

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA MAXSUS TA’LIM
VAZIRLIGI**

**QARSHI MUHANDISLIK-IQTISODIYOT INSTITUTI
GEODEZIYA KARTOGRAFIYA VA KADASTR KAFEDRASI**

**GK-147 GURUH TALABASI
SAYDALIYEV ASLIDDINNING**

**SUYUQLIK VA GAZSIMON MODDALARNING
TUZILISHI.**

MAVZU BO‘YICHA

REFERAT

QARSHI – 2016

Suyuqlik va gazsimon moddalarning tuzilishi.

Reja

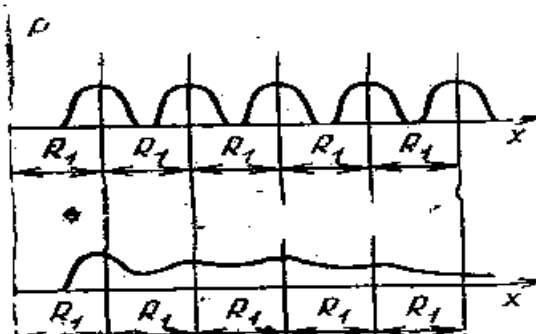
1. Moddalarning agregat holatlari
2. Paskal va Arximed qonunlari
3. Oqimning uzluksizligi va uzluksizlik tenglamasi
4. Suyuqliklarning ichki ishqalanishi

Moddalar uch agregat holatda (gaz, suyuq, qattiq) bo'lib, ularning fizik xususiyatlari holat parametrlari o'zgarishi bilan bir-biridan farq qilishi yoki o'xshash bo'lishi mumkin. Masalan, normal sharoitda gaz molekulalari orasidagi masofa ularning o'lchamligiga nisbatan juda katta bo'lib, zichligi kichik va siqiluvchan bo'ladi, ya'ni ***gaz molekulalari orasidagi o'zaro tortishish kuchi 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 kuchidan bir necha yuz marta katta bo'lib, zichligi gazlar zichligidan yuz martalab katta, juda kam siqiluvchandir. Bu xususiyati jihatidan suyuqliklar qattiq jismga yaqin turadi. Kritik haroratga yaqin haroratda suyuq holat va to'yingan bug' xususiyatlari (zichligi, siqilishi) bir-biriga juda yaqin bo'lib, suyuqlik gazga o'xshasa, erish haroratida suyuqlik o'zining ko'pchilik xususiyati bilan qattiq jismga o'xshaydi. ***Suyuqlik, gaz kabi, o'zi qo'yilgan idish shaklini olsa-da, lekin qattiq jism kabi ma'lum hajmni egallaydi.***

Gazlarda molekulalar betartib harakatda bo'lsa, qattiq jismlarda molekulalar o'z muvozanat holati atrofida faqat tebranma harakat qiladi, ya'ni qattiq jism molekulalarini joylashishida aniq tartib mavjuddir. Suyuqlik molekulalari qattiq jism molekulalari kabi zich joylashgan bo'lsa-da, uning o'z hajmini o'zgartirishi suyuqlik molekulalarini (gaz molekulalaridek bo'lmasa-da) ozmi-ko'pmi bir-biriga nisbatan erkin harakat qilishini ko'rsatadi. Shunday qilib, ***gaz holati (molekulalar erkin harakati) bilan qattiq holat (molekulalar muvozanat holati atrofida tebranadi) oralig'idagi modda holati suyuq holatdir.***

Yuqorida aytilgan fikrlarning to'g'riligini suyuqliklarning rentgen strukturasini tahlil qilish bilan ham tasdiqlash mumkin. Biron-bir atomni sanoq boshida deb olib shundan ma'lum yo'nalishda R_1 masofada boshqa atom borligini bilmoqchi bo'lsak, issiqlik harakati hisobga olinmaganda, R_1 masofadan kam masofada atomni uchratish ehtimoli nolga teng bo'ladi. ***R_1 masofada bu ehtimollik birga teng bo'ladi.*** Shuningdek, tanlangan yo'nalishda keyingi atom oldingi atomdan faqat R_1 masofada turadi. ***R_1 dan katta va $2R_1$ dan kichik masofada atomni bo'lish ehtimoli nolga teng bo'lib $2R_1$ masofada birga teng bo'ladi.*** Shunday qilib, tanlangan atomdan ma'lum bir yo'nalishda R_1 masofaga karrali oraliqda atomni uchratish ehtimoli birga teng.



1-rasm

Agar atomlarning issiqlik harakati hisobga olinsa, ularning R_1 masofadan ozgina farqli masofalarda ushratish ehtimoli noldan farqli bo'ladi. Atom qo'shni atomga bir yaqinlashsa (masofa R_1 dan kichik), undan bir uzoqlashadi (R_1 dan bir oz katta).

Sanoq boshida turgan atomdan boshqa atomlarni qanday masofada bo'lishi va ular orasidagi masofani o'zgarish ehtimoli 1-rasmda ko'rsatilgan grafikda berilgan. Grafikda ko'rinadiki (yuqoridagi egrilik), har bir nR_1 oraliqda atomni bo'lish ehtimolligi kengligi (egrilikning qo'ng'iroqsimon qismining kengligi) bir xildir. Ana shu kenglikning o'zgarish qolishi kristall bo'yicha tartibni saqlanishini, demak, kristallda ham yaqin, ham uzoq tartib borligini ko'rsatadi.

Suyuqliklarda esa egrilikning ko'rinishi boshqachadir (pastki egrilik).

Suyuqliklarda ham atom ma'lum masofada uchrash ehtimolligi (P) sifat jihatdan kristalldagi kabidir. Lekin egrilikdagi birinchi qo'ng'iroqsimon qismdagina maksimum yaqqol ko'rinib, $2R_1$, $3R_1$ va hokazo oraliqlarda maksimum kamayib boradi va oxiri deyarli yo'qoladi. Demak, tanlab olingan suyuqlik atomidan faqat R_1 masofada boshqa atomni bo'lish ehtimolligi eng katta bo'lib (kristallardagi kabi), masofa ortgan sari ehtimollik kamayib, istalgan masofada atomni bo'lish ehtimolligi bir-biriga tenglashib qoladi (gazlardagi kabi). Bu esa suyuqliklarda yaqin tartib mavjud bo'lib, uzoq tartib yo'qligini ko'rsatadi.

Shuni aytish kerakki, ehtimollikni ko'rsatuvchi egrilikdagi maksimumning o'ng qismi nolgacha tushmaydi. Bu shuni ko'rsatadiki, suyuqliklarda tanlangan zarraga yaqin zarra aniq bir zarra bo'lmay o'zgarib turadi. Shuning uchun tanlangan molekulaga yaqin molekular soni to'g'risida gap yuritilsa, faqat o'rtacha son to'g'risida fikr yuritish mumkin.

Yuqorida suyuqliklarning xususiyati holat parametriga qarab qattiq jism xususiyatiga yoki gaz xususiyatiga yaqin bo'lishi to'g'risida fikr yuritgan edik. Suyuqlikning xususiyatini bunday ikkilangan bo'lishiga sabab, suyuqlik molekulari harakatining o'ziga xosligidir.

Qattiq jism molekulari muvozanat holati atrofida tebranma harakat qiladi, gaz molekulari harakati esa to'la betartib bo'ladi.

Suyuqlik molekulari qattiq jism molekulari kabi qandaydir muvozanat holati atrofida tebranadi. Lekin bu tebranish o'zni miqdor bo'lmay ma'lum τ vaqtdan keyin boshqa o'ringa siljiydi (10^{-8} sm) va bu o'rinda tebrana boshlaydi.

Molekula o'zining bir vaqtinchalik muvozanat holatidan ikkinchi holatiga o'tganda, uning boshqa molekular bilan aloqasi uziladi. Aloqa uzilishi uchun W energiya sarflanadi. Molekula yangi o'ringa sakrab o'tgandan keyin bu o'rin atrofidagi molekular bilan aloqada bo'ladi. Bunda W energiya ajralib chiqadi.

