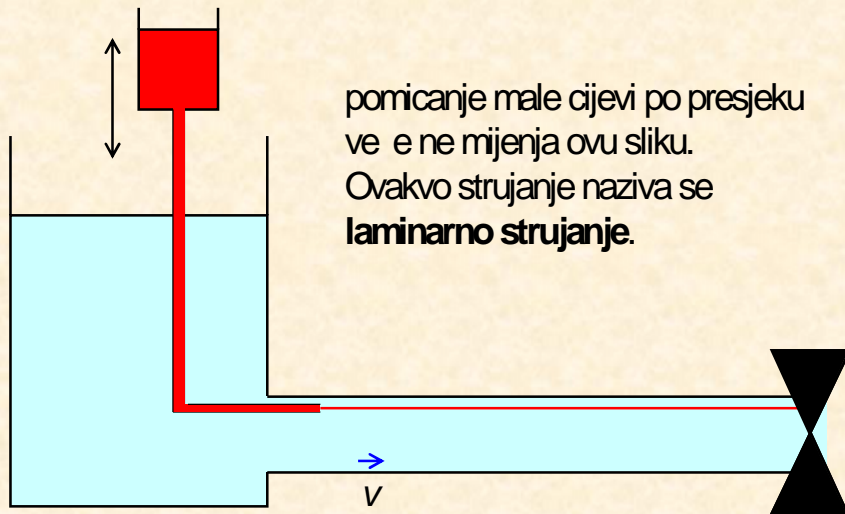
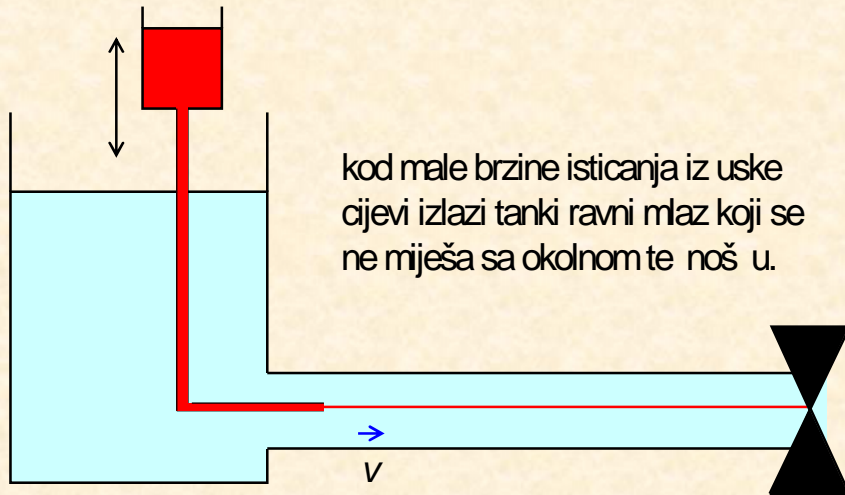
