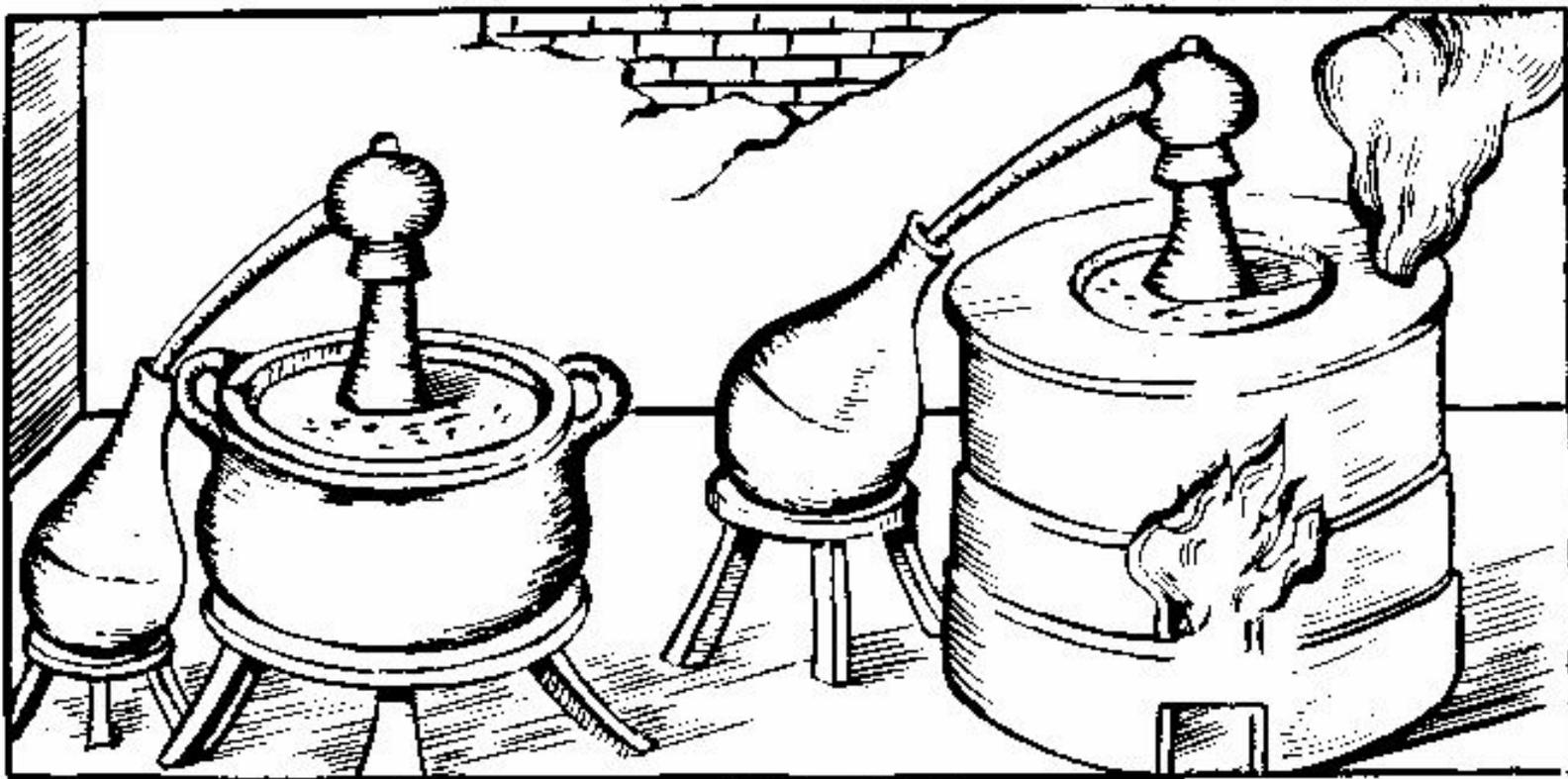


Массообменные процессы

МП - это процессы, связанные с переходом вещества из одной фазы в другую



К МП относятся:

- ❖ АБСОРБЦИЯ – избирательное поглощение газов или паров жидким поглотителем (абсорбентом). Происходит переход из газовой или паровой фазы в жидкую.
- ❖ АДСОРБЦИЯ – избирательное поглощение газов, паров или растворенных в жидкости веществ поверхностью пористого твердого поглотителя (адсорбента), способного поглощать одно или несколько веществ из их смеси. Происходит переход из газовой или паровой фазы в пористый твердый материал.

