

7-mavzu: Jismlarning muvozanatda bo'lish shartlari

Reja:

1. Statika elementlari haqida tushunchalar.
2. O'g'irlik markazi.
3. Jismlarning muvozanat shartlari.
4. Momentlar qoidasiga asoslanib ishlaydigan mexanizmlar. Aylanma harakat dinamikasi.
5. Suyuqlik va gazlar harakati, oqimni uzluksizlik teoremasi. Bernulli tenglamasi.
6. Harakatlanayotgan gazlar va suyuqliklarda bosimning tezlikka bog'liqligidan texnikada foydalanish.

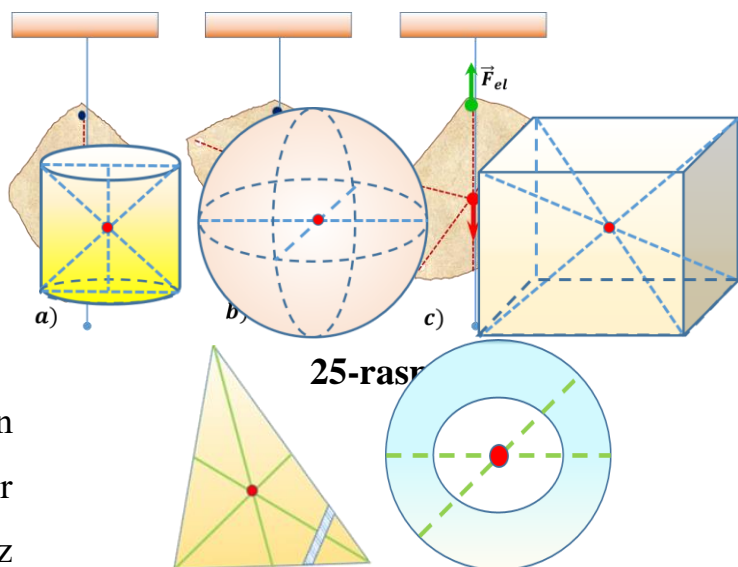
Statika- kuchlar ta'siri ostida turgan jism yoki jismlar tizimining muvozanatda bo'lishi uchun qanday shartlar bajarilishini o'rganuvchi mexanikaning bo'limidir.

Statika grekcha "statos" so'zidan olingan bo'lib, "qo'zg'almas" degan ma'noni anglatadi.

Statikada asosan ikkita masala ko'riladi:

Jismga ta'sir qiluvchi kuchlar tizimini sodda holga keltirish. Kuchlar tizimi ta'siri ostida turgan jismni muvozonat holatini o'rganish.

Og'irlik markazi. Turli shakldagi qattiq jismlarning og'irlik markazi qanday topiladi? Quyidagicha tajriba o'tkazamiz. Noto'g'ri geometrik shaklga ega yog'och bo'lagini olib, uning chekkaroq qismidan uchta kichik tirqish ochamiz, bir tirqishidan mixga ilib qo'yamiz (25-a rasm). Shog'ulni mixning



25-rasm

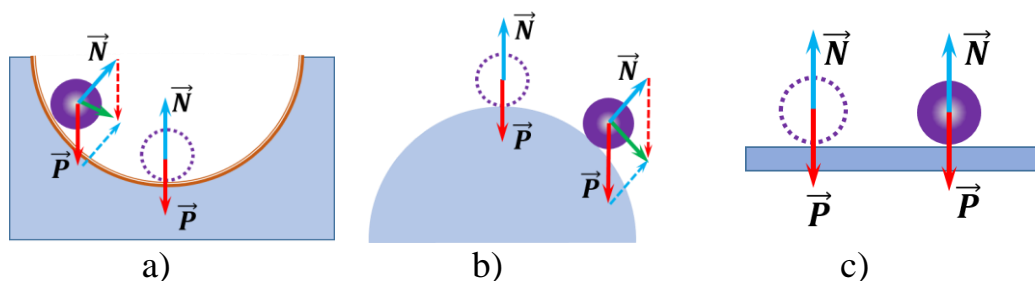
26-rasm.

yonidan o'tkazib, yog'och bo'lagida vertikal chiziq chizamiz. Keyin boshqa tirqishdan mixga ilamiz va yana yog'och bo'lagida shog'ul bo'ylab vertikal chiziq chizamiz (25-b rasm). Bu chiziqlar bir nuqtada kesishadi. Shu kesishish nuqtasi yog'och bo'lagining og'irlik markazi bo'ladi. Yog'och bo'lagini boshqa tirqishlaridan osganimizda ham shog'ul yordamida o'tkazilgan vertikal chiziqlar bir O nuqtada kesishishini ko'rishimiz mumkin (25-c rasm). Yog'och bo'lagi mixga ilinganda, unga ikkita modullari teng, yo'nalishlari qaram-a qarshi, og'irlik va elastiklik kuchlari ta'sir qiladi. Yog'och bo'lagi O nuqtasini vertikal joylashgan mixning uchiga joylashtirsak, u gorizontal holatda turadi.

