

ДИФУЗИОНЕ ОПЕРАЦИЈЕ

У свим процесима преноса масе јавља се феномен молекулске дифузије јер се пренос увек одвија између најмање две фазе. Дифузионе или операције преноса масе су јако сложене јер се често као истовремени процеси јављају и пренос топлоте и пренос коичине кретања (пренос топлоте претходи процесу преноса масе као припремна операција).

Дифузионе операције имају примену у раздвајању компонената неког система насталог технолошким процесом (било да се раздвајају све компоненте или оне најзначајније, дакле задатак ових операција је сепарација компоненти различитих смеша које се састоје из више фаза (фаза је физичко хемијски хомогени део система, који је од осталих делова система раздвојен граничном површином, то јест границом фаза, као на пример граница фаза код немешљивих течности.

Уопште говорећи код дифузионих операција се у међусобни контакт доводе две фазе, раздвојене граничном површином па се размена или пренос материје врши транспортом једне или више компонената из једне у другу фазу.

У операције преноса масе се убрајају:

Адсорпција – где се маса преноси из гасовите или течне фазе у чврсту фазу (или обрнуто – десорпција) – одређене компоненте из гасне или течне фазе прелазе у чврсту фазу која је обавезна за пречишћавање (производња вина, шећера, уља, алкохола...)

Кристализација – где се маса преноси из течне у чврсту фазу, долази до образовања чврсте фазе у раствору (може се развијати било у раствору или растопу, при чему се граде правилни геометријски облици чврсте фазе . кристали.

Растварање - то је процес супротан кристализацији , односно превођење чврсте супстанце у раствор – размењује се материја између чврсте материје и течности

Сушење – одређена испарљива компонента се издваја из чврсте фазе- пренос масе из чврсте у гасовиту фазу (издвајање се може вршити из пастозних и течних фаза). С обзиром да се испарљива компонента загрева овде се јавља поред преноса масе и пренос топлоте

Екстракција чврсто-течно - омоћу чистих течности се врши издвајање само одређених компонената чврсте фазе, које се преносе у течност помоћу селективног растварача- за разлику од растварања). Ова операција се зове и излуживање или испирање

Апсорпција – где се компоненте гасне фазе размењују са течном фазом и може се дешавати у оба смера и користи се најчешће код пречишћавања или издвајања компонената из гасних смеша (једна или више компонената из гаса се раствори у течности или обрнуто

Екстракција течност-течно – где се одређена компонента из једне течне фазе преводи у другу течну фазу при чему се основне фазе не мешају, а компоненте фаза се могу мешати (екстракција масти и уља и ароматичних материја

Дестилација и ректификација - подразумева пренос масе између течне и гасовите фазе. Дестилација се изводи у једном ступњу, превођењем испарљивих компоненти у гасовиту фазу, после чега се врши кондензација паре богате лакше испарљивом компонентом. Ректификација је вишеступно поновљен процес дестилације са кондензацијом (континуалан процес) – производња алкохола.

Укување – Пренос масе из гасовите у течну фазу, при чему остаје повећана концентрација компоненти у течној фази

Пренос масе представља кретање једне компоненте неке смеше из области више у област ниже концентрације (уvek у смеру опадања концентрације. Последица преноса масе је промена концентрације система у коме се пренос одиграо.

Сам систем може бити једнофазан или вишефазан па се код вишефазног система разматра појава такозванг међуфазног преноса масе који се одвија до постизања равнотежних концентрација у фазама, док се код једнофазног преноса масе пренос масе одвија до изједначавања концентрација по целој запремини фазе.

Разлика између преноса масе и преноса топлоте или количине кретања је у томе што до преноса масе може доћи само у вишекомпонентним системима док се пренос топлоте и пренос количине кретања може јавити и код једнокомпонентних система.

Транспорт материје није увек повезан са транспортом топлоте па на основу ове чињенице постоји класификација дифузионих операција на:

- **ИЗОТЕРМСКЕ** (апсорпција, адсорпција, екстракција) код чијих се проучавања основна физичка слика процеса добија познавањем брзине састава (концентрације).
- **НЕИЗОТЕРМСКЕ** (дестилација, ректификација, укување, кристализација, сушење), за чије је познавање потребно и познавање температуре.

Заједничко за све наведене процесе је пренос (транспорт) материје из једне фазе у другу и она се врши у правцу изједначавања концентрације (постизање концентрационе равнотеже). Како је процес преноса масе суштински уско везан за са процесом дифузије, све наведене операције се називају дифузионе операције, дакле пренос масе (дифузија) је појава која доводи до спонтаног изједначавања концентрација.

Као пример може се навести суд са течном материјом у коме је растворена нека материја чија је концентрација у левом делу суда већа (C_1) у односу на десни угао суда (C_2) - $C_1 > C_2$. Молекули растворене материје се крећу хаотично у свим смеровима, где су доминантни смерови са лева на десно и са десна на лево. С обзиром да је $C_1 > C_2$ више молекула ће прелазити са лева на десно, тако да ће концентрација у левом делу суда опадати, а у десном делу расти, све док се ове концентрације не изједначе ($C_1 = C_2$). Оног момента када се концентрације изједначе кроз посматрану равну ће у оба смера прелазити исти број молекула, а концентрација се више неће мењати. Дакле дифузија је неповратан физички процес, који престаје по изједначавању концентрација.

Пренос масе је спонтан, неповратн процес размене материја између фаза хетерогеног система, које нису у стању физичко-хемијске равнотеже (тј. до спонтане размене материја долази због физичког хемијске неравнотеже).

