

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA MAXSUS
TA'LIM VAZIRLIGI**

BUXORO DAVLAT UNIVERSITETI

Fizika –matematika fakulteti

“Fizika” kafedrasi

5140200 – Fizika ta'lim yo'nalishi bo'yicha bakalavr darajasini olish uchun

Xoliqova Nigora Aminovnaning

“Tabiatda va texnikada kapillyar hodisalar” mavzusidagi

BITIRUV MALAKAVIY ISHI

“Ish ko'rildi va himoyaga

N.K.Nasirova

ruxsat berildi”

Kafedra mudiri _____f.m.f.n.

B.E.Niyazxonova

Jumayev

“ _____ ” _____2016 y.

Ilmiy rahbar: _____ kat. o'qit.

“ _____ ” _____2016 y.

Taqrizchi: _____ BuxMTI fizika

kafedrasi prof. M.R.

“ _____ ” _____2016 y.

“Himoya qilishga ruxsat berildi”

Fakultet dekani _____ prof. SH.M. Mirzayev

“ _____ ” _____2016 y.

Buxoro-2016y.

MUNDARIJA

K I R I Sh.....	3
I BOB. SUYUQLIKNING XOSSALARI.....	6
1.1. Suyuqlikning issiqlikdan kengayishi va issiqlik sig`imlari.....	6
1.2. Suyuqliklarda ko`chish hodisalari.....	14
1.3. Suyuqlikning egri sirtida yuzaga keluvchi kuchlar.....	22
1.4. Kapillyar hodisalar.....	27
I BOB. Xulosa	40
II bob. Tabiatda va texnikada kapillyar hodisalar.....	41
2.1. Tabiatda va texnikada kapillyar hodisalar.....	41
2.2. «Tabiatda va texnikada kapillyar hodisalar.» mavzusida 2 soatlik dars ishlanmasi.....	42
II BOB. Xulosa.....	51
Xotima	52
Foydalanilgan adabiyotlar ro`yxati	53

K I R I Sh

**Sog'lom bola sog'lom va ahil oilaning
mevasi bo'lib, faqatgina sog'lom
onadan sog'lom bola tug'iladi.**

Islom Abdug'aniyevich Karimov.

«Sog'lom ona va bola yili» Davlat dasturiga muvofiq quyidagilar uning ustuvor vazifalari va amalga oshirilishi yo'nalishlari yurt boshimiz I.A.Karimov tomonlaridan e'tirof etilgan.

qiz bolalarni — bo'lajak onalarni — jismonan sog'lom va intellektual rivojlangan tarzda voyaga yetkazish, ularning akademik litseylar va kasb-hunar kollejlarida albatta ta'lim olishini, zamonaviy bilimlar va kasb-hunarlarga ega bo'lishlarini ta'minlash, ularning hayotda munosib o'rin egallashlarida, kelajakda sog'lom va mustahkam oila qurishlarida asosiy shart hisoblangan hayotga bo'lgan mustahkam nuqtai nazarni va mustaqil fikrlashni shakllantirish;

sog'lom bolani voyaga yetkazishda ta'lim tizimining rolini kuchaytirish, maktabgacha ta'lim muassasalari tarmog'ini yanada rivojlantirish, bolalarni maktabga tayyorlash darajasini tubdan oshirish, ilg'or pedagogika va axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini amaliyotga keng joriy etgan holda boshlang'ich ta'limning yuqori sifatini ta'minlash, sog'lom turmush tarzini keng targ'ib qilish tadbirlarini amalga oshirish;

kasb-hunar kollejlari bitiruvchilarini, avvalo qizlarni ishga joylashtirish, o'z biznesini yo'lga qo'yish ishtiyoqidagi yoshlarga imtiyozli kreditlar, yosh oilalarga uy-joy sotib olish va qurish uchun ipoteka kreditlari, uzoq muddat foydalaniladigan tovarlar xarid qilish uchun iste'mol kreditlari ajratish chora-tadbirlarini ta'minlash;

dasturiy chora-tadbirlarni amalga oshirish bilan bog'liq masalalarni hal etishda mahalliy hokimiyat organlari bilan fuqarolarning o'zini o'zi boshqarish organlari, xotin-qizlar va yoshlar birlashmalari, faxriylar tashkilotlari o'rtasidagi

hamkorlikni yanada mustahkamlash, bu ishlarga jamiyatda hurmat va obro'-e'tiborga sazovor bo'lgan kekxa avlod vakillarini keng jalb etish;

ommaviy axborot vositalari, shu jumladan elektron axborot vositalarining va Internet tarmog'ining imkoniyatlaridan faol foydalangan holda «Sog'lom ona va bola yili» Davlat dasturining maqsad va vazifalari hamda Dasturning amalga oshirilishi to'g'risida keng axborot-tushuntirish ishlarini tashkil etish.

Ilm-fanni yanada rivojlantirish, iqtidorli va qobiliyatli yoshlarni ilmiy faoliyatga keng jalb etish ularning o'z ijodiy va intellektual salohiyatini ro'yobga chiqarishi uchun sharoit yaratishga doir kompleks chora-tadbirlarni ishlab chiqish kerak.

Ma'lumki, ota-bobolarimiz qadimdan bebaho boylik bo'lmish ilmu fan, ma'rifat, ta'lim-tarbiyani inson kamoloti va millat ravnaqining eng asosiy sharti va garovi deb bilgan.

Albatta ta'lim-tarbiya ong mahsuli. Lekin ayni vaqtda ong darajasi va uning ravnaqini ham belgilaydigan, ya'ni xalq ma'naviyatini shakllantiradigan va boyitadigan eng muhim omildir. Binobarin ta'lim-tarbiya tizimini va shu asosda ongni o'zgartirmasdan turib, ma'naviyatni rivojlantirib bo'lmaydi.

Shuni unutmasligimiz kerakki, kelajagimiz poydevori bilim dargohlarida yaratiladi, boshqacha aytganda xalqimizning ertangi kuni qanday bo'lishi, farzandlarimizning bugun qanday ta'lim-tarbiya olishiga bog'liq.

Ta'limni tarbiyadan, tarbiyadan ta'limni ajratib bo'lmaydi-bu sharqona qarash, sharqona hayot falsafasi.

Shu kunlarda hukumatimiz tomanidan ushbu masala yuzasidan qabul qilingan Davlat dasturi ana shu ezgu maqsadga erishish yo'llariga jami davlat va nodavlat manbalari hisobga olingan holda mavjud barcha resurs va imkoniyatlarning safarbar etishni ko'zda tutadi kabi satrlarni o'qish mumkin.

Oliy maktab sohasida test usuli joriy etilishi, viloyatlar markazlarida pedagogik institutlarning universitetlarga aylantirilishi va joylardagi o'quv yurtlariga yuqori ta'sis nizomi berilishi, tashkil etilgan milliy tashkilot va

xalqaro jamoalar hisobidan chet ellarga tajriba almashish va talabalarni o'qishga yuborish yo'lga qo'yilishi, iqtisod va biznes sohasidagi mutaxassis va o'qituvchilarni qayta tayyorlash bo'yicha aniq maqsadga yo'naltirilgan ishlar olib borilishi, o'tish davrida 2 mingdan ortiq talaba va mutaxassisning chet ellarda o'qib kalishi, 100dan ortiq chet el mutaxassisining Respublikamiz o'quv muassasalariga jalb qilinishini qayd etishimiz zarur.

Bitiruv malakaviy ishining maqsadi: Bitiruv malakaviy ishining vazifalari:

Bitiruv malakaviy ishi suyuqlikning xossalari, ulardagi ko'chish hodisalari, tabiat va texnikada kapillyar hodisalarga bag'ishlangan bo'lib, Akademik litsey va Kasb hunar kollejlari shu mavzu bo'yicha dars ishlanmasi keltirilgan.

Bitiruv malakaviy ishining dolzarbligi: Tadqiqot ob'yekti va predmeti. Bitiruv malakaviy ishining ilmiyligi. Bitiruv malakaviy ishida olingan natijalar tabiat va texnikadagi kapillyar hodisalarga bag'ishlangan bo'lib, shu sohadagi yangiliklar nazariy jihatdan o'rganilgan va tahlil etilgan.

Bitiruv malakaviy ishining tadqiqot uslubi va uslubiyoti. Bitiruv malakaviy ishida umumiy fizikaning molekulyar fizika va termodinamika bo'limi va statistik fizika usullaridan foydalanib quyidagi natijalar olindi:

1. Suyuqliklarning xossalari nazariy jihatdan o'rganildi.
2. Tabiatdagi va texnikadagi kapillyar hodisalar tahlil etildi.
3. Akademik litsey mutaxassislik guruhi uchun 2 soatlik eksperiment-dars ishlanmasi tayyorlandi.

Malakaviy bitiruv ishining strukturasi va hajmi. Bitiruv malakaviy ishi .. betdan iborat bo'lib, kirish , ikkita bob, har bir bob bo'yicha qisqacha xulosalar, xotima va adabiyotlar ro'yxatidan iborat.

I BOB. SUYUQLIKNING XOSSALARI.

1.1. Suyuqlikning issiqlikdan kengayishi va issiqlik sig'implari.

Suyuqlikning asosiy xususiyatlari uning o'z hajmini saqlash qobiliyati (gazlardan farqli o'laroq, suyuqliklarning hajmi ular egallagan idish hajmi bilan aniqlanmaydi) va suyuqliklarda erkin sirtning mavjud ekanligidir.

Bilamizki, Van – der – Vaal's tenglamasi taxminiy tenglama bo'lib, uni xuddi idealgazlarda Klapeyron tenglamasi yordamida olib borilgan hisoblashlar kabi turli hodisalarning aniq hisobi uchun foydalanib bo'lmaydi. Biroq suyuqliklarning ba'zi xossalarini, juda bo'lmaganda sifat jihatidan, holat tenglamasi asosida hisoblash mumkin. Suyuqliklarning bunday xossalariga, masalan, ularning issiqlikdan kengayishi va siqiluvchanligi kiradi. Suyuqliklarning xossalarini biz ularning anashunday hajmiy xossalaridan boshlab o'rganamiz. So'ngra biz suyuqliklarning boshqa hajmiy xossalarini o'rganamiz va ularni gazlarning tegishli xossalari bilan taqqoslaymiz. Shundan so'ng sirtiy hodisalar, ya'ni suyuqlikning erkin sirti mavjudligi bilan bog'liq bo'lgan hodisalarni o'rganamiz,

Dastlab suyuqliklarning bevosita holat tenglamasidan o'rga- nilishi mumkin bo'lgan xossalarini; ularning siqiluvchanligi va issiqlikdan kengayishini qaraymiz.

Suyuqliklarning siqiluvchanligi. Ma'lumki, p bosim bir birlikka o'zgarganida hajmning dV nisbiy o'zgarishi jismning χ siqiluvchanlik koeffitsienti deb ataladi, ya'ni

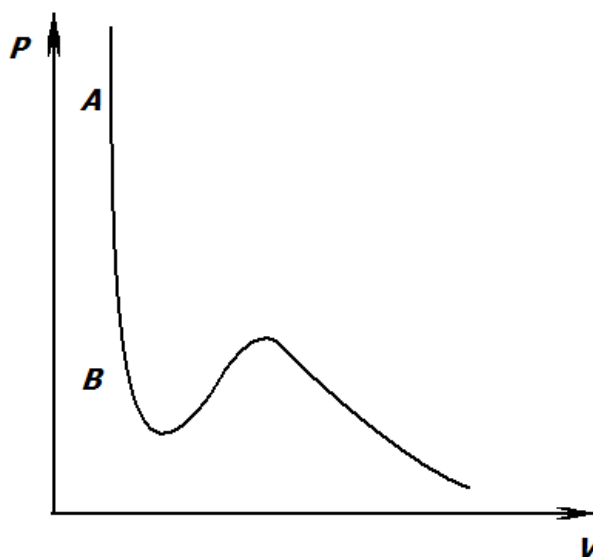
$$\chi = \frac{1}{V} \frac{dV}{dp} \quad (I.1)$$

Bu kattalik

$$\chi = -\frac{1}{p}$$

ga teng bo`ladi, masalan,  $r = 1$  atm bo`lganda $\chi = -1 \text{ atm}^{-1}$ ga teng: bosim bir atmosferadan ikki atmosferaga ortganida gazning hajmi ikki marta kamayadi.

Gazlardan farqli o`laroq, suyuqliklarning siqiluvchanligi juda kichik bo`ladi. Bunday ekanligi Van – der – Vaal's tenglamasi egri chizig`idan (I.1-chizma) yaqqol ko`rinib turibdi, bu egri chiziqda suyuq holatga **AB** qismi muvofiq keladi. Bu qismning tikligi hosilaning, demak, siqiluvchanlikning juda kichik ekanligidan darak beradi: hajmning juda kichik o`zgarishi uchun bosimning juda katta o`zgarishi kerak bo`ladi.



1.1.1. –chizma. Suyuqlik hajmining bosimga bog`liqligi.

Tajriba shuni ko`rsatadiki, suyuqliklarning siqiluvchanlik koeffitsienti haqiqatan juda kichik va ularning ko`pchiligi uchun $10^{-4} — 10^{-5} \text{ atm}^{-1}$ chegarasida yotadi. Binobarin, u gazlardagi qiymatidan o`nlab va yuzlab ming marta kichik. Barcha suyuqliklar ichida suyuq geliyning siqiluvchanligi eng kattadir, bir necha atmosfera bosimida suyuq geliyning χ koeffitsienti $8 — 10^{-3} \text{ atm}^{-1}$ ga teng. Suvning siqiluvchanlik koeffitsienti $4,53 — 10^{-5}$, simobniki $3,95 — 10^{-6} \text{ atm}^{-1}$ ga teng.

Siqiluvchanlik koeffitsienti bosimga bog`liq bo`ladi, bosim ortishi bilan koeffitsient kichrayib boradi. Bu tabiiy, chunki suyuqlik siqilgan sari uning

zarralari orasidagi masofa kamayadi va ularning oʻzaro itarishish kuchlari ortadi, bu ravshanki, zarralarning yanada yaqinlashishini qiyinlashtiradi. Shu narsani qayd qilish kerakki, agar odatdagi bosimlarda turli suyuqliklarning siqiluvchanliklari bir – biridan katta farq qilishi mumkin boʻlsa, juda yuqori bosimlarda barcha suyuqliklarning siqilish koeffitsientlari deyarli birday boʻladi.

