



КГКП «Павлодарский химико-механический колледж»

## РАЗДЕЛ 5 «МАССООБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ»

**Тема урока : Материальный баланс  
процессов массообмена.**

Павлодар, 2020

**Механизмом** массопередачи является молекулярная или конвективная диффузия.

В процессе массопередачи 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.

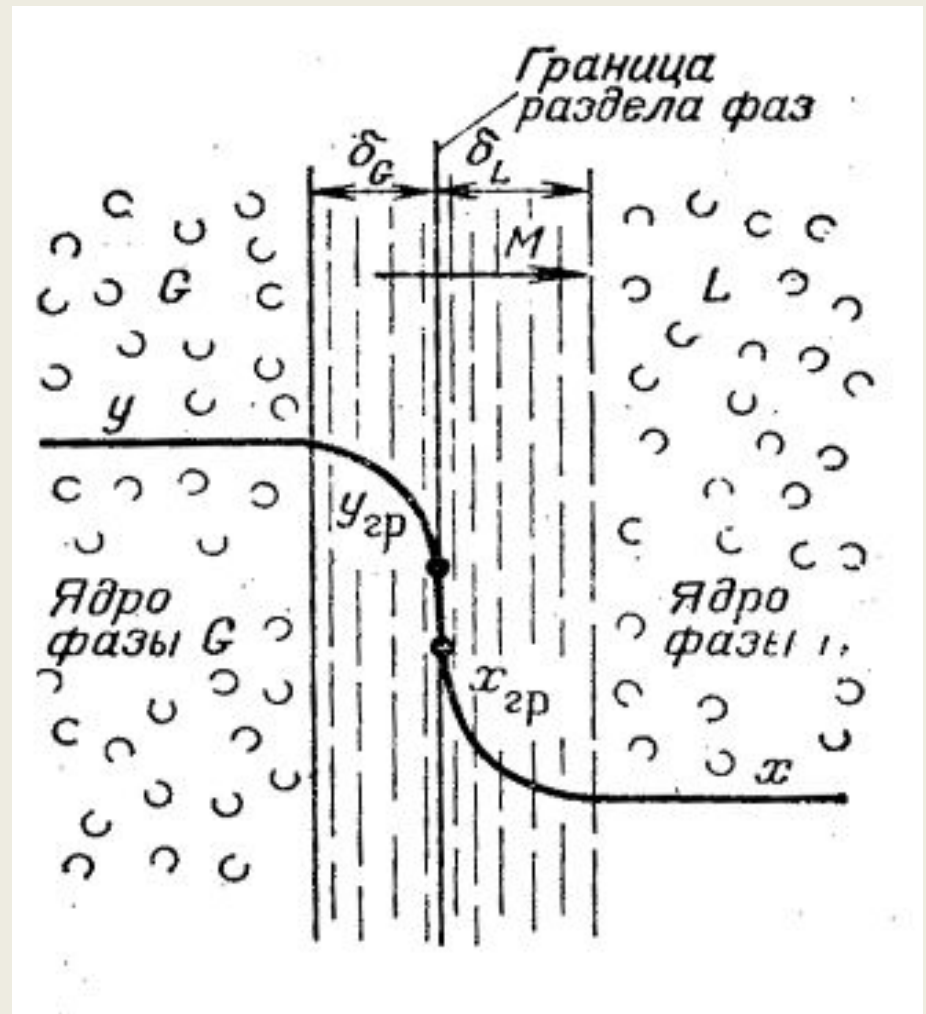
# РАВНОВЕСИЕ МЕЖДУ ФАЗАМИ

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



# Конвективная и молекулярная диффузия.

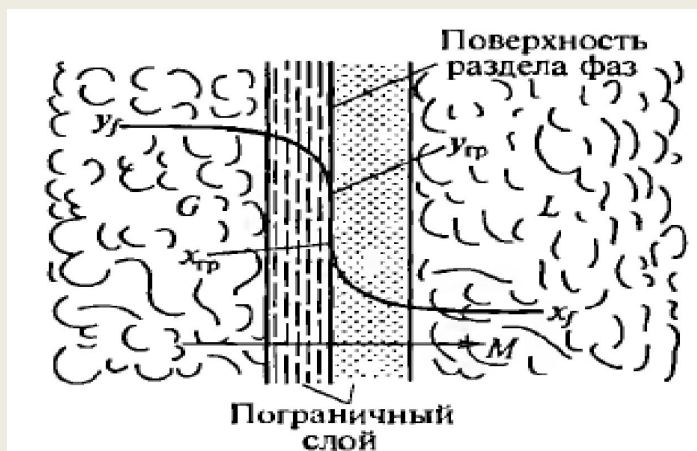


Рис. 9.4. Схема процесса массопередачи в системе без твердой фазы.  $G$  и  $L$  — количество взаимодействующих фаз;  $M$  — количество распределяемого вещества;  $x_{гр}$ ,  $u_{гр}$  — концентрации распределяемого вещества на границе раздела фаз;  $x_f$ ,  $u_f$  — концентрации распределяемого вещества 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  $\tau$  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 конвективной диффузии больше скорости молекулярной диффузии. Конвективная диффузия проходит не только в направлении движения потока, но и его поперечным сечением (за счет турбулентности).

Конвективная диффузия представляет собой уравнение массоотдачи:

$$M = \beta \cdot F \cdot \Delta_{\text{част}} \quad (\text{кг/с})$$

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.

$\beta$ - коэффициент массоотдачи. Зависит от гидродинамических, физических и геометрических факторов.

Определяется экспериментально с обработкой данных при помощи критериев подобия.

