

# I BOB

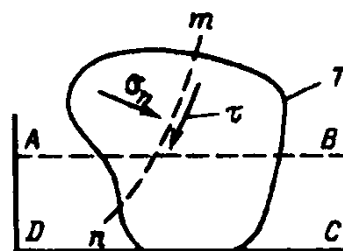
## O‘RGANILADIGAN OB‘EKTNING ASOSIY XARAKTERISTIKASI

### 1.1. SUYUQLIK, UNING ASOSIY FIZIK XOSSALARI VA XUSUSIY HOLATLARI. YOPISHQOQLIK. NYUTON GIPOTYEZASI

Bizga ma’lumki, tabiatda uch xil modda mavjud: qattiq, suyuq va gaz yoki plazma ko‘rinishda. Harorat va bosimning o‘zgarishi natijasida suyuq jism qattiq yoki gazsimon holatga o‘tishi mumkin. Masalan, yuqori bosim ostida suv – muz kristalli holatga o‘tadi yoki aksincha, past bosim ostida gazsimon holatni qabul qiladi.

Suyuqlikka quyidagicha ta’rif berish mumkin – tashqi bosim va harorat ta’siri ostida o‘z hajmini o‘zgartirmaydigan va oquvchanlik hususiyatiga ega bo‘lgan fizik jismga *suyuqlik* deb ataladi.

Suyuqlikni oquvchanlik xususiyatining mohiyatini tushunish uchun quyidagi hisoblash sxemasidan foydalanamiz (1.1-rasm).  $T$  qattiq jismda suyuqlikka botirilgan og‘irlik kuchi hisobiga ma’lum kuchlanishlar paydo buladi.



1.1-rasm. Suyuqlik  
oquvchanligini o‘rganish  
sxemasi

Agar jismda  $mn$  ixtiyoriy kesimni oladigan bo‘lsak, unda normal kuchlanishdantashqari, urinma kuchlanishlar ham mavjud bo‘ladi. Faraz qilaylik,  $T$  jism tinch holatda urinma kuchlanish ta’siriga bardosh berolmay, yemirila boshlaydi va idishning ko‘rinishini qabul qiladi. Boshqacha qilib aytganda, suyuqlik qattiq jismdan farqli o‘laroq, nisbiy tinch holatda turganida urinma kuchlanishga ega bo‘lmaydi.

Suyuqliklar tomchi va gazlarga bo‘linadi. Gidravlika kursida biz asosan tomchisimon suyuqliklarning qonuniyatlarini o‘rganamiz.

*Tomchisimon suyuqlik* deb, oquvchanlik xususiyatiga ega bo‘lgan va biror idishga quyilganda shu idishni shaklini egallaydigan, amaliy siqilmaydigan fizik moddaga aytiladi.

Suyuqlik qattiq jismlardan molekular orasidagi tortishish kuchining juda kichikligi va oquvchanligi (siljuvchanligi) bilan farqlanadi. Shuningdek, suyuqlik, amalda o‘z hajmini o‘zgartirmaydi, tashqi kuchlar ta’sirida va haroratning o‘zgarishi bilan sezilmas darajada o‘zgaradi. Gazlar ham oquvchanlik xususiyatiga ega bo‘lish bilan bir qatorda, o‘z hajmlarini tashqi kuchlar ta’sirida o‘zgartiradilar. Tomchili suyuqliklarga – suv, benzin, kerosin, spirt va boshqalar kiradi.

Kursimiz davomida asosan “*suyuqlik*” deganda, melioratsiya va gidrotexnika sohalarini qamrab olgan suv nazardaa tutiladi. Suyuqliklar – ma’lum fizik xususiyatlari bilan bir-biridan farqlanadi. Bulardan, Gidravlika fanini o‘rganishda asosiylari quyidagilar xisoblanadi:

*Suyuqlikning zichligi* deb, hajm birligidagi suyuqlik massasiga yoki suyuqlik massasining uning hajmiga bo‘lgan nisbatiga aytiladi.

$$\rho = \frac{M}{V}, \quad (1.1)$$

bunda,  $M$  – suyuqlik massasi;

$V$  – suyuqlik hajmi;

$\rho$  – zichlik.

$$M = \rho V. \quad (1.1')$$

Solishtirma og‘irlik:

$$\gamma = \frac{G}{V}. \quad (1.2)$$

Hajm birligidagi suyuqlik og'irligiga yoki suyuqlik og'irligini uning hajmiga bo'lgan nisbatiga *solishtirma og'irlik* yoki *hajm og'irligi* deb ataladi (1.2) dan

$$G = \gamma V . \quad (1.2')$$

Bizga ma'lumki,

$$G = Mg , \quad (1.3)$$

bunda,  $g$  – jismlarning erkin tushish tezlanishi.

(1.3)ni (1.1') va (1.2')ga qo'ysak,

$$\gamma V = \rho g V . \quad (1.4)$$

Bundan quyidagi ifodaga ega bo'lishimiz mumkin:

$$\boxed{\rho = \frac{\gamma}{g} ; \gamma = \rho g .} \quad (1.5)$$

$\rho$  va  $\gamma$  o'lchov birliklari:

$$\rho = \left[ \frac{M^3}{L} \right] ; \gamma = \left[ \frac{F}{L^3} \right] = \left[ \frac{M}{T^2 L^2} \right] \quad (1.6)$$

bunda,  $M, L, F, T$  – massa, uzunlik, kuch va vaqt.

$$M \rightarrow \kappa g = \frac{Hs^2}{m} ; L \rightarrow m ; F \rightarrow H ; T \rightarrow s ,$$

demak,

$$\gamma = \frac{H}{M^3} = \frac{\kappa g}{M^2 s^2} .$$

Toza distillangan suv zichligining haroratga bogʻliq ravishda oʻzgarishi

1.1 -jadval

$t, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{kg/m}^3$	$t, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{kg/m}^3$	$t, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{kg/m}^3$
0	999,87	8	999,88	40	992,2
2	999,97	10	999,70	60	983,2
4	1000,00	20	998,20	100	958,4
6	999,97	30	995,70		

**Siqiluvchanlik**– suyuqliklarning tashqi kuchlar taʼsirida hajmining kamayishidir. Bu holat siqiluvchanlik koeffitsienti,  $\beta_s (m^2/N)$  bilan belgilanadi.

$$\beta_c = -\frac{1}{W} \frac{dW}{dp}, \quad (1.7)$$

formuladagi minus hajm bosimining ortishi bilan suyuqlik xajmining kamayishini koʻrsatadi.

Suyuqlik massasi oʻzgarmagan holda,

$$\beta_c = \frac{1}{\rho} \frac{d\rho}{dp}. \quad (1.8)$$

Hajmiy siqiluvchanlik koeffitsienti  $\beta_c$  teskari qiymati suyuqliklarning elastiklik moduli –  $Ye_j$  harfi bilan belgilanadi.

$$E_{\text{oc}} = \frac{1}{\beta_c}. \quad (1.9)$$

(1.8) formulani hisobga olsak, (1.9) ifoda quyidagi koʻrinishga ega boʻladi:

$$E_{\text{oc}} = \rho \frac{dp}{d\rho}. \quad (1.10)$$

bundan,

$$\frac{d\rho}{\rho} = \frac{dp}{E_{\text{oc}}} \quad (1.11)$$

(1.10) ifoda Guk qonunini ifodalaydi va u harorat  $0^0$  dan  $20^0$  gacha va bosim 20 atmosfera bo'lganda chuchuk suv (distillangan suv)ning o'rtacha hajm siqilish ko'effitsientiga teng. Suyuqliklarning siqilish imkoniyati juda kichik bo'lganligi sababli, gidravlikaning amaliy masalalari yechilganda ular hisobga olinmaydi va ularni amalda siqilmaydigan deb qaraladi.

*Suyuqliklarning yopishqoqligi* deb, suyuqlik bir qatlamini ikkinchi qatlamiga nisbatan siljiganda ko'rsatadigan qarshilikka aytiladi. Yoki suyuqlik harakatida qatlamlar orasida harakatga qarshilik qiluvchi kuchga aytiladi bu kuch *ishqalanish kuchi* deb ataladi.

Bu kuchning kattaligini 1687 yilda I.Nyuton quyidagi gipoteza bilan ta'riflagan suyuqlik qatlamlari harakat davomida ishqalanganda ichki ishqalanish kuchi uning fizik xarakteristikasiga, ishqalanish yuzasiga va tezlik gradientiga to'g'ri proporsional, ya'ni quyidagiga teng:

$$T = \mu\omega \frac{du}{dn} \quad (1.12)$$

bunda,  $T$  – qatlamlar oralig'idagi ishqalanish kuchi;

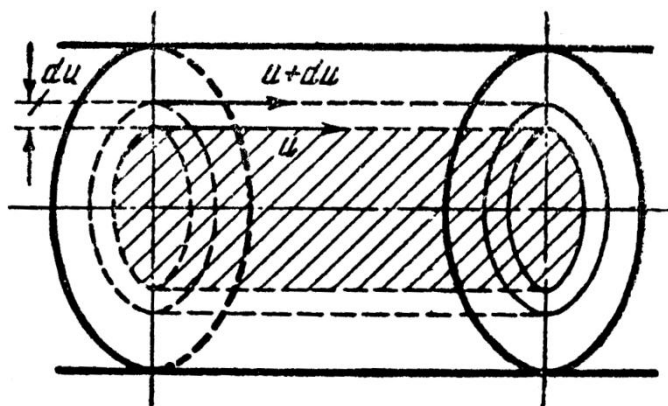
$\omega$  – qatlamning ishqalanish yuzasi;

$dn$  – cheksiz yaqin qatlamlar orasidagi masofa;

$du$  – qaralayotgan qatlamlarning tezliklari farqi;

$\frac{du}{dn}$  – tezlik gradienti, bu kattalik  $dn$  elementar kesmaning oqim o'qi

bilan tashkil etgan to'g'ri burchakning buralishidagi burchak tezligi sifatida qaraladi;



1.2-rasm

$\mu$  – dinamik yopishqoqlik koeffitsienti (keyingi mavzularda bu kattalik  $\eta$  harfi bilan ham belgilangan).

