

F.B.NURMATOVA

BIOFIZIKA

DARSLIK

5422
1026y

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI

F.B.NURMATOVA

BIOFIZIKA

“Stomatologiya” yo‘nalishi uchun darslik

SamDTU
axborot-resurs markazi
1026y

TOSHKENT - 2022

UDK: 577.35
BBK: 28.071.1

F.B.Nurmatova
Biofizika. Stomatologiya yo'nalishi uchun darslik. 140 bet.

Darslik o'quv rejaga asosan tibbiyot oliy ta'lim muassasalarining "Stomatologiya" yo'nalishi uchun yaratilgan. Darslikda biofizikaning "Biomexanika", "Akustika", "Bioreologiya", "Termodinamika", "Elektrodinamika", "Optika" bo'limlari ko'rib chiqilgan.

Darslikning biomexanika bo'limi tirik to'qima va a'zolarining mexanik xossalarini va shuningdek, organizmda va uning ayrim a'zolarida yuz beruvchi mexanik hodisalarni ochib bergan. Akustika bo'limida fizik va fiziologik akustika, tovushning tibbiyotdagi ahamiyati yoritilgan bo'lib, bioreologiyada biofizikaning biologik suyuqliklar (qon)ning oqimini, to'qimalar, mushaklar, suyak va qon oquvchi tomirlar deformatsiyasi haqida, hamda yurakning ishlashi kabi muhim jarayonlar o'rganilgan. Termodinamika bo'limida biologik termodinamik sistemalar termodinamikasi, tirik organizmda issiqlik almashinish jarayoni va tibbiyotdagi ahamiyati ochib berilgan bo'lib, elektr tokiga bag'ishlangan elektrodinamika bo'limida tirik organizmga elektr tokining ijobiy va sal'biy ta'sirlari keng yoritilgan. Optika bo'limida yorug'lik hodisalarini o'rganish bilan bir qatorda, ko'z-optik sistemasining fizik asoslari batafsil ochib berilgan.

Mualliflar:

F.B.Nurmatova - Toshkent davlat stomatologiya instituti, "Biofizika va tibbiyotda axborot texnologiyalari" kafedrasini mudiri

Taqrizchilar:

Y.N.Islamov - Toshkent tibbiyot pediatriya instituti biofizika va informatika kafedrasini dotsenti, fizika fanlari nomzodi

X.D.Raximova - Toshkent davlat stomatologiya instituti, "Biofizika va tibbiyotda axborot texnologiyalari" kafedrasini dotsenti, fizika-matematika fanlari nomzodi

ISBN 978-9943-9733-2-9

© F.B.Nurmatova, 2022

KIRISH

Biofizika. Inson organizmida sodir bo'ladigan turli jarayonlarning murakkabligiga va o'zaro bog'liqlikda bo'lishiga qaramay, ular orasidan ko'pincha fizik jarayonga yaqin bo'lganlarini ajratib ko'rsatish mumkin bo'ladi. Masalan, qon aylanishi kabi murakkab fiziologik jarayon aslida fizik jarayondir, chunki bu jarayon suyuqlikning oqishi (gidrodinamika), tomir bo'ylab elastik tebranishlarning tarqalishi (tebranishlar va to'lqinlar) yurakning mexanik ishi (mexanika), biopotensiallarning generatsiyasi (elektr) va hokazolar bilan bog'liq. Nafas olish gaz harakati (aerodinamika), issiqlik uzatish (termodinamika), bug'lanish (fazoviy o'tishlar) va hokazolar bilan bog'liq. Organizmda fizik makrojarayonlardan tashqari, xuddi jonsiz tabiatdagi kabi molekulyar jarayonlar ham sodir bo'ladi va ular biologik sistemalarning holatini belgilaydi. Bunday mikrojarayonlarning fizikasini tushunish organizm holatini, ba'zi bir kasalliklarning tabiatini tushunish, dorilarning ta'sirini va shu kabilarni to'g'ri baholash uchun zarurdir.

Bu masalalarning hammasida fizika biologiya bilan shu darajada bog'langanki, u mustaqil fan- biofizikani vujudga keltiradi. Bu fan tirik organizmdagi fizik va fizikaviy- kimyoviy jarayonlarni, shuningdek, biologik sistemalarning uzviy bog'liqligini tashkil qilishining hamma jabhalarida o'rganiladi. Diagnostika va tadqiqotlarning ko'pgina usullari fizik jarayonlar va g'oyalardan foydalanishga asoslangan. Ko'pgina zamonaviy tibbiy asboblarning tuzilishiga ko'ra fizik asboblardir. Zamonaviy tibbiyotni esa tibbiy asboblarsiz tasavvur qilib bo'lmaydi. Mukammal to'g'ri tashxis qo'ysihdan to' davolashgacha aksariyat hollarda tibbiy asboblarning yordamida amalga oshiriladi.

Mexanik kattalik - qon bosimi bir qator kasalliklarni baholash uchun foydalaniladigan ko'rsatkichdir. Manbai organizmning ichkarisida bo'lgan tovushlarni eshitish a'zolarning kasalligi yoki sog'lig'i haqida axborot olish imkonini beradi. Ishlashi simobning issiqlikdan kengayishiga asoslangan tibbiyot termometri - keng tarqalgan diagnostik asbobdir. Elektron qurilmalarning rivojlanishi natijasida tirik organizmda hosil bo'layotgan biopotensiallarni yozib olishga asoslangan diagnostik usullardan keng foydalaniladi. Ko'pchilikka ma'lum bo'lgan usul- elektrokardiografiya- yurak faoliyatini aks ettiruvchi biopotensiallarni yozishdir. Mikroskopning tibbiy va biologik tadqiqotlardagi ahamiyati hammaga ma'lum. Tolali optikaga asoslangan zamonaviy tibbiy asboblarning organizmning ichki bo'shliqlarini ko'rishga imkon bermoqda. Spektral

analiz usulidan tibbiyotda, gigiyenada, farmokologiyada va biologiyada foydalaniladi; atom va yadro fizikasining yutuqlari diagnostikadagi ancha mashhur metodlar: rentgenologik diagnostika va nishonlangan atomlar usullari ham ko'pchilikka ma'lumdir.

Davolash maqsadida organizmga fizik omillar bilan ta'sir qilish. Tibbiyotda qo'llaniladigan turli davolash usullari ichida davolashning fizik omillari ham o'rin topmoqda. Ulaming ba'zilarini ko'rsatib o'tamiz. Suyak sinishlarida foydalaniladigan gipsli bog'lanishlar yordamida shikastlangan organlarni qo'zg'almas holatga keltiriladi. Davolash maqsadida sovitish (muz) va isitish (grelka) issiqlik ta'siriga asoslangandir. Elektr va elektromagnit ta'sirlar fizioterapiyada keng qo'llaniladi. Davolash maqsadida ko'rinadigan va ko'rinmaydigan (ultrabinafsha va infraqizil), rentgen va gamma-nurlanishlar qo'llanilmoqda.

Tibbiyot oliy ta'lim muassasalari "Stomatologiya" yo'nalishida o'qitiladigan biofizika fani aniq fanlar, biologik fanlar va tibbiyot fanlarining orasida ko'prik vazifasini o'taydi. Tibbiy apparatlar bilan ishlashda va insonning fiziologik jarayonlarini fizik qonuniyatlar asosida tushunishda biofizika fanini bilish muhim ahamiyat kasb etadi.

1-BOB. BIOMEXANIKA

Tirik to'qima va a'zolarining mexanik xossalarini va shuningdek, organizmda va uning ayrim a'zolarida yuz beruvchi mexanik hodisalarni o'rganuvchi biofizikaning bir bo'limiga biomexanika deyiladi. Biomexanika - tirik sistemalar mexanikasidir.

Ushbu bobda odamning tayanch-harakatlanish apparatlarining anatomiya, fiziologiya maqsadlari uchun fizik asoslari yoritilgan.

1.1. Qattiq jismlar va biologik to'qimalarning mexanik xossalarini o'rganish

Qattiq jismlarning mexanik xossalari

Tashqi kuch ta'sirida qattiq jismning shakli va hajmi o'zgarishiga *deformatsiya* deyiladi. Deformatsiya elastik va plastik bo'ladi. *Elastik deformatsiya* deb, tashqi kuch olib tashlanganda, jism avvalgi shakli va o'lchamini tiklashiga aytiladi. Agar jism avvalgi shakli va o'lchamini tiklay olmasa *plastik deformatsiya* deyiladi. Deformatsiya bir necha ko'rinishda bo'ladi: cho'zilish, siqilish, egilish, buralish, siljish. Deformatsiya o'lchovi nisbiy deformatsiya bo'lib, (ϵ)- kuch ta'sirida jism o'lchovlarining o'zgargan qiymatini (Δl) boshlang'ich qiymati (l) ga nisbatida teng bo'ladi.

$$\epsilon = \Delta l / l$$

Deformatsiya hosil qiluvchi og'irlik kuchining shu kuch ta'sir etayotgan ko'ndalang kesim yuzasiga nisbati *deformatsiya kuchlanganligi* deyiladi, ya'ni,

$$\sigma = \frac{P}{S}$$

Bunda σ - kuchlanganlik (birligi SI sistemasida $N/m^2=Pa$). Nisbatan kichik kuchlar ta'sir etganda, deformatsiya elastiklik xarakteriga ega bo'ladi. Bu holda nisbiy deformatsiya kuchlanganlikka to'g'ri proporsional bo'ladi va Guk qonuni deyiladi.

$$\epsilon = k\sigma = \frac{1}{E}\sigma \quad \text{va} \quad \sigma = \epsilon E$$

Bu yerda E – elastiklik moduli yoki Yung moduli. Bundan:

1-BOB. BIOMEXANIKA

Tirik to'qima va a'zolarining mexanik xossalarini va shuningdek, organizmda va uning ayrim a'zolarida yuz beruvchi mexanik hodisalarni o'rganuvchi biofizikaning bir bo'limiga biomexanika deyiladi. Biomexanika - tirik sistemalar mexanikasidir.

Ushbu bobda odamning tayanch-harakatlanish apparatlarining anatomiya, fiziologiya maqsadlari uchun fizik asoslari yoritilgan.

1.1. Qattiq jismlar va biologik to'qimalarning mexanik xossalarini o'rganish

Qattiq jismlarning mexanik xossalari

Tashqi kuch ta'sirida qattiq jismning shakli va hajmi o'zgarishiga *deformatsiya* deyiladi. Deformatsiya elastik va plastik bo'ladi. *Elastik deformatsiya* deb, tashqi kuch olib tashlanganda, jism avvalgi shakli va o'lchamini tiklashiga aytiladi. Agar jism avvalgi shakli va o'lchamini tiklay olmasa *plastik deformatsiya* deyiladi. Deformatsiya bir necha ko'rinishda bo'ladi: cho'zilish, siqilish, egilish, buralish, siljish. Deformatsiya o'lchovi nisbiy deformatsiya bo'lib, (ϵ)- kuch ta'sirida jism o'lchovlarining o'zgargan qiymatini (Δl) boshlang'ich qiymati (l) ga nisbatiga teng bo'ladi.

$$\epsilon = \Delta l / l$$

Deformatsiya hosil qiluvchi og'irlik kuchining shu kuch ta'sir etayotgan ko'ndalang kesim yuzasiga nisbati *deformatsiya kuchlanganligi* deyiladi, ya'ni,

$$\sigma = \frac{P}{S}$$

Bunda σ - kuchlanganlik (birligi SI sistemasida $N/m^2=Pa$). Nisbatan kichik kuchlar ta'sir etganda, deformatsiya elastiklik xarakteriga ega bo'ladi. Bu holda nisbiy deformatsiya kuchlanganlikka to'g'ri proporsional bo'ladi va Guk qonuni deyiladi.

$$\epsilon = k\sigma = \frac{1}{E}\sigma \quad \text{va} \quad \sigma = \epsilon E$$

Bu yerda E – elastiklik moduli yoki Yung moduli. Bundan:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (4)$$

(1) dagi $\varepsilon = \Delta l / l$ qiymatini va (2) dagi $\sigma = P / S$ qiymatini (4) dagi kattaliklarning o'rinlariga qo'ysak

$$E = \frac{P/S}{\Delta l / l} \quad (5) \text{ hosil bo'ladi.}$$

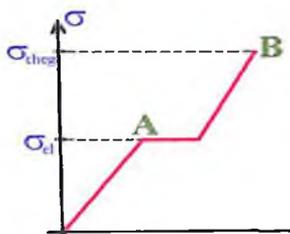
Elastik moduli yoki Yung moduli SI birliklar sistemasida $[E] = [N/m^2] = [Pa]$ o'lchanadi.

Yung modulining fizik ma'nosi

Yung moduli son jihatidan jismga qo'yilgan kuchlanganlikka tengki, u jism uzunligini ikki marta uzaytiradi, ya'ni, $\varepsilon = 1$ bo'ladi.

σ - kuchlanishning ε - nisbiy deformatsiyaga bog'lanishini ko'rib chiqaylik (1 rasm)

ε - oshganda σ ham proporsional ravishda elastiklik chegarasigacha



σ_{el} oshib boradi. (OA qism) Jism deformatsiya ta'sirida hali elastiklik hususiyatini yo'qotmagan bo'lsa, bunda hosil bo'lgan eng katta mexanik kuchlanishga elastiklik chegarasi σ_{el} deyiladi.

Bu chegaradan keyingi mexanik kuchlanishni o'sishida deformatsiya plastik xarakterga ega va Guk qonuniga bo'ysunmaydi. Kuchlanishni mustahkamlik chegarasidan σ_{cheg} oshsa (B nuqta) jism buziladi. Yuqori mustahkamlik chegarasi ega bo'lgan jismlar elastik jismlardir (metallar). Mo'rt jismlarning (cho'yan, shisha, muz) elastiklik chegarasi kichik bo'ladi. Jismning mexanik xossalari temperaturaga bog'liq. Temperaturaga oshishi bilan jismning elastikligi oshadi, kamayishi bilan mo'rtligi oshadi.

Organizm to'qimalarining mexanik xossalari ularning tuzilishiga va tabiatiga bog'liq. Suyakning biriktiruvchi asosi suyakka elastiklik, undagi fosfor va kalsiy tuzlari esa qattiqlik va mustahkamlik beradi. Suyak tuzilishini shakllanishi tashqaridan qo'yiladigan yukka moslashgan bo'ladi.

Yumshoq to'qimalar asosan oqsil polimerlardan tuzilgan bo'lib, yuqori elastikligi va yopishqoqligi bilan farq qiladi. Bu xususiyat deformatsiyaning oshishiga olib keladi. Bunday jismlar *elastomerlar* deyiladi, ular Guk qonuniga bo'ysunmaydi.

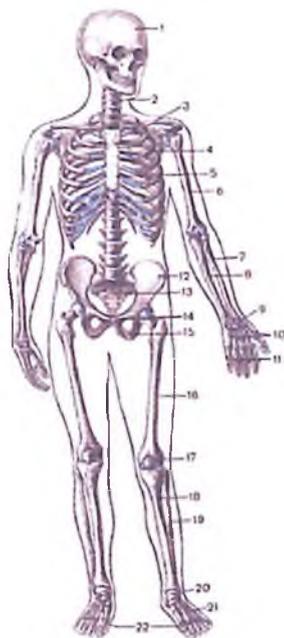
Biologik to'qimalarning mexanik xossalari

Tirik to'qimalarning muxim mexanik xossalaridan biri – mustahkamligidir. *Mustahkamlik* – bu buzilishga qarshilik ko'rsatish xossasi. U minimal buzish kuchlanishiga teskari proporsional bo'lgan, kattalik hisoblanadi.

Eng katta mustahkamlikka suyak to'qimasi ega.

$$\delta_{\text{suyak}} = 10^9 \text{ N/m}^2$$

Odam suyagining mustahkamligi Cu va Al dan katta, lekin po'latnikidan kichik. Travmatologiya va ortopediyada shuni nazarda tutish kerakki, suyakning siqilishga chidamliligi cho'zilishga nisbatan 1,8 marta katta.



1.1-Rasm. Odam skeleti

Yumshoq to'qimalarning mustahkamligi ularda biriktiruvchi to'qimalarning mavjudligi bilan tushuntiriladi. Ularning ichida kollagen tolalarining mustahkamligi yuqori. Ularning cho'zilishga mustahkamligi $\delta = 10^7 - 10^8 \text{ N/m}^2$

Plastiklik - to'qimalarning kuchli cho'zilish xossasi. Plastiklikka barcha vena qon tomirlari ega, bu xususiyat tufayli ular barcha qonning 2/3 qismini sig'diradi. O't pufagi, arteriya devorlari $\delta = 3 * 10^6 \text{ N/m}^2$ da venalarnig devorlari $\delta = 5 * 10^5 \text{ N/m}^2$ da uzilib ketadi.

Material strukturasi uning mexanik xossalari va parchalanish jarayoni xarakterini aniqlovchi asosiy faktordir. Ko'p biologik to'qimalar anizotrop kompozitsion materiallar bo'lib, ular kimyoviy jihatdan turlicha bo'lgan komponentlarning hajmiy taqsimlanishi bilan shakllangan. To'qima har bir turining tarkibi evolyusiya jarayonida shakllanib, u bajarayotgan funksiyalarga bog'liq.

Suyak to'qimasi. Suyak-tayanch-harakat apparatining asosiy materialidir. Inson skeletida 200 dan ortiq suyak mavjud. Skelet tananing

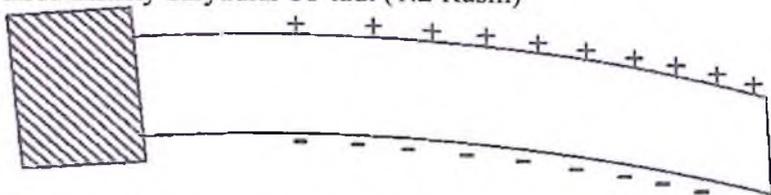
tayanchi bo'lib, harakat qilishga yordam beradi. Katta insonda skelet taxminan 12 kg ni tashkil etadi (umumiy og'irlikning 18%).

Kichik suyak to'qimasida hajmning yarmini neorganik material, suyakning mineral moddasi-*gidroksilapatit* tashkil etadi. Bu modda mikroskopik kristallar ko'rinishida bo'ladi. Suyak hajmining boshqa qismi organik material, asosan *kollagen* iborat. U yuqorimolekulyar birikma bo'lib, yuqori elastiklikka ega bo'lgan tolali oqsildir.

Suyak to'qimasining mexanik xossalari ko'p faktorlarga bog'liq: yoshga, kasallikka, o'sishning individual sharoitlariga. Normada suyak to'qimasining zichligi 2400 kg/m^3 , uning Yung moduli esa $E=100 \text{ MPa}$, nisbiy deformatsiya 1% gacha boradi.

Deformatsiyaning turli xillarida suyak turlicha o'zgaradi. U siqishga cho'zilish yoki egilishdan ko'ra ko'proq bardosh beradi. Son suyagi bo'ylama yo'nalishda 4500N, egilishda 2500 N kuchni ko'tara oladi. Tirik suyak temir betondan 5 marta mustahkamroq. Son suyagi normal inson og'irligidan 25-30 marotaba ko'proq og'irlikka bardosh bera oladi.

Suyaklarning mexanik xususiyatlari ular deformatsiya bo'lganida pezoelektrik effekt paydo bo'lishida ham namoyon bo'ladi. Agar suyak bo'lagining bir tomonini biriktirib qo'yib egsak, deformatsiya zonasida qarama-qarshi tomonlar orasida potentsiallar farqi paydo bo'ladi. Suyakning botiq qismida manfiy zaryadlar bo'ladi (1.2 Rasm)



1.2 rasm. Suyak bo'lagi deformatsiyalanganda pezoeffektning hosil bo'lishi.

Elastik deformatsiya intervalida ushbu potentsiallar farqi mexanik kuchlanishga proporsional.

Teri. Teri nafaqat tanani mukammal yopib turuvchi vosita, balki turli funksiyalarni bajaruvchi murakkab organ hamdir. U gomeostazni ushlab turadi; organizmda umumiy modda almashinuviga ta'sir etuvchi termoregulyasiya jarayonlarida qatnashadi; yog' va ter bezlarining ishini ta'minlaydi; mexanik, fizik, kimyoviy, infeksiya agentlarning zararli omillaridan himoyalaydi Teri markaziy nerv sistemasiga bir qator hissiyotlarni ham uzatadi. Teri- tana va atrof-muhit orasidagi chegara bo'lib, u juda yaxshi mexanik mustahkamlikka ega.

Teri tananing eng katta organi hisoblanadi. Uning funksiyalari butun organizm holatiga bog'liq. Ichki organlarning turli kasalliklarida unda turli o'zgarishlar sodir bo'lishi mumkin. Teri ko'pincha uchta qatlamlardan iborat heterogen to'qima sifatida qaralib, ular bir-biriga juda yaqin, lekin tabiati, strukturasi, xossalriga ko'ra turlichadir: epidermis, derma, teri osti klatchatkasi. Epidermis ustida shoh qatlam mavjud.

Terining har bir qatlamining vazifalari, shuningdek, mexanik vazifalari, uning komponentlarining biomexanik tabiati va joylashishiga bog'liq.

Terining umumiy tarkibiga kollagen va elastin tolalari va asosiy to'qima-matritsa kiradi. Kollagen quruq massaning 75% ni, elastin 4% ni tashkil etadi. Normada terining zichligi 1100 kg/m^3 dir (qo'l, ko'krak sohalari). Elastin juda kuchli cho'ziladi (200-300% gacha). Kollagen 10% gacha cho'zilishi mumkin. Teri komponentlarining mexanik xarakteristikalari:

kollagen- $E=10-100 \text{ MPa}$, $\sigma_{\text{must}}= 100 \text{ MPa}$;

elastin- $E= 0,5 \text{ MPa}$, $\sigma_{\text{must}}= 5 \text{ MPa}$;

Teri yuqori elastiklik xususiyatlarga ega qovushqoq-elastik modda bo'lib, u yaxshi cho'ziladi va uzayadi.

Mushak to'qimasi. Mushaklarning aktivligi-yuqori darajada rivojlangan tirik organizmlarning umumiy xususiyatlaridan biridir. Insonning butun hayotiy faoliyati mushaklar aktivligi bilan bog'liq. Ular alohida organlar va butun sistemalarning ishini ta'minlaydilar: tayanch harakati sistemasining ishi, o'pka va yurak ishi, tomirlar aktivligi, oshqozon-ichak sistemasining ishi va h.k.z. Mushaklarning ishdan chiqishi turli patologiyalarga olib kelishi, ular ishinig to'xtashi hatto o'limga olib kelishi mumkin (masalan, elektrotravma natijasida nafas olish mushaklari paralichga duchor bo'lib, inson halok bo'ladi).

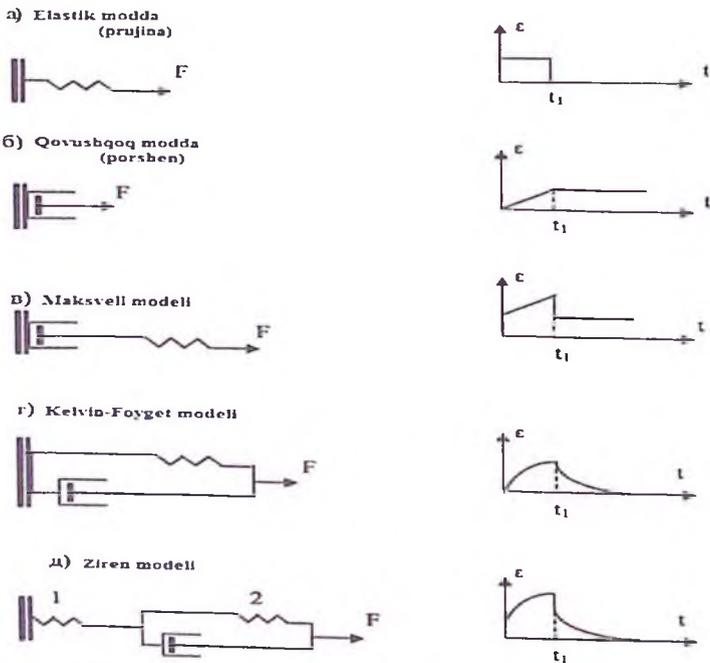
Mushaklar shakli, o'lchamlari, birikish turi, rivojlantirishi mumkin bo'lgan kuchiga qarab turlichadir. Har bir mushak o'zining motoneyroniga ega juda ko'p harakatlanuvchi qismlardan iborat. Shunga qaramay, bu sistema juda ishmchli bo'lib, bir xil harakatlardan tashqari boshqachanostandart harakatlarni ham bajarish xususiyatiga egadir.

Mushaklar faoliyati harakat strukturalarida aks etadi. Ushbu aks etish tufayli harakatni kuzatib turib harakatning mushak regulyasiyasi va uning buzilishi haqida xulosa chiqarsa bo'ladi. Bundan kasalliklar diagnostikasidi, sportchilar harakatini nazorat qiluvchi maxsus testlarni ishlab chiqishda foydalaniladi.

O'zining vazifasidan, tuzilish xususiyatlaridan qat'iy nazar, organizmdagi turli mushaklarning ishlash prinsipi bir xildir.

Mushaklar tarkibiga mushak hujayralari (tolalar), kollagen va elastin tashkil topgan hujayradan tashqari modda (biriktiruvchi to'qima) kiradi. Shuning uchun mushaklarning mexanik xossalari polimerlarning mexanik xossalari bilan o'xshashdir. Mushaklar o'zining tuzilishiga ko'ra ikki xil bo'ladi: silliq mushaklar (ichaklar, tomirlar, oshqozon, siydik pufagi devorlari) va skelet mushaklar (yurak mushaklari, suyakka birikkan va bosh, tana, oyoq-qo'llar harakatini ta'minlovchi mushaklar).

Mushaklar to'qimasi zichligining o'rtacha qiymati $10-50 \text{ kg/m}^3$, Yung moduli esa $E=10^5 \text{ Pa}$. Silliq mushaklarning harakati ko'p hollarada Maksvell modeli bilan tushuntiriladi. Ular kam kuchlanishsiz ko'p miqdorga cho'zilishi mumkin. Bu ba'zi organlarning hajmi ortishiga sabab bo'ladi. Kollagen molekularining cho'zilishi natijasida mushaklar bir necha o'n foizga deformatsiya bo'lish xususiyatiga egadirlar.



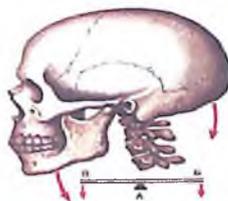
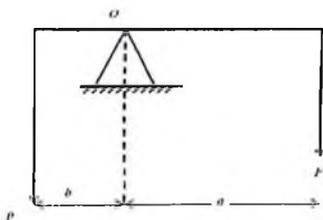
1.3 rasm. Silliq mushaklarning harakati o'rganuvchi Maksvell modeli

1.2. Odam tayanch-harakat apparati mexanikasining elementlari

Odamning tayanch-harakat apparati skeletning bir-biri bilan bitishgan suyaklaridan iborat bo'lib, bu suyaklarga ma'lum nuqtalarda muskullar birikkan bo'ladi. Skelet suyaklari richaglar kabi ishlaydi, ular bitishmalarda tayanch nuqtalariga ega bo'ladi va muskullarning tortish kuchi ta'sirida harakatga keltiriladi, muskullarning tortish kuchi esa shu muskullarning qisqarishida paydo bo'ladi.

Qo'zg'almas aylanish o'qiga ega bo'lgan va shu o'qqa nisbatan momentlar hosil qiluvchi kuchlar qo'yilgan qattiq jism (odatda to'g'ri sterjen) *richag* deb ataladi. Ta'sir etuvchi **F** kuch, yengiladigan qarshilik kuchi **R** va tayanch nuqtasi **O** ning o'zaro joylashuviga qarab, *richag uch turga bo'linadi*. (1.4- rasm)

1-tur richag. Kuch tayanch nuqtasining ikkala tomoniga qo'yilgan.



Muvozanat sharti: $Fa = Rb$

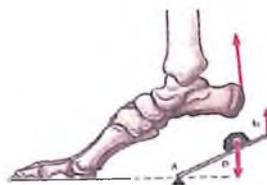
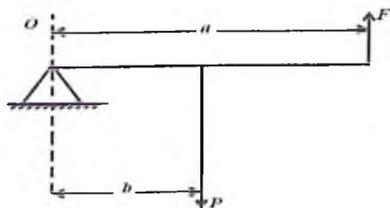
Masalan: bosh skeleti 1-umurtqa bilan qo'shilgan joyi.

R - bosh skeleti og'irlik kuchi

F - muskullarning tortilish kuchi

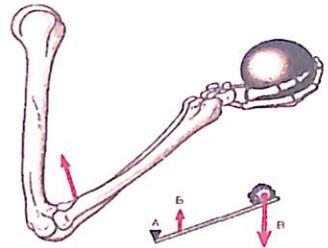
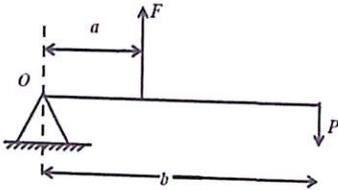
2-tur richag. Kuchlar tayanch nuqtasidan bir tomonga qo'yilgan.

a) F kuch richagning o'ziga; R kuch tayanch nuqtasining yaqiniga qo'yilgan.



$Fa=Rb$ bunda, $a > b$, shuning uchun $F < R$ ya'ni kuchdan yutiladi, ko'chishdan yutkaziladi. Bunday richag *kuch richagi* deyiladi. Masalan: oyoq barmoqlari uchida turganda.

- 2-tur richag.** Kuchlar tayanch nuqtasidan bir tomonga qo'yilgan.
- F kuch tayanch nuqtasiga R kuchdan ko'ra yaqinroq qo'yilgan.



1.4- rasm. Richag turlari

$Fa=Rb$ bunda, $a < b$, $F > R$ ya'ni ko'chishdan yutiladi, kuchdan yutqaziladi. Bunday richag *tezlik richagi* deyiladi. Masalan: Bilak suyaklari. Tayanch nuqtasi tirsak bo'g'imida turadi.

$$F \cdot a \cdot \sin \alpha = R \cdot b$$

1. Kuchlar tayanch nuqtasining ikkala tomoniga qo'yilgan. Richagning muvozanat sharti: $Fa=Rb$. Masalan, sagittal tekisligida olib qaraladigan bosh skeletini qarab chiqaylik. Richagning aylanish o'qi O bosh skeletining birinchi umurtqa bilan qo'shilgan joyidan o'tadi. Tayanch nuqtasidan oldinda nisbatan qisqa yelkada bosh skeleti massalari markaziga-turk egaridan bir oz orqada qo'yilgan bosh skeletining og'irlik kuchi R, orqada ensa suyagiga mahkamlangan muskullar va boylamlarning tortish kuchi F ta'sir etadi.

2. Kuchlar tayanch nuqtasidan bir tomonga qo'yilgan; richagning ikki turi bo'ladi:

- F kuch richagning uchiga, R kuch esa tayanch nuqtasining yaqiniga qo'yilgan. Muvozanat shart quyidagicha: $Fa=Rb$, ammo $a > b$, binobarin, $F < R$ bo'ladi, ya'ni richag kuchdan yutuq beradi, ammo yo'ldan yutqazadi, bunday richag *kuch richagi* deb ataladi. Oyoq barmoqlari uchida turilganda oyoq tagi gumbazining ishlashi bunga misol bo'la oladi. Richagning aylanish o'qi o'tadigan tayanchi O vazifasini oyoq kafti suyaklarining boshchalari o'taydi. Yengilishi kerak bo'lgan kuch-butun gavda og'irligi-oshiqqa muskulning gavdani

ko'taruvchi kuchi F Axill payi orqali uzatiladi va tovon suyagiga qo'yilgan bo'ladi;

b) F kuch tayanch nuqtasiga R kuchdan ko'ra yaqinroq qo'yilgan.

a) Muvozanat shart quyidagicha: $Fa=Rb$, ammo $a < b$, binobarin, $F > R$ bo'ladi, ya'ni bu richag yo'ldan yutish hisobiga kuchdan yutqazadi va *tezlik richagi* deb ataladi. Misol-bilak suyaklari. Tayanch nuqtasi tirsak bo'g'imida turadi. Ta'sir etuvchi kuch F - bilakni bukuvchi muskullar kuchi, qarshilik kuchi R - ko'tarilib turilgan yukning, odatda, qo'l panjasiga qo'yilgan og'irlik kuchi, shuningdek bilakning o'z og'irligi (u bilakning massalar markaziga qo'yilgan).

Tayanch-harakat apparatida muskul kuchi F ko'pincha richag o'qiga to'g'ri burchakdan farq qiladigan α burchak hosil qilib ta'sir etadi. Shu bilan birga bu burchak richag tayanch nuqtasida aylangan sari o'zgarib boradi. Bu holda richagning muvozanat sharti quyidagicha bo'ladi:

$$F \sin \alpha \cdot a = Rb, \text{ bundan } F = R/(b/a \sin \alpha),$$

ya'ni ayni qarshilik kuchi R ni yengish uchun zarur bo'lgan muskul kuchi F richag o'qiga nisbatan qanchalik kichik burchak hosil qilib yo'nalgan bo'lsa, bu kuch shunchalik katta bo'lishi kerak. Shu sababli, masalan, odam bilagi bukilgan holda nisbatan katta yukni ko'tarib turar ekan, bilagi to'g'rilangan holda undan anchagina kam yukni ko'tarib tura oladi.

Tayanch-harakat apparatining suyaklari *bitishmalarda* yoki *bo'g'imlarda* o'zaro birikadi. Suyaklarning bo'g'im hosil qilgan uchlari birgalikda ularni zich qamrab turuvchi bo'g'im xaltasi, shuningdek suyaklarga mahkamlangan boylamlar yordamida tutib turiladi. Suyaklarning bir-biriga urinib turuvchi yuzalaridagi ishqalanishni kamaytirish uchun bu yuzalar silliq tog'ay bilan qoplangan bo'lib, ular orasida yupqa qatlam yopishqoq suyuqlik bo'ladi.

Bo'g'imning asosiy mexanik tavsifi siljishning *erkinlik darajalari sonidir*. Bu son bitishma hosil qiladigan suyaklarning bir biriga nisbatan harakatlana olishi mumkin bo'lgan mustaqil yo'nalishlar sonini ko'rsatadi. Bu son, asosan, suyaklarning bo'g'imda bir-biriga urinib turadigan yuzalarining geometrik shakliga bog'liq bo'ladi.

Erkin turgan qattiq jismning *oltita erkinlik darajasi* bo'ladi, chunki u fazoda bir biriga perpendikulyar *uchta yo'nalishda* siljiy oladi, shuningdek bu yo'nalishlarga parallel bo'lgan *uchta qo'zg'almas o'q atrofida aylana oladi*. Bir nuqtada mahkamlangan qattiq jismning faqat *uchta erkinlik darajasi* bo'ladi (bu jism o'zaro perpendikulyar uchta o'q atrofida aylana oladi), qo'zg'almas o'qqa mahkamlangan jism esa faqat *bitta erkinlik darajasiga ega* (bunday jism shu o'q atrofida aylana oladi).

Bo'g'implardagi erjinlik darajalari soni ko'pi bilan uchta, shuning uchun erkinlik darajasi bitta, erkinlik darajasi ikkita va erkinlik darajasi uchta bo'g'implar bo'ladi.

Erkinlik darajasi bitta bo'lgan bo'g'imga (yassi bitishmaga) yelka-tirsak bo'g'imi misol bo'la oladi. Tirsak suyagi yarim chorak chuqurcha yordamida yelka suyagi tepasini qamrab oladi, ana shu tepacha bo'g'im o'qi xizmatini o'taydi. Bo'g'imdagi harakatlar qo'lning bo'g'im o'qiga perpendiklyar tekislikda bukilishi va to'g'rilanishidir.

Ikkita erkinlik darajasiga ega bo'lgan bo'g'imga bilak-kaft usti bo'g'imi misol bo'la oladi, bu bo'g'imda qo'l panjasi bukiladi va yoziladi, shuningdek garchi to'la hajmdagi harakat bo'lmasa-da, barmoqlar yaqinlashtiriladi va uzoqlashtiriladi.

Erkinlik darajalari uchta bo'lgan bo'g'implar jumlasiga (Fazoviy bitishmaga) chanoq-son va kurak-yelka bitishmalari kiradi. Kurak-yelka bitishmasida yelka suyagining sharsimon boshchasi kurak tepachasining sferik chuqurchasiga kirib turadi. Bu bo'g'imda bo'ladigan harakatlar bukilish va yozilish (sagittal tekislikda), yaqinlashtirish va uzoqlashtirish (frontal tekislikda) hamda qo'lning bo'ylama o'q atrofida aylanish harakatlardir.

Muskullar tayanch-harakat apparatining aktiv qismini tashkil etadi. Muskullar markaziy nerv sistemasidan keladigan impul'slar ta'siri ostida *qisqaradi*, ya'ni o'z uzunligini kamaytiradi va bunda muayyan tortish kuchu hosil qiladi, bu tortish kuchi muskullarning birikish nuqtalarida skelet suyaklariga uzatiladi (muskullar uzunligini o'zgartirmay ham kuch hosil qilish mumkin, muskulning bunday qisqarishi izotermik qisqarish deb ataladi).

Muskul hosil qiladigan maksimal kuch ayni muskul tarkibiga kiruvchi muskul tolalari soniga to'g'ri proporsionaldir. Bundan tashqari, bu kuch bir qator fiziologik omillar (yoshga, qanchalik mashq qilinganligiga, holsizlanish darajasiga va shu kabilar) ga ham bog'liq bo'ladi. Muskulni hosil qiluvchi muskul tolalari umumiy ko'ndalang kesimining 1 kvadrat santimetriga to'g'ri keladigan kuch (Nyuton hisobida) *muskulning absolyut kuchi* deb ataladi. Masalan, odamning bolder muskuli uchun bu kuch o'rta hisob bilan 60 N/sm^2 ni, yelkaning ikki boshli muskuli uchun 110 N/sm^2 ni, yelkaning uch boshli muskuli uchun esa 170 N/sm^2 ni tashkil etadi va hokazo.

STOMATOLOGIYADA QO'LLANILADIGAN QATTIQ JISMLARNING ZICHLIGINI ANIQLASH

Stomatologik materiallarning fizikaviy hossalari

Zamonaviy tibbiyot sun'iy tishlarga, plombalarga ishonchli kafolatni ta'minlash uchun stomatologik materiallarning hossalariga va texnologik ishlov berish jarayonlariga yuqori talablar qo'ymoqda. Stomatologik materiallarning fizikaviy hossalarini aniqlash uchun kristallografiya, mexanika, optika, termodinamika va fizikaning boshqa bo'limlaridagi qonuniyatlarga asoslangan holda turlicha usullar qo'llanilmoqda. Stomatologik materiallarni uch guruhga bo'lish qabul qilingan:

1) konstruksion; 2) yordamchi; 3) klinik

Konstruksion materiallarga quyidagilar kiradi:

A) metallar va qotishmalar; B) sun'iy tishlar asosi uchun materiallar;

V) sun'iy tishlar uchun materiallar

Stomatologiyada qo'llaniladigan metallar va qotishmalar og'iz bo'shlig'idagi korroziyaga qarshi yuqori mexanikaviy qo'rsatkichlarga (mustahkamlik, qattqlik, elastiklik, plastiklik va x.k); yaxshi texnologik sifatlarga (quyishga, kavsharlashga, shtampovkaga, tortishga, polirovkaga oson bo'lishi); kerakli fizikaviy xossalarga (talab etilgan rangiga, kam kichrayishga, erish temperaturasining yuqori bo'lmasligiga) ega bo'lishi kerak.

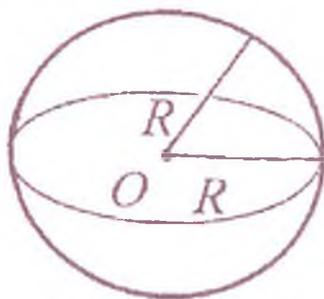
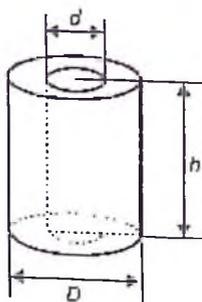
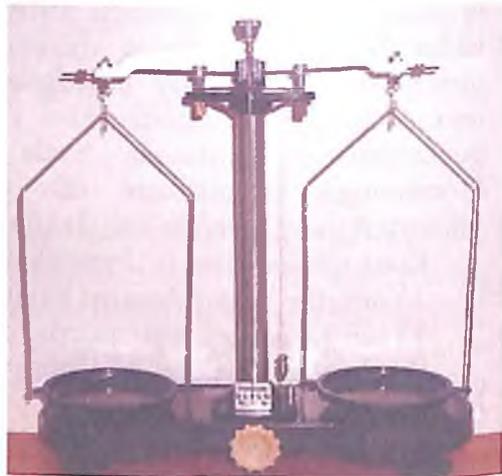
Sun'iy tishlar texnikasida, birinchi o'rinda materiallarning quyidagi fizik xossalari hisobga olinadi: rangi, zichligi, erish temperaturasi, qaynash temperaturasi, issiqlik o'tkazuvchanligi. Stomatologiyada ishlatiladigan materiallarning rangi tayyor yasama tishlar yaratishda rol o'ynaydi, u holda ularga ma'lum kosmetik talablar qo'yiladi, ularning arangi protez bilan almashtiriluvchi to'qimaning rangiga mos tushishi kerak.

Turli yasama tishlarni tayyorlash uchun material tanlashda zichligi katta ahamiyatga ega. Tish jag' sistemasining tayanch apparati chaynash vaqtida yasama tish ko'prigi xususiy massasi bilan yuklanish mumkin. SHuning uchun ko'prik yasama tishlarni yaratishda metallarni tanlash tayanch tishlar soniga, yasama tish oraliq masofasiga va zichligiga qarab hal etiladi.

To'g'ri geometrik shaklga ega bo'lgan qattiq jismlarning zichligi aniqlash

Ishdan maqsad: Qattiq jismlarning zichligini aniqlashni o'rganish

Kerakli asboblari: Kovak silindr, shar, shtangensirkul (yoki mikrometr) texnik tarozi, tarozi toshlari



Nazariv qism

Jismning zichligi hajm birligidagi massaga son jihatidan tengdir.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

Zichlikning SI sistemasidagi o'lchov birligi $[\text{kg}/\text{m}^3]$; SGS sistemasidagi o'lchov birligi $[\text{g}/\text{sm}^3]$.

Jismning zichligi temperaturaga bog'liq bo'lib, temperatura ko'tarilishi bilan u kamayadi (metallar uchun) yoki aksincha temperatura kamayishi

bilan u ko'tariladi, chunki jismning hajmi quyidagi formula bo'yicha ortadi.: $V=V_0(1+\alpha t)$

bu yerda V_0 0°C dagi jismning xajmi, V -berilgan temperaturadagi jismning hajmi, α – hajm kengayishining termik koeffitsienti, t -Selsiy shkalasi bo'yicha olingan temperatura. U holda zichlik

$$\rho = \frac{m}{V_0(1+\alpha t)}; \quad \rho_0 = \frac{m}{V_0}$$

Bo'lgani uchun

$$\rho = \frac{\rho_0}{1+\alpha t} \quad (2)$$

bo'ladi. ρ_0 – jismning 0°C dagi zichligi;

lekin hamma jismlar ham bu tenglamaga bo'ysinmaydi. Masalan: suvni (4°C dagi) zichligi muzni zichligidan katta. Suvning temperaturasi 4°C dan pasayganda uni hajmi ortadi, bu esa zichlikning kamayishiga olib keladi. Bunday hodisaga anomaliya deyiladi. Demak, anomaliyaga ega bo'lgan jismlar (suv, naftalin, cho'yan) – (2) formulaga bo'ysunmaydi.

VAZIFALAR

Bu ishda jismning massasini texnik tarozida $0,01$ g aniqlikkacha tortib aniqlanadi. Har bir jism esa 1 marta tortiladi. Kovak silindr va sharning geometrik o'lchamlarini shtangensirkul yordamida 1 martadan o'lchab aniqlanadi.

I QISM

Kovak silindrning zichligini aniqlash

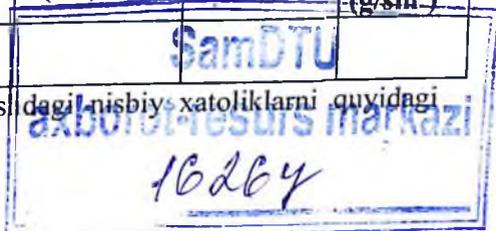
1. Kovak silindr massasi m ni o'lchang.
2. Kovak silindrning balandligi h ni, tashqi diametri D ni, ichki diametri d ni shtangensirkul yordamida o'lchang.
3. Kovak silindr hajmini: $V = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)h$ formula bo'yicha, zichligini $\rho = \frac{m}{V}$ formula bo'yicha hisoblang.

