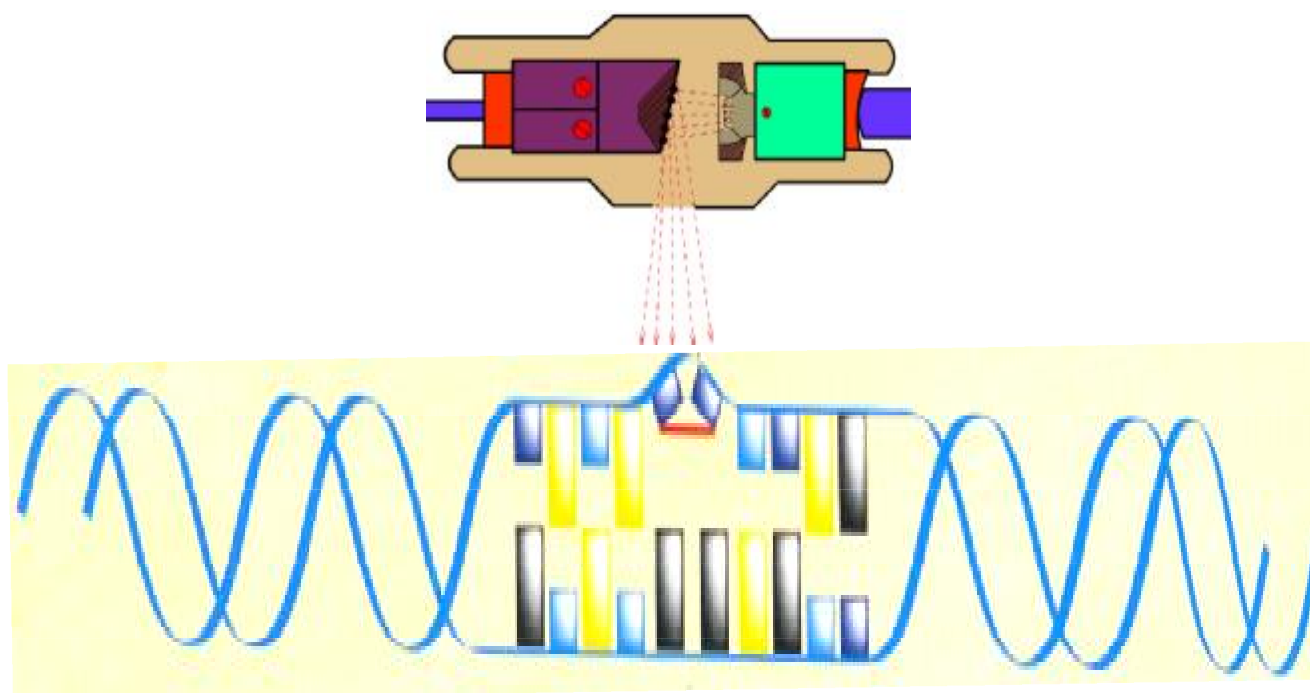


E.Ismailov, N.Mamatqulov, G'.Xodjayev, N.Norboyev

BIOFIZIKA



TOSHKENT – 2012

E.Ismailov, N.Mamatqulov, G'.Xodjayev, N.Norboyev

BIOFIZIKA

O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi tomonidan veterinariya, zootexniya, kasb ta'limi veterinariya va kasb ta'limi zootexniya bakalavriat yo'nalishlari talabalari uchun darslik sifatida tavsiya etilgan.

TOSHKENT-2012

TAQRIZChILAR:

1. N. Nizomov, fizika-matematika fanlar doktori, Samarqand davlat universiteti professori
2. K. Umarov, fizika –matematika fanlar nomzodi, Samarqand tibbiyot instituti “Informatika va biofizika” kafedrasida dosenti

Annotasiya

Darslik O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim Vazirligi tomonidan 2009 yil 27 oktyabrda №373 buyrug'i bilan tasdiqlangan. “Biofizika” fanining namunaviy o'quv dasturi asosida yozilgan. Darslik 5440100 – Veterinariya, 5410600 – Zootexniya (tarmoqlar bo'yicha), 511000 – Kasb ta'limi (5111009 - Veterinariya), (5111015 – Zootexniya) bakalavr ta'lim yo'nalishlariga mo'ljallangan.

Darslikda veterinariya va chorvachilik sohalari uchun katta ahamiyatga ega bo'lgan biomexanika, bioakustika, gidrodinamika, biologik tizimlarda ko'chish hodisalari, termodinamikaning biologik asoslari, bioelektromagnetizm, kvant biofizikasi, atom nurlari, radiobiologiyaga oid ma'lumotlar bayon etilgan.

Annotasiya

Dannaya kniga napisana na osnove programmy «Biofizika», utverjdennoy prikazom Ministerstva Vyssshego i srednego spetsialnogo obrazovaniya pod № 373 ot 27 oktyabrya 2009 goda.

Kniga rasschitana na studentov selskoxozyaystvennyx vuzov po napravleniyam 5440100 – Veterinariya , 5410600 – Zootexniya (po otraslyam), 5111000 – professionalnoye obrazovaniye (511109 – veterinariya, 5111015 – zootexniya).

V knige privedeny sennyye svedeniya, oхватывающие ветеринарные и животноводческие отрасли по biomexanike, bioakustike, gidrodinamike, termodinamike, yavleniyam perenosa, bioelektromagnetizmu, kvantovoy biofizike, atomnomu izlucheniyu, radiobiologii.

Annotation

The given text book is written on the base of the program “Biophysics”, confirmed according to the order of the Ministry of Higher and Secondary Special Education under No 373 of October, 27, 2009.

The text book is meant for the students of Agricultural Higher Educational Establishments on the trends 5440100 – Veterinary, 5410600 – Zootechnics (according to branches), 5111000 – Professional education (511109-veterinary, 5111015-zootechnics).

In the text – book there is reflected a valuable information, embracing veterinary and stock – breeding branches on biochemistry, bioacoustics, hydrodynamics, thermodynamics, phenomenon of transference, bioelectromagnetism, quantum biophysics atomic radiobiology.

MUNDARIJA

Kirish

I. Biomexanika

- 1.1. Qattiq jismlar deformatsiyasi
- 1.2. Polimerlar tuzilishi va xossalari
- 1.3. Biopolimerlar orasidagi kuchlar
- 1.4. Muskul mexanikasi

II. Bioakustika

- 2.1. Tovush, fizik xossalari va uning ahamiyati
- 2.2. Tovushning fiziologik xossalari
- 2.3. Tibbiyot va veterinariyada tovush usullaridan foydalanish
- 2.4. Shovqin va uning veterinariyadagi roli

III. Hidrodinamikaning fizik asoslari

- 3.1. Ideal suyuqlik oqimining uzluksizlik tenglamasi
- 3.2. Yopishqoqlik koeffitsiyentini o'lchash usullari
- 3.3. Yurak va qon tomirlari yopiq biofizik tizim
- 3.4. Yurakning ishi va quvvati
- 3.5. Qonning fizik xossalari
- 3.6. Qon tezligini aniqlash

IV. Membranalar biofizikasi

- 4.1. Biologik membranalar tuzilishi
- 4.2. Hujayra membranasini mexanikasi
- 4.3. Membranalarda fazaviy o'tishlar

V. Biologik tizimlarda ko'chish hodisalari

- 5.1. Ko'chish hodisasining fizik mohiyati va uning tenglamasi
- 5.2. Ko'chish turlari
- 5.3. Biologik membranalarda ko'chish
- 5.4. Biomembranalarda elektronlar ko'chishi va energiya transformatsiyasi
- 5.5. Osmos. Osmotik bosim
- 5.6. Ho'llash va ho'llamaslik. Kapilyar hodisalar
- 5.7. Tirik organizmda issiqlik almashinuvining biofizik asoslari

VI. Biologik jarayonlar termodinamikasi

- 6.1. Termodinamik jarayonlar va tizimlar
- 6.2. Biologik tizimlarda energiyani saqlanish qonuni
- 6.3. Ochiq tizimlar uchun entropiya
- 6.4. Veterinariyada termodinamik usullardan foydalanish
- 6.5. Tirik organizmda issiqlik balansi

VII. Bioelektromagnetizm

- 7.1. Elektr maydoni va uning asosiy xarakteristikasi
- 7.2. Moddalarning elektr xossalari
- 7.3. Suyuqliklarda elektr toki
- 7.4. Tirik organizmga elektr tokining ta'siri
- 7.5. Biopotensiallar va ularni o'lchash
- 7.6. Tirik organizmda o'zgaruvchan tok
- 7.7. Biologik tizimlarda o'zgaruvchan tok
- 7.8. Veterinariyada elektr tokidan foydalanish

- 7.9. Magnit maydonining asosiy fizik xarakteristikalari
- 7.10. Moddalarning magnit xossalari
- 7.11. Veterinariya terapiyasida magnit maydonining qo'llanilishi

VIII. Kvant biofizikasi

- 8.1. Yorug'likning tabiati va uning tarqalish qonunlari
- 8.2. Fotometriya asoslari
- 8.3. Yorug'likning moddalar bilan o'zaro ta'siri
- 8.4. Quyosh nurining biologik ahamiyati
- 8.5. Optik nurlanishning biologik ta'siri
- 8.6. Yorug'likning kvant tabiati
- 8.7. Ko'rishning biofizik mohiyati

IX. Atom tuzilishi va nurlanishi

- 9.1. Atom elektron qobiqlarining tuzilishi
- 9.2. Rentgen nurlari, turlari, xossalari va qo'llanilishi
- 9.3. Lyuminessensiya turlari, xarakteristikalari va qo'llanilishi
- 9.4. Lazerlar, xossalari va biologik ta'siri

X. Radioaktivlik. Radiobiologiya asoslari

- 10.1. Atom yadrosi, uning tuzilishi, fizik xarakteristikalari
- 10.2. Radioaktivlik, uning turlari va asosiy qonunlari
- 10.3. Radioaktiv nurlarni qayd qilish usullari
- 10.4. Rentgen va radioaktiv nurlarning tirik organizmga ta'siri
- 10.5. Radiasion biofizika
- 10.6. Atom nurlarining qishloq xo'jaligida qo'llanilishi
- 10.7. Atom energiyasining zararli ta'sirlaridan saqlanish muam-molari

XI. Foydalaniladigan adabiyotlar

OGLAVLENIYe

Vvedeniye

I. Biomexanika

- 1.1. Deformatsiya tverdogo tela
- 1.2. Stroyeniye i svoystvo polimerov
- 1.3. Silы vzaimodeystviya polimerov
- 1.4. Mexanika muskulov

II. Bioakustika

- 2.1. Zvuk, yego svoystva i fizicheskiye xarakteristiki
- 2.2. Fizicheskiye svoystva zvuka
- 2.3. Ispolzovaniye zvukovыx metodov v medisine i veterinarii
- 2.4. Shumы i ix rol v veterinarii

III. Fizicheskiye osnovы gidrodamiki

- 3.1. Uravneniye nerazryvnosti idealnoy jidkosti
- 3.2. Metody izmereniya koeffitsiyenta vyzkosti jidkostey
- 3.3. Serdse i krovyanyie sosudy kak zakrytaya biofizicheskaya sistema
- 3.4. Rabota i moshnost serdsa
- 3.5. Fizicheskiye xarakteristiki krovi
- 3.6. Opredeleniye skorosti krovi

IV. Biofizika membrany

- 4.1. Stroyeniye biologicheskix membran
- 4.2. Mexanika kletочноy membrany
- 4.3. Fazovyye perehody v membranax

V. Yavleniye perenosa v biologicheskix sistemax

- 5.1. Fizicheskiy smysl i uravneniye yavleniya perenosa
- 5.2. Vidы perenosa
- 5.3. Yavleniye perenosa v biologicheskix sistemax
- 5.4. Perenos elektronov i transformasiya energii v biomembranax
- 5.5. Osmos. Osmoticheskoye davleniye
- 5.6. Smachivaniye. Kapilyarnyye yavleniya
- 5.7. Biofizicheskiye osnovы obmena teplotы v jivom organizme

VI. Termodinamika biologicheskix prosessov

- 6.1. Termodinamicheskiye sistemy i prosesсы
- 6.2. Zakon soxraneniya energii v biologicheskix sistemax
- 6.3. Entropiya otkрытых sistem
- 6.4. Ispolzovaniye termodinamicheskix metodov v veterinarii
- 6.5. Teplovoy balans v jivom organizme

VII. Bioelektromagnetizm

- 7.1. Elektricheskoye pole i yego osnovnyye karakteristiki
- 7.2. Elektricheskkiye svoystva veshchestv
- 7.3. Elektricheskiy tok v jidkostyax
- 7.4. Deystviya elektricheskogo toka na jivoy organizm
- 7.5. Biopotensial i ix izmereniya
- 7.6. Postoyanny tok v jivom organizme
- 7.7. Peremenny tok v jivom organizme
- 7.8. Ispolzovaniye elektricheskogo toka v veterinarii
- 7.9. Osnovnyye karakteristiki magnitnogo polya
- 7.10. Magnitnyye svoystva veshchestv
- 7.11. Ispolzovaniye magnitnogo polya v veterinarnoy terapii

VIII. Kvantovaya biofizika

- 8.1. Priroda sveta i ix zakony rasprostraneniya
- 8.2. Osnovy fotometrii
- 8.3. Vzaimodeystviya sveta s veshchestvom
- 8.4. Biologicheskkiye svoystva solnechnogo lucha
- 8.5. Biologicheskkiye deystviya opticheskogo izlucheniya
- 8.6. Kvantovaya priroda sveta
- 8.7. Biofizicheskiy smysl zreniya

IX. Stroyeniye i izlucheniye atoma

- 9.1. Stroyeniye elektronnykh obolochek atoma
- 9.2. Rentgenovskiyе лучи, vidы, karakteristika i primeneniye
- 9.3. Tipy lyuminissensii, karakteristiki i primeneniye
- 9.4. Lazer, svoystva i biologicheskkiye deystviya

X. Radioaktivnost. Osnovy radiobiologii

- 10.1. Atomnoye yadro, stroyeniye i fizicheskiye karakteristiki

- 10.2. Radioaktivnost, yego tipy i osnovnyye zakony
- 10.3. Metody registrasii radioaktivnykh luchey
- 10.4. Deystviya na jivoy organism rentgenovskix i radioaktivnykh luchey
- 10.5. Radiacionnaya biofizika
- 10.6. Primeneniye atomnykh izlucheniy v selskom khozyaystve
- 10.7. Problemy zashchity ot vrednykh deystviy atomnoy energii

XI. Literatura

Contents

Introduction

I. Biomechanics

- 1.1. Deformation of hard body
- 1.2. The structure and property of polymers
- 1.3. The forces of interaction of polymers
- 1.4. Mechanics of muscles

II. Bioacoustics

- 2.1. The sound, its properties and physical characteristics.
- 2.2. Physical properties of the sound
- 2.3. The usage of sound methods in medicine and veterinary
- 2.4. Noises and their role in veterinary

III. Physical basis of hydrodynamics

- 3.1. Equalization of indissolubility of ideal liquid
- 3.2. Methods of measuring of coefficient of viscosity of liquids
- 3.3. Heart and blood vessels as a closed biophysical system
- 3.4. The work and power of heart
- 3.5. Physical characteristics of blood
- 3.6. Determination of speed of blood

IV. Biophysics of diaphragm

- 4.1. The structure of biological diaphragm
- 4.2. Mechanics of cellular diaphragm
- 4.3. Phases of transferring of diaphragm

V. Features of transferring in biological systems

- 5.1. Physical meaning and equalization of phenomenon transferring
- 5.2. Types of transferring
- 5.3. Phenomenon of transfer in biological system
- 5.4. The transfer of electrons and transformation of energy in biomembranes
- 5.5. Osmos. Osmotic pressure
- 5.6. Moistening Capillary phenomenon
- 5.7. Biophysical basis of exchange of warmth in living organism

VI. Thermodynamics of biological processes

- 6.1. Thermodynamical systems and processes
- 6.. The law principle of conservation of energy in biological systems
- 6.3. Entropy of open systems

6.4. The usage of thermodynamic methods in veterinary

6.5. Heat balance in living organism

VII. Bioelectromagnetism

7.1. Electric field and its basic characteristics

7.2. Electric properties of matters

7.3. Electric current in liquids

7.4. Action of electric current in living organism

7.5. Biopotential and its measuring

7.6. Constant current in living organism

7.7. Alternating current in living organism

7.8. Using of electric current in veterinary

7.9. Basic characteristic of magnetic field

7.10. Magnetic properties of matters

7.11. Using of magnetic field in veterinary therapeutics

VIII. Quantum biophysics

8.1. Nature of light and the laws of its spreading

8.2. Basis photometry

8.3. Interaction of light with matter

8.4. Biological properties of sunray

8.5. Biological action of optical radiation

8.6. Quantum nature of light

8.7. Biophysical meaning of sight

IX. Structure and radiation of atom

9.1. Structure of electronic membrane of atom

9.2. Roentgen rays, aspects, characteristics and application

9.3. Types of luminescence, characteristics and application

9.4. Obtaining lasers, properties and biological actions

X. Radio – activity. Basis of radiobiology

10.1. Atomic nucleus, structure and physical characteristics

10.2. Radio – activity of types and basic laws

10.3. Methods of registration of radio – active rays

10.4. The affect Rentgen and radio – active rays on living organism

10.5. Radiational biophysics

10.6. The usage of atomic radiation in agriculture

10.7. The problems of protection from harmful effekt of atomic energy

X. Literature

So'z boshi

O'zbekiston Respublikasi “Ta’lim to’g’risida” gi qonuni hamda “Kadrlar tayyorlash milliy dasturi” asosida yuqori malakali, ijodkorlik va tashabbuskorlik

qobiliyatiga ega, kelajakda kasbiy va hayotiy muammolarni mustaqil hal qila oladigan, yangi texnika va texnologiyalarga tez moslashishga layoqatli kadrlarni tayyorlashda ta'lim jarayonini Davlat ta'lim standartlari asosida tuzilgan namunaviy fan dasturiga muvofiq yozilgan darsliklar bilan ta'minlash muhim ahamiyatga ega. Ushbu darslik Davlat ta'lim standartida belgilangan asosiy o'quv materialini qamrab olgan va talabalar tomonidan bilimlarni mustaqil o'zlashtirib olishga hamda ko'nikma va malakalarni shakllantirishga, amaliy faoliyatda qo'llashni o'rganishga, ijodiy qobiliyatni shakllantirishga moslab yozilgan.

Darslikda "Biofizika" fani namunaviy o'quv dasturi, uslubiy va didaktik talablari asosida barcha mavzular to'liq yoritilgan, hamda turdosh ta'lim yo'nalishlarida foydalanish imkoniyatlari ham hisobga olingan.

Darslikda o'quv materiallari tushunarli, mantiqiy va tizimli bayon etilgan hamda milliy xususiyatlarni shakllantirishga yo'naltirilgan, faqat nazariy bilim berish bilan cheklanmasdan veterinariya, zootexniya va qorako'lchilik mutaxassisliklariga oid amaliy ko'nikmalarni shakllantiruvchi muammoli savollar va ijodiy topshiriqlar berish yo'li bilan o'quv materiallari aniq maqsad va vazifalarga yo'naltirilgan. Mustaqil O'zbekiston kelajagini fan va texnikaning sir-asrorlarini chuqur egallagan va hayotga tadbiiq qila oladigan yuqori malakali mutaxassislarsiz tasavvur qilib bo'lmaydi. Har tomonlama yetuk mutaxassislarni tayyorlash asosan oliy ta'lim muassasalari zimmasiga tushadi. Bunday sharaflil va o'ta ma'suliyatli vazifani bajarish uchun yangi pedagogik texnologiyalardan va zamonaviy axborot texnologiyalardan dars berish jarayonida unumli foydalanish talab qilinadi. Mamlakatimiz mustaqillikka erishgandan buyon veterinariya, zootexniya va qorako'lchilik ta'lim yo'nalishlari uchun o'zbek tilida yozilgan "Biofizika" fani bo'yicha darslik nashr etilmagan. Mualliflar tomonidan tavsiya etilayotgan "Biofizika" fani darsligi ko'p yillar davomida shu fan dasturiga binoan o'qilgan ma'ruzalar asosida tayyorlandi.

Darslikda ko'pgina fizik qonuniyatlarning nazariyasi, ya'ni formulalarni keltirib chiqarishga e'tibor qaratilmasdan, balki o'rganilayotgan qonunlarning fizik mohiyati kasbiy yo'nalishlarga mos keluvchi qo'llanish sohalari va amaliy ahamiyatga ko'proq e'tibor berilgan.

Ushbu kitobda tirik organizmlarda kechadigan fizik jarayonlar va hodisalarning fizik mexanizmlari hamda biomexanika, bioakustika, ultratovushning veterinariya va qishloq xo'jalik amaliyotida qo'llanilishi, biologik tizimlarda ko'chish hodisalari, kapillyarlik hodisalarini tushun-tirishda yurak va qon tomirlarda qonning harakatini, elektr, magnit va optik hodisalar shu bilan birga ko'rish hodisasining biofizik mohiyati, nurlanishning tirik organizmlarga ta'siri va kasalliklarni davolashda qo'llash usullari to'liq bayon qilingan.

Darslik mualliflari O'zbekiston Milliy universiteti biofizika kafedrasii jamoasi va shaxsan kafedra mudiri Yu. V. Leviskayaga darslikni yozishda bergan kursatmalari uchun minnatdorchiligini izxor qilishadi.

Kirish

Bizning tevarak-atrofimiz, barcha narsalar, bizning o'zimiz ham materiyaning bir bo'lagimiz. Keng ma'noda oladigan bo'lsak materiya bu moddiy borliqdir. Boshqa tabiiy fanlar kabi «Biofizika» fanining ham maqsadi tirik tabiat va tirik organizmni o'rganishdir. Materiya doimo harakatdadir. Bu harakat oddiy ko'chishdan tortib, tafakkurga qadar koinotda sodir bo'ladigan hamma o'zgarishlar va jarayonlarni o'z ichiga oladi. Biologik harakat materiya harakatining oliy formasidir, lekin oddiy harakatni bilmasdan turib oliy harakat mexanizmini bilib

bo'lmaydi. O'simlik va hayvonot olamida turli xil fizik va kimyoviy jarayonlar sodir bo'ladi. Ammo hayot harakatning oliy formasi sifatida unga har tomonlama yondashishni talab qiladi.

Tabiat qonunlariga asoslangan holda, biologiya, fizika va kimyoning tutashish joyida yangi fan –«Biofizika» fani yuzaga keldi. Biofizika – biologik tizimlardagi fizik va fizik-kimyoviy jarayonlarni va tirik organizmga turli omillarning ta'sirini o'rganadi.

Biofizikaga quyidagicha ta'rif berish mumkin.

Biofizika – fizik va fizik-kimyoviy jarayonlarni, biologik tizimlar ultrastrukturasini tashkil qilishning hamma sohalarini submolekulyar va molekulalardan to to'qima va to'liq organizmgacha o'rganadigan fandır.

Tirik organizmda sodir bo'ladigan turli jarayonlarning murakkabligiga va o'zaro bog'liqligiga qaramasdan, ular ichidagi fizik jarayonlarni ajratib ko'rsatish mumkin. Masalan, qon aylanishi bu jarayon suyuqlikning oqimi (gidrodinamika), tomirlar bo'ylab elastik to'lqinlarning tarqalishi (akustika), yurakning ishi va quvvati (mexanika), biopotensiallar generatsiyasi (elektr), nafas olishda gaz harakati (aerodinamika), issiqlik uzatish (termodinamika), bug'lanish (fazoviy o'tishlar) va hokazo bo'limlarda o'rganiladi.

Tirik organizmda fizik mikrojarayonlardan tashqari molekulyar jarayonlar ham sodir bo'ladi va ular biologik tizimlarning holatini belgilaydi. Bunday mikrojarayonlarning fizikasini tushunish organizm holati, ba'zi bir kasalliklarning tabiatini anglash, dorilarning ta'sirini va shu kabilarni to'g'ri baholash uchun zarurdir.

Kasalliklarga tashxis qo'yish biologik tizimlarni tadqiq qilishning fizik usullari, prinsiplari va g'oyalaridan foydalanishga asoslangan. Ko'pgina zamonaviy tibbiy asboblarning tuzilishiga ko'ra fizik asboblardir, ulardan qon bosimini o'lchash, organizm ichkarisidagi tovushlarni eshitish, ichki organlarning kasal yoki sog'ligi haqida axborot olish, issiqlikdan kengayishga asoslangan termometrlar esa tibbiyotda keng tarqalgan tahlil qilish asboblardir. Hozirgi davrda texnika va elektronikaning rivojlanishi tirik organizmda hosil bo'ladigan kuchsiz biopotensiallarni yozib olishga imkon bermoqda. Masalan, EKG yurak biopotensiallarni yozib olishdir. Tola optikasiga asoslangan endoskoplar esa organizm ichki qismlarini ko'rishga imkon bermoqda. Spektral tahlil qilishdan esa kriminalistika, gigiyenada, farmakologiyada va biologiyada foydalaniladi. Rentgen nuri yordamida tashxis qo'yishda nishonlangan atom usullari ham keng qo'llanilmoqda.

Tibbiyot va veterinariyada turli davolash usullari ichida davolashning fizik omillari ham alohida o'rin egallaydi. Masalan, suyak singanda gipslash, davolash maqsadida sovitish (krioterapiya), isitish yoki elektr yordamida isitish usullari, ultrabinafsha, infraqizil, rentgen, gamma nurlar davolashda keng qo'llanilmoqda.

Tibbiyot va veterinariyada ishlatilayotgan materiallar fizik xossalarini o'rganish ham muhimdir, chunki bunday materiallar mavjud sharoitda ishlatilishini baholash uchun ular tayyorlangan materiallar fizik xossalarini o'rganish kerak. Masalan, protezlar tayyorlash uchun qo'llanilayotgan materialning mexanik

mustahkamligini, elastikligini, issiqlik o'tkazish qobiliyatini, elektr o'tkazuvchanlikni va boshqa xossalarni bilish muhimdir.

Tirik organizm atrof-muhit bilan o'zaro ta'sirlashgan holdagina yashashi mumkin. U muhitning harorat, namlik, havo bosimi va boshqa fizik xarakteristikalarining o'zgarishlardan keskin ta'sirlanadi. Tashqi muhit yordamida davolash ham mumkin. Masalan, klimatoterapiya va baroterapiya.

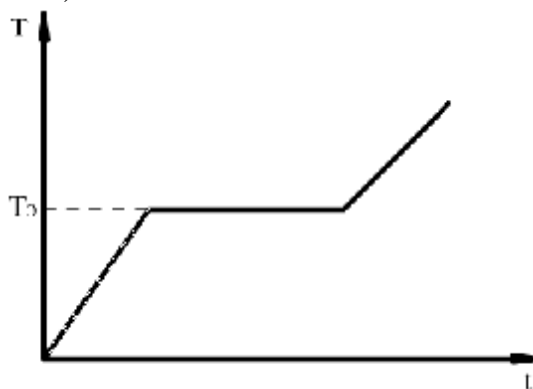
I bob. BIOMEXANIKA ASOSLARI

§ 1.1 Qattiq jismlar deformatsiyasi

Moddalar molekularining joylashishiga qarab uch xil agregat holatida bo'lishi mumkin; qattiq, suyuq va gaz holatlarida. Qattiq jismlarning o'zi ham ikki turga bo'linadi: kristall va amorf jismlar. Kristall holati anizotropiya, ya'ni fizik (mexanik, issiqlik, elektr, optik) xossalarning yo'nalishga bog'liq bo'lishidir. Kristallar anizotropiyasi-ning sababi ularni tashkil etgan atom va molekularning tartibli joylashishidir. Odatda kristall jismlarning polikristallari bir-biri bilan tutashib, tartibsiz joylashgan, ayrim kichkina kristallchalar shaklida uchraydi. Bu holda anizotropiya xossasi shu kristallchalar chegarasida kuzatiladi.

Kristallar atom va ionlari bir-biridan bir xil masofada joylashib, panjara hosil qiladi va panjara tugunlarida tebranma harakatda bo'ladi. Har bir kristall modda

uchun aniq erish va qotish harorati mavjud bo'lib, grafik usulida quyidagicha ifodalash mumkin. (1.1-rasm).



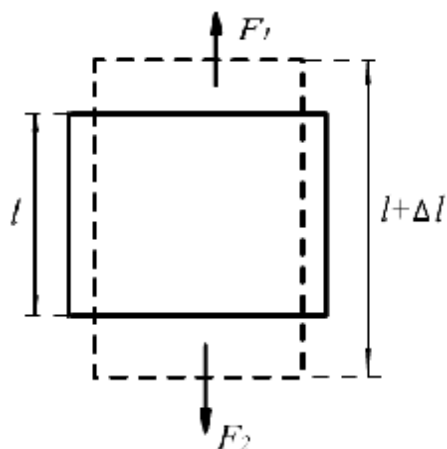
1.1 - rasm. *Qattiq jismning erish va qotish diagrammasi:*
T-harorat, t-vakt, T_e -erish harorati

Jism harorati oshishi bilan atom va ionlar tebranma harakati osha boradi va har bir qattiq jism uchun aniq bir haroratda kristall panjara buzila boshlaydi. Tashqi berilayotgan issiqlik energiyasi shu panjarani buzishga sarflanadi. Toki hamma panjaralar buzilguncha kristall harorati o'zgarmaydi. Bu haroratga erish harorati deyiladi. Shunday jismlar borki, ularning na aniq shakli va aniq erish nuqtasi bor. Bunday jismlarga amorf jismlar deyiladi. Ular izotrop xossaga ega, ya'ni fizik xossalari yo'nalishga bog'liq emas. Amorf jismlarning har qanday haroratda suyuq qismi ham, qattiq qismi ham bo'lishi mumkin. Bunday jismlarga parafin, mum, shisha kiradi. Kristallarda uzoq tartibli joylashuvi o'rinli bo'lsa, suyuq va amorf jismlarda atom va molekulalarning yaqin tartibli joylashuvi o'rinlidir.

Har qanday qattiq jism tashqi ta'sir tufayli o'z shakli va o'lchamlarini o'zgartirish xususiyatiga ega. Bu hodisaga deformatsiya deyiladi.

Agar tashqi ta'sir to'xtatilgandan so'ng jism o'zining boshlang'ich shakliga qaytsa, bunday deformatsiyaga elastik, qaytmasa plastik deformatsiya deyiladi.

Umuman olganda hamma deformatsiyalar plastikdir. Lekin kuch kichik bo'lganda elastik deformatsiya kuzatilishi mumkin. Deformatsiyaning turli shakllari mavjud: cho'zilish (siqilish), siljish, buralish, egilish. Bularni cho'zilish yoki siqilish deformatsiyasiga olib kelish mumkin. Jismga tashqi deformatsiyalovchi kuch ta'sir etganda atomlar (ionlar) orasidagi masofa o'zgaradi. Bu esa atomlarni oldingi vaziyatga qaytarishga intiluvchi ichki kuchlarni yuzaga keltiradi. Bu kuchlarning o'lchovi mexanik kuchlanishdir.



1.2 - rasm. Cho'zilish deformatsiyasini tasvirlash chizmasi.

Jism kundalang kesimining birlik yuziga ta'sir qiluvchi kuchga mexanik kuchlanish deyiladi.

$$s = \frac{F}{S} \quad (1.1)$$

Bu yerda s – mexanik kuchlanish, F – kuch, S – yuza

Kuch yuzaga normal bo'lsa, ya'ni yuzaga nisbatan perpendikulyar holatda ta'sir qilsa – normal kuchlanish, kuch yuzaga urinma holda bo'lsa, tangensial kuchlanish deyiladi.

Deformatsiya darajasi nisbiy deformatsiya orqali aniqlanadi.

Bo'ylama deformatsiyada $e = \frac{\Delta l}{l}$ yoki ko'ndalang siqilishda esa

$$e' = -\frac{\Delta d}{d} \quad (1.2)$$

Bunda l – sterjenning uzunligi, d - sterjen diametri

Tajribadan e' va e orasida quyidagi bog'lanish borligi kelib chiqadi.

$$e' = -m \cdot e \quad (1.3)$$

Bunda m - materialga bog'liq musbat koeffitsiyent (Puasson koeffitsiyenti).

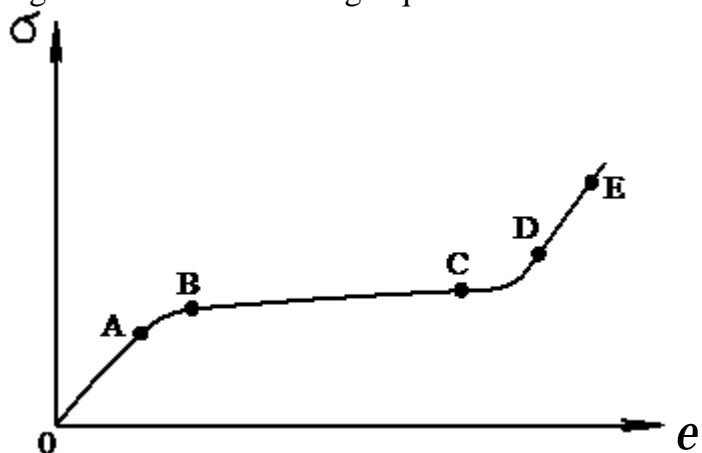
Ingliz fizigi R.Guk kichik deformatsiyalar uchun nisbiy deformatsiya kuchlanishga to'g'ri proporsional ekanini aniqladi.

$$s = E \cdot e \quad (1.4)$$

Bunda E - Yung (elastiklik) moduli. Yung moduli nisbiy uzayish birga teng bo'lgandagi kuchlanish bilan aniqlanadi. Yuqoridagi formulalardan quyidagi bog'lanish kelib chiqadi.

$$F = \frac{E \cdot S}{l} \cdot \Delta l = k \cdot \Delta l \quad (1.5)$$

(1.5) formula Guk qonunining matematik ifodasi. k - elastiklik koeffitsiyenti. 1.3 - rasmda kuchlanish bilan nisbiy deformatsiya orasidagi bog'lanish ko'rsatilgan. OA - elastik deformatsiya, V - elastiklik chegarasi bo'lib, shunday maksimal kuchlanishni harakterlaydiki, bunda tashqi kuch ta'siri olingandan so'ng jismda qoldiq deformatsiya qolmasdan, u yana o'z shaklini tiklay oladi. SD - gorizontaal oraliq kuchlanishning oquvchanlik chegarasidir, ya'ni bu oraliqda kuchlanish oshmasdan deformatsiya oshib boradi. E - nuqta esa jismning buzilishi (uzilishi) oldidan jismga qo'yilgan eng katta kuchlanish jismning mustahkamlik chegarasi deyiladi. Moddalar elastiklik xossalari orasida juda katta farq bor. Masalan, po'lat mustahkamlik chegarasidan 0,3% cho'zilgandayoq uziladi, yumshoq rezinalarni esa 300% cho'zish mumkin. Bunday farq sifat tomondan yuqori molekulyar bog'lanishlar elastikligi mexanizmi bilan bog'liq.



1.3 - rasm. Mexanik kuchlanish va nisbiy deformatsiya orasidagi bog'lanish: σ -mexanik kuchlanish, ε -nisbiy deformatsiya

Ba'zi moddalar mustahkamlik chegarasi va Yung moduli qiymati quyidagi jadvalda keltirilgan.

1.1 – jadval

Modda	Yung moduli,	Mustahkamlik chegarasi, MPa
po'lat	200 GPa	500
organik shisha	3,5 GPa	50
shishali kapron	8 GPa	150
elastin	0,1 - 0,6 MPa	5
kollogen	10 - 100 MPa	100
suyak	10	100

Elastik siqilgan sterjen potensial energiyasi tashqi kuchlar bajargan ishga tengdir

$$\Pi = A = \int_0^{\Delta l} F \cdot dx \quad (1.6)$$

Bunda Δl - absolyut uzayish. Guk qonunidan elastik siqilgan sterjen potensial energiyasi

$$\Pi = \frac{k \cdot (\Delta l)^2}{2} \quad (1.7)$$

ya'ni deformasiya kvadratiga to'g'ri proporsional bo'ladi.

§ 1.2. Biopolimerlar tuzilishi va xossalari

Molekulalari ko'p miqdordagi atomlardan yoki atom guruhlaridan tuzilgan va kimyoviy bog'lanishlar bilan biriktirilgan uzun zanjir ko'rinishidagi moddalar polimerlar deyiladi. Polimerlarning kimyoviy tuzilishlarining o'ziga xos xususiyatlari ularning maxsus fizik xossalarini yuzaga keltiradi.

Polimer hosil qiluvchi moddaga monomer deyiladi. Polimerlar nomi monomer nomiga "poli" so'zi qo'shilishi yordamida hosil qilinadi. Masalan:

Polietilen ... $-\text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \dots$

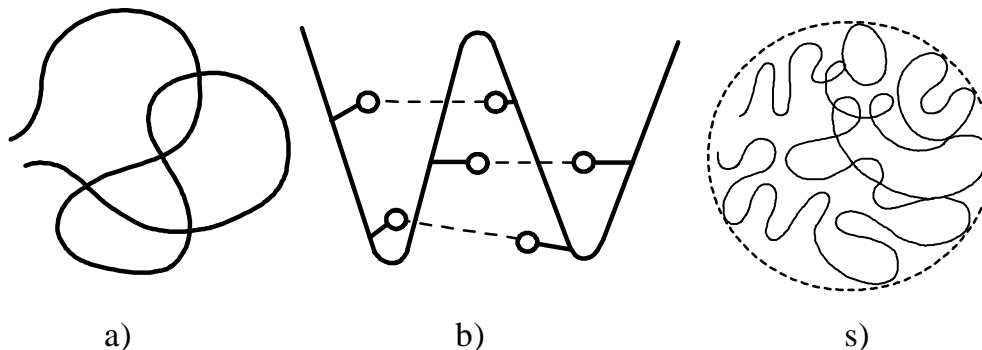
Polivinil xlorid ... $\text{CH}_2 - \text{CHCl} - \dots$

Bir xil kimyoviy tuzilishga ega bo'lsa ham polimerlar past molekulari moddalardan o'zining mexanik xossalari bilan keskin farq qiladi. Polimerlar yetarlicha mustahkam va shu bilan birga katta qaytuvchan deformasiyalanish qobiliyatiga ega. Polimerlar mexanik xossalari jihatidan qattiq jism va suyuqliklar xossalarining birlashmasidan tashkil topgan materiallardir.

Bitta monomerdan hosil qilingan polimerlar gomopolimerlar deb, ikki va undan ko'proq monomerdan tashkil topganlari sopolimerlar deb ataladi.

Hayvonlar va o'simliklardan olingan materiallar – jun, soch, ipak, paxta, tabiiy kauchuk va sh.k., 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 strukturasiining asosini tashkil etadi. Bular oqsillar, nuklein kislotalar, polisaxaridlar, glikoproteidlar, glikolipidlar va boshqalar.

Polimerdagi atomlar va ularning guruhlar 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'rinishi o'zgarishiga konformasion o'zgarishlar deyiladi. 1.4-rasmda polimer makromolekulalarining ayrim konformasiyalari keltirilgan:



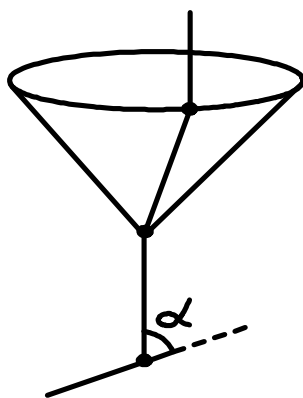
1.4 - rasm. *Polimer makromolekularining konformasiyalari.*
a - statistik o'ram, v - spiralsimon, s - globula.

Statistik o'ram shakliga ichki issiqlik harakati tezligi tashqi ta'sirlardan ustunroq bo'lgan makromolekulalar ega bo'ladi, bunday konformasiyani ko'pchilik polimerlar – polietilen, polipropilen, polibutadiyen va hokazolar egallaydi.

Spiralsimon konformasiya oqsillar va nuklein kislotalarga xos bo'lib, ularda ushbu shakl bo'lishiga atom guruhlari orasidagi ta'sirlar javobgardir (masalan, vodorod bog'lanishlar). Globula konformasiyasiga, ya'ni deyarli sferik shakldagi kompakt konformasiyaga kuchli ichki molekulyar o'zaro ta'sirga ega polimer makromolekulari ega bo'lishadi. Masalan, ftor atomiga ega bo'lgan polimerlar (politetraftoretilen).

Polimer zanjirida valentli bog'lanishlar orasidagi burchaklar ma'lum qiymatga ega bo'ladi. (1.5-rasm). Bu esa zanjirdagi bir bo'g'in vaziyatining undan oldingi bo'g'in vaziyatiga bog'liqligiga olib keladi. Bunday zanjir erkin bo'g'implanganiga qaraganda kam sonli konformasiyani qabul qiladi, lekin katta egiluvchanlik qobiliyatiga ega.

Polimerlar molekulyar massasi bir necha o'n mingdan millionlargacha bo'lgani uchun juda katta o'lchamlarga ega bo'lishi mumkin. Polimerlar o'lchami juda katta bo'lgani tufayli ularning qaynash harorati haddan tashqari yuqori bo'ladi. Shuning uchun polimerlar kondensasiyalangan holatda: suyuq yoki qattiq holatda bo'ladi. Qattiq polimerlar amorf va kristall ko'rinishda bo'lishi mumkin.



1.5 - rasm. *Ma'lum qiymatli valent burchakli polimer zanjiri.*

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

Oqsil makromolekulari konformasiyasi spiralsimon (fibrillyar oqsillar) yoki globula (globulyar oqsillar) shaklida bo'lishi mumkin. Ushbu strukturalar (oqsillar uchun ular ikkilamchi deb ataladi, birlamchi deb yaqin tartibdagi bo'g'inlar

konformasiyasiga 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 qilishsa, to'rtlamchi struktura vujudga keladi.

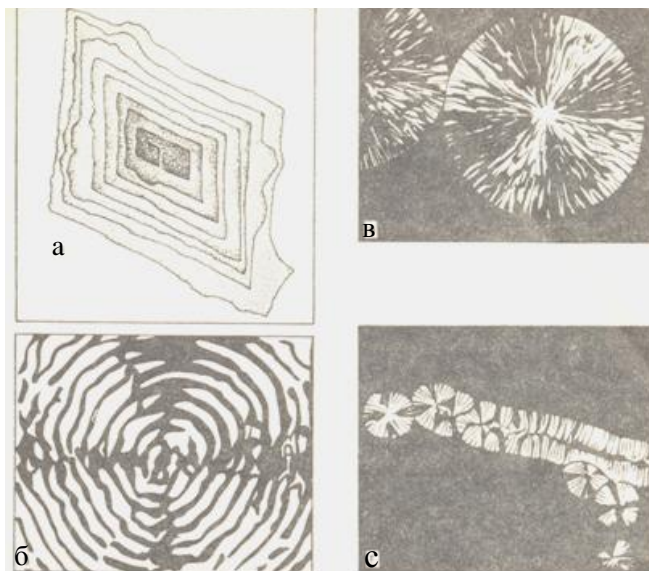
Polisaxaridlarda (sellyuloza va kraxmal) spiralsimon makromo-lekulalar bog'larga birikadi.

Amorf polimer yuqori elastiklik holatida kuchli deformatsiyalanish xossasiga (1000% gacha) ega bo'lib, uning deformatsiyalanishida qaytuvchanlik mavjuddir.

Kristall polimerlarning eng tarqalgan turlariga quyidagilar kiradi: kristallitlar, monokristallar, fibrillalar, sferolitlar. Ayrim kristall polimerlar tuzilishi 1.6-rasmda ko'rsatilgan.

Yuqori molekulyar 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.

Polimerlar o'lchamlari bir xil bo'lgan holda quyidagi uch turga bo'linadi : elastik , yarim elastik va qattiq to'g'ri tayoqcha. 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 holatda ichki dinamik harakat deyarli yo'qligi tan olinadi. Yarim elastik polimerlar nazariyasi bu ikki chekka holat nazariyalarining sintetik birlashmasidan iborat.



1.6 - rasm. *Kristall polimerlar strukturasi.*

a - monokristall (polietilen); b - halqali sferolit; v - radial sferolit; g- sferolit tasma.

Kratki-Porod modelida polimerning yarim elastik zanjirida erkin energiyaning o'zgarishi (dG) ning polimer konturi bo'ylab siljishi (ds) ga bog'liqligi quyidagi tenglama bilan aniqlanadi.

$$\frac{dG}{ds} = \frac{dG}{dq} \cdot \frac{dq}{ds} + \frac{1}{2} \left(\frac{d^2G}{dq^2} \right) \left(\frac{dq}{ds} \right)^2 \quad (1.8)$$

Zanjirda doimiy egilish momenti bo'lmasa

$$\frac{dG}{dq} = 0 \text{ va bu holda (1.8) tenglamadan}$$

$$\frac{dG}{ds} = \frac{k}{2} \left(\frac{dq}{ds} \right)^2 \quad (1.9)$$

Bundan polimerning egilishga bikrligi uchun quyidagi tenglikka ega bo'lamiz:

$$k = \frac{d^2G}{dq^2} \quad (1.10)$$

To'la energiyaning o'zgarishi (ΔG)ni topish uchun (1.9) ifodani L-kontur uzunligi bo'yicha integrallaymiz:

$$\Delta G = \frac{k}{2} \int_0^L \left(\frac{dq}{ds} \right)^2 ds \quad (1.11)$$

Zanjirning kichik siljishlarida egilish burchagi siljish uzunligiga proporsional bo'ladi ($q = r \cdot s$, bunda r-doimiy kattalik), u holda (1.11) tenglama quyidagicha bo'ladi.

$$\Delta G = kr^2 \int_0^L \frac{ds}{2} \quad (1.12)$$

Bu yerda $r = \frac{dq}{ds}$

Umumiy egilish burchagini quyidagi ifodadan topamiz:

$$q_L = \int_0^L r ds = rL \quad (1.13)$$

Shunday qilib, energiya uchun quyidagi tenglamaga ega bo'lamiz:

$$\Delta G = \frac{k \cdot q_L^2}{2L} \quad (1.14)$$

Egilish burchagini termodinamik muvozanatida bo'lgan tizimlar uchun Bolsman tenglamasidan foydalanib topish mumkin:

$$(q_L^2) = \frac{\int_0^p e^{-\Delta G/kT} q_L^2 dq_L}{\int_0^p e^{-\Delta G/kT} dq_L} = \frac{LrT}{k} \quad (1.15)$$

Zanjirning ko'ndalang yo'nalishlardagi siljishlarini hisobga olsak (1.15) tenglamani 2 ga ko'paytirish kerak bo'ladi. U holda

$$(q_L^2) = \frac{2LrT}{k} \quad (1.16)$$

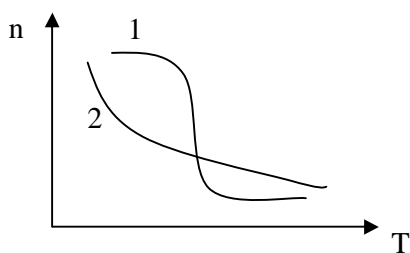
Yuqoridagi mulohazalardan elastiklik kuchi paydo bo'lishi termodinamik xarakterga ega ekanligi kelib chiqadi.

Elastik zanjirning dumaloq o'ram shaklini egallashi uning termodinamik elastikligi bilan aniqlanadi. Eritmada polimerning eng ehtimoliyatli konformasiyasi – dumaloq o'ram shakli bo'lib, bunda tizim entropiyasi maksimal bo'ladi. Polimer cho'zilishida o'ram ochilishi boshlanadi va mumkin bo'lgan konformasiyalar soni

kamayadi, bu entropiya kamayishiga olib keladi. Turli ko'p molekullari tizimlarda atomlar orasidagi barcha o'zaro ta'sirlarni ikki turga ajratish mumkin: ko'shni bo'g'inlar atomlari orasidagi yaqin tartibli o'zaro ta'sirlar, va zanjir bo'ylab bir-biridan uzoqdagi atomlarning zanjir egilishi paytida tasodifiy holda bir-biriga yaqinlashgan paytida hosil bo'lgan uzoqdan o'zaro ta'sir yoki hajmiy effektlar. Hajmiy o'zaro ta'sirlar tufayli yaqinlashgan qismlar bir-birini tortishi yoki itarishi mumkin. Harorat oshishi monomerlarning o'zaro itarilishini oshirsa, pasayishi ularning o'zaro tortilishiga imkon beradi. Shunday qilib, harorat o'zgarishi polimer o'lchamlarining o'zgarishiga olib keladi, bu esa monomer bo'g'inlari soni o'rtacha zichliklari (n) o'zgarishda o'z ifodasini topadi. 1.7-rasmda qattiq tayoqcha zanjiri va egiluvchan zanjir uchun bo'g'inlar soni o'rtacha zichligining haroratga bog'lanish grafigi keltirilgan.

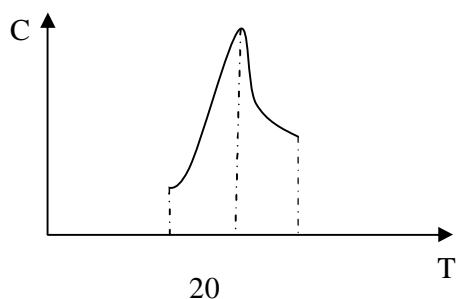
Quyida keltirilgan grafikda qattiq tayoqcha uchun harorat oshgan sari o'ramning globulaga aylanishi turli fazalar orasidagi birinchi turdagi o'tishi, ya'ni polimer, agregat holatining o'zgarishi bilan birgalikda ro'y beradi. Egiluvchan zanjirlar uchun bu o'tish issiqlik effektlarsiz, ikkinchi turdagi fazali o'tish kabi ro'y beradi.

Yuqorida keltirilgan xulosalar gomopolimerlar uchun to'g'ri edi. Real biopolimerlarda konformasion o'zgarishlarini qarab chiqishda monomer bo'g'inlarining turli tabiatga ega ekanligi, hamda hajmiy o'zaro ta'sirlarning o'ziga xos xususiyatlarini hisobga olish zarur.



1.7 - rasm. Monomer bo'g'inlari soni o'rtacha zichligining haroratga bog'lanishi. 1-qattiq tayoqcha, 2-egiluvchan zanjir, n -bo'g'inlar soni o'rtacha zichligi, T -harorat

Oqsillarning haroratviy denaturasiyasi (tabiiy strukturasi buzilishi) birinchi turdagi faza o'tishiga yaqin bo'ladi. Issiqlik denaturasiyasi jarayonida biopolimerning globulyar (yoki spiral) holatdan denaturasiyalangan o'rnamli holatga o'tishida issiqlik sig'imining o'zgarishi ro'y beradi. 1.8 - rasmda biopolimerlar issiqlik denaturasiyasi sohasida issiqlik sig'imining o'zgarishi ko'rsatilgan.



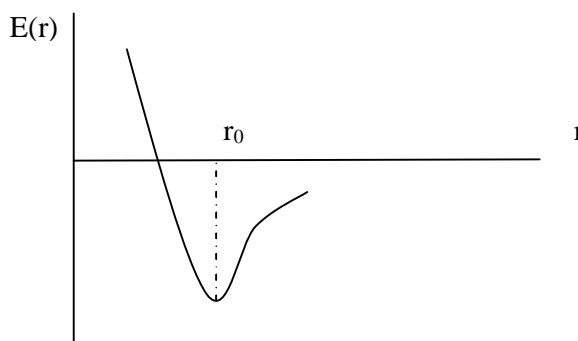
$$T_1 \quad T_d \quad T_2$$

1.8 - rasm. *Biopolimerlar issiqlik denaturasiyasi sohasida issiqlik sig'imini o'zgarishi. S - issiqlik sig'imi T₁ - boshlang'ich harorat T_d - issiqlik yutishi maksimumining harorati, T₂ - erish jarayonining oxirgi harorati.*

Biopolimerlar harorati o'zgarganda mikrostrukturasining o'zgarishiga eritma tarkibi, uning pH qiymati ham o'z ta'sirini ko'rsatadi.

§ 1.3. Biopolimerlar orasidagi kuchlar

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



1.9 - rasm. *O'zaro ta'sir energiyasining masofaga bog'lanish grafigi. Ye – potensial energiya, r- masofa, r₀-muvozanat masofasi*

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

$$F(r) = -\frac{dE(r)}{dr} \quad (1.17)$$

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

1.9-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: Van-der-Vaals o'zaro ta'sirlari, vodorod bog'lanishi, elektrostatik ta'sirlar.

Van-der-Vaals kuchlari suyuq va qattiq holatlar paydo bo'lishda real gazlardagi molekulalarning o'zaro ta'siri katta rol o'ynaydi. Biologik makromolekulalarni ham kondensasiyalangan 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 ~2kJ/mol, kovalent

bog'lanishlar energiyasi esa 170-630 kJ/molga teng. Van-der-Vaals kuchlari elektromagnit tabiatga ega bo'lib, qo'shni molekulardagi 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 turli tiplari mavjud.

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

$$E_0 = -\frac{2p_1^2 \cdot p_2^2}{3kTR^2} \quad (1.18)$$

Bunda p_1, p_2 -dipol momentlari, k - Bolsman 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 kvant-mexanik xarakteriga ega bo'lib, tashqi orbitadagi elektronlar harakati bilan bog'liq.

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

$$E_d = -\frac{1}{24(pe_0)^2 R^6} \sum nk \frac{|m_{n1}|^2 \cdot |m_{k2}|^2}{(E_{1n} - E_{10}) + (E_{2k} - E_{20})} = -\frac{A}{R^6} \quad (1.19)$$

Bunda $m_{n1}; m_{n2}$ - 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.

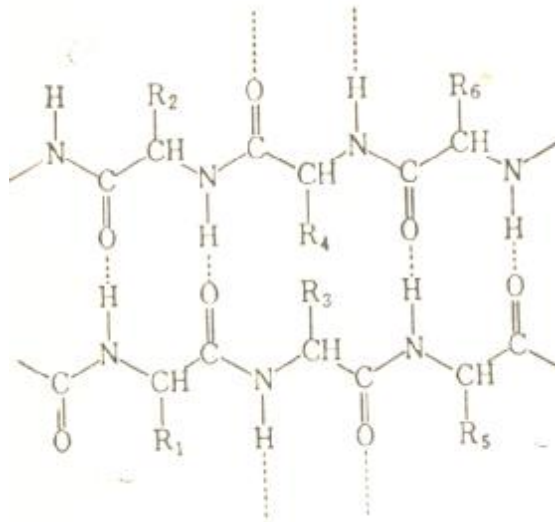
Ikki molekulaning Van-der-Vaals o'zaro ta'siri (1.18) va (1.19) ifodalar yig'indisi bilan topiladi. Odatda buning o'rniga Lennard-Jons potensialini berish orqali aniqlanadi.

$$U = -\frac{A}{R^6} + \frac{B}{R^{12}} \quad (1.20)$$

Bunda A, B -tajribada aniqlanadigan doimiy sonlar, R -molekulalar orasidagi masofa. (1.20) ifodada birinchi had molekulalarning o'zaro tortishishga, ikkinchi had esa molekulalarning o'zaro itarishishiga mos keladi. Masalan, $0 \dots 0$ o'zaro ta'siri uchun $A=1547,7 \text{ kJ} \cdot \text{nm}^5 / \text{mоль}$, $B = 895,23 \cdot 10^3 \text{ kJ} \cdot 10^3 \text{ kJ} \cdot \text{nm}^4 / \text{mоль}$ qiymatga ega.

Vodorod bog'lanishda 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.

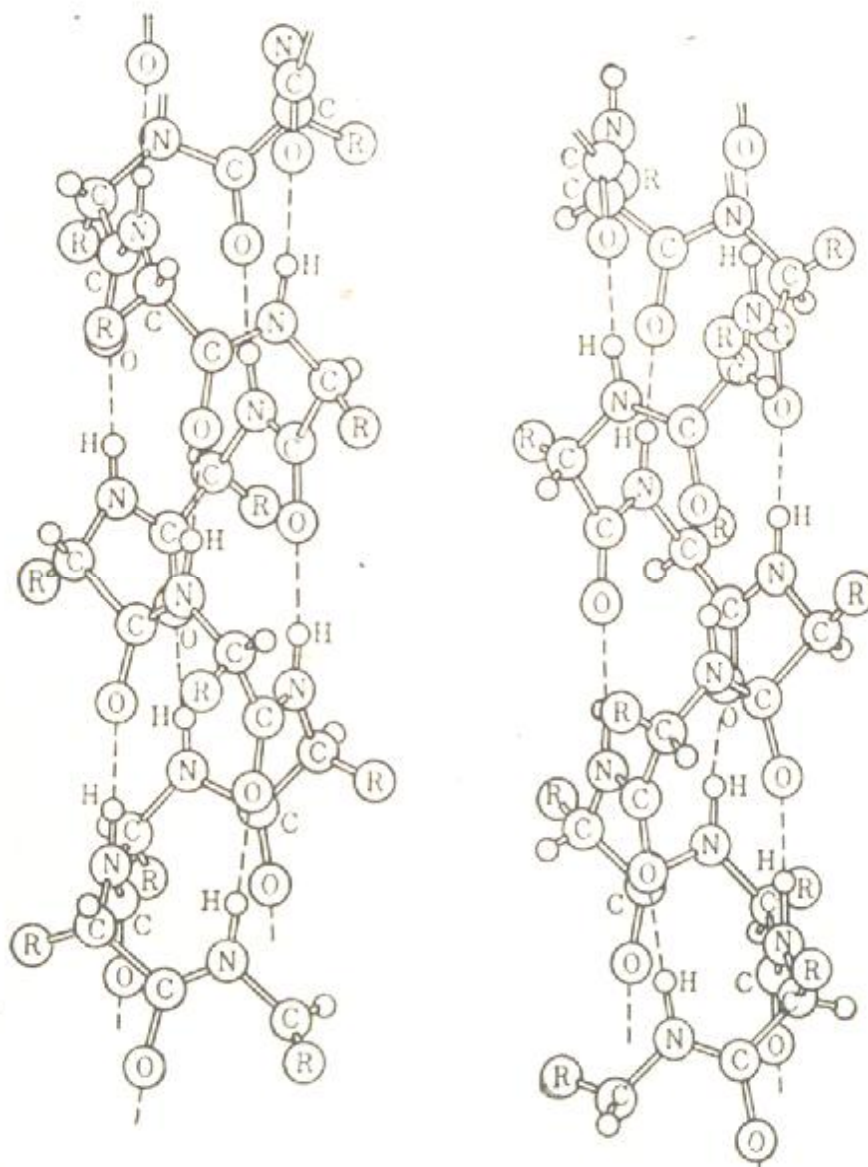
Vodorod bog'lanishining energiyasi 10-40 kJ/mol oraliqda bo'ladi.



1.10 - rasm. Ikki polipeptid zanjirlari orasidagi vodorod bog'lanishlar.

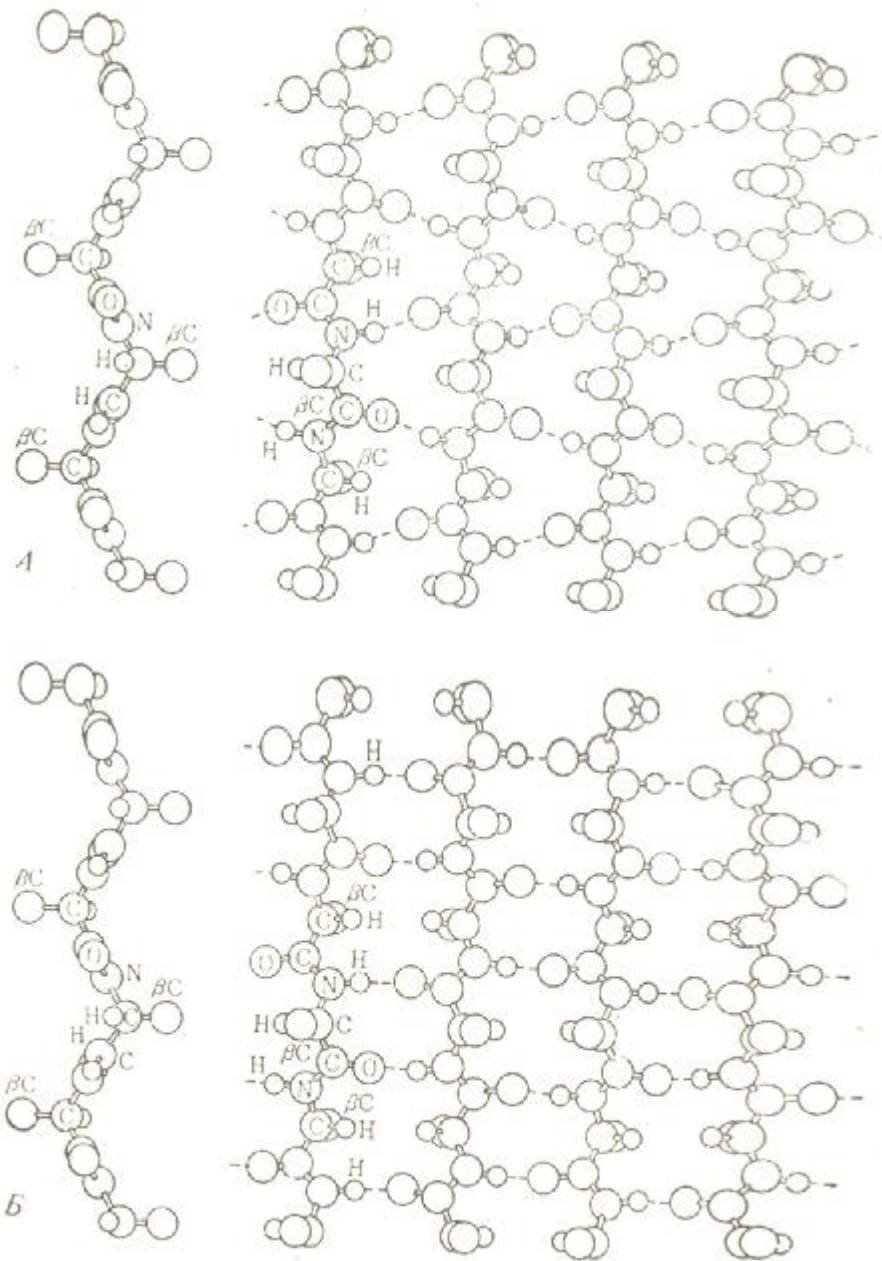
CO- va NH-guruhlar orasida vodorod bog'lanishlari hosil bo'lganda polipeptid zanjirida hosil bo'ladigan tuzilmaga ikkilamchi struktura deyiladi. 1.10-rasmda ikki polipeptid zanjirda hosil bo'lgan vodorod bog'lanishlari punktir chiziqlar bilan kovalent bog'lanishlar tutash chiziqlar bilan ko'rsatilgan.

Polipeptid zanjiri ikkilamchi strukturasi α -spiral yoki β -struktura ko'rinishida bo'lishi mumkin. Oqsildagi α -spiral quyidagi shartlarga bo'ysinadi: 1) C-N peptid bog'lanishi planar (bitta tekislikda yotuvchi) bo'lishi; 2) vodorod bog'lanishlari S=O va N-H guruhlar orasidagina bo'lishi zarur (1.11- va 1.12- rasmlar)



1.11 - rasm. Oqsilning α -spiral strukturasi: R-yon radikallar; tutash chiziqlar kovalent bog'lanishlar, punktir chiziq-vodorod bog'lanishlar.

Yagona polipeptid zanjiri hosil qiladigan α spiraldan farqli ravishda β -struktura ikki polipeptid zanjirlar orasida hosil bo'ladigan vodorod bog'lanishlar tufayli paydo bo'ladi. (1.12-rasm)



1.12-rasm. Oqsilning turli β -strukturalari. A-parallel, antiparallel.

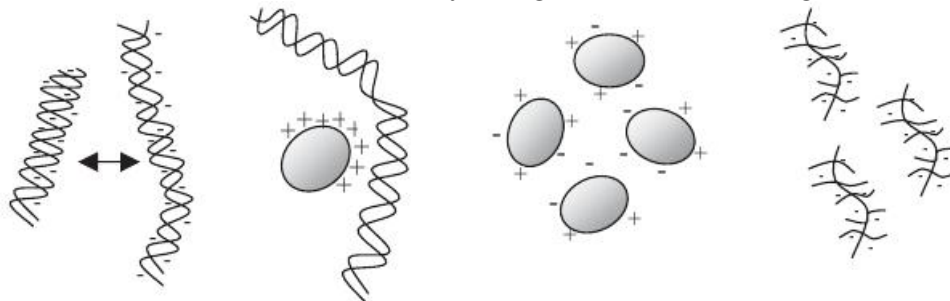
B-

A-spiral va β -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 karab bir-biridan farq qiladi. Zaryadlangan atomlar orasidagi o'zaro ta'sir potensial energiyasi quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$E_e = \sum_{ij} \frac{q_i q_j}{e \cdot R_{ij}} \quad (1.21)$$

Bunda q_i , q_j - atomlardagi zaryadlar, R_{ij} - atomlar orasidagi masofa, ϵ - dielektrik sindiruvchanlik (oqsillar uchun 3,5 ga teng deb olinadi).

Elektrostatik o'zaro ta'sir energiyasi ~ 500 kJ/mol. 1.13-rasmda molekulyar o'zaro ta'sirda elektrostatik kuchlar asosiy bo'lgan hollar ko'rsatilgan.



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

§ 1.4. Muskul mexanikasi

Muskul kimyoviy energiyani ish bajara oladigan mexanik energiyaga aylantirish xususiyatiga ega. Bu ish ixtiyoriy harakatlarni bajarish, shuningdek, ichki organlarning harakati uchun sarf bo'ladi. Muskullar o'z xossalariiga ko'ra odatdagi qattiq jismlardan farq qiladi va elastomerlar, ya'ni kauchuk tipidagi materiallar jumlasiga kiradi. Buning sababi shuki, muskullar bilan kauchukning elastiklik moduli taxminan bir xil ($1 \cdot 10^8$ n/m²) muskul bilan kauchuk cho'zilganida rentgen nurlari difraksiyasining o'zgarishlari bir xil bo'ladi, harorat o'zgarishlariga muskul ham, kauchuk ham bir xil reaksiya ko'rsatadi. Muskul qisqaruvchan va elastik elementlardan tashkil topgan. Bu tizimning xossalari gliserin bilan ishlangan muskul preparatlar membrana borligidan kelib chiqadigan xossalarni yo'qotib qisqaruvchan tizimlarni saqlab qoladi.

Bundan tashqari, aktomiozin eritmasi yoki aktin va miozin preparatlaridan qisqaruvchan modda iplarini sintezlash mumkin.

Shartli ravishda, odatda, muskullar modellari deb ataladigan ana shunday preparatlar muskul faoliyatini o'rganish uchun juda qulay obyekt hisoblanadi. Mana shunday modellarga va tirik muskullarga har xil stimulyator ta'sir ettirib olingan eksperimental ma'lumotlarning o'z parametrlari jihatidan bir-biriga yaqin bo'lishini tekshirishlar ko'rsatib berdi. Masalan, modellarda hamda tirik muskulda izometrik qisqarishdan kelib chiqadigan taranglik taxminan bir xil bo'ladi. Modellarda ham, tirik muskullarda ham ATF (Adenozintrifosfor) ning bir xil nisbatda bo'lishi kuzatiladi.

Muskullar ishi. Muskullarning kimyoviy energiyasi odatda issiqlik aylanmasdan turib qisqarishning mexanik energiyasiga aylanadi. Termodinamik hisoblar skelet muskuli qisqarganda kuzatiladigan foydali ish ko'effitsiyenti (ko'pchilik hollarda bu ko'effitsiyent 50 %ga teng bo'ladi) muskulning issiqlik mashinasi prinsipiga muvofiq ishlay olmasligini ko'rsatadi.

Ma'lumki, issiqlik mashinasi yuksak haroratli manbadan issiqlik olar ekan, uning bir qismini foydali ishga aylantiradi, qolgan issiqlik esa harorati bir muncha past bo'lgan qabul qiluvchi tomonidan yutiladi. Shu boisdan foydali ish

koefitsiyenti, masalan, 30 % bo'lgan issiqlik mashinasining ishlashi uchun juda katta haroratlar farqi bo'lishi talab qilinarkan. Qabul qiluvchi harorati 37°S atrofida o'zgarib turadigan gavda haroratiga teng keladigan bo'lsa, u holda issiqlik manbaining harorati taxminan qip-qizil cho'g'lanish haroratiga yetishi mumkin. Shunday qilib, muskul issiqlik mashinasi singari ishlab, yoqilg'ining kimyoviy energiyaga aylantiradigan bo'lganda edi, ajralib chiqadigan energiyaning atigi 30 % ini o'zlashtirish haroratning shu qadar ko'tarilib ketishiga olib borar ediki, bunda muskulning qisqaruvchan oqsillari muqarrar denaturasiyaga uchrab qolgan bo'lar edi. Qisqarish vaqtida energiya muskul bajaradigan ish uchungina sarflanmasdan, balki issiqlik ajralishiga ham sarflanadi. Ish vaqtida muskullarning issiqlik xosil qilishi ancha kuchayadi va muskullarning qisqarish tezligiga bevosita bog'liq bo'ladi. Muskul asta-sekin qisqarganda vaqt birligi ichida u tez qisqargandagiga qaraganda kamroq issiqlik ajralib chiqadi.

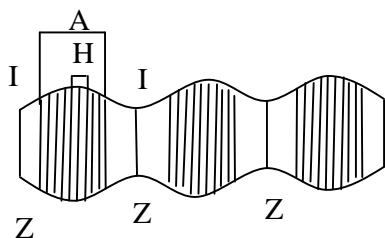
Ma'lumki, muskul tolalarining miofibrillalari Z-membranalar deb ataladigan qambar qora chiziqlar bilan ayrim qismlarga ajralsa (uzunligi taxminan 2,5 mkm keladigan qismlarga), ya'ni sarkomerlar bo'ylab joylashgan yorug' yo'llar, izotop yo'llar yoki I disklar deb atalsa, sarkomerning markazidagi qora yo'l anizotrop yo'l yoki A- disk deb ataladi.

A- disk markazida N - zona deb ataladigan bir muncha yorug' yo'l ko'zga tashlanadi.

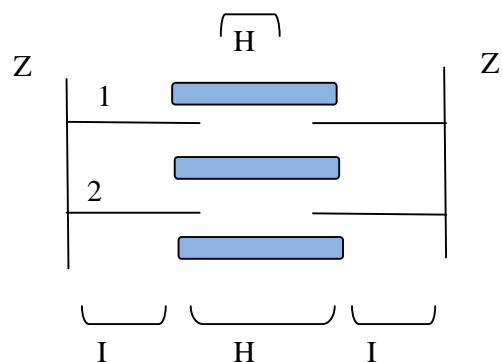
1.14-rasmda miofibrillaning bo'ylama kesimi, 1.15-rasmda esa uning sxematik tuzilishi ko'rsatilgan. 1.15-rasmdagi qora chiziqlar Z-chiziqlardir. Miofibrillaning ikkita Z-chiziqlar orasidagi qismi sarkomer deb ataladi.

Skelet va yurak muskul tolalarida miofibrillar o'rtasidagi bo'shliqda joylashgan endoplazmatik retikulumdan hosil bo'lgan alohida vakuolalar tizimi topilgan. Mana shu tizimning bir qismi muskul tolasi bo'ylab ketgan A - disklar sohasida joylashgan, u ko'ndalang holatni egallaydi va sarkolemaning plazmatik membranasiga aylanadi. Endoplazmatik retikulumning fazoda shu tariqa joylashuvi muskul tolasi ichida qo'zg'alish impulslari o'tishini ta'minlab beradi.

Z-disklar sohasiga mikroelektrodlar yordami bilan ta'sir berish avvaliga o'sha disk bilan cheklangan sarkomerlarining qisqarishiga sabab bo'lishi aniqlandi, keyinchalik esa qisqarish muskul tolasining boshidan oxirigacha ro'y beradi.



1.14 - rasm. Miofibrillaning kesimi tasviri.



1.15 - rasm. Sarkomer tuzilishi bo'ylama tasviri.

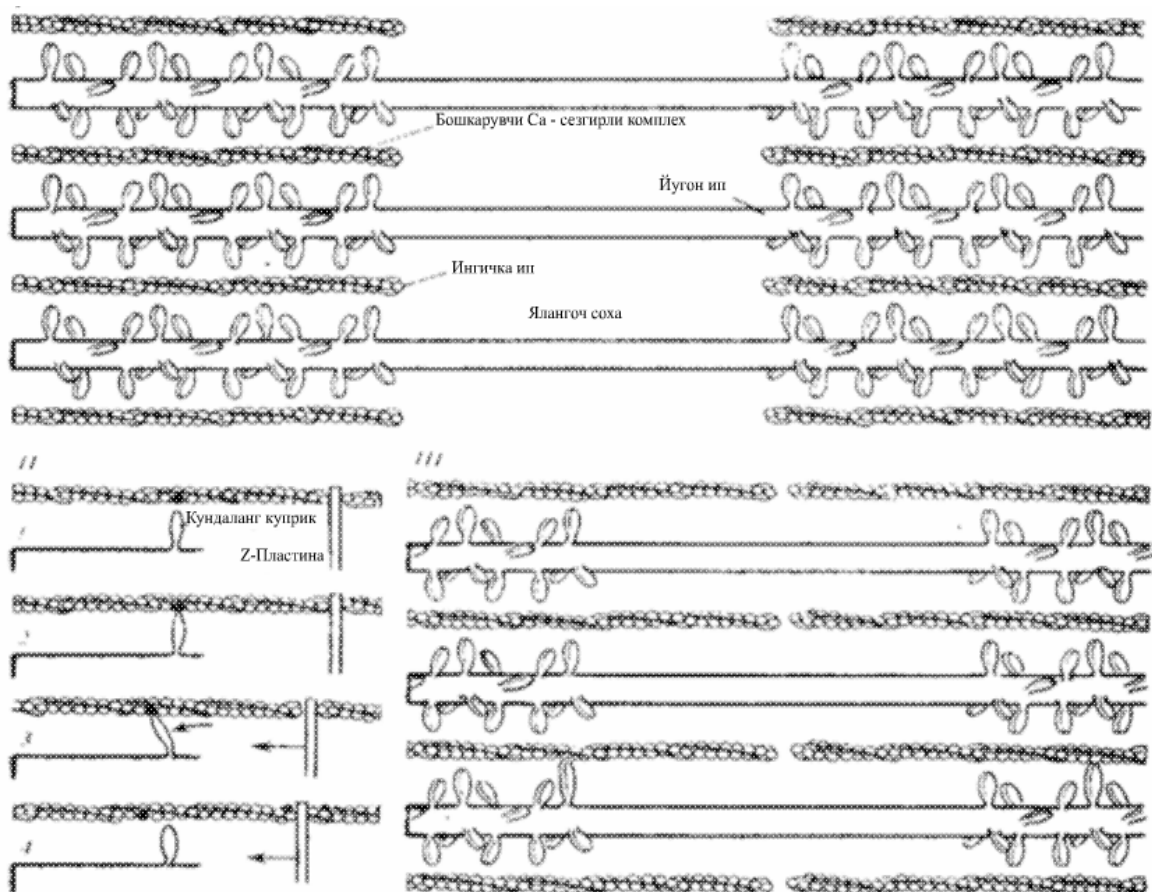
Haddan tashqari yupqa (ultrayupqa) kesmalarni rentgenostruktura analizi va elektron mikroskopda tekshirishdan o'tkazib olingan zamonaviy ma'lumotlar (Xakslı va Xanson) izotop disklar tabiatini aniqlashga imkon berdi. Bu tekshirishlar miofibrillarning necha yuzlab (o'rtacha 2500 ta) juda ingichka iplardan tashkil topganligini ko'rsatdi, shu iplarning har biri oqsil molekulalarining polipeptid zanjirlaridan hosil bo'lgan. Bu iplar o'zining diametri va oqsil tarkibi jihatidan bir-biridan farq qiladi. Bir muncha yo'g'onroq iplar (diametri 100-110 A^0) asosan miozin oqsildan tashkil topgan bo'lsa, bir muncha ingichkalari (diametri 40-50 A^0) aktin oqsildan tashkil topgandir.

Elektron mikroskopda olingan fotosuratlarda yo'g'on va ingichka iplarning o'zaro qat'iy bir tartib bilan joylashganligi, har bir yo'g'on ipning 6 ta ingichka ip bilan o'ralib turishi ko'zga tashlanadi. Ayni vaqtda ikkita qo'shni yo'g'on ip o'rtasida bir juft ingichka ip bo'ladi (qo'shloq geksoanal panjara).

Miozin va aktin iplarida ko'ndalang ko'prikchalar ko'rinishida yon birikmalar bor, bular orasi taxminan 60-70 A^0 keladigan miozin iplari o'simtalaridan hosil bo'lgan. O'sha ko'prikchalar yo'g'on ipni qo'shni oltita ingichka ipning xar biri bilan birlashtiradi va o'ramlari har 400 A^0 dan keyin takrorlanadigan spiral bo'ylab joylashadi, shu narsa miofibrillarning struktura jihatdan yaxlit bo'lishini ta'minlab beradi.

Tinch holatdagi muskulda ko'prikchalar aktin bilan o'zaro ta'sirlashmaydi. Muskul qisqarganda I disk torayadi. A-disk uzunligi o'zgarmaydi, Z-disklar bir-biriga qarab harakatlanadi. Natijada I disklar umuman yo'qoladi. Sarkomer hajmi qisqarishda kam o'zgaradi, demak u qalinlashadi. Sarkomerdagi yo'g'on iplar ingichka iplar orasiga sirg'alib kira boshlaydi, bu A.Xakslı sirg'aluvchan iplar nazariyasidir. Bu nazariyaga ko'ra ingichka va yo'g'on iplar o'zaro ta'siri ko'prikchalar vositasida ro'y beradi. Tinch holatdagi muskulda ko'prikchalar iplarga perpendikulyar joylashadi, qisqarishda ko'prikchalarning qiyalik burchagi o'zgaradi (rasm 1.16), natijada ko'prikcha ulangan aktiv markaz (rasmda ushbu markaz qora rangda berilgan) bir "qadam" ga siljishi ro'y beradi.

Shunday qilib, qisqarishda qo'zg'aluvchan qism ko'prikcha hisoblanadi. Muskulning qisqarishi iplarning uzunligini o'zgartirmasdan, ularning bir-biriga nisbatan harakati vujudga keladi: miozin iplar panjarasi aktin iplar panjarasiga kira boshlaydi.



1.16 - rasm. *Muskul qisqarishida ingichka va yo'g'on iplarning sirg'alishi.*

Muskul izometrik qisqarishda hosil qiladigan kuch qiymati sarkomer uzunligiga bog'liqdir. Sarkomer cho'zilishida kuch iplar ustma-ust tushish zonasi o'zgarishiga chiziqli holda kamayadi, ya'ni kuch aktin va miozinning kontaktlari soniga proporsionaldir.

Shunday qilib, miozin ko'prigi bilan aktinning bog'lanishi kuch paydo bo'lishiga olib keladi, muskul qisqarsa ko'prik kuchi nolgacha kamayguncha iplar sirg'alishi vujudga keladi. Sirg'aluvchi iplar modelida har bir ko'prik siklik ishlaydi. Ko'prik kuch hosil qiladigan yo'lni ishchi yurish deb, keyingi harakatini ko'prikning teskari yurishi deb qarash mumkin. Ushbu sikl davomida ATF sarf bo'ladi. Ishchi yurish davomida ko'prik ATF gidrolizining erkin energiyasini mexanik ishga aylantiradi. Teskari yurishda ko'prik holatining o'zgarishiga ATF energiyasining bir qismi sarf qilinadi.

Yo'g'on miozin iplari A - diskda, bir muncha ingichka aktin iplari esa V - diskda turadi, shu aktin iplari - diskga kirib, N - zonaga yetib boradi. Asosan A - disklarga yaqin miofibrilla sarkoplazmasida mitoxondriyalar joylashgan, bularda oksidlanish va fosforlanish jarayonlar natijasida hosil bo'ladigan ATF muskul qisqarishiga bevosita energiya beruvchi manba xisoblanadi.

Bu borada V.A.Engelgard va M.N.Lyubimova (1939) muhim kashfiyot qildilar. Ular miozin qisqaruvchanlik xossasi borligi bilan bir qatorda u fermentativ aktivlikka ham ega bo'lib, ATFning makroergik bog'ini uzadigan adozintrifosfataza fermenti ekanligini aniqlashdi.

Muskulda miozin bilan aktin miozinining fermentativ xossalarini taxminan 10 barobar kuchaytiradigan kompleks birikma aktomiozin hosil qila oladi. Aktomiozin ATF ta'sirida kichik konsentrasiyadagi magniy ionlari ishtirokida aktin va miozinga dissosiasiyalanadi.

Muskul qisqarishida ATF ikki xil rol uynaydi. U aktimiozin aktin va miozinga dissosiasiyalanishiga sabab bo'ladi va ayni vaqtda miozinning adinozintrifosfataza xossalari ta'siri bilan o'zi parchalanib, muskulning qisqarishi uchun zarur energiyani ajratib chiqaradi. Muskuldagi qisqaruvchan oqsillarning makromolekulalari kooperativ tizimlarga misol bo'la oladi. Bunga sabab shuki, ularning atvori o'zlarini hosil qiluvchi elementlarining o'zaro ta'siriga bog'liq. Muskul qisqarishi kooperativ xarakterga ega, chunki muskul ishi qisqaruvchi oqsillar konfigurasiyasining o'zgarishiga bog'liq. Bu hodisalar ketma-ket bo'lib o'tadigan bir qancha fazalar bilan yuzaga chiqishi mumkin. Bu fazalar bir-biriga bog'liq bo'lib, bir-birini taqozo etishi muskul reaksiyasini ta'minlaydi.

Suyak to'qimasining 2/3 qismi noorganik modda (gidro-silappatit)lardan tashkil topgan. Qolgan qismi organik moddadan kollagendan (yuqori molekulyar birikmadan) yuksak elastik xossaga ega bo'lgan tolali oqsildan tashkil topgan. Gidrosilappatit kristalchalari kollagen to'qimalari (fibrillalar) orasida joylashgan. Suyak to'qimalari zichligi 2400 kg/m^3 , uning mexanik xossasi yoshga va tananing qismiga qarab turlicha bo'ladi.

Teri kollagen tolalaridan, elastin va asosiy to'qima materialidan iborat. Kollagen quruq massasining 75%, elastin esa 4 % tashkil qiladi.

Elastin rezina kabi cho'ziladi (300% gacha), kollagen esa kapron tolasiga o'xshash cho'ziladi (10%). Teri yuqori elastik xossaga ega.

Muskullar tarkibiga kollagen va elastin tolalaridan tarkib topgan tutashtiruvchi to'qima kiradi. Shuning uchun ularning mexanik xossalari polimerlar mexanik xossalariga mos keladi.

Qon tomirlari to'qimasining mexanik xossalari kollogen, elastin va muskul tolasining xossalari orqali aniqlanadi.

Odam va hayvonlarning mexanik ishi ko'pgina sabablarga bog'liq bo'lgani uchun oldindan ishning biror chegaraviy qiymatini ko'rsatish qiyin. Massasi 70 kg bo'lgan sportchi 1 metr yuqoriga ko'tarilsa, u 0,2 sekund vaqtda 3,5 kVt quvvatga ega bo'ladi. Odam gavdasi bajarigan ishni quyidagi formula bilan aniqlash mumkin.

$$A = \frac{I \cdot w^2}{2} \quad (1.22)$$

Bunda I - inersiya momenti, w - burchak tezlik.

Massasi 70 kg bo'lgan odam 5 km/soat tezlik bilan yurganda quvvatini 60 Vt ga oshiradi. Tezlik ortishi bilan bu quvvat yana ortadi, ya'ni 7 km/soat bo'lganda 200 Vt bo'ladi. Velosipedchi 9 km/soat tezlikda 30 Vt, 18 km/soat tezlikda 120 Vt quvvatga ega bo'ladi. Ko'chish bo'lmaganda ish 0 ga teng, lekin muskullar toliqishi ish bajarishdan dalolat beradi. Bunday ish muskullar statik ishi deyiladi. Odam bajarigan ish ergometrlarda (veloergometrlar) bilan o'lchanadi. Jism gorizontal tekislikda o'zgarimas tezlik bilan harakat qilayotganda ish havo qarshiligi va ishqalanish kuchini yengishga sarflanadi. Chopish paytida

ishqalanishning ta'siri kichik, lekin chopishda ko'p energiya sarflanadi. Energiya yuguruvchining yuqoriga va pastga harakatiga, yerdan oyoqlar bilan itarilishga, issiqlik chiqarishga sarf bo'ladi. Bundan tashqari oyoqlarning massasi yuguruvchi massasining 50% tashkil qilib, u doimiy tezlashib, tormozlanib turadi. Shu sababli oyoqlar muskullari bajargan ish katta bo'lib, u

$$A = F \cdot d = \frac{mJ^2}{2} \quad (1.23)$$

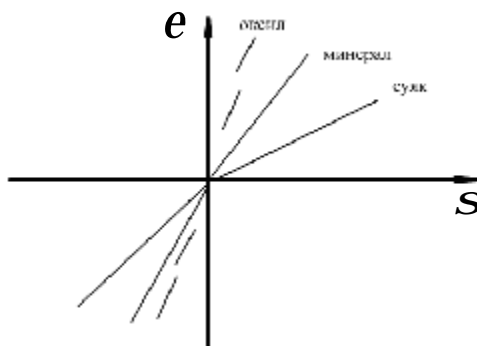
formula bilan aniqlanadi. Bunda F - muskul kuchi, d - muskulning ish bajarishga mos masofasi, m - oyoq massasi.

Agarda odam binoning to'rtinchi qavatidan pastga tushib ketsa, halok bo'lishi yoki majruh bo'lishi mumkin. Lekin shu balandlikdan sichqon, suvarak yoki mayda hashoratlar tushib ketsa, ularga hych narsa bo'lmasligi mumkin. Bunga sabab bu mayda jonivorlar yuzasining hajmiga nisbatan kichik bo'lishidadir. Jism yoki hayvon havoda pastga tushishida havo qarshiligi uning tezligining oshishiga qarshilik ko'rsatadi. Jismni pastga tortuvchi kuchga tortish kuchi deyiladi. U esa jism massasiga proporsionaldir. Havoning qarshilik kuchi, tezlik va og'irlik kuchiga qarama-qarshi yo'nalgandir. Jism tushishida uning tezligi bu ikki kuchlar tenglashguncha oshib boradi. Shu vaqtdan boshlab, jism o'zgarmas tezlik bilan tusha boshlaydi. Erkin tushishning maksimal tezligi chegara tezlik deyiladi.

Yuzaning hajmga nisbati qanchalik katta bo'lsa, chegara tezlik shunchalik kichik bo'ladi. Odam uchun chegara tezlik 65 m/s, agar odam shar shaklida bo'lganda edi, uning chegara tezligi 105 m/s bo'lar edi. Hashoratlar va mayda jonivorlar uchun esa chegara tezlik bir necha m/s ga teng.

Shu sababli hashorat va mayda hayvonlar balandlikdan tushganda ko'p jarohat olmaydi.

Demak, chopuvchi tezligi uning o'lchamiga bog'liq emas. Bu hamma hayvonlar uchun ham o'rinalidir. Odamlar yomon chopuvchilardir, chunki ularning harakatini oyoqlarida to'plangan muskullar bajaradi. Odamning yarim massasi esa oyoqda. Shu sababli eng chopqir jonivorlar oyoqlari ingichka bo'lib, asosiy muskullari gavidada joylashgan. Masalan, straus 23 m/s, bo'ri va quyon 18 m/s, odam 11 m/s chopish tezligiga ega. Katta mushuklarning oyoqlari baquvvat, shu sababli ular tez chopishga emas, balki sakrashga mo'ljalangan. Ular o'ljani sakrab ushlaydi. Arslon o'zining o'ljasini bir tashlanishda ushlay olmasa, u yugurmasdan yana kutadi. Quyidagi rasmda suyak va uning komponentalari uchun deformatsiya va kuchlanish orasidagi bog'lanish keltirilgan



1.17 - rasm. Ba'zi moddalar uchun kuchlanish va deformatsiya orasidagi bog'lanish. σ -mexanik kuchlanish, ε -nisbiy deformatsiya

Yung moduli og'ish burchagi tangensi orqali aniqlanadi. Yumshoq biologik materiallar xuddi muskul to'qimalari singari elastik xossaga ega. Yumshoq materiallar elastomerlarga kiradi, ular suyak materialidan quyidagilar bilan farq qiladi;

-suyak materiali cho'zilish va siqilish chizig'i to'g'ri chiziqdan iborat bo'lsa, elastomerniki egri chiziq.

-Yung moduli suyak materiali uchun taxminan 10^{10} Pa va o'zgarmas bo'lsa, elastomerniki kuchlanishga qarab $10^5 - 10^6$ Pa oralig'ida o'zgaradi,

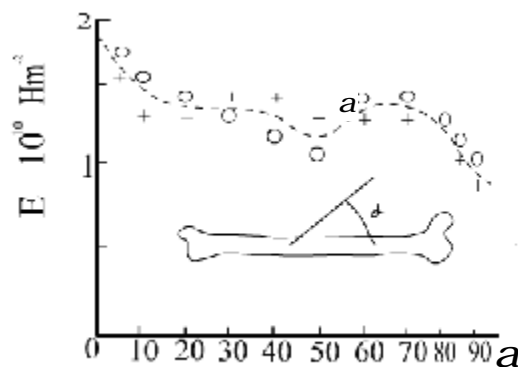
-suyak cho'zilishi 1% atrofida bo'lsa, elastilin 3 karragacha ham cho'zilishi mumkin.

Hamma biologik materiallar qayishqoq elastik xossalarga ega, biroq elastiklik ayrim xollarda qayishqoqlikdan ustunroq bo'ladi. Qayishqoqlik va elastik xossalarning bir-biriga nisbati bir tomondan materialning duch kelayotgan deformatsiyalar oralig'iga, ikkinchi tomondan mexanik kuchlanishning vaqtga qarab o'zgarishiga bog'liqdir.

Ko'pchilik biologik materiallar qayishqoq elastik xossalari anizotropiyaga, yani elastiklik modulining turli yunalishlar bo'yicha har xil qiymatlarga ega ekanligi aniqlangan. Quyidagi rasmda (1.18-rasm) ho'kiz son suyagining elastiklik modulining bo'ylama o'qiga nisbatan joylashish burchagiga bog'liqligi ko'rsatilgan.

Quyidagi grafikning bunday ko'rinishi suyak funksional tuzilishining murakkabligidan dalolat beradi.

Biologik materiallarning cho'zilish paytidagi holatini elastik deb qarash emas, qayishqoq elastik deb qarash zarur. Ho'kiz va quyonning son suyagi uchun kuchlanish-deformatsiya bog'lanish chizig'ida $1,2 \cdot 10^{10} \text{ H/M}^2$ kuchlanishdan yuqoriroq kuchlanishlarda suyak elastik chegarasidan o'tishi aniqlangan. Suyak $e = 5 \cdot 10^{-4}$ dan yuqoriroq chuzilishda qoldiq deformatsiyalangan bo'ladi.

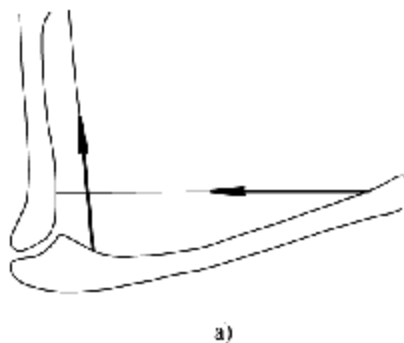


1.18 - rasm. *Ho'kiz son suyagi elastiklik modulining bo'ylama o'qiga nisbatan joylashish burchagiga bog'liqligi: -O'iyakdagi o'lchamlar, + -quruq suyakdagi o'lchamlar. α -burchak, E-elastiklik moduli*

Biologik mexanizmlarning xarakterlanuvchi kislari odatda uning xarakteridagi qo'zg'aluvchi yoki qo'zg'almas qislari bilan tutashtirilgan bo'ladi.

Skelet suyaklari va muskullar birlashmasidan iborat bo'lgan bo'g'inlar, xayvonlar va odam tayanch- harakatlanish tizimini hosil qiladi.

Umurtqalilar biostatikasining asosiy prinsipi katta cho'zilishlarga bardosh bera oladigan muskul va paylar bilan katta siqilish va egilishga chidaydigan suyaklar birikishi mavjudligidir. (1.19-rasm)



1.19 - rasm. *Suyaklarning muskullar va paylar bilan turg'unligi amalga oshishi.*

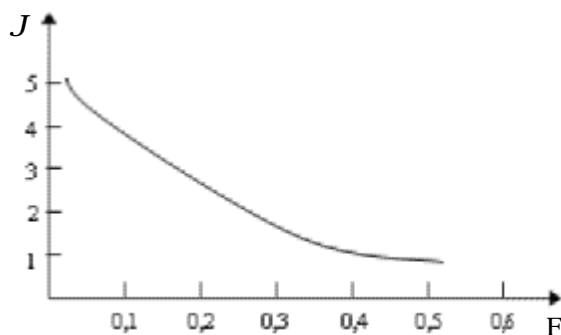
Normal tik turgan odam tanasida suyak va muskullardan iborat bo'g'inlar juda turg'unmas holatdagi tizimni hosil qiladi. Shunga qaramasdan butun tizimning muvozanatda saqlanishiga sabab, tanani ushlab turuvchi muskullar tizimining doimiy taranglanib turishi tufaylidir.

Umurtqalilarning skelet muskullari uzunligi bir necha millimetrdan o'nlab santimetrgacha va qalinligi odatda 0,05 - 0,1 mm bo'lgan muskul to'qimalaridan iborat.

To'qimalar kundalang strukturalar bo'lgan Z-plastinkalar bilan bir xil qismlar-sarkomerlarga bo'lingan, ularning tinch holatdagi muskulda uzunliklari 2,2 mkmni tashkil etadi. To'qimalarning bo'shashgan holatdan aktiv holatga o'tish nerv impulsi ta'sirida sarkoplazmatik retikulumdan Ca^{2+} ionlarining chiqishi tufayli ro'y beradi. Aktivlashish tugagandan keyin Ca^{2+} konsentratsiyasi 10^2 - 10^3 marotaba kamayadi va 10^{-7} - 10^{-8} molni tashkil etadi. Muskullar aktivlashishi tufayli qisqaradi yoki uzunligi o'zgarmagan holda kuchlanish hosil qiladi (izometrik qisqarish). Aksincha izotopik qisqarishda muskullar doimiy kuchlanishda qisqarib, ish bajaradi. Muskullarning mexanik va energetik xossalari haqidagi ko'pchilik malumotlar A.Xill tomonidan 1930-1964 yillarda aniqlangan. Xill tenglamasiga ko'ra muskullar qisqarish tezligi va hosil bo'ladigan kuch orasidagi bog'lanish giperbolik grafik bilan xarakterlanadi. (1.20 - rasm)

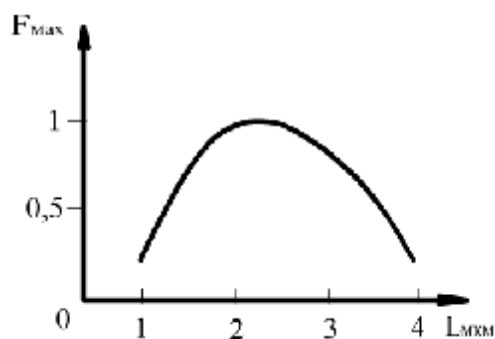
$$(F + a)(J + b) = (F_{\max} + a) \quad (1.24)$$

bunda F_{max} -muskulning kuchlanishida hosil kiluvchi kuch, ya'ni izometrik qisqartirishdagi kuch, J -muskul qisqartirishning o'rtacha tezligi



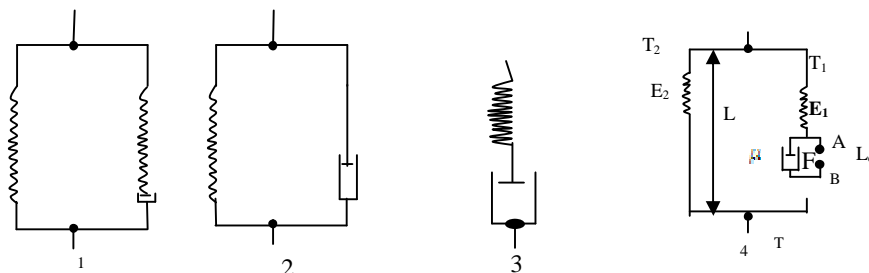
1.20 - rasm. *Qurbaqa biriktiruvchi muskuli qisqarish tezligi J bilan izotopik qisqarishdagi muskul kuchi F orasidagi bog'lanish.*

Muskullarning maksimal kuchi F_{max} sarkomerlar uzunligiga bog'liq. Bu bog'lanish 1.21-rasmda keltirilgan. Undan ko'rinadiki, faqat sarkomer uzunligi 2-3 mkm bo'lgandagina muskul kuchi o'zining maksimal qiymatiga erishadi. Kuchli uzayishda muskul qisqarishi kuchi miozin va aktin iplari zonalari qoplanmasligi tufayli keskin kamayadi.



