

# *Медициналық биофизика*

*Дәріскер*

*Медициналық биофизика курсының,  
доценті*

*Байдуллаева Гүльжахан Елтайқызы*

## *Әдебиеттер:*

1. Арызханов Б., Биологиялық физика, 1990 ж.
2. Кошенов Б.К. Медициналық биофизика, ,2011г.
3. Тиманюк В.А., Животова Е.Н. Биофизика, Киев, 2004г с..
4. Ремизов А.М. Медицинская и биологическая физика, М.,2012г.
5. Антонов В.Ф. Биофизика, М., 2006 г.

*№1 дәріс.*

*Тақырыбы: Биологиялық  
мембраналар. Биологиялық  
мембрана арқылы электролит  
емес заттардың тасымалы.  
Белсенді емес және белсенді  
тасымал.*

*Биофизика* – тірі ағзаларда  
өтетін физикалық және  
физика-химиялық  
құбылыстарды қарастыратын  
негізгі пәннің бірі.

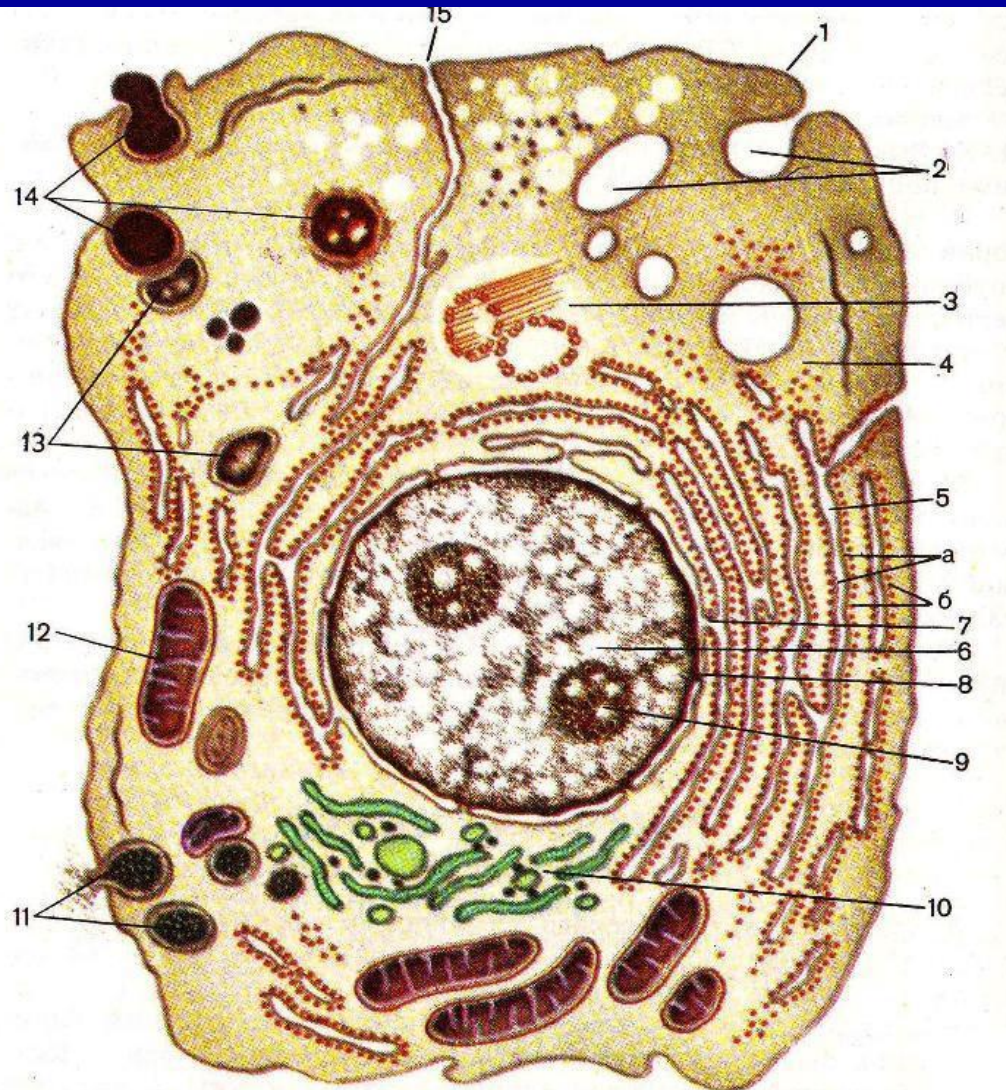
## Биофизиканың негізгі бағыты:

- - Молекулалық биофизика
- - Жасушалар биофизикасы.
- - Кванттық биофизика.
- - Сезімтал мүшелерінің биофизикасы
- - Күрделі жүйелердің биофизикасы

# «Жасушалар биофизикасы»:

- Жасуша және жасушааралық құрылымның физика – химиялық қасиетін
- Зат және энергия алмасу заңдылықтарын
- Жасуша қызметінің физикалық механизмі (биопотенциалдың пайда болуын, бұлшық еттердің жиырылуын, жүйке импульстарының таралуын және т.б.) үйретеді.

# Жасуша



1-сурет. Жасушаның ультрамикроскопиялық құрылымының сызбасы

1-цитолемма (плазмалық мембрана); 2-пиноцитоздық көпіршіктер; 3-центросома (жасушалық орталық, цитоорталық); 4-гиалоплазма; 5-эндоплазмалық тор (ЭПТ), а-эндоплазмалық тордың мембранасы, 6-рибосомалар; 6-ядро; 7-перинуклеарлық кеңістіктің эндоплазмалық тор жолақтарымен байланысы 8-ядролық саңылау; 9-ядрошық; 10-жасушаішілік торлы аппарат(Гольджи кешені); 11-секторлы вакуольдер; 12-митохондриялар; 13-лизосомалар; 14-фагоцитоздың үш тізбекті сатылары; 15-жасуша қабықшасының эндоплазмалық тор мембранасымен байланысы.

# Биологиялық мембраналар:

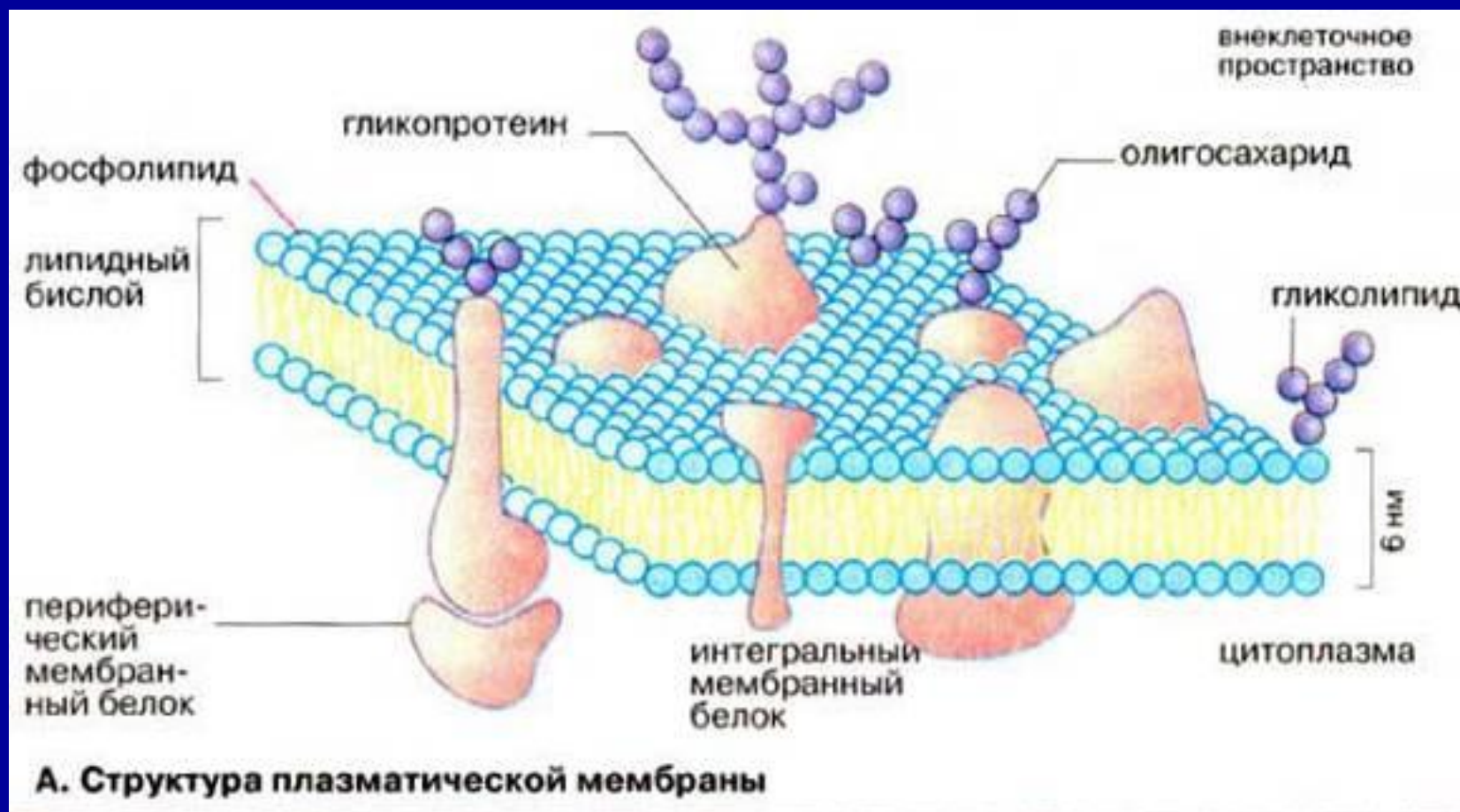
1. Жасушаны сыртқы қоршаған ортадан шектейді және сыртқы ортаның кері әсерінен қорғайды
2. Жасуша мен оны қоршаған ортаның арасындағы зат алмасуды басқарады
3. Электрлік потенциалдардың пайда болуына ықпал етеді
4. Митохондриядағы АТФ энергиясын синтездеуге қатынасады



# Биологиялық мембрананың түрлері:

- Плазмолемма (жасушаның сыртқы қабаты)
- Жасушаішілік мембраналар
- Базальды мембрана

# Плазмалық мембрананың құрылымы



Базальды мембрана *гликолипидтер мен ақуыздардан тұрады және қанның құрамындағы қоректік заттардың ұлпаға, жасушаға енуін қамтамасыз етеді.*

# *Мембрана негізінен үш маңызды қызмет атқарады*

**Матрицалық**

**әртүрлі қызмет атқарушы ақуыздарды ұстап тұрушы және өзара орналасуын, қалпын сақтайды**

**Барьерлік (кедергілік)**

**Жасушалар мен жеке бөліктерге керексіз бөлшектердің еніп кетуінен қорғайды**

*Мысалы, улы зат ішкен кезде.*

**Механикалық**

Мембраналардың қалыңдығы  
бірнеше *нм*  
(*5-10 нм*) шамасында,  
сондықтан оны оптикалық  
микроскоппен емес,  
электрондық микроскоппен  
ғана көруге болады

# Мембрананың құрылысы

- Фосфолипидтердің екі қабаты
- Липид молекулалары гидрофилды бастан және гидрофобты құйрықшаны түзейді
- Билипидты қабатына ақуыз молекулалары, гликопротеидтер мен көмірсулар батырылған.

# Құрылымы:



# *Мембрананың химиялық құрамы:*

- липидтер;
- ақуыздар;
- көмірсулар;
- гликопротеидтер (көмірсулардың ақуыздармен байланысы);
- органикалық заттар .