Овде се могу уочити неке аналогije везане за процесе преноса:

1. Код преноса количине кретања једнакост притисака у свим фазама представља услов механичке равнотеже, а с обзиром да је погонска сила преноса количине кретања разлика притисака (Δp), услов механичке равнотеже је $\Delta p=0$ односно $p_1=p_2$;
2. Код преноса топлоте погонска сила је разлика температура(ΔT) , па је услов топлотне равнотеже $\Delta T=0$, тј, једнакост температура $T_1=T_2$;
3. Код преноса масе погонска сила је разлика хемијских потенцијала(концентрација) (ΔC), па је услов хемијске равнотеже једнакост концентрација (хемијских потенцијала) ($C_1=C_2$).

Пренос масе је сложен процес. Да би материјални делић прешао из једне у другу фазу потребно је да:

- прође кроз део сопствене фазе, до граничне површине и од граничне површине кроз другу фазу – овај процес транспорта с назива ПРЕЛАЗ МАТЕРИЈЕ,
- прође кроз саму граничну површину, а транспорт на граничној површини се назива ПРОЛАЗ МАТЕРИЈЕ

Механизми транспорта материје су различити одвијају се :

- МОЛЕКУЛСКОМ ДИФУЗИЈОМ – као пренос материје између фаза путем основних честица (молекула) које граде материју,
- КОНВЕКТИВНОМ ДИФУЗИЈОМ- као пренос материје између фаза путем агрегата честица макроскопских честица-група молекула) и увек постоји када постоје течна и гасовита фаза

Без обзира колико ће током неког процеса бити присутна конвективна дифузија, увек ће се део процеса одвијати молекулском дифузијом. Код гасова и течности присутна су оба механизма, док је код чврстих материја процес сложенији. У оквиру фаза једног система могу бити присутне материје које се не размењују, већ су само носиоци материје које се размењују.

Код свих процеса тј. операција преноса масе важе основне кинематске законитости физичко-хемијских процеса:

$$Q' = K \cdot A \cdot \Delta$$

$$q = K \cdot \Delta; v = \frac{\Delta}{R}; K = \frac{1}{R}$$

Q' - количина пренете масе (размењене материје);

A – површина која раздваја фазе;

K – коефицијент пропорционалности (коефицијент преноса материје);

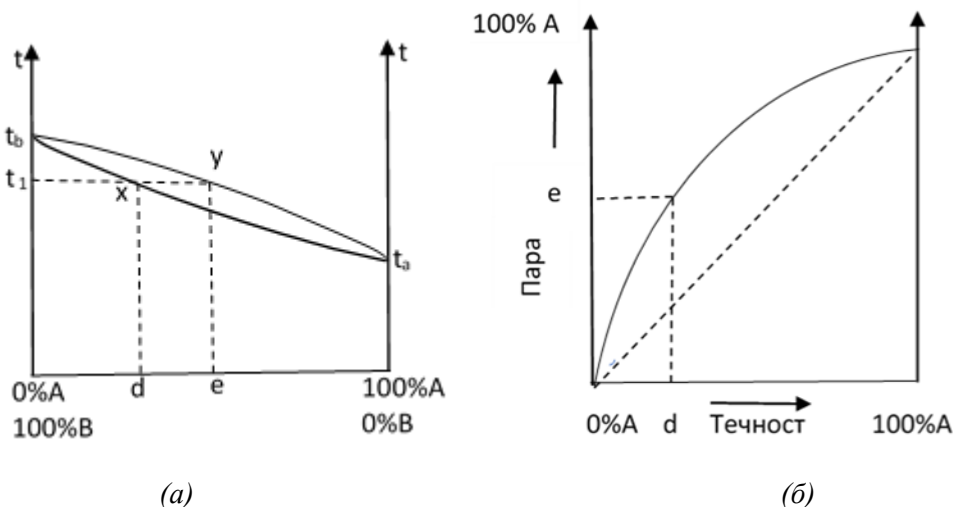
v – брзина процеса размене;

R – отпор транспорту материје.

Да би се одредиле погонске силе (Δ и K) за разне дифузионе операције, теорија преноса масе проучава

- физичко-хемијске особине вишекомпонентних и вишефазних система;
- законе равнотеже фаза, који омогућавају одређивање равнотежних концентрација и правац одвијања процеса;
- кинетику процеса преноса материје и њену примену на разне дифузионе процесе

Да би се одредили састави течне односно парне фазе цртају се фазни дијаграми и равнотежни дијаграми на основу фазног дијаграма. Фазни дијаграм црта се тако што се на апсцису наносе концентрације компонената А и В, а на ординату температуре. Дијаграм чине две криве које се спајају у крајњим тачкама (t_a и t_b), при чему је доња крива крива кључања, а горња, крива кондензације. Дијаграм показује однос састава течности и паре бинарне смеше састављене од компонената А и В, при кључању на константном притиску, при чему чиста компонента А кључана температури t_a , а чиста компонента В кључа на температури t_b , $t_a > t_b$, односно компонента А је лакше испарљива.



Слика фазни(а) и равнотежни (б) дијаграм

Ако се течност састава d постепенио загрева на температуру t_1 доћи ће до кључања (тачка x) и први мали део паре који се издвоји имаће састав (e).

Равнотежни дијаграм се конструише на основу фазног дијаграма. То је крива која показује међусобну равнотежу концентрација у течnoj фази, према концентрацији у парној фази(исте компоненте), и то за лакше испарљиву компоненту (А).

Са дијаграма се види да концентрација у тачки (d) у течности, одговара концентрацији (e) у пари за лакше испарљиву компоненту. Равнотежни дијаграм за теже испарљиву компоненту има изглед симетричан у односу на линију идеане равнотеже.

