

***№3. Иондар тасымалдануы.  
Заттардың каналдармен иондық  
тасымалдануы. Биологиялық  
мембраналар арқылы белсенді  
(активті) тасымалдану***

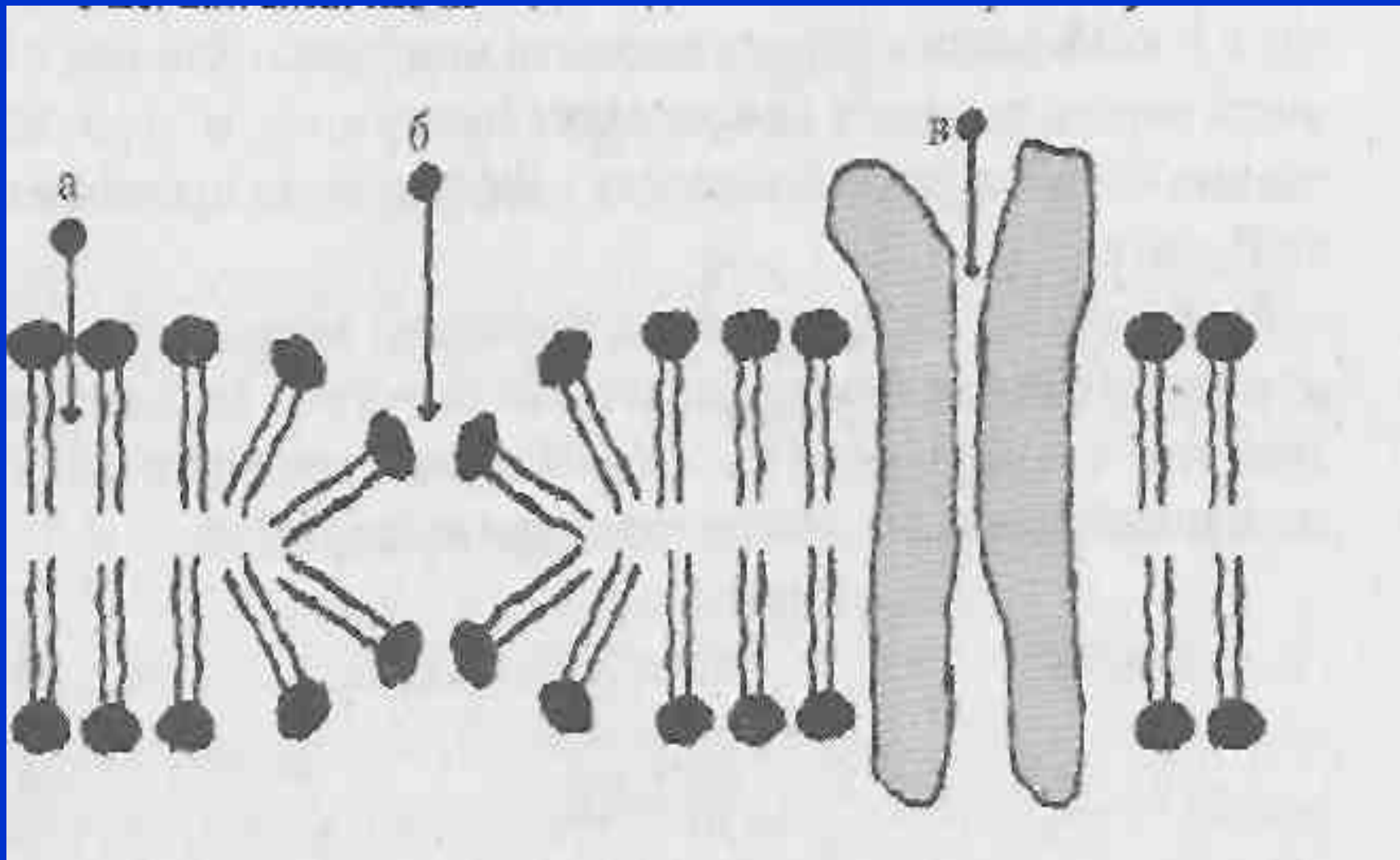
## Сұрақтары:

- **Иондардың тасымалдануы.**
- **Заттардың арналардағы (каналдағы) иондық тасымалдануы.**
- **Биологиялық мембраналар арқылы белсенді (активті) тасымалдану.**

- **Қарапайым диффузиялар өте баяу өтетін болғандықтан, жасушаны қажетті қоректік заттармен қамтамасыз ете алмайды.**
- **Сондықтан мембранадағы пассивті зат тасымалдану каналдар арқылы да өтеді.**

- **Канал - ақуыз молекулалары мен липидтерден тұратын мембранада пайда болатын жолдар.**
- **Каналдар мембрана арқылы тек ұсақ молекулалардың өтуіне ғана емес, ірі иондардың өтуіне де мүмкіндік береді.**
- **Калий, натрий және кальций иондық каналдары көп тараған.**

- Каналдар нерв импульстарын өткізуде үлкен рөл атқарады.
- Каналдар құрылымы жағынан біртексіз болғандықтан, олар арқылы зат тасымалдану қарапайым диффузия үшін орын алатын Нернст Планк теңдеуімен ғана сипатталына алмайды.



