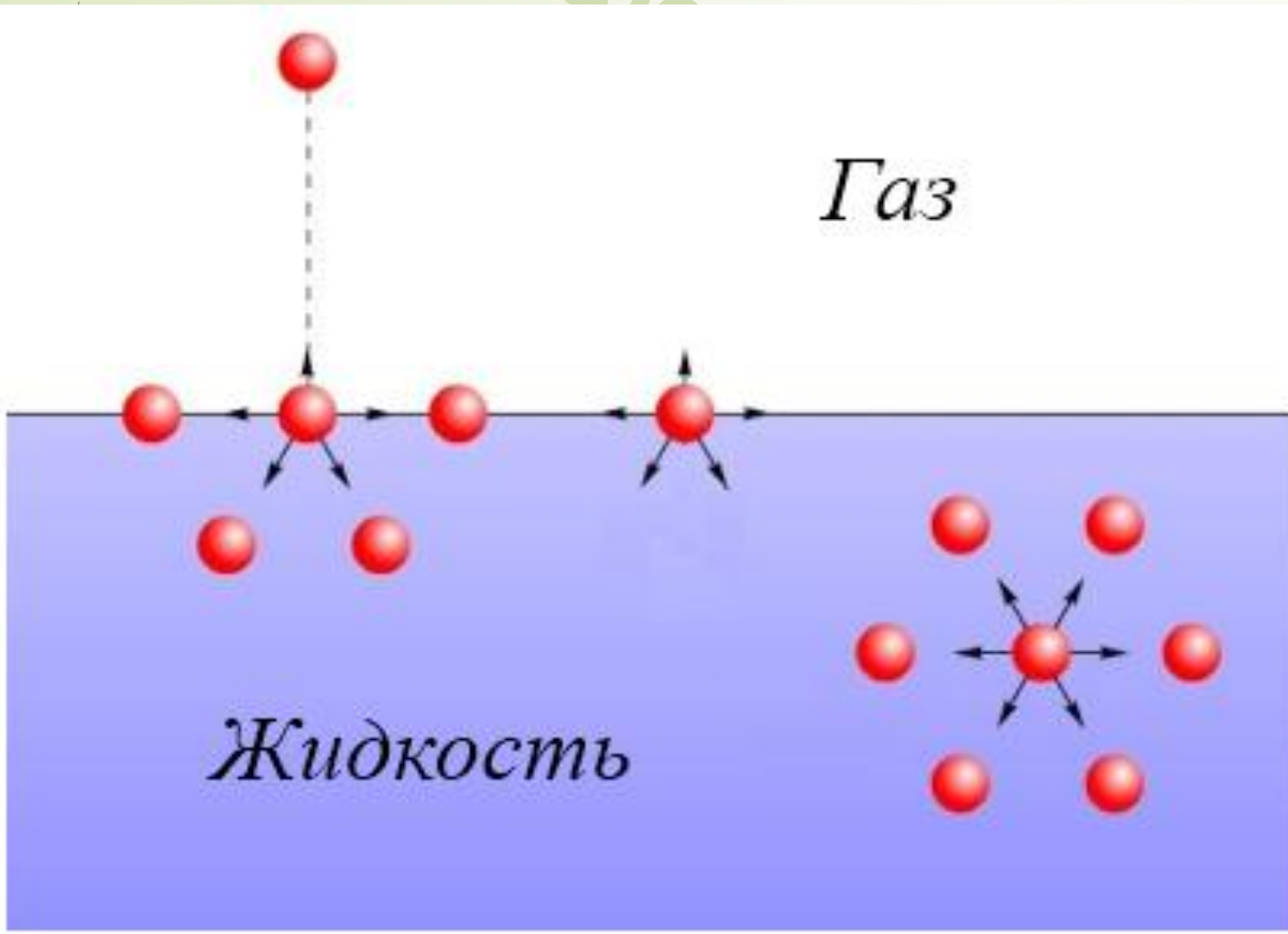




Поверхностные явления

***Ст. преподаватель кафедры общей,
физической и коллоидной химии Бедарик А. Е.***

Свободная поверхностная энергия



Свободная поверхностная энергия - это избыток энергии молекул поверхностного слоя по сравнению с молекулами, находящимися внутри.

$$G_S = \sigma \cdot S$$

σ – поверхностное натяжение

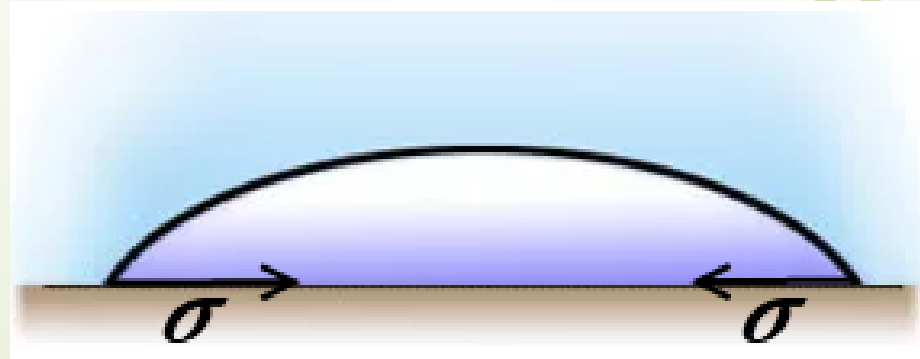
S – площадь поверхности раздела фаз

Поверхностное натяжение

$$\sigma = \frac{G_S}{S}$$

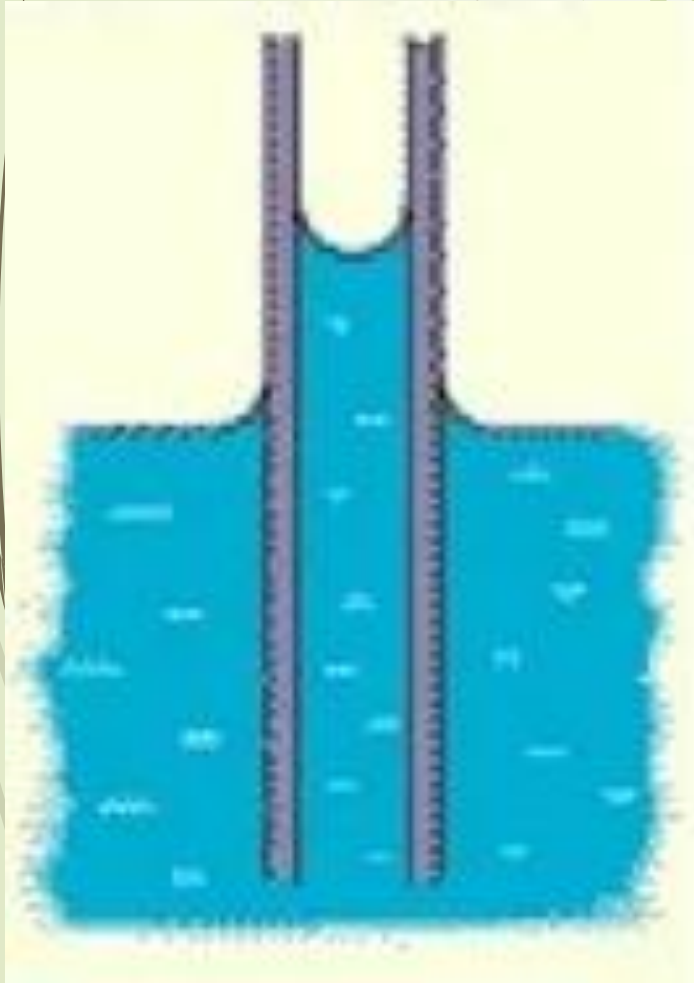
Поверхностное натяжение – это энергия, затрачиваемая на создание единицы площади (1 м²) поверхности раздела фаз, [Дж/м²].

Поверхностное натяжение — сила, действующая на поверхности раздела фаз и стремящаяся уменьшить её до минимальной (или, препятствующая её увеличению), [Н/м].



