

Folyadékok Belső Súrlódásának Mérése

Mérést végezte: Varga Bonbien

Mérőtárs neve: Megyeri Balázs

Mérés időpontja: 2008.03.11

Jegyzőkönyv Leadásának időpontja: 2008.03.18

A Mérés célja:

Egy folyadék, jelen esetben a glicerin viszkozitási tényezőjének mérése, Höppler-féle viszkoziméterrel valamint a Stokes-féle súrlódási törvény alapján.

A Mérőeszközök:

- üveggolyók több méretben
- piknométer
- érzékeny mérleg
- glicerinnel töltött üveghenger a Stokes méréshez
- csavarmikrométer
- fémvonalzó
- areométer a glicerin sűrűségének méréséhez
- Höppler-féle viszkoziméter

A Mérés rövid leírása:

Először megmértem az üveggolyók sűrűségéhez szükséges adatokat a piknométerrel. Az üres piknométer μ_1 tömegét mértem először. Ezután beleszórtam az üveggolyókat és így megmértem a μ_2 tömeget, majd vizet töltöttem bele, és így mértem a teljes μ_3 tömeget. Végül, kiszórtam a golyókat, és csak vizet öntöttem bele, majd megmértem az így kapott μ_4 tömeget.

A sűrűség mérése után, és a stokes-féle méréshez előkészített, két fajta golyó méretből hármat-hármat vettem ki. Előszedtem a csavarmikrométert, és minden egyes golyónak 3 különböző irányból mértem meg az átmérőjét. Ez összesen 18 átmérő adatot jelent, a 6 golyóra. Az előkészített üveghengeren a fémvonalzóval megmértem a felső és alsó jel közötti távolságot, majd egyesével beleraktam a golyókat. Mikor a golyó odért a felső jelhez, elindítottam a stoppert, és az alsó jelnél megállítottam. A folyadék tulajdonságai miatt elég gyorsan beálltak állandó esési sebességre az üveggolyók, és ezt a fent mért időből és a megtett útból határoztam meg.

Ennél a mérésnél fontos, hogy a folyadékártegek áramlása lamináris legyen, azaz ne legyenek örvények vagyis a folyadékártegek egymáshoz képest párhuzamosan mozogjanak, hiszen csak ilyen körülmények között érvényes a stokes-féle törvény. A Reynolds számmal tudjuk ellenőrizni a laminaritást. Ha a Reynolds szám egy kritikus értéknél nagyobb akkor már nem beszélhetünk lamináris áramlásról, és így a Stokes törvény elveszíti érvényességét.

Az üveghengerben levő glicerin sűrűségét, a rendelkezésre álló areométerrel mértem meg. A mérőeszközön hőmérő is volt és így azt is mérni tudtam. Ez azért fontos mert a glicerin sűrűsége erősen függ a hőmérséklettől.

Ezek után a Höppler-féle módszerrel mértem. Az eszköz egy nagy üveghengerből állt, melyben az általunk vizsgált folyadék volt. A hengerben, annak átmérőjével csaknem azonos átmérőjű fémgolyó állt. Csak megmértem, hogy az üveghengerben lévő golyó mennyi idő alatt halad át a két jel között.

És a megadott összefüggésekből kiszámoltam a viszkozitást.

A korábban említett Reynolds szám kiszámításhoz ismernünk kell a folyadék viszkozitását. Ehhez a Höppler módszer során kapott viszkozitás értéket használtam.

Mérési adatok:

Az üveggolyók sűrűsége a mérési leírás szerint:

$$\rho_g = \rho_v \frac{\mu_2 - \mu_1}{\mu_4 - \mu_1 - \mu_3 + \mu_2}$$

itt ρ_v a piknométerbe öntött desztillált víz sűrűsége, melyet most 1000 kg/m^3 nagyságúnak vesziünk.

üveggolyók sűrűsége

μ_1 (g)	μ_2 (g)	μ_3 (g)	μ_4 (g)	ρ_g (kg/m^3)
27	74	128	102	2238

A glicerin ρ_f sűrűsége és T hőmérséklete az areométer alapján:

glicerin sűrűsége

T ($^{\circ}\text{C}$)	ρ_f (kg/m^3)
23	1224

A Höppler-féle viszkoziméterben a viszkozitás megadható egy empirikus formulával. Ez pedig a következő:

$$\eta = K(\rho_{gh} - \rho_f)t$$

Ahol K a golyóállandó. Értéke az összeállításra : $K = 0,13 \frac{\text{mPa}\cdot\text{cm}^3}{\text{g}} = 1,3 \cdot 10^{-7} \frac{\text{Pa}\cdot\text{m}^3}{\text{kg}}$, ρ_{gh} a golyó sűrűsége, értéke: $\rho_{gh} = 8100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$. t az esési idő, és ρ_f a glicerin sűrűsége.

viszkozitás a Höppler módszer alapján

t (s)	η ($\text{Pa}\cdot\text{s}$)
120,05	0,107

Most térjünk rá a Stokes mérés során a következő összefüggést használtuk a viszkozitás megállapítására:

$$\eta = \frac{2(\rho_g - \rho_f)r^2g}{9v}$$

Ahol, ρ_g a golyók sűrűsége, ρ_f a glicerin sűrűsége, r a golyók sugara, v pedig a golyók állandósult sebessége.

Ezt a sebességet, úgy határozzuk meg, hogy elosztjuk, a jelek közti $d = 24,2 \text{ cm} = 0,242 \text{ m}$ megtett utat, a t esési idővel. a g értékét $9,81 \text{ m/s}^2$ -nek veszem.

