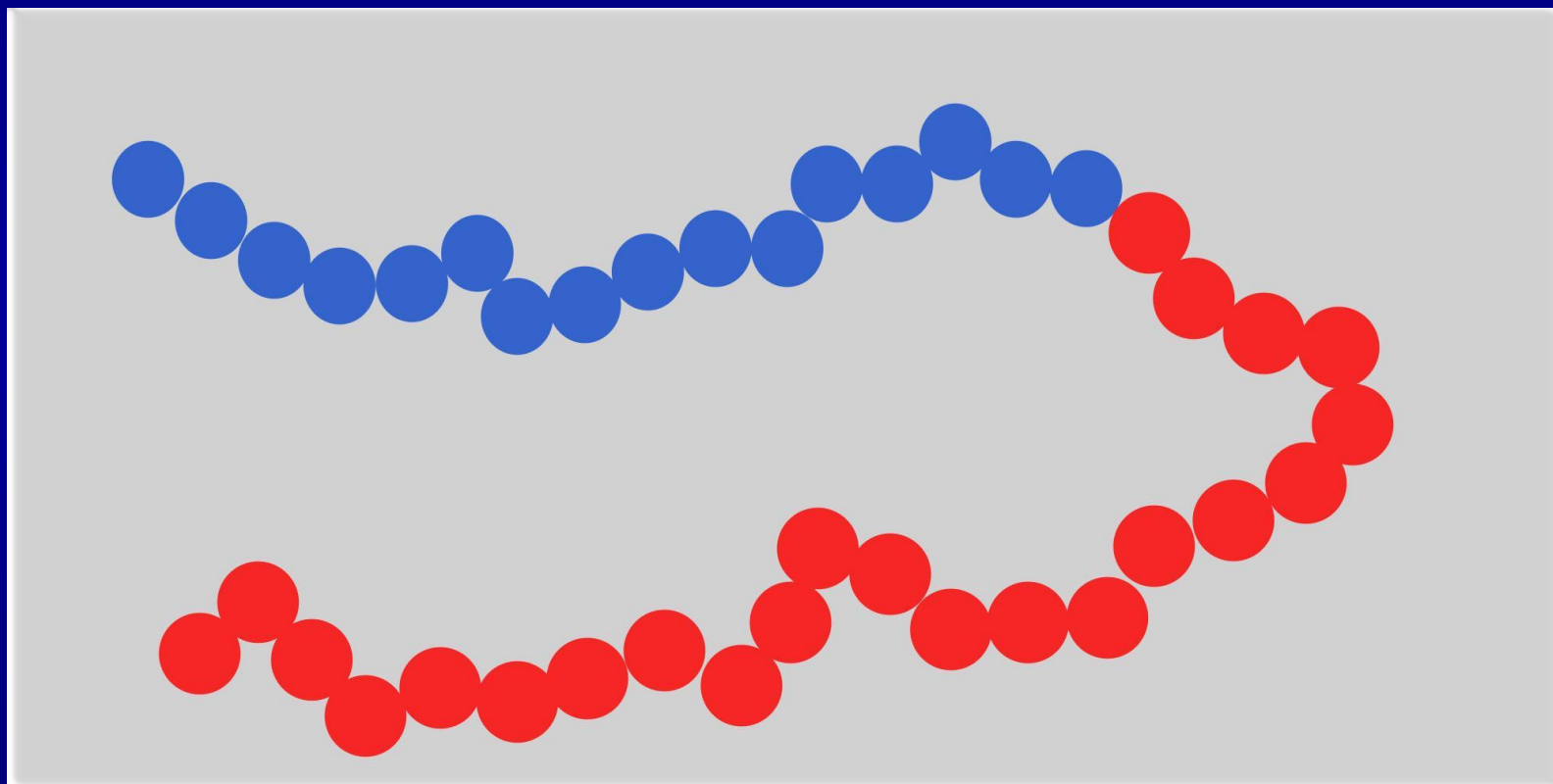


Микрофазное расслоение в расплаве двойных гребнеобразных полимеров

Выполнил студент Палюлин В.В.

