

12-MAVZU. MODDANING SUYUQ HOLATI.

Moddaning suyuq holati. Suyuqlikning tuzilishi. Sirt taranglik. Suyuqliklarning egri sirti ostidagi bosimi. Suyuqlik bilan qattiq jism chegarasidagi hodisalar. Kapillyarlik. Kapilyarlik hodisasini binolarga ta'siri.

Moddalar uch agregat (gaz, suyuq, qattiq) holatda bo'lib, ularning fizik xususiyatlari holat parametrlari o'zgarishi bilan bir-biriga o'xshash bo'lishi ham yoki tubdan farq qilishi ham mumkin.

Moddaning suyuq holati uning gazsimon hamda qattiq holatlari orasidagi oraliq holat bo'lib, u ikkala holat bilan ma'lum o'xshashliklarga ega bo'ladi.

Suyuqliklarning boshqa agregat holatlardan farq qiluvchi eng muhim xususiyatlari quyidagilardir:

1. Normal sharoitda gaz molekulalari orasidagi masofa ularning o'lchamlariga nisbatan juda kata bo'lib, zichligi kichik va siqiluvchan bo'ladi, ya'ni gaz molekulalari orasidagi o'zaro tortishish kuchi juda kichik bo'lganligidan u o'zi solingan idish hajmini to'la egallaydi va idish shaklini oladi.

Suyuqlik molekulalari esa bir-biriga juda yaqin joylashgan bo'lib, ular orasidagi o'zaro ta'sir kuchi gaz molekulalari orasidagi o'zaro ta'sir kuchidan bir necha yuz marta katta bo'ladi. Suyuqliklarning zichligi gazlar zichligidan ancha katta, binobarin, ular juda kam siqiluvchandir. Shuning uchun suyuqlik gaz kabi o'zi quyilgan idish shaklini olsa-da, lekin qattiq jism kabi o'z hajmiga ega bo'ladi.

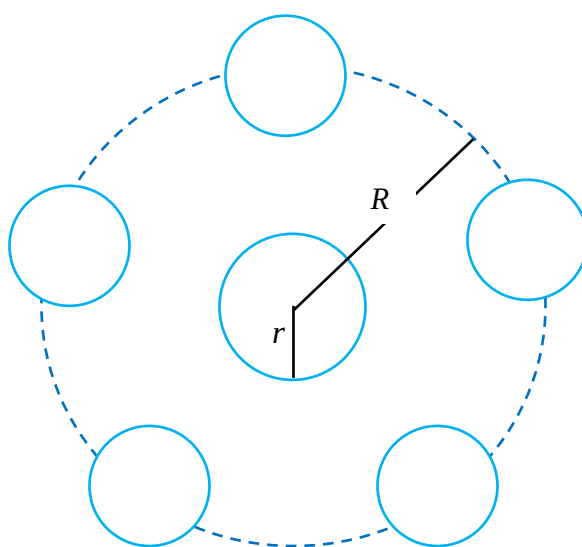
Suyuqlik molekulalari qattiq jism molekulalari kabi zich joylashgan bo'lsa-da, uning ixtiyoriy idish shaklini egallashi, ya'ni oquvchanligi suyuqlik molekulalarining ozmi-ko'pmi bir-biriga nisbatan erkin harakat qilishini ko'rsatadi. Shunday qilib, gaz holati bilan qattiq holat oralig'idagi moda holati suyuq holatdir.

2. Tajribalar ko'rsatadiki, suyuqliklarning hajmiy kengayish koeffitsiyenti gazlarnikiga nisbatan juda kichik bo'lib, harakterli tomoni shundaki, bosim ortishi bilan hamma suyuqliklar uchun bu koeffitsiyent deyarli bir xil bo'ladi.

3. Suyuqliklarning yopishqoqligi gazlarnikiga nisbatan juda katta bo‘ladi va temperatura ortishi bilan kamayadi. Har xil suyuqliklar uchun yopishqoqlik koeffitsiyenti bir-biridan katta farq qiladi.

4. Suyuqliklarning o‘zi solingan idish devori bilan chegaralanmagan erkin sirtga ega bo‘lishi muhim xususiyatlardan biridir.