Suyuqlikning siqiluvchanlik koeffitsienti temperaturaga bogʻliqdir. Chunki isiganda issiqlikdan kengayish tufayli suyuqlikning hajmi ortadi va molekulalar orasidagi masofa kattalashadi. Shuning uchun zarralar orasidagi itarishish kuchlari kamayadi va suyuqlikning siqilishi osonlashadi. Shuning uchun temperatura ortishi bilan siqilish koeffitsienti kattalashadi. Shunday qilib, temperaturaning ortishi bosimning ortishi tufayli boʻladigan taʼsirga nisbatan qarama – qarshi taʼsir koʻrsatadi (shu bilan birga, bu faqat suyuqliklargagina va faqat siqiluvchanlik xossasigagina tegishli emas).

Siqiluvchanlik hodisasining hozirgina bayon qilingan xususiyati bevosita Van – der – Vaal's tenglamasidan keltirib chiqarilishi ham mumkin. Bu tenglama bosim, hajm va temperaturani bogʻlaydigan tenglama boʻlgani uchun

undan ravshanki, siqiluvchanlik koeffitsientini ifodalovchi $\frac{1}{V} \frac{dV}{dp}$ kattalikni hisoblab chiqarish mumkin [(I.1) formulaga qarang]. Hisoblashda faqat holat tenglamasiga kiruvchi **a** va **b** oʻzgarmaslarning aslida oʻzgarmas emas ekanligini, balki temperaturaga bogʻliq (oʻzgarmas **b** bundan tashqari, moddaning solishtirma hajmiga ham bogʻliq) ekanini nazarda tutish, bu bogʻlanishning koʻrinishini faqat tajribadagina aniqlash mumkin ekanligini hisobga olish kerak. Tajribadan olingan maʼlumotlar toʻplami suyuqlikning siqiluvchanlik koeffitsienti uchun quyidagi empirik formulani chiqarishga imkon berdi:

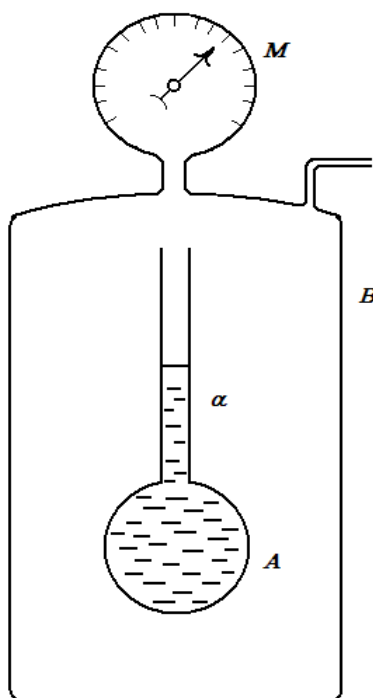
$$\chi = \frac{A}{V(p + p_0)} \quad (I.2)$$

bu erda A — tempera tura ortishi bilan ortib boruvchi biror funktsiya, r – tashqi bosim va r_T — Van – der – Vaal's kuchlari bilan (T temperaturadagi) bog`liq bo`lgan bosimdir.

(I.2) formula siqiluvchanlik koeffitsientining haqiqatan ham temperatura ortishi bilan kattalashishini, bosim ortishi bilan esa kichiklashishini ko`rsatadi.

(I.2) formula, albatta, bosimning uncha katta bo`lmagan sohasi uchun yaroqli bo`lgan takribiy formuladir.

Suyuqlikning siqiluvchanligini tajribada aniqlash. Siqiluvchanlikni o`lchashga xizmat qiladigan asbob va qurilmalar *pezometrlar* deb ataladi. Uncha katta bo`lmagan bosimlarda suyuqlikning siqilivchan koeffitsientini o`lchash uchun yaroqli bo`lan eng sodda pezometrlardan biri I.2 – chizmada sxematik ravishda ko`rsatilgan.



1.1.2 - chizma. Pezometrning sxematik ko`rinishi.

O`rganilayotgan suyuqlik  $A$  idishga undagi ingichka naycha ( $a$  kapillyar) ga ko`tariladigan qilib to`ldiriladi. Bu idishning o`zi o`z navbatida  $M$  manometr bilan o`lchanadigan yuqori bosimli B kameraga joylashtiriladi. Suyuqlikli A

idishning devorlariga tashqaridan va ichkaridan birday bosim ta'sir qilgani uchun idishning hajmi tashqi ta'sir qilayotgan bosim tufayli o'zgarmaydi (siqiluvchanlikni o'zgartirishda bunga tegishli chora ko'rish kerak).

Ta'sir qilayotgan bosim ta'sirida A idishdagi suyuqlik hajmi biroz kamayadi va bu kamayish α kapillyardagi sathning kamayishidan sezilarli bo'lib qoladi. Suyuqlikning siqiluvchan koeffitsientining kichikligi tufayli hajmning o'zgarishini kapillyarsiz idishda sezish mumkin bo'lmas edi.

Agar kapillyarning ko'ndalang kesim yuzi S ga, unda suyuqlik sathining pasayish kattaligi Δh ga teng bo'lsa, u holda hajmning o'zgarishi $S \cdot \Delta h$ gat eng bo'ladi. Suyuqlikning boshlang'ich hajmini bilgan holda va manometrda bosimning o'zgarishini hisoblab, siqiluvchanlik koeffitsientini (I.1) formulaga ko'ra hisoblash mumkin.

Suyuqlikning issiqlikdan kengayishi. Moddaning issiqlikdan kengayishi ma'lumki, hajmiy kengayish koeffitsienti

$$\alpha = \frac{1}{V} \frac{dV}{dT}$$

(I.3)

bilan, ya'ni T temperatura 1 K ga o'zgarganida V hajmning nisbiy o'zgarishi bilan xarakterlanadi.

Bosim va temperaturaning koeffitsientga ta'siri haqida biz yuqorida aytib o'tgan gaplarimizdan shu narsa kelib chiqadiki, issiqlikdan hajmiy kengayish koeffidienti bosimning ortishi bilan kamayishi (bu, albatta, kengayishga to'sqinlik qiladi) va temperatura ko'tarilishi bilan ortishi kerak.

Issiqlikdan kengayish hodisasi, xuddi siqiluvchanlik singari Van – der – Waal's holat tenglamasi asosida qaralishi, bu tenglamadan koeffidientni aniqlovchi kattalikning qiymatini keltirib chiqarish mumkin.

Bu yerda shuni qayd qilish kerakki, mos holatlar qonunidan barcha suyuqliklar uchun birday keltirilgan temperaturalarda issiqlikdan kengayish koeffitsienti bir xil bo`ladi. Siqiluvchanlik koeffitsienti haqida ham shunday deyish mumkin.

Siqiluvchanlik koeffitsienti va issiqlikdan hajmiy kengayish koeffitsienti orasidagi munosabat. Juda umumiy mulohazalardan, hatto moddaning holat tenglamasini bilmagan holda ham, quyidagi kattaliklar orasidagi munosabatlarni aniqlash mumkin:

1) $\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$ o`zgarmas bosimda temperaturaning o`zgarish birligiga to`g`ri keluvchi jism hajmining o`zgarishi (issiqlikdan kengayish);

2) $\left(\frac{\partial V}{\partial p}\right)_T$ o`zgarmas temperaturada jismga ta`sir qilayotgan bosimning o`zgarish birligiga to`g`ri keluvchi jism hajmining o`zgarishi (siqiluvchanlik);

3) $\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V$ o`zgarmas hajmda temperaturaning o`zgarish birligiga to`g`ri kelgan bosim o`zgarishi (issiqlik kuchlanishi).

Bu kattaliklar orasida bog`lanish bor ekanligi haqidagi xulosa quyidagi mulohazalardan kelib chiqadi. Agar jismni qizdirganda u kengaysa, ya`ni o`zining  $V$  hajmini orttirs, u holda  $p$  tashqi bosimni orttirish yo`li bilan jismni yana boshlang`ich hajmigacha siqish mumkin. Binobarin, temperatura va bosimni bir paytda orttirish yo`li bilan hajmni o`zgarmas saqlash mumkin. Temperaturaning ortish birligiga to`g`ri keluvchi bosim ortishi, ya`ni temperaturaning ana shu o`zgarishi vujudga keltirgan hajm ortishini

kompensatsiya qilishga kerak bo`ladigan bosim ortishi  $\frac{\partial p}{\partial T}$ , jismning issiqlikdan kengayishi  $\frac{\partial V}{\partial T}$  va uning siqiluvchanligi  $\frac{\partial V}{\partial p}$  ga quyidagicha bog`langan ekanini tushunish oson: jismning issiqlikdan kengayishi qancha katta

va siqiluvchanligi qancha kichik bo'lsa, bosimning ortishi shuncha katta bo'ladi. Ko'rsatilgan uchala kattalik orasidagi bog'lanish shu shart bilan belgilanadi.

Bu bog'lanishni miqdoriy jihatdan aniqlashga urinib ko'ramiz. Bosim, hajm va temperatura orasidagi munosabat holat tenglamasi bilan aniqlanadi:

$$p = f(V, T).$$

(I.4)

(I.4) bog'lanishning ko'rinishi qanday bo'lishidan qat'iy nazar shunday deyish mumkin: agar jismni V va T qiymatlar bilan aniqlanadigan holatdan unga cheksiz yaqin bo'lgan hajm va temperaturaning $V+dV$ va $T+dT$ qiymatlari bilan aniqlanadigan holatga o'tkazilsa, u holda bunday o'tish tufayli bosimning dp o'zgarishi bu holat o'zgarishining qanday yo'l bilan erishilganiga bog'liq bo'lmaydi. Buning ma'nosi shuki, quyidagi

$$dp = \left(\frac{\partial p}{\partial V}\right)_T dV + \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V dT$$

(I.5)

Ifoda to'liq differentsialdir, ya'ni bosimning to'la o'zgarishi uning hajmning o'zgarishi tufayli va temperaturaning o'zgarishi tufayli alohida o'zgarishlari yig'indisiga teng.

Yana bir bor eslatib o'tamizki, o'zgarmas temperaturada ($dT = 0$) bosimning o'zgarishi ishorasi jihatidan hajmning o'zgarishiga teskari bo'ladi. Agar hajm o'zgarmas saqlansa ($dV=0$), u holda bosimning o'zgarish ishorasi temperaturaning o'zgarish ishorasiga mos keladi.

Agar hajm o'zgarishi dV ning temperatura o'zgarishi dT ga nisbatini shunday tanlansaki, unda bosim o'zgarmasdan qolsa, ya'ni $dp = 0$ bo'lsa, u

holda xususiyl hosilaning ta'rifiga ko'ra, bu nisbatni $\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)$ ko'rinishida yozish mumkin. U holda (I.5) tenglamadan ayniy ravishda $dp = 0$ bo'lganda quyidagi kelib chiqadi:

$$\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p = -\frac{\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V}{\left(\frac{\partial p}{\partial V}\right)_T}, \quad (\text{I.6})$$

yoki

$$\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V = \frac{1}{\left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_V}$$

ekanini nazarga olib, shunday simmetrik ayniyatni olamiz:

$$\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p \quad \left(\frac{\partial p}{\partial V}\right)_T \quad \left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_V = -1, \quad (\text{I.7})$$

bu ayniyat bizni qiziqtirgan kattaliklar orasidagi aloqaning miqdoriy ifodasidir.

Bu munosabatning barcha jismlar uchun o'rinli ekanligi ravshandir.

(I.7) tenglamani unga tajribada o'lchanadigan hajmiy kengayish koeffitsienti α va (izotermik) siqilish koeffitsienti χ kiradigan shaklda qayta yozamiz:

$$\alpha = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p, \quad \chi = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$$

u holda shunday ifoda hosil qilamiz:

$$\alpha V \frac{1}{\chi V} \left(\frac{\partial T}{\partial p} \right)_V = -1$$

yoki

$$\left(\frac{\partial p}{\partial T} \right)_V = -\frac{\alpha}{\chi} . \quad (I.8)$$

(I.8) tenglama shuni ko'rsatadiki, agar suyuqlikning temperaturasi (har qanday moddaning temperaturasi ham) o'zgarmas hajmda o'zgartirsak, u holda temperaturaning bir gradus o'zgarishi bilan yuzaga keladigan bosim o'zgarishi issiqlikdan hajmiy kengayish va siqilish koeffitsientlarining nisbatiga teng bo'ladi.

Agar masalan uni kavsharlangan naycha simob bilan tamoman to'ldirilgan bo'lsa, u holda temperaturaning 1 K ga o'zgarishida bosimning Δp ga o'zgarishi $\frac{\alpha}{\chi}$ ga teng bo'ladi (naycha qattiq materialining issiqlikdan kengayish koeffitsienti simobning issiqlikdan kengayish koeffitsientidan ancha kichik, shuning uchun naycha hajmining o'zgarishini nazarga olmaslik mumkin). Simob uchuna $\alpha = 1,8 \cdot 10^{-4}$, $\chi = - 3,9 \cdot 10^{-6}$. Demak, $\Delta p = 46,5$ atm, ya'ni bunda anchagina katta bosim vujudga keladi. Bundan xususan, nima uchun simobli termometrni simob kengayib, kapillyarning butun hajmini to'ldiradigan darajada o'ta qizdirish mumkin emasligi kelib chiqadi; temperaturaning bundan keyin biroz ortishi bilan kapillyar yoriladi.

1.2. Suyuqliklarda ko'chish hodisalari.

Suyuqliklarda ham, xuddi gazlardagi singari, diffuziya, issiqlik o'tkazuvchanlik va qovushoqlik hodisalari kuzatiladi. Biroq bu protsesslarning mexanizmi suyuqliklarda gazlardagidan boshqacha bo'ladi.

Gazlarda ko'chish hodisalari molekulalarning erkin yugurish yo'li uzunligi bilan aniqlanadi. Shuning uchun barcha ko'chish koeffitsientlarining ifodalarida ko'paytuvchi sifatida erkin yugurish yo'li uzunligi mavjud bo'ladi.