Dinamik yopishqoqlik koeffitsienti harorat o'zgarimas bo'lganda, amaliy jihatdan tezlik gradientiga bog'liq bo'lmagan ma'lum kattalikka ega bo'ladi. Bu bog'liqsizlik tezlik gradientining  $0,05-5 \cdot 10^3 \frac{\text{m/c}}{\text{m}}$  qiymatlarida tekshirilgan.

Oradan qariyb 100 yil vaqt o'tgandan keyin Kulon (1736-1806 yillar) va yog'lanishning gidrodinamik asoschisi rus olimi N.P.Petrovlar (1876-1920 yillar) tajribalar asosida yillarda Nyuton gipotezasini tasdiqlashdi.

Bu gipotezaning to'g'riligi Xagen va Puazeyl tomonidan o'tkazilgan tadqiqotlarda ham isbotlangan. Ta'kidlash joizki, Puazeyl inson organizimida qon aylanishi qonuniyatlarini o'rgangan bo'lsada, tadqiqot ob'ekti sifatida suvdan foydalangan. Xagen va Puazeyl asosan suyuqlik sarfi, radius, yopishqoqlik va bosim gradienti o'rtalaridagi bog'liqlikni aniqlashgan.

(1.12) formuladan dinamik yopishqoqlik koeffitsienti  $\mu$  quyidagicha aniqlanadi.

$$\mu = \frac{T}{\frac{\omega_{uu}}{du}} = \frac{\tau}{\frac{du}{dn}} \quad (1.13)$$

$$\tau = \pm \mu \frac{du}{dn}$$

bunda,  $\tau$  – urinma kuchlanishi deb atalib,  $\frac{kg}{m^2}$  o‘lchov birligida o‘lchanadi va birlik yuzada paydo bo‘ladigan ishqalanish kuchini xarakterlaydi.

Urinma kuchlanish – ustma-ust qatlamlar oralig‘ida paydo bo‘lib,  $du$  tezliklar farqiga to‘g‘ri proporsional,  $dn$  masofaga esa teskari proporsional. Bu kattalik doimo musbat bo‘lishi kerak, shu sababli, tezlik gradientining ishorasiga qarab, musbat yoki manfiy ishoralar qo‘yiladi. Agar gradient musbat bo‘lsa, ifoda oldiga musbat ishorasi, manfiy bo‘lsa, manfiy ishorasi qo‘yiladi. Bu ishoralar tezliklarning o‘zgarish qonuniyatiga va  $dn$  masofanini hisobga olishdagi yo‘nalishning tanlanishiga bog‘liq.

Ishqalanish kuchining yo‘nalishi qanday sirtga qo‘yilganligiga bog‘liq.

1.2-rasmda shtrixlangan tsilindrning yon sirtlariga ta’sir qiluvchi suyuqlikning ishqalanish kuchi tezlik taqsimlanishi rasmdagidek bo‘lgan holatda harakatga teskari yo‘nalgan bo‘ladi. Silindrdagi suyuqlikning tsilindrga ta’siri o‘rganilganda esa ishqalanish kuchi kattaligi o‘zgarmasdan qolib, yo‘nalish harakat tomonga bo‘ladi.

$\mu$  – o‘lchov birligi quyidagicha:

$$\mu = \frac{M}{LT}; \frac{Hc}{M^2} \text{ yoki } \frac{g}{sm \cdot s} = puaz$$

$$1 \text{ Pz} = 1 \text{ g/sm} \cdot \text{s}. \text{ XBS da } \text{Pa} \cdot \text{s}, 1 \text{ Pa} \cdot \text{s} = 10 \text{ Пз}$$

Har xil haroratdagi suv uchun  $\mu$  qiymatlari

1.2-jadval

t, °C	0	10	20	30
$\mu, 10^{-4} \text{Pa} \cdot \text{s}$	17,92	13,04	10,10	8,00

Gidravlika fanini o‘rganishda dinamik yopishqoqlik koeffitsienti bilan bir qatorda *kinematik yopishqoqlik koeffitsientidan* ham foydalaniladi:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (1.14)$$

Bu kattalik o‘zida uzunlik, vaqt, kinematik qiymatlarni mujassamlashtiradi. Uning o‘lchov birligi:  $[\nu] = \frac{L^2}{T}; \frac{m^2}{s}; \frac{sm^2}{s} = stoks$ .

Amaliy tajribalar ko‘rsatishicha, suyuqlikning yopishqoqligi – suyuqlik turiga va uning haroratiga bog‘liq. Harorat ko‘tarilishi bilan suyuqliklarning yopishqoqligi kamayadi. Suyuqliklarning kinematik yopishqoqlik koeffitsienti quyidagi jadvallarda keltirilgan.

1.3-jadval

t, °C	$\nu, 10^{-4} m^2 / s$	t, °C	$\nu, 10^{-4} m^2 / s$
0	0,0179	18	0,0106
2	0,0167	20	0,0101
4	0,0157	25	0,0090
6	0,0147	30	0,0080
8	0,0139	35	0,0072
10	0,0131	40	0,0065
12	0,0124	45	0,0060
14	0,0118	50	0,0055
16	0,0112	60	0,0048

1.4-jadval

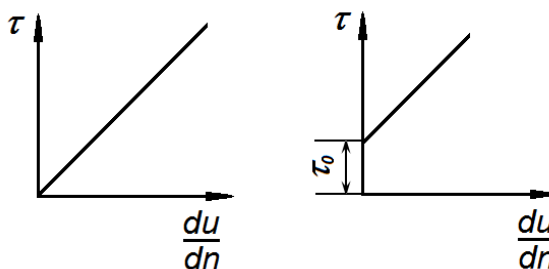
Suyuqlik	t, °C	$\nu, 10^{-4} m^2 / s$	Suyuqlik	t, °C	$\nu, 10^{-4} m^2 / s$
Havo	0	0,133	AMG-10 moyi	50	0,10
Sifatli sut	20	0,0174	Neft:		
Kerosin	15	0,027	engil	18	0,25



Mazut	18	20,0	og'ir	18	1,40
Suvsiz glitserin	20	11,89	Simob	15	0,0011

Suyuqliklarning yopishqoqlik koeffitsienti viskozimetr asbobi yordamida o'lchanadi.

Nyuton qonuniyati o'rinli bo'lgan suyuqliklar *Nyuton suyuqligi* deb yuritiladi. Lekin amaliyotda polimer aralashmasi, kolloid suspenziyalar, tuproqli quyqalar, beton aralashmalari, qurilish aralashmalari, chorvachilikdagi ozuqa aralashmalari kabi urinma kuchlanishlari bilan tezlik gradienti o'rtasidagi bog'liqlik boshqa munosabatda ifodalanuvchi suyuqliklar mavjud bo'ladi. Ular *nonyuton* suyuqliklar deb yuritiladi. Masalan, bu bog'liqlik uchun quyidagi munosabat o'rinli  $\tau = \tau_0 + \mu \frac{du}{dn}$  bo'lgan suyuqliklar *viskoplastik suyuqliklar* deb yuritiladi (1.3-rasm).



1.3-rasm

***Suyuqliklarning maydonni uzluksiz to'la egallash modeli.*** Biz o'rganadigan suyuqliklar bir jinsli suyuqliklar bo'lib, ularni o'z maydonlarini uzluksiz to'la egallaydi, deb qaraymiz. Xaqiqatda esa, molekulalar oralig'i mavjud bo'lib, uzlukli bo'lsada, matematik usulda gidromexanikaning murakkab masalalarini yechishda ko'rsatilgan suyuqliklarning to'la uzluksiz maydonni egallashi qo'l keladi. Uzluksiz to'la maydon lotincha "*contunium*"

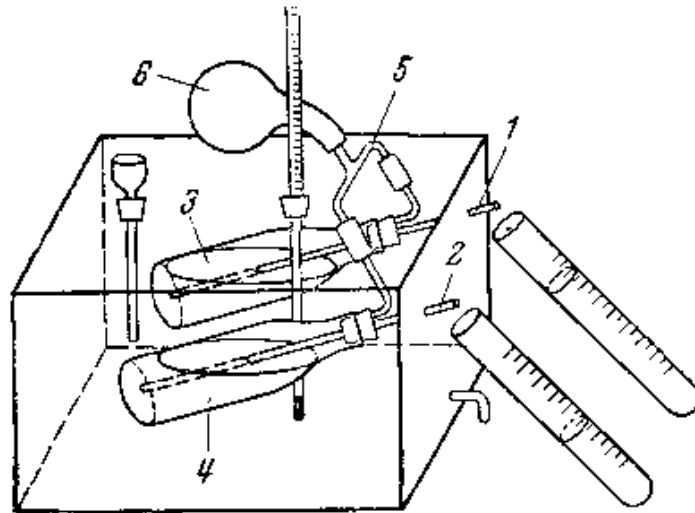
deb ataladi. Amaliyotda suyuqliklarning uzluksiz maydoni to'la egallash modeli tasdiqlangan.

### **Yopishqoqlikni aniqlashda qo'llaniladigan asosiy viskozimetrlar.**

Yuqorida ta'kidlanganidek suyuqlikning asosiy hossalariidan biri dinamik va kinematik yopishqoqliklar maxsus asboblarda o'lchanishi mumkin. Bu asboblarning ishlash printsipiga qarab bir necha ko'rinishlarda bo'lishi mumkin. Masalan, Kapilyar, N.Ye.Jukovskiy, ikki ko'aksial tsilindrli, diskning tebranishi so'nishiga asoslangan Engler viskozimetrlari shular jumlasiga kiradi. Tadqiqot qilinayotgan suyuqlikka ingichka plastinka kiritish orqali ham dinamik yopishqoqlik koeffitsientini aniqlash mumkin. Bu asboblarning ishlash printsiplari bilan batafsil tanishamiz.

