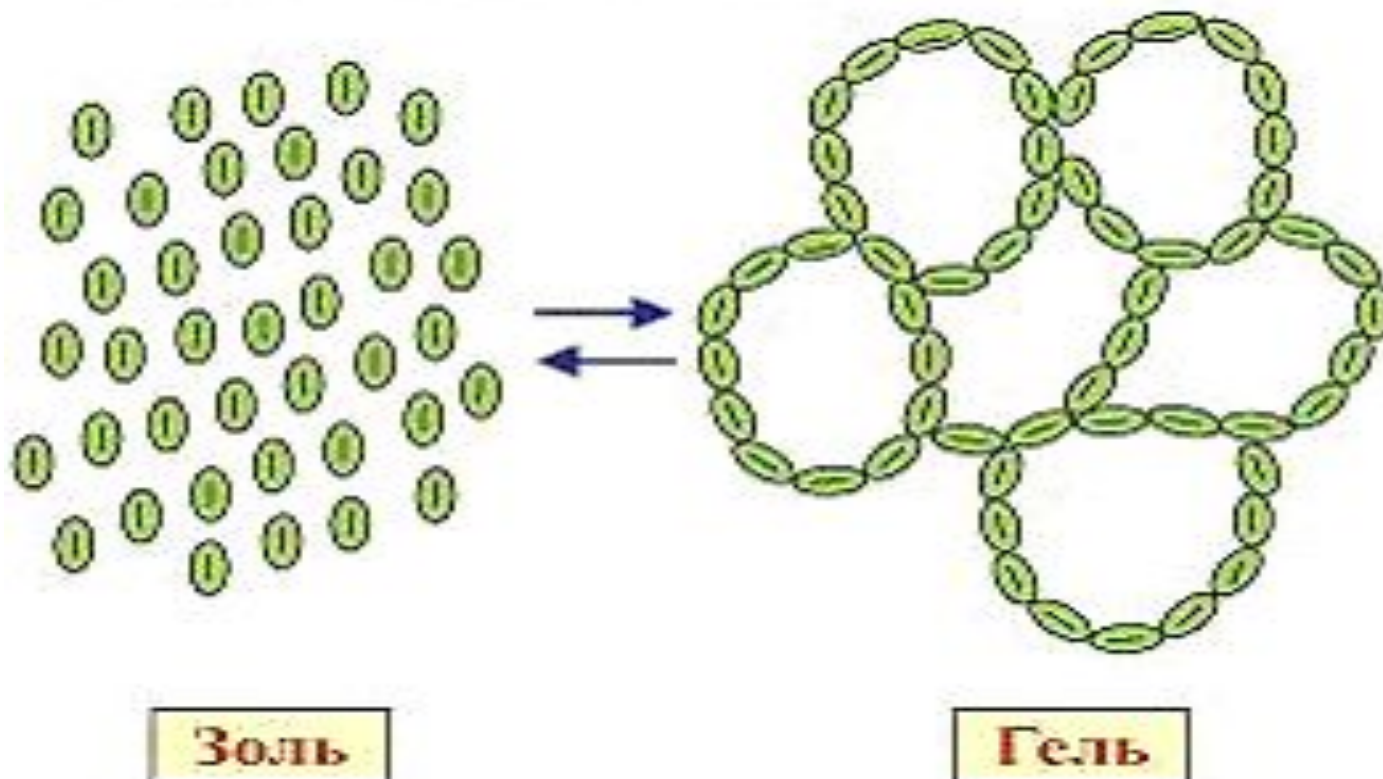


Лекция № 7

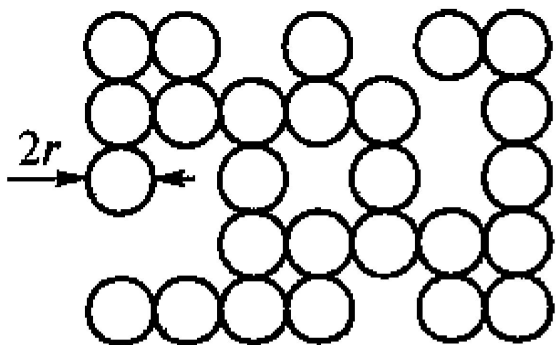
СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ И РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ

Свободнодисперсные системы

Связнодисперсные системы



ПРОЧНОСТЬ ДИСПЕРСНЫХ СТРУКТУР



$$P \approx \chi \rho_1 \quad [\text{Н/м}^2]$$

χ [м⁻²] - количество контактов

на единицу поверхности разрушения

ρ_1 [Н] – прочность индивидуального контакта

$$\chi \approx \frac{1}{(2r)^2}$$

Диаметр частиц ($2r$), мкм	χ , см ⁻²
100	$10^3 - 10^4$
1	$10^7 - 10^8$
0,01 (10 нм)	$10^{11} - 10^{12}$

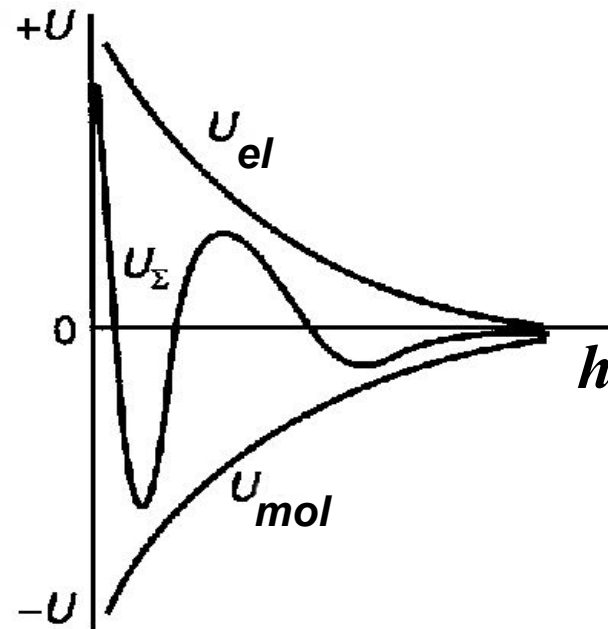
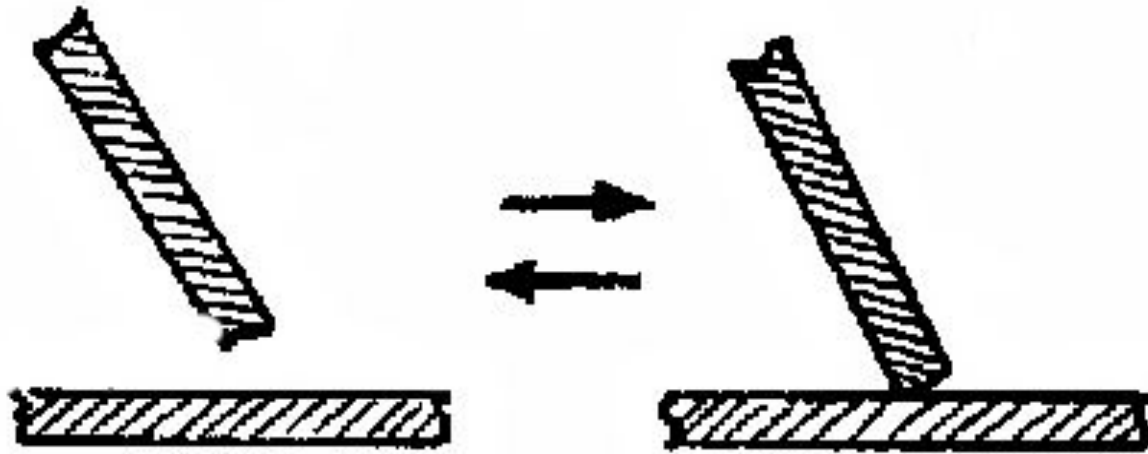
ОСНОВНЫЕ ГРУППЫ КОНТАКТОВ МЕЖДУ ЧАСТИЦАМИ ДИСПЕРСНОЙ ФАЗЫ:

- **1. Коагуляционные контакты.**
- **2. Фазовые контакты.**

ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ:

- **1. Коагуляционные.**
- **2. Кристаллизационные.**

КОАГУЛЯЦИОННЫЕ КОНТАКТЫ



Зависимость энергии взаимодействия частиц от расстояния (теория ДЛФО)

ПРОЧНОСТЬ КОАГУЛЯЦИОННОГО КОНТАКТА (p_1)

$$p_1 \approx \frac{A^* r}{12h_0^2} \quad [\text{Н}]$$

A^* - сложная константа Гамакера

r – радиус кривизны поверхности частиц
в месте их соприкосновения

h_0 – равновесный зазор между частицами

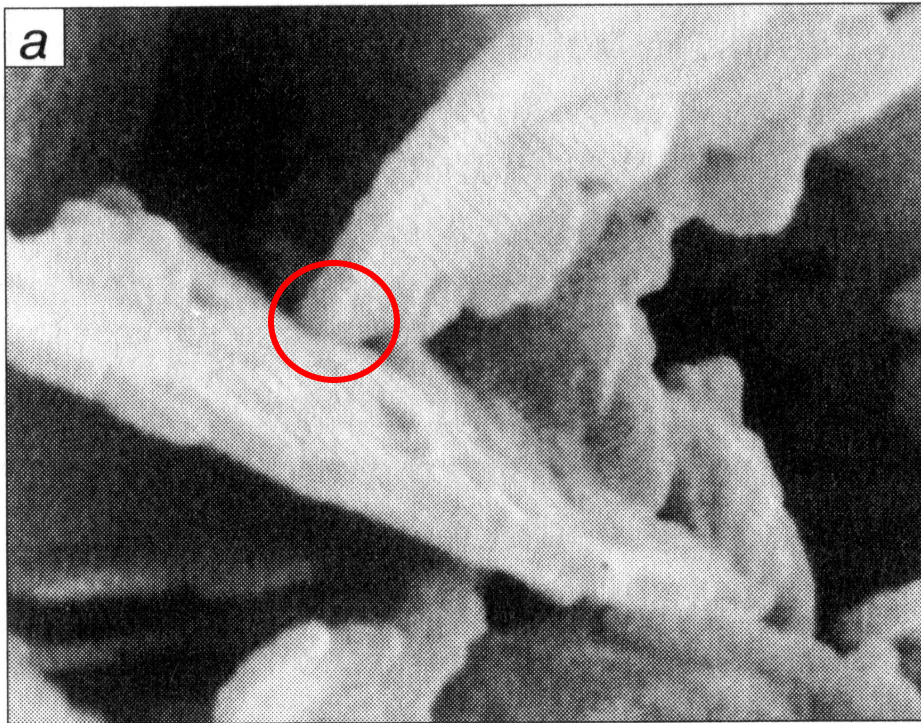
При $A^* \approx 10^{-19}$ Дж
нм $h_0 \approx 0,2 \div 1$

r	$p_1, \text{Н}$
10 нм	$10^{-10} \div 10^{-9}$
1 мкм	$10^{-8} \div 10^{-7}$

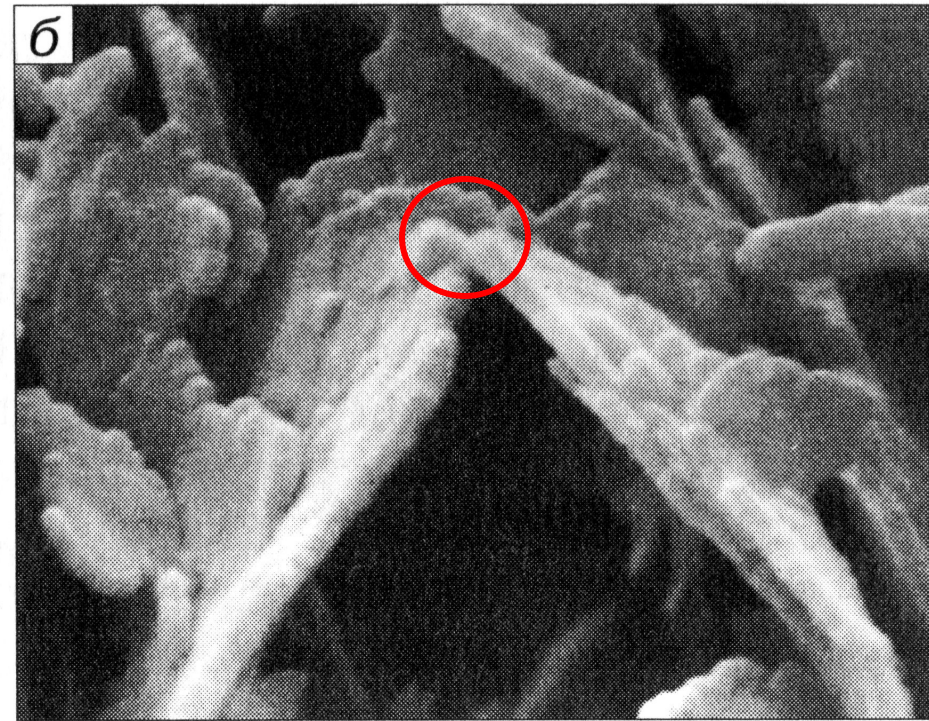
$P_{\text{коагуляционных структур}} = 10^2 \div 10^6$
Н/м²

КОАГУЛЯЦИОННЫЕ КОНТАКТЫ В ГЛИНАХ

типа «базис-скол»



типа «скол-скол»