Biroq suyuqliklarda, shuningdek zichgazlarda ham, erkin yugurish yo`li uzunligi tushunchasi o`z ma`nosini yo`qotadi. Suyuqliklarda molekulalar orasidagi o`rtacha masofa molekulalarning o`zlarining o`lchamlari tartibida bo`ladi, shuning uchun molekulalar «erkin» yugurmaydi. Suyuqliklarning molekulalari molekulalararo masofa chegarasida ro`yberadigan kichik tebranishlar bilangina cheklanadi.

Biroq vaqt – vaqti bilan tebranayotgan molekula fluktuatsiya natijasida qo`shni molekulalardan biror  $\delta$  masofaga sakrash uchun yetarli bo`lgan ortiqcha energiya olishi mumkin. Yangi joyda zarra birmuncha muddat tebrangan holda turadi va yana fluktuatsiya natijasida sakrash uchun etarli energiya olishni kutadi; shunday energiya olgandan so`ng yana bir sakraydi va hokazo. Sakrashlar bilan almashinib turuvchi bunday tebranishlar – suyuqliklar molekulalarining issiqlik harakatidan iboratdir.

Molekulyar sakrashlar ko`plab bo`ladimi? Sakrashlar orasida qancha vaqt o`tadi? Bu narsa molekulalarning xossalriga, ular oralaridagi o`zaro ta`sir kuchlariga, suyuqlikning zichligiga bog`liq bo`ladi. Molekulalar orasidagi o`zaro ta`sir kuchlarining xarakteri juda murakkab, biroq shunga qaramay zarralarning harakati va bu harakatlar bilan bog`liq bo`lgan ko`chish hodisalari haqida ba`zi mulohazalarni aytish mumkin.

Suyuqlikdagi, shuningdek ixtiyoriy har qanday moddadagi *diffuziya* uchun ham Fik qonuni o`rinli bo`ladi.

Diffuziya koeffitsienti D ning ifodasini esa quyidagi mulohazalardan chiqarish mumkin.

Agar molekulalarning sakrashlari orasidagi vaqtni (bu vaqtni molekulalarning «o`troq» vaqti deyish mumkin)  $t$  bilan belgilasak, u holda  $\frac{\delta}{t}$  kattalik molekularning tezligini bildiradi. Bundan biz  $\delta$  ni o`rtacha erkin yugurish yo`li uzunligi bilan,  $\frac{\delta}{t}$  ni esa molekulalarning o`rtacha tezligi bilan taqqoslash imkoniga ega bo`lamiz. U holda ideal gazlarda diffuziya koeffitsienti

erkin yugurish yo`li uzunligini molekulalarning o`rtacha tezligiga ko`paytmasi bilan aniqlangani singari suyuqlik uchun ham diffuziya (aniqrog`i, o`z – o`zidan diffuziya) koeffitsienti uchun shunday tenglamani yozishimiz mumkin:

$$\frac{D}{t} = \frac{1}{6} \overline{\delta^2} = \frac{1}{6} \frac{\overline{\delta^2}}{t}$$

(I.9)

Bu erdagi 1/6 ko`paytuvchining (1/3 emas) paydo bo`lishiga sabab shuki, bu erda molekulalarning harakatlari tasodifiy xarakterda bo`lib, bu harakatlar uchun oltita teng imkoniyatli yo`nalishlar (uchta koordinata o`qi va bu o`qlarning har biri bo`ylab ikki yo`nalish) mavjud, shuning uchun biror tanlangan yo`nalish bo`ylab barcha molekulalarning 1/6 qismi harakatlanadi. Broun harakatini o`rganishda biz bayon qilib o`tgan sabablarga ko`ra formulaga o`rtacha qiymatning $\overline{\delta^2}$ kvadrati emas, kvadratning o`rtacha qiymati $\overline{\delta^2}$ kiradi.

O`z – o`zidan diffuziya koeffitsienti **D** ning temperaturaga kuchli bog`liq bo`lishining birinchi sababi shuki, temperatura ortishi bilan molekulalarning «o`troq» hayotining **t** muddati kamayadi, bu esa temperatura ortishi bilan **D** ning keskin ortishiga sabab bo`ladi. Molekulaning suyuqlikning mazkur joyida bo`lish muddati molekulaning sakrash uchun etarli bo`lgan va energiya olish ehtimolligi bilan aniqlanadi. Bu ehtimollik esa hamma vaqt bunday hollarda bo`lganidek, Bol`tsman qonuni bilan ifodalanadi:

$$\frac{n}{n_0} = e^{-\frac{w}{kT}}$$

Bu erda **n** — hajm birligidagi energiyasi **w** ga teng bo`lgan molekulalar soni, **n<sub>0</sub>** esa shu hajmdagi energiyasi o`rtacha issiqlik energiyasiga, ya`ni **kT** ga teng bo`lgan molekulalar soni. Molekulaning **w** energiya olish ehtimolligi qancha katta bo`lsa, uning «o`troq» lik vaqti **t** shuncha kam bo`ladi. Shuning uchun **t** o`rtacha vaqt uchun shunday ifodani yozish mumkin:

$$\bar{t} = A e^{\frac{w}{kT}}.$$

A ko`paytuvchining aniq fizikaviy ma`nosi bor. Chunki molekula sakrashni amalga oshirgunicha u biror ν chastota bilan tebranadi. Har bir tebranishni molekulaning sakrashni amalga oshirash uchun «urinishi» deb qarash mumkin. Shuning uchun ν tebranishlar chastotasi qancha katta bo`lsa, sakrashni amalga oshirish ehtimoli shuncha katta, molekulaning «o`troq» lik vaqti shuncha kichik bo`ladi.  $A$  ko`paytuvchi ana shu chastota bilan bog`liqdir:

$A = \frac{1}{\nu}$. Binobarin, A ko`paytuvchi molekula tebranishlarining davri ma`nosiga ega.

Agar t uchun hozirgina yozilgan ifodani diffuziya koefitsienti formulasiga qo`ysak, u holda quyidagini hosil qilamiz:

$$D = B e^{\frac{w}{kT}}.$$

(I.10)

Bu erda $B = \frac{1}{6} \delta^2 \nu$, esa molekulaning sakrashi uchun kerak bo`lgan energiya bo`lib, molekulaning *aktivlanish energiyasi* deb ataladi.

Suyuqliklarda diffuziya koefitsientining son qiymati gazlardagiga nisbatan ko`plab marta kichik. Masalan, NaCl uchun xona temperaturasida suvdagi diffuziya koefitsienti $1,1 \cdot 10^{-9} m/sek$ ga teng, holbuki argonning geliydagi diffuziyasi $7 \cdot 10^{-5} m/sek$ ga teng.

Suyuqliklarning *ichki ishqalanishi (qovushoqligi)*, gazlarniki singari, suyuqlikning harakatida harakat yo`nalishiga perpendikulyar yo`nalishda impul's ko`chishi tufayli yuzaga keladi. Impulsning bir qatlamdan ikkinchi qatlamga ko`chishi molekulalarning biz yuqorida aytib o`tgan sakrashlarida ro`y beradi. Ichki ishqalanishning umumiy qonuni – bu Nyuton qonunidir, bu qonun bilan biz 178- betda tanishgan edik. Qovushqoqlik koefitsienti η esa biz gapirib

o'tgan molekulalar harakati haqidagi mulohazalardan hosil qilinishi keltirib chiqarilishi mumkin. Ravshanki, molekulalarning $\bar{t}$ «o'troq» lik muddati qancha kichik bo'lsa, ya'ni sakrashlar qancha ko'p bo'lsa, suyuqlik shuncha oquvchan (qovushoqligi shuncha kam) bo'ladi. Bu mulohazalar qovushoqlik koeffitsienti uchun *Frenkel – Andrade tenglamasi* deb atalgan ifodaga olib keladi:

$$\eta = C e^{\frac{w}{kT}}.$$

(I.11)

Bu tenglamaga kiruvchi C ko'paytuvchi sakrashning uzoqligiga v tebranishlar chastotasiga va temperaturaga bog'liq bo'ladi. Biroq qovushoqlikning temperaturaga bog'liqligi $e^{w/kT}$ ko'paytuvchi bilan aniqlanadi. Bu formuladan temperatura ortishi bilan qovushoqlikning darhol kamayishi ko'rinib turibdi. Masalan, suvning qovushoqligi temperatura 0°C dan 100°C gacha o'zgarganida $1,8 - 10^{-3}$ dan $2,8 - 10^{-4}$ kg/m·sek ga kamayadi.

Xona temperaturasida suyuqliklarning qovushoqlik koeffitsientining son qiymatlari haqida 16-jadvaldan xulosa chiqarish mumkin.

Suyuqliklarda *issiqlik o'tkazuvchanlik*, xuddi gazlardagi singari, temperatura gradienti bo'lgan holdagina mavjud bo'ladi. Biroq agar gazlarda energiya ilgarilanma harakat qilayotgan zarralarning to'qnashuvi natijasida amalga ohsa, suyuqliklarda tebranayotgan zarralarning to'qnashuvi protsessida energiya uzatiladi. Kattaroq energiyaga ega bo'lgan zarralar kattaroq amplituda bilan tebranib, boshqa zarralar bilan tebranganida ularga energiya uzatadi va go'yo ularni tebratadi. Energiyaning bunday mexanizm vositasida uzatilishi, xuddi gazlardagi uzatilish mexanizmi singari, energiyaning tez uzatilishini ta'minlay olmaydi va shuning uchun suyuqliklarning issiqlik o'tkazuvchanligi juda kichik bo'ladi, lekin shunda ham gazlarning issiqlik o'tkazuvchanligidan bir necha marta katta bo'ladi.

Masalan, etil spirtining issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti $1,76 \text{ Vt/m}\cdot\text{K}$ ga, havoniki esa (1 atm da) xuddi shu birliklarda 0,23 ga teng. Suyuq metallar bundan mustasnodir, ularning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsientlari qattiq metallarning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti qiymatlariga yaqin bo'ladi. Buning sababi shuki, suyuq metallarda issiqlik faqat bir zarradan ikkinchi zarraga tebranishlar uzatilishi bilangina emas, balki metallarda bo'ladigan harakatchan elektr zaryadli zarralar – elektronlar vositasida ham uzatiladi, holbuki boshqa suyuqliklarda bunday elektr zaryadli zarralar bo'lmaydi.

Suyuqliklarning qovushoqlik koeffitsientini tajribada aniqlash. Qovushoqlik koeffitsientini o'lchash uchun ishlatiladigan asboblarni *viskozimetrlar* deb ataladi. Tuzilishlari jihatidan turli – tuman viskozimetrlar mavjud. Ko'p hollarda viskozimetrlarda o'lchash suyuqlikning kapillyar orqali oqib o'tishini kuzatishga asoslangan, suyuqlikning kapillyar orqali oqish tezligi qovushoqlik bilan Puazeyl qonuniga muvofiq bog'langan ekani ma'lum:

$$V = \frac{\pi r^4}{8\eta} \frac{\Delta p}{l},$$

bu yerda V – Δp bosim farqi ta'sirida r radiusli l uzunlikdagi kapillyardan vaqt birligi ichida oqib o'tgan suyuqlik hajmi.

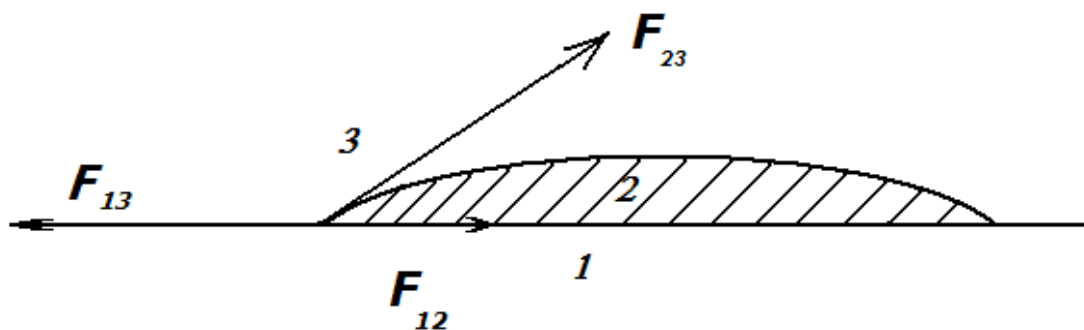
Ba'zi viskozimetrlarda η ni aniqlash uchun o'rganilayotgan suyuqlikda sharchaning tushish tezligi o'lchanadi. Tushish tezligi v qovushoqlik koeffitsienti bilan quyidagi formula orqali bog'langan

$$v = \frac{2}{9} \frac{\rho_1 - \rho_2}{\eta} g a^2.$$

(I.12)

Bu erda a — sharchaning radiusi, ρ_1 — uning zichligi, ρ_2 — suyuqlikning zichligi va g — ogʻirlik kuchi tezlanishi. (I.12) formula Stoks formulasidan oson kelib chiqadi.

Suyuqlik va qattiq jism chegarasi. Suyuqlik qattiq jism bilan tegishganda ham xuddi shunga oʻxshash hodisalar sodir boʻladi. Bunaday holda suyuqlikning qanday shaklda kelishi suyuqlikka taʼsir qiluvchi uchta kuch: ogʻirlik kuchi, suyuqlik molekulalarning oʻzaro taʼsir kuchlari va suyuqlik zarralari suyuqlikning tegishib turgan qattiq jism zarralari orasidagi oʻzaro taʼsir kuchlarining munosabatiga bogʻliq. Bu kuchlar munosabati uchun chegaraviy burchak θ , yaʼni suyuqlikning sirtiga u bilan qattiq jism chegarasida oʻtkazilgan urinma hamda qattiq jism sirti hosil qilgan burchak xarakteristika boʻla oladi.



1.2.1 – chizma. Suyuqlik va qattiq jism chegarasidagi kuchlar.

