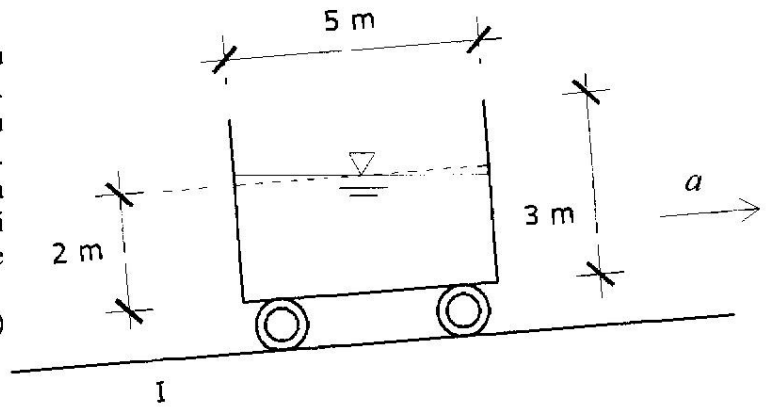


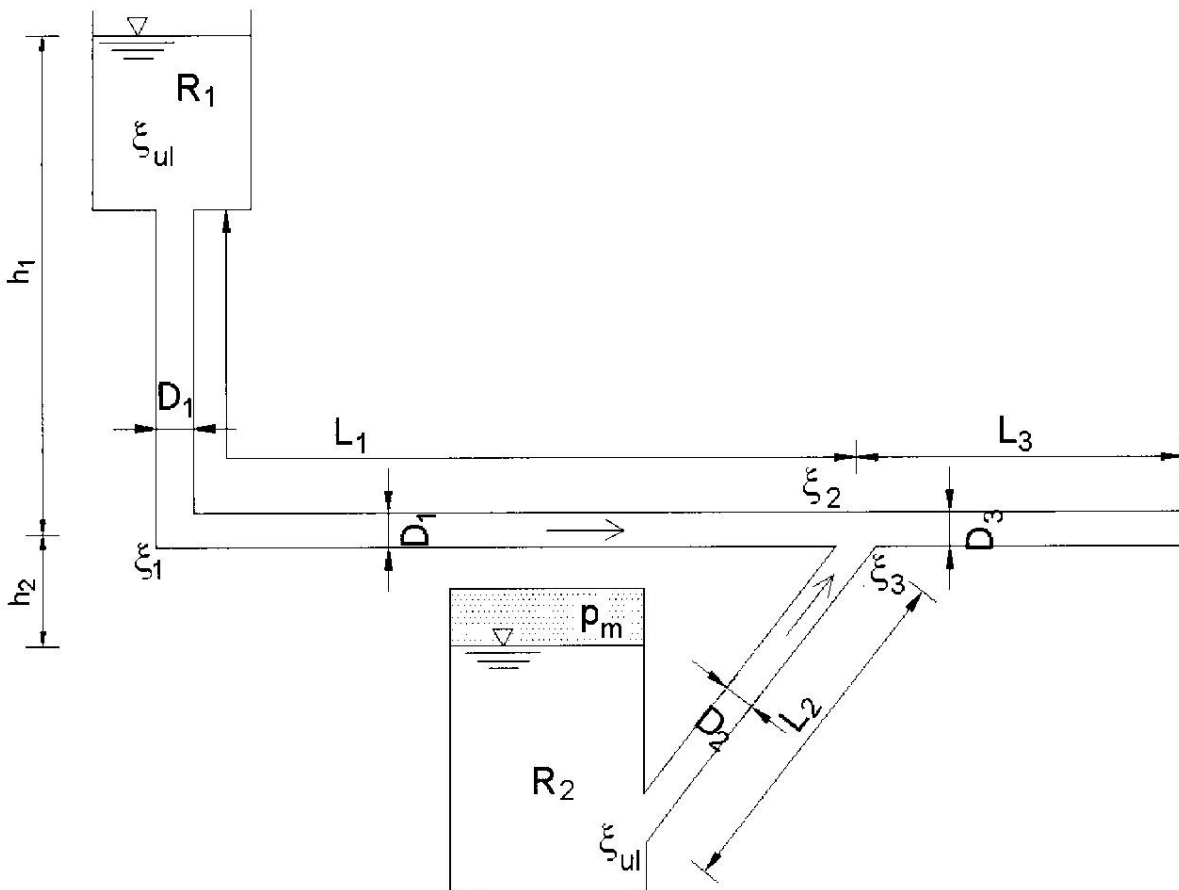
1) Kolica stoje na kosini nagiba  $I = 10\%$  u položaju kao na slici (kolica stoje - vodno lice je horizontalno). Treba odrediti maksimalno dozvoljeno ubrzanje  $a$  u desno, koje ne bi dovelo do izlivanja vode iz kolica. Koliki je u tom slučaju kuta nagiba vodnog lica prema horizontali? Nacrtati dijagrame tlakova za taj slučaj i izračunati vrijednost hidrostatske sile na bočne stijenke kolica. Kolica su oblika kvadra, širine  $B = 1$  m. (20 bodova)