Молски удео за компоненте А и В у раствору је:

$$x_A = \frac{n_A}{n_A + n_B}; x_B = \frac{n_B}{n_A + n_B}; n_A = \frac{m_A}{M_A}$$

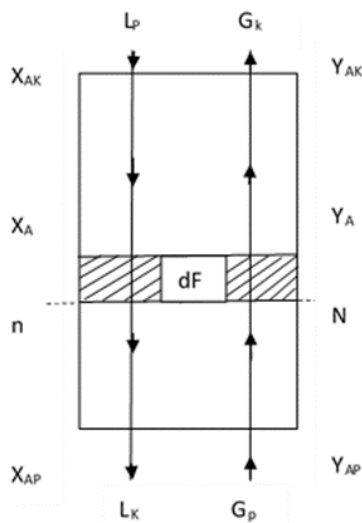
где су x_A и x_B молски удели компонената А и В у раствору.

МАТЕРИЈАЛНИ БИЛАНС ПРЕНОСА МАСЕ У СУПРОТНОСМЕРНОМ УРЕЂАЈУ

Ако имамо две фазе, гасовиту (G) и течну фазу (L) и ако се посматрана материја налази само у гасној фази, где има концентрацију (y), уколико се фазе доведу у контакт доћи ће до спонтаног транспорта материје из гасовите у течну фазу. Чим се посматрана материја појави у течној фази појавиће се и транспорт материје у супротном смеру – из течне у гасовиту фазу.

Брзина транспорта у супротном правцу расте са порастом концентрације дате материје у течној фази. Накион извесног времена брзина транспорта у оба правца ће се изједначити и успоставља се равнотежно стање између фаза (динамичка равнотежа) и више се не може уочити транспорт из једне фазе у другу. У условима равнотеже постоји одређена зависност концентрација посматране материје у обе фазе – произвољној концентрацији (x) у течној фази (L) одговара равнотежна концентрација (y) у гасној фази (G).

Материјални биланс процеса размене материја се може извести на основу анализе узајамног дејства фаза, при њиховом струјању (када су у контакту), дуж граничне површине (из којег се касније одређују радне концентрације).



Слика Биланс преноса компоненте А између гасовите и течне фазе

G - Проток инертне гасовите фазе (kg/h kg/s kmol/h

L - Проток инертне течне фазе

G_p- Масени проток полазног раствора

G_k - Масени проток крајњег (концентрисаног) раствора

x_{Ap} - Почетна молска концентрација компоненте А у течной фази ($\text{kmol}_{\text{komA}}/\text{kmol f}_{\text{aze L}}$)

x_{Ak} - Крајња молска концентрација компоненте А у течной фази

y_{Ap} - Почетна молска концентрација компоненте А у гасовитой фази

y_{Ak} - Крајња молска концентрација компоненте А у гасной фази ($\text{kmol}_{\text{komA}}/\text{kmol f}_{\text{aze G}}$)

При протицању ових фаза кроз супротосмерни уређај (на пример за апсорпцију), протоци углавном остају константни, јер на пример само једна компонента (А) из гаса прелази у течност (а она је иначе мало заступљена).

$$L_k = L_p = \text{const} \rightarrow k$$

$$G_k = G_p = \text{const} \rightarrow b$$

Укупан материјални биланс за случај када нема акумулације је :

$$\text{Излаз} = \text{улаз}$$

$$G_p + L_p = G_k + L_k$$

Материјални биланс за компоненте које се размењују (компонента А):

$$G_p \cdot Y_{Ap} + L_p \cdot X_{Ap} = G_k \cdot Y_{Ak} + L_k \cdot X_{Ak}$$

Материјални биланс за горњи део апарата (од пресека nN навише):

$$G + L_p = G_k + L$$

односно за компоненте које се размењују за исти тај део апарата:

$$G \cdot Y_A + L_p \cdot X_{Ap} = G_k \cdot Y_{Ak} + L \cdot X_A, \text{ одакле је:}$$

$$Y_A = \frac{L}{G} \cdot X_A + \frac{G_k \cdot Y_{Ak} - L_p \cdot X_{Ap}}{G} - \text{радна концентрација}$$

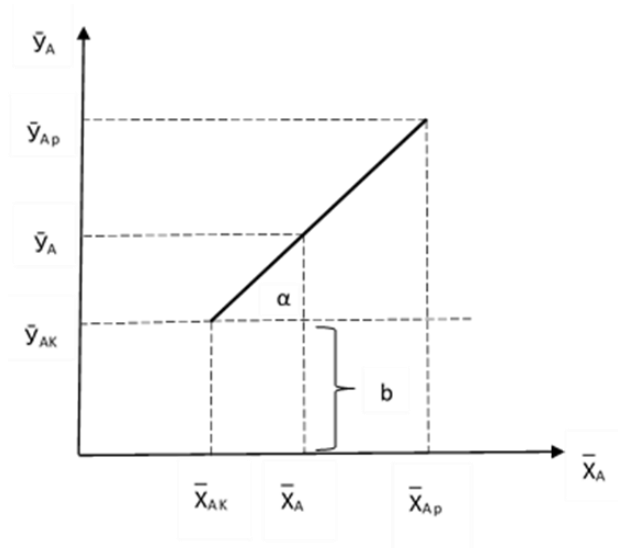
Последња једначина за радну концентрацију се може апроксимирати у једначину праве,

$$\text{ако је } L_k = L_p = \text{const и } G_k = G_p = \text{const} \rightarrow \frac{L}{G} = \text{const} = k$$

$$Y_{Ak} - \frac{L_p}{G} \cdot X_{Ap} = \text{const} = b$$

$$Y_A = k \cdot X_A + b$$

односно графички,



Слика Зависност концентрације посматране компоненте у гасовитој и течной фази

$$\operatorname{tg} \alpha = k$$

$$Y_A = K \cdot X_A + b \text{ радна линија}$$

Наведена зависност у овом случају је права линија, док би за случајеве неконстантног протока била крива линија, у сваком случају радна линија дефинише зависност радни (стварних) концентрација у уређају.