Ikki suyuqlik (I.2.1. – chizmaga qarang) bir qattiq jismning yassi sirt bilan chegaralangan boʻlsin. Yuqorida koʻrgan holdagidek, chekka burchakning kattaligi muvozanat shartidan aniqlanadi (uchala muhitning tegishish chizigʻi uzunligining ixtiyoriy elementiga qoʻyilgan kuchlar proeksiyalarining yigʻindisi nolga teng boʻlishi kerak):

$$F_{13} = F_{23} \cos \theta + F_{12},$$

Bundan

$$\cos \theta = \frac{F_{13} - F_{12}}{F_{23}} = \frac{\sigma_{13} - \sigma_{12}}{\sigma_{23}}, \quad (\text{I.14})$$

bu yerda σ_{12} , σ_{13} , σ_{23} – qattiq jismlar ham ega boʻlgan tegishli sirt taranglik koeffitsientlari. Agar

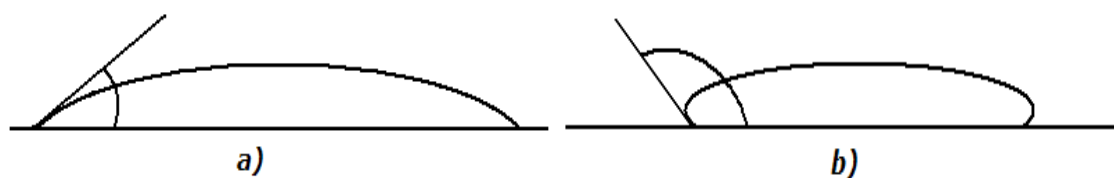
$$\sigma_{13} - \sigma_{12} = \sigma_{23}, \text{ ya'ni } \theta = 0$$

boʻlsa, u holda suyuqlik qattiq jism sirti boʻylab yupqa qatlam tarzida yoyilib ketadi. Bunday hol esa $\sigma_{13} - \sigma_{12} > \sigma_{23}$ boʻlganda kuztiladi.

Suyuqlikning toʻla yoyilib ketish hodisasi *toʻla hollash* deb ataladi. Bunday hodisa, masalan, suvning toza oyna ustida yozilishi uchun xarakterlidir.

$\theta = \pi$ boʻlgan hol esa ($\sigma_{13} + \sigma_{23} = \sigma_{12}$ boʻlganda) qattiq jismning toʻla hoʻllanmasligiga tegishlidir. Bunday hodisa, masalan, suv uchun parafinda kuzatiladi.

Koʻpincha I.2.2. – a chizmada koʻrsatilgan *qisman hoʻllash* ($\theta < \frac{\pi}{2}$) yoki I.2.2 – b chizmada koʻrsatilgan *qisman hoʻllanmaslik* ($\theta > \frac{\pi}{2}$) oraliq holatlari kuzatiladi.

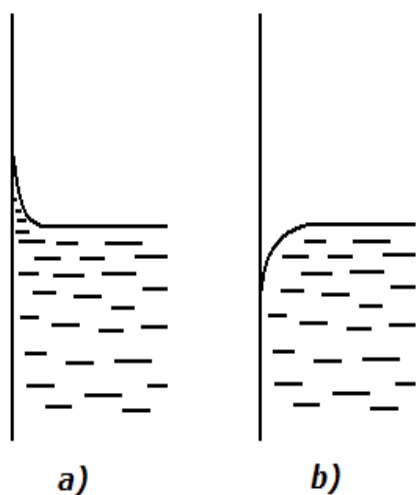


1.2.2 – chizma. Qisman hoʻllash va qisman hoʻllanmaslik.

Suyuqlik zarralarining qattiq jism zarralari bilan oʻzaro taʼsiri idishga qoʻyilgan suyuqlik sirtining shakliga taʼsir qiladi. Agar keng idishga koʻp miqor suyuqlik qoʻyilgan boʻlsa, u holda suyuqlikning sirti ogʻirlik kuchi bilan

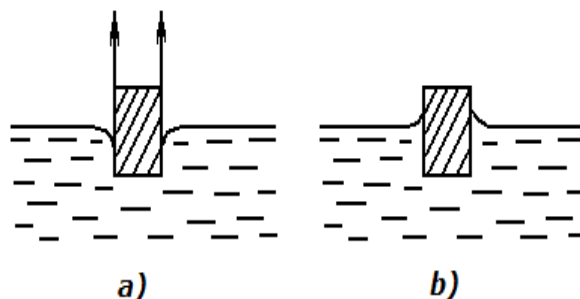
aniqlanadi, og'irlik kuchi esa, tabiiyki, tekis va gorizontal (ko'zgu) sirt bo'lishini ta'minlaydi.

Biroq idishling bevorlari yaqinida suyuqlik sirti har holda bir oz egrilanadi va ho'llovchi suyuqliklarda botiq (I.2.3 – *a* chizma) va ho'llanmaydigan suyuqliklarda qavariq (I.2.3 – *b* chizma) *menisk* hosil qiladi. Suyuqlik sirtining ho'llanish bilan bog'liq bo'lgan egrilanishi ba'zan suyuqlik sirtida zichliklarisuyuqlik zichligidan katta bo'lgan va shuning uchun bu suyuqlikda cho'kadigan jismlarni cho'ktirmay ushlab turishga imkon beradi.



1.2.3 – chizma.

**Idish devoir yaqinidagi menisklar.
ho'llanmasligi.**



1.2.4 – chizma.

Brusokning ho'llanish va

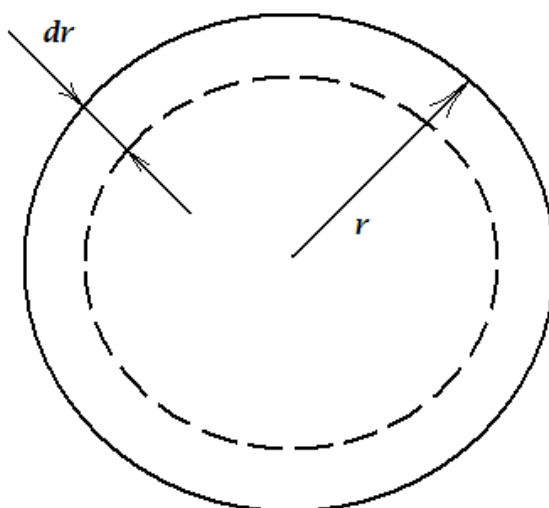
Bunday o'ziga xos «suzib yurishni» I.2.4. – *a* chizmadan foydalanib tushuntirish oson, bu chizmada brusok materialini hollamaydigan suyuqlik sirtida keskin to'g'ri to'rtburchak shaklidagi brusokka ta'sir qiluvchi kuchlar ko'rsatilgan. Agar brusokning chizma tekisligiga perpendikulyar yo'lishdagi uzunligi l ga teng bo'lsa, u holda kesimdagi sirtqi kuch $2\delta l$ ga teng va yuqoriga qarab yo'nalgan. Bu kuch brusok og'irligidan Arximed kuchining ayirilganiga teng bo'ladi. Agar brusokning og'irligi kichik bo'lsa, u sirtida cho'kmay turadi. Agar brusokning materiali, I.2.4 – *b* chizmada ko'rsatilganidek, suyuqlik

tomonidan ho'llansa, u holda sirt taranglik kuchi – hatto brusok moddasining zichligi suyuqlik zichligidan kichik no'lsa ham – brusokni suyuqlikka botishga majbur qiladi.

1.3. Suyuqlikning egri sirtida yuzaga keluvchi kuchlar.

Ko'p hollarda suyuqlikning sirti egrilangan bo'lishini ko'rdik. Hatto shunday deyish mumlinki, suyuqlik uchun normal sirt – notekis sirtidir, chunki suyuqlikning sirti yassi (tekis) bo'lishi uchun tashqi kuchning ta'siri – og'irlik kuchi yoki suyuqlik bilan chegaradosh bo'lgan moddaning zarralari orasidagi o'zaro ta'sir kuchlari bo'lishi kerak (ho'llanishda suyuqlikning yoyilishi).

Suyuqlik sirtining egriligi shu sirt ostida turgan suyuqlikka ta'sir qiluvchi kuchlarning paydo bo'lishiga olib keladi. Quyidagi oddiy mulohazalardan bunga ishonch hosil qilish mumkin. Suyuqlikning r radiusli sferik tomchisini ko'z oldimizga keltiraylik (I.3.1 – chizma). Sfera radiusi ortganida uning sirtining yuzi va unga mos holda sirt energiyasi ham ortadi. Ravshanki, bunga ish sarf qilish yo'li bilangina erishish mumkin. Aksincha, tomchi radiusi kichrayganida sirt energiyasi ham kamayadi. Demak, ish tomchining o'ziga ta'sir qilayotgan kuchlar tomonidan bajariladi. Bundan shunday xulosa kelib chiqadi: sferik sirt ostidagi suyuqlik hajmi hamma vaqt bir muncha siqilgan bo'ladi, ya'ni radial yo'nalgan, yoki boshqacha aytganda sirtga perpendikulyar yo'nalgan qo'shimcha bosim ta'sirida bo'ladi. Bu mulohazalar sirtning egriligi bilan bog'liq bo'lgan ana shu qo'shimcha bosim kattaligini ham hisoblashga imkon beradi.



1.3.1 – chizma. Radiusi r boʻlgan suyuqlik tomchisi.

Haqiqatdan ham, bu bosim taʼsirida suyuq shar hajmini I.3.1. – chizmada koʻrsatilganidek dV ga kamaytirilgan boʻlsin. Suyuqlikni siqish ishi sirt energiyasining kamayishi hisobiga bajarilgani ravshan (Siqishda suyuqlikning hajmiga bogʻliq boʻlgan erkin energiyasi ham kamayadi, bu kamayish suyuqlik ustidagi yoʻyingan bugʻ erkin energiyasining ortishi bilan kompensatsiyalanadi). Siqish ishi dA , maʼlumki $p dV$ gat eng, bu yerda p – bosim, yaʼni

$$dA = p dA .$$

(I.15)

Sirt energiyasining kamayishi esa

$$dF = \sigma dS$$

(I.16)

ga teng, bu yerda dS – shar sirtining uning radiusining dr ga kamayganiga mos holda kamayadi. Sharining sirti va hajmi uchun maʼlum formulalardan $S = 4\pi r^2$

va $V = \frac{4}{3}\pi r^3$ quyidagi ifodani olamiz:

$$dS = 8\pi r dr, \quad dV = 4\pi r^2 dr.$$

dS va dV ning bu qiymatlarini (I.15) va (I.16) tenglamalarga qo'yib hamda $|dA| = |dF|$ ekani nazarga olib, quyidagini keltirib chiqaramiz:

$$p \cdot 4\pi r^2 dr = \sigma \cdot 8\pi r dr,$$

bundan suyuqlikka uning egri sirti ko'rsatayotgan bosimi uchun shunday ifoda hosil qilamiz:

$$p = \frac{2\sigma}{r}.$$

(I.17)

Agar suyuqlikning sirti sferik bo'lmay, silindrik bo'lsa, u holda egrilik kufayli hosil bo'ladigan qo'shimcha bosim quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$p = \frac{\sigma}{r}.$$

(I.18)

Haqiqatdan ham, r radiusli l uzunlikdagi silindr uchun $V = \pi r^2 l$, $S = 2\pi r l$ va shunga mos holda

$$dV = 2\pi l r dr, \quad dS = 2\pi l dr,$$

bundan

$$dA = p dV = 2\pi p l r dr, \quad dF = \sigma dS = 2\pi \sigma l dr.$$

$|dA| = |dF|$ shartdan bevosita (I.18) ifoda kelib chiqadi.

Umumiy holda har qanday shakldagi sirt (sferikmas va silindrikmas) uchun, sirtning egriligi bilan bogʻliq bosim **Laplas tenglamasi** deb atalgan tenglama bilan ifodalanadi:

$$p = \sigma \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right).$$

(I.19)

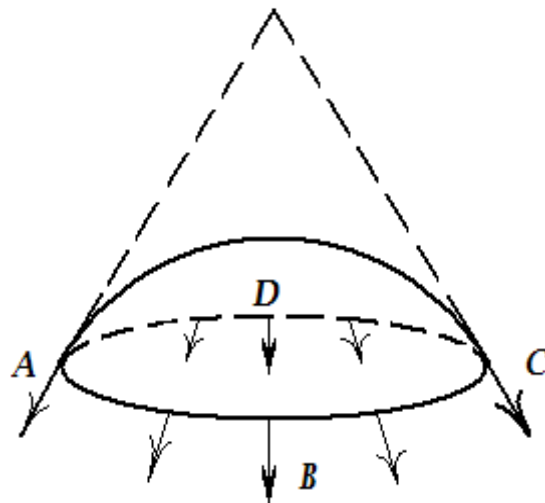
bu yerda r_1 va r_2 — sirtning berilgan nuqtasidagi yoki aniqrogʻi sirtning bu berilgan elementi uchun asosiy egrilik radiusi.

(I.17) va (I.18) formulalar (I.19) tenglamaning xususiy hollari ekanini koʻrish oson. Sfera uchun egrilikning har ikkala asosiy radiuslari ustma-ust tushadi va sfera radiusiga teng, yaʼni $r_1 = r_2 = r$ va (I.19) tenglama (I.17) tenglamaga aylandi. Silindrda asosiy egrilik radiusuning biri ∞ ga teng, ikkinchisi silindr radiusiga teng boʻladi, ularni (I.19) ga qoʻyib (I.18) ni olamiz.

Laplas formulasi bilan aniqlanadigan qoʻshimcha bosim sirtning egrilik markaziga qarab yoʻnalgan ekanligi ravshan. Shuning uchun qavariq sirt boʻlganida bu bosim suyuqlikning ichiga qarab yoʻnalgan hamda suyuqlikning normal bosimiga qoʻshiladi. Sirt botiq boʻlganda sirt yassi boʻlgan holdagiga nisbatan suyuqlik kichikroq bosim ostida boʻladi. Matematik jihatdan bu shunga mos keladiki, botiq sirt uchun egrilik markazi suyuqlikdan tashqarida boʻlganida egrilik radiusi manfiy, qavariq sirt uchun esa musbat boʻladi.

Sirt egriligi tufayli yuzaga keladigan va (I.19) tenglama bilan aniqlanadigan qoʻshimcha bosimni sirtga urinma boʻylab yoʻnaladigan sirtqi kuchlar bilan tenglashtirmaslik kerak, holbuki qoʻshimcha bosim (Laplas bosimi) sirtga perpendikulyar yoʻnalgan. Bu bosim suyuqlik sirtini egrilovchi sirt taranglik kuchlarining taʼsiri natijasidagina yuzaga keladi.