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

• 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.



Каналдардың аса маңызды қасиеті - оның селективтілігі - талғап өткізгіштігі.

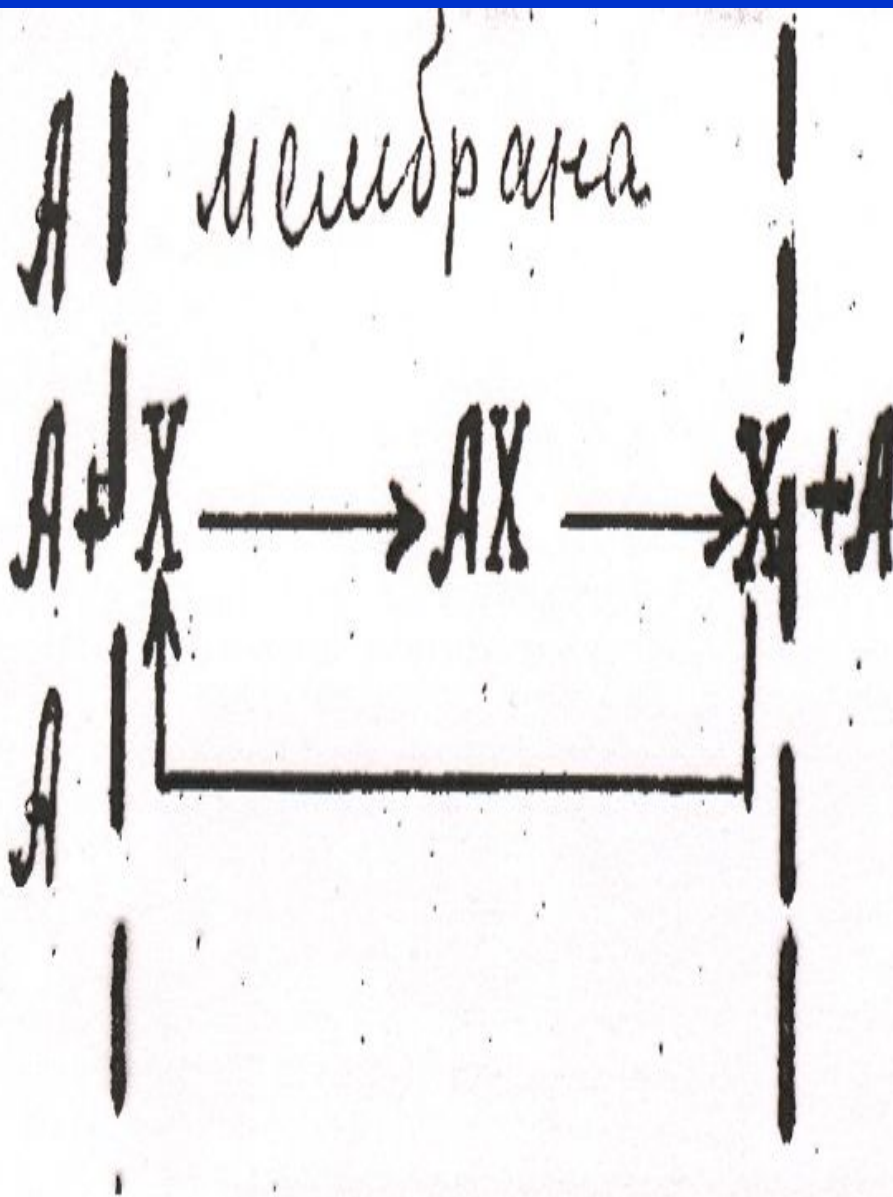
Әр канал негізінен тек бір заттың ғана иондарын өткізеді, мысалы, натрий каналдары тек натрий иондарын, ал калий каналдары тек калий иондарын өткізеді.

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.

Внешняя



внутренняя

Кейбір заттар үшін липидтік биқабат арқылы зат тасымалдануға қажет белсенділік энергиясын төмендететін ақуыздық табиғатты тасмалдаушылар болады. Бұлар жеңілдетілген диффузияны қамтамасыз етеді.

Жеңілдетілген диффузия кезінде зат тасымалдану жылдамдығы жоғары болады. Себебі мембрана арқылы тасымалданатын зат ағыны екі құрамнан тұрады: қарапайым диффузия ағыны мен жеңілдетілген диффузия ағыны.



Арнайы тасымалдауыштар арқылы зат тасымалданудың ерекшелік белгілері:

---

- Тасымалдаушылардың жоғары химиялық ерекшеліктері, яғни олар тек белгілі бір ғана затты тасымалдауы;
- Тасымалдау жылдамдығы тасымалданатын зат концентрациясына пропорционал бола тұрып, белгілі бір шамаға дейін ғана көтеріле алады, яғни қанығу эффектісі орын алады;
- Тасымалдаушылар құрылысы жағынан өздеріне ұқсас сол өздері тасымалдайтын зат субстратына – **ингибиторлана алады**



- Тасымалдаушылар арқылы зат тасымалданудың ең бір зерттелген түрі – глюкозаның эритроциттерге тасымалдануы.
- Тасымалданушы зат концентрациясының жоғарылығына байланысты тасымалдаушыда болатын қанығу эффектісінің мысалы ретінде глюкозаның бүйрек каналдарында реабсорбциялануын қарастыруға болады.

