



FARABI UNIVERSITY

**Дәріс №3**

# **Биологиялық мембраналардың физика-химиялық қасиеттері**

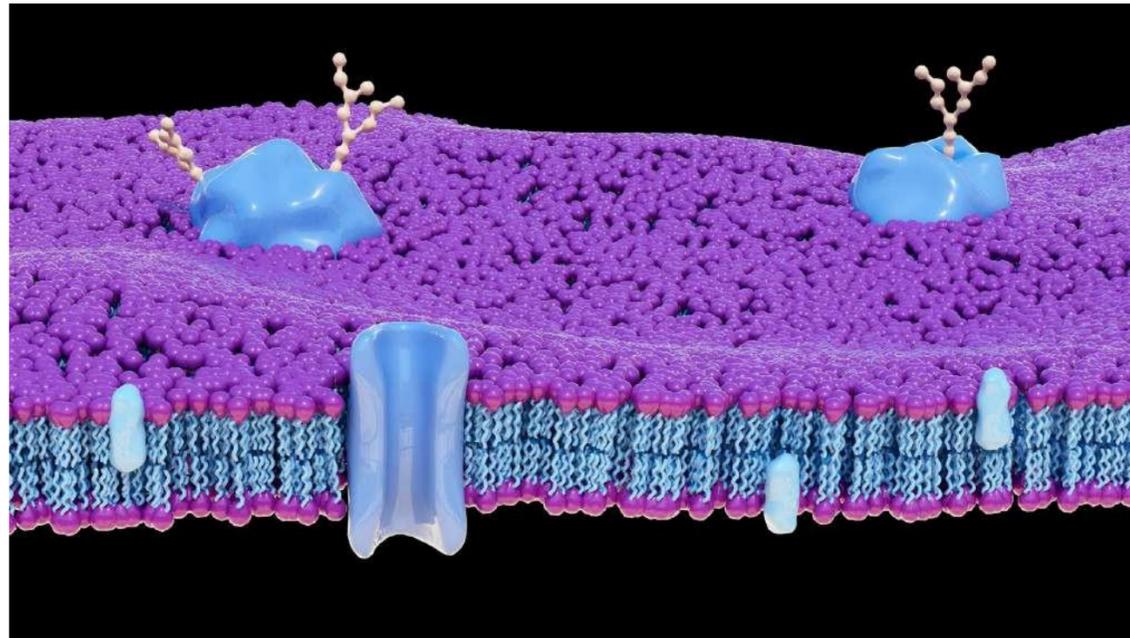
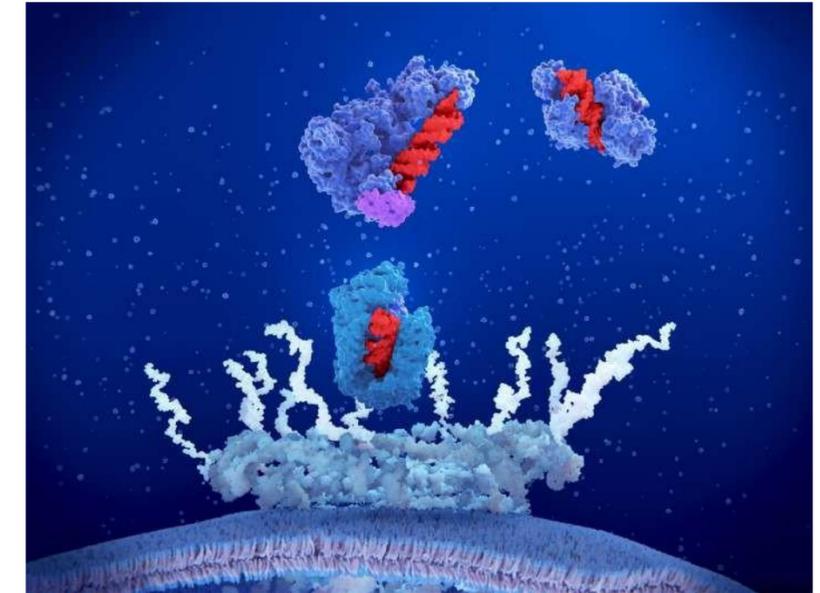
Дәріскер: **Қайрат Бақытжан Қайратұлы**  
философия докторы (PhD), биофизика, биомедицина және  
нейроғылым кафедрасы меңгерушісінің ғылыми-  
инновациялық және халықаралық байланыстар жөніндегі  
орынбасары

# Дәріс жоспары:

- Биологиялық мембраналар туралы түсінік
- Биологиялық мембраналардың құрамы
- Сұйық-мозаикалық модель
- Биологиялық мембраналардың физика-химиялық қасиеттері
- Заттардың мембрана арқылы тасымалдануы
- Осмос және тургор қысымы
- Қорытынды

# Биомембрана дегеніміз не?

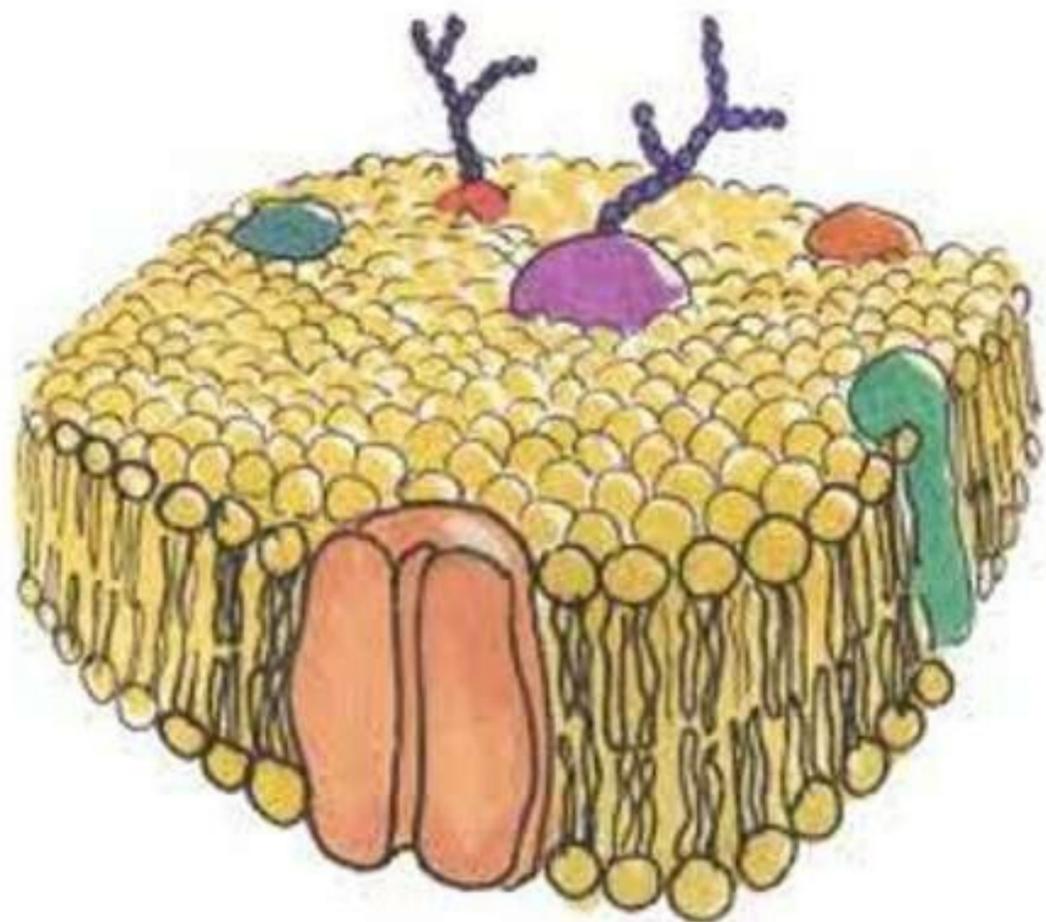
*Биомембраналар* – барлық тірі жасушалардың және жасушаішілік органоидтардың негізгі құрылымдық элементі болып табылады. Олар жасушаны сыртқы ортадан бөліп тұрады, жасуша ішіндегі бөлімдердің өзара оқшаулануын қамтамасыз етеді және тірі жүйелердегі көптеген маңызды физиологиялық процестердің жүзеге асуына қатысады. Биомембраналардың зерттелуі жасуша биологиясы, биофизика және биохимия ғылымдарының дамуымен тығыз байланысты.



Биомембрана туралы алғашқы ғылыми түсініктер *XIX ғасырдың соңында* пайда болды. Алғаш рет ғалымдар жасушаның ішкі ортасы мен сыртқы ортасының арасында белгілі бір шекара бар екенін байқады. Осмос пен диффузия құбылыстарын зерттеу барысында жасуша қабықшасының жартылай өткізгіш қасиетке ие екені анықталды.

# I. Биомембраналар және олардың функциялары.

Биомембраналар – (лат. мембрана-кабық, тері) – молекулалық өлшемдегі беткі құрылымдар – орта есеппен 8-12 нм-жасушаны сыртқы ортадан бөлетін немесе жасушаішілік органоидтарды/бөлшектерді цитоплазмалан бөлетін құрылым. Егер биомембрана жасушаішілік органеллаларды бір бірінен бөлсе, онда ол ядролық, митохондриялық, лизосомалық және т. б. болады.



**Биомембрананың үш негізгі қызметі бар:**

- 1) Барьерлік - (қоршаған ортамен зат алмасуды қамтамасыз етеді). Зат алмасу - селективті, реттелетін, пассивті және активті болуы мүмкін;
- 2) Матрицалық – өзара жеткізуді қамтамасыз етеді және оптималды өзара әрекеттесуге сәйкес келетін мембраналық ақуыздардың бағдарлануы;
- 3) Механикалық – жасушаның беріктігі мен тұтастығын қамтамасыз етеді.

# Биомембраналардың ішкі құрылымы

Биомембрана ақсақлыны құрайды. Оның құрамында 25-75% белок, (20-75% қант, 10-15% липид және су) кіреді.

Мембраналық липидтердің құрамы спирттерге негізделген (фосфатидилхолин, этиленгликоль). Липидтердің молекуласына қосымшан немесе қосылған май қышқылдарының гидрофобты «құйрықтары» және фосфор қышқылынан және этиленаминнен, сериннен, холиннен және т.б. тұратын полярлық «бас» кіреді.

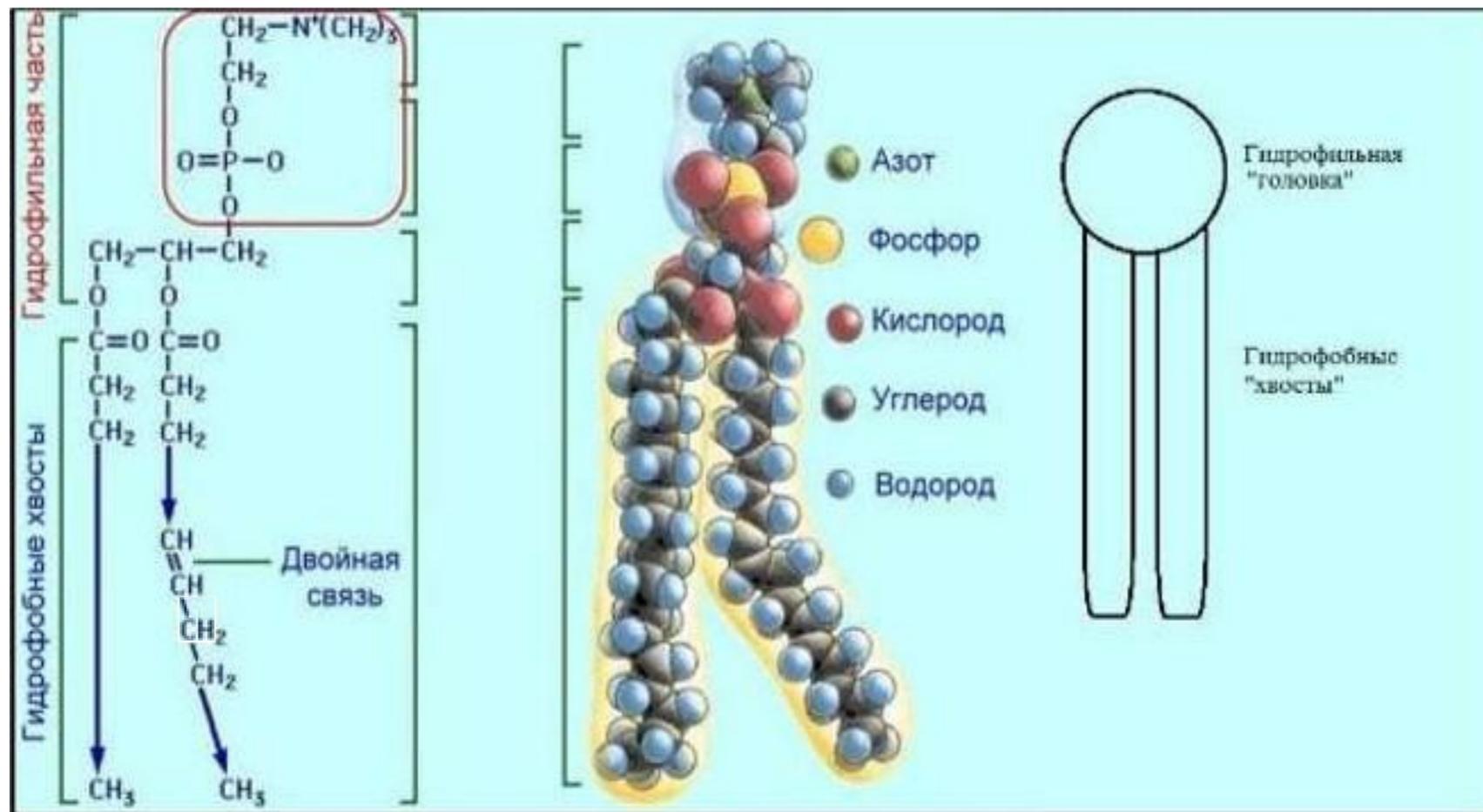


Рисунок 1. Структура биомембран

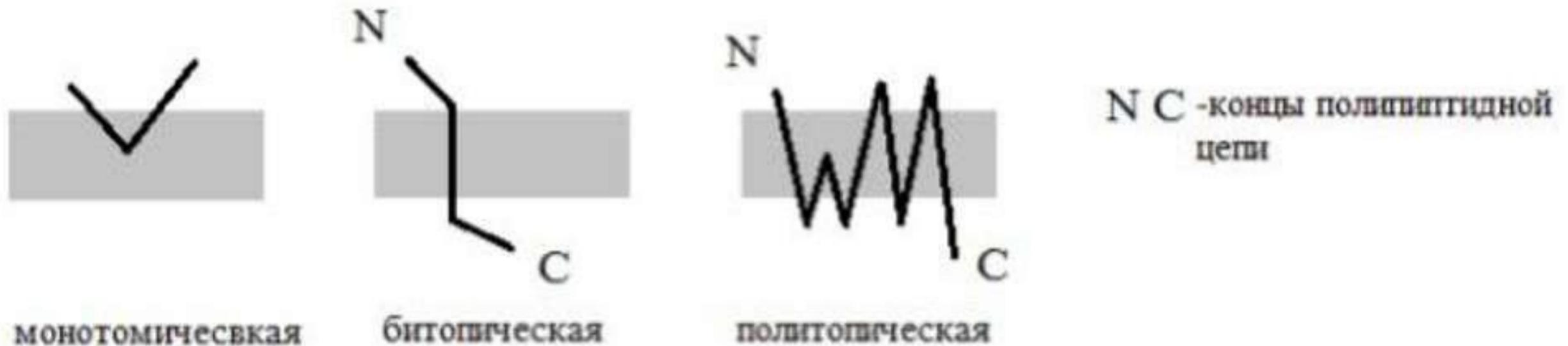
Липид молекуласының бір бөлігі гидрофобты, ал екіншісі гидрофильді болғандықтан, оның полярлық және полярсыз еріткіштерге де жабындығы бар - липид амфифилді. Судағы мұндай молекулалар агрегацияға бейім: гидрофобты аймақтар бір-біріне жабысып, суды ығыстырып, мембрананың ішкі полюссіз аймағын құрайды, ал полярлық топтар сумен ішекарада орналасады.

# Биомембраналардың құрылымы

Биомембраналардың ақуыздық құрамы әртүрлі және олар биомембрананың спецификалық функцияларын анықтайды.

**Белоктар** биологиялық мембраналарға қатысты орналасуы бойынша ерекшеленеді: трансмембраналық, тангенциалды, жартылай батырылған (частичное погруженные).

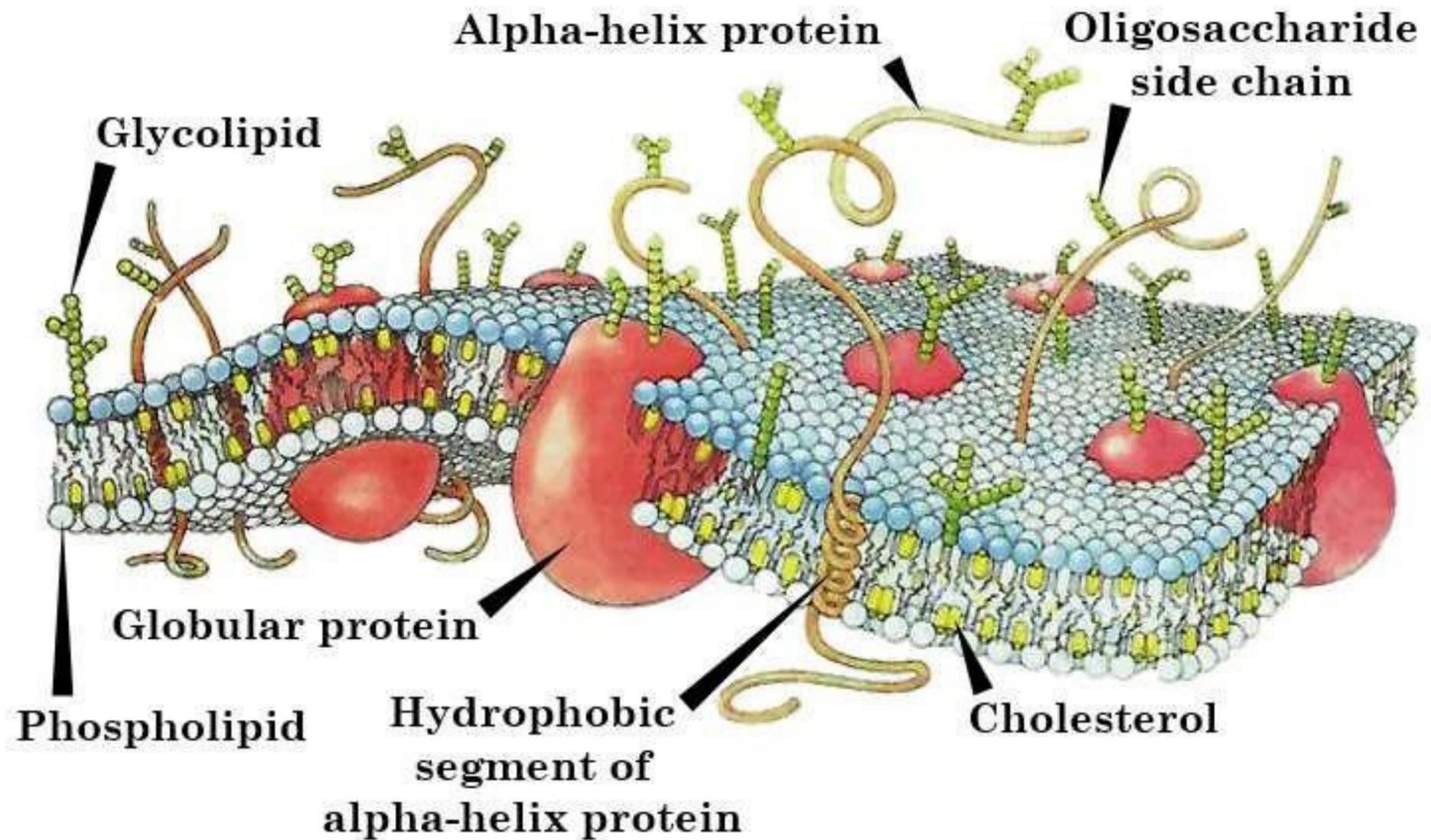
Мембраналық ақуыздар мембранадағы орналасуына қарай – беттік және интегралдық: липидтермен әрекеттесуіне және мембраналардың ену және ену дәрежесіне қарай – монотонды, битоникалық, политоникалық болып бөлінеді.



# Биомембраналардың құрылымы

Бос күйдегі **көмірсулар** биомембранада іс жүзінде кездеспейді. Олар белоктар (гликопротеидтер) және липидтер (гликолипидтер) құрамына кіреді. Гликопротеиндер мен гликолипидтердің құрамында көбінесе моносахаридтер (**глюкоза, галактоза, фруктоза** және т.б.) болады. Белок молекуласының көмірсулар бөлігі әдетте биомембрананың сыртында орналасады, бұл олардың функционалдық рөлімен байланысты:

- жасушааралық әрекеттесулерді жүзеге асыру
- ақуыз молекулаларының қозғалғыштығын шектеу
- иммундық реакцияларды қамтамасыз ету.

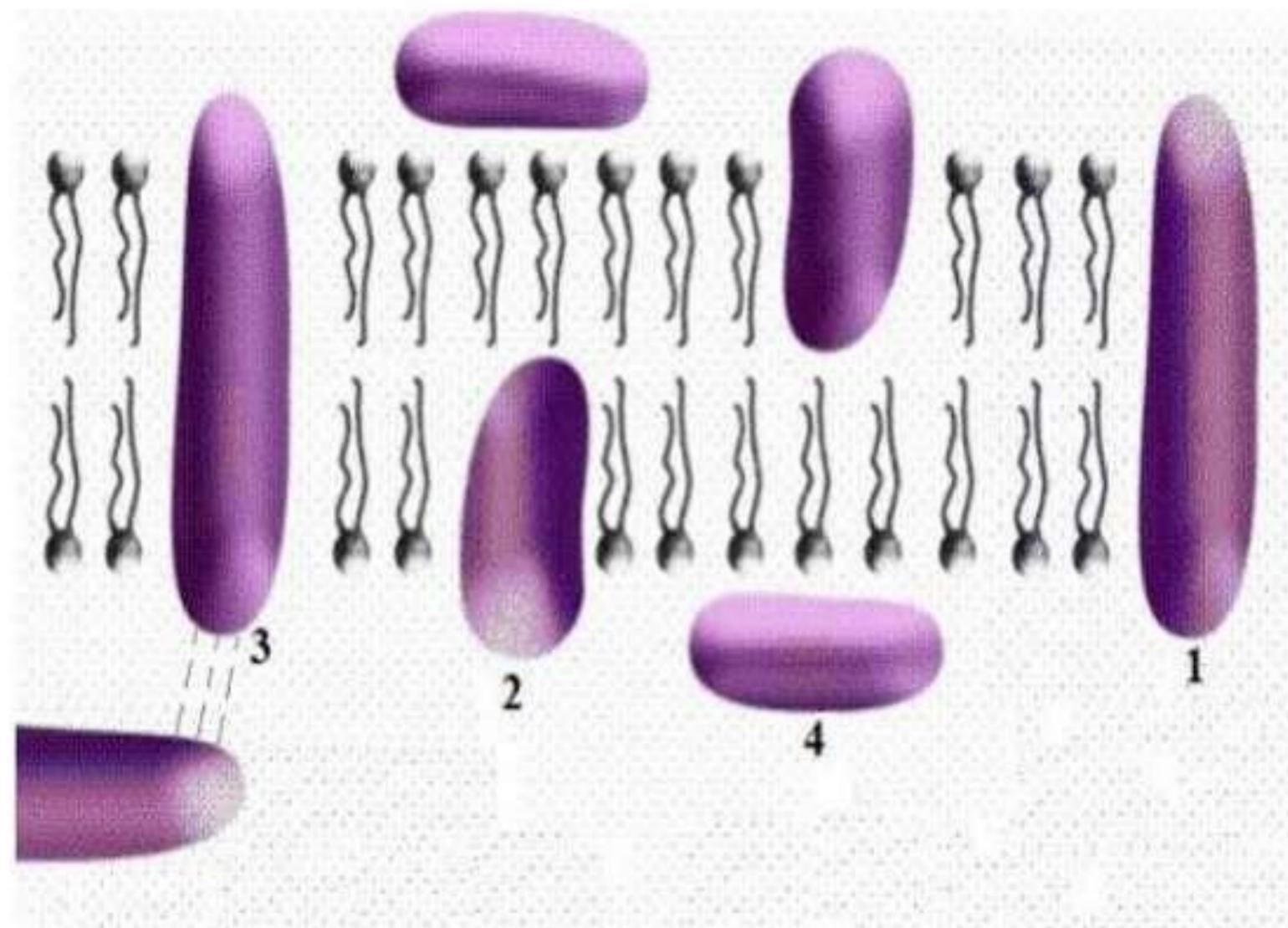


# Мембрана құрылымы

Биомембраналардың құрылымында белоктармен күтілген қос липидті қабат (фосфолипидтер) құрайды. Физиологиялық жағдайда липидті қабат сұйық агрегаттық күй болып табылады. Бұл биомембраналарды ақуыздық «айсбергтер» «қалқыған» фосфолипидті «теңізбен» салыстыруға мүмкіндік береді. Барлық биомембраналардағы белоктар мен липидтердің қатынасы шамамен бірдей.

Мембраналық ақуыздардың липидті қос қабатпен байланысуының төрт негізгі жолы бар:

- 1 - интегралды ақуыздар мембрана арқылы өтуі
- 2 - беткі белоктар липидті қосқабатқа жартылай батырылуы
- 3 - белоктар басқа мембраналық ақуыздармен коваленттік байланыс арқылы ұсталуы  
ақуыздар (микрофиламенттер және микротүтікшелер)
- 4 – бір немесе екі майлы тізбекпен ковалентті байланысқан белоктар

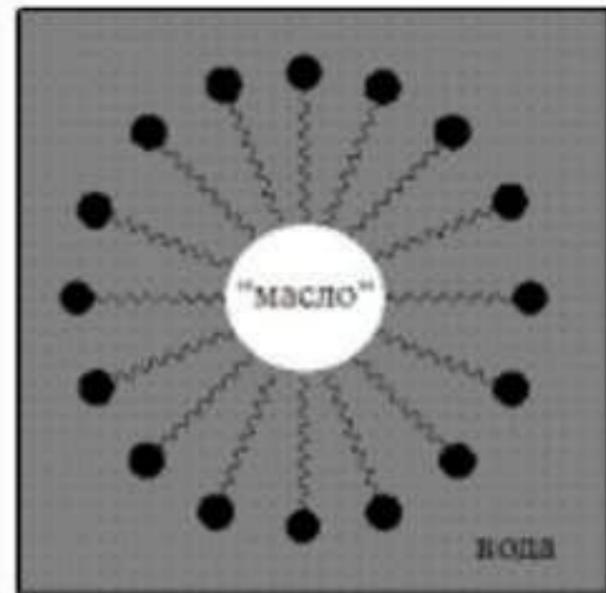


# Мембраналық құрылымдардың түзілуі.

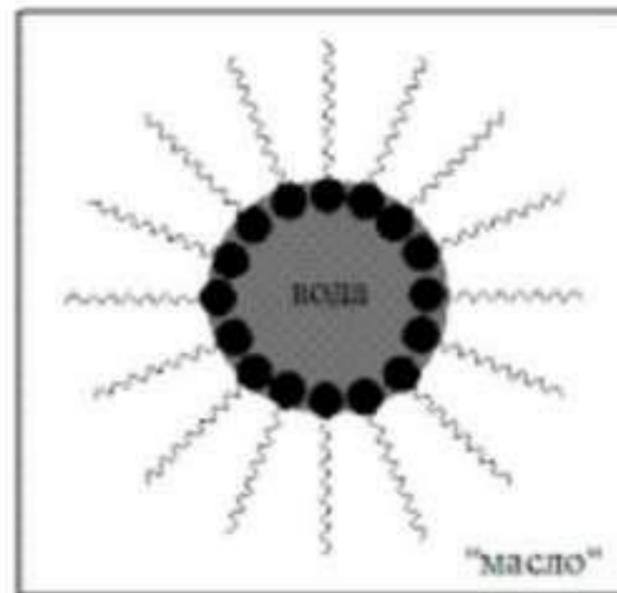
## Мицеллалар.

Липидтердің табиғи амфифилділігіне байланысты олардың молекулалары полярлы (су) және полярлы емес (ацетон, хлороформ) еріткіштердің бетінде және ішінде белгілі бір жолмен бағыттанып, бір қабатты (липидті қабықшалар), қос қабатты (мембраналар) түзеді. ал еріткіштің негізгі бөлігінде – мицеллалар түзеді.

Липидті ерітіндіні су бетіне жаққанда молекулалар оның бетіне еркін таралады – полярлы бастары суға батырылады, ал құйрықтары ауаға бағытталған, липидтердің молекулалары бір-бірімен әрекеттеспейді, бұл газтәрізді моноқабат деп аталатын газ күйіне тең.