Методы определения поверхностного натяжения жидкостей

➤ *Метод капиллярного поднятия*

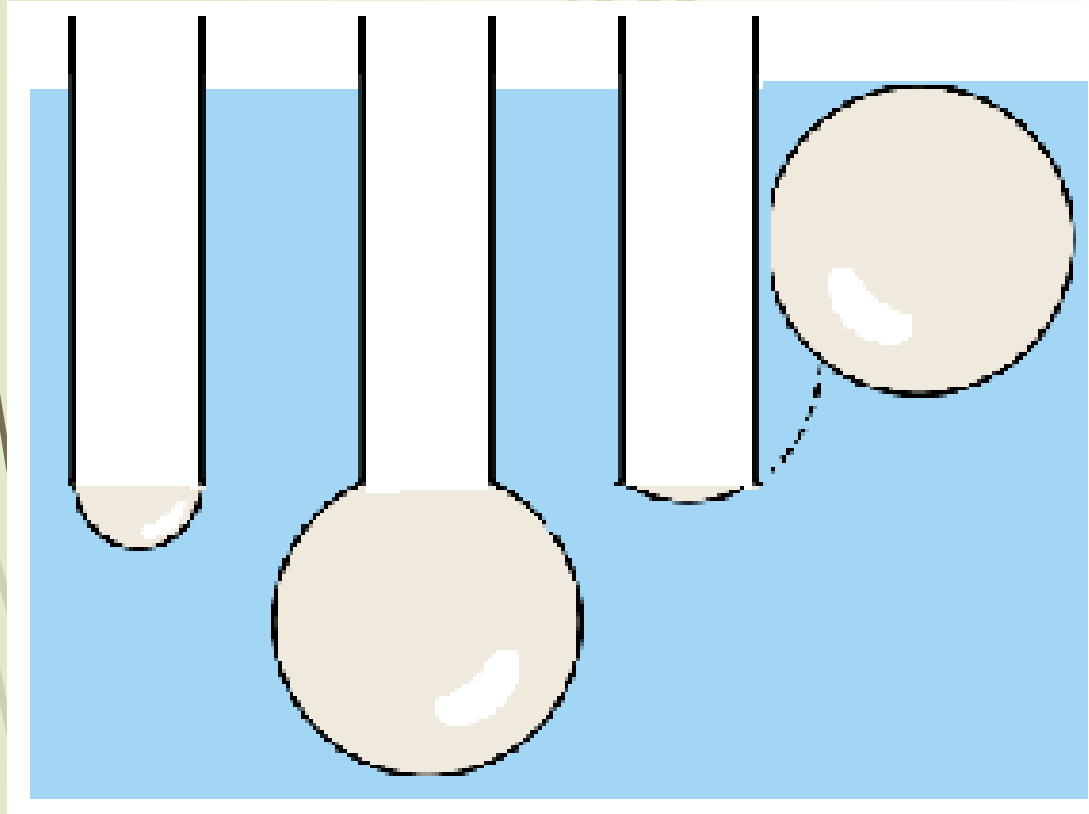


В основе метода лежит зависимость высоты поднятия жидкости в узком капилляре от её поверхностного натяжения. Для определения поверхностного натяжения жидкостей этим методом экспериментально находят высоту поднятия исследуемой и контрольной жидкости в капилляре известного (или постоянного) радиуса. Чем больше поверхностное натяжение, тем выше поднимается жидкость в капилляре.

$$\sigma_x = \sigma_o \frac{\rho_x \cdot h_x}{\rho_o \cdot h_o}$$

Методы определения поверхностного натяжения жидкостей

➤ *Метод максимального давления в пузырьке (метод Ребиндера)*

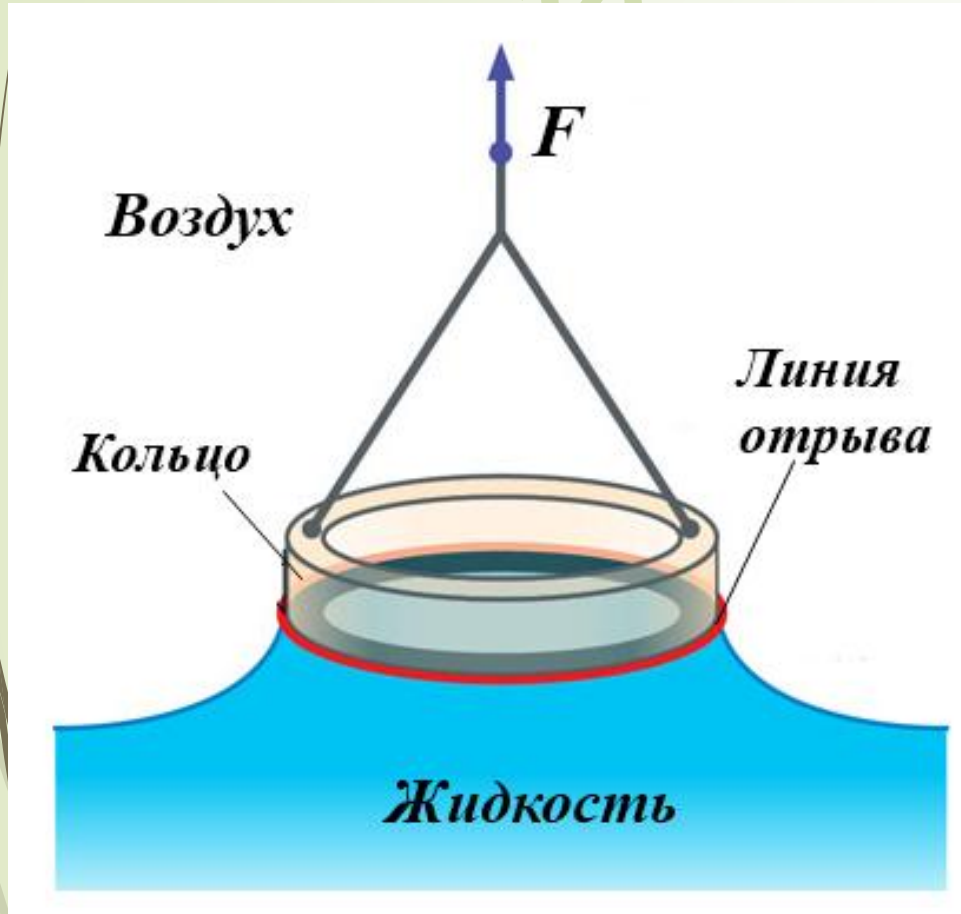


$$\sigma_x = \sigma_o \frac{p_x}{p_o}$$

Метод основан на измерении давления, при котором происходит отрыв пузырька газа (воздуха), выдуваемого в жидкость через капилляр. Сформировавшийся на конце капилляра пузырек воздуха при достижении некоторого давления, пробивает поверхностный слой, раздвигая молекулы поверхностного слоя жидкости, и лопается. Величина давления, необходимого для формирования пузырька, таким образом, прямо пропорциональна силам межмолекулярного сцепления жидкости, то есть её поверхностному натяжению. Аналогично проводят измерение давления контрольной жидкости.

Методы определения поверхностного натяжения жидкостей

➤ *Метод отрыва кольца или пластинки*

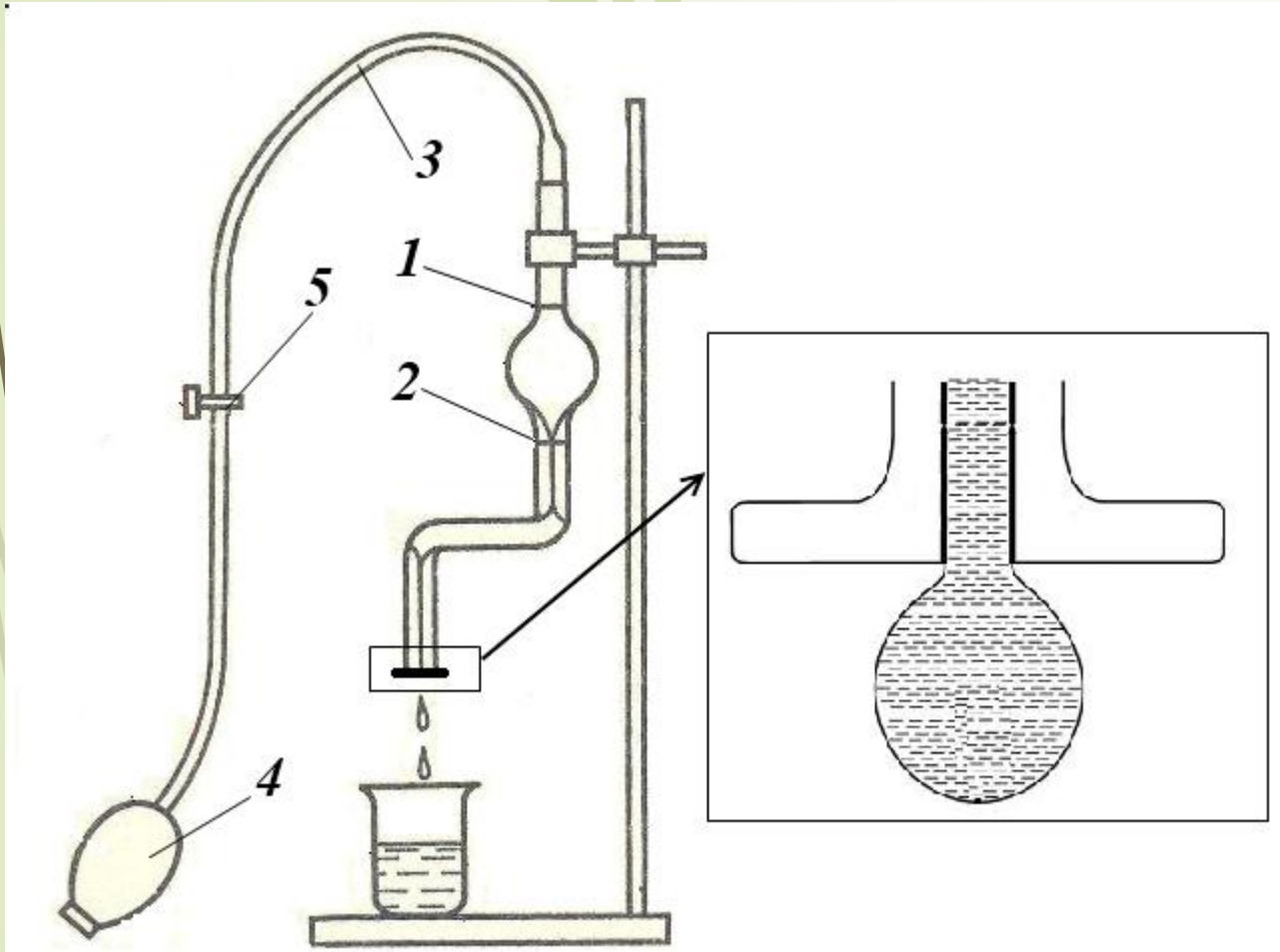


Измеряется сила, необходимая для отрыва проволочного кольца от поверхности жидкости. Должно быть смачивание кольца исследуемой жидкостью. В этом случае при отрывании кольца вместе с ним поднимается и столбик жидкости, сила тяжести которого равна приложенной силе. Отрыву жидкости препятствуют силы поверхностного натяжения. В момент равновесия, когда внешнее усилие достигает значений сил поверхностного натяжения, столбик жидкости разрушается, и кольцо отрывается от поверхности жидкости. Максимальное усилие обычно измеряют с помощью прибора – чувствительных торсионных весов. Аналогичные измерения проводят с контрольной жидкостью.

