



ФГБОУ ВО

**«Красноярский государственный медицинский университет
имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого»**

Министерства здравоохранения Российской Федерации

**Кафедра биологической химии с курсами медицинской, фармацевтической и
токсикологической химии**

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

**К.х.н., доцент Ендржиевская –Шурыгина
Виктория Юлиановна**



ЛЕКЦИЯ № 13 по дисциплине «Физическая химия» для студентов 1 курса, обучающихся по специальности 30.05.03 - «Медицинская кибернетика»

Поверхностные явления

План

1. Смачивание. Инверсия смачивания. Растекание. Поверхностные пленки
2. Когезия. Адгезия. Флотация.

СРС. Составить конспект

**Физическая и коллоидная химия:
учебник/ Под ред.проф.**

**А.П.Беляева. – М.: ГЭОТАР-Медиа,
2014. – 752 с. § 20.6**

**Поверхностные натяжения и
межмолекулярные
взаимодействия внутри фаз
обуславливают процессы
смачивания и растекания жидкой
капли на твердой или жидкой
поверхности, как крайний случай -
образование пленок жидкости.**

**Явление смачивания
служит начальной
стадией
взаимодействия
жидкостей с твердыми
телами**

**По числу фаз,
участвующих в процессе,
различают два типа
смачивания: контактное
и иммерсионное.**

***Контактное
смачивание*** протекает с
участием трех фаз:
твердой, жидкой,
газообразной (или
второй жидкой фазы)

Иммерсионное смачивание

– реализуется при полном погружении твердого тела в жидкость. В этом случае в смачивании участвуют две фазы: жидкость и твердое тело (как правило, порошок)

Контактное смачивание

Капля жидкости, помещенная на твердую поверхность, принимает форму либо близкую к сферической, либо плоскую.

Например, капля воды на поверхности парафина имеет сферическую форму, а на чистой поверхности стекла растекается.

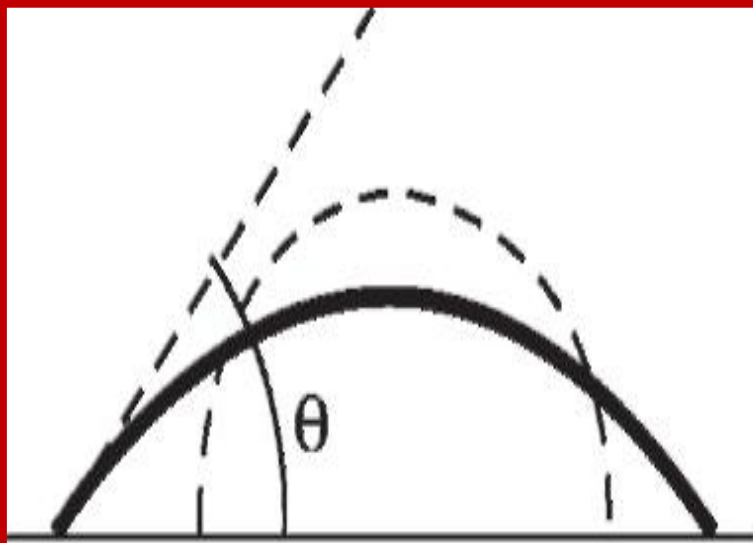
Движущей силой растекания

**является стремление системы к
минимуму изобарного потенциала.**

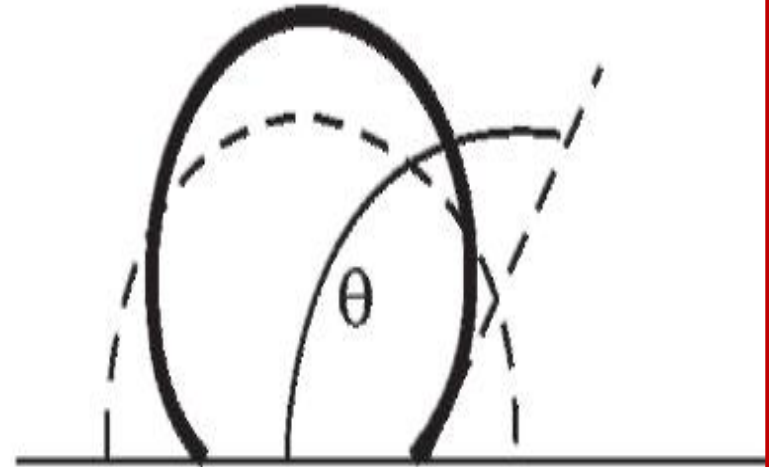
**Достигается в результате
замещения поверхности с высоким
поверхностным натяжением на
поверхность с меньшим значением
поверхностного натяжения**

Растекание жидкости начинается тогда, когда поверхностное натяжение на границе жидкость-газ $\sigma_{ЖГ}$ больше, чем поверхностное натяжение на границе жидкость - твердое тело $\sigma_{ЖТ}$

В процессе растекания размер поверхностей границ раздела изменяется и вместе изменяется их поверхностная энергия.



