

ZAKONI SLIČNOSTI

1. Model aviona koji ima mogućnost slijetanja na vodenu površinu izveden je u mjerilu duljina $L_r = 10$. Kolika je brzina modela aviona v_m potrebna, ukoliko se želi simulirati brzina odizanja aviona u prirodi koja iznosi $v_p = 110$ km/h.

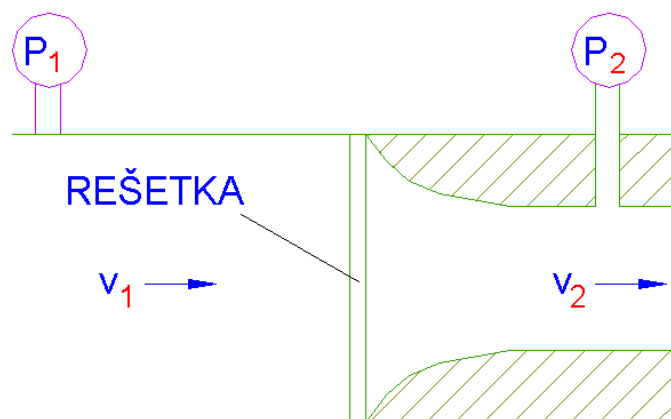
$$Fr_m = Fr_p$$

$$g_m = g_p$$

$$\frac{v_p}{\sqrt{g_p h_p}} = \frac{v_m}{\sqrt{g_m h_m}} \rightarrow \frac{v_p}{v_m} = \sqrt{\frac{h_p}{h_m}} = \sqrt{L_r} = 3,16 \rightarrow v_m = \frac{v_p}{3,16} = 34,78 \text{ km/h}$$

2. Model Venturimetra izrađen je u mjerilu geometrijske sličnosti $L_r = 5$. U prirodi kroz Venturimetar protiče voda brzinom $v_p = 6$ m/s, na temperaturi $t_p = 20^\circ\text{C}$ dok je za model predviđen proticaj vode sa temperaturom $t_m = 95^\circ\text{C}$. Promjer Venturimetra u prirodi iznosi $D_p = 600$ mm. Potrebno je odrediti protok kroz model Venturimetra Q_m , kojim se ostvaruje hidrodinamička sličnost sa Venturimetrom u prirodi.

Zadano je: $v_{p(t=20)} = 1,13 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$; $v_{m(t=95)} = 3 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$.



$$Q_p = \frac{D_p^2 \pi}{4} \cdot v_p = 1,7 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$D_m = \frac{D_p}{L_r} = 120 \text{ mm}$$

$$Re_m = Re_p \quad \frac{D_p \cdot v_p}{\nu_p} = \frac{D_m \cdot v_m}{\nu_m} \quad v_m = \frac{D_p \cdot v_p}{\nu_p} \cdot \frac{\nu_m}{D_m} = 7,96 \text{ m/s}$$

$$Q_m = v_m \cdot A_m = 7,96 \cdot \frac{D_m^2 \pi}{4} = 0,09 \text{ m}^3 / \text{s}$$

3. Elementom opskrbe mreže dostavlja se $Q_p = 0,028 \text{ m}^3/\text{s}$ tehnološke vode ($t_p = 80^\circ\text{C} \rightarrow v_p = 3,66 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$). Izvedbom modela elementa žele se provjeriti gubici. Kao proticajni fluid na modelu koristi se voda ($t_m = 20^\circ\text{C} \rightarrow v_m = 1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$), a instalirana pumpa na modelu radi s $Q_m = 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$. Potrebno je odrediti mjerilo dužina L_r kako bi se kvalitetno modelirali gubici na elementu.