Shunday qilib, ***molekula “eski” orindan “yangi” o'ringa o'tganda uning potensial energiyasi W ga ortadi. Bu energiyani aktivatsiya energiyasi deyiladi va boshqa molekular energiyasi hisobiga bo'ladi.***

Agar suyuqlik molekulasini ma'lum o'rinda vaqtincha tebranish davrini τ_0 desak, shu o'rinda-tebranish (o'troqlik) vaqti

$$\tau = \tau_0 u^{\frac{W}{kT}} \quad (1)$$

bo'ladi.

τ – molekulaning “o'troq” holati mavjud bo'lishining o'rtacha vaqti **relaksatsiya vaqti** deb yuritiladi va formuladan ko'rinadiki, harorat ortishi bilan u kamayib, aksincha kamayishi bilan ortadi.

Agar suyuqlik harorati kritik haroratga yaqin bo'lsa, suyuqlik molekulasining muvozanat holati atrofida tebranish chastotasi $10^{12} - 10^{13}$ Gs bo'lib, o'z o'rnida taxminan 10^6 marta tebranib boshqa o'ringa sakraydi. Bu sakrashlar har sekunda $10^5 - 10^6$ marta bo'ladi. Harorat pasayishi bilan bu sakrashlar soni kamayib, suyuqlik yopishqoq bo'lib qoladi. Tajribalar ko'rsataadiki, suyuqliklarning hajmiy kengayish koeffitsiyenti gazlarnikiga nisbatan kichik bo'lib, xarakterli tomoni shundaki, bosim ortishi bilan hamma suyuqliklar uchun bu koeffitsiyent deyarli bir xil bo'ladi.

Umuman olganda harorat ortishi bilan suyuqliklarning issiqlik sig'imi oz bo'lsa-da ortadi, lekin C_p va C_v o'rtasida farq juda kichik bo'ladi.

Suyuqliklarning yopishqoqligi gazlarnikiga nisbatan juda katta bo'lib, harorat ortishi bilan kamayadi. Har xil suyuqliklar uchun yopishqoqlik koeffitsiyenti bir-biridan katta farq qiladi. Masalan, uy haroratida suv yopishqoqligi glitserin yopishqoqligidan 250 marta kamdir.

Suyuqliklarning muhim xususiyatidan biri o'zi solingan idish devori bilan chegaralanmagan erkin sirtiga ega bo'lish xususiyatidir.

Agar suyuqlik tomchisiga og'irlik kuchi ta'sir qilmasa, tomchi shar shaklini oladi, ya'ni uning sirti eng kichik bo'lishga intiladi. Bunga sabab suyuqlik sirtidagi molekulalarni alohida energetik holatda bo'lishidir.

Mexanikaning gaz va suyuqliklarning muvozanatini o'rganadigan bo'limi **gidroaerostatika**, ularning tashqi ta'sir natijasida harakati va muvozanati holatini o'rganadigan qismi **gidroaerodinamika** deyiladi.

Bosim kuchi dF elementar dS yuzachaga ta'sir qilayotgan bo'lsin, hosil bo'layotgan bosim P bilan ular orasidagi munosabat quyidagiga teng:

$$dF = P \cdot dS \quad (2)$$

Bosim – bu fizik kattalik bo'lib, sirtga tik (perpendikulyar) ta'sir etuvchi kuchning shu kuch ta'sir etayotgan sirt yuzasiga nisbatiga teng.

Boshqacha aytganda bosim deb, sirtning birlik yuzasiga tik ravishda ta'sir etuvchi kuchga miqdor jihatdan teng bo'lgan fizik kattalikka aytiladi.

$$P = \frac{F}{S} \quad (3)$$

P – bosim va uning asosiy birligi Paskal (Pa), ya'ni $[P] = Pa$

F – kuch $[F] = N$

S – yuza $[S] = m^2$

$$k \frac{N}{sm^2} = k \cdot 10^4 Pa \quad 1 \frac{N}{m^2} = 1 Pa$$

Bosimning yana quyidagi hosilaviy birliklari mavjud:

$$1 \text{ mm.Hg.ustuni} = 133,28 Pa$$

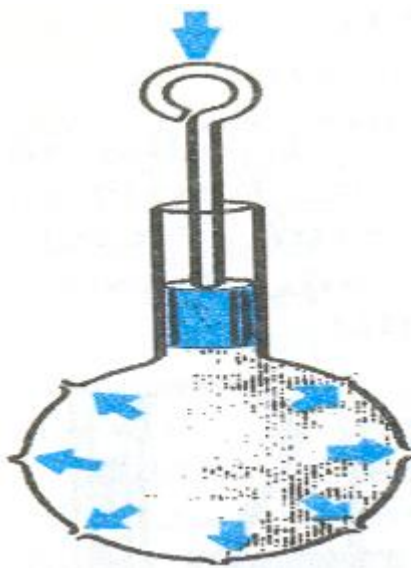
$$1 \text{ kPa} = 10^3 Pa$$

$$1 \text{ MPa} = 10^6 Pa$$

$$1 \text{ atmosfera} = 10^5 Pa$$

$$1 \text{ mm.H}_2\text{O ustuni} = 9,8 \text{ Pa}$$

Paskal qonuni: Suyuqlik yoki gazga ta'sir etayotgan tashqi bosim, suyuqlik yoki gazning har bir nuqtasiga o'zgarishsiz uzatiladi (2-rasm).



2-rasm

$P = \rho \cdot g \cdot h$ suyuqlik ustunining bosimi

$P = \rho \cdot (g \pm a) \cdot h$ vertikal harakatlanganda suyuqlik ustunining bosimi, yuqoriga (+), pastga (-)

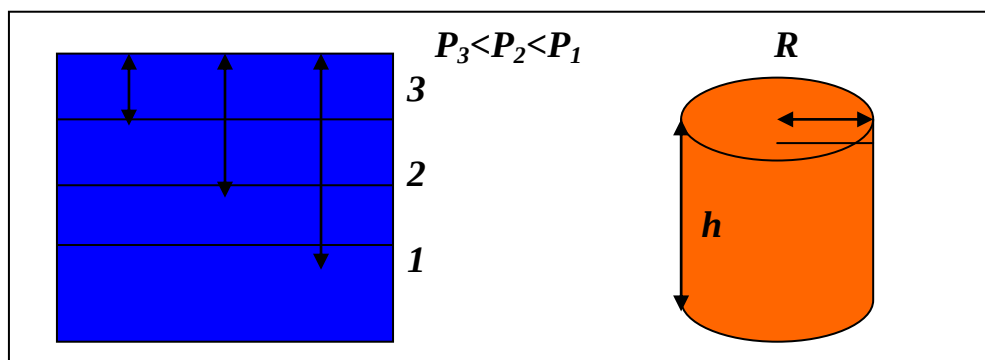
h – ko'rilayotgan nuqta ustidagi suyuqlik sathining balandligi $[h] = m$

ρ – suyuqlik zichligi

$$[\rho] = \frac{kg}{m^3}$$

a – suyuqlik solingan idishning vertikal harakatdagi tezlanishi $[a] = \frac{m}{s^2}$

Paskal qonuniga asosan, suyuqlik ustunining balandligi H ga qarab idish devor elementiga berilayotgan bosim ham o'zgaradi. Haqiqatan ham, silindrsimon idish olib uning tubidan har xil balandlikda bir xil kesimli teshik ochsak, pastki teshiklardan oqib chiqayotgan suyuqlik, yuqoridagi teshikdan oqib chiqayotgan suyuqlikka nisbatan uzoqroq masofaga otiladi. Demak, idish tubida bosim katta bo'ladi va buni biz quyidagi 3-rasmdan ham ko'rishimiz mumkin:



3-rasm

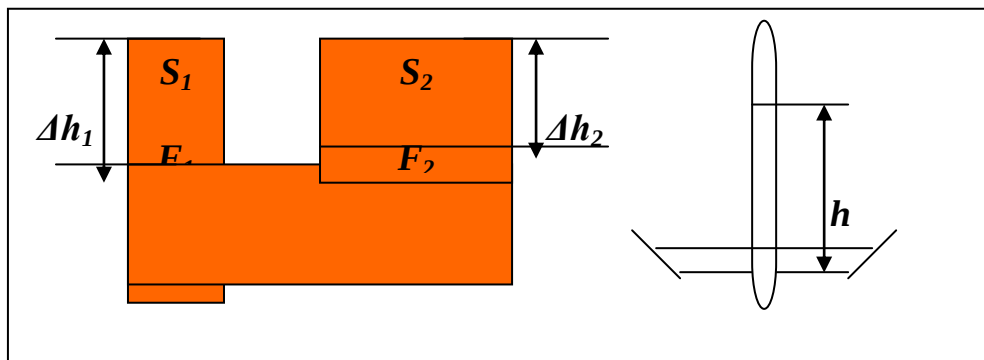
Masalan, dunyo okeanining eng chuqur Marianna cho'kmasi (chuqurligi 11022 metr) tubidagi bosim $11 \cdot 10^7 \text{ Pa}$ ga teng.