Suyuqlik ichidagi har bir molekula o‘zini o‘rab olgan boshqa molekulalar bilan o‘zaro ta’sirda bo‘ladi. Suyuqlik molekulalari bir-biriga shunchalik yaqin joylashganki, ular orasidagi ta’sir kuchlari, ancha miqdorda bo‘ladi. Biroq molekulalar orasidagi masofa ortib borishi bilan ta’sir kuchlari kamayib boradi va ma’lum masofadan keyin nolga teng bo‘lib qoladi. Suyuqlik ichida biror molekulani tanlab, uning atrofida markazi shu molekulada yotgan shunday R radiusli sfera o‘tkazaylik (1-rasm). Biz tanlagan molekula shu sfera ichida yotgan hamma molekulalar bilan ta’sirlashadi.

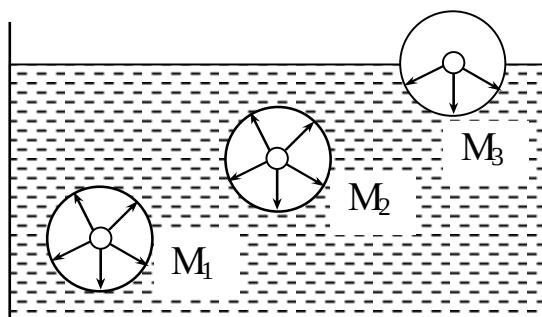


1-Rasm.

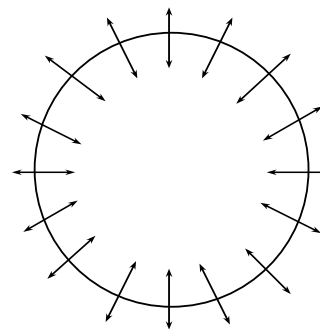
Agar molekulaning ana shu sferadan tashqarida yotgan molekulalar bilan ta’sirini

hisobga olmasa ham bo‘lsa, bu sferani molekulyar ta’sir sferasi, R ni esa molekulyar ta’sir radiusi deb ataladi. Molekulyar ta’sir radiusi taxminan $10^{-9}m$ ga yaqin bo‘ladi.

Suyuqlikning ichki qismida turgan M_1 va M_2 , suyuqlik sirtida turgan M_3 molekulalar atrofida molekulyar ta’sir sferasini chizaylik (2a-rasm)



a)



b)

2-Rasm.

Suyuqlik ichki qatlamida turgan M_1 molekulaga barcha ko'shni molekulalar tomonidan sfera radiusi bo'yicha yo'nalgan kuchlar ta'sir qilib, bu kuchlarning teng ta'sir etuvchisi nolga teng bo'ladi, ya'ni:

$$\vec{F} = f_1 + f_2 + f_3 + \dots + f_n = 0. \quad (161)$$

Suyuqlik sirtqi qatlamida yoki unga yaqin qatlamda yotgan molekulaga ham ta'sir sferasi radiusi bo'yicha boshqa molekulalar ta'sir qiladi. Lekin bu kuchlarning teng ta'sir etuvchisi nolga teng bo'lmaydi. Chunki ta'sir sferasining suyuqlik sirtidan chiqib turgan qismi suyuqlik bug'ida bo'lib, bug'dagi molekulalar soni suyuqlikdagi molekulalar sonidan kam bo'ladi. Ravshanki, M_2 va M_3 molekularga ta'sir qilayotgan kuchlarning teng ta'sir etuvchisi suyuqlik ichiga tomon yo'nalgan bo'ladi. Shunday qilib, qalinligi R bo'lgan sirtga yaqin qatlamdagi har bir molekulaga suyuqlikning ichiga qarab yo'nalgan kuch ta'sir qiladi. Suyuqlikning sirtqi qatlami butun suyuqlikka bosim beradi. Bu bosim qatlamning yuz birligida yotgan barcha molekulalarga ta'sir qiluvchi kuchlarning yig'indisiga teng. Bu bosim ichki yoki molekulyar bosim deb ataladi. Bu bosimning ta'sirida suyuqlikning molekulalari bir-biriga yaqinlashib qoladi, bu esa molekulalar orasida, sirt qatlam hosil qilgan siquvchi kuchlarni muvozanatlovchi itarishish kuchlarining vujudga kelishiga sabab bo'ladi.