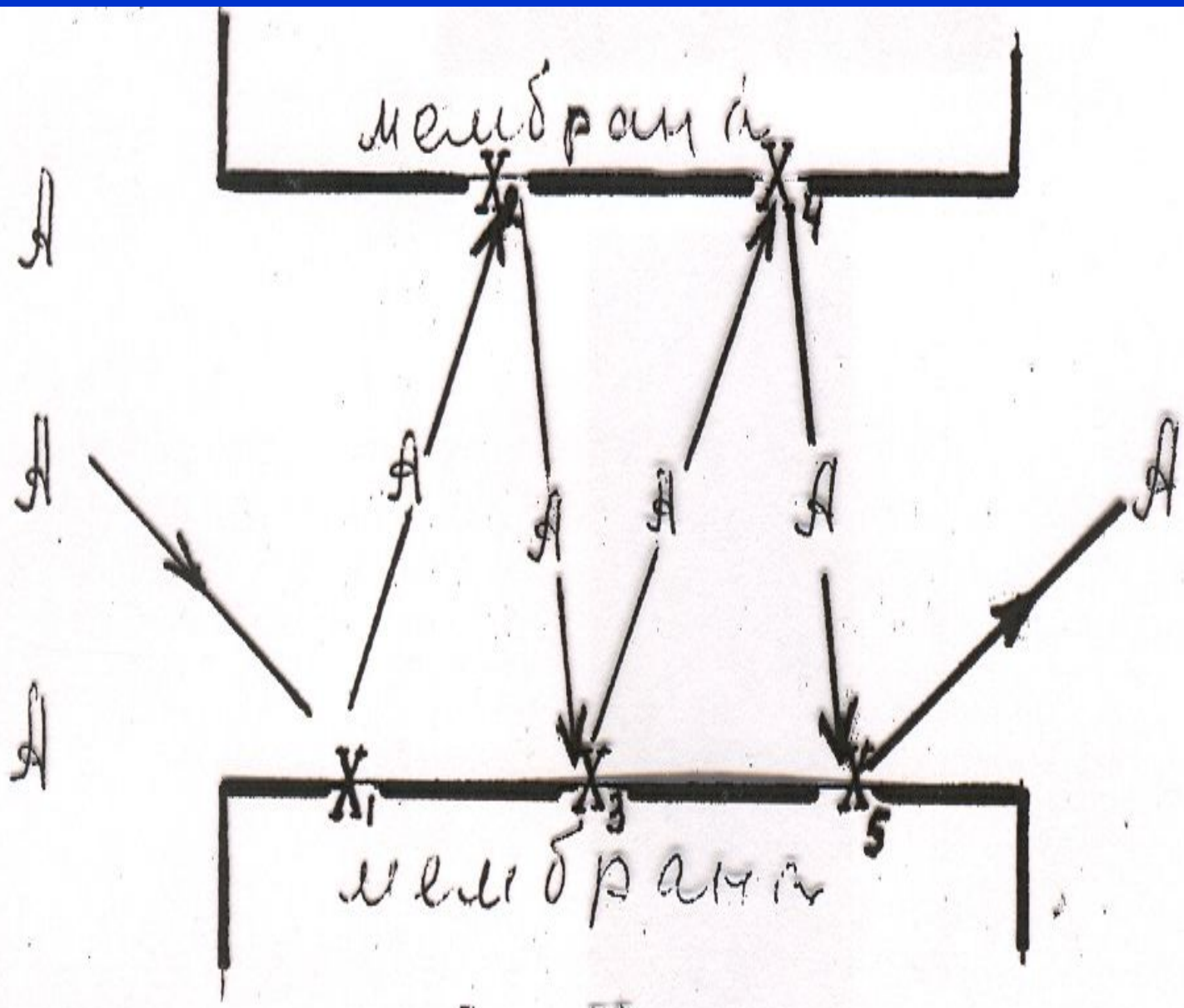


- Қан плазмасы гидростатикалық қысымның нәтижесінде бүйрек орамына (клубочек) енеді де, сол жерде реабсорбцияланады. Қан плазмасындағы глюкоза концентрациясы қалыпты жағдайда 11 ммоль/л (2г/л) тең. Қалыпты жағдайда глюкоза толық реабсорбцияланады. Ал патологиялық жағдайда глюкозаның қалдығы зәрмен бөлініп шығады.

# *Иондарды тасмалдаушылардың түрлері*

- 1. Жылжымалы тасымалдаушылар*
- 2. Бекітілген тасымалдаушылар*

- *Эстафета* сияқты бір-біріне беру арқылы тасмалдайды.
- Мысалы, глюкоза липидте өте нашар ериді, ал соған қарамастан мембранадан тез өте алады.



