



FARABI UNIVERSITY

**Дәріс №6**

# **Фотобиологияның қолданбалы аспектілері**

Дәріскер: **Қайрат Бақытжан Қайратұлы**  
философия докторы (PhD), биофизика, биомедицина және  
нейроғылым кафедрасы меңгерушісінің ғылыми-  
инновациялық және халықаралық байланыстар жөніндегі  
орынбасары

# Дәріс жоспары:

- Кіріспе
- Фотобиологияның түсінігі және биофизикалық негіздері
- Жарықтың тірі ағзаларға әсер ету механизмдері
- Фотобиологиялық процестер (фотосинтез, көру, ДНҚ-ның зақымдануы)
- Физикада қолданылуы (лазерлік технология, спектроскопия, биофотоника, дозиметрия)
- Медицинадағы қолданылуы (фотодинамикалық терапия, УФ-терапия, лазерлік ем)
- Ауыл шаруашылығы, биотехнология және экологиядағы маңызы
- Қорытынды

# Кіріспе

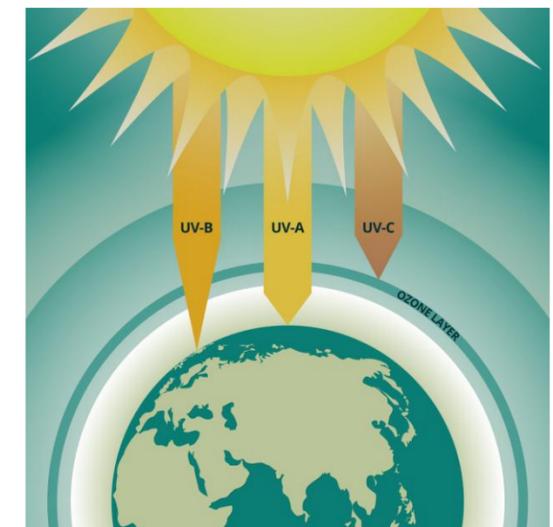
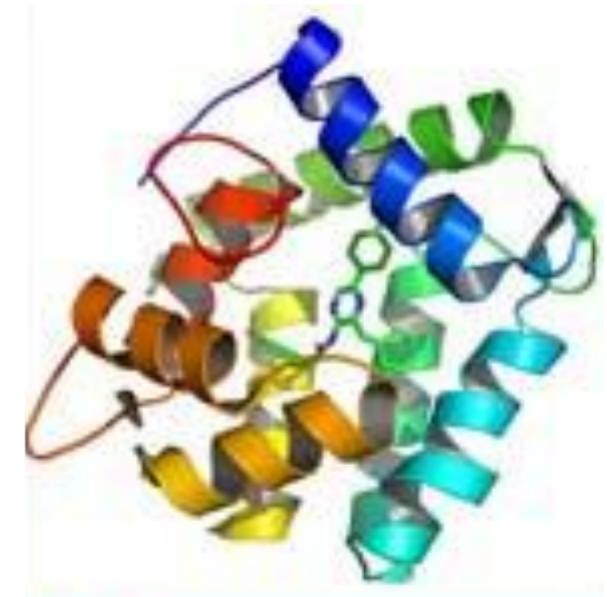
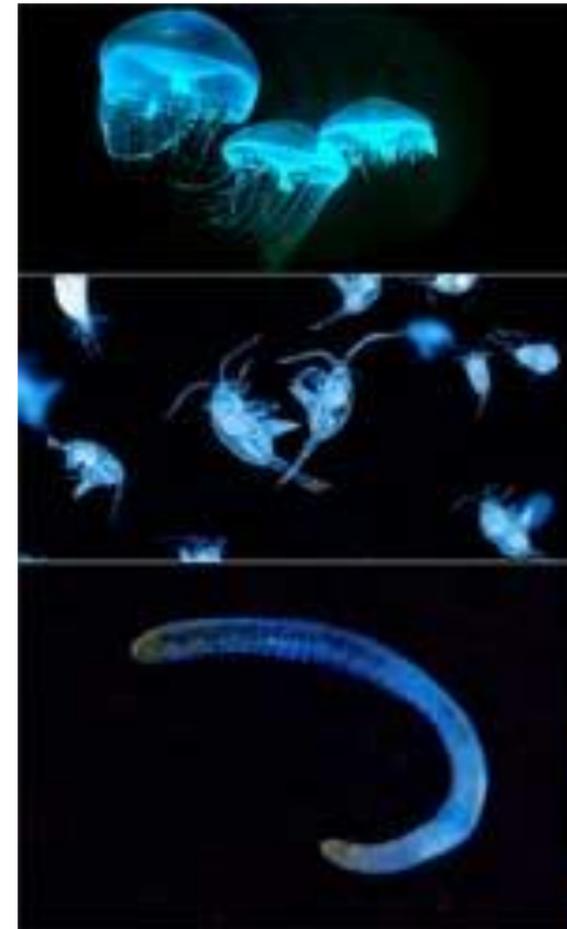
**Жарық** – тіршілік үшін ең маңызды физикалық факторлардың бірі. Ол тек энергия көзі ғана емес, сонымен қатар көптеген биологиялық процестердің реттеушісі болып табылады. Жарықтың тірі ағзаларға әсерін зерттейтін ғылым саласы фотобиология деп аталады.

**Фотобиология** жарық пен биологиялық жүйелер арасындағы өзара әрекеттесуді, фотон энергиясының жасушалар мен молекулаларға әсерін және осы әсердің нәтижесінде жүретін процестерді қарастырады. Бұл сала медицинада, ауыл шаруашылығында, экологияда және физикада кеңінен қолданылады.

# Фотобиологияның түсінігі және биофизикалық негіздері

**Фотобиология** — жарықтың (ультракүлгін, көрінетін және инфрақызыл сәулелердің) тірі ағзаларға әсерін зерттейтін ғылым саласы.

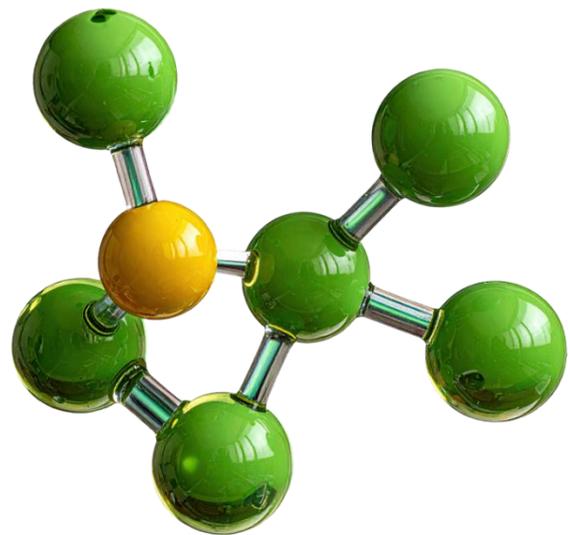
Ол жарық пен биологиялық жүйелер арасындағы өзара әрекеттесуді қарастырады.



# Фотобиологияның түсінігі және биофизикалық негіздері

**Негізгі зерттейтін бағыттары:**

Жарықтың жасуша мен молекулаларға әсері



Фотосинтез процесі



Көру механизмі



ДНҚ-ның жарық әсерінен зақымдануы

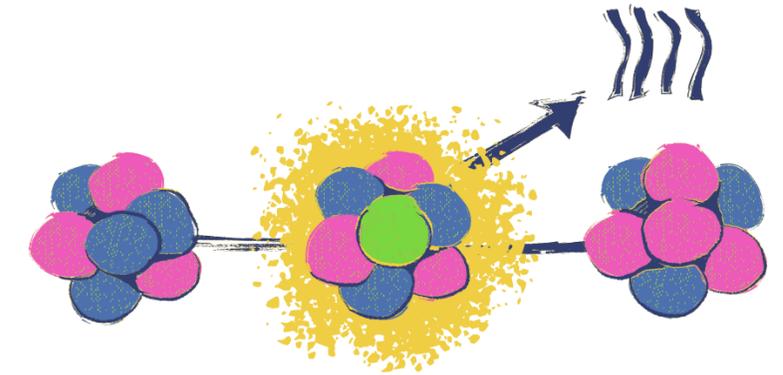


Жарық арқылы емдеу әдістері



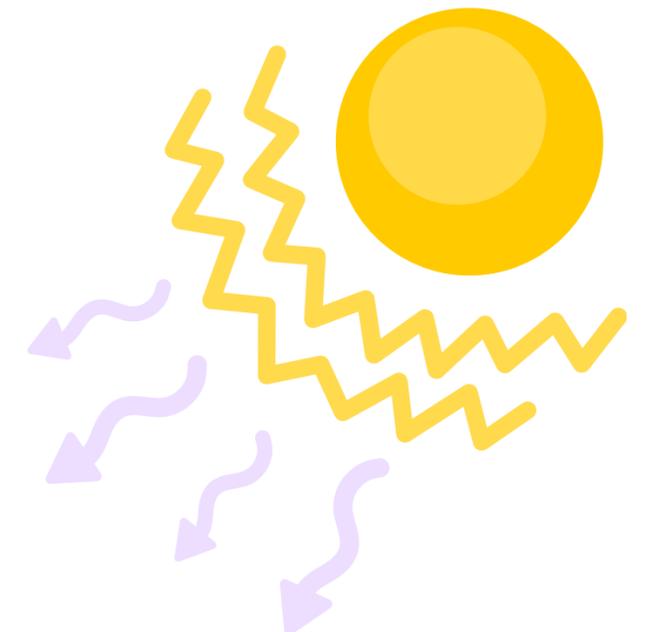
# Жарықтың физикалық табиғаты

**Жарық** – электромагниттік толқын. Ол бөлшек (фотон) және толқындық қасиетке ие. Фотобиологияда жарықтың дәл осы қос табиғаты маңызды рөл атқарады, себебі биологиялық әсер фотон энергиясының молекулалармен тікелей әрекеттесуінен басталады. Ол вакуумда шамамен  $3 \times 10^8$  м/с жылдамдықпен таралады.



**Электромагниттік спектр** бірнеше аймақтан тұрады:

- Гамма-сәулелер
- Рентген сәулелері
- Ультракүлгін (UV)
- Көрінетін жарық
- Инфрақызыл (IR)
- Радиотолқындар



# Жарықтың физикалық табиғаты

Фотобиология үшін ең маңызды аймақтар:

## 1. Ультракүлгін сәулелер (100–400 нм)

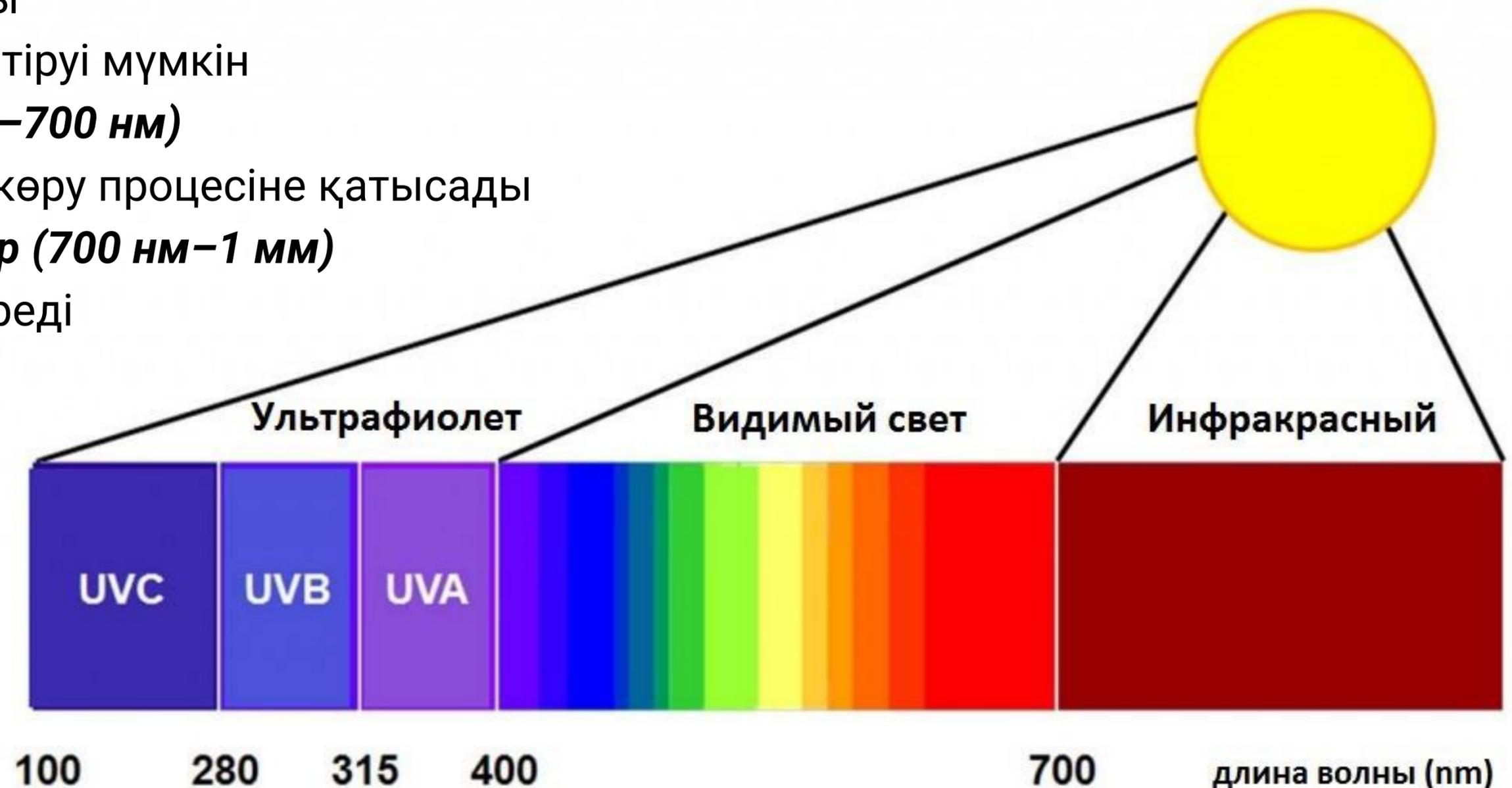
- Жоғары энергиялы
- ДНҚ-ға зақым келтіруі мүмкін

## 2. Көрінетін жарық (400–700 нм)

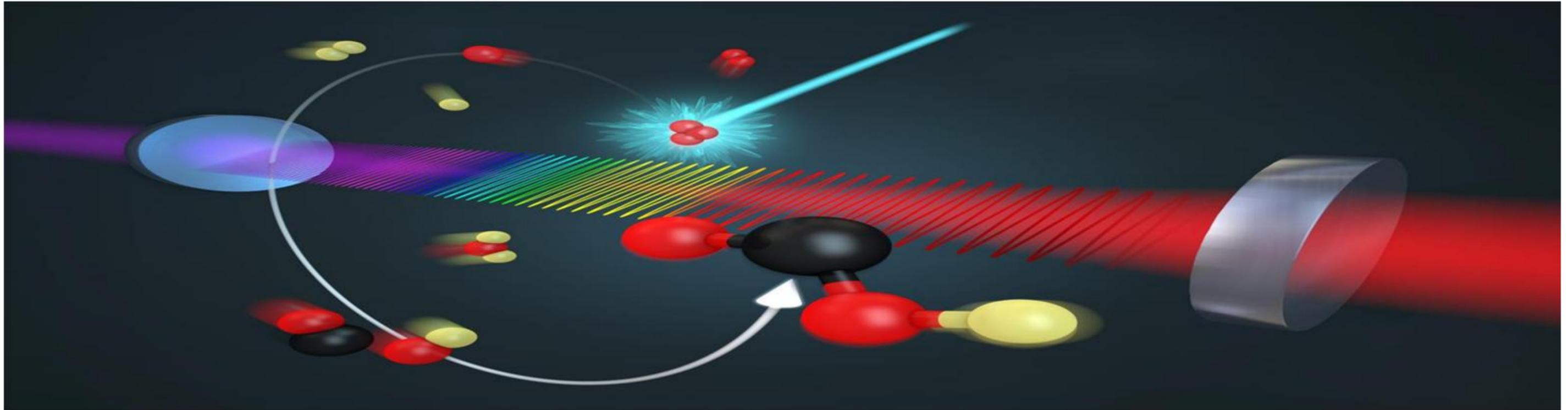
- Фотосинтез және көру процесіне қатысады

## 3. Инфрақызыл сәулелер (700 нм–1 мм)

- Жылулық әсер береді



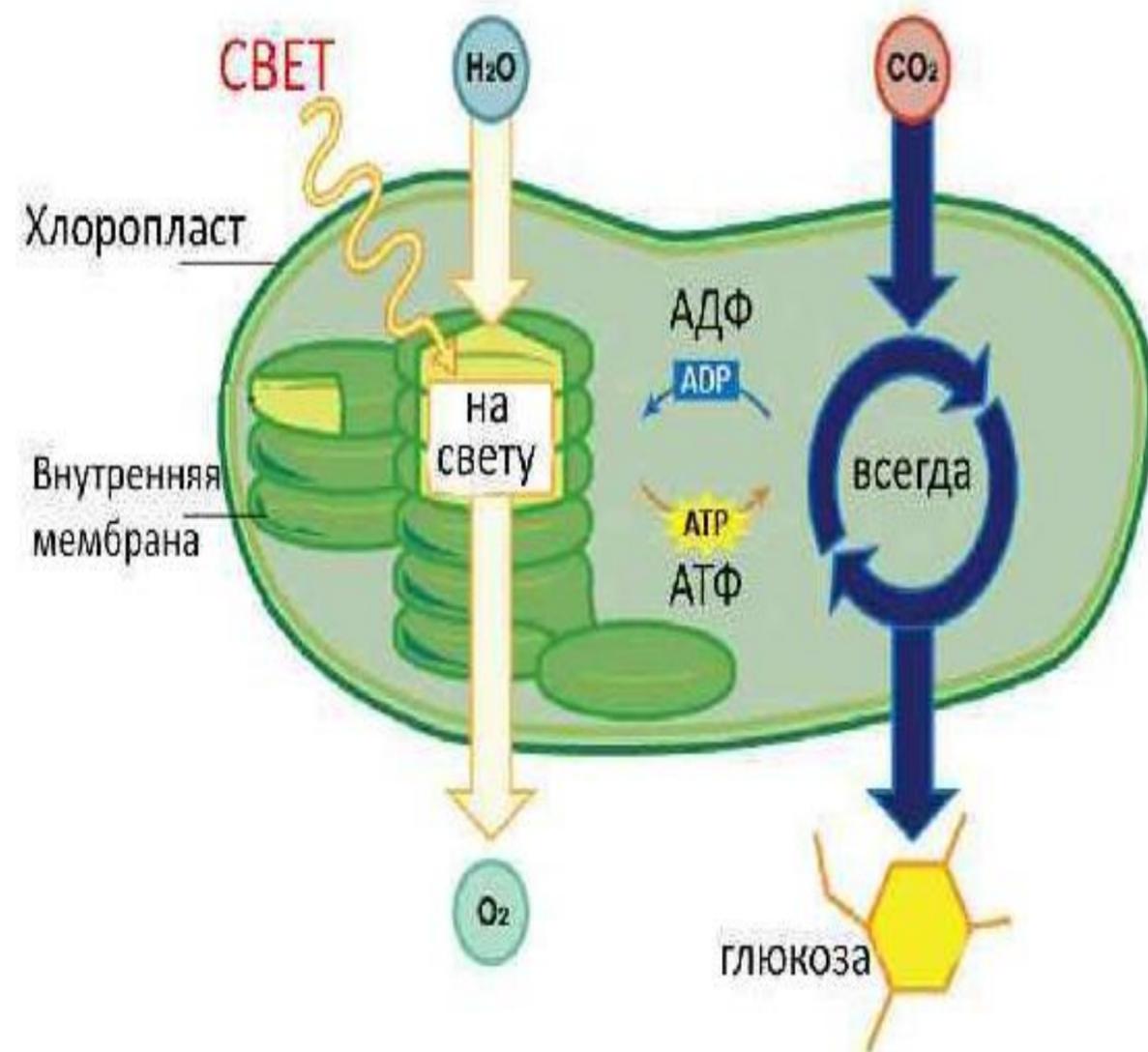
# Биологиялық молекулалармен жарықтың жұтылуы



**Фотобиологиялық процестер** көрінетін, ультракүлгін немесе инфрақызыл сәулеленудің әсерінен биологиялық жүйелерде жүретін процестер. Фотобиологиялық процестер барлық тірі организмдерге тән. Тірі табиғатта эволюция барысында арнайы жарық сіңіретін молекулалар - пигменттер пайда болды, олардың рөлі ағзаға пайдалы жарыққа тәуелді функцияларды орындаумен байланысты. Фотобиологиялық процестерді олардың биологиялық маңыздылығына қарай:

- **Фотофизиологиялық** – пайдалы процестер.
- **Фотодеструктивті** – зиянды процестер. Мысалы, УК сәуле әсері.

