



BIOMEXANIKA ASOSLARI

Ma'ruzachi: Sh. A. Shoyusupov

TOSHKENT-2023



REJA:

- 1. Fanga kirish va fan tarixi**
 - 2. Biopolimerlar tuzilishi va xossalari**
 - 3. Biopolimerlar orasidagi kuchlar**
 - 4. Muskul mexanikasi**
-



Hozirgi zamon fani tez sur'atlar bilan rivojlanib bormoqda sababi, olamni bilish atrof- muhitni anglash organizmni shakllanishini tushunish hamda tirik mavjudodni hayot faoliyatini o'rganish talab qilinmoqda va natijada yangi fanlar vujudga kelmoqda.

Ana shunday fanlardan biri **biologik fizika** ya'ni **biofizika** fanidir.

Biofizika fani asosan **fizika, biologiya, kimyo** fanlarini orasida vujudga keldi.



Biofizika fanini tarixi fizika fani singari qadim-qadim zamonlarga borib taqaladi. Aristotel, Demokritlar zamonasidayoq eramizdan 3000 yillar oldin, **biofizik akustika** bilan qiziqib xar xil xayvonlarni ovozini chiqarib, jalb etib ov qilganlar.

Keyinchalik Galvani, Voltani ishlarida elektr tokini paydo bo'lishini xayvonlar organizmi bilan bog'laganlar. Professor B.N.Tarasovni ta'rifiga ko'ra **biofizika fani tirik organizmda fizikaviy, fizika-kimyoviy jarayonlarni o'rganadi, biofizika fani xayotiy jarayonlar fizikasidir.**



Biofizika fani tirik organizmda ya'ni hujayra va to'qimalarda sodir bo'layotgan fizik jarayonlarni o'rganadi. Tirik organizmni xujayra va to'qimalarida juda murakkab fizik, biologik va kimyoviy jarayonlar kechadi.

Biofizika fani fizikaviy va fizik-kimyoviy jarayonlarni o'rganadigan fan bo'lib, biologik tizimlarda kechadigan fiziologik har xil darajadagi jarayonlarni o'rganadi.

Chunki organizmda juda yuqori darajada kechadigan jarayonlarni bilish va tashqi ta'sir oqibatlarini mexanizmini ochishga imkon beradi.



Biofizika fani tirik organizmda kechadigan fizikaviy, fizik kimyoviy jarayonlarni molekulyar darajada echib beradi.

Biofizika fanini yutuqlari tibbiyotda va qishloq xo'jaligi rivojlanishida juda muhim ro'l o'ynaydi. Ayniqsa, klinikalarda tashxis qo'yishda va davolashda xamda qishloq xo'jalik sohasini rivojlanishida biofizikaning nazariy va eksperimental usullaridan keng miqyosda foydalanilmoqda.



Shuning uchun ham biofizika fani tibbiyot, biologiya va qishloq xo'jalik institutlarida dars sifatida o'tilmoqda. Biofizika-fizika, fizika-kimyó qonunlarini biologik ob'ektlardagi ahamiyati xaqidagi tushunchalarni beradi.

Biofizika fizikaviy va fizikaviy–kimyoviy jarayonlarni biologik sistemalardagi xolatini va ushbu jarayonlarni qanday qonuniyatlarga bo'ysinishini o'rganuvchi fandır.



Biofizika termini o'tgan asrlarda paydo bo'lgan bo'lib fizika, kimyo, biologiya, kimyoviy fizika, molekulyar biologiya bilan bir vaqtda biofizika fani xam asosan XVIII asrdan boshlab fizika fani bilan birgalikda keng rivojlana boshladi.

Moskvada 1956 yili Biofizika ilmiy tekshirish instituti Rossiya Fanlar Akademiyasi xuzurida ish boshladi. Biofizika jurnali 1956 yildan boshlab chiqa boshladi.

Respublikamizda biofizika fanini rivojlanishi ham shu yillardan boshlanadi.



Biofizika fanining rivojlanishiga ulkan xissa qo‘shgan olimlar akademik A.M.Kuzin, .N.Turusov, L.P.Kayushin, YU.B.Kudryashov, M.V.Volkenshteyn, A.B.Rubin, Yu.A.Vladimirov va boshqalar.

O‘zbekiston Respublikasida esa biofizika fanini rivojlanishiga akademiklar Ya.X.Turaqulov, B.A.Toshmuxamedov, professorlar B. Bekmuxamedova, B.Gogelgans, P. Usmonov, N. Norboev va boshqalar katta xissa qushganlar.

