

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА
ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

**БЕРДАҚ НОМИДАГИ ҚОРАҚАЛПОҚ ДАВЛАТ
УНИВЕРСИТЕТИ**

Б И О Ф И З И К А

фанидан маърузалар тўплами

Тузувчи: б.ф.н. Есимбетов А.Т.

НУКУС - 2007

I БИОФИЗИКА ФАНИНИНГ ПРЕДМЕТИ ВА ВАЗИФАЛАРИ

Режа:

1. Биофизиканинг предмети ва вазифалари
2. Биофизиканинг бўлимлари
3. Биофизик тадқиқотларнинг усуллари
4. Ўзбекистонда биофизиканинг ривожланиши

Биофизиканинг предмети ва вазифалари

Биофизика фани ёш фанлардан бўлиб, академик Франк сўзи бўйича у “барча биология фанларининг назарий пойдевори” дир. Табиий фанларнинг жадал суръатлар билан ривожланиши, уларнинг бошқа фанларга кириб бориши, билимларнинг янги соҳаларининг келиб чиқиши замонамизнинг характерли хусусиятидир. Физика ва техника фанларининг тараққиёти бошқа фанлар қатори биологияга ҳам катта таъсир кўрсатмоқда. Физикавий услублар ва таҳлиллар барча табиий фанларда, шу жумладан биологияда ҳам кенг миқёсда қўлланиши натижасида биологик тизимларда кечадиган физик-кимёвий жараёнларни ва физик омилларни тирик организмларга таъсирини ўрганувчи биофизика фани ривожланди ва у ҳозирги вақтда фундаментал биологик фанларнинг бири бўлиб ҳисобланади.

Биофизикавий тадқиқотларнинг предмети бўлиб биополимерларнинг структураси ва хоссалари, табиий ва сунъий мембраналар, ион каналлари, мураккаб тузилган биологик тизимлар ҳисобланади. Биофизика ўз ичига алоҳида олинган макромолекулаларнинг тузилиши ва хоссаларини ўрганишдан тортиб, биосфера даражасида кечадиган мураккаб жараёнларнинг механизми ва ички динамикасигача бўлган муаммоларни камраб олади. Шу билан бирга биология, тиббиёт ва қишлоқ хўжалигида кенг миқёсда қўлланиладиган тадқиқотларнинг физикавий услубларини ўрганади. Ушбу муаммоларнинг барчаси

табиат қонунларининг бирлигини, тирик организмларга нисбатан физикавий қонунларнинг татбиқ этилишини тушунишга ёрдам беради.

Биомолекулалар, мембраналар ва тирик тизимлар учун характерли бўлган физик ва физик-кимёвий жараёнларнинг механизмларини, уларга ташқи физик таъсиротларни ўрганиш биофизиканинг асосий вазифалардан биридир. Биологик қонунлар асосан физикавий кимё қонуниятларига асосланади. Биологияга ушбу қонуниятлардан ташқари, қандайдир бошқача кучлар; майдонлар, махсус энергетик кучлар ва шу кабилар таъсирида қарайдиган фикрлар ҳали ҳам мавжуд. Масалан, турли хил экстрасенслар, “биоэнергетиклар” ва биомайдон ёки космик энергия ёрдамида аниқ фанни бузиб, ундан ўз мақсадларида фойдаланаётганлар оз эмас. Ҳозирги замон биофизикаси эса рўй

бераётган ҳодисаларни аниқ қонуниятлар ва далиллар асосида тушунтиради. Шунингдек, биофизика организмларда кечадиган қон айланиш, нафас олиш, ҳаракат, кўриш ва эшитиш каби физиологик жараёнлар механизмларини ўрганади.

Бу фан бевосита бошқа табиий фанлар билан узвий боғлиқ, масалан, физика, биокимё, анорганик ва органик кимё, коллоид кимё, ўсимликлар физиологияси, ҳайвонлар ва одам физиологияси, тиббиёт ва бошқа шу каби фанлар эришган ютуқларидан фойдаланади ва ўз қонунлари ва услублари билан ушбу фанлар ўрганадиган жараёнларни тушунтириб беради. Биофизика фани амалий жиҳатдан турли хил касалликларга ташхис қўйиш учун электрокардиография, рентгенография, қон босимини ўлчаш асбоблардан фойдаланишга, изотоплар, ультратовуш, лазер, ультрабинафша нурлар каби услуб ва воситаларни ишлаб чиқишга асос бўлди.

Биофизика ютуқларидан қишлоқ хўжалигида юқори самарадорликка эришиш учун фойдаланилмоқда. Ўсимлик уруғларини электромагнит майдонлари билан, ёки инфракизил нур билан ишлов бериш ҳосилдорликни оширишга хизмат қилади. Биофизика ўз муаммоларини бошқа фан соҳалари ютуқлари билан ҳал қилади ва ўзига яқин турган фанларни ривожланишига туртки бўлади. Ҳозирги вақтда медицина, экология, физиология, қишлоқ хўжалиги ва бошқа ёндош фанларнинг тараққиёти биофизиканинг ривожланиши ва унинг услубларини тадбиқ қилиш билан боғлиқ.

Биофизиканинг бўлимлари

Биофизика фани бир неча бўлимларга бўлиб ўрганилади, лекин бу бўлимлар бири-бири билан ўзаро боғлиқ ва ҳеч қандай чегара билан уларни ажратиш мумкин эмас. Молекуляр биофизика, мембраналар биофизикаси, хужайравий жараёнлар биофизикаси, қисқарувчан тизимлар биофизикаси, биоэнергетика, фотобиология, радиобиология, биологик жараёнлар кинетикаси, термодинамика ва мураккаб тизимлар биофизикаси биофизиканинг асосий бўлимлардир.

Молекуляр биофизика биомолекулаларнинг фазовий тузилиши ва хоссаларини, уларнинг ўзаро таъсир кучларини ўрганади. Айниқса, макромолекулалар тузилиши ва функциясини ўрганишнинг аҳамияти катта бўлиб, оқсиллар, нуклеин кислоталар, углеводлар ва бошқа биополимерларнинг ҳаётдаги ролини тушунишга ёрдам беради.

Мембраналар биофизикаси биомембраналарнинг тузилиши ва физикавий хусусиятларини, сунъий мембраналар тузилиши ва хоссалари, мембрана потенциалларининг ҳосил бўлиш қонуниятлари ўрганади. Мембраналардан моддаларни пассив ва актив транспорти, диффузия ва ўтказувчанлик, ион каналларининг тузилиши ва хусусиятларини ҳам мембраналар биофизикаси бўлимида ўрганилади.

Хужайравий жараёнлар биофизикаси хужайрада кечадиган физик-кимёвий жараёнларни ўрганади. Бу бўлимнинг аҳамияти шундаки, ҳар бир тўқима хужайралардан тузилган ва улар фаолиятида кечадиган жараёнларни биофизика фанисиз ўрганиш ва тушуниш мумкин эмас. Масалан, хужайра мембранаси ўтказувчанлиги, мускуллар қисқариши, нерв импульси ҳосил бўлиши ва тарқалиши, рецепция, фотосинтез, энергия алмашуви ва ҳоказо. Хужайра биофизикаси мембраналар биофизикаси ва молекуляр биофизика билан узвий алоқада иш олиб боради. Тинчлик ва ҳаракат потенциалларини ҳосил бўлиши ва тарқалиши, синапсларнинг тузилиши ва потенциалларни улардан ўтишини ўрганиш электрофизиология ва нейрофизиологияда аҳамиятга эга.

Қисқарувчан тизимлар биофизикаси мушакларнинг ультраструктураси, қисқаришнинг молекуляр механизмлари, мушаклар механикасини ўрганади.

Биоэнергетика тирик тизимларда энергия ҳосил бўлиши, трансформацияси (бир турдан иккинчи турга айланиши) ва сарфланиш қонуниятларини ўрганувчи бўлимдир. Хужайрада АТФ синтезини боғловчи мембраналар – митохондрия, хлоропластларнинг тилакоид ва баъзи микроорганизмлар мембраналарида электрокимёвий потенциали ҳисобига ҳосил бўлиши XX аср биофизикасининг эришган ютуқларидан биридир.

Радиобиология тирик тизимларга (албатта, организмларга ҳам) ионлаштирувчи нурлар таъсири қонуниятларини ўрганувчи биофизиканинг бўлиmidир. Радиоактив нурлар аввало, биологик молекулаларни фазовий тузилишига ва оқибатда хоссаларига, мембраналарга, хужайра ва унинг органоидларига таъсир қилади ва тирик тизимлар фаолиятини издан чиқаради.

Фотобиология бўлими эса фотокимёвий реакциялар ва жараёнлар, бунда энергиянинг узатилиши ва алмашиниши, фотосинтез механизмини, турли хил тўлқин узунлигидаги нурларни биологик тизимларга таъсирини ўрганади.

Мураккаб тизимлар биофизикаси бирор орган, организм, тур, популяцияларда бўладиган мураккаб жараёнларнинг физик-кимёвий асосларини ва уларга турли хил физик омилларнинг таъсирини ўрганади. Мураккаб тизим деганимизда нафақат организм, популяция, балки биогеоценоз ёки биосфера ҳам тушунилади. Мураккаб тизимлар биофизикаси биология фани назарияларилари билан иш кўради. Масалан, Ч.Дарвиннинг эволюцион таълимоти бўйича турларнинг келиб чиқишида ташқи таъсирларнинг (куёш нури, босим, шамол, радиоактив нурлар) аҳамияти катта. Мураккаб тизимлар биофизикаси ривожланиш, яъни филогенез ва онтогенез қонуниятлари билан бирга ташқи омилларнинг ўрганилаётган тизимларга таъсир қилиш механизмларини ҳам

ўрганади. Биофизиканинг ушбу бўлими кибернетикадан, математик моделлашдан кенг фойдаланади.

Биофизик тадқиқотларнинг усуллари

Албатта ҳар бир фаннинг ривожланиши, у фойдаланадиган услубларга бевосита боғлиқдир. Биз қуйида замонавий биофизиканинг айрим усуллари ҳақида маълумот бердик.

Электрон микроскопия усули билан макромолекулалар, мембраналар, хужайра органоидларининг ҳолати, шакл ва ўлчамлари аниқланади.

Спектрофотометрия усули эритмалардан ўтган нурнинг бир қисмини ютилишини ўлчашга асосланган. Ушбу усул билан модда концентрацияси ўлчанади, уларнинг иккиламчи структурасини, молекула айрим гуруҳларини ионлашувини ўрганилади.

Рентген нурлари дифракцияси усули билан биомолекулаларнинг фазовий структураси, уларнинг шакли ва ўлчамлари, иккиламчи структура элементларининг ориентацияси аниқланади.

Флуоресцент зондлар усули. Ушбу усулда махсус кимёвий органик модда зондлардан фойдаланилади. Зонд "тикилган" биомолекулага маълум бир тўлқин узунлигидаги нур билан таъсир эттирганимизда, ушбу молекула қўзғалади ва ўзидан бошқа тўлқин узунлигидаги нурни чиқаради ва ушбу нурни флуориметр асбоби билан ўлчанади. Флуоресценция усули билан макромолекулаларнинг конформацион ҳолати, хромофор гуруҳларнинг ҳаракатчанлиги, баъзи ионлар транспорти ўрганилади.

Доиравий дихроизм усули асосида қутбланган нурнинг оптик актив молекулага таъсири ётади. Макромолекулаларнинг турли қисмлари анизотроп бўлганлиги сабабли нурни турлича ютади, ҳамда ушбу спектрларни ёзиб олиш мумкин.

ИК-спектроскопия усуллари билан макромолекулаларнинг иккиламчи структураси ва тўлқинсимон динамикаси ўрганилади.

Дифференциал спектрофотометрия усули макромолекулаларнинг конформацион ҳолати, хромофор гуруҳларнинг эритувчи молекулалари билан ўзаро таъсирини ўрганади.

Электрон парамагнит резонанс (ЭПР) усули билан макромолекулалар конформациясини, структуралар ва гидрат қаватларини локал ҳаракатчанлигини аниқланади.

Ядро магнит резонанс усули макромолекулалар ва айрим гуруҳларининг конформациясини, динамик хоссалари, лигандларнинг боғланиш даражасини аниқлайди.

Юқорида кўриб чиқилган усуллардан ташқари *потенциометрия, рН-метрия, фотометрия ва полярография* усуллардан биофизикада кенг фойдаланилади.

Ўзбекистонда биофизиканинг ривожланиши

Биофизика фанининг шаклланишида кўпгина физик, кимёгар ва физиолог олимларнинг хизматлари катта бўлди.

XVIII аср охири ва XIX аср бошларида биофизика алоҳида фан сифатида ўрганила бошланди. Гельмголтснинг биологияда термодинамика ҳамда энергетика муаммолари, сезги органлари ва кўзғалишни нерв толалари бўйича ўтиши устида илмий ишлари, физиолог олим И.М. Сеченовнинг физико-кимёвий методларни ўрганиш, нафас олиш жараёни динамикаси, биологик суюқлик ва газлар аралашмасини ҳисоблаш каби тадқиқотлари алоҳида аҳамиятга эга.

Шу даврга келиб физколлоид кимё ютуқларини биологияда қўллаш натижасида муҳим жараёнларнинг механизмларини тушунишга ва илмий асосларини яратишга муваффақ бўлинди. Биофизикани фан сифатида тан олинишида, олимлар Лёб ва Шаделарнинг хизматлари катта бўлди. Лёбнинг партеногенез ва серпуштликнинг физико-химиявий асосларини, ионлар онтогонизмини физик кимёвий нуқтаи назардан ўрганиши катта аҳамиятга эга бўлди. Шаде яллиғланишнинг физик кимёвий асосларини ўрганди.

Россияда XIX асрнинг 20 - йилларида олимлардан П.П.Лазарев, С.И.Вавилов, П.А.Ребиндер, Н.К.Колцова, В.В. Ефимов, С.В.Кравковларнинг фундаментал тадқиқотлари натижасида ўзига хос биофизика мактабига асос солинди. Ўтган асрнинг ўрталарида биофизиканинг ривожланишида собиқ Иттифоқ Фанлар академиясининг Биофизика институти, М.В.Ломоносов номидаги Москва Давлат университети Биофизика кафедраси илмий ходимларининг тадқиқотлари катта аҳамиятга эга бўлди.

Ўзбекистонда биринчи бор 1962 йилда академик Ё.Х. Туракулов Тошкент Давлат университетида биохимия ва биофизика кафедрасини очди. Ушбу кафедрада мутахассислар тайёрлана бошланди. 1979 йил эса ушбу кафедрадан академик Б.О.Тошмухамедов раҳбарлигида биофизика ва табиатни муҳофаза қилиш кафедраси ажралиб чиқди. Ўзбекистон биофизика мактабини асосий йўналиши биологик мембраналарда ионлар транспорти ва биологик фаол моддаларнинг таъсир қилиш механизмларини ўрганишдан иборат.

Биофизикани ривожланишида ЎЗР ФА Физиология ва биофизика институти ўз ўрнига эга. 1985 йил май ойида, ЎЗР ФА Физиология институти ва ЎЗР ФА Биокимё

институтининг Биофизика бўлимини бирлашиши натижасида, ЎзР ФА Физиология ва биофизика институти (ФБИ) ташкил топди. Институт ташкил топган даврдан бошлаб физиология ва биофизика соҳаларида 200 дан зиёд фан номзодлари ва 55 та фан доктори тайёрланди.

Кейинги йилларда Ўзбекистонда олиб борилган илмий тадқиқотларнинг асосий йўналишлари куйидагилардан иборат бўлди: биологик мембраналарнинг тузилиши ва функцияларини физик-кимёвий асосларини ўрганиш (Б.О.Тошмухамедов, З.У.Бекмуҳамедова, М.М.Рахимов, М.У.Тўйчибаев, Э.М.Махмудова), ионлар ва метаболитларнинг транспортининг молекуляр механизмлари (А.Қ.Қосимов, К.С.Сафаров, О.В.Красильников, Р.З.Собиров, М.В.Замараева), қўзғалувчан мембраналарнинг ион каналлари ва нейрорецепторларини (П.Б.Усманов, Дж.Каликулов), биологик фаол моддаларнинг тузилиши ва таъсир қилиш механизмлари (Т.Ф.Арипов, У.З.Мирхўжаев, Б.Х.Салохутдинов, Б.Ибрагимов) биоэнергетика ва боғловчи мембраналар функцияси (А.И.Гагельганс, М.Х.Гайнутдинов, М.И.Асраров), фотобиологик жараёнлар (Е.Е.Гуссаковский, И.Ф.Ахмаджонов).

Хужайра физиологияси ва нейрофизиология, биологик мембраналардан ионларнинг транспортини молекуляр механизмлари, хужайра фаолиятини бошқарилиши ва биологик фаол бирикмалар таъсир қилиш механизмлари каби соҳаларда тадқиқотларнинг ривожланишига ЎзР ФА ФБИ жамоаси томонидан катта ҳисса қўшилди. Институт ходимлари томонидан аксонал, пре- ва постсинаптик таъсирга эга, турли хил ион каналларига ва рецепторларга таъсир қилувчи янги нейротоксинлар аниқланди. Ушбу нейротоксинлар ёрдамида баъзи бир ион каналлари ва нейрорецептор типларининг структураси, функцияси ва бошқарилиш механизмлари ўрганилди. Физиологик фаол моддалар, жумладан, гормонлар, юрак гликозидлари ва алкалоидларни биологик мембраналарда ионлар транспортига таъсир қилиш механизмларини ўрганилди. Баъзи бактерия токсинларидан ҳосил бўлган ион каналларининг структураси ва фаолияти қонуниятлари очилди, ионлар транспорти ва оксидланишли фосфорланишнинг хужайрадаги табиий регуляторлари топилди.

Назорат учун саволлар

1. Биофизика фани нимани ўрганади?
2. Биофизика қандай бўлимларга бўлиб ўрганилади ?
3. Биофизика фанининг бошқа фанлар билан алоқадорлиги.
4. Биофизикада қандай усуллар қўлланилади ?
5. Ўзбекистонда биофизика фанининг ривожланиши.

6. Биофизиканинг илмий ва амалий аҳамияти.

II МОЛЕКУЛЯР БИОФИЗИКА

Режа:

1. Макромолекулалар биофизикаси
2. Биополимерларнинг тузилиши ва функцияси
3. Макромолекулаларда ўзаро таъсирлашувчи кучлар

Макромолекулалар биофизикаси

Молекуляр биофизика биополимерларнинг структуравий тузилишини, физик-кимёвий хоссаларини ва уларнинг ҳужайра фаолиятидаги ўрнини ўрганади. Молекуляр биофизиканинг асосий объекти биополимерлар бўлиб, улар оксиллар, углеводлар, нуклеин кислоталар ва бошқа биологик фаол моддалардан иборат.

