

Биологиялық мембраналардың қызметі

**Өздігінен өмір сүретін, дамитын
және көбейетін элементар тірі
жүйе - тірі жасуша.**

Жасушаның жасушалық оргanelлдің өмір сүруінің басты шарттары мыналар:

- 1) Қоршаған ортамен салыстырғанда автономдылығы, яғни жасушаның заттары қоршаған ортаның заттарымен араласпауы керек, жасушада және оның жеке бөліктерінде өтетін химиялық реакцияның өзін-өзі (автономдық) басқару мүмкіншілігі сақталуы қажет.
- 2) Қоршаған ортамен байланыс. Жасуша мен қоршаған ортаның арасындағы байланыс энергия мен зат алмасуының реттелген түрде үздіксіз жүруі;
- 3) Қоршаған ортадан оқшаулануы (автономдығы) және сол ортамен тығыз байланысының бірлестігі- тірі ағзаның барлық деңгейдегі ұйымдасу қызметінің (функциясының) басты шарты. Сондықтан жасушаның өмір сүруінің басты шарты-яғни өмірдің негізі-ол биологиялық мембраналар.

Биологиялық мембраналардың негізгі үш қызметі:

- бөгеттік (барьерлік),
 - матрицалық
 - механикалық.

Бөгеттік (барьерлік) қызметі
мынада: қоршаған ортамен
жасушаның арасында
таңдамалы (селективті),
кезекпен, белсенді (активті)
және енжар (пассивті) зат
алмасу процесстері жүреді.

Матрицалық - мембранадағы ақуыздардың орналасуын, олардың бағытын және өзара ұтымды әсерлесуін қамтамасыз етеді.

Механикалық - жасушалар және жасуша ішіндегі құрылымдар берік болып өзін-өзі басқаларды (автономды).

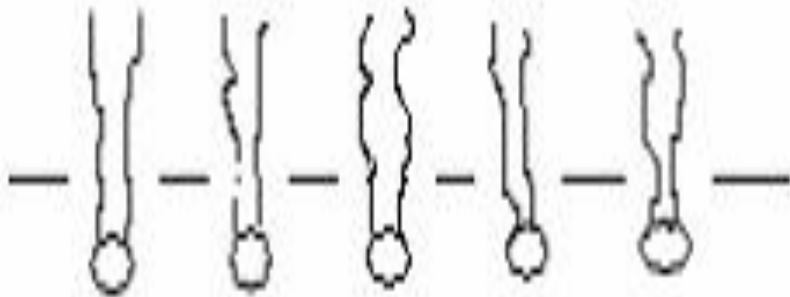
Сонымен қатар биологиялық мембраналар тағы да мынадай қызметтер атқарады:

- энергетикалық-митохондрийдің ішкі мембраналарында АТФ-ті синтездеу және хлоропласт мембранасында фотосинтездеу;
- биопотенциалдарды өндіру және оларды тарату;
- рецепторлық (механикалық, акустикалық, иіс сезу, көру, химиялық, жылулық рецепция) және т.б. қызметтер.

БИОЛОГИЯЛЫҚ МЕМБРАНАЛАРДЫҢ ҚҰРЫЛЫСЫ.

Биологиялық мембрана құрылысының алғашқы моделін 1902 жылы Отвертон деген ғылым ұсынды. Ол мембрана арқылы липидтерде жақсы еритін заттар тез өтетінін байқаған.

ПОЛЯРЛЫҚ ЕМЕС ОРТА:
(ауа немесе май)



Полярлық орта (су)

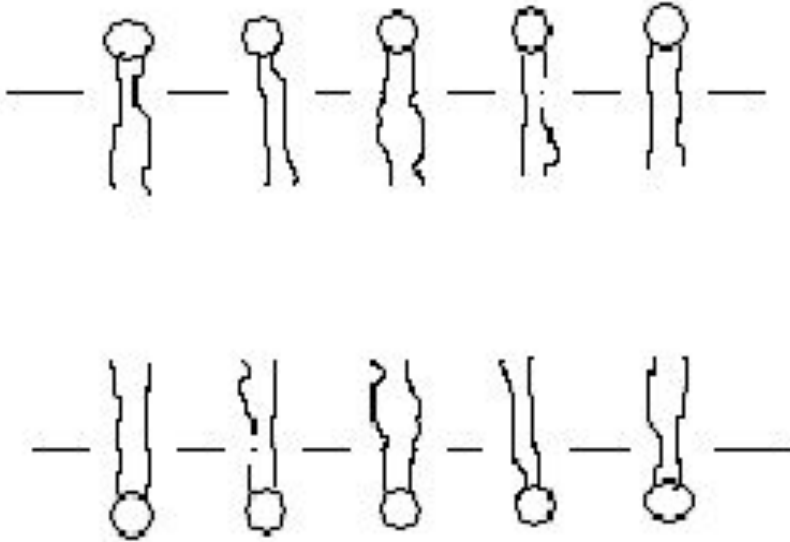
Осыны басты негізге ала отырып мембраналар фосфолипидтердің жұқа қабатынан тұрады деген идеяны ұсынған.