Molekula suyuqlikning ichkarisidan sirt qatlamiga o'tganida sirt qatlamida ta'sir qiladigan kuchlarga qarshi ish bajarishi kerak. Bu ishni molekula o'zining kinetik energiyasi hisobiga bajaradi va bu ish molekulaning potensial energiyasini

oshirishga sarf bo'ladi. Molekula sirt qatlamidan suyuqlikning ichkarisiga o'tganda uning sirt qatlamida ega bo'lgan potensial energiyasi molekulaning kinetik energiyasiga aylanadi. Shunday qilib, suyuqlikning sirt qatlami qo'shimcha potensial energiyasiga ega bo'ladi.

Har qanday moddani o'z holiga (erkin) qo'yib berilsa, u eng kichik potensial energiyasiga mos keladigan vaziyatni egallaydi. Bu uning muvozanat vaziyati bo'ladi. Binobarin, o'z holiga qo'yib berilgan suyuqlik muvozanat holatini egallash uchun sirt qatlamini qisqartirishga harakat qiladi. Shuning uchun suyuqlik sirtini qisqarishga intiluvchi tarang tortilgan elastik pardaga o'xshatish mumkin. Suyuqlik sirtini bunday tarang holatini sirt tarangligi deb ataladi. Suyuqlikning sirt qatlamida fikran ℓ uzunlikdagi doiraviy konturni ajrataylik (39b-rasm). Kontur bilan chegaralangan suyuqlik sirtining qisqarishga intilishi shunga olib keladiki, shu konturni hosil qiluvchi suyuqlik molekulalarini kontur ichidagi molekulalar tortadi. Tortish kuchlari suyuqlik sirtiga urinma va konturga tik bo'ladi. Suyuqlik sirtini chegaralovchi konturga ta'sir qiluvchi tortishish kuchlarining yig'indisi F sirt taranglik kuchi deyiladi. Bu kuch kontur bo'ylab joylashgan molekulalarning soniga, molekulalar soni esa o'z navbatida konturning ℓ uzunligiga mutanosib bo'ladi:

$$F = \alpha l, \quad (162)$$

bu yerda α - suyuqlikning sirt taranglik koeffitsiyenti.

Konturning uzunlik birligiga ta'sir etuvchi sirt taranglik kuchi sirt taranglik koeffitsiyenti deyiladi, ya'ni:

$$\alpha = \frac{F}{l}. \quad (163)$$

Sirt taranglik koeffitsiyenti suyuqlikning tabiatiga va temperaturaga bog'lik bo'ladi. Temperatura ortishi bilan suyuqlikning molekulalari orasidagi o'rtacha masofa ortgani uchun sirt taranglik koeffitsiyenti kamayadi.

Suyuqlikning temperaturasi kritik temperaturaga yaqinlashganda, sirt taranglik koeffitsiyenti nolga intiladi, chunki kritik nuqtada suyuq va gazsimon holatlar orasidagi farq yo‘qotadi.

Suyuqlik sirt pardasi yuzini ΔS qadar kattalashtirish uchun bajariladigan ishni aniqlaymiz. Buning uchun pardaning chegarasini F kuch yordamida ΔS kesma qadar o‘z – o‘ziga parallel ravishda siljitamiz (40 -rasm).