Биополимерларнинг тузилиши ва функцияси.

Биополимерлар юқори даражада тузилган биомолекула бўлиб, улар занжир шаклида бириккан мономерлардан тузилган. Биополимер молекуласи структурасига кўра занжир шаклидаги тузилиш чизиқли (оксиллар, нуклеин кислоталар, целлюлоза) ёки фазовий тўр (баъзи оксиллар, масалан инсулин) шаклида бўлиши мумкин. Гликоген, аминоктектин каби биополимерлар тармоқланган занжир шаклида тузилишга эга.

Таркибиги кўра биополимерлар гомо- ва гетерополимерлар бўлиши мумкин. Занжир бир хил мономер молекуладан иборат бўлса гомобиополимер (масалан углеводлар), турли хил мономер молекулалардан тузилган бўлса гетерополимер (масалан оксиллар) бўлади.

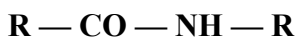
Молекуляр биофизика биополимерларнинг қуйидаги кўрсаткичлар билан тавсифлайди:

- а) структурали кимёвий формула;
- б) боғлар узунлиги ва боғлар орасидаги бурчаклар;
- с) молекула юзасида зарядларнинг тақсимланиши;
- д) молекула қисмларининг ҳаракатчанлиги;
- е) молекула структурасининг ўзгарувчанлиги.

Ушбу структураларга эса макромолекулаларнинг умумий функциялари ва хоссалари (масалан, эгилиш, букилиш, тортишиш ва канал ҳосил қилиш каби) боғлиқ. Макромолекулаларнинг энг муҳим функцияларидан бири информация ташишдир. Маълумки, нуклеин кислоталар (ДНК ва РНК) авлоддан авлодга ирсий ахборотни етказиб беради. Полисахаридлар (крахмал, целлюлоза, хитин, гликоген) функцияси организмда турли хилдир. Улар озуқа захираси, энергия сақлаш, химоя вазифаларини

бажаришади ва структуравий элементлари таркибига киради. Оксилларнинг функциялари ҳам турли туман бўлиб, улар тирикликнинг асосини ташкил қиладилар.

Оксиллар нуклеин кислоталар каби бирламчи, иккиламчи, учламчи ва тўртламчи структураларга эга бўлади. Оксилларнинг бирламчи тузилиши макромолекула занжирида мономерларнинг ковалент боғ орқали бирикиб, кетма-кет жойлашишидан юзага келади. Оксил макромолекуласи занжири пептид боғлар билан ўзаро бирлашган аминокислоталар кетма-кетлигидан ташкил топган. Қуйида пептид боғ келтирилди:



Оксил занжирининг бирламчи структураси ковалент кучлар натижасида ҳосил бўлади. Бу кучлар электростатик табиатга эга ва зарядланган атомлар орасида ҳосил бўлади.

Пептид боғи бир аминокислотанинг карбоксил (COOH) гуруҳи ва иккинчи аминокислотанинг амина (NH₂) гуруҳи иштирокида ҳосил бўлади. Унинг ўзига хослиги шундан иборатки, карбоксил гуруҳдаги углерод атоми ва аминогруппадаги азот атоми орасидаги боғланишда қисман қўшбоғ бўлади ва шу сабабли пептид боғда фазовий айланиш содир бўлмайди. Бошқа боғлар (N - C^α, C^α - C) эса фазода букилиб, айланиш бурчаги билан ифодаланади. Оксил молекуласининг асосий физик- кимёвий хоссалари бирламчи структураси билан аниқланади. Полипептид занжирида аминокислоталар бирин-кетин келиши тартибининг ўзи оксил молекуласининг фазодаги конфигурациясини, занжир шаклини, унинг айрим қисмларининг ўзаро ва бошқа молекулалар билан муносабатини белгилайди. Бу эса оксилларнинг физик-кимёвий ва биологик хоссаларини белгилайди.

Полинг ва Корининг классик ишларида полипептид занжирнинг тузилиши принциплари қуйидагича таърифланган:

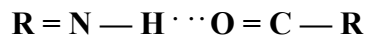
1. Ҳамма пептид гуруҳларнинг боғлар узунлиги ва валент бурчаклари бир хил;
2. Полипептид занжири водород боғлари билан максимал тўйинган бўлиши керак;
3. Полипептид занжирининг конформацияси ҳолатлари эквивалентдир.

Полипептид занжири икки хил конфигурацияда бўлади: α - спирал ва β - спирал (ёки конформация). Аниқланишича, α - спиралнинг бир айланмаси узунлиги 0,54 нм га тенг бўлиб, 3,6 аминокислота қолдиғига тўғри келади. Айланмалар спирал ичидаги водород боғлари билан боғланади.

β - конформация қатланган тузилишга эга бўлиб, параллел занжирлардан ташкил топган бўлади.

Оксилларнинг иккиламчи структураси бирламчи тузилишнинг водород боғлари

ёрдамида букилиши, эгилиши ва спиралланиши натижасида ҳосил бўлади. Қуйида водород боғ келтирилди:



Водород боғланиш тушунчасини биринчи марта Латимер ва Родебуш (1920 йил) ассоцияланувчи моддаларнинг, асосан сувнинг, хусусиятларини ўрганишда киритдилар. Молекуладаги водород атоми - O - H, = N - H, - SH, - CH каби гуруҳлар билан боғланса, - ON, - F, - Cl билан эса махсус боғланиш ҳосил қилади.

Иккиламчи структура макромолекуланинг нафақат фазовий тузилишини, шу билан бирга физик ва физик-кимёвий хусусиятларини ҳам белгилайди. Водород боғлар натижасида макромолекула спирал шаклига келади ва спирал ўнг ва чап томонга ўралган бўлиши мумкин. Бундан ташқари, молекулалараро водород боғланиш тегишли суяқликларнинг ассоциациясини, эрувчанлигини белгилайди.

Оқсилларнинг учламчи структураси гидрофоб, дисульфид, ионли, водородли боғланишлар ва электростатик ҳамда гидроскопик таъсирлар туфайли макромолекула занжирининг тахланиши оқибатида ҳосил бўлади. Натижада глобуляр ёки фибрилляр структура ҳосил бўлади.

Бир-бирига ўхшаш ва ўхшаш бўлмаган икки ва ундан ошиқ суббирликлардан (доменлардан, соддароқ айтсак, полипептидлардан) ташкил топган юқори даражадаги структурага оқсилларнинг тўртламчи структураси дейилади.

Макромолекулаларнинг юқорида кўриб ўтилган структуралар конформациясига атроф муҳитнинг ўзгариши, яъни ҳарорат, pH, турли хил ионлар, айниқса оғир металл тузлари ионлари, органик моддалар ва зарядга эга гуруҳлар кучли таъсир кўрсатади. Натижада макромолекула денатурацияланиб, бошқа конформацион ҳолатга ўтади ва ўзининг физик ва физик-кимёвий хоссаларини йўқотади.

Оқсиллар тузилишининг классификацияси буйича водород боғлари билан туйинган α - спирал ва β - структураларнинг мунтазам қисмлари иккиламчи структураси деб аталади. Полипептид занжирининг конформациялари фазода қай шаклда жойлашиши, унинг қандай ўралганлиги оқсилнинг учламчи структурасини ифодалайди.

Оқсиллар фазовий тузилишининг ўзига хослиги шундан иборатки, полипептид занжири аниқ бир тузилишда бўлиб, биологик функцияларни бажариш учун муҳим бўлган динамик хусусиятларга эга бўлади. Оқсил молекуласининг конформацион ҳолатига ҳар хил ташқи муҳит факторлари таъсир қилади ва шу макромолекулаларнинг функционал ҳолатида ўз аксини топади. Бунда оқсил структураси маълум барқарорликка эга ва бу молекулалар ўзининг конформацион ҳаракатчанлигига эга бўлади.

α - спиралдаги ҳар бир аминокислота қолдиғидаги CO ва NH группалари занжирдаги бошқа аминокислотанинг амина ва карбоксил группалари билан водород боғларини ҳосил қилади. Водород боғлари электр манфий атом (O, N, Cl) га боғланган водородни иккинчи манфий зарядли атомга тортилиши туфайли ҳосил бўлган кучсиз алоқа ҳисобланади. У ковалент боғдан деярли 20 марта кучсиз бўлиб, нуқтали чизик билан кўрсатилади. α - спиралда бу боғлар ҳар бир карбоксил ва тўртинчи NH группа орасида тузилади: α - спираль оқсил молекуласи иккиламчи структурасининг асосидир. Унинг $5,4 \text{ \AA}$ га тенг бир айланмаси (кичик қадами) дан ташқари 5 айланмадан иборат катта қадами ҳам бор. У 18 аминокислота қолдиғига эга бўлиб, узунлиги 27 \AA га тенг. α - спиралнинг водород боғлари (маълум таъсирлар натижасида узилиб) β - структурага ўтади. У ипсимон оқсилларнинг табиий шаклидир (бир айланаси 7 \AA га тенг). Водород боғлари молекулалар орасида, полипептид занжирининг ҳар хил соҳалари орасида бўлади.

Оқсил молекуласининг фазодаги шаклини мустаҳкамлашда унинг полипептид занжирини ташкил қиладиган ковалент (пептид ва дисульфид) боғлардан ташқари катор ковалент бўлмаган алоқалар ҳам иштирок этади. Бўш алоқалар деб аталадиган бу ўзаро кучсиз боғлар қаторига водород боғлари, группаларнинг электростатик муносабатлари, кутбланмаган, гидрофоб группаларнинг ўзаро таъсирлари ва бошқа кучлар киради.

Оқсилларнинг тўртламчи структураси бир нечта бир хил занжирлардан тузилган бўлиб, улар протомерлар дейилади. Унинг бир қисми суббирлик бўлиб, улар бир хил биологик фаолиятга эга булмайди. Суббирликлар бирикиб олигомерни ташкил қилади. Бундай тузилиш гемоглобин ($\text{C}_{3032}\text{H}_{4816}\text{O}_{872}\text{N}_{780}\text{S}_8\text{Fe}_4$, $M_r=64500$, аминокислота қолдиғи: 574та) учун хос бўлиб, у тўртта суббирликдан ташкил топган, яъни α ва β - полипептид занжирлар глобин, темир тутувчи оқсил бўлмаган гемдан иборат. Бу маълум шароитда (туз, рН) α - ва β - суббирликка диссоцияланади, улар орасидаги водород боғлар узилади. Муҳитдан тузлар ва сийдикчил четлатилганда қайтадан тўла молекула синтезланади.

Стереохусусийлик. Биополимерларга стереохусусийлик характерли бўлиб, бу хираллик деб аталади. Макромолекулаларнинг фазода жойлашишида баъзи гуруҳларнинг (радикалларнинг) жойини ўзгариши натижасида стереохусусийлик кузатилади.

Стереоизомер молекулаларда радикаллар ўнг тарафда (D-шакл) ва чап тарафда (L-шакл) жойлашиши билан фарқланади. Стереоизомерлар спектрал анализда турлича характерга эга.

Организмларда стереохусусийлик муҳим аҳамиятга эга, баъзи молекулалар захарсиз бўлса, уларнинг стереоизомери захарли бўлиши мумкин. Стереоизомерлардан D-

аспарагин кислота ширин, L-аспарагин кислота эса таъмсиздир. Протеаза ферменти оксилларнинг D-изомер ҳолатдаги молекулаларига таъсир қилмайди, фақат L-шаклидагиларига таъсир қилади. “Сибир яраси” бактериялари қобиғида D -изомер ҳолатдаги биомолекулалар мавжуд ва протеазалар таъсирига чидамли.

Макромолекулаларда ўзаро таъсирлашувчи кучлар.

Полипептидларининг аниқ конформацияси ҳосил бўлишида водород ва ковалент боғлар, Ван-дер-Ваальс кучлар, электростатик кучлар ва гидрофоб таъсирланишларнинг роли катта. Айниқса, биринчи иккита омил ҳал қилувчи роль уйнайди. Макромолекулаларнинг барқарорлигини уларнинг ташкил этувчи атомлар ва молекулалар орасидаги ўзаро таъсирловчи кучлар белгилайди. Бу кучлар қуйидагилардан иборат:

1. **Диполь-диполь таъсирлашувчи кучлар** Бу кучлар доимий диполь моментига эга 2 кутбли гуруҳлар ўртасида юзага келади..

2. **Диполь-диполь индукцияланган диполь таъсирлашув** Доимий диполь гуруҳ билан кутбсиз гуруҳ ўртасида индукцияланиб юзага келади.

3. **Дисперсион таъсирлашиш кучлари** нейтрал гуруҳлар ўртасида юзага келади.

4. **Электростатик таъсирлашувчи кучлар** манфий ва мусбат зарядларнинг тортишиши натижасида ҳосил бўлади.

5. **Гидрофоб таъсирлашишлар** - сув билан макромолекула ўртасидаги тортишишдан юзага келади.

6. **Ван-дер-Ваальс кучлари** эса молекулалардаги диполь-диполь, дисперсион, электростатик ва диполь-диполь индукцияланган диполь таъсирлашган кучлар йиғиндисидан иборат.

Биополимерларнинг қисмлари (маълум бир гуруҳлари) орасидаги тортишиш, итарилиш ва бошқа кучларга ҳарорат таъсир қилади. Ҳароратнинг кўтарилиши гуруҳлар, звенолар ёки мономерлар орасидаги ўзаро итарилиш кучини оширади, аксинча ҳароратнинг пасайиши эса уларнинг бир - бирига тортилишини кучайтиради. Маълум бир ҳароратда итарилиш кучи, тортишиш кучи билан тенглашиб, бу икки қарама - қарши таъсирланишлар компенсацияланади. Бундай ҳарорат **критик ҳарорат** деб аталади.

Биополимерлар икки фазада ўрам фазаси ва глобула фазаси ҳолатида бўлиши аниқланган. Биополимернинг ўрам фазасида макромолекула аниқ бир структурага эга бўлмайди. Бу ҳолат критик ҳароратга тенг ёки унга нисбатан юқори бўлганда юз беради. Глобула ҳолатида макромолекула ўрамга нисбатан аниқ зич структурага эга ва бу ҳолат

критик ҳароратдан паст бўлганда кузатилади. Бир фазадан иккинчи фазага ўтиш иссиқлик ажралиши билан содир бўлади.

Назорат учун саволлар

1. Биополимерлар қандай тузилишга эга ?
2. Биополимерларни функциялари нимадан иборат ?
3. Стереохусусийлик нима ?
4. Оқсилларнинг фазовий тузилиши.
5. Биополимерларнинг тузилишининг ўзига хос хусусиятлари.

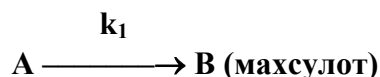
III БИОЛОГИК ЖАРАЁНЛАР КИНЕТИКАСИ

Режа:

1. Кимёвий кинетика асослари
2. Тирик тизимларда термодинамиканинг I ва II қонунлари
3. Стационар ҳолатларнинг барқорорлиги ва биологик триггерлар

Кимёвий кинетика асослари

Кимёвий кинетика асослари кимёвий жараёнлар кечишини белгиловчи қонуниятларни ва уларнинг механизмини ўрганади. Хужайра ва тўқималарда моддалар алмашинувининг тезлиги ҳаётий жараёнларнинг нормал кечиши ва бошқарилишида муҳим роль уйнайди. Кимёвий кинетика назарияси асосида кимёвий реакциялар тезлиги реакцияга киришувчи реагентларнинг фаол массасига пропорционал деб ифодаланувчи Гулберг-Вааге қонидаси ётади. Бу қонидани тенглама кўринишида қуйидагича ёзиш мумкин:



A модданинг парчалануви тезлиги модданинг концентрациясига [A] га мутаносиб, яъни:

$$v = d[B] / dt = k_1 [A]$$

Агар, $m A + n B \xrightarrow{k_1} P \text{ (маҳсулот)}$ кўринишидаги реакция

олинса, реакция тезлиги қуйидагича ифодаланаяди:

$$- dP / dt = k_1 [A]^m \cdot [B]^n$$

Ушбу тенгламалардаги k – пропорционаллик коэффициенти бўлиб, унинг қиймати олинган реагентлар концентрацияси 1га тенг бўлгандаги реакция тезлигига тенг. Тенглама олдида қуйилган (-) ишора, реакция тезлигининг вақт давомида камайиб боришини ифодалайди. Тўғри ва тескари йуналишдаги реакциялар тезлик

константаларининг нисбати $k_{\text{мув}} = k_{+1} / k_{-1}$ **муозанат константаси** деб аталиб, $k_{+1} > k_{-1}$ шароитда, у тўғри реакциянинг тескари реакциядан устунлик қилишини билдиради.

Кинетикада кимёвий реакциялар биринчи, иккинчи, учинчи, нолинчи ва каср тартибли реакцияларга бўлинади. Реакция тартиби реакция тезлигини ифодаловчи тенгламадаги реагентлар концентрацияси даражаларининг йиғиндисидан иборат катталиқ ҳисобланади. Агар $dP/dt = k[A]^1$ бўлса, бу реакция **биринчи тартиб кинетика** асосида боради. $dP/dt = k[A]^2$ бўлса, реакция **иккинчи тартиб кинетика** асосида боради ва кинетик тенгламада концентрация кўрсатилмаган бўлса, бундай реакция **нолинчи тартиб реакция** деб аталади ва $dP/dt = k^0$ кўринишида ифодаланади

Молекулалар реакцияга киришиш олдида фаоллашган ҳолат деб аталувчи конфигурация даврига ўтади. Реакциянинг фаолланиш энергияси фаолланиш энергияси кам бўлса, реакция тез боради. Биологик катализаторлар фаолланиш энергиясини пасайтириш билан химиявий реакцияларни тезлатади. Химиявий реакция тезлигига ҳароратнинг таъсири қуйидаги тенглама орқали ифодаланади:

$$Q_{10} = V_{T+10} / V_T$$

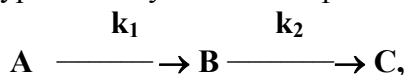
Бунда ҳарорат 10°C га кўтарилганда реакция тезлиги тахминан 2-4 мартагача ортади.