Осы бетте фосфолипидтердің полярлық бастары суда болса, полярлық емес ұштары ауада немесе майда болады.

- **1925 жылы Гorter мен Грендель гемализденген эритроциттерден липидтерді ацетонмен шығарып алып оны судың бетінде буландырған. Одан кейін пайда болған липидтердің бірмолекулалық үлбісінің (пленка) ауданын өлшеген. Осындай зерттеудің нәтижесінде мембранадағы липидтер қосмолекулалық (бимолекулалық) қабат құрайды. Осындай зерттеулердің нәтижесінде мембранадағы липидтер қосмолекулалық деген (а-суретте) қортындыға келген.**

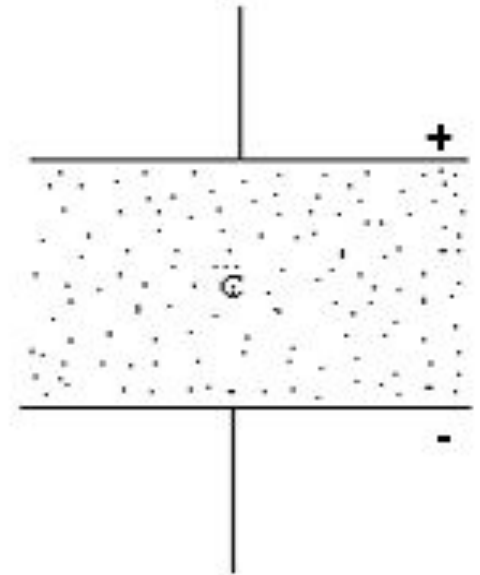
а)

Электр олит



Электр олит

б)



Биологиялық мембраналарды электрсиымдылық (конденсатор) деп қарастыруға (б-сурет) болады.

*

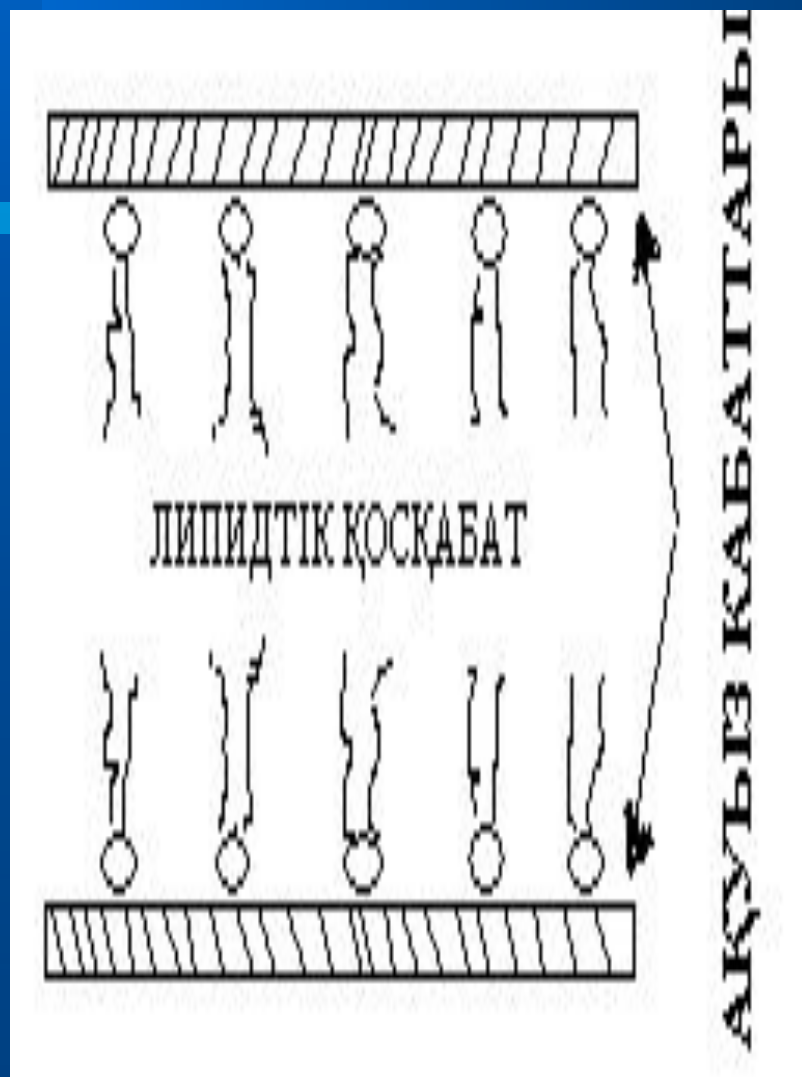
Жазық конденсатордың сиымдылығы

$$C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}$$

Осыдан мембрананың липидтерінің қалыңдығына сәйкес келетін конденсатор астарларының арақашықтығын табуға болады.

