 2$$

$$\frac{y_1}{y_2} = 1/2$$

$$Fr_2 = 1/2 \sqrt{\frac{3}{2}}$$

تمرین ۳۹

$$\frac{y_1}{y_2} = \frac{1}{2} [-1 + \sqrt{1 + 8Fr_2^2}] = \frac{1}{2} [-1 + \sqrt{1 + 8 \times \frac{3}{8}}] = 1/2$$

$$\frac{y_2}{y_1} = 2 = \frac{1}{2} [-1 + \sqrt{1 + 8Fr_1^2}] \rightarrow Fr_1 = \sqrt{3}$$

$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{2}{0.5} = \frac{1}{2} [-1 + \sqrt{1 + 8Fr_1^2}] \rightarrow Fr_1^2 = 10$$

تمرین ۴۰

$$\frac{y_c}{y_1} = Fr_1^{2/3} \rightarrow y_c = 0.5 \times 10^{1/3} = 0.5 \times (8)^{1/3} = 0.5 \times 2 = 1m$$

$$y_4 = y_3 = y_2 = y_c = 1 \times 0.5 = 1/2$$

تمرین ۴۱

$$\frac{y_5}{y_3} = \frac{1}{2} [-1 + \sqrt{1 + 8Fr_3^2}] \quad \frac{y_c^*}{y_3} = Fr_3^{2/3} \rightarrow \frac{1.25^{1/3}}{0.5} = (Fr_3^2)^{1/3}$$

$$\rightarrow Fr_3^2 = \frac{1.25}{(1/8)} = 10 \quad y_c = \left(\frac{q^2}{g}\right)^{1/3} = \left(\frac{12.5}{10}\right)^{1/3} = 1.25^{1/3}$$

$$\frac{y_5}{0.5} = \frac{1}{2} [-1 + \sqrt{1 + 8 \times 10}] \rightarrow y_5 = 2m$$

تمرین ۴۲

$$h_{loss} = \gamma Q \times \frac{(y_2 - y_1)^3}{4y_1 y_2} = 10 \times 120 \times \frac{(3-1)^3}{4 \times 3 \times 1} = 8000kw - \text{تمرین ۴۳}$$

تمرین ۴۴ -

$$F_1 = F_2 \rightarrow b \left( \frac{y_1^2}{2} + \frac{q^2}{g y_1} \right) = b \left( \frac{y_2^2}{2} + \frac{q^2}{g y_2} \right)$$

$$\frac{0.5^2}{2} + \frac{q^2}{g \times 0.5} = \frac{2^2}{2} + \frac{q^2}{g \times 2}$$

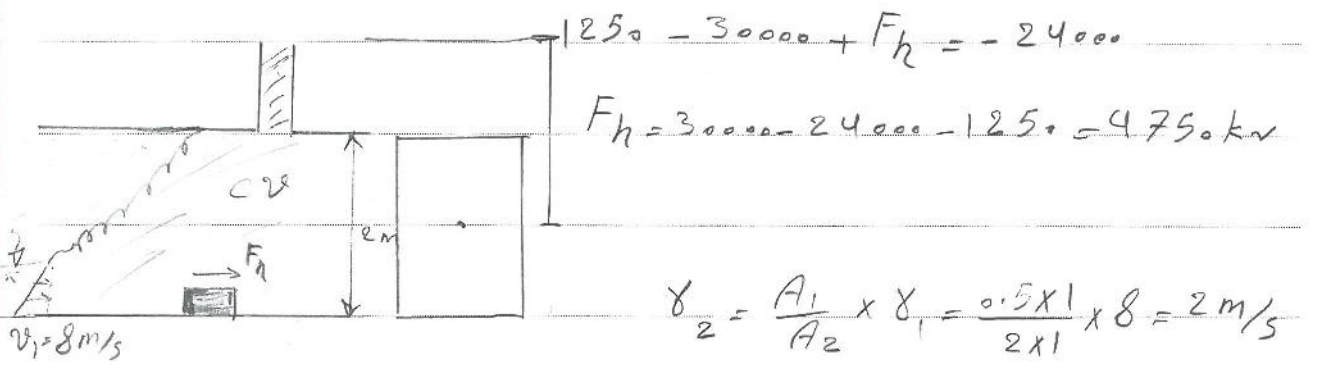
$$1.5 \left( \frac{q^2}{g} \right) = \frac{15}{8} \rightarrow \frac{q^2}{g} = \frac{10}{8} = \frac{5}{4} \quad q = \frac{1}{2} \sqrt{5g} \rightarrow Q = 2 \times \frac{1}{2} \sqrt{5g}$$

$$Q = \sqrt{5g}$$

تمرین ۴۵ -

$$F_{p_1} - F_{p_2} + F_{ext} = \rho Q (v_2 - v_1)$$

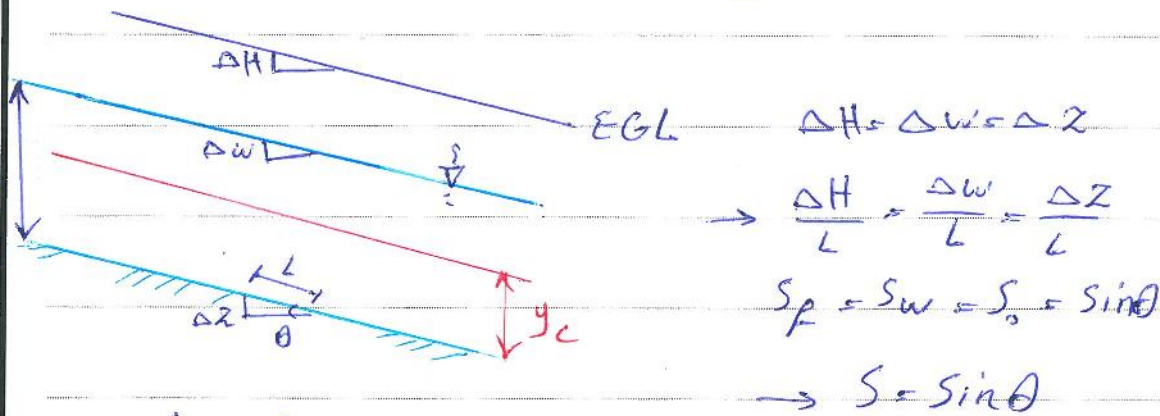
$$10^4 \times 0.25 \times (0.5 \times 1) - 10^4 \times 1.5 \times (2 \times 1) + F_h = 1000 \times (8 \times 0.5 \times 1) (2 - 8)$$





نصل جریان  
جریان کنواخت  
کش اول  
مناهم با هم

فشاری که در یک کانال جریان به سمت یک عمق ثابت مشخص  
پس از گذر جریان کنواخت نامیده می شود به عبارت دیگر در جریان کنواخت  
عمق در یک مسافت طولانی از کانال ثابت است برای یک کانال با  
عرض ثابت می توان رابطه بین تیب جریان را به صورت زیر نوشت



نکته: به لحاظ تیب و تیب جریان کنواخت در وضعیت های زیر امکان شکل گیری

مدارد

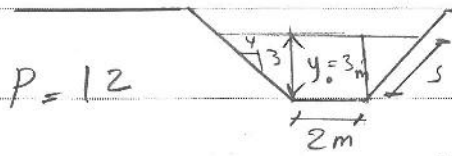
الف: در حالتی که تیب عمودا عمق باشد

ب: در حالتی که تیب عمودا عمق باشد

ج: در حالتی که تیب عمودا عمق باشد







تمرین ۴۶ -  $A = 3 \times 2 + 2 \times \frac{3 \times 4}{2} = 18$

$R = \frac{A}{P} = \frac{18}{12} = 1.5$

$Z = \gamma R S = 10^4 \times 1.5 \times 0.0005 = 7.5 \frac{N}{m^2}$

بخش سوم  
سرعت متوسط در کانال

سرعت متوسط در کانال با استفاده از رابطه زیر که رابطه شزنر نامیده می شود

$\tau_0 = \gamma R S = \rho g R S$  حساب می گردد

$\tau_0 = k \rho v^2$

$\rightarrow k \rho v^2 = \rho g R S \quad v = \sqrt{\frac{g}{k}} \times \sqrt{R S}$

$c = \sqrt{g/k} \rightarrow v = c \sqrt{R S}$   
ضریب شزنر

در رابطه بالا c ضریب شزنر نامیده می شود و برابر تعیین آن در رابطه شزنر و تجربی

مختلف است اما بهترین مقدار ارائه شده برای ضریب شزنر توسط

یک محقق ایرانی بنام مایند ارائه شده است مانند صورت تجربی متوسط

شده که با  $R^{1/6}$  متناسب است و بر همین اساس رابطه شزنر را بصورت

$c = \frac{1}{n} R^{1/6}$  زیر تبدیل نمود

$v = c \times R^{1/2} \times S^{1/2}$

$v = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$  رابطه مایند

نکته ۱: ضرب شد کانال در رابطه مانند تابع جنس کانال نامنظم سطح مقطع

پوشش یا هر درگف کانال، شکل مربع، و غیره مانع در مسیر عوامل مختلف دست

نکته ۲: اگر گزاهم برات اس رابطه مانند در عمران را تعیین کنیم در آن صورت

خواهیم داشت  $Q = VA = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2}$

نکته ۳: باتوجه به اینکه در مقاطع متغییر دبی در واحد عرض تقریباً صاف شود

پس این فرض توان نوشت

$q = \frac{1}{n} y R^{2/3} S^{1/2}$  در مقطع عرضی  $R=y$   $\rightarrow q = \frac{1}{n} y^{5/3} S^{1/2}$

نکته ۴: نسبت بحرانی در یک کانال متغییر عرض - صورت زیر قابل تعیین است

$q = \frac{1}{n} y_c^{5/3} S_c^{1/2} \rightarrow q^2 = \frac{1}{n^2} y_c^{10/3} S_c$   
 $y_c = \left(\frac{q^2}{g}\right)^{1/3} \rightarrow q^2 = g y_c^3$

$g y_c^3 = \frac{1}{n^2} y_c^{10/3} S_c \rightarrow S_c = g n^2 y_c^{-1/3}$

نکته ۵: در رابطه مانند من توان جریان غیرکنیاضی را در نظر گرفت و نسبت خط اثر م ک را

تمرین ۴۷ -  $y_c = \left(\frac{10}{10}\right)^{1/3} = 1m$   
 $S_c = g n^2 y_c^{-1/3} = 10 \times 0.02^2 \times 1 = 0.004$

بخش چهارم  
 بهترین سطح هیدرولیک

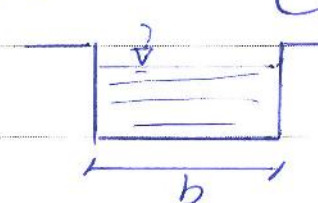
بر اساس رابطه مانند من توان دبی جریان را به حسب خط اثر شده به صورت

زیرنویس  $Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2} = \frac{A^{5/3} S^{1/2}}{n P^{2/3}}$



واضح است که با افزایش  $k$ ،  $n$  و  $A$  مدت در جریان زمانس حد اکثری شود که محوطه ترشده (P) حداقل مقدار ممکن را داشته باشد. این بیان برار مفهوم بهترین مقطع هیدرولیک استفاده کرده و آن را به صورت زیر تعریف می کنیم  
 بهترین مقطع هیدرولیک مقطعی است که با اثر مساحت ثابت در برابر سطح مرطوب حداقل باشد در بین مقاطع مختلف مقطع نیم دایره بهترین مقطع هیدرولیک است که با اثر مساحت ثابت کمترین سطح مرطوب را دارد.

