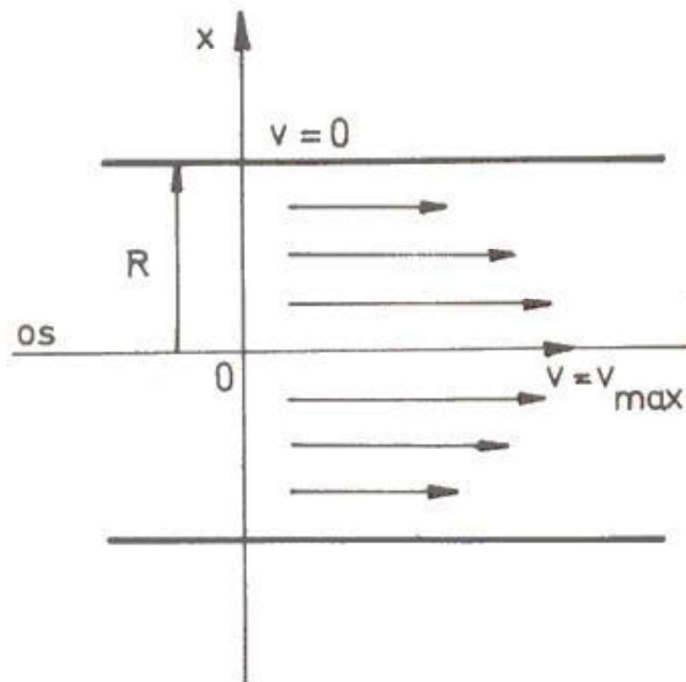


Vježba 7: Viskoznost tekućine

Laminarno protjecanje je ono kod kojeg se svi slojevi tekućine kreću međusobno paralelno, i paralelno sa stjenkama cijevi (slika 1).



Slika 1.

Kod realnih tekućina brzine pojedinih slojeva nisu jednake zbog unutrašnjeg trenja unutar tekućine, te se između slojeva pojavljuje sila:

$$F = \eta A \frac{\Delta v}{\Delta x} \quad (1)$$

gdje je A poprečni presjek cijevi, Δv razlika u brzini, Δx udaljenost od osi cijevi, a η viskoznost tekućine. Iz navedene relacije može se odmah izračunati jedinicu za viskoznost:

$$[\eta] = \frac{\left[\frac{F}{A} \right]}{\left[\frac{\Delta v}{\Delta x} \right]} = \frac{Pa}{\frac{m/s}{m}} = Pa \cdot s \quad (2)$$

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 parabolična funkcija udaljenosti x od cijevi:

$$v(x) = v_{max} \left(1 - \frac{x^2}{R^2} \right) \quad (3)$$

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

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

U vježbi se viskoznost nepoznate tekućine mjeri relativno u odnosu na viskoznost vode. Koristit ćete Ostwaldov viskozimetar koji je prikazan na slici 2. To je staklena U cijev nejednakih krakova. U širi krak ulijeva se tekućina. Na vrhu užeg kraka nalazi se rezervoar koji ima ugravirane oznake a i b koje određuju volumen V . U vježbi mjerite vrijeme potrebno da se razina vode, odnosno tekućine spusti od oznake a do oznake b, tj. Vrijeme potrebno da isteče količina tekućine određenog volumena V . Viskoznost tekućine, η_t , odredit ćete na osnovu relacije (4). Potrebno je uzeti jednake volumene vode i nepoznate tekućine, te stoga slijedi:

$$V = \frac{\pi r^4}{8\eta_v} \frac{\Delta p_v}{l} t_v \quad V = \frac{\pi r^4}{8\eta_t} \frac{\Delta p_t}{l} t_t \quad (5)$$

Tlak tekućine odredit ćete na temelju relacije

$$\Delta p = \rho gh \quad (6)$$

Dijeljenjem dvije gornje jednadžbe dobije se:

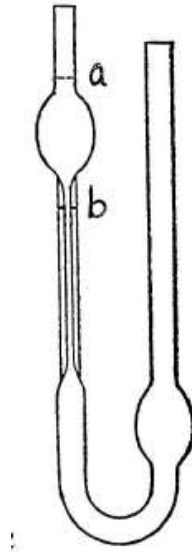
$$\frac{\eta_t}{\eta_v} = \frac{t_t \rho_t}{t_v \rho_v} \quad (7)$$