Xozirgi paytda, O‘zbekiston Respublikasi fanlar akademiyasi xuzuridagi xayvonlar fiziologiyasi va biofizikasi ilmiy tekshirish instituti faoliyat olib bormoqda. O‘zbekiston Milliy universitetida va Tibbiyot institutlarida biofizika kafedralari mavjud.



Molekulalari ko'p miqdordagi atomlardan yoki atom guruhlaridan tuzilgan va kimyoviy bog'lanishlar bilan biriktirilgan uzun zanjir ko'rinishidagi moddalar polimerlar deyiladi.

Polimerlarning kimyoviy tuzilishining o'ziga xos xususiyatlari ularning maxsus fizik xossalarni yuzaga keltiradi.

Polimer hosil qiluvchi moddaga **monomer** deyiladi.

Polimerlar nomi monomer nomiga «**poli**» so'zi qo'shilishi yordamida hosil qilinadi.

Masalan: Polietilen ... -CH₂ - CH₂ - CH₂ - ...

Polivinil xlorid ... CH — CHCL — ...



Bir xil kimyoviy tuzilishga ega bo'lsa ham polimerlar past molekulali moddalardan o'zining mexanik xossalari bilan keskin farq qiladi. Polimerlar yetarlicha mustahkam va shu bilan birga katta qaytuvchan deformatsiyalanish qobiliyatiga ega.

Polimerlar mexanik xossalari jihatidan qattiqjism va suyuqliklar xossalari birlashmasidan tashkil topgan materiallardir.



Bitta monomerdan hosil qilingan polimerlar **gomopolimerlar** deb;

Ikki va undan ko'p monomerdan tashkil topganlari **sopolimerlar** deb ataladi.



Hayvonlar va o'simliklardan olingan materiallar — jun, soch, ipak, paxta, tabiiy kauchuk va shu kabilar shuningdek

sun'iy olingan materiallar — plastmassalar, tola, sintetik kauchuk kabilar ham polimer moddalar hisoblanadi.

Organizmdagi oqsil moddalar: albumin, globulin, kazein, keratin va kollagenlar polimer materiallardir.

Biopolimerlar barcha tirik organizmlar strukturasi asosini tashkil etadi.

Bular oqsillar, nuklein kislotalar, polisaxaridlar, glikoproteidlar, glikolipidlar va boshqalar.



Polimerdagi atomlar va ularning guruhlarini orasidagi o'zaro **ta'sir kuchlari va issiqlik harakati** tufayli makromolekula o'lchamlari va shakli turlicha bo'lishi mumkin.

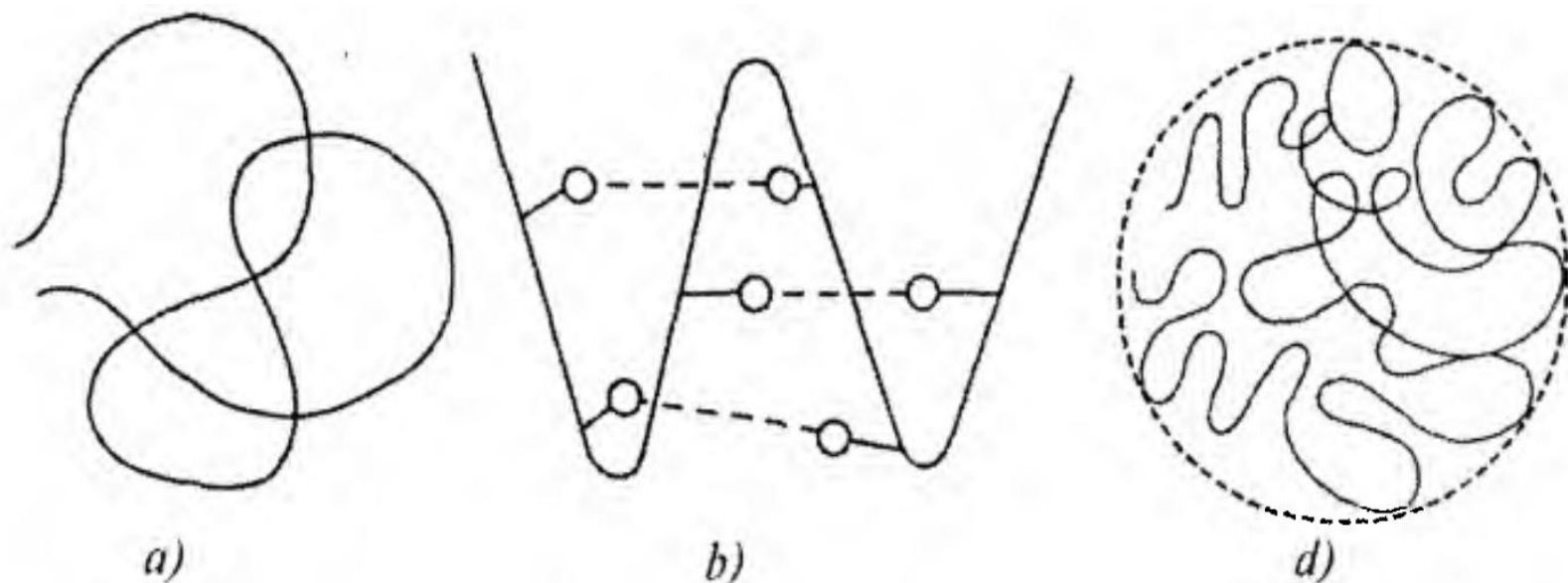
Ushbu ta'sirlar natijasida polimer makromolekulasining tashqi ko'rinishining o'zgarishiga **konformatsion** o'zgarishlar deyiladi.