# Фотофизиологиялық процестер



## Фотофизиологиялық процесс түрлері:

- Энергиямен қамтамасыз ету процестеріне
- Фотобиосинтетикалық процестер
- Реттеуші процестерге бөлуге болады.

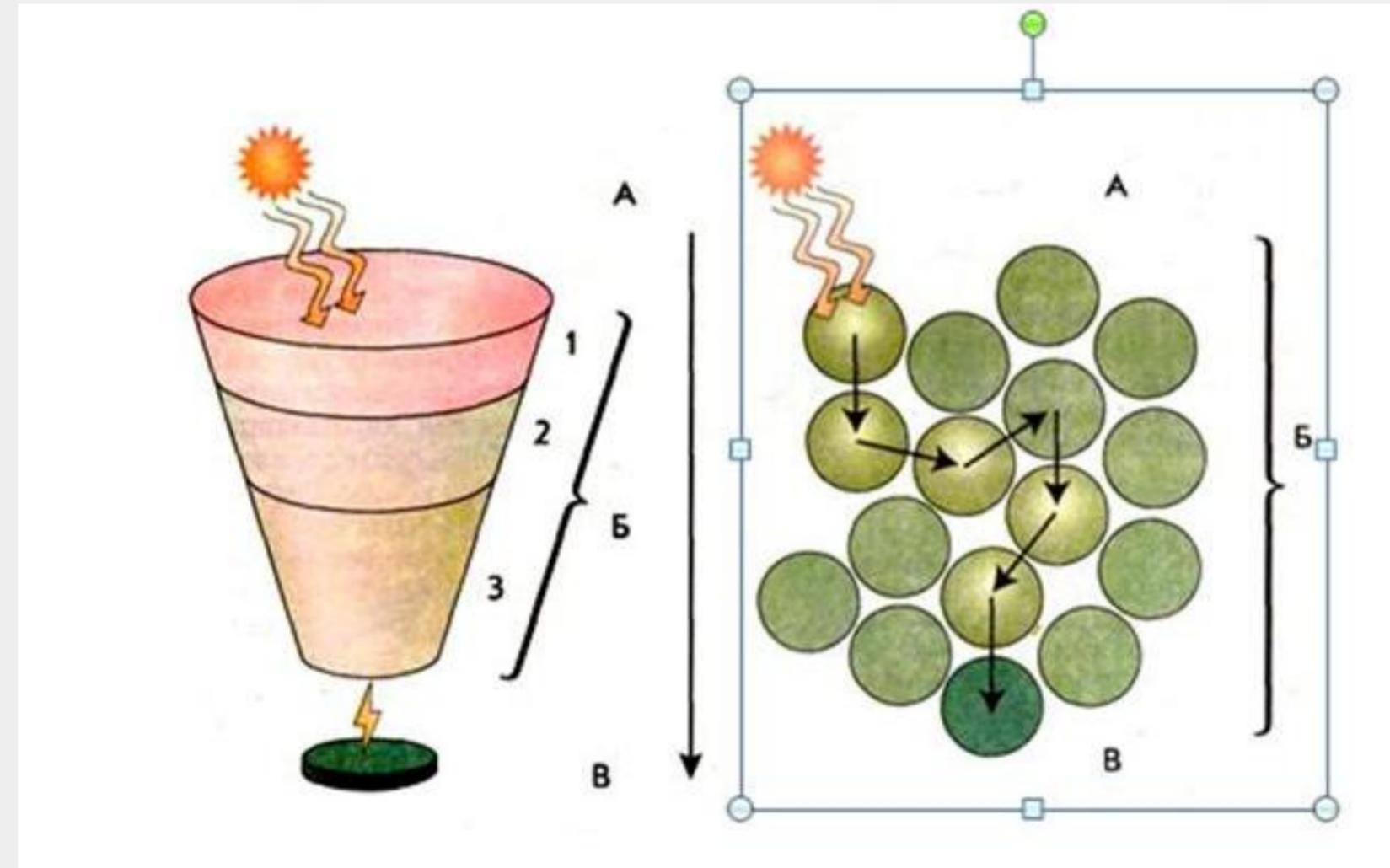
–*Энергия сақтау процестерінде* жарықтың сіңірілген энергиясы бос энергияның басқа түрлеріне айналады, мысалы, фотосинтездегі химиялық байланыс энергиясы.

– *Фотобиосинтетикалық процестер* жарықтың әсерінен РНҚ және ДНҚ молекулаларының синтезі сияқты бірқатар биологиялық маңызды қосылыстардың түзілуінен тұрады.

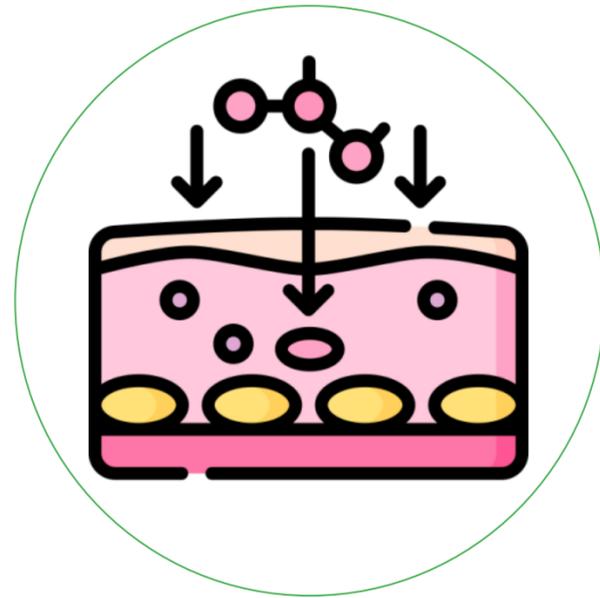
–*Реттеуші процестерде* жұтылған кванттардың энергиясы организмнің физиологиялық функцияларын реттеу үшін қолданылады.

# Фотобиологиялық процестер

Организмдердегі әртүрлі фотобиологиялық процестердің жүрісі ортақ белгілерге ие және шартты түрде бұл процесті бірнеше кезеңге бөлуге болады. Кез-келген фотобиологиялық процесс жарық кванттарын белгілі бір **хромофор молекулаларымен** сіңіруден басталады, бұл оларды қозған күйге келтіреді. Одан кейін энергияның молекулаішілік алмасуы – молекула бойынша **электронды қозған күйдің миграциясы** және оны молекуланың белгілі бір аймағында локализациялануы жүреді. Бір молекуланың электронды қозған күйін басқа молекулаларға да тасымалдауға болады. Бұл жағдайда энергияның молекулааралық тасымалдануы орын алады.

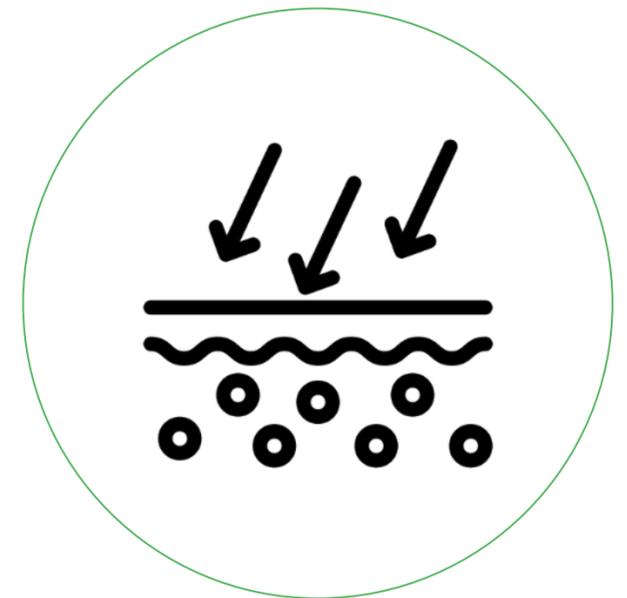


# Жарықтың сіңірілу сатылары



*Процестің фотофизикалық кезеңі* химиялық реакциялармен, яғни бастапқы фотоөнімдердің пайда болуына әкелетін түрлендірулермен бірге жүреді. Бастапқы фотоөнімдер тұрақсыз заттармен ұсынылған және тұрақты молекулалар пайда болғанға дейін одан әрі өзгерістерге ұшырайды.

Фотофизикалық процестерден туындаған заттардың химиялық түрленуі фотобиологиялық процестің фотохимиялық сатысын құрайды. *Фотохимиялық кезеңде* болатын реакциялар өнімдері жасушаның (ағзаның) жарықтың әсеріне соңғы биологиялық реакциясын анықтайтын кейінгі биохимиялық және физиологиялық құбылыстарға қатысады.



# Электрондық қозу энергиясының миграциясы



**Электрондық қозу энергиясының миграциясы** деп атомның электронды қозған күйінің энергиясын басқа атомға немесе молекулаға беру процесі аталады. Энергияны тасымалдайтын молекула *донор Д*, ал қабылдаушы молекула *акцептор А*. электронды қозған күйдегі энергияның миграциясын схемалық түрде сипаттауға болады:



Фотобиологиялық процестер белгілі бір энергиямен *жарық кванттарының әсерінен* ғана жүретінін атап өткен жөн. Жұтылған кванттардың кванттық энергиясы хромофорлық топтағы атомдық (молекулалық) байланыстардың энергиясымен сәйкес келуі керек. Егер жұтылған энергия байланыс энергиясынан едәуір асып кетсе, атомның иондалуы орын алады, бұл молекуланың ыдырауына әкелуі мүмкін. Егер жұтылған кванттың энергиясы байланыс энергиясынан едәуір төмен болса, онда электрондар қозбайды және фотобиологиялық процесс болмайды.

# Молекулааралық энергияның миграция түрлері

**1. Реабсорбция** – процесс А молекулалары қозған молекулалар шығаратын жарық кванттарын сіңіреді. Бұл механизм арқылы энергия ұзақ қашықтыққа берілуі мүмкін.

Алайда, реабсорбция процесінің тиімділігі өте төмен, өйткені энергияның көп бөлігі жоғалады (жылу түрінде таралады).

**3. Индуктивті-резонанстық берілу** механизмі кезінде энергияның миграциясы ұзақ қашықтыққа (10 нм-ге дейін) жүзеге асырылады.

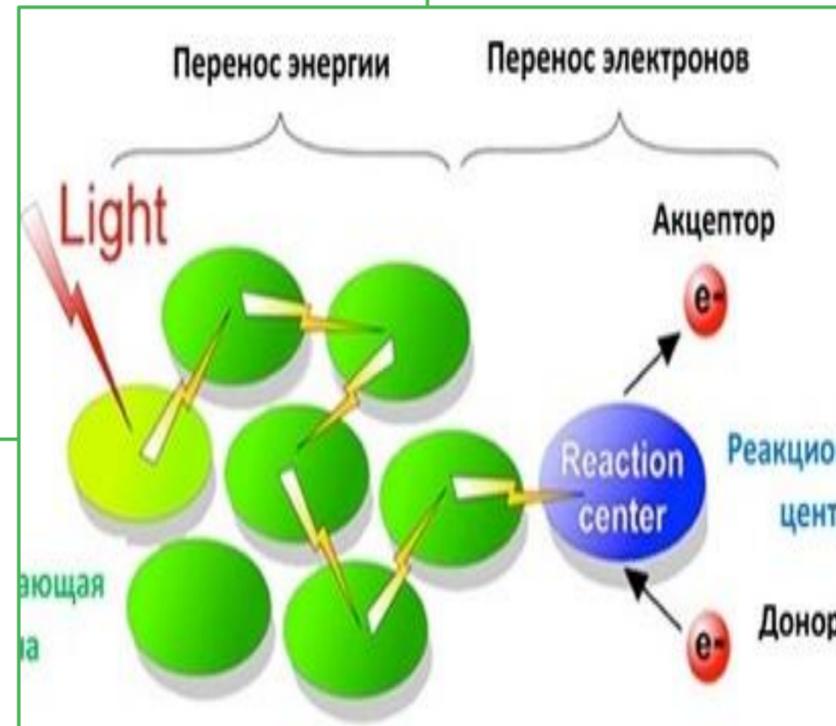
Акцептор молекуласының қозуы оның тербеліс жиіліктерінің донордың молекулалық тербелістерімен сәйкес келуі нәтижесінде пайда болады. Басқаша айтқанда, энергияның берілуі дипольдік өзара әрекеттесу нәтижесінде пайда болады.

**2. Резонанстық алмасу** – донор мен акцептордың электрондық орбитальдары қабаттасқан кезде жүзеге асырылады.

Донор мен акцептор электрондармен алмасады, яғни акцептор қозған электронды алады. Бұл механизм энергияны атомның радиусына тең қысқа қашықтыққа ғана беруге мүмкіндік береді.

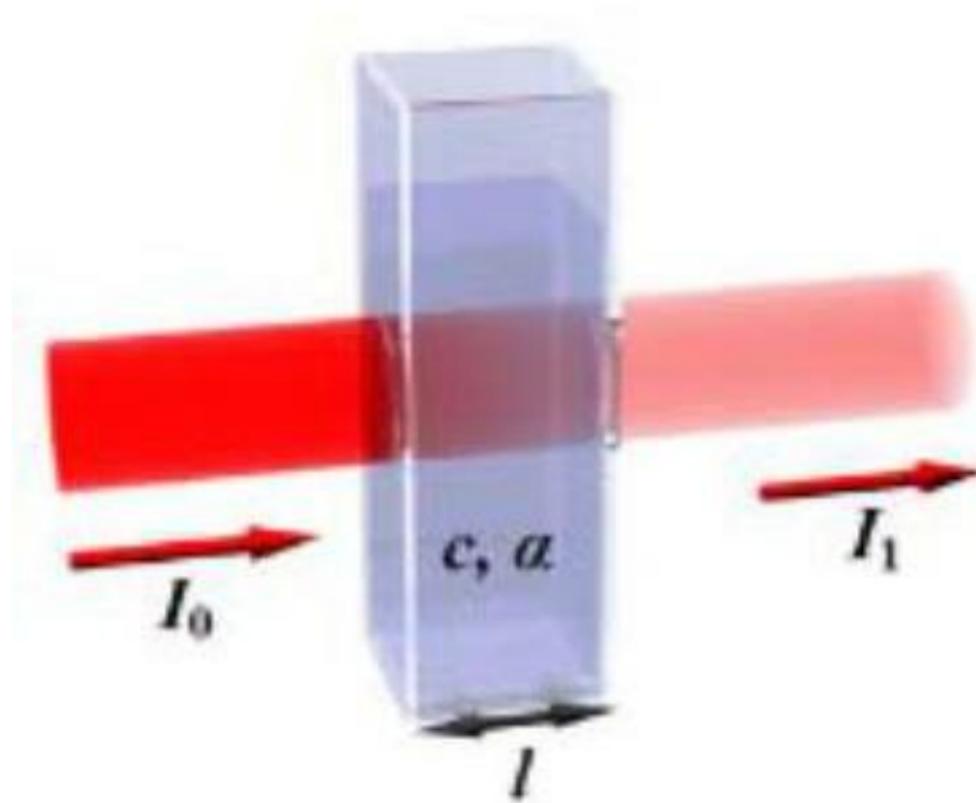
**4. Экзистондық миграциясы** кристалдық құрылымдарда орын алады.

Кристалдық құрылымда қозған электрондардың пайда болуы молекулалардың қозуы арнайы экзистон арқылы және өте жылдам миграциясы арқылы жүзеге асырылады. Экзистонның секіру уақыты (10-13 с) молекуланың қозған күйінің сақталу уақытынан бірнеше мың есе аз (10-9 с).



# Бугер – Ламбер – Бэр заңы.

- Молекулалардың жарықты жұту қабілеттілігі медицина мен биологияда қолданатын спектрофотометрия әдісінің негізінде жатады. Бұл әдісті заттың химиялық құрылымын анықтау және сандық талдау өткізу үшін қолданады. Молекулалардың оптикалық және спектрофотометриялық қасиеттері олардың құрылымы туралы мәлімет береді де молекуланың энергиялық деңгейлері арасындағы арақашықтығымен және бір деңгейден басқа деңгейге көшулердің ықтималдығымен анықталады.