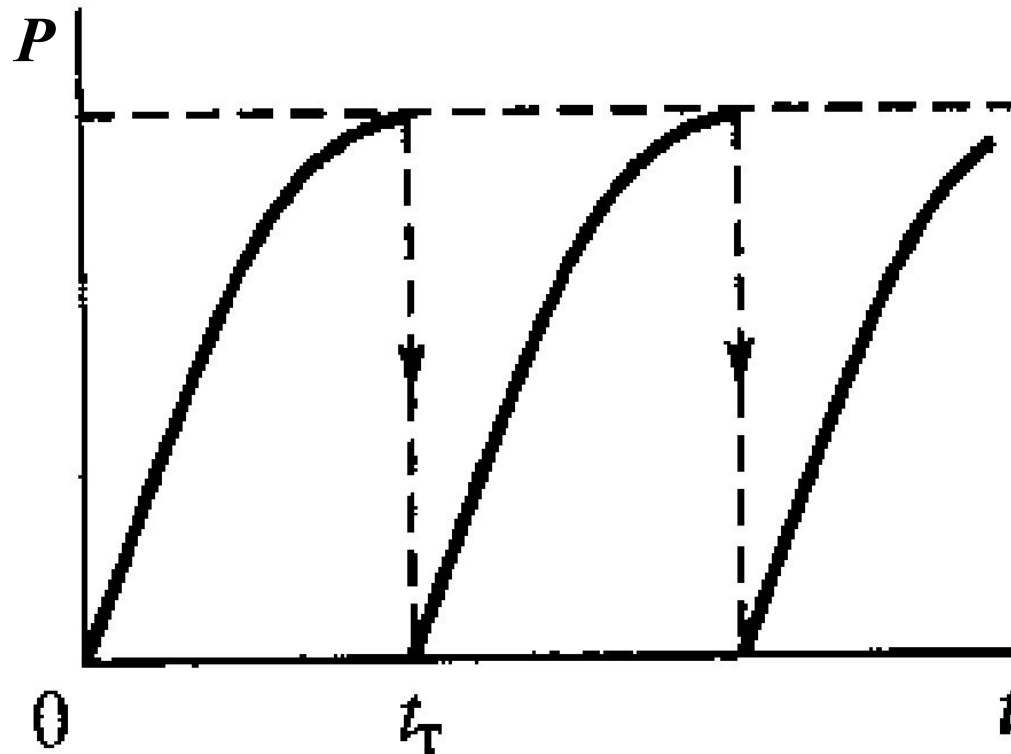


ТИКСОТРОПИЯ.

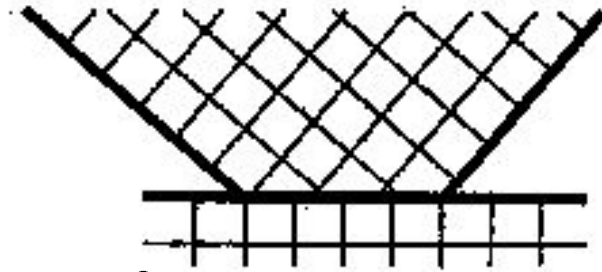
ЗАВИСИМОСТЬ ПРОЧНОСТИ КОАГУЛЯЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ ОТ

ВРЕ

МЕНИ



ФАЗОВЫЙ КОНТАКТ



$$p_1 = N \frac{e^2}{b^2 4\pi\epsilon_0} = 10^2 \div 10^3 \frac{e^2}{b^2 4\pi\epsilon_0}$$

$N = 10^2 \div 10^3$ – число связей в одном контакте

e – заряд электрона

b – межатомное расстояние

ϵ_0 – электрическая постоянная

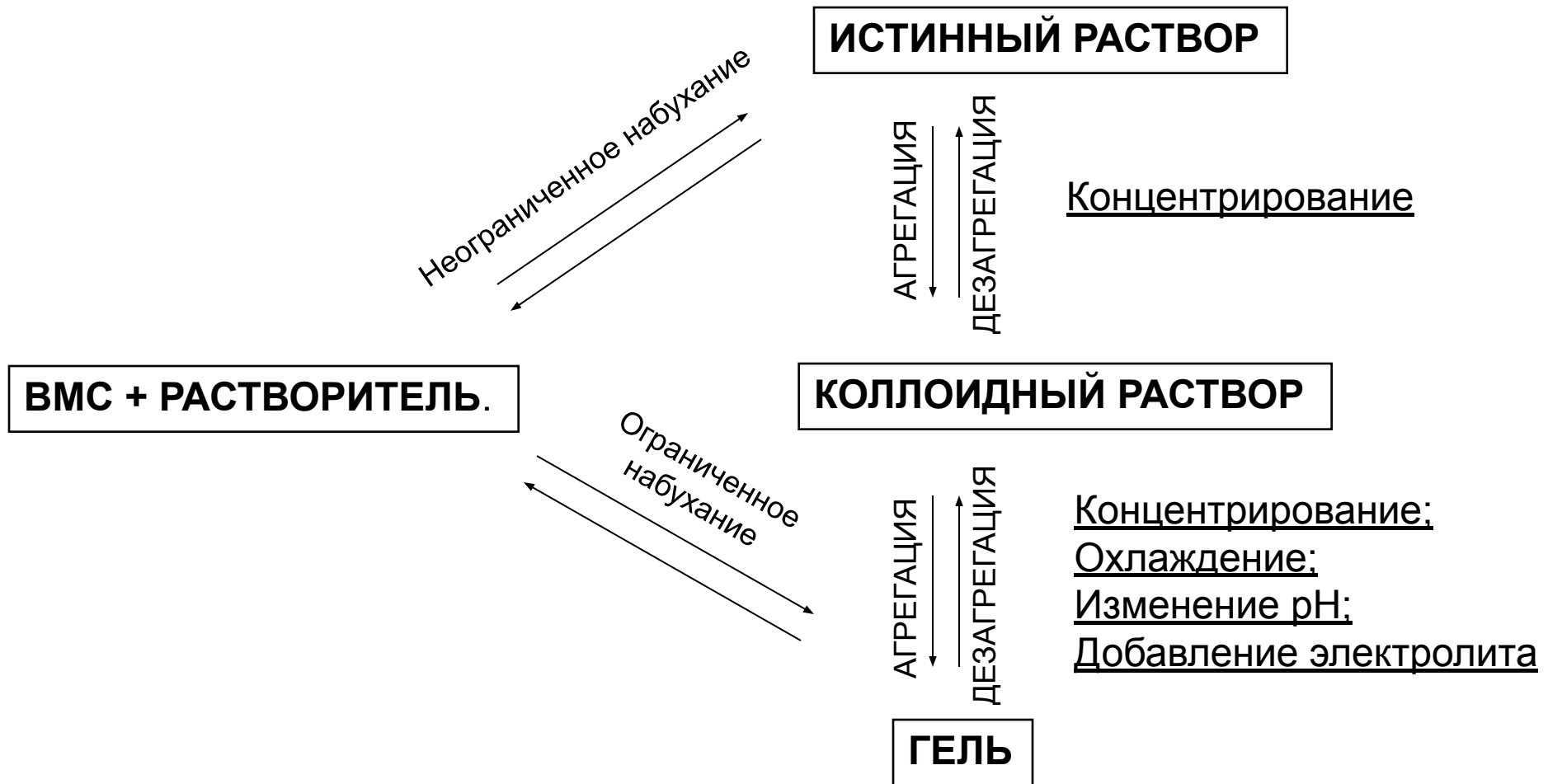
Ионные кристаллы и металлы средней прочности $p_1 \approx 10^{-7}$ Н