1.21 - rasm. *Muskul maksimal kuchining (F_{max}) sarkomer uzunligiga (L) bog'lanishi.*

Muskullar strukturasi, energetikasi va biomexanikasi haqidagi ma'lumotlarni tushuntirish uchun muskul modellari taklif etilgan. Faol holatdagi muskulning qovushqoq elastik modelini A.Xill taklif etgan. Ushbu modelda muskul ikki paralel elastik elementlardan iborat bo'lib, ulardan biri qovushqoq dempfer bilan to'ldirilgan (1.22-rasm, 1). Tinch holatdagi muskul faqat elastiklik xususiyatiga ega.



1.22-rasm. *Muskulning mexanik modellari.1-Xill modeli, 2-Foygt modeli, 3-Maksvell modeli 4-Foygt-Maksvell modeli*

Keyinchalik muskulning qovushoq elastik xossalarini o'rganish natijasida oldingi elastik elementlarga parallel bo'lgan yana bir elastik element mavjudligi haqidagi xulosa chiqarildi. Bunday tizimni Foygt modeli va Maksvell modeli bilan tushuntirishga urinishgan. Foygt modeli elastik element va unga parallel bo'lgan qovushoq dempferdan iborat bo'lsa, Maksvell modelida bu elementlar ketma-ket ulangan. Biroq, keyinchalik Foygt va Maksvell modellarining kombinasiyasidan foydalana boshlashdi.

Xill modeli bo'yicha tinch holatdagi muskul uchun quyidagi bog'lanishdan foydalansa bo'ladi:

$$I_s^0 \cdot s + s = E^0 (e + I_e^0 \cdot e) \quad (1.25)$$

Bunda I_s^0 , E^0 , I_e^0 lar e ning funksiyalari, e – nisbiy deformatsiya, s – mexanik kuchlanish.

$$I_s^0 \leq 1c, \quad E^0 \sim 10^5 \text{ Pa}, \quad I_e^0 \leq 1 \div 5c$$

Faol muskul uchun qovushoq element o'rniga qisqaruvchi element kiritiladi. (1.22-rasm). Qisqaruvchi element qovushoqlikka ega va muskul uyg'otilganda AV nuqtalar orasida \mathbf{l}_c masofaga bog'liq bo'lgan F_c kuchni hosil qiladi. Muskul faolligi darajasini $g(t)$ parametr bilan aniqlasa bo'ladi, uning fizik ma'nosi mexanokimyoviy reaksiyada Ca^{2+} ionlari konsentrasiyasi bilan bog'liqdir. Unda ushbu model uchun

$$s = s_1 + s_2; \quad s_1 = E_1(e - \Delta) = h\Delta; \quad s_2 = E_2e$$

$$e = \frac{\mathbf{l} - \mathbf{l}_o}{\mathbf{l}_o}; \quad \Delta = \frac{\mathbf{l}_c - \mathbf{l}_{oc}}{\mathbf{l}_{oc}}; \quad s = o \quad \text{bo'lganda } g = o, \quad \mathbf{l} = \mathbf{l}_o, \quad \mathbf{l}_c = \mathbf{l}_{oc}$$

va (1.25) tenglama quyidagi ko'rinishni oladi:

$$I_s(g)s + s = E(g)[e + I_e(g) \cdot e] + f \quad (1.26)$$

$g < g^*$ da (g^* – reaksiya kechishi uchun bo'sag'a konsentrasiyasi) $I_s = I_s^0$, $E = E^0$, $I_e = I_e^0$, $f = o$ bo'ladi va (1.26) tenglama (1.25) bilan bir xil bo'ladi. $g > g^*$ va $g = const$ bo'lsa, muskulning tetanus holatiga mos keladi $F_c = F_c^\infty(g, \Delta)$ va (1.26) tenglama quyidagi ko'rinishni oladi:

$$I_s^\infty(g)s + s = E^\infty(g) \left(\tilde{e} + I_e^\infty(g) \tilde{e}^0 \right) \quad (1.27)$$

Bunda $\tilde{e} = e + F_c^\infty(y, \Delta) / E^\infty(y, \dots)$

Tajriba natijalariga ko'ra, faollashtirishning optimal chastotasida $I_s^\infty \approx 0,5c$, $I_e^\infty \approx 1c$; $E^\infty \sim 10^6 \Pi a$; Ca^{2+} bo'sag'a konsentratsiyasi $10^{-7} \frac{MO\lambda b}{\lambda}$.

tenglama yordamida muskul qisqarishlarini to'la xarakterlash uchun Xill tenglamasida tezlikni Δ ning hosilasi deb olish kerak.

Yuqorida ko'rib o'tilgan modellarning quyidagi kamchiliklari mavjud: a) ular bir o'lchamli; b) muskul qovushqoq elastik jism sifatida qaralganda qisqarayotgan muskul bilan bunday jism termodinamikasida farq borligi hisobga olinmagan; s) tenglamalardagi munosabatlar faqat bitta muskul uchun to'g'ri.

Xill tenglamasidan foydalanib, muskullar qisqarish paytida bajariladigan ishni oson topish mumkin.

$$A = FV \cdot t = bF \cdot t(F_{\max} - F)/(F + a) \quad (1.28)$$

Ishning muskul kuchi F ga bog'liqligi murakkab bo'lib, $F = F_{\max}$ va $F=0$

$$\frac{dA}{dt} = b(F_{\max} - F) \quad (1.29)$$

bo'lganda ish $A=0$ bo'ladi va $F = [a(F_{\max} + a)]^{1/2} - a$ bo'lsa ish maksimal qiymatga erishadi. Muskul kuchi vaqtga bog'liq bo'lmagan deb olinganda skelet muskullarining quvvati ularning kuchlanishiga proporsional deb qarash mumkin.

Sut emizuvchilar harakati davomida skelet suyaklariga gravitasiya kuchlaridan tashqari tezlanish yoki tormozlanish paytida paydo bo'ladigan kuchlar ham tasir etadi.

XX asrning 70-80 yillarida R.Aleksandr tomonidan o'tkazilgan tadqiqotlarda oyoqning suyaklariga maksimal kuchlanishi chopayotgan kenguruda, sakrayotgan itda, tez harakatlanayotgan kiyikda, ho'kizda va filda aniqlangan. Bu hayvonlar massasi 7 dan 2500 kg gacha bo'lib, 350 marotaba farq qilsa xam, maksimal kuchlanishlar kam farq qilgan: 50 dan 150 MH/m^2 gacha. Bivenerli tadqiqotlarida massasi 0,1 kg bo'lgan burunduk va olmaxon uchun oyok suyaklarida maksimal kuchlanish 58 dan 86 MH/m^2 gacha bo'lgani aniqlangan.

Bundan, shunday xulosaga kelamizki, massalari 25000 marta farq qiladigan hayvonlar uchun suyaklarga to'g'ri keladigan mexanik kuchlanish sezilarli darajada farq qilmaydi va suyaklar mustahkamlik chegarasi bilan taqqoslanarli qiymatlarga egadir. Hayvonlar massasiga bog'liq bo'lmagan holda maksimal kuchlanishda naysimon suyaklarning nisbiy deformatsiyasi 0,2-0,3% dan oshmaydi. (1.2-jadval).

Naysimon suyaklar siqilishda nisbiy deformatsiyaning maksimal qiymatlari

1.2-jadval

Hayvonlar	Suyaklar	Harakat turi	Nisbiy deformatsiya	Mustahkamlik zahirasi
Ot	Katta boldir	Sakrab chopish	0,32	2,1
It	Yelka	Sakrab chopish	0,21	3,2
G'oz	Tirsak	Uchish	0,28	2,4
Xo'roz	Katta boldir	Qanotini qoqish	0,21	3,2

Qo'y	Bilak	Sakrab chopish	0,23	3,0
Indyuk	Katta boldir	Yugurish	0,235	2,9

Hayvonlar hamda odam tayanch-harakat tizimining faoliyatini chuqurroq o'rganish suyaklarning, muskullar, bug'in, paylarning xavfsiz ishlash mexanizmlarini, biomexanik tizimlar mustahkamlik chegarasini aniqlash, qishloq xo'jaligi va veterinariya tibbiyotini asosiy masalalarini yechish imkonini beradi.

Test savollari

1. Deformasiyaning kandy turlari mavjud?
 - a) elastik va plastik;
 - b) kuchli;
 - c) noelastik;
 - d) kuchsiz.
2. Quvvatning o'lchov birligi vatt (vt) ifodasini ko'rsating?
 - a) j/s;
 - b) m^2/s ;
 - c) j.s;
 - d) n.m.
3. Deformasiya nima?
 - a) tashqi fizik jarayonlar natijasida qattiq jismlar dastlabki formasining o'zgarishiga;
 - b) jismning o'z-o'zidan shakli o'zgarishiga;
 - c) elektr maydon ta'sirida jism shaklining o'zgarishiga;
 - d) Magnit maydon ta'sirida jism shaklining o'zgarishiga.

4. Quyidagi formulalarning qaysi biri elastik deformatsiyalangan jismning potensial energiyasini ifodalaydi?
- $E = mc^2$;
 - $E = mgh$;
 - $E = \frac{\hat{\epsilon}\tilde{\sigma}^2}{\tilde{a}}$;
 - $E = hn$.
5. Muskul qisqarganda bajargan ishning formulasini toping?
- $A = F \cdot S$;
 - $A = mgh$;
 - $A = \frac{\hat{\epsilon}\tilde{\sigma}^2}{\tilde{a}}$;
 - $A = F \cdot d$.
6. Muskul qisqarganda bajargan ish qaysi energiya hisobiga bo'ladi?
- ximiyaviy energiya;
 - potensial energiya;
 - issiqlik;
 - kinetik.
7. Tirik organizm muskullarining qisqarishi qaysi deformatsiya turiga kiradi?
- buralish;
 - egilish;
 - siqilish;
 - plastik.
8. Elastiklik moduli nimani ifodalaydi?
- jismning o'lchamini ikki barobar oshirish uchun zarur bo'lgan kuchlanishni;
 - jismni cho'zish uchun kerak bo'lgan kuchni;
 - jism energiyasini oshirish uchun bajarilgan ishni;
 - jismning o'lchamini qisqartirish uchun zarur bo'lgan kuchlanishni.
9. Jismlardagi anizotropiya hodisasi nimani ifodalaydi?
- ularda issiqlik o'tkazuvchanlikning turli yo'nalishlarida turlicha bo'lishini;
 - jismlarda fizik xossalarning turli yo'nalishlarda turlicha bo'lishini;
 - moddalarda fizik xossalarning turli yo'nalishlarda bir xilda bo'lishini;
 - jismlar elektr o'tkazuvchanligining yo'nalishga qarab turlicha bo'lishini.
10. Guk qonunini ifodasini ko'rsating?
- $F = m \frac{dJ}{dt}$;
 - $F = ma$;
 - $F = k \cdot \Delta l$;

d) $F = \frac{mJ^2}{\tilde{a}}$

11. Teri nimalardan tashkil topgan?
- a) quruq massaning 75% kollagen, 4% elastik;
 - b) quruq massaning 75 % elastik, 4% kollagen;
 - c) quruq massaning 60% kollagen, 20% elastik;
 - d) quruq massaning 60% elastik, 20% kollagen.
12. Polimerlar deb nimaga aytiladi?
- a) molekulari ko'p miqdordagi atom gruppalaridan tuzilgan va kimyoviy bog'lanishlar bilan birlashtirilgan moddalarga;
 - b) molekulari va atomlari zich joylashgan moddalarga;
 - c) atomlari bir yo'nalish bo'ylab joylashgan moddalarga;
 - d) molekulari o'zaro kimyoviy bog'lanishga ega moddalarga.
13. Suyak cho'zilishi qanchani tashkil qiladi?
- a) 3%;
 - b) 5%;
 - c) 1%;
 - d) 2%.
14. Suyak uchun Yung moduli nimaga teng?
- a) 10^5 Pa;
 - b) 10^{10} Pa;
 - c) 100 Pa;
 - d) 10^7 Pa.
15. 15 km soat tezlikdagi odam quvvati qanchaga teng bo'ladi?
- a) 100 vt;
 - b) 60 vt;
 - c) 200 vt;
 - d) 92vt.

Sinov savollari

1. Biofizika nimani o'rganadi?
2. Qattiq jismlar nima?
3. Qanday deformatsiya turlarini bilasiz?
4. Elastik deformatsiyalangan jismning potensial energiyasi nimaga teng?
5. Muskul qisqarishida bajarilgan quvvat qanday aniqlanadi?
6. Tirik organizmda elastin va kollagenlarning roli nimadan iborat?
7. Ba'zi biologik organlar uchun elastiklik modulining qiymati qanchaga teng?

II bob. BIOAKUSTIKA

§ 2.1. Tovush. Tovushning veterinariyadagi ahamiyati va fiziologik xossalari

Barcha tirik jonzo uchun tovushning ahamiyati katta. Ba'zi jonzo uchun bu aloqa vositasi bo'lsa, boshqa jonzo larning rivojlanishiga axamiyati kattadir. Tovush deganda chastotasi 16 Gs dan 20 kGs gacha bo'lgan elastik to'lqinlar tushuniladi. Tovush xossalari fizikaning akustika bo'limida o'rganiladi.

Akustika – eng past chastotali tebranishlardan boshlab, o'ta yuqori (10^{12} - 10^{13} Gs) chastotali elastik to'lqinlarni o'rganuvchi fizikaning bir bo'limidir. Umuman olganda akustika tovush haqidagi ta'limot bo'lib, odam qulog'i qabul qila oladigan gazlar, suyuqliklar va qattiq jismlardagi elastik tebranishlar va to'lqinlarni o'rganadi. Gaz va suyuqliklarda bo'ylama, qattiq jismlarda esa ham bo'ylama, ham ko'ndalang to'lqinlar tarqaladi.

Tovush intensivligi deb, tarqalish yo'nalishiga perpendikulyar birlik yuzadan birlik vaqt ichida olib o'tilgan energiyaga aytiladi.

$$I = \frac{W}{S \cdot t} \left(\frac{Bm}{M^2} \right) \quad (2.1)$$

Har bir inson qulog'ining eshitish qobiliyati har xildir. Har bir tovush tebranish chastotasi uchun eng kichik intensivlik (eshitish chegarasi) va og'riq sezish chegarasi mavjud(2.1-rasm). Tovushlarni quyidagicha ajratish qabul qilingan. Tonlar va musiqiy tovushlar, shovqinlar, tovushiy zarbalar. Ton deb - davriy jarayondan iborat tovushga aytiladi. Shovqin deb - vaqt davomida

takrorlanmaydigan murakkab munosabatlar bilan ajraluvchi tovushga aytiladi. Tovushiy zarba deb, tovushning qisqa vaqtdagi ta'siriga aytiladi.



2.1 - rasm. Odam qulog'i eshitish sohasi.

Normal odam qulog'i ancha keng diapazondagi tovush intensivligini qabul qiladi. M : 1 kGs chastotada $I_0 = 10^{-12} \text{ Vt/m}^2$ dan $I_m = 10 \text{ Vt/m}^2$ gacha. Bunda I_0 – eshitish chegarasidagi intensivlik, I_m – og'rik sezish chegarasidagi tovush intensivligi. Bu intensivliklar nisbati 10^{13} ga teng. Har qanday tovush oddiy garmonik tebranishlar to'plami emas, balki ma'lum chastotalar to'plamiga ega bo'lgan garmonik tebranishlarning yig'indisidan iboratdir.

Berilgan tovushda ishtirok etuvchi tebranishlar chastotalari to'plami tovushning akustik spektri deyiladi.

Tembr-tovushning boshlanishi va oxiridagi amplituda o'zgarishini xarakterlaydi.

§ 2.2. Tovushning fiziologik xossalari

Tovushning fiziologik xossalariidan biri bu tovushning quloqqa beradigan bosimidir va bu bosim quyidagi formula bilan aniqlanadi

$$P \equiv \sqrt{2 \cdot I \cdot r \cdot u} \quad (2.2)$$

Bunda I – tovush intensivligi, r - muhit zichligi, u - tovush tezligi. Yuqorida aytib o'tilganidek, tovush intensivligi juda keng diapazonga ega. Shu sababli logarifmik shkaladan foydalaniladi. I_0 ning qiymatini shkalaning boshlang'ich darajasi qilib olib, boshqa istalgan intensivlikni uning I_0 ga nisbatan o'nli logarifmi orqali ifodalash mumkin. Bu ishni Veber-Fexner amalga oshirgan sababli unga Veber-Fexnerning psixofizik qonuni deyiladi.

$$L = K \lg \frac{I}{I_0} \quad (2.3)$$

Bunda L – tovush qattiqligi deyiladi, K – proporsionallik koeffitsienti. Bu qonunga binoan tovush intensivligi 1000ga o'zgarsa, uning qattiqligi ($\lg 1000 = 3$) 3 marta o'zgaradi. Ikki intensivliklar nisbati Bellarda o'lchanadi. Masalan: intensivliklar nisbati 4 B bo'lganda qattiqlik $\lg \frac{I}{I_0} = 4$ yoki $I = I_0 \times 10^4 = 10^{-8}$

Vt/m^2 bo'ladi. Amalda tovush qattiqligi Bellarda emas, balki undan kichikroq bo'lgan desibellarda (dB) o'lchanadi. U holda (2.3) quyidagi ko'rinishda yoziladi

$$L_{dB} = 10 \lg \frac{I}{I_0} \quad (2.4)$$

Demak, $1/DB$, $\frac{I}{I_0} = 10^{85} 10 = 1,26$, 20 dB – intensivlik 100 marta kamayi-shini ko'rsatadi. Intensivlik $10 J/m^2 s$ bo'lsa, u tovush sifatida eshitil-maydi va quloqda og'riq seziladi. Desibellarga asoslanib eshinish sohasini 0 dan 120 DB oralig'igacha bo'lish mumkin. 120 dB dan yuqorisi shovqin hisoblanadi.

Tovush ovoz chiqarish apparati ovoz bo'ylamlari, yumshoq tanglay, lablar tebranishlari tufayli hosil bo'ladi. Tovush hosil qilishda havo yo'llari (yutqim, og'iz va burun bo'shliqlari, o'pka, bronx, traxeya) ishtirok qiladi. Ovozni qabul qiluvchi organ quloqdir. Quloqda membrana mavjud bo'lib, uning asosiy qismi har xil uzunlik va qalinlikda bo'lgan elastik tolalardan iborat, ularning soni 20 mingdan ortiq bo'ladi. Tovushni sezish qattqlikdan tashqari yuksaklik bilan ham xarakterlanadi.

Tovush yuksakligi – tovush sifatini aniqlovchi harakteristika bo'lib, odamning eshinish organi orqali subyektiv ravishda aniqlanadi va u chastotaga bog'liqdir. Chastota oshishi bilan yuksaklik oshadi, ya'ni tovush «yuqori» bo'ladi.

Tovush ham yorug'lik kabi ko'plab axborot manbaidir. Shuning uchun ichki organlarning funksiyasi buzilsa, tovush ham o'zgaradi. Kasallikka tashxis qo'yishda keng tarqalgan tovushiy usul – auskultasiya (bemorni eshitib ko'rish), bu usul eramizgacha bo'lgan II-asrdan beri ma'lum. Auskultasiya uchun stetoskop yoki fonendoskopdan foydalaniladi. Fonendoskopning umumiy tuzilishi quyidagi rasmda ko'rsatilgan



2.2-rasm. Fonendoskopning tuzilishi.

Bunda 1 – kovak kapsula, 2 – tovush o'tkazadigan membrana, 3- quloqqa boradigan rezina. Kovak kapsulada havo ustuni rezonanslanadi, buning natijasida tovushlanish zaryadi va auskultasiya yaxshilanadi. O'pkalar auskultasiyasida nafas shovqinlari, kasallik uchun xarakterli bo'lgan xirillashlarni tinglaydilar, shunda yurak faoliyatini eshinish mumkin. Yana bir tovush usuli – perkussiya – tiqqillatib urib ko'rish. Organizmning turli qismlarini bolg'acha yoki qo'l bilan tiqqillatib

urib ko'rishda majburiy tebranishlar yuzaga keladi. Bu tovushga perkuter tovush deyiladi. Yumshoq joyga (muskul, yog', teri) urganda qisqa to'lqin hosil bo'ladi va tez yutiladi. Agar elastik qismiga urilsa rezonans bo'lib, perkuter tovush kuchayishi mumkin va u ancha baland tovush hosil qiladi. Agar organizmda patologik o'zgarishlar bo'lsa tovush o'zgaradi.

Hayvonlar tovush chiqarish organlari turlichadir. Ular tovushdan ov qilish, aloqa vositalarida ishlatadi. Hamma hayvonlarda ham ovoz chiqarish organlari mavjud emas. Shu sababli ovoz chiqarish uchun ular boshqa organlardan foydalanadi (qanotlar, oyoqlar va hokazo).

Bo'g'in oyoqlilar ishqalanish yoki bir organning ikkinchisiga urilishi, membranalar tebranishi (qanotlar), tirqish orqali havo o'tkazish tufayli tovush chiqaradi. Ularning akustik spektri murakkab, chastotasi yuqori (2 kGs atrofida). Masalan: chivinlar qanotini qoqishi tufayli tovush chiqaradi.

Baliqlar. Ularning chiqaradigan tovushi asosan tanasining u darajada silliq bo'lmasligi tufayli suzish vaqtida suv bilan ishqalanishidan paydo bo'ladi. Shu bilan birga har bir baliq o'ziga xos tovush chiqaradi. Masalan: stavrida g'ijirlashga o'xshash tovush chiqarsa, lesh xurrakga o'xshash, dengiz karasi esa tiqqillashga o'xshash tovushlar chiqaradi. Baliqlar asosan suzuvchi shishiragi yordamida tovush chiqaradi. Uning ichida havosi bor. Buni harakatga keltirish uchun baliqlar yonboshida joylashgan baraban muskullarini ishga soladi.

Qushlar. Ularning tarqatadigan tovushlarining ko'pchiligi tovush organlaridan emas, balki qanotlari, tumshuqlari, oyoqlaridan chiqadi. M, turnalar taqqilagan tovushni tumshuqlarini yopish va ochish yordamida chiqaradi. Lekin asosiy rolni nafas tovushlari o'ynaydi. Tanglayida ikkita membrana mavjud – tashqi va ichki. Uning ish prinsipi Bernulli qonuniga asoslangan. Havo tez o'tishida ovoz chiqaradi. Qushlar asosan 200 Gs – 12 kGs chastotali, ba'zilar esa hatto 30 – 50 kGs chastotali ultratovushlar chiqarishi mumkin.

Sut emizuvchilar. Ular asosiy tovushni yuqori tanglay orqali hosil qiladi. Bunda, og'iz, burun, hattoki o'pka ham ovoz chiqarishda ishtirok qiladi. Ular chastotasi bir necha gersdan yuzlab kilogerslargacha (ko'rshapalaklar). Ba'zi jonivorlar uchun qabul qilish mumkin bo'lgan eng yuqori chastotalarni keltiramiz: odam 20 kGs, shimpanze 30 kGs, it 60 kGs, mushuk va delfin 100 kGs, ko'rshapalaklar 150 kGs, kabutarlar 12 kGs, tovuqlar 12 kGs.

§ 2.3. Tibbiyot va veterinariyada tovush usullaridan foydalanish

Chastotalari 20 kGs dan yuqori bo'lgan elastik to'lqinlarga ultra-tovushlar deyiladi (10^9 - 10^{13} Gs tovushlar gipertovushlar). Ultratovushlar asosan ikki yo'l bilan hosil qilinadi – teskari pyezoeffekt hodisasi, magnitostriksiya hodisasi. Ultratovushdan lokasiya, ya'ni kemalarda dengiz chuqurligini, baliqlar to'dasini (suvda ultratovush kam yutiladi) aniqlashda foydalaniladi. Ultratovush defektoskopiyasi, ya'ni metallarda nuqsonlarni topishda qo'llaniladi. Detal qalinligi va tovush tezligi ma'lum bo'lsa, u holda o'tish vaqtini o'lchab nuqsonni aniqlash mumkin. Tabiatda ko'rshapalaklar va delfinlar ham ultratovush chiqarib o'zining yo'lini topib oladi, ya'ni chiqargan to'lqinlarning to'siqlardan qaytishiga

qarab yo'lni topadi. Ultratovush yordamida bir-biri bilan aralashmaydigan ikki suyuqlikni aralashdirish mumkin. Ultratovushning Dopler effekti yordamida yurak klapanlari harakatining xarakterini o'rganadilar. Bu usulda qon oqimi tezligini o'lchash mumkin. Terapiya maqsadlarida 800 kGs chastotali ultratovushlar ishlatiladi. Ularning o'rtacha intensivligi 1 Vt/sm^2 . nurlovchi qism va teri orasiga biror suyuqlik (masalan: yog') qo'yiladi, chunki hatto yupqa havo qatlami ultratovushning organizmga o'tishiga to'sqinlik qiladi. To'qimaga qilinadigan mexanikaviy va issiqlik ta'siri ultratovush terapiyasi asosida yotgan birlamchi mexanizmdir. Ultratovush jarroxlikda "skalpel" vazifasini bajaradi. Oddiy skalpeldan farqli o'laroq ultratovush skalpeli juda ingichka qirqsa, ikkinchidan ma'lum energiyali tovush qonsiz kesadi. Bir vaqtning o'zida ultratovush tikib (payvandlab) ketadi. Farmasevtikada dorilar tayyorlashda ishlatiladi, ya'ni suyuqliklar ichidagi jismlarni parchalab emulsiya hosil qiladi. Ultratovush ishtirokida tayyorlangan turli xil dorivorlar emulsiyalari o'pka kasali, yuqori nafas yo'llari katari, bronxial astma kabi kasalliklarni davolashda qo'llaniladi. Hozirgi vaqtda shikastlangan yoki transplantasiyalangan suyak to'qimalarini "payvandlash" ning yangi usuli (ultratovush ostiosintezi) yaratildi. Ultratovushning mikroorganizmlarga halokatli ta'siridan moddalarni sterilizatsiya qilishda foydalanilmoqda. Ko'rlar uchun "Oriyentir" asbobi yaratilgan bo'lib u 10 metrgacha uzoqlikdagi jismlarni bilib olish va ularni qanday xarakterda ekanini aniqlash mumkin. Ultratovushning issiqlik ta'siridan o'simtalarni yemirishda ishlatiladi. Kichik intensivli ultratovushlar ($1,5-3 \text{ Vt/sm}^2$) o'simliklarning o'sishiga yordam beradi, bronxial astma, radikulitni davolashda qo'llaniladi, katta intensivlikli ultratovush (30 Vt/sm^2) organizmga salbiy ta'sir ko'rsatadi.

Veterinariya tibbiyotida ultratovush fonoforez usuli qo'llaniladi, ya'ni ultratovush yordamida qoramollarga terisi orqali ba'zi dorilarni kiritish (m: gidrokartizon, tetrosiklin va boshqalar) mumkin. Bu elektro-forrezga o'xshash, lekin elektr maydoni ta'sirida zaryadlangan zarrachalar harakatlansa, ultratovush yordamida zaryadsiz zarrachalar ham harakatlanadi. Ultratovush nurlantirishi fonoforez bilan birgalikda qoramol, echki, qo'ylardagi mastitni davolashda ishlatiladi.

Tashxisda qoramol va otlarning homiladorligini aniqlash mumkin. Hattoki 25 kunligini aniqlash mumkin, 65 – 70 kunligini 100 foiz aniqlikda aytish mumkin. 1 soatda 200 qo'yning homiladorligini aniqlasa bo'ladi.

Infratovush – bu chastotasi 16 Gs dan kichik bo'lgan elastik to'lqinlar-dan iborat. Lotinchadan infro- kichik ma'noni anglatadi. Infratovush atmosfera va dengiz shovqinlari tarkibida bo'ladi. Chaqmoq vaqtida, portlashda, to'plar otilganda, Yer qimirlashda paydo bo'ladi. Infratovush juda kam yutiladi, shu sababli u ancha uzoq masofalarga tarqalishi mumkin. Atmosferaning yuqori qatlamlarini o'rganish mumkin. Infratovush organizmning bir qator tizimlari funksional holatlariga yomon ta'sir ko'rsatadi. Masalan: charchash, bosh og'rig'i, uyquchanlik, jahl chiqishi va boshqalar paydo bo'ladi. Infratovushning organizmga birlamchi ta'sir ko'rsatish mexanizmi rezonans xarakterga ega. Xususiy tebranishlar chastotasi bilan tebranishga majbur etuvchi kuchlarning chastotasi bir-biriga yaqin bo'lganda rezonans hodisasi yuz beradi. Odam gavdasining xususiy

tebranishlar chastotasi, gavdaning yotgan holatida 3 Gs, qorin bo'shlig'i uchun 3 – 4 Gs, turgan holda 5 -12 Gs, ko'krak qafasidiki 5 – 8 Gs bo'lib, bu infratovush chastotalariga mos keladi. Normal faoliyat ko'rsatish uchun shovqin ma'lum darajagacha bo'lishi kerak. Masalan: normal uxlash va aqliy mehnat uchun shovqin 30 dB dan past, ko'pchilik korxonalarda 55 dB dan yuqori bo'lmasligi kerak. Qishloq xo'jaligida mexanizatsiya darajasining oshishi bilan shovqin ham ko'paydi. Masalan: MTZ – 50 traktori 5 m masofada 80 – 90 dB, KTU – 10 bilan birga 100 dB dan oshadi. Chorva binolarida ventilyatorlar ham kuchli shovqin chiqaradi. Masalan: SCh – 70 ventilyator 5 m masofada 85 dB shovqin hosil qiladi. Shovqinlar ko'plab jonivorlarning to'planishida ham yuzaga keladi. Masalan: parrandachilik fermalarida 95 dB gacha normadagi shovqin foydali hamdir, chunki juda sukunatda odam hatto o'zining yurak urishini ham eshitishi mumkin (kosmonavtlar). 110 dB shovqin vaqtincha eshitishni 10 – 15 % ga pasaytiradi.

Infratovush, ultratovush va tovush intensivligi darajasini yashash joylarida, ishlab chiqarish va transportda kamaytirish gigiyenaning asosiy vazifasidir.

Ba'zi moddalarda tovush tezligi quyidagicha; havoda 331m/s, suvda 1497 m/s, silliq to'qimada 1550 m/s, yog' to'qimasida 1460 m/s, miyada 1520 m/s, suyagida 3660 m/s, jigar 1570 m/s, shishasimon jism 1530 m/s. Chastota qancha katta bo'lsa, tovush shuncha yuqori tonlarda qabul qilinadi. Masalan, ho'kizning marashi 50 Gs bo'lsa, pashshaning tovushi 10 kGs chastotaga mos keladi.

Tovush to'liqlari ikki muhit chegarasiga tushganda uning bir qismi qaytadi, ikkinchi qismi esa sinib, ikkinchi muhitga o'tadi. Masalan, suvga tushgan tovush to'liqning atiga 0,12 foiz intensivligi suvga o'tadi, qolgan 99,88% esa qaytadi. Ilgarilari dengiz hayvonlari akustik signalizatsiyaga ega emas deb qaralar edi. Keyingi tadqiqotlar dengiz hayvonlari o'zidan tovush to'liqlari chiqarishi aniqlandi. Masalan, ular ov payti, xavf to'g'riganda, urchish paytlarida akustik signallar chiqarishadi. Hozirgi davrda dengiz hayvonlari tovushlarning fonetikasi tuzilgan. Bu fonetika yordamida dengiz hayvonlari biologiyasini o'rganishda, baliqlar to'plamini topishda foydalaniladi. Demak, dengiz ham hayvonlarning tovush to'liqlari bilan to'lgan, lekin odam uning tubiga tushib ham bu tovushlarni eshita olmaydi. Chunki odam qulog'i havoda eshitishga muljallangan. Suvning zichligi havonikidan 750 marta katta. Shunga qaramasdan baliqlar tovushlarni yaxshi eshitishadi. Bunga sabab suv zichligining va unda tovush tezligining kattaligidir.

To'liqin moddada tarqalishida uning energiyasi modda zarralarini tebratishga sarf bo'ladi. Shu sababli to'liqin energiyasi masofa o'tishi bilan kamayadi, ya'ni so'nadi. Bu esa $I = I_0 \mathbf{1}^{-d}$ eksponensial qonun bilan yuz beradi. Bu yerda I_0 - tushayotgan to'liq intensivligi $I - X$ - masofadagi intensivlik, d - so'nish koeffitsienti. So'nish koeffitsiyenti bir jinsli muhit uchun quyidagiga teng.

$$d = \frac{16p^2h}{3VrI^2} \quad (2.5)$$

Bunda I - tovush to'liqin uzunligi, V - moddada tovush tezligi, h - yopishqoqlik koeffitsienti, r - modda zichligi. Yuqoridagi formuladan

ko'rinadiki so'nish koeffitsiyenti to'lqin uzunligi oshishi bilan kamayadi. Shu sababli tovushni uzoq masofaga tarqatish uchun past chastotali manbalardan foydalanish zarur. Kuchli so'nish bir jinsli bo'lmagan va g'ovvak jismlarda yuz beradi. Yumshoq to'qimalarda ham tovush tez so'nadi. (porolon). Shu sababli hozirgi vaqtda tovushni yomon o'tkazadigan materiallardan qurilishda keng qo'llanilmoqda. Quyidagi jadvalda ba'zi materiallar uchun so'nish koeffitsiyenti keltirilgan.

2.1-jadval

Modda	So'nish koeffitsiyenti, m ⁻¹
Suv	0,01
Qon plazmasi	2,0
Qon	2,5
Yog' to'qimasi	4,5
Miya	14
Muskul	16
Jigar	15
Teri	40
Suyak	71

Kichik to'lqin uzunlikka ega bo'lgan ultratovush havoda kuchli yutiladi, lekin suvda kam yutiladi. Katta yopishqoqlikka ega suyuqliklarda ham ultratovush yutilishi oshadi. Biologik to'qimalarda ham ultratovush intensivligi kuchli so'nadi, chunki bu holda strukturani bog'lovchi tolalarda ultratovush ko'p martalab qaytadi.

Faraz qilaylik, tovush nuqtaviy manba tomonidan hosil qilinayotgan bo'lsin. Uning quvvati N ga teng. Ushbu manbani xayolan R – radiusli sfera bilan o'raymiz. Agarda yutilishni e'tiborga olmasak R – sfera orqali o'tadigan energiya miqdori $4\pi R^2 I$ ga teng bo'ladi. Bunda I – sferaning birlik yuzidan o'tuvchi intensivlik. U holda

$$I = \frac{N}{4\pi R^2} \quad (2.6)$$

Demak, sferik tovush intensivligi manbagacha bo'lgan masofa kvadratiga teskari proporsional ravishda kamayadi.

Shunday qilib, tovushning so'nishi uchta sababga ko'ra yuz beradi, ya'ni yutilish moddaning birlashmasligi tufayli sochilishi va masofaga qarab to'lqin sirtining kengayishi tufaylidir. Oxirgi sababni kamaytirish uchun tovushni yassi yuzadan tarqatishga erishish kerak. Bunday sharoit quvurlarda yuzaga keltiriladi.

Tajribalarning ko'rsatishicha to'lqin nurlagich va qabul qilgich tinch holatda yoki bir yo'nalishda bir xil tezlikda harakatlengandagina ularning chastotalari bir xilda bo'ladi, qolgan har qanday holatda $n \neq n_0$ bo'ladi. Bu hodisaga Dopler effekti deyiladi.

Agarda manba kuzatuvchiga nisbatan harakatlansa u holda kuzatuvchi tomonidan qabul qilinadigan chastota

$$n = \frac{n_0}{1 \pm \frac{J}{c}} \quad (2.7)$$

formula orqali aniqlanadi.

Agarda kuzatuvchi manbaga nisbatan xarakatlansa, u holda kuzatuvchi qabul qiluvchi chastota

$$n = n_0 \left(1 \pm \frac{u}{c}\right) \quad (2.8)$$

Formula orqali aniqlanadi. Bunda i – kuzatuvchining manbaga nisbatan tezligi, s – tovush tezligi. Agar to'liqin to'siqdan j - burchak ostida qaytsa u holda qaytgan to'liqin chastotasi

$$n_A = n - n_0 = \frac{2n_0 \frac{V}{c} \cos j}{1 - \frac{V}{c} \cos j} \quad (2.9)$$

formula bilan aniqlanadi. n_A - Dopler chastotasi deyiladi. Agarda tovush tezligi manba tezligidan ancha yuqori bo'lsa, ya'ni $S \gg V$ u holda dopler chastotasi

$$n_D = 2n_0 \frac{V}{c} \cos j \quad (2.10)$$

yoki kuzatuvchi tamonidan qayd qilinadigan chastota quyidagicha aniqlanadi.

$$n = n_0 \pm n_A \quad (2.11)$$

Shu formula yordamida hayvon tanasidagi aorta devoridan qaytgan to'liqin uchun dopler chastotasini aniqlash mumkin. Yumshoq to'qimada ultratovush tezligi 1500m/s uning chastotasi 5MGs. Aorta devorida puls to'liqini tezligi 1m/s. To'liqin normal holda tushmoqda, ya'ni $\cos j = 1$ u holda

$$n_A = 2 \cdot 5 \cdot 10^6 \frac{1}{1,5 \cdot 10^3} = 6,2 \text{ kGy}$$

Demak yurakni nurlantiruvchi Dopler chastotasi eshitish sohasiga mos kelar ekan.

§ 2.4. Shovqin va uning veterinariyadagi roli

Biologik akustikada shovqin deb har qanday qabul qilishga qiyin va asabni buzuvchi tovushlarga aytiladi.

XXI – asrda texnikaning rivojlanishi shovqinlarning ko'payishiga, ya'ni odam va hayvonlar uchun noqulay sharoitlarga olib keladi. Hozirgi vaqtda xalq xo'jaligining hamma sohalarida, shu bilan birga qishloq xo'jaligi sohalarida ham ortiqcha tovush shovqinlarining mavjudligi hych kimga sir emas. Shu sababli shovqinni o'rganish va uning oldini olish muammolari bilan turli kasb egalari

shug'ullanmoqda (Masalan: tibbiyot xodimlari, veterinarlar, zootexniklar, ruhshunoslar, fiziklar, biofiziklar, xuquqshunos va boshqalar).

Ko'plab tajribalarga asosan normal hayot uchun shovqin ma'lum bir normada bo'lishi zarur ekanligi aniqlangan. Masalan: normal uxlash yoki aqliy mehnat uchun shovqin 30 DB dan oshmasligi kerak. Ko'pchilik korxonalarda shovqin 55 DB dan oshmasligi kerakligi aniqlab qo'yilgan. Bu sanitariya- gigiyena normalariga mos keladi.

Intensivligi normadan yuqori bo'lgan shovqinlargina salbiy ta'sir ko'rsatadi. Tabiatda mavjud bo'lgan kuchsiz shovqinlar odam va hayvonlar uchun ijobiy ta'sir ham ko'rsatadi. Kuchli shovqinlar avvalam bor yuqori chastotaga sezgir bo'lgan to'qimalarni ishdan chiqaradi.

110 DB bo'lgan shovqinning qisqa vaqt davomida ta'siri eshitish sezgirligini 10 – 15% ga kamaytirishi mumkin. Ayniqsa, eshitish sezgirligi pasayishi traktorchilarda kuzatiladi. Uzoq vaqt shovqin ta'siri eshitish tolasi to'qimalarini ishdan chiqaradi. Shovqinning ta'siri asabga ham ta'sir qiladi. Kuchli shovqin qonning aylanishiga, ichki organlarning ishlashiga ham salbiy ta'sir ko'rsatadi. Sigirlar bilan o'tkazilgan maxsus tajribalar shovqin ta'sirida ularda qon aylanishida va tanada issiqlik almashinuvining ham bo'zilishiga olib kelgani aniqlangan.

Bu mollarni normal holga keltirish uchun gormonal dorilar bilan 18 kun davomida davolashga to'g'ri kelgan.

Shovqin, ayniqsa, ona cho'chqalarga kuchli ta'sir ko'rsatar ekan. Masalan; 70 – 80 DB shovqin ularda sut hosil bo'lishini to'xtatadi va 2 soatdan so'ng yana sut paydo bo'ladi. Kuchli shovqinlar esa sut hosil bo'lishni umuman to'xtatishi mumkin. Parrandachilik fermalarida 90 – 100 DB shovqin tovuqlarning fiziologik holatini o'zgartiradi va ularning massasining kamayishiga olib keladi hamda tuxum qo'yishini kamaytiradi.

Chastotasi 3 Gs, quvvati 1 Vt bo'lgan infratovushni 100 km masofada ham sezish mumkin. Yadro quroli portlashi natijasida hosil bo'lgan infratovush butun yer shariga tarqaladi. Uning to'lqin uzunligi katta bo'lganligi sababli daraxt va binolarni aylanib o'tishi yoki katta qattiq jismlarni rezonans holga keltirib yangi infratovushlar hosil qilishi mumkin. Shu sababli infratovushdan amalda himoyalani bo'lmaydi.

Infratovushning biologik ta'siri haqida ko'p ma'lumotlar yo'q. Infratovush eshitilmagani uchun uzoq vaqt uning biologik ta'siri o'rganilmadi, lekin Marsel elektroakustika laboratoriyasi olimi Gavroning kuzatuvlari shuni ko'rsatdiki, laboratoriya binolaridan birida kuchli ventilyatorning ishlashi binodagi xodimlarning charchoq, bosh og'rig'i, holsizlanish holatiga olib kelishi kuzatilgan.

Ventilyator 7 Gs chastotali infratovush hosil qiladi. Maxsus o'tkazilgan tajribalar haqiqatdan ham infratovush vestibulyar apparatga ta'sir ko'rsatib (uning xususiy chastotasi 2 – 20 Gs sohaga mos keladi), xodimlarda ichki og'riq, harakatning buzilishi va ko'rishning pasayishiga olib kelgan. Infratovush turli organlarda majburiy tebranishlar yuzaga keltiradi. Har bir organ ma'lum xususiy tebranish chastotasiga ega. Ba'zi organlar (masalan: jigar, buyrak va boshqalar) xususiy tebranish xususiyatiga ega emas, lekin tashqi davriy ta'sir tufayli rezonans tebranish hosil qilishi mumkin. Shifokorlarning aniqlashicha, chastota 4-

8 Gs bo'lganda qorin bo'shlig'ida xavfli rezonans bo'ladi. Ba'zi organlarning rezonans tebranishlari turli reseptorlarning bezovta bo'lishiga olib keladi. Bu esa nafas olishni yomonlashtiradi.

Infratovush, ayniqsa, yurakka yomon ta'sir qiladi. Kuchli infratovush yurak to'qimalarini rezonansga keltirib, qon tomirlarining uzilishiga olib keladi. Bu narsa kalamushlar bilan o'tkazilgan tajribalarda isbotlangan. Chastota 7 Gs, intensivlik 170 dB bo'lgan infratovush 20 minut davomida kalamushga ta'sir qildirilganda uning qon tomirlari kengayib qon quyilishi kuzatilgan. Chastotasi 7 Gs bo'lgan infratovush miyaga ta'sir qilsa, u ko'rish qobiliyatini pasaytiradi, hamda chanqash, umumiy holsizlikka olib keladi. Intensivlik 140 – 155 dB li infratovush hushdan ketishga, 180 dB li infratovush falajga olib kelishi mumkin.

Test savollari

1. Tovush deb nimaga aytiladi?

- a) odam qulog'i eshitadigan mexanik elastik to'lqinga;
- b) odam va hayvonlar eshita oladigan mexanik elastik to'lqinlarga;
- c) hayvonlar eshita oladigan elastik to'lqinlarga;
- d) odam va hayvonlar eshita oladigan elektromagnit to'lqinlarga.

2. Odam qulog'i qaysi chastota intervalidagi to'lqinlarni eshitadi?

- a) 16 Gersdan kichik;
- b) 20 kilogersdan katta;
- c) 16 gersdan – 20 kGs gacha;
- d) 20 kGsdan 200 kGs gacha.

3. Agar tovush intensivligi ta'rifi: "Birlik yuzadan vaqt birligi ichida tovush to'lqini tarqalish yo'nalishiga perpendikulyar yuzadan o'tuvchi energiyaga aytiladi" bo'lsa, javoblardan uning matematik ifodasini ko'rsating?

- a) $W = \dot{O} \cdot t$
- b) $E = \frac{\dot{O}}{S}$
- c) $I = \frac{W}{S \cdot t}$
- d) $B = \frac{I}{S \cdot \cos \alpha}$

4. Nima uchun odam va hayvonlar eshitish organlari juft bo'ladi?

- a) chiroyli ko'rinish uchun;
- b) tovush balandligini sezish uchun;
- c) tovush yo'nalishini aniqlash uchun;
- d) turli xil tovushlarni eshitish uchun.

5. Odam va hayvonlar eshitish organlari qaysi oraliqda tovush intensivligini sezadi?

- a) $10^{-6} - 10^{-10} \text{ Vt/m}^2$
- b) $10^{-5} \div 10^{-8} \text{ Vt/m}^2$
- c) $10^{-12} \div 10 \text{ Vt/m}^2$
- d) 10 Vt/m^2 dan katta.

6. Tovush bosimi nima?

- a) atmosfera bosimiga tovush tomonidan hosil qilingan qo'shimcha bosim;
- b) yuza birligiga ta'sir qiluvchi kuch;
- c) atmosfera bosimi;
- d) havosiz joydagi yuzaga ta'sir etuvchi bosim.

7. Quyidagi ta'riflardan qaysi biri Veber-Fexnerning psixofizik qonunini ifodalaydi?

- a) eshitish organining sezgisi ta'sir etayotgan tovush to'lqinlari intensivliklari nisbatiga proporsionaldir;
- b) eshitish organining sezgisi tovush intensivligini kvadratiga proporsionaldir;
- c) eshitish organining sezgisi ta'sir etayotgan tovush to'lqinlari intensivliklari nisbatining logarifmiga to'g'ri proporsional;
- d) tovush intensivligi eshitish organining sezgisiga proporsionaldir.

8. Odam va hayvon ichki organlarining tovushini kuchaytirib beruvchi asbob nima?

- a) tanometr;
- b) termometr;
- c) barometr;
- d) fonendoskop.

9. Ichki organlar kasalligini aniqlashda keng qo'llaniladigan klassik usullar?

- a) eshitish;
- b) urish;
- c) auskultasiya va perkussiya;
- d) eshitish va o'lchash.

10. Ultratovush deb nimaga aytiladi?

- a) odam qulog'i eshitadigan elektromagnit to'lqinlar;
- b) chastotasi 20 kGs dan katta elastik to'lqinlar;
- c) chastotasi 20 kGs dan katta elektromagnit to'lqinlar;
- d) chastotasi 20 kGs dan kichik bo'lgan elastik to'lqinlar.

11. Ultratovushning veterinariyada asosiy qo'llanilish sohalari?

- a) ichki va tashqi organlar kasalliklarini davolash;
- b) ichki kasalliklarni kuzatish, davolash, xirurgik ishlar, suyaklarni payvandlash;
- c) ichki kasalliklarni davolash;
- d) teri orqali organizmga dori moddalar kiritish.

12. Shovqin organizmga qanday ta'sir qiladi?

- a) ijobiy;
- b) salbiy;
- c) ta'sir qilmaydi;
- d) foydali.

13. Tovush qattiqligi o'lchov birligi nima?

- a) lyuks;
- b) veber;
- c) tesla;
- d) desibell;

14. Infratovush nima?

- a) chastotasi 20 Gs dan yuqori elastik to'lqinlar;
- b) chastotasi 20 Gs dan past elastik to'lqinlar;
- c) chastotasi 20 Gs dan yuqori elektromagnit to'lqinlar;
- d) chastotasi 20 Gs. dan past elektromagnit to'lqinlar;

15. Quloq pardasida nechta tola bor?

- a) 100 ta;
- b) 1000 ta;
- c) 2000 ta;
- d) 20000 ta.

16. Tovush spektri nima?

- a) tovushda ishtirok qiluvchi chastotalar to'plami;

- b) toshvuning intensivligining o'zgarishi;
- c) tovush bosimining qiymati;
- d) tovush yuksakligi.

17. Ultratovush yordamida bir soatda qancha qo'yning homiladorligini aniqlash mumkin?

- a) 10 ta;
- b) 20 ta;
- c) 100 ta;
- d) 200 ta.

Sinov savollari

1. Tovushni harakterlovchi asosiy kattaliklar nimalar?
2. Tovushning fiziologik xossalari nimalar?
3. Veber - Fexnerning psixofizik qonuni nimani ifodalaydi?
4. Bell va desibellar nimaning o'lchov birligi hisoblanadi?
5. Eshitish sohasi nima?
6. Tibbiyot va veterinariyada tovushdan foydalanish haqida nimalarni bilasiz?
7. Ultratovush va uning amalda qo'llanilishi?
8. Infratovush va uning ahamiyati?
9. Ultra- va infratovushlarning tirik organizmga ta'siri va ahamiyati?
10. Shovqin va undan himoyalanih?

III bob. GIDRODINAMIKANING FIZIK ASOSLARI

§3.1. Ideal suyuqlik oqimining uzluksizlik tenglamasi

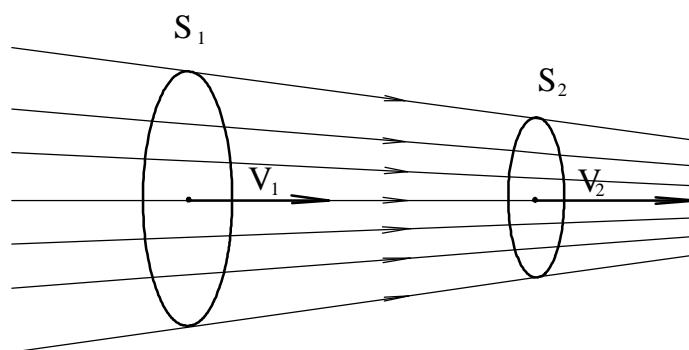
Suyuqliklar qattiq jismlardan farq qilib, suyuqlikni tashkil qilgan zarrachalar bir-biriga nisbatan siljishi mumkin. Agar suyuqlikning tezligi qaralayotgan hajmning har bir nuqtasida vaqt o'tishi bilan o'zgarmasa, bu suyuqlik harakati barqaror harakat deyiladi.

Yopishqoqligi mutlaqo bo'lmagan suyuqlikka ideal suyuqlik deyiladi.

Suyuqlik harakatini grafik usulda namoyon qilish uchun oqim chiziqlari degan tushuncha kiritiladi.

Oqim chiziqlari deb, bu chiziqlarning har bir nuqtasiga o'tkazilgan urinma zarrachalar tezligi vektorini bilan ustma-ust tushadigan xayoliy chiziqchilarga aytiladi.

Barqaror harakatda suyuqlik zarrachalarining harakat trayektoriyasi oqim chiziqlari bilan mos keladi. Agar suyuqlik zarrachalari harakati (oqim chiziqlari) bir-biriga parallel bo'lsa, bunday oqimga (laminar) qatlamli oqim deyiladi. Agar zarrachalar harakati bir- biriga aralashib yuz bersa (turbulent) uyurmali oqim deyiladi. Real suyuqlikni siqish mumkin: bosim ortishi bilan uning hajmi kamayib, zichligi ortadi. Masalan: bosim birdan 100 atmosferaga ortganda uning zichligi atiga 0,5 foiz o'zgaradi. Demak, suyuqlikni siqish juda qiyin. Harakatdagi suyuqlik bosimi odatda o'zgaras bo'ladi. Real suyuqlik yopishqoq. Harakatlanuvchi suyuqlikda hamma vaqt ichki ishqalanish kuchlari bo'ladi. Ideal suyuqlik oqimi uchun uzluksizlik tenglamasini chiqaramiz. Oqim nayida ikkita ko'ndalang kesim olaylik, S_1 va S_2 . Bulara suyuqlik tezliklari J_1 va J_2 . Δt - vaqt oralig'ida bu kesimlardan bir xil Δm - massali suyuqlik o'tadi (rasm-3.1). Keng kesimdan o'tgan suyuqlik hajmi asosi



3.1-rasm. *Suyuklik okimi. S_1 va S_2 - oqim nayi kundalang kesim yuzi J_1, J_2 oqim tezligi*

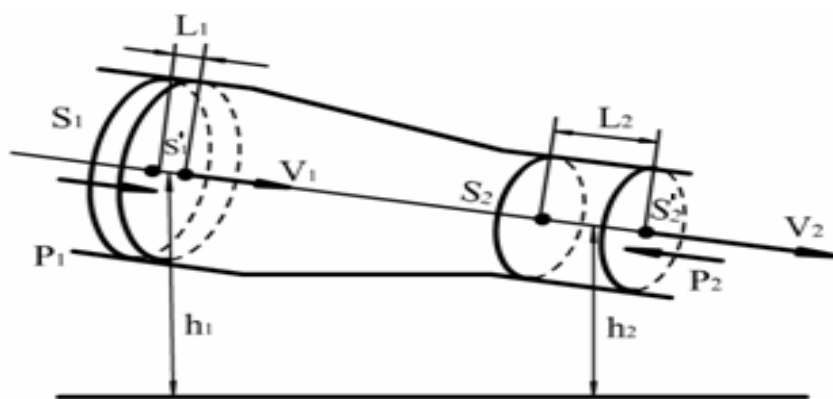
S_1 va balandligi $J_1 \Delta t$ - bo'lgan silindr shaklida bo'ladi ya'ni u $S_1 J_1 \Delta t$ ga teng. Ikkinchi kesimdan $S_2 J_2 \Delta t$ hajmli suyuqlik o'tadi. U holda

$$S_1 J_1 \Delta t = S_2 J_2 \Delta t \quad \text{yoki} \quad S_1 J_1 = S_2 J_2 \quad (3.1)$$

$$(3.1) \text{ da kesimlar ixtiyoriy tanlangan va vaqt bir xil bo'lgani uchun} \\ S J = \text{const} \quad (3.2)$$

Demak, berilgan oqim nayi uchun nay kundalang kesim yuzining suyuqlikning oqim tezligiga ko'paytmasi o'zgaras kattalikdir. (3.1) va (3.2) munosobatlarga oqimning uzluksizlik tenglamasi deyiladi. Nayning tor qismlarida tezlik katta bo'ladi.

Endi faraz qilaylik kesimlari S_1 va S_2 bo'lgan quvurdan suyuqlik oqayotgan bo'lsin (3.2-rasm). S_1 kesimda tezlik J_1 , bosim R_1 , balandlik h_1 bo'lsin. S_2 kesimda esa bosim R_2 , tezlik J_2 , balandlik h_2 bo'lsin. Kichik Δt vakt ichida suyuqlik S_1 va S_2 kesimdan S_1^1 va S_2^1 kesimga o'tadi. Energiyaning saqlanish qonuniga binoan to'la energiyaning o'zgarishi $Y_{e2} - Y_{e1}$, m massali suyuqlikni ko'chirishda bajarilgan ish A ga teng bo'ladi.



3.2-rasm. Stasionar ideal suyuqlik oqimi nayi

$$E_2 - E_1 = A \quad (3.3)$$

Bu ish S_1 va S_2 orasidagi suyuqlikni Δt vaqt ichida ko'chirishda bajarilgan ishga teng. m massali suyuqlikni S_1 dan S_1' gacha ko'chirishda $I_1 = J_1 \Delta t$ masofa o'tsa, S_2 dan S_2' gacha esa $I_2 = J_2 \Delta t$ masofa o'tadi. I_1 va I_2 lar juda kichik bo'lgani uchun

$$A = F_1 I_1 + F_2 I_2 \quad (3.4)$$

Bunda $F_1 = P_1 S_1$ va $F_2 = -P_2 S_2$ (oqimga qarshi yo'nalgan). To'la energiya esa potensial va kinetik energiyalar yig'indisidan iborat, u holda

$$E_1 = \frac{mv_1^2}{2} + mgh_1, \quad E_2 = \frac{mv_2^2}{2} + mgh_2 \quad (3.5)$$

(3.4) va (3.5) ga asosan

$$\frac{mv_1^2}{2} + mgh_1 + P_1 S_1 J_1 \Delta t = \frac{mv_2^2}{2} + mgh_2 + P_2 S_2 J_2 \Delta t$$

ikkala kesimdan bir xil miqdordagi suyuqlik o'tadi, u holda

$$\Delta V = S_1 J_1 \Delta t = S_2 J_2 \Delta t$$

Demak, oxirgi ifodani ΔV ga bo'lsak

$$\frac{rJ_1^2}{2} + rgh_1 + P_1 = \frac{rJ_2^2}{2} + rgh_2 + P_2 \quad (3.6)$$

Bu tenglamani 1738 yil Shveysariyalik fizik-matematik Daniyel Bernulli hisoblab chiqqan. Bunda $\frac{rJ^2}{2}$ - suyuqlikning solishtirma kinetik energiyasi, ya'ni hajm birligiga to'g'ri keluvchi energiya yoki dinamik bosim, u harakatlanish tufayli hosil bo'ladi, rgh - suyuqlikning og'irlik kuchi maydonidagi solishtirma potensial energiya, gidravlik bosim, suyuqlik harakatiga bog'liq bo'lmagan bosim kuchlaridan hosil bo'ladigan solishtirma energiya - P statik bosim deyiladi.

Bernulli tenglamasini qonun sifatida quyidagicha ta'riflash mumkin: Siqilmaydigan ideal suyuqlikning barqaror oqimida dinamik, gidravlik va statik bosimlarning yig'indisidan iborat to'liq bosim oqimning har qanday kesimida ham o'zgarmasdir.

Kesim ixtiyoriy tanlangani uchun

$$\frac{rJ^2}{2} + rgh + P = const \quad (3.7)$$

Bernulli qonuni harakatdagi suyuqlik va gazlar dinamikasining asosiy qonuni hisoblanadi.

§ 3.2. Suyuqliklar yopishqoqlik koeffitsiyentini o'lchash usullari

Yopishqoqlik deb real suyuqliklar bir qatlamining boshqa qatlam harakatiga to'sqinlik qilish qobiliyatiga aytiladi. Bir qatlamning ikkinchi qatlamga nisbatan harakatida sirtga urinma yo'nalgan ichki kuchlar yuzaga keladi. Bu kuchlar qatlamlar tegib turgan yuzaga va tezlik gradiyentiga to'g'ri proporsionaldir, ya'ni

$$F \sim S \left| \frac{\Delta J}{\Delta X} \right| \quad (3.8)$$

yoki

$$F = h \left| \frac{\Delta J}{\Delta X} \right| \quad (3.9)$$

Bu yerda h - suyuqlik tabiatiga bog'liq bo'lgan kattalik bo'lib, dinamik yopishqoqlik yoki yopishqoqlik koeffitsiyenti deyiladi. Yopishqoqlik koeffitsiyentining o'lchov birligi Paskal .sekund bo'lib, bu laminar oqim uchun tezlik gradiyenti 1 m^2 yuzada 1 m/s ga o'zgaradigan va 1 m^2 yuzasida 1 N kuch hosil bo'ladigan modda dinamik yopishqoqligiga teng. Yopishqoqlik qanchalik katta bo'lsa, unda shuncha katta ichki ishqalanish kuchlar yuzaga keladi.

Yopishqoqlik haroratga bog'liq bo'lib, suyuqlik va gazlar uchun turlichadir. Suyuqliklar uchun harorat oshganda h kamayadi, gazlarda esa teskari holat yuz beradi. Suyuqlik yopishqoqlik koeffitsiyentini aniqlash katta ahamiyatga ega bo'lib bir qancha usullar mavjud. Biz Puazeyl usulini qarab chikamiz. Bu usulda suyuqlik kichik kapillyarda oqib o'tish vaqti aniqlanadi va formula yordamida yopishqoqlik koeffitsiyenti aniqlanadi. Suyuqlik yoki gazning nay orqali o'tishi uchun ma'lum bosimlar farqi bo'lishi zarur. Suyuqlik hajmi V , nay uzunligi l , uchlaridagi bosimlar farqi ΔP va t suyuqlikning oqib o'tish vaqti orasidagi bog'lanish Puazeyl formulasi bilan ifodalanadi.

$$V = \frac{pr^4 \cdot \Delta P \cdot t}{8hl} \quad (3.10)$$

Bunda r - nay radiusi.

(3.10) ifoda yordamida yopishqoqlikni aniqlash uchun oqim laminar bo'lishi kerak. Turbulent oqim uchun Puazeyl formulasi o'rinli emas. Odatdagi hollarda

oqim laminar bo'lishi uchun nay diametri kichik bo'lishi zarur. Yopishqoq suyuqlikni to'la harakterlaydigan kattalik kinematik yopishqoqlikdir

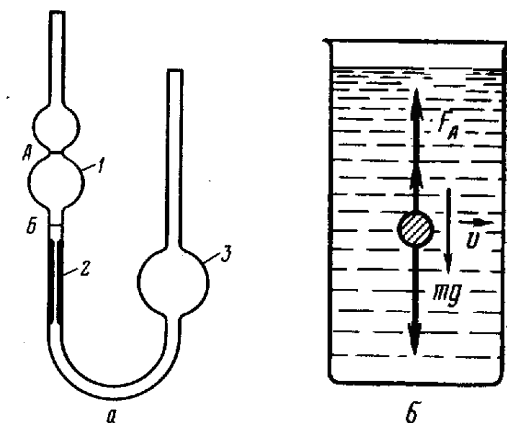
$$n = \frac{h}{r} \quad (3.11)$$

Bunda r - suyuqlik zichligi.

$t, l, \Delta P$ kattaliklarni aniqlash qiyin, shuning uchun taqqoslash usulidan foydalaniladi. Yopishqoqlikni aniqlovchi qurilmaga viskozimetr deyiladi. Bu usulda bir xil hajmdagi yopishqoqligi ma'lum va yopishqoqligi noma'lum suyuqliklar oqib o'tish vaqti taqqoslanadi. U holda kinematik yopishqoqlik

$$n = n_o \frac{t}{t_o} \quad (3.12)$$

(3.12) - ifoda orqali hisoblanadi. Bunda n va n_o mos ravishda noma'lum va etalon suyuqliklar kinematik yopishqoqligi, t va t_o lar esa bu suyuqliklar uchun oqib o'tish vaqti.



3.3 - rasm. Yopishqoqlik koeffitsiyentini aniqlashning vizkozimetriya (a) va Stoks (b) usullari. 1,3-o'lchov hajmlari, 2-kapilyar, F_A -Arximed kuchi, mg -ogirlik kuchi, v -tezlik

(3.11) ifoda yordamida dinamik yopishqoqlik aniqlanadi. Ko'pchilik viskozimetrlarda etalon suyuqlik sifatida suv olinadi va uning oqib o'tish vaqti va kinematik yopishqoqligi viskozimetr doimiysi sifatida beriladi. Shu sababli faqat noma'lum suyuqlik oqib o'tish vaqtini aniqlash bilan yopishqoqlikni o'lchash mumkin.

Cuyuqliklar yopishqoqligi unda boshqa moddalar eritilganda yoki dispersiyalangan holda bo'lganda o'zgaradi. Bundan tashqari, toza erituvchilardan farq qilgan holda, suspenziyalar va eritmalar yopishqoqligi oqimdagi tezlik gradiyentlariga bog'liq bo'ladi. Bu holda Nyuton suyuqliklari haqida gap boradi. Nonyutoncha holatiga siljish kuchlanishi tufayli vujudga keladigan zarrachalar vaziyatining o'zgarishi, agregasiyasi va deformatsiyasi jarayonlar olib keladi.

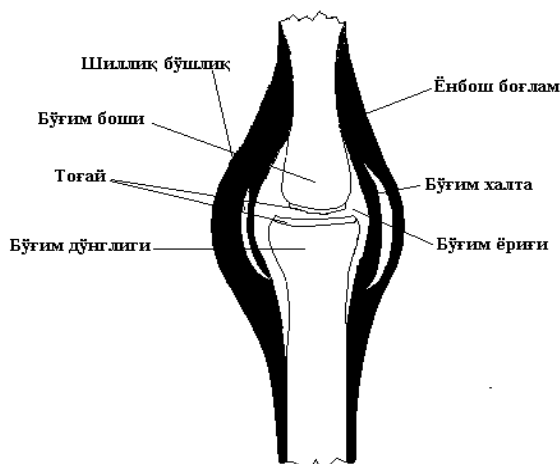
Biologik suyuqliklar uchun tezlik gradiyenti o'sishining katta oralig'ida yopishqoqlikning uzluksiz kamayishi kuzatiladi. Bunga zarrachalar vaziyatining o'zgarishi va deformatsiyasi sababchi bo'ladi.

Sut emizuvchilar jumladan, odam qoni qon hujayralarining plazmadagi suspenziyasidan iborat. Qon plazmasini katta tomirlardan o'tishida Nyuton

xossalariga ega suyuqlik, deb qarash mumkin. Qonning yopishqoqligi tezlik gradiyenti o'zgarishining keng sohasida kamayadi.

Bo'g'inlar orasida moylash vazifasini bajaruvchi – sinovial suyuqlik-larning yopishqoqlik asoslarini o'rganish katta ahamiyatga egadir. 3.4-rasmda ko'rinadiki, bo'g'inda suyaklar qalinligi 0,2–0,5 mm bo'lgan sinovial suyuqlikning ingichka qatlami mavjud. Sinovial bo'g'in xaltaning ichki qatlami tomonidan chiqaradigan qon dializatidan iborat.

Bo'g'in xaltasi sinovial suyuqlikni bo'g'inda ushlab turadi va bo'g'in yuklanishda ma'lum miqdorda ichki bosimga qarshilik ko'rsatadi.



3.4-rasm. Umurtqali hayvon suyak bo'g'ini anatomik tuzilishning sxematik tasviri.

Bo'g'in boshi bo'g'in chuqurchasida sinovial suyuqlikda yopishqoqlik toza suvnikidan 10 – 60 marotaba katta bo'ladi. Natijada uning bo'g'indan sizib chiqishi qiyinlashadi.

Molekulalar harakati haroratga bog'liq ekan, u holda yopishqoqlik ham haroratga bog'liqdir. Suyuqliklar uchun yopishqoqlik harorat oshsa kamayadi. Qonning yopishqoqligi 37°S da $4 \cdot 10^{-3}$ Па·с ga teng.

§ 3.3. Yurak va qon tomirlari yopiq biofizik tizim

Qonning oqish tezligi kichik bo'lganligi uchun uni laminar oqim deb olish mumkin. Qon molekullari va arteriya devorlari orasida ishqalanish tufayli arteriya chetlarida oqim nolga teng. Arteriya markazida tezlik eng katta bo'ladi. Demak, arteriya devorlari oldida bosim katta va tezlik kichik bo'lganligi uchun qon to'qimalari arteriya markaziga itariladi. Agarda biror sababga ko'ra arteriya devorlari qalinlashsa ko'krak qafasida og'riq paydo bo'ladi. Buning natijasida arterioskleroz yuzaga kelishi mumkin. Bundan qutilish uchun organizmga nitroglicerini yuborish kerak. Yuqorida aytilganidek, haroratning o'zgarishi qon yopishqoqligining ham o'zgarishiga olib keladi. Boshqacha aytganda harorat oshsa qonning yopishqoqligi kamayadi, laminar oqim turbulent oqimga o'tadi va qon harakat tezligi oshadi. Laminar oqim oddiy bo'lib, tezlik kichik bo'lganda yuz beradi. Agarda tezlik oshsa, oqim turbulent holatga o'tadi. Bu o'tish chegarasi o'lchamsiz kattalik Reynolds soni orqali aniqlanadi.

$$R_e = \frac{DJr}{h} \quad (3.13)$$

Bunda D - quvur diametri, r - suyuqlik zichligi, agarda bu son suv uchun 2000 dan kichik bo'lsa quvur orqali oqim laminar, bundan katta bo'lsa turbulent oqim bo'ladi. Arteriyada qon oqimi uchun bu sonning qiymati 800 ga teng, demak Reynolds soni 800 dan katta bo'lsa, organizmda patologik o'zgarishlar yuz beradi.

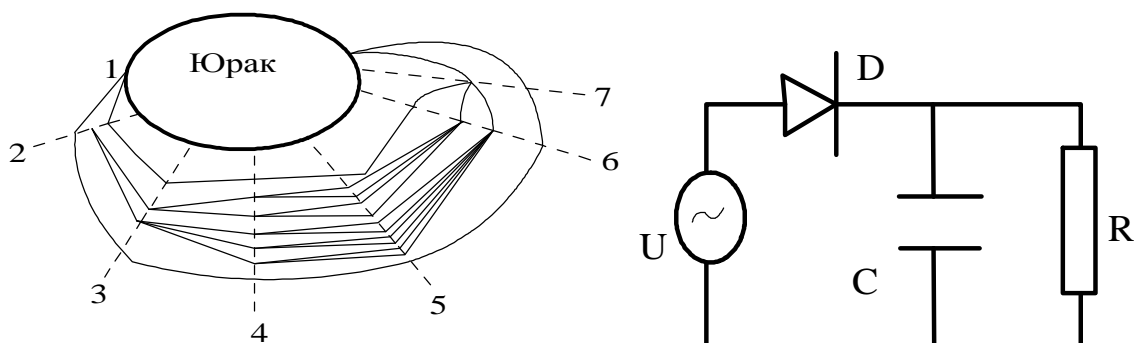
Quyidagi jadvalda qonning ayrim gidrodinamik parametrlari keltirilgan.

Odam uchun qon aylanishning ayrim gidrodinamik parametrlari

3.1-jadval

Tomir turi	O'rtacha tezlik m/s	Diametr, m	Tezlikning tomir devori yonidagi o'rtacha gradiyenti, s^{-1}	Reynolds soni
Aorta	$4,8 \cdot 10^{-1}$	$2,5 \cdot 10^{-2}$	155	$3,4 \cdot 10^3$
Arteriya	$4,5 \cdot 10^{-1}$	$4 \cdot 10^{-3}$	900	$5 \cdot 10^2$
Arteriola	$5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-5}$	800	$7 \cdot 10^2$
Kapillyar	$1 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-6}$	1000	$2 \cdot 10^3$
Venula	$2 \cdot 10^{-3}$	$2,10^{-5}$	800	$2 \cdot 10^2$
Vena	$1 \cdot 10^{-1}$	$5 \cdot 10^{-3}$	160	$1,4 \cdot 10^2$

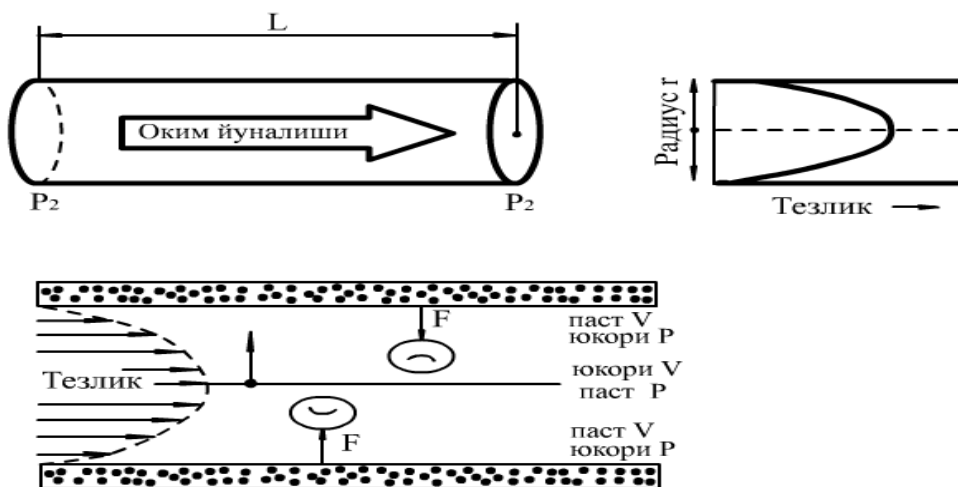
Yurak va qon tomirlari yopiq biofizik tizimdir. Yurak nasos rolini bajaradi va u yurak qon tomirlarida qonni harakatga keltiruvchi asosiy energiya manbaidir. U ATF molekulalarida joylashgan kimyoviy energiyani yurak muskullarining mexanik energiyasiga aylantiradi. Demak, yurak impuls rejimda ishlaydi. Sut emizuvchilar va qushlar yuragi to'rtta kameradan tashkil topgan. U ikkiga ajralgan va o'ng qon tomirlari bilan tutashtirilgan. O'ng yurakcha butun tanadan qon qabul qiladi va oshqozonga yuboradi, undan esa o'pka qon arteriyasi orqali o'pkaga yuboriladi. O'pkada u kislorod bilan boyitilib o'pka venasi orqali chap yurak va oshqozonga qaytariladi. So'ng ritmik ishlash bilan qon butun tanaga yuboriladi. Yurak muskullarining siqilishi tufayli arterial va vena tizimida bosimlar farqi yuzaga keladi va shu sababli qon harakatga keladi. Yurak siqilishi chastotasi hayvon massasi qancha kichik bo'lsa, shuncha katta bo'ladi. Chunki, massa qancha kichik bo'lsa, uning sirti ham shuncha katta bo'ladi va issiqlik ko'p yo'qotiladi va kislorod bilan ta'minlash ham shuncha kam bo'ladi. Sistola vaqtida chiqadigan qon miqdori qoramolda 850 – 580 ml, odamda 60 – 70 ml, qo'yda 55 ml, itda 14 ml ga teng. Fizik ta'sir vaqtida bu qiymat oshadi.



3.5-rasm. Yurak va qon tomirlari tuzilishi, hamda yurak faoliyatini o'rganish elektron sxemasi: U -elektr kuchlanish, D -diod, C -kondensator, R - rezistor

Yurakni kuchlanish manbai U deb olsak, yurak klapani D diod rolini o'ynaydi, ya'ni bir tomonga ochiladi. Kondensator yarim davr ichida zaryadlanadi, yarim davr ichida esa R orqali razryadlanadi. Kondensatorning roli qon bosimining tebranishlarini tekislashdir. Qon tomirlarini tarmoqlangan naychalar sifatida olish mumkin. 3.5-rasmda 1-2 aorta, 2-3 arteriyalar, 3-4 arteriolalar, 4-5 kapillyarlar, 5-6 venulalar, 6-7 venalardan iborat. Yurak muskullarining qisqarishida (sistolada) qon yurakdan aortaga va undan tarqalib ketuvchi arteriyalarga siqib chiqarila boshlaydi.

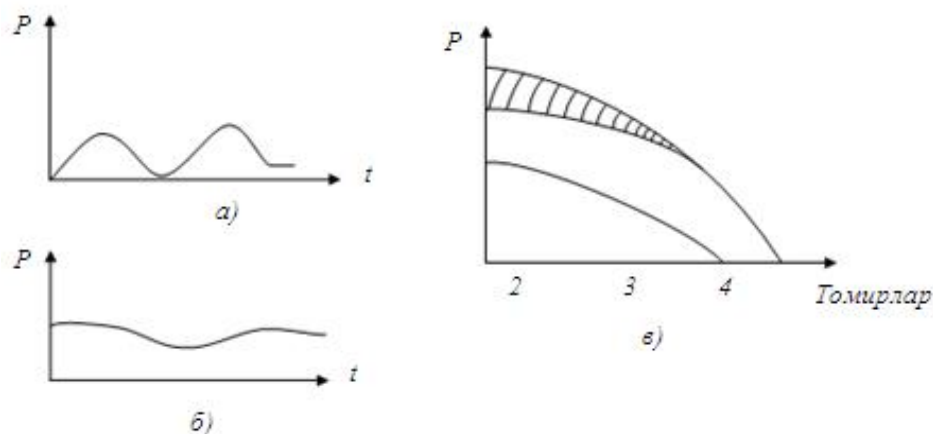
Agar bu tomirlar devorlari qattiq bo'lganda edi, qonning yurakdan chiqish paytida vujudga kelgan bosim tovush tezligida qismlarga uzatilgan bo'lar edi. Qon tomirlari elastik bo'lgani uchun sistola paytida yurak itarib chiqarayotgan qon aorta, arteriya va arteriolalarni cho'zadi.



3.6-rasm. Quvurlarda suyuqliklarning oqim tezligi chizmasi

Bunda katta qon tomirlari sistola paytida markazdan chetdagi qismlarga oqib boradigan qonga nisbatan ko'p qonni qabul qiladi. Odamning sistolik bosimi normada taxminan 16 kPa.ga teng. Yurakning bo'shishi (diastola) paytida cho'zilgan qon tomirlari pasayadi (bo'shaladi), yurakning qon orqali ularga uzatgan potensial energiyasi qonning oqishidagi kinetik energiyaga aylanib diastolik bosimni taxminan 11 kPa. atrofida tutib turishga madad beradi. Sistolalar

yuz berishi davrida qonning chap qorinchadan itarilib chiqarilishi tufayli yuzaga kelgan va aorta hamda arteriyalar orqali tarqaluvchi yuqori bosimli to'liq puls to'liqini deyiladi. Puls to'liqini tezligi 5 - 10 m/s, bu esa (0,3 s da 1,5 - 3 m) sistola davrida yurakdan qo'l va oyoqlargacha bo'lgan masofadan kattadir. Bu shuni bildiradiki, puls to'liqini fronti qo'l va oyoqlarning oxirgi nuqtalariga aortada bosimning pasayishidan oldin yetib boradi. Ammo qonning tezligi 0,3 - 0,5 m/s, puls to'liqini tezligidan kichikdir. 3.7-rasmda yurak atrofidagi, ya'ni aortadagi (a) va arteriolalardagi bosimning (b) o'zgarish ko'rsatilgan, (v) bosimning o'rtacha qiymatining va qon oqimi tezligining qon harakatlanuvchi



3.7-rasm. Qon bosimining qon tomirlaridagi qiymatlarini ko'rsatuvchi chizmalar.

tomirlar turiga bog'liq holda o'zgarishi ko'rsatilgan. Bunda 2-arteriyalar, 3-kapilyarlar, 4-venalar, shtrixlangan soha bosim tebranishiga mos (puls to'liqini) kelishi tasvirlangan.

§3.4. Yurakning ishi va quvvati

Yurak bajargan ish bosim kuchlarini yengish va qonga kinetik energiya berish uchun sarflanadi. Chap qorincha bir marta qisqarganda bajargan ishni hisoblaymiz. Qonning zarb hajmi V_2 ni silindr ko'rinishida ifodalaymiz. Yurak bu hajmni ko'ndalang kesim yuzi S bo'lgan aorta bo'ylab o'rtacha R bosim ostida l masofaga siqib chiqaradi. Bunda bajarilgan ish

$$A_1 = F \cdot l = PSl = PV_3 \quad (3.14)$$

Bu hajmdagi qonga kinetik energiya berish uchun

$$A_2 = \frac{mu^2}{2} = \frac{r_3Vu^2}{2} \quad (3.15)$$

ish bajariladi. To'la ish

$$A_3 = A_1 + A_2 = PV_3 + \frac{rV_3u^2}{2} \quad (3.16)$$

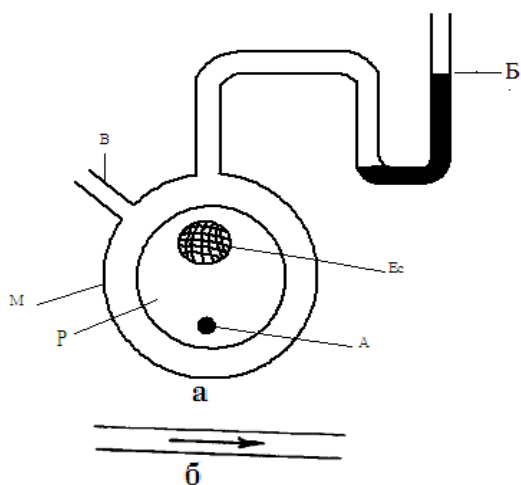
o'ng qorincha bajargan ish chap qorincha bajargan ishning 0,2 qismiga teng deb qabul qilinishi tufayli yurakning bir marta qisqarishida bajargan to'la ish

$$A = A_3 + 0,2A_3 = 1,2(PV_3 + \frac{rV_3u^2}{2}) \quad (3.17)$$

$R = 13 \text{ kPa}$, $V_3 = 60 \text{ ml} = 6 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$, $r = 1,05 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$, $J = 0,5 \text{ m/s}$ bo'lsa tinch holatda yurakning bir marta qisqarishida bajargan ishi $A = 1 \text{ J}$ ekanini topamiz. 1 s da 1 marta qisqarsa 1 sutkada $A = 86400 \text{ J}$ ish bajaradi. Agar sistolalar davomiyligi 0,3 s desak, yurakning bir marta qisqarishdagi quvvati $W = \frac{A}{t} = 3,3 \text{ Vt}$. Qoramollar uchun $A = 2,93 \text{ J}$, quvvat 11,7 Vt. 70 yil yashagan odam yuragi 2,5 milliard marta qisqaradi. Bajargan ishi 10^9 J . Har qanday davriy nasos 10 mln. taktdan ko'p ishlay olmaydi. Yurak esa bundan yuzlab marta ko'p ishlay oladi. Yurakning siqib chiqargan qoni miqdori 1 km uzunlikdagi paroxod yuradigan daryoni to'ldirgan bo'lar edi.

Arteriyalarning birortasidagi sistolik va diastolik bosimlar to'g'ri-dan-to'g'ri manometrlarga ulangan igna yordamida o'lchanishi mumkin. Tibbiyotda esa N.S.Korotkov taklif qilgan qonsiz usuldan keng foydalaniladi.

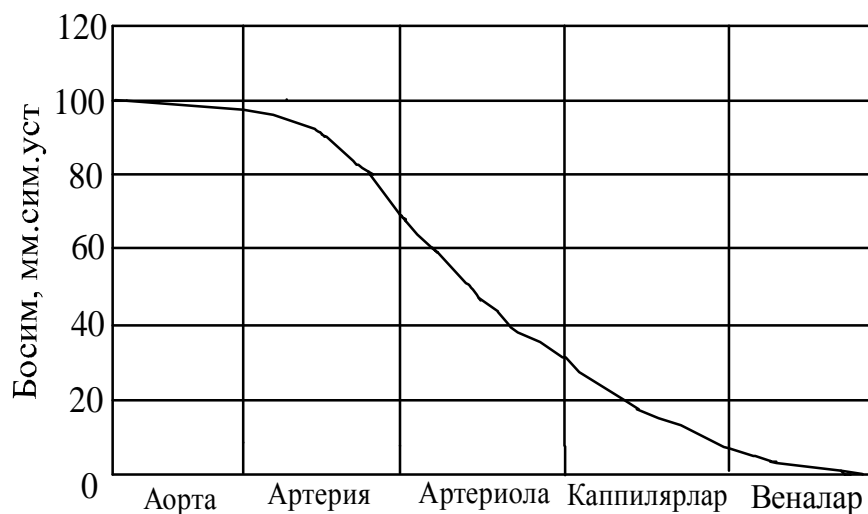
Bunda M-manjet, R - qo'lning bir qismi, Ye_s - yelka suyagi, A - arteriya, V – rezina nay orqali manjetga havo yuborilganda manjet qo'lni siqadi. So'ngra shu rezina nay orqali havo sekin yuboriladi va B manometr yordamida manjetdagi bosim o'lchanadi. Agar muskullar bo'shashtirilgan bo'lsa, elastik devorlardan iborat bo'lgan manjetga yumshoq to'qimalardagi bosimga teng bo'ladi.



3.8-rasm. Qon bosimini o'lchash.

Bosimning qonsiz o'lchashning asosiy fizik g'oyasi shundan iborat. Havo asta sekin chiqarilib bosim kamaytirib boriladi va bosim sistolik bosimga teng bo'lsa, qon qattiq siqilgan arteriya orqali otilib chiqish imkoniyatiga ega bo'ladi, bunda turbulent oqim yuzaga keladi. Hakam bosimni o'lchashda fonendaskopni arteriya ustiga qo'yib turbulent oqimga taalluqli bo'lgan shovqinlarni eshitadi. Manjetdagi bosimni kamaytira borib laminar oqimni tiklash mumkin, buni eshitib ko'rilayotgan tonlarning birdaniga pasayib ketishidan bilish mumkin. Arteriyada laminar oqimning tiklanishiga mos keluvchi manjetdagi bosim diastolik bosim kabi qayd qilinadi. Sog'lom kishi organizmi uchun normal sistolik bosim 120 mm.sm.ust, diastolik bosim esa 80 mm.si.ust.ga tengdir. Qon yurakka qaytish

davomida bosim kamayib boradi. Katta arteriyada 90 mm.sm.ust.bo'lsa, kichik arteriyalarda 25 mm.sm.ust venada esa hatto 10 mm.sm.ust.gacha kamayadi. Ammo, yurak urishi bilan bog'liq bo'lgan bosim 120 - 80 mm.sm.ust.chegarasida o'zgarib turadi. Qon bosimining o'zgarishi



3.9-rasm. Qon bosimining tomirlar bo'yicha taqsimoti.

esa organizm faoliyatining o'zgarishi bilan bog'liqdir. Bundan esa tashxis maqsadlarida keng foydalaniladi.

§ 3.5. Qonning fizik xossalari

Hayvonlar organizmida qon muhim fiziologik funksiyani bajaradi. O'pkada qon kislorod bilan boyitiladi, so'ng to'qima va organlarga uzatiladi. Hazm qilish organlarida u oziq ovqatlardan erigan tarkibiy qismlarni oladi. To'qimalardan qonga bir qancha mahsulot o'tadi va ular ajratuvchi organlarga boradi (buyrak, o'pka, teriga). Bundan tashqari qon aniq fizik funksiyalarni ham bajaradi, ya'ni yuqori issiqlik o'tkazuvchanlikka ega holda hosil bo'lgan issiqlikni organizm turli qismlarga yetkazadi. Shu bilan u tananing haroratini doimiy saqlashga imkon beradi.

Qonni shaffof bo'lmagan suspenziya tashkil etadi. U ikki qism – suyuq qismi (plazma) va unda harakatlanuvchi qon to'qimalari (eritrosit, leykosit, trombosit va boshqalar)dan iborat. Qonning zichligi $((1,042-1,056) \cdot 10^3 \frac{kg}{m^3})$, eritrositlar zichligi $1,09 \cdot 10^3$, plazmaniki $(1,025-1,034) \cdot 10^3 \frac{kg}{m^3}$. Quyidagi jadvalda ba'zi hayvonlar qonining xarakteristikasi keltirilgin.

3.2-jadval

№	Hayvon turi	Zichligi kg/m^3	Qon massasi ml/kg	Gemotokrit%	1mkl.dagi eritrositlar soni, mln	SOE normada mm/soat
1	Ot	1054	85-100	39	6-9	64
2	Qoramol	1055	65-82	36	5-7,5	0,70

3	Cho'chqa	1048	65-80	42	6-7,5	8,0
4	Junli yirtqich	1056	55-60	32	8,5-11	2,5
5	Parranda (tovuq)	1052	90-120	37	35 - 4,9	4,0
6	Baliqlar	1036	35-40	39	1,5 – 2,5	4,0

Qonning tarkibini sentrifuga yordamida aniqlash mumkin. Qonni probirkaga solib aylantirsak, u holda har bir zarrachaga markazdan qochma kuch ta'sir qiladi. U holda probirkada joylashgan qondagi eritrositlar probirka tubida, plazma esa yuzida, qolgan elementlar o'rtada qatlamlar hosil qiladi. Qolgan elementlar hajmi yig'indisining qon hajmiga nisbatiga gematokrit deyiladi. Gematokrit miqdori 30 – 40 foiz atrofida bo'ladi. Bundan ko'rinadiki qon yuqori konsentrativiyali suspenziyadan iborat. Sog'lom hayvonlarda plazma yopishqoqligi nisbiy birliklarda $h_n = 1,7 - 2,2$, to'liq qon uchun $h_k = 4,5 - 5,0$ h_n orasidagi farq gematokrit kattalik bilan aniqlanadi va empirik formula orqali ifodalanishi mumkin. Masalan, Xatchek tenglamasi orqali $h_k = \frac{hn}{1 - \sqrt{\phi}}$. Bundan tashqari

qonning yopishqoqlik koeffitsiyenti, uning tezligiga ham bog'liq bo'ladi. Ya'ni, katta tomirlarda, kapillyardagiga qaraganda tezligi katta va yopishqoqlik koeffitsiyenti kichikdir.

Organizmni kislorod bilan ta'minlashda asosiy rolni eritrositlar o'ynaydi. Eritrositda ko'plab gemoglobin, ya'ni kislorodni bog'lab turuvchi organik modda mavjuddir.

Eritrositdan ajratilgan qonda 3 ml kislorod erishi mumkin, to'liq qonda esa bu 200ml. ga tengdir. Sut emizuvchilar uchun eritrositlar ikki tomonlama botiq diskka o'xshaydi va u qalinligi 7,5nm. bo'lgan membrana va gemoglobin bilan to'yingan suyuqlikdan iboratdir.

Shakl tuzilishiga asosan, u shar shaklida bo'lganidan o'lchami 1,6 marta katta. U yuzasining kattaligi tufayli ko'proq kislorod yutishga erishadi. Sut emizuvchilar eritrositlar diametri 5 mkm atrofida, lekin ularning soni juda ko'p bo'lgani uchun uning umumiy yuzi hayvon tanasi yuzidan ancha katta bo'ladi. Umuman olganda eritrositlar o'lchami va shaklini aniqlash qiyin, chunki uning shakli kapillyarda harakat qilganida o'zgaradi va uning o'lchami yorug'lik to'lqin uzunligi ($\sim 0,5 \mu\text{m}$) o'lchami kabi kichikdir. Mikroskopda qaraganda difraksiya tufayli shakli qiyshiq ko'rinadi. Eritrositning o'lchami 5 – 8 mkm bo'lishiga qaramasdan diametri 3 mkm li kapillyarlarga kirishi mumkin. Natijada eritrosit sirti va tomir yuziga tekkan qismi yuzasi oshadi natijada gaz almashish ko'payadi. Eritrositlar miqdorining qonda kamayishi anemiya kasalligiga olib keladi, chunki kislorod bilan ta'minlash susayadi.

Agarda, qon vertikal kapillyarga joylashtirilsa, u holda og'irlik kuchi ta'sirida eritrositlarning qatlamlar bo'yicha taqsimlanishi yuz beradi. Eritrositlarni shar shaklida deb eritrositlarning o'tirish tezligini (SOE) Stoks formulasidan aniqlash mumkin.

$$h = \frac{2}{9} \cdot \frac{r - r_c}{J} g \cdot R^2 \quad (3.18)$$

Bunda r – eritrositlar zichligi, r_c – suyuqlik zichligi, J – eritrositlar tushish tezligi, g – erkin tushish tezlanishi, R – eritrosit radiusi.

Bu formula bo'yicha topilgan qiymatlar 3.2 - jadvaldagi natijalardan kichik qiymatlarni beradi, bunga sabab eritrositlar bir-biriga yopishishi natijasida effektiv radiusi oshadi va SOE o'sadi. SOEga qon plazmasi yopishqoqligi ta'sir qiladi. Masalan: shamollash jarayonida, homiladorlik va boshqa patologik o'zgarishlarda sog' plazmaning tarkibi o'zgarishi tufayli o'zgaradi. Shu sababli SOEni o'lchash bilan tashxis qo'yish mumkin.

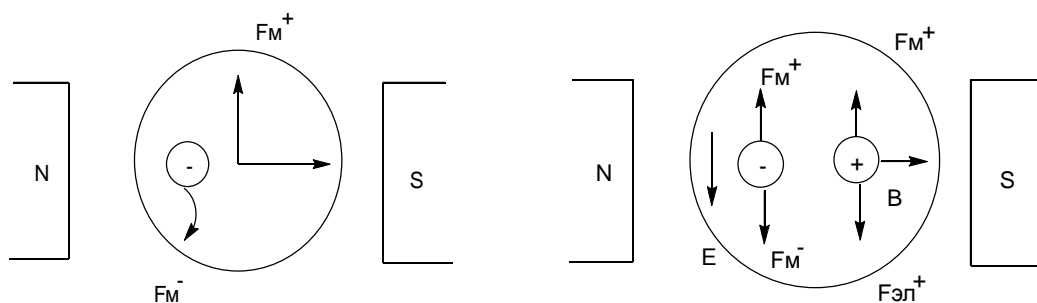
Eritrositlar membranasi mustahkam bo'lishiga qaramasdan, ma'lum fizik-kimyoviy ta'sir bilan uni buzish mumkin. Eritrositlar xossalari mexanik, issiqlik va boshqa ta'sirlar tufayli buziladi. Bundan esa patologik o'zgarishlarni tashxis qilishda foydalaniladi.

Ultratovush gemoliz usuli bilan o'tkazilgan tajribalar sog' va kasal hayvonlar eritrosit membranalari chidamliligi turlicha ekani aniqlanadi. Masalan: jigar serrozida eritrositlar toksik moddalar tomonidan qisman buziladi, bu esa jigar faoliyatini yomonlashtiradi. Shu bilan butun eritrositlar massasining xususiyati pasayadi. Masalan, shamollash (pnevmoniyada), mastit, endometritlar eritrositlar halokatini tezlashtiradi. Bu esa qonda yangi to'qimalarning paydo bo'lishi kamayishiga olib keladi. Membrananing mustaxkamlik o'lchovi bo'lib to'qimalar buzilishi tezligiga teskari bo'lgan kattalik olinadi. Eritrositlar mustahkamligi ustida olib borilgan natijalar shuni ko'rsatdiki, juni olingan qo'ylar eritrositlari, junli qo'ylardagidan kuchsiz bo'lar ekan yoki tog'dagi echkilarning eritrositlari yaylovdagi echkilarnikidan mustahkam bo'lar ekan. Erkaklarda eritrositlar ayollarnikidan 1,2 marta mustahkam ekan. Ultratovush defektoskopiya usuli yordamida ko'plab kasalliklarga tashxis qo'yish mumkin. Bu usul yordamida nafaqat eritrositlar, balki qonga tegishli boshqa elementlar va spermatozoidlar ham o'rganilishi mumkin.

§ 3.6. Qon tezligini aniqlash

Qon aylanish tizimidagi turli tomirlarda qonning oqish tezligini aniqlash bo'yicha turli usullar ishlab chiqilgan. Shulardan biri elektromagnit usuli hisoblanadi. Bu asbob elektr zaryadlarining magnit maydonida harakatlanishiga asoslangandir. Qon tarkibida ion shaklidagi ko'plab elektr zaryadlari mavjud. Haqiqatdan ham qon plazmasida 145 mmol/l Na^+ ionlari va 125 mmol/l Cl^- ionlari mavjud. Boshqa ionlar konsentratsiyasi ancha kam bo'lgani sababli ularni e'tiborga olmasa ham bo'ladi.

Faraz qilaylik, bir xil zaryadli ma'lum miqdordagi ionlar V tezlik bilan harakatlanayotgan bo'lsin. Agarda arteriyani magnit qutblari orasiga joylashtirsak ionlarga magnit maydon tomonidan Lorens kuchi ta'sir qiladi.



3.10-rasm. Arteriyadagi ionlarning magnit moydonida xarakati.

Bunda B - magnit maydon induksiya vektori, E -elektr maydon kuchlanganligi 3.10-rasmda ikkala ion V tezlik vektori o'quvchi tomonga, ya'ni rasm tekisligidan tik yuqoriga yo'nalgan. Bu kuchlar ta'sirida ionlar arteriyasining qarama – qarshi devorlari tomon harakatlanadi. Bu ionlarning qutblanishi E elektr maydonini hosil qiladi. Ikkala holda ham ion tezlik vektori rasm tekisligidan o'quvchiga yo'nalgan.

Hosil bo'lgan elektr maydoni arteriyada ΔU potentsiallar farqini yuzaga keltiradi.

$$E = \frac{u}{d} \quad (3.19)$$

Bunda, d – arteriya diametri.

Bu elektr maydoni $F_{\text{эл}}^+$ va $F_{\text{эл}}^-$ elektr maydon kuchlarini yuzaga keltiradi. Arteriya qarama-qarshi devorlarida ionlar konsentrasiyasi

$F_{\text{эл}}^+ = F_{\text{эл}}^-$ shart bajarilguncha oshib boradi. U holda

$$F_{\text{эл}}^+ = F_{\text{эл}}^-: \quad eE = e \frac{u}{d} = evB$$

Bundan

$$V = \frac{U}{Bd} \quad (3.20)$$

Shunday qilib, qon harakat tezligi kuchlanishga proporsionaldir. Kuchlanishni esa arteriyaning qarama-qarshi devorlariga elektrodlarni o'rnatish yo'li bilan aniqlash mumkin. Kuchlanish va B , d ning qiymatlarini bilgan holda qon oqish tezligini aniqlash mumkin. Elektromagnit hisoblagich o'lchashi zarur bo'lgan kuchlanish juda kichikdir. Masalan, diametri 1 sm bo'lgan arteriyani qarasaq, unda qon tezligi 30 sm/s ga teng. Agar magnit induksiyasi 10^{-4} Tl bo'lsa, u holda hosil bo'ladigan kuchlanish

$$U = VBd = 0,3\text{M} / \text{c} \cdot 0,1\text{Tl} \cdot 0,0 / \text{M} = 300\text{mKB}$$

Bunday kuchlanishni o'lchash ancha mushkul masala. Bu holda yana bir qiyinchilik yuzaga keladi, ya'ni arteriya devorlarida to'plangan ionlar atrof muhitdagi suyuqlik ionlarining qarama-qarshi ionlarini o'ziga tortadi. Bu sirt potentsialini qon harakati tafayli hosil bo'lgan potentsialdan farqlash qiyin.

Masalan, buni bartaraf qilish uchun magnit maydon yo'nalishini tez o'zgartirib turish zarur. Tajribalarning ko'rsatishicha bu chastota 100 Gs atrofida bo'ladi.

Test savollari.