لازم به ذکر است که هر شکل مقطع نیز تقریباً در این بهترین مقطع هیدرولیک مربوط به خود منبسط باشد به عنوان مثال برای یک مقطع مستطیل داریم



$$\begin{cases} P = b + 2y \\ A = by \rightarrow b = \frac{A}{y} \end{cases} \rightarrow P = \frac{A}{y} + 2y$$

$$\frac{dP}{dy} = 0 \rightarrow -\frac{A}{y^2} + 2 = 0 \rightarrow A = 2y^2$$

$$\xrightarrow{A=by} b = 2y$$

همانطور که ملاحظه می کنید در مقطع مستطیل بهترین مقطع هیدرولیک مستطیل است که یک نیم دایره به شعاع  $\frac{r}{2}$  را در خود جای دهد در حالت کلی می توان گفت بهترین مقطع هیدرولیک مستطیل است که با فرض اشرفی است - محور افقی یک چندضلعی منتظم درست کنند طوری که بتوان یک دایره را داخل آن نگاه کرد بر همین اساس می توان بهترین مقطع هیدرولیک بیضی و بیضی را به صورت زیر نشان داد



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

تمرین ۴۸ -

$$A = 2y^2$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{2y^2}{2y + 2xy} = \frac{y}{2}$$

$$4.8 = \frac{1}{0.015} \times 2y^2 \times \left(\frac{y}{2}\right)^{2/3} \times (81 \times 10^{-6})^{1/2} \rightarrow y = 2 \text{ m}$$

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

تمرین ۴۹ - راه اول

شش ضلعی مستطی

$$z = 1$$

$$A = y^2$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{y^2}{2y\sqrt{1+1^2}} = \frac{y}{2\sqrt{2}}$$

$$\frac{y=y_c}{S=S_c} \rightarrow Q = \frac{1}{n} \times y_c^2 \times \left(\frac{y_c}{2\sqrt{2}}\right)^{2/3} \times S_c^{1/2} \rightarrow Q = \frac{1}{n^2} \times y_c^4 \times \frac{y_c^{4/3}}{2^2} \times S_c$$

$$= \frac{1}{4n^2} y_c^{16/3} S_c$$

$$\frac{1}{2} g y_c^5 = \frac{1}{4n^2} \times y_c^{16/3} S_c \rightarrow S_c = 2 g n^2 y_c^{-1/3}$$

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

راه دوم

$$\frac{1}{n} \left(\frac{y}{2\sqrt{2}}\right)^{2/3} \times S_c^{1/2} = \frac{\sqrt{g y}}{\sqrt{2}} \rightarrow \frac{1}{n^2} \times \frac{y_c^{4/3}}{2^2} \times S_c = \frac{g y_c}{2}$$

$$\rightarrow S_c = 2 g n^2 y_c^{-1/3}$$

$$P = b + y + \sqrt{2} y$$

تمرین ۵۰ -

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

$$P = \frac{A}{y} - \frac{y}{2} + y + \sqrt{2} y \rightarrow \frac{dP}{dy} = -\frac{A}{y^2} - \frac{1}{2} + 1 + \sqrt{2}$$

$$\rightarrow A = y^2 \left(\frac{1}{2} + \sqrt{2}\right)$$



تمرین ۵۱ - تشریحی

$$V = C \sqrt{RS} \rightarrow S = \frac{V^2}{C^2 R}$$

$$\rightarrow S_c = \frac{gD}{C^2 R} = \frac{g}{C^2}$$

(تشریح عریض  $R=D$ )

$$U_o = \sqrt{\frac{\tau_o}{\rho}} = \sqrt{\frac{\rho g R S}{\rho}} = \sqrt{g R S} = \sqrt{g} \times \sqrt{R S} = \sqrt{g} \times \frac{V}{C}$$

$$\rightarrow V = \frac{C}{\sqrt{g}} \times U_o \quad V = C \sqrt{R C}$$

$$b = \frac{2y}{\sqrt{3}} = \frac{2 \times 1.5}{\sqrt{3}} = \frac{3}{\sqrt{3}}$$

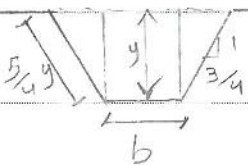
تمرین ۵۳

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

تمرین ۵۴

$$= \frac{n_2}{n_1} \times \left[ \frac{A_1 R_1^{2/3}}{A_2 R_2^{2/3}} \right]$$

$$\frac{3/4 y}{1} \quad \frac{3/4 y}{1} \quad K$$



$$P = b + 2 \times \frac{5}{4} y$$

تمرین ۵۵

$$A = b \times y + \frac{3}{4} y^2 \rightarrow b = \frac{A}{y} - \frac{3}{4} y$$

$$\rightarrow P = \frac{A}{y} - \frac{3}{4} y + \frac{5}{2} y$$

$$\frac{dP}{dy} = 0 \rightarrow -\frac{A}{y^2} - \frac{3}{4} + \frac{5}{2} = 0 \rightarrow A = \frac{7}{4} y^2$$

$$b = \frac{7}{4} y - \frac{3}{4} y = y \quad \frac{b}{y} = 1$$

$$q = \frac{1}{n} y^{5/3} S_f^{1/2} \quad z = \frac{1}{0.015} \times 1^{5/3} \times S_f^{1/2}$$

$$\rightarrow S_f = 9 \times 10^{-4} \quad \tau_o = \gamma R S_f = 10^4 \times 1 \times 9 \times 10^{-4} = 9 \text{ N/m}^2$$

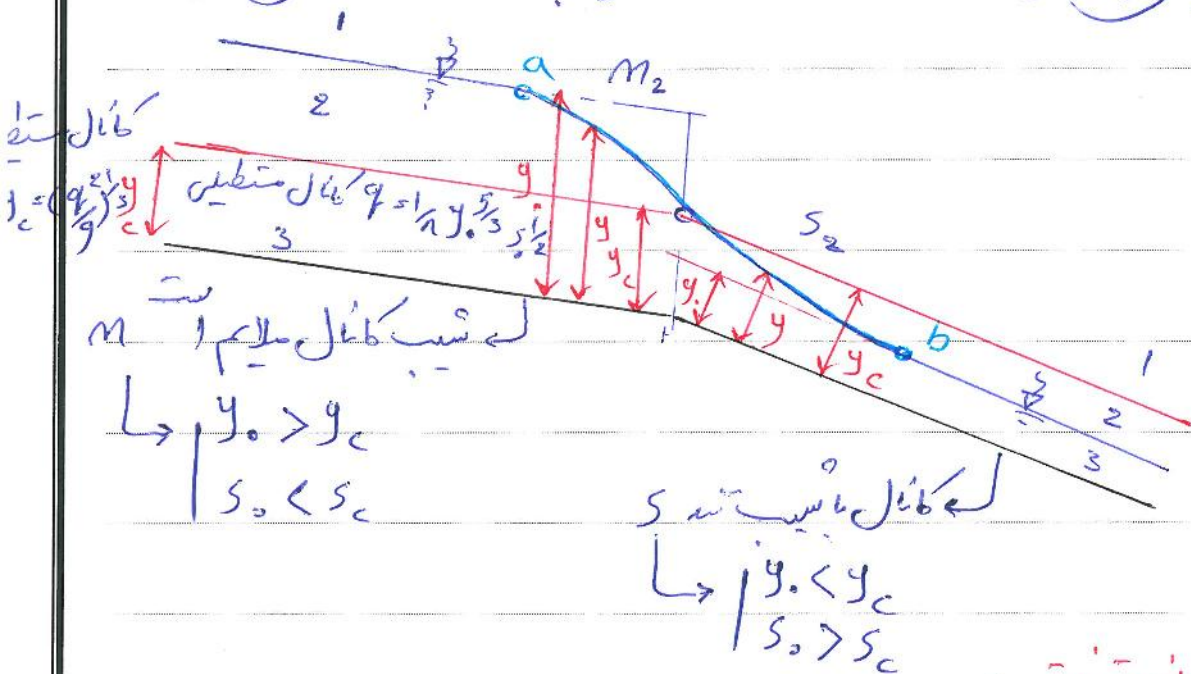
نصل بنجم

جریان متغیر تدریجی

نخش اول

نمودار جریان متغیر تدریجی

همانطور که در نصل اول گفته شد در جریان متغیر تدریجی تغییرات عمق در یک فاصله طولانی از مسیر جریان اتفاق می افتد جریان متغیر تدریجی عموماً جریان کنواخت یک کانال با شیب مشخص را به جریان کنواخت کانال دیگری با همان مشخصات ولی شیب متفاوت متصل می کند



لے شیب کانال ملایم است

$$y_n > y_c$$

$$S_0 < S_c$$

لے کانال با شیب تند

$$y_n < y_c$$

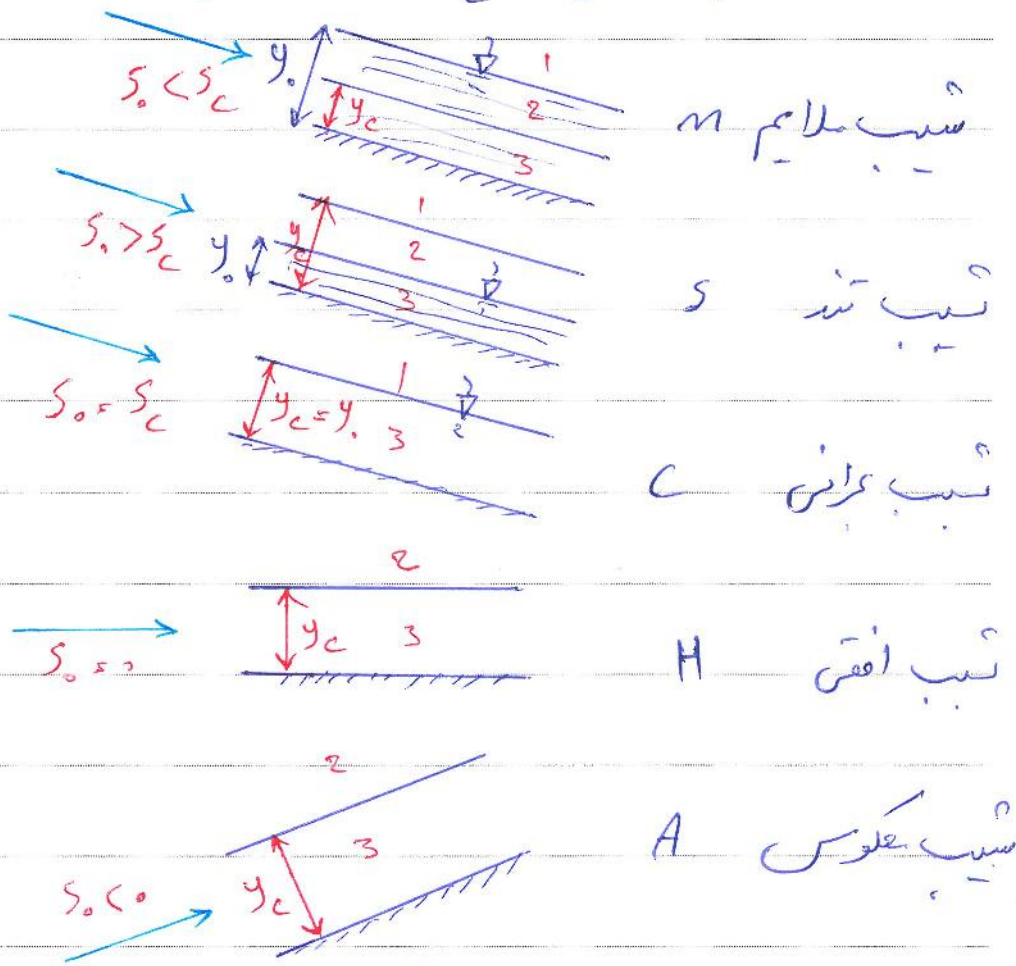
$$S_0 > S_c$$

نام نذار جریان متغیر تدریجی

جریان متغیر تدریجی بلو شاز نام نذار می شود که اولاً مشخص شود مربوط به چه کانالی است یعنی به نوع شیب کانال مرتبط با آن یعنی بردارنایا با شیب معلوم شود که در آن کانال عمق جریان متغیر نسبت به عمق ها جریان کنواختش یعنی  $y_n$  و  $y_c$  چه وضعیتی دارد