$$Q_r = \frac{v_p \cdot A_p}{v_m \cdot A_m} = v_r \cdot L_r^2$$

$$\text{Re}_r = 1 \rightarrow \frac{v_p \cdot D_p}{v_p} = \frac{v_m \cdot D_m}{v_m} \rightarrow v_r = \frac{v_p}{v_m} = \frac{D_m}{D_p} \cdot \frac{v_p}{v_m} = \frac{1}{L_r} \cdot v_r$$

$$Q_r = \frac{Q_p}{Q_m} = \frac{0,028}{0,1} = 0,28$$

$$Q_r = v_r \cdot L_r^2 = \frac{1}{L_r} \cdot v_r \cdot L_r^2 = v_r \cdot L_r = 0,28$$

$$v_r = \frac{v_p}{v_m} = \frac{3,66 \cdot 10^{-7}}{1 \cdot 10^{-6}} = 0,366$$

$$v_r \cdot L_r = 0,28 \rightarrow L_r = \frac{0,28}{v_r} = \frac{0,28}{0,366} = 0,765$$

4. Brodski propeler promjera je $D_p = 2,5 \text{ m}$ i okreće se brzinom $\omega_p = 1,7 \text{ rad/s}$. Ako se izvodi model broda i propelera u mjerilu $L_r = 100$, potrebno je odrediti koja je potrebna brzina okretanja modela propelera ω_m i mjerilo (odnos) potrebnih snaga P_r propelera pravog broda i propelera na modelu.

$$L_r = \frac{D_p}{D_m} \rightarrow D_m = \frac{D_p}{L_r} = \frac{2,5}{100} = 0,025 \text{ m}$$

$$v_p = \omega_p \cdot \frac{D_p}{2} = 1,7 \cdot 1,25 = 2,125 \text{ m/s}$$

$$Fr_p = Fr_m \rightarrow \frac{v_p}{\sqrt{g \cdot L_p}} = \frac{v_m}{\sqrt{g \cdot L_m}} \rightarrow \frac{v_p}{v_m} = v_r = \sqrt{\frac{L_p}{L_m}} = \sqrt{L_r}$$

$$\frac{v_p}{v_m} = v_r = \sqrt{L_r} = \sqrt{100} = 10 \rightarrow v_m = \frac{v_p}{10} = 0,2125 \text{ m/s}$$

$$v_m = \omega_m \cdot \frac{D_m}{2}$$

$$0,2125 = \omega_m \cdot 0,0125 \rightarrow \omega_m = 17 \text{ rad/s} = 2,7 \text{ okr/s}$$

$$P_r = F_r \cdot v_r = \rho_r \cdot g_r \cdot V_r \cdot v_r = \rho_r \cdot g_r \cdot L_r^3 \cdot v_r = 1 \cdot 1 \cdot 100^3 \cdot 10 = 10^7$$

5. Hidraulički model preljeva izrađen je u mjerilu $L_r = 180$. Uz pretpostavku zanemarenja viskoznih djelovanja potrebno je odrediti koje će se brzine i protoci pojaviti u prirodi ako su na modelu izmjerene sljedeće vrijednosti $v_m = 1,2$ m/s ; $Q_m = 0,03$ m³/s.

$$Fr_r = 1$$

$$\frac{v_p}{v_m} = v_r = \sqrt{L_r} \quad \rightarrow \quad v_p = v_m \cdot \sqrt{L_r} = 16,1 \text{ m/s}$$

$$\frac{Q_p}{Q_m} = \frac{A_p \cdot v_p}{A_m \cdot v_m} = L_r^2 \cdot \sqrt{L_r} = L_r^{5/2} \quad \rightarrow \quad Q_p = L_r^{5/2} \cdot Q_m = 13040,7 \text{ m}^3/\text{s}$$

6. Voda kinematskog koeficijenta viskoznosti $\nu_m = 1,13 \times 10^{-6}$ m²/s, opstrujava model krilnog oblika dužine $L_m = 0,15$ m, brzinom koja daje vrijednost parametra $Re_m = 2,5 \times 10^6$. Sila hidrodinamičkog uzgona na modelu iznosi $F_m = 11000$ N. Prototip se također nalazi u struji vode (iste temperature kao na modelu), ali promijenjene dužine $L_p = 0,6$ m. Uslijed postizanja istog Reynolds-ovog broja na modelu i na prototipu potrebno je odrediti silu hidrodinamičkog uzgona F_p i brzine na prototipu v_p koje su potrebne kako bi se zadovoljila tražena Reynoldsova sličnost.