2) Rezervoar  $R_1$  ima slobodno vodno lice, a rezervoar  $R_2$  nalazi se pod tlakom  $p_m$ . Potrebno je odrediti protoke u cijevi 2 ( $Q_2$ ), izlazni protok u cijevi 3 ( $Q_3$ ) te koeficijent lokalnog gubitka na spoju za cijev 3 ( $\zeta_3 = f(v_2)$ ). Potrebno je nacrtati energetska i piezometarska linija za sve cijevi. (30 bodova)

Zadano je:  $Q_1 = 0,146 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $p_m = 325 \text{ kPa}$ ;  $h_1 = 25 \text{ m}$ ;  $h_2 = 5 \text{ m}$ ;  
 $D_1 = D_3 = 200 \text{ mm}$ ;  $D_2 = 100 \text{ mm}$ ;  $\lambda = 0,03$  (za sve cijevi);  
 $L_1 = 65 \text{ m}$ ;  $L_2 = 14 \text{ m}$ ;  $L_3 = 30 \text{ m}$ ;  
 $\zeta_{ul} = 0,5$ ;  $\zeta_l = 0,8$ ;  $\zeta_2 = f(v_1) = 0,72$ ;  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$

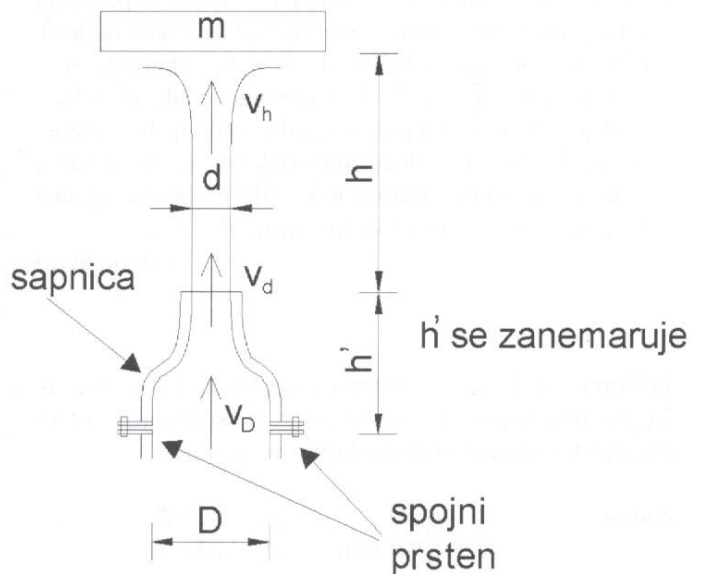
Oznake  $\zeta_3 = f(v_2)$  i  $\zeta_2 = f(v_1)$  znače da lokalni gubitak energije na spoju cijevi 2-3 ovisi o brzini  $v_2$ , a gubitak energije na spoju cijevi 1-3 o brzini  $v_1$ .