Маса се преноси из фазе где је концентрација дате компоненте већа од одговарајуће равнотежне концентрације у другој фази.

МЕХАНИЗМИ ПРЕНОСА МАСЕ

У случају концентрационе равнотеже двеју фаза, које се налазе у контакту преко граничних површина, посматрана компонента се преноси из једне у другу фазу, са тежњом изједначавања концентрација (успостављања динамичке равнотеже). Транспорт материје се може одиграти на два начина:

- Молекулском дифузијом
- Конвективном дифузијом

Транспорт материје унутар фазе одвија се молекулском дифузијом, али ако унутар фазе постоји макроскопско кретање честица, у транспорту се јавља и конвективна дифузија.

Ако су фазе (флуиди (течности и гасови) транспорт материје унутар фаза одвија се путем оба механизма. Ако је једна од фаза чврста у њој се транспорт одвија молекулском дифузијом (која је карактеристична за непокретне фазе)

С обзиром да флуиди могу струјати у ламинарном и турбулентном режиму, код турбулентног стања је најинтензивније покретање честица па је и овде конвективни пренос масе најинтензивнији и ради се о турбулентној дифузији. Код ламинарног режима се пренос масе такође дешава конвективним механизмом док се у ламинарном граничном подслоју пренос масе дешава молекулском дифузијом. Увек је пренос масе конвективном дифузијом интензивнији од молекулске дифузије.

Молекулска дифузија

У непокретној средини, у случају концентрационе неравнотеже фаза, једна компонента се транспортује из удаљених слојева те фазе до граничне површине, преноси се кроз њу, и даље се транспортују по целој запремини друге фазе. Молекулска дифузија је транспорт материје из једне у другу фазу, као последица кретања молекула (а не макроскопских делића фазе) и води порекло иод расположиве унутрашње енергије сваког молекула – обзиром да је кретање молекула мање-више неуређено, оно доводи до размене те енергије са околином (кретање енергије неодређено у свим правцима). Погонска сила молекулске дифузије је градијент концентрација.

Коефицијент дифузије (D) представља количина материје која се транспортује у јединици времена, кроз јединичну површину и при јединичном паду концентрација, по јединици дужине пута у правцу дифузије.

Физички смисао коефицијента дифузије је способност неке материје да прође кроз непокретну средину, односно константа која је аналогна коефицијенту температурне проводљивости. D се одређује експериментално и зависи од:

- Особине материје која дифундује;
- Особине средине у којој се врши дифузија;
- Температуре, концентрације и притиска.

При порасту температуре покретљивост молекула је већа па је већи и коефицијент дифузије.

Конвективна дифузија

Молекулска дифузија у непокретној средини се одвија релативно споро. Знатно је интензивнији процес када се транспорт материје врши не само услед кретања молекула већ и услед кретања саме материје у простору што представља конвективну дифузију

Конвективни пренос масе обухвата транспор материје између граничне површине и флуида који се креће или иузмеђу дав релативно немешљивљ флуида који струје у међусобном контакту. Када флуид струји преко неке површине, долази до образовања танког слоја флуида уз површину, и уз ту површину флуид струји ламинарно, тада ће целокупни пренос масе између чврсте површине и флуида који струји бити обављен молекулском дифузијом. Ако је струјање флуида турбулентно, долази до физичког кретања макроскопских делића флуида (вртложење), тако да је при турбулентном струјању присутан и конвективни пренос масе поред молекулског. Постоји више теорија преноса масе , а за све њих је заједничко следеће:

- При одијању процеса преноса масе јављају се отпори на граници обе фазе;
- Укупан отпор преносу масе је адитивна величина
- Концентрација посматране компоненте на граници фаза је у равнотежи

ФЕНОМЕНИ ПРЕНОСА МАСЕ

Пренос масе представља процес транспорта компоненте неке смеше са места више концентрације на место ниже концентрације, а одвија се у нормалном правцу у оба смера. Пренос масе се одвија аналогним механизмима као и пренос топлоте тј. механизмом кондукције и конвекције. Међутим, код преноса масе не постоји механизам који би био одговарајући механизму зрачења топлоте. Пренос масе молекулском дифузијом одвија се такође и у течностима и у чврстим телима. Овакав феномен највише је испољен у процесима преноса компоненти смеше из гасовите у течну фазу, тј. у процесу апсорпције. (Из Технолошке операције комплет).

Апсорпција

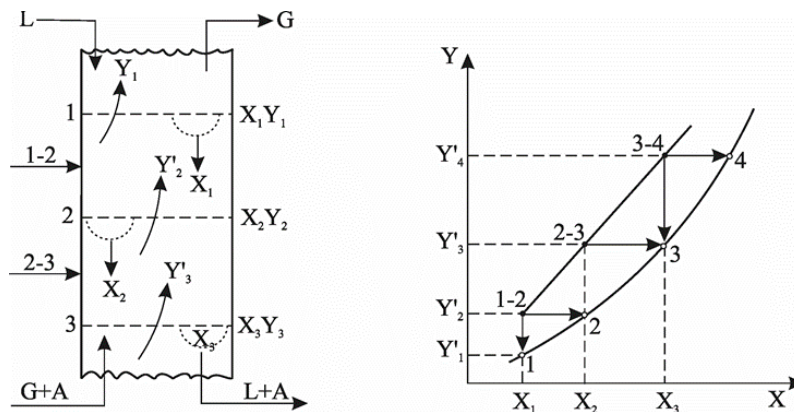
Апсорпција представља пренос масе из гасовите у течну фазу. Апсорпција представља процес којим се из гасовитих смеша раздвајају поједине гасовите компоненте на основу разлике њихове растворљивости у течностима. Та се операција данас редовно изводи континуално у противструји гасовите смеше и струје течности (растварача, апсорбенса). Контакт између њих мора бити што приснији са довољном разликом концентрација обе фазе што осигурава сталан прелаз растворене компоненте из гасовите у течну фазу.