1. Qanday suyuqlikka ideal suyuqlik deyiladi?
 - a) turbulent oqayotgan suyuqlikka;
 - b) laminar oqayotgan suyuqlikka;
 - c) yopishqoqligi mutlaqo bo'lmagan suyuqlikka;
 - d) yopishqoqligi kichik suyuqlikka.
2. Qon tomirlarida qon oqimi qachon turbulent oqimga aylanadi?
 - a) tashqi atmosfera harorati oshganda;
 - b) qon bosimi oshganda;
 - c) tana harorati oshganda;
 - d) qon bosimi kamayganda.
3. Necha xil qon bosimi bor?
 - a) ikki xil;
 - b) uch xil;
 - c) to'rt xil;
 - d) bir xil.
4. Qaysi qon tomiridagi yopishqoqlik koeffitsiyenti katta bo'ladi?
 - a) venada;
 - b) aortada;
 - c) kapillyarda;
 - d) arteriyada.
5. Ideal suyuqlik oqimining uzluksizlik tenglamasini ko'rsating?
 - a) $h = qD$
 - b) $SV = const$
 - c) $E = mgh$
 - d) $\frac{rJ^2}{2} + rgh + P = const$
6. Quyidagi birliklarning qaysi biri yopishqoqlik koeffitsiyentiga ta'luqli.
 - a) $\Pi a \cdot c$
 - b) $H \cdot M$
 - c) $\mathcal{K} \cdot c$
 - d) $\kappa z \cdot c$

7. Qonsiz qon bosimini o'lchashni qaysi olim taklif qilgan?
- Savelev;
 - Lebedev;
 - Gess;
 - Korotkov.
8. Real suyuqliklarda necha xil oqim turlari bor?
- uyurmali;
 - qatlamli;
 - turbulent va laminar;
 - turbulent.
9. Qoramol yuragi bir marta qisqarganda qancha ish bajaradi?
- 1 j;
 - 2,4 j;
 - 2,93 j;
 - 4,11 j.
10. Bernulli tenglamasi ifodasini ko'rsating?
- $SV = const$
 - $A = E_1 - E_2$
 - $\frac{rJ^2}{2} + rgh + p = const$
 - $F = qgV$
11. Qonning yopishqoqligi harorat oshsa qanday o'zgaradi?
- o'zgarmaydi;
 - oshadi;
 - kamayadi;
 - haroratga bog'liq emas.
13. Qon tomiridagi puls to'lqini tezligi qancha?
- 0,3 – 0,5 m/s;
 - 1-3 m/s;
 - 3-5 m/s;
 - 10-15 m/s.
14. Tomirlarda qon tezligi qancha?
- 10 -15 m/s;
 - 0,3 – 0,5 m/s;
 - 0,7 – 1 m/s;
 - 5-8 m/s.
14. Bernulli tenglamasining fizik mohiyati nimadan iborat?
- suyuqliklar uchun energiyaning saqlanish qonuni;
 - oqimning uzluksizligini ifodalaydi;
 - ta'sir etuvchi kuchlarni ifodalaydi;
 - suyuqliklarning trubada oqishini xarakterlaydi.
15. Sistola nima va unda qon bosimi qancha?
- yurakning siqilishi, bosim 16kPa;
 - yurakning bo'shashi, bosim 11 kPa;

- c) yurakning siqilishi, bosim 11 kPa;
- d) yurakning bo'shishi, bosim 9k kPa.

Sinov savollari

1. Suyuqliklarda qanday oqim turlari mavjud?
2. Ideal va real suyuqliklar nima?
3. Uzlaksizlik va Bernulli tenglamalarining fizik mohiyati nima?
4. Yopishqoqlik koeffitsiyenti va uni o'lchashning ahamiyati nimadan iborat?
5. Viskozimetr qanday maqsadda ishlatiladi?
6. Qon tomirlari elastiklik xususiyatining mohiyati nimadan iborat?
7. Yurak ishi va quvvati haqida tushuncha bering?
8. Sistola va diastola nima?
9. Qon bosimini o'lchashning Korotkov usuli mohiyati nimadan iborat?
10. Hujayra membranasi mexanikasini tushuntiring?
11. Qonning fizik xossalari nimalardan iborat?

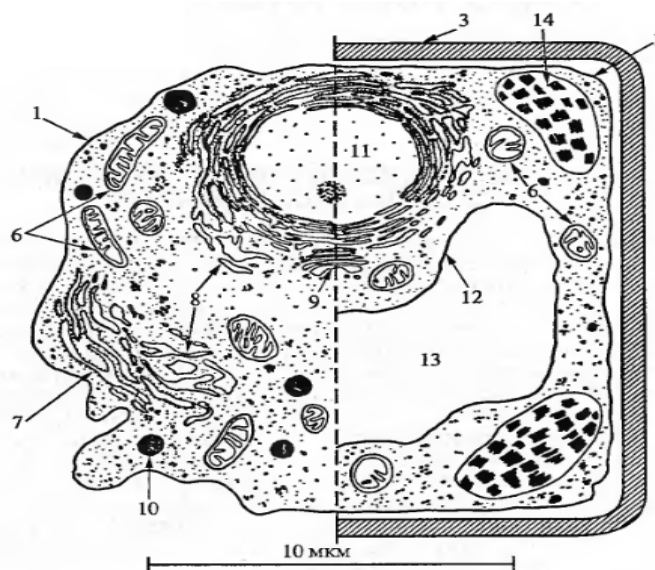
IV bob. MEMBRANALAR BIOFIZIKASI

§ 4.1 Biologik membranalar tuzilishi

Biologik membranalar hujayrani tashqi muhitdan ajratib turadi va ular butunligi hujayraning yashash shartlaridan biridir.

Biologik membranalarni o'rganishdagi muvaffaqiyatlar keyingi yillarda biologiya, tibbiyot, veterinariya sohalaridagi yutuqlarga olib keldi.

Biomembranalar tuzilishi va dinamik xarakteristikalari o'rganishga kirishishdan oldin hujayra morfologiyasi va uning alohida komponentlariga to'xtalib o'tamiz. 4.1-rasmda hujayra tuzilishi ko'rsatilgan.



4.1-rasm. Elektron mikroskopda olingan hujayra tuzilishi sxemasi: chapda – hayvon hujayrasi, o'ngda – o'simlik hujayrasi. 1-plazmatik membrana, 2-mezosoma membranasi, 3-hujayra devori, 4-virus po'stlog'i. 5-nukleotid; 6-mitoxondriyalar; 7-g'adir-budur endoplazmatik to'r; 8-silliq endoplazmatik to'r; 9-Golji kompleks; 10-lizosoma; 11-yadro; 12-monoplast; 13-vakuola; 14-xloroplast.

Elektron mikroskopda kattalashtirilganda hujayrada turli murakkab strukturalarni hosil qiluvchi ko'pchilik membranalarni ko'rish mumkin. Membranalar tashqi membrana (plazmatik membrana)ga va hujayra ichidagi membranalariga bo'linadi.

Hujayra ichidagi membranalar umumiy massasi quruq membrana massasining 2/3 qismini tashkil etadi. Bu membranalar yuzi ancha kattadir. Masalan, kalamush jigarining massasi 6g bo'lgan holda, undagi hujayra ichidagi membranalar umumiy yuzasi ming kvadrat metrarga borib yetadi. Membranalar yuzasi qancha katta bo'lsa, hujayra metabolizmi intensivligi yuqori bo'ladi.

Biomembranalar asosan oqsillar, lipidlar va uglevodlardan tashkil topgan. Oqsillar va lipidlar membrana quruq vaznning asosiy qismini tashkil etadi. Uglevodlar ulushi 10-15% oshmaydi, bunda ham ular oqsil molekulalar bilan (glikoproteinlar), yoki lipid molekulalari bilan (glikolipidlar) bog'langan bo'ladi. Turli membranalarda lipidlar oqsilga nisbatan massa jihatidan 25 foizdan 75 foizgacha tashkil etadi.

Membrana lipidlari uch asosiy turga bo'linadi: 1) fosfolipidlar, 2) glikolipidlar, 3) steroidlar.

Membrana lipidlari nisbatan kichik zaryadlangan (qutbli) boshchadan va uzun zaryadlanmagan (qutbsiz) uglevodorod zanjiridan iborat. Fosfo- lipidlar qutbli boshchasi – fosfatidilxolin, fosfatidiletanolamin va sfingomiyelin – musbat va manfiy zaryadga ega va neytral pHda elektroneytraldir. Hujayra ichidagi tuzilmalar membranalari lipidlarning asosiy qismini fosfolipidlar va xolesterin tashkil etadi, neytral lipidlar soni kam. Hujayra yadrosida lipidlar soni ko'p emas. Yadro membranasida holesterin mikrosomadagiga nisbatan uch marta ko'pdir. Miyelinda lipidlar ulushi 70%ni tashkil etadi, bunda uning 2/3 qismi xolesterindan iborat. Lipidlarning eng past foiz ulushi mitoxondriyalar ichki membranasida va bakteriyalar membranasidadir.

Membrana lipidlarning katta qismi fosfolipidlardan iborat. Ular ichki gidrofob va gidrofil sirtlardan iborat qo'shaloq qatlamli strukturalar hosil qila oladi. Shuning uchun membranalar orqali yog'da eriydigan moddalar o'ta oladi, suvda eriydigan moddalar va gidrofil ionlar membraning gidrofob sohasidan o'ta olmaydi. Ular hujayra ichida oqsil tabiatiga ega bo'lgan maxsus o'tkazuvchanlik kanallari orqali kirishadi.

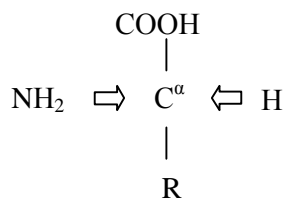
Gidrofob (yunoncha *hydor- suv, phobos- qo'rquv*), gidrofil (*phileo- yaxshi ko'raman*) tushunchalar moddaning suvga bog'lanishini xarakterlaydi. Gidrofob moddalar suv bilan yomon bog'lansa, gidrofil moddalar kuchliroq bog'lanadi, moddalarning molekulalari suv molekulalari bilan molekulyararo kuchlar yordamida bog'lana olish qobiliyatiga ko'ra gidrofil yoki gidrofob turga bo'linadi. Masalan, oqsillar, uglevodlar, kraxmal-gidrofil, chunki suvda kolloid holda eriydi, kauchuk va boshqa polimerlar- gidrofobdir.

Barcha hujayralar ichidagi osmotik bosim, tashqi muhitga nisbatan katta. Shuning uchun plazmatik membrana o'zining elastikligi tufayli cho'ziladi. Ko'p hujayralar membranalari sirti gidrofil, chunki shu yerda zaryadli aminokislotalar va lipidlar guruhlari joylashgan. Biroq biomembranalar ichki sohasi gidrofob bo'lgani

uchun, membranalar orqali gidrofil moddalar o'tishi membranada oqsil tabiatli kanallar mavjudligi bilan aniqlanadi.

Membranalardagi oqsillar molekulyar massasi 10000 dan 240000 (m.a.b.) gacha bo'ladi. Biologik membranalar bajaradigan vazifalarning turli- tumanligi, ko'pchilik hollarda ulardagi oqsillar mavjudligi bilan bog'liqdir. Turli oqsillar 20 aminokislotalardan tuzilgan.

Aminokislota molekulasidagi uglerod atomi 4 ta turli qoldiq bilan bog'langan: karboksil guruhi-SOON bilan, NH₂-aminoguruhi bilan H-proton va R-radikal bilan.



Fazoda uglerod atomining kovalent bog'lanishlari markazida uglerod atomi va uchida karboksil guruhi joylashgan tetraedr hosil qiladi.

Gidrofoblik darajasi, gidrofob aminokislotalar qoldiqlari soni va joylashishiga qarab oqsillar yoki qisman yoki butunlay membranalar lipid qatlamiga botirilgan holda bo'lishadi. Membrana bilan eng zaif bog'langan periferik oqsillar membranada kuchsiz elektrostatik bo'lmagan o'zaro ta'sirlar bilan saqlanadi. Membranalar lipidlari bilan kuchli bog'langan va lipid qatlamiga botgan oqsillar (integral oqsillar) membrana oqsillarining asosiy massasini hosil qiladi.

Quyidagi jadvalda sut emizuvchilarning turli hujayra membranalari tarkibi keltirilgan.

4.1-jadval.

Sut emizuvchilar to'qimalari, hujayralari va hujayra organellari	Lipidlar va oqsillar %	
	Lipidlar	Oqsillar
Ho'kiz bosh miyasi to'qimalari	18-23	77-82
Odam miyelin qatlami	70-72	28-30
Ho'kiz eritrositlari	30-40	60-70
Odam eritrositlari	40	60
Ho'kiz yuragi mitoxondriyalari	20-50	50-80

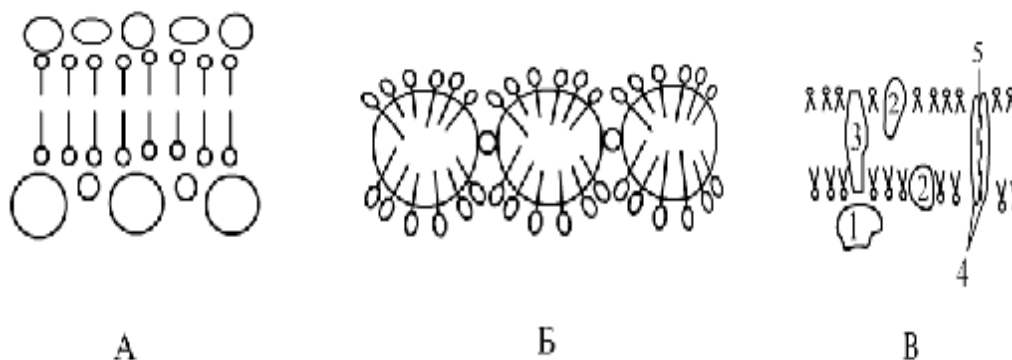
Membranalar tarkibining muhim komponentasi suvdur. Membranalar tarkibidagi suv bog'langan, erkin va ushlab olingan turlarga bo'linadi. Bog'langan suvning asosiy qismi gidrat qatlamlar suvidir. Gidrat qatlamlar lipid molekulari va oqsillarning qutbli qismlari atrofida hosil bo'ladi. Asosiy lipidlar gidrat qatlamlari odatda 10-12 ta suv molekulasidan iborat. Bu suv osmotik jixatdan aktivmas, u moddalarni erituvchanlik qobiliyatiga ega emas.

Erkin suv membranalar tarkibiga mustaqil faza hoida kiradi va suyuq suv kabi izotrop harakat qila oladi. Ushlab olingan suv membranalar markaziy qismida lipid qo'shaloq qatlami orasida topiladi, harakatchanligi bo'yicha suyuq erkin suvga o'xshaydi.

Membranalar tuzilishini o'rganish ularning ishlashishni tushunish uchun kerakdir. 1935 yilda F.Danielli va G.Davson biologik membranalar tuzilish haqida birinchi modelni taklif etishdi. Ushbu modelda (4.2-rasm A) membrana qo'shaloq lipid qatlamidan va ularning ikki tomondan qoplagan globulyar oqsillar po'stlog'idan iborat (buterbrod yoki yagona membrana modeli). So'ngra takrorlanuvchi bloklar modeli taklif etildi. Unga ko'ra biomembranalar takrorlanuvchi bir xil oqsil-lipid komplekslardan iborat deb qaraldi. (4.2 rasm, B) Bu holda uzluksiz lipid qo'shaloq qatlami mavjudligi inkor qilinadi.

Yagona membrana modeli bo'yicha membranada lipid va oqsillar miqdori taxminan teng bo'lishi kerak. Biroq haqiqatda bunday emasligi jadvaldan ko'rinib turubdi.

Takrorlanuvchi komplekslar farazi ham tajribada tasdiqlanmadi. Shuning uchun membranalar tuzilishining uchinchi modeli taklif etildi. Bu modelda membrana qo'shaloq qatlamdan iborat bo'lib, oqsillar membrana sirtida ham uning ichida ham oqsil-lipid komplekslari sifatida joylashishi mumkin. Ushbu model suyuq mozaika modeli deb ataladi. (J.Lenard, J.Nikolson va S.Singer tomonidan 1966-1972 yillarda taklif etilgan). Suyuq mozaika modelida biomembranalar strukturaviy birligi bo'lib fosfolipid qo'shaloq qatlami hisoblanadi, ularda fosfolipid molekulari uglevodorod zanjirlari suyuq holatdadir. Moy qovushqoqligiga ega bo'lgan bu qo'shaloq qatlamga oqsil molekularlari botib turubdi, ular membrana bo'ylab harakat qila olishadi. (4.2-rasm V)



4.2-rasm. *Biologik membranalar turli modellari. A-buterbrod (yagona membrana) modeli; B-takrorlanuvchi bloklar modeli; V-suyuq mozaika modeli. 1-membrana sirtidagi oksil, 2-yarim botirilgan oksil, 3-tula botirilgan oksil, 4-ionli kanal 5 ni xosil kiluvchi oksillar.*

Membranalar kimyoviy tuzilishi masalasi biokimyoda ko'rib chiqiladi.

§ 4.2. Hujayra membranasi mexanikasi.

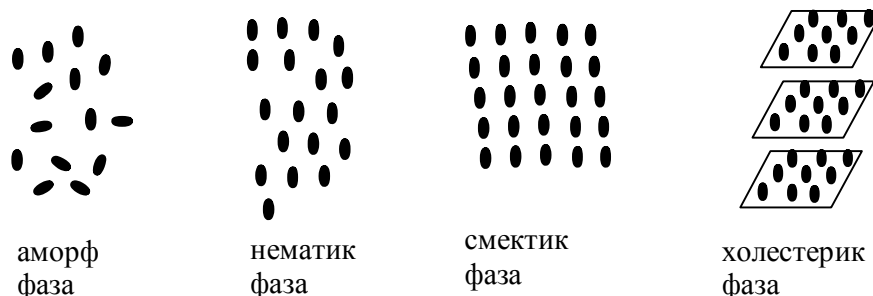
Membrana faoliyati lipid qo'shaloq qatlami qovushqoqligi va membranadagi fosfolipidlar harakatchanligiga kuchli bog'liqdir. Lipid qo'shaloq qatlamining biofizik xarakteristikalarini me'yordan farq qilishi turli patologiyalar bilan bog'liq.

Biologik membranalar lipid fazasi fiziologik sharoitlarda suyuq agregat holatda bo'ladi. Bu tajribada fluoressent zondlar, nishonlar, elektron paramagnit

rezonans va yadro magnit rezonans usullari bilan isbotlangan. Shu bilan birga membranadagi molekulalar ma'lum tartib bilan joylashgan fosfolipid molekulalari qo'shaloq qatlamda joylashgan bo'lib, ularning gidrofob dumlari deyarli bir-biriga paralleldir. Qutbli gidrofil boshchalarning joylashishida ham tartib mavjuddir.

Agregat holati suyuqlik bo'lib molekulalar joylashishda tartib bo'lgan fizik holatga suyuq kristall holati deyiladi.

Suyuq kristall holatning bir nechta turi bor: nematik uzun molekulalar bir biriga paralel bo'lsa; smektik-molekulalar bir biriga paralel va qatlam-qatlam bo'lib joylashsa, xolesterik-molekulalar bir-biriga paralel holda bir tekislikda joylashadi, turli tekisliklarda molekulalar yo'nalishi turlicha bo'ladi (4.3 - rasm)



4.3-rasm. Molekulalarning amorf suyuq kristall holatda joylashishi.

Biologik membranalar qo'shaloq lipid fazasi smektik suyuq kristall holatiga to'g'ri keladi.

Lipid qatlamga kirgan oqsillar qisman harakatchan bo'ladi. Ularning harakati hujayra ichidagi va tashqarisidagi qator omillarga bog'liq. Lipidlar molekulalari o'zlarining uzun o'qlari atrofida aylanma harakat qila olishadi. Turli tabiiy membranalaridagi fosfolipid, sterik va yog'li kislotalar molekulalarning aylanish davri $\sim 6 \cdot 10^{-9}$ c ga teng.

Lipidlar molekulalari qatlam bo'ylab diffuzion ko'chishi (lateral diffuziya) va bir qatlamdan ikkinchi qatlamga o'tishi ("Flip -flop" deb ataladigan ko'chish) mumkin. Ushbu ko'chishi tezliklari EPR – hamda fluoressent zondlar usullari yordamida o'lchangan. Lipidlarning lateral diffuziya tufayli membrana bo'ylab t vaqtda o'rtacha ko'chishi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$l = \sqrt{4Dt} \quad (4.1)$$

Bunda D – lateral diffuziya koeffitsiyenti bo'lib, ko'pchilik biologik membranalarda uning qiymati $10^{-7} - 10^{-8} \frac{cm^2}{c}$ ga teng. Masalan, *E. coli* hujayrasida lipid molekulasi 1 sekundda bir necha mikrometrga ko'chishi mumkin. Lateral diffuziya tezligi membranalarining lipid tarkibiga va haroratga kuchli bog'liq. Masalan, tuxum lesitiniga 3:1 nisbatda qo'shilgan holesterin lateral diffuziya tezligini ikki martadan ko'proq kamaytiradi.

Lipidlar flip-flop o'tishi tezligi nisbatan kichik tezliklar bilan ro'y beradi. Masalan, eritrosit membranalarida zondlar bilan nishonlangan lipidlar sonining yarmi bir qatlamdan, ikkinchi qatlamga o'tish vaqti 20 – 30 minutga teng bo'lgan.

Membranalardagi oqsil molekulari katta massalarga ega bo'lgani uchun, kichik tezliklar bilan harakatlanadi. Masalan, fotoreseptor membranalarida rodopsin aylanish davri $\sim 10^{-6} c$, sitoxromoksidaza uchun bu vaqt $\sim 10^{-4} c$ teng.

Oqsillar lateral diffuziyasi ham lipidlarga nisbatan ancha kichik tezliklar bilan ro'y beradi. Xona haroratida tabiiy membranalaridagi oqsillar lateral diffuziya koeffitsiyentlari $10^{-10} - 10^{-12} cm^2 / c$ ga teng.

Fiziologik sharoitlarda membranalar qovushoqligini Stoks – Eynshteyn tenglamasi yordamida baholash mumkin:

$$h = \frac{\kappa T}{6pDr} \quad (4.2)$$

bunda $K = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{Jc}{K}$ Bolsman doimiysi, T – harorat (K da), D

– lateral diffuziya koeffitsiyenti, r – diffuziyalanayotgan molekula radiusi. Biroq membranalar bir jinsli bo'lmagani uchun bu yopishqoqlik qiymati lipidlar yoki oqsillar harakatlanish tezligini aniqlashda foydalaniladigan usullarga kuchli bog'liqdir. Quyidagi jadvalda tabiiy membranalar, sun'iy membranalarining lipid qatlami uglevodorod sohalari va ayrim sodda muhitlar qovushoqligi qiymatlari keltirilgan.

4.2-jadval

Materiallar	Yopishqoqlik, $Pa \cdot c$	Harorat, $^{\circ}S$	O'lchash usuli
Odam eritrositlari	2,5	37	Fluorescent zond
Ye.soli membranalar	2,5	30	EPR – Spin zondi qutblanish.
tuxum lesitini	0,73	37	-
zaytun moyi	0,84	30	-
gliserin	8,3	30	-
Suv	0,0106	30	-

Hozirgi paytda membranalar yopishqoqligini o'lchash bo'yicha olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, membranalar lipid qatlamining yopishqoqligi suvning qovushoqligidan taxminan 100 marta katta bo'lib, o'simlik moyining yopishqoqligiga mos keladi.

Hujayra membranasining mexanik xususiyatlarini o'rganishning turli usullari membrana elastiklik moduli qiymati $10^3 - 10^5 H/m^2$ chegaralarda ekanligini ko'rsatadi.

Membranalar mexanik xossalari haqida keltirilgan ma'lumotlar membrana lipid qatlamining yetarlicha mustahkam tuzilma ekanligini ko'rsatadi. Biroq membranalar mustahkamlik chegarasi ancha past. Tirik organizm sharoitida hujayraning o'rtacha sirt deformatsiyasi 0,01 foizni tashkil etadi. Membrana, sirtining yuzasi 2 foizga oshganda yemiriladi. Shuning uchun hujayraning osmotik kengayishi, ularning ideal shar shaklini egallashi mumkin. Membrana yemirilishi uchun ichki bosim 100 Pa bo'lsa yetarli. Shunday qilib, tirik hujayra osmotik

boshqaruv buzilishlarini faqat o'zining shaklini o'zgartirishi orqali kompensasiyalashi mumkin.

§ 4.3. Membranalarda fazaviy o'tishlar

Tabiiy va sun'iy membrana tizimlari ikki asosiy faza holatida : qattiq ikki o'lchamli kristall (gel) yoki suyuq kristall (erigan) holatda bo'lishi mumkin.

Asosiy faza o'tishining harorati (T_F) lipidlar uglevodorod zanjirlari to'yinmaganligi darajasiga va uzunliklariga kuchli bog'liq. Fazaviy o'tish harorati zanjir uzunligi uzayishi bilan oshadi va yog'li kislotalar qoldiqlari tuyinmaganlik darajasi oshishi bilan kamayadi.

Tabiiy lipidlar yog'li kislotali zanjirlari odatda to'yinmagan bog'larga ega. Shuning uchun ko'pchilik tabiiy membranalar uchun T_F manfiy haroratlar sohasida yotadi, ya'ni fiziologik sharoitda ular «suyuq» holatda bo'ladi.

Fazali o'tishda yog'li kislotali zanjirlar erishi burilish izomerlashuvi bilan bog'liq. Eng kichik energiya trans-, eng katta energiya cis- konfigurasiya ega.

Gosh-konformasiyalar (trans-konformasiyaga nisbatan 120^0 ga burilgan) energiya jihatidan trans-konformasiyadan kam farq qiladi (2-3 kJ/mol), biroq bu holatlar balandligi 12-17 kJ/mol bo'lgan energetik to'siq bilan ajratilgan. Trans-konformasiyada uglevodorod zanjirlari chiziqli tuzulishga ega bo'lsa, gosh-konfigurasiyalar paydo bo'lishi uglevodorod zanjirida «kinki» (sirtmoq) hosil qiladi. Kinkilar soni oshishda membranalar uglevodorod zonasida tartibsizlikni oshiradi. Bunda lipidlar orasidagi o'zaro ta'sir kuchlari kamayadi, lipidlar harakatchanligi oshadi.

Fazali o'tish zonasida fosfolipidlar yog'li kislotali zanjirlari zich joylashishida buzilishlar bo'lishi mumkinligi natijasida membrana o'tkazuvchanligi keskin oshadi.

Asosiy faza o'tish nuqtasidan yuqori haroratlarda egiluvchan uglevodorod zanjirlar statistik o'ram konfigurasiyasini olishga intiladi. Biroq bunga sirt taranglik kuchlari to'sqinlik qiladi. Natijada molekulaga to'g'ri keluvchi effektiv maydonning birmuncha oshishi kuzatiladi, ammo bunda membranalarda zanjirlar konformasiyalarining ayrimlari amalga oshmaydi.

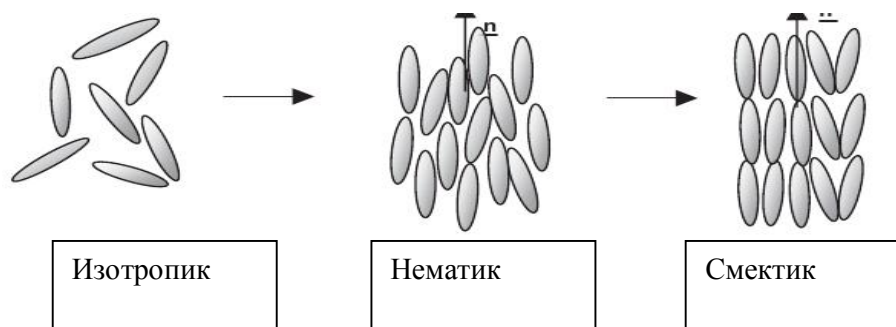
Membranalarda faza o'tishda tizim entropiyasi va hajmi sakrab o'zgaradi, ya'ni bunday o'tish birinchi turdagi o'tishga mansubdir.

Membranalardagi lipidlarning faza o'tishlarini nazariy yo'l bilan tushuntirish uchun bir necha modellar taklif etilgan (J.Naygl, S.Marcheli). Umumiy holda faza o'tishlarini Landauning nazariyasi yordamida tavsiflash mumkin. Bu usulda xolestirin va oqsillarning faza o'tishlariga ta'siri ko'rib chiqilgan va olingan natijalar Marcheli modeli yordamida olingan xulosalar bilan bir xil bo'lib chiqdi. Landau nazariyasi termodinamik potensialni (erkin energiya) faza o'tish nuqtasida nematik tartib parametri S bo'yicha darajali qator sifatida ko'rsatadi:

$$G(S,T) = G_{iso} + \frac{1}{2} A(T)S^2 + \frac{1}{3} BS^3 + \frac{1}{4} CS^4 \quad (4.3)$$

Bunda G_{iso} -izotrop modda uchun erkin energiya, A, V va S qatorga yoyish ko'effitsiyentlari.

Membranalardagi lipidlar faza o'tishlarini quyidagi diagrammasi yordamida sxematik ko'rsatish mumkin.



4.4-rasm. Izotropik-nematik va nematik-smektik faza o'tishlarining sxematik diagrammasi.

A (T) parametrning haroratga bog'likligini quyidagi formula bilan berish mumkin:

$$A(T) = A_0(T - T_f) \quad (4.4)$$

bunda T_f -fazali o'tishning kritik harorati, A_0 -doimiy son.

Faza o'tish parametrlarini topish uchun erkin energiyani S bo'yicha differensiyallaymiz va nolga teng deb olamiz:

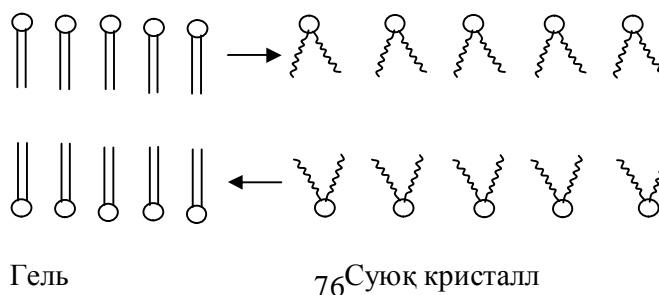
$$\frac{dG}{ds} = A(T)S + BS^2 + CS^3 = 0 \quad (4.5)$$

Bundan erkin energiyaning lokal maksimumi yoki minimumi sharti kelib chiqadi:

$$S = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4AS}}{2C} \quad (4.6)$$

Rentgenostruktur analiz, fluoressent analiz, infrakizil spektroskopiya va boshqa fizik tekshirishlar harorat pasayishida fosfolipid membrana suyuq kristall holatidan gel holatga o'tishi (uni shartli ravshda qattiq kristal holati deb atashadi) aniqlangan.

Gel holatda molekularlar suyuq kristall holatga nisbatan yanada tartibliroq joylashgan. Fosfolipid molekularining gidrofob uglevodorod dumlari bir-biriga paralel holatda joylashgan (to'la trans-konformasiya holatda). Suyuq kristalda issiqlik harakati tufayli trans-gosh o'tishlar ro'y beradi, molekula dumlari egilib, ularning bir-biriga paralelligi buziladi.



Гель

76Суюқ кристалл

4.5-rasm. *Harorat o'zgarishida membrana strukturasi suyuq kristall holatdan gel holatga o'tishlari.*

4.5-rasmdan ko'rinadiki gel holatda membrana qalinligi suyuq kristaldagidan kattaroq. Ammo qattiq holatdan suyuq kristall holatga o'tishda hajmi oshadi, chunki bitta molekulaga to'g'ri keluvchi membrana yuzasi ko'payadi. ($0,48 \text{ nm}^2$ dan $0,58 \text{ nm}^2$ gacha). Qattiq kristall holatda tartib ko'proq bo'lgani uchun bundagi entropiya suyuq kristall holatga nisbatan kamayadi.

Membrana normal faoliyat ko'rsatish uchun suyuq kristall holatda bo'lishi kerak. Shuning uchun tirik organizmlarda atrof-muhit haroratining ko'p vaqt pasayishidan membranalarda fazali o'tish haroratining kamayishini yuzaga keltiradigan kimyoviy tarkibdagi adaptasion (moslashuvchan) o'zgarishlar kuzatiladi.

Lipidli membranalar kimyoviy tarkibiga qarab gel-suyuq kristall faza o'tishi harorati -20^0 dan (to'yinmagan lipidli membranalar) -60^0 gacha (to'yingan lipidlardir) o'zgarishi mumkin.

Gel-suyuq kristal faza o'tishlarda lipid qo'shaloq qatlamda radiusi 1-3 nm bo'lgan kanallar hosil bo'ladi, ular orqali membranadan ionlar va kichik molekular (moddalar) o'tishi yaxshilanadi.

Membranalar ionli o'tkazuvchanligining oshishi hujayralarni sovuq ta'sirida buzilishlardan qutqazadi. Bunga hujayradan suv va tuzlar chiqishi oshganligi uchun hujayra ichidagi suvning muzlashiga to'sqinlik qiladi.

Membrana orqali ionlar ko'chishi biopotensiallar hosil bo'lishiga sababchi ekanligi ma'lum. Demak, harorat o'zgarishi haqidagi nerv impulsi membrana lipidlarining faza o'tishdagi lipid qatlami ion o'tkazuvchanligining o'zgarishi sababli paydo bo'ladi.

Membrana lipidlarining faza o'tishlari nafaqat harorat o'zgarishi orqali, balki muhit kimyoviy tarkibi o'zgarishi bilan ham yuzaga kelishi mumkin. Tajribalarda ma'lum haroratda membranalarining suyuq kristal holatdan gel holatga o'tishi, membranani o'rab turgan suv eritmasida Ca^{2+} konsentrasiyasining 1 dan 10 mmol/l gacha oshishi hisobiga ro'y berishi aniqlangan.

Test savollari

1. Biologik membranalarning lipid fazasi kaysi fizik xolatda buladi?
 - a) Suyuk amorf
 - b) Kattik kristall
 - c) Kattik amorf
 - d) Suyuk kristall
2. Biologik membrana kalinligi kanday?
 - a) 10 nm; b) 0,1 mkm; c) 10 mkm; d) 1 nm
3. Membrana lipidlarning asosiy turlari kuyidagilar...
 - a) Fosfolipidlar, glikolipidlar
 - b) Fosfolipidlar
 - c) Glikolipidlar, steroidlar
 - d) Fosfolipidlar, glikolipidlar, steroidlar

4. Biologik membranalar suyuk mozaika modelining tarkibi:
 - a) Oksil katlami, polisaxaridlar va sirt lipidlari
 - b) Lipid monokatlami va xolesterin
 - c) Lipid kushalok katlami, oksillar va mikrofilamentlar
 - d) Lipid kushalok katlami
5. Membranalar lipid kushalok katlamining suyuk kristall xolatidan gel xolatiga utishida:
 - a) Membrana ingichka bulib koladi
 - b) Membrana kalinligi uzgarmaydi
 - c) Membrana kalinlashadi
 - d) Membrana yoriladi
6. Membranalar tarkibida suvning kanday turlari mavjud?
 - a) Boglangan, erkin, ushlab olingan
 - b) Boglangan
 - c) Erkin
 - d) Erkin, ushlab olingan
7. Suyuk kristall xolatning kanday turlari mavjud?
 - a) Amorf, nematik
 - b) Nematik
 - c) Smektik
 - d) Nematik, smektik, xolesterik
8. Xujayralarni sovukka chidamliligini oshirish mexanizmi kaysi javobda kursatilgan?
 - a) Xujayra ionli utkazuvchanligining oshishi
 - b) Xujayralarning bir-biriga yopishishi
 - c) Xujayralarning kengayishi
 - d) Xujayra membranasining torayishi
9. Lipid kushalok katlamida gel-suyuk kristall faza utishida xosil buladigan kanallar radiusi kanday?
 - a) 1-3 nm; b) 1-3 mkm; s) 5-10 nm; d) 5-10 mkm

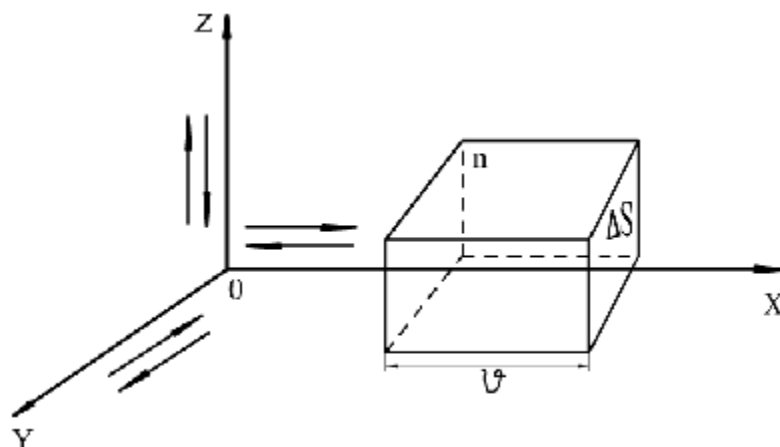
Sinov savollari:

1. Suyuk-mozaika modelining asosiy moxiyati nimadan iborat?
2. Biologik membranalar tuzilishi kanday?
3. Xujayra membranasini mexanikasining asosiy parametrlari?
4. Biologik membranalar lipid fazasi xolati xakida nima bilasiz?
5. Membranalarda faza utishlari kanday ruy beradi?
6. Lipidlarning eritrosit membranasida lateral difuziya tufayli kuchishi nimalarga boglik?
7. Membrana lipidlarning kanday turlari mavjud?

V bob. BIOLOGIK TIZIMLARDA KO'CHISH XODISALARI

§ 5.1. Ko'chish hodisasining fizik mohiyati va uning tenglamasi

Bir jinsli bo'lmagan termodinamik tizimlarda o'ziga xos qaytmas jarayonlar, ya'ni energiya, massa va impulsning ko'chishi yuz beradi. Ko'chish turlariga issiqlik o'tkazuvchanlik (bunda energiya ko'chadi), diffuziya (massa ko'chadi) va ichki ishqalanish (impuls ko'chadi) kiradi. Bir jinsli muhitda ko'chish xodisasi yuz bermaydi. Ko'chish yuz berish uchun ma'lum shart- sharoitlar bajarilishi kerak. Masalan, issiqlik o'tkazuvchanlikda energiyaning ko'chishi uchun zaruriy shart bo'lib harorat gradiyenti hosil bo'lishi hisoblanadi. Xuddi shunday diffuziya paytida massaning ko'chishi uchun zichlik gradiyenti, ichki ishqalanish paytida impulsning ko'chishi uchun tezlik gradiyenti bo'lishi zaruriy shart hisoblanadi. Ushbu masala bilan chuqurroq tanishamiz. Molekulyar-kinetik nazariyaga asoslanib ko'chish tenglamasini chiqaramiz (rasm-5.1)



5.1-rasm. Ko'chish hodisasini ifodalovchi chizma. ΔS -ko'ndalang kesim yuzi, n -molekulalar konsentrasiyasi.

Bir o'q yo'nalishi bo'ylab umumiy molekulalarning $1/3$ ta qismi, shundan o'ngga umumiy molekulaning $1/6$ qismi, chapga $1/6$ qismi xarakatlanishini xisobga olib, ΔS yuzadan Δt vaqt birligi ichida o'tgan molekulalar sonini aniqlab olamiz. Vaqt birligi ichida bir tomonga asosi ΔS molekulalarning o'rtacha harakat tezligi \bar{J} ga teng bo'lgan to'g'ri burchakli parallelepiped hajmidagi barcha molekulalarning $\frac{1}{6}$ qismi, ya'ni $\frac{1}{6}n_0\Delta S \cdot J$ ta molekula o'tadi. Bu yerda n_0 - hajm birligidagi molekulalar soni. U holda bir yo'nalishda ΔS yuza orqali Δt vaqtda o'tgan molekulalar soni

$$n = \frac{1}{6}n_0\Delta S \cdot \bar{J} \cdot \Delta t \quad (5.1)$$

Vaqt birligida bu molekulalar o'zlarining fizik xarakteristika (massa, energiya yoki harakat miqdori) olib o'tadi. Agar, biz fizik xarakteristikani x deb belgilasak, u holda bir yo'nalishda o'tuvchi fizik xarakteristika miqdori quyidagiga teng bo'ladi.

$$n_x = \frac{1}{6}(n_0x)\Delta S \cdot J \cdot \Delta t \quad (5.2)$$

Faraz qilaylik, n_0 - konsentrasiyali gaz hajm bo'yicha turlicha va x ham turlicha bo'lsin. U holda n_0x ham turlicha bo'ladi. $(n_0x)_1 > (n_0x)_2$ bo'lsa, u holda

$$\Delta(n_x) = (n_0x)_1 - (n_0x)_2 = \frac{1}{6}\{(n_0x)_1 - (n_0x)_2\}\Delta S \cdot \Delta t J$$

Buning o'ng tomonini $2l$ ga ham ko'paytirib, ham bo'lamiz. U holda

$$\Delta(n_x) = \frac{1}{6}\{(n_0x)_1 - (n_0x)_2\}\Delta S \cdot \Delta t \frac{2D}{2D} = -\frac{1}{3} \frac{(n_0x)_1 - (n_0x)_2}{2D} \cdot D \cdot J \Delta S \cdot \Delta t$$

yoki

$$\frac{(n_0x)_1 - (n_0x)_2}{2D} = \frac{\Delta(n_0x)}{\Delta x} \quad (5.3)$$

Bu yerda (5.3) nisbat n_0x kattalikning gradiyenti.

gradient – lotinchadan – qadamlovchi, odimlovchi ma'noni anglatadi. U holda

$$\Delta(n_x) = -\frac{1}{3} \mathbf{D} \cdot \mathbf{J} \frac{\Delta(n_0 x)}{\Delta x} \Delta S \cdot \Delta t \quad (5.4)$$

ko'chish tenglamasini hosil qilamiz. x - fizik kattalik ko'chish gradiyentiga teskari yo'nalishda bo'lgani uchun «minus» ishora qo'yiladi.

§ 5.2. Ko'chish turlari

Ko'chish tenglamasini alohida fizik hodisalarga qo'llaymiz.

Diffuziya. Biror gaz ichiga ikkinchi gazni joylashtiraylik. Ikkinchi gaz konsentratsiyasi va zichligi biror o'q bo'ylab o'zgarsin. U holda

$$\frac{dr}{dx} \neq 0 \quad (5.5)$$

Shu o'qqa perpendikulyar S yuza orqali o'tuvchi gaz massasini aniqlash uchun ko'chish tenglamasidagi n_x o'rniga diffuziyalanuvchi gaz massasini qo'ysak, u holda

$$M = -\frac{1}{3} \mathbf{J} \mathbf{D} \cdot \frac{dr}{dx} S \cdot \Delta t \quad (5.6)$$

Diffuziyada S yuza orqali Δt vaqt ichida ko'chiriluvchi massa Fik tenglamasi orqali aniqlanadi.

$$M = -D \frac{dr}{dx} \cdot S \cdot \Delta t \quad (5.7)$$

$$\text{Bunda} \quad D = \frac{1}{3} \mathbf{J} \cdot \mathbf{D} \quad (5.8)$$

D -diffuziya koeffitsiyenti deyiladi. $S = 1 \text{ m}^2$, $\Delta t = 1 \text{ s}$. $\frac{dr}{dx} = -1 \text{ kg}^2 / \text{m}^4$ desak, $M = D$ bo'ladi, ya'ni diffuziya koeffitsiyenti son jihatidan zichlik gradiyenti $1 \text{ kg} / \text{m}^4$ bo'lganda 1 m^2 yuzadan 1 s . da ko'chib o'tgan massaga teng ekan. D (m^2 / s) da o'lchanadi $\mathbf{D} \sim \frac{1}{r}$, $\mathbf{J} \sim \sqrt{\frac{T}{m}}$ bo'lgani uchun diffuziya koeffitsiyenti gazning turi (m) va uning holatlariga (R va T) bog'liq bo'ladi.

Issiqlik o'tkazuvchanlik. Ko'chishning asosiy tenglamasi (5.4) dan foydalanib n_x - o'rniga uzatilgan issiqlik miqdori Q . $n_0 x$ - o'rniga hajm birligidagi molekullarning kinetik energiyasi $E_k = \frac{i}{2} k T n$ ni qo'yamiz. n_x - molekullarning konsentratsiyasi. U holda

$$Q = \frac{1}{3} \mathbf{J} \cdot \mathbf{D} \frac{d}{dx} \left(\frac{1}{2} n k T \right) S \Delta t \quad \text{yoki} \quad Q = \frac{1}{3} \mathbf{J} \cdot \mathbf{D} \cdot \frac{i}{2} n K \frac{dT}{dx} \cdot S \Delta t \quad (5.9)$$

$$\text{Bunda} \quad k = \frac{R}{N_A} - \text{Bolsman doimiysi: } n = \frac{r}{m_0}, \quad m = m_0 N_A$$

$$\frac{i}{2} n K = \frac{i}{2} \frac{R}{N_A} \cdot \frac{r}{m_0} = \frac{i}{2m} R r = C_B r \quad \text{ekanini} \quad \text{e'tiborga} \quad \text{olsak,} \quad \text{issiqlik}$$

o'tkazuvchanlik tenglamasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi.

$$Q = -\frac{1}{3} \mathbf{J} \cdot \mathbf{D} C_V r \frac{dT}{dx} \cdot S \Delta t \quad (5.10)$$

$c = \frac{1}{3} J \cdot \mathbf{D} C_v r$ - issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti. U holda

$$Q = -c \frac{dT}{dx} \cdot S \Delta t \quad (5.11)$$

(5.11) – formula issiqlik o'tkazuvchanlik formulasi yoki Furrye qonuni deyiladi. Demak, uzatilgan issiqlik miqdori issiqlikning o'tgan vaqtiga, yuzaga, harorat gradiyentiga va issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentiga proporsional ekan. Furrye tenglamasi nafaqat gazlar, balki suyuqlik va qattiq jismlar uchun ham o'rinalidir. Furrye tenglamasida $S=1\text{m}^2$, $\Delta t = 1\text{s}$; $\frac{dT}{dx} = 1 \frac{\text{grad}}{\text{m}}$ desak $Q = c$ ya'ni, issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti son jihatidan harorat gradiyenti 1 grad/m bo'lganda 1 m² yuzadan 1 s da ko'chib o'tgan issiqlik midoriga tengdir. c j/m.s.grad. larda o'lchanadi.

Ichki ishqalanish. Ko'chish formulasi (5.4) da $n_x = F \Delta t$ va $n_0 x = r u$ hajm birligidagi molekullarning harakati tufayli paydo bo'lgan impuls. U holda ko'chish tenglamasi

$$F \cdot \Delta t = \frac{1}{3} J \cdot \mathbf{D} \frac{d(ru)}{dx} S \cdot dt \text{ yoki } F = \frac{1}{3} J \mathbf{D} r \frac{du}{dx} \cdot S \quad (5.12)$$

Ichki ishqalanish kuchi Nyuton formulasiga binoan aniqlanadi. ya'ni

$$F = -h \frac{du}{dx} \cdot S \quad (5.13)$$

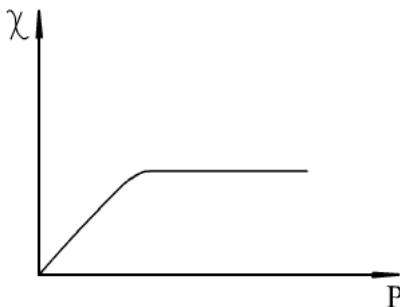
(5.12) va (5.13) solishtirsak

$$h = \frac{1}{3} J \cdot \mathbf{D} \cdot r \quad (5.14)$$

h - yopishqoqlik koeffitsiyenti. (5.13)da $S=1\text{m}^2$, $\frac{du}{dx} = 1\text{c}^{-1}$ deb olsak $F = h$ bo'ladi, ya'ni yopishqoqlik koeffitsiyenti son jihatidan tezlik gradiyenti 1s⁻¹ bo'lganda parallel harakatlanuvchi qatlamlarning 1 m² urinish yuzasiga ta'sir qiluvchi ichki ishqalanish kuchiga tengdir. h (kg/m.s) larda o'lchanadi. $h.d.c$ orasida quyidagicha bog'lanish bor.

$$\frac{h}{d} = r \quad \frac{c}{h} = C_v \quad (5.15)$$

Bosim kamayishi bilan o'rtacha erkin chopish l masofa idish o'lchamiga tenglashguncha davom etadi.



5.2-rasm. Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentining (χ) bosimga (p) bog'liqlik grafigi.

Bosimning keyingi kamayishida D o'zgarmaydi, gaz zichligi kamayadi. Kichik bosimlardagi gazning issiqlik o'tkazuvchanligini bosim bilan bog'liqligidan sovuq yoki isitilgan jismlarni saqlash uchun foydalaniladi. 1898 yil ingliz olimi Dyuar termosni yaratadi. Termos qo'sh devorli idish bo'lib, devorlar orasida juda siyraklashgan $D \gg d$ issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti kichik bo'lgan gaz yoki vakuum bo'ladi. Og'zi po'kak bilan yopiladi. Natijada termosga solib qo'yilgan suyuqlik uzoq vaqt harorati o'zgarmaydi.

§ 5.3. Biologik membranalarda ko'chish

Tirik organizmlar ochiq tizimlardir. Shuning uchun biologik membranalar orqali moddalar ko'chishi hayotning zaruriy shartidir. Membranalar orqali moddalar ko'chishi bilan hujayra metabolizmi jarayonlari, bioenergetik jarayonlar, biopotensiallar hosil bo'lishi va boshqa jarayonlar bog'liqdir. Biomembranalar orqali moddalar ko'chishida buzilishlar ro'y bersa, organizmda turli patologiyalar paydo bo'ladi.

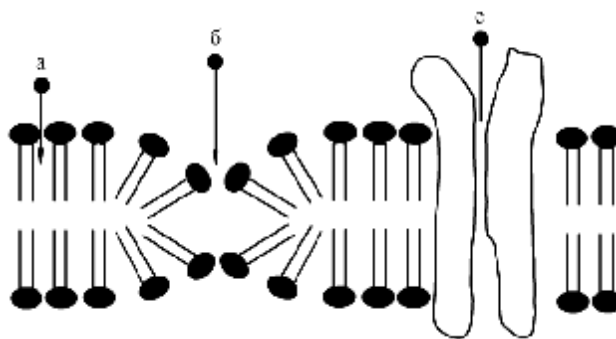
Biologik membranalar orqali moddalar ko'chishini ikki asosiy turga ajratish mumkin: passiv va aktiv.

Passiv ko'chish deb moddaning konsentratsiyasi yoki elektrokimyoviy potentsiali katta bo'lgan joydan kichik bo'lgan joylarga ko'chishga aytiladi. Passiv ko'chishning quyidagi turlari bor:

- 1) erkin diffuziya;
- 2) yengillashgan diffuziya.

Aktiv ko'chishda modda elektrokimyoviy potentsial gradiyentiga qarshi ko'chadi, bunda energiya sarf bo'ladi.

Erkin diffuziya deb molekullarning xaotik issiqlik xarakati tufayli moddaning konsentratsiyasi katta bo'lgan sohadan konsentratsiyasi kichik bo'lgan sohalarga o'z-o'zidan ko'chishga aytiladi. Biologik membranalar orqali erkin diffuziya amalga oshirishining bir necha turi mavjud: lipid biqatlamini orqali, lipid qatlamidagi teshiklar va oqsillardagi teshiklar orqali.



5.3-rasm. Membrana orqali erkin diffuziyaning asosiy turlari: a) lipid biqatlamini orqali; b) lipid qatlamidagi teshiklar orqali. c) oqsildagi teshiklar orqali.

Lipid qo'shaloq qatlamini orqali erkin diffuziya membranadagi konsentratsiyalar gradiyenti tufayli ro'y beradi. Modda oqimining zichligi Fik qonuniga binoan (5.7-tenglama).

$$I = -D \text{grad} C = -D \frac{C_0 - C_i}{l} \quad (5.16)$$

Bunda D – diffuziya koeffitsiyenti. C_0 va C_i - moddaning hujayra tashqarisida va ichidagi konsentratsiyasi, l – membrana qalinligi. Fik qonunini membrana o'tkazuvchanligi koeffitsiyenti P orqali ham yozish mumkin. O'tkazuvchanlik koeffitsiyenti P quyidagicha aniqlanadi:

$$P = \frac{DK}{l} \quad (5.17)$$

Bunda K – modda konsentratsiyasining membrana tashqarisida va ichidagi nisbatini ko'rsatuvchi taqsimlanish koeffitsiyenti deb ataladi.

O'tkazuvchanlik koeffitsiyenti orqali Fik qonuni quyidagicha ifodalanadi:

$$t = P(C_0 - C_i) \quad (5.18)$$

O'tkazuvchanlik koeffitsiyenti diffuziya koeffitsiyentiga (D), modda membranada naqadar yaxshi erishi (K) ga to'g'ri proporsional, membrana qalinligi (l) ga teskari proporsionaldir. O'tkazuvchanlik koeffitsiyentining o'lchami m/s dir.

Membrananing fosfolipid fazasida qutbsiz moddalar, masalan, organik yog'li kislotalar, efirlar yaxshi eriydi. Bu moddalar membrananing lipid fazasi orqali yaxshi o'tadi.

Lipid qo'shaloq qatlam orqali qutbli, suvda eruvchi moddalar: tuzlar, asoslar, shakarlar, aminokislotalar va spirtlar yomon o'tadi.

Keyingi davrda lipid qo'shaloq qatlami orqali kichik qutbli molekularlar o'tishini fosfolipid molekularining moy kislotali dumlari orasida kichkina bo'shliqlar – kinkilar hosil bo'lishi bilan bog'lashadi.

Issiqlik harakati tufayli "kinki"larning membranaga ko'ndalang holda ko'chishi ro'y beradi, bunda ularga tushgan kichik molekularlar, birinchi navbatda suv molekulari ham ko'chadi.

Membranadagi lipid va oqsil teshiklar orqali lipidlarda erimaydigan va suvda eruvchan gidratlashgan ionlarning molekulari o'tadi. Bunda membrana orqali o'lchamlari katta molekularning o'tishi qiyin bo'ladi.

Bunda ko'chishning tanlanuvchanligi membranalarda turli radiusli teshiklar borligi bilan ta'minlanadi. O'tkazuvchanlik koeffitsiyenti P membrana potensialiga ham bog'liqdir. Masalan, kaliy ionlari uchun eritrosit membranasidagi teshiklar orqali o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti, membrana potentsiali 80 mV bo'lganda, ancha kichik qiymat 4pm/s ga teng bo'lsa, potentsial 40 mV gacha kamayganda 4 marta kamayadi. Kalmar aksoni membranasining kaliy ionlari nayi orqali boshqa ionlar ham o'tishi mumkin, biroq P ning kichikroq qiymatlari bilan (5.1 – jadval).

Kalmar aksonidagi kaliy nayidan bir valentli ionlar
o'tkazuvchanligining nisbati

5.1-jadval

$\frac{P_{\text{uon}}}{P_{\text{kaliy}}}$	Ion	Kristallashgan ion radiusi
0,018	Litiy	0,060

0,010	Natriy	0,095
1,000	Kaliy	0,133
0,910	Rubidiy	0,148
0,077	Seziy	0,169

Natriy va litiy ionlari eritmada gidratlashgan qatlam bilan o'ralgani uchun ularning radiusi kristallashgan holdagi radiusdan katta bo'ladi. Shuning uchun ularning kaliy nayidan o'tishi qiyinlashadi.

Fik qonunidagi diffuziya koeffitsiyenti D ning haroratga proporsional ekanligini A.Eynshteyn ko'rsatgan edi:

$$D = \frac{kT}{6phr} \quad (5.19)$$

Bunda k – Bolsman doimiysi, T – absolyut harorat, h – eritma qovushqoqligi, r – sferasimon zarrachalar radiusi. (5.19) tenglamaga asosan diametri 2 nm atrofida bo'lgan zarrachalarning 25⁰ S dagi diffuziya koeffitsiyentini topish mumkin. Uning kattaligi $2.45 \cdot 10^{-5} / r$ (r – nm larda) ga teng. Biologik membranalar uchun birinchidan, harorat oshishi bilan reaksiyalar tezligi oshishini va ikkinchidan, biologik membranalarda moddalar erkin diffuziyadan tashqari yengillashgan diffuziya orqali o'tishi mumkinligini ham hisobga olish kerak. Hujayrada erkin diffuziyani tezlatish uchun ko'chish ro'y berayotgan sirtini oshirishadi: masalan, ingichka ichak epiteliysi sitoplazmatik membrana sirtida ko'p sondagi burmalardan iborat. Organizmda diffuziyalanayotgan moddalar konsentrasiyasi gradiyentini oshirish ko'chgan moddalarni qonda limfa oqimi bilan olib ketish tufayli ro'y beradi.

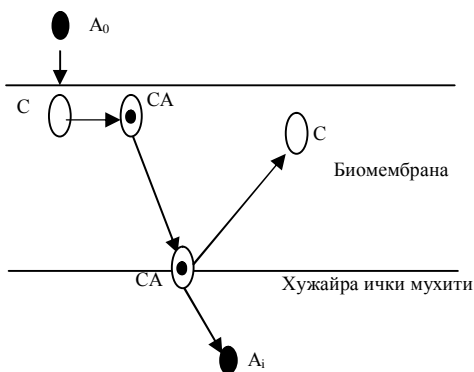
Yengillashgan diffuziya yoki tashuvchilar vositasida bo'ladigan moddalar transporti quyidagi jihatlari bilan oddiy diffuziyadan farq qiladi: 1) Turli molekular va ionlar uchun membranalar o'tkazuvchanligi keskin farq qiladi, bu tashuvchilarning strukturasi bir-biriga yaqin birikmalarni ajrata olish qobiliyati bilan bog'liq (masalan, shakar va aminokislotalarning L - va D -izomerlari). 2) Yengillashgan diffuziya holida ko'chirilayotgan modda konsentrasiyasi oshishi bilan ko'chish tezligi o'zining maksimal qiymati J_{max} ga erishadi (to'yinish). A moddaning C tashuvchi vositasida membrana orqali ko'chishi quyidagi tenglama yordamida aniqlanadi:



Bunda, A_0 – moddaning hujayra tashqarisidagi konsentrasiyasi, A_i – hujayra ichidagi konsentrasiyasi.

Shakarlar va aminokislotalarning qator organlar (ichaklar, buyrak, o'pka) epiteliysida ko'chishi tashuvchilar orqali amalga oshadi. Shakarlar ko'chishi uchun florizin, ingichka ichaklarda aminokislotalar transporti ro'y berishi uchun piridooksalfosfat bo'lishi kerak.

5.4-rasmda tashuvchi vositasida bo'ladigan yengillashgan diffuziya mexanizmi, 5.5-rasmda esa oddiy va yengillashgan diffuziya tezliklarining konsentrasiyaga bog'liqlik grafiklari ko'rsatilgan.



5.4-расм. Ташувчи воситасидаги бошлангич энгиллашган диффузия: A_0 -хужайра ташқарисида модда, A_i -хужайра ичкарисида модда C -ташувчи, CA -ташувчи ва модда бирикмаси

5.5-расм. Модданинг кўчиши тезлигининг концентрацияга bog'лиqligi. 1-оддий, 2-энгиллашган диффузия

Membranada potentsiallar ayirmasi mavjud bo'lishi VI-bobda ko'rib o'tiladi. U zaryadlangan zarrachalar: ionlar va elektronlar diffuziyasiga ta'sir ko'rsatadi. Anion va kationlarning membrana orqali o'tkazuvchanlik koeffitsiyentlari neytral moddalar o'tkazuvchanlik koeffitsiyentidan anionlar va fosfolipidlarning manfiy zaryadlangan guruhleri hamda kationlar bilan membrana sirtida joylashgan aminokislotalarning musbat zaryadlangan guruhleri orasidagi itarishish kuchlari mavjudligi uchun kamdir.

i ion membranadan o'tishda ion konsentratsiyasi tomonidan hosil qilinayotgan osmotik bosimgagina qarshi ish bajarishdan tashqari ion zaryadi bilan bog'liq elektr kuchlariga qarshi ham ish bajaradi.

Diffuziya ro'y berishi uchun diffuziya bo'layotgan ikki sohadan modda kimyoviy potentsialning farqi mavjudligi talab etiladi. Eritilgan moddaning kimyoviy potentsiali quyidagicha aniqlanadi:

$$m = m_0 + RT \ln c \quad (5.21)$$

Bunda m_0 – erituvchi tabiatiga bog'liq bo'lgan standart kimyoviy potentsial, c – modda konsentratsiyasi.

Konsentratsiyalarning katta qiymatlarida (5.21) dagi c modda aktivligi bilan almashtiriladi. Modda aktivligi konsentratsiyaning aktivlik koeffitsiyentiga ko'paytmasiga teng. Harakati konsentratsiyadan tashqari elektr potentsialiga ham bog'liq ionlar uchun kimyoviy potentsial o'rniga elektrokimyoviy potentsial ishlatiladi. i tipdagi ion uchun aktivlik konsentratsiyasiga teng bo'lgan holda elektrokimyoviy potentsial quyidagicha teng:

$$\bar{m} = m_0 + RT \ln c + ZF \cdot j \quad (5.22)$$

Bunda m_0 – standart kimyoviy potensial, Z –ion valentligi, j – elektr potentsiali, T –absolyut harorat (k), R –universal gaz doimiysi $\left(R = 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}\right)$, F –Faradey soni $\left(8,65 \cdot 10^4 \frac{\text{C}}{\text{mol}}\right)$. Elektrokimyoviy potensial 1 mol ionlarni konsentrasiyasi va elektr potentsiali aniq eritmadan vakuumdagi cheksiz uzoq nuqtaga ko'chishdagi ishga son jihatdan tengdir. Bu ish kimyoviy o'zaro ta'sirni $(m_0 + RT \ln c)$ va elektr maydonda zaryadni ko'chirishda bajariladigan ish $(ZF \cdot j)$ dan iborat.

Membrana bilan ajratilgan ikki suvli eritmalarda bir tipdagi ionlar bo'yicha muvozanat mavjud bo'lgan holda ikkala eritmada ion elektrokimyoviy potentsiali bir xil bo'ladi:

$$RT \ln c_1 + ZF j_1 = RT \ln c_2 + ZF \cdot j_2$$

Bundan
$$\Delta j = j_2 - j_1 = \frac{RT}{Z \cdot F} \ln \frac{c_1}{c_2} \quad (5.23)$$

(5.23) tenglama Nernst tenglamasi deb ataladi va elektrokimyoviy muvozanatda membrana bilan ajratilgan ikki sohadagi ionlar konsentrasiyasi bilan membranadagi potentsiallar ayirmasining bog'lanishini ko'rsatadi.

Elektrokimyoviy potentsiallar teng bo'lmasa ionlarning membrana orqali ko'chishi yuzaga keladi. Ushbu ko'chishning harakatlantiruvchi kuchi elektrokimyoviy potensial gradiyenti hisoblanadi.

$$X_i = -\text{grad } \bar{m} \quad (5.24)$$

Elektrokimyoviy potensial faqat X koordinatasi bo'ylab o'zgarsa, uning gradiyenti X bo'yicha olingan hosilaga teng

$$X_i = -\left(RT \frac{d \ln c}{dx} + ZF \frac{dj}{dx} \right) \quad (5.25)$$

Ionlar oqimining zichligi ionlar harakatchanligi U , konsentrasiyasi C va harakatlantiruvchi kuch X ko'paytmasiga teng bo'lgani uchun

$$J = -UC \left(RT \frac{d \ln c}{dx} + ZF \frac{dj}{dx} \right) \quad (5.26)$$

Bu tenglama Nernst-Plank tenglamasi deb ataladi va ionlarning eritmada yoki gomogen zaryadlanmagan membranada diffuziyasini tavsiflaydi. Bu tenglamadagi birinchi had erkin diffuziyani, ikkinchi had esa ionlarning elektr maydondagi ko'chishini aniqlaydi.

Elektr diffuziyasining Nernst-Plank tenglamasini yechish uchun qo'shimcha shartlar kiritishadi, masalan, gradiyentlardan birining membranada doimiyligi haqidagi faraz ($\frac{dc}{dx} = const$ yoki $\frac{dj}{dx} = const$).

Doimiy maydon farazida membrananing butun qalinligida elektr maydon kuchlanganligi doimiy deb olinadi ($\frac{dj}{dx} = const$). Bu shart ingichka membranalarda, ya'ni ionlarning lipid biqatlami va hujayralar membranasi orqali diffuziyasida bajariladi. Bu holda (5.26) tenglamaning yechimi

$$J = \frac{ZFjP}{RT} \cdot \frac{c_0 - c_i \exp[ZFj/(RT)]}{1 - \exp[ZFj/(RT)]} \quad (5.27)$$

Bunda $P = 4RTg/h$ kattalik o'tkazuvchanlik koeffisiyenti deb ataladi va m/s o'lchamiga ega, h – membrana qalinligi. (5.27) tenglama Goldman tenglamasi deb ataladi va ion konsentrasiyasining membrana ikki tomonidagi qiymati, membranadagi potentsiallar farqi va ushbu ion uchun membrananing o'tkazuvchanligi ma'lum bo'lganda ionlar passiv oqimini hisoblash imkonini beradi.

Membrana orqali yig'indi oqim o'tmayotgan bo'lsa, ya'ni $J = 0$ da, (5.27) tenglama Nernst tenglamasiga aylanadi. Membrana orqali turli ionlar: K^+ , Na^+ , Cl^- ning qarama-qarshi toklari oqadi. Muvozanat holatda, membrana orqali elektr toki o'tmaydi. Demak, turli ionlar toklarining yig'indisi nolga teng.

$$I_K + I_{Na} + I_{Cl} = 0$$

Bu holda (5.27) dagi membrana potentsiali uchun quyidagi tenglamaga ega bo'lamiz:

$$j = \frac{RT}{F} \ln \frac{P_K [K^+]_0 + P_{Na} [Na^+]_0 + P_{Cl} [Cl^-]_i}{P_K [K^+]_i + P_{Na} [Na^+]_i + P_{Cl} [Cl^-]_0} \quad (5.28)$$

Bunda j – membranadagi potentsiallar farqi, P_i – ionlar o'tkazuvchanligi, 0 va i indekslar ionlarning tashqi (0) va ichki muhitdagi konsentrasiyasi. (5.28) tenglama Goldman – Xojkin – Kats tenglamasi deb ataladi.

U membranadagi elektr potentsiali membrananing ikki tomonidagi ionlar konsentrasiyasidagi farq va ular o'tkazuvchanlik koeffisiyentlari turlicha ekanligi bilan belgilanishini ko'rsatadi. Ushbu tenglamaga ko'ra, membrana potentsialiga eng ko'p ta'sirini katta o'tkazuvchanlik koeffisiyentiga ega bo'lgan ion ko'rsatadi. Tajribalarda bu xulosa to'g'ri ekanligi isbotlandi.

(5.27) tenglamada J ikkita oqim, ichkariga yo'nalgan j_i va tashqariga yo'nalgan j_0 oqimlar yig'indisidan iborat. Bu oqimlar quyidagi tenglamalar bilan ifodalanadi:

$$j_i = \frac{ZFj \cdot P}{RT} \cdot \frac{c_0}{1 - \exp\left(\frac{ZFj}{RT}\right)} \quad (5.29)$$

$$j_0 = \frac{ZFj P}{RT} \cdot \frac{c_i \exp\left(\frac{ZFj}{RT}\right)}{1 - \exp\left(\frac{ZFj}{RT}\right)} \quad (5.30)$$

Demak, ikkala oqim membrana potentsiali j , elektr zaryadi, ionlar konsentrasiyasi va ionlar o'tkazuvchanlik koeffitsiyentiga proporsional. Kiruvchi oqim j_i membrana tashqarisidagi ionlar konsentrasiyasiga chiziqli bog'liq bo'lib, ichki muhitdagi konsentrasiyaga bog'liq emas. O'z navbatida chiquvchi oqim ichki muhitdagi konsentrasiyaga bog'liq. (5.29) va (5.30) tenglamalarni bir-biriga bo'lsak, Ussing munosabati kelib chiqadi:

$$\frac{j_i}{j_0} = \frac{c_0}{c_i \exp\left(\frac{ZFj}{RT}\right)} \quad (5.31)$$

Ussing tenglamasining bajarilishi ionlar oqimi faqat konsentrasiyalar gradiyenti va elektr maydoni ta'sirida ro'y beradigan passiv ko'chishning belgisidir. (5.31) tenglikning bajarilmasligi ionlar ko'chishida aktiv transporti yoki ionlar membranadagi tor kanalchalardan diffuziyasi mavjudligidan darak beradi.

j - ning qiymatini eritmaning kimyoviy tahlili orqali topish mumkin. Masalan, K^+ ionlar oqimini aniqlash uchun, radioaktiv $^{40}K^+$ ionni membrananing bir tomonidagi eritmaga kiritiladi va membrananing ikkinchi tomoniga bu izotopning o'tish tezligi o'lchanadi.

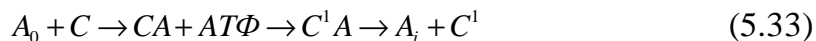
Aktiv transportda erigan moddalarning molekulari elektrokimyoviy potentsialga qarshi ko'chishadi, ya'ni molekular konsentrasiyasi kichik bo'lgan sohadan katta bo'lgan sohaga, ionlar esa elektr maydoni kuchlanganligiga qarama-qarshi yo'nalishda ko'chiriladi.

Bunday ko'chirilish energiya hisobiga amalga oshiriladi. Aktiv transportning passiv ko'chishidan muhim farqlari passiv transport tenglamalarini o'zgartirishni taqozo etadi. Aktiv transportning ichkariga J_j va tashqariga j_0 oqimlari orasidagi munosabatni topish uchun (5.31) tenglamani logarifmlaymiz:

$$\ln \frac{j_i}{j_0} = \ln \frac{c_0}{c_i} + \frac{ZFj}{RT} \quad (5.32)$$

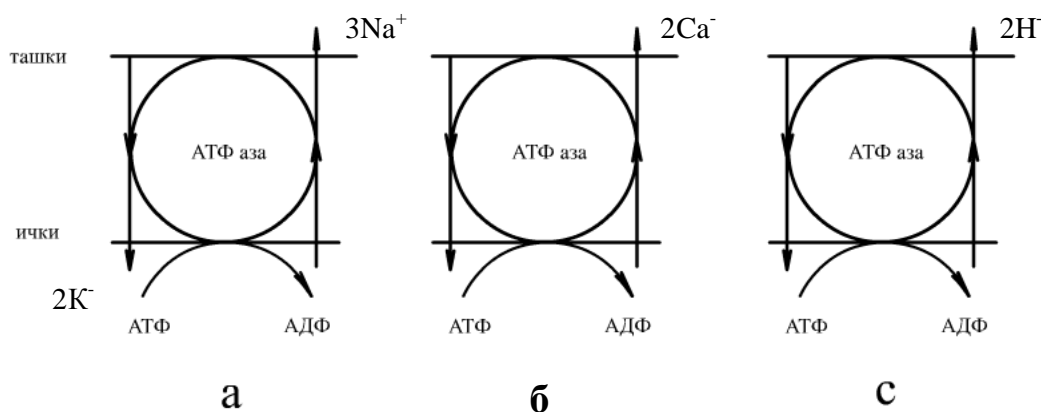
Aktiv transportda moddaning membrana ikki tomonidagi konsentrasiyalari farqi oshadi, bu esa membrana orqali suv o'tishini yuzaga keltiradi. Fosfolipid qo'shaloq qatlamli membranalarining suv uchun o'tkazuvchanligi biomembranalar o'tkazuvchanligiga yaqin bo'lib, $31,7 \text{MKL} \cdot \text{CM}^{-2} \cdot \text{C}^{-1}$ ga teng. Suv membranalar orqali hujayralarga o'tadi, suv oqimining tezligi qon tomirlari membranalarida va epiteliy to'qimalar bazal membranalarida eng katta bo'ladi.

Aktiv transportni (5.20) tenglamaga o'xshash tenglama bilan ko'rsatish mumkin:



Bunda, A_0 – moddaning hujayra tashqarisidagi konsentrasiyasi, A_i – hujayra ichidagi konsentrasiyasi. Aktiv transportda A moddaning membrana ichki tomonidagi konsentrasiyasi tashqi tomonidagi konsentrasiyasidan ko'p bo'lishi mumkin. Bu holda CA kompleks $AT\Phi$ energiyasidan foydalanib C^1A kompleksiga aylanadi, bu kompleks hujayra ichida A moddani ajratadi.

Hozirgi paytda biologik membranalarda $AT\Phi$ gidrolizining energiyasi hisobiga ishlaydigan ionlarning membrana orqali aktiv ko'chishini amalga oshiradigan 3 ta ion nasosi ma'lum. (5.6-rasm).



5.6-rasm. Ionli nasos turlari: a) sitoplazmatik membranalarda $K^+ - Na^+ - AT\Phi$ aza ($K - Na$ nasosi). b) $Ca^{2-} - AT\Phi$ aza ($Ca^{2-} - nasosi$); c) mitoxondriyalarning membranalariidagi $H^+ - AT\Phi$ aza ($H^+ - nasos$ yoki proton pompasi).

$K^+ - Na^+ - AT\Phi$ aza ishi davomida har bir $AT\Phi$ molekulasi gidrolizida chiqadigan energiya hisobiga hujayraga ikkita kaliy ioni ko'chiriladi, hujayra dan uchta natriy ioni chiqariladi. Natijada hujayrada kaliy ionlarining konsentrasiyasi hujayradan tashqari muhitga nisbatan oshadi, natriy ionlarining konsentrasiyasi esa kamayadi.

$Ca^{2-} - AT\Phi$ azada $AT\Phi$ gidrolizi energiyasi hisobiga 2 ta kalsiy ioni, $H^+ - pompada$ – ikkita proton tashiladi.

Ionli nasoslar ishining molekulyar mexanizmi to'laligicha o'rganilgan emas. Shunday bo'lishiga qaramay ularning asosiy bosqichlari haqida xulosa qilsa bo'ladi. $K - Na - AT\Phi$ aza $AT\Phi$ gidrolizi bilan bog'liq quyidagi bosqichlar mavjud: 1) Ye-ferment bilan $AT\Phi$ ning kompleks hosil qilishi (ushbu reaksiya magniy ionlari bilan faollashtiriladi). 2) Kompleks uchta natriy ioni bilan bog'lanadi; 3) $AT\Phi$ molekulalarining gidrolizi paytida $AT\Phi$ molekulalari va anorganik fosfat bilan bir qatorda energiya ajraladi; 4) Fermentning membrana ichida flip-flop aylanishi; 5) membrana tashqi qavatida ro'y beradigan natriyni kaliyga ion almashish reaksiyasi; 6) Ferment kompleksining qayta aylanishi tufayli kaliy

ionlari hujayra ichiga o'tkaziladi; 7) Fermentning kaliy ionlarini va anorganik fosfatini ozod etishi bilan boshlang'ich holatiga kelishi.

1 mol moddani kichik c_1 konsentratsiyali sohadan katta c_2 konsentratsiyali sohaga ko'chirib o'tishda bajariladigan ish kimyoviy potensialning o'zgarishidan topilishi mumkin (5.21 tenglama).

$$A = \Delta m = RT \ln \frac{c_2}{c_1} \quad (5.34)$$

Agar K^+ ionlarining hujayra ichidagi konsentratsiyasi, hujayra tashqarisidagiga nisbatan 50 marta ortiq bo'lsa, (5.34) ga muvofiq 37°S haroratda bajarilgan ish quyidagiga teng:

$$A = 8,31 \frac{\text{Ж}}{\text{моль} \cdot \text{K}} \cdot 310\text{K} \cdot \ln 50 = 2576\text{Ж}$$

Yuqorida ko'rib o'tilgan ionli nasoslardan tashqari boshqa, $AT\Phi$ gidrolizi bilan bog'liq bo'lmasdan, oksidlanish-qaytarilish fermentlari yoki fotosintez ishi bilan bog'liq bo'lgan moddalarni to'plovchi tizimlar mavjud. Bu holda moddalar transporti ikkilamchi bo'lib qoladi. Masalan, Na^+ ionlarining ingichka ichak epiteliysi hujayralari membranasi orqali aktiv ko'chishi natijasida Na^+ ning ichakda va sitoplazmada konsentratsiyalar gradiyenti hosil bo'ladi. Bu gradiyent hisobiga shakar va aminokislotalarning ular konsentratsiyasi gradiyentiga qarshi aktiv ko'chishi amalga oshiriladi. Bu jarayon ikkilamchi aktiv transport deb ataladi.

Eritrositlar membranasida Na^+ ionlarining aktiv ko'chishi hisobiga membrana potentsiali hosil bo'ladi, bu potentsial boshqa ionlarning birinchi navbatda xlor anionlarining diffuziyasiga olib keladi. Ularning passiv transporti elektr gradiyenti bo'ylab ro'y beradi. Shunday qilib, anionlar passiv transporti kationlar aktiv transporti bilan bog'liq bo'lib qoladi, bu bilan hujayralar hayotiy faoliyati ta'minlanadi.

§ 5.4. Biomembranalarda elektronlar ko'chishi va energiya transformasiyasi

Har qanday organizmning hayot faoliyati energiya yutilishi va chiqarilishi bilan boradi. 5.7-rasmning o'ng tomonida hujayrada turli faollik tiplari: mushak qisqarishi, endo- va ekzositoz, asab o'yg'onishining tola bo'yicha uzatilishi, ionlarning aktiv transporti, tana haroratini saqlash, turli moddalar sintezi va b. ko'rsatib o'tilgan. Sanab o'tilgan jarayonlar organizmda energiyaning turli tiplarining: mexanik, elektr, issiqlik, kimyoviy transformasiyasi ro'y berishi tufayli amalga oshadi. Ayrim organizmlarda yorug'lik energiyasini ishlab chiqarish mumkin bo'lgani uchun, ular lyuminessensiyalashi mumkin. Ammo ko'pchilik hollarda energiya $AT\Phi$ molekulasida makroergik bog'lanishlar kimyoviy energiyasi ko'rinishida jamlanadi.

$AT\Phi$ ning struktur formulasi 5.8- rasmda keltirilgan.

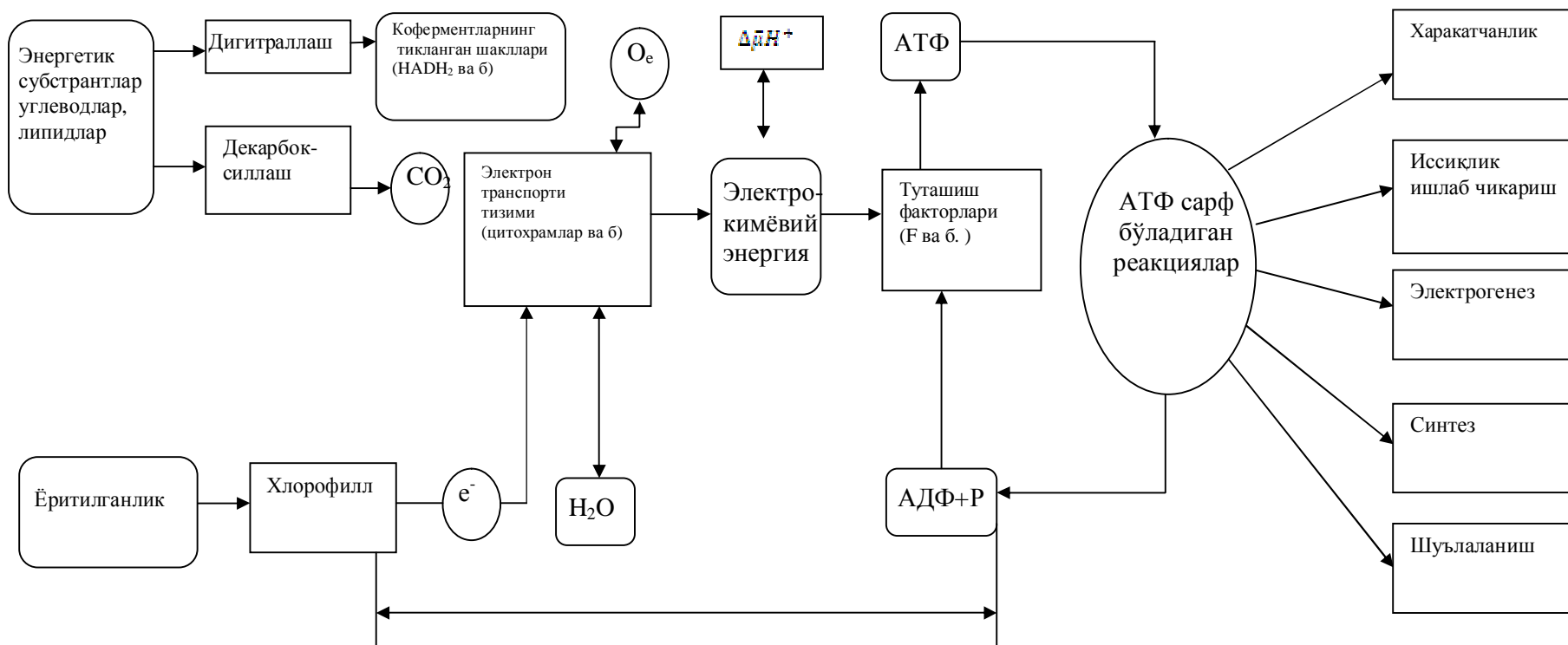
Bu molekula uchta fosfat guruhdan iborat bo'lib, ular pH 7.8 bo'lganda 3.8 birlik manfiy zaryadga ega va shuning uchun elektrostatik itarishish kuchlari bilan ta'sirlashadi. $AT\Phi$ gidrolizida uchdagi fosfat guruhining ajralishi elektrostatik itarishish energiyasini kamaytiradi. Gidroliz natijasida paydo bo'lgan manfiy zaryadlangan $AD\Phi$ va HPO_4^{2-} itarishishi tufayli yana $AT\Phi$ ni hosil qila olmaydi, $AT\Phi$ gidrolizida chiqadigan nisbatan yuqori potensial energiya ($\sim 33,6 \frac{kJ}{mol}$) bu molekulaning strukturasi hamda uning gidrolizi mahsulotlari xossalari bilan bog'liqdir.

Hujayrada gidrolizi 25 kJ dan 46 kJ/molgacha energiya ajralishi bilan boradigan birikmalar makroergik deb ataladi. $AT\Phi$ dan tashqari ularga trinukleotidlar (GTF, STF, UTF), shuningdek asetilfosfat, kreatinfosfat, fosfoyenalpiruvat kiradi.

$AT\Phi$ gidrolizida ajraladigan energiya issiqlikka aylanadi. Ammo energiyani transformasiyalash tizimlari mavjud bo'lsa, u energiyaning boshqa turlariga ham aylantirilishi mumkin. Biomembranalar va mushak to'qimalari mikrostrukturasi energiyani transformasiyalashning tizimlaridir. Ularning hammasida $AT\Phi$ ni $AD\Phi$ va P_i ga yoki $AM\Phi$ va pirofosfatga gidrolizlaydigan $AT\Phi$ aza fermenti mavjud. Ionlarning aktiv transporti, mushaklar aktomiozini kabi, ushbu fermentga egadirlar. Shuning uchun $AT\Phi$ qo'shilishi ion transportini boshlanishiga va mushaklar qisqarishiga olib keladi.

Ko'pchilik tirik organizmlar $AT\Phi$ ni $AD\Phi$ va P dan nafas olishda, turli moddalar oksidlanishda paydo bo'ladigan energiya hisobiga sintezlaydi. Yashil o'simliklar hujayralarida $AT\Phi$ sintezi yorug'lik energiyasidan foydalanish tufayli amalga oshadi. Yorug'lik ta'sirida o'simliklar bargida kechadigan jarayonda kislorod ajraladi va $AT\Phi$ hosil bo'ladi. Bu jarayon fotofosforlanish deb ataladi. U bilan birga kechadigan organik moddalar sintezi jarayoniga fotosintez deyiladi.

Oksidlanuvchi fosforlanish va fotofosforlanish jarayonlari membranali organellalar – xloroplastlar va mitoxondriyalarda kechadi. Ular membranalari tashkil etuvchilari tarkibi bilan hamda fosforlanish komplekslari molekulyar tuzilishi bilan ham bir-biriga yaqindir. Ushbu organellalar membranalari energiya bog'langan membranalar deb ataladi. Eukariot hujayralarida oksidlanish, fosforlanish mitoxondriyalarda, prokariot hujayralarida – sitoplazmatik membranalarda, yashil o'simliklarda fosforlanish xloroplastlarda, fotosintezlovchi bakteriyalarda – xromatoforlarda amalga oshadi.



5.7-rasm. Organizmda energiya almashinishlari va energetik oqimlar (Ya.Kagava bo'yicha) $\Delta\mu\text{H}^+ - \text{H}^+$ elektrokimyoviy potentsiali farqi

Bu membranalarining hammasida nafas olish zanjirlarini shakllantiruvchi oqsillar mavjud. Ushbu oqsillarning ketma-ket oksidlanish va qaytarilishda nafas olish zanjirida elektronlar ko'chishi amalga oshadi. Elektronlar transporti membranada protonlar konsentrasiyasining gradiyentini hosil bo'lishi va demak, H^+ ioni elektrokimyoviy potentsiali farqining ΔmH^+ paydo bo'lishi bilan bog'liq. Membranalardagi $H^+ - AT\Phi$ aza oqsillari yordamida $AD\Phi$ va P dan vodorod ioni elektrokimyoviy potentsiali hisobiga $AT\Phi$ sintezlanadi. Bu jarayon mexanizmlari oxirigacha o'rganilmagan. Mitchelning xemiosmotik nazariyasiga ko'ra

$$\Delta \bar{m}H^+ = F \cdot \Delta j + 2,3 \cdot RT\Delta pH \quad (5.35)$$

Bunda Δj -elektr potentsiallari farqi, ΔpH -vodorod ionlarining membrana ikki tomonidagi konsentrasiyalari farqi, F -Faradey soni, R -universal gaz doimiysi, T -absolyut harorat.

Mitoxondriyalarda elektronlar donorlarining (NADN, suksinat va.b.) hosil bo'lishi ichki membranada NADN va suksinatdan, protonlar, translokasiyasi bilan bog'liq bo'lgan, kislorodga qarab elektronlar o'tishini boshlab beradi.

Mitoxondriyalarda elektronlar ko'chishi zanjirini ta'minlaydigan yigirmaga yaqin elektron tashuvchilar ma'lum. Bular, mitoxondrial membranalar, oqsilning 25%ini tashkil etuvchi, mitoxondriya tuzilmasining asosiy elementlaridir. Tashuvchilar orasida NAD, flavinlar va ubixinon ikki elektronli, qolganlari - bir elektronli.

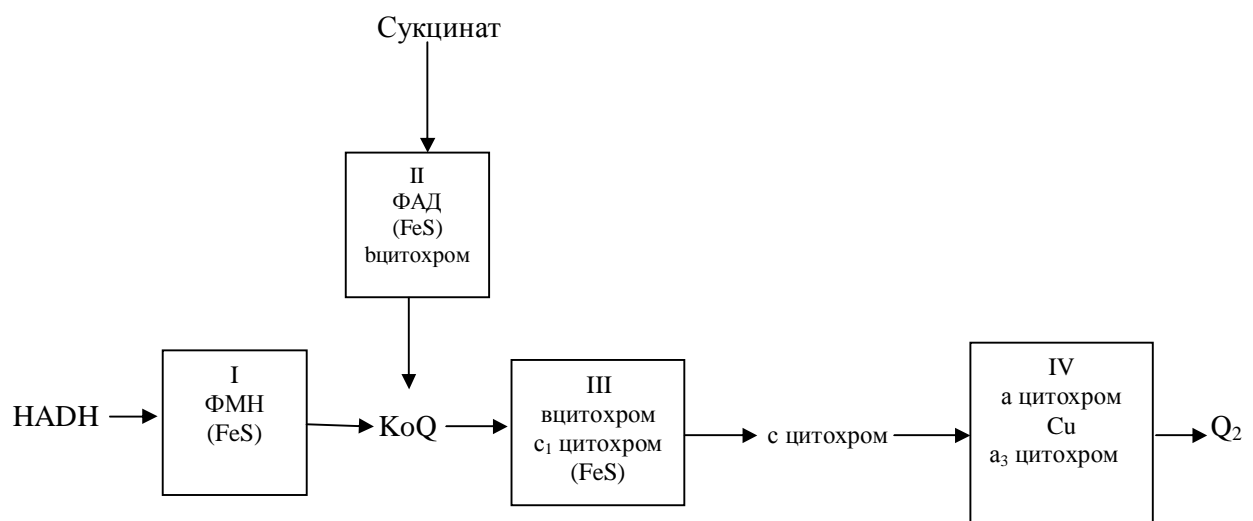
Elektronlar transporti tizimini ikki guruhga ajratish mumkin: vodorodni ko'chiruvchi tizimlar (NAD, flavinlar, Q koferment, SH -oqsillar va b.) va faqat elektronlarni tashuvchi tizimlar (sitoxromlar, gemsiz temir, mis bor oqsillar).

Elektronlarni tashuvchilar membranada asimmetrik joylashganligi sababli oksidlanish-qaytarilish potentsiallari transmembrial va sirt potentsiallariga bog'liq bo'ladi.

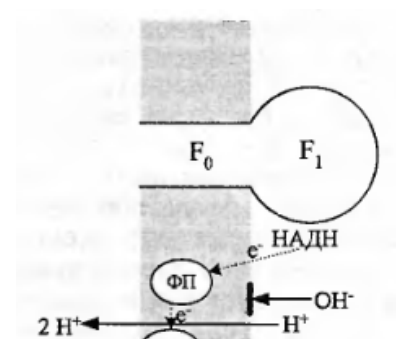
5.7-rasmda ko'rsatilganidek nafas olish zanjiri uchun protonlar donori bo'lib $NADN_2^-$ va $FADN_2$ - kofermentlari xizmat etadi. Ular vodorodni asetil - KoA ning piruvatdan, yog'li kislotalar va aminokislotalardan, hamda uchkarbon kislotalar siklida asil guruhlarning CO_2 ni ozod etish bilan ro'y beradigan parchalanishda olishadi. Ushbu sikl fermentlari mitoxondriyalar matriksida joylashgan. Faqat suksinatdegidrogenaza mitoxondriya ichki membranasining ichki sirti bilan bog'langan. Siklning bosh vazifasi asil radikalni degidratlashdan iborat bo'lib, bunda, CO_2 ikki molekulasini va to'rt juft vodorod atomi hosil bo'ladi. Bitta asetil qoldig'ining Krebs siklida oksidlanishda NAD oksidlangan kofermentning oltita molekulasini va FAD oksidlangan kofermentning ikki molekulasini sakkizta vodorod atomini qo'shib olishadi va mos holda $NADN_2$ va $FADN_2$ ni hosil qilishadi (NAD - nikotinamidadenin dinukleotid kofermenti, FAD - flavinadenin dinukleotid kofermenti). Elektron transporti to'liq tizimli to'rtta kompleksdan tashkil topgan (5.8-rasm).



ATFning struktura formulasi



5.8-rasm. Mitoxondriyalar nafas olish tizimini tashkil etuvchi komplekslar: FMN – flavin mononukleotid, FAD – flavin adenin dinukleotid, K_oQ – Q kofermenti, FeS – gemsiz temir, Cu-mis O₂-kislrod



a

5.9-rasm. *Mitoxondriyalar ichki membranasida nafas olish tizimining sxemasi. a)- umumiy ko'rinish, b) mitoxondriyalarda nafas olish tizimi*

Elektronlar transporti tizimining tashkil etuvchilardan biri flavoproteinlar bo'lib, ular vodorodni $NADN_2$ va suksinatdan olishadi. Vodorod atomi tarkibidagi elektronlarni organik substratdan elektron tashuvchilarga ko'chishini degidrogenaza amalga oshiradi. $NADN_2$ – degidrogenaza tarkibiga flavinmononukleotid (FMN), suksinatdegidrogenaza tarkibiga flavinadenindinukleotid (FAD) kiradi. Ushbu degidrogenazalar ishtirokida o'tadigan oksidlanish-qaytarilish reaksiyasini substratdan FAD yoki FMN ga vodorod ioni jufti va ikkita elektron ko'chishi va fermentning tiklangan shakli hosil bo'lishi deb qarash mumkin.

Nafas olish zanjirida elektronlarni tashuvchilari bo'lib, sitoxromlar – temir, protoporfirin, yoki gem guruhiga ega oqsillar xizmat etadi. Zanjirda ishlashda ulardagi temir atomi oksidlanish va qaytarilishga uchraydi:

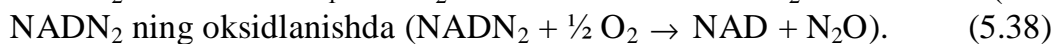


Elektronlar transporti tizimiga gemsiz temir va oltingugurtli oqsillar (rubredoksin, ferredoksin), misli oqsillar (plastosianin, sitoxromoksidaza) kiradi.

Yuqorida keltirilgan elektronlar transporti tizimini tashkil etuvchilari elektronlarni quyidagi zanjir bo'ylab ko'chirishadi: $NADN_2$ (yoki suksinat) \rightarrow flavinlar \rightarrow gemsiz temir $\rightarrow K_0Q \rightarrow v$ sitoxromi $\rightarrow S_1$ sitoxromi $\rightarrow S$ sitoxromi $\rightarrow aa_3$ sitoxromi $\rightarrow Q_2$.

Nafas olish zanjiridan elektronlar ko'chishi ATF molekulalarida energiya to'planishi bilan boradi, chunki elektronlar oksidlanish-qaytarilish potentsiallarining oshishi yo'nalishida ko'chishda erkin energiyaning o'zgarishi ro'y beradi. Ozod bo'layotgan erkin energiya ATF ning kimyoviy energiyasiga aylanadi. Oksidlanish fosforlanish ro'y beradi. Ushbu muhim hodisani 1930 yilda V.Engelgard kashf qilgan.

NADN₂ning oksidlanishida erkin energiya o'zgarishini ko'rib chiqaylik. Bunda nafas olish zanjirida fosforlanish jarayonining umumiy tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:



$-218,4 \frac{\text{кЖ}}{\text{моль}}$ Energiya ajraladi. 1 mol ATF ni sintezlash uchun $-29,4\text{кЖ}$ energiya zarurligini hisobga olsak, ushbu jarayon FIK ni topamiz:

$$h = \frac{3 \cdot 29,4\text{кЖ}}{218,4(\text{кЖ})} \cdot 100\% = 40,4\%$$

Odatdagi issiqlik dvigatellarning FIK bundan kamroqdir. Yuqorida aytganimizdek yashil o'simliklarda ATF sintezi yorug'lik energiyasi hisobiga amalga oshadi.

Xloroplastlarda elektronlar transporti zanjiri, yorug'lik yig'uvchi xlorofillardan tashkil topgan pigmentoqsilli komplekslar va tutashish faktorlari mavjud. Ko'rsatilgan barcha tashkil etuvchilar, xloroplastlar uchun xos lipidlar (DGDG – digalaktosildiasilgliserid; MGDG – monogalaktosil diasilgliserid va b.) dan iborat bo'lgan tilakoid membranaga o'rnanishgan. Xloroplastlardagi elektronlarni tashuvchi oqsillar kompleksi va tutashish faktorlari mitoxondriyalardagi ushbu komplekslar va faktorlarga o'xshashdir. Tabiat tomonidan evolyusion jarayon davomida yaratilgan bu kompleks va faktorlar turli organizmlar energetik ehtiyojlarini qondirish uchun yetarlicha universal bo'lib chiqdi.

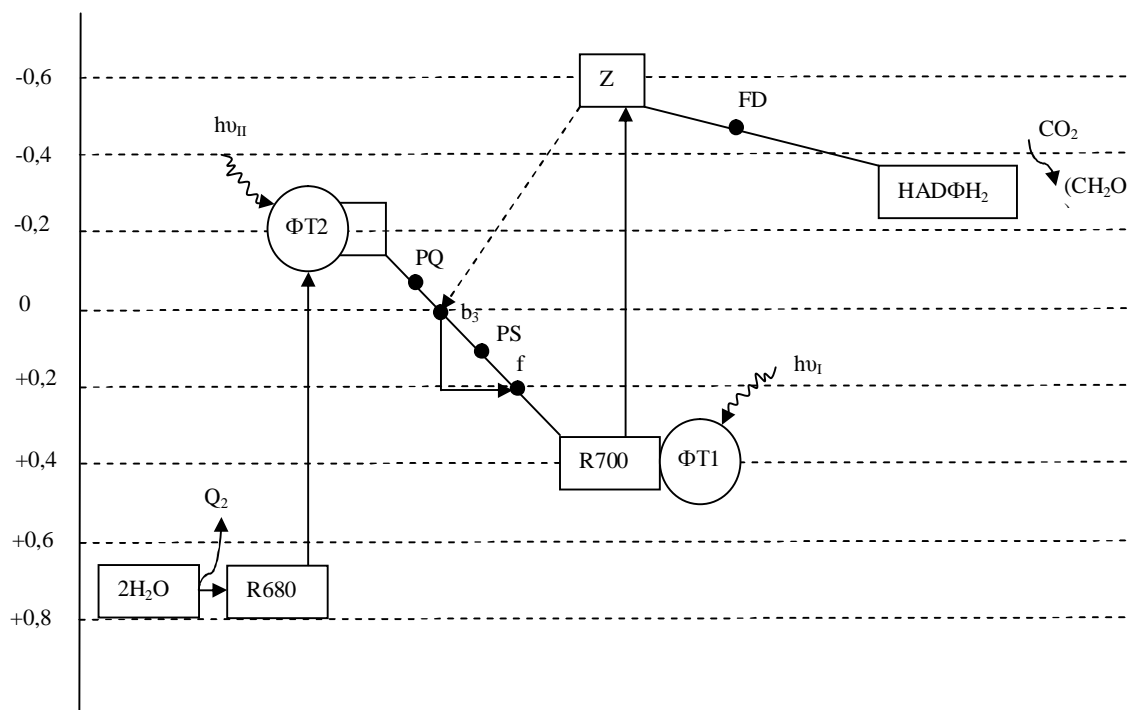
Fotosintez tizimiga flavoproteinlar (ferredoksin – NADF – reduktaza), tarkibida gamsiz temir (ferridoksin) bo'lgan oqsillar, v tipdagi sitoxrom (v₆), f tipdagi sitoxrom (S sitoxrom turi), xinonlar (plastoxinon), tarkibida mis bor oqsillar (plastosianin) kiradi.