3) Uteg mase  $m = 10$  kg uravnotežen (pridržavan) je mlazom kao na slici. Izračunajte brzine  $v_h$  (ispod utega),  $v_d$  (na izlazu iz sapnice) i  $v_D$  (u cijevi promjera  $D$ , prije sapnice). Odredite sile u spojnom prstenu. Pretpostavite da vertikalni mlaz zadržava pravilan presjek promjera  $d$  sve do udara u uteg i da se radi o idealnoj tekućini.

(20 bodova)

Zadano je:  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ ;  $D = 0,1 \text{ m}$ ;  
 $d = 0,03 \text{ m}$ ;  $h = 2 \text{ m}$ ;

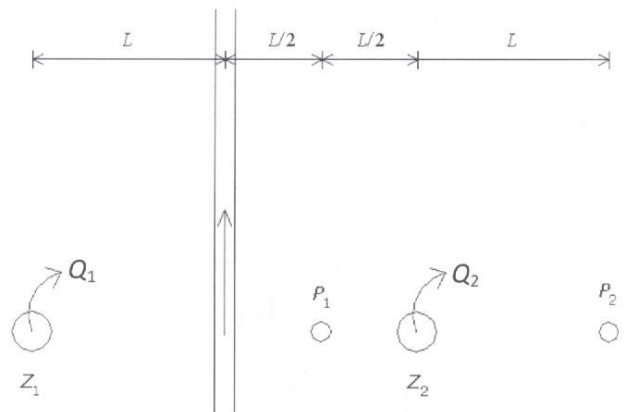


4) Zdeni  $Z_1$  i  $Z_2$  te piezometri  $P_1$  i  $P_2$  postavljeni su u vodonosnik pod tlakom. Između zdenaca nalazi se vodotok. Potrebno je odrediti sniženja u piezometrima  $P_1$  i  $P_2$ .

(15 bodova)

Zadano je:

$k = 0,001 \text{ m/s}$ ;  $M = 10 \text{ m}$  (debljina vodonosnog sloja);  
 $L = 100 \text{ m}$ ;  $R = 250 \text{ m}$  (radijus utjecaja zdenaca);  
 $Q_1 = 0,02 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $Q_2 = 0,01 \text{ m}^3/\text{s}$



Teorija: (15 bodova)

1. Objasnite što je to homogeno, a što nehomogeno polje.
2. Koje sve vrste energije sadrži Bernoullijeva jednačba?
3. Što je to bučnica i kolika najmanje treba biti njena duljina?
4. Objasnite riječima i skicom što je to Pitot cijev, a što Prandtl-Pitot cijev?

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



$$Q_1 = v_1 \frac{D_1^2 \pi}{4} \quad \rightarrow \quad v_1 = \frac{4Q_1}{D_1^2 \pi} = \frac{4 \cdot 0,146}{0,2^2 \pi} = 4,65 \text{ m/s}$$

B.J. 1-3

$$h_1 = \frac{v_1^2}{2g} \left( \xi_{\text{UL}} + \lambda \frac{L_1}{D_1} + \xi_1 + \xi_2 \right) + \frac{v_3^2}{2g} \left( \lambda \frac{L_3}{D_3} + 1 \right)$$

$$25 = \frac{4,65^2}{2g} \left( 0,5 + 0,03 \cdot \frac{65}{0,2} + 0,8 + 0,72 \right) + \frac{v_3^2}{2g} \left( 0,03 \cdot \frac{30}{0,2} + 1 \right)$$

$$25 = \frac{4,65^2}{2g} \left( 0,5 + 0,03 \cdot \frac{65}{0,2} + 0,8 + 0,72 \right) + \frac{v_3^2}{2g} \left( 0,03 \cdot \frac{30}{0,2} + 1 \right)$$

$$25 = 1,1(0,5 + 9,75 + 0,8 + 0,72) + \frac{v_3^2}{2g}(4,5 + 1)$$

$$\frac{v_3^2}{2g} = 2,19 \text{ m} \quad \rightarrow \quad v_3 = 6,55 \text{ m/s}$$

$$Q_1 + Q_2 = Q_3$$

$$v_1 \frac{D_1^2 \pi}{4} + v_2 \frac{D_2^2 \pi}{4} = v_3 \frac{D_3^2 \pi}{4}$$

$$4,65 \cdot 0,2^2 + v_2 \cdot 0,1^2 = 6,55 \cdot 0,2^2$$

$$v_2 = 7,6 \text{ m/s} \quad \rightarrow \quad \frac{v_2^2}{2g} = 2,94 \text{ m}$$