Erkin tushayotgan idishdan suv oqib tushmaydi.

Tublari tutashtirilgan idishlar sistemasiga **tutash idishlar** deb ataladi.

Tutash idishlarda har doim bosimlar bir xil bo'ladi.

Tutash idishlarda zichligi katta suyuqlikning balandligi kichik bo'ladi va aksincha, zichligi kichik suyuqlikning balandligi katta bo'ladi.



4-rasm

Har qanday shakldagi tutash idishlarda tinch holatda bo'lgan bir jinsli suyuqlikning erkin sirti bir xil balandlikda bo'ladi.

$$P_1 = P_2$$

$$\rho_1 g h_1 = \rho_2 g h_2$$

$$\rho_1 h_1 = \rho_2 h_2 \quad \text{tutash idish formulalari}$$

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{h_2}{h_1}$$

Presslash uchun ishlatiladigan qurilma gidravlik press deb ataladi.

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$$

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{S_1}{S_2} \quad \text{gidravlik press formulalari}$$

$$F_1 \cdot S_2 = F_2 \cdot S_1$$

$$F_1 \cdot \Delta h_1 = F_2 \cdot \Delta h_2$$

F_1 – birinchi porshenga ta'sir etuvchi kuch

F_2 – ikkinchi porshenga ta'sir etuvchi kuch

S_1 – birinchi porshenning yuzi

S_2 – ikkinchi porshenning yuzi

Δh_1 – birinchi porshen bosib o'tgan yo'li

Δh_2 – ikkinchi porshen bosib o'tgan yo'li

Suyuqlik va gazlar bosimini o'lchaydigan asbob – **manometr** deb ataladi.

Yerni o'rab turgan havo qatlami **atmosfera** deb ataladi. Atmosfera bosimining kattaligini suyuqlik ustunining bosimini o'lchagandek osongina

o'lchab bo'lmaydi, chunki atmosferaning aniq bir chegarasi yo'q va ikkinchidan havoning zichligi balandlik bo'ylab bir xil emas.

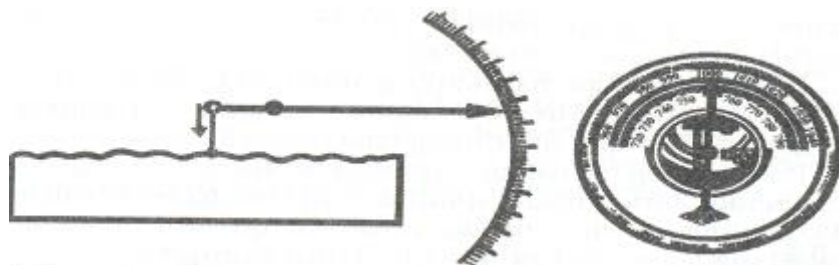
Shunga qaramasdan, atmosfera bosimini XVII asrda birinchi bo'lib, italiyalik olim Torrichelli tajriba yo'li bilan aniqlashga muvaffaq bo'ldi.

Torrichelli quyidagi tajribani o'tkazgan. U bir uchi kavsharlangan bir metrlar chamasi nay olib, unga simob to'ldirib oladi. Simob oqib ketmasligi uchun nayning ikkinchi uchini barmoq bilan yopib, uni to'nkarilgan holda simobli kosaga botiradi. Va simob ichida nayning uchini ochib yuboradi. Bunda naydagi simobning bir qismi kosaga oqib tushadi va nayda balandligi 760 mm. ga teng simob ustuni qoladi.

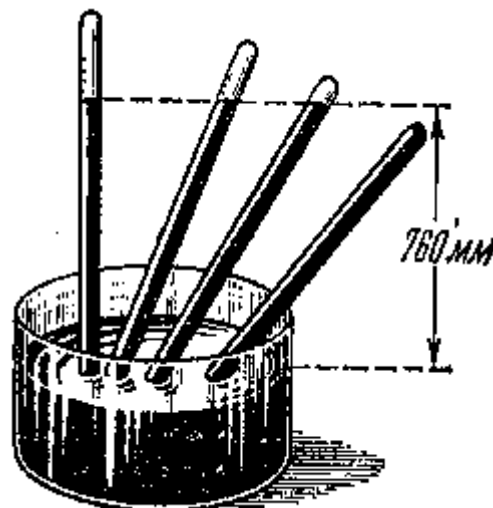
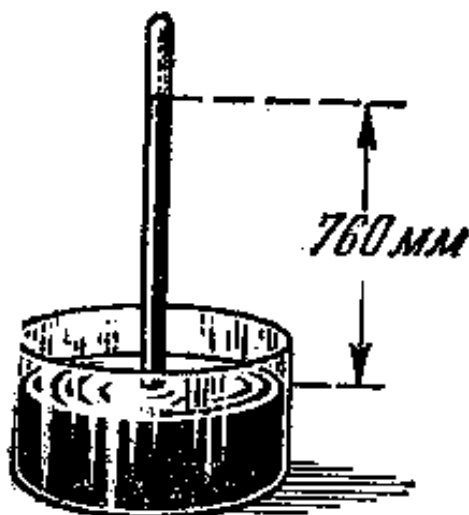
O'tkazilgan tajriba quyidagicha tushuntiriladi: Kosadagi simob sirtiga ko'rsatilayotgan atmosfera bosimi nay ichida qolgan simob ustunining bosimi bilan muvozanatlashganda, naydan simobning oqib chiqishi tugaydi.



5-rasm



6-rasm



7-rasm

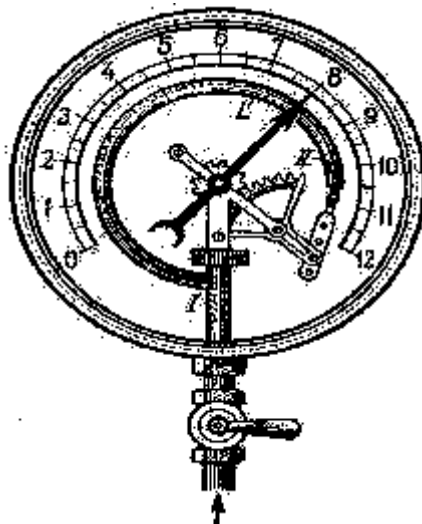
Demak, atmosfera bosimi Torrichelli nayidagi simob ustunining bosimi bilan o'lchanadi.

Atmosfera bosimi o'lchaydigan asbob – **barometr** deb ataladi. U grekcha so'zdan olingan bo'lib, “baro” – bosim, “metreo” – o'lchash, ya'ni bosimni o'lchash demakdir. Dastlabki bosim o'lchaydigan asbob simobli barometr (5-rasm) bo'lib, u simob solingan shisha naycha, simobli kosacha va millimetrli o'lchav shkalasidan iborat bo'lgan.

Kundalik turmushda, texnikada, ishlab chiqarishda simobli barometrlardan foydalanilmaydi. Chunki, simob va simob bug'i inson salomatligi uchun xavflidir. Shu sababli aneroid barometrlar yasalgan. “Aneroid” grekcha so'zdan olingan bo'lib, “suyuqliksiz” degan ma'noni beradi.