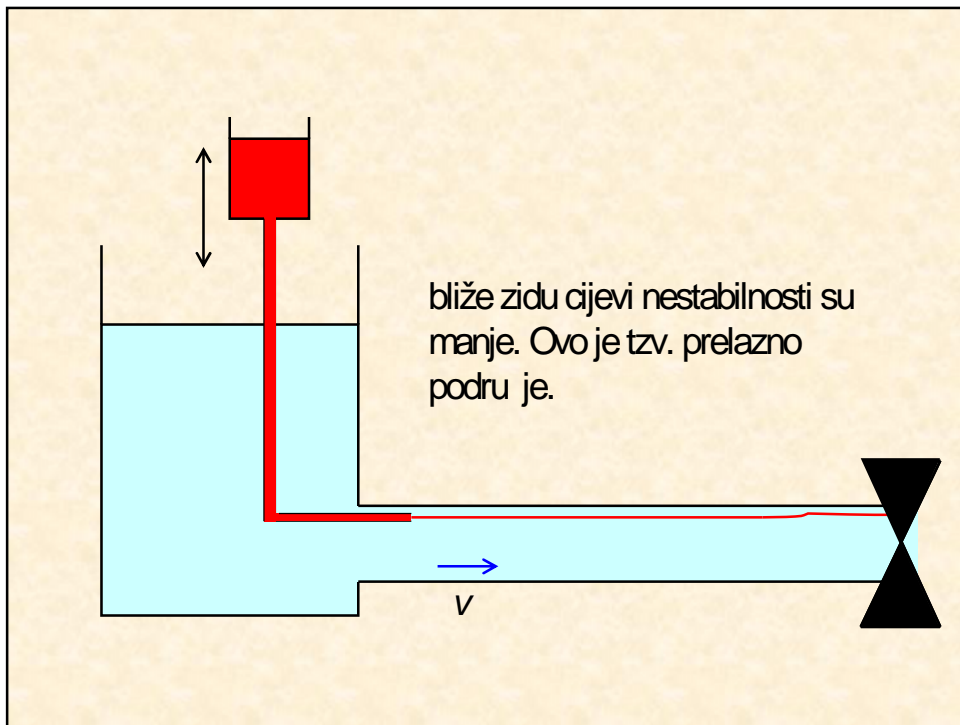
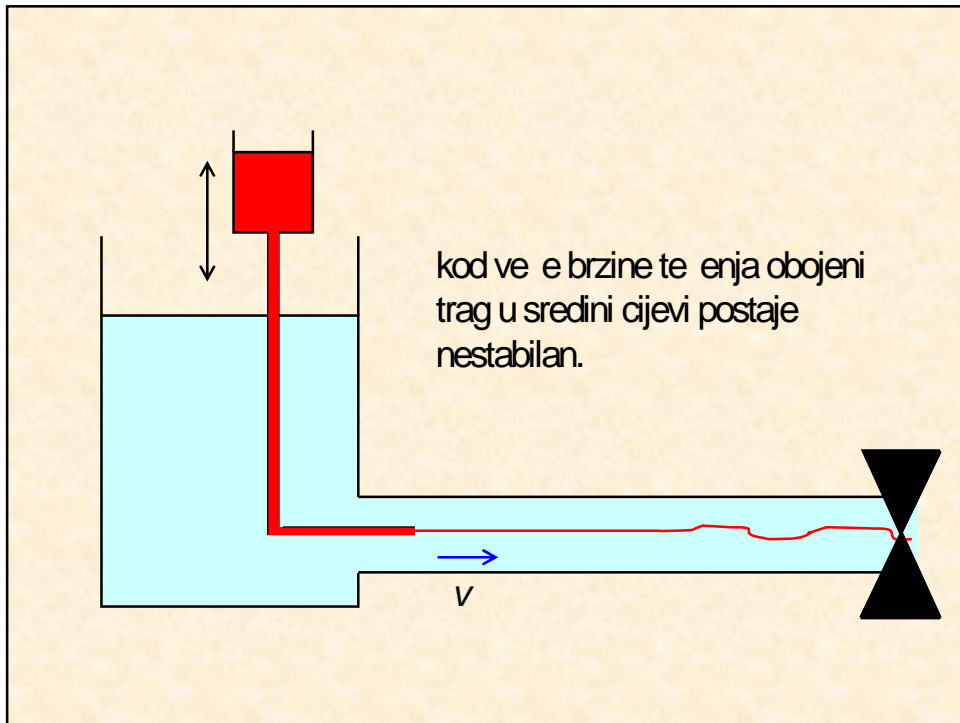
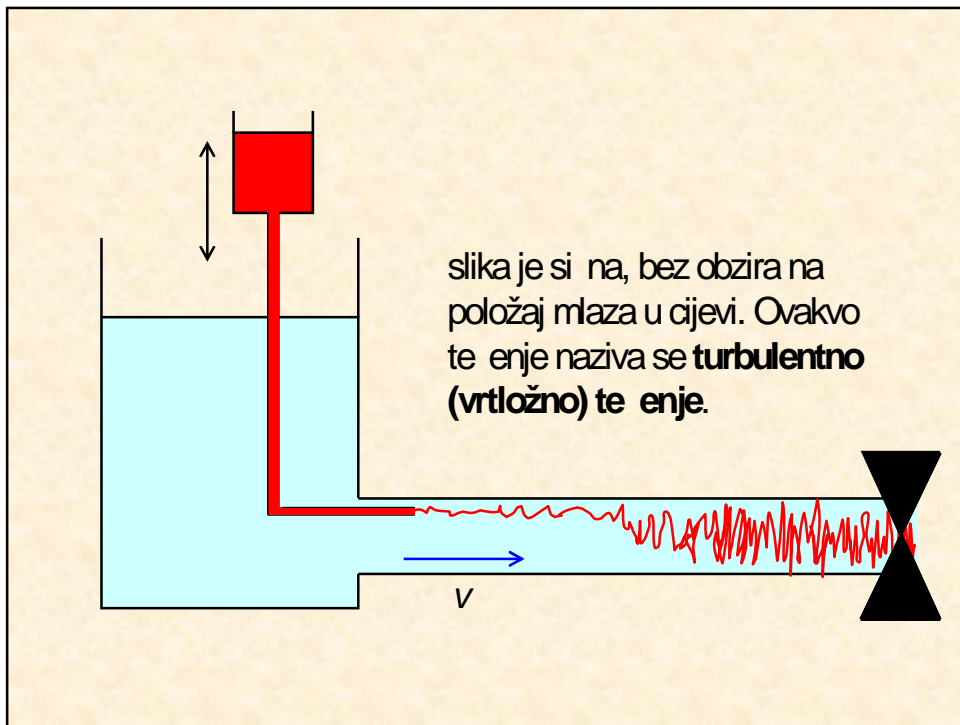