Высокопрочные тугоплавкие металлы $p_1 > 10^{-6}$ Н

При увеличении $N > 10^2 \div 10^3$ p_1 достигает $10^{-4} - 10^{-3}$ Н

$P_{\text{кристаллизационных структур}} = 10^4 \div 10^8$ Н/м² и выше

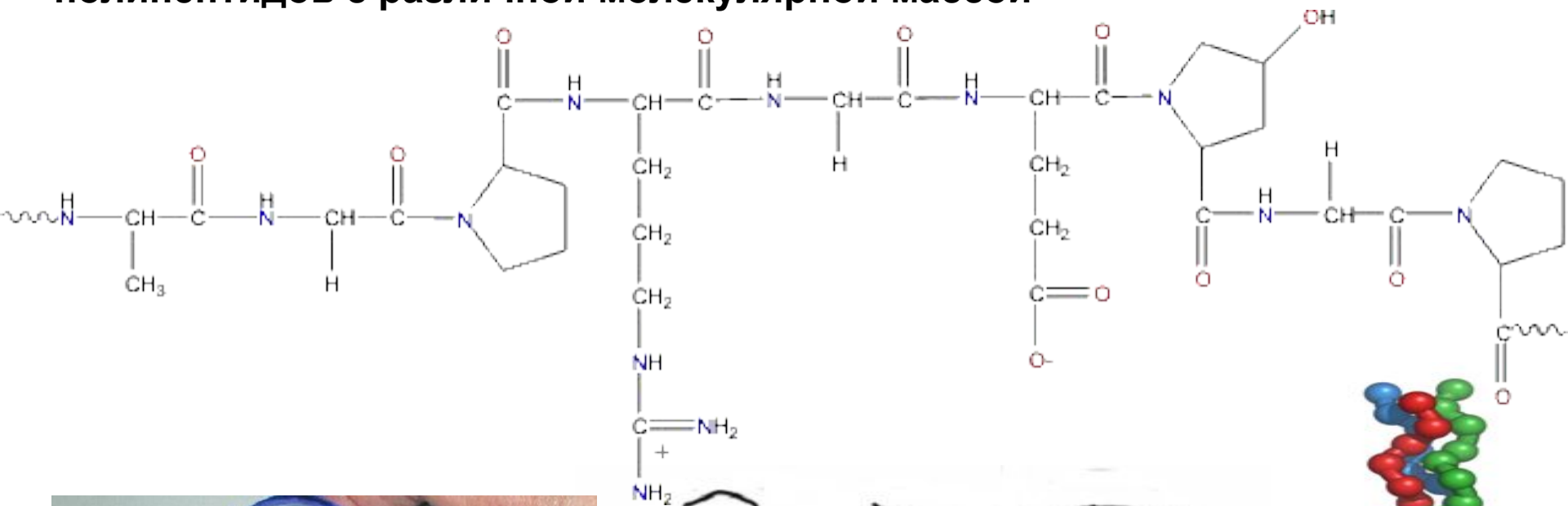
ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ОБРАЗОВАНИЯ ГЕЛЕЙ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ



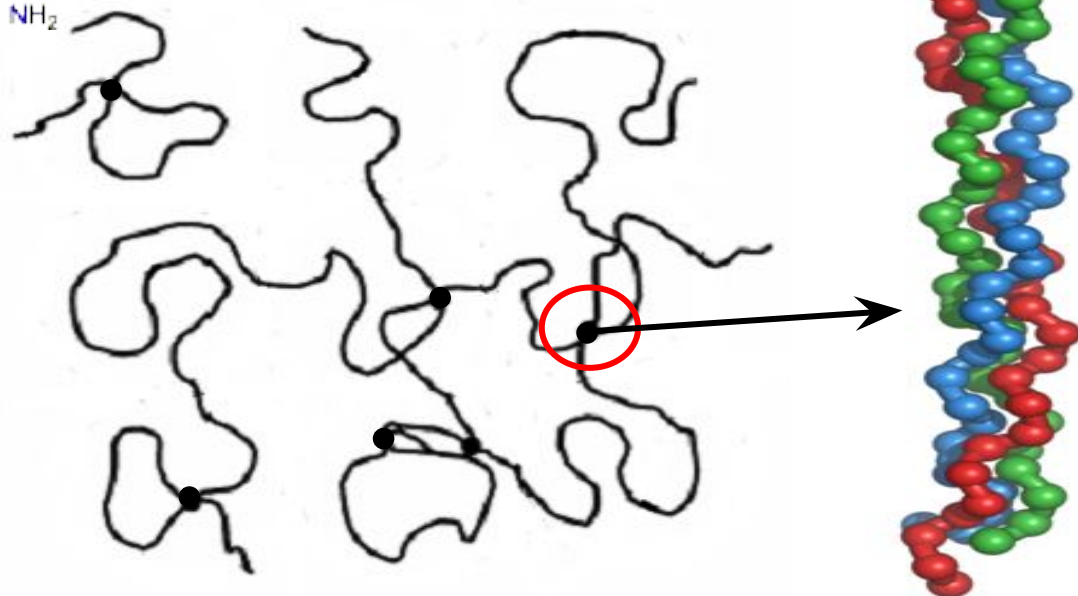
Ограниченное набухание характерно для фибриллярных белков и полисахаридов с разветвленной структурой.

**Гели в клетках – внешние слои цитоплазмы;
в организме – мозг, кожа, хрящи, глазное яблоко.**

Желатин (от лат. *gelatus* — замерзший, застывший) — белковый продукт животного происхождения, представляющий собой смесь линейных полипептидов с различной молекулярной массой



ГЕЛЬ ЖЕЛАТИНЫ



Тройная спираль коллагена

ОПТИМАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ГЕЛЕОБРАЗОВАНИЯ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ

Вещество	рН	Концентрация, г/100 мл (200С) (точка гелеобразования)
Желатин (белок)	нейтральный	1
Яичный альбумин (белок)	< 3	2
Казеин (белок)	12-13	15
Агар-агар (полисахарид)	Практически не зависит	1,2

СВОЙСТВА ГЕЛЕЙ

Тиксотропия –

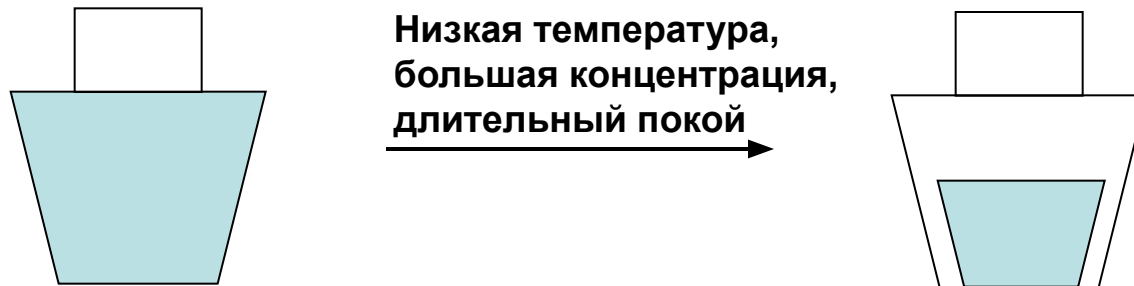
гели с коагуляционными контактами, например, гель яичного альбумина;

Частичная тиксотропия для гелей со смешанной коагуляционно-кристаллизационной структурой, например, малоконцентрированные гели желатины и казеина.

Сотрясение мозга и последующее восстановление его исходной структуры.