**Жылжымалы тасымалдаушыларға  
антибиотик *валиномицин* және  
*нигерицин* жатады.**

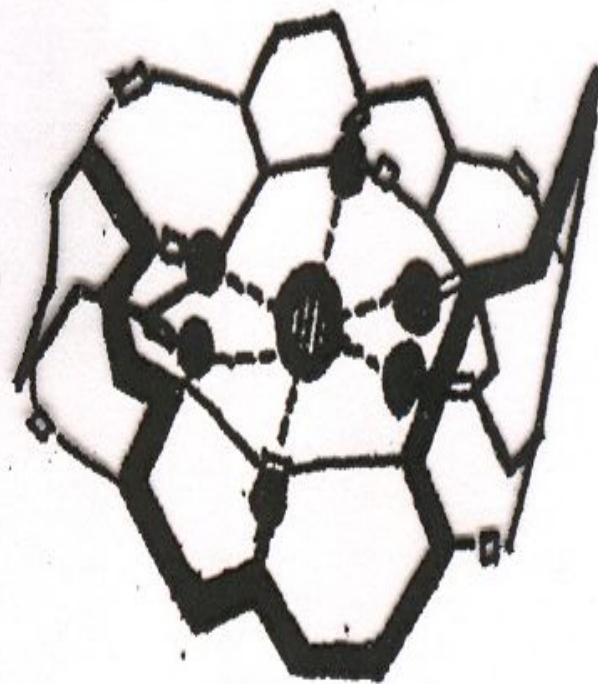
*Жылжымалы* тасмалдаушылар  
иондарды мембрана арқылы  
тасмалдай отырып, жасушаға  
өткізіп кері қайтады.



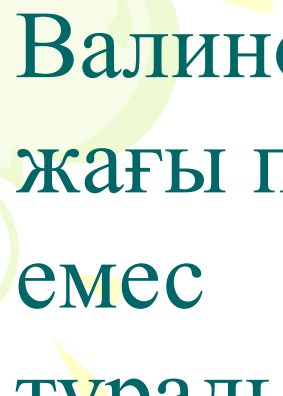
## *Валиномицин құрылымы*

- ✓ Валиномицин молекуласының құрылымы (бубликке) саққинаға ұқсайды. Формасын тез өзгерте алады
- ✓ Құрамына 6 карбонил топтары, теріс зарядталған оттегі атомы кіреді
- ✓ Карбонилді топтар сақинаның сыртқы жағына бағытталған, олар өз ара тебіседі және сондай жағдайда су молекулаларымен оңай байланыса алады.

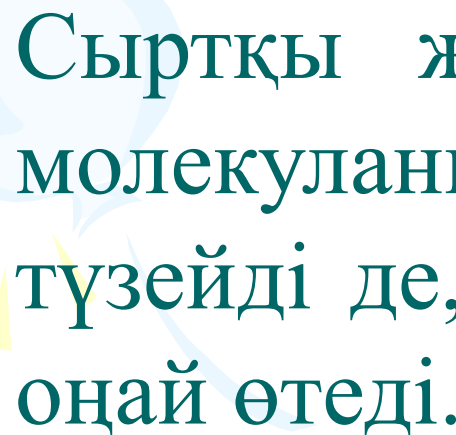





Молекулярная структура валиномицина

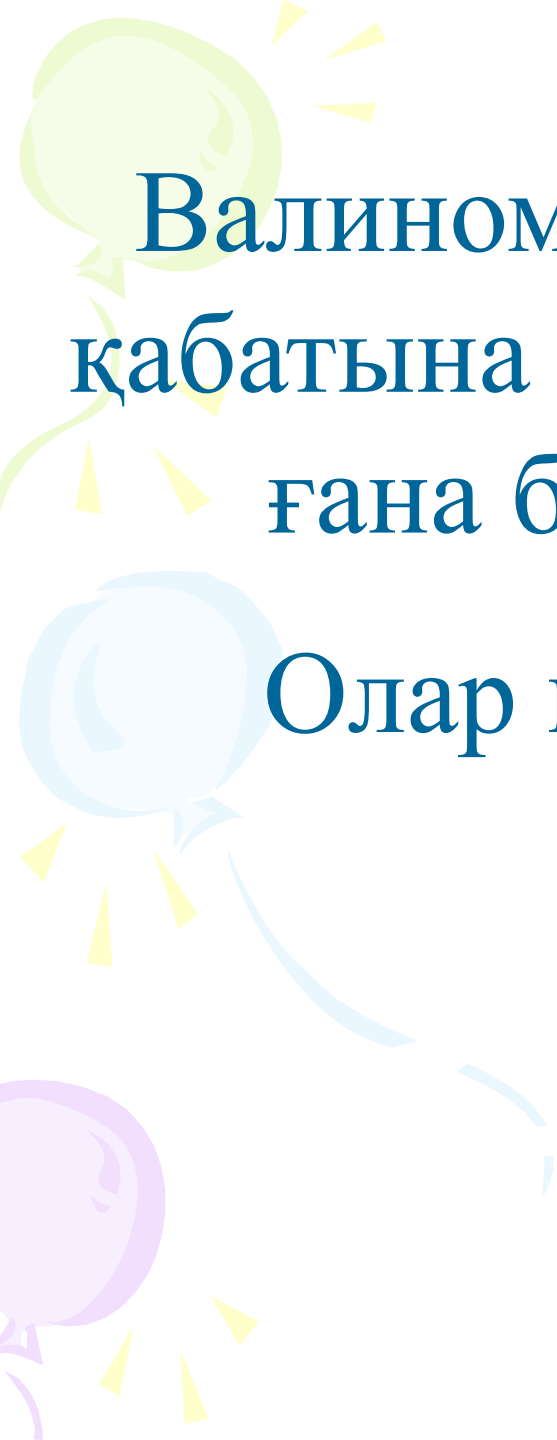


Валиномицин молекуласының ішкі жағы полярлы, ал сыртқы жағы полярлы емес (көмірсутекті тізбек ) топтан тұрады.