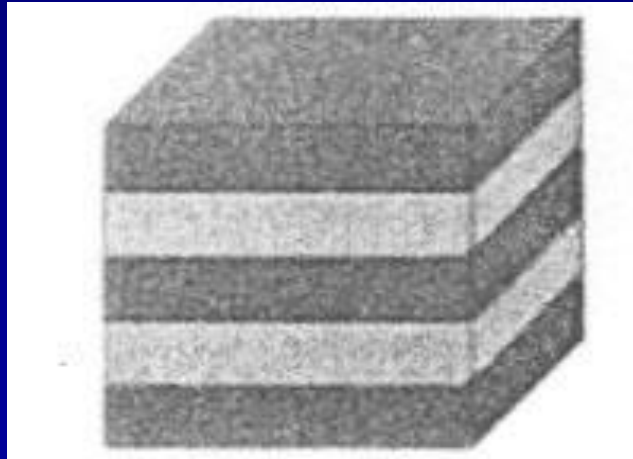
Научный руководитель: к.ф.-м.н. Потемкин И.И.

Микрофазное расслоение

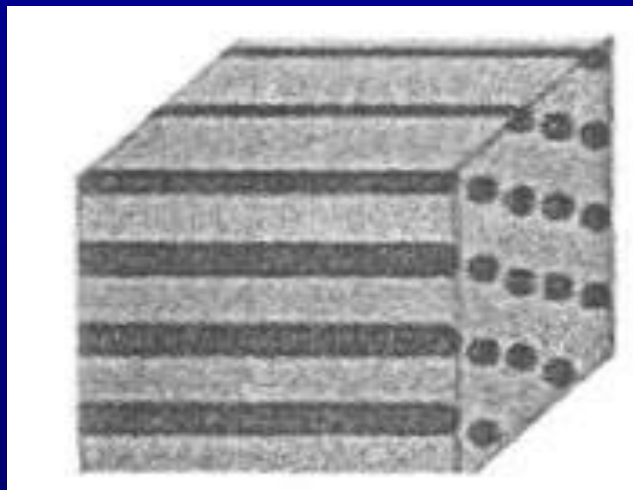


Микрофазное расслоение

Упорядоченные структуры: ламеллярная