Из добијеног раствора често је потребно апсорбовану компоненту десорбовати, а растварач регенерисати што се изводи повишењем температуре, смањењем притиска или стриповањем инертног гаса. Стриповање представља операцију супротну апсорпцији, при чему струја инертног гаса прима растворену (апсорбовану) компоненту из струје течности са којом је у контакту.

Апсорпција је често примењивана операција у технолошким процесима, на пример: прање гасова због уклањања онечишћења из њих; рекуперација испарљивих растварача из ваздуха радних просторија; добијање вредних компоненти из гасова који настају као главни или отпадни производи многих индустријских процеса (на пример хлора из отпадних гасова хлорирања), затим добијање неких компоненти из гасова који настају крековањем и при рафинацији нафте и слично.

При апсорпцији гасова разликује се физичко растварање гаса у течности (растварање кисеоника у води) и растварање уз хемијску реакцију (растварање CO_2 у растворима база). Апсорпција се разликује од процеса адсорпције која представља појаву да се на граничној површини две фазе (тј. на површини чврстог тела окруженог гасом или течности) накупља нека компонента у већој концентрацији него што је у унутрашњости суседних фаза.

Постоје два начина којима се молекули из флуидне фазе вежу на површину чврстог тела: физичка адсорпција, молекули адсорбоване компоненте држе се на површини чврстог тела Ван дер Валсовим (Van der Waals) силама и хемијска адсорпција, молекули адсорбоване компоненте реагују са молекулима адсорбенса градећи хемијско једињење. Произилази да би се равнотежна концентрација достигла у случају да обе фазе мирују и да довољно дуго остану у контакту. Уколико се обе фазе крећу тада се у апарату услед присилне конвекције успоставља низ равнотежних стања. Успостављање равнотежних стања у колонском апарату и промена концентрација фаза у колони приказана је на слици

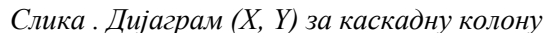


Слика Промена концентрације дуж каскадне колоне

На n -ти под колоне стално се слива смеша ($L+A$), а одоздо на тај под улази смеша ($G+A$). На том поду се услед контакта фаза одвија пренос компоненте A из фазе G у фазу L , тако да долази до промене састава обе фазе. Процес на подовима је континуалан, а због изразитих разлика концентрација између појединачних подова сваки под колоне се може посматрати као посебан апарат. Због тога, пренос масе на сваком појединачном поду представља се као један степен преноса масе у целокупном процесу колонског апарата.

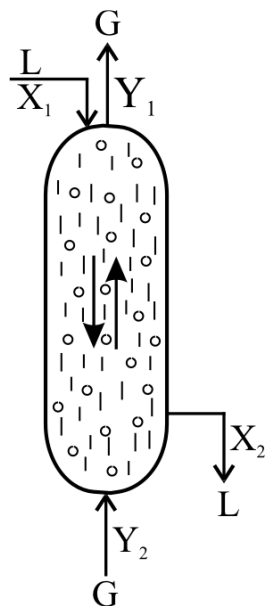
На под (2) са пода (1) долази течност L састава X_1 , на коме се меша са гасовитом фазом која долази са пода (3) и има састав Y_3 . Услед преноса компоненте A гасовита фаза осиромашујетом компонентом ($Y_3 \rightarrow Y_2$), а течна фаза се обогаћује ($X_1 \rightarrow X_2$). Тако се на поду (2) постиже равнотежно стање означено тачком (2) на равнотежној кривој дијаграма. Даље посматрано, састав G -фаза се мења са Y_2 на Y_1 на поду (1), а састав течне фазе са X_2 на X_3 на поду (3). Аналогне промене састава обе фазе се одвијају и на свим следећим подовима тј. по целој висини колонског апарата и може се "степенасто" посматрати од Y_u до Y_n , односно X_u до X_i . На поду каскадне колоне долази до прелаза компоненте A из гасовите у течну фазу, а улога пода је да се на њему прелазом компоненте успостави концентрациона равнотежа између те две фазе.

Под на коме се у потпуности успостави концентрациона равнотежа назива се идеалним подом. На такав под долазе течност и гас који нису у равнотежи, а одлазе на супротне стране противструјно, а њихов састав одговара једној тачки изотермне апсорпције.



Пренос масе углавном се одвија у апаратима-контакторима, а могућ је само уколико

Пренос масе углавном се одвија у апаратима-контакторима, а могућ је само уколико постоји разлика потенцијала тј. концентрација и траје све до успостављања равнотеже концентрација. На пример, код процеса апсорпције обе фазе течна (L) и гасовита (G) континуално противструјно протичу кроз апсорбер, како је приказано на слици .



Слика Апсорбер (контактор) са супротним токовима фаза

На врху колоне се уводи чиста L-фаза а излази осиромашена G-фаза, док на дну колоне излази обogaћена L-фаза са апсорбованом компонентом, а улази G-фаза са високим садржајем компоненте која се апсорбује у течну фазу. Ниже концентрације фаза на врху колоне по конвенцији се означавају индексом 1, док више концентрације на дну колоне индексом 2. При томе се садржај компоненте B која се апсорбује у течну фазу означава са X, а у гасовитој фази са Y и представљају масени однос компоненте B по 1kg течне фазе односно по 1 kg инертног гаса.