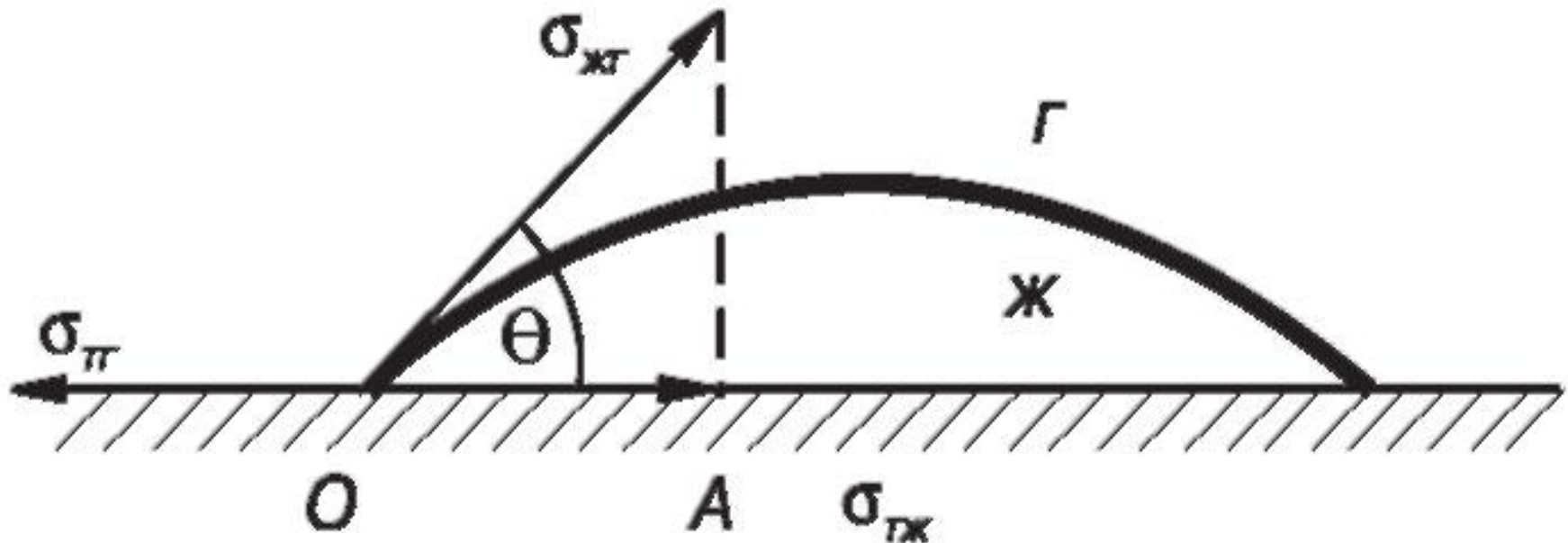
a



b

Растекание капли на твердой поверхности: *a* - смачивание; *b* - несмачивание (штриховые линии показывают положение капли в начальный момент)

**Если образование поверхности
твердое тело - жидкость
энергетически невыгодно,
уменьшение свободной
поверхностной энергии приводит
к самопроизвольному
уменьшению площади контакта и
капля стягивается (рис. б).**



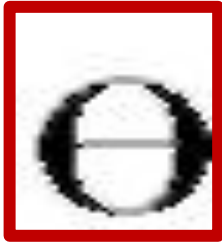
Основные характеристики контактного смачивания.

Количественной мерой контактного смачивания служит угол, образованный касательной, проведенной к точке соприкосновения трех фаз

Направление касательной
совпадает с направлением
вектора поверхностного
натяжения жидкость-газ.

Этот угол

называют ***краевым***
углом смачивания и
обозначают 

Значение  может меняться в пределах от 0° до 180°.