*Мембраналық липидтер 3 негізгі топқа бөлінеді:*

- фосфолипидтер
- гликолипидтер
- стероидтар

# Фосфолипид

Құрамы:

- Полярлы (гидрофильді) - (басы және денесі);
- Полярлы емес (гидрофобты) - (құйрықшалары)

## *Химиялық құрамы*

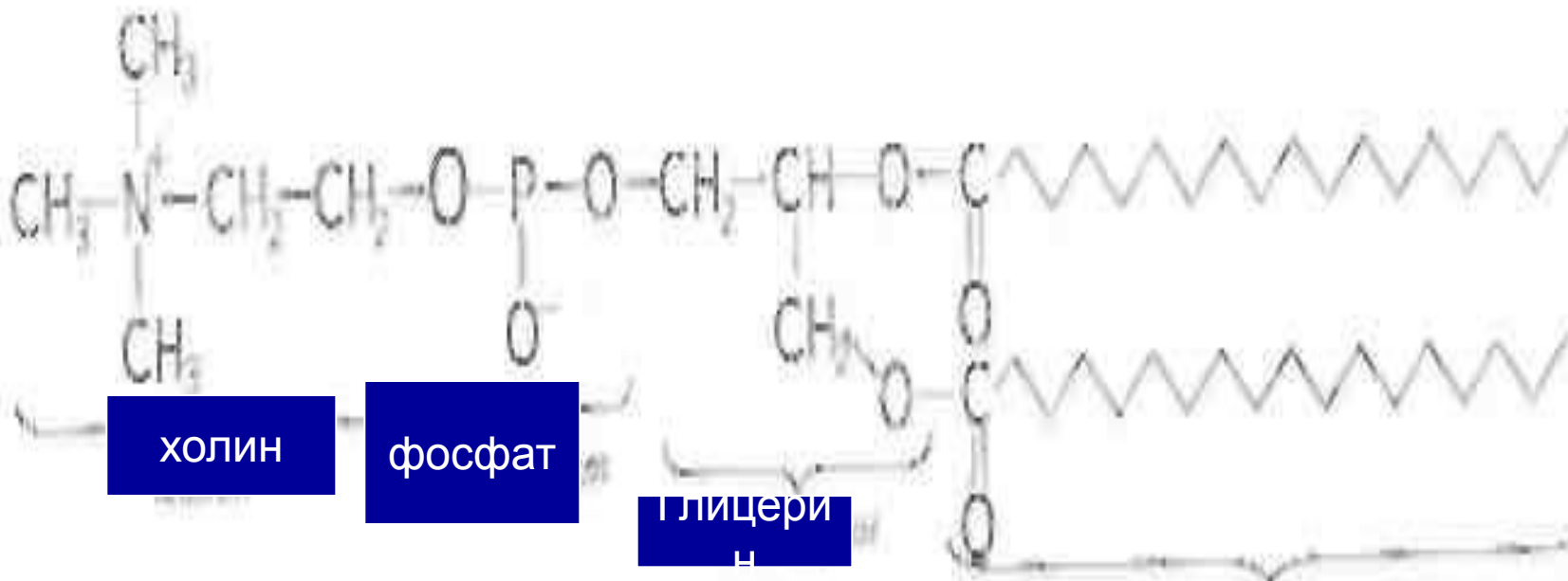
Басы – азотты (этаноламин, холин) және азотты емес (серин, инозин, треонин) негіздерінен құралған. Ортофосфорлы қышқылдардың әсерінен басы денесімен байланысады.

Денесі глицериннен немесе сфингозиннен (қанықпаған аминспиртінен) тұрады.

Құйрықшалары полярсыз май қышқылдарының СН тізбегінен тұрады.

1-  
поры

Белок, 7 — белжондой канал, 8 — пермембранасын



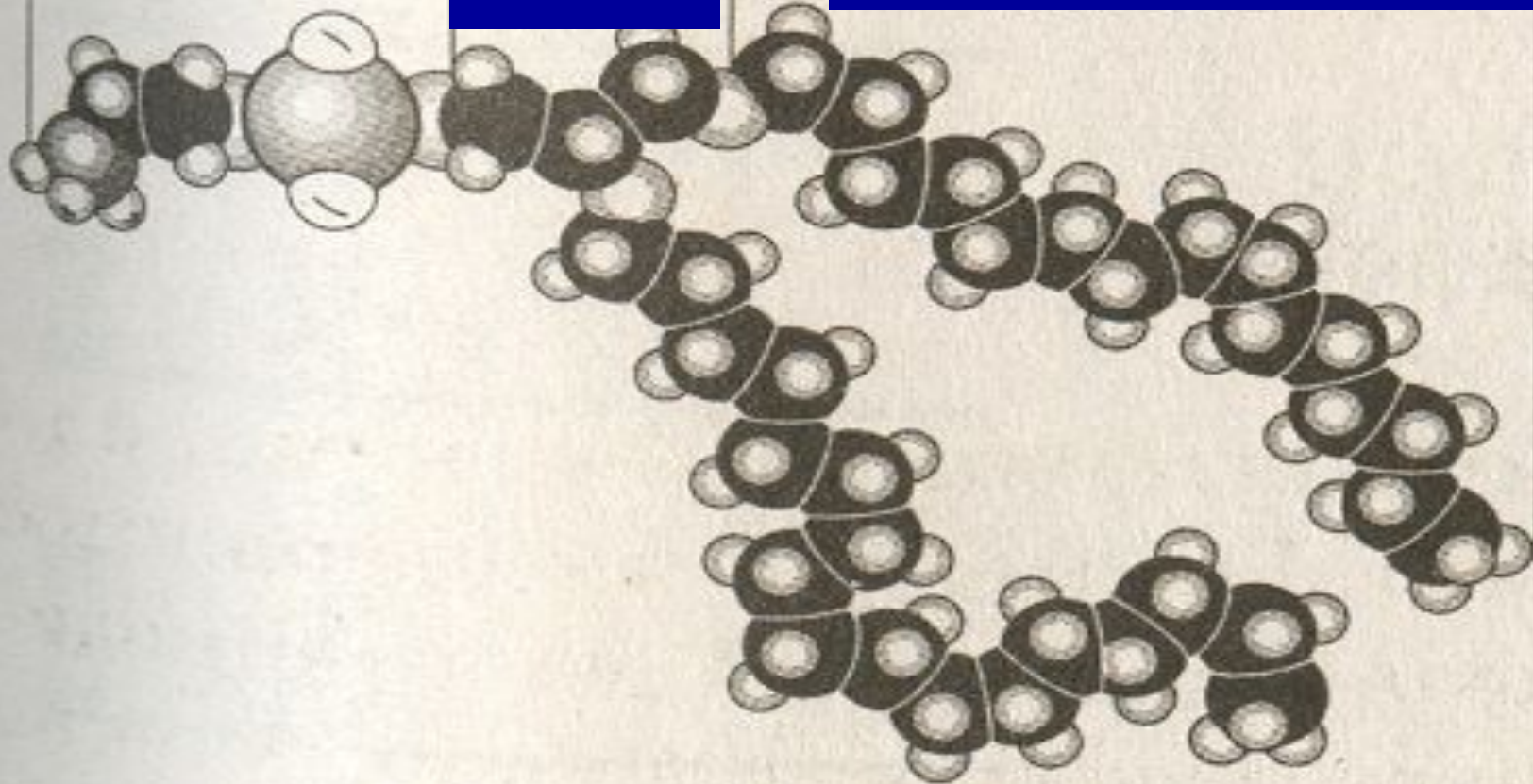
Полярлы бастары

құирықшалар

Бастары

Глицерин

Май қышқылды  
құйрықшалар



Кез келген мембрананың  
негізін екі қабаттық  
липидтер  
(көбінесе фосфолипидтер)  
құрайды.

Мембрананы құрайтын  
фосфолипид молекулалары  
амфипатикалық қосынды болып  
келеді.

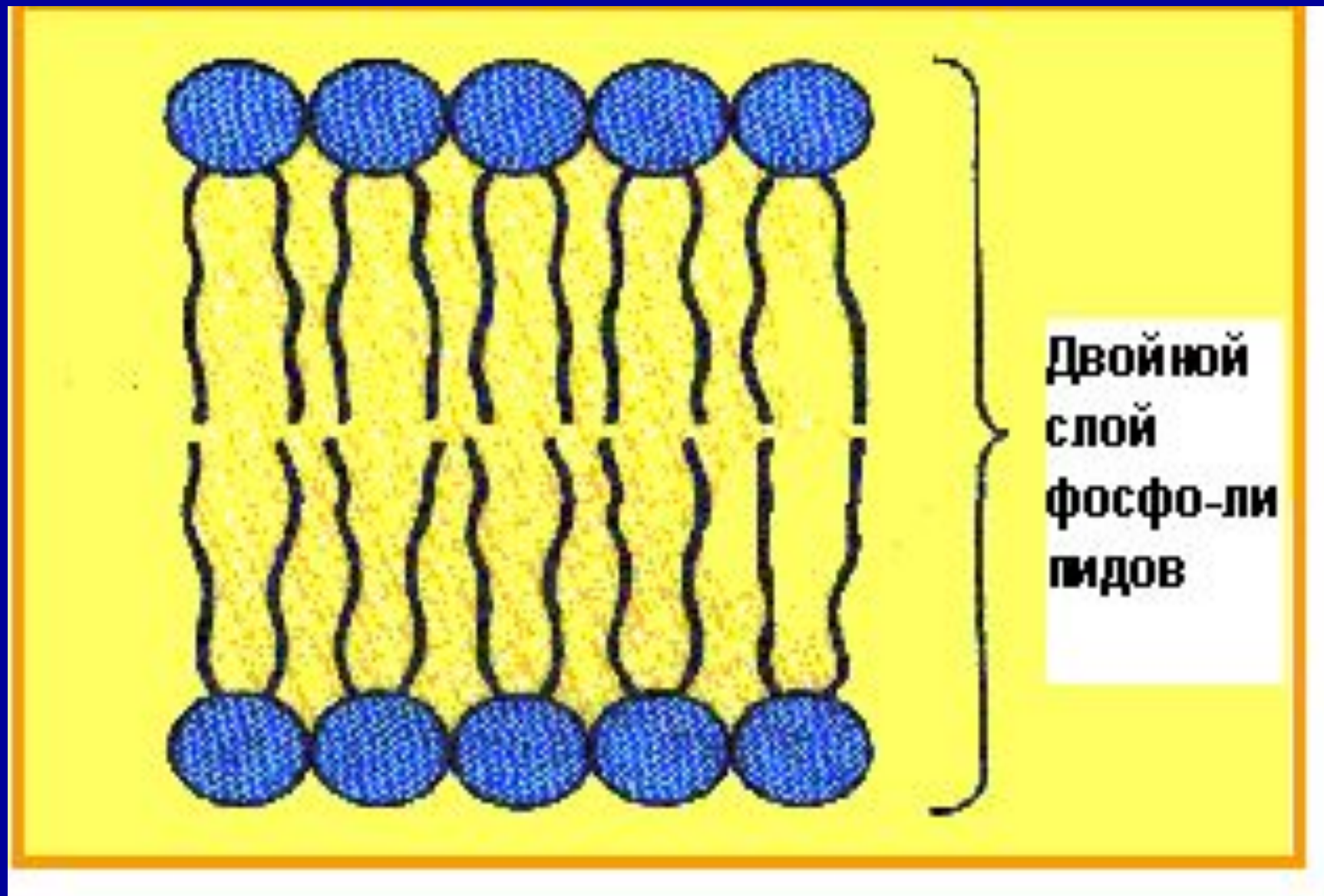
Қызметі жағынан:

```
graph TD; A[Қызметі жағынан:] --> B[Полярлық (гидрофиль) "бастары"]; A --> C[Гидрофобты "құйрықша"];
```

Полярлық  
(гидрофиль)  
“бастары”