Материјални биланс кроз колону дат је једначином:

$$GY_2 + LX_1 = GY_1 + LX_2$$

тј. количина материје коју апсорбује течна фаза једнака је количини материје коју преда гасовита фаза. У координатном систему (X,Y) то је једначина правца који пролази кроз тачке (X1Y2; X2Y1) односно тачке (A,B) и назива се погонски правац, односно једначина правца радних концентрација:

$$\frac{L}{G} = \frac{Y_1 - Y_2}{X_2 - X_1} = \frac{\Delta Y}{\Delta X}, \text{ одакле је } Y_1 = \frac{L}{G}(X_1 - X_2) + Y_2$$

Тј, ако је $y = a x + b$, онда L/G представља тангенс угла који погонски правац (правац радних концентрација) затвара са позитивним смером X осе.

$$\frac{L}{G} = a = \operatorname{tg} \alpha$$

На овај начин могуће је одредити однос маса апсорпционе течности и инертног гаса уколико су познате радне концентрације на улазу и излазу из апарата:

и на основу које је могуће одредити однос маса гасовите и течне фазе:

$$\frac{L}{G} = \frac{Y_1 - Y_2}{X_2 - X_1} = \frac{\Delta Y}{\Delta X}$$

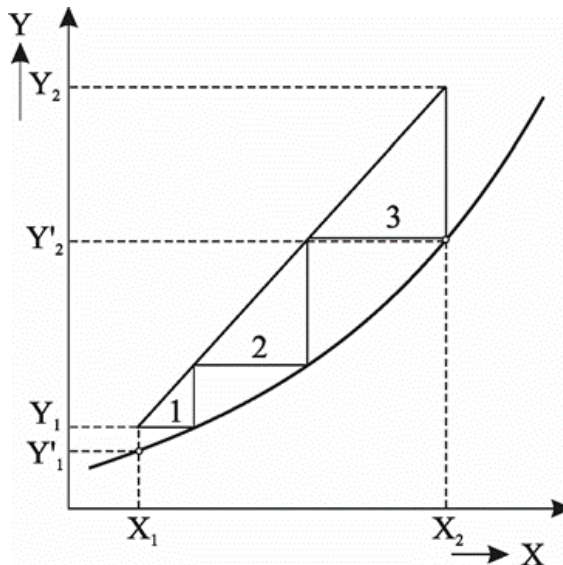
X, Y (=) kg/kg, представљају масу компоненте која се пренесе по 1 kg течности или гаса;

X_1, X_2 - нижа и виша концентрација компоненте у L фази, респективно;

Y_1, Y_2 - нижа и виша концентрација компоненте у G фази, респективно.

X и Y - представљају уделе (запреминске, масене) или молске разломке (x, y). Јасно је да се пренос масе може остварити само у случају када се систем налази у стању изван равнотеже.

Познавањем радне концентрације и података о равнотежи система могуће је одредити број степени преноса масе, који за колонски апарат уједно представља број теоријских подова колоне, а за колону са пуњењем број преносних јединица који се означава са NTU (Number of Transfer Unit). Број теоријских подова колонског апарата одређује се графичком или аналитичком методом, а напоузданије методом графичке интеграције. Поступак одређивања теоријског броја подова колонског апарата графичком методом приказан је на слици .



Слика Равнотежни дијаграм апсорпције и теоријски број подова

Према приказаном на слици графички одређени број подова би био 3.

При томе постоје два могућа случаја:

а) Концентрација компоненте А која се преноси у једној од фаза (G или L), које су у контакту, већа је од равнотежне концентрације, тј.:

$$Y > Y' \text{ или } X > X'$$

То је случај код потпуно континуалних процеса преноса масе, код којих је стално присутан концентрацијски градијент, односно разлика изизмеђу радних и равнотежних концентрација.

б) Концентрација компоненте која се преноси у апарату или у делу апарата из неких разлога нагло падне испод равнотежне концентрације:

$$Y < Y' \text{ или } X < X'.$$

Брзина дифузије представља масени проток материје кроз неку посматрану површину A , чија је дебљина δ при разлици концентрација, Δc .

$$q_m = \frac{m}{\tau} = D \cdot \frac{\Delta c \cdot A}{\delta} \left[\frac{kg}{s} \right]$$

Једначина процеса преноса масе, аналогно процесима преноса топлоте, сагласно Њутн-Фуријевом закону гласи:

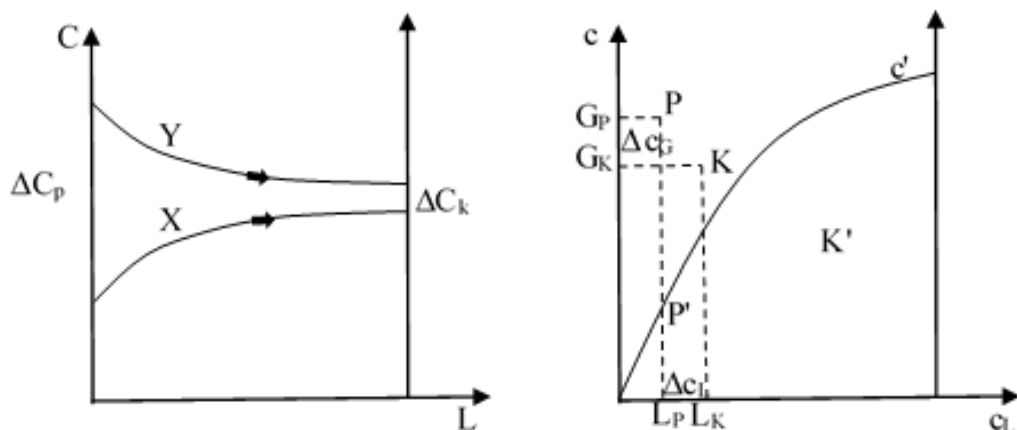
$$\frac{m}{\tau} = K \cdot A \cdot \Delta c_{sr},$$

где су: A - укупна површина преноса масе;

Δc_{sr} - средња разлика концентрација;

K - коефицијент пролаза масе.