## *Бугер - Ламберт - Бэрдың заңы:*

Жарықтың жұтылуы зерттелетін объект арқылы жарықтың ағыны өткеннен кейін оның әлсізденуімен білінеді, егер де ол жоғары болса заттың концентрациясы оған сәйкес жоғары болады. Бугер-Ламберт-Бэрдың заңына сәйкес жұтатын заттың қабатынан өткен жарықтың қарқындылығы келесі түрде есептеледі:

$$I = I_0 \cdot e^{-\chi c l}$$

- мұнда  $I_0$  - түсетін жарықтың қарқындылығы,
- $c$  - жұтатын заттың концентрациясы (моль/л)
- $\epsilon$ - жұтудың молярлы коэффициенті (л/моль\*см)

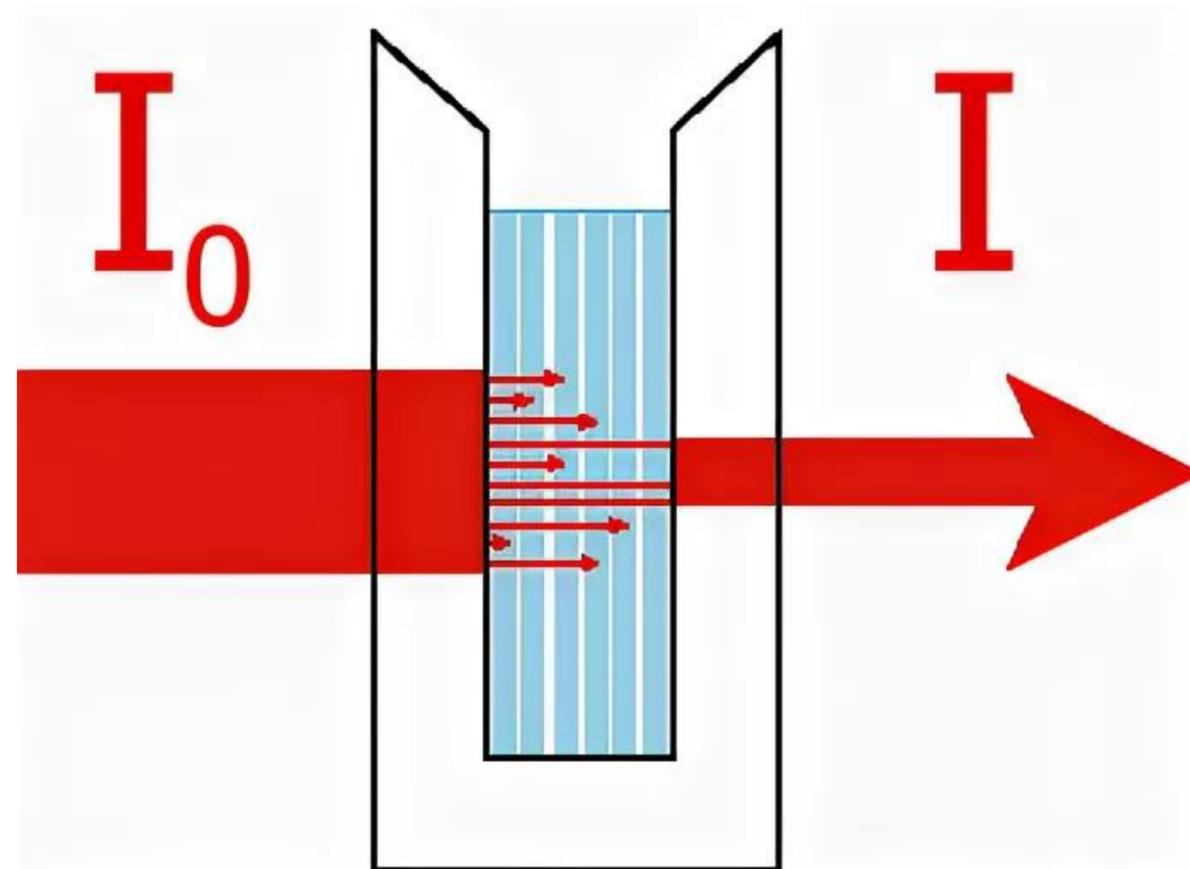
***Жарық монохроматикалық болған кезде заң келесі түрде жазылады:***

$$D = \lg \frac{I_0}{I} = \varepsilon c l$$

- мұнда  $D$  - заттың оптикалық тығыздығы.
- $I_0$  және  $I$  - түсетін және шыққан жарықтардың қарқындылықтары;
- $C$  - жұтатын заттың концентрациясы (моль/л);
- $l$  - үлгінің қалыңдығы, см;
- $\varepsilon$  – жұтатын заттың молярлық коэффициенті,  $M^{-1} \times cm^{-1}$ .

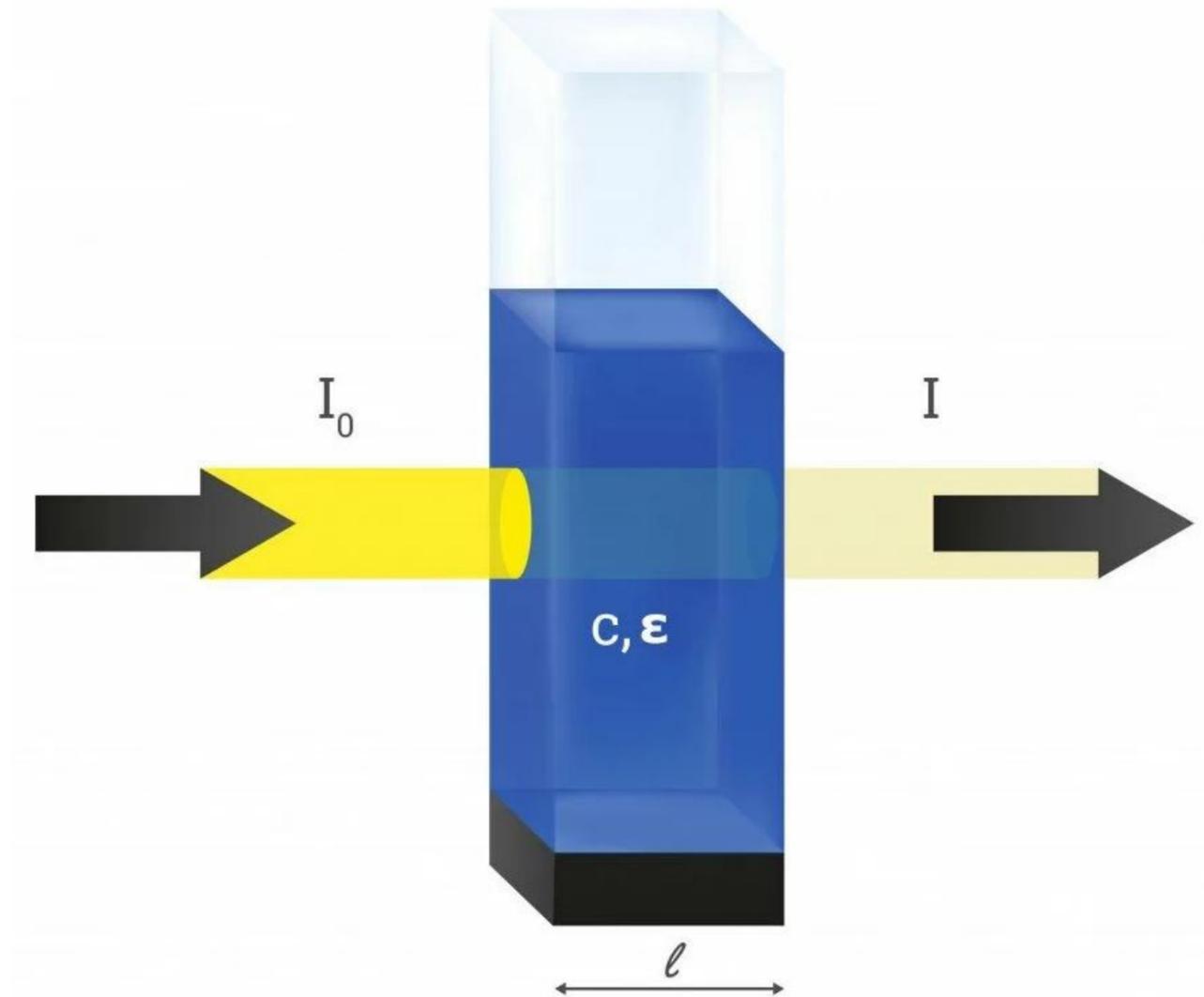
***Бугер—Ламберт—Бэр Заңы әрқашан орындалмайды. Ол келесі болжамдарға сәйкес келеді:***

- 1) монохроматикалық жарық қолданылады;
- 2) ерітіндідегі еріген зат молекулалары біркелкі бөлінеді;
- 3) концентрация өзгерген кезде еріген молекулалар арасындағы өзара әрекеттесу сипаты өзгермейді (әйтпесе заттың фотофизикалық қасиеттері, оның ішінде мәндері де өзгереді);
- 4) өлшеу процесінде химиялық түрленулер болмайды
- 5) түсетін жарықтың қарқындылығы жеткілікті төмен болуы керек (өлшеу кезінде қозбаған молекулалардың концентрациясы іс жүзінде азаймауы үшін).



## Заңның қолданылуы мен шектеулері

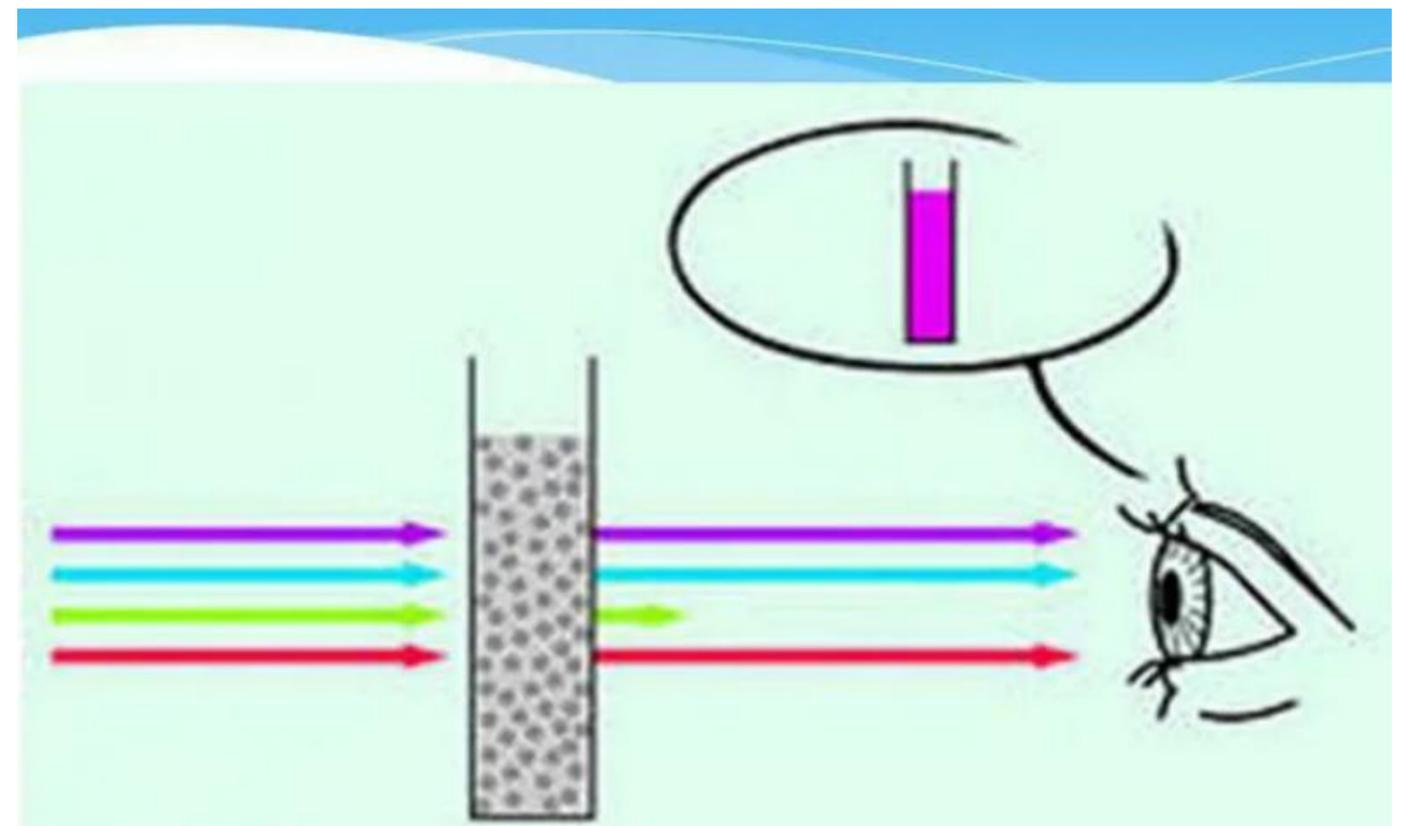
- Бугер-Ламберт-Бэр Заңының шектеулері мен қолданылу шектері бар. Ол кейбір жүйелер үшін сіңіру мен концентрация арасындағы сызықтық байланысты болмағандықтан дұрыс болмауы мүмкін
- Сонымен қатар, заң жарықтың шашырауы сияқты басқа физикалық процестерді есепке алмайды, бұл өлшемдерге бұрмаланулар әкелуі мүмкін. Кейбір жағдайларда осы факторларды есепке алу үшін түзетулерді немесе қосымша әдістерді қолдану қажет болуы мүмкін.
- Сондай-ақ, Бугер-Ламберт-Бэр Заңы белгілі бір концентрация диапазоны мен жол ұзындығына ғана қатысты екенін ескеру қажет. Тым жоғары концентрацияда немесе ұзындығы көп болса сызықтық емес болу әсерінен заң ескермеуі мүмкін.



## *Қолдану салалары:*

Бугер-Ламберт-Бэр Заңы ғылым мен техниканың әртүрлі салаларында кеңінен қолданылады. Оның негізгі қолданылуы еріген заттардың концентрациясын талдауға және өлшеуге байланысты.

*Химиялық физикадағы концентрацияны талдау және өлшеу.* Химиялық физикада Бугер-Ламберт-Бэр Заңы органикалық және бейорганикалық қосылыстар, иондық ерітінділер және басқа химиялық жүйелер сияқты еріген заттардың концентрациясын анықтау үшін қолданылады. Бұл үлгілерді сапалы және сандық талдауға мүмкіндік береді.



## *Биолюминесценцияның тірі организм үшін биологиялық маңызы*

**Биолюминесценция** - химиялық энергия жарыққа айналатын химилюминесцентті реакция. Реакция кезінде субстрат (люциферин) ферменттің (люцифераза) әсерінен тотығады.



Әр түрлі организмдердегі люцифериндер мен люциферазалар химиялық жағынан ерекшеленеді, бірақ барлық химилюминесцентті реакциялар молекулалық оттегін қажет етеді және аралық кешендер – органикалық пероксидті қосылыстар түзеді. Бұл кешендер ыдыраған кезде жарық шығаруға жауапты заттың молекулаларын қоздыратын энергия бөлінеді.

# *Жарық жиілігі*

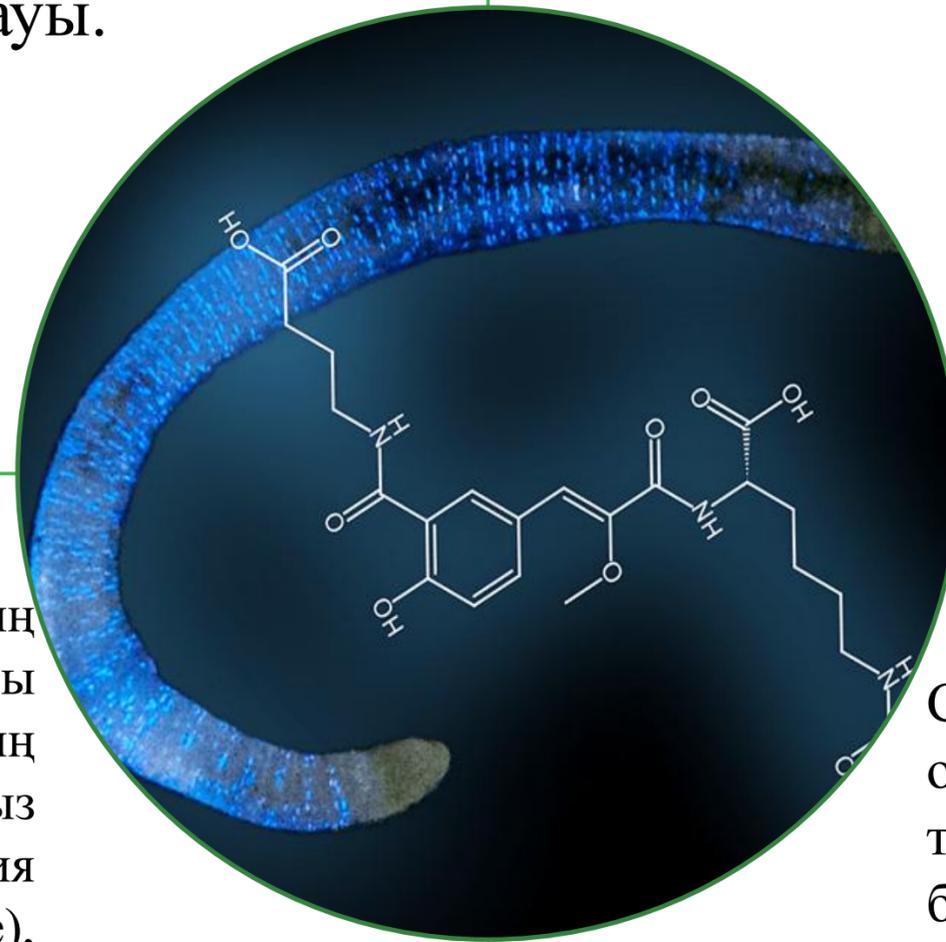
Хемиллюминесценция үшін реакция кезінде бөлінетін энергия мөлшері ~170-300 кДж/моль диапазонына түсуі керек. Жарық оның жиілігіне байланысты белгілі бір энергияны тасымалдайды: жарық жиілігі неғұрлым жоғары болса, оның энергиясы соғұрлым жоғары болады. Сонымен қатар, жарық минималды бөліктермен - кванттармен шығарылады және жұтылады. Демек, заттың бөлшегі, яғни атом немесе молекула жарық квантын шығара алатындай етіп, ол энергияны сол кванттың энергиясынан көп беруі керек, әйтпесе бөлшекке <заряд жеткіліксіз>. Квант:

$$E = h \nu$$

(h-Планк тұрақтысы,  $h = 6.63 \cdot 10^{-34}$  Дж \* с).

# Оксилюциферин

Биолюминесценция - кейбір тірі организмдердің көрінетін жарқырауы.



