

**INNOVATION**

Лекция №16 **Адсорбция**

**Иваненко О.И.**

27.03.06

- **Адсорбция** – самопроизвольное изменение концентрации вещества на границе раздела фаз.

# Медико-биологическое значение темы:

1. Усвоение питательных и лекарственных веществ
2. Перенос  $O_2$  и  $CO_2$  из лёгких к тканям
3. Действие ферментов
4. Детоксикация организма:
  - а) Гемосорбция - очистка крови
  - б) Лимфосорбция - очистка лимфы.
5. Поглощение ядовитых веществ в желудочно-кишечном тракте.
6. Хроматография:
  - разделение смесей аминокислот;
  - очистка лекарственных препаратов;
  - количественное определение витаминов, гормонов;
  - диагностика заболеваний

# Основные понятия

- **Сорбент** – поглотитель
- **Сорбтив** (сорбат) – поглощаемое вещество
- **Сорбция** – процесс поглощения одного вещества другим
- **Адсорбция** – поглощение поверхностью сорбента
- **Абсорбция** – поглощение всем сорбентом

# Поверхностное натяжение

**Поверхностное натяжение** ( $\sigma$ ) равно работе, которую нужно совершить для создания единицы поверхности [Дж/м<sup>2</sup>].

Поверхностное натяжение зависит от:

- природы жидкости  
 $\sigma(\text{H}_2\text{O})=72,8$  Дж/м<sup>2</sup>;  $\sigma(\text{сыворотки крови})=45,4$  Дж/м<sup>2</sup>).
- температуры ( $\uparrow t \downarrow \sigma$ , при  $t_{\text{кип}} \sigma = 0$ ).
- давления ( $\uparrow p \downarrow \sigma$ ).
- концентрации растворенного вещества.

# Поверхностная активность

Способность растворенного вещества изменять поверхностное натяжение – **поверхностная активность** ( $g$ )

Мера поверхностной активности:

$$g = - \frac{\Delta\sigma}{\Delta c}$$

# ПАВ, ПИВ, ПНВ

1. **Поверхностно-активные вещества (ПАВ):** уменьшают  $\sigma$  растворителя.

$\sigma$  раствора  $<$   $\sigma$  растворителя;  $g > 0$ .

ПАВ: *спирты, органические кислоты, сложные эфиры, белки, холестерин, жиры, липиды, мыла.*

2. **Поверхностно-инактивные вещества (ПИВ):** увеличивают  $\sigma$  растворителя.

$\sigma$  раствора  $>$   $\sigma$  растворителя;  $g < 0$ .

ПИВ: *неорганические кислоты, основания, соли, глицерин,  $\alpha$ -аминокислоты.*

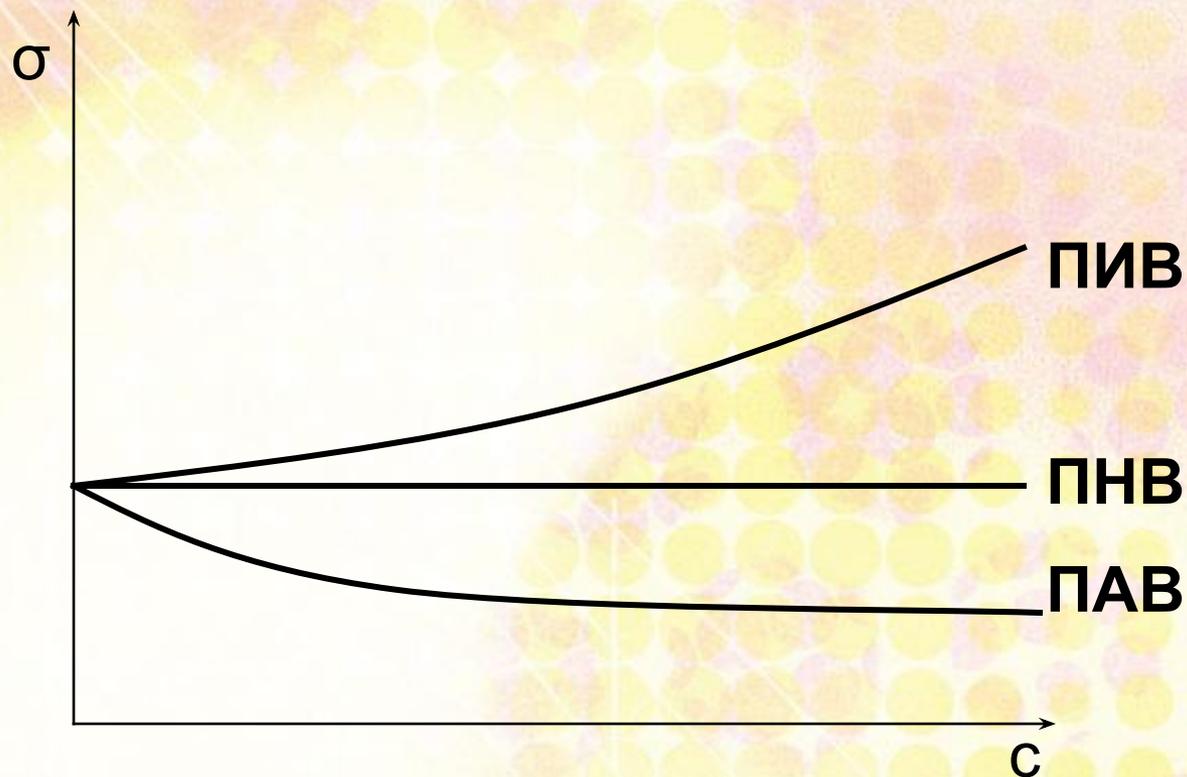
1. **Поверхностно-неактивные вещества (ПНВ):** не изменяют поверхностное натяжение растворителя.