Пренос масе, аналогно преносу топлоте, може се изводити истострујним и противструјним механизмом преноса. У индустријским апаратима процеси преноса масе углавном се одвијају механизмима принудне конвекције јер се на тај начин избегавају изузетно спори механизми молекулске дифузије. Истострујни механизам преноса масе представљен је на слици



а)

б)

Слика Механизам истострујног преноса масе а) Дијаграм средњих концентрацијских разлика б) Равнотежни дијаграм преноса масе

Ознаке:

c - концентрација компоненте која се преноси,

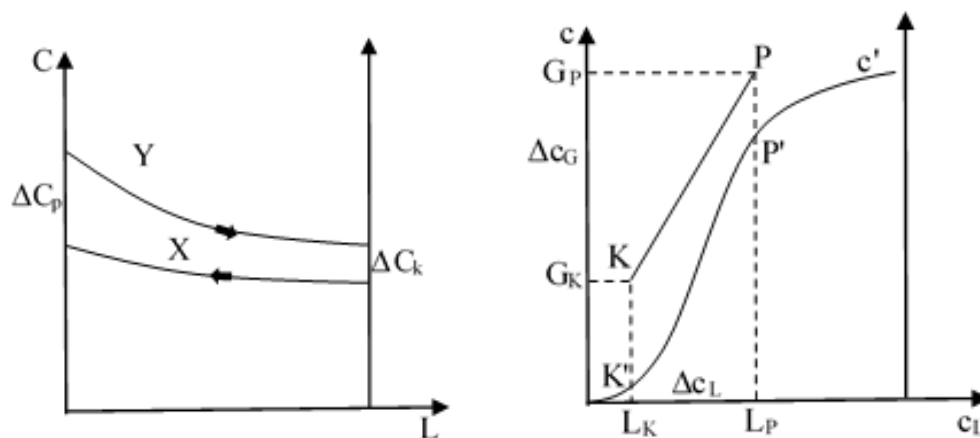
L - дужина апарата,

G, L - гасовита, течна фаза,

P, K - почетно и коначно стање, респективно,

$(')$ - суперскрипт за равнотежно стање.

Дијаграм (б) се назива равнотежни дијаграм преноса масе, гдје је основно стање система дато равнотежном кривом (c') , за концентрације c_G и c_L на ординати и апсиси. Пренос масе се одвија из фазе G , у којој концентрација опада са G_P на G_K , у фазу L у којој концентрација расте од L_P до L_K . Пренос масе се одвија из подручја више концентрације ка равнотежној концентрацији која се може достићи само у идеалном случају. Дијаграм (а) приказује промену концентрације по дужини апарата. Излазне концентрације могу се изједначити, односно равнотежно стање се постиже само у идеалном случају. То равнотежно стање може се достићи само у случају да процес траје бесконачно дуго (као и код преноса топлоте), што је за реалне случајеве извођења процеса сасвим неповољно. У пракси су много чешћи случајеви противструјног преноса масе, а механизам преноса приказан је на слици



Слика Механизам противструјног преноса масе а) Дијаграм средњих концентрацијских разлика, б) Равнотежни дијаграм преноса масе

У овом случају фазе L и G противструјно пролазе кроз апарат, при чему се фаза G мање густине уводи на дно апарата. У односу на истострујни механизам преноса уочава се мања разлика концентрација пренесене компоненте између фаза посматрано по дужини апарата, а самим тим и боље искоришћење тј. веће Δc_G и Δc_L , тј. разлике излазних концентрација између фаза код противструјног механизма преноса су много веће, док код истострујног механизма у најбољем случају оне могу бити једнаке.

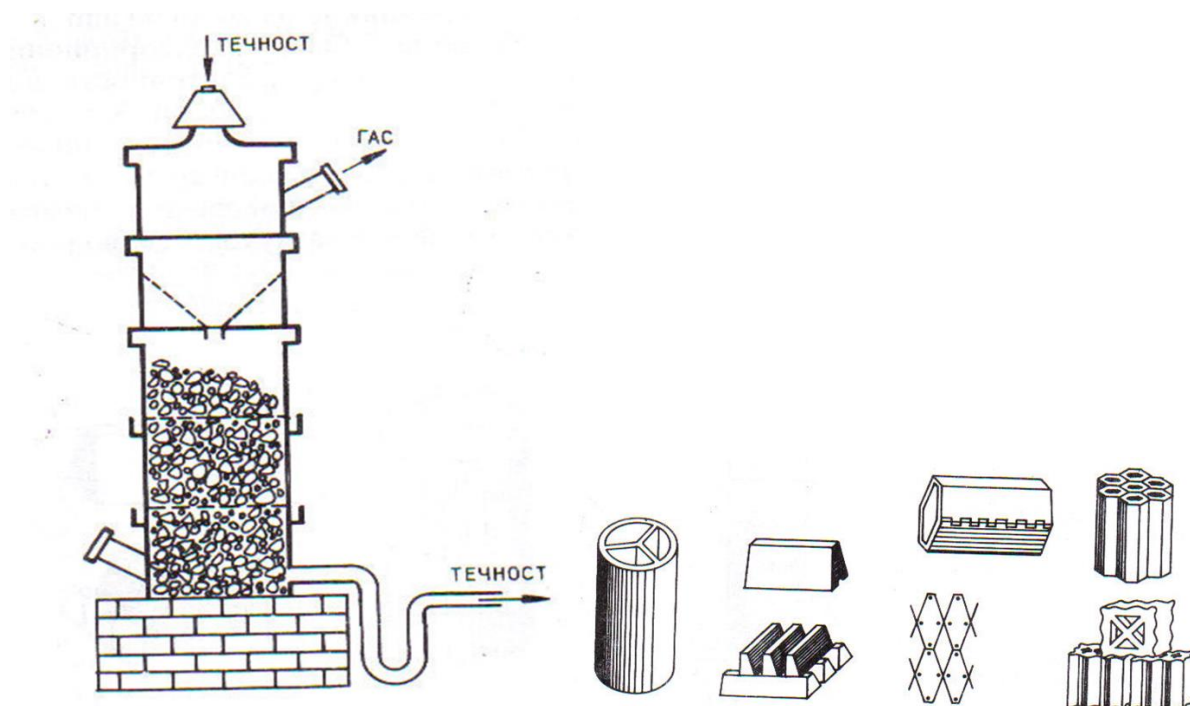
КОЛОНЕ ЗА АПСОРПЦИЈУ (АПСОРБЕРИ)