U ovom zadatku dominantne su viskozne sile (trenje)

$$\frac{v_p \cdot L_p}{\nu_p} = \frac{v_m \cdot L_m}{\nu_m} = Re$$

sila hidrodinamičkog uzgona: $F = \rho \cdot A \cdot v^2$

Newtonov zakon sličnosti:

$$\frac{F_p}{\rho_p \cdot L_p^2 \cdot v_p^2} = \frac{F_M}{\rho_M \cdot L_M^2 \cdot v_M^2}$$

$$L_r = \frac{0,6}{0,15} = 4 \quad Re_m = \frac{v_m \cdot L_m}{\nu_m} \quad \rightarrow \quad v_m = \frac{Re_m \cdot \nu_m}{L_m} = 18,83 \text{ m/s}$$

$$\frac{v_p}{v_m} = \sqrt{L_r} \quad \rightarrow \quad v_p = v_m \cdot \sqrt{L_r} = 37,66 \text{ m/s}$$

$$F_r = A_r \cdot \rho_r \cdot v_r^2 = L_r^2 \cdot \rho_r \cdot \sqrt{L_r}^2 = L_r^3 \cdot \rho_r = 4^3 \cdot 1 = 64$$

$$F_p = F_m \cdot F_r = 11 \cdot 64 = 704 \text{ kN}$$

7. Model luke za analizu utjecaja gravitacijskih valova izveden je u mjerilu $L_r = 280$. Potrebno je odrediti amplitude i brzine valova na modelu uz pretpostavku zanemarenja trenja, ako su valovi u prirodi amplitude $h_p = 1,5$ m i brzine $v_p = 9$ m/s. Također je potrebno odrediti period plimnog vala na modelu ako on u stvarnosti iznosi $t_p = 12$ h.

$$Fr_r = 1 \quad \rightarrow \quad \frac{v_m}{\sqrt{g_m \cdot h_m}} = \frac{v_p}{\sqrt{g_p \cdot h_p}}$$

$$\frac{v_p}{v_m} = v_r = \sqrt{L_r} \quad \rightarrow \quad v_m = \frac{v_p}{\sqrt{L_r}} = 0,54 \text{ m/s}$$

$$\frac{h_p}{h_m} = L_r = 280 \quad \rightarrow \quad h_m = \frac{h_p}{L_r} = 0,54 \text{ cm}$$

$$t_r = \frac{L_r}{v_r} = \sqrt{L_r} = 16,73$$

$$t_r = \frac{t_p}{t_m} \quad \rightarrow \quad t_m = \frac{t_p}{t_r} = 0,717 \text{ h}$$

8. Potrebno je definirati najveće dozvoljeno mjerilo modela L_r i pripadni protok na modelu Q_m , za preljev koji u prirodi ima širinu $b_p = 20$ m, visinu preljevanja $H_p = 1$ m i koeficijent preljevanja $m_p = m_m = m = 0,6$. Pri odabiru mjerila modela L_r potrebno je paziti da visina preljevanja na modelu ne smije biti manja od $H_{m(\min)} = 0,05$ m.

$$Q_p = m \cdot b_p \cdot \sqrt{2g} \cdot H_p^{3/2} = 53,15 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\frac{H_p}{H_{m(\min)}} = L_{r\max} = \frac{1}{0,05} = 20$$

$$\frac{Q_p}{Q_m} = L_r^{5/2} \quad \Rightarrow \quad Q_m = \frac{53,15}{20^{5/2}} = 0,03 \text{ m}^3/\text{s}$$

9. Potrebno je odrediti mjerilo modela L_r , brzine na modelu v_m ako je protok strujanja kroz cijev u prirodi $Q_p = 0,0001 \text{ m}^3/\text{s}$. Na modelu se koristi isti proticajni fluid na istoj temperaturi kao i u prirodi.