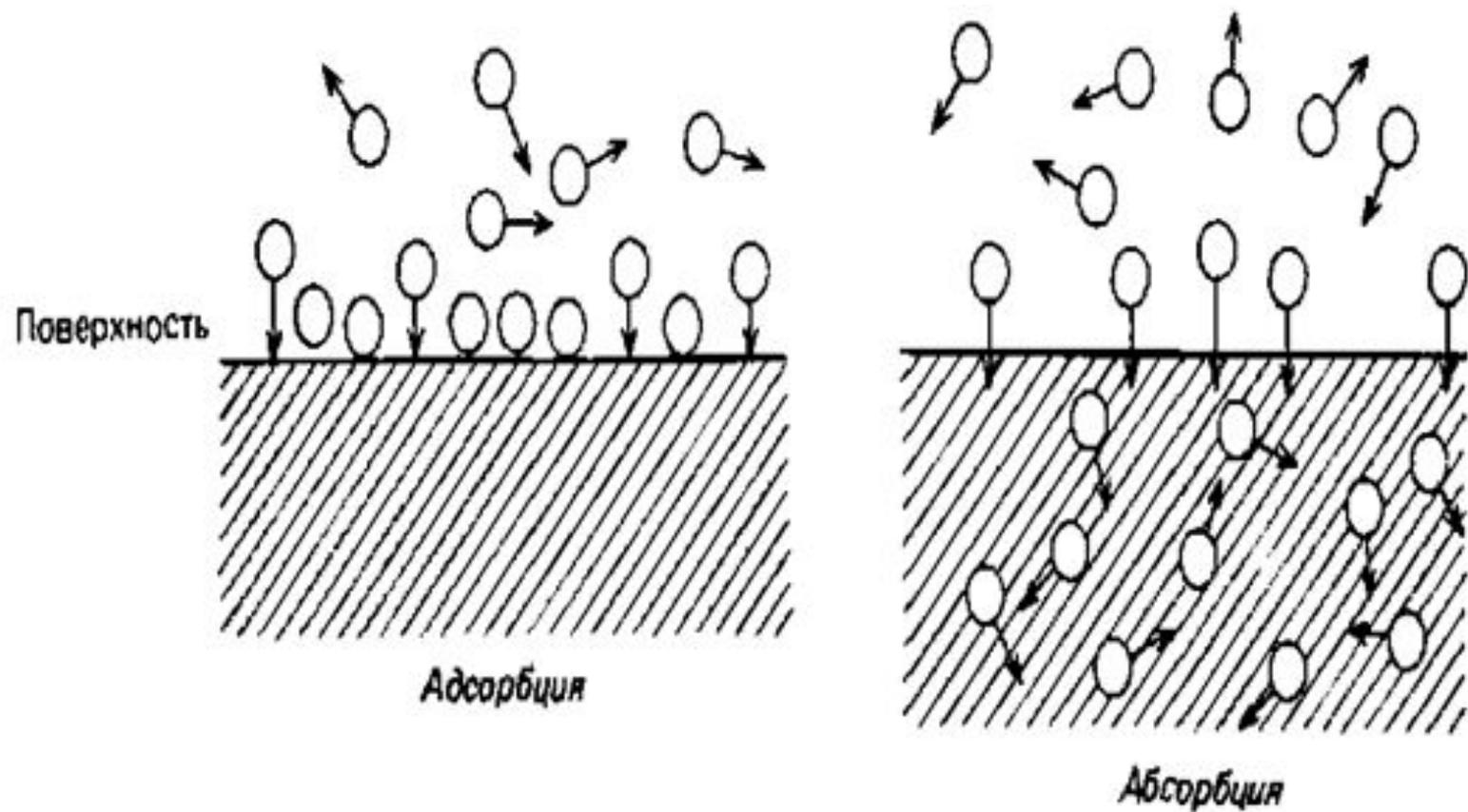
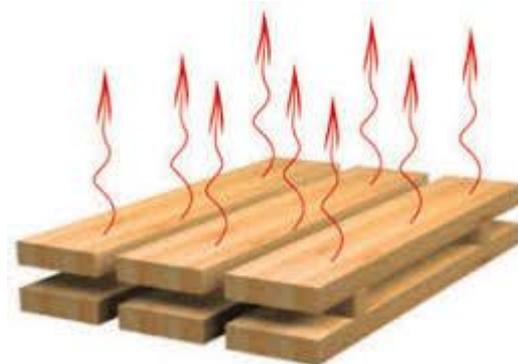