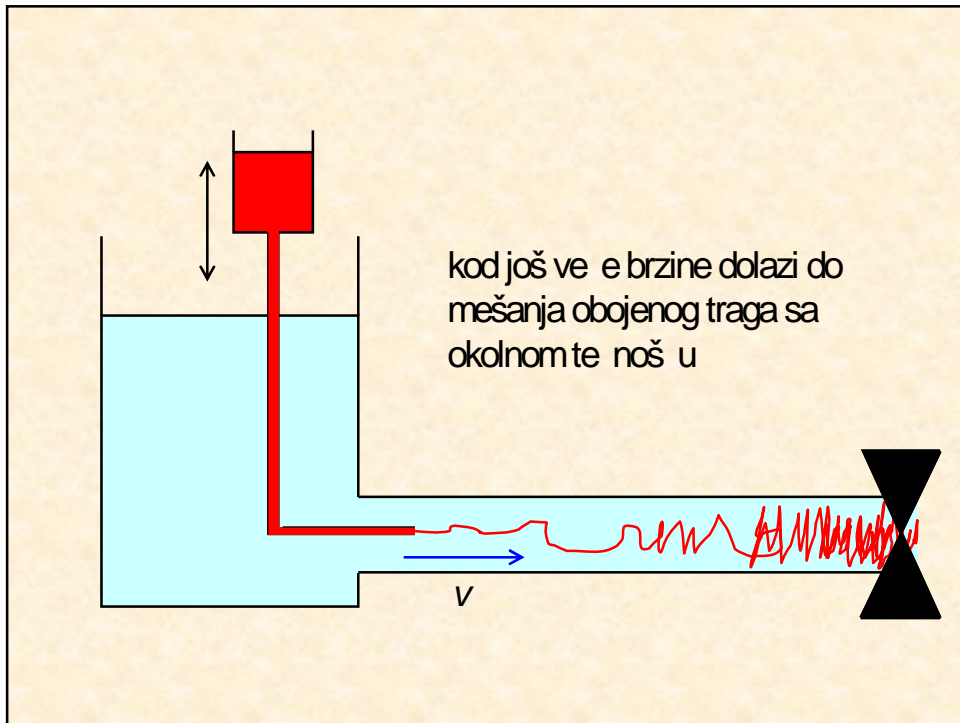
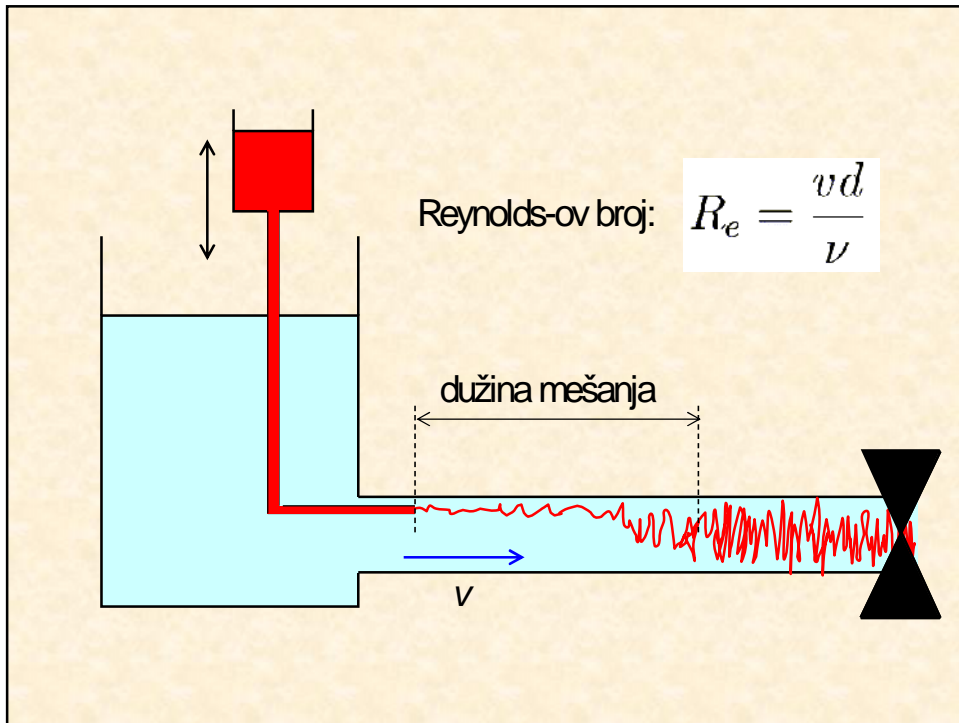


