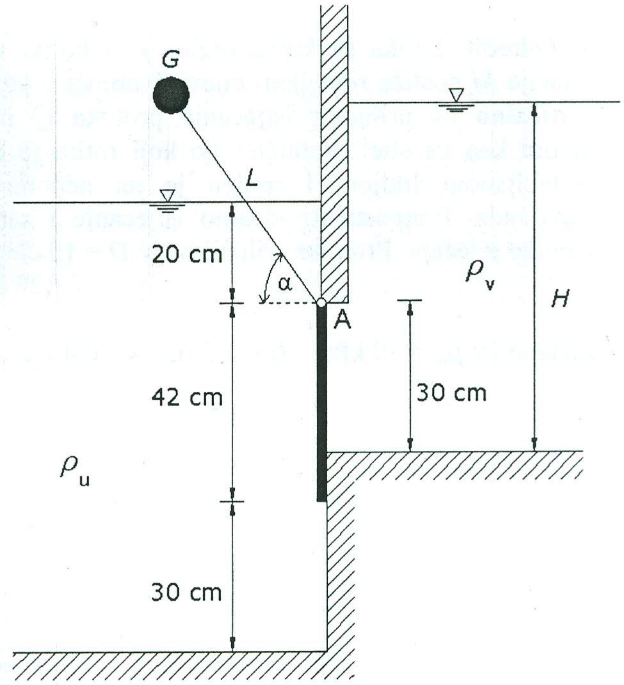
1) Odredi visinu vodnog stupca H s desne strane zatvarača pri kojoj će se početi otvarati zatvarač rotacijom oko osi A prema slici. S lijeve strane zatvarača se nalazi spremnik ispunjen uljem gustoće ρ_u. Na zatvarač je, pod kutem α, kruto spojena šipka duljine L na kojoj se nalazi kuglasti uteg težine G. Nacrtati dijagrame djelovanja hidrostatskog tlaka na zatvarač s lijeve i desne strane. Zatvarač je pravokutnog oblika, visine 42 cm, a širine 60 cm.

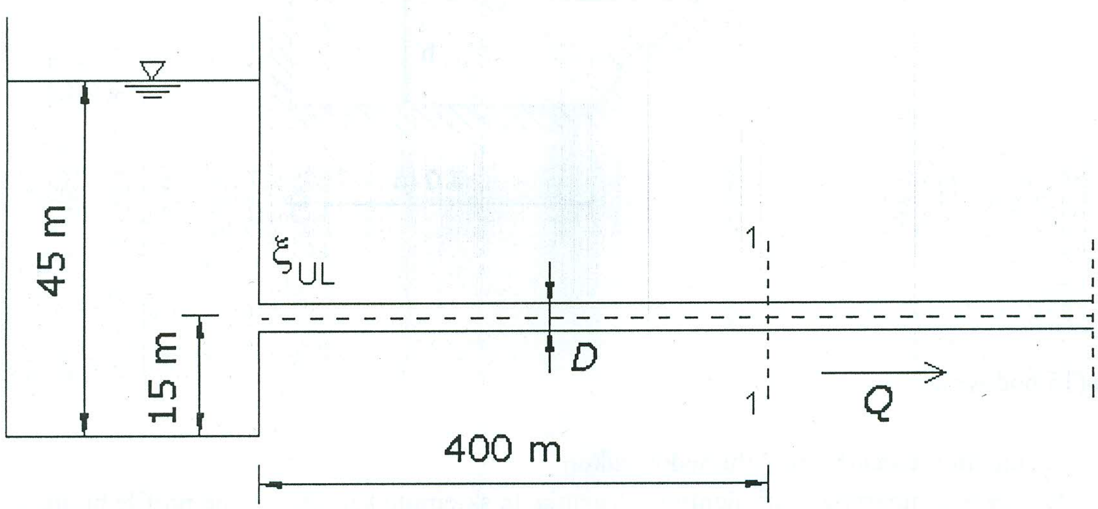
(20 bodova)

Zadano: $\rho_v = 1000$ kg/m^3; $\rho_u = 800$ kg/m^3; $L = 50$cm; $G = 200$ N; $\alpha = 55°$