Jismning har qanday holatida og'irlik markazi bir nuqtada bo'ladi. Geometrik shakdagi ba'zi jismlarning og'irlik markazlarini ko'rib chiqaylik (26-rasm). Silindrning og'irlik markazi asoslari markazlarini tutashtiruvchi chiziqning o'rtasida bo'ladi, sharniki geometrik markazida, parallelipedniki diogonallari kesishgan nuqtada, uchburchakniki medianalari kesishgan nuqtada. Ba'zi jismlarning og'irlik markazi jismning o'zida yotmasligi mumkin. Masalan halqaning og'irlik markazi diametrlari kesishish nuqtasida.

Og'irlik kuchi qo'yilgan nuqta jismning og'irlik markazi deyiladi.

Mexanik tizimning muvozanati. Kuchlar ta'sirida tezlanish olmaydigan *jismlar muvozanat holatida* deyiladi. Boshqacha qilib aytganda, kuchlar ta'sirida tinch turgan yoki to'g'ri chiziqli tekis harakat qilayotgan jismlar tizimi *muvozanat holatida* bo'ladi.



27-rasm.

Muvozanat turlari. Jismlarning muvozanati turg'un (27-a rasm), turg'unmas (27 -b rasm) va farqsiz (27 -c rasm) bo'ladi.

Agar jismni muvozanat holatdan bir oz og‘dirilganda uni muvozanat holatga qaytuvchi (teng ta‘sir etuvchi) kuchlar yuzaga kelsa, jism bunda *turg‘un muvozanatga* ega bo‘ladi;

Agar jismni muvozanat holatdan sezilarli og‘dirilganda uning og‘ishini davom ettiruvchi (teng ta‘sir etuvchi) kuchlar yuzaga kelsa, jismning bunday muvozanati *turg‘unmas muvozanatga* ega bo‘ladi;

Agar jismni muvozanat holatdan sezilarli og‘dirilgandan so‘ng hech qanday kuch hosil bo‘lmasa, *farqsiz muvozanatda* bo‘ladi.

Aylanish o‘qiga ega bo‘lgan jismlarning harakati faqat unga qo‘yilgan kuch kattaligiga bog‘liq bo‘lmasdan, balki kuchning yo‘nalishiga ham bog‘liq bo‘ladi. Aylanish o‘qidan kuchning ta‘sir etish chizig‘igacha bo‘lgan eng qisqa masofa kuch yelkasi deb ataladi. Bunda kuch yelkasi kuchning yo‘nalishiga tik holda joylashadi. Aylanish o‘qiga ega bo‘lgan jismga qo‘yilgan kuch va kuch yelkasining ko‘paytmasi kuch momenti deb ataladi. Kuch momenti M harfi bilan belgilanadi.

$$M = F \cdot l \cdot \cos\alpha$$

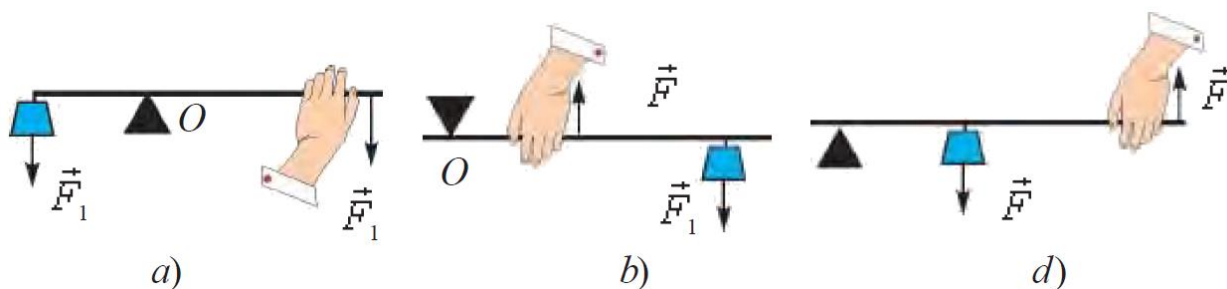
Kuch momentining o‘lchov birligi XBS da $[M] = N \cdot m$

Aylanish o‘qiga ega bo‘lgan jismga ta‘sir etayotgan kuch momentlarining vektor yig‘indisi nolga teng bo‘lganda jism muvozanatda qoladi:

$$\vec{M}_1 + \vec{M}_2 + \vec{M}_3 + \dots = 0; \quad \sum M = 0;$$

Bu qoida Arximed tomonidan topilgan bo‘lib, *momentlar qoidasi* deb yuritiladi. **Momentlar qoidasiga asoslanib ishlaydigan oddiy mexanizmlarga** richag, ko‘chmas va ko‘char bloklar, chig‘iriq, vint (domkrat) larning ishlash tamoyili momentlar qoidasiga asoslangandir.