**N.Ye.Jukovskiy viskozimetri.** Bu viskozimetr ikkita bir xil ( $l$ ) o'lcham va diametr ( $d$ )ga ega 1 va 2 kapilyar naychadan iborat (1.4-rasm).

Ular 3 va 4 idishlarga joylashtirilgan bo'lib, ular gorizontaal tekislikka nisbatan burchak ostida idishlarga probkalar orqali mustahkamlangan. 3 va 4 idishlar esa uchta chiqishga ega nay orqali 6 havo boshqaruvchi rezinadan yasalgan pufak bilan birlashtirilgan. Bu pufak har ikkala idishda bir xil bosim yaratish imkoniyatini beradi. Bu idishlardan biri dinamik yopishqoqligi noma'lum bo'lgan tadqiqot qilinayotgan, ikkinchisi esa bu kattalik ma'lum bo'lgan suyuqlik bilan to'ldiriladi. Bu suyuqliklar hajmi bir-biriga teng bo'lishi kerak.



1.4-rasm N.Ye.Jukovskiy viskozimetri sxemasi

Kerakli haroratga erishish uchun idishlarga termostat yoki suvli banya joylashtiriladi. 3 va 4 idishlardagi bosim 6 pufak orqali o'zgartirilib, bir vaqtni o'zida ulardan oqib chiqayotgan suyuqliklarning hajmiy sarf ( $Q$ ) lari va aniqlanadi. Tartibli, laminar harakatlanayotgan suyuqlikning sarfini aniqlash formulasiga asoslanib, naylar geometrik o'lchamlari tengligi va vaqt davomida bosim o'zgarishi ( $\Delta p$ ) ni inobatga olib, viskozimetrni hisoblash formulasini olamiz:

$$\left( Q = \frac{\Delta p}{128l\mu} \pi d^4 \right)$$

Bundan, bizga noma'lum suyuqlikning dinamik yopishqoqlik koeffitsientini hisoblash imkoniyatiga ega bo'lamiz:

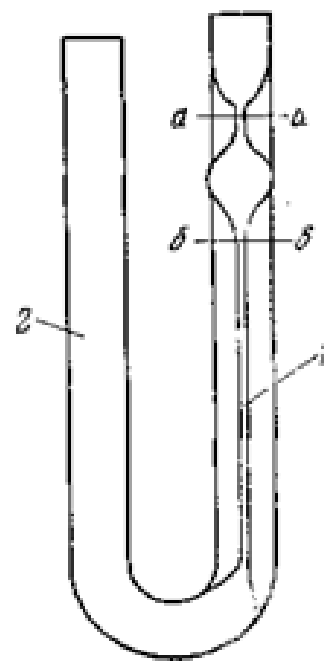
$$\mu_1 = \frac{Q_1}{Q_2} \mu_2$$

Ta'kidlash lozimki, bu viskozimetr ishlash printsipti tadqiqot qilinayotgan va dinamik yopishqoqlik koeffitsienti ma'lum bo'lgan standart suyuqliklarni bir vaqtda tirqishdan chiqayotgan hajmi yoki sarfi kattaliklarini taqqoslashga asoslangan. Xuddi shu printsiptda, o'lchov amaliyotida keng qo'llaniladigan

Pinkevich, Ostvald, Bingham va boshqa kapillyar viskozimetrlari ishlashini e'tirof etish mumkin.

**Kapillyar viskozimetr.** Bu asbob oddiy U shaklidagi nay va uning bir tomoniga kavsharlangan 1 kapillyardan iborat (1.5-rasm).

Tadqiqot qilinayotgan suyuqlik 2 nayning keng qismiga quyilib, havoni sekin kamaytirish yo'li bilan suyuqlikni *a-a* kesimgacha ko'tarilishiga erishiladi. Keyin havo so'rilishi to'xtatilib, suyuqlikning o'z og'irligi hisobiga naycha orqali ko'tarilish imkoniyati yaratiladi. Bu ondan boshlab, suyuqlikni *a-a* sathdan toki *b-b* sathgacha pasayish vaqti o'lchanadi. Bu tajriba ikki xil suyuqlik uchun o'tkazilib, biri dinamik yopishqoqlik koeffitsient ( $\mu_1$ )i noma'lum bo'lgan tadqiqot qilinayotgan ob'ekti bo'lsa, ikkinchisi dinamik yopishqoqlik koeffitsienti ( $\mu_2$ ) ma'lum bo'lgan standart suyuqlikdir. Bu suyuqliklar uchun hajmiy sarfni hisoblash formulasini yozamiz:



1.5-rasm. Kapillyar viskozimetr

$$\left( Q = qT_1 = \frac{\Delta p_1}{128l\mu_1} \pi d^4 T_1 \right)$$

$$\left( Q = qT_2 = \frac{\Delta p_2}{128l\mu_2} \pi d^4 T_2 \right)$$

Bu formulalarni bir-biriga nisbatidan quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\frac{\left( \frac{\Delta p_1 T_1}{\mu_1} \right)}{\left( \frac{\Delta p_2 T_2}{\mu_2} \right)} = 1$$

bundan,

$$\frac{\mu_1 \Delta p_2 T_2}{\mu_2 \Delta p_1 T_1} = 1$$

Tadqiqot qilinayotgan suyuqlikning dinamik yopishqoqlik koeffitsientini aniqlash formulasini yozamiz:

$$\mu_1 = \frac{\Delta p_2 T_2}{\Delta p_1 T_1} \mu_2$$

Bu formuladagi bosimlar o'zgarishi munosabati zichliklar munosabati bilan o'zgartiriladi, chunki kapillyar naychada suyuqlik og'irlik kuchi ta'siri ostida amalga oshadi. Bu holatni inobatga olib, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\mu_1 = \frac{\rho_2 T_2}{\rho_1 T_1} \mu_2$$

bunda,  $\rho$ —suyuqliklarning zichligi.

**Ikki koakisal tsilindrli viskozimetr.** Quyidagi rasmda bunday viskozimetrlar sinfiga kiruvchi asbob tasirlangan.

Bu asbob bir birining ichiga joylashtirilgan qo'zg'almas 1 va bitta umumiy o'q atrofida aylanuvchi 2 tsilindrlardan iborat. Bu tsilindrlar orasiga tadqiqot qilinayotgan suyuqlik quyiladi. 2 tsilindr rasmda ko'rsatilgan sxemaga ega 3 baraban orqali yuklar yordamida harakatga keltiriladi. Baraban va 2 tsilindr o'zaro mustahkamlangan. Aylanishlar soni 4 ko'rsatkich orqali hisobga olib boriladi. Bu ko'rsatkich baraban bilan birga harakatlanadi. Tashqi tsilindr vaziyati 5 qisuvchi koltso orqali yuqoriga yoki pastga o'zgartirilishi mumkin. Bu harakat yordamida 2 tsilindrning ko'milish vaziyati ( $L$ )ni o'zgartirishimiz mumkin. Bunda moslama tsilindr tubini ta'sirini yo'qotish imkoniyatini yaratadi. Dinamik yopishqoqlik koeffitsientini quyidagi formula yordamida aniqlash mumkin:

$$\mu = \frac{M T (R_2^2 - R_1^2)}{\rho_1 8\pi^2 R_2^2 R_1^2 L^2}$$

bunda,  $R_1, R_2$  – mos ravishda tashqi 2 va ichki 1 tsilindrlar diametri;

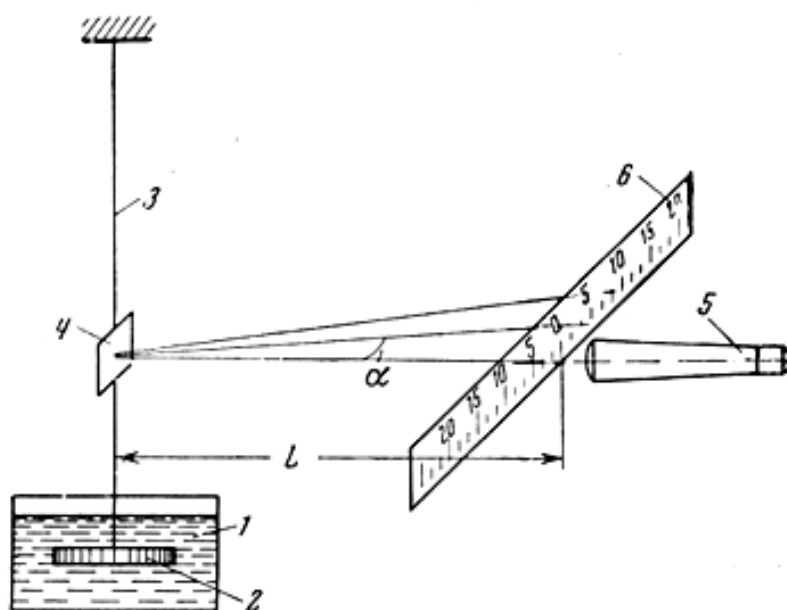
$T$  – vaqt,  $s$ ;  $M = \frac{1}{T} \cdot \frac{ayl}{s}$  – tezlikdagi harakatni ta'minlovchi moment;

$M = mgR = GR$ ,  $G = mg$  – yuklarning og'irligi,  $g$ .

$R = R_b + R_i$  – baraban va ip radiuslari.