2) Odredite promjer cijevi D kojom teče protok $Q = 30$ l/s tako da se u osi presjeka 1-1, udaljenog 400 m od ulaza u cijev, formira tlačna visina $H = 15$ m. Apsolutna hrapavost unutrašnje stjenke cijevi iznosi $\varepsilon = 0.7$ mm. U cijevi vlada potpuno turbulentni režim tečenja. Koeficijent lokalnog gubitka energije na ulazu u cijev iznosi $\xi_{UL} = 0,5$. Nacrtajte energetsku i piezometarsku liniju za prikazani dio cijevi.

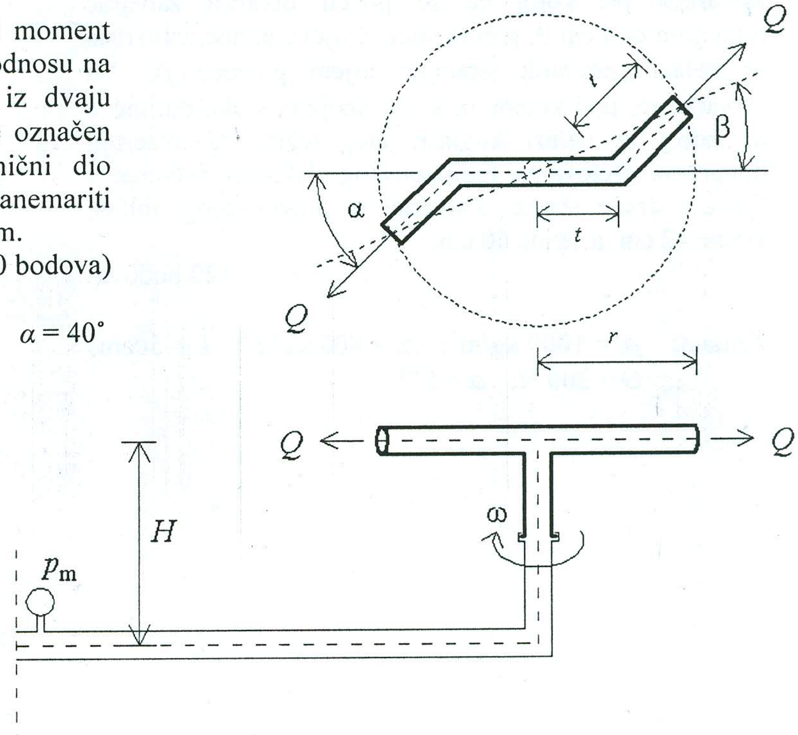
(25 bodova)



3) Odrediti kolika se kutna brzina ω i koliki moment rotacije M postižu rotacijom cijevi T-oblika u odnosu na vertikalnu os prilikom istjecanja protoka Q iz dvaju otvora kao na slici. Pomični dio koji rotira je označen podebljanom linijom i spojen je na nepomični dio cjevovoda. Pretpostaviti idealno istjecanje i zanemariti gubitke u ležaju. Promjer svih cijevi je $D = 10$ cm.

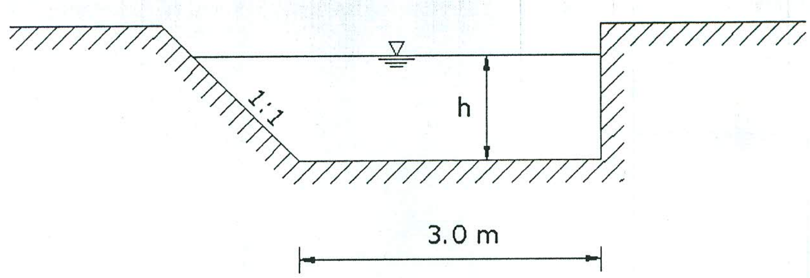
(20 bodova)

Zadano je: $p_m = 30$ kPa; $H = 1.2$ m; $t = 0.4$ m; $\alpha = 40°$



4) Odredite dubinu vode u kanalu prikazanog poprečnog presjeka ako je zadan protok $Q = 4.8$ m^3/s, pad dna kanala $I = 1$ ‰, a Manningov koeficijent hrapavosti $n = 0.025$ m$^{-1/3}$s.