Richag. Amaliyotda richagning uch turi ishlatiladi (28-rasm).



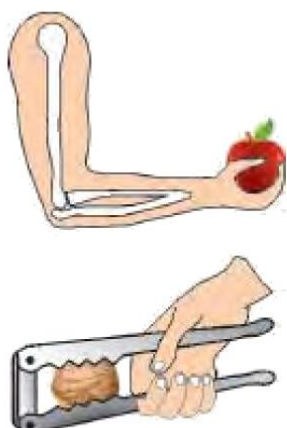
28-rasm.

Ikki yelkali richagda (28-a rasm) tayanch richagning kuchlar qo'yilgan nuqtalari oralig'ida bo'ladi.

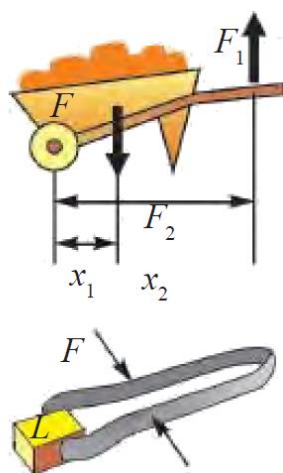
Bir yelkali richagda (28-b rasm) tayanch richagning bir uchiga joylashtirilgan bo'lib, yukni richagning ikkinchi uchiga qo'yiladi. Tutib turuvchi kuchni tayanch va yuk qo'yilgan nuqtalar oralig'iga jo'ylash tiriladi. Ularda kuchlar antiparallel yo'nalgan bo'ladi. Inson qo'li, yong'oq chaqadigan qisqich ularga misol bo'la oladi (29-rasm).

Richagning uchinchi turida (28 d-rasm) tayanch richagning bir uchiga joylashtirilgan bo'lib, yukni tayanch va tutib turuvchi kuch qo'yilgan nuqtalar oralig'iga qo'yiladi. Ularda ham kuchlar antiparallel yo'nalgan bo'ladi. Zambilg'altak, otashkurak ularga misol bo'la oladi (30-rasm).

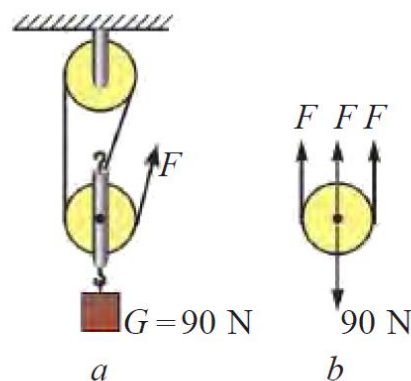
Bloklar. Turmush va texnikada bloklardan foydala nishda ko'char va ko'chmas bloklar majmuasidan foydalaniladi. Majmuada bloklar o'zaro ulanib, *darajali polispast* hosil qilinadi.



29-rasm.



30-rasm.



31-rasm

31-rasmda mana shunday *darajali polispast* keltirilgan. Darajali polispastda osilgan yuk og'irligi bloklarga o'ralgan arqonlarga taqsimlanadi.

$$F = \frac{P}{n}$$

Shunga ko'ra, polispastda yuk nechta arqonga taqsimlansa, yukni ko'tarish uchun kerak bo'ladigan kuch shuncha marta kam bo'ladi.

Aylanma harakat dinamikasi. Siz ko'pgina jangarifi lmlarni tomosha qilganingizda, haydovchi avtomobil rulini keskin yon tomonga burganida mashina ag'darilib ketganligini ko'rgansiz. Sirkda motosiklchining devor bo'ylab yurganligini ham ko'rganlar bor.

Shunday tajriba o'tkazib ko'raylik. Chelak ichiga ozgina suv solib, uni vertikal tekislikda aylantiraylik. Chelak aylanish davomida yuqori nuqtadan o'tayotganda chelakdagi suv to'kilmasdan o'tadi.

Yuqorida keltirilgan misollardan mashinani ag'daruvchi, motosiklchini devorga siqib turuvchi va chelakdagi suv og'irligini muvozanatlovchi kuch mavjudligi kelib chiqadi.