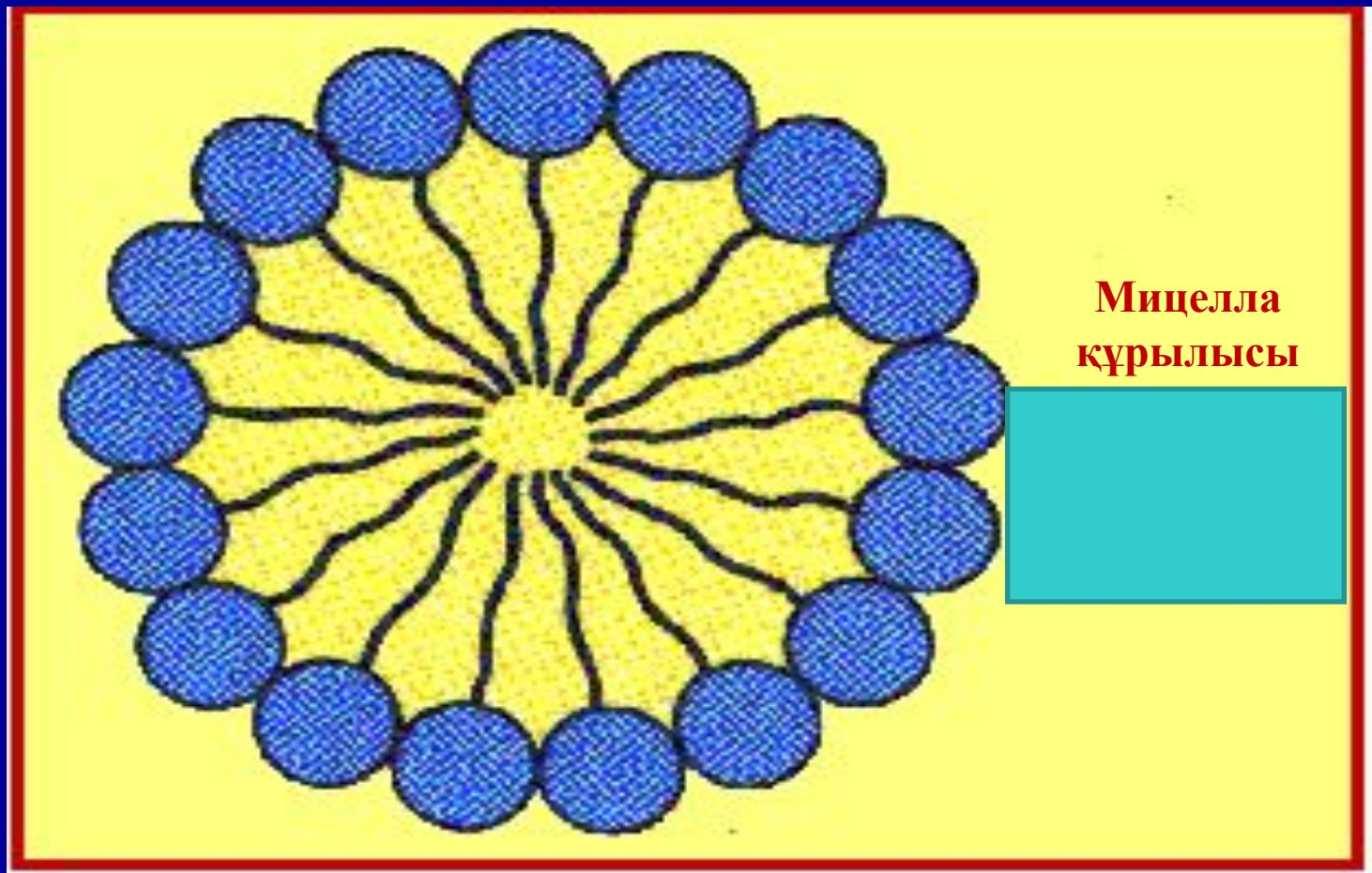
Гидрофобты  
“құйрықша”

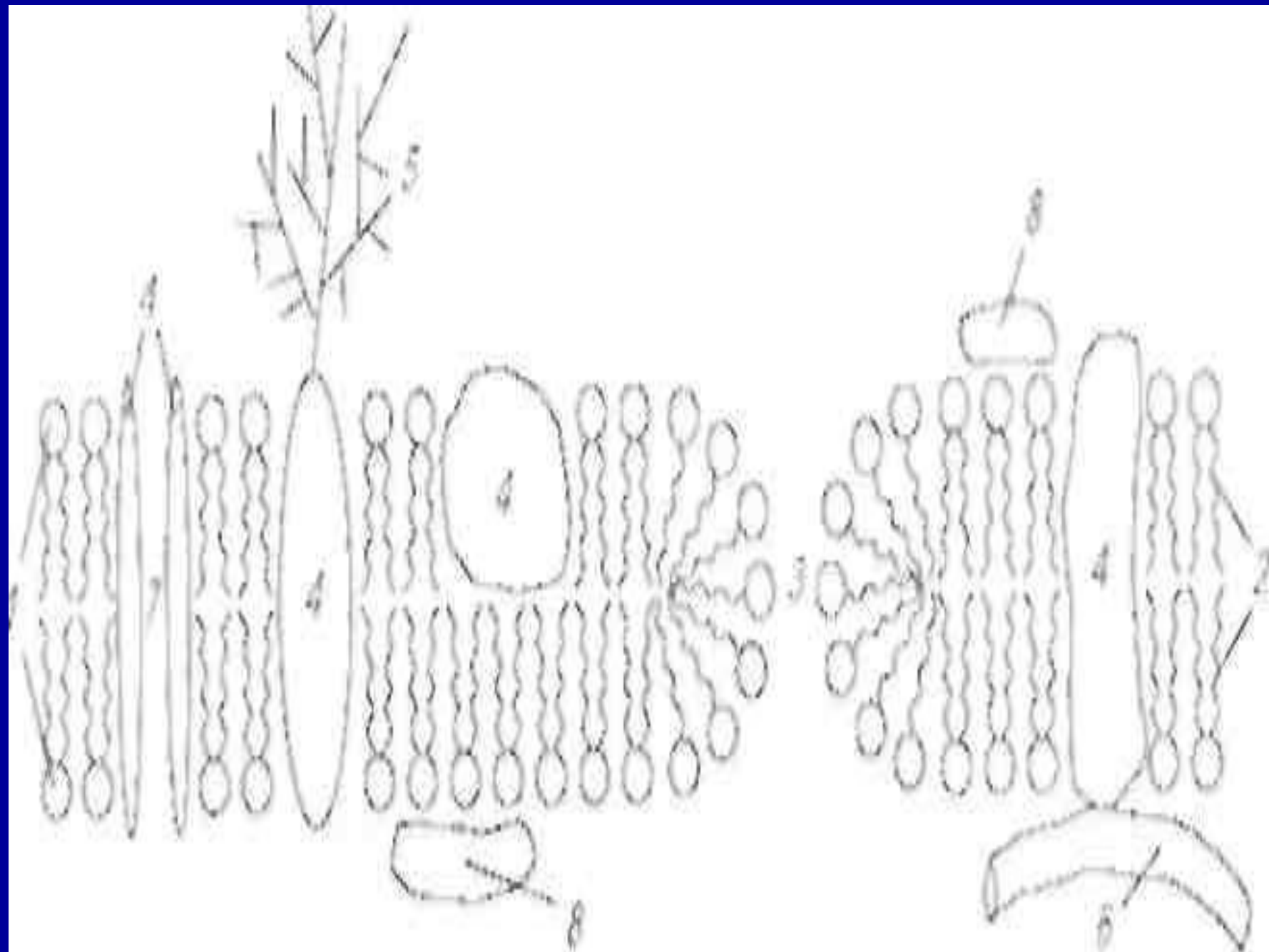
# Екі қабатты фосфолипидтер



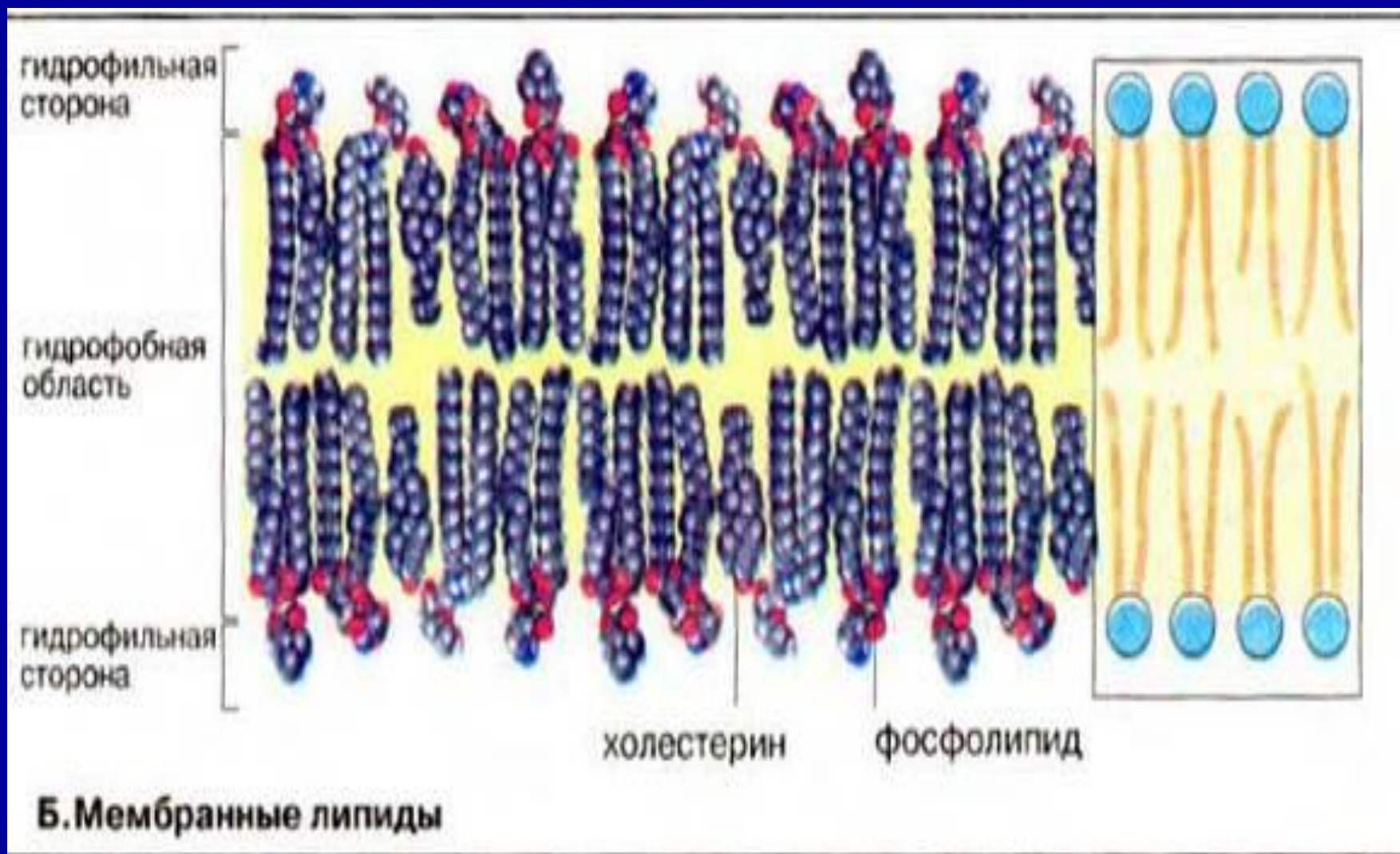


Су ерітіндісінде липидтер **мицелла**, ал мембранада – гидрофилді саңылаулар түзейді





# Мембраналық липидтер



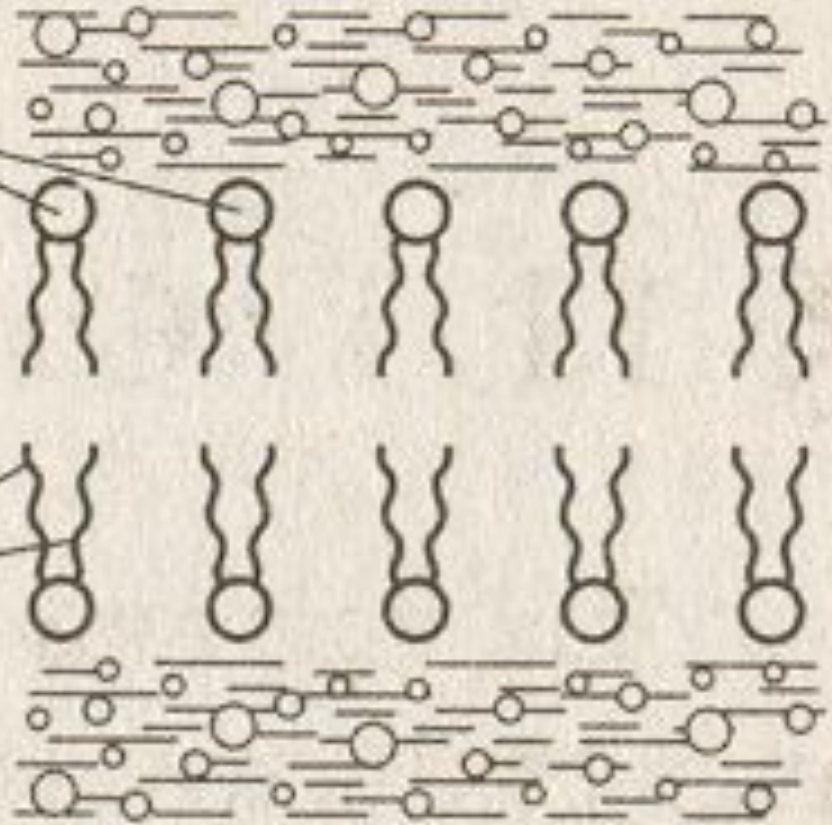


су

Бастары

Құйрықшалары

су



Фосфолипидтердің  
тығыздығы фосфолипидтер  
құрамына қандай май  
қышқылдарының енуіне  
байланысты болады.