انواع کانالها را با یک تبیین به شرح زیر می‌بایست لازم بذکر است که در شکلها زیر بر این انواع تبیین ترسیم شده است و وضعیت عمق جریان متغیر (y) نسبت به  $y_c$  و  $S_0$  نیز مورد توجه قرار گرفته است



در مورد نواحی ۱، ۲ و ۳ می‌توان گفت اگر عمق جریان متغیر، نواحی ۱ باشد که سطح آزاد آن بالاتر از عمق  $y_c$  و  $y$  باشد جریان متغیر در ناحیه ۱ قرار دارد اما اگر عمق جریان متغیر، نواحی ۲ و ۳ باشد که سطح آزاد آب پایین‌تر از عمق  $y_c$  و  $y$  باشد جریان متغیر در ناحیه ۲ قرار گرفته است بر این اساس هم که عمق جریان متغیر بین  $y_c$  و  $y$  باشد جریان متغیر در ناحیه ۳ واقع شده است

معادله دینامیکس جریان تغییرپذیر در حالت‌های مختلف شکل زیر بر ویل سطح آزاد آب

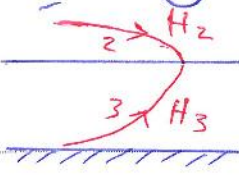
در جریان تغییرپذیر فرض می‌شود که  $h$  برده و توزیع فشار هیدرواستاتیک است. با این دو فرض دامنه یک سری عملیات ریاضی می‌توان معادله حاکم بر جریان‌های تغییرپذیر را به صورت زیر بدست آورد.

$$\frac{dy}{dx} = \frac{1 - Fr^2}{2Fr^2} \quad \text{عدد فرود جریان تغییر}$$

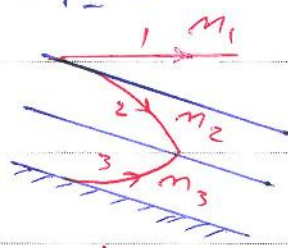
عمق جریان

اگر در یک ناحیه از جریان  $dy/dx > 0$  باشد یعنی جریان در آن ناحیه افزایش عمق داشته است که آن فرا آب می‌گوئیم چنانچه  $dy/dx < 0$  باشد نشان دهنده کاهش عمق است که به آن فرو آب گفته می‌شود.

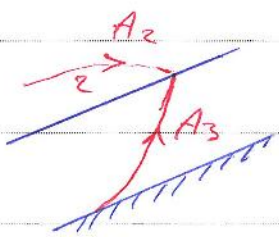
با توجه به معادله جریان تغییرپذیر می‌توان پروفیل‌های سطح آزاد آب را در حالت‌های مختلف ترسیم کرد. ترسیم‌های زیر آمده است.



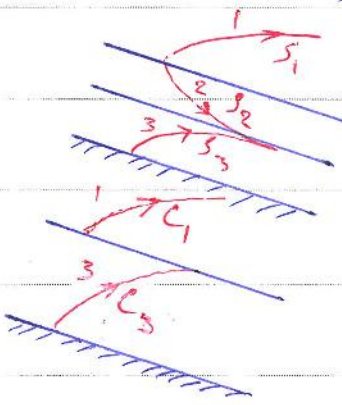
نشیب افتی



نشیب ملام



نشیب معکوس



نشیب تند

نشیب عمیق



باتوجه به پروفیل‌ها ترسیم شده می‌توان به نکات زیر اشاره کرد  
 ۱- در نواحی یک و سه همواره افتراش عمق و در ناحیه دو همیشه کاهش عمق

داریم  
 ۲- تمام پروفیل‌ها یک و دو به جز یک زیر بحرانی هستند این در حالی است  
 که همه پروفیل‌ها سه و پروفیل ۲ که فوق بحرانی می‌باشند

تمرین ۵۷-  $q = \frac{1}{n} y^{5/3} S^{1/2}$   $y = 0.9 \text{ m}$

$1 = \frac{1}{0.02} \times y^{5/3} \times (0.0004)^{1/2} \rightarrow y = 1 \text{ m} \quad M_2 \leftarrow$

$y_c = \left(\frac{q^2}{g}\right)^{1/3} = \left(\frac{12}{10}\right)^{1/3} = \left(\frac{1}{8}\right)^{1/3} = 0.5 \quad y > y_c \rightarrow M_1$

تمرین ۵۸-  $q = \frac{Q}{b} = \frac{4}{4} = 1$   $y_c = 1 \text{ m}$   $y = 1.2 \text{ m}$

$y_c = \left(\frac{q^2}{g}\right)^{1/3} = \left(\frac{1}{8}\right)^{1/3} = 0.5 \quad y > y_c \rightarrow M_1$

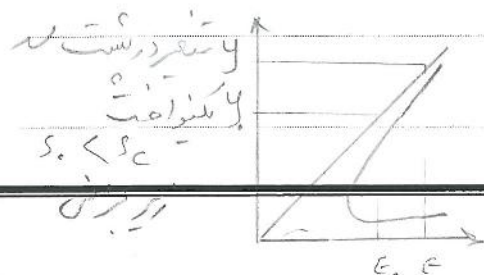
تمرین ۵۹- اثرزگی به علت مسافت طی شده طولانی در جریان تغییر تدریس

تقطعی مقدار افت داشته و کاهش می‌یابد

اثرز مخصوص افتراش می‌باید زیرا عمق جریان کمتر است و به تبع آن افتراش  
 کم می‌باشد و زمانیکه به نسبت در پهنای بیشتر در این حالت با توجه

به زیر بحرانی بودن جریان می‌توان از دو نمودار اثرز مخصوص این موضوع را اثرز

(۴) ملاحظه کرد



تمرین ۴۰ - گزیده

تمرین ۴۱ - گزیده

تمرین ۴۲ -

$$A_2 \left| \frac{dy}{dx} \right| < \dots \quad Fr < 1 \rightarrow 1 - Fr^2 > 0 \quad \dots \quad s_0 - s_f < 0 \rightarrow s_0 < s_f$$

تمرین ۴۳ - گزیده

تمرین ۴۴ - گزیده

$$\left| \frac{dy}{dx} \right| < \dots \quad Fr > 1 \rightarrow 1 - Fr^2 < 0$$

تمرین ۴۵ - جریان زیر بحرانی است  $s_0 < s_f$

نکته دوم

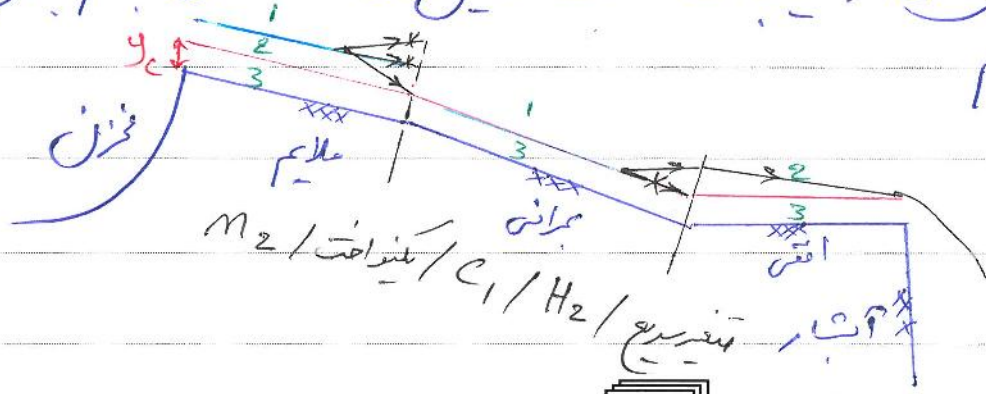
رسم پروفیل‌ها سطح آزاد آب در جریان‌ها متغیر شیبی

برای رسم پروفیل سطح آزاد آب در جریان‌ها متغیر شیبی که از بهم

پیوستن تعداد در کانال با شیب‌ها مختلف شکل شده اند مطابق با شکل زیر

زیر عمل می‌کنیم

تمرین ۴۶ -





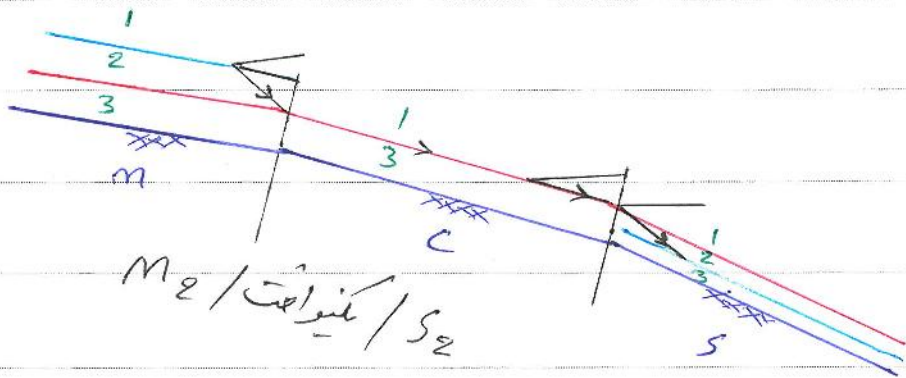
**گام اول:** ابتدا عمق بحرانی را به طور فرضی مشخص کرده و چون این عمق در تمام طول مسیر جریان ثابت است خط عمق بحرانی را برابر طول مسیر به طور پیوسته و موازی با کف کانال رسم می کنیم

**گام دوم:** عمق نریال جریان را با توجه به شیب کانال به صورت تقریبی ترسیم می کنیم که می تواند بزرگتر، کوچکتر یا مساوی آن باشد در اصلاً وجود داشته باشد (A و H)

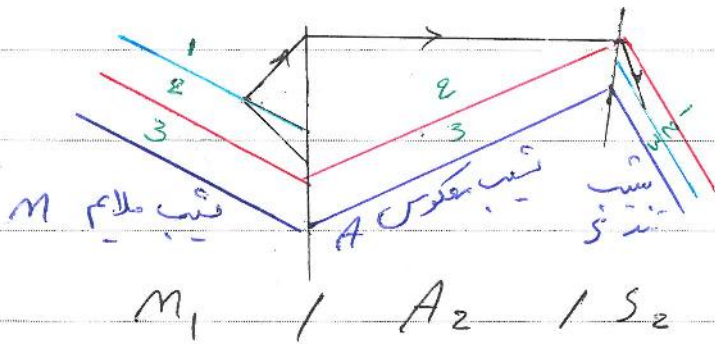
**گام سوم:** نواحی یک، دو و سه را در هر کانال مشخص کرده در عرض می کنیم عمق های نریال کانال ها را با هم برسانیم

**گام چهارم:** از آنجایی که هم رسیدن عمق های نریال در دو کانال مختلف مستلزم تغییرات تدریجی عمق است بنابراین لزوم تشکیل جریان متغیر تدریجی بین دو کانال با عمق های مختلف احساس می شود در این حالت باید توجه داشت قانون حاکم بر معادله جریان تغییر برقرار باشد یعنی در نواحی یک و سه همیشه افتراض عمق و در نواحی دو کاهش عمق داشته باشیم لازم به ذکر است که وضعیت پروفیل ترسیم شده در یک کانال مرتبط با کانال بعد از خود می باشد