Zadano je: $D_m = 0,035 \text{ m}$ (promjer cijevi na modelu) ;
 $D_p = 0,05 \text{ m}$ (promjer cijevi u prirodi) ; $v_p = 1,3 \cdot 10^{-6}$.
 (Koristiti Reynolds-ovu sličnost).

$$\text{Re}_m = \text{Re}_p \quad \rightarrow \quad \frac{D_p \cdot v_p}{\nu_p} = \frac{D_m \cdot v_m}{\nu_m}$$

$$v_p = \frac{Q_p \cdot 4}{D_p^2 \pi} = 0,051 \text{ m/s} \quad \rightarrow \quad \text{Re}_p = 1959$$

$$\frac{D_p}{D_m} = L_r = 1,43$$

$$\frac{v_p}{v_m} = \frac{D_m}{D_p} = \frac{1}{L_r} \quad \rightarrow \quad v_m = \frac{v_p}{L_r} = 0,036 \text{ m/s}$$

10. Na modelu koji je izveden u mjerilu dužina $L_r = 4$ ispituje se istjecanje kroz cijev krožnog presjeka. Cijev je priključena na komoru u kojoj se nalazi fluid. Kolika je kinematska i dinamička viskoznost fluida na modelu (ν_m i μ_m) ako se traži istovremeno zadovoljenje sličnosti utjecaja unutarnjeg trenja i sile gravitacije te ako znamo da je u prirodi korišteno ulje kao fluid koji ispunjava komoru? Također je potrebno odrediti kolika su mjerila istjecanja protoka i brzina kako bi se vrijednosti izmjerene na modelu mogle unijeti u prirodu.

$$\text{Re}_m = \text{Re}_p \quad \rightarrow \quad \frac{D_p \cdot v_p}{\nu_p} = \frac{D_m \cdot v_m}{\nu_m} \quad \rightarrow \quad \frac{\nu_p}{\nu_m} = \frac{v_p \cdot D_p}{v_m \cdot D_m}$$

$$F_r = \frac{v_p}{\sqrt{g_p h_p}} = \frac{v_m}{\sqrt{g_m h_m}} \quad \rightarrow \quad \frac{v_p}{v_m} = \sqrt{L_r} = 2$$

$$\frac{\nu_p}{\nu_m} = 2 \cdot \frac{D_p}{D_m} = 2 \cdot L_r = 8 \quad \rightarrow \quad \nu_m = \frac{\nu_p}{8}$$

$$\mu_m = \nu_m \cdot \rho_m = \frac{\nu_p}{8} \cdot \rho_m$$

$$\frac{Q_p}{Q_m} = \frac{v_p \cdot A_p}{v_m \cdot A_m} = \sqrt{L_r} \cdot L_r^2 = L_r^{5/2} = 32$$

11. Modelskim ispitivanjima želimo definirati valovanje nastalo uslijed izgradnje stupova mosta u koritu rijeke. Koju brzinu toka v_m odabiremo u pokusnom kanalu ako brzina toka u prirodi iznosi $v_p = 3$ m/s a mjerilo dužina iznosi $L_r = 25$? Između dva stupa na modelu protiče količina vode $Q_m = 0,17$ m³/s. Koliki je odgovarajući protok u prirodi? Koristimo Froudov-u sličnost.