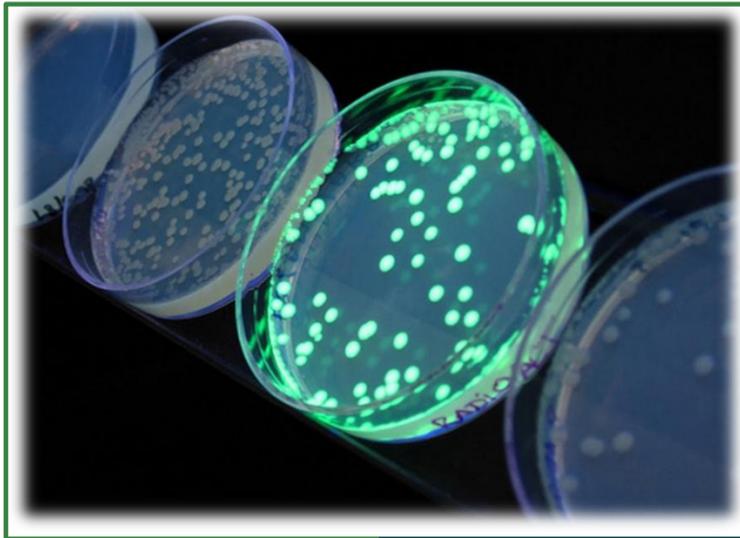
Бактериялардың, саңырауқұлақтардың, моллюскалардың люцифериндерін тек тотығу қабілеті біріктіреді, сонымен бірге қозған күйде жаңа зат - оксилюциферин түзеді. Біраз уақыттан кейін оксилюциферин негізгі энергетикалық күйге оралып, артық энергияны жарық кванты ретінде қалпына келтіреді.

Дегенмен, тотығу реакциясының жылдамдығы әдетте өте төмен. Оны жеделдету үшін катализатор қажет, оның ролінде люцифераза - күрделі ақуыз құрылымды фермент; ол реакция жылдамдығын едәуір арттырады (мың есе), бірақ өзі жұмсалмайды.

Сондай-ақ, әртүрлі түстердің себебі оксилюцифериннің микроортасында, яғни ол тікелей орналасқан ортада әртүрлі жағдайлар болуы мүмкін.

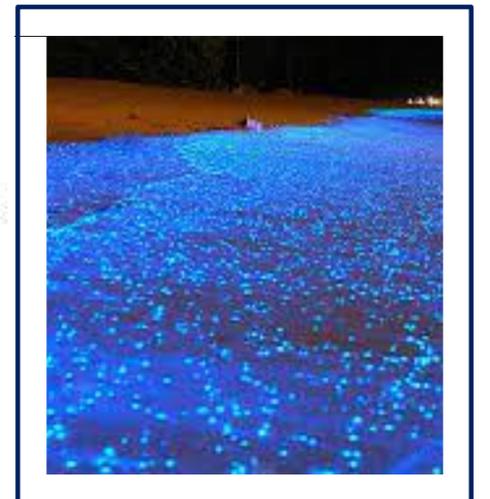
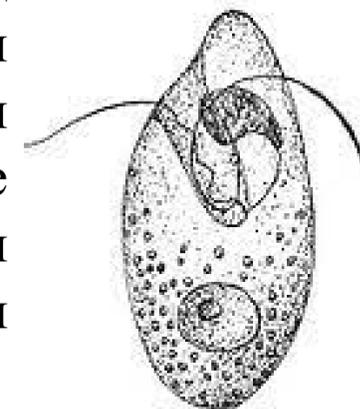
# Биолюминесцентті жүйелер

Люминесценция кейбір бактерияларда, саңырауқұлақтарда, балдырларда, құрттарда, моллюскаларда, жәндіктерде және тіпті балықтарда кездеседі. Биолюминесцентті жүйелердің 30 түрі бар, олардың оннан азы егжей-тегжейлі зерттелген.

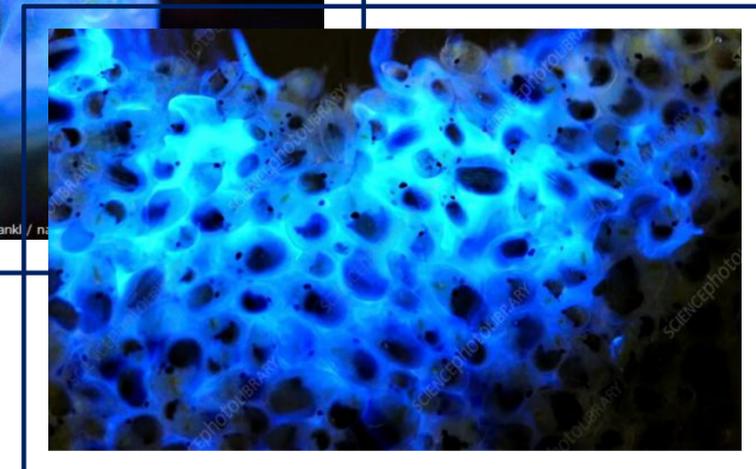
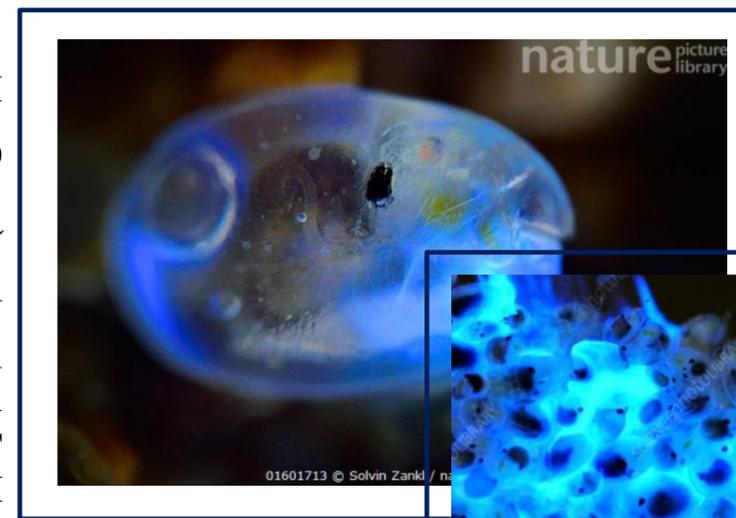


**Бактериялар.** Флуоресцентті бактериялар теңіз суында және құрлықта кездеседі. Оларды агар чашкаларында өсіру оңай. Мұндай бактериялар сонымен қатар арнайы жарық органдарында өмір сүретін кейбір теңіз балықтары мен кальмарлардың симбионттары болып табылады. Көбінесе олар көптеген теңіз түрлерінде ішек бактериялары ретінде, кейде шаян тәрізділерде паразиттер ретінде, сапрофиттер сияқты жануарлардың қалдықтарында болады. Бактериялар флавин молекуласы шығаратын көк жарықпен жарқырайды.

**Динофлагеллаттар.** Динофлагеллаттар - бір клеткалы балдырлар, Кариб теңізінің жағалауындағы әйгілі фосфоресцентті жағажайлар. Динофлагеллаттар суда толқын пайда болған кезде "жыпылықтайды". Жарық органеллалардан – цитоплазмадағы мамандандырылған құрылымдардан келеді. Органеллалар қышқыл вакуольге "жабысады" және қозу кезінде рН өзгерген кезде жарқырай бастайды. Олардағы люциферин-хлорофиллге ұқсас тетрапиррол; люцифераза катализінде ол оттегімен әрекеттесіп, көк жарқыл шығарады.

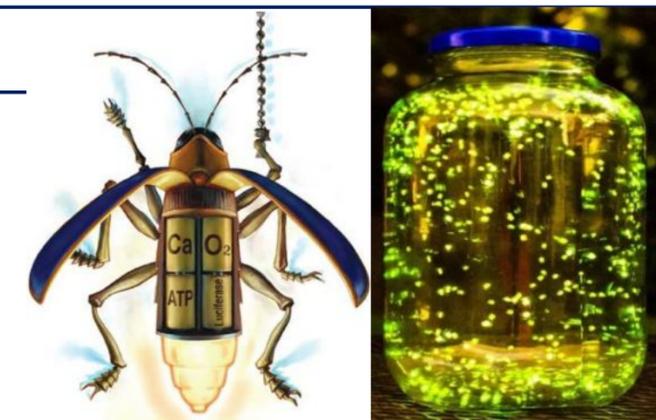


**Шаян тәрізділер.** Люминесценция жасушадан тыс болуы мүмкін. Жапония суларында кездесетін *Vargula* шаян тәрізділері мысал бола алады. Олар люциферин мен люциферазаны бөлек (әр түрлі бездерден) шығарады, ал суда олардың өзара әрекеттесуі нәтижесінде люминесценция пайда болады. Екінші дүниежүзілік соғыс кезінде жапондықтар құрғақ шаян тәрізділерді позицияларда әлсіз жарық көзі ретінде пайдаланды. Осы шаян тәрізділердің бірнешеуін қолына ұсақтап, сілекеймен сулау арқылы олар карталар мен есептерді оқуға жеткілікті болды. Кептірілген шаяндарды люцифераза алу үшін де қолданады.



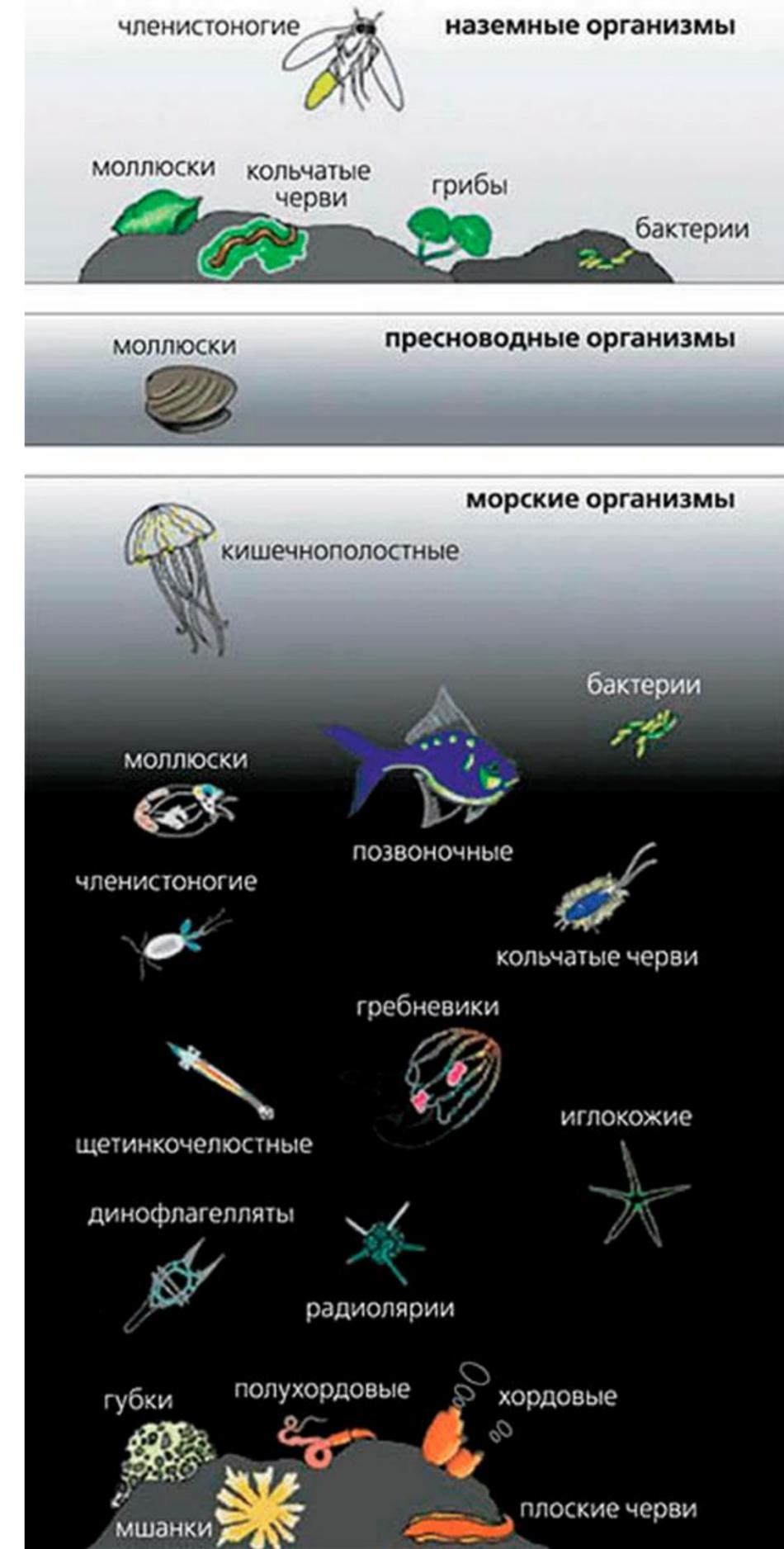
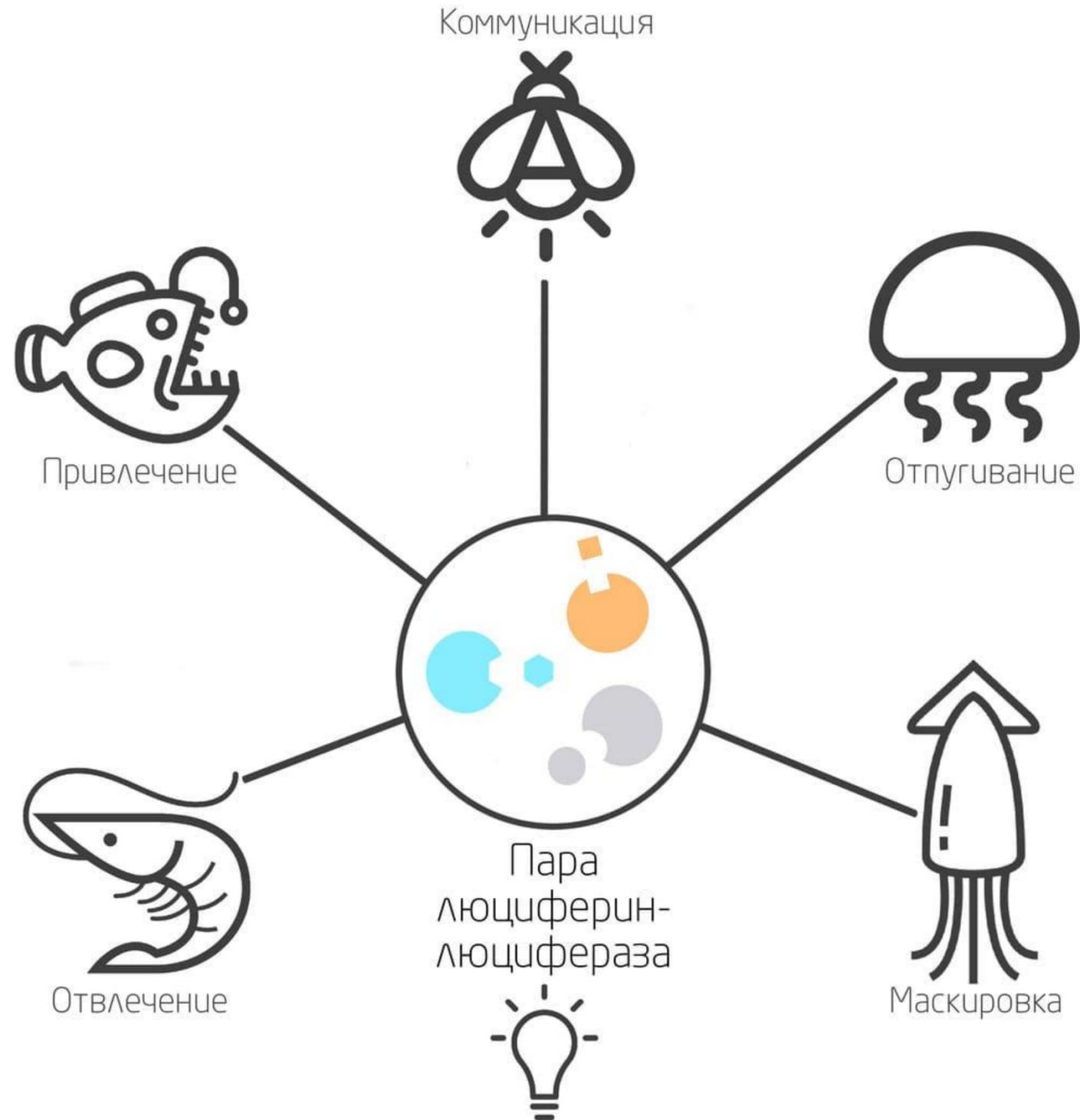
**Целентерат.** *Aequorea* сияқты көптеген медузалар жасыл жарқылмен жарқырайды. Бұл жағдайда стимулятор люциферин-люцифераза пероксиді кешенімен әрекеттесетін Са ионы болып табылады. Экворин деп аталатын бұл кешенді (фотобелен) кальцийсіз ортада оқшаулауға және тазартуға болады.

**Светлячки.** Светлячки негізінен сары жарық шығарады. Олар көптеген континенттерде өмір сүреді және көбінесе олардың жарқырауын Солтүстік Америкадағы өрістер мен ормандардың үлкен кеңістігінде байқауға болады. Бірақ процесті қоздыратын заттың табиғаты әлі белгісіз; олар оттегі болуы мүмкін деп есептеледі. Олардағы люциферин-бензотиазол. Жарық сәулеленуі синтезі АТФ, люциферин және оттегін қажет ететін циклдік пероксидтің ыдырауы кезінде пайда болады.



# Жануарлардың люминесценцияны қолдануы.

Биолюминесценцияның функционалдық рөлі әртүрлі болуы мүмкін, бірақ көп жағдайда ол шабуыл, қорғаныс және байланыс сияқты мінез-құлық аспектілерімен байланысты.



## *Люцифераза ферментін алу*

Синтетический люциферин



+АТФ,  $Mg^{2+}$ ,  $O_2$ , Люцифераза

Бұрын зерттеу үшін люцифераза тікелей тасымалдаушылардан жиналатын, бұл өте көп еңбекті қажет ететін. 1 мг фермент алу үшін мыңға жуық отшашу қажет болды! Бірақ XX ғасырдың аяғынан бастап, люцифераза гені оқшауланған кезде, ол *E. coli* (*Escherichia coli*) жасушаларына қосылып, люциферазаның шексіз мөлшерін ала бастады. Бұл өз кезегінде люциферазаны гендік модификациялауға мүмкіндік берді, оның әртүрлі қасиеттері бар мутацияланған нұсқаларын алды.

## *Люминесценцияны практикалық қолдану.*

Хемилюминесцентті жүйелер (мысалы, жарқыраған таяқшалар) кейде жарық көзі ретінде қолданылады. Биолюминесцентті жүйелер аналитикалық мақсаттарда, негізінен клиникалық медицинада және азық-түлік сапасын бақылауда, сондай-ақ ғылыми зерттеулерде (жасушадағы Са концент және АТФ концентрациясын өлшеу) кеңінен қолданылады.