Nafas olish zanjiridagi kabi, fotosintez paytida elektronlar standart oksidlanish-qaytarilish potentsiallariga mos holda ko'chiriladi (5.10-rasm).

Biroq fotosintez tizimida oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarini boshlab yuborish uchun, nafas olish zanjiridagi substratlar oksidlanish energiyasidan emas, yorug'lik yutilish natijasida xlorofillarda paydo bo'lgan elektronning uyg'ongan holati energiyasidan foydalaniladi.

Fotosintez tizimini NADFni tiklaydigan I fotokimyoviy tizimiga (FTI) va suvni oksidlaydigan II fotokimyoviy tizimiga (FTII) bo'lish mumkin. Ikkala tizimda reaksiyon markazlar deb ataladigan *a* xlorofillning o'ziga xos molekulari mavjud (*P700*–birinchi tizimda, *P680*–ikkinchisida). Ularda fotosintetik birikmalar (xlorofill + karotinoid) yutgan yorug'lik energiyasi to'planadi, *a* xlorofill oksidlanadi, keyin (10^{-15} - 10^{-12} s davomida) uyg'onish energiyasining ko'chishi ro'y beradi. Fotosintez tizimida, porfirin kompleksidan tashqari, elektronlar ko'chish vaqti 10^{-4} - 10^{-2} s ga teng.

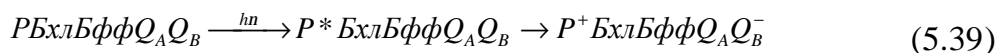
Yorug'lik energiyasi hisobiga elektronlar ko'chishi fotofosforlanishning nosiklik shaklida suvdan NADFN₂ ga va siklik shaklida Z akseptordan f sitoxromga qarab ro'y beradi (5.10-rasmda punktir chiziq bilan ko'rsatilgan).



5.10-rasm. Fotosintez jarayonida elektronlar transporti tizimi. Q – fototizim 2 (FT2) ning birlamchi akseptori, Z – fototizim 1 (FT1) ning birlamchi akseptori, $R700$ – FT1 ning reaksiyon markazi, $R680$ – FT2 ning reaksiyon markazi, PQ – plastoxinon, b_3 – sitoxrom, PS – plastosianin, FD – ferredoksin.

FT1 uchun elektronlar donori sifatida plastosianin xizmat etadi. FT2 ning birlamchi akseptorlaridan elektronlarni plastoxinonlar qabul etadi, ular tiklanganda bir vaqtning o'zida protonlarni ham qo'shib oladi. Sitoxrom f dan tashqari FT1 bilan aloqada bo'lgan va sitoxromlar ham mavjud bo'lib, ular siklik elektronlar transportida ishtirok etadi. b_3 sitoxromi ko'proq FT2 bilan bog'liq.

Fotosintezlovchi bakteriyalarning yorug'lik yig'uvchi reaksiyon markazlari tarkibida 3 ta oqsil aniqlangan, ulardan har birida bakterioxlorofillning (BXL) 4 ta molekulasini, bakteriofeofitinning (BFF) 2 ta molekulasini, ubixinonning (Q) bitta yoki ikkita molekulasini, temir (F) atomi bor. Ushbu bakteriyalarda elektronlar ko'chishining to'g'ri reaksiyalarini quyidagicha yozsa bo'ladi.



Reaksiyon markazlar faoliyatining yuqori samaradorligi zanjirning har bir qismidagi to'g'ri reaksiyalar teskari reaksiyalarga nisbatan 2-3 tartibga tezroq ro'y berishi bilan bog'liq.

§ 5.5. Osmos. Osmotik bosim

Suyuqlikda qattiq modda eritilganda, uning molekullari suyuqlikning butun hajmida bir tekis tarqalib, eritma deb ataluvchi muhitni hosil qiladi; suyuqlik erituvchi deb, qattiq jism esa erigan modda deb ataladi. Eritmaning V hajm birligiga to'g'ri keladigan erigan modda massasi m eritmaning konsentrasiyasi S deyiladi; binobarin,

$$C = \frac{m}{V} \quad (5.40)$$

Kam konsentrasiyali eritmalar zaif (kuchsiz) yoki suyultirilgan eritmalar deyiladi.

Erigan modda parsial bosimga ega va bu bosim gazlar kinetik nazariyasining asosiy qonuni va Mendeleyev-Klapeyron qonuniga ko'ra

$$p = \frac{2}{3} n_0 \bar{W} \quad (5.41)$$

va

$$p = \frac{m RT}{m V} \quad (5.42)$$

yuqoridagi formulalar bilan ifodalanadi, deb faraz qilish mumkin, bu yerda n_0 – erigan modda molekullarining konsentrasiyasi (eritmaning hajm birligidagi erigan modda molekullari soni), \bar{W} - erigan modda molekulasining o'rtacha kinetik energiyasi, m va m - erigan modda massasi va uning molyar massasi, V va T – eritmaning hajmi va harorati, R – universal gaz doimiysi.

Bu bosimni payqash uchun eritmani sof erituvchidan yarim o'tkazuvchan to'siq bilan ajratish zarur, bu to'siq erituvchi molekullarini o'tkazib erigan modda molekullarini o'tkazmasligi kerak. Shakarning suvdagi eritmasi uchun, masalan, ho'kiz pufagi, ichak to'qimasi va ba'zi sun'iy plastmassa plyonkalar yarim o'tkazuvchan to'siq bo'la olar ekan. Bu to'siqlarda teshiklar shu darajada kichikki, ulardan suv molekullari o'tar ekan, lekin shakarning yirikroq molekullari o'ta olmaydi. Agarda og'zi ho'kiz pufagi bilan tortilgan voronkaga shakarning suvdagi kuchsiz eritmasini solinsa va uni toza suvli idishga shunday o'rnatilsaki, voronkadagi va idishdagi suyuqliklarning sathlari bir xil bo'ladi. Kuzatishlar shuni ko'rsatadiki, voronkadagi eritma sathi asta-sekin ko'tarila boshlaydi va idishdagi suvning sathidan biror h balandlikda to'xtaydi. Buning sababi idishdagi suv molekullarining konsentrasiyasi voronkadagi suv molekullarining konsentrasiyasidan shakar molekullari konsentrasiyasi kattaligicha katta. Shuning uchun yarim o'tkazuvchan to'siq orqali idishdan voronkaga ko'proq suv molekullari diffuziyalanadi, qarama-qarshi yo'nalishda esa kamroq, buning natijasida voronkada suyuqlik sathi ko'tariladi. Shakar molekullari yarim o'tkazuvchan to'siq orqali voronkadan idishga o'ta olmaydi. Natijada voronka va idishda suv molekullarining konsentrasiyasi esa har xil bo'lib qolaveradi. Shakar

molekulalarining ortiqcha konsentrasiyasi (5.17) formulaga muvofiq eritmaning h balandlikdagi ustunchasining gidrostatik bosimi bilan muvozanatlashuvchi erigan moddaning parsial bosimni hosil qiladi. Eritmani sof erituvchidan ajratib turuvchi yarim o'tkazuvchan to'siq orqali erituvchining diffuziyalanish hodisasi osmos deb ataladi, bunda eritmada hosil bo'lgan (erigan moddaning parsial bosimi p ga teng bo'lgan) ortiqcha bosim osmotik bosim deb ataladi.

Eritmaning h ustunchasining bosimi rg bo'lgani uchun bu tajribadan osmotik bosimni quyidagi formula bilan aniqlash mumkin:

$$p = rgh \quad (5.43)$$

bu yerda r – eritmaning zichligi, g – og'irlik kuchi tezlanishi. Ikkinchi tomondan, osmotik bosimni (5.18) yoki (5.19) formuladan hisoblash mumkin. Har ikkala hisob ham osmotik bosimning mos keladigan qiymatlarini beradi, bundan ideal gaz bilan kuchsiz eritmada erigan modda orasidagi o'xshatish o'rinli ekanligi haqidagi fikrga kelish mumkin.

Osmotik bosimning kattaligi to'g'risida tasavvur hosil qilish uchun shakar $C_{12}H_{22}O_{11}$ ning 27⁰S haroratda suvdagi eritmasining osmotik bosimini (5.42) formula bo'yicha hisoblaymiz, bunda eritmaning konsentrasiyasi 1 l suvda 0,034 kg shakar bor deb olaylik. Shakarning kimyoviy formulasiga ko'ra, bir kilomol shakarning massasi 342 kg/mol, u holda,

$$p = \frac{m RT}{m V} = \frac{0,034 \cdot 82 \cdot 300}{342 \cdot 1} = 2,46(\text{amm}) \quad (5.44)$$

Osmotik bosim hammaga ma'lum bo'lgan quyidagi hodisada ravshan payqaladi. Agar quritilgan mevalar qobig'ini (pardasini) yormagan holda suvga solinsa, tez orada meva sferik shaklni olgan holda bo'kib qoladi, bu mevaning ichida ortiqcha bosim borligining alomatidir. Bu ortiqcha bosim osmotik bosim bo'ladi. Mevaning qobig'idan suv molekulalari o'tishi mumkin, biroq mevaning ichidagi shakar molekulalari o'ta olmaydi. Suv meva ichiga diffuziyalanib, u yerda shakarning suvdagi eritmasini hosil qiladi. Bu eritmada, yuqorida aytib o'tilgan shakarning suvdagi eritmasidagi singari, osmotik bosim hosil bo'lib, meva qobig'ini shishirib yuboradi.

(5.40) formuladan foydalanib, (5.42) formulaga eritmaning konsentrasiyasi S ni kiritilganda quyidagi ifoda hosil bo'ladi.

$$p = \frac{CRT}{m} \quad (5.45)$$

Bundan shunday xulosa kelib chiqadi: osmotik bosim eritmaning konsentrasiyasi va haroratiga to'g'ri proporsional va erigan moddaning molekulyar og'irligiga teskari proporsionaldir.

Bu qonun 1887 yilda Gollandiyalik kimyogar Vant – Goff tomonidan aniqlangan. Shuni qayd qilib o'tish kerakki, Vant – Goff qonuniga ko'ra osmotik bosim erituvchining xossalariga bog'liq bo'lmaydi.

Vant-Goff qonuni faqat erigan moddaning dissosiasiyalanishi sodir bo'lmaydigan kuchsiz eritmalar uchun o'rinalidir. Dissosiasiyalangan eritmalar (ya'ni elektrolitlar) uchun osmotik bosim Vant-Goff qonunida nazarda tutilganidan ko'ra ancha katta bo'ladi. Bunga sabab shuki, dissosiasiyada erigan moddaning zarralari soni ko'payib ketadi (bir molekuladan ikkita ion hosil bo'lishi mumkin), va demak, (2) formulaga muvofiq, osmotik bosim ortadi.

Osmos hodisasi o'simliklar va jonli organizmlar hayotida muhim rol o'ynaydi. Tirik hujayralarning pardalari yarim o'tkazuvchan to'siqlar bo'lib, ular suv molekularini o'tkazadi, biroq hujayraning hayot faoliyati jarayonida uning ichida hosil bo'ladigan murakkab organik birikmalarning molekularini o'tkazmaydi. Buning natijasida hujayra ichida eritma hosil bo'ladi va hujayrani puflangan rezina koptokdek shishirib elastiklashtiruvchi osmotik bosim paydo bo'ladi. Bunday hujayralardan tuzilgan o'simlik va hayvon to'qimalarining elastikligi katta bo'lib, o'z shaklini saqlash qobiliyati ortadi. Biologiyada osmos bilan bog'liq bo'lgan bu hodisa hujayralar turgori deyiladi.

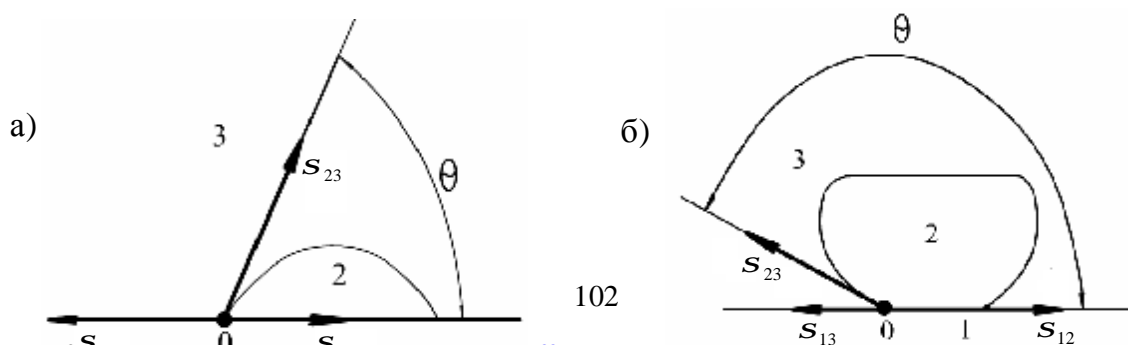
Suv bilan o'ralib turgan o'simlik hujayralarida osmotik bosim juda katta bo'lishi mumkin. Masalan, sabzida osmotik bosim bir necha atmosferaga yetadi.

Organizmning hujayrasi shu hujayra pardasidan o'ta olmaydigan yuqori moddaning suvdagi konsentrasiya eritmasi bilan chegaradosh bo'lsa, u holda suv hujayradan o'sha eritmaga o'tadi. Bunda hujayradan suvning "osmotik surilishi" deb ataluvchi hodisa ro'y beradi. Ana shu hodisa tufayli shirin ovqat yeyilgandan keyin chanqash hissi paydo bo'ladi.

Oziqlanish, ajratib chiqarish, nafas olish va shunga o'xshash boshqa fiziologik jarayonlar vositasida tirik organizmlarning hujayralarida doimiy osmotik bosim saqlanib turadi.

§ 5.6. Ho'llash va ho'llamaslik. Kapillyar hodisalar

Ho'llash ta'sirlashuvchi muhitlarning yuzalaridagi molekular o'zaro ta'sir etuvchi kuchlar xarakteriga bog'liq. Ho'llovchi suyuqliklarda suyuqlik molekulari va qattiq jism molekulari orasidagi o'zaro tortishish kuchlari katta va suyuqlik qattiq jism bilan ta'sirlashuvchi yuzasini kengaytirishga intiladi. Ho'llamaydigan suyuqliklar molekulari bilan qattiq jism molekulari orasidagi tortishish kuchi suyuqlik molekulari orasidagi tortishish kuchidan kichik va suyuqlik qattiq jism bilan o'zaro ta'sirlashuvchi yuzasini qisqartirishga intiladi. 5.11-rasmdagi 0 nuqtaga uchta muxitning sirt taranglik kuchlari qo'yilgan va ularning yo'nalishi o'zaro ta'sirlashuvchi ikki muxit sirtiga urinma ravishda tasvirlangan. Ta'sirlashuvchi sirtlarni ifodalovchi chiziqlar s_{12} , s_{13} , s_{23} mos ravishda sirt taranglik kuchlarining vektor ifodasidir.



5.11-rasm. *Ho'llash va ho'llamaslik.*

Suyuqlik sirti bilan qattiq jism sirti orasiga o'tkazilgan urinma orasidagi burchak (q) chegaraviy burchak deyiladi.

Tomchining muvozanat sharti (5.11 a rasm) qattiq jism sirtiga urinma yo'nalgan sirt taranglik kuchlarining yig'indisini nolga tengligi bilan ifodalanadi.

$$-s_{13} + s_{12} + s_{23} \cos q = 0$$

Bunda $\cos q = (s_{13} - s_{12}) / s_{23}$

Ushbu formuladan chegaraviy burchak o'tkir yoki o'tmas bo'lishligi s_{12} va s_{13} ning qiymatiga bog'liq bo'ladi. Agarda $s_{13} > s_{12}$ bo'lsa, $\cos q > 0$ va q - burchak o'tkir, ya'ni suyuqlik qattiq jism sirtini ho'llaydi. Agarda $s_{13} < s_{12}$ bo'lsa, $\cos q < 0$ bo'ladi va q - burchak o'tmas, ya'ni suyuqlik qattiq jism sirtini ho'llamaydi. Agarda $s_{13} > s_{12} + s_{23}$ bo'lsa, suyuqlik qattiq jism sirtiga to'lik yopishib ketadi. Bu holat to'liq ho'llash deb yuritiladi (masalan: kerosin shisha ustida). Agarda $s_{12} > s_{13} + s_{23}$ bo'lsa, suyuqlik tomchisi ta'sirlashish nuqtasida sirtini shar shaklida qisqartirishga intiladi va bu xodisa to'liq ho'llamaslik deb yuritiladi (masalan: parafin sirtidagi suv tomchisi). Ho'llash va ho'llamaslik ajoyib xususiyatga ega, ya'ni suyuqliklar biror jism sirtini ho'llasa boshqasini ho'llamaydi. Masalan: suv shishani ho'llaydi, ammo parafinni ho'llamaydi. Simob shishani ho'llamaydi, ammo metallning toza sirtini ho'llaydi.

Agarda suyuqlik yuzasi yassi bo'lmasa, ya'ni egrilangan bo'lsa u suyuqlikka qo'shimcha bosim beradi. Bu bosim sirt taranglik kuchiga bog'liqdir. Qo'shimcha bosimni aniqlash uchun suyuqlik erkin sirti radiusi R bo'lgan sferadan iborat deb hisoblaymiz. Egrilangan sirt uchun sirt taranglik kuchi hosil qiladigan qo'shimcha bosim

$$\Delta P = \frac{F}{S} = \frac{2spr^2}{Rpr^2} = \frac{2s}{R} \quad (5.46)$$

Agarda suyuqlik sirti botiq bo'lsa qo'shimcha bosim quyidagicha ifodalanadi.

$$\Delta P = -2s / R \quad (5.47)$$

Binobarin, suyuqlik sirti botiq bo'lgandagi bosim gaz bosimidan ΔP ga kichik bo'ladi.

(5.46) va (5.47) lar Laplas formulalarining xususiy hollaridir.

Agarda ingichka (kapillyar) bir uchuni keng idishga solingan suyuqlikka botirilsa, ho'llash yoki ho'llamaslik natijasida kapillyarda suyuqlik sirti egriligi sezilarli o'zgaradi.

Agarda suyuqlik kapillyar nayni ho'llasa botiq menisk hosil bo'ladi, agarda ho'llamasa qovariq menisk hosil bo'ladi.

Suyuqlik erkin sirti botiq bo'lganda (5.47) formula bilan ifodalanuvchi teskari qo'shimcha bosim hosil bo'ladi.

Bunday qo'shimcha bosim mavjudligi kapillyarda suyuqlik ko'tarilishini ifodalaydi, vaholanki yuzasi keng idish erkin yassi sirtida qo'shimcha bosim bo'lmaydi.

Agarda suyuqlik kapillyar devorini ho'llamasa qo'shimcha musbat bosim kapillyarda suyuqlik pasayishiga olib keladi.

Kapillyarlarda suyuqlik ustunining balandligini o'zgarishi kapillyarlik hodisasi deyiladi.

Suyuqlik ustuni bosimi (gidrostatik bosim) rgh – bo'lganda kapillyarda suyuqlik ustuni balandligi h ga o'zgarishi qo'shimcha bosim bilan tenglashadi, ya'ni

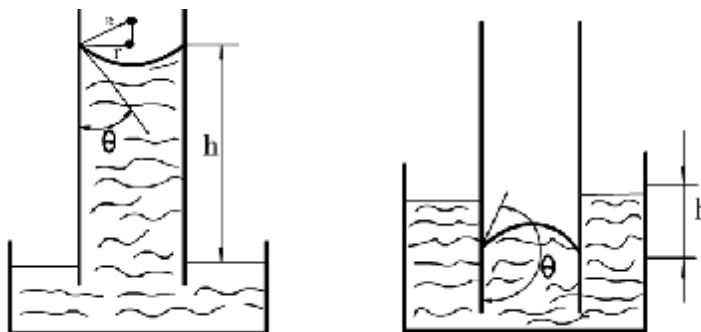
$$2s / R = rgh$$

Bunda r - suyuqlik zichligi, g – erkin tushish tezlanishi.

Agarda r – kapillyar radiusi, q chegaraviy burchak bo'lsa 5.12-rasmdan ko'rinadiki $2s \cos q / r = rgh$ bo'ladi. Bundan

$$h = (2s \cos q) / (rgr)$$

Ushbu formuladan ho'llovchi suyuqliklar kapillyardan ko'tariladi, ho'llamaydigan suyuqliklar pasayadi. $q < \frac{p}{2}$ ($\cos q > 0$) bo'lganda h – musbat qiymat, $q > \frac{p}{2}$ ($\cos q < 0$) da h – manfiy qiymat oladi. Formuladan yana shu narcha ko'rinadiki, suyuqlik ko'tarilishi yoki pasayishi balandligi kapillyar radiusiga teskari proporsionaldir. Ingichka kapillyarlarda suyuqlik yetarlicha balandlikka ko'tarilishi mumkin. Masalan: tuproq va o'simliklarda namlik almashinishi ingichka kapillyarlarda suyuqlik ko'tarilishiga asoslangan.



5.12-rasm. Kapillyarlik hodisasini ifodalovchi chizma

Ho'llanuvchi naylarda nisbatan kichik namliklarda ham kapillyar kondensasiya yuz beradi. Shu tufayli g'ovak moddalar bug' tarkibidagi deyarli ko'p miqdordagi suvni ushlab qoladi, bu esa zax uylarda ich kiyimlarning,

paxtaning namlanishiga olib keladi, gigroskopik jismlarning esa quritilishini qiyinlashtiradi, tuproqda namlikni saqlashga imkoniyat yaratadi va hokazo. Ho'llamaydigan suyuqliklarda esa aksincha, g'ovak jismlarga suyuqlik o'ta olmaydi.

Suyuqlikli kapillyar nayda havo pufakchalarining holatini ko'rib chiqaylik. Agar havo pufakchasining turli tomonida suyuqlik bir xilda ta'sir ko'rsatayotgan bo'lsa, havo pufakchasi ikkala tomoni ham bir xil egrilik radiusiga ega bo'ladi. Agar pufakchaga tomonlardan biri ortiqroq bosim bilan ta'sir etsa, masalan, suyuqlik harakatida menisklar deformatsiyalanadi va ularning egrilik radiuslari o'zgaradi, havo pufakchasining turli tomonidagi qo'shimcha Δp bosim esa bir-biridan farq qiladi. Bu hol havo pufakchalari tomonidan suyuqlikka shunday kuch ta'sir etishi natijasida suyuqlikni kapillyar naydagi harakat tezligi kamayadi yoki butunlay to'xtab qoladi.

Bunday hodisalar odamning qon aylanish tizimida ham yuz berishi mumkin.

Qonga kirib qolgan havo pufakchalari kichik qon tomirlarini to'sib qolishi va birorta organning qon bilan ta'minlanishidan mahrum etishi mumkin. Gaz emboliyasi deb ataladigan bu hodisa natijada jiddiy funksional shikastlanishga yoki hatto letall (o'lim) ga olib kelishi mumkin. Gaz emboliyasi yirik venalar jarohatlanganda hosil bo'lishi mumkin; bunda qon oqimiga kirib qolgan havo pufakchasi qonning harakatlanishiga to'sqinlik qiladi. Vena tomirlari ichiga turli xil dorivorlar quyishda havo pufakchalari kirib qolmasligi lozim.

G'avvoslar juda katta chuqurlikdagi suv ostidan tezlik bilan suv sathiga chiqarilganda ularning qonidan gaz ajralib chiqib, pufakchalar paydo bo'lishi, uchuvchilarda va kosmonavtlarda juda yuqori balandliklarda kabinalari va skafandrlarining germetikligi ishdan chiqishida gaz emboliyasi yuz berishi mumkin. Bu hol qon tarkibidagi suyultirilgan gazlarning, atrofdagi atmosfera bosimining keskin kamayishi tufayli erkin holga, ya'ni gaz holatiga o'tishidir. Qon tarkibidagi gazlar bosimining asosiy qismini azot tashkil etganligi tufayli bosimning keskin kamayishida gaz pufakchalarining qonda paydo bo'lishida ham azot yetakchi rolni o'ynaydi, chunki u organizm va uni o'rab olgan havo bilan gaz almashinuvi jarayonida ishtirok etmaydi.

§ 5.7. Tirik organizmda issiqlik almashinishining biofizik asoslari

Ma'lumki, parrandalar va sut emizuvchilar atrof-muhit harorati o'zgarsa ham tana haroratini doimiy saqlab turadi. Buning uchun quyidagi shart bajarilishi kerak, issiqlik yo'qotish issiqlik hosil bo'lishiga teng bo'lishi kerak. Hayvon ichida yuzaga kelgan issiqlik teriga qisman to'qimalar orqali atrof-muhitga chiqariladi. Issiqlik almashinish jarayoniga quyidagi tashqi faktorlar ta'sir ko'rsatadi: havo harorati, konveksiya, nurlanish va boshqalar. Havo uchun issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti 0,024 Vt/m.K. Yog' to'qimasi uchun 0,025, metall uchun 40-400 Vt/m.K. Tevarak atrof muhit haroratining ko'tarilishi, ya'ni havo va tana haroratlari orasidagi farqning kamayishi, issiqlik o'tkazuvchanlikning oshuvini talab qiladi. Aksincha, havoning ancha past harorati issiqlik o'tkazuvchanlikni ma'lum chegarada o'zgartirishi mumkin. Buning uchun tana sirtiga qonning oqib

kelishini o'zgartirish yoki tashqariga qaraganda tana qismlarining sirtini oshirish bilan (qo'l-oyoqlarning jun bilan qoplangan qismini ochish) teriga qonning oqib kelishini cheklash tananing ichki qismidan issiqlikning yuzaga chiqishini chegaralaydi. Junni va patni o'stirish issiqlik himoyalashni kuchaytiradi. Tanani gujum qilish uning ochiq qismi sirtini kamaytiradi va shu bilan issiqlik yo'qotishni kamaytiradi. Havo isiganda tovuqlar, kabutarlar qanotini yoyishadi. Bu usul ham ma'lum darajada samara beradi. Harorati ma'lum qiymatdan past bo'lgan hayvonlar o'z haroratini issiqlik vujudga keltirishini oshirishi tufayli saqlab turadi. Tirik organizmdagi to'qimalar issiqlik o'tkazuvchanligi turlichadir. Bu esa organizmning issiqlik rejimi uchun muhimdir. Muskul to'qimasining ancha katta issiqlik o'tkazuvchanlikka ega bo'lishi ($0,5 \text{ Vt/m.K}$) issiqlik tezda ichki organlardan tashqi organlarga o'tkazilishiga yordam beradi. Masalan, tashqi muhit sovuq bo'lganda yog' qatlami issiqlikning chiqib ketishiga to'sqinlik qiladi. Shu sababli sovuq yurtlarda yashovchi hayvonlar ancha katta teri osti yog' qatlamiga ega. Masalan, pingvinning teri osti yog' qatlami massasi 10-15 kg ga teng bo'lib, uning o'zining massasi 30-35 kg. Xuddi shunday jun qatlami qalinligi ham katta rol o'ynaydi.

Organizmda issiqlik muvozanatini aniqlovchi to'rt xil mexanizm mavjud. Bulardan biri issiqlik o'tkazuvchanlikdir. Issiqlik o'tkazuvchanlikda atom, molekula yoki erkin elektronlar o'zlarining kinetik energiyasini kichik energiyali zarrachalarga beradi. Issiqlik o'tkazuvchanlik har xil jismlarda har xildir.

Issiqlik o'tkazuvchanlikni harakterlovchi kattalik issiqlik o'tkazuvchanlik ko'effisiyentidir. Quyidagi jadvalda ba'zi moddalar issiqlik o'tkazuvchanlik ko'effisiyentlari keltirilgan.

5.2-Jadval

T/r	Modda	$c, \text{Vt/m} \cdot \text{K}$
1	Quruq havo	0,024
2	Jun mato	0,025
3	Yog' to'qimasi	0,17 – 0,21
4	Odam epidermisi	0,25
5	Muskul to'qimasi	0,50
6	Suv	0,585
7	Metall	40 dan 400 gacha

Jadvaldan ko'rinadiki eng yaxshi issiqlik o'tkazuvchi modda bu metalldir. Unda issiqlikni katta harakatchanlikka ega bo'lgan elektronlar tashiydi. Gazlar esa eng kichik issiqlik o'tkazuvchanlikka ega. Tirik organizmda to'qimalar turli issiqlik o'tkazuvchanlikka ega. Eng yaxshi issiqlik o'tkazuvchanlikka muskul to'qimalari ega bo'lib unda qon o'tuvchi tomirlar ko'p bo'lib, ichki organlardan tashqariga issiqlikni tezda chiqaradi va organizmni ortiqcha isib ketishdan saqlaydi. Aksincha, tashqi muhit harorati past bo'lganda yog' to'qimalari issiqlikning tashqariga chiqib ketishiga to'sqinlik qiladi. Shu sababli shimolda yashovchi hayvonlar yog' qatlami qalin bo'ladi.

Issiqlik konveksiya yo'li bilan ham uzatilishi mumkin. Ayniqsa, gaz va suyuqliklarda bu yaxshi namoyon bo'ladi. Sovuq qatlamlar pastga qarab, issiq qatlamlar esa yuqoriga qarab harakat qiladi. Konveksiya vaqtida beriladigan issiqlik oqimi intensivligi yuza harorati farqiga proporsionaldir.

$$I_0 = L(T_{yo} - T_g) \quad (5.51)$$

Bunda L – konveksiya vaqtidagi issiqlik uzatish koeffitsiyenti, T_{yu} -yuza xarorati, T_g -moddaning o'rtacha xarorati.

Konveksiya koeffitsiyenti tashqi muhit bosimi oshishi hamda havo tezligiga proporsional oshib boradi. Konveksiya ham issiqlik o'tkazuvchanlik kabi harorat past tomonga qarab yuz beradi. Agarda atrof-muhit harorati hayvon haroratiga teng yoki yuqori bo'lsa, u holda konveksiya va issiqlik o'tkazuvchanlik issiqlik oqimi yuzaga keltiradi. U esa organizm ichiga yo'nalgan bo'lib, ma'lum sharoitda organizmning o'ta isishiga va hayvonning halok bo'lishiga olib keladi (oftob urishi).

Har qanday atom va molekula elektromagnit energiya nurlaydi va o'zi bilan ichki energiyaning bir qismini olib ketadi. Ichki energiya oshishi bilan nurlanish intensivligi ham oshib boradi.

Xuddi shunday moddaga tushgan nurlanish uning haroratini oshiradi. Muhim tomoni nurlanish havosiz joyda ham tarqalish xususiyatiga ega. Issiqlik nurlanishi har qanday haroratda har qanday jismda yuz beradi.

Agarda hayvon terisi harorati T_T va havo harorati T_h – desak u holda natijaviy issiqlik oqimi intensivligi

$$I_{hyp} = e\sigma(T_T^4 - T_x^4) \quad (5.52)$$

Bunda σ - Stefan-Bolsman doimiysi, e - dielektrik kirituvchanlik. Issiq qonli hayvonlar uchun issiqlik uzatish 50 – 60% gacha boradi.

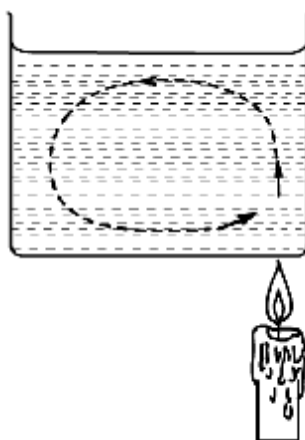
Organizmdan ko'p miqdordagi issiqlik bug'lanish orqali chiqib ketadi. Masalan, odam nafas chiqarish bilan sutkasiga 0,35 kg va normal terlashda 0,5kg suvni chiqarib yuboradi. Agar suvning solishtirma bug' hosil bo'lish issiqligini $2,52 \cdot 10^6 \text{ Ж/кг}$ desak u holda bo'g'lanish orqali yo'qotiladigan issiqlik $0,85 \cdot 252 \cdot 10^6 = 2 \cdot 10^6 \text{ Ж}$ Bu esa organizmdagi issiqlik zaxirasining 30% ni tashkil qiladi. Bug'lanish tashqi haroratga va namlikga bog'liq bo'ladi. Yerdagi hayvonlar uchun muhitning normal namligi 40 – 50% ga teng. Katta namlikda bug'lanish sekinlashadi va demak, issiqlik ajratishni ham kamaytiradi va organizmning ortiqcha isishiga olib keladi. Shu sababli odamlarning namlik katta bo'lgan subtropik hududlarda yashashi qiyin. Namlik 40%dan kam bo'lsa organizm ko'p suyuqlikni yo'qotadi. Shu sababli normal namlikni molxonalarda saqlashga harakat qilish kerak.

Issiqlik yo'qotish fiziologik jarayon aktivligiga ham bog'liqdir. Masalan, bir kunda 12 litr sut beradigan sigir $1m^2$ tanasidan soatiga 190 g suv bug'laydi ($4,6 \cdot 10^5 \text{ Ж}$), agarda bir kunda 25 litr sut bersa – 290 g ($7 \cdot 10^5 \text{ Ж}$) suv yo'qotadi.

Bizga ma'lumki, agarda suvda cho'milganda qaltirasak, u holda issiqlik mahsuldorligimiz oshadi, chunki himoyalovchi mexanizm yetishmaydi. Katta

jonivorlar ancha qulay sharoitda bo'ladi. Birinchidan, ularning tana sirti hajmiga nisbatan kichik bo'lsa, ikkinchidan, ularning juni ancha qalin bo'ladi. Shu sababli tana o'lchami kamayishi bilan issiqlik o'tkazuvchanlik issiqlik mahsuldorligiga qaraganda tez kamayadi. Natijada katta hayvonlar past haroratlarga chidamliroq bo'ladi. Kichik hayvonlar pulsi katta bo'ladi.

Molxonalarda tashqi harorat – 25°S bo'lganda ichkarida harorat 10°S, namlik maksimal 85%, minimal 40% bo'lishi kerak. Agar harorat pasaysa va namlik oshsa, u holda sigirlar suti 30-40%, semirish darajasi 40-50% gacha kamayadi. Qish vaqtida havo almashtirilib turilishi kerak. 100 kg massaga 17 m³/soat bo'lishi kerak. Shamol tezligi uncha katta bo'lmasligi kerak, ya'ni 0,5 m/s dan 1 m/s gacha, tovuqxonalarda esa 1 kg og'irlik uchun 0,7 m³/soat havo almashtirish zarur. Quyidagi rasmda suv to'ldirilgan menzurkada konveksiya hodisasining kechish jarayoni tasvirlangan. Konveksiya atmosfera va okeanda issiqlik almashinishida muhim mexanizm hisoblanadi.



5.13-rasm. *Konveksion oqimni ifodalovchi chizma*

Test savollari

1. Keltirilgan formulalarning qay biri diffuziya (Fik) qonunini ifodalaydi?

- a) $F = ma$
- b) $M = D \frac{ds}{dx} \cdot S \cdot \Delta t$
- c) $Q = \kappa \frac{dT}{dx} \cdot S \cdot \Delta t$
- d) $F = h \frac{dJ}{dx} \cdot S$

2. Diffuziyada qaysi fizik kattalik ko'chadi?

- a) energiya;
- b) harorat;
- c) impuls;
- d) massa.

3. Quyidagi formulalarning qaysi biri issiqlik o'tkazuvchanlik (Furye) qonunini ifodalaydi?

- a) $D = \frac{1}{3} \cdot \bar{J} \cdot \bar{l}$
- b) $M = D \frac{dq}{dx} \cdot S \cdot \Delta t$
- c) $Q = K \frac{dT}{dx} \cdot S \cdot \Delta t$
- d) $F = h \cdot \frac{dJ}{dx} \cdot S$

4. Issiqlik o'tkazuvchanlikda qaysi fizik kattalik ko'chadi?

- a) tezlik;
- b) zichlik;
- c) energiya;
- d) massa.

5. Issiqlik o'tkazuvchanlik hodisasi sodir bo'lishi uchun qaysi fizik kattalikning gradiyenti mavjud bo'lishi kerak?

- a) zichlik;
- b) harorat;
- c) to'liq;
- d) energiya.

6. Hayvonlardagi jun qatlamining asosiy vazifasi nimadan iborat?

- a) issiq va sovuqdan himoya qilish;
- b) sovuqdan himoya qilish;

- c) issiqdan himof qilish;
- d) tabiat in'omi.

7. Ichki ishqalanish (Nyuton) formulasini ko'rsating?

- a) $M = D \frac{dq}{dx} \cdot S \cdot \Delta t$
- b) $Q = K \frac{dT}{dx} \cdot S \cdot \Delta t$
- c) $F = h \frac{dJ}{dt} \cdot S$
- d) $D = \frac{1}{3} \bar{J} \cdot \bar{l}$

8. Yopishqoqlik koeffisiyenti SI tizimda qanday birliklarda o'lchanadi?

- a) Puaz
- b) Pa.s.
- c) $\kappa z / m \cdot c$
- d) m/s^2

9. Ko'chishning qanday turlarini bilasiz?

- a) issiqlik o'tkazuvchanlik;
- b) diffuziya;
- c) ichki ishqalanish;
- d) hammasi to'g'ri.

10. Quyidagi formulalardan qay biri Vant-Goff qonunini ifodalaydi?

- a) $r = qgh$
- b) $r = \frac{cRT}{M}$
- c) $r = s \frac{RT}{V}$
- d) $r = \frac{3}{2} n_0 \bar{W}$

11. Sirt taranglik koeffisiyenti deb nimaga aytiladi?

- a) yuza birligiga ta'sir etuvchi kuchga;
- b) kontur uzunligiga ta'sir etuvchi kuchga;
- c) yerning tortish kuchiga;
- d) og'irlik kuchiga.

12. Yog' to'qimasi issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisiyenti qiymatini ko'rsating?

- a) $0,024 \frac{Bm}{m \cdot \kappa}$
- b) $0,025 \cdot \frac{Bm}{m \cdot \kappa}$
- c) $40 \frac{Bm}{m \cdot \kappa}$
- d) $10 \frac{Bm}{m \cdot \kappa}$

13. Qish vaqtlarida molxonalarda 100 kg massali mollar uchun necha metr kub havo almashtirish zarur?

- a) $7 \text{ m}^3/\text{soat}$
- b) $17 \text{ m}^3/\text{soat}$
- c) $27 \text{ m}^3/\text{soat}$
- d) $3 \text{ m}^3/\text{soat}$

14. Issiqlik muvozanati nima?

- a) tizimga berilgan issiqlik miqdori;
- b) tizimga kelgan va sarf bo'lgan energiyalarning tengligi;
- c) tizim va tashqi muhit haroratlarining tengligi;
- d) tizimning sarf qilgan energiyasi.

15. Jyuren formulasini ko'rsating?

- a) $h = \frac{2d \cos a}{pgr}$
- b) $\Delta p = \frac{2d}{r}$
- c) $p = pgh$
- d) $p = \frac{CRT}{M}$

SINOV SAVOLLARI:

1. Ko'chish hodisasini ta'riflang?
2. Ko'chish hodisasining qanaqa turlarini bilasiz?
3. Fik, Furiye va Nyuton qonunlarini tushuntiring?
4. Biologik tizimlar: o'pka, qon tomirlari, oshqozon, ichak va teri qatlamlarida ko'chish xodisasi qanday ro'y beradi?
5. Tirik organizmda issiqlik almashish jarayoni qanday ro'y beradi?
6. Konveksiya. Konveksion oqim nima?
7. Ko'chish hodisasi tirik organizm uchun qanday ahamiyatga ega?
8. Molxona va parrandaxonalarda namlik va harorat qanday bo'lishi kerak?
9. Hujayra membranasi mexanikasini tushuntiring?
10. Tirik organizmda issiqlik muvozanati qanday saqlanadi?

VI bob. BIOLOGIK JARAYONLAR TERMODINAMIKASI

§ 6.1. Termodinamik jarayonlar va tizimlar

Organizmدا moddalar almashinuvi energiyaning bir turdan ikkinchi turga o'tish jarayonlari bilan birga davom etadi. Energiya va moddalar almashinuvi hayot faoliyatining asosida yotgan yagona jarayondir. Tirik organizm oziq moddalarning kimyoviy energiyasini sarflaydi va energiyaning shu turini organizm tomonidan bajariladigan barcha ish jarayonlari energiyasiga aylantirib ortiqcha miqdordagi issiqlikni tashqariga chiqaradi.

Termodinamika – energiyani bir turdan ikkinchi turga o'tishini, ya'ni energiya transformasiyasini o'rganadigan fizikaning bo'limidir. Termodinamik tizim deyilganda ichida ro'y beradigan jarayonlarni o'rganib chiqish osonroq bo'lishi uchun atrofdagi fazodan shartli ravishda ajratib qo'yilgan jism yoki jismlar yig'indisi tushuniladi. Tizimning holati esa barcha fizik va kimyoviy xossalarga bog'liq bo'ladiki, bu xossalarning o'zgarishi tizim holatining o'zgarishiga olib keladi.

Tizim holatining ana shunday parametrlari jumlasiga harorat T , bosim R , hajm V , massa M , ichki energiya U , konsentrasiya S , entropiya S va boshqalar kiradi.

Mana shu parametrlardan birortasi o'zgarganda tizim holatining o'zgarishi termodinamik jarayon deb yuritiladi. Termodinamik jarayon bir qancha kattaliklarni ichki energiya o'zgarishi, erkin energiya o'zgarishi, reaksiyalarning issiqlik effekti va boshqalarni xarakterlab beradi. Termodinamik tizimlar izolyasiyalangan (alohida) yopiq va ochiq tizimlarga bo'linadi.

Izolyasiyalangan tizimlar shunday tizimlarki, ular tashqi muhit bilan energiya bilan ham, modda bilan ham almashinilmaydi. Ularda energiya va massa o'zgarmay qoladi. Yopiq tizimlar tashqi muhit bilan faqat energiya almashinib turadigan tizimlardir. Bunday tizimlarning massasi doimiy bo'ladi-yu, lekin energiyasi o'zgarib turishi mumkin. Atrofdagi muhit harorati ko'tarilganda atrofdan issiqlik oladigan muhit harorati pasayganda esa issiqlik chiqaradigan har qanday jismni yopiq tizim deb qarash mumkin, yopiq tizim unga tashqi muhitdan o'tgan energiya hisobiga yoki o'zining ichki energiyasi hisobiga ish bajaradi.

Ochiq tizimlar – boshqa tizimlar bilan modda ham, energiya ham almashina oladigan tizimlardir, ya'ni bunday tizimlarda massa ham energiya ham o'zgarib turadi.

Tirik organizmlar ochiq termodinamik tizimlar jumlasiga kiradi, chunki ularning o'ziga xos xususiyati atrofdagi muhit bilan modda va energiya almashinib turadi. Biroq tirik organizmlarni faqat ochiq tizimlar deb qarash uncha to'g'ri emas, chunki ular beshta asosiy belgisi bilan boshqa ochiq tizimlardan farq qiladi:

- tirik organizmlar oqsil jismlarning tirik organizmda tashkil qiluvchi boshqa moddalar bilan birgalikda alohida yashash shaklidir;

- ular o'z-o'zidan ko'payish qobiliyatiga ega;
- tirik organizmlar o'z-o'zidan rivojlanish qobiliyatiga ega;
- tirik tizimlarda polyarizasion sig'imning mavjudligi;
- tirik tizimlar molekulalarining disimmetrikligi.

Tirik organizmlarda ro'y berib turadigan energetik jarayonlar ham xuddi tirikmas tizimlarda bo'ladigan energetik jarayonlar singari termodinamikaning umumiy qonunlariga bo'ysunadi. Termodinamika energiyaning bir turdan ikkinchi turga aylanish jarayonlariga bo'ysunadigan asosiy qonunlarini belgilab beradi.

Termodinamika jismlarning mikroskopik tuzilishini hisobga olmagan holda, ular orasida energiya almashinuvi mumkin bo'lgan tizimlarni qarab chiquvchi fizika bo'limidir. Termodinamik tizimning holati asosan bosim, hajm, harorat kabi fizik kattaliklar bilan aniqlanadi. Shu sababli umumiy holda $f(PVT)=0$ termodinamik tizimning holat tenglamasi deyiladi. Tizimning bir holatdan ikkinchi holatga o'tishiga termodinamik jarayon deyiladi. Energiya bir jismdan ikkinchi jisimga ikki xil usulda o'tadi, ya'ni ish bajarganda va issiqlik almashganda.

Agarda termodinamik tizim tashqi muhit bilan modda alma-shinuviga (energiya va impuls) ega bo'lsa, bunday tizimga ochiq termo-dinamik tizim deyiladi.

Agar termodinamik tizim tashqi muhit bilan modda almashmasa, bunday tizimga yopiq termodinamik tizim deyiladi.

Agar tizimga berilgan energiya va sarf bo'lgan energiya o'zaro teng bo'lsa, bu holga issiqlik muvozanati holati deyiladi.

Har bir oziq- ovqatning kalloriyaligi mavjud: Masalan, oqsil 24,3 MJ/kg, uglevodlar 17,6 MJ/kg, yog'lar 38,9 MJ/kg. Ana shular hisobida organizmda issiqlik muvozanati saqlanadi. 6.1 - jadvalda odam organizmi issiqlik muvozanatini keltiramiz.

6.1-jadval

Issiqlik kelishi	Q kJ	Issiqlik sarfi	Q kJ
Oqsil(56,8 g)	993	Issiqlik chiqishi	5757
Yog'lar(140 g)	5476	Gaz chiqarish	180
Uglevodlar (79,9)	1404	nafas chiqarish	758
		tanadan bug'-lanish	951
		turli tuzatishlar	46
Jami	7873	Jami	7788

§ 6.2. Biologik tizimlarda energiyaning saqlanish qonuni

Biologik tizimlar ochiq tizimga kiradi, chunki tashqi muhitdan qabul qilingan mahsulot hisobiga organizm rivojlanadi va yashaydi, ya'ni modda almashinuvi doimo yuz berib turadi. Umuman tirik organizm stasionar holatda bo'lmaydigan rivojlanuvchi tizimdir. Ammo odatda kichik vaqt oralig'ida biologik tizimlar holatini stasionar holat deb olish mumkin. Stasionar holatda bo'lganda tizimning turli qismlaridagi parametr-larning qiymatlari odatda bir-biridan farq qiladi: odam tanasining turli qismlari harorati, biologik membrananing turli qismlaridagi diffuziyalanuvchi molekulalar konsentrasiyasi va hokazolar. Shunday qilib, tizim

ayrim parametrlarining gradiyenti doimiy tutib turiladi, shu sababli kimyoviy reaksiyalar o'zgarimas tezlik bilan o'tishi mumkin. Har qanday real termodinamik tizim ochiq tizimdir, lekin ma'lum vaqt oralig'ida ideal model yopiq tizim deb olish mumkin. Yopiq tizimning atrofidagi jismlar bilan o'zaro ta'sirini batafsilroq qarab chiqamiz. Issiqlik jarayonlari uchun energiyaning saqlanish qonuni termodinamikaning birinchi qonuni kabi ta'riflanadi.

Tizimga berilgan issiqlik miqdori tizimning ichki energiyasining o'zgarishiga va tizim bajaradigan ishga ketadi.

$$Q = \Delta U + A \quad (6.1)$$

Biz tizimning ichki energiyasi deganda, uni tashkil etuvchi zarra-chalarning kinetik va potensial energiyalari yig'indisi tushuniladi. Ideal gaz molekullari o'zaro ta'sirlashmaydi, shuning uchun uning potensial energiyasi nolga teng. U holda $U = \text{Yek}$ bo'ladi. Ichki energiya tizimning holat funksiyasi bo'lib, berilgan holat uchun ma'lum qiymatga ega bo'ladi.

$$\Delta U = U_2 - U_1 \quad (6.2)$$

Issiqlik miqdori va ish holat funksiyasi emas, balki jarayon funk-siyasidir. Shu sababli Δu issiqlik miqdori Δ siz yoziladi.

Q va A ning juda kichik qiymatlari uchun

$$dQ = dU + dA \quad (6.3)$$

Agar gaz har biri i erkinlik darajasiga ega bo'lgan molekullardan iborat bo'lsa, u holda ichki energiya

$$U = \frac{i}{2} RT = C_v T \quad (6.4)$$

Bunda $C_v = \frac{i}{2} R$ o'zgarimas xajmdagi issiqlik sig'imi. R - universal gaz doimiysi. Izojarayonlar uchun termodinamikaning birinchi qonuni tadbiq etilsa, agarda $V = \text{const}$ bo'lganda, ya'ni gaz xajmi o'zgarimasa, u ish bajarmaydi. Demak (6.3)ni

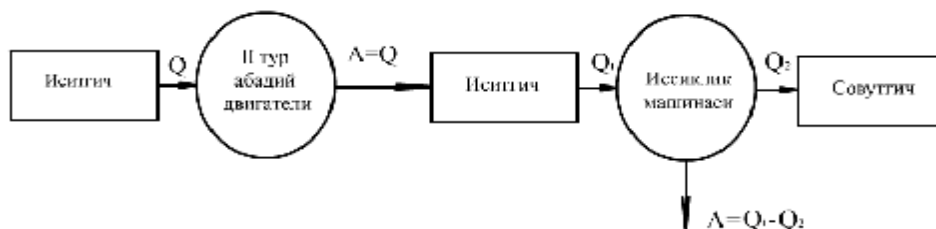
$$Q = \Delta U \text{ yoki } dQ = dU \quad (6.5)$$

yuqoridagi kabi yozish mumkin, ya'ni izoxorik jarayonda gazga berilgan issiqlik miqdori, uning ichki energiyasining oshirishga sarflanadi. Agarda $P = \text{const}$, bo'lsa, ya'ni izobarik jarayonda tenglama ko'rinishi (6.3) formula kabi bo'ladi. Agar $T = \text{const}$, ya'ni izotermik jarayonda $Q = A$ yoki $dQ = dA$ bo'ladi. Tashqi muhit bilan issiqlik almashmasa, ya'ni $dQ = 0$ adiabatik jarayonda bajarilgan ish ichki energiya o'zgarishi hisobiga bo'ladi.

$0 = A + \Delta U$ yoki $A = -\Delta U$ $dA = -dU$ o'zgarimas hajmdagi issiqlik sig'imidan tashqari S_r issiqlik sig'imi ham mavjud bo'lib, ular orasida oddiy munosabat bor, ya'ni bunga Mayer tenglamasi deyiladi.

$$C_p = C_v + R \quad (6.6)$$

Energiyaning saqlanish qonuni hisoblangan termodinamikaning birinchi qonuni jarayonlarning borishi mumkin bo'lgan yo'nalishlarni ko'rsatmaydi. Masalan, termodinamikaning birinchi qonuniga binoan issiqlik almashinishda issiqlikning issiqroq jismdan sovuqroq jismga o'z-o'zidan o'tishi mumkin bo'lganidek, buning teskarisi, issiqlikning sovuqroq jismdan issiqroq jismga o'tishi mumkin. Lekin kundalik hayotda ikkinchi



6.1-rasm. Issiqlik mashinasining chizmasi.

jarayon o'z-o'zidan yuz bermaydi. Masalan, xona ichidagi havoni sovitish hisobiga choynakdagi suv o'z-o'zidan isimaydi.

Termodinamikaning ikkinchi qonuni shu savollarga javob beradi. Termodinamika ikkinchi qonunning bir qancha ta'riflari mavjud.

1. Klauzius ta'rifi: issiqlik o'z-o'zidan harorati past jismdan harorati yuqori bo'lgan jismga o'ta olmaydi.

2. Tomson ta'rifi: ikkinchi tur abadiy dvigatel bo'lishi mumkin emas, ya'ni bir jismning sovishi hisobiga issiqlikning ishga aylanishi mumkin bo'lgan yagona davriy jarayon bo'lishi mumkin emas.

Issiqlik mashinasida berilgan issiqlik miqdori hisobiga ish bajariladi, lekin bunda issiqlikning bir qismi albatta sovutgichga o'zatiladi.

Issiqlik mashinasining foydali ish koeffitsiyenti quyidagi formula bilan hisoblanadi.

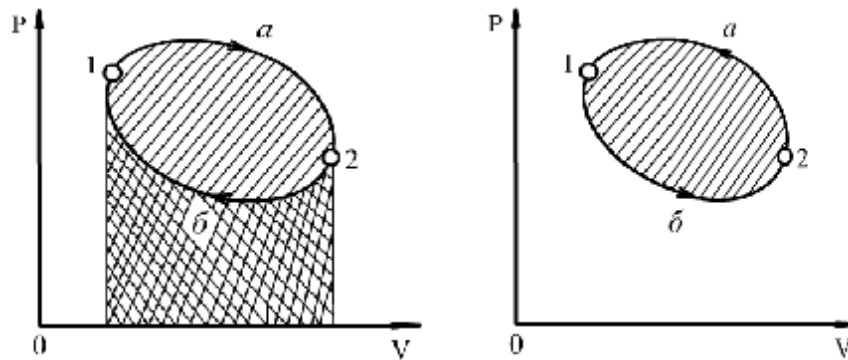
$$h = \frac{A}{Q_1} \quad (6.6)$$

§ 6.3. Ochiq tizimlar uchun entropiya

Ishchi modda tomonidan olingan yoki berilgan issiqlik miqdorining issiqlik almashinish jarayonidagi haroratiga nisbati keltirilgan issiqlik miqdori deyiladi, ya'ni $\frac{Q}{T}$

Demak, kichik sikllar uchun ifodani yozish mumkin.

$$\oint d\frac{Q}{T} = 0 \quad (6.7)$$



6.2-rasm. Termodinamik tizimda bajarilgan ishni hisoblash chizmasi. Bunda P -bosim, V -xajm

Jarayon yoki ko'chishga bog'liq bo'lmagan fizik karakteristikalar odatda tizimning vaziyatiga yoki boshlang'ich va oxirgi holatiga mos keluvchi biror funksiya ikki qiymatining ayirmasi kabi ifodalanadi. Qaytuvchi jarayon uchun keltirilgan issiqlik miqdorining yig'indisini tizim holatining entropiyasi deb ataluvchi biror funksiya ikki qiymatining ayirmasi kabi ifodalash mumkin:

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{dQ}{T} \quad (6.8)$$

Bu yerda S_2 va S_1 tizimning oxirgi va boshlang'ich holatlariga mos keluvchi entropiyasi. Shunday qilib, entropiya tizimning holat funksiyasi bo'lib, ikki holat uchun entropiya qiymatlarining ayirmasi tizimning bir holatidan boshqa holatiga qaytuvchi o'tishlaridagi keltirilgan issiqlik miqdorlarining yig'indisiga teng. Molekulyar-kinetik nazariya bo'yicha entropiya tizim zarralari tartibsizligining o'lchovi deb olish mumkin. Tizimdagi tartibsizlik miqdoran termodinamikaviy ehtimollik W_{map} bilan harakterlanadi.

Bolsman entropiyaning termodinamikaviy ehtimollikning logarif-miga proporsional ekanini aniqladi:

$$S = k \ln W_{map} \quad (6.9)$$

k – Bolsman doimiysi.

Termodinamikaning ikkinchi qonuni birinchi qonuni to'ldirgani kabi, entropiya ham energiya tushunchasini to'ldiradi. Ochiq tizimning holati termodinamik muvozanatda tekshiriladi. Agarda termodinamik tizimning holati muvozanat holatidan ozgina farq qilsa, uni xuddi muvozanat holatidagiday parametrlar bilan xarakterlash mumkin. Bunday tizimning tartibsizlik darajasi entropiya bilan aniqlanadi. Ochiq tizimning entropiyasi muvozanat bo'lmagan holatda tizimga energiya va modda kelishi munosabati bilan entropiyasi oshadi. Termodinamikaning ikkinchi asosiga binoan yopiq izolyasiyalangan tizim entropiyasi oshib boradi va o'zining maksimumiga intiladi. Ochiq tizimda esa doimiy entropiyali turg'un holat bo'lishi mumkin. Organizm – turg'un tizim uchun $dS = 0$, $S = const$, $dS_i > 0$, $dS_e < 0$ deb yozish mumkin. Bunda dS_i - tizimdagi qaytmas jarayonlar bilan bog'liq bo'lgan entropiyaning o'zgarishi dS_e - tizimning tashqi

muhit jismlari bilan ta'sirlashuvi tufayli yuzaga kelgan entropiyaning o'zgarishi quyidagicha hisoblanadi.

$$dS = dSi + dSe \text{ yoki } dSe = dS - dSi \quad (6.10)$$

Bu esa tizimga o'tayotgan mahsulotdagi (modda va energiya) entropiya tizimdan chiqayotgan mahsulotdagi entropiyadan kichik ekanligini bildiradi.

Prigojin turg'un holat uchun entropiyaning minimumi hosil bo'lish prinsipini tariflab, ayrim funksiyalarning ekstremal qiymatlarini ko'rsatdi.

Organizm atrof-muhit entropiyasi izolyasiyalangan tizimdagi kabi ortib boradi, ammo bunda organizmning entropiyasi o'zgarmas saqlanib qoladi. Entropiya tizim tartibsizligining o'lchovidir. Shu sababli organizmning tartibligi atrof-muhit tartibligining kamayishi hisobiga saqlanadi.

Ayrim kasalliklar holatlarida biologik tizimlar entropiyasi oshishi mumkin ($dS > 0$), bu turg'un holatning bo'lmasligi tartibsizlikning yo'qligi bilan bog'liq. Masalan, rak kasalliklarida hujayralarning tartibsiz ravishda ko'payib ketishi yuz beradi.

(6.10) ifodani quyidagi ko'rinishda yozish mumkin.

$$\frac{dS}{dt} = \frac{dSi}{dt} + \frac{dSe}{dt} \quad (6.11)$$

turg'un holat uchun esa

$$\frac{dSi}{dt} = -\frac{dSe}{dt} \quad (S = \text{const} \frac{dS}{dt} = 0) \quad (6.12)$$

Prigojin prinsipiga muvofiq $\frac{dSi}{dt} > 0$ va minimaldir, demak $\frac{dS}{dt}$ ham minimal qiymatga ega bo'ladi.

Bundan quyidagi xulosa chiqadi; atrof-muhit entropiyasining o'zgarishi organizmning turg'un holati saqlanib qolgan holda ham minimumga ega. Tirik tizimlar (hujayra, a'zolar, organizm) ishlab turishi asosi – diffuzion jarayonlar biokimyoviy reaksiyalar, osmotik hodisalarning va hokazo shunga o'xshash jarayonlarning yuz berishi sharoitida turg'un holatini quvvatlab turishidan iboratdir.

§ 6.4. Veterinariyada termodinamik davolash usullardan foydalanish

Tibbiyot va veterinariyada termodinamik davolash usullari keng qo'llanilmoqda. Organizmga sekinlik bilan qo'shimcha issiqlik berish bilan bir qancha kasalliklarni davolash mumkin. Buning uchun o'ziga issiqlik energiyani to'plab, so'ng asta-sekin beradigan materiallardan foydalaniladi. Masalan, jadvalda shunday moddalar keltirilgan.

6.2-jadval

Modda	$S_1 \text{ kJ/k}^2 \cdot K$	$I_1 \text{ Vt/m}^2 \cdot K$
Suv	4,19	0,58

Loyqa	2,09	0,70
Torf	3,85	0,42
Parafin	3,23	0,23
Ozekrit	3,35	0,15

Bu usuldan qishloq xo'jalik hayvonlarini davolashda keng qo'llanil-moqda. Masalan, muskullar shamollashida, revmatizm kasalliklarida va hokazo. Parafin va ozekerit 85°S gacha isitilishi mumkin va u tanani kuydirmaydi, chunki tanaga tekkan qismi tezda 45°S gacha sovuydi va issiqlik o'tkazuvchanligi yomonligi sababli ichki qismlar harorati saqlanib asta-sekin tanaga beriladi. Parafin, ozekerit yordamida hayvonlarda mastit, ginekologik kasalliklarini davolashda keng qo'llaniladi.

Hayvonlarda tana haroratini doimiy saqlash xususiyati ularning gipotalamusida issiqlikni boshqaruvchi markazlarning borligi sababdir. Bunda uzatgichlar rolini teri va shilimshiq pardalarda joylashgan maxsus reseptorlar o'ynaydi. Tanada haroratning oshishi yoki pasayishida bu reseptorlarda seskanish yuz beradi va nerv tizimida issiqlik oqimini ichkariga yoki tashqariga yo'naltiradi.

Teri issiqlik almashishda (70%), asosiy rolni o'ynaydi shu sababli unga issiq yoki sovuq bilan ta'sir qilib issiqlik almashinishni boshqarish mumkin. Masalan, issiqlik ta'sirida ter chiqishi oshadi va bu issiqlik almashinishni yaxshilaydi va organizmdan zaharli moddalarning chiqib ketishini ta'minlaydi. Tanaga sovuqlik ta'sir qildirib og'riqni kamaytirish usuli ko'pchilikka ma'lum. Organizm sovuq qotganda qonning zichligi va yopishqoqligi ortadi. Davolash maqsadida o'zida issiqlikni uzoq vaqt saqlab qoladigan, katta solishtirma issiqlik sig'imiga ega bo'lgan moddalardan foydalaniladi. Masalan, suv yordamida vanna qabul qilish va boshqalar.

Torf va loyqa yordamida davolashda u nafaqat issiqlik ta'siri, balkim mexanik ta'siri ham mavjuddir. Bundan tashqari loyqa tarkibidagi ba'zi foydali kimyoviy elementlar ham teri orqali organizmga kiradi. Konveksiya yo'qligi tufayli uni ancha yuqori haroratgacha isitish mumkin. Tanaga tekkan qismi tezda tana haroratigacha soviydi, qolgan qismidagi issiqlik asta-sekin organizmga o'tadi.

Agar organizm tashqi muhit sharoitlarining o'zgarishida stasionar holatini saqlash imkoniyatiga ega bo'lmasa, bu holatdan chetlashsa, bu uning o'limiga olib keladi, chunki organizm bu vaziyatga tezda moslasha olmaydi, ya'ni sharoitning o'zgarishiga mos holda nisbatan tezlik bilan stasionar holatga o'ta olmaydi. Harorat har qanday fizik hodisaning asosini tashkil qiladi. Haroratni to'g'ridan-to'g'ri o'lchab bo'lmaydi. Ikki xil shkala mavjud. Selsiy – boshlang'ich nuqtasi muzning erish nuqtasi 0°S va suvning qaynash nuqtasi 100°S. Xuddi shunday absolyut harorat shkalasi boshlang'ich nuqta 0°K, ya'ni -273,15°S bitta reper nuqtaga ega. Harorat termometrlar yordamida o'lchanadi. Past harorat tibbiyotda tana ayrim qismlarini uzoq vaqt konservasiya qilish uchun ishlatiladi. Anestaziya xossasiga ega bo'lgan sovuq yordamida asab kasalliklariga tegishli bo'lgan odam bosh miyasidagi ayrim hujayralar yadrosini yo'q qilishda ishlatiladi. Masalan, parkinsonizm, mikrojarroxlikda nam to'qimalarning sovuq metall asboblarga yopishib qolishi usulidan foydalanib, bu to'qimalarni boshqa joyga ko'chirishda

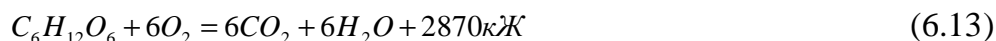
foydalaniladi. Krioterapiya, krijarroxlilik va shu kabi yangi terminlar yuzaga kelmoqda.

§ 6.5. Tirik organizmda issiqlik balansi

Tirik organizm ochiq termodinamik tizim hisoblanadi. Unda haroratni doimiy saqlab turish uchun tashqi muhit va organizm o'rtasida issiqlik almashib turishi zarur. XVIII – asrda fransuz kimyogari Lavuazye tassavvuriga binoan hayot bu «sekin yonish» jarayonidan iborat, ya'ni nafas olishda havodagi kislorodning vodorod va uglerodga qo'shilish reaksiyasi tufayli energiya chiqishdan iboratdir. XIX asrda yashagan nemis olimi Mayer xulosalariga binoan tirik organizmdagi oksidlanish reaksiyasida energiya qisman issiqlikka aylanadi, bir qismi esa ishga sarf bo'ladi. Demak, Mayer birinchi marta termodinamikaning birinchi qonunini tirik organizmga qo'llash mumkinligini aytgan va shu bilan bioenergetikaga asos soldi.

Hamma hayotiy jarayonlar asosini organizm qabul qilgan oziq- ovqatlarning parchalanishi va organizmda energiyaning yuzaga kelishi, hamda issiqlik ajralishi tashkil qiladi. Organizm qabul qilgan va ajratgan issiqlikni taqqoslash kerak. Bu ishni Gess qonuniga asosan amalga oshirsa bo'ladi. Turli xil ketma-ket holatlardan o'tuvchi kimyoviy reaksiyadagi issiqlik effekti kimyoviy tizim boshlang'ich va oxirgi holatlar energiyalari farqiga bog'liqdir. Gess qonuni oziq-ovqatlar kalloriyaligini aniqlashda ishlatiladi. Organizmda yuz beradigan asosiy reaksiya, bu glyukozaning oksidlanish reaksiyasidir.

Agar 1 mol glyukozani (0,18kg) 6 mol kislorodga (134,4l) qo'shsak, u holda 6 mol SO₂ (0,288kg) va 2870 kJ issiqlik ajraladi.



Tirik organizmda energiya almashinuvi

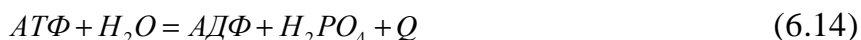
6.3-jadval

T/r	Energiya almashinuvi turi	Energiya almashinadigan organizm qismi
1	Kimyoviy energiyaning mexanik energiyaga o'tish.	Muskul to'qimasida
2	Kimyoviy energiyaning elektr energiyasiga o'tishi.	Hamma to'qimalarda
3	Kimyoviy energiyaning yorug'lik energiyasiga o'tishi.	Hashoratlar va baliqlar terisida.
4	Yorug'lik energiyasining kimyoviy energiyaga o'tishi	Ko'z to'qimasidagi fotoresep-torlarda, teri to'qimasida, bakteriyalarda, o'simlik barglarida (fotosintez)
5	Akustik to'lqinlar mexanik energiyasining elektr energiyasiga o'tishi.	Quloq ichidagi, Korti organida

6	Hamma energiyalarning issiqlik energiyasiga o'tishida	Hamma to'qima va hujayralarda.
---	---	--------------------------------

Demak, organizm 11 kislorod yutishda yoki 11 karbonat angidrid chiqarishda $2870/13,34 = 21,35$ kJ issiqlik chiqarar ekan. U holda har qanday jonzod uchun issiqlik chiqarishni 21,35 kJ ni yutgan kislorod yoki chiqargan karbonat angidridga ko'paytirish yo'li bilan aniqlash mumkin.

Issiqlik mashinasidagi kabi tirik organizmda ham oziq-ovqatlarning, ya'ni oqsil, uglevod va yog'larning hazm bo'lishida energiya ajralib chiqadi. Bundan tashqari o'simliklarda birlamchi energiya manbai bo'lib quyosh energiyasi hisoblanadi. Shu sababli karbonat angidrid va suvda uglevodorodlar hosil bo'ladi. Tirik organizmda energiyaning hosil bo'lishi murakkab biokimyoviy birikmalarda yuz beradi. Ulardan eng asosiysi adenozintrifosfor kislotadir (ATF). Bu birikma molekulasida adinin organik birikma, riobaza uglerodi va uchta fosfor kislotaga qoldig'idan iborat. Bular manfiy zaryadlangan bo'lib, ular orasida itaruvchi elektrostatik kuchlar ta'sir qiladi. ATF ning gidroliz paytida fosfat gruppining bog'lanishi susayadi va elektrostatik itarish kamayadi. Gidroliz tufayli hosil bo'lgan manfiy zaryadlangan radikallar o'z-o'zidan qayta hosil bo'lmaganligi sababli H^+ va OH^- eritma ionlariga qo'shilib ortofosfor kislotaga va adenozindifosfat (ADF) hosil qiladi. Demak, reaksiya sxemasi quyidagicha bo'ladi.



Qaytarilishda adenozinmonofosfat (AMF) hosil bo'ladi. ATF molekulasidagi mikroenergetik bog'lanish buzilishida 25 dan 33 kJ/mol chiqishga olib keladi. Oddiy murakkab efirlarning gidrolizi vaqtida esa atigi 8 dan 12 kJ/mol energiya chiqadi xolos. Termodinamik nuqtai nazaridan ATF molekulari energiyasi ko'p bo'lgan tizim turiga kiradi. ADF molekulasida esa kam energiyali tizimdir. ATFning sintezi mitoxondriya membranasida bo'ladi va fermentlar ta'sirida organik moddalar hazm bo'lishida ADF fosfor gruppalariga qo'shiladi.

To'qimalar turiga qarab ularda o'nlab, hattoki yuzlab mitoxondriyalar mavjuddir. O'simlik to'qimalarida ATF sintezi yorug'lik nuri ta'sirida hosil bo'ladi. Bu jarayon fotofosforlash deyiladi. Organik moddalarning sinteziga fotosintez deyiladi. Oziq ovqatlarning hazm bo'lishida hosil bo'ladigan energiya issiqlik ajratishga sabab bo'ladi. Bu issiqlikni shartli ikki turga bo'lish mumkin, ya'ni birlamchi (asosiy) va ikkilamchi (aktiv). Birinchisi oziq-ovqat hazm bo'lishi bilan ajraladi va u organizmni isitishga sarf bo'ladi. Tanada 50% energiya mikroenergetik bog'lanishlarda to'planadi va uning yordamida hayotiy zarur ishlar bajariladi (yurak ishi, muskullar ishi va hokozo).

Patologik o'zgarishlarda mikroenergetik bog'lanishlar hosil bo'lishi susayadi va shu sababli birlamchi issiqlikning sarfini oshiradi, bu esa tana haroratining oshuviga olib keladi.

Issiqlikning ajralishi asosan muskullarda, ichki organlarda yuz beradi va u hayvon turiga, yoshiga, o'lchamiga, jinsiga va boshqalarga bog'liq bo'ladi.

Umumiy ajratadigan issiqlik juda katta bo'lishi mumkin. Masalan, odam bir yilda 4 GJ issiqlik ajratishi mumkin.

1932 yilda M.Klayberning aniqlashicha xayvonlarining issiqlik maxsuldorligi, ya'ni birlik vaqt ichida ajralib chiquvchi issiqlik miqdori ($Q_T = Q/t$) uning massasi M ga to'g'ri proporsional va quyidagi empirik formula bilan ifodalanishi mumkin:

$$Q_T = kM^n \quad (6.15)$$

Bunda k – empirik koeffitsiyent, n –ko'rsatkich darajasi bo'lib, Klayber ma'lumoti bo'yicha 0,75 ga teng. Bu formulani logarifmlasak $\lg Q_T = \lg k + n \lg M$. Demak, logarifmik koordinatalarda bu bog'lanish to'g'ri chiziqli bo'ladi.

$q = \frac{Q_T}{Mt}$ - solishtirma issiqlik mahsuldorligi son jixatdan birlik vaqt ichida

xayvonning birlik massasi ajratib chiqaradigan issiqlik miqdoriga teng. A.I. Выховskiy fikricha tananing issiqlik maxsuldorligi tananing ikki a'zolarini xujayralarning o'zaro ta'siri va tananing barcha xujayralarining massasiga proporsionaldir, ya'ni uning umumiy massasi M tanani atrof-muxit bilan o'zaro ta'siriga, ya'ni tana yuzasiga to'g'ri proporsional yoki $S = \sqrt[3]{M^2}$. Shunday qilib

$Q_T = aM + bM^{2/3}$. Yuqoridagi formulalardan $q = a + \frac{b}{3\sqrt{M}}$ ni hosil qilamiz, bunda

a va b – doimiy kattaliklar bo'lib, tajribalar natijasida aniqlanishicha gomoyoterm xayvonlar uchun $a=41,9 \text{ кЖ} / \text{кг} \cdot \text{кУН}$ va $b=244 \text{ кЖ} / \text{кг}^{2/3} \cdot \text{кУН}$ ga teng.

Tajribalarning ko'rsatishicha tana massasi oshishi bilan issiqlik mahsuldorligi kamayib boradi. Bu esa o'lchamning kamayish bilan uning yuzasining hajmiga nisbati oshishiga olib keladi. Solishtirma yuza qancha katta bo'lsa tanadan atrof-muhitga sarflanadigan issiqlik ham shuncha katta bo'ladi. Shu sababli tana haroratini saqlash uchun issiqlik mahsuldorligi ham katta bo'lishi kerak. Buning uchun ko'proq oziq-ovqat iste'mol qilishi lozim bo'ladi. Sayroqi mayda qushlar va kichik zararkunandalar bir kunda o'z massasidan ko'proq bo'lgan ozuqani yeydi. Katta yirtqichlar esa o'z massasini 5 – 8% gacha ozuqa iste'mol qiladi.

Sovuq qonli hayvonlarda boshqa hayvonlarga nisbatan issiqlik mahsuldorligi 25 – 30 marta kamdir. Ularda tashqi muhit bilan issiqlik almashinish kam bo'ladi, chunki tana harorati bilan tashqi muhit harorati farqi kichik bo'ladi.

Issiqlik mahsuldorligi tufayli issiq qonli jonivorlarda tana harorati tashqi muhit haroratiga bog'liq bo'lmaydi. Faqat uzoq vaqt sovutish organizmning boshqa funksiyalarining zaiflashishi bilan bo'lishi mumkin. Yurak va miya jarrohligi shunga asoslangandir. Sovuq qonli jonivorlarda tana harorati tashqi muhit haroratiga qarab chiziqli o'zgaradi. Tashqi sharoit va fiziologik jarayonlar ma'lum chegarada o'zgargani uchun turg'un haroratni saqlash uchun hayvon organizmi evolyusiya jarayonida tashqi muhit bilan issiqlik almashishni oshirish yoki kamaytirish yo'li bilan tana haroratini ozroq oshirgan yoki kamaytirgan. Masalan, jonivor sovqotganda uning hujayrasida ATF gidrolizi tezligi oshadi va muskulga qo'shimcha energiya keladi. Bu holdagi turli muskul tolalarining tartibsiz qisqarishini achitqi deyiladi. Bundan tashqari hayvonlarda tuklar o'sadi va tuklar orasida havo qatlami kengayadi. Bu esa hayvon va tashqi muhit o'rtasida

issiqlik almashinishni kamaytiradi. (Odamlar terisida “tovuq badan” tanachalar paydo bo’lishi).

Tashqi muhit harorati oshsa organizmda haroratni pasaytiruvchi markazlarning ishga tushishiga va natijada qon tomirining kengayishi, terlashning ko’payishi, nafas olishning qiyinlashuviga olib keladi.

Tana haroratini doimiy saqlab turishda gipotalamusdagi ikkita markaz muhim rol o’ynaydi. Ulardan biri unga keluvchi qon haroratining oshishiga reaksiya qilsa, ikkinchisi uning kamayishiga reaksiya qiladi. Ularning har birida haroratning o’zgarishi nerv impulsi yuzaga keltiradi va u ko’rsatilgan mexanizm bo’yicha haroratni tenglashtiradi. Bunda asosiy rolni (80%) yuqori issiqlik o’tkazuvchanlikka ega bo’lgan qon bajaradi. Qon chap yurak qorinchasidan itariladi, u “isitgich” orqali o’tadi, so’ng (tana yuzasi, o’pka) da tashqi muhitga issiqlikni beradi va qayta o’ng yurakga kelib tushadi.

Test savollari

1. Tirik organizmga kelayotgan energiyaning asosiy qismi qaysi modda hisobiga bo'ladi?
 - a) non mahsulotlari;
 - b) oqsillar;
 - c) uglevodlar;
 - d) yog'lar.
2. Organizm qabul qilgan umumiy energiyaning eng ko'p qismini o'zining qanday faoliyati uchun sarflaydi?
 - a) ish bajarish uchun;
 - b) tana haroratini saqlash uchun;
 - c) quvvatni oshirish uchun;
 - d) yurakning ish bajarishi uchun.
3. Quyidagi ta'riflardan qaysi biri termodinamikaning ikkinchi qonunini to'g'ri ifodalaydi?
 - a) issiqlik energiyesi issiq jismga o'tishi mumkin;
 - b) energiya bir jismdan ikkinchisiga o'tadi;
 - c) issiqlik o'z-o'zidan sovuq jismdan issiq jismga o'tmaydi;
 - d) issiqlik sovuq jismdan issiq jismga o'tadi.
4. Quyidagi formulalarning qaysi biri termodinamikaning birinchi qonuni ifodasi hisoblanadi?
 - a) $F = KX$
 - b) $Q_1 = Q_1 + Q_2$
 - c) $Q = A + \Delta U$
 - d) $Q = cm(T_2 - T_1)$
5. Qanday termodinamik tizimga ochiq termodinamik tizim deyiladi?
 - a) agar termodinamik tizim tashqi muhit bilan energiya va massa almasha;
 - b) agar termodinamik tizim tashqi muhit bilan energiya va massa almasha;
 - c) tizimga berilgan energiya uning ichki energiyasini oshirsa;
 - d) tizimga berilgan energiya ish bajarishga sarflanma.
6. Tirik organizmga qanday termodinamik tizim hisobalanadi?

- a) ochiq;
- b) yopiq;
- c) ochiq va yopiq;
- d) ideal.

7. Javoblarning qaysi birida biologik tizimlar termodinamikasi-ning birinchi qonuni ta'rifini keltirilgan?

- a) tizimga berilgan energiya ish bajarishga sarflanadi;
- b) tizimga berilgan issiqlik miqdori ichki energiyani oshiradi;
- c) birinchi tur abadiy dvigatel yaratish mumkin;
- d) tizimga berilgan energiya uning ichki energiyasining o'zgarishiga va ishga sarf bo'ladi.

8. Quyidagi formulalarning qaysi qaytar termodinamik jarayonni ifodalaydi?

- a) $P_1V_1 = P_2V_2$;
- b) $(P_1V_1T_1) \Leftrightarrow (P_2V_2T_2)$;
- c) $(P_1V_1T_1) \rightarrow (P_2V_2T_2)$;
- d) $P = P_1 + P_2 + P_3$.

9. Termodinamik tizimning foydali ish koeffitsiyenti maksimal qiymatga to'g'ri keluvchi formulani ko'rsating?

- a) $h = \frac{A\phi}{AT}$
- b) $h = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$
- c) $h = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$
- d) $h = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$

10. Tirik organizmlarda energetik balansning to'g'ri ta'rifini toping?

- a) oziq-ovqat moddalari tufayli qabul qilgan energiya miqdori uning normal fiziologik jarayonlari uchun sarflangan energiyaga tengdir;
- b) oziq-ovqat energiya organizm holatini saqlashga ketadi;
- c) oziq-ovqat moddalari tufayli organizm qabul qilgan energiya miqdori uning fiziologik jarayonlari uchun sarflangan energiyadan kichik;
- d) oziq-ovqat moddalari tufayli organizm qabul qilgan energiya miqdori uning fiziologik jarayonlari uchun sarflangan energiyasidan katta.

11. Javoblardan issiqlik miqdorining SI tizimsidagi o'lchov birligini toping?

- a) kalloriya;
- b) erg;

- c) joul;
d) kilokalloriya.
12. Entropiya nimani ifodalaydi?
a) tizim tartibsizlik darajasini;
b) tizim holatini;
c) tizim energiyasini;
d) tizim tartiblilik darajasini.
13. Veterinariyada termodinamik usullardan foydalanishda qaysi moddalardan foydalaniladi?
a) suv va loyqadan;
b) torf va parafindan;
c) ozikerit va loyqadan;
d) yuqoridagilarning baridan.
14. Tizim ichki energiyasi nima?
a) tizim molekulalari mexanik energiyasi;
b) tizim molekulalari o'zaro ta'sir potensial va kinetik energiyalar yig'indisi;
c) molekulalar ta'sir energiyasi;
d) molekulalar kinetik energiyasi.
15. Ideal gaz holat tenglamasini ko'rsating?
a) $P = P_0(1 + at)$
b) $V = V_0(1 + at)$
c) $PV = \frac{m}{m} RT$
d) $(r + \frac{a}{v^2}) (V_m - B) = \frac{m}{m} RT$

Sinov savollari

1. Qaytar va qaytmas jarayonlar nima?
2. Biologik tizimlarda energiyaning saqlanish qonunini ta'riflang!
3. Ichki energiya nima?
4. Termodinamikaning ikkinchi qonuni?
5. Tirik organizm ochiq termodinamik tizim?
6. Entropiya va uning fizik mohiyatini tushuntiring!
7. Prigojin teoremasini ta'riflang!
8. Veterinariyada kriogen texnikasidan foydalanishni asoslang!
9. Tirik organizmda issiqlik balansini tushuntiring!
10. Veterinariyada termodinamik usullardan foydalanishga misollar keltiring.

VII bob. BIOELEKTROMAGNETIZM.

§ 7.1. Elektr maydoni va uning asosiy xarakteristikalari

Elektr maydoni materiyaning ko'rinishlaridan biridir. Shu maydonda turgan elektr zaryadlariga maydon tomonidan kuch ta'siri vujudga keladi. Biologik to'qimalarda hosil bo'ladigan elektr maydonning xossalari organizm holati haqida axborot beradi.

Qadim zamondan shoyiga ishqalangan qahrabo o'ziga mayda buyumlarni tortishi aniqlangan. Hozirgi vaqtda hamma moddalar tarkibida ikki xil zaryad bo'lishi mumkinligi aniqlangan. Teriga ishqalangan shishada paydo bo'lgan zaryad musbat, movutga ishqalangan ebonitda paydo bo'lgan zaryad man-fiy bo'ladi. Bir xil ishorali zaryadlar o'zaro itarishadi, turli xillari esa torti-shadi.

Amerikalik olim Milliken elektr zaryad diskret qiymatlariga ega bo'lganligini aniqladi. Eng kichik zaryad elementar zaryad deb ataladi va uning qiymati $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ Kl}$. Elektron massasi $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ zaryadi manfiy va proton massasi $m_p = 1,76 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ bo'lib, musbat zaryadlidir.

1843 yilda Faradey zaryadlarning saqlanish qonunini yaratdi: har qanday yopiq tizimda elektr zaryadlarning algebrik yig'indisi o'zgarmasdan qoladi.

$$\sum_{i=1}^n q_i = \text{const}$$

1785 yilda Kulon qo'zg'almas zaryadlar orasidagi o'zaro ta'sir kuchini aniqlovchi qonunni yaratdi; vakuumdagi ikkita nuqtaviy zaryad orasidagi o'zaro ta'sir kuchi zaryadlar miqdorlari ko'paytmasiga to'g'ri proporsional, ular orasidagi masofa kvadratiga teskari proporsionaldir.

$$F = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \quad (7.1)$$

bunda k proporsionallik koeffitsiyenti bo'lib, uning qiymati

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ f/m}$ -elektr doimiysi (yoki vakuumning dielektrik singdiruvchanligi) deyiladi.

Ushbuni e'tiborga olib, vakuumda zaryadlarning o'zaro ta'siri uchun Kulon qonuni quyidagicha yoziladi:

$$F = \frac{q_1 \cdot q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

Elektr zaryadlarining o'zaro ta'sir qilishga vosita bo'lgan materiya turi elektr maydon deyiladi. Elektr maydonning kuch xarakteristikasi bo'lib elektr maydon kuchlanganligi hisoblanadi.

Elektr maydon kuchlanganligi - maydonning berilgan nuqtasiga qo'yilgan nuqtaviy zaryadga ta'sir etuvchi kuchning, shu zaryadga bo'lgan nisbatiga aytiladi.

$$E = \frac{F_0}{q_0} \quad (7.2)$$

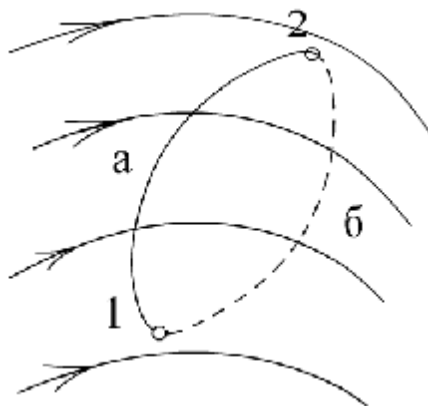
Kuchlanganlik vektor kattalik bo'lib, uning yo'nalishi berilgan nuqtasida joylashgan nuqtaviy musbat zaryadga ta'sir etuvchi kuch yo'nalishi bilan bir xil bo'ladi. Elektr maydon kuchlanganligi grafik usulida kuch chiziqlar yordamida tasvirlanadi.

Elektr maydonning kuch chiziqlari – uning har bir nuqtasiga o'tkazilgan urinma kuchlanganlik vektori bilan mos keladigan xayoliy chiziqqa aytiladi. Maydon chiziqlari parallel va bir xil uzoqlikda joylashgan bo'lsa bir jinsli maydon bo'ladi. Nuqtaviy zaryad kuchlanganligi quyidagicha ifodalanadi:

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2} \quad (7.3)$$

Elektr maydon kuchlanganlik birligi v/m

Elektr maydonning energetik xarakteristikasi potensialdir. Elektr maydonida q zaryad 1 a va 1 b trayektoriya bo'yicha 1 dan 2 ga qarab siljiganda maydon kuchlari tomonidan ish bajaradi. Bu ish elektr maydon kuchlanganligi orqali ifodalaniladi.



7.1-rasm. Elektr maydonida zaryadni ko'chirishda bajarilgan ishni hisoblash chizmasi.

$$A = Q \int^2_1 E_1 \cdot dl \quad (7.4)$$

$d\mathbf{l}$ – elementar siljish, E_e - elektr maydon kuchlanganligining $d\mathbf{l}$ yo'nalishidagi proyeksiyasi.

Elektrostatik maydon kuchlarining ishi siljish trayektoriyasiga bog'liq emas. Bunday xossaga ega maydon potensial maydon deyiladi.

Elektr maydon potentsiali deb - potensial energiyaning zaryad miqdoriga nisbatiga aytiladi.

$$j = \frac{W_n}{q} \quad (7.5)$$

Elektr maydon potentsiali ko'chish trayektoriyasiga bog'liq bo'lmasdan balki zaryadga, ko'chishning boshlang'ich va oxirgi nuqtalariga va maydonning o'ziga bog'liqdir.

Son jihatidan elektr maydon kuchlarining birlik musbat zaryadni maydonning bir nuqtasidan ikkinchi nuqtasiga ko'chirishda bajarilgan ishga teng bo'lgan kattalik maydon ikki nuqtasi orasidagi potentsiallar ayirmasi deyiladi.

$$U_{12} = j_1 - j_2 = \frac{A}{q} = q_1 \int_1^2 \frac{E_e dl}{q} = \int_1^2 E_e dl \quad (7.6)$$

bu yerda ϕ_1 va ϕ_2 - elektr maydonning 1 va 2 nuqtalariga mos potentsiallari. Demak, (7.6) formuladan ikki nuqta orasidagi potentsiallar ayirmasi maydonga va tanlangan nuqtalar vaziyatiga bog'liq bo'lar ekan. Nuqtaviy zaryad maydoni potentsialini umumiy xolda quyidagicha yozish mumkin:

$$j = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r} \quad (7.7)$$

Turli nuqtalar potentsiallarini ko'rgazmali ravishda bir xil potentsialli sirtlar (ekvipotentsial sirtlar) shaklida tasvirlash mumkin. Potensial va kuchlanganlik orasidagi bog'lanishni quyidagicha ifodalash mumkin.

$$E = -\frac{\Delta j}{\Delta l} \quad (7.8)$$

« - » ishora maydon kuchlanganligi potentsialning kamayish tomoniga, potentsial gradiyenti esa potentsialning ortish tomoniga qarab yo'nalgani uchun qo'yilgan. Shunday qilib, maydon kuchlanganligi kattaligi jixatdan potentsial gradiyentiga tengdir va unga qarama-qarshi yo'nalgandir.

$$Ye = - \text{grad } \phi \quad (7.9)$$

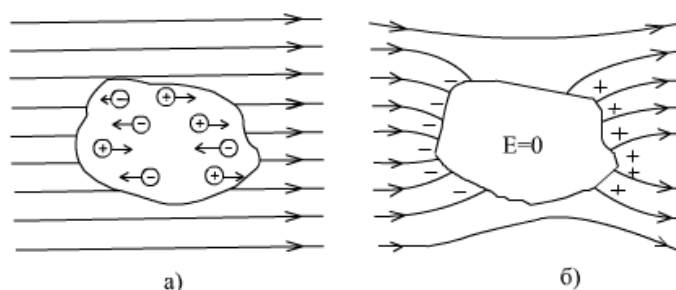
Potensial o'lchov birligi volt - bu shunday maydon nuqtasining potentsialligiki, u yerda 1 Kl li zaryad 1 J potentsial energiyaga ega bo'ladi ($1V=1J/Kl$). Agar potentsial bir qancha zaryadlar tomonidan hosil qilinayotgan bo'lsa, u holda maydon potentsiali hamma zaryadlar potentsiallari algebraik yig'indisiga teng bo'ladi.

$$j = \sum_{i=1}^n j_i = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \frac{q}{r_i} \quad (7.10)$$

§ 7.2. Moddalarning elektr xossalari

Moddalar o'zlarining elektr o'tkazuvchanligiga qarab uchga bo'linadi. Elektr tokini yaxshi o'tkazuvchi – o'tkazgichlar, umuman o'tkazmaydigan moddalar – dielektriklar va qisman o'tkazuvchilar (yarim o'tkazgichlar) ga bo'linadi.

Agarda neytral o'tkazgich tashqi elektrostatik maydonga joylashtirilsa, uning zaryadlariga elektr maydon ta'sir qiladi va ular harakatga keladi. Zaryadlarning ko'chish toki zaryadlar taqsimotida muvozanat yuzaga kelguncha davom etadi. Bu holda o'tkazgich ichidagi elektrostatik maydon nolga teng bo'ladi. Agar shunday bo'lmaganda edi, tashqi maydon ta'sir qilmasa ham zaryadlar ko'chishi va tok oqishi mumkin bo'lar edi. Demak, elektr maydon kuchlanganligi o'tkazgich ichidagi hamma nuqtalarda $E = 0$ bo'ladi. O'tkazgich ichida maydonning yo'qligi uning hamma nuqtalarida potensial bir xil bo'lishini ko'rsatadi ($\varphi = \text{const}$), ya'ni elektrostatik maydonda o'tkazgich sirti ekvipotensial hisoblanadi. Bu esa maydon kuchlanganligi vektorining o'tkazgich sirtiga normal bo'lishini ko'rsatadi. Agar shunday holat bo'lmasa zaryadlar maydon ta'sirida harakatga kelar edi.



7.2-rasm. Elektrostatik maydonda o'tkazgich. a-induksiyalangan zaryadlar xosil bulishi, b-kuchlanganlik chiziklarning uzulishi

O'tkazgich ikki uchi ikki ishorali, zaryadlanib qoladi, demak, neytral o'tkazgich elektrostatik maydonga kiritilsa, kuchlanganlik chiziqlari uziladi. Indusirlangan zaryadlar tashqi sirtida taqsimlanadi.

Sirt zaryadlarining tashqi elektrostatik maydonda qayta taqsimlanish xodisasi elektrostatik induksiya hodisasi deyiladi (induksiya lotincha so'z induction – qo'zg'atish, uyg'otish degan ma'noni anglatadi). Sirt yaqinida maydon kuchlanganligi quyidagicha ifodalanadi.

$$E = \frac{d}{e\epsilon_0} \quad (7.12)$$

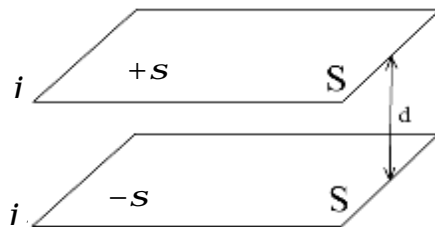
Bu yerda d -zaryadlar sirt zichligi, e - o'tkazgichni o'rab turuvchi muhit dielektrik singdiruvchanligi. O'tkazgich ichida maydon yo'q bo'lishiga asoslanib elektrostatik himoya qo'llaniladi. Yakkalangan o'tkazgichga berilgan zaryad potensialga to'g'ri proporsionaldir, ya'ni $q \sim \varphi$ Agar proporsionallikdan tenglikka o'tsak, u holda $q = S \cdot \varphi$ Bunda S - yakkalangan o'tkazgich elektr sig'imi deyiladi :

$$S = \frac{q}{\varphi} \quad (7.13)$$

Elektr sigimining birligi $(1\text{Kl}/1\text{V}) = \text{farad } (f)$. 1 Farada deb unga 1 Kulon zaryad berilgan potentsiali 1 Voltga o'zgaradigan o'tkazgich elektr sig'imiga

aytiladi. O'tkazgichning elektr sig'imi uning o'lchamlari va shakliga bog'liq bo'lgan muxim elektr kattaligidir. Biroq, bunday deyish faqat yagona turgan o'tkazgichlar uchun o'rinli bo'ladi.

Farad sig'imning haddan tashqari katta birligidir. Shuning uchun ko'pincha mikrofarada (mkf) va pikofarada (pf) dan foydalaniladi. $1\text{MK}\phi = 10^{-6}\phi$ $1\text{nk}\phi = 10^{-9}\text{MK}\phi$. Bu sig'imlar radiusi 9 km va 0,9 sm bo'lgan yakkalangan o'tkazuvchan sharlar sig'imi bo'ladi. Yerning radiusi $R = 6400\text{KM}$ bo'lgan o'tkazgich shar deb hisoblash mumkin. Bu holda Yer sharining elektr sig'imi $C = \frac{6400}{9} = 711\text{MK}\phi$. Dielektriklar bilan ajratilgan o'tkazgichlardan tuzilgan elektr tizim kondensator deb ataladi. Bunday tizim o'lchami kichik bo'lganda ham sig'imi katta bo'ladi. Eng sodda kondensator yupqa dielektrik qatlami bilan ajratilgan ikkita parallel metall qoplamalardan tuzilgan bo'ladi va bu qatlamlarga kattalik jihatdan teng bo'lgan turli ishorali zaryadlar beriladi.



7.3-rasm.

Yassi kondensatorning sig'imini quyidagi formula orqali ifodalash mumkin:

$$C = \frac{e_0 e S}{d}$$

Bu yerda d – kondensator qoplamalari orasidagi masofa, S – har bir qoplamaning yuzi, e – qoplamalar orasidagi muhitning dielektrik singdiruvchanligi.

Amalda erkin zaryad tashuvchilari bo'lmagan moddalar dielektriklar deyiladi. Masalan: shisha, plastmassa va hokazo.

Dielektriklar ham boshqa moddalar qatori atom va molekulalardan tuzilgan. Moddadagi barcha yadrolarning musbat zaryadlari barcha elektronlarning zaryadlar yig'indisiga teng bo'lgani sababli molekula zaryad jihatdan zaryadsiz bo'ladi.

Agarda tashqi elektr maydon ta'siri bo'lmaganda musbat va manfiy zaryadlar “og'irlik” markazlari ustma-ust tushadi, bu holda molekula dipol momenti P nolga teng bo'ladi. Bunday dielektriklar molekulalari qutbsiz deyiladi. Qutbsiz molekulaga ega bo'lgan dielektriklarga (N_2 , H_2 , O_2 , CO_2 , CH_4 ...) lar kiradi.

Tashqi elektr maydon ta'sirida qutbsiz molekulalarning zaryadlari qarama-qarshi tomonga siljiy boshlaydi va molekula dipol momentiga ega bo'la boshlaydi.

Tabiatda shunday guruh dielektriklar (H_2O , NH_3 , SO_2 , CO , ...) mavjudki ularning molekulalari asimmetrik tuzilishga ega, ya'ni musbat va manfiy

zaryadlarning “og’irlik” markazlari mos kelmaydi va dipol momentiga ega bo’ladi. Bunday dielektriklarning molekulari qutbli deyiladi.

Dielektrikni tashqi elektrostatik maydonga joylashtirilsa u qutblanadi, ya’ni maydon farq qiluvchi dipol momentiga ega bo’ladi. Dielektrik qutblanishini miqdoriy baholash uchun qutblanganlik vektor kattaligidan foydalaniladi.