Izraz za relativnu viskoznost:

$$(\eta_t)_{rel} = \frac{\eta_t}{\eta_v} = \frac{t_t \rho_t}{t_v \rho_v} \quad (8)$$

Zadatak 1. *Određivanje relativne viskoznosti pomoću Ostwaldovog viskozimetra*

Gustoća nepoznate tekućine je napisana na boci s tekućinom. Uzeti pipetom 10 ml vode i uliti je u širi krak viskozimetra. Podignuti razinu vode u užem kraku iznad gornje oznake. Pustiti da voda otječe. u trenutku kada razina vode prolazi pored gornje oznake, uključiti zaporni sat, te ga isključiti kada istiche cijelu volumen V . Mjerenje ponoviti nekoliko puta.



Slika 2.

Nakon toga isprazniti viskozimetar, i isprati ga tekućinom kojom se vrši mjerenje. Ponoviti prethodni postupak nekoliko puta s 10 ml dane tekućine, te mjerenja i rezultate unijeti u tablicu:

Tablica 1.

Broj mjerenja	Voda		Tekućina	
	t_v (s)	Δt_v (s)	t_t (s)	Δt_t (s)

Izračunati relativnu viskoznost koristeći relaciju (8)

Zadatak 2. Usporedite viskoznost otopina glukoze i Dekstrana – SOLUDEX40

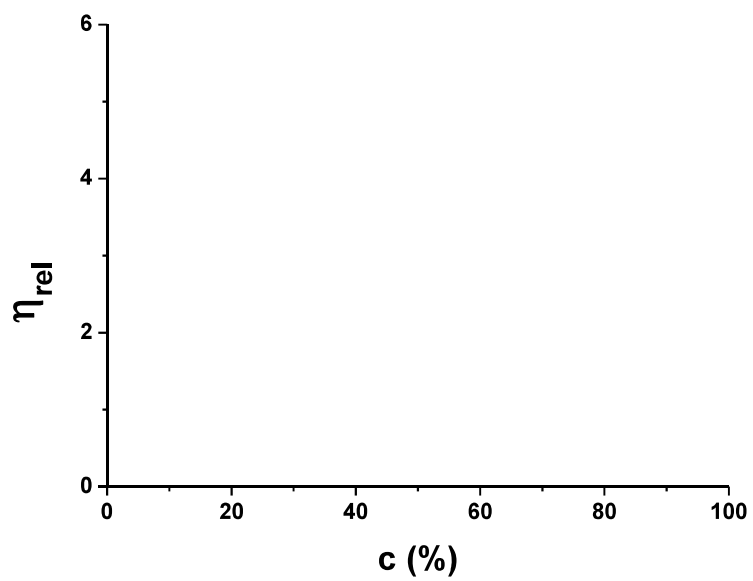
Glukoza je jednostavni šećer – monosaharid. Dekstran je polisaharid sastavljen od velikog broja molekula glukoze molekulske težine 40000 Daltona. Potrebno je imati na umu da se molekulske mase ove dvije otopine značajno razlikuju.

Mjerenja se izvode za različite koncentracije glukoze i Dekstrana (40, 20, 10, 5) na način opisan u prethodnom zadatku. Dvadeset postotna otopina znači 20 g šećera na 100 ml otopine. Računaju se relativne viskoznosti za obje tekućine u odnosu na vodu.

Rezultate prikažite u tablici i grafički na milimetarskom papiru. Koja otopina ima veću viskoznost? Usporedite rezultate za otopine s istim težinskim udjelima otopljenih tvari. Što bi bilo da uspoređujemo iste molarne koncentracije glukoze i Dekstrana? Koja važna fiziološka veličina ovisi o molarnoj koncentraciji otopljene tvari? Kako se viskoznosti mijenjaju s porastom koncentracije otopljenih tvari? Komentirajte dobiveni rezultat.

Tablica 2.

Koncentracija $c(\%)$	Glukoza		Dekstran	
	t_v (s)	Δt_v (s)	t_t (s)	Δt_t (s)



Graf 1.

Zadatak 3. Ponovite mjerenja za tekućinu iz zadatka 1. na različitim temperaturama, nacrtajte graf ovisnosti viskoznosti o temperaturi i komentirajte rezultat.