Биолюминесценция светлячков



Пещеры Вайтомо



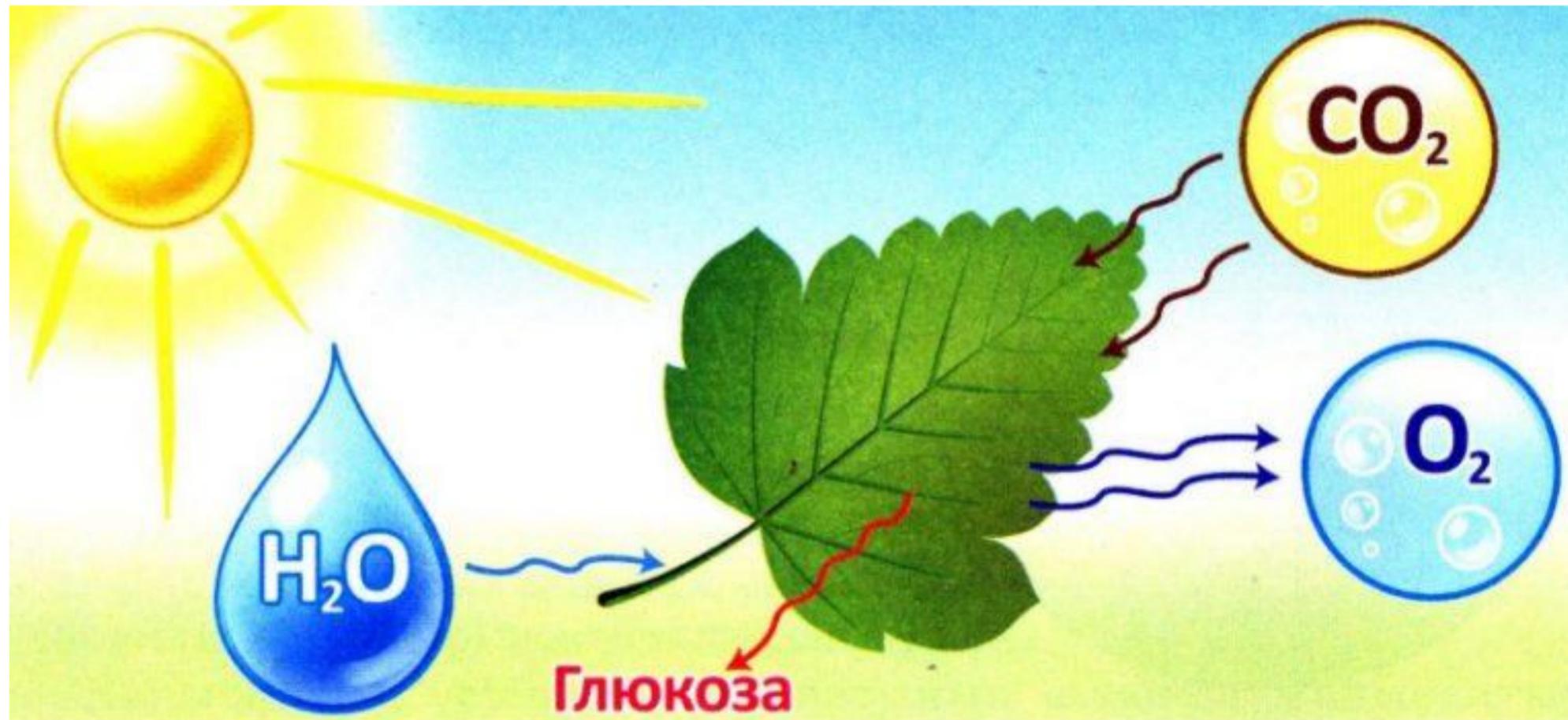
Мусена manipularis by Nicky Bay



Биолюминесцентные водоросли by @jordan\_robins

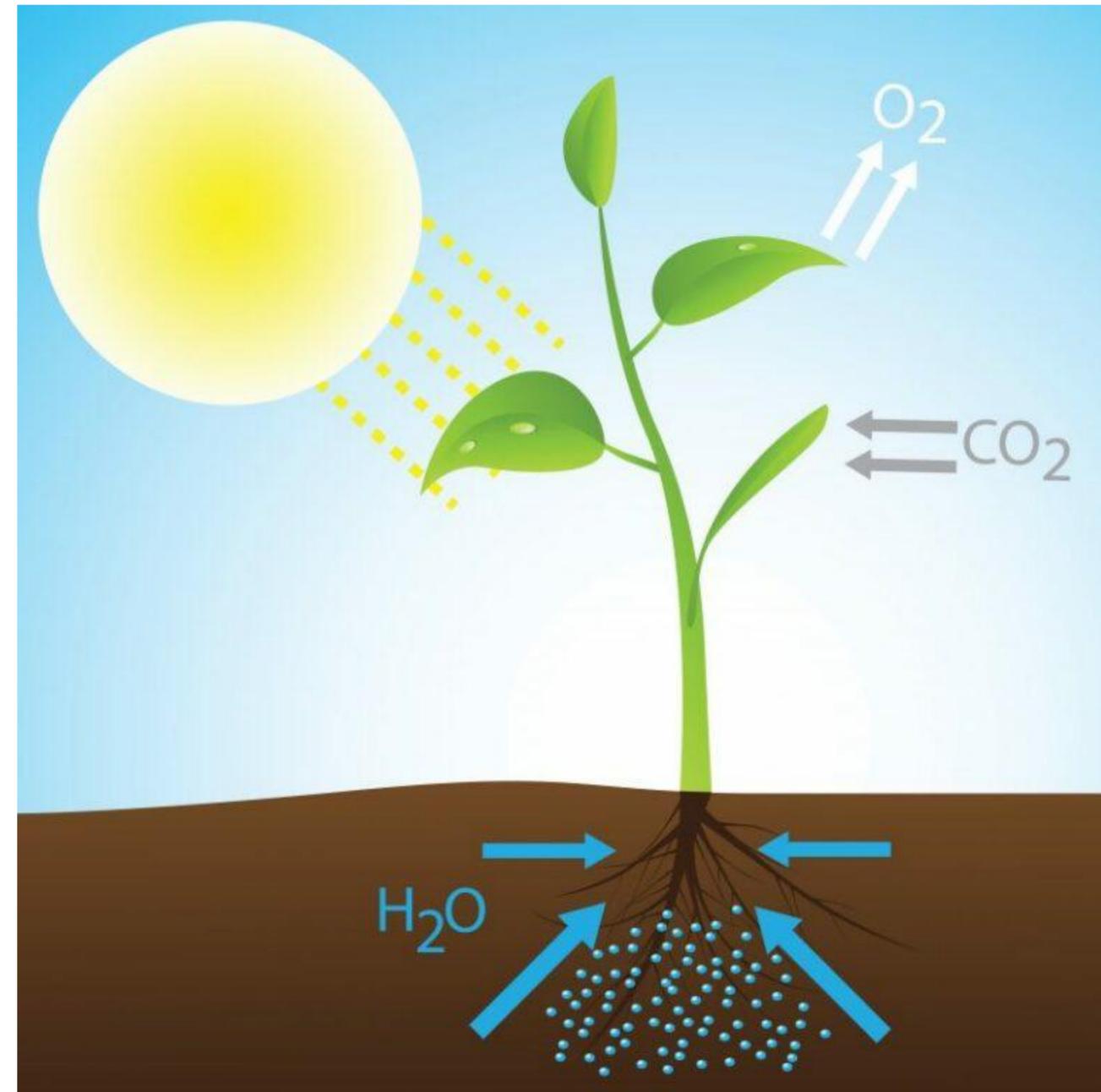
**Фотосинтез үшін су, көмірқышқыл газы, хлорофилл және күннің жарығы маңызды жағдай болып табылады.**

Фотосинтез -бұл күн сәулесінің қатысында су, бейорганикалық заттар мен көмірқышқыл газынан органикалық заттардың түзілу процесі. Органикалық заттар жапырақтың жасыл жасушаларында түзіледі. Фотосинтезге қажет бастапқы заттар — энергияға бай емес су мен көмірқышқыл газы және жарық. Фотосинтез нәтижесінде алғашқы көмірсу глюкоза, содан кейін күрделі қант пен крахмал түзіледі.



Фотосинтез кезінде түзілген қанттан, сондай-ақ тамырлар арқылы топырақтан сіңірілген минералды тұздардан өсімдік өзіне қажетті заттарды: нәруыздар, майлар және басқа да көптеген заттарды түзеді. Кейбір заттардан жаңа жасушалар түзіледі, кейбіреулері тыныс алу процесінде энергия көзі ретінде қолданылады, енді біреулері нәруыз, крахмал, май түрінде қорға сақталады.

Жарықтың қарқынды түсуімен фотосинтез процесінің жылдамдығы артады, бірақ оның артуымен фотосинтездің айқындылығы төмендейді. Қалың ормандарда, көлеңкелерде өсетін өсімдіктерге белсенді фотосинтез жүру үшін түскен жарық жеткілікті болады.



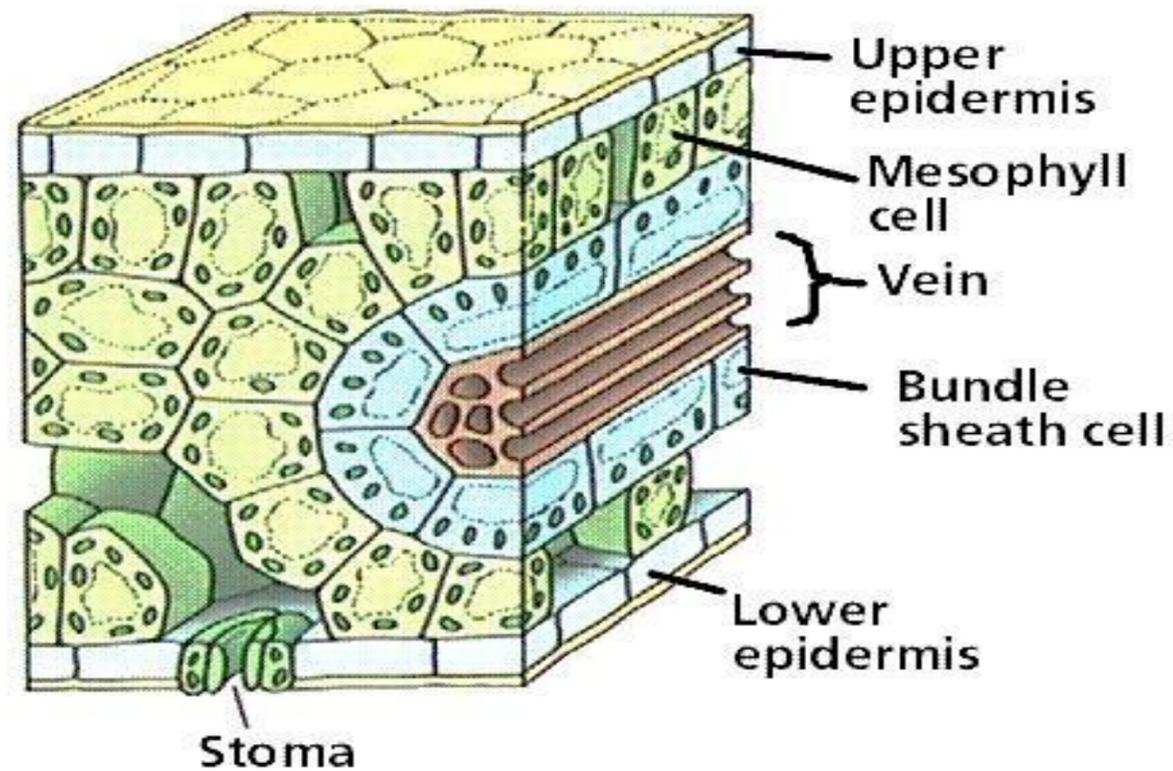
# C4 өсімдіктердегі фотосинтез (Хэтч-Слэк циклі, 1966 ж)

Эволюция бойында өзгерген ортаның жағдайларына бейімделу механизмі

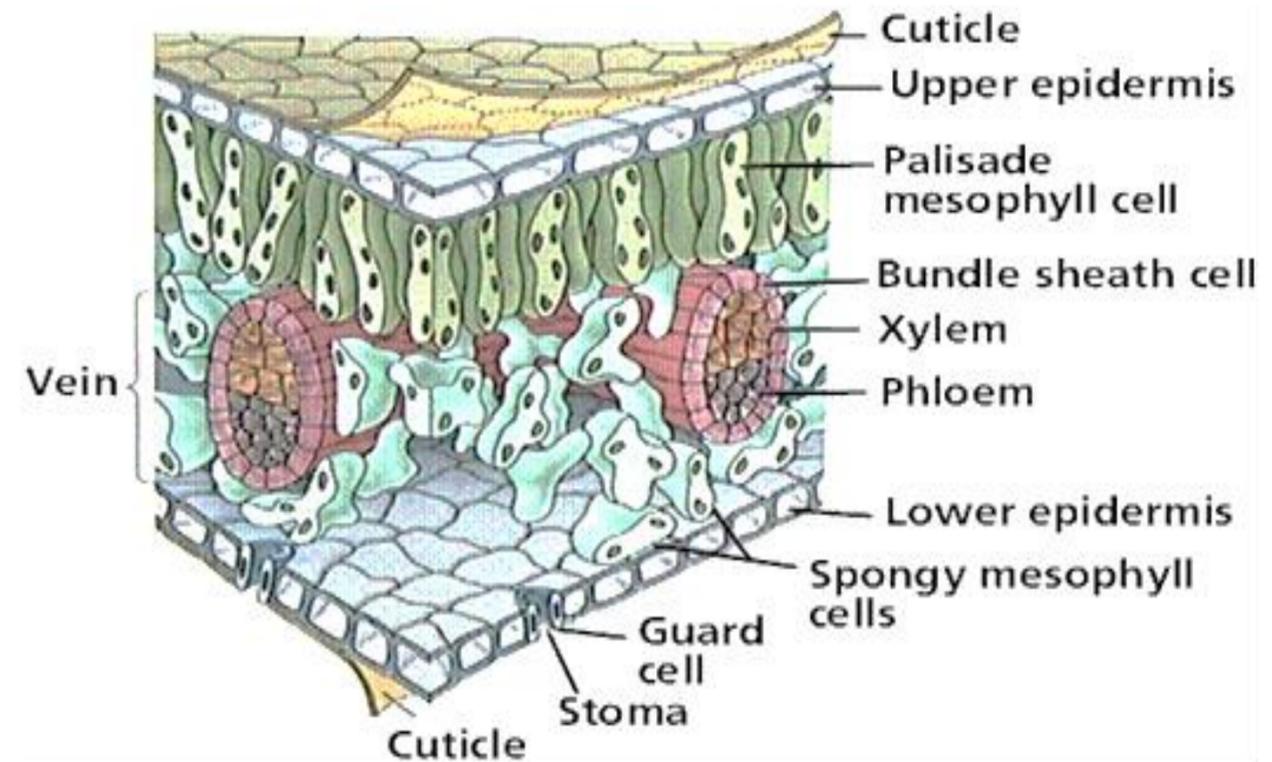
Карбоксилденудің бірінші өнімі – 4 көміртек атомы бар қосынды.

Субтропикалық және тропикалық өсімдіктерде

Амарант, жүгері, қант қамысы



C4



C3

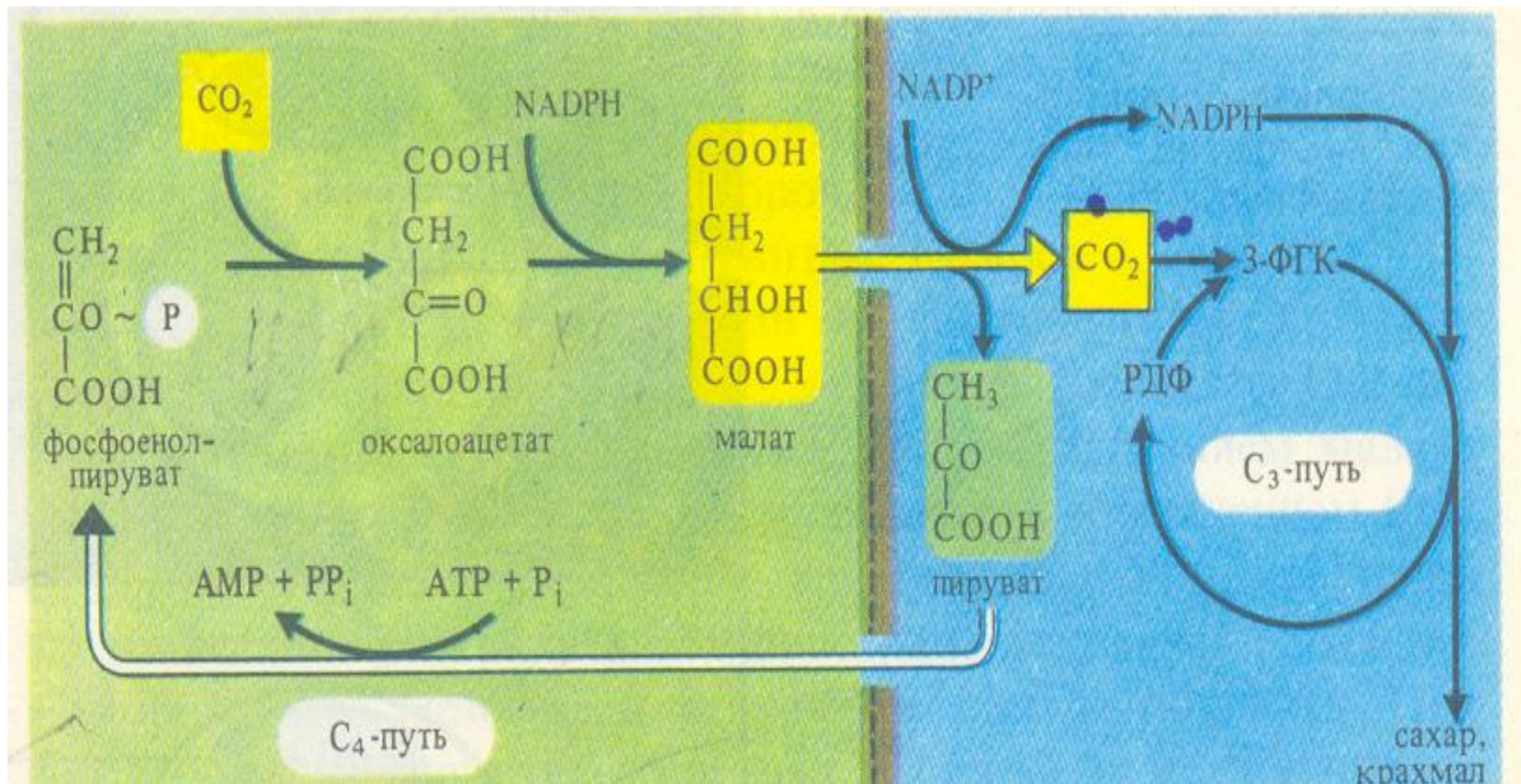
## 2 түрлі клеткалар бар:

Жапырақтың мезофилінде -  
майда ұсақ граналы  
пластидтер.