(20 bodova)

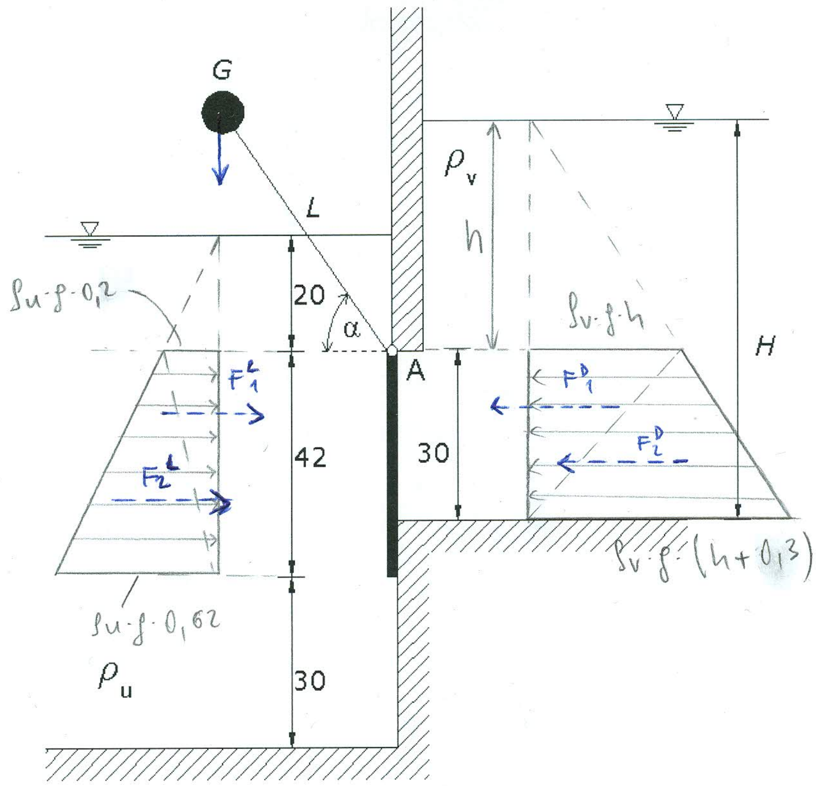


Teorija (15 bodova):

1. Objasnite skicom i jednadžbom Arhimedov zakon.
2. Objasnite pojam laminarnog i turbulentnog strujanja, te skicirajte karakteristične profile brzina za jedan i drugi tip strujanja, za strujanje u okrugloj cijevi.
3. Navedite i objasnite Dupuitove pretpostavke.
4. Objasnite gdje se i zašto koristi potencijal Girinskog.

Uvjeti za usmeni dio ispita: minimalno 50 bodova i točno riješeni 1. i 2. zadatak!

(1)



Ravnotežno stanje $\qquad \Sigma M_{(A)} = 0$

$$F_1^L \cdot 0,14 + F_2^L \cdot 0,28 + G \cdot L \cdot \cos\alpha = F_1^D \cdot 0,1 + F_2^D \cdot 0,2$$

$$\left(\rho_u \cdot g \cdot 0,2 \cdot 0,42 \cdot 0,6 \cdot \tfrac{1}{2}\right) \cdot 0,14 + \left(\rho_u \cdot g \cdot 0,62 \cdot 0,42 \cdot 0,6 \cdot \tfrac{1}{2}\right) \cdot 0,28 + 0,2 \cdot 0,5 \cdot \cos 55° =$$

$$\left(\rho_v \cdot g \cdot h \cdot 0,3 \cdot 0,6 \cdot \tfrac{1}{2}\right) \cdot 0,1 + \left(\rho_v \cdot g \cdot (h+0,3) \cdot 0,3 \cdot 0,6 \cdot \tfrac{1}{2}\right) \cdot 0,2$$

$$0,198 \cdot 0,14 + 0,613 \cdot 0,28 + 0,2 \cdot 0,287 = 0,883h \cdot 0,1 + 0,883(h+0,3) \cdot 0,2$$