Olingan natijalarni 1 – jadvalga yozing

1-Jadval

m(g)	h(sm)	D(sm)	d(sm)	V(sm ³)	ρ , (g/sm ³)

4. Hajmini va massani hisoblashdagi nisbiy xatoliklarni quyidagi formulalar bo'yicha hisoblang.



$$D_v = \frac{\Delta(D^2 - d^2)}{D^2 - d^2} + \frac{\Delta h}{h} = \frac{2D\Delta D + 2d\Delta d}{D^2 - d^2} + \frac{\Delta h}{h};$$

$$D_m = \frac{\Delta m}{m};$$

D, d; h va m larni o'lchashdagi absolyut xatoliklar.

$\Delta D = \Delta d = \Delta h = 0,005$ sm – Shtangensirkul eng kichik bo'linmasining yarmi

$\Delta m = 0,005$ g – eng kichik tosh og'irligining yarmi

5. Zichlikni hisoblashdagi nisbiy xatolik quyidagicha hisoblanadi.

$$D_\rho = D_v + D_m; \quad D_\rho \% = (D_v + D_m) \cdot 100\%$$

6. Zichlikning absolyut xatoligini hisoblang:

$$\Delta \rho = \rho \cdot D_\rho$$

7. Zichlik uchun olingan kattalikni SI sistemasiga o'tkazing, ya'ni [kg/m³] da ifodalang.

8. Oxirgi natijani quyidagicha yozing.

$$\rho_{\text{haq}} = (\rho \pm \Delta \rho) \text{ kg/m}^3.$$

II QISM

Sharning zichligini aniqlash

1. Shar massasi m ni aniqlang.

2. Shtangensirkul yordamida shar diametri D ni o'lchang, shar radiusi $R = D/2$ formula bo'yicha hisoblanadi.

3. Shar hajmini $V = \frac{4}{3}\pi R^3$ formula bo'yicha, zichligini $\rho = \frac{m}{V}$ formula yordamida hisoblang.

Olingan natijalarni 2 – jadvalga yozing:

			2-Jadval
m (g)	R (sm)	V (sm ³)	$\rho, (\text{g/sm}^3)$

4. Shar hajmini o'lchashdagi xatolikni hisoblang.

$$D_v = \frac{3\Delta R}{R}; \quad \Delta R = 0,005 \text{ sm}$$

ΔR – radiusni o'lchashdagi absolyut xatolik (shtangensirkul eng kichik bo'linmasining yarmiga teng).

5. Shar massasini o'lchashdagi nisbiy xatolikni hisoblang.

$$D_m = \frac{\Delta m}{m}; \quad \Delta m = 0,005 \text{ g}$$

Δm —massani bir marta o‘lchashdagi absolyut xatolik (eng kichik tosh og‘irligining yarmiga teng).

6. Shar zichligining nisbiy xatoligini hisoblang.

$$D_{\rho} = D_v + D_m$$

7. Zichlikning absolyut xatoligini hisoblash

$$\Delta \rho = \rho \cdot D_{\rho}$$

8. Nisbiy xatolik % da ifodalang.

$$D_{\rho} = (D_v + D_m) \cdot 100\%$$

9. Shar uchun topilgan zichlikning qiymatini SI sistemasiga o‘tkazing, ya’ni $[\text{kg}/\text{m}^3]$ da ifodalang.

10. Oxirgi natijani quyidagicha yozing.

$$\rho_{\text{hoz}} = (\rho \pm \Delta \rho) \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Vaziyatli masalalar:

1. Tarozni pallalarida massalari bir xil hajmlari turlicha bo‘lgan jismlar bilan muvozanatga keltirilgan. Jismlar suvga tushirilganda tarozning muvozanati saqlanadimi? Nima uchun?

2. Tarozning ikkala pallasiga bir xil miqdordagi suvli menzurka va 5 tadan oq qand qo‘yilib muvozanatga keltirildi. Pallalardan biridagi qandlar o‘sha tomondagi menzurkaga tushirilsa, tarozni muvozanati buziladimi?

Birinchi bobni mustahkamlash uchun nazorat savollari

1. Deformatsiya deb nimaga aytiladi? Uning turlari haqida ma’lumot bering.
2. Nisbiy deformatsiya deb nimaga aytiladi?
3. Mexanik kuchlanganlik deb nimaga aytiladi? Uning o‘lchov birligi qanday?
4. Guk qonuni qanday yoziladi?
5. Elastiklik modulining fizik ma’nosi qanday?
6. Yung modulining o‘lchov birliklari?
7. Egilish o‘qi deb nimaga aytiladi?
8. Moddalarning mexanik xossalari nimalarga bog‘liq?
9. Organizm to‘qimalarining mexanik xossalarini xarakterlab bering.
10. Richag deb nimaga aytiladi?
11. Kuch richagini tushuntiring.
12. Tezlik richagini tushuntiring.

13. Odamning tayanch-harakat apparati mexanikasining elementlariga nimalar

kiradi?

14. Biologik to'qimalarning mexanik xossalarini yoritirng.
15. Suyak to'qimasining mexanik xossalarini yoritirng.
16. Terining mexanik xossalarini yoritirng.
17. Mushak to'qimasining mexanik xossalarini tushuntirng.
18. Mustahkamlik deb nimaga aytiladi?
19. Plastiklik deb nimaga aytiladi?
20. Mo'rtlik nima?
21. Muskulning absolyut kuchi nima?
22. Ergometriya degnda nimani tushunsiz?
23. Bo'g'imlarning asosiy mexanik tavsifini yoritirng.
24. Biomexanikaning tibbiyotdagi ahamiyatini tushuntirng.



2-BOB. BIOREOLOGIYA

Bioreologiya- biofizikaning biologik suyuqliklar (qon)ning oqimini, to'qimalar, mushaklar, suyak va qon oquvchi tomirlar deformatsiyasini o'rganuvchi bo'limidir.

Reologiya (yununcha- oqish, oqim va ...logiya) - moddalar (jismlar)ning oquvchanligi va deformatsiyalanishi bilan bog'liq jarayonlarni o'rganish bilan shug'ullanadigan fan. Reologiyada turli qovushqoq, plastik materiallarning qaytmas qoldiq deformatsiyasi va oqishi bilan bog'liq jarayonlar hamda siljish (elastiklikning keyingi ta'siri va kuchlanish relaksatsiyasi) hodisalari ko'riladi.

Bioreologiya asosida Nyutonning qovushqoq suyuqliklar harakatiga qarshilik qonunlari, Stoks, Puazeyl va boshqa olimlarning tadqiqotlari yotadi.

2.1. Suyuqlik va gazlardagi bosim

Tomirlarning devorlariga beriladigan gaz va suyuqlik bosimi gaz yoki suyuqlik molekularining zarbarlaridan kelib chiqadi. Paskal qonuniga muvofiq suyuqlik va gazlar ularga bir xil yo'nalishlarda bosim o'tkazadi.

Suyuqlik yoki gazlarda ishlab chiqarilgan bosim suyuqlik yoki gaz hajmining har bir nuqtasiga olib chiqiladi.

Qon bosimi- tomirlarda oqayotgan qonning shu tomirlar devoriga ko'rsatadigan bosimi (tazyiqi), yurak ishi va tomirlar devorining qarshiligi tufayli vujudga keladi. Arterialar ichida–arteriyal kapilyarlar ichida kapilyarlar va venalar ichida –venoz qon bosimi bo'ladi. Qon bosimi qonning tomirlar sistemasi bo'ylab oqishiga imkon beradi va shu bilan organizm to'qimalarida moddalar almashinuvini ta'minlaydi. Arterial bosimning (AB)-yuqori yoki past bo'lishi, asosan yurak qisqarishlarining kuchi va yurakning har qisqarganda qon tomirlar devoriga ta'sir ko'rsatadi.

Katta odamlarda normal arteriya bosim 100-140 mm simob ustuni (sistolik bosim) ga va 70-80 mm simob ustuni (diastolik bosim) ga teng .

Odamlarda qon bosimini aniqlashda qo'lning arteriyalaridan aniqlanadi. Yirik arteriyalarda qon bosimi yuqori, qon tomirlar kichraygan sari bosim ham kamayib boradi eng past bosim kapilyar qon tomirlarda bo'ladi. Hozirgi kunda qon bosimini o'lchashda Karatkov usulidan keng foydalaniladi.

Korotkov usulida qon bosimini aniqlashda bilak chuqurchasiga fonendoskop qo'yiladi, yelka qismiga esa tanometrning monjeti bog'lanadi. Yurak urishi bilan puls tomirlari bo'ylab laminar oqim (turbulent bo'lmagan) qon oqimi bilan arteriyalar bo'ylab silliq uzatiladi va hech qanday tovush hosil bo'lmaydi.

Suyuqlik va gazlardagi bosimni Paskal va Arximed qonunlari bo'yicha ko'rib chiqamiz.

Gazlarning molekulari orasidagi o'zaro ta'sir kuchlari juda ham kichik ya'ni ular bir-birlari bilan bog'lanmagan. Shuning uchun ham ular doimo betartib harakat holatida va har tomonga uchib ajratiladigan hajmini to'la egallaydi.

Gazlardan farqli ravishda suyuqlikning molekulari bir-birlari bilan ancha mustahkam bog'langan va ular orasidagi masofa qariyb o'zgarmaydi, shuning uchun ham suyuqlik siqilmaydi.

Berk idishdagi bosimni o'lchash uchun ishlatiladigan asboblarga manometr, atmosfera bosimini o'lchash uchun ishlatiladigan asboblarga esa barometrlar deyiladi.

Gidrostatik bosim- suyuqliklarning vazni harakatsiz, siqilmaydigan suyuqlik ichidagi bosimning taqsimlanishiga qanday ta'sir qilishini ko'raylik. Suyuqlikning muvozanat holatida gorizantal satx bo'yicha bosimi bir xil bo'ladi, aks xolda muvozanat bo'lmas edi, shuning uchun ham harakatsiz suyuqlikning erkin satxi doimo gorizantal boladi.

Arximed qonuni –suyuqlikning pastki qatlamidagi bosim yuqori qatlamidagidan ko'ra kattaroq bo'ladi va shuning uchun ham suyuqlikka botirilgan jismga itarib chiquvchi kuch ta'sur etadi. Suyuqlikka botirilgan jismga shu suyuqlik tomonidan yuqoriga yo'nalgan va jism siqib chiqargan suyuqlik vazniga teng bo'lgan itaruvchi kuch ta'sir etadi. Bu kuch Arximed kuchi deb ataladi.

Suyuqlik shu suyuqlikka tushirilgan yoki o'zi solingan qattiq jism yuziga bosim ko'rsatadi. Suyuqlik zarrachalarining bir-biriga nisbatan biroz siljishi natijasida *shu suyuqlikdagi bosim hamma tomonga bir tekislikda uzatiladi* (Paskal qonuni). Shu sababli bosim kuchlari suyuqlik bilan qattiq jismning bir-biriga tegib turadigan butun yuzasi bo'ylab taqsimlanadi va bu yuzaga perpendiklyar ravishda yo'naladi. Suyuqlikdagi bosim tashqi kuchlar ta'sirida, masalan, yuqoridagi suyuqlik ustunining og'irligi ta'sirida (gidrostatik bosim), nasosning siqish ta'siri ostida va shu kabi ta'sirlar natijasida hosil bo'ladi. Gaz bosimi qanday birliklarda o'lchansa, suyuqlikdagi bosim ham xuddi shunday birliklarda o'lchanadi.

Manometr vazifasini, odatda, yuqori uchi ochiq, pastki uchi esa suyuqlik bilan tutashgan to'g'ri shisha nay o'taydi.

Bosim ostida turgan suyuqlik ichki potensial energiyaga (bosim energiyasiga) ega bo'ladi, bu energiyaning qiymati E_p bosim p ning suyuqlik hajmi V ga ko'paymasi bilan o'lchanadi:

$$E_p = pV$$

2.2. Bernulli tenglamasi. Statik va dinamik bosim

Suyuqlik molekularining o'zaro tortishish kuchi gaz molekularinikidan katta, ammo qattiq jismlar molekularinikiga qaraganda ancha kichik bo'ladi. Suyuqlik zarrachalari bir-biriga nisbatan oson siljiydi va bosim ta'siri ostida ancha katta bosimli sohadan ancha kichik bosimli sohaga ko'chadi. Bu hodisa suyuqlikning oqishi deb ataladi. O'zaro tortishish kuchi mavjud bo'lganligi sababli suyuqlik zarrachalari bir-biriga nisbatan siljishida bir qadar qarshilikka duch keladi, bu qarshilik, xuddi qattiq moddaning juda mayda zarrachalari orasida sodir bo'ladigan mexanik ishqalanish kabi suyuqlikning *ichki ishqalanishi* yoki *yopishqoqligi* deb ataladi. Suyuqlikning yopishqoqligi, masalan, suyuqliklarni qorishtirishda ko'rsatildagan qarshilik, jismlarning suyuqlikda tushish vaqtida sekinlashuvi tarzida va boshqalarda namoyon bo'ladi.

Dastavval ideal suyuqlikning statsionar oqimini ko'rib chiqaylik (siqilmaydigan va yopishqoqlikka ega bo'lmagan suyuqlik ideal suyuqlik deb ataladi; statsionar oqim shunday oqimki, bu oqim tezligi suyuqlikning har qanday qismida vaqt o'tishi bilan o'zgarmay qoladi). Bu shartlar uchun suyuqlikdagi bosim p , suyuqlik zarrachalarining harakatlanish tezligi v va og'irlik kuchi maydonida (bu maydon sanoqning biror sathidan bo'lgan balandlik h bilan xarakterlanadi) shu zarrachalarning vaziyati orasida qanday bog'lanish borligini aniqlab olaylik.

Energiyaning saqlanish qonuniga binoan ideal suyuqlikning V hajmga ega bo'lgan biror massasi m ning to'la energiyasi oqish vaqtida o'zgarmay qoladi, chunki unda ichki ishqalanish uchun ketadigan isroflik bo'lmaydi. To'la energiya bosimning potensial energiyasi ($E_p = pV$), og'irlikning potensial energiyasi ($E_p = mgh$) va kinetik energiya ($E_k = mv^2/2$) dan iborat bo'ladi. Yuqorida aytib o'tilganlarga binoan: $pV + mgh + mv^2/2 = \text{const}$ bo'ladi. Shunga muvofiq ideal suyuqlik m massasining qandaydir ikki vaziyati, masalan, A va B nuqtalardagi vaziyatlari uchun quyidagi kelib chiqadi:

$$P_1 V + mgh_1 + mv_1^2/2 = p_2 V + mgh_2 + mv_2^2/2$$

Agar yuqorida chiqarilgan tenglamaning hadlarini suyuqlikning V hajmiga bo'lib chiqsak, m/V nisbat suyuqlikning zichligi ekanligi hisobga olinganda, quyidagini hosil qilamiz:

$$P + \rho gh + \rho v^2/2 = \text{const}$$

Hosil bo'lgan tenglama Bernulli tenglamasidir.

Suyuqlikning gorizontol naylardagi harakati uchun og'irlik kuchini hisobga olmasa ham bo'ladi, bunda Bernulli tenglamasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$p + \rho v^2/2 = \text{const}$$

Bu tenglamadan Bernulli qoidasi deb ataladigan quyidagi xulosa kelib chiqadi: *gorizontol naydan oqayotgan yopishqoqmas suyuqlikning bosimi o'qim tezligi kam bo'lgan joyda katta va aksincha, oqim tezligi katta bo'lgan joyda kichikdir.*

Suyuqlikning har xil ko'ndalang kesimli nayda oqishini ko'rib chiqaylik. Agar nayning har qanday kesimidan vaqt birligida bir xil miqdorda (bir xil hajmda) suyuqlik oqib o'tsa, bunday oqim *uzluksiz oqim* deb ataladi. Bunda suyuqlikning nay maydonlaridagi harakat tezligi shu maydonlar ko'ndalang kesimlarining yuzalariga teskari proporsionaldir.

Darhaqiqat, nayning har qanday kesimidan vaqt birligida oqib o'tadigan suyuqlik hajmi V_0 nu nayning kesim yuzi S bilan suyuqlikning oqish tezligi v orasidagi ko'paytma tarzida ifodalash mumkin ($V_0 = Sv$) ekanligini isbotlash qiyin emas. Shartga binoan ba hajm nayning har qanday kesimi uchun o'zgarmasdir, binobarin,

$$V_0 = S v = \text{const.}$$

bo'ladi, ya'ni suyuqlikning oqish tezligi bilan naysimon oqim ko'ndalang kesimi orasidagi ko'paytma o'zgarmas miqdordir. Bu munosabat naysimon oqimning uzluksiz tenglamasi deb ataladi.

Agar nayning kesim yuzasini S_1, S_2 bilan va suyuqlikning shu naydagi harakat tezligini v_1, v_2 bilan belgilasak, yuqorida aytib o'tilganlarga binoan

$$S_1 v_1 = S_2 v_2$$

ni hosil qilamiz, bundan

$$v_1/v_2 = S_2/S_1$$

kelib chiqadi.

Kesimi o'zgaruvchan nayda suyuqlikning oqish tezligi shu kesimlarning yuzalariga teskari proporsionaldir.

Bunda, Bernulli qoidasiga muvofiq, nayning kichik kesimli yuzalarida bosim past, katta kesimli yuzalarida esa bosim yuqori bo'ladi. Bu hodisaning sababini tushuntirib beraylik. Nayning kichik kesimli yuzalariga o'tishda suyuqlikning zarrachalari tezlashadi, bunga esa kengroq yuzalarda bosim hosil qiluvchi P_1 kuchning bir qismi sarflanadi (suyuqlik zarrachalarning muvozanat shartiga ko'ra $P_1 = P_2 + F_1$, bu yerda P_2 - nayning tor yuzasida bosim hosil qiluvchi kuch, F_1 - zarrachalarning tezlashuvini ta'minlovchi kuchdir.

2.3. Qon bosimini o'lchash

Tomirdagi qon bosimini o'lchashning bir necha usullari bor. Masalan:

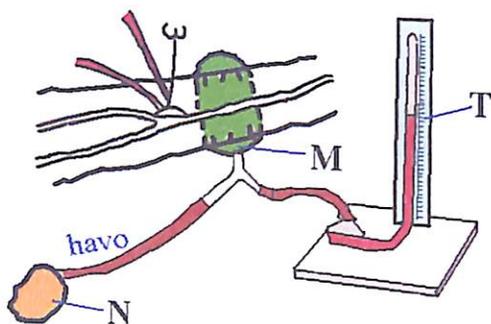
1. To'g'ridan-to'g'ri qon tomiriga igna kiritib, ignani ikkinchi tomonini rezina naycha bilan monometrغا ulanib o'lchanadi.
2. Yirik qon tomiriga ingichka katetr (ingichka poleetilen naycha) kiritib uni ikkinchi uchi monometrغا ulanadi va bosim o'lchanadi.
3. Klinikada qo'llaniladigan, qonsiz, qon bosimini o'lchash usuli - Korotkov usulidir.



2.1-Rasm. Zamonaviy qon bosimini o'lchovchi asboblari

Qon bosimini N.Korotkov usuli bilan o'lchashdan eng ko'p foydalaniladi. Bu usul bilan o'lchangan qon bosimi arteriyadagi qon

bosimiga yaqin. O'lchashlar yelka arteriyasining tirsakdan yuqori qismida olib boriladi. Manjeta (g'iloftga joylashtirilgan rezina kamera o'sha qismiga o'raladi. Keyin noxsimon havo haydagich yordamida manjetada kerakli bosim hosil qilinadi. Bu bosimning kattaligi monometrda kuzatiladi. N. Korotkov usuli, manjeta bilan siqilgan arteriyadan qon oqayotganda hosil bo'ladigan tovushlarni eshitishga asoslangandir. Arteriya to'la berkilganda hech qanday tovush eshitiladi. Manjetadagi havo sekin pasaytirilganda esa tonlar eshitiladi. Bu tonlar arteriyaning va arteriya devorlarining vibratsiyasidan kelib chiqadi. Arteriyadagi birinchi ton bosimning maksimal qiymatiga to'g'ri keladi va sistolik bosim deyiladi. Keyinchalik manjetadagi bosim kamaygan sari shovqinlar oldin ko'payib, so'ng pasayadi va yana tonlar eshitiladi. Tonlarning qattiqligi pasayadi va nihoyat yo'qoladi. Shu vaqtdagi bosim diastolik bosim deyiladi. Arerial bosimni o'lchaydigan qurilma 3 qismdan iborat: M – manjeta, N - havo haydagich, T – simobli manometr, ya'ni sfigmomanometr yoki membranali manometr – sfigmotonometr dan iborat.



M – manjeta
 N - havo haydagich
 T – simobli manometr, ya'ni sfigmomanometr yoki membranali manometr – sfigmotonometr dan iborat.

2.2-Rasm. Arterial bosimni o'lchaydigan qurilmani tuzilishi.

2.4. Sun'iy qon aylanish apparati. Sun'iy yurak. Sun'iy buyrak.

Yurakda operatsiya qilish davomida uni vaqtincha qon aylanish sistemasidan ajratishga to'g'ri keladi, bunda maxsus sun'iy qon aylanish apparatidan foydalaniladi (3.3-rasm). Mazmunan, bu apparat sun'iy yurak (nasos sistemasi) bilan sun'iy o'pka (oksigenerator - qonni kislorod bilan boyitilishini ta'minlovchi sistema) birikmasidan iborat.



3.3-Rasm. Sun'iy qon aylanish apparati.

Sun'iy qon aylanish apparati, sun'iy yurak o'pka apparati- bemor organizmidagi yoki donorning ajratib olingan a'zorida qon bir tekis aylanishini va bir me'yorda moddalar almashinuvini ta'minlaydigan apparat.

Yurak va o'pka vazifasini vaqtinchalik o'tashga mo'ljallangan. Birinchi sun'iy qon aylanish apparati avtojektor 1925-yilda rus fiziologi S.S. Bryuxonenko tomonidan yaratilgan. Keyinchalik shu apparat yordamida hayvonlarda ko'pgina yurak operatsiyalari o'tkazildi. Sun'iy qon aylanish apparati o'zaro bog'liq bo'lgan sistema va bloklar kompleksidan: "Sun'iy yurak"- nasos, yuritkich, uzatkichdan iborat bo'lib, qonni hayotni ta'minlay oladigan hajmiy tezlikda oqadigan qilib haydaydi; oksigenator deb ataladigan "Sun'iy o'pka"- gaz almashinish qurilmasi bo'lib, qonni kislorod bilan to'yintirish, karbonat angidrid gazini chiqarib yuborish va kislotashqor muvozanatini normal saqlab turish uchun xizmat qiladi.

Hozirgi zamonda 100 dan ortiq tipdagi turli maqsadlarda ishlatiladigan sun'iy qon aylanish apparatlari yaratilgan. Xavfli o'smalar, yallig'lanish jarayonlari va destruktiv shikastlarni kimyoviy moddalar bilan davolashda, yurak o'pka faoliyati buzilganda yordamchi sun'iy qon aylantirishda, klinik o'lim holatidagi bemorni tiriltirishda, ko'chirib o'tkazishga mo'ljallangan a'zolari tirik saqlab turishda ishlatiladigan sun'iy qon aylanish apparatlari bor.

2021 yilda dunyodagi birinchi to'laqonli sun'iy yurak sotuvga chiqarildi. Dunyodagi birinchi to'laqonli sun'iy yurak 2021 yilning ikkinchi choragidan sotuvga chiqarildi. Fransiyaning Carmat kompaniyasi

ushbu qurilmani yaratish bo'yicha ishlarni 27 yil oldin boshlagan edi. Ushbu kompaniya dunyodagi birinchi to'laqonli sun'iy yurakni sotishni boshlaydi.

Qurilma yurak yetishmovchiligidan aziyat chekayotgan bemorlar uchun yurak transplantatsiyasining o'tish davri sifatida ishlatiladi.

Sun'iy buyrak, gemodializator- xastalangan buyraklarning chiqaruv funksiyasini vaqtincha o'taydigan apparat. Asosiy vazifasi o'tkir va surunkali buyrak yetishmovchiligida suv elektrolit va kislota ishqor balansini, qon tarkibini normal saqlash, moddalar almashinuvi mahsulotlarini va turli zaharlanishlardan hosil bo'lgan toksinlarni, shuningdek, shishganda organizmdagi ortiqcha suvni chiqarib tashlashdan iborat (gemodializ).

Amerikalik olim Abel 1913-yil dializ apparati kashf qilib, tajribada sinab ko'rdi. Keyinchalik gollandiyalik V. Kolf (1944-yil) Berk bilan hamkorlikda klinik talablarga birmuncha javob bera oladigan buyrak ixtiro qilib, amaliyotda ilk bor qo'lladi.

Sun'iy buyrakning ishlashi moddalarning qon va dializlaydigan maxsus eritmadagi konsentratsiyalari farqi tufayli yarim o'tkazuvchi membranadan o'tish o'tmaslik xususiyatiga asoslangan: oqsillar, qonning shaklli elementlari, bakteriyalar, molyar massasi 30000 dan katta bo'lgan moddalar membranadan o'tmaydi; azotli chiqindilar — mochevina (siydikchil), siydik kislota, kreatinin kabi organizmni zaharlovchi moddalar esa membranadan to'siqsiz o'tib, maxsus eritmaga ajratib olinadi. Sun'iy buyrak ishlaganda bemorning bilak venasidan nasosmexanik yurak yordamida venoz shunt orqali so'rilayotgan qon dializator kapillyarlari orqali o'tadi. Kapillyarlar sirti boshqa nasosdan beriladigan dializlovchi eritma bilan yuvib turilishi natijasida qon chiqindilardan tozalanadi.

Arterial venoz (AVSH) bemorni Sun'iy buyrak apparatiga ulash vositasi bo'lib, keyinchalik takomillashtirildi va arterial venoz fistula (AVF) ixtiro qilindi, lekin bu usulda tomirlarning varikoz kengayishi, venoz qon oqimining buzilishi kabi noxush holatlar kuzatiladi. AVFning kamko'stsiz varianti "Toshkent buyrakni ko'chirib o'tkazish markazi"ning olimlari — akademik O'.Oripov va shogirdlari tomonidan hal qilindi (1971-yil).

Surunkali buyrak kasalligi bor bemorlarda ambulatoriya sharoitida zamonaviy AVF yordamida gemodializ o'tkazish keng yo'lga qo'yildi.

Hozirgi AVF hosil qilishning amaliyotda turli modifikatsiyalari ishlab chiqiddi. Bemorlarni zudlik bilan gemodializga tayyorlash

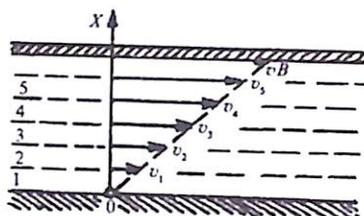
maqsadida (yuqori darajadagi uremiya, gipergidratatsiya, giperkaliyemiya) ularning markaziy venasiga (o'mrov osti, son venasi, bo'yinturuq venalari) ikki yoriqli kateter o'rnatish keng qo'llanila boshlandi. Gemodializ seanslari 4—8 soat davom etib, bu vaqtda qon ivib qolmasligi uchun unga geparin moddasi qo'shib turiladi. Gemodializ bilan davolashning boshlang'ich davrlarida turli xil gemorragik asoratlarning oldini olish maqsadida gemodializ seanslari regional geparinizatsiya (protamin sulfat) bilan olib boriladi.

Gemodializ muolajasi samaradorligi gemodializatorlarni dializlovchi yuzasi maydoniga bog'liq. Dializator texnik xususiyatlarining yaxshilanishi, sun'iy buyrak apparatlarining takomillashtirilishi, qonning dializator orqali aylanib o'tishi tezligining oshishi (AVF takomillashishi) gemodializdagi bemorlar hayotining uzayishiga olib keldi. Shuningdek, bemorlarni davolanishga psixologik tayyorlash ham katta ahamiyatga ega.

Respublikamizning har bir viloyatida gemodializ markazlari bor. Hozirgi kunda Toshkent shahrida bir qancha ixtisoslashtirilgan gemodializ markazlari faoliyat ko'rsatadi, ularda zamonaviy sun'iy buyrak apparatlari o'rnatilgan.

2.5. Suyuqliklarni naylardagi oqimi

O'zining xossalari jihatidan gazlar va qattiq jismlar orasidagi oraliq holatni egallovchi moddalar suyuqliklarga kiradi. Suyuqliklar muhiti organizmning katta qismini tashkil etadi, ularning ko'chishi moddalar almashinuvini va hujayralarni kislorod bilan ta'minlash ishini bajaradi, shu sababli suyuqliklarning oqishi va ularning mexanik xossalari, shifokorlar va biologlar uchun zo'r qiziqish uyg'otadi. Real suyuqlik oqqanda uning ayrim qatlamlari bir-biriga shu qatlamlarga urinma ko'rinishda yo'nalgan kuchlar bilan o'zaro ta'sirlashadi. Bu hodisaga ichki ishqalanish yoki qovushqoqlik deyiladi. Qovushqoq suyuqlikning ikkita qattiq plastinka orasidan oqishini ko'rib o'tamiz (3.4- rasm), ulardan pastkisi qo'zg'almas bo'lib, yuqorigisi v_{yn} tezlik bilan harakatlanadi. Suyuqlikni shartli ravishda bir necha 1, 2, 3 va hokazo qatlamlardan iborat deb tasavvur qilamiz. Tubiga „yopishgan“ qatlam harakatsiz. Tubidan (pastki plastinkadan) uzoqlashgan sari suyuqlik qatlamlari katta tezlikka ega bo'lib boradi ($v_1 < v_2 < v_3 \dots$ va h.k.) yuqorigi plastinkaga yopishgan qatlam yaqinidagi tezlik eng katta bo'ladi.



2.4-Rasm. Suyuqliklarning naylardagi oqimi.

Qatlamlar o'zaro bir-biriga ta'sir ko'rsatadi. Masalan, uchinchi qatlam ikkinchi qatlamning harakatini tezlashtirishga intilsa, o'zi esa ikkinchi qatlam tomonidan tormozlovchi kuch ta'sirini his qiladi, to'rtinchi qatlam ta'sirida esa tezlashadi va hokazo. Ichki ishqalanish kuchi o'zaro ta'sirlashuvchi qatlamlarning S yuziga to'g'ri proporsional va ularning nisbiy tezliklari qancha katta bo'lsa, ichki ishqalanish kuchi ham shuncha katta bo'ladi. Suyuqlikni qatlamlarga ajratish shartli bo'lgani sababli ichki ishqalanish kuchini tezlikka perpendikular yo'nalishda har bir uzunlik birligiga to'g'ri keluvchi tezlikning o'zgarishini ifodalovchi kattalik, ya'ni dv/dx tezlik gradiyenti (siljish tezligi) orqali ifodalash qabul qilingan:

$$F_{\text{ishq.}} = \eta \frac{dv}{dx} S$$

Bu Nyuton tenglamasidir. Bu yerda η proporsionallik koeffitsiyenti bo'lib, uni ichki ishqalanish koeffitsiyenti yoki *dinamik qovushqoqlik* (yoki oddiygina *qovushqoqlik*) deb aytiladi. Qovushqoqlik suyuqlikning (yoki gazning) holatiga va molekulyar xossalarga bog'liq. Qovushqoqliknig SI sistemasidagi o'lchov birligi *paskal-sekund* ($\text{Pa}\cdot\text{s}$). SGS sistemasida qovushqoqlik *puaz* (P) bilan ifodalanadi: $1 \text{ Pas} = 10 \text{ P}$ Ko'pchilik suyuqliklarga qovushqoqlik tezlik gradientiga bog'liq bo'lmaydi, bunday suyuqliklar Nyuton tenglamasiga bo'ysunadi, shu sababli ular Nyuton suyuqliklari deyiladi. Nyuton tenglamaga bo'ysunmaydigan suyuqliklar nonyuton suyuqliklari deyiladi. Ba'zan Nyuton suyuqliklari qovushqoqligini normal, nonyuton suyuqliklarini esa anomal deb ataladi. Murakkab va yirik molekulalardan iborat suyuqliklar, masalan, polimerlar eritmasi, molekula va zarrachalarning bog'lanishlari tufayli hosil bo'lgan fazoviy strukturalar nonyuton suyuqliklari hisoblanadi. Ularning qovushqoqligi bir xil sharoitlarda oddiy suyuqliklarnikiga qaraganda ko'p marta kattadir. Bu suyuqliklar qovushqoqligining ortishiga sabab shuki, ularning oqishi paytida sarflanadigan tashqi kuchlarinng ishi faqat

suyuqlikning qovushqoqligini, ya'ni Nyuton qovushqoqligini yengish uchungina emas, balki strukturasini buzish uchun ham sarflanadi.

Suyuqlik o'zi tegib turgan qattiq jism sirtiga ma'lum kuch bilan tasir qilishi kundalik tajribalardan ma'lum. Bu kuch suyuqlikning bosim kuchi deb ataladi. Ochiq vodoprovod krani teshigini barmog'imiz bilan yopib, suvning unga ko'rsatayotgan bosim kuchini sezishimiz mumkin. Bosim kuchi suyuqlik to'ldirilgan idishning tubiga ham, devorlariga ham ta'sir qiladi. Simdan yasalgan karkasga o'rnatilgan ichi bo'sh rezina stakanni olib, uni simobga to'ldirilsa, stakanning tubi va devorlari tashqariga bo'rtib chiqishini kuzatish mumkin. Bir-biriga bevosita tegib turgan jismlar orasidagi o'zaro ta'sir kuchlari- elastiklik kuchlari jismlarning deformatsiyalanishidan yuzaga kelishini biz bilamiz. Suyuqliklar hajm o'zgarishiga nisbatan elastiklikka molik bo'lgani uchun suyuqlikning siqilishida elastiklik kuchlari paydo bo'ladi. Bu kuchlar suyuqlikning bosim kuchidir. Suyuqlik qancha ko'p siqilsa, bosim kuchi ham shuncha katta bo'ladi.

Kuchning ta'siri uning kattaligiga bog'liq. Ammo ba'zi hollarda kuchning ta'siri shu kuch ta'sir qilayotgan jism sirt yuzining kattaligiga ham bog'liq, bo'ladi. Bunday hollarda kuchning ta'sirini to'la tavsiflash uchun bosim deb ataladigan fizik kattalikdan foydalaniladi.

Jism sirtining birlik yuziga perpendikulyar ravishda ta'sir qiluvchi kuchga son jihatdan teng bo'lgan fizik kattalik bosim deyiladi.

Qatlamlar harakatining tezligini harakatga tik bo'lgan Z o'qqa nisbatan qaraylik. Bu holda harakatning Z o'qi bo'yicha o'zgarish tezligi

(tezlik gradienti) $\frac{d\vartheta}{dz}$ bo'ladi.

Agar koordinata z ortishi bilan qatlamlarning tezligi bir tekisda ortsa, u holda tezlik gradienti suyuqlikning barcha massasi uchun bir xil bo'ladi. Bir-biridan Δz uzoqlikda turgan qatlamlarning tezliklari v_1 va v_2 bo'lsa, u holda tezlik gradienti

$\frac{v_2 - v_1}{\Delta z}$ bo'ladi.

Fransuz olimi Puazeyl (1841) suyuqliklarning naylarda oqish tezliklarini tajriba yo'li bilan o'rganib, suyuqlikning nay bo'ylab o'rtacha laminar oqish tezligi nay uzunlik birligiga, bosimning tushishi hamda nay radiusining kvadratiga to'g'ri mutanosib va qovushoqlik koeffitsientiga teskari mutanosib ekanligini aniqladi:

$$\vartheta = \frac{P_1 - P_2}{l} \cdot \frac{R^2}{8\eta}$$

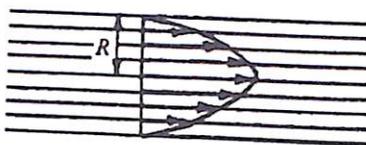
Shuning uchun ham bu qonun Puazeyl qonuni deb ataladi. Nay uchun $S = \pi R^2$ va $Q = v_0 \cdot S$ ekanligini hisobga olib Puazeyl qonunini quyidagicha yozish mumkin:

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

Laminar suyuqliklar uchun Puazeyl formulasi quyidagicha bo'ladi.

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

Qovushqoq suyuqlikning trubalardan oqishi tibbiyot uchun alohida qiziqish uyg'otadi, chunki qon oqish sistemasi asosan turli diametrdagi silindr tomirlardan iborat. Simmetriya tufayli ma'lumki, trubada oqayotgan suyuqlikda o'qdan bir xil uzoqlikdagi suyuqlikning ikki zarrasi bir xil tezlikka ega. Truba o'qi bo'ylab harakatlanayotgan zarrachalar eng katta tezlikka ega bo'ladi: Truba devoriga eng yaqin suyuqlik qatlami qo'zg'almasdir. Suyuqliklar zarrachalari tezligining truba ko'ndalang kesimi bo'ylab taxminiy taqsimlanishi 3.5-rasmda ko'rsatilgan.



2.5-Rasm. *Suyuqliklar zarrachalari tezligining truba ko'ndalang kesimi bo'ylab taqsimlanishi.*

$v=f(r)$ bog'lanishni aniqlash uchun fikran uzunligi l va r radiusi bo'lgan silindr shaklidagi suyuqlik hajmini ajratib olamiz. Bu silindring uchlarida mos holda bosim ta'minlab turiladi, bu esa natijaviy kuchni quyidagi ko'rinishda yozishga olib keladi:

$$F = p_1 \pi r^2 - p_2 \pi r^2 = (p_1 - p_2) \pi r^2.$$

Silindrning yon tomonlari yuziga uni o'rab olgan suyuqliklar ichki ishqalanish kuchi ta'sir etadi. Bu kuch quyidagicha ifodalanadi:

$$F_{\text{ishq.}} = \eta \frac{dv}{dr} \cdot S = -\eta \frac{dv}{dr} \cdot 2\pi r l,$$

bu yerda $S = 2\pi r l$ silindr ko'ndalang kesimining yuzi. Silindrda suyuqlik tekis harakatda bo'lgani sababli ajratib olingan silindr hajmidagi ta'sir etuvchi

kuchlar bir birini muvozanatlaydi: $F = F_{\text{ishq}}$ Bu tenglikka yuqorida keltirilgan F va F_{ishq} ning formulalarini qo'yib quyidagini hosil qilamiz:

$$(\rho_1 - \rho_2)\pi r^2 = \eta \frac{dv}{dx} \cdot 2\pi r l.$$

Tenglamani o'ng tomonidagi "—" ishorasi tezlik gradiyenti $dv/dr < 0$ (r ortishi bilan tezlik kamayadi) bo'lgani sababli yozilgan.

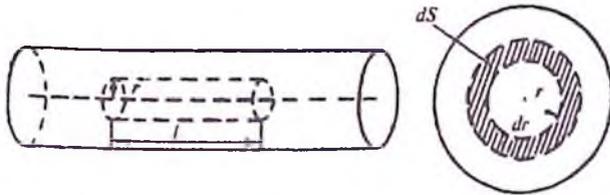
$$dv = -\frac{(\rho_1 - \rho_2)}{2l\eta} \cdot r dr.$$

Bu tenglamani integrallaymiz:

$$\int_0^v dv = -\frac{(\rho_1 - \rho_2)}{2l\eta} \int_R^r r dr.$$

bu yerda integralning quyi chegaralari trubaning ichki sirtiga „yopishib“ turgan suyuqlik qatlamiga tegishli $r = R$ bo'lganda $v = 0$ yuqori chegarasi esa o'zgaruvchidir. Suyuqlik qatlamlari tezligi bilan ularning tuba o'qigacha bo'lgan masofalari orasidagi parabolik munosabatni chiqarsak, (3.5- rasmdagi tezlik vektorlari uchlarini aylanib o'tuvchi chiziqqa qarang):

$$v = \frac{\rho_1 - \rho_2}{4l\eta} (R^2 - r^2).$$



Truba o'qi $r=0$ bo'ylab oqayotgan qatlam tezligi eng katta bo'lish sharti:

$$v_{\max} = (\rho_1 - \rho_2) R^2 / 4l\eta.$$

Horizontaal truba orqali l s da oqib o'tayotgan suyuqlik hajmi Q ni qanday faktorlarga bog'liqligini aniqlaylik. Buning uchun r radiusli va dr qalinlikdagi silindrik qatlam ajratamiz. Bu qatlam kesimining yuzi $ds = l r dr$ (9.3- b rasm). Qatlam juda yupqa bo'lgani sababli uni bir xil tezlik bilan harakatlanmoqda deyish mumkin. Bir sekundda qatlam olib o'tayotgan suyuqlik hajmi

$$dQ = v \cdot ds = v \cdot 2\pi r dr \text{ formuladan}$$

$$dQ = \pi \frac{\rho_1 - \rho_2}{2l\eta} (R^2 - r^2) r dr$$

ni hosil qilamiz.

Buni trubaning butun ko'ndalang kesimi bo'yicha 0 dan R gacha integrallab, vaqt birligi ichida truba ko'ndalang kesimidan oqib o'tayotgan suyuqlik hajmini topamiz:

$$Q = \pi \frac{p_1 - p_2}{4\eta} \int_0^R (R^2 - r^2) r dr = \frac{\pi R^4}{8\eta} \frac{p_1 - p_2}{l} \quad (\text{Puazeyl formulasi})$$

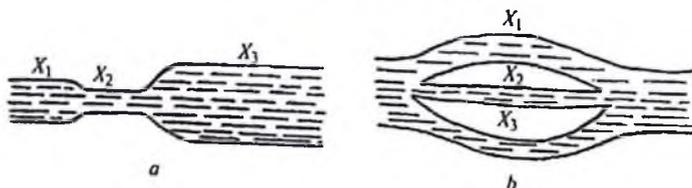
Puazeyl formulasidan ko'rinib turibdiki, berilgan tashqi ta'sirlar shartlariga asosan trubadan oqib o'tayotgan suyuqlikning qovushqoqligi qancha kichik va truba radiusi qancha katta bo'lsa, suyuqlik shuncha ko'p oqib o'tadi. Q ning radiusga kuchli bog'lanish faqat hajmining o'zarishiga emas, balki truba devori yaqinidagi qatlamlarning nisbatan biror kattalikdagi hissasiga ham bog'liq. Puazeyl formulasi bilan zanjiming bir qismi uchun Om qonuni orasidagi o'xshashlikni ko'rib o'taylik. Potensiallar farqi truba uchlaridagi bosimlar ayirmasiga, tok kuchi truba kesimidan l s da oqib o'tuvchi suyuqlik hajmiga, elektr qarshiligi gidravlik qarshilikka mos keladi:

$$X = 8\eta l / (\pi R^4) .$$

Qovushqoqlik va truba uzunligi qancha katta bo'lib, ko'ndalang kesim yuzi qancha kichik bo'lsa, gidravlik qarshilik shuncha katta bo'ladi. Gidravlik qarshilik va elektr qarshilikning o'xshashligidan ayrim hollarda parallel va ketma ket ulangan o'tkazgichlarning qarshiliklarini aniqlash qoidasini ketma-ket va parallel ulangan trubalar sistemasining gidravlik qarshiliklarini aniqlash uchun tadbiq qilishga imkon beradi. Masalan, uchta o'zaro ketma-ket (3.6 - a rasm) va parallel (3.6 - b rasm) ulangan uchta trubaning umumiy qarshiliklari quyidagi formulalar yordamida topiladi:

$$x = x_1 + x_2 + x_3 .$$

$$X = \left(\frac{1}{X_1} + \frac{1}{X_2} + \frac{1}{X_3} \right)^{-1}$$

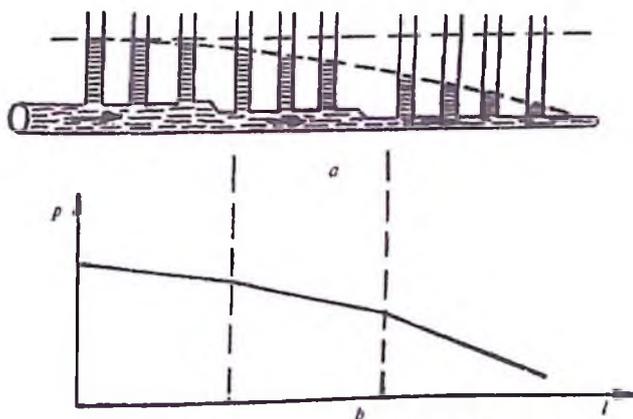


2.6-Rasm. Ketma ket (a) va parallel (b) ulangan trubalarda suyuqlikning harakati

Puazeyl formulasi ko'ndalang kesimlar turlicha bo'lgan trubalar uchun ham o'rinni bo'lgan yanada umumiy ko'rinish berish uchun $(P_1 - P_2)/l$ bosim gradiyenti bilan almashtiramiz, unda suyuqlik hajmini topish formulasi quyidagi ko'rinishni oladi:

$$Q = \frac{\pi R^4}{8\eta} \cdot \frac{dp}{dl}$$

Qovushqoq suyuqlik oqib turgan turlicha ko'ndalang kesim yuziga ega bo'lgan gorizontal trubaning turli joylariga manometrik trubkalar o'rnatamiz (3.7-a-rasm). Ular ko'ndalang kesimi o'zgaruvchan trubalar yo'nalishi bo'ylab statik bosim l ga proporsional ravishda kamayib borishini ko'rsatadi. $dp/dl = \text{const}$ bir xil bo'lgani uchun radiusi kichik bo'lgan trubalarda bosim gradiyenti katta bo'ladi. Bosimning truba bo'ylab l masofaga bog'liqligining grafiqi 3.7-b rasmda taqriban ko'rsatilgan.