ФЖ2

Өткізгіш шоқтарды қоршап  
тұрған клеткаларда -  
гранасы жоқ  
ірі пластидтер

ФЖ1



## $C_4$ – жолының ерекшеліктері:

- $C_3$ -жолымен жүретін фотосинтезде фототыныстың белсенділігі жоғары, ал  $C_4$  - өсімдіктерде фототыныс алудың белсенділігі төмен.
- **Rubisco** фототынысты да катализдейді:
- $РБФ + CO_2 \rightarrow 2ФГҚ$  - **фосфоглицерин қышқылы**.
- $РБФ + O_2 \rightarrow ФГК$  - **фосфогликоль қышқылы**.
- Тотығу және карбоксилдену реакциялар бір бірімен бәсекеленеді.
- $C_4$ - жолдың өсімдіктерінде  $C_4$ -жолы жүретін хлоропластарда  $O_2$  –тің мөлшері төмен болады, себебі онда тек **ФЖ 1** жұмыс істейді. **ФЖ1**-де  $O_2$  бөлінбейді
- **Rubisco** –ның карбоксилазалық және оксигеназалық функциялары  $O_2$  мен  $CO_2$ нің мөлшеріне тәуелді.

# Артықшылықтары

1. Ф/с-дің температура оптимумы  $C_3$ - жолы өсімдіктерде 20-25 °С,  $C_4$  – 30-45°С.

2.  $C_4$ -өсімдіктерде фотосинтездің күн сәулесіне қанығуы  $C_3$ -өсімдіктерге қарағанда күн сәулесінің белсенділігі жоғарылау болғанда келеді.

Мысалы,  $C_3$ -өсімдіктерде игеретін сәуленің белсенділігі толық күн сәулесінің белсенділігінің 50%-не тең болғанда ф/с-дің қарқындылығы өзгермейді.

$C_4$ -өсімдіктерде күн сәулесінің белсенділігі ұлғайғанда, ф/с-дің қарқындылығы өсе береді.

Сол үшін  $C_4$ - өсімдіктерде ф/с қарқындылығы жоғары температурада және жарықтың белсенділігі жоғары болғанда да көтеріле береді.

3.  $C_4$ -өсімдіктерде Кальвин циклінің өнімдері өткізгіш шоқтарды қоршаған клеткаларда түзіледі.

Ол ассимиляттардың таралуын оңайлатады, содан соң фотосинтез қарқындылығы да ұлғаяды.

4.  $C_4$ -өсімдіктер қуаңшылыққа, жоғары температураға төзімді болады

# Фотодеградация

Ф.Гейтс (1928-1930) және Л.Стадлер мен Ф.Угер (1942) ультракүлгін сәулеленудің летальді және мутагендік әсерлерінің әсер ету спектрлері мен нуклеин қышқылдарының сіңіру спектрі арасындағы сәйкестігі ашылғаннан кейін, **фотодеградация** ұғымы қалыптасты. УК сәуле әсеріне белоктар немесе басқа құрылымдар емес, нуклеин қышқылдарының фотодеградациясы жүреді.

Гуаниннен басқа ДНК-ны құрайтын барлық азотты негіздердің ультракүлгін сәулеленудің сіңіру максимумы 260-265 нм аймағында болады. Гуаниннің бұл аймақта максималды шамасы 247нм құрайды.



# Фотодеградация түрлері

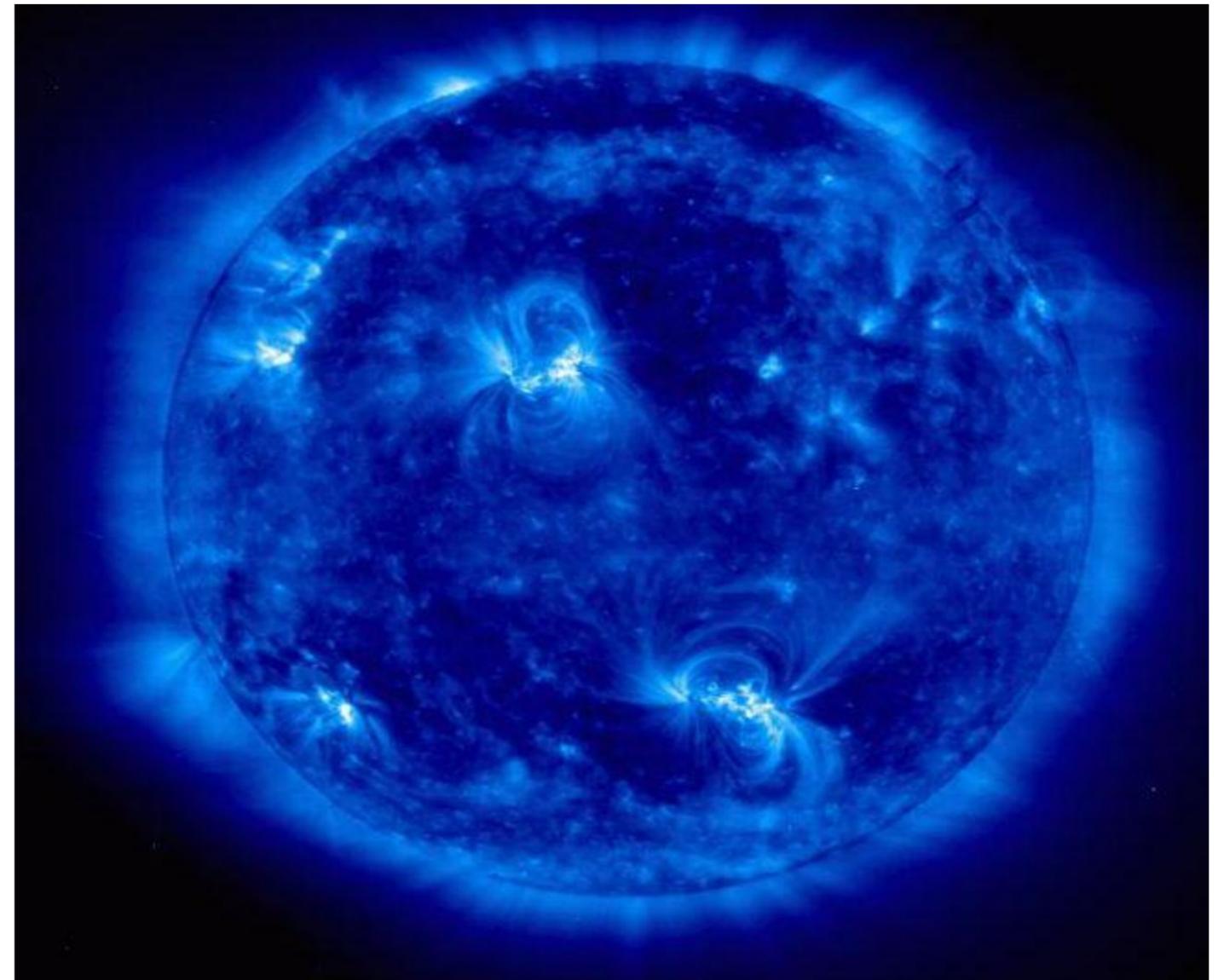
Толқын ұзындығы шамамен 260 нм болатын ультракүлгін кванттарды жұтқанда нуклеин қышқылдарының азотты негіздері олар түрленуге болатын қозған күйге өтеді. ДНҚ-ның бір фотонды қозуымен келесі фотодеградациялық реакциялар болуы мүмкін:

пиримидиндік негіздердің, әсіресе тиминнің димеризациясы;

- азотты негіздердің гидратациясы;

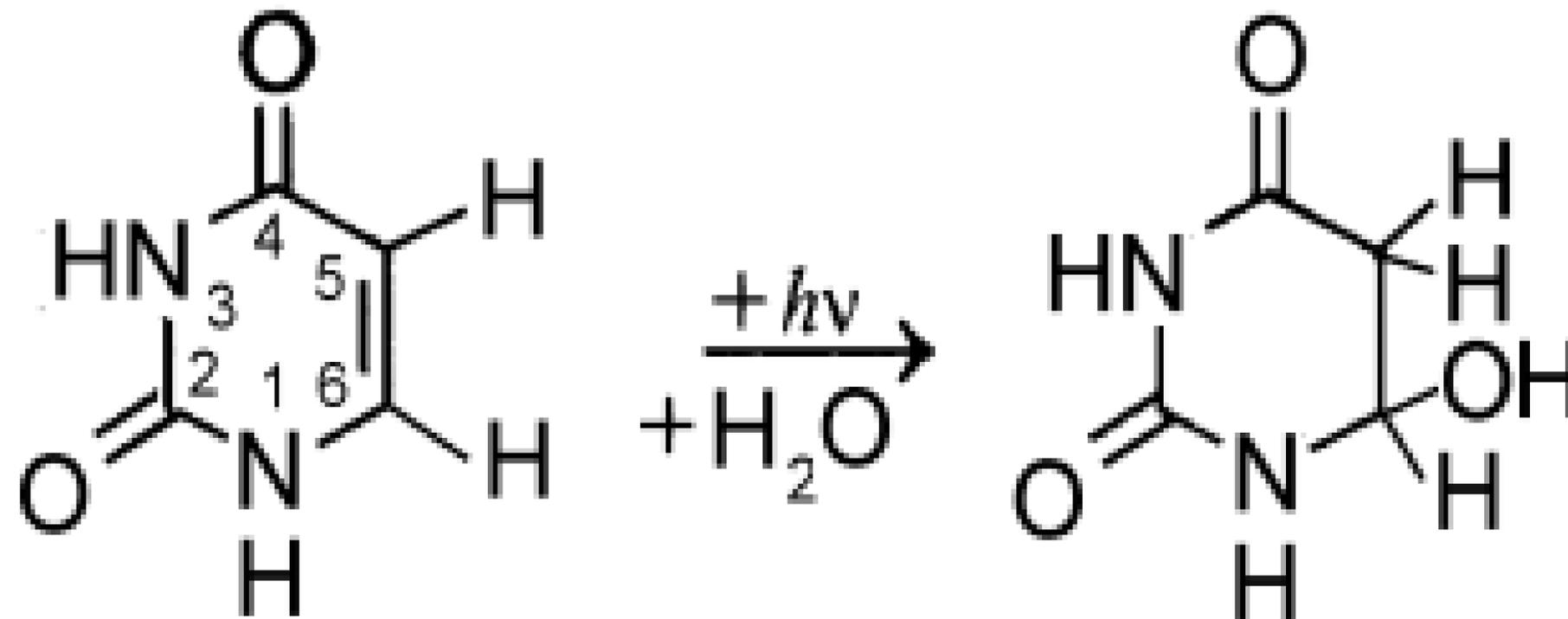
- ДНҚ-ДНҚ, ДНҚ-ақуыз, белок-белок молекула аралық байланыстардың түзілуі;

- Бір немесе қос жіптің үзілуі.  
(Одно- или двухнитевые разрывы цепей)



# Фотогидратация

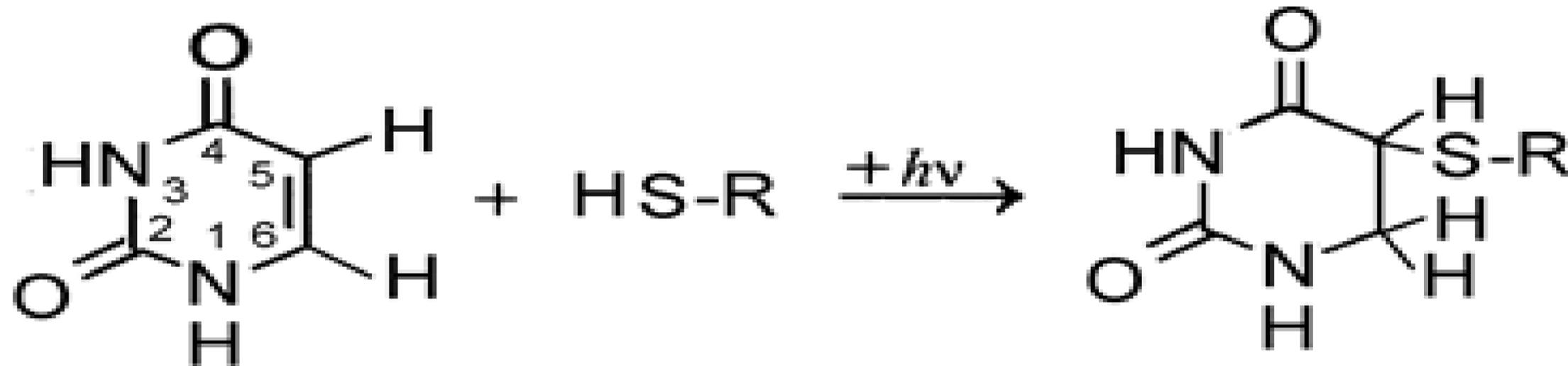
ДНҚ-ның басқа фотозақымдары да мүмкін. Фотогидратация – пиримидиндік негіздерге су молекуласының қосылуы. Фотогидраттар тек бос цитозин немесе урацил ерітінділерінде немесе бір тізбекті ДНҚ немесе РНҚ-да түзіледі. Олар қос тізбекті ДНҚ-да кездеспейді. Бұл процесс пиримидиндердің синглетті қоздырылған күйлері арқылы жүреді.



Урацилдің фотогидратациясы

# ДНҚ-белок байланысы

- Ультракүлгін сәулелену сонымен қатар ақуыздармен молекулааралық ДНҚ айқаспаларының пайда болуына әкелуі мүмкін. ДНҚ ақуызының айқаспалы байланысы Сәулеленген жасушалардан ДНҚ экстракциясының нашарлауы арқылы анықталады, ол ақуызды бұзатын трипсинмен өңдеуден кейін қалпына келеді. Бұл жағдайда ДНҚ да, белоктар да фотоакцептор бола алады. Бұл жағдайда серин, тирозин, треонин, цистеин немесе метионин аминқышқылдарының-SH немесе-OH топтары тиміндегі немесе цитозиндегі 5 немесе 6 көміртек атомдарына қосыла алады. Цистеин мен тирозин ДНҚ-мен байланысудың ең үлкен қабілетіне ие.



# ДНҚ тізбегінің үзілуі

- ❖ Жоғары энергиялы қысқа толқынды ультракүлгін фотондардың әсерінен немесе жоғары қарқынды лазерлік сәулеленуде ДНҚ-ның бір немесе екі тізбегі үзілуі мүмкін.

## Бір тізбегінің үзілуі

Толқын ұзындығы 254 нм ультракүлгін сәуленің әсерінен ДНҚ зақымдануы димерлердің, фотогидраттардың және 4-6-аддукторлардың түзілуімен жүреді. ДНҚ-ның едәуір зақымдануы (үзілістер, айқаспалы байланыстар) сирек кездеседі. Вакуумдық ультракүлгін сәулелену кезінде бір тізбекті үзілістер мен азотты негіздердің жоғалуы мүмкін.

Ультракүлгін сәулелену нуклеин қышқылдарының барлық белгілі функцияларын бұзады:

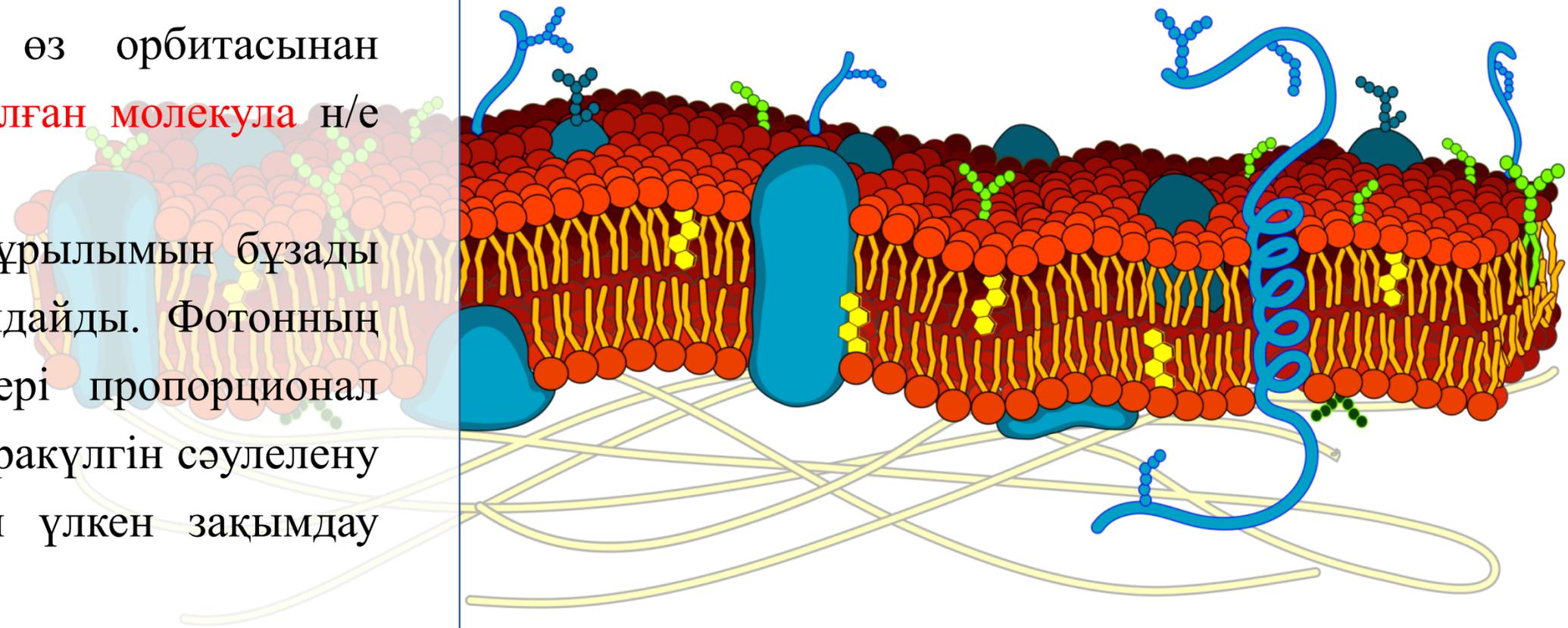
Репликация және транскрипция, ДНҚ-да мутациялардың пайда болуына, демек, ДНҚ-да құрылымы кодталған ақуыздардың модификациясына әкеледі.

мРНҚ мен тРНҚ-ның зақымдануы ақуыз синтезін тоқтатады.

## УК сәулесінің биомембранаға әсері

Жарық фотоны электронды өз орбитасынан шығарады. Нәтижесінде **оң зарядталған молекула** н/е **бос радикал** түзіледі.