Qutblanganlik (R) elektr maydon kuchlanganligiga (Ye) to’g’ri chiziqli bog’liqlikka egadir. Agarda dielektrik izotrop modda bo’lsa va Ye uncha katta bo’lmagan holda quyidagi formula o’rinli bo’ladi:

$$P = ce_0E \quad (7.14)$$

Bunda c – moddaning dielektrik kirituvchanligi bo’lib, dielektrik xossalarni xarakterlovchi o’lchamsiz kattalikdir. Masalan: spirt uchun $c \approx 25$ ga, suv uchun $c = 80$ ga teng. c doimo musbat va $c > 0$ bo’ladi. Muhitning dielektrik singdiruvchanligi deb quyidagi o’lchamsiz kattalikka $\epsilon = 1 + c$ ga aytiladi va dielektrik ta’sirida maydon necha marta kuchsizlaganligini ko’rsatadi.

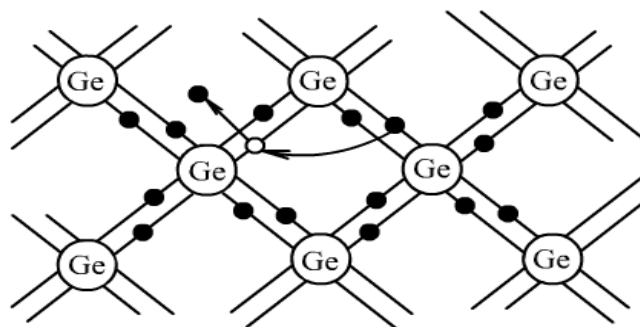
Nemis fizigi G.S. Om tajriba yo’li bilan bir jinsli metall o’tkazgichdan o’tuvchi tok kuchi o’tkazgich uchlaridagi kuchlanish U – tushuviga to’g’ri proporsional va utkazgich qarshiligiga teskari proporsional ekanligini aniqladi. O’tkazgich qarshiligi uning o’lchamiga, shakliga va uning xossalariga hamda qanday materialdan yasalganligiga bog’liq bo’ladi. O’tkazgich materiali xossasiga bog’liq bo’lgan elektrik kattalik solishtirma qarshilik deb ataladi va r - bilan belgilanadi, o’lchov birligi $OM \cdot M$ larda ifodalanadi.

O’tkazgichning solishtirma qarshiligi $10^{-7} OM \cdot M$ ga, dielektriklarning solishtirma qarshiligi $10^8 OM \cdot M$ ga teng va undan katta bo’ladi. Tabiatda mavjud bo’lgan ko’pgina moddalarning solishtirma qarshiligi $10^{-7} OM \cdot M$ - $10^8 OM \cdot M$ oralig’ida joylashgan bo’ladi. Ular yarim o’tkazgichlar deb yuritiladi va elektrik xossalari bilan metallardan farq qiladi. Masalan: xarorat ortishi bilan yarim o’tkazgichning qarshiligi kamayadi.

Metallardan farqli ravishda yarim o’tkazgichlarda elektr toki faqat erkin elektronlarga emas, balki atom bilan bog’lanishda bo’lgan elektronlarning xarakati bilan xam yuzaga keladi va uning o’tkazuvchanligida asosiy rol ni o’ynaydi. Yarim o’tkazgichlarda kam miqdorda qo’shilgan aralashma solishtirma qarshiligini keskin o’zgartirib yuboradi. Elektronlar asosan atomlar bilan bog’langan holatda bo’ladi va past haroratda erkin elektron miqdori kam bo’ladi.

Yarim o’tkazgich elektr maydoni ta’sirida bo’lganda erkin elektronlar maydonga qarshi yo’nalishda harakat qilib, zaif tok xosil qilishi mumkin. Erkin elektronlarning bunday xarakteridan yuzaga keluvchi o’tkazuvchanlik “elektron” o’tkazuvchanlik yoki “n” tip o’tkazuvchanlik (negative – manfiy) deyiladi. Atom bilan bog’langan elektronlarni bog’lanishdan ozod qilish uchun yetarli ishga teng bo’lgan tashqi energiya, ya’ni issiqlik energiya berish kerak. Bu holda yarim o’tkazgichlarning qarshiligini kamayishi yoki o’tkazuvchanligini oshishiga sabab bo’luvchi erkin elektronlarning miqdori ortadi. Yarim o’tkazgichlar qarshilik termometri “termistor” shu xodisaga asoslangan xolda ishlaydi. Bu termistor yordamida o’simlik va jonli organizmlarning nuqtaviy qismlarining xaroratini o’lchash mumkin.

Yorug'lik intensivligini o'lchash uchun foydalaniladigan termistorlar fotoqarshiliklar deyiladi. Yarim o'tkazgichlar uchun bog'langan elektronlarning ko'chishi bilan bo'lgan, ya'ni bir tur o'tkazuvchanlik xarakterlidir.



7.3-rasm. Elektron yarim o'tkazgich chizmasi.

7.3-rasmda germaniy atomlari orasidagi elektron bog'lanishlarning tekislikdagi sxemasi ko'rsatilgan. Doirachalar bilan germaniy atomlari, nuqtalar bilan tashqi elektronlar, chiziqlar bilan atomlarning elektron bog'lanishlari belgilangan. Tashqi qizdirish yoki yoritish ta'sirida atom bog'lanishdan bitta elektron ozod bo'ladi va uning o'rnida kattalik jixatdan teng bo'lgan musbat "teshik" deb ataladigan zaryad paydo bo'ladi, ya'ni elektronni ozod bo'lishi bilan teshik xosil bo'ladi. Ayni vaqtda tashqi maydon ta'sirida bog'langan elektronlarning bir qo'shni bog'lanishdan ikkinchisiga va ayni vaqtda teshiklarning qarama-qarshi tomonga harakati boshlanadi. Teshiklarning bunday tartibli harakati ham yarim o'tkazgichda tokning xosil bo'lishini ta'minlaydi va bunday o'tkazuvchanlik teshikli o'tkazuvchanlik yoki r tipli o'tkazuvchanlik (positive - musbat) deyiladi.

Yarim o'tkazgichlarda elektron va teshiklarning umumiy xarakati elektr tokini vujudga keltiradi va yarim o'tkazgichning xususiy o'tkazuvchanligi deyiladi. Xususiy o'tkazuvchanlik sof yarim o'tkazgichlarda bo'ladi, sof yarim o'tkazgich esa tabiatda yo'q. Vaholanki, yarim o'tkazgichga ozgina qo'shilgan aralashma uning o'tkazuvchanligini keskin o'zgartirib yuboradi. Ba'zi aralashmalar yarim o'tkazgichni erkin elektronlar bilan boyitadi va n – tip aralashma deb yuritiladi. N – tip aralashma donor (beruvchi) deb atalib, bu holda elektron o'tkazuvchanlik oshadi. Ayrim aralashmalar yarim o'tkazgichni teshiklar bilan boyitadi va teshikli o'tkazuvchanlikni oshiradi. Bunday aralashma akseptor deyiladi va yarim o'tkazgich r – tip yarim o'tkazgich deb ataladi.

Germaniyga 0,0001% myshyak aralashmasi qo'shilganda tashqi issiqlik xarakati yoki boshqa ta'sir tufayli erkin elektronlar soni 1000 marta ortadi. Bunda teshiklar soni ortmaydi. Germaniyga kam miqdorda indiy qo'shilganda, uning har bir atomi yarim o'tkazgichda bittadan teshik xosil qiladi va bunda erkin elektronlar soni ko'paymaydi. Natijada germaniy teshiklar bilan boyiydi va germaniy aralashmali teshikli yarim o'tkazgichga aylanadi.

Dielektrik kirituvchanlikni bilgan holda tirik organizmda bo'la-digan ba'zi o'zgarishlar haqida xulosa chiqarish mumkin. Organizmdagi hujayrani va uni o'rab olgan hujayralardan tashqari biologik muhit tashqari muhitdan yarim o'tkazuvchi

hujayra membranasi bilan ajralgan murakkab tizim deb qarash mumkin. Hujayra ochiq termodinamik tizim bo'lib, tashqi muhit bilan uzluksiz energiya, modda va ma'lumot almashinadi va bu almashinuv membranalar orqali amalga oshadi. Membrana oddiy holda lipid qatlamidan iborat bo'lib, lipidlar qatoriga neytral yog'lar, efirlar kiradi. Hujayrada lipidlar oqsil qatlamlari bilan o'rab olingan bo'ladi. Ko'pchilik membranalar taxminan 40% lipidlardan, 60% oqsillardan iborat. Sitoplazmatik membrananing qalinligi taxminan 5-10 nm. Hujayra membranalarining umumiy yuzasi juda katta. Masalan, kalamush jigarining massasi atigi 6 g. Uning membranalarining umumiy yuzasi 100 m^2 . Membranada lipid qatlami borligi uning dielektrik xossalarini belgilaydi. Membranalar solishtirma qarshiligi juda katta $10^8 \text{ om}\cdot\text{m}$. atrofida bo'ladi, bu esa sitoplazma va hujayralararo muhit qarshiligidan o'n millionlab kattadir. Membranalar dielektrik xarakteristikalari ko'pchilik texnik izolyatornikidan katta. Masalan, mitoxondriya membranasi qalinligi 8nm bo'lgan holda sirtlardagi potentsiallar farqi 200 mVga teng. Shunday qilib, membranadagiga elektr maydon kuchlanganligi

$$E_e = \frac{200 \cdot 10^{-3} \text{ V}}{8 \cdot 10^{-9} \text{ m}} = 25 \cdot 10^6 \text{ V/m}$$

Shuni aytib o'tish kerakki, dielektrik sifatida ishlatiladigan chinni bu kuchlanganlikdan yuz marta kichik kuchlanganlikda «teshiladi».

§ 7.3. Suyuqliklarda elektr toki

Elektr toki metallar yoki yarim o'tkazgichlardan o'tganda hech qanday kimyoviy o'zgarishlar sodir bo'lmaydi. Bunday moddalar birinchi tur o'tkazgichlar deb ataladi. Elektr toki ayrim moddalardan o'tganda kimyoviy o'zgarishlar sodir bo'ladi. Bunday moddalar ikkinchi tur o'tkazgichlar yoki elektrolitlar deb yuritiladi. Elektrolitlarga tuz, ishqor yoki kislotalarning suvdagi va boshqa suyuqliklardagi eritmaları, ayrim organik birikmalar kiradi. Shuning uchun elektr tokini o'tkazuvchi suyuqliklarni fizik xossasini o'rganish biologiyada katta ahamiyatga egadir. Elektrolitlarda elektr toki tashuvchilar bo'lib molekulari eritilgan modda eritmalarida dissosiasiyalanadigan, ya'ni parchalanadigan ionlar xizmat qiladi. Dissosiasiya natijasida xosil bo'lgan ionlar eritmada erkin xarakatlanadi, agarda turli ishorali ionlar yetarlicha kichik masofaga yaqinlashsa, qaytadan birlashib molekulaga aylanishi mumkin. Dissosiasiyaga teskari bo'lgan bu jarayon ionlarning rekombinasiyasi deb ataladi. Eritmalardan tok o'tganda bu ikki jarayon bir vaqtda sodir bo'ladi. Eritma modda molekularining qanday qismi dissosiasiyalangan holatda bo'lishini ko'rsatuvchi a – dissosiasiyalanish koeffitsiyentini xarakterlaydi. Agarda xajm birligida erkin modda molekularining soni n ga teng bo'lsa, u xolda $n' = an$ ta molekula eritmada ion ko'rinishda bo'ladi yoki $n'' = (1-a)n$ ta molekula dissosiasiyalangan molekula ko'rinishida bo'ladi.

Elektrolitlar orqali tok o'tishi elektrolarlarda elektrolitlarning tarkibiy qismlari ajralish bilan kuzatiladigan xodisaga elektroliz deyiladi.

Elektroliz vaqtida elektrodda ajralib chiqqan modda massasi eritmadan o'tayotgan tok kuchiga va uning o'tish vaqtiga proporsional bo'lishligini Faradey tajriba natijasida 1836 yilda aniqladi va bu qonun elektrolizning I-qonuni deyiladi.

$$m = k J t = k q \quad (7.15)$$

k – moddaning tabiatiga bog'liq bo'lgan elektroximiyaviy ekvivalent deyiladi, m - ajralgan modda massasi.

$q=1$ Kl bo'lsa, $k=m$ bo'ladi, ya'ni elektrokimyoviy ekvivalent deb eritmadan 1Kl zaryad o'tganda ajralib chiqqan modda massasiga aytiladi. A/Z – moddaning kimyoviy ekvivalenti, bu yerda A - atom og'irligi.

Z – berilgan moddaning valentligi, u holda

$$K = \frac{1}{F} \cdot \frac{A}{Z} \quad (7.16)$$

Elektrolizning II-qonuni quyidagicha ta'riflanadi. Barcha moddalarning elektrokimyoviy ekvivalentlari uning kimyoviy ekvivalentiga to'g'ri proporsionaldir.

(7.15) va (7.16) dan birlashgan formulani olamiz

$$m = \frac{1}{F} \cdot \frac{A}{Z} \cdot q = \frac{AJt}{FZ} \quad (7.17)$$

$$m = \frac{A}{Z} \text{ bo'lsa} \quad F = q \text{ bo'ladi.}$$

Faradey soni kattalik jihatidan shunday elektr zaryadiga tengki, bu elektr zaryadi eritma orqali o'tganda elektrodda 1 kilogramm ekvivalent modda ajralib chiqadi.

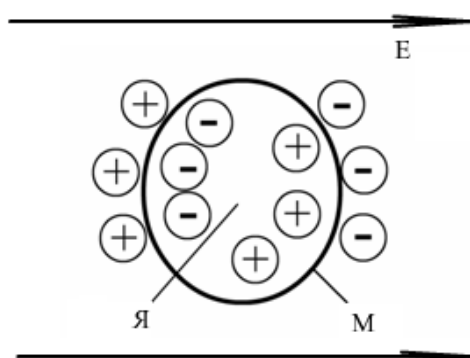
Tajriba yo'li bilan $F = 9.652 \cdot 10^7 \frac{K}{KZ \cdot \text{ЭКВ}}$ teng ekanligi aniqlangan.

Elektrolizdan sanoatda mis, alyuminiy olishda, nikellash, xromlashda, nusxa ko'chirishda, galvanoplastikada foydalaniladi.

§ 7.4. Tirik organizmga elektr tokining ta'siri

Biologik to'qimalarning qarshiligi unchalik katta bo'lmagan obyekt-lardir. Jonivor va o'simlik organizmlarining suyuqliklari elektrolitlarning eritmalaridir. Shuning uchun tirik organizmdan o'zgaras tok o'tganda organizmda kimyoviy reaksiyalar va elektr zaryadlarining kayta taqsimlanishi ro'y beradi, bu organizmda turli-tuman seskanishlarni vujudga keltiradi. Seskanish intensivligi va tokning boshqa fiziologik ta'sirlarining intensivligi asosan tok kuchi bilan aniqlanadi. Amparning yuzdan bir ulushiga teng tok odam tanasini jarohatlaydi. Odam yoki hayvon tanasidan o'tayotgan tok kuchi uning elektr qarshiligiga bog'liq, bu qarshilikni asosan terining qarshiligi tashkil qiladi. Qishloq xo'jalik hayvonlari ichida otning tokka juda sezgir ekanligini aytib o'tish zarur. Odam uchun zararsiz bo'lgan tok, ko'pincha otni nobud qilishi mumkin. Sog'lom terining solishtirma

qarshiligi 10^3 Om.m. Sog'lom teri quruq bo'lsa, bir qo'l uchlaridan ikkinchi qo'l uchlarigacha bo'lgan tananing qarshiligi 15000 Om ni tashkil qiladi. Tajribalarning ko'rsatishicha, sitoplazma, tirik hujayra, ayrim to'qimalarning o'zgarimas tokka qarshiligi ancha kattadir. Turli to'qimalar elektr o'tkazuvchanligi bir-biridan ancha farq qiladi. Orqa miya suyuqligi, qon, limfa tokni yaxshi o'tkazadi, muskullar, jigar, yurak, o'pka muskullari esa yomon o'tkazadi. Yog', suyak to'qimalari va teri ulardan ham yomon o'tkazadi. Hujayraning elektr xossalari ham ancha murakkabdir. Sitoplazmaning solishtirma qarshiligi 0,1 dan 300 Om.m. chegarasida yotadi. Hujayra membranasi 1 sm^2 yuzining qarshiligi 10^3-10^4 Om.m.gacha bo'ladi. Biologik tizimlaridan tok o'tishiga hujayrada ro'y beradigan qutblanish hodisalari ancha ta'sir qiladi.



7.4-rasm. Hujayra elektr maydonida. M-membrana, Ya-yadro

Elektr maydon ta'sirida hujayra sirtida qarama-qarshi yo'nalishda turli ishorali ionlar to'planadi. Bu ionlar konsentrasiyasi ma'lum bir miqdorga teng bo'lgach, dielektrik qatlam «teshiladi», ya'ni hujayra membranasi orqali tok o'ta boshlaydi. Kuchsiz toklarda membrana umuman «teshilmaydi», chunki bunda hujayraning ikki uchida to'planayotgan ionlar issiqlik harakati tufayli sochiladi. Demak, to'qimalarning elektr toki tomonidan ta'sirlanish bo'sag'asi mavjud bo'lib, undan past tokda tirik organizm tok ta'sirini sezmaydi. Elektr tokining ta'siri sezilarli bo'lishi uchun hujayra sirtida ma'lum miqdorda zaryad to'planishi shart, buning uchun ma'lum bir vaqt kerak bo'ladi. Bo'sag'a tokining vaqtga bog'lanishi Veys formulasi orqali ifodalanadi.

$$J = \frac{a}{t} + \epsilon \quad (7.18)$$

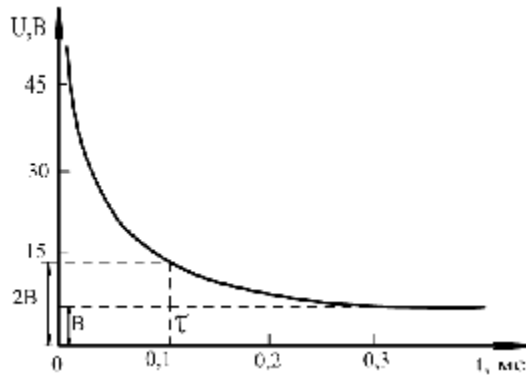
Tok kuchi kuchlanishiga proporsional bo'lgani uchun Veys formulasini quyidagicha yozish mumkin (7.5-rasm).

$$U = \frac{A}{t} + B \quad (7.19)$$

Bunda, A, V, a, b –tajribadan topiladigan o'zgarimas kattaliklar.

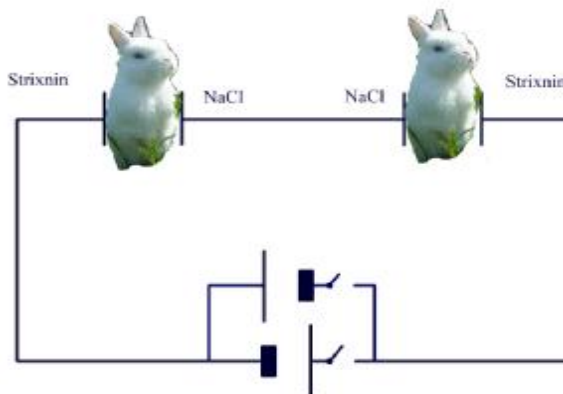
v yoki V - konstanta bo'sag'a tokining ko'p vaqt davomida ta'sir etuvchi minimal kuchini ko'rsatadi va u reobaza deb yuritiladi. Ikki reobazaga teng tok kuchida organizmni ta'sirlashtirishga ketadigan vaqtga xronaksiya deyiladi.

Xronaksiya kattaligi to'qimaning qo'zg'aluvchanligini ko'rsatadi va hayvonlar patologik holatini aniqlashga imkon beradi.



7.5-rasm. Tovuq uchun doimiy tokning ta'sir etish vaqti.

Qishloq xo'jaligida parrandalarga 60 DBdan yuqori shovqin bilan ta'sir etilsa qushlarning xronaksiyasida o'zgarish ro'y beradi, shu bilan birga ularning fiziologik holati yomonlashadi va tuxum tug'uvchanligi pasayadi. Shu sababli xronaksiyani o'lchash orqali ayrim kasalliklarni aniqlash mumkin. Kuchsiz toklar terapevtik ta'sirga ega, kuchsiz o'zgarimas toklar bilan davollash usuliga galvanizasiya deyiladi. Bu usuldan XIX asr boshlarida foydalanila boshlaganlar. Elektrodlar joylashishi o'rniga qarab ta'sir teridan nerv hujayralari orqali u yoki bu ichki organga uzatiladi. Natijada tok ta'sirida almashish va funksional xossalarda o'zgarishlar ro'y beradi. Teri va ichki organlarning tok ta'siriga javob reaksiyasi tufayli kapillyarlar reflektor tarzda kengayadi, hujayra membranalarning o'tkazuvchanligi o'zgaradi.



7.6-rasm. Elektr maydoni yordamida tirik organizmga dori moddalar kiritish.

Veterinariya klinikasida elektr toki yordamida tirik organizmga dori moddalarni kiritish usuli elektrofarez keng qo'llanilmoqda. Bunda hayvon tanasiga kiritilayotgan dorilar ta'siri o'zgarimas tok ta'siri bilan birga bo'ladi. Bunda elektrod bilan teri orasiga dori eritmasiga ho'llangan mato qo'yiladi. Tok o'tishi paytida matodagi dori ionlari teri orqali orga-nizmga o'tadi. Shu vaqtning o'zida teridan matoga hujayralardan K^+ , Na^+ , Cl^- va boshqa ionlar o'tadi

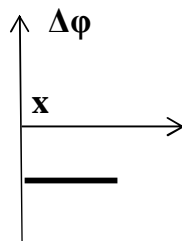
§ 7.5. Biopotensiallar va ularni o'lchash

Tirik organizm turli qismlari orasida mavjud bo'lgan potensiallar farqi biopotensiallar deyiladi. Biopotensiallar hayvon va o'sim-liklarning hujayralarida, to'qimalarida va organizmlarida paydo bo'ladi. Ularning ba'zilari doimiy mavjud, ayrimlari tashqi ta'sirlar tufayli paydo bo'ladi.

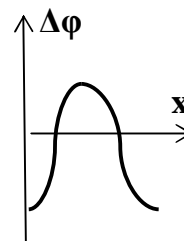
Elektr impulslari nerv, muskul to'qimalarining faoliyati vaqtida paydo bo'ladi va tirik organizmlarda kechadigan fiziologik va patologik jarayonlarni aks ettirishi mumkin. Bioelektrik hodisalarni o'rganish 1771 yilda L.Galvani tajribalaridan boshlandi. 1838 yilda Matteuchi muskulning tashqi sirti musbat, ichki sirti manfiy zaryadga ega ekanligini aniqladi. Tinch holatdagi muskulning tashqi va ichki sirtlari orasidagi potensiallari esa muskulning qisqarishi, bezlar sekresiyasi, hujayralar-ning ta'sirlanishi paytida hosil bo'ladi.

Biopotensiallar quyidagi turlarga bo'linadi:

1. G'alayonlanmagan holatda bo'lgan hujayraning tashqi va ichki qismidagi potensiallar farqiga tinchlikdagi potensial deyiladi (7.7-rasm).
2. Hujayraga tashqi ta'sir ko'rsatilganda u g'alayonlanadi. Bunda o'lchangan potensiallar farqi harakat potentsiali deb ataladi (7.8-rasm).



7.7-rasm. Tinchlikdagi potensialni o'lchash.



7.8-rasm. Harakat potentsialini o'lchash.

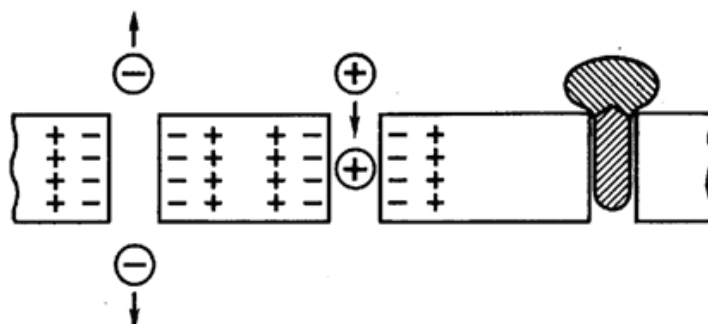
1875 yilda rus fiziologi V.Ya.Danilevskiy birinchi bo'lib bosh miyaning biopotensialarini aniqladi. Biopotensialarning hosil bo'lishi ancha murakkab masala bo'lib, hozirgacha uning to'liq nazariyasi yaratilmagan. Hozirgi vaqtda 1952 yilda Xodjkin, Xaksl, Katslar taklif kilgan nazariya ko'p qo'llaniladi.

Shu nazariya bilan qisqacha tanishamiz.

Biror to'qimaning potensialini uning tarkibidagi hujayralar potensiallari yig'indisi deb qarash mumkin. U holda hujayra tirik orga-nizmning asosiy struktura elementigina emas, asosiy elektrik elementi hamdir. Hujayra va uni o'rab olgan hujayradan tashqaridagi biologik muhitni, tashqi muhitdan yarim o'tkazgichli hujayra membranasi bilan ajralgan murakkab tizim deb qarash mumkin. Hujayra ochiq termodinamik tizim bo'lib tashqi muhit bilan uzluksiz energiya, modda va informasiya almashinadi. Bu almashinuv membranalar orqali amalga oshiriladi. Membrana oddiy holda lipid qatlamidan iboratdir. Lipidlar qatoriga neytral yog'lar, efirlar kiradi. Hujayrada lipidlar, oqsil qatlamlari bilan o'rab olingan. Membrana lipid qatlamida diametri 0,7-0,8 nm li teshiklar mavjud bo'lib, ular orqali suv va boshqa mayda molekulalar o'tadi, katta molekulalar esa o'ta olmaydi. Teshiklar, elektr zaryadiga ega bo'lganligi uchun, hujayraga ma'lum ishorali ionlar o'tishiga imkon beradi va teskari ishorali ionlarning o'tishiga halaqit beradi. Ayniqsa ko'p valentli ionlar o'tishi qiyin bo'ladi, chunki ularning zaryadi

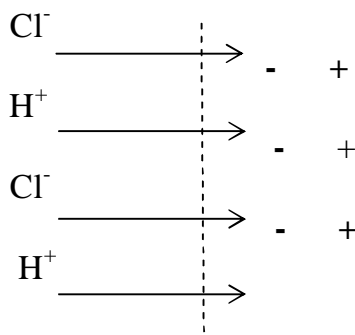
katta bo'lgani uchun gidrat qatlami bilan qoplanadi va effektiv diametri oshadi. Turli ionlar o'tkazuvchanligi har xil bo'lgani uchun membraning turli tomonida ba'zi bir ionlarning nosimmetrik tarqalishini biopotensiallar paydo bo'lishining asosiy sababi deb qarash kerak. Biopotensiallar paydo bo'lish mexanizmi bo'yicha quyidagi turlari mavjud:

1. Diffuz potensial Δj paydo bo'lishi uchun (7.10-rasm) turli konsentrasiyali va anionlar, kationlar harakatchanligi turlicha bo'lgan elektrolitlarning kontakti bo'lishi kerak ($U_{H^+} \gg U_{Cl^-}$). Chegara sirti ikkala ion uchun bir xil o'tkazuvchanlikka ega. H^+ va Cl^- ionlar o'tishi kichik konsentrasiyalar tomoniga bo'ladi.



7.9-rasm. Hujayrada biopotensial hosil bo'lish.

Vodorod ionlarining kattaroq harakatchanligi tufayli chegaradan o'ng tomonda ularning kattaroq konsentrasiyasi paydo bo'ladi, Δj a potentsiallar farqi hosil bo'ladi.



7.10-rasm. Diffuz potentsial paydo bo'lishi.

Diffuz potentsiali Δj a Genderson tenglamasi bilan aniqlanadi.

$$\Delta j a = \frac{U^+ - U^-}{U^+ + U^-} \cdot \frac{RT}{ZF} \ln \frac{C_1}{C_2}$$

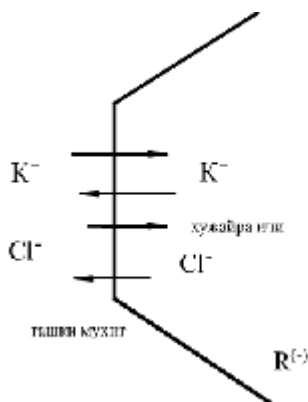
2. Tengvaznli membrana potentsiali hosil bo'lishi.

Hujayra sitoplazmasida va tashqi muhitda eng ko'p miqdorda bo'lgan asosiy ionlar, bu K^+ , Na^+ , Cl^- , va katta diametrli ionlar. Masalan, aminokislota ionlari R dir. Faraz qilaylik hujayra ichida K^+ , Sl^- va R^- ionlari, tashqarisida esa faqat K^+ va

SI⁻ ionlari bo'lsin. U holda kaliy va xlor ionlari membrana orqali ikkala yo'nalishda ham diffuziyalanadi, R⁻ ioni esa hujayra ichida qoladi(7.11-rasm).

Kaliy va xlor ionlarining diffuziyasi har xil ishoralardan iborat, chunki xlor ionlarining tashqi muhitdan hujayra ichiga o'tishiga R- ionlari hosil qilayotgan manfiy zaryad to'sqinlik qiladi. Natijada kaliy va xlor ionlarining hujayra ichida va tashqarisidagi konsentrsiyalari bir xil bo'lmaydi. Bunda Danon tenglamasi deb ataladigan munosabat bajariladi.

$$[K^+]_u [Cl^-]_u = [K^+]_t [Cl^-]_t \quad (7.20)$$



7.11-rasm. Hujayra membranasidan ionlarning o'tishi.

Membrana orqali o'ta olmaydigan R- ionlar membrana ichki sirti yonida to'planishib, manfiy zaryad hosil qiladi. Bu zaryad hujayra tashqarisidagi ionlar tortishib, membrana tashqi sirtida musbat qatlam hosil qiladi. Bunda hosil bo'ladigan potentsiallar farqi Nernst tenglamasi deb ataladi:

$$e_i = \frac{RT}{zF} \ln \frac{C_1}{C_2} \quad (7.21)$$

bu yerda $\frac{C_1}{C_2}$ - kaliy ionlari konsentrsiyasining nisbati

$$\frac{[K^+]_u}{[K^+]_t} = \frac{[Cl^-]_t}{[Cl^-]_u} \quad (7.22)$$

Quyidagi jadvalda turli hayvonlar uchun $\frac{C_u}{C_t}$ va membrana potentsial keltirilgan.

7.1-jadval

To'qima turi	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	Hayvon turi	To'qima	U, mV
Kalmar nervi	0.11	41	0,074	xashorat	kanot muskuli	80-90
Baqa nervi	0,31	44	-	baqa	oyoq muskuli	40-80
Baqa muskuli	0,12	1,2	0,01	ot	nerv	6
Baqa yurak muskuli	0,082	52	-	it	silliq muskul	1-3

Nernst tenglamasi bo'yicha hujayra membranasini uchun Na⁺, K⁺, Cl⁻ ionlari hosil qilayotgan potentsiallari hisoblab topildi. Biroq, bu ionlarning yig'indi

potensialini tajribada o'lchangan qiymatlardan farq qildi. Hujayraning tinchlikdagi potensialini tushuntirish uchun yangi nazariya zarur bo'lib qoldi.

3. Stasionar membrana potentsiali Δj_{ms} (7.12-rasm). Xodjkin va Kats hujayraning tinchlikdagi potentsiali tengvaznli bo'lmasdan, stasionar, ya'ni Na^+ , K^+ , Cl^- ionlari oqimlari dinamik muvozanati bilan aniqlanadi, deb faraz qilishdi. Stasionar holatda oqim zichliklarining yig'indisi nolga teng, ya'ni vaqt birligi ichida membrana orqali hujayra ichiga kiruvchi va hujayra ichidan membrana orqali chiquvchi turli xildagi ionlarning soni bir-biriga teng: $I=O$.

$$I = I_K + I_{Na} + I_{Cl} = 0$$

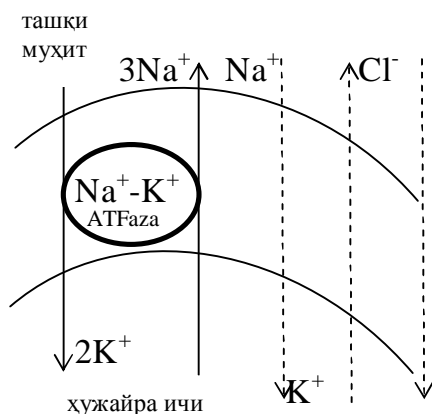
Ularining faraziga ko'ra yig'indi oqim bir tomondan Na^+ va K^+ ionlarining ATF gidrolizi paytida chiqadigan energiya hisobiga ro'y beradigan aktiv transporti bilan, ikkinchi tomondan Na^+ , K^+ , Cl^- ionlarining passiv transporti bilan aniqlanadi. Bu holda membranada paydo bo'ladigan potensial Golsman-Xodjkin-Kats tenglamasi (5.28) bilan aniqlanadi:

$$\Delta j = \frac{RT}{F} \ln \frac{P_K [K^+]_0 + P_{Na} [Na^+]_0 + P_{Cl} [Cl^-]_i}{P_K [K^+]_i + P_{Na} [Na^+]_i + P_{Cl} [Cl^-]_0}$$

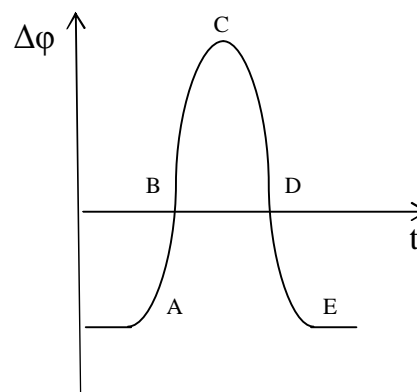
Yuqorida ko'rib chiqilgan uch hol hujayra membranasida tinchlikdagi potensial paydo bo'lishiga olib keladi.

Hujayraga tashqi faktorlar ta'sir etsa unda hujayra membranasining o'tkazuvchanligi o'zgarishi tufayli tinch biopotensial ham o'zgaradi. Bunda hosil bo'ladigan biopotensialga xarakat potentsiali deyiladi. Bu potensial paydo bo'lishining sababi biror fizik faktor (mexanik, issiqlik, elektr) ta'sirida hujayra membranasining o'tkazuvchanligi yuz martalab oshadi.

Harakat biopotentsiali paydo bo'lishi mexanizmlarni ko'rib chiqaylik (7.13-rasm)



7.12-rasm. Stasionar membrana potentsiali hosil bo'lishi



7.13-rasm. Harakat potentsiali paydo bo'lishi

Hujayraga tashqi ta'sir etganda (masalan, to'g'ri burchakli tok impulslari) hujayra membranasini Na^+ ionlari uchun tanlanma o'tuvchan bo'lib qoladi. Ular hujayra ichiga gradiyent bo'ylab aktiv kira boshlaydi va protoplazmaning manfiy

potensialini 0 gacha kamaytiradi (chiziqning AV qismi). Na^+ ionlarining sizib o'tishi davom etib, u yerda musbat potensial hosil bo'ladi (chiziqning VS qismi). S nuqtaga yetgach membrananing natriy nayi yopilib, kaliy nayi ochiladi. K^+ hujayra ichidan aktiv chiqishi tufayli hujayraning musbat potentsiali kamayadi (chiziqning SD qismi). D nuqtada membrana K^+ va Na^+ ionlari o'tkazuvchanligi bo'yicha boshlang'ich holatga keladi. Potensialning keyingi o'zgarishi (chiziqning DE qismi) K^+ - Na^+ nasos ishi hisobiga ro'y beradi. Ye nuqtada hujayra g'alayonlanmagan holatga qaytadi.

Membrana tashqi sirti qo'zg'atilmagan qismlariga nisbatan musbat zaryadli bo'lib qoladi. Masalan, Kalmar gigant aksonining tinchlik potentsiali – 45 mV, qo'zg'alish tufayli hujayra ichining potentsiali +40 mV, bo'ladi. Potensialning to'liq o'zgarishi yoki harakat potentsiali 85 mV, membrananing natriy ionlari o'tkazuvchanligining oshishi qisqa vaqt davom etadi, so'ngra u kamayadi, shu vaqtda kaliy ionlarining o'tkazuvchanligi oshadi, bu esa tinchlik potentsiali tiklanishiga olib keladi.

Harakat potentsiali bir joyda yo'q bo'lsada hujayraning qo'shni qismini qo'zg'atadi. Natijada potensial impulsi tola bo'ylab tarqaladi. Harakat potentsialining davom etish vaqti 2 ms, tarqalish tezligi esa 100 m/s

Baqaning muskul tolasi harakat potentsiali 110 mV, it yurak muskul tolasi potentsiali 120 mV. Elektr baliqlarda ancha katta xarakat potentsiali paydo bo'ladi. Kichik bo'lsada xarakat potentsiali hamma hayvonlar va o'simliklar hujayralarida paydo bo'ladi. Biopotensiallar mavjudligi hujayra hayotiy faoliyatining xarakterli belgisidir. Shuning uchun tashqi elektr maydoni hujayrada ro'y beradigan jarayonlarga ta'sir etadi.

Masalan; kalamushning kesilgan oyog'iga mikroelektrodlar qo'yilib, kichik tok o'tkazilishi natijasida suyak va muskul tolalarining 5-7 mm ga o'sishi kuzatiladi. Hozirgi vaqtda tibbiyot va veterinariya klinikasida yurak potentsiallarini qayd qilish usullari (EKG) va muskul to'qimalarining potentsialini qayd qilish usuli (elektromiografiya yoki EMG) keng ishlatilmoqda. Yuqori chastotali elektr toklari va elektromagnit maydonlardan foydalanilmoqda.

Odamlar organizmi uchun xavfli tok 100 mA, buzoqlar uchun 200-300- mA, qo'zilar uchun 150-200 mA, cho'chqalar uchun 170-200 mA, qoramollar uchun 220 mA. Qanday tok xavfli ekanligi to'g'risida biror qonuniyat mavjud emas. Hattoki 12 V ham odamni o'ldirishi mumkin, masalan, bir fermada mollarni avtomatik sug'oruvchi qurilmaga elektrodvigateldan bir fazaga tegishi tufayli 93 mol halok bo'lgan. Hattoki 3-4 V kuchlanishi sigirning sut berish mahsuldorligini kamaytirib yuboradi.

Odatda biopotensiallar uncha katta emas, ya'ni bir necha o'n millivoltdir. Lekin ba'zi akula va qiltiqli baliqlarda bir necha yuz voltga yetishi mumkin. Ugri, skat kabi elektr baliqlarning borligi qadimdan ma'lum edi.

Aniqlanishicha 300 turga yaqin baliqlarda elektr organlari mavjud ekan. Ko'plari bu elektr razryadidan dushmaniga hamla qilishda ishlatasa, ko'plar okean tubida lokasiya uchun ishlatadi. Baliqlarning asosiy elektr organi, bu plastinka shaklidagi muskul to'qimalaridir. Masalan, ugrida bu plastinka qalinligi 10 mkm uzunligi 10 mm atrofida bo'ladi. Bitta plastinka kuchlanishi kichik, lekin ular

ketma – ket ulanib oshiriladi. Masalan, Janubiy Amerika suvlarida yashovchi ugri 8000 tagacha plastinka bo'lib, kuchlanishi 500 voltgacha yetishi mumkin. Suvning o'tkazuvchanligi katta bo'lganligi sababli, bu baliq o'z zaryadi bilan ot yoki sigirni o'ldirishi mumkin.

Biopotensialni o'lchash uchun mikroelektrodlar kerak. Agarda organning hamma hujayralari bir vaqtda uyg'onsa uni bevosita usul bilan o'lchash mumkin. Bunday organlarga yurak, muskullar, miyalar kiradi.

Tibbiyot va veterinariyada yurak biopotensial (EKG) to'qimalar biopotensial (EMG–elektromiografiya), miya biopotensial EEG (elektroensafalografiya)da keng qo'llaniladi. Biopotensialni o'lchash uchun kerakli organga elektrodni qo'yish bilan aniqlanadi. Lekin klinik amaliyotda hayvon va odam tanasi sirtida hosil bo'ladigan kuchlanish o'lchash yordamida aniqlanadi.

Veterinariyada muskullar aktivligini tekshirish muhim rol o'ynaydi. Masalan, oshqozon va ichaklardagi hosil bo'ladigan biopotensiallarni o'lchash.

§ 7.6. Biologik tizimlarda o'zgarish va o'zgaruvchan tok

Elektr toki deb zaryadlangan zarrachalarning tashqi maydon ta'sirida bir tomonga tartibli harakatiga aytiladi. Bunday zarrachalarga elektronlar, musbat va manfiy ionlar kiradi.

Elektron o'tkazuvchanlik metallarga xos bo'lsa, eritmalar uchun ionli o'tkazuvchanlik xarakterlidir. Real holda esa har qanday o'tkazuvchanlikda ionlar ham, elektronlar ham qatnashishi mumkin.

Biologik tizimlarda sof elektron o'tkazuvchanlik bo'lmaydi. Chunki ular yo dielektrik yoki elektrolitlar eritmasidan iborat bo'ladi. Masalan, qon, qon plazmasi, to'qima suyuqliklari shularga kiradi. Qon plazmasi tarkibida 0,32% osh tuzi va boshqa tuzlar, 6 – 7% oqsil bor. Bunday ko'plab erkin ionlarga ega bo'lgan tizim solishtirma qarshiligi kichik bo'lishi kerak, lekin sitoplazmaning o'zgarish tokka solishtirma qarshiligi katta, ya'ni $1 \div 3 \text{ om.m.}$ ko'plab to'qimalar solishtirma qarshiligi $10 \div 100 \cdot \text{kom.m}$ atrofida bo'ladi. Bunga sabab sitoplazma tarkibiga elektrolitlardan tashqari yog'lar va oqsillar ham bo'lib, hujayradagi membrana ham elektr xossalarga katta ta'sir ko'rsatadi. Turli to'qimalar solishtirma qarshiligi turlichadir. Tirik obyektlarda elektr o'lchashlar olib borish ancha murakkab, chunki vaqt o'tishi bilan organizm fizik o'lchamlari o'zgarib turadi. Ularning o'zgarishiga undan tok o'tishi ham, fiziologik jarayonlar ham sabab bo'lishi mumkin.

Organizmdagi alohida to'qimalarda o'lchashlar olib borishda o'tkazuvchanlikning ion xarakterda ekanini e'tiborga olish zarur va ularda doimiy namlikni ta'minlash zarur. Buning uchun to'qima maxsus nam kameraga joylashtiriladi. Lekin bu holda hosil bo'ladigan yuza namligi hajmiy qarshilik bilan shuntlanganligi sababli natija noto'g'ri bo'lishi mumkin. Shuni unutmaslik kerakki, har bir keyingi o'lchash oldingi o'lchash natijasiga ta'sir qilishi mumkin, shu sababli keyingi o'lchashlarda olingan natijalar tajriba qiymatlariga mos kelmasligi mumkin. Alohida hujayra elektr parametrlari o'lchash bundan ham murakkabdir. Hujayraga mikroelementni qo'yish unga ma'lum ta'sir ko'rsatadi va natijada uning elektr o'tkazuvchanligi o'zgaradi.

Doimiy tok o'tishida sitoplazmada dissosiasiya yuz beradi va u ancha katta bo'lsa hujayraning halokatiga olib keladi. Shu sababli hujayra yoki tirik organizm elektr o'tkazuvchanligini o'lchashda kichik toklardan foydalanish tavsiya qilinadi, lekin bu holda aniqlik darajaga kamayadi.

Ba'zi to'qimalarning solishtirma elektr qarshiligi quyidagi jadvalda keltirilgan.

7.2-jadval

№	Modda	r .om. m.	Modda	r .om. m.
1	Miya suyuqligi	0,55	Yog' to'qimasi	33
3	Qon plazmasi	0,71	Quruq teri	10^5
4	Qon	1,7	Suyak	10^7
5	Muskullar	2,0	Kimyoviy toza suv	10^6
6	Jigar	3,3	Kumush	$1,6 \cdot 10^{-8}$
7	Miya	14	yantar	10^{18}

Aktiv, induktiv va sig'im qarshilikka ega bo'lgan zanjirdan o'zgaruvchan tok o'tganda tok kuchi va kuchlanish orasidagi bog'lanish Om qonuni orqali ifodalanadi, ya'ni

$$I = \frac{U}{Z} \quad (7.23)$$

Bunda Z – zanjirdagi to'la qarshilik. Biologik tizimlarda umuman olganda induktivlik bo'lmaydi, shu sababli to'la qarshilik aktiv va sig'im qarshilikdan iborat bo'ladi. Agarda aktiv va sig'im qarshiliklar ketma-ket ulangan bo'lsa, u holda to'la qarshilik quyidagi formula bilan aniqlanadi, ya'ni

$$Z = \sqrt{R^2 + \frac{1}{w^2 c^2}} \quad (7.24)$$

Bunda $w = 2\pi n$ - o'zgaruvchan tokning doiraviy chastotasi, $R_c = \frac{1}{wc}$ - sig'im qarshilik. Reaktiv qarshiligi, ya'ni sig'im va induktiv qarshiliklari, bo'lgan zanjirlarda tok kuchi va kuchlanish o'zaro j fazasiga siljigan bo'ladi. Masalan, aktiv va sig'im qarshiliklar ketma-ket ulanganda ulardagi tok kuchlari orasida faza siljishi ulardagi kuchlanishlar tushuvi orqali aniqlanadi.

$$tgj = \frac{Uc}{U_R} = \frac{J R_c}{J_R R} = \frac{R_c}{R} = \frac{1}{w R c} \quad (7.25)$$

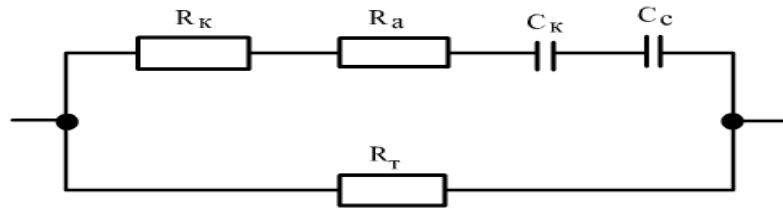
Biologik tizimlar sig'imi hujayra membranasi sig'imi S_m va hujayra qutblanishi sig'imi S_q orqali aniqlanadi va ular ketma-ket ulangan, deb olinadi. U holda natijaviy sig'im

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_M} + \frac{1}{C_K} \quad C = \frac{C_M C_K}{C_M + C_K} \quad (7.26)$$

S_q – qutblanish sig'imi elektr maydon ta'sir etish vaqtiga bog'liq. O'zgaruvchan tok chastotasi kichik va uzoq vaqt ta'sir qilganda qutblanish sig'imi hatto statik sig'imdan ham katta bo'lishi mumkin. O'zgaruvchan tok chastotasi qancha yuqori bo'lsa qutblanish sig'imi shuncha kam bo'ladi va chastota 10 kGs

statistik sig'imdand bir necha karra kichik bo'ladi, ya'ni $S_q \ll S_m$ u holda (7.26) ga binoan $C \approx C_k$ deb olish mumkin.

Biologik tizim uchun ekvivalent sxema quyidagi rasmda keltirilgan



7.14-rasm. Biologik tizim uchun ekvivalent chizma.

Bunda, R_q -hujayra membranasida hosil bo'ladigan qutblanishlar tufayli vujudga keladigan aktiv qarshilik. Qutblanish qarshiligi qutblanish sig'im kabi chastota va vaqtga bog'liqdir. Qutblanish sig'imi va qarshiligi bilan ketma-ket hujayra sitoplazmasining aktiv qarshiligi R_a ulangandir. Tok hujayradan tashqari suyuqlik orqali ham o'tadi, shu sababli hamma hujayra ichidagi qarshilik hujayradan tashqari qarshilik bilan shunt qilinadi, kichik chastotalarda qutblanish bilan bog'liq effektlar xuddi o'zgarimas tokdagi kabi kattadir. Shu sababli S_q va R_q lar ham kattadir, hujayralar oralig'i katta bo'lganda ular qarshiligi kichik bo'lib, asosiy tok R_t shunt qarshilik orqali o'tadi. Agarda hujayralar oralig'i kichik bo'lsa, R_t qarshilik oshadi va o'lchanadigan qarshilik R_q bilan aniqlanadi. R_q ning membraning o'tkazuvchanligiga bog'liqligidan kichik chastotalarda o'lchanadigan qarshilik membrana kirituvchanligidan iborat bo'ladi. Chastota oshishi bilan qutblanish effektlari kamayadi va demak S_q ham kamayadi. Bir necha MGs chastotalarda membraning qutblanishi amalda yo'qoladi va R_q , S_q ni e'tiborga olmasa ham bo'ladi. U holda yuqori chastotalarda o'lchangan qarshilik

$$Z = \frac{R_k \cdot R_t}{R_k + R_t} \quad (7.27)$$

Bundan biologik tizimlarning yuqori chastotalarda o'lchangan qiymati ulardagi ionlar konsentrasiyasi o'lchovi bo'lishi mumkin. Chastota 1GGs va undan yuqori bo'lganda qutblanish yana kamayadi va dielektrik kirituvchanlikning kamayishiga olib keladi. Shunday qilib, elektr o'tkazuvchanlik ham hujayra membranasini xossalari bilan hamda hujayra va hujayra oralig'idagi suyuqlik xossalari bilan bog'liqdir.

Yuqorida aytilganidek, tirik organizm solishtirma qarshiligini o'lchash murakkabdirdir. To'qimalarda bo'layotgan o'zgarishlar haqida ma'lumot olish uchun veterinariyada shamollashlarni tashxis qilishda ularning elektr o'tkazuvchanligi o'zgarishi kuzatiladi. Shamollashning boshlang'ich davrida hujayra tuzilishida o'zgarish sezilarli bo'lmaydi va elektr qarshiligida ham o'zgarish bo'lmaydi.

Ammo, bu holda hujayra va to'qimaning shishishi kuzatiladi va hujayralar oralig'i kichrayadi. Bu esa aktiv qarshilikning oshuviga olib keladi. Yuqorida aytilganidek, kichik chastotalarda to'qima qarshiligining asosiy qismi hujayralar oralig'i qarshiligidan iborat bo'ladi. Shu sababli kichik chastotalarda qarshilikni o'lchab shamollash boshlanganini aniqlash mumkin. Shamollashning keyingi

oshishida hujayra kimyoviy tarkibi va tuzilishi o'zgaradi, membrananing ionlarni o'tkazuvchanligi oshadi. Bu esa elektr sig'imning va hujayra qarshiligining kamayishiga va oqibatda umumiy qarshilikning kamayishiga olib keladi. Shunday qilib, past chastotalarda to'qimalar elektr qarshiligining kamayishi shamollash jarayonining boshlanishidan darak beradi.

Tirik organizm to'qimasining to'la qarshiligi qon aylanishiga bog'liqdir. Qon hujayra va tomirlar devoriga qaraganda kichik solishtirma qarshilikka ega. Shu sababli sistola paytida to'qimalarning qon bilan to'lishi to'qima qarshiligining kamayishiga, diastola vaqtida oshishiga olib keladi.

To'qimalar elektr qarshiligini periferik qon aylanish orqali o'lchash usuliga reografiya deyiladi.

Bu usulda chastotasi 20 – 30 kGs li o'zgaruvchan tok yordamida yurakning bir urish siklida to'qimaning ma'lum qismida to'la qarshilik o'lchanadi. Bu usul yordamida bosh miya tomirlari (reoensefalografiya), o'pka (reapulmonografiya), ko'z (reoftalmografiya) tekshiriladi.

§ 7.8 Veterinariya tibbiyotida elektr tokidan foydalanish

Keyinga vaqtlarda tibbiyot va veterinariya tibbiyotida elektr toki yordamida tashxis qilish va davolash keng qo'llanilmoqda. Shu sababli elektr tokining qanday qiymati xavfsiz ekanini bilishning ahamiyati kattadir. Elektr toki hayvonga ta'sir qilganda asosan nerv tizimi ishdan chiqadi va natijada nafas olishning va yurak faoliyatining to'xtashiga sabab bo'ladi. Odam miyasida qon aylanishining ham buzilishiga olib keladi.

Yurakning ritmik ishi yurak oldi zonasida joylashgan sinuslar tugunida boshqariladi. Bu tugunda hosil bo'ladigan potensial oldin yurak oldi qismining va so'ng (odamda 0,1s) qorinchada qisqarishga olib keladi. Bu kechikish yurakning qisqarishidan oldin yurak oldining qonni yurakchalarga o'tkazishiga olib keladi. Potensial impulsi yurakcha sirtlari orqali yurakka qaytadi. Sinusoidal tugundan keyingi impuls chiqqan yurakchani qisqartirguncha 0,8 sekund vaqt o'tadi. Shunday qilib, yurak o'z-o'zidan uyg'onuvchi rejimda ishlaydi. Agarda tashqi manbadan kelayotgan tok yurak orqali o'tsa u muskul tolalarini uyg'otadi va ta'sir potensiali yurak orqali hamma yo'nalish bo'ylab tarqaladi va yurakchanning boshqarilmaydigan qisqarishiga olib keladi. U boshqa sabablar tufayli ham yuzaga kelishi mumkin: xirurgik operatsiya vaqtida, sovuq suvga birdan tushishda, zaharlanganda va boshqalar.

O'z-o'zidan boshlangan jarayon uni hosil qiluvchi ta'sir olingandan so'ng ham davom etishi mumkin. 1 – 2 minut davomida qon olmagan yurak muskullari zaiflashadi va muskullarning normal siqilishi to'xtaydi va u yomon oqibatlarga olib keladi. Lekin yurakning bunday tartibsiz ish jarayonini to'xtatish mumkin. Buning uchun unga qisqa vaqt davomida yo'nalgan katta tok impulsi beriladi.

Bu tok impulsi ta'sirida yurak muskullari birdaniga qisqaradi va impuls berish to'xtatilgandan so'ng muskullar bir vaqtda bo'shashadi. Bunda sinus tuguni yurakning hamma muskul tolalarini o'ziga bo'ysundiradi va yurakning ritmik ishlashi tiklanadi. Bu holatda tok kuchi 1Adan kam bo'lmasligi kerak, chunki

undan kam tokda hamma muskul tolalari birdaniga ritmik qisqarmasligi mumkin. Shu sababli kuchlanishi 220 V bo'lgan tok o'limga olib keladi, chunki bu holda yurak muskulidan 0,1 – 0,2 A tok o'tadi va u fibrilyasiyaga sabab bo'ladi. Yuqori kuchlanishli toklarda esa kuchli kuyish yuzaga keltiradi, ammo birdaniga o'limga olib kelmaydi va yurak muskullarini qisqa vaqtda qisqarishiga olib keladi va u yana o'z holatiga qaytadi. Hozirgi vaqtda defibrilyatorlar yurak holatini yaxshilashda, patologik tug'ishlarda bachadonni defibrilyasiya qilishda ishlatiladi. Elektrodlar ko'krak va orqaga qo'yilgan, unga 10A tok va bir necha kilovolt kuchlanish yuboriladi.

Fibrilyasiyani yuzaga keltira olmaydigan kichik toklar nafas organlarini nazorat qiluvchi nerv markazlarini ishdan chiqarishi mumkin. Hayvon tanasidan o'tuvchi tok kuchi qo'yilgan kuchlanish va elektr qarshiligiga bog'liq. Tana qarshiligi ko'plab faktorlarga bog'liq: elektrodning qo'yilishiga, teri holatiga. Nerv tizimida uncha katta bo'lmagan kuchlanish ham sutni ajratuvchi reflekslarni to'xtatishi mumkin. Xavfsiz chegaradan yuqori bo'lmagan toklar yordamida mollarni boqish uchun ajratilgan maydonlarni chegaralashda ham ishlatiladi. Bu holda 5 – 12kV kuchlanish to'siqlarga beriladi va agar mollar unga tegsa unda seskanish hosil qiladi. Bu usuldan ekin maydonlarni yovvoyi hayvonlar, g'ozlardan himoya qilishda ham ishlatiladi. Tokning ta'sir vaqti 10 millisekunddan kichik bo'lishi kerak. Generatoridan 5 millisekund davom etuvchi kuchlanish beriladi. Ikki impuls orasidagi vaqt 1 sekundga teng. Bu holda hayvonga ta'sir etuvchi tok 100 mAdan oshmaydi. 10 – 15 marta hayvonga tok ta'sir qilsa, unda tokli o'tkazgichga yaqinlashganda qo'rqish hissi uyg'onadi va u tok o'tkazgichga yaqinlashmaydi.

Sinusoidal yoki impulsi tok yordamida og'riqni qoldirish (elektronarkoz) keng qo'llanilmoqda. Umumiy og'riq qoldirish uchun ignali elektrodan foydalaniladi. Uni hayvon boshi orqa tomoniga qo'yiladi. Unga sinusoidal yoki impulsi kuchlanish beriladi. Qoramollar uchun chastotasi 1 kGs tok kuchi 10 – 15 mA bo'lganda yaxshi natija olishi mumkin.

Elektronarkoz yordamida hayvonlarda turli xil operatsiyalarni qilish mumkin. Oddiy narkozdan farqi bu holda aniq dozirovka, tez bajarish, boshqa effektlarning yo'qligidir.

§ 7.9 Magnit maydonining asosiy fizik xarakteristikalarini

Qadim zamonlardan temir birikmasi (FeO , Fe_2O_3) boshqa temir jism-larni tortishi ma'lum bo'lgan. Yerning xam magnit xossalari mavjudligi aniq bo'lgan va o'tkir uchga qo'yilgan magnit sterjen o'z-o'zidan meridian bo'ylab joylashishi aniqlangan. Kompas Xitoyda bundan 3000 yil ilgari kashf qilingan. Doimiy magnitlarni dastlab 1600 yilda Gilbert o'rgangan. Ularning ikkita qutbi, ya'ni, temir buyumlarni katta kuch bilan tortuvchi chekka sohalari va ular orasida tortmaydigan neytral sohalari mavjuddir. Qutblarning biri doim shimolga, ikkinchisi esa doimo janubga qaragan bo'ladi va shuning uchun shimoliy va janubiy qutblar deyiladi.

Turli ismli qutblar o'zaro tortishadi, bir xillari esa itarishadi. Xuddi zaryadlangan jismlar elektr maydoni orqali ta'sirlashgani kabi magnit jismlar ham bir-biri bilan magnit maydoni orqali ta'sirlashadi.

Faqat xarakatlanayotgan elektr zaryadlarigina (va o'zgarayotgan elektr maydonlarigina) magnit ta'siriga egadir. Magnit maydon materiyaning maxsus turi bo'lib, u orqali xarakatlanayotgan zaryadlangan zarrachaga boshqa magnit momentga ega bo'lgan jismlarning o'zaro ta'siri o'rganiladi. Tabiatda magnit zarrachalari yo'q.

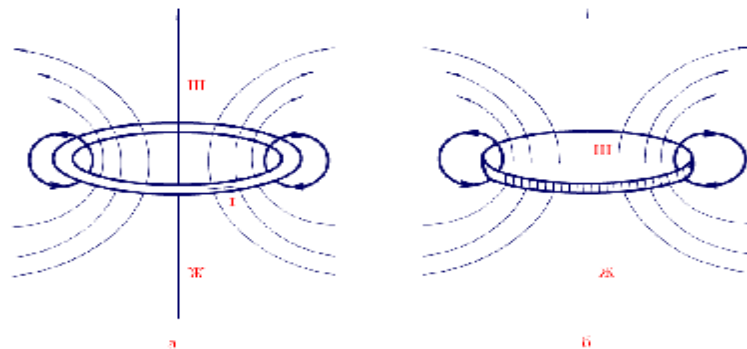
Magnitni qancha bo'lakchalarga bo'lsak ham alohida shimoliy qutb va alohida janubiy qutbga ega bo'lgan magnitni olib bo'lmaydi. XVIII asrda Daniyalik fizik Ersted chaqmoq nazariyasini o'rgandi, chaqmoq ta'sirida temir buyumlarning magnitlanishi va kompasning magnitsizlanishini aniqladi. Bu esa magnit va elektr xodisalar o'zaro bogliq ekanligini ko'rsatadi. Ersted metall o'tkazgichdan tok oqayotganda uning atrofida magnit strelkasining yo'nalishi o'zgarishini tajriba orqali aniqladi. Keyinchalik fransuz fizigi Amper tokli ikki o'tkazgichning o'zaro magnit ta'sirini aniqladi.



7.15-rasm. Doimiy magnitning qutblari ko'rinishi.

Magnit maydonni grafik usulda tasvirlash uchun magnit kuch chiziqlari degan tushuncha kiritiladi.

Magnit maydon kuch chizig'i deb uning ixtiyoriy nuqtasiga o'tkazilgan urinma magnit maydonining shu nuqtasidagi shimoliy magnit qutbga ta'sir etuvchi kuch bilan bir xil yo'nalgan xayoliy chiziqqa aytiladi. Magnit kuch chiziqlari doimo berk bo'ladi. Tokli o'tkazgich atrofida hosil bo'ladigan magnit maydon yo'nalishi burg'u qoidasiga asosan aniqlanadi. Unga binoan agar burg'u ilgarilanma harakat yo'nalishi tok yo'nalishi bilan mos kelsa, burg'u dastasining harakat yo'nalishi magnit maydon yo'nalishini ko'rsatadi.



7.16-rasm. Aylanma tok va doimiy magnitda magnit induksiya kuch chiziqlarining joylashuvi.

Demak, aylanma tok va doimiy magnit maydoni induksiya kuch chiziqlari joylashuvi bir xil. Shuning uchun 1820 yil Amper doimiy magnitning sababchisi aylanma toklar ekanligi haqidagi gipotezani ilgari surdi. Aylanma toklar esa elektronlarning o'z o'qi va yadro atrofida aylanishi natijasida hosil bo'ladi. Magnit maydonni miqdoriy tomondan baholash uchun magnit induksiya vektori degan tushuncha kiritiladi. Bir jisimli magnit maydon induksiyasi birlik momentiga ta'sir etuvchi maksimal magnit momentiga son jihatidan teng bo'lgan fizik kattalikdir.

$$B = \frac{M_{\max}}{P_m} \quad (7.28)$$

Mikrotoklar magnit maydonini magnit maydon kuchlanganligi ifoda-laydi, V - esa ham makro, ham mikrotoklar magnit maydonini xarakterlaydi. U holda ular orasida quyidagi bog'lanish mavjud.

$$B = \mu\mu_0 H \quad (7.29)$$

μ_0 – magnit doimiysi, $4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ Gn/m

μ – o'lchamsiz kattalik bo'lib magnit kirituvchanlik deyiladi. U makrotoklar maydoni, mikrotoklar maydoni hisobiga qanchaga kuchayishini ko'rsatadi.

Magnit maydoni ham superpozitsiya prinsipiga amal qiladi.

$$B = \sum_{i=1}^n B_i \quad (7.30)$$

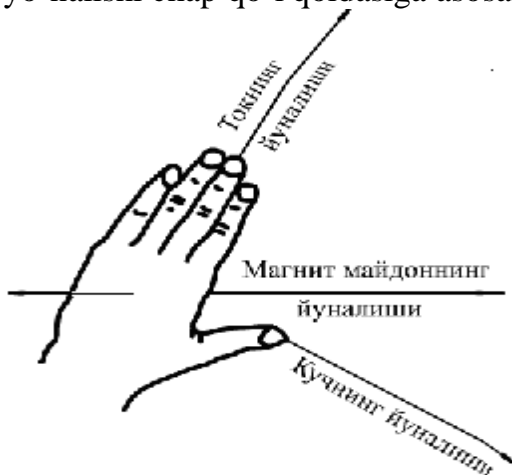
Magnit induksiyasi birligi qilib tesla (Tl) qabul qilingan.

1 Tl – bu shunday bir jinsli magnit maydon induksiyasiki, unda bir amper tok o'tayotgan 1m^2 yuzali konturga $1 \text{ N} \cdot \text{m}$ aylantiruvchi moment ta'sir qiladi.

Amperning aniqlashicha magnit maydonidagi $d\mathbf{l}$ o'tkazgichga maydon tomonidan ta'sir etadigan dF kuch undan o'tuvchi tok kuchiga, $I d\mathbf{l}$ element uzunligiga va magnit maydon induksiyasiga proporsionaldir.

$$\vec{dF} = I [d\mathbf{l}, \mathbf{B}] \quad (7.31)$$

Ta'sir etuvchi kuch yo'nalishi chap qo'l qoidasiga asosan topiladi.



7.17-rasm. Magnit maydon kuchining yo'nalishini aniqlashning chap qo'l qoidasi.

Agar chap qo'limiz shunday qo'yilsaki, unga qo'limiz kaftiga magnit maydon kuchlanganlik vektori kiradigan va yozilgan to'rtta barmog'imizni esa tok bo'ylab yo'naladigan qilib joylashtirsak, u holda bosh barmog'imiz bu tokka ta'sir etuvchi kuch yo'nalishini ko'rsatadi. Amper kuchi moduli quyidagi formula bilan ifodalanadi.

$$dF = IBdl \sin a \quad (7.32)$$

a - $d\mathbf{l}$ va \mathbf{B} orasidagi burchak. Ikkita parallel tok uchun Amper qonuni quyidagicha bo'ladi.

$$dF = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2I_1 I_2}{R} \cdot dl \quad (7.33)$$

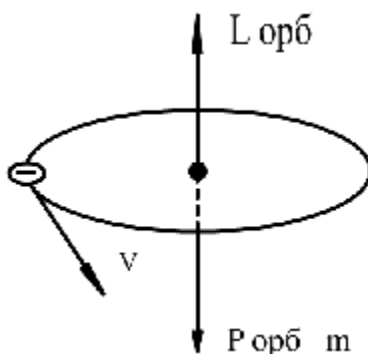
Harakatlanayotgan zaryadlangan zarrachaga magnit maydon tomonidan ta'sir etuvchi kuch Lorens formulasi orqali ifodalanadi.

$$F = quB \sin a \quad (7.34)$$

a - \mathbf{u} va \mathbf{B} orasidagi burchak, q -zarracha zaryadi, J - uning tezligi, \mathbf{B} - magnit maydoni induksiya vektori kattaligi.

§ 7.10. Moddalarning magnit xossalari

Tabiatdagi barcha moddalar o'zlarining magnit xususiyatlariga ko'ra uch guruhga bo'linadi: diamagnit, paramagnit va ferromagnit moddalarga. Jismlar atom va molekulalardan tashkil topganligi uchun ularning magnit xususiyatini ham shu zarrachalarning magnit xususiyatlari belgilaydi. Klassik nuqtai nazardan qarasaq elektron orbitasida J tezlik bilan aylanadi. Bu aylanma tokka o'xshash. Shuning uchun u orbital magnit momenti bilan xarakterlanadi: $P_m = ISn$. Elektronning o'z orbitasidagi aylanish chastotasi n desak, u holda tok $I = e \cdot n$ yoki



7.18-rasm. *Magnit momentining yo'nalishini aniqlovchi chizma.*

$$I = \frac{ev}{2\pi r} \quad (7.35)$$

U holda orbital magnit momenti yoki elektronning orbita bo'ylab xarakat sharti quyidagicha ifodalanadi:

$$P_{op\phi} = \frac{evr}{2} \quad (7.36)$$

Elektronning mexanik impuls momenti $L_e = m_e \cdot J \cdot r$ ga teng, bunda m_e - elektron massasi, $J = 2\pi nR$ bu yerda L_e - elektronning mexanik orbital momenti deyiladi.

Elektron magnit momentining uning mexanik momentiga bo'lgan nisbatiga

$$\frac{P_m}{M} = -\frac{e}{2m} \quad (7.37)$$

magnitomexanik nisbat deyiladi.

Elektron xususiy magnit momentga ham ega bo'lib unga spin deyiladi. Spin magnitomexanik nisbat orbital magnito mexanik nisbatdan ikki marta katta bo'ladi. P_m va L_e lar yo'nalishi qarama-qarshidir. Shuning uchun

$$p_m = -\frac{e}{2m} L_e = gL_e \quad (7.38)$$

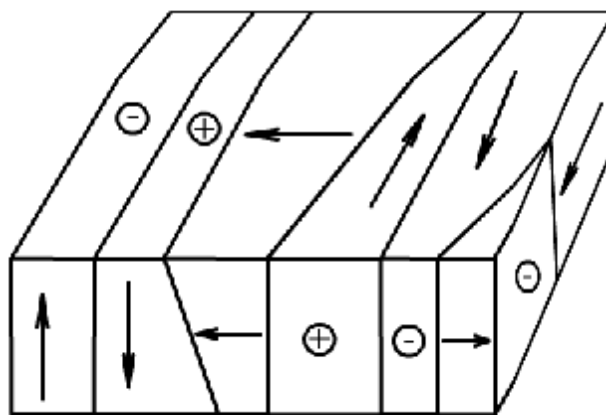
Bunda $g = -\frac{e}{2m}$ ga teng.

Molekulaning magnit momenti atomlarning magnit momentlari yig'indisiga teng. Magnit maydonda magnit momentlar oriyentirlanadi va jism magnitlanadi. Magnitlanish darajasi magnitlanish vektori j bilan xarakterlanadi. Ya'ni, hajm birligidagi magnit momentlar yig'indisi:

$$j = \frac{\sum P_m}{V} \quad (7.39)$$

Klassik nazariyaga binoan paramagnit jismlarda noldan farqli magnit momentlar mavjud, lekin ular xaotik joylashgan. Shuning uchun magnitlanish vektori nolga teng. ($j = 0$).

Tashqi maydonga kiritilgan paramagnitdagi magnit momentlar magnit maydon bo'ylab joylashadi. Ular uchun nisbiy magnit singdiruvchanlik $m > 1$ bo'ladi. Paramagnit moddalarga kislorod, azot, alyuminiy, molibden, volfram, platina, ishqor va ishqoriy yer metallar va boshqalar kiradi.



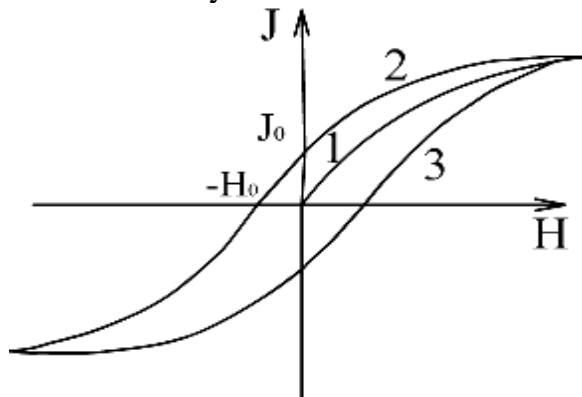
7.19-rasm. Ferromagnitlarda domenlarning joylashuvi.

Diamagnitlar uchun nisbiy magnet singdiruvchanlik $m < 1$. Diamagnit moddalarga forfor, oltingugurt, surma, uglerod, vismut, simob, oltin, kumush, mis, suv va boshqa birikmalar kiradi.

Diamagnitlarda tashqi magnet maydoni ta'sirida atom orbitasi bo'ylab harakatlanayotgan elektronlar harakatida o'zgarish paydo bo'ladi. Natijada tashqi maydon yo'nalishida joylashgan elektronlar magnet maydonlari kamayadi, tashqi maydonga qarama-qarshi bo'lgan elektron magnet maydonlari oshadi. Natijada diamagnit moddalarda magnet maydoni kamayadi.

Ferromagnitlarda nisbiy magnet singdiruvchanlik $m \gg 1$. Ferromagnit moddalarga temir, nikel, kobalt, gadolinii, disprozii, marganes va xromning ba'zi qotishmalari kiradi.

Ferromagnit tabiati kvant nazariyasi asosida tushuntiriladi.



7.20-rasm. Ferromagnitlarda gisterezisni ko'rsatuvchi chizma. H -magnet kuchlanganligi, J -magnetlanish vektori, J_0 -qoldiq magnetlanish, H_c -koersitiv kuch

To'yinish xolatigacha magnetlangan ferromagnitda maydon kuchlanganligi (N) ni kamaytira boshlasak, induksiya V ham kamayadi, biroq boshqa yo'nalish orqali kamayadi. $N=0$ bo'lganda ferromagnit to'la magnitsizlanmaydi, ya'ni qoldiq V_0 magnet induksiya aniqlanadi. U to'la magnitsizlanishi uchun $H=-H_k$ ga

tengkuchlanganlikli qarama-qarshi tashqi maydon xosil qilishi zarur. Bu kuchlanganlik koersitiv kuch deyiladi.

Magnit induksiya o'zgarishlarining magnitlovchi maydon kuchlanganligi o'zgarishlaridan orqada qolish hodisasi magnit gisterezisi deb va 7.20-rasmdagi berk egri chiziq esa gisterezis sirtmog'i deb ataladi. Gisterezis - (grekcha) orqada qolish degan ma'noni anglatadi.

Ferromagnitlarning yana bir muhim xususiyati bor; har bir ferromagnit uchun Kyuri nuqtasi deb ataluvchi aniq haroratda ular o'zlarining magnit xossalarini yo'qotadi. Masalan: temir uchun bu harorat -770°S , nikel uchun - 360°S

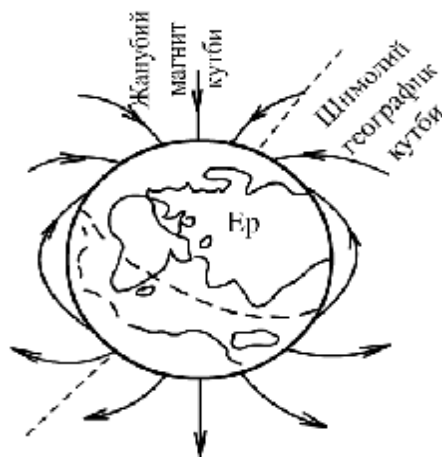
§ 7.11 Veterinariya terapiyasida magnit maydonning qo'llanilishi

Magnit maydonidan amalda ko'p maqsadlarda foydalanadilar. Medi-sinada kuchli magnit maydoni yordamida ko'zdagi temir buyumlarni jarrohliksiz olishda ishlatiladi. Organizmning ko'p qismi diamagnitdir. Orga-nizmdagi ion va molekulalar paramagnitdir. Organizmda ferromagnit zarrachalar yo'q. Organizmdagi biotoklar kuchsiz magnit maydoni hosil qi-ladi (magnitokardiografiya).

Magnitobiologiya magnit maydonning organizmga ta'sirini o'rganadi. Qonning xarakteristikasi magnit maydonida o'zgarishi mumkin. Bunga sabab molekulalarning magnit maydonda oriyentirlanishi, ionlarning Xoll effekti tufayli siljishidir.

Yaxlit metallarda uyurmali toklar hosil bo'ladi. Bunday toklar biologik organlarda ham hosil bo'lishi mumkin. Fizioterapiyada uyurmali toklar yordamida terining ba'zi qismlarini isitishda foydalanadilar (induktoterapiya).

Magnit maydoni yordamida qoramollar yutgan temir buyumlarni oshqozondan olish mumkin.



7.21-rasm. Yerning magnit maydoni.

Baland kengliklarda qutb yog'dusining ko'plab hosil bo'lishi, yer magnit maydonining ta'siri bilan tushuntiriladi. Kosmosdan yerga uchib kelayotgan zaryadli zarrachalar yerning magnit ta'sir doirasiga tushadi va maydonning kuch chi-ziqlari bo'ylab, ularga «o'ralgan» holda harakatlanadi. Yer magnit maydo-

ning konfiguratsiyasi shundayki, zarralar yerga asosan qutb sohalarida yaqinlashadi va erkin atmosferada yo'lqin razryad hosil qiladi. Rus olimi Chijovskiy ko'plab biologik jarayonlarning davriy takrorlanishini aniqladi. Bu esa quyosh aktivligi o'zgarishi bilan bog'liqdir. Hayvonlar va hashoratlar populyatsiyasi, epidemiyalarning takrorlanishi, bir davrdan boshqa davrda hayvonlarning ko'chishi, inson va hayvon qon to'qimasi tarkibining o'zgarishi, tug'ilish va o'lish, hattoki avtomobil halokatlari va travmatizmning o'zgarishi ham magnit bo'ronlariga bog'liq ekan. Magnitobiologik effektlar asosan quyidagilardan iborat: 1. Doimiy magnit asosan tomirlarga, jigarga, o'pkaga ta'sir qiladi. 2. Leykosit va eritrositlar ko'payadi. 3. Miyaning elektr aktivligi oshadi. 4. Hayvonlar harakatchanligi oshadi. Baliq va qushlarda $4000 \cdot 10^{-4}$ Tl. magnit maydonda to'la harakati to'xtaydi. Yerning o'rtacha magnit maydoni $0,7 \cdot 10^{-4}$ Tl. iboratdir.

Qonning turli tomirlardagi tezligini o'lchash uchun maxsus elektro-magnit hisoblagich ixtiro qilingan. Bu qurilma zaryadlangan zarrachalarning magnit maydonidagi harakatiga asoslangan. Qonda juda ko'p zaryadli ionlar mavjud. Masalan, qon plazmasida 145 mmol/l Na^+ ionlari, 125 mmol/l Cl^- ionlari mavjud.

Boshqa ionlar konsentratsiyasi ancha kam, faraz qilaylik ma'lum miqdor bir zaryadli ionlar arteriyada J tezlik bilan harakat qilayotgan bo'lsin va u magnit maydoniga joylashtirilsa, bu ionlar arteriyaning turli tomonlariga harakatlanadi. Arteriyada U potentsiallar farqi hosil bo'ladi. U holda tezlik

$$J = \frac{U}{Bd} \quad (7.40)$$

Demak, qon harakati tezligini o'lchash uchun potentsiallar farqini bilish zarur. d – qon tomiri diametri.

Erkin radikallar – molekula yoki molekulaning bir qismi bo'lib, u kompensatsiyalanmagan elektron spinga ega.

Erkin radikalning magnit momenti mavjud, shu sababli to'g'ridan-to'g'ri magnit kirituvchanlikni o'lchash yo'li bilan erkin radikalni aniqlash mumkin. 1944 yilda Zavoytskiy elektron paramagnit rezonans usulini aniqladi. Bu usul moddaning magnit xossasi bilan bog'liq elektromagnit energiyaning yutilishiga, ya'ni elektron va atom yadrosi magnit xossalari asoslangan. EPR yordamida biologik tizimlarda erkin radikallarni aniqlash mumkin.

Silliq sirtli urug'larni (beda, zig'ir, yo'ngichka) yovvoyi o'tlarning g'adur-budur sirtli urug'lardan tozalaydigan urug' tozalash magnit masini ishlatish ham ferromagnit xossalari asoslangan. Bu urug'lar aralashmasiga ferromagnit kukunlar aralastiriladi. Ular yovvoyi o't urug'lari g'adur-buduriga kirib qoladi va elektromagnit barabaniga tortiladi.

Yerdagi hamma tirik jonzod kuchsiz statik elektr maydoni (SEM) ta'siridadir. Bu elektr maydoni yerdagi ortiqcha manfiy zaryadlar tomonidan hosil qilinadi. Yer shari o'tkazgich sifatida va atmosferaning yuqori o'tkazuvchan qismlari ionosfera musbat zaryadi toklardan iborat bo'lib, sferik kondensatorni hosil qiladi va elektr maydon kuch chiziqlari ionosferadan yerga qarab yo'nalgandir. Yer elektr maydoniga undagi o'tkazuvchilarning hajm bo'ylab taqsimlanishi va atmosfera

sharoitlari ta'sir ko'rsatadi. Yer sirtida o'rtacha maydon kuchlanganligi taxminan 150V/m. ga teng bo'lib, momaqaldiroq vaqti yuzlab marta oshadi.

XX-asrda yuqori kuchlanishli elektr liniyalarining ishga tushishi SEM kuchlanganligini 5 – 20 kV/m gacha oshirdi. Shu sababli bu maydonning tirik organizmga ta'sirini o'rganish muhimdir.

SEM yordamida ishlov berilgan urug'lar o'suvchanligi tezlashganligi aniqlangan. XVII-asrda SEM yordamida davolash (franklinizasiya yoki statik dush) usullari ixtiro qilingan. Ular qo'llanilganda odam yoki hayvon 50kv kuchlanishli elektrodlar orasiga joylashtiriladi. Bu usul asab va boshqa kasalliklarni davolashda ishlatiladi, lekin hozirgacha bu maydonning tirik organizmga qanday mexanizm orqali ta'sir qilishi ma'lum emas. Fizik nuqtai nazardan olganda SEM to'qima va molekular tarkibidagi hujayraning qutublanishi bilan aniqlanadi, ya'ni jism sirtida elektr zaryadlari paydo bo'ladi va o'tkazuvchi qismlarda mikrotoklar hosil bo'ladi. 10 kV/m dan yuqori bo'lgan kuchlanganlikda elektr maydon DNK molekularidagi zanjirlarning uzulishiga olib keladi va xromosomalarning ajralishiga sabab bo'ladi.

Xuddi, SEM kabi yerdagi har bir jonzod doimiy magnit maydon (DMM) ta'sirida hamdir. Yerning magnit maydonining kelib chiqish sabablari aniq bo'lmasada, uning asosiy xarakteristikasi ma'lumdir.

Geomagnit maydonning o'rtacha qiymati taxminan $0,7 \cdot 10^{-4} \text{Tl}$ ga teng. Lekin, yerdagi ayrim anomaliyalar tufayli ba'zi joylarda magnit maydon induksiyasi $2 \cdot 10^{-4} \text{Tl}$ gacha ham yetishi mumkin. Yerning magnit maydoniga asosiy sabab yer tubidagi jarayonlardir, lekin bundan tashqari ionosferadagi elektr toklar ham unga ta'sir ko'rsatadi. Bular ichida eng kuchli ta'sir quyoshda bo'ladigan magnit bo'ronlaridir. Eng ko'p ma'lum bo'lgani 11 kunlik davriy sikldir. Lekin 27 kunlik sikl ham mavjud. Gravitation maydon kabi geomagnit maydon ham biosferaga ta'sir ko'rsatadi. Keyingi vaqtlarda magnit maydonning tirik organizmlarga biologik ta'siriga e'tibor qaratilmoqda.

Olimlarning ko'p yillik izlanishlari tirik organizmda magnit maydoni ta'sirida quyidagi o'zgarishlar bo'lishi mumkinligini aniqladi.

1. Qonning magnitogidrodinamik tormozlanishi. Magnit maydoni ta'sirida biologik suyuqliklarda induksion toklar paydo bo'lib qon harakatini to'xtatadi.

2. Magnit maydoni ta'sirida bo'lgan nerv tolasi orqali harakatlanadigan elektr impulsiga Amper kuchi ta'sir qiladi va tola egiladi. Bu holda o'zinduksiya toki hosil bo'ladi va Lens qonuniga binoan to'xtaydi.

3. Nerv tolasida hamma molekular magnit momentiga ega bo'lib, ba'zi molekularni magnit momenti ancha katta bo'ladi. Ularning magnit maydoniga mexanik moment ta'sir qiladi va uni ma'lum yo'nalishda oriyentiraydi. Biologik aktiv molekularlarda bo'ladigan o'zgarishi biokimyoviy reaksiya kinetikasi va biomembrana singdiruvchanligiga ta'sir ko'rsatishi mumkin.

Doimiy magnit maydondan veterinariyada ko'p maqsadlarda foydalaniladi. Chorvachilikda ishlatiladigan poxol, somon va boshqa ozuqalar ichiga tushib qolgan turli xil metall parchalar magnit yordamida ushlab qolinadi.

Barcha tirik organizmlar quyosh va kosmosdan kelayotgan elektromagnit maydon ta'sirida bo'ladi. Bu to'lqinlar diapazoni 10 MGs dan 10 GGs gachadir.

Ammo, ularning intensivligi kichik va odatda $10^{-9} Bm/M^2$ ga tengdir. Oxirgi vaqtlarda texnikaning rivoji, bu maydonning oshishiga olib keldi.

Hayvonlar bilan o'tkazilgan tajribalar shuni ko'rsatadiki, barcha jonivorlar shu jumladan odamning ham ko'p organlariga elektromagnit maydon ta'sir qilar ekan. Elektromagnit maydon bioobyekt bilan ta'sirlashganda u asosan organizmni isitadi. Chastota 10 MGs atrofida bo'lganda hamma to'qimalarni o'tkazgich deb olish mumkin. UVCh va SVCh to'lqinlarda to'qimalarni o'tkazgich deb olib bo'lmaydi. Elektromagnit maydon to'qimaga yarim to'lqin uzunligacha masofaga kirishi mumkin.

To'qimada ajraladigan issiqlik miqdori to'qimaning elektr kattaliklariga, chastotaga, intensivlikka bog'liqdir. Elektromagnit maydon odamda yurak faoliyati ish rejimining buzilishi qon bosimi oshishiga, modda almashinuvi buzilishiga, ko'rish qobiliyatining pasayishiga, eshitish qobiliyatining pasayishiga olib kelishi mumkin.

Hayvonlarda emosional holatining o'zgarishiga, ya'ni o'ta agressiv yoki charchagandek hollarga olib kelishi mumkin. Tirik organizm tabiiy elektromagnit maydonidan qo'shimcha ma'lumotlar olish mumkin. Odam, qurbaqa, hashoratlardagi xususiy elektromagnit maydonlarni o'lchashga imkon bo'ldi. Masalan, asalari 300 Gs chastotali tok impulsi hosil qiladi va unda 10 sm masofada uning qiymati $10 mV/M$ ga teng ekan. Tashqi va xususiy elektromagnit maydonlarning o'zaro ta'siri baliqlar to'planishi, qushlar va hashorotlar migrasiyasiga ham ta'sir qiladi.

Elektroterapiya. Elektromagnit maydondan terapiya va jarroxlik amaliyotida foydalanishda ularning chastotasi va intensivligi muhim ahamiyatga egadir. Darsonvalizasiya deb chastotasi 200 – 500 kGs, kuchlanishi 20 kV, tok kuchi 15 – 20 mA bo'lgan impulsi toklar bilan davolash usuliga aytiladi.

Bu usulni 1892 yilda fransuz fizigi va fiziologi J.A.D.Arsonval taklif qilgan. Veterinariyada uzunligi 100 mikrosekund vaqt oralig'ida 0,02 sekund impuls hosil qiladigan Iskra-1 va «Ultratan» apparatlari ishlatiladi. Impuls generatordan hayvonga maxsus vakuum shisha quvurlar yordamida uzatiladi. Tok kuchi kichik bo'lgani sababli darsonvalizasiya vaqtida to'qimalarning isishi unchalik sezilarli bo'lmaydi. Qutblanuvchanlik sababli hujayra membranasida ancha sezilarli o'zgarishlar bo'lishi mumkin.

Bu usulning asosida tok ta'sirida reflektiv hodisalar yuz berishi yotadi. Mahalliy darsonvalizasiya vaqtida – reseptorlarni kichik uchqunlar bilan uyg'otiladi. Buning natijasida ichki organlarning unga reaksiyasi kuzatiladi. Elektrod ta'siri zonasida arterial kapillyar tomirlar kengayadi va qonning aylanishi tezlashadi. Mahalliy darsonvalizasiya yara va lat yegan joylarning bitishini tezlashtiradi, og'riqni kamaytiradi. Umumiy darsonvalizasiyada hayvon yuqori chastotali generatorga ulangan to'r ichiga joylashtiriladi. Bu to'r solenoidga o'xshash magnit maydon impulslarini hosil qiladi. Hayvon tanasida impuls toklari yuzaga keladi. Bu usuldan itlardagi o'lat kasalligidan keyingi diasez vaqtida, ekzemadan davolashda qo'llaniladi.

Diatermiya deb to'qimaning ichki qismlarini endogen issiqlik bilan isitish usuliga aytiladi. Bu usulda chastotasi 1 – 1,5MGs, kuchlanishi 200 – 250 V va tok

kuchi 1-3 A bo'lgan toklar yordamida tananing aniq bir qismi isitiladi. Diatermiyada biror to'qima haroratini 2 – 5⁰S gacha isitish mumkin.

Hayvon tanasiga mexanik elektrod o'rnatiladi va bu elektrod harorati tok o'tganda o'zgarmaydi. Hayvon tanasidagi ajraladigan issiqlik miqdori tok kuchi kvadratiga to'g'ri proporsionaldir. Solishtirma qarshilikka qarab issiqlik qon, muskullar, jigar, quruq teri, o'pka, yog' to'qimalari, suyakda ajralib chiqadi. Ichki organlarga qaraganda terida ko'proq isiydi. Ana shu diatermiyaning kamchiliklaridan biri hisoblanadi. Terining ko'proq isishi, ya'ni elektrod ostida tok zichligi ko'proq bo'ladi, chunki ichkariga kirgandan so'ng tok tarmoqlanadi. Bu tarmoqlanish ham bir jinsli bo'lmaydi, chunki tananing turli qismlari solishtirma qarshiligi turlichadir. Eng kam qarshilik qonda bo'lgani uchun diatermiyada elektrodlarni qon tomirlariga perpendikulyar joylashtirgan ma'quldir. Diatermiyada fiziologik effektning mohiyati shundaki, tana ichki qismlari harorati oshadi va u tashqi manba uzilgandan keyin ham bir necha soat saqlanib turadi. Diatermiyada qon harakati oshadi va biokimyoviy reaksiyalarning aktivlashuviga olib keladi. Veterinariyada diatermiyadan nafas organlarini, nefritlarni, artritlarni, jigar kasalliklarni, jinsiy organlarini va boshqalarni davolashda qo'llaniladi.

Induktotermiya deb yuqori chastotali elektromagnit maydonlar yordamida hayvon tanasida induksion toklar hosil qilish usuliga aytiladi. Diatermiyada elektrod qo'yilgan joyda katta tok zichligi yuzaga kelib kuydirishi mumkin, ikkinchidan tana va elektrod orasida havo bo'shlig'i qolsa uchqunlar chiqib noxush natijalarga olib kelishi mumkin. Induktoterapiyada bu kamchiliklar tugatiladi. Bu holda ajraladigan issiqlik to'qima solishtirma qarshiligiga teskari proporsionaldir. Demak, qancha solishtirma qarshiligi kichik bo'lsa shu qism shuncha ko'p issiydi (Masalan, qon, jigar). Diatermiyadan usulning ustunligi, ancha yuqori chastotali toklar, ya'ni 10 – 15 MGs, ishlatilganligi uchun tananing birday isishiga erishadi.

Induktiv galtak bir necha o'ramdan iborat bo'lib, u isitiladigan qismlarga joylashtiriladi.

O'YuCh terapiyada chastotasi 30 – 300 MGs bo'lgan elektr maydonlari ishlatiladi. Hayvon yoki uning organi tebranish konturidagi kondensator orasiga joylashtiriladi. O'YuCh terapiyada suyak, to'qimalar, yog' to'qimalari, qon aylanuvchi tugunlarga qaraganda (limfa tugunlari) kuchliroq isiydi. O'YuCh terapiyada teri maydon uchun shaffof hisoblanadi. Bu holda issiqlik effektlar uncha kuchli emas. O'YuCh elektr maydoni fermentlarni aktivlashtiradi. Katta O'YuCh maydon qaytmas jarayonlarga ham olib kelishi mumkin. Masalan, kalamushlarni katta intensivlikdagi O'YuCh maydon bilan nurlantirganda ularning lablari va burunlarining shishishi kuzatilgan. Yana kattaroq maydonlarda kalamushlar halok bo'lib, o'lishigacha olib kelgan.

Veterinariyada O'YuCh terapiyadan bo'g'inlardagi shamollashlar, mastit, gaymorit, furunkul kasalliklarini davolashda foydalaniladi.

Kichik to'lqinli terapiya. Bu holda o'ta yuqori chastotali elektromagnit to'lqinlar ishlatiladi, ya'ni santimetr va desimetrli to'lqinlar diapazoni elektromagnit to'lqinlarni magnetron generatorlar hosil qiladi. Bu to'lqin tananing kerakli qismiga yuboriladi. U organizmga, santimetrli diapazonda 2 – 6 sm, millimetrli diapazonda 7 – 9 sm kiradi. Asosiy energiya dielektriklarda sarflanadi.

Suvning dielektrik kirituvchanligi katta, shu sababli endogen issiqlik suvi ko'p to'qimalarda yuzaga keladi (qon, muskullar). Hayvonlar uchun to'qimalar intensivligining chegaraviy qiymati SMT uchun $10\text{Vt}/\text{sm}^2$, DMT uchun $40\text{mVT}/\text{sm}^2$. Kichik to'lqinlar ta'sirida biologik aktiv moddalar hosil bo'ladi.

Veterinariyada, bu usuldan nerv tizimini, ginekologik kasalliklarni davolashda foydalaniladi.

Elektrojarroxlik. Elektrojarroxlik deb yuqori chastotali tok yordamida hayvon biror organini kesish yoki ta'sir qilishga aytiladi. Diatermiyadan bu usulning farqi katta tok kuchi ishidadir. Bu holda tok zichligi $40\text{kA}/\text{m}^2$ gacha yetishi mumkin. Elektrojarroxlik usul yordamida qon tomirlarini birlashtirishda, alveolalarni tikishda, ko'z to'r pardasini payvandlashda ishlatiladi. Elektrodlar ingichka igna yoki skalpel shaklida bo'ladi. Elektrojarroxligining odatdagi jarroxlik usullardan quyidagi afzalliklari mavjud: kam qon yo'qotiladi, operasiyadan keyin og'riqlarning kam bo'lishi, bakterisid ta'siri, boshqa usullarga qaraganda elektrodlar shaklini o'zgartirib ko'p maqsadlarda ishlatish mumkin.

Test savollari

1. Hozirgi vaqtda tibbiyot va veterinariyada keng ishlatiladigan yurak potensialining qayd qilish usuli kim tomonidan taklif qilingan?

- a) Kulon;
- b) Tomson;
- c) Eynshteyn;
- d) Plank.

2. Elektrokardiografiyaning to'g'ri ta'rifini toping?

- a) Uyg'ongan holatdagi (sistola) yurak muskullarida hosil bo'lgan biopotensial;
- b) Yurakning diastola paytidagi biopotensial;
- c) Qon tomirlari va yurak orasidagi biopotensial;
- d) Buyrakning biopotensial.

3. Biopotensialning to'g'ri ta'rifini toping?

- a) ikki qo'l orasidagi potentsiallar farqi;
- b) ikki oyoq orasidagi potentsiallar farqi;
- c) qo'l va oyoq orasidagi biopotensial;
- d) organizmning turli qismlari orasidagi potentsiallar farqi.

4. Javoblarning qaysi birida elektr maydon potensialining formulasi keltirilgan?

- a) $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$
- b) $j = \frac{A}{q}$
- c) $\Delta x = x_1 - x_2$
- d) $F = qE$

5. SI tizimsida potensial qanday birliklarda o'lchanadi?

- a) n/kl;
- b) j/kl;
- c) n/m;
- d) $\frac{Vt}{m^2}$

6. Qaysi elektrokinetik hodisa yordamida odam va hayvonlar tanasiga dori moddalar yuborish mumkin?

- a) franklizasiya;
- b) galvanizasiya;
- c) elektroforez;
- d) EKG.

7. Elektr tokining organizmga ta'sirining vaqtga bog'liqligini xarakterlovchi biofizik kattalik reabazaning to'g'ri ta'rifini ko'rsating?

- a) uzoq vaqt ta'sir etish natijasida muskullarning qisqarishi uchun yetarli bo'lgan kuchlanishning eng kichik qiymati;
- b) uzoq vaqt ta'sir etish natijasida muskullarning qisqarishi uchun kerak bo'lgan kuchlanishning eng katta qiymati;
- c) elektr tokining organizmga ta'sir etish vaqti davomiyligi;
- d) tok kuchining eng minimal qiymati.

8. Bir xil tok kuchiga ega bo'lgan o'zgarmas va o'zgaruvchan toklarning qaysi birining ta'sir effektivligi katta?

- a) o'zgarmas tokniki;
- b) chastotasi yuqori bo'lgan tokniki;
- c) o'zgaruvchan tokniki;
- d) uch fazali tokniki.

9. Quyidagi ifodalardan qay biri Amper qonunini ifodalaydi?

- a) $F = ma$;
- b) $F = qJB \sin a$
- c) $F = IB \sin a$
- d) $d = E \cdot e$

10. Qay bir javobda paramagnit moddalar uchun m ning qiymati to'g'ri ko'rsatilgan?

- a) $m \ll 1$
- b) $m < 1$
- c) $m \gg 1$
- d) $m > 1$

11. Qoramollar oshqozonidan temir buyumlarni oladigan qurilma nomini ko'rsating?

- a) magnit tayoqchalari;
- b) magnit qutblar;
- c) magnit zondlar;
- d) taqasimon magnit.

12. Yarim o'tkazgichlarda elektr tokini qaysi zarrachalar tashiydi?

- a) elektronlar, teshiklar;
- b) ionlar, teshiklar;
- c) protonlar, elektronlar;
- d) teshiklar, musbat ionlar.

13. Magnit maydonida harakatlanayotgan zaryadlangan zarrachaga ta'sir etuvchi kuch nomini ko'rsating?

- a) Kulon kuchi;
- b) Amper kuchi;
- c) Arximed kuchi;
- d) Lorens kuchi.