2.7-rasm. Suyuqlikning truba bo'ylab harakati.

Qovushqoqlik faqat suyuqliklarning idishlardagi harakatlanishidagina emas, balki jimsilarning suyuqlik ichidagi harakatida ham yuz beradi. Nyuton qonuniga asosan uncha katta bo'lmagan tezliklarda qarshilik kuchi suyuqlik qovushqoqligiga, jism harakat tezligiga va jism o'lchamlariga bog'liq bo'ladi. Qarshilik kuchini aniqlash umumiy formulasini ko'rsatish mumkin bo'lmagani uchun uning xususiy holini ko'rib chiqish bilan chegaralanamiz. Jismning eng oddiy shakli sferadir. Sferik jism (sharcha) uchun uning suyuqlikli idish ichidagi harakati paytida hosil bo'lgan

qarshilik kuchining yuqorida ko'rsatilgan faktorlarga bog'liqligi Stoks qonuni bilan ifodalanadi:

Real suyuqlik yoki gazlarda ishqalanish kuchlari mavjudligi tufayli ularda harakatlanuvchi jismlarga ta'sir etuvchi qarshilik kuchlari paydo bo'ladi. Bu kuchlarning miqdori asosan jismlarning harakat tezligiga bog'liq bo'ladi. Stoks katta bo'lmagan v tezliklar bilan harakatlanuvchi r radiusli sharsimon jismlarga muhit tomonidan ta'sir etuvchi qarshilik kuchi F jismning tezligi va o'lchamlariga hamda muhitning qovushqoqlik koeffitsienti ga to'g'ri mutanosib ekanligini ko'rsatadi.

$$F = 6,2\eta r v$$

Bu ifoda **Stoks formulasi** deyiladi. Olib borilgan izlanishlar C_x ning faqat $\frac{\rho l v}{\eta}$ ga bog'liq ekanligini ko'rsatdi:

$$C_x = f(Re), \quad Re = \frac{\rho l v}{\eta}$$

dagi Re o'lchamsiz kattalik bo'lib, Reynol'ds soni deb ataladi. Muhit qovushqoqlik koeffitsiyentining zichligiga nisbati η/ρ esa kinematik qovushqoqlik deb ataladi:

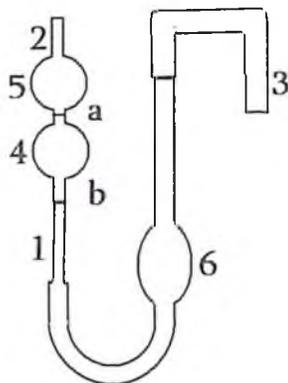
$$\frac{\eta}{\rho} = \nu$$

Amalda Reynol'ds soni qovushqoqlik koeffitsienti orqali emas, balki

kinematik qovushqoqlik orqali ifodalanadi:

$$Re = \frac{l v}{\nu}$$

Odatda yopishqoqligi kichik bo'lgan suyuqliklarni yopishqoqlik koeffitsienti Ostvald- Pinkevich metodi bilan aniqlanadi. Ostvald-Pinkevich viskizimetri U shaklidagi shisha naydan iborat bo'lib, u kapilyar (1) sharchalar (4-5) va rezervuar (6) dan iborat bo'lib, nayning ochiq uchi (3) dan rezervuar (6) to'lguncha (3 – 4sm) suyuqlik quyiladi. So'ngra rezina nokni shisha nay (2) ga ulab, uning yordamida suyuqlik "a" belgidan ko'tarilguncha tortiladi. Naydan nokni ajratsak suyuqlik sharchalardan kapilyar orqali oqa boshlaydi.



Suyuqlikni belgilangan hajmdan ya'ni "a" belgidan "b" belgigacha oqish vaqti o'lchanadi. Puazeyl qonunidan foydalanib, ishchi formulani keltirib chiqaramiz. Bu qonunga ko'ra uzun kapilyar naydan t vaqtda oqib chiqqan suyuqlikning hajmi

$$V = \frac{\pi^4 t \Delta P}{8 \eta l}$$

Bu formuladaga ΔP - suyuqlik oqayotgan nay uchlaridagi bosimlar farqi.

r - kapilyar radiusi

t - suyuqlikning kapellyardan oqish vaqti

l - kapillyarning uzunligi

η - yopishqoqlik koeffitsienti.

$V = \frac{\pi^4 t \Delta P}{8 \eta l}$ formuladan yopishqoqlik koeffitsiyenti (η) ni topsak:

$$\eta = \frac{\pi^4 t \Delta P}{8 V l}$$

Agar suyuqlik o'zining og'irligi ta'sirida oqsa, bosimlar farqi gidrostatik bosimga teng bo'ladi, ya'ni $\Delta P = \rho g h$. Bu formuladagi

ρ - suyuqlikning zichligi

h - suyuqlik ustunining balandligi

g - erkin tushish tezlanishi

Ifodani soddalashtirsak:

$$\eta = \frac{\pi^4 t \rho g h}{8 V l}$$

Tajribani, temperaturalari bir hil yopishqoqlik koeffitsentlari η_0 va η_x bo'lgan suv va tekshiriladagin suyuqlik uchun Puazeyl qonunini yozib ularni hadlab bo'lamiz.

$$\eta_0 = \frac{\pi^4 t_0 \rho_0 g h}{8 V_0 l} \quad \text{va} \quad \eta_x = \frac{\pi^4 t_x \rho_x g h}{8 V_x l}$$

$\frac{\eta_x}{\eta_0} = \frac{t_x \rho_x}{t_0 \rho_0}$ Tajribada r , l , $V_0 = V_x$ lar bir xil bo'lgani uchun qisqarib ketadi.

Hosil bo'lgan tenglamadan ishchi formulani keltirib chiqaramiz.

$$\eta_x = \eta_0 \frac{\rho_x t_x}{\rho_0 t_0}$$

Bunda, η_0 , η_x - distillangan suv va tekshiriladigan suyuqlikning yopishqoqlik koeffitsientlari, ρ_0 , ρ_x - suvning va suyuqlikning zichliklari, t_0 , t_x - suvning va suyuqlikning kapillyardan oqish vaqti.

Bunday kapillyar viskozimetrlar ayrim vaqtlarda klinikada qonning yopishqoqligini taqribiy topishda ishlatiladi.

Suyuqlikning tabiatiga va tuzilishiga (past molekularli, yuqori molekularli) ko'ra ikki turga bo'linadi. Nyuton va nonyuton suyuqliklari.

Nyuton suyuqliklarning yopishqoqlik koeffitsiyenti suyuqlikning tabiatiga va temperaturasiga bog'liq bo'ladi. Ularga misol qilib suv, past molekularli organik birikmalar, suyuq metall va ularning tuzlarini ko'rsatish mumkin. Bunday suyuqliklar uchun yopishqoqlik koeffitsiyentining temperaturaga bog'liqligi quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$\eta_i = A e^{\frac{E_a}{RT}}$$

Bu yerda A – o'zgarmas kattalik, E_a – aktivlik energiyasi, k – Bolsman doimiysi, T – absolyut temperatura.

Temperatura ortishi bilan yopishqoqlik koeffitsiyenti kamayadi. Har xil temperaturalarda suvning yopishqoqlik koeffitsiyenti jadvaldan olinadi. Tibbiyotda suyuqliklarning yopishqoqlik koeffitsiyenti nisbiy kattaliklarda beriladi (suvga nisbatan) va quyidagicha aniqlanadi.

$$\eta_{ms} = \frac{\eta_s}{\eta_{H_2O}}$$

Bunda η_s - tekshiriluvchi suyuqlikning yopishqoqlik koeffitsiyenti, η_{H_2O} - suvning shu temperaturadagi yopishqoqlik koeffitsiyenti.

2.6. Sirt tarangligining molekulyar asoslari. Kapilyarlik

Suyuqlik ichida joylashgan har bir molekula, atrofdagi qo'shni molekular bilan bir tekisda o'ralgan va ular bilan ta'sirlanib turadi (3.8-rasm). Bu ta'sirlashuv kuchlarining teng ta'sir etuvchisi nolga tengdir.



2.8-rasm

Suyuqlik sirtida joylashgan molekularlarga esa boshqa molekular tomonidan kompensatsiyalanmagan kuch ta'sir qiladi. Shu sababli molekularni suyuqlik ichidan sirtqi qismga ko'chirishda, ya'ni suyuqlikni sirt yuzasini orttirish uchun ma'lum ish bajarish zarur, yuza birligiga to'g'ri keladigan bu ish sirt taranglik yoki sirt taranglik koeffitsiyenti deb ataladi: $\alpha = \frac{A}{S}$ $[\alpha] = \frac{J}{m^2}$

Sirt taranglik kuchlari tufayli suyuqlik berilgan hajmda doimo eng kichik yuzani egallashga intiladi. Suyuqlikning sirtki qatlamini qisqartirishga intilishi bu qatlamga urinma bo'ylab yo'nalgan kuch, ya'ni sirt taranglik kuchi mavjudligidan dalolat beradi.

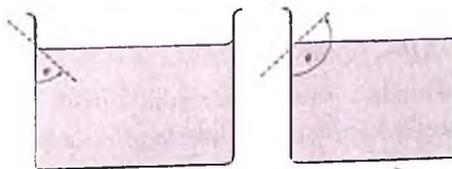
Bu kuchning suyuqlik sirtiga urinma bo'ylab yo'nalishi va sirtini chegaralab turuvchi konturga perpendikulyar ekanligi tajribada ko'rsatilgan. Sirt taranglik koeffisienti son jihatdan uni chegaralovchi konturning uzunlik birligiga ta'sir etuvchi kuchga teng.

$$\alpha = \frac{F}{l} \quad [\alpha] = \frac{N}{m}$$

Ya'ni, sirt taranglik kuchini shu kuchlar ta'sir qilayotgan kesma uzunligiga nisbati sirt tarangligi deyiladi.

Harorat ortishi bilan sirt taranglik koeffisienti chiziqli ravishda kamayadi. Sirt energiyasini kamaytiruvchi moddalar sirt aktiv moddalar deb ataladi.

Turli xil muxitlarning bir-biriga tegib turishi chegarasida xo'llash va xo'llamaslik xodisasi bo'ladi (3.9-rasm). Suyuqlik va qattiq jism va gaz molekularining o'zaro ta'sir kuchlariga nisbatan katta bo'lsa suyuqlik qattiq jism sirtini xo'llaydi. Bu holda qattiq jismning sirti gidrofillik deyiladi, aks holda jismni sirtini gidrofobli deb ataladi.



Klinikalarda biologik suyuqliklarni sirt taranglik koeffisientini aniqlash diagnostika maqsadlarida qo'llaniladi. Masalan, sog' odam siydigi uchun 70 din/sm, 2.9-rasm zardob pigmentlari ishtirokida u sirt taranglik koeffisienti chiziqli ravishda kamayadi.

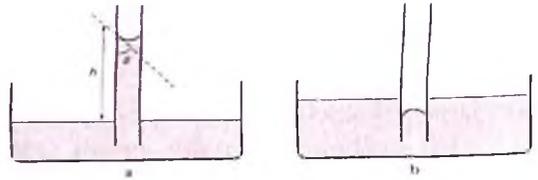
$$\alpha_t = \alpha_0 (1 - \alpha_0 t)$$

t - temperatura

α_0 - 0°C bo'lganda sirt tarangligi koeffisienti

α - koeffisient

Sirt taranglik kuchlari va suyuqlik molekularining o'zaro ta'sirlashuvlari suyuqlikning erkin yuzasi menisk qanday shaklda bo'lishini belgilaydi.



2.10-rasm

Agar suyuqlik molekulari, o'zaro ta'sirlashuvi qattiq jism molekulari bilan ta'sirlashuviga nisbatan kuchli bo'lsa, suyuqlik sathi qabariq mensk bo'ladi va suyuqlik "ho'llamaydi" deyiladi. Aks holda suyuqlik sathi botiq shaklga ega bo'lsa botiq menisk, suyuqlik qattiq jismni "ho'llaydi" deyiladi. Suyuqlik sirtining egilishi menisk qo'shimcha bosim hosil qiladi. Bu esa o'z navbatida suyuqlikning ingichka naychalarda muvozanat sharoitlari kuzatilayotganida kapillyarlik hodisasiga olib keladi. Bu hodisani mohiyatii quyidagicha: agar suyuqlik ingichka naychani kapilyar ho'llasa, botiq menisk hosil bo'ladi. Qo'shimcha bosim kuchi suyuqlikda yuqoriga yo'nalgan bo'ladi va suyuqlikni ko'taradi. Agar suyuqlik ho'llamasa, u kapillyar bo'ylab pastga tushadi.

Sirt taranglik kuchlari ta'sirida suyuqlik sirti egrilangan bo'lib, bu sirt tashqi bosimga nisbatan yana qo'shimcha ΔP bosim beradi.

$$\Delta P = 2\sigma / r$$

Bunda r – suyuqlik sirtini egrilik radiusi. Bu bosim tasiri natijasida suyuqlik kapilyaridan h balandlikka ko'tariladi (3.10-rasm).

$$h = \frac{2\sigma \cos \theta}{R\rho g} \quad R - \text{kapillyar radiusi.}$$

Kapillyarlik hodisasi turmushda, tabiatda yaxshi ma'lum, texnikada ham qo'llaniladi. Bu hodisalar odamning qon yurish sistemasida ham ro'y berishi mumkin. Qonga kirib qolgan havo pufakchalari kichik qon tomirlarini to'sib qolishi natijasida birorta organning qon bilan taminlanishidan maxrum etishi mumkin. Bunday jiddiy shikastlanish xatto o'limga olib kelishi mumkin. Bunga gaz emboliyasi deyiladi. Vena tomirlari ichiga turli xil dorilar quyishda havo pufakchalari kirib qolmasligi lozim.

G'ovvoslar juda katta chuqurlikdan tezlik bilan suv satxiga chiqqanda ularning qonidan gaz ajralib chiqib pufakchalar paydo bo'lishi, uchuvchilar va kosmanavtlarda juda yuqori balandlikda kabinalari va skafandrlari germetikligi ishdan chiqishida gaz emboliyasi yuz berishi mumkin.

2.7. Suyuqlik sirt taranglik koefitsiyentini aniqlashning usullari

1-usul. Xalqa uzilish usuli yordamida sirt taranglik koefitsiyentini aniqlash:

Agar xalqa suyuqlikka tushirilsa, uning tashqi va ichki aylana perimetrlari bo'ylab, xalqa moddasi molekulari va suyuqlik molekulari orasidagi o'zaro ta'sirlashuv kuchlari vujudga keladi. Shu sababli xalqani suyuqlik sirtidan uzish uchun ma'lum miqdorda kuch sarf qilish kerak.

Agar d_1 xalqaning tashqi va d_2 ichki diametrlari bo'lsa, u holda xalqaning tashqi perimetri πd_1 , ichki perimetri πd_2 ga teng bo'ladi.

Halqani suyuqlik sirtida ushlab turuvchi sirt taranglik kuchi quyidagiga teng:

$$F = \alpha \pi d_1 + \alpha \pi d_2 = \alpha \pi (d_1 + d_2) \quad \text{bu erdan} \quad \alpha = \frac{F}{\pi (d_1 + d_2)}$$

Shunday qilib, berilgan suyuqlikning sirt taranglik koefitsiyentini topish uchun xalqaning ichki va tashqi diametrlarini, xalqani suyuqlik sirtidan uzish uchun sarflash zarur bo'lgan kuchni, ya'ni sirt taranglik kuchini o'lchash kerak.

Bu tajribada xalqaning diametrlari shtangensirkul asbobi yordamida o'lchanadi. Sirt taranglik kuchi esa xalqa uzish uchun prujinali tarozi, shkalaga ega bo'lgan shtativ va ikki tutash idishlardan tuzilgan maxsus asbob yordamida o'lchanadi. O'lchashdan avval xalqa S idishdagi suyuqlikka tushiriladi, u suyuqlikka botmay, faqat sathiga tegib turishi kerak. Tutash idishlarning biriga D ni tushirib S idishdagi suyuqlik sathi pasaytiriladi.

Suyuqlik bilan xo'llangan xalqa prujinani cho'zib, past suyuqlik bilan birga pastga tushadi. Prujinada elastik kuch paydo bo'lib uni cho'zadi, sirt taranglik kuchi elastiklik kuchiga teng bo'lganda xalqa uziladi. Suyuqlik sathi pasayishi vaqtida shkala bo'ylab ko'rsatkichning siljishi diqqat bilan kuzatiladi va xalqa uzilish paytida uning xolati aniq belgilab olinadi, ya'ni prujina shkala bo'yicha qaysi bo'linmagacha cho'zilgani aniqlanadi. Uzilish paytida xalqaga ta'sir qiluvchi sirt taranglik kuchini aniqlash uchun prujinali tarozini pallasiga prujinani uzilish belgisigacha cho'ziladigan qilib tosh qo'yiladi.

P - agar toshning massasi bo'lsa, unda

$$F = P = mg; \quad \alpha = P / \pi (d_1 + d_2)$$

bu erda $g = 9,8 \text{ m/s}^2 = 980 \text{ sm/s}^2$ erkin tushish tezlanishi.

2-usul. Tomchi uzilish usuli yordamida sirt taranglik koeffitsiyentini aniqlash:

Suyuqlikni ingichka vertikal naychadan oqishda tomchilar hosil bo'ladi. Tomchi sekin – asta kattalashadi. Uning og'irlik kuchi P sirt taranglik kuchiga F tenglashsa tomchi uziladi. $R=F$ Sirt taranglik kuchi

$F = \alpha l = \alpha \cdot 2\pi r$ Bunda $l = 2\pi r$ tomchi bo'yinchasini parametri. r – tomchi uzilayotgan naycha radiusi. Tomchining uzilishi sharti.

$$P = \alpha \cdot 2\pi r \quad (3.7.1)$$

Bunday usulda tekshirilayotgan suyuqlikning sirt taranglik koeffitsiyenti distillangan suvning sirt taranglik koeffitsiyentiga nisbatan aniqlanadi. Distillangan suv uchun (3.7.1) tenglama quyidagicha bo'ladi. $P_0 = \alpha_0 \cdot 2\pi r$ (3.7.2)

Tekshirilayotgan suv uchun (3.7.1) tenglik quyidagicha $P = \alpha_{\text{ovm}} \cdot 2\pi r$ (3.7.3) ni (3.7.2) tenglikka bo'lamiz.

$$\frac{P_0}{P} = \frac{\alpha_0 \cdot 2\pi r}{\alpha_{\text{ovm}} \cdot 2\pi r} = \alpha_0 \frac{P}{P_0}$$

P_0 – bir tomchi suvning og'irligi.

P – bir tomchi tekshirilayotgan suyuqlik og'irligi.

P_0 va P quyidagicha topiladi.

$$P_0 = \frac{P_2 - P_1}{n}; \quad P = \frac{P_3 - P_1}{n}$$

Bunda P_1 – bo'sh idishcha og'irligi.

P_2 – idishchani suv tomchilari bilan og'irligi.

P_3 – idishchani tekshirilayotgan suyuqlik tomchilari bilan og'irligi.

n – tomchilar soni.

Tarozida tortishning absolyut xatoligi $\Delta P_1 = \Delta P_2 = \Delta P_3 = 0,005$

Sirt taranglik koeffitsiyentini nisbiy xatoligi $E = \left[\frac{\Delta P_2 + \Delta P_1}{n(P_2 - P_1)} \right] + \left[\frac{\Delta P_3 + \Delta P_1}{n(P_3 - P_1)} \right]$

Formula orqali topiladi, Absolyut xatoligi

$\Delta \alpha = \alpha \cdot E$ orqali topiladi.

O'lchanayotgan sirt taranglik koeffitsiyentini xaqiqiy kattaligi (natijasi) quyidagicha.

$$\alpha_{\text{xak}} = (\alpha \pm \Delta \alpha) \frac{N}{m}$$

Uchinchi bobni mustahkamlash uchun nazorat savollari

1. Yopishqoqlik deb nimaga aytiladi?
2. Yopishqoqlik koeffitsiyenti deb nimaga aytiladi?
3. Yopishqoqlik koeffitsiyentining SI va SGS sistemasidagi o'lchov birliklari?
4. Ishqalanish kuchi uchun Nyuton formulasini tushuntiring.
5. Tezlik gradiyenti deganda nimani tushunasiz?
6. Stoks qonunini yoriting.
7. Suyqlikda harakatalanayotgan sharchaga qanday kuchlar ta'sir qilishi mumkin?
8. Nyuton va nonyuton suyuqliklari nima?
9. Yopishqoqlik koeffitsiyentining temperaturaga bog'liqligi qaysi qonun asosida tushuntiriladi?
10. Yopishqoqlik konsentratsiyaga va temperaturaga qanday bog'liq?
11. Puezeyl qonuniga ta'rif bering.
12. Gagen-Puazeyl qonunining mohiyatini ochib bering?
13. Qonning yopishqoqlik koeffitsiyentini yoriting. Ayollarda va erkaklarda necha Puazga teng?
14. Reynol'ds soni nimani aniqlaydi?
15. Laminar oqim deb nimaga aytiladi?
16. Turbulent oqim deb nimaga aytiladi?
17. Gidravlik qarshilik nima? Formulasini yozing.
18. Yopishqoqlik koeffitsiyentini aniqlashning qanday usullrini bilasiz?
19. Tibbiyotda yopishqoqlik koeffitsiyenti qanday ahamiyatga ega? Asoslab bering.
20. Sirt taranglik koeffitsiyenti deb nimaga aytiladi?
21. Sirt taranglik koeffitsiyentining SI va SGS birliklar sistemasidagi o'lchov birliklari?
22. Laplas qonunini tushuntiring.
23. Jyuren formulasini yozing.
24. Ho'llash deb nimaga aytiladi?
25. Ho'llamaslik deb nimaga aytiladi?
26. Kapillyarlik nima?
27. Gaz emboliasini tushuntiring.
28. Yurak ishi va quvvati nimaga teng?
29. Sistolik va diastolik bosimni tushuntiring.
30. Qon bosimini o'lchashni qanday usullarini bilasiz?



3-BOB. TERMODINAMIKA

Termodinamika deganda sistemani tashkil etuvchi jismlarning mikroskopik tuzilishini hisobga olmagan holda ular orasida energiya almashinuvi mumkin bo'lgan sistemalarni (termodinamik sistemalarni) o'rganuvchi fizikaning bo'limi tushuniladi.

Muvozanatli sistemalar termodinamikasi yoki muvozanat holatiga o'tuvchi sistemalar (klassik yoki muvozanatli termodinamika, biz uni ko'pincha oddiygina termodinamika deb ataymiz) va nomuvozanatli termodinamik sistemalar (nomuvozanatli termodinamika) bir-biridan farqlanadi.

Ushbu bobda termodinamika qonunlarini o'rganish bilan bir qatorda termodinamika qonunlarining tirik organizmiga tadbiqui ochib berilgan.

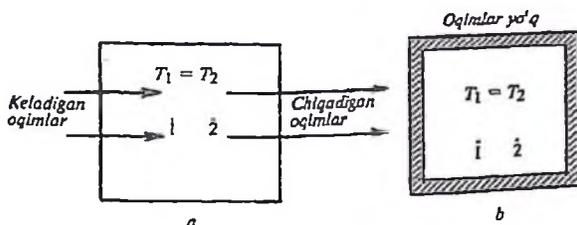
3.1. Termodinamikaning asosiy tushunchalari

Termodinamik sistemaning holati parametrlar (hajm, bosim, harorat, zichlik va hokazo) deb atalgan fizik kattaliklar bilan xarakterlanadi.

Agar sistemaning parametrlari uni atrof-muhitdagi jismlar bilan o'zaro ta'sirlashishida vaqt o'tishi bilan o'zgarmasa, sistemaning holati statsionar deyiladi. Bunga ishlab turgan xo'jalik muzlatgichi ichki qismining juda qisqa vaqt oralig'idagi holati, odam gavdasining holati, isitiluvchi xona ichidagi havoning holati va boshqalar misol bo'ladi.

Statsionar holatda bo'lgan sistemaning turli qismlaridagi parametrlarning qiymatlari odatda bir-biridan farq qiladi: odam tanasining turli qismlari temperaturasi biologik membrananing turli qismlaridagi diffuziyalanuvchi molekulayar konsentratsiyasi va hokazo. Shunday qilib, sistemada ayrim parametrlarning gradienti doimiy tutib turiladi, shu sababli kimyoviy reaksiyalar o'zgarmas tezlik bilan o'tishi mumkin.

Statsionar holat energiya oqimi va sistema orqali o'tayotgan modda hisobiga ushlab turiladi. Statsionar holat sxematik ko'rinishda 4.1- a rasmda ko'rsatilgan, temperatura esa sistemaning turli nuqtalarida turlicha. Ma'lumki, statsionar holatda shunday sistemalar bo'lishi mumkinki, bir sistemani o'rab olgan boshqa sistemalar bilan energiya va modda almashinuvi (ochiq sistemalar) yoki hech bo'lmaganda o'zaro energiya almashinishi yuz berishi lozim (yopiq sistemalar).



3.1-rasm. Statsionar holat energiya oqimi. a) sxematik ko'rinishi
b) izolyatsiyalangan sistemaning muvozanat holati

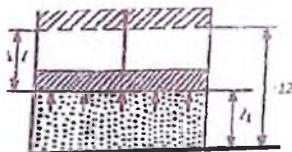
O'z atrofini o'rab turgan jismlar bilan na energiya yoki na modda almashinuvida ishtirok etmaydigan termodinamik sistema izolyatsiyalangan sistema deyiladi. Izolyatsiyalangan sistema vaqt o'tishi bilan termodinamik muvozanat holatiga qaytib keladi. Bu holatda ham, statsionar holatdagi kabi, sistema parametrlari vaqt o'tishi bilan o'zgarmas saqlanib qoladi. Ammo eng muhimi shundaki, muvozanatli holatda zarrachalarning massasi yoki soniga bog'liq bo'lgan bosun, temperatura va boshqalar bu sistemani turli qismlarida bir xil bo'ladi.

Tabiiyki, har qanday real termodinamik sistemani issiqlik o'tkazmaydigan biror qatlam bilan o'rash mumkin bo'lmagani sababli, u izolyatsiyalangan holatda bo'lmaydi. Izolyatsiyalangan sistemani biror qulay termodinamik model deb qarash mumkin.

Bunday izolyatsiyalangan sistemaning muvozanat holati 3.1- b rasmda ko'rsatilgan.

Yopiq sistemaning atrofdagi jismlar bilan o'zaro ta'sirlarini batafsilroq ko'rib chiqamiz. Sistema va uni o'rab turgan jismlar bilan energiya almashinuvi ikki xil jarayonda: ish bajarishda va issiqlik almashinishida amalga oshiriladi.

Issiqlik almashinishida uzatilgan energiya miqdorining o'lchovi **issiqlik miqdori**, ish bajarishda sarflangan energiyaning o'lchovi esa **ishdir**.



3.2-rasm. Gaz hajmining o'zgarishida gaz bajargan ishi

Gaz hajmining o'zgarishida gaz bajaragan ishni hisoblash uchun ifoda topamiz. Faraz qilaylik, silindrik idish ichida porshen ostidagi gaz izobarik holatda V_1 dan V_2 gacha kengaysin (3.2- rasm), shu vaqtda porshen

$$\Delta l = l_2 - l_1$$

masofaga siljiydi. hajm esa

$$\Delta V = V_2 - V_1$$

qadar o'zgaradi.

Ko'ndalang kesim yuzi S bo'lgan porshenga gaz tomonidan p bosim tufayli

$F = p \cdot S$ ga teng kuch ta'sir qiladi. Bu kuchning yo'nalishi porshening ko'chish yo'nalishi bilan bir xil bo'lgani sababli gaz bajaragan ish:

$$A = F \cdot \Delta l = p \cdot S \cdot \Delta l = p \cdot V$$

Sistema ichki energiyasining o'zgarishi ikki xil:

1) mexanik ish bajarish;

2) issiqlik miqdori uzatish;

usullari bilan amalga oshirilishi mumkinligi haqida bayon qilingan edi. Endi bu kattaliklar orasidagi munosabatni topishga harakat qilamiz.

Buning uchun qizdirilayotgan choynak misolini ko'raylik. Choynak olayotgan issiqlik miqdori Q ichidagi suyuqlikning qizishiga, ya'ni suvning ichki energiyasi ortishiga U va suv bug'lari choynak qopqog'ini ko'targanda tashqi kuchlarga qarshi bajariladigan A ishga sarflanadi. Bu jarayon uchun energiyaning saqlanish va aylanish qonuni

$$Q = \Delta U + A$$

ko'rinishiga ega bo'ladi. Bu termodinamikaning birinchi qonunining matematik ko'rinishidir. Uning ta'rifi quyidagicha ifodalanadi:

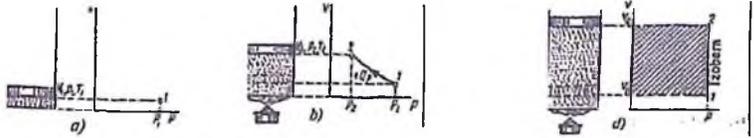
Jismga beriladigan issiqlik miqdori uning ichki energiyasini orttirishga va tashqi kuchlarga qarshi ish bajarishga sarflanadi.

Agar jismga issiqlik miqdori berilayotgan bo'lsa, Q -musbat, agar jismdan issiqlik miqdori olinayotgan bo'lsa, Q -manfiy ishora bilan olinadi. Shuningdek, agar jism tashqi kuchlarga qarshi ish bajarayotgan bo'lsa, A ish musbat, tashqi kuchlar jism ustida ish bajarayotgan bo'lsa, A ish manfiy bo'ladi.

Termodinamikaning birinchi qonuni birinchi tur abadiy dvigatel (lotincha «perpetuum mobile») yasash mumkin emasligini ko'rsatadi. Birinchi tur «perpetuum mobile» asosan teng miqdorda energiya sarflamasdan ish bajara oladigan mashina kurish haqida fikr yuritiladi. Energiyaning saqlanish va aylanish qonuni bo'lgan termodinamikaning

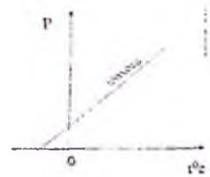
birinchi qonunida esa tabiatda ro'y beradigan barcha jarayonlarda energiya o'z-o'zidan paydo ham bo'lmaydi, yo'qolmaydi ham, faqat bir ko'rinishdan boshqasiga aylanishi mumkin, deb qayd etiladi.

Endi termodinamika birinchi qonunining ba'zi jarayonlarga tadbirini ko'raylik.



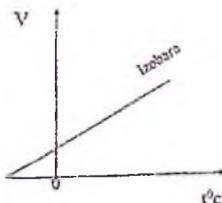
3.3 rasm. Izoxorik jarayonlar a) izoxorik jarayon b) izotermik jarayon d) izobarik jarayon

Izoxorik jarayon. Silindrda qo'zg'almas porshen ostiga ideal gaz qamalgan deylik. Silindrni qizdiramiz va gazga biror Q_V issiqlik miqdori beramiz. Hajm o'zgarmas bo'lganda qizdirish jarayoni *izoxorik jarayon* deyiladi.



Porshen qo'zg'almas qilib mahkamlab qo'yilgani uchun gaz tashqi kuchlar ustida ish bajara olmaydi. Shuning uchun birinchi qonunga ko'ra, gazga berilgan hamma energiya (issiqlik shaklida) ichki energiyaga aylanadi va gazning temperaturasi ko'tariladi: $Q_V = \Delta U$ (V indeks issiqlik miqdori o'zgarmas hajmda turgan gazga berilganini bildiradi).

Shunday qilib, izoxorik jarayonda sistemaga berilgan issiqlik miqdorining hammasi sistema ichki energiyasining ortishiga ketadi.



Izobarik jarayon. Bosim o'zgarmas bo'lganda gazning bir holatdan boshqa holatga o'tish jarayoni *izobarik jarayon* deyiladi. Izobarik jarayonni amalga oshirish uchun porshenli silindrga gaz qamaymiz.

Porshen silindr ichida erkin harakatlana oladi.

Gaz qizdirilganda unga issiqlik ko'rinishida Q_p energiya uzatiladi. Termodinamikaning birinchi qonuniga ko'ra, bu energiya

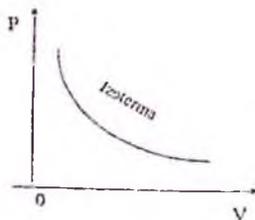
qisman sistemaning ichki energiyasiga o'tadi, qisman esa porshenni Δh balandlikka ko'tarishga sarflanadi:

$$Q_p = \Delta U + A_p$$

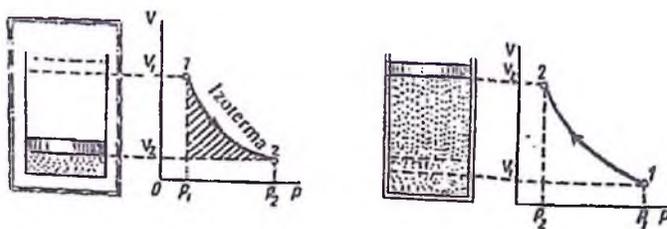
Shunday qilib, izobarik jarayonda gazga beriladigan issiqlik miqdorining bir qismi gaz ichki energiyasining ortishiga, bir qismi gazning ish bajarishiga ketadi.

Izotermik jarayon.

Temperatura o'zgarnas bo'lganda gazning bir holatdan boshqa holatga o'tish jarayoni *izotermik jarayon* deyiladi. Izotermik jarayonni amalga oshirish uchun, yengil harakatlanuvchi porshenli silindrda turgan gazni termostatga joylashtiramiz.



Termostat shunday qurilmaki, unda tashqi energiya hisobiga temperatura o'zgarmas saqlanadi. Gazni asta-sekin siqamiz. Bunda biz - A_T ish bajaramiz. Termodinamikaning birinchi qonuniga ko'ra bu ish termostatga gaz beradigan issiqlik miqdoriga teng bo'ladi:



Izotermik kengayishda gaz bajargan ish pV diagrammada izoterma bilan chegaralangan shtrixlangan shaklning yuzi bilan tasvirlanadi (3.4-rasm).

Adiabatik jarayon. Adiabatik jarayon deb, shunday jarayonga aytiladiki, bunda sistema issiqlik ko'rinishida energiya olmaydi ham, energiya bermaydi ham. Boshqacha qilib aytganda, adiabatik jarayonda $Q = 0$.

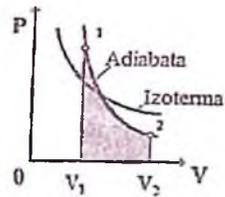
Shunday jarayonni amalga oshirish uchun gazni adiabatik idishga, ya'ni o'zi orqali issiqlik oqimi o'tkazmaydigan idishga kiritish lozim. Termodinamikaning birinchi qonuniga ko'ra adiabatik jarayonda: $A = -\Delta U$

Adiabatik silindrga kiritilgan gaz kengayadi, deb faraz qilaylik. Bunda gaz sistemaning ichki energiyasi hisobiga ish bajaradi. Binobarin,

bu holda gazning temperaturasi pasayadi.

4.5-rasmda gazning izotermik va adiabatik

jarayonlarda kengayish grafigi keltirilgan. Adiabatada izotermadan pastroqda o'tadi. Bu adiabatik jarayonda gaz bosimining uning kengayishi va sovishi hisobiga pasayishi bilan tushuntiriladi. Binobarin, adiabatik kengayishda gaz izotermik kengayishidagiga qaraganda kamroq ish bajaradi.



3.5-Rasm. Adiabatik va izotermik kengayish.

Gazni adiabatik siqqanimizda bosim izotermik siqqandagiga qaraganda tez ortadi, bosimning bunday tez ortishi faqat siqish bilan emas, balki gazning qizishi bilan ham bog'liq. Demak, adiabatik siqishda tashqi kuchlar bajargan ish izotermik siqishdagiga qaraganda kattaroq bo'ladi.

3.2. Termodinamika qonunlarining tirik organizmga tadbiqu

Termodinamikaning birinchi qonuni va uning tirik organizmga tadbiqu

Sistemaga berilgan issiqlik miqdori uning ichki energiyasining o'zgarishiga va tashqi kuchlarga nisbatan ish bajarilishiga sarf bo'ladi, ya'ni $Q = \Delta U + A$. (4.2.1)

Sistemaning ichki energiyasi deganda, sistemani tashkil etgan zarrachalarning kinetik va potensial energiyalari yig'indisi tushuniladi.

(4.2.1) Formula differensiyal ko'rinishda quyidagicha yoziladi:

$$dQ = dU + dA \quad (4.2.2).$$

Agar sistema davriy ravishda dastlabki holatiga o'tsa, unda $\Delta U = 0$ bo'lib,

(4.3.1) formula $Q = A$ bo'ladi.

Gazlar uchun elementar ish $dA = p dV$ bundagi p -bosim, dV -elementar hajm.

To'la ish $p dV$ ning integraliga tengdir, ya'ni

$$A = \int_{V_1}^{V_2} p dV$$

Izobarik jarayon uchun ($p=\text{const}$) sistemaga keltirilayotgan hamma issiqlik qisman uning ichki energiyasini orttirishiga, qisman kengayish uchun ish bajarishga sarf bo'ladi, ya'ni

$$dQ = dU + p dV$$

Izoxorik jarayon uchun $V=\text{const}$, shuning uchun $dV=0$ va $dA=0$ bo'ladi, ya'ni izoxorik jarayonda gaz tashqi kuchlarga qarshi ish bajarmaydi va sistemaga keltirilgan hamma issiqlik miqdori faqat uning ichki energiyasining oshishiga sarf bo'ladi. Bu holda termodinamikaning birinchi asosi quyidagichadir:

$$dQ = dU.$$

Izotermik jarayonda $T=\text{const}$, demak $U=\text{const}$, bunga ko'ra $dU=0$ gazga berilgan issiqlik miqdorining hammasi gazning kengayishi uchun bajarilgan ishga sarf bo'ladi.

$$dQ = dA.$$

Adiabatik jarayonda $Q=\text{const}$ va bunga ko'ra

$$dQ = 0$$

Unda: (4.2.1) ga ko'ra

$$dA = -dU \text{ (a) yoki } -dA = dU \text{ (b).}$$

(a) formula ichki energiya kamayganda, gaz sovuydi va adiabatik kengayishda bajarilgan ish ichki energiya hisobiga bo'lishini ko'rsatadi.
(b) formula esa gazning adiabatik siqilishida ichki energiyaning oshishini, gazning esa isishini ko'rsatadi. Bu jarayon tashqi kuchlarning ish bajarishi hisobiga amalga oshadi. Gazning ishi manfiydir

Adiabatik jarayon uchun *Puasson tenglamasi*:

$$pV^\gamma = \text{const} \text{ bunda } \gamma = C_p/C_v$$

γ - adiabata ko'rsatkichi deyiladi.

C_p -izobarik jarayondagi gaz issiqlik sig'imi.

C_v -izoxorik jarayondagi gaz issiqlik sig'imi.

Agar sistemaning parametrlari uni atrof-muhitdagi jismlar bilan o'zaro ta'sirlashishida vaqt o'tishi bilan o'zgarib, sistemaning holati statsionar deyiladi. Statsionar holatda bo'lgan sistemaning turli qismlaridagi parametrlarning qiymatlari odatda bir-biridan farq qiladi: odam tanasining turli qismlari temperaturasi biologik membrananing turli qismlaridagi diffuziyalanuvchi molekullar konsentratsiyasini misol qilish mumkin.

Oldingi mavzularda ta'kidlaganimizdek, o'z atrofini o'rab turgan jismlar bilan na energiya yoki na modda almashinuvida ishtirok etmagan termodinamik sistema izolatsiyalangan sistema deyiladi. Izolatsiyalangan sistema vaqt o'tishi bilan termodinamik muvozanat holatiga qaytib keladi.

Bu holatda ham, statsionar holatdagi kabi, sistema parametrlari vaqt o'tishi bilan o'zgarmas saqlanib qoladi. Ammo eng muhimi shundaki, muvozanatli holatda zarrachalarning massasi yoki soniga bog'liq bo'lgan bosim, temperatura va boshqalar bu sistemaning turli qismlarida bir xil bo'ladi.

Termodinamikaning ikkinchi qonuni va uning tirik organizmga tadbiqu. Entropiya

Termodinamika ikkinchi qonunining bir necha ta 'riflari mavjud: Issiqlik o'z-o'zidan harorati past bo'lgan jismdan harorati yuqori bo'lgan jisimga o'ta olmaydi (*Klauzius ta 'rifi*); yoki ikkinchi turdagi abadiy dvigatel bo'lishi mumkin emas. (*Tomson ta 'rifi*), ya'ni bir jismning sovishi hisobiga issiqlikning ishga aylanishi mumkin bo'lgan yagona davriy jarayon bo'lishi mumkin emas.

Isitgichdan olingan issiqlik miqdorining hammasini to'la ravishda ishga aylantirish mexanizmi mavjud emas. Chunki issiqlikning ma'lum qismi atrof muhitga tarqaladi va odam uchun yo'qotilgan hisoblanadi.

Uni matematik talqini:

$A=Q_1-Q_2$, bundagi Q_1 -isitgichdan olingan issiqlik miqdori, Q_2 - atrof muhitga tarqalgan issiqlik miqdori.

Issiqlik miqdorining hammasini ishga aylantirib beradigan xayoliy mexanizmga ikkinchi turdagi abadiy dvigatel deyiladi.

2) Shunga ko'ra termodinamikaning ikkinchi asosini ikkinchi turdagi abadiy dvigatelning bo'lishi mumkin emas deb ta'riflansa ham bo'ladi.

Eptropiya shunday kattalikki, u absolyut temperatura birligiga to'g'ri keladigan sistemaning bog'langan energiyasidir.

$$S = \frac{dW_{bog'}}{dT}$$

Termodinamika ikkinchi asosining boshqacha talqini:

Yopiq sistemalarda - energiyaning aylanishi hamma real jarayonlaridagi kabi sistemaning umumiy entropiyasi oshishi bilan kuzatiladi, ya'ni $ds > 0$.

Real jarayonlarda issiqlik doimo issiqroq jismdan sovuqroq jisimga o'tadi.

Bog'langan energiya -bu sistema ichki energiyasining ishga aylantirib bolmaydigan qismidir.

Erkin energiya- bu sistema ichki energiyasining ishga aylantirish mumkin bo'ladigan qismidir.

Sistemaning bog'langan energiyasi qancha kichik bo'lsa, uning entropiyasi shuncha kichik bo'lib, sistema ichki energiyasining ko'p qismini ishga aylantirishga imkon beradi. Demak, sistema entropiyasining ish bajara olish qobiliyati shuncha ko'p bo'ladi.

Mo'tadil iqlim sharoitlarda issiqlik yo'qotish sutkasiga taxminan 1700 kkal bo'lib, quyidagicha taqsimlanadi:

1. Issiqlik o'tkazuvchanlik va konveksiya - 20 % (340 kkal).
2. Nurlanish - 50 % (850 kkal).
3. Bug'lanish - 30 % (510 kkal).

Mexanik ish bajarayotgan organizm (aqliy mehnat bilan shug'ullanuvchilar uchun), ekvivalent ravishda 600-800 kkal energiya sarflashadi, unda sutkalik energiya sarfi:

$$1700 + (600 \sim 800) = 2300 - 2500 \text{ kkal.}$$

Organizmning energiya sarfi - bu organizmning atrof muhitga berayotgan to'la energiya sarfidir. Energiya sarfi odamning ish faoliyatiga bog'liq, ya'ni uning mushak ishi intinsivligiga bog'liqdir.

Tashqi muhit ta'sir qilmaganda organism tinch holatidagi energiya sarfi asosiy almashinish deyiladi. Shunday qilib organizmning asosiy almashinuvi - organizmning minimal energiya sarfidir. (sutkasiga taxminan 1700 kkal. dir).

Ayollarda esa asosiy almashinuv erkaklarnikiga qaraganda 7 - 10 % kam bo'lib, bu ulardagi mushaklarning erkaklarnikiga qaraganda kuchsiz rivojlanganligi bilan bog'liqdir.

Bir xil massali odamlarning qaysi birida mushaklari ko'proq rivojlangan bo'lsa, shunisining energiya sarfi ko'proq bo'ladi.

Og'ir jismoniy mehnatda energiya sarfi asosiy almashinuvga nisbatan 15 martagacha katta bo'lib ketishi mumkin.

3.3. Termometriya va kalorimetriya

Haroratni aniq o'lchash - ilmiy-tadqiqot va texnik ishlarning, shu bilan bir qatorda tibbiy diagnostika va biologiyaning ajralmas qismidir.

Ma'lum haroratlar diapazoni juda keng. Hozirgi paytgacha hosil qilingan eng past temperatura $2 \cdot 10^5$ K ga yaqin. Erisilgan haroratlarning yuqori chegarasi hech nima bilan cheklanmagan. Yer sharoitida eng yuqori haroratga vodorod bombasining portlashida erishilgan bo'lib, u taxminan 10^8 K teng. Spektroskopik ma'lumotlarga asosan yulduzlar bag'rida harorat 10^9 K va undan ham yuqori bo'lishi mumkin.

