

**Tallinna Tehnikaülikool**  
**Füüsika kateeder**

**Üliõpilane:** Martti Toim

**Teostatud:**

**Õpperühm:** AAAB11

**Kaitstud:** 14.11.02, Toim

**Töö nr.** 14

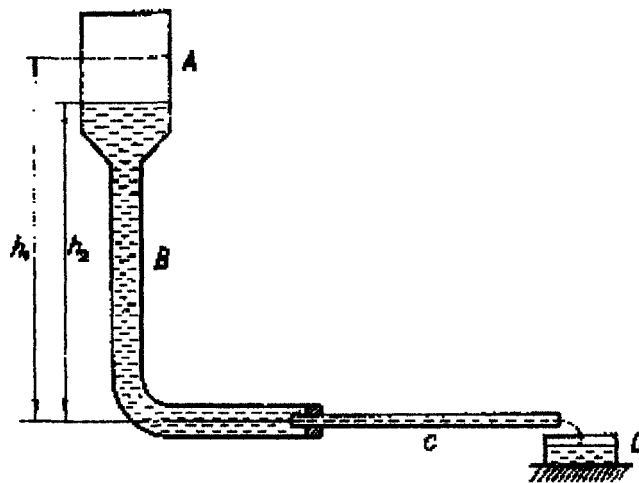
**OT**

**Poiseuille' meetod**

**Töö eesmärk:** Vee sisehõõrdeteguri määramine Poiseuille' meetodil

**Töövahendid:** Katseseade, mensuur või kaalud, mõõtejoonlaud, Termomeeter, anum

**Skeem**



## TÖÖ TEOREETILISED ALUSED

Vedeliku laminaarsel voolamisel on vedeliku kahe teineteisega paralleelse kihi vaheline sisehõrdejõud arvutatav Newtoni sisehõrdejõu valemi järgi:

$$F = \eta \frac{dv}{dx} S,$$

Kus  $\eta$  on sisehõrde tegur (dünaamiline viskoossus),  $S$  – vaadeldavate kihtide pindala,  $dv/dx$  – kiiruse gradient, s.o. vedeliku voolukiiruse muutus pikkusühiku kohta, mis on võetud ristsuunas voolu suunaga ja pinnaga  $S$ .

Kui valemis (1) võtta pindala  $S$  ja gradient  $dv/dx$  ühikulisel, siis  $F=\eta$ . Seega on sisehõrde tegur arvuliselt võrdne jõuga, mis mõjub kahe teineteisega paralleelse ühikulise pindalaga kihi vahel, kui kihtide kiiruste erinevus võetuna nende vahelise kauguse ühiku kohta, on võrdne ühikuga.

Vedelik ei voola torus igas kohas ühesuguse kiirusega: kõige suurem on kiirus toru keskel, kõige väiksem toru seinte läheduses. Kogu torus liikuvat vedelikku võib seega kujutada koaksiaalsete silindriliste vedelikukihtidena, mis libisevad üksteise suhtes ja mille liikumist pidurdab sisehõrdumine. Peale sisehõrdejõu oleneb vedeliku voolamiskiirus torus veel toru mõõtmetest ja rõhust toru otstel.

Matemaatilise seose nende suuruste vahel kapillaartoru kohta andis Poiseuille' valemiga  $V = \frac{\pi * p * r^4 * t}{8 * l * \eta}$ , kus  $V$  on torust pikkusega  $l$  ja raadiusega  $r$  aja  $t$  jooksul läbivoolanud vedeliku ruumala,  $p$  – rõhkude vahe kapillaari otstel ja  $\eta$  – sisehõrde tegur.

Valemist (2) saab määrata sisehõrde teguri  $\eta = \frac{\pi * r^4 * t}{8 * l * V} * p$

Rõhkude vahe määramiseks võetakse veesamba alg- ja lõppkõrguste keskmine väärtus  $h$  ja arvutatakse keskmine rõhkude vahe valemi järgi:  $p=\rho * g * h$ , kus  $\rho$  on vedeliku tihedus ja  $g$  – raskuskiirendus.

Töö käik:

1. seadke kapillaartoru C horisontaallaeks. Valage reservuaari A vett , kuni vee nivoo ulatub 1... 2 cm allapoole anumale ülemisest äärest (skeem)
2. kontrollige ,et torus B poleks õhku. Õhu olemasolul tõusevad õhumullid reservuaari A , kui pigistada ühendavat kummivoolikut.
3. Mõõtkte katse algul veesamba kõrgus  $h_1$ . avage kummitoru sulgev näpits ja laske vett voolata anumasse D. jälgige ,et katse lõpus vedeliku nivoo jääks reservuaari A.
4. Sulgege näpits ja mõõtkte veesamba kõrgus  $h_2$
5. Väljavoolanud vedeliku ruumala  $V$  määrake mensuuriga. Tulemused kandke tabelisse
6. Kuna vedeliku sisehõõrdetegur oleneb temperatuurist ,siis tuleb mõõta ka väljavoolanud vee temperatuur
7. Arvutage sisehõõrdetegur ja tema viga