Величину угла смачивания отсчитывают между твердой поверхностью и касательной в точке соприкосновения трех фаз. Измерение угла  проводят со стороны жидкости

**Линию, по которой
поверхность раздела
жидкость-газ соприкасается с
поверхностью твердого тела,
называют периметром
смачивания. (Точки
соприкосновения трех фаз
принадлежат периметру
смачивания).**

Краевой угол

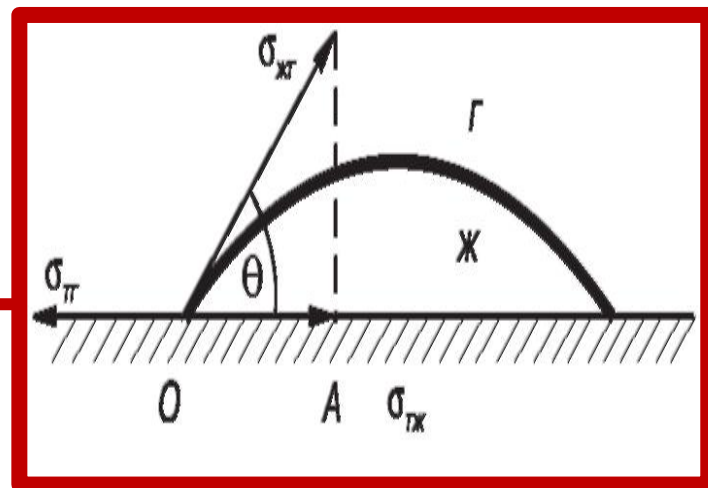
смачивания  **зависит**

**от соотношения
поверхностных натяжений
на всех трех границах
раздела**

**Количественная связь между ними
определяется через силовое
выражение поверхностного
натяжения, согласно которому
поверхностное натяжение
представляет собой силу,
действующую на единицу длины
контура в направлении
уменьшения данной поверхности**

**В состоянии равновесия
сумма всех сил равна нулю**

$$\sigma_{ТГ} = \sigma_{ТЖ} + \sigma_{ЖГ} \cos \theta,$$



Где $\sigma_{ТГ}, \sigma_{ТЖ}, \sigma_{ЖГ}$ — силы, действующие на единицу периметра смачивания;

$(\sigma_{ЖГ} \cos \theta)$ — проекция вектора $\sigma_{ЖГ}$ на горизонтальную плоскость (отрезок OA на рис.)

**Решение уравнения относительно
краевого угла смачивания дает
уравнение, представляющее
собой математическое
выражение *закона Юнга*:**

$$\cos\theta = \frac{\sigma_{ТТ} - \sigma_{ТЖ}}{\sigma_{ЖГ}},$$

Как следует из рисунка и уравнения Юнга:

$$\theta < 90^\circ \quad \cos\theta > 0$$

смачивание

$$\theta > 90^\circ \quad \cos\theta < 0$$

несмачивание

Полной смачиваемости отвечает

$$\theta = 0^\circ \text{ и } \cos\theta = +1$$

Полной несмачиваемости отвечает

$$\theta = 180^\circ, \cos\theta = -1$$

Практически несмачиваемые водой материалы типа воска, парафина и фторопласта в обычных условиях дают краевой угол для воды порядка 120-130°. Полное смачивание имеет место, например, при взаимодействии воды с кварцем (в атмосфере воздуха), вода смачивает графит, тальк, серу, плохо смачивает

полиэтилен

**При изучении явления
смачивания важно уметь
предсказать для реальной**

системы значение ,

**используя знания о природе
контактирующих фаз.**

Смачиванию способствуют:

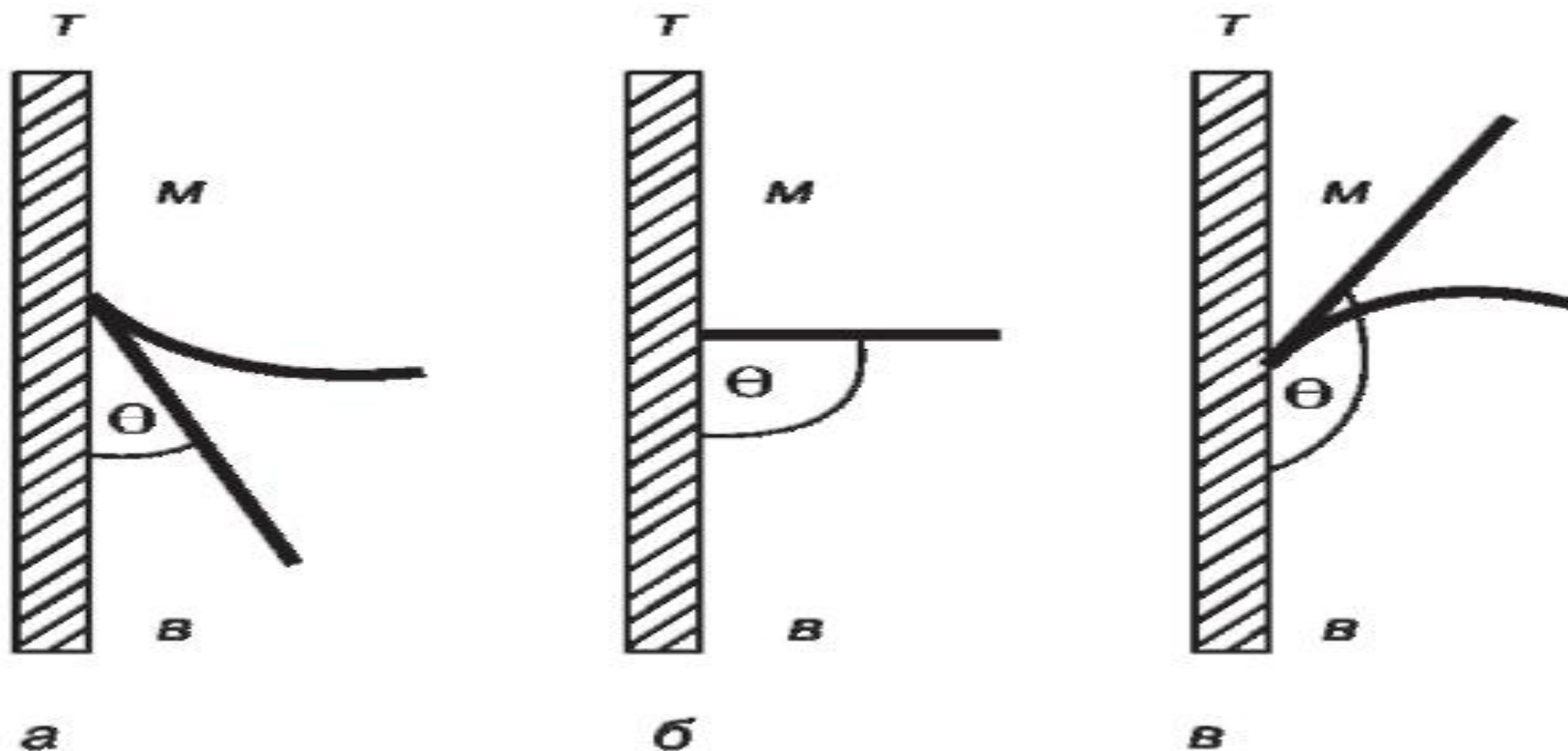
1. Уменьшение $\sigma_{жг}$ т. е. чем меньше полярность жидкости, тем большее количество поверхностей она смачивает. Высокополярная ртуть смачивает только некоторые металлы; вода смачивает поверхности многих полярных веществ; органические жидкости (спирты, бензол, гексан) смачивают большинство поверхностей. Следствием смачивания является форма мениска в капилляре. Например, мениск в капиллярах ртутных термометров оказывается выпуклым ($\theta > 90^\circ$),

а в спиртовых - вогнутым ($\theta < 90^\circ$)

2. Уменьшение $\sigma_{ТЖ}$.

Чем ближе по полярности твердая и жидкая фазы, тем меньше разность полярностей между ними, как следствие, работает правило «подобное смачивается подобным».