Мураккаб реакциялар кинетикаси Тирик организмда кечадиган реакциялар босқичли, узвий ва бир вақтнинг ўзида боради. Масалан, сут кислотасининг биологик дегидрирланиши қуйидагича ифодаланади:

- 1) $\text{CH}_3 - \text{CHOH} - \text{COOH} + \text{кофермент I} \rightarrow \text{CH}_3\text{CO} - \text{COOH} + \text{тикланган кофермент I}$
- 2) $\text{тикланган кофермент I} + \text{феррицитохром c} (\text{Fe}^{3+}) \rightarrow \text{феррицитохром c} \rightarrow \text{ферроцитохром c} + \text{кофермент I}$
- 3) $\text{феррицитохром c} + \text{кислород} \rightarrow \text{феррицитохром c} + \text{H}_2\text{O}$

Йиғинди реакция: сут кислота + кислород \rightarrow пирозум кислота + H_2O

Реакциянинг оддий занжир кўриниши қуйидагича ифодаланади :



$$d a / dt = k_1 a,$$

$$d b / dt = k_1 a - k_2 b,$$

$$d c / dt = k_2 b,$$

Реакция тезлигининг бошқарилиши

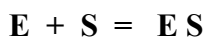
Моддалар алмашинуви жараёни асосида чизикли, тармоқли ва циклик реакциялар ётади. Бу организмни ички ва ташқи шароит ўзгаришларига мослашиш ва барча жараёнларнинг боғлиқлигини таъминлайди. Организмда умумий реакция турида қатнашмайдиган бирорта ҳам модда йуқ. Улар хар хил химиявий ўзгаришларга учрайди ва модда алмашинувини охирги махсулотига айланади. Химиявий реакциялар хар хил эффективликка эга бўлади. Моддаларнинг миқдори хар хил реакцияларнинг йуналишини ҳамда уларнинг қай суръатда кечишини белгилайди.

Кинетик параметрларни қайта таксимланиши организмдаги реакция турларига эмас, фермент концентрациясига, химиявий реакция тезлиги, ҳужайра ички суюқлиги, структураси, ўтказувчанлиги, ўтказувчининг константаси ўзгариши ва бошқаларга боғлиқ бўлади.

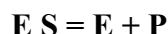
Ферментатив реакциялар кинетикаси

Тирик организмда реакцияларнинг кечиш тезлиги асосан катализаторлар, ферментлар, ингибиторлар ва реакция шароитига боғлиқ. Ферментатив кинетика химиявий кинетиканинг бир бўлими тарзида ферментлар катализ қиладиган реакция тезлигининг реакцияга киришувчи моддалар табиати ва уларнинг таъсир этиш шароитига боғлиқ бўлиши қонуниятларини ўрганади. Маълумки, хар қандай химиявий реакция реакциянинг термодинамик константаси билан характерланади. Бу константа система химиявий мувозанатга эришган ҳолатини ифодалайди. Мувозанат константаси ($k_{\text{к}}$) тўғри (k_{+1}) ва тесқари реакция константаси (k_{-1}) нисбатидан аниқланади, яъни: $k_{\text{к}} = k_{+1}/k_{-1}$

Реакциянинг энг юқори тезлиги (v_{max}) да фермент субстратга туйинган бўлади. Бунда фермент-субстрат комплекси ҳосил бўлади. Бу ғояни 1913 йилда Мехэлис ва Ментенлар ривожлантириб, ферментлар таъсирининг умумий назариясини яратдилар. Бунга мувофиқ фермент ўзининг субстрати S билан нисбатан тез ва қайтар боғланади:



Кейинги реакцияда фермент-субстрат комплекси реакция махсулоти P ва эркин фермент E ҳосил бўлади :



ES комплексининг ҳосил бўлиш ва парчаланиш тезлиги қуйидагича ифодаланади:

$$d [ES] / dt = k_1 ([E] - [ES]) - (d [ES] / dt) = k_2 [ES] + k_3 [ES]$$

Агар, ES нинг ҳосил бўлиш суръати унинг йўқолиш тезлигига тенг бўлса, реакция муозанат ҳолатда (стационар) бўлади:

$$K_1 ([E] - [ES] [S]) = K_2 [ES] + K_3 [ES]$$

Ушбу ифодани ўзгартириш орқали қуйидаги формула олинади:

$$[S] [E] - [ES] / [ES] = K_2 + K_3 / K_1 = K_M \text{ Михаэлис константаси}$$

Михаэлис константаси (K_M) – ферментнинг муҳим характеристикаси бўлиб, унга қараб ферментатив реакция ҳақида хулоса чиқариш мумкин. Михаэлис константаси моль / л билан ифодаланиб, қиймати катта бўлса, ES комплекс осонлик билан парчаланadi ва реакция секин ўтади. Агар (K_M) қиймати кичик бўлса, реакция тез боради.

Реакциянинг бошланғич тезлиги учун ($P=0$ бўлганда) Михаэлис-Ментен тенгламаси қуйидаги кўринишда бўлади:

$$V = V_{MAX} / 1 + K_m / [S] \cdot V_{MAX} / K_M [S]$$

Бу ерда K_M – максимал тезликнинг ярмига мувофиқ субстрат концентрацияси.

Ферментлар рН –кўрсаткичи тор зонасида кучли активлик номоён қилади. Бунда муҳит водород ионлари концентрацияси ўзгариши фермент молекуласининг ионланиш даражасига таъсир қилиб, фермент фаоллигини ўзгартиради.

Ферментатив реакциялар $t = 40-60^0$ С ҳароратда кучли фаолликка эга бўлади. Ҳар бир фермент учун *оптимал ҳарорат кўрсаткичи* мавжуд.

Ферментатив реакцияларнинг тезлиги эффекторлар таъсирида ўзгариши мумкин: активаторлар фермент молекуласи билан бирикиб, унинг фаоллигинини оширади, ингибиторлар эса ферментнинг фаоллигини қайтар ёки қайтмас ингибирланишига олиб келади.

Ферментатив реакцияларда оксил молекуласи - ферментдан ташқари, бир қатор органик ва аноорганик моддалар- кофакторлар иштирок этади.

Тирик тизимларда термодинамиканинг I ва II қонунлари

Термодинамика энергия ўзгаришини белгиловчи қонуниятларни ўрганадиган фан ҳисобланиб, тирик организм ва атроф муҳит ўртасидаги энергетик балансни ҳаётий жараёнларга боғлиқ ҳолда ўрганади.

Термодинамик методлар ўз моҳиятига кўра статистик ҳисобланади. Бунда бирор молекуланинг ҳарорати ва босими эмас, балки бир қанча ўзаро алоқадор бўлган молекулаларнинг термодинамик параметрлари ўрганилади ва макросистема ифодаланади.

Термодинамика уларнинг табиати, механизми ва бошқа шунга ўхшаш ҳолатлари ҳақида тухталмай, фақат энергетик нуқтаи назардан кўриб чиқади.

Хозирги кунда биологияда термодинамиканинг иккита перспектив йуналиши қўлланилади: биринчидан, тирик организмда энергия алмашинувини ҳисоблаш ёки алоҳида системада, иш давомида (масалан: мускул қисқариши, нерв импульсларининг ўтказилиши, осмос) биологик жараёнларнинг фойдали иш коэффициенти, биохимиявий реакциялар энергетикаси; иккинчидан, тирик организмни очик термодинамик система сифатида ўрганиш

Термодинамик система - системани ташкил қилувчи жисмлар орасидаги энергия алмашиши мумкин бўлган система ҳисобланади. Унинг ўлчами доимо уни ташкил қилувчи қисмлар ўлчамидан катта бўлади.

Термодинамика ташқи муҳитга боғлиқ ҳолда системанинг учта типини кўриб чиқади:

1. **Изоляцияланган система** — ташқи муҳит билан ўзаро энергия ва модда алмашинуви содир булмайдиган система.

2. **Ёпиқ система** — ташқи муҳит билан энергия алмашинади, лекин система чегарасида модда алмашинуви содир булмайди.

3. **Очиқ система** — ташқи муҳит билан энергия ва модда алмашинуви содир бўлади. Тирик организм очик система ҳисобланади.

Термодинамик функция Системанинг физик-химиявий табиати термодинамик функциянинг (ҳарорат, босим, ҳажм, энергия, энтропия ва бошқа) ҳолатини ифодалайди. Масса ва микроразрачалар миқдорига боғлиқ бўлган параметрлар (ҳажм, энергия, энтропия) **экстенсив параметрлар** ҳисобланади. Масса ва заррачалар миқдорига боғлиқ бўлмаган параметрлар (босим, ҳарорат, энтропия ўзгариши) **интенсив параметрлар** дейилади.

Энергия бу материянинг асосий ҳаракат шакли ҳисобланади. Энергия системанинг иш бажариш қобилиятини ўзида акс эттиради. Формал равишда энергияни интенсив факторни экстенсив факторга кўпайтириш орқали ифодалаш мумкин. Масалан, механик энергияни PV (P -босим, V -ҳажм), TS (T -ҳарорат ($t+273^{\circ}\text{C}$) S -энтропия), Mm (M - химиявий потенциал, m -масса), EI (E -кучланиш, I -ток кучи).

Термодинамиканинг биринчи қонуни.

Термодинамиканинг биринчи қонунига мувофиқ системада ташқи муҳитдан ютилган иссиқлик ΔQ система ички энергиясини ўзгартириш ΔU ва система бажарадиган (ҳажм ўзгариши ΔV учун ташқи P босимга қарши бажариладиган иш $P \Delta V$ ва кимёвий ўзгаришлар билан ифодаланувчи максимал фойдали иш ΔA_{MAX} ишдан иборат) умумий иш ΔA га сарфланади ва бу қуйидагича ифодаланади:

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta A,$$

Бу ерда иш

$$\Delta A = P \Delta V + \Delta A^1_{\text{MAX}}$$

ёки:

$$\Delta Q = \Delta U + P \Delta V + \Delta A^1_{\text{MAX}}$$

Бунда системадаги иссиқлик миқдорига мос, ҳолат функцияси *энтальпия* ($H = U + PV$) ни киритамиз ва бундан термокимёвий Гесс қонуни келиб чиқади:

$$\Delta H = \Delta U + P \Delta V$$

Бу тенгламага мувофиқ *кимёвий реакциянинг иссиқлик эффекти - ΔQ охири ва дастлабки ҳолатлар энтальпиялари ўртасидаги фарқ билан ифодаланади.*

Термодинамиканинг иккинчи қонуни

Термодинамиканинг иккинчи қонунига мувофиқ қайтар жараёнларда энтропиянинг кичик қийматда ўзгариши ΔS система томонидан ютилган иссиқлик $\Delta Q / T$ га тенг, яъни $\Delta S = 0$, бўлса қайтмас жараёнларда $\Delta S > 0$ бўлиб, умуман $\Delta S > \Delta Q / T$ бўлади. Изоляцияланган системаларда қайтар жараёнлар учун $\Delta Q = 0$, қайтмас жараёнлар учун $\Delta S > 0$ бўлади.

Л. Больцман макроскопик ҳолатэнтропияси ушбу ҳолат жорий этилиш эхтимоллигига боғлиқ деб кўрсатиб, бу w - *термодинамик эхтимоллик* дейилади ва Больцман жараёнларнинг термодинамик эхтимоллиги ва энтропия орасидаги муносабатни қуйидаги формула билан ифодалади:

$$S = k \ln w$$

бу ерда : k — Больцман константаси

w — термодинамик эхтимоллик

Шунингдек, биокимёвий жараёнлар энергетикасида *Гелмгоц эркин энергиси* ($F = U - TS$) ва *Гиббс эркин энергияси* ($G = U + PV - TS$) катта аҳамиятга эга.
 $A = Q \times T_1 - T_2 / T_1$

Стационар ҳолатларнинг барқорорлиги ва биологик триггерлар

Термодинамик система параметрлари (V , P , T , ρ ва бошқалар) муҳит билан ўзаро таъсирлашишда вақт давомида ўзгармаса, система ҳолати стационар ҳолат дейилади.

Термодинамик нуқтаи назардан тирик хужайра очиқ система ҳисобланади. Бу системанинг нормал фаолияти эса системадаги стационар ҳолат барқорорлик мувозанат кўрсаткичига боғлиқ бўлиб, Пригожин теоремаси орқали ифодаланади: *ташқи параметрларнинг ўзгармаслик ҳолида, стационар ҳолатда энтропия ҳосил қилиш тезлиги минимал катталиқка интилади.* И. Пригожин принципига асосан, стационар ҳолатда энтропия ўсиш тезлиги, яъни энтропиянинг вақтга нисбатан олинган функцияси $\Delta S / \Delta t$ қайтмас жараёнлар боришига боғлиқ. Бунда энергетик мувозанат йиғиндиси 2 қарама-қарши оқим: мусбат энтропия- хужайрадан ташқи муҳитга йўналган ва ташқи муҳитдан хужайрага йўналган манфий энтропия қиймати билан характерланади. Биринчи оқим бу хужайрадаги моддалар деградацияси, яъни системадан ажралувчи CO_2 , мочевина, пурин ва бошқа моддалар билан, иккинчи оқим эса эркин энергия билан ифодаланади. Система стационар ҳолатда бўлиши, яъни хужайра нормал ишлаши учун ушбу икки оқим ўртасида мувозанат мавжудлиги таъминланиши лозим. Авторегулятив процесслар бузилиши юқоридаги мувозанат ҳолатини издан чиқариб, системани ҳалокатга олиб келади. Бу жараёнларни хужайрада O_2 диффузиси мисолида кўриб чиқадиган бўлсак, бунда модданинг диффузия оқими термодинамика иккинчи қонунига мувофиқ градиент концентрация асосида Фик қонуни бўйича боради: хужайрага моддаларнинг диффузияланиб киришининг математик ифодаси диффузия тезлиги ($\Delta m / \Delta t$) концентрация градиентига ($\Delta c / \Delta x$) ва модда диффузияланувчи соҳа юзаси (s) га пропорционал бўлади:

$$\Delta m / \Delta t = - D s (\Delta c / \Delta x)$$

Бу ерда D – пропорционаллик коэффициенти деб аталади. Шунингдек, модданинг хужайрага диффузияланиб кириш тезлиги Коллендер ва Берлунд (Collander, Barlund) тенгламасига бўйсинади:

$$\Delta m / \Delta t = k s (C - C_0)$$

Бу ерда, $C - C_0$ – хужайра ичи ва хужайра ташқарисидаги модда концентрацияси, k – сингиш константаси.

Хужайрага O_2 диффузиси юқорида ифодаланган градиент концентрация асосида бориб, хужайранинг кислородга эҳтиёжи, яъни оксидланиш реакциялари қийматига

боғлиқ ҳолда амалга ошади ва бунда CO_2 кўпайиши кузатилса, авторегулятив процесслар ишга тушиб, O_2 нисбатан градиент пасайтирилади.

Термодинамик системанинг қўзғалган ҳолатдан стационар ҳолатга ўта олиш характери стационар ҳолат барқарорлиги критерийси ҳисобланади. Биологик тизимлар кинетикаси бир неча стационар ҳолатлар бир вақтнинг ўзида мавжуд бўлади. Системадаги бу ҳолат системанинг бир стационар ҳолатдан иккинчисига ўтиши, яъни системанинг триггерлик характерини белгилаб беради. Системада стационар ҳолатларга ўтишда кесишиш нуқтаси **бифуркация нуқтаси** деб аталади. Бир неча барқарор стационар ҳолатга эга ва улар ўртасида беқарор нуқта орқали ўтиш имконияти мавжуд бўлган системалар **триггер система** деб номланади.

Триггер ўтишнинг бир неча йўллари мавжуд. Кимёвий реакцияларда реагент концентрацияси оширилганда системадаги триггер ўтиш ҳолатини куч ёки **махсус ўтиш усули** деб аталади ва буни X - ўзгарувчининг таъсир натижасида кескин ўзгариб, тизим сепаратрисадан ўнг томонда жойлашган A нуқта томон сурилиши ҳамда системанинг фазовий траектория бўйлаб A^1 нуқтага ўтиши билан изоҳланади.

Агар система триггер ўтишида фазовий портрет деформацияси кузатилиб, бунда X - ўзгарувчи эмас, балки система параметрлари ўзгарса ва фақат битта стационар ҳолат мавжудлиги тизимига ўтилса, бундай кўриниш- триггер ўтишнинг махсус бўлмаган ёки **параметрик усули** деб номланади. Триггер ўтишлар системадаги барқарор стационар ҳолатлар ва улар ўртасидаги ўтишлар имкони бўлган биопроцессларнинг моделларини тузишда қўлайлик яратади.

Назорат учун саволлар.

1. Биологик жараёнлар кинетикасининг ўзига хослиги.
2. Энтропия нима?
3. Ферментатив реакциялар тезлиги нимага боғлиқ бўлади.
4. Организмда кечадиган реакцияларга активаторларнинг таъсири.
5. Термодинамика ва унинг функциялари.
6. Термодинамика қонунларининг моҳияти нимадан иборат ?
7. Стационар ҳолат барқарорлиги ва триггер ўтишлар қандай таъминланади ?

IV ХУЖАЙРАВИЙ ЖАРАЁНЛАР БИОФИЗИКАСИ

Режа:

1. Хужайра мембраналарининг структуравий тузилиш асослари.
2. Биомембраналарнинг физикавий хусусиятлари

Хужайра мембраналарининг структуравий тузилиш асослари.

Маълумки, барча тирик ҳужайраларнинг ички муҳити ташқи муҳитдан мембрана орқали ажралиб туради. Шунингдек, ҳужайра ичидаги компонентлар (органеллар) ҳам мембрана билан қопланган. Бу уларни ташқи муҳитдан чегаралайди, моддалар танлаб ўтказилишини таъминлайди ҳамда турли хил ташқи таъсирлардан ҳимоялайди.

Биомембраналар (лот. membrana - юпка парда) цитоплазма ва ҳужайра ичидаги структураларни чегаралайдиган, ҳужайра ичида ягона каналчалар, тахламчалар тизимини ҳосил қиладиган, қалинлиги 7 - 10 нм га тенг ҳужайра структурасидан иборат.

Биомембраналар танлаб ўтказувчанлик, эгилювчанлик, қўзғалувчанлик, фагоцитоз, энергия ҳосил қилиш, рецепторлик каби хоссаларга эга.

Биомембраналар структураси оксиллар, липидлар, сув ва аорганик компонентлардан ташкил топган.

Биомембраналар структураси таркибига кирувчи оксиллар хилма - хил бўлиб, уларнинг молекуляр массаси 10.000 -240.000 Д ҳисобланади. Мембранада оксиллар икки қаватли қатламда жойлашишига кўра интеграл ва периферик оксилларга бўлинади. Оксиллар гидрофоб хусусиятига кўра, алоҳида ёки липидга бириккан ҳолда бўлади. Мембранада кам боғланган ноэлектростатик , периферик оксиллар ва липидга боғланган интеграл оксиллар (кўпроқ қисми) ферментатив, транспорт, регулятор ва структура каби функцияларни таъминлайди.

