

The background of the image features a light blue molecular structure, possibly representing a protein or a complex molecule, with several large blue spheres connected by thin lines. A horizontal band of a slightly darker blue color runs across the middle of the image, serving as a backdrop for the title text.

BIOFIZIKA

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

Bozorboyev M.I., Mullajonov I.

BIOFIZIKA

**O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta‘lim vazirligi tomonidan tibbiyot oliy
o‘quv yurtlari talabalari uchun darslik sifatida tavsiya etgan**

Bilim sohasi:	100000 -	Gumanitar soha
	500000 -	Sog‘liqni saqlash va ijtimoiy ta‘minot
Ta‘lim sohasi:	110000 -	Pedagogika
	510000 -	Sog‘liqni saqlash
Ta‘lim yo‘nalishlari:	5111000 -	Kasb ta‘limi (5510100-Davolash ishi)
	5510100 -	Davolash ishi
	5510300 -	Tibbiy profilaktika ishi
	5510400-	Stomatologiya
	5510900-	Tibbiy biologiya ishi

UO'K: 577.3(075)

KBK 28.707

Taqrizchilar:

Yu.N.Islamov – Toshkent Pediatriya tibbiyot instituti “Biofizika va informatika” kafedrası dotsenti, fizika-matematika fanlar nomzodi

Saidalixodjayeve S.Z. – Toshkent tibbiyot akademiyasi “Informatika, biofizika va normal fiziologiya” kafedrası dotsenti, tibbiyot fanlari nomzodi

Darslik o'quv rejaga asosan tibbiy oliy o'quv yurtlarining turli mutaxassislik yo'nalishlari uchun yaratilgan. Darslikda biofizikaning turli bo'limlari ko'rib chiqilgan.

Darslikning biomexanika bo'limi biologik to'qimalarning xossalarini tirik organizm ishini ta'minlovchi muhim fizikaviy jarayonlarni ochib bergan. Termodinamika bo'limida biologik sistemalar termodinamikasi, gemodinamika bo'limida qonning oqish mexanizmi, yurakning ishlashi kabi muhim jarayonlarni o'rganilgan. Elektr tokiga bag'ishlangan bo'limda tirik organizmga elektr tokining salbiy va ijobiy ta'sirlari keng yoritilgan.

UO'K: 577.3(075)

KBK 28.707



MUNDARIJA

Kirish	5
1-BOB. BIOMEXANIKA	
1.1-§. Qattiq jismlar va biologik to'qimalarning mexanik xossalari	8
1.2-§. Materiallarning mexanik xossalari va ularni tekshirish usullari	14
1.3-§. Biologik to'qimalarning mexanik xossalari	19
1.4-§. Tirik organizmlarda biomexanikaning ba'zi masalalari. bo'g'imlar va richaglar	25
1.5-§. Odamning mexanik ishi. ergometriya	28
2-BOB. BIOREOLOGIYA. BIOLOGIK SUYUQLIKLARNING QOVUSHQOQLIGI	
2.1-§. Suyuqliklarning qovushoqligi. nyuton tenglamasi. nyuton va nonyuton suyuqliklari	30
2.2-§. Qovushoq suyuqliklarning trubalardan oqishi. puazeyl formulasi	32
2.3-§. Qovushoq suyuqlik ichida jismlar harakati. stoks qonuni	36
2.4-§. Suyuqlik qovushoqligini aniqlash usullari: qonqovushoqligini aniqlashning klinik usuli	37
2.5-§. Laminar va turbulent oqimlar. reynolds soni	41
2.6-§. Suyuqliklar molekulyar tuzilishining xususiyatlari	43
2.7-§. Sirt taranglik	45
2.8-§. Ho'llash va ho'llamaslik kapillyar hodisalar	47
3-BOB. GEMODINAMIKA. YURAK FAOLIYATINING FIZIKAVIY ASOSLARI	
3.1-§. Qon aylanishi modellari	52
3.2-§. Puls (tomir urishi) to'liqlini	56
3.3-§. Yurakning ishi va quvvati. Sun'iy qon aylanish apparati (SQAA)	59
3.4-§. Klinikada qon bosimini o'lchashning fizik asoslari	61
3.5-§. Qon oqimi tezligini aniqlash	63
4-BOB. TERMODINAMIKA. TIRIK SISTEMALAR TERMODINAMIKASI	
4.1-§. Termodinamikaning i-qonuni. izojarayonlarning i-qonunda qo'llanilishi	65
4.2-§. Termodinamikaning ikkinchi qonuni. Entropiya	72
4.3-§. Statsionar holat. entropiya hosil qilishning minimumi prinsipi	82
4.4-§. Tirik sistemalar termodinamikasi	83
4.5-§. Issiqlik va hayot	86
4.6-§. Termometriya va kalorimetriya	87
4.6-§. Davolash uchun qo'llaniladigan isitilgan va sovuq muhitlarning fizik xossalari	91
5-BOB. TOVUSHNING FIZIKAVIY XARAKTERISTIKALARI. TIBBIYOTDA TOVUSHDAN FOYDALANISH	
5.1-§. Tovushning fizik xarakteristikasi	93
5.2-§. Tovushning sub'ektiv xarakteristikasi	98
5.3-§. Tovushdan klinikada foydalanish	104
5.4-§. Eshitish organining fizikasi	107
5.5-§. Ultratovush	109
5.6-§. Infratovush	113
5.7-§. Vibratsiyalar	114
6-BOB. TIRIK ORGANIZMLARDA ELEKTR TOKI	
6.1-§. Tok zichligi va kuchi	115
6.2-§. Elektr manbalarining elektr yutuvchi kuchi	116
6.3-§. Biologik to'qimalar va suyuqliklarning o'zgarimas tokda elektr otkazuvchanligi	119
6.4-§. Organizm to'qimalarining to'la qarshiligi (impedansi). Reografiyaning fizik asoslari	123
7-BOB. OPTIKA. YORUG'LIKNING XOSSALARI. KO'ZNING OPTIK SISTEMASI	
7.1-§. Yorug'likning tabiati	126
7.2-§. Geometrik optikaning asosiy qonunlari	130
7.3-§. Asosiy fotometrik kattaliklar	139