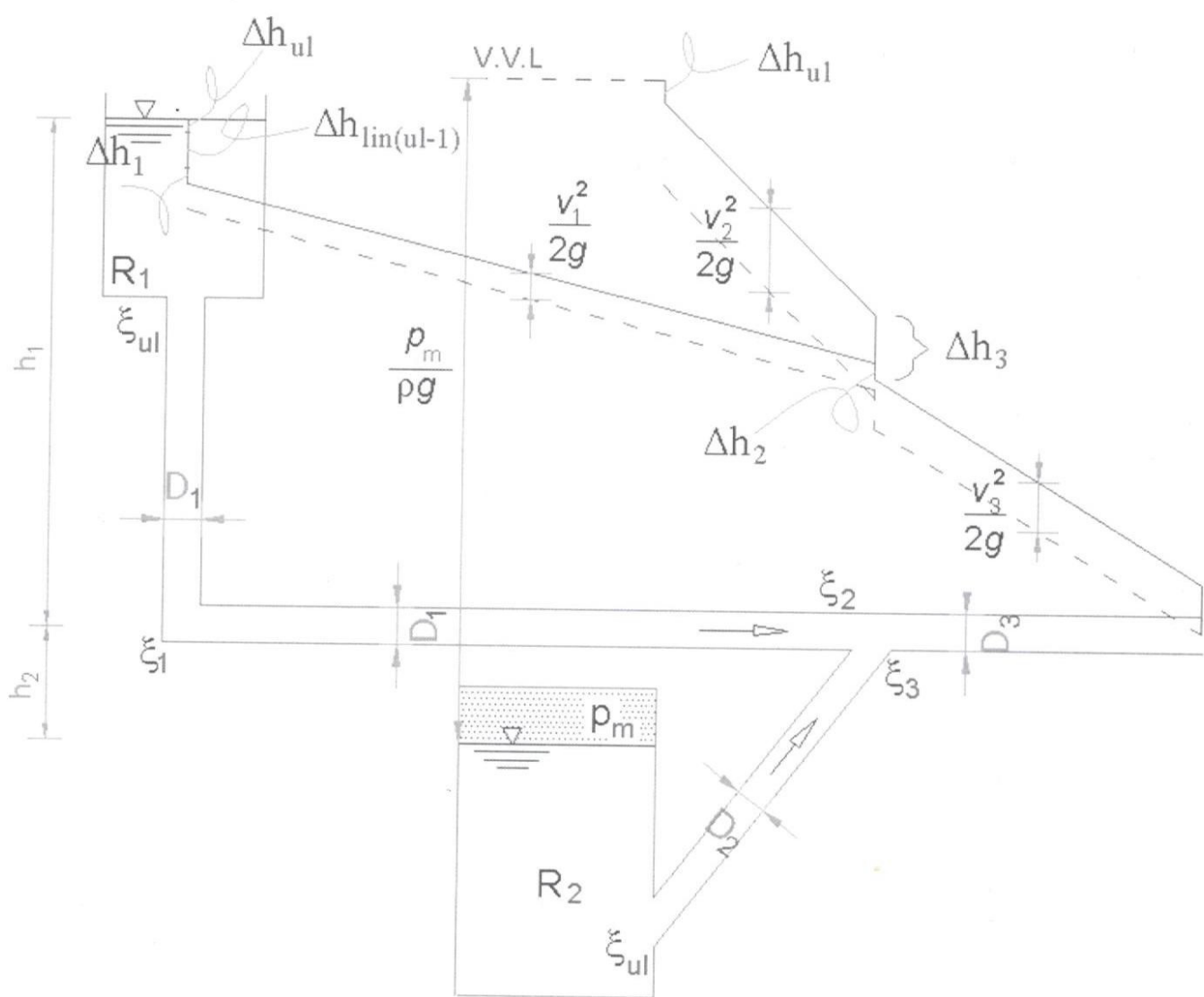
B.J. 2-3

$$-h_2 + \frac{p_m}{\rho g} = \frac{v_2^2}{2g} \left( \xi_{\text{UL}} + \lambda \frac{L_2}{D_2} + \xi_3 \right) + \frac{v_3^2}{2g} \left( \lambda \frac{L_3}{D_3} + 1 \right)$$

$$-5 + \frac{325}{1 \cdot g} = 2,94 \left( 0,5 + 0,03 \cdot \frac{14}{0,1} + \xi_3 \right) + 2,19 \left( 0,03 \cdot \frac{30}{0,2} + 1 \right)$$

$$28,13 = 13,82 + 2,94\xi_3 + 12,05$$

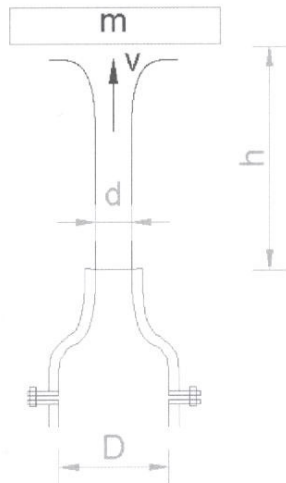
$$\xi_3 = 0,77$$



3

Uteg mase  $m = 10$  kg uravnotežen (pridržavan) je mlazom kao na slici. Potrebno je odrediti sile u spojnom sredstvu sapnice. Pretpostaviti da vertikalni mlaz zadržava pravilan presjek promjera  $d$  sve do udara u uteg.

Zadano je :  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ ;  $D = 0,1 \text{ m}$ ;  $d = 0,03 \text{ m}$ ;  $h = 2 \text{ m}$ ;



$\rho Q_h v_h = mg$  (protok  $Q_h$  je manji od protoka kroz cijev i sapnicu i, da nema utega, smanjivao bi se sve do najviše točke dosega mlaza, gdje bi iznosio nula)