Рис. 6.40. Адсорбция и абсорбция.

❖ **СУШКА** – удаление влаги из твердых влажных материалов путем ее испарения.

Происходит переход влаги из твердого влажного материала в паровую или газовую фазу.



❖ **ЭКСТРАКЦИЯ** – извлечение растворенного в одной жидкости вещества другой жидкостью. Переход из одной жидкой фазы в другую.

❖ РЕКТИФИКАЦИЯ – разделение жидкой смеси на компоненты путем противоточного взаимодействия потоков пара и жидкости. Переход вещества из жидкой фазы в паровую и из паровой в жидкую.

❖ КРИСТАЛИЗАЦИЯ – процесс выделения компонента из растворов или расплавов в виде твердой фазы.



❖ РАСТВОРЕНИЕ – процесс перехода из твердой фазы в жидкую.



Движущая сила МП– разность концентраций между фазами.

Для любого МП характерно *состояние равновесия*.

МП *обратимы*, т.е. распределяемое вещество может переходить из одной фазы в другую.

Механизмом МП является молекулярная или конвективная диффузия.

В МП участвуют три вещества:

- 1) Первая фаза (распределяющее вещество)
- 2) Вторая фаза (распределяющее вещество)
- 3) Распределяемое вещество, переходящее из одной фазы в другую.

Процесс осуществляется в направлении равновесия и прекращается при его достижении.