$$\sigma_x = \sigma_o \frac{F_x}{F_o}$$

Методы определения поверхностного натяжения жидкостей

➤ Метод счёта капель (сталагмометрический)



В основе метода лежит положение о том, что в момент отрыва сила тяжести капли уравнивается силами поверхностного натяжения. Силы поверхностного натяжения действуют вдоль окружности шейки капли, и препятствуют ее отрыву. Сталагмометр заполняют исследуемой жидкостью определенного объема и измеряют число капель, вытекающих из данного объёма. Чем больше поверхностное натяжение жидкости, тем больше вес формирующейся капли и тем меньшее число капель образуется из исследуемого объёма жидкости. Аналогично поступают с контрольной жидкостью.

$$\sigma_x = \sigma_o \frac{N_o}{N_x}$$

Факторы, влияющие на поверхностное натяжение жидкостей

1. Температура. С повышением температуры поверхностное натяжение уменьшается. (увеличивается интенсивность теплового движения молекул и, следовательно, увеличиваются расстояние между молекулами. В результате этого ослабляются силы межмолекулярного сцепления, что и приводит к снижению поверхностного натяжения.

Мыльный раствор	25
Бензин	28,9
Оливковое масло	32
Глицерин	63,1
Вода	72,8
Ртуть	465

2. Природа граничащих сред. Если рассматривать границы раздела, где одной из фаз является воздух или вакуум, то величина поверхностного натяжения будет напрямую зависеть от сил межмолекулярного взаимодействия внутри конденсированной фазы. Чем больше эти силы, тем больше поверхностное натяжение.

Факторы, влияющие на поверхностное натяжение жидкостей

На границе двух жидкостей поверхностное натяжение будет зависеть от соотношения сил взаимодействия молекул пограничного слоя одной жидкости с нижележащими молекулами этой жидкости и с пограничными молекулами другой жидкости. Силы взаимодействия между молекулами разных жидкостей определяются в первую очередь их полярностями. Согласно **правилу П. А. Ребиндера**:
чем больше разность полярностей фаз, тем больше поверхностное натяжение на их границе раздела.

Поверхностное натяжение на границе двух жидкостей, не смешивающихся друг с другом, подчиняется **правилу аддитивности Г. Н. Антонова**:
поверхностное натяжение на границе двух жидкостей равно разности поверхностных натяжений этих жидкостей на границе со своим паром.

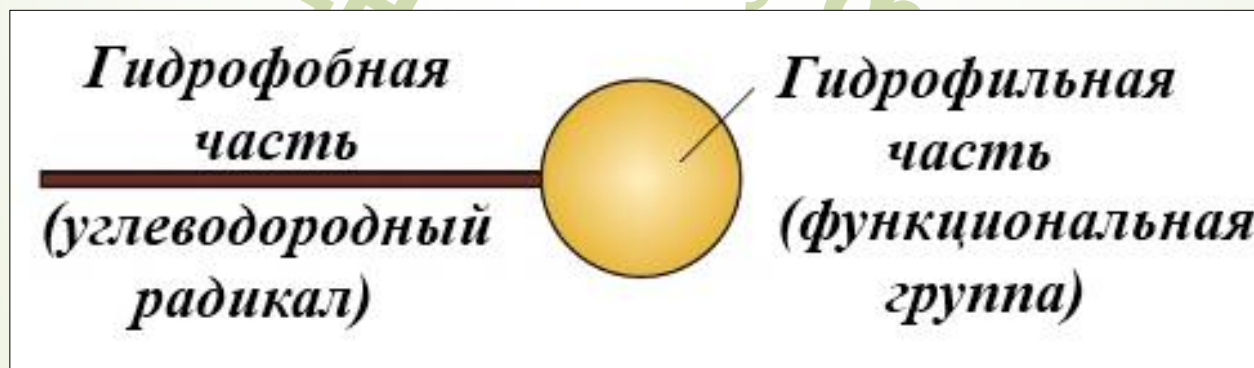
$$\sigma_{AB} = \sigma_A - \sigma_B$$

При сближении свойств веществ сглаживаются различия в их полярностях, усиливается межмолекулярное взаимодействие между фазами, возрастает взаимная растворимость жидкостей и, как следствие, снижается поверхностное натяжение на границе их раздела.

3. **Природа растворённого вещества.** Поверхностное натяжение растворов, как правило, отличается от поверхностного натяжения растворителя и зависит от природы растворенного вещества. **Поверхностная активность (g)** – способность растворенных веществ изменять поверхностное натяжение растворителя

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

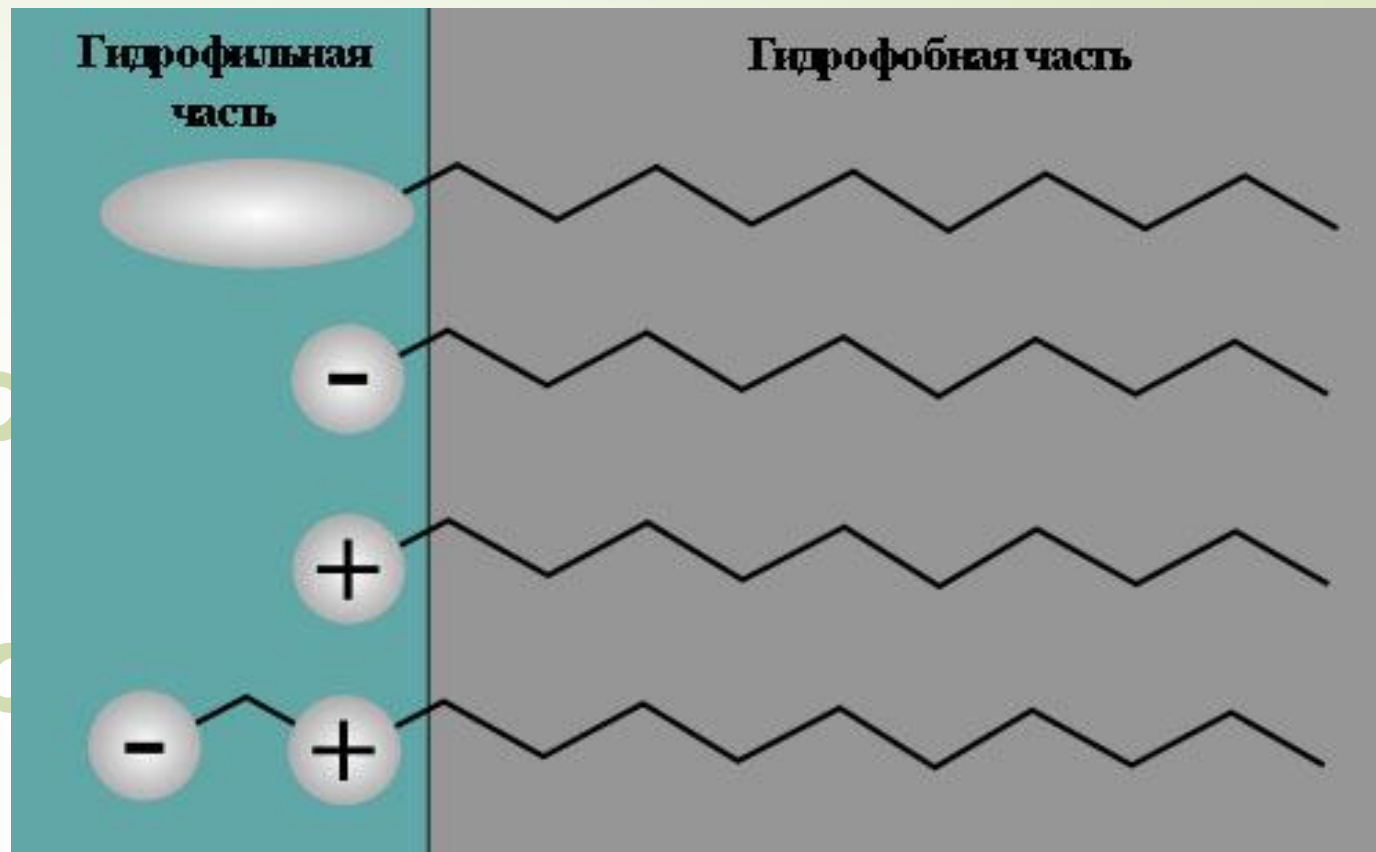
а) Вещества, понижающие поверхностное натяжение, называются **поверхностно-активными веществами (ПАВ)**. $g_{\text{ПАВ}} > 0$



По отношению к воде поверхностно-активными являются менее полярные вещества, чем вода: спирты, жирные кислоты и их соли, амины и другие вещества, имеющие дифильное строение, то есть полярную часть (функциональные группы) и неполярную часть (углеводородный радикал).