Обычная мицелла



Обращенная мицелла

Рисунок 6. Мицеллы

Мицеллалар - липидтердің көлемді еріткіштегі ең қарапайым супрамолекулалық агрегаттары. Классикалық мицеллалар суда түзіледі (ішінде гидрофобты «құйрықтар», сыртында полярлық «бастары»).

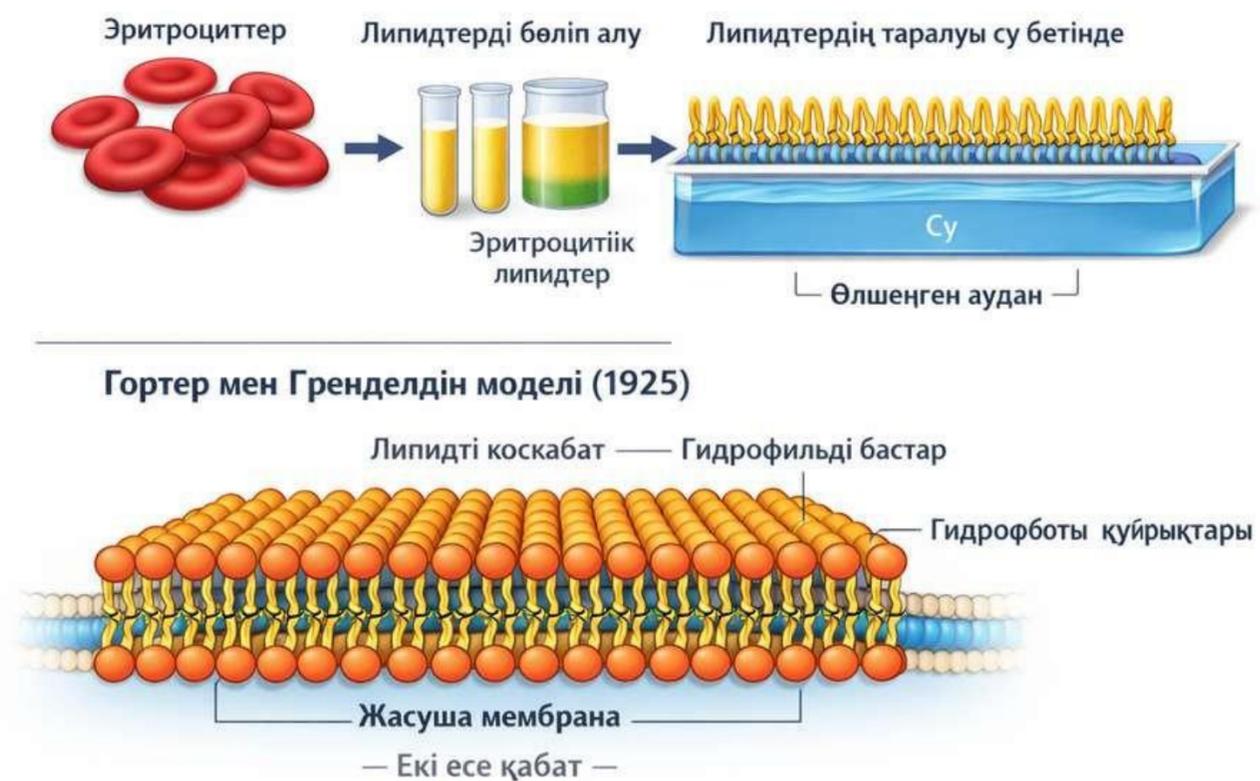
Әрбір мицеллада бірнеше ондаған бірнеше жүздеген липидтер болады. Мицеллалардың пішіндері алуан түрлі - шар, цилиндр, эллипс, диск және т.б. Мицеллалардың түзілуі - СМС критикалық мицелла концентрациясына (critical мицелла концентрациясы) жеткенде басталатын бірлескен процесс.

# Биомембрана модельдері

Алғашқы модельдердің бірі — **липидті қабат моделі**.

*1925 жылы* биологиялық мембраналардың құрылысы туралы түсініктің қалыптасуында шешуші рөл атқарған классикалық эксперимент жүргізілді. Бұл тәжірибені *Эверт Гортер* мен *Франсуа Грендел* орындады. Олардың мақсаты жасуша мембранасының химиялық табиғатын және оның құрылымдық ұйымдасуын анықтау болды.

Эксперимент *эритроциттермен*, яғни адам қанының қызыл қан жасушаларымен жүргізілді. Эритроциттер арнайы таңдалды, себебі оларда ядро мен ішкі органоидтар жоқ, демек олардың барлық липидтері тек плазмалық мембрана құрамында болады. Бұл мембранаға тиесілі липидтердің мөлшерін дәл анықтауға мүмкіндік берді.



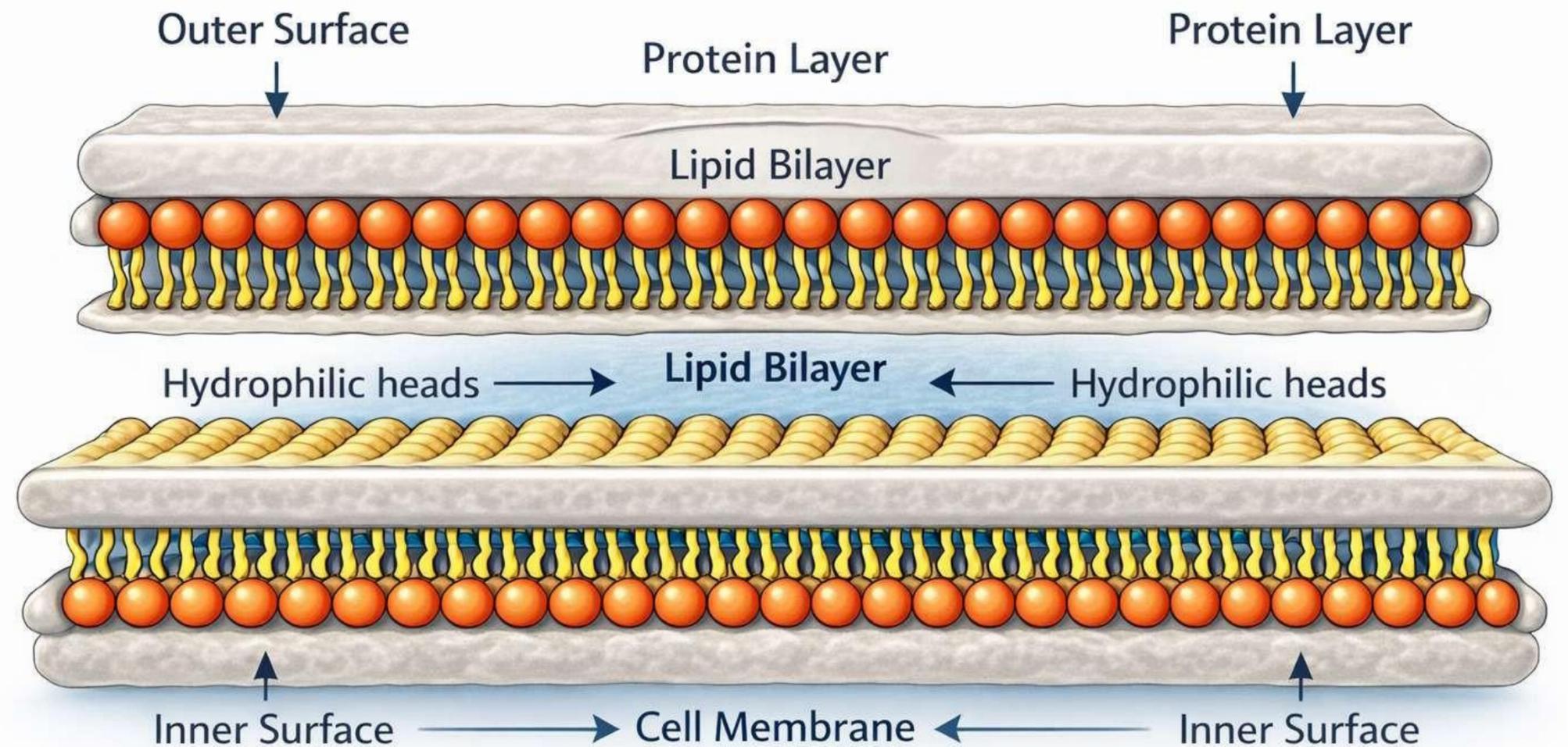
# Биомембрана модельдері

- Алдымен эритроциттерден барлық липидтер органикалық еріткіштер көмегімен толық бөлініп алынды. Алынған липидтер кейін арнайы құрылғыда су бетіне жайылды. Липид молекулаларының *амфифилді* қасиетіне байланысты олардың *гидрофильді* «бастары» суға бағыттталып, ал *гидрофобты* «құйрықтары» ауаға қарай орналасып, бір қабатты түзді.
- Ғалымдар су бетінде түзілген липидті қабаттың ауданын өлшеді. Содан кейін осы липидтер алынған эритроциттердің жалпы бетінің ауданымен салыстырды. *Нәтижесінде* липидтердің су бетінде алып жатқан ауданы жасушалардың беткі ауданынан шамамен екі есе үлкен екені анықталды. Бұл факт мембрана бір ғана липид қабатынан емес, екі қабаттан — *липидті қосқабаттан* тұратынын айқын дәлелдеді.
- Гортер мен Грендел ұсынған липидті қосқабат идеясы мембрананың *жартылай өткізгіш қасиетін, судың және ұсақ полярсыз молекулалардың* мембрана арқылы өтуін жақсы түсіндірді. Сонымен қатар бұл модель липидтердің амфифилді табиғатына толық сәйкес келді.

# Биомембрана модельдері: белок-липид-белок

## моделі

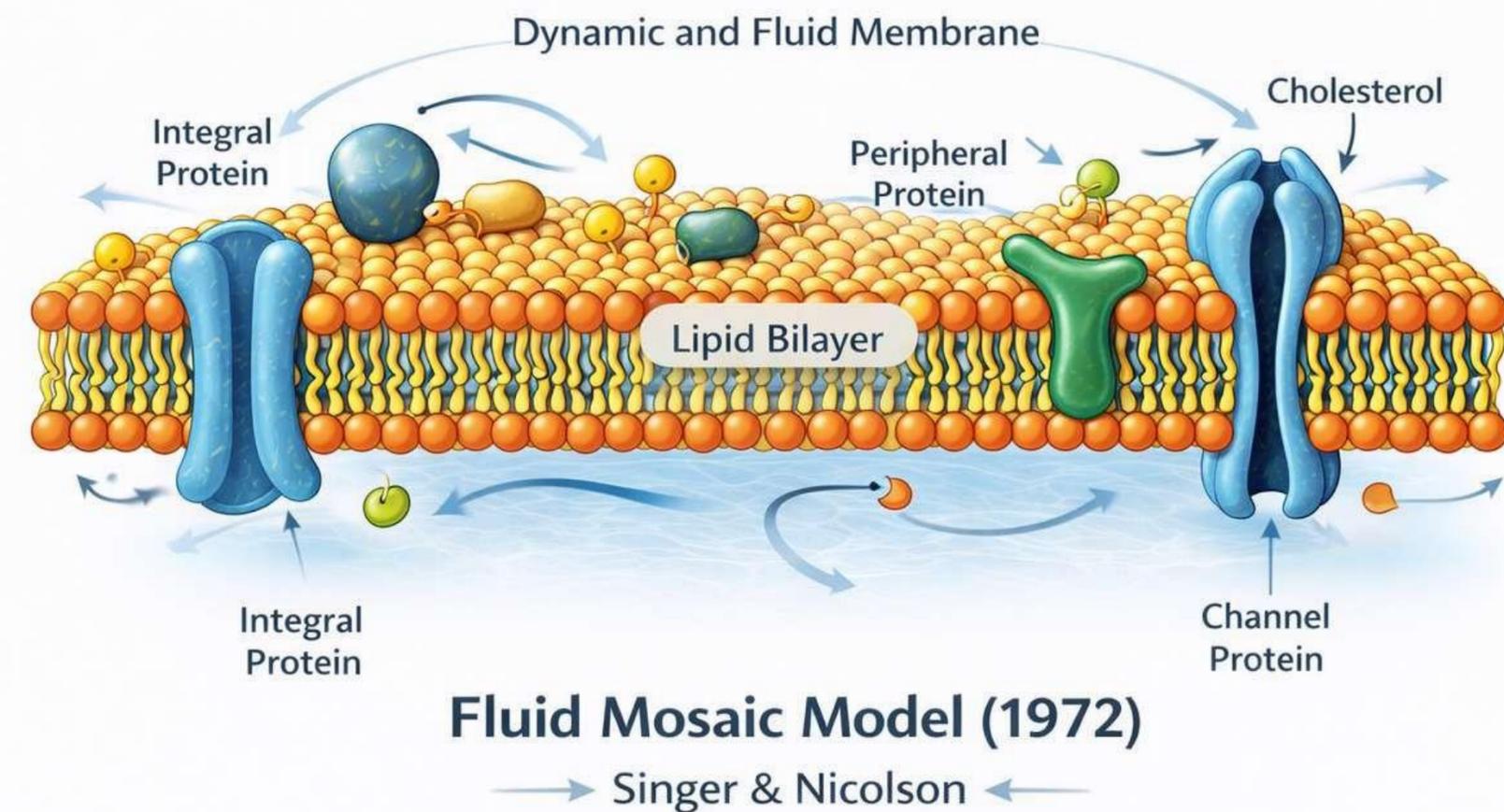
Ұсынылған модель бойынша мембрананың ортасында липидті қосқабат орналасады, ал оның ішкі және сыртқы беттері тұтас белок қабаттарымен жабылған. Яғни мембрана «сэндвич» тәрізді құрылым ретінде сипатталды: белок қабаты – липидтер – белок қабаты. Липид молекулаларының гидрофобты бөліктері ішке қарай бағытталып, гидрофильді бастары белоктармен жанасады деп есептелді.



**Davson-Danielli Model (1935)**

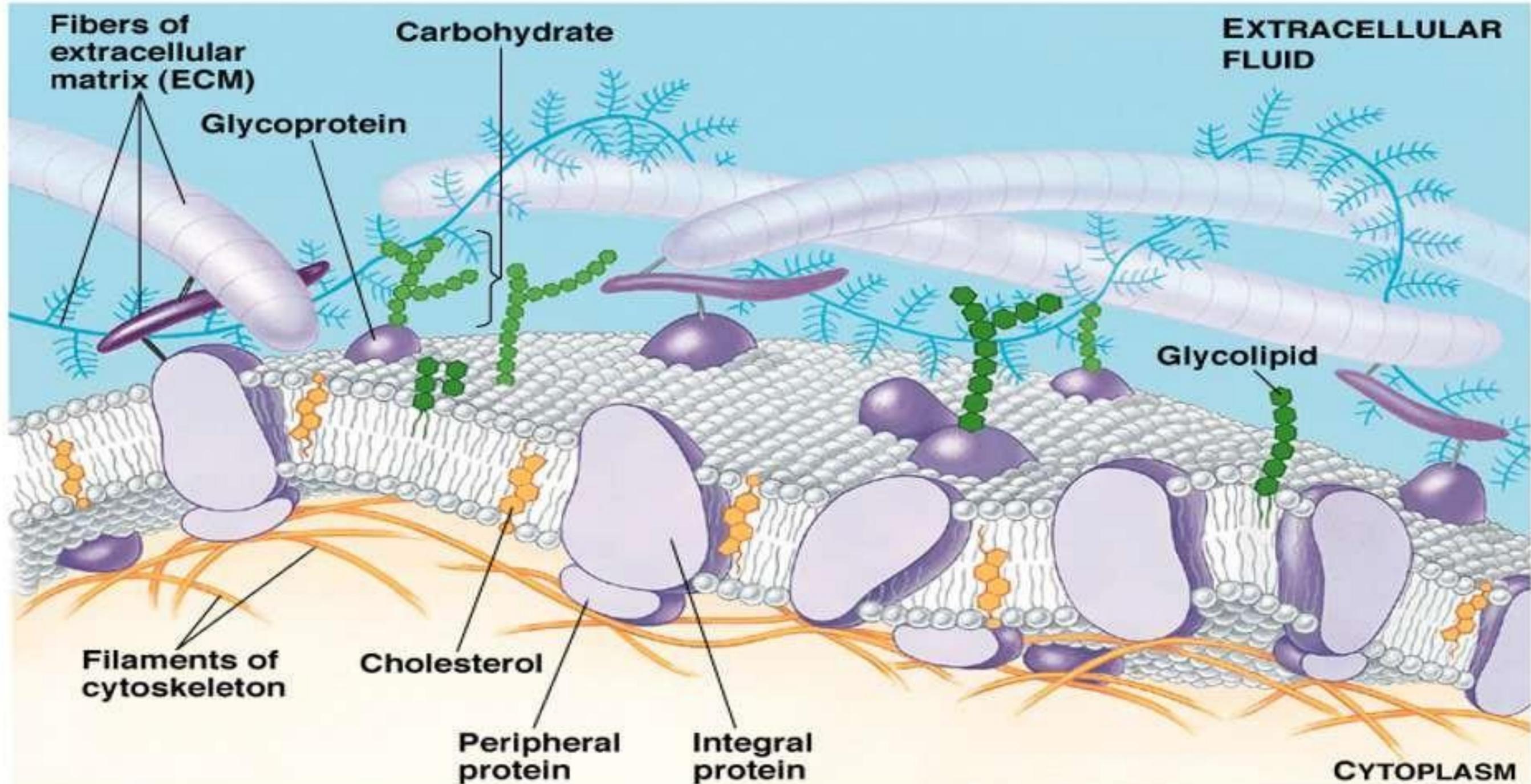
→ Protein-lipid-protein ←

# Биомембрана модельдері: сұйық-мозаикалық модель



1972 жылы биомембраналар теориясындағы ең маңызды және қазіргі күнге дейін қолданылатын модель — *сұйық-мозаикалық модель* ұсынылды. Оның авторлары *Сеймур Сингер* және *Гарт Николсон*. Бұл модель бойынша мембрана сұйық күйдегі липидті қосқабаттан тұрады, ал белоктар осы қабаттың ішінде еркін қозғалып, мозаика тәрізді орналасады. Мембрана динамикалық құрылым болып табылады, оның компоненттері үнемі қозғалыста болады. Бұл модель мембраналардың физика-химиялық қасиеттерін, тасымалдау процестерін және электрлік белсенділігін ең жақсы түсіндіреді.

# СҰЙЫҚ-МОЗАИКАЛЫҚ МЕМБРАНАНЫҢ ЗАМАНАУИ МОДЕЛІ



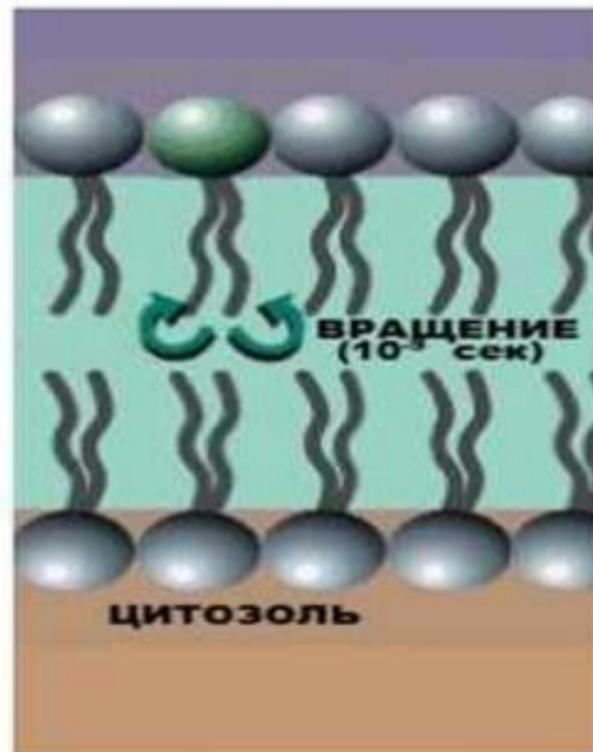
## II. Биомембраналардың механикалық қасиеттері

### Молекулалық компоненттердің қозғалғыштығы

Мембраналық компоненттердің қозғалысының үш негізгі түрі бар:

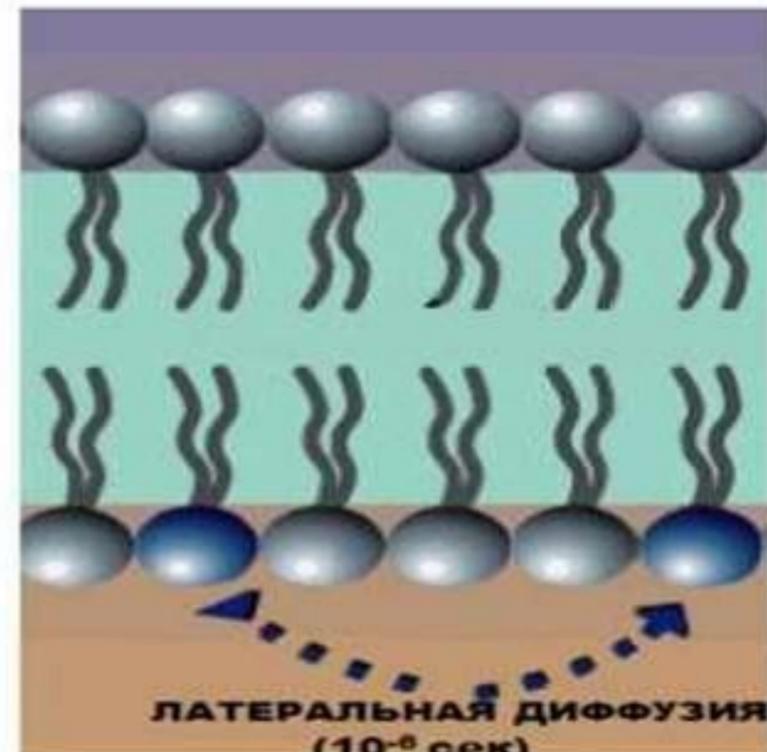
#### Айналмалы қозғалыс

Липидті молекулалар ұзын осіне қатысты айналмалы қозғалыс жасай алады.



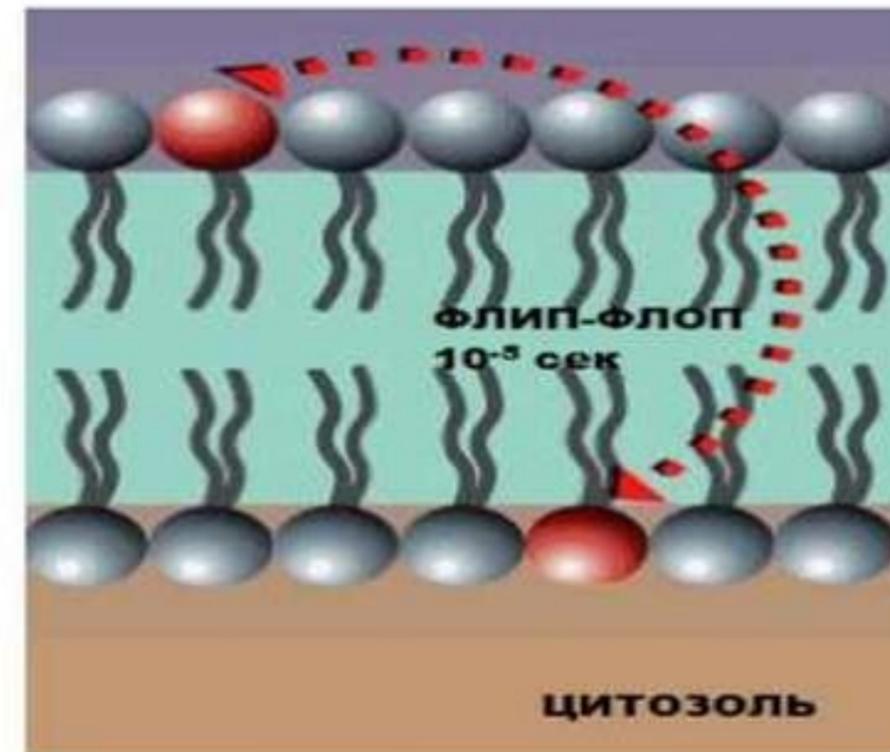
#### Бүйірлік диффузия

Липидтердің қабат бойындағы диффузиялық қозғалысы жылдам қозғалыстарға жатады.



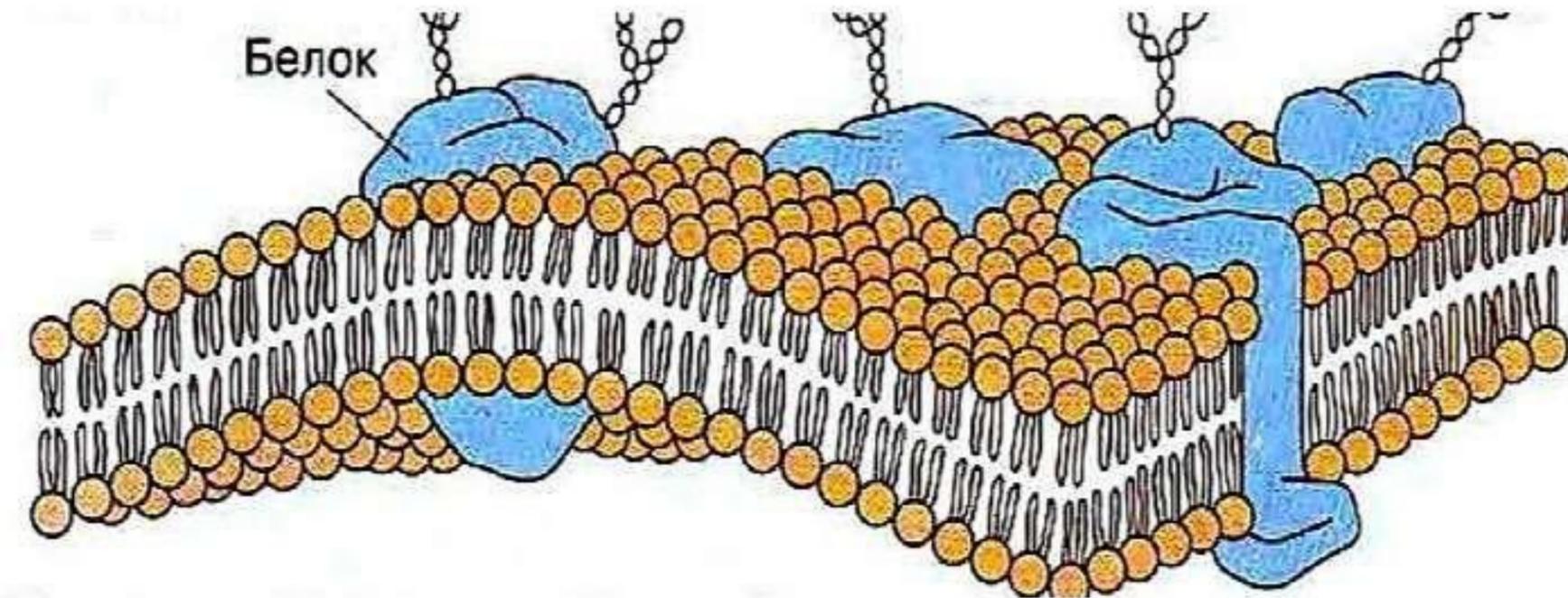
#### Транскабатты қозғалыс (flip-flop ауысу).

Бұл көмірсутек аймағы мен липидтің полярлық басының қиылысуынан туындаған жоғары тосқауылдарға байланысты баяу қозғалыс.



# Биомембраналардың серпімді қасиеттері

Мембраналардың серпімділігі деп олардың өзін өзгерту қабілетін айтады. Жалпы жағдайда биомембраналардың сыртқы механикалық әсерге реакциясы күрделі және эмпирикалық теңдеулермен сипатталады.



Биомембрананың беткі жағы изотропты серпімді екенін анықтауға деформацияның екі түрі:

- бетінің ауданын салыстырмалы түрде өзгерту изотропты созылу (қысу)

- деформациялық созылуды (ығыстыру) көрсететін параметр тұрақты ауданы бар беттер (дөңгелек аймақтың созылуы эллипсоидты).