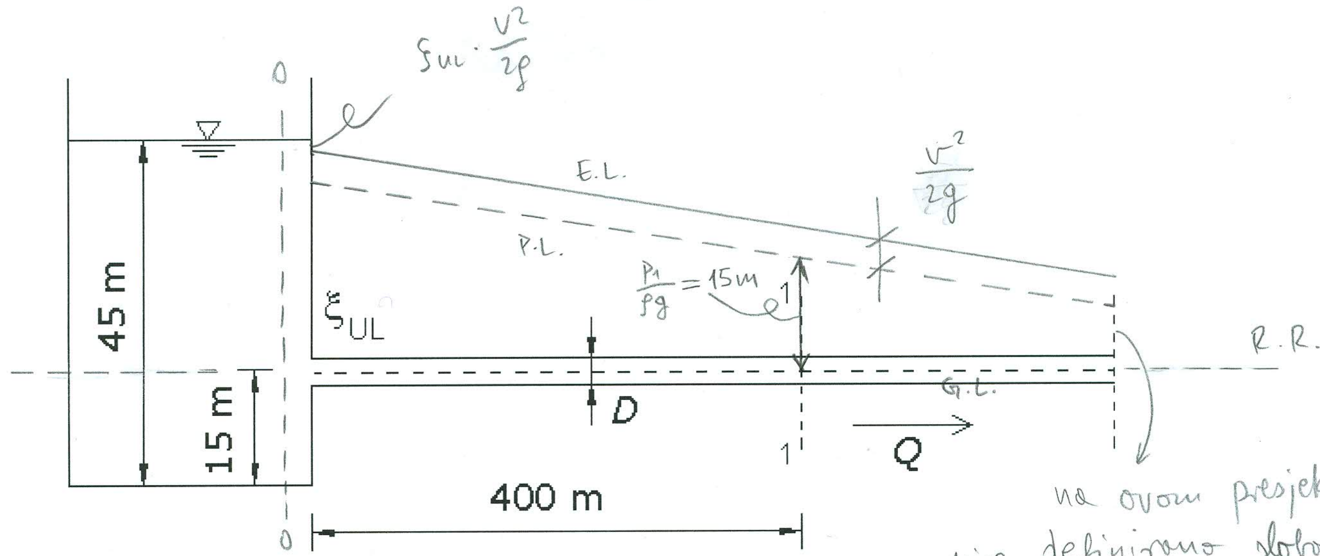
$$0,257 = 0,088h + 0,177h + 0,053$$

$$h = 0,77\,m$$

$$H = 0,3 + h = 1,07\,m$$

Ako bi vodni stupac H bio veći od H = 1,07 m, nastupila bi rotacija zatvarača u smjeru kazaljke na satu oko osi "A". Dok je H < 1,07 m, zatvarač ostaje priljubljen uz vertikalnu stjenku kao na slici.

(2)



na ovom presjeku nije definirano slobodno istjecanje pa stoga nema sjecišta P.L. i G.L., odnosno P.L. ne završava na osi cijevi.

B.J. između presjeka 0-0 i 1-1

$$30 = 15 + \frac{v^2}{2g}\left(\xi_{ul} + \lambda \frac{400}{D} + 1\right)$$

$$v = \frac{4Q}{D^2\pi} \Longrightarrow \frac{v^2}{2g} = \frac{16Q^2}{D^4\pi^2 \cdot 2g} = \frac{16 \cdot 0{,}03^2}{D^4\pi^2 \cdot 2 \cdot g} = \frac{0{,}000074364}{D^4}$$

$$15 = \frac{0{,}000074364}{D^4}\left(0{,}5 + \lambda \frac{400}{D} + 1\right)$$

JEDNADŽBA IMA IMPLICITAN OBLIK I POTREBNO JE PROVESTI ITERACIJSKI POSTUPAK:

1° $D = 0{,}1\ m$ $\quad \frac{\varepsilon}{D} = \frac{0{,}7}{100} = 0{,}007 \rightarrow \lambda = 0{,}0185 \rightarrow 15 \neq 56{,}14 \nearrow$