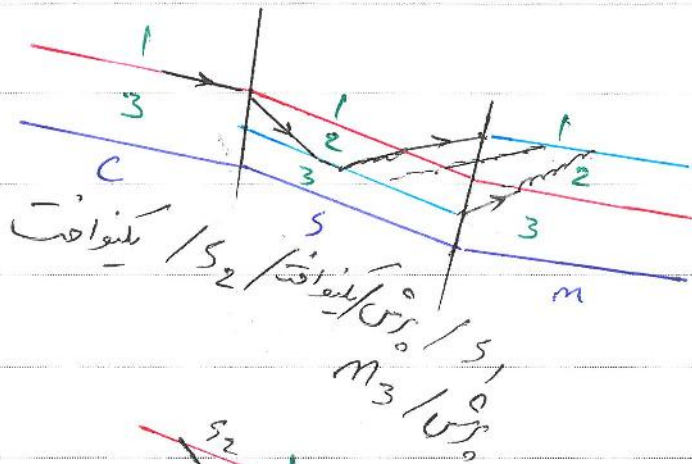
عمران ۴۲



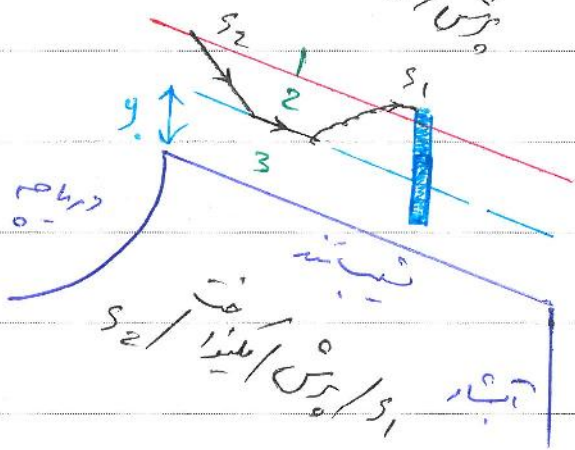
تمرین ۶۸ -



تمرین ۶۹ -



تمرین ۷۰ -



نکته: اگر بخواهیم فاصله طولی نقطه از جریان تغییر تدریج را بدست آوریم در آن صورت می توان بسته به اطلاعات صورت سوال از هر یک از

دور روش زیر استفاده کنیم روش کاملاً بلام

$$a - \Delta x = \frac{E_2 - E_1}{S_0 - S_F} \rightarrow \left( \frac{S_{F1} + S_{F2}}{2} \right)$$

روش اولی

$$b - \Delta x = \frac{y_2 - y_1}{\left[ \left( \frac{dy}{dx} \right) + \left( \frac{dy}{dx} \right) \right] \frac{2}{2}}$$



$$q = \frac{1}{\pi} y^{5/3} S_f^{1/2}$$

تمرین ۷۱ -

$$2.5 = \frac{1}{0.02} \times 1^{5/3} \times S_f^{1/2} \rightarrow S_f = 2.5 \times 10^{-3}$$

تمرین ۷۲ -

$$\Delta x = \frac{y_2 - y_1}{\left[ \left( \frac{dy}{dx} \right)_1 + \left( \frac{dy}{dx} \right)_2 \right] \left( \frac{0.0007 + 0.0001}{2} \right)} = \frac{3.2 - 3}{2} = 256$$

تمرین ۷۳ -

$$E = y_1 + \frac{v_1^2}{2g}$$

$$v_1 = \frac{Q}{A} = \frac{4}{2^2} = 1 \text{ m/s} \rightarrow E_1 = 2 + \frac{1^2}{2 \times 10} = 2.05 \text{ m}$$

$$v_2 = \frac{4}{1^2} = 4 \text{ m/s} \rightarrow E_2 = 1 + \frac{4^2}{2 \times 10} = 1.8 \text{ m}$$

$$\Delta x = \frac{1.8 - 2.05}{0 - \left[ \frac{1.6 \times 10^{-4} + 484 \times 10^{-3}}{2} \right]} = 100 \text{ m}$$

تمرین ۷۴ - گزینش ۳  $M_2$ 

$$y = 1.6 \text{ m}$$

تمرین ۷۵ -

$$y_0 = 2.3 \text{ m}$$

$$y_0 > y_c > y \quad M_2$$

$$y_c = \left( \frac{9}{10} \right)^{1/3} = 8^{1/3} = 2 \text{ m}$$

$$y_0 = 0.63$$

$$y_c > y > y_0 \rightarrow S_2$$

$$y = 0.8$$

$$y_c = \left( \frac{4^2}{10} \right)^{1/3} = 1.6^{1/3} > 1$$

به نام خدا

# تمرینات هیدرولیک کانالهای باز آمادگی کنکور کارشناسی ارشد

استاد: مهندس ساسان امیر افشاری

آموزشگاه سری عمران

امیر نجف زاده

تابستان ۹۱



①

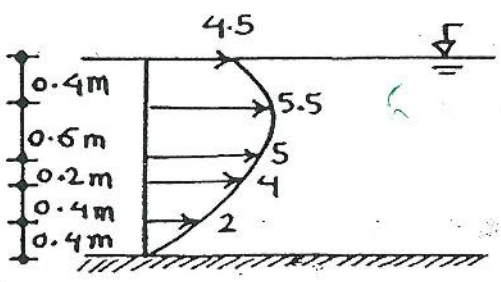
# هیدروکنیک / سری عمران - فصل اول (اصول و مفاهیم اولیه هیدروکنیک)

(تمرین ۱) - در یک مانال با مقطع مستطیل، برای مقایسه شعاع هیدروکنیک مقطع جریان با عمق جریان، کدام عبارت صحیح است؟  
(کنورسراسری - ۷۹)

- ۱) شعاع هیدروکنیک برابر عمق می باشد.
- ۲) شعاع هیدروکنیک همواره بزرگتر از عمق می باشد.
- ۳) شعاع هیدروکنیک همواره کوچکتر از عمق می باشد.
- ۴) بزرگتر یا کوچکتر بودن شعاع هیدروکنیک از عمق جریان تابع ابعاد مقطع می باشد.

(تمرین ۲) - در یک مانال ذوزنقه ای با شیب کتلهای می بید (۱:۱) که در آن عمق جریان خیلی بزرگتر از لف می باشد. نسبت عمق هیدروکنیک به شعاع هیدروکنیک تقریباً چقدر است؟  
(کنورسراسری - ۸۱)

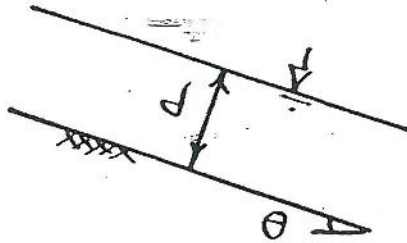
(تمرین ۳) - در مانالی مطابق شکل زیر به عرض ۴ متر، منحنی توزیع سرعت حقیقی در عمق مانال نشان داده شده است. سرعت متوسط جریان در مانال چند  $\frac{m}{s}$  است؟ (توزیع سرعت داده شده در عرض مانال تغییر نمی کند)



سرعت هابر جسن  $\frac{m}{s}$  می باشد.

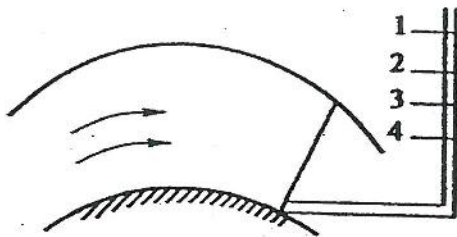
۱۲

(بهرین) ۴ - یک کانال با اعقی چه زاویه ای بسازد که فشار در کف (بر حسب ارتفاع ستون آب) برابر  
 لفت عمق (d) شود؟ اگر قرار باشد خط HGL درست در وسط سطح آب  
 قرار گیرد در آن صورت  $\theta$  چقدر خواهد شد؟ (گنور سراسری - ۷۳ و ۸۲)

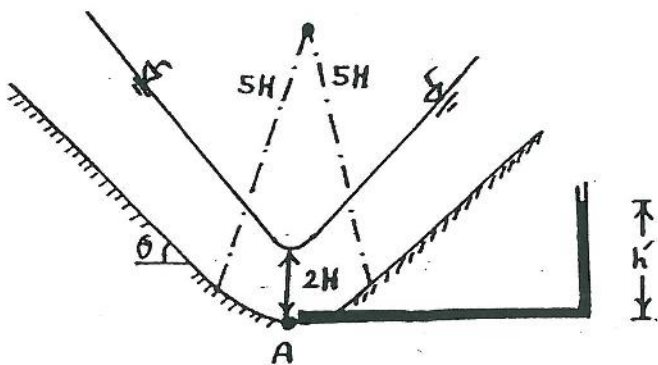


(بهرین) ۵ - سطح تقریبی مایع در پیرومتری که در کف کانال با انحنای محدب در صفا قائم  
 کار گذاشته شده است، منطبق بر کدام تراز داده شده در شکل من باشد؟

(گنور سراسری - ۸۰)

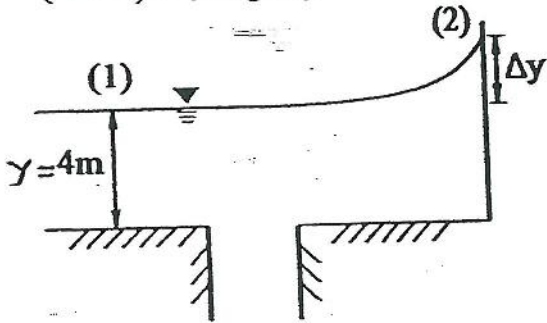


(بهرین) ۶ - در شکل مقابل اگر ارتفاع معادل هدر سرعت در نقطه A برابر  $2H$  باشد، ارتفاع  
 آب پیرومتر نصب شده در کف کانال در قسمت منحنی شده (نقطه A) کدام  
 است؟ (h' = ?)

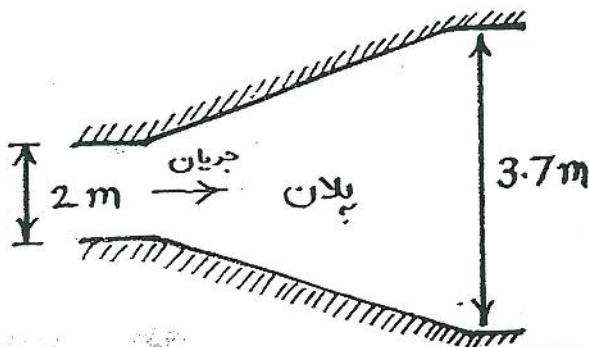




(تمرین ۷) - در شغل زیر آب با عمق  $y$  و سرعت  $4 \text{ m/s}$  در کانال مستطیلی که استوای آن مسدود است، از طریق دریچه‌ای به خارج جریان دارد. برائشاس معادله انرژی مقدار  $\Delta y$  برابر است با:  $(g = 10 \text{ m/s}^2)$  (گندور سراسری - ۷۳)



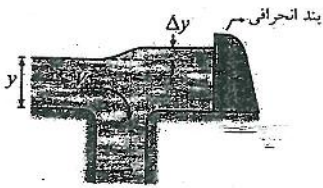
(تمرین ۸) - برای اتصال دو کانال مستطیلی به عرض های ۲ و ۳٫۷ متر از یک تبدیل تدریجی خلق استفاده شده است. اگر عمق آب در ابتدای تبدیل ۱٫۸۵ متر و سرعت متوسط آب در آن  $2 \text{ m/s}$  باشد، با صرف نظر کردن از کله تلفات عمق آب بعد از تبدیل برابر است با:  $(g = 10 \text{ m/s}^2)$  (گندور سراسری - ۷۴)



