

## **7-laboratoriya ishi. Ostvald viskozimetri yordamida suyuqliklarning yopishqoqlik koeffitsientini aniqlash.**

**Ishdan maqsad:** suyuqlikda yuz beradigan yopishqoqlik (qovushqoqlik) hodisalari bilan tanishish, suyuqliklarni ingichka naylarda oqish qonunini o'rganish va suyuqlikning ichki ishqalanish koeffitsientini kapillar viskozimetri yordamida aniqlash.

**Kerakli qurilmalar va jihozlar:** eksperimental qurilma – Ostvald viskozimetri, sekundomer, termometr, o'rganiluvchi suyuqlik, distillangan suv, areometr

### **Kirish**

Suyuqlik qatlamlari bir-biriga nisbatan harakat qilganda ular orasida ishqalanish kuchlari yuzaga keladi. Bu kuchlar bir-biriga nisbatan harakat qiluvchi ikki qattiq qattiq jismning tegishib turuvchi sirtlari orasida yuzaga keluvchi quruq ishqalanish kuchlaridan farqli ravishda, ichki **ishqalanish** yoki **qovushqoqlik** (yopishqoqlik) **kuchlari** deb yuritiladi. Qovushqoqlik kuchlarining quruq ishqalanish kuchlaridan farqi shundaki, harakat nisbatan tezroq bo'lmaganda, qovushqoqlik kuchlari deyerli nolga teng bo'ladi. Nisbiy tezlik yuzaga kelishi bilan qovushqoqlik kuchi avval tezlik ortib borishi bilan chiziqli, so'ngra tezlikning kvadratiga proporsional ravishda ortib boradi.

Gazlarda va suyuqliklarda qovushqoqlik kuchlarining yuzaga kelish mexanizmida birmuncha farq bor. Shu sababli ham temperatura ortib borishi bilan gaz qovushqoqlik kuchlarini ortib borishi, suyuqliklarda esa aksincha kamayishi kuzatiladi.

Gazlarda qovushqoqlik, ya'ni impulsning bir qatlamidan ikkinchi qatlamiga uzatilishi (ko'chishi) asosan molekulalarning issiqlik harakati tufayli sodir bo'ladi. Temperatura ortganda qatlamlararo molekulalar almashuvi ortib boradi va shu sababli temperatura ko'tarilib borishi bilan gazlarning qovushqoqligi ham ortib boradi. Suyuqlik qatlamlari orasidagi ta'sir kuchini belgilovchi asosiy omillardan biri molekulalararo ta'sir kuchidir.

Suyuqliklarda bu omil, issiqlik harakati roliga qaraganda ancha ustunroqdir.

Nyuton suyuqlik qatlamlari orasidagi ichki ishqalanish kuchi bir-biriga tegib turuvchi qatlam yuzi  $S$  ga va qatlamlar orasidagi tezlik gradienti  $\Delta v/\Delta x$  to'g'ri proporsional ekanligini ko'rsatdi:

$$F = -\eta S \Delta v / \Delta x \quad (1)$$

Bu erdagi  $\eta$ - suyuqlikning ichki **ishqalanish koeffitsienti** deb ataladi. U son qiymat jihatidan tegishib turuvchi yuzalarga perpendikulyar yo'nalishdagi tezlik gradienti bir birlikka teng bo'lganda tegishib turuvchi qatlamlarning yuza birligi orasida yuzaga keluvchi ichki ishqalanish kuchiga tengdir. Qovushqoqlik koeffitsientining birligi SI-sistemasida Pa.s larda, SGS-d Puayzeyl sharafiga qabul qilingan Puaz (Pz)larda o'lchanadi.

Qovushqoqlik tufayli real suyuqliklarda harakat impulsining qatlamdan qatlamga uzatilishi bu biror miqdor mexanik energiyani almashinishiga olib keladi.