14. O'zgaruvchan tokka ta'rif bering?

- a) kattaligi va yo'nalishi davriy ravishda o'zgarib turadigan tok;

- b) faqat kattaligi o'zgaradigan tok;
 - c) miqdor va yo'nalishi o'zgarmaydigan tok;
 - d) o'zgarmas magnit maydonida tinch holatda bo'lgan o'tkazgichda hosil bo'ladigan tok.
15. Magnetiklar deb qanday moddalarga aytiladi?
- a) kichik koersitiv kuchga ega bo'lgan va qisqa gistrozis halqasiga ega moddalar;
 - b) magnit maydon ta'sirida magnit momentiga ega barcha moddalar;
 - c) tashqi magnit maydoni ta'sirida maydon yo'nalishiga qarshi magnitlanuvchi moddalar;
 - d) sun'iy yarim o'tkazgichli ferromagnitlar.
16. Birinchi tur o'tkazuvchanlikda asosiy tok tashuvchilar nimalardan iborat?
- a) protonlar;
 - b) ionlar;
 - c) elektronlar;
 - d) tirqishlar.
17. Qanday moddalarga diamagnitlar deyiladi?
- a) tashqi magnit maydonni susaytiruvchi moddalar;
 - b) tashqi magnit maydonni kuchaytiruvchi moddalar;
 - c) tashqi maydonni o'zgartirmaydigan moddalar;
 - d) tashqi magnit maydonni yo'qotuvchi moddalar.
18. Xronaksiya nima?
- a) tok ta'sir etish vaqti;
 - b) bo'sag'a toki;
 - c) maksimal tok qiymati;
 - d) minimal tok qiymati.
19. Magnit induksiyasi qanday birliklarda o'lchanadi?
- a) amper;
 - b) veber;
 - c) lyuks;
 - d) tesla.
20. Baliqlar va qushlar magnit maydon induksiyasi qancha bo'lganda harakatdan to'xtaydi?
- a) 0,4 tL;
 - b) 4 tL;
 - c) 40 tL;
 - d) 0,04 tL.
21. Hujayra membranasi qanday kuchlanganlikda teshiladi?
- a) 15 ming V/m;
 - b) 250 V/m;
 - c) 2500 V/m;
 - d) 30 ming V/m.

Sinov savollari:

1. Elektr maydon nima? Maydon kuchlanganligi haqida tushuncha bering.
2. Potensiallar farqi, uning o'lchov birligi nima.
3. Moddalarning elektr xossalari.
4. Elektrostatik induksiya hodisasi.
5. Yarim o'tkazgich va ularning xossalari.
6. Dielektrik kirituvchanlik nimani ko'rsatadi.
7. Tirik organizm dielektrik kirituvchanligi organizm holatiga qanday bog'liq.
8. Termistorlar va ularning qo'llanilish sohalari.
9. Qanday suyuqliklar elektrolitlar deyiladi.
10. Elektroliz va uning qonunlari.
11. Tirik organizmga o'zgarmas tokning ta'siri.
12. Elektroforez nima?
13. Uyg'onish tokining ta'sir etish vaqti nima?
14. Biopotensiallar nima? Tinchlik va qo'zg'alish biopotensiallarni tushuntiring.
15. Biopotensialarni o'lchash (EKG) usullari.
16. Hujayra biopotensial nima?
17. Magnit maydoni nima?
18. Ersted va Amper tajribalari.
19. Amper qonunini tushuntiring.
20. Tesla nimaning o'lchov birligi?
21. Magnit kirituvchanligi nima?
22. Moddalar magnit xususiyatiga ko'ra necha xil bo'ladi?
23. Magnit maydonining tirik organizmga ta'siri.
24. Magnit zondlari nima?
25. Magnitoterapiya nima?
26. Erkin radikallarni aniqlashda magnit maydonining roli.
27. Elektroterapiya nima?

VIII bob. KVANT BIOFIZIKASI

§ 8.1. Yorug'likning tabiati va uning tarqalish qonunlari

Optika – grekcha optikos – ko'rish degan ma'noni bildiradi. Bu bo'lim yorug'likning tabiati, uning boshqa moddalar bilan o'zaro ta'sirini o'rganadi. XVII asrda yorug'likning to'lqin (Gyuygens) va korpuskulyar (Nyuton) nazariyalari paydo bo'ldi. XVIII asrda korpuskulyar nazariya tarafdorlari g'alaba qilgan bo'lsa, XIX asrda to'lqin nazariyasi oldinda bo'ldi. To'lqin «Dunyo efirida» tarqaladi degan fikr noto'g'ri deb hisoblandi. Maksvell elektromagnit to'lqinlar nazariyasini yaratgandan so'ng «Dunyo efiri»ga hojat qolmadi. Maksvell nazariyasini Fizo (1849), Fiko (1850) va Maykelson (1881) tajribalari tasdiqladi. P.N.Lebedev esa (1899) yorug'likning bosimini o'lchadi. Shu davrda yana fotoeffekt, kompton effekti va boshqa xodisalarni elektromagnit to'lqinlar nazariyasi bilan tushuntirib bo'lmadi. Faqatgina 1900 yildan Plank kvant nazariyasini yaratgandan so'ng va Eynshteynning yorug'lik kvant nazariyasi e'lon qilingandan so'ng bu qarama-qarshilik barham topa boshladi. Eynshteyn nazariyasiga binoan yorug'lik fotonlar oqimidan iborat deb faraz qilindi. Bu nazariyani N.Bor (1913), Shredinger (1925) va Fok (1957), Feynman (1949 y) yoqlab chiqdi. Hozirgi davrda yorug'lik to'g'risidagi ikkala ta'limot ham o'rinli ekani va korpuskulyar-to'lqin dualizmi haqida gap yuritiladi.

Geometrik optikaning to'rtta qonuni mavjud.

1. Yorug'lik bir jinsli optik muhitda to'g'ri chiziq bo'ylab tarqaladi. Bunga yorug'likning to'g'ri chiziq bo'ylab tarqalish qonuni deyiladi.

2. Yorug'lik nurining mustaqillik qonuni. Yorug'lik to'lqinlari bir-biri bilan kesishganda ular bir-biriga halaqit bermaydi.

3. Yorug'likning qaytish qonuni. Qaytgan nur, tushuvchi nur va ikki muhit chegarasiga o'tkazilgan normal bir tekislikda yotadi. Tushish burchagi qaytish burchagiga tengdir.

4. Yorug'likning sinish qonuni. Tushuvchi nur, singan nur va ikki muhit chegarasiga o'tkazilgan normal bir tekislikda yotadi. Tushish burchagi sinusining sinish burchagi sinusiga nisbati berilgan moddalar uchun doimiy bo'lib, ikkinchi muhitning birinchi muhitga nisbatan sindirish ko'rsatkichi deyiladi.

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = n_{21} \quad (8.1)$$

Barcha nuqtalarida yorug'likning tarqalish tezligi bir xil bo'lgan muhitga optik bir jinsli muhit deyiladi.

Muhitning absolyut sindirish ko'rsatkichi deb, yorug'likning vakuumdagi S tezligining moddadagi V tezligiga nisbatiga aytiladi.

$$n = \frac{C}{V} \quad (8.2)$$

U holda (8.1) ga asosan $n_2 = \frac{C}{J_2}$ $n_1 = \frac{C}{J_1}$

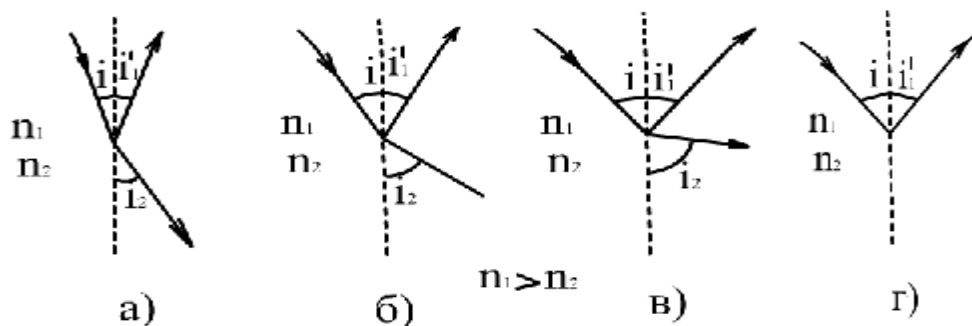
Ya'ni, $\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{J_1}{J_2} \quad (8.3)$

Cindirish ko'rsatkichi yorug'likning muhitga tushganda tezligining qanchaga kamayishini ko'rsatadi ekan. $i_1 = 0$ bo'lsa, $i_2 = 0$ bo'ladi, demak ikki muhitning ajralish chegarasiga normal tushuvchi nur sinmaydi. Sindirish ko'rsatkichining kattaligi optik zichlikni ko'rsatadi.

Yer atmosferasi bir jinsli emas, shu sababli uning sindirish ko'rsatkichi Yer sirtidan ko'tarilgan sari kamayib boradi. Shuning uchun yorug'lik yerga kelguncha parallel qatlamlarda sinib qabariqlanadi. Bu hodisaga refraksiya deyiladi.

Agarda yorug'lik optik zichligi katta muhitdan optik zichligi kichik muhitga tushsa, u holda $i_2 > i_1$ sinish burchagi tushish burchagidan katta bo'ladi. Demak,

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{n_2}{n_1} = n_{21} \quad (8.4)$$



8.1-rasm. Yorug'likning to'la ichki qaytish hodisasini ifodalovchi chizma. n_1, n_2 -muxit sindirish kursatkichlari, i_1 -tushish burchagi, i_1' -kaytish burchagi, i_2 -sinish burchagi

$i_2 = 90^\circ$ va $\sin i_2 = 1$ va bu xolda singan nur ikki muxit chegarasi buylab tarkaladi, bunda tushish burchagi tula kaytishning limit burchagi deb ataladi:

$$\sin i_{1, \text{lim}} = \frac{n_2}{n_1} \quad (8.5)$$

Agar ikkinchi muxit havo bo'lsa

$$\sin i_{1, \text{lim}} = \frac{1}{n} \quad (8.6)$$

Bu hodisa yorug'likning to'la ichki qaytish hodisasi deyiladi. Shisha havo chegarasi uchun limit burchagi 42° . Shu burchakdan katta bo'lsa to'la ichki qaytish yuz beradi. To'la ichki qaytish hodidasidan ko'plab optik asboblarda foydalaniladi.

Masalan, nurni 90° ga burish, tasvirni teskari burish, hozirgi vaqtda to'la ichki qaytishdan tola optikasida (svetovodlar) keng qo'llanilmoqda. Shisha tola optik zichligi kamroq modda bilan qoplanadi. Tolaning bir uchiga tushgan nur ikkinchi uchidan bemalol chiqib ketadi.

To'la ichki qaytish yordamida bir muhitning absolyut sindirish ko'rsatkichi ma'lum bo'lsa, boshqa muhitning sindirish ko'rsatkichini aniqlashga asoslangan asbobga refraktometr deyiladi.

Pulfrix refraktometri suyuq va qattiq shaffof jismlarning sindirish ko'rsatkichini aniqlaydi. Bunda prizmadan o'tgan nurlarning sinish burchagini o'lchab, modda sindirish ko'rsatkichi topiladi.

Abbe refraktometrining ishlash prinsipi yorug'likning sindirish ko'rsatkichlari turlicha bo'lgan ikki muhitning ajralish chegarasidan o'tganda sodir bo'ladigan optik hodisalarga asoslangan.

Refraktometrlar yordamida moddalar tarkibi, turli mahsulotlar si-fatini nazorat qilishda, dorishunoslikda, oziq-ovqat sanoatida keng qo'llaniladi. Qattiq va suyuq moddalar gidrodinamik tadqiqotlari yordamida ularning bir jinsligi tekshiriladi.

Endoskoplarning ishlash prinsipi to'la ichki qaytish hodisasiga asoslangan bo'lib ingichka naydan iborat. Uning ichida lampochka va linza qo'yilgan. Undan asosan odam va hayvonlar ichki organlarni, asosan oshqozonni tekshirishda ishlatiladi. Endoskopning ikkinchi uchi monitorga ulangan bo'lib, ichki organlar tasvirini ko'rsatib turadi. Undan ichki organlarni jarrohlik usulida davolashda ham ishlatiladi. Endoskop elastik nayi yorug'lik tolasidan iboratdir, u har qancha egilib, buralsa ham monitorda tasvir aniq ko'rinadi.

Refraktometrlar yordamida veterinariyada hayvon organizmidan olingan turli suyuqliklar, ayniqsa, siydik sindirish ko'rsatkichini aniqlash yo'li bilan uning kasalliklarini tashxis qilish mumkin. Qonda, siydikda shakar miqdorini yuqori daraja aniqlikda o'lchash mumkin. Bularni aniqlash esa hayvon organizmi holati haqida to'la ma'lumot olishga imkon beradi. Olingan natijalarga ko'ra davolash usullarini qo'llash mumkin.

§ 8.2. Fotometriya asoslari

Fotometriya optikaning yorug'lik intensivligini o'lchash bilan shug'ullanadigan bo'limidir. Fotometriyada ikki xil kattaliklar qaraladi:

1. Energetik-optik nurlanishni quvvat tomondan xarakterlaydi.
2. Yorug'likning fiziologik ta'siri o'rganiladi.

Nurlanish oqimi Φ_e deb, biror sirdan o'tayotgan yorug'lik nurlanishi elektromagnit to'lqinlarining shu sirdan 1sekundda olib o'tgan energiya miqdoriga aytiladi.

$$\Phi_e = \frac{W}{t} \quad (8.7)$$

Nurlanish oqimi vatt (Vt) larda o'lchanadi.

Birlik yuzadan vaqt birligida o'tuvchi yorug'lik energiyasiga yorug'lik oqimi zichligi deyiladi.

$$M = \frac{\Phi}{S} \quad (8.8)$$

Nurlanish oqimini ko'rish xususiyatini hisobga olgan holda quyidagicha ifodalash mumkin.

$$\Phi_m = W_l \cdot V_l \quad (8.9)$$

Bunda V_l – ko'rinuvchanlik koeffitsiyenti.

$$V_l = \frac{W_m}{W_l} \quad (8.10)$$

$l = 0,555$ mkm dagi nurlanish quvvati W_m odam ko'zi shu to'lqin uzunlikdagi nurlanishga (spektrning yashil qismi) eng sezgirdir.

Nuqtaviy yorug'lik manbai deb, o'lchamlari yorug'lik yetib borgan masofaga nisbatan juda kichik bo'lgan manbaga aytiladi. Yorug'lik kuchi deb, nuqtaviy yorug'lik manbaining birlik fazoviy burchak hosil qiluvchi yorug'lik oqimiga aytiladi.

$$I = \frac{\Phi}{\Omega} \quad (8.11)$$

Bunda Ω - fazoviy burchak. Yorug'lik kuchining birligi Vt/sterradian Fazoning konus sirti bilan chegaralangan qismi fazoviy burchak deyiladi

$$\Omega = \frac{S}{R^2} \quad (8.12)$$

fazoviy burchak o'lchov birligi sterradian.

Butun fazoviy burchak $\frac{4pR^2}{R^2} = 4p = \Omega$

$$\hat{O} = I \cdot \Omega \quad (8.13)$$

Yorug'likning turli to'lqin uzunliklarda ko'zga ta'siri har xil bo'lgani uchun faqat yorug'lik uchun maxsus birliklar kiritiladi. SI birliklar tizimida yorug'lik kuchining birligi – kandela asosiy birlikdir.

$$\Phi = I \cdot \Omega \quad (8.14)$$

Bundan yorug'lik oqimi ta'rifi kelib chiqadi.

Yorug'lik oqimi fazoviy burchak bir sterradian bo'lganda 1 kd yorug'lik nurlayotgan nuqtaviy manbaining hosil qilgan oqimi deb qarash mumkin. U holda uning o'lchov birligi 1 lyumen bo'ladi.

$$1 \text{ лм} = 1 \text{ кандела} \cdot 1 \text{ стер}$$

Sirtlarni yoritishni miqdoriy baholash uchun yoritilganlik tushunchasi kiritilgan.

Yoritilganlik deb, shu sirtga tushayotgan yorug'lik oqimining shu sirt yuziga nisbatiga teng bo'lgan kattalikka aytiladi.

$$E = \frac{\Phi}{S} \quad (8.15)$$

Agar sirtning o'lchamlari manbagacha bo'lgan masofaga nisbatan kichik bo'lsa,

u xolda

$$E = \frac{I \cos \alpha}{r^2} \quad (8.16)$$

Yoritilganlik o'lchov birligi lyuks.

$$1_{LK} = \frac{1_{LM}}{1M^2}$$

Yoritilganlik haqida yaxshiroq tasavvurga ega bo'lish uchun quyidagi kattaliklarga e'tibor beramiz.

Quyosh yorug'ligi tikka tushsa $Y_e \sim 10^5$ lk, o'qish uchun zarur bo'lgan yoritilganlik 40 lk, to'lin oy hosil qilgan yoritilganlik 0,2 lk, o'qish uchun minimal yoritilganlik 10 lk, auditoriya, laboratoriya uchun 150 lk, buzoqxona, cho'chqaxona uchun 10 lk, tovuqxona uchun 20 lk.

Manba nuqtaviy bo'lmasa, u holda yorug'lik kuchi tushunchasi yetarli xarakteristika bo'la olmaydi. Chunki, kuchi bir xil bo'lgan manbalardan sirti kichigi ravshanroq ko'rinadi. Shuning uchun yoyilgan yorug'lik manbalari uchun qo'shimcha xarakteristika ravshanlik tushunchasi kiritiladi.

Ravshanlik yoyilgan manbaning birlik sirtidan chiqayotgan yorug'lik kuchiga teng kattalikdir.

$$B = \frac{I}{S} \quad (8.17)$$

Ravshanlik o'lchov birligi nit (nt) dir.

$$1_{nt} = \frac{1_{\text{кандела}}}{1M^2}$$

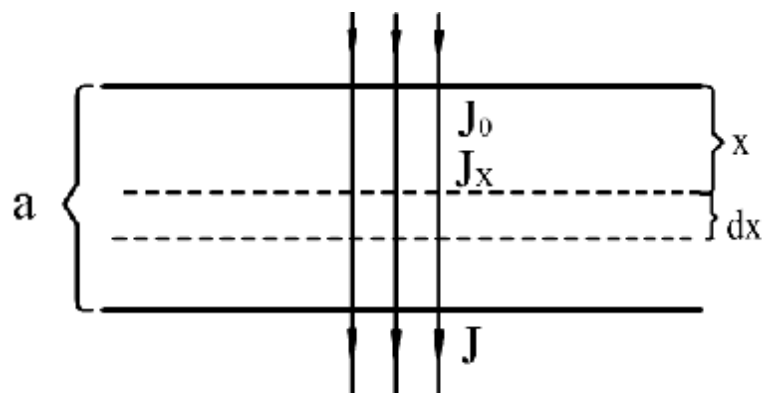
Tush vaqtida quyosh sirtining ravshanligi 10^9 nt, cho'g'lanish elektr lampa tolasi 10^6 nt, kerosin lampa alangasi 10^4 nt, oydinsiz tungi osmon ravshanligi 10^{-4} nt. Ko'zning farq qiladigan eng kichik ravshanligi 10^{-6} nt. Geliy-neon lazeri energetik ravshanligi $4 \cdot 10^{15}$ nt, ya'ni quyosh ravshanligidan taxminan 2,5 million marta katta.

Bir manba yorug'lik kuchini bilgan holda noma'lum kuchli manba yorug'lik kuchini aniqlovchi asboblarga fotometrlar deyiladi.

§ 8.3. Yorug'likning moddalar bilan o'zaro ta'siri

Yorug'likning yutilishi deb uning biror muhitga tushganda energiyaning bir qismini issiqlik va boshqa tur energiyalarga aylanishiga aytiladi. Yutilish natijasida intensivlik kamayadi.

Yorug'lik intensivligi deb nurga perpendikulyar $1m^2$ yuzaga 1s vaqt davomida olib o'tilgan energiya miqdoriga aytiladi. Biror shaffof moddadan a - qalinlikdagi qatlam ajratamiz. Yorug'likning bu qatlamdan o'tishi tufayli intensivligining o'zgarishi



8.2-rasm. Yorug'likning yutilish qonunini chiqarish uchun chizma.

$$I = I_0 e^{-ax} \quad (8.18)$$

(8.18-formula) Buger qonuni bilan ifodalanadi. Bunda I_0 va I - tushayotgan va qalinligi x bo'lgan moddadan chiqayotgan yorug'lik intensivligi a - yutilish koeffisienti bo'lib, yorug'lik to'lqin uzunligi modda kimyoviy tarkibiga va modda holatiga bog'liq bo'lib, intensivlikka bog'liq bo'lmaydi.

$x = \frac{1}{a}$ qatlamda intensivlik ye-marta kamayadi, normal sharoitda havo uchun $a = 10^{-3} \text{ m}^{-1}$, shisha uchun 1 m^{-1} , metallar uchun 10^6 m^{-1} .

Har qanday modda yorug'likni tanlab yutish xususiyatiga ega. Masalan, suv va suv bug'i infraqizil nurlarni kuchli yutadi. Odatdagi shisha ko'rinadigan nurlarni yaxshi o'tkazadi, infraqizil nurlarni ancha zaiflashtiradi, ultrabinafsha nurlarni deyarli butunlay yutadi. Tirik o'simliklarning barglari ko'rinuvchi spektrning yashil ($0,52 < \lambda < 0,6 \text{ mk}$) va to'q qizil ($\lambda > 0,7 \text{ mm}$) sohalaridan tashqari butun sohani kuchli yutadi. Bunday yutishga barglardagi pigment, xlorofill sabab bo'ladi.

Yorug'likning yutilishi, uning molekular bilan o'zaro ta'siri tufayli sodir bo'lgani uchun yorug'likning yutilish qonunini molekulaning ba'zi bir xarakteristikalarini bilan bog'lash mumkin. n - molekula konsentratsiyasi, s - molekula yutilishining effektiv kesimi.

U holda
$$I = I_0 e^{-Snx} \quad (8.19)$$

yoki
$$I = I_0 e^{-cx} \quad (8.20)$$

(8.19), (8.20) formulalar Buger – Lambert –Beyer qonunini ifodalaydi.

$C = \frac{n}{Na}$ - molyar konsentratsiya, $c = aC$ - yutilishining tabiiy molyar ko'rsatkichi.

$$I = I_0 e^{-acx} \quad (8.21)$$

c - yutilishning molyar ko'rsatkichi

$$t = \frac{I}{I_0} \quad (8.22)$$

Shaffof moddalari yorug'likni o'tkazish koeffitsiyenti (8.22) formula bilan ifodalanadi.

$$D = \lg \frac{I_0}{I} = \frac{1}{2,3} aCx \quad (8.23)$$

O'tkazish koeffitsiyentining teskari qiymatining o'nli logarifmiga eritmaning optik zichligi deyiladi.

Buger – Lamber – Beyer qonuniga asoslanib buyalgan eritmalarda modda konsentrasiyasini aniqlashning bir qator fotometrik usullari mavjud.

Modda orqali yorug'lik oqimi o'tganda bir qism modda atomlari tomonidan ushlanib qolinadi va yorug'lik oqimi intensivligi kamayadi. Fotonni ushlab qolish fotoeffekt vaqtida yoki elektronlarning atomdagi yuqoriroq energetik holatlarga o'tishida yuz berishi mumkin.

Fotokimyoviy reaksiya deb, yorug'lik ta'sirida bo'ladigan reaksiyalarga aytiladi. Bu holda foton ta'sirida molekula uyg'onadi yoki ionlashadi. Har qanday reaksiyadagi kabi fotokimyoviy reaksiya vaqtida ham fotonlar tashqi elektron qobiqlardagi elektronlar bilan ta'sirlashadi. Yutilgan energiya miqdori nurlanish tezligiga to'g'ri proporsional bo'ladi. Bu fotokimyoviy reaksiyaning asosini tashkil qiladi va Bunzen – Rasko qonuni deyiladi:

$$\phi_1 \Delta t_1 = \phi_2 \Delta t_2 \quad (8.24)$$

Fotokimyoviy reaksiya darajasini ko'rsatuvchi kattalik reaksiyaning kvant chiqishi deyiladi, ya'ni $j = \frac{N}{Np}$ Np - yutilgan fotonlar soni, N - barcha tushayotgan fotonlar soni.

Agarda har bir yutilgan foton reaksiyaga kirishsa u holda kvant chiqish 100% bo'ladi. Odatda, bu bir necha foizdan oshmaydi. Masalan, fermentlarni aktivasiya qilish reaksiyasi uchun 0,1 – 0,01% ga teng.

Birlamchi va ikkilamchi fotokimyoviy reaksiyalarni farqlash muhim ahamiyatga ega. Eynshteyn ko'rsatishicha har bir molekula bitta fotonni yutadi va demak birlamchi reaksiyadagi molekular soni fotonlar soniga proporsionaldir.

Aminokislota, oqsil, nuklein kislotalarni katta dozadagi ultrabinafsha nurlar bilan nurlantirsa fotoyemirilish yuz beradi. Natijada, kimyoviy bog'lanishlar uzilib radikallar, ionlar va neytral atomlar hosil bo'ladi. Bu tur reaksiyaga Yerda bo'ladigan kislorod – ozon reaksiyasi kiradi.

Quyoshdan kelayotgan ultrabinafsha nurlar ta'sirida stratosferada kislorod molekularining dissosiasiyasi kuzatiladi $O_2 + hn \rightarrow 2O$. Hosil bo'lgan aktiv kislorod atomlari kislorod molekulari bilan birlashib ozon hosil qiladi. $O + O_2 \rightarrow O_3$. Ozonning parchalanishi ham fotokimyoviy reaksiya tufayli ro'y bo'ladi.

$O_3 + hn \rightarrow O_2 + O$ Bu ikki reaksiya natijasida 25 km yuqorida qalinligi 2 – 3 kmli ozon qatlami hosil bo'ladi. Undan yuqori qatlamlarda kislorodning kamligi natijasida kam miqdorda ozon hosil bo'ladi.

Undan past qatlamlarda ultrabinafsha nurlarning kam kelishi tufayli reaksiyalar amalga oshmay qoladi. Quyoshdan kelayotgan ultrabinafsha nurlarning to'liq uzunligi 290 nm.dan kamini stratosfera ozon qatlami to'laligicha yutib oladi. Agar bu to'liq uzunlikli nurlar Yerga yetib kelganda edi, barcha tirik jonzor halok bo'lar edi. Ozon infraqizil sohadagi 10 mkm to'liq uzunlikli nurlarni yutuvchi qatlamga ham egadir. Aynan shu to'liq uzunlik Yerdagi issiqlik nurlanishga mos keladi. Demak, ozon 20% issiqlik nurlanishni ushlab turadi va issiqlik ekrani bo'lib xizmat qiladi. Natijada Yerdan issiqlikning koinotga tarqalishiga to'sqinlik qiladi. Afsuski, keyingi yillarda aviasiyadan foydalanish va sanoat chiqindilari ta'sirida ozon qatlami qisman yemirilib bormoqda. Arktika ustida kengligi 5 mln. km² li "Ozon tirqishi" hosil bo'lgan. Bu "tirqish" ning keyingi oshuvi yerda turli kasalliklarning kelib chiqishiga sabab bo'ladi va uning ekologik ta'sirini baholash qiyindir.

Yorug'likning sochilishi ham ko'rsatkichli qonunga bo'ysunadi:

$$I = I_0 e^{-ml} \quad (8.25)$$

m – sochilish ko'rsatkichi.

Reley qonuniga binoan sochilgan nur intensivligi to'liq uzunligi to'rtinchi darajasiga teskari proporsionaldir:

$$I \sim \frac{1}{l^4} \quad (8.26)$$

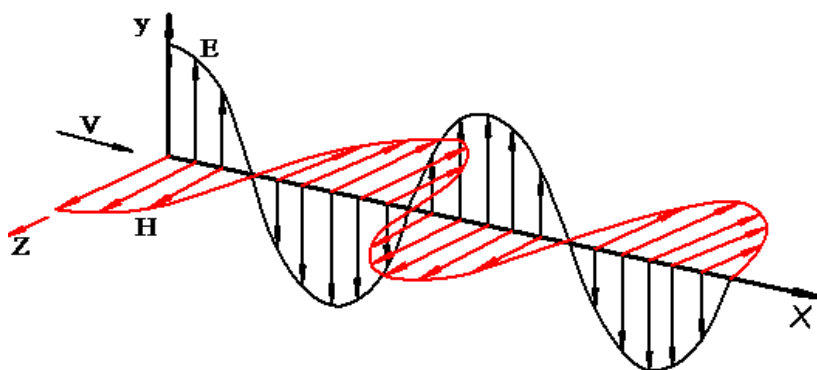
Osmonning ko'k rangi ham yorug'likning atmosfera zarrachalaridan sochilishi sabab bo'ladi. Quyoshning botishidagi qizil rangi, ko'k va binafsha nurlarning qiya tushganda biosfera qatlamlari ichida ancha chuqurroq masofaga sochilishi natijasida oq yorug'lik spektrining o'zgarishidir. Infraqizil nurlar yanada kamroq sochiladi.

Maksvell nazariyasiga binoan elektromagnit to'liqlar ko'ndalang, ya'ni elektr va magnit maydon kuchlanganliklari Y_e va H tebranishlari to'liq tarqalish yo'nalishiga perpendikulyardir. Qutblanish qonunlarini tushuntirish uchun bulardan bittasini, odatda elektr maydon kuchlanganlik \vec{E} vektorining o'zini tutishini bilish yetarli.

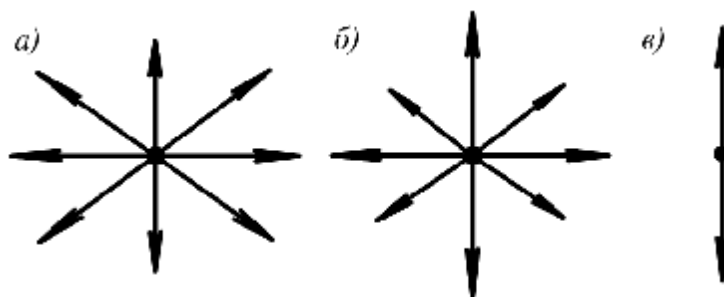
Yorug'lik ko'plab atomlar nurlanishi to'plamidan iboratdir. Atomlar esa bir-biriga bog'liq bo'lmagan holda nurlaydi.

Hamma yo'nalish bo'yicha \vec{E} (\vec{H}) elektr va magnit maydon kuchlanganlik tebranish vektorlariga ega bo'lgan yorulikka tabiiy yorug'lik deyiladi.

Ma'lum yo'nalish bo'yicha \vec{E} (\vec{H}) vektori tebranishi ajratilgan yorug'likka qutblangan yorug'lik deyiladi. Qutblanish darajasi kuyidagi kattalik bilan aniklanadi :



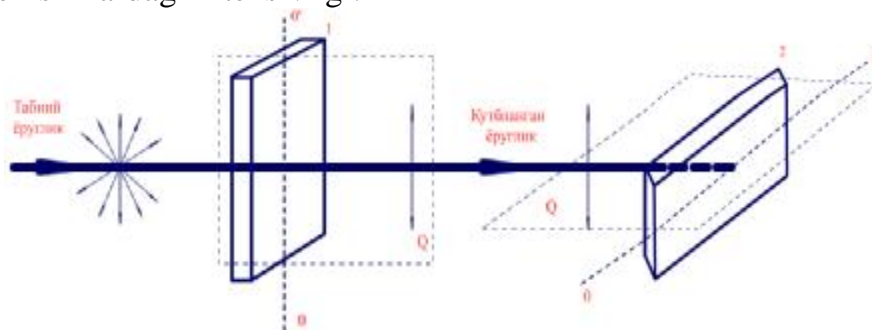
8.3-rasm. Elektromagnit to'qlinlarning tarqalishi.



8.4-rasm. Tabiiy (a), qisman qutblangan (b) va to'la qutblangan (v) nurlar.

$$P = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}} \quad (8.27)$$

I_{max} va I_{min} lar Ye elektr maydon kuchlanganlik vektorining o'zaro perpendikulyar tekisliklardagi intensivligi.



8.5-rasm. Yorug'likning qutblanishi.

Tabiiy nurni qutblantiruvchi asboblarga polyarizatorlar (qutblan-tirgichlar) deyiladi. Tabiiy kristallardan turmalin kristali shunday xususiyatga ega. Kristallning $00'$ optik o'qiga parallel kesilgan 1 turmalin plastinkasi orqali o'tgan tabiiy nur qutblanadi. Unga perpendikulyar qo'yilgan ikkinchi turmalin plastinkasi bu nurni o'tkazmaydi, xar bir kristalda shunday bir yo'nalish bo'ladiki, bu yo'nalishga nisbatan kristall panjaraning atomlari (yoki ionlari) simmetrik joylashadi, bu yo'nalish kristallning optik o'qi deyiladi. Polyarizatoridan tabiiy

nurning yarim intensivligi o'tadi. Polyarizator buralsa, qutblanish tekisligi buraladi, lekin intensivlik o'zgarmaydi. Agar tekis qutblangan Y_{e_0} amplitudali nur analizatorga tushsa, undan $Y_e = Y_{e_0} \cos j$ qismi o'tadi.

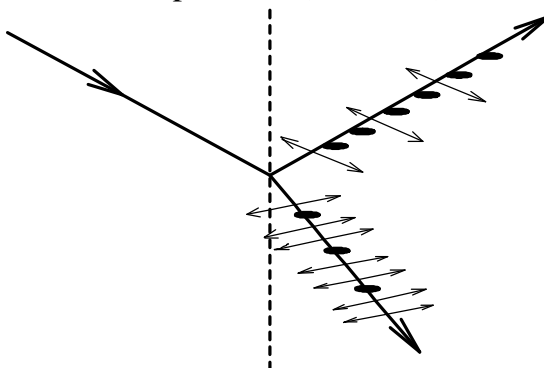
j - bu polyarizator asosiy o'qi bilan analizator orasidagi burchak.

Intensivlik kuchlanganlik amplitudasi kvadratiga proporsional $I \sim Y_e^2$ bo'lgani uchun quyidagi munosabat o'rinli bo'ladi.

$$I = I_0 \cos^2 j \quad (8.28)$$

(8.28) formula Malyus qonunini ifodalaydi.

Ikki dielektrik chegarasidan qaytuvchi tabiiy nur qisman qutblanadi. Qaytgan nurda tushish tekisligiga perpendikulyar tebranishlar ko'p bo'lsa, singan nurda tushish tekisligiga parallel nurlar ko'p bo'ladi (8.6-rasm).



8.6-rasm. Yorug'likning qaytish va sinishida qutblanishi: nuqtalar chizmaga tik tebranishlar, chiziqlar chizma tekisligidagi tebranishlar

Agar tushish burchagi i quyidagi shartni qanoatlantirsa, u holda qaytgan nur to'la qutblanadi.

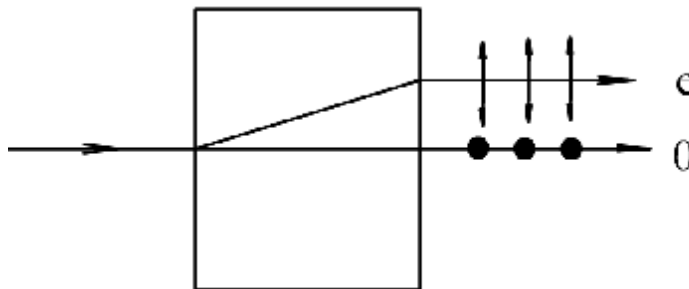
$$\operatorname{tg} i_B = n \quad (8.29)$$

(8.29) formula Bryuster qonunini ifodalaydi.

Bu yerda; i_B – Bryuster burchagi,

n – muhitning nisbiy sindirish ko'rsatkichi.

Ba'zi kristallarda ikkilanib sinish xususiyati namoyon bo'ladi (8.7-rasm). Bunda

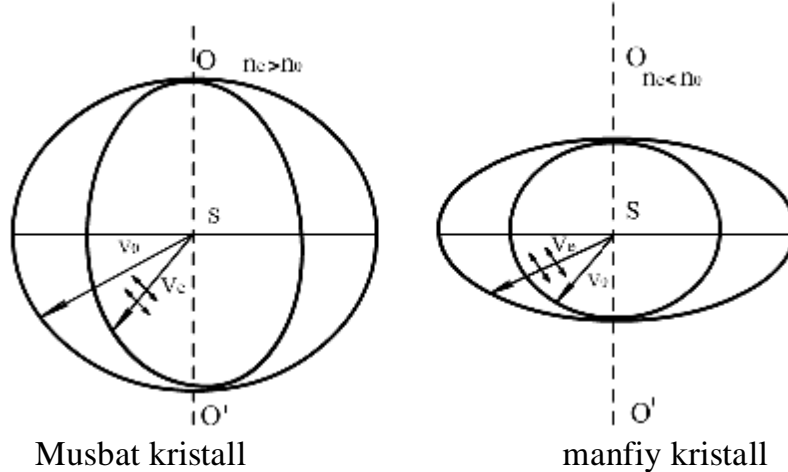


8.7-rasm. Yorug'likning ikkilanib sinish hodisasi. ye – odatdagimas nurlar, o – odatdagi nurlar, o – uchun sinish qonuni o'rinli ye – uchun sinish qonuni bajarilmaydi.

o va ye nurlarning tarqalishi bir xil bo'lgan o'qlarga kristalning optik o'qi deyiladi. Bunday o'q bitta bo'lsa, bir o'qli kristall deyiladi. Ularga Sa SO_3 , kvars,

turmalin va boshqalar kiradi. Optik o'q va tushuvchi nur orqali o'tuvchi tekislikka asosiy tekislik deyiladi.

O nurning tebranishi asosiy o'qqa perpendikulyar bo'lsa, ye nurning tebranishi shu tekislikda yotadi. Odatdagi va odatdagimas nurlar tezligi $V_0 = \frac{C}{n_0}$ – kristall optik o'qi bo'ylab ikkalasi ham bir xil bo'ladi.

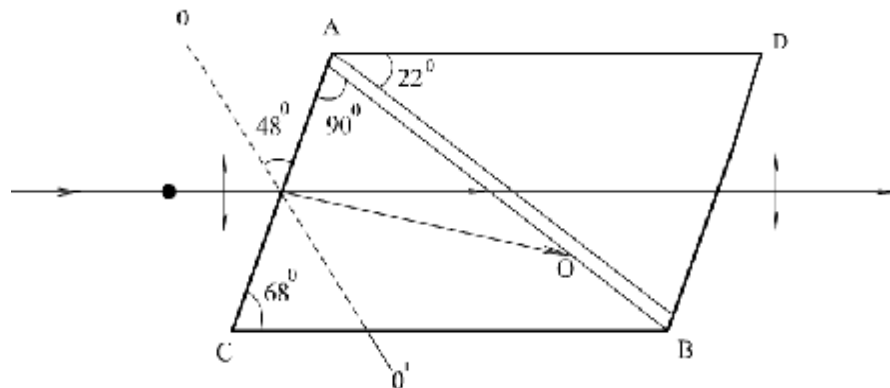


8.8-rasm. Musbat va manfiy kristallar. n_o – oddiy nur uchun sindirish ko'rsatkichi.

Island shpati uchun $n_o = 1,6504$ $n_e = 1,4864$.

Ikkilanib sindiruvchi kristallarda ye va o nurlar bir-biridan juda kam masofaga uzoqlashadi, shu sababli ulardan qutblagichlar sifatida foydalanilmaydi. Bulardan maxsus polarizasion prizmalar tayyorlanadi. Eng ko'p tarqalgani Nikol prizmasidir. Ikkita island shpatini kesib kanada balzami bilan yelimlanadi.

Unda O nur yutiladi, ye nur esa pastki qirraga parallel holda chiqadi.



8.9-rasm. Nikol prizmasida nurning yo'li.

O'ziga tushgan tekis qutblangan nurni qutblanish tekisligida buradigan moddalarga optik aktiv moddalar deyiladi (kvars).

Agar optik o'qlari perpendikulyar bo'lgan polarizator va analizator orasiga kvars plastinkasini qo'ysak, kvars yorug'lik nuri qutblanish tekisligini burgani uchun yorug'lik analizatoridan o'tadi.

A ni ma'lum burchakka burib yana qorong'ulik hosil qilish mumkin. Bu burchakka qutblanish tekisligining buralish burchagi deyiladi.



8.10-rasm. *Polyarizator va analizator*da nurning yo'li.

Aniq to'lqin uzunlik uchun $a = a_o \cdot l$, bunda l - optik aktiv moddadagi nurning yo'li.

a_o - aylanish doimiysi (grad/ mm). Ikki xil kvars mavjud, o'ngga (soat strelkasi bo'yicha) va chapga (soat strelkasiga teskari) buruvchi, ikkala holda ham a bir xildir. Optik aktiv moddalarga toza suyuqliklar (masalan, skipidar), eritmalar (shakarning suvdagi eritmasi), bug'lar (kamfora bug'lar) kiradi. Bular uchun

$$a = [a_o] \cdot S \cdot l \quad (8.30)$$

Bunda S – modda konsentrasiyasi.

Bu formula yordamida modda konsentrasiyani aniq o'lchash mumkin. Medisnada polyarimetrlar va saxarometrlar keng ishlatiladi. Siydikda shakar miqdorini, oziq-ovqat sanoatida lavlagi, uzum, olma sharbatlarida shakar miqdorini aniqlashda qo'llaniladi. Biologik obyektlarni mikroskopda qarab ularning tuzilishini aniqlash qiyin, shuning uchun ular polyarizasion mikroskop yordamida o'rganiladi. Bu mikroskop oddiy mikroskopdan kondensor oldiga polyarizator, obyektiv va okulyar orasiga analizator qo'yilishi bilan farq qiladi. Bu holda obyekt qutblangan nur bilan yoritiladi. Agar R va A o'qlari o'zaro perpendikulyar bo'lsa, predmet stolchaga izotrop modda qo'yib kuzatilsa ham qorong'i bo'ladi. Ammo anizotrop modda qo'yilsa yorug'lik yuzaga kelib to'qimalar, bakteriyalarni ko'rish mumkin. Polyarizasion mikroskop yordamida suyak to'qimalarida hosil bo'ladigan mexanik kuchlanishlarni kuzatish mumkin.

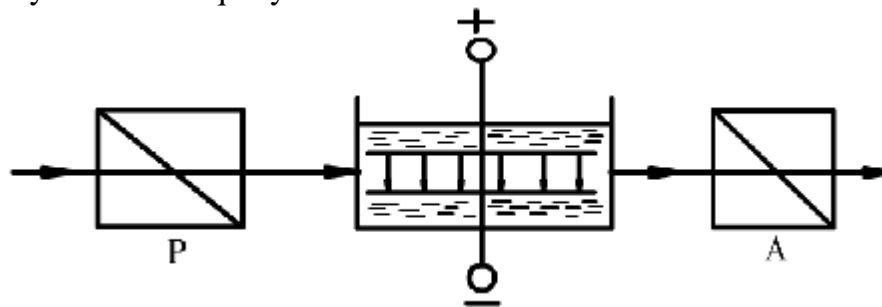
Optik anizotropiya ikkilanib sinishi tabiiy moddalarda o'rinli. Ammo optik anizotropiyani sun'iy yo'l bilan ham hosil qilish mumkin. Optik izotrop moddalarni anizotrop qilishning 3 xil usuli mavjud.

1. Bir tomonlama siqilish va cho'zish (kubik kristallar, shisha va boshqa moddalar.)
2. Elektr maydon yordamida [(Kerr effekti) (amorf jismlar, suyuqliklar, gazlar.)]
3. Magnit maydoni yordamida (suyuqliklar, shisha, kolloidlar).

Optik o'qiga perpendikulyar yo'nalishdagi odatdagi va odatdan tashqari nurlar sindirish ko'rsatkichlar farqi hosil bo'ladigan optik anizotropiya o'lchovi bo'lib xizmat qiladi. Bu ta'sirlar deformatsiyasi natijasida $n_o - n_e = K_1 S$ optik yo'llar farqi hosil bo'ladi.

$n_o - n_e = K_2 Y e^2$ (elektrostatik maydon bo'lganda), $n_o - n_e = K_3 N^2$ (magnit maydon).

d – normal kuchlanish. $K_1 K_2 K_3$ – moddani xarakterlovchi doimiyliklar, Ye va N – elektr va magnit maydon kuchlanganliklari
Elektr maydoni holini qaraymiz.



8.11-rasm. Kerr effektini suyuqlikda ko'rsatuvchi qurilma.

Bunda P-qutblantirgich, A-analizator

Kerr yacheykasiga suyuqlik (masalan, nitrobenzol) solingan va kondensator plastinkalari o'rnatilgan elektr maydon bo'lmasa, nur (A va R perpendikulyar bo'lganda) o'tmaydi. Agarda shu holda elektr maydoni ulansa nur o'tadi, ya'ni $\Delta = L(n_o - n_e) = K_2 L Ye^2$ yo'llar farqi yuzaga keladi. L – masofa. U holda fazalar farqi

$$j = \frac{2p\Delta}{l} = 2 p \cdot VLYe^2 \quad (8.31)$$

Bunda $V = K_2/l$ - Kerr doimiysi.

Kerr effekti elektr maydon ta'sirida moddalar optik anizotropiyasi- har xil yo'nalishlar bo'yicha suyuqlik molekularining har xil qutblanishini tushuntiradi. Bu jarayon inersiyasiz 10^{-10} s da modda izotrop holatdan anizotrop holatga elektr maydon ta'sirida o'tadi. Shuning uchun u Kerr yacheykasi zatvori bo'lib xizmat qilishi mumkin. (ovoz yozishda, ovoz eshittirishda, tez fotografiyada va kinoda yorug'lik tarqali-shini o'rganishda va hokazolarda). Bundan tashqari optik lokasiyada, optik telefonda, mashinalar faralariga qutblagich qo'yib, qarama-qarshi yo'nalishda kelayotgan avtomobil chiroqlarini o'zaro perpendikulyar tekis-likda qutblash mumkin. Natijada haydovchilar ko'zi qamashmaydi.

Magnit maydoni ta'sirida qutblanish tekisligining burilishini Faradey aniqladi va unga Faradey effekti deyiladi. Bu esa optik va magnit hodisalar bog'liq ekanini ko'rsatuvchi dalildir.

Keyingi yillarda yorug'likni qutblash uchun qutblagichlar keng ishlatilmoqda. Qutblagich qalinligi 0,1 mm ga yaqin bo'lgan shaffof polimer plyonka bo'lib, unda ko'plab mayda sun'iy kristalchalar – qutblovcilar, masalan, gerappatit kristalchalari (yod xinin sulfati) bo'ladi. Gerap-patit barcha kristalchalarining optik o'qlari qutblagich (polyaroid)ni tayyor-lashda bir yo'nalishda oriyentirlanadi. Qutblagich plyonkasi unchalik qimmat emas, juda elastik, yuzi katta, ko'rinuvchi yorug'likning barcha to'lqin uzunliklarini deyarli birday (juda oz) yutadi.

§ 8.4. Quyosh nurining biologik ahamiyati

To'lqin uzunligi 400nm dan 100 nm gacha bo'lgan elektromagnit to'lqinlar ultrabinafsha nurlanish deyiladi. Uning to'lqin uzunligi ko'rinadigan nurlar va yumshoq rentgen nurlar o'rtasida joylashgan. To'lqin uzunligi 100 nm dan kichik bo'lgan to'lqinlar yupqa havo qatlamida ham kuchli yutiladi. Shu sababli amaliyotda ultrabinafsha nurlarning qolgan qismi qo'llaniladi. Fizioterapiya va fotobiologiya bo'yicha halqaro kongresda ultrabinafsha nurlanish sohasini shartli uchga bo'lish kelishib olingan. 1-UBNA ($I > 400 \div 315_{HM}$), UBN-V ($I = 315 \div 280_{HM}$), $V\Phi H - C - (I = 280 \div 100_{HM})$. quyosh spektrining 9 foizi ultrabinafsha nurlanishdan iborat, lekin Yer sirtida 280 nm dan past to'lqin uzunlikli nurlanishlar yo'q va UBN - V dan Yerga atigi 0,1% yetib keladi. Bunga sabab atmosferadagi azot va ozon qatlami ularni kuchli yutishidir. Agarda UBN-V va UBM-S yutilmaganda edi, yerdagi hamma jonzod halok bo'lgan bo'lar edi.

Sun'iy yorug'lik manbalaridan keng spektrdagi nurlanish olish mumkin. 3000 K dan yuqori darajada isitilgan qattiq jismlar ko'p miqdorda ultrabinafsha nurlar chiqarishi mumkin. Lekin ulardan intensivligi katta bo'lgan qisqa to'lqinlar chiqish amalda mumkin emas. Chunki nurlanishning maksimumi 100 nm ga to'g'ri kelishi uchun jismni 29000 K. gacha isitish zarur. Bunday harorat faqat yadro portlaganda markazida bo'lishi mumkin. Shu sababli qisqa to'lqinli nurlar spektrini ultrabinafsha nurlar chiqaruvchi metall bug'larining elektr razryadlari vaqtida hosil qilinadi. Veterinariya amaliyotida 280 - 380 nm. to'lqin beruvchi va bakterisid (253 - 265nm) lampalardan foydalaniladi. Ularni qayd qilish uchun sezgir fotoelementlar, fotoplastinkalar, lyuminessent moddalardan foydalaniladi.

Ultrabinafsha nurlar energiyasi ko'rinadigan nurlarnikidan katta bo'lgani uchun modda bilan kuchli ta'sirlashadi. Shu sababli ular ko'rinadigan nurlarga qaraganda ko'proq fotoeffekt, fotokimyoviy reaksiyalar va lyuminessensiyani hosil qilishi mumkin.

Ultrabinafsha nurlarning biologik ta'siri kuchli bo'lgani uchun u veterinariyada keng qo'llaniladi. ultrabinafsha nurlarning biologik ta'siri mexanizmi juda murakkab bo'lib, hozirgacha aniqlanmagan. Bu holda yutilish mexanizmi issiqlik effekti emas, balki fotokimyoviy reaksiyalardir. Ushbu holda foton ta'sirida molekullardan elektron chiqib ketadi va oqsil molekulasi zaryadi o'zgaradi. Nurlanish fotolizga olib keladi, ya'ni katta molekullar bo'laklari hosil bo'ladi va ular yuqori biologik aktivlikka egadir. Fotolizni to'lqin uzunligi eritem sohada bo'lgan to'lqinlar hosil qiladi. Denaturasiya esa bakterisid to'lqin sohasida kuzatiladi. DNK molekullaridagi nuklein kislotalarida bo'ladigan o'zgarishlar hujayralar hayotiy holatiga ta'sir qiladi va ularning o'sishiga va keyin hujayra va bir hujayrali organizm - bakteriyalarning halokatiga olib keladi. Turli bakteriyalar turli to'lqin uzunliklarda halok bo'lishi mumkin. Masalan, stafilokok to'lqin uzunligi 265 nm, *E.coli*- 251nm nurlanish ta'sirida halok bo'ladi. Hujayraning halok bo'lishi uchun katta miqdorda nurlanish dozasi talab qilinadi. Masalan, *E - coli* - hujayrasini o'ldirish uchun $2 \cdot 10^6$ ta foton kerak bo'ladi.

Ultrabinafsha nurlarning bakterisid ta'siridan yopiq binolarni sterilizasiya qilishda foydalaniladi.

Sanoat parrandachiligida bu keng qo'llaniladi, chunki ko'p miqdordagi tovuqxonalarda havo orqali turli xil mikroblar tarqalishi mumkin. Jo'ja boqiladigan xonalarni sutkasiga 3 mahal 5 – 25 minutdan nurlantirish jo'jalarning yaxshi o'sishi va kam halok bo'lishiga olib kelgan.

Dezinfeksiya maqsadlarida chorva binolariga beriladigan havolar ham ultrabinafsha nurlar bilan nurlantiriladi. Ultrabinafsha nurlar dezinfeksiyadan tashqari havoni ionlashtiradi ham. Bu holda ozon hosil bo'ladi va molxonadagi yoqimsiz hidlarni kamaytiradi.

Hayvonlarga ultrabinafsha nurlanishning ta'siri uning terisiga tushganda yutilishi bilan bog'liqdir. Nurlanish biologik effekt berishi uchun u teri ostida joylashgan qon va nerv tomirlarigacha yetib borishi kerak. Odam terisi uchun to'lqin uzunligi 300 *nmdan* kichik bo'lgan to'lqinlar 0,5 mm kiradi xolos. Hayvonlar terisi qalin va juni bo'lganligi uchun ham kam masofaga o'tadi.

Yorug'lik ta'sirida biokimyoviy reaksiyalar va fiziologik jarayonlar tufayli teri ostida gistamin hosil bo'ladi.

Gistamin boshqa molekula «bo'laklari» bilan qon tomirlari orqali tarqaladi. Gistamin qon tomirlarini kengaytiruvchi modda bo'lib, natijada giperamin hosil bo'ladi. Organizmning nurlanishiga aks ta'siri terida pigmentasiya, ya'ni kuyish hosil bo'lishidir. Teri pigmenti melanin epidermisning tubida joylashgandir.

Ultrabinafsha nurlanish ta'siridan teri va so'ng qolgan qismlarda modda almashinuvi yaxshilanadi va natijada organizm immunobiologik holati yaxshilanadi. Shu sababli ultrabinafsha nurlar veterinariyada shamollash kasalliklarini davolashda ishlatiladi.

Ultrabinafsha nurlar ta'sirida D vitamini hosil bo'ladi. Bu esa kalsiy elementining o'zlashtirishiga imkon beradi. Agarda organizmda D vitamin yetishmasa organizm kalsiyni suyakdan oladi va bu raxit kasalligiga olib keladi. D vitaminning yetishmasligi skeletning o'sishini sekinlashtiradi. Vitamin D go'sht, yog'lar tarkibida bo'ladi, lekin uni organizmning o'zida ultrabinafsha nurlar ta'sirida hosil qilishi mumkin. Buning uchun organizmni 280 – 315 *nml* ultrabinafsha nurlar bilan nurlantirilishi kerak. Bu narsa buzoqlar va jo'jalarni nurlantirishda ishlatiladi. Oxirgi yillar hayvonlar qonining UB nurlar bilan nurlantirish yo'li bilan hayvonlarning turli kasalliklarga chalinmasligini oldini olishda foydalanilmoqda. Buning uchun hayvon venasidan 1 kg massaga 1 – 2 ml qon olib, ultrabinafsha nurlar bilan nurlantirilib yana organizmga yuboriladi.

Shuni qayd qilish kerakki, ultrabinafsha nurlarning salbiy ta'sirlari ham ko'p va undan himoyalanih ham zarur.

Quyosh nuridan fotosintezda foydalanilishi ma'lum, lekin tushayotgan quyosh nurining atiga 5 foizi bevosita fotosintezga sarflanadi (bahorgi bug'doy uchun 3,26 foiz, kartoshka uchun 3,02 foiz, makkajo'xori uchun 2,35 foiz va h.k). O'simliklarning organik massasi fotosintez jarayonida to'planadi, shuning uchun qishloq xo'jaligi ekinlarining hosildorligini oshirish uchun quyosh energiyasidan foydalanish ko'effisiyentini oshirish zarur. Buning uchun sun'iy yorug'lik berish kerak. Bunda o'simliklar karbonat angidrid bilan boyib ildizdan suyuq ozuqa berilgani holda sun'iy ravishda qo'shimcha yoritiladi. Yorug'lik teri qatlamiga ham ta'sir qiladi. Ko'rinadigan va infraqizil nurlar asosan terining sirtini qizdiradi.

Ultrabinafsha nurlar tashqi qatlamda fotokimyoviy reaksiyani vujudga keltiradi, buning natijasida qo'ng'ir pigment hosil bo'ladi (kuyish), bu pigment melanin deyiladi va ultrabinafsha nurlarni kuchli yutib, organizmni ularning haddan tashqari ta'siridan saqlaydi. Ultrabinafsha nurlarning kuchsiz (normal) ta'siri organizmga foydali ta'sir ko'rsatadi, uning yuqumli kasalliklarga qarshiligini ko'rsatadi va modda almashinuvini yaxshilaydi.

Odam, hayvon va o'simliklar yashashi uchun yorug'lik zarurdir, uning yetmasligi organizmning normal faoliyatini buzadi. 0,28 mkm dan qisqa to'lqinli ultrabinafsha nurlar kuchli bakterisid ta'sirga ega. Bundan binolarning havosini tozalash, sutni sterilizasiya qilishlarda ishlatiladi. Bu nur kvarts lampalar yordamida hosil qilinadi. Yerga yetib keladigan quyosh nurlarida 0,29 mkm dan qisqa to'lqinli nurlar bo'lmaydi, chunki bu nurlarni atmosferaning yuqori qatlamlari (12-50 km) ozon (O₃) batamom yutib qoladi.

Infraqizil nurlar ilonlar hayotida muhim ahamiyatga ega. Ilonlarda ko'rish, eshitish, hid bilish zaif, lekin infraqizil nurlarni o'tkir qabul qiladi. Ilonning boshida ko'zlari bilan burun orasida ikkita chuqurcha bo'lib, ularda o'ziga xos «termolokatorlar» - infraqizil nurlarga sezgir organlar bo'ladi. Bu yordamida turli mayda qushlar va hayvonlardan kelayotgan zaif issiqlik nurlanishlarni ham tutib oladi va ularning turgan joylarini aniqlaydi. Shuning uchun qorong'ida ham ilon o'z o'ljasiga aniq tashlanadi. Bir yilda quyosh nuri ta'sirida 450 milliard tonna organik modda hosil bo'ladi.

§ 8.5. Optik nurlanishning biologik ta'siri

Yorug'lik – hayotiy funksiyalarni boshqaruvchi muhim omildir. Ko'rinadigan yorug'lik ko'z qorachig'i orqali organlarga ham ta'sir ko'rsatadi. Teriga tushgan nur uni isitadi, natijada teri reseptorlarini uyg'otadi va ichki reflektik ta'sir ko'rsatadi. Quyosh nuri sun'iy hosil qilinadigan nurlarga qaraganda ancha kuchli biologik ta'sir ko'rsatadi, chunki quyoshda ultrabinafsha va infraqizil nurlar ancha ko'pdir.

Yorug'lik nuri muhim biologik birikmalarda yutilganda foydali va zararli jarayonlar kechishi mumkin. Yorug'lik nuri zararli ta'siri ham ikkiga bo'linadi. Yorug'lik nuri teriga, ko'zga ta'sirida allergiya berishi bo'lsa, fotoperiodizm ta'sirida hayvonlarda yillik, sutkalik sikllar mavjud bo'lishi mumkin.

Bu jarayonlar yorug'lik nuri bilan boshqariladi, ya'ni odam va kemiruvchilarda ko'z, qushlarda gipotalamus, baliqda epifiz, hashoratlarda miya, o'simliklarda xlorofill asosiy fotobiologik jarayonlar fotosintez, fototaksis, fototropizm va fotoperiodizmdir.

Fotosintez – yorug'lik nuri energiyasi hisobiga organik molekulalar sintezi;

Fototaksis – organizmning, masalan bakteriyalarning, yorug'likka yoki qarama-qarshi tomonga harakati;

Fototropizm – o'simlik barglari yoki poyalarining yorug'likka yoki yorug'likdan burilishi;

Ko'rish – ko'z to'rida yorug'lik energiyasining asab impulsi energiyasiga aylanishi;

Ultrabinafsha nurlarning ta'siri (mikroorganizmlarga bakterisid ta'siri, mutagen ta'sir, D vitamining hosil bo'lishi, teriga eritem ta'siri va h.).

Biofizika kursida asosan quyidagi fotobiologik jarayonlar o'rganiladi: Yorug'lik kvantini yutish, molekula tarkibida energiya almashinish, molekular orasida qo'zg'algan holat bo'lganda energiya o'tkazish, ya'ni energiya migrasiyasi va birlamchi fotokimyoviy akt jarayonlari o'rganiladi.

Fotobiologiya fizik-kimyoviy biologiyaning biologik obyektlarga ultrabinafsha va ko'rinuvchi nurlar ta'sirini o'rganadigan sohadir. Infraqizil va o'ta qisqa to'lqin uzunlikli (rentgen va gamma) nurlarning biologik ta'sirini o'rganish esa fotobiologiyaning muammolariga kirmaydi. Demak, fotobiologiya fotofizika va fotokimyoga bevosita bog'liq ekan.

Asosiy fotokimyoviy reaksiyalar jumlasiga quyidagilar kiradi: fotoionlashish (elektronning molekula tashqarisiga o'tilib chiqib, ionlar yoki erkin radikallar hosil bo'lishiga olib kelishi), fotoqaytarilish yoki fotooksidlanish (elektronning bir molekuladan ikkinchisiga o'tishi), fotodissosiasiya (molekulalarning ionlarga parchalanishi) va fotoizomerizasiya (molekulalar fazoviy konfiguratsiyasining yorug'lik ta'siri ostida o'zgarishi).

Har qanday fotokimyoviy reaksiya ikki bosqichda o'tadi: birinchi bosqich-yorug'likka aloqador bosqich bo'lib buning natijasida qo'zg'algan molekular, ionlar va erkin radikallar hosil bo'ladi.

Ikkinchi bosqich – “qorong'ulikka aloqador” bo'lib, birlamchi (dastlab paydo bo'lgan), aktiv mahsulotlarning keyinchalik qayta o'zgarishidan iborat. Bu bosqichda energiyaga boy molekular yana reaksiyaga kirishadi, bu reaksiyalar endi biokimyoviy reaksiyalar bo'ladi. Yaxlit biologik tizimda bu jarayonlar birin-ketin tartib bilan boradi, ya'ni kvant yutilishi – fotokimyoviy reaksiyalar – kimyoviy va biokimyoviy reaksiyalar – fiziologik aktdir.

Fotobiologik jarayonlar mexanizmini aniqlash uchun umuman shu jarayonning oxirgi yakunini tekshirish kerak. Masalan: ultrabinafsha nurining teriga qanday ta'sir ko'rsatishini analiz qilish uchun eritemaning darajasi, chuqurligi va maydoni aniqlanadi.

Fotobiologik jarayonlarni o'rganishdagi masalalardan biri ta'sir etuvchi nurlanishni yutayotgan va jarayonning boshlang'ich bosqichlarida qatnashayotgan moddani aniqlashdan iborat. Buning uchun fotokimyoviy ta'sir spektri o'rganiladi va reaksiya qatnashchilari deb faraz qilinayotgan moddalar spektri bilan taqqoslanadi.

Suvda radiasiya ta'sirida gidroperekis (NO_2) vodorod peroksidi (N_2O_2) gidroksil (ON) radikallari paydo bo'lib, o'ta tez reaksiyaga kirishuvchidir. Erkin radikallar organik molekulalarda ham ionlovchi nur, ultrabinafsha nur ta'sirida oqsillarda, fenollarda, nuklein kislotalarda erkin radikallar hosil bo'ladi. Masalan, fenol moddasining xenonga aylanishida semixinon erkin radikali hosil bo'ladi. Semixinon erkin radikalining miqdori hujayra va to'qimalarni, o'simlik urug'larini funksional holatiga bog'liq bo'ladi.

O'simlik urug'lariga, barglariga ionlovchi nurlar ta'sir etganda va o'simlik urug'ida semixinon radikali miqdorini nazoratga nisbatan yuqori ekanligini Z.N.Norboyev tomonidan aniqlangan. Demak, erkin elektronlar yuqori tartibda

radiasiyaga kirishuvchan bo'lib, paramagnetizm xossasi, ya'ni kompensasiyalashgan magnit momentiga ega, ya'ni juftlashmagan elektronlar hisoblanadi va zanjirli reaksiyaga olib keladi. Shuning uchun tirik organizmdagi biofizikaviy, biokimyoviy jarayonlarda juftlashmagan, ya'ni erkin elektronlar ishtirok etib, funksional holatini belgilaydi. Bu erkin radikallarning miqdori hujayra va to'qimalarning funksional holatiga bog'liq bo'lishini Z.N.Norboyev atmosfera har xil gazlar bilan ifloslanganda radioaktiv uranli tuproqda o'sayotgan o'simlik urug'larida elektron paramagnit rezonans usuli yordamida aniqlagan. Hujayra va to'qimalarining membranalari asosan fosfor, lipidlardan tuzilgan bo'lib, ionlovchi nurlar ta'sir etganda erkin radikallar hosil bo'ladi.

Ultrabinafsha nurlar ko'plab hayvonlar va odamlarda sezgi uyg'otmaydi. Uning ta'siri asosan eritmik va bakterisid bo'lishi mumkin.

Eritmik ta'sir deb, ultrabinafsha nur ta'sirida terining qizarish hodisasiga aytiladi.

Bu holda teri sirti yaqinidagi arteriolalar kengayadi va to'qimalarda to'planadi. Bunda asosiy vazifani ultrabinafsha nur ta'sirida hosil bo'ladigan gistamin o'ynaydi. U esa qon tomirlarini kengaytirish xususiyatiga ega. Ultrabinafsha nurlar eritmik ta'sirini ifodalovchi kattalikka eritmik oqim deyiladi. Uning o'lchov birligi erg. To'lqin uzunligi 296,7 nm bo'lgan 1Vt quvvatli nurlagich 1 erg oqim hosil qiladi. Quvvati 1 Vt bo'lgan boshqa to'lqin uzunlikli nurlagich hosil qiladigan oqim $v_y(I)$ ga teng bo'ladi. Xromatik bo'lmagan nurlanish uchun oqim

$$\delta_y = \int_{I=200\text{ni}}^{I=380\text{ni}} v_y(I) r(I, \delta) dI \quad (8.32)$$

Eritmik nurlanish kuchi (erg/s), eritmik nurlanish (Erg/m²) va boshqalarda aniqlanadi.

Ultrabinafsha nurlar bakterisid ta'sirida bakteriyalar halok bo'ladi. Organizmda immunobiologik holatning oshuvi ham bakterisid ta'sirida ifodalanadi.

Bakterisid ta'sir effektivligi $vd(I)$ bog'lanish orqali aniqlanadi. Eng kuchli bakterisid xususiyatga 254 nmli to'lqin egadir. 200 – 380 nm diapazondan tashqaridagi to'lqinlar uchun bakterisid ta'sir unchalik sezilarli emas. Nurning bakterisid ta'sirini aniqlovchi kattalik bakterisid oqim deyiladi va baktlarda o'lchanadi. To'lqin uzunligi 254 nm bo'lgan 1Vt quvvatli nurlanish 1 bakt. oqim hosil qiladi. Boshqa to'lqin uzunlikli nurlanish $vd(I)$ oqim hosil qiladi. Masalan, to'lqin uzunligi 280 nm bo'lgan nurlanish 0,6 bakt. oqim hosil qiladi.

$$\Phi d = \int_{200}^{380} vd(I) r(I, T) dI \quad (8.33)$$

qolgan bakterisid qiymatlar: bakterisid nurlanish kuchi (bakt/m)da o'lchanadi. Bakterisid nurlanish (bakt/m²) 200 nmdan kichik to'lqinlarda tez yutiladi. Shu sababli ulardan foydalanib bo'lmaydi.

Qish oylarida va yopiq binolarda saqlanadigan qishloq xo'jalik hayvonlari quyosh nuriga chanqoqlik sezadi va ularda mahsuldorlik kamayadi, hamda

infeksion kasalliklarga tez chalinishi mumkin. To'g'ri tanlangan sun'iy yoritish ana shu kamchiliklarni qisman kamaytirishi mumkin.

Infraqizil nurlar to'lqin uzunligi 760 *nmdan* 1 – 2 mm gacha sohani o'z ichiga oladi. Bu soha shartli uch qismga bo'linadi, ya'ni yaqin (0,76 – 2,5 *mkM*), o'rta (2,5 – 50 *mkM*) va uzoq (50 – 2000 *mkM*). Vin qonuniga binoan jism harorati qancha past bo'lsa, uning nurlanish to'lqin uzunligi shuncha katta bo'ladi. Quyosh nurlanishi spektrining IK nurlanishi ($T_K = 6000K$) 50% ni tashkil qilsa, cho'g'lanma lampa uchun IK spektr ($T_L = 2800K$) – 90% ni tashkil qiladi. Xuddi shunday IK nurlanishni isigan o't, odam va hayvon tanasi chiqarishi mumkin.

IK nurlarni qayd qilish uchun issiqlik va fotoelektron qabul qiluvchilardan foydalaniladi. Nurlagich turiga qarab IK spektr tutash yoki chiziqli bo'lishi mumkin. Isigan qattiq jismlar uyg'ongan gaz atomlari chiziqli spektr nurlaydi. Infraqizil spektroskopiya tirik hujayralarni o'rganishda qo'llaniladi. IK nurlanishning yutilishi va qaytish hodisalari ko'rinadigan nurlarnikidan farq qiladi. Masalan, suv ko'rinadigan nurni yaxshi o'tkazsa, IK nurni yutadi. Shu sababli yoritilgan biror jismning isishidan xabardor bo'lish uchun manba va jism o'rtasiga suvli kyuveta qo'yiladi.

Suv va suv bug'larining IK nurlarni kuchli yutishi bizning planetamizdagi issiqlik muvozanatini saqlashda muhim rol o'ynaydi. Qish vaqtida Yer atmosferasining IK nurlanishini kuchli yutishi yerdan kutarilayotgan issiqlikni saqlashda muhim rol o'ynaydi va Yerning sovib ketishiga to'sqinlik qiladi.

Xuddi shunday hodisa issiqxona effektida ham yuz beradi. Quyoshdan tushayotgan nur issiqxona tuprog'ini isitadi. Issigan tuproq IK nurlari nurlaydi va u issiqxona shisha tomonidan yutiladi va yana issiqxona ichiga qaytadi. Shunday qilib shisha IK nurlanishning yo'qotilishiga to'sqinlik qiladi. IK nurlar yordamida texnik quritishda keng qo'llanilmoqda. Masalan, bo'yalgan avtomobil, mebel, yonuvchi modda yoki mevalarni, ho'l donlarni quritishda qo'llanilmoqda.

IK nurlarning biologik ta'siri to'qimalarning isishi bilan aniqlanadi. Haroratning oshishi hujayralar aktivligini, ularning ko'payishini, almashish jarayonini tezlashtiradi.

IK nurlanishning hayvonlar organizmiga ta'siri terida bo'ladigan effektlardan boshlanadi. Hayvonlar terisi IK nurlanish uchun deyarli shaffof bo'lib, unga 2,5 – 4 sm gacha va ba'zida undan ham ko'proq kirishi mumkin. Nurlanish yutiladigan teri qismlari isishi natijasida u yerdagi reseptorlarni uyg'otadi. Natijada potensiallar farqi yuzaga keladi va markaziy nerv tizimiga borib issiqlik balansini boshqarishga harakat qiladi. Natijada nurlangan qismlarda qon aylanish tezlashadi va to'qimalarning kislorod bilan ta'minlashi yaxshilanadi. Bu esa biologik funksiyalarning aktivlashuviga olib keladi. Katta to'lqin uzunlikli nurlar terining ustki qatlamini isitadi, qisqa to'lqinlar esa teri ichkarisiga 6 – 8 sm kirishi va ichki organlarni isitishi mumkin.

IK nurlanish tibbiyotda va veterinariya fizioterapiyasida keng qo'llaniladi. Undan bo'g'inlarni, terini, limfa tugunlarni davolashda foydalaniladi. IK nurlanish suv tomonidan kuchli yutilishi tufayli bug'lanish tezligini oshiradi.

Natijada terining ho'l yuzasining qurishini tezlashtiradi. Bu xususiyatdan ekzema va sovuq urishni davolashda ishlatiladi. IK nurlar bilan davolashning boshqa issiqlik usullaridan farqi, bu holda issiqlik ancha ichki organlarga kirishidadir. Bundan tashqari, issiqlik manbai va isitiladigan jism orasida kontakt yo'qligi to'qimalar o'yg'onishi va ifloslanishining oldini oladi.

IK nurlanish bilan buzoqlar saqlanadigan xonalarni isitish ham keng qo'llanilmoqda, chunki yangi tug'ilgan buzoqlar birlik massasiga ko'ra ko'proq energiya yutadi. Sun'iy isitish yangi tug'ilgan buzoqlarning tashqi sharoitga tez moslashuviga olib keladi.

Shuni aytish kerakki, IK nurlanish ko'zga salbiy ta'sir ko'rsatadi, chunki ko'z qorachig'i va shishasimon suyuqligi IK nurlarni kuchli yutadi. Bu esa kataraktaga, to'r pardaning ajralishiga va boshqa ko'z kasalliklarga olib kelishi mumkin. Oxirgi yillarda odam va hayvonlar organlari orqali chiqariladigan nurlanishlarni elektrooptik usul bilan qayd qiluvchi termografiya usullar keng qo'llanilmoqda. To'qimalar IK nurlanishni ko'rinadigan nurlanishga qaraganda kuchsiz yutadi va shu sababli IK spektrga asosan ko'rinadigan nur sezmaydigan teri osti detallarni sezish mumkin. Teri ostidagi venalar fotosuratda yoki televizor ekranida IK nurda yaxshi ko'rinadi, chunki venadagi qon harorati uni o'rab turuvchi to'qimalar haroratidan biroz yuqori bo'ladi. Suratlar yordamida qayerlarda shamollashlar boshlanayotganini aniqlash mumkin. IK nurlanishni qayd qiluvchi hozirgi zamon qurilmalar tromboz yoki o'simtalarni aniqlashda foydalanilmoqda.

§ 8.6. Yorug'likning kvant tabiati

Elektromagnit nurlanish elektr zaryadlarining xususan, moddaning atomlari va molekulari tarkibiga kiruvchi zaryadlarning tebranishi sababli paydo bo'ladi. Masalan, molekular va atomlarning tebranma va aylanma harakati-infragizil nurlanishni, atomda elektronlarning muayyan ko'chishlari-ko'rinadigan va infragizil nurlanishni, erkin elektronlarning tormozlanishi esa rentgen nurlanishni vujudga keltiradi.

Tabiatda elektromagnit nurlanishning eng keng tarqalgan turi issiqlik nurlanishidir. Bu nurlanish moddaning atomlari va molekularining issiqlik harakati energiyasi hisobiga, ya'ni modda ichki energiyasi hisobiga bajariladi va shuning uchun nurlanayotgan jismning sovushiga olib keladi. Issiqlikdan nurlanish absolyut noldan boshqa har qanday haroratda bo'ladi va tutash spektrga ega. Har qanday jism nur chiqarish bilan birga nur ham yutadi. Shu sababli issiqlik muvozanati o'rinnidir.

Jismning nur chiqarish qobiliyati R_e deb (uni ba'zan energetik yorqinlik ham deb ataladi), jism birlik sirtining 1 sekda chiqaradigan energiya kattaligiga aytiladi.

O'lchov birligi. $\left(\frac{\mathcal{K}}{m^2 c} \right)$

Har qanday haroratda o'ziga tushgan nurni to'la yutuvchi jismlarga absolyut qora jism deyiladi.

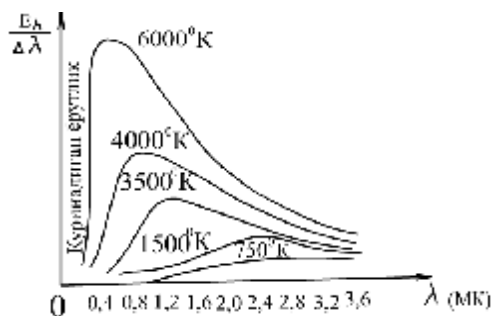
Stefan-Bolsman qonuniga binoan absolyut qora jismning energetik yorqinligi absolyut qora jism haroratining to'rtinchi darajasiga proporsionaldir.

$$R_e = s T^4 \quad (8.34)$$

Bunda $s = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{Bm}{m^2 K^4}$ - Stefan – Bolsman doimiysi.

Vinning siljish qonuniga binoan to'liqin uzunligining haroratga bog'liqligi quyidagi formuladan aniqlanadi.

$$l_{max} = \frac{b}{T} \quad (8.35)$$



8.12-rasm. Issiqlik nurlanishining to'liqin uzunligiga bog'lanish grafigi. λ -to'liqin uzunligi $\frac{E_\lambda}{\Delta \lambda}$ - yorituvchanlikning spektral zichligi

ya'ni harorat oshsa, to'liqin uzunlik l kamayadi. Bu yerda ϵ – Vin doimiysi. $\epsilon = 0,28979 \cdot 10^{-12} m \cdot K$

Vin qonuniga asosan birinchi marta quyosh harorati aniqlangan. Quyosh nurlanishi maksimum energiyasi $l = 0,47$ mkm to'liqin uzunligi mos keladi, u holda quyosh harorati

$$T = \frac{0,2898 \cdot 10^{-2}}{0,47 \cdot 10^{-6}} = 6160K$$

Yer yuzasida asosiy issiqlik nurlanishi va ko'rinadigan nurlar manbai quyosh hisoblanadi. Yer sirtida quyosh nurlanishi intensivligi 1382 Wt/m^2 , bunga quyosh doimiysi deyiladi. Yer shari quyoshdan bir yilda $3,84 \cdot 10^{24} \text{ J}$ energiya oladi. Bu esa insoniyatning boshqa manbalaridan oladigan energiyasidan ancha ko'pdir. (BMT ning xabarlariga ko'ra 1975 yil barcha tur ishlab chiqilgan energiyalar miqdori $2,1 \cdot 10^{20} \text{ J}$ ga teng).

Quyosh nurlanishi maksimumi 470 nm ga to'g'ri keladi, ammo yerda quyosh nurini tanlab yutilishi, bu maksimumni 555 nm ga siljitadi. Ko'z ham shu to'liqin uzunlikni yaxshi sezadi.

Yer atmosferasi yuqori chegarasida quyosh nurlanishining intensivligi

$$8,4 \cdot 10^4 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \text{ ga yaqin, yer sirtiga 25 foizi yetib keladi.}$$

Klassik elektrodinamika asosida olingan ifodalar nurlanishning tajriba natijalari bilan to'la mos kelmasligi aniqlandi. 1900 yili nemis olimi Plank tajriba natijalarini to'la tushuntiruvchi nazariyani yaratdi.

Plank gipotezasiga binoan atom ossilyatorlari uzluksiz emas, balki porsiya-kvant shaklida nur chiqaradi va yutadi ,uning energiyasi

$$Ye = h u \quad h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ J.s - Plank doimiysi.} \quad (8.36)$$

Demak, energiya diskret qiymatlarni qabul qiladi. $Ye = nh u$ ($n = 1, 2, 3, \dots$)

1900 yil 14 dekabrda shu masala nemis fiziklar jamiyatida e'lon qilindi va bu kun kvant mexanikasining tug'ilish kuni hisoblanadi. Katta to'lqin uzunliklar uchun energiyani uzoqligi sezilmaydi, kichik to'lqinlar uchun yaxshi namoyon bo'ladi. Plank nazariyasiga asoslangan holda 1905 yilda Eynshteyn yorug'likning kvant nazariyasini, Bor esa 1913 yilda atom tuzilishining kvant nazariyasini ishlab chiqdi.

Eynshteyn nazariyasiga binoan yorug'lik kvant shaklida chiqariladi va yutiladi. Ularni fotonlar deb atadi. Uning energiyasi $Ye = hn$, massasi

$$m = \frac{hu}{c^2}$$

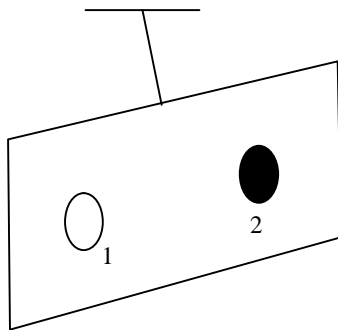
impulsi $P = \frac{hu}{c}$. Foton kvazizarracha tezligi s , uning tinchlikda massasi yo'q. Agar foton impulsga ega bo'lsa, yorug'lik yuzaga bosim berishi kerak.

Bu bosim

$$P = \frac{hu}{c} N(1 + r) \quad (8.37)$$

ifoda orqali aniqlanishi kerak. bunda r – qaytarish koeffitsiyenti.

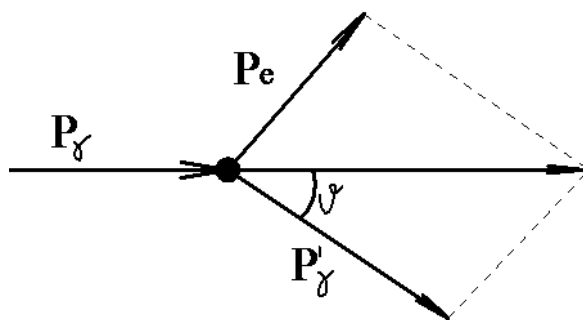
$N - 1$ sekunda tushuvchi fotonlar soni.



8.13-rasm. Yorug'lik bosimini o'lchashdagi Lebedev tajribasi qurilmasi.
1- ko'zgusimon sirt, 2- qoraytirilgan sirt

Bu bosimni tajribada 1899 yilda rus olimi Lebedev aniqladi. Ko'zgusimon sirtga bosim, qoraytirilgan sirtga qaraganda ikki marta katta bo'ladi (8.13-rasm).

Yorug'lik kvant xossalarini A.Kompton effekti yaqqol ko'rsatadi. Ame-rika fizigi A.Kompton 1923 yilda monoxromatik rentgen nurlarning yengil atomlardan sochilishini kuzata turib, sochilgan nur tarkibida boshlang'ich to'lqin uzunlik bilan bir qatorda kattaroq to'lqin uzunlik borligini payqadi.



8.14-rasm. Kompton effektini ifodalovchi chizma. P_γ -rentgen fotoni impulsi, P_e -elektron impulsi, P'_γ -sochilgan rentgen fotoni impulsi

Tajribalarni ko'rsatishicha $\Delta l = l' - l$ ayirma tushuvchi l to'liq uzunlikka va moddaga bog'liq bo'lmasdan faqat q sochilish burchagiga bog'liq ekan.

$$\Delta l = l' - l = 2l_c \cdot \sin^2 \frac{\theta}{2} \quad (8.38)$$

l_c - kompton to'liq uzunligi.

l' - sochilgan nur to'liq uzunligi.

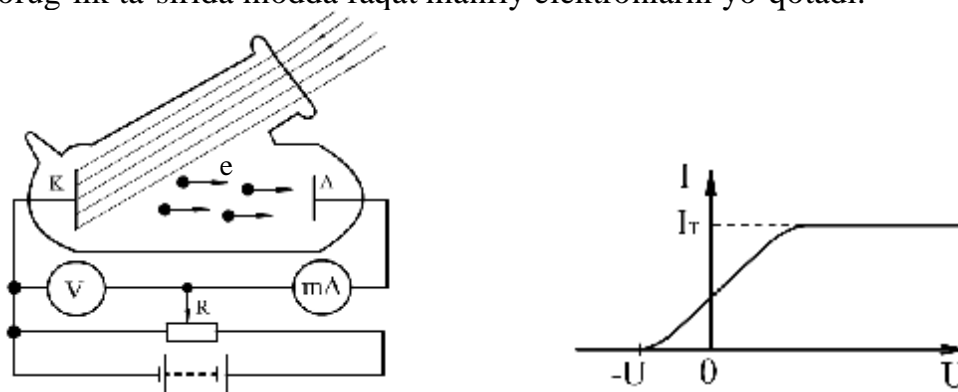
Fotoelektrik effekt – yorug'lik ta'sirida elektronlarning metallardan chiqish hodisasiga aytiladi.

1. Agarda yorug'lik ta'sirida elektronlar metall sirtidan tashqariga chiqsa, tashqi fotoeffekt deyiladi.

2. Agarda elektronlar metaldan chiqmasdan erkin holatiga o'tsa ichki fotoeffekt deyiladi.

Fotoeffekt hodisasini 1887 yilda Gers kuzatgan. Bu hodisa qonuniyatlarini rus olimi Stoletov o'rgangan. Katodni turli xil to'liq uzunlikli nurlar bilan yoritib, Stoletov quyidagi xulosaga keldi:

- 1) Eng effektiv fotoeffekt ultrabinafsha nurlar ta'sirida hosil bo'ladi.
- 2) Yorug'lik ta'sirida modda faqat manfiy elektronlarni yo'qotadi.



8.15-rasm. Fotoeffektini kuzatuvchi qurilma chizmasi va uning volt-ampere xarakteristikasi: Bunda K -katod, A -anod, e -elektron, U -kuchlanish, I -tok kuchi

Yorug'lik ta'sirida hosil bo'ladigan tok kuchi yorug'lik intensivligiga proporsionaldir. 1898 yilda Dj.Tomson chiqayotgan zarrachalar solishtirma zaryadini o'lchab, bu zarrachalar elektron ekanini aniqladi. Ichki fotoeffektga o'xshash yana ventil fotoeffekt ham mavjud.

Bu holda ikki yarim o'tkazgich tutashgan joyni yorug'lik bilan yoritganda EYuK hosil bo'ladi. Bu hodisa yorug'likni to'g'ridan-to'g'ri elektr energiyasiga aylantirishda qo'llaniladi.

Metallarda tashqi fotoeffekt uchta jarayondan iborat.

1. O'tkazuvchan elektronning fotonni yutishi natijasida elektronning kinetik energiyasi oshadi.
2. Elektronning metall yuzi tomon harakati yuzaga keladi.
3. Elektronning metalldan chiqishi yuz beradi.

Bu jarayonlarni Enshteyn o'rgangan va quyidagi tenglamani taklif qilgan.

$$hv = A + \frac{mv^2}{2} \quad (8.39)$$

Bu tenglama Eynshteyn tenglamasi deb yuritiladi.

Bunda $Ye = hv - A$ – foton energiyasi, A – elektronning chiqish ishi. $\frac{mv^2}{2}$

metalldan chiqqan elektronning kinetik energiyasi.

Agar metalni monoxromatik nur bilan yoritsak va uning chastotasini kamaytira borsak, biror chastotadan boshlab fotoeffekt kuzatilmaydi. Bunga fotoeffektning qizil chegarasi deyiladi. Bu holda $Ye_k = 0$, ya'ni $h\nu_{cheg} = A$ yoki $n = \frac{c}{l}$ bo'lganidan, qizil chegara to'lqin uzunligi uchun

$$l_{cheg} = \frac{hc}{A} \quad (8.40)$$

Ichki fotoeffekt yarim o'tkazgich va dielektriklarni yoritishda kuzatiladi. Foton elektronni valent zonadan o'tkazuvchanlik zonasiga o'tkazadi va fotoo'tkazuvchanlik yuzaga keladi. Fotoeffektning quyidagi qonunlari mavjud:

1. To'yinish fototoki kuchi yorug'lik oqimiga to'g'ri proporsional
- $$I = kF \quad (8.41)$$

k – yoritiladigan sirt fotosezgirliги $\left(\frac{mA}{\text{люмен}} \right)$

2. Tushayotgan yorug'lik chastotasi ortishi bilan fotoelektronlarning tezligi orta boradi va u yorug'likning intensivligiga bog'liq emas.

3. Har bir metall uchun «fotoeffektning qizil» chegarasi mavjuddir, ya'ni eng kichik chastota, undan past chastotalarda fotoeffekt kuzatilmaydi.

Fotoqarshiliklar (fotorezistorlar) juda yuqori integral sezgirlikka ega asboblardir. Ularni yasash uchun $P\epsilon S$, CdS , $P\epsilon Se$ va boshqa elementlardan foydalaniladi.

Fotoqarshiliklar spektrning infraqizil sohalarida ham (3 - 4 mkm) o'lchash olib borishga imkon beradi. Ularning o'lchami kichik, lekin kamchiligi – inersiyali bo'lganligi uchun tez o'tuvchi jarayonlarda qo'llab bo'lmaydi.

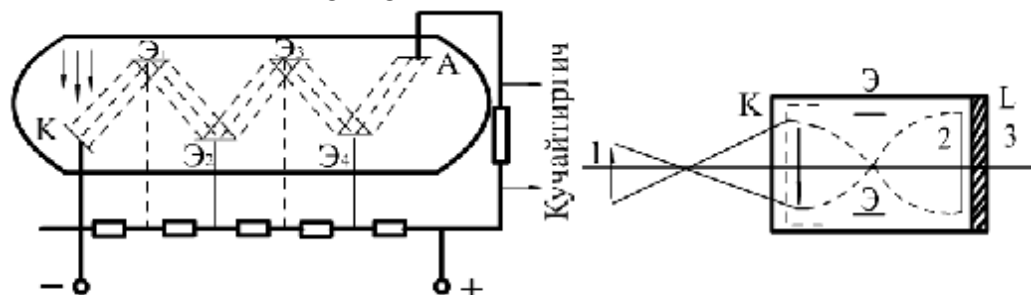
Ventil fotoelementlar integral sezgirliги 2 - 30 mA/lm bo'lgan selenli, kuproksidli oltingugurt– kumushli va h.k turlari mavjud.

Ayniqsa kremniyli fotoelementlar quyosh batareyalarida ishlatiladi, ularning FIK ~ 10 % atrofida bo'lib, uni 22 % gacha oshirish mumkin. Ular turli

jarayonlarni nazorat qilishda, avtomatlashtirishda, harbiy texnikada, ovozli kinoda, lokasiyada, aloqa tizimida, boshqaruv tizimida ishlatiladi.

Fotoeffekt hodisasi asosida ishlaydigan asboblarda fotoelementlar deb ataladi. Fotoelementlar anod va katoddan iborat bo'lib asosiy harakteristikasi sezgirligi, ya'ni tushgan yorug'lik oqimi ta'sirida paydo bo'ladigan fototok kuchining (I) oqimiga (Φ) nisbatidir: $\frac{I}{\Phi}$. Uning birligi esa $\frac{mA}{lm}$ o'lchanadi.

Vakuum fotoelement sezgirligi $\sim 100 \text{ mkA/lm}$ atrofida bo'ladi.



8.16-rasm. Fotokuchaytirgichning sxematik tasviri

Fototokning kuchini oshirish uchun gaz bilan to'ldirilgan fotoelementlar qo'llaniladi. Ularda mustaqil bo'lmagan razryad mavjud bo'lib, ya'ni metall yuzi birlamchi elektronlar bilan bombardimon qilinadi va bunda ikkilamchi elektronlar chiqadi. Fototok miqdorini oshirish uchun fotoelektron kuchaytirgichlardan (FEK) foydalaniladi. Ularda ikkilamchi elektronlar emissiyasidan foydalaniladi. Kuchaytirish koeffitsiyenti $\sim 10^7$, kuchlanish 1 - 1,5 kV, sezgirligi $\sim 10 \text{ A/lm}$.

Ushbu asboblarda kichik nurlanishlarni o'lchash uchun ishlatiladi. Masalan, juda kichik bioluminesensiyalarni qayd qilishda ishlatiladi.

Tibbiyotda rentgen nurlarining yoritilganligini oshirish uchun qo'llaniladi. Bu esa nurlanish dozasini kamaytiradi.

§ 8.7. Ko'rishning biofizik mohiyati

Ko'rish tizimiga tushgan yorug'lik elektr impulsiga aylanadi va u ko'rish nervlari orqali miyadagi markaziy nerv tizimiga beriladi. Fotoresseptorlar sezgirligi juda yuqori bo'lib, unga tushgan kuchsiz yorug'likni ham elektr impulsiga aylantirib beradi. Yorug'lik ta'sirida reseptor hujayralarida ma'lum biokimyoviy reaksiyalarni hosil qildiradi va harakat potentsiali yuzaga keladi.

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

Ba'zi umurtqali hayvonlar ham odam 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 uzunlikni sezuvchi organlar rivojlanmagan. Lekin, bundan

ancha katta to'liqin 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 UB nurlarni balki to'liqin uzunligi 400 nmga yaqin ba'zi nurlarni ham kuchli yutadi. Agar bu nurlar energiyasi katta bo'lsa to'r pardani kuydiradi.

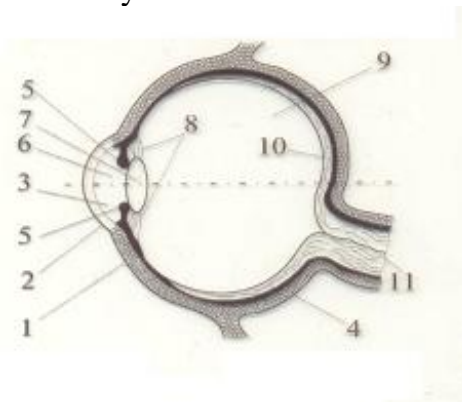
IK nurlarni oladigan bo'lsak, uni hayvonlar tanasining o'zi ham chiqaradi. 37⁰S da maksimal nurlanish 9 ÷ 10 mkm to'liqin uzunlikka mos keladi. 1sm² hayvon tanasi 50 mVt quvvatli energiyani nurlaydi. Bu esa ko'zga quyoshdan tushadigan energiyadan ancha kattadir.

Lekin ko'z qo'rish sohasidan boshqa to'liqinlarni ham sezadi. Masalan, odam 300 nmli ultrabinafsha va 950 nm infraqizil nurlarni ham sezadi. Agarda ko'z gavhari olib tashlansa, ko'zning ultrabinafshaga sezgirli ancha oshadi.

Umurtqali hayvonlar uchun ko'rish spektri odamlarning yaqin fotoreseptor hujayradan keladigan informasiyani bir bitga teng desak bir sekunda nerv tolasi orqali miyaga beriladigan impulslar axboroti 3·10⁸ bitga teng.

Taqqoslash uchun oladigan bo'lsak, televizion kanal sekundiga 10² bit axborot beradi, bu esa 30 marta kamdir. Lekin bu taxminiy hisoblardir. Amalda bundan bir necha marta katta bo'lishi mumkin. Ko'z o'ziga xos optik asbob bo'lib, u optikada alohida o'rin tutadi (8.17-rasm). Ko'z kosasi uncha to'g'ri bo'lmagan shar shaklida bo'lib, katta odamlarda uning old – orqa o'lchami o'rtacha 24,3 mm vertikal o'lchovi 23,4 mm va gorizontol o'lchovi 23,6 mm. Muguz parda, ko'zning eng kuchli sindiruvchi qismidir.

Ko'z gavhari ikki tomonlama diametri 8-10 mm bo'lgan qavariq linzadir, oldingi egrilik radiusi 10 mm, orqasining egrilik radiusi 6 mm, uning sindirish ko'rsatkichi 1,4 dan kattaroq. To'r parda bir necha qatlamdan iborat bo'lib, qatlamlarning qalinligi va yorug'likka sezgirligi turlicha. Unda yorug'likni sezuvchi xo'jayralar mavjud. Ularning cho'zinchoq uchlariga tayoqchalar, konussimon uchlariga kolbachalar deyiladi.



8.17-rasm. Ko'zning tuzilishi: 1-tashqi oqsil qobiq (sklera), 2-muguz parda, 3-konyunktiv, 4-qon tomirli qobiq, 5-rangdor parda, 6-qorachiq, 7- ko'z gavxari, 8-ko'zning oldingi kamerasi, 9-shishasimon modda, 10-ko'ruv nervi, 11-to'r parda, 12-ko'r dog', 13-sariq dog'

Ko'zning asosiy vazifasi ko'zga tushgan yorug'lik energiyasini (fotoreseptor to'qimalar yordamida) elektr energiyasiga aylantirib ko'rish nervlari yordamida

markaziy miyaga yetkazishdir. Fotoreseptor to'qimalar sezgirligi juda kuchli. Odam ko'zi tirik organizmlarda eng mukammal tizimdir. Chuvalchanglarda ko'rish faqat yorug' va qorong'ulikni farqlashdan iborat bo'lib, ularda fokuslovchi qism yo'q. Malyuskalarda chuqurcha mavjud bo'lib, u yorug'likning tushish yo'nalishini aniqlay oladi. Chayonlarda esa ancha rivojlangan bo'lib, fokuslovchi linzasi ham bor. Tayoqchalar har xil hayvonlarda turlichadir. Masalan, chumolida 100 ta bo'lsa, ninachida 28 mingta, lekin ularda ajrata olish qobiliyati kichik. Sochish burchagi $1-8^\circ$ atrofida. Tayoqchalar ko'zning hamma sirtida bir tekisda joylashgan bo'lib, asosan oq-qora reseptor rolini o'ynaydi. Kolbachalari esa markazda to'plangan bo'lib, asosan rang uchun javobgardir. Tayoqchalar sezgirligi kolbachalarnikidan katta. Masalan, tayoqchalar 10^{-6} lk da ko'rish imkonini beradi. Kolbachalar esa 10^{-2} lk da rangni ajrata oladi. Yorug'likni sezish ham Veber-Fexner qonuniga bo'ysunadi. Ko'zga kesimi 4 mm^2 bo'lgan ko'rish nervi keladi, u esa million nerv tolalariga bo'linadi. Odam ko'zida 10 ta qatlam bo'lib, fotoreseptor to'qima eng oxirgisi hisoblanadi. Fotoreseptor yorug'lik energiyasini elektr energiyasiga aylantiradi va uning kuchaytirish koeffitsiyenti $10^5 - 10^6$ ga tengdir. U hatto 3-4 foton tushsa ham ishlaydigan qurilmadir. Kishi ko'zining to'r qatlamida 130 million tayoqcha va 7 million kolbachalar joylashgan. Yorug'likning asosiy sinishi muguz pardaning tashqi chegarasida yuz beradi. Uning optik kuchi 40 dioptriya, gavharniki 20 dioptriya. Ko'z turli uzoqlikdagi jismlarni bir xil ravshanlikda ko'rish kerak. Buning uchun ko'z gavhari egriligi o'zgaradi. Bunga «keskinlikka to'g'rilanish» - akkomodasiya deyiladi, jism cheksizlikda bo'lsa, uning optik kuchi nolgacha kamayadi. Jism yaqinlashsa, gavhar radiusi kattalashadi. 25 sm oraliq zo'riqishsiz eng yaxshi ko'rish masofasi hisoblanadi. Buyum o'lchami V , undan ko'zgacha masofa L va ko'rish burchagi b orasida quyidagi munosabat o'rinni:

$$B = L b \text{ yoki } b = \frac{B}{L} \quad (8.42)$$

Bu ko'zning ajrata olish qobiliyati taxminan $1'$ ga teng. Bu esa eng yaxshi ko'rish masofasi uchun ikki nuqta orasidagi masofa 70 mkmgga teng bo'lishini ko'rsatadi.