### Diskning tebranib, so'nishiga asoslangan viskozimetr.

Bunday harakatlanuvchi disk tadqiqot qilinayotgan suyuqlik ichiga joylashtiriladi (1.6-rasm). Bu qurilma oyna 1 idish, 2-disk va disk osiladigan 3 ipdan iborat. Ipnining uzunligi maxsus qurilma yordamida o'zgartirilishi mumkin.



1.6-rasm.

Disk diametri bo'ylab maxsus po'latdan tayyorlangan sterjen o'rnatilgan bo'lib, unga magnit yordamida ta'sir ko'rsatib, disk tebranma harakatga keltiriladi. Disk harakati amplitudasi va chastotasi maxsus oyna va lineyka yordamida rasmda ko'rsatilgandek o'lchab boriladi. Oyna 4 ipda o'rnatilsa, 5 optik nay va 6 lineyka ( $L$ ) masofada o'rnatilgan bo'lib, ipning buralish burchagi ( $\alpha$ )ni quyidagi formula yordamida aniqlash imkonini beradi:

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{n}{L}$$

bunda,  $n$  – lineykadagi boshlang'ich vaziyatdan o'zgarish. Tebranishlar

chastotasi oddiy hisoblash usuli bilan aniqlanadi.

Dinamik yopishqoqlik koeffitsienti quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$\mu = \frac{2(\lambda - \lambda_0)^2}{\pi T \rho A^2}$$

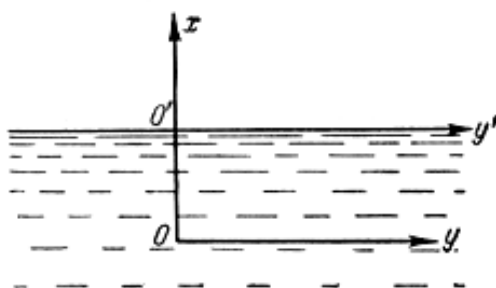
bunda,  $\lambda = \ln \frac{a_n}{a_{n-1}}$  – tadqiqot qilinayotgan ob’ekt ichida diskning so‘nishi

logarifmik qonuniyati;  $a_p$ , va  $a_{p-1}$ –ikkita ketma-ket tebranish amplitudasi;  $\lambda_0$  –

havoda diskning so‘nishi logarifmik qonuniyati;  $\rho_0$  – suyuqlik zichligi;  $A = \frac{\pi R^4}{2l}$

– doimiy;  $R$  – disk radiusi;  $l$  – aylanish o‘qiga nisbatan o‘qning inertsia momenti.

Tadqiq qilinayotgan suyuqlikka ingichka plastinka kiritish orqali ham dinamik yopishqoqlik koeffitsientini aniqlash uchun tadqiq qilinayotgan suyuqlik bilan  $O'y'$  qo‘zg‘almas o‘qdan past soha to‘ldiriladi (1.7-rasm).



1.7-rasm. Tadqiqot qilinayotgan suyuqlikka ingichka plastinka kiritish orqali dinamik yopishqoqlik koeffitsientini aniqlash uchun qurilma.

$t=0$  harakat boshlanishida plastinka tadqiqot qilinayotgan suyuqlikka  $u_0$  boshlang‘ich tezlik bilan borib uriladi. Harakatlanuvchi koordinataning ordinatasi musbat yo‘nalishini plastinka yo‘nalishiga mos tushadi deb qabul qilamiz. Quyidagi chegaraviy shartlarni qabul qilamiz:

- plastinka urulgunga qadar suyuqlik tinch holatda bo‘ladi, ya’ni  $u = 0$ ;  $x = 0$

- $x > 0$  ;  $y = 0$  ;  $u = u_0$  shartlar bajarilganda, suyuqlik zarachalari yopisha boshlaydi deb qabul qilinadi;
- ordinata yo‘nalishida bosim gradientini inobatga olmasdan,  $z$  – o‘qi bo‘yicha plastinkani nihoyatda keng deb hisoblab, suyuqlik tezligini vertikal tashkil etuvchisi kattaligi ikkinchi hosilasining qiymati shu tezlikning gorizonta tashkil etuvchisining ikkinchi hususiy hosilasiga nisbatan hisobga olinmaydigan darajada kichikligi sababli inobatga olinmasa, qo‘zg‘almas o‘qqa nisbatan suyuqlikning harakat tenglamasini yozish mumkin (ta’kidlash lozimki, ushbu darslikning gidrodinamika bo‘limida bu masalalarga batafsil to‘xtalamiz). Bu hosil bo‘lgan bir o‘lchamli differentsial tenglamani qabul qilingan chegaraviy shartlarga asosan yechib, uni integrallab, dinamik yopishqoqlik koeffitsientini aniqlash formulasini yozamiz:

$$\mu = \frac{9\pi}{16} u_0 \frac{G^2}{\rho g^2} \frac{1}{b^2 \sqrt{H^3}}$$

bunda,  $N$  – plastinkaning maksimal chuqurlashishi;  $b$  – plastinka kengligi;  $G$  – plastinka og‘irligi.

Engler viskozimetri amaliyotda kinematik yopishqoqlik koeffitsientini aniqlashda kengroq qo‘llaniladi. Bu asbob asosan ikkita bir-biriga konsentrik tarzda joylashgan latundan yasalgan 1 va 2 idishlardan iborat (1.8-rasm). 1 idish tubi markaziga 3 naycha kavsharlangan. 1 idish ichki qismida tadqiqot qilinadigan suyuqlik uchun quyilish sathini belgilovchi 4 belgi o‘rnatilgan. Naycha 5 sterjen bilan yopiladi. Viskozimetr o‘lchamlari standartlashtirilgan. 1 va 2 idishlar oralig‘i kerakli haroratni olish uchun suvli banya vazifasini bajaradi. Tadqiqot obekti haroratini aniqlash uchun 6 termometrdan foydalaniladi. Bu viskozimetr yordamida  $200 \text{ sm}^3$  suyuqlikning naychadan chiqish vaqti ( $T$ ) yoki shu vaqtning  $200 \text{ sm}^3$  hajmdagi  $200 \text{ }^\circ\text{S}$  haroratli suvning oqib chiqish vaqti ( $T_0$ ) ga nisbati aniqlanadi.

Tadqiqot qilinayotgan suyuqlikning kinematik yopishqoqlik koeffitsienti quyida keltirilgan Pomerantsevning nazariy formulalaridan biri orqali



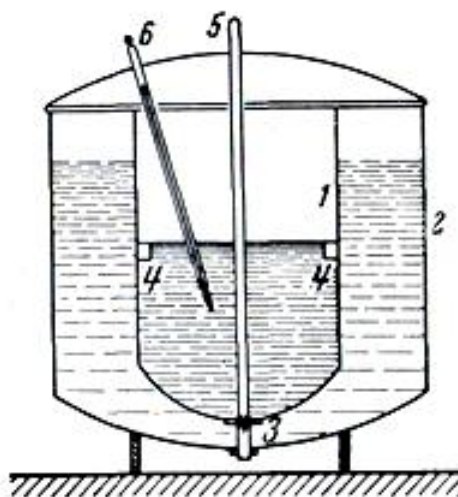
aniqlanadi:

$$\nu = 0,0731E - 0,0631 \frac{1}{E};$$

$$\nu = 0,0828E - 0,08332 \frac{1}{E};$$

$$\nu = \frac{1}{11,995} \cdot 10^{-2} \frac{1}{\lg \frac{h_0}{h_1}} T - 3,033(h_0 - h_1) \frac{1}{T}.$$

bunda,  $E = \frac{T}{T_0}$  – Engler haroratlari;  $h_0, h_1$  – mos ravishda harakatdan oldingi va harakat tugagandagi idishdagi suyuqlik sathlari;  $T$  – sathning pasayishiga mos keluvchi vaqt.



1.8-rasm. Engler viskozimetri

Viskozimetr nazariyasi aniq ishlab chiqilmaganligi sababli oʻlchov natijalari bilan ushbu formulalar oʻrtasida tafovut mavjudligini alohida taʼkidlash maqsadga muvofiqdir.

## 1.2. REAL VA IDEAL SUYUQLIKLAR

Suyuqliklarning harakat qonuniyatlarini oʻrganishda yopishqoqlik, ichki ishqalanish kuchlari asosiy rol oʻynaydi. Suyuqliklarning gidrostatik va

gidrodinamik qonuniyatlarini, kinematikasini o'rganishda masalaning qo'yilishiga qarab, uning ishtirokidagi jarayonlarni talqin qilishda asosan matematik apparatdan keng foydalaniladi. Ro'y beradigan jarayonni matematik tenglamalar yordamida yozganimizda, jarayonni to'liq tasvirlagan tenglamalar sistemasidagi noma'lum parametrlar soni bilan sistema tarkibidagi tenglamalar soni o'rtasida nomutunosiblik mavjud bo'ladi. Bu tenglamalar sistemasini yechishda uni qulay ko'rinishga keltirish uchun ma'lum cheklanishlar qabul qilinadi. Bunda suyuqliklarning eng asosiy fizik hossalari inobatga olmasdan masalani o'rganishga to'g'ri keladi. Bunday vaziyatlarda gidravlikada ideal va real suyuqliklar tushunchasi kiritiladi.