$$d = \frac{\varepsilon\varepsilon_0}{C_m} = \frac{8,85 \cdot 10^{-12}}{0,5 \cdot 10^{-2}} \text{ м} = 3,5 \text{ нм}$$

Осы нәтиже липидтердің полярлық емес ұштарының ұзындығына жуық болғандықтан оны липидтер қабатының қалыңдығы деп те атайды. Бірақ мембрана липидтік қосқабат қана емес. Мембранада ақуыз (белок) молекулалары да бар. Мысалы: жасуша мембранасының беттік керілу коэффициентін өлшегенде (ақуыз-су $\delta=10^{-4}\text{н/м}$), липидтер мен су шекарасының беттік керілу коэффициентінен ($\delta=10^{-2}\text{н/м}$) аз болған. Осындай қарама-қайшылық Даниэл мен Девсонның моделінде жойылды. Бұл модельді «бутерброд» моделі дейді.

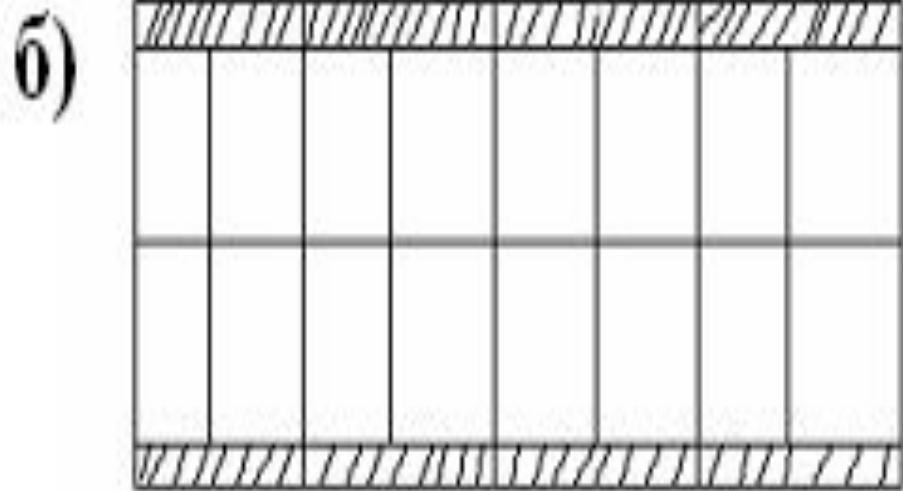
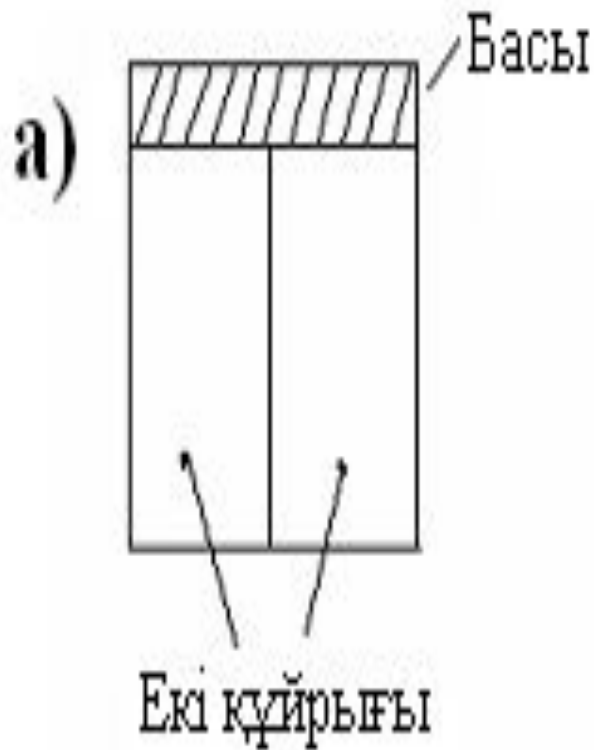


1972 жылы Сингер мен Никольсон биологиялық мембрананың сұйықтық-мозаикалық моделін ұсынды.

Осы модель бойынша биологиялық мембрананың негізі - қосқабатты фосфолипидтің ішінде ақуыздар орналасқан. Ол ақуыздар алтынға батырылған асыл тас сияқты орналасқан. Ақуыздар сыртқы (перифериялық) және интегралды болып екіге бөлінеді (4-сурет). Қалыпты физиологиялық жағдайда липидтер сұйық күйде болады. Осы қасиетті мембрананың ішіндегі ақуыздарды жүзіп жүрген фосфолипидтермен теңестіреді. Бұл мозаикалық модельдердің осындай қасиетін химиялық анализде дәлелдеген.

