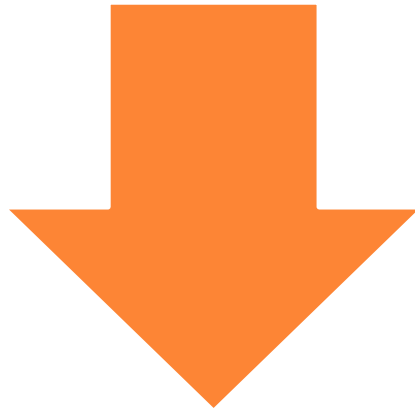


**ТРЕКТИ МЕМБРАНАЛАРДЫ АЛУ:  
ИОНДАРДЫҢ ЗАТ АРҚЫЛЫ ЖҮРУІ**





Мембраналық  
технология



Иондардың  
зат арқылы  
жүруі



□ Біздің заманда — жаңа технологиялардың прогрессивті дамуы мен барларының жетілдірілуі уақытында адамзатқа көбірек пайдалы бола тұра, залалы ең аз болғаны өте қажет. Әр түрлі өндірістердің экологиялығы мен экономиялығына деген бар және әрдайым өсіп отыратын талаптар мембраналық технологиялардың сұранысқа ие болуы мен олардың дамуының жоғарғы динамикасын қамтамасыз етеді.



□ Төменгі энергия шығындарында жоғары тиімділікпен, аз материалды сыйымдылықпен, мобильділікпен, модульді структура мен қарапайым басқарумен ерекшеленетін заттарды бөлудің мембраналық әдістерін пайдаланатын технологиялардың өзектілігі, олардың белсенді даму мен жартылай функционалды тәжірибелік пайдалануға бағытталған жаңа перспективті ғылымды қажетсінетін технологиялар секторына жататындығын шарттайды.



□ Айта кетері, қазіргі уақытта бір ғана мембранаология ғылымының шеңберінде жеке салалар мен индустриялар қалыптасқан мембраналық технологиялар бойынша деректер көзі айтарлықтай көлемде жиналған. Барлық полимерлі мембраналар ішінен осы оқу құралы шеңберінде тректі мембраналарға ерекше көңіл бөлетіндігіміз жай емес.



Үдеткішті тректі мембраналарды алу сәтінен бастап 50 жылда тәжірибе жүзінде полимерлі пленканы сәулелендіру технологиясы өзгеріссіз қалды, бірақ геометриясы мен өлшемдері бойынша түрлі тректерді және салдары ретінде берілген жақсартылған сипаттары бар фильтрлейтін материалдар жасауға мүмкіндік беретін латентті тректерді өндеудің айтарлықтай вариациялары пайда болды. Соңғы он жылдықта тректі мембраналарды пайдалану спектрінің кеңеюінде үлкен жетістіктерге иелендік және егер оның бастапқыдағы пайдаланымы тек фильтрация мен ядролық детекторлармен шектелсе, қазір нанотехнологияның қарқынды даму дәуіріне жаңа ионды-тректі мембраналық технологиялар эрасы енді.

□ Тректі мембраналар негізіндегі фильтрлік элементтер ауыз суды микробиологиялық және басқа да ластанулардан тиімді тазарту үшін жаппай қолданылады. Ядролық тректі мембраналарды пайдаланатын суды тазартудағы әдеби деректер мен патентті құжаттарды талдау осы технологиялардың едәуір потенциалы мен шектелмеген мүмкіндіктерін көрсетеді. ТМ негізіндегі жеке фильтрлік элементтер ауыз су, техникалық және ерекше таза суларды пайдалану үдерісі кезінде пайда болатын мәселелердің логикалық шешімі ретінде қарастырылуы мүмкін. Бұл суды тазартудың дәстүрлі жүйелерімен салыстырғанда ионды-тректі мембраналық технологиялардың бірнеше артықшылықтарымен шартталған: бастапқы судың құрамының толқулары кезіндегі тазарту сапасының тұрақтылығы, құрылғылардың ықшамдығы, олардың автоматтандырылуының жоғарғы деңгейі, төменгі эксплуатация шығындары. Тректі мембраналар химиялық және микробиологиялық жағынан ғана емес, сонымен қатар макро- және микроэлементтік құрам жағынан да физиологиялық қамтылған ауыз суды алуға мүмкіндік береді.