Мембранада оксил молекулалари углеводлар билан гликопротеинларни ёки липидлар билан бирикиб, липопротеинларни ҳосил қилади. Оксиллар ҳужайра курук массасининг 10-15% ни, липидлар 25-75 % ни ташкил қилади. Липидлар одатда 14-22 углерод атомларидан иборат бўлиб, фосфолипидлар, гликолипидлар ва стероидлардан ташкил топган. Фосфолипидлар икки қисмдан: бош қисми, яъни қутбланган гидрофил ва гидрофоб дум қисмлардан ташкил топган. Бош қисми фосфор кислотаси қолдиғи, гидрофоб қисми углеводородлар қолдиғидан ташкил топган. Липидлар ҳужайра мембранасида икки қават (қалинлиги 3,5-4,0 нм) ҳосил қилиб жойлашади.

Сув мембранада боғланган, эркин ва кам боғланган формаларда бўлади. Ички боғланган сув (алоҳида молекулалар ҳолида) углеводород молекулалариаро жойлашиб, ЯМР- спектроскопияда корреляцион вақти:

$\tau_c = 10^{-7}$ сек ни ташкил этади. Боғланган сув гидрат қобик ҳолида липид ва оксил қутбли қисмларида жойлашиб, осмотик нофаоллиги учун эрутувчимас. Эркин сув изотроп ҳаракатчан кўринишда бўлиб, липид қатламлар орасида жойлашади.

Биомембраналарнинг тузилишига оид ҳозирги замон тасаввурлари

Мембраналарнинг тузилиши, унда биомолекулаларнинг жойланиши кўп йиллар давомида ўрганилиб, ультраструктураси ҳақида бир қатор илмий қарашлар вужудга келган. Мембрана табиатига кўра жуда мурраккаб система бўлиб, унинг хусусиятларини белгилаш мақсадида турли хил моделлар таклиф қилинган. Бунда қуйидаги омилларга алоҳида эътибор қаратилади:

- мембрананинг асосий таркибий қисми фосфолипид ва оқсил моддалардан иборат,
- оқсил молекулаларининг гидрофоб қисми липидлар томонга, гидрофил қисми сув томонга тортилади,

- фосфолипидлар мембранада бир хил тарқалмаган бўлиб, холин гуруҳига эга бўлганлари мембрана ташқарисида, аминогруппага эга бўлганлари мембрана ичкарасида жойлашган.

- мембрана оқсиллари 40% и α - спирал шаклида бўлади.

Гертер ва Грендел (1925), Даниэлли - Дэвсон (1935) биомембрана модели яратишди, Робертсоннинг (1957) универсал моделида эса барча мембраналар бир хил тузилишга эга эканлигини кўрсатиб берилди.

Биомембраналарнинг физикавий хусусиятлари

Биомембраналар фаол система, у хужайранинг ташқи муҳит билан ўзаро муносабатларини, турли хил моддаларни, жумладан ионларни танлаб ташқи муҳитдан ичкарига кириши ва ичкаридан ташқарига чиқарилишини, гормонлар ва бошқа бошқарувчи молекулаларнинг боғланишини, ферментлар катализлайдиган турли реакцияларнинг кечишини, электр импульсларнинг ўтказилишини таъминлайди. Хар бир мембрана ўзи учун хос бўлган функцияни бажаради. Умуман мембраналарнинг структураси маълум вазифани бажариш учун унга мослашган бўлади.

Николсон назариясига кўра, суюқлик – мозаика модели асосида липид қўшқавати ёнга, диффузия, айланма, баъзан флип-флоп (арғимчоқ) ўтишлар каби ҳаракат қилади.

Мембранада системалар иккита асосий фаза ҳолатида бўлиши мумкин:

- 1) қаттиқ икки қатламли кристалл (гел) ҳолат,
- 2) суюқ кристалл ҳолат.

Иккала ҳолатда ҳам липид фазасининг икки қатламли структураси сақланиб қолади. Мембрана қиздирилганда қаттиқ фазанинг суюқ фазага нисбати ўзгаради. Мембранани ташкил қилган фосфолипидларнинг ярим миқдори қаттиқ ва иккинчи ярми суюқ бўлган ҳолатни белгилайдиган ҳарорат **фазали ўтиш ҳарорати** дейилади. Бу

харорат липидларнинг углеводород занжири узунлиги ва унинг туййиниш даражасига боғлиқ.

Шу занжирларнинг узунлиги ошиши билан фазали ўтиш харорати ҳам ошади ва туййиниш даражаси камайиши билан бу харорат пасаяди.

Фазали ўтишда содир бўладиган ўзгаришлар асосида липидларнинг углеводород занжирларининг фазовий ўзгаришлари ётади. Гел - суяқ кристалл ўтишда углеводород занжирлари транс ҳолатидан тартибсиз ҳолатига ўтиш содир бўлади. Бунда бир липид молекуласи эгаллайдиган юзанинг қиймати ошади ва углеводород қатламининг қалинлиги камаяди.

Назорат учун саволлар

1. Хужайра биофизикаси нимани ўрганади?
2. Биомембраналар қандай тузилган?
3. Мембраналар қандай хусусиятларга эга?
4. Мембраналарнинг функцияси нимадан иборат?

V МОДДАЛАРНИНГ БИОМЕМБРАНАЛАР ОРҚАЛИ ТАШИЛИШИ

Режа:

1. Диффузия ва ўтказувчанлик. Оддий ва осонлашган диффузия.
2. Пассив ва актив транспорт.
3. Ион каналлари ва ионофорлар.

Диффузия ва ўтказувчанлик. Оддий ва осонлашган диффузия.

Диффузия алоҳида молекула ва ионларнинг тартибсиз ва спонтан харакатига боғлиқ. Масалан, аммиакни сувли эритмаси солинган идишни оғзини очиқ қолдирсак, маълум вақтдан кейин бутун хонага унинг ўткир ҳиди тарқалиб кетади. Бу жараён аммиак молекулаларини диффузияланиши билан тушинтирилади. Бунда молекула ва ионлар юқори концентрацияли томондан паст концентрацияли томонга харакатланади Шу билан бирга улар хар хил йуналишда ҳам харакатланиши мумкин (Браун харакати). Диффузияда хар бир молекула типи ўзининг концентрация градиенти бўйича харакатланади. Масалан, ўпкада кислород қонга диффузияланади, шу билан бир вақтда углерод (II) - оксиди қондан альвеолаларга диффузияланади. Ёғда эрувчи моддалар мембраналарнинг липид асосида эриб, ундан осонлик билан ўтади. Сув ва сувда эрувчи диаметри кичик ионлар

мембранадан хар икки томонга ўта олади. Сувда эрувчан йирик моддалар, масалан, органик кислоталарнинг анионлари мембранадан ўта олмайди. Уларнинг транспорт механизмлари бошқача тарзда кечади.

Баъзи молекулаларнинг ўтказилиши фақат уларни ўтказгич билан боғланишидан кейин руй беради. Моддаларни ўтказгич ёрдамида ўтказилишида, ўтказгич ўтказилаётган модда билан диффузияланади.

Моддаларни мембрана орқали диффузияланиши (Нернст -Планк тенгламаси) тенгламаси орқали ифодаланади :

$$J = P (C_2 - C_1)$$

$$P = Dv / h$$

P -мембрананинг моддага нисбатан ўтказувчанлиги

C_1, C_2 - модда концентрациялари,

D - диффузияланиш константаси,

v - таксимланиш константаси,

h - мембрананинг қалинлиги.

Хужайрада кечаётган бир қатор жараёнлар (қўзғалиш, АТФ синтези, ионли таркибини сақлаш ва бошқалар) мембраналар орқали модда ўтиши билан боғлиқ.

Пассив ва актив транспорт

Нейтрал молекулалар ва ионларни мембрана орқали ўтказилиши пассив ва актив транспортга бўлинади.

Актив транспорт энергия сарфланиши билан юз беради. Бу энергия АТФ гидролизланиши ёки митохондрида нафас олиш занжири орқали электрон ўтказилиши ҳисобига ҳосил бўлади. Актив транспортда кимёвий ёки электрокимёвий потенциал $\Delta\mu = 0$ ёки $\Delta\mu > 0$ бўлиб, модда электрокимёвий потенциал градиентига қарши йўналишда ташилади.

Пассив транспорт энергия сарф бўлиши билан боғлиқ эмас ва электрокимёвий потенциал қиймати $\Delta\mu < 0$ бўлиб, моддаларнинг электрокимёвий потенциали паст бўлган томонга диффузияланиши натижасида содир бўлади.

Пассив транспортда молекулалар бошқа молекулаларга нисбатан мустақил ўтади ва концентрацион тўйиниш руй бермайди.

Ион каналлари ва ионофорлар

Мембранада ионларнинг ўтиши махсус оксиллар орқали амалга ошади, улар **ион каналлари** дейилади. Ион каналларининг дарвозаси очилганда ионлар хужайра ичига ёки

хужайра ташқарисига ҳаракатланади.

Ионофор молекуларлари ҳалка шаклида бўлиб, ҳалка марказида ион жойлашади. Молекула мембранадан ўтганда, ионни хужайра ичига олиб киради. Ионофорлар жуда хилма хил бўлиб, ҳар бир ионофор молекуласи фақат битта ионни олиб ўтиши мумкин. Масалан, валиномицин K^+ ионларини олиб ўтади.

Қўзғалувчан тўқималар фаолияти учун уларнинг мембраналарида Na^+ , K^+ , Cl^- , Ca^{++} ионларини ўтказувчи махсус каналлар бўлиши катта аҳамиятга эга. Улар селектив, ўзига хос ва ўзига хос бўлмаган каналларга бўлинади. Танлаб ўтказувчи каналдан ионлардан фақат биттаси ўтиши мумкин. Бундан ташқари, хужайраларда *туташиган транспорт* содир бўлиши мумкин. Бунда бир ионнинг электрокимёвий потенциалга қарши ўтказилиши иккинчи ионнинг электрокимёвий потенциали пасайган томонга ўтказилиши ҳисобига амалга ошади. Носпецифик каналлар доимо очиқ туради.

Назорат учун саволлар

1. Моддалар хужайра мембранаси орқали қандай ўтказилади?
2. Ион каналлари деб нимага ийтилади?
3. Ионофорлар нима? Унинг ишлаш механизми қандай?
4. Актив транспорт нима?
5. Пассив транспорт ва унинг турлари.

VI БИОЭНЕРГЕТИКА

Режа:

1. Боғловчи мембраналар (хлоропластлар, митохондриялар, аэроб микроорганизмлар ва фотосинтез қилиш хусусиятига эга бўлган бактериялар).
2. Энергия трансформацияланишининг механизмлари.
3. Митчелнинг хемиосмотик назарияси.

Боғловчи мембраналар

Энергиянинг тарсформацияланиши *боғловчи мембраналар* деб аталган митохондрия ички мембранаси, хлоропластлар тилокоид мембранаси, микроорганизмлар хужайра мембраналари фаолияти асосида амалга ошади.

Хужайравий жараёнлар ёруғлик энергияси, кимёвий боғларда тўпланган энергия кабиларнинг АТФ молекуласида макроэргик боғлар формасига ўтиши ҳисобидан таъминланади. Бунда АДФ нинг *фосфорланиш* орқали АТФ га айланиши митохондрия, хлоропласт, микроорганизмлар хужайра мембраналарида амалга ошади. Бу жараён митохондрия ички мембранаси ва аэроб микроорганизмларда *оксидланиш* –

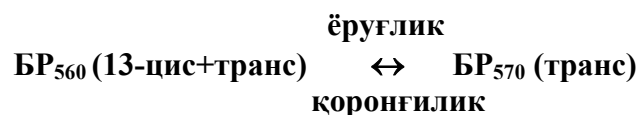
фосфорланиш тарзида, хлоропластлар тилокоидларида ва фотосинтез қилиш хусусиятига эга бўлган бактерияларда **фотофосфорланиш** йўли билан боради.

Ўсимлик хужайраларида қуёш нури таъсирида **фотосинтез** жараёни содир бўлади. Бунда қуёш нури энергияси энергияга айланади. Бу энергия органик моддаларда жамғарилади. Глюкозанинг энергияси оксидланиш жараёнида қисман иссиқлик, қисман АТФ нинг макроэргик боғланишлар энергиясига айланади.

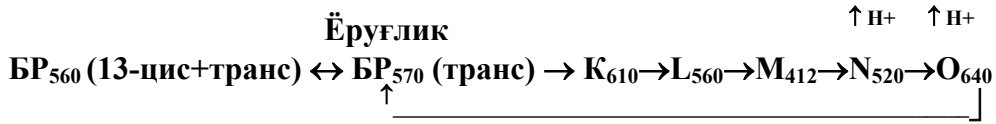
Halobacterium halobium микроорганизмлар турига кирувчи галофит арғувон бактериялар кўринувчи нур таъсирига нисбатан ижобий фототаксис қобилятига эга бўлиб, мембранасида пигмент формасида бактериорадопсин молекуласи жойлашганлигини В.Стокениус (1971 йил) аниқлаган. Бактериорадопсин молекуласи структурасига кўра протеин - радопсин +retinal комплексида ташкил топган. Арғувон мембранада ягона оксил- опсин 75-80 % α -спирал ҳолатида бўлиб, нур энергиясидан протонни мембарана орқали ташиш асосида АТФ синтезини таъминлайди. Бактериорадопсиннинг гидрофоб оксил комплекси арғувон мембранада катъий тартибда жойлашган. Арғувон мембрана диаметри 0,5 мкм дисксимон структурага эга бўлиб, қалинлиги 5-6 нм, молекуляр массаси 26 000 Д, нур ютиш спектри 570 нм ни ташкил қилади. Бактериорадопсин мембрана липидлари билан бирга H^+ ионларининг рН градиентига қарши транспортини амалга оширади. Бунда H^+ насоси АДФ фосфорланиши ва Na^+ насоси фаолиятига боғлиқ ҳолда ишлайди. Арғувон бактерия мембранаси кристалл ҳолатга яқин тузилишга эга бўлиб, бактериорадопсин унда симметрик триадалар ҳолида 12-14 та липид молекулалари билан қатламда гексоганал кўринишда жойлашади. Арғувон мембрана таркибига 75 % оксил, 25 % липид (шундан 60%и фосфолипидлар, 15% и гиколипидлар, жумладан фосфатидилгицерасульфат) лар кириди.

Ёруғлик ютилганда e^- ретинал гуруҳлари бўйлаб ташилади. Протоннинг ёруғлик индукцияси таъсирида бактериорадопсин 570 оралик формаларга ўтиб, H^+ ташийди ва охирги босқичда ўз ҳолига қайтади. **ну квант** ютилганда битта цикл амалга ошади ва битта протон ташилади. e^- ва H^+ ташилишида активланиш энергия тўсиғи устидан эмас, балки остидан ўтиши, яъни квант-механикавий ўтиш **туннел эффекти** деб номланади.

Бактериорадопсиннинг нур квантига нисбатан 2 ҳолатда (ёруғликка мослашиш ва қоронғига мослашиш) бўлиши қуйидагича ифодаланади:



Бунда релаксация ёруғлик нури миқдорига боғлиқ тезликда амалга ошади. Оралик ўтишлар **К** дан **О** гача харфли белгилар билан ифодаланиб, бактериорадопсиннинг фотохимёвий цикли умумий кўринишда қуйидагича ифодаланади:



Умумий ҳолатда бактериорадопсин нур кванти таъсирида конформацион ҳолатларини ўзгартириш орқали протон ташилишини таъминловчи фотоэлектрик протон генератори сифатида ишлайди.

Энергия трансформацияланишининг механизмлари

Митохондриял e^- ташиш жараёни редокс ўзгариш характерига эга бўлиб, бу НАДН, НАДФН, ФМН, ФАД, коэнзим Q, цитохром (а, в, с) каби бирикмалар иштироки мажмуидан иборат мураккаб система ҳисобланади. Цитохромда $Fe^{2+} \leftrightarrow Fe^{3+}$ ҳолидаги ўтишлар ва FeS марказларида кечадиган редокс реакциялари мембрана оксиллари орқали координацияланиб турувчи, гемга боғлиқ бўлмаган темир ионлари томонидан таъмин этилади.

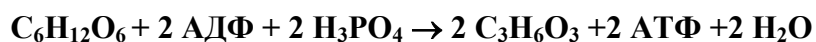
Организмда кечадиган узлуксиз ҳаётий жараёнлар энергия сарфланиши билан амалга ошиб, бу энергия асосан АТФ молекуласи кимёвий макроэргик боғлари тарзида тўпланган энергия ҳисобига амалга ошади. АТФ молекуласи нуклеотидлар қаторига кириб, унда азот асоси (аденин), углевод (рибоза) ва учта фосфат қолдиғи мавжуд. АТФ тирик организмда H_2O таъсирида ферментатив гидролизланиб, умумий ҳолда қуйидагича ифодаланади:



АТФ хужайрада митохондрияларда глюкоза ҳисобига синтезланиб туради. Бу жараён икки босқичда боради:

1. Гликолиз (кислородсиз) босқичи,
2. Кислородли босқич.

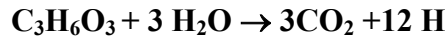
Гликолиз босқичи умумий кўринишда қуйидагича ифодаланади:



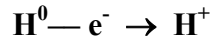
Бу жараён конвейер ҳолатдаги ферментатив реакциялар кетма- кетлигидан иборат. Ҳосил бўладиган 200 кЖ / моль энергиянинг 60 % и иссиқлик ҳолида сочилади, 40 % и

эса АТФ нинг макроэргик кимёвий боғларида тўпланади.

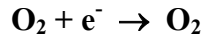
Кислородли босқичда ферментлар, H_2O , оксидловчилар, электрон ташувчилар, O_2 иштирок этади ва умумий кўриниши қуйидагича ифодаланади:



Бунда ҳосил бўлган CO_2 чиқиб кетади. Н мембранада оксидланади:



H^+ -протон ва e^- мембрана қарама-қарши томонига ўтказилиб, O_2 билан бирикади:



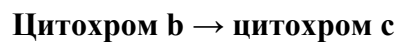
e^- ларнинг нафас занжири буйлаб ташилишида ажралган энергия занжирнинг фосфорланишли боғлаш механизми орқали АТФ шаклига ўтказилади. Боғловчи соҳалар ёнма-ён жойлашган икки компонент ўртасидаги редокс потенциал фарқи билан характерланади. Редокс жуфтнинг электрон бериш хусусиятини белгиловчи *реал редокс потенциал* қуйидаги формула билан ифодаланади:

$$E_h = E_m + (RT / nF) \ln [\text{оксидланиш}] / [\text{қайтарилиш}]$$

Бу ерда E_h – реал редокс потенциал,

E_m - ўрта нукта потенциални ифодалайди.