7.4-§. Ko'zning optik sistemasi va uning ba'zi xususiyatlari.....	146
7.5-§. Ko'z optik sistemasidagi kamchiliklar va ularni bartaraf qilish	152
7.6-§. Yorug'likning yutilishi	156
7.7-§. Yorug'lik difraksiyasi. Difraksion panjara.....	157
7.8-§. Tabiiy va qutblangan yorug'lik	161
7.9-§. Ikki dielektrik chegarasida yorug'likning qaytish va sinish vaqtida qutblanishi	163
7.10-§. Yorug'likning ikki karra nur sinishi vaqtida qutblanishi	165
7.11-§. Biologik to'qimalarni qutblangan yorug'likda tekshirish	169
8-BOB. RADIOAKTIVLIK. IONLANTIRUVCHI NURLANISHNING ORGANIZMGA TA'SIRI	
8.1-§. Radioaktivlik	171
8.2-§. Radioaktiv nurlanishning kimyoviy ta'siri	172
8.3-§. Radioaktiv nurlanishning biologik ta'siri	173
8.4-§. Radioaktiv nurlarning inson organizmiga ta'siri.....	175
8.5-§. Nurlanish dozasi ba ekspozitsion doza. Doza quvvati	177
8.6-§. Ionlovchi nurlanishning biologik ta'sirini miqdoriy baholash. ekvivalent doza.....	179
8.7-§. Nurlanish normalari. Ionlovchi nurlanishdan himoyalalanish	182
8.8-§. Tibbiyotda radionuklidlardan foydalanish	185
8.9-§. Rentgen nurlari	188

KIRISH

Yigirma birinchi asr fizika, kimyo, biologiya kabi turli fanlar uyg'unlashuvi natijasida vujudga kelgan o'ziga xos fanlarning tez rivojlanishi bilan xarakterlanadi. Bunday fanlardan biri biologik fizika yoki biofizikadir.

Hayot materiya harakatining biologik shakli sifatida materiya harakatining fizikaviy va kimyoviy shakllarini o'z ichiga oladi. Biofizika organizmdagi fizikaviy va fizik-kimyoviy jarayonlarni molekulyar darajada o'rganib, fiziologik jarayonlar mexanizmlarini ochib beradi va kuzatilayotgan biologik hodisalarning sabablarini tushuntirish imkonini beradi.