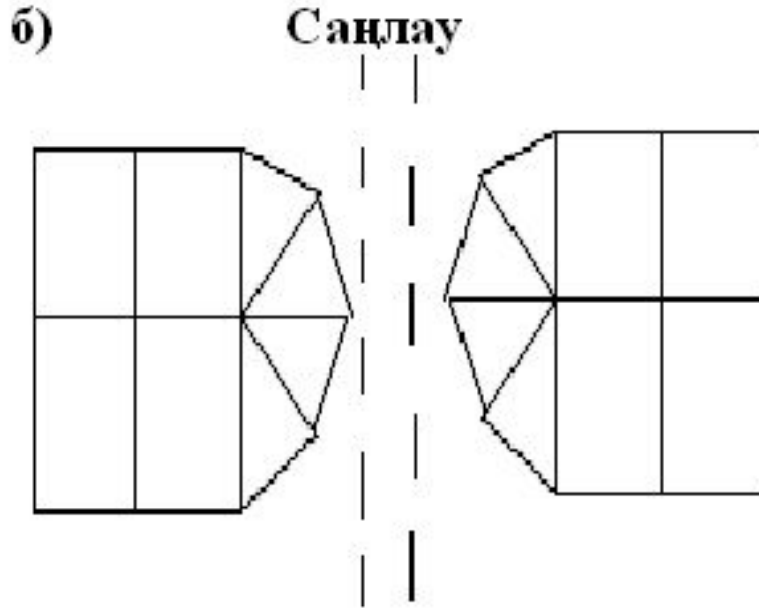
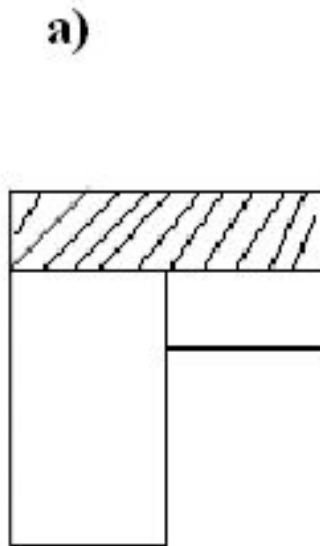
Биологиялық мембрананың химиялық құрамы:

- 1) фосфолипидтер;
- 2) ақуыздар;
- 3) гликопротеидтер;
- 4) көмірсулар болды.



а) Қосқұйырықты фосфолипид молекуласы кескінінің сызбасы

б) Осы молекулалардың мембраналық қосқабат құруының сызбасы



а) біркүйрықты фосфолипид молекуласы кескінінің сызбасы.

б) біркүйрықты молекулалардың мембранада саңлау түзеуінің сызбасы.

Фосфолипидтер молекуласының полярлық бастары-гидрофильді (сумен әсерлеседі), ал полярлық емес құйрықтары-гидрофобты (сумен әсерлеспейді). Фосфолипид молекуласының екі құйрығы болады.

Липосомдар деп тұзды су бетіне құрғақ фосфолипидтерді шашу арқылы алынған фосфолипидтер көпіршігін (везикулдар) айтады. Қосмолекулалы липидтер мембранасы өздігінен жинақталады. Полярлық емес гидрофобты құйрығы мембрананың ішіне қарай бағыттталып, олардың бірде-бірі су молекулаларының полярлық ұштарымен жанаспайды. Сонымен қатар қос молекулалардан тұратын (көпқабатты липосомдар) сфералық емес көпмолярлық липосомдар алуға болады.

БИОЛОГИЯЛЫҚ МЕМБРАНАЛАРДЫ ЗЕРТТЕУ ӘДІСТЕРІ.

Қалыпты жағдайда (температура, қысым және қоршаған ортаның химиялық күйі) биологиялық мембрананың липидтік фазасы сұйық күйде болады. Ол флюоресценттік анализ, электрондық-парамагниттік резонанс және ядролық-магниттік резонанс әдістерімен зерттеу арқылы дәлелденген.

Флюоресценттік анализ

мембранадағы фосфолипидтер молекулаларының қозғалғыштығын, мембрананың липидтік фазасындағы микро-тұтқырлығын анықтауға мүмкіншілік жасайды. Мембрананың тұтқырлығын флюоресценция спектрінің өзгерісі арқылы және поляризацияланған жарықпен жарықтағанда флюоресценттік сәуле шығарудың Р-поляризация дәрежесімен де анықтауға болады.

*

Электрондық – парамагниттік резонанс

Магнит өрісіндегі атомға жиілігі ν электромагниттік толқын әсер етсін.
Электромагниттік толқынның энергиясы мынаған тең:

$$\hbar\nu = \mu_{\delta} \cdot g_B$$

Атом бір энергетикалық деңгейден екінші деңгейге тек қана белгілі бір жиілікте ғана өтеді, олай болса бұл резонанстық сипат алады. Энергетикалық деңгейлерге өту атомдардың магнит моментіне байланысты болады.