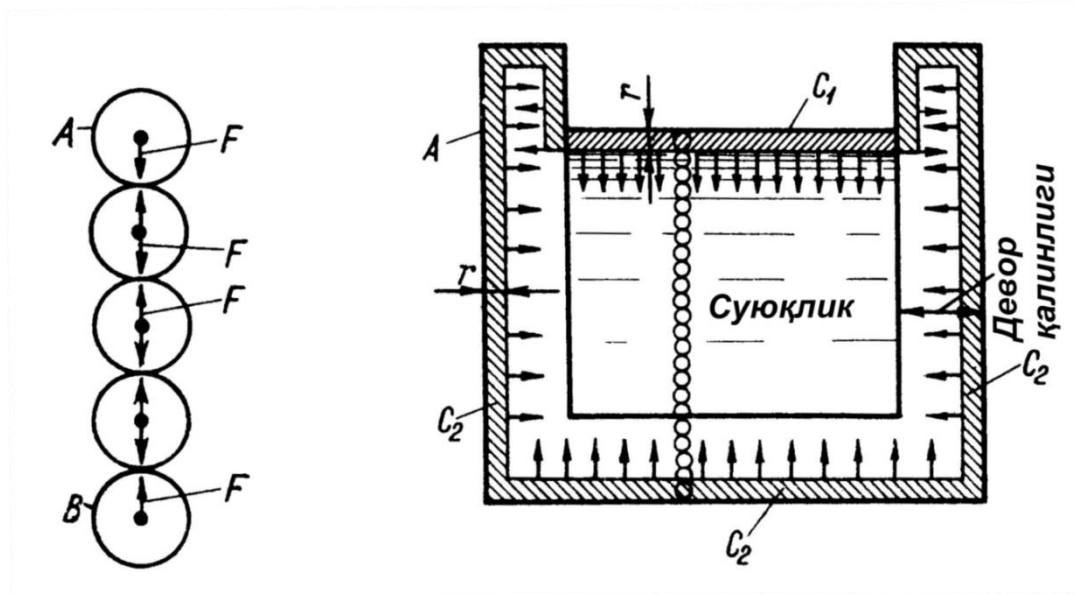
Suyuqliklarning harakat qonuniyatlarini o'rganishda yopishqoqlik, ichki ishqalanish kuchlari asosiy rol o'ynaydi. *Ideal suyuqliklar* tabiatda uchramaydi, ularni absolyut siqiluvchan emas, hajmini mutlaqo o'zgartirmaydi, ko'ndalang kuchlanishlarni qabul qilmaydi, yopishqoqlikka ega emas deb hisoblanadi. Bunday holatda, matematik qonuniyatlarini keltirib chiqarishda suyuqliklar harakati bilan bog'liq bo'lgan qiymatlar bizga qo'l keladi. *Real suyuqlik* zarrachalari harakatchan deb qaralsada, ular cho'zilish va siljish kuchlariga qarshilik ko'rsatadilar. Ko'ndalang kuchlanishlar suyuqliklar harakatida asosiy masalalardan biri hisoblanadi.

Ideal suyuqliklar – suyuqliklarning muvozanat va harakat qonuniyatlarini matematik keltirib chiqarishda asosiy omillardan biri hisoblanadi. Xaqiqiy suyuqliklarga tajribaga asosan topilgan koeffitsientlar yoki kuchlanishlarni o'zgarishini bilgan holda o'tiladi. Shunday qilib, amaliyot nazariya bilan bog'lanadi.

### **1.3. MOLEKULYAR BOSIM**

Aziz o'quvchi, Sizga fizika kursidan ma'lumki, suyuqlik bir-biriga ma'lum kuch bilan ta'sir etuvchi molekulalardan iborat.

Agar biz qator ustun shaklidagi shariklar (1.9-rasm)ni o‘zaro  $F$  kuch ta’siri ostida joylashgan deb faraz qilsak, eng chetda joylashgan ( $A$  va  $V$ ) shariklardan boshqa hammasi befarq holatda joylashganligini ko‘rishimiz mumkin.



1.9-rasm. O‘zaro ta’sirdagi jismlar shartli sxemasi

1.10-rasm. Molekulyar bosim.  
 $S_1$  – suyuqlikning molekulyar bosimini ko‘rsatuvchi sirtqi qatlami

Qo‘shni shar tomonidan har bir sharga ta’sir etuvchi  $R$  ikki  $F$  kuchlar o‘zaro muvozanatlashadi.  $A$  va  $V$  shariklarga esa faqat tashqi  $F$  kuchlar ta’sir etadi, bundan tashqari bu shariklardan iborat ustun  $F$  kuch tomonidan siqiladi.

Bu shartli sxemaga asosan biror bir idishda joylashgan suyuqlik (1.10-rasm) qalinligi  $r$  – molekulyar ta’sirga teng bo‘lgan  $S_1$  sirtqi qatlami bilan siqilishi kerak. Bunda  $r$  radius molekula markazidan tortish kuchi qo‘shilish nuqtasigacha bo‘lgan masofa bo‘lib, nihoyatda kichik kattalikdir.  $S_1$  ingichka suyuqlik qatlami tomonidan suyuqlikka siquvchi kattalik nihoyatda katta kattalik bo‘lib, suv uchun bu taxminan 11000 atm ga tengligi tajribalar asosida aniqlangan. Bu bosim **molekulyar bosim** deb ataladi.

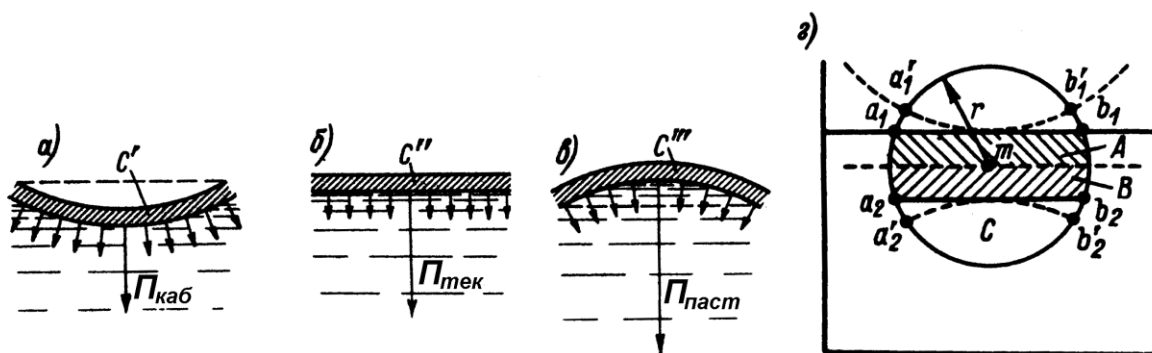
Molekulyar bosimga nisbatan tashqi kuchlar ancha kichik bo‘lganligi

sababli suyuqliklar kamroq siqiladi.

Eng asosiysi biz quyidagi holatga o‘z e‘tiborimizni qaratishimiz kerak:

a)  $S_1$  – tashqi suyuqlik qatlamini o‘zaro tortishuv kuchi bilan bog‘liq  $A$  molekulalar to‘plami deb qabul qilib (1.9 va 1.10-rasmlar),  $C'$  – tekis molekulyar sirt tomonidan paydo bo‘ladigan  $\Pi_{mek}$  molekulyar bosimi (suv uchun 11000 atm) (1.11, a-chizma) qabariq  $C''$  sirt qatlam tomonidan paydo bo‘ladigan (1.11, b-rasm)  $\Pi_{kab}$  qabariq qatlam molekulyar bosimidan kichik bo‘lib, pastki sirtqi bosim  $C'''$  (1.11, v-rasm) tomonidan paydo bo‘ladigan  $\Pi_{nacm}$  molekulyar bosimdan katta bo‘lishligini isbotlash mumkin:

$$\Pi_{nacm} < \Pi_{mek} < \Pi_{kab}$$



1.11-rasm. Turli egrilikdagi tashqi sirt molekulyar bosimi.

$$(\Pi_{kab} > \Pi_{tek} > \Pi_{past})$$

Bu fikr fizika kursida quyidagicha isbotlanadi.  $a_1 b_1$  sirt yaqinida joylashgan  $m$  molekulasini ko‘rib chiqamiz. (1.11, g-rasm).  $r$  – molekulyar radiusda joylashgan boshqa molekulalar,  $m$  molekulani o‘zlariga tortishadi. Molekulalarni havo tortishini inobatga olmaymiz.

$A$  va  $V$  sohalarda joylashgan kuchlarning  $m$  molekulaga ta‘siri o‘zaro muvozanatlashadi, shu sababli  $m$  molekula faqat  $S$  sohadagi molekulalar ta‘sirida tortiladi.  $S$  soha tekis sirt holatida  $a_2 b_2$  va  $a_1 b_1$  gorizontaal chiziqlar

bilan chegaralangan, qabariq sirt holatida  $a_2 b_2$  va  $a'_1 b'_1$  gorizontaal chiziqlar bilan chegaralangan.  $S$  soha yuqoridan  $a_2 b_2$  bilan chegaralanganligi sababli, har doim  $a'_2 b'_2$  gorizontaal chiziq bilan chegaralangan  $S$  sohadan katta, demak,  $\Pi_{kab} < \Pi_{tek}$ , chunki  $F$  kuch  $m$  molekulani tortuvchi molekulalarni o'z ichiga oluvchi  $S$  sohani kattalashishi bilan oshadi. Xuddi shu tarzda fikr yuritib,  $\Pi_{tek} < \Pi_{kab}$  ham isbotlaymiz.

b) Umuman olganda,  $A$  idishdagi suyuqlik molekulalarni shu idish molekulalari bilan birgalikda ko'rib chiqish kerak. Shundagina «suyuqlik – idish devori» sistemasi tashqi qatlamlar tomonida tekis siqilishini tushunish mumkin (1.10-rasmda shtrixlangan sirt qatlamlari  $S_1$  suyuqlikniki,  $S_2$  – idish devori materialiniki).

Bundan xulosa qilish mumkinki, qanchalik molekulyar bosim katta bo'lmasin, u suyuqlik joylashgan idish devorini buza olmaydi. Bu bosim qanchalik katta bo'lmasin u hech qachon biror ko'rinish bilan nazarga tushmaydi va hech qanday asbob bilan o'lchab bo'lmaydi. Shuning uchun suyuqlik ichidagi yoki uning idish devoriga ta'sir etuvchi bosimi haqida fikr yuritganda biz molekulyar bosimni hisobga olmaymiz. Faqat biz bunda bu bosimni mavjud emas deb hisoblab, kapillyarlik masalasini inobatga olishimizga to'g'ri keladi.