Polimer makromolekulalarining konformation o'zgarishlari quyidagi turlarga bo'linadi:

- ❖ **Statistik o'ramli;**
 - ❖ **Spiralsimon;**
 - ❖ **Globula ko'rinishidagi.**
-



Quyida rasmda polimer makromolekulalarining konformatsiyalari keltirilgan:



Polimer makromolekulalarining konformatsiyalari:
a — statistik o'ram; b — spiralsimon; d — globula.



- ❖ Statistik o'ram shakliga ichki issiqlik harakati tezligi tashqi ta'sirlardan ustunroq boigan makromolekulalar ega bo'ladi, bunday konformatsiyani ko'pchilik polimerlar — polietilen, polipropilen, polibutadiyen va hokazolar egallaydi.
 - ❖ Spiralsimon konformatsiya oqsillar va nuldein kislotalarga xos bo'lib, ularda ushbu shakl bo'lishiga atom guruhlar orasidagi ta'sirlar javobgardir (masalan, vodorod bog'lanishlar).
 - ❖ Globula konformatsiyasiga, ya'ni deyarli sferik shakldagi kompakt konformatsiyaga kuchli ichki molekular o'zaro ta'sirga ega polimer makromolekulalari ega bo'ladi. Masalan, ftor atomiga ega bo'lgan polimerlar (politetraftoretlen).
-



Polimer zanjirida valentli bog'lanishlar orasidagi burchaklar ma'lum qiymatga ega bo'ladi.

Bu esa zanjirdagi bir bo'g'in vaziyatining undan oldingi bo'g'in vaziyatiga bog'liqligiga olib keladi.

Bunday zanjir erkin bo'g'imlanganiga qaraganda kam sonli konformatsiyani qabul qiladi, lekin katta egiluvchanlik qobiliyatiga ega.

Polimerlar molekular massasi bir necha o'n mingdan millionlargacha bo'lgani uchun juda katta o'lchamlarga ega bo'lishi mumkin.



Polimerlar o'lchami juda katta bo'lganligi tufayli ularning qaynash harorati haddan tashqari yuqori bo'ladi.

Shuning uchun polimerlar kondensatsiyalangan holatda:

❖ **suyuq** yoki **qattiq** holatda bo'ladi.

Qattiq polimerlar **amorf** va **kristall** ko'rinishda bo'lishi mumkin.



- ❖ Kristall polimerlarda atomlar, bo'g'inlar va zanjirlar joylashishida uzoq tartib mavjud.
- ❖ Amorf polimerlarda esa bo'g'inlar joylashuvida yaqin tartib kuzatiladi.

Amorf polimer yuqori elastiklik holatida kuchli deformatsiyalanish xossasiga (100% gacha) ega bo'lib, uning deformatsiyalanishida qaytuvchanlik mavjuddir.

Kristall polimerlarning keng tarqalgan turlariga quyidagilar kiradi: **kristallitlar, monokristallar, fibrillalar, sferolitlar.**



Oqsil makromolekulalari konformatsiyasi spiralsimon (fibrillar oqsillar) yoki globula (globular oqsillar) shaklida bo'lishi mumkin.

Ushbu strukturalar (oqsillar uchun ular ikkilamchi deb ataladi, birlamchi deb yaqin tartibdagi bo'g'inlar konformatsiyasiga aytiladi).