Нафас занжирида эркин энергиянинг ўзгариш қиймати: $\Delta G = - nF \Delta E_h$ га тенг бўлади ва АТФ синтези қуйидаги соҳалар оралиғида жойлашади:



Чунки, АТФ синтезида $\Delta G = 40 \text{ кЖ} / \text{моль}$ бўлса, унга мос ташилувчи e^- ларнинг $\Delta E_h = 0,2 \text{ В}$ қиймати ушбу ораликларга туғри келади.

Нафас занжирида $2 \text{e}^- \rightarrow \text{O}$ (атомар кислород) ўтиш ҳолатида синтезланадиган АТФ молекуласи миқдори *фосфорланишнинг термодинамик самарадорлиги* деб аталади ва қуйидагича ифодаланади:



Энергия трансформацияси П.Митчел (1961 йил) *хемиосмотик назариясига* кўра, зарядлар ажралишини таъминловчи, мутлоқ ёпиқ мембранавий курилма кўринишига эга. Боғловчи мембранада H_2 -донори заряд ажратиб, цитохром - с митохондрия ички боғловчи мембранаси ташқарисида оксидланади. 2H^+ мембрана ички томонида қолиб, 2e^- электрон акцептори В (O кислород) га ташилади. Акцептор митохондрия матрискидан 2H^+ ни бириктириб ВН_2 га қайтарилади. Бу жараёнда *H^+ электрокимёвий градиенти ($\Delta \mu_{\text{H}}$)*

вужудга келади.

Митчел *хемиосмотик назарияси* куйидаги постулатларни ўз ичига олади:

1. Фотосинтетик e^- ташиш ва нафас занжири H^+ ни боғловчи мембраналар орқали таъминланади.
2. H^+ ташувчи насос сифатида АТФ синтетаза тескари йуналишда ҳам ишлайди.
3. Боғловчи мембрана H^+ ўтказувчанлиги протонофор таъсирида ошади.
4. Боғловчи мембрана $\Delta \mu_{H^+}$ қиймати катта бўлган ҳолатда ҳам, мембрана барқарорлигини таъминловчи махсус тизимга эга.

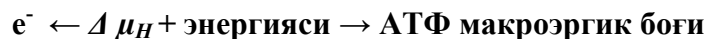
Митчел назариясига кўра, боғловчи мембраналарда энергия трансформацияси *дастлабки босқичи*да e^- ташилиши энергияси H^+ ларнинг электрокимёвий потенциаллар фарқига айланади ва куйидагича ифодаланади:

$$\Delta \mu_{H^+} = F \Delta \phi_m + RT \ln \left(\frac{[H^+]_1}{[H^+]_2} \right)$$

Бунда $\Delta \phi$ – боғловчи мембранадаги электр потенциаллар фарқи.

Шунингдек, $\Delta \mu_{H^+} / F$ (**B**) ифода *протон харакатлантирувчи куч* деб аталади.

*Кейинги босқич*да эса куйидаги жараён амалга ошади:



Бунда ($e^- \leftarrow$) ифода АТФ синтези билан бир вақтда $\Delta \mu_{H^+}$ энергиясининг бир қисми мембранада моддалар транспорти, механик иш кабиларга сарфланишини англатади.

Ушбу жараёнда куйидаги ҳолатлар характерли хисобланади:

$\Delta \mu_{H^+}$ энергияси = 0 (АТФ синтезланади),

$e^- \rightarrow \Delta \phi$ ўтиш (мембрана потенциали ҳосил бўлади),

$\Delta \phi \rightarrow$ макроэргик боғ (АТФ синтезланади),

макроэргик боғ $\rightarrow \Delta \phi$ (АТФ гидролизланади, мембрана

потенциали пайдо бўлади),

Боғловчи мембраналарда $\Delta \mu_{H^+}$ энергияси \rightarrow АТФ макроэргик боғи

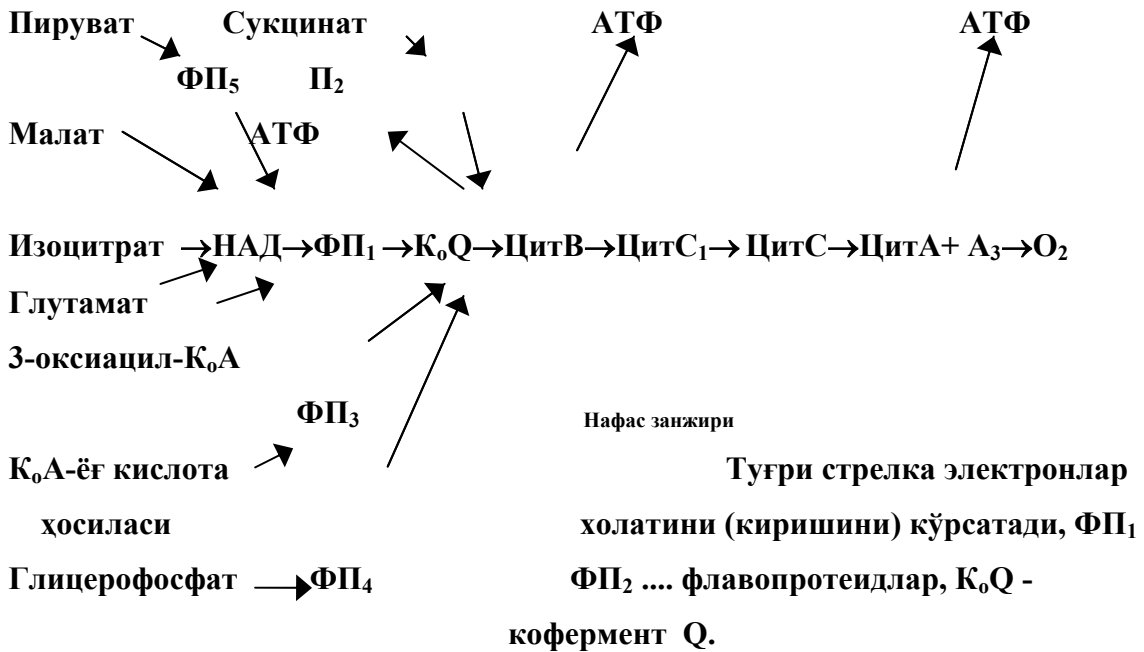
ҳолидаги ўтиш *ташқи энергия иштирокисиз* амалга ошиш механизмини П.Бойер ва Д.Уокерлар кашф этишган.

Митохондриялар нафас олиш жараёнини оксидланиш билан борадиган фосфорланишдан ажратиб қўювчи моддалар мавжуд бўлиб, улар *ионофорлар* ва *протонофорлар* деб аталади.

Ионофорлар ион билан вақтинча бирикиб комплекс ҳосил қилади, мембрананинг иккинчи томонига ўтганда эса комплекс ионофор ва ионга парчланади. Протонофорлар эса H^+ ни мембранананг ўтказиши, натижада мембрананинг протон қаршилигини 0 ёки

деярли 0 даражага тушириб қўяди. Улар водород иони билан липофиль комплекслар хосил қилади.

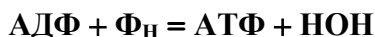
Нафас занжирида электронларни ташилиши АТФ нинг макроэргик молекулаларига боғлиқ ҳолда кечади, яъни оксидланишли фосфорланиш рўй бериб, бу жараён митохондрияда кечишини Ленинджер аниқлаган. Нафас занжиридаги муҳим соҳалар қуйидагича умумлаштирилади:



Изоляцияланган интакт митохондриялар нафас олиш жараёнида ўзини ўраб турган муҳитдаги баъзи катионларни аккумуляция қилиш хусусиятига эга. Са²⁺ ионлари тўпланиши ва е⁻ ташилиши жараёнлари ўртасида стехиометрик боғлиқлик мавжуд (Росси ва Ленинджер).

НАДН ни кислородга ташувчи ҳар бир электронлар жуфтига 5та Са²⁺ иони туғри келади, захира энергия бўлган ҳар бир соҳага ўртача 1,7 дан туғри келади. Муҳитдан Са²⁺ ионининг чиқиб кетиши билан бир вақтда ҳар бир соҳадан ҳам 1 фосфат молекуласи стехиометрик равишда чиқиб кетади. Са²⁺ ионининг транспортида АДФ фосфорланиши юз бермайди. Бу иккита алоҳида алтернатив жараён бўлиб, электрон ташиш энергияси митохондрия томонидан фақат Са²⁺ тўпланиши учун ёки АТФ синтези учун сарфланиши мумкин. Митохондрияларнинг Са²⁺ ва фосфат ионларини тўплаш ва зарур пайтда чиқариш хусусияти уларга *биологик кальцийланиш* ва *декальцийланиш*да иштирок этиш имкониятини яратади. Нафас олиш жараёнига боғлиқ икки валентли Са²⁺, Mn²⁺, Sr²⁺

ва бир валентли K^+ ва Na^+ ионларининг тўпланиши муҳим функционал рол ўйнаб, матриксада бу ионларнинг тўпланиши митохондриядан эквивалент миқдордаги H^+ ионларининг муҳитга чиқарилишига олиб келади. Бу маълумотларнинг барчаси кимёвий уйғунлашувнинг альтернатив гипотезаси- хемиосмотик назария учун асос булади. Электрон ташилиш энергияси хисобига яратилган энергияга бой H^+ иони градиентининг мавжудлиги ҳақидаги ғоя АТФ нинг АДФ ва фосфатдан ҳосил бўлиш жараёнини тушунтиради. Бу жараёндегидратация реакцияси сифатида ифодаланади:



Бу реакциянинг эркин энергия ўзгариши $\Delta G^{0'} = +7,3$ ккал бўлиб, реакция катта тезликда АТФ ҳосил бўлиш томонига силжийди.

Митчелл назарияси бўйича, фосфат ва АДФ дан сувни тортиб оладиган АТФаза митохондрия мембранаси юзасига шундай жойлашганки, бунда АДФ ва фосфатдан сув молекуласи H^+ ва $ОН^-$ ионлари кўринишида ажралади, бу ионлардан биринчиси рН нисбатан юқори қийматга эга бўлган митохондрия ички бушлиғига тушади, иккинчиси эса - рН жуда паст бўлган ташқи бўшлиққа тушади. Шунга қарамай, сувнинг ион йиғиндиси жуда кам ($KW=[H^+][ОН^-]=1 \times 10^{-14}$) АДФ ва фосфатдан ажралиб чиққан H^+ ионлари митохондриянинг ички бўшлиғида мавжуд бўлган кўп миқдордаги $ОН^-$ ионлари билан эффектив боғланиб, сув ҳосил қилади, ташқи юзада бўлган $ОН^-$ ионлари эса ташқи муҳитдаги H^+ ионларининг кўп миқдори билан боғланади.

H^+ ион трансмембран градиенти жуда юқори бўлмайди, чунки система стационар ҳолатда бўлиб, унда градиентнинг ҳосил бўлиш тезлиги АТФ ҳосил бўлиши эвазига унинг парчланиш тезлигига тенг бўлади. Хемиосмотик гипотезани тасдиқлови ёки шунга мос келувчи фактлар мавжуд.

Назорат учун саволлар.

1. Хужайра фаолиятида энергиянинг ўрни.
2. Хужайрада энергияни боғловчи мембраналар
3. Митохондрия нафас занжири.
4. Митчеллнинг хемиосмотик назарияси.
5. Хужайрада энергия алмашинуви қандай кечади?

VII НЕРВ ТОЛАСИ БЎЙЛАБ ҲАРАКАТ ПОТЕНЦИАЛИНИ УЗАТИЛИШИ.

Режа:

1. Биоэлектрик потенциалларнинг келиб чиқиши ва турлари.
2. Синапсларнинг тузилиши ва функцияси.
3. Постсинаптик потенциаллар. Миниатюр потенциаллар.

Биоэлектрик потенциалларнинг келиб чиқиши ва турлари

Хужайранинг қўзғалиши, хужайра ичидаги жараёнларнинг бошқарилиши, нерв системасининг ишлаши ва мускуллар қисқаришининг бошқарилиши асосида тирик тўқималар ва хужайраларда электр потенциаллар генерацияланиши ва уларнинг тарқалиши ётади.

Хужайрада биопотенциаллар ҳосил бўлишининг механизмларини хужайра электрофизиологияси усуллари (микроэлектрод усули, биопотенциалларни кучайтириш ва бошқалар) ёрдамида ўрганилган.

Хужайра ичидаги бир валентли ионлар (Cl^- , K^+ , Na^+) концентрацияси унинг ташқи муҳитдаги концентрациясидан фарқланади. Бу ионларнинг тақсимланишида қуйидаги омиллар алоҳида ўрин эгаллайди:

1. Хужайра ичида манфий зарядланган, Na^+ , K^+ ва Cl^- га нисбатан катта органик анионлар мавжудлиги.
2. Хужайра мембранасидаги Na^+ ионини хужайра ташқарисига ва K^+ ионини хужайра ичига ташийдиган актив транспорт системаси борлиги.

Тинчлик потенциали. Хужайранинг ичида ва ташқи томонида ионлар концентрациясининг тенг эмаслиги ва мембрананинг турли ионларга нисбатан ўтказувчанлигининг ҳар хил бўлиши хужайра цитоплазмаси ва ташқи муҳит орасида электр потенциал ҳосил бўлишига олиб келади. Хужайранинг тинч ҳолатида ҳосил бўладиган электр потенциал **тинчлик потенциали** дейилади. Нерв хужайралари ва толаларининг ички электр потенциали тинч ҳолатда - 70 Мв га тенг. Тинчлик потенциали асосан K^+ ионларининг асимметрик тақсимланишига боғлиқ. K^+ ионининг мувозанатли потенциали унинг қарама - қарши оқимлари тенглашгандан кейин ҳосил бўлиб, Нернст формуласи билан ифодаланади.

$$E_K = RT / F \ln [K^+]_{\text{ташқи}} / [K^+]_{\text{ички}}$$

Тинчлик потенциали нафақат калийнинг мувозанатли потенциали, балки натрий ва хлор ионларининг мувозанатли потенциаллари ҳисобига ҳам ҳосил бўлади. Шунинг учун мембрананинг умумий потенциали шу ионларнинг мувозанатли потенциаллари йиғиндисига тенг бўлади.

$$E = E_{K^+} + E_{Na^+} + E_{Cl}$$

Хужайра ичидаги ва ташқарисидаги ионлар миқдорида энг кўп фарк бўлган катион калийдир. Цитоплазма суюқлигида K^+ иони миқдори ташқаридагига нисбатан 50 марта кўп. Хужайралараро суюқликда Na^+ катионлари хужайра ичидагидан 11 марта кўп.

Cl^- анионининг хужайра ичидаги миқдори ташқаридагидан 20-100 марта кам.

Ҳаракат потенциали Нерв, мускул ва баъзи хужайралар таъсирланиш натижасида қўзғалади, уларда ҳаракат потенциали вужудга келади, яъни мембрананинг жуда қисқа вақт давом этувчи акс қутбланиши юз беради

Деполаризация чўққисига етгандан кейин реполяризация бошланади, мембрананинг потенциали асли ҳолига келади.

Баъзи нерв ва мускул толаларида реполяризациянинг охириги қисми анча чўзилади. Реполяризация бошланиб, тахминан 1 мс ўтгандан кейин чизик букилади ва потенциалнинг тикланиши секинлашади. Бу вақтда мембрананинг потенциали тинчлик потенциалига нисбатан манфийроқ бўлади. Нерв ва кўндаланг тарғил мускул толаларининг ҳаракат потенциали 0,5 - 5 мс га тенг. Гиперполяризация ҳодисасининг рўй бериши реполяризация фазасида калийга нисбатан ўтказувчанлиги ошиб кетиши билан тушунтирилади.

Ҳаракат потенциалининг вужудга келиши нерв ва мускул толалари мембранасининг натрий ва калий ионларига нисбатан ўтказувчанлигининг ўзгаришига боғлиқ. Таъсирловчи мембаранани оз миқдорда деполаризацияга учратади. Бу бошланғич деполаризация натрий каналларининг бир қисмини очиб хужайра ичига қаратилган кучсиз натрий оқимини ҳосил қилади. Оқим деполаризацияни кучайтиради, очилган каналлар сони кўпайиб, мембрананинг натрий катионлари учун ўтказувчанлиги 10-20 баравар ошиб кетади. Натижада натрий ионлари электр кимёвий градиент буйича хужайра ичига кира бошлайди. Мембрана ички юзаси ташқи томонга нисбатан мусбат зарядга эга бўлиб қолади. Бу ҳаракат потенциалининг деполаризация босқичи ҳисобланади. Каналларнинг очилиши хужайра ичига қаратилган натрий оқимини ҳосил қилади. Бу деполаризацияни кучайтиради ва бошқа каналлар очилишига олиб келади. Натрий катионларининг хужайрага жуда тез кириши деполаризацияни чўққисига етказиши. Инактивацион дарвозалар ёпилиши билан натрий оқими тухтайди. Шу вақтнинг ўзида деполаризация натижасида калий каналлари секин очилади ва ташқарига қаратилган калий оқими тезлашади ва мембаранани реполяризациялайди. Калий оқими давомли бўлса, мембрана гиперполяризация ҳолатига ўтиши мумкин.

Синапсларнинг тузилиши ва функцияси

Нерв хужайралари ўзaro ва мускул, секреция безлари хужайралари билан синапслар орқали бирикади. Синапслар ҳаракат потенциали узатилишини таъминлаб, бу жараён пресинапстик мембранадан нейромедиатор ажралиб синапс оралиғига тушиши ва постсинапстик мембранани кўзғалган ёки тормозланган ҳолатга олиб келиши тарзида кечади. Синапслар тузилиши ва функциясига кўра кимёвий, электр ва аралаш синапсларга бўлинади.

Кимёвий синапслар асосан умуртқали ҳайвонларда мавжуд бўлиб, бу синапсларда ҳаракат потенциали кечикиши 0,3 мс ни ташкил этиб, бу вақт давомида пресинапстик мембранада жойлашган пуфакчалардан синапс тирқишига ацетилхолин, адреналин, дофамин, серотонин, гистамин, глицин каби медиаторлар диффузияланиб постсинапстик мембранага бориши ва рецептор билан бирикиши амалга ошириб, сўнгра постсинапстик потенциал вужудга келади.

Электр синапслар эса асосан умуртқасиз ҳайвонларда мавжуд бўлиб, бу синапсларда кўзғалишнинг узатилишини тушинтиришда нерв толаси кўзғалганида келиб чиқадиган ҳаракат тоқлари ўша тола борадиган хужайрага таъсир кўрсатади, деб ҳисобланади. Электр йўли билан ишловчи синапслар синапстик тирқиши 2-3,5 нм ни ташкил қилади ва бу синапсларда кечикиш қайд этилмайди.