Ядролық-магниттік резонанс - деп тұрақты магнит өрісіндегі парамагниттік ядролардың электромагниттік толқын энергиясын жұтуы кенет өтетін құбылысты айтады. Парамагниттік ядролардың магниттік моменті болады, мысалы, ${}^1_1\text{H}^1$, ${}^{13}_6\text{C}^{13}$, ${}^{31}_{15}\text{P}^{31}$ және т.б. Кейбір ядролардың магниттік моменті болмайды, мысалы: ${}^4_2\text{H}^4$, ${}^{16}_8\text{O}^{16}$, ${}^{12}_6\text{C}^{12}$ және т.б. Биологиялық объектілерде парамагниттік ядролар аса көп. Мысалы ${}^1_1\text{H}^1$ -протондарды ЯМР-та қолдануға болады.

Ол үшін әсер етуші электромагниттік
толқынның энергиясы мынаған тең болуы
керек:

$$\hbar\nu = g_{\text{я}} \mu_{\text{я}} B$$

Мұндағы $g_{\text{я}}$ - Ланденің ядролық көбейтіндісі,
 $\mu_{\text{я}}$ - ядро магнетоны.

Флюоресценттік, ЭПР және ЯМР әдістері арқылы мембранадағы фосфолипидтер молекулаларының қозғалғыштығы өте үлкен, ал тұтқырлығы аз болатыны дәлелденді. Калыпты физиологиялық жағдайда мембрананың липидтік бөлігі сұйық күйде болады, оның тұтқырлығы $\eta \approx 0,3-1 \text{ Па} \cdot \text{с}$

Салыстыру үшін 200С температурадағы судың тұтқырлығын ($\eta_{\text{су}} = 0,01 \text{ Па} \cdot \text{с}$) және өсімдік майының тұтқырлығын (Кастор майы үшін $\eta_{\text{май}} = 1,2 \text{ Па} \cdot \text{с}$) қарастырайық бұдан липидтердің тұтқырлығы өсімдік майының тұтқырлығына жуық келетінін көреміз.

Липидтік молекулалардың қозғалғыштығының үлкен болуы латеральдық (бүйірден) диффузияға әсер етеді.

Латеральдық диффузия деп липидтер мен ақуыздар молекулаларының мембрана жазықтығында хаостық жылулық қозғалысын айтады.

Латеральдық диффузияда липидтердің қатар орналасқан молекулалары орындарын (секірген сияқты) өте тез ауыстырады. Осындай орын ауыстыру нәтижесінде молекула мембрана бетін жанай қозғалады.

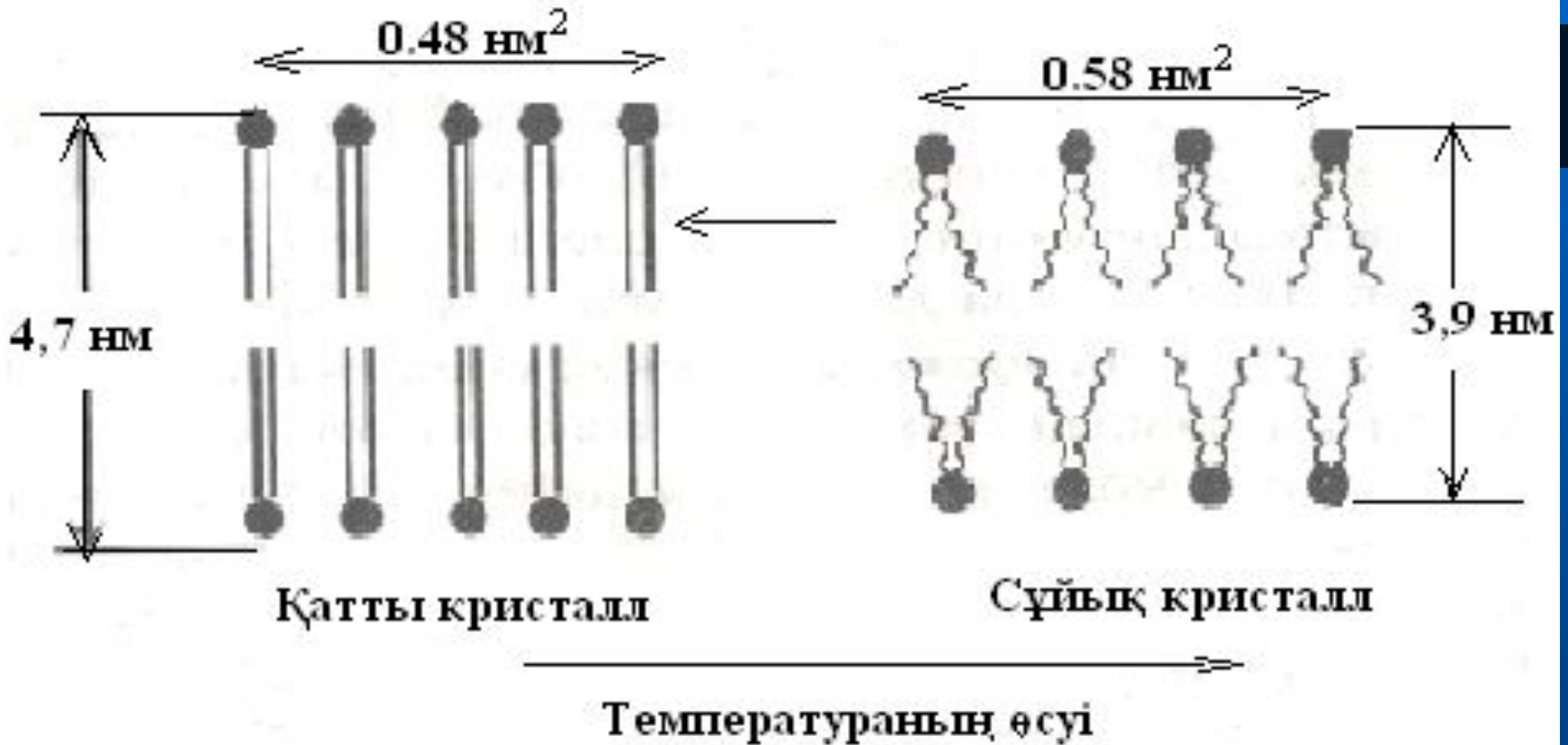
Филип-флоп -ол мембраналық фосфолипидтер молекулаларының мембранаға көлденең диффузиясы. Мембрананың бір бетінен екінші бетіне молекулалардың «секіріп» өтуін филип-флоп дейді.