# Биологиялық мембраналардың физика-химиялық қасиеттері

## 1. Мембраналардың амфифилділігі

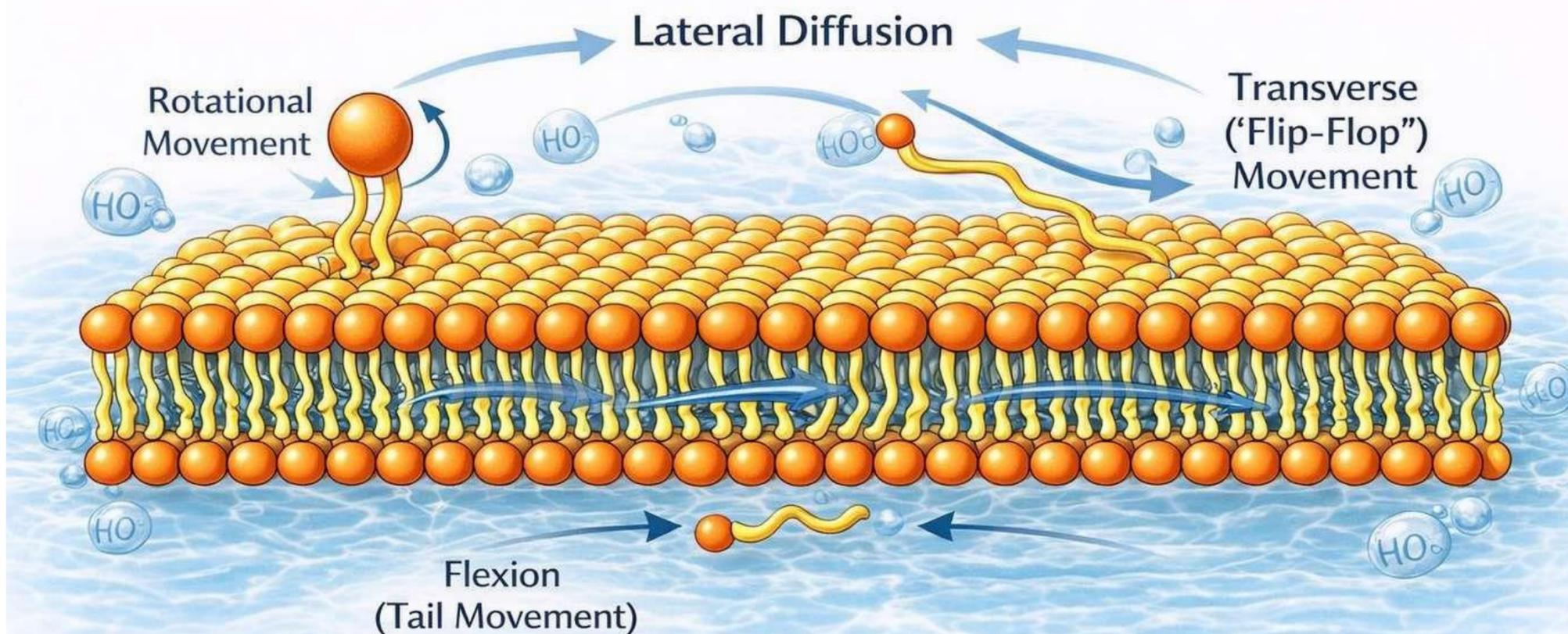
Биомембраналардың негізгі құрылымдық компоненті – липидтер. Мембраналық липидтердің амфифилді табиғаты, яғни молекулада гидрофильді (полярлы) және гидрофобты (полярсыз) бөліктердің қатар болуы, мембрананың өздігінен ұйымдасуына мүмкіндік береді. Су ортасында липид молекулалары гидрофобты бөліктерін бір-біріне қаратып, ал гидрофильді бастарын суға бағыттап, липидті қосқабат түзеді. Бұл қасиет мембрананың тұрақты құрылымын қамтамасыз ететін негізгі фактор болып табылады.

## Амфифилділік

- Липид молекулалары гидрофильді бастардан және гидрофобты құйрықтардан тұрады



# Биологиялық мембраналардың физика-химиялық қасиеттері



## 2. Сұйықтық және динамикалық қасиет

Биологиялық мембраналар қатты құрылым емес, сұйық агрегаттық күйде болады. Липидтер мен белоктар мембрана жазықтығы бойымен еркін қозғала алады. Мембраналық компоненттердің қозғалысының негізгі түрлеріне бүйірлік диффузия, айналмалы қозғалыс және трансқабатты қозғалыс жатады. Мембрананың сұйықтығы температураға, липидтердің құрамына және холестерин мөлшеріне тәуелді. Сұйықтық мембрананың икемділігін, өзін-өзі қалпына келтіру қабілетін және функционалдық белсенділігін арттырады.

# Биологиялық мембраналардың физика-химиялық қасиеттері

## Selective Permeability

- Membranes selectively allow certain substances to cross while blocking others



O<sub>2</sub>



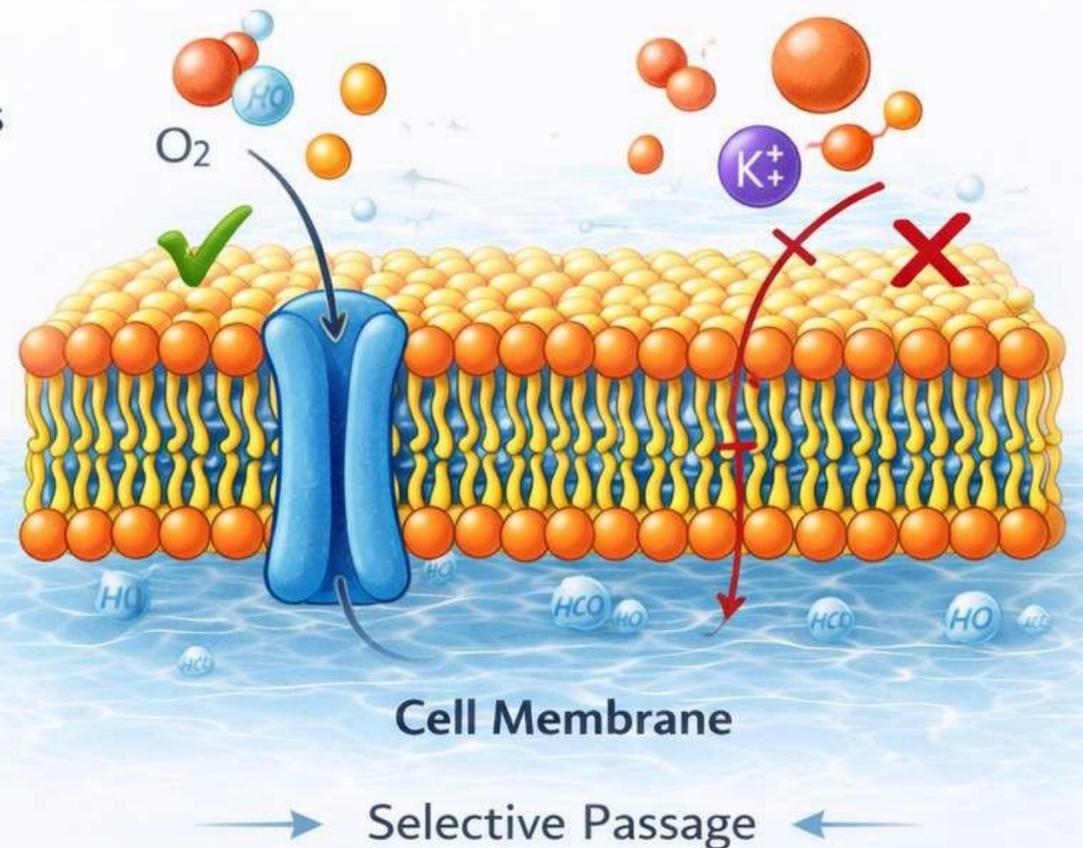
Can Cross



H<sub>2</sub>O



Blocked



### • 3. Селективті өткізгіштік

Биомембраналардың маңызды физика-химиялық қасиеттерінің бірі – селективті өткізгіштік. Мембрана арқылы барлық заттар бірдей өте алмайды. Ұсақ, полярсыз молекулалар липидті қосқабат арқылы еркін диффузияланады, ал иондар мен ірі полярлы молекулалар арнайы белоктық каналдар мен тасымалдаушылардың көмегімен ғана өтеді. Бұл қасиет жасуша ішіндегі иондық құрам мен метаболизмнің тұрақтылығын сақтауға мүмкіндік береді.

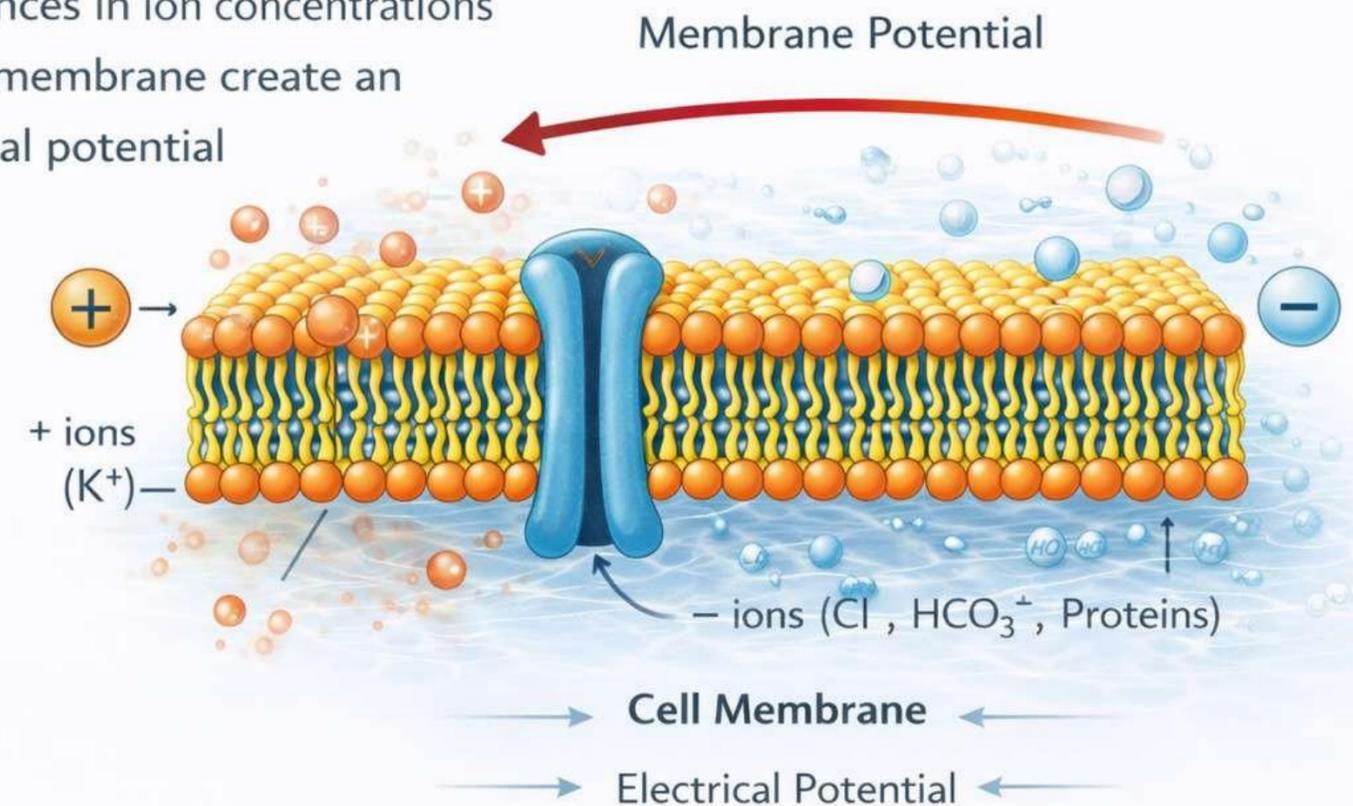
# Биологиялық мембраналардың физика-химиялық қасиеттері

## 4. Электрлік қасиеттер

Биологиялық мембраналар электрлік қасиетке ие. Мембрананың екі жағында иондардың концентрациясы әртүрлі болғандықтан, мембраналық потенциал түзіледі. Бұл потенциал жүйке импульстарының пайда болуына, бұлшық еттердің жиырылуына және биоэнергетикалық процестерге негіз болады. Мембрана электр өрісіне сезімтал, ал күшті электр әсері кезінде мембранада уақытша тесіктер пайда болуы мүмкін, бұл құбылыс электропоруция деп аталады.

### Electrical Properties

- Differences in ion concentrations across membrane create an electrical potential



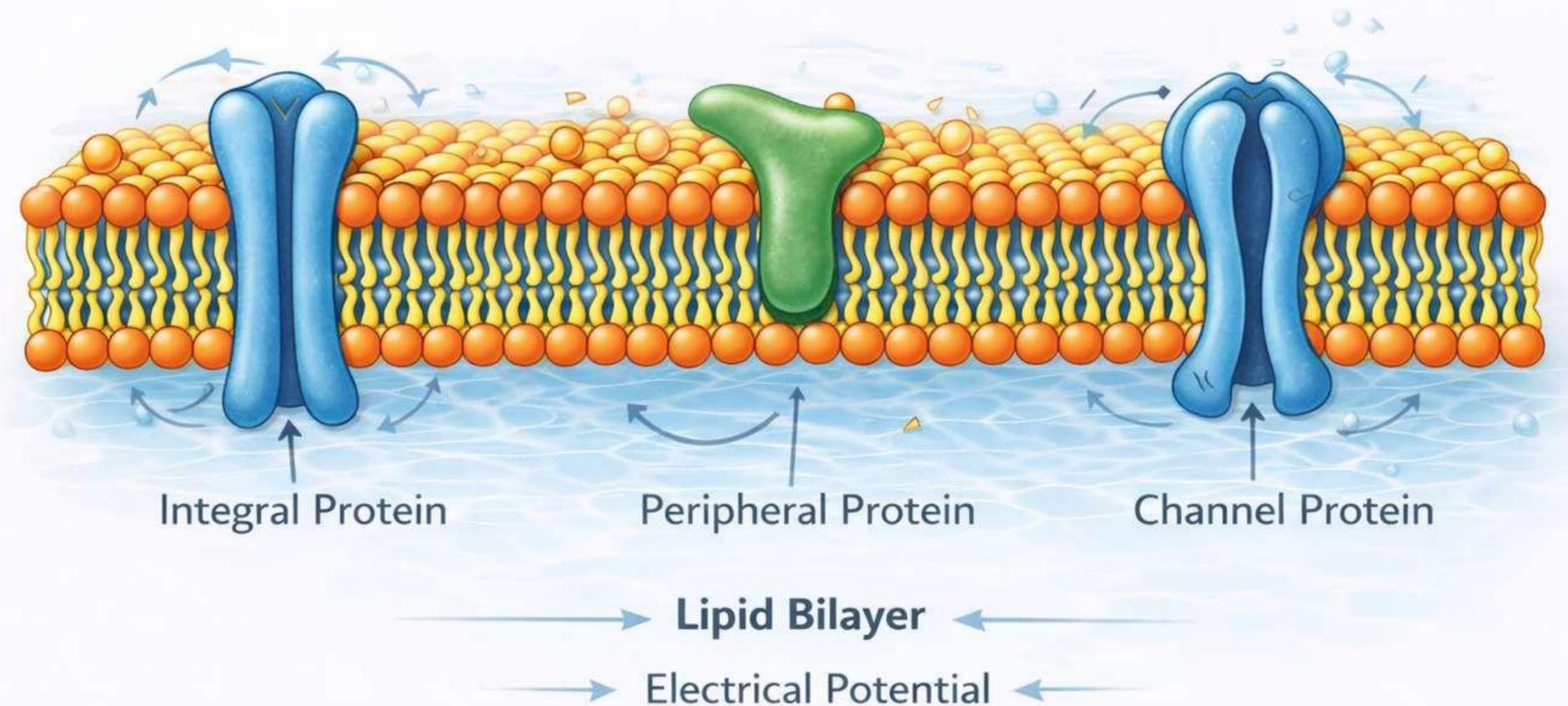
# Биологиялық мембраналардың физика-химиялық қасиеттері

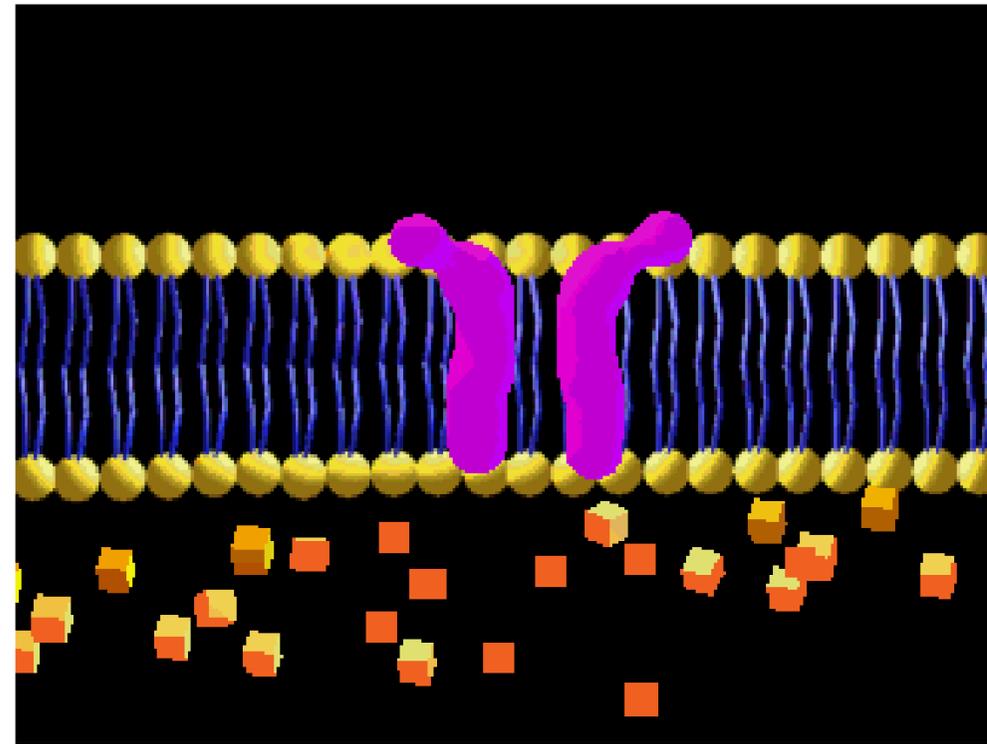
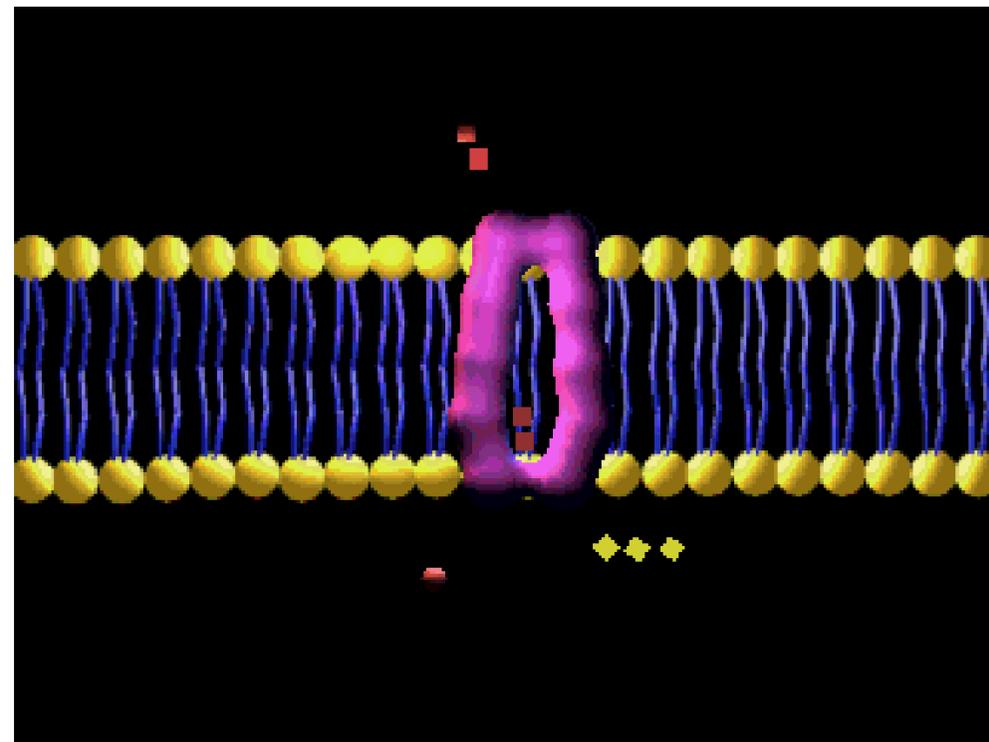
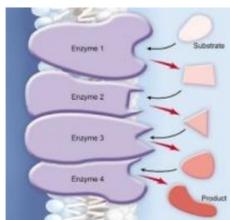
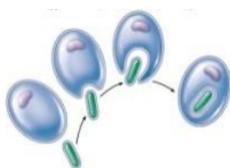
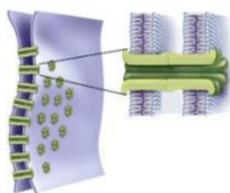
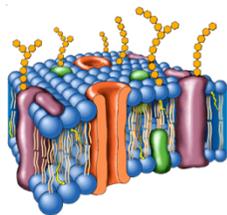
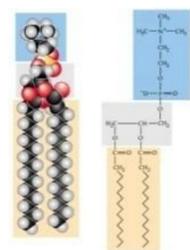
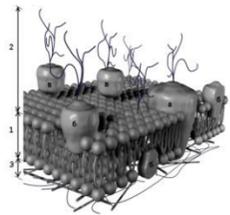
## 5. Белок-липид өзара әрекеттесуі

Мембраналық белоктар мен липидтердің өзара әрекеттесуі мембрананың физика-химиялық қасиеттерін анықтайды. Белоктар мембранада канал, насос, рецептор немесе фермент қызметін атқарады. Липидтік орта белоктардың кеңістіктік құрылымын және функционалдық белсенділігін сақтауға көмектеседі. Осы өзара әрекеттесу мембрананы көпфункционалы жүйеге айналдырады.

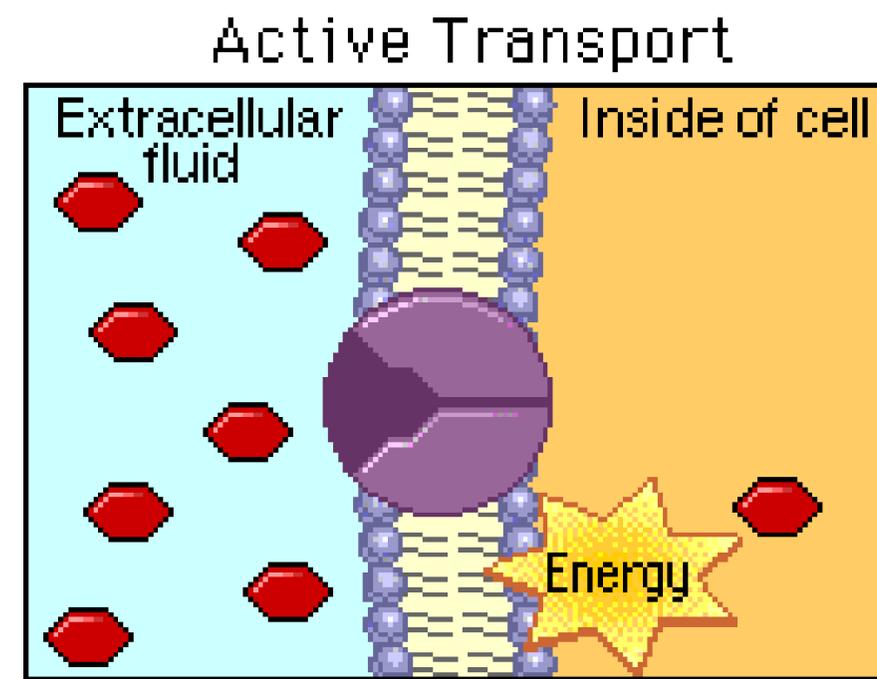
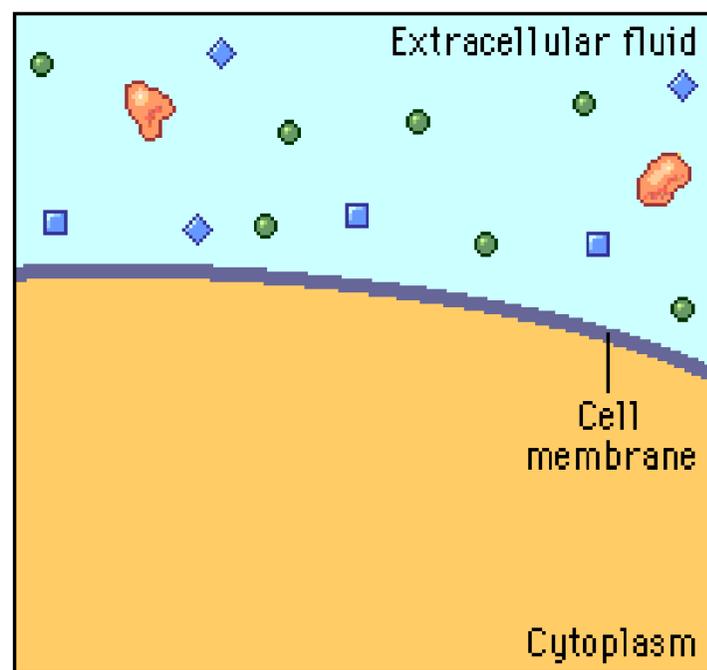
## Protein-Lipid Interactions

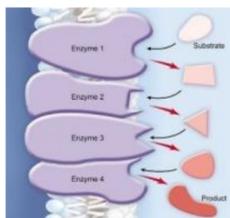
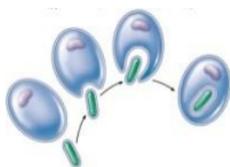
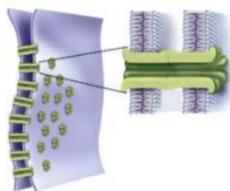
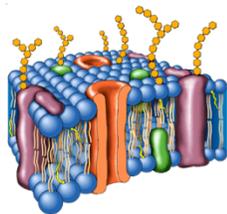
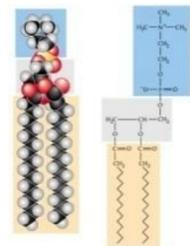
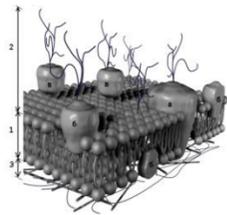
- Proteins and lipids interact and cooperate to maintain the structure and function of the membrane





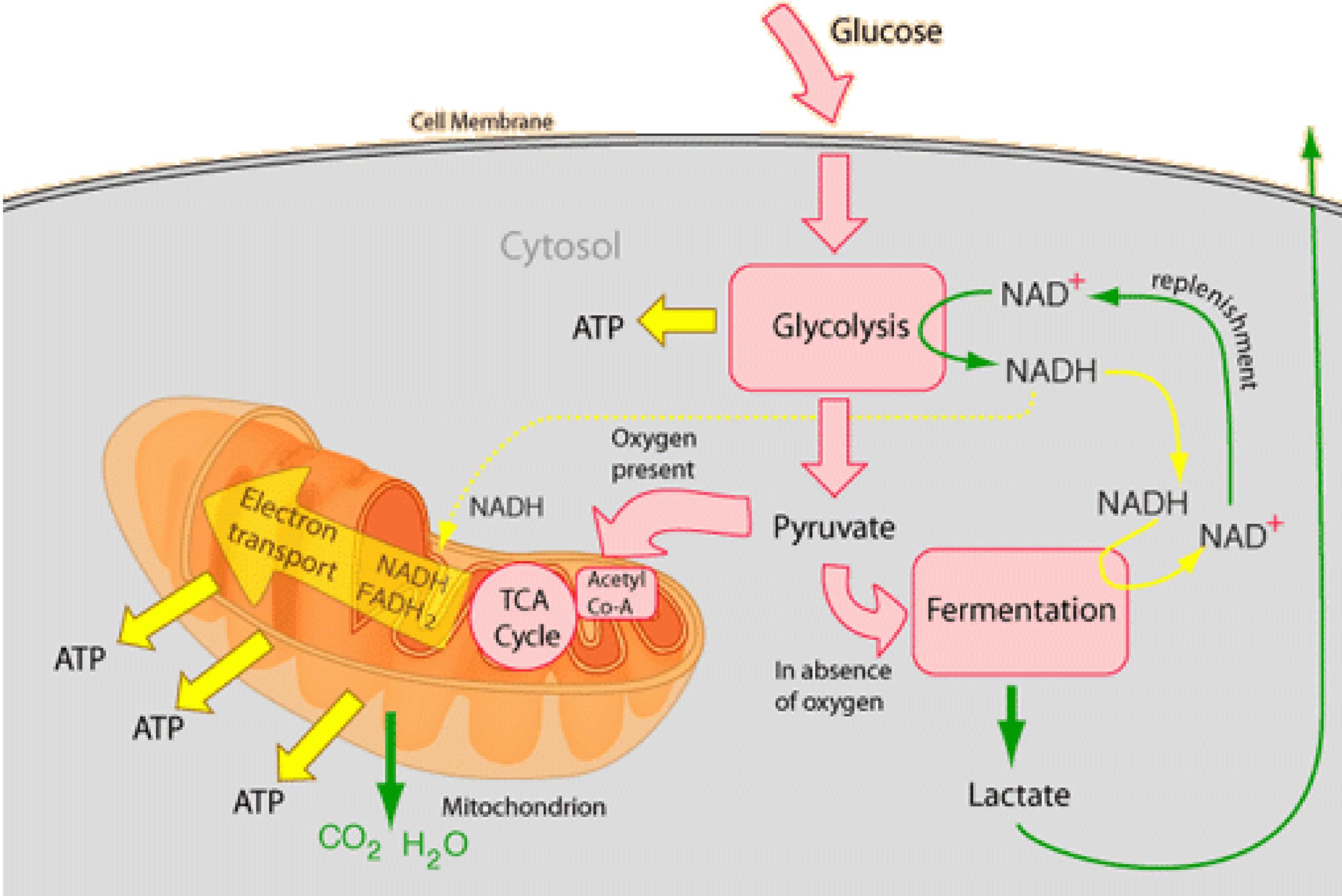
## *Мембрана арқылы заттардың тасымалдануы*

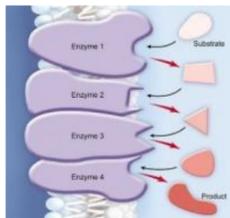
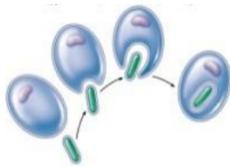
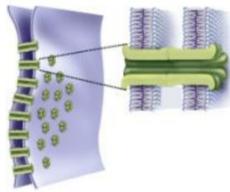
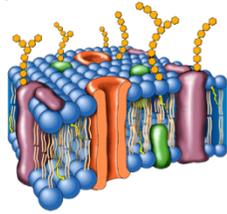
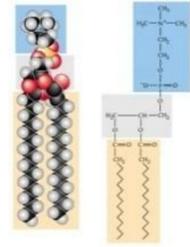
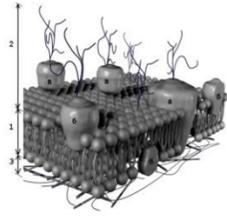




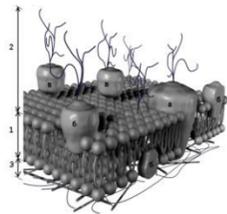
# Биологиялық мембрана арқылы заттардың тасымалдануы

- Клетка өзінің тіршілігін қамтамасыздандыру үшін үнемі сыртқы және ішкі мембраналары арқылы әртүрлі заттар тасымалдану қажет. Мысалы, гликолиз процесс цитоплазмада, Кребс циклы митохондрияда жүзеге асады. Сондықтан, Кребс циклы басталу үшін керек ацетил-СоА гликолиз өнімі, мембрана арқылы митохондрияның ішіне өтіп кету керек.
- Биологиялық мембраналар заттар үшін жоғары іріктегіш (тандап) өткізгіштік қабілеті бар барьер. Әртүрлі заттар мен иондарды тандап тасымалдау – мембрананың маңызды қызметі.