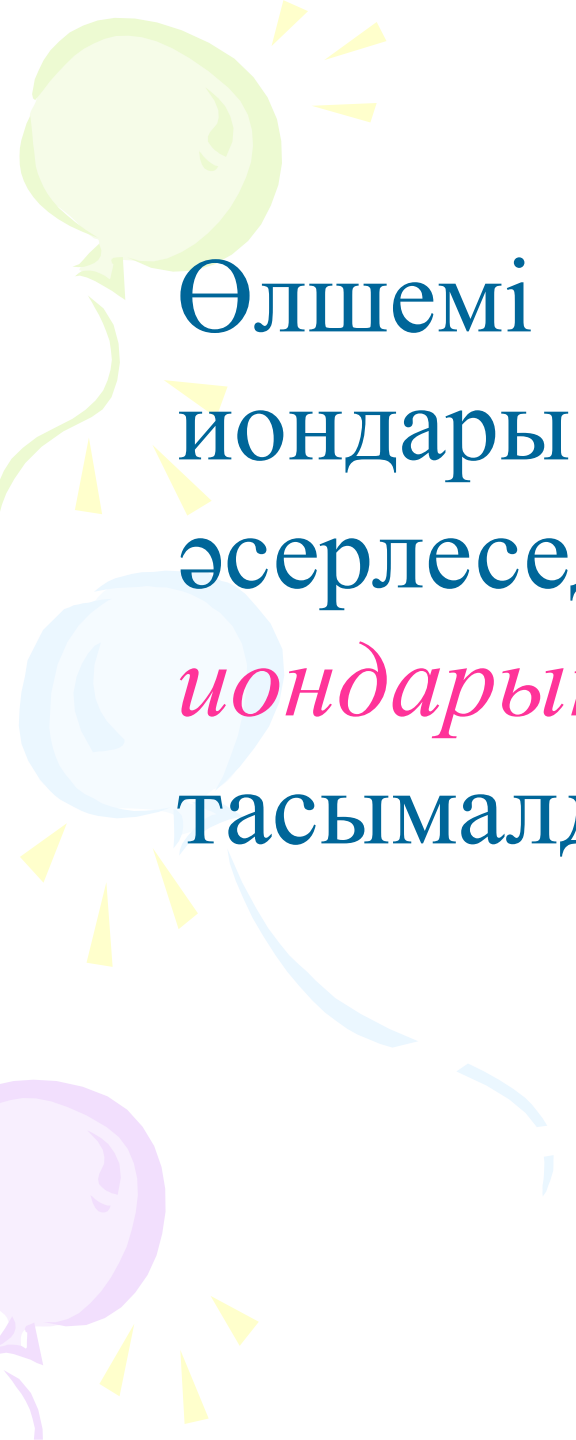
Сыртқы жағында көмірсутекті тізбек молекуланың гидрофобты қауашығын түзейді де, комплекс липидтік қабаттан оңай өтеді.





Валиномициндер тасымалдаушы  
қабатына сәйкес келетін иондармен  
ғана байланысуға қабілетті.