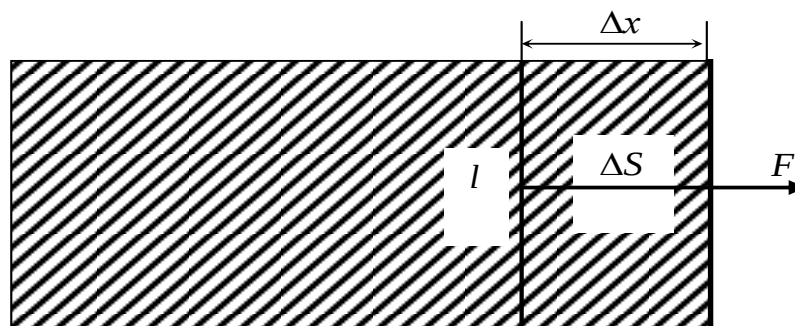
U holda bajarilgan ΔA ish quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$\Delta A = F \cdot \Delta S . \quad (164)$$

Lekin (162) asosan $F = \alpha l$, shuning uchun:

$$\Delta A = \alpha \cdot l \cdot \Delta S , \quad (165)$$

bu yerda: l ΔS ko‘paytma parda yuzining ΔS kattalashishiga teng bo‘ladi,



3– Rasm.

shuning uchun:

$$\Delta A = \alpha \Delta S . \quad (166)$$

Bu ish parda energiyasining ΔW qadar oshishi uchun sarflanadi, shuning uchun:

$$\Delta W = \alpha \Delta S , \quad (167)$$

yoki

$$\alpha = \frac{\Delta W}{\Delta S} . \quad (168)$$

(163) va (168) ifodalardan ko‘rinadiki, SI da sirt taranglik koeffitsiyenti $\frac{N}{m}$ va

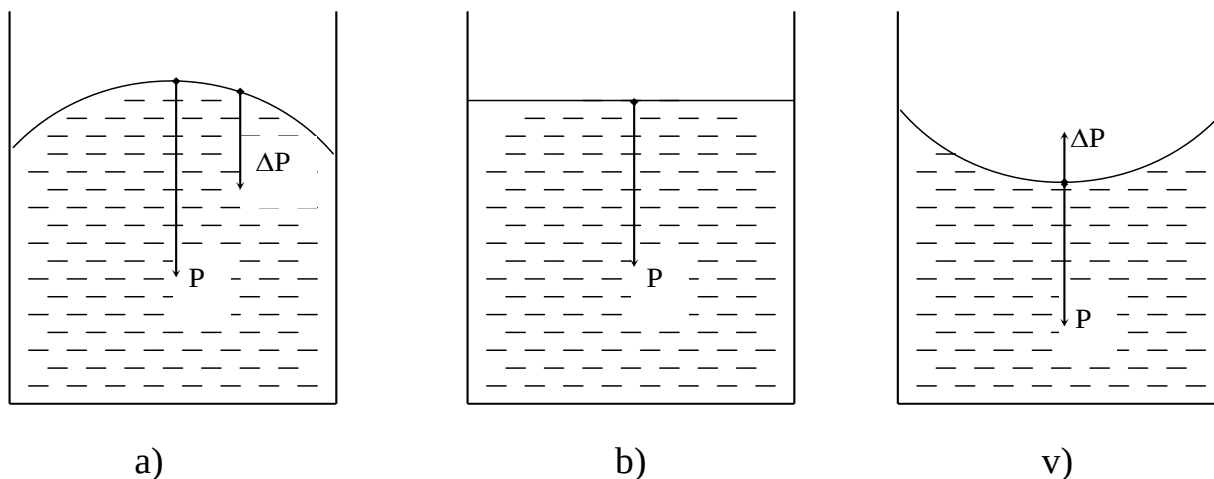
$\frac{J}{m^2}$ hisobida o‘lchanadi.

W energiya parda ichki energiyasining izotermik jarayonda ishga aylanadigan qismidir. Energiyaning bu qismi termodinamikada erkin energiya deyiladi.

Sirt taranglik moddaning suyuq holati uchun harakterli bo'lgan juda ko'p hodisalarni tushuntiradi. Masalan, suyuqlik kichik teshikchadan oqib chiqayotganda tomchilarning hosil bo'lishi, ko'pikning hosil bo'lishi, suv hovzalarida suvning sirtqi pardasida hasharotlar - «suv o'lchagichlar» erkin chopib va sakrab yuradi. Ho'l sochlarning, ho'l qum donalarining va shunga o'xshashlarning bir-biriga yopishishi ham suyuqlik pardalari, bu pardalarning minimal sirtga intilishi bilan bog'liqdir.