Синерезис –

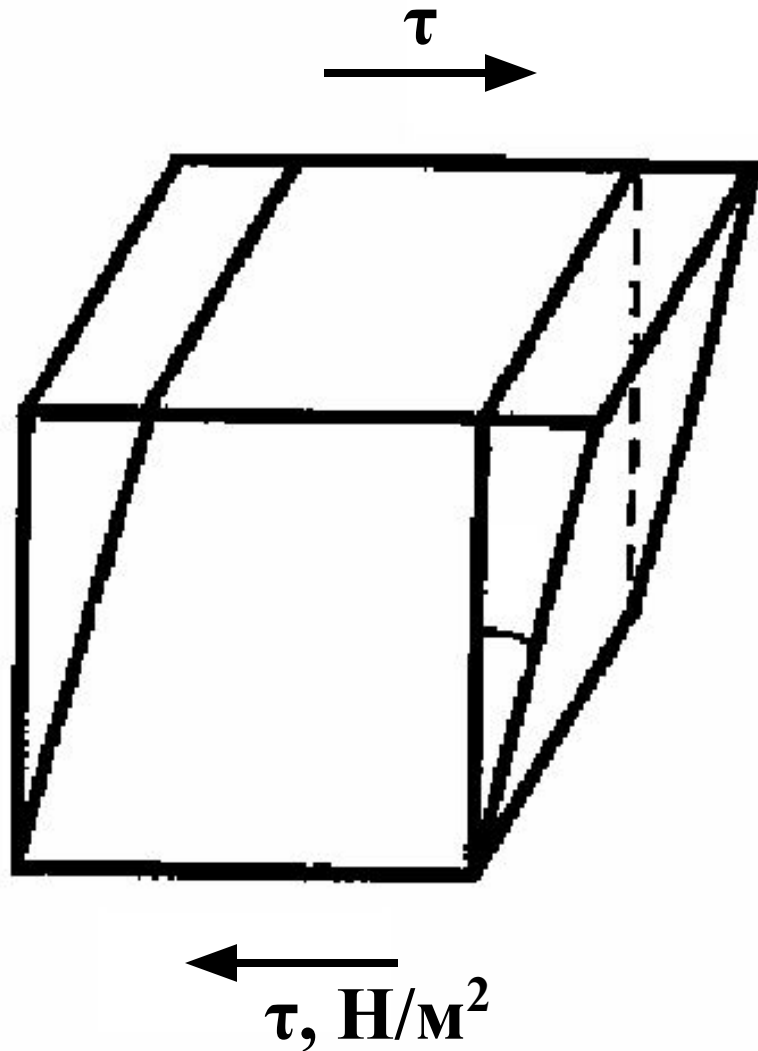
необратимый процесс старения геля, сопровождаемый упорядочением структуры с сохранением первоначальной формы, сжатием сетки и выделением из нее дисперсионной среды



Процесс старения:

мясо старых животных намного плотнее, а кости тоньше, чем у молодых.

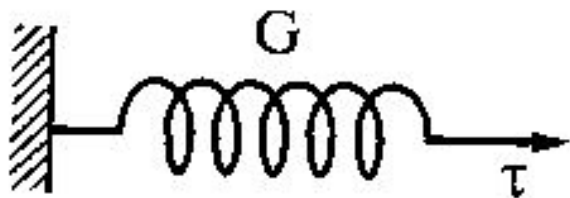
РЕОЛОГИЯ



$$\gamma(\tau), \dot{\gamma}(\tau), \eta(\tau)$$

$$\dot{\gamma} = d\gamma/dt \quad [\text{с}^{-1}]$$

УПРУГОЕ ПОВЕДЕНИЕ

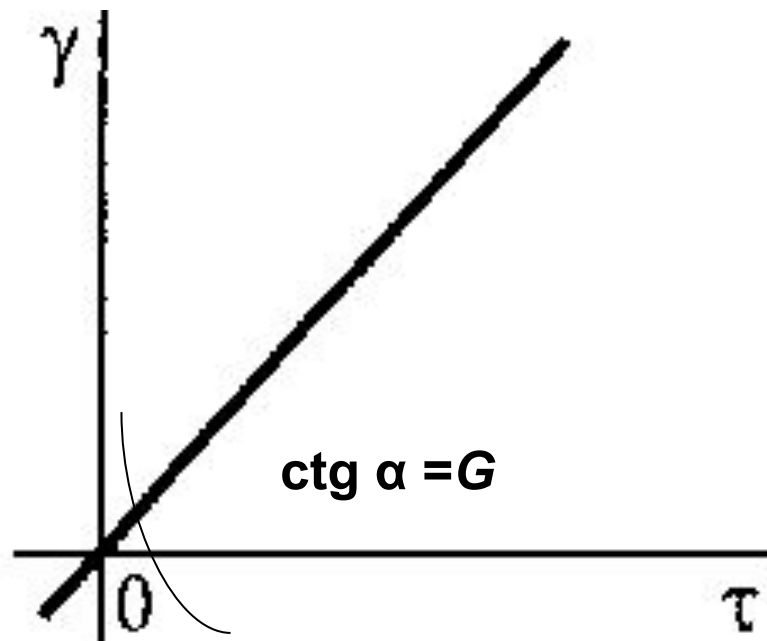


$$\tau = G\gamma$$

τ – напряжение сдвига

G – модуль сдвига

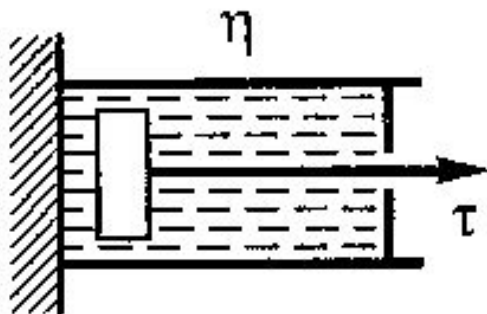
γ – относительная деформация



Молекулярные кристаллы $G \sim 10^9 \text{ Н/м}^2$

Ковалентные кристаллы и металлы $G > 10^{11} \text{ Н/м}^2$

ВЯЗКОЕ ПОВЕДЕНИЕ (ВЯЗКОЕ ТЕЧЕНИЕ)