Апсорпција се изводи у уређајима који се зову апсорбери или апсорпционе колоне.

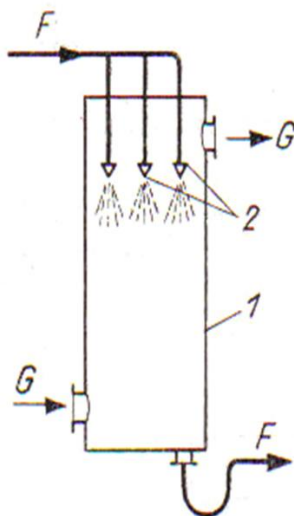
Апсорбери трба да су тако конструисани да омогуће велику додирну површину између гаса и течности, односно фаза које су у контакту. Најчешће се примењују:

- Колоне са пуњењем и
- Колоне са распршавањем

Изглед колоне са пуњењем је приказан на слици. Оне могу да буду висине и до 25м, а однос висине и пречника је најчешће 3:1. Пуњење може бити од различитих материјала, али је најчешће то керамика.



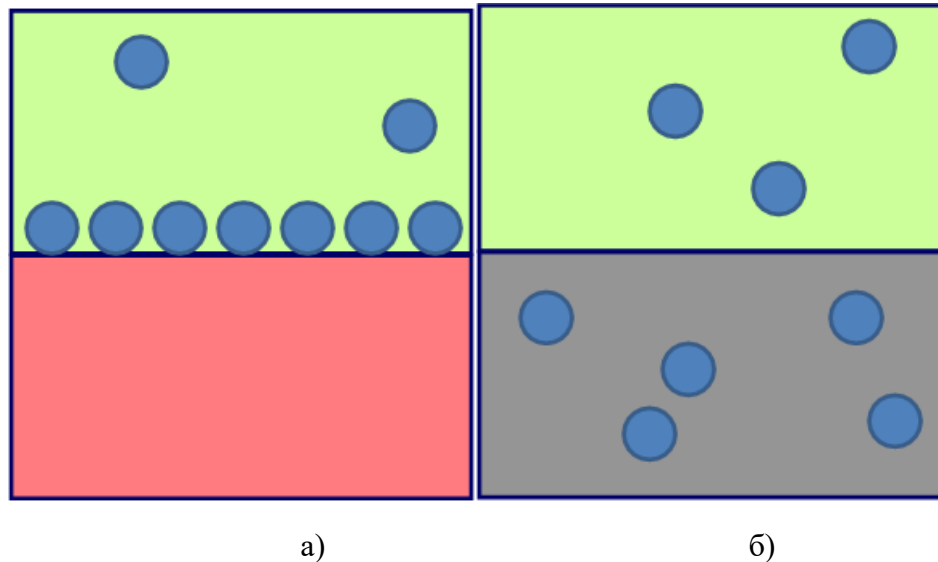
Апсорбер са распршивањем састоји се од коморе и распршивача (слика). Гасна смеша која садржи активну компоненту се уводи у апсорбер са доње стране колоне.



Слика Апсорпциона колоне са распршивањем: 1-комора, 2-распршивач, гасна смеша, Φ -течност

АДСОРПЦИЈА

Адсорпција је технолошка операција код које се на граничној површини између чврсте или течне фазе, или гасовите или течне фазе накопља нека материја из гасовите или течне фазе, у концентрацији већој од концентрације материје у гасовитој или течној смеши.



Слика Адсорпција (а) и Десорпција (б)

Адсорпција је задржавање супстанци из флуида на површини чврстог материјала (адсорбента) преко слабих интермолекулских веза. Адсорпција се примјењује за уклањање обојених материја из шећерних раствора и јестивих уља, уклањање органских материја из загађених вода, сушење и чишћење гасова, чишћење раствора (дезодоризација, деколоризација), раздвајање смеша гасова или пара, хроматографију итд.

Служи за уклањање или издвајање материја присутних у малим количинама, а које се на други начин не могу издвојити или је то прескупо

Чврста материја на чијој се површини одвија адсорпција назива се АДСОРБЕНС, а супстанца која се адсорбује АДСОРПТИВ или АДСОРБАТ

Адсорпција може бити :

- Физичка адсорпција и
- Хемијска адсорпција

Физичка адсорпција је реверзибилан процес јер се адсорптив везује за адсорбент слабијим силама, док је хемијска адсорпција нереверзибилан процес с обзиром да се током адсорпције успоставља хемијска веза између адсорбента и адсорптива. (Ван дер Валс-ове силе, реверзибилна)

Количина адсорбента која може везати адсорптив зависи од природе, адсорбента, температуре и концентрације.

Најчешћи адсорбенти су: силикагел, активни угаљ, коштани угаљ, земље забелење, активне глине, активирани алуминијум оксид и активирани боксит, магнезијум оксид, молекулска сита.