Ichki ishqalanish tufayli suyuqlik (yoki gaz) ning naydan oqishi uchu biror bosimlar farqi kerak bo'ladi. Oqim tezligi biror berilgan qiymatga eg bo'lishi uchun ichki ishqalanish koeffitsienti qancha katta bo'lsa, bosimlar farqi ham shuncha katta bo'lishi kerak.

Radiusi  $R$  ga va uzunligi  $l$  ga teng bo'lgan nay orqali  $t$  vaqtda oqib o'tuvchi suyuqlik hajmi Puayzeyl formulasi

$$Q = \frac{R^4 \Delta P \pi}{8 \eta l} t \quad (2)$$

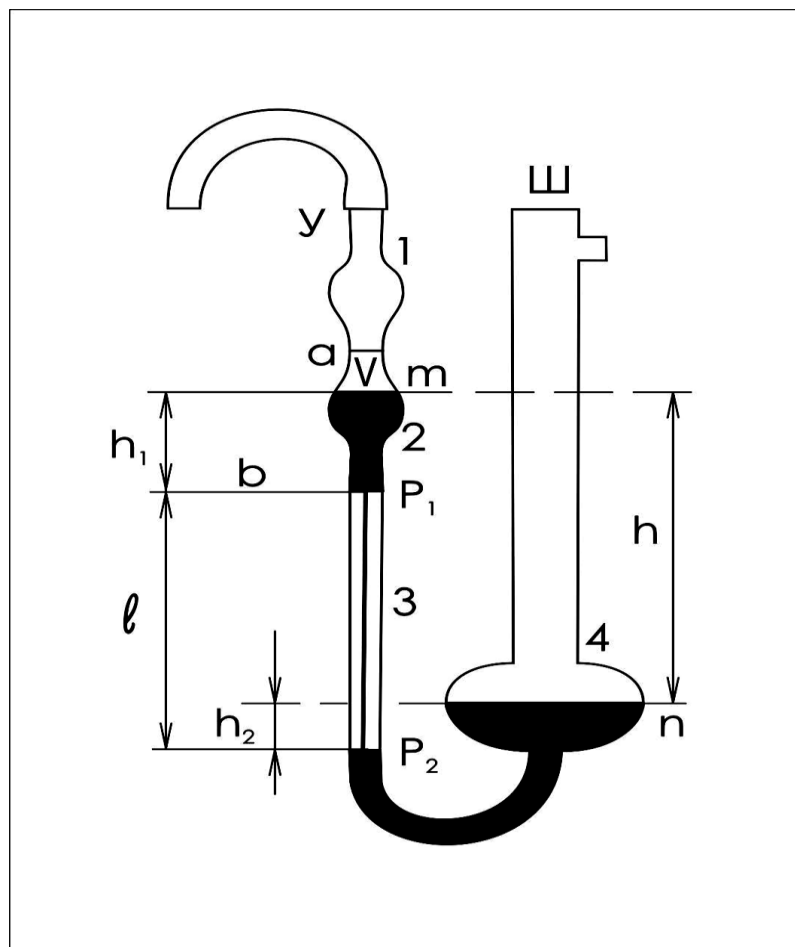
bilan aniqlandi, bu yerda  $\Delta P$  nay uchlaridagi bosimlar farqi.

Bu formuladan foydalanib, biror vaqt oralig'ida naylardan oqib o'tga suyuqlik hajmini, nay uchlaridagi bosimlar farqini o'lchagan hold suyuqlikning qovushqoqlik koeffitsientini aniqlash mumkin.

### **Qurilma va metodning nazariyasi**

Puayzeyl fomulasi suyuqlikning laminar oqishi uchun o'rinli. Nayning ko'ndalang kesim yuzasi qancha kichik bo'lsa, uyurmalar hosil bo'lishi (laminarlikdan chetga chiqishi) uchun shuncha katta tezlik zarur bo'ladi. Odatdagi tezliklarda uyurmalar hosil bo'lmasligi uchun nay juda ingichka, ya'ni kapilliyar bo'lishi kerak. Shuning uchun, Puayzeyl formulasidan foydalanishga asoslangan

qovushqoqlik koeffitsientini o'lchash uchun, ko'pincha kapillar nay usuliga tegishli asboblardir- kapillar viskozimetrlardan foydalaniladi.