МЕМБРАНАДАҒЫ ФАЗАЛЫҚ АУЫСУ.

Заттың температурасы, қысымы, химиялық құрамы өзгергенде ол агрегаттық бір күйден екінші күйге өтеді. Мысалы ол газ күйінен сұйық күйіне, немесе сұйық күйінен қатты денеге, немесе кері бағытта өтуі мүмкін.

Мысалы температура төмендегенде фосфолипидті мембрана сұйық кристаллды күйден қою (гель) күйге өтеді.

Қою күйінде молекулалар ретті орналасса, сұйық кристалды күйде олардың реті бұзылады (14-сурет). Қою күйдегі мембранада барлық фосфолипид молекулаларының көмірсутекті гидрофобты құйрықтары бір-біріне қатаң түрде параллель орналасады. Сұйық кристалда жылулық қозғалыстың әсерінен молекулалардың құйрықтары иіледі, олардың бір-біріне параллель орналасу күйі, әсіресе ортасында, бұзылады. Сондықтан мембрананың қою фазасында оның қалыңдығы 4,7 нм болса, сұйық кристалл күйдегі мембрана одан жұқа (3,9 нм) болады. Бірақ қатты кристалды күйден сұйық кристалды күйге өткенде мембрананың ауданы артады.



Мысалы қатты кристаллды мембрананың ауданы $0,48 \text{ нм}^2$ болса, сұйық кристалды мембрананың ауданы $0,58 \text{ нм}^2$ болады

БИОЛОГИЯЛЫҚ МЕМБРАНАЛАР АРҚЫЛЫ ЗАТ ТАСЫМАЛДАУ.

- Биологиялық мембраналар арқылы зат тасымалдаудың екі түрі бар: енжар (пассивті) және белсенді (активті) тасымалдау.
- Енжар (пассивті) тасымалдауда жасушадағы заттың таралымы (концентрациясы) көп орыннан (C_1), таралымы аз орынға (C_2) қарай, ал электролиттерде электр өрісінің потенциалының мәні жоғары (ϕ_1) орыннан потенциалы төменгі (ϕ_2) орынға қарай бір бағытта жүреді.

Басқаша айтқанда, ең жар тасымалдау – электрохимиялық потенциалының мәні жоғарғы (μ_1) орыннан мәні төменгі орынға (μ_2) қарай, ал белсенді тасымалдау мәні төменгі орыннан жоғарғы орынға қарай өтеді. Мембранадағы кез- келген К-затының химиялық потенциалы (μ_K) деп бір моль затты тасымалдауға шығындалған энергия мөлшерін айтады:

$$\mu_e = \mu_0 + RT \ln C_K$$

Мұндағы μ_0 – тасымалданатын заттың тұрақтысы, R – универсал газ тұрақтысы, T – абсолют температура, S_k – заттың таралымы. Заттының электрохимиялық потенциалы (μ_k) деп электр өрісіндегі 1 моль затты тасымалдаудағы қажет энергия мөлшерін айтады

МЕМБРАНА АРҚЫЛЫ ЕНЖАР (ПАССИВТІ) ЗАТ ТАСЫМАЛДАУ.