Bu holda to'r pardada 5 mkm tasvir hosil bo'ladi. Yaqindan ko'rishda akkomodasiya yo'qoladi va tasvir parda oldida bo'ladi. Uzoqdan ko'rishda esa fokus pardadan orqada bo'ladi. Yaqindan ko'ruvchi ko'zni tuzatish uchun sochuvchi (manfiy), uzoqni kuruvchi ko'zni tuzatish uchun yig'uvchi (musbat) linzalar ishlatiladi.

Tayoqchanning tuzilishi 8.18-rasmda ko'rsatilgan. Uning xarakterli tashkil etuvchisi tashqi segmentlardir (TS). Odamda uning qalinligi 2 mkm, uzunligi 20-30 mkm, tayoqchanning umumiy uzunligi 50-60 mkm. TS ning butun sitoplazmasi disklar deb ataluvchi maxsus organoidlar bilan to'lgan. Har bir tayoqchanning TS da 700 tadan 1000 tagacha disk mavjud, ular bir-biri ustiga joylashtirilgan tashqi segment disk membranalar bilan to'ldirilgan. Bu membranalarda yorug'likning birlamchi sezish jarayoni boshlanadi. Shuning uchun disk membranalar fotoreseptor membranalar deb atashadi.

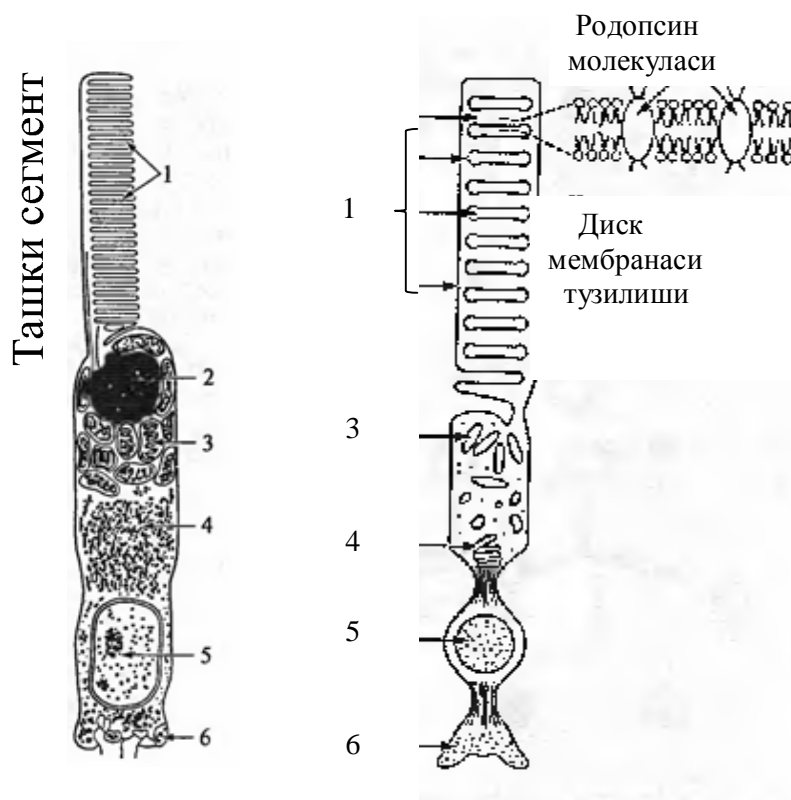
Barcha biomembranalar singari ular lipidlar va oqsillardan tashkil topgan, biroq disk membranalari uchun farq qildiruvchi ikkita muhim jihati mavjud:

Birinchidan, uning asosiy oqsil tashkil etuvchisi bo'lib ko'rish pigmenti-rodopsin xromoglikoproteidi hisoblanadi (uning konsentratsiyasi fotoreseptor membranada umumiy oqsilning 90%ini tashkil etadi).

Ikkinchidan, disk membranasi fosfolipidlari tarkibidagi yog' kislotalar 40% polito'yinmagan yog' kislotalari tashkil etadi. Shuning uchun fotoreseptor membrananing qovushqoqligi kichik bo'lib (~30 mPas), harakatchanligi katta bo'ladi.

Fotoreseptor membrana sirtining 75%ini lipidlar, 25%ini oqsillar (asosan, rodopsin) tashkil etadi. Har bir tayoqchada 10^9 tadan ortiq ko'rish pigmenti molekulasini mavjud.

Rodopsin – molekulyar massasi 39 kDa bo'lib, asosan A vitamin aldegid (retinal) va opsin deb ataluvchi lipoproteindan tashkil topgan. Rodopsin fotoreseptor membranada yettita α -spiralli ustunlar tariqasida joylashgan. Shunga o'xshagan strukturaga galofill bakteriyalardagi plazmolemeda bakteriorodopsinlar egadir. Lipid qo'shqatlamida ichida retinal joylashgan bo'lib, opsin molekulasidagi lizin qoldig'i bilan kovalent bog'langan. Retinal barcha hayvonlar ko'rish pigmentlarining xromofor (yorug'likka sezgir) guruhidir, ammo ularning oqsil komponentlarida farq bor. Turli hayvonlar opsinlarining xususiyatlariga qarab, ular ko'rish pigmentlari yutilish spektrining maksimumi 330 nm dan 700 nm gacha bo'lishi mumkin. Shuning uchun turli hayvonlar ko'rish turli muhitlarga – dengiz tubidan havo okeanigacha moslashgan. Rodopsin yutilish spektridagi maksimum 498 nm ga to'g'ri keladi.



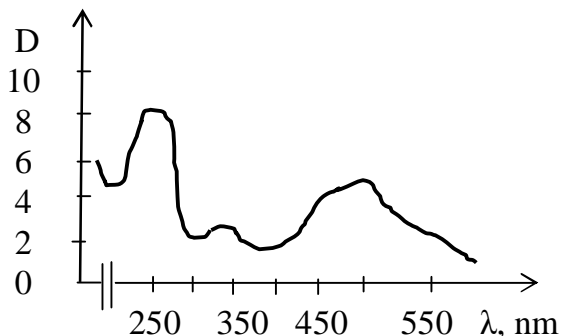
a)

b)

8.18-rasm. Fotoreseptor hujayra lar tuzilishi:

a) tayoqchanning tuzilishi; b) kolbachaning tuzilishi; 1. Disklar; 2. Moyli tomchi; 3. Mitoxondriyalar; 4. Goldji apparati; 5. Yadro; 6. Sinaptik zona.

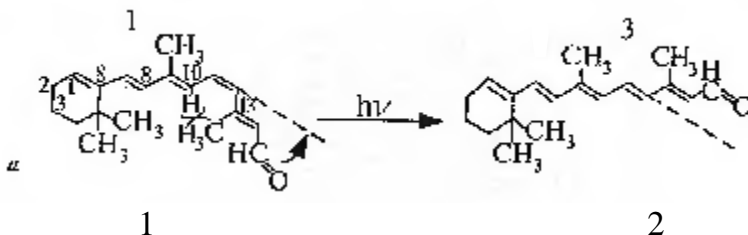
Rodopsin ultrabinafsha nurlarni ham yaxshi yutadi ($I_{\max} = 278_{HM}$) – biroq bu yutilish maksimumi retinalga emas, opsin tarkibiga kiruvchi aminokislotalar (triptofan va tirozin)ga bog'liq (8.19-rasm).



8.19-rasm. Rodopsin yutilish spektri. λ -to'liqin uzunligi, D-optik zichlik

Biroq ultrabinafsha nurlar ko'zning to'ridagi rodopsinni qo'zg'ata olmaydi, chunki bu nurlarni ko'zning singdiruvchi muhiti yutib qoladi.

Qorong'ulikda retinal buralgan 11-sis shaklda bo'ladi. Bu shakldagi sisretinal molekulasini opsin bilan kuchli ta'sirlashadi, shuning uchun ular birikmasi ancha turg'undur. Uni yemirish uchun 11-sisretinalni boshqa izomerga – to'la transretinalga o'zgartirish kerak. Yorug'lik ta'siridagi bunday o'zgartirishga fotoizomerlash deyiladi (8.20-rasm).



8.20-rasm. Retinal fotoizomerlanishi sxemasi: 11 sisretinal (1) ning to'la transretinal (2) ga aylanishi.

Fotoizomerlash - ko'rish aktidagi birinchi va yagona fotokimyoviy reaksiyadir. U alohida rodopsin molekulasini ichida ro'y beradi va fotosintezdan farqli ularoq kimyoviy reaksiyalar bilan bog'liq bo'lmaydi. Ko'rishning fotosintezdan yana bir farqi shundaki, rodopsin molekulari orasida energiya o'tishlari mumkin emas, chunki fotoreseptor membranada ular bir-biridan 7 nm masofada joylashgan. Fotoizomerlash tufayli ko'rish hissiyoti paydo bo'lishiga

rodopsin molekulasining konformasion o'zgarishi sababchi bo'ladi. 11 – sisretinal fazoviy holda opsin aktiv markazi tuzilishiga to'g'ri keladi. Transizomer hosil bo'lganda bu muvofiqlik buziladi, natijada retinal opsindan ajraladi va rodopsin rangsizlanadi – fotolizga uchraydi.

Yorug'lik ta'sir etmagan holda parchalangan rodopsin tiklanadi. Transretinal o'zining shakliga qaytadi. Fotoizomerlashga teskari bunday jarayon reizomerlash deb ataladi. Har bir tayoqcha bir sutkada $8 \cdot 10^5$ rodopsinni, 11-sisretinalni opsin bilan qo'shilishi orqali sintezlaydi. Bu ko'rish pigmentining bir sutkadagi umumiy sintezi $2 \cdot 10^{14}$ molekulani tashkil etadi.

Retinal fotoizomerlanishi tufayli opsinda paydo bo'ladigan konformasion o'zgarishlar fotoreseptor membrananing fizik-kimyoviy xossalarini o'zgartiradi. Buning natijasida fotoreseptor hujayraning membrana potensialida o'zgarishlar ro'y beradi. Qorong'ilikda hujayrada erkin siklik guanozinmonofosfat (s GMF) mavjud va sitoplazmatik membrananing ionlar kanallari ochiq, membrana potentsiali hujayra ichida "+" ishoraga ega.

Yorug'likning bir necha millisekund davomidagi ta'sirida tayoqchalarning tashqi segmentlari s GFM ni ATF ishtirokida bog'lashi ro'y beradi. Hujayrada bog'lanish markazlari soni s GMF molekulalari sonidan ko'proq bo'lgani uchun, siklik nukleotid to'la bog'lanishi va uning sitoplazmadan yo'qolishi mumkin. Bu ionlar kanallarining yopilishiga va membrana potensialdagi siljishga olib keladi. So'ngra s GMF bog'lanish markazlarida nukleotid desorbsiyasi boshlanadi, kanallar ochiladi va qorong'ilikdagi hujayra uchun xos bo'lgan tinchlikdagi membrana potentsiali tiklanadi.

Kolbachalar orasida yutilish spektri molekula maksimumlari 445, 535 va 570 nm bo'lgan 3 turi ochilgan. Kolbachalar pigmenti, rodopsindagi kabi, 11-sisretinalga ega, ammo pigmentning oqsil qismida farq bo'lgani uchun, kolbachalar pigmenti yodopsin deb ataladi. Kolbachalarning tashqi segmenti berk bo'lmagan disklardan tashkil topgan (8.18-rasm, v). Uchala tipdagi kolbachalarning pigmentlardagi xromofor guruhi retinaldan iborat, yutilish spektridagi farqlar esa turli oqsillar mavjudligi bilan tushuntiriladi. Kolbachalarning uch tipi mavjudligi sababli odam ko'zi ranglarni ajrata oladi.

Ayrim genetik kasalliklarda yodopsin oqsillardan birining sintezi buziladi, natijada rangli ko'rishning mos keluvchi pigmenti hosil bo'lmaydi va odam ranglarni ajratish qobiliyatini yo'qotadi. Ushbu kasallik daltonizm deb ataladi.

Bakteriorodopsin galofill bakteriyalar membranasida topilgan bo'lib, qator xossalari bilan rodopsinga o'xshaydi (aminokislotali tarkibi, molekulalar massasi, xromoforning kimyoviy tabiati). Bu umumiylik ulardagi fotokimyoviy o'zgarishlar jarayonida ham mavjud.

Test savollari

1. Yorug'lik kuchi qanday birliklarda o'lchanadi?

- a) amper;
- b) kandela;
- c) lyuks;
- d) lyumen.

2. Yoritilganlik qanday asbob yordamida o'lchanadi?

- a) voltmetr;
- b) ampermetr;
- c) lyuksmetr;
- d) vattmetr.

3. Qaysi ifoda yoritilganlik qonunini ko'rsatadi?

- a) $E = \frac{\Phi}{S}$
- b) $I = \frac{\Phi}{\Omega}$
- c) $\Phi = \frac{w}{S \cdot t}$
- d) $B = \frac{I}{S_0}$

4. Odam va hayvonlar ichki organlarini tekshiruvchi asbobning ish prinsipi qanday fizik hodisaga asoslangan?

- a) yorug'likning to'la ichki qaytish;
- b) yorug'likning sinishi;
- c) yorug'likning qaytishi;
- d) yorug'likning ikkilanib sinishi.

5. Qizil nurning to'lqin uzunligi qancha?

- a) 620 nm;
- b) 300 nm;
- c) 450 nm;
- d) 120 nm.

6. Saxarometr qaysi optik jarayon asosida ishlaydi?

- a) qaytish;
- b) yutilish;
- c) sinish;
- d) qutblanish.

7. Fotoeffekt uchun Eynshteyn tenglamasini ko'rsating?

- a) $E = hn$
- b) $hn = A + \frac{mJ^2}{2}$
- c) $E = mc^2$
- d) $E = mgh + \frac{mJ^2}{2}$

8. Yorug'lik ta'sirida ko'zda ko'rish tizimida qanaqangi birlamchi biofizik jarayon sodir bo'ladi?

- a) qaytish;
- b) sinish;
- c) yutilish;
- d) sochilish.

9. Auditoriyada yoritilganlik qancha bo'lishi kerak?

- a) 150 lk;
- b) 20 lk;
- c) 100 lk;
- d) 50 lk.

10. Ko'zda qancha tayoqcha bor?

- a) 7 mln;
- b) 100 ta;
- c) 13 mln ta;
- d) 130 mln ta;

11. Ko'zda qancha kolbacha bor?

- a) 7 mln ta;
- b) 130 mln ta;
- c) 13 mln ta;
- d) 100 ta;

12. Ko'z to'r pardasidagi tayoqchalar vazifasi nimadan iborat?

- a) rangli tasvir hosil qilish;
- b) oq-qora tasvir hosil qilish;
- c) ravshanlikni oshirish;
- d) ham rangli ham oq-qora tasvir hosil qilish uchun.

13. Kandela nimaning o'lchov birligi?

- a) ravshanlik;
 - b) yorug'lik kuchi;
 - c) yoritilganlik;
 - d) yorug'lik oqimi.
14. Spektral analiz nima?
- a) modda spektrini o'rganish;
 - b) spektr yordamida modda tarkibini aniqlash;
 - c) spektrning turini aniqlash;
 - d) spektr yordamida to'liq uzunlikni aniqlash.
15. Infraqizil nurlar qaysi hayvonlar uchun ov qilishda muhim rol o'ynaydi?
- a) ko'rshapalaklar;
 - b) delfinlar;
 - c) ilonlar;
 - d) mushuklar.
16. Ko'zning optik kuchi qancha?
- a) 40 dp;
 - b) 20 dp;
 - c) 60 dp;
 - d) 10 dp.
17. Ko'zdagi tayoqchalar sezgirligi qancha?
- a) 10^{-2} lk;
 - b) 10^{-4} lk;
 - c) 10^{-6} lk;
 - d) 10^{-1} lk.
18. Fotoeffektning qizil chegarasi nima?
- a) moddaga tushayotgan qizil nur chastotasi;
 - b) fotoeffekt kuzatiladigan eng kichik chastota;
 - c) eng kichik to'liq uzunlik;
 - d) fotoeffekt kuzatiladigan eng katta chastota.
19. Polyarimetrlar tibbiyot va veterinariyada asosan qanday maqsadlarda ishlatiladi?
- a) biologik suyuqliklar tarkibidagi uglevodlarni aniqlashda;
 - b) biologik suyuqliklarda shakar miqdorini aniqlashda;
 - c) qon tarkibini aniqlashda;
 - d) biologik suyuqliklardagi hujayralar sonini aniqlashda.
20. Refraktometrlar veterinariyada nima maqsadlarda ishlatiladi?
- a) qonning sindirish ko'rsatgichini aniqlashda;
 - b) qondagi hujayralar sonini aniqlashda;
 - c) biologik suyuqliklar tarkibini aniqlashda;
 - d) to'la ichki qaytish hodisasini o'rganishda.

Sinov savollari

1. Yorug'lik tabiati haqida umumiy ma'lumotlar.

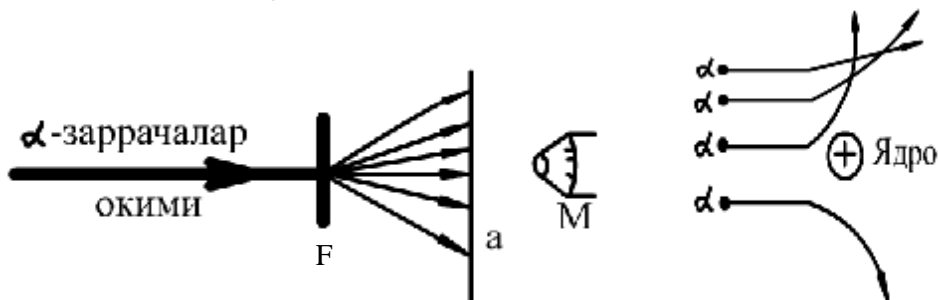
2. Geometrik optika qonunlari.
3. Yorug'likning to'la ichki qaytish hodisasi.
4. To'la ichki qaytishdan tibbiyot va veterinariyada qo'llanilishi.
5. Refraktometrlar va ulardan foydalanish.
6. Endoskoplar va ulardan foydalanish.
7. Yoritilganlik va uning o'lchov birligi.
8. Yorug'lik kuchi va uning o'lchov birligi.
9. Ravshanlik va uning o'lchov birligi.
10. Yutilish nima? Buger, Buger – Lambert – Beyer qonunlari.
11. Yutilishning qo'llanilishi va ahamiyati.
12. Quyosh nurining biologik ahamiyati nimadan iborat?
13. Qutblanish hodisasini tushuntiring.
14. Malyus, Bryuster qonunlarini tushuntiring.
15. Ikkilanib sinish hodisasini tushuntiring.
16. Keyer effekti nima? Optik aktiv moddalar haqida tushuncha bering.
17. Fotobiologik jarayonlarni tushuntiring.
18. Ko'rinadigan, infraqizil va ultrabinafsha nurlardan diagnostika, profilaktika va davolashda qo'llanilishini tushuntiring.
19. Stefan-Bolsman va Vin qonunlarini tushuntiring.
20. Plank gipotezasi nimadan iborat.
21. Yorug'lik bosimi nima? Kompton effektini tushuntiring.
22. Fotoeffekt va uning qonunlari.
23. Fotoelementlar, fotoqarshiliklar va fotokuchaytirgichlar nima.
24. Fotoelementning volt – amper harakteristikasini tushuntiring.
25. Ko'zning tuzilishi nimalardan iborat.
26. Ko'zning optik kuchi qancha.
27. Ko'zda tayoqchalar va kolbachalar soni nechta.
28. Optik nurlanishning biologik ta'sirini tushuntiring.

IX bob. ATOM TUZILISHI VA NURLANISHI

§ 9.1. Atom elektron qobiqlarining tuzilishi

Atom bo'linmas zarracha ekanligini eramizdan oldingi olimlar (Demokrit, Epikur, Lukresiy) aytib o'tgan edi. O'rta asrda fan rivoji deyarli bo'lmadi, faqat XVIII asrdagina atom haqidagi ta'limot yana qaytadan rivojlandi (Lavuazye, Lomonosov, Dalton). Bu vaqtda atomning ichki tuzilishi haqida hali gap bormas edi. Atom tuzilishi haqidagi ta'limot 1869 yil D.I.Mendeleyevning davriy tizimi e'lon qilingandan so'ng yangi bosqichga kirdi. XIX asrda elektron atom tarkibidagi zarrachalardan biri ekanligi tajribada tasdiqlandi, faqatgina XX asr boshida atomning ichki tuzilishini o'rganish haqidagi masala o'rta qo'yildi. Birinchi bor bu masalani 1903 yilda Dj.Tomson amalga oshirishga urindi. Uning modeli bo'yicha, atom uzluksiz musbat zaryadlangan shardan iborat bo'lib uning ichida o'zining muvozanati atrofida tebranib turuvchi elektronlar joylashgan musbat va manfiy zaryadlar yig'indilari nolga teng bo'lib, shu sababli atom normal holda neytraldir Atom o'lchami radiusi 10^{-10} m bo'lgan shar shaklidagi zarrachadir.

Atom tuzilishi haqidagi ta'limotda Rezerford α -zarrachalarning moddada sochilish bo'yicha olib borgan tajribasi muhim rol o'ynaydi. α -zarrachalar radioaktiv yemirilish paytida hosil bo'ladi. Ular musbat zaryadlangan bo'lib zaryadi $+2e$ va masasi $7350m_e$ ga teng, tezligi 10^7 m/s



9.1-rasm. Rezerford tajribalari. Bunda F – oltin folga, a – lyuminessent ekran, M – mikroskop.

Rezerfordning tajribasida qalinligi 1 mkm bo'lgan oltin folgadan α -zarrachalarning o'tishi kuzatildi. Natijada asosiy α -zarrachalar yo'nalishidan

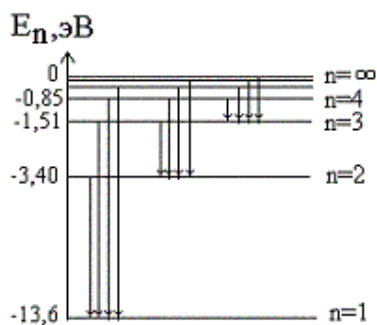
ozroq og'gan holda o'tib ketadi, lekin ba'zi (20000 dan 1 tasi) a - zarrachalar o'z yo'nalishidan keskin buralib ketadi (hattoki 180° ga) Elektronlar massasi juda kichik bo'lgani uchun bunday og'dirishga qodir emas va demak, qandaydir og'ir musbat zaryad ta'sirida shunday hol bo'lishi kerak. Ana shu tajriba natijalariga asoslangan holda 1911 yilda Rezerford atomning planetar modelini taklif qildi. Bu modelga binoan zaryadi Ze bo'lgan musbat yadro (o'lchami $10^{-14} - 10^{-15}m$) atrofida yopiq orbita bo'ylab elektronlar aylanadi. Atom neytral zarracha bo'lgani uchun yadro zaryadi, elektronlar zaryadlari yig'indisiga tengdir. Atomning butun massasining 99.94 foizi yadroda mujassamlangandir. Bu yerda Z – ximiyaviy element tartib nomeri.

Bu ta'limot klassik fizika qonunlariga mos kelmaydi. Klassik elektrodinamikaga binoan elektron yadro atrofida 10^6 m/s tezlik bilan aylanib (tezlanishi $10^{22} m/s^2$) aylanish chastotasiga mos elektromagnit to'lqinlar chiqarishi kerak. Bu esa energiyaning kamayishiga olib keladi va elektron yadroga qulab tushishi kerak. Elektron yadroga yaqinlashgan sari uning aylanish chastotasi oshib boradi. Bu esa atom tutash spektrli nurlanish chiqarishi kerakligini ko'rsatadi. Demak, klassik fizika atomning planetar modelini tushuntirib bera olmaydi, chunki atom turg'un tizim bo'lganligi uchun atom tutash emas, chiziqli spektr nurlaydi.

Turli xil gazlarning spektrini o'rganish shuni ko'rsatdiki, har qanday gaz ma'lum chiziqli spektrni berar ekan. Spektral chiziqlarni grupp (seriya)larga taqsimlash mumkin. Biror seriyaga tegishli spektr o'zaro ma'lum qonuniyatlar bilan joylashadi. Shveysariyalik matematik-fizik Balmer vodorod atomini o'rgandi va ularning nurlanish chastotasi quyidagi empirik formula bilan aniqlanishini ko'rsatdi.

$$n = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (9.1)$$

Bunda R Ridberg doimiysi bo'lib, qiymati $R = 3,29 \cdot 10^{15} c^{-1}$, $n = 3, 4, 5, \dots$



9.2-rasm. Vodorod atomining nurlanish seriyalari.

Bu nurlanish chastotalariga Balmer seriyalari deyiladi. Bundan tashqari ultrabinafsha sohada Layman, infraqizil sohada Pashen, Brekett, Pfund, Xemfri seriyalari ham mavjud. (9.2-rasm) Balmerning umumlashgan formulasini yozib hamma seriyalarga tadbiiq qilish mumkin.

$$n = R \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (9.2)$$

Bunda $n = m + 1$ va $m = 1, 2, 3, \dots$

Demak, atomlarning chiziqli spektridan ko'rinadiki atomlar nurlanishi va yutish jarayonlarida istalgan miqdorda emas, balki aniq parsial kvantlarni yutar va chiqarar ekan. Atom ma'lum energetik xolatlarda bo'lib, u bir holatdan ikkinchi holatga o'tganda nur chiqaradi yoki yutadi.

Atomlarning energetik xolatlarining diskretligi haqidagi ta'limotga binoan 1913 yilda daniyalik fizik N.Bor atom tuzilishining kvant nazariyasini yaratdi. Bu nazariyaning asosini quyidagi uchta postulat tashkil qiladi.

1. Elektronlar atomda ixtiyoriy orbitalar bo'ylab emas, balki aniq radiusli orbitalarda harakatlanadi. Bu stasionar orbitalar radiuslari quyidagi

$$r = \frac{n}{mJ} \cdot \frac{h}{2p} \quad (9.3)$$

formula orqali aniqlanadi. (9.3) formulaga orbitalarning kvantlanish sharti deyiladi. Bunda h – Plank doimiysi, m – elektron massasi, J - elektron tezligi.

2. Elektronlarning stasionar orbitalarda harakatlanishida energiya chiqarish (yoki yutish) ro'y bermaydi.

3. Elektronning bir stasionar orbitadan boshqasiga o'tishida aniq kvant energiyasini chiqarish (yoki yutish) sodir bo'ladi

$$hn = E_1 - E_2 \quad (9.4)$$

Bu formulaga chastotalar sharti deyiladi.

Masalan: vodorod atomida bitta elektron yadro (bitta proton) atrofida aylanadi. Yadroning massasi elektron massasidan 1840 marta katta bo'lgani uchun yadroni qo'zg'almas deb olish mumkin. Elektron markazga intilma tezlanish bilan yadroning tortishish Kulon kuchi ta'sirida r radiusli orbitada harakat qiladi.

$$\frac{mJ^2}{r} = \frac{e^2}{4\pi e_0 r^2} \quad (9.5)$$

Bunda e_0 elektr doimiysi bo'lib qiymati $e_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ } \phi / \text{ } \mathcal{M}$

Bu xolda (9.3) va (9.4) tenglamalarda turg'un orbita radiusi uchun quyidagi

$$r = n^2 \frac{e_0 h^2}{\pi m e^2} \quad (9.6)$$

ifodani xosil qilamiz.

Bunda $n = 1, 2, 3, \dots$ qiymatlarni qabul qiladi va bosh kvant soni deyiladi.

(9.5) da $n=1$ bo'lsa, u holda birinchi orbita radiusi $r = 0,53 \cdot 10^{-8} \text{ } \text{ } \mathcal{M} = 0,53 \text{ } \text{ } \mathcal{A}^0$.

Turg'un orbitalar radiuslari o'zaro nisbati, natural sonlar qatori kvadratlari kabi bo'ladi, ya'ni 1:4:9:16u holda $r_2 = 2,12 \text{ } \text{ } \mathcal{A}^0$, $r_3 = 4,77 \text{ } \text{ } \mathcal{A}^0$,

$r_4 = 8,48 \text{ } \text{ } \mathcal{A}^0$, $r_5 = 13,25 \text{ } \text{ } \mathcal{A}^0$, $r_6 = 19,08 \text{ } \text{ } \mathcal{A}^0$ bo'ladi.

Elektronning to'la energiyasi kinetik va yadroga tortilish potensial energiyalari yig'indisidan iboratdir:

$$E_K = \frac{mv^2}{2} = \frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 r} \quad \text{va} \quad E_p = -\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r} \quad (9.7)$$

$$\text{Bulardan to'la energiya } E = E_K + E_p = \frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 r} \quad (9.8)$$

$n=1$ da vodorod uchun $E = -21,68 \cdot 10^{-19} \text{ Ж} = -13,55 \text{ эВ}$;

$E_2 = -3,38 \text{ эВ}$; $E_3 = -1,5 \text{ эВ}$; $E_4 = 0,84 \text{ эВ}$, $E_5 = -0,54 \text{ эВ}$.

U holda elektron ikkinchi orbitadan birinchisiga o'tsa

$h\nu_{2-1} = -3,38 - (-13,55) = 10,17 \text{ eV}$ energiya nurlanadi.

Uchinchi orbitadan ikkinchisiga o'tganda $h\nu_{3-2} = -1,5 - (-3,38) = 1,88 \text{ eV}$ energiya nurlanadi.

Elektron quyi energetik holatdan yuqori energetik holatga o'tsa, energiya yutadi.

Tajribalarning ko'rsatishicha, ko'p elektronli atomlarda ham diskret energetik sathlar mavjud. Sathlarning diskretligi atomda aniq radiusli elektron qatlamlar borligi bilan bog'liq. Har bir qatlam stasionar elliptik orbitalar to'plamidan iboratdir. Bu orbitalar fazoda oriyentatsiyasi bilan farq qiladi. Shuning uchun bitta elektron qatlamdagi elektronlar ham turli turg'un orbitalarda harakat qiladi.

Pauli prinsipiga binoan bir atomda xarakat xolati bir-biriga o'xshash ikkita yoki bir nechta elektronlarning bo'lishi mumkin emas. Elektron qatlamlar K,L,M,N,O, harflar bilan belgilash qabul qilingan. Bir qatlamda bo'la olishi mumkin bo'lgan elektronlarning eng ko'p miqdori $m = 2n^2$ bilan aniqlanadi.

Demak, K qatlamda $n=1$ da $m=2$ ta elektron bo'lishi mumkin. L da $n=2$ da $m=8$ ta, M da $n=3$, $m=18$ ta va hokazo.



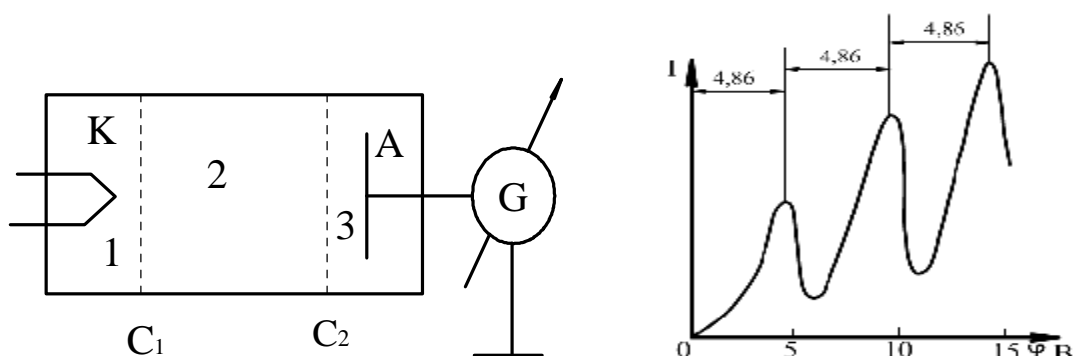
9.3-rasm. Atomda elektron qatlamlarning joylashuvi.

Kimyoviy element atomidagi elektronlarning umumiy soni elementning Mendeleev davriy tizimidagi tartib (atom) nomeriga teng. Elektron qatlamlar soni element tegishli bo'lgan davr nomeriga teng, tashqi qatlamdagi elektronlar soni esa grupp nomeriga teng bo'ladi.

Hozirgi zamon kvant mexanikasida atomda elektronlarning harakati holatini 4 ta kvant soni xarakterlaydi.

1 Bosh kvant soni $n=1 \dots \infty$

2. Orbital kvant soni $l=0 \dots n-1$
3. Magnit kvant soni $m_{ye} = -l \dots 0 \dots +l = 2l+1$
4. Spin kvant son $m_s = \pm \frac{1}{2}$

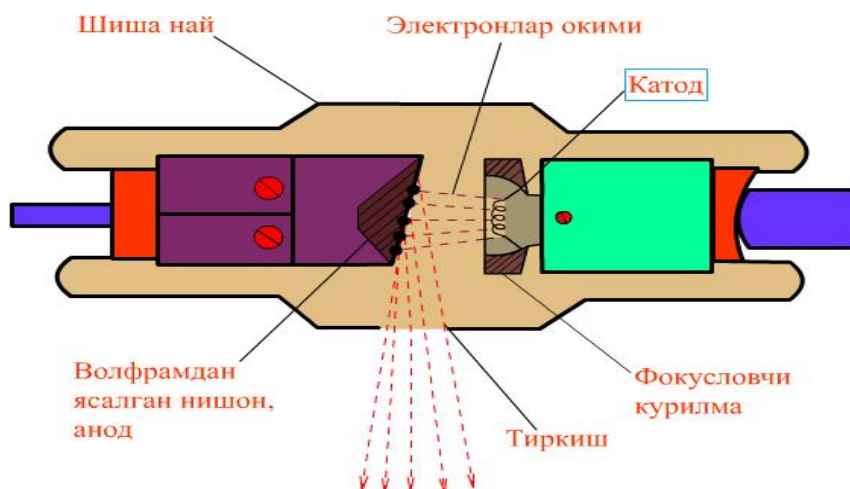


9.4-rasm. Frank – Gers tajribalari. Bunda K-katod, A-anod, s_1 va s_2 – to'rlar G-galvanometr, I-tok kuchi, U-kuchlanish

Haqiqatdan ham energetik holatlar diskretligini tajribada 1913 yilda nemis fiziklari Frank –Gers aniqladi.

§ 9.2. Rentgen nurlari, xossalari va qo'llanilish sohalari

Rentgen nurlari deb to'lqin uzunligi 80 nmdan 10^{-6} nmgacha bo'lgan elektromagnit to'lqinlariga aytiladi. Rentgen nurlar 2 xil bo'ladi, tormozli va qattiq (xarakteristik). Rentgen nurlari rentgen trubkalarida hosil qilinadi.



9.5-rasm. Rentgen trubkasi tuzilishi.

Havosi surilgan (10^{-7} mm ust.gacha) idishdagi anod va katod orasida 10^5 V kuchlanish beriladi. Bunda katoddan chiqayotgan elektronlar 100000 km/s ga yaqin tezlikka erishadi. Bu elektronlar anodda tormozlanganda undan qisqa to'lqinli elektromagnit to'lqinlar (rentgen nurlar) chiqadi. Bunda turli elektronlar

turlicha tezlikka ega bo'lgani uchun hosil bo'layotgan rentgen nurlarning to'lqin uzunligi ham turlicha bo'ladi va u tutash spektrga egadir. Shu sababli ularga oq rentgen nurlari deyiladi. Kuchlanish katta bo'lganda esa xarakteristik rentgen nurlari chiqa boshlaydi va u chiziqli spektrni beradi. Elektronlar anodda tormozlanganda energiyaning faqat bir qismi rentgen nuri hosil qiladi. Qolgan qismi esa anodni qizdirishga sarf bo'ladi. λ_{\min} – bu elektron energiyasi foton energiyasiga teng bo'lganda hosil bo'ladi.

$$eU = h\nu_{\max} = \frac{hc}{\lambda_{\min}} \quad (9.9)$$

$$\lambda_{\min} = \frac{hc}{eU} \quad (9.10)$$

Qisqa to'lqin uzunlikka ega rentgen nurlari uzun to'lqin uzunlikli rentgen nurlariga qaraganda modda ichiga kuchli kirish xususiyatiga ega bo'lgani uchun, ularga qattiq rentgen nurlar, uzun to'lqin uzunlikli rentgen nurlarga esa yumshoq rentgen nuri deyiladi. Rentgen nurlar oqimi

$$\Phi = k \cdot I \cdot U^2 \cdot Z \quad (9.11)$$

formuladan aniqlanadi. Bu yerda U va I lar rentgen trubkasidagi kuchlanish va tok kuchi, $k = 10^{-9} B^{-1}$ proporsionallik koeffitsiyenti, Z – anod moddasi atomining tartib nomeri. Xarakteristik rentgen nurlar spektri chiziqlidir. Katta tezlikka ega elektronlar atomning ichki elektron qobiqlariga kiradi va undan elektronni urib chiqaradi. Bo'sh o'rinlarga yuqori energetik holatlardan elektron o'tadi va rentgen fotoni chiqadi.

Optik spektrlardan farqli holda rentgen spektrlari turli atomlarda o'xshash bo'ladi. Buning sababi turli atomlarning ichki qatlamlari o'xshash bo'lib, faqat energetik jihatdan farq qiladi, ya'ni yadroning ta'siri tartib nomeri ortishi bilan ortib boradi. Bu esa xarakteristik rentgen nurlar spektrining yadro zaryadi ortishi bilan katta chastota tomonga siljishiga olib keladi. Buni Mozli qonuni bilan ifodalash mumkin.

$$\sqrt{u} = A(Z - V) \quad (9.12)$$

u - spektral chiziq chastotasi

Z- nur chiqarayotgan elementning atom nomeri

A va V lar doimiylar.

Xarakteristik rentgen nurlarining optik nurlardan yana bir farqi shundaki, u atomning qanaqa kimyoviy bog'lanishda bo'lishiga bog'liq emas. Masalan: kislorod atomining xarakteristik rentgen nuri O_1 , O_2 , NO_2 larda bir xildir, Bularning optik spektrlari farq qiladi, shuning uchun ham xarakteristik rentgen nuri deyiladi. Xarakteristik rentgen nurlanish ichki qatlamlarda bo'sh joy bo'lganda (u qanday hosil bo'lishidan qat'iy nazar) paydo bo'ladi. Rentgen nurlari

atomda yutilganda undan elektron chiqishi mumkin va atom ionlashadi. Agar rentgen fotoni energiyasi unchalik katta bo'lmasa, atomning uyg'onishi elektron chiqmasdan ham bo'lishi mumkin. Bu birlamchi effektlar. Bundan tashqari, ikkilamchi, uchlamchi va hokazo hodisalar bo'lishi mumkin. Masalan: ionlashgan atom xarakteristik rentgen nuri chiqarishi mumkin va uyg'ongan atomlar ko'rinadigan nur chiqaradi. Bunga rentgenolyuminessensiya deyiladi. Bundan maxsus yorug'lik ekranlar qurishda va unda rentgen nurlanishni vizual ko'rishda qo'llaniladi. Rentgen nurlarining kimyoviy ta'siri ham mavjud Masalan: vodorod peroksid hosil bo'lishi, ionizasion ta'siri, rentgen nurlari ta'sirida o'tkazuvchanlikning oshishi.

Birlamchi rentgen nurlari moddadan o'tganda quyidagi qonun bo'yicha kamayadi.

$$F = F_0 e^{-mx} \quad (9.13)$$

m - so'nishning chiziqli koeffitsiyenti, ko'pchilik hollarda m -ning o'rniga so'nishning massa koeffitsiyenti m_m ishlatiladi.

$$m_m = \frac{m}{r} \quad (9.14)$$

Bunda r - zichlik

Tibbiyotda rentgen nurlari asosan tashxis qo'yish maqsadlarida ishlatiladi. Buning uchun energiya 60-120 keV bo'lgan fotonlar to'plamidan foydalaniladi. Bu holda

$$m_m = K \lambda^3 Z^3 \quad (9.15)$$

Bunda K – proporsionallik koeffitsiyenti, Z – atom nomeri, λ – to'liq uzunligi

Rentgen nurlarining yutilishi modda atomining qaysi birikmada bo'lishiga bog'liq emas. Shuning uchun so'nishning massa koeffitsiyentini taqqoslash mumkin. Masalan, suyak uchun $\text{Ca}(\text{RO}_4)_2$ - m_o va N_2O suv uchun m_{cyg}

va ular nisbati $\frac{m_o}{m_{\text{cyg}}} = 68$ ga teng bo'ladi.

Demak, organizm turli qismlarida yutilishi turlicha bo'lgani uchun ichki organlarning ham soyasini suratda ko'rishimiz mumkin. Bu rentgenotashxis bo'lib yoki suratini olish mumkin yoki lyuminissent ekranda tasvirini ko'rish mumkin. Agarda tekshiruvchi organ va atrofdagi to'qimalar bir xil yutish qobiliyatiga ega bo'lsa, maxsus kontrast modda yutilib suratga olinadi. Flyurografiya ham rentgen nurlar yordamida suratga olishdir. Davolash maksadida rentgen nurlaridan o'simtalarni kuydirishda ishlatiladi.

Rentgenli tomografiya va uning mashina varianti – kompyuterli tomografiya metodlari rentgenografiyaning qiziqarli va istiqbolli variantlari hisoblanadi. Oddiy rentgenogramma tananing katta qismini egallaydi va har xil organ va to'qimalar bir-biriga soya tushiradi, tomografiyada esa qatlamma-qatlam rentgen tasvirini olish mumkin. Mana shundan tomografiya nomi kelib chiqqan. Bundan foydalanib hattoki miyaning kulrang va oq moddalarini farqlay olish, hamda kichik o'simtalarni ko'rish mumkin.

Birinchi Nobel mukofoti 1901 yilda Rentgenga berilgan bo'lsa, kompyuterli rentgen tomografiyasi ishlab chiqqanlari uchun 1979 yilda Xaunsfild va Mak Kormak Nobel mukofotiga sazovor bo'ldilar.

§ 9.3. Lyuminessensiya turlari, xarakteristikalari va qo'llanilishi

Lyuminessensiya deb modda atom va molekullarning yuqori energetik sathdan quyi sathga o'tishida moddaning shu'lalanishiga, ya'ni ko'rinadigan yorug'lik chiqarishga aytiladi. Modda atom va molekullari avvaldan uyg'otiladi. Ana shu uyg'otuvchi ta'siri olingandan so'ng lyuminessensiya modda tabiatiga qarab bir necha sekunddan bir necha kungacha davom etishi mumkin. Lyuminessensiyaning davom etish muddatiga qarab 2 turga bo'linadi.

1. Fluorensensiya- shu'lalanish vaqti kichik.

2. Fosforensensiya shu'lalanish vaqti katta .

Lyuminessensiyaning issiqlik nurlanishi va boshqa tur nurlanishlardan farqlash uchun unga yana quyidagi ta'rifni berish mumkin.

Lyuminessensiya – bu moddaning berilgan haroratda issiqlik nurlanishidan ortiqcha bo'lgan va chekli davom etadigan shu'lalanishidir.

Lyuminessensiyalanish qobiliyatiga ega bo'lgan moddalar lyuminofor-lar deyiladi.

Lyuminessensiyaning uyg'otish usullariga qarab bir necha turlarga bo'linadi:

1. Fotolyuminessensiya – ko'rinadigan va ultrabinafsha nurlar bilan uyg'otiladi. Masalan, soat raqamlari yozuvi va strelkalari.

2. Rentgenolyuminessensiya – rentgen nurlari bilan uyg'otiladi. Masalan, rentgen apparati ekranidagi tasvir.

3. Radiolyuminessensiya – radioaktiv nurlanish uyg'otadi. Masalan: ssintillyasion schyotchik ekranida kuzatish mumkin.

4. Katodolyuminessensiya – elektron oqimi uyg'otadi. Masalan: ossilograflar, televizor, radiolakator ekranlarida kuzatiladi.

5. Elektrolyuminessensiya – elektr maydon uyg'otadi. Masalan, gaz razryadi quvurlarida kuzatiladi.

6. Kimyoviy lyuminessensiya – kimyoviy jarayonlar uyg'otadi, Masalan, oq fosforning, chiriyotgan yog'ochning, hashoratlar, dengiz hayvonlari va bakteriyalarining shu'lalanishi.

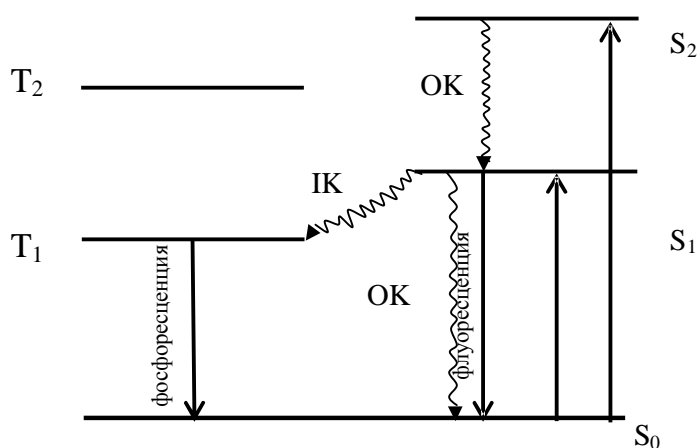
Uyg'otilmagan molekullar eng past energiyali holatda bo'lishadi, ya'ni asosiy holatda. Organik molekullarda bu holat singlet holat bo'lib, undagi to'lgan orbitaldagi elektronlar spini antiparalleldir (S_0 –holat, 9.6-rasm).

Asosiy S_0 holatdan molekula turli elektron holatlari S_1, S_2 va h.k.ga energiya yutishi natijasida o'ta oladi. Lyuminessensiyalovchi molekullarda uyg'ongan singlet holatlarda elektron $10^{-9} - 10^{-8}$ s yashay oladi. Boshqa molekullarga energiya o'tishi ro'y bermasa va fotokimyoviy reaksiyalar bo'lmasa uyg'ongan molekulaning asosiy holatga o'tishi quyidagi uchta yo'l bilan bo'lishi mumkin (9.6-rasm).

1. Elektron uyg'ongan holat S_1 dan asosiy holat S_0 ga o'tsa, fluorensensiya yorug'lik kvanti chiqadi.

2. Uyg'ongan holat energiyasi asta-sekin molekulaning issiqlik harakatiga sarf bo'ladi. Elektron uyg'ongan S_1 holatdan asosiy S_0 holatga o'tishda yorug'lik kvanti chiqmaydi. (9.6-rasmdagi OK o'tish). Bunday elektron o'tish nurlanishsiz deb ataladi.

3. S_1 holatda elektron spini teskari buriladi va molekula triplet holat T_1 ga o'tadi, bu holat energiyasi singlet holatnikidan bir qadar kam. Triplet holatdan asosiy singlet holatga to'g'ridan-to'g'ri o'tish ehtimoliyati kam bo'lgani uchun molekula triplet holatda 10^{-4} s dan bir necha sekundgacha bo'lishi mumkin. Oddiy haroratlarda suyuqliklarda bu vaqt ichida triplet holatdan asosiy holatga nurlanishsiz o'tish sodir bo'ladi $T_1 \rightarrow S_0$. Suyuq azot bilan muzlatilgan eritmalarda va qattiq jismlar uchun xona haroratida $T_1 \rightarrow S_0$ o'tishda fosforessensiya kvanti nurlanishi mumkin.

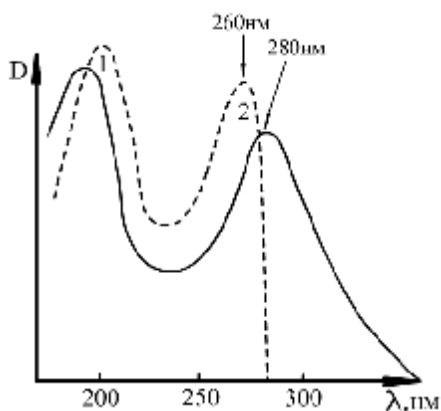


9.6-rasm. Biomolekulalarda elektron o'tishlar: S_0 - asosiy (uyg'otilmagan) holat, S_1, S_2 va T_1, T_2 - uyg'otilgan mos holda singlet va triplet holatlar, $S_0 \rightarrow S_1$ va $S_0 \rightarrow S_2$ o'tishlar energiya yutilishi; OK-ichki konversiya (elektron spinlari o'zgarishidan o'tishi); IK – interkombinasion konversiya (elektron spini o'zgarishi bilan bo'ladigan o'tish), S_1-S_0 o'tish flyuoressensiya, T_1-S_0 o'tish fosforessensiya.

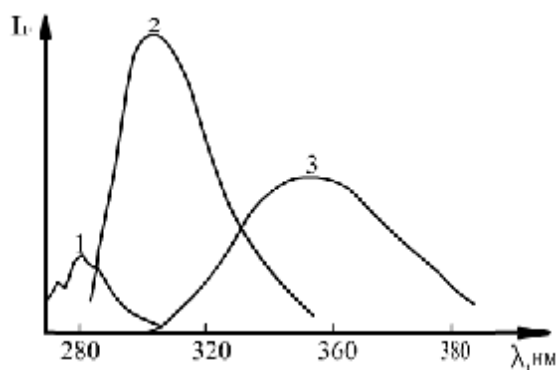
Biologik moddalarning yutilish va fluoressensiya spektrlarini o'rganish orqali ularning tuzilishi, konformasion o'zgarishlari va boshqa xossalari haqida ma'lumot olish mumkin.

Biologik obyekt yoki eritma optik zichligi D ning yutilayotgan yorug'lik to'liq uzunligiga bog'liqligi uning yutilish spektri deb ataladi. Ushbu spektrni konsentrasiya va kyuveta uzunligining birligiga nisbatan olinsa, yutilish spektri deb yutilish molyar koeffitsiyenti ϵ ning to'liq uzunligi l ga bog'lanishiga aytiladi.

Biologik muhim moddalar yutilish spektri (9.7-rasm) bitta yoki bir necha maksimumi bor egri chiziqlardan iborat. Atomlar va sodda molekulalarning gaz holatida yutilish spektri chiziqli bo'ladi.



9.7-расм. Оқсил (1) ва нуклеин кислоталар (2) ютилиш спектри. λ - тўлқин узунлиги, D -оптик зичлик.



9.8-расм. Ароматик аминокислоталарнинг хона ҳароратида pH 7,0 сувдаги люминесценция спектрлари: 1-фенил-ланин, 2-тирозин, 3-триптофан, I -интенсивлик λ – тўлқин узунлиги

Oqsillarda uchraydigan aminokislotalardan uchtasi yaqin ultrabinafsha sohada yutilish va fluoressensiya spektrlariga ega: triptofan, tirozin va fenilalanin. Ulardan triptofan uyg'ongan holatdagi reaksiyalarga va oqsildagi molekulyar dinamikasiga nisbatan eng katta qiziqish o'yg'otadi (9.8-rasm). Buning bir necha sababi bor:

- triptofan fluoressensiya spektrlari muhit xossalariga kuchli bog'liq;
- triptofan turli fotofizik va fotokimyoviy reaksiyalarda ishtirok etadi;
- triptofan fosforessensiya spektri strukturaliligi;
- triptofanning oqsillar fluoressensiya spektrlaridagi ulushi yuqori bo'lgani.

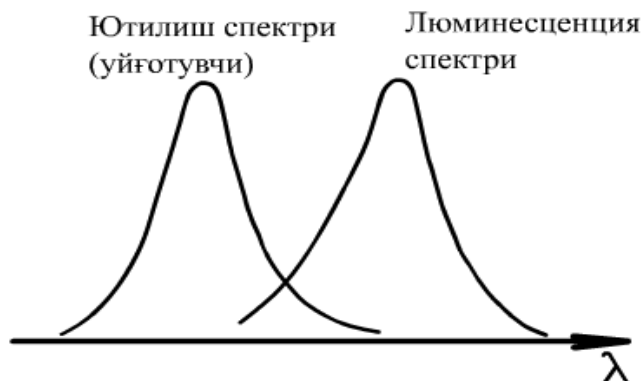
Biologiya va tibbiyotda oqsillarni o'rganishda ular tarkibiga kiruvchi aminokislotalar spektrini o'rganishdan tashqari molekulyar nishonlar va zondlardan keng foydalanilmoqda. Spektral nishonlar va zondlarni oqsillar yoki nukleotidlar bilan bog'lash orqali ularning xossalari, tuzilishi normal va patologik holatlarini o'rganish imkoni paydo bo'ladi. "Fluorescent zond"lar biomolekulalar bilan kimyoviy bog'lanmaydigan, "Nishon"lar biomolekulalar bilan kovalent bog'lanadigan aromatik molekulalardir. Fluorescent zondlarga naftalin sulfanatlar, stiril, sianin buyoqlar, nishonlarga rodamin, flyuoressein kabi sintetik buyoqlar misol bo'la oladi.

Demak, lyuminessensiya turli uzunlikdagi elektromagnit to'liqlar energiyasini ko'rinadigan yorug'lik energiyasiga aylantiradigan kvant generatori ekan. Yutilayotgan (W_0) energiyaning lyuminessensiya energiyasi (W)ga aylantirish darajasiga lyuminessensiyaning energetik chiqishi deyiladi.

$$h = \frac{W}{W_0} \quad (9.16)$$

Lyuminessensiya spektri lyuminessensiyalanuvchi moddaning tabiatiga va lyuminessensiya turiga bog'liq. Yuqorida ko'rib o'tilgan lyuminessensiya-lardan fotolyuminessensiya amalda ko'proq ahamiyatga ega, shu sababli uni mufassalroq qarab chiqamiz. Lyuminessensiya spektri va uning maksimumi uyg'otishda

foydalanilgan spektrga nisbatan uzunroq to'liqlar tomonga birmuncha siljigan bo'ladi. Bunga Stoks qoidasi deyiladi. Buni kvant nazariyasiga asosan tushuntirish mumkin. Yutilayotgan $h\nu_0$ kvant energiyasining bir qismi boshqa energiyaga aylanadi. Masalan, issiqlik energiyasiga. Shuning uchun lyuminessensiya energiyasi $h\nu < h\nu_0$ bo'ladi. Bunda $\nu_0 > \nu$ yoki $\lambda_0 < \lambda$



9.9-rasm. Stoks qonunini ifodalovchi chizma.

Ba'zida antistoks lyuminessensiya ham bo'ladi. $\lambda_0 > \lambda$ Avval uyg'ongan molekula yorug'lik kvantini yutgan xolda ro'y beradi. Bu holda lyuminessensiya kvantiga yutilgan foton energiyasining bir qismidan tashqari yana molekulaning uyg'onish energiyasi kiradi. Demak, $h\nu > h\nu_0$ va $\lambda_0 > \lambda$

Suyuq va qattiq lyuminoforlarning muhim xususiyati, ularning lyuminessensiya spektrining yorug'lik to'liqlarining uzunligiga bog'liq bo'lmasligidan iborat. Shu tufayli fotolyuminessensiya spektriga qarab suyuq va kattik lyuminoforlarning tabiati to'g'risida fikr yuritish mumkin.

Atom yoki molekula ketma-ket oraliq nurlanishlardan asosiy holga o'tadi. Lyuminessent analiz – bunda ultrabinafsha nurlar bilan uyg'otilgan fotolyuminessensiya spektriga qarab modda tarkibi aniqlanadi. Bu juda sezgir usul bo'lib 10^{-10} gramm moddani aniqlash mumkin. Lyuminessensiya usuli bilan qishloq xo'jalik mahsulotlarining buzila boshlanishini aniqlanadi. Farmakologik mahsulotlarni saralashda va kasalliklarga tashxis qilishda qo'llaniladi. Maxsus mikroskoplar yordamida obyektlarning lyuminessent tahlili olib boriladi. Bu mikroskoplarda yorug'lik manbai sifatida yuqori bosimli simob lampalari va 2 ta svetofiltrlar ishlatiladi. Bulardan bittasi kondensator oldida joylashtiriladi va u lyuminessensiya uyg'otuvchi nurni ajratadi.

Fotolyuminessensiya yordamida mashinalar detallari va boshqa buyumlar sirtidagi yoriqlarni ham payqash mumkin. Buning uchun detal sirti lyuminofor modda bilan moylanib 15-20 minutdan so'ng yuviladi. Yoriqlarda qolgan lyuminofor shula'lanishi tasvirga olinadi.. Fotolyuminessensiya yashirin yoritish va dekorativ maksadlarda (buyoq ranglar) foydalanilmoqda.

Lyuminessent analiz deb, ultrabinafsha nurlar ta'sirida moddalarning shulalanishiga qarab, ularning tarkibini aniqlash usuliga aytiladi. Bu holda tekshirilayotgan moddaning xususiy lyuminessensiyasi yoki unga kiritilgan lyuminoforning nurlanishi kuzatiladi. Bu usulda moddaning buzilishsiz tahlil

o'tkazishga imkon beradi. Lyuminessent analiz fan va amaliyotning turli sohalarida ishlatiladi. Masalan, kriminalistikada ultrabinafsha nur bilan nurlantirish yordamida qonning ko'rinmaydigan izlarini aniqlash mumkin. Odamlar, hayvonlar va qushlar qonining nurlashi bir-biridan farq qiladi. Xuddi shunday haqiqiy va qalbaki pullar ham turlicha nurlaydi. Lyuminessent analiz yordamida suratlarning haqiqiy yoki nusxa ekanligini aniqlash mumkin.

Veterinariya-sanitariya ekspertizasida ham bu usuldan keng qo'llaniladi. Masalan go'sht-sut stansiyalarida, bozorlardagi veterinariya laboratoriyalarda mahsulot sifatini nazorat qilishda ekspres analiz uchun mahsulotlar ultrabinafsha nurlar bilan nurlantirilganda uning buzilish darajasining ko'payishiga qarab qizil binafsha rangdan, zangori-ko'k rang ko'rinishida, baliqlar – sariq rangdan sarg'ish-zangori rang ko'rinishida, sut – zangor sarg'ish rangdan ko'k rang ko'rinishiga qarab o'zgaradi. Lyuminessent analiz bir necha minut ichida mahsulotlarning boshlang'ich buzilishini aniqlab berishi mumkin. Bundan tashqari, lyuminessent mikroskoplarda yordamida ham mahsulotlar sifatini, mikropreparatlar nurlanishiga qarab infeksiyon kasalliklarni uyg'otuvchilarni, immunofluorescent usul yordamida hayvonlarda infeksiyon kasalliklarning boshlanishini aniqlash mumkin.

Biokimyoviy lyuminessensiya deb tirik to'qimalarning kuchsiz shu'lalanishiga aytiladi.

Biolyuminessensiyada ba'zi tirik organizmlarning nurlanishning ko'rinadigan sohasida lyuminessent nurlanishiga aytiladi. Bu holda kimyoviy energiyaning yorug'lik energiyasiga o'tish darajasi ancha yuqori bo'ladi. Buning mexanizmi ancha murakkab va to'la o'rganilgani yo'q. Ko'p tirik organizmlarda vodorod bilan boy organik birikmalarda fermentativ oksidlanish, ya'ni lyusiferinoz yuz beradi. Oksidlanishni tezlatuvchi fermentlarga lyusiferedlar deyiladi.

Alohida olingan lyusiferin oksidlanishi va nurlashi uncha katta emas, lekin lyusiferin ta'sirida lyuminessensiya intensivligi 10000 marta oshishi mumkin. Biolyuminessensiya bo'lishi uchun, lyusiferin molekulari bo'lishi zarurdir. Uning tarkibida atigi 10^{-9} gramm bo'lsa lyuminessensiya yuz beradi. Ba'zi hollarda fermentlar bo'lmasa ham nurlanish bo'lishi mumkin.

Biolyuminessensiya ko'plab har xil jonivorlar uchun xos bo'lgan xususiyatdir. Masalan, bakteriyalar, hashoratlar baliqlar, malyuskalar va hokazo. Taxminan 250 turga yaqin jonzodlarda bu hol kuzatiladi. Ko'plari bu xususiyatdan o'ljasini ushlashda, ba'zilari dushmanini qo'rqitishda qo'llaydi. Bunday hollarda nurlanish energiyasi 0,02 kJ bo'lishi mumkin. Ko'plab o'simlik va jonzodlarda nurlanish intensivligi kuchsiz bo'lib, ularni fotokuchaytirgichlar yordamida qayd qilish mumkin. Bu lyuminessensiya hujayradagi bo'linishlar bilan bog'liq bo'lganligi sababli tirik organizmdagi o'zgarishlar haqida qo'shimcha axborotlar berishi mumkin.

§ 9.4. Lazer nurlarining fizik xossalari va biologik ta'siri

Fotolyuminessensiyada lyuminessensiyalanuvchi moddaning atomlari mutlaqo tartibsiz nurlaydi. Ular har xil vaqtda nurlanadi, chastotalari va fazalar ayirmasi turlicha bo'ladi, yo'nalishlar ham har xil. Ammo keyingi vaqtlarda bir xil

yo'nalishli yorug'likning ingichka dastasini hosil qiluvchi monoxromatik nur hosil qiluvchi qurilmalar paydo bo'ldi. Bularga optik kvant generatorlar (OKG) deyiladi.

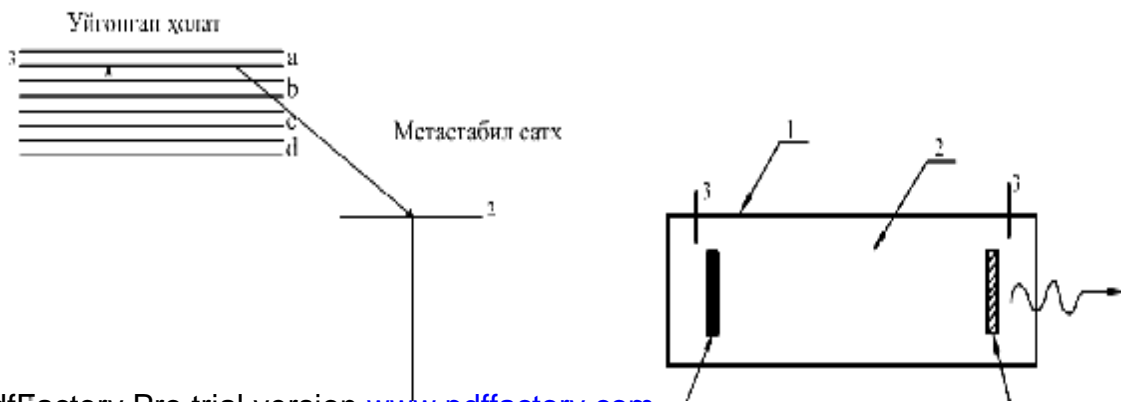
«Lazer» degan nom quyidagi inglizcha so'zlarning birinchi harflaridan tuzilgan Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation. (Majburiy nurlantirish yuli bilan yorug'likni kuchaytirish). Ishlatiladigan modda turiga qarab qattiq, suyuq va gaz lazerlari mavjud. Lazerlarni N.G. Basov, A.M. Proxorov, Ch. Tauns yaratgan. Lazer ishlay boshlashi uchun uning ishchi moddasidagi ko'p atomlar metastabil holatlarga o'tishi kerak. Unda atom nisbatan uzoq vaqt yashaydi, ya'ni 10^{-3} sekund. Buning uchun ishchi moddaga maxsus manbadan yetarlicha katta elektromagnit energiya beriladi, metastabil holdan barcha atomlar deyarli bir vaqtda normal holatga o'tadi. Shu masalani to'laroq qarab chiqaylik.

Kvant o'tishlar 2 ga bo'linadi. Agar bu o'tish ichki bo'lib, atom o'z-o'zidan quyi holatga o'tsa, bunday o'tishga spontan o'tish deyiladi. Bu vaqt bo'yicha tasodifiy va xaotikdir. Oddiy yorug'lik manbalari spontan nur chiqaradi.

Agar o'tish majburiy bo'lib foton bilan uyg'ongan zarracha ta'sirlanishi natijasida hosil bo'lsa majburiy (indusirlangan) o'tish deyiladi. Majburiy o'tish paytida 2 ta foton tarqaladi: birlamchi va ikkilamchi fotonlar. Majburiy o'tishlar soni birlamchi fotonlar intensivligi va energetik sohalarning to'laligiga bog'liq.

Zarrachalarning energetik sathlar bo'yicha taqsimlanishi Bolsman konuniga bo'ysunadi. Elektromagnit to'lqinlarning kuchayishini kuzatish uchun hych bo'lmaganda ikki energetik holat uchun Bolsman taqsimotiga teskari holatni yuzaga keltirish zarur. Bu holat Bolsman taqsimotida formal $T < OK$ uchun hosil qilinishi mumkin. Shuning uchun bu holatga manfiy haroratli holat yoki inversli holat deyiladi.

Bunday moddada yorug'lik tarqalsa uning intensivligi oshadi, ya'ni yutilish kam bo'ladi. Bu degani Buger qonunida ($J = J_0 S^{-cl}$) $c < 0$ ya'ni yutish koeffitsiyenti manfiy. Inversiya to'ldirilganlik holati maxsus uyg'otiladi. (elektr yoki yorug'lik bilan). O'z-o'zidan manfiy haroratli holat ko'p vaqt tura olmaydi. Bu OKGlar ishlash prinsipidir. Birinchi o'ta yuqori chastotali radioto'lqinlar diapazonda lazer 1955 yilda yaratilgan. 1960 yilda rubin kristalida lazer yaratildi. Shu yili geliy - neon lazeri yaratildi, unda nurlovchi bo'lib neon atomi hizmat qiladi. Geliy atomi esa yordamchi vazifasini bajaradi. Elektr razryadi vaqtida neon atomlarining bir qismi asosiy 1 holatdan 3 holatga o'tadi, neon uchun 3 holatda yashash davri kam va tezda u 1 yoki 2 holatga o'tadi. (9.10 a-rasm) Inversiya to'ldirilganlik hosil qilish uchun 3 holatda yashash davrini oshirish zarur. Geliy atomi esa xuddi shu vazifani bajaradi. Geliyning birinchi



uyg'ongan holati neonning 3 holatiga to'g'ri keladi. Agar uyg'ongan geliy uyg'onmagan neon bilan to'qnashsa, energiya berish jarayoni yuz beradi.

a)

b)

9.10-rasm. *Geliy-neon gaz lazeri. a- elektron satxlar, b-lazer tuzilishi: 1-kvars trubkasi. 2-Ne- Nye gaz aralashmasi 1 GPa bosimda joylashtiriladi. 3- gaz razryadini amalga oshiruvchi elektrodlar, 4,5-ko'zgular*

Geliy-neon lazerining asosiy qismi 1-gazorazryad nayi (odatda qo'shimcha kvarsli nay) dan iborat. 2-nayda 1GPa bosimda geliy va neon aralashmasi solinadi (geliy 90%, neon 10% atrofida). Nayda gaz razryadini hosil qilish uchun 3 elektrodlar kavsharlangan. Nay uchlarida 4 va 5 ko'zgular joylashgan bo'lib, ulardan biri (5) yarim shaffofdir. Majburiy nurlanishda chiqadigan fotonlar ko'zgulardan ko'p marotaba qaytib, o'zlari majburiy o'tishlarni yuzaga chiqaradi va natijada 5 ko'zgu orqali chiqib ketadi.

Lazerlar monoxromatik nur manbaidir, ularning sochilishi kam. Masalan: Oyga yo'naltirilgan lazer nuri 3 km li dog' hosil qiladi. Oddiy projektorlarniki 40000 kmli dog' hosil qiladi. Energiya zichligi juda katta millionlargacha J/sm^2s Linzalar yordamida fokuslab energiya zichligini yanada oshirib, o'ta qattiq moddalarni teshish, payvandlash mumkin. Ular tibbiyotda 2 xil maqsadda ishlatiladi.

1. Lazerlar biologik to'qimalarni buzishi mumkin, bundan jarroxlik amaliyotida foydalaniladi. Saraton to'qimalarini kuydirishda, organizmda maxsus teshiklar hosil qilishda, tishlarni davolashda ham qo'llaniladi.

2. Geliy-neon lazer asosida gastrokop yaratilgan bo'lib, u oshqozonning hajmiy tasvirini ko'rishda ishlatiladi. Hozirgi vaqtda ko'z jarroxligida – oftalmokagulyator - glaukomaning davolashda keng foydalanilmoqda

Birinci rubin lazerlarining energiyasi 0,1 Joulga teng bo'lgan. Hozirgi vaqtda energiyasi bir necha ming joulga teng bo'lgan lazerlar mavjud. Impuls qisqa vaqt ta'sir qilganligi sababli quvvat ancha katta bo'ladi. Masalan: neodim lazer impulsi energiyasi 75 Joul davomiyligi $3 \cdot 10^{-12}$ sekund bo'lganda quvvati $2,5 \cdot 10^{13} Bm$ ga yetadi. Gaz lazerlar quvvati 50 kVt gacha bo'ladi. Impulsli lazerlar intensivligi $10^{14} BT/m^2$, ga teng bo'ladi. Taqqoslash uchun quyosh nurining Yer sirtidagi intensivligi $10^3 Bm/m^2$ ga teng ekanini ko'rsatish mumkin. Eng kuchsiz lazerlar yorqinligi quyosh yorqinligidan million marta kattadir.

Lazer nuri kogerent, monoxromatik va qutblangan, sochilish burchagi juda kichik, ya'ni 10^{-3} rad elektr maydon kuchlanganligi juda katta, ya'ni $3 \cdot 10^{10} B/m$. Odatdagi nurlar maydon kuchlanganligi $10^4 B/m$ dan oshmaydi. Elektromagnit maydon moddaga tushganda unga bosim beradi. Oddiy yorug'lik nuri bosimi $4 \cdot 10^{-6} Pa$ ga teng, atmosfera bosimi $10^5 Pa$ lazerniki esa $10^{12} Pa$ ga yetadi. Bunday bosim eng qattiq materiallarni qayta ishlashda ishlatiladi. Masalan, olmos va o'ta qattiq qotishmalarda teshiklar hosil qilish mumkin.

Lazer nuri biologik obyektlarga tushganda u bilan ta'sirlashadi.

Lazer nuri modda bilan ta'sirlashganda uning asosiy energiyasi issiqlikka aylanadi. Biologik to'qimada yutilish tanlab yuz beradi, chunki to'qima tarkibiga kiruvchi hujayra, fermentlar, gormonlar, pigmentlar turli xil yutish va qaytarish xususiyatiga ega. Masalan, gavhar ko'rinadigan nurni deyarli yutmaydi, melanin yutish maksimumi spektrning qizil qismiga ($0,65 - 0,75 \mu\text{m}$) to'g'ri keladi. Odam tanasi qaytarish koeffisienti $35 - 40\%$ qora tanlilar uchun bundan ham kichik bo'ladi.

Kuchli lazer ta'sirida to'qimalarning jarohatlanishi xuddi yuqori chastotali toklar ta'siridagi kuyishga o'xshash bo'ladi, faqat kuyish chegarasi aniq ifodalangan bo'ladi. Bu nurning yo'nalganligi bilan tushuntiriladi. Termik ta'sirga sezgir bo'lgan hujayralar birinchi bo'lib buziladi. Ular biokimyoviy reksiyalarni tezlatuvchilari bo'lib fermentlarning buzilishi reaksiyasini susaytiradi va natijada xo'jayralar halok bo'lishi mumkin. Lazer nurining termik effekti natijasida venalarda tromb hosil bo'lishi natijasida to'qimalarning buzilishi yuz beradi.

To'qimaning lazer tushgan joyida issiqlikdan hajmiy kengayish yuz beradi va natijada mexanik kuchlanish hosil bo'ladi. Nurlanayotgan sohada to'qima molekularining bug'lanishi natijasida impulsning saqlanish qonuni bo'yicha impuls paydo bo'ladi. Bu impuls bog'lanuvchi zarrachalar tezligi yo'nalishiga qarama-qarshi bo'ladi. Natijada bosim yuzaga keladi. To'qima va hujayraning suyuq komponentalarida bosimning oshishi tufayli tovush tezligidan katta tezlikda bo'lgan to'lqinlar hosil bo'ladi. Lazer nuri teriga tushganda uni buzmasada hosil bo'lgan to'lqin ichki to'qimalarni jarohatlashi mumkin. Xuddi shu usulda tajriba tariqasida dengiz cho'chqalari miyasi energiyasi 100 J lazer bilan nurlantirganda miyaning 1 mm^3 hajmi 500°S gacha isigan va suyak ostida 20 atm bosim hosil bo'lgan.

Elektrostriksiya hodisasi tufayli elektromagnit to'lqin ta'sirida moddada deformasiya yuzaga kelishi mumkin. Masalan, dengiz cho'chqalari jigari energiyasi 250 J bo'lgan lazer nurlari bilan nurlantirilganda uning solishtirma qarshiligi 4 marta kamaygan, dielektrik kirituvchanlik esa 8 marta oshgan. Bunga sabab atomlarning ionlashishidir. Ionizasiya molekularidagi kimyoviy bog'lanishlarni ham buzadi va ion radikallar hosil bo'ladi.

Biologik to'qimalarda mavjud bo'lgan suv eritmalarida lazer nurlari tufayli ON va NO_2 radikallar hosil bo'ladi. Erkin radikallar nafaqat lazerlar ta'sirida, balki tabiiy modda almashinuvida ham hosil bo'ladi. U bilan hayvon organizmida bo'ladigan bir qancha patologik o'zgarishlar bog'langandir. Aniqlanishicha, buning natijasida biologik keksayish va ba'zi rak kasalligi formalarining kelib chiqishi mumkin ekan. Shu sababli lazer nuri ta'sirida qo'shimcha erkin radikallarning hosil bo'lishi maqsadga muvofiq emas.

Bir necha mikron qalinlikka ega bo'lgan lazer nurlari yordamida hujayra va to'qimalarda bo'ladigan jarayonlarga ta'sir ko'rsatish imkoni tug'ildi. Tuxum hujayrasini nurlantirish yo'li bilan uning rivojlanish yo'nalishini o'zgartirish, xromosomani nurlantirish bilan naslni o'zgartirish ham mumkin. Lazer gen-injenerligida, ya'ni yangi xususiyatlarga ega bo'lgan organizmlar hosil qilishda qo'llaniladi.

Lazer yordamida hujayrani ajratib, uning hayotini kuzatish mumkin. U hujayra ichidagi biokimyoviy bog'lanishlarni, hujayra yutgan moddalar taqsimotini, turli holatlarda bo'lgan hujayralarni taqqoslashda va hujayradagi patologik o'zgarishlarni aniqlashda qo'llaniladi.

Tibbiyot va veterinariyada SO₂ lazer yordamida jarrohlik operatsiyalari bajarilmoqda. Kesish chuqurligi to'qima turiga bog'liq bo'lib, odatda 2–3 mm bo'ladi. Oddiy mexanik kesishga qaraganda ko'p qulayliklar mavjud. Energiya intensivligi katta bo'lgani uchun lazer qon tomirchalarini payvandlab, operatsiyani qonsiz bajarishga imkon beradi. Bundan tashqari, terini sterilizatsiya qiladi, ya'ni begona mikroorganizmlar halok bo'ladi. Lazer mexanik ta'sir ko'rsatmaydi, shu sababli jarrohlik og'riqsiz o'tadi. Lazer yordamida kesilgan joylar tikilib ketiladi. Yorug'lik tolasi yordamida lazer nuri organizmni kesmasdan ovqat yo'llari orqali ichki organlarni ham operatsiya qilish imkoni beradi. Ayniqsa, oshqozon ichak, yurak, neyroxirurgik operatsiyalarda keng qo'llaniladi. Teri o'simtalarini 97% holatda lazer nuri yordamida davolash mumkin ekan.

Lazerlar oftalmologiyada keng qo'llanilmoqda. Ko'z gavhari va shishasimon suyuqligi qizil nur uchun shaffof bo'lsa, to'r parda uni kuchli yutadi. Ayniqsa, to'r pardani ko'z tubidan ajralishida lazerlar yaxshi natija beradi. Oddiy xirurgik yo'l bilan bu jarrohlikni bajarish murakkab, og'riq bilan bo'ladi va 2 – 3 oy bemor stasionarda davolashi kerak bo'ladi. Lazer nuri yordamida bu ish ancha oson va kam vaqtda bajariladi. Glaukomaning davolashda ham yaxshi natijalarga erishilmoqda. Glaukomada ko'z ichidagi suyuqlik tashqariga chiqmay qoladi va ko'z ichida bosim oshadi, ko'rish qobiliyati kamayadi va ko'r bo'lib qolish mumkin. Shu sababli lazer yordamida ko'zda kichik teshik hosil qilinadi. Buning uchun lazerning ta'sir vaqti 10^{-7} c va quvvat yetarlicha katta bo'lishi kerak.

Test savollari

1. Rentgen nurlari nima?
 - a) to'lqin uzunligi 400 nm dan 760 nm gacha bo'lgan elektromagnit to'lqinlar;
 - b) elektronlar oqimi;
 - c) to'lqin uzunligi 80 nm dan 10^{-6} nm gacha bo'lgan elektromagnit to'lqinlar;
 - d) chastotasi 20 kGs dan yuqori elektromagnit to'lqinlar.
2. Rentgenografiya qaysi fizik jarayonga asoslangan?
 - a) odam va hayvon organizmidagi yutilish hodisasiga;
 - b) odam organizmidagi yutilish hodisasiga;
 - c) hayvon organizmidagi yutilish hodisasiga;
 - d) odam va hayvon organizmidan o'tayotgan rentgen nurlari ta'sirida ekranda hosil bo'ladigan lyuminessensiya hodisasiga.
3. Rentgen nurlari tibbiyot va veterinariyada qanday maqsadlarda ishlatiladi?
 - a) odam va hayvonlar organizmini kuzatishda;
 - b) odam va hayvonlar organizmini davolashda;
 - c) tirik organizmni tashxis qilishda;
 - d) barcha javoblar to'g'ri.
4. Rentgen nurlarining qanday turlari mavjud?
 - a) xarakteristik, qattiq;
 - b) xarakteristik, oq;
 - c) oq va yumshoq;
 - d) qattiq.
5. Rentgen nurlari ta'sirida tirik organizmda sodir bo'ladigan o'zgarishlarni qanday bosqichlarga bo'lish mumkin?
 - a) uch bosqichga: 1) molekulalarda o'zgarish sodir bo'ladi; 2) hujayra ; 3) butun organizmda mikroskopik o'zgarishlar;
 - b) ikki bosqichga: 1) hujayra ; 2) butun organizmda mikroskopik o'zgarishlar;
 - c) bir bosqichga: 1) hujayra;
 - d) to'rt bosqichga: 1) molekulalarda o'zgarish sodir bo'ladi; 2) hujayra ; 3) butun organizmda mikroskopik o'zgarishlar. 4) organizm halokati.
6. Lazer nima?
 - a) rentgen nurlari hosil qilish;
 - b) yorug'lik nurlarining o'zaro qo'shilishi natijasida kuchayishi;
 - c) yorug'likni majburiy nurlantirish bilan kuchaytirish;
 - d) ikki nurning qo'shilishi.

7. Tibbiyot va veterinariyada lazerlar qanday maqsadlarda ishlatiladi?
- jarroxlikda;
 - oftolmologiyada;
 - o'simtalarni kuydirishda;
 - barchasi to'g'ri.
8. Necha xil lyuminessensiya turi mavjud?
- fluoressensiya, elektrolyuminessensiya;
 - fosforessensiya, fluoressensiya;
 - fotolyuminessensiya, himilyuminessensiya;
 - katodolyuminessensiya, rentgenlyuminessensiya.
9. Yakkalangan atom qanaqa spektr chiqariladi?
- yo'l-yo'l;
 - tutash;
 - chiziqli;
 - chiqarmaydi.
10. Lazer ixtirochisi kim?
- N.G.Basov;
 - A.M.Proxorov;
 - Ch.Tauns;
 - Barchasi.
11. Suyak va suvning rentgen nurlarini yutish koefitsiyenti qanchaga farq qiladi?
- 38;
 - 48;
 - 58;
 - 68.
12. Rentgen tomografiya nima?
- rentgen nuri yordamida aniq organni tekshirish;
 - rentgen nuri yordamida to'liq organizmni tekshirish;
 - rentgen nurlarining yutilishi;
 - rentgen nurlarining qaytishi.
13. Pauli prinsipi nima?
- bitta qatlamda kvant soni bir xil bo'lgan ikkita elektron bo'lishi mumkin emas;
 - bitta elektron qatlamda to'rtala kvant soni bir xil bo'lgan ikkita elektron bo'lishi mumkin;
 - har bir elektron qatlamda istalgan elektron bo'lishi mumkin;
 - bitta elektron qatlamda uchtadan ortiq elektron bo'lishi mumkin emas.
14. Rezerford atomining planetar modelini qachon e'lon qilgan?
- 1900;
 - 1905;
 - 1911;
 - 1913.
15. Rentgenostruktur analiz nima?

- a) rentgen nurlar yordamida modda tarkibini aniqlash;
 - b) rentgen nurlari yordamida moddaga ta'sir ko'rsatishi;
 - c) rentgen nuri yordamida o'simalarni kuydirish;
 - d) rentgen nuri yordamida moddada tirqish hosil qilish.
16. Quyidagi ifodalardan qay biri Balmer formulasi?
- a) qatlamda $J = l \cdot n$
 - b) $n = R \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$
 - c) $n = \frac{1}{T}$
 - d) $n = \frac{E}{h}$

Sinov savollari

1. Atom tuzilishi haqidagi dastlabki tasavvurlar qanday edi.
2. Rezerford tajribasining mohiyati nimadan iborat.
3. Atom elektron qobiqlari qanday tuzilgan.
4. Balmer formulasi va seriyalarini tushuntiring.
5. Ko'rinadigan sohaga qanday seriyalar o'rinli.
6. Bor postulatlari nimalardan iborat?
7. Frans-Gers tajribasining mohiyati nimadan iborat?
8. Rentgen nurlari qanday hosil qilinadi?
9. Rentgen nurlarining qanday turlarini bilasiz?
10. Rentgen nuri nima?
11. Tomografiya nima?
12. Rentgen nurlari veterinariyada qanday maqsadlarda ishlatiladi?
13. Lyuminessensiya nima?
14. Lyuminessensiya turlarini tushuntiring?
15. Lyuminessensiyadan amalda qanday maqsadlarda foydalaniladi?
16. Optik kvant generatorlari (OKG) nima?
17. Lazerlar turlari, tuzilishi va ishlash prinsipini tushuntiring?
18. Lazerlardan amalda qanday maqsadlarda foydalaniladi.

X bob. RADIOAKTIVLIK. RADIOBIOLOGIYA ASOSLARI

§ 10.1. Atom yadrosining tuzilishi va fizik xarakteristikalarini

Atom yadrosi haqidagi ta'limotlar XX asrning boshida intensiv rivojlanib bordi va hozirgi vaqtda bu sohada juda katta ishlar olib borilmoqda. Yadro energiyasidan tinchlik maqsadlarida ham ko'plab qo'lla-nishlar amalga oshirilmoqda. 1932 yilda D.D.Ivanenko hamma yadrolar tarkibida ikkita zarrachalar, ya'ni protonlar va neytronlar borligi haqida gipotezani bayon qildi. Rezerford α -zarrachalarning sochilishi bilan o'tkazgan tajribalarida atomning asosiy massasi uning markazida joylashganini aniqladi va uni yadro deb atadi. Yadro tarkibidagi proton musbat zaryadlangan bo'lib, zaryadi elektron zaryadiga tengdir, ya'ni $e_+ = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Kl, uning tinchlikdagi massasi $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ kg. Neytron zaryadsiz zarracha bo'lib uning massasi $m_n = 1,6748 \cdot 10^{-27}$ kg. Proton va neytronlar birgalikda nuklonlar deb ataladi. Hamma yadrolar musbat zaryadlangan bo'lib ular zaryadi protonlar zaryadi bilan aniqlanadi. Masalan: yadroda Z ta proton bo'lsa, u holda yadro zaryadi $q_{ya} = zye$ ga teng bo'ladi. Yadroning massasi atomning massasidan ozgina farq qiladi. Odatda yadro massasi maxsus birlikda (massaning atom birligi m.a.b) da o'lchanadi.

Massaning atom birligi uglerod ${}^6_6S^{12}$ izotopi atomi massasining $1/12$ qismi qabul qilingan: 1 m.a.b. = $1,66 \cdot 10^{-27}$ kg.

U holda $m_r = 1,00747$ m.a.b. $m_n = 1,00892$ m.a.b.

Massa soni – yadrodagi nuklonlar soniga teng, ya'ni Z protonlar va N neytronlar bo'lsa, u holda massa soni

$$A = Z + N \quad (10,1)$$

Yadro quyidagicha belgilanadi A_ZX

Yadroda protonlar soni bir xil, ammo neytronlar soni har xil atomlar izotoplar deyiladi.

Masalan, vodorodning 4 ta izotopi mavjud: 1_1N vodorod, ${}^2D({}^2_1N)$ deyteriy, ${}^3_1T({}^3_1N)$ tritiy va ${}^4_1X({}^4_1N)$ 4 ta nuklonli-nomi yo'q.

Bir kimyoviy elementning barcha izotoplari elektron qobiqlarining tuzilishi bir xil bo'ladi. Shuning uchun ularning fizik xossalari ham bir xil bo'ladi. Lekin yadro strukturasi kelib chiqadigan kimyoviy xossalari (massa soni, zichligi radioaktivligi va hokazolar) ancha farq qiladi. Bu farq, ayniqsa, yengil kimyoviy elementlarda yaqqol ifodalanganidir. Shu sababli Mendeleev davriy tizimidagi ko'p atomlarning atom og'irligi butun son emas. Ya'ni ular ko'p izotoplar aralashmasidan iboratdir.

Rezerford birinchi bor tajribalar natijasiga binoan yadro radiusi $10^{-15} - 10^{-14}$ m degan xulosaga kelgan edi. Umuman barcha yadrolar radiuslari quyidagi formuladan taxminan hisoblanadi.

$$R = (1,45 \div 1,5) 10^{-15} A^{1/3} \quad (10,2)$$

Yadro fizikasida uzunlikning femtometr degan o'lchov birligi ishlatiladi.

(1 fm = 10^{-15} m.) U holda (10.2) formula quyidagicha yoziladi.

$$R = (1.45-1.5) A^{1/3} \quad (10.3)$$

Yadro eng zich modda hisoblanadi, uning zichligi taxminan $4,1 \cdot 10^{17} \text{ kg/m}^3$ ga tengdir.

Yadroning spini nuklonlar spinlarining yig'indisidan iborat. Proton va neytronlar spinlari o'zaro teng bo'lib, quyidagiga teng $S_1 = 1/2 \hbar$.

Ko'pchilik hollarda spin \hbar o'lchamlarida aniqlanadi. Demak, proton va neytron spinlari $1/2$ ga teng ekan.

Juft sonli nuklonlardan tashkil topgan yadroning spini \hbar ning butun sonlariga karrali yoki nol bo'ladi.

Masalan: ${}^2_1\text{N}$ uchun \hbar ga teng. ${}^4_2\text{He}$ – uchun esa nolga teng.

Toq sonli nuklonlardan tashkil topgan yadroning spinini S_2 ga karrali, masalan, H^3 $\frac{1}{2}\hbar$ uchun ${}^{115}_{99}\text{Jn}$ esa $9/2 \hbar$.

Yadro spini bilan magnit momenti bog'langan. Uni yadro magnetoni $M_{\text{я}} = \frac{eh}{2m_p} = 5,0508 \cdot 10^{-27} \frac{\text{JK}}{\text{T}_\text{я}}$ orqali aniqlash mumkin. Protonning magnit momenti

$P_{\text{mp}} = 2,79M_{\text{я}}$, neytronniki esa $P_{\text{mp}} = -1,91M_{\text{я}}$ ga teng bo'ladi

“–“ ishora neytronning magnit momenti spiniga teskari yo'nalganligini ko'rsatadi.

Yadro kuchlari – bu nuklonlarni bog'lab turuvchi kuchlar bo'lib, zarracha zaryadiga bog'liq emas. Ular $\sim 10^{-15}$ m masofada ta'sirlashadi. Yadro kuchlari to'yinish xususiyatiga ega, ya'ni nuklon o'zini o'rab turuvchi xama nuklonlar bilan emas, balki bir nechta aniq nuklonlar bilan ta'sirlashadi. Yadro kuchlari elektromagnit kuchlaridan ancha kattadir.

Yadroning massasi uni tashkil etuvchi nuklonlar massalari yig'in-disidan kichikdir. Bu farkka massa defekti deyiladi. Nisbiylik nazariyasiga asosan massa va energiya o'zaro bog'liqdir.

$$E = mc^2 \quad (10.4)$$

Yadro energiyasi xam nuklonlar energiyalari yig'indisidan kichikdir.

Yadroni alohida nuklonlarga ajratish uchun zarur bo'lgan energiyaga bog'lanish energiyasi deyiladi.

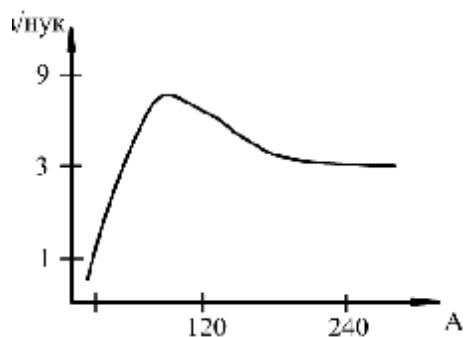
(10.4) ga asosan bog'lanish energiyasi uchun quyidagini yozish mumkin:

$$E_{\text{bog}} = (Zm_p + Nm_n - M_{\text{я}})c^2 \quad (10.5)$$

1m.ab.-taxminan 931 meV energiyaga to'g'ri keladi. U xolda bog'lanish energiyasi

$$E_{\text{bog}} = (Zm_p + Nm_n - M_{\text{я}}) \quad 931 \text{ meV} \quad (10.6)$$

Amalda bitta yadroni ikki bo'lakka bo'lishda kerak bo'ladigan energiyani hisoblash zarur bo'ladi. Bunday hollarda bitta nuklonga to'g'ri keladigan bog'lanish energiyasi aniqlanadi.



10.1 - rasm. Solishtirma bog'lanish energiyasi(ϵ)ning atom massasi(A)ga bog'liqlik grafigi.

Solishtirma bog'lanish energiyasining atom massasiga bog'lanish grafigidan ko'rinadiki, maksimal bog'lanish energiya 8,6 MeV massa soni $A=50$ ga yaqin bulgan yadrolarga to'g'ri keladi.

Agar tizim katta energiya holatidan kichik energiya holatiga o'tsa reaksiyada energiya ajraladi, ya'ni boshqacha aytganda kichik bog'lanish energiya holatidan katta bog'lanishli energiya holatiga o'tganda. Atomdagi jarayonlarga qaraganda yadro dagi jarayonlarda katta energiya talab qilinadi. Atomdan elektron urib chiqarish uchun bir necha o'n elektron volt energiya kerak bo'lsa, yadrodan nuklonni chiqarish uchun bir necha MeV energiya kerak bo'ladi.

§ 10.2. Radioaktivlik, uning turlari va asosiy qonunlari

Radioaktivlik deb turg'un bo'lmagan yadrolarning o'zidan boshqa yadrolar yoki elementar zarrachalar chiqarib yemirilishiga aytiladi. Buning harakterli tomonlardan biri reaksiyaning o'z-o'zidan bo'lishidir. Radioaktivlik ikki turga bo'linadi: tabiiy va sun'iy. Tabiiy radioaktivlikni 1896 yilda fransuz fizigi Bekkerel uranda aniqlagan, keyinchalik bu xususiyat boshqa og'ir yadroli elementlar aktiniy, toriy, poloniy, radiyga ham xos ekanligi aniqlandi. Poloniy va radiy nurlanishini 1898 yili Pyer va Mariya Kyurilar ochgan. Sun'iy radioaktivlik esa yadro reaksiyalari paytidagi nurlanishlardir.

Tabiiy va sun'iy radioaktivlikda prinsipial farq yo'q. Bular uchun umumiy konuniyatlar o'rinlidir. Radioaktiv nurlanishlar o'z tabiatiga qarab murakkabdir. Nurlanishlarning uchta turi mavjud, ya'ni alfa, betta, gamma nurlanishlar.

Alfa nurlanishlarda yadro alfa zarrachalar chiqarib boshqa yadroga aylanadi. Buni quyidagi ko'rinishda tasvirlash mumkin.



X-onalik yadro, U-bolalik yadro.

Uranning toriyga aylanishini quyidagicha ifodalash mumkin.



Ona yadro massasi bola yadro va a zarralar massasidan katta bo'ladi (demak, energiyalari ham katta). Bu energiyalar farqi alfa zarracha va bola yadro kinetik energiyasiga teng bo'ladi. Reaksiyadan so'ng bola yadro normal va uyg'ongan holda ham bo'lishi mumkin. a -zarralar elektr va magnit maydonlarida og'adi. a -zarracha zaryadi $+2e$ ga, massa soni 4 ga teng. Alfa zarrachalar radioaktiv moddalardan 10000-20000 km/s tezlik bilan uchib chiqadi. Bu esa 4-9 MeV kinetik energiyaga tengdir. Alfa zarrachalar moddadan o'tganda ularga o'z maydoni bilan ta'sir qilib ionlashtiradi va ikkita elektron qo'shib olib neytral geliy atomiga aylanadi. Alfa zarraning havoda o'tish yo'li 3-9 sm va ionlashtirish qobiliyati 250000 juft ionga teng. Alfa zarrachalar qalinligi 0,06 mm bo'lgan alyuminiy qatlamida yoki 0,12 mm bo'lgan biologik to'qima qatlamida to'la yutiladi.

Betta yemirilish – bu yadro ichida neytron va protonlarning o'zaro aylanishiga aytiladi. Buning uch xil turi mavjud.

Elektron yoki betta yemirilishda yadrodan betta-zaracha (elektron) uchib chiqadi va spektri tutash bo'ladi. Bu esa yadroning diskret energetik holatlardan tashkil topganligi to'g'risida tasavvurlarga to'g'ri kelmaydi. Shuning uchun 1932 yilda Pauli bu holda betta zarrachalar bilan kichik massali boshqa zarrachalar ham chiqadi degan gipotezani aytdi. Bu zarrani Fermi neytrino deb atadi. Keyinchalik aniqlanishicha, neytrino betta plus yemirilishida hosil bo'lar ekan. Beta minus yemirilishda esa antineytrino hosil bo'lar ekan.

Betta minus yemirilish sxemasi quydagicha tasvirlanadi.



Masalan: tritiyning geliyga aylanishi ${}^3_1H \rightarrow {}^3_2He + {}^0_{-1}b + \tilde{n}$ bunda \tilde{n} - antineytrino

Betta yemirilish yadro ichida neytronning protonga aylanishida ham hosil bo'ladi

Pozitronli yoki betta + yemirilish sxemasi quyidagicha tasvirlanadi:



Yadroda protonning neytronga aylanishi ham beta+ yemirilishga kiradi,



Bunda yadro birorta ichki elektronni qabul qilib atomdagi uning protonini neytronga o'tkazadi.



b - zarrachalar massasi a - zarrachalarnikidan - 7350 marta kichik, o'rtacha tezligi 160000 km/s energiyasi 0,001-10 meV oralig'ida. Shuning uchun bularning ionlashtirish qobiliyati a zarrachalarnikidan 100 marta kichik. Moddadan o'tish

masofasi esa shuncha kattadir. Masalan, havoda 40 metrgacha alyuminiyda 2 sm va biologik to'qimada 6 sm gacha kiradi.

g - nurlanish – chastotasi juda katta (10^{20} gs), to'lqin uzunligi esa juda kichik (10^{-12} m) bo'lgan fotonlar oqimidan iborat bo'lib, energiyasi 1 meV atrofida. g -nurlar eng qattiq elektromagnit nurlar bo'lib, rentgen nurlariga o'xshash. Zaryadi yo'q, tezligi 300000 km/s ga teng. Kristalldan o'tganda difraksiyalanadi. g - nurlar atom yadrosidan chiqadi. g - nurlar ionlashtirish qobiliyati kichik, u havoda 100 ta (1smda 1-2 ga juft) ion xosil qiladi. O'tish qobiliyati katta, havoda yuzlab metr, 5 sm qo'rg'oshindan va kishi tanasidan bemalol o'tadi. Radioaktiv nurlanish atomlarning elektron qobiqlaridan emas, balki atom yadrosidan chiqadi.

Radioaktiv nurlanish statistik hodisa bo'lib, berilgan nostabil yadro qachon yemirilishini aytish qiyin. Faqat ehtimolligini aytish mumkin. Juda ko'p yadrolar uchun yemirilmagan yadrolarning vaqtga bog'liqligini ifodalovchi statistik qonunni chiqarish mumkin. Agar dt vaqt ichida d N ta yadro yemirilsa, u holda quyidagini yozish mumkin:

$$dN = -\lambda N dt \quad (10.13)$$

λ - yemirilish doimiysi turli yadrolar uchun turlichadir.

“-“ har doim $dN < 0$ ekanligini, ya'ni yemirilganda radioaktiv moddalar doim kamayib borishini ko'rsatadi. (10.13) formulani integrallab quyidagini olamiz.

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \quad (10.14)$$

Bunda N_0 – yadrolarning boshlang'ich soni, N – qolgan yadrolar soni.

Bu radioaktiv yemirilishning asosiy qonunidir. Amalda λ o'rniga yarim yemirilish davri qo'llaniladi.