Типы ПАВ:

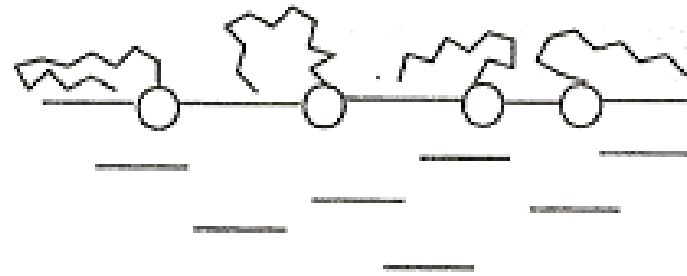
1. Неионогенные
2. Ионогенные:
 - а) Анионактивные
 - б) Катионактивные
 - в) Амфолитные



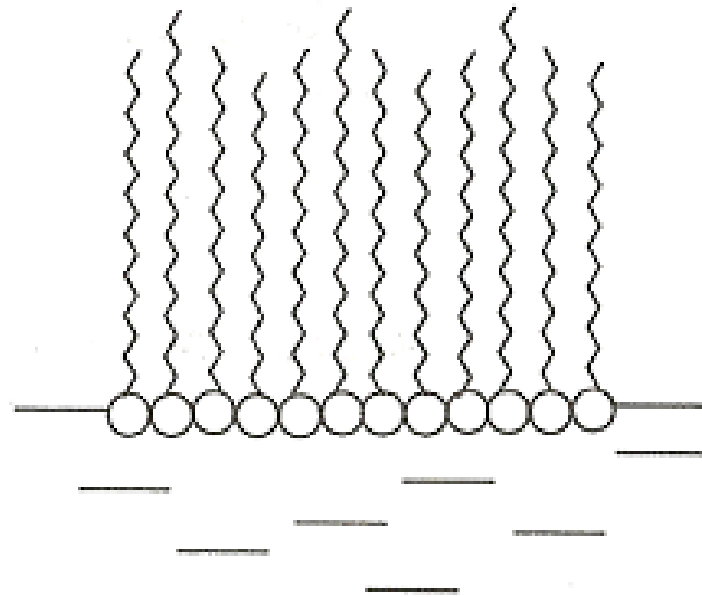
Правило Дюкло и Траубе:

Поверхностная активность предельных жирных кислот и спиртов в водных растворах возрастает в 3-3,5 раза при удлинении углеводородной цепи на одно звено (группу $-CH_2$).

Ориентация ПАВ на границах раздела фаз



При малых концентрациях



При высоких концентрациях

б) Вещества, повышающие поверхностное натяжение, называются **поверхностно-инактивными веществами (ПИВ)**. $g_{\text{ПИВ}} < 0$

К ним относятся сильные электролиты: соли, щелочи, кислоты. Ионы, образующиеся в результате их диссоциации, взаимодействуют с водой сильнее, чем молекулы воды между собой, поэтому значительная часть ионов максимально гидратируется и увлекается молекулами воды в объём раствора. Немногие ионы, оставшиеся вблизи поверхности, упорядочивают расположение молекул воды между собой, тем самым повышая поверхностное натяжение.

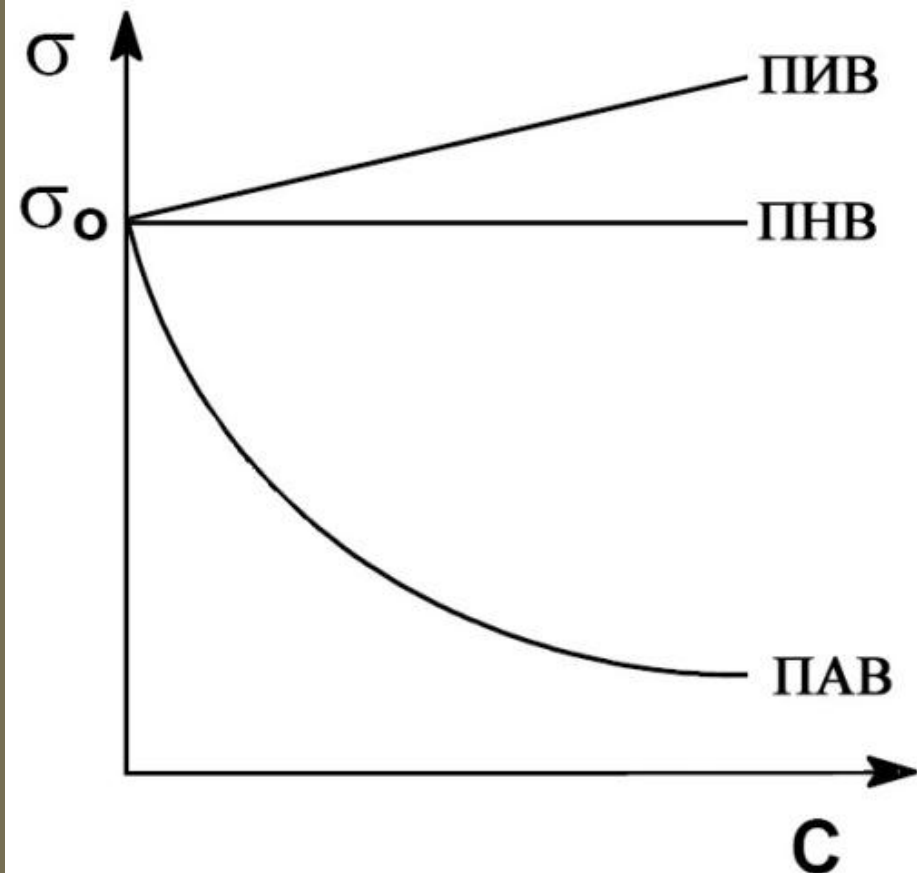
с) Вещества, добавление которых практически не влияет на поверхностное натяжение, называются **поверхностно-неактивными веществами (ПНВ)**. $g_{\text{ПНВ}} \approx 0$

К ним относятся вещества, в молекулах которых соблюдается баланс неполярных (гидрофобных) и полярных (гидрофильных) участков.

Факторы, влияющие на поверхностное натяжение жидкостей

4. Концентрация растворённого вещества. С увеличением концентрации ПАВ, ПИВ и ПНВ их влияние на поверхностное натяжение сохраняется. Зависимость поверхностного натяжения раствора от концентрации ПАВ описывается уравнением изотермы поверхностного натяжения Шишковского (уравнением Шишковского):

$$\sigma = \sigma_0 - B \ln(Kc + 1)$$



где σ_0 — поверхностное натяжение воды; σ — поверхностное натяжение раствора; c — концентрация ПАВ в растворе; B — константа, мало зависящая от природы ПАВ внутри данного гомологического ряда, которая может быть определена $B = \Gamma_\infty RT$; K — удельная капиллярная постоянная, которая увеличивается в 3-3,5 раза при удлинении углеводородного радикала на одну группу $-\text{CH}_2$. Она численно равна константе сорбционного равновесия в уравнении Ленгмюра.

График зависимости поверхностного натяжения от концентрации растворённого вещества называется изотермой поверхностного натяжения.

Поверхностные процессы

$$G_S = \sigma \cdot S$$

$$dG_S = \sigma \cdot dS + d\sigma \cdot S$$

Для индивидуальных веществ поверхностное натяжение постоянно ($\sigma = const, d\sigma = 0$):

$$dG_S = \sigma \cdot dS$$

В этих случаях самопроизвольно могут протекать процессы, сопровождающиеся уменьшением площади межфазной поверхности ($dS < 0$).

Если площадь межфазной поверхности остается постоянной ($S = const, dS = 0$):

$$dG_S = d\sigma \cdot S$$

то уменьшение энергии Гиббса может осуществляться только за счет уменьшения поверхностного натяжения ($d\sigma < 0$), которое может быть обусловлено процессом адсорбции каких-либо веществ на межфазной поверхности.

Сорбция – процесс поглощения одного вещества другим.

Сорбент (адсорбент) – поглотитель.

Сорбтив (адсорбтив) – поглощаемое вещество.

Адсорбция – самопроизвольный процесс накопления (изменения концентрации) вещества на поверхности раздела фаз.

Абсорбция – поглощение сорбтива всем объемом сорбента.