Аралаш синапслар электр ва кимёвий синапстик узатиш механизмларининг айна бир синапсда бўлиши ҳисобланиб, бундай синапсларда сигналлар кимёвий синапсларга нисбатан тезроқ узатилади.

Кўзғалишни кимёвий йул билан ўтказадиган синапсларда (парасимпатик нейронлар синапсларида, симпатик ганглиялар, нерв-мускул бирикмалари) ацетилхолин, адреналин каби медиаторлар мавжудлиги қайд килинган. Кўзғалишнинг толадан ўтиш механизмлари икки жараён, яъни катэлектроник сигнални мембрананинг ён атрофидаги бўлақларига таъсир этиши ва шу бўлақларда ҳаракат потенциалининг ҳосил бўлишидан иборат. Мембрананинг таъсирланган жойида, масалан, унга ўрнатилган катод остида деполяризация ривожланади. Бунинг сабаби, тола ичига натрий ионлари тола буйлаб икки тарафга тарқалади ва мембрананинг кўшни бўлақларини деполяризацияга учратади. Бу электрон дейиладиган пассив деполяризация маҳаллий жавоб пайдо бўлишига ва унинг миқдори мембрана деполяризацияланиши критик даражасига етишига сабаб бўлиши мумкин. Натижада ҳаракат потенциали юзага келиб, мембрананинг ёнбош қисмларини кўзғатувчи куч бўлиб хизмат қилади. Мембрананинг кўзғатилган қисми ён

атрофидаги қисмларни ҳам қўзғатади ва шу тарзда қўзғалиш тола буйлаб икки тарафга тарқалади.

Миелинсиз толаларда қўзғалиш узлуксиз ҳолда, толанинг бошидан охиригача ҳаракат потенциаллари вужудга келиши тарзида тарқалади. Бу эса натрий ва калий каналларини нерв толаси мембранасида текис тақсимланишига боғлиқ.

Қўзғалишнинг миелинли толалардан ўтишида эса бошқача ҳолат кузатилади. Яъни, қўзғалиш толалардан сальтатор равишда ўтади. Сальтатор ўтказишнинг сабаби шундаки, миелинли толаларда потенциалга боғлиқ бўлган натрий ва калий каналлар мембранада текис тарқалмаган. Раньше буғимларида уларнинг сони миелинсиз тола мембранасидаги каналлар сонидан 200 марта кўп. Толанинг миелинли қисмларида бундай каналлар деярли йук, яъни толанинг бу қисмлари қўзғалувчанликка эга эмас. Агар қўзғалган буғимга энг яқин турган бир ёки икки буғим шикастланса, қўзғалиш учинчи, тўртинчи буғимларга сакраб ўтиб, уларда ҳаракат потенциали ҳосил қилади.

Қўзғалишнинг миелинли толалардан сальтатор ўтказилишида энергия сарфи анча кам ва қўзғалишнинг ўтиш тезлиги миелинсиз толалардагига нисбатан жуда юқори бўлади. Шунинг учун, миелинли толалар нерв тизими фаолиятини аниқ ва тез бажарилишини таъминлаб туради.

Постсинаптик потенциаллар. Миниатюр потенциаллар.

Синапсда пресинаптик мембранадан ажралган нейромедиатор постсинаптик мембрана рецептори билан таъсирлашиб, *постсинаптик потенциал*ни вужудга келтиради. Постсинаптик потенциаллар кутбсизлантирувчи (қўзғатувчи) ва кутблилик даражасини оширувчи (тормозловчи) потенциалларга бўлинади. Постсинаптик мембранада медиатор таъсирида Na^+ каналлари активлашиб, натрий ионлари ҳужайрага кира бошласа, K^+ каналлари орқали калий ионларининг ташқарига чиқиши кузатилади. Бунда риверсияланиш потенциали 0 мВ ни ташкил этувчи *қўзғатувчи потенциал* вужудга келади. Постсинаптик мембранада Cl^- ёки K^+ каналлари активлашиши натижасида калий ва хлор ионларининг концентрация градиенти йўналишидаги ҳаракати мембрана кутблилигини ошириб, гиперполяризацияга олиб келади ва *тормозловчи потенциал* келиб чиқади. Б.Катц синаптик жараёнларни ўрганиш давомида пресинаптик мембранадан нейромедиаторнинг спонтан порция ҳолида ажралиб чиқиши билан ифодаланадиган, амплитудаси 0,5 мВ ва давомийлиги 20 мс ни ташкил этувчи постсинаптик потенциалларни қайд этади ва буни *миниатюр потенциаллар* деб номлаган.

Назорат учун саволлар.

1. Деполяризация нима?
2. Ҳаракат потенциали қандай ҳосил бўлади?
3. Гиперполяризация нима?
4. Тинчлик потенциали деганда нима тушунилади?
5. Қўзғалишлар нерв толасида қандай ўтказилади?

VIII ҚИСҚАРУВЧАН ТИЗИМЛАР БИОФИЗИКАСИ.

Режа:

1. Қисқарувчанликнинг молекуляр механизмлари.
2. Мушаклар механикаси.
3. Хужайралар ҳаракатчанлигининг номушак шакллари.

Қисқарувчанликнинг молекуляр механизмлари. Мушаклар механикаси

Хужайра ва организмлар ҳаракатланиб, механик иш бажаради. Бу иш изотермик ва изобарик шароитда бажарилади ва бунда энергия манбаи бўлиб иссиқлик ва кимёвий энергия хизмат қилади.

Кўндаланг йулли мускулнинг толалари ичида кўп сонли миофибриллалар жойлашган. Уларнинг диаметри 1-2 мм бўлиб, саркомерлардан ташкил топган. Хар бир саркомер Z-соҳа билан чегараланган. Саркомерларнинг узунлиги 2,0 мкм ни ташкил этади. Миофибриллани ички қисми саркоплазма деб аталиб, унда митохондриялар ва эндоплазматик тўр жойлашган. Саркомер - бу мускулнинг асосий ҳаракатлантирувчи структураси бўлиб, йўғон ва ингичка толалардан иборат. Ингичка толалар актин оксидан, йўғон толалар миозин оксидан ташкил топган. Миозин молекуласида функционал қисмлар - “шарнир” мавжуд. Бу молекуланинг бир қисми йўғон толанинг танасида ва иккинчи қисми унинг ташқи томонида жойлашган. Оғир миозинда фаол ва актин боғловчи марказлар бор. Мускул толаси активациялашганда Ca^{++} ингичка толаларнинг бошқарув комплекси билан бирикади ва натижада бу толаларнинг фаол маркази очилиб миозиннинг кўприкчалари шу фаол марказлари билан бирикади. Йўғон толаларнинг структураси ўзгармай кўприкчалари ингичка толанинг фаол марказлари билан бирикади. Тинч ҳолатда йўғон толага нисбатан перпендикуляр жойлашган кўприкчалар қисқариш вақтида маълум бурчакда эгилади. Кўприкчаларнинг эгилиши билан ингичка тола силжийди. Қисқаришда йўғон ва ингичка толаларнинг бир - бирига нисбатан ҳаракатланади.

Мушаклар механикаси

Ҳамма саркомерларда миозин ипларни актин иплар билан бирлаштириб турадиган кўндаланг кўприкчалар бор. Мускул толаси қисқарганда миозин ва актин иплар калталашмайди, актин иплари миозин иплари орасига сирпаниб киради, натижада I дисклар калталашади, А дискларнинг узунлиги ўзгармайди.

Миозин иплари шохланиб, ҳар қайсиси тахминан 150 миозин молекуласидан ташкил топган кўп бошчаларни ҳосил қилади. Бу бошчалар миозин ипнинг ўсимтаси бўлиб, уни актин иплар билан боғлаб туради. Кўндаланг кўприкчаларнинг бошчалари эшкаксимон ҳаракат қилиб, актин ипларни миозин оралигига силжитади. Кўприкчалар ҳаракатларининг амплитудаси 20 нм, частотаси секундига 5-50 тебранишдан иборат. Кўприкчалар асинхрон равишда ҳаракатлансада, улар жуда кўп бўлганидан вужудга келадиган тортиш кучи қисқариш давомида бир меъёрда сақланади.

Тинч ҳолатда кўприкча энергияга бойийди, лекин актин ипи билан бирика олмайди, улар ўртасида жойлашган тропонин оксиди билан бириккан тропомиозин ипи бунга ҳалақит беради. Мускул фаоллашганда унинг миоплазмасида эркин Ca^{++} ионлари пайдо бўлади. Тропонин кальций билан бирикиб, ўз конформациясини ўзгартиради ва тропомиозин ипини суриб, кўндаланг кўприкчаларнинг актин иплари билан бирикишига имконият туғдиради. Бирикиш натижасида кўприкчанинг конформацияси кескин ўзгаради, унинг бошчаси эгилади, актин ипи 20 нм сурилади. Бу ҳаракат учун сарфланган энергия фосфорилланган актомиозин таркибидаги макроэргик фосфат боғланиш ҳисобидан ажралади. АТФ-аза активлигига эга бўлган актомиозин макроэргик фосфатлар парчаланишини таъминлайди.

Бундан кейин актин ва миозин иплар атрофида Ca^{++} миқдори камайиши туфайли тропомиозин тропониндан ажралади ва кўндаланг кўприкча билан актин ипи ўртасида яна тўсиқ бўлиб қолади. Миозин АТФ ҳисобига фосфорланади. АТФ фақат миозинни энергияга бойитиш учун эмас, балки ипларни бир-биридан вақтинча ажратиш учун зарур бўлган модда. Бу ажралиш мускулни юмшатиб, чўзилишига имконият туғдиради.

Қисқариш учун зарур бўлган Ca^{++} ионлари мускулнинг тинч ҳолатида саркоплазматик ретикулумда сақланади. Бунда ретикулум мембранасининг кальций учун ўтказувчанлиги паст, оз миқдорда миоплазмага чиққан ионларни кальций насоси саркоплазматик ретикулум ичига хайдаб, у ерда кальций концентрацияси юқори бўлишини сақлаб туради. Саркоплазматик ретикулум бўшлиғида кальций ионлари концентрацияси саркоплазмадагига нисбатан юқори бўлиб, саркоплазматик ретикулум мембранасининг фаолланиши ундаги кальций каналларининг очилишига ва

концентрацион градиент бўйича кальцийнинг актин ва миозин иплар атрофига чиқишига олиб келади. Ретикулум мембранаси фаолланиши учун мускул толасининг ташқи мембранасида вужудга келган қўзғалиш Т- система орқали саркоплазматик ретикулум мембранасига тарқалиши керак. Т- система ташқи мембрананинг саркомер ичига ботиб кирган қисми ҳисобланади. Кўндаланг найчанинг диаметри 50 нм. Умurtқали ҳайвонларнинг мускул толаларида бу найчалар дисклар соҳасида миофибриллаларга яқинлашади.

Кўндаланг найчаларга перпендикуляр бўлиб, миофибриллаларга параллел ҳолда узунчоқ найчалар жойлашган. Узунчоқ найчаларнинг икки учи кенгайиб, цистерналар ҳосил қилади. Кўндаланг найча ва икки тарафдаги цистерналар учликларга бирлашган.

Нерв толаси орқали мускул толасига етиб келган импульс ташқи мембранада ҳаракат потенциални вужудга келтиради, бу потенциал кундаланг найча орқали тарқалиб, цистерна мембранасини фаоллаштиради ва кальций ионларининг чиқиб, актин ва миозин иплар атрофида қўпайишига олиб келади ва қисқариш механизмини ишга туширади.

Мускул қисқаришини таъминловчи жараёнлар қуйидагилардан иборат: таъсирланиш, ҳаракат потенциалининг вужудга келиши, унинг миофибрилла ичкарасига ўтказилиши, кальций ионларининг чиқиши ва актин ва миозин иплар атрофига диффузияланиши, актин ипларининг миозин иплар оралигига сирпаниши ва саркомернинг калталашиши, кальций каналларнинг фаоллашиши ва эркин кальций концентрациясини камайиши, миофибриллаларнинг бўшашиши.

Бўшашган мускул толаси саркомерининг узунлиги 3,6 мкм, тола қисқарганда 2,0 - 2,2 мкм ни ташкил қилади.

Ҳужайралар ҳаракатчанлигининг номушак шакллари

Ҳужайралар ҳаракатчанлигининг номушак шаклларида актин ва миозин оксиленинг ҳужайралар таркибига кириб, уларнинг ҳаракатланишини – тромбоцит, лейкоцит, фибробластлар ва шу каби ҳужайраларнинг амёбасимон ҳаракатини; шунингдек ҳужайра ичида амалга ошадиган ҳаракатларни, масалан хромосомаларнинг тарқалиши, эндоцитоз, экзоцитоз, эпителиал киприкчалар, микроворсинкалар ҳаракатларини таъминлаб туради. Мускул ҳужайраларидан фарқ қилиб, бу ҳужайраларда миозиннинг нисбий миқдори кам бўлади, баъзиларида фақат актин оксили мавжуд бўлиб, фаол ҳаракатга эга ҳужайраларда, масалан тромбоцитларда актин цитоплазма умумий оксилларининг 20-30

% ини ташкил этади. Номушак ҳаракат шаклларида тубулин оқсили ҳам иштирок этиши қайд этилган.

Назорат учун саволлар

1. Қисқарувчан тизимлар қандай тузилган?
2. Мускул толаси қандай структурага эга?
3. Қисқарувчан тизимнинг қисқариш механизми?
4. Ҳаракат механизми ҳақида тушунча.

IX РЕЦЕПЦИЯ БИОФИЗИКАСИ

Режа:

1. Кўришнинг биофизикавий асослари.
2. Хужайра ичидаги сигнализация

Кўришнинг биофизикавий асослари. Одам қабул қилаётган маълумотларнинг кўп қисмини кўриш орқали олиб, кўриш умуртқалилар ва буғимоёқлиларга ҳам хос бўлган фоторецепциянинг бир тури ҳисобланади. Ёруғлик нури, спектрал хоссалар билан характерланиб, кўриш пигментлари, масалан, родопсин, нур энергиясининг қамровчиларидир. Нур ютиш эвазига уларнинг электронли кўзгалган ҳолатга ўтиш қобилияти кўриш сигналининг пайдо бўлишини таъминловчи жараёнлар занжирини бошлаб берадиган триггерлик хоссасини шартлайди. Фоторецепциянинг умумий реакциясини, қуйидаги кўринишда тасвирлаш мумкин:

Родопсин + ёруғлик → нерв импульси

Кўриш пигментларининг ютиш спектрлари, кўриш рецепциясининг таъсир спектрларига мос тушади. Ёруғликка сезгир хужайралар, кучайтириш коэффициенти 10^5 - 10^6 билан характерланади. Ёруғлик кванти, родопсин орқали, нерв импульси пайдо бўлишининг асосида ётувчи, ионларнинг мембрана орқали юзага келадиган кучли оқимни бошлаб беради. Энергетик нуктаи назардан, фоторецепция юксак эндергоник жараён ҳисобланади.

Юксак организмларнинг кўриш рецептори - кўз ўз-ўзини бошқариб турувчи тирик системадир. Тасвирнинг тўр пардада фокусланиши киприксимон мускуллар ёрдамида, хрустал эгрилик радиусининг ўзгартирилиши орқали амалга оширилади. Тўр пардага тушадиган ёруғлик миқдори, ёй парда мускуллари фаолияти натижасида қорачик катталигининг ўзгартирилиши орқали бошқарилади.

Тўр парда - фоторецепторлари кўп қаватли хужайралардан ташкил топган. Пигментли эпителийда ҳосил бўладиган тасвир, кириш сигнали вазифасини бажаради. Чиқиш сигнали эса кўриш нервида импульслар билан кодланган, нейтрал тасвирдир.

Фоторецептор хужайралар таёқча ва колбачалар молекуляр фоторецептор структураларини ўз ичига олган, параллел дискларнинг кетма-кетлигидан иборат, чўзик шаклдаги қурилмадир. Дисклар қалинлиги, тахминан 12-15 нм, улар орасидаги масофа эса 14-16 нм ни ташкил этади. Колбачалар рангли кўришни таъминласа, таёқчалар кучсиз ёритилганликдан таъсирланади.

Тўр пардадаги хужайраларо синаптик контактлар мавжуд. Горизантал хужайралар кўшни рецепторларни бир-бири билан боғлаб, информациянинг латерал йуналишдаги ўтказилишини таъминласа, биполяр хужайралар информациянинг ички синаптик қатламга ўтказилишини таъминлайди. Ганглиоз хужайранинг ҳар бири чекланган сондаги фоторецептор хужайралардан информация олади. Кўриш пигментлари липохромопротеидлар, яъни оксил, липид ҳамда хромофор ретиналдан иборат комплексдир.

Тўр парда таёқчалари ташқи сигментларининг ўзига хослиги шундан иборатки, тинчликда уларнинг цитоплазматик мембранасидаги потенциал, нерв ва бошқа кўпгина хужайралар мембрана потенциалидан фарқлаиб, Na^+ ионлари билан белгиланади. Тинчлик пайтида ташқи сигмент мембранасининг натрий ионларига ўтказувчанлиги бошқа ионларга бўлган ўтказувчанликдан кескин фарқланади. Натрий ионлари ўз электрохимиявий градиентлари буйлаб ташқаридан цитоплазмага қараб ҳаракатланади, сўнг ташқи сигментни ички сегмент билан боғловчи оёқча орқали, ички сигмент томон диффузияланади ва ички сигмент мембранаси орқали Na , К-АТФ-аза иштирокида ташқарига хайдалади.

Родопсин → **метародопсин II** ўтиши амалга ошиши билан цитоплазматик мембрананинг натрий ионларига ўтказувчанлиги кескин камаяди ва калий ионларига бўлган ўтказувчанлиги ортиб, мембрана потенциали калий ионлари томонидан белгиланади ва мембрана қутблилиги ўзгаради.

Таёқча дискларидаги родопсиннинг ёруғликдан рангсизланиши ҳақидаги информация, цитоплазматик мембранадаги натрий каналларига медиатор воситасида етказилади. Ёруғликдан фаолланган родопсин G - оксил трансдуцинни активлайди. Трансдуцин ўз навбатида фосфодиэстеразани фаоллаб, ц - ГМФ нинг гидролизланишини кучайтиради. Натрий-кальций каналлари ёпилиб, электр сигнал вужудга келади ва синаптик учлардан нейромедиатор ажралади.