- ۱) ۱ متر
- ۲) ۱٫۵ متر
- ۳) ۱٫۵ متر
- ۴) ۲ متر

(تمرین ۹) - در اثر پرتاب سنگ در یک کانال مستطیلی، موجی که به سمت پایین دست می‌رود، فاصله ۱۵ متر را در ۱۰ ثانیه طی می‌کند و موجی که به سمت بالا دست می‌رود، فاصله ۵ متر را در همین مدت طی خواهد کرد. دبی در واحد عرض  $(q)$  چند  $\text{m}^3/\text{s.m}$  است؟

۱۰- در شکل زیر جریان در بالادست با سرعت  $V$  و عمق  $y$  برقرار است و از مجرای قائم نشان داده شده به آرامی خارج می‌شود. در صورتی که  $\Delta y$  افزایش تراز سطح آب پشت بند انحرافی و نسبت به لا کوچک باشد، مقدار  $\Delta y$  چقدر است و از کدام رابطه به دست می‌آید؟



- (۱)  $\frac{V^2}{g}$  و از رابطه انرژی
- (۲)  $\frac{V^2}{g}$  و از رابطه اندازه حرکت
- (۳)  $\frac{V^2}{2g}$  و از رابطه انرژی
- (۴)  $\frac{V^2}{2g}$  و از رابطه اندازه حرکت

(سراسری - ۹۰)

۱۱- در یک کانال مستطیلی به عرض  $2m$ ، یک دسته آشفتگی با سرعت  $3 m/s$  به سمت پایین دست و یک دسته آشفتگی با سرعت  $1 m/s$  به سمت بالادست جریان در حرکت هستند. دبی کانال چند متر مکعب بر ثانیه است؟

- (۱)  $\frac{4}{g}$
- (۲)  $\frac{8}{g}$
- (۳)  $\frac{12}{g}$
- (۴)  $\frac{16}{g}$

(سراسری - ۹۰)

۱۲- در مورد خط تراز هیدرولیکی در یک کانال باز کدام گزینه درست است؟

- (۱) همواره خط تراز هیدرولیکی منطبق بر سطح آزاد آب است.
- (۲) خط تراز هیدرولیکی همواره بالاتر از سطح آزاد آب است.
- (۳) خط تراز هیدرولیکی ممکن است پایین تر یا بالاتر از سطح آزاد آب باشد.
- (۴) با توجه به شیب کانال خط تراز هیدرولیکی ممکن است منطبق بر سطح آب یا مقداری پایین تر از آن باشد.

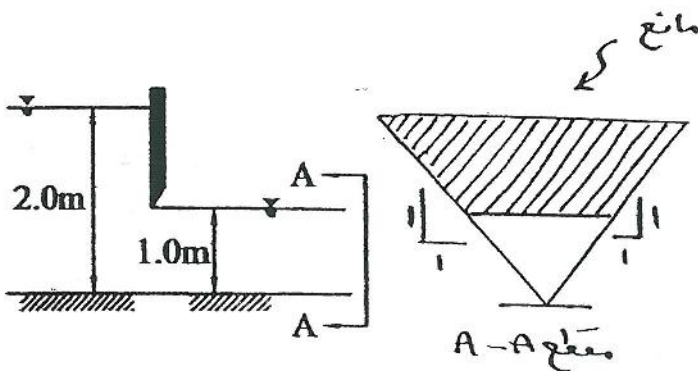
(سراسری - ۹۱)



فصل دوم (اصل انرژی در کانال‌های باز)

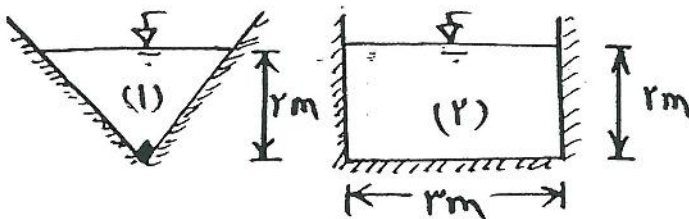
۱۳- (تشریح) مطابق شکل، صفحه‌ها شش‌خورد به صورت یک مانع در مسیر جریان آب و در کانال مستوی با شیب جانبی ۱:۱ قرار گرفته است. اگر عمق جریان در قند از مانع برابر ۲ متر و پس از مانع برابر ۱ متر باشد، مقدار انرژی محض در دست قبل از مانع کدام است؟  
 ( $\alpha = \beta = 1$  و از افت انرژی موضعی صرف نظر می‌شود.)

(گزینه‌های صحیح - ۸۱)



- ۱) ۲.۵ متر
- ۲) ۲ متر
- ۳) ۳ متر
- ۴)  $2\frac{1}{15}$  متر

۱۴- (تشریح) در هر دو کانال از شکل زیر یکسان است. انرژی مخصوص جریان در مقطع (۱) برابر ۲.۵ متر آب باشد، انرژی مخصوص جریان در مقطع (۲) معادل چند متر آب است؟



(۶)

(نمره ۱۵) - چنانچه در تپ کانال مستطیل جریان با عدد فرود ۰.۸ در حال عبور باشد، نسبت

انرژی مخصوص این جریان به عمق جریان چقدر است ؟

(گندر سراسری - ۸۲)

(نمره ۱۶) - در تپ کانال با مقطع مستطیل جریان با وضعیت بحرانی برقرار بوده و ارتفاع معادل

سقوط برابر  $h$  می باشد. اگر  $g$  شتاب جاذبه باشد، دبی جریان یا متده در واحد

عرض این کانال کدام است ؟

(گندر سراسری - ۸۰)

(نمره ۱۷) - در تپ کانال ذوزنقه ای با شیب دیواره یک به یک، عرض کف ۳ متر و انرژی مخصوص

۴ متر می باشد. عمق بحرانی برابر کدامیک از اعداد زیر است ؟

(گندر سراسری - ۷۹)

(۱) ۰.۷۹ متر

(۲) ۱ متر

(۳) ۱.۱ متر

(۴) ۲.۲۵ متر



(تبرین) ۱۸ - برای کانال با مقطع مثلثی و زاویه راس ۹۰ درجه، دین  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  و شیب دو در هزار، عمق بحرین چقدر است؟  $(g = 10 \text{ m/s}^2)$  (گنورد سراسری - ۷۴)

$$(1) \left(\frac{1}{5}\right)^{\frac{1}{5}} \quad (2) \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$(3) \frac{1}{2} \quad (4) \text{ سه چهارم}$$

(تبرین) ۱۹ - عمق های متناظر انرژی محفظه منحنی (مانند E) در یک کانال با مقطع بیضیاری درین به ترتیب  $h_1 = 2$  و  $h_2 = 3$  متر می باشد. با فرض  $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ، مقدار دین در واحد عرض کانال (۴) برابر است با:  $(\text{m}^3/\text{s.m})$  (گنورد سراسری - ۷۲)

(تبرین) ۲۰ - اگر در یک کانال مستطیلی شغل، عدد فرود برای عمق های متفاوت باین انرژی محفظه ثابت بترتیب ۷۵ و ۲ باشد، نسبت عمق های متناوب چقدر می باشد؟ (گنورد سراسری - ۷۵)

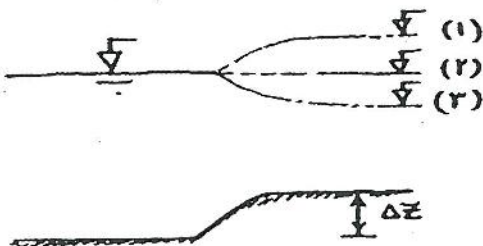
(سرن ۲۱) - در کانال با مقطع مستطیلی حداقل انرژی محضوی جریان  $E_{min} = 3 \text{ m}$  است. اگر عرض این کانال ۵ متر باشد، دبی جریان تقریباً چقدر است؟  $(g = 10 \text{ m/s}^2)$   
 (کنفرانس سراسری - ۷۴)

(سرن ۲۲) - در کانال مستطیلی با عرض ۴ متر، جریان تکنواخت با عمق ۲٫۵ متر و بادین مشخص برقرار است. در صورتی که حداقل انرژی محضوی لازم برای عبور این دبی ۳ متر باشد، عدد فرود جریان تکنواخت برابر کدام از مقادیر زیر است؟  $(g = 10 \text{ m/s}^2)$   
 (کنفرانس سراسری - ۸۲)

(۱) ۰٫۸ (۲)  $0.8\sqrt{2}$

(۳) ۱٫۲۵ (۴)  $\frac{5\sqrt{5}}{8}$

(سرن ۲۳) - کدام عبارت درباره سطح آزاد آب روی برآمدگی موهمن ایجا شده در لف کانال، صحیح است؟



(۱) به هنگام جریان فوق بحرانی، سطح آزاد آب در محل برآمدگی نسبت به بالا دست، پایین تر می آید.

(۲) به هنگام جریان زیر بحرانی، سطح آزاد آب در محل برآمدگی نسبت به بالا دست، بالاتر می آید.

(۳) به هنگام جریان فوق بحرانی، سطح آزاد آب در محل برآمدگی نسبت به بالا دست تغییر نمی کند.

(۴) به هنگام جریان زیر بحرانی، سطح آزاد آب در محل برآمدگی نسبت به بالا دست، پایین تر می آید.



(نمره ۲۴) - کانال مستطیلی شیب با پهنای ۲ متر مورد نظر است. عمق آب بر روی بستر

برآمدگی در این کانال مساوی ۴۰ cm و در بالا دست آن مساوی ۵۰ cm است

در هد رتبه کوچکترین افزایش در ارتفاع برآمدگی باعث افزایش عمق آب در

$(g = 10.3 / s^2)$

بالا دست شود، دین کانال چند  $m^3/s$  است؟

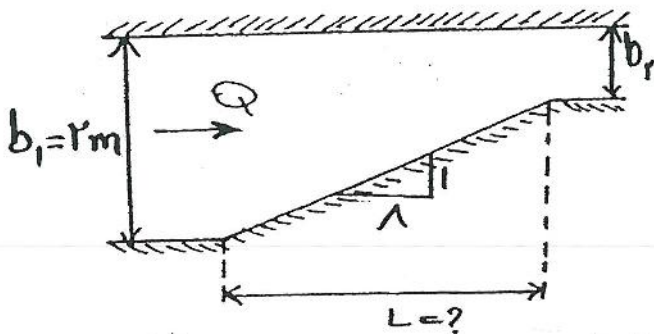
(تئور سراسر - ۷۸)

(نمره ۲۵) - عرفن لاف کانال مستطیلی، مطابق شیب و با نسبت ۱:۸ کاهش می یابد.