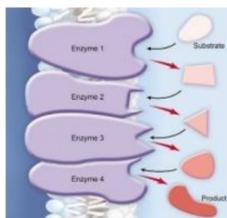
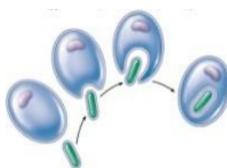
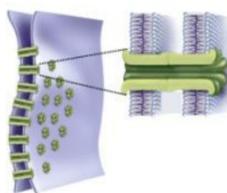
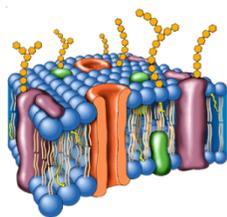
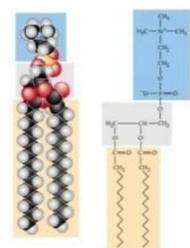




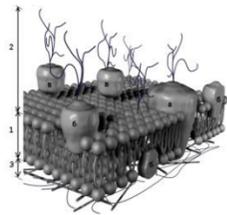
- Биологиялық мембраналардың әртүрлі иондарды іріктеп тасымалдау нәтижесінде клетканың ішіндегі және сыртқы сұйықтығында иондардың концентрациясында айырмашылығы болады, яғни **иондардың концентрациясының градиенті болады.** Бұл иондық концентрациясының нәтижесінде **потенциалды энергия пайда болады.** Трансмембраналық иондық градиенті клетка пайдаланады:
- АТФ-тың синтезін жүзеге асыру үшін,
- әртүрлі тасымалдау процестерді қамтамасыздандыру үшін,
- электр сигналдарды алып беру үшін қолданады.



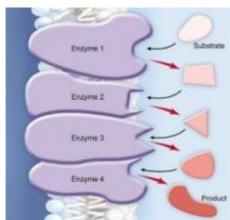
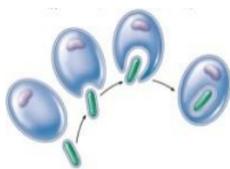
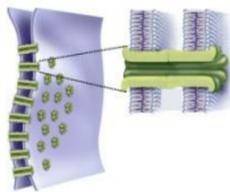
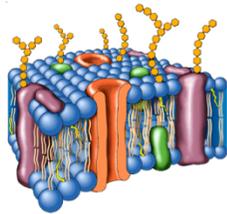
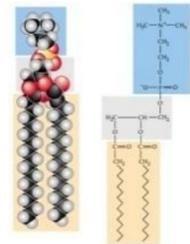
# Сүтқоректі клетка сыртқы және ішкі жағындағы иондардың концентрациясы



Иондар	Иондың концентрациясы, мМ	
	Клетканың ішінде	Клетка сыртында
Катиондар		
Na <sup>+</sup>	5 – 15	145
K <sup>+</sup>	140	5
Mg <sup>2+</sup>	30	
Ca <sup>2+</sup>	1 – 2 (бос күйінде 10 <sup>-7</sup> М)	2,5 - 5
H <sup>+</sup>	4x10 <sup>-5</sup> (10 <sup>-7,4</sup> М немесе рН 7,4)	4x10 <sup>-5</sup> (10 <sup>-7,4</sup> М немесе рН 7,4)
Аниондар		
Cl <sup>-</sup>	4	110



# Заттардың мембрана арқылы тасмалдануы



## **Заттардың мембрана арқылы тасмалдануының маңызы:**

1. Ферменттердің жұмыс істеу үшін клеткадағы рН және оптимальдық иондық концентрациясын сақтау,
2. Энергия көзі және клеткалық компонент құрайтын қоректі заттарды керекті жерге тасымалдау.
3. Улы заттарды клеткадан шығару.
4. Пайда болатын заттарды бөлу.
5. Әртүрлі процестерге керек иондық градиент түзу.

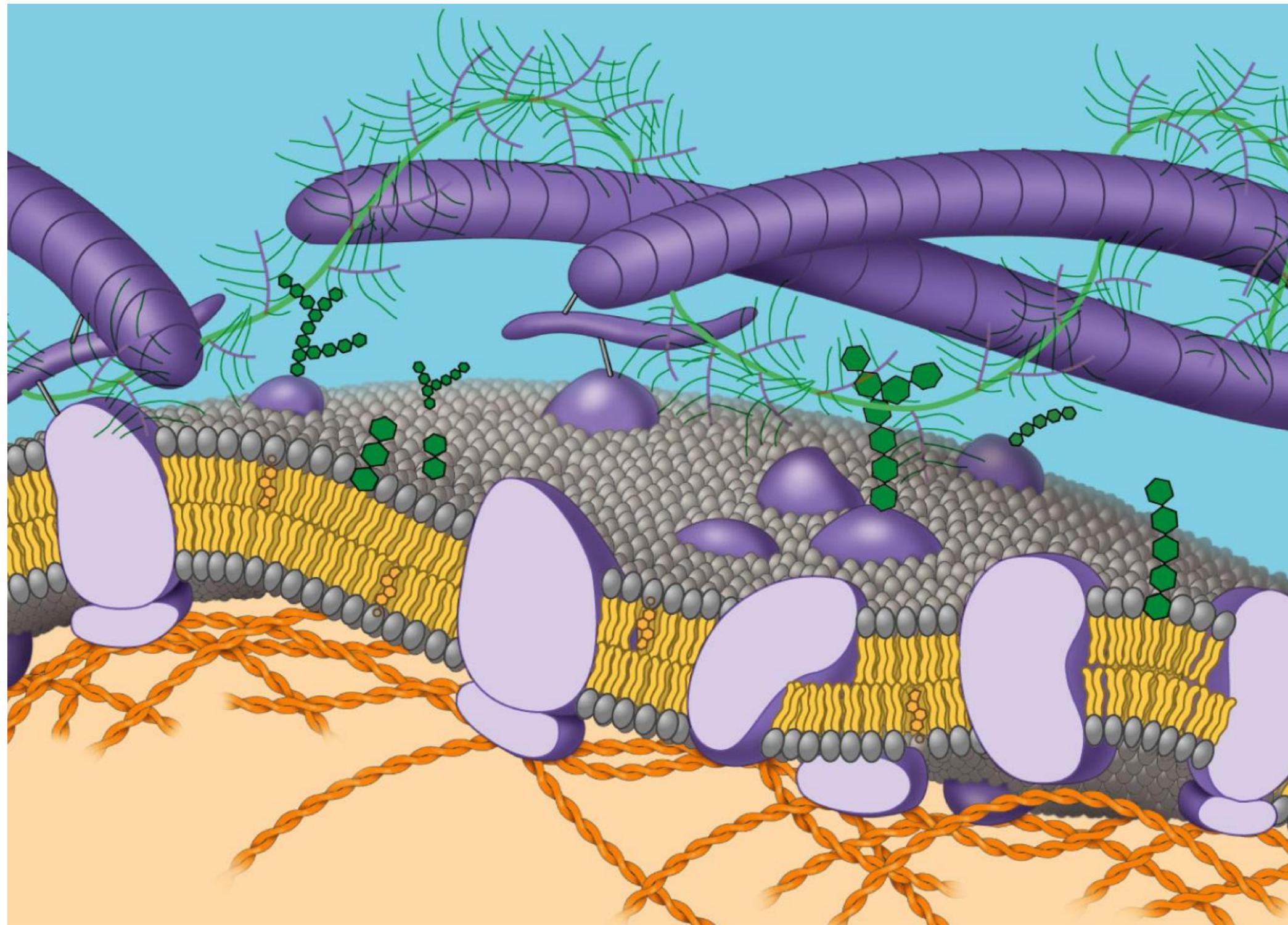
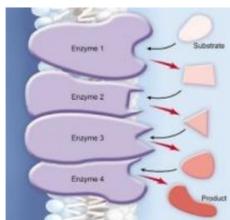
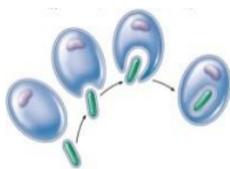
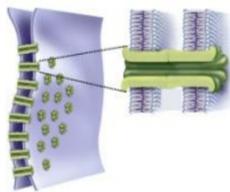
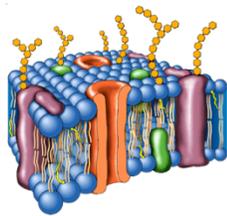
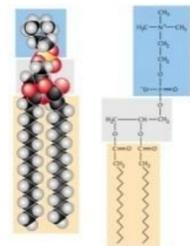
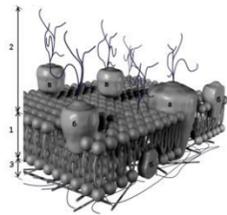
## **Заттардың клеткаға тасмалдануының 4 басты механизмдері бар:**

**Пассивтік тасмалдану** - энергиясыз жүреді:

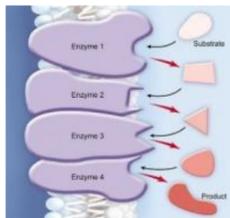
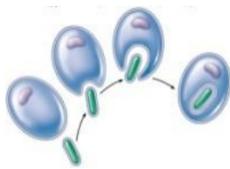
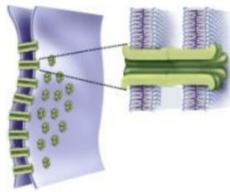
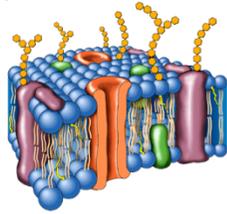
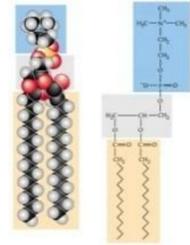
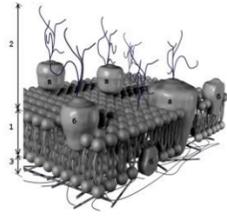
а-диффузия, б-осмос

**Активті тасмалдану** - энергия пайдаланады.

**Экзо- немесе эндоцитоз.**



Мембрана арқылы заттар әртүрлі жолдар арқылы тасымалданады. Мембрананың құрамына ерекше *транспорттық жүйелер* қызмет атқарады.



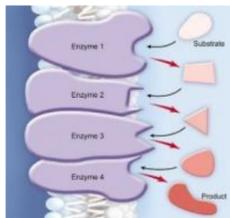
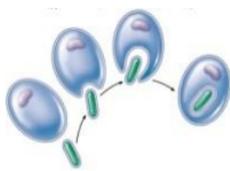
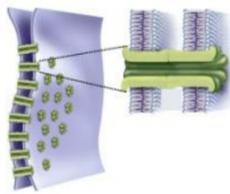
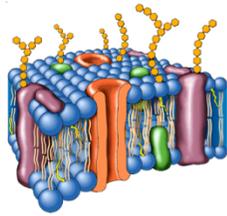
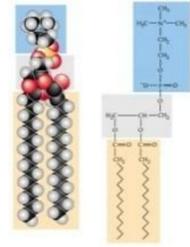
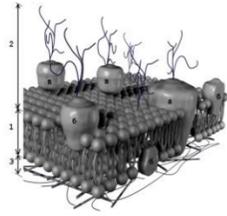
## Мембарана құрамындағы транспорттық жүйелер келесідей қызметтер атқарады:

1. Клетканың көлемін реттейді, клетканың ішіндегі рН мағынасын және иондық құрамын бақылайды. Клетка ортаның рН мағынасы мен иондық құрамы ферменттердің активтілігі қалыпты деңгейде болу үшін өте маңызды.

2. Клетканың ортасынан әртүрлі заттарды, химиялық энергия тасымалдаушыларды және жаңа заттар түзілу үшін керек қосылыстарды, бөліп алады, клетканың ішінен уытты заттардың шығып кетуін қамтамасыздандырады.

3. Иондық градиенті түзілуіне қатысады. Жүйке талшықтар мен бұлшық еттің қозғыштығын қалыпты деңгейде ұстап тұру үшін иондық градиенті өте қажет

- Мембрананың липидтік қос қабаты арқылы заттардың көбісі өзі-өзінен өте алмайды. Мысалы, полярлы заттардың көбісі мембрананың липидтік қос қабаты арқылы өтпейтін себебі – мембрана липидтік қос қабаттын *гидрофобты қасиеті*.
- Мембрана арқылы заттардың транспорты ерекше механизмдердің көмегімен қамсыздандырылады.

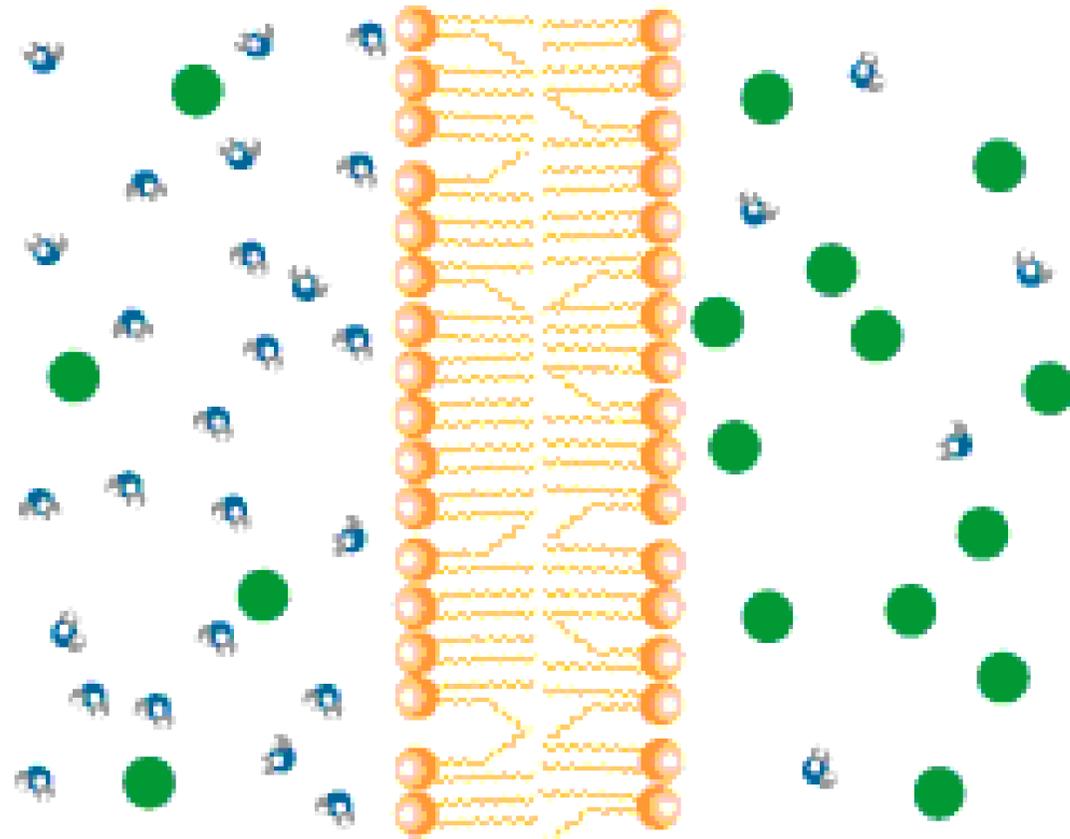


# I. Пассивті транспорт

**Пассивті транспорт** дегеніміз – бұл концентрация градиенті бойы немесе электрохимиялық градиенті бойынша заттардың тасымалдануы. Пассивті транспорт механизмі қатысумен мембрана арқылы заттардың тасымалдану үшін **энергия қажет емес.**

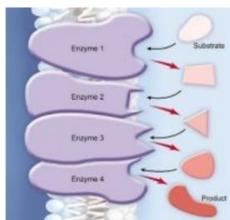
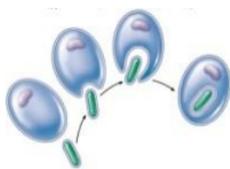
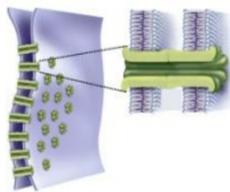
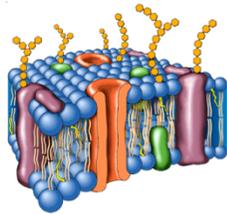
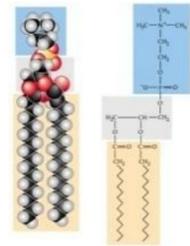
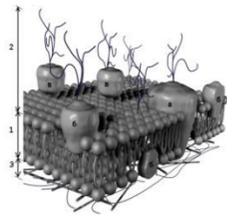
**Пассивті транспорт белгіленеді:**

- 1) мембрананың екі жағындағы (сыртқы және ішкі жағындағы) заттың концентрациясының айырмашылығымен;
- 2) электр өрістің бағыттымен.



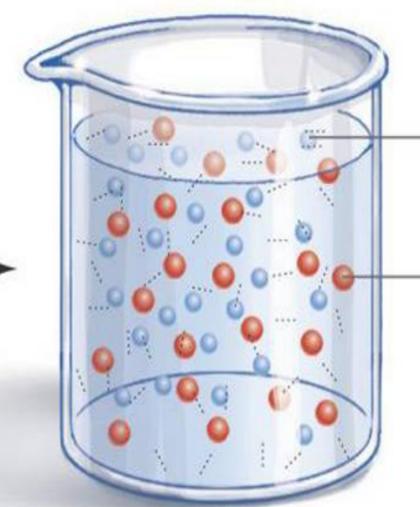
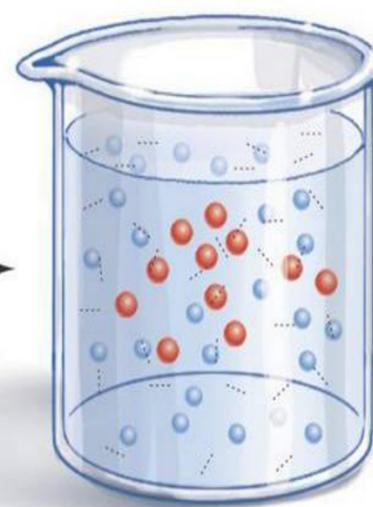
**Пассивті транспорттың екі типін бөліп ажыратады:**

**қарапайым жеңілдетілген**



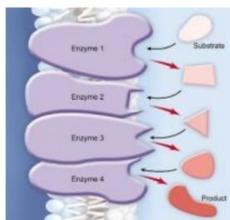
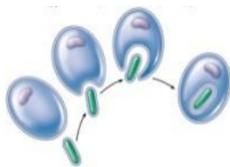
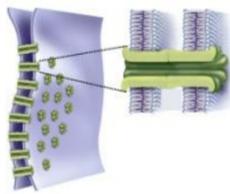
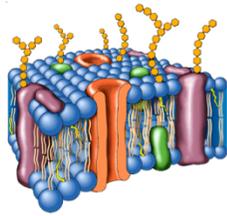
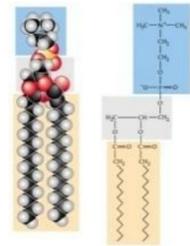
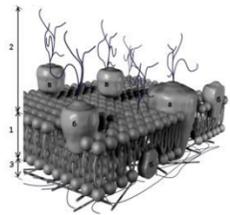
**Қарапайым диффузия** – бұл заттардың өзі бетімен мембрана арқылы өтіп кетуі. Қарапайым диффузия заттың **концентрация градиенті** бойы жүзеге асады.

**Концентрация градиенті бойы диффузиясы** дегеніміз – бұл заттың **концентрация жоғары жағынан концентрация төмен жағына өтіп кетуі.**

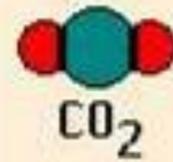


*Су молекуласы*

*Зат молекуласы*



газдар



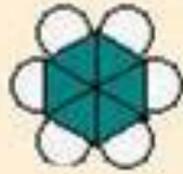
CO<sub>2</sub>



O<sub>2</sub>

полярсыз  
молекула

бензен



полярлы төмен  
молекулалар

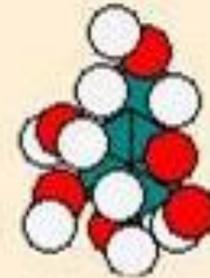


H<sub>2</sub>O



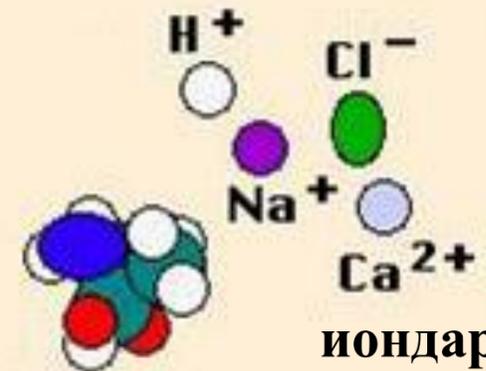
этанол

полярлы ірі  
молекулалар



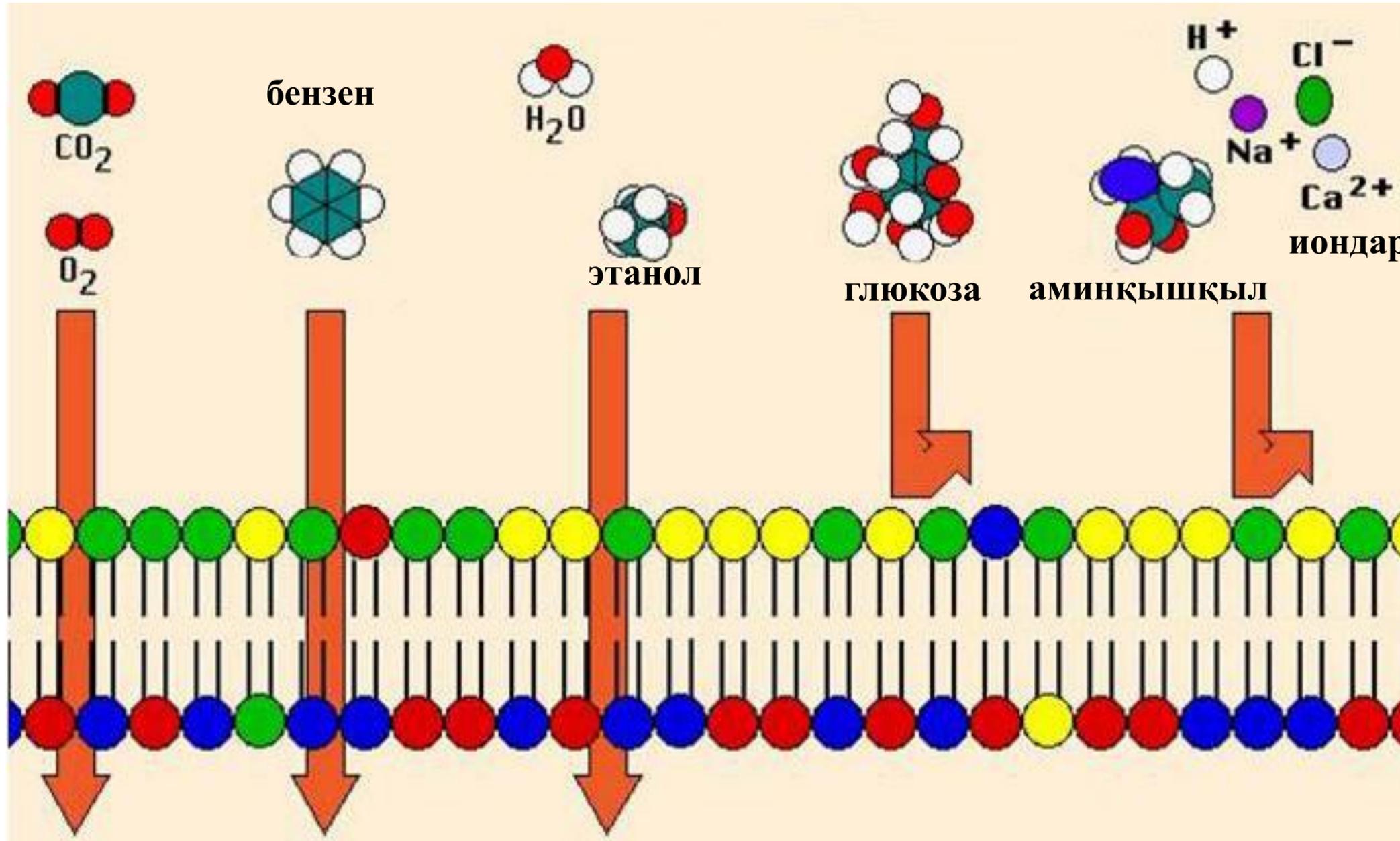
глюкоза

зарядталған  
молекулалар



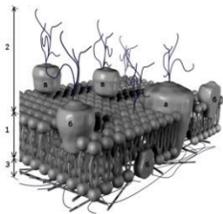
иондар

аминқышқыл

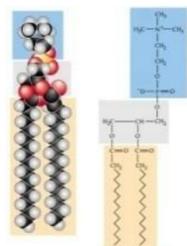


Қарапайым диффузия жолы мембрана арқылы жеңіл тасымалданады төменгі молекулалық салмағы бар полярсыз заттар: май қышқылдары, O<sub>2</sub>, стероидтар, тиреоидтық гормондар. Төменгі молекулалық салмағы бар полярлы заттар: несепнәр, этанол, H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, мембрананы диффузия арқылы өтіп кететін жылдамдығы жоғары.

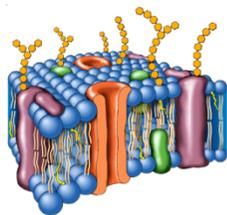
# Қарапайым диффузия



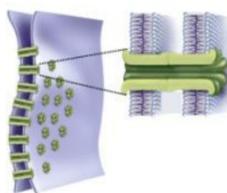
Жай диффузия кезінде клеткадан тыс сұйықта еріген ұсақ молекулалар мембранаға сіңеді де клетка ішіндегі сұйыққа өтеді.