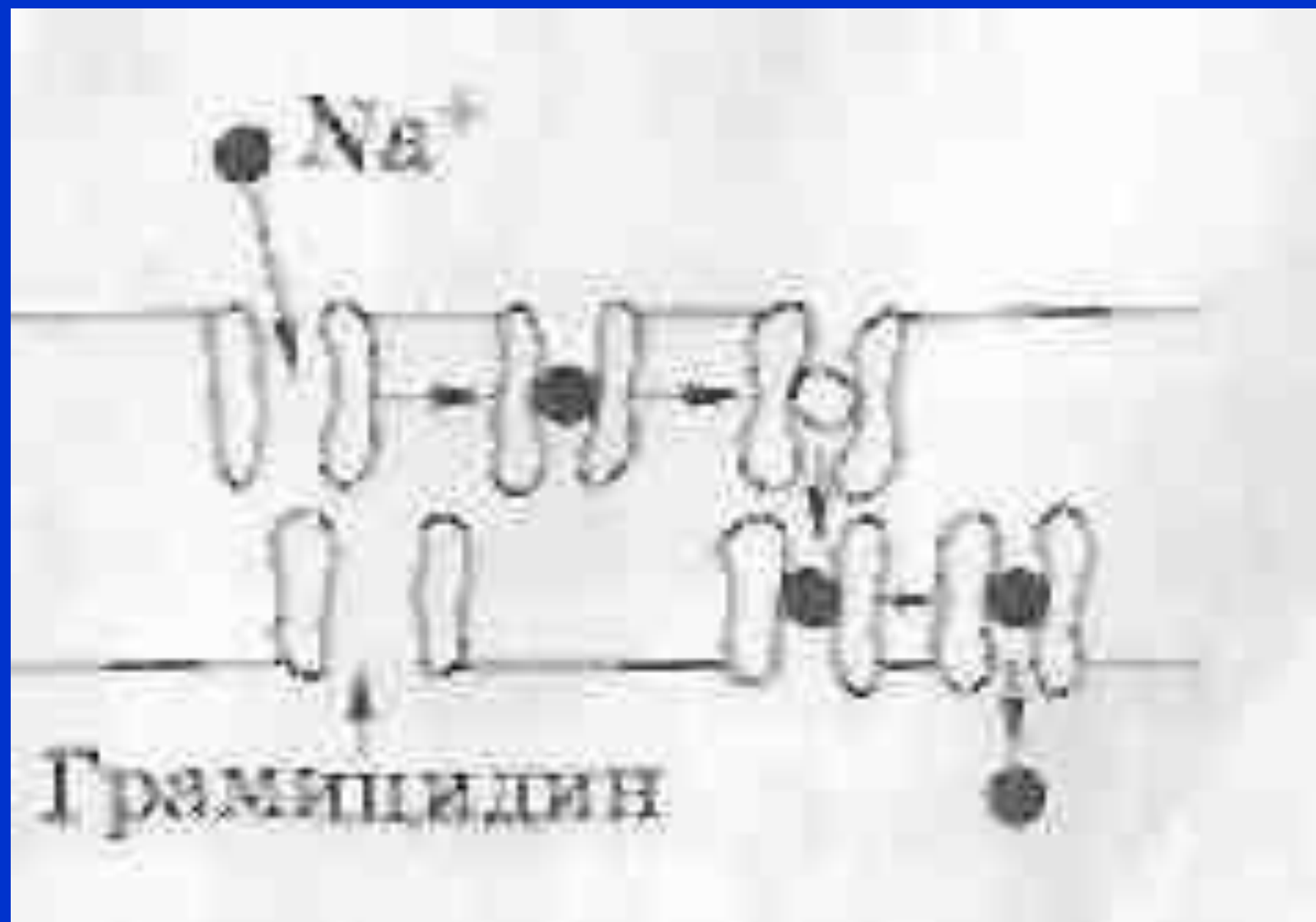
Олар көбінесе  *$K^+$  иондарын*  
тасмалдайды.



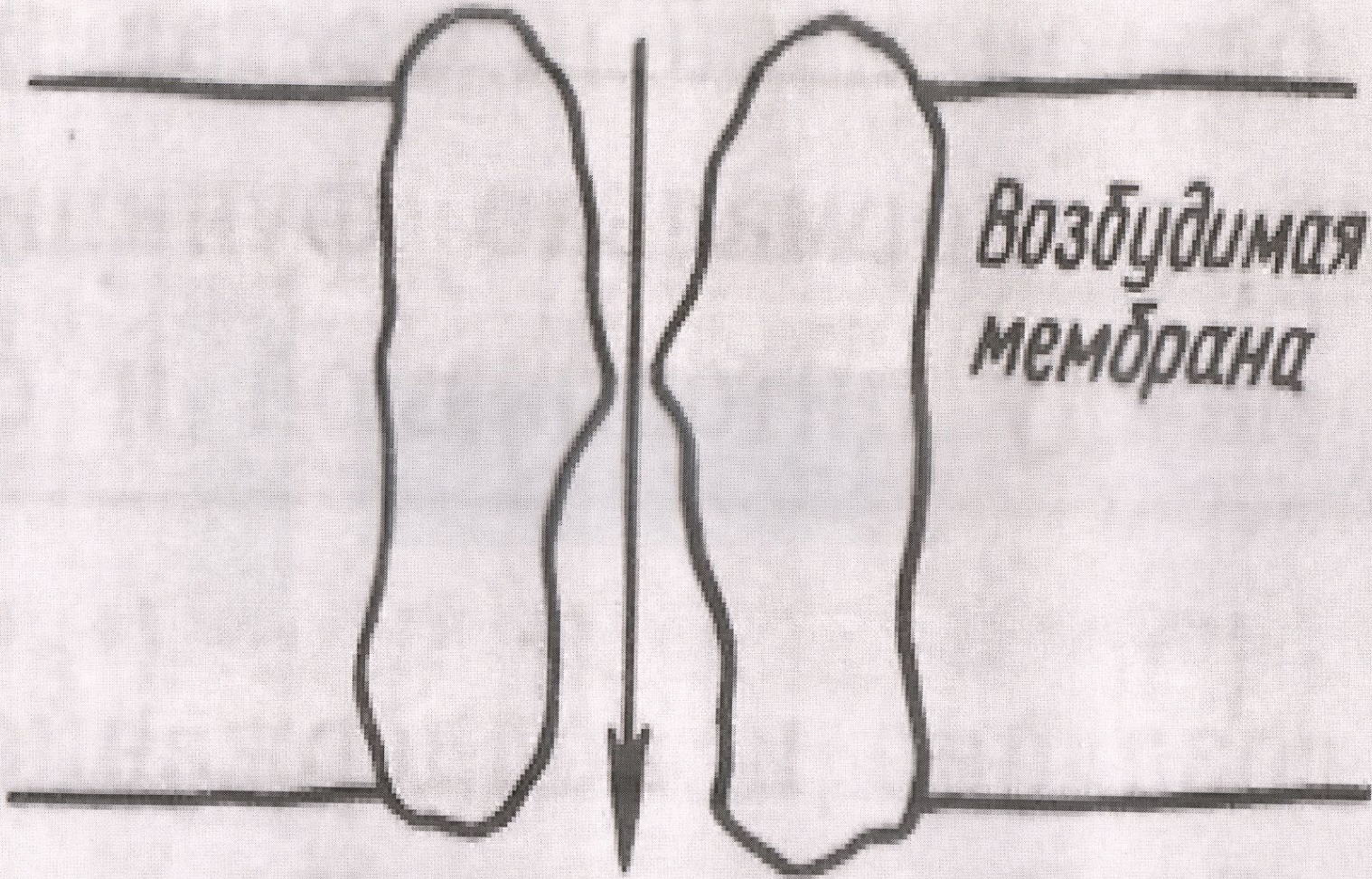
Өлшемі жағынан кіші натрий иондары бұл топпен аз әсерлеседі, сондықтан  $K^+$  иондарына қарағанда 104 есе жай тасымалданады.