Fiziologik jarayonlarning fizikaviy-kimyoviy asoslarini o'rganish juda mashaqqatlidir. Organizmdagi fizikaviy va kimyoviy jarayonlar notirik tabiatdagi hech qaysi jarayonlarga o'xshamaydi va o'ziga xos sharoitlarda kechadi. SHuning uchun ular maxsus tadqiqotlarni talab etadigan qator qonuniyatlarga egadir.

Biofizika mustaqil fan sifatida boshqa ko'p fanlardan ajralib chiqqan. Bular fiziologiya, biologik kimyo, fizika va boshqalardir. SHuning uchun ko'p hollarda bu fanlar va biofizika o'rtasidagi chegaralar shartlidir. B.N. Tarusovning ta'rifiga ko'ra biofizika-bu biologik sistemalar fizikaviy kimyosi va kimyoviy fizikasidir.

Biofizikaning predmeti organizmdagi fizikaviy va fizik-kimyoviy jarayonlar bo'lganligi sababli biofizikaviy tadqiqotlarda asosan fizikaviy va fizik-kimyoviy usullar qo'llanilib, ular biofizikaviy tadqiqotlar uchun moslashtiriladi. Tadqiqotlarning barcha usullari miqdoriy natijalarga erishishi lozim. Faqat shundagina tirik sistemaning fizikaviy ko'rsatkichlari o'zgarishlarining miqdoriy bog'lanishlarini topish mumkin. SHuning uchun biofizika tadqiqotlarning matematik usullari, fizik va matematik modellashirish, shuningdek, turli texnik moslamalarni qo'llaydi. SHunday qilib, biofizika biologiya va tibbiyotni aniq fanlar darajasiga ko'taradi.

Umumiy va amaliy biofizikaning Xalqaro assotsiatsiyasi qaroriga ko'ra biofizika quyidagi bo'limlarga ajratiladi: *molekulyar biofizika, hujayra biofizikasi, his qilish organlari va murakkab sistemalar biofizikasi*.

Molekulyar biofizika biologik molekulalar (asosan oqsillar va nuklein kislotalar)ning tuzilishi va fizikaviy xossalarini, shuningdek, biologik jarayonlar kinetikasi va termodinamikasini o'rganadi.

Hujayra biofizikasi birinchidan hujayra ultrastrukturasi, uning fizikaviy va fizik-kimyoviy xususiyatlarini o'rgansa, ikkinchidan, hujayraning funksional faolligini aks ettiradi, ya'ni o'tkazuvchanlik, bioelektrik potentsiallar va boshqa parametrlarni o'rganadi.

His qilish organlari biofizikasining asosiy maqsadi molekulyar fizik-kimyoviy mexanizmlar, nerv hujayralarining murakkab reaksiyalari va sezgi organlaridagi ma'lumotlarni kodlash mexanizmlarini o'rganishdan iborat.

Murakkab sistemalar biofizikasi murakkab tuzilishga ega ko'p hujayrali sistemalarning boshqarilishi va ular faoliyatining termodinamik va kinetik xususiyatlarini o'rganadi.

Ba'zi olimlar biofizikaning yana bir yo'nalishini ajratishmoqda. Ushbu yo'nalish fizikaviy omillar- ionlovchi radiatsiya, yorug'lik, ultratovush va hokazolarning organizmga bo'lgan ta'sirini o'rganadi. Ushbu bo'lim hozirgi davrda tibbiyot uchun muhim ahamiyatga ega. Patologik jarayonlarning rivojlanishi fizikaviy va kimyoviy faktorlarning ta'siriga bog'liq. Ularning aksariyati organizmga salbiy ta'sir ko'rsatadi.

Hozirgi davrda biofizika nazariy va amaliy tibbiyot rivojiga sezilarli ta'sir ko'rsatmoqda. Oxirgi vaqtda tibbiyot biofizikasi shakllandi. Uning asosiy vazifalaridan biri-organizm funksional holatini ob'ektiv baholash uchun qo'llash mumkin bo'lgan fizikaviy va kimyoviy parametrlarni aniqlashdan iboratdir. Hayotiy jarayonlarning buzilishi haqida aynan shu parametrlarning o'zgarishiga ko'ra xulosa chiqarsa bo'ladi.