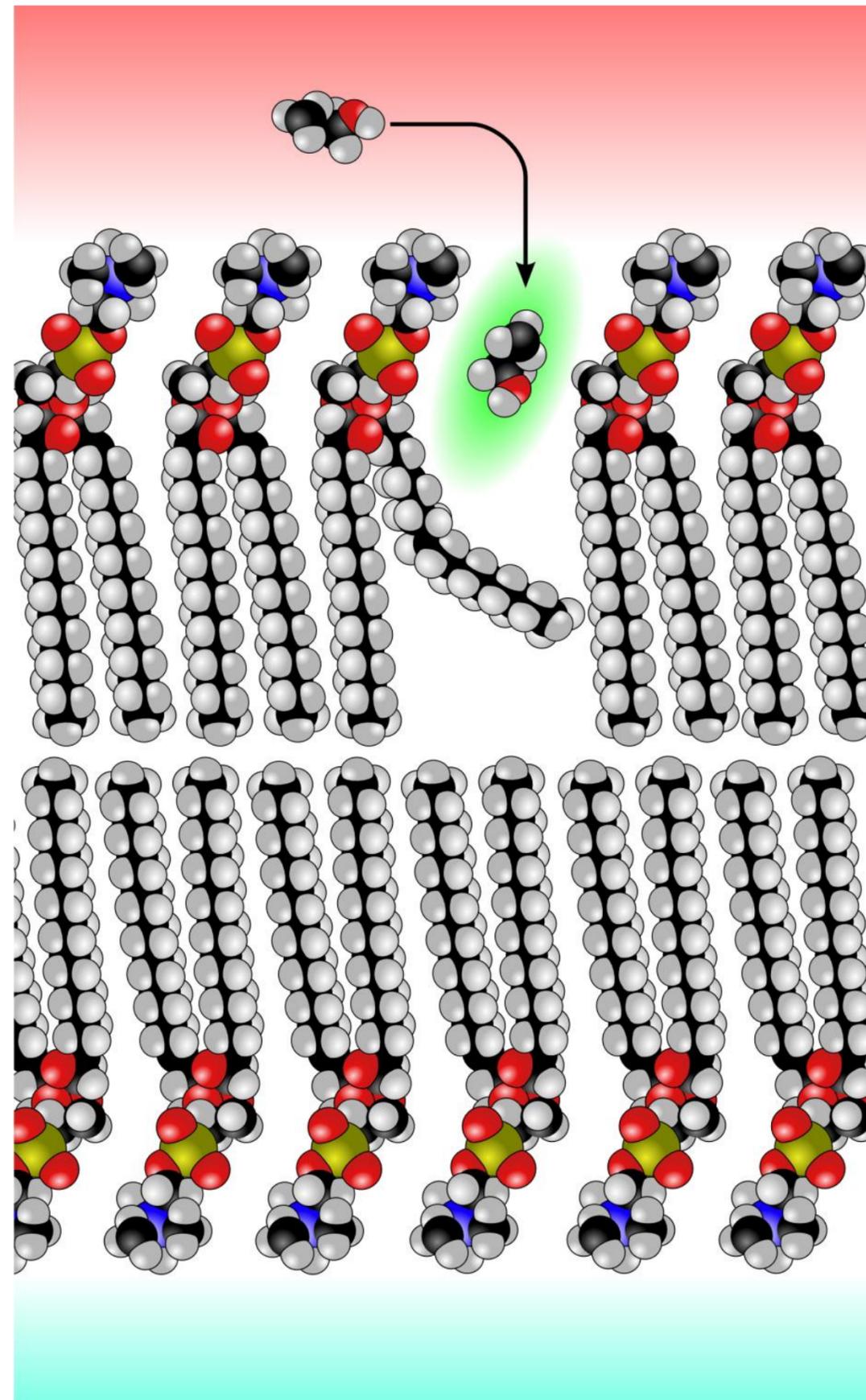
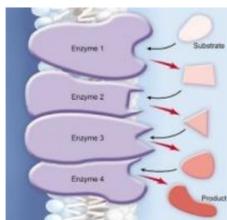
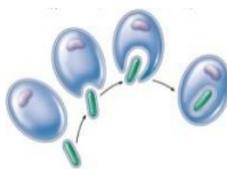
Заттардың мембрана арқылы клетка ішіне енуі молекулалардың гидрофобтық қасиетіне, яғни майға сіңу қабілетіне байланысты болып келеді.



Глицерол мембрананы өтетін жылдамдығы өте төмен, ал глюкоза өзі мембрананы диффузия арқылы өтіп кетпейді. Зарядталған молекулаларының барлығы үшін мембрана өткізбейтін қалқа.



Қарапайым диффузияның жылдамдығы мембрананың екі жағындағы заттың концентрациялардың айырмашылығына тәуелді. Мембранамен бөлінген екі бөліктердің концентрациялардың айырмашылығы жоғарласа қарапайым диффузияның жылдамдағы өседі, төмендесе – төмендейді, тең болғанда - тоқтайды. Концентрацияның ара-қатынасы кері деңгейге өзгерсе – диффузияның бағыты өзгереді.

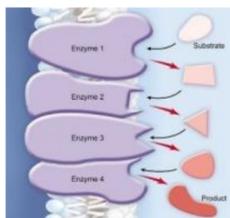
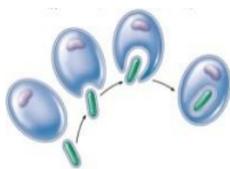
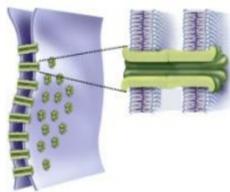
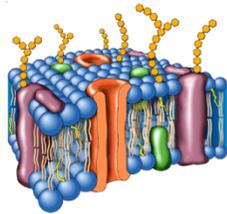
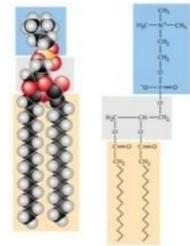
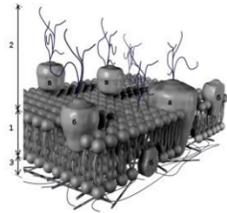
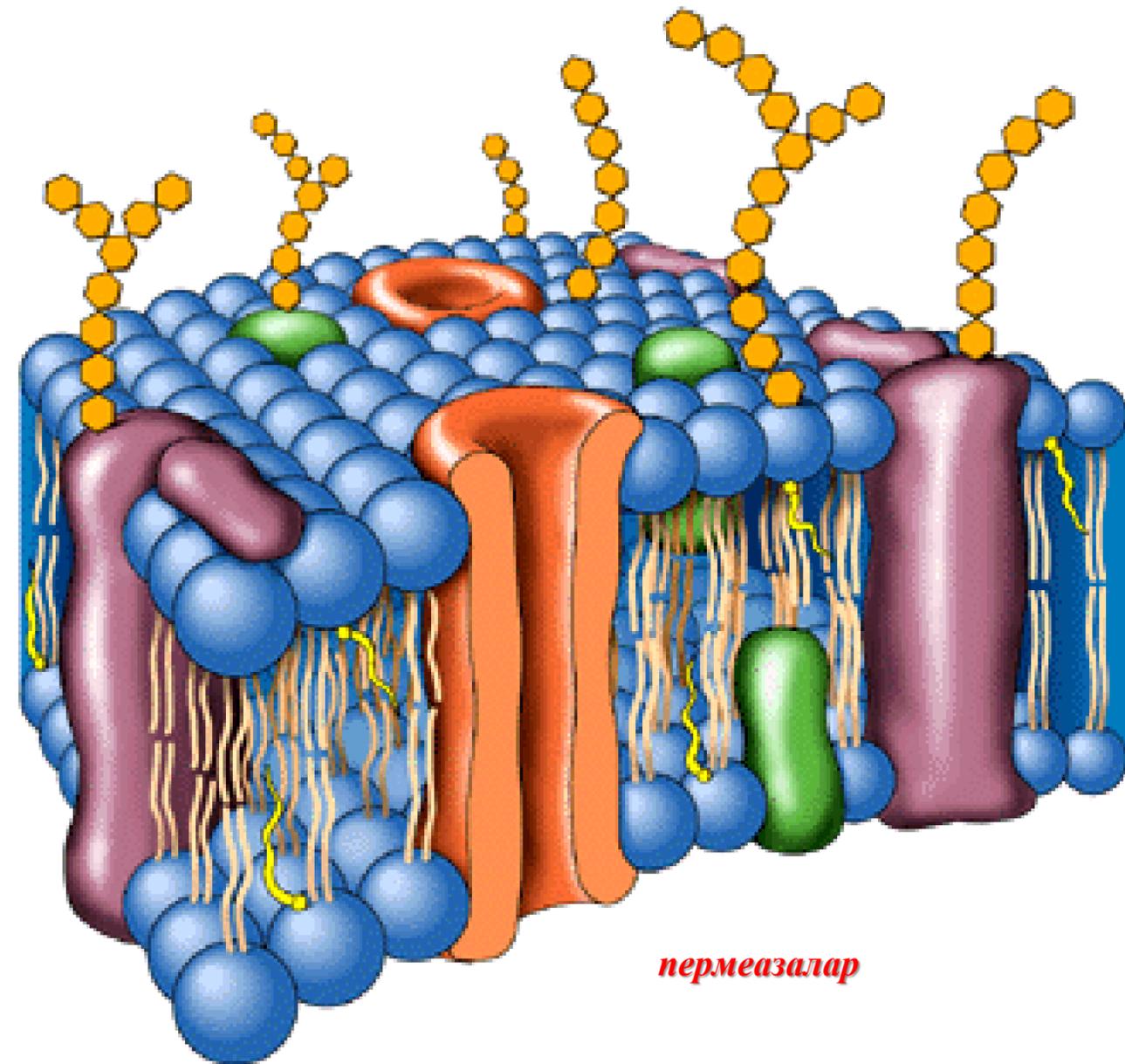


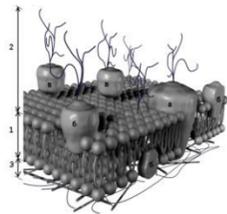
# Жеңілдетілген диффузия

**Жеңілдеткен диффузия** – бұл мембрана арқылы концентрация градиенті бойы заттардың тасымалдануы. Бірақ зат өзі-өзінен мембрана арқылы өтіп кетпейді, заттың жеңілдеткен диффузиясы ерекше белоктың қатысумен жүзеге асады. Зат тасымалдаушы ретінде **транслоказа** деп аталатын белоктар қызмет атқарады.

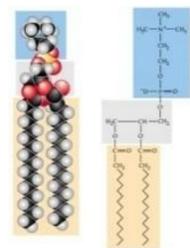
Транслоказалардың ерекшелігі тасымалдайтын заттың түріне байланысты. Мысалы, эритроцит плазмолемаларының  $K^+$ -каналдарында орналасқан транслоказалар  $K^+$ -иондарына бағаталған ерекшелігіне ие,  $Ca^{2+}$ -каналдарының транслоказаның ерекшелігі  $Ca^{2+}$ -иондарына бағытталған.

Бұл процесс спецификалық процесс. Ол қарапайым диффузияға қарағанда жылдам жүреді.

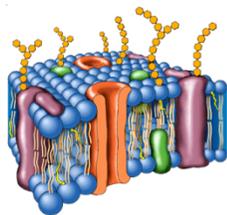




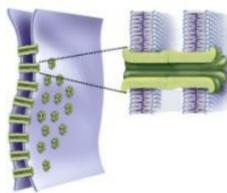
Сонымен, қарапайым диффузияға қабілеті жоқ заттар транслоказа көмегімен мембрананы женілдеткен диффузия арқылы өтіп кетеді.



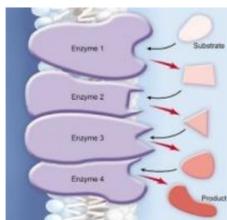
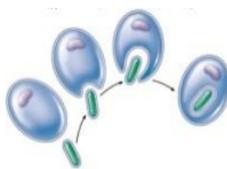
Кейбір заттар мембранадан өтіп кету үшін екі жолды пайдаланады: қарапайым диффузияны және женілдеткен диффузияны.

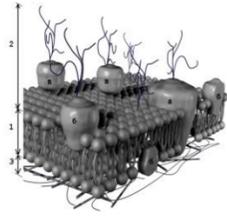


Мысалы, су молекуласы әдетте қарапайым диффузия жолы арқылы мембрананы өтіп кетеді. Бірақ су молекулалырының диффузиясын қарқындау үшін бүйректің арналарының (почечные канальцы) мембраналарында және секреторлы эпителий клеткаларының мембраналарында ерекше транслоказа қызмет атқарады. Бұл **аквапорин** деп аталатын транслоказа.



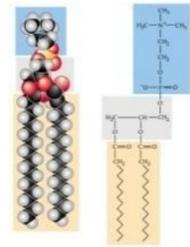
Аквапориндердің суды жіберетіні фосфорлану процесімен реттенеді. Фосфорлық тобын байланыстыру және олардың аквапориндердің белгілі аминқышқылдарға беруі судың өткенін тездетеді немесе тежейді, бірақ бағытына әсер етпейді.



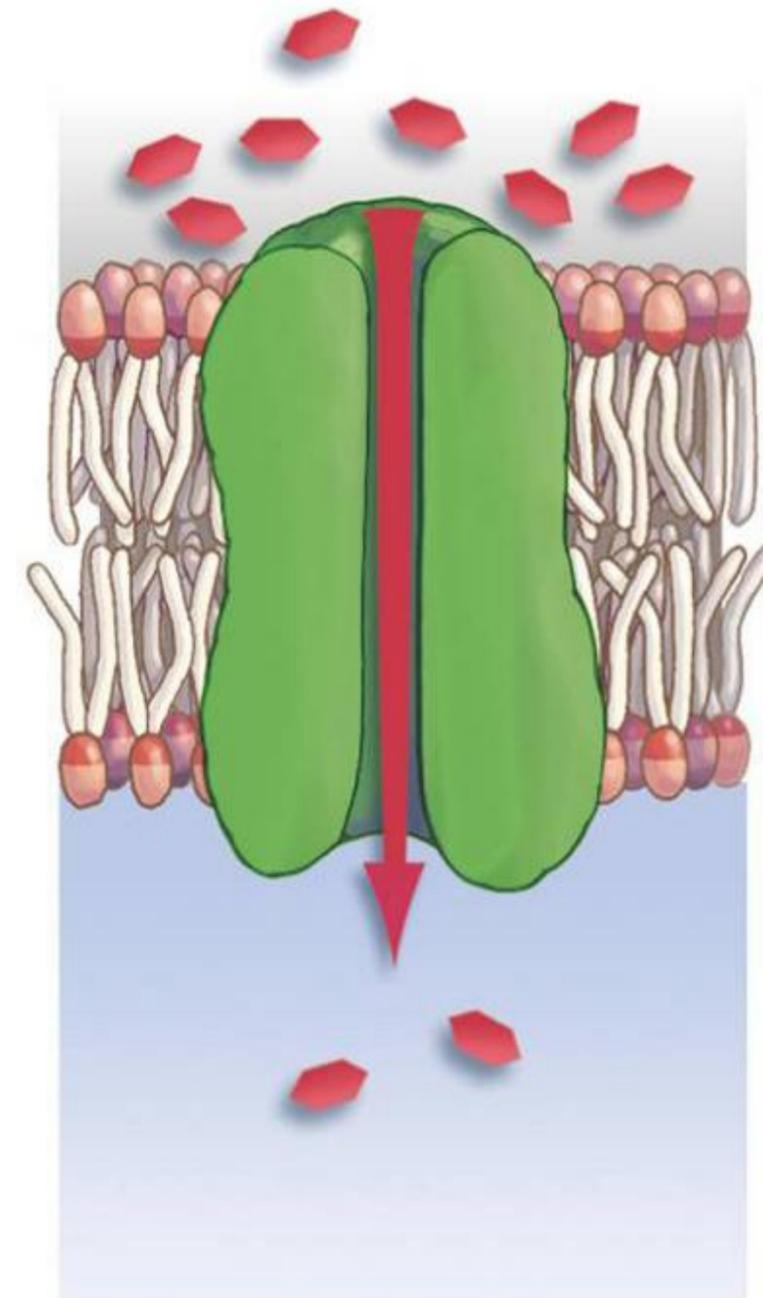
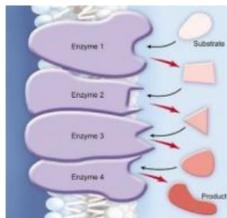
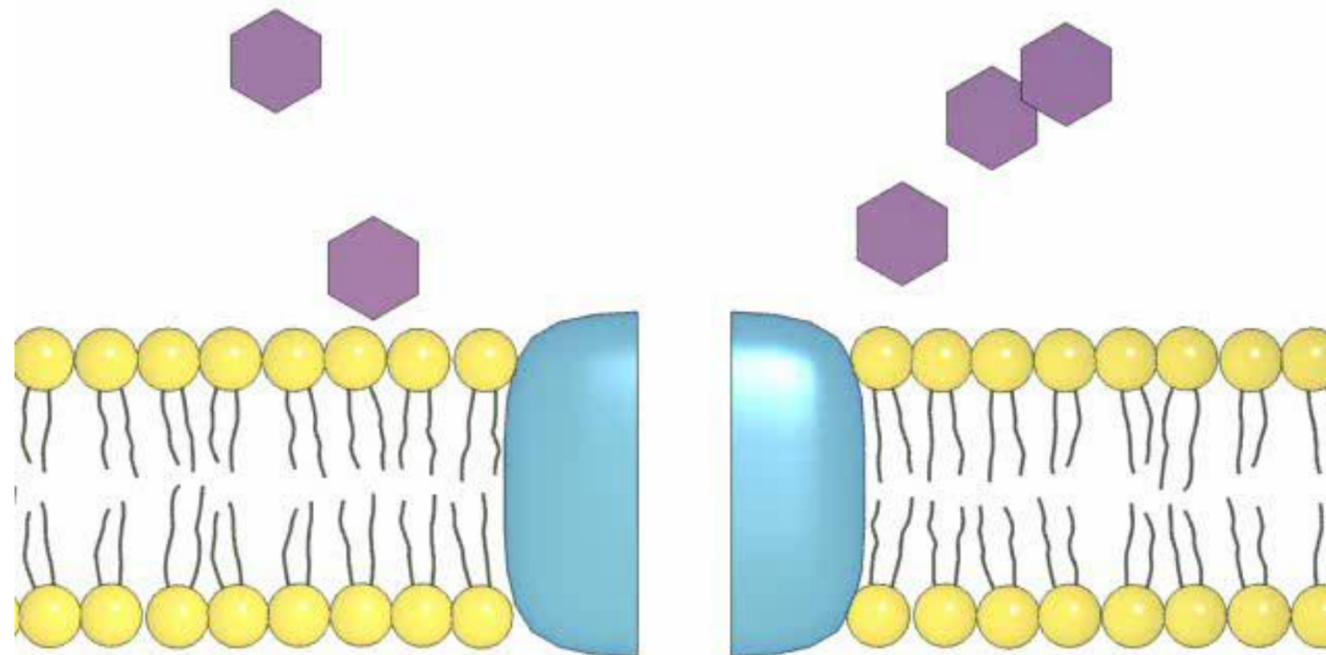
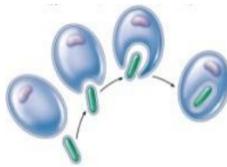
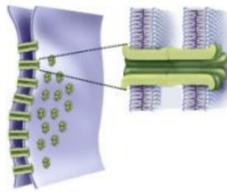
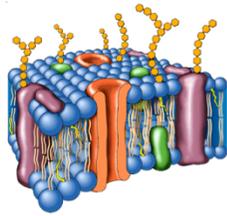


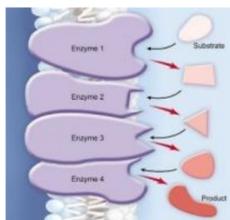
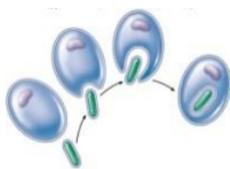
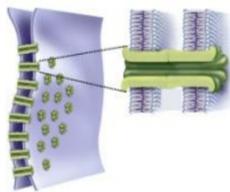
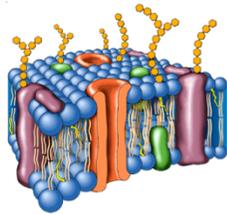
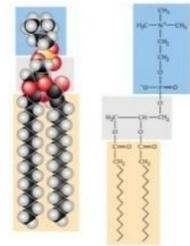
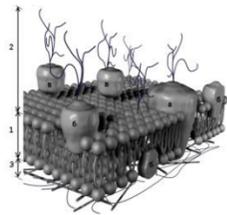
**Транслоказа өзінің қызметін бірнеше механизмдер арқылы жүзеге асыртады:**

1. Суббөліктерінің арасында ашық гидрофильды канал болады. Бұл канал арқылы молекулалық салмағы және жалпы заряды белгілі заттар ғана өтіп кетеді.

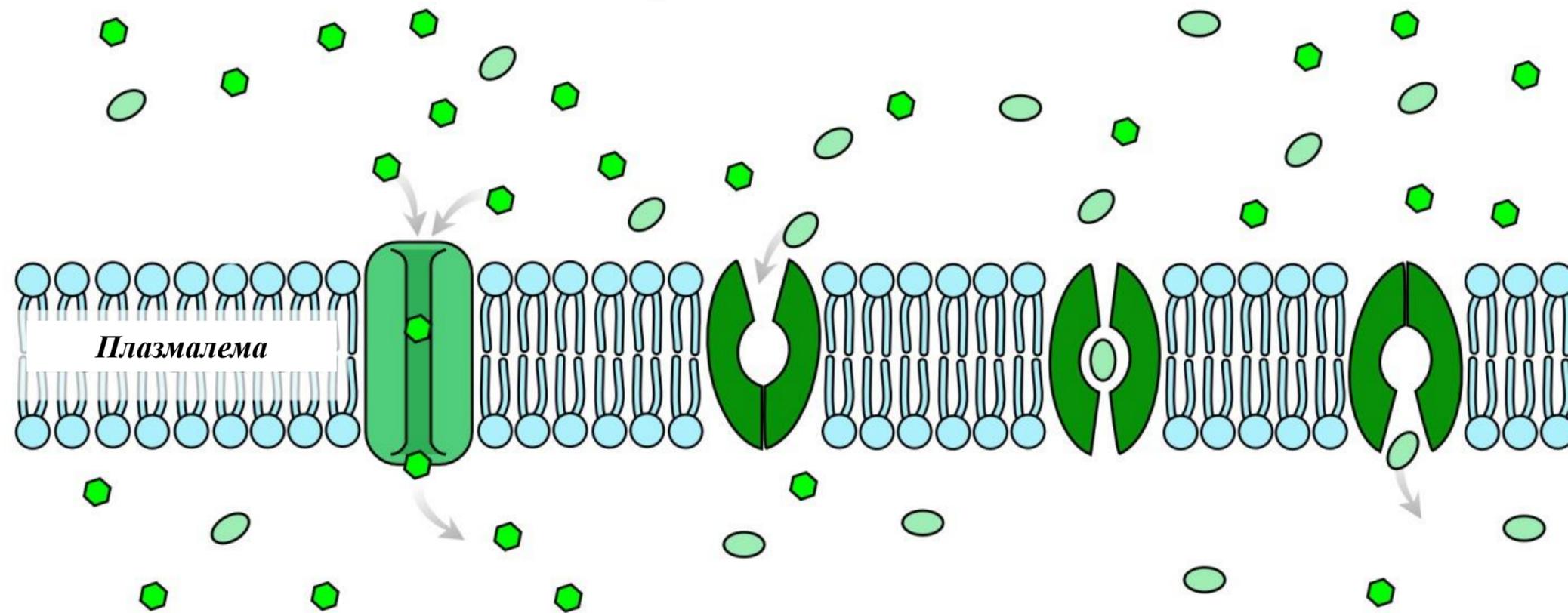
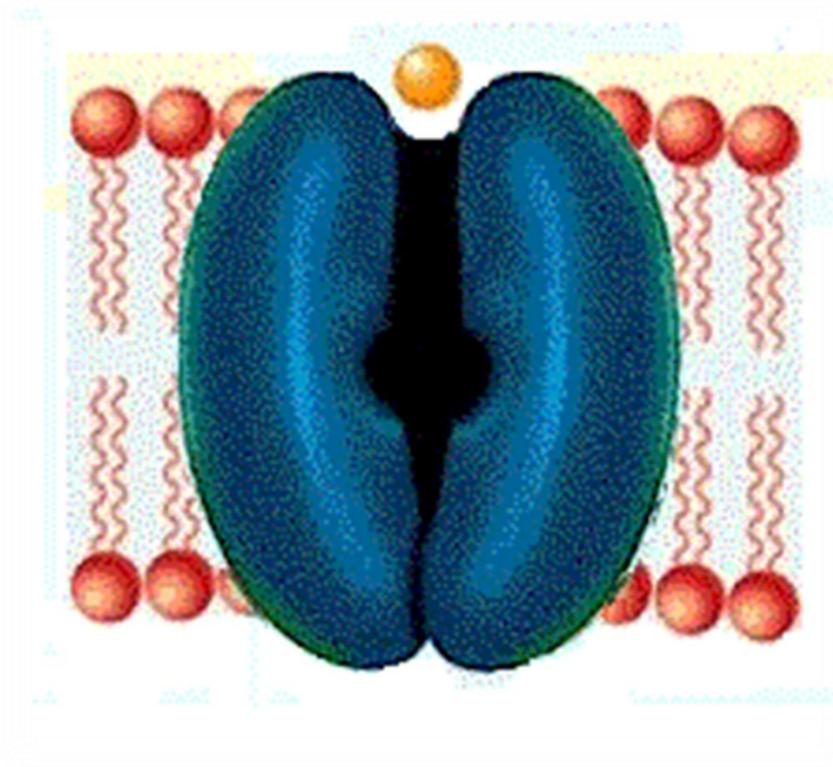


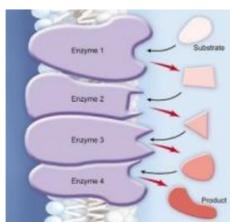
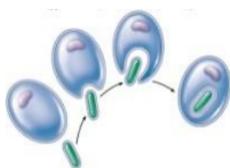
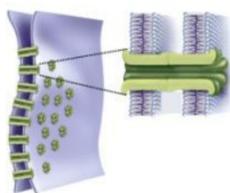
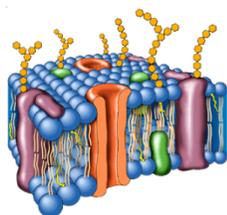
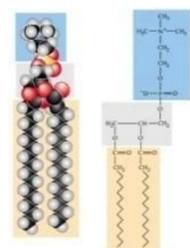
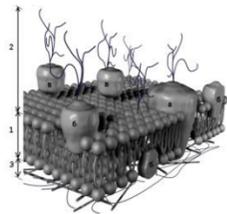
2. Транслоказа қатысумен түзілген каналдарының бір жағынан ерекше зат (лиганд) байланысқанда ғана канал ашылады да зат өтіп кетеді.





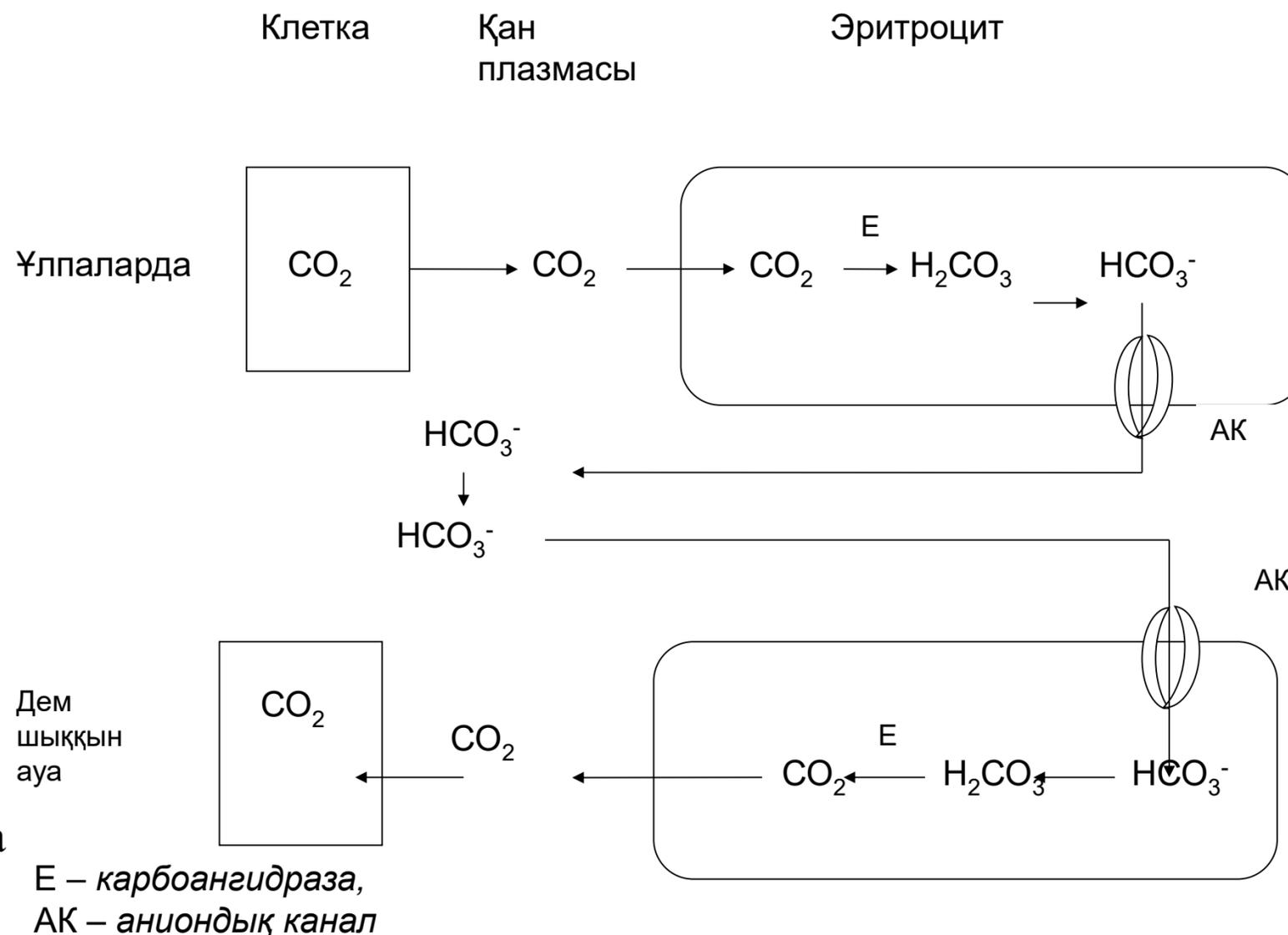
3. Транслоказа мембрананың құрамында орналасады, бірақ каналды құрмайды. Лиганд (ерекше зат) байланысқанда транслоказа молекуласы мембрана жазықтығында  $180^\circ$  (бұрылады) айналады. Нәтижесінде мембрананың бір жағында байланысқан зат мембрананың екінші жағында босанады.