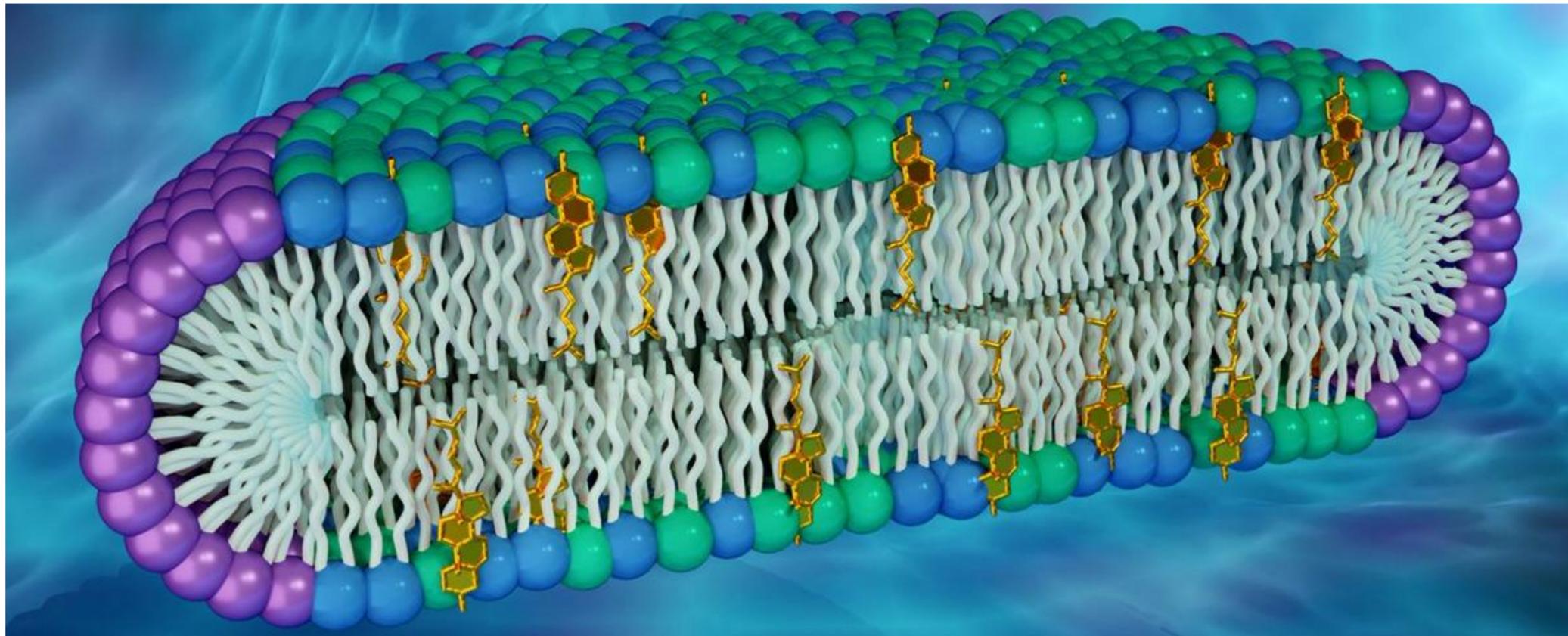
Бос радикалдар белоктардың құрылымын бұзады және клетка мембраналарын зақымдайды. Фотонның энергиясы толқын ұзындығына кері пропорционал болғандықтан, қысқа толқынды ультракүлгін сәулелену биологиялық объектілерге қатысты үлкен зақымдау қабілетіне ие.



Ультракүлгін сәуленің цитоплазмалық мембраналардың өткізгіштігінің бұзылуын тудыратын қабілетін көптеген авторлар көрсетеді.

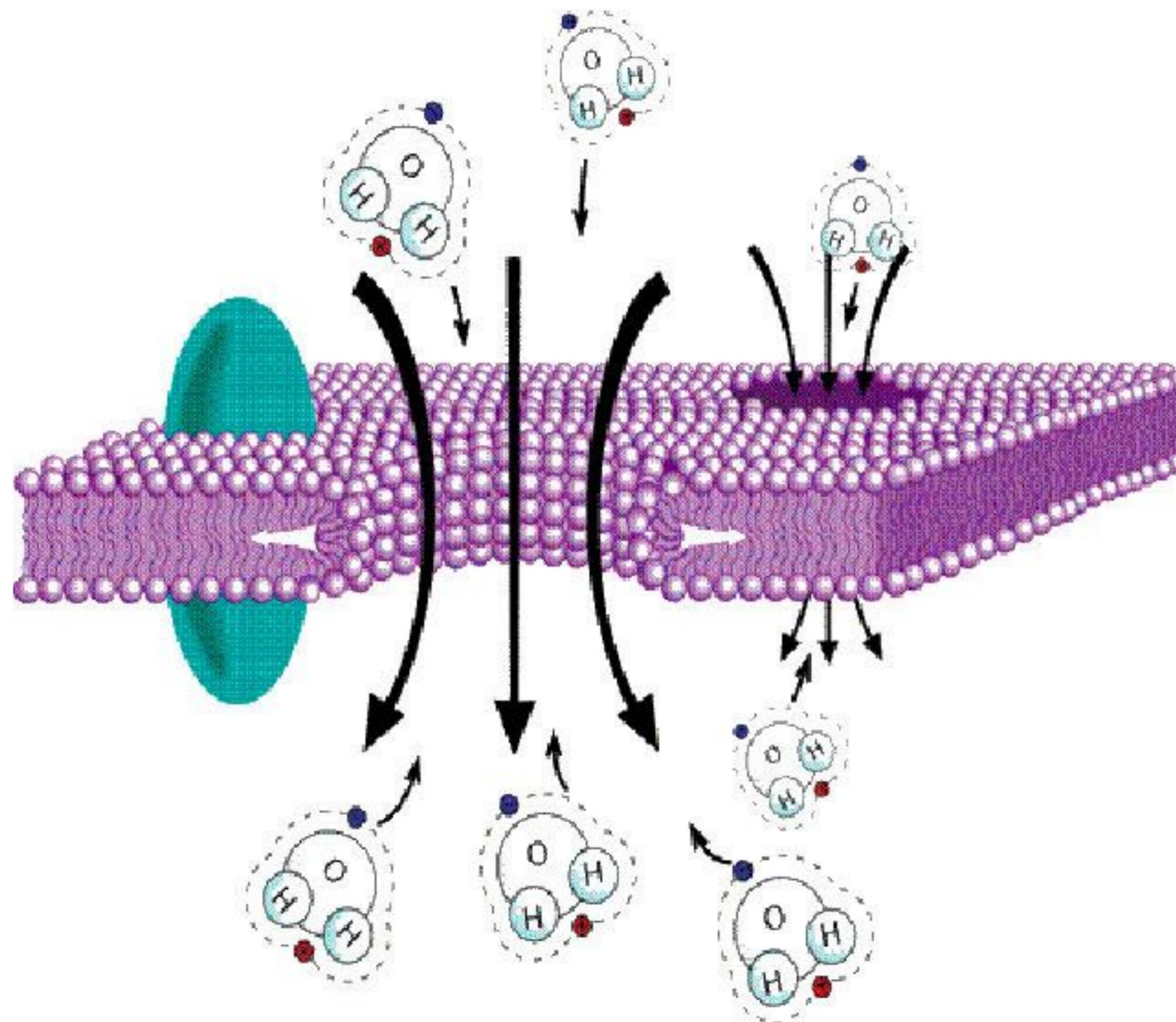
Клеткаішілік органеллаларда әртүрлі катиондар, су және бояғыштар үшін мембраналардың өткізгіштігінің жоғарылауы анықталды.

Клеткадағы макроскопиялық өзгерістер (жасушаішілік вакуольдердің азаюы, протоплазманың түйіршіктелуі, май тамшыларының ұлғаюы, жасушаның қысылуы) мембрана өткізгіштігінің максималды өзгеруіне сәйкес келеді.



УК әсерінен мембраналардың су өткізгіштігі артады. Бұл вакуольдер көлемінің және олардың пульсация жиілігінің жоғарылауынан көрінеді. Сәулелену жоғарылаған сайын суды жою аппараты зақымдалады, вакуольдер жиырылу қабілетін жоғалтады.

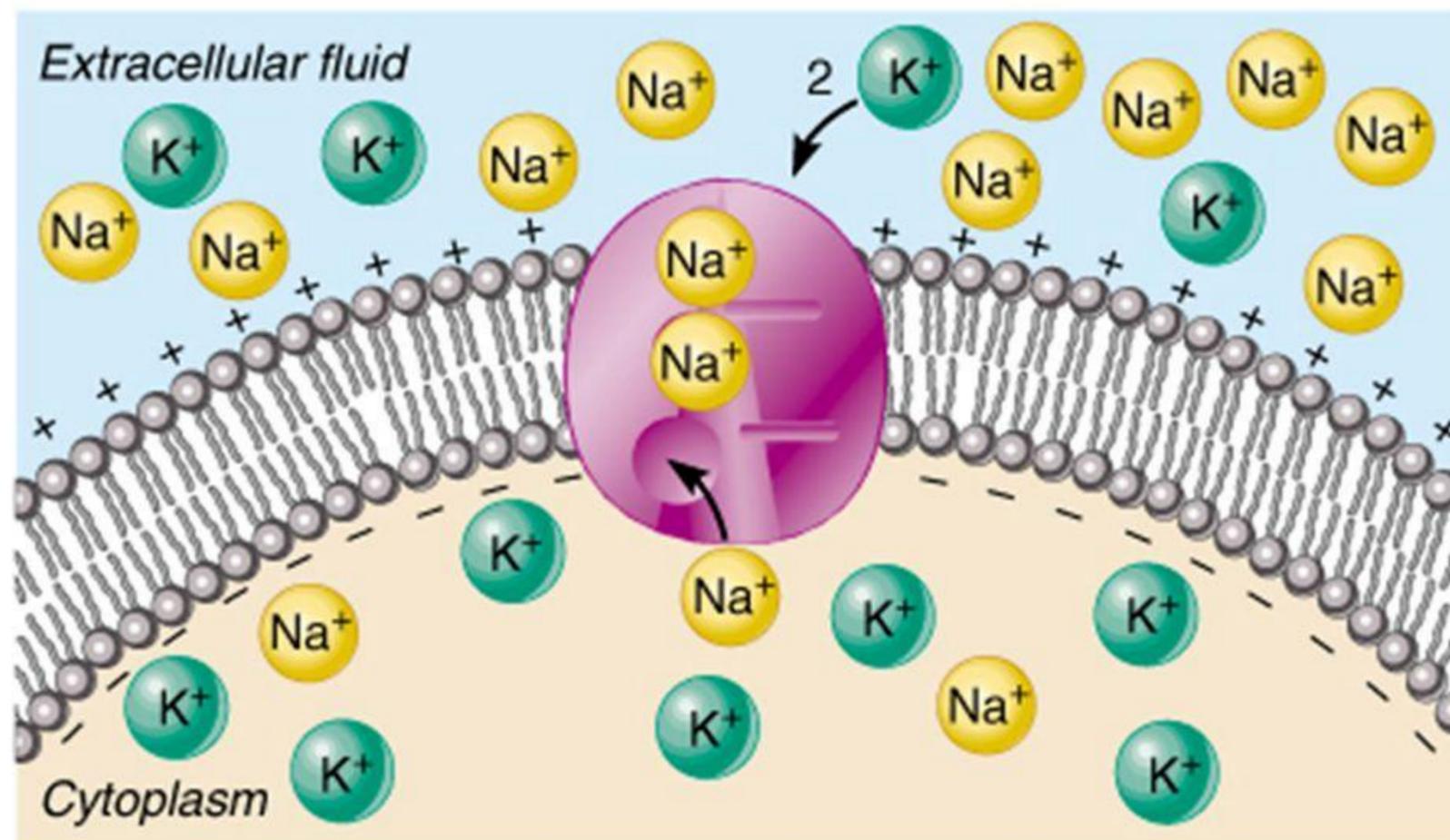
УК сәуленің үлкен дозалары жасушалардың жарылуына әкеледі – эритроциттердің гемолизі.

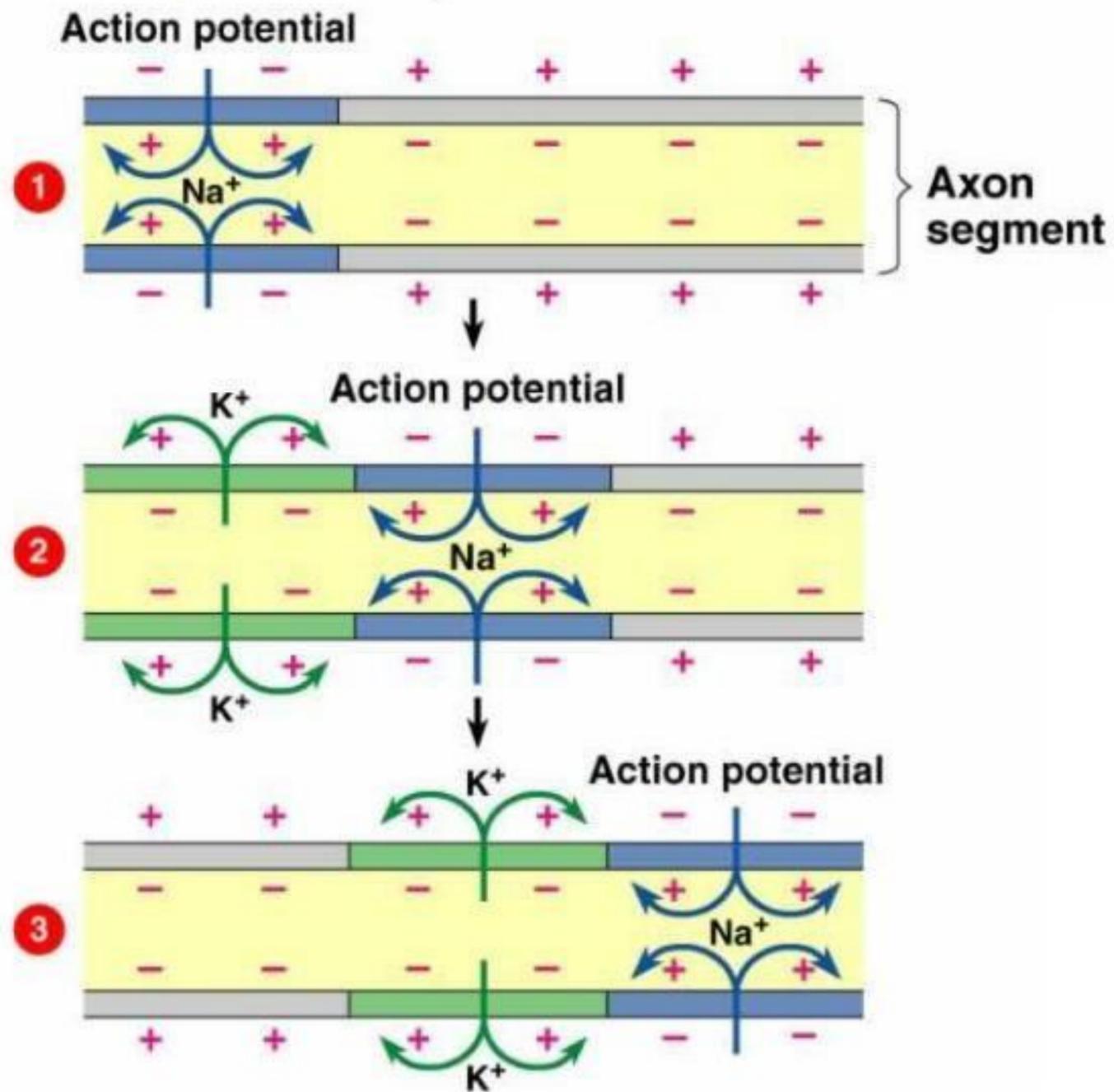
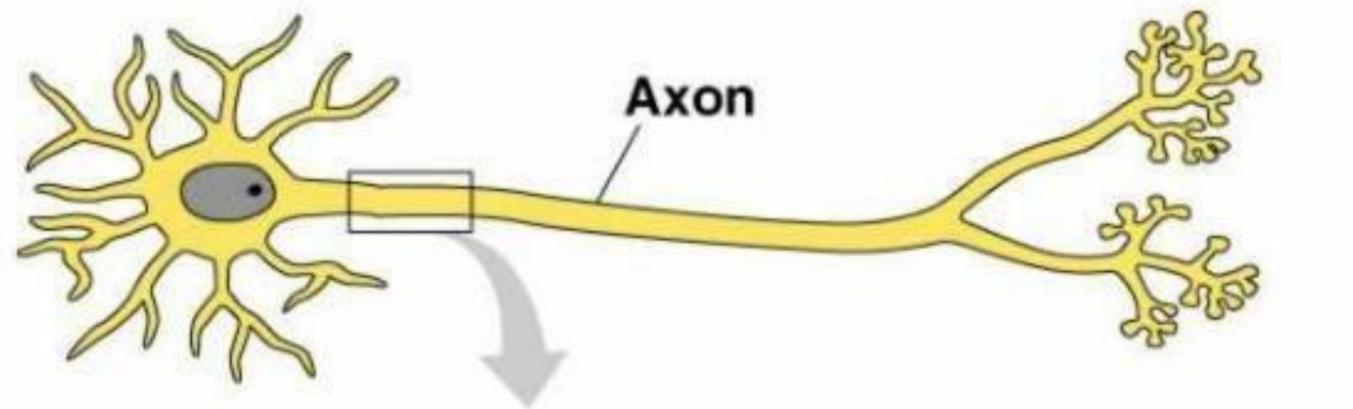


Ультракүлгін сәуленің  $K^+$  және  $Na^+$  иондары үшін мембрана өткізгіштігінің бұзылыстарын тудыру қабілеті қозғыш жасушаларды сәулелендіру тәжірибелерімен де дәлелденеді. УК сәулелену спайктың амплитудасын және жүйке импульсінің жылдамдығын төмендетеді.

Микроэлектрод техникасының көмегімен бақаның жалғыз аксонында ультракүлгін сәулелену дозасының жоғарылауымен ион мембраналарының өткізгіштігі жоғарылайтыны (тыныштық потенциалының төмендеуі) көрсетілді.

## The $Na^+/K^+$ Pump





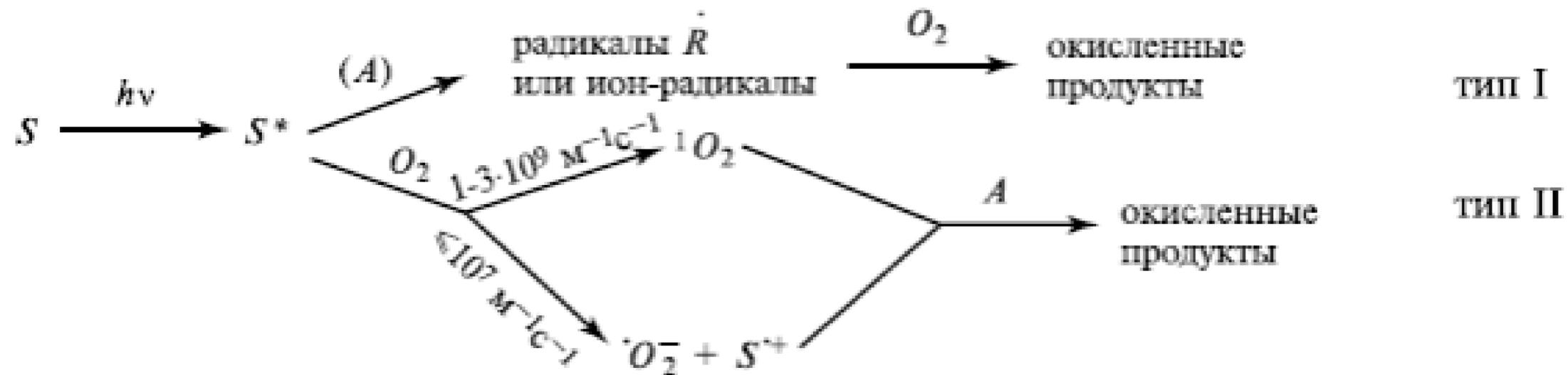
Сонымен қатар, ультракүлгін сәулелену арқылы қатерлі ісік механорецепторларының әсер ету потенциалын және *Nitella* балдырларының әсер ету потенциалын тудыруға болады.