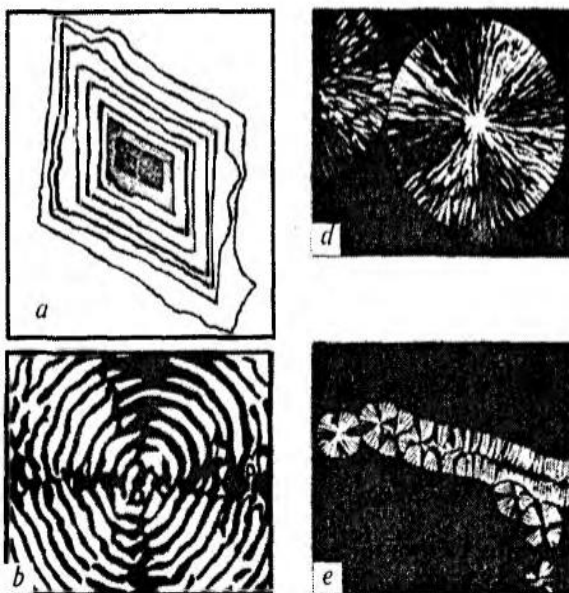
Bir necha spirallarning bir-biriga chirmashib ketishi yoki tugun hosil qilishi bilan murakkablashadi. Ushbu strukturalar uchlamchi deb ataladi.

Vodorod, tuz, disulfid va boshqa bog'lanishlar tufayli bir necha makromolekulalar umumiy tizim hosil qilsa, to'rtlamchi struktura vujudga keladi. Polisaxaridlarda (selluloza va kraxmal) spiralsimon makromolekulalar bog'larga birikadi.



2-rasmda ayrim kristall polimerlar tuzilishi ko'rsatilgan.

Yuqori molekular strukturalarning o'lchami va shakli polimerlarning mustahkamligiga katta ta'sir ko'rsatadi. Masalan, kichik sferolitli polimerlar katta mustahkamlikka va yaxshi elastiklik xususiyatiga ega bo'lib, yirik sferolitli nusxalar esa mo'rtlik bilan buzilib ketadi.



2-rasm. Kristali polimerlar strukturasi:

a — monokristall (polietilen); b — halqali sferolit; c — radial sferolit; d — tasma sferolit .



Polimerlar o'lchamlari bir xil bo'lgan holda quyidagi uch turga bo'linadi:

- ❖ **Elastik;**
 - ❖ **Yarimelastik;**
 - ❖ **Qattiq to'g'ri tayogqcha ko'rinishida.**
-



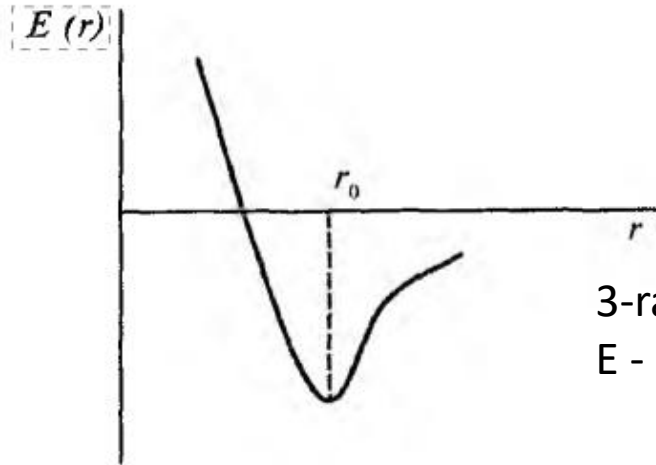
Ushbu bir-biridan elastikligi bilan farq qiluvchi polimerlar turli nazariy modellar bilan xarakterlanadi:

- ❖ Elastik polimerlar Zimm modeli asosida tushuntirilsa;
 - ❖ qattiq tayoqcha holatidagi polimerlar uchun suyuq kristallik holatida ichki dinamik harakat deyarli yo'qligi ajralib turadi;
 - ❖ Yarimelastik polimerlar nazariyasi bu ikki chekka holat nazariyalarining sintetik birlashmasidan iborat.
-



Polimer zanjirining asosiy ketma-ketligi yoki **birlamchi strukturasi (oqsil zanjirdagi aminokislotalar, nuklein kislotalar zanjirdagi nukleotidlar)** kimyoviy yoki valent o'zaro ta'sirlar bilan aniqlanadi, bundan tashqari molekulalar orasida kuchsiz kovalent kuchlar ta'sir etadi.

3-rasmda ikki zarra o'zaro ta'sir potensial energiyasining ular orasidagi masofaga bog'lanish grafigi keltirilgan.