اگر انرژی محضوف جریان قبل از شروع تنگ شدن، ۴ برابر انرژی محضوف

حداکثر در همان مقطع باشد  $(E_1 = 4E_{min})$ ، حداقل طول  $L$  که به ازای

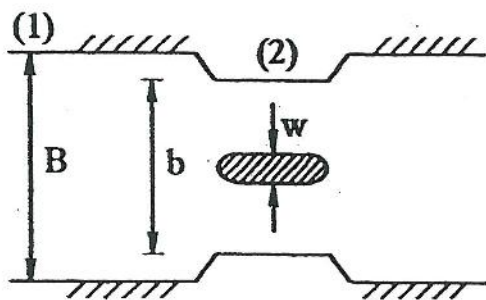
آن انداد رخ ندهد چند متر است؟



(تیم ۲۶) - در رودخانه‌ای به عرض ۲۰ متر با مقطع مستطیلی، دبی  $۳۰\sqrt{۵}$  مترمکعب بر ثانیه با عمق متفاوت ۱٫۵ متر جریان دارد. در محل احداث پل در پشت‌خانه‌ریزی، عرض رودخانه به ۱۰ متر کاهش داده شده است. انداز افت انرژی موقعی صرف نظر شده، عمق جریان در مقطع تنگ شده کدام است؟  $(g = ۱۰ \text{ m/s}^2)$   
 (گزینه سراسری - ۸۲)

(تیم ۲۷) - در کانال مستطیلی با عرض  $B = ۵ \text{ m}$ ، عمق آب در مقطع (۱) برابر  $۳٫۵۵ \text{ m}$  و دبی جریان برابر  $۳۵٫۵ \text{ m}^3/\text{s}$  است. در مسیر این کانال قرار است که یک پایه پل به ضخامت  $۰٫۶ \text{ m}$  احداث گردد. بدون در نظر گرفتن افت انرژی، عرض دهانه در کنار پایه (b) چند متر باشد تا اسناد درخ دهد؟ (شیب تیل  $۱/۱۱۰$  است)

(گزینه سراسری - ۸۰)





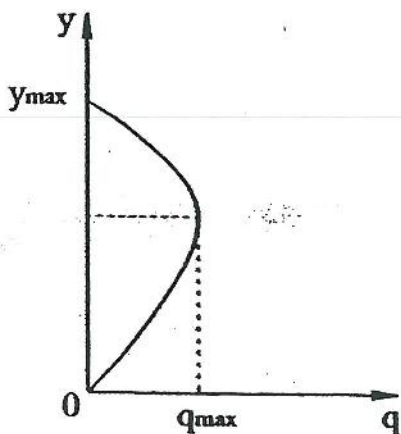
(تمرین ۲۸) - عرض جریان در یک کانال مستطیلی متغیر با جریان زیر جریان به آرامی کاهش داده می شود. اگر جواهر هم تراز سطح آب تعیین کنند :

(گنجه سراسری - ۷۷)

- ۱) باید تراز لگ کانال را پایین ببریم.
- ۲) باید تراز لگ کانال را بالا ببریم.
- ۳) باید تراز لگ را ثابت نگه داریم.
- ۴) در هر صورت عمق تعیین می کند.

(تمرین ۲۹) - در یک کانال مستطیلی، آب با دبی ثابت  $Q$  و انرژی ثابت  $E = 1.5m$  جریان دارد. اگر منحنی ترسیم شده، منحنی تعیینات دبی در واحد عرض در برابر عمق به ازای این انرژی محصور ثابت باشد،  $y_{max}$  و  $q_{max}$  به ترتیب بالادام نرینه برابر می باشند  $(g = 10m/s^2)$

(گنجه سراسری - ۸۱)



۳۰ - در کانال مثلثی شکلی با شیب جداره  $z = 2$  (۱ عمودی: ۲ افقی) جریان بحرانی است. انرژی مخصوص چقدر است؟

$E = \frac{5}{4} y_c$  (۴)

$E = \frac{2}{3} y_c$  (۳)

$E = \frac{4}{5} y_c$  (۲)

$E = \frac{2}{3} y_c$  (۱)

(سراسری - ۱۹)

۳۱ - در یک کانال دوزنقه‌ای در حالتی که رژیم جریان بحرانی باشد، چه رابطه‌ای بین انرژی مخصوص بحرانی و عمق بحرانی وجود دارد؟

$E_c > \frac{3}{4} y_c$  (۴)

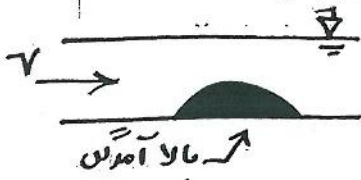
$E_c = \frac{3}{4} y_c$  (۳)

$E_c \geq \frac{3}{4} y_c$  (۲)

$E_c < \frac{3}{4} y_c$  (۱)

(سراسری - ۹۰)

۳۲ - در یک کانال افقی جریان آب از روی یک برآمدگی نرم عبور می‌کند. در صورتی که رژیم جریان در کانال به ترتیب زیر بحرانی و فوق بحرانی باشد، تراز سطح آب در بالای محل برآمدگی نسبت به حالت قبل از وجود برآمدگی به ترتیب چگونه است؟



(۲) بالاتر، پایین‌تر

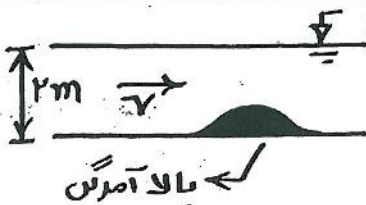
(۱) بالاتر، بالاتر

(۴) پایین‌تر، پایین‌تر

(۳) پایین‌تر، بالاتر

(سراسری - ۹۰)

۳۳ - در یک کانال مستطیلی، جریان به عمق ۲m و سرعت V جاری است. اگر عمق بحرانی جریان ۱m باشد، حداکثر بالا آمدگی کف کانال که پدیده انسداد اتفاق نیافتد چند متر است؟



$\frac{5}{16}$  (۲)

$\frac{1}{4}$  (۱)

$\frac{5}{8}$  (۴)

$\frac{1}{2}$  (۳)

(سراسری - ۹۰)

۳۴ - در یک کانال مستطیلی به عرض ۴ متر، حداقل انرژی مخصوص جریان ۳ متر است. مقدار حداکثر دبی جریان در این کانال چقدر است؟ (g شتاب ثقل است.)

$8\sqrt{2g}$  (۴)

$4\sqrt{2g}$  (۳)

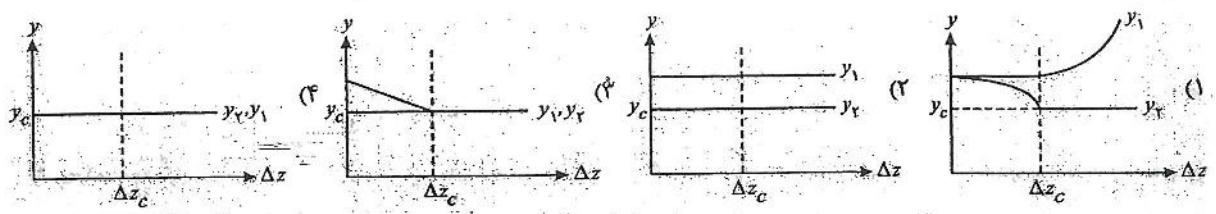
$8\sqrt{g}$  (۲)

$4\sqrt{g}$  (۱)

(سراسری - ۹۰)

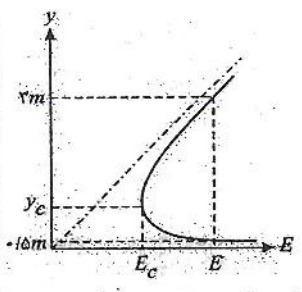


- در وضعیت انسداد جریان در یک کانال روباز در اثر وجود برآمدگی در کف  $\Delta z$ ، کدام یک از اشکال زیر رابطه بین عمق قبل از مانع ( $y_1$ ) و عمق روی مانع ( $y_2$ ) با ارتفاع برآمدگی در کف ( $\Delta z$ ) را نشان می‌دهد؟ (جریان زیر بحرانی)



(سراسری - ۹۱)

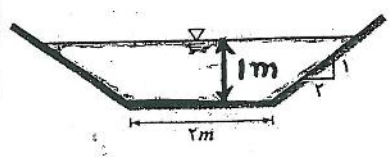
- در یک کانال مستطیلی، منحنی انرژی مخصوص مطابق شکل است. دبی واحد عرض کانال  $q$  چند متر مربع بر ثانیه است؟



- (۱)  $3\sqrt{\frac{g}{\gamma}}$
- (۲)  $3\sqrt{\frac{g}{14}}$
- (۳)  $3\sqrt{\frac{g}{5}}$
- (۴)  $\sqrt{\frac{6g}{\gamma}}$

(سراسری - ۹۱)

- مطابق شکل یک کانال دوزنقه‌ای جریان آب با سرعت  $\frac{\sqrt{g}}{2}$  متر بر ثانیه را حمل می‌کند. این کانال در ادامه مسیر به یک کانال مستطیلی به عرض ۲ متر برخورد می‌کند. اگر از یک تبدیل ملایم و بدون افت انرژی برای اتصال دو کانال استفاده شده باشد؛ برای ورود جریان آب به کانال مستطیلی بدون ایجاد انسداد جریان، کف کانال مستطیلی نسبت به کف کانال دوزنقه‌ای چقدر اختلاف دارد؟ (g شتاب ثقل است.)



- (۱) ۱۲/۵ سانتی‌متر و بالاتر
- (۲) همتراز
- (۳) ۲۵ سانتی‌متر و پایین‌تر
- (۴) ۳۷/۵ سانتی‌متر و پایین‌تر

(سراسری - ۹۱)

مفصل سوم (اصل اندازه حرکت در کانال های باز)

(سهرن) ۳۸- اگر عدد فرود جریان در یک کانال مستطیلی قبل از پرش برابر  $\sqrt{3}$  باشد نسبت عمق های مزدوج  $(\frac{y_1}{y_2})$  چقدر است؟

(گنلور سراسری - ۸۱)

(سهرن) ۳۹- اگر عدد فرود در جریان زیر بحرانی بعد از یک پرش هیدروکلیتی برابر  $\frac{1}{2}\sqrt{\frac{3}{2}}$  باشد، عدد فرود جریان فوق بحرانی پرش هیدروکلیتی چقدر است؟

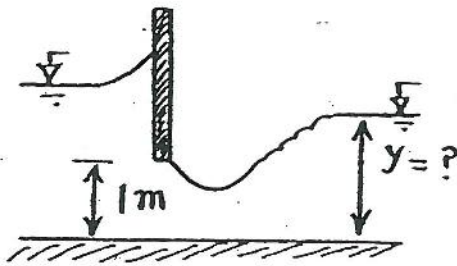
(گنلور سراسری - ۷۲)

(سهرن) ۴۰- در یک کانال افقی با مقطع مستطیلی اعماق جریان قبل و بعد از پرش هیدروکلیتی به ترتیب  $\frac{1}{5}$  و ۲ متر باشند. عمق بحرانی تقریباً چند متر است؟

(گنلور سراسری - ۷۵)



۴۱- جریان بادی در واحد عرض  $\frac{5\sqrt{2}}{2} \frac{m^3}{s.m}$  در کانال مستطیلی شیب زیر برقرار است. اگر در عبور جریان از زیر دریچه عمق بازشدگی یک متر و ضریب مشترک دریچه  $\frac{1}{5}$  متر باشد، عمق کانال در پایین دست پرش حداقل چه قدر می تواند باشد تا بعد از دریچه پرش مستقر تشکیل نشود؟  $(g = 10 \frac{m}{s^2})$



۴۲- در یک کانال عرض افقی، رابطه بین نیروی مخصوص بحرانی  $f_c$  در واحد عرض و انرژی مخصوص بحرانی  $E_c$  و عمق بحرانی  $y_c$  با کدام یک از روابط زیر بیان می شود؟

$$f_c = \frac{2E_c}{y_c} \quad (۴)$$

$$f_c = \frac{E_c}{2y_c} \quad (۳)$$

$$f_c = E_c \cdot y_c \quad (۲)$$

$$f_c = \frac{y_c}{E_c} \quad (۱)$$

(سراسری - ۸۹)

۴۳

در یک کانال مستطیلی افقی، پرش هیدرولیکی تشکیل شده است. در صورتی که عمق‌های مزدوج پرش هیدرولیکی  $h_1 = 1\text{ m}$  و  $h_2 = 3\text{ m}$  و دبی جریان  $Q = 120\text{ m}^3/\text{s}$  باشد. توان تلف شده ناشی از تشکیل پدیده پرش هیدرولیکی چند کیلووات خواهد شد؟ (وزن مخصوص آب  $10^4\text{ N/m}^3$  لحاظ شود)

