

# Vaja 3

## Dinamični upor

(I. Grabec: Predavanja iz fizike, str. 139–140)

Namen vaje je preveriti kvadratični zakon upora ter določiti koeficiente dinamičnega upora za različne modele.

Na telo s čelnim presekom  $S$ , ki se giblje z dovolj veliko hitrostjo  $v$  v tekočini z gostoto  $\rho$ , deluje sila dinamičnega upora:

$$F_d = CS \frac{\rho v^2}{2}. \quad (3.1)$$

Konstanto  $C$  imenujemo koeficient dinamičnega upora. Njena vrednost je odvisna od oblike telesa. Ker je sila upora sorazmerna kvadru hitrosti, imenujemo enačbo (3.1) tudi kvadratični zakon upora.

Območje veljavnosti dinamičnega zakona upora je določeno z vrednostjo Reynolds-ovega števila  $Re$ :

$$Re = \frac{\rho v h}{\eta}, \quad (3.2)$$

kjer je  $h$  značilna linearja razsežnost telesa in  $\eta$  viskoznost tekočine. Ko je Reynoldsovo število mnogo večje od 1, je tok tekočine pretežno turbulenten in prevladuje dinamični zakon upora. To pomeni, da je sila dinamičnega upora mnogo večja od sile viskoznega upora.

## Naloga

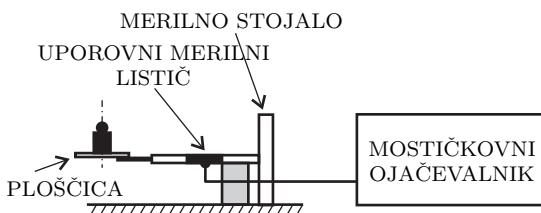
- Izmeri silo upora okrogle ploščice za navedene hitrosti zračnega toka. Izmerjene sile upora predstavi v tabeli s stolpci  $v$ [m/s],  $F_d$ [N] in  $v^2$ [m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>] ter s točkami v diagramu  $F_d(v^2)$ . Skozi točke potegni premico, ki se jim najbolje prilega. Katero fizikalno spremenljivko predstavlja strmina te premice?
- Izmeri silo upora ter izračunaj koeficiente dinamičnega upora za vse navedene modele. Izračunane vrednosti koeficientov predstavi v tabeli skupaj z ustreznimi vrednostmi iz priročnikov (n.pr. B. Kraut: Strojniški priročnik). Komentiraj odstopanja.

## Potrebščine

- vetrovnik z variakom
- mostičkovni ojačevalnik
- stojalo z uporovnim meritnim lističem, ki deluje kot senzor sile
- anemometer
- različni modeli

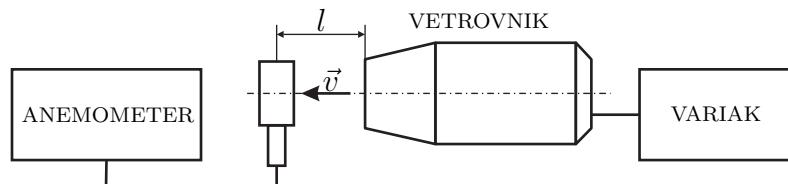
## Navodilo

**1.** Umeritev skale mostičkovnega ojačevalnika: V meritno stojalo vstavi okroglo ploščico. Stojalo pazljivo postavi v vodoraven položaj (slika 3.1) in odčitaj vrednost na mostičkovnem ojačevalniku. Nato na sredino ploščice položi utež z maso 10 g in odčitaj novo vrednost na ojačevalniku. Razlika obenih vrednosti na ojačevalniku ustreza sili  $0,0981 \text{ N}$  pravokotno na ploščico. Pri nadalnjih meritvah zapisuj silo kar v enotah mostičkovnega ojačevalnika in jo kasneje preračunaj v newtone.



Slika 3.1: Umeritev skale mostičkovnega ojačevalnika.

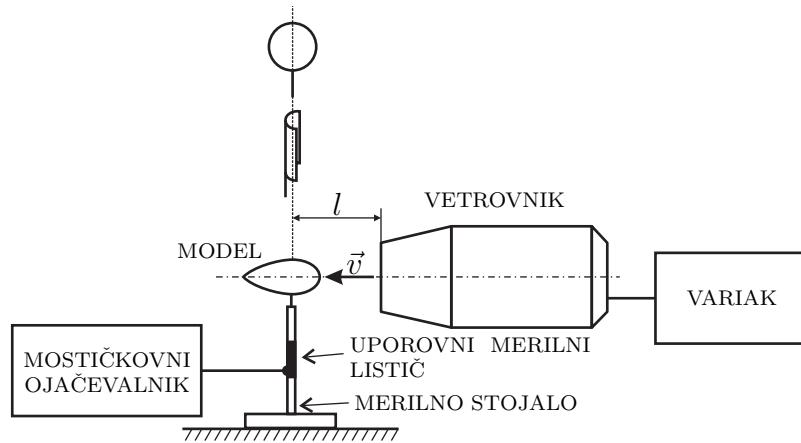
Umeritev hitrosti zračnega toka vetrovnika na mestu modela: Vetrnico anemometra postavi v enako razdaljo  $l$  od vetrovnika kot bo meritno stojalo med kasnejšo meritvijo (slika 3.2). Z variakom nastavi željeno hitrost zračnega toka vetrovnika.



Slika 3.2: Umeritev hitrosti zračnega toka vetrovnika.

V merilno stojalo vpni okroglo ploščico pravokotno na smer zračnega toka. Nastavi hitrost zračnega toka na predpisano vrednost. S kosom papirja zasloni vetrovnik, da na mestu okrogle ploščice ne bo vetra. Zapomni si vrednost, ki jo kaže mostičkovni ojačevalnik. Nato papir odmakni in v tabelo na delovnem listu zapiši, za koliko enot se je spremenila vrednost na ojačevalniku. Meritev izvedi za hitrosti zračnega toka 5 m/s, 7 m/s, 9 m/s, 10 m/s in 12 m/s.

- 2.** V merilno stojalo vpni še druge modele (slika 3.3) tako, da bo sredina modela v enaki razdalji  $l$  od vetrovnika, kot je bila sredina vetrnice anemometra. Po gornjem postopku izmeri silo upora za vsak model pri hitrosti zračnega toka 10 m/s.



**Slika 3.3:** Skica meritve sile zračnega upora modela.