**Краевые углы смачивания
легко измеряются
экспериментально.
Для этого применяют
методы проектирования
капли на экран с помощью
специального прибора.**



Избирательное смачивание: *а* - избирательное смачивание водой; *б* - отсутствие избирательного смачивания; *в* - избирательное смачивание маслом. *Т* - твердая поверхность; *В* - водная фаза; *М* - органическая («масляная») фаза

Иммерсионное смачивание

- **При изучении характера взаимодействия поверхности порошкообразных (что особенно важно для решения фармацевтических задач) или пористых материалов с жидкостью измерение угла смачивания не представляется возможным, поэтому используют другие характеристики процесса смачивания.**

Например, можно количественно определить калориметрическим методом теплоту смачивания. Теплота смачивания - это количество теплоты, выделяющееся при погружении твердого вещества в жидкость. Ее обычно относят к единице поверхности или массы смачиваемого вещества и выражают в Дж/м² или Дж/кг. Смачивание твердой поверхности жидкостью приводит к образованию новой фазовой границы жидкость - твердое вместо исходной границы твердое тело - газ и сопровождается уменьшением поверхностной энергии Гиббса.

Теплоту смачивания
экспериментально обычно
определяют в расчете на
единицу массы порошка и
называют **удельной**
теплотой смачивания $q_{см}$

Величина $q_{см}$, как величина любого теплового эффекта процесса, протекающего при постоянной температуре и постоянном давлении, равна изменению энтальпии, в данном случае изменению поверхностной энтальпии при переносе 1 кг вещества из воздуха в жидкость:

$$q_{\text{см}} = (h_{\text{ТГ}}^s - h_{\text{ТЖ}}^s) S_{\text{уд}},$$

где – $h_{\text{ТГ}}^s$ и $h_{\text{ТЖ}}^s$ –
 поверхностные энтальпии,
 рассчитанные на единицу
 поверхности твердое-газ и твердое-
 жидкость соответственно; $S_{\text{уд}}$ –
 удельная поверхность твердого
 вещества, $\text{м}^2/\text{кг}$.

Смачивание является процессом экзотермическим и

$$\sigma_{ТГ} > \sigma_{ТЖ}$$

Конкретное соотношение между

$$\sigma_{ТГ} \text{ И } \sigma_{ТЖ}$$

приводит к

тому, что для гидрофильных поверхностей теплота смачивания водой больше, чем органическими жидкостями, а для гидрофобных поверхностей наблюдается обратная зависимость.

$$q_{\text{см}} = \left(\sigma_{\text{ТГ}} - \sigma_{\text{ТЖ}} - T \frac{d(\sigma_{\text{ТГ}} - \sigma_{\text{ТЖ}})}{dT} \right) S_{\text{уд.}}$$

В уравнение входят величины, трудно поддающиеся экспериментальному определению, а измерение 1 кг порошка не всегда удобно, поэтому для оценки свойств поверхности порошка экспериментально измеряют теплоту смачивания при погружении одинаковой массы твердого тела в воду ($q_{\text{см}}^{\text{В}}$) и жидкий углеводород - масло ($q_{\text{см}}^{\text{М}}$)

**Отношение полученных теплот
называется *коэффициентом
гидрофильности b* :**

$$b = q_{\text{см}}^{\text{В}} / q_{\text{см}}^{\text{М}}.$$

Для гидрофильных поверхностей $b > 1$,
для гидрофобных - $0 < b < 1$. В табл.
приведены примеры гидрофильных и
гидрофобных веществ

Таблица 2. Энтальпия смачивания и коэффициент гидрофильности порошкообразных веществ