Виды адсорбции:

1. По характеру границы раздела фаз:

- a. Адсорбция на подвижной границе раздела фаз (жидкость/газ; жидкость/жидкость);
- b. Адсорбция на неподвижной границе раздела фаз (твердая/газ; твердая/жидкость (раствор); твердая/твердая).

2. По природе сил, лежащих в основе сорбционного взаимодействия:

- a. Физическая;
- b. Химическая (**Хемосорбция** – связывание сорбтива за счет химического взаимодействия с сорбентом).

Адсорбция на подвижной границе раздела фаз

Суть адсорбции состоит в концентрировании растворённого вещества на границе раствора с воздухом или на границе двух несмешивающихся жидкостей.

Уравнение изотермы адсорбции Гиббса:

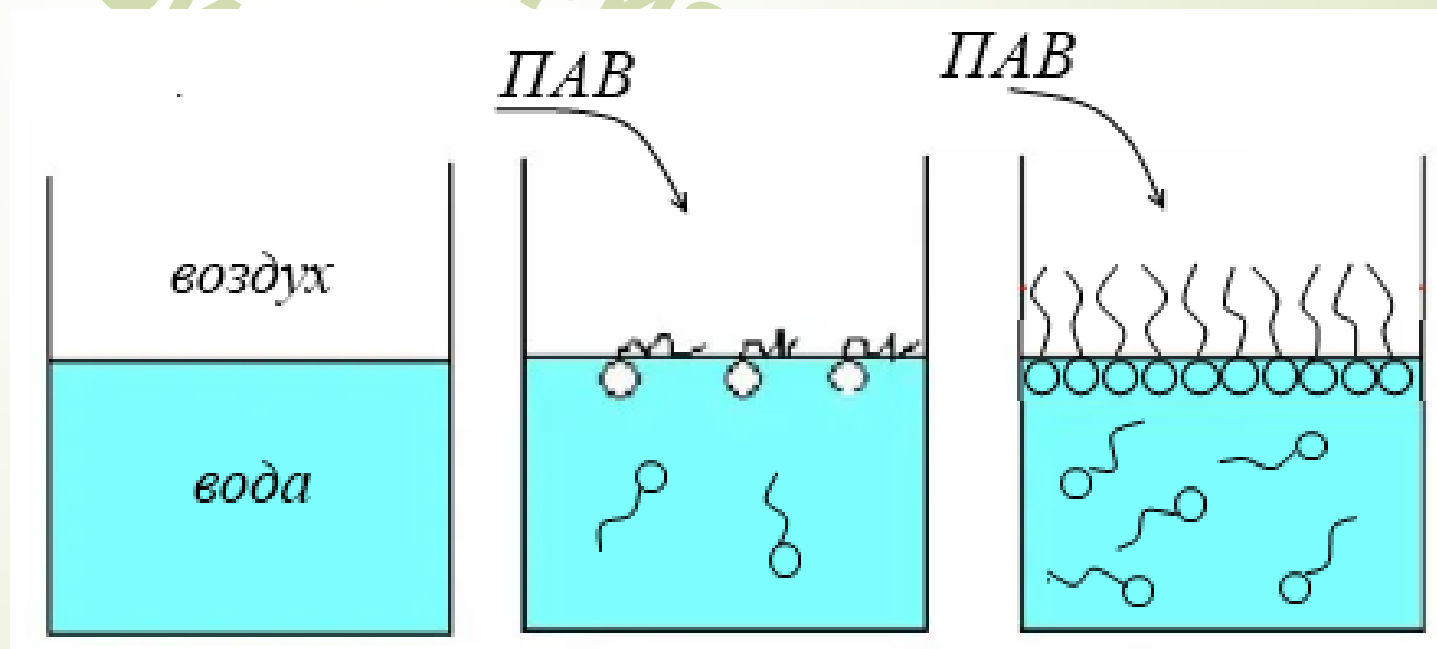
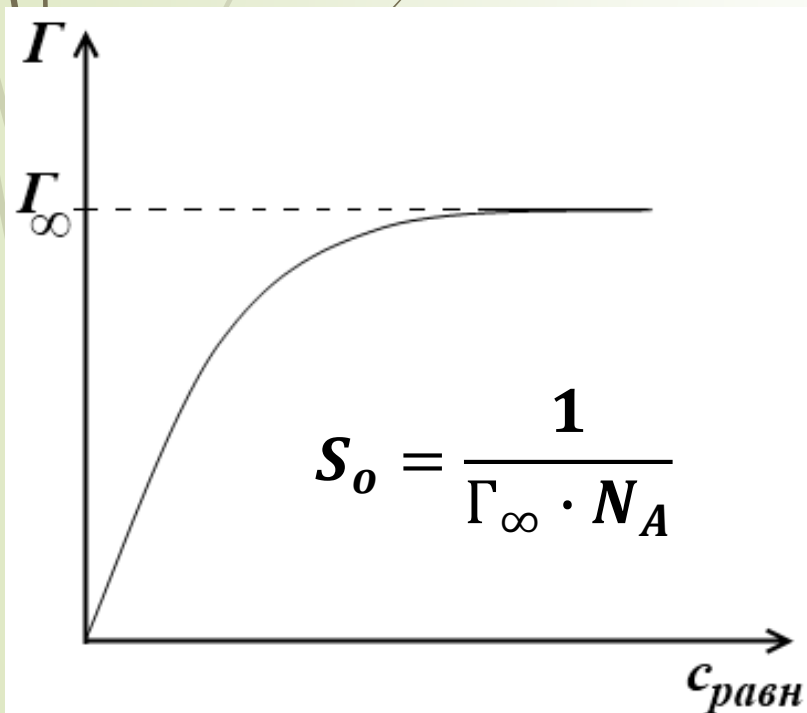
$$\Gamma = - \frac{c}{RT} \cdot \frac{\Delta\sigma}{\Delta c}$$

Γ – количество адсорбированного вещества (моль/м²)

c – равновесная молярная концентрация вещества (моль/л)

$-\frac{\Delta\sigma}{\Delta c}$ – поверхностная активность растворённого вещества

**Изотерма адсорбции ПАВ на подвижной границе раздела фаз
(изотерма адсорбции Гиббса)**



Адсорбция на неподвижной границе раздела фаз «твёрдое тело-газ»

Суть данной адсорбции состоит в поглощении газа поверхностью твёрдого тела.

Экспериментальное определение величины адсорбции на неподвижных границах раздела фаз сводится к определению разности исходного количества сорбируемого вещества и его количества после адсорбции.

Теория мономолекулярной адсорбции Ленгмюра

- адсорбция локализована на отдельных адсорбционных центрах, каждый из которых взаимодействует лишь с одной молекулой газа; в результате образуется мономолекулярный слой;
- адсорбционные центры энергетически эквивалентны;
- адсорбированные молекулы не взаимодействуют между собой и не перемещаются по поверхности;
- адсорбция газа на твердом адсорбенте носит обратимый характер.

Адсорбция на неподвижной границе раздела фаз «твёрдое тело-газ»

Уравнение изотермы адсорбции Ленгмюра:

$$\Gamma = \Gamma_{\infty} \frac{K \cdot c}{K \cdot c + 1}$$

$$\Gamma = \Gamma_{\infty} \frac{K'}{K' + c}$$

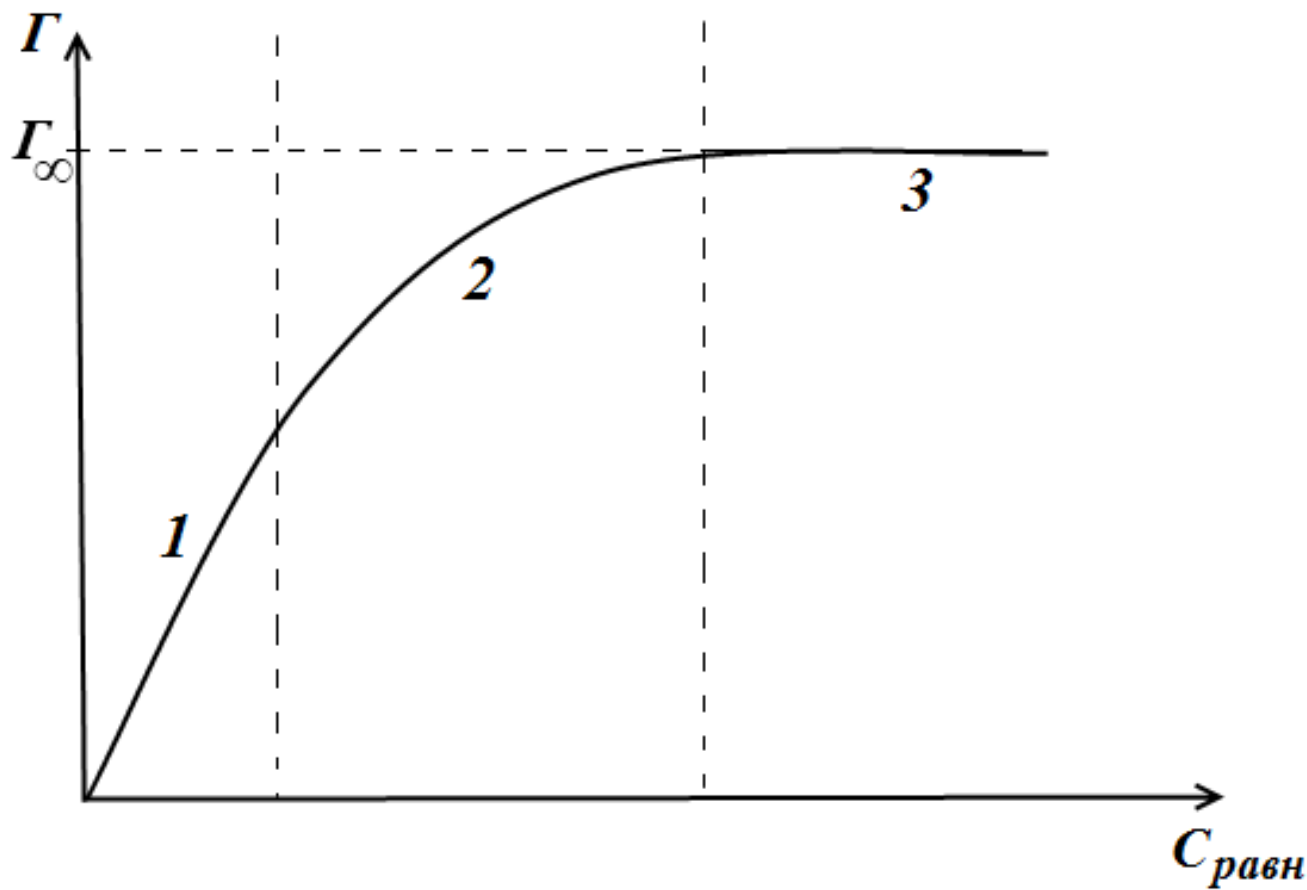
Γ – количество адсорбированного вещества (моль/г(кг));