$$Fr_r = 1 \quad \rightarrow \quad \frac{v_m}{\sqrt{g_m \cdot h_m}} = \frac{v_p}{\sqrt{g_p \cdot h_p}}$$

$$\frac{v_p}{v_m} = \sqrt{L_r} \quad \rightarrow \quad v_m = \frac{v_p}{\sqrt{L_r}} = 0,6 \text{ m/s}$$

$$\frac{Q_p}{Q_m} = \frac{v_p \cdot A_p}{v_m \cdot A_m} = \frac{v_p \cdot L_p^2}{v_m \cdot L_m^2} = \sqrt{L_r} \cdot L_r^2 = L_r^{5/2}$$

$$Q_p = L_r^{5/2} \cdot Q_m = 531,25 \text{ m}^3/\text{s}$$

12. Profiliranoj žici promjera $D_p = 10$ mm želimo odrediti otpor oblika pri brzini strujanja zraka $v_p = 41,67$ m/s. Model je izveden u kanalu sa vodom gdje se struja vode kreće brzinom $v_m = 0,20$ m/s. Uz uvjet da je kinematska viskoznost zraka 14 puta veća od vode, potrebno je odrediti potrebni promjer žice za ispitivanja na modelu. Također je potrebno provjeriti da li je režim strujanja na modelu turbulentan. Koristimo Reynolds-ovu sličnost. $\nu_m = 1,01 \cdot 10^{-6}$ m²/s.

$$Re_m = Re_p \quad \rightarrow \quad \frac{D_p \cdot v_p}{\nu_p} = \frac{D_m \cdot v_m}{\nu_m} \quad v_p = 14 \cdot v_m$$

$$D_m = D_p \left(\frac{v_p}{v_m} \right) \left(\frac{\nu_m}{\nu_p} \right) = 148,8 \text{ mm}$$

$$Re_m = \frac{0,2 \cdot 0,1488}{1,01 \cdot 10^{-6}} = 29470 > 2320 \quad \rightarrow \quad \text{turbulentan režim}$$

13. Radi se model dionice nekog cjevovoda u mjerilu $L_r = 10$. Temperatura vode u prirodi je $t_p = 10^\circ$ ($\nu_p = 1,31 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$), a na modelu $t_m = 20^\circ \text{ C}$ ($\nu_m = 1,01 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$). Ako je protok u prirodi $Q_p = 0,050 \text{ m}^3/\text{s}$, a promjer cjevovoda $D_p = 200 \text{ mm}$, odredite koristeći Reynoldsovu sličnost protok i promjer cjevovoda na modelu.

$$\text{Re}_m = \text{Re}_p$$

$$\frac{D_p}{D_m} = L_r = 10 \quad \rightarrow \quad D_m = 20 \text{ mm}$$

$$\frac{D_p \cdot v_p}{\nu_p} = \frac{D_m \cdot v_m}{\nu_m} \quad \rightarrow \quad \frac{v_p}{v_m} = \frac{\nu_p \cdot D_m}{\nu_m \cdot D_p} = 0,13$$

$$\frac{Q_p}{Q_m} = \frac{v_p \cdot A_p}{v_m \cdot A_m} = \frac{v_p \cdot L_p^2}{v_m \cdot L_m^2} \quad \rightarrow \quad Q_m = Q_p \cdot \frac{v_m}{v_p} \cdot \frac{1}{L_r^2} = 0,00385 \text{ m}^3/\text{s}$$

14. Model broda izrađen je u mjerilu dužina $L_r = 30$. Sa kojom brzinom je potrebno pokretati model broda u pokusnom bazenu ako brzine broda u prirodi iznose $v_p = 10,3 \text{ m/s}$. Za izračun brzina pomicanja broda u pokusnom bazenu koristiti Froude-ovu sličnost. Želimo li na modelu mjeriti sile otpora te ih koristiti za izračun sile otpora tijela u prirodi, potrebno je poštivati Eulerov-u sličnost. Za gornje uvjete izvedbe modela potrebno je izračunati silu otpora koju očekujemo za brod u prirodi ako smo mjerenjem na modelu broda dobili vrijednosti sile otpora $F_{otp} = 1,5 \text{ N}$.