$$\rho \frac{d^2 \pi}{4} v_h^2 = mg \quad \rightarrow \quad v_h = \sqrt{\frac{4mg}{\rho d^2 \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 10 \cdot 9,81}{1000 \cdot 0,03^2 \pi}} = 11,78 \text{ m/s}$$

$$\frac{v_d^2}{2g} = \frac{v_h^2}{2g} + h = \frac{11,78^2}{2 \cdot 9,81} + h = 7,07 + 2 = 9,07 \text{ m} \quad v_d \text{ (brzina na izlazu iz sapnice)}$$

$$v_d = \sqrt{2 \cdot g \cdot 9,07} = 13,34 \text{ m/s}$$

$$Q = v_d \cdot \frac{d^2 \pi}{4} = 13,34 \cdot \frac{0,03^2 \pi}{4} = 0,0094 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{(protok kroz cijev)}$$

$$v_D = \frac{Q \cdot 4}{D^2 \pi} = \frac{0,0094 \cdot 4}{0,1^2 \pi} = 1,2 \text{ m/s}$$

$$\frac{v_D^2}{2g} = \frac{1,2^2}{2 \cdot 9,81} = 0,07 \text{ m}$$

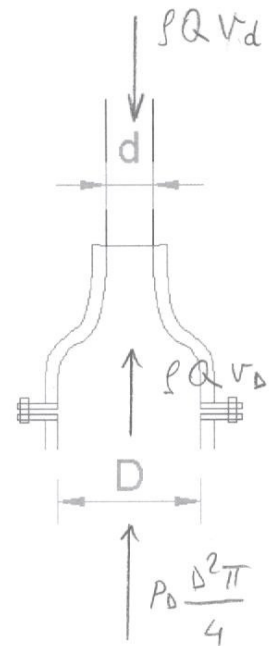
$$\frac{v_d^2}{2g} = \frac{v_D^2}{2g} + \frac{p_D}{\rho g} \quad \text{(zanemaruje se visinska razlika između presjeka D i d)}$$