$\sigma$  раствора  $=$   $\sigma$  растворителя;  $g = 0$ .

ПНВ: *сахароза.*

# Изотерма поверхностного натяжения

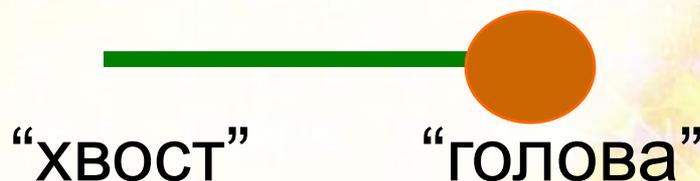
Зависимость  $\sigma$  от концентрации растворенного вещества при постоянной температуре – **изотерма поверхностного натяжения**.



# Строение молекулы ПАВ:

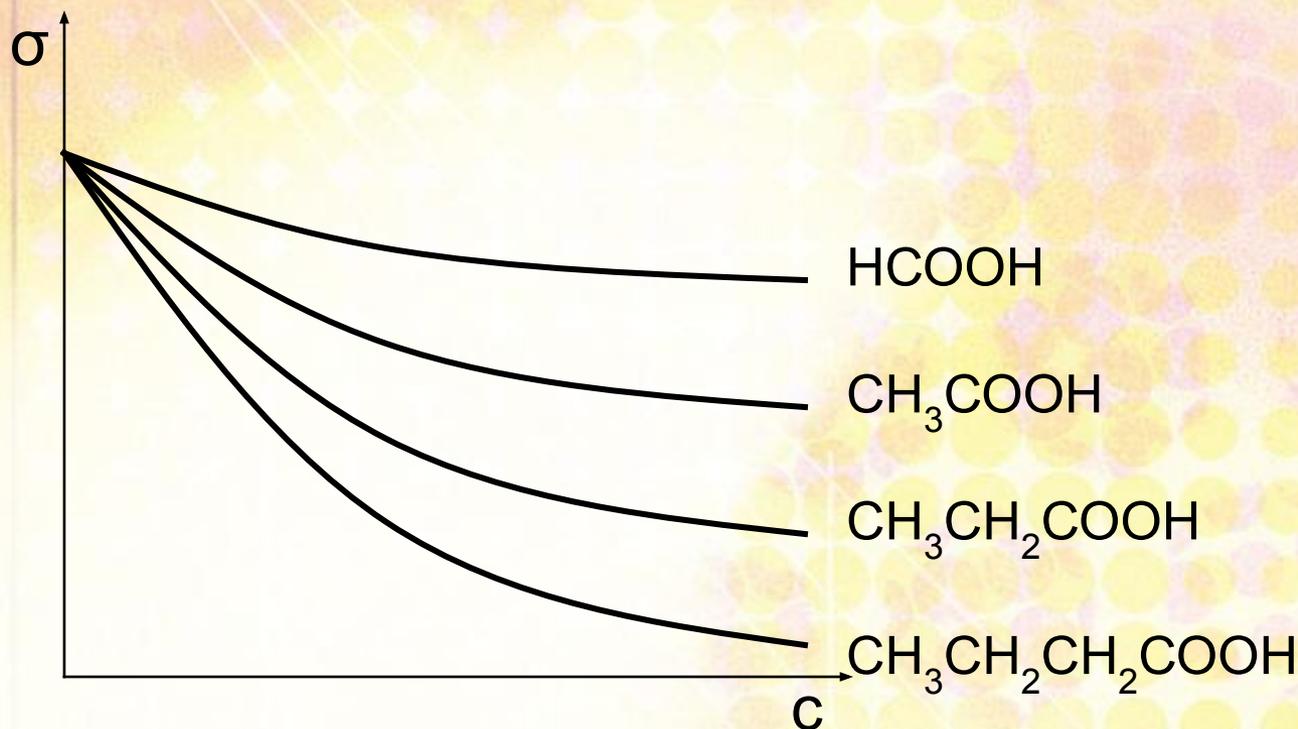
Молекула ПАВ состоит из:

- неполярной гидрофобной углеводородной группы (“хвост”)
- полярной гидрофильной группы (“голова”):  
-ОН, -COOH, -C(O)-O, -NH<sub>2</sub>; -SO<sub>3</sub>H.



# Правило Траубе-Дюкло:

При удлинении цепи на группу  $-\text{CH}_2-$  в гомологическом ряду способность к адсорбции возрастает в 3,2 раза.



# Уравнение Гиббса

$$\tilde{A} = - \frac{\Delta\sigma}{\Delta c} \cdot \frac{C}{RT}$$

$\Gamma$  - количество адсорбированного вещества [моль/м<sup>2</sup>]  
 $C$  - молярная концентрация раствора [моль/л]  
 $R$  - универсальная газовая постоянная = 8,31 Дж/моль.град(K)  
 $\frac{\Delta\sigma}{\Delta c}$  - поверхностная активность растворенного вещества.

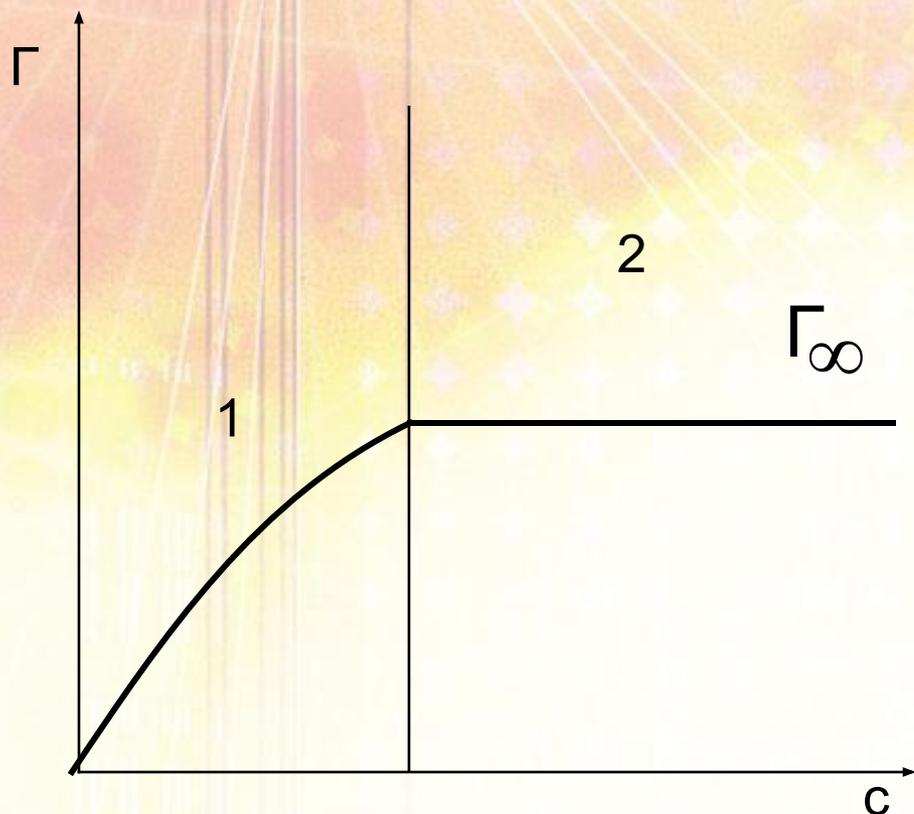
$$\frac{\Delta\sigma}{\Delta c} > 0 \quad \Gamma < 0, \text{ т.е. } \uparrow c \quad \uparrow \sigma \text{ (ПИБ)}$$