Dam berilayotgan to'pning rezina kamerasi ichidagi bosimni anashu qo'shimcha bosimga o'xshatish mumkin. Kamera sirtiga normal yo'nalgan bosim qancha katta bo'sa, kamera qobig'i shuncha ko'p cho'ziladi. Biroq bosim kamera sirtiga perpendikulyar yo'langan, qobiqni cho'zuvchi kuchlar esa unga urinma bo'ylab ta'sir qiladi (faqat shunday kuchlarga kamera materialini cho'zishi mumkin).



1.3.2 – chizma. Qo'shimcha bosimning paydo bo'lishi.

Qo'shimcha bosimning paydo bo'lishi I.3.2. – chizmadan ayniqsa yaqqol ko'rinib turibdi, bu chizmada suyuqlik sferik sirtining bir qismi tasvirlangan. *ABCD* aylan uzunliklarining ixtiyoriy elementiga sfera sirtiga urinma bo'ylab yo'nalgan sirt taranglik kuchlari qo'yilgan. Chizmadan bu kuchlarning teng ta'sir etuvchisi sfera markaziga yo'nalganligi ko'rinib turibdi. Sirt yuzi birligiga to'g'ri keluvchi anashu teng ta'sir etuvchi kuch egrilangan sirt ostidagi suyuqlikka ta'sir qiluvchi va Laplas formulasi bilan ifodalanuvchi qo'shimcha bosimdir. Oddiygina tajriba vositasida bu bosimni oson suzatish va bu bosimning egrilik radiusiga sifat jihatdan bog'liqligini aniqlashga imkon beradi. Uch yoqqa tarqalgan shisha nayning *A* va *B* ikki uchi sovunli suvga tushuriladi. Bu uchlari sovun pardasi qoplangandan keyin uni eritmadan chiqarib oladi va *C*

uchi puflab ikkita sovun pufagi hosil qilinadi. Shubxasis bo`ladigan tasodifiy sharoitlar tufayli bu pufaklar hamma vaqt diametri jihatdan bir-biridan biroz farq qiladi.  $C$  teshik yopilgandan keyin pufaklar muvozanatda bo`lmaydi. Katta radiusli shishadi va kichik radiusli pufak esa shunga muvofiq qisqaradi. Bu esa egrilik radiusi kamayishi bilan sirt egriligi tufayli yuzaga kelgan bosimning ortishini bevosita ko`rsatadi.

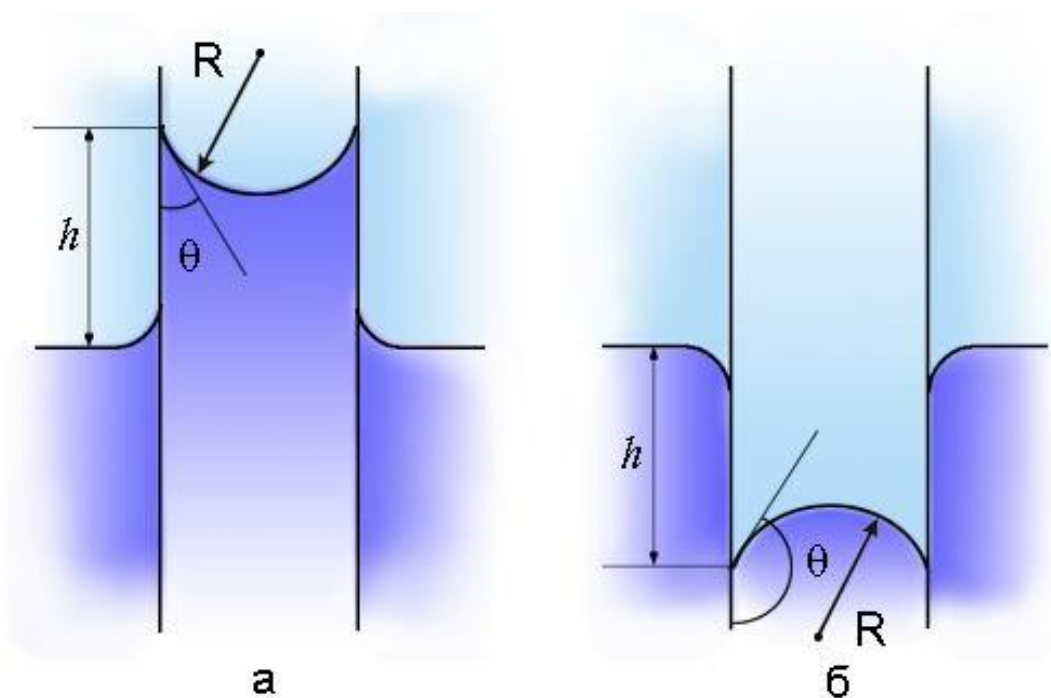
1.4. Kapillyar hodisalar.

Idishga solingan suyuqlik, idishning qattiq devori va suyuqlikning chegarasi o`rtasida kichik egrilikni bizlar ko`rganmiz, unda suyuqlik molekulalar bilan qattiq jism o`rtasidagi o`zaro ta`sir kuchi katta rol o`ynaydi. Qolgan qismida esa sirt yassi bo`lib qolaveradi, chunki bu qismida og`irlik kuchi molekulyar o`zaro ta`sir kuchlarini yengadi. Biroq umumiy sirt kengligi yetarlicha katta bo`lmasa, masalan quyidagi holni ko`raylik, agar suyuqlik tor tirqishda bo`lsa, devorning ta`siri butun suyuqlik sirti bo`yalab yoyiladi va u og`irlik natijasida egrilanib qoladi (idishni tor deb hisoblash mumkin, qachonki uning o`lchami, suyuqlik sirti bilan idish devori orasidagi egrilik radiusiga yaqin bo`lgan bo`lsa).

Agar suyuqlik solingan idishning o`chami, yoki umumiy holda, suyuqlik ajratadigan sirtlar orasidagi oraliq, suyuqlik yuzasidagi egrilik radiusiga yaqin bo`lsa, u holda bunday sig`imdagi idishlar *kapillyar (tolali) naylar* deyiladi. Bunday idishlarda ro`y beradigan hodisalar *kapillyar hodisalar* deyiladi.

Kapillyarlik bilan bog`liq bo`lgan ba`zi bir hodisalarni korib o`tamiz.

Avvalambor kapillyar naylarga xos xususiyat, suyuqliklar yuzasining egrilanishi tabiiy holat bo`lib, shu egrilanish natijasida hosil boladigan qo`shimcha bosim ta`siri, bu yerda ko`proq seziladi (Laplas bosimi). Manashu qo`shimcha bosimning ko`rsatadigan bevosita natijasida *kapillyar ko`tarilish* hosil bo`ladi.



1.4.1-chizma. Kapillyarda meniskning ko`rinishi.

1.4.1 - a) chizmada, suyuqlik bilan to`ldirilgan keng idishga tushurilgan ingichka nay tasvirlangan. Nayning devorlari ho`llangan bo`lda, suyuqlik nay ichiga kirib, botiq menisk hosil qiladi. Nay shunchalik ingichka bo`lsinki, uning radiusi R , menisk radiusi R_o ga teng bo`lsin.

Nayning ichidagi suyuqlik sirtning egrilanishi natijasida hosil bo`ldigan bosim  $p$ , menisk markazi tomon yo`nalgan, ya`ni yuqoriga yo`nalgan va u $2\sigma/R_o$ ga teng, R_o — menisk radiusi va σ — suyuqlikning sirt taranglik koeffitsienti. Shu bosim ta`sirida suyuqlik  $h$  balandlikkacha ko`tarilib, ρgh bo`mish gidrostatistik bosim, h balandlikli suyuqlik ustining p bosimga tenglashadi. Bundan quyidagi tenglik kelib chiqadi:

$$\frac{2\sigma}{R_o} = \rho gh$$

ρ — suyuqlikning zichligi, g — erkin tushish tezlanishi. Bu tenglama kapillyar naydagi suyuqlik balandligini aniqlashda qo`l keladi.

Ko`tarilish balandligi  $h$  bilan nayning radiusi  $R$  orasidagi bog`lanishni aniqlash qiyin ish emas. Buning uchun manisk va kapillyar tasvirlangan I.4.1.- (a) chizmaga e`tibor qaratamiz. Menisk uning bir qismi bo`lib, sfera markazida O nuqta joylashgan. Kapillyar bevorlari bilan tegib turgan suyuqlikning egrilanish burchagi θ ga teng. Bevosita chizmadan $R_o = R/\cos\theta$ xulosa kelib chiqadi. Shuning uchun ham $2\sigma/R_o = \rho gh$ tenglama $\frac{2\sigma \cos\theta}{R} = \rho gh$, ko`rinishga o`zgartiriladi, undan esa

$$h = \frac{2\sigma \cos\theta}{\rho g R}.$$

(I.20) kelib chiqadi.

Ayniqsa kapillyarni to`liq hollaydigan suyuqliklarda va  $\theta = 0$ ,  $\theta = 1$  holatlarda quyidagi ko`rinishga keladi:

$$h = \frac{2\sigma}{\rho g R}.$$

(I.21)

Kutilganidek, kapillyar nayning radiusi kichrayishi va sirt taranglik koefitsienti ortgan sari kapillyardagi suyuqlikning ko`tarilish balandligi (kapillyar ko`tarilish) oshib boradi.

Agar suyuqlik kapillyarni ho`llamasa, teskari holat bo`ladi, ya`ni menisk qavariq bo`ladi, egrilik radiusi esa tashqarida emas, balki suyuqlik ichida bo`ladi va Laplas bosimi ham pastga yo`nalgan bo`ladi. Kapilyardagi suyuqlikning balandligi, u tushurilgan idishdagi suyuqlik sathidan pastda bo`ladi (manfiy kapillyar ko`tarilish).

Bu holatda ham balandliklardagi farq h , (I.20) va (I.21) tenglamalar orqli aniqlanadi.

Kapillyar ko'tarilish, bir qancha keng ma'lum bo'lgan hodisalar orqali tushuntiriladi: ingichka egri-bugri shaklda g'ovaklari bo'lgan (filtrlovchi) bosma qog'ozning suyuqlikni shimib olishi; kerosinning, tolalari ingichka kapillyar rolini o'ynaydigan pilik orqali ko'tarilishi va hokazo shunga o'xshash hodisalar kapillyar ko'tarilish hodisasi orqali tushuntiriladi. Kapillyar kuchlar suvning tuproqdan daraxt tanasi bo'ylab ko'tarilishini ta'minlaydi: yog'och tolalari juda ingichka kapillyarlar rolini o'taydi.

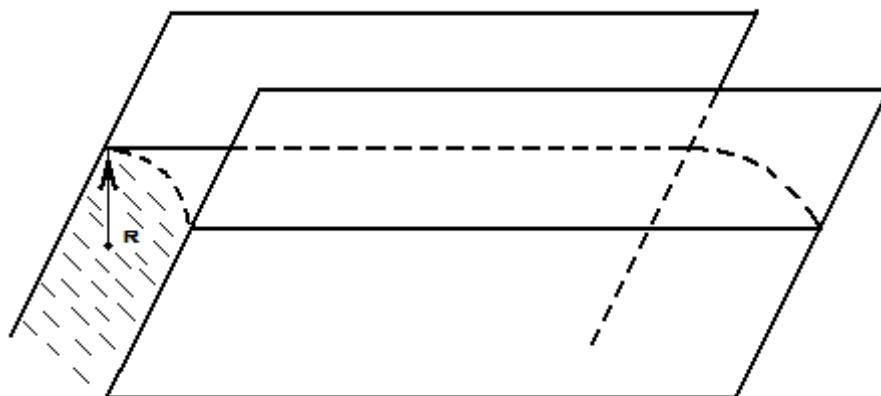
Kapillyar ko'tarilishni, nafaqat silindrsimon kapillyarlarda kuzatilishi mumkin. Hattoki, qisqa oraliqqa bo'lgan ikki plastinkalarda ham suyuqlik ko'tariladi (2-chizma). Agar plartinalar bir-biriga paralel bo'lsa, manisk silindrsimon ko'rinishda bo'ladi. Bunday holatda kapillyar ko'tarilish balandligi

$$h = \frac{2\sigma \cos \theta}{\rho g d}.$$

(I.22)

formuladan aniqlanadi, unda d — plastinalar orasidagi masofa. (I.22) formula ham (I.20) kabi kelib chiqadi. Faqat, σ/R ga teng va shakli silindrik bo'lgan sirt ostidagi bosimni etiborga olish kerak bo'ladi, bu yerda R — menisk radiusi (I.10-chizma), plastinalar orasidagi masofa d bilan bog'liq holda quyidagi natija kelib chiqadi:

$$R = \frac{d}{2 \cos \theta}.$$



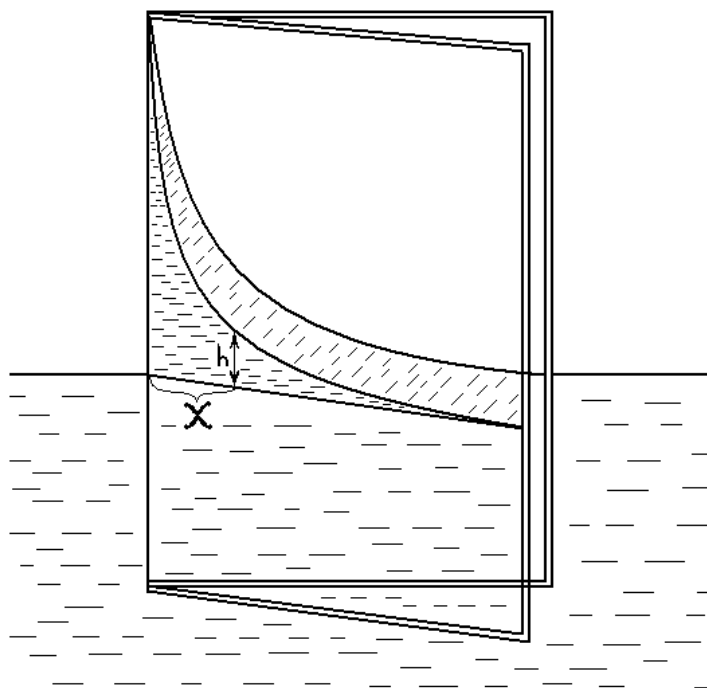
1.4.2 – chizma. Plastinalar orasidagi kapillyarlik hodisasi.