3-rasm. O'zaro ta'sir energiyasining masofaga bog'lanish grafigi:
E - potensial energiya; r — masofa; r_0 — muvozanat masofasi

O'zaro ta'sir kuchi $F(r)$ o'zaro ta'sir potensial energiyasi bilan quyidagicha bog'liangan:

$$F(r) = -\frac{dE(r)}{dr} \quad (1)$$

Kichik masofalarda molekular elektron qobiqlari o'zaro ta'sirlashganda itarish kuchlari kuchliroq, kattaroq masofalarda tortishish kuchliroq bo'ladi.

3-rasmda $E(r)$ egri chiziqning $r=r_0$ dagi minimumi itarishish va tortishish kuchlari tenglashadigan muvozanat vaziyatiga to'g'ri keladi.



Makromolekulalarning **ikkilamchi strukturasi**, asosan, quyida ko'rib chiqiladigan **o'zaro ta'sir kuchlariga** bog'liq bo'lib ular quyidagi turlarga bo'linadi:

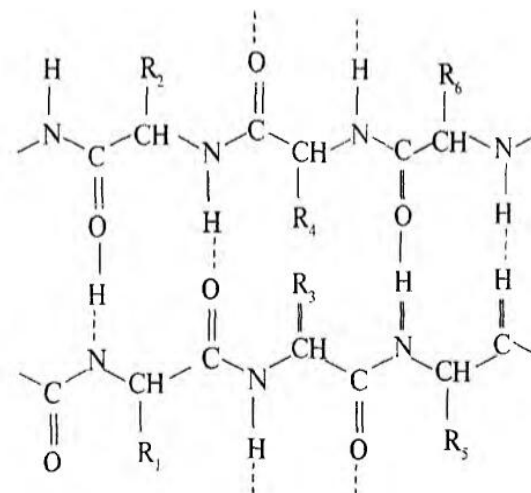
- ❖ **Vander-Vaals o'zaro ta'siri;**
- ❖ **vodorod bog'lanishli o'zaro ta'siri;**
- ❖ **elektrostatik o'zaro ta'siri.**

Suyuq va qattiq holatlar paydo bo'lishida real gazlardagi molekulalarning o'zaro ta'siri ya'ni Van-der-Vaals kuchlari katta rol o'ynaydi.



Biologik makromolekulalarni ham kondensatsiyalangan tizimlar, deb qarasaq, ularda ham Van-der-Vaals kuchlari muhim ahamiyatga egadir.

Van-der-Vaals o'zaro ta'sirlari energiyasi **4—8 kJ/mol va undan yuqori bo'ladi**. Molekulaning 300 K haroratdagi issiqlik energiyasi esa ~ 2 kJ/mol, kovalent bog'lanishlar energiyasi esa 170—630 kJ/molga teng.



4-rasm. Ikki polipeptid zanjirlari orasidagi vodorod boglanishlar.



Van-der-Vaals kuchlari elektromagnit tabiatga ega bo'lib, qo'shni molekulalardagi elektr dipollar o'zaro ta'siri bilan aniqlanadi.

O'zaro ta'sirlanuvchi molekulalar doimiy elektr dipollariga egaligi yoki bu dipol molekulalari elektron qobiqlarining qutblanishi natijasida hosil bo'lishiga qarab, Van-der-Vaals kuchlarining har xil turlari mavjud.

Bir to'g'ri chiziqda yotuvchi ikki dipol o'zaro ta'siri (oriyentatsiya o'zaro ta'siri) energiyasi quyidagicha bo'ladi:

$$E_0 = \frac{2p_1^2 \cdot p_2^2}{3kTR^2} \quad (2)$$

Bunda p_1 , p_2 — dipol momentlari; k -Boltsman doimiysi, T - harorat; R - dipollar orasidagi masofa.



Doimiy dipol momentlariga ega bo'lmagan molekulalar orasidagi o'zaro ta'sir kuchlari **dispersion** yoki **qutblanuvchan** o'zaro ta'sirlar deb ataladi.

Dispersion o'zaro ta'sirlar kvantmexanik xarakteriga ega bo'lib, tashqi orbitadagi elektronlar harakati bilan bog'liq.

Dispersion o'zaro ta'sir energiyasi quyidagi formula yordamida ifodalanadi:

$$E_d = -\frac{1}{24(\pi\epsilon_0)^2 K^6} \sum_{nk} \frac{|m_{n1}| \cdot |m_{k2}|^2}{(E_{1n} - E_{10}) + (E_{2k} - E_{20})} = -\frac{A}{R^6} \quad (3)$$



$$E_d = -\frac{1}{24(\pi\epsilon_0)_2 K^6} \sum_{nk} \frac{|m_{n1}| \cdot |m_{k2}|^2}{(E_{1n} - E_{10}) + (E_{2k} - E_{20})} = -\frac{A}{R^6} \quad (3)$$

bu erda; m_{n1} , m_{n2} - birinchi molekulaning n holatdan 0 holatga o'tish dipol momenti;

m_{k2} - ikkinchi molekulaning k holatdan 0 holatga o'tish dipol momenti,

E_{1n} va E_{2k} - 1 va 2 molekulaning n va k holatidagi energiyalari.