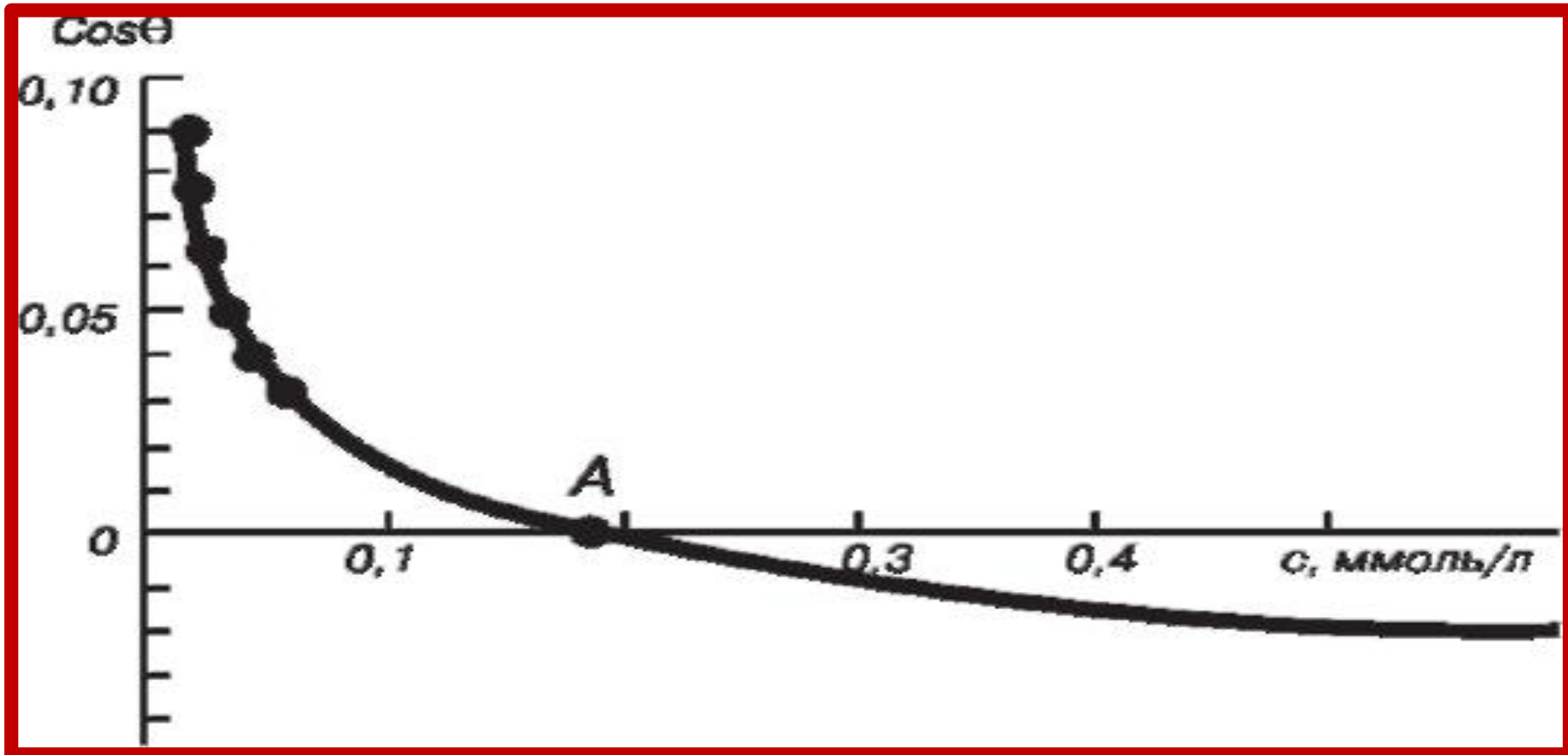
Вещество	Энтальпия смачивания, Дж/кг		
водой $H_{\text{см}}^{\text{в}} \cdot 10^{-3}$	углеводородом $H_{\text{см}}^{\text{м}} \cdot 10^{-3}$	b	
Прокаленный SiO_2	38,1	18,4 (гексан)	2,1
Активированный уголь	31,8	93,3 (гексан)	0,34
Крахмал	96,2	5,4 (бензол)	17,8
Агар-агар	146,0	4,2 (бензол)	34,8

Для гидрофильных поверхностей $b > 1$, для гидрофобных $-0 < b < 1$.

Активированный уголь обладает гидрофобными свойствами, остальные три вещества гидрофильны.

Инверсия смачивания

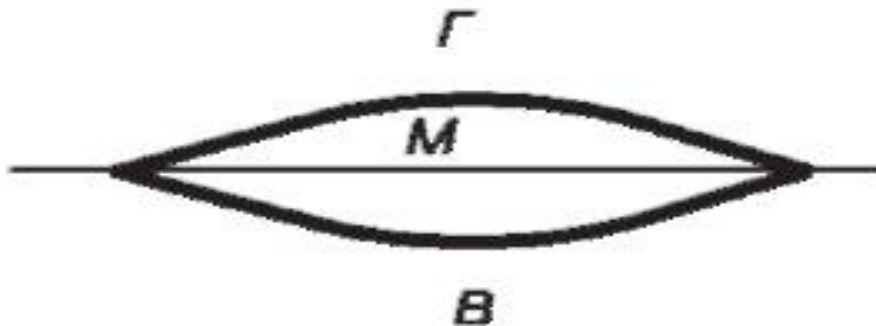
Процесс смачивания может быть целенаправленно изменен путем изменения поверхностного натяжения, которым наиболее эффективно можно управлять с помощью ПАВ, вводя их либо в жидкую фазу, либо обрабатывая их растворами или парами твердую поверхность. При этом может происходить не только изменение величины угла смачивания, но и *инверсия*, т. е. качественное изменение характера смачивания.