(I.22) – formula quyidagi sodda demonstratsion tajriba bilan ko`rsatiladi (I.4.2.-chizma). Ikkita tozalab yuvilgan shisha plastinkani ponasimon shakl hosil qiladigan qilib joylashtiriladi va u suvga tushuriladi. Suv toza shishani ho`llaydigan bo`lgani uchun yuqoriga ko`tariladi, biroq ko`tarilish balandligi (I.22) formulaga muvofiq plastinkalar orasidagi masofa ortgan sari kamayib boradi. Pona qirrasidan hisoblangan  $X$  masofa ortgani sari bu masofa ham ortib boradi. Agar  $\varphi$  — plastinkalar orasidagi burchak bo`lsa, u holda plastinkalar orasidagi masofa $d = \varphi X$ ga teng bo`ladi. Shuning uchun suyuqlik sathining  $h$  balandligi  $X$  o`zgarishi bilan quyidagi

$$h = \frac{2\sigma \cos \theta}{\rho g \varphi X} = \frac{c}{X}$$

(I.23)

formulaga muvofiq o`zgaradi, bu yerda  $c = \frac{2\sigma \cos \theta}{\rho g \varphi}$  ayni shu berilgan «qattiq jism – suyuqlik» jufti uchun va shu pona burchagi uchun xarakterli bo`lgan o`zgarmas kattalik. (I.23) tenglama giperbola tenglamasidir. suyuqlik sirti va plastinkalarning kesishish chizig`i xuddi shunday shaklga ega bo`lishi yaxshi ko`rinib turibdi.

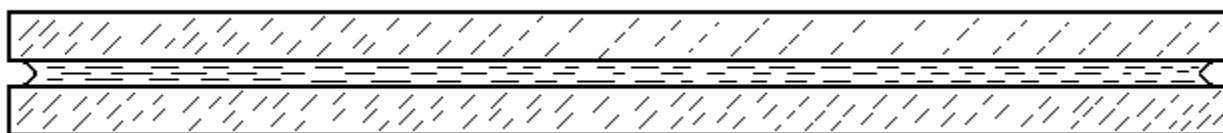


1.4.3 – chizma. Ponasimon plastinkada kapillyarlik hodisasi.

Pona asosining uchidasuyuqlik sathining juda yuqoriga yetmasligiga sabab shuki, plastinkalarni batamom zich joylashtirib bo`lmaydi. Ularning orasida hamma vaqt oraliq qoladi, bu oraliqning pona asosida ($X = 0$ da) sathning balandligi belgilanadi.

**Ho`llanadigan plastinkalar orasidagi tutinish kuchlari.** Agar suyuqlik bilan ho`llanadigan ikki plastinka ustma-ust qo`yilsa, ularning orasida suyuqlik bo`lgani sababli plastinkalar bir-biriga yopishib qoladi (I.4.4.-chizma). Bunday plastinkalar orasidagi tortishish kuchini hisoblash qiyin emas. Suyuqlik erkin sirtining ixtiyoriy elementi ho`llanish tufayli botiq silindr ko`rinishida bo`ladi. Sirt egriligi tufayli yuzaga keladigan bosim bu holda manfiy bo`ldi. Binobarin, suyuqlikdagi bosim normal bosimdan $\frac{\sigma}{R}$ miqdorda kam bo`ladi [$p=\sigma/R$].

Shuning uchun plastinkalar tashqi bosimning $\frac{\sigma}{R}$ ga teng boʻlgan ortiqcha taʼsirida boʻladi. Bu ortiqcha bosim plastinkalarni siqadi. Binobarin, plastinkalarga taʼsir qilayotgan bosim $\frac{\sigma}{R}$ ga teng boʻldi.



1.4.4 – chizma. Ikki plastinalar orasida suyuqlik.

Bunda hosil boʻladigan kuchlar kattaligi haqida quyidagi sonli misoldan tasavvur hosil qilish mumkin. Yuzi 10 sm^2 boʻlgan plastinkalar orasidagi suv qatlamining qalinligi 10^{-4} sm^2 (1 mikron) ga teng boʻlsin. Plastinkalarni siquvchi bosim quyidagiga teng boʻldi:

$$\rho = \frac{\sigma}{R} = \frac{70}{0,5 \cdot 10^{-4}} = 1,4 \cdot 10^6 \text{ dina} / \text{cm}^2 \approx 1,4 \text{ atm}$$

(toʻla hoʻllashda meniskning radiusi $R = \frac{d}{2}$ ga teng boʻldi, bu yerda d — suyuqlik qatlamining qalinligi). Plastinkalarning yuzi $S = 10 \text{ sm}^2$ boʻlganda ular orasidagi tortishish kuchi

$$f = pS \approx 137 \text{ H}$$

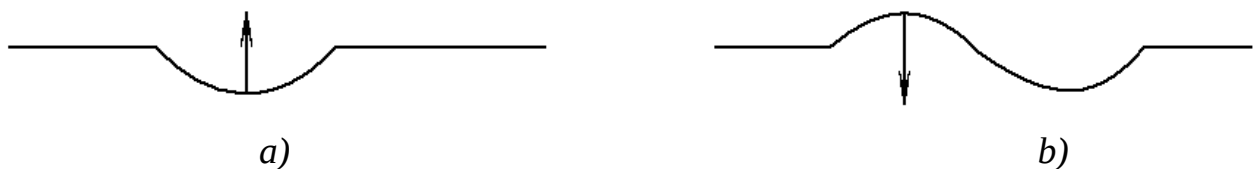
ga teng boʻladi. Plastinkalarni bir-biridan ajratish uchun plastinkalar tekisligiga perpendikulyar yoʻnalishda xuddi shunday kuch bilan taʼsir qilish kerak.

Biroq plastinkalarga parallel taʼsir etuvchi hatto kichik kuch ham ularni oson sirpantiradi.

Sirt taranglik koeffitsientini o`chashning ba'zi metodlari.

Suyuqliklarning sirt taranglik koeffitsientlarini aniqlashning biz yuqorida keltirgan elementar metodlari (suyuqlik yupqa pardasini tutib turuvchi kuchni o`lchash; tomchilarning uzilish metodi) dan tashqari yanada aniqroq bo`lgan boshqa metodlar ham mavjud. Ulardan ba'zilarini ko`rib o`tamiz.

**Kapillyar to`lqinlar metodi.** Kapillyar to`lqinlar — hammaga ma`lim bo`lgan suyuqlik yuzidagi «jimirlashlar» ning boshqa nomidir. Bu to`lqinlar kichik to`lqinlanishlar ta`sirida yuzaga keladi va ularning paydo bo`lishi sirt taranglik kuchlariga bog`liq. Kapillyar to`lqinlarning paydo bo`lish mexanizmi umumiy holda quyidagicha. Biror tashqi ta`sir natijasida suyuqlikning ayni shu joyda «bosilib», botiq shaklga kiradi (I.4.5. – a chizma). Bu botiq sirt ostidagi suyuqlik qatlamlariga bo`ladigan bosim sirt yassi bo`lgan qo`shni qatlamlardagi bosimdan  $\sigma/R$  miqdorda kichik bo`lib qoladi. Shunday yo`l bilan yuzaga kelgan suyuqliklar farqi suyuqlikni qo`shni qatlamlardan botiq sirt ostiga oqib kelishiga majbur qiladi va suyuqlik dastlabki holatiga yana ko`tariladi, bitoq to`plangan kinetik energiya hisobiga inersiya tufayli dastlabki sathidan ham o`tib ketadi. Sirt shuning uchun ham qavariq bo`lib qoladi va sirtning egriligi tufaylipaydo bo`ladigan bosim endi pastga tomon yo`nalgan bo`ladi (I.4.5.-b chizma).



1.4.5 – chizma. Suyuqlik sirtining botiq, qavariq ko`rinishlari.

Ravshanki, suyuqlikning bir joydagi bunday tebranishlari qo`shni nuqtalarni ham makbur qiladi. Demak, hodisaning to`lqin xarakterida ekanligini bildiradi. Kapillyar to`lqinlarning ampletudasi kichik va to`lqin uzunligi qisqa bo`ladi. Ampletudaning qisqaligi tufayli og`irlik kuchining ta`sirini nazarga

olmaslik mumkin, bu kuch ham xuddi shunday ta'sirni yuzaga keltiradi (tik dengiz to'liqlarining yuzaga kelishiga og'irlik kuchi sabab bo'ladi).

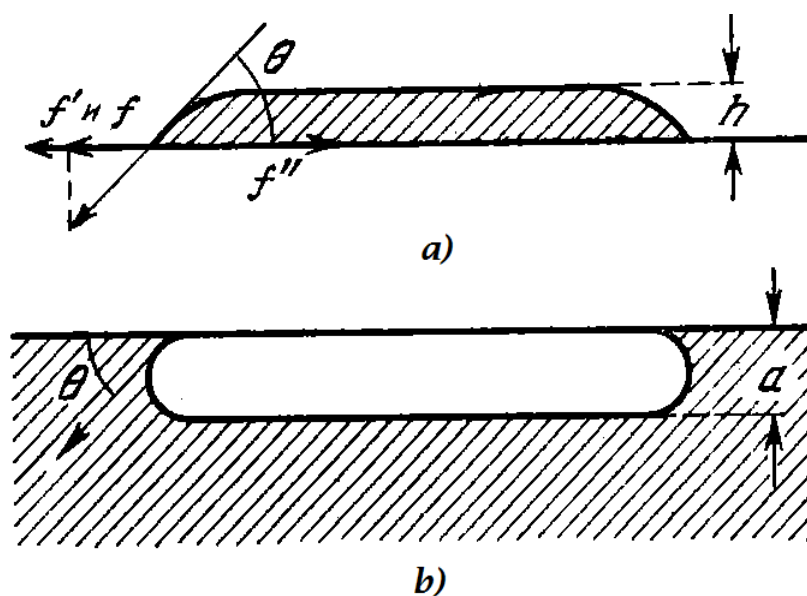
To'liqlarni kapillyar to'liqlar deb atalishi uchun ularning yuzaga kelishida faqat sirt taranglik kuchigina ishtirok etishi va ular to'liqlarning cho'qqisi va o'rtasidagi katta egrilik hisobiga hosil bo'lishi kerak.

Hisoblashlarning ko'rasatishicha, kapillyar to'liqlarning parametrlari sirt taranglik koeffitsienti bilan quyidagi tenglamaga muvofiq bog'langan:

$$(I.24) \quad n^2 \lambda^3 \rho = 2\pi\sigma,$$

bu yerda n — to'liqdagi tebranishlar chastotasi, λ — to'liq uzunligi va ρ — suyuqlik zichligi. (I.24) formula, zichligi ma'lum bo'lgan suyuqlikning sirt taranglik koeffitsientini aniqlash uchun foydalanilishi mumkin. Buning uchun tebranishlar chastotasi va to'liq uzunligini o'lchash zarur. Odatda to'liqlarning tarqalish tezligi o'lchanadi, bu tezlik tebranishlari chastotasi bilan sodda munosabat orqali bog'lanadi.

Tomchi va pufakcha metodi. Bu metod yassi sirdagi yirik suyuqlik tomchisi va shu suyuqlikdagi havo pufagini (u ham katta o'lchamli) kuzatishga asoslangan.



1.4.6 – chizma. Katta suyuqlik tomchisining tekislikdagi ko`rinishi.

Gorizontal tekislikda o`rnatilayotgan suyuqlikning katta tomchisi hosil bo`lgan deylik (I.4.6. – a chizma), bu tomchi shunchalik kattaki, uning sirti chekkalaridan boshqa hamma joyida yassi va tomchi chegarasidagi burchak θ ga teng deylik. Tomchining muvoznat sharti ana shu tomchi yupqa pardaga aylantirishga intilayotgan kuchlarning absolyut qiymatlarining tengligidan iborat. Birinchidan, og`irlik kuchi, ikkinchidan, suyuqlik va qattiq taglik chegarasidagi sirt taranglik kuchi tomchini yupqa pardaga aylantirishga intiladi. Tomchiga sferik shakl berishga intiluvchi kuch esa suyuqlik sirtidagi sirt taranglik kuchidir. Tomchining chizma tekisligiga perpendikulyar bo`lgan vertikal kesimini ko`raylik va bu kesimda balandligi  $h$  (tomchining balandligi) va uzunligi  $1\text{sm}$  bo`lgan maydonni ajrataylik. Og`irlik kuchi tufayli bu kesimda gidrostatik bosim mavjud bo`ladi. Uning o`rtacha qiymati  $\rho g \frac{h}{2}$  ga teng bo`ladi, bu yerda ρ — suyuqlikning zichligi va g — erkin tushish tezlanishi. Bu bosimning mavjudligidan yuzaga kelgan f kuch $\rho g \frac{h}{2} \cdot h = \frac{\rho g h^2}{2}$ ga teng (ajratilgan maydonning yuzi h ga teng). Bu kuchning yo`nalishi I.4.6.-a chizmada ko`rsatilgan.

Suyuqlik bilan taglik chegarasidagi sirt taranglik kuchining f' gorizontal tashkil etuvchisining uzunlik birligiga to'g'ri keladigan kattaligi $\sigma \cos\theta$ ga teng. Bu tashkil etuvchi kuch ham f kuch kabi yo'nalgan bo'lib, u kuch bilan birga tomchini pardaga aylantirishga intiladi. Bu ikki kuchga suyuqlik sirtidagi sirt taranglik kuchi f'' qarshi turadi, bu kuch ularga qarama- qarshi yo'nalgan va σ ga teng.