Рангли кўриш - ютиш максимумлари 445 нм, 535 нм ва 670 нм соҳалар билан характерланадиган, родопсинларга эга уч тип колбачалар мавжудлиги билан шартланган. Родопсинлар томонидан ёруғликнинг ютилиши, колбачаларда РРП пайдо бўлишига

сабаб бўлади. Ранглар ва улар орқали тасвирнинг қабул қилиниши, тўр пардадаги колбачаларгина эмас, балки бутун бир кўриш анализатори фаолиятидир.

Рецепция — ҳар хил қўзғатувчиларнинг (механик, термик, кимёвий ва ҳоказо) энергиясини қабул қилиш ва уни нерв сигналига айлантириш жараёни ҳисобланади. Бу жараён рецепторлар томонидан амалга оширилади. Рецепторда қўзғатувчининг таъсирида **рецептор потенциали** ҳосил бўлади. Рецептор потенциалининг қиймати қўзғатиш кучига боғлиқ бўлади.

Ташқи муҳитдан келган қўзғалишни қабул қилиш экстерорецепция ва ички муҳитдан келган қўзғалиш интерорецепция дейилади.

Қабул қилиши мумкин бўлган адекват таъсирловчиларга қараб, рецепторларни куйидагича тасниф этилади.

1. **Механорецепторлар** таъсирловчининг механик энергиясини қабул қилишга мослашган. Бундай рецепторлар тери, таянч - ҳаракат аппарати, эшитув ва мувозанатни сақлаш тизимларига хос.

2. **Терморецепторлар** ҳарорат ўзгаришларига сезгир. Совуқ ва иссиқни сезувчи терморецепторларнинг кўп қисми терида жойлашган. Ички аъзолар ва марказий нерв тизимида ҳам шундай рецепторлар бор.

3. **Хеморецепторлар** кимёвий омиллар таъсирига сезгир. Улар таъм ва хид сезувчи сенсор тизимларнинг чет қисмини ташкил қилади. Бу типдаги рецепторлар томирлар тизимининг турли қисмларида ва баъзи тўқималарда ҳам учрайди.

4. **Фоторецепторлар** нур энергиясини қабул қилади. Бу рецепторлар ёруғлик кучини ажратиш, ранг кўриш имкониятини беради.

5. **Оғриқ (ноцицептив) рецепторлари** оғриқни пайдо қилувчи таъсиротларни қабул қилади. Бу сезги организмдаги рецепторларнинг деярли ҳаммасига ўта кучли таъсир қилинганда пайдо бўлади.

Баъзи рецепторларда таъсирловчи энергиясининг нерв импульсига айланиши шу рецептор хужайра ўсимтасида содир бўлади.

Назорат учун саволлар

- 1.Рецепция деганда нимани тушунаси?
- 2.Рецептор хужайралар қандай тузилган?
- 3.Фоторецепция нима?
- 4.Хеморецепция нима?
- 5.Механорецепция нима?
- 6.Рецепторларнинг аҳамияти нимада?

X ФОТОБИОЛОГИК ЖАРАЁНЛАР АСОСЛАРИ

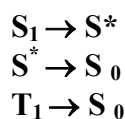
Режа:

1. Ёруғликнинг макромолекулалар билан ўзаро таъсирлашуви.
2. Фотоқўзғалувчанлик энергиясидан фойдаланиш йуллари.

Ёруғликнинг макромолекулалар билан ўзаро таъсирлашуви.

Фотобиология биологик системаларга нур кванти - $h\nu$ ва ультрабинафша нурлар таъсирининг молекуляр механизмларини ўрганади. Бу жараёнлар асосида фотохимёвий реакциялар ётиб, нур квантининг ютилиши билан бошланувчи ва турли хил якуний биохимёвий, физиологик ва умумбиологик эффектлар билан тугалланувчи мураккаб занжир ҳолидаги реакциялар комплексидан иборат. Фотобиологик жараёнларда умумий ҳолда муҳим биологик бирикмалар синтезланади. Бундай жараёнлар юксак ўсимликлар, баъзи бактериялар ва сув ўтларида кечувчи фотосинтез мисол бўлади. Ўсимликларда фотосинтез юқори даражада ихтисослашган структуралар- хлоропластларда амалга ошади. Фотобиологик жараёнларга фотосинтездан ташқари нур кванти ҳолида олинган информация таъсирида келиб чиқувчи биологик ритмлар ҳам организмлар ҳаётида муҳим аҳамиятга эга.

Фотобиология шунингдек, ультрабинафша нурлар таъсирида тирик системаларда юз берадиган бузилишларнинг молекуляр механизмларини ҳам ўрганади. Йирик порция ҳолидаги нур кванти ёки қисқа тўлқин узунлигидаги ультрабинафша нурлар тирик организмда нуклеин кислоталар, оксиллар каби муҳим генетик-информацион, структура ва ферментатив функцияларга эга бўлган макромолекулаларга таъсир этиб, турли хил мутациялар ва жиддий функционал издан чиқишларни келтириб чиқаради. Ультрабинафша нурлар организм нинг генетик системасида нуклеин кислоталар ДНК сида комплементарликни бузиш хусусиятига эга. Фотобиология ультрабинафша ва кўринувчи нурлар энергиясининг ютилиши эвазига биомолекулаларда содир бўладиган электронли қўзғалиш ҳолатлари ва уларга боғлиқ ҳолда амалга ошадиган фотофизикавий ҳамда фотохимёвий ўзгаришларни ўрганиш билан чекланади. Нур кванти молекула ёки атомга ютилганда ташқи пағонадаги электронлар қўзғалган ҳолатга келиб, S_1 – синглет ҳолатдан S^* - синглет ҳолатга ўтади ва буни қуйидагича ифодалаш мумкин:



Бунда $S^* \rightarrow S_0$ ҳолат нур кванти ҳолида ютилган энергиянинг бир қисми **флуоресценция** кўринишида сочилишини ифодалайди ва бу 10^{-8} - 10^{-9} сек давом этади.

Электрон кўзғалиши асосий энергияси кейинги занжирий жараёнларга узатилиб, кимёвий боғлар энергиясига айлантирилади. $T_1 \rightarrow S_0$

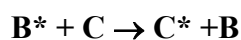
Ҳолатдаги ўтиш **фосфоресценция** дейилади. Флюоресценция спектрининг шакли (Каши қоидаси) ва квант чиқиши (Вавилов қонуни) кўзғатувчи нур тўлқин узунлигига боғлиқ бўлмайди. Чунки флюоресценция нурланиши ҳар доим кўзғалган ҳолатнинг энг паст сатхидан бошланади ва қуйидагича ифодаланади:

$$q = n / N$$

q – квант чиқиши, n - чиқариладиган квантлар сони, N - ютилган квантлар сони.

Стокс қонунига кўра, флюоресценция максимуми молекула ютиш максимумига нисбатан узунроқ тўлқин соҳасида бўлади. Чунки ютилган энергия бир қисми иссиқликка айланади.

Энергия миграцияси кўзғалган молекулаларнинг S_1 , T_1 сатхларида амалга ошиб, нурланишсиз- V ва кинетик тўқнашувларсиз $-C$, иссиқликка айланмасдан узатишлардан иборат бўлиб, умумий тарзда қуйидагича ифодаланади:



Бу жараён молекула ичида ёки молекулалараро кечади. V ва C узатилишнинг **айланма-резонанс йўли**да энергия жихатидан фарқланувчи электронлар алмашинади. **Индуктив резонанс йўли**да эса молекулалараро масофа анча катта (2-10 нм) ҳолатда кўзғалган V^* ва C молекулаларнинг резонансли таъсирлашиши амалга ошади. **Эксистон йўли** кристалл структураларда учраб, кўзғалган электроннинг бошқа молекулага ўтишида фазовий яқин молекулалар гуруҳининг биргаликда кўзғалиши рўй беради.

Кўзғалган молекула реакцияга осон киришиб, ушбу реакциялар қуйидагича гуруҳланади:

1. **Фотолюминиценция**
2. **Фотооксидланиш**
3. **Қайта гуруҳланиш ва изомерланиш**
4. **Фотокимёвий парчланиш.**

Ёруғлик оқимининг ютилиши Бугер- Ламберт қонуни (**бир жинсли рангли муҳитнинг ўзгармас қалинликка эга ҳар бир юпқа қатлами ундан ўтадиган монохроматик нурнинг фақат маълум бир қисминигина ютади**) ва Бер қонуни (**Берилган юпқа қатлам томонидан ютиладиган нур интенсивлиги ютувчи молекулалар концентрациясига пропорционал**) асосида боради. Ушбу қонунларнинг йиғиндиси қуйидагича ифодаланиб, **Бугер- Ламберт- Бер қонуни** деб аталади:

$$\Delta I / I = E c \Delta x$$

Бу ерда, E – ютилиш коэффициенти,

C – концентрация,

Δx – ютувчи қатлам қалинлиги

Агар Δx – ютувчи қатлам қалинлиги = 1 деб олинса,

$$\ln I / I_0 = - E c l \text{ ёки } I / I_0 = I_0^{-E c l} = T$$

Бу ерда I / I_0 - нисбат ютувчи қатламдан ўтган нур интенсивлиги I нинг ютувчи қатламга тушган нур интенсивлиги I_0 га бўлган нисбати – ўтказувчанлиги (T):

$$E \cdot c l = \lg 1 / T = D$$

D – оптик зичлик деб аталади.

Энергия нуқтаи назардан, фотобиологик реакциялар икки группага бўлинади: фотобиологик реакциялар натижасида ёруғлик энергияси махсулотларда тўпланса, бундай реакциялар *эндергоник*; энергия реакциянинг активланиш тусиғини енгишга сарф этилса, бундай реакциялар *экзергоник* реакциялар дейилади.

Биологик нуқтаи назардан эса, фотобиологик реакциялар *функционал - физиологик* ҳамда *деструктив - модификацион* реакцияларга бўлинади.

Функционал - физиологик реакциялар кўринувчи нур таъсирида амалга ошади:

- а) энергетик реакциялар (фотосинтез, фотофосфорланиш)
- б) информацион реакциялар (фоторецепция, фототропизм, фотоморфогенез, фотопериодизм)
- в) биосинтетик реакциялар (хлорофилл биосинтези, пигмент ва витаминлар синтезининг индукцияланиши) га бўлинади.

Деструктив - модификацион реакциялар асосан ультрабинафша нур таъсирида амалга ошадиган реакциялар ҳисобланади :

- а) халокатга (микроорганизмлар ва содда ҳайвонларнинг нурдан зарарланишига) олиб келадиган реакциялар
- б) мутацияга (нурнинг генетик аппаратга таъсири натижасида келиб чиқадиган ўзгаришларга) сабаб бўлувчи реакциялар
- в) патофизиологик реакцияларни ўз ичига олади.

Функционал - физиологик реакциялар ҳужайранинг ҳаётий муҳим макромолекуляр ва молекуляр даражаларида зарарланишларнинг юз бермаслиги билан характерланади. Иккинчи хил реакцияларда нур субстрат молекуласини зарарлаб, нормал физиологик ҳолатга характерли бўлмаган фотохимиявий реакциялар келиб чиқишига сабаб бўлади. Бундай реакциялар ультрабинафша нур таъсирида юзага келади. Лекин кўринувчи нур

хам, фотодинамик эффект шароитида ёки катта интенсивликка эга нур (лазер) шу хил оқибатларга сабаб бўлади.

Фотобиологик реакциялар қуйидаги босқичларни ўз ичига олади:

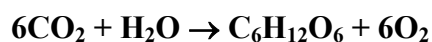
- 1) Фотофизикавий босқич (ёруғликнинг ютилиши, электронли-қўзғалган ҳолатнинг содир бўлиши, энергиянинг молекула ичида қайта тақсимланиши)
- 2) Бирламчи фотохимиявий босқич (дастлабки фотомасулотнинг ҳосил бўлиши)
- 3) Иккиламчи фотохимиявий босқич (бирламчи фотомасулотнинг барқарор масулотларга айланиши)
- 4) Қоронғида ўзгариш босқичи (барқарор масулотларнинг навбатдаги ўзгариши)
- 5) Охириги биологик макроэффект

Фотобиологик реакциялар қанчалик хилма-хил бўлмасин, уларнинг ҳаммаси асосий механизмлари жиҳатидан ички умумийликка эга бўлиб, тирик организмларнинг ҳаёт фаолиятларида ўз ифодасини топади.

Фотосинтез - Юксак ўсимликлар, сув ўтлари ва баъзи бир бактериялар томонидан, ёруғлик энергияси иштирокида, органик моддаларнинг ҳосил қилиниши жараёнидир.

Фотосинтезнинг бирламчи босқичи , энергия трансформациясининг уч пағонасини ўз ичига олади:

- 1) ёруғликнинг фотосинтетик пигментлар томонидан ютилиши ва электронли-қўзғалиш энергиясининг фотосинтез реакция марказига миграцияланиши,
- 2) реакция марказида зарядларнинг дастлабки тақсимланиши ва энергия трансформацияси,
- 3) электроннинг электрон-транспорт занжири бўйлаб ташилиши, CO_2 фиксацияланиши қоронғулик босқичлари ва масулотлар синтезида ишлатиладиган барқарор масулотлар (НАДФ, АТФ) нинг пайдо бўлиши. Бирламчи фотосинтетик жараёнларнинг барчаси оксидланиш-қайтарилиш реакцияси табиатига эга бўлиб, бунда e^- донордан (H_2O) акцепторга (CO_2 ва бошқа) узатилади ва қайтарилган бирикмалар (углеводлар) ҳамда кислород ҳосил бўлади. Фотосинтезнинг умумий йиғинди тенглама кўриниши қуйидагича ифодаланади:

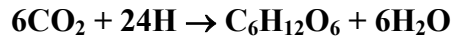


Бунда I. Ёруғлик фазаси қуйидагича кечади:

Фотон хлорофилл молекуласини қўзғаб, e^- орбиталдан узилиб ташувчи билан мембрана иккинчи томонига ўтказилади. Хлорофилл e^- ўрнини H_2O хисобидан тўлдиради. Бунда протон ва O_2 ҳосил бўлиб, O_2 чиқариб юборилади. H^+ эса мембрана

ичида тўпланиб боради. Протон потенциали критик нуқтага чиққанда АТФ –синтетаза ишга тушиб, протон канал орқали ташилади ва e^- билан бирикиб атомар Н ва АТФ хосил бўлади.

II. Қоронғилик фазаси хлоропластда амалга ошади ва умумий кўринишда қуйидагича ифодаланади:



Фотосинтез - эркин энергиянинг ташқи манба ҳисобига тўпланишига олиб келадиган, ўсимликлар ва барча гетеротроф организмлар мавжудлигини таъминловчи ягона биологик жараёндр. Фотосинтез натижасида, ўсимликлар ҳар йили $4 \cdot 10^7$ т органик модда синтезлаб, 200 млрд тонна эркин O_2 ажралиб чиқади. Фотосинтез атмосферада CO_2 концентрациясининг ошиб “парник эффектини” келтириб чиқаришига тўсқинлик қилади. Фотосинтез махсулотларида мужассамланган эркин энергия, инсониятнинг энергияга бўлган эҳтиёжини таъминловчи асосий манбадир. Фотосинтезда бошланғич фотофизикавий ҳамда фотохимиявий босқичларнинг юксак (тахминан 95%) эффективлигига қарамай, қуёш энергиясининг ҳосилга ўтадиган қисми 1-2 % дан ошмайди. Бундай паст эффективлик- ёруғликнинг тўла ютилмаслиги ҳамда биохимиявий ва физиологик даражаларда мавжуд чекланишлар билан шартланган.

Фотоқўзғалувчанлик энергиясидан фойдаланиш йуллари.

Фототаксис (taxis - жойланиш) - таксис ҳодисаларининг бир тури бўлиб (термо-, хемо-, гидротаксис ва хоказо), эркин ҳолатдаги биологик объектнинг ёруғлик таъсирдан келиб чиқадиган, муайян йўналишли ҳаракатидан иборат. Бошқа хил таксислар сингари, фототаксислар ҳам объектнинг ёруғлик манбаи томон (ижобий) ёки унга тесқари (салбий) йўналишдаги ҳаракатини белгиловчи топотаксислар ҳамда майдон ёритилганлигига жавобан объектнинг силжишини белгиловчи фототаксисларга бўлинади. Фототаксислар содда ҳайвонлар, чувалчанглар, бактериялар, сув утлари ҳамда баъзи бир хужайра ичидаги органоидлар учун характерлидир.

Топотаксис сув ўти ху жайраси, рецептор орқали ўтган ёруғлик интенсивлиги градиентининг ўзгаришига қараб, ёруғликка нисбатан зарур йўналишни танлаб олишидир.

Фототаксис таъсир спектрларини ўрганиш орқали қайд этилганки, хлорофилл, фикоцианин ва фикоэритрин - сув ўтлари ҳамда содда ҳайвонларда, бактериохлорофилл - бактерияларда, фитохром - хлоропластларда фототаксисни таъминловчи пигментлардир.

Кўп ҳолларда шу хилдаги пигмент сифатида хромопротейд ишлайди. Муайян бир организмнинг фототаксиси, ҳар хил пигментлар иштироки билан шартланган ҳам бўлиши мумкин. Фототаксик жавоб бирламчи фотохимиявий маҳсулотлар фотооксидланиш реакциясининг натижасида эмас, балки АТФ-аза активлигининг оширилиши натижасида амалга ошади. Фототаксис фотосинтез билан алоқадор ҳисобланади.

Фотокинез - фототаксисга яқин ҳодиса бўлиб, у ёруғлик таъсирида келиб чиқадиган биологик объект ҳаракатчанлигининг - ёруғлик манбаи йуналишига боғлиқ бўлмаган ҳолда бошқарилишидан иборат. Фотокинезда хлорофилл, фикоцианин, каротиноидлар ёруғлик акцептори вазифасини бажаради. Фотосинтетик реакциялар - бир неча минут давом этадиган латент давр билан характерланганлиги учун унинг кучайтиргич механизми инерцияга эга деб тушунилади. Қутбланган нурнинг қутбланмаган нурга нисбатан анчагина эффектив таъсирга эга бўлиши, хромофорлар фазовий ориентацияланганлигининг муҳим эканлигидан дарак беради.

Фототропизм - фоторецепция ҳодисасига мансуб бўлиб, биологик объект қисмларининг ёруғлик манбаи томон ёки унга тескари йуналишдаги ҳаракатини белгилайди. Фототропизм олий ва тубан даражали ўсимликларда, замбуруғлар ҳамда ўтроқ ҳаёт кечирадиган сув ўтларида кузатилиб, ўсаётган организмнинг ёритилган томонларидаги хужайралар бўлиниш тезликлари ва катталикларининг ошишидаги фарқлар орқали амалга ошади.