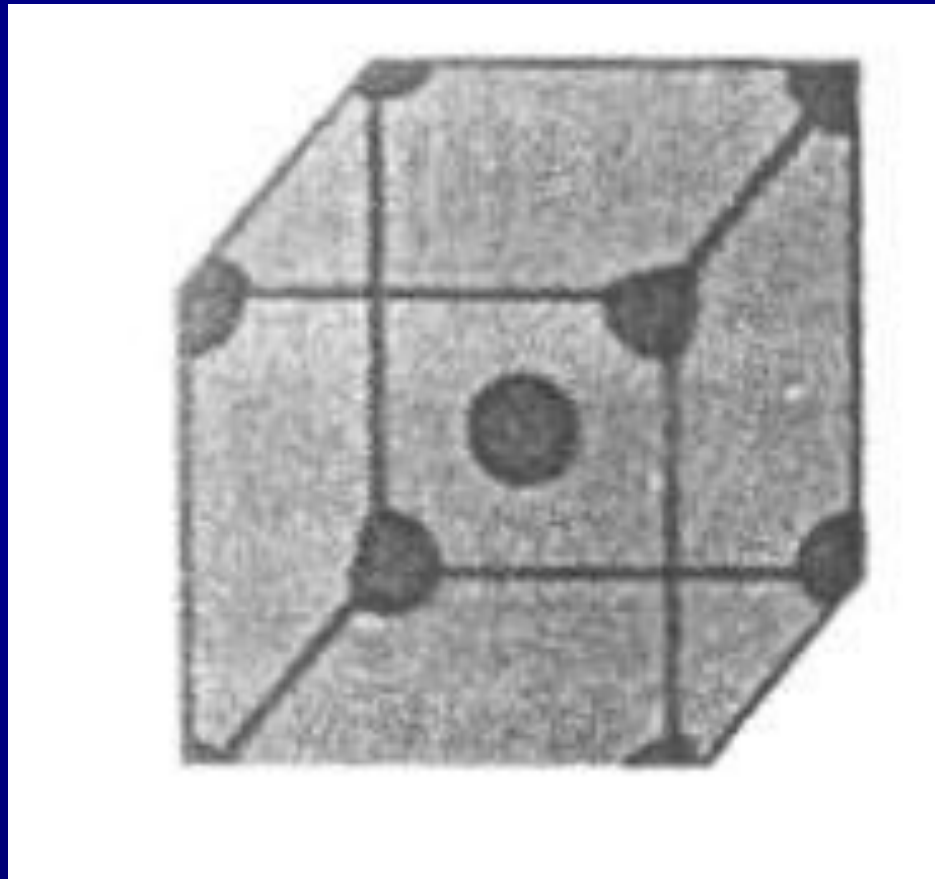


Упорядоченные структуры: цилиндрическая



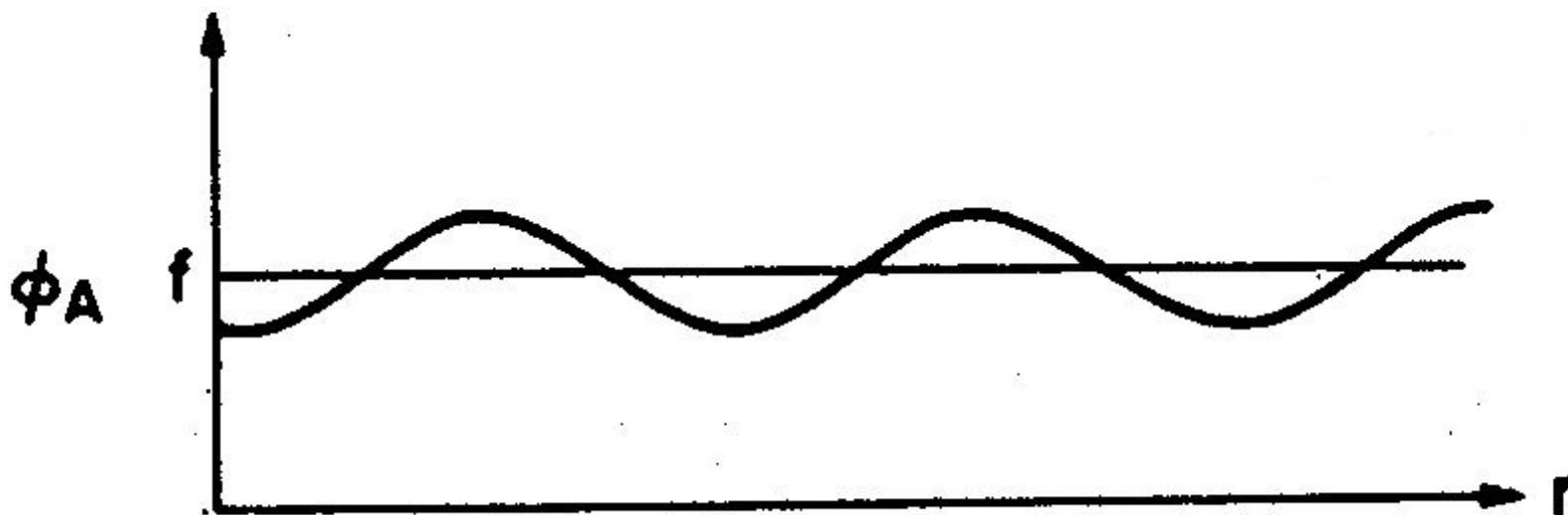
Микрофазное расслоение

Упорядоченные структуры: сферическая