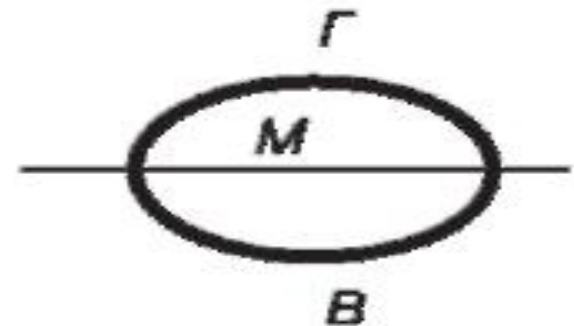
**Изотерма смачивания поверхности стекла
растворами ПАВ
(додецилметиламмонийбромида) разных
концентраций**

Растекание жидкости

Рассмотрим на примере ее растекания по поверхности другой жидкости



а



б

Капля масла на поверхности воды при растекании (*а*) и без растекания (*б*)

При

$$f > 0 \quad (dG_s < 0)$$

Происходит растекание;

при

$$f < 0 \quad (dG_s > 0)$$

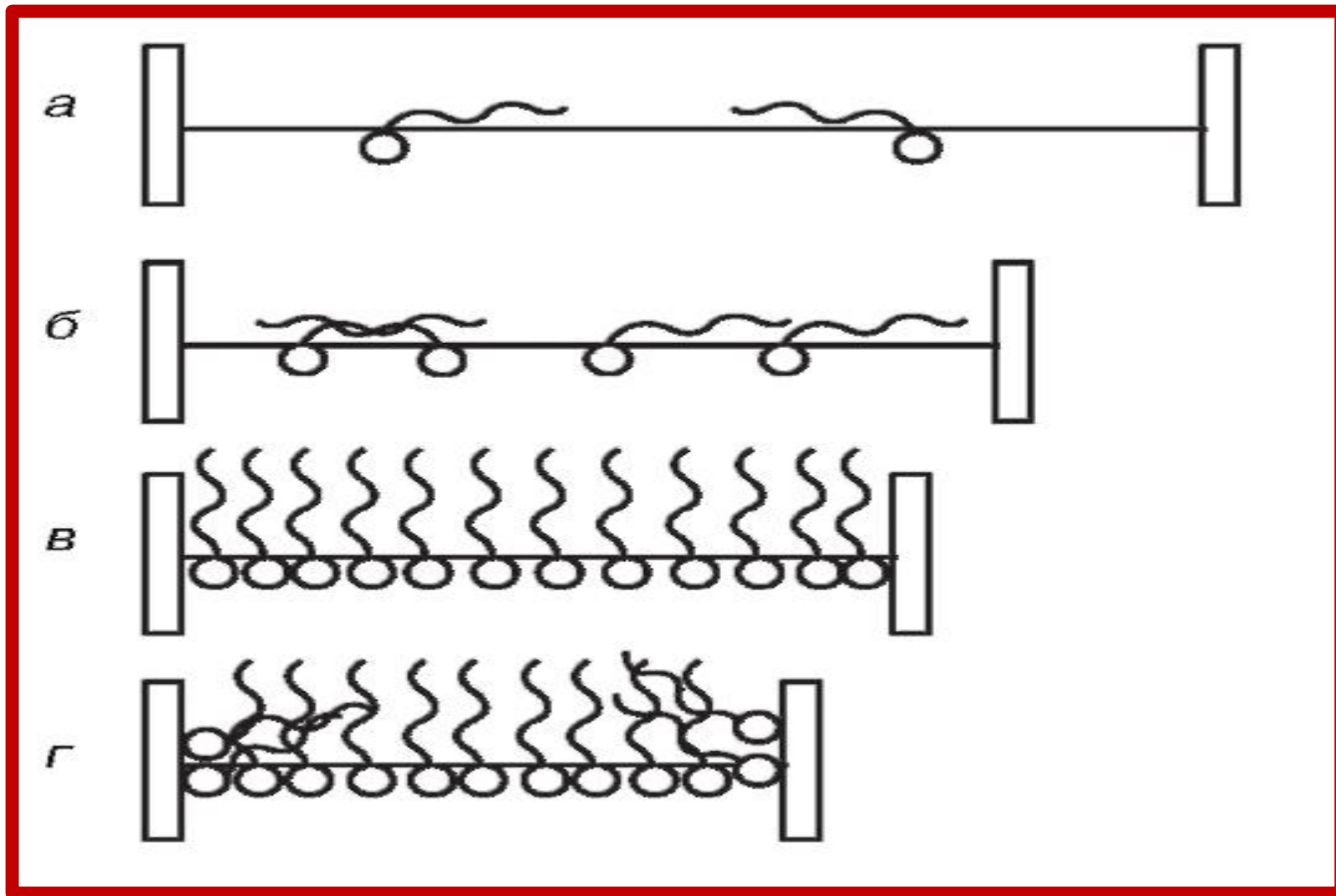
расте-

кание отсутствует.

Мерой растекания служит *коэффициент растекания f* (по Гаркинсу)

Поверхностные пленки

- Конечный результат растекания нерастворимых в воде жидкостей - образование очень тонких слоев на поверхности воды. Такой процесс можно назвать *двумерным растворением*. При растекании пленки на достаточно большой поверхности образуется *мономолекулярный слой*, поскольку с ростом площади пленки непрерывно уменьшается свободная поверхностная энергия.



**Зависимость строения мономолекулярной пленки
ПАВ от площади поверхности, занимаемой
монослоем**



Основная литература

1. **Физическая и коллоидная химия: учебник/ Под ред.проф.А.П.Беляева. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. – 704 с.: (2изд., 2014. - 752 с.)**
2. **Слесарев В.И. Химия: Основы химии живого: Учебник для вузов. – СПб, 2007. – 784 с.**
3. **Физическая и коллоидная химия. Задачник: учеб.пособие для вузов / А.П.Беляев,А.С.Чухно, Л.А.Бахолдина, В.В.Гришин; под ред. А.П. Беляева. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. – 288с.**
4. **Электронные ресурсы**

Дополнительная литература

1. Типовые расчеты по физической и коллоидной химии [Электронный ресурс] : учеб. пособие. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/view/book/45679/> А. Н. Васюкова, О. П. Задачаина, Н. В. Насонова [и др.] СПб. : Лань, 2014. ЭБС Лань