Atmosfera bosimini o'lchash uchun ishlatiladigan suyuqliksiz metall barometrlarga **aneroid barometrlar** deb ataladi. Aneroid barometr mustahkam metall qutichadan iborat bosim o'lchagich bo'lib, usti buraladigan metall qopqoq bilan mustahkam yopilgan va qutichadan havo so'rib olingan. Atmosfera bosimi o'zgarishi bilan ko'proq gohida ozroq egiladi. Qopqoq shu yo'l bilan ko'rsatkichga ulanadi. Ko'rsatkich tagiga shkala o'rnatilgan bo'lib, u simobli barometrning ko'rsatish strelkasiga moslab bo'lib chiqilgan. Bosim o'zgarganda bu ko'rsatkich o'ng va chap tomonga siljiydi. Ko'rsatkich ostki qismi simobli barometr yordamida millimetr simob ustuni yoki gektopaskallarda, ba'zan esa paskallarda darajalangan shkala bo'ladi (6-rasm).

7-rasmda Torrichelli trubkasi tasvirlangan. Bir xil balandliklarda Toorrichelli trubkasi turli burchaklarda bo'lsa ham, undagi simobning sathi bir xil bo'ladi. Torrichelli trubkasi barometr sifatida ishlatiladi.



9-rasm

Yuqori bosimlarni olchashga mo'ljallangan manometr.

Kosmik kemada bosimni o'lchaydigan asbob – **aneroid barometr** deb ataladi.

Aneroid barometrning afzalligi shundan iboratki, undan vaznsizlik holatida ham foydalanish mumkin.

Shuning uchun, sun'iy yo'ldosh kabinasidagi havo bosimini aneroid barometr yordamida o'lchash mumkin.

Normal atmosfera bosimi $1 \text{ atm.} = 760 \text{ mm. sim. ust.} = 101320 \text{ Pa} = 101300 \text{ Pa} = 10^5 \text{ Pa}$ ga teng.

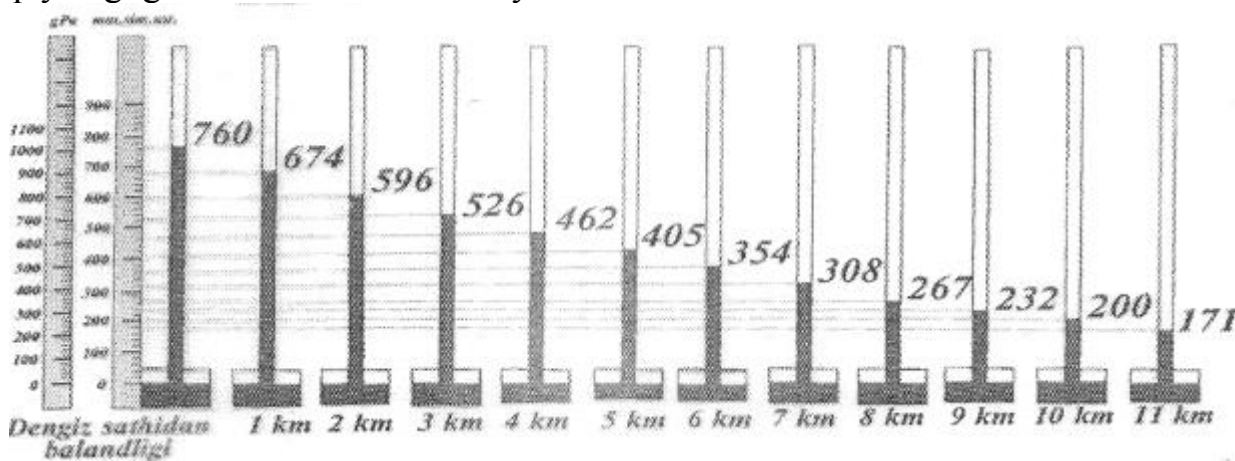
Har 12 m ko'tarilganda atmosfera bosimi 1 mm. sim. ust. ga yoki 136 Pa ga kamayadi va aksincha.

Balandlik ortishi bilan havoning zichligi va bosimi kamayadi, yuqorida havo molekulalarining konsentratsiyasi kam. Atmosferaning turli balandliklaridagi bosimni barometrik formula yordamida aniqlaymiz.

Uncha katta bo'lmagan hajmlarda (bir necha m^3 da) gazlarning zichligi va birlik hajmdagi molekulalar soni (konsentratsiya) qaralayotgan fazoda deyarli bir xil bo'ladi. Katta hajmlarda molekulalarning teng taqsimlanishi og'irlik kuchi ta'sirida buziladi, bunda zichlik ham o'zgaradi.

Ideal gaz tenglamalarini molekulyar-kinetik nazariyaning asosiy tenglamalarini qaraganimizda gazga tashqi ta'sir bo'lmagan holdagina gaz molekulalari gaz solingan idishning hamma tomonida bir xil taqsimlanadi kuzatilayotgan holatda gaz quyuqligi o'zgarmaydi deb qarashimiz mumkin. Aks holda esa bu ish mumkin emas, Yer sharini havo qatlami o'ragan. Uni Yer tortishi natijasida agar molekulalarning o'zaro itarishishi kuchi bo'lmaganda, Yer sirtida atmosfera qatlami hosil bo'lmas edi. Demak, bu ikkala ta'sirdan ko'rinadiki, Yer sirtidan uzoqlashishiga qarab gaz molekulalari quyuqligiga qarab o'zgarib boradi. Yerning tortishish kuchini o'zgarmas deb gaz molekulasini quyuqligining balandlikka qarab qanday o'zgarishini qarab chiqaylik:

Yer sirtidan balandlik oshishi bilan atmosfera bosimini o'zgarish qonunini qaraymiz. Yer sirtida atmosfera bosimi P_0 va h balandlikda P bo'lsin. Balandlik dh ga oshganda bosimning o'zgarishi $-dp = \rho g dh$ bo'ladi, bu yerda ρ – berilgan h balandlikdagi havo zichligi, ya'ni bosim quyidagi grafik ko'rinishida kamayadi:



Har 12 m balandlikka ko'tarilganda bosim 1 mm. sim. ust ga kamayadi

$\rho = mn$ bo'lib, n – birlik hajmdagi molekulalar soni, m – molekula massasi. Molekulalar soni bosim bilan $P = nkT$ tartibda bog'langan, u holda

$$\rho = \frac{mP}{kT} \quad (4)$$

va

$$dP = -\frac{mg}{kT} \rho dh \quad (5)$$

$T=Const$ deb olib, (katta balandliklarda o`rinli emas) (5) ifodani integrallaymiz:

$$\int_{P_0}^P \frac{dP}{P} = -\frac{mg}{kT} \int_0^h dh \quad (6)$$

Bundan barometrik formulani olamiz:

$$P = P_0 \cdot \exp\left(-\frac{mgh}{kT}\right) \quad (7)$$

m ni $\frac{\mu}{N}$ orqali belgilasak, bu yerda gaz molekulyar og`irligi, N – Avogadro soni, quyidagini olamiz:

$$P = P_0 \cdot \exp\left(-\frac{\mu mgh}{RT}\right) \quad (8)$$

Gaz bosimining birlik hajmdagi molekulalar soniga mutanosib ekanligini e`tiborga olib, (8) ni quyidagi ko`rinishda yozamiz:

$$n = n_0 \cdot \exp\left(-\frac{\mu mgh}{kT}\right) = n_0 \exp\left(-\frac{mNgh}{RT}\right) \quad (9)$$

Ikkita parallel tekislik orasida og`irlik kuchi ta`siri ostida bo`lgan dh qalinlikdagi gaz qatlamini qaraymiz. Og`irlik kuchining yo`nalishi bu tekisliklarga perpendikulyar. Quyi tekislikning Yerdan balandligi  $h$  Yer sirtidan yuqoriga qarab harakatlanayotgan molekulani qaraylik; vertikal yuqoriga yo`nalgan molekula boshlang`ich tezligi  $U_{zo}$ . Balandlik bo`yicha molekula tezligining o`zgarishini energiyaning saqlanish qonunidan topamiz:

$$\frac{mU_{zo}^2}{2} = \frac{mU_z^2}{2} + mgh \quad (10)$$

Molekulaning o`zaro to`qnashihslari natijasida h balandlikni zabt etolmagani uchun bizning mulohazalarimiz to`g`ri: molekula to`qnashish vaqtida tezligini boshqa molekulaga beradi. Molekula zabt etgan balandlik

$$h = \frac{U_{zo}^2}{2g}$$

h balandlikdan yuqori balandliklarda faqatgina boshlang`ich tezligi quyidagi tezlikdan katta bo`lgan molekulalar bo`lishi mumkin.

$$U_{zo} + dU_{zo} = \sqrt{2g(h + dh)}$$

Balandlikning nolinch qatlamidagi birlik hajmdagi molekulalar tezligi U_{zo} dan $U_{zo} + dU_{zo}$ gachada $n f(U_{zo}) dU_{zo}$ ga teng, har sekunda bir sirtini tashlab ketuvchi molekular soni $v = n_0 f(U_{zo}) U_{zo} dU_{zo}$ (10) ga tenglikka asosan $U_z=0$, $U_{zo} dU_{zo} = gdh$ bo`lsa, u holda

$$v = n_0 f(U_{zo}) gdh \quad (11)$$

Bu dh qatlamga har sekunda kelayotgan va undan chiqib ketayotgan molekulalar orasidagi farqdir.

