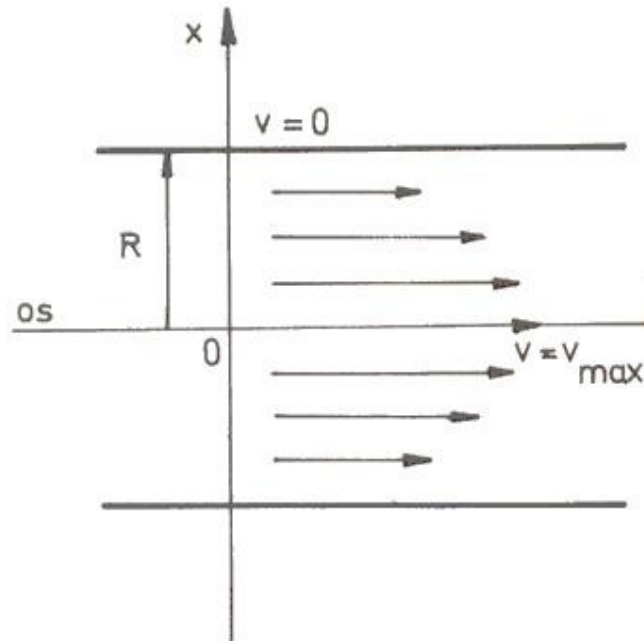


Viskoznost tekućine

Laminarno protjecanje je ono kod kojeg se svi slojevi tekućine kreću međusobno paralelno i paralelno sa stjenkama cijevi.



Slika 1 Laminarni protok tekućine duž cijevi.

Kod realnih tekućina brzine pojedinih slojeva nisu jednake zbog sile trenja između slojeva tekućine. Tu silu trenja opisujemo izrazom:

$$F = \eta A \frac{\Delta v}{\Delta x}$$

gdje je A površina poprečnog presjeka cijevi kroz koju tekućina teče, Δv razlika u brzini protjecanja između dvaju promatranih slojeva tekućine, Δx međusobna udaljenost promatranih slojeva tekućine, a η koeficijent viskoznosti tekućine. Iz navedene relacije može se odmah izračunati jedinicu za koeficijent viskoznost:

$$[\eta] = \frac{\left[\frac{F}{A} \right]}{\left[\frac{\Delta v}{\Delta x} \right]} = \frac{Pa}{\frac{m/s}{m}} = Pa \cdot s$$

Slojevi tekućine koji se nalaze neposredno uz stjenku cijevi miruju, $v(R)=0$, a sloj tekućine koji se giba oko osi cijevi ima najveću brzinu, $v(0)=v_{max}$. Raspodjela brzina slojeva je kvadratna funkcija udaljenosti x od osi cijevi:

$$v(x) = v_{max} \left(1 - \frac{x^2}{R^2} \right)$$

Realne tekućine, kod kojih je viskoznost neovisna o brzini volumnog protoka pri određenoj temperaturi, nazivamo Njutnovske tekućine. Volumen V takve tekućine koja proteče u vremenu t kroz cijev duljine l i radijusa r , uz razliku tlakova Δp na krajevima cijevi, iznosi (Poiseuilleov zakon):

$$V = \frac{\pi r^4 \Delta p}{8 \eta l} t$$

U vježbi se viskoznost nepoznate tekućine mjeri relativno u odnosu na viskoznost vode. Potrebno je uzeti jednake volumene vode i nepoznate tekućine, te stoga slijedi:

$$V = \frac{\pi r^4 \Delta p_v}{8 \eta_v l} t_v$$

$$V = \frac{\pi r^4 \Delta p_t}{8 \eta_t l} t_t$$

dijeljenjem dvije gornje jednadžbe dobije se:

$$\frac{\eta_t}{\eta_v} = \frac{t_t \Delta p_t}{t_v \Delta p_v}$$

a budući da je tlak za obje tekućine jednak:

$$\Delta p = \rho g h$$

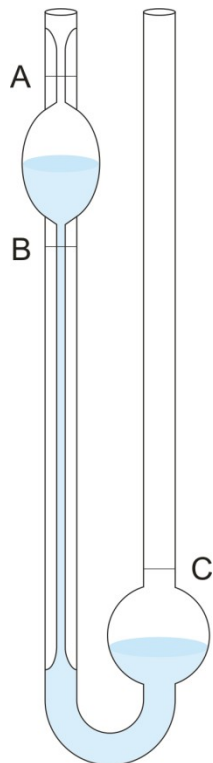
dobije se izraz za relativnu viskoznost:

$$(\eta_t)_{rel} = \frac{\eta_t}{\eta_v} = \frac{t_t \rho_t}{t_v \rho_v}$$

a apsolutna viskoznost tekućine iznosi:

$$\eta_t = \eta_v \frac{\rho_t t_t}{\rho_v t_v}$$

Mjerenja se izvode kapilarnim viskozimetrom (Slika 2.). Instrument je poznat još pod nazivima Ostwaldov viskozimetar i viskozimetar s U – cijevi, a sastoji se od dvije vertikalne staklene cijevi različitih širina spojenih kao U – cijev. Širu cijev zovemo širi krak viskozimetra, pri dnu te cijevi nalazi se spremnik u obliku proširenja. Užu cijev zovemo uži krak viskozimetra i unutar te cijevi nalazi se kapilara. Iznad kapilare nalazi se također spremnik, a ispod kapilare dolazi zavoj koji predstavlja spoj između užeg i šireg kraka viskozimetra. Određivanje viskoznosti temelji se na mjerenju vremena potrebnog da propisani volumen tekućine istekne kroz kapilaru, tako da se zabilježi vrijeme kad razina tekućine stigne od točke A do točke B naznačenih na Slici 2.



Slika 2 Kapilarni viskozimetar.



Slika 3 Pribor potreban za izvođenje vježbe: Ostwaldov viskozimetar, termometar, pipeta, gumena pumpa za pipetu (propipeta), zaporna ura, 2 čaše, stalak sa držačem, voda, zadana tekućina, tablica sa vrijednostima gustoće i viskoznosti vode pri različitim temperaturama.

Izvor Slike 2: E. Generalic,
<http://glossary.periodni.com/glosar.php?hr=Ostwaldov+viskozimetar>

Zadatak - Određivanje viskoznosti pomoću Ostwaldovog viskozimetra

Za zadane parove vremena u svakom mjerenju izračunati viskoznost tekućine i rezultate statistički obraditi. Temperaturu vode također očitati iz tablice sa zadanim podatcima te uvidom u donje tablice očitati napetost površine vode i gustoću vode za zadanu temperaturu.

Mjerenja unesite u tablicu:

Voda	Tekućina	Račun za izvedena mjerenja	
$t_v [s]$	$t_t [s]$	$\eta_t = \eta_v \frac{t_t}{t_v} \cdot \frac{\rho_t}{\rho_v} [Pa \cdot s]$	$\Delta \eta_t = \bar{\eta}_t - \eta_i [Pa \cdot s]$
		$\bar{\eta}_t = \bar{\eta}$	$\Delta \bar{\eta}_t = \bar{\delta}$
Relativna pogreška: $r = \frac{\Delta \bar{\eta}_t}{\bar{\eta}_t} \cdot 100\%$			

Viskoznost tekućine iskažite u obliku $\eta_t = \bar{\eta}_t \pm \Delta \bar{\eta}_t$, zaokružite konačni rezultat i uz njega obavezno stavite mjernu jedinicu!

Tablica – Ovisnost napetosti površine i gustoće vode o temperaturi:

t [°C]	gustoća vode [kg/m ³]	Viskoznost [mPas]
10,00	999,75	1,3
10,20	999,73	1,3
10,40	999,71	1,29
10,60	999,69	1,28
10,80	999,67	1,28
11,00	999,64	1,27
11,20	999,62	1,26
11,40	999,60	1,25
11,60	999,57	1,25
11,80	999,55	1,24
12,00	999,52	1,23
12,20	999,50	1,23
12,40	999,47	1,22
12,60	999,45	1,21
12,80	999,42	1,21
13,00	999,39	1,2
13,20	999,37	1,19
13,40	999,34	1,19
13,60	999,31	1,18
13,80	999,28	1,18
14,00	999,25	1,17
14,20	999,22	1,16
14,40	999,20	1,16
14,60	999,17	1,15
14,80	999,13	1,14
15,00	999,10	1,14
15,20	999,07	1,13
15,40	999,04	1,13
15,60	999,01	1,12
15,80	998,98	1,11
16,00	998,94	1,11
16,20	998,91	1,1
16,40	998,88	1,1
16,60	998,84	1,09
16,80	998,81	1,09
17,00	998,77	1,08

17,20	998,74	1,07
17,40	998,70	1,07
17,60	998,67	1,06
17,80	998,63	1,06
18,00	998,59	1,05
18,20	998,56	1,05
18,40	998,52	1,04
18,60	998,48	1,04
18,80	998,44	1,03
19,00	998,40	1,03
19,20	998,36	1,02
19,40	998,32	1,02
19,60	998,28	1,01
19,80	998,24	1,01
20,00	998,20	1
20,20	998,16	1
20,40	998,12	0,99
20,60	998,08	0,99
20,80	998,04	0,98
21,00	997,99	0,98
21,20	997,95	0,97
21,40	997,91	0,97
21,60	997,86	0,96
21,80	997,82	0,96
22,00	997,77	0,95
22,20	997,73	0,95
22,40	997,68	0,94
22,60	997,64	0,94
22,80	997,59	0,94
23,00	997,54	0,93
23,20	997,49	0,93
23,40	997,45	0,92
23,60	997,40	0,92
23,80	997,35	0,91
24,00	997,30	0,91
24,20	997,25	0,91
24,40	997,20	0,9
24,60	997,15	0,9
24,80	997,10	0,89

25,00	997,05	0,89
25,20	997,00	0,89
25,40	996,95	0,88
25,60	996,90	0,88
25,80	996,84	0,87
26,00	996,79	0,87
26,20	996,74	0,87
26,40	996,68	0,86
26,60	996,63	0,86
26,80	996,57	0,85
27,00	996,52	0,85
27,20	996,46	0,85
27,40	996,41	0,84
27,60	996,35	0,84
27,80	996,30	0,84
28,00	996,24	0,83
28,20	996,18	0,83
28,40	996,12	0,82
28,60	996,07	0,82
28,80	996,01	0,82
29,00	995,95	0,81
29,20	995,89	0,81
29,40	995,83	0,81
29,60	995,77	0,8
29,80	995,71	0,8
30,00	995,65	0,8
30,20	995,59	0,79
30,40	995,52	0,79
30,60	995,46	0,79
30,80	995,40	0,78
31,00	995,34	0,78
31,20	995,27	0,78
31,40	995,21	0,77
31,60	995,15	0,77
31,80	995,08	0,77
32,00	995,02	0,76
32,20	994,95	0,76
32,40	994,88	0,76
32,60	994,82	0,76

32,80	994,75	0,75
33,00	994,69	0,75
33,20	994,62	0,75
33,40	994,55	0,74
33,60	994,48	0,74
33,80	994,41	0,74
34,00	994,34	0,73
34,20	994,27	0,73
34,40	994,20	0,73
34,60	994,13	0,73
34,80	994,06	0,72
35,00	993,99	0,72
35,20	993,92	0,72
35,40	993,85	0,71
35,60	993,78	0,71
35,80	993,71	0,71
36,00	993,63	0,71
36,20	993,56	0,7
36,40	993,48	0,7
36,60	993,41	0,7
36,80	993,34	0,69
37,00	993,26	0,69
37,20	993,19	0,69
37,40	993,11	0,69
37,60	993,03	0,68
37,80	992,96	0,68
38,00	992,88	0,68
38,20	992,80	0,68
38,40	992,72	0,67
38,60	992,65	0,67
38,80	992,57	0,67
39,00	992,49	0,66
39,20	992,41	0,66
39,40	992,33	0,66
39,60	992,25	0,66
39,80	992,17	0,65
40,00	992,09	0,65