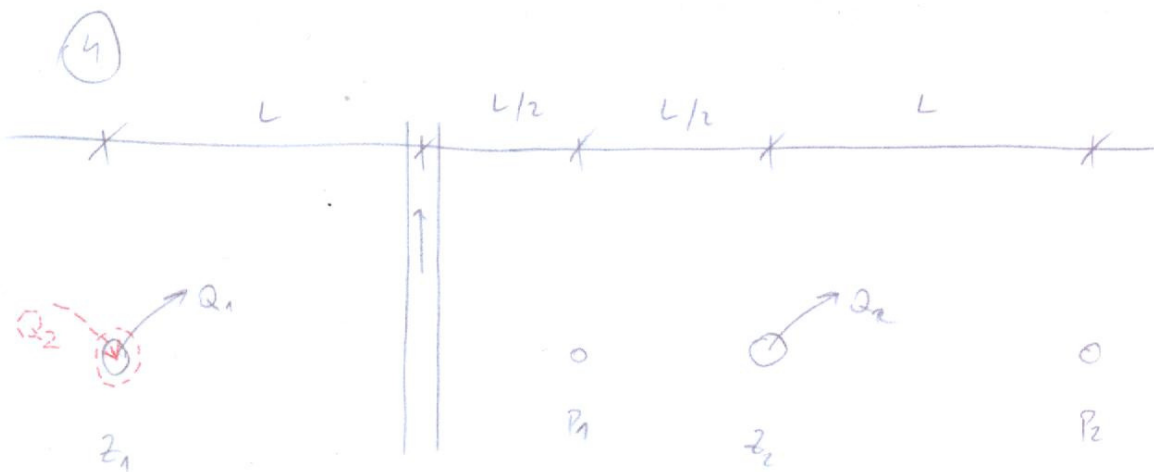
$$\frac{p_D}{\rho g} = \frac{v_d^2}{2g} - \frac{v_D^2}{2g} = 9,07 - 0,07 = 9,0 \text{ m}$$

$$p_D = \rho \cdot g \cdot 9,0 = 1 \cdot 9,81 \cdot 9,0 = 88,29 \text{ kPa}$$

$$F_{sp.sr.} = \rho Q v_D + p_D \frac{D^2 \pi}{4} - \rho Q v_d = 1 \cdot 0,0094 \cdot 1,2 + 88,29 \cdot \frac{0,1^2 \pi}{4} - 1 \cdot 0,0094 \cdot 13,34$$

$$F_{sp.sr.} = 0,58 \text{ kN}$$





Utjecaj  $z_1$  se ne osjeća preko vodotoka u piezometrima  $P_1$  i  $P_2$  pa ga u ovom slučaju treba zameniti. Isto bi bilo, da je umjesto vodotoka sedona nepropusna granica.

$$\Delta p_1 = \frac{Q_2}{2\pi kM} \left( \ln \frac{R}{L/2} - \ln \frac{R}{3L/2} \right)$$

$$= \frac{0,01}{2\pi \cdot 0,001 \cdot 10} \left( \ln \frac{250}{50} - \ln \frac{250}{150} \right)$$

$$= 0,159 (1,609 - 0,511)$$

$$= 0,174 \text{ m} \quad (\text{onižanje vodnog lica u piezometru } P_1)$$

$$\Delta p_2 = \frac{Q_2}{2\pi kM} \ln \frac{R}{L}$$

$$= \frac{0,01}{2\pi kM} \ln \frac{250}{100}$$

$$= 0,159 \cdot 0,916$$

$$= 0,146 \text{ m}$$