## Reynolds-ov eksperiment









prelaz iz laminarnog u turbulentni tok dešava se kad je

$$R_{ekr} = 2300$$

ako je  $R_e < R_{ekr}$ , tok je laminaran, a ako je  $R_e > R_{ekr}$  tok je turbulentan. Ako je  $R_e$  blizu  $R_{ekr}$ , nalazimo se u prelaznom području.

ako cijev nije okrugla, umjesto prenika cijevi koristi se tzv. hidraulički radijus koji se definiše kao odnos obima i površine presjeka cijevi:

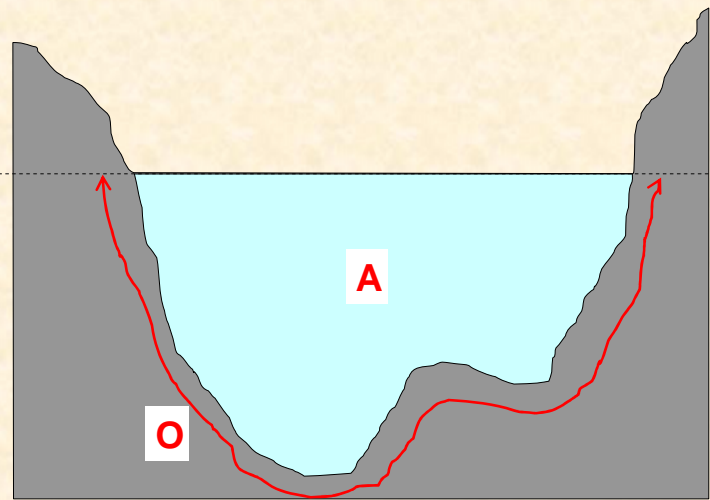
$$R_h = \frac{A}{O}$$

za kružnu cijev je

$$R_h = \frac{A}{O} = \frac{R^2 \pi}{2R\pi} = \frac{R}{2}$$

a izraz za Reynolds-ov broj postaje

$$R_e = \frac{4vR_h}{\nu}$$



kod otvorenog toka pod obimom se ra una samo mokri dio korita!