#### 1.4. SUYUQLIKNING HUSUSIY HOLATLARI

Bizga ma'lumki, suyuqlik yaxlit bir jism emas, balki bir biriga juda yaqin joylashgan molekulalar majmuasidan iborat fizik jismdir. Lekin ko'pgina gidrodinamik masalalar yechimini topishda u yaxlit bir jinsli jism deb qaraladi. Bundan keyin biz suyuqlikni xuddi shunday jism deb qaraymiz. Biz Siz bilan suyuqlikni o'rganiluvchi ob'ekt sifatida qarab, gidrotexnik amaliyot uchun suvga nisbatan bu holatni o'rganib chiqamiz.

**Harorat ta'sirida suyuqlikning kengayishi.** Bizga ma'lumki, agar suyuqlikka haroratni ko'tarish yo'li bilan ta'sir etsak, hajmining kengayish jarayonini kuzatamiz. Gidravlikada suyuqlikdagi bu o'zgarish suyuqlikning harorat ta'siridagi kengayish koeffitsienti deb ataluvchi kattalik bilan xarakterlanadi. Birlik hajmdagi suyuqlikning temperaturasi  $1^{\circ}\text{S}$  ga oshirilganda kengaygan miqdori uning hajmiy kengayish koeffitsienti deyiladi va  $\beta_{t^0}$  harfi bilan belgilanib, harorat ta'siri ostida suyuqlikning nisbiy hajm kengayishini harorat o'zgarishiga nisbati bilan aniqlanadi.

$$\beta_{t^0} = \frac{1}{V} \frac{\Delta V}{\Delta t},$$

bunda,  $\Delta V = V - V_0$  – qizdirilgandan keyingi va boshlang'ich xajmlar farqi;  
 $\Delta t = t - t_0$  – haroratlar farqi.

Bu koeffitsient bosim va haroratning turli qiymatlarida:

suv uchun  $\beta_{t^0} = 0,00014 \div 0,00066 \left[ \frac{1}{t^0} \right]$ ;

simob uchun  $\beta_{t^0} \approx 0,00018 \left[ \frac{1}{t^0} \right]$ ;

neft mahsulotlari uchun  $\beta_{t^0} = 0,0006 \div 0,0008 \left[ \frac{1}{t^0} \right]$  gacha o'zgaradi.

**Suyuqlikning cho'zuvchi kuchlanishlarga qarshiligi.** Ko'p yillik ilmiy tadqiqotlar natijasiga asoslanib, nisbiy tinch holatdagi suyuqlikning cho'zuvchi kuchlanishlarga qarshiligi mavjudligi aniqlangan. Masalan, simob ma'lum bir sharoitda  $100 \text{ kG/cm}^2$  ga teng bo'lgan cho'zuvchi kuchlanish uzilmasdan yaxlit holatini saqlab qolgan.

Odatdagi oddiy holatlarda suyuqlikning cho'zilishi uning tekis taqsimlangan har tomonlama cho'zilishdan farq qiladi, shu sababli unda urinma kuchlanishlar paydo bo'ladi va cho'zuvchi kuchlanishlar ta'sirida suyuqlik oqa boshlaydi.

Buni e'tiborga olgan holda ko'pgina amaliy holatlarda nisbiy tinch

holatdagi suyuqlik cho‘zuvchi kuchlanishlarga qarshilik qilmaydi, deb hisoblanadi.

**Harakatdagi suyuqlikning urinma kuchlanishlarga qarshiligi.** Biz keyinroq harakatlanayotgan real holatdagi suyuqliklarda ishqalanish kuchlari paydo bo‘lishi haqida batafsil to‘xtalamiz. Bu kuchlar suyuqlik ichida tashqi kuchlar ta’sirida paydo bo‘luvchi ichki urinma kuchlarni muvozanatlashuvini ta’minlaydi.

Bu kuch kattaligi suyuqlik turiga va suyuqlik zarrachalarining nisbiy ko‘chish tezligiga bog‘liqdir. Bu masalaga suyuqlik oqimining o‘rtacha tezligini o‘rganishimiz jarayonida batafsil to‘xtalib o‘tamiz.

**1-holat.** Suvni qattiq jism yoki gaz holatiga o‘tishi.

1. Suvda kristallsimon muzning paydo bo‘lishi. Bosimni oshishi yoki haroratni kamayishi natijasida suvda kristallsimon muz paydo bo‘ladi. Ikki fazali sistema paydo bo‘ladi (suv + muz).
2. Suvda havo va suv parlari bilan to‘lgan sohalarning paydo bo‘lishi. Qaynash va kavitatsiya. Ko‘pincha amaliyotda suvda havo aralashgan bo‘ladi.  $r$  bosimning kamayishi yoki  $t^0$  haroratning oshishi natijasida havo ajralib chiqib boshlaydi va suvda ajralishlar paydo bo‘ladi. Bu jarayon toki havo bo‘shliqlarini suvning erkin sirti orqali chiqib ketgunga qadar davom etadi.

Endi tarkibida havo bo‘lmagan suvni ko‘rib chiqamiz.

$p_{t,b}$  harfi bilan suv bug‘ining bosimini belgilaymiz va uni to‘yingan bug‘ bosimi deb ataymiz. Bu  $t^0$  haroratga bog‘liq kattalikdir.

$$p_{t,b} = f(t^0) - \text{suv bug‘i uchun}$$

1.5-jadval

$t^0, ^\circ C$	0	25	50	75	100	125	150
$p_{t,b}, kg/sm^2$	0,006	0,032	0,126	0,392	1,032	2,370	4,850

Jadvaldan ko‘rinib turibdiki, bu ikkala kattalik o‘zaro to‘g‘ri proporsional. Faraz qilaylik, bizda  $t^0$  haroratli,  $r$  bosimli yaxlit – uzluksiz suyuq fizik jismga egamiz.

Faraz qilaylik, ma’lum sabablarga ko‘ra  $t^0$  harorat osha boshlaydi yoki  $r$  bosim kamaya boshlaydi, demak,

$$p < p_{t,b}$$

Tajribalar natijasi ko‘rsatganki, bunday holatlarda suyuqlik ichida to‘yingan bug‘ bilan to‘lgan pufakchalar paydo bo‘la boshlagan. Bunda ikki fazali suyuqlik (suv + bo‘shliq) paydo bo‘lgan, pufakchani yo‘qotish uchun  $p > p_{t,b}$  munosabatga erishish kerak. Mana shu suv tarkibida pufakchalar paydo bo‘lishiga qarab, ikki xil jarayon yuz beradi: qaynash va kavitatsiya.

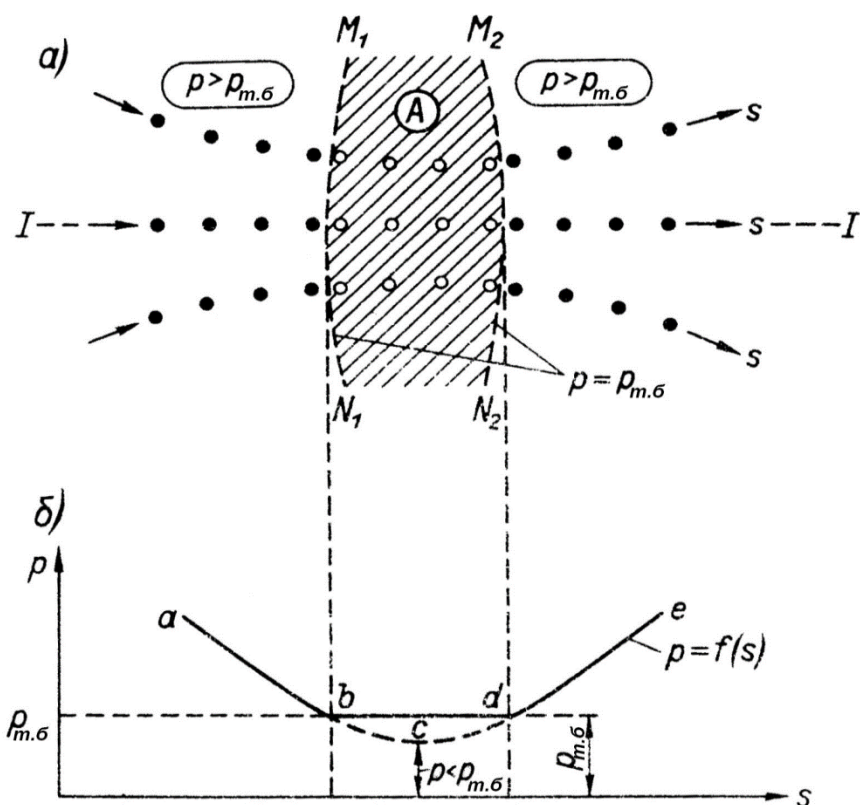
**Suyuqlikning qaynashi**, to‘yingan bug‘ bilan to‘yingan pufakchalar  $p > p_{t,b}$  munosabat bajarilganda paydo bo‘lib, suyuqlik erkin sirti orqali chiqishi hodisasiga aytiladi.

**Suyuqlik kavitatsiyasi** – shu pufakchalarning harakatlanayotgan suyuqlik ichida yorilishi hodisasiga aytiladi. Pufakchalarning bunday ajralishi quvurlardagi suyuqlikning keskin ochilishi natijasida harakatga kelganda (qarang, Gidravlik zarbga doir mavzular) ham ro‘y beradi. Bu hodisani to‘liqroq tushunish uchun 1-1 chiziq bo‘ylab (1.7, *a*-rasm), *abcde* yo‘nalishida (1.12, *b*-rasm) oqimni ko‘rib chiqamiz. A sohada (rasmda shtrixlangan) bosim  $p > p_{t,b}$ .  $M_1 N_1$  va  $M_2 N_2$  chiziqlar bu soha chegarasi hisoblanadi. Bu chegaralarning barcha nuqtalarida  $p = p_{t,b}$ .