*Мембранаға қатысты бекітілген  
тасмалдаушылар, яғни  
мембраналық арна (канал)  
түзушілер болып табылады.*

*Антибиотик грамицидин*  
*молекулалары мембранада*  
қатарласып арнайы арналар жасап,  
эстафета бойынша тасмалданатын  
натрий иондарын тасмалдаушының  
бір молекуласынан екінші  
молекуласына береді.



$\text{Na}^+$



Возбудимая  
мембрана



*Валиномицин, грамицидин және  
басқа тасымалдаушылармен  
иондардың мембрана арқылы  
тасымалдану қабілетін  
ионофорлар деп атайды.*

*Жеңілдетілген диффузияның қарапайым  
диффузиядан айырмашылығы:*

- 1. Жеңілдетілген диффузияның қарапайым диффузияға қарағанда затты тасымалдау жылдамдығы жоғары.**
- 2. Жеңілдетілген диффузия үшін берілген заттың концентрациясының өсуімен, бір жағынан мембрана ағынының тығыздығы тасымалдаушы молекула мөлшеріне тәуелді белгілі бір шамаға дейін өседі.**

**Тасмалданудың талғап өткізгіштігі мембрана радиусы жасушаға енгізілетін бөлшектердің өлшеміне сәйкес арнамен қамтамасыз етіледі.**

**Мембрананың калий ионы үшін өтімділігі радиусы калий ионының кристалдық радиусына және бір гидратты қауашығының қалыңдығына тең болатындай  $(0,133\text{нм}+0,272\text{нм}=0,405\text{нм})$  калий арнасымен анықталады.**

***Аксон кальмарының калий арнасындағы бір валентті иондар үшін өтімділік қатынастары***

$\frac{R_{\text{ион}}}{R_{\text{калий}}}$	Ион	Кристалдық радиус, нм
<b>0,018</b>	<b>Литий</b>	<b>0,060</b>
<b>0,010</b>	<b>Натрий</b>	<b>0,095</b>
<b>1,000</b>	<b>Калий</b>	<b>0,133</b>
<b>0,910</b>	<b>Рубидий</b>	<b>0,148</b>
<b>0,077</b>	<b>Цезий</b>	<b>0,169</b>

**Жасуша мембранасында  
молекулалар мен иондардың  
үлкен электрохимиялық  
потенциалдар жағына қарай  
тасымалдануы да өтеді.**

Бұл процесс энергия есебінен орындалады, және диффузия құбылысына жатпайды – белсенді (активті) тасымал.

**Биологиялық мембраналарда  
интегралдық ақуыздардың  
арнайы жүйесі *иондық  
насос*тар бар.**

# *Иондық насостың түрлері*

**□  $K^+$  -  $Na^+$  - АТФ-аза**

**□  $Ca^{2+}$  - АТФ-аза**

**□  $H^+$  - АТФ-аза**



*K<sup>+</sup> және Na<sup>+</sup> иондары  
градиенттерінің пайда болуына  
мүмкіндік жасаушы мембраналар  
жүйесі натрий-калийлі насостар  
деп аталады.*

Натрий –калий насосы калий және натрий иондарын тасымалдау жағдайында жұмыс жасайды.

Егер де сыртқы қабатта калий ионы болмаса, жасушадан натрий иондарының белсенді тасмалдануы болмайды.

**Натрий-калийлік** насостар  
*цитоплазмалық* мембраналар  
құрамына кіреді, олар **АТФ**  
*молекулалары* гидролиздерінің  
энергиясы есебінен жұмыс істейді  
және **АДФ** *молекулалары* мен  
**неорганикалық** фосфат  
молекулаларының пайда болуына  
әкеледі.

$$AT\Phi = AD\Phi + \Phi_H$$

**Натрий-калийлі насос *қайтымды*  
жұмыс істейді, яғни**

$$AD\Phi + \Phi_H = AT\Phi$$

**Белсенді тасымалдау кезінде  
АТФ ыдырау қуаты  
пайдаланылса, оны  
біріншілей белсенді тасымал  
дейді.**

Жасушаға өтетін  $2K^+$  иондарына  
 $3Na^+$  иондары шығарылады.