Farqni (9) tenglik differensiallab, keyin tezlikning ω_z o`rtacha qiymatiga ko`paytirib ham topish mumkin.

$$\nu_0 = dn = n_0 \frac{mNg}{RT} \cdot \exp\left(-\frac{mNgh}{RT}\right) \varpi_z dh \quad (12)$$

(11) va (12) tenglikni bir-biriga qo`yib,  $gh = \frac{U_{zo}^2}{2}$  ekanligini e`tiborga olib quyidagini olamiz

$$f(U_{zo}) = \frac{mN}{RT} \cdot \exp\left(-\frac{mNgh}{RT}\right) \varpi_z = \frac{mN\varpi_z}{RT} \cdot \exp\left(-\frac{mNgh}{2RT}\right) \quad (13)$$

Demak, tezliklar bo`yicha molekulalarning taqsimlanishi og`irlik kuchiga bog`liq emas.

Bolsman doimiysini kiritib va og`irlik maydoni potentsiali  $\varphi = gh$  ekanligini e`tiborga olib, (13) ni quyidagicha yozamiz:

$$f(U_{zo}) = \frac{2\varpi_z}{U^2} \cdot \exp\left(-\frac{2\varphi}{U^2}\right) \quad (14)$$

yoki

$$f(U_{zo}) = \frac{2\varpi_z}{U^2} \cdot \exp\left(-\frac{U_{zo}^2}{U^2}\right) \quad (15)$$

h balandlikda birlik hajmdagi sonini (9) ifodaga $\varphi = gh$ og`irlik kuchi potentsialini qo`yib topsak,

$$n = n_0 \cdot \exp\left(-\frac{m\varphi}{kT}\right) \quad (16)$$

$m\varphi$ ifoda og`irlik kuchi maydonida molekulaning potentsial energiyasini beradi.

Tezliklari U_z , $U_z + dU_z$ intervalda h balandlikda birlik hajmdagi molekulalar soni

$$dN_{U_z} = \frac{N'}{\sqrt{\pi} \cdot U} \exp\left(-\frac{U_z^2}{U^2}\right) dU_z = N' f(U_z) dU_z$$

Bu yerda

$$f(U_z) = \frac{1}{\sqrt{\pi} \cdot U} \cdot \exp\left(-\frac{U_z^2}{U^2}\right)$$

ga asosan

$$dn_{U_z} = n_0 \cdot \exp\left(-\frac{m\varphi}{kT}\right) \frac{1}{\sqrt{\pi} \cdot U} \cdot \exp\left(-\frac{mU_z^2}{2kT}\right) = \frac{n_0}{\sqrt{\pi} \cdot U} \cdot \exp\left[-\frac{m}{2kT} \cdot (2\varphi + U_z^2)\right] dU_z \quad (17)$$

Bu yerdan h balandlikdan molekularning potentsial energiyasi

$$E = mgh$$

(16) ifodaga og`irlik kuchi maydoni potentsialini kiritib, uni

$$n = n_0 \cdot \exp\left(-\frac{m\varphi}{kT}\right) = n_0 \cdot \exp\left(-\frac{E}{kT}\right) \quad (18)$$

ko`rinishida yozishimiz mumkin.

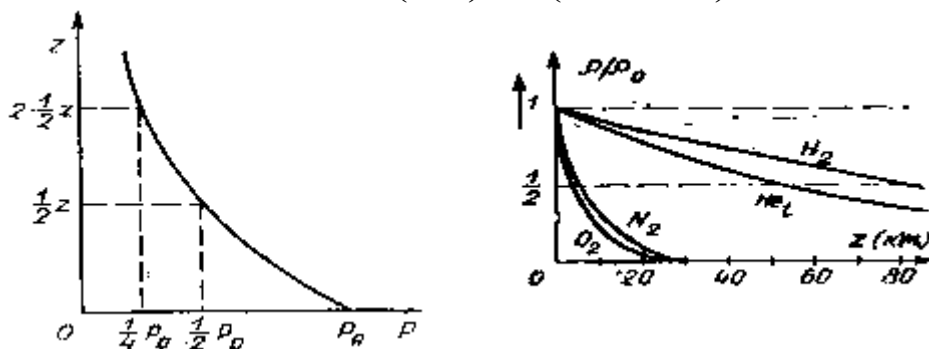
Bolsmanning bu qonunini og'irlik kuchi maydonida molekulalarning taqsimlanishini yoki og'irlik kuchi potensial maydonida issiqlik haakatida ishtirok etayotgan zarralar taqsimlanishini ifodalaydi. Bu qonunni istalgan potensial maydonda bo'lgan barcha gazsimon molekulalarga o'xshash zarralar uchun qo'llash mumkin.

Agar Maksvellning taqsimlanish qonuni formulasi

$$dn = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \cdot n_0 \left(\frac{U_{z0}^2}{U^2} \right) \cdot \exp \left(-\frac{U_z^2}{U^2} \right) \cdot \frac{dU}{U}$$

ga (18) dagi n ning qiymatini qo'yib tashqi kuchlar maydonida φ potensialga ega bo'lgan va U dan $U+dU$ tezliklar intervaliga ega bo'lgan ideal gaz molekulasini qismi uchun Maksvell-Bolsman taqsimlanish formulasini olish mumkin:

$$dn = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \cdot n_0 \left(\frac{U_{z0}^2}{U^2} \right) \cdot \exp \left(-\frac{U_{z0}^2 + 2\varphi}{U^2} \right) \cdot \frac{dU}{U} \quad (19)$$



10-rasm

(18) tenglikdan $\varphi=0$ hol uchun $n=n_0$ bo'ladi. Ammo atmosfera tarkibida turli gazlar bo'lganligi uchun gaz molekulalarining massalari bir-biridan farqli qilganligi uchun bu gazlarning zichligi massalariga teskari mutanosib ravishda o'zgardi. 10-rasmdagi grafikdan ko'rinadiki:

1. Kislorodning zichligi Yer sirtidan 5 km, vodorodniki esa 80 km, geliyniki esa 40 km balandlikda ikki marta kamayar ekan.

2. Boshqa yengil gazlarga nisbatan kislorodning zichligi balandlikka qarab juda tez kamayar ekan. Chunki uning massasi kattadir.

Masalan, dunyoning eng baland cho'qqisi hisoblangan Jamolungma (balandligi 8848 metr) cho'qqisida bosim 31500 Pa ga teng.

Arximed qonuni: Suyuqlik yoki gazga to'la botirilgan har qanday jism o'z hajmiga teng hajmli suyuqlik yoki gazni siqib chiqaradi va siqib chiqarilgan suyuqlik yoki gazning og'irligiga teng kuch bilan yuqoriga tik itaradi.