2. Типовые расчеты по физической и коллоидной химии : учеб. пособие А. Н. Васюкова, О. П. Задачаина, Н. В. Насонова [и др.] СПб. : Лань, 2014.
3. Физическая и коллоидная химия [Электронный ресурс] : учеб. для мед. вузов (с задачами и решениями). - Режим доступа: <http://ibooks.ru/reading.php?productid=351894> Н. Н. Муш камбаров М.: Флинта , 2015. ЭБС iBooks

Дополнительная литература

4. Физическая и коллоидная химия. Задачник : учеб. пособие . А. П. Беляев, А. С. Чухно, Л. А. Бахолдина [и др.] ; ред. А. П. Беляев М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014.

5. Физическая и коллоидная химия. Задачник [Электронный ресурс] : учеб. пособие. - Режим доступа:

<http://www.studmedlib.ru/ru/book/ISBN9785970428443.html> А. П. Беляев, А. С. Чухно, Л. А. Бахолдина [и др.] ; ред. А. П. Беляев М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014. ЭБС
Консультант студента (ВУЗ)

6. Физическая и коллоидная химия. Практикум обработки экспериментальных результатов : учеб. пособие А. П. Беляев М. : ГЭОТАР-Медиа, 2015.

Дополнительная литература

7. Физическая и коллоидная химия. Руководство к практическим занятиям : учеб. пособие ред. А. П. Беляев М. : ГЭОТАР-Медиа, 2012.

8. Физическая и коллоидная химия. Руководство к практическим занятиям [Электронный ресурс] : учеб. пособие. - Режим доступа:

<http://www.studmedlib.ru/ru/book/ISBN9785970422076.html>
ред. А. П. Беляев М. : ГЭОТАР-Медиа, 2012.

ЭБС Консультант студента (ВУЗ)

9. Физическая химия [Электронный ресурс] : учебник. - Режим доступа:

<http://www.studmedlib.ru/ru/book/ISBN9785970423905.html>
Ю. Я. Харитонов М. : ГЭОТАР-Медиа, 2013.

ЭБС Консультант студента (ВУЗ)

10. Химия: Основы химии живого : учеб. для вузов В.
И. Слесарев СПб. : Химиздат, 2007. 299