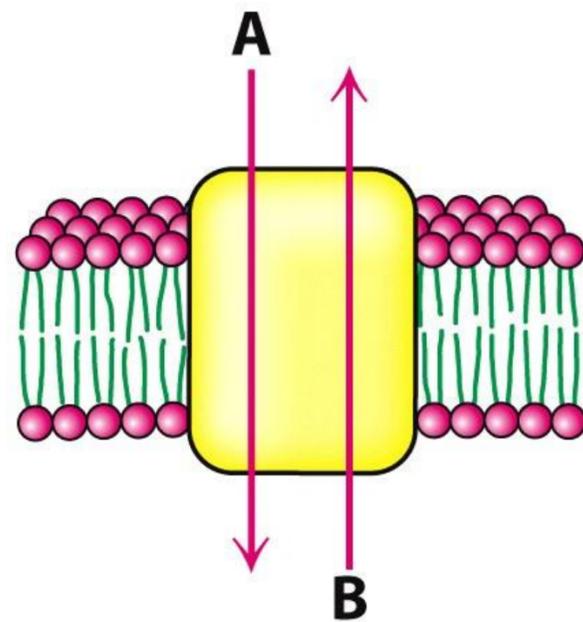
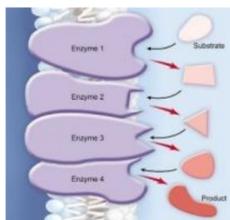
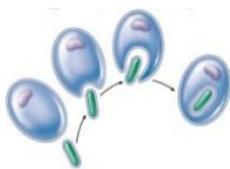
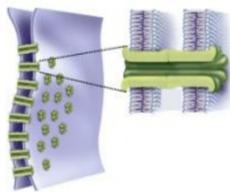
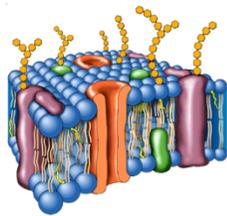
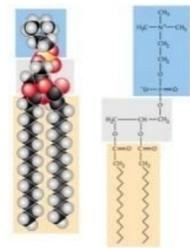
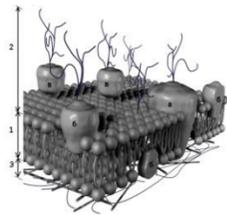




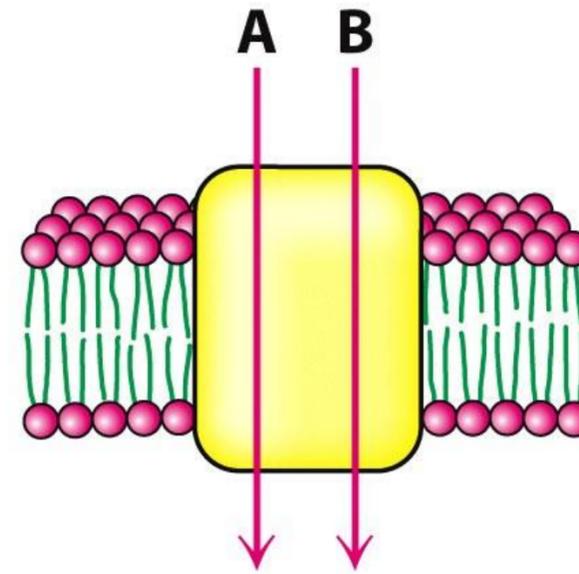
Транслоказа қатысумен заттың тасымалдау жылдамдығы мен бағыты мембрананың екі жағындағы заттың концентрациясына тәуелді, транслоказа қызметін атқаратын механизміне тәуелді емес. Лиганд молекуласы мембрананың екі жағында транслоказамен байланысу мүмкін және екі бағытта тасымалдану мүмкін. Концентрация градиенттің бағыты өзгергенде жеңілдеткен диффузтың бағыты да өзгереді. Мысалы, эритроцит плазмолемасының аниондық каналдар арқылы бикарбонат-иондарының тасымалдануы бір бағытта жүзеге асады, ал ұлпа қылтамырларында және өкпе қылтамырларында бикарбонат иондардың тасымалдануы кері бағытталған.

Эритроцит мембрананың аниондық каналдардың  $\text{CO}_2$  тасымалдауна қатысуы

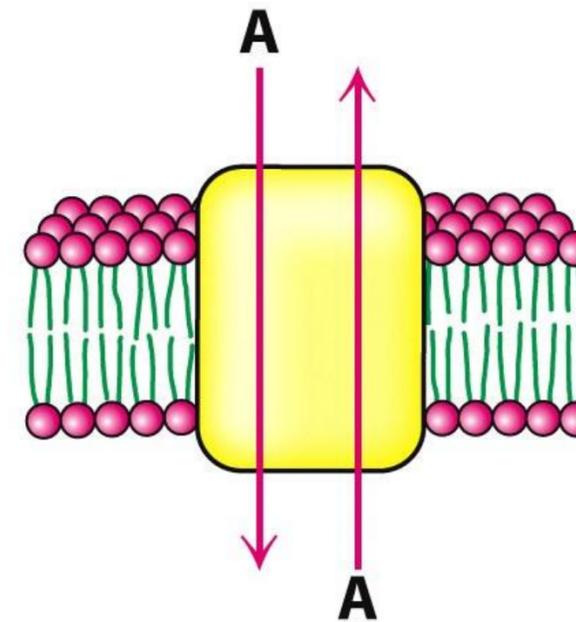




**Antiporter**



**Symporter**



**Uniporter**

Кейбір транслоказалар бір ғана затты мембрананың бір жағынан екінші жағына тасымалдайды. Бұл мембрана арқылы қарапайым тасымалдануы «қарапайым унипорт» деп аталады. Мысалы эритроциттердің мембранасы арқылы глюкозаны «қарапайым унипорт» механизмі түрінде қызмет атқаратын транслоказа тасымалдайды.

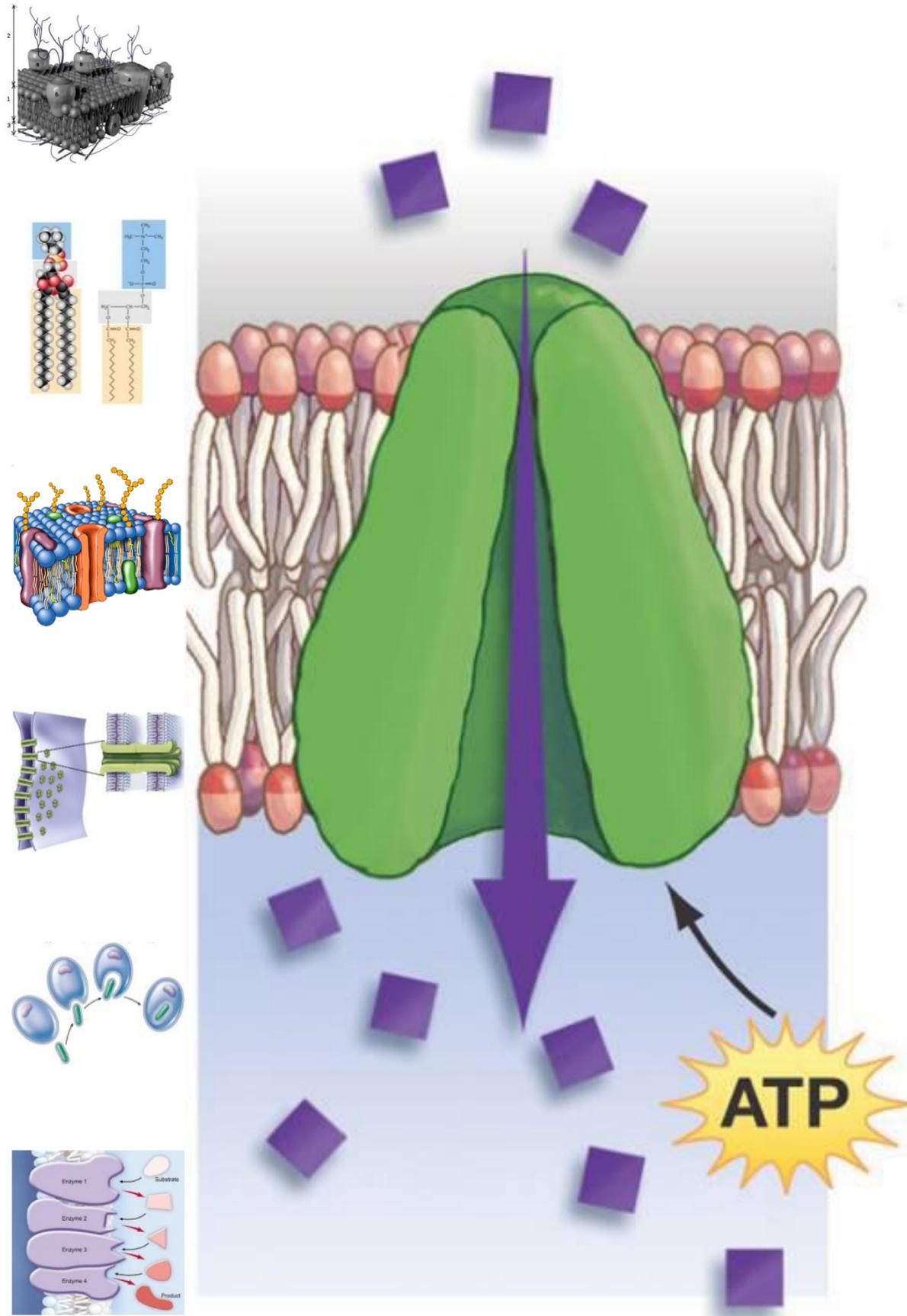
Кейбір транслоказалар екі затты мембрананың бір жағынан екінші жағына концентрация градиенті бойы тасымалдайды. Бұл «қарапайым симпорт» деп аталады.

Кейбір транслоказалар екі затты мембрана арқылы кері бағытта, екі заттың концентрация градиенті бойы тасымалдайды. Бұл «қарапайым антипорт» деп аталады.

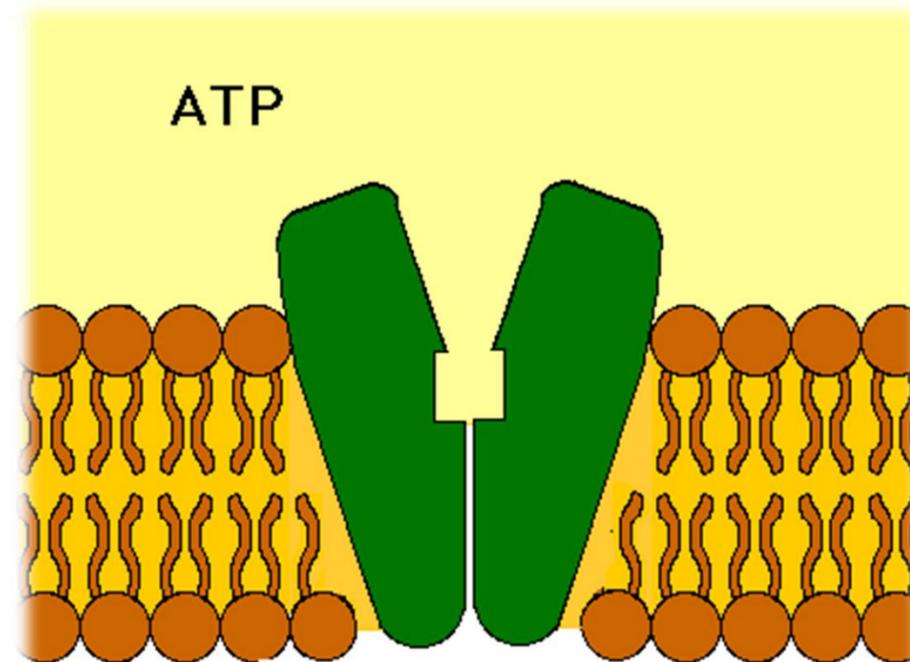
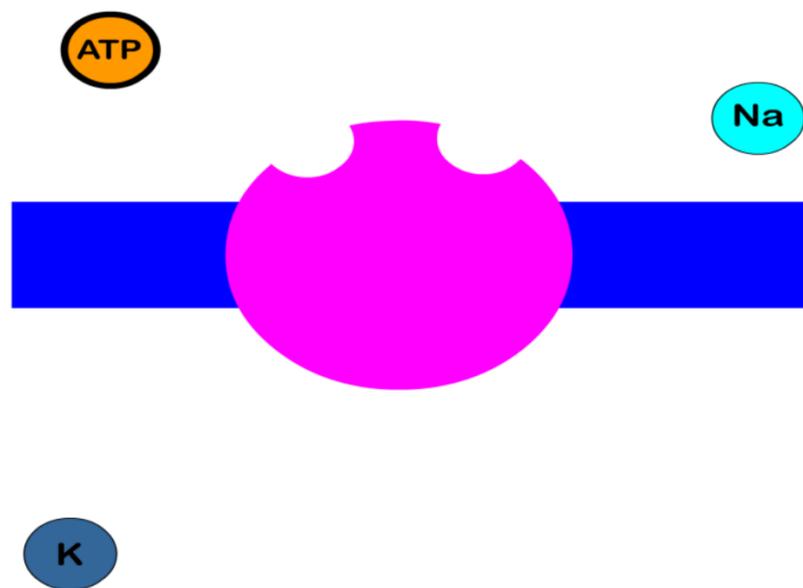
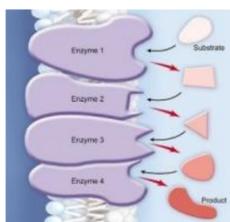
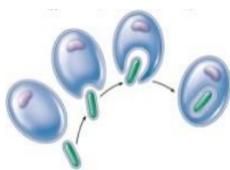
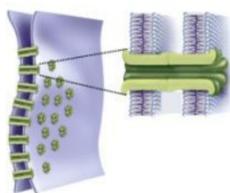
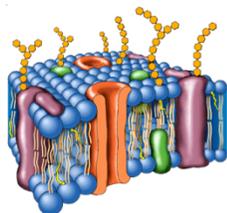
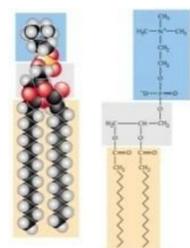
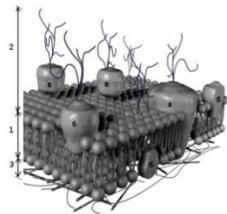
## II. Активті транспорт

Активті транспорт – бұл концентрация градиентіне қарсы заттардың транслоказаның көмегімен мембрана арқылы тасымалдануы. Заттың **активті транспорты энергияны қажет етеді**. Яғни транспорттық жүйе затың тасымалдануын және осы процестің энергиямен қамсыздануын бір уақытта жүзеге асырту керек.

Бұл мәселе бірнеше жолдар арқылы шешіледі.



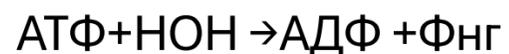
- Плазмалемманың екі жағының арасында потенциалдың айырымы сақталады, электрлік заряд.
- Барлық клеткаларда сыртқы жағына қарағанда ішкі жағы теріс зарядталған
- Соған байланысты катиондар оң зарядталған клеткаға қарай жүреді, аниондар теріс итеріліде.
- Бірақ олардың концентрациясы да әсер етеді.



1.Көп клеткаларда ПМада натрийды шығаратын натрийлық насос бар.

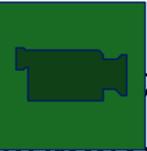
Кейде натрийлық насос калий насоспен бірге істейді. Ондай насосты *натрий-калийлық насос* (Na+, K+-насос) деп атайды. Активті тасмалданудың мысалы.

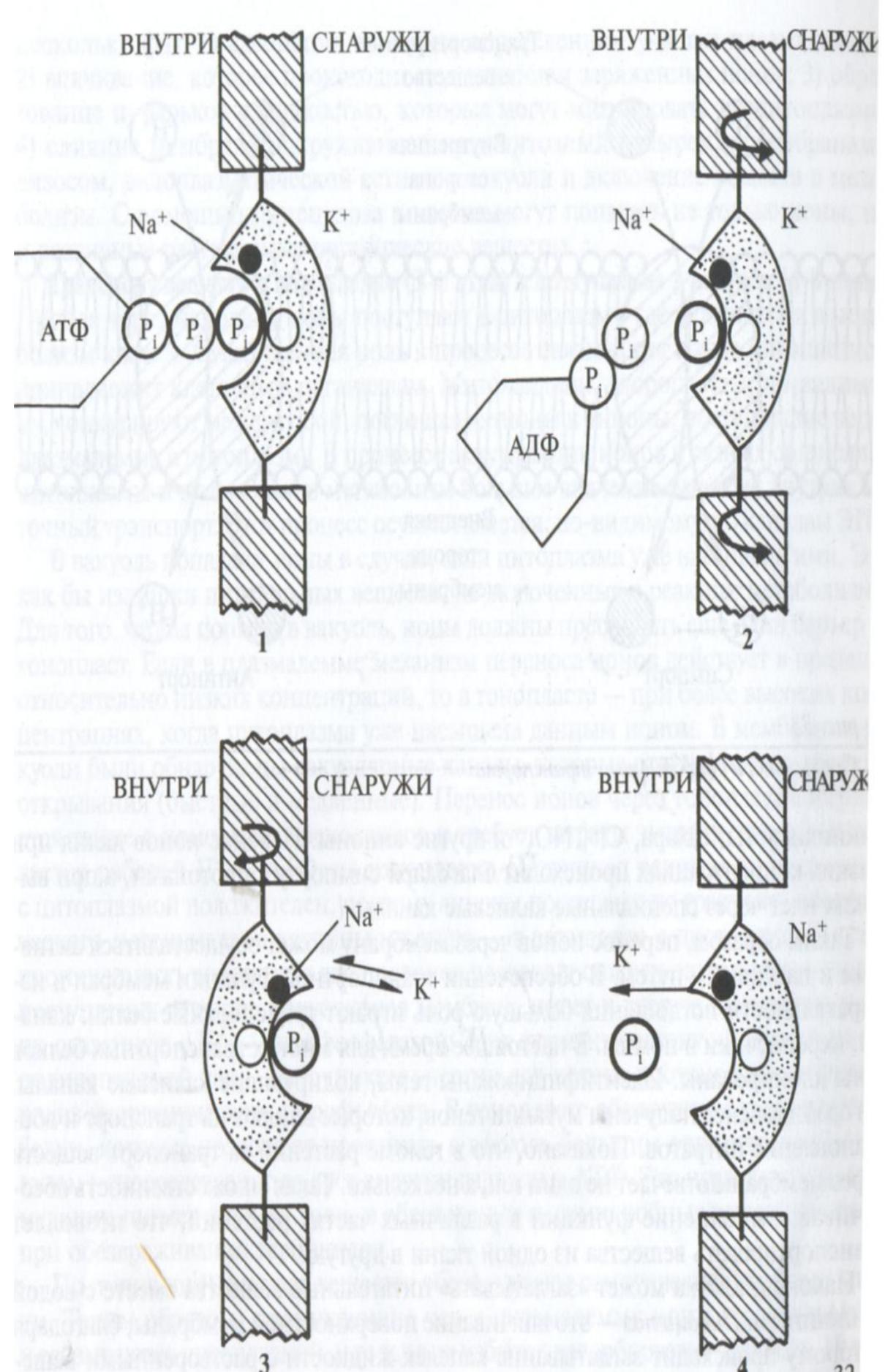
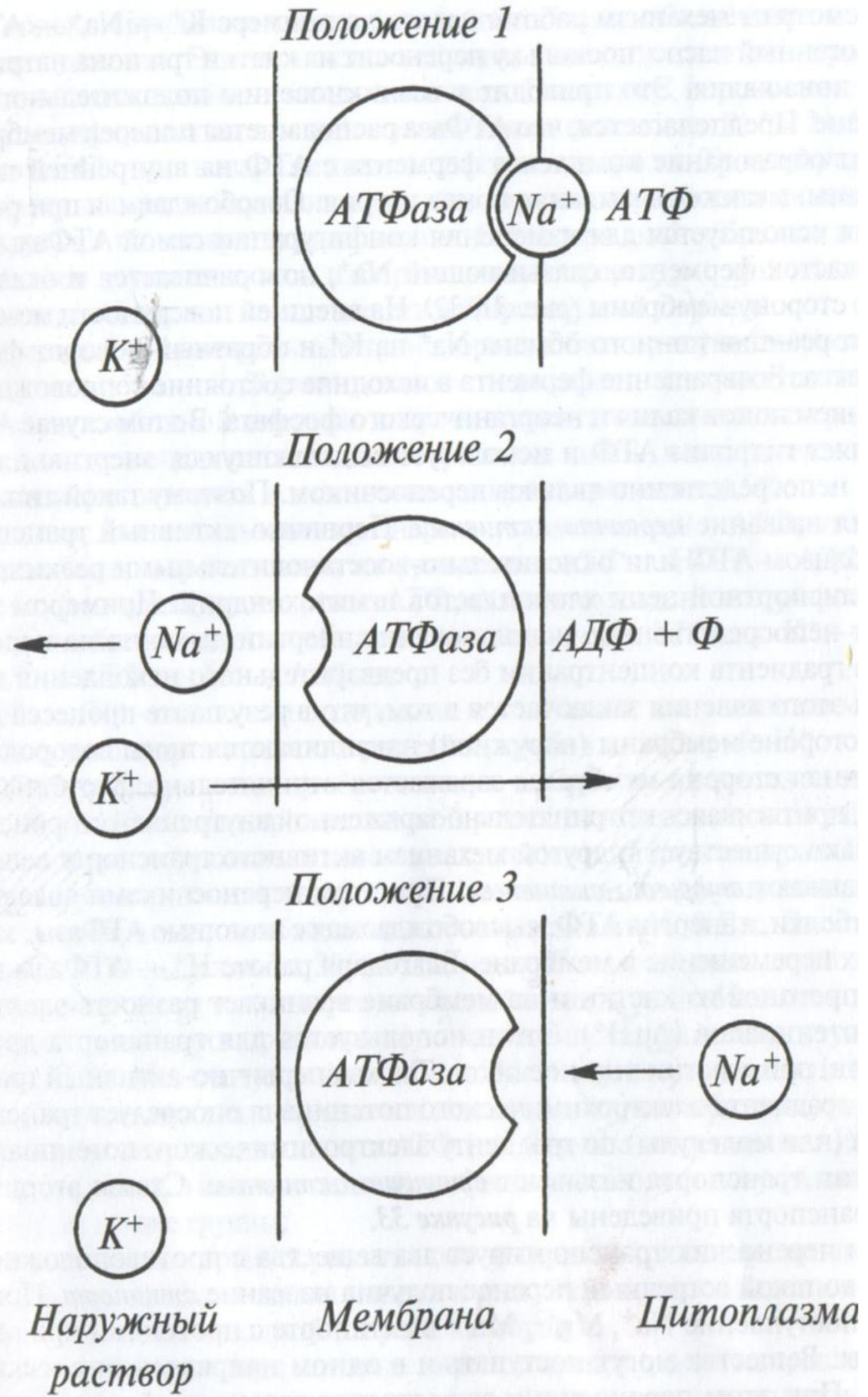
Насостар – интегральдық тасмалдаушы белоктар, иондардың активті тасмалдануын жүргізеді. Тасмалдану энергия пайдаланып электрохимиялық градиентке қарсы жүреді. Энергияны АТФтен, НАДНтан алады.



АТФті гидролиздейтін ферменттер АТФаза деп аталады.

K, Na -АТРаза, H-АТРаза, Ca<sup>2+</sup>-АТРаза, анионная АТРаза.

2.H<sup>+</sup>-иондардың АТФтің энергиясын пайдаланып мембрана арқылы тасмалдануы *протондық помпа* деп аталады (H<sup>+</sup>помпа или H<sup>+</sup>-насос). Ол клетканың рН-ын йді, мембрандық потенциал құрайды, энергияны сақтау және айналдыру, мембрандық және алысқа тасмалдау, минералдық элементтерді сіңіру ж. т.б.



## Пассивті тасмалдау

## Активті тасмалдау

Диффузия

Осмос

Жеңілденген  
диффузия

Насос арқылы  
тасмалдау

Саңылаулар арқылы,  
Липофильді  
тасмалдау

Тасмалдаушылар арқылы  
(қанттар  $H^+$ -иондар мен  
симпортта каналдар арқылы)

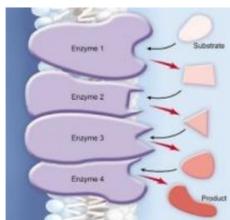
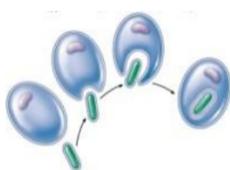
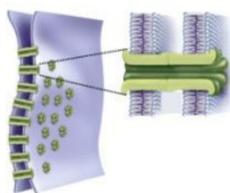
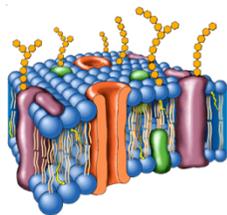
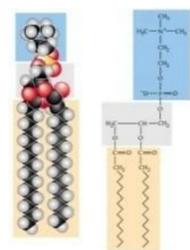
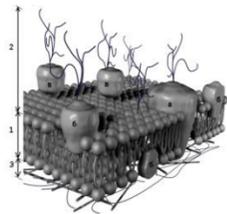
$K^+$ -АТФаза  
 $K, Na$  --АТФаза

Негізгі қозғаушы күш –  
Тасмалдаушылардың емес  
иондардың градиенті

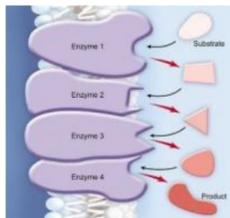
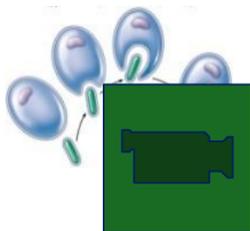
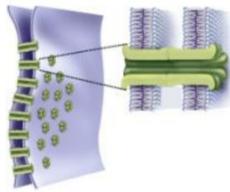
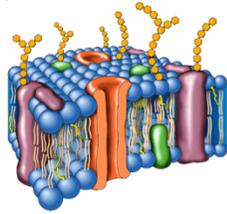
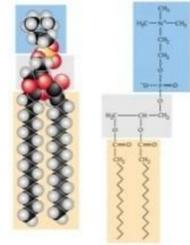
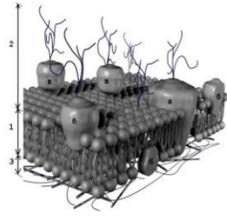
Электро-  
нейтральды  
(бірдей қарыма қарсы  
зарядтары бар  
иондардың тасмалануы  
 $K^+ - Cl^-$ )

Электрогендік  
(бір жаққа  
тасмалданады,  
мысалы  
 $K$ - $Na$ -насос  
 $2K^+ - 3Na^+$ )





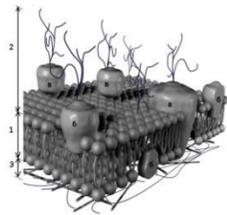
- **Насос** – ол ерекші белок, мембранаға батып тұратын.
- Ішкі жағынан натрий мен АТФ кіреді, сыртқы жағынан - калий.
- Белок конформациялық өзгергенде иондар тасмалданады. Белок АТФаза ретінде де жұмыс істейді. Шыққан энергияны тасмалдауға пайдаланады.
- Оны **бірінші ретті тасмалдану** деп айтады.
- 2 калий ионның орнына 3 натрий ионы шығады. Соның себебінде клетканың іші теріс зарядталады. Мембрананың екі жағында потенциалдың айырымы пайда болады.
- Шыққан натрий клеткаға қайтадан диффузияланады, бірақ өте баяу.
- **Екінші ретті активті тасмалдану.** Онда тасмалдағыштар болып белгілі белоктар келеді, ал АТФтің энергиясы олардың мембрана арқылы тасмалдануына пайдаланады.