c – равновесная молярная концентрация вещества (моль/л). Вместо концентрации во всех формах уравнения можно использовать давление;

K – константа сорбционного равновесия (численно равна обратной концентрации растворённого вещества, при которой величина адсорбции равна половине от максимальной);

K' – константа, обратная константе сорбционного равновесия (численно равна концентрации растворённого вещества, при которой величина адсорбции равна половине от максимальной)

Адсорбция на неподвижной границе раздела фаз «твёрдое тело-газ»



1 участок: при малых концентрациях $Kc \ll 1$ и величиной Kc в знаменателе уравнения Ленгмюра можно пренебречь. Тогда величина адсорбции прямо пропорциональна концентрации сорбата:

$$\Gamma = \Gamma_{\infty} Kc$$

3 участок: при высоких концентрациях $Kc \gg 1$ и в этом случае:

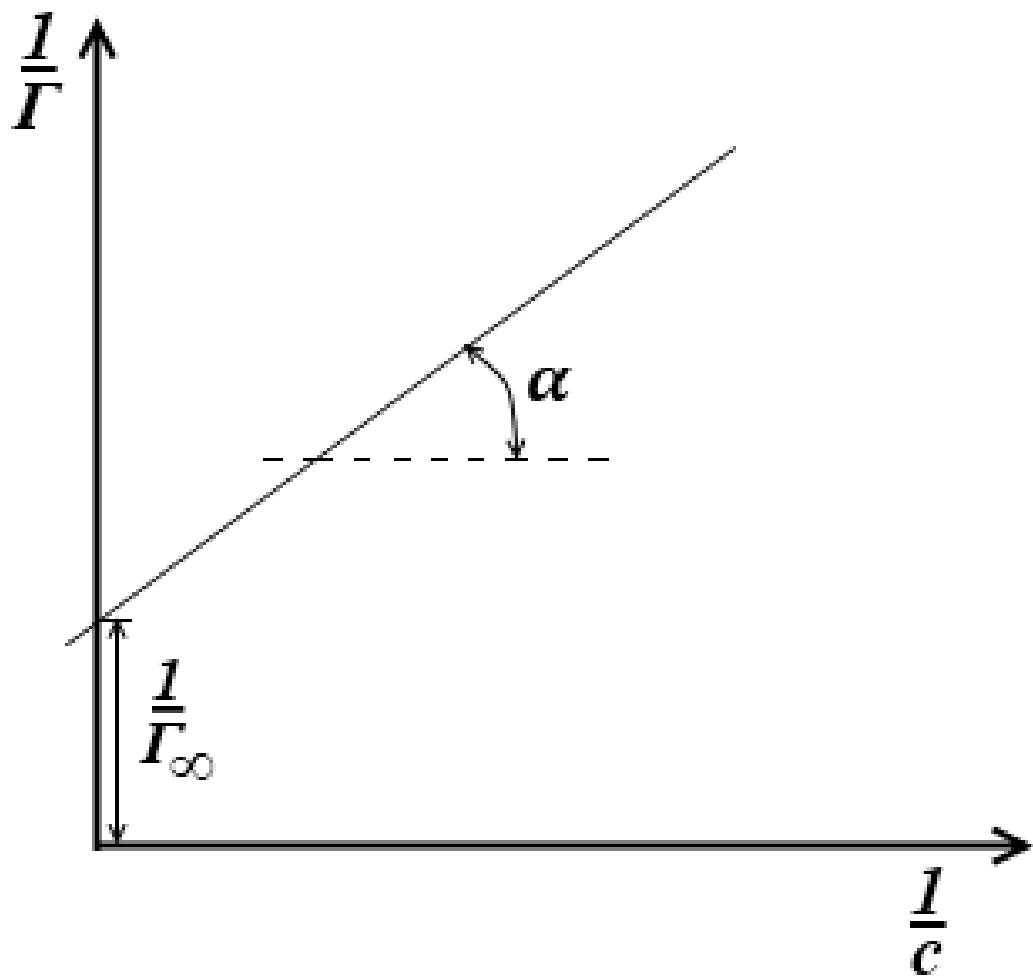
$$\Gamma = \Gamma_{\infty}$$

2 участок: соответствует криволинейной части изотермы и описывается полным уравнением Ленгмюра.

Адсорбция на неподвижной границе раздела фаз «твёрдое тело-газ»

Для нахождения постоянных в уравнении Ленгмюра уравнение изотермы приводят к линейной форме:

$$\frac{1}{\Gamma} = \frac{1}{\Gamma_{\infty}} + \frac{1}{\Gamma_{\infty} K c}$$



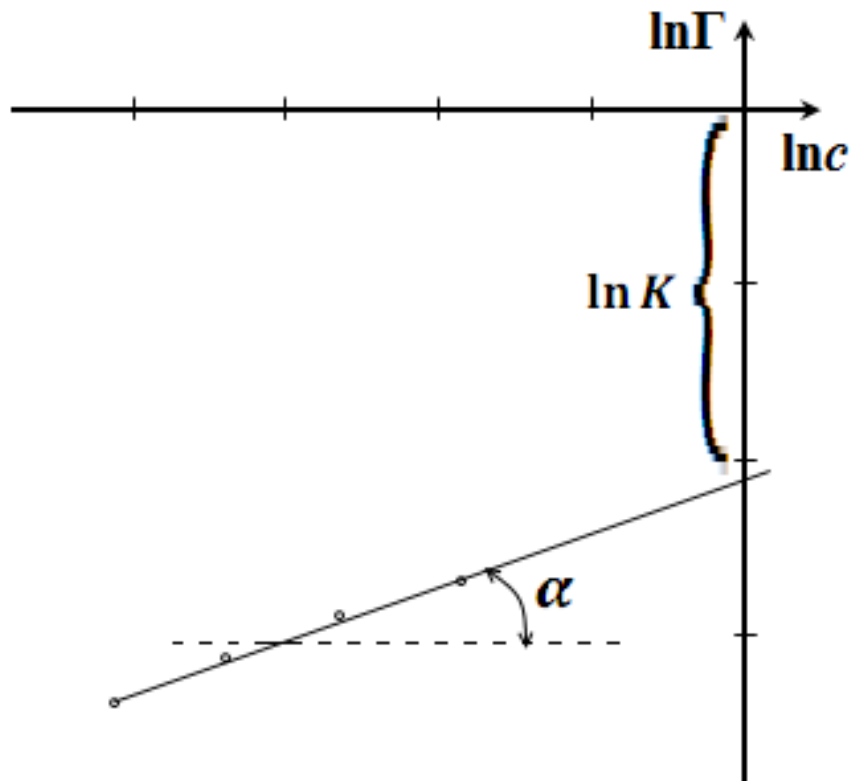
Тангенс угла наклона прямой к оси абсцисс равен $\frac{1}{\Gamma_{\infty} K}$, а отрезок, отсекаемый прямой на оси ординат равен $\frac{1}{\Gamma_{\infty}}$

Адсорбция на неподвижной границе раздела фаз «твёрдое тело-газ»

Помимо уравнения изотермы Ленгмюра, используется эмпирическое уравнение Фрейндлиха:

$$\Gamma = Kc^{1/n} \qquad \Gamma = Kp^{1/n}$$

где K и $\frac{1}{n}$ – константы, зависящие от природы газа и температуры и не зависящие от равновесного давления газа в системе.