- (۱) ۲۰۰
- (۲) ۸۰۰
- (۳) ۴۰۰
- (۴) ۱۶۰۰

(سراسری - ۸۹)

۴۴

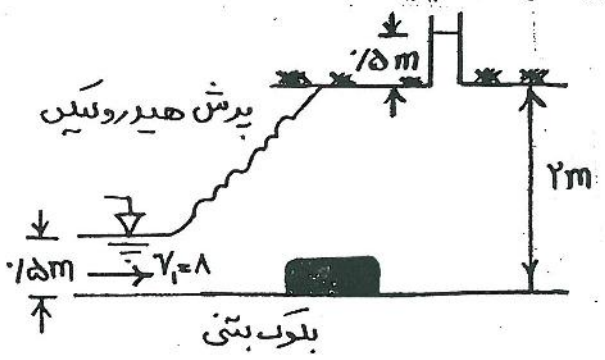
در یک کانال مستطیلی به عرض ۲ متر، عمق اولیه و ثانویه پرش هیدرولیکی به ترتیب ۰/۵ متر و ۲ متر است. دبی کانال بر حسب متر مکعب بر ثانیه چقدر است؟

- (۱)  $0.15\sqrt{5g}$
- (۲)  $\sqrt{5g}$
- (۳)  $2\sqrt{5g}$
- (۴)  $4\sqrt{5g}$

(سراسری - ۹۰)

۴۵

پرش هیدرولیکی در یک کالورت سرپوشیده مطابق شکل اتفاق افتاده و بلوک بتنی در مسیر واقع شده است. اگر عرض جریان ۱ متر فرض شود، نیروی وارد بر بلوک بتنی چند نیوتن می‌باشد؟ ( $\rho_w = 1000\text{ kg/m}^3$ ,  $g = 10\text{ m/s}^2$ )



- (۱) ۵۲۷۵
- (۲) ۴۷۵۰
- (۳) ۹۵۰۰
- (۴) ۱۰۵۵۰

(سراسری - ۹۱)

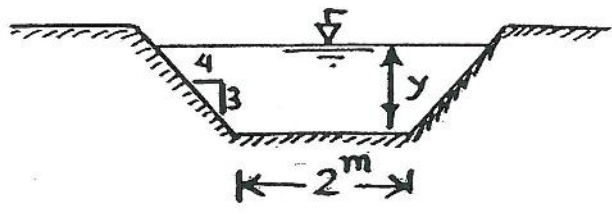


فعل چهارم ( جریان تکنواخت )

( تمرین ۴۶ ) - در کانالی با مقطع زوزنقه ای به عرض کف ۲m و شیب جانبی ۱ عمق ۴ و قائم ۳ و شیب کف ۰/۰۰۰۵ آب با عمق نرمال ۳ متر در جریان است. تنش برشی متوسط حامل از جریان آب روی بستر کانال چند

$\frac{N}{m^2}$  می باشد ؟  $(\gamma_w = 10 \frac{N}{m^3})$

( تلفظ سراسری ۷۳ )



( تمرین ۴۷ ) - جریان در یک کانال مستطیل بسیار عمیق با دین  $\frac{m^3}{s.m}$   $\sqrt{10}$  در حالت بحران جاری می باشد. اگر منزله مانینگ  $n = 0.02$  باشد و شیب تکی  $10 \frac{m}{s^2}$  در نظر گرفته شود، در آن صورت شیب بستر کانال چند است ؟

( تلفظ سراسری - ۷۲ )

۴۸ (تمرین) - کانال مستطیلی با پوشش آفری ( $n = 0.15$ )، دارای شیب  $10 \times 10^{-6}$  مریاستد. اگر دین کانال  $4.8 m^3/s$  باشد، برای بهترین مقطع هیدروکلیک، عمق جریان جعدراست؟

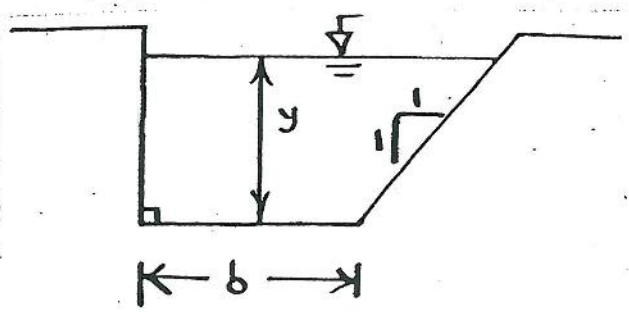
(کنترل سراسری - ۷۷)

- (۱) ۱m      (۲) ۱.۲m      (۳) ۲m      (۴) هیچکدام

۴۹ (تمرین) - در یک کانال مثلثی با بهترین مقطع هیدروکلیک، جریان متناوب در حالت بحران برقرار است. شیب کف کانال در این حالت کدام است؟

(۱)  $S_c = \sqrt[3]{2} gn^2 y_c^{-1/3}$       (۲)  $S_c = gn^2 y_c^{-1/3}$   
 (۳)  $S_c = 2gn^2 y_c^{-1/3}$       (۴)  $S_c = \sqrt{2} gn^2 y_c^{-1/3}$

۵۰ (تمرین) - یک مهندس مزاج در نظر دارد که مقطع نشان داده شده در شکل را با توجه به اصول بهترین مقطع هیدروکلیک مزاج نماید. چه رابطه‌ای بایستی بین مساحت (A) و عمق جریان (y) برقرار باشد تا بهترین مقطع هیدروکلیک برقرار آید؟



(۱)  $A = 2y^2$   
 (۲)  $A = (\sqrt{2} + \frac{1}{\sqrt{2}}) y^2$   
 (۳)  $A = (2\sqrt{2} - 1) y^2$   
 (۴)  $A = (2\sqrt{2} + 1) y^2$

(کنترل سراسری - ۷۹)



۵۱ - در یک کانال مستطیلی عرض با ضریب شزی  $C$ ، شیب بحرانی  $S_c$  با کدام یک از روابط زیر توصیف می‌شود؟ (g شتاب ثقل می‌باشد).

$S_c = \frac{\sqrt{g}}{C}$  (۴)

$S_c = \sqrt{g}C$  (۳)

$S_c = \frac{g}{C^2}$  (۲)

$S_c = \frac{g}{C}$  (۱)

(سراسری - ۱۹)

۵۲ - رابطه بین سرعت جریان آب  $V$  و سرعت پرشی آن  $u_*$  در یک جریان با سطح آزاد، با کدام یک از روابط زیر بیان می‌شود؟ (C ضریب شزی و g شتاب ثقل می‌باشد)

$V = \frac{C\sqrt{g}}{u_*}$  (۴)

$V = \frac{\sqrt{g}}{C} u_*$  (۳)

$V = C\sqrt{g}u_*$  (۲)

$V = \frac{C}{\sqrt{g}} u_*$  (۱)

(سراسری - ۱۹)

۵۳ - در یک کانال با مقطع دوزنقه‌ای، آب با عمق  $h = 1/5 m$  جریان دارد. برای حالتی که این کانال کم‌ترین محیط تر شده را داشته باشد، عرض کانال در کف آن چند متر باید باشد؟

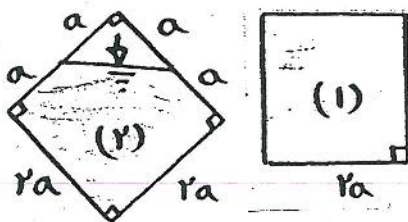
$\frac{2\sqrt{3}}{3}$  (۴)

$\frac{3}{\sqrt{3}}$  (۳)

$2\sqrt{3}$  (۲)

$\frac{\sqrt{3}}{2}$  (۱)

(سراسری - ۱۹)



۵۴ - در دو مقطع مقابل جریان به صورت آزاد برقرار است. در صورتی که ضریب زبری

در مقطع (۱)  $n_1$  و در مقطع (۲)  $n_2$  باشد، نسبت ظرفیت انتقال مقطع (۱) به مقطع (۲) کدام است؟ هر دو مقطع بر روی شیب  $S_0$  قرار دارند و  $k$  عدد بدون بعد است.

$ka^{\frac{1}{3}} \frac{n_2}{n_1}$  (۴)

$ka^2 \frac{n_2}{n_1}$  (۳)

$k \frac{n_2}{n_1}$  (۲)

$ka^{\frac{2}{3}} \frac{n_2}{n_1}$  (۱)

(سراسری - ۱۹)

۲۰

۵۵ - در یک مقطع بهینه دوزندهای شکل با شیب جانبی (افقی)  $\frac{3}{4}$ : (قائم) ۱، نسبت عرض کف به عمق جریان چقدر است؟

$\frac{3}{4}$  (۴)

$\frac{3}{2}$  (۳)

$\frac{2}{3}$  (۲)

۱ (۱)

(سراسری - ۹۱)

۵۶ - دبی واحد عرض در یک کانال مستطیلی عریض  $2 m^3/s$  است. در یک مقطع از این کانال عمق جریان  $1 m$  بوده و ضریب زبری

مانینگ  $n = 0.015$  و شیب کف کانال  $S_b = 0.0012$  می باشد. اگر  $\gamma_w = 10000 N/m^3$  باشد، تنش برشی در کف کانال در مقطع موردنظر

چند نیوتن بر متر مربع است؟

۱۲ (۴)

۹ (۳)

۲/۲۵ (۲)

۶ (۱)

(سراسری - ۹۱)



فصل پنجم (جریان متغیر تدریجی)

(۲۱)

(تمرین ۵۷) - در یک کانال مستطیل عرض با  $n = 0.02$  و  $S_0 = 0.0004$ ، دبی جریان در واحد عرض کانال  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  است. اگر عمق جریان در مقطع از کانال  $0.9$  متر باشد، سطح آب در آن مقطع بخشی از منبرخ جریان متغیر تدریجی از کدام نوع است؟  $(g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$   
(کنکور سراسری - ۷۶)

$M_2$  (۲)

$M_1$  (۱)

$S_1$  (۴)

$M_3$  (۳)

(تمرین ۵۸) - در کانال مستطیل با عرض  $4$  متر و شیب طولی  $1\%$  مشفق، آب با دبی  $4 \text{ m}^3/\text{s}$  و عمق متفاوت (نرمال) امتر جریان دارد. در جریان متغیر تدریجی که در این کانال به وقوع پیوسته، عمق جریان در مقطع از کانال  $2$  امتر بوده است. نوع منبرخ جریان متغیر تدریجی کدام است؟  $(g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$   
(کنکور سراسری - ۷۸)

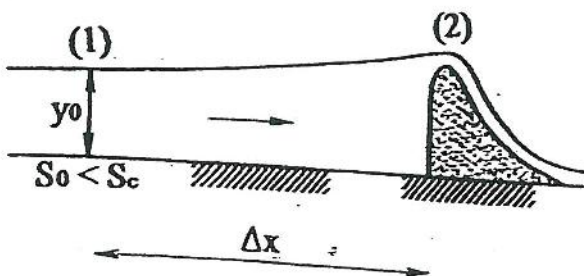
$M_1$  (۲)

$M_3$  (۱)

$S_3$  (۴)

$S_2$  (۳)

(تمرین ۵۹) - در یک جریان متغیر تدریجی مطابق شکل زیر، کدام عبارت در مورد انرژی کل و انرژی محض در جهت جریان صادق است؟  
(کنکور سراسری - ۷۹)



- (۱) هردو کاهش می یابند.
- (۲) هردو افزایش می یابند.
- (۳) انرژی کل افزایش و انرژی محض کاهش می یابد.
- (۴) انرژی کل کاهش و انرژی محض افزایش می یابد.