$M_1 N_1$  chiziqdan o‘tganda pufakchalarlar ochilib,  $p < p_{e,b}$  bo‘lganligi uchun  $M_2 N_2$  chiziqqa borgunchayoriladilar. Garchand A zonada ikki fazali oqim mavjud bo‘lsada  $M_2 N_2$  chiziqda yaxlit massaga ega bo‘lamiz.

Bu hodisa *kavitatsiya hodisasi* deyiladi (*kavitatsiya* – lotinchadan *bo‘shliq* degan ma’noni bildiradi).





1.12-rasm. Kavitatsiya hodisasi.

$M_1N_1$  – bo‘shliqlarning ochilish joyi;

$M_2N_2$  – bo‘shliqlarning yorilish joyi.

Ko‘pincha amaliyotda  $M_2 N_2$  chiziqda yuz beradigan jarayonda kuchli zarblar paydo bo‘lib, u bosqichma-bosqich qattiq devorni yemira boshlaydi va bu hodisa *kavitatsion eroziya* deb ataladi.

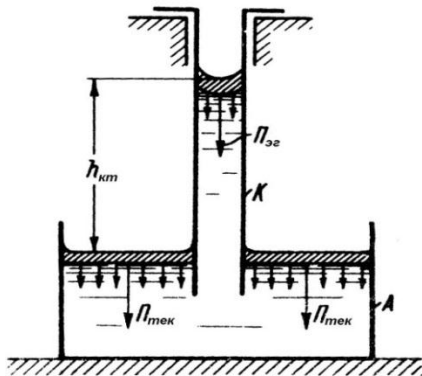
Shuni ta’kidlash kerakki, A sohada bo‘shliqlarni paydo bo‘lishi, bu yerda bosimni  $p_{b,t}$  kattalikdan kichik qiymatga o‘tishiga qarshilik qiladi. Shu sababli *abcde* o‘rniga *abde* egrilik ko‘rinishida bosim o‘zgaradi. Shunga asosan suvdagi bosimning amaliy qiymati  $p_{b,t}$  kichik bo‘lishi mumkin emas.

**2-holat.** *Harakatlanayotgan suyuqlikka gazsimon va qattiq jism qo‘shilishi.*

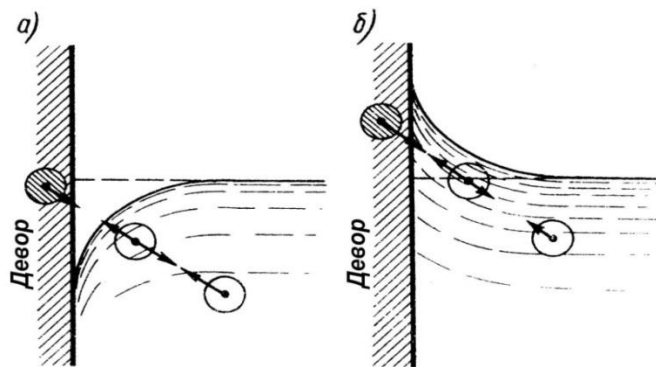
$P_{tek}$  – idishdagi suyuqlik sathidagi bosim;  $P_{eg}$  – nayda suyuqlik sathidagi bosim.

Agar suyuqlik zarrachalarining o‘zaro tortishish kuchi qattiq devor va

suyuqlik zarrachalari o'rtasidagi tortishish kuchidan katta bo'lsa devor namlanadi (1.14, *a*-rasm), Agar suyuqlik zarrachalarining o'zaro tortishish kuchi qattiq devorva suyuqlik zarrachalari o'rtasidagi tortishish kuchidan kichik bo'lsa devor namlanmaydi (1.14, *b*-rasm).



1.13-rasm. Molekulyar bosimlar ( $P_{tek}-P_{eg}$ ) farqi



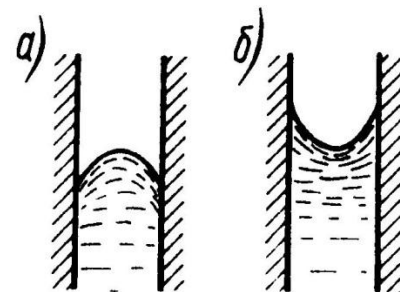
1.14-rasm. Namlanmaydigan (*a*) va namlanuvchi devorlar hisobiga hosil bo'luvchi kapillyar ko'tarilish

## 1.5. SUYUQLIKNING KAPILLYARLIGI

Aziz o'quvchi, kapillyarlik masalasi gidrotexnika sohasida juda katta ahamiyatga egaligini inobatga olib bu haqda batafsilroq to'xtalamiz.

Idish va naychadagi suyuqlik bosimlari hisobiga suyuqlik naycha orqali ko'tariladi (1.15-rasm). Naychadagi suyuqlikning idishdagi suyuqlikning sathidan yuqoridagi miqdori *kapillyar suyuqlik* deyiladi. Uning ko'tarilishi esa *kapillyar ko'tarilish* deyiladi.

Umuman, tabiatda suyuqlik havo bilan aralashgan holatda bo'ladi. Bosimning pasayishi natijasida yoki suyuqlik haroratining oshishi natijasida suyuqlikning alohida elementar hajmlaridan havo ajralib chiqa boshlaydi va suyuqlikda uzilish paydo bo'ladi. Bu uzluksizlikning buzilishi toki ajralgan havo pufakchalarini suyuqlik sathiga chiqqunicha davom etib, biz bu holatda ikki fazali



1.15- rasm. Namlangan (*a*) va namlanmagan (*b*) naychalar

sistemaga ega bo‘lamiz.

Shunday qilib, suyuqlikning sirt taranglik kuchlari ta’sirida kichik diametrli naychalarda ko‘tarilishi yoki pasayishi *kapillyarlik* deb ataladi.

***Oqim aeratsiyasi.*** Agarkattatezlik bilan harakatlanayotgan oqim qatlamlari orasiga havo kirib qolsa, bunda suv bilan havo pufakchalari birgalikdagi ikki fazali sistema harakati kuzatiladi. Bu hodisa *oqim aeratsiyasi* deyiladi.

***Oqimning loyqa zarrachalarini o‘z tarkibiga olib harakatlanishi.*** Agar suv oqimi yuviladigan o‘zanda harakatlansa (masalan, mayda qumdan iborat o‘zan) oqimning katta tezliklarida u qum bilan to‘yina boshlaydi. Bu holatda ham ikki fazali sistemaga ega bo‘lamiz. Shuni ta’kidlash lozimki, bu holatda oqim tarkibida harakatlanayotgan qum zarrachalaridan tashqari, o‘zan tubi bo‘ylab harakatlanadigan qum qatlamlari ham mavjud bo‘ladi.

***Suyuqliklarning muvozanat (tinch) va harakati davomida ta’sir etuvchi kuchlar.*** Suyuqliklarga ta’sir etuvchi kuchlarni ikki turga bo‘lish mumkin:

***Massa kuchlari*** – suyuqliklar tomchisi (zarrasi) massasiga proporsional kuchlar. Bir jinsli suyuqliklarda massa kuchlarini hajmga proporsional kuchlar deb atash mumkin. Bunday kuchlarga – og‘irlik kuchlari, inertsiya kuchlari va boshqalar kiradi.

$$F = mA \quad (1.15)$$

bunda,  $m$ – $V$  hajmdagi suyuqlikning massasi;

$A$  – nisbiy solishtirma massa birligidagi kuch, ya’ni tezlanish.

***Tashqi yuzaga ta’sir etuvchi kuchlar*** – suyuqlik tashqi yuzasiga proporsional bo‘lgan kuchlar. Bu kuchlar turkumiga – sirtga normal yo‘nalgan siquvchi bosim kuchlari va ko‘ndalang ishqalanish kuchlari kiradi. Masalan:

$$P = p\omega = \sigma\omega \quad (1.16)$$

$$T = \tau\omega \quad (1.17)$$

bunda,  $P$  – bosim kuchi;

$T$  – ishqalanish kuchi;

$\sigma$  – suyuqliklar harakatidagi siqiluvchan normal kuchlanish;

$\tau$  – suyuqliklar harakatidagi ko‘ndalang ichki kuchlanish;

$\omega$  – kuch ta‘sir etayotgan yuza.

Yuqorida zikr etilgan kuchlar tashqi kuchlar turkumiga kiradi. Ichki kuchlar esa suyuqliklarning zarralarini bir-biriga ta‘cirini ko‘rsatadi va berilgan hajmda juft kuchlar bo‘lganligidan ularning yig‘indisi hamma vaqt nolga teng bo‘ladi.

## I bobga doir test-nazorat savollari

### 1. Hidravlika fanining predmeti?

- a) Hidravlika – tabiiy fanlardan biri bo‘lib, suyuqlikning nisbiy tinch holat va harakat qonuniyatlarini o‘rganadi va bu qonuniyatlarni kishilar jamiyatining mehnat faoliyatida qo‘llash uchun uslublar yaratadi;
- b) Hidravlika – tabiiy fanlardan biri bo‘lib, suyuqlikning nisbiy tinch holat qonuniyatlarini o‘rganadi;
- c) Hidravlika – suyuqlikning harakat qonuniyatlarini o‘rganadi va bu qonuniyatlarni kishilar jamiyatining mehnat faoliyatida qo‘llash uchun uslublar yaratadi;
- d) Hidravlika – qattiq jismlarning nisbiy tinch holat va harakat qonuniyatlarini o‘rganadi va bu qonuniyatlarni kishilar jamiyatining mehnat faoliyatida qo‘llash uchun uslublar yaratadi.