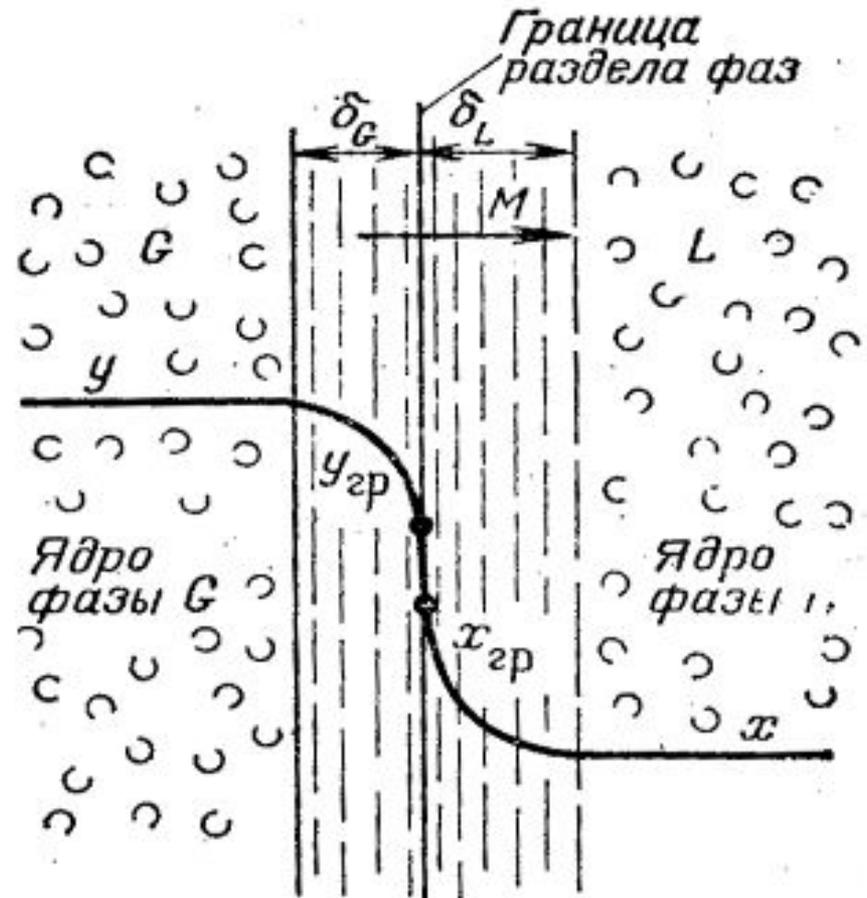
РАВНОВЕСИЕ МЕЖДУ ФАЗАМИ

G, L – первая и вторая
распределяющие фазы.

M – распределяемое
Вещество

Y- концентрация в-ва M
в фазе G

X – концентрация в-ва M
в фазе L



Связь между составом фаз при равновесии может быть выражена зависимостью $y^* = f(x)$.
Графическое изображение этой зависимости называется **линией равновесия**.

$$\Delta y = y - y^*$$

$$\Delta x = x^* - x$$

Y^*, x^* - равновесные концентрации.

Условие равновесия позволяет определить направление процесса.

Если $y > y^*$ - вещество переходит из фазы G в фазу L.

Если $y < y^*$ - вещество переходит из фазы L в фазу G.

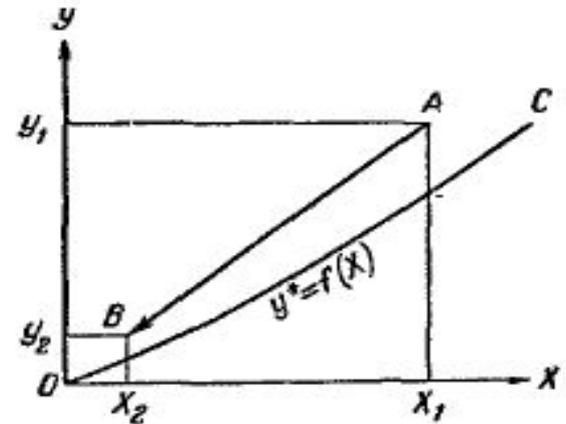


Рис. 16-1. Диаграмма $Y - X$:
ОС — линия равновесия; АВ — рабочая линия.

● МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС

$G = \text{const}$, $L = \text{const}$

Тогда количество компонента, прошедшего из фазы G составит:

$$M = G \cdot Y_H - G \cdot Y_K = G(Y_H - Y_K) \text{ КГ/с}$$

И количество компонента, перешедшего в фазу L:

$$M = L \cdot X_K - L \cdot X_H = L(X_K - X_H) \text{ КГ/с}$$

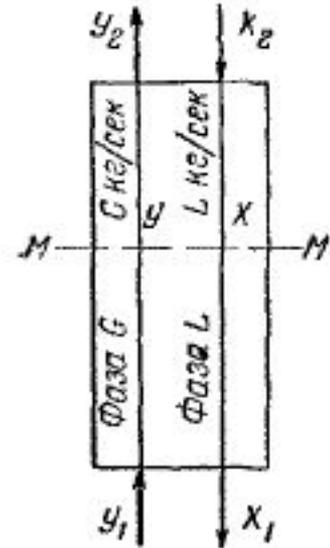
Оба эти уравнения равны, поэтому:

$$\mathbf{G(Y_H - Y_K) = L(X_K - X_H) - \text{уравнение}} \\ \mathbf{\text{материального баланса}}$$