Shunday qilib, tomchining muvozanat shartini quyudagicha yozish mumkin:

$$\sigma = \sigma \cos\theta + \frac{\rho g h^2}{2},$$

yoki

$$\sigma(1 - \cos\theta) = \rho g \frac{h^2}{2}.$$

(I.25)

Endi o'sh auyuqlikdagi havo pufakchasini ko'raylik (I.4.6.-b chizma). Agar pufakcha uning «tubi» yassi bo'ladigan darajada yetarlicha katta bo'lsa, u holda hozirgina qilingan mulahazalarga ko'ra pufakchanning muvozanat sharti qo'yiladigan tenglikni yozish mumkin:

$$\sigma(1 + \cos\theta) = \rho g \frac{d^2}{2},$$

(I.26)

bu yerda d – pufakchanning balandligi. (I.25) va (I.26) larni o'zaro qo'shamiz va quyidagini hosil qilamiz:

$$2\sigma = \frac{h^2 + d^2}{2} \rho g.$$

(I.27)

Binobarin, sirt taranglik koeffitsientini aniqlash uchun tomchining va pufakchanning balandligini o`lchash yetarli ekan.

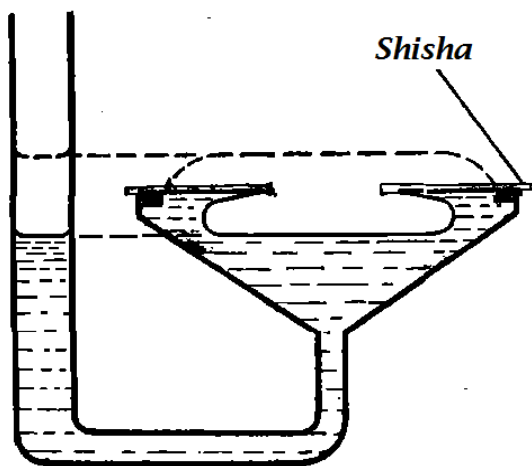
Shunisi qiziqarliki, θ chegaraviy burchakni o`lchash uchun ham ana shu tajribadan foydalanish mumkin. Haqiqatdan ham, agar (I.25) ni (I.26) dan ayirilsa, u holda kelib chiqadi:

$$2\sigma \cos\theta = \frac{d^2 - h^2}{2} \rho g.$$

Biroq (I.27) tenglamadan $2\sigma = \frac{h^2 + d^2}{2} \rho g$, demak, θ uchun

$$\cos\theta = \frac{d^2 - h^2}{d^2 + h^2}$$

tenglik kelib chiqadi. Demak, θ ni aniqlash uchun ham faqat d va h ni o`lchash yetarli ekan.



1.4.7 – chizma. Maxsus shakldagi manometer.

Eksperimentda d va h ni I.4.7.-chizmada ko'rsatilgan maxsus shakldagi manometr yordamida o'lchanadi. Yaxshilab tozalangandan keyin manometr o'rganilayotgan suyuqlik bilan to'ldiriladi, shundan so'ng uning bir qismi yetarlicha o'lchamdagi pufakcha hosil bo'ladigan qilib so'rib olinadi. Shundan so'ng manometr bo'yicha pufakcha «tubi»ning vaziyati aniqlab olinadi. Keyin asbobga uning keng tirsagini yopib turuvchi shisha ustida katta suyuqlik tomchisi hosil bo'ladigan qilib qo'shimcha suyuqlik quyiladi (I.4.7.-chizmada punktir chiziq bilan ko'rsatilgan). Manometrdan aniqlangan yangi hisob tomchi asosining vaziyatini beradi. Nihoyat, maxsus asbob (sferometr) orqali tomchi balandligi h aniqlanadi. Shishaning qalinligini bilgan holda manometr bo'yicha aniqlangan ikki hisob bo'yicha d ni aniqlash va sirt taranglik koeffitsientini ham chegaraviy burchakni ham hisoblab topish mumkin.

Sirt taranglik koeffitsientining temperaturaga bog'liqligi.

Umumiy mulohazalardan temperatura ortishi bilan sirt taranglik koeffitsienti kamayishi kerakligini bilish oson. Kritik temperaturada bu koeffitsient nolga teng bo'lishi kerak, chunki bu temperaturada suyuqlik va uning bug'i orasidagi farq yo'qoladi, binobarin, ikki fazani ajratayotgan sirt ham yo'q bo'ladi. Biroq sirt taranglik koeffitsientining temperaturaga bog'liqligining aniq ko'rinishi nazariy ravishda aniqlanishi mumkin emas. Taxminiy ravishda sirt taranglik koeffitsientining temperaturaga bog'liqligi quyidagi tenglik bilan ifodalanadi:

$$\sigma = B(T_K - T - \tau) \left(\frac{\rho}{\mu}\right)^{2/3}.$$

(I.28)

bu yerda B – o'zgarmas koeffitsient, T_K – kritik temperatura, ρ – suyuqlik zichligi, μ – uning molekulyar og'irligi va τ – temperatura o'lchamlariga ega bo'lgan kichkina kattalik.

(I.28) formula kritik nuqta yaqinida o`rinli bo`lmaydi, chunki $T = T_K$ bo`lganda  $\sigma=0$  ga teng bo`lishi kerak, bu esa (I.28) formulaga zid keladi.

(I.28) dan shu narsa kelib chiqadiki, sirt tarangligining temperaturaga bog`liqligi, ya`ni uning temperatura bir gradusga o`zgarishi quyidagi tenglik orqali ifodalanadi:

$$(I.29) \quad \frac{d\sigma}{dT} = - B \left(\frac{\rho}{\mu} \right)^{2/3}.$$

Bu formuladan ko`rinadiki, suyuqlikning zichligi qancha katta va uningmolekulyar og`irligi kichik bo`lsa, sirt taranglik koefitsientining temperaturaga bog`lanishi shuncha kuchli bo`lar ekan.

(I.28) va (I.29) tenglamalarning taqribiy bo`lishiga qaramay, ular tajribada shunday to`g`ri natijalar beradiki, ulardan hatto suyuqliklarning molekulyar og`irliklarini aniqlash uchun foydalanish mumkin. B koefitsientamalda barcha suyuqliklar uchun birday bo`lib, 2,1ga teng (SGS birliklar sistemasida).

I bobning xulosasi .

Bitiruv malakaviy ishning birinchi bobida suyuqliklarning xossalari o`rganilib, suyuqliklarning issiqlikdan hajmiy kengayish koefitsientlari va issiqlik sig`imlari, suyuqliklarda ko`chish hodisalari (difraksiya, issiqlik o`tkazuvchanlik va qovushqoqlikni) hazariy jihatdan o`rganildi. Suyuqlik xossalari moddalarning boshqa agregat holatlari xususiyatlaridan farqlovchi jihatlari keltiriladi. Kapillyar hodisalar va ularni tavsiflovchi tenglamalar o`rganildi. Suyuqlikning siqiluvchanligini tajribada aniqlanishi, sirt taranglik koefitsientini o`chashning ba`zi metodlari, suyuqliklarning qovushoqlik koefitsientini tajribada aniqlash haqida ham ishlanmalar mavjud. Bundan tashqari suyuqlikning egri sirtida vujudga keluvchi kuchlar sirt taranglik koefitsientining temperaturaga bog`liqligi ham o`rganildi.

II bob. Tabiatda va texnikada kapillyar hodisalar.

2.1. Tabiatda va texnikada kapillyar hodisalar.

Texnikada kapillyar hodisalar katta ahamiyatga ega, masalan, teshikli kapillyar jismlarni quritish jarayonida va shu kabi hodisalarda. Kapillyarlik hodisasi ayniqsa qurilish ishlarida eng katta ahamiyatga ega. Misol qilib aytsak, g`ishtli devor zaxlanib ketmasligi uchun, devor va poydevor orasiga kapillyarlari bo`lmagan moddadan qo`yib chiqiladi. Qog`ozning har xil turlarini ishlab chiqarish uchun, qog`oz sanoati kapillyarlikni hisobga olish kerak bo`ldi. Masalan, yozuv qog`ozlarini tayyorlashda, kapillyarlari zich berkitilishi uchun maxsus tarkibli suyuqlikka ivitib olinadi. Turmushda kapillyarlik hodisasidan piliklarda, ho`llanadigan qog`ozlarda, patqalamning siyoh uzatilishida va shunga o`xshash holatlarda ishlatiladi.

Kapillyarlik hodisasi tabiatda katta ahamiyatga egadir. O`simlik poyasi yoki tanasi bo`ylab, ozuqali aralashmaning yetarlicha balandliklarga ko`tarilishi kapillyarlik hodisasiga asoslangan: o`simlik tolalari hosil qilgan ingichka naylar bo`ylab aralashma ko`tariladi. Yerning ostgi qatlamlaridan yuqori qatlamlarigacha suvning ko`larilishini tuproq kapillyarlari ta`minlab beradi. Tuproqni qisib zichlashtirish bilan, uning diametrini kichraytirish mumkin, bu esa suvning yuqori qatlamga oqib kelishini kuchaytiradi, ya`ni bug`lanish zonasi va bu orqali tuproqning qurishini tezlashtiradi. Aksincha, tuproqning ustki qismini yumshatib, o`sha tuproq kapillyarlari tizimining buzilishiga olib keladi, bug`lanish zonasiga oqib kelayotga suvni to`xtatish mumkin va tuproqning bug`lanishini sekinlashtirish mumkin. Aynan manashuga asoslangan mashhur agrotexnik, suvni tartibga solib boshqarish usullari – dumatish va mola bostirish. Kapillyar kanallar orqali bino devorlariga gruntli suv ko`tariladi (gidroizolyatsiyasiz); pilik kapillyarlari bo`ylab moylanadigan moddalar ko`tariladi (pilikli smazka); hollanadigan qog`ozning ishlatilishi ham aynan kapillyarlik hodisasiga asoslangan.

2.2. «Tabiatda va texnikada kapillyar hodisalar.» mavzusida 2 soatlik dars ishlanmasi

Tabiatda va texnikada kapillyar hodisalar.

Ho`llash va ho`llanmaslik.

(I kurs) Eksperiment – dars.

Darsning maqsadi:

2. Ta'limiy:

a) Tabiatda va texnikada qo`llash va ho`llanmaslik hodisalari bilan tanishtirish:

b) Talabalar bilimini shakllantirish:

- Informatsiya manbalarining analizi;
- Eksperimental ishlarni bajarish;
- Guruhda ishlay bilish.

1. Tarbiyaviy:

a) Dunyoqarashga oid tushunchalarni tarbiyalash:

- Atrof – muhitdagi bog`lanishlarni tushuntirish;
- Atrof – muhit va insoniyatni o`rganish.

b) Axloq tarbiyasi:

- Tabiatni sevish;
- O`zaro yordam ruhini singdirish;
- Guruh bilan ishlash etikasini tarbiyalash.

2. Rivojlantiruvchi:

- Umumlashtirish va xulosa qilib bilish;
- Sxemalar tayyorlash;
- Mustaqil fikrlay bilish;
- O`rganilgan material bo`yicha xulosa chiqara olish;
- Nutqni o`stirish;
- Amaliy bilimlarni rivojlantirish.

Dars rejasi:

1. Tashkiliy qism ()
2. Fikrlash jarayonini aktivlashtirish ()
3. Informatsion blok №1 ()
4. Eksperimental masalalar, ularning yechimi va natijalar tahlili ()
5. Informatsion blok №2 ()
6. Eksperimental masalalar, yechimi va natijalar tahlili ()
7. Bilim va ko`nikmalarni tekshirish ()
8. Talabalar bilimini baholash, darsni umumlashtirish va yakunlash ()

Darsni jihozlash:

1. Quyosh, gigant planetalar, qon aylanish sxemasi va ildiz sxemalari.
2. “Gigant planetalar” va “Ildiz tuzilishi ba uning funksiyalari”

prezentatsiyasi.

Doska va auditoriyaning jihozlanishi:

1. Dars mavzusi.
2. Sxemalar (quyosh, gigant sayyoralar rasmlari, ildiz sxemasi).
3. Kabinetda stollar guruh uchun mo`ljallab qo`yilgan (har bir guruhga 4 - 6 ta talaba)
4. Proyektor yoki kompyuter.

Tayyorlash bosqichi:

Talabalarga dars maqsad va vazifalari tushuntiriladi. Guruhlar tuzilib, ishchi material tarqatiladi. Guruhlar talabalar xohishiga ko`ra tuziladi.

Fikrlash jarayonini aktivlashtirish.

Fizik lug`atcha.

Kappillyar lotincha Capillaris – soch, sochli.

Menisk grekcha Meniskos – oy xochi.

Flotatsiya inglizcha Flotation – qalqib chiqish.

Xabar 1. Plato tajribasi.

Biz, suyuqliklar hech qanday shaklga ega emas deb o`ylashga o`ganib qolganmiz. Bu noto`g`ti har qanday suyuqlikning tabiiy shakli – shar. Odatda og`irlik kuchi suyuqlikka bu shaklni olishga to`squinlik qiladi va suyuqlik ozi solingan idishning shaklini oladi. Xuddi shunday zichlikka ega bo`lgan boshqa suyuqlik ichida suyuqlik tabiiy shar shakliga ega bo`ldi. Zaytun moyi suvga suzadi, ammo spirtida cho`kadi. Shuning uchun spirt va suvning shunday aralashma tayyorlash mumkinki, unda moy muvozanatda bo`ladi. Shpris vositasida bu aralashmaga birmuncha zaytun moyini solamiz va ko`ramiz-ki, moy birta shar shaklidagi tomchiga to`planadi va u suyuqlikda harakatsiz osilib turadi.

Gigant masshtablarda bunday hodisani bir yulduz, quyoshda va gigant planeralarda kuzatishimiz mumkun. Bu osmon jismlari o`z o`qi atrofida juda tez aylanishadi. Bu aylanish natijasida qutblarda jismlar juda kuchli siqilgan.

Amaliy ish №1. (guruh bo`lib ishlash).Suyuqliklarning tabiiy sharoitlarda shaklini o`rganish.

Asbob va materiallar: alyuminiy, mis, shisha plastinkalar, zaytun yoki kugaboqar moyi, spirt suvdagi aralashmasi, sim, shpris yoki shisha trubka.

Ishning bajarish tartibi.

1. Alyuminiy, mis, shisha plastinkalarga moy va suv tomchilarini joylashtiring.

2. Tomchi shakllarini ko`ring va chizing.

3. Qattiq jism va suyuqlik molekulalari orasidagi o`zaro ta'sir hodisasidan xulosa chiqaring.

4. Natijalarni jadvalga kiriting.

Sxematik rasm. Xulosa.

alyuminiy plastinkada moy

mis plastinkada moy

shisha plastinkada moy

alyuminiy va suv

mis va suv

shisha va suv.