### 2. Puaz qanday o‘lchov birlik?

- a) Dinamik yopishqoqlik koeffitsientining o‘lchov birligi;
- b) Kinematik yopishqoqlik koeffitsientining o‘lchov birligi;
- c) Dinamik yopishqoqlik koeffitsientining g‘adir-budirlik koeffitsientiga nisbati o‘lchov birligi;

d) Dinamik yopishqoqlik koeffitsientining erkin tushish tezlanishiga nisbati o‘lchov birligi;

### **3. Stoks qanday o‘lchov birlik?**

a) Dinamik yopishqoqlik koeffitsientining o‘lchov birligi;

b) Kinematik yopishqoqlik koeffitsientining o‘lchov birligi;

c) Dinamik yopishqoqlik koeffitsientining g‘adir-budirlik koeffitsientiga nisbati o‘lchov birligi;

d) Dinamik yopishqoqlik koeffitsientining erkin tushish tezlanishiga nisbati o‘lchov birligi;

### **4. Suyuqlikning kinematik yopishqoqligi nima?**

a) Dinamik yopishqoqlik koeffitsientini zichlikga nisbati;

b) Dinamik yopishqoqlik koeffitsientining xajmiy og‘irlikga nisbati;

c) Dinamik yopishqoqlik koeffitsientining g‘adir-budirlik koeffitsientiga nisbati;

d) Dinamik yopishqoqlik koeffitsientining erkin tushish tezlanishiga nisbati.

### **5. Suyuqlikning dinamik yopishqoqligi nima?**

a) Suyuqlikning ichki ishqalanish kuchlarini xarakterlovchi kattalik;

b) Kinematik yopishqoqlik koeffitsientining xajmiy og‘irlikka ko‘paytmasi;

c) Kinematik yopishqoqlik koeffitsientining g‘adir-budirlik koeffitsientiga nisbati;

d) Kinematik yopishqoqlik koeffitsientining erkin tushish tezlanishiga nisbati.

### **6. Ideal va real suyuqliklar orasida qanday tafovut mavjud?**

a) Ideal suyuqliklarning zarrachalar o‘rtasida o‘zaro ta’sir kuchi mavjud bo‘lib, real suyuqliklar zarrachalari bir-biri bilan o‘zar ta’sirda bo‘lmaydi;

b) Ideal suyuqliklarning zarrachalar o‘rtasida o‘zaro ta’sir kuchi mavjud emas

deb qabul qilinsa, real suyuqliklar zarrachalari bir-biri bilan o‘zar ta’sirda bo‘ladi:

- c) Ideal suyuqliklar tabiatda mavjud, real suyuqliklar esa tabiatda mavjud emas;
- d) Ideal suyuqliklar zichliklari o‘zgaruvchan, real suyuqliklar zichliklari o‘zgarmasdir.

### **7. Suyuqlikning solishtirma (hajmiy) og‘irligi nima?**

- a) Birlik hajmdagi suyuqlikning massasi;
- b) Birlik hajmdagi suyuqlikning og‘irligi ;
- c) Suyuqlikning og‘irligi;
- d) Suyuqlikning massasi;

### **8. Suyuqlikning zichligi nima?**

- a) Birlik hajmdagi suyuqlikning massasi;
- b) Birlik hajmdagi suyuqlikning og‘irligi ;
- c) Suyuqlikning og‘irligi ;
- d) Suyuqlikning massasi;

### **9. Suyuqlik qattiq jism va gazlardan qanday farq qiladi?**

- a) Qattiq jismlarda zichlik o‘zgaruvchandir, gazlarda esa u doimiy qiymatga egadir;
- b) Qattiq jismlar bosim ta’sirida siqiluvchandir, gazlar esa bosim ta’sirida siqilmaydi;
- c) Qattiq jismlar bosim ta’sirida siqilmaydi, gazlar esa bosim ta’sirida o‘zgarmas zichlikka ega;
- d) Qattiq jismlarda zichlik o‘zgarmas kattalikka ega, gazlarda esa u o‘zgaruvchandir.

### **10. Kapillyarlik nima?**

- a) Suyuqlikning hajmiy kuchlari ta'sirida kichik diametrli naychalarda ko'tarilishi yoki pasayishi kapillyarlik deb ataladi;
- b) Suyuqlikning og'irlik kuchi ta'sirida kichik diametrli naychalarda ko'tarilishi yoki pasayishi kapillyarlik deb ataladi;
- c) Suyuqlikning sirt taranglik kuchlari ta'sirida kichik diametrli naychalarda ko'tarilishi yoki pasayishi kapillyarlik deb ataladi;
- d) Suyuqlikning sirt inertsion kuchlar ta'sirida kichik diametrli naychalarda ko'tarilishi yoki pasayishi kapillyarlik deb ataladi

### **11. Aeratsiya tushunchasiniqanday ta'riflash mumkin?**

- a) Kattatezlik bilan harakatlanayotgan oqim qatlamlari orasiga havo kirgan holda suv bilan havo pufakchalarining birgalikdagi ikki fazali oqim ko'rinishidagi harakati aeratsiya deyiladi.

### **12. Kavitatsiya tushunchasiiga ta'rif bering.**

- a) Suyuqlik kavitatsiyasideb, havo pufakchalarining harakatlanayotgan suyuqlik ichidan ajralib chiqib harakatlanishiga aytiladi;
- b) Suyuqlik kavitatsiyasideb, havo pufakchalarining suyuqlik massasi bilan birgalikdagi harakatiga aytiladi;
- c) Suyuqlik kavitatsiyasideb, turli fizik hossalarga ega bo'lgan suyuqlik massalarining birgalikdagi harakatiga aytiladi;
- d) Suyuqlik kavitatsiyasideb, havo pufakchalarining harakatlanayotgan suyuqlik ichida yorilishi hodisasiga aytiladi;

### **13. Kavitatsion eroziyatushunchasiga ta'rif bering.**

- a) Harakatlanayotgan suyuqlik ichidagi havo pufakchalarining yorilishi natijasida paydo bo'ladigan zarb ta'sirida harakatlanayotgan suyuqlikni o'rab turgan qattiq devorning yemirilishi kavitatsion eroziya deyiladi;
- b) Harakatlanayotgan suyuqlik ta'sirida qattiq devorning yemirilishi kavitatsion

eroziya deyiladi;

- c) Harakatlanayotgan suyuqlikning kinetik energiyasi ta'sirida qattiq devorning yemirilishi kavitatsion eroziya deyiladi;
- d) Harakatlanayotgan suyuqlikning potentsial energiyasi ta'sirida qattiq devorning yemirilishi kavitatsion eroziya deyiladi;

**14. Harakatlanayotgan suyuqlik qatlamlari oralig'idagi ichki ishqalanish kuchlarining dinamik yopishqoqlik koeffitsienti, qatlamning ishqalanish yuzasi hamda tezlik gradienti  $\left(T = \mu\omega \frac{du}{dh}\right)$  ga proportsionalligi haqidagi**

**gipotezani bashorat qilgan olimning nomini aniqlang.**

- a) Ya.I.Frenkel;
- b) N.P.Petrov;
- c) Kulon;
- d) I.Nyuton.

**15. Nonyuton suyuqliklar deganda qanaqa suyuqliklarni tushushunasiz?**

- a) Nyuton qonuniyatga bo'ysunadigan suyuqliklarga aytiladi;
- b) Nyuton qonuniyatga bo'ysunmaydigan suyuqliklarga aytiladi;
- c)  $\tau = \tau_0 + \mu \frac{du}{dn}$  qonuniyatga bo'ysunadigan suyuqliklarga aytiladi;
- d)  $\tau = \mu \frac{du}{dn}$  qonuniyatga bo'ysunadigan suyuqliklarga aytiladi.

**16. N.Ye.Jukovskiy viskozimetri kandy yopishqoqlikni o'lchash imkoniyatini beradi?**

- a) Kinematik yopishqoqlik koeffitsientini;
- b) Umumiy yopishqoqlikni;



- c) Dinamik yopishqoqlikni;
- d) To'g'ri javob yo'q.

**17. Engler viskozimetri kandy yopishqoqlikni o'lchash imkoniyatini beradi?**

- a) Kinematik yopishqoqlik koeffitsientini;
- b) Umumiy yopishqoqlikni;
- c) Dinamik yopishqoqlikni;
- d) To'g'ri javob yo'q.

**18. Kapillyar viskozimetrlarni ko'rsating.**

- a) Engler, Ostvald viskozimetrlari;
- b) N.Ye.Jukovskiy, Pinkevich viskozimetrlari;
- c) Bingam, Ostvald viskozimetrlari;
- d) Barchasi to'g'ri.

**19. Engler viskozimetriga asosan kinematik yopishqoqlik koeffitsientini hisoblash imkoniyatini beradigan Pomerantsev formulasini ko'rsating?**

- a)  $\nu = 0,0731E - 0,0631 \frac{1}{E}$ ;
- b)  $\nu = 0,0828E - 0,08332 \frac{1}{E}$ ;
- c)  $\nu = \frac{1}{11,995} \cdot 10^{-2} \frac{1}{\lg \frac{h_0}{h_1}} T - 3,033(h_0 - h_1) \frac{1}{T}$ .

- d) Barchasi to'g'ri.

**20. Ikki koaksial tsilindrli viskozimetrlar qanday yopishqoqlikni aniqlash imkoniyatini beradi?**

- a) Kinematik yopishqoqlik koeffitsientini;

- b)* Umumiy yopishqoqlikni;
- c)* Dinamik yopishqoqlikni;
- d)* To'g'ri javob yo'q.