# Материальный баланс процессов массообмена

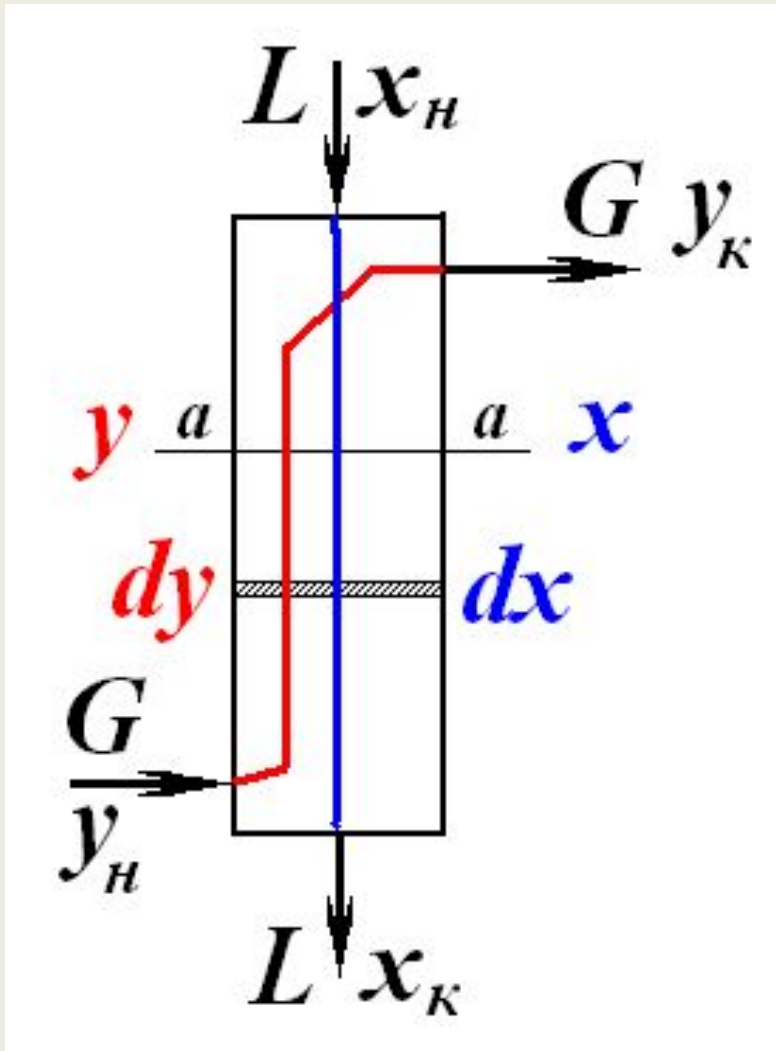
- Подобно тому, как передача тепла протекает лишь при отклонении от состояния равновесия, т. е. при наличии разности температур между теплоносителями, так и переход вещества из одной фазы в другую происходит при отсутствии равновесия между фазами.
- Пусть имеются две фазы G и L, причем распределяемое вещество вначале находится только в первой фазе G и имеет концентрацию Y.
- Если привести фазы в соприкосновение, то распределяемое вещество начнет переходить в фазу L и имеет концентрацию X.
- С момента появления распределяемого вещества в фазе L начнется и обратный переход его в фазу G.

# Материальный баланс процессов массообмена

- Рассмотрим схему движения потоков в противоточном аппарате для массообмена рис.1.
- В аппарат поступают фазы G (например, газ) и L (например, жидкость).
- Пусть расход носителя в фазе G составляет  $G$  кг/сек, а в фазе L равен  $L$  кг/сек.
- Содержание распределяемого компонента, выраженное в виде относительных весовых составов, в фазе G обозначим через  $Y$ , в фазе L — через  $X$ .
- Предположим, что распределяемый компонент переходит из фазы G в фазу L (например, абсорбируется из газовой смеси жидкостью), причем содержание этого компонента в фазе G уменьшается от  $Y_1$  (на входе в аппарат) до  $Y_2$  (на выходе из аппарата).



# Материальный баланс массообменного процесса



*Переход вещества из  
газовой фазы в жидкую*

*$G$  – расход газовой фазы*

*$L$  – расход жидкой фазы*

*$y, x$  – содержание  
переходящего компонента  
в газовой и жидкой фазах*

$$y_H > y_K \quad x_H < x_K$$

$$Gy_H + Lx_H = Gy_K + Lx_K$$

# Материальный баланс процессов массообмена

- Соответственно содержание этого же компонента в фазе L увеличивается от  $X_2$  (при входе в аппарат) до  $X_1$  (на выходе из аппарата).
- Носители не участвуют в процессе массообмена, следовательно, их количества  $G$  и  $L$  не изменяются по длине аппарата.

# Материальный баланс массообменного процесса

**Количество переданной массы по всему аппарату:**

$$M = G (y_H - y_K) = L (x_K - x_H)$$

**- уравнение материального баланса**

$$\frac{L}{G} = \frac{y_H - y_K}{x_K - x_H} = l$$

**- относительный расход  
жидкой фазы на единицу массы  
(объёма) газовой фазы**

$$G = L \frac{(x_K - x_H)}{(y_H - y_K)} \quad L = G \frac{(y_H - y_K)}{(x_K - x_H)}$$

**- уравнения расхода фаз**

# Материальный баланс массообменного процесса

*Материальный баланс нижней части аппарата до сечения а-а:*

$$G (y_n - y) = L (x_k - x)$$

$$y = \frac{L}{G} x + \left( y_n - \frac{L}{G} x_k \right)$$

*- уравнение рабочей линии*

*(линии концентраций, оперативной линии)*

- показывает изменение концентраций переходящего компонента в парах и в жидкости по высоте аппарата