Bu kuch qanday hosil bo'ladi va uning kattaligi nimalarga bog'liq? Buning uchun aylana bo'ylab tekis harakat qilayotgan jismda markazga intilma kuch mavjud bo'lishini eslaylik:

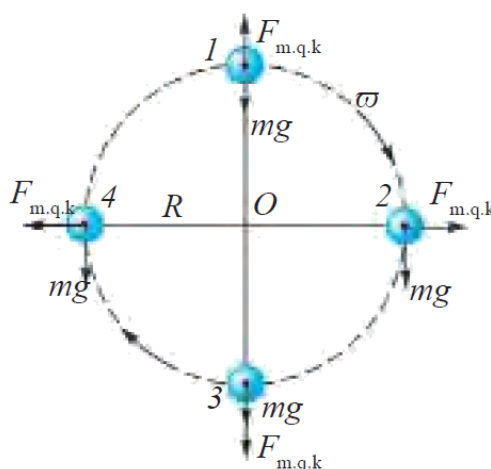
$$F_{m.i.k} = \frac{mv^2}{R}$$

Nyutonning uchinchi qonuniga ko'ra:

$$F_{m.i.k} = F_{m.q.k}$$

markazdan qochma kuch $\vec{F}_{m.q.k}$ ham paydo bo'ladi.

Mana shu markazdan qochma kuch keskin burilgan mashinani ag'daradi va aylanayotgan chelakning to'ng'arilgan holatida suvning to'kilishiga yo'l qo'ymaydi.



32-rasm.

32-rasmda R radiusli aylana bo‘ylab harakatlanayotgan jismga ta‘sir etuvchi kuchlar ko‘rsatilgan. Birinchi holatda markazdan qochma kuch $\vec{F}_{m.q.k}$ og‘irlik kuchi $m\vec{g}$ ga qarama-qarshi yo‘nalganligi tufayli jism og‘irligi kamayadi:

$$P_1 = mg - \frac{mv^2}{R}$$

Uchinchi holatda jismning og‘irlik kuchi va markazdan qochma kuch pastga, ya‘ni bir tomonga yo‘nalgan. Shunga ko‘ra, jism og‘irligi ortadi:

$$P_2 = mg + \frac{mv^2}{R}$$

Markazdan qochma kuchni aylanuvchi jismlarda hamda jism harakati davomida burilishi zarur bo‘lgan hollarda hisobga olinadi.

Xuddi shunday yo‘lining burulish qismlarida markazga intilma kuch ta‘sirida vertikal holatdan og‘ish kuzatiladi. Bu holat avariya olib kelmasligi uchun velosipedchi yoki mototsiklchilar aylanish markazi tomon biroz og‘ib harakatlanishlari zarur (33 a-rasm). Avtomobilda bu kuchni muvozanatlash uchun yo‘lining bir tomonini biroz ko‘tarib quriladigan bo‘ldi (33 b-rasm). Tramvay va poyezdlarning relslari yo‘lining qayrilish joylarida tashqi aylanasi biroz ko‘tarilib quriladi.

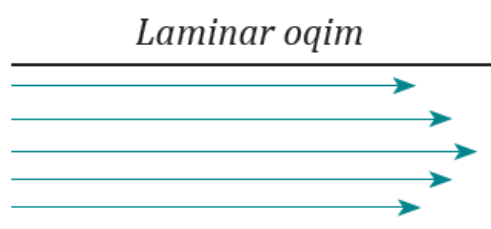


33-rasm.

Suyuqliklar va gazlar harakati. Keng ariqlar yoki daryolarda sekin oqayotgan suvning chetki va o‘rta qismlari alohida qatlam-qatlam bo‘lib oqadi. Buni suv sirtida oqib kelayotgan cho‘plarning harakatida kuzatganmiz.

Suyuqlik yoki gazlarning qatlam-qatlam bo‘lib oqishi laminar oqim deyiladi.

Laminar (lot. *lamina* – plastinka, qatlam) oqimda suyuqlik yoki gaz zarralari bir-birining yo‘llarini kesmasdan to‘g‘ri yo‘nalishda oqadi. Shu sababli suyuqlik yoki gaz qatlamlari boshqa qatlamlarning harakatiga ta’sir qilmaydi (34-rasm). Suyuqlik yoki gaz biror nayda oqqanda suyuqlik yoki gazning nay devorlariga ishqalanishi tufayli qatlamlarning siljishi nayning o‘rta qismida tezroq, chetki qismlarida esa sekinroq bo‘ladi. Bu holat laminar oqim qatlamlari bir-biridan alohida ko‘rinishda oqishiga olib keladi. Laminar oqimga tomirimizdagi qon oqimini, suvning daraxt tanasidagi kapillyar naylar bo‘ylab ko‘tarilishini, sekin esayotgan shamolni va shunga o‘xshash hodisalarni misol qilib keltirish mumkin.