Biologik sistemalar o'zining ishlab turish imkoniyatini saqlagan

holda, juda qisqa yoki uzoq muddatda bo'lish mumkin bo'lgan va uni o'rab turgan atrof-muhitning haroratlar intervali ancha qisqa. Bu haroratlar diapazoni uncha katta emas, tirik organizmlarning aktiv ish faoliyati holatida taxminan 0 dan to 90°C gacha bo'ladi.

Keng diapazondagi haroratlarni olish va o'lchash usullari turlichadir. Haroratlarni o'lchash usullari va u bilan bog'liq bo'lgan masalalarni o'rganuvchi fizikaning amaliy sohasiga *termometriya* deyiladi.

Ma'lumki, harorat bevosita o'lchanishi mumkin emas. Uni aniqlash uchun harorat shkalasini belgilab olish: termometrik moddani va harorat bilan bog'lanuvchi fizik xossani (termometrik xossani) tanlash, sanoq boshi nuqtasini va harorat birligi haqida kelishib olish lozim. Shuning uchun odatda ikkita fazaviy o'tishlarga, masalan, ma'lum tashqi sharoitlarda muzning erishiga va suvning qaynashiga mos bo'lgan asosiy haroratlar (reper nuqtalarini) tanlanadi. Bu nuqtalar orasidagi shkala qismi asosiy interval deb ataladi. Hisoblashning boshi deb reper nuqtalaridan biri (masalan, 0°C -muzning erish harorati) qabul qilinadi. Harorat birligi qilib asosiy interval ulushi olinadi. Jumladan, Selsiy shkalasida 1 gradus asosiy intervalning 0,01 qismini tashkil etadi.

Haroratlar shkalasi termometrik xossasi yoki moddasi bo'yicha farq qiladi.

Bir-biridan aytarli darajada farq qiluvchi juda ko'p shkalalarni tuzish mumkin, lekin xossalarning hech biri harorat bilan qat'iy chiziqli bog'lanishda bo'lmaydi va bundan tashqari moddaning tabiati bilan belgilanadi.

Barcha emperik shkalalarning kamchiligi ularning termometrik modda xossalariga bog'iqligidadir. Xossalari va moddasi bilan bog'liq bo'lmagan shkala faqat termodinamikaning ikkinchi qonuniga asosan qurilgan va absolut termodinamik haroratlar shkalasi deb ataladi. Uning reper nuqtasi qilib suvning uchlanma nuqtasi 273,16 K qabul qilingan. Bu shkala Karno sikli yordamida aniqlanadi. Bu sikldagi muzning erish harorati T_0 va suvning qaynash harorati T ga mos holidagi izotermik jarayonda Q_0 va Q issiqlik miqdorini o'lchab, quyidagini topish mumkin:

$$T_s/T_0 = Q_s/Q_0$$

ixtiyoriy harorat uchun shunga o'xshash:
 $T/T_0 = Q_s/Q_0$ tenglamani yozish mumkin.

Bunda Q - sisternaga haroratdagi izotermik jarayonda berilgan issiqlik miqdori. Bu yo'sinda joriy etilgan haroratni *termodinamik harorat* deyiladi.

Termodinamik harorat birligi kelvin (K) hisoblanib, u suv uchlanma nuqtasi termodinamik haroratning $1/273,16$ ulushiga teng. Kelvin temperatura interval birligi sifatida, absolyut nol bilan suvning uchlama nuqtasi orasidagi termodinamik harorat intervalining $1/273,16$ qismini oldi.

Istalgan emperik shkala shu modda termometrik xossasining haroratga bog'lanishini hisobga oluvchi tuzatmalar kiritish vositasi hilan absolyut termodinamika shkalasiga aylantiriladi. Harorat qiymati termometrik modda biror xossasining kattaligi bo'yicha belgilangani uchun uni o'lchash hajm, bosim, elektrik, mexanik, optik, magnit va shunga o'xshash fizik parametrlarni o'lchashdan iborat. Haroratni o'lchash usullarining xilma-xil bo'lishi foydalanuvchi termometrik modda va xossalar sonining ko'pligi bilan bog'liqdir.

Termometr haroratni o'lchaydigan qurilma bo'lib, termometrik xossani amalga oshiruvchi sezgir elementdan (dilatometr, manometr, galvanometr, potensiometr va hokazodan) iborat. Haroratni o'lchashdagi zarur shart harorati o'lchanayotgan jism bilan sezgir element orasida issiqlik muvozanatining yuzaga kelishidir.

O'lchanadigan haroratlarni oraliqiga qarab eng ko'p tarqalgan termometrlarga suyuqlikli, gazli termometrlar qarshilik termometri, termometr kabi ishlaydigan temopara va pirometrlar kiradi. Suyuqlikni termometrlarda hajm- termometrik xarakteristika bo'lib hisoblanadi, suyuqlik (idish odatda simobli va spirtli) esa sezgir element bo'lib hisoblanadi. Pirometrlarda termometrik xossa sifatida nurlanish intensivligidan foydalaniladi. Pirometrlarning boshqa termometrlardan farqi shundaki, ularning sezgir elementlari jism bilan bevosita kontaktida bo'lmaydi. Pirometrlardan istalgancha yuqori haroratlarni olchashda qollaniladi.



*3.6-rasm. a-simobli termometr, b-metastaiik termometr:
1-rezurvar, 2-qo'shimcha kamera, 3-kamera, 4-asosiy shkala*

O'ta past haroratlarni o'lchashda termometrik modda sifatida paramagnetiklardan, o'lchash xossasi sifatida esa ularning magnitlashining temperaturaga bog'lanishidan foydalaniladi.

Tibbiyotda ishlatiluvchi simobli termometr maksimal haroratni ko'rsatadi, shu sababli u maksimal termometr deb ataladi. Undagi bu xususiyat uning tuzilishiga bog'liq: simobli rezervuar darajalangan kapillardan qilsimon darajada toraytirilgan qismi bilan ajratilgan bolib, bu torayganlik termometr sovugan vaqtda simobning rezervuarga qaytishiga imkon bermaydi (3.6 a-rasm). Uzoq vaqt kuzatiluvchi past temperaturalarni ko'rsatuvchi minimal termometrlar ham mavjud. Kichik intervaldagi haroratlar qiymatini yuqori aniqlikda o'lchash uchun metastatik termometrlardan (3.6 b-rasm) foydalaniladi. Bunday termometrlar suyuqlikli (odatda simobli) katta rezervuar 1 dan va uzun ingichka kapillar 3 dan iborat boladi. 1 rezervuardagi simob massasi o'zgaruvchan bo'lib, uning qismi 2 rezervuarga qo'yilishi mumkin, buning natijasida shkalaning nol (0) belgisi o'lchanuvchi haroratlar intervalining pastki chegarasi qilib olinadi. Bunday termometr darajasining qiymati $0,01^{\circ}$ ga teng. Hisoblash intervali hammasi bo'lib 5° ni tashkil etadi, lekin u har xil haroratlar atrofida olinishi mumkin. Turli fizik, kimyoviy va biologik jarayonlarda ajralib chiqadigan yoki yutiladigan issiqlik miqdorini o'lchash uchun kalorimetriya deb ataladigan bir gator usullardan foydalaniladi, bu metodlar to'plamiga kalorimetriya deyiladi.

Kalorimetrik usul yordamida jismlarning issiqlik sig'imi, fazoviy aylanishlar vaqtida issiqlik miqdori, eruvchanlik, ho'llash, adsorbsiya, kimyoviy reaksiya tufayli hosil bo'lgan issiqlik, nurlanish energiyasi, radioaktiv parchalanish va shu kabilar o'lchanadi.

3.4. Davolash uchun qo'lianiladigan isitilgan va sovuq muhitlarning fizik xossalari

Tibbiyotda ayrim joylarni isitish yoki sovutish maqsadlarida isitilgan yoki sovutilgan jismlardan foydalaniladi. Odatda buning uchun nisbatan imkoni bo'lgan muhitlar tanlanadi, bunda ulardan ba'zilari foydali bo'lgan mexanik va kimyoviy ta'sir ko'rsatishi mumkin.

Bunday muhitlarning fizik xossalari ularning qanday maqsadda ishlatilishiga qarab belgilanadi. Birinchidan, nisbatan uzoq vaqt davomida kerakli effekt hosil qilinadigan bo'lishi shart. Shuning uchun ishlatiluvchi muhitlar katta issiqlik sig'imiga (suv, balchiq) yoki fazoviy o'tish solishtirma issiqligi (parafin, muz)ga ega bo'lishlari kerak. Ikkinchidan,

bevosita teri ustiga yopiladigan muhitlar og'riq sezdirmasligi kerak. Bu hol bir tomondan olingan muhitlar haroratini cheklab qo'yadi, ikkinchi tomondan issiqlik sig'imi kam bo'lgan muhitlarni tanlashga majbur etadi. Masalan, davolash uchun ishlatiladigan suvning harorati 45°C gacha torf va balchiqning harorati 50°C gacha bo'ladi, chunki bu muhitlarda issiqlik almashinuvi (konveksiya) suvdagidan kam bo'ladi. Parafin $60-70^{\circ}\text{C}$ gacha isitiladi, chunki uning issiqlik o'tkazuvchanligi katta emas, teriga tegib turgan qismi esa tez sovub ketib kristallanadi - bu kristallar esa uning qolgan qismlaridan keluvchi issiqlik oqimini o'tkazmaydi.

Davolash maqsadida sovituvchi muhit sifatida muz ishlatiladi. Keyingi yillarda past haroratlardan tibbiyotda yetarlicha keng ko'lamda foydalanilmoqda.

Davolash maqsadida a'zolaming bir joyini yoki qismini kesib olib boshqa joyga o'rnatish va bularning normal ishlashi, tirik organizm o'z ish faoliyatini yetarlicha uzoq vaqt saqlashi uchun bu a'zolar past haroratda konservatsiya qilinadi. *Kriogen usulini* muzlatish va eritish yo'li bilan to'qimalarni yemirishda, tomoq bezi, so'gal va shu kabilarni olib tashlashda ishlatishadi.

Bu maqsadda maxsus kriogenli apparatlar va kriozondlar yasaladi.

Anesteziya xossasiga ega bo'lgan sovuq yordamida asab kasalliklariga tegishli bo'lgan odam bosh miyasidagi ayrim hujayralar yadrosini yo'q qilishda ishlatiladi, masalan, parkin-sonizmida shu usuldan foydalaniladi.

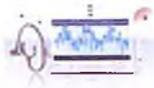
Mikroxirurgiyada nam to'qimalarning sovuq metall asboblarga yopishib qolishidan bu to'qimalarni boshqa joyga ko'chirishda foydalaniladi.

Past haroratlarning tibbiyotda qo'llanilishi tufayli kriogen tibbiyotda krioterapiya, krioxirurgiya va shu kabi yangi terminlar yuzaga kelgan.

Uchinchi bobni mustahkamlash uchun nazorat savollari

1. Termodinamika bo'limi nimani o'rganadi?
2. Termodinamikaning birinchi asosi va uni gaz jarayonlariga tabiiq etilishini yoritirng.
3. Molyar issiqlik sig'imi deb nimaga aytiladi?
4. Qanday jarayonga adiabetic jarayon deyiladi?
5. Qanday jarayonga izoxorik jarayon deyiladi?
6. Qanday jarayonga izobarik jarayon deyiladi?
7. Qanday jarayonga izotermik jarayon deyiladi?
8. C_p va C_v lar nima? Ularning tenglamasini yozing.

9. Nima uchun C_p C_v dan katta?
10. Adiabatik jarayonda ichki energiya qanday o'zgaradi?
11. Adiabatik jarayon uchun termodinamikaning birinchi qonuni yozing.
12. Termodinamikaning ikkinchi qonunini tushuntiring.
13. Entropiya nima?
14. Prigojin teoremasini yoriting.
10. Tirik organizmlarda energiya sarfi?
11. Bog'langan energiya nima?
12. Bog'lanmagan energiya nima?
14. Davolash maqsadida sovituvchi muhit sifatida nimadan foydalaniladi?
15. Termometriya nima?
16. Termometrlarning qanday turlini bilasiz?
17. Puasson tenglamasini yoriting.
18. Termodinamika qonunlarining tirik organizmga tadbirini tushuntiring.
19. Termodinamik parametrlarga qaysilar kiradi?
20. Termodinamik sistemalarni tushuntiring.



4-BOB. AKUSTIKA

Akustika - eng past chastotali tebranishlardan boshlab o'ta yuqori (10^{12} - 10^{23} Hz) chastotali elastik tebranishlar va to'lqinlarni o'rganuvchi fizikaning bo'limidir. Akustika bir necha bo'limlarda o'rganilib, fizik akustika - turli xil muhitlarda elastik to'lqinlarning tarqalish xususiyatlarini o'rgansa, fiziologik akustika- odam va hayvonlarning tovush qabul qilish va eshitish organlarining tuzilishi hamda ishlash jarayonlarini o'rganadi.

Tor ma'noda akustika bu, tovush haqidagi, ya'ni odam qulog'i qabul qila oladigan (16 Hz dan 20000 Hz gacha) gazlar, suyuqlik va qattiq jismlardagi elastik tebranishlar va to'lqinlar haqidagi ta'limotdir.

GARMONIK TEBRANISHLI HARAKAT

Tebranishlar haqidagi ta'limot avvalo musiqa talablariga asosan vujudga keldi va quloqning eshitish qobiliyati haqidagi ta'limot bilan yaqindan bog'langan holda rivojlandi. Biroq tez vaqt ichida tebranma harakatlarga oid qonunlar faqat akustika uchun emas, balki akustikaga butunlay aloqador bo'lmagan boshqa guruhdagi juda ko'p hodisalar uchun ham katta ahamiyatga ega ekanligi aniqlandi. Bunga misol tariqasida turli soatlarning mexanizmlarida tebranishlarning ishlatilishini ko'rsata olamiz.

Tebranishlar juda murakkab protsess bo'lib, ularni tekshirish ancha qiyindir. Ular ichida eng soddasi garmonik tebranishdir; endi shu tebranishlarni tekshirishga kirishamiz.

Garmonik tebranishlarning alohida ahamiyatga ega ekanligini quyidagi jihatlar bilan ifodalaymiz:

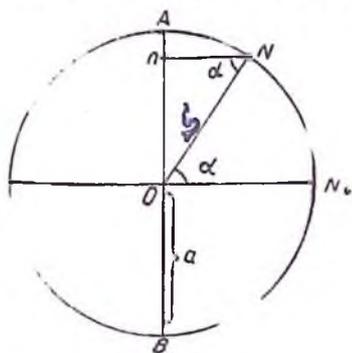
1) garmonik tebranishlarga oid qonunlar to'lqinlar haqidagi ta'limotga asoslangandir;

2) istalgan har qanday murakkab tebranma harakat bir necha oddiy garmonik tebranma harakatlar yig'indisi bo'lishi mumkin. Shu momentlarni hisobga olib, bir vaqtning o'zida bir necha garmonik tebranishlarda qatnashayotgan jismlarning murakkab harakatlarini tekshiramiz. Bobning oxirida amaliy jihatdan katta ahamiyatga ega bo'lgan, majburiy tebranishlarni tekshiramiz. Masala shundaki, har qanday davriy harakat, masalan, motorlar aylanishi natijasida u bilan bog'liq bo'lgan jismlar tebranadilar. Ba'zi bir sharoitlar (rezonans) ro'y berganda bu tebranishlar shu qadar kuchlanishlari mumkinki, motorlar bilan

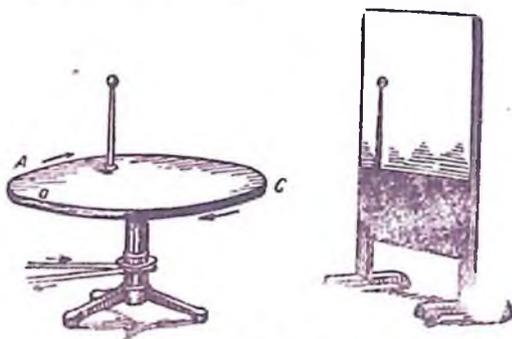
aloqador bo'lgan jismlar hatto yemirilib, parchalanib ketadilar. Motorining tebranish ta'siri natijasida samolyot osmonda parchalanib ketgan voqealar ham bo'lgan. Hozirgi vaqtda aylanuvchi yoki tebranuvchi qismli mashinalar kashf etilayotganda rezonans hosil bo'lmasligiga katta e'tibor beriladi. Lekin rezonans doimo salbiy rol o'ynamaydi. Ko'pincha undan fan va texnikaning turli sohalarida ishlatiladigan har xil mashina va asboblarda foydalaniladi.

Garmonik tebranish. Radiusi a bo'lgan aylanani tekshiraylik (30-rasm). Bu aylana bo'yicha doimiy tezlik bilan nuqta N harakat qiladi. Aylananing istalgan diametri ustiga chizilgan nuqta proyeksiyasining harakati garmonik tebranish bo'ladi. Bunday harakat modelini biz vertushka AC yordamida vujudga keltira olamiz (31-Rasm). Vertushka diskiga perpendikulyar qilib tepasiga sharcha o'rnatilgan sterjen qo'yilgan. Vertushkani ekran oldiga qo'yib uzoqdan sharcha bilan bir xil balandlikda turgan yorug'lik bilan yoritiladi. Shunda biz o'zgaruvchan tezlik bilan to'g'ri chiziq bo'yicha oldinga va orqaga harakatlanuvchi sharning soyasini ko'ramiz. Bunda sharning soyasi ekran ustida garmonik tebranadi, deyish mumkindir.

Vertikal diametrga chizilgan nuqta N ning proektsiyasini n bilan belgilaylik (30-rasm). Doira markazi O ni muvozanat holati, deb aytaylik (nima uchun shunday deb aytishimiz keyinroqda tushuntirilgan). Tebranuvchi nuqta n bilan muvozanat holati orasidagi



30-рasm.



31-рasm.

masofani *siljish* S deb ataylik.

Tebranuvchi nuqtaning muvozanat holatiga nisbatan eng katga siljishini masofa OA ni *amplituda* deb atab, uni A harfi bilan belgilaylik. Nihoyat, to'la tebranish vaqtini, ya'ni nuqta n ning diametr bo'yicha oldinga va orqaga yurishiga ketgan vaqtni yoki, yanada aniqroq qilib

aytganda, to'rt amplitudalik yo'lni bosib o'tishga ketgan vaqtning davri T deb ataylik.

Siljish S ni belgilovchi formulani chiqarishga o'taylik. Vaqtning boshlang'ich momentida, ya'ni harakatni biz kuzata boshlagan vaqt momentida aylanadagi nuqta N_0 vaziyatda, tebranuvchi nuqta esa muvozanat holati O da turadi, deb faraz qilaylik t sekunddan keyin aylanadagi nuqta N vaziyatga, tebranuvchi nuqta esa n vaziyatga o'tib qoladi. Shu paytda siljish S qanchaga teng bo'lishi chizmadan

ravshan ko'rinib turibdi:

$$s = ON \cdot \sin \alpha = a \cdot \sin \alpha$$

Vaqt o'tgan sari burchak α kattalashadi Davr T davomida u 2π gacha ortadi. Demak, qo'zg'aluvchan radius bir sekundda $2\pi/T$ ga teng burchak yasaydigan bo'lsa, t sekundda u $2\pi/T$ cha burchak hosil qiladi. Bundan $\alpha = 2\pi t/T$ va

$$s = a \cdot \sin \frac{2\pi t}{T}$$

Biz garmonik tebranishning asosiy tenglamasini chiqardik. Davr T umiga tebranish chastotasi ν ni qo'yilsa, bu tenglamani boshqacha qilib yozish mumkin. Chastota deganda jismning bir sekundda qilgan tebranishining sonini tushunish lozim. Davr va chastota orasida quyidagicha bo'g'lanish bor:

$$T = \frac{1}{\nu} \text{ sek, yoki } \nu = \frac{1}{T} \text{ sek}^{-1} = \frac{1}{T} \text{ Hz}$$

Darhaqiqat, masalan, chastota har sekundda 30 tebranishga teng bo'lsa, unda davr, albatta, $1/30$ sekundga teng bo'ladi. Ifoda (2) ni formula (1) ga qo'ysak,

$$s = a \cdot \sin 2\pi \nu t$$

ga ega bo'lamiz.

Ayrim hollarda $2\pi \nu = \frac{2\pi}{T}$ ni ω harfi bilan belgilab, formula (3) ni soddalashtiriladi:

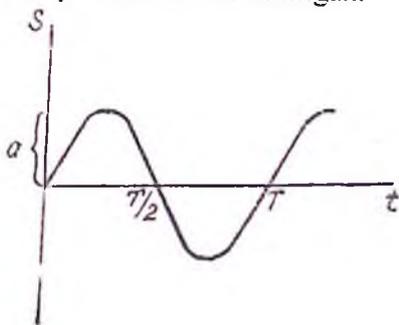
$$s = A \cdot \sin \omega t$$

Bunda ω ni tebranishning doiraviy chastotasi deyiladi.

Chastotani gerslarda (Hz) ifodalanadi. Masalan, shahar tokening chastotasi ν har sekundda 50 tebranishga teng, deyish o'rniga, shahar tokining chastotasi 50 Hz ga teng, deyiladi.

Siljishlar qiymati, amplituda bo'laklarida ifodalanib, jadvalning oxirgi satrida ko'rsatilgan. Bunday ifodalangan siljishlar qiymatini nisbiy siljishlar deyiladi.

Bu qiymatlarga asoslanib chizilgan va sinusoida deb ataladigan egri chiziq 32-rasmda ko'rsatilgan.



Endi tebranish fazasi deb ataladigan juda muhim bir tushuncha bilan tanishaylik. Tebranishlar va to'liqlar haqidagi ta'limotda sinus argumentini *faza* deyiladi. Bu tushunchaning fizik ma'nosi quyidagichadir: faza tebranuchi jism harakatining yo'nalishini va amplituda bo'laklarida ifodalangan siljish

miqdorini belgilyadi.

Masalan, faza $\frac{\pi}{6}$ yoki 30° ga teng deylik. Formula (1) dan foydalanib, $S = 0,5 a$ ekanini topamiz. Vaqt hamisha ortib boradi, binobarin, faza ham kattalashadi. Agar 30° lik burchak ortib borsa, sinus ham kattalashadi, ya'ni jism muvozanat holidan uzoqlashadi.

Agar tebranuvchi ikki jismning fazalari bir xil bo'lsa, ularning amplituda bo'laklarida ifodalangan siljishlari ham bir xil bo'ladi. Buning aksini gapirish shart emas: siljishlar bir xil bo'lganda fazalar har xil bo'lishi mumkin. Masalan, — $s_1 = a_1 \cdot \sin 30^\circ$ va $s_2 = a_3 \cdot \sin 30^\circ$. Bu yerda har ikkala jismning nisbiy siljishlar bir xil bo'lib, fazalari har xildir. Bunda birinchi jismning muvozanat holidan uzoqlashib ketayotganini va ikkinchi jismning unga yaqinlashib borayotganini payqash qiyin emas. Ikki jismning tebranish fazalari bir-biriga teng bo'lishi uchun ularning nisbiy siljishlari hamda tebranish yo'nalishlari bir xil bo'lishi kerak.

Boshlang'ich faza. Shunday bir tajriba qilaylik: 31-rasmda ko'rsatilgan aylanuvchi disk ustiga sharchali ikkinchi sterjenni o'rnatib, diskni aylantirib yuboraylik. Agar har ikkala sharni ekranga proyeksiyalasak, unda ularning soyalari ekran ustida garmonik

tebranadilar, biroq sharlar muvozanat holidan bir vaqtning o'zida o'tmaydilar. Har ikkala sharning soyalari harakatini qanday tenglamalar bilan tasvirlash mumkin? Ulardan birinchisi uchun formula (1) dan foydalanish mumkin:

$$s_1 = a_1 \cdot \sin \frac{2\pi t}{T}$$

Bu— biz, sharning soyasi muvozanat holidan o'gayotgan paytidan boshlab, vaqtni hisoblay boshlaymiz, demakdir. Shu paytda ikkinchi sharning soyasi muvozanat holidan ma'lum bir uzoqlikda turgan bo'ladi.

Shuning uchun ikkinchi shar soyasining tebranish fazasi birinchisining tebranish fazasidan ma'lum miqdorda farq qiladi, biz bu farqni φ harfi bilan belgilab, *boshlang'ich faza* deb ataymiz. Ikkinchi soya harakatining tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$s = a \cdot \sin\left(\frac{2\pi t}{T} + \varphi\right)$$

Sinus belgisi tagidagi butun ifodani avvalgisidek, faza miqdor φ ni esa tebranishning boshlang'ich fazasi deyiladi. Boshlang'ich faza nuqtaning boshlang'ich vaqt momentidagi siljishini ko'rsatadi. Haqiqatan ham ifoda (4) ga t ning nolga teng bo'lgan qiymatini qo'ysak va shu vaqt ichidagi siljishni S_0 bilan belgilasak,

$$s = a \cdot \sin \varphi$$

ega bo'lamiz.

Vaqtни tebranuvchi jismning qaysi vaziyatidan boshlab hisoblashga qarab, biz mazkur tebranish uchun boshlang'ich fazaning qiymatini ixtiyoriy ravishda tanlab olishimiz mumkin. Buni ikkita misol bilan gushungirib o'gaylik. Vaqtни maxsus yasalgan soat — sekundomer yordamida o'lgaylik. Bunda soatning katta strelkasi sekundlarni, kichigi esa minutlarni ko'rsatsin. Soatning boshini bosish bilan u yurgiziladi va qayta bosish bilan to'xtatiladi.

Biz tebranish vaqtini hisoblay boshlaymiz, ya'ni nuqta n muvozanat holi 0 dan o'tib yuqori tomonga 1 harakatlana boshlaganda sekundomerni yurgizib yuboramiz. Bu boshlang'ich siljish $S_0=0$ demakdir. Formula (4) dan

$$a \cdot \sin \varphi = 0$$

Kelib chiqadi; bundan $\sin \varphi=0$

Bu tenglikni qanoatlantirish uchun

$\varphi = 0, \pi, 2\pi$ va hokazo, ya'ni

$$\varphi = m\pi$$

bo'lishi kerak. Bu yerda m -istalgan butun son.

Lekin, bu formulaga mos bo'lgan hamma yechilishlar yuqorida qo'yilgan shartni qanoatlantira olmaydi. Aytaylik, $\varphi = 0$ bo'lsin.

Bu holda (4) soddalashib quyidagi shaklga kiradi.

$$s = a \cdot \sin \frac{2\pi t}{T}$$

$t=0$ bo'lganda siljish ham nolga teng bo'ladi. t noldan boshlab kattalasha, s ham kattalashadi va musbat ishoraga ega bo'ladi. Bu, yuqorida qo'yilgan shartga binoan tebranuvchi jism muvozanat holidan yuqori tomonga harakat qiladi, degan so'zdir.

Ma'lum bo'lishicha, bu shart uchun qiymat $\varphi = 2m\pi$
va formula

$s = a \cdot \sin\left(\frac{2\pi t}{T} + 2m\pi\right)$ kifoya qiladi.

Trigonometriyadan ma'lumki, sinus argumentiga juft son π qo'shilganda uning qiymati o'zgarmaydi. Shuning uchun bir-biridan juft son π cha farq qiladigan hamma fazalarni biz bir xil deb hisoblaymiz va formula (b) o'rniga biz soddaroq formula (a) dan foydalanamiz. Endi

$$\varphi = \pi$$

bo'lgan ko'rinishini tekshiraylik. Bu holda formula (4) quyidagi shaklga kiradi:

$$s = a \cdot \sin\frac{2\pi t}{T} + \pi$$

$t=0$ bo'lganda siljish ham nolga teng bo'ladi, lekin t kattalashishi bilan siljish manfiy qiymatga ega bo'ladi, ya'ni tebranuvchi jism muvozanatdan yuqoriga emas, pastga harakat qiladi, bu esa bizning shartimizning aksidir. Shunga binoan

$$\varphi = (2m + 1)\pi$$

bo'lgan holat ham to'g'ri kelmaydi.

Formula (c) sekundomerning tebranuvchi jism muvozanat holidan pastga harakatlana boshlaganda yurgizilgan momentdagi holatga mos kelishini osonlik bilan tushunish mumkin.

Argumentga π yoki $(2m+1)\pi$ ning qo'shilishi natijasida sinusning absolyut qiymati emas, balki uning ishorasi o'zgaradi. Bir-biridan toq son π cha farq qiladigan fazalarni qarama-qarshi fazalar deyiladi. Shunga ko'ra, (a) va (c) formulalariga mos tebranishlar qarama-qarshi fazalarga ega tebranishlardir. Bundan ko'rinib turibdiki, ular bir-birlaridan matematik jihatdan hamma vaqt ishoralari bilan farq qiladilar, demakdir: fizik nuqtai nazardan esa, bu tebranuvchi jismlarning siljishi, tezligi va tezlanishlari hamma vaqt qarama-qarshi yo'nalishda bo'ladilar, demakdir.

Shunday qilib, fazalar o'zaro teng yoki bir-biridan juft son π cha farq qilsa, biz ularni bir xil deb, ular orasidagi farq π ga teng yoki umuman toq son π cha bo'lsa, qarama-qarshi deb hisoblaymiz.

Ikki jismning bir xil yoki qarama-qarshi fazalarda tebranayotganliklarini yuqorida aytib o'tilgan aylanuvchi disk yordamida ko'rsatish mumkin. Agar sharli sterjenlarni diametr ustiga aylanish o'qining bir tomonida turadigan qilib o'mratsak, shunda mazkur sharlar proeksiyalarining ekran ustida hamma vaqt bir yo'nalishda harakat qilib turganligini, shuningdek bir vaqtning o'zida ham muvozanat holidan, ham

eng chetki holidan o'tib turganligini ko'ramiz. Sharchalar proeksiyasining amplituda bo'laklarida ko'rsatilgan siljishi hamma vaqt bir xil bo'ladi. Agar sharchalar bir diametr ustida bo'lib, aylanish o'qining har ikki tomoniga joylashsa, ularning proeksiyalari hamma vaqt qarama-qarshi yo'nalishda harakat qiladilar. Ular bir vaqtning o'zida muvozanat holining qarama-qarshi tomonidagi vaziyatga o'tib eng chetki holatni, shuningdek bir vaqtning o'zida qarama-qarshi tomonlarga harakat qilib muvozanat holidan o'tish holatini egallaydi. Endi vaqtni sharcha yuqoridagi eng chetki vaziyatda turgan momentidan boshlab ($t=0$) hisoblab, yaъni $s_0=a$ bo'lgan holda formula (4) ning qanday shaklga ega bo'lishini tekshiraylik.

Bu qiymatlarni formula (4) ga qo'ysak,

$$a = a \cdot \sin \varphi; \quad \sin \varphi = 1; \quad \varphi = \frac{\pi}{2}$$

Bunda formula (4) quyidagi shaklni egallaydi:

$$s = a \cdot \sin \left(\frac{2\pi t}{T} + \frac{\pi}{2} \right) = a \cdot \cos \frac{2\pi t}{T}$$

Bundan tebranma harakatni tasvirlashda sinus va kosinuslarning tamomila teng qiymatli bo'lishi ko'rinib turibdi. Boshlang'ich fazani o'zgartib, istalgan vaqtda biz sinusdan kosinusga yoki aksincha, kosinusdan sinusga o'tishimiz mumkin.

Garmonik tebranishlar dinamikasi. Aylanuvchi disk yordamidaqilingan tajribalardan so'ng garmonik tebranuvchi real jismlarga o'taylik Bunday jism sifatida 34-rasmda ko'rsatilgan, gorizontaI prujinali mayatnikni olamiz. Mayatnik silindr C shaklidagi ichi kavak jism bo'lib, uning ost tomoniga tunukadan qilingan konussimon voronka yopishtirilgan. U bir boshi mufta B ustidagi teshikka kiritlgan po'lat chivig'i bilan mahkamlangan. Ingichka simdan yasaliб mufta A ga birlaktrilgan tortma o'girlik kuchini to'ppa-tug'ri muvozanatlayd. Mayatnikning har ikki tomoniga bir oz (0,5 mm dan ortiq bo'lmagan) miqdorda cho'zilgan po'lat prujinalar birlaktrilgan. Prujinalarning ikkinchi boshi esa po'lat polosa EF ga mahkamlangan sterjenchalarga birlaktrilgan. Polosa EF bo'sh holda ustunchalardagi o'yiqlarga kiradi va ular ichida motor yordamida harakatga keltirish mumkin; bu harakatlardan majburiy tebranishlar ustidagi tajribalarda foydalansa bo'ladi. Motor hozirchalik ishlatilayotgani yo'q.

Voronkani qum bilan to'latib, mayatnikni muvozanat holidan chetlatamiz va qo'yib yuboramiz. Natijada u tebrana boshlaydi. Uning tagiga oq karton qog'oz varog'ini qo'yib, mayatnik tebranish yo'nalishiga perpendikulyar harakatlantirsak, karton ustida sinusoidaga o'xshash egri

chiziq hosil bo'ladi. Demak, ko'rinib turibdiki, mayatnik garmonik tebranishlarga o'xshash tebranar ekan; shuning uchun bundan tebranishlar dinamikasi qonunlarini tekshirishda foydalansa bo'ladi.

Qanday kuch jismni tebranishga majbur qiladi? Agar biz, misol tariqasida mayatnikni o'ngga siljitsak, u holda chap tomondagi prujina cho'zilib mayatnikni chap tomonga, so'ngra muvozanat tomonga tortadi. O'ng prujina esa bo'shashib osilib qolib, hech qanday kuch rivojlantirmaydi. Ma'lumki, uzunligi S miqdorda cho'zilgan prujinada cho'zilish miqdoriga proporsional kuch rivojlanadi:

$$F = ks$$

Doimiy ko'paytiruvchi k ni prujinaning elastiklik koeffitsienti deyiladi. Bunda minus ishorasi kuch yo'nalishining siljish yo'nalishiga qarama-qarshi bo'lganligini ko'rsatadi: agar siljish o'ng tomonga bo'layotgan bo'lsa, kuch chapga yo'naladi va aksincha.

Formula (4) dagi s ning qiymatini formula (5) ga qo'ysak,

$$F = -ka \cdot a \sin\left(\frac{2\pi t}{T} + \varphi\right)$$

ga ega bo'lamiz.

Bundan garmonik tebranishdagi kuchning, ya'ni tezlanishning ham sinus qonuniga muvofiq o'zgarganligi ko'rinadi, lekin siljish fazasi bilan tezlanish fazasi bir-biriga qarama-qarshi bo'ladi. Siljish maksimal miqdorda bo'lib yuqoriga yo'nalganda, tezlanish ham past

tomonga yo'nalgan holda maksimal miqdorga ega bo'ladi.

Ifoda (5) garmonik tebranishning vujudga kelishi uchun lozim bo'lgan kuch va siljish orasidagi bog'lanish shartini ko'rsatadi. Kuch siljishga proporsional va doimo muvozanat tomonga yo'nalgan bo'lishi kerak. Xuddi shu qonun vertikal mayatnik va matematik mayatnik tebranishlarida ham ro'y beradi.

Endi mayatnik tebranish davrining unga ta'sir etuvchi kuch bilan qanday bog'langanligini tekshirib ko'raylik. Buning uchun sekundomer yordamida mayatnik davrini belgilaymiz. So'ngra ikkita prujinadan har birini xuddi shunday to'rtta prujinaga almashtiramiz. Albatta, cho'zilish natijasida 4 ta prujina elastiklik koeffitsienti $4k$ ga teng bo'lgan bitta prujinaday ta'sir etadi; bunda ta'sir etuvchi kuch quyidagicha ifodalanadi:

$$F_1 = -4ks = -k_1s$$

Ma'lum bo'lishicha davr ikki baravar kamayar ekan. Shundap tajribalardan aniqlanishicha davr kuchning kvadrat ildiziga teskari proporsional, boshqacha qilib aytganda k dan chiqarilgan kvadrat ildizga teskari proporsional bo'ladi:

$$T \sim \frac{1}{\sqrt{k}}$$

Prujinalarni o'zgartirmay, mayatnik massasini o'zgartgan holda tajriba qilib ko'raylik. Bunda biz davrning \sqrt{m} ga to'g'ri proporsional bo'lib o'zarganligini ko'ramiz. Har ikkala tajribadan olingan natijalarni birlashtirsak, tebranish davrining $\sqrt{\frac{m}{k}}$ ga to'g'ri proporsional ekanligi kelib chiqadi. Nazariy hisobotlardan ma'lum bo'lishicha, CGS sistemasida, proporsionallik ko'paytuvchisi 2π ga teng.

Oxirida quyidagi formula kelib chiqadi:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Tebranish davri tebranuvchi jism massasining kvadrat ildiziga to'g'ri proporsional, jismga ta'sir etib turgan o'zgaruvchan kuchni xarakterlovchi miqdorning kvadrat ildiziga esa teskari proporsional bo'ladi.

Garmonik tebranishdagi energiya. Tebranuvchi jism kinetik va potentsial energiyaga ega bo'ladi, chunki u ham harakatda, ham kuch ta'siri ostida bo'ladi. Bu energiyalar doimo biridan ikkinchisiga o'tib turadi, ammo so'nmas tebranishlarda ularning umumiy summasi o'zgarmas miqdor bo'lib qoladi. Jism muvozanat holiga nisbatan eng chetki vaziyatda turganda uning tezligi nolga teng bo'ladi va undagi hamma energiya potentsial energiya shaklida bo'ladi. Jism muvozanat holatidan o'tayotganida unga ta'sir qiluvchi kuch nolga teng bo'ladi, shu paytda jismdagi butun energiya esa kinetik energiya shaklida bo'ladi. Bu paytda aylana bo'ylab harakat qilayotgan, nuqta N ning tezligi shu nuqta proektsiyasining tezligiga (30-rasm) teng bo'ladi. Darhaqiqat, nuqta N tomonidan N_0 yonida yurilgan o'ziga teng; binobarin nuqta n ning muvozanat holati yonidagi tezligi, haqiqatan ham N ning tezligiga teng bo'ladi. N nuqtaning tezligi bizga ma'lum. U aylana uzunligining davrga bo'linishiga teng:

$$u = \frac{2\pi a}{T}$$

Ana shunday tezlik bilan tebranadigan jism muvozanat holatidan o'tib ketadi. Shuning uchun muvozanat holatidan o'tayotganda kinetik energiya shaklidagi uning umumiy to'la energiyasi W quyidagiga teng bo'ladi:

$$W = \frac{mu^2}{2} = \frac{2\pi^2 a^2 m}{T^2}$$

Bu erda tebranuvchi jismning to'la energiyasi uning amplitudasi kvadratika proporsional ekanligini e'tiborga olish katta ahamiyatga egadir.

Bir xil yo'nalishdagi teng davrli ikki tebranishni qo'shish

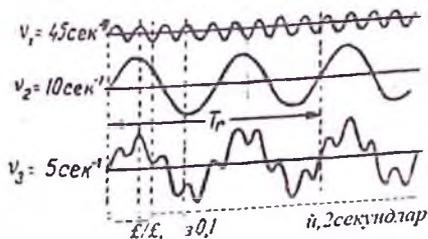
Bir vaqtning o'zida nuqta bir yo'nalishdagi ikkita tebranishda ishtirok qiladi, deb faraz qilaylik. Nuqtaning birinchi tebranishdagi siljishi S_1 va ikkinchi tebranishdagi siljishi S_2 bilan ifodalansin. Mexanika qonunlariga muvofiq bir xil yo'nalishdagi ikki siljish o'zaro algebraik qo'shiladi, ya'ni natijalovchi siljish s tarkiblovchi silishlar yig'indisiga teng:

$$s = s_1 + s_2$$

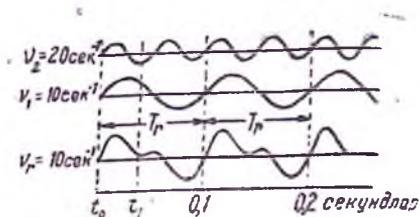
Masalan, tarkibiy harakat xarakterini aniqlashdan iborat. Lekin uni analitik yo'l bilan yechish ancha murakkabdir. Shuning uchun biz masalaning grafik usulda yechilishini tekshiramiz. 35-rasmdagi 1 va 2-sinusoidalar ikkita qo'shiluvchi tebranishni ifodalaysinlar. Tarkibiy tebranishni topish uchun bir necha vertikal chiziqlar chizib, ular ustida har ikki siljishning yig'indisini belgilaylik. Masalan, birinchi harakatda, tebranuvchi nuqta A ga teng vaqtda Aa cha, ikkinchi harakatda esa Ab cha siljishga ega bo'ladi. Har ikki harakatda ham nuqta bir paytda ishtirok etishi natijasida uning ega bo'lgan siljishi $Aa+Ab=Ac$ bo'ladi. Shunday qilib tarkibiy harakatga aloqador bo'lgan nuqta c topiladi. Shu usulda topilgan nuqtalarni o'zaro birlashtirsak, izlanuvchi tarkibiy tebranish grafigini grafigini chiza olamiz. U ham shu T davrli sinusoida shaklida bo'ladi, biroq uning amplitudasi a ning qiymati, tarkiblovchi tebranishlar fazalarining ayirmasiga ko'ra $a_1 - a_2$ bilan $a_1 + a_2$ qiymatlari orasida yotadi.

Bu tebranishlarni qo'shish usulidan har xil davrli tebranishlarni qo'shishda ham foydalansa bo'ladi. Bu ish bilan biz 6 da shug'ullanamiz.

Har xil davrli tebranishlarni qo'shish. Bu xil yo'nalishli, lekin har xil davrli tebranishlarni ham grafik usulda qo'shish mumkin (36, 37, 38-rasm).

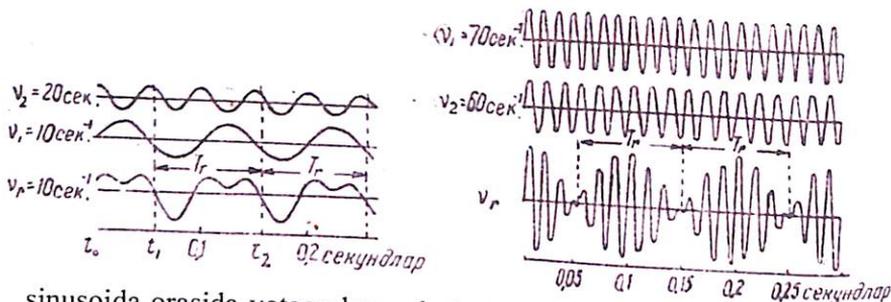


36-rasm.



37-rasm.

Ravshan bo'lishi uchun tarkiblovchi tebranishlar sinusoidalari va ularning natijalovchisi bir-birining tagiga chizilgan. Bu yerda ham qo'shish ishi avvalgisi singari bajariladi. Tegishli vaqtga teng bo'lgan vertikal chiziqlar chizilib ularning gorizontal o'q bilan



sinusoida orasida yotgan kesmalari o'zaro algebraik qo'shiladilar (bu kesmalar tebranuvchi nuqtalarning bir vaqtda ega bo'lgan siljishlarini ko'rsatadi). Shu yo'l bilan hosil qilingan egri chiziqlar tarkibiy harakatning garmonik bo'lmagan murakkab tebranish ekanligini ko'rsatadi. Rasmda chastotalari $\nu_1 = 45 \text{ sek}^{-1}$ va $\nu_2 = 10 \text{ sek}^{-1}$ (davrlari $1/45 \text{ sek}$ va $1/10 \text{ sek}$) bo'lgan ikkita tebranishning qo'shilishi ko'rsatilgan. Tarkibiy tebranishni ifodalovchi egri chiziq, vaqt $T_{ch} = 0,2 \text{ sek}$ dan keyingi tebranishlarning bir xil fazada takrorlanib turganligini ko'rsatadi; shuning uchun vaqt T_{ch} ni tarkibiy tebranishning *asosiy davri* deyiladi.

Rasmda chastotalari 20 sek^{-1} va 10 sek^{-1} bo'lgan tebranishlar qo'shiladi. Bunda farq shundaki, birinchi rasmda ko'rsatilgan tebranishlar fazasi bir xil bo'lib boshlanadi, ikkinchi rasmda esa tebranishlarning boshlang'ich fazalari bir-biridan $\pi/4$ cha farq qiladi. Natijalovchi egri chiziqlarning shakli bir-biriga mutlaqo o'xshamaydi, lekin ular bir xil davrlarga ega.

Nihoyat, rasmda amplitudalari bir xil, chastotalari esa bir-biridan kam farq qiladigan ikkita tebranishning qo'shilishi ko'rsatilgan. Bu yerda $\nu_1 = 70 \text{ sek}^{-1}$, $\nu_2 = 60 \text{ sek}^{-1}$. Natijada oddiy garmonik tebranishga o'xshagan, lekin amplitudasi davriy o'zgaradigan tebranish

hosil bo'ladi; bunday tebranishlarga *tepinishlar* deyiladi.