Сонымен жасушаның іші теріс, ал  
сырты оң заряд болып,  
мембрананың екі жағында  
потенциал айырмашылығы  
туады.

Белсенді тасымалдану жүйесінің көмегімен құрылған заттың концентрация градиенті мембранада химиялық және электрохимиялық потенциалдар айырымын түзейді, осының әсерінен олардың концентрация градиентіне қарсы басқа заттардың тасымалдануы жүзеге асырылады. Мұндай транспорт екіншілей белсенді тасымал деп аталады.

Басқа иондардың концентрация  
градиенті есебінен жүретін  
тасымал - екіншілей белсенді  
тасымал д.а.



*Иондардың екіншілеі белсенді  
тасмалдануының үш түрі бар:*

*□ Унипорт*

*□ Симпорт*

*□ Антипорт*

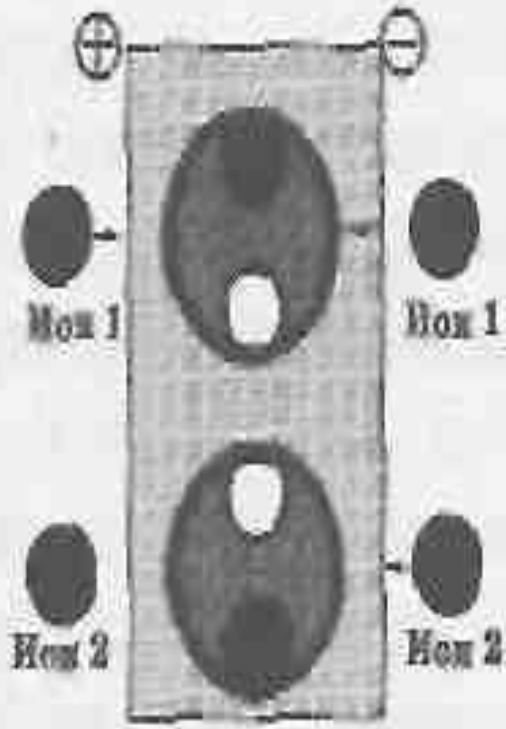
Унипорт деп – мембранада электр потенциалдарының болуынан зарядталған бөлшектердің потенциалдың аз мәніне қарай *тек бір бағыттағы тасымалдануы* жүзеге асырылады

*Симпорт деп* – қарама қарсы  
зарядталған иондардың бір  
бағытқа қарай тасмалдануы.

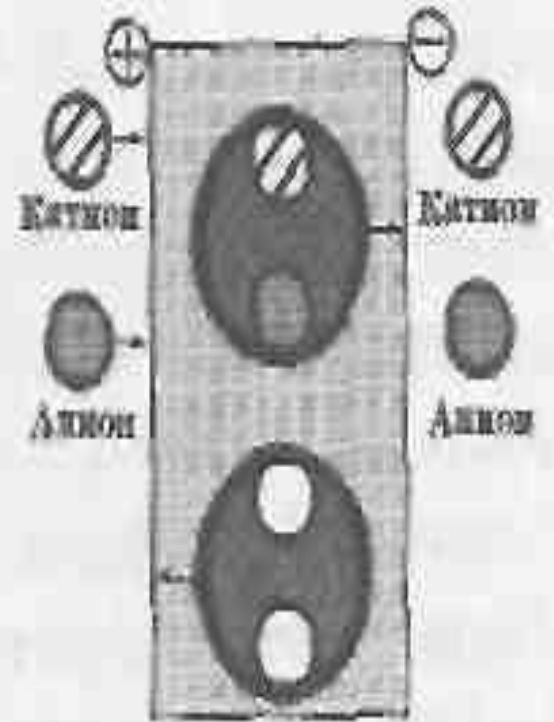
Антипорт деп- әр типтегі  
бірдей зарядталған иондардың  
әр түрлі жаққа қарай  
тасымалдануы.



Ушипорт



Антипорт



Симпорт

•Мембрана арқылы зат тасымалының бұзылуы *патологиялық* процестерге әкеледі.

•Оны емдеу жасуша мембранасы арқылы өтетін дәрі-дәрмектің енгізілуіне байланысты.

•Заттың тасымалдануын сипаттау үшін *электрохимиялық потенциал* түсінігінің маңызы зор.

- **Владимиров Ю.А., Проскурнина Е.В. Лекции по медицинской биофизике, Москва 2007ж., 317- 330 беттер; 346-372 беттер**
- **2. Тиманюк В.А., Животова Е.Н. Биофизика, Киев, 2004ж. 368- 380 беттер**
- **3. А.Н. Ремизов «Медицинская и биологическая физика» М. Дрофа, 2004ж.**
- **4. Антонов В.Ф. Биофизика, М., 2006 ж.**

## *Бақылау сұрақтары (кері байланыс):*

- 1. Иондар тасымалдауының қандай механизмдерін білесіз?**
- 2. Заттардың арналардағы иондық тасымалдануының механизмі қандай?**
- 3. Биологиялық мембраналар арқылы активті тасымалдануы қалай жүреді?**