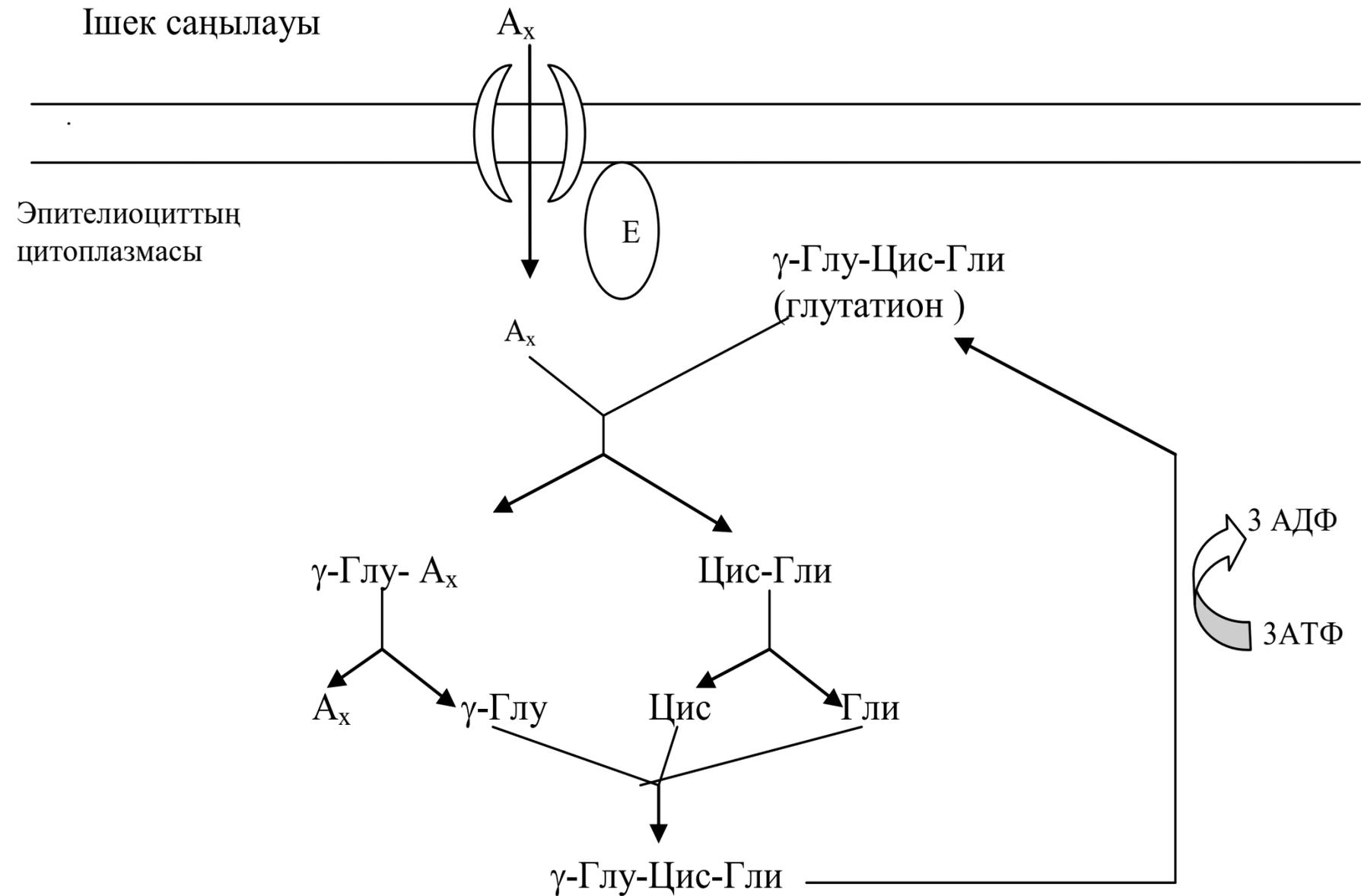
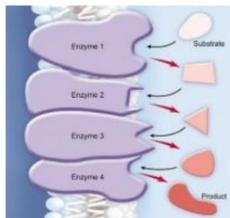
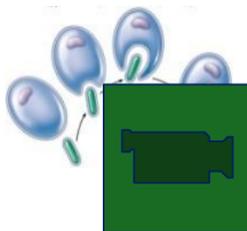
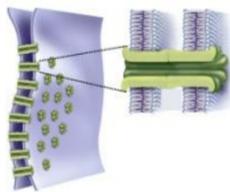
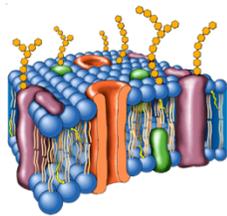
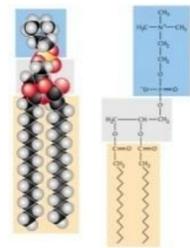
Заттың тасымалдануы және энергия беретін реакция бірге қосарланып жүреді. Көбінесе энергия беретін реакция ретінде АТФ гидролизі болады.

АТФ гидролизі нәтижесінде шыққан энергия пайдаланып мембрана арқылы заттардың тасымалдануы **біріншілік активті транспорт** (первичный активный транспорт) **деп аталады.**

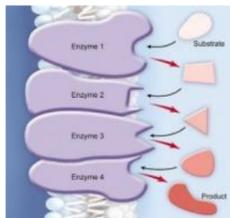
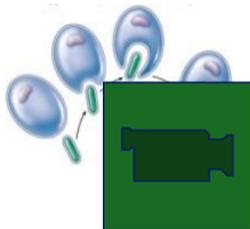
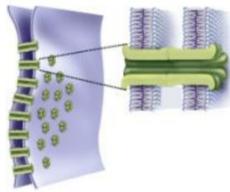
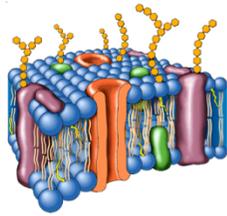
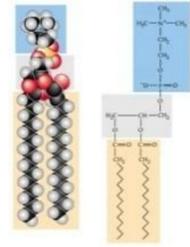
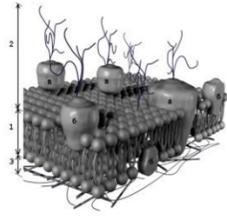
а) Заттың тасымалдануын жүзеге асыратын транслоказа АТФ-азалық активтілігіне ие болады. Осындай механизм арқылы саркоплазмалық ретикулумының цистерналарына  $\text{Ca}^{2+}$ -иондарын тасымалдайтын  $\text{Ca}^{2+}$ -насостары қызмет атқарады,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ -АТФ-аза  $\text{Na}^+$ -,  $\text{K}^+$ -иондарының плазмалық мембрана арқылы АТФ-тәуелді тасымалдануын іске асыртады.



б) Заттың транспорты АТФ гидролизін жүзеге асыртатын реакциялардың күрделі жиынтығымен байланысқан. Мысалы ретінде аминқышқылдардың мембрана арқылы тасымалдануы.



$A_x$  – мембрана арқылы тасымалданатын аминқышқылы  
 $E$  – фермент, мембранамен байланысқан  $\gamma$ -глутамилтрансфераза.



Активті транспорты энергиямен қамсыздандыру үшін екінші механизмі. Бұл механизмде екі зат қосарланып мембрана арқылы тасымалданады. Бір заттың, мысалы X, концентрация градиенті бойы пассивті транспортты жүреді, екінші зат қосарланып концентрация градиентіне қарсы тасымалданады, яғни активті транспорты іске асады. Бұл транспорты **екіншілік активті транспорт** (вторично-активный транспорт) деп атайды.

Транспортың бұл түрінің екі варианты болады:

- 1. активті симпорт**
- 2. активті антипорт.**

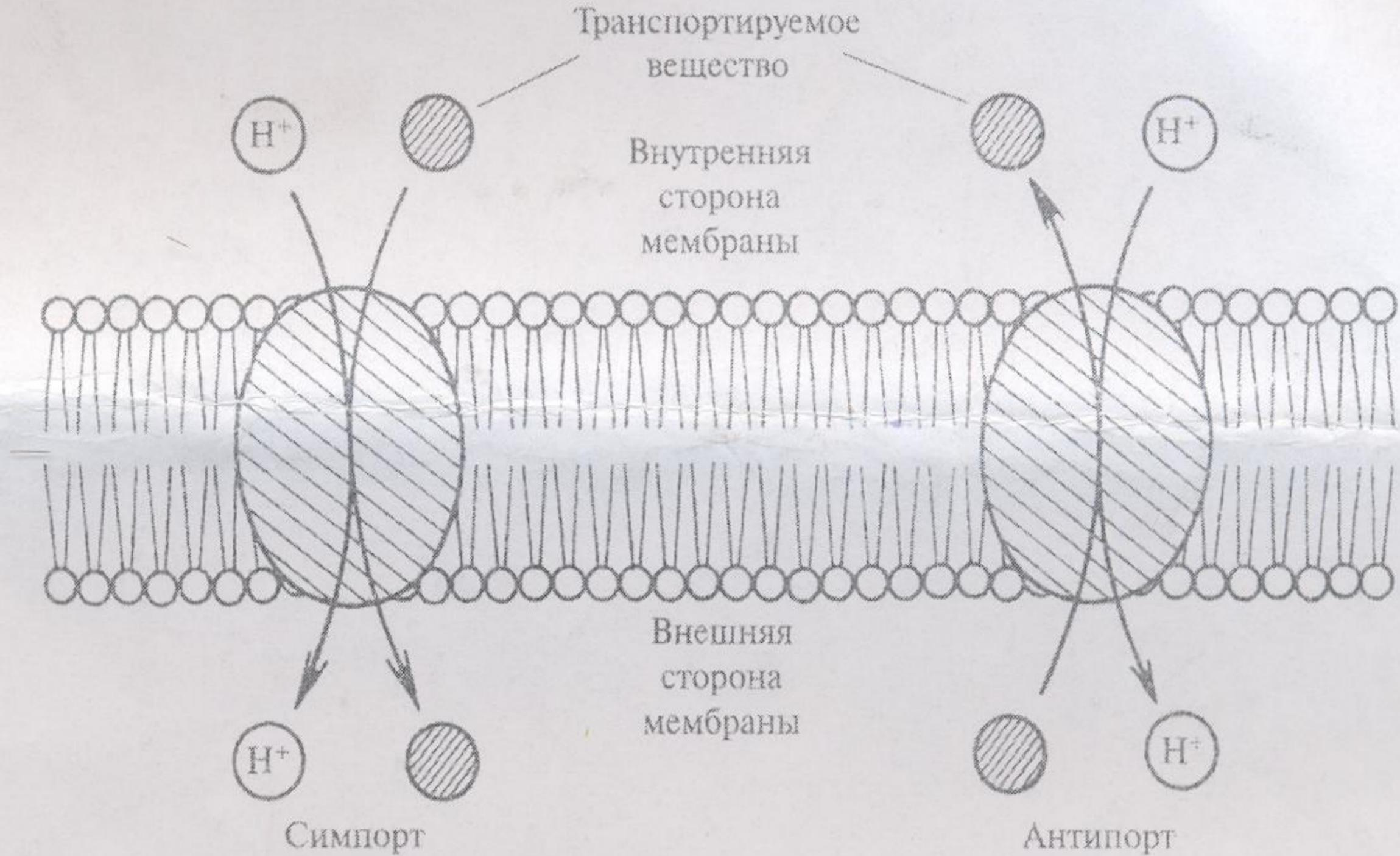
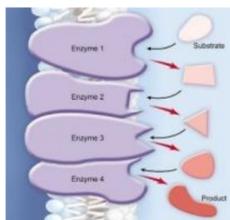
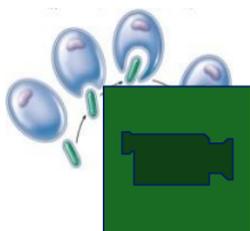
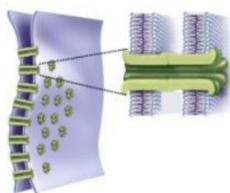
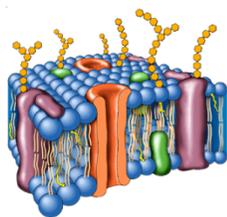
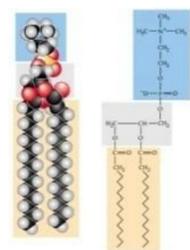
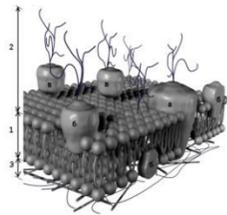
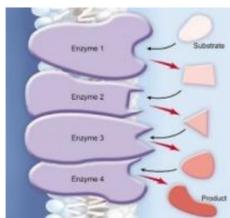
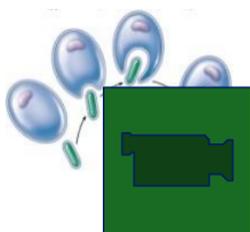
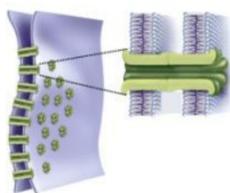
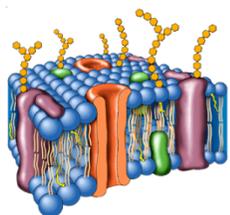
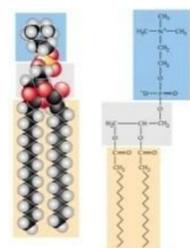
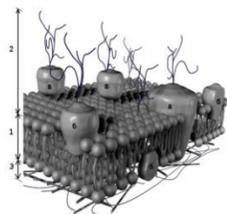


рис. 33

Схемы вторичноактивного транспорта



**Активті симпорт** – екі зат транслоказа қатысумен мембрананың бір жағына тасымалданады. Мысалы ретінде, симпорт жолымен глюкоза ішек және бүйрек клеткаларының ішіне  $\text{Na}^+$ -иондарымен бірге тасымалданады. Бір белок-тасымалдауші глюкоза мен  $\text{Na}^+$ -иондарын байланыстырады да мембрана арқылы тасымалдайды.  $\text{Na}^+$ -иондары өзінің электрохимиялық градиенті бойы тасымалданады, да өзімен бірге клетканың ішіне глюкозаны тартып енгізеді. Глюкоза транспортын жылдамдығы  $\text{Na}^+$ -иондардың концентрациясының айырмашылығына тәуелді. Клетка сыртқы жағында  $\text{Na}^+$ -иондардың концентрациясы төмендесе глюкозаның тасымалдануы тоқталады. Клетканың ішіне глюкозамен бірге кірген  $\text{Na}^+$ -иондары  $(\text{Na}^+ + \text{K}^+)\text{-ATP-азаның}$  қатысумен клеткадан сыртына тасымалданады. Жануарлардың плазмалық мембраналарында  $\text{Na}^+$  -иондарымен аминқышқылдарды тасымалдайтын 5 түрлі белоктар орналасады. Әрбір белок тұқымдас аминқышқылдарының тобына ерекше. Бактерия клеткалардың мембраналарында лактозалық насос қызмет атқарады. Насосты құратын белок-тасымалдауші лактозаның 1 молекуласын бір  $\text{H}^+$ -ионымен бірге протондық градиенті бойы тасымалдайды.

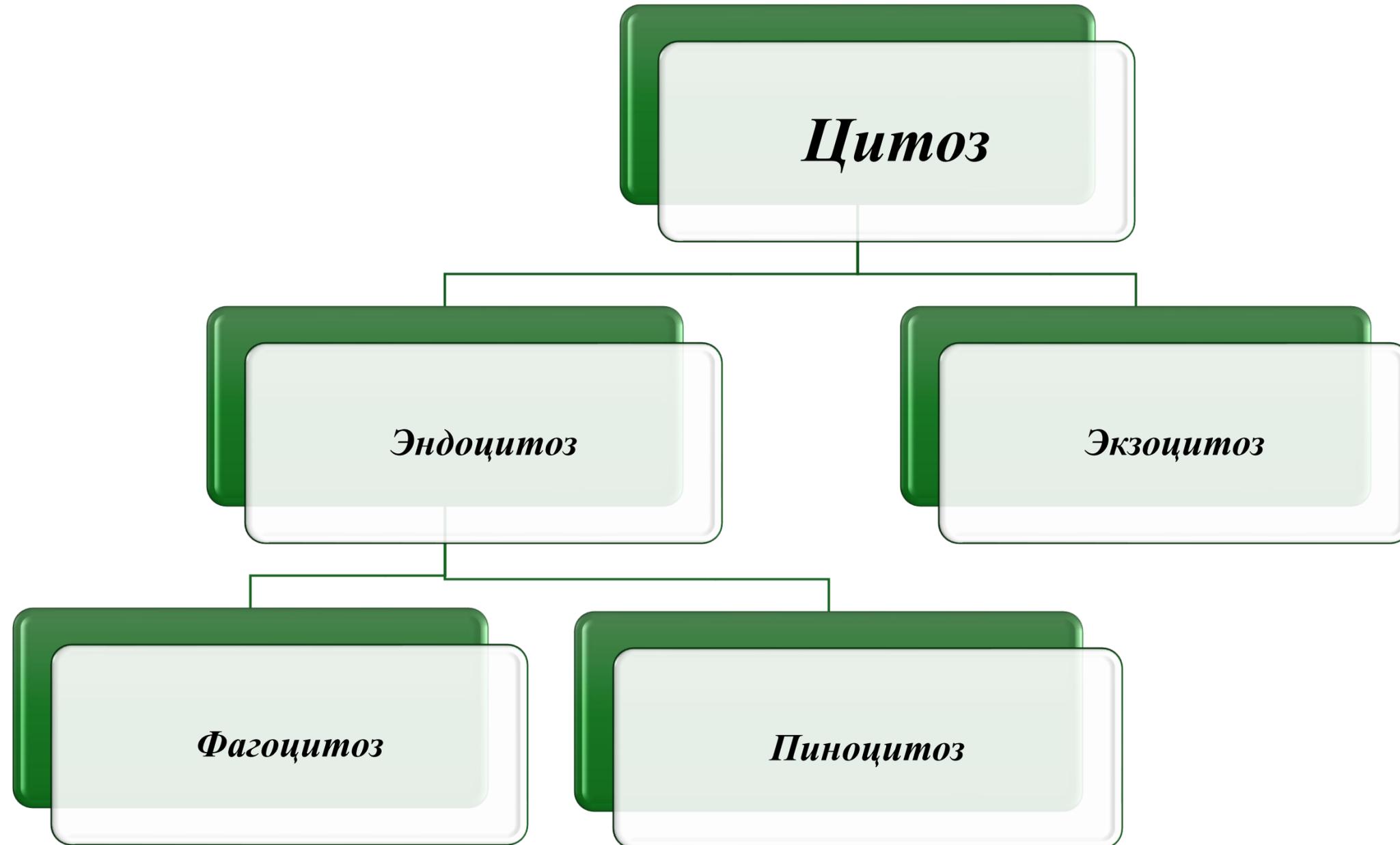
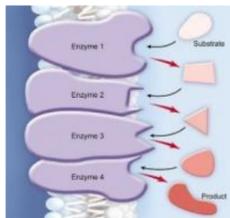
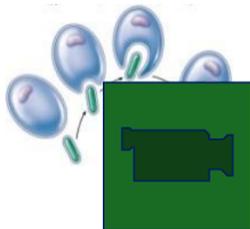
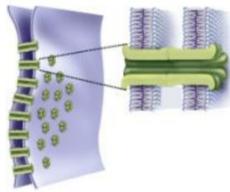
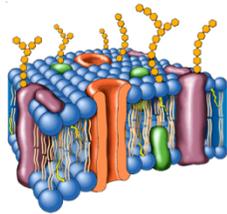
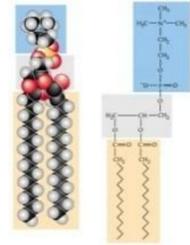
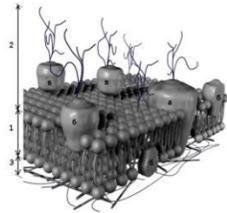


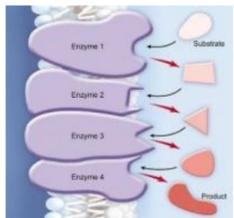
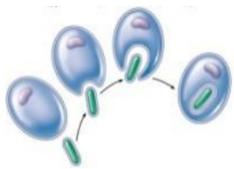
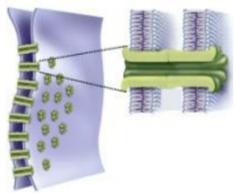
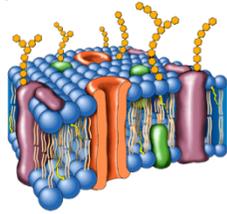
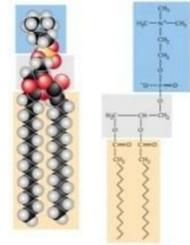
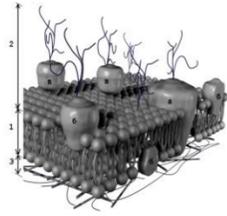
*Активті антипорт – транслоказа екі заттарды өзара кері бағытта тасымалдайды. Мысалы, плазмалық мембрананың құрамындағы  $Na^+$ - $Ca^+$ -насос активті антипорт түрінде екі иондарды тасымалдайды.  $Na^+$ -иондары концентрация градиенті бойы клетканың ішіне тасымалданады, ал  $Ca^+$ -иондары концентрация градиентіне қарсы клеткадан шығып кетеді.*

*Активті антипорт арқылы заряды ұқсас иондар тасымалданады.*

# Цитоз

Мембрана арқылы затардың тасымалдануының тағы бір жолы - **цитоз**. Жоғары молекулалық заттар мен бөлшектер келесі процестер арқылы тасымалданады:





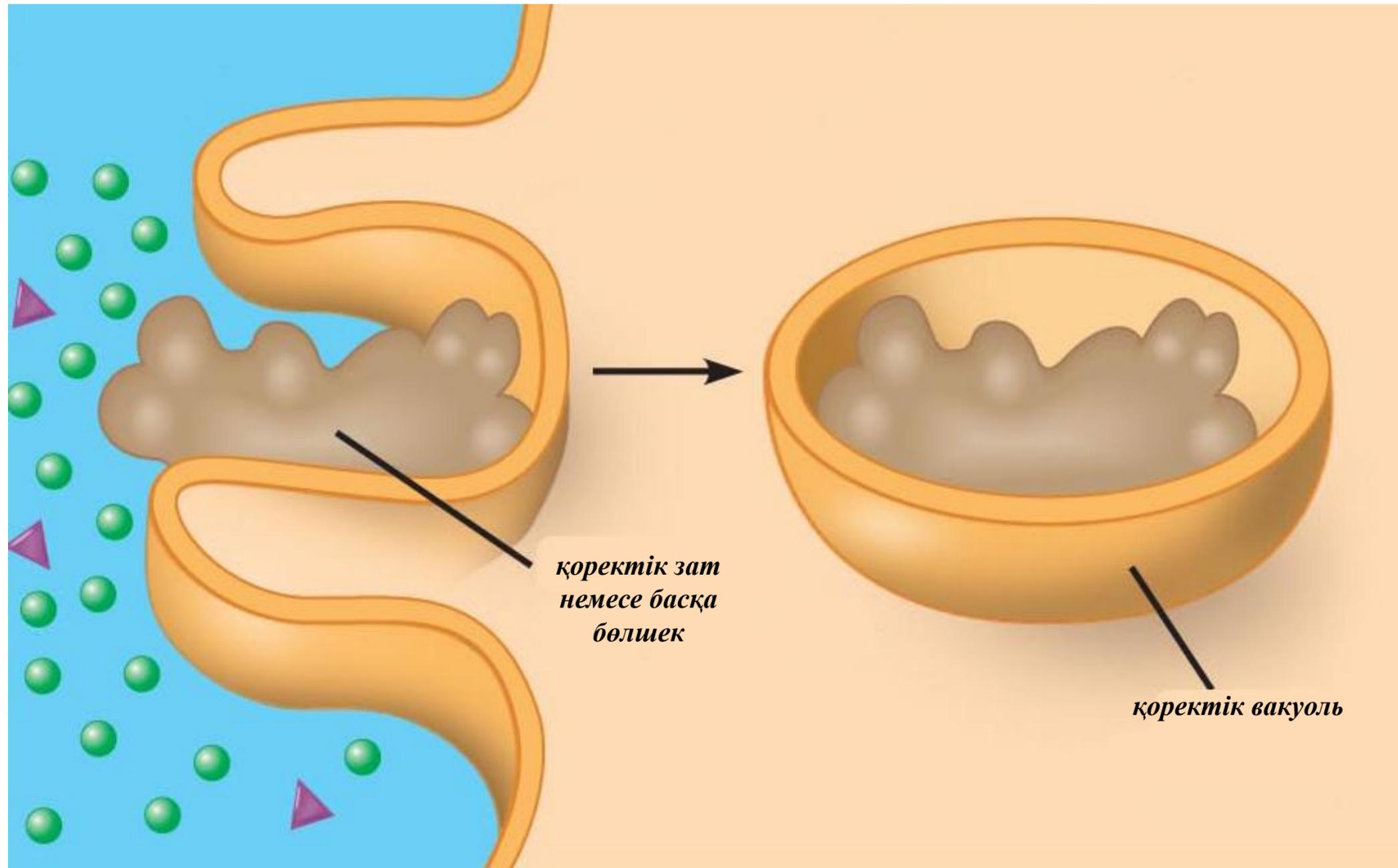
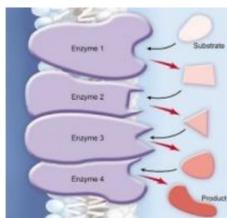
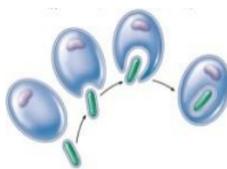
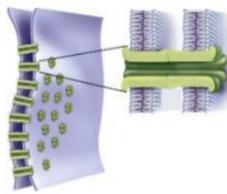
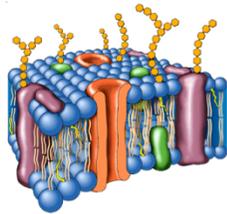
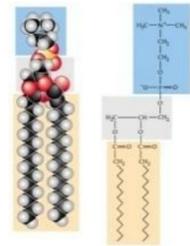
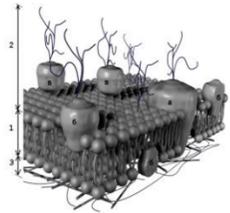
*Эндоцитоз – заттардың клетканың ішіне тасымалдануы. Эндоцитоз процесіте алдын ала субстрат мембрананың кішкентай бөлігімен қоршалынады да мембрана сол жерде клетканың ішіне (цитоплазмасына қарай) майысады (происходит впячивание). Одан кейін мембраналық көпіршек түзіледі. Бұл көпіршектің ішкі құрамында субстрат кіріп қалады.*

Эндоцитоздың бірнеше түрлері болады:

- пиноцитоз,*
- фагоцитоз,*
- рецептор қатысумен жүзеге асатын эндоцитоз.*

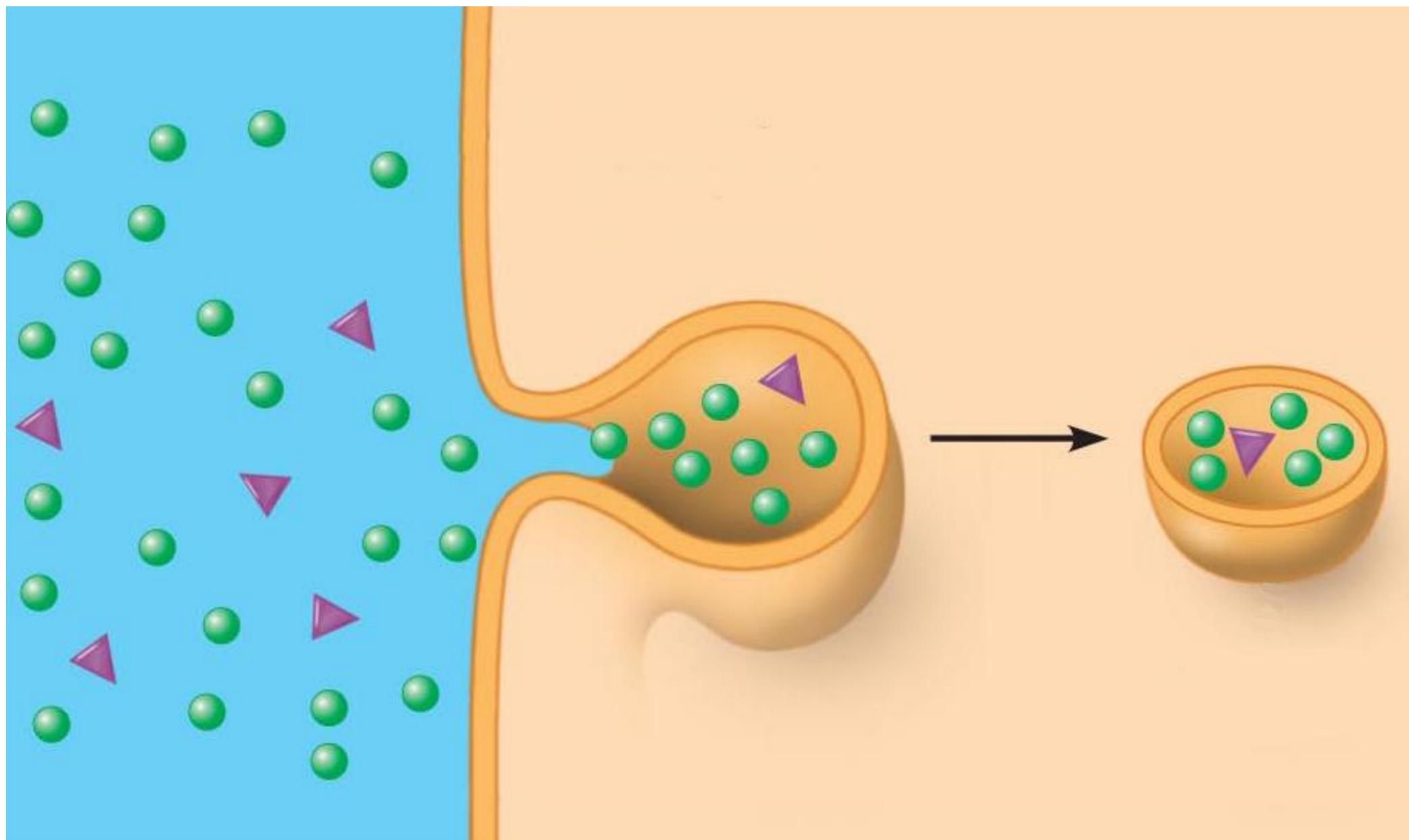
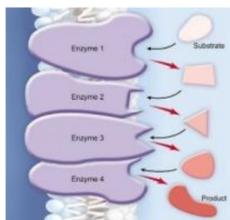
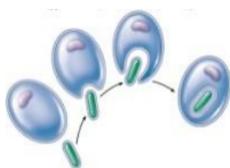
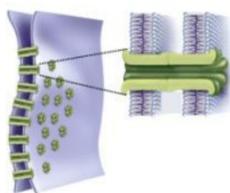
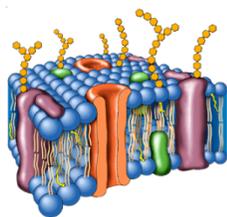
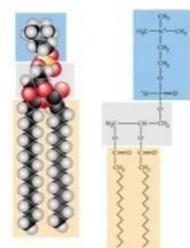
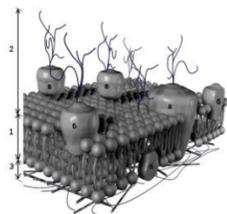
# Фагоцитоз

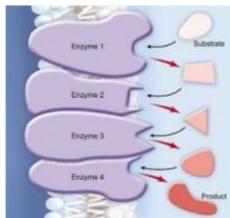
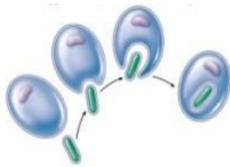
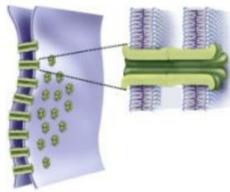
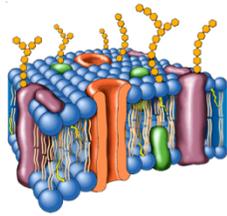
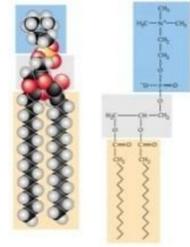
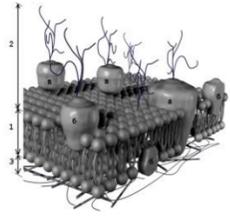
Фагоцитоз – бұл қатты бөлшектерді (үлкен бөлшектерді, мысалы микроорганизмдерді, клетканың бөлшектерін) клеткамен жұтып алуы.