$F_A = \rho_s \cdot g \cdot V_j$ Arximed kuchi

$F_O = \rho_j \cdot g \cdot V_j$ Og'irlik kuchi

F_A – Arximed kuchi

$[F_A] = N$

F_O – Og'irlik kuchi

$[F_O] = N$

ρ_s – suyuqlik zichligi

$[\rho_s] = \frac{kg}{m^3}$

ρ_j – jismning zichligi $[\rho_j] = \frac{kg}{m^3}$

V_j – jismning hajmi $[V_j] = m^3$

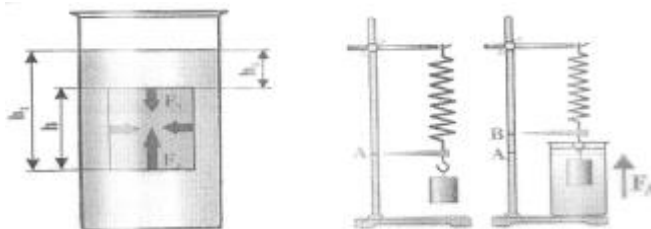
Suv ostida havo pufakchasi ko'tarilganda F_A ortadi, chunki pufakchanning hajmi ortadi.

Chelak suvga to'la cho'kib turganda, uni ushlab turish osonroq.

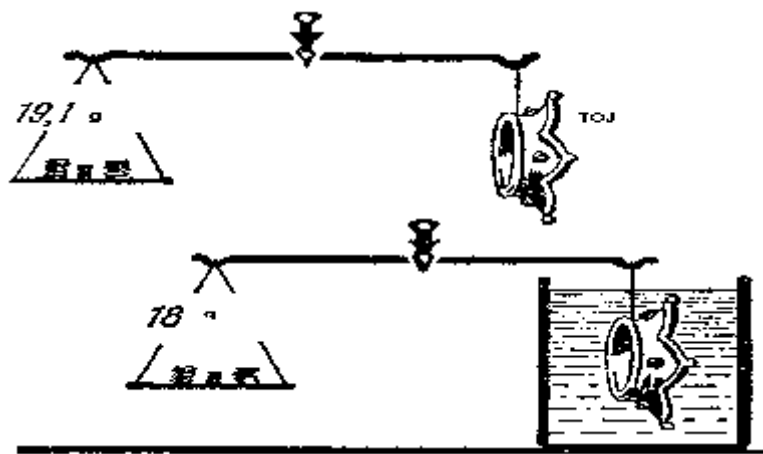
Arximed kuchi har doim pastdan yuqoriga yo'nalgan bo'ladi.

Demak, suyuqlikka botirilgan jismga albatta, Arximed kuchi ta'sir etadi.

Buni biz quyidagi 11, 12 rasmda ham ko'rishimiz mumkin:



11-rasm



12-rasm

11, 12 rasmdan ko'rinib turibdiki, suyuqlikka botirilgan jismning massasi suyuqlik tomonidan ta'sir etayotgan Arximed kuchi hisobiga kamaygan.

Vaznsizlik holatida itarib chiqaruvchi kuch nolga teng bo'ladi.

$F_A > F_O$ yoki $\rho_s > \rho_j$ bo'lsa, jism suv ustida suzadi. $m_s = m_j$ bo'lsa, bunda suvning ustida suzib yurgan jism o'zining massasicha suvni siqib chiqaradi.

Yuqorida ko'rsatilgan F_A – jism suyuqlikka to'la botirilgandagi Arximed kuchi.

Suyuqlik sirtida suzib yurgan jismga ta'sir qiluvchi itarib chiqaruvchi kuch (ya'ni, Arximed kuchi) jismning vazniga teng.

$F_A = F_O$ yoki $\rho_s = \rho_j$ bo'lsa, jism suv ichida suzadi. $m_s = m_j$, $V_s = V_j$ bo'lsa, bunda jism suvning ichida suzsa, o'zining massasicha va hajmicha suvni siqib chiqaradi.

$F_A < F_O$ yoki $\rho_s < \rho_j$ bo'lsa, jism suvga cho'kadi. $V_s = V_j$ bo'lsa, bunda jism o'zining hajmicha suvni siqib chiqaradi.

Simobli shisha idish simobda cho'kmaydi, suvli shisha idish suvda cho'kadi.

$$\frac{h_{us}}{h_{um}} = \frac{V_{us}}{V_{um}} = \frac{m_{us}}{m_{um}} = \frac{\rho_s - \rho_j}{\rho_s} \text{ jismning suyuqlik ustidagi balandligi}$$

$$\frac{h_b}{h_{um}} = \frac{V_b}{V_{um}} = \frac{m_b}{m_{um}} = \frac{\rho_j}{\rho_s} \text{ jismning suyuqlik ostidagi balandligi}$$

h_{us} – suzib yurgan jismning suyuqlik ustidagi qismining balandligi

V_{us} – suzib yurgan jismning suyuqlik ustidagi qismining hajmi

m_{us} – suzib yurgan jismning suyuqlik ustidagi qismining massasi

h_b – suzib yurgan jismning suyuqlik ostidagi qismining balandligi

V_b – suzib yurgan jismning suyuqlik ostidagi qismining hajmi

m_b – suzib yurgan jismning suyuqlik ostidagi qismining massasi

h_{um} – suzib yurgan jismning umumiy balandligi

V_{um} – suzib yurgan jismning umumiy hajmi

m_{um} – suzib yurgan jismning umumiy massasi

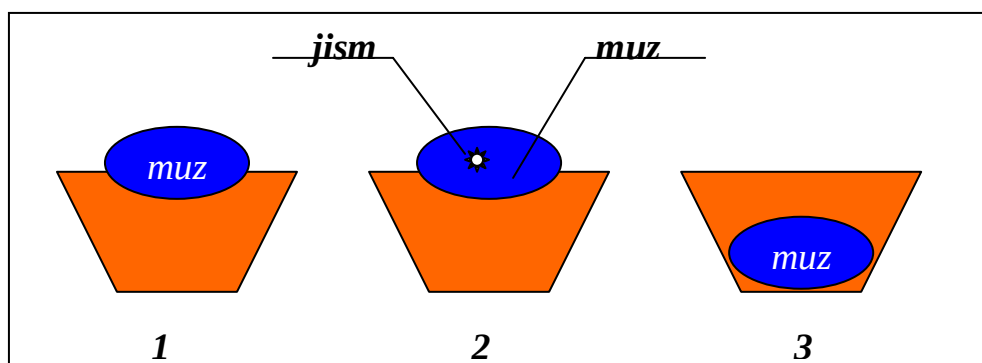
ρ_s – suyuqlikning zichligi

ρ_j – jismning zichligi

Muz erisa (1) suvning sathi o'zgarmaydi (13-rasm).

Agar $\rho_j \leq \rho_s$ yoki muz ichidagi jism suvda cho'kmasa, muz erisa suv sathi o'zgarmaydi.

Agar $\rho_s < \rho_j$ yoki muz ichidagi jism suvda cho'ksa, muz erisa suv sathi pasayadi.



13-rasm

Muz erisa suv sathi pasayadi. Muzning ichidagi jim havodan ham yengil bo'lsa, muz eriganida suv sathi ko'tariladi.

Arximed kuchi gazlarda ham namoyon bo'ladi. Bunga havoni misol qilib olish mumkin. Bunda Arximed kuchi formulasidagi ρ_s o'rniga ρ_{havo} yoziladi.

Havo sharlari, aerostat, drijabl deb ataluvchi uchuvchi jismlar Arximed kuchi tufayli havoga ko'tariladi.

Bu sharlarning ichi havodan yengil bo'lgan gazlar – vodorod yoki geliy gazlari bilan to'ldiriladi.

Shuni ajrata bilish kerakki! “Sharni ko'taruvchi kuch” – bu sharga ta'sir etuvchi Arximed kuchi bo'lsa, “Sharning ko'taruvchi kuchi” – bu sharga ta'sir etuvchi Arximed kuchidan shar va gazning og'irlik kuchining ayirmasidir (ya'ni, $F_A - F_O$).

Vodorod va geliy gazlari qimmat va xavfli bo'lganligi uchun hozirgi kunda isitilgan havodan foydalaniladi.

Havo sharlarini pastki qismlari ochiq bo'lib, uning ichidagi havo maxsus yoqilg'i yordamida qizdiriladi. Natijada, qizigan havo yengil bo'lib, shar yuqoriga ko'tariladi.

Dengiz, okean va daryolarda suzuvchi kemalar ham Arximed kuchi tufayli suzadi.

