

№ 12 дәріс

Адсорбция үдерісі

Адсорбция – қатты заттың (**адсорбенттің**) бетінде бір немесе бірнеше газ және сұйықтық компоненттерінің талғампаз сіңірілу процесі.

Тұтас фаза (газ, сұйықтық) құрамындағы сіңірілетін компонент **адсорбтив**, ал адсорбент құрамындағы **адсорбат** деп аталады.

Басқа диффузиялық процестерден адсорбция процесінің ерекшелігі, ол қатты кеуек дене (сорбент) бетінде қанықпаған беттік күштердің адсорбцияланатын молекулалардың күш өрістерімен әсерлесуі нәтижесінде жүреді. *Беттік күштердің әлсіреуі нәтижесінде адсорбция процесі жүйенің энтропиясы мен бос энергиясын төмендетеді. Сондықтан адсорбция процесінде энергия бөлінеді.* Бөлінетін жылудың шамасы бетпен адсорбцияланатын молекулалардың әсерлесуіне тәуелді болады. Осы себепті адсорбция процесі физикалық және химиялық болып жіктеледі.

Физикалық адсорбция Ван-дер-ваальс күштеріне негізделеді. Физикалық адсорбция – қайтымды процесс. Бұл процесте бөлінетін жылу мөлшері булану жылуына сәйкес келеді. Жылу мөлшері жай молекулалар үшін 1-5 ккал/моль, ал үлкен молекулалар үшін 10-20 ккал/моль құрайды. Химиялық адсорбцияда сорбент бетінде химиялық әсерлесулер жүреді. Бөлінетін жылу мөлшері химиялық реакция жылуына шамалас (10-100 ккал/моль) болады. Химиялық адсорбция температура жоғарылаған сайын артады. Керісінше температураны жоғарылатқанда физикалық адсорбция кеміп, десорбция процесі артады. Химиялық адсорбция қайтымсыз. Адсорбция – талғампаз процесс.

Адсорбция процесі өнеркәсіпте газдарды кептіру мен тазалауда, газдарды бөлуде, химия өндірісіндегі ағынды суларды тазартуда, мұнай фракцияларын тазалауда, органикалық сұйықтықтар мен ауаны кептіруде, аналитикалық мақсаттарда (хроматография әдісінде) қолданылады. Адсорбция процесінің қалдықсыз технологияны іске асыруда маңызы ерекше зор. Әр түрлі компоненттерді талғампаз сіңіруіне байланысты адсорбция процесі – **бөлу әдістерінің ішіндегі ең тиімді әдіс**. Сонымен бірге адсорбция процесі гетерогенді химиялық (каталитикалық немесе каталитикалық емес) реакцияларды жүргізуде негізгі кезеңдердің бірі болып табылады.

Адсорбция процесінің тиімділігі адсорбенттің түріне байланысты. Сол себепті адсорбентке мынадай талаптар қойылады:

- талғампаздығы;
- мейлінше жоғары сіңіру қабілеттілігі;
- құнының арзандығы мен қол жетерлігі;
- жеңіл десорбциялануы мен қайта қалпына келуі;
- жоғары механикалық беріктігі;
- жұмысқа жайлылығы, от алмауы, аппаратқа эрозиялық әсерінің аз болуы.

Адсорбенттерге қойылатын негізгі талаптардың бірі оның сіңіру қабілеттілігінің мейлінше жоғары болуы. Сол себепті адсорбенттер көбінесе кеуектілігі жоғары қатты заттар. Мөлшерлері өте кіші түйіршіктер түрінде қолданылады. Түйіршіктің мөлшеріне қарай микросаңылаулы, аралық саңылаулы (мезосаңылаулы) және макросаңылаулы болып жіктеледі.

Микросаңылаулы түйіршіктерге саңылауларының радиусы 20 \AA дейінгі түйіршіктер жатады. Түйіршіктердің *меншікті беті* $2000 \text{ м}^2/\text{г}$ құрайды. *Мезосаңылаулы түйіршіктерге* саңылауларының радиусы 20 -дан $1000\text{--}2000 \text{ \AA}$ дейінгі түйіршіктер кіреді. Олардың *меншікті беті* 10 -нан $500 \text{ м}^2/\text{г}$ құрайды. Мезосаңылаулар екі түрлі роль атқарады: тікелей адсорбция процесіне қатысады және микросаңылауларға сіңірілетін молекулаларды тасымалдайды. Саңылауларының радиусы 2000 \AA жоғары түйіршіктер *макросаңылаулы түйіршіктерге* жатады. Меншікті беті онша жетілмеген, бір грамға бірнеше квадрат метрді құрайды. Мұндай түйіршіктердің негізгі міндеті микро- және мезосаңылауларға сіңірілетін молекулаларды тасымалдау.

Фазалар арасындағы тепе-теңдік

Адсорбент концентрациясы мен адсорбцияланатын заттың парциалды қысымы арасындағы тепе-теңдік күй адсорбция процесіндегі әрбір сіңірілетін зат үшін шектік күй деп аталады.

Тұрақты температурада адсорбент концентрациясы мен адсорбцияланатын заттың парциалды қысымы арасындағы тәуелділік адсорбция изотермасы деп аталады (1-сурет).

Газ қоспасындағы адсорбцияланатын зат концентрациясы мен парциалды қысымы арасында Клапейрон теңдеуіне сәйкес тура пропорционалдық байланыс бар:

(1.1)

Тепе-теңдік концентрация сіңірілетін зат табиғатына, температураға, қысымға тәуелді. Температураны төмендетіп, қысымды арттырғанда адсорбция процесі артады. Температураны арттырып, қысымды төмендеткенде десорбция процесі артады.

Адсорбция процесінің материалдық балансы

Үздіксіз процесс үшін адсорбцияның материалдық балансы масса алмасу процесінің материалдық баланс теңдеуімен сипатталады:

(1.1)

Егер адсорбция процесі мерзімді жүрсе, онда адсорбенттегі сіңірілетін зат концентрациясы кеңістік және уақыт бойынша өзгереді. Мөлшері G газ биіктігі dh адсорбенттің қозғалмайтын қабаты арқылы $d\tau$ уақыт аралығында өтсе, оның концентрациясы dy шамасына өзгереді:

(1.2)

Бұл уақытта сіңіретін зат концентрациясы dx шамасына артады, ал адсорбенттің көлденең қимасының ауданы f , биіктігі dh қабатында сіңірілген зат концентрациясы сипатталады:

(1.3)

Осы жағдайда материалдық баланс теңдеуі сипатталады:

(1.4)

немесе

(1.5)

Адсорбция кинетикасы

Адсорбция процесінде масса алмасу қатты фазаның қатысында өтеді. Масса алмасу процесінің есептеулерін конвективті диффузия теңдеуін қолданып жүргізуге болады. Бұл теңдеудегі масса таралу коэффициентін мына теңдеулерден анықтайды:

- ламинарлы қозғалыстағы түйіршікті адсорбент үшін

(1.1)

(1.2)

- турбулентті қозғалыста

(1.3)

(1.4)

бұл теңдеулердегі Нуссельт, Рейнольдс ұқсастық сандарындағы анықтаушы геометриялық өлшем ретінде эквивалентті диаметр алынады.

- қайнау қабатындағы ұсақ түйіршікті адсорбент үшін

(1.5)

бұл өрнектегі Рейнольдс және Нуссельт ұқсастық сандары келесі формулалардан анықталады:

(1.6)

(1.7)