$C$  вещества в поверхностном слое  $<$   $C$  вещества в объёме фазы

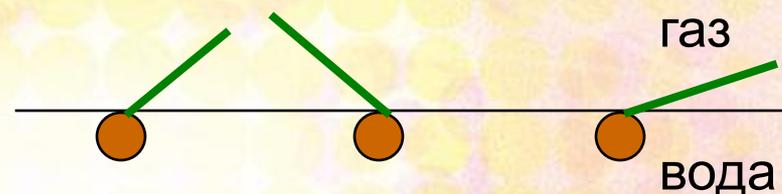
$$\frac{\Delta\sigma}{\Delta c} < 0 \quad \Gamma > 0, \text{ т.е. } \uparrow c \quad \downarrow \sigma \text{ (ПАВ)}$$

$C$  вещества в поверхностном слое  $>$   $C$  вещества в объёме фазы

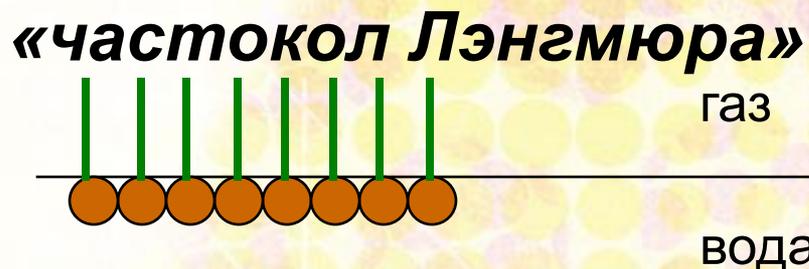
# Изотерма адсорбции Гиббса



1. Низкие  $C$



2. Высокие  $C$



# Адсорбция твердыми телами

Величина адсорбции зависит от:

- 1. *Размера поверхности адсорбента***  
чем > Споверхности, тем > адсорбция.
- 2. *Температуры* ( $\uparrow t \downarrow \Gamma$ ).**
- 3. *Типа сорбента***, его сродства к растворителю.
  - **гидрофильные** сорбенты (силикагель  $\text{SiO}_2$ , глина, пористое стекло) для адсорбции полярных веществ из неполярных (неводных) растворителей.
  - **гидрофобные** сорбенты (активированный уголь, графит, тальк) для адсорбции неполярных веществ из полярных растворителей.
- 4. *Заряда адсорбента и адсорбтива.***
- 5. *Концентрации адсорбтива.***

# Уравнение Фрейндлиха

$$\Gamma = x/m = K_{\Phi} \cdot C^n$$

$x$  – количество вещества адсорбтива (моль)

$m$  – масса адсорбента

$C$  – равновесная концентрация, при которой  
в адсорбции = в десорбции

$K_{\Phi}$  – константа Фрейндлиха,  $K_{\Phi} = \Gamma$  при  $C = 1$

$n$  – эмпирическая константа, 0,1–0,6.

# Уравнение Ленгмюра

$$\Gamma = \frac{\Gamma_{\infty} C}{K + C}$$

$$\text{для газов: } \Gamma = \frac{\Gamma_{\infty} P}{K + P}$$

C – концентрация

P - давление газа

K - константа адсорбционного равновесия =  $\frac{K_{\text{десорбции}}}{K_{\text{адсорбции}}}$

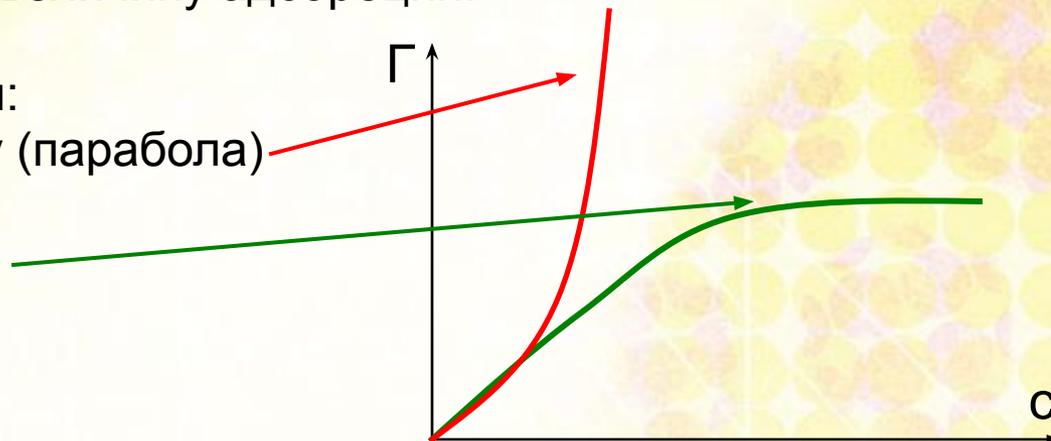
при  $C \ll K$   $\Gamma = \frac{\Gamma_{\infty}}{K} C$ , линейная зависимость  $\Gamma$  от C

при  $C > K$   $\Gamma = \Gamma_{\infty}$ , дальнейшее увеличение концентрации не влияет на величину адсорбции.