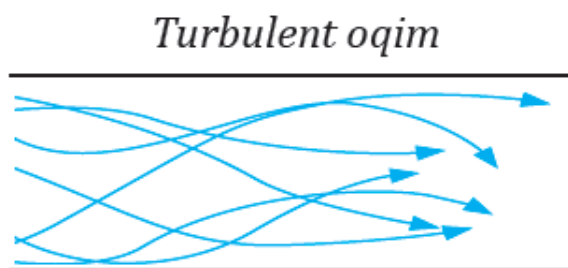


34-rasm.

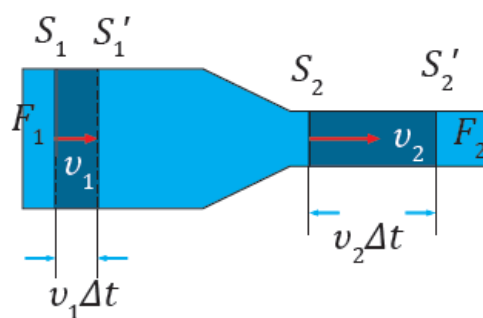
Turbulent oqim. Suyuqlik yoki gaz tez oqqanda uning qismlari alohida qatlam ko‘rinishida bo‘lmasdan, girdob, ya’ni uyurma ko‘rinishidagi harakatlarni hosil qiladi.

Suyuqlik yoki gazlarning uyurma, girdob hosil qilib oqishi *turbulent oqim* deyiladi.

Turbulent (lot. *turbulentus* – jo‘shqin, tartibsiz) oqimda suyuqlik yoki gaz zarralari har xil yo‘nalish bo‘ylab tartibsiz harakat qiladi. Shu sababli suyuqlik yoki gaz alohida qatlamlari ta’sirlashib o‘zaro aralashib ketadi (35-rasm).



35-rasm.



36-rasm.

Turbulent oqimni dengiz, daryo va okeanlardagi tornadolarda, qumli sahrolardagi qum bo‘ronlarida, girdoblarda, atmosferadagi issiq va sovuq havo oqimlari almashinishi natijasida yuzaga kelgan uyurmali shamollarda va shunga o‘xshash hodisalarda kuzatishimiz mumkin.



37-rasm.

Oqim uzluksizligi. Suyuqlik yoki gazning naylardagi oqimini o‘rganaylik. Suyuqlik yoki gaz bilan nay devori orasidagi ishqalanish juda kichik bo‘lsin. Bunda ishqalanishni hisobga olmaymiz, shu sababli nay kesimi yuzasining barcha nuqtalarida oqim tezligi bir xil bo‘ladi. Kesim yuzasi har xil bo‘lgan nay orqali siqilmaydigan suyuqlikni nayning har xil joylaridagi oqim tezligi nimaga bog‘liqligini aniqlaymiz. 36-rasmda ko‘rsatilgan nayning S_1 yuzaga ega bo‘lgan qismiga suyuqlik v_1 tezlik bilan kirib, S_2 yuzali qismidan v_2 tezlik bilan chiqib ketadi. Ma‘lum bir Δt vaqt ichida S_1 yuzadan m_1 massali suyuqlik, S_2 yuzadan esa m_2 massali suyuqlik oqib o‘tadi. Suyuqlik siqilmas bo‘lganligi sababli u nayning biror joyida to‘planib qolmaydi va nayning ixtiyoriy kesim yuzasi orqali bir xil Δt vaqt oralig‘ida oqib o‘tadigan suyuqliklar massasi teng bo‘ladi. Ya‘ni: $m_1 = m_2$. Suyuqlik massasini uning zichligi ρ va hajmi V orqali ifodalab ($m = \rho V = \rho S \vec{v} \Delta t$), quyidagi tenglikni hosil qilamiz:

$$\rho_1 S_1 \vec{v}_1 \Delta t = \rho_2 S_2 \vec{v}_2 \Delta t$$

bu yerda $\rho_1 = \rho_2$ bo‘lgani uchun

$$S_1 \vec{v}_1 = S_2 \vec{v}_2; \quad (1)$$

tenglamaga ega bo‘lamiz. Bu tenglama suyuqlik oqimining **uzluksizlik tenglamasi** deyiladi. Vodoprovod shlangidan suv sepayotganda suvni uzoqroqqa sepish uchun shlang uchi qisiladi. Shunda suv katta tezlikda otilib chiqadi (37-rasm).

Turli kesim yuzali nayda oqayotgan siqilmas suyuqlik tezligining son qiymati suyuqlik kesim yuzasiga teskari proporsional bo‘ladi. Bu siqilmas suyuqlik uchun oqimning uzluksizligi deyiladi.

Harakatlanayotgan suyuqliklar yoki gazlarda bosimning taqsimlanishi.