- Қазақстан Республикасында тректі мембраналар өндірісі Ядролық физика Институтының Астаналық филиалындағы ауыр иондар үдеткіші ДЦ-60 негізінде жүзеге асып жатыр. Циклотрондық кешеннің бірден-бір технологиялық кешені полимерлі пленканы сәулелендіру технологиялық үдерісін жоғары кәсіби деңгейде жүзеге асыруына мүмкіндік береді. Технологическая лаборатория в составе ускорителя ДЦ-60 үдеткіші құрамындағы технологиялық лаборатория сәулеленіп отырған материалдың сапасын қадағалайды, сонымен қатар тректі мембраналар модификациясына, олардың нанотехнологияда пайдаланылуына және т.б., бағытталған тректі мембраналар негізінде фильтрациялық элементтерді құрастыру аяғында ғылыми-зерттеу ізденістерін жүргізеді.

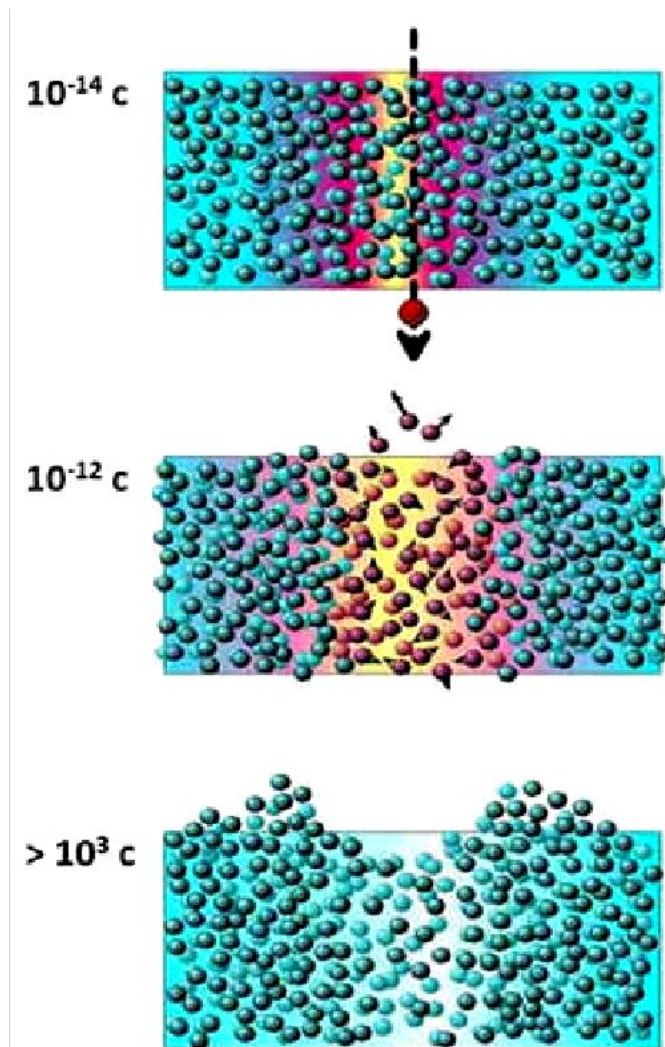


## Иондардың зат арқылы жүруі

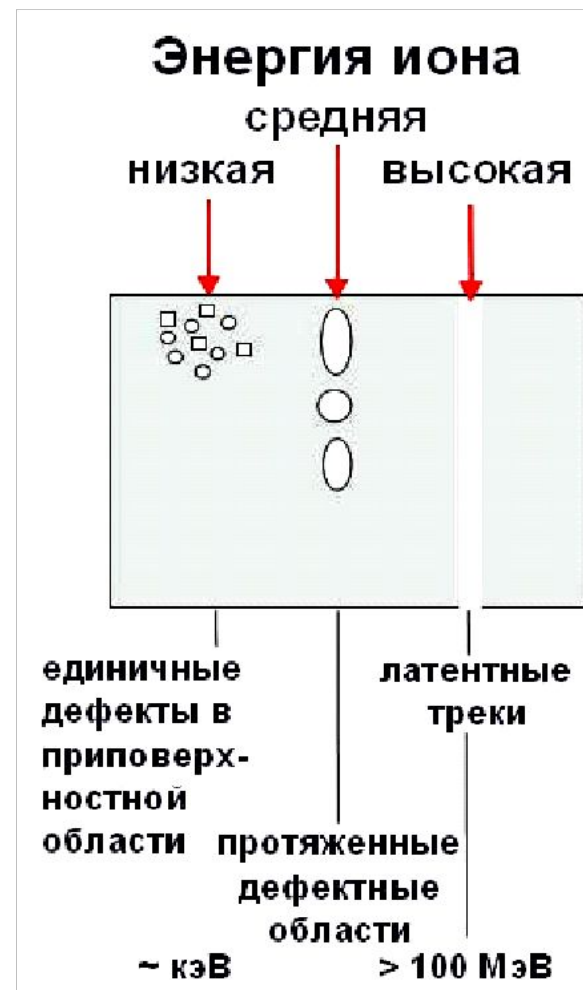
- Жоғары энергиясы бар иондардың затпен өзара әрекеттесуі кезінде, онда ретсізделген аймақтар пайда болады (1а сурет), оның зақымдану дәрежесі сәулелендіруші ионның энергиясы мен түріне байланысты. Төмен энергиялар кезінде (кэВ шамасында) беттің үстіңгі