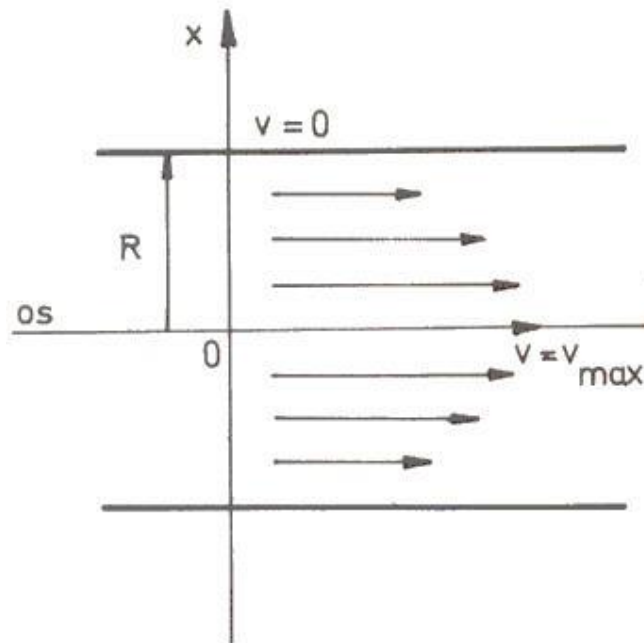


Viskoznost tekućine

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 odrediti mjerna jedinica za koeficijent viskoznost:

$$[\eta] = \frac{\left[\frac{F}{A}\right]}{\left[\frac{\Delta v}{\Delta x}\right]} = \frac{Pa}{\frac{m/s}{m}} = Pa \cdot s \quad (\text{Paskal sekunda})$$

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 tijekom vremena t kroz cijev duljine l i radijusa r , uz razliku tlakova Δp na krajevima cijevi, iznosi (Poiseuilleov zakon):

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

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

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

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

dijeljenjem dvije gornje jednadžbe dobije se izraz za omjer viskoznosti tekućine i viskoznosti destilirane vode. Taj omjer je poznat još i kao relativna viskoznost tekućine :

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

U vježbi je cijev kroz koju protječu voda i tekućina postavljena vertikalno, pa je tlak na krajevima cijevi hidrostatski tlak, dan izrazom:

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

Korištenjem izraza za hidrostatski tlak, izraz za relativnu viskoznost tekućine dobiva oblik:

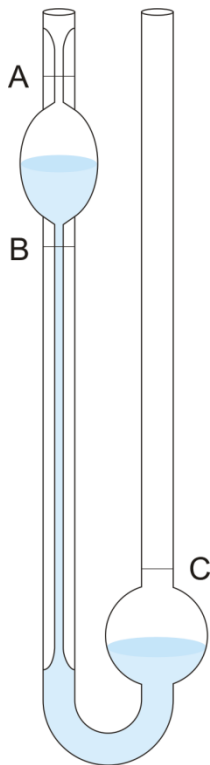
$$(\eta_t)_{rel} = \frac{\eta_t}{\eta_v} = \frac{t_t \rho_t}{t_v \rho_v}$$

a apsolutna viskoznost tekućine iznosi:

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

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 užu

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.

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



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

Zadatak - Određivanje viskoznosti pomoću Ostwaldovog viskozimetra

Uliti vodu u čašu, te izmjeriti temperaturu vode. Iz priložene tablice očitati gustoću i viskoznost vode na toj temperaturi. Gustoća nepoznate tekućine nalazi se na boci s tekućinom. Uzeti pipetom 5 ml vode i uliti je u širi krak viskozimetra. Podignuti razinu vode u užem kraku iznad gornje oznake pomoću propipete. Pustiti da voda otječe. U trenutku kada razina vode prolazi pored gornje oznake, uključiti zaporni sat, te ga isključiti kada istekne cijeli volumen V . Mjerenje ponoviti nekoliko puta. Nakon toga isprazniti viskozimetar i isprati ga tekućinom kojom se vrši mjerenje. Ponoviti prethodni postupak s danom tekućinom, te mjerenja i rezultate unijeti u tablicu.

Mjerenja unesite u tablicu:

Voda		Tekućina	
t_v [s]	Δt_v [s]	t_t [s]	Δt_t [s]
Srednja vrijednost (aritmetička sredina): $\overline{t_v} =$	Srednje odstupanje: $\overline{\Delta t_v} =$	Srednja vrijednost (aritmetička sredina): $\overline{t_t} =$	Srednje odstupanje: $\overline{\Delta t_t} =$
Srednja relativna pogreška :	$\frac{\overline{\Delta t_v}}{\overline{t_v}} =$	Srednja relativna pogreška :	$\frac{\overline{\Delta t_t}}{\overline{t_t}} =$

Izračunajte srednju vrijednost za relativnu i apsolutnu viskoznost:

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

te srednju relativnu i srednju apsolutnu pogrešku za viskoznost tekućine η_t :

$$\frac{\overline{\Delta \eta_t}}{\overline{\eta_t}} = \frac{\overline{\Delta t_v}}{\overline{t_v}} + \frac{\overline{\Delta t_t}}{\overline{t_t}}, \quad \overline{\Delta \eta_t} = \left(\frac{\overline{\Delta \eta_t}}{\overline{\eta_t}} \right) \cdot \overline{\eta_t}$$

Konačan rezultat napisati u obliku (i zaokružiti):

$$\eta_t = \overline{\eta_t} \pm \overline{\Delta \eta_t}$$

NAPOMENA:

Termometar nije potrebno tresti. Nepoznatu tekućinu vratiti u posudu.

Najmanji dio skale na zapornoj uri može iznositi 0,2 s ili 0,1 s, ovisno o izvedbi zaporne ure.