Suyuqlikning sirt tarangligiga suyuqlik tarkibidagi aralashmalar katta ta'sir ko'rsatishi mumkin. Masalan, suvda eritilgan sovun suvning sirt taranglik koeffitsiyentini 0,075 dan 0,045 N/m ga kamaytirish mumkin. Suyuqlikning sirt tarangligini zaiflashtiruvchi modda sirtqi –aktiv modda deyiladi. Neft, spirt, efir, sovun va boshqa suyuq va qattiq moddalar suvga nisbatan sirtqi –aktiv moddalardir.

(167) formulaga qaytib shuni aytish mumkin: suyuqlik sirti erkin energiyasini ikki yo'l bilan- birinchidan, suyuqlik sirtini qisqartirish, ikkinchidan, sirtqi-aktiv moddalar yordamida sirt tarangligini zaiflashtirish yo'li bilan kamaytirish mumkin.



4-Rasm.

Suyuqlikning egrilangan sirti ostida ichki bosimdan tashqari yana qo'shimcha bosim ham vujudga keladi. Bu qo'shimcha bosim sirtni egriligiga bog'liq bo'ladi. Uchta idishdagi suyuqlikni ko'z oldimizga keltiraylik (4-Rasm)

Bu idishlardan birida uning sirti qavariq shaklda (4a-rasm), ikkinchisida yassi (4b-rasm) va uchinchisida botiq shaklda bo'lsin (4v-rasm). Suyuqlikning sirtqi qatlami tarang pardaga o'xshagani uchun qavariq sirt qisqarib yassi shaklga kelishga intiladi va suyuqlikka ichki P bosim yo'nalishida qo'shimcha ΔP bosim beradi. Xuddi shunday sababga ko'ra botiq sirt ostida ichki bosimga qarama-qarshi yo'nalgan qo'shimcha bosim vujudga keladi. Yassi sirt ostida qo'shimcha bosim bo'lmaydi.

Qo'shimcha bosimning kattaligi suyuqlikning sirt taranglik koeffitsiyenti α va sirtning egrilik radiusi R ga bog'liq.

Ixtiyoriy shakldagi suyuq egri sirt ostidagi qo'shimcha bosim uchun aniq ifodani 1805 yilda fransuz matematigi va fizigi Laplas nazariy ravishda chiqardi:

$$\Delta P = \pm \alpha \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right). \quad (169)$$

Bu ifoda Laplas formulasi deyiladi. Plyus ishora qavariq sirtga, minus ishora botiq sirtga mos keladi.

Suyuqlikning sirti sferik bo'lgan holda $R_1 = R_2 = R$, qo'shimcha bosim quyidagiga teng bo'ladi:

$$\Delta P = \pm \frac{2\alpha}{R}. \quad (170)$$

Sirt silindrik bo'lgan holda $R_1 = R$ va $R_2 = \infty$, qo'shimcha bosim quyidagiga teng bo'ladi:

$$\Delta P = \pm \frac{\alpha}{R}. \quad (171)$$

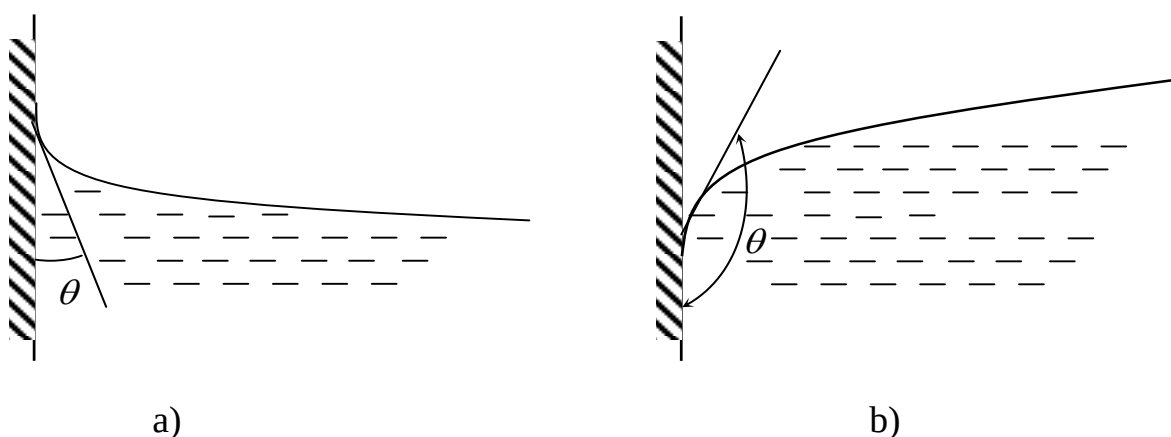
Nihoyat, sirt yassi bo'lganda $R_1 = R_2 = \infty$, u paytda:

$$\Delta P = \pm \alpha \left(\frac{1}{\infty} + \frac{1}{\infty} \right) = 0 \quad (172)$$

Qo'shimcha bosim kapillyar hodisalar deb ataladigan hodisalarda katta rol o'ynaydi.

Ayrim suyuqliklar qattiq jismni ho'llasa, boshqalarni ho'llamaydi. Idishga quyilgan suyuqlik molekulalari o'zaro ta'sirlashishdan tashqari, suyuqlik bilan hamda idish (qattiq jism) molekulalari bilan ta'sirlashadi.

Agar qattiq jism molekulalari bilan suyuqlik molekulalarining tutinish kuchlari suyuqlik molekulalarining o'zaro tutinish kuchlaridan katta bo'lsa, bunday suyuqliklar qattiq jismni ho'llovchi suyuqliklar deyiladi. Qattiq jism sirti bilan suyuqlik sirtiga o'tkazilgan urinma orasidagi θ burchak chegaraviy burchak deyiladi. Ho'llovchi suyuqliklarda bu burchak $\frac{\pi}{2}$ dan kichik bo'ladi, ya'ni $\theta < \frac{\pi}{2}$ (5a - rasm). Idish devorlari yaqinida suyuqlik sirti egrilanadi - botiq egri sirtidan iborat bo'ladi.



5-Rasm.

Agarda suyuqlik molekulalarining o'zaro tortishish kuchlari qattiq jism molekulalari bilan suyuqlik molekulalari orasidagi tortishish kuchlaridan katta bo'lsa, bunday suyuqliklar qattiq jismni ho'llamovchi suyuqliklar deyiladi. Ho'llamovchi suyuqliklarda chegaraviy burchak $\theta > \frac{\pi}{2}$ bo'ladi (5b-rasm). Idish devorlari yaqinida suyuqlik sirti qavariq egri sirtidan iborat bo'ladi. Ho'llovchi va ho'llamovchi suyuqliklar tushunchalari nisbiydir. Masalan, simob ko'pchilik moddalar uchun ho'llamovchi, miss va platina uchun ho'llovchidir yoki suv parafinni ho'llamaydi, lekin toza shishani ho'llaydi. Agar $\theta = 0$ bo'lsa, mutlaq ho'llovchi suyuqlik, $\theta = 180^\circ$ bo'lsa, mutlaq

xo‘llamovchi suyuqlik deyiladi. Ammo tabiatda bunday suyuqliklar deyarli yo‘qdir.

Ho‘llash hodisasi sanoatda va turmushda katta ahamiyatga ega. Moylash, kir yuvish, fotografiya materiallariga ishlov berish, laklash va boshqa ishlarda yaxshi ho‘llash juda zarur. Yog‘och, kun, rezina va boshqa materiallarni yelimlab yopishtirish ham ho‘llash hodisasining qo‘llanilishiga misol bo‘ladi. Kavsharlashning ham xo‘llashga aloqasi bor. Eritilgan kavshar (pripoy) metall buyumlarning sirtiga yaxshi yoyilishi va yopishishi uchun bu sirtlarni yog‘, chang va oksidlardan tozalash kerak. Qalayi kavshar bilan miss, jez va boshqa detallar yaxshi kavsharlanadi. Lekin bu kavshar (pripoy) alyuminiyni ho‘llamaydi. Alyuminiydan yasalgan buyumlarni kavsharlashda alyuminiy bilan kremniydan tayyorlangan pripoy ishlatiladi. Shunday qilib, suyuqlik ho‘llovchimi yoki ho‘llamovchimi, undan qat’i nazar, suyuqlik sirti egri (qavariq yoki botiq) bo‘lar ekan. Suyuqlikning egrilangan sirti menisk deyiladi. Agar suyuqlik qattiq jismni ho‘llansa u paytda meniks botiq bo‘ladi (5a-rasm). Agar suyuqlik qattiq jismni ho‘llanmasa u paytda menisk qavariq bo‘ladi. (5b-rasm).