# *Гликолипидтер*

- Көмірсулар байланысы мен ақуыздардан тұрады.

# Стероидтар

Стероид-холестерин фосфолипидті бикабаттарға еруге қабілетті.

Стероид — холестерин — мембрана тығыздығына әсер етеді. БМ — да холестериннің көбеюі мембрананың тығыздығын арттырып, заттар үшін өтімділігін азайтады.

# Биологиялық мембрананың моделі

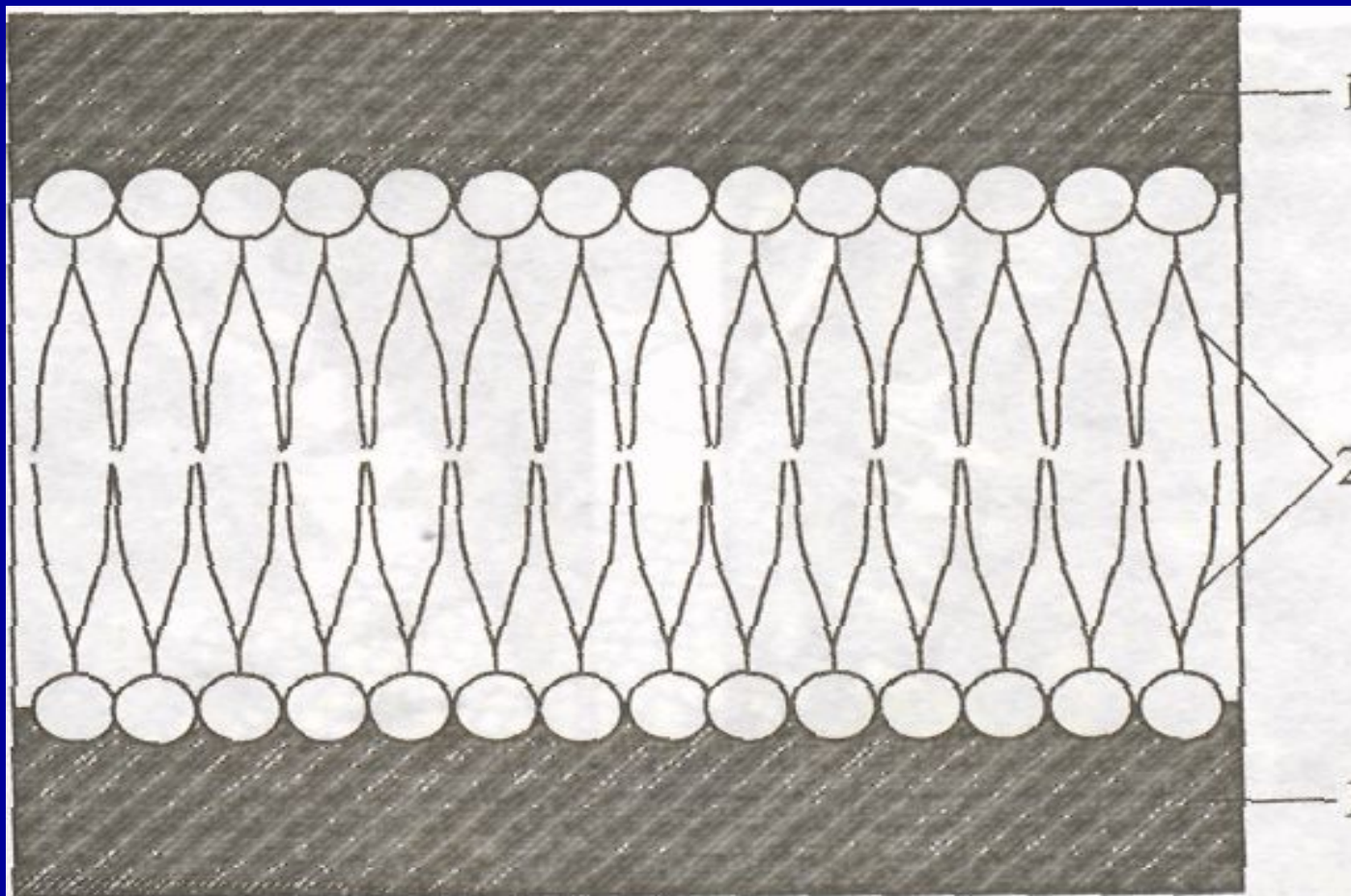
1931 жылы Н.Девсон және Р.Даниелли  
сэндвич (бутерброд) моделін  
ұсынды.



# Биомембрананың «Бутерброд моделі» :

1 – ақуыздар (белоктар),

2- бимолекулалық фосфолипидтердің моноқабаты



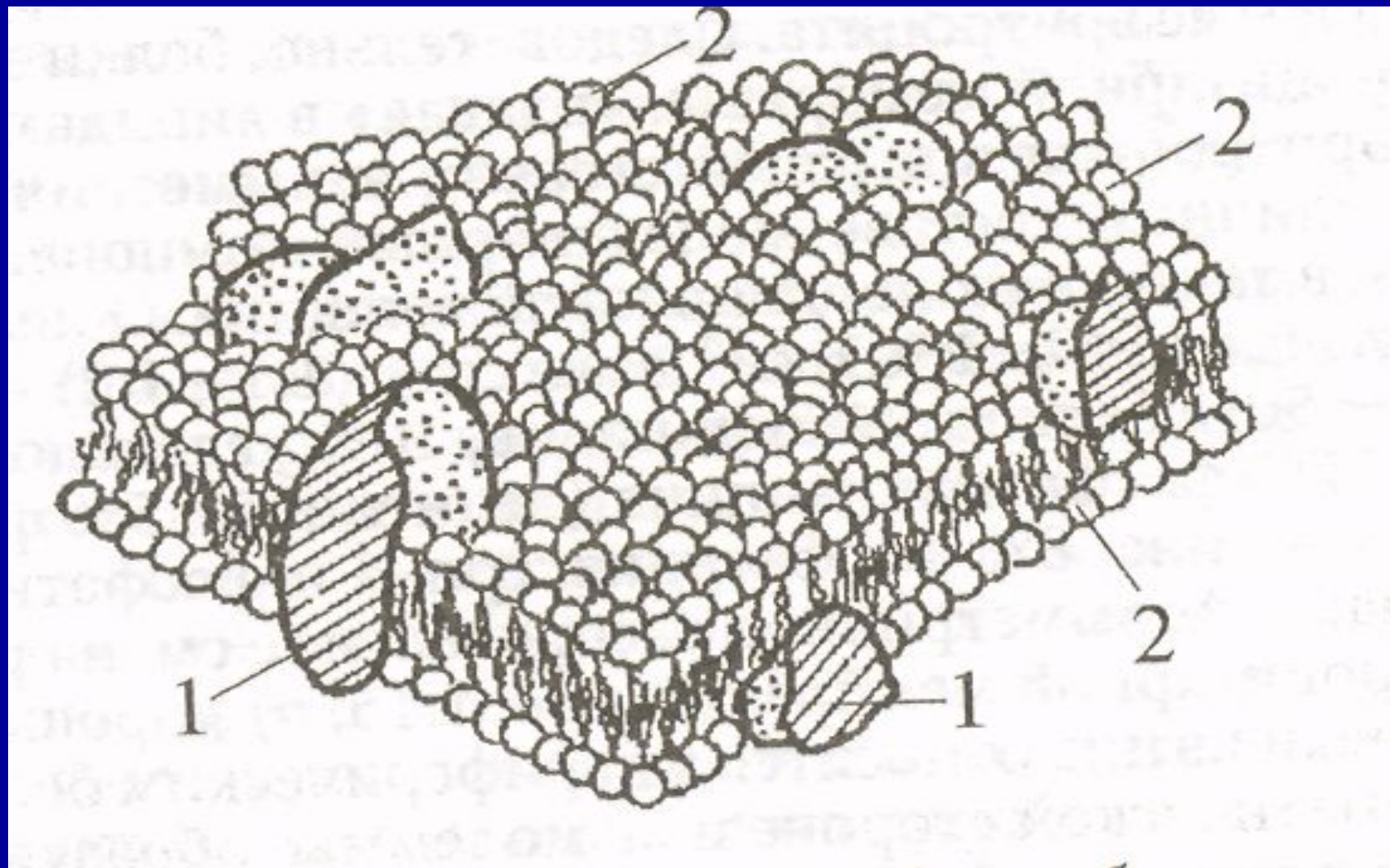
1982 жылы ұсынылған Синджер мен Никольсонның сұйықтық – мозаикалық

моделі кеңірек тараған.