Kemaning suvga botadigan chuqurligi **botish darajasi** deb ataladi.

Kemaning yo'l qo'yiladigan eng ko'p botish darajasi, kema korpusidagi qizil chiziq bilan belgilanib, bu chiziq **vater chizig'i** deb ataladi.

Kema vater chizig'igacha botganda, siqib chiqarilgan suvning og'irligi kemaning **suv sig'imi** deb ataladi.

Suyuqliklarning harakatini o'rganish uchun Eyler usulidan foydalaniladi. Bu usulning asosi shundaki, suyuqlikning har bir nuqtasidagi tezligi, shu nuqta koordinati va vaqtning funksiyasi sifatida beriladi, ya'ni

$$v = f(r, t)$$

Berilgan fazoda suyuqlik tezligi vaqtga bog'liq bo'lmasa, u holda suyuqlik harakati – **statsionar** deb ataladi. Bunday hollarda fazoning turli nuqtalarida suyuqlik tezligi bir xil bo'ladi.

Agar fazoning berilgan nuqtalarida suyuqlik tezligi vaqt o'tishi bilan o'zgarsa, u holda suyuqlik tezligi – **nostatsionar** bo'ladi.

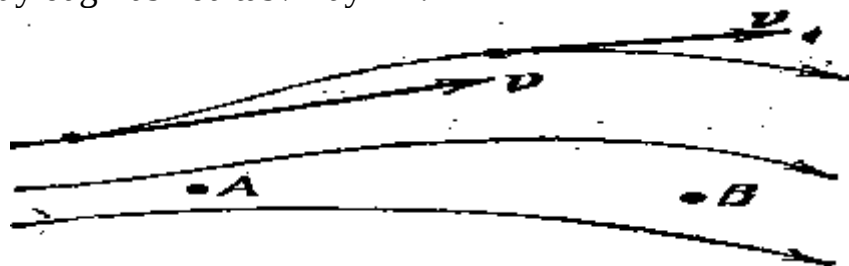
Agar suyuqlik harakatlanayotganda uning tegib turgan qatlamlari aralashmay oqsa yoki bir qatlam ikkinchisiga nisbatan siljiyotgan bo'lsa, u holda bu oqim – **laminar oqim** deb ataladi.

Laminar oqim – statsionar va nostatsionar bo'lishi mumkin.

Agar suyuqlik harakatlanayotganda uning tegib turgan qatlamlari aralashib oqsa, u holda bu oqim – **turbulent oqim** deb ataladi.

Turbulent oqim – hamma vaqt nostatsionar bo'ladi.

Suyuqlik harakatini ko'rgazmali ravishda tasvirlash uchun **oqim chizig'i** (14-rasm) tushunchasi kiritiladi. Oqim chiziqlari shunday o'tkaziladiki, uning har bir nuqtasiga o'tkazilgan urinma suyuqlikning shu nuqtadagi tezligi bilan mos tushadi. Buni quyidagi rasmda tasvirlaymiz:



14-rasm

Agar oqim statsionar bo'lsa, oqim chizig'i vaqt o'tishi bilan o'zgarmaganligi uchun suyuqlik zarrasining traektoriyasi bilan mos tushadi.

Kichik berk konturning hamma nuqtalaridan o'tkazilgan oqim chiziqlaridan hosil bo'lgan sirt **oqim nayi sirti** deyiladi.

Oqim nayi sirti bilan chegaralangan suyuqlik qismi oqim nayi deyiladi. Statsionar oqimda suyuqlik zarrasi hamma vaqt oqim nayi bilan chegaralangan hajmda bo'ladi, ya'ni oqim nayidan chiqib ketmaydi.

Suyuqlikning kichik tezliklarida – laminar, katta tezliklarida esa – turbulent oqim kuzatiladi.

Ichki ishqalanish yoki **qovushqoqlik** deb, suyuqlik yoki gazlarda qatlamlarning ko'chishiga nisbatan qarshi hosil bo'luvchi kuchga aytiladi.

Gazlarda ichki ishqalanishning hosil bo'lishiga sabab, zarralarning bir-biriga tegib turgan qatlamlar orasidan impulsning olib o'tishidir.

Ideal suyuqlik deb, ichki ishqalanishga yoki qovushqoqlikka ega bo'lmagan suyuqlikka aytiladi, aks holda esa suyuqlik – **qovushqoq** deb ataladi.

Suyuqlik oqimini **Reynold soni** orqali ham ifodalash mumkin, ya'ni

$$Re = \frac{\rho v l}{\eta}$$

Bu yerda ρ – suyuqlik zichligi, v – oqim tezligi, l – oqim ko'ndalang kesimi o'lchami, η – suyuqlik qovushqoqligi.

Re ning kichik qiymatlarida laminar, kritik qiymatlarida esa turbulent oqim kuzatiladi.

Re ning kritik qiymati taxminan 1000 ga teng (agar l o'rniga truba diametri d olinsa, u holda $Re=2000$) bo'ladi.

Trubadan oqayotgan suyuqlik oqimi quyidagi Puazeyl formulasidan topiladi:

$$Q = \frac{(P_1 - P_2) \cdot \pi \cdot R^4}{8 \cdot \eta \cdot l}$$

Bu yerda P_1 va P_2 – mos holda trubaga kirayotgan va chiqayotgan suyuqlikning bosimi, R – trubaning radiusi, l – trubaning uzunligi, η – suyuqlik qovushqoqligi.

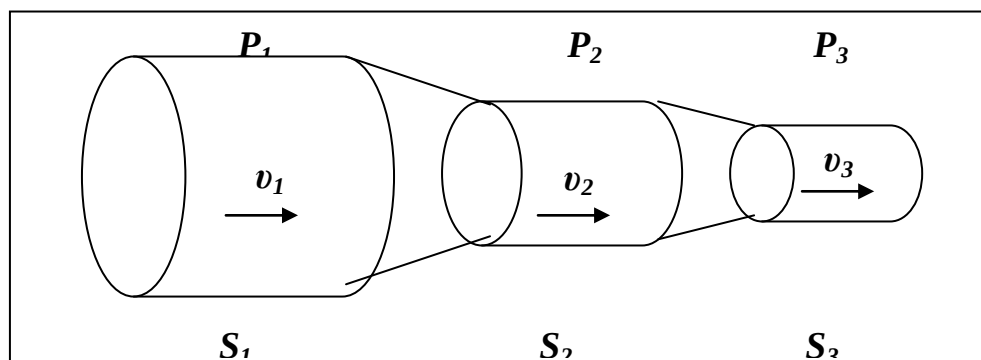
Suyuqlik tez oqayotgan joylarda yon atrofga beriladigan bosim kichik bo'ladi va aksincha.

S_1 truba ko'ndalang kesimidan kirayotgan suyuqlik hajmi S_2 truba ko'ndalang kesimidan chiqayotgan suyuqlik hajmiga teng bo'ladi. Ya'ni,

$$S_1 v_1 = S_2 v_2$$

$$Sv = const$$

Bunga, odatda **uzluksizlik tenglamasi** deb yuritiladi.