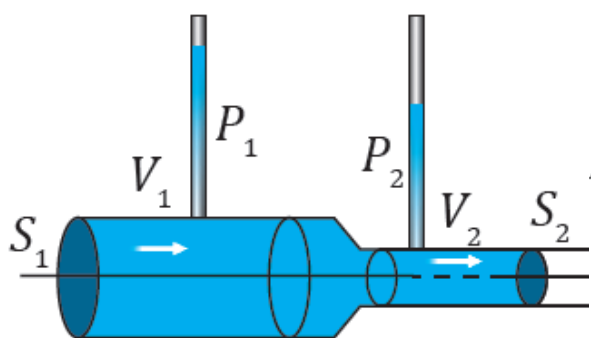
Oqayotgan suyuqlikning idish devoriga beradigan bosimi suyuqlikning oqim tezligiga bog'liq bo'ladi. Buni tajribada kuzatish mumkin. Tepa qismlariga ingichka o'lchov naylari ulangan, turli yuzali nay bo'ylab suyuqlik oqimini kuzatamiz (38-rasm). Suyuqlikning bir maromdagi oqimida har bir o'lchov naylari bo'ylab suyuqlik ko'tariladi. Suyuqlik ustunlarining balandliklariga qarab suyuqlik nayning devorlariga berayotgan bosimini aniqlash mumkin. Tajribalar shuni ko'rsatadiki, nayning keng qismidagi bosim uning tor qismiga nisbatan katta bo'ladi. Suyuqlik oqimining uzluksizligi tenglamasiga muvofiq nayning keng qismida oqim tezligi kichik, tor qismida katta bo'ladi. Suyuqlik bosimi oqim tezligiga bog'liqligining matematik ifodasini 1738-yilda D. Bernulli aniqlagan. Bernulli tenglamasi quyidagicha bo'ladi:

$$\frac{\rho \vec{v}_1^2}{2} + P_1 + \rho gh_1 = \frac{\rho \vec{v}_2^2}{2} + P_2 + \rho gh_2 = const$$

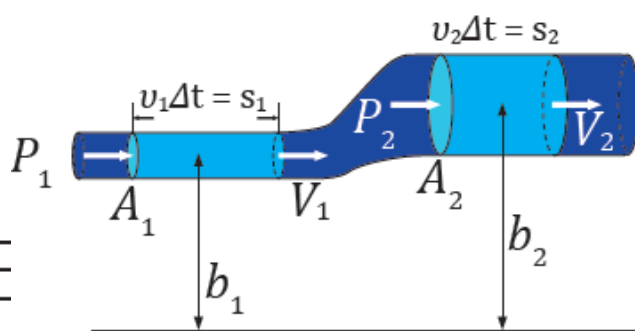
$$\text{yoki } p + \rho gh + \frac{\rho v^2}{2} = const$$

Bu yerda p – statik bosim, ρgh – suyuqlikning gidrostatik bosimi, $\frac{\rho v^2}{2}$ – suyuqlik oqimining gidrodinamik bosimi.

Bernulli tenglamasiga asosan, suyuqlik oqayotgan nayning keng qismida gidrodinamik bosim kichik, gidrostatik bosim esa katta bo'ladi. Shu sababli yuqoridagi tajribada (39-rasm) idishning keng qismiga o'rnatilgan nay tor qismiga o'rnatilgan nayga nisbatan kattaroq bosimni ko'rsatadi.



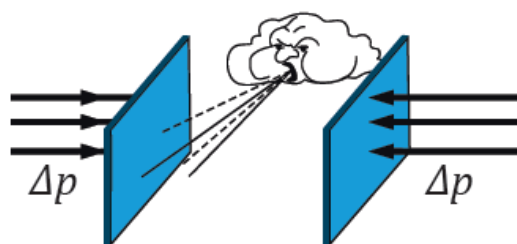
38-rasm.



39-rasm.

Harakatlanayotgan gaz va suyuqlik bosimining tezlikka bog'liqligidan texnikada foydalanish. Suyuqlik tinch holatda turganiga nisbatan harakat holatida

bo'lganida bosim o'zgarishi bilan tanishdik. Bosimning bu o'zgarishi dinamik bosim, suyuqlik yoki gazning tezligiga bog'liq bo'lishini kuzatish uchun quyidagicha tajriba o'tkazaylik. Ikki varaq qog'oz olib, tik holatda ushlaylik.