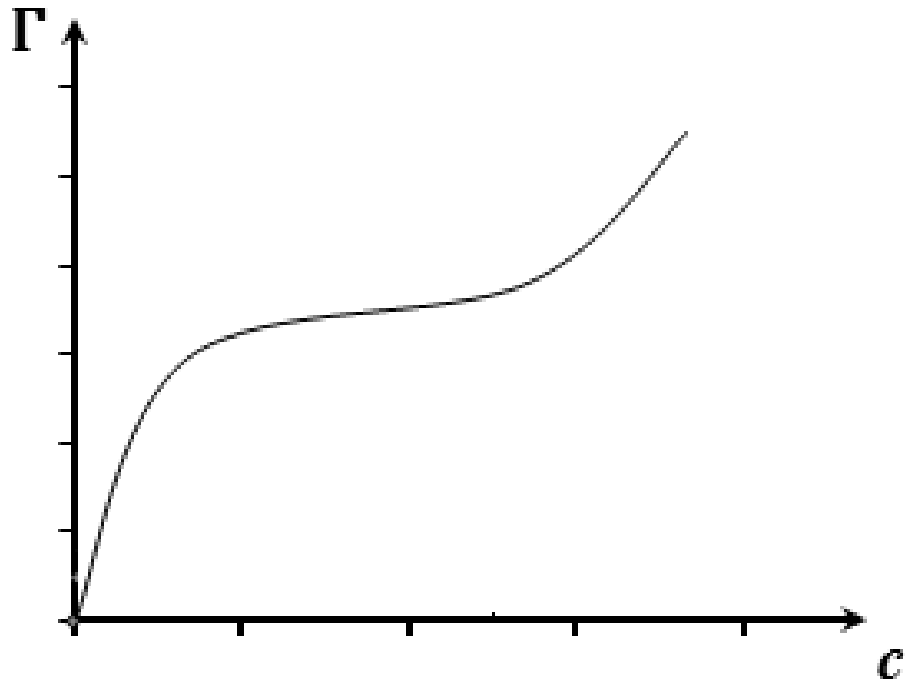
Физический смысл постоянной K заключается в том, что она равна величине адсорбции при концентрации сорбата 1 моль/л или давлении 1 кПа. Величину $\frac{1}{n}$ называют адсорбционным показателем. Он принимает значения от 0,1 до 1.

$$\ln \Gamma = \ln K + \frac{1}{n} \ln c$$

В координатах « $\ln \Gamma = f(\ln c)$ » или « $\ln \Gamma = f(\ln p)$ » уравнение Фрейндлиха является уравнением прямой, тангенс угла наклона которой равен $\frac{1}{n}$, а отрезок, отсекаемый ею на оси ординат, равен $\ln K$

Адсорбция на неподвижной границе раздела фаз «твёрдое тело-газ»

В некоторых случаях связывание адсорбтива с адсорбентом после образования мономолекулярного слоя не прекращается. В этом случае имеет место *полимолекулярная адсорбция*. Объяснение полимолекулярной адсорбции даётся в разных теориях, основными среди которых являются потенциальная теория Поляни и теория Брунауэра-Эммета-Теллера (теория БЭТ).

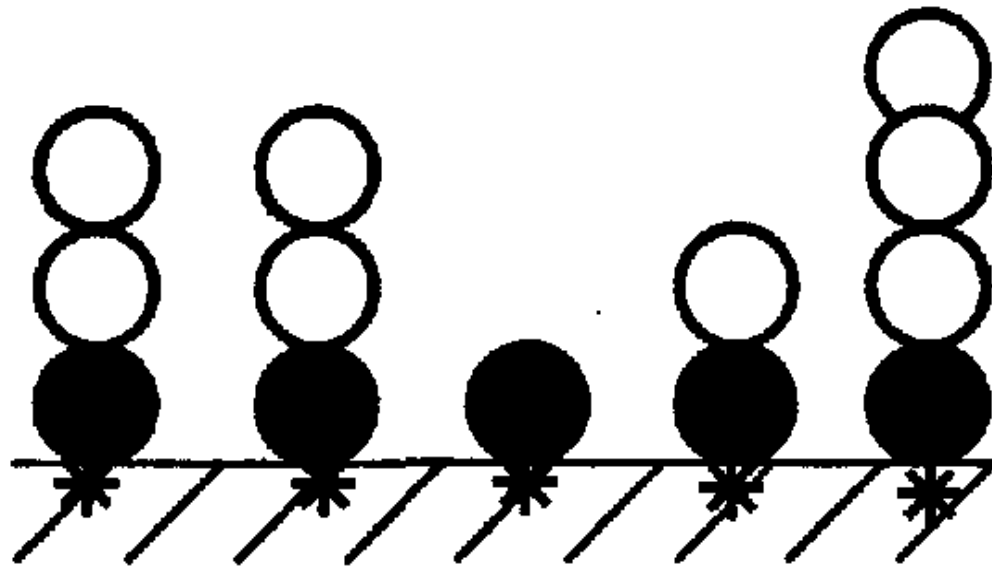


Сущность теории Поляни сводится к тому, что твёрдый адсорбент создаёт около своей поверхности силовое поле определённого объёма, превышающего размеры молекул сорбируемого вещества. В процессе адсорбции молекулы сорбируемого вещества способны заполнять весь объём, создаваемый силовым полем, и поэтому могут располагаться на поверхности сорбента в несколько слоёв.

Адсорбция на неподвижной границе раздела фаз «твёрдое тело-газ»

Теория БЭТ базируется на теории мономолекулярной адсорбции. Следующие основные положения:

➤ На поверхности адсорбента имеется определенное число равноценных в энергетическом отношении активных центров.



Твёрдое тело (адсорбент)

➤ Каждая молекула первого слоя представляет собой активный центр для дальнейшей адсорбции, что приводит к образованию второго, третьего и последующих слоев. При этом построение последующих слоев возможно при незаполненных предыдущих. В результате на каждом из активных центров формируется цепочка из адсорбированных молекул.

➤ Между молекулами, адсорбированными на соседних активных центрах, отсутствует всякое взаимодействие.

Адсорбция на неподвижной границе раздела фаз «твёрдое тело-газ»

Факторы, влияющие на адсорбцию газов

- 1. Природа адсорбента.* Из свойств адсорбента на величину адсорбции в первую очередь влияют его полярность и пористость. неполярные сорбенты (активированный уголь, графит, тальк) лучше адсорбируют неполярные вещества и наоборот – полярные сорбенты (силикагель, глина, пористое стекло) лучше сорбируют полярные вещества. Влияние пористости зависит от соотношения размеров пор адсорбента и молекул газа. Если молекулы газа малы и легко проникают в поры твёрдого тела, то адсорбция идет лучше. Крупные молекулы не могут попасть в узкие поры адсорбента, и адсорбция уменьшается. Адсорбция на пористых сорбентах может сопровождаться капиллярной конденсацией (Капиллярная конденсация – это процесс конденсации паров в порах твёрдого тела). Помимо полярности и пористости величина адсорбции зависит от дисперсности (степени измельчённости) сорбента. С увеличением степени дисперсности увеличивается удельная площадь поверхности сорбента (суммарная площадь поверхности единицы массы сорбента) и увеличивается адсорбция.

Адсорбция на неподвижной границе раздела фаз «твёрдое тело-газ»

- 2. Природа газа.** Газ адсорбируется тем лучше, чем легче он сжижается и тем выше его температура конденсации.
- 3. Концентрация или давление газа.** Эта зависимость описывается изотермами адсорбции Ленгмюра и БЭТ. В области средних концентраций адсорбтива адсорбция достаточно хорошо описывается уравнением Фрейндлиха.
- 4. Температура.** Повышение температуры приводит к уменьшению физической адсорбции газов, так как возрастает интенсивность теплового движения адсорбированных молекул, что приводит к возрастанию скорости десорбции.

Адсорбция на неподвижной границе раздела фаз «твёрдое тело-раствор»

Адсорбция на границе раздела «твёрдое тело-раствор» – это самопроизвольное концентрирование растворенного вещества на поверхности твёрдого адсорбента.

В зависимости от природы адсорбтива: молекулярная адсорбция, ионная адсорбция, адсорбция коллоидных частиц.

Адсорбция растворённых веществ твёрдыми адсорбентами является более сложным процессом, чем адсорбция газов твёрдыми телами, так как осложнена рядом факторов:

- присутствием третьего компонента, – растворителя, молекулы которого конкурируют с молекулами сорбата за активные центры поверхности адсорбента;
- взаимодействием между поверхностью адсорбента и молекулами растворителя;
- электростатическим взаимодействием между поверхностью адсорбента и ионами сорбата, если он является электролитом.