15-rasm

15-rasmdan ko'rinib turibdiki,

$$P_1 > P_2 > P_3$$

$$v_1 < v_2 < v_3$$

$$V_1 = V_2 = V_3$$

$$Sv = \frac{V}{t}$$

$$\frac{V_1}{t_1} = \frac{V_2}{t_2}$$

$$\frac{V}{t} = \text{const}$$

$$S - \text{suyuqlik oqayotgan trubaning ko'ndalang kesim yuzi} \quad [S] = m^2$$

$$v - \text{suyuqlik oqim tezligi} \quad [v] = \frac{m}{s}$$

$$V - \text{trubaning ko'ndalang kesim yuzidan } t \text{ vaqt ichida oqib o'tayotgan suyuqlik hajmi} \quad [V] = m^3$$

$$t - \text{vaqt} \quad [t] = s$$

Siqilmagan, ideal suyuqlik statsionar oqimi uchun mexanik energiyaning saqlanish qonuniga asosan Bernulli tenglamasi,

$$P + \rho \cdot g \cdot h + \frac{\rho \cdot v^2}{2} = \text{const}$$

Gorizontal ($h = \text{const}$) holat uchun esa Bernulli tenglamasi,

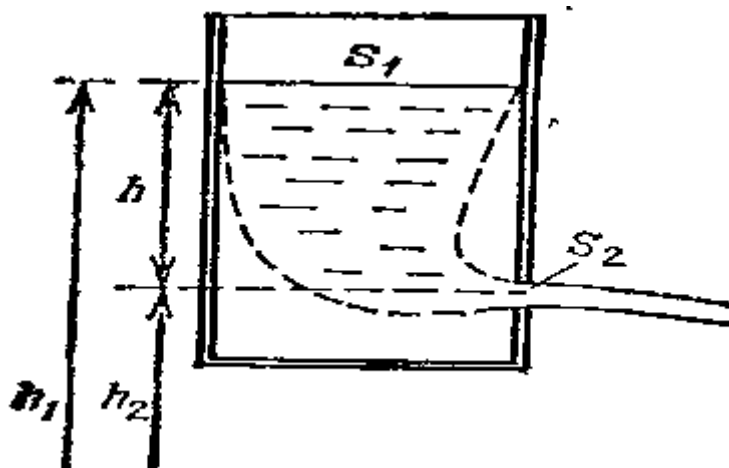
$$P + \frac{\rho \cdot v^2}{2} = \text{const}$$

$$\frac{\rho \cdot v^2}{2} - \text{dinamik bosim}$$

$$\rho \cdot g \cdot h - \text{statik bosim (turli chuqurliklardagi bosim)}$$

$$P - \text{gidrostatik (suyuqlikning idish devorlariga beradigan) bosim}$$

Usti ochiq, keng idishga h_1 balandlikda suyuqlik qo'yilgan bo'lsin. Shu idish devorida, uning tubidan h_2 balandlikda teshik ochsak, bu teshikdan suyuqlik otilib chiqa boshlaydi. Shu otilib chiqayotgan suyuqlikni teshikdan o'tayotgan momehtidagi tezligini hisoblaylik (16 -rasm). Idishning birinchi kesimi idishdagi suyuqlik sirtiga mos, ikkinchi kesimi esa teshik sirtiga mos kelsin. Bu kesimlarni S_1 va S_2 deb belgilab olsak, $S_1 \gg S_2$ ekanligini e'tiborga olsak, u holda $v_2 \gg v_1$ bo'lishi ma'lum bo'ladi. Birinchi va ikkinchi kesimdagi statik bosimlar $P_1 = P_2$ va atmosfera bosimiga teng.



16-rasm

Shuning uchun Bernulli tenglamasi

$$\frac{v_1^2}{2} + gH_1 = \frac{v_2^2}{2} + gH_2$$

ko'rinishga ega bo'ladi.

Shartga ko'ra $v_2 \gg v_1$, demak $\frac{v_1^2}{2}$ ni hisobga olmasa ham bo'ladi. U vaqtda

$$v_2^2 = 2 \cdot g \cdot (H_1 - H_2) = 2 \cdot g \cdot h$$

Bundan ochiq idish kichik tirqishidan qovushqoq bo'lmagan, siqilmagan suyuqlikning oqish tezligi topiladi:

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

Bunga **Torrichelli formulasi** deb aytiladi. Bu formuladan ko'rinadiki, suyuqlik zarralari teshikdan chiqayotganda H balandlikdan erkin tushganda oladigan tezlikka teng bo'lar ekan.

Samolyot (tayyora) qanotining ko'tarish kuchi Bernulli qonuniga asoslangan.

$$P = P_0 + \frac{\rho v^2}{2} \text{ Bernullining asosiy tenglamasi}$$

Uchish balandligi ortib borgan sari, reaktiv samolyotlarning quvvati kamayadi.

Chunki, atmosferaning quyi qismlarida havoning zichligi kattaroq, ya'ni yuqoriga ko'tarilgan sari zichlik kamayadi. O'z vaqtida samolyot qanotining ko'tarish kuchi kamayadi.

Suyuqlikda harakatlanayotgan jismga og'irlik va Arximed kuchlari ta'sir etishini o'rta maktab kursidan bilamiz. Bundan tashqari, jismga suyuqlikning qarshilik (ichki ishqalanish) kuchi ham ta'sir etadi va u quyidagiga teng:

$$F = \eta \left(\frac{dv}{dx} \right) \cdot S$$

$\frac{dv}{dx}$ – tezlik gradiyenti

S – jismning yuzasi

Formuladan ko'rinadiki, suyuqlikning qarshilik kuchi unda harakatlanayotgan jism yuzasiga to'g'ri mutanosib ekan.

Faraz qilaylik, muhit (suyuqlik yoki gaz) da harakatlanayotgan jismga yoki jism tinch turib, muhit harakatlanayotganda jismga ta'sir etuvchi quyidagi kuchlar paydo bo'ladi:

1. Peshona qarshilik kuchi;

2. Ko'taruvchi kuch;

Shuni aytishimiz kerakki, peshona qarshilik kuchi bosim va ichki ishqalanish kuchlarining yig'indisidan iborat.

Agar muhit va jism harakat yo'nalishi simmetrik bo'lsa, u holda faqat peshona qarshilik kuchi ta'sir etadi, ko'taruvchi kuch bo'lmaydi.

Siqilmagan, ideal suyuqlikda turli shakldagi tekis harakatlanayotgan jismga peshona qarshilik kuchi kuzatilmaydi, bunga ***Dalamber paradoksi*** deb yuritiladi.

Хулоса

Yuqorida aytilgan fikrlarning to'g'riligini suyuqliklarning rentgen strukturasini tahlil qilish bilan ham tasdiqlash mumkin. Biron-bir atomni sanoq boshida deb olib shundan ma'lum yo'nalishda R_1 masofada boshqa atom borligini bilmoqchi bo'lsak, issiqlik harakati hisobga olinmaganda, R_1 masofadan kam masofada atomni uchratish ehtimoli nolga teng bo'ladi. R_1 masofada bu ehtimollik birga teng bo'ladi.

Shuningdek, tanlangan yo'nalishda keyingi atom oldingi atomdan faqat R_1 masofada turadi. R_1 dan katta va $2R_1$ dan kichik masofada atomni bo'lish ehtimoli nolga teng bo'lib $2R_1$ masofada birga teng bo'ladi. Shunday qilib, tanlangan atomdan ma'lum bir yo'nalishda R_1 masofaga karrali oraliqda atomni uchratish ehtimoli birga teng.

Ideal suyuqlik deb, ichki ishqalanishga yoki qovushqoqlikka ega bo'lmagan suyuqlikka aytiladi, aks holda esa suyuqlik – qovushqoq deb ataladi.

Suyuqlik oqimini Reynold soni orqali ham ifodalash mumkin, ya'ni

$$Re = \frac{\rho v l}{\eta}$$

Bu yerda ρ – suyuqlik zichligi, v – oqim tezligi, l – oqim ko'ndalang kesimi o'lchami, η – suyuqlik qovushqoqligi.

Re ning kichik qiymatlarida laminar, kritik qiymatlarida esa turbulent oqim kuzatiladi.

Re ning kritik qiymati taxminan 1000 ga teng (agar l o'rniga truba diametri d olinsa, u holda $Re=2000$) bo'ladi.

Trubadan oqayotgan suyuqlik oqimi quyidagi Puazeyl formulasidan topiladi:

$$Q = \frac{(P_1 - P_2) \cdot \pi \cdot R^4}{8 \cdot \eta \cdot l}$$

Suyuqlikda harakatlanayotgan jismga og'irlik va Arximed kuchlari ta'sir etishini o'rta maktab kursidan bilamiz. Bundan tashqari, jismga suyuqlikning qarshilik (ichki ishqalanish) kuchi ham ta'sir etadi va u quyidagiga teng:

$$F = \eta \left(\frac{dv}{dx} \right) \cdot S$$

$\frac{dv}{dx}$ – tezlik gradiyenti

S – jismning yuzasi

Formuladan ko'rinadiki, suyuqlikning qarshilik kuchi unda harakatlanayotgan jism yuzasiga to'g'ri mutanosib ekan.