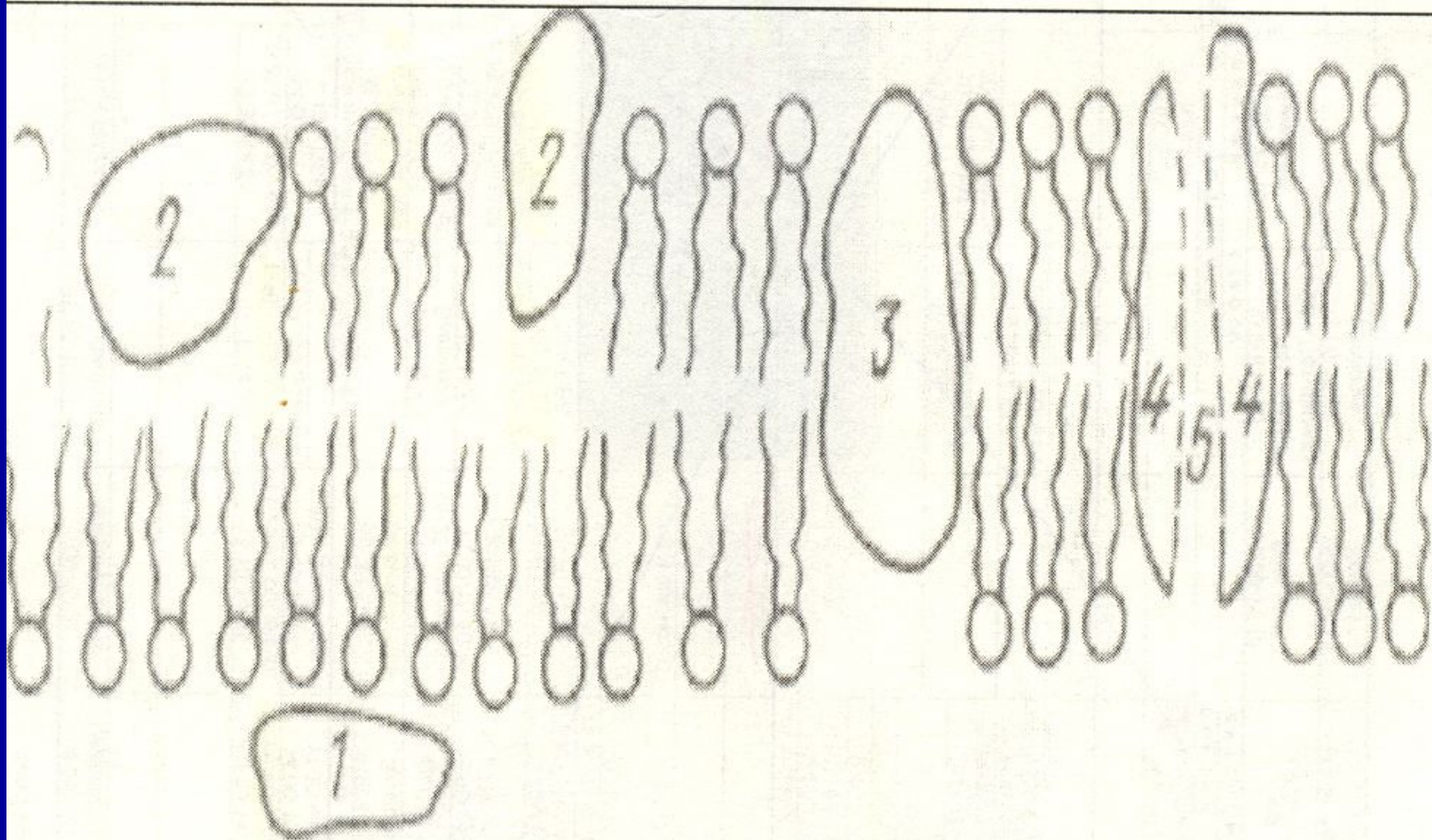
Мембрананың сұйық мозаикалық  
моделінің негізіне – липидтік  
биқабатты мембрана алынған.

# Биомембрананың мозаикалық моделі :

1- ақуыздар, 2- липидтер

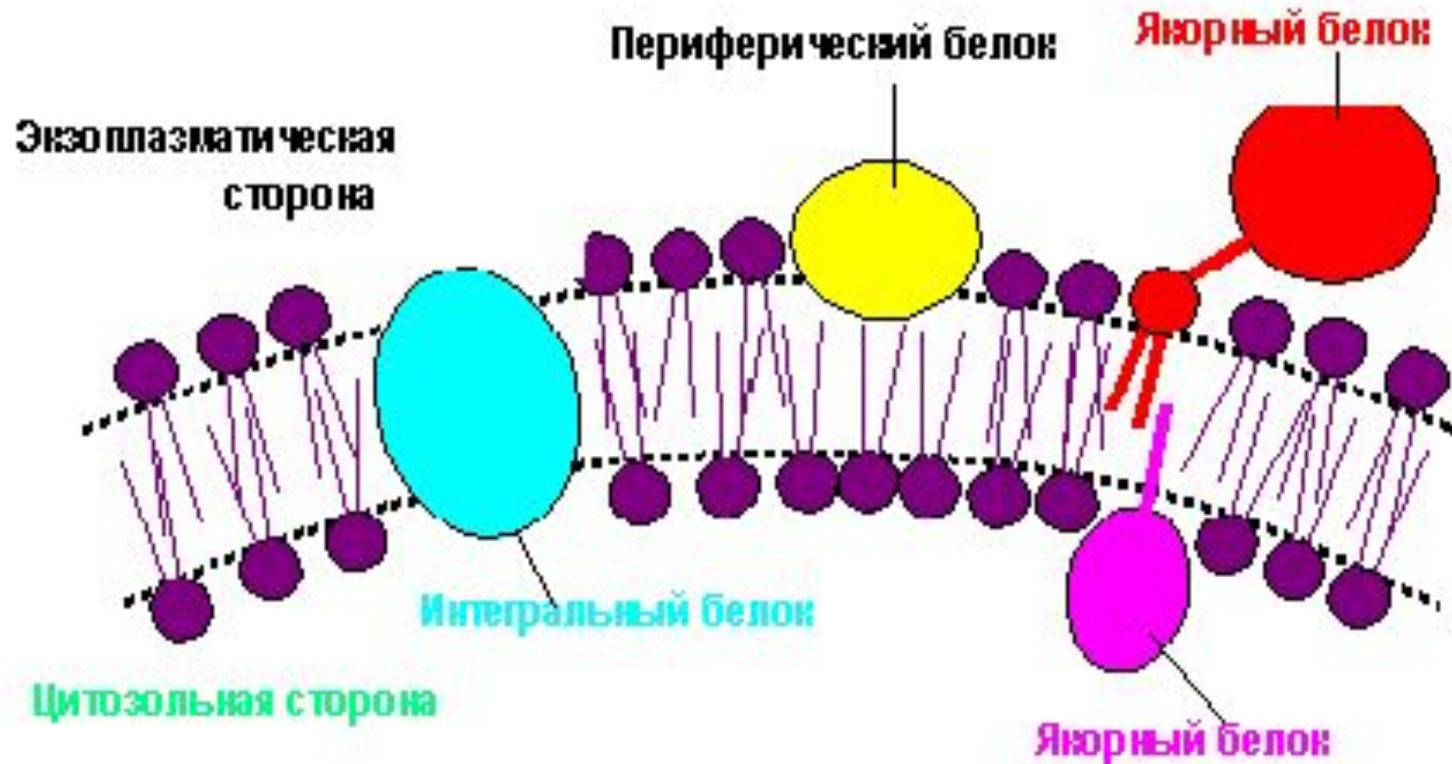






Мұндағы: 1-беттік белоктар; 2- жартылай батқан белоктар; 3-толық батқан (интегралдық) белоктар; 4-"иондық каналды"(5) құрастырушы белоктар.