$$\text{Eulerov broj : } Eu = \frac{v}{\sqrt{2 \frac{\Delta p}{\rho}}}$$

$$Fr_r = 1$$

$$\frac{v_m}{\sqrt{g_m \cdot h_m}} = \frac{v_p}{\sqrt{g_p \cdot h_p}}$$

$$\frac{v_p}{v_m} = \sqrt{L_r} \quad \rightarrow \quad v_m = \frac{v_p}{\sqrt{L_r}} = 1,88 \text{ m/s}$$

$$Eu_r^2 = \frac{v_r^2 \rho_r}{2 \Delta p_r} = 1 \quad \text{uz uvjet da je } \rho_m = \rho_p \quad \text{dobije se:}$$

$$2 \Delta p_r = v_r^2 \rightarrow \frac{\Delta p_p}{\Delta p_m} = \frac{1}{2} L_r \quad \rightarrow \quad \frac{F_{otp p}}{F_{otp m}} = \frac{\Delta p_p}{\Delta p_m} \cdot \frac{L_p^2}{L_m^2} = \frac{1}{2} \frac{L_p}{L_m} \cdot \frac{L_p^2}{L_m^2} = \frac{1}{2} \frac{L_p^3}{L_m^3}$$

$$F_{otp p} = F_{otp m} \cdot \frac{1}{2} \frac{L_p^3}{L_m^3} = F_{otp m} \cdot \frac{1}{2} L_r^3 = 20250 \text{ N}$$

15. Na fizikalnom modelu ulazne građevine sa rešetkom izgrađenom u zračnom tunelu sa mjerilom duljina $L_r = 0,5$ ispituje se koeficijent lokalnog gubitka. U prirodi je proticajni medij voda temperature 10 C^0 sa brzinom u dolaznom pravokutnom profilu $v_{pI} = 1\text{ m/s}$, a modelski proticajni fluid je zrak sa temperaturom 20^0 C . Izmjerena razlika tlaka u manometrima na modelu iznosi $\Delta p = p_1 - p_2 = 5200\text{ Pa}$. Potrebno je odrediti koeficijent lokalnog gubitka na ulaznoj građevini uz uvjet sličnosti Reynolds-ovog broja u prirodi i na modelu.

$$\text{Zadano je: } \nu_{\text{voda}(T=10^\circ\text{C})} = 1,3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s};$$

$$\nu_{\text{zrak}(T=20^\circ\text{C})} = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\text{Dimenzije pravokutnih profila u prirodi: } a \times a = 1\text{ m} \times 1\text{ m};$$

$$\text{Re}_p = \text{Re}_m$$

$$\frac{v_p \cdot a_p}{\nu_p} = \frac{v_m \cdot a_m}{\nu_m} \quad a = \text{duljina stranice kvadrata poprečnog profila}$$

$$v_m = \frac{v_p \cdot a_p}{\nu_p} \cdot \frac{\nu_m}{a_m} = v_p \cdot L_r \cdot \frac{\nu_m}{\nu_p} = 1 \cdot 0,5 \cdot 11,53 = 5,77 \text{ m/s}$$

$$\frac{\Delta p_m}{\rho g} = \xi \frac{v_m^2}{2g} \quad \rightarrow \quad \xi = \frac{\Delta p_m \cdot 2}{\rho \cdot v_m^2} = \frac{5200 \cdot 2}{1000 \cdot 5,77^2} = 0,31$$

16. Na mjesecu je planirana izgradnja vodenih spremnika. Gravitaciono ubrzanje na mjesecu iznosi $g_p = 1,64 \text{ m/s}^2$. Potrebno je odrediti vrijeme pražnjenja vodnog spremnika na mjesecu ukoliko je na modelu mjerila duljina $L_r = 5$ u laboratoriju na zemlji izmjereno vrijeme pražnjenja $t_m = 60\text{ s}$.