аймағында дара ақаулар түзіледі (түйінаралық атомдар және бос орындар). Орташа энергиялар кезінде (МэВ шамасында) созылған ақаулық аймақтар пайда болады (ақаулар тізбегі). Жоғары энергиялар кезінде (жүздеген МэВ) полимерлік пленканың барлық қалыңдығында латентті тректер қалыптасады (1б сурет).







а



б



- Қозғалушы ион мен заттың атомдары арасындағы өзара әрекеттесу электрмагнитті болып табылады және ол үш үрдіске бөлінеді :

1

- Ионның ядросының заттың атомдарының электрондық қабықшасымен өзара әрекеттесуі.

2

- Ионның электрондарының заттың атомдарының ядроларымен өзара әрекеттесуі.

3

- Ион ядросының заттың атомдарымен өзара әрекеттесуі.



- Бұл үрдістердің энергия жоғалтудағы үлесі иондар жылдамдығымен анықталады. Заряды  $Z_1$  ионның сипаттамалық жылдамдығы ретінде қарастырылады:  $V=V_0$  см/с – сутегі атомының бірінші орбитасындағы электронның жылдамдығы (бірінші «бор» жылдамдығы);  $V=V_0 \times Z_1^{2/3}$  – атомның аралық орбитасының біріндегі электронның жылдамдығы;  $V=V_0 \times Z_1$  – атомның К-қабықшасындағы электрон жылдамдығы.