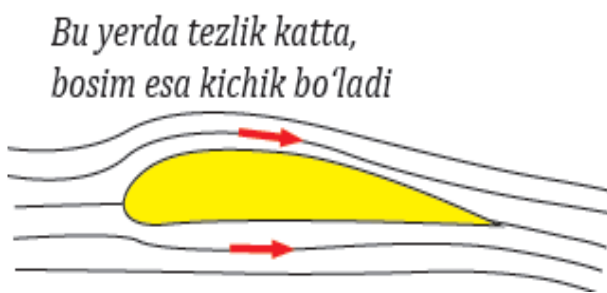
40-rasm.

So'ng qog'oz orasiga puflaylik (40-rasm). Shunda qog'ozlar bir-biriga intilib yaqinlashadi. Buning sababi shundaki, qog'ozlar orasidagi havo puflash natijasida harakatga keladi va ular orasidagi bosim kamayadi. Qog'ozlarning tashqi tomonidagi bosim ichki qismidagidan katta bo'lib qolganligi tufayli qog'ozlarni siquvchi kuch paydo bo'ladi. Bir tomonga harakatlanayotgan ikkita kema ba'zan hech qanday sababsiz to'qnashib ketganligi kuzatilgan. Buning sababi ham xuddi ikkita qog'oz varag'i orasiga puflanganida bosimlar farqi hosil bo'lishiga o'xshashdir.

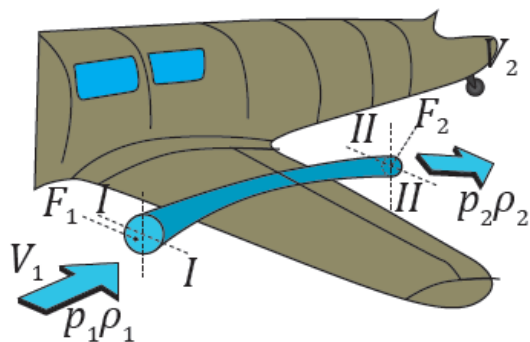
Samolyotlarning parvozi qanotlarining maxsus tuzilishiga bog'liq (41-rasm). Samolyot qanoti suyri shakliga ega bo'ladi. Qanotga kelib urilayotgan shamol ikkita oqimga ajraladi. Qanotning ostki va ustki tomonlari bo'ylab o'tgan shamol oqimlari qanotdan o'tib, bir vaqtda uchrashadi. Ustki qismida shamol o'tishi kerak bo'lgan yo'l pastki qismidagi yo'ldan kattaroq bo'lganligi sababli ustki qismidagi shamol tezligi pastki qismidagi shamol tezligidan kattaroq qiymatga ega bo'ladi. Bernulli tenglamasiga muvofiq, qanotning ustki qismida havoning statik bosimi (p_1) kichikroq, ostki qismidagi bosim (p_2) esa kattaroq bo'ladi. Qanotning ostki va ustki qismlaridagi bosim kuchlari $F_1 = p_1S_1$ va $F_2 = p_2S_2$ turli qiymatga ega bo'lib, ular pastdan yuqoriga yo'nalgan natijaviy bosim kuchini yuzaga keltiradi. Ushbu natijaviy bosim kuchi:

$$F_k = p_2S_2 - p_1S_1$$

samolyotni ko'taruvchi kuch vazifasini o'taydi (42-rasm).

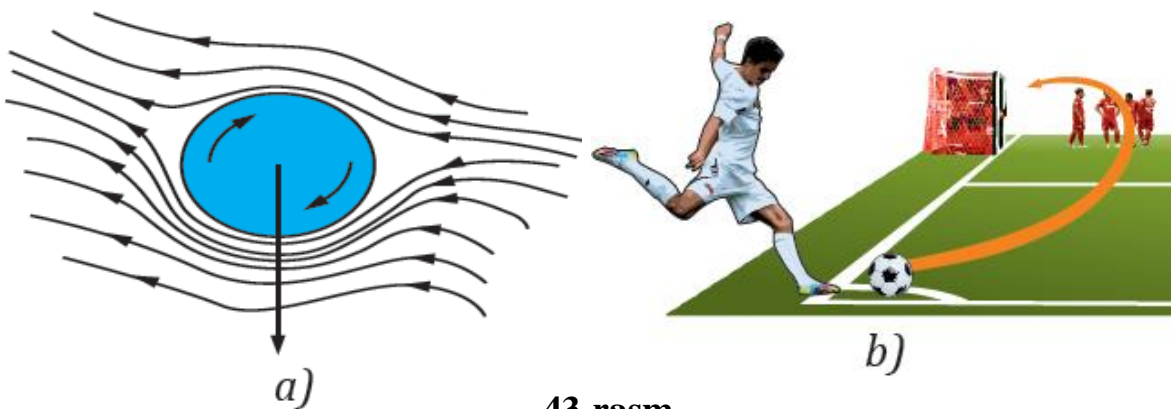


41-rasm.



42-rasm.