## КЛАССЫ МЕМБРАННЫХ БЕЛКОВ





Трансмембранные белки

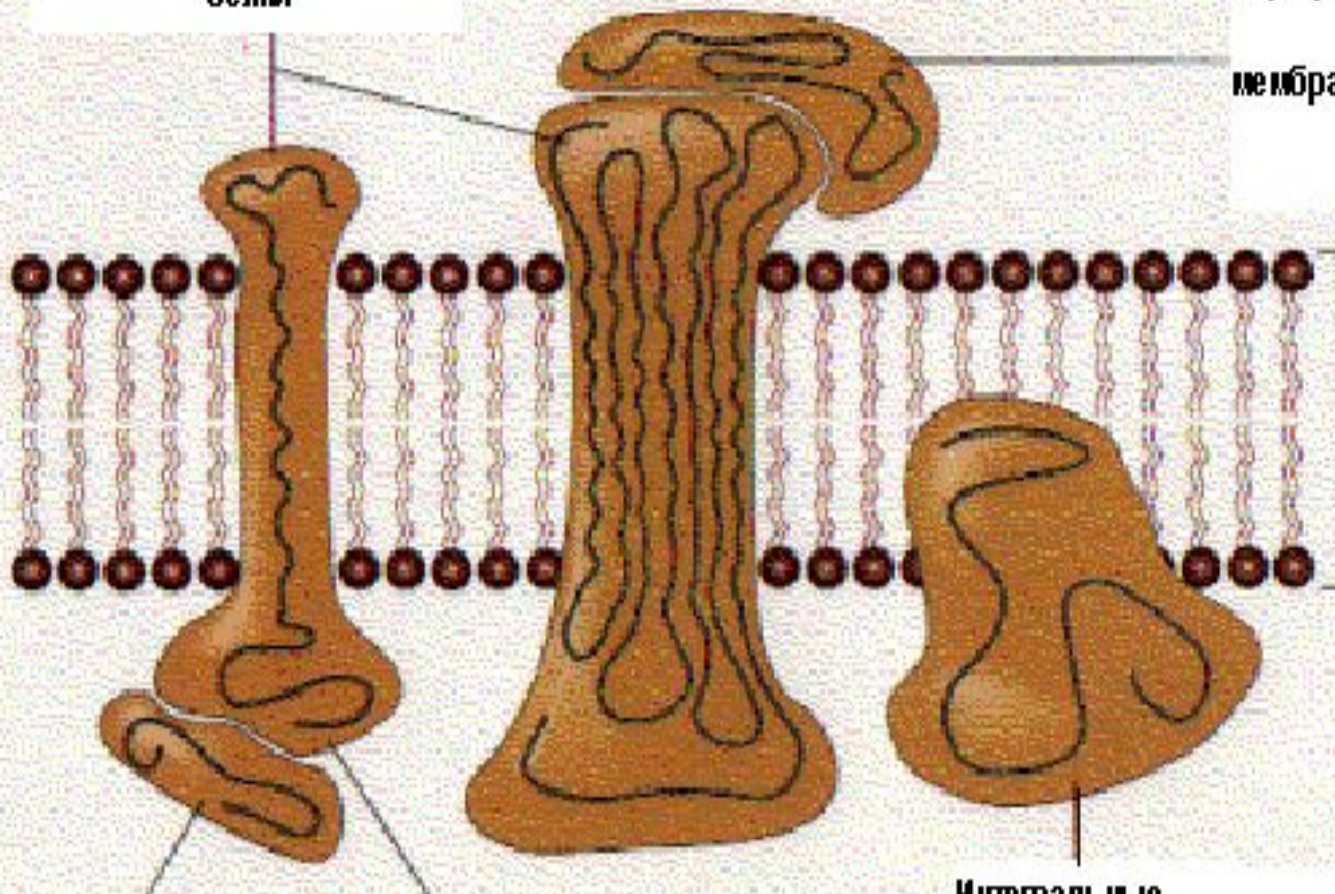
Периферический мембранный белок

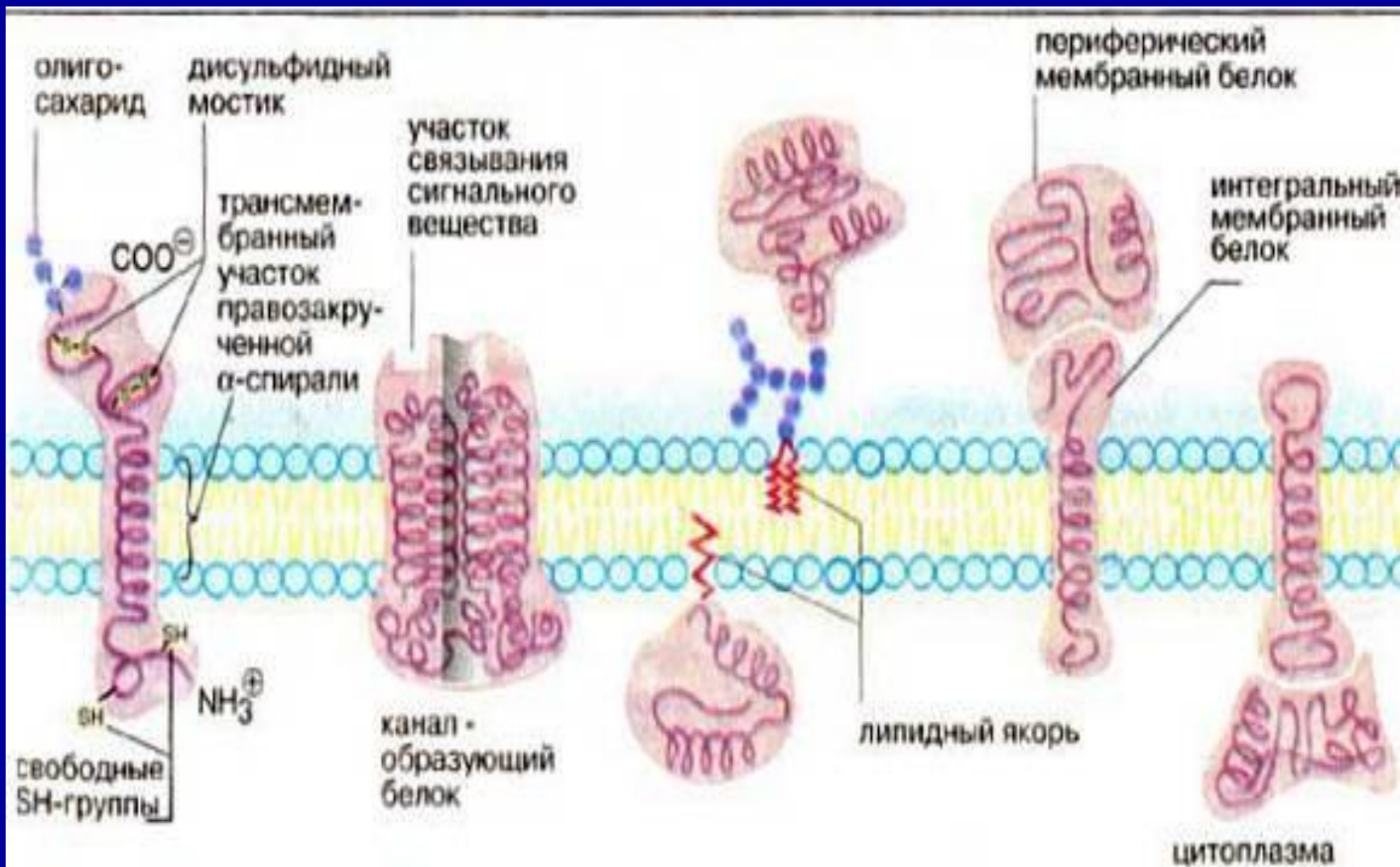
Фосфолипидный бислой

Периферический мембранный белок

ВИДЫ МЕМБРАННЫХ БЕЛКОВ

Интегральные мембранные белки





# Мембраналық ақуыздар

Осы ақуыздардың есебінен *толықтай* және *жартылай* мембрананың мынадай қызметі жүзеге асады:

- өтімділігі
- мембрана арқылы белсенді өту
- электрлік потенциалдың түрленуі және т.б.

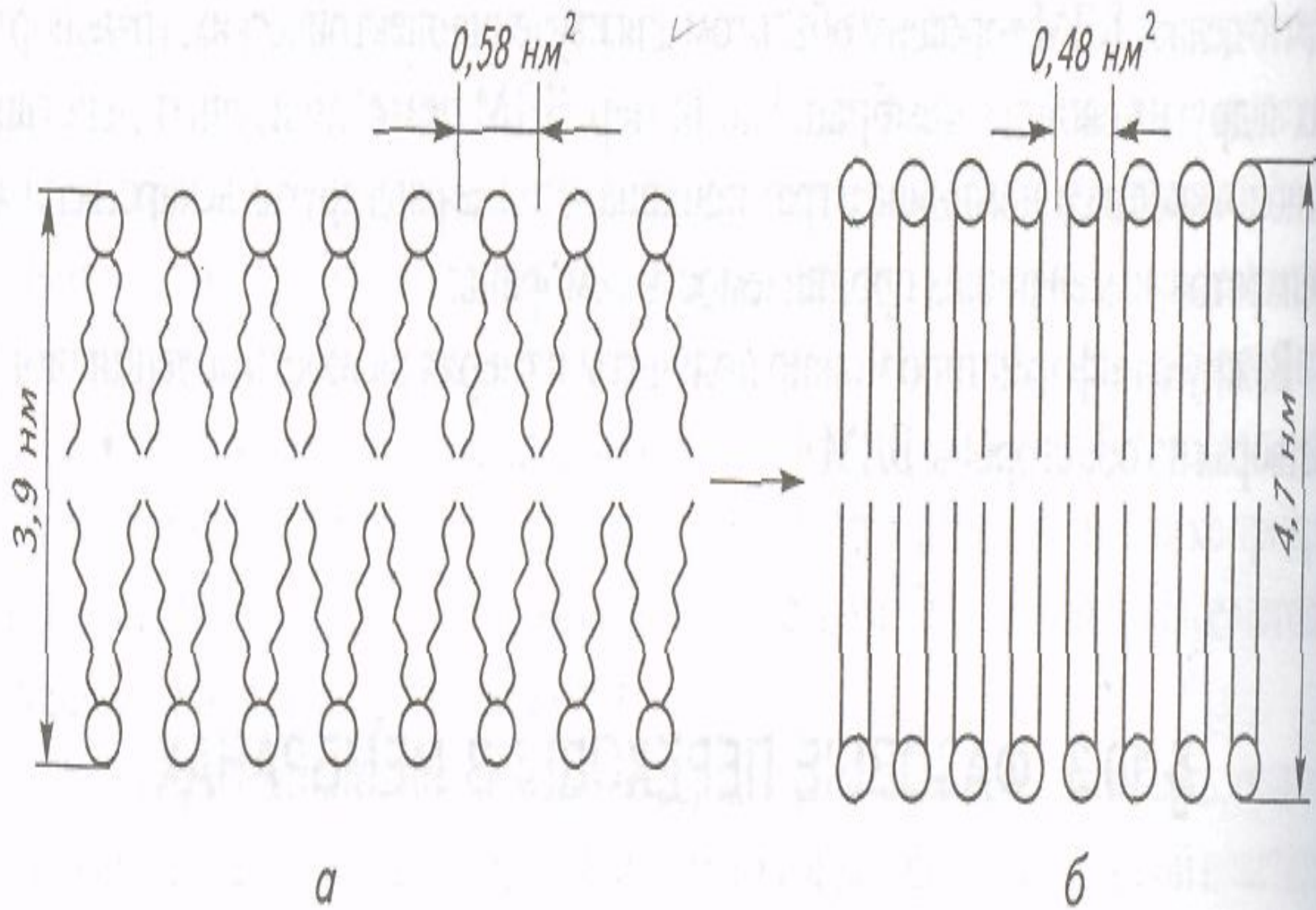


# Мембрананың қасиеттері мен параметрлері

- Мембрана молекулаларының қозғалғыштығы мен мембрана арқылы жүретін бөлшектер диффузиясы оның билипидті қабатының сұйық зат тәріздес екендігін дәлелдейді
- Екінші жағынан алғанда мембрана реттелген жүйе

Осы екі фактор *сұйық-кристалдық күйде* болатындығын нақтылайды

- ✓ Мембрананың липидтік қабатының тұтқырлығы  $30-100 \text{ мПа} \cdot \text{с}$ , яғни судың тұтқырлығынан үлкен, ал өсімдік майының тұтқырлығына шамалас
- ✓ Беттік керілуі  $0,03-1 \text{ мН/м}$   
(судыдікінен 2-3 дәрежедей кіші)



a

b

- ✓ T өзгергенде кезде фазалық ауысулар орын алады: қыздырылған кезде липидтердің балқуы, ал керісінше де кристалдануы
- ✓ Фазалық ауысулар энергия алмасуға байланысты, яғни температура өсірілген кездегі жылу сыйымдылықтың өзгеруіне байланысты болады

Мембрана құрылымы туралы жалпы мәліметтер рентгенқұрылымдық және рентгенспектрлік анализдер, электропарамагниттік және ядролық магниттік резонанс, люминесценттік анализ әдістерімен алынған.

Биологиялық жүйелердегі түрлі үрдістер: АТФ синтезі, бұлшық еттің жиырылуы, нерв импульсының таралуы т.б., мембрана арқылы зат тасымалына байланысты . Осы үдерісті зат тасымалдану деп атайды.

Биологиялық мембрана өткізгіштік қасиетіне байланысты жасушада тұздардың, қанттың, амин қышқылдарының, иондардың, т.б. заттардың алмасу өнімдерінің концентрациясын, олардың тасымалын және алмасуын реттейді.

- Мембрана арқылы тек жеке молекулалар ғана емес, қатты денелер (*фагоцитоз*) және ерітінділері де (*пиноцитоз*) тасымалданады.
- Егер зат жасуша ішіне тасымалданса, онда тасымал түрін **эндоцитоз**, ал егер сыртқа тасымалданса — **экзоцитоз** деп аталады.



**Тасымалдау құбылыстарына**  
*диффузия* (зат массасының),  
*тұтқырлық* (импульстің),  
*электр өтімділік* (электр  
зарядының) **тасымалдаулары**  
**жатады.**

# Тасымалдану түрлері:

*1. Белсенді тасымалдау*

*2. Белсенді емес тасымалдау*

*Белсенді тасымалдау* –  
заттардың арнайы энергия  
пайдаланып электрохимиялық  
градиентке қарсы ауысуы.

Егер зат тасымалы  
электрохимиялық  
потенциалдың кемуімен, яғни  
энергия шығынын қажет  
етпейтін болса, ол тасымал  
белсенді емес деп аталады.

Белсенді емес  
тасымалдану

Осмос

Фильтрация

Қарапайым  
диффузия

Жеңілдетілген  
диффузия

Липидттік  
қабат  
арқылы

Қозғалмалы  
тасмалдаушы

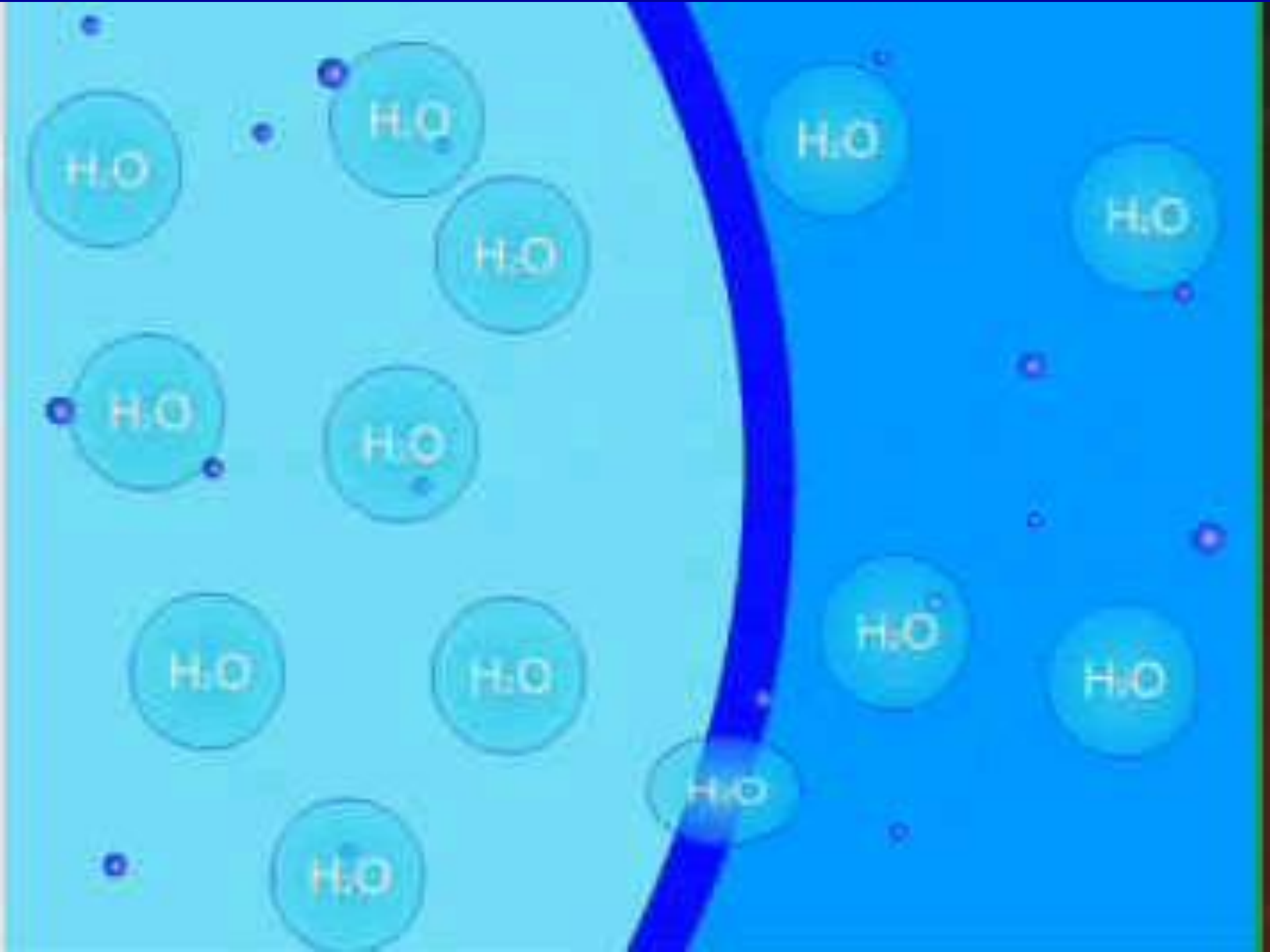
Бекітілген  
тасмалдаушы

Липидттік  
биқабат  
саңылауы  
арқылы

Ақуыз  
саңылауы  
арқылы

*Осмос* – мембрана арқылы су молекуласы заттарының концентрациясы аз жағынан көп жағына қарай ығысуы.