- $V > V_0 \times Z_1$  кезінде бірінші үлгідегі электрмагниттік өзара әрекеттесулер басым болып табылады. Ионның энергиясы заттың атомдарын иондауға және қоздыруға жұмсалады. Бұл саладағы иондардың меншікті тежеу қабілетін есептеп шығару Бете-Блох формуласына негізделеді:

$$-\frac{dE}{dx} = \frac{4\pi n_e Z_1^2 e^4}{m_e V^2} \left( \ln \frac{2m_e V^2}{I} - \ln(1 - \beta^2) - \beta^2 \right)$$

мұндағы

$m_e$ ,  $e$  – электронның массасы мен заряды;  $V$ ,  $Z_1$

– ұшып келуші ионның жылдамдығы мен заряды;

$n_e$  –  $1 \text{ см}^3$  тежегіш ортаның электрондар саны;

$\beta = V/c$ , мұнда  $c$  – жарық жылдамдығы;

$I$  – тежегіш орта атомдарының иондалуының орташа потенциалы.



- $V \sim V_0 \times Z_1^{2/3}$  кезінде энергия шығынындағы шешуші рөлді орта атомдарының электрондарын ионмен қармау үрдісі ойнайды, бұл ион зарядының азаюына әкеледі. Ион заряды ядро зарядынан әлі өте қатты ерекшеленбей тұрғанда, меншікті тежегіш қабілеті үшін үлкен энергиялар кезіндегідей анықталады (3.1 формула), тек  $Z_1$   $Z_{eff}$  – пен алмастырылады (көп зарядты ионның тиімді заряды).

$$Z_{eff} = Z_1 \left( 1 - A \exp\left(-BV / V_0 Z_1^{2/3}\right) \right)$$

А және В коэффициенттері эксперименттік мәліметтерді нақты сипаттау үшін, әдетте, бірлік мәнге жақын етіп таңдалып алынады. Тиімді зарядты анықтауға арналған екі негізгі формула бар: Браун-Моук және Пирс-Блан формулалары.



- Төмен энергиялар аймағында ион зарядының өзгеріске ұшырайды және ионның электрондары заттың атомдарының ядроларымен өзара әрекеттеседі ( $V < V_0 \times Z_1^{2/3}$  кезінде), содан соң ( $V < V_0$  кезінде) ион ядроларының заттың атомдарымен өзара әрекеттесулері басталады. Төмен энергиялар аймағында ( $V < V_0$  кезінде) иондардың әрекеттерін Линдхард сипаттап берген. Линдхард теориясына сәйкес, жалпы энергия шығыны екі құраушы бөліктен тұрады: электрондық және ядролық, әрі олардың қосындысы болып табылады .



Электрондық және ядролық энергия шығынының толық энергияға үлесінің мысалы ретінде уран-235 бөліну жарқыншақтарының поликарбонатпен өзара әрекеттесуінің есептеулерін келтіруге болады. Оған сәйкес, ядролық құраушы төмен энергиялар аймағында басымдылыққа ие ( $E < 0,01$  МэВ/м.а.б.).  $0,1$  МэВ/а.е.м. артық энергиялар кезінде электрондық құраушының үлесі  $E$ -ден квадратты түбір тәрізді өсіп, максимумға жетеді және содан кейін  $1/E$  тәуелділігіне бағынып түседі.



□ Ядролық өзара әрекеттесулер аймағы қашықтықтың соңында шамамен 1 мкм құрайды деп санау қабылданған. Ұшып келуші ионнан заттың атомына берілетін энергия ионның массына, зарядына және жылдамдығына тәуелді. Атомдық соқтығысулармен затта пайда болатын бұзылу, соғылған атомдардан және түзілген бос орындардан тұрады. Энергия затқа не ионның өзімен атомдардың иондануы жолымен (алғашқы иондану), не ұшып келуші ионмен заттың атомдарынан босатылып шығарылған үлкен энергиясы бар, тректің осынен әртүрлі қашықтықтарда (босатылған электрон энергиясына байланысты) заттың иондануын өткізетін (екінші реттік иондану) электрондармен ( $\delta$ -электрондар) иондану жолымен беріледі деген қорытынды шығаруға болады. Бейорганикалық материалдар үшін латентті трек аймағы алғашқы иондану нәтижесінде құрылады деп есептеледі. Полимерлер үшін – екінші реттік иондану нәтижесінде