2° $D = 0{,}2\ m$ $\quad \frac{\varepsilon}{D} = \frac{0{,}7}{200} = 0{,}0035 \rightarrow \lambda = 0{,}027 \rightarrow 15 \neq 2{,}58 \searrow$

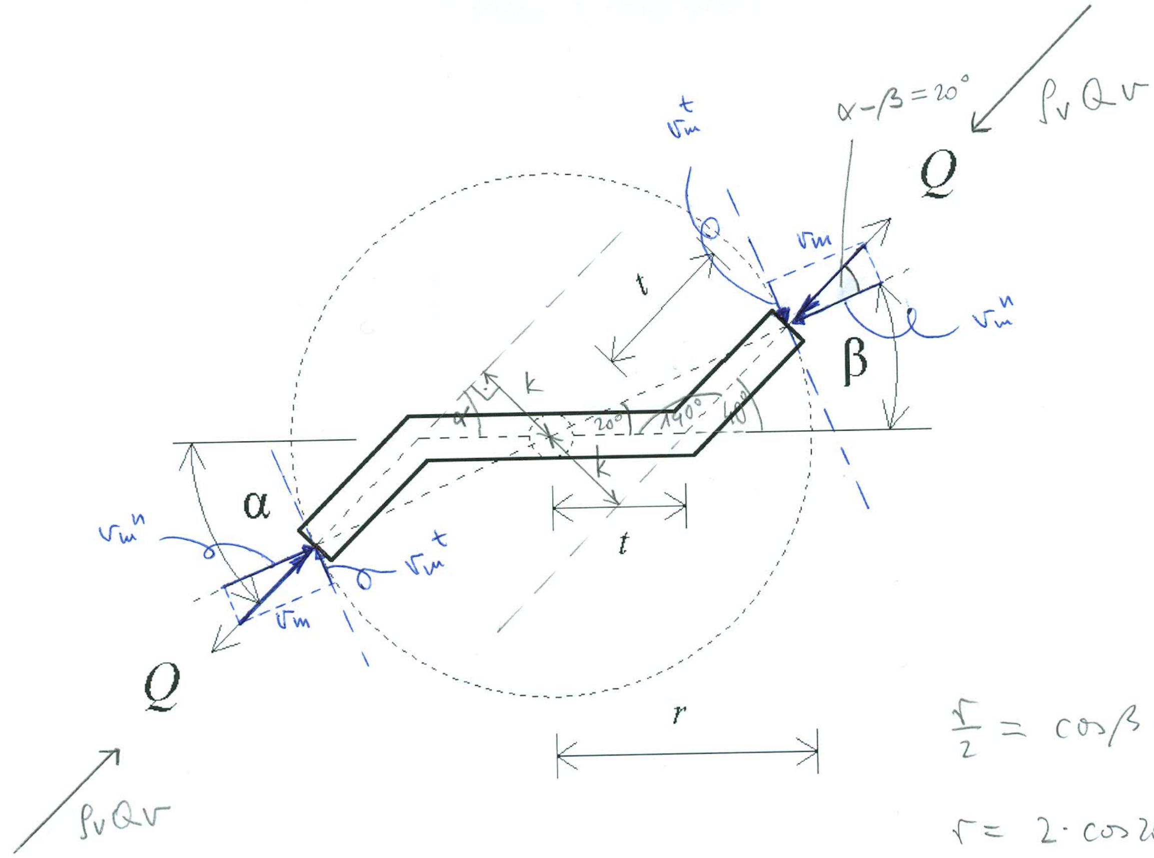
3° $D = 0{,}15\ m$ $\quad \frac{\varepsilon}{D} = \frac{0{,}7}{150} = 0{,}0047 \rightarrow \lambda = 0{,}0295 \rightarrow 15 \neq 11{,}77 \searrow$

4° $D = 0{,}14\ m$ $\quad \frac{\varepsilon}{D} = \frac{0{,}7}{140} \approx 0{,}005 \rightarrow \lambda = 0{,}03 \rightarrow 15 \neq 16{,}88 \nearrow$