Отсюда находим соотношения между количествами носителя в обеих фазах:

$$l = \frac{L}{G} = \frac{Y_H - Y_K}{X_K - X_H} \text{ КГ/КГ}$$

- Рассмотрим произвольное сечение аппарата, в котором составы фаз будут Y и X и напишем уравнение материального баланса для части аппарата, расположенной выше этого сечения:



$$G \cdot Y + L \cdot X_H = G \cdot Y_K + L \cdot X$$

Откуда $Y = Y_K + \frac{L}{G}(X - X_H) = Y_K + l \cdot (X - X_H)$ - **уравнение рабочей линии**

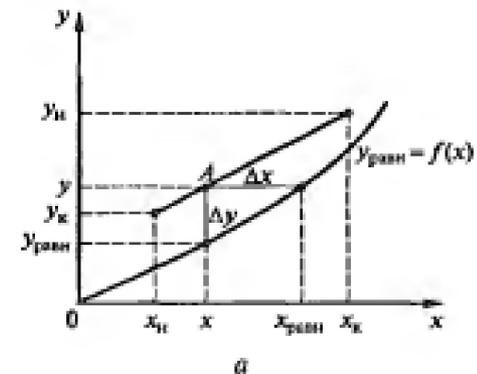
выражает зависимость между неравновесными составами фаз (Y, X) в любом сечении аппарата.

После простейших преобразований получим:

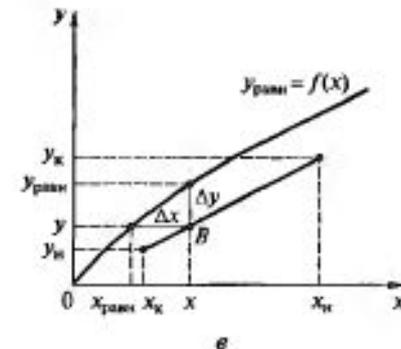
$$\frac{Y - Y_K}{Y_H - Y_K} = \frac{X - X_H}{X_K - X_H} - \text{Уравнение прямой,}$$

проходящей через точку А с координатами (X_K, Y_H) и через точку В с координатами (X_H, Y_K) .

- На рисунке рабочая линия расположена выше линии равновесия, т.е. рабочие концентрации распределяемого компонента в фазе G выше равновесных концентраций и компонент переходит из фазы G в фазу L.



- Если компонент переходит из фазы L в G, то рабочие концентрации в фазе G ниже равновесных, в этом случае рабочая линия расположена ниже линии равновесия.



УРАВНЕНИЕ МАССОПЕРЕДАЧИ

$$M=KF\Delta$$

где M - количество вещества, перешедшего из одной фазы в другую, кг/сек

K - коэффициент массопередачи,

F - поверхность соприкосновения фаз, m^2

Δ - движущая сила процесса массопередачи.

Количество вещества, переходящее из одной фазы в другую, пропорционально поверхности соприкосновения фаз и движущей силе процесса.

- $$K = \frac{M}{\Delta F} \text{ (кг/м}^2 \cdot \text{сек} \cdot \text{(ед. движ. силы))}$$

Коэффициент массопередачи выражает количество вещества, переходящее из одной фазы в другую за единицу времени через единицу поверхности соприкосновения при движущей силе, равной единице.

Если движущая сила выражается в виде разности объемных концентраций (Кг/м^3), то

$$\Delta = C^* - C$$

Тогда: $M = K_c \cdot F \cdot (C^* - C)$

$$(C - C^*) \text{ рабочая конц. выше равновесной}$$

$$K_c \text{ (м/сек)}$$

- Движущая сила массообмена газов часто выражается через разность парциальных давлений $\Delta p = p - p^*$ (Н/м²):

$$M = K_p \cdot F \cdot (p - p^*) \quad K_p \text{ (сек/м)}$$

Связь между K_c и K_p выражается:

$$K_p = K_c \cdot \frac{M_K}{RT} \quad \text{(сек/м)}$$

ПРОЦЕСС МАССООБМЕНА МЕЖДУ ФАЗАМИ.