## VEE SISEHÕORDETEGURI MÄÄRAMINE

Mõõdetav suurus	Mõõtarv ja ühik	Absoluutne viga
Veesamba kõrgus $h_1$ katse algul	$112 + 22 = 134 \text{ cm}$	$0,1 \text{ mm}$
Veesamba kõrgus $h_2$ katse lõpul	$112 + 12,5$	$0,1 \text{ mm}$
Keskmine kõrgus	$127,25 \text{ cm}$	$1,4942 \text{ cm}$
Kapillaari pikkus $l$	$56 \pm 0,5 \text{ cm}$	$0,5 \text{ cm}$
Väljavoolanud vee ruumala $V$	$2,95 \text{ ml} = 2,95 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$	$10^{-6} \text{ m}^3$
Kapillaari raadius $r$	$\frac{0,23 \pm 0,01}{2}$	$0,01 \text{ mm}$
Voolamise kestus $t$	$10 \text{ min}$	
Vee temperatuur	$19^\circ \text{C}$	$1^\circ \text{C}$
Vee sisehõordetegur $\eta$	$3,313$	

$$L = \overset{82}{56} \pm 0,5 \text{ cm}$$

$$\frac{2,5}{2} = D = 0,998 \pm 0,01 \text{ mm}$$

17.10.02  
10/10

$$\Delta h_k = \sqrt{0,001^2 + 0,001^2} = 1,41 \cdot 10^{-3}$$

$$\Delta V = \cancel{2,95} \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$\Delta r = 0,000001 \text{ m}$$

$$\Delta t = 2 \text{ s}$$

$$\Delta l = 0,001 \text{ m}$$

$$\Delta g = \pm 0,22 \text{ kg/m}^3$$

$$r = 0,00049 \text{ m}$$

$$g = 998,41 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$h_k = 1,2925 \text{ m}$$

$$l = 0,82 \text{ m}$$

$$V = 2,95 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$\eta = \frac{\pi \cdot r^4 \cdot t \cdot g \cdot g h_k}{8 l V} = \frac{\pi \cdot 0,00049^4 \cdot 600 \cdot 998,41 \cdot 9,81 \cdot 1,2925}{8 \cdot 0,82 \cdot 2,95 \cdot 10^{-4}} = 7,11 \cdot 10^{-4} \text{ Ns/m}^3$$

$$\left(\frac{\partial \eta}{\partial t} \cdot \Delta t\right)^2 = \left(\frac{\pi r^4 g g h_k}{8 l V} \cdot \Delta t\right)^2 = (1,1847 \cdot 10^{-6} \cdot 2)^2 = 5,614 \cdot 10^{-12}$$

$$\left(\frac{\partial \eta}{\partial r} \cdot \Delta r\right)^2 = \left(\frac{\pi r^3 \cdot t \cdot g g h_k}{2 l V} \cdot \Delta r\right)^2 = (5,8027 \cdot 10^{-6})^2 = 3,367 \cdot 10^{-11}$$

$$\left(\frac{\partial \eta}{\partial V} \cdot \Delta V\right)^2 = \left(-\frac{\pi r^4 t g g h_k}{8 l V^2} \cdot \Delta V\right)^2 = (-2,4096 \cdot 10^{-6})^2 = 5,806 \cdot 10^{-12}$$

$$\left(\frac{\partial \eta}{\partial h_k} \cdot \Delta h_k\right)^2 = \left(\frac{\pi r^4 \cdot t g g}{8 l V} \cdot \Delta h_k\right)^2 = (5,50 \cdot 10^{-4} \cdot 1,41 \cdot 10^{-3})^2 = 6,04 \cdot 10^{-13}$$

$$\left(\frac{\partial \eta}{\partial g} \cdot \Delta g\right)^2 = \left(\frac{\pi r^4 t g h_k}{8 l V} \cdot \Delta g\right)^2 = (7,11 \cdot 10^{-7} \cdot 0,22)^2 = 2,446 \cdot 10^{-14}$$

$$\left(\frac{\partial \eta}{\partial l} \cdot \Delta l\right)^2 = \left(-\frac{r^4 t g g h_k}{8 l^2 V} \cdot \Delta l\right)^2 = (-0,000866 \cdot 0,001)^2 = 7,514 \cdot 10^{-13}$$

$$\Delta \eta = \sqrt{5,614 \cdot 10^{-12} + 3,367 \cdot 10^{-11} + 5,806 \cdot 10^{-12} + 6,04 \cdot 10^{-13} + 2,446 \cdot 10^{-14} + 7,514 \cdot 10^{-13}} = 6,817 \cdot 10^{-6}$$

Ve nihhõõndetegur 20°C juures on  $\eta = (7,11 \pm 0,68) \cdot 10^{-4} \text{ Ns/m}^3$  analüüsiga 0,95

Järeldus: Katmist saadud tulemus on küllaltki lähedane uu tegelehuule nihhõõndetegurile. Kuna katmisvõeldised omastimuseid pikarsale ninggi katre toostaja ebapäravaid tradumisi vöib lugeda antud tulemuse heks antud olukorras.