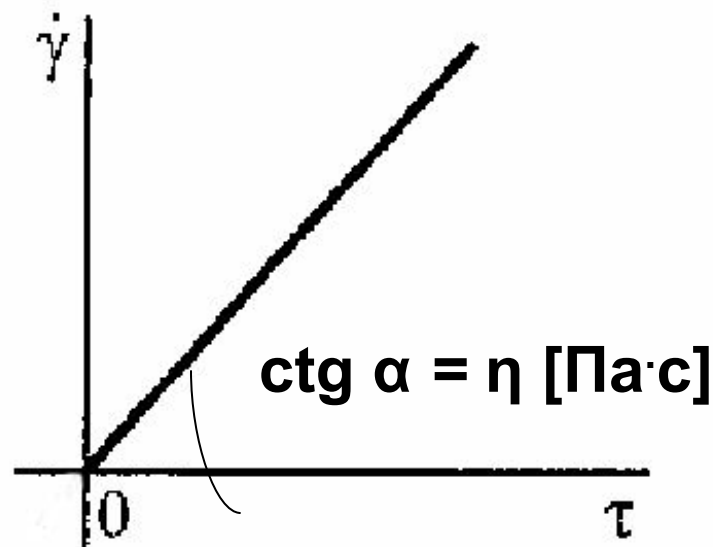
Уравнение Ньютона

$$\tau = \eta \frac{d\gamma}{dt} = \eta \dot{\gamma}$$

τ – напряжение сдвига

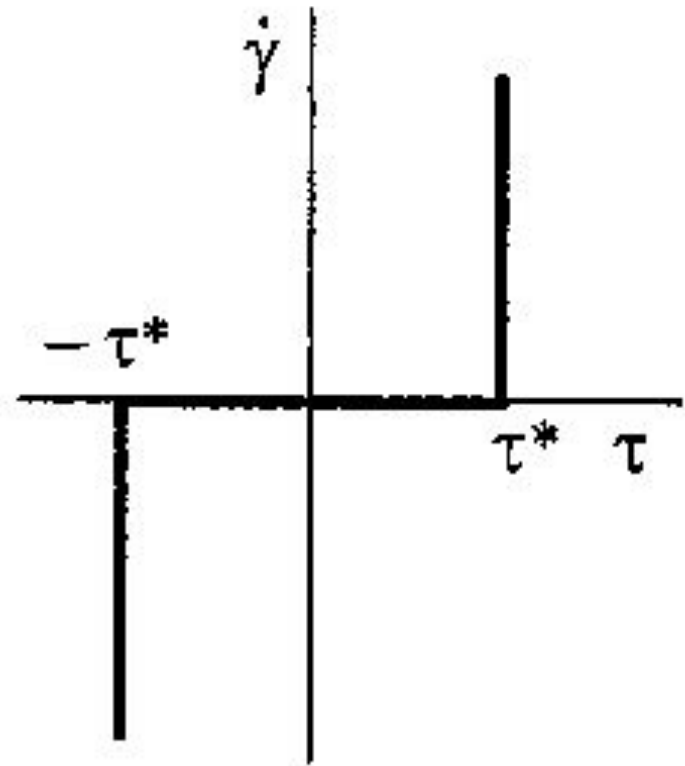
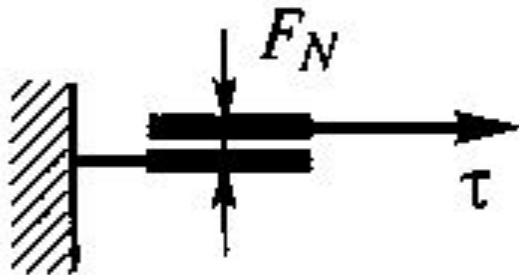
η – вязкость

$d\gamma/dt$ – скорость развития деформации



Вязкость меняется в широких пределах:
от 10^{-3} Па·с для воды
до 10^{15} Па·с для горных пород

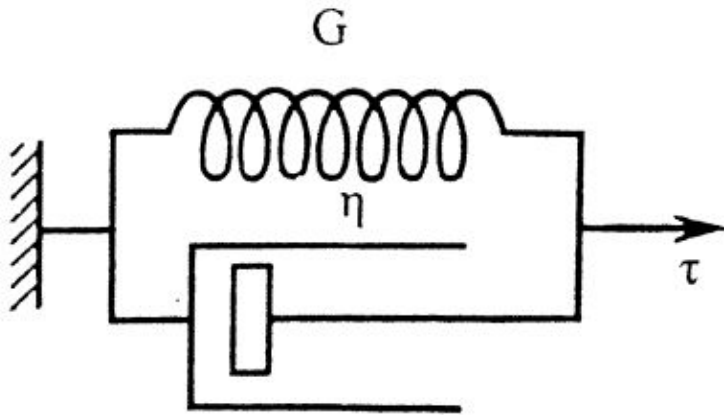
ПЛАСТИЧНОСТЬ (ПЛАСТИЧЕСКОЕ ТЕЧЕНИЕ)