Изотерма адсорбции:

а) по Фрейндлиху (парабола)

б) по Ленгмюру.



# Правило Панета-Фаянса

*Из раствора адсорбируются те ионы, которые входят в состав кристаллической решетки сорбента или образуют с ним малорастворимое соединение.*

Определить знак заряда поверхности AgI(крист.) полученного по реакции:  
$$\text{AgNO}_3(\text{p}) + \text{KI}(\text{p}) = \text{AgI}(\text{крист.}) + \text{KNO}_3(\text{p})$$

а)  $n\text{AgNO}_3 = n\text{KI}$  : поверхность осадка не заряжена;

б)  $n\text{AgNO}_3 > n\text{KI}$  :

в)  $n\text{AgNO}_3 < n\text{KI}$  :

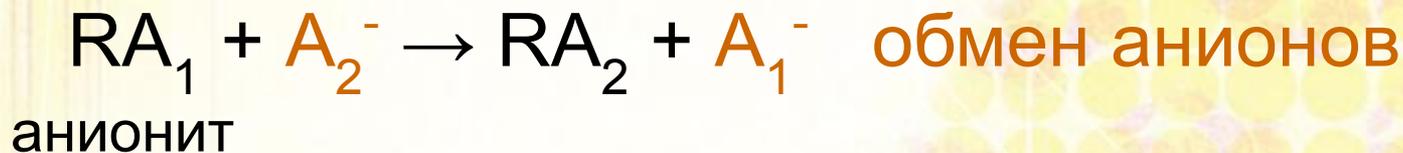
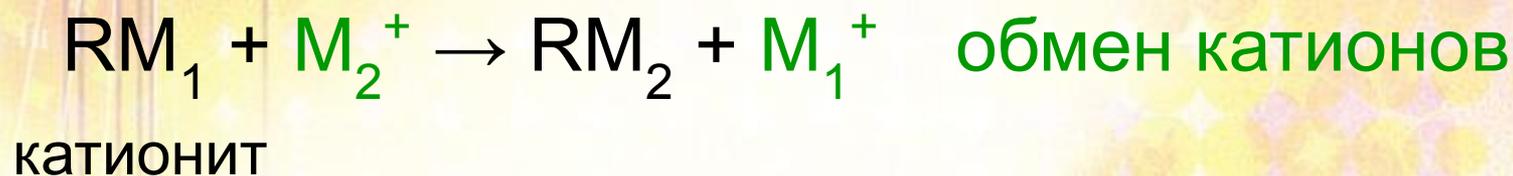
*избыток AgNO<sub>3</sub> ⇌ Ag<sup>+</sup> + NO<sub>3</sub><sup>-</sup>*

*избыток KI ⇌ K<sup>+</sup> + I<sup>-</sup>*



# Ионообменная адсорбция

**Ионообменная адсорбция** – процесс, в котором адсорбент и раствор обмениваются между собой в эквивалентных количествах одноименно заряженными ионами.



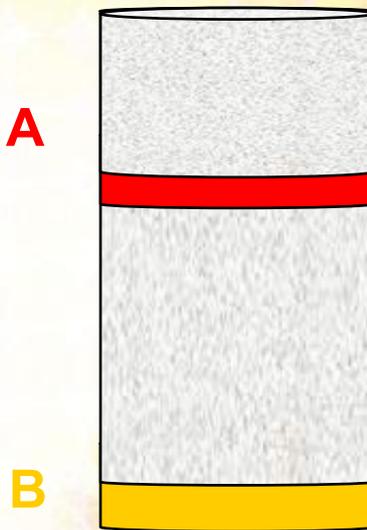
# Хроматография

**Хроматография** - динамический метод анализа, основанный на многократно повторяющихся процессах сорбции и десорбции.

**A + B**



**A**



**B**

# ВЭЖХ Agilent Technologies



# ВЭЖХ Милихром



# ВЭЖХ ИР



# ВЭЖХ Люмекс



# ВЭЖХ Чешский прибор



ГЖХ



# ГЖХ “Agilent Technologies”



# ГЖХ “Кристалл”



# ΓΚΧ “Χρομος”



# XMC HP



***Спасибо за внимание***

***Готовьтесь к семинару по  
адсорбции и зачету  
физколлоидной химии!***