Nakon 4. iteracijskog koraka usvaja se vrijednost $\underline{\underline{D = 14{,}5\ cm}}$

$$v = \frac{4 \cdot 0{,}03}{0{,}145^2\pi} = 1{,}82\ m/s \Longrightarrow \frac{v^2}{2g} = 0{,}17\ m$$

(3)



$$\frac{r}{2} = \cos\beta \cdot t$$

$$r = 2 \cdot \cos 20° \cdot 0{,}4$$

$$r = 0{,}752 \text{ m}$$

$$\frac{p_m}{\rho_v \cdot g} = H + \frac{v^2}{2g}$$

$$\frac{30}{1 \cdot 9{,}81} = 1{,}2 + \frac{v^2}{2g} \longrightarrow \frac{v^2}{2g} = 1{,}858 \longrightarrow v = 6{,}04 \text{ m/s}$$

$$Q = v \cdot \frac{D^2\pi}{4} = 6{,}04 \cdot \frac{0{,}1^2\pi}{4} = 0{,}0474 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$M = 2 \cdot \rho_v Q v \cdot k = 2 \cdot 1 \cdot 0{,}0474 \cdot 6{,}04 \cdot \sin\alpha \cdot t = 0{,}147 \text{ kNm}$$

Budući da nema otpora rotaciji, brzina vrha mlaznice je jednaka brzini v, samo je suprotnog predznaka (smjera)

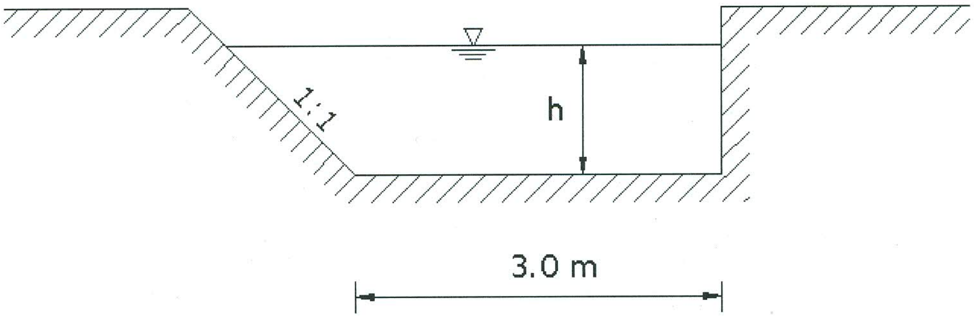
$v_m = -v$ (uzrokuje vrtnju u smjeru kazaljke na satu)

$v_m^t = w \cdot r$ (tangencijalna komponenta brzine uzrokuje rotaciju)

$$w = \frac{v_m^t}{r} = \frac{\sin(\alpha - \beta) \cdot v_m}{r} = \frac{\sin 20° \cdot 6{,}04}{0{,}752}$$

$$w = 2{,}75 \ \frac{1}{s} = 2{,}75 \ \frac{\text{rad}}{s} = \frac{2{,}75}{2\pi} \ \frac{\text{okr}}{s} = 0{,}44 \ \frac{\text{okr}}{s}$$

(4)



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

$$Q = (3 \cdot h + 0,5h^2) \cdot \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{3h + 0,5h^2}{h + 3 + h\sqrt{2}}\right)^{2/3} \cdot J^{1/2}$$

$$4,8 = (3h + 0,5h^2) \cdot \frac{1}{0,025} \cdot \left(\frac{3h + 0,5h^2}{h + 3 + h\sqrt{2}}\right)^{2/3} \cdot 0,001^{1/2}$$

$$3,79 = (3h + 0,5h^2) \cdot \left(\frac{3h + 0,5h^2}{h + 3 + h\sqrt{2}}\right)^{2/3}$$

ITERACIJSKI POSTUPAK :

1° $h = 1\,m \longrightarrow 3,79 \neq 2,62 \nearrow$

2° $h = 1,5\,m \longrightarrow 3,79 \neq 5,05 \searrow$

3° $h = 1,25\,m \longrightarrow 3,79 \approx 3,75$

ODABRANO : $\underline{\underline{h = 1,25\,m}}$