A golyók r közepes sugarát, a mért átmérők átlagából határozom meg.

Megadom a Reynolds számot is az egyes esetekben. A Reynolds szám alatt a következőt értjük:

$$\text{Re} = \frac{\rho_f r v}{\eta}$$

Az áramlás akkor tekinthető laminárisnak hogy ha $\text{Re} < 0,1$. Ahhoz, hogy ezt kiszámítsuk, ismernünk kell a viszkozitási együtthatót. Ezt a Höppler mérés során nyert értékkel teszem.

Stokes mérés adatai

t (s)	1.átmérő(mm)	2.átmérő(mm)	3.átmérő(mm)	r (mm)	v (m/s)	η (Pa · s)	Re szám
2,42	5,18	5,17	5,12	2,578	0,1	0,147	2,949
2,8	4,95	4,91	4,89	2,458	0,086	0,155	1,418
2,53	5,04	5,07	5,09	2,533	0,095	0,149	2,752
27,5	1,19	1,2	1,22	0,602	0,0088	0,091	0,0606
27,02	1,35	1,32	1,31	0,663	0,0089	0,109	0,0675
27,76	1,21	1,19	1,23	0,605	0,0087	0,093	0,0602

A Mérési adatok kiértékelése:

Az egyes golyók esetére, láthatóan kiszámoltuk a Reynolds számokat. Azt kaptuk, hogy az első fajta golyóknál, azaz a nagy golyóknál a Reynolds szám nagyobb a stokes törvény érvényességi határához tartozó kritikus 0,1 értéknél.

Tehát a nagy golyók esetében nem számolhatunk a stokes törvénnyel, mivel az nem érvényes olyankor.

A három kisebb golyónál viszont azt látjuk, hogy Reynolds szám kisebb a kritikus 0,1 értéknél, így ott már alkalmazhatjuk a stokes törvényt.

Hibaszámítás:

végezzük el a hibaszámítást a stokes féle mérésre. A leírás szerint, a sűrűségadatok hibáit hanyagoljuk el.

A stokes módszerben a viszkozitási együtthatót így írhatjuk:

$$\eta = \frac{2}{9} \frac{(\rho_g - \rho_f)r^2g}{v} = \frac{2}{9}(\rho_g - \rho_f)g \cdot \frac{r^2t}{d}$$

itt d a megtett útja a golyónak az üveghengerben.

Ebből a képletből, mi az r , t , és d mennyiségeket mértük, tehát ezeknek lehet hibája. (A sűrűségmérés hibáját mint már említettem elhanyagoljuk.). Az η viszkozitási együttható ezektől a mennyiségektől, az alábbi módon függ:

$$\eta \sim \frac{r^2 \cdot t}{d}$$

Tehát az η relatív hibája, a honlapon található elméleti részben írottak alapján:

$$\frac{\Delta\eta}{\eta} = 2 \cdot \frac{\Delta r}{r} + \frac{\Delta t}{t} + \frac{\Delta d}{d}$$

Mivel az átmérők mérése egyszerű mérés, ezért a következőképpen értjük, a Δr abszolút hibáját:

$$\Delta r = 3 \cdot \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^3 (r_k - \bar{r})^2}{3}}$$

Az időt csak egyszer kellett mérni minden golyónál. Ezért annak hibájára, az emberi reflexidőt veszem. Ez kb. 0,15s, tehát indítással és megállítással összesen: $\Delta t = 0,3s$

A megtett d út abszolút hibáját: $|\Delta d| = 2\text{mm}$ -re becsülöm.

Tehát ezekkel az egyes mérésekhez tartozó relatív, és abszolút hibák:

A viszkozitás hibája a Stokes mérésnél

golyók	1	2	3	4	5	6
η (Pa · s)	0,147	0,155	0,149	0,091	0,109	0,093
$\Delta\eta/\eta$	0,163	0,146	0,151	0,081	0,096	0,100
$\Delta\eta$	0,024	0,023	0,022	0,007	0,010	0,009

Diszkusszió:

A mérések során kimért viszkozitás értékek, láthatóan mintegy tized részei az egyes szakirodalomban találhatóaknak. De megállapíthatjuk, hogy az egyes mérések biztosan nem okozhatnak ekkora hibát. Ezt az eltérést, az okozza, hogy általában a szakirodalomban a tiszta 100%-os glicerin adatai vannak megadva, 20°C-os hőmérsékleten.

De azt tudjuk a kémia óráról, hogy a glicerin igen jól megköti a vizet, és legtöbbször nem tisztán találkozunk vele. Továbbá, a glicerin viszkozitása, nagyon erősen függ a víztartalmától, és a hőmérséklettől is.

Ezek miatt elkezdtem keresni az interneten részletes viszkozitás táblázatot, és az alábbi oldalon találtam:

http://www.kayelaby.npl.co.uk/general_physics/2_2/2_2_3.html

Láthatjuk, hogy 23°C-on 90tömeg%-os glicerin esetén, az általunk mért eredmények a mérési hibán belül vannak.

A fenti oldalon található adatokat is használva, a következő táblázatban foglalhatjuk össze a mért eredményeket: A szakirodalmi adatok 20-30°C-ra, és 80-95tömeg%-os glicerinre vonatkoznak.

Eredménytáblázat

	stokes mérés						Höppler mérés	szakirodalom
η (Pa · s)	0,147	0,155	0,149	0,091	0,109	0,093	0,107	0,033... 0,521
$\Delta\eta$ (Pa · s)	0,024	0,023	0,022	0,007	0,010	0,009		
Re szám	2,949	1,428	2,752	0,061	0,067	0,060		