Ikki molekulaning Van-der-Vaals o'zaro ta'siri (2) va (3) ifodalar yig'indisi bilan topiladi.



Odatda, buning o'rniga Lennard-Jons potensialini berish orqali aniqlanadi:

$$U = -\frac{A}{R^6} + \frac{B}{R^{12}} \quad (4)$$

bu erda: A, B — tajribada aniqlanadigan doimiy sonlar;
 R — molekular orasidagi masofa.

(4) ifodada:

- ❖ birinchi had molekularning o'zaro tortishishiga,
- ❖ ikkinchi had esa molekularning o'zaro itarishishiga mos keladi.

M: 0...0 o'zaro ta'siri uchun $A=1547,7 \text{ kJnm}^5/\text{mol}$, $B = 895,23 \cdot 10^3 \text{ kJnm}^4/\text{mol}$ qiymatga ega.



Vodorod bog'lanish deb bitta molekulaning vodorod atomi bilan boshqa molekuladagi elektromanfiy O, N, F, Cl atomlar orasidagi bog'lanishga aytiladi.

Vodorod bog'lanish tabiati murakkab bo'lib, faqatgina elektrostatik tortishishdan iborat bo'lmaydi.

Vodorod bog'lanishining energiyasi 10—40 kJ/mol oraliqda bo'ladi.



CO- va NH-guruhlar orasida vodorod bog'lanishlari hosil bo'lganda polipeptid zanjirida hosil bo'ladigan tuzilmaga ikkilamchi struktura deyiladi.

4-rasmda ikki polipeptid zanjirda hosil bo'lgan **vodorod bog'lanishlari** punktir chiziqlar bilan, **kovalent bog'lanishlar** tutash chiziqlar bilan ko'rsatilgan.

Polipeptid zanjiri ikkilamchi strukturasi:

- ❖ **ALFA** -spiral yoki
- ❖ **BETTA**- struktura ko'rinishida

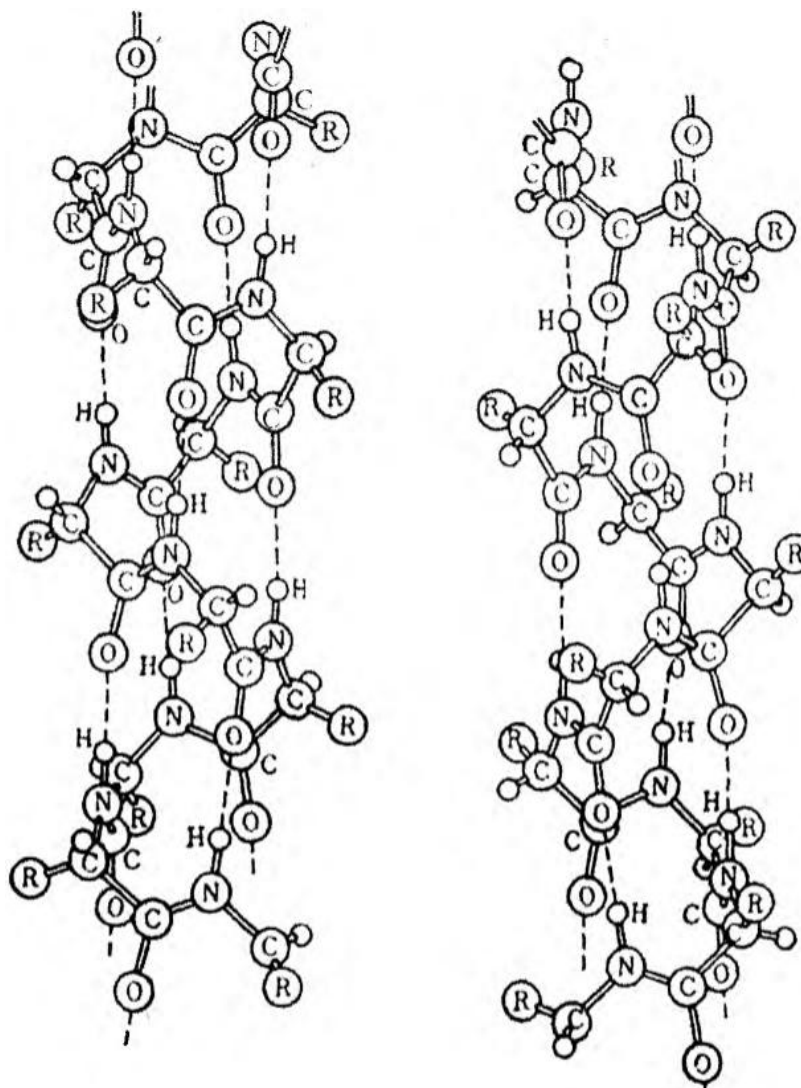
bo'lishi mumkin.