Magnus effekti. Futbol maydonida burchakdan tepilgan to'p to'g'ri yo'nalishdan og'ib, darvozaga kirganini kuzatganmiz. Mahoratli futbolchilarning to'pga bergan zarbasi natijasida u ilgarlanma harakat qilish bilan bir vaqtda aylanma harakat ham qiladi. To'p aylanma harakat qilishi natijasida uning chap va o'ng tomonlaridan oqib o'tayotgan havo oqimining tezligi o'zgaradi va bosimlar farqi yuzaga keladi. Bosimlar farqi esa to'p darvoza tomonga burilishiga sabab bo'ladi. (43-rasm).



43-rasm.

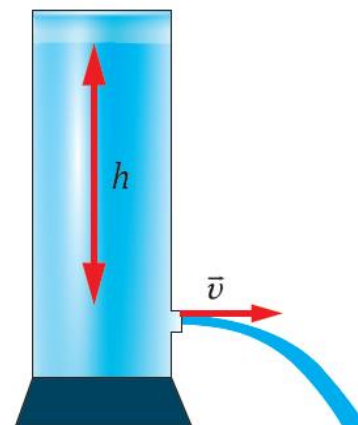
Suyuqlik yoki gaz aylanuvchi jism atrofida oqib o'tganda sodir bo'ladigan fizik hodisaga **Magnus effekti** deyiladi.

Bu hodisada oqimga tik yo'nalgan jismga ta'sir etuvchi kuch paydo bo'ladi. Shu sababli harakatlanib ketayotgan jism bir tomonga qarab og'adi. Bu effektini 1853-yilda nemis fizigi Henrix Magnus kashf etgan.

Idishdagi tirqishdan o'tilib chiqayotgan suyuqlik tezligini hisoblash. Yon qismida tirqishi bo'lgan idishga suyuqlik quyilganda tirqishdan suyuqlik qanday

tezlik bilan otilib chiqishini aniqlaylik. Tirqish suyuqlik sathidan vertikal bo'yicha h masofada joylashgan bo'lsin (44-rasm).

Tirqish yuzasi idishning kesim yuzasidan juda kichik bo'lganligi sababli idishdagi suyuqlik sirtining pasayish tezligi suyuqlikning tirqishdan otilib chiqish tezligidan juda ham kichik bo'ladi. Shu sababli suyuqlik sirtining tezligini hisobga olmaymiz. Idishdagi suyuqlikning ustki yuzasidagi bosim, atmosfera bosimi p_0 ga teng. Suyuqlik chiqadigan tirqishning tashqi qismidagi bosim ham atmosfera bosimi p_0 ga teng. Tirqishdan chiquvchi suyuqlik tezligini v bilan belgilab, bu ikkita joy uchun



44-rasm.

Bernulli tenglamasini qo'llaymiz:

$$p_0 + \frac{\rho v_1^2}{2} = p_0 + \rho gh \text{ formuladan:}$$

$$v = \sqrt{2gh} \text{ hosil bo'ladi.}$$

Bu ideal suyuqlik uchun *Torrighelli formulasi* deyiladi.

Nazorat savollari

1. Statika deb nimaga aytiladi.
2. Jismlarning o'girik markazi qanday topiladi.
3. Kuch momentini tushuntiring.
4. Kuch yelkasi deb nimaga aytiladi.
5. Turg'un muvozanat deb nimaga aytiladi.
6. Farqsiz muvozanat deb nimaga aytiladi.
7. Turg'unmas muvozanat deb nimaga aytiladi.
8. Jismga ta'sir etuvchi kuch momentlari qanday qoida asosida
9. qo'shiladi?
10. Aylanish o'qiga ega bo'lgan jismning muvozanatiga doir misol lar keltiring.
11. Polistpastda ko'chmas bloklar soni ortib borsa, uning kuchni orttirib berish kattaligi qanday o'zgaradi?

12. Markazdan qochma kuch ta'siriga asoslanib ishlaydigan qanday asboblarni bilasiz?
13. Yo'lining burilish qismlarida nima sababdan avtomobillarning yurish tezligi cheklanadi?
14. Mashina haydovchisi keskin burilish joyiga yaqinlashganda nima qilishi lozim? Nima uchun haydovchi namgarchilik bo'lganda, yo'lda to'kilgan barglar ko'p bo'lgan vaqtda va yaxmalakda nihoyatda ehtiyot bo'lishi kerak?
15. Suyuqlikning dinamik bosimi deganda nimani tushunasiz?
16. O'zingiz yashaydigan joyda suvlar qanday ko'rinishda oqishini ta'riflab bering.
17. Nima sababdan suyuqlik tezligi ortsa, uning bosimi kamayadi?
18. Magnus effektidan yana qaysi joylarda foydalanish mumkin?