Ichki diametri undagi suyuqlik meniskning egrilik radiusi bilan taqqoslansa bo‘ladigan naychalarga kapillyarlar deb ataladi.

Kapillyar hodisalar deb, suyuqliklarning ingichka naychalarida ko‘tarilish yoki pastga tushish xususiyatlarga aytiladi.

Kapillyardagi suyuqlik muvozanatda bo‘lganda, ya’ni gidrostatik bosim qo‘shimcha bosimga teng bo‘lgan holati, suyuqlikni muvozanati deyiladi, ya’ni

$$\rho gh = \frac{2\alpha}{R}, \quad (173)$$

bu yerda: $P = \rho gh$ - suyuqlik ustunini gidrostatik bosimi;

$$\Delta P = \frac{2\alpha}{R} - \text{suyuqlikni egrilangan sirti ostidagi qo‘shimcha bosimi.}$$

(173) formuladan kapillyarda suyuqlikning ko‘tarilish balandligi quyidagiga teng bo‘lar ekan:

$$h = \frac{2\alpha}{\rho g R}, \quad (174)$$

bu yerda ρ - suyuqlikning zichligi; R - suyuqlik sirtining egrilik radiusi.

Agar r kapillyar radiusi bilan R sferik sirt radiusi orasidagi bog‘lanishni, ya’ni $r = R \cdot \cos \theta$ nazarga olsak, u paytda (14) formula quyidagi ko‘rinishni oladi:

$$h = \frac{2\alpha}{\rho g R} \cos \theta. \quad (175)$$

(175) munosabatni Jyuren formulasi deyiladi.

Kapillyar hodisalar tabiatda va texnikada katta rol o‘ynaydi. Masalan, kapillyarlik asosida yerdagi suyuqlik – ozuqa moddalar o‘simlikning tanasi bo‘yicha tarqaladi. Tuproq kapillyarlari bo‘ylab suv tuproqning chuqur qatlamlaridan yuza qatlamlariga ko‘tariladi, bug‘lanish hosil bo‘ladi. Tez bug‘lanishning oldini olish uchun yer haydalib, boronalanadi, kapillyar naychalar buziladi, shu bilan tuproqda namni saqlab qolishga erishiladi.

Yerdagi namlik imorat devorlari bo‘yicha ko‘tarilganligini ko‘pchilik kuzatgan. Binolarning g‘ishtlari orasidagi kapillyarlar orqali (gidroizolyatsiya bo‘lmaganda) tuproqdagi suv ko‘tariladi. Bu hodisaning sababi ham kapillyarlikdir. Piliklarning yoqilg‘ini, gigroskopik paxtaning suvni shimishi va boshqalar ham kapillyarlikka asoslangan.

Qon tomirlari kapillyar vazifasini o‘tab, qon aylanishi bilan bog‘liq bo‘lgan jarayonlar ham kapillyarlik asosida bo‘ladi.

Texnikada flotatsiya deb ataladigan jarayon ho‘llash va ho‘llamaslik hodisalariga asoslangandir. Flotatsiya jarayoni yordamida ruda «bo‘sh», ya’ni tog‘ jinslardan ajratiladi. Metall sirtlarini korroziyadan himoya qilishda ularni moylanishi suvni moy sirtlarini ho‘llamasligiga asoslangan. Suv ho‘llamaydigan gazlamalardan amaliyotda kiyimlarni ishlab chiqarishi (plash, kurtka, palto, oyoq kiyimlar va hokazolar). Turmush sovitkichlarda sovuq agentini drosselanishi uchun kapillyar naychalardan foydalanadilar.