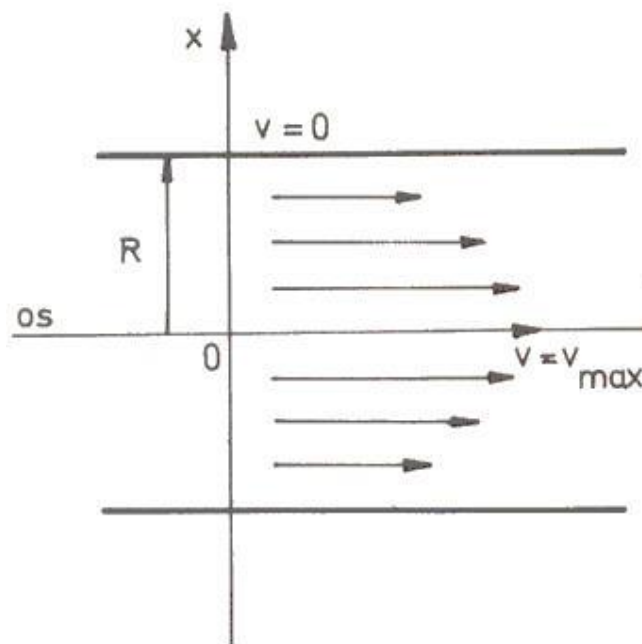


Viskoznost tekućine

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):

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

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:

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

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:

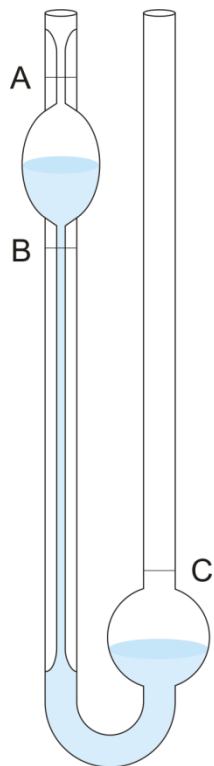
$$(\eta_t)_{rel} = \frac{\eta_t}{\eta_v} = \frac{t_t \rho_t}{t_v \rho_v}$$

a apsolutna viskoznost tekućine iznosi:

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

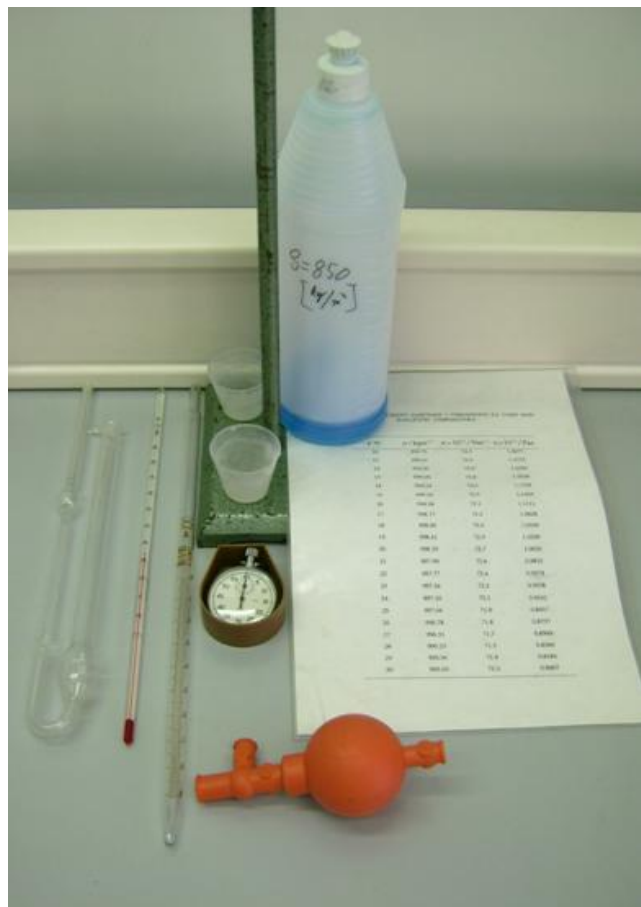
Mjerenja se izvode kapilarnim viskozimetrom (Slika 2.). Instrument je poznat još pod nazivima Ostwaldov viskozimetar i viskozimetar s U – cijevi, a sastoji se od dvije vertikalne staklene cijevi različitih širina spojenih kao U – cijev. Širu cijev zovemo širi krak viskozimetra, pri dnu te cijevi nalazi se spremnik u obliku proširenja. Užu cijev zovemo 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.

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, voda, zadana tekućina, tablica sa vrijednostima gustoće i viskoznosti 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:

t_v [s]	t_t [s]	η_t [N/m ²]	$\Delta\eta_t$ [N/m ²]

Izračunajte srednju vrijednost za relativnu i apsolutnu viskoznost:

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

NAPOMENA:

Termometar nije potrebno tresti. Nepoznatu tekućinu vratiti u posudu.

Najmanji dio skale na zapornoj uri iznosi 0,2 s.