Бұл Na<sup>+</sup> иондары үшін мембрана өткізгіштігінің күрт өсуін көрсетеді (әсер ету потенциалы негізінен "натрий" сипатына ие екені белгілі).

УК сәулесінің мембранаға деструктивті әсері алдымен оның құрамындағы белоктар мен липидтерге әсер етуіне байланысты. Фотототығу нәтижесінде түзілген бос радикалдар биомембрананың өткізгіштік қасиетін өзгертіп, оның бұзылысына әкеліп соғады.

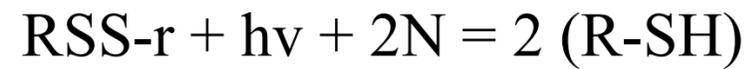
Фотодеструктивті реакция мембранада қысқа толқынды УК сәулелену (<290 нм) арқылы ж/е белгілі бір жағдайларда орташа және ұзын толқындық ультракүлгін жарығы зақым келтіруі мүмкін.

Молекулалардың бастапқы фотохимиялық түрленуінің бірнеше түрі бар. Бұл фотоионизация, фотототығу, фотодиссоциация және фотоқосылу. Деструктивті реакциялар көп жағдайда оттегінің қатысуымен жүреді.

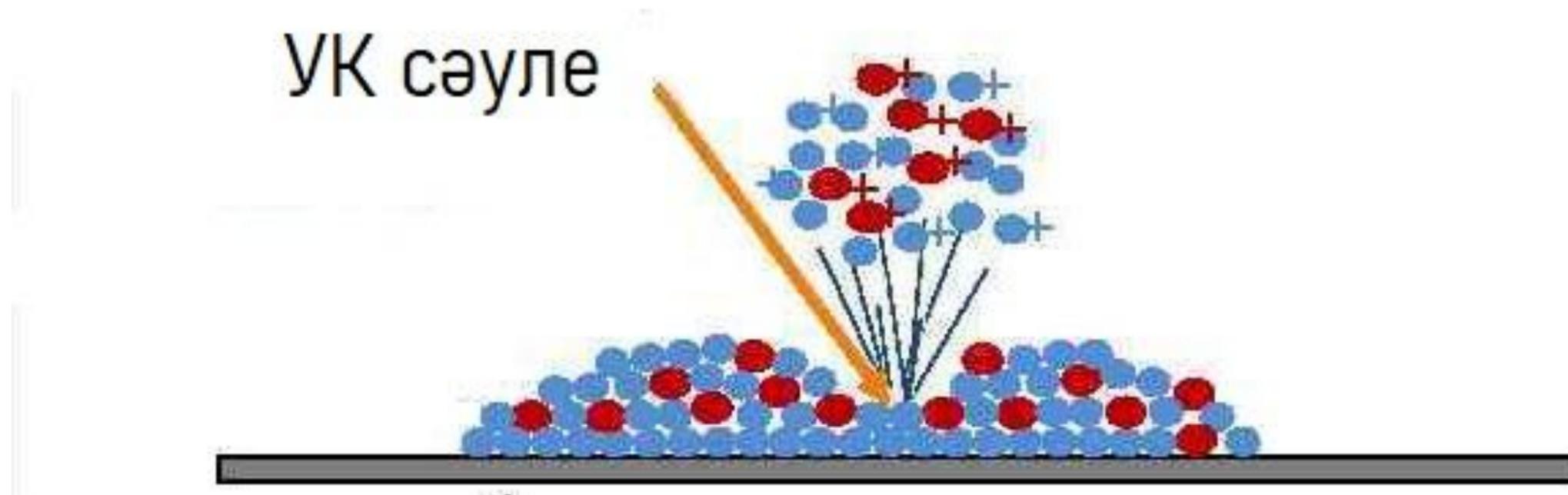


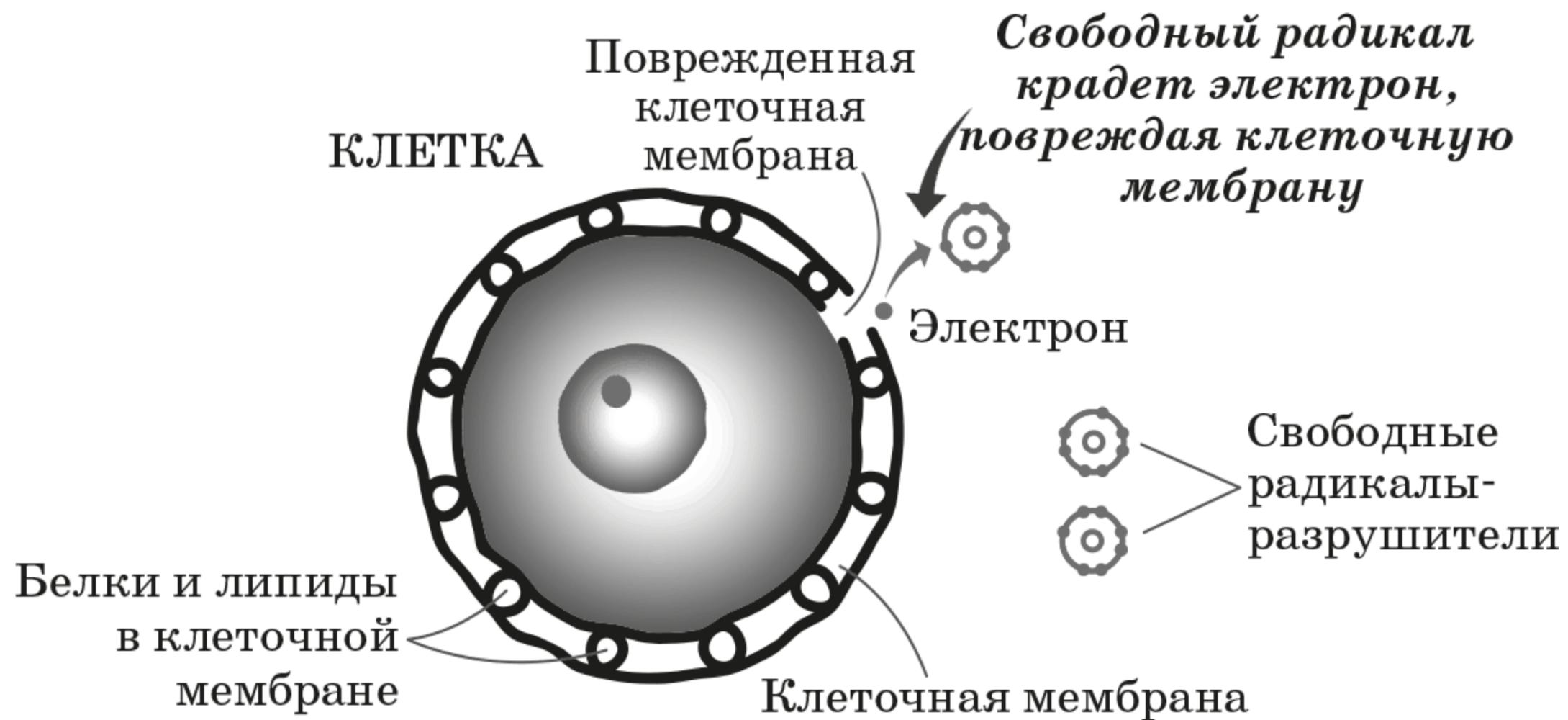
**Фотоионизация** – белоктардағы триптофан қалдықтарының фотолизі

**Фотодиссоциация** – цистеин қалдықтарындағы S-S байланыстарының диссоциациясы:



Цистеиннің фотолизі күкірт атомында жұпталмаған электронның локализациясымен бос радикалдар сатысы арқылы жүреді.





Бос радикалдар мембрана белоктарының сульфгидрил топтарының мембраналық байланысын, липидті молекулалардың өзара байланысын, май қышқылдарының асқын тотығуын жеделдетеді, бұл натрий мен кальций иондары үшін мембраналардың өткізгіштігінің жоғарылауына әкеледі.

Мембрананың зақымдануы миелин фигураларының пайда болуына және мембрананың су әсерінен бөлінуіне әкеледі.

# Төмен қарқынды лазерлік терапия:

## Инвазивті емес

- Инвазивті емес әдіспен сыртқы теріге жарық сәулесі қолданылады. Әсер ету аймағы - бұл проблемалық органның проекциялық аймағы, акупунктура немесе рефлексогендік нүктелер.



## Инвазивті

- Инвазивті әдіс органишілік және тамырішілік лазерлік терапияны ажыратады.



## Төмен қарқынды лазерлік терапияның емі:

1. жасуша мембраналарының серпімділігін қалпына келтіреді,
2. лимфа мен гемикроциркуляцияны қалыпқа келтіреді;
3. энергия алмасуын арттырады;
4. қабынуға қарсы, анальгетикалық, антиаллергиялық әсерлері бар; қалпына келтіру процестерін ынталандырады;
5. жалпы иммунитетті қалыпқа келтіреді;
6. ағзаның қарсылығын арттырады.



# Лазерлік әсерден биологиялық әсерлердің даму реттілігі.

Клеткаішілік компоненттерімен  $h\nu$  фотон энергиясының жұтылуы

Термодинамикалық тепе теңдіктің бұзылуы (Локальді жылу)

$Ca^{2+}$  концентрациясының өзгеріп, цитозольде және ұлпаларда толқындардың таралуы

$Ca^{2+}$ -тәуелді процестердің стимуляциясы:

- ДНҚ және РНҚ синтезінің жоғарылауы
- митохондриялардың тотығу-тотықсыздану потенциалының жоғарылауы, АТФ синтезі мен жинақталуының жоғарылауы
  - - NO-ның бөлінуі
- оттегінің реактивті түрлерінің бөлінуі
  - - гормондарға жасушаішілік жауаптың өзгеруі
- +-АТФазаның жұмысына байланысты секреция мен жасуша байланысын реттеуде және т.б.

### 3. Интенсивтілігі төмен лазерлік терапияны жүргізудің негізгі әдістері.

#### 2) Фокусталған сәулемен ошақтың перифериясы бойынша лазерлік сәулелену

- Арнайы фокустық саптамалар қолданылады; анкологияда, күйікте пайдаланылады
- Өткізу әдістемесі-сәулелендіргіштен (10 мм-ге дейін) ең аз қашықтықтан, сканерлеу немесе квази-сканерлеу әдісі;
- Бір аймақтың сәулелену уақыты 10сек-1мин;
- Жалпы әсер ету уақыты 10 минутқа дейін. Күнделікті 8-10 процедура курсы.



### 3. Интенсивтілігі төмен лазерлік терапияны жүргізудің негізгі әдістері.

#### 3) Лазеропунктура

Сәулелену классикалық рефлексологияда ұсынылған биологиялық белсенді нүктелерге бағытталады. Неврозах, остеохондроз и мигренде, жүрек-қантамыр, жүйке жүйесі, асқазан ішек жолдары ауруларында

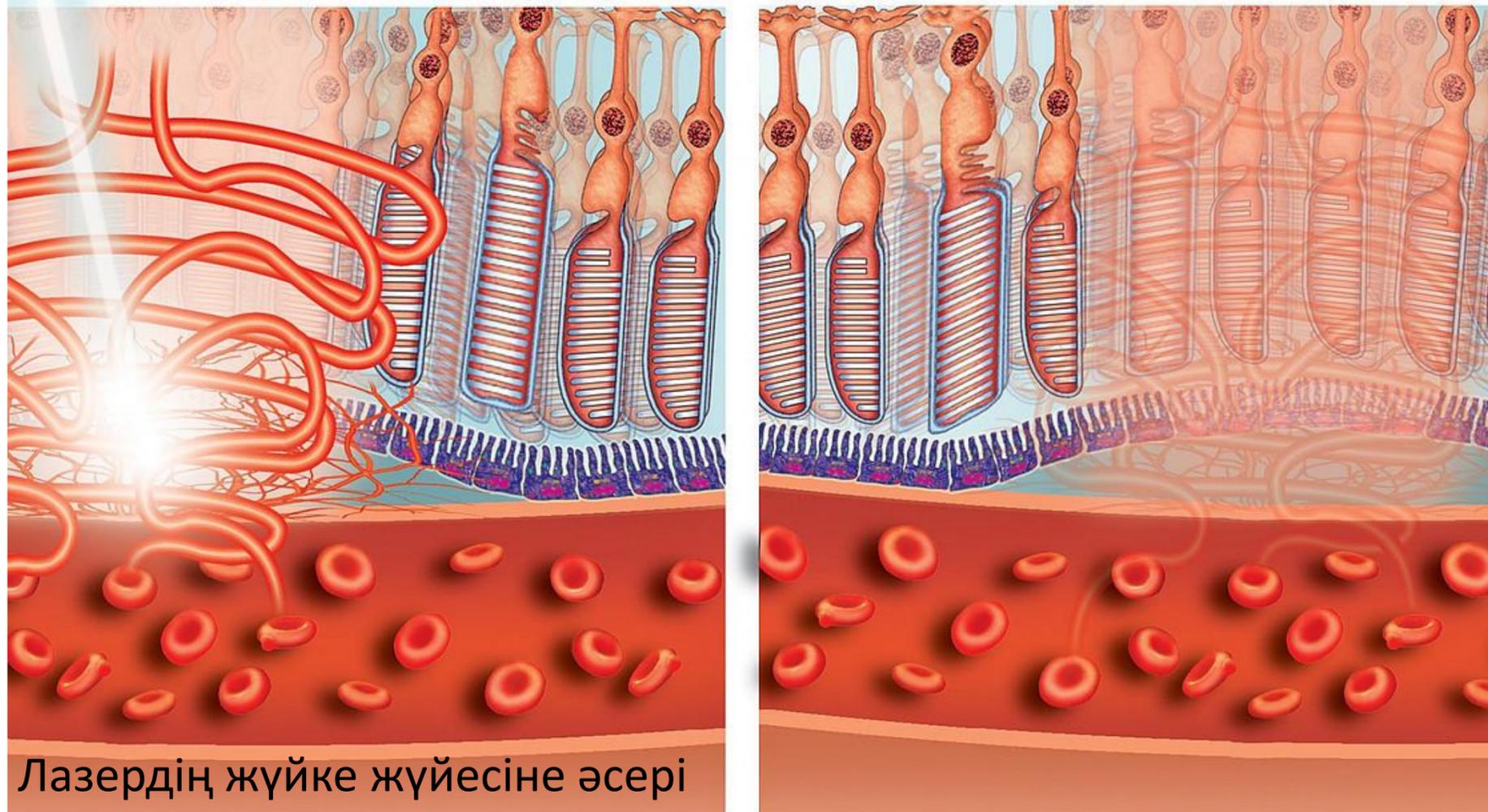


#### **Кері көрсеткіштер:**

- Қатерсіз және қатерлі ісіктер.
- Пиелонефрит.
- Васкулиттің белсенді түрі-  
дәнекер тінінің көптеген жүйелік  
ауруларымен бірге жүретін ұсақ  
қан тамырларының қабынуы.
- Декомпенсация сатысындағы  
ішкі ағзалардың созылмалы  
аурулары.

### 3. Интенсивтілігі төмен лазерлік терапияны жүргізудің негізгі әдістері.

#### 4) Реттеуші органдардың проекция аймағына рефлекторлық әсер ету.



- ✓ Дене жүйелерінің функционалдық белсенділігін ынталандырады;
- ✓ Симпатикалық жүйке түйіндерінің жинақталу аймағына әсері,
- ✓ тимус проекциясы, бүйрек үсті бездері, эпигастрий, ірі Жүйке-тамыр шоғырларының проекциясы;
- ✓ Бір өріске әсер ету уақыты 1.5-3 мин. Жалпы 15 мин.
- ✓ Күн сайын. Курс 10-15.

### 3. Интенсивтілігі төмен лазерлік терапияны жүргізудің негізгі әдістері.

#### 5) Қанның көктамыр ішіне лазерлік сәулеленуі(ВЛОК)



Толқын ұзындығы 0,36-дан 0,9 мкм-ге дейін, қуаты 1-ден 35 мВт-қа дейінгі сәулелену қолданылады. Қызыл диапазонда сәулеленуі 0,633 мкм болатын гелий-неон лазері және толқын ұзындығы 0,635 мкм жартылай өткізгіш лазер жиі қолданылады. Инемен стерильді бір реттік Жарық өткізгіштер қолданылады. Ересектер үшін 10-20 минут, балалар үшін 5-7 минут. Күн сайын 3-10 сеанс.

Қан құрамын жақсатрады. Метаболизмді активтендіреді. Иммундық жүйені тұрақтандырады

# Тері арқылы сәулеленуі

Лазерлік сәулеленудің әсерінен фармакологиялық қасиеттерін сақтайтын препараттар қолданылады.

- Гепарин
- Оксолин
- Тетрациклин
- Лидаза

Төмен қарқынды лазерлік сәулеленудің негізгі ерекшеліктері:

- Инвазивті емес
- процедура ыңғайлылығы
- жанама әсерлердің болмауы
- тәуелділіктің болмауы
- Ұзақ және тұрақты нәтиженің болуы

# Лазерлеу

```
graph TD; A[Лазерлеу] --> B[Электрофорез]; A --> C[Лазерофорез];
```

Электрофорез

Лазерофорез

Лазерофорез және электрофорез айырмашалықтары бар. Екі әдіс тері арқылы препараттарды енгізуге бағытталған. Екеуі де тиімді. Бірақ препараттарды енгізу механизмі әртүрлі. Яғни электрофорез, гальваникалық ток болып табылады, ал лазерлік форезге төмен жиілікті лазерді қолданатын препараттар кіреді. Соңғы жылдарда жүргізілген зерттеулер лазерлік форездің дәрі дәрмектерді енгізуде екі есеге дейін тиімді екенін көрсетті. Бұл лазердің метаболитикалық процесстерді қоздыратынына байланысты.

**Назар қойып  
тыңдағандарыңызға рахмет!**