Ma'lumki, tirik hujayralarning o'ziga xos xususiyatlari bo'lib, ular quyidagilardir: membrana potentsiali(elektrokinetik potentsial)ning mavjudligi, ion gradientlarining bir me'yorda saqlanishi,elektr tokini qutblash, xemilyuminessensiya qobiliyati, sitoplazma harakati va boshqalar. Bu parametrlarning ba'zilar tibbiyotda organizmning faoliyatini baholash uchun

anchadan beri qo'llanilib keladi. Biopotensiallarni qayd etish asosiy usullardan biri bo'lib qoldi(elektrokardiografiya, elektroensefalografiya va h.k.z.). Hozirgi davrda elektr o'tkazuvchanlik va xemilyuminessensiya ham e'tirof etilmoqda. Bu usullarning kasalliklar diagnostikasida, turli faktorlarning to'qimalarga salbiy ta'sir etishini baholashda qo'llanishi mumkinligi isbotlangan.

Tibbiy biofizikaning navbatdagi muhim vazifasidan biri fizioterapiyada qo'llanuvchi faktorlarning organizmga bo'lgan ta'sirini o'rganishdan iborat. Bular –diatermiya, induktotermiya, O'YUCH - terapiya, rentgenoterapiya va boshqalar. Bunday tadqiqotlar ushbu faktorlarning qator kasalliklarni davolashda yanada samaraliroq qo'llashga imkon beradi.

Organizmdagi deyarli barcha jarayonlarning biofizik modellarini yaratish va ularni chuqurroq o'rganish mumkin. Organizmda qonning oqishi, havo molekularining harakati, yurakning ishi, neyronlar tomonidan nerv impulslarining uzatilishi, membranalardagi konsentratsiya gradientlarining o'zgarishi kabi jarayonlarni biofizika nuqtai nazaridan o'rganish juda qulaydir. SHuning uchun ularning xossalarini bilish har bir shifokor uchun juda muhimdir. Bundan tashqari, turli materiallarning fizik xossalari ham tibbiyotda keng qo'llaniladi. Hozirgi davrda sun'iy tishlar, turli bioprotezlarni yasash uchun ham ushbu materiallarning fizikaviy xossalarini bilish kerak.

Tibbiyot oliy o'quv yurtlarida o'qitiladigan nazariy fanlar tizimida biofizika alohida o'rin tutadi. U aniq fanlar va biologik va tibbiyot fanlari orasidagi ko'priklar vazifasini o'taydi. Aniq fanlar bo'lajak shifokorlarda maxsus fikrlashni shakllantiradi. Bu esa, o'z navbatida inson organizmidagi norma va patologiyadagi qonuniyatlarni chuqurroq tushunishga yordam beradi.

1-BOB. BIOMEXANIKA

Fizikaning moddiy jismlarning mexanik harakatini o'rganuvchi bo'limi mexanika deyiladi. Jism yoki uning ayrim qismlarining fazodagi vaziyati vaqt o'tishi bilan o'zgarib borishiga mexanik harakat deyiladi.

Asosida Nyuton qonunlari yotgan mexanika klassik mexanika deyiladi. Bu mexanikada tezliklari yorug'likning vakuumdagi tezligidan ko'p marotaba kichik bo'lgan makroskopik jismlarning harakatlari ko'rib o'tiladi.

Shifokorlar va biologlar uchun bu bo'limdagi masalalar quyidagi sabablarga ko'ra qiziqish uyg'otishi mumkin:

- Sport va kosmik tibbiyot maqsadlari uchun butun organizm harakati mexanikasini, odamning tayanch-harakatlanish apparatlari mexanikasini tushunish;
- biologik to'qimalar va suyuqliklarning mexanik xossalarini bilish;
- tibbiy biologik tadqiqotlari amaliyotida, masalan, sentrifugalashda qo'llaniladigan ayrim laboratoriya ishlari metodikasining fizik asoslarini tushunish.
- sun'iy organlar yaratish.

1.1-§. QATTIQ JISMLAR VA BIOLOGIK TO'QIMALARNING MEXANIK XOSSALARI

1.1 Jismlarni deformatsiya qilish usullari.

Jismga ko'rsatilgan mexanik ta'sir undagi zarrachalarning o'zaro joylashishini o'zgartiradi.

Deformatsiya- jism zarrachalarining o'zaro joylashish tartibining o'zgarishidir. Ushbu o'zgarish uning shakli va o'lchamlarining o'zgarishiga olib keladi.