Yadrolarning yarmi yemirilishi uchun ketgan vaqtga yarim yemirilish davri deyiladi. λ va T orasidagi bog'lanishni topish uchun (10.14) da $N = N_0/2^{t/T}$ deb olamiz. U holda $N_0/2 = N_0 e^{-\lambda T}$ yoki $1/2 = e^{-\lambda T}$ buni logarifmlasak $T = \ln 2 / \lambda = 0,69 / \lambda$

Radioaktiv moddalar bilan ishlaganda ulardan 1 sekundda chiqadigan zarralar va g - fotonlar sonini bilish zarur. Bu son yemirilish tezligiga proporsional bo'lib, aktivlik deyiladi.

$$A = -dN/dt \quad (10.15)$$

(10.14) va (10.15) ga asosan $A = dN/dt = \lambda N = \lambda N_0 e^{-\lambda t} = N / T_{1/2}$ bo'ladi.

Aktivlik vaqtga qarab eksponensial qonun bo'yicha kamayib boradi.

Aktivlik birligi Bekkerel (Bk) qabul qilingan.

1Bk deb, 1 sekundda 1ta yemirilish bo'ladigan manbaning aktivligidir. Tizimdan tashqari va ko'p ishlatiladigan aktivlik birligi Kyuri (Ku).

$$1 \text{ Ku (kyuri)} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bk} = 367 \cdot 10^{10} \text{ c}^{-1}$$

Yana boshqa birlik ham mavjud.

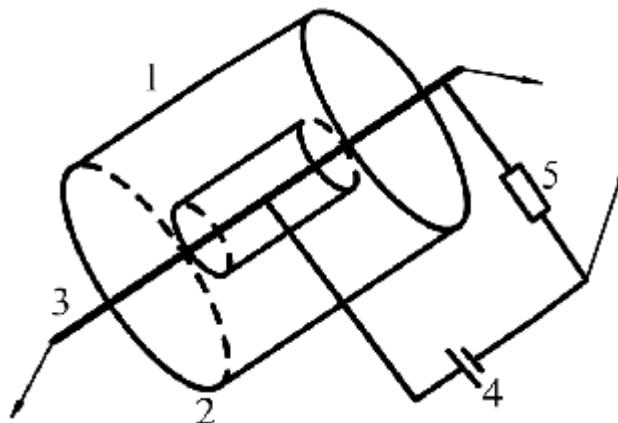
$$1 \text{ Rf (rezerford)} = 10^6 \text{ Bk.} \quad 1 \text{ Rf} = 1/37000 \text{ Ku.}$$

Radioaktiv manba birlik massasining aktivligini xarakterlash uchun - solishtirma massa aktivligi kiritilgan (Bk/kg)

§ 10.3. Radioaktiv nurlarni qayd qilish usullari

Atom yadrolarini va yadrodagi ichki jarayonlarni o'rganishda juda ham kichik zarrachalar (elektronlar, protonlar, α -zarrachalar va hokazolar) bilan ish ko'rishga to'g'ri keladi. Bu mikrozzarrachalarni kuzatish va qayd qilish uchun yadro fizikasi asosan quyidagi asboblardan foydalanadi: ionizatsion hisoblagich, ssintillyasiya hisoblagich, Vilson kamerasi, pufakli kamera, qalin qatlamli fotografiya emulsiyasi va boshqalar.

Ionizatsion schyotchigi - bu harakatlanayotgan zaryadlangan mikrozzarracha gazni ionlashtirishida gazda razryad paydo bo'lishini qayd qiladi.



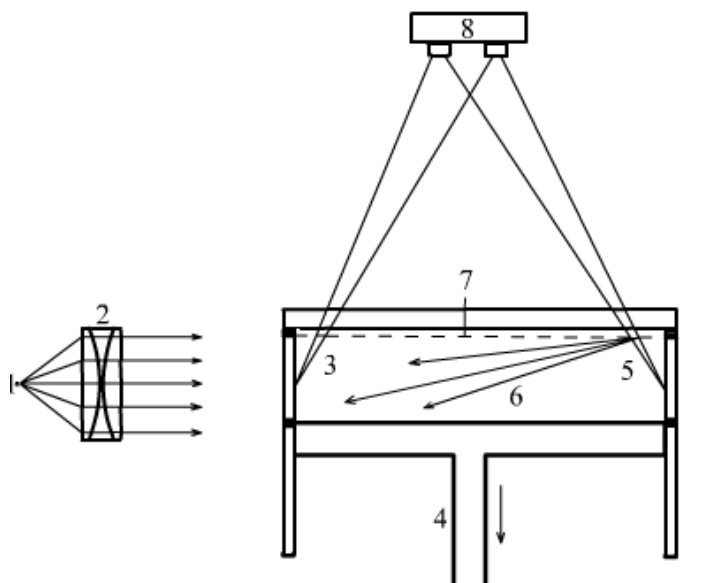
10.2-rasm. Geyger – Myuller hisoblagichi: 1-shisha ballon, 2-kondensator, 3-metall tola, 4-batareya, 5-qarshilik.

U shisha idishdan iborat bo'lib, ichi 100 - 200 mm.sm ust. bosimida gaz bilan to'ldirilgan. Metall tolaga batareyadan yuqori omli qarshilik orqali kuchlanish beriladi. Agar idishga zaryadlangan zarracha uchib kirsam, gazni ionlashtiradi va gaz razryadi vujudga keladi.

Kondensator zanjiridan o'tadigan qisqa muddatli tok tufayli qarshilikdagi kuchlanish hosil bo'ladi. Kuchlanishning bunday tebranishi odatdagi radiotexnik usullarda kuchaytiriladi va so'ngra signal lampochkasining chaqnashi yoki elektrotexnik hisoblagich strelkasining harakati bilan qayd qilinadi. Bu hisoblagich har sekundda 10000 zarrachani qayd qila oladi.

Ba'zi detektorlar zarrachalarning trayektoriyasini aniqlashda qo'llaniladi. Vilson kamerasi, diffuzion va pufakchali kameralar shular jumlasidandir.

Vilson kamerasini 1912 yilda ingliz fizigi Vilson ixtiro qilgan. Bu kamera ishi havoda uchib o'tayotgan mikrozzarracha hosil qiladigan ionlarning o'ta to'yingan bug' uchun kondensasiyalanish markazlari bo'lib qolishiga asoslangan. Vilson kamerasini tuzilishi 10.3-rasmda keltirilgan.



10.3 – rasm. *Vilson kamerasi*. Bunda 1- yorug'lik manbai, 2 – kondensor, 3 – kamera, 4 – porshen, 5 – radioaktiv preparat, 6 – nurlar, 7 – elektr kuchlanishni berish uchun yupqa simdan yasalgan to'r, 8 – stereofotokamera

Bunda suv bug'i o'ta to'yingan holatga o'tadi va kameraga silindr devorining yupqa qismidan o'qib kirgan mikrozarracha hosil qilgan ionlarda kondensasiyalanadi. Zarrachalarning butun yulini suv tomchilari qoplaydi. Kameraning ichki hajmini yoritib, bu yo'lni – treklarni kuzatish yoki suratga olish mumkin. Trekning ko'rinishiga qarab ionlashtiruvchi zarachaning tabiati to'g'risida fikr yuritish mumkin (masalan, elektronning treki a – zarrachasidan ingichkaroq va uzunroq bo'ladi).

1

§ 10.4. Rentgen va radioaktiv nurlarning tirik organizmga ta'siri

Zaryadlangan zarralar moddaga tushganda yadrolar va elektronlar bilan ta'sirlashadi, natijada moddaning va zarrachaning holati o'zgaradi. Bunda asosiy mexanizm a, b, g zarrachalarning moddada ionizasiya tormozlanishi natijasida energiyasining bir qismining yo'qolishidir, uning kinetik energiyasi modda atomlarining ionlashiga sarf bo'ladi. Zarralarning modda bilan ta'siri miqdor jihatdan 3 ta kattalik bilan aniqlanadi: solishtirma ionizasiya, solishtirma ionizasion yo'qotish, zarrachaning moddadagi yo'li.

Solishtirma ionizasiya deb, zarrachaning moddada 1sm yo'l bosganda xosil qilgan ionlar soniga aytiladi.

Solishtirma ionizasion yo'qotish deb zarrachaning 1sm moddada yurganda energiyasining o'zgarishiga aytiladi.

Zarrachaning moddadagi yo'li (R) deb, bu zarrachaning moddada tez-ligi issiqlik harakati tezligidan katta tezlikda harakatlanadigan masofaga aytiladi.

a - zarrachalarning muhitda bosib o'tgan yo'li solishtirma ionizasiyaga bog'liqdir.

Bitta molekulani ionlashtirish uchun 34 eV ga yaqin energiya talab qilinishi sababli $dE/dx=0,71 \div 2,7$ MeV/sm oralig'ida bo'ladi.

a – zarrachalarning o'tish masofasi uning energiyasiga bog'liq, havoda quyidagi formula bilan ifodalanadi: $R=0,318 Ye^{3/2}$, bunda Ye – *a* zarracha energiyasi

a – zarrachaning suyuqlikda va to'qimada, ya'ni tirik organizmda o'tish yo'li 10 - 100 mkm ga teng.

a – zarrachaning tezligi molekular issiqlik xarorati tezligigacha sekinlashgach, u moddada ikkita elektronni tutib olib, geliy atomiga aylanadi.

Ionizasiya va uyg'onish birlamchi jarayonlardir, ikkilamchi jarayonlar esa molekulyar kinetik xarakteristik tezligi oshishi, xarakteristik rengen nurlar chiqishi, radiolyuminessensiya, kimyoviy jarayonlardir.

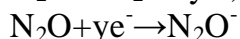
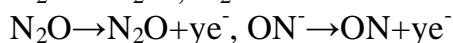
a – zarrachalarning yadro bilan ta'siri ionizasiya jarayonidan ancha extimolligi kamdir.

b – zarrachalar to'qimalarga 10-15 mm gacha kiradi. Alyuminiyda esa 0,4 mm, suvda 1,1 mm gacha kiradi.

g -nurlar moddaga tushganda rentgen nurlariga xos bo'lgan jarayonlardan (kogerent sochilish, Kompton effekt, fotoeffekt) tashqari elektron-pozitron juftligi hosil bo'lishi, fotoyadroviy reaksiyalar *g* – fotonlar atomlarni ionlashtirishi ham bo'ladi.

Ionlashgan zarrachalarning biologik ta'sirlari turlichadir. Masalan, neytrino biologik ta'sir ko'rsatmaydi. *a* – zarrachalar ham to'qimaning yuza qismida to'la yutiladi. Shuning uchun ham uning ta'siri kuchsizdir. Bu zarrachalarning ta'sirida erkin radikallar yoki suvning kimyoviy almashinuvlari (radioliz) va demak ON radikal va vodorod peroksid hosil bo'ladi. Biologik tizim molekulari bilan kimyoviy reaksiyaga kirishadi.

Masalan, suv radiolizining mumkin bo'lgan mexanizmlari:



Kislorod bilan reaksiyada gidroperoksid va vodorod peroksidi hosil bo'ladi.



Nurlanishning kichik dozasi yutilganda katta biologik buzilishlar yuz berishi mumkin. Nurlanish olgan obyektlarning ta'siri naslga o'tadi. Shuning uchun nurlanishdan himoyalaniish katta ahamiyatga ega.

Nurlanishning bir xil dozasi hujayraning turli kismlarining sezgirligi turlichadir, nurlanishning ta'siriga hujayralarning yadrosi eng sezgirdir. Bo'linish qobiliyati hujayralarning eng nozik funksiyasi bo'lgani uchun nurlanishda eng avval o'suvchi to'qimalar jarohatlanadi. Demak, nurlanish eng avval bola organizmi uchun (embrionlik davridan boshlab) xavflidir. Odam organizmining doimiy yoki davriy bo'linib turadigan hujayralardan tashkil topgan to'qimaga, oshqozon va ichakning shilimshiq pardasiga, qon hosil qiluvchi to'qimalarga, jinsiy hujayra larga nurlanish halokatli ta'sir qiladi.

Nurlanish ta'sirida o'simtalarni kuydirish mumkin.

Radioaktiv izotoplar tibbiyotda ikki maqsadda ishlatiladi: tashxis va davolashda. Tashxis uchun nishonlangan atom usulida organizmning ma'lum qismiga izotop kiritiladi va o'sha qismning aktivligi aniqlanadi. Masalan, izotop $_{53}\hat{J}^{125}$ yoki $_{53}\hat{J}^{131}$ hisoblagich yodning to'planishiga qarab tashxis qilish mumkin. Xuddi shunday izotopni o'simlik ildizlari yaqinidagi tuproqqa suv yoki havoning oqimiga, tirik organizm to'qimalariga, dvigatel moyiga kiritiladi. So'ngra hisoblagich yordamida kiritilgan izotopning ko'chishi kuzatiladi. Bu kuzatishlar natijalari tahlil qilinib tekshirilgan tizimda o'tadigan jarayonlar to'g'risida ma'lumotlar olinadi. Nishonlangan atomlar qo'llanishi qishloq xo'jalik ekinlarining fosforli oziqlanish jarayonini kuzatish bilan tushuntirish mumkin. Tekshiriladigan $_{15}R^{32}$ izotop tuproqqa ildiz oldiga ko'miladi. Shundan so'ng o'simlik davriy ravishda hisoblagich yordamida tekshirilib turiladi. Bunda o'simlikning turli qismlaridan chiqadigan nurlanishga qarab fosforning taqsimlanishi haqida ma'lumot olish mumkin. Masalan, fosforning qachon ildiz tizimiga kirishi, o'simlik ichkarisida qanday tezlik bilan ko'chishi, o'simlikda taqsimlanishi, modda almashinuvida ishtiroki va hokazolar. Bu tekshirishlar odatda radioavtograf flash bilan to'ldiriladi, ya'ni o'simlik kesilib quritiladi va fotografiya plastinkasiga joylashtirib surati olinadi. Fosfor bor joylar qorayadi. Renozariyada esa \hat{J} izotopi tirik organizmga (odam yoki xayvon) yuborilib radiogrammasi olinadi va buyrakning ish faoliyati o'rganiladi. Nishonlangan atom usuli yordamida qishloq xo'jalik ishlab chiqarishi uchun muhim bo'lgan fotosintez, o'g'itlarni rasional ravishda qo'llash, o'simliklarni turli elementlarni o'zlashtirishi, qishloq xo'jalik hayvonlarining ovqatlanishi, sut yog'ini va muskul oqsillarini sintez qilish, suv va suv bug'ining tuproqdagi ko'chishi, hashoratlarning ko'chib yurishi, insektisidlarning (hashoratni o'ldiruvchi moddalar) ta'siri, avtomobil va traktor detallarining ishqalanadigan qismlarining yemirilishi va boshqalar muvaffaqiyatli o'rganilmoqda.

Radioaktiv izotoplarning organizmda to'planishini o'rganish uchun gamma-tipograf (ssintigraf) ishlatiladi. Organizmdagi suyuqlik hajmini aniqlashda ham foydalaniladi. Masalan, qonning qanchaligini aniqlash mumkin. Davolash maqsadida g – nurlar qo'llaniladi. Manba sifatida So^{60} ishlatiladi.

Nurlangan moddaga berilgan energiyaning shu modda massasiga nisbatiga nurlanishning yutilgan dozasi deyiladi.

O'lchov birligi Grey (Gr) – u 1 kg massali nurlangan moddaga 1J ionlovchi nurlanish energiyasi berilishiga teng bo'lgan nurlanish dozasi tengdir.

Nurlanish dozasi quvvati sekundiga Greylarda (Gr/s) ifodalanadi. Nurlanish dozasi tizimdan tashqari birligi rad. (Radiation Absorbed Dose so'zlarining bosh xarflari) $1\text{ rad}=10^{-2}\text{Gr}$. Quvvatining birligi (rad/s) larda ifodalanadi.

Yutilgan doza tushunchasi tajribada kam foydalaniladi. Amalda jism yutgan dozani nurlanishning uni o'rab turgan havoga ionlovchi ta'siri bo'yicha baholanadi. Bunga ekspozision doza deyiladi. SI tizimida birligi (Kl/kg). Amalda esa rentgen ishlatiladi. Bunday dozada 1sm^3 quruq havoning ionlashishi natijasida 0^0S va 760 mm.sm.ust. bo'lgan vaqtda har bir ishorasi 1 birl. SGSq ga teng bo'lgan zaryad tashuvchi ionlar hosil bo'ladi.

Nurlanish va ekpozision dozalar o'zaro proporsionaldir $D=f \cdot X$

Bunda f - o'tish koeffitsiyenti.

Suv va odam tanasining yumshoq to'qimalari uchun $f=1$

Ionlanish uchun odatda nurlanish dozasi qancha katta bo'lsa, biologik ta'sir ham shuncha katta bo'ladi. Lekin turli nurlanishlar aynan bir xil yutilgan dozada ham turli xil ta'sir ko'rsatadi. Shuning uchun nurlanishning organizmlarga ta'sirini ko'rsatuvchi ekvivalent doza kattaligi qabul etilgan:

To'qimalarda yutilgan doza birday bo'lganda berilgan nurlanish turining biologik ta'siri effektivligining rentgen yoki gamma nurlanish effektivligidan necha marta katta ekanligini ko'rsatuvchi K-koeffitsiyent sifat koeffitsiyenti deb ataladi. Radiobiologiyada uni nisbiy biologik effektivligi (NBE) deb ataladi.

Yutilgan doza sifat koeffitsiyenti bilan birgalikda ionlanuvchi nurlanishning biologik ta'siri tug'risidagi ma'lumot beradi.

Ekvivalent doza birligi zivert (Zv) standart tarkibli biologik to'qimaning $1 \frac{\text{ЖС}}{\text{КЭ}}$ yutilish dozasi tengdir. Tizimdan tashqari birlik ber (rentgen biologik ekvivalenti): $1\text{zv} = 10^2$ ber.

Tabiiy radioaktiv manbalari (kosmik nurlar, yer bag'ri hamda suv radioaktivligi, odam gavdasi tarkibidan yadrolar radioaktivligi va hokazolar) taxminan 125 mber ekvivalent dozaga mos fon hosil qiladi.

Nurlanish bilan ish olib berilgan kishilar uchun bir yillik ruxsat etilgan dozasi 5 ber, o'limga olib boradigan dozasi 60 ber

Dozimetrik asboblarda deb ionlovchi nurlar dozasi o'lchash yoki dozalar bilan bog'langan kattaliklarni aniqlovchi asboblarga aytiladi. Tuzilishi jihatdan ular yadroviy nurlanish detektor va o'lchov qurilmadan iborat bo'ladi. Odatda ular doza yoki doza kuvvati birliklarida darajalangan bo'ladi.

Ishlatiladigan detektor turiga qarab, dozimetrlarni ionizasion, lyuminescent, yarim o'tkazgichli, fodozimetrlar va boshqa turlarga ajratiladi.

Rentgen va gamma nurlanishning ekspozision dozasi o'lchashga mo'ljallangan dozimetrlarga rentgenometrlar deyiladi.

Ularda detektor sifatida ionizasion kamera qo'llaniladi. Kamera zanjirlardan o'tuvchi zaryad ekspozision doza, tok esa uning quvvatiga pro-porsionaldir. Masalan, MRM-2-mikroengenometrlar DK-0,2-individual dozi-metr kompleksi.

Detektorlari gaz razryad hisoblagichlaridan iborat bo'lgan dozimetrlar ham mavjud. Radioaktiv izotoplar aktivligini yoki konsentrasiyasini o'lchash uchun radiometrlar qo'llaniladi.

Radiasion himoyalanishning uchta turi vaqtdan, masofadan va material bilan himoyalani

sh mavjud. Vaqt qancha ko'p bo'lib, masofa qanchalik kam bo'lsa ekspozision doza shunchalik katta bo'ladi. Material bilan himoyalani

shda nur turiga bog'liq. Alfa nurlanishdan himoyalani

sh sodda bo'lib, bir varaq qog'oz yetarlidir. Ammo nafas yo'li va ovqat orqali ham nurlanish mumkin. Betta nuridan himoyalani

sh uchun bir necha sm qalinlikdagi alyuminiy, plestiglas yoki shisha plastinka yetarli. Neytral nurlanishlar hisoblangan rentgen va gamma nurlanishlarda himoyalani

sh murakkabd

Kosmik nurlar 92,9% protonlar, 6,3% alfa zarrachalardan iborat. Birlamchi kosmik nur energiyasi 10^9 eV, Yerga yetib kelganda quvvati 1,5 GVt bo'ladi.

Nurlanish organizmga qisqa vaqt ichida ta'sir qilsa (sekundan bir necha soatgacha), unga kiruvchi nurlanish deyiladi. Agarda organizm uni uzoq vaqt davomida olsa (yillar va o'nlab yillar davomida) unga doimiy nurlanish deyiladi. Quyidagi jadvalda turli intensivlikdagi nurlanishning organizmga ta'siri keltirilgan.

Xirosima va Nagasaki aholisini kuzatish natijalari shuni ko'rsatdiki, ko'z qorachig'ining xiralashuvi (ko'z kataraktasi), qalqonsimon bez leykemiya, qondagi leykositlarning xromosomik abberasiyasi va yoshligida nurlangan odamlarning o'sishida pasayish kuzatiladi. Keyingi izlanish natijalari asosan ko'krakda va o'pkada qattiq o'simalarning hosil bo'lishi aniqlandi. Rak kasalliklari nurlanishdan 30 yil o'tganda ham kuzatilish mumkin ekan. 10.1 – jadvalda natijalar butun tana uchun keltirilgan.

10.1 – jadval

Organizmning g - nurlanish olgan dozasi, $\frac{K}{\text{kg}}$	Effekt	Eslatma
0, - 0,25	Kuzatilmaydi	-
0,25 - 1	Qonda ba'zi o'zgarishlar kuchsiz chanqoqlik seziladi	Ilik limfotik tugunlar va taloqning bir oz buzilish
1 – 3	Umumiy holsizlik, qonda o'zgarish, qayd qilish, charchash	Antibiotiklar bilan davolash natijasida to'la davolash mumkin.
3 – 6	Yuqorida aytilgan effektlar va zaharlanish, qon qo'yilish,	Davolashda antibiotik va qon quyish. Ba'zi hollarda ilik ko'chirib o'tqazish. Tuzalish ehtimoli 50%
6	Yuqorida aytilgan hamma effektlar va marka-ziy nerv tizimining jarohatlanishi	Agarda nurlanish dozasi $8 \frac{K}{\text{kg}}$ dan ohsa o'lim muqarrar

Lekin tananing turli qismlari radiyasiyaga turlicha reaksiya beradi. Shu sababli 10.2 – jadvalda tananing turli qismlarining radiyasiyaga chidamliligi keltirilgan.

10.2 – jadval

Organ	Simptomlar	5 yillik simptomga asosan, olgan nurlanish dozasi, J/kg	
		5%	50%

Teri	Yara, tolalar hosil bo'lishi.	0,055	0,07
Oshqozon	Yara hosil bo'lishi	0,045	0,05
Jigar	og'riq assitoz	0,035	0,04
Buyrak	nefroskleroz	0,013	0,028
Yurak	perekordiya, pankardiya	0,04	0,1
Suyak	nekroz, sinish	0,06	0,15
Ko'z qorachig'i	katarakta.	5	0,012
Qalqonsimon bezi	Gipoteroziya	0,045	0,15
Muskullar	o'sish to'xtaydi	0,02-0,03	0,04-0,05
Ilik	Gipopliaziya	2	5
Homila	O'lim	2	4

Nurlanishning genetik ta'sirini aniqlash juda qiyin. Lekin radiasiya ta'sirida mutasiya natijasida xromosomada buzilishlar yoki DNKa zanjirida o'zgarishlar yuzaga keladi.

Yaponiyada olib borilgan tekshiruvlar natijasiga ko'ra hozirgacha genetik effektlar kuzatilmagan. Lekin hozircha unchalik ko'p vaqt o'tmagan.

Doimiy nurlanish bilan ishlaganda olingan nurlanish dozasi o'sha dozani birdaniga olingan holdagiga qaraganda ta'siri unchalik katta effektga ega emas. Bunga sabab odam va hayvonlar tanasi kichik dozada olgan nurlanishlarga qarshilik qobiliyatiga ega. Lekin har qanday nurlanish organizmda qandaydir o'zgarish yuzaga keltiradi. Nurlanishdan tibbiyot va veterinariyada ko'p foydalaniladi, chunki radioaktiv nurlar turli organlarda tanlab yutiladi. Masalan, qalqonsimon bez J^{131} kuchli yutiladi. J^{131} ning yarim yemirilish davri 8,05 kunga teng va shu sababli u organizmdan bir necha hafta ichida chiqib ketadi.

Radioaktiv izotop J yodni skanerlovchi qurilma yordamida oson aniqlash mumkin. Radioaktiv nurlardan ko'plab rak kasalliklarini davolashda ishlatish mumkin.

Turli xil rak kasalliklarini xirurgik yo'llar yoki radiasiya yordamida davolash mumkin. Ko'plab hollarda radiasion usul yaxshi natija beradi. Masalan, tomoq rakini jarrohlik yo'l bilan olib tashlashda 80% muvaffaqiyatga erishish mumkin. Ammo bu holda tovush a'zolari buziladi va odam to'lasincha gapira olmasligi mumkin yoki uni ancha yomonlashtiradi. Uni radiasion usul bilan davolashda ham 80% muvaffaqiyatga erishish mumkin. Lekin bu holda tovush organlari o'zgarmaydi.

Ichki organlarda joylashgan o'simtalarni radiasiya bilan nurlantirganda nurlanish tashqi manbadan yuboriladi. Bunday o'simtalarni buzish uchun zarur bo'lgan bir oylik nurlanish dozasi 60 Greyga teng. Oddiy rentgen qurilmalarda hosil qilinadigan rentgen nurlar energiyasi 150 keV ga teng. Bu nurlarning energiyasi organizm ichki qismlariga kirishga yetarli emas. Shu sababli davolashda ^{60}CO izotopidan chiqayotgan γ nurlar ishlatiladi. Uning energiyasi 1 MeV ga teng. Bu nurlar rentgen nuriga qaraganda organizmga ancha chuqur kiradi. Hozirgi vaqtda energiyasi 4 MeV ga teng bo'lgan elektronlar oqimidan foydalaniladi.

Organizmning juda ichki qismlarida joylashgan o'simtalarni nurlantirish uchun uglerod, kislorod yoki neon ionlaridan foydalanish yaxshi natijalar beradi. Bu holda o'simta atrofidagi sog'lom to'qimalar juda oz nurlanish olar ekan. Ammo hozirgi vaqtda bunday ionlarni ancha yuqori energiyalarga tezlashtiruvchi tezlatgichlar ishlab chiqarish qimmatga tushadi. Shu sababli bunday qo'rilmalar kelajakda ko'plab ishlab chiqarilishi mumkin.

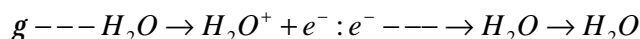
Quyidagi jadvalda hozirgi kunda kasalliklarga tashxis qo'yishda foydalaniladigan izotoplar keltirilgan.

10.3-jadval

Radioizotop	Yarim yemirilishning davri	Qo'llanilishi
^{32}R	14,3 kun	Leykemiya va boshqa rak kasalliklarini
^{51}Sr	27,8 kun	Qon oqishini tekshirish skaner qilishda rak to'qimalarini tashqi nurlantirish
^{60}Co	5,24 kun	Rak to'qimalarini tashqi nurlantirish.
^{75}Se	127 kun	qalqonsimon bezni tekshirishda
^{85}Sr	64 kun	Suyaklarni tadqiq qilishda
^{90}U	64 soat	Rak to'qimalarining mahalliy nurlantirish uchun zondlarga o'rnatiladi.
^{99}Tc	6 soat	Miya, qalqonsimon bez, buyrak va taloqni tekshirishda qalqonsimon bezni davolashda
^{125}I	60 kun	Qalqonsimon bezni tekshirish va davolashda
^{131}I	8,05 kun	Miya o'simtasini aniqlash, jigar, buyrak va o'pkani tekshirishda
^{198}Au	2,7 kun	Ko'krak rakini davolashda.

§ 10.5. Radiasion biofizika

Radioaktiv fon yildan-yilga ortib borishining sabablari juda ko'p bo'lib, radioaktiv uranni qazib olish, qayta ishlash, boyitish jarayonlari radioaktiv moddalardan energetik nuqtai nazaridan fan va qishloq xo'jaligida, tibbiyotda qo'llanilishi radioaktiv fonning ortib borishiga olib kelmoqda. Hurmatli Prezidentimiz I.A.Karimov o'zining "XXI asr bo'sag'asida: xavfsizlikka tahdid barqarorlik shartlari va taraqqiyot kafolatlari" asarida (1997) eng dolzarb ekologik muammolardan biri deb, radioaktiv fonning oshib borayotganligini ta'kidlab o'tganlar. Chunki bizning respublikamiz hududlarida radioaktivligi yuqori bo'lgan joylar ko'plab uchraydi. Ayniqsa, Uchquduq, Yangiobod, Chotqol tog' tizmalarida, Buxoro, Qashqadaryo, Surxandaryo, Namangan viloyatlarida radioaktiv uranli tuproqlarda yem-xashak o'tlar o'sadi va hayvonlar boqiladi. Natijada bevosita hayvonlarning go'shtida, sutida radioaktivlik paydo bo'ladi. Bu esa nafaqat hayvonlarda, balki odamlarda ham "nur kasalligi"ni elementlari paydo bo'lishiga olib keladi. Shuning uchun ham hozirgi avlod atom nurlarining tirik organizmga, jumladan hayvonlarga zararli ta'sir oqibatlarini astoydil o'rganish kerak. Bitta misol keltiraylik: gamma-kvant radiasiyani suvga ta'sirini ko'rib o'taylik, chunki tirik organizmda 50-80% suv tashkil etadi.

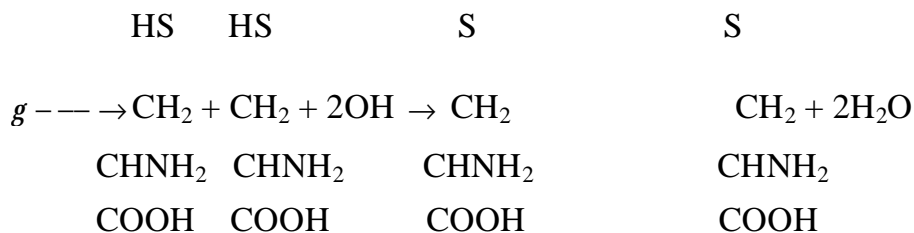


Bu holatda fizikaviy-kimyoviy xususiyatlari ionlashtirilgan suv molekulasidan farq qiladi. Ionlashtirilgan suv molekulasini qisqa vaqt yashab erkin elektronlar hosil qiladi. Musbat suv ionlari proton va gidroksillarga, qoldiqlari vodorod atom gidroksil qoldiqlariga aylanadi.



Ionlovchi nurlarni to'g'ri ta'siri natijasida oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari vujudga keladi.

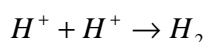
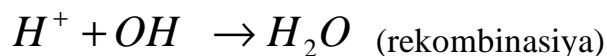
$g \text{ --- } \rightarrow 4Fe^{++} + 2H_2O + O_2 \rightarrow 4Fe^{+++} + 4OH$ (oksidlanish reaksiyasi). Bu moddalar yuqori kimyoviy faolligi bilan hamda erkin elektronlarni mavjudligi natijasida suvda eritilgan moddalar bilan reaksiyaga kirishib quyidagi moddalar hosil bo'ladi.

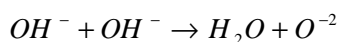


Sistein

sistin

Bu hollarda suvdagi erigan kislorod hisobiga suv va vodorod peroksidi hosil bo'ladi.





Yuqoridagi reaksiyalardan ko'rinib turibdiki, erkin radikallarni hosil bo'lishi nurlangan hayvon va o'simliklarda kimyoviy birinchi reaksiyalarni vujudga keltirar ekan. Bu esa "Nur kasalli"ning boshlanishidan dalolat beradi. Erkin radikallarning tirik organizmda kimyoviy moddalar bilan o'zaro ta'siri 10^{-5} - 10^{-6} sekundni tashkil etadi. Erkin radikallarni o'zaro kimyoviy organik va noorganik moddalar bilan o'zaro ta'siri oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarini to'g'ri va noto'g'ri, ya'ni bevosita ta'siri natijasida hayvonlarga, o'simliklarga ta'sir etadi. Bu haqda akademik A.M.Kuzinni radiasiyaning bevosita molekulaning strukturasi ta'siri haqidagi nazariyasi mavjuddir (A.M.Kuzin, 1986). Bu nazariyaga asosan nurlantirilgan organizmda kislorodni miqdori asosiy rol o'ynaydi. Chunki kislorod bilan tirik organizmda birinchi reaksiyalar vujudga keladi. Bu effekt natijasida nur kasalligi tobora rivojlanadi. Asosan kislorod effekti gamma va rentgen nurlanishlarda α – nurlanishga nisbatan ko'proq bo'ladi. Kislorod effekti barcha biologik obyektlarda: biofizik, biokimyoviy hamda fiziologik jarayonlarda o'z ta'sirini ko'rsatadi.

Kislorod effekti tibbiyot klinikasida "nur kasalligi"ning rivojlanishida va nur kasalligi bilan jarohatlanishini kamaytirish masalalarida qo'llaniladi.

Kemiruvchi hayvonlarda ko'pincha me'yorida bo'lgan kislorod bosimida (30-45 GPa) da zararli ta'sirida hayvonlarni radiasiyaga bo'lgan chidamligi ortadi. Kislorodni atrof-muhitda ortishi radiasiyadan keyingi tiklanish holatiga ijobiy ta'sir etadi.

Shuni ham aytish kerakki, quyonlarda kislorodning past va me'yoridagi bosimlarida kislorod effekti bo'lgan nurlantirilgan quyonda yashovchanlik xususiyati kislorodning miqdori havoda yuqori bo'lgandagidan kamroq bo'lganini aniqlangan.

"Nur kasalligi"ning mexanizmi haqida olimlar o'z qarashlariga egadirlar. Bu haqda ingliz olimi Li aytadiki, tirik organizmda juda sezgir molekullar bor. Ana shunday molekullar asosan DNK bo'lib, ular "nishon" deyiladi. Agar radiasion nur DNK molekulasi urilsa nur kasalligi vujudga keladi deydi. Bu nazariya bir hujayrali organizmlar uchun tasdiqlanadi. Ammo ko'p hujayrali organizmlar uchun tasdiqlanmaydi. Keyingi nazariya tirik organizm nur kasalligiga chalinganida hujayra va to'qimalardagi yog'lar radioaktiv nur ta'sirida suv, vodorod peroksid, al'degid, keton va epoksid kabi zaharli moddalar hosil bo'lib, nur kasalligiga olib keladi deyiladi.

Akademik A.M.Kuzin nazariyasi bo'yicha atom nurlari ta'sirida modda almashinish jarayonida sitoplazmatik jarayonlar tufayli hujayra strukturasi o'zgarishlar sodir bo'ladi. Bu nazariya bilan akademik A.M.Kuzin tirik organizmda fenolni xinonga aylanishida semixinon, ortoxinon kabi moddalar o'zgarishi bo'lib "nur kasalligi"ni vujudga keltiradi deydi. Keyingi nazariyalardan biri, Yu.B.Kudryashov nazariyasi bo'lib, radiasiyaga chidamlilik organizmdagi endogen himoya rolini o'ynaydigan moddalarga bog'liq deydi va kalamush,

sichqonlardagi endogen misolida tasdiqlaydi. Bunda radioaktiv uranli tuproqda o'sayotgan o'simliklar misolida prof. N.Norboyev ham tasdiqlaydi. Ya'ni yuqori radioaktiv tuproqda o'sayotgan o'simliklarda rutin, kvarsetin, siyetin-sestialin moddalari oddiy tuproq (15-25 mkR/s)qa nisbatan ko'proq sintez bo'lib to'planganligi tajribalar yordamida tasdiqlandi. Yuqorida keltirilgan gipotezalar hayvonlar organizmi uchun ham radiasiyaning birinchi ta'sir mexanizmi uchun to'g'ri, ammo hayvonlarda neyroendokrin reaksiyasida alohida xususiyatga ega.

Hayvonlar organizmining hujayralari ionlovchi nurlar ta'siriga rivojlanish bosqichiga qarab har xil chidamlilikda bo'ladi. Qonning buzilishi hatto 30 soatdan keyin sodir bo'ladi. Hujayraning organoidlari orasida yadro juda ham radiasiyaning zararli ta'siriga sezgirdir. 1000 R nur olgan hujayrada morfologik o'zgarishlar ro'y beradi, ya'ni sitoplazmaning yopishqoqligi o'zgaradi, oqsillarda nur sindirish koeffitsiyenti o'zgaradi, nurlantirilgan hujayrada yadroni o'lchami kattalashadi, mitoz o'zgaradi, hujayra aylana shakliga kelib qoladi. Nurlantirilgan hujayrada DNK molekulasida zanjirlar uzilib, xromosom aberrasiyasi ichki membranasi o'zgarib, modda almashinishi buziladi.

Olib borilgan ilmiy tekshirish ishlari natijalari ko'rsatadiki, ionlovchi radiasiyaning ta'siriga hujayra bo'linishining profaza bosqichi eng sezgir ekan. Ionlovchi nurlar ta'sirida hujayra to'qimalarida mitozga stimulyasiya beruvchi auksin kabi moddalar hosil bo'lishi isbotlangan.

Radiasiya ta'sirida hujayra membranasining o'tkazuvchanligi buziladi, ayniqsa sitoplazma va yadroning membranalarda elektrolitlarning o'tkazuvchanligi o'zgaradi. Bu esa hujayrani bo'linishiga zararli ta'sir etadi. Radiasiya ta'sirida hujayraning bo'linishini susaytiruvchi moddalar hosil bo'ladi. Masalan, ATF me'yorida ortiq hosil bo'lishi hujayrani bo'linishini to'xtatadi.

Ionlovchi nurlar ta'sirida dezoksiribonuklein kislotasi (DNK) sintez bo'lishi susayadi. Bu esa mitoz bo'lishiga zararli ta'sir etadi. Ionlovchi nurlar ta'sirida xromosomalarni strukturasi buziladi. Natijada hujayrani o'limiga olib keladi. Hayvonlarda radiasiyaga sezgirlik juda xilma-xil bo'lib, radiasiyani quvvatiga, miqdoriga bog'liq hamda tirik organizmni turiga bog'liqdir. Ko'pgina LD 50/30 va LD 100/30 (letal dozasi) o'limiga olib boruvchi radiasiya miqdori 30 kun mobaynida 50% va 100% o'limga olib keladi. Hayvonlarning radiasiyaga bo'lgan sezgirligi darajasini aniqlab beradigan to'liq nazariya hozirgacha yo'q. Shuni ham aytish kerakki, hayvonlarda, insonlarda nurlanishiga juda sezgir qushlarga, baliqlarga, suvda yashovchi jonivorlarga nisbatan hayvonlarning radiasiya zararli ta'siriga sezgirligi hatto bir to'qimaning har xil joyidagi hujayralarda ham bir-biriga nisbatan farq qiladi. Hatto radiasiya ta'siridan tiklanishi ham farq qiladi. Radiosezgirlik hayvonlar organizmida quyidagi tartibda pasayib boradi: katta yarimshar, bosh miya, limfalar, orqa miya, ichak oshqozon tizimi, jigar, o'pka, buyrak, yurak, muskullar, teri va suyak to'qimasi.

Hayvonlar nurlantirilgan jarayondan keyin organlarning tiklanishini 3 guruhga bo'lish mumkin:

- 1) limfatik usullar, oshqozon ichak trakti, miya, qorataloq, jinsiy organlarda 25 R miqdorida radiasiya olganda ham seziladi;
- 2) radiasiyani ta'siriga sekin-asta sezuvchan teri va ko'z;

3) ionlovchi nurlarning ta'siriga chidamli jigar, o'pka, buyrak, miya, yurak, suyak, nerv tolalari hatto 100 R olgandagina morfologik o'zgarishlar seziladi.

Tirik organizmni umumiy bir xil radiasiya miqdorida nurlantirish biofizik effekt beradi. Agar hayvonni ekranlashtirib, birorta organini nurlantirsak, tirik organizmning chidamliligini oshiradi. Ionlashtiruvchi radiasiyadan masalan, oshqozon osti bezi himoyalashtirilgan hayvonning ayrim organlari yashovchanligini ko'ramiz.

10.4-jadvalda Sichqonlarning ayrim qismlarini ekranlashtirib nurlantirilganda yashovchanligi ko'rsatilgan.

10.4-jadval

№	Ekranlashtirilgan joyi	Nurlanish miqdori, R	30 kun davomida yashovchanligi, %
1	Qorataloq	1025	77,7
2	Jigar	1025	33,0
3	Kalla	1025	27,7
4	Ichak	1025	26,6
5	Nazorat	1025	0
6	Qorataloq	800	33,4
7	Nazorat	800	0
8	Orqa oyoq	700	30,4
9	Nazorat	700	0
10	Ikkala oyoq	600	88,2
11	Bitta oyoq	600	70,6
12	Nazorat	600	17,6

Yuqoridagi jadvaldan ko'rinib turibdiki, orqa oyoq boshqa organlarga nisbatan birmuncha ionlashtiruvchi nurlarning ta'siriga sezgir ekan. Ionlovchi nurlarning zararli ta'siriga N.R.Tarxanov nerv tizimsi sezgir ekanligini ko'rsatadi. Agar umumiy ravishda (5000R) nur bilan yoki lokal ravishda nurlantirilsa, hayvonlarning markaziy nerv tizimida sindrom kuzatiladi, ya'ni meningit, ensefilit kasalliklari kuzatiladi. Ionlovchi nurlarning ta'siri shuni ko'rsatadiki, nur ta'sirida oldingi fazada jarayonlar faollashtiradi, keyingi fazada susaytiradi. (10.5-jadval).

Ko'rinib turibdiki, hayvonlarning gomeostatik funksiyasi bir xil o'zgarishda ionlashtiruvchi nurlar ta'siri bir xil bo'lmaydi.

Organizm nurlangandan keyin bo'ladigan jarayonlar dinamikasi.

10.5-jadval

№	Nurlanish miqdori R	O'zgarish	1-faza	2-faza
1	1000	Quyvon qonini oq qismini o'zgarishi	Nurlangandan keyin birdaniga	24 soatdan keyin leykopeniya

			leykositoz	
2	1000	Quyvon qonida va ko'zni ichki kamerasida adrenalin miqdori o'zgaradi	ortadi	24 soatdan keyin kamayadi.
3	800	Kalamushni ichagida peristaltika o'zgaradi	1 soat davomida tezlashadi	3 kun davomida pasayib ketadi
4	1000	Kalamush yodni qalqonsimon bezga biriktirib oladi.	ortadi	24 soat davomida pasayadi.

Ionlashtiruvchi nurlar hayvonlarning markaziy nerv tizimsiga umumiy va spetsifik ta'sir etadi. Umumiy ta'sir etish refleklari shu bilan birgalikda markaziy nerv tizimida nurlanishga javob reaksiyasi sinxronsiz o'tadi.

Miya po'stlog'i va po'stloq tagidagi markazlarda o'zaro ta'sirini buzilishi ionlovchi nurlar rivojlanishida katta vazifani bajaradi. Kalamushlarni umumiy nurlantirganda sodir bo'ladi. Ammo lokal nurlantirganda sodir bo'lmaydi.

Radioaktiv nurlarni ta'siriga eng birinchi javob reaksiyasi bioelektrik faollik bilan markaziy nerv tizimsi javob beradi. Ya'ni bosh miya po'stlog'i quyvonlarni nurlanishini birinchi sekundlaridayoq 0,05 r ni sezadi. Nerv tizimsi juda yuqori radiasion sezgirlikka egadir. Nerv tizimsi radiasiyaning ta'siriga spetsifik va nospesifik ta'sir reaksiyalariga egadir.

Xulosa qilib aytish mumkinki, rentgen nurlari, yuqori chastotali elektromagnit maydoni bilan bir xil jarayonlar hayvonlarda kechishi aniqlangan. Hayvonlarni shartli reflektorlik faoliyatida, birinchi ta'sir mexanizmida spetsifik jarayonlar ham mavjuddir.

Ionlovchi radiasiyani hayvonlarni sezish organlariga ta'siri ya'ni eshitish, tam bilish, hid sezish, vestibulyar va boshqa organlariga ta'siri umumiy xarakterda bo'ladi. Ammo tirik mavjudotning boshlang'ich faoliyati sezgirligiga ham bog'liqdir.

Ionlovchi nurlarning ko'zga ta'siri juda ilgariroq o'rganilgan bo'lib, ya'ni rentgen nurlarini kashf etilishi bilan bog'liqdir. Albatta ionlovchi nurlarning miqdori yuqori bo'lganda ko'z kasalligi vujudga keladi. Ya'ni yuqori ionlovchi nurlar ta'sirida ko'z gavharining hamma organoidlarida kasallik sodir bo'ladi. Organizmning umumiy o'zgarishi natijasida agar ko'zga lokal nurlanish berilsa, nerv tolalarida ham ba'zi bir javob reaksiyalari bo'ladi. Ko'z uchun jarohatga olib boruvchi nur 0,5-0,85 R miqdorida yetarlidir. Nurlantirilgandan keyingi vaqtlarda ko'z hujayra larida bo'linish faoliyati susayadi. 2-20 R nurlanishda ko'zning muguz pardasida vaqtinchalik o'zgarishlar bo'ladi, ammo 250 R va yuqori dozalarda qaytmas morfologik o'zgarishlar ro'y beradi. Ko'zga ionlovchi nurlarning kuchli ta'sirida gavharda o'zgarish bo'lib, ko'z kataraktiga olib keladi, katarakti rivojlanishi uchun 15-20 R yetarlidir.

Ko'z to'qimasida ya'ni gavharda hayvonlarni yashashi o'sishi bilan ko'z kasalligini tiklanish imkoniyati kamayib boradi.

Ionlovchi nurning teriga, ya'ni to'qimaga ta'siri ko'rsatadiki, hayvonlarni nurlantirilganda birinchi reaksiya terida bo'ladi. Teri birinchi navbatda radiasiyaga sezgir bo'ladi. Lokal nurlantirilganda ta'sir terining oldingi holatiga bog'liqdir. Terini ionlovchi nurlar ta'sirida o'zgarishiga 2 R nurlanish yetarli. Radiasiya miqdori oshishi bilan terida morfologik o'zgarishlar ro'y beradi.

Hayvonlarning nur kasalligiga olib keluvchi qismi bu bazal, ya'ni junlarni tomir olgan qatlami bo'lib hisoblanadi, ya'ni bunda fiziologik regenerasiyaning pasayishiga, hujayra bo'linishining buzilishiga, ko'p yadroli hujayralarning paydo bo'lishiga yoki yadroning shishib ketishiga, jun tolalarini follikullarining kamayishiga, ya'ni yog' bezlarining yo'q bo'lishiga olib keladi.

Har xil hayvonlarning ionlovchi nurlar ta'siriga javob reaksiyasi ozgina bir-biridan farq qiladi. Masalan, qo'yning radiasiya ta'sirida juni tushib ketadi. Xuddi shunday holat cho'chqalarda ham ro'y beradi. Ya'ni terisi qizarib ketadi. Agarda juda yuqori miqdorda terini lokal nurlantirilsa terining kuyishi ro'y beradi. Nurlantirilgan hayvonlarda teri kasalligi to'liqin shaklida ro'y beradi, ya'ni avvalo xuddi nur kasalligi tingandek bo'lsada, ammo ikkinchi to'liqinda biofizik, fiziologik va morfologik o'zgarishlar ro'y beradi. Agarda kuchli, ya'ni o'limga olib boruvchi letal miqdorda nurlantirilsa, qo'yni 3-4 kunlarda o'limga olib keladi. Qo'ylarda nur kasalligi elementlari boshqa hayvonlarga nisbatan ko'proq sodir bo'ladi. Letal miqdorda nurlantirilgan qo'ylarda terini tiklanish holati bo'lmaydi.

Hayvonlarni endokrin bezlariga radiasiyaning ta'siri bevosita va bilvosita bo'ladi va organizmning ichki muhitiga ham bog'liqdir. Ionlovchi nurlarning qonga va qon hujayralariga ta'siri juda kuchli bo'lib hisoblanadi. Ammo qon hujayralarining chidamlilik masalasi ionlovchi nurlar ta'siriga chidamliligi haqida hozirgacha olimlar tomonidan bir xil fikr yo'q. Ayrim olimlarning fikricha ionlovchi nurlar ta'siriga eng sezgir hujayra eritoblastlardir. Ammo har xil hayvonlarda har xildir. Masalan, tovuqda juda ham past. Demak, hayvonlar qonining radiasiyaga sezgirligi har xildir. Ionlovchi nurlarning oshqozonga ta'siri shuni ko'rsatadiki, radiasiya sezgirligi jihatidan ingichka ichak, so'lak bezlari, oshqozon, to'g'ri va urama ichak, oshqozon osti bezi va jigar bo'lib hisoblanadi.

300 R bilan nurlangandan keyingi 24 sutkalarda qo'y oshqozon osti bezi sekresiya bezi kichik nurlangan hayvonlarda gipersekresiya – kamayadi, giposekresiyada oshadi. Bu holatda oshqozondan ajralgan suyuqlik o'zgaradi. Oshqozonning hazm qilishi o'zgarib morfologik o'zgarishlarga olib keladi va qon quyulishiga olib kelib oshqozonda yara hosil qiladi.

Lokal va umumiy nurlanishlarda ingichka va o'n ikki barmoqli ichaklarda fermentlarning faolligi to'liqinsimon o'zgaradi. Radiasiyaning og'ir formalari nur kasalliklarida birinchi kunlari peristaltika sekresiya bezlari kattalashadi va fermentlarning faolligi oshadi. Keyinchalik beshinchi kunga borib sekresiya bezlari va fermentlar faolligi pasayib ketadi. Shuni ham aytish kerakki radiasiyani ta'siri hayvonlarda fermentlarning sintez bo'lishi to'liqinsimon o'zgarib turadi. Membrananing qisqa vaqtda o'tkazuvchanligi nur kasalligida o'zgarib keyinchalik esa oshqozon bezlarida pasayib ketadi. Bu jarayon yosh buzoqchalarda kichik

miqdordagi radiasiyalarda radiasion effekt katta hayvonlarga nisbatan ko'proq sodir bo'ladi. Yosh qoramollarni qisqa muddatda nurlantirilganda oshqozon membranalarida fazaviy o'zgarishlar ro'y beradi. Ya'ni avvalo jarohatlangan hayvonlarda fermentlar faolligi pasayadi, keyinchalik esa fermentlarining faolligi oshadi va peristaltikaning nurlangan hayvonlarda oshqozon ichak tizimini tiklanishi har xil muddatda bo'ladi (10.6-jadval).

Quyidagi jadvaldan ko'rinib turibdiki, haqiqatdan ham itning oshqozon-ichak organlarini tiklanishi har xil muddatlarda sodir bo'lar ekan. Demak, endokrin strukturasi radiasion sezgirliги ya'ni radiasiyaga chidamliligi har xil ekan. Ionlovchi nurlarning hayvonlarni yurak-qon tomirlar tizimida yurakda eng avval ritm tizimida seziladi. O'rta miqdordagi radiasiya ta'sirida hayvonlarning morfologik funksiyalari o'zgaradi. Ko'pincha yurakka har xil darajada qon quyilish jarayonlari sodir bo'ladi. Bu jarayonlar RNK va DNK miqdorini pasayishiga olib keladi.

Ionlovchi nurlarning kichik miqdorlarida hayvonlarni nafas olish intensivligi deyarli o'zgarmaydi. Ammo yuqori ionlovchi nurlar ta'sirida nafas olish intensivligi aniq o'zgarib, hayvonlar o'pkasida ba'zi bir kasallik alomatlarini paydo bo'lib nur kasalligini kuchayishi, qon quyilishi bilan bronxional tomirlarida qora, qizil ranglarda ko'rinib qoladi.

Nur kasalligida o'pkada gemografik shamollash hodisalari sodir bo'ladi va davriy ravishda hayvonlarda yo'talish paydo bo'ladi.

Radioaktiv nur ta'siriga hayvonlarning buyragi juda sezgir bo'lib 3-5kR lokal nurlanish ta'sirida buyrakni jarohatlanishi ro'y berib siydik chiqarish yo'llarida qon quyilish degenerativ-distrofik o'zgarishlar bo'lib, natriy, kaliy, xlor kabi moddalarni ko'proq chiqarib siydik pufagida morfologik va funksional o'zgarishlar sodir bo'ladi.

Itni 400 R nurlantirilganda oshqozon organlarining tiklanish muddatlari

10.6-jadval

№	Organlar	Ko'rsatkichlar	Nurlangandan keyingi tiklanish muddatlari (kunlarda)
1	Oshqozon	Shira miqdori Pepsinlar miqdori Kislotalar	83 2 67
2	Oshqozon osti bezi	Shira miqdori Pepsin va amilaza miqdori pH	30 35 14
3	O'n ikki barmoqli ichak	Shira miqdori Shirada qon aralashmasini yo'qolishi Enterokinazalar Fosfatazalar miqdori	153 164 100 114

4	Ingichka ichakni o'rta qismi	Shira miqdori	172
		Shirada qon aralashmasini yo'qolishi	198
		Enterokinazalar	178
		Fosfatazalar miqdori	187

Radiasiya ta'sirida hayvonlarni suyagi, muskuli va chidamliligi hayvonlarni yoshiga bog'liq bo'lib, yosh mollar chidamsiz, o'sishdan to'xtagan, voyaga yetgan hayvonlar suyagi chidamlidir. Asosan radiasiya ta'sirida suyaklarni birlashtirib turgan joylariga ta'sir etib suyaklar ajralib ketadi. Radiasiyaning nisbatan yuqori miqdorlarida hayvonlarda nekroz suyaklar sinib ketadi, ya'ni mo'rt bo'lib qoladi. Hayvonlarni boshi ya'ni kallasi nurlantirilganda tishlarida kariyes jarohati rivojlanadi, yosh buzoqchalarni o'sishi, rivojlanishi susayadi.

Hayvonlarni muskul to'qimalari nisbatan radiasiyaga chidamli bo'lib, hatto lokal nurlantirilganda bir necha ming rentgendagina o'zgarishlarni ko'rish mumkin.

Hayvonlarning ko'payish organlari radiasiya ta'siriga juda sezgir bo'lib hayoti davomida o'zgarib turadi hamda pusht to embrianni yetilganicha vaqt davomida radiasiyaga sezgirligi kamayib boradi. Hayvonlarni jinsiy organlarida radiasiya asosan generativ organlariga ta'sir etadi, ammo gormonal xususiyatlari kamroq jarohatlanadi.

Hayvonlarni tuxumdonlari 25-50 R radiasiya ta'sirida strukturaviy o'zgarishlarga olib keladi. Radiasiyaning 500R va undan ortiq miqdorlarida tuxumdonlari o'lchami o'zgarib boradi. Xo'rozlarning 600R bilan nurlantirilganda deyarli o'zgarishlar sezilmaydi, ammo letal va subletal radiasiyaning miqdorlarida jinsiy organlarida o'zgarishlar sodir bo'ladi, ya'ni jinsiy organlari tiklanmaydi. Ma'lumki, hayvonlar boqiladigan dalalarda har xil radionuklidlar mavjud bo'lib yem-xashak bilan tirik organizmga ham o'tadi. Bu tirik organizmda nur kasalligining elementlarini paydo qiladi. Natijada hayvonlarning go'shti, suti orqali odam organizmiga ham o'tishi mumkin. Shuning uchun ham radionuklidlarning ta'sirini tirik organizmda o'rganish muhim radiasion biofizik ahamiyatga egadir.

Hozirgi vaqtda radionuklidlarni tirik organizmga o'tishini pasaytirishning zootexnik, agrotexnik, agrokimyoviy usullari ishlab chiqilgan bo'lib, yetarli darajada organizmni nurlanishini kamaytiradi. Hayvonlarni, qushlarni dala joylaridan o'troq joylarga o'tkazish bilan go'shtda, sutda va tuxumda radionuklidlar miqdori minimal darajaga keltiriladi. Hayvonlar yangi joyga ko'chirilganda so'yishdan oldin radionuklidlar kam bo'lgan ozuqalar bilan boqiladi.

Ma'lumki, 1945 yil avgust oyida Yaponiya davlatining Xirosima va Nagasaki shaharlari ustida AQSh mamlakati atom bombasi portlatilgandan so'ng, yana ko'p atom bombalari tajribalar sifatida portlatishda hamda radioaktiv uranli tuproqlarni qazib olish va boyitish jarayonlarida havoda, tuproqda, suvda radioaktiv moddalar miqdori oshib boradi. Olimlar tekshirish natijalari ko'rsatadiki atmosferada ^{90}Sr , ^{131}J , ^{137}Cs , ^{144}Ce kabi radionuklidlar ko'paydi.

§ 10.6. Atom yadro nurlarining qishloq xo'jaligida qo'llanilishi

Hozirgi vaqtda atom texnikasining yutuqlaridan foydalanib qishloq xo'jalik ekinlarining biokimyo, biofizika, fiziologik, morfologik va genetik jarayonlarini ochish sohasida diqqatga loyiq muvaffaqiyatlarga erishdi.

Radioaktiv nurlarining o'simliklarning o'sishi borasidagi ijobiy ta'sirini alohida o'qtirib o'tish kerak. Bu borada ayniqsa, A.N.Kolsov, A.M.Kolsovalarning o'simliklarning mutasiyalar sohasidagi birinchi ishiga katta e'tibor berish kerak. 1962 yillari mobaynida L.P.Bereslaves radiostimulyasiya sohasida katta ishlar bajardi. Keyinchalik radiostimulyasiya sohasida A.M.Kuzin va M.M.Berezinaning tadqiqotlari natijasi nurlantirilgan chigitning tez unib-o'sishi va qishloq xo'jaligiga foyda keltirgani diqqatga sazovordir. Tabiiy radioaktiv element bo'lgan tuproqda mineral o'g'it sifatida foydalanish ham muhim ahamiyatni kasb etadi. Bu ishlarni N.N.Timofeyev-Resovskiy, P.A.Vlasyuk, N.G.Jekson va boshqalar amalga oshirdilar. Ma'lumki, bizning Respublikamiz paxtakor o'lkadir. O'zbekiston olimlari yadro nurlaridan ayniqsa, paxtachilikda foydalanish borasida ko'plab juda ulkan yutuqlarni qo'lga kiritdilar. Masalan, akademik J.A.Musayev va N.N.Nazirov g'o'zaga yadro nurlarining biologik, biokimyoviy, fiziologik, morfologik ta'sirini o'rgandi. Bundan tashqari N.N.Nazirov va F.Joniqulovlar tomonidan g'o'za navlariga radioaktiv fosfor – 32 berish bilan yangi navlar yaratdi.

Yadro nurlaridan genetikaning mutasion jarayonlarida qo'llanish ayniqsa katta istiqbollar ochib berdi. Mutasion o'zgarish vujudga kelgan formalar seleksionerlar uchun boshlang'ich material bo'lib xizmat qiladi.

N.N.Nazirov ilmiy ishlarida shuni ko'rsatadiki, tirik organizmlarning radioaktiv nurlaridan ta'sirlanish va mutabillik darajasi ortadi. Masalan, 4% namlikni eksikatorida quritilgan urug' 8-12% namlikka ega bo'lgan urug'ga nisbatan kuchli ta'sirlanadi. Kechpishar g'o'za navlari erta pishar navlarga nisbatan ionlovchi radiyasiyaga ancha chidamsiz bo'ladi. Qishloq xo'jalik ekinlari nurlantirish uchun eng qulay obyekt hisoblanadi va nurlangandan keyingi birinchi yil laboratoriyada saqlab keyin radiasion effektlarni aniqlashda va nur bilan jarohatlangandan "yara" ni qayta tiklash muammosini hal etishda ham katta ahamiyatga egadir.

Olimlardan G.A.Nadson va G.S.Filipov, L.N.Deloyev, A.A.Sanigen, S.A.Krivoy va boshqalar birinchi bo'lib radioaktiv nurlar ta'sirida mutasiya formalari olishni isbotladilar.

Radioaktiv nurlar kuchsiz miqdorlarining organizmga ta'siri to'g'risida bir qancha fikrlar mavjud. L.P.Bereslaves radioaktiv nurlarning kuchsiz miqdorlari organizmdagi bo'linadigan hujayralar sonini oshiradi degan xulosaga kelgan. A.M.Kuzin va boshqalar esa bu jarayonni fermentlarning aktivlanishi natijasida moddalar almashinuvining tezlanishi bilan bog'laydilar. Ikkinchi fikr olimlar tomonidan ma'qullangan.

G'o'za chigitini nurlantirishda gamma nurlarining kuchsiz dozasi 0,5-3kR gacha bo'lganda Sh.I.Ibragimovning kuzatishi natijasida radioaktiv kobalt (SO^{60})

ning 500r dan 2kR gacha bo'lgan dozasi bilan nurlantirilgan "108-f" g'o'za navining chigitlari nurlantirilmaganlarga qaraganda tez unib chiqqan. Birinchi avlod o'simliklarida unib chiqqanidan keyin vegetasion davr qisqargan, ko'sak yirikligi, hosildorligi oshgan.

N.N.Nazirov, O.Jalilovlar 1965-1980 yillarda S-4727 navining 30 kunlik ko'sagiga gamma nuri ta'sir ettirib qishloq xo'jaligi uchun muhim bo'lgan belgilarni saqlagan holda erta pishar ko'sagi yirik mutant olishga erishdilar. Olingan mutant "AN-Chimboyobod", "AN-Kattaqurg'on" deb nomlangan. Shu olimlar tomonidan tezpishar "1306-DV" navli urug'ni ekishdan oldin radioaktiv fosfor R^{32} eritmasida 24 soat ivitib qo'yish va ivitilgan chigitdan unib chiqqan o'simlikni takroriy yakka tanlash usulida yaratganlar. U dastlabki formaga nisbatan ko'sagi yirik bo'lib; ertapisharligi saqlangan, keyingi yillarda akademik O.Jalilov va professor F.Joniqulovlar tomonidan radiyasiya ta'sirida yangi-yangi navlar yaratdilar.

G'o'zaning vilt kasalligiga chidamli navlarini yaratishda ham radioaktiv fosfor – R^{32} eritmalari yaxshi natijalar bermoqda. 1960-1970 yillarda N.N.Nazirov, F.Joniqulov va boshqalar yovvoyi Meksikanum g'o'za chigitini ekishdan oldin radioaktiv fosfor eritmasida (30 ta chigitni 50 mikrokyuri dozada) 48 soat mobaynida ivitib so'ngra sun'iy ravishda vilt bilan zararlantirgan. Birinchi bo'g'inda meva beradigan viltga chidamli bitta o'simlik chiqqan. Bu o'simliklardan olingan urug'lardan bir necha yil saralash natijasida ertapishar, serhosil vilt kasalligiga chidamli 1,5-7% gacha kasallanadigan AN-401 navini yaratdilar. Ularning dastlabki ma'lumotlariga qaraganda, AN-401 navi 108-F ga nisbatan vilt bilan zararlangan maydonlarda 3-4 hissa ko'proq hosil berar ekan.

"AN-401" navi 1971 yildan boshlab davlat nav sinash uchastkalarida sinalgan. Tinimsiz izlanishlar natijasida keyingi yillar davomida N.N.Nazirov shogirdlari bilan AN-402, AN-403, AN-405, AN-407, AN-408, AN-412, AN-416 kabi bir qancha afzalliklarga ega bo'lgan g'o'za navlarini yaratdilar. Shuni aytish kerakki, hozirgi kunda nurlarning qo'zg'atuvchi (kuchsiz va mutagen kuchli) fazalari barcha qishloq xo'jalik ekinlari uchun aniqlangan.

Tajribadan gamma nurining 1 va 2 kR dozasi bilan nurlantirilgan urug'larning unib chiqishi duragay o'simliklarda 2-3 kunga tezlashish kuzatiladi. Ayniqsa "Toshkent-3" navining chigitlari shu doza ta'sirida duragay va kontrol chigitlariga nisbatan 3-4 kun kech unib chiqdi. Shuni ta'kidlash kerakki, radioaktiv nurlarning ta'sirini o'rganishda birinchi bo'g'in nihollarining asosiy poyasining o'sishi asosiy mezonlardan biri hisoblanadi. Chunki bu jarayonni birinchidan o'simliklar, mineral o'g'itlarning ko'p solinishiga, sug'orishning ko'p va me'yorida, ikkinchidan, organizmdagi birinchi murakkab biokimyoviy jarayonlari, ya'ni organizmlarning genetik komponentlariga bog'liqdir.

Yadro nurlaridan qishloq xo'jalik mahsulotlarini radiosterilizasiya qilish sohasida ham keng qo'llanilmoqda. Odatda qishloq xo'jalik mahsulotlarini yig'ib olishda 25-30% miqdori isrof bo'ladi. Shuning uchun ham qishloq xo'jalik mahsulotlarini saqlash muddatini radiosterilizasiya metodi yordami bilan cho'zish olimlar, injenerlar diqqatini o'ziga jalb etdi.

Radiasion sterilizatsiya usuli yordamida bahorgi-yozgi davrlarda kartoshka, piyoz va boshqa ekinlar, tez buzilib qoladigan mevalarning sharbatini saqlanadi. Baliqlarni, go'shtlarni va yarim fabrika mahsulotlarini saqlashda ham radiasion usuldan foydalaniladi. Tajribalar shuni ko'rsatadiki, 10 kR gamma nuri bilan nurlantirilgan kartoshka 3-4 oy yaxshi saqlanadi va insonlar tomonidan iste'mol qilinadi va hych qanday zararli ta'sir ko'rsatmaydi.

Mevalarni 200-300 krad miqdordagi radiasion nur bilan nurlantirilganda 5-6 kecha-kunduzdan to 12-13 kecha kunduzgacha saqlash mumkin. Bu esa mevalarni boshqa shaharlarga jo'natish muddatini oshiradi. Bu katta iqtisodiy samaradorlikka ega bo'lib, shaftoli, o'rik, gilos va boshqa mevalarni saqlash uchun ahamiyatlidir.

Yadro nurlarining ta'siri qishloq xo'jalik zararkunandalariga qarshi kurashda ham katta rol o'ynamoqda. Masalan: hozirgi kunda gelmintlarni va boshqa zararkunanda hashoratlarni rivojlanishi yadro nurlari bilan to'xtatilmoqda.

A.Murodov, V.D.Bubnov (1971), tomonidan olib borilgan ishlar shuni ko'rsatadiki, askaridaning tuxumini 80-120 krad miqdorda nurlantirilsa, uning rivojlanishi to'liq to'xtaydi. Yuqori harorat va yadro nurlanishi ta'sirida bu jarayonni yaxshi amalga oshiriladi.

Qishloq xo'jalik zararkunandalariga qarshi kurash ayniqsa yadro nurlarining miqdoriga ham bog'liq bo'lar ekan. Oziq-ovqat texnologiyasida yuqori sifatli mahsulotlar ishlab chiqarish talab etiladi. Ammo yuqori sifatli mahsulot esa uzoq muddatli saqlashni talab etadi. Bunga yorqin misol qilib konyak ishlab chiqarishni olsak bo'ladi. Yoqimli konyak ishlab chiqarish uchun ichimlik dub bochkalarda uch va besh yilgacha saqlanish kerak.

Tekshirish ishlari shuni ko'rsatadiki, nurlantirilgan o'simlik va hayvonlar to'qimasida o'tkazuvchanlik hamda hosil bo'lgan erkin radikallar hisobiga hosildorlik bir necha marta oshar ekan. Natijada oziq-ovqat texnologiyasida ishlatiladigan reaksiyani tezlanishiga yordam berar ekan.

Bunday nurlantirish sog'lik uchun yaramaydi, chunki nurlangan oziq-ovqat mahsulotlarida kanserogen moddalar hosil bo'lishi mumkin. Radiasion texnologiyada mahsulotlarni saqlashda nurlantiruvchi manba sifatida kobalt-60 va seziv - 137 qurilmalari hamda tezlashtiruvchi elektron generatorlari ishlatilmoqda.

Radiasion ishlov berish quyidagi maqsadlar uchun amalga oshiriladi:

1. Qishloq xo'jalik mahsulotlarida bo'ladigan fiziologik jarayonlarni to'xtatish;
2. Mahsulotlarga zarar bo'lgan mikroorganizmlarning pasterizatsiya yo'li bilan to'xtatish;
3. Sterilizatsiya yo'li bilan butunlay zararli mikroorganizmlarni yo'qotish;
4. Dezinfeksiya – ya'ni zararli hashoratlarni yo'qotish.

Har qanday tur mahsulotlari buzilishi uchun asosan bitta asosiy sabab bo'ladi, masalan, kartoshka, piyoz, sabzi kabi mahsulotlarning buzilishi ularning unib chiqishidan boshlanadi. Bu holatlarda ionlovchi nur yordamida shu fiziologik jarayonni to'xtatish kerak. 5-10 krad gamma nuri bilan nurlantirilgan kartoshka 18 oygacha buzilishdan saqlanadi.

Qishloq xo'jalik mahsulotlarining buzilishida zararli hashoratlar ham katta rol o'ynaydi. Atrof-muhitni e'tiborga olgan holda zararli hashoratlarni keltirilgan iqtisodiy zararlariga ko'ra 2 kategoriyaga bo'lish mumkin.

1. Oziq-ovqat mahsulotlarni iste'mol qiluvchi hashoratlar.

2. Qishloq xo'jalik o'simliklariga va hayvonlariga zarar keltiruvchi hashoratlar.

Qishloq xo'jalik zararkunandalariga radiasion yo'l bilan qarshi kurashning bir necha usullari mavjud.

1-usul: qishloq xo'jalik mahsulotlarini zararkunandalari, ya'ni hashoratlarni butunlay o'ldirish uchun bevosita yuqori radiasion miqdordagi 10-100 krad nur bilan nurlantirish.

2-usul: kichikroq miqdordagi (1-10 krad) nur bilan jinsiy urchishini to'xtatish, ya'ni radiasion sterilizatsiya qilinishi.

Bu holatda zararli hashoratlar birdaniga o'lib ketmaydi-yu, ammo kelgusidagi ko'payish tezda kamayadi. Bu usul uzoq muddat talab qilsa, birinchi metodga nisbatan mahsulotlarning sifatini saqlanishiga imkon yaratadi.

3-usul: bu ham 2-usulga yaqin. Ammo bu holatda faqatgina hashoratlarni erkagini biofabrikalarda ko'paytirilib nurlantiriladi, keyin esa tabiiy sharoitda qo'yib yuboriladi. Bu nurlantirilgan zararkunanda-kemiruvchilar nasl qoldirmaydi, natijada bu populyatsiya o'lib ketadi.

Oziq-ovqat mahsulotlarini radiasion sterilizatsiya yo'li bilan saqlash va qishloq xo'jalik zararkunandalariga qarshi kurash yadro nurlaridan foydalanishning boshqa bu sohada qo'llanayotgan usullariga nisbatan iqtisodiy jihatdan afzalligi bormi, degan savol tug'ilishi tabiiydir. Radiobiologiya texnologiyasini ishlab chiqish odatdagi texnologiyani iqtisodiy samaradorligi bilan solishtiriladi.

Radioaktiv nurlanishning o'simlikda bo'ladigan biokimyoviy jarayonlariga, modda almashinishi va fotosintezga ta'sirlarini o'rganish natijasida juda muhim ma'lumotlar qo'lga kiritildi. Bu kabi ilmiy tekshirish Ukrainada akademik P.A.Vlasyuk rahbarligida olib borildi. Urug'larni ekishdan avval tarkibidagi fosfor-32, rux-65, kalsiy-45 va boshqa radioaktiv izotoplar bo'lgan tuzlarning eritmasi bilan ishlanganida ekinning tekis unib chiqishi va hosildorlikning ortishi aniqlandi.

Masalan, qand lavlagining og'irligi radioaktiv nurlar ta'sirida 1,5-2 marta ortdi. Urug'larni kichik dozalardagi radioaktiv nurlar bilan nurlantirish natijasida bug'doyni boshqoq chiqarishi tezlashgani va beda hosildorligining ortishiga sabab bo'ldi. Lyutik- chiroyli o'simlik urug'lariga ekishdan avval radioaktiv rux tuzlari eritmasi bilan ishlov berish ekin ildizining kattalashganligiga, o'simlikning yaxshi o'sishiga va ildizda azotli bakteriyalar bor to'ganaklarni yo'qotishga yordam berdi.

Kichik dozalardagi nurlar bilan nurlantirilganda o'simlik tez rivojlanadi. Masalan, grechka nurlantirilsa uning ko'k massasi unumdorligi ortadi. Bu jihatdan sabzavot ekinlari ham e'tibordan tashqarida qolgan emas. Olib borilgan tekshirish ishlari shuni ko'rsatdiki, pomidor ildizidan radioaktiv kobalt bilan oziqlantirilganda, hosildorlik ikki martaga yaqin ortadi va shu bilan pomidorda shakar miqdori ko'payadi. Ekishdan oldin bodring urug'lari radioaktiv nurlar bilan nurlantirilganda hosil 15-30%, sabzida 25-30% ortadi. Lekin radioaktiv nurlarning ta'siri faqat hosildorlikni oshirish va pishish muddatini qisqartirish bilan cheklanib

qolmaydi. Olimlar o'tkazgan tajribalar bu nurlar ta'sirida o'simlikning qurg'oqchilikka va sovuqqa chidamliligi ham ortishini ko'rsatdi.

Hozirgi zamon qishloq xo'jaligi fanida yangi soha radiasion seleksiya fani vujudga keldi. O'simliklar yuqori dozali nurlar bilan nurlantirilsa, u holda bunday nurlar xo'jalik uchun foydali yangi xossalari bo'lgan formalarni olish mumkin bo'ladi. Bunday nurlar bilan nurlantirilgan o'simliklarda turli kasalliklarga chidamlilik ham oshadi. Kichik dozadagi radiasiyaning o'simliklargagina emas hayvon organizmiga ham foyda yetkazishi ma'lum bo'ldi. Moskva viloyati ayrim xo'jaliklarida tovuq tuxumi nurlantirilganda jo'ja ochib chiqish muddati tezlashgan, xuddi shunday tajribalar professor P.A.Hakimov, akademik A.M.Kuzin rahbarligida ham olib borildi. Shuni ham aytish kerakki, nur ta'sir ettirilganda tuxumlardan chiqqan jo'jalar katta bo'lganida oddiy tovuqlarga qaraganda o'rtacha 12-17% ko'p tuxum qiladi. Radioaktiv nurlardan qishloq xo'jaligining turli zararkunandalariga qarshi kurashda foydalanish nihoyatda katta istiqbollarga olib kelmoqda. Olimlarning hisoblab chiqishlariga ko'ra butun dunyoda yiliga zararkunandalar yeb ketadigan mahsulot 200 million kishilarning ovqatlanishlari uchun yetarlidir.

Hashoratlar va bakteriyalarning ko'pchiligi juda katta bo'lmagan dozalardagi radioaktiv nurlar ta'sirida nobud bo'lishlari aniqlangan. Ammo ularni butunlay yo'qotish uchun bu dozani anchagina oshirish kerak bo'ladi. Faqat ba'zi hollardagina to'liq sterilizasiya qilish kerak bo'ladi. Zararli mikroorganizmlarning 80-90 foizining yo'qotilishining o'zi ham, turli mahsulotlarning saqlanish muddatini bir necha marta oshiradi.

Radioaktiv izotoplar yordami bilan tajribalar o'tkazish natijasida lavlagi, makkajo'xori, g'o'za kabi o'simliklar sochma usulda berilgan o'g'itni yomon o'zlashtirishi aniqlandi. Turli qishloq xo'jaligining ekinlari o'simlikning qaysi davrida fosforni maksimal o'zlashtirishini tekshirish ustida olib borilgan tajribalar yaxshi natijalar berdi. Masalan, g'o'za, tamaki va qand lavlagi, sholi kabi o'simliklar fosforni o'sishning dastlabki davrlarda yaxshi o'zlashtiradi. Bu ma'lumotlardan foydalanib Uzoq Sharqdagi ekish stansiyalarida yerga beriladigan o'g'itlarning umumiy miqdori kamaytirilgan holda har gektaridan olinadigan hosil 2-5 sentnerdan oshmaydi.

§ 10.7 Atom energiyaning zararli ta'siridan saqlanish muammolari

Ma'lumki, uran yoki plutoniy yadrosining bo'linishidan juda katta miqdorda energiya ajralib chiqadi. 1 gramm uran-238 elementining parchalanishida: 2 300 000 kVt soat issiqlik energiyasi ajralib chiqadi yoki 1 kg uran-238 elementi energiyasi 2500 000 kg toshko'mirni, 2000000 kg benzinni, 25000000 kg trinitrotoluolni portlagandagi energiyasiga teng.

Bu keltirilgan ma'lumotlardan ko'rinib turibdiki, atom energiyasidan energetik resurs sifatida foydalanish nihoyatda katta ahamiyatga egadir. Hozirgi vaqtda butun dunyoda 100 dan ortiq atom elektr stansiyalari bo'lib, ularning umumiy quvvati bir necha million kilovattidir.

Hozirgi zamon fani va texnikasi atom energiyasidan foydalanishning turli usullarini ishlab chiqmoqda. Keyingi yillarda atom energiyasidan foydalanish

usullari tibbiyotda, veterinariyada va texnikaning turli sohalariga qo'llanilishi ikkita masalani ko'ndalang qilib qo'ydi. Birinchidan, atom nurlari bilan bevosita shug'ullanuvchilar xavfsizligini ta'minlash bo'lsa, ikkinchidan butun yer yuzidagi insoniyatni yoppasiga qirg'in atom qurollari zarbidan saqlashdir.

Shuning uchun ham yer yuzidagi butun progressiv insoniyat atom, vodorod va neytron bombalari ishlab chiqarishning to'xtatilishi va mavjudlarini ham yo'q qilib tashlashni talab etmoqdalar.

Yadro bombalarining portlatilishi va atom energiyasidan tinchlik maqsadlarida foydalanish ma'lum bir darajada atmosferadagi radioaktivlik fonini oshishiga olib kelmoqda. Agarda hamma joyda atom va vodorod bombalari portlash to'xtatilganda ham faqatgina tinchlik maqsadlaridagi qo'llanilayotgan atom energetik qurilmalaridan ruxsat etilgan me'yorda radiasiya miqdori bo'lsada baribir oz miqdorda atrof-muhitga radioaktiv ifloslanish bo'lishi mumkin. Demak, radioaktiv ifloslanish atom ta'sirining majburiy faktoridir. Shuning uchun ham atrof-muhitni doimiy ravishda kontrol qilib turish kerak. Radioaktiv moddalar bilan ifloslanish haqida aholi o'rtasida tushuntirish ishlari olib borilishi kerak. Ayniqsa, oziq-ovqat mahsulotlarini ehtiyotkorlik bilan radioaktiv ifloslanishdan saqlash kerak. Atom nurlaridan tinchlik maqsadlarida foydalanishda radiasiya xavfsizligidan saqlash uchun maxsus xizmatchilar mavjuddir. Masalan, atmosferaning, dengizlarning, daryolarning va havoning radioaktiv ifloslanishini biofizik radiologlar nazorat qilib turish kerak. Aholi yashaydigan punktlarni radioaktiv ifloslanishdan saqlash vazifasi radiologlarga topshirilgan.

Yuqoridagi keltirilgan tashkilotlar nazorat qilish bilan birga radioaktiv ifloslanishni kamaytirish masalalari ustida ham ishlaydilar. Radiasion xavfsizlikning oldini olish uchun tabiiy radioaktiv fonini aniqlashimiz kerak. Tabiiy radioaktivlik foniga kosmik nurlar, tuproqdagi tabiiy radioaktiv nurlar kiradi. Hozirgi vaqtda kosmik nurlanishga asosan yuqori atmosfera qatlamiga dunyo fazosidan kelib tushadigan protonlar 79%, alfa zarrachalar 20%, uglerod, azot va kislorod yadrosidan tushadigani 0,7% va atom yadrosining nomerlari 10 dan oshiq bo'lganlari kiradi. Birinchidan, kosmik nurlanish zarrachasining energiyasi 10^{20} ev gacha yetadi. Birinchi kosmik nurlanish atmosferaning atom yadrolari bilan o'zaro to'qnashib hammasi protonlar, elektronlar, mezonlar va neytronlar hosil qiladi. Dengiz yuzasi balandligida kosmik nurlanish asosan 80% mezonlardan, 20% elektronlardan tashkil topadi. Faqatgina 0,05% protonlar dengiz yuzasi balandligiga yetib keladi. Kosmik nurlanish geografik kenglikka va balandlikka bog'liq bo'ladi. Masalan, dengiz yuzasidan 300 metr balandlikda ancha ko'proq bo'ladi. Tabiiy radionuklidlardan asosan to'rtta radioaktiv nuklidlar mavjuddir.

Dinamik jarayonlar yordamida biosferada doimiy ravishda modda almashinuvi natijasida radioaktiv moddalar oilasining muvozanati buzilib turadi. Ma'lum bo'lishicha, N va S^{14} biosferada, ya'ni vodorod bombasining portlashigacha 15000 yil davomida radionuklidlar miqdori doimiy bo'lib turgan. Ma'lumki yer sharining uran va toriy konlari bor ayrim nuqtalarida radionuklidlar ko'proqdir. Masalan: Braziliyada vulkanik jinslarda radioaktivlikning quvvati 12

rad yiliga, Hindistonning ayrim yerlari qum tarkibida aholi yashaydigan joylarda radioaktiv nurlanish 0,2-2,6 rad yiliga ekanligi aniqlangan.

Radionuklidlarning manbalari va tarqalishi bilan radioekologiya fani shug'ullanadi. Radioekologiya fani asosan radionuklidlarni har xil yer zonalarida migrasion mexanizmi bilan shug'ullanadi.

O'simliklar radioaktiv uglerodni atmosferadan oladilar. Ko'pincha atmosferadan yog'ingarchilik bilan tushadigan radionuklidlarni o'simliklar o'ziga singdirib oladilar. Chorvachilikdagi asosiy radioaktiv zararlanish ham ozuqaviy o'simliklarda bo'lgan radioaktiv nuklidlar sabablidir. Eng xavfli radioaktiv ifloslanish bu reaktorlarda og'ir yadroning bo'linishidan hosil bo'ladigan mahsulotlardir. Hozirgi vaqtda asosiy e'tibor odamning ichki organlarida to'planib qoladigan va uzoq yashovchi stronsiy-90 va seziiy-137 bo'lib, radiyasiyaga eng sezgir ichki organlarni nurlantiradi. Odamning ichki organlariga, tuproq – o'simlik – odam yoki tuproq-o'simlik – hayvon – odam zanjir orqali insonni ichki organlarga radionuklidlar joylashib oladi. Ma'lumki qishloq xo'jalik radiologlari radioaktiv ifloslanishni kamaytirish choralarini ham ko'radi. Ya'ni tuproq ekinlari, hosillarini dezaktivatsiya qilish bilan ham shug'ullanadi.

Agar ifloslanish aktivligi yer yuzida 10^{-3} Ki ga ortiq bo'lsa, bu holatda aktivlik 10^{-4} Ki bo'lganga qadar dala ishini to'xtatib turish kerak. Agar o'rtacha radioaktivlik ifloslanish darajasi 10^{-4} , 10^{-3} Ki bo'lsa, tuproqning radioaktivligini tushirish choralarini ko'rish kerak.

Qishloq xo'jalik ekinlarining yoki dalaning radioaktivlik bilan ifloslanishini kamaytirish muammolari hozircha shartli bo'lib meliorativ va gidrotexnik metodlardan foydalaniladi. Meliorativ usul yordamida yerning ustki qismida buldozerlar bilan tuproq to'planadi. Bu to'plangan tuproqning aktivligi tushguncha saqlanadi. Agar kichik lokal uchastkalar radioaktiv ifloslangan bo'lsa, u holda butun iflos tuproq karyerlarga tashlanadi.

Tuproqning ustki qismini olish metodi kelgusi hosilga zarar keltiradi, ya'ni ko'p mineral o'g'it solish kerak bo'ladi. Gidromeliorasiya usulida esa tuproq asosan suv bilan yuviladi, yomg'ir yog'diruvchi apparatlar bilan esa qum tuproq yerlarda amalga oshiriladi. Bu usul faqatgina gidromeliorativ inshootlar bor joyda amalga oshirilishi mumkin. Radioaktivlikni kamaytirishning kimyoviy meliorasiya usullari ham mavjuddir. Kimyoviy meliorasiya usullaridan biri tuproqning tarkibiga kimyoviy reagentlar (kislota, tuzlar, komplekslar) yuborish bilan eritib radionuklidlarni adsorbsiya qilish radioaktivlik bilan ifloslangan maydonlarda amalga oshirish kerak. Agrotexnik usullardan radioaktivlik bilan ifloslangan o'simlik maydonlarini chopiq, kultivatsiya, suvlash, mineral o'g'it berish yo'li bilan o'simliklarni radionuklidlardan oziqlanishini kamaytiradi.

Test savollari

1. Atom yadrosining tarkibiy qismi nimalardan iborat?
 - a) protonlar, elektronlar;
 - b) elektronlar, ionlar;
 - c) protonlar, neytronlar;
 - d) ionlar, neytronlar.
2. Radioaktivlikning asosiy qonuni ifodasini ko'rsating?
 - a) $N = N_0 e^{-\lambda t}$
 - b) $I = I_0 e^{-\lambda x}$
 - c) $A = \lambda N$
 - d) ${}_a^A X \rightarrow {}_{a-2}^{A-4} Y + \alpha$
3. Quyidagilardan qay biri yadroning yarim yemirilishi davrini ifodalaydi?

- a) $T = \frac{1}{n}$
- b) $T = \frac{0,693}{I}$
- c) $T = \frac{t}{N}$
- d) $T = 2p\sqrt{LC}$

4. Tirik organizmga bir xil energiya miqdori olib kelayotgan nurlarning qay biri kuchli hisoblanadi?

- a) *a*
- b) *b*
- c) *g*
- d) **1**

5. Quyidagi ifodalardan qay biri bog'lanish energiyasini ko'rsatadi?

- a) $E = \frac{mJ^2}{2}$
- b) $E = m \cdot c^2$
- c) $E = (Zm_p + Nm_n - M_a)c^2$
- d) $E = mgh$

6. Massa defekti nima?

- a) nuklonlar massasi;
- b) nuklonlar alohida massasi;
- c) nuklonlarning birgalikdagi va alohida massalari farqi;
- d) yadrodagi nuklonlar massasi.

7. Nishonlangan atom usuli qishloq xo'jaligida qanday maqsadlarda foydalaniladi?

- a) ekinlar o'sishini tezlashtirishda;
- b) ekinlarning fosfor o'g'itiga bo'lgan ehtiyojini aniqlashda;
- c) hayvonlar ichki organlarini tekshirishda;
- d) hayvonlar organizmiga dori moddalar yuborishda.

8. Odam uchun havfli nurlanish dozasi qancha?

- a) 5 ber;
- b) 60 ber;
- c) 125 ber;
- d) 500 ber.

9. Radiasiyadan himoyalanişning qanday usullari bor?

- a) masofadan;
- b) material yordamida;
- c) vaqt;
- d) hammasi to'g'ri.

10. Radioaktiv nurlar tirik organizmning qaysi organlariga eng avval ta'sir ko'rsatadi?

- a) yurakka;
- b) o'pkaga, miyaga;

- c) yosh organizmga, hujayraga;
 - d) hamma organga birday.
11. Grey nimaning o'lchov birligi?
- a) nurlanishning yutilgan dozasi;
 - b) nurlanish dozasi quvvati;
 - c) yutilgan doza;
 - d) ekspozision doza.
12. Zivert nimaning o'lchov birligi?
- a) yutilgan doza;
 - b) ekspozision doza;
 - c) ekvivalent doza;
 - d) nurlanish dozasi.
13. Renozariya nima?
- a) yurak kardiogrammasini olish usuli;
 - b) buyrak radiogrammasini olish usuli;
 - c) o'pka ishini aniqlash usuli;
 - d) oshqozonni tekshirish usuli.
14. Radioaktiv yemirilish turlarini keltiring?
- a) sun'iy;
 - b) tabiiy;
 - c) tabiiy va sun'iy;
 - d) hammasi noto'g'ri.
15. Radioaktivlikning ekologiyaga qanday ta'siri bor?
- a) radiasiya ekologiyaga ta'sir qilmaydi;
 - b) radiasiya ekologiyani yomonlashtiradi;
 - c) radiasiya tabiatga qisman ta'sir qiladi;
 - d) radiasiyaning ba'zi turlarigina ekologiyaga ta'sir qilishi mumkin.

Sinov savollari.

1. Atom yadrosi nimalardan tashkil topgan?
2. Yadro kuchlari nima va u qanday xarakterga ega?
3. Massa defekti deb nimaga aytiladi?
4. Bog'lanish energiyasi nimaga teng?
5. Izotoplar deb qanday moddalarga aytiladi?
6. Radioaktivlik deb nimaga aytiladi?
7. Yemirilish qonuni nimadan iborat?
8. Yarim yemirilish davri deb nimaga aytiladi?
9. Radioaktiv yemirilish turlarini tushuntiring.
10. Radioaktiv zarrachalarni qayd qilishning qanday usullarini bilasiz?
11. Rentgen va radioaktiv nurlar tirik organizmga qanday ta'sir qiladi?
12. Nishonli atom va ularning ishlatilishi haqida nimalarni bilasiz?

13. Qishloq xo'jaligining qaysi sohalarida radioaktiv nurlardan foydalaniladi?
14. Radioaktiv nurlardan qanday himoyalanish mumkin?
15. Grey va Zivert nimani anglatadi?
16. Dozimetrik asboblarning haqida nimalarni bilasiz?
17. Radioaktiv nurlarning qanday ekologik ta'siri mavjud?

Adabiyotlar:

1. Grabovskiy R.I. Fizika kursi. -T.:O'qituvchi. 475 bet. 1980.
2. Remizev A.N. Tibbiy va biologik fizika. –T.Ibn-Sino nomidagi nashriyot, 616 bet. 1990.
3. Remizov A.N., Maksina A.G., Potapenko A.Ya. medisinskaya i biologicheskaya fizika. M.: Medisina. 2003 yil. 588 bet.
4. Merion J.B. Общaya fizika s biologicheskimi primerami. –M.: Vysshaya shkola, 623 bet.1986.
5. Rubin A.Ye. Biofizika. 1-2 Tom. –M.: Vysshaya shkola, 296 bet.1982.
6. Belanovskiy A.S. Osnovy biofiziki veterinarii. –M.:Agropromizdat, 271 bet. 1989.
7. Akkerman V. Biofizika. –M., 213 bet. 1964 .
8. Volkenshteyn V.M. Biofizika. –M., Vysshaya shkola. 576 bet. 1981.
9. Glazer R. Ocherki osnovy biomexaniki. –M.: Mir, 128 bet. 1988.
10. Levinov N.M. Kurs fiziki. – M.: Vysshaya shkola, 278 bet. 1978.
11. Osnovy agrofiziki pod redaksiyey AF Ioffe. –M.: Vysshaya shkola, 899 bet.1990.

12. Tom A.Waigh. Applied biophysics: A molecular approach for physical scientists. –University of Manchester, 478 bet. 2007.
13. Samoylov V.O. Medisinskaya biofizika. SPb. 612 bet. 2004.
14. Antonov V.F. Biofizika. –M., Drofa. 320 bet. 2000.
15. Vladimirov Yu.A. Potapenko A.Ya. Fiziko-ximicheskiye osnovy fotobiologicheskix prosessov.–M.: Vysshaya shkola, 198 bet. 1989.
16. Vladimirov Yu.A., Dobresov G.Ye. Fluorescentnyye zondy v issledovanii biologicheskix membran.–M.: Nauka, 320 bet. 1980.
17. Dobresov G.Ye. Fluorescentnyye zondy v issledovanii kletok, membran i lipoproteidov.–M.: Nauka, 411 bet. 1989.
18. Demchenko A.P. Lyuminessensiya i dinamika struktury belkov.–Kiyev.: Naukova dumka, 288 bet. 1988.
19. Nizamov N.N. Lyuminessensiya assosirovannykh molekul organicheskix krasiteley v rastvorax i plenkax. –Samarqand.: Zarafshon, 145 bet. 1997.
20. Antonov V.F., Korjuyev F.V. Fizika i biofizika. Moskva.: Medisina, 2004 g. 192 str.
21. Vechkanov Ye. Biofizika biopolimerov. YuFU. 2010 y. 302 bet
22. Kostyuk P.G, Grodzinskiy D.M, Zima V.L., Magura I.S., Sidorik Ye.P., Shuba M.F. Biofizika. Kiyev Vysha shkola, 1988 yil. 326 bet.
23. Akopyan V.B., Yershov Yu.A. Osnovy vzaimodeystviya ultrazvuka s biologicheskimi obyektami. M.: Medisina. 2005 y. 168 bet.
24. Ismailov Z.F., Kurtaliyev E.N., Nizamov N.N., Xaydarova F., Xodjayev G., Yashuk V.M. Izucheniye albumina krovi nekotorykh jivotnykh spektralno-lyuminessentnym metodom. M.: Biofizika, 2007, T.52. vyp.6, 997-1000 bet
25. Nizamov N., Kurtaliyev E., Nizamov Sh.N., Khodjaev G. Spektral-luminescent study of the interaction of some styrylcyanine dyes with bovine serum albumin and DNA in aqueous solutions. J. of Molecular structure 936, 2009, 199-205 bet



Ismailov Ermamat – 1954 yilda Samarqand viloyati Payariq tumanida tug’ilgan.

1977 yili Samarqand Davlat universiteti fizika fakultetini tugatgan. 1989 yilda “Maxsus nuqtali eritmalarda gipertovush tarqalishini o’rganish” mavzusida nomzodlik dissertatsiyasini himoya qilgan. 1978 yildan Samarqand qishloq xo’jalik instituti “Fizika va Oliy matematika” kafedrasida assistent va 2006 yildan buyon “Fizika va kimyo” kafedrasida mudiri vazifasida faoliyat yuritib kelmoqda. E.Ismailov 100 dan ortiq ilmiy va o’quv-uslubiy ishlar muallifi.

2010 yilda professor Sh.T.Xoliqulov bilan hammualliflikda “Fermer xo’jaliklarda zamonaviy issiqxonalar qurish va undan foydalanish asoslari” nomli o’quv qo’llanmasi chop etilgan.

“O’zbekiston Respublikasi mustaqilligiga 20 yil” esdalik nishoni va Oliy va o’rta maxsus ta’lim Vazirligining va Samarqand viloyati hokimiyatining Faxriy yorliqlari bilan mukofotlangan.



Mamatqulov Nuriddin 1952 yilda Samarqand viloyati Samarqand tumanida tug'ilgan.

1974 yilda Samarkand davlat universiteti fizika fakultetini tamomlagan. 1976-1981 yillarda Sankt-Peterburgdagi fizika-texnika institutida tadkikotchi-izlanuvchi va aspiranturada tahsil olgan. 1981 yilda “ Segnetoelektrlardagi o'lchamsiz fazani akustik, optik, dielektrik usullar yordamida o'rganish” mavzusida nomzodlik dissertasiyasini yoqlagan. 1987 yildan Samarqand qishloq xo'jalik instituti “Fizika va kimyo” kafedrasida assistent, 2001 yildan dosent vazifasida ishlamoqda. N.Mamatqulov 70 dan ortiq ilmiy va o'quv-uslubiy ishlar muallifi.



Xodjayev G'ayrat 1947 yilda Samarqand shahrida tug'ilgan. 1972 yilda Samarqand Davlat Universitet fizika fakultetini tugatgan.

1998 yilda “Yodaminokislotalarning eritmalarda va oqsilda fosforessensiyasi” mavzusida nomzodlik dissertasiyasini himoya qilgan. 1980 yildan Samarqand qishloq xo'jalik instituti “Fizika va kimyo” kafedrasida assistent, 1995 yildan institut qoshidagi lisey direktori vazifasida ishlagan. Biologik tizimlarning fotolyuminessensiyasi, lazer nurining o'simliklarga ta'siri, krioprotektorlar yordamida o'simliklarning sovuqlikka chidamliligini oshirish, fluoressent zondlardan biologiyada va tibbiyotda foydalanish bo'yicha ilmiy izlanishlar olib borgan.

Xodjayev G'ayrat O'zbekiston Respublikasi o'rta maxsus kasb-hunar ta'limi a'lochisi (2006).

2006 yildan AQSh Biofiziklar jamiyati a'zosidir. G'.Xodjayev 100 dan ortiq ilmiy va o'quv-uslubiy ishlar muallifi.



Norali Norboyev 7 mart 1935 yilda Surxondaryo viloyatida tug'ilgan.

Toshkent Davlat Agrar Universiteti "Fizika va kimyo" kafedrası professori.

Norali Norboyev O'zbekiston Respublikasi halq ma'orif a'lochisi (1985 y), O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim a'lochisi (2001 y) va O'zbekiston Respublikasida xizmat ko'rsatgan yoshlar murabbiysidir.

«Biofizicheskiye effekti deystviya g -radiasiya na rasteniyax» (Fan 1976 y) va «Biofizicheskiye radioekologiya» (Fan 1985 y) nomli monografiyalar muallifi.

Biofizika, fizika, ekologiya va Tabiat ilmining zamonaviy konsepsiyasi fanlaridan 30ga yaqin o'quv-uslubiy qo'llanmalar va 200dan ortiq ilmiy maqolalar muallifi.