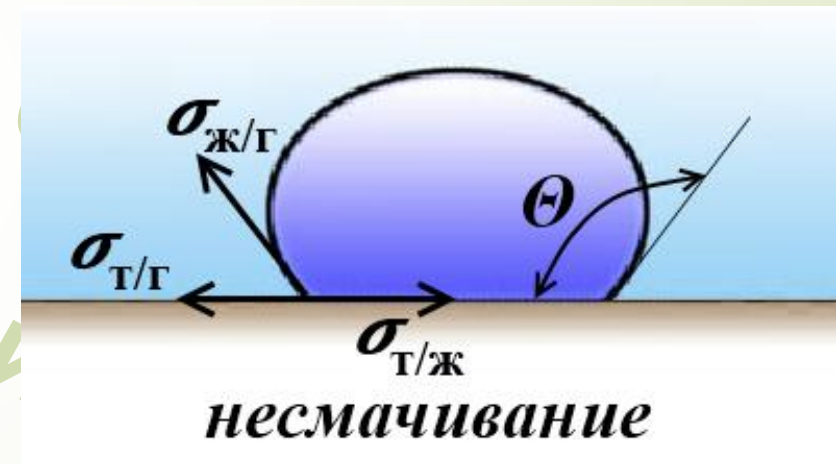
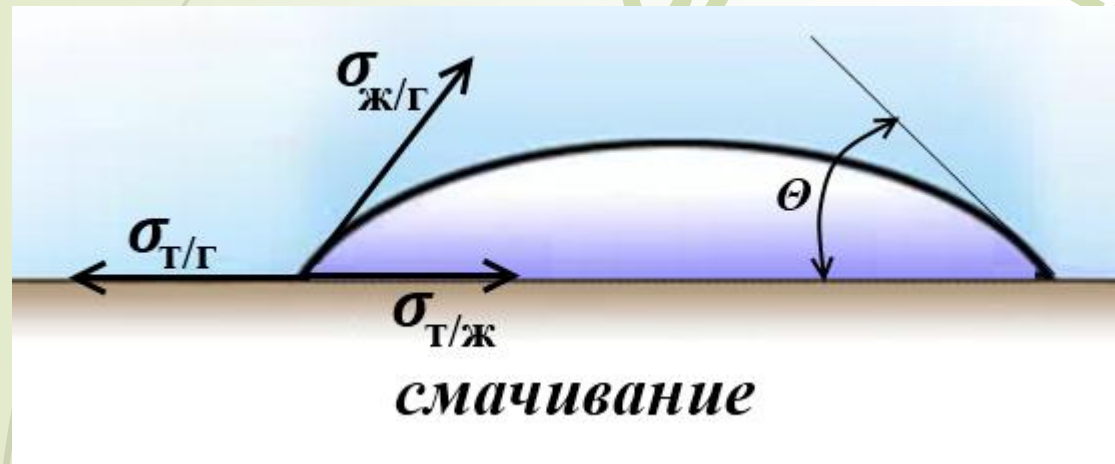
Величину адсорбции рассчитывают по формуле:

$$\Gamma = \frac{(c_{\text{исх}} - c_{\text{равн}}) \cdot V_{\text{раствора}}}{m_{\text{сорбента}}}$$

Смачивание

Это процесс увеличения площади контакта жидкости и твёрдого тела, заключающийся во взаимодействии жидкости с твердым или другим жидким телом при наличии одновременного контакта трех фаз, одна из которых обычно является газом (воздухом).

Степень смачивания количественно характеризуется косинусом *краевого угла* (*угла смачивания*), или просто краевым углом (углом смачивания).



Уравнение Юнга:

$$\cos\theta = \frac{\sigma_{T/Г} - \sigma_{T/Ж}}{\sigma_{Ж/Г}}$$

Адсорбция на неподвижной границе раздела фаз «твёрдое тело-раствор»

Неэлектролиты и слабые электролиты на поверхности твёрдого адсорбента сорбируются из растворов в виде молекул, поэтому этот процесс называется молекулярной адсорбцией.

Факторы, влияющие на адсорбцию на границе «твёрдое тело-раствор»:

1. **Природа адсорбента.** Влияние природы адсорбента аналогично адсорбции газов.
2. **Природа растворённого вещества.** Правило выравнивания полярностей Ребиндера:

Процесс адсорбции идет в сторону уравнивания полярностей фаз и тем сильнее, чем больше первоначальная разность полярностей.

Адсорбция на неподвижной границе раздела фаз «твёрдое тело-раствор»

3. Природа растворителя. Чем хуже адсорбируется растворитель, тем лучше будет адсорбироваться растворенное вещество. А растворитель адсорбируется тем хуже, чем больше его поверхностное натяжение. Отсюда вытекают 2 закономерности:

адсорбция на твердом адсорбенте идет лучше из водных и хуже из органических растворов;

***правило Шилова:** чем лучше растворитель растворяет вещество, тем хуже вещество адсорбируется из раствора.*

4. Концентрация адсорбтива. Эта зависимость описывается изотермами адсорбции Ленгмюра, Фрейндлиха и БЭТ. Для описания адсорбции из раствора на твердом теле применимо и уравнение Гиббса, однако сложность определения площади поверхности на границе твердое тело-раствор не позволяет непосредственно использовать это уравнение.

Адсорбция на неподвижной границе раздела фаз «твёрдое тело-раствор»

- 5. *Время адсорбции.*** Адсорбция из растворов идет медленнее адсорбции газов, так как диффузия в жидкостях протекает значительно медленнее. Она может быть ускорена перемешиванием. Особенно медленно происходит адсорбция больших молекул на мелкопористых адсорбентах, так как в этих случаях равновесие устанавливается медленно или вовсе не наступает.
- 6. *Температура.*** Повышение температуры приводит к уменьшению адсорбции, но в меньшей степени, чем при адсорбции газов.

Ионная адсорбция из растворов

Ионная адсорбция – адсорбция из растворов сильных электролитов. В этом случае растворенное вещество адсорбируется только в виде ионов.

Особенности ионной адсорбции:

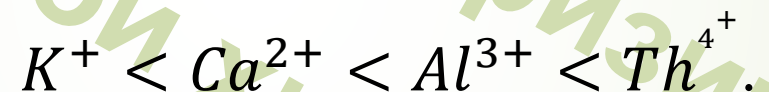
1. Адсорбируются заряженные частицы (ионы), а не молекулы.
2. Адсорбция происходит только на полярных адсорбентах, часто её так и называют – полярная адсорбция.
3. Адсорбция сопровождается образованием двойного электрического слоя.
4. Адсорбция в большинстве случаев является избирательной, т. е. на каждом данном адсорбенте катионы и анионы адсорбируются неодинаково.
5. В основе ионной адсорбции лежат химические силы, она чаще всего кинетически необратима.
6. Для ионной адсорбции может быть характерно явление обменной адсорбции.

Факторы, влияющие на ионную адсорбцию

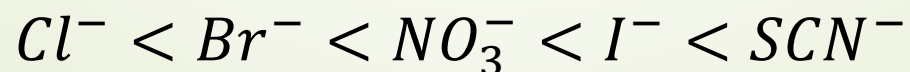
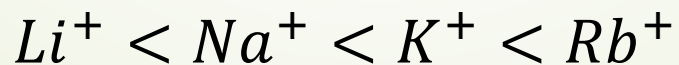
1. **Природа адсорбента.** Чем более полярным является адсорбент, тем лучше он адсорбирует ионы из водных растворов. На активных центрах, несущих положительный заряд, адсорбируются анионы, на отрицательных - катионы.

2. **Природа ионов:**

а) **заряд иона.** Чем больше заряд иона, тем сильнее ион притягивается противоположно заряженной поверхностью твердого тела и тем сильнее адсорбируется:



б) **радиус иона.** Чем больше кристаллический радиус иона при одинаковом заряде, тем лучше он адсорбируется. В соответствии с этим ионы можно расположить в ряды по возрастающей способности к адсорбции, называемые **лиотропными рядами** или **рядами Гофмейстера**:



Различают три вида ионной адсорбции: эквивалентную, избирательную и обменную.

Эквивалентная адсорбция встречается редко и характеризуется тем, что и катионы, и анионы одного электролита адсорбируются на поверхности адсорбента в эквивалентных количествах.

Избирательная адсорбция ионов — это процесс фиксации на твердой поверхности ионов одного знака заряда при сохранении подвижности ионов противоположного знака. Поглощаться будет в основном тот ион, который имеет большее химическое сродство к твердой фазе (сорбенту). Избирательная адсорбция подчиняется **правилу Панета и Фаянса:**

на поверхности адсорбента (кристалла) преимущественно адсорбируются те ионы, которые могут достроить кристаллическую решетку данного адсорбента или образовать с ионами, входящими в его кристаллическую решетку, труднорастворимое соединение.

Ионообменная адсорбция – процесс, при котором твердый адсорбент обменивает свои ионы на ионы того же знака из раствора. Обменная адсорбция специфична, то есть к обмену способны только определенные ионы. Этот процесс не всегда обратим, протекает более медленно, чем молекулярная адсорбция, может приводить к изменению рН среды.

Вещества, проявляющие способность к ионному обмену, называются *ионитами*. Иониты имеют структуру в виде каркаса, «сшитого», обычно, ковалентными связями. Каркас имеет положительный или отрицательный заряд, скомпенсированный противоположным зарядом подвижных ионов (противоионов), которые могут легко заменяться на другие ионы того же знака заряда. Каркас выступает в роли полииона и обуславливает нерастворимость ионита в растворителях.

Иониты, способные обменивать катионы, называют *катионитами*, они содержат группы: $-\text{SO}_3\text{H}$; $-\text{COOH}$; фенольные гидроксилы.

Иониты, способные обмениваться анионами, называют *анионитами*, они являются первичными, вторичными или третичными аминами.