1-rasm. Ostvald viskozimetri sxematik ko'rinishi.

Bu ishda qovushqoqlik koeffitsientini aniqlashda ishlatiladigan qurilma **Ostvald viskozimetri** deb ataladi. Viskozimetr U shaklidagi naydan iborat bo'lib, uning sxematik ko'rinishi 1-rasmga keltirilgan. Viskozimetrning chap tirsagida 1 va 2 rezin sharlari bor. (2) rezervuarining tagiga (3) kapillar nay payvandlangan. Kapillarning pastki uchi o'ng tirsakdagi tekshiriladigan suyuqlik quyiladigan (4) rezervuar bilan tutashtirilgan bo'ladi (2) rezervuarining yuqori va pastki uchlarida  $a$  va  $b$  tamg'alar bor. Tajribalar  $a$  va  $b$  tamg'alar orasida joylashgan suyuqlikning kapillar nay orqali oqib o'tish vaqtini o'lchashga asoslangan

Agar nay vertikal o'rnatilgan bo'lsa, u holda (2) formuladagi  $\Delta P$  o'rniga  $\Delta P + \rho g l$  ni yozish kerak, chunki bu holda qovushqoqlik kuchi nafaqat tashqi bosim kuchini, balki suyuqlik ustunchasining og'irlik kuchini ham muvozanatlashi kerak bo'ladi:

$$Q = \frac{R^4 \pi}{8\eta} \frac{P_1 - P_2 + \rho g l}{l} t \quad (4)$$

Vertikal nay orqali  $dt$  vaqt ichida oqib o'tuvchi elementar suyuqlik hajmi  $dV$  quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$dV = \frac{R^4 \pi}{8\eta} \frac{P_1 - P_2 + \rho g l}{l} dt \quad (5)$$

Vertikal naylarda suyuqlik oqishi bilan bog'liq jarayonlarni o'rganishda (4) formuladan foydalaniladi. Kapillar uchlaridagi bosimlar mos ravishda quyidagilarga teng:

$$P_1 = P_0 + \rho g h_1, \quad P_2 = P_0 + \rho g h_2 \quad (6)$$

bu yerda  $P_0$ -atmosfera bosimi. (5) ni hisobga olib, (4) ifodada quyidagi almashtirishni bajaramiz:

$$P_1 - P_2 + \rho g l = \rho g (h_1 + l - h_2) = \rho g h \quad (7)$$

Bundagi  $h = h_1 - h_2 + l$  -  $m$  va  $n$  sathlardagi suyuqlik ustunining balandligi. U 1. 2 va 4 rezvuardagi suyuqlik sathlariga bog'liq bo'lib, tajriba davomida uzluksiz o'zgarib turadi. U oqib chiqayotgan suyuqlik hajmiga bog'liq bo'ladi. (5) ni hisobga olib, (4) ifodani quyidagi ko'rinishga keltiramiz.

$$-\frac{8l}{R^4 \pi} \frac{dV}{h(V)} = \frac{\rho g}{\eta} dt \quad (8)$$

Bu tenglamadan  $t=0$  da  $V=0$  va  $t=\tau$  da  $V=V_0$  shartdan foydalanib, integral olamiz:

$$-\frac{8l}{R^4 \pi} \int_0^{V_0} \frac{dV}{h(V)} = \frac{\rho g}{\eta} \int_0^\tau dt = \frac{\rho g \tau}{\eta} \quad 9)$$