Юксак ўсимликларда содир бўладиган фототроп реакцияларнинг кўринувчи нур интенсивлигига боғлиқлиги жуда мураккаб бўлиб, қоида кўра, органларнинг ўсаётган жойида ўз аксини топади. Одатда, ўсимлик танаси ижобий, илдизлари эса салбий фототропизм номоён этади.. Юксак ўсимликларда бир неча фоторецептор системалар мавжуд бўлса, фикомицетларда фототропизмга фақат битта фоторецептор система жавобгар бўлади. Фототроп жавобларда, биологик актив ёруғликнинг ютилишига флавин пигментлари ёки фитохром жавобгар бўлади. Флавинли пигментларда фототропизмга оид фотохимиявий реакция триплетли сатхлар иштирокида, бир квантли механизмга асосан амалга ошади.

Ёруғликнинг фототроп таъсири, мембрана ўтказувчанлигининг ўзгариши билан шартланадиган, ауксинлар ён градиентининг вужудга келиши орқали амалга ошади.

Поляротропизм ҳам фототропизмнинг бир хили бўлиб, мох ва папаротникларда қайд этилган бўлиб, спораларнинг чизикли қутбланган нур текислигига нисбатан 90° бурчак остида ориентацияланишлари билан характерланади. Маълумки, поляротропизм

фоторецептор пигментларнинг фазовий тартибланган ориентациясига боғлиқ бўлиб, флавінлар ана шу хилдаги ролга эга.

Назорат учун саволлар

1. Фотобиологик реакциялар қандай амалга ошади?
2. Фотосинтезнинг биологик аҳамияти.
3. Фотобиологик реакциялар қандай босқичлар орқали амалга ошади?
4. Фототаксис, фотокинез ва фототропизмнинг тирик организм учун аҳамияти.

XI РАДИОБИОЛОГИЯГА КИРИШ

Режа:

1. Радиобиологик жараёнларнинг физикавий асослари.
2. Ионлаштирувчи нурларнинг биологик таъсирлари.

Радиобиологик жараёнларнинг физикавий асослари.

Электромагнит нурлар тўлқин узунлиги спектрига кўра радиотўлқинлар, инфрақизил нурлар, кўринадиган нурлар, ультрабинафша, рентген ва гамма нурларга бўлиб ўрганилади. Рентген ва гамма нурлар, шунингдек корпускуляр нурлар: α ва β нурлар, нейтрон оқими ҳамда сунъий тезлаштирилган электронлар оқимидан иборат нурлар **ионлаштирувчи нурлар** деб аталиб, радиобиология соҳасининг ўрганиш объекти ҳисобланади. Ионлаштирувчи нурлар таъсири уларнинг молекула ёки атомлар ташқи пағонасидаги электронларни кўзғалган ҳолатга олиб келиши билан тушинтирилади. Кўзғалган ҳолат эса ортиқча энергияси ҳисобига кейинги занжирий жараёнларни келтириб чиқаради.

Рентген нурлар тўлқин узунлиги 10^{-8} м ни ташкил этиб, рентген трубкасида катоддан катта тезликда чиқувчи электронларнинг анодга урилиши ва кинетик энергиянинг нурланишга айланиши тарзида келиб чиқади. γ -нурлар қисқа тўлқин узунлигидаги нурлар бўлиб, алоҳида квант энергияси, билан характерланади:

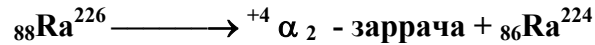
$$E_{\gamma} = h\nu$$

Бунда: h - Планк доимийси
 ν - нурланиш частотаси

Корпускуляр нурлар манбаи радиоактив элемент изотоплари ҳисобланади. Радиоактив элемент изотоплари барқарор изотоплардан фарқланиб, вақт давомида парчланади ва магнит майдонида уч қисмга α - заррачалар, β - заррачалар ва γ - электромагнит нурларга бўлинувчи нур оқимини ҳосил қилади.

α - заррачалар гелий ${}^4_2\text{He}$ атом ядроларидан иборат бўлиб, тезлиги 14000-20000 км/сек ва кинетик энергияси 4-9 МэВ, ионлаштириш кўрсаткичи 100 000- 250 000 жуфт ионга тенг.

α - заррачалар ҳосил бўлиши ядро реакциясини куйидаги мисолда кўриш мумкин:

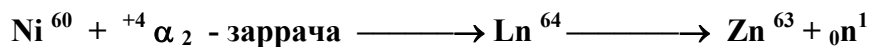


α - заррачалар кўш заряд ва катта массага эга бўлганлиги учун кучли ионлантирувчи ҳисобланади.

β - заррачалар электронлар оқимидан иборат бўлиб, массаси α -заррача массасидан 7350 марта кичик ва тезлиги 160 000 км/сек. γ - нурлар эса қисқа тўлқин узунлигига эга электромагнит нурлар ҳисобланади.

α , β , γ - нурланишлар таъсирида содир бўладиган турли жараёнлар натижасида зарядланган заррачалар ҳосил бўлади. Ионлаштирувчи нурланишлар таъсирида моддада **радиолиз** деб аталадиган кимёвий ўзгаришлар содир бўлади.

Космик нурлар таркибига кирувчи протон оқими ҳам Ернинг радиацион фони вужудга келишида катта аҳамиятга эга. α - заррачалар билан Ni^{60} бомбардимон қилиб, нейтрон ҳосил қилиш мумкин:



Ядро реакторларида ҳосил қилинган нейтронлар ${}^1_0\text{n}$ оқими кучли радиацион характерга эга.

Асосий дозиметрик улчовлар ва бирликлар Рентген ва γ - нурлар улчов бирлиги сифатида **рентген (Р)** ишлатилади.

Рентген - 1 см³ ҳавода $2,08 \cdot 10^9$ жуфт ион ҳосил қилувчи нур дозаси ҳисобланади. **Рентгеннинг физик эквиваленти (РФЭ) рад** 1грамм нурланган муҳитда 100 эрг энергия ютилиши билан ифодаланувчи катталиқ ҳисобланади. **Рентгеннинг биологик эквиваленти (РБЭ)** эса 1 грамм тирик модда 1 рентген нурланишдан олувчи таъсир кучини ифодалайди.

Кўпинча ҳисоблашларда **нисбий биологик эффективлик (НБЭ)** катталигидан фойдаланилади:

$$\text{НБЭ} = \text{РБЭ} / \text{РФЭ (rem)}$$

Организмларга нурланишларнинг таъсири нурланиш дозаси билан характерланади. Ютилган нурланиш дозаси (D) деб, ютилган ионловчи нурланиш энергияси E нинг нурланилаётган модда массаси m га нисбатига айтилади.

$$D = E / m$$

Организмларнинг радиоактив нурланишга нисбатан радиосезгирлиги 50 % ўлимга олиб келадиган доза LD_{50} билан ифодаланади. Масалан, одам организмида $LD_{50/30}$ 600-700 гем тенг, тошбақаларда бу кўрсаткич 1500, илонларда 8000-20 000 гем ни ташкил этади. Бунда, $LD_{50/30}$ кўрсаткич нурланишдан кейинги 30-кунликдаги радиорезистентлик ҳолатини ифодалайди. Ядро реакторлари суюқлигида яшовчи *Pseudomonas* турига кирувчи микроорганизмларда эса юқоридаги кўрсаткич 10 000 000 гем ни ташкил этади.

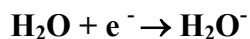
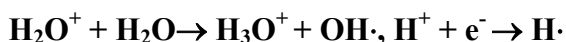
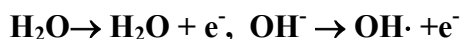
Ҳалқаро бирликлар тизимида ютилган нурланиш дозаси *Грэй* ҳисобида ўлчанади (**Гр**). 1 Гр нурланилаётган 1кг массали моддага 1 Ж ионловчи нурланиш энергияси узатилганда ютилган нурланиш дозасига тенг:

$$1 \text{ Гр} = 1 \text{ Ж/кг}$$

Табиий нурланиш (космик нурлар, атроф муҳит ва инсон танаси радиацияси) фони йилига битта одамга $2 \cdot 10^{-3}$ Гр нурланиш дозасига тўғри келади. Радиацион муҳофаза буйича Халқаро комиссия нурланишлар билан ишловчи кишилар учун мумкин бўлган чегаравий доза деб 0,05 Гр ни белгилаган. Қисқа муддат ичида олинган 3-10 Гр нурланиш дозаси организмни ўлимга олиб келади.

Ионлаштирувчи нурларнинг биологик таъсирлари

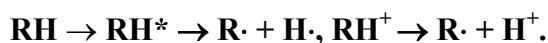
Ионлантирувчи нурланишнинг организмга таъсиридаги бирламчи физик-кимёвий жараёнларни кўриб чиқишда иккита принцип жиҳатдан турлича бўлган ўзаро таъсирни – сув молекулалари билан ва органик бирикмалар молекулалари билан ўзаро таъсирлашувни ҳисобга олиш керак. Ионлантирувчи нурланишлар таъсирида сув радиолизи қуйидагича кечади:

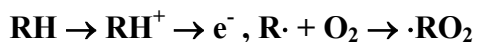


Кислород билан реакция гидропероксид ва водород пероксиди ҳосил бўлишига олиб келади:



Органик бирикмалар молекулаларининг ионлантирувчи нурланишлар билан ўзаро таъсири натижасида қўзғалган молекулалар: ионлар, радикаллар ва пероксидлар ҳосил бўлади:





Келтирилган реакциялардан тушинарилики, бу кимёвий жихатдан юксак актив бирикмалар биологик системанинг бошқа молекулари билан ўзаро таъсирлашади, натижада хужайралар, мембраналар ва бутун организм функциялари бузилишига олиб келади. Радиоактив моддаларнинг нурланиши барча тирик организмларга кучли таъсир кўрсатади. Организм хужайраларининг ҳаёт фаолиятини издан чиқариш учун энергияси батамом ютилганда жисмнинг ҳароратини 0,001 °C гина кўтара оладиган кучсиз нурланиш етарли ҳисобланади.

Ионлаштирувчи нурларнинг тирик организмга таъсир механизмини тушинтиришда бир неча гипотезалар мавжуд. Бу гипотезалар орасида Д.Е.Ли (1961), Циммер (1962) нинг классик нишон, яъни уникаль молекулага таъсир этиш гипотезаси алоҳида ўринга эга. Бу гипотезага асосан организмда нур заррачалари таъсирида ўз активлигини йукотиб, организмни ўлимга олиб боровчи сезгир молекула мавжуд. Аммо бу назария тўлиқ исботланмаган. Каспери ва бошқалар (1929) радиация таъсирида оксил молекуласидаги ўзгаришидаги гистамин моддаси умумий жараёнлар асосида туради деган фикрни илгари сурганлар. 1960 йилда А.М.Кузин, 1962 йилда Б.Н.Тарусов, Филпот 1958, Летер 1958 йилда перекис каби моддалар нур касаллигининг келиб чиқишида асосий роль уйнайди деб кўрсатишган. 1964 йили Ю.Б.Кудряшев эса эпоксид каби органик моддалар нур касаллиги келиб чиқишида муҳим ролга эга деб кўрсатган бўлса, А.М.Кузин (1960-1970) Н.Норбоев, Г.Парпиева (1966) лар нур касаллигининг келиб чиқишида электрофизиологик катталикларни ҳам эътиборга олиш лозимлигини таъкидлаб, нур касаллиги келиб чиқишида фенол, ортохинон каби моддалар ролини ажратиб кўрсатишган.

Ионлаштирувчи нурланишнинг биологик таъсири учун характерли бўлган умумий қонунларнинг айримлари қуйидагилардан иборат.

1. Нурланишнинг ютилган жуда кичик миқдори таъсирида сезиларли даражадаги биологик бузилишлар содир бўлади.
2. Ионлаштирувчи нурланиш фақат нурланаётган биологик объектга эмас, хужайраларнинг ирсият аппарати орқали кейинги авлодига ҳам таъсир қилади.
3. Ионлаштирувчи нурланишнинг биологик таъсирига яширин давр хосдир.
4. Нурланишнинг бир фазасига хужайра турли қисмларининг сезгирлиги ўзаро фарқланиб, хужайранинг ядроси нурланиш таъсирига энг сезгир ҳисобланади.

5. Нурланишда биринчи ўсувчи тўқималар жароҳатланади. Интенсивлиги жуда оз бўлган нурланишлар хужайрага шикаст етказиши ва ҳавфли нур касаллигини келтириб чиқариши мумкин. Нурланиш интенсивлиги катта бўлганда организм нобуд бўлади.

Нурланишнинг биологик объектларни нобуд қилувчи таъсирининг моҳияти етарлича ўрганилмаган. Лекин нурланиш натижасида атом ва молекулалар ионлашади, уларнинг химиявий активлиги ўзгариб кетади. Нурланишга хужайраларнинг ядролари, айниқса, тез бўлинадиган хужайраларнинг ядролари сезгир бўлиши аниқланган. Шунингдек, нурланиш хромосомалардаги генларни нобуд қилиб, фаолиятини бутунлай издан чиқаради.

Организмнинг турли тўқималарининг радиорезистентлиги ўрганилганда жинсий хужайралар, қон ҳосил қилувчи хужайралар ва лимфоцитлар кучли таъсирланувчан, мускул, тоғай тўқималари нисбатан кам таъсирланувчанлиги қайд қилинган.

Радиацион нурланиш организмда **нурланиш касаллиги** ни келтириб чиқариб бунда учта фаза: 1-бирламчи ўзгариш, 2-инкубация, 3- нурланиш касаллиги фазалари ажратиб ўрганилади.

Нурланиш вақтида ҳарорат ўзгариши кам таъсирга эга бўлса, нурланишдан кейин эса ҳарорат пасайиши нурланиш таъсирини пасайтириши аниқланган. Шунингдек, O_2 нинг парциал босими пасайтирилганда нурланиш таъсири 50 % гача камаяди. Бу **кислород эффекти** деб аталади.

Организмни нурланишдан муҳофаза қилиш.

Ионлантирувчи нурланишдан ҳимояланишнинг учта турини: вақтдан, масофадан ва материал билан ҳимояланишни фарқлаш керак. Ҳавода ютилишини назарга олмаганда ҳам радиация интенсивлиги манбагача бўлган масофанинг квадратига тесқари пропорционал равишда камаяди.

Кимёвий ҳимоя воситалари сифатида цистеин, глутатион препаратлари, аминлар, хинон, стеридлар ва бир қатор антибиотикларни кўрсатиб ўтиш мумкин.

Радиоактив изотопларнинг қўлланилиши Нишонланган атомлар ёрдамида қилинган тадқиқотлардан бири организмда модда алмашинувини текшириш ҳисобланиб, натижалар организмнинг нисбатан қисқа вақт ичида батамом янгиланиши кўрсатди. Медицинада радиоактив изотоплар касалликни аниқлаш ва даволашда ишлатилади. Қонга юборилган оз миқдордаги радиоактив Na^+ қон айланишини текшириш учун фойдаланилади. Баъзи бир ҳолларда радиоактив нурлар таъсир эттириш орқали зарарли

ўсмалар ва бошқа хасталикларни даволаш ҳам мумкин. Бунда рентген нурларидан кўра γ -нурларидан кенг фойдаланилади.

Йод моддаси қалқонсимон безда кўп ажралади, бу айниқса Базедов касаллигида интенсив бўлади. Йоднинг қандай микдорда тўпланаётганлигини радиоактив J- изотопи ёрдамида кузатиб аниқлаш мумкин. Радиоактив йоднинг катта дозалари тез ривожланаётган тўқималарни қисман парчалайди ва радиоактив йодни Базедов касаллигини даволаш учун ишлатилади. Радиоактив кобальтнинг изотопи интенсив гамма нурланишидан турли ўсма касалликларини даволашда фойдаланилади.

Назорат учун саволлар

1. Ионлантирувчи нурлар қандай турларга бўлинади?
2. Альфа, бетта ва гамма нурлар бир-биридан қандай фарқланади?
3. Ионлаштирувчи нурларнинг биологик таъсири нимадан иборат?
4. Нурланиш дозаси деганда нимани тушунаси?
5. Радиолиз нима?

Фойдаланилган адабиётлар

Асосий адабиётлар:

1. Рубин А.Б. Биофизика. Учебник в 2 книгах. М.: Высшая школа, 2004 г.
2. Қосимов М.М., Гагельганс А.И. Биофизика. Маърузалар матни. Тошкент, 2000 й.
3. Владимиров Ю.А. и др. Биофизика. Учебник. М.: Медицина, 1983 г.
4. Костюк и др. Биофизика. Учебник. Киев: Выша школа, 1989 г.
5. Волькенштейн М.В. Биофизика. Учебное пособие. М.:Наука, 1983 г.
6. Конев С.В., Волотовский И.Д. Фотобиология. Минск. БГУ, 1979 г.
7. Ярмоненко С.П. Радиобиология человека и животных. М.: Высшая школа, 1988 г.
8. Б.Н.Тарусов, В.Ф.Антонов и др.Биофизика. Учебник. Изд.Высшая школа. Москва 1968 г.
9. А.Н.Ремизов. Тиббий ва биологик физика. Дарслик. Ибн Сино нашриёти. Тошкент 1992 й.
10. З.Н.Норбоев ва бошқалар. Биофизика. Ўқув услубий қўлланма.Тошкент. 2003.

Қўшимча адабиётлар:

1. Катц Б. Нерв , мышца, синапс, М.: Мир, 1968 г.
2. Кагава Я. Биомембраны. М.: Высшая школа, 1985 г.
3. Ходоров Б.И. Общая физиология возбудимых мембран. М.: Наука, 1985 г.
- 4.Ташмухамедов Б.А., Усманов П.Б. Нейротоксины в исследовании биологических мембран. М.: Высшая школа, 1991 г.
5. Гагельганс А.И. Конспекты лекций по биофизике. Ташкент. Университет, 2000 .

МУНДАРИЖА

- I** Биофизика фанининг предмети ва вазифалари
 - II** Молекуляр биофизика
 - III** Биологик жараёнлар кинетикаси
 - IV** Хужайравий жараёнлар биофизикаси
 - V** Моддаларнинг биомембраналар орқали ташилиши
 - VI** Биоэнергетика
 - VII** Нерв толаси буйлаб ҳаракат потенциалининг узатилиши
 - VIII** Қисқарувчан тизимлар биофизикаси
 - IX** Рецепция биофизикаси
 - X** Фотобиологик жараёнлар асослари
 - XI** Радиобиологияга кириш
- Фойдаланилган адабиётлар рўйхати