Tepinishlarning hosil bo'lishini grafiksiz ham tushunish oson. Darhaqiqatdastlab har ikkala tebranishning fazalari bir-biriga to'g'ri kelib, ularning amplitudalari qo'shiladi. So'ngra ikkinchi tebranishning fazasi orqada qola boshlaydi, natijada tarkibiy amplituda ham kamayadi. Fazalar ayirmasi π ga baravar bo'lsa, tarkibiy amplituda — amplitudalar ayirmasiga teng, ya'ni nolga baravar bo'ladi. Fazalar ayirmasi bundan keyingi

oshishida tebranishlar amplitudasi ham oshadi va fazalar ayirmasi 2τ ga teng bo'lganda, qaytatdan amplitudalar yig'indisiga ham teng bo'ladi va hokazo. Xullas, ikkinchi tebranishning bir davrcha orqada qolishi bir tepinishga to'g'ri keladi. Bizning misolimizda ikkinchi tebranish birinchi tebranishdan sekundiga o'n davr (tebranish) orqada qoladi; demak, bir sekunddagi tepinishlar soni o'nga teng ekan. Shunday qilib, bir sekunddagi tepinishlar soni har ikki tebranish chastotalarining ayirmasiga teng bo'ladi:

$$\nu_r = \nu_1 - \nu_2$$

Yuqorida tasvirlangan usuldan istalgan miqdordagi bir xil yo'nalishli tebranishlarni qo'shishda foydalanish mumkin.

Tebranishlarni qo'shish masalasini teskarisiga aylantirib uning o'rniga berilgan murakkab tebranishni ayrim sodda tebranishlarga ajratish masalasini qo'yish mumkin. Yuqorida tekshirilgan rasmlardan murakkab tebranishlarni ikkita oddiy sinusoidal tebranishdar

bilan almashtirish mumkin ekanligi ko'rinib turibdi. Matematika bizni o'rgatadiki, umumiy holda olingan birorta tebranishhar qancha murakkab bo'lsa ham, uning birqancha oddiy sinusoidal tebranishlaridan iborat ekanligini hamma vaqt ko'rsatish mumkin. Bu holat tebranish va to'lqinlarni o'rganishda katta ahamiyatga ega bo'lib, uni fanda Fur'e teoremasi deyiladi.

Misol tariqasida odam gapirayotganida hosil bo'ladigan tovushning murakkab tovush ekanligini ko'rsatib o'tamiz. Endi biz murakkab tovushning qanday oddiy tovushlardan tarkib topganligini va tegishli kamertonlarni tovushga aylantirib, kishi so'zlashgandagi istalgan tovushni hosil qilishni bilamiz.

Majburiy tebranishlar. Rezonans

Bu vaqtgacha biz tebrana boshlagandan keyin cheksiz ko'p vaqt davomida hech energiya sarfisiz o'z tebranishini davom ettiradigan susaymas tebranishlar haqida so'zlab keldik. Real tebranishlar har doim tez susayadi. Shuning uchun tebranuvchi jismga, uning tebranishini quvvatlab turadigan birorta boshqa jism ta'sir qilib turishi kerak. Tebranuvchi jism o'z navbatida qo'zg'atuvchi jismga ta'sir etadi va natijada shu qadar murakkab ko'rinish hosil bo'ladiki, uni mazkur darslikda mufassal tekshirib bo'lmaydi.

Biz faqat qo'zg'atuvchi jism juda katta va quvvatli yoki tebranuvchi jismning qayta ta'sirini e'tiborga olmasa ham bo'ladigan sharoitda turgan muhim bir holni tekshirish bilan chegaralanamiz. Bunday holni

arg'imchoqda va uni tebrantiruvchi kishida ko'rish mumkin. Tebranish qulochi kattalashgan sari kishi o'zini chetga tortadi natijada u o'ziga yoqimsiz bo'lgan qarshi ta'sirdan qutuladi. Arg'imchoq ham mayatnik singari muayyan xususiy tebranish davriga ega bo'ladi, arg'imchoqni keragicha tebrantirish uchun uni har bir davrdan keyin ritmik ravishda itarib turish lozim. Aslida ham shunday qilinadi. Boshqa vaqt oraliqlaridan keyin arg'imchoqni itargan bilan uni yaxshi tebrantirib bo'lmaydi, chunki bunda itarishlardan bir qismining yo'nalishi arg'imchoq harakatining yo'nalishiga qarshi bo'lib, uning tezligini kamaytiradi.

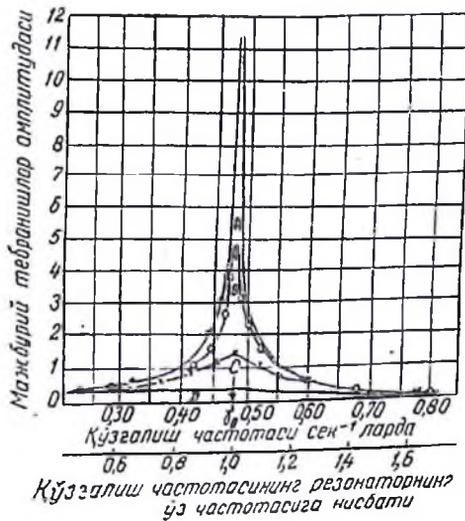
Qo'zg'atuvchi jismning tebranish davri tebranuvchi jism amplitudasiga qanday ta'sir qilganligini aniqlash uchun 3 da tasvirlangan prujinali mayatnikdan foydalanamiz (34-rasm). Amplitudalarni belgilamoq uchun mayatnikning orqa tomonidan sal nariga uning nolinci darajasiga ko'rsatkich C ro'para keladigan qilib shkala qo'yamiz (rasmda shkala ko'rsatilmagan). Tajriba quyidagicha o'tkaziladi: motor ishlamay turganda mayatnikni chetga siljitib qo'yib yuboriladi. Shu vaqtda sekundomer yordamida uning tebranish chastotasi belgilinadi. Bu aniqlangan chastotani mayatnikning xususiy chastotasi deyiladi. So'ngra motorni harakatga kediriladi. Disk D ni juda kichik tezlikda aylantirish uchun maxsus asboblardan yordamida motor aylanishining chastotasini ko'p marta kamaytiriladi. Disk markazi yaqiniga turumcha o'rnatilgan. Asbobning po'latdan qilingan EF polosasi metal tortma yordamida bu turumchaga birlashtiriladi. Disk aylanayotganda EF polosasi orqa va oldinga harakatlanib garmonik tebranishlar hosil qiladi va, shu bilan, mayatnikni ham tebratadi. Avval mayatnik tartibsiz ravishda tebranadi, chunki bunda majburiy tebranishlar ustiga xususiy tebranishlar ham qo'shiladi. Ammo bir oz vaqtdan keyin xususiy tebranishlar so'nadi va mayatnik motor aylanish chastotasi ν day chastota bilan tartibli tebranadi. Mayatnik amplitudasini va motor chastotasi ν ni belgilanadi, so'ngra motor aylanish chastotasini kattalashtirib, yana mos amplituda aniqlanadi; shu yo'sinda bir qancha kuzatishlar o'tkaziladi. Shunday tajribalarning natijasi 40-rasmda ko'rsatilgan. Vertikal o'q ustida mayatnikning tebranish amplitudalari, gorizontal o'qda esa qo'zg'atuvchi tebranishlarning chastotalari belgilangan. Mayatnik tebranishlarining xususiy chastotasi — 0.48 sek^{-1} . Rasmda to'rtta egri chizik ko'rsatilgan; bu chiziqlar har xil so'nadigan to'rtta tebranishli tajribalarga taalluqlidir, D egri chizigi eng katta so'nishga, A egri chizigi esa eng kichik so'nishga mosdir. To'rtta egri chiziqda ham biz majburiy tebranishlar amplitudalarining sekin-asta yuksalib borib, maksimumga yetganligini va qaytadan kamayib borganligini ko'ramiz.

Qo'zg'atuvchi tebranishlar chastotasi mayatnikning xususiy tebranishlar chastotasiga teng bo'lganda eng katta quloqlar hosil bo'ladi.

v ning qiymati v_0 ga yaqin bo'lganda majburiy tebranishlar amplitudasining birdaniga oshib ketishini rezonans degiladi. So'nish qancha kam bo'lsa, rezonans shuncha kuchli bilinadi (A va B egri chiziq-lari).

Katta so'nishlarda C, ayniqsa D egri chizig'idagi rezonans juda sust bilinadi.

So'nish ta'siri quyidagicha tushuntiriladi: rezonans vaqtida mayatnikning tebranish amplitudasi tez oshib ketadi. Biroq amplitude oshgan sari ishqalanish kuchlarini, shuningdek havo, suv va hokazo



larning qarshiliklarini yengish uchun ketadigan energiya ham ko'proq sarflanadi.

Natijada mayatnikning qabul qilgan energiyasi bilan yo'qotgan energiyasi tenglashadigan moment juda tez keladi va amplitudaning bundan keyingi oshishi to'xtaydi. So'nish qancha jiddiy bo'lsa, bu moment ham shuncha tez keladi. So'nish katta bo'lganda mayatnik qabul qilgan hamma energiya quloqlar hali kichikligida tamom bo'ladi va rezonans amaliy jihatdan sezilmaydigan bo'ladi.

Rasmdagi egri chiziq-lar tegishli so'nishlar bilan bo'layotgan har qanday majburiy tebranishlarni tasvirlash uchun yaraydi. Shuning uchun pastda ikkinchi bir gorizontaal o'q chizilgan va asbobimizni xarakterlovchi

sonlarga bog'liq bo'lmagan ikkinchi bir masshtab berilgan. Bu o'q ustida xususiy chastota bo'laklari bilan ifodalangan majburiy tebranishlar chastotasi, ya'ni qo'zg'atuvchi chastotalarning xususiy tebranishlar chastotasiga bo'lgan nisbatlari belgilangan.

Rezonans juda keng tarqalgan bo'lib, tabiatdagi turli hodisalarda kuzatiladi. Har bir jism tebranma harakat qila olishi mumkin va bitta yoki bir necha xususiy tebranishlar davriga ega bo'ladi. Mos kelgan qo'zg'alishlar jism rezonansini vujudga keltirib, uni juda qattiq tebratadi. Bunday rezonans uchun misol tariqasida 1907 yilda Tavrik saroyidagi Davlat dumasi majlisi zalining butun suvog'i tushib ketganligini ko'rsatib o'tish kifoya qiladi. Bunday falokatning sodir bo'lishiga ventilyatsiya maqsadida shipga qurilgan kichkina bir motor sabab bo'lgan. Uning aylanish davri shipning xususiy tebranish davridan bittasiga mos kelganda shipda shuncha kuchli rezonans paydo bo'lganki, shipning suvog'i ko'chib tushgan.

Soat rezonansi bilan juda qiziq tajriba o'tkazish mumkin. Buning uchun cho'ntak soatini maxsus o'q atrofida aylanadigan qilib osib qo'yiladi (41-rasm). Ma'lumki, soatda balansir deyiladigan aylanma mayatnik bor. Soatni shunday hisob bilan osish mumkinki, uning o'q atrofida tebranish chastotasi balansirning chastotasiga teng bo'lib qoladi, shu vaqtda rezonansni kuzatish mumkin. Balansirdan keluvchi qo'zg'atishlar ta'sirida soat tebranib muvozanat vaziyatidan 30 gradus chetga chiqadi.

4.1. Tovushning tabiati

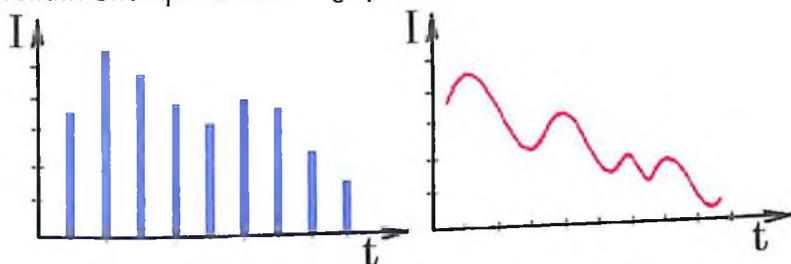
Tovush- tirik mavjudodlarni atrof muxitini tashkil qiluvchi asosiy fizik kattaliklaridan biridir. Odam organizmining eshitish a'zolari- tashqi, o'rta va ichki quloq bo'linmalari 16 Hz dan 20 kHz gacha bo'lgan atrof muxit zarralarining tebranishini tovush sifatida qabul qilish xususiyatiga egadir. Tovush atrof muxitning har qanday ko'rinishida mavjud bo'lib, tarqalish tezligi har xil qiymatlari bilan farq qiladi (qattiq, suyuq, gaz ko'rinishidagi moddalarda).

Tovush manbalari harakatlanayotgan va muxit zarralarini harakatga keltiradigan har qanday jismlar bo'la oladi (kamerton, musiqiy asbob torlari, mashina shovqinlari va hakazolar).

Tovushlar tonlarga, shovqinga va tovush zarbalariga bo'linadi. Tonlar o'z navbatida oddiy va murakkab tonlarga bo'linadi. Garmonik tebranish qonuniyatiga bo'ysunadigan tovush tebranishiga oddiy tonlar deb ataladi. Uning asosiy xarakteristikasi - uning chastotasidir. Garmonik bo'lmagan

tovushlar tonlar deb ataladi. Bunday tebranishlarga misol- odam tovushi, musiqiy asbob tovushi bo'ladi. Murakkab tonlarning spektri chiziqli bo'ladi (2.1-rasm).

Vaqt oralig'ida murakkab o'zgaradigan tovush shovqin deb ataladi. Shovqin bu tartibsiz o'zgaradigan murakkab tonlardan tashkil topgan tovushdir. Shovqin tovushining spektri uzluksiz bo'ladi.



4.1-rasm. Tonlarning spektrlari

Tovush zarbasi - qisqa muddatli tovush ta'siridir (chapak, to'p zarbi tovushi va h.k.).

Matematik ko'rinishda, tovushning balandligi tovush intensivligini logarifmiga proporsionaldir, degan ma'noni bildiradi.

Tovushning sub'ektiv fiziologik xarakteristikasi - tovushning balandligidir. Tovushning balandligi tovushni eshita olish sezgirligini xarakterlaydi. Tovush balandligini o'lchash asosida Veber-Fexneming psixofizik qonuni yotadi. Bu qonunga asosan, tovushning balandligi geometrik progressiya qonuniyatiga proporsionaldir :

$$E = k \lg \frac{I}{I_0}$$

I - tovush intensivligi; I_0 - sezish chegarasidagi tovush intensivligi; k - proporsionallik koeffitsenti.

Har xil chastotalarga mansub bo'lgan tovushning balandligi va intensivligi orasidagi bog'lanishni aniqlash uchun bir xil balandlikni aniqlovchi egri chiziqdan foydalaniladi. Bunday egri chiziqlar har xil chastotalar uchun tovush balandligi va uning intensivligi orasidagi bog'liqliklarni ko'rsatib beradi. Bunday o'lchashlar tovushni eshinish qobiliyati me'yorida bo'lgan ko'pgina odamlardan olingan kattaliklarning o'rtacha qiymati asosida tuziladi. Bu egri chiziqlarning eng yuqori egri chizig'i - og'riq sezish chegarasiga to'g'ri keladi. Bu egri chiziqlarning eng pastki chizig'i tovushning eshinish chegarasiga ya'ni sezish o'tkirligiga mos keladi.

Tovushni eshitish sezgirligini aniqlash usuli *audiometriya* deb ataladi. Buning uchun sozlangan maxsus asbob- audiometrda quloqning har xil chastotalarda eshitish o'tkirligi- sezgirligi aniqlanadi. Shu yo'l bilan hosil qilingan egri chiziq *audiogramma* deb ataladi.

Sog'lom odamning eshitish qobiliyatini ko'rsatuvchi egri chiziq bilan bemor odamning shunday eshitish qobiliyatini ko'rsatuvchi egri chiziqni solishtirish natijasida eshitish a'zolarining shikastlangan qismi diagnostikasi olib boriladi.

4.2. Eshituv sezgilarining tavsifi. Tovush o'lchovlari

Eshituv sezgisida tovushning yuksakligi, balandligi va tembri tafovut qilinadi. Bu tavsiflar tovush chastotasi, kuchi va tovush to'loqining tebranishlari shakli bilan bog'langan bo'ladi.

Tebranishlar chastotasini quloq tovush balandligi sifatida baholaydi. Tebranishlar chastotasi qancha katta bo'lsa, tovush shuncha baland bo'lib eshitaladi. Tovushning balandligi tovush kuchiga ham bog'liq, ammo bu bog'lanish birmuncha kam darajadadir (kuchliroq tovush pastroq bo'lib eshitaladi), amalda bu bog'lanish hisobga olinmaydi va tovushning balandligi faqat tebranishlar chastotasiga bog'liq deb olinadi. Tovushning balandligini baholash uchun quloqqa eshitaladigan tovushlarning hamma diapozoni *oktavalar* deb ataladigan intervallarga bo'linadi. Oktava ton yuksakligining shunday intervaliki, bunda chekka chastotalarning nisbati ikkiga teng bo'ladi:

Oktava	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Chastotalarning chegaralari	16	32	64	128	256	512	1024	2048	4096	8192
	32	64	128	256	512	1024	2048	4096	8192	16384

Asosiy chastotasi bir xil bo'lgan murakkab tonlar tebranish shakli yoki tebranishining garmonik spektri bo'yicha farq qilishi mumkin. Misol tariqasida royalda va klarnetda olingan bir notaning tebranish grafiklari hamda garmonik spektrlari ko'rinishida tasvirlanadi, bunda eshituv sezgilari ham bir-biridan bir qadar farq qiladi, bu farq tovush *tembri* deb ataladi. Shunday qilib, tembr eshituv sezgisining sifat tavsifi bo'lib, asosan, tovushning tebranish shakliga yoki garmonik spektriga bog'liqdir. Quloqning tovushlari balandligi va tembri jihatidan farq qila olishi asosiy membranada yuz beradigan rezonans hodisalari bilan bog'langandir.

sohasida esa eng past bo'lib qoladi, shundan keyin yana sekin-asta orta boradi.

Adaptatsiya munosabati bilan, sezuv organlari, shu jumladan quloq ham, idrok etadigan, kuchli jihatidan har xil bo'lgan ta'sirlar chegarasi ancha kengayadi. Biroq quloq hatto kuchi jihatidan bir-biriga yaqin ikkita ta'surotni solishtirib ko'rilganda kuzatiladigan farqni yetarlicha aniq eshitadi. Bu narsa tovush balandligini o'lchashning qiyosiy metodini keltirib chiqaradi. Bunda tovushning absolyut balandligi emas, balki uning tovush balandligining dastlabki yoki nol darajasi deb qabul qilingan biror kattalikka nisbati o'lchanadi. Tovushning balandligi tovush kuchi bilan bog'langanligidan, qiyosiy metod tovush kuchini o'lchash uchun ham qo'llaniladi. Eshituvchanlik bo'sag'asining o'rtacha ma'lumotlariga muvofiq, quloqning sezgirligi eng katta bo'lganda shkalaning nol darajasi tarzida $I_0=10^{-10}$ mkvt/sm² ga teng tovush kuchi qabul qilingan. Tovushning bu kuchiga $p_0=2 \cdot 10^{-4}$ din/sm² yoki birga teng tovush bosimi to'g'ri keladi. Shkalaning yuqorigi darajasi $I_m=10^2$ mkvt/sm² ga teng tovush kuchi va tegishlicha $p_m=200$ din/sm² ga teng tovush bosimi qabul qilingan.

Shunday quilib, shkalaning yuqori va pastki darajalari nisbati 10^{12} ni tashkil etadi. Butun shkala 12 ta darajaga, ya'ni birlikka bo'lingan, bu darajalardan har biriga ikki xil tovush kuchlarining 10 ga teng nisbati to'g'ri keladi. Shkalaning bu birligi *bell* (*b*) deb ataladi.

Binobarin, 1 b tovush kuchining 10 baravar ortishiga (yoki kamayishiga) to'g'ri keladi, *n* bellar soni esa ayni tovushning kuchini xarakterlaydi va tovushning I_n kuchi *n*inchi daraja tovushning I_0 kuchidan necha marta katta ekanligini bildiruvchi sonni hosil qilish uchun 10 sonini necha darajaga ko'tarish lozim bo'lsa, ana shu darajani ko'rsatadi:

$$I_n/I_0=10^n, \text{ bunda } I_n=I_0 \cdot 10^n=10^{-10} \cdot 10^n \text{ mkvt/sm}^2$$

Agar ikki xil tovush kuch jihatidan bir-biridan *a* belga farq qilsa, demak, bu tovushlarning kuchlari (I_1 va I_2) orasidagi nisbat a 0 *a* ni tashkil etadi, ya'ni

bo'ladi.

$$I_1/I_2=10^a$$

Lograifmlar to'g'risidagi tushnchadan foydalanib, shuni aytish mumkinki, ikki xil tovush kuchlari I_1 va I_2 darajalarining ayirmasini belgilovchi *a* bellar sonini shu tovushlar kuchlari nisbatining logarifmiga teng:

$$A=\lg(I_1/I_2).$$

Shu munosabat bilan tovush kuchini o'lchash shkalasi logarifmik shkala deb ataladi. Tarixan olganda bu shkala Veber-Faxner qonuni bilan

asoslab berilgan, bu qonunga ko'ra esa tovushni sezish darajasi ta'ssurol kuchining shu kuch bo'sag'a qiymatiga nisbatining natural logarifmiga to'g'ri proporsionaldir. Ayni holda bu degan so'z tovushning balandlik darajasi E tovush kuchi I ning bo'sag'a qiymati I_a ga nisbatining natural logarifmiga proporsional demakdir:

$$E = k \ln(I/I_0),$$

bu yerda k-tegishli o'zgarmas kattalik (const). Tajriba shuni ko'rsatadiki, bu qonun faqat taqriban va kuchi jixatidan o'rtacha bo'lgan ta'sirotlar sohasidagina bajariladi, ammo logarifmik shkala qulay bo'lganligidan, bundan keyin ham shu shkaladan foydalanilgan.

Belldan 10 marta kichik bo'lib, detsibell (db) deb ataladigan birlikdan ham foydalaniladi. Bu holda agar detsibellar soni m berilgan bo'lsa, u holda $I_m/I_0 = 10^{m/10}$ tarzda yozish mumkin. Binobarin, bir detsibell ikki xil tovush kuchlarining 1,26 ga teng nisbatiga to'g'ri keladi, m detsibellar soni esa tovush kuchining 1,26^m marta o'zgarishiga to'g'ri keladi:

$$I_m/I_0 = 1,26^m.$$

Logarofmik shaklda $m = 10 \lg(I_m/I_0)$ bo'ladi.

Detsibellar shkalasi

Detsibellar soni	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tovushlar kuchlarining nisbati	1,26	2,6	2,0	2,5	3,2	4,0	5,0	6,3	8,0	10

Tovushning balandlik shkalasi tovushning kuchi shkalasiga muvofiq tuzilgan, bu shkalada ham 12 daraja yoki birlik bo'lib, ular ham *bellar* deb ataladi. Bunda 1000 Hz chastotali ton tovush kuchi shkalasidan tovush balandligi shkalsiga o'tish ekanligi, ya'ni tovush balandligi shkalasida 1000 Hz chastotali ton uchun tovush kuchi shkalsidagi bellar soniga to'g'ri kelishi shartlashib olingan.

Bunda tovush balandligi shkalsining nol darajasi E_0 tonning tovush kuchi $I_0 = 10 \text{ mkvt/sm}^2$ yoki tovush bosimi $P_0 = 0,0002 \text{ din/sm}^2$ bo'lgandagi 1000 Hz ga teng balandligi tarzida aniqlanadi.

Tovush balandligi belli 1000 Hz ton balandligining tovush kuchi 1 b, ya'ni 10 baravar o'zgarishiga to'g'ri keladi.

Tovush balandligining detsibelli fon deb ataladi va 1000 Hz ton balandligining tovush kuchi 1 db (ya'ni 1,26 baravar) o'zgarishiga to'g'ri keladi va hokazo:

Tovush balandligi darajasi, fon hisobida	Tovush kuchi, mkvt/sm ² hisobida	Tovush bosimi, din/sm ² hisobida	Tovushning taxminiy xarakteri
0	$1 \cdot 10^{-10}$	0,0002	Eshitiluvchanlik bo'sag'asi
10	$1 \cdot 10^{-9}$	0,00064	Yurak tonlari stetoskop orqai
20	$1 \cdot 10^{-8}$	0,002	Shivirlab gaplashish
30	$1 \cdot 10^{-7}$	0,0064	- Odatdagi gaplashish
40	$1 \cdot 10^{-6}$	0,02	- Gavjum ko'chadagi shovqin
50	$1 \cdot 10^{-5}$	0,064	Baland ovoz bilan gaplashish
60	$1 \cdot 10^{-4}$	0,2	Ovozi baland qilib qo'yilgan
70	$1 \cdot 10^{-3}$	0,64	reproduktor
80	$1 \cdot 10^{-2}$	2	Metro poyezdidahi shovqin
90	$1 \cdot 10^{-1}$	6,4	Avtosirena
10	$1 \cdot 10^0$	20	Avamotor shovqini
110	$1 \cdot 10^1$	64	Og'riq sezgisi
120	$1 \cdot 10^2$	200	

Jadvalda 1000 Hz chastotali ton uchun tovush balandligi shkalsi, shuningdek shkalaning ba'zi bo'linmalariga to'g'ri keladigan tovushlarning taxminiy tavsifi keltirilgan va tegishli tovush kuchlarining kattaligi va tovush bosimining qiymatlari ko'rsatilgan.

Shunday qilib, 1000 Hz chastotali ton uchun bell yoki detsibell bilan ifodalangan tovush balandligi va kuchi bir-biriga to'g'ri keladi. Boshqa chastotalardagi tonlarda esa, ular to'g'ri kelmaydi va bu holda teng balandliklar egri chiziqlari deb ataladigan o'tish egri chiziqlaridan foydalanish zarur bo'ladi. Bunday egri chiziqdan foydalanib, tebranishlarning chastotasi har qanday bo'lganda ham tovush balandligi darajasidan (egri chizig'i tuzilgan balandlik darajasidan) tovush kuchi darajasiga va aksincha, tovush kuchi darajasidan tovush balandligi darajasiga o'tish mumkin.

Tovushning teng balandlik egri chiziqlari rasmana eshitadigan kishilarda ko'p marta o'lchashlar o'tkazish natijalaridan olingan o'rtacha ma'lumotlar asosida tuzilgan. Bu egri chiziqalarda har biri butun egri chiziq uchun o'zgarmas balandlik darajasi beradigan tebranishlar chastotasi bilan tovush kuchi orasidagi bog'lanishni ifodalaydi. Bunday egri chiziqqa, chunonchi eshitiluvchanlik bo'sag'asi egri chizig'i (tovush balandligining bo'sag'a darajasi) misol bo'la oladi. Bu egri chiziqlardan har birini tuzish uchun 1000 Hz ton balandligining (bu ton bir quloq bilan eshitib ko'rilgan)

muayyan darajasi olinib, boshqa har xil chastotalardagi tonlar (bu tonlar ikkinchi quloqqa berilib turiladi) eshitilish sezgisi jihatidan ana shu tonga tenglashtiriladi va bu tonlardagi *tovush kuchi o'lchanadi*.

Eshitish qobiliyatini tekshirish usuli *audiometriya* deb ataladi. Bunda zarur kerak jihozlar (havo hamda suyak o'tkazuvchanligi uchun telefonlar, shu kabilar) bilan ta'minlangan tovush generatoridan iborat apparatdan (audiometr)dan) foydalaniladi. Tekshirishda oktavalar orasidagi chastotalarda eshituvchanlik bo'sag'asi egri chizig'ining nuqtalari aniqlanadi. Hosil qilingan grafik *audiogramma* deb ataladi. Eshitish qobiliyatining pasayganligi normal egri chiziqqa taqqoslash yo'li bilan aniqlanadi.

Yuqorida ko'rsatib o'tilgan solishtirish shkalasi, shuningdek shovqinlarning balandligini baholash uchun ham qo'llaniladi. Shovqin organizmga zararli ta'sir ko'rsatadi, shuning uchun sanoatda va qurilishda shovqinga qarshi kurash uchun maxsus choralar ko'riladi. Shovqinga qarshi kurash shovqin manbalarini bartaraf etish yoki shovqinni kamaytirish, masalan, tovush yutuvchi materiallar (gazlama, namat, tiqin, g'ovak rezina va boshqalar) ishlatish yo'li bilan amalga oshiriladi. Shovqinning qanchalik zararli ekanligi uning takrorlanishiga ham bog'liq bo'ladi: yuqori chastotali shovqinlar uchun past chastotali shovqinlarga qaraganda zararliroqdir. Shovqinning yo'l qo'yiladigan eng yuqori chegarasi: yuqori chastotali shovqinlar uchun 75-80 db, past chastotali shovqinlar uchun esa 90-100 db ni tashkil etadi. Shovqinning yo'l qo'yiladigan normal darajasi 40-50 db hisoblanadi.

Shovqin balandligini obyektiv o'lchash uchun maxsus asboblarshovqin o'lchagichlar (shumometrlar) qo'llaniladi. Shumometr shovqinning tovush tebranishlarini elektr tebranishlariga aylantiradigan mikrofondan iborat. Bu tebranishlar kuchaytiriladi, to'g'rilanadi va ularning o'rtacha qiymati detsibell hisobida darajalangan shkalada mikroampermetr yordamida o'lchanadi. Dastadan chastotalar diapozonlarini o'zgartirish uchun foydalaniladi.

4.3. Tibbiyotda tovush usulida tashxis qo'yish va davolash

Tovushning asosiy moxiyati shundaki, u ham yorug'lik kabi axborot manbai hisoblanadi. Demak, tovush odam ichki organlarning holati to'g'risida ma'lumot beruvchi manba xam bo'lishi mumkin.

Kasallikni diagnostika qilishning keng tarqalgan usullaridan biri auskultatsiya. Bu usular uchun stetoskop yoki fonendoskop qo'llaniladi.

Fonendoskop kavak kapsula va tovushni uzatuvchi membranadan iborat (4.2-rasm).



4.2-rasm. Fonendoskop.

O'pkada hosil bo'lgan shovqinlarini kasallik uchun xarakterli bo'lgan turli xil xirillashlarni eshitib ko'riladi. Auskultatsiyadan foydalanib, oshqozonda va ichakdagi to'liqsimon qisqarishlardagi ortiqcha qo'zgalishlarini va ona qornidagi bolani yurak urishlarini aniqlash mumkin.

Yurak ishi faoliyatini diagnostika qilishda fonokordoografiya (FKG) metodi qo'llaniladi. Bu usulning mazmuni yurak tonlari va shovqinlarini grafik ko'rinishida qayd qilish va ularni diagnostik analiz qilishdan iborat. Fonokordiograf (4.3-rasm) yordamida fonokordiogrammani (4.4-rasm) yozib olinadi. Fonokardiograf mikrofon, kuchaytirgich, chastotalar filtrlaridan va qayd qiluvchi qurilmadan iborat.



4.3-rasm. Fonokordiograf

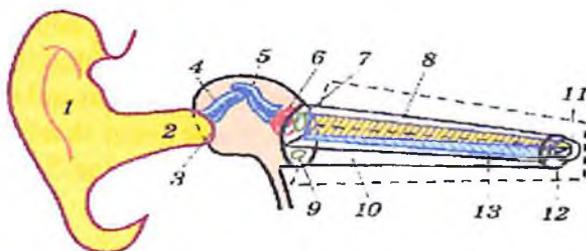


4.4-rasm. Fonokordiogramma

Bulardan tubdan farq qiluvchi yana bir usul perkussiya usuli bo'lib, bunda tananing turli qismlariga urib ko'rishda chiqayotgan tovush eshitib ko'riladi. Tana sirti bo'ylab urib ko'rilganda tebranishlarning keng diapazondagi chastotasi hosil bo'ladi. Bu diapozondagi ayrim tebranishlar tez so'nadi, ba'zilar esa rezonans tufayli kuchayib ketishi mumkin, hamda eshitivchan bo'lib qoladi. Tajribali shifokor perkussiya tovushlarini toniga qarab ichki a'zolari holatini va topografiyasini aniqlaydi.

Odamning eshitish apparati tovush o'tkazuvchi qism bilan tovush qabul qiluvchi qismidan iborat. Tovush o'tkazuvchi qism tashqi eshitish yo'li (2) nog'ora parda (3) va eshitish suyakchalari: bolg'acha (4), sandon (5), uzangi (6) dan iborat (2.5-rasm), bolg'acha, sandon, uzangi eshitish suyakchalari bo'lib, o'rta quloq deb ataluvchi bo'shliqqa joylashgan.

Uzangi o'zining yassi asosi bilan pardaga birikkan, parda esa ichki quloqqa tutashgan.



4.5-rasm. Odamning eshitish apparati

Tovush qabul qiluvchi apparatni o'z ichiga olgan ichki quloq murakkab shaklli suyak bo'shlig'i bo'lib, labirint deb ataladi, bu bo'shliq perilimfa suyuqligi bilan to'lib turadi.

Tovush to'lqini tashqi eshitish yo'li (2) orqali o'tadi va nog'ora parda (3) dan qisman qaytadi. Tushayongan va qaytayotgan to'lqinlar interferensiyasi natijasida akustik rezonans yuz berishi mumkin. Bu xol to'lqin uzunligi tashqi eshitish yo'li uzunligidan 4 marotaba katta bo'lganda yuz beradi. Odam qulog'ida eshitish yo'li uzunligi taxminan 2,3 sm, demak akustik rezonans chastota

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^2}{4 \cdot 2,3 \cdot 10^{-2}} = 3\text{kHz}$$

ga teng bo'lganda vujudga keladi.

O'rta quloqning vazifasi ichki quloqqa tovush intensivligini ko'proq o'tkazishga yordam qilishdan iborat, boshqacha aytganda, o'rta quloq havoning va ichki quloq suyuqligining qarshiligini bir biriga moslashtiradi.

Tovush bosimi (P) muxit zarrachalari tebranishlarini tezligiga bog'liq

$$\left(\frac{P}{v} = \rho \cdot c \text{ ёки } P = \rho c v\right)$$

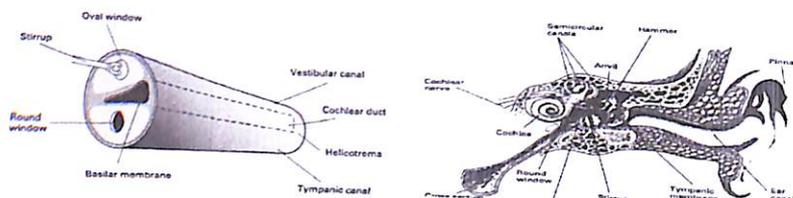
ρ - muxit zichligi, c - to'lqinni muxitdagi tezligi, ρc - solishtirma akustik impedans yoki yassi to'lqin uchun to'lqin qarshilik deb ataladi. Agar ikki muxitni to'lqin qarshiliklari $\rho_1 c_1 - \rho_2 c_2$ teng bo'lsa to'lqin ikki muxit chegarasidan qaytmasdan to'g'ri o'tadi. O'rta quloq tashqi tovush bosimini ichki quloqqa 28 db gacha oshirib uzutib beradi.

O'rta quloqning vazifalaridan biri tovush intensivligi katta bo'lganda uzatilayotgan tebranishlarini kuchsizlantirishdir. Bu esa o'rta quloq suyakchasi muskullarining reflektorli bo'shshishi tufayli amalga oshiriladi.

Tashqi va o'rtqa quloq tovush o'tkazuvchi sistema, ichki quloq esa tovush qabul qiluvchi sistema xisoblanadi.

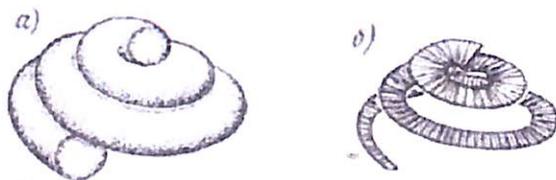
Ichki quloqning asosiy qismi spiral shakldagi burilgan chig'anoq (4.7-rasm) bo'lib mexanik tebranishlarini elektr signallariga aylantirib beradi. Ichki quloqda chig'anoqdan tashqari, eshituv funksiyasiga taalluqli bo'lmagan vestibulyar apparat kiradi. Odam qulog'i chig'anoq suyak moddasidan iborat bo'lib, uzunligi 35 mm konus shaklidagi spiraldan iborat. Asosining diametri 9 mm, balandligi taxminan 5 mm. Chig'anoq bo'ylab 3 ta kanal o'tadi. (4.6-rasm)

1. vestibulyar zina
2. nog'ora zinasi



4.6-rasm. Chig'anoq tuzilishi.

3.(1) va (2)-kanallar orasidan o'tuvchi chig'anoq kanali. 1 - va 2-kanallar yagona sistemani tashkil qilib perelimfa suyuqligi bilan to'ldirilgan 3- kanal endolimfa suyuqligi bilan to'ldirilgan. Chig'anoq kanali bilan nog'ora zinasi orasidan chig'anoq bo'ylab asosiy membrana o'tadi. Ta'sirni qabul qiluvchi xujayralar eshitish retseptorlari bo'lgan, Kortiev organi mavjud bo'lib, mexanik tebranishlari elektr signallariga aylantirib beruvchi organning o'zidir, chig'anoqdan eshishitish nervi ham o'tadi.



4.7-rasm. Ichki quloqning asosiy qismi.

Asosiy membrana uzunligi 32 mm bo'lib, avval teshikchadan chig'anoq tepasiga yo'nalish bo'ylab kengayadi va torayib boradi (0,1 dan 0,5 mm gacha).

Asosiy membrana fizika uchun juda qiziqarli struktura bo'lib, chastota tanlash xossasiga egadir. Asosiy membranaga akustik ta'sir ko'rsatilsa, to'liq tarqala boshlaydi. Bu to'liqlar chastotasiga qarab turlicha so'nadi.

Shunday qilib, ichki quloqda aniq bir funksional zanjir mavjudligi kuzatiladi, oval teshik membranasini tebranishi - perilimfaning tebranishi - asosiy membrananing tebranishi - kortiev organi retseptorlari elektr signalini generatsiya qilish va boshqalar.

Tovush eshitmaslikning (karlikning) ayrim shakllariga chig'anoq retseptor apparatining jaroxatlanishi sabab bo'ladi. Bunday hollarda chig'anoq mexanik tebranishlar ta'sirida elektr signallarini generatsiyalamaydi. Bunday karlarga yordam berish mumkin. Buning uchun chig'anoqqa elektrodlar kiritiladi va ularga elektr signallari beriladiki bu signallar mexanik ta'sirlar tufayli hosil bo'ladigan stimulgam os bo'lsin. 2.8-rasmda Koxlear inplanteti ko'rsatilgan



4.8-rasm. Koxlear inplanteti

4.4. Ultratovush

Chastotasi 20 kHz dan oshadigan, har xil muhitlarda bo'ylama to'liqlar tarzida tarqaladigan elastik tebranishlar *ultratovush* deb ataladi. Ultratovush tebranishlari chastotalarining yuqori chegarasi cheklangan emas. Hozirgi vaqtda chastotasi 200 M Hz gacha bo'lgan ultratovush tebranishlari hosil qilingan.

Tovush tebranishlari bilan ultratovush tebranishlarining tarqalish tezliklari taxminan bir xil. Ultratovush to'liqini, tovush to'liqini kabi, modda zarrachalarining navbatlashib keluvchi, quyuvlashgan va siyraklashgan maydonlaridan iborat bo'ladi. Ultratovush to'liqlarining uzunligi tovush to'liqlarining uzunligidan ancha qisqa. Shu munosabat bilan ultratovush to'liqlarining ba'zi xossalari tovush to'liqlarining xossalariidan farq qiladi.

Ultratovush hosil qilish uchun ko'pincha peyzoelektrik effektidan foydalaniladi. Bunda tegishli modda (kvars, bariy va boshqa moddalar) dan qilingan plastinka mexanik tebranma harakatga keltiriladi, bu plastinka o'z yoqlariga ulangan o'zgaruvchan elektr kuchlanishi ta'siri ostida o'z qalinligini davriy ravishda o'zgartirib turadi. Bu tebranishlar shu plastinka bilan uringan muhitni plastinka yoqlariga berilgan kuchlanishning chastotasiga mos chastota bilan elastik tebranma harakatga keltiradi. Tebranishlar atrof-muhitga bo'ylama to'lqin shaklida tarqaladi. Effektni kuchaytirish uchun plastinka o'lchamlari shunday qilib olinadiki, bunda plastinkaning xususiy tebranishlari chastotasi qo'zg'aladigan tebranishlarning chastotasiga to'g'ri keladi, ya'ni rezonans hodisasidan foydalaniladi.

To'lqin uzunligining kichik va plastinka shaklining yassi bo'lishi ul'tratovush to'lqinlarining to'g'ri chiziqli, shakl jihatidan nurlantirgichga o'xshash yo'nalgan oqimlar bilan tarqalishiga olib keladi. Kvars nurlantirgichdan havoda tarqaluvchi ultratovush to'lqinlari oqimining *fotografiyasi* tasvirlangan (bu fotografiya havoning ul'tratovush to'lqinida *siqilish* va siyraklanish maydonlarining har xil optik xossalaridan foydalanishga asoslangan maxsus usul yordamida olingan).

Yuqori chastotali ultratovush to'lqinlarining alohida xossasi shuki, bu to'lqinlarni havo muhiti intensiv ravishda yutadi, shuningdek ular havo muhiti bilan bo'lgan chegaradan qaytadi. Shu munosabat bilan chastotasi ancha katta (bir necha yuz kilogers) ultratovushdan foydalanishda u obyektga yaxshi kontaktda bo'lishni ta'minlaydigan biror oraliq muhit, odatda, suyuq muhit (suv, moy va shu kabilar) orqali ta'sir ettiriladi.

Ultratovush to'lqinlarning moddaga ta'siri shu modda zarrachalarining navbatma-navbat quyuqlashuvi va siyraklashuvi natijasida *moddada hosil bo'ladigan deformatsiyalarga asoslangan*, modda zarrachalarining quyuqlashuvi va siyraklashuvi esa to'lqin ta'siridan kelib chiqadi. Ultratovush to'lqinlarining quvvatiga qarab bu deformatsiyalar moddaning tarkibini biroz o'zgartirishi yoki moddaning butunlay yemirilishiga sabab bo'lishi mumkin. Ultratovush to'lqinining quvvati ancha katta bo'lsa, modda zarrachalarining siyraklanish joylarida modda yorilib, mikroskopik bo'shliqlar hosil bo'ladi. Agar bu jarayon suyuqlikda sodir bo'lsa, bo'shliqlar shu suyuqlik bug'i bilan yoki bu suyuqlikda erigan gazlar bilan to'ladi. Shundan keyin bo'shliqlar o'rnida modda zarrachalarining siqilgan joylari hosil bo'ladi, siqilish bosimi esa bir necha o'n ming atmosferaga yetadi.

Ultratovushdan foydalanish uning moddani maydalash va yemirish xossasiga asoslangan. Masalan, ultratovush yordamida dispersligi yuqori dori emul'siyalari (masalan, kamfora moyi emul'siyasi) tayyorlanadi. O'simlik va hayvonot hujayralari qobiqlarini yemirish yo'li bilan ulardan biologik aktiv har xil moddalar (fermentlar, toksinlar, vitaminlar va shu kabilar) ajratib olinadi.

Xirurgiyada xavfli o'smalarni yemirish, tishlarni davolashda ularda teshiklar hosil qilish (ultratovush bor mashinasi) va boshqalarda ultratovushlardan foydalanishga urunib ko'rinmoqda.

Quvvati kichikroq ultratovushdan davolash maqsadlarida ham foydalaniladi. Bu holda ultratovushning organizm to'qimalariga birlamchi ta'siri shundan iborat bo'ladiki, ultratovush modda zarrachalarni mexanik tebranma harakatga keltiradi, bu tebranma harakatlar esa to'qimalarda qulay strukturaviy qayta tuzilishlarga sabab bo'lishi mumkin.

Ikkinchi bobni mustahkamlash uchun nazorat savollari

1. Tovushning fizik xarakteristikalarini yoriting.
2. Tovushning fiziologik xarakteristikalarini yoriting.
3. Tovush deb nimaga aytiladi?
4. Tovush o'lchovlariga nimalar kiradi?
5. Veber-Fexner qonuni qaysi fizik parametrlar orasidagi bog'liqlikni ifodalaydi?
6. Infratovush to'lqinlari chastotasi necha Hz ga teng?
7. Tovush to'lqinlari chastotasi necha Hz ga teng?
8. Ultratovush to'lqinlari chastotalari necha Hz ga teng?
9. Garmonik tebranma harakat deb nimaga aytiladi?
10. Siljish, davr. chastota, siklik chastotaga ta'rif bering.
11. To'lqin uzunligiga ta'rif bering.
12. Ko'ndalang va bo'ylama to'lqinlar deb nimaga aytiladi?
13. Akustik rezonans nima?
14. Tovushning kuchi deganda nimani tushunasiz?
15. Tovushning balandligi deganda nimani tushunasiz?
16. Tovushning tembri deganda nimani tushunasiz?
17. Tovushning berilgan temperaturadagi va 0°S dagi tezligi nimaga teng?
18. Klinikada ishlatiladigan tovush metodlarining asosini tushuntiring.
19. Tibbiyotda tovush usulida tashxis qo'yish mumkinmi? Asoslab

bering.