Жасушаның екі жағындағы зат таралымының өзгерісі (градиенті) диффузия құбылысымен түсіндіріледі. Диффузия деп молекулалардың хаостық жылулық қозғалысының әсерінен заттың таралымы көп орыннан таралымы аз орынына қарай өздігінен өтуін айтады.

Диффузия процесінің Фик заңы бойынша
диффузия жылдамдығы сол заттың
таралымының өзгерісіне (градиентіне)
және диффузия өтетін S ауданына тура
пропорционал:

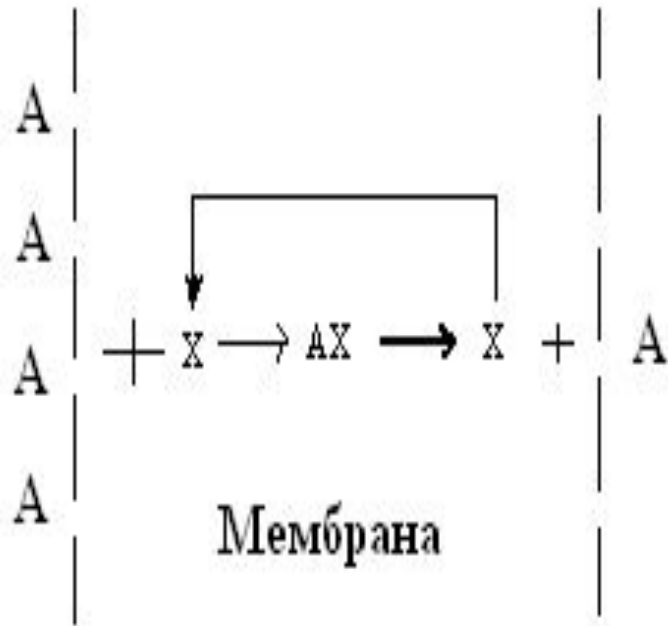
$$\frac{dm}{dt} = -A S \frac{dc}{dx}$$

А.Эйнштейн диффузия коэффициентінің
температураға тәуелділігін анықтады, ол
мынаған тең:

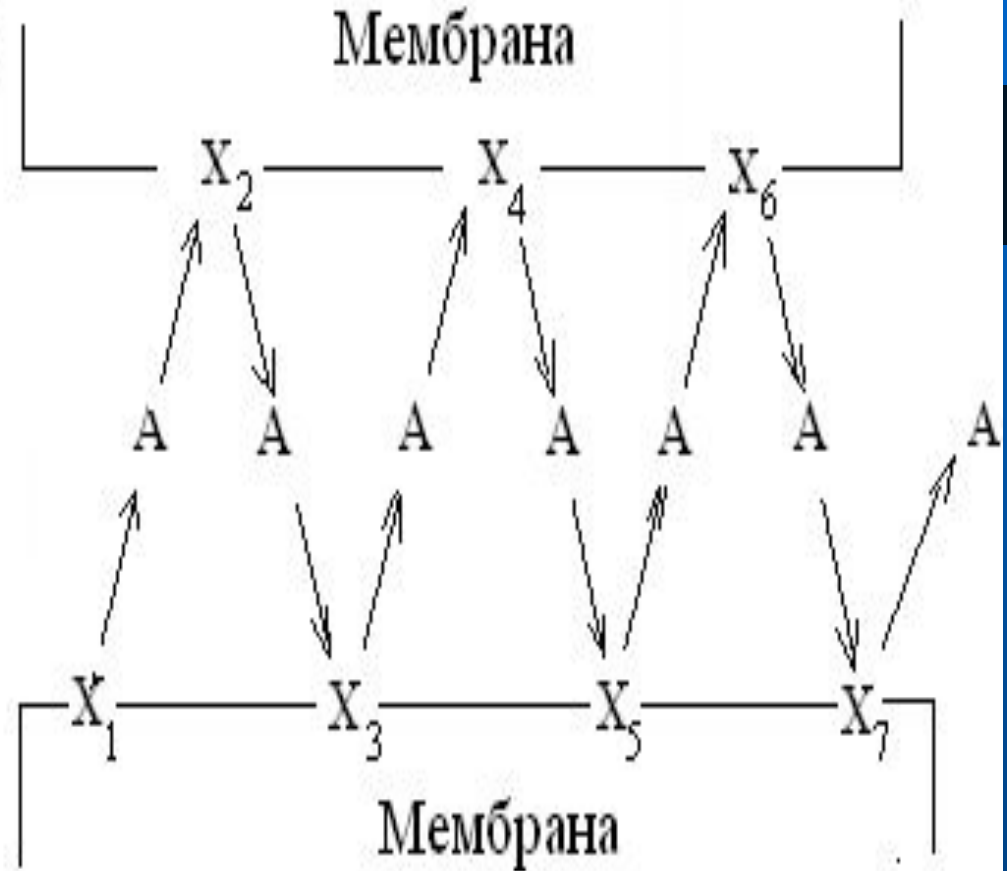
$$D = U_m \cdot RT$$

Егер диффузияланатын заттың молекулалары басқа молекулалармен кешен жасамай қозғалса, ондай диффузияны қарапайым диффузия дейді. Одан басқа жеңілденген және алмасу диффузиясы бар. Жеңілденген диффузия тасымалдағыш молекулалардың қатынасуымен болады. Тасымалдағыш заттың X молекуласы тасымалданатын заттың A молекуласымен қосылып бір кешен $AХ$ құрайды. $AХ$ кешені жасушаға қарай диффузияланады (15 а-сурет). Жасушада A молекулалары босайды, ал X -қосалқы заттың молекуласы бастапқы орнына қайта оралып, басқа молекуламен қосылады.