## Tečenje kroz cijevovode

cijevovod: sistem cijevi, ventila, ravnih i sl. kroz koji teče fluid.

i dalje: fluid je nestišljiv, tok je stacionaran!

BJ za taj slučaj je:

$$\delta_1 \frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\rho g} + z_1 = \delta_2 \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\rho g} + z_2 + h_{1,2}$$

gubici

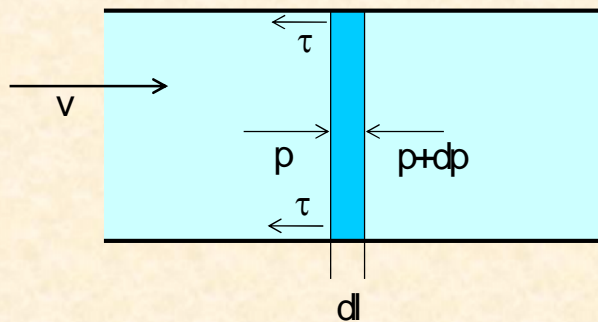
$$h_{1,2} = \frac{\delta_1 v_1^2 - \delta_2 v_2^2}{2g} + \frac{p_1 - p_2}{\rho g} + (z_1 - z_2)$$

ako  $\delta$  ne zavisi od brzine, prvi član je određen geometrijom (preko jedn. kontinuiteta) pa on ne može biti izvor gubitaka!

ostaju drugi i treći član: gubici se manifestuju kao pad pijeziometarske visine!

to se još jasnije vidi ako uzmemo cijev konstantnog preseka.  
Onda je  $v_1=v_2$  pa odmah vidimo da je

$$h_{1,2} = \frac{p_1 - p_2}{\rho g} + (z_1 - z_2)$$



za esticu fluida odaberemo zapreminu omeđenu poprečnim presjecima cijevi razmaknutima za razmak  $dl$ . Ravnoteža sila je:

$$pA = \tau Odl + (p + dp)A$$

iii 
$$-dp = \tau dl \frac{O}{A} = \frac{\tau}{R_h} dl$$

tu je nepoznato smislu i naprezanje na zidove cijevi, pa ćemo se poslužiti dimenzionalnom analizom.

uz 
$$\frac{\nu}{R_h} = \frac{4\nu}{R_e}$$

nalazimo 
$$\tau = k \frac{4}{R_e} \rho v^2 = C \frac{\rho v^2}{2}$$

gdje je 
$$C = \frac{8k}{R_e}$$



ovo uvrstimo u izraz za pad pritiska:

$$dp = -\frac{\tau}{R_h} dl = -\frac{C}{R_h} \frac{\rho v^2}{2} dl$$

integracijom po dužini cijevi nalazimo  $\Delta p = -\frac{Cl}{R_h} \frac{\rho v^2}{2}$

veličina  $\lambda = 4C$

naziva se bezdimenzionalni koeficijent trenja u ravnim cijevima

imamo dakle  $\Delta p = -\lambda \frac{l}{4R_h} \frac{\rho v^2}{2}$

ili, izraženo u visinama  $h_{1,2} = \lambda \frac{l}{4R_h} \frac{v^2}{2g}$

ovo je Darcy-Weissbach-ova formula za koef. trenja u cijevima

po analogiji se svi drugi gubici u cjevovodima prikazuju kao

$$h_{1,2} = \zeta \frac{v^2}{2g}$$