$$\tau < \tau^* \quad \gamma = 0 \quad d\gamma/dt = 0$$

$$\tau = \tau^* \quad \gamma > 0 \quad d\gamma/dt > 0$$

МОДЕЛЬ КЕЛЬВИНА

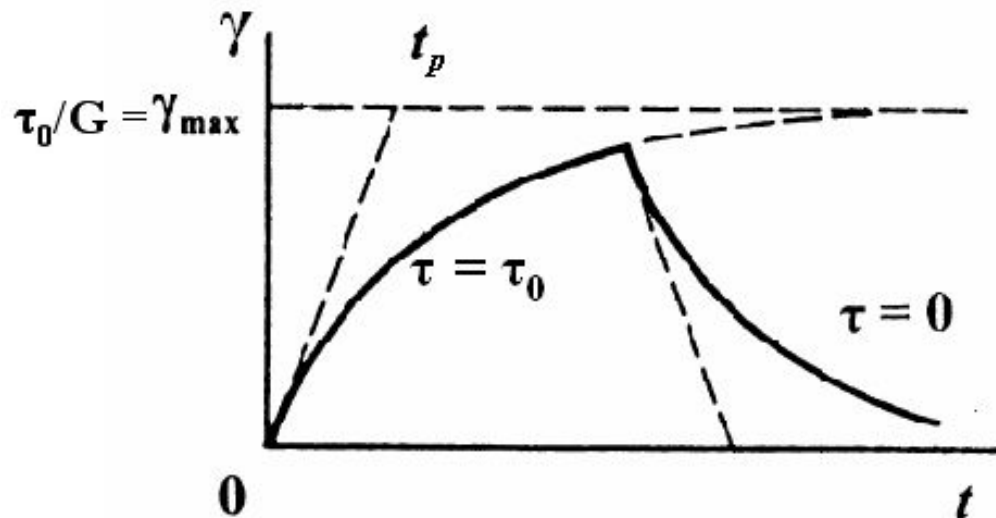


$$\dot{\gamma} = \text{const.}$$

$$\tau = \tau_G + \tau_\eta$$

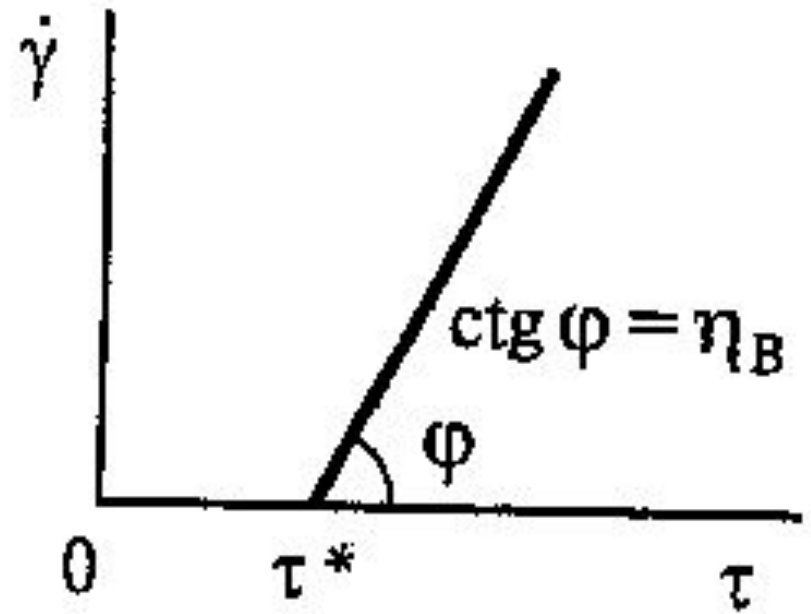
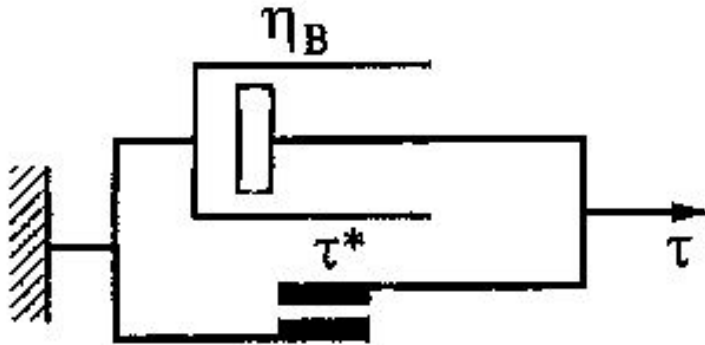
$$\dot{\gamma} = \frac{d\gamma}{dt} = \frac{\tau_\eta}{\eta} = \frac{\tau_0 - \tau_G}{\eta} = \frac{\tau_0 - G\gamma}{\eta}$$

$$\gamma = \frac{\tau_0}{G} \left(1 - \exp\left(-\frac{Gt}{\eta}\right) \right) = \frac{\tau_0}{G} \left(1 - \exp\left(-\frac{t}{t_p}\right) \right)$$



$$t_p = \eta/G$$

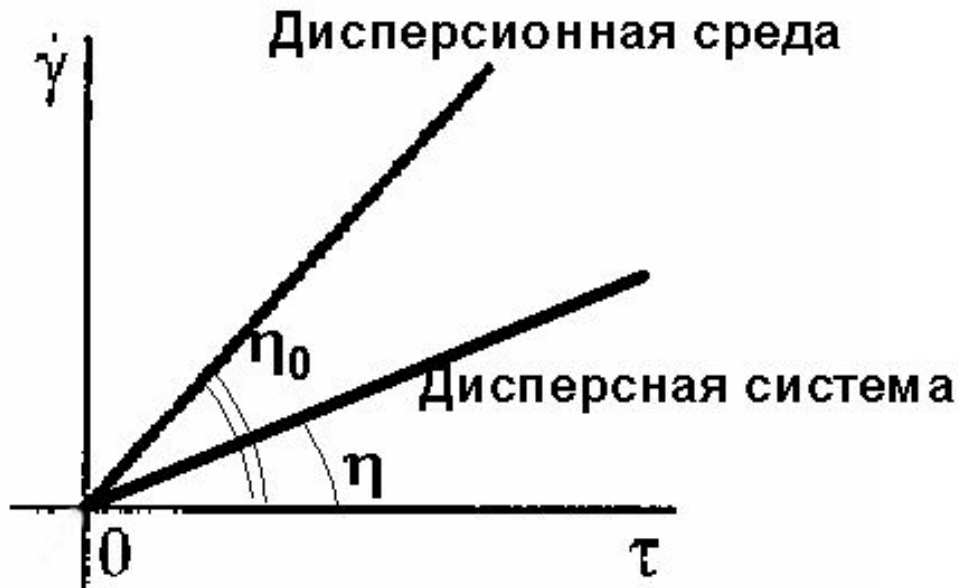
МОДЕЛЬ БИНГАМА



$$\tau - \tau^* = \eta_B \dot{\gamma}$$

РЕОЛОГИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ СВОБОДНОДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ

Изометричные частицы



НЬЮТОНОВСКАЯ СИСТЕМА

$$\frac{\eta - \eta_0}{\eta_0} = k\varphi$$

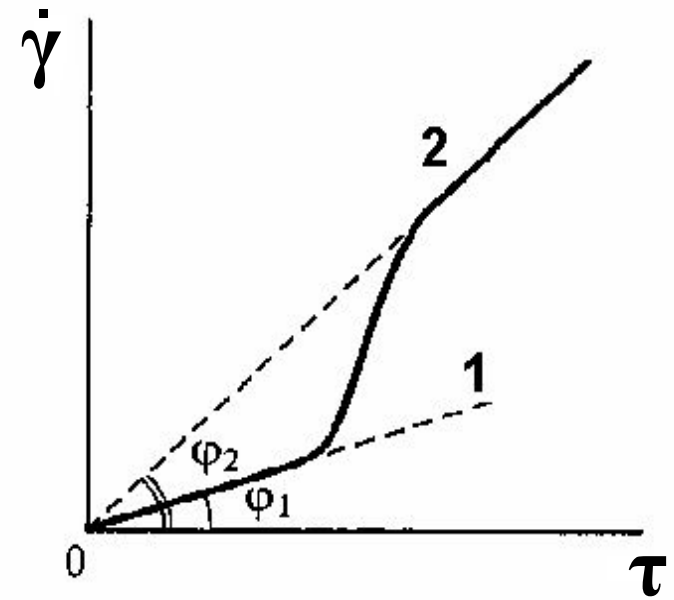
η - вязкость дисперсной системы

η_0 - вязкость дисперсионной среды

φ - объемная доля дисперсной фазы

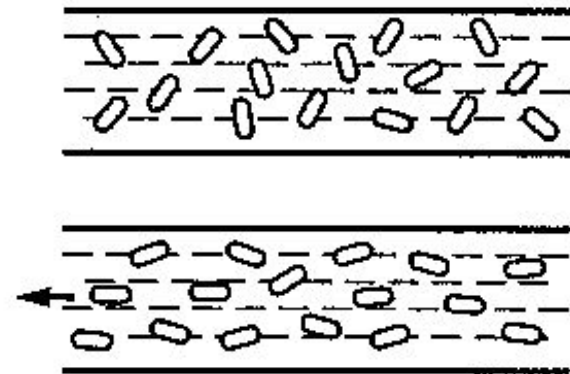
k - коэффициент формы

Анизометричные частицы



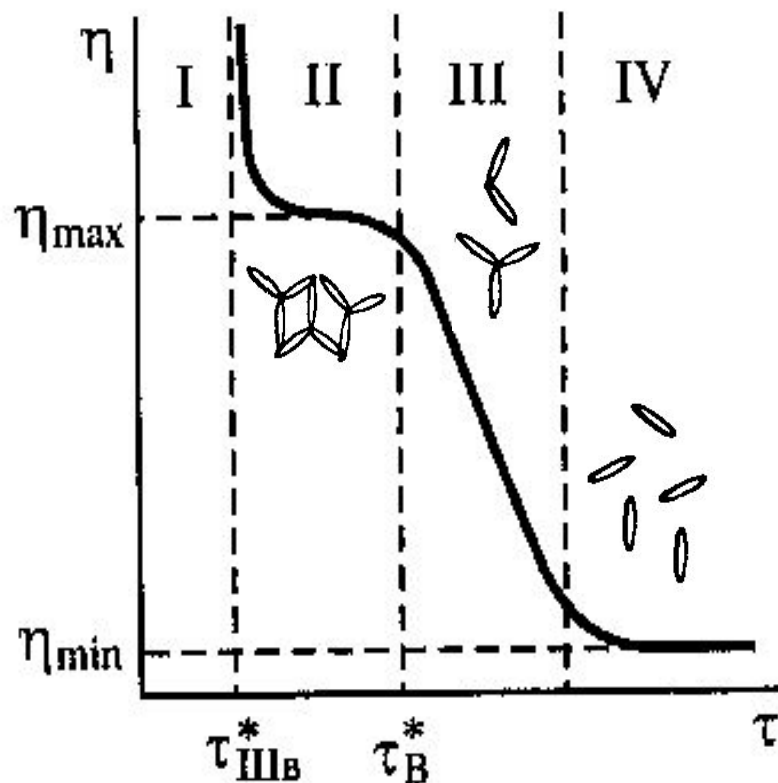
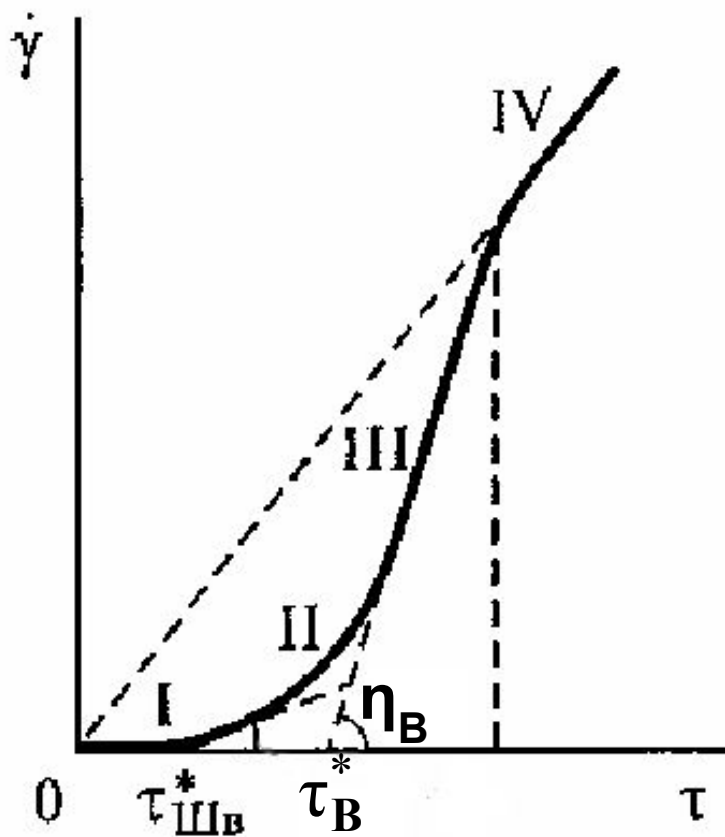
1

2

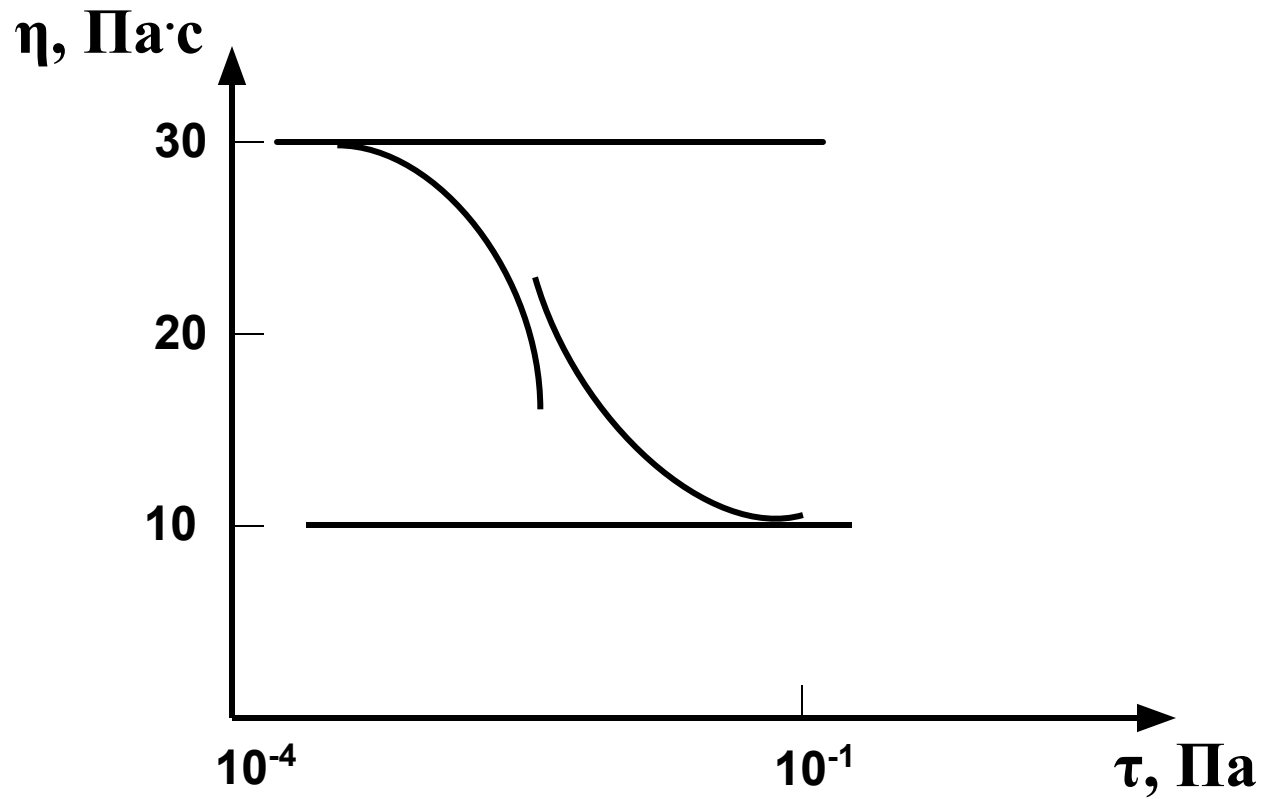


НЕНЬЮТОНОВСКАЯ СИСТЕМА

РЕОЛОГИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ СВЯЗНОДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ С КОАГУЛЯЦИОННЫМИ КОНТАКТАМИ. ПОЛНАЯ РЕОЛОГИЧЕСКАЯ КРИВАЯ



РЕОЛОГИЧЕСКАЯ КРИВАЯ КРОВИ





АНКЕТА – 2012

1. Как Вы оцениваете сложность восприятия лекционного материала?
 - А) Сложный
 - Б) Нормальный
 - В) Упрощенный

2. Нужно ли усложнять материал прочитанных Вам лекций?
 - А) Да
 - Б) Нет

3. Какой раздел лекций Вы предложили бы расширить и углубить, какой сократить?

4. Как Вы считаете, нужны ли контрольные работы и семинары?
 - А) Да
 - Б) Нет

5. Ваши предложения по усовершенствованию курса лекций.

6. Ваши замечания и пожелания лектору.