5. Shisha plastinkada suv va spirt aralashmasiga zaytun moyini kiriting.

6. Moy tomchisining sirtini ko`ring.

7. Moy shari markazidan sim o`tgazib uni aylantirib turing.

8. Tomchi shakli qanday o`zgarishligini kuzating.

9. Suyuqlik sirti shakli haqida xulosa chiqaring.

Xabar 2. Tabiatda ho`llash hodisasi.

Tabiatda sirt taranglik hodisasining roli turli-tuman. Masalan, suvning sirt plyonkasi ko`pgina organizmlar uchun harakat davomida tayanchi hisoblanadi. Harakatning bu shakli kichik hasharotlarda ko`plab kuzatiladi. Suvda yashovchi, ammo jabrasi bo`lmagan hayvonlar ho`llanmaydigan tukchalari vositasida suvning sirti qatlamiga pastdan osiladi. Bu usul bilan pashshalar shu jumladan malyariyalar lichinkalari yashaydi.

Suvda suzuvchi qushlarning qanotlari alohida bezlari chiqaradigan yog`lar bilan surkalgani uchun , ular ho`llanmaydi. Qush patlari orasidagi havoning qalin qatlami qush (o`rdak) ni o`zidan issiqlikni yo`qotishdan saqlaydi.

Barglardagi mumga o`xshash qatlam o`simliklarning to`g`ri nafas olishini taminlaydi. Xuddi shu bilan tomlarning ustini yopishda ishlatiladigan somonning suvni o`tkazmasligi ham tushuntiriladi.

Amaliy ish №2. Sutning sirt taranglik koeffitsientining temperaturaga bog`liqligini o`rganish.

Asbob va materiallar: o`lchami ma`lum bo`lgan kapillyarlar, sut, chizg`ich, isituvchi qurilma, termometr, tarozi, menzurka.

Ishni bajarish tartibi:

Temperatura oshishi bilan suyuqlik molekulalari orasidagi masofa ham oshadi va demak, molekulyar tortishish kuchlari kamayadi. Bundan ko`rinadiki,

sirt taranglik temperaturaga bog`liq. Tajribalar ko`rsatadiki, temperatura ortishi bilan suyuqlik sirt tarangligi kamayadi va kritik nuqtada, ya'ni suyuqlik va bug` zichliklari tenglashganda sirt taranglik nolga teng bo`ladi.

Ma'lum diametrdagi kapillyarlar foydalanib, sutning ko`tarilish balandligini o`lchab sirt taranglikni quyidagi formuladan topilamiz.

$$\sigma = \frac{\rho g h r}{2}$$

ρ — suyuqlik zichligi,

g — erkin tushish tezlanishi,

$r = \frac{d}{2}$ — kapillyar predmet radiusi,

h — sutning kapillyar naydagi ko`tarilish balandligi.

Sutli probirkani isitib, kapillyardagi sut sathining o`zgarishini qayd etib, sirt taranglikni hisoblaymiz.

Ishni bajarish tartibi:

1. Menzurkadagi sutning massasi va hajmini o`chang.
2. Sutning zichligini o`lchang.
3. Sutga termometr va kapillyarni joylashtiring, kapillyardagi temperatura va suyuqlik balandligini o`lchang.
4. Sirt taranglikni hisoblang.
5. Natijalarni jadvalga kiriting.
6. Sutning temperaturasini 10 °C ga oshirib, 40 °C, 50 °C, 60 °C, 70 °C ga o`lchashlarni davom ettiring.
7. Sirt taranglikning temperaturaga bog`liqligi haqida xulosa chiqaring.

Xabar 3. O`simlik olamida kapillyar hodisalar.

Namlikni talab qiluvchi organ bu ildizdan uzoq joylashgan bargdir. Barg fotosintez asosining kechishi uchun zarurdir. Barg o`z navbatida havo bilan o`raglan. Havo suv bug`idan to`yinish uchun uni bargdan oladi. Qarama-qarshilik yuzaga keladi: bargga har doim suv kerak, ammo uni doim yo`qotadi,

ildizda doim suv ko`p, biroq u undan qutilmoqchi. Bu muammoning yechimi ildizdagi ortiqcha suvni barglarga yetkazish. Bunday vodoprovodning polini tana bajaradi. O`simlik tanasi barglarga suvni maxsus naylar – kapillyar naylar vositasida yetkazadi.

Xabar 4. Qon tomirlari.

Butun tana bo`ylab qon tomirlari o`tkazilgan. Tuzilishi bo`yicha ular bir xil emas. Arteriyalar – bu qonni yurakdan tashuvchi tomirlar. Ular zich, elastik devorlarga ega bo`lib, ularning tarkibiga silliq mushaklarkiradi. Qisqarish natijasida yurak arteriyalarga katta bosim ostida qonni chiqaradi. Arteriya devorlarining mustahkamligi va elastikligi uchun u bunday bosimga dosh bera oladi.

Katta arteriyalar yurakdan uzoqlashishi bilan tarmoqlanadi. Eng kichik arteriyalar ingichka kapillyarlarga bo`linadi. Ularning bevorlari yassi hujayralar bilan yaxlit bitta qatlamidan tashkil topgan. Qon plazmasida erigan moddalar kapillyar devorlari orqali o`tib hujayralarga borib tushadi. Odam organizmida taxminan 150 mlrd kapilyarlar mavjud bor. Agar barcha kapillyarlarni bitta chiziqqa joylashtirsak, u bilan yer ekvayorini 2,5 marta aylantiribchiqish mumkin ekan. Qon vena tomirlarida to`planadi va yurakka tomon harakatlanadi. Venalarda bosim katta emas.

Xabar 5. Qon aylanish tizimi.

Hayvonot olami ikki xil qon aylanish tizimiga mansubdir. Ko`pchilik umurtqasiz hayvonlarda qon tashuvchi tomirlar uzilib, qonni sinuslarda to`kadi (“sinus” grekcha – quchurlik). Bunda qon har doim tomirlar ichida yopiq bo`lmagani uchun uni *ochiq qon aylanish tizimi* deyiladi.

Umurtqali hayvonlarda qon aylanish sistemasi o`zgacha tuzilgan. Ularda qon yopiq tizim bo`yicha aylanadi. Qisqargan yurak qonni arteriya bo`yich haydaydi. Kapillyarlardan qon tomirlar bo`yicha qytib yurakka tomon harakatlanadi. Shuning uchun bu tizim yopiq qon aylanish tizimi deyiladi.

Xabar 6. Tabiatda kapillyar hodisalar.

O`simlik va hayvonot olamining to`qimalari kapillyar tomirlardan tashkil topgan. Aynan kapillyarlarda organizmning hafas olishi va oziqlanishi bilan bog`liq bo`lgan jarayonlar sodir bo`ladi. Hayotning murakkab kimyosi diffuzion hodisalar bilan bog`liq.

Ma`lumki, daraxt shoxlari, o`simlik tanalari katta sondagi kapillyar trubkalar (naylar) dan iborat bo`lib, ular orqali oziq moddalar eng baland barglargacha yetkaziladi. O`simliklarning ildiz tizimi o`z navbatida kapillyarlar tolalar bilan tugaydi. Kapillyarning diametri qancha kichik bo`lsa, suyuqlikning unda ko`tarilish balandligi shuncha katta bo`ladi. Bundan ko`rinadiki, namlikni saqlash uchun tuproqni qorib turish kerak.

Xabar 7. Eramizdan V ming yil ilgari Dvurechiye hududlarida keramik idishlar bo`lmagan. Suvni saqlash uchun yerga quduq qazilib, quduq ichi loy bilan surtilib, loy suvni o`tkazmasligi uchun ichida olov yoqilgan. Keyinchalik sopol idishlar paydo bo`lgan.

Savol 1. Nima uchun yerga qozilgan quduqlarni ichkaridan yondirishgan?

Javob: yoqish natijasida kapillyarlar buziladi.

Savol 2. Nima uchun qayiqda suvdan suzib o`tganda iz qolmaydi, shu qayiq bilan muzda yoki qumda o`tsak iz qoladi?

Javob: suyuqlik sirtida suv molekulalariga sirt taranglik kuchlari ta'sir qiladi. Ular suyuqlik sirtida iz qoldirmaydi.

Savol 3. Nima uchun odam daryodan quruq chiqmaydi? Odam terisi suv tushganda ho`llanmasligi uchun nima qilishi kerak?

Javob: suv terini yaxshi ho`llaydi. Suvdan ho`llanmasdan chiqish uchun, terini ho`llanmaydigan modda bilan surtish kerak.

Masala: 30 m balandlikdagi qayin daraxtiga suvni ko`tarish uchun uchun kapillyarlar o`lchami qanday bo`lishi kerak. Bunda sirt taranglik kuchlari qanday ish bajaradi?

Javob: taxminan $49 \mu\text{m}$, $55 \mu\text{J}$

Savol 4. Sochiq qanday xususiyatga ega bo`lishi kerak?

Javob: sochiq tayyorlangan material suvda yaxshi ho'llanishi lozim.

Savol 5. Nima uchun kulolchilik maxsulotlari qizdiriladi?

Javob: qizdirilganda kapillyarlar yo`qoladi va suv o`tmaydi.

Bugungi darsda biz odam, o'simlik va hayvonot olamiga oid kapillyar hodisalarning ba'zi birlarini ko'rib o'tdik. Bir dars davomida barcha kurslarni o'rganish imkoniyati yo`q. Bilimlarni mustahkamlash uchun boshqa kitoblarga ham murojaat qilamiz. Ular quyidagilar:

1. Kats S.B. "Fizika darslarda biofizika" 1988-yil.
2. Bolalar ensiklopediyasi. Biologiya. 2002-yil.
3. Perelman Y.I. "Qiziqarli fizika". Birinchi kitob. 1979-yil.

Qo'shimcha ma'lumot: "kapillyar hodisalar" kasb-hunar kollejlarida va akademik litseylarda birinchi kursning ikkinchi semestrda o'tiladi. Nomutaxassis guruhlarda bu dars 4 soat, mutaxassislarda esa 2 soat ma'ruza, 4 soat masalalar yechish, 4 soat laboratoriya mashg'ulotlari qo'yilgan.



2.2.1-chizma. Sirt taranglik kuchlarini ko'rishga oid tajriba.



2.2.2-chizma. Ho'llanmaslik hodisasiga oid tajriba.



2.2.3-chizma. Ho'llash va ho'llanmaslik hodisasiga oid tajriba.

II bobning xulosasi

Tabiatda sirt taranglik hodisasining roli turli-tuman. Masalan, suvning sirt plyonkasi ko`pgina organizmlar uchun harakat davomida tayanchi hisoblanadi. Harakatning bu shakli kichik hasharotlarda ko`plab kuzatiladi. Suvda yashovchi, ammo jabrasi bo`lmagan hayvonlar ho`llanmaydigan tukchalari vositasida suvning sirtiy qatlamiga pastdan osiladi. Bu usul bilan pashshalar shu jumladan malyariyalar lichinkalari yashaydi.

BMIning II bobida tabiatdagi va texnikadagi kapillyar hodisalar o`rganilgan bo`lib, bu mavzu bo`yicha nazariy ma`lumotlar, eksperimental natijalar o`rganilgan.

Eksperiment dars misolida ikki soatlik dars ishlanmasi keltirilgan.

Xotima

Bitiruv malakaviy ishning birinchi bobida suyuqliklarning xossalari o`rganilib, suyuqliklarning issiqlikdan hajmiy kengayish ko'effitsientlari va issiqlik sig`imlari, suyuqliklarda ko`chish hodisalari (difraksiya, issiqlik o`tkazuvchanlik va qovushqoqlikni) hazariy jihatdan o`rganildi. Suyuqlik xossalari moddalarning boshqa agregat holatlari xususiyatlaridan farqlovchi jihatlari keltiriladi. Kapillyar hodisalar va ularni tavsiflovchi tenglamalar o`rganildi. Suyuqlikning siqiluvchanligini tajribada aniqlanishi, sirt taranglik ko'effitsientini o`chashning ba'zi metodlari, suyuqliklarning qovushoqlik ko'effitsientini tajribada aniqlash haqida ham ishlanmalar mavjud. Bundan tashqari suyuqlikning egri sirtida vujudga keluvchi kuchlar sirt taranglik ko'effitsientining temperaturaga bog`liqligi ham o`rganildi.

Tabiatda sirt taranglik hodisasining roli turli-tuman. Masalan, suvning sirt plyonkasi ko`pgina organizmlar uchun harakat davomida tayanchi hisoblanadi. Harakatning bu shakli kichik hasharotlarda ko`plab kuzatiladi. Suvda yashovchi, ammo jabrasi bo`lmagan hayvonlar ho`llanmaydigan tukchalari vositasida suvning sirtiy qatlamiga pastdan osiladi. Bu usul bilan pashshalar shu jumladan malyariyalar lichinkalari yashaydi.

BMIning II bobida tabiatdagi va texnikadagi kapillyar hodisalar o`rganilgan bo`lib, bu mavzu bo'yicha nazariy ma'lumotlar, eksperimental natijalar o`rganilgan.

Eksperiment dars misolida ikki soatlik dars ishlanmasi keltirilgan.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. А. К. Кикоин, И.К. Кикоин “Молекулярная физика”. Москва Наука, 1976, 480 стр.
2. Г.И. Котов, Т.А. Кузменько, М.А. Трубцина “Механика. Молекулярная физика и термодинамика”, 2010 , Воронеж, 101 стр
3. И.А. Квасников “Молекулярная физика”, Москва, УРСИ, 2011, 230 стр
4. С. Оно, С. Кондо “Молекулярная теория поверхностного натяжения в жидкостях . Перевод с англ., Москва, Иш, 1963, 292 стр,
5. И.З. Фишер "Статистическая теория жидкоцей” Наука , 1961, 280 стр
6. Я. И. Френкель “Кинетическая теория жидкостей” Москва, Наука, 1975, 592 стр

Internet saytlar .

- 1.vikipedia. org
2. Psysics. narod.ru/molecula. htm
- 3.ilt. Kharkov na/bvi/ogustov/
- 4.Psysics. info-servis.net.
- 5.all-fizika.com