$h(V)$  bog'lanishning aniq ko'rinishi viskozimetrlarning geometrik o'lchashlariga bog'liq bo'ladi. Bu funksiya berilgan viskozimetr va hajm uchun aniq bir ko'rinishga ega bo'lib, o'rganilayotgan suyuqlik tabiatiga bog'liq bo'rimaydi. Tenglikning chap tomoni aniq bir qiymatga ega bo'lib, uni viskozimetrlarning geometrik o'lchashlaridan foydalanib aniqlash mumkin. Shu sababli turli suyuqliklar bilan o'lchashlar olib borilganda

$$\frac{\rho_1}{\eta_1} \tau_1 = \frac{\rho_2}{\eta_2} \tau_2 = \frac{\rho_3}{\eta_3} \tau_3 = \dots = const \quad (10)$$

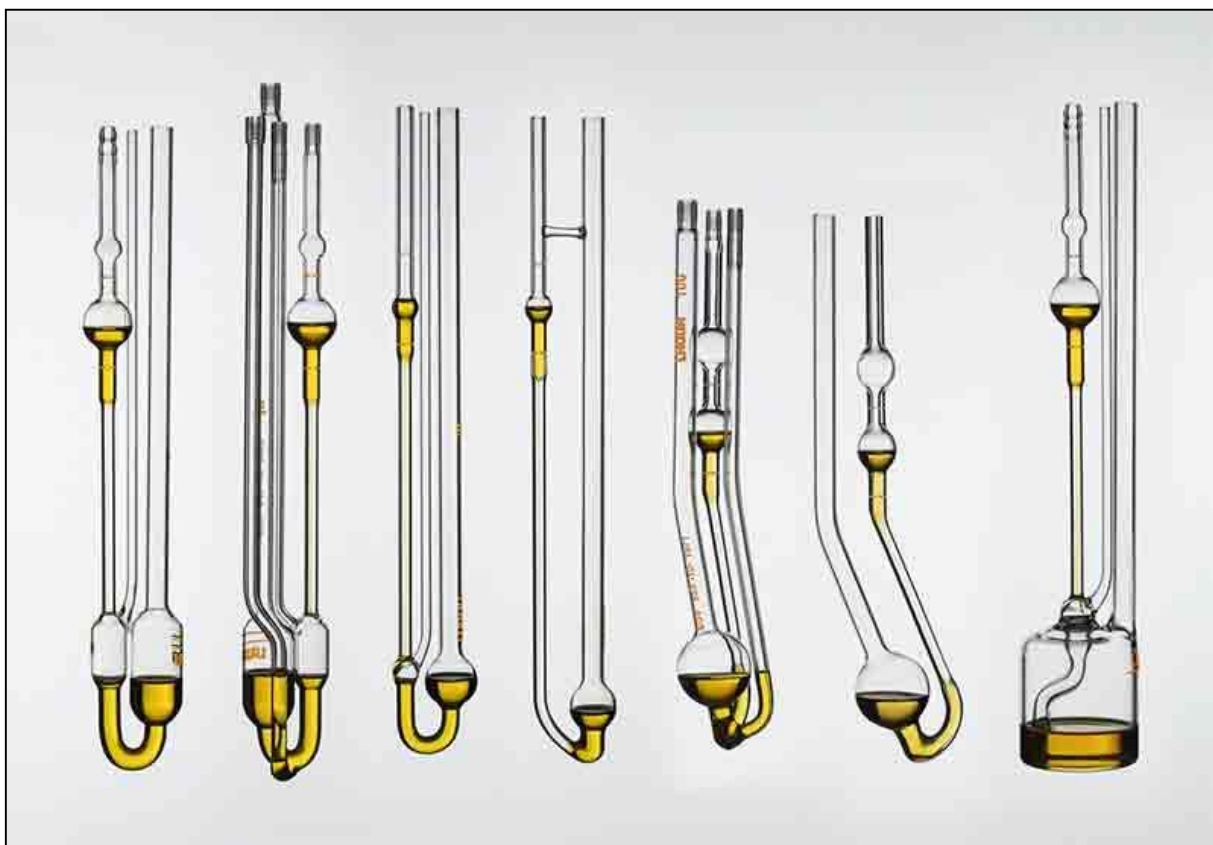
munosabat o'rinli bo'ladi.