20. Tibbiyotda tovush usulida davolash mumkinmi? Asoslab bering.
21. Shovqin deb nimaga aytiladi ?
22. Tovush intensivligi o'lchov birliklarini yozing.
23. Ultratovush to'lqinlarining tibbiyotdagi ahamiyatini tushuntiring.
24. Ultratovush hosil qilish uchun qaysi effektdan foydalaniladi ?

5-BOB. BIOELEKTRODINAMIKA

Mazkur bobda elektr toki va tok maydonining ba'zi xarakteristikalari, elektrolitlardagi va gazlardagi tok va termoelektrik hodisalari ko'rib chiqiladi. Tok va elektromagnit maydonlar ta'sirida to'qimalarda kechadigan fizik jarayonlar ochib berilgan.

5.1. Tok zichligi va kuchi

O'tkazgich bo'yicha musbat elektr zaryadlarining yo'nalishi harakatining trayektoriyasini tok chiziqlari deb ataymiz, bu chiziqlarning urinmalari esa zaryadning tartiblangan harakat tezligining yo'nalishini ko'rsatadi. Odatda tok chiziqlari zaryad tezligiga emas, balki tok zichligiga bog'liq.

Tok zichligi elektr tokining vektor xarakteristikasi bo'lib, son jihatdan tok hosil qiluvchi, zaryadlangan zarrachalar harakatining yo'nalishiga perpendikulyar bo'lgan, birlik yuzadan o'tuvchi tok kuchining shu elementar yuzaga nisbatiga teng: $j = dI/dS$

Zarrachalar oqimining zichligi, konsentratsiyasi va yo'naltirilgan harakat tezligi orasidagi bog'lanish: $J = nv$

Agar bu formulani tok tashuvchi zaryadga ko'paytirsak, u holda tok zichligini olamiz: $j = qJ - qnv$

Buni vektor ko'rinishda yozsak: $j = qnv$

j - vektor tok chiziqlariga urinma bo'ylab yo'naladi. Tok kuchi uchun quyidagi ifodani yozamiz:

$$I = dq/dt$$

Biror kesim yoki sirt orqali zaryadning vaqt bo'yicha olingan hosilasi bu tokdir.

5.2. Biologik to'qimalar va suyuqliklarning o'zgarmas tokda elektr o'tkazuvchanligi

Biologik to'qimalar va organlar har xil elektr qarshiliklaridan iborat bo'lib, turli tuzilishga ega. Ularning qarshiliklari elektr toki ta'sirida o'zgarishi mumkin. Bu hol tirik biologik sistemalar qarshiliklarini o'lchash ishini qiyinlashtiradi.

Bevosita tana ustiga qo'yilgan elektrodlar orasida turgan organizmning ayrim uchastkalarining elektr o'tkazuvchanligi teri va teri

osti qatlamlarining qarshiligiga bog'liq. Organizm ichida tok asosan qon va limfatik tomirlar, muskullar, nerv ustunlarining qobiqlari bo'yicha tarqaladi, terming qarshiligi o'z navbatida, uning holati, qalinligi, yoshi, namligi va hokazoga ko'ra aniqlanadi.

To'qima va organlarning elektr o'tkazuvchanligi ularning funksional holatiga bog'liq, demak, undan diagnostik ko'rsatkich sifatida foydalanish mumkin. M asalan, yallig'lanish vaqtida hujayralar shishganda, hujayralararo birlashmalarining kesimlari kamayadi va elektr qarshiligi kattalashadi. K o'p terlashga sabab boladigan fiziologik hodisalar teri elektr o'tkazuvchanligining ortishi bilan birga kuzatiladi va h.k. Organizmdagi turli to'qimalar va suyuqliklarning solishtirma qarshiliklari quyidagi jadvalda keltirilgan.

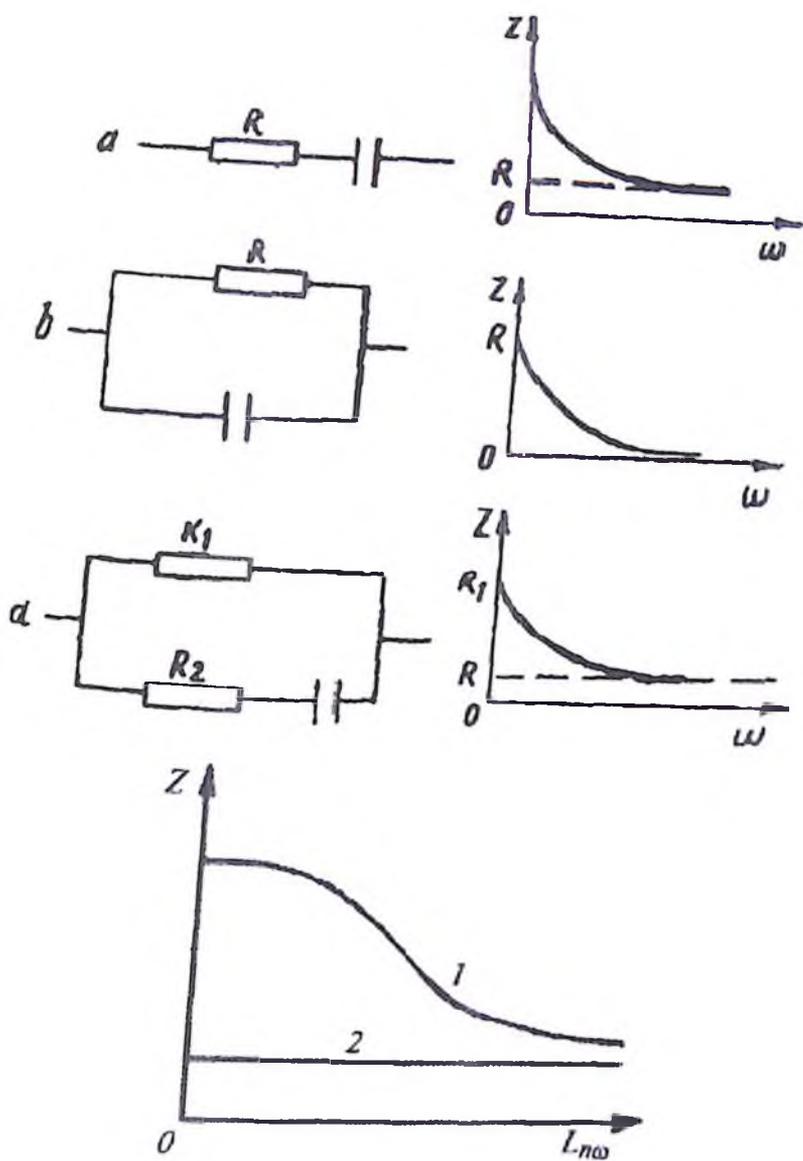
ρ, Om^*m		$\rho, \text{O m}^*m$	
Orqa miya suyuqligi -	0,55	Y og' to'qimasi -	33,3
Qon -	1,66	Quruq teri -	10^5
Muskullar -	2	Suyak-pardasiz suyak -	10^7
Miya va nerv to'qimasi -	14,3		

5.3. Reografiyaning fizik asoslari

Organizm to'qimalari o'zgarimas tokdan tashqari o'zgaruvchan tokni ham o'tkazadi. Organizmda induktiv g'altakka o'xshagan sistemalar yo'q, shuning uchun induktivligi nolga yaqin. Biologik membranalar va demak, butun organizm sig'im xossalarga ega, shu tufayli organizm to'qimalarining impedansi faqat Om va sig'im qarshiliklari bilan belgilanadi. Biologik sistemalarda sig'im elementlarning mavjudligi tok kuchining qo'yilgan kuchlanishdan faza bo'yicha oldinda bo'lishi bilan tasdiqlanadi.

Ekvivalent elektr sxemalardan foydalanib, to'qimalarning Om va sig'im xossalari modelini yasash mumkin. Ulardan ba'zi birlarini ko'rib bog'lanishini $L = 0$ bo'lganda:

$$Z = \sqrt{R^2 + 1/(C\omega)^2}$$



5.1-Rasm. Impedansning chastotali boglanishi

$$R = R_1 R_2 / (R_1 + R_2)$$

Impedansning chastotali boglanishi organizm to'qimalarining hayot qobiliyatini baholashga imkon beradi, buni organ va to'qimalarni kesib boshqa joyga ulashda (transplantatsiya qilishda) bilish muhimdir. 5.1-

rasmda grafikda ko'rsatilgan. Bunda 1 - egri chiziq sog', normal to'qima uchun, 2- egri chiziq o'lik, suvda qaynatib o'ldirilgan to'qima uchun. O'lik to'qimada membranalar buzilgan bo'lib, tirik kondensator va to'qima faqat Om qarshilikka ega bo'ladi. Impedansning chastotaviy bog'lanishidagi farq sog' va kasal to'qimalarda ham hosil bo'ladi.

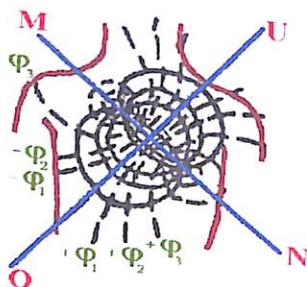
Tok va kuchlanish orasidagi fazalar siljish burchagi to'qimaning sig'im xossalari haqida ham ma'lumot berishi mumkin. Organizm to'qimalarining impedansi ularning fiziologik holatiga ko'ra ham aniqlanadi. Jumladan, tomir qonga to'lganda impedans yurak-tomir faoliyatiga ko'ra o'zgaradi. Yurak faoliyati jarayonida to'qimalar impedansi o'zgarishini qayd qilishga asoslangan diagnostika uslubi reografiya (impedanspletizmografiya) deyiladi.

Bu usul yordamida bosh miya (reensefalogramma), yurak (reokardiogramma), magistral tomirlar, o'pka, jigar va qo'l-oyoqlarning reogrammalari olinadi. O'lchash odatda 30 k Hz chastotalarda ko'prikk sxemasi bo'yicha olib boriladi.

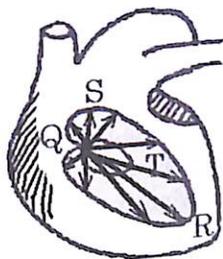
5.4. Elektrokardiografning ishini o'rganish

Yurakning bir sikli davomida yurakda tarqaladigan elektrik aktivlikni qayd qilish metodi elektrokardiografiya deyiladi va u yurak kasalligiga diagnoz qo'yishda asosiy metodlardan biri bo'lib hisoblanadi. Bu metod asosida Eyntxoven nazariyasi yotadi.

Eyntxoven nazariyasiga asosan ishlayotgan yurakni bir jinsli o'tkazuvchan muxitda joylashgan ekvivalent elektririk dipol kabi tassavur etish mumkin. Dipol atrofida elektr maydoni hosil bo'ladi. Uning kuch chiziqlari musbat qutbdan (boshlanish) chiqib, manfiy qutbga (oqish) kiradi. Kuch chiziqlariga perpendikulyar ravishda ekvipotensial chiziqlar o'tadi, ya'ni bu chiziqlarning har qanday nuqtasida elektrik potensialning kattaligi bir xil bo'ladi. (5.2- rasmdagi punktir chiziqlar, 00-potensialni bo'lgan chiziqdir). Dipolning qutblaridan o'tuvchi MN tug'ri chiziq dipol o'qi deyiladi.



Eyntxoven ekvivalent yurak dipolini hajmiy o'tkazgichdagi tok manbai deb qaradi va ekvivalent dipolbni ko'krak qafasining o'rtasiga joylashgan cheksiz kichik radiusli sfera shakliga ega deb faraz qildi. Bu farazlar yurakni kichik ulchamli ekvivalent dipol deb qarashga imkon berdi. Agar teng tamonli uchburchakning uchlaridagi potentsiallar ayirmasi qayd qilinsa, murakkab bo'lmagan hisoblashlar yordamida, EKGni shakllantiruvchi elektr yurituvchi kuchning kattaligi va yo'nalishini (ya'ni vektorlarni) aniqlash mumkin. Eyntxoven uchburchaklarning uchlari sifatida o'ng qul (O'Q), chap oyoq (ChO) va chap qo'l (ChQ) ni oldi. Yurakni ishlash prosessida elektr yurituvchi kuchning kattaligi va yo'nalishi o'zgaradi va bunga mos ravishda yurak integral vektorining YuIV (dipol` elektr momenti vektorining shartli atalishi) qiymati ham o'zgaradi. YuIV boshlanishining quyilish nuqtasi doimiydir - bu yurak bo'lmalari aro to'siqning nerv tugunidir. Vektorning oxiri yurak ishining bir tsikli davomida tananing frontal tekisligida joylashgan murakkab fazoviy egri chiziq chizadi, bu egri chiziq 3 ta halkadan: yurak oldi R dan, kompleksli QRS (qo'zg'alishning tarqalishi yoki qorinchalarning depolyarizatsiya fazasi) dan va T (qo'zg'alishning so'nishi yoki repolyarizatsiyasi) dan iborat (5.3 rasm)



5.3-rasm

Eyntxoven uchburchagining tomonlariga tushirilgan YUIV ning proektsiyasi berilgan vaqt momentida uchta standart tarmoqlardagi EYUK ning skalyar miqdorini beradi. Yurakning bir tsikli davomida qayd qilingdigan bunday skalyar miqdorlar (kattaliklar) EKG ni shakllantiradi. Ular har bir vaqt momentida quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

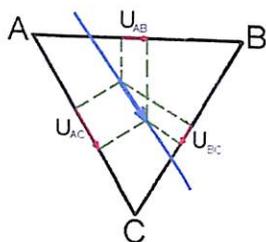
$$U_I = U_{II} + U_{III}$$

Bu munosabat Eyntxoven qoidasi deb yuritiladi, bu erda U_I , U_{II} , U_{III} signallarning algebraik miqdori (kattaligi). Tananing frontal tekisligidagi YuIV o'rtasidagi proektsiyasining yo'nalishi yurakning elektrik o'qi deyiladi.

Ikkita elektrod joylashgan qarama-qarshi qutbli nuqtalarni biriktiruvchi to'g'ri chiziq berilgan tarmoqning o'qi deyiladi.

Klinikada EKGni qayd qilish uchun 12 ta tarmoqdan tashkil topgan sistema qabul qilingan: (I,II,III) oyoq-qo'llardan 3 ta standart tarmoqlanish, (dVR, dVL, dVF) oyoq-qo'llardan 3 ta kuchaytirilgan bir qutbli tarmoqlanish va 6 ta bir qutbli kukrakdan ($V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, V_6$) tarmoqlanishlardir.

Standart tarmoqlanishdagi EKGning qayd qilish uchun elektrodlar Eyntxoven uchburchagidagi elektrik ekivalent nuqtalar A,B,C ga o'rnatiladi (5.4-rasm): o'ng va chap bilakka va chap boldirga. Elektrodlar qo'yilgan har ikki nuqta birgalikda tarmoqni hosil qiladi: I tarmoq ChK-O'Q, II tarmoq ChO-O'Q va III tarmoq ChO-ChQ.

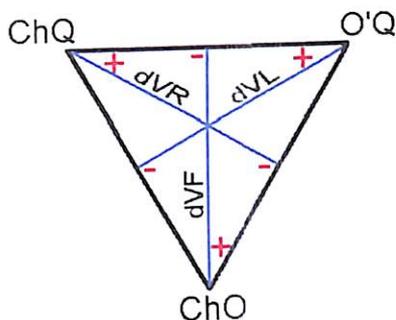


5.4-rasm

EKGni I tarmoqda yozish uchun o'ng qo'ldagi elektrod elektrokardiografning manfiysiga ulanadi. (manfiy elektrod), chap quldagi elektrod asbobning musbatiga ulanadi (musbat elektrod), tarmoqning o'qi garizontal joylashgan bo'ladi. Manfiy elektrod o'ng qulga, musbat elektrod chap oyoqqa joylashtirilganda, tarmoqning o'qi yuqoridan pastga va o'ngdan chapga yo'nalganda II chi tarmoq EKGni qayd qiladi. EKGni III chi tarmoqda yozish uchun manfiy elektrod chap qo'lga, musbat elektrod chap oyoqqa joylashtiriladi, tarmoqning o'qi yuqoridan pastga va chapdan o'ngga yo'naladi.

Kuchaytirilgan bir qutbli tarmoqlar yordamida oyoq-qullardan EKG quyidagicha qayd qilinadi. (5.5-rasm): dVR tarmoq chap qo'l (ChQ) va chap oyoqqa (ChO) biriktirilgan elektrod - manfiy, o'ng qo'l (O'Q) ga qo'yilgan elektrod masofasining o'rtasidan yurak (uchburchak) markazi orqali o'ng qo'lga qarab yo'nalgan. Tarmoqlanish dVL: O'Q va ChO qa birlashtirilgan elektrod manfiy, chap qo'ldagi elektrod musbat, o'q pastdan yukoriga qarab va chapga yo'nalgan. dVF tarmoq: ikkala qo'lga

birlashtirilgan elektrod - manfiy, chap oyokdagi elektrod - musbat, o'q pastga vertikalb yo'nalgan.

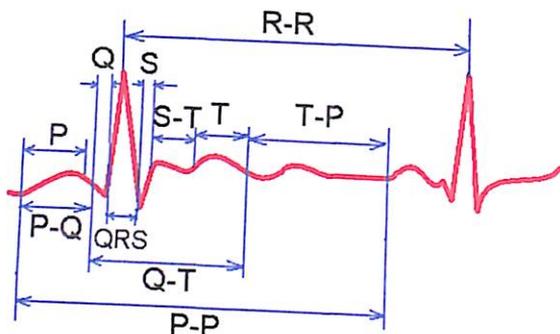


5.5-rasm

Ko'krakdagi tarmoqlar orqali EKG qayd qilinganda manfiy qutb (elektrokardiografning manfiy elektrodu) o'ng quldagi, chap quldagi va chap oyoqdagi elektrodlarni birlashtiradi. Musbat qutblar ko'krakdagi elektrodlar holatiga mos keladi. O'qlar-yurak markazi va ko'krakdagi elektrodlar orasidan o'tadi. Ko'krakka elektrodlar quyidagicha joylashtiriladi: bular ko'krak suyagining o'ng tomonida to'rtinchi qovurga orasidan - V_1 tarmoqlanish, ko'krak suyagining chap tomonidan xuddi shunday satxdan - V_2 tarmoqlanish, chap ko'krak suyagi oldi chizigidagi to'rtinchi qovurga satxdan - V_3 tarmoqlanish, chap o'рта o'mrov chizig'idagi beshinchi qovurga orasidan - V_4 tarmoqlanish, chapdan oldi tomondan qo'ltiq ostidagi chiziq va V_4 bilan bir xil satxdan - V_5 tarmoqlanish va o'sha satxda chap tomonda o'ng qo'ltiq osti o'rti chizig'idan - V_6 tarmoqlanishlardir.

EKGning 12 ta qabul qilingan tarmogi ko'p hollarda normada va patologiyada yurakning EYuK haqidagi asosiy va etarli ma'lumotlarni (informasiyani) beradi. Standart tarmoqlardagi va kuchaytirilgan bir qutbli tarmoqlardagi EKGni analiz qilish, frontal tekislikdagi EYuK vektorining yo'nalishini xarakterlashga va ko'krak tarmoqlardagisi esa EYuK vektorining gorizantal tekisligidagi og'ishini xarakterlashga imkon beradi.

5.6- rasmda yurakning bir ish tsikli davomida standart tarmoqlanish I dagi normal EKG tasvirlangan. EKGda quyidagilar aniqlanadi: diastola paytida yozib oluvchi gorizantal kesma (T-R-diastolik interval), arratishlar - gorizantal chiziqdan egri chiziqning yuqoriga og'ishi (musbat tishlar) yoki pastga og'ishi (manfiy tishlar).



5.6-rasm

Yurak oldi tishi R va qorinchalar kompleksiga tegishli tishlar T va U, bu tishlarning cho'qqisi yarim aylana shaklida bo'lib-to'qinlar deyiladi. Bir xil tishlar orasidagi vaqt oralig'lar sikllararo interval deyiladi. Bitta sikldagi har xil tishlar orasidagi vaqt oralig'i - sikl ichidagi interval deyiladi.

Tishlarning shakli, balanddagi va intervallarning davomiyligi EKG ning asosiy xarakteristikasi bo'lib hisoblanadi. Tishning kengligi R bilan o'lchanadigan yurak bo'lmasi qo'zg'alishining normal davomiyligi 0,08-0,10 s ga teng. Yurak bo'lmasi qorinchaning o'tkazish vaqti ya'ni R-Q interval normada 0,12-0,20 s. Korinchalar bo'ylab qo'zgalishning tarqalish vaqti, kompleks QRS ning eniga qarab aniqlanadi va u 0,06-0,10 s ni tashkil qiladi. Qorinchalar elektrik sistolasining davomiyligi ya'ni intervali QRST (Q-T) chastotaning ritmiga (ketma-ketligiga) bog'liq bo'lib, Bazetta formulasi bilan hisoblab topiladi.

$$Q-T + K\sqrt{C}$$

bu erda K - koeffitsent bo'lib, erkaklar uchun 0,37 ga, ayollar uchun va bolalar uchun 0,39 ga teng, S-yurak tsiklining (R-R) davomiyligi bo'lib sekundlarda ifodalanadi.

Yurak elektr o'qining holati burchak - α ning miqdoriga qarab aniqlanadi, va α burchak-yurak dipol' momenti vektori bilan tarmoqlanish chiziqlari orasida hosil bo'ladi (3 rasm). EKG tishlarining balanligini bilgan holda α ni topish mumkin. AB chiziq tarmoq I ga, AC chiziq tarmoq II ga, BC chiziq tarmoq III ga mos keladi. (3 rasm). Bunday paytda:

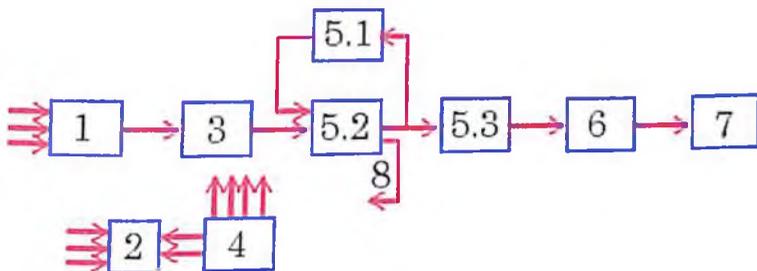
$U_{AB} = U_I$, $U_{AC} = U_{II}$, $U_{BC} = U_{III}$ va $\alpha_{AB} = \alpha$. U holda burchak α ni quyidagi formulada topish mumkin bo'ladi:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{U_{II} + U_{III}}{U_{II} - U_{III}} \quad (1)$$

yurakda qoʻzgalishning tarqalishi bilan bir vaqtda sodir boʻladigan elektrik protsesslar tufayli vujudga keladigan elektrik potentsiallarni kuchaytirishda va qayd qilishda ishlatiladigan asbob elektrokardiograf deyiladi. Bir-, ikki-, turt-, olti kanalli elektrokardiograflar mavjud.

Qurilmaning tuzilishi

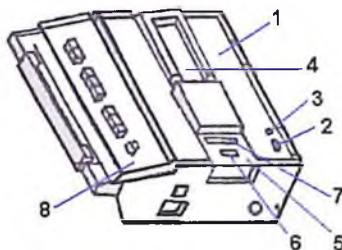
Pero bilan yoziladigan, bir kanalli elektrokardiograf EKIK-O1 ning tuzilishi va ishlashi prinsipini koʻrib chiqamiz. Elektrokardiograf strukturaviy sxemasi 5.7- rasmda keltirilgan.



5.7-rasm

Biosignallar tarmoq 1 ning kabeli orqali biopotentsiallar kuchaytirgichi 3 ning kirish qismiga uzatiladi. Biosignalni ossiloskopning ekranida kuzatish uchun, uning dastlabki kuchaytirilishi va qoʻshimcha chiqish 8 ga uzatilishi kuchaytirgichdan avvalgi 5.2 bilan amalga oshiriladi. Dastlabki kuchaytirgich 5.2 ning chiqishidagi signal-chegaralaydigan kuchaytirgichning 5.3 kirishiga va avtomatik tinchitadigan sistema 5.1 ga beriladi. Chegaralovchi kuchaytirgich 5.3 signal qulochini shu darajagacha chegaralaydiki, u qayd qilingan tasvirning qulochini 42-43 mm dan oshmasligini taʼminlaydi. Quvvat kuchaytirgichi 6 signalni shunday miqdorgacha kuchaytiradiki, bunda galvonometr 7 ning perosi toʻla quloch yoyadi. Elektrokardiografda yozma tashuvchining tortish tezligini fotoelektron datchik bilan stabilizatsiya qilinadigan sistema qoʻllanilgan. Manba biloki 4 elektrokardiografning hamma tarmoqlarini tok bilan taʼminlaydi.

5.8- rasmda elektrokardiograf EKIK - 01 ning umumiy koʻrinishi berilgan. Elektrokardiografning yuqori sirt paneli uchta qismga boʻlinadi:



5.8-rasm

Qo'shimcha paneli 1, kuchlanish 220 V li o'zgaruvchan tok manbaiga ulaydigan knopka 2 va indikator 3 bor;

O'rta qismida qog'oz lentani tortadigan mexanizm 4 va boshqarish paneli 5 bo'lib, unda yozmaning nul' chizig'idan siljitish dastasi 6 bor va galvanometr perosining joylashish indikatorlari 7 bor;

Elektrokardiografda boshqarishning asosiy paneli 8 sirt panelining pastki chet tomoniga joylashtirilgan va unda quyidagilar joylashtirilgan:

- yozma tashuvchining ulanadigan knopkasi « |-----| »
- tezliklarni o'zgartiradigan knopka $50^{25}/—$
- kalibrangan signalni ulaydigan knopka V
- past chastotali filtrimi ulaydigan knopka J t
- qo'l bilan tinchitish uchun knopka □
- sezgirlikni o'zgartiradigan knopka «5-10-20 mm/mv»
- tarmoqlarni o'zgartiradigan knopka.

EKGni olish uchun patsiyentga standart tarmoqlar ChQ, O'Q, ChO buyicha elektrodlar qo'yiladi. Teri bilan elektrodlar orasiga tok o'tkazuvchi muxit sifatida maxsus pastalar yoki isitilgan 5-10% osh tuzi eritmasiga hullangan paxmoq qistirmalar yoki filtrlaydigan qog'ozdan yasalgan qistirmalar qo'llaniladi.

5.5. Magnit maydon. Moddalarning magnit xossalari

Magnit maydoni deb materiyaning shunday ko'rinishiga aytiladiki, u tufayli maydonga joylashtirilgan harakatlanuvchi elektr zaryadlariga va magnit momentiga ega bo'lgan boshqa qismlarga kuch ta'sir etadi. Magnit maydoni elektromagnit maydonning shakllaridan biridir.

Tokli o'tkazgichga ta'sir qiluvchi kuch - Amper kuchi deb ataladi. Amper kuchi tokli o'tkazgich uzunligiga, undan o'tayotgan tok kuchiga va unga ta'sir qiluvchi magnit induksiyasiga bog'liq:

$$F = B \cdot I \cdot \sin \alpha$$

Bitta zaryadli zaryadga ta'sir qiluvchi kuch esa Lorens kuchi deyiladi:

$$F = q \cdot b \cdot v \cdot \sin \alpha$$

Magnit maydoni magnit momentiga ega bo'lgan zarrachalarning oriyentatsiyasiga ta'sir qiladi, natijada modda magnitlanadi.

Moddaning magnitlanish darajasi magnitlanganlik vektori bilan xarakterlanadi. Magnetiklar asosan uchta sinfga bo'linadi: paramagnetiklar, diamagnetiklar va ferromagnetiklar. Ularning har birining o'ziga xos tipdagi magnetizmi mavjud: paramagnetizm, diamagnetizm va ferromagnetizm.

1) **Diamagnetiklarning** ko'pchilik atomlari xususiy magnit momentlariga ega bo'lmay, ularning magnit momentlari tashqi maydon ta'sirida vujudga keltiriladi. Diamagnetiklar uchun magnit singdiruvchanlik $\mu < 1$ bo'ladi. Diamagnetiklarning tipik vakillari sifatida suv, marmar, oltin, mis, simob va inert gazlarni keltirish mumkin.

2) **Paramagnetiklarning** molekullari noldan farqli xususiy magnit momentlariga ega. Magnit maydoni bo'lmaganda bu momentlar betartib joylashgan bo'lib, jismning magnitlanish vektori nolga teng bo'ladi.

Paramagnit tashqi maydonga kiritilganda alohida atomlar va molekullarning magnit momentlari maydon bo'ylab joylashib qoladi. Natijada paramagnetiklarning xususiy maydoni tashqi magnit maydonini kuchaytiradi, ya'ni tashqi magnit maydonining kuchayishi ro'y beradi ($\mu > 1$). Paramagnetiklarga kislorod, alyuminiy, platina va ishqor hosil qiladigan metallar kiradi.

3) **Ferromagnetizm** - paramagnetizmning chegara holi hisoblanadi. Ferromagnetiklar- kuchli magnetiklar hisoblanib ($\mu \gg 1$), o'z-o'zidan magnitlanib qolishi mumkin. Hattoki tashqi magnit maydoni bo'lmaganda ham ular magnitlanish qobiliyatiga ega bo'ladi.

Organizm to'qimalari suvga o'xshab ma'lum darajada diamagnitdir. Biroq organizmda paramagnit moddalar, molekullar va ionlar ham mavjud. Organizmda ferromagnit zarrachalar yo'q.

Organizmda hosil bo'ladigan biotoklar kuchsiz magnit maydonlarining manbaidir. Ba'zan bunday maydonning induksiyasini olchash mumkin.

Masalan, yurakning magnit maydoni induksiyasining vaqtga bogliqligini yurak biotoklarining qayd qilish asosida diagnostika metodi - magnitokardiografiya yaratilgan. Magnit maydoni o'z ichidagi biologik sistemalarga ta'sir qiladi. Bu ta'sirni biofizikaning magnitbiologiya deb ataluvchi bo'limi o'rganadi.

5.6. Past va yuqori chastotali toklarning organizmga ta'sirining biofizikaviy asoslari

Past chastotali tok (150 HZ gacha)-fizioterapiyada ta'sirlovchi omil sifatida ishlatiladi. Bunda issiqlik effekti bo'lmaydi, faqat ta'sirlash effekti mavjud.

Chastota ortishi bilan ta'sirlash effekti kamayib, issiqlik effekti ortadi. Yuqori chastotali yokning ta'sirlash effekti yo'q bo'lib, issiqlik effekti sezilarlidir.

Darsonvalizatsiya-to'qimalar orqali yuqori chastotali (YuCh) tok o'tkazib davolash usuli. $\nu=100-400$ kHz $U=40-50$ kV $I=10-15$ mA

Ta'sir turli shakldagi tayoqcha bilan amalga oshiriladi. Nerv oxirlariga qo'zg'atuvchi ta'sir ko'rsatadi.

Diatermiya- Yuqori chastotali tok bilan davolash usuli.

$\nu=1$ MГц $U=100-150$ kV $I=1.5-2$ A (bir necha A)

Chuqur yotgan to'qimalarni qizdirish uchun ishlatiladi. Teri, yog', suyaklar, muskullarning solishtirma qarshiligi katta, shuning uchun ular ko'p qiziydi.

Diatermotomiya – "elektr pichoq", $j=40$ mA/mm²

Diatermokoogulyatsiya- to'qimalarni kuydirish, payvandlash, $j=6-10$ mA/mm²

Induktotermiya-o'zgaruvchan magnit maydoni bilan davolash usuli. $\nu=13.56$ MHz

Elektrodlar spiral yoki ga'ltak shaklda yasaladi. Yuqori chastotali magnit maydoni to'qimalarga ta'sir qilganda uyurmali toklar-Fuko toklari yuzaga keladi, ular tok o'tkazuvchi to'qimalarni qizishiga olib keladi. Issiqlik moddalar almashinuvini stimullaydi. Muskul, yog' to'qimalari ko'proq isiydi.

Ultrayuqori chastotali terapiya (UyuCh)- o'zgaruvchan elektr maydon bilan davolash usuli: $\nu=40,68$ MHz

UYuCh terapiyada ham tok o'tkazuvchi to'qimalar (elektrolitlar), ham dielektriklar qiziydi. Biroq, dielektriklar elektrolitlarga qaraganda ko'proq qiziydi.

O'ta yuqori chastotali terapiya (O'YuCh)-elektromagnit tebranishlarni ta'sir ettirib davolash usuli: $\nu=300$ MHz

Bunda, suv saqlovchi to'qimalar qiziydi. Siljish toklari yuzaga keladi.

A) mikroto'liqinli terapiya - $\lambda=12,6$ sm

B) detsimetrto'liqinli terapiya - $\lambda=65,2$ sm

Issiqlikning yuzaga kelishi O'YuCh li maydon ta'sirida suv molekulasining qayta oriyentatsiyasi natijasidir.

To'lqin energiyasining ko'p yutilishi muskullar va qonda bo'ladi. Suyak va to'qimalarida kam yutiladi va isish kam bo'ladi.

Beshinchi bobni mustahkamlash uchun nazorat savollari

1. Elektr toki deb nimaga aytiladi?
2. Tok kuchi va uning birliklari?
3. Elektr maydon nima?
4. Magnit maydon nima?
5. Past va yuqori chastotali toklarning organizmga ta'sirining biofizikaviy asoslari ni yoriting.
6. Past chastotali tok bilan davolash usullariga nimalar kiradi?
7. Yuqori chastotali tok bilan davolash usullariga qaysi usullar kiradi?
8. Magnit maydon bilan davolash usullariga qaysilar kiradi?
9. Elektr maydon bilan davolash usullariga qaysi usullar kiradi?
10. O'zgarmas tok uchun Om qonunini yoriting.
11. Reografiya nima?
12. Impedans nima?
13. Elektrokardiografiya bilan fonokardiografiyaning farqlang.
14. Elektrokardiografning printsiptial tuzilishi qanday?
15. Elektrokardiogrammalarni qayd qilish texnikasining asosiy qoidalari qanday?
16. Standart Elektrokardiografik tarmoqlarning qayd qilish metodikasini tushuntiring.
17. Kuchaytirilgan bir qutbli Elektrokardiografik tarmoqlarni qayd qilish metodikasini tushuntiring.
18. Ko'krakdagi Elektrokardiografik tarmoqlarning qayd qilish metodikasini tushuntiring.
19. Eynxoven uchburchagi nima?
20. Elektrokardiografik o'qlarining aloqasi qanday?

6-BOB. OPTIKA

Optika bo'limida yorug'lik hodisa va qonunlari, yorug'likning tabiati hamda uning modda bilan o'zaro ta'siri o'rganiladi.

Yorug'lik energiyasini sezish uchun tabiiyki ko'z alohida ahamiyatga ega. Ushbu bobda optik qonuniyatlar bilan bir qatorda ko'zning optik sistemasi asoslari yoritilgan.

6.1. Yorug'likning tabiati

Yorug'lik ma'lum diapazondagi elektromagnit to'lqinlardan iboratdir. Inson ko'zi butun nurlanish tarkibidan faqat to'lqin uzunligi $3,8 \cdot 10^{-1}$ m dan $7,7 \cdot 10^{-7}$ m gacha bo'lgan nurlarnigina ko'ra oladi. To'lqin uzunligi $3,8 \cdot 10^{-7}$ m dan qisqa bo'lgan nurlar *ultrabinafsha*, to'lqin uzunligi $7,7 \cdot 10^{-7}$ m dan katta bo'lgan nurlar esa *infraqizil* nurlar deb ataladi. Ultrabinafsha va infraqizil nurlar ko'zga ko'rinmaydi.

Jismlardan yorug'lik qaytib ko'zimizga tushgandagina biz ularni ko'ra olamiz. Ba'zi jismlarni atrofimiz yorug' yoki qorong'i bo'lishidan qat'iy nazar ko'raveramiz, chunki ularning o'zlari yorug'lik sochadi. Bunday jismlar *yorug'lik manbalari* deb ataladi.

Yorug'lik manbalari ikki guruhga: tabiiy va sun'iy manbalarga bo'linadi. Quyosh, yulduzlar, atmosferadagi nur sochuvchi gazlar va ba'zi tirik organizmlar (masalan, baliqlar, hasharotlar, yog'ochni chiritadigan ba'zi mikroblar va boshqalar) yorug'likning tabiiy manbalaridir. Biz uchun asosiy tabiiy yorug'lik manbayi Quyoshdir. Quyoshdan chiqayotgan yorug'lik barcha tirik organizmlar- o'simlik, hayvon va insonlarning hayot manbayidir.

Yorug'likning sun'iy manbalari jumlasiga cho'g'langan jismlar, tok o'tganida nurlanuvchi gazlar, lyuminessensiyalanuvchi qattiq jismlar va suyuqliklar kiradi.

Odatda yorug'lik manbalari ma'lum o'lchamli jismlar bo'ladi, lekin ular ko'pincha nuqtaviy yorug'lik manbayi deb qabul qilinadi. Agar yorug'lik manbayining chiziqli o'lchami shu manbadan uning ta'siri o'rganilayotgan joygacha bo'lgan masofaga nisbatan juda kichik bo'lsa, bunday yorug'lik manbayi *nuqtaviy yorug'lik manbayi* deb ataladi.

Yorug'lik vakuumda 300000 km/s tezlik bilan, boshqa muhitlarda esa bundan kichik tezlik bilan tarqaladi.

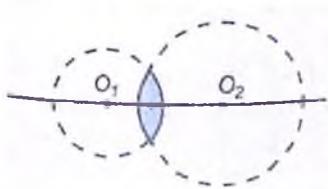
Muayyan to'lqin uzunlikdagi yorug'lik, masalan, qizil, yashil, binafsha va shu kabi rangli yorug'liklar monoxromatik yorug'lik

deyiladi. Yorug'lik turli uzunlikdagi to'liqlardan iborat bo'lsa, bunday yorug'lik murakkab yorug'lik deyiladi. Masalan, Quyoshdan keladigan yorug'lik murakkab yorug'likdir. Binobarin, bunday yorug'likni turli rangli monoxromatik yorug'liklardan tarkib topgan deyish mumkin.

Yorug'lik o'zi bilan birga energiya eltadi. Biror modda orqali yorug'lik o'tganda uning energiyasi ma'lum miqdorda yutiladi, bunda yorug'lik energiyasi moddaning ichki energiyasiga aylanadi.

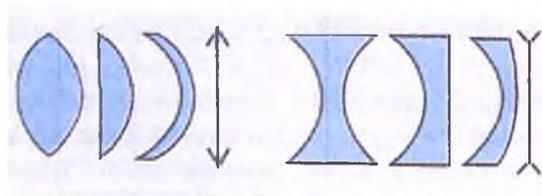
6.2. Linzalar

Linzadan yorug'likning qaytishidan va sinishidan nurlarning yo'nalishini o'zgartirish uchun yoki yorug'lik dastalarini boshqarish uchun foydalaniladi. Masalan: mikroskop, fotoapparat va boshqa shu kabi maxsus optik asboblarning yaratilishida ushbu qoidaga asoslangan. Bu asboblarning asosiy qismini linza tashkil etadi. Masalan, ko'zoynakning oynasi gardishga olingan linzadir. Ko'zoynakdan insonlar kichik narsalarni katta qilib, uzoqni yaqin qilib ko'rishda foydalaniladilar. Inson hayotida linzalarning qo'llanilishi muhim ahamiyatga ega. Demak, linzalar shaffof jismlardan yasaladi. Yorug'likni yaxshi o'tkazadigan moddalardan yasalgan jismlarga shaffof jism deyiladi. Ikki yoki bir tomoni sferik sirt bilan chegaralangan shaffof jismga linza deyiladi. *Umi hoo qanday shaffof materialdan, hatto muzdan ham yasash mumkin.*

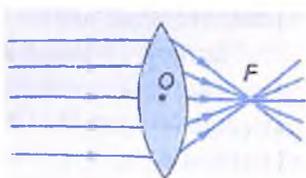
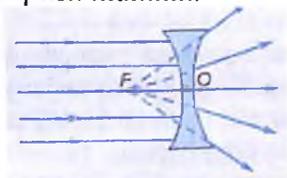


Linzalarda tasvir yasash uchun optik o'qqa parallel nurlar yuboriladi. *Linzaning bosh optik o'qi deb sferik sirtlarning O_1 va O_2 markazlaridan o'tuvchi to'g'ri chiziqqa aytiladi.*

Linzalar qavariq va botiq linzalarga ajratiladi. Qavariq linza yig'uvchi, botiq linza sochuvchidir. Linzaning o'rta qismi chetlariga qaraganda yo'g'on bo'lsa qavariq, ya'ni nurlarni yig'adi, agar o'rta qismi chetlariga qaraganda ingichka bo'lsa botiq, ya'ni nurlarni sochadi. Linzalarning mana shu xususiyatidan amalda keng foydalaniladi. Masalan: Fotoapparatlarda yig'uvchi linzalar fotosuratga olinayotgan buyumni kichiklashtirgan tasvirni beradi. Sochuvchi linza kino apparatdagi kichik kadrdagi tasvirni yuzlab marta kattalashtirib beradi.



Linzadan o'tgan nurlar bir nuqtada yig'iladi. Bu nuqta linzaning fokus masofasi deyiladi. Fokus nuqtani F harfi bilan belgilanadi. Linzaning markazi O nuqtadan F nuqtigacha bo'lgan masofa linzaning fokus masofasi deyiladi. Botiq linzada tasvir hosil bo'lmaydi. Botiq linzada mavhum fokus mavjud. Sochilgan nurlarni go'yoki F nuqtadan chiqib kelayotgandek tasavvur qilish mumkin.

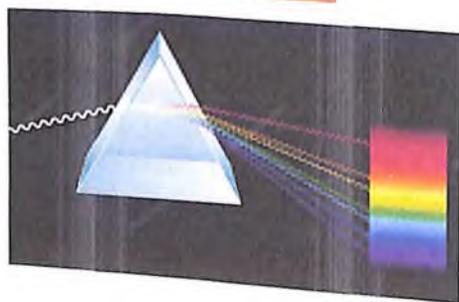


Linzada tasvir hosil bo'lishi.

Buyumdan linzaga qarab ikkita nur birinchisi optik o'qqa parallel, ikkinchisi linzaning markaziga yo'naltiriladi. Nur linza fokusidan o'tsa, ikkinchisi linza markazidan sinmasdan o'tadi va A nuqtada uchrashadi va tasvir hosil bo'ladi. Linzaning optik kuchi, buyum va linza orasidagi masofaga bog'liq ravishda tasvir turlicha bo'ladi.

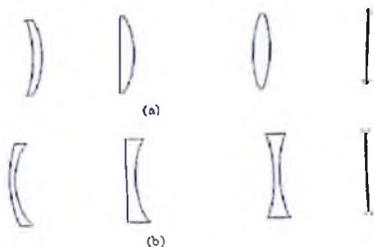
Geometrik optika prinsiplari asosida linzalar, ko'zgulardan to'zilgan optik asboblarda nurning yo'li matematik ravishda hisoblanadi. Misol sifatida yupqa linzada tasvirni yasash va uni fokus masofasini keltiramiz:

$$\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} = \frac{1}{F}$$



Manba har qanday joylashgan va fokus shunga yarasha joylashgan har qanday holda linzaning bu umumiy formulasi qavariq va botiq linzalar uchun yaraydi.

Bosh optik o'qqa parallel bo'lgan nurlarning linzadan o'tgandan keyin kesishish nuqtasi linzaning fokusi deyiladi. Linzadan fokusgacha bo'lgan oraliqdagi masofa linzaning fokus masofasidir. Fokusdan bosh optik o'qqa perpendikulyar ravishda o'tadigan tekislik fokal tekislik deyiladi



Yupqa linzani tekshirganimizda ob'ektgacha va tasvirga bo'lgan masofalarni a_1 va a_2 bilan belgilaylik unda linzaning umumiy formulasi.

$$\frac{1}{a_2} - \frac{1}{a_1} = (n-1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

6.3. Ko'zning optik sistemasi

Odam ko'zi o'ziga xos optik asbob bo'lib, u optikada alohida o'rin tutadi. Bu, birinchidan, ko'p optik asboblarning ko'z sezishiga mo'ljallangani, ikkinchidan, odamning ko'zi evolutsiya jarayonida taqsimlashgan biologik sistema sifatida, bionika doirasida optik sistemalarni loyihalash va yaxshilashga doir ba'zi g'oyalarning vujudga kelishi bilan tushuntiriladi. Ko'z tibbiyot sohasi vakillari uchun faqat funksional buzulish va kasallanish qobiliyatiga ega bo'lgan a'zo hisoblanmay, balki ba'zi ko'zga taalluqli bo'lmagan kasalliklarni to'g'risidagi axborot manbai ham hisoblanadi.