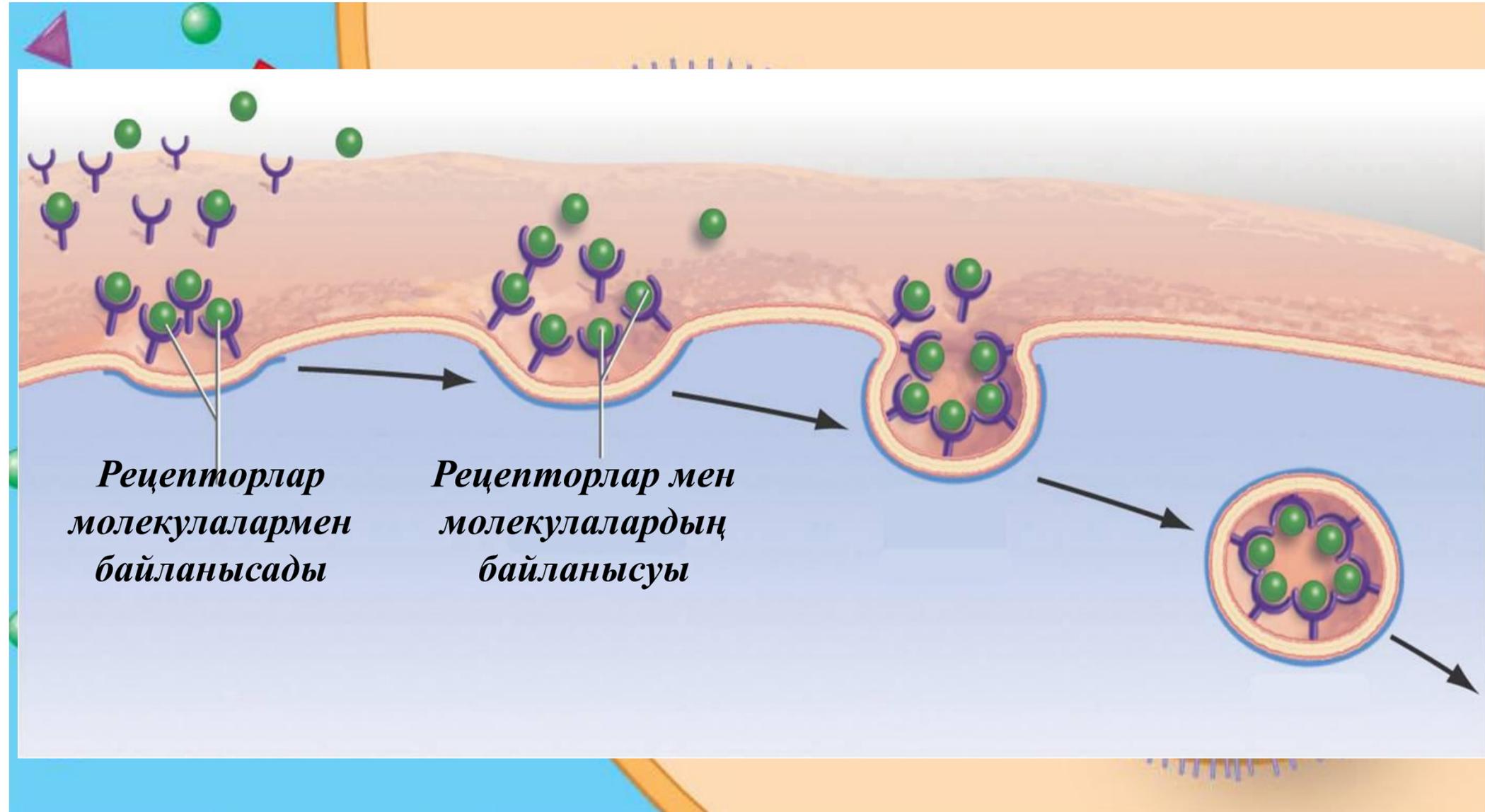
## Пиноцитоз

*Пиноцитоз – еритін қабілетіне ие макромолекулаларды клеткамен жұтып алуы. Пиноцитоз процесінде кішкентай көпіршіктер түзіледі.*

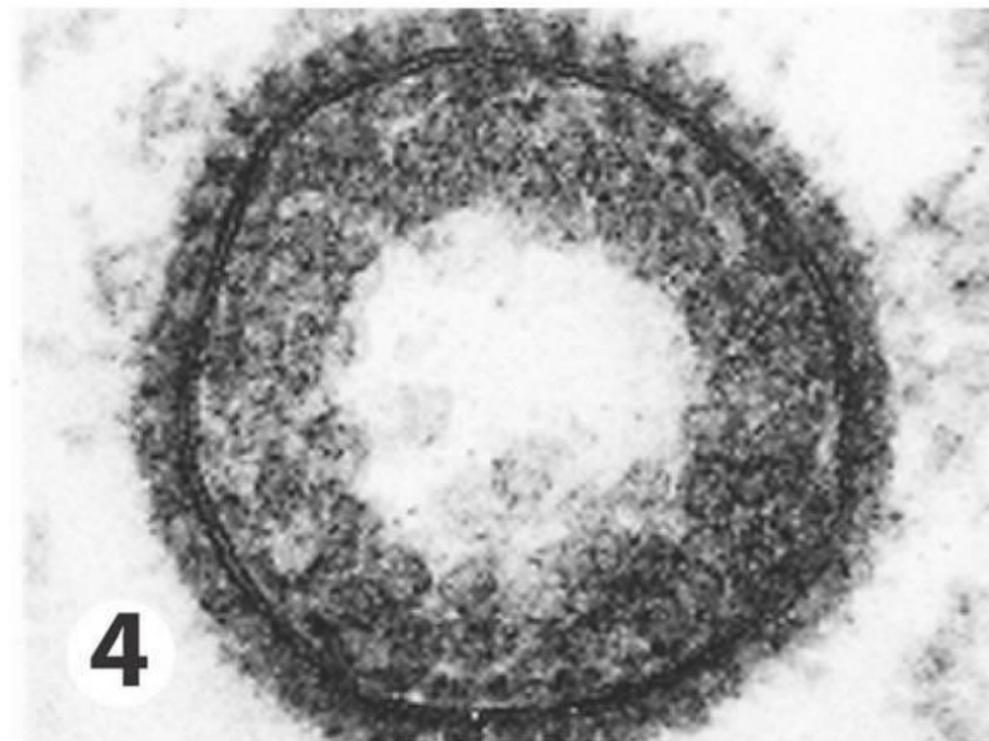
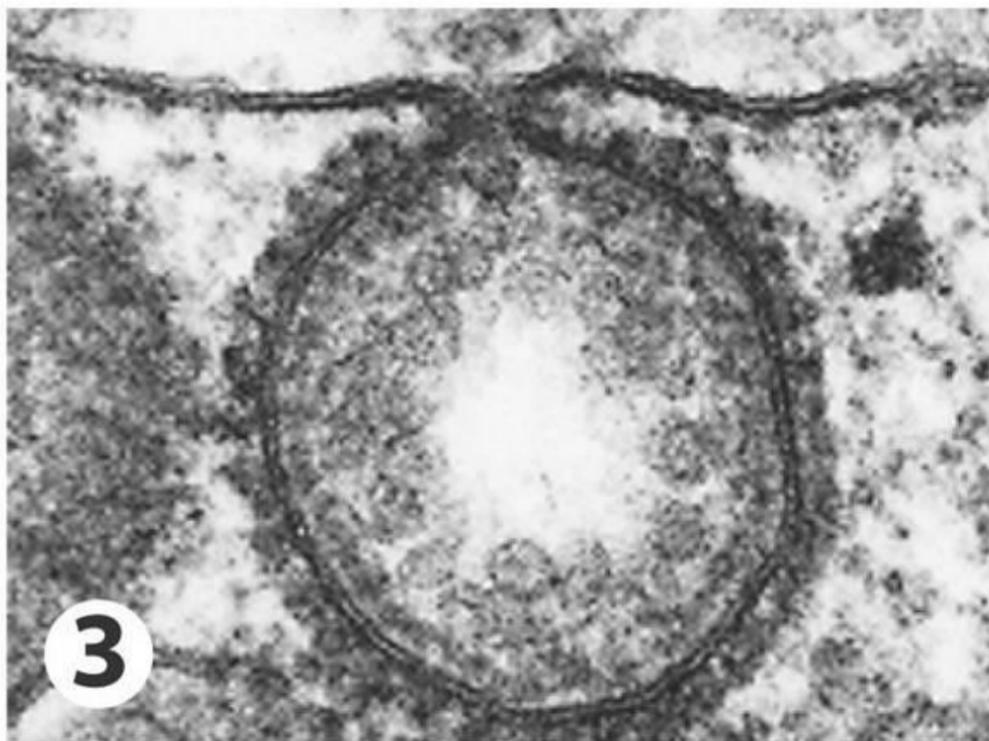
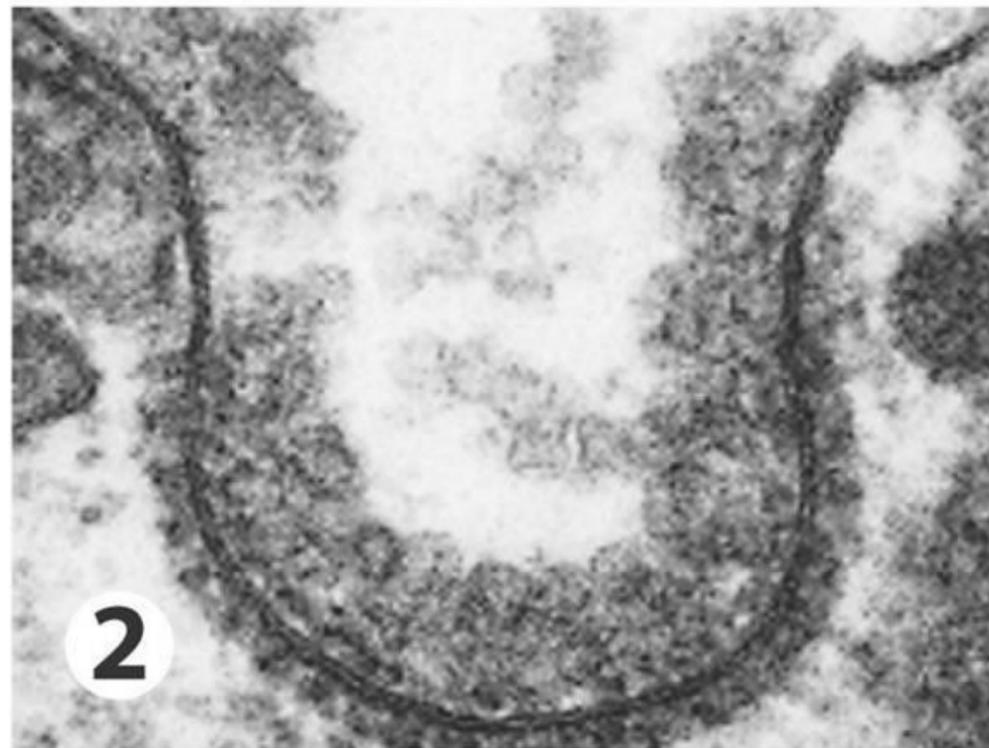
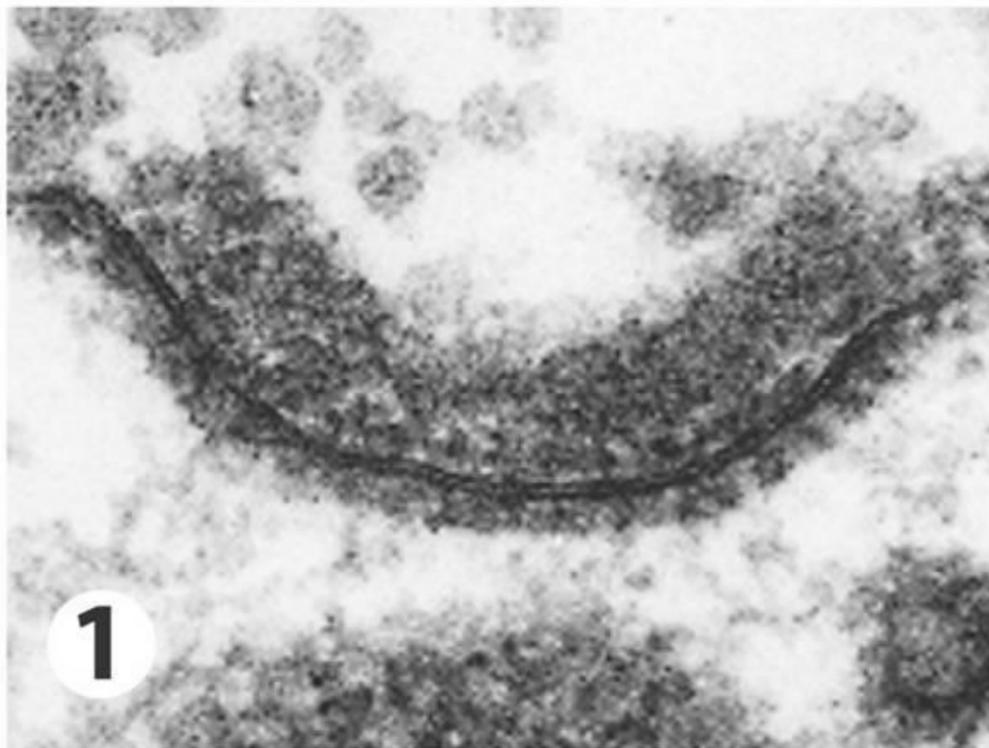
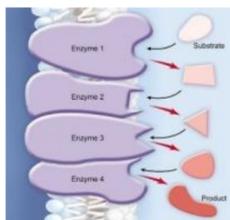
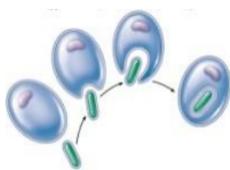
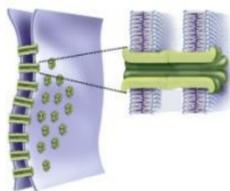
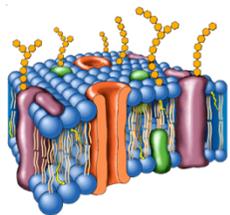
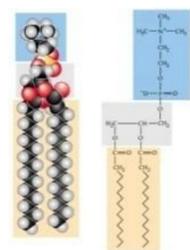
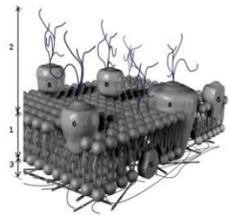


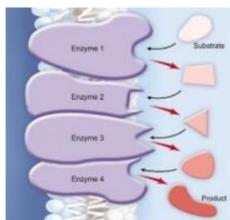
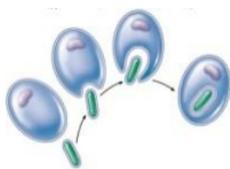
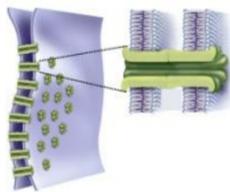
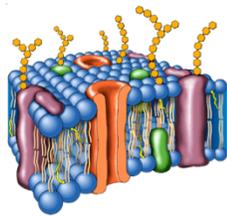
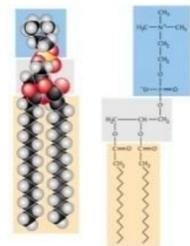
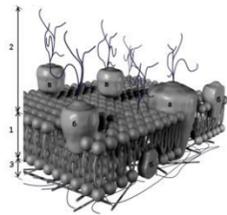


# Рецептор қатысуымен жүзеге асатын эндоцитоз

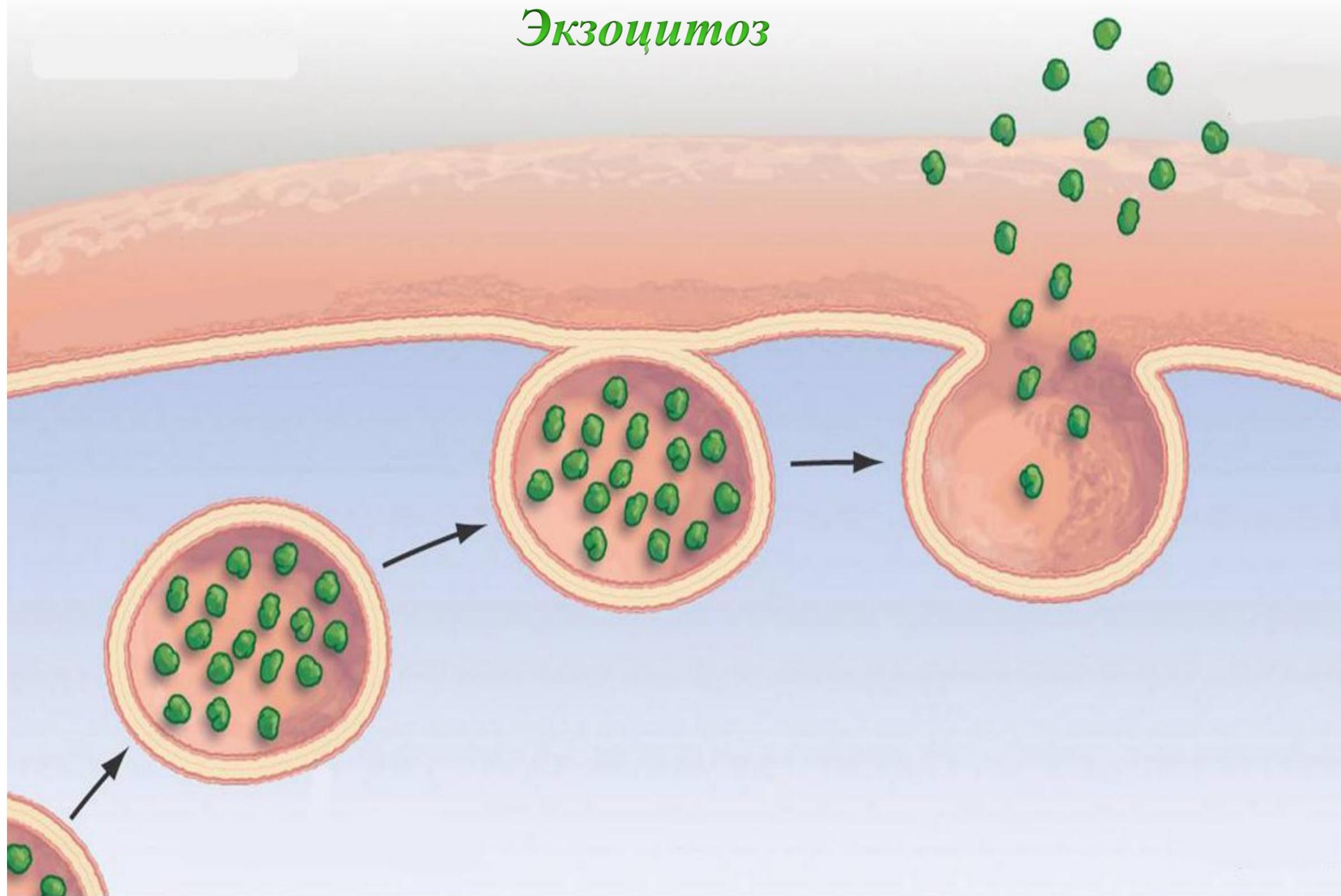


Рецептор қатысуымен жүзеге асатын эндоцитоз - клетка жұтып алатын зат алдымен клетка мембранасынан (плазмолемасымен) байланысқан рецептормен ерекше байланысады. Одан кейін клетка бұл затты жұтып алады. Бұл фагоцитоз мен пиноцитоздың жиі кездесетін варианты. (частый вариант), мысалы иммундық процестерде кездесетін эндоцитоздың түрі.

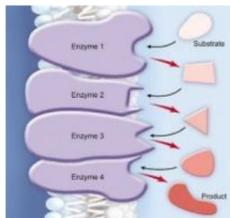
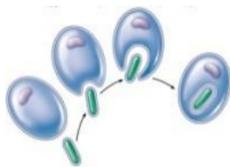
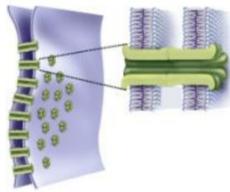
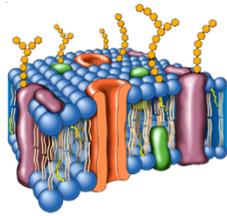
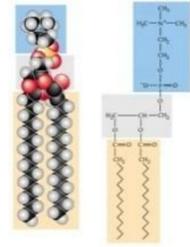
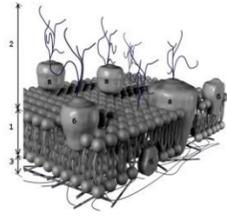




## Экзоцитоз



*Экзоцитоз – жоғары салмағы бар заттардың және бөлшектердің клетканың ішінен сыртқа тасымалдау.*

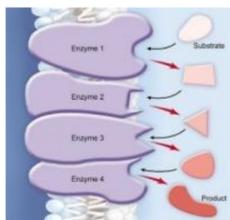
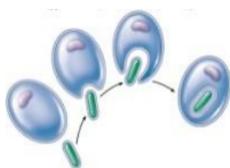
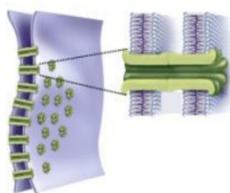
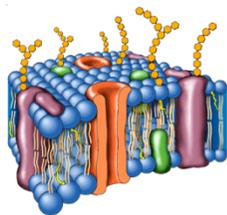
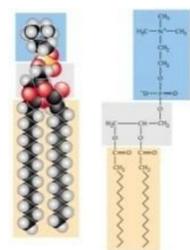
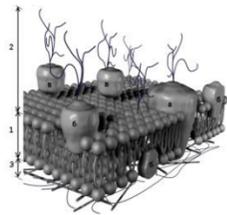


Ең жиі кездесетін экзоцитоздың түрі – **секреция**.

**Секреция** дегеніміз - бұл еритін заттардың клеткадан шығып кетуі. Секреция клетканың бір қызметі деп саналады. Әртүрлі молекулалық салмағы бар заттардың клеткадан сыртқа шығаруын секреция деп санайды.

Соның ішінде

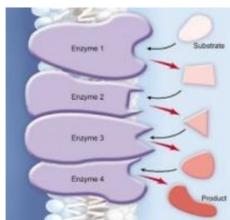
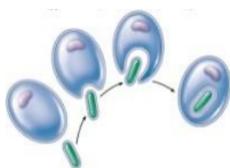
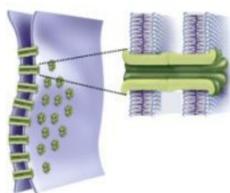
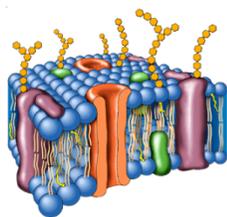
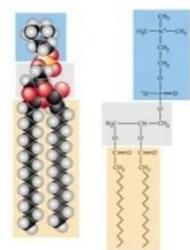
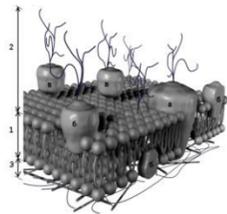
- молекулалық салмағы жоғары заттарды, мысалы гипофиздің алғы бөлігінде белоктық гормондарды,
- молекулалық салмағы төмен заттарды, мысалы асқазан мен бүйректе сүтек иондарды, дәнекер ұлпада биологиялық белсенді аминдерді, т.б.



## *Секреция бірнеше жол арқылы жүзеге асу мүмкін.*

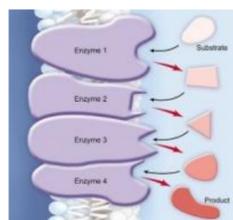
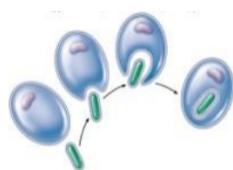
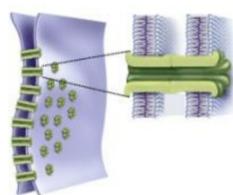
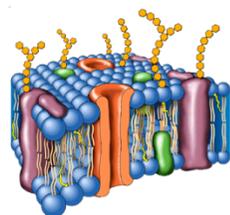
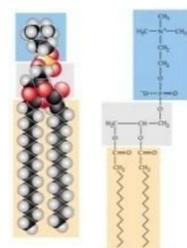
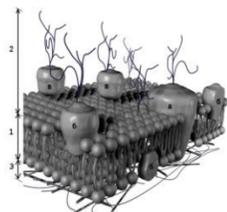
✓ Бірінші жол арқылы секреция мынандай жүреді. Клетканың ішінде заттар секреторлы көпіршіктер түрінде жиналады. Одан кейін көпіршіктердің мембраналары плазмолеммамен қосылады, нәтижесінде көпіршіктің құрамындағы зат клетканың сыртына көшеді. Осы жол арқылы молекулалық салмағы жоғары және молекулалық салмағы төмен заттар секретелу мүмкін. Мысалы, гормодардың және медиаторлардың секрециясы.

✓ Секрецияның екінші жолы – секреция жеңілдеткен диффузия немесе активті транспорт түрінде жүзеге асады. Бұл жол арқылы өте аз заттардың секрециясы жүзеге асады. Мысалы, асқазан мен бүйректе сутек иондардың секрециясы



Экзоцитоздың екінші түрі - **эксекреция**.

**Эксекреция** арқылы клеткадан қатты бөлшектер шығарылып жиберіледі. Мысалы ретінде эритропоэздің ақырғы сатысында ретикулоциттердің органелларлардың агрегаталынған қалдықтарының шығарылып кетірілуы. Мүмкін эксекреция механизмі мынандай болады. Алдымен клеткадан шығып кететін бөлшектер цитоплазмалық көпіршіктердің ішінде орналасады, одан кейін көпіршіктер плазмолеммамен қосылады.



**Рекреция** – клетка арқылы қатты заттарды тасымалдау. Мембрана арқылы тасымалдауы бұл жолда фагоцитозмен экскреция жолдары біріккен деп санауға болады.

Рекреция жол арқылы эпителий шырыштын қабығы мен терінің ерекше макрофагтары қызмет атқарады. Бұл келесі макрофагтары: М клеткалары, дендритты клеткалар, Лангерганс клеткалар. Бұл клеткалар бір жағынан бактерий бөлшектерің жұтып алады, екінші жағына олардын бөліктерін (обломки) шығарып жібереді. Сонымен айтуға болады, бұл клеткалар рекреция процесті қамсыздандырады.

**Назар қойып  
тыңдағандарыңызға рахмет!**