Bu ishda suyuqlikning nisbiy ichki ishqalanish ko'effitsentini aniqlash aynan shu (9) munosabadan foydalaniladi. Agar zichliklar  $\rho$  va  $\rho_0$  bo'lgan 2 ta suyuqlik olib, ayni bir kapillardan ularning bir xil hajmlarini oqib chiqish vaqtlarini  $\tau$  va  $\tau_0$  deb belgilasak, u holda (9) ga asosan tekshirilayotgan suyuqlik uchun quyidagi ifodani yozish mumkin:

$$\eta = \eta_0 \frac{\rho}{\rho_0} \frac{\tau}{\tau_0} \quad \mathbf{v} \quad (11)$$

Odatda qovushqoqlik ko'effitsenti ma'lum bo'lgan (etalon) suyuqlik sifatida distillangan suv ishlatiladi

2-rasmda Ostvald viskozimetrining turli ko'rinishlari keltirilgan.



2-rasm. Ostvald viskozimetri turli ko'rinishlariga namunalar.

### O'lchashlar

1. Viskozimetr suv bilan bir necha marta chayib tashlanib, uning o'ng tirsagiga distillangan suv quyiladi.

2. Rezina nay (1) ulangan rezina so'rg'ichi yordamida (2) rezervuarga suv so'rib olinadi. Bunda (2) rezervuarga so'rib olingan suvning sathi  $a$  tang'adan

biroz balandroq bo'lishi kerak.

3. So'ngra, rezina nay ajratilib, suvning kapillar naydan oqib chiqish vaqti o'lchanadi. Buning uchun sekundomer suv sathi  $a$  tamg'a bilan tenglashganda yurgizilib,  $b$  tamg'adan o'tayotganida to'xtatiladi. Sekundomerning ko'rsatishi  $\tau_0$  1-jadvalga yoziladi.

4. 2 va 3 bandlarda qilingan o'lchashlar kamida 10 marta takrorlanishi kerak.

5. Laboratoriyada joylashgan termometr yordamida tajriba sharoiti temperaturasi aniqlanadi va jadvaldan unga mos keluvchi suvning zichligi  $\rho$  va qovushqoqlik koeffitsienti  $\eta_0$  olinadi.

6. Viskozimetrdagi suvni tekshiriladigan suyuqlik bilan almashtirib, yuqorida bayon qilingan tartibda uning oqib chiqish vaqti  $t$  10 marta o'lchanadi va olingan natijalar 1-jadvalga yoziladi

7. Tekshiriluvchi suyuqlikning zichligi  $\rho$  jadvaldan olinishi yoki areometr yordamida o'lchanishi mumkin.

| № | $\tau_0$ | $\tau_i$ | $\Delta\tau_{0i}$ | $\Delta\tau_i$ | $\eta_i$ | $\Delta\eta_i$ |
|---|----------|----------|-------------------|----------------|----------|----------------|
| 1 |          |          |                   |                |          |                |
| 2 |          |          |                   |                |          |                |
| 3 |          |          |                   |                |          |                |

#### Nazorat savollari

1. Qovushqoqlik nima? Qovushqoqlik koeffitsienti qanday birlikda o'lchanadi?
2. Qovushqoqlikning yuzaga kelish mexanizimini tushuntirib bering?
3. Suyuqliklarning qovushqoqlik koeffitsienti temperaturaga qanday bo'g'langan?
4. Qanday oqim turbulent yoki laminar oqim deb ataladi? Oqim harakati nimaga bog'liq?
5. **Puayzeyl qonunini keltirib chiqaring va uni ta'riflang.**