$$Fr_r = \frac{v_p}{\sqrt{g_p h_p}} = \frac{v_m}{\sqrt{g_m h_m}} \quad \rightarrow \quad v_r = \frac{v_p}{v_m} = \frac{\sqrt{g_p h_p}}{\sqrt{g_m h_m}} = \sqrt{\frac{1,64}{9,81}} L_r = 0,914$$

$$t_r = \frac{L_r}{v_r} = \frac{5}{0,914} = 5,5 \quad \rightarrow \quad t_p = t_r \cdot t_m = 60 \cdot 5,5 = 330 \text{ s}$$

17. Izgrađuje se model mješalice za obogaćivanje vode kisikom. U prirodi mješalice se okreće kutnom brzinom ω_p . Potrebno je odrediti funkcijski odnos $\omega_m = \omega_p \cdot f$ (mjerilo duljina L_r) prema Reynolds-ovom i Froude-ovom kriteriju sličnosti ukoliko se na modelu i u prirodi koristi ista kapljevina na istoj temperaturi.

$$\text{Re}_r = \frac{\text{Re}_p}{\text{Re}_m} = 1 \quad \rightarrow \quad \text{Re}_p = \text{Re}_m$$

$$\text{Re}_p = \frac{\omega_p \cdot \frac{D_p}{2} \cdot D_p}{\nu_p}; \quad \text{Re}_m = \frac{\omega_m \cdot \frac{D_m}{2} \cdot D_m}{\nu_m}; \quad \nu_p = \nu_m$$

$$\frac{D_p^2}{D_m^2} = \frac{\omega_m}{\omega_p} \quad \rightarrow \quad \omega_m = L_r^2 \cdot \omega_p$$

$$\text{Fr}_r = \frac{v_p}{\sqrt{g_p h_p}} = \frac{v_m}{\sqrt{g_m h_m}}$$

$$\text{Fr}_p = \frac{\omega_p \cdot \left(\frac{D_p}{2}\right)}{\sqrt{g_p h_p}}; \quad \text{Fr}_m = \frac{\omega_m \cdot \left(\frac{D_m}{2}\right)}{\sqrt{g_m h_m}}; \quad g_p = g_m$$

$$\frac{\omega_p}{\omega_m} = \frac{D_m \cdot \sqrt{h_p}}{\sqrt{h_m} \cdot D_p} = \frac{1}{L_r} \cdot \sqrt{L_r} = \frac{1}{\sqrt{L_r}}$$

$$\omega_m = \sqrt{L_r} \cdot \omega_p$$

18. Balon kružnog oblika predviđen je za meteorološka ispitivanja u zraku temperature $T_{zp} = 15^\circ\text{C}$. Model balona sa mjerilom duljina $L_r = 3$, ispituje se u vodenom bazenu sa temperaturom vode $T_{vm} = 15^\circ\text{C}$. Pri brzini provlačenja kroz vodu izmjerena je sila otpora modela balona $F = 90\text{N}$. Kolika se sila otpora balona može očekivati u prirodi pod dinamički sličnim uvjetima.

Zadano je: $v_p/v_m = 12,5$; $\rho_p/\rho_m = 1/800$.

$$\text{Re}_p = \text{Re}_m$$

$$\frac{v_p \cdot D_p}{\nu_p} = \frac{v_m \cdot D_m}{\nu_m} \quad \rightarrow \quad \frac{v_p}{v_m} = \frac{D_m \cdot \nu_p}{D_p \cdot \nu_m} = \frac{1}{3} \cdot 12,5 = 4,17$$

$$F_r = \frac{1}{2} C_r \cdot A_r \cdot \rho_r \cdot v_r^2 \quad \rightarrow \quad C_r = 1; \quad \rho_r = \frac{1}{800}; \quad A_r = L_r^2$$

$$F_r = \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 3^2 \cdot \frac{1}{800} \cdot 4,2^2 = 0,0992$$

$$F_p = F_m \cdot F_r = 90 \cdot 0,0992 = 8,93 \text{ N}$$