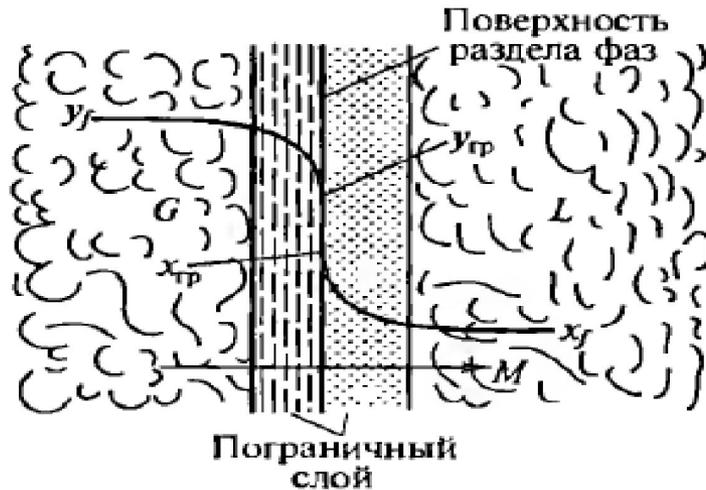


Рис. 9.4. Схема процесса массопередачи в системе без твердой фазы. G и L — количество взаимодействующих фаз; M — количество распределяемого вещества; $x_{гр}$, $y_{гр}$ — концентрации распределяемого вещества на границе раздела фаз; x_f , y_f — концентрации распределяемого вещества в фазах L и G

Вещество переходит из G в L . Распределяемое вещество в G переносится к поверхности раздела фаз, а в L переносится от этой поверхности.

Перенос осуществляется путем молекулярной и конвективной диффузии.

В каждой фазе различают ядро (основная масса) и пограничный слой.

Перенос в пограничном слое осуществляется путем конвективной и молекулярной диффузии. По мере приближения к поверхности раздела происходит затухание конвективных потоков и возрастает роль молекулярной диффузии.

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ДИФФУЗИЯ

- это способность одного вещества самостоятельно проникать в другое за счет беспорядочного движения молекул, которому оказывают сопротивление силы внутреннего трения.

Описывается **законом Фика**:

$$M = \frac{DF\Delta_{\text{сл}}\tau}{\sigma}, \text{ КГ}$$

Масса вещества продиффундировавшего через слой вещества за время τ через поверхность F пропорциональна изменению концентрации этого вещества и обратно пропорциональна толщине слоя.

D- коэффициент диффузии ($\text{м}^2/\text{с}$) – показывает какое количество вещества диффундирует в единицу времени через единицу поверхности при изменении концентраций равной единице через единицу толщины слоя.

Зависит от свойств диффундирующего компонента и среды, в которой происходит диффузия, а так же от температуры и давления.

Молекулярная диффузия процесс медленный, она протекает только в направлении линии уменьшения концентрации распределяемого вещества.

КОНВЕКТИВНАЯ ДИФФУЗИЯ

Характеризуется перемещением вещества движущимися частицами потока.

Скорость КД (конв.диф) больше скорости МД (мол.диф). КД проходит не только в направлении движения потока, но и его поперечным сечением (за счет турбулентности).

КД представляет собой массоотдачу: $M = \beta \cdot F \cdot \Delta_{\text{част}}$ (кг/с)

Это количество вещества, переносимого в единицу времени из фазы, отдающей вещество, к поверхности раздела фаз (или от поверхности раздела фаз в фазу, воспринимающую это вещество), пропорционально поверхности F и разности концентраций $\Delta_{\text{част}}$ распределяемого вещества в фазе и у поверхности раздела.

β - коэффициент массоотдачи. Зависит от гидродинамических, физических и геометрических факторов.

Определяется экспериментально с обработкой данных при помощи критериев подобия.