(تمرین ۶) - در جریان متغیر تدریجی و در ناحیه سوم، عمق در جهت جریان .....

(گفتاور سراسری - ۷۳)

- ۱) همواره افزایش می یابد.
- ۲) همواره کاهش می یابد.
- ۳) بستگی رژیم جریان کاهش یا افزایش می یابد.
- ۴) بستگی شیب کف کانال کاهش یا افزایش می یابد.

(تمرین ۲۱) - با توجه به معادله نمیرغ متغیر تدریجی  $\frac{dy}{dx} = \frac{S_0 - S_f}{1 - F_r^2}$ ، بطوریکه  $S_0$  و  $S_f$

به ترتیب شیب بستر و شیب خط انرژی و  $F_r$  عدد فرود است. اگر عمق

جریان ( $y$ ) حد واسط عمق بحرانی جریان و عمق نرمال جریان باشد .....

(گفتاور سراسری - ۷۴)

- ۱) نمیرغ جریان از نوع  $M_2$  و  $\frac{dy}{dx} < 0$  است.
- ۲) نمیرغ جریان از نوع  $M_2$  و  $\frac{dy}{dx} > 0$  است.
- ۳) نمیرغ جریان از نوع  $M_3$  و  $\frac{dy}{dx} < 0$  است.
- ۴) نمیرغ جریان از نوع  $M_3$  و  $\frac{dy}{dx} > 0$  است.

(تمرین ۱۲) - در یک کانال با شیب معلوم یک نمیرغ  $A_1$  تشکیل شده است. کدام یک از حالت ها

زیر در نمیرغ صحیح است ؟

(گفتاور سراسری - ۷۶)

۱)  $S_w = S_0 = S_f$

۲)  $S_f < S_0$

۳)  $S_f = S_0$

۴)  $S_f > S_0$

(تمرین ۲۳) - در طول یک نمبرغ  $S_p$  ، شیب خط انرژی ...

- (۱) با شیب کف برابر است .
- (۲) منفی است .
- (۳) از شیب کف کمتر است .
- (۴) از شیب کف بیشتر است .

(تمرین ۲۴) - در معادله دریزانید جریان متغیر تدریجی  $\frac{dy}{dx} = \frac{S_0 - S_f}{1 - F_r^2}$  ، برای نمبرغ  $S_p$  ، علامت صورت و مخرج برابر کدامین از حالات زیر است ؟

- (نظور سراسری - ۸۱)
- (۱)  $\frac{-}{-}$
  - (۲)  $\frac{+}{-}$
  - (۳)  $\frac{-}{+}$
  - (۴)  $\frac{+}{+}$

(تمرین ۲۵) - اگر در مقطعی از یک کانال باز  $F_r < 1$  و شیب خط انرژی  $\frac{dy}{dx}$  کوچکتر از شیب بستر کانال باشد ، امکان تشکیل کدام نوع نمبرغ وجود دارد ؟

- (نظور سراسری - ۸۱)
- (۱)  $S_3$
  - (۲)  $S_2$
  - (۳)  $M_3$
  - (۴)  $S_1$



(نمره ۶۶) - برای شغل زیر با فرض طول بودن قطعات کانال، کدام نمیرخ های سطح آزاد (با شروع از سمت راست در نشانه ها) صحیح است؟

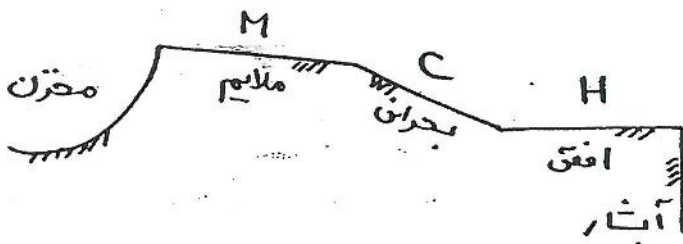
(کنترل سراسری - ۷۲)

(۱)  $H_2, C_1, M_2, M_1$

(۲)  $H_2, C_1, M_2$

(۳)  $H_2, C_2, M_2, M_1$

(۴)  $H_2, C_2, M_1$



(نمره ۶۷) - در شغل زیر با فرض طول بودن کانال ها، کدام ترتیب نمیرخ های سطح آزاد، به ترتیب در جهت حرکت صحیح است؟

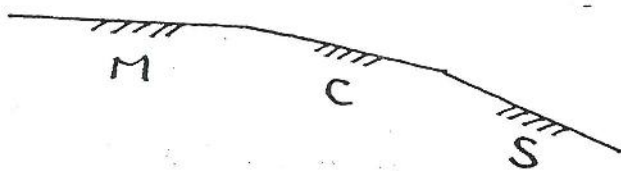
(کنترل سراسری - ۷۴)

(۱)  $S_2, C_1, M_2$

(۲)  $S_2, C_2, M_2$

(۳)  $S_2, C_2, M_2$

(۴)  $S_2, M_2$



(نمره ۶۸) - در شغل نشان داده شده کانال بی با شیب ملازم و تند، طولانی بوده و کانال با شیب متقن (مخلوس) دارای طول محدود و مشرفی می باشد. جریان نرمال در کانال با شیب ملازم برقرار است. در مسیر این جریان امکان شغل گیری چه

نمیرخ های به ترتیب از بالا دست ممکن می باشد؟ (کانال ها همشوره هستند.)

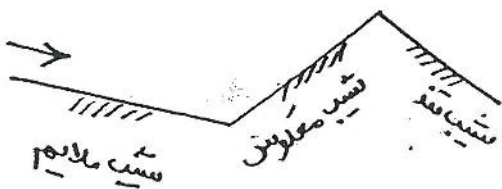
(کنترل سراسری - ۸۰)

(۱)  $S_2, A_2, M_1$

(۲)  $S_2, A_2, M_2$

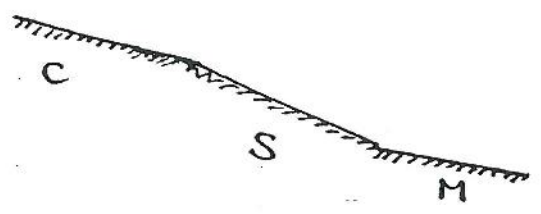
(۳)  $S_2, A_2, M_2$

(۴) هیچگونه نمیرخ در مسیر جریان شغل نمی تواند



(تمرین ۶۹) - کدام ترکیب برای تخریف‌های متغیر تدریجی و موقعتیت پرش تشکیل شده در طول کانال زیر با شروع از بالا دست در وجه پایین دست محتمل است؟

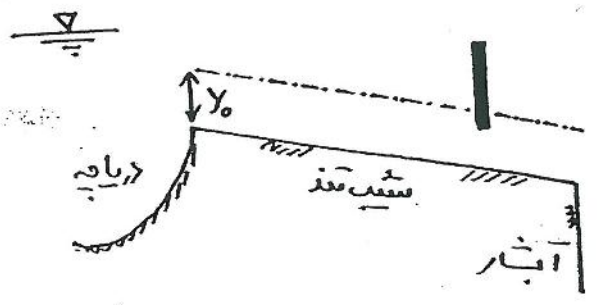
(گزینه‌های سراسری - ۷۵)



- (۱)  $S_1$ ، پرش،  $S_2$
- (۲)  $C_3$ ،  $M_3$ ، پرش
- (۳)  $S_2$ ، پرش،  $M_1$
- (۴)  $C_3$ ، پرش،  $M_1$

(تمرین ۷۰) - کانال با شیب تند از دریاچه ای آبی شیراز دریاچه کشویی روی کانال قرار دارد. این کانال در آنها بصورت آبشار (رزش آزاد) ختم می‌شود. اگر این کانال در بالا دست طولانی باشد، چه نوع جریان و تخریف‌هایی بتدریب از مدخل کانال تا دریاچه کشویی در کانال شکل می‌گیرد؟

(گزینه‌های سراسری ۸۰ و ۸۲)



- (۱)  $S_2$  - بینواخت -  $S_1$
- (۲)  $S_2$  - پرش -  $S_1$
- (۳)  $S_3$  - پرش -  $S_1$
- (۴)  $S_2$  - بینواخت - پرش -  $S_1$

(نمره ۷۱) - جریان غیر یکنواختی در کانال مستطیلی عرضی با دبی  $2.5 \text{ m}^3/\text{s}$  در حال عبور است. شیب طولی تف کانال  $0.0005$  و ضریب مانینگ  $0.02$  است. اگر در مقطع عمقی از جریان عمق جریان کمتر باشد، شیب خط انرژی در آن مقطع کدام است؟

(گزینه سراسری - ۸۰)

(نمره ۷۲) - اگر معادله دینامیک حاکم بر جریان متغیر تدریجی در یک کانال ذوزنقه‌ای

به صورت  $\frac{dy}{dx} = f(y)$  بیان گردد و مقادیر  $f(y)$  در دو مقطع به اجماع ۳ و

$3.2$  متر به ترتیب برابر  $0.0007$  و  $0.0009$  باشند، فاصله طولی بین این دو مقطع بر حسب متر چقدر است؟

(گزینه سراسری - ۸۱)

(نمره ۷۳) - آب به صورت جریان متغیر تدریجی در یک کانال افقی با مقطع مثلثی و با زاویه

راس  $90^\circ$  با دبی  $4 \text{ m}^3/\text{s}$  در جریان است. اگر عمق جریان و شیب خط انرژی در مقطع شماره ۱ از جریان به ترتیب  $2 \text{ m}$  و  $1/2 \times 10^{-4}$  برابر داشته باشند و اگر این مقادیر برای مقطع شماره ۲ از جریان به ترتیب  $1 \text{ m}$  و  $4/8 \times 10^{-3}$  باشند، فاصله طولی

بین دو مقطع کدام است؟ ( $\alpha = \beta = 1$  و  $\gamma = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ) (گزینه سراسری - ۷۹)



۷۴ - در کانال مستطیلی عریضی، دبی در واحد عرض کانال  $1 \text{ m}^2/\text{sec}$  با عمق  $0.19 \text{ m}$  جریان دارد. اگر در این کانال ضریب مانینگ  $0.02$  و شیب کف کانال  $S = 0.0004$  باشد و نیمرخی از نوع جریان متغیر تدریجی وجود داشته باشد، نوع این نیمرخ عبارتست از:

$(g = 10 \text{ m/s}^2)$

- $M_2$  (۱)
- $M_3$  (۲)
- $M_1$  (۳)
- $S_2$  (۴)

(سراسری - ۱۹)

۷۵ - در یک جریان متغیر تدریجی عمق نقطه‌ای از پروفیل سطح آب  $1/6$  متر و عمق نرمال  $2/3$  متر و شدت جریان در واحد عرض  $9 \frac{\text{m}^3/\text{s}}{\text{m}}$  می‌باشد. در این صورت پروفیل سطح آب کدام است؟

- $M_2$  (۱)
- $M_3$  (۲)
- $S_2$  (۳)
- $S_3$  (۴)

(سراسری - ۹۰)

۷۶ - در یک کانال مستطیلی جریان متغیر تدریجی شکل گرفته است. دبی کانال  $8 \text{ m}^3/\text{s}$  و عرض آن  $2$  متر است. اگر عمق جریان یکنواخت در آن  $0.165$  متر باشد و عمق نقطه‌ای از پروفیل سطح آب  $0.18 \text{ m}$  باشد، پروفیل سطح آب کدام است؟  $(g = 10 \text{ m/s}^2)$

- $S_2$  (۱)
- $M_3$  (۲)
- $C_1$  یا  $S_1$  (۳)
- $S_3$  یا  $M_2$  (۴)

(سراسری - ۹۱)

Handwritten mark or signature in the top left corner.

Small handwritten mark or character in the upper middle section.

Handwritten mark or signature in the lower left corner.