Еріткіштің мұндай қозғалысын жасайтын күш **осмостық** – **итерме қысым** деп аталады.



*Фильтрация* (сүзіліс) —  
заттардың мембрана  
саңылауы арқылы  
қысымның аз мәні жағына  
қарай өтуі.



*Диффузия бұл заттардың  
мөлшері көп жағынан аз  
жағына қарай, яғни градиентке  
сәйкес өтуі.*

*Диффузия теңдеуі немесе  
Фик заңы*

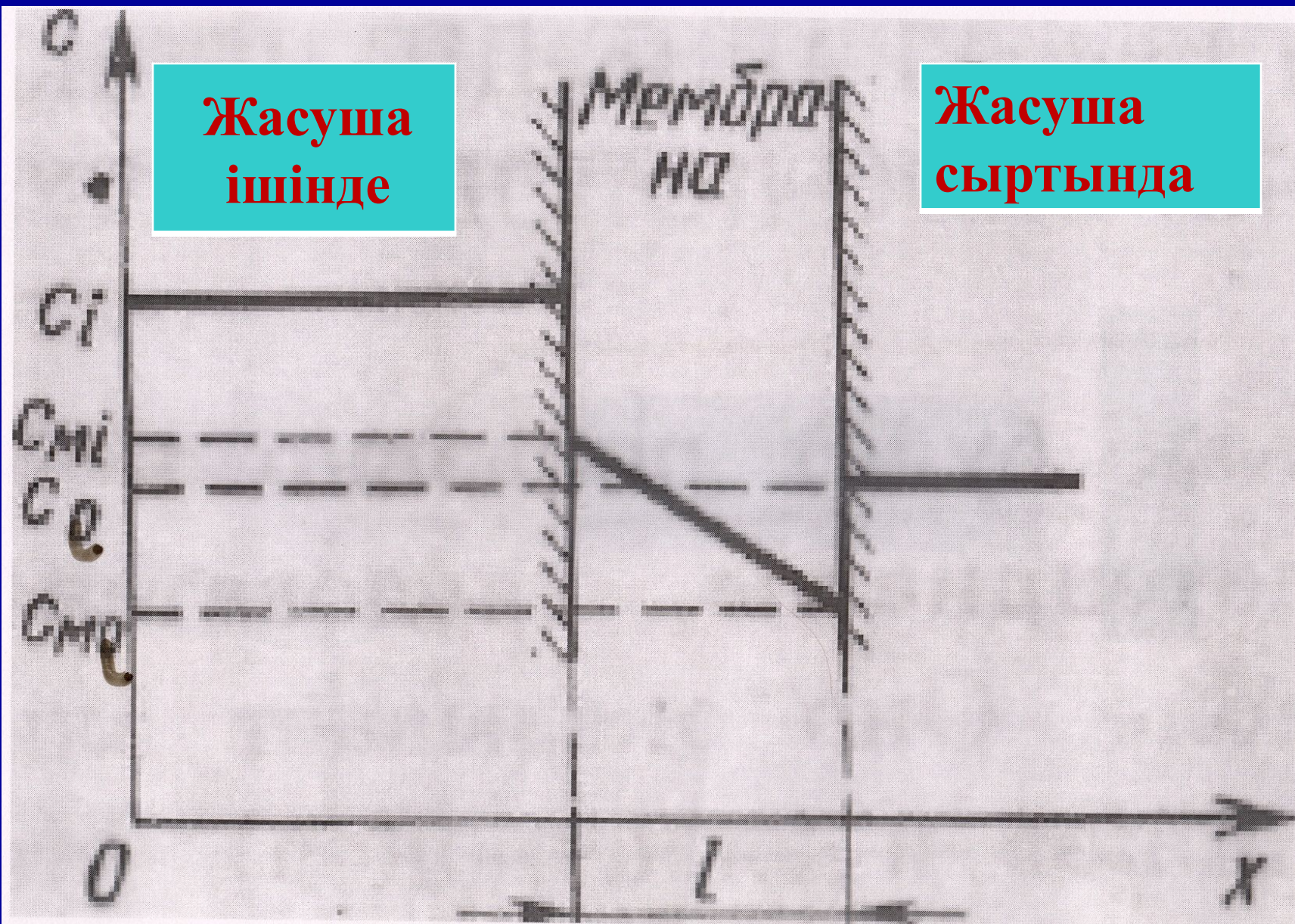
$$j = -D \frac{dC}{dx}$$

Мембрана арқылы өтетін бөлшектердің концентрациясының өзгерісі сызықты және оның  $C_i$  ішкі жағында және сыртқы жағында —

$C_{\boxtimes}$  ге тең деп есептейік

Жасуша  
ішінде

Жасуша  
сыртында





Осы бөлшектер концентрациясының мембрана ішіндегі өзгерісі  $C_{mi}$  –ден

$C_{m\boxtimes}$  -ге дейінгі аралықта кемиді. Молекулалар концентрациясының өзгерісі (градиенті):

$$\frac{dc}{dx} = \frac{C_{m\boxtimes} - C_{mi}}{l}$$

Онда Фик теңдеуі төмендегідей болып жазылады.

$$j = -D \frac{C_{ml} - C_{mi}}{l} = D \frac{C_{mi} - C_{ml}}{l}$$

$$k = \frac{C_{ml}}{C_l} = \frac{C_{mi}}{C_i} \quad \text{белгілеу енгіземіз}$$

$k$  – заттың мембрана мен қоршаған орта аралығында таралу коэффициенті; оның мәні бірден кіші де, бірден үлкен де бола алады.

Зат концентрациясының мембрана қабатының екі қабырғасында және жасуша іші мен оның сыртындағы ортада әртүрлі болуы заттың полярлық және полярлық емес еріткіштердегі ерігіштігінің әр түрлі болатындығымен түсіндіріледі.

$C_{m\boxtimes} = \kappa C_{\boxtimes}$  және  $C_{mi} = \kappa C_i$  ескерсек, зат ағынының  
ТЫҒЫЗДЫҒЫ:

$$j = \frac{D\kappa}{l} (C_i - C_{\boxtimes})$$

$$P = \frac{D\kappa}{l}$$

-мұндағы  $P$ - өтімділік коэффициенті.

Биологиялық мембрананың  
өтімділігі деп өзінен белгілі  
бір заттың қандай да бір бөлігін  
өткізу қабілеті.



Мембраналық өтімділікті есептеу үшін  
**өтімділік коэффициенті ( $p$ )**  
**қолданылады:**

$$p = \frac{D \cdot k}{l},$$

мұндағы  $l$  – биомембрананың қалыңдығы,

$D$ - диффузия коэффициенті,

$k$  – заттың мембрана мен қоршаған орта  
аралығында таралу коэффициенті

Диффузия кезінде биологиялық мембрана арқылы өтетін зат ағыны тығыздығының теңдеуі:

$$j = P(C_i - C_{\text{II}})$$

Мембранада потенциалдар айырымы, яғни *электр өрісі* бар. Өріс кернеулігі мен потенциал градиенті арасында мынадай байланыс бар:

$$E = - \frac{d\varphi}{dx}$$

**Заттар тасымалы екі фактормен анықталады, яғни концентрация градиенті және электр өрісінің әсер етуімен:**

$$j = -D \frac{dc}{dx} - u_m Z F c \frac{d\varphi}{dx}$$

***Бұл теңдеу Нернст – Планк теңдеуі.***

**Нернст Планк теңдеуі біртекті зарядталмаған мембранада концентрация градиенті және электрлік потенциалдың болуымен жүретін белсенді емес (енжар) зат тасымалдануды сипаттайды.**

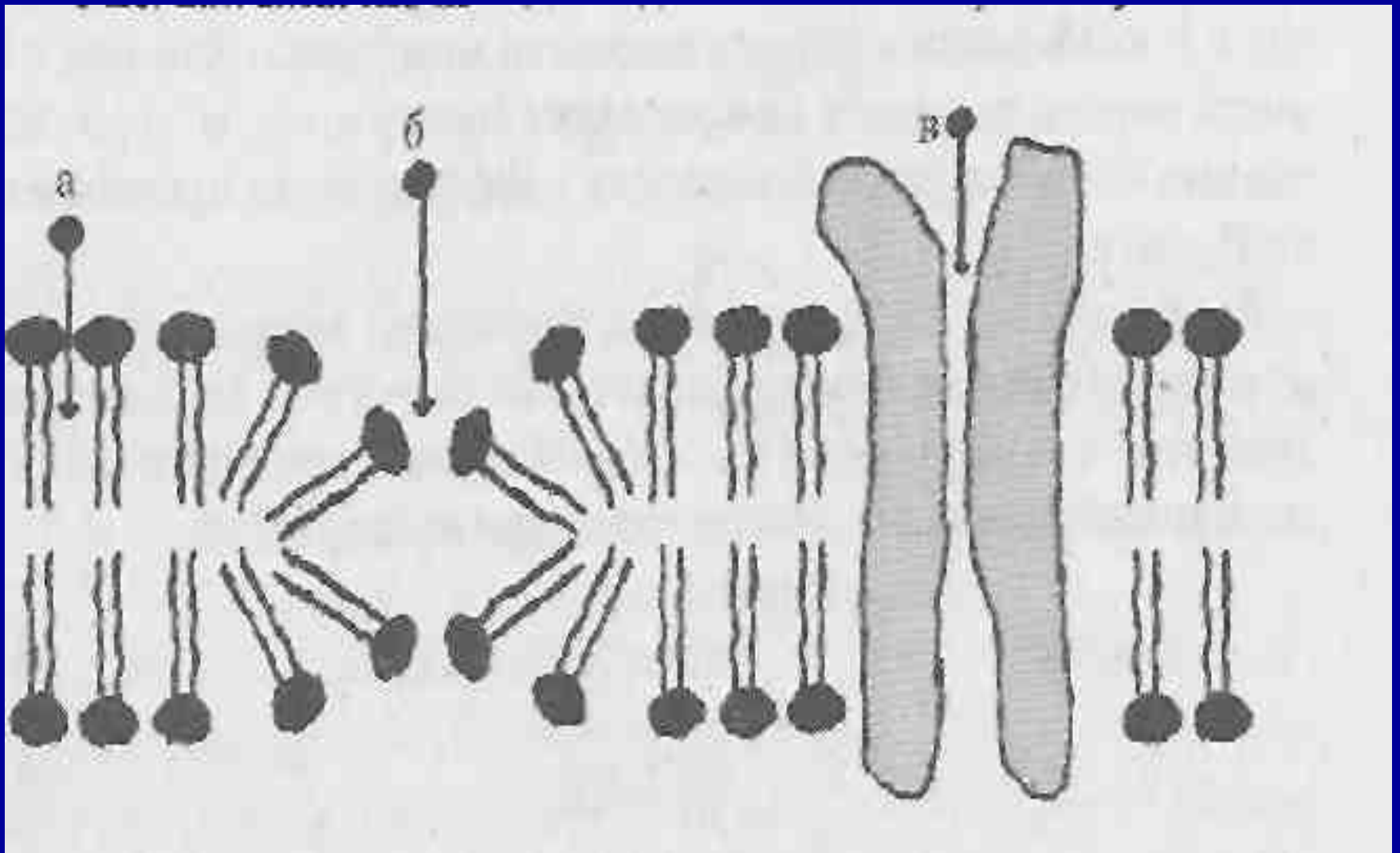
*Заттар ағыны үшін  
Гольдман теңдеуі*

$$j = \frac{zF\Delta\varphi P}{RT} \cdot \frac{c_2 \exp(zF\Delta\varphi / RT) - c_1}{1 - \exp(zF\Delta\varphi / RT)}$$

Мембрананың фосфолипидтік фазасында жақсы еритін полярсыз заттар, мысалы *органикалық май қышқылдары, эфирлер* мембрананың липидтік қабаттары арқылы жақсы өтеді. Ал полярлы қосылыстар, заттың су ерітінділері: *тұз, қант, аминқышқылдары, спирттер* липидтік биқабат арқылы баяу өтеді.