а)



б)



Жеңілденген диффузия қозғалыстағы тасымалдағыш молекулалардың әсерінен ғана емес, сол сияқты «жылжымайтын» молекулалардың әсерінен де болады. Тасымалдағыштар мембрананың ішінде саңлау жасай жайылады. Тасымалданатын заттың молекуласы (А) бір буыннан екінші буынға қарай сатылай қозғалады (15б сурет).

Жеңілденген диффузияның бір түрі – алмасу диффузиясы. Алмасу диффузиясында қосалқы зат диффузияланатын затпен қосылып мембрананың екінші бетіне қарай өтеді.

Қорыта айтқанда, жеңілденген диффузияның қарапайым диффузиядан мынандай айырмашылығы бар:

- а) тасымалдағыштың көмегімен заттарды тасымалдау жылдам өтеді;**
- б) жеңілденген диффузияның қаныққыштық қасиеті бар: мембрананың бір бетіндегі заттың таралымы қанша көп болғанымен екінші бетіне сол заттың молекулалары белгілі бір шамада ғана өте алады;**
- с) жеңілденген диффузияда тасымалданатын заттар арасында бәсекелік болады: бір заттың молекулалары басқа заттың молекулаларына қарағанда көп тасымалданады;**
- д) жеңілденген диффузияны тоқтатын заттар бар, олар тасымалдаушының молекулаларымен берік кешен құрайды.**

БЕЛСЕНДІ (АКТИВТІ) ЗАТ ТАСЫМАЛДАУ

Белсенді (активті) тасымалдау деп заттың электрохимиялық потенциалы аз орнынан оның көп орнына қарай тасымалдануын айтады. Мембранада белсенді зат тасымалдау өздігінен жүре алмайды. Ол аденозин-трифосфат (АТФ) қышқылының гидролиздену процесімен қатар жүреді, яғни бұл тасымал АТФ-те жинақталған энергияны шығындау есебінен болады.

Биологиялық мембранада иондық насос бар екені дәлелденді. Ол АТФ гидролизінің бос энергиясы есебінен жұмыс атқарады.

Қазіргі уақытта мембрана арқылы иондарды белсенді тасымалдайтын иондық электрогендік насостың үш түрі бар екені дәлелденді. Олар:

I – K^{+} - Na^{+} -АТФ-аза (цитоплазматикалық мембранада)

II – Ca^{2+} -АТФ-аза (саркоплазматикалық ретикулум мембранасында, Ca^{2+} - насос)

III – H^{+} -АТФ-аза немесе протондық помпа (энергия тасымалдайтын митохондрий, хлоропласт және бактерия мембранасында).

Сүзу (филтрация) деп кез келген бөлгіштің саңылауынан гидростатикалық қысымның әсерінен өтетін сұйықтың қозғалысын айтады.

Сүзу жылдамдығын $\left(\frac{dV}{dt}\right)$ Пуазейль формуласымен анықтайды:

$$\frac{dV}{dt} = \frac{\pi r^2 (P_1 - P_2)}{8\eta l}$$

Мұндағы V -сүзілген сұйықтың көлемі, t -уақыт, r -саңылаудың радиусы, l -саңылаудың ұзындығы, $P_1 - P_2$ –саңылаудың ұштарындағы қысымдардың айырмасы, η -сұйықтың тұтқырлығы.

ОСМОС. Жасушалық мембрана кейбір заттарды, мысалы суды жақсы өткізсе, кейбір заттарды нашар өткізеді. Осындай мембрананы жартылай өткізетін мембрана дейді. Жартылай өткізетін мембранадан су, негізінен, осмос арқылы өтеді.

Осмос деп жартылай өткізетін мембрана арқылы еріген заттың аз орнынан таралымы көп орнына қарай қозғалған су молекулаларын айтады. Осы қозғалысқа келтретін күшті осмостық қысым дейді. Осмостық қысым ертіндісінің және температурасына тәуелді. Оны Вант-Гоффың теңдеуімен түсіндіруге болады.

$$P = iRCT$$

Мұндағы R-универсал газ тұрақтысы, C-ерітіндінің таралымы, *i*-изотониялық коэффициент, T-абсолют температура.