Linzalarga xos aberratsiyalar ko'zda deyarli sezilmaydi. Sferik aberratsiya qorachiq kichik bo'lgani uchun bilinmaydi va faqat oqshomlari qorachiq kengayganda namoyon bo'ladi, bunda tasvirlar ravshan emas. Ko'z axromatik sistema bo'lmasa ham, biroq nurlanishning ko'rinuvchanligi tanlanuvchi va qorachiq o'lehoivi kichik bo'lgani tufayli xromatik aberratsiya sezilmaydi. Qiya dastalar astigmatizmi ro'y bermaydi, chunki ko'z hamisha kuzatiluvchi buyum tomonga qaratiladi.

Optik sistemaning asimmetriyasi tufayli hosil bo'luvchi astigmatizm bundan istisnodir (muguz parda yoki ko'z gavharining nosferik shaklda ekanligi). Bu, xususan, sinov o'tkazish jadvalida ko'zning ikkita o'zaro perpendikular chiziqlarni bir xil aniq ko'rish qobiliyatiga ega emasligida namoyon bo'ladi. Ko'zning bunday kamchiligi maxsus silindrik linzali ko'zoynaklar yordamida kompensatsivalanadi. Ko'zning optik sistemasiga ba'zi o'ziga xos kamchiliklar xosdir. Akkomodatsiya yo'qligida normal ko'zning orqa fokusi to'r pardaga to'g'ri keladi, bunday ko'zga emmetropik ko'z deyiladi va bu shart bajarilmaydigan hollarda ametropik ko'z deyiladi.

Ametropiyaning eng ko'p tarqalgan ko'rinishlari yaqindan ko'rish (miopiya) va uzoqdan ko'rish (gipermetropiya) hisoblanadi. Yaqindan ko'rish- ko'z kamchiligi bo'lib, akkomodatsiya yo'qligida orqa fokusning to'r parda oldida yotishidan iboratdir: uzoqdan ko'rish vaqtida, akkomodatsiya yo'qligida, orqa fokus to'r parda orqasida yotadi. Yaqindan ko'ruvchi ko'zni korrektsiyalash (tuzatish) uchun sochuvchi linza ishlatilsa, uzoqdan ko'ruvchi ko'zni tuzatish uchun yig'uvchi linza ishlatiladi.

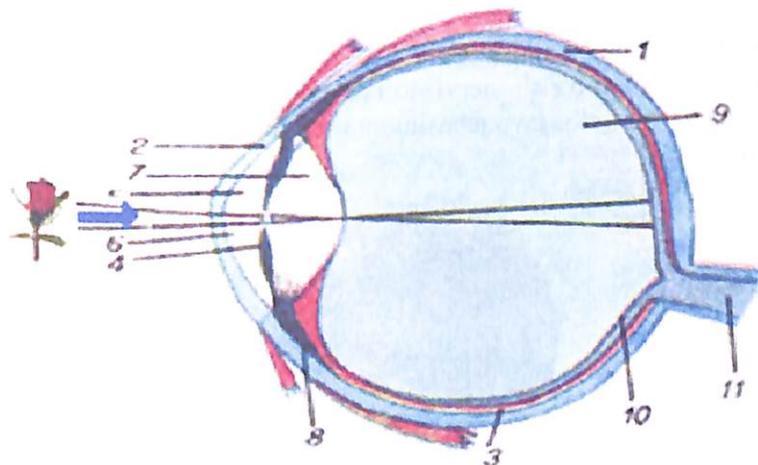
Ko'z nafaqat elektromagnit to'lqinni qabul qiladi, balki ularni farqlay oladi ham. Buyum tasvirini va rangini, qanday masofada joylashganini ham aniqlaydi. Tabiat bunga uzoq evolyusiya tufayli erishdi.

Ba'zi umurtqali hayvonlar ham odamlar kabi ranglarni ajratadi. Masalan, otlar, qo'ylar va cho'chqalar faqat qizil va zangori ranglarni farqlaydi. Tunda ov qiluvchi hayvonlar, masalan, mushuklar, bo'rilar rangni farqlamaydi. Hayvonlar ultrabinafsha va infraqizil nurlarni farqlay olmaydi. Bunga sabab quyoshdan yerga amalda 290 nm dan kichik to'lqinlar yetib kelmaydi. Shu sababli hayvon va odamlarda bu to'lqin uzunligini sezuvchi organlar rivojlanmagan. Lekin, bundan ancha katta to'lqin uzunlikli ultrabinafsha nurlarni ham ko'z sezmaydi. Bunga sabab yuqori energiyali ultrabinafsha nurlar ko'zdagi yorug'likka sezgir pigmentlarni buzishidadir.

Shu sababli gavhar va shishasimon suyuqlik nafaqat ultrabinafsha nurlarni, balki to'lqin uzunligi 400 nm ga yaqin ba'zi nurlarni ham kuchli yutadi. Agar bu nurlar energiyasi katta bo'lsa to'r pardani kuydiradi.

Infraqizil nurlarni oladigan bo'lsak, uni hayvonlar tanasining o'zi ham chiqaradi. 37°C da maksimal nurlanish 9-10 mkm to'lqin uzunlikka mos keladi. 1 sm² hayvon tanasi 50 mW quvvatli energiyani nurlaydi. Bu esa ko'zga Quyoshdan tushadigan energiyadan ancha kattadir.

Ko'z bosh suyagining maxsus chuqurchasida - ko'z kosasida joylashgan. Ko'z ko'z soqqasidan, ko'rish nervi va yordamchi qismlardan (ko'z soqqasini harakatlantiruvchi muskullar va ularning nervlari, qovoq va kipriklar, yosh bezlari, qon tomirlari kabilardan) iborat.



Ko'z soqqasi:

1- ko'z soqqasining oq pardasi; 2- ko'z soqqasining shox pardasi; 3- ko'zning qon tomir pardasi; 4- ko'zning rangli pardasi; 5- ko'zning oldingi bo'shlig'i (suyuqlik bilan to'lgan); 6- ko'z qorachig'i; 7- ko'z gavhari; 8- gavharni o'rab turuvchi kiprik-simon muskul; 9- shishasimon tana; 10- ko'zning to'r pardasi; 11- ko'rish nervi.

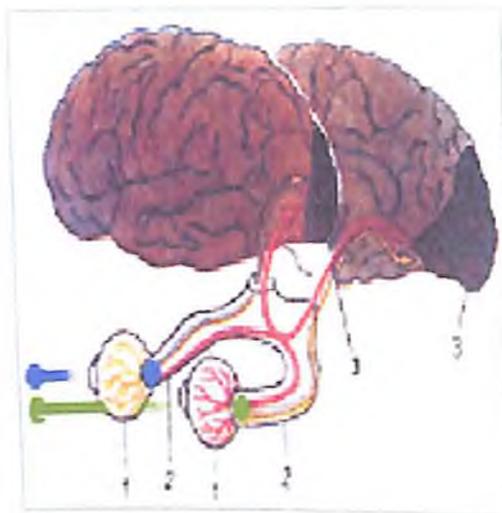
Ko'z soqqasi yumaloq tuzilgan bo'lib, oldingi va orqa qutblarga ega bo'ladi. Ko'z soqqasi ikki qismdan, ya'ni tashqi va ichki qismlardan iborat. Tashqi qism tashqi fibroz, o'rta qon-tomir, ichki to'rsimon pardadan, ichki qism esa, ko'z ichi suyuqligi, ko'z gavhari, shishasimon tanadan iborat.

Ko'z soqqasining tashqi- fibroz pardasi ikki qismga bo'linadi. Uning oldingi qismi shox parda deb atalib, u shishadek tiniq, yorug'lik nurlarini sindirish xususiyatiga ega. Tashqi fibroz pardaning yon va orqa qismi ko'zning oq pardasi (sklera) deb ataladi.

Ko'z soqqasining qon tomir qavati nomiga monand, qon tomirlariga boy bo'lib, ko'z to'qimalarini oziq moddalar va kislorod bilan ta'minlaydi. Bu qavatning oldingi qismi rangli parda deb atalib, uning rangi hammada har xil (qora, ko'k, sarg'imgir va hokazo) bo'ladi.

Bu pardaning o'rtasida yumaloq teshikcha bo'lib, u ko'z qorachig'idir. Teshikcha atrofida ko'z qorachig'ini kengaytiruvchi va toraytiruvchi muskullar bo'ladi.

Ko'z soqqasining ichki - to'rsimon pardasi, ayniqsa muhim ahamiyatga ega, chunki uning orqa qismida yorug'likni, ranglarni nerv hujayralari bo'lib, tayoqcha va kolbacha shaklidir. To'rsimon pardaning orqa qismida ko'rish nervining tolasi kiradigan teshikcha bo'lib, u orqali ko'rish nervi to'rsimon pardaga o'tadi va mayda tolachalarga bo'linib, tayoqchasimon va kolbachasimon retseptorlarga tutashadi.



Ko'rish analizatorining qismlari:

1- ko'z to'r pardasida joylashgan yorug'lik sezuvchi hujayralar (ko'rish analizatorining periferik qismi-retseptorlar); 2- ko'rish nervi (ko'rish analizatorining o'tkazuvchi qismi); 3- bosh miya po'stlog'ining ensa qismida joylashgan ko'rish markazi (ko'rish analizatorining markaziy qismi).

Ko'zning rangli pardasi o'rtasida joylashgan teshikcha bo'lib, uning atrofi aylana va to'g'ri yo'nalgan muskullar bilan o'ralgan. Ular parasimpatik va simpatik nerv tolalari bilan ta'minlangan. Ko'z qorachig'i gavharga va to'r pardaga yorug'likni, faqat markaz qismdagi nurlarni o'tkazadi, atrofdagi nurlarni esa o'tkazmaydi. Qorachiqning ana shu funksiyasi tufayli buyumlarning shakli, rangi, ko'rinishi va boshqa xususiyatlari ko'zning to'r pardasiga aniq o'tkaziladi.

Yorug'lik ko'p bo'lganda ko'z qorachig'i torayadi va to'r pardaga o'tkaziladigan nur oqimi kamayadi, yorug'lik kam bo'lganda esa

qorachiq kengayadi va to'rt pardadagi retseptorlarga o'tkaziladigan nur oqimi ko'payadi. Bundan tashqari, odam hayajonlanganda, qo'rqqanda, og'riq sezganda ko'z qorachig'i kengayadi. Bu simpatik nervning qo'zg'alishi va buyrak usti bezining mag'iz qismidan ajraladigan adrenalin, noradrenalin gormonlari ko'payishi tufayli ro'y beradi.

Tayoqchasimon retseptorlar:

- yorug'lik kam bo'lgan vaqtda qo'zg'alib ko'zni qorong'ulikda ko'rishini ta'minlaydi;

- tarkibida rodopsin moddasi bo'lib, u oqsil va A vitaminidan tashkil topgan;

- to'rt pardada 100 mln dan ko'proq tayoqchasimon hujayralar joylashgan.

Kolbachasimon retseptorlar

- tashqi muhitda yorug'lik yetarli bo'lganda qo'zg'alib, ko'zning «kunduzi» ko'rish xususiyatini ta'minlaydi;

- rang bilish xususiyatiga ega;

- to'rt pardada 5 mln ga yaqin kolbachasimon hujayralar joylashgan.

Ko'zning ko'rish maydoni

Markaziy ko'rish- ko'z soqqasini qimirlatmay ma'lum bir nuqtaga (buyumga) qaralganda uning tasviri ko'zning to'rt parda qavatidagi markaziy chuqurchaga tushishi;

Chetki ko'rish- markaziy chuqurchaning atrofiga tushgan tasvirlar:

Ko'rish maydoni- ko'zni harakatlantirmay turganda atrofdagi buyumlarni, ularning rangini ko'ra olish xususiyati (markaziy va chetki ko'rish yig'indisi).

Ko'zning har xil rangdagi buyumlarni ko'rish maydoni bir xil bo'lmaydi. Oq rangni ko'rish maydoni eng katta, ko'k va sariq ranglarni ko'rish maydoni undan kichikroq, qizil va yashil ranglarni ko'rish maydoni yanada kichik bo'ladi. Ko'zning har xil ranglarni ko'rish maydoni turlicha bo'lishi to'rt qavatning turli qismlarida tayoqchasimon va kolbachasimon retseptorlar har xil joylashishiga joylashishiga bog'liq.

Yaqindan va uzoqdan ko'rish refraksiyasi quyidagi tasvirlarda keltirilgan.

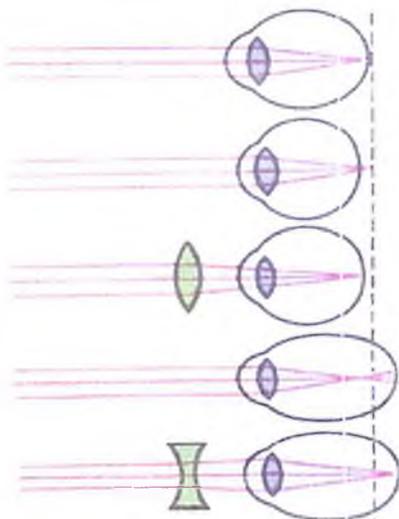
Emmetropiya
(me'yoriy ko'rish)

Gipermetropiya
(uzoqdan ko'rish)

Gipermetropiyani
tuzatish.
(ikki tomonlama
qavariq ko'zoynak)

Miopiya
(yaqindan ko'rish)

Miopiyaning tuzatish.
(botiq ko'zoynak)



Ko'rish a'zosi funksiyasining buzilishi:

Yaqindan ko'rish (Miopia)- odamning ko'z soqqasi cho'ziqroq shaklda bo'ladi. Shuning uchun uzoqdagi buyumlar tasviri ko'zning to'r pardasiga emas, balki undan oldinroqqa tushadi. Natijada uzoqdagi buyumlarning tasviri aniq ko'rinmaydi. Bu holat ko'z gavharining do'ngligi ortib ketishi oqibatida ham yuzaga kelishi mumkin.

Uzoqdan ko'rish (Gipermetropiya)- bunday odamlarda ko'z soqqasi qisqaroq bo'ladi. Bunda yaqindagi buyumlarning tasviri ko'z to'r pardasiga emas, balki uning orqasiga tushadi. Uzoqdan ko'rishning ikkinchi sababi ko'z gavhari do'ngligining kamayishidir.

Daltonizm- ranglarni farqlay olmaslik. Buning sababi ko'zning to'r pardasida joylashgan rang sezuvchi ko'bachasimon retseptorlarda ma'lum rang ta'sirida qo'zg'aladigan nervlar bo'imasligidir.

Ko'rish a'zosi funksiyalarini buzilmasligi uchun ko'rish gigiyena qoidalariga amal qilish lozim. Ko'zning ko'rish qobiliyati normal saqlanishi ko'p jihatdan har bir odamning o'ziga bog'liq. Buning uchun quyidagi gigiyena qoidalariga rioya qilish zarur:

ish, o'qish joyida yorug'lik yetarli (100-150 lyuks) bo'lishi talab etiladi. Yorug'lik chap tomondan tushishini ta'minlashga e'tibor berish kerak;

o'qiganda, yozganda daftar va kitob ko'zdan 35-40 sm uzoqlikda bo'lishi kerak. Shuningdek, chizmachilik, tikish va boshqa mayda nozik ishlarni bajarganda ham shu qoidaga amal qilish kerak;

o'quv-yozuv, chizmachilik, tikish kabi mashg'ulotlar bilan shug'ullanganda har 12-15 minutdan keyin yarim-bir minut davomida uzoqdagi daraxtlarga, buyumlarga qarash lozim. Chunki yaqiniga qarab ish bajargan vaqtda ko'z qorachig'i kengayib, ko'z ichidagi bosim ortadi va ko'z toliqadi. Uzoqqa qaraganda esa ko'z qorachig'i torayib, ko'z ichidagi bosim pasayadi va ko'z dam oladi;

avtobus, tramvay, metro, poezd va boshqa transport vositalarida ketayotganda o'qish yaramaydi, chunki bu vaqtda qo'ldagi kitob yoki jurnal, gazeta bir tekis turmaydi, balki qimirlab turadi. Bu esa ko'z gavhari shaklining uzluksiz o'zgarib turishiga sabab bo'ladi va ko'zni toliqtirib, uning xiralanib qolishiga sabab bo'ladi. Shuningdek, yotib o'qish ham zararli; uzoq vaqt davomida televizor ko'rish ham ko'zni toliqtiradi;

ko'zni quyosh nuridan, yonib turgan olov shu'lasidan, changdan va shunga o'xshash noqulay ta'sirlardan himoya qilish lozim. Shuningdek, ko'zni qo'l barmoqlari bilan ishqalash yaramaydi. Ko'z qichishsa, toza bint yoki ro'molcha bilan avaylab qovoq ustidan silash mumkin;

kundalik ovqat tarkibida A vitamin yetishmasligi tayoqchasimon va kolbachasimon retseptorlar faoliyati buzilishiga va ko'rish o'tkirligi pasayishiga sabab bo'ladi. Shuning uchun tarkibida A vitamini bo'lgan taomlar (jigar, tuxum, sariyog', sabzi, qovoq, baliq ikresi kabilar) ni muntazam iste'mol qilish kerak;

zararli odat bo'lgan chekish, spirtli ichimliklar ichish, giyohvandlik ko'zning turli kasalliklari yuzaga kelishiga sabab bo'ladi;

ko'zni chiniqtirish uchun bolalar yoshlikdan boshlab tennis, basketbol, voleybol, futbol, otish kabi sport turlari bilan shug'ullanib borishlari maqsadga muvofiq bo'ladi.

6.4. Lazerlar va uning tibbiyotda qo'llanilishi

Lazer (ing . laser; Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation- majburiy nurlanish yordamida yorug'likning kuchayishi ma'nosini anglatadigan so'z birikmalarining bosh harflaridan olingan), optik kvant generator- ultrabinafsha, infraqizil va ko'zga ko'rinadigan soha diapozondagi nurlanishlarni hosil qiluvchi qurilma; kvant elektronikadagi asosiy qurilmalardan biri. Birinchi Lazerni 1960 yilda yilida yoqutda amerikalik

olim T. Meyman tomonidan yaratilgan. Ishi atom va molekularning majburiy nurlanishiga asoslangan. Lazer har xil energiya (elektr, yorug'lik, kimyoviy, issiklik va h.k.)ni optik diapozondagi kogerent elektromagnit nur energiyasiga aylantirib beradi. U 3 element- energiya manbai, aktiv muhit (modda), teskari bog'lanishdan iborat (agar Lazer kogerent nurni kuchaytirish uchun xizmat qilsa, teskari boglanish zarur emas). Lazer boshqa yorug'lik manbalardan kogerentligi, monoxromatikligi, juda kichik burchak ostida yo'nalganligi bilan, nur quvvatining katta spektral zichlikka, juda yuqori tebranish chastotasiga egaligi bilan farqlanadi. Aktiv muhitga ko'ra, Lazer quyidagi guruhlarga bo'linadi: 1) qattiq jism va suyuqlikdan tayyorlangan Lazer 2) gazli Lazer 3) yarimo'tkazgichli Lazer. Bulardan tashqari, eksimer, kimyoviy va h.k. Lazer xillari ham bor. Lazerda teskari bog'lanish optik rezonator (ikki ko'zgu) yordamida amalga oshiriladi. Ko'zgulor orasiga aktiv modda joylashtiriladi. Nur to'lqini ko'zgulardan qaytib, yana aktiv moddadan o'tadi, unda majburiy o'tishlarni yuzaga keltiradi. Ko'zgulardan biri qisman shaffof bo'lib, u cheksiz ko'p o'tishlardan keyin kuchaygan nurni tashqariga chiqib ketishiga xizmat qiladi.

Lazerning ishlash tamoyilida atom tuzilishi muhimdir. Moddalarni tashkil qilgan atomlarni energetik holatlari (orbitasi) har xil. Pastki orbitada zarrasi bo'lgan atom turg'un, yuqori orbitada zarrasi bo'lgan atom beqaror bo'ladi. Yuqori orbitada zarra uzoq turmaydi. Ma'lum vaqt o'tgach, zarra pastki orbitaga tushib, atom o'zidan nur chiqaradi. Yuqori energetik holatlar (orbita) dagi o'zo'zidan pastga, ya'ni, energetik turg'unroq holatga tushmasa, uni "turtib" tushirib yuborishi mumkin. Buni fanda majburiy nurlatish deyiladi. Tog' ustidan pastga yumalatilgan bitta tosh bir necha toshni yumalatib tushirganidek, moddaning bitta zarrasi turtib yuborilsa, barcha orbitalardagi zarralar qo'zg'aladi. Atom chiqargan nur bilan yutilgan nur ko'shib, ikkitasi to'rta, to'rttasi sakkizta va h.k. Lazer nuriga aylanadi. Bu nurlarni kvant generator (elektr signal kuchaytirgichiga o'xshab) kuchaytirib, g'oyat to'g'ri yo'nalgan nur (energiya)ga aylantirib beradi. Energiya manbai (o'zgarimas tok, yuqori yoki o'ta yuqori chastotali tok, optik yoki Lazer nuri, elektron nur dastasi) hisobiga aktiv moddada elektronlar yuqori (uyg'otilgan) sathlarga o'tib, inversiya holati bo'ladi) vujudga keladi. Ularga biror energiya manbai bilan ta'sir ettirilsa (masalan, yorug'lik nuri), aktiv modda ishga tushadi. Bunda elektronlarga berilgan energiya bir necha marta ko'payadi va shu onda Lazer nuri shaklini oladi. Bundan tashqari, Lazer nurining qurilmadagi kuchaytirish

koeffitsiyenti K_k unda sodir bo'ladigan energiya yo'qotishlar koeffitsiyenti K_y dan ancha katta ($K_k J.$) bo'lishi kerak. Shu shartlar bajarilganda Lazer nuri generatsiyasi (hosil bo'lishi)ga erishish mumkin.

Lazer 2 xil ish rejimiga ega. Agar unda uzluksiz energiya manbaidan foydalanilsa, uzluksiz ingichka nur hosil qilish mumkin. Agar manba impuliyeli energiya bersa, Lazer nur impulslarini beradi.

Lazerlar uchta asosiy qismdan iborat bo'ladi:

1) Aktiv muxit - metastabil holatga ega bo'lgan modda.
2) Majburiy yig'ish (optik nakachka) sistemasi - aktiv muxitda inversiyali joylashish holatini hosil qiladigan qurilmalar. Inversiyali joylashish holati deb asosiy holatdagi atomlar soniga nisbatan uyg'ongan holatdagi atomlar sonining ko'p bo'lishiga aytiladi.

3) Optik rezonator - lazer nurlanishini shakllantiruvchi qurilma.

Lazer nurlari quyidagi xossalarga ega:

1) Ular yuqori darajada kogerent va dastasi esa ni'oyatda ingichka.

2) O'ta monoxromatik ($DI < 16-16\text{mkm}$).

3) Katta quvvatli: masalan, $W=20\text{ J}$ energiya bilan majburiy yiish (optik nakachka) va $16-3\text{ s}$ nurlantirilsa, nurlanish oqimi $F=2 \cdot 16-4\text{ J/s}$, $R=2.1616\text{ Vt/m}^2$.

4) Tarqalish burchagi (ingichka) juda kichik.

Birinchi gazli lazer 1961 yilda neon va geliy gazi aralashmasi asosida yaratildi. Bizga maolumki gazlar ingichka yutilish chiziqlariga ega bo'lgani uchun gazli lazerlarda majburiy yiish (optik nakachka) elektr razryadi orqali amalga oshiriladi. Geliy - neonli lazerda majburiy yiish ikki bosqichda amalga oshiriladi: geliy energiya tashuvchi vazifasini bajarsa, neon nurlanish hosil qiladi; gaz razryadida hosil bo'lgan elektronlar to'qnashishi natijasida geliy atomini uyg'otadi.

Qattiq jismlardan tayyorlangan Lazerda (masalan, yoqutli Lazerda) 0,05% gacha xrom (Sg^{3+}) ionlari (aktivator) qo'shilgan alyuminiy oksid (Al_2O_3) dan tayyorlangan kizil kristall shisha tayoqcha ishlatiladi. Bunda yoqut silindr shaklida bo'lib, yoqut o'qining ikki uchiga optik rezonator hosil qiluvchi ko'zgular joylashtirilgan. Impulsli lampadan chiqayotgan yorug'lik tebrantirishni vujudga keltiradi. Lampaning yorug'ligi yoqutga tushganda, xrom ionlari lampadan chiqayotgan radiatsiya spektrining yashil va sarik, qismlarini yutib "uyg'ongan" aktivlashgan holatga o'tadi. Natijada nurlanishga tayyor aktiv muhit hosil bo'ladi va yoqutning o'qi bo'ylab ko'zguga tik yo'nalgan jala shaklida ko'payib boruvchi yorug'lik kvantlari paydo bo'ladi. Yoqutli Lazerlarda generatsiyalanayotgan yorug'likning quvvati 20 kVt gacha yetadi. Ularning f.i.k. 0,1% dan 10%

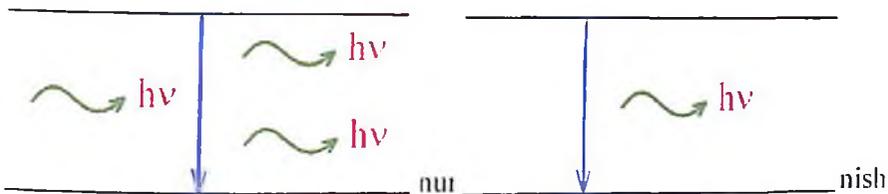
gacha. Lazer nuri generatsiyasi aktivatorning energiya sathlari orasidan o'tishiga bog'liq. Unda hosil bo'lgan infraqizil nurning to'liq uzunligi $l=0,69$ mkm. Qattiq jismlar Lazerlardan neodim Lazerida aktiv modda vazifasini neodim (Nd^{3+}) ionlari qo'shilgan shisha ($CaWO_4$) tayoqchadan foydalaniladi. Bu Lazer $l=1,06$ mkm li infraqizil nur chiqaradi.

Suyuq jismlardan tayyorlangan Lazerda aktiv modda o'rnida "Rodamin-6J", piranin, tripaflavin va boshqa ishlatiladi. Bo'yoqni erituvchi sifatida spirt, atseton, toluol va boshqalardan foydalanib, aktiv modda shisha kyuvetaga joylashtiriladi. Gazli Lazerda [birinchi gazli Lazer (He-Ne) aralashmasida amerikalik olim A. Javan tomonidan yaratilgan] aktiv muhit gaz (yoki gaz aralashmasi)dan bo'ladi. Mac, geliy-neon (Ne—Ie)li aktiv muhit geliy va neon gazlar aralashmasidan iborat. Gaz aralashmasi elektr razryadi bilan aktivlashgan holatga keladi. Bunday Lazerda generatsiya Ne ning sathlar orasidan o'tishida sodir bo'ladi. Bunda 3 ta to'liq uzunlikdagi nur chiqadi: 0,63 mkm (qizil nur), 1,15 mkm va 3,39 mkm (infraqizil nurlar). Gazli Lazerdan (CO_2+N_2) da $X=10,6$ mkm uzunlikdagi nur chiqadi. Ionli va kimyoviy Lazerlar ham gazli Lazer hisoblanadi. Ionli Lazerda aktiv muhit — ionlashgan atomlar, kimyoviy Lazerda esa kimyoviy reaksiyalarda "uyg'ongan" holatga o'tgan atomlar bo'ladi (ion sathlarda ishlovchi argon Lazeri ko'k nur chiqaradi). Yarimo'tkazgichli Lazerlarda aktiv muhit yarimo'tkazgichlardan bo'ladi. Bunday Lazerda muhit optik va elektronlar oqimi yordamida aktiv holatga keltiriladi. Bular Lazer diodlari deyiladi. Yarimo'tkazgichli diod qalinligi 0,1 mm va yuzasi bir necha mm^2 bo'lgan kristall plastinkadan iborat. Bu diodlar orqali to'g'ri tok o'tkazilganda elektronlar yuqori zona yoki sathlarga o'tib, inversiya holati ro'y beradi. Elektronlar quyi zona (yoki sathlar)ga o'tganida elektron-kovaklar rekombinatsiyasi natijasida ajralgan energiya hisobiga Lazer nuri generatsiyasi kuzatiladi. Bunday Lazeridan chiquvchi infraqizil nurning to'liq uzunligi 84 mkm. Yarimo'tkazgichli Lazerlardan aktiv moddasi CdS (ko'k nur), CdTe (qizil, to'q qizil nur — qirmizi), CaSb (qizil; infraqizil nur) bo'lgan Lazerlar mavjud. Yarimo'tkazgichli Lazerlarning tuzilishi sodda, o'lchami kichik va ular uzoq ishlay oladi.

Lazerlar - optik oraliqda ishlaydigan nurlanish kvant generatorlaridir (OKG). Ularning ishlash prinsipini ko'rib chiqamiz.

Ma'lumki, nurlanish modda bilan ta'sirlanish natijasida, modda atomlari fatonni yutib ichiki energiyasi yuqori bo'lgan uyg'ongan holatga o'tishi mumkin. Bu holat barqaror emas. Odatda atomlarning bu holatda yashash vakqi juda qisqa, ya'ni 10^{-3} s. Uyg'ongan holatdagi atomlar qandaydir bir

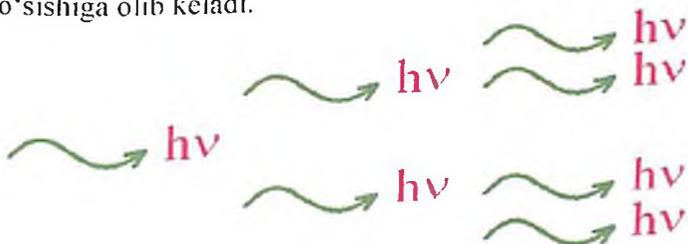
vaqtda o'z-o'zidan (spontan ravishda) fotonlarni nurlatib, energiyasi kichik bo'lgan holatga o'tadi.



tasodifiy xarakterga ega. Shuning uchun bu nurlanish izotropdir (biror bir asosiy yo'nalishga ega emas), kogerent emas (har xil atomlar nurlatgan kvantlar har xil fazaga ega), va monoxromatik emas (har xil chastotalarni to'plamidan iborat). Bunday nurlanishni masalan, cho'g'lanma va gaz razryadli lampalari beradi.

Atomlarning uyg'ongan holatdan kam uyg'ongan holatlarga o'tishi unga tushayotgan fotonlar ta'sirida ham yuzaga kelishi mumkin. Faqat buning uchun fotonning energiyasi shu o'tish energiyasiga teng bo'lishi lozim. Bunda bir vaqtda ikkita foton hosil bo'ladi; tushayotgan foton va atomni bir holatdan boshqa holatga o'tishi natijasida hosil bo'lgan fotonlardir. Tushayotgan foton bu holatda atomni uyg'ongan holatdan kam uyg'ongan holatga o'tishini induksiylaydi (majburlaydi). Shuning uchun bunday nurlanishlar induksiylangan yoki majburiy nurlanishlar deyiladi. Uyg'ongan atomni majburiy nurlanishi tashqi foton ta'sirida yuzaga kelibgina qolmay balki induksiylangan nurlanishning fotoni ta'sirida ham hosil bo'ladi.

Uyg'ongan atomlarning soni etarli bo'lgandagi bu hodisa nurlanishni yopirib o'sishiga olib keladi.



Kogerentlik, monoxromatiklik va aniq yo'nalishga ega bo'lishlik induksiylangan nurlanishning asosiy xossasidir. Bunga sabab (uyg'ongan atomga) tushayotgan kvant chastotasi, fazasi, impulsi va qutblanishi bir ekanligidir. Induksiylangan nurlanish - lazerlar ishlash printsipining

fizikaviy asosini tashkil etadi.

Induksiyalangan o'tishlar ehtimolligi - tushayotgan kvantlar soni va uyg'ongan atomlar soni qancha ko'p bo'lsa shuncha katta bo'ladi.

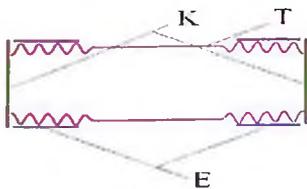
Tabiiy sharoitda moddada uyg'ongan holatdagi zarralarning soni, kam uyg'ongan holatdagidan kichik bo'ladi. Indutsiyalangan o'tishlar *tufayli hosil bo'layotgan nurlanishni kuchaytirish uchun uyg'ongan holatdagi atomlar soni kam uyg'ongan holatdagidan katta bo'lishi kerak.*

Zarralar orasidagi bunday munosabat ba'zi moddalarda kuzatiladi. Bu moddalarda zarralarni shunday uyg'ongan holatlari mavjudki, ulardan kam uyg'ongan holatga yoki asosiy holatga o'z-o'zidan o'tish ehtimolligi juda kam.

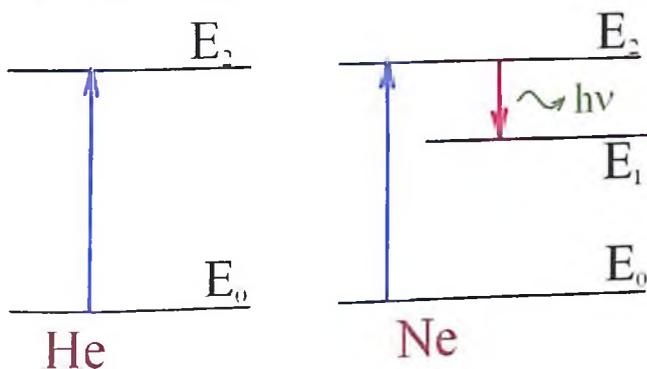
Atomni bunday holatda yashay oladigan vaqti katta (10^{-3} s gacha) bo'ladi. Bunday energitik holatga mos keladigan satxlar metastabil satxlar deb ataladi. Uyg'otish protsessi ta'sirida bunday satxlardagi atomlarning soni ortib, yig'ila boshlaydi. Va natijada shunday holat yuzaga keladiki metastabil uyg'ongan satxdagi atomlarning soni, kam uyg'ongan satxdagi atomlar sonidan katta bo'lib ketadi. Bunday holatga satxda inversli to'planish deyiladi. Mana shunday moddalar lazerning aktiv (ishchi) muxitini tashkil etadi. Invers to'planish holatini hosil qilish uchun kerakli zarralarni ajratib olish yo'li (ajratish metodi), zarralarni yorug'lik (optik metodi) yoki elektr zaryadi (elektr metodi) yordamida uyg'otish usullari qullaniladi.

Induksiyalangan nurlanishning quvvatini oshirish uchun lazerlarda rezanatorlar ishlatiladi. Ular ikkita bir-biriga qaratilgan qaytaruvchi sirtlar bo'lib, OKG ning aktiv (ishchi) moddasi ularning orasida joylashadi. Rezanatorning qaytaruvchi sirti har xil shakllarda: yassi, sferik, parabolik bo'lishi mumkin. Ulardan biri yarim shaffof bo'ladi. Rezanator sirtlaridan qaytib, nurlanish OKG ning ishchi moddasidan ko'p marta o'tadi. Va har gal indutsiyalangan nurlanishni kuchaytiradi. Nurlanish ma'lum quvvatga etgach yarim shaffof qaytaruvchi sirtidan o'tib tashqariga chiqib ketadi. Hozirgi vaqtda lazerlarni ishchi moddasi sifatida turli materiallar qo'llaniladi: bu kristallar, aktivlashtirilgan shishalar, plastmassalar, gazlar, suyuqliklar, yarim o'tkazgichlardir.

Lazer nurining to'lqin uzunligini aniqlash usullarida spektrning qizil qismida nurlanish beradigan geliy-neon lazeri qo'llaniladi. U geliy (1 mm.sm.ust.bosimi ostida) va neon (0,1 mm.sim.ust. bosimi ostida) gazlarning aralashmasi to'ldirilgan kvarts trubkasi T dan iborat. Trubkaning uchlariga yassi yoki sferek ko'zgular K o'rnatiladi. Ko'zgularning biri yarim shaffof bo'ladi.



Gaz razriyadi trubkaning tashqarisiga yoki ichkarisiga oʻrnatilgan elektrodlar \mathcal{D} yordamida hosil qilinadi. Elektr razriyadi vaqtida neon atomlari elektronlar bilan taʼsirlashib energiyasi E_0 boʻlgan asosiy holatdan energiyasi E_2 boʻlgan metastabil holatga oʻtadi.



Neon atomlari E_2 energetik holatdan E_1 energetik holatga oʻtganda spektirning qizil qismiga mos kelgan nurlanish hosil boʻladi. Indutsiyalangan nurlanish yuzaga kelishi uchun neonning E_2 satxida E_1 satxiga nisbatan invers toʻplanish hosil qilish kerak. Lekin toza neonda satxlar orasida bunday munosabatning yuzaga kelishi juda qiyin. Chunki neonda E_2 metastabil energetik satxdan tashqari unga yaqin boʻlgan bir necha metastabil satxlar mavjud. Agar neon gaziga geliy gazini aralashtirilsa, gaz razriyadi vaqtida geliy atomlari, energiyasi neonning E_2 satxining energiyasiga yaqin boʻlgan metastabil satxga oʻtadi. Noelastic taʼsirlanish natijasida geliy atomlari oʻz energiyasini neon atomlariga uzatadi va neon atomlari uygʻongan E_2 holatga oʻtadi. E_1 energetik holatdagi neon atomlari trubka devori bilan taʼsirlashib asosiy holatga oʻtadi. Shu usul bilan bu holatdagi neon atomlarining soni kamayib turadi. Natijada geliy atomlari neon atomlarining E_2 satxida E_1 satxiga nisbatan statsionar invers toʻplanishni yuzaga keltiradi. Shunday qilib, bu lazerda neon atomlari ishchi, geliy atomlari esa yordamchi boʻladi. Gaz lazerlari

uzluksiz ishlaydigan lazerlarga kiradi.

Kogerentlik, yuqori monoxromatiklik, aniq yo'nalishga va katta quvvatga ega bo'lishlik lazerning asosiy xossalardan bo'lib, uning fan va texnikada keng qullanilishiga imkon beradi.

Lazer nurlanishi modda bilan ta'sirlashganda tushgan joyini qizitadi va temperaturasini keskin oshiradi. Buning natijasida moddaning holatini o'zgarishi (erishi, bug'lanishi), zarb to'lqinlarining hosil bo'lishi va intensiv issiqlik almashinishi kuzatiladi.

Bu xossalari Lazer nurlanishining energiyasi yuqori bo'lgan ingichka (mikro) nurga to'plash mumkinligi, hamda uni selektiv (tanlanib) yutilishi uni meditsinada keng qo'llanilishiga yo'l ochadi.

Lazer nuri xirurgiyada to'qimalarni qonsiz kesishlarni bajarishda ishlatiladi, chunki uning ta'sirida kesilayotgan tuqimaning chetlari payvanlanib qolishi natijasida kapillyar qon ketishni oldi olinadi. Onkologiyada rak hujayralarini emirishda ishlatiladi (chunki lazer nuri ularda kuchli yutiladi).

Oftalbmalogiyada lazer nuri o'rnidan ko'chgan ko'z to'r pardasini «payvandlashda» va glaukomaning davolash uchun ko'z ichidagi suyuqlikni oqizib chiqarish uchun, sklerada mikroskopik teshiklar hosil qilishda ishlatiladi.

Dermatologiyada gaz lazerining nurlanishidan terapevtik maqsadda qo'llaniladi.

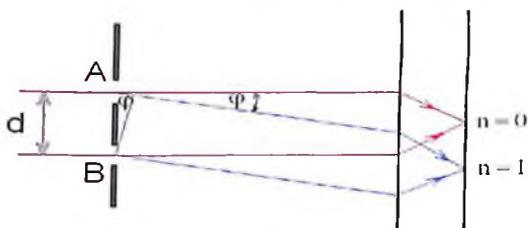
Lazer nurlanishining biologik to'qimalarga ta'sirining xususiyatlarini hisobga olib, u bilan ishlash jarayonida tajriba o'tkazuvchiga nurning tushishini bartaraf qilish lozim, (hattoki, biror buyumdan qaytganini ham).

Lazer nurlanishining to'lqin uzunligini aniqlash uchun difraksion panjara ham kerak bo'ladi. U bir-biridan bir xil masofada joylashgan bir xil tirqishlar sistemasidan iborat. Difraksion panjara, bo'lish apparati yordamida kerakligicha parallel shtrixlar chizilgan, shisha plastinka ko'rinishida yasaladi. Shtrixlarga qora bo'yoq surtiladi. Natijada shtrixlar yorug'likni sochadi, ularning orasi yorug'lik uchun shaffof bo'lib panjaraning tirqishlari vazifasini o'taydi.

Qo'shni tirqishlar markazlari orasidagi masofa d - panjara davri yoki doimiysi deyiladi.

Gyuygens-Frenel printsipiga asosan har bir tirqish bir-birini interferentsiyalaydigan kogerent ikkilamchi to'lqinlarning manbai bo'lib hisoblanadi. Agar difraksion panjaraga monoxromatik yorug'likning parallel nurlarini dastasi tushayotgan bo'lsa, L linzaning fokal tekisligida

Ekranda har xil tirqishlardan chiqayotgan yorug'likning interferentsiyalanishi natijasida hosil bo'ladigan difraksiyon maksimum va



minimumlar sistemasi kuzatiladi.

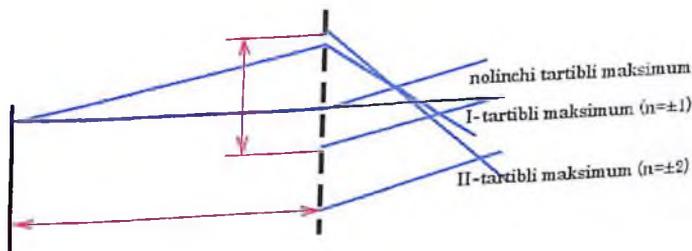
Yorug'likning kuchayishi yoki susayishi har xil tirqishlarning mos nuqtalaridan kelayotgan nurlarning yo'llar farqiga bog'lik bo'ladi. Agar yo'llar farqi AC butun son to'liqin uzunliklariga karrali bo'lsa, u holda ekranda interferentsiya natijasida bosh maksimumlar paydo bo'ladi:

$$\left. \begin{array}{l} AS = d \sin \alpha \\ AC = n \lambda \end{array} \right\} \text{ yoki } d \sin \alpha = n \lambda \quad (1)$$

Bu erda, $n=0; \pm 1; \pm 2, \dots$ - bosh maksimumlar tartibi, α - nurlarning difraksiya burchagi

$\alpha=0$ yo'nalishda nolinchii maksimum kuzatiladi ($n=0$). Bosh maksimumlar nolinchii maksimumga nisbatan simmetrik joylashadilar. Bosh maksimumlarning joylashish to'liqin uzunligi λ ga bog'liq bo'ladi. Shuning uchun panjaradan monoxromatik yorug'lik nuri o'tkazilganda nolinchii maksimumdan boshqalari spektrga ajraladi va spektrning binafsha qismi nolinchii maksimum tomonida joylashadi. Nurlanish manbai sifatida geliy-neonli lazerdan foydalanilganda ekranda qizil rangli qator difraksiyon maksimumlar hosil bo'ladi. Sababi ushbu lazer spektrining qizil qismiga to'g'ri keladigan yorug'likni nurlantiradi.

Tajriba o'tkazish qurilmasi optikaviy kursichadan iborat bo'lib, unga difraksiyon panjara bilan shkalali ekran joylashtirilgan. Lazer-optikaviy



kursichaning o'qi bo'ylab uning nuri difraksion panjaraga perpendikulyar ravishda tushadigan qilib o'rnatiladi. Bu holda interferentsion maksimumlar shu o'qqa nisbatan simmetrik joylashadi.

Difraksiya burchagi quyidagi ifodadan topiladi:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{x_n}{2\lambda}$$

bunda X - difraksion panjara bilan ekran orasidagi masofa, X_n - tartiblari mos keladigan maksimumlar o'rtalari orasidagi masofa.

Lazerni tibbiyotdagi ahamiyati

Lazerlar 1960-yillarning oxirlarida tibbiyotga kirishdi. Yaqinda lazer tibbiyotining uchta yo'nalishi paydo bo'ldi, ularning orasidagi farq lazer nurlari oqimining kuchi bilan aniqlandi (va natijada uning biologik ta'sirining turi). Kam quvvatli (mVt) nurlanish asosan qon terapiyasida, xatarli o'smalarni endoskopiya va fotodinamik davolashda o'rtacha quvvat (Vt) va jarrohlik va kosmetologiyada qo'llaniladi. Lazerni jarrohlik usulda qo'llash ("lazerli skalpellar") yuqori intensiv nurlanishning to'g'ridan-to'g'ri mexanik ta'siriga asoslangan bo'lib, bu sizga to'qimalarni kesish va "payvandlash" imkonini beradi. Huddi shu effekt lazerni kosmetologiya va estetik tibbiyotda qo'llashga asoslanadi (so'nggi yillarda stomatologiya bilan birgalikda u sog'liqni saqlashning eng foydali sohalaridan biri bo'lib kelgan). Biroq, biologlar lazerning terapevtik ta'siri fenomeni bilan ko'proq qiziqishadi. Ma'lumki, past intensivlikdagi lazer ta'sir qilish tonusning kuchayishi, stressga chidamlilik, asabiy immunitet, immun tizimining yaxshilanishi, ishemik jarayonlarni yo'q qilish, surunkali yaralarni davolash va boshqalar kabi foydali ta'sirlarga olib keladi. Lazer terapiyasi shubhasiz yuqori samarali, ammo, ajablanarli tomoni shundaki, uning biologik mexanizmlari haqida hali aniq tasavvur yo'q! Olimlar ushbu hodisani tushuntirish uchun faqat modellarni ishlab chiqmoqdalar. Shunday qilib, past intensivlikdagi lazer nurlanishi (LLLT) hujayralarning proliferativ potentsialiga ta'sir qiladi (ya'ni ularning bo'linishi va rivojlanishini rag'batlantiradi). Buning sababi haroratning o'zgarishi deb ishoniladi. LILR shuningdek, tananing antioksidant mudofaa tizimini kuchaytiradi (yuqori intensiv nurlanish esa, aksincha, reaktiv kislorod turlarining ommaviy paydo bo'lishiga olib

keladi.) Ehtimol, bu jarayonlar LILRning terapevtik ta'sirini tushuntiradi. Ammo, yuqorida aytib o'tilganidek, lazer terapiyasining yana bir turi mavjud - bu atalmish. malign o'simtalarga qarshi kurashda ishlatiladigan fotodinamik terapiya. Bu 1960-yillarda kashf etilgan fotosensibilizatorlardan foydalanishga asoslangan - hujayralar ichida (asosan saraton hujayralarida) tanlab to'planishi mumkin bo'lgan maxsus moddalar. O'rta quvvatli lazer nurlanishida fotosensitizator molekulasi yorug'lik energiyasini o'zlashtiradi, faol shaklga o'tadi va saraton hujayrasida bir qator halokatli jarayonlarni keltirib chiqaradi. Shunday qilib, mitoxondriya (hujayra ichidagi energiya tuzilmalari) buziladi, kislorod almashinuvi sezilarli darajada o'zgaradi, bu juda ko'p miqdorda erkin radikallarning paydo bo'lishiga olib keladi. Va nihoyat, hujayra ichidagi suvning kuchli isishi uning membranali tuzilmalarini (xususan, tashqi hujayra membranasini) yo'q qilishga olib keladi. Bularning barchasi oxir-oqibat o'simta hujayralarining intensiv o'limiga olib keladi. Fotodinamik terapiya lazer tibbiyotining nisbatan yangi sohasi (80-yillarning o'rtalaridan boshlab rivojlanmoqda) va aytaylik, lazer jarrohligi yoki oftalmologiya kabi mashhur emas, ammo hozirda onkologlar asosiy umidga ega. Lazerli jarrohlikda uzluksiz yoki pulsatsiyalanuvchi rejimda ishlaydigan etarlicha kuchli lazerlar qo'llaniladi, ular biologik to'qimalarni kuchli qizdirishga qodir, bu esa uning kesilishiga yoki bug'lanishiga olib keladi.

Oltinchi bobni mustahkamlash uchun nazorat savollari

1. Optika bo'limi nimani o'rganadi?
2. Difraksiya nima?
3. Dispersiya nima?
4. Interferensiya nima?
5. Qutblangan yorug'likni tushuntiring.
6. Qutblanmagan yorug'likni tushuntiring?
7. Difraksion panjara doimiysi deganda nimani tushunasiz?
8. Spektr nima?
9. Kogerent to'lqinlar deb nimaga aytiladi?
10. Bitta tirqishdan kuzatiladigan difraksion hodisani tushuntiring.
11. Maksimumlar sharti?
12. Minimumlar sharti?
13. Berr qonunini yoriting.
14. Malyus qonunini tushuntiring.

15. Ko'z-optik sistemasi deganda nimani tushunasiz?
16. Lazer deb nimaga aytiladi?
17. Linza deb nimaga aytiladi?
18. Linzaning qanday turlarini bilasiz?
19. Akkomadatsiya nima?
20. Yaqindan ko'rishning optik asoslarini tushuntiring.
21. Uzoqdan ko'rishning optik asoslarini tushuntiring.
22. Lazerlarning tibbiyotdagi ahamiyatini tushuntiring.
23. Ko'z qismlarini tushuntiring.
24. Tasvir ko'zning qaysi qismida hozil bo'ladi?
25. Nur sindirish ko'rsatkichi nima?
25. Spektr natijasida oq yorug'lik qanday rangdagi spektrni hosil qiladi?

bilan u ko'tariladi, chunki jismning hajmi quyidagi formula bo'yicha ortadi.: $V=V_0(1+\alpha t)$

bu yerda V_0 0°C dagi jismning xajmi, V -berilgan temperaturadagi jismning hajmi, α – hajm kengayishining termik koeffitsienti, t -Selsiy shkalasi bo'yicha olingan temperatura. U holda zichlik

$$\rho = \frac{m}{V_0(1+\alpha t)}; \quad \rho_0 = \frac{m}{V_0}$$

Bo'lgani uchun

$$\rho = \frac{\rho_0}{1+\alpha t} \quad (2)$$

bo'ladi. ρ_0 – jismning 0°C dagi zichligi;

lekin hamma jismlar ham bu tenglamaga bo'ysinmaydi. Masalan: suvni (4°C dagi) zichligi muzni zichligidan katta. Suvning temperaturasi 4°C dan pasayganda uni hajmi ortadi, bu esa zichlikning kamayishiga olib keladi. Bunday hodisaga anomaliya deyiladi. Demak, anomaliyaga ega bo'lgan jismlar (suv, naftalin, cho'yan) – (2) formulaga bo'ysunmaydi.

VAZIFALAR

Bu ishda jismning massasini texnik tarozida 0,01 g aniqlikkacha tortib aniqlanadi. Har bir jism esa 1 marta tortiladi. Kovak silindr va sharning geometrik o'lchamlarini shtangensirkul yordamida 1 martadan o'lchab aniqlanadi.

I QISM

Kovak silindrning zichligini aniqlash

1. Kovak silindr massasi m ni o'lchang.
2. Kovak silindrning balandligi h ni, tashqi diametri D ni, ichki diametri d ni shtangensirkul yordamida o'lchang.
3. Kovak silindr hajmini: $V = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)h$ formula bo'yicha, zichligini $\rho = \frac{m}{V}$ formula bo'yicha hisoblang.

Olingan natijalarni 1 – jadvalga yozing

1-Jadval

$m(\text{g})$	$h(\text{sm})$	$D(\text{sm})$	$d(\text{sm})$	$V(\text{sm}^3)$	$\rho, (\text{g}/\text{sm}^3)$

4. Hajmini va massani hisoblashdagi nisbiy xatoliklarni quyidagi formulalar bo'yicha hisoblang.

$$D_v = \frac{\Delta(D^2 - d^2)}{D^2 - d^2} + \frac{\Delta h}{h} = \frac{2D\Delta D + 2d\Delta d}{D^2 - d^2} + \frac{\Delta h}{h};$$

$$D_m = \frac{\Delta m}{m};$$

D, d; h va m larni o'lchashdagi absolyut xatoliklar.

$\Delta D = \Delta d = \Delta h = 0,005$ sm – Shtangensirkul eng kichik bo'linmasining yarmi

$\Delta m = 0,005$ g – eng kichik tosh og'irligining yarmi

5. Zichlikni hisoblashdagi nisbiy xatolik quyidagicha hisoblanadi.

$$D_\rho = D_v + D_m; \quad D_\rho \% = (D_v + D_m) \cdot 100\%$$

6. Zichlikning absolyut xatoligini hisoblang:

$$\Delta \rho = \rho \cdot D_\rho$$

7. Zichlik uchun olingan kattalikni SI sistemasiga o'tkazing, ya'ni [kg/m³] da ifodalang.

8. Oxirgi natijani quyidagicha yozing.

$$\rho_{\text{naq}} = (\rho \pm \Delta \rho) \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}.$$

II QISM

Sharning zichligini aniqlash

1. Shar massasi m ni aniqlang.

2. Shtangensirkul yordamida shar diametri D ni o'lchang, shar radiusi $R = D/2$ formula bo'yicha hisoblanadi.

3. Shar hajmini $V = \frac{4}{3}\pi R^3$ formula bo'yicha, zichligini $\rho = \frac{m}{V}$ formula yordamida hisoblang.

Olingan natijalarni 2 – jadvalga yozing:

m (g)	R (sm)	V (sm ³)	2-Jadval $\rho, (\text{g/sm}^3)$

4. Shar hajmini o'lchashdagi xatolikni hisoblang.

$$D_v = \frac{3\Delta R}{R}; \quad \Delta R = 0,005 \text{ sm}$$

ΔR – radiusni o'lchashdagi absolyut xatolik (shtangensirkul eng kichik bo'linmasining yarmiga teng).

5. Shar massasini o'lchashdagi nisbiy xatolikni hisoblang.

$$D_m = \frac{\Delta m}{m}; \quad \Delta m = 0,005 \text{ g}$$

Δm —massani bir marta o'lchashdagi absolyut xatolik (eng kichik tosh og'irligining yarmiga teng).

6. Shar zichligining nisbiy xatoligini hisoblang.

$$D_p = D_v + D_m$$

7. Zichlikning absolyut xatoligini hisoblash

$$\Delta \rho = \rho \cdot D_p$$

8. Nisbiy xatolik % da ifodalang.

$$D_p = (D_v + D_m) \cdot 100\%$$

9. Shar uchun topilgan zichlikning qiymatini SI sistemasiga o'tkazing, ya'ni $[\text{kg}/\text{m}^3]$ da ifodalang.

10. Oxirgi natijani quyidagicha yozing.

$$\rho_{\text{nat}} = (\rho \pm \Delta \rho) \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Vaziyatli masalalar:

1. Tarozi pallalarida massalari bir xil hajmlari turlicha bo'lgan jismlar bilan muvozanatga keltirilgan. Jismlar suvga tushirilganda tarozining muvozanati saqlanadimi? Nima uchun?

2. Tarozining ikkala pallasiga bir xil miqdordagi suvli menzurka va 5 tadan oq qand qo'yilib muvozanatga keltirildi. Pallalardan biridagi qandlar o'sha tomondagi menzurkaga tushirilsa, tarozi muvozanati buziladimi?

Birinchi bobni mustahkamlash uchun nazorat savollari

1. Deformatsiya deb nimaga aytiladi? Uning turlari haqida ma'lumot bering.
2. Nisbiy deformatsiya deb nimaga aytiladi?
3. Mexanik kuchlanganlik deb nimaga aytiladi? Uning o'lchov birligi qanday?
4. Guk qonuni qanday yoziladi?
5. Elastiklik modulining fizik ma'nosi qanday?
6. Yung modulining o'lchov birliklari?
7. Egilish o'qi deb nimaga aytiladi?
8. Moddalarning mexanik xossalari nimalarga bog'liq?
9. Organizm to'qimalarining mexanik xossalari xarakterlab bering.
10. Richag deb nimaga aytiladi?
11. Kuch richagini tushuntiring.
12. Tezlik richagini tushuntiring.

13. Odamning tayanch-harakat apparati mexanikasining elementlariga nimalar

kiradi?

14. Biologik to'qimalarning mexanik xossalarini yorirting.
15. Suyak to'qimasining mexanik xossalarini yorirting.
16. Terining mexanik xossalarini yoriting.
17. Mushak to'qimasining mexanik xossalarini tushuntiring.
18. Mustahkamlik deb nimaga aytiladi?
19. Plastiklik deb nimaga aytiladi?
20. Mo'rtlik nima?
21. Muskulning absolyut kuchi nima?
22. Ergometriya degnda nimani tushunsiz?
23. Bo'g'imlarning asosiy mexanik tavsifini yoriting.
24. Biomexanikaning tibbiyotdagi ahamiyatini tushuntiring.

Nurlanish ostida minimal vaqtda va maksimal masofalarda turish lozim.

a- nurlanishdan himoyalash uchun bir varaq qog'oz bo'lsa kifoya.

Kiyim,

havoning ingichka qatlami a- nurlarni to'liq yutadi. Biroq a- zarracha organizm ichiga tushib qolishdan (havo yoki ovqat orqali) ehtiyoq bo'lish kerak

b-nurlanishdan himoyalalanish uchun bir necha sm qalinlikdagi alyuminiy va shisha plastinkasi bo'lsa kifoya. Lekin bunda b - zarrachalarning modda bilan o'zaro ta'sirida tormozli rentgen nurlanishini b+ zarrachalarda g – nurlanish hosil bo'lishini nazarda tutish kerak.

“Neytral” zarrachalardan himoyalalanish eng murakkab masala hisoblanadi (rentgen, g-nurlanish, neytron oqimlaridan).

Bu nurlanish moddaga chuqur kirib boradi va ular bilan juda kam o'zaro ta'sirlashadi.

Himoyalalanish uchun – qalin suv qatlamlaridan, yer, beton, hamda og'ir metallardan (masalan: Pb) foydalaniladi.

Tez neyronlardan himoyalalanishda ularni suvda sekinlashtiriladi, keyin kadmий yutgichlaridan foydalaniladi.

Ultrabinafsha nurlanishi va tibbiyotda ahamiyati

Ultrabinafsha nurlanish- to'liq uzunligi 30 nm dan 400 nm gacha bo'lgan elektromagnit nurlanishlanishning bir turi hisoblanadi. Ultrabinafsha nurlanish ko'zga ko'rinadigan nurlanishning qisqa to'liqlik qismi bilan rentgen nurlarning uzun to'liqlik qismi oralig'ida joylashgan. Ultrabinafsha nurlanishni dastlab nemis olimi N. Ritter va U. X. Vollaston xlorli kumushga fotokimyoviy modda ta'sir qilib sezishgan (1801).

To'liqlik uzunligi 400 nm dan kichik ultrabinafsha nurlanish barcha moddalar, hatto havoning yupqa qatlamida ham kuchli yutiladi. Uni aniqlash uchun vakuum spectral asboblardan foydalaniladi.

To'liqlik uzunligi qisqa ultrabinafsha nurlanishni birinchi bo'lib nemis olimi V. Shuman o'zi yaratgan flyuoritdan yasalgan prizmalı vakuum spektrografi yordamida qayd etgan (1885-1903).

Ultrabinafsha nurlarining asosiy manbalari 3 ta keng toifaga bolinadi.

1) Tabiiy;

2) Sun'iy, texnogen;

3) Lazer.

Ultrabinafsha nurlarning tabiiy manbasining yagona turi- Quyoshdir. Bu to'liqlarning eng kuchli zaryadini beradigan samoviy jism bo'lib, ular Yerning sirtiga o'tishi va o'tishiga qodiQuyosh boshqa yulduzlar singari, nafaqat ko'rinadigan yorug'likni keltirib chiqaradi - u ko'chma energetika, uzunlik va miqdordagi energiya va miqdorida tavsiflanadi. Ushbu spektr radiatsiyasiga radio to'liqlarga bo'lingan va ular orasida juda muhimi, hayotsiz hayotsiz. Turli omillarga qarab, UB nurlanish ham foyda va zarar keltirishi mumkin.

Ultrabinafsha diapazoni Nanometrlarda o'lchanadi va ISO xalqaro standartiga muvofiq kichik guruhlariga bo'linadi:

o'rta (uzun to'liqin) - 300-400 nm;

o'rta (o'rta to'liqin) - 200-300 nm;

uzoq (qisqa to'liqin) - 122-200 nm;

ekstremal - to'liqin uzunligi 10-121 nm.

Shunday qilib, diapazonning haddan tashqari qismi odamlarga ko'rinmaydi, ammo ultrabinafsha to'liqin uzunligi 400 nm bo'lsa, uni ko'rish mumkin. Bunday binafsharang yorug'lik, masalan, diodlar chiqariladi.

Turli xil yorug'lik turli xil miqyosda ko'chma energiya va chastota miqdori, kichik guruhlar kirib boradigan qobiliyatda sezilarli darajada farq qiladi. Masalan, odamga duch kelganda, UB nurlarining o'rtasi teri bilan to'silgan va o'rta to'liqlarning nurlanishi hujayralarga kirishi va DNK mutatsiyalariga olib kelishi mumkin. Ushbu mulk innootexnologiyada genroomizatsiya qilingan organizmlarni olish uchun ishlatiladi.

Ultrabinafsha nurlanishning tibbiyotda qo'llanilishi



Ultrabinafsha ba'zi kimyoviy jarayonlarni tezlashtira oladi, masalan, inson terisida DNK molekullari va polimer aralashmalarining tanazzulini

kamaytiradi. Bundan tashqari, bu fotolyumensiyaning ba'zi moddalarga ta'siriga olib keladi. Bunday xususiyatlar tufayli ushbu nurlanishning sun'iy manbalari turli sohalarda keng qo'llaniladi.

Birinchidan, tibbiyot ultrabinafsha nurlanishining bakteritsid mulki qo'llanilishini aniqladi. UB nurlari yordamida patogen mikroorganizmlarning o'sishi shikastlanishda, muzlash, kuyishlar. Qon nurlanishi spirtli ichimliklar zaharlanishida, giyohvand moddalar va dori-darmonlarda, oshqozon osti bezi, sepsis, og'ir yuqumli kasalliklarda qo'llaniladi.

UB chiroqning nurlanishi bemorning turli organizm tizimlari kasalliklari uchun shartini yaxshilaydi:

- deosivin - D vitamini etishmovchiligi yoki raxit, diabet;
- asabiy - turli etiologiyaning nevralgii;
- mushak - mikitit, osteomyelit, osteoporoz, artrit va bo'g'imlarning boshqa kasalliklari;
- siydik - adneksit;
- nafas olish;
- teriaz, vitiligo, ekzema.
- Shuni yodda tutish kerakki, ultrabinnat ro'yxatga olingan kasalliklarni davolashning asosiy vositasi emas: ular bemorning farovonligiga ijobiy ta'sir ko'rsatadi. Uning bir qator kontrenratatsiyalarga ega, shuning uchun shifokor bilan maslahatlashmasdan ultrabinafsha chiroqni qo'llashning iloji yo'q.
- UB nursi psixiatriyada, "Qishning depressiyasida", tabiiy radio yorug'lik darajasi kamayishi tufayli markaziy asab tizimining ishiga ta'sir qiladigan mereatdonin va serotonin sintozining sintezi pasayadi. Buning uchun maxsus lug'atli lampalar, ultrabinafshadan infraqizil diapazonga to'liq yorug'lik chiqaradi.
- Ultrabinafsha nurlanishidan foydalanish dezinfektsiya qilish maqsadida eng foydali. Suvni, havo va qattiq sirtlarni dezinfektsiya qilish uchun, Simoburk-kvarts lampalarida 205-315 nm suv uzunligi bo'lgan nurlar hosil bo'ladi. Bunday nurlanish eng yaxshi, bu mikroorganizmlar genlarining tuzilishini buzishga olib keladi, shuning uchun ular ko'payishni va tezda o'lishni to'xtatadi.
- Ultrabinafsha dezinfektsiya uzoq muddatli harakat etishmasligi bilan ajralib turadi: ishlov berish tugallangandan so'ng, ta'siri pasayadi va mikroorganizmlar yana ko'payishni boshlaydilar. Bir tomondan, bu dezinfektsiya kamroq samaraliroq qiladi, boshqasida esa uning odamga salbiy ta'sir ko'rsatish qobiliyatini pasaytiradi. Iqtisodiy

ehtiyojlar uchun ichimlik suvi yoki suyuqliklarni tugatish uchun UB nurlanishidan foydalanish mumkin emas, ammo xloga qo'shimcha ravishda xizmat qilishi mumkin.

Infraqizil nurlanish va uning tibbiyotda ahamiyati

Infraqizil nurlanish-bu elektromagnit to'liqlar spektrida 0.77 dan 340 mikrongacha bo'lgan elektromagnit nurlanishning bir turi.

Infraqizil nurlari qizil chegarada, spektrning ushbu qismining uzun to'liqlik va qisqa to'liqlik qismlar oralig'ida topilgan. Shuni ta'kidlash kerakki, quyosh nurlanishining deyarli yarmi aniq infraqizil nurlanishdir. Bu nurlarning ko'ziga ko'rinmaydigan asosiy issiqlik kuchli issiqlik energiyasidir: barcha isitiladigan jasadlar uni doimiy ravishda chiqaradi.

Ushbu turlarning nurlanishi uch uzunlikdagi parametr bilan uchta sohaga bo'linadi:

- 0,75 dan 1,5 mikrongacha - yaqin mintaq;
- 1,5 dan 5,6 mikrongacha - o'rtacha;
- 5.6 dan 100 mikrongacha - uzoq.

Infraqizil nurlanishining infraqizil nurlanishi barcha turdagi zamonaviy texnik vositalarning mahsuloti emas, masalan, IR isitgichlari. Bu har bir kishi uchun doimiy harakat qiladigan tabiiy muhit omili. Bizning tanamiz doimiy ravishda infraqizil nurlar beradi va beradi.

Umuman olganda, ma'lum bir haroratgacha qizdirilgan har qanday jism elektromagnit to'liqlik spektrining infraqizil diapozonida issiqlik energiyasini chiqaradi va bu energiyani boshqa jismlarga nurlil issiqlik uzatish orqali yetkazishi mumkin. Energiya uzatish yuqori haroratga ega tanadan pastroq haroratga ega bo'lgan tanaga o'tadi, boshqa jismlar turli xil emissiya va singdirish kuchlariga ega, bu ikki jismning tabiatiga, ularning sirt holatiga va boshqalarga bog'liq.

Infraqizil nurlanishning tibbiyotda qoʻllanilishi



Agar radiatsiya juda kuchli boʻlmasa, infraqizil nurlar tibbiy maqsadlarda qoʻllaniladi. Ular inson tanasiga ijobiy taʼsir koʻrsatadi. Infraqizil nurlar tanadagi mahalliy qon oqimini oshirish, metabolizmni oshirish va qon tomirlarini kengaytirish qobiliyatiga ega.

Bundan tashqari, terapevtik taʼsir quyidagi kasalliklarda qoʻllaniladi:

- Surunkali bronxit va bronxial astma;
- Zotiljam;
- Surunkali xoletsistit va uning kuchayishi;
- Potentsial buzilgan prostatit;
- Romatoid artrit;
- Siydik yoʻllari kasalliklari;
- Infraqizil nurlarini ishlatish uchun dorivor maqsadlarda;

Fizioterapiya uzoq infraqizil toʻlqinlardan foydalanishga asoslangan boʻlib, quyidagi jarayonlarni keltirib chiqaradi:

- Terining sirt qatlami taʼsirida gipotalamusga maʼlumot uzatilgandan keyin silliq mushaklarning gevşemesi paytida qon aylanishini yaxshilaydi;
 - vazodilatatsiyadan keyin qon bosimi normallasadi;
 - tananing hujayralari ozuqa moddalari va kislorod bilan koʻproq taʼminlanadi, bu umumiy holatni yaxshilaydi;
 - biokimyoviy reaksiyalar tezroq davom etadi, bu metabolik jarayonga taʼsir qiladi;
 - immunitetni yaxshilaydi va organizmning patogen mikroorganizmlarga qarshiligini oshiradi;
- metabolizmning tezlashishi toksik moddalarni olib tashlashga va shlaklarni kamaytirishga yordam beradi.

Patologik ta'sir

Qisqa to'liq uzunligi teskari ta'sir ko'rsatadi. Infraqizil shikastlanish qisqa nurlarning kuchli issiqlik ta'siridan kelib chiqadi. Kuchli issiqlik effekti vujudga chuqur kirib, ichki organlarning isishiga olib keladi. To'qimalarning haddan tashqari qizishi suvsizlanishga va tana haroratining sezilarli darajada oshishiga olib keladi.

Haddan tashqari issiqlik ta'sir qilish, agar mavjud bo'lsa, yallig'lanish jarayonlarining ko'payishiga olib keladi, shuningdek, yallig'lanish boshlanishi uchun unumli zamin bo'lib xizmat qiladi. Shifokorlarning aytishicha, haroratning bir necha darajaga ko'tarilishi menenjit infeksiyasini qo'zg'atishi mumkin.

Tana haroratining umumiy ko'tarilishi issiqlik urishiga olib keladi, agar yordam ko'rsatilmasa, qaytarilmas oqibatlariga olib kelishi mumkin. Issiq urishning asosiy belgilari:

- umumiy zaiflik;
- Kuchli bosh og'rig'i;
- bulutli ko'zlar;
- ko'ngil aynish;
- yurak urish tezligining oshishi;
- orqada sovuq ter paydo bo'lishi;
- qisqa muddatli ongni yo'qotish.

GLOSSARY

O'zbek tilida	Рус tilida	Инглиз tilida
<p><i>Absolyut qattiq jism</i> – Ixtiyoriy ikki nuqtasi orasidagi masofa o'zgarмай qoladigan jismga absolyut qattiq jism deyiladi.</p>	<p><i>Абсолютное твердое тело</i> – идеализация твердого тела, в котором деформация пренебрегается. Другими словами, расстояние между двумя любыми выбранными точками твердого тела остается постоянным во времени несмотря на воздействие внешних сил.</p>	<p>Perfectly rigid body- anidealization of a solid <u>body</u> in which <u>deformation</u> is neglected. In other words, the <u>distance</u> between any two <u>given points</u> of a rigid body remains constant in time regardless of external <u>forces</u> exerted on it.</p>
<p><i>Polimerlar</i>- Molekulalari ko'p miqdordagi atomlardan yoki atom gruppalaridan tuzilgan va ximiyaviy bog'lanishlar bilan birlashtirilgan uzun zanjir ko'rinishidagi moddalar.</p>	<p><i>Полимеры</i> – вещества, молекулы которых представляют собой длинные цепи, составленные из большого числа повторяющихся субъединиц</p>	<p>Polymers - a large <u>molecule</u>, or <u>macromolecule</u>, composed of many repeated subunits.</p>
<p><i>Erkinlik darajalari</i> - Mexanik sistemaning vaziyatini ifodalovchi erkli o'zgaruvchilar erkinlik darajalari deb aytiladi.</p>	<p><i>Степень свободы</i> – независимые переменные, характеризующие положение механической системы.</p>	<p>Degree of freedom - the number of parameters of the system that may vary independently</p>
<p><i>Ergometrlar</i> – Odanning bajarayotgan ishini o'lchashda qo'llaniladigan qurilmalar.</p>	<p><i>Эргометр</i> - прибор для измерения работы человека.</p>	<p>Ergometer- an apparatus for measuring the work performed by exercising</p>
<p><i>Deformatsiya</i> – Jism nuqtalari vaziyatlarining o'zaro bir-biriga nisbatan o'zgarishi tufayli uning o'lchamlari va shaklining o'zgarishiga deformatsiya deyiladi.</p>	<p><i>Деформация</i> – изменение формы и размеров тела, в результате приложения силы .</p>	<p>Deformation- changes in an object's shape or form due to the application of a force or forces.</p>
<p><i>Elastik deformatsiya</i> - Agar kuch ta'siri to'xtagandan</p>	<p><i>Упругая деформация</i> - после прекращения</p>	<p>Inelastic deformation will</p>

<p>suo'g qattiq jismda qoldiq deformatsiya qolmasa bu elastik deformatsiya deyiladi.</p>	<p>действия силы деформация исчезает.</p>	<p>progressively accumulate during the loading process.</p>
<p>Mustaxkamlik chegarasi - Jismning buzilishi (uzilishi) oldidan jismga qo'yilgan eng katta yuklanish bilan aniqlanuvchi kuchlanish.</p>	<p>Предел прочности – напряжение, определяемое наибольшей нагрузкой, выдерживаемое телом перед разрушением.</p>	<p>Breaking stress - the amount of strain that, if applied to a particular material, will cause it to break</p>
<p>Kauchuksimon elastiklik - Polimerlarga xos bo'lgan elastiklik yuqori yoki kauchuksimon elastiklik deyiladi.</p>	<p>Каучуковая упругость — упругость свойственная полимерам (высокая эластичность).</p>	<p>Rubber resilience - elasticity characteristic of polymers (high elasticity).</p>
<p>Elastik kovushoklik deformatsiyasi - Yuqori elastiklikni va qovushqoq oquvchanlikni birgalikda umumiy lashtirib, polimerlarga xos bo'lgan deformatsiyani elastik kovushoklik deformatsiyasi deb ataladi.</p>	<p>Упруго-вязкая деформация – сочетание вязкого течения и высокой эластичная деформация, характерная для полимеров.</p>	<p>Viscoelastic deformation - a combination of viscous flow and high elastic deformation characteristic of polymers.</p>
<p>Suyuk kristallar - fluid crystals - Ham suyuqliklar, ham kristallar xossasiga ega bo'lgan moddalar.</p>	<p>Жидкие кристаллы – вещества, которые обладают свойствами и жидкостей, и кристаллов.</p>	<p>Fluid crystals - substances which have the properties of both liquid and crystal.</p>
<p>Akustika. Eng past chastotali tebranishlardan boshlab, uta yukori (10^{12} - 10^{13}Gs) chastotali elastik tebranishlar va tulkinlarni urganuvchi fizikaning birbulimidir.</p>	<p>Акустика - область физики, исследующая упругие колебания и волны от самых низких частот до предельно высоких (10^{12} - 10^{13}Гц)</p>	<p>Acoustics - an area of physics that investigates elastic vibrations and waves from the lowest frequency to extremely high (- Hz)</p>
<p>Ton. Davriy jarayondan iborat bulgan tovush ton deb ataladi.</p>	<p>Тон – это звук, являющийся периодическим процессом</p>	<p>Tone - is the sound, which is a batch process</p>
<p>Akustik spektr. Nisbiy intensivliklarni kursatuvchi chastotalar tuplamini</p>	<p>Акустический спектр – набор частот с указанием</p>	<p>The acoustic range - the frequency set with an indication of thir relative intensity (amplitude A)</p>

(amplitudaning) akustik spektr deyiladi	их относительной интенсивности(амплитуда А)	
Tovush zarba. Bu tovushning kiska muddatli ta'siridir.	Звуковой удар – кратковременное звуковое воздействие: хлопок, взрыв и т.п.	Sonic Boom - a short sound effect: cotton, explosion, etc.
Audiometriya. Eshitish utkirligini aniqlash usuliga audiometriya deyiladi.	Аудиометрия – метод измерения остроты слуха.	Audiometry - a method for measuring the severity of hearing.
Perkussiya. Perkussiya usulida tananing turli kismlariga urib kurishda chikayotgan tovush eshitib kuruladi.	Перкуссия – выслушивание звуков отдельных частей тела при простукивании их.	Percussion - listening to the sounds of the individual parts of the body with their rapping.
Reverberatsiya. Berk xonalarda manba to'xtatilgandan so'ng tovush to'ldinlarining sekin-asta so'nib borish jarayoni reverberatsiya deyiladi.	Реверберация – процесс постепенного затухания звука в закрытых помещениях после выключения источника.	Reverb - the gradual attenuation of sound in enclosed spaces after switching off the power.
Ultratovush. CHastotalari 20kGs dan ortik bulgan tebranishlar va tulkinlarga ultratovush (UT) deyiladi	Ультразвук – механическое колебание и волны частоты которых более 20кГц	Ultrasound - mechanical oscillations and waves whose frequencies are more than 20kHz
Infratovush. Odam qulog'i qabul kilishi va eshitishi mumkin bo'lgan chastotadan (20 gsdan) kichik chastotali mexanik (elastik) to'ldinlar infratovush deyiladi.	Инфразвук – механические (упругие) волны с частотами, меньшими тех, которые воспринимает ухо человека (20 Гц)	Infrasound - mechanical (elastic) waves with frequencies below those which perceives human ear (20 Hz)
Vibratsiya. Texnikada turlicha mexanizm va mashinalarning mexanik tebranishlari vibratsiya deyiladi.	Вибрация. В технике механические колебания различных конструкций и машин.	Vibration. In technology, the mechanical vibrations of various designs and machines.
Yorug'lik interferensiyasi – deganda yorug'lik to'ldinlari-ning shunday qo'shilishi tushuniladiki,	Интерференция света – такое сложение световых волн, в результате которого	Interference of the light - is the addition of light waves, resulting in the formation of a stable

<p>natijada ularning kuchayishi va zaiflanishining turg'un manzarasi hosil bo'ladi.</p>	<p>образуется устойчивая картина их усиления и ослабления.</p>	<p>picture of strength and weakness.</p>
<p>YOrug'lik difraksiyasi - deb keskin bir jinsli bo'lmagan muxitda, yoruglikning to'g'ri chizik bo'yicha tarqalishidan chetlashish hodisasiga aytiladi</p>	<p>Дифракция света - явление отклонения света от прямолинейного распространения в среде с резкими неоднородностями.</p>	<p>Diffraction of light - deviation phenomenon of light from rectilinear propagation in a medium with sharp irregularities.</p>
<p>Kogerent to'laqin- YOrug'lik interferensiyasi vaqt davomida turli nuqtalarda qo'shiluvchi to'laqinlar fazalari ayirmasining doimiyligini ta'minlovchi sozlangan, kogerent yorug'lik manbalaridan paydo bo'ladi.</p>	<p>Когерентные волны - Волны с одинаковой частотой и постоянной разностью фаз.</p>	<p>Coherent Waves - waves with the same frequency and a constant phase difference.</p>
<p>Yoritilgan optika - Optik sirtlarning maxsus plyonkalar bilan qoplanishiga optikani yoritish, shunday qoplangan optik buyumlarning o'ziga yoritilgan optika deyiladi</p>	<p>Просветленная оптика - покрытие оптических поверхностей специальными пленками называют просветлением оптики, а сами оптические изделия с такими покрытиями - просветленной оптикой</p>	<p>Coated Optics - Optical Surfaces coated with special films called enlightenment of optics and optical goods themselves with such coatings - coated optics</p>
<p>Yorug'likning qutblanish - Bu termin ikki ma'noga ega. Birinchidan, bu tushuncha ostida yorug'likda elektr va magnit vektorlarining fazoviy-vakt tartiblari bilan xarakterlanuvchi yorug'lik xossasi tushuniladi. Ikkinchidan, yorug'likning qutblanishi deb qutblangan</p>	<p>Поляризация света - Этот термин имеет два смысла. Во первых, под этим понимают свойство света, характеризующееся пространственно-временной упорядоченностью ориентации электрического и магнитного векторов.</p>	<p>Polarization Of The Light, this term has two meanings. Firstly, this is understood as a property of light, characterized by space-time ordering of the orientation of electric and magnetic vectors. Secondly, the polarization of the light receiving process is called polarized light.</p>

yorug'likni hosil qilish jarayoniga aytiladi.	Во-вторых, поляризацией света называют процесс получения поляризованного света .	
<i>Astigmatiz-</i> Bu optik sistemaning shunday kamchiligiki, unda sferik yorug'lik to'lqini optik sistemadan o'ta turib, deformatsiyalanadi va sferikligini yo'qotadi.	Астигматизм- это недостаток оптической системы, при которой сферическая световая волна, проходя оптическую систему, деформируется и перестает быть сферической	Astigmatism - is the lack of an optical system in which a spherical light wave passing through an optical system is deformed and cease to be spherical
<i>Atom fizikasi</i> - bu atomlar tuzilish va xolatini o'rganadigan fandır.	Атомная физика- atomic physics – наука изучающая строение и положение атома.	Nuclear physicist - the science which studies the structure and position of the atoms.
<i>Foton-</i> to'lqin hossalarga ega bo'lgan yorug'likning elementar zarrachasidir.	Фотон – материальная, электрически нейтральная частица, квант электромагнитного поля.	Photon - material, electrically neutral particle, the quantum of the electromagnetic field.
<i>Yorug'likning yutilishi-</i> Yorug'likning yutilishi deb, uning istalgan muxit orqali o'tishida yorug'lik energiyasining boshqa turdagi energiyaga aylanishi natijasida zaiflashishiga aytiladi.	Поглощение света – Поглощением света называют ослабление интенсивности света при прохождении через любое вещество вследствие превращения световой энергии в другие виды энергии.	Absorption of light - The absorption of light is called the attenuation of the light intensity when passing through any substance as a result of the conversion of light energy into other forms of energy.
<i>O'tkazish koeffitsienti</i> - Berilgan jism yoki eritma orqali o'tgan nurlanish okimining shu jismga tushgan nurlanish oqimiga nisbati o'tkazish koeffitsienti deyiladi.	Коэффициент пропускания – отношение потока излучения, прошедшего сквозь данное тело или раствор, к потоку излучения, упавшего на это тело.	Transmittance - the ratio of flux that has passed through this body or solution to the radiation flux falling on the body.

<p>Yorug'likning sochilishi - Muhitda tarqalayotgan yorug'lik dastasining mumkin bo'lgan barcha tomonlarga og'ishi xodisasiga yorug'likning sochilishi deyiladi.</p>	<p>Рассеяние света - явление, при котором распространяющийся в среде световой пучок отклоняется по всевозможным направлениям.</p>	<p>dissipation of the light - a phenomenon in which spreads among the light beam is deflected in all possible directions.</p>
<p>Lyuminessensiya- Jismning berilgan haroratdagi issiqlik nurlanishidan ortiqcha bo'lgan, hamda davomiyligi xam nurlanuvchi yorug'lik tulkinlarining davridan ancha ortiq bo'lgan nurlanishga lyuminessensiya deyiladi</p>	<p>Люминесценция - Люминесценцией называют избыточное над тепловым излучением тела при данной температуре, имеющее длительность, значительно превышающую период (10^{-15} с) излучаемых световых волн.</p>	<p>Luminescence - called luminescence excess of thermal radiation of a body at a given temperature, which has duration, considerably exceeding the period (10^{-15}) of the emitted light waves.</p>
<p>Fotobiologik jarayonlar - Fotobiologik jarayonlar deb, yorug'lik kvantlarining biologik funksiyali molekularlar orkali yutilishi bilan boshlanib, organizm va to'qimalarda tegishli fiziologik reaksiyalar bilan tugaydigan jarayonlarga aytiladi.</p>	<p>Фотобиологические процессы - процессы, которые начинаются с поглощения квантов света биологически функциональными молекулами, а заканчиваются соответствующей физиологической реакцией в организме или тканях.</p>	<p>photobiological processes - processes that begin with the absorption of light quanta of biologically functional molecules, and end with the corresponding physiological response in the body or tissues.</p>
<p>Rentgennurlanish - Rentgennurlanish deb, uzunligi taxminan 80 dan 10^{-5}nm gacha bo'lgan elektromagnit to'lqinlarga aytiladi.</p>	<p>Рентгеновское излучение - Рентгеновским излучением называют электромагнитные волны с длиной приблизительно от 80 до 10^{-5} нм.</p>	<p>X-ray radiation - electromagnetic waves are called X-rays with a length of approximately 80 to 10^{-5} nm.</p>
<p>Fotoeffekt - Fotoeffektida atom rentgen nurlanish natijasida atomdan elektron</p>	<p>Фотоэффект - при фотоэффекте рентгеновское излучение поглощается</p>	<p>The photoelectric effect - the photoelectric effect X-ray radiation is</p>

uchib chiqadi, atom esa ionlanadi.	атомом, в результате чего вылетает электрон, а атом ионизируется.	absorbed by the atom, causing the emitted electrons and the atom is ionized.
<p><i>Aktivlik</i> – vaqt birligidagi parchalanishlar soni $A = dN/dt$ O'Ichov birliklari: $Kyu(Kyuri) = 3,7 \cdot 10^{10}$ parchalanish/s = $3,7 \cdot 10^{10}$ Bk (Bekkerel) 1 mKyu (millikyuri) = 10^{-3} Kyu 1 Rd (Rezerford) = 10^6 parchalanish/s 1 mKyu = 37 Rd</p>	<p>Активность – число распадов за единицу времени $A = dN/dt$ Единицы измерения: Кю (Кюри) = $3,7 \cdot 10^{10}$ распад/с = $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк (Беккерель) 1 мКю (милликюри) = 10^{-3} Кю 1 Рд (Резерфорд) = 10^6 распад/с 1 мКю = 37 Рд</p>	<p>Activity - the number of disintegrations per unit time, $A = dN / dt$ Units: $Kyu (Ci) = 3.7 \cdot 10^{10}$ disintegration / s = $3.7 \cdot 10^{10}$ Bq (Becquerel) 1 mCi (millicuries) = 10^{-3} Kyu 1 Rd (Rd) = 10^6 decay/s 1 mCi = 37 Pg</p>
<p><i>Yutilish dozasi (Dp) yoki nurlanish dozasi</i> – SI sistemasida: 1 Dj/kg = 1 Gr (Grey) Sistemadan tashqari birligi: rad (radiation absorbed dose) 1 rad = $10^{-2} J \cdot kg = 10^{-2}$ Gr</p>	<p>Поглощенная доза (Dп) или доза излучения – энергия излучения, поглощенного единицей массы вещества за время облучения. В системе СИ: 1 Дж/кг = 1 Гр (Грей) Внесистемная единица: рад (radiation absorbed dose) 1 рад = $10^{-2} Дж \cdot кг = 10^{-2}$ Гр</p>	<p>Absorbed dose (Dp) or the radiation dose - dose radiation - radiation energy absorbed by a unit mass of material during irradiation. In the SI system: 1 J / kg = 1 Gy (Gray) Common Units: rad (radiation absorbed dose) 1 rad = $10^{-2} J \cdot kg = 10^{-2}$ Gy</p>

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

Asosiy adabiyotlar

1. M.I.Bazarbayev, I.Mullajonov, X.J.Raximova, F.B.Nurmatova va boshqalar “Biofizika”, 2017
2. Remizov A. N “Tibbiy va biologik fizika” Toshkent, “O‘zbekiston milliy ensiklopediyasi” Davlat ilmiy nashriyoti, 2005
3. Ремизов А.Н. “Медицинская и биологическая физика”. Москва, Высшая школа, 1999

Qo‘shimcha adabiyotlar

1. Антонов В. Ф., Архарова Г. В., Песечник В. И. Медицинская биофизика. Москва, ММА.: 1993.
2. Антонов В. Ф., Вознесенский С.А., Черныш А. М. Медицинская биофизика. Москва, ММА, 1991.
3. Jerry V.Marion “General Physics with Bioscience Essays” Москва, Высшая школа, 1986.
4. Internetdan olingan ma’lumotlar: [www. bio.fizteh.ru.](http://www.bio.fizteh.ru.), www.zone-x.ru., www.booka.ru., www.knigi-o.com.

MUNDARIJA

I BOB. BIOMEXANIKA	5
1.1. Qattiq jismlar va biologik to'qimalarning mexanik xossalarini o'rganish.	5
1.2. Odam tayanch-harakat apparati mexanikasining elementlari	11
II BOB. BIOREOLOGIYA	
2.1. Suyuqlik va gazlardagi bosim	21
2.2. Bernulli tenglamasi. Statik va dinamik bosim.	23
2.3. Qon bosimini o'lchash	25
2.4. Sun'iy qon aylanish apparati. Sun'iy yurak. Sun'iy buyrak.	26
2.5. Suyuqliklarni naylardagi oqimi	29
2.6. Sirt tarangligining molekulyar asoslari. Kapilyarlik.	38
2.7. Suyuqlik sirt taranglik koeffitsientini aniqlashning usullari	41
III BOB. TERMODINAMIKA	
3.1. Termodinamikaning asosiy tushunchalari	44
3.2. Termodinamika qonunlarining tirik organizmga tadbiqu	49
3.3. Termometriya va kalorimetriya	52
3.4. Davolash uchun qo'llaniladigan isitilgan va sovuq muhitlarning fizik xossalari	55
IV BOB. AKUSTIKA	
4.1. Tovushning tabiati	72
4.2. Eshituv sezgilarining tavsifi. Tovush o'lchovlari.	74
4.3. Tibbiyotda tovush usulida tashxis qo'yish va davolash.	79
4.4. Ultratovush	83
V BOB. ELEKTRODINAMIKA	
5.1. Tok kuchi va zichligi	87
5.2. Biologik to'qimalar va suyuqliklarning o'zgarmas tokda elektr o'tkazuvchanligi	87
5.3. Reografiyaning fizik asoslari	88
5.4. Elektrokardiografning ishini o'rganish	90
5.5. Magnit maydon. Moddalarning magnit xossalari	96
5.6. Past va yuqori chastotali toklarning organizmga ta'sirining biofizikaviy asoslari	98
VI BOB. OPTIKA	
6.1. Yorug'likning tabiati	100
6.2. Linzalar	101
6.3. Ko'zning optik sistemasini	103
6.4. Lazerlar va uning tibbiyotda qo'llanilishi	109
FIZIKA VA TIBBIYOT	121
GLOSSARIY	131
FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR	170

F.B.NURMATOVA

BIOFIZIKA

“Stomatologiya” yo‘nalishi uchun darslik

Muharrir: M.Talipova

Musahhih: I.Tursunova

Kompyuterda tayyorlovchi: G.Ibragimova

Bosishga ruxsat etildi 15.09.2022.

Qog‘oz bichimi 60x84¹/₁₆. TIMES garniturası
Shartli bosma tabog‘i 17,2. Nashr tabog‘i 16 6,2
Adadi 50. Buyurtma № 15-12.

«LESSON PRESS» MCHJ nashriyoti
Toshkent, Komolon ko‘chasi, Erkin tor ko‘chasi, 13

«IMPRESS MEDIA» MCHJ bosmaxonasida chop etildi.
Manzil: Toshkent sh. Qushbegi ko‘chasi, 6-uy.

ISBN 978-9943-8814-6-4



9 789943 881464