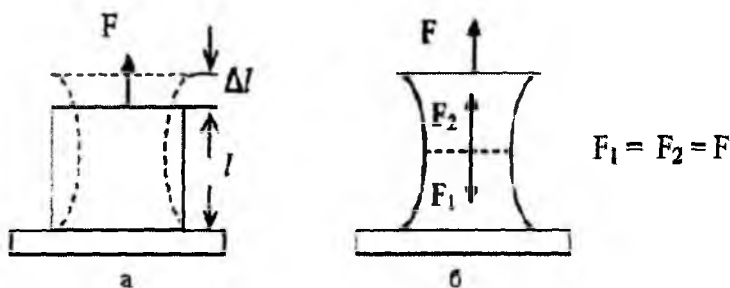
Tashqi deformatsiyalovchi kuch ta'sirada zarrachalar orasidagi masofa o'zgaradi. Bu atomlar (ionlar)ni dastlabki holatga qaytaruvchi ichki kuchlarning yuzaga kelishiga olib keladi. Ushbu kuchlarning o'lchovi bo'lib mexanik kuchlanish xizmat qiladi.

Cho'zilish (siqilish) deformatsiyasi.

Deformatsiyaning ushbu turi biriktirilgan asosli sterjenga γ o'qi bo'ylab yo'nalgan F kuch ta'sir etganida yuzaga keladi (1.1-a-rasm). Bu kuch ta'sirida sterjen qandaydir Δl kattalikka uzayadi (l -boshlang'ich uzunlik).

Bunda sterjenning har bir kesimida uning uzunligi bo'ylab yo'nalgan va qo'yilayotgan F kuchga teng F_1 va F_2 kuchlar vujudga keladi. Ular cho'zilish jarayonida zarrachalar orasidagi masofaning o'zgarishiga bog'liqdir. F_1 kuch sterjenning pastki qismidan yuqori qismiga ta'sir qiladi; F_2 kuch esa aksincha (1.1, b rasm).

Cho'zilgan jismning holati shu bo'ylama (normal) kuchlanish σ bilan xarakterlanib, uni qo'yilgan kuchga perpendikulyar bo'lgan jismning ixtiyoriy kesimi uchun hisoblasa bo'ladi.



1.1.Rasm Cho'zilish deformatsiyasi (a); cho'zilishda yuzaga keluvchi kuchlar (b)

Normal kuchlanish ushbu kesimda yuzaga keluvchi kuch modulining kesim yuzasiga nisbatiga teng:

$$\sigma = F/S \quad (1.1)$$

SI sistemasida mexanik kuchlanish paskallarda (Pa) o'lchanadi.

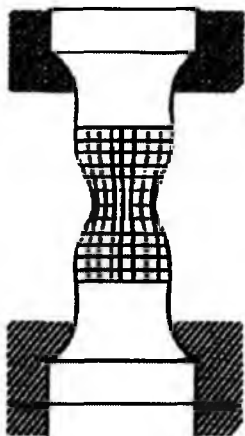
Absolyut deformatsiya ning kattaligi sterjenning boshlang'ich uzunligiga bog'liq. Shuning uchun deformatsiya darajasini absolyut deformatsiyaning boshlang'ich uzunlikka bo'lgan nisbati orqali ifodalasa bo'ladi. Bu nisbat nisbiy defomatsiya (ε) deb ataladi:

$$\varepsilon = \Delta l / l \quad (1.2)$$

Nisbiy deformatsiya-o'ldovsiz kattalik. Ba'zida u foizlarda ifodalanadi:

$$\varepsilon = (\Delta l / l) * 100\%.$$

Ko'p hollarda cho'zilish yoki siqilishja sterjenninng turli kesimlarida deformatsiya darajasi turlicha bo'ladi. Buni jism yuzasiga kvadratlari to'r tashlab ko'rsa bo'ladi. Deformatsiyadan so'ng to'rning yacheykalari o'zgarib ketadi. Bu o'zgarishlarning xarakteri va kattaligiga qarab kuchlanishning namuna bo'ylab taqsimlanishi haqida xulosa qilsa bo'ladi (1.2 – rasm)



1.2-rasm Kvadratlari to'rning sterjenninng cho'zilishida o'zgarishi.

Rasmdan shu narsa ayon-ki, yacheykalar shaklining o'zgarishi sterjenning o'rtasi qismida maksimal bo'lib, chetlarida deyarli bo'lmaydi.

Tajriba yo'li bilan aniqlanishicha, *kichik* deformatsiyalar tashqi ta'sir olib tashlanganida yo'q bo'lib ketar ekan. Bunday deformatsiyalar *elastik* deb ataladi. Ular uchun Guk qonuni bajariladi:

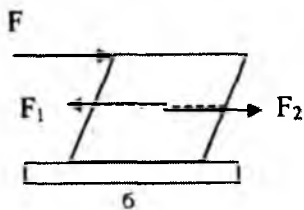
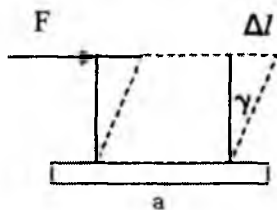
Elastik deformatsiyalarda kuchlanish nisbiy deformatsiya kattaligiga to'g'ri proporsionaldir:

$$\sigma = E\varepsilon \quad (1.3)$$

E proporsionallik koeffitsienti moddaning cho'zilishi (siqilishi)dagi elastiklik xossalari xarakterlaydi va *Yung moduli* deb ataladi (bo'ylama elastiklik moduli, Pa).

Siljish deformatsiyasi.

Siljish deformatsiyasi jismning biriktirilgan asosiga parallel ravishda *urinma* kuch qo'yilganida yuzaga keladi (1.3 rasm).



1.3 rasm. Siljish deformatsiyasi (a); siljishda yuzaga keluvchi kuchlar (b)

Bu holda erkin asosning siljish yo'nalishi qo'yilgan kuchga parallel va yon qirralarga perpendikulyar bo'ladi. Siljish deformatsiyasi ta'sirida to'g'ri burchakli parallelepiped shakli o'zgaradi. Bunda chetki qirralar siljish burchagi deb ataluvchi γ burchakka siljiydi.

Siljishda sterjenning har bir kesimida F_1 va F_2 *urinma kuchlar* yuzaga kelib, ular qo'yilgan F kuchga kattaligi bo'yicha teng va zarrachalar orasidagi masofaning o'zgarishiga bog'liq (1.3,b-rasm). F_1 kuch sterjenning yuqori qismiga pastki tomondan ta'sir etsa, F_2 esa aksincha.

Siljish deformatsiyasi mavjudligida jismning holati urinma kuchlanish τ bilan xarakterlanib, uni mahkamlangan asosga parallel bo'lgan ixtiyoriy kesim uchun hisoblash mumkin.

Urinma kuchlanish shu kesimda siljish natijasida yuzaga keluvchi kuch modulining kesim yuzasiga nisbatiga teng:

$$T = F/S \quad (1.4)$$

Siljishning absolyut deformatsiyasi biriktirilgan asosning Δl siljishi bilan o'lchanadi. Siljishning nisbiy deformatsiyasi siljish burchagining tangensi $\tan \gamma$ orqali ifodalanib, u nisbiy siljish deb ataladi. Ko'pincha γ burchak juda kichik bo'lgani sababli $\tan \gamma$ ga teng deb hisoblash bo'ladi.

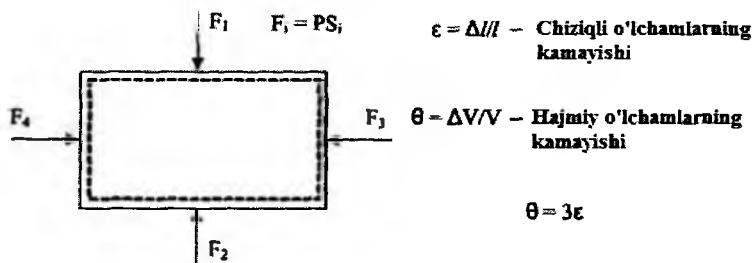
Siljish deformatsiyasining kichik ko'rsatkichlarida deformatsiya va mexanik kuchlanish orasidagi bog'lanish Guk qonuni orqali ifodalanadi:

$$T = G\gamma \quad (1.5)$$

Proporsionallik koeffitsienti σ moddaning siljishidagi elastiklik xossalari ni ifodalaydi va *siljish moduli* (Pa) deb ataladi.

Har tomonlama siqilish deformatsiyasi

Agar jismni suyuq yoki gazsimon muhitga joylansa, uning yuzasiga perpendikulyar yo'nalgan bosim kuchlari ta'sir etadi. Ushbu kuchlar jism zarrachalarining o'zaro yaqinlashishini keltirib chiqarib, uning chiziqli o'lchamlari va hajmi kamayadi. Ushbu deformatsiya *har tomonlama* yoki *gidrostatik siqilish* deb ataladi (1.4 rasm).



1.4 rasm. har tomonlama (gidrostatik) siqilish.

Har tomonlama siqilishdagi nisbiy deformatsiya hajmning nisbiy kamayishi:

$$\theta = \Delta V/V$$

yoki uning chiziqli o'lchamlarining nisbiy kamayishi bilan xarakterlanadi:

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

Bu holda mexanik kuchlanish jism yuzasiga ta'sir qiluvchi R bosimga teng. Deformatsiya va kuchlanish orasidagi bog'lanish Guk qonuni bilan ifodalanadi:

$$P = -K\theta \quad (1.6)$$

Bu erda K -*har tomonlama siqilish moduli* (hajmiy siqilish moduli, hajmiy modul). "minus" belgisi kuchlanish ortishi bilan hajmning kamayishini anglatadi.

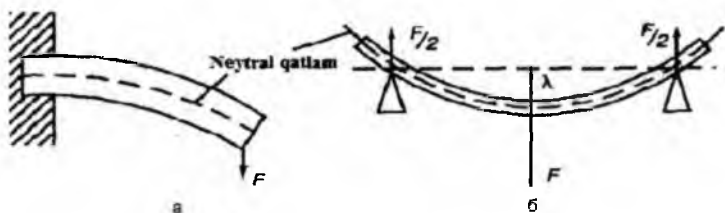
Siqiluvchanlik-fizik xossalarning atomlararo (molekulalararo) masofalarga bog'liqligi haqida darak beruvchi moddaning eng muhim xarakteristikasidir.

Egilish deformatsiyasi

Deformatsiyaning ushbu turi deformatsiyanuvchi ob'ekt (sterjen, yog'och bo'lagi)ning o'qi yoki o'rta qismining tashqi kuch ta'sirida egilishi bilan xarakterlanadi (1.5-rasm).

Egilishda sterjenning bitta tashqi qatlami siqiladi, boshqa tashqi qatlam esa cho'ziladi. O'rta qatlam (neytral qatlam) faqatgina o'z shaklini o'zgartirib, uzunligini saqlab qoladi. (1.5,a rasm).

Ikkita tayanch nuqtaga ega bo'lgan brusokning (1,5,b rasm) deformatsiylanish darajasi uning markazida hosil bo'ladigan λ siljish bilan aniqlanadi.



1.5 rasm. Egilish deformatsiyasi.

Sterjen bir tomonidan mahkamlangan(a); sterjen ikkita tayanchga mahkamlangan(b)

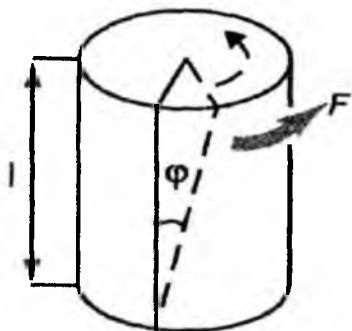
Ushbu λ kattalik egilish o'qi deb ataladi. Materiallarning qarshiligi nazariyasi bo'yicha u quyidagi formula yordamida topiladi:

$$\lambda = \frac{1}{48} \frac{F}{E} \left(\frac{L}{a} \right)^3$$

Bu erda F-kuch, b-eni, L-uzunlik, a-qalinlik, E-elastiklik moduli.

Neytral qatlamda joylashgan material ishlamaydi. U faqat konstruksiyani og'irlashtiradi. SHuning uchun bu neytral qatlam yaqinidagi moddaning bir qismini balkaning mustahkamligiga ziyon etkazmasdan olib tashlasa bo'ladi. Bu usulda mustahkamlikni saqlagan holda konstruksiya massasini kamaytirishga erishiladi. Masalan, yaxlit yaxlit konstruksiyalar trubalar bilan almashtiriladi. Oyoq-qo'l suyaklari, ba'zi o'simliklar poyasi g'ovak tuzilishga ega.

Buralish deformatsiyasi



1.6.Rasm. Buralish deformatsiyasi.

Deformatsiyaning bu turi sterjen ko'ndalang kesimlarining momentlari(kuchlar jufti) ta'sirida o'zaro buralish natijasida yuz beradi. Ushbu kuchlar bu kesimlar tekisligida ta'sir etadi. Misol uchun, buralish sterjenning pastki asosi mahkamlangan, yuqori asosi esa bo'ylama o'q bo'ylab buralayotganida yuzaga keladi (1.6 rasm).

Bunda turli qatlamlar orasidagi masofa deyarli o'zgarmas bo'lib qoladi. Lekin bitta vertikal chiziq bo'ylab joylashgan qatlamdagi nuqtalar bir-biriga nisbatan siljib qoladi. Turli qismlarda bu siljish turlicha bo'ladi. Masalan, markazda hech qanday siljish bo'lmay, chetki qismlarda maksimal bo'lishi mumkin.

Shunday qilib, buralish deformatsiyasi bir asosning boshqa asosga nisbatan burilish burchagi (φ) bilan xarakterlanadi.

Nisbiy deformatsiya (θ) φ burchakning sterjen uzunligi l ga nisbatiga teng:

$$\theta = \varphi / l$$

Burilishga bo'lgan qarshilik radiusning ortishi bilan juda tez ortadi. Shuning uchun buraluvchan harakat qilishga mo'ljallangan organlar ko'pincha uzun va ingichka bo'ladi (qushlarning bo'yni, ilon tanasi)

Bir jinsli jismlar deformatsiylanishining turli xillarini solishtirib, ularning barchasi cho'zilish (siqilish) va siljishning kombinatsiyasidan iborat, deb xulosa qilish mumkin.

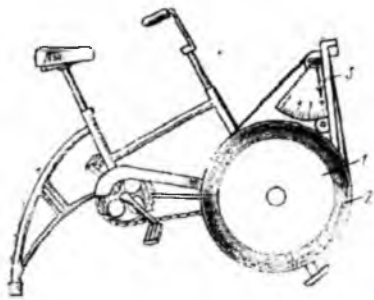
1.2-§. MATERIALLARNING MEXANIK XOSSALARI VA ULARNI TEKSHIRISH USULLARI

Shu vaqtgacha biz Guk qonunini ishlatga bo'ladigan nisbatan kichik deformatsiyalarni ko'rdik. Endi nisbiy deformatsiyaning katta miqdorlarida kuzatiladigan hodisalarni ko'rib chiqamiz.

kishining orqasiga yuk ortilsa, orqa va bel muskullari ham xuddi shunday toliqadi. Har ikkala holda ham yuk qo'zg'almas bo'lgani sababli ish nolga teng. Lekin muskullarning charchashi ish bajarilayotganidan dalolat beradi. Bunday ishni muskullarning statik ishi deb aytiladi.

Mexanikada tushuniladigan statika (qo'zg'almaslik) amalda mavjud emas. Kuch ta'sirida juda kichik, xususan ko'z ilg'amas darajada qisqarish va bo'shashishlar yuz bergani sababli og'irlik kuchiga qarshi ish bajariladi. Shunday qilib, odamning statik ishi aslida oddiy dinamik ish bo'ladi.

Odamning bajarayotgan ishini o'lchashda qo'llaniladigan qurilmalarni ergometrlar deb ataladi. O'lchash texnikasining shunga mos bo'limiga ergometriya deyiladi.



1.15-rasm Veloergometr

Ergometrga tormozlanuvchi velosiped (veloergometr, 1.15-rasm) misol bo'ladi. Aylanuvchan 1 g'ildirak gardishi orqali 2 po'lat lenta o'tkazilgan. G'ildirak gardishi bilan po'lat lenta orasidagi ishqalanish kuchi 3 dinamometr yordamida o'lchanadi. Sinovchining hamma ishi ishqalanish kuchini engish uchun sarflanadi (ishlarning boshqa turlarini hisobga olmaymiz). G'ildirak aylanasi uzunligini ishqalanish kuchiga ko'paytirib, har bir aylanishda bajarilgan ishni topamiz, aylanishlar sonini va sinov vaqtini bilgan holda bajarilgan to'liq ishni va o'rtacha quvvatni aniqlaymiz.