Oqsildagi **ALFA**-spiral quyidagi shartlarga bo'ysunadi:

- ❖ C-N peptid bog'lanishi planar (bitta tekislikda yotuvchi) bo'lishi;
- ❖ Vodород bog'lanishlari S=O va N-H guruhlarini orasidagina bo'lishi zarur (5- va 6- rasmlar).

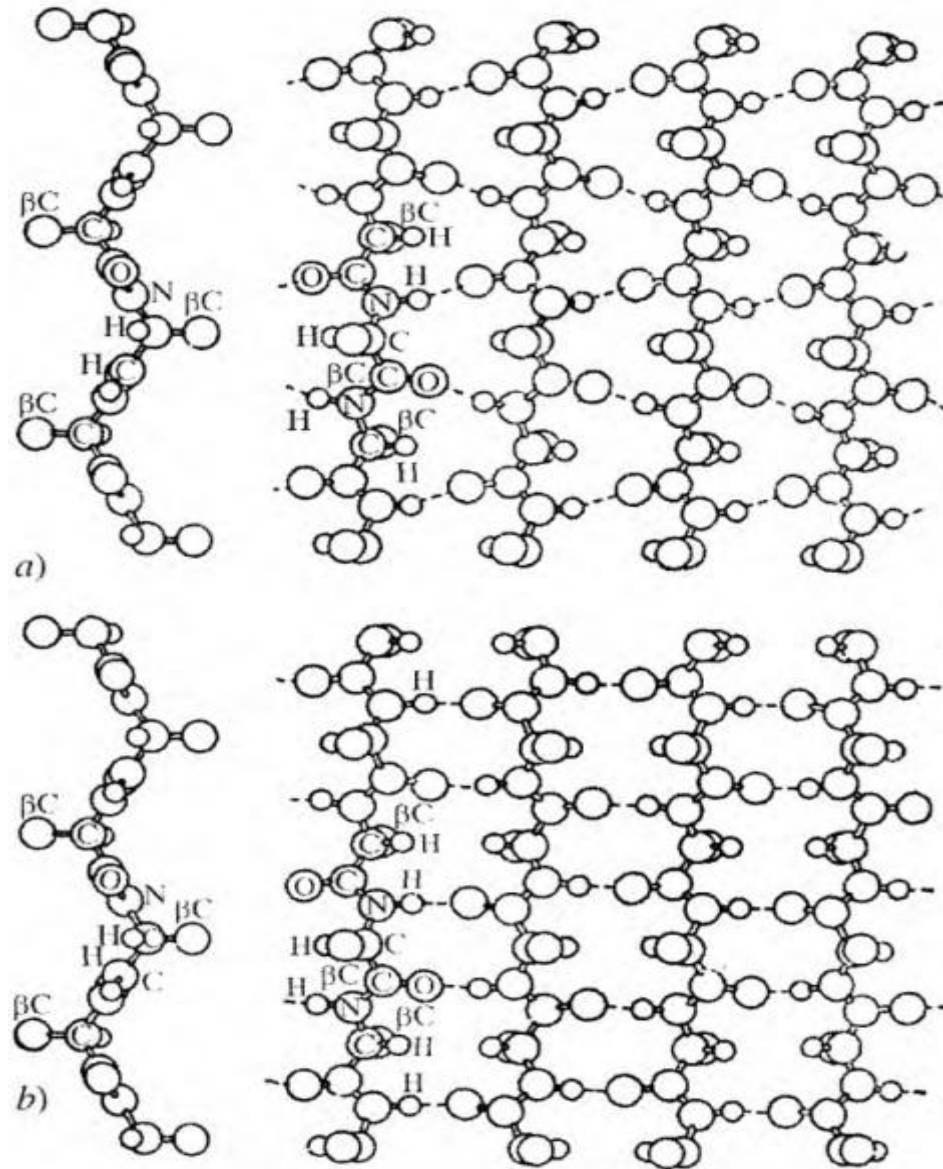
Yagona polipeptid zanjiri hosil qiladigan **ALFA**-spiralidan farqli ravishda **BETTA**-struktura ikki polipeptid zanjirlar orasida hosil bo'ladigan vodород bog'lanishlar tufayli paydo bo'ladi.



5-rasm. Oqsilning **ALFA** -spiral strukturasi:

R - yon radikallar; tutash chiziqlar - kovalent bog'lanishlar, punktir chiziq — vodorod bog'lanishlar.

Biopolimerlar orasidagi kuchlar



6-rasm. Oqsilning turli **BETTA**-strukturalari: a — parallel; b — antiparallel.



ALFA-spiral va **BETTA**-struktura tipidagi ikkilamchi strukturalar vodorod bog'lanishlari tufayli hosil bo'ladi va nordon hamda asosiy aminokislotalar qoldiqlari orasidagi elektrostatik o'zaro ta'sirlar tufayli mustahkamlanadi.



Peptid zanjirlaridagi turli atomlar ularda zaryad taqsimotiga qarab bir-biridan farq qiladi.

Zaryadlangan atomlar orasidagi o'zaro ta'sir potensial energiyasi quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$E_e = \sum_{ij} \frac{q_i q_j}{\epsilon \cdot R_{ij}}$$

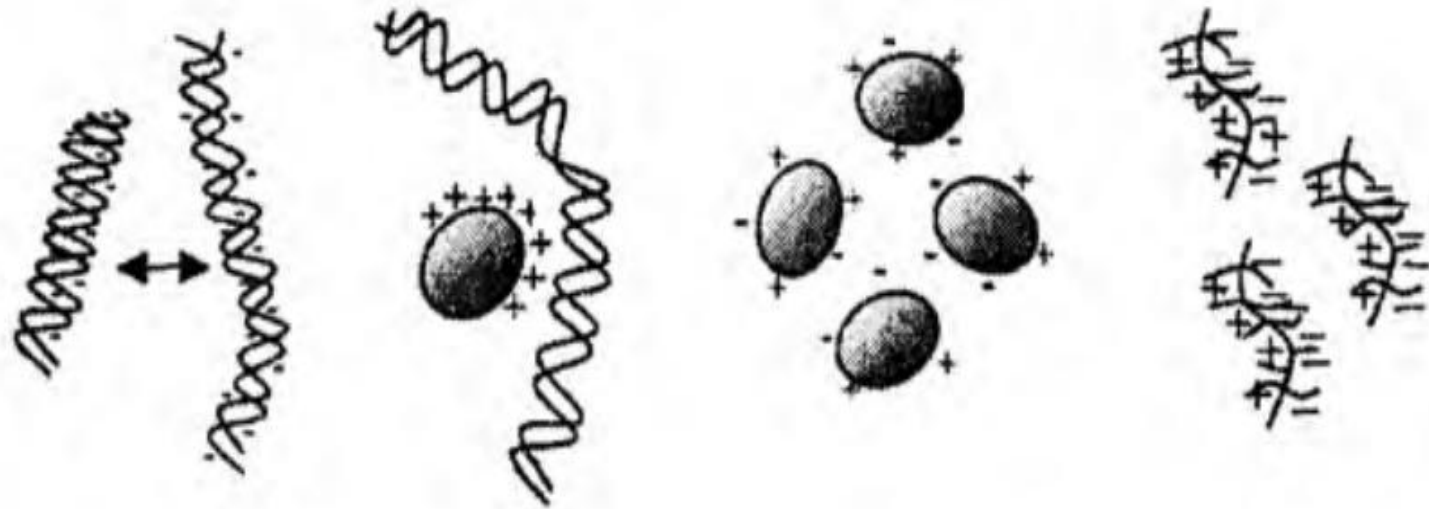


$$E_e = \sum_{ij} \frac{q_i q_j}{\epsilon \cdot R_{ij}}$$

bunda: q_i, q_j — atomlardagi zaryadlar;
 R_{ij} — atomlar orasidagi masofa;
 ϵ — dielektrik singdiaivchanlik.

(ϵ oqsillar uchun 3,5 ga teng deb olinadi)

Elektrostatik o'zaro ta'sir energiyasi - **500 kJ/mol**.
7-rasmda molekular o'zaro ta'sirda elektrostatik kuchlar asosiy bo'lgan hollar ko'rsatilgan.



7-rasm. Elektrostatik kuchlarning molekulyar tizimlarda ta'sir etishi



**E'TIBORINGIZ
UCHUN RAXMAT**