Липидте ерімейтін молекулалар және заттың су ерітінділері: тұз, қант, аминқышқылдары, спирттер липидтік және ақуыз каналдары арқылы ғана өте алады.



Қарапайым диффузияның мембран липидтерінің биқабаты (а), липидтік биқабат саңылауы (б), ақуыз саңылауы (в) арқылы өтуі.

Канал - ақуыз молекулалары мен липидтерден тұратын мембранада пайда болатын жолдар. Бұл канал мембрана арқылы тек ұсақ молекулалардың өтуіне ғана емес, ірі иондардың өтуіне де мүмкіндік береді.

Каналдардың аса маңызды қасиеті - оның селективтілігі - талғап өткізгіштігі.

Әр канал негізінен тек бір заттың ғана иондарын өткізеді, мысалы, натрий каналдары тек натрий иондарын, ал калий каналдары тек калий иондарын өткізеді.

Канал өткізгіштігінің талғампаздығы тасымалданатын ион радиусымен және ионның химиялық құрылысымен анықталады.

- Алайда, канал радиусына қарағанда радиусы кіші болып келетін зат иондары осы канал арқылы еркін өтіп кете алмайды. Себебі, канал ішіндегі дипольдық топтармен әсерлесулері әр түрлі. Мысалы калий иондары калий каналының іріктеуші сүзгісінде (селективные фильтры) оттегінің барлық бес атомымен әрекеттеседі, ал радиусы калий ионынан әлдеқайда кіші болатын натрий ионы осы сүзгіде оттегінің тек екі атомымен ғана әрекеттесе алады. Сондықтан бұл канал арқылы натрий иондары тасымалданбайды.

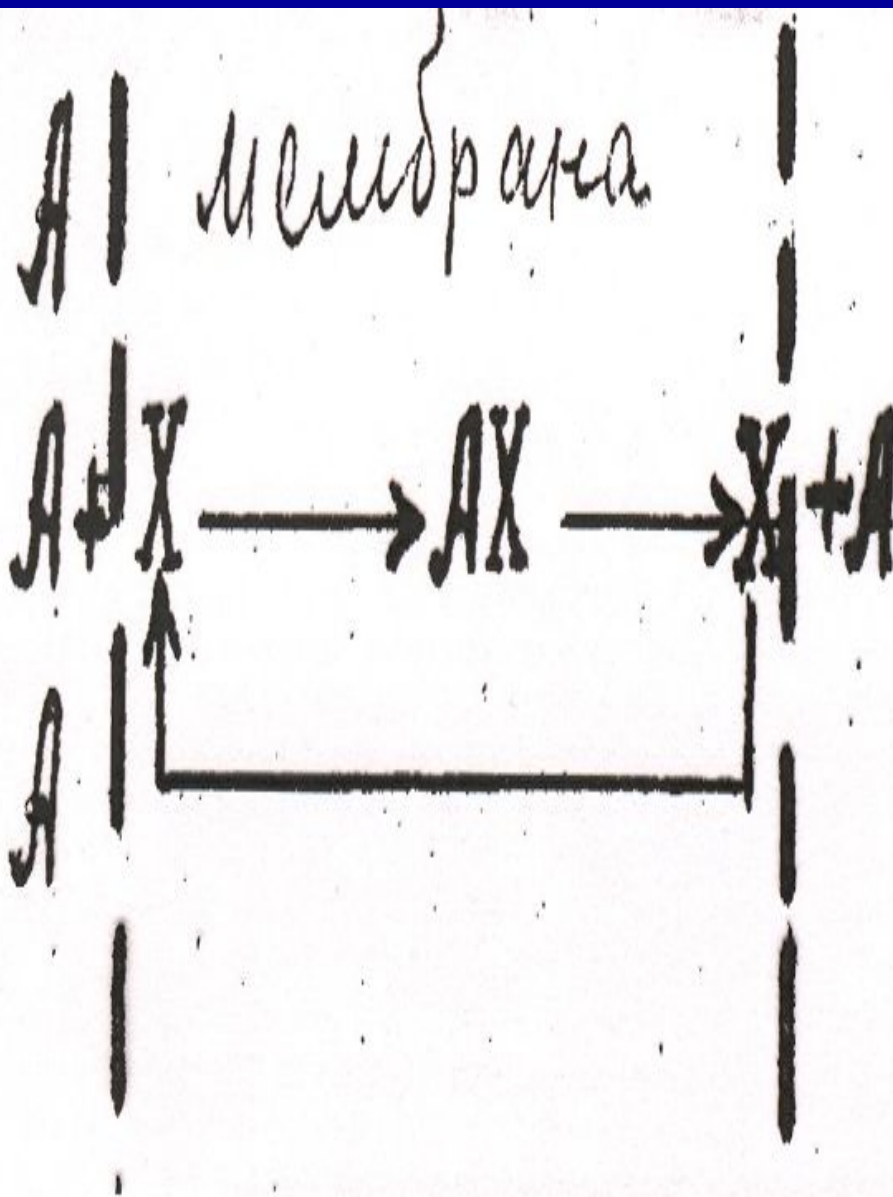
Диффузияның тағы бір «жеңілділігі» - иондар тасымалының арнайы молекула — тасымалданушылармен жүретіндігі. Олар — *ионофорлар* деп аталады.

*Жасушалық мембрананың аса маңызды қасиеті-оның талғап өткізгіштігі.*

Кейбір химиялық реакциялар осы мембрананың өзінде жүреді. Мембранада сыртқы ортадан немесе дененің басқа бөліктерінен келген әсерді қабылдайтын *рецепторлық* *учаскелер* орналасады. Мембрана үнемі толқын тәрізді тербелісте болады.

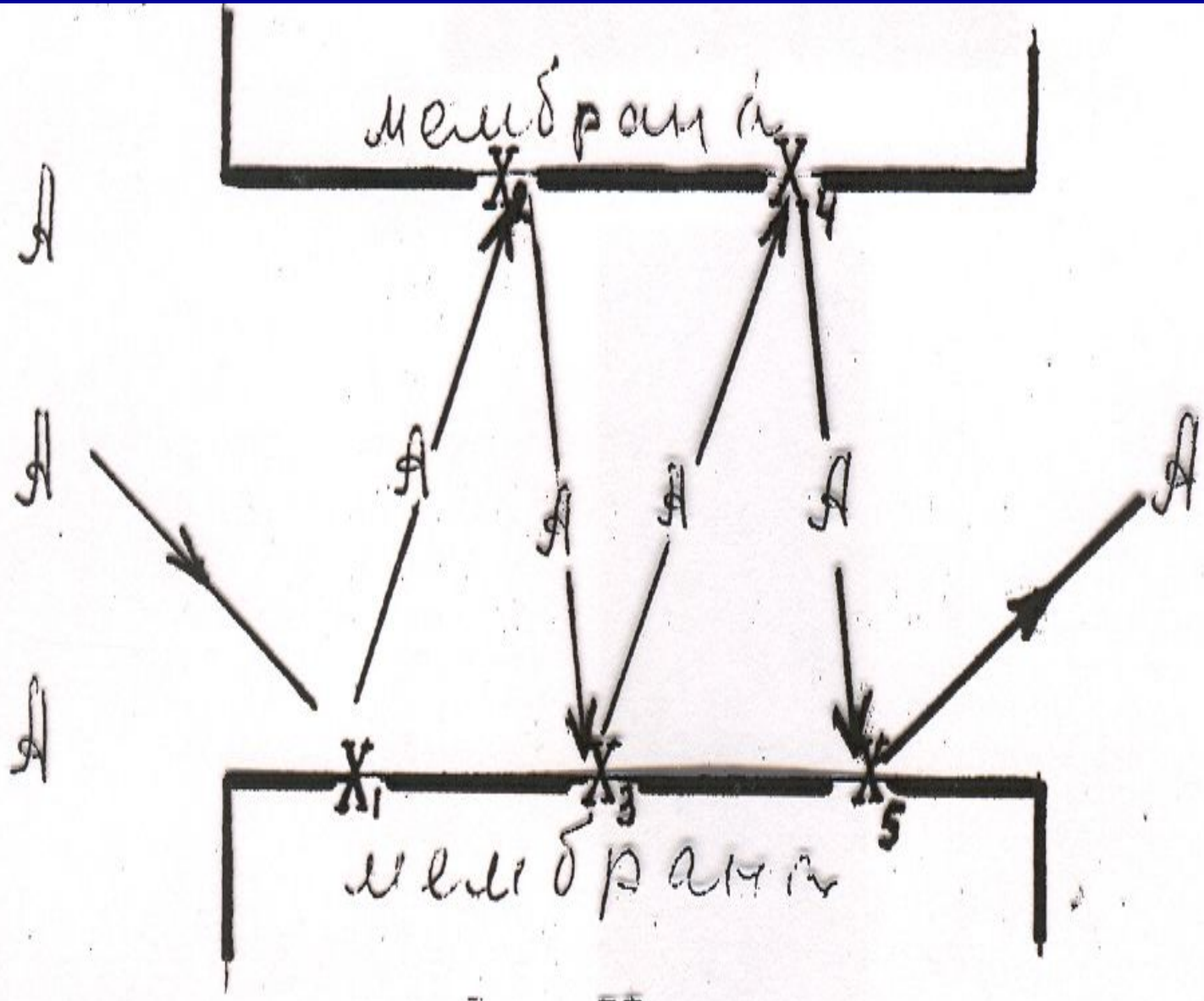


Внешняя



внутренняя

Тағы да басқа жеңілденген диффузия механизімі бар. Бұл механизмнің айырмашылығы мембранада арнайы бекітілген тасмалдаушының көмегімен тасмалданады. *Эстафета* сияқты бір-біріне беру арқылы тасмалдайды. Мысалы, глюкоза липидте өте нашар ериді, ал соған қарамастан мембранадан тез өте алады.



## *Бақылау сұрақтары (кері байланыс):*

- Биологиялық мембраналардың қандай түрлері және атқаратын қызметі
- Мембраналық липидтердің түрлері
- Мембраналық ақуыздардың түрлері мен қызметтерін ата.
- Мембранадағы фазалық ауысулар қалай жүзеге асады
- Жасанды мембраналар
- Мембраналар құрылымын зерттеудің қандай әдістері сіздерге белгілі.

- ✓ Биологиялық мембраналар арқылы зат тасымалданудың қандай түрлері сіздерге белгілі
- ✓ Заттардың жасушаға ену тәсілдерін атаңыз.
- ✓ Белсенді емес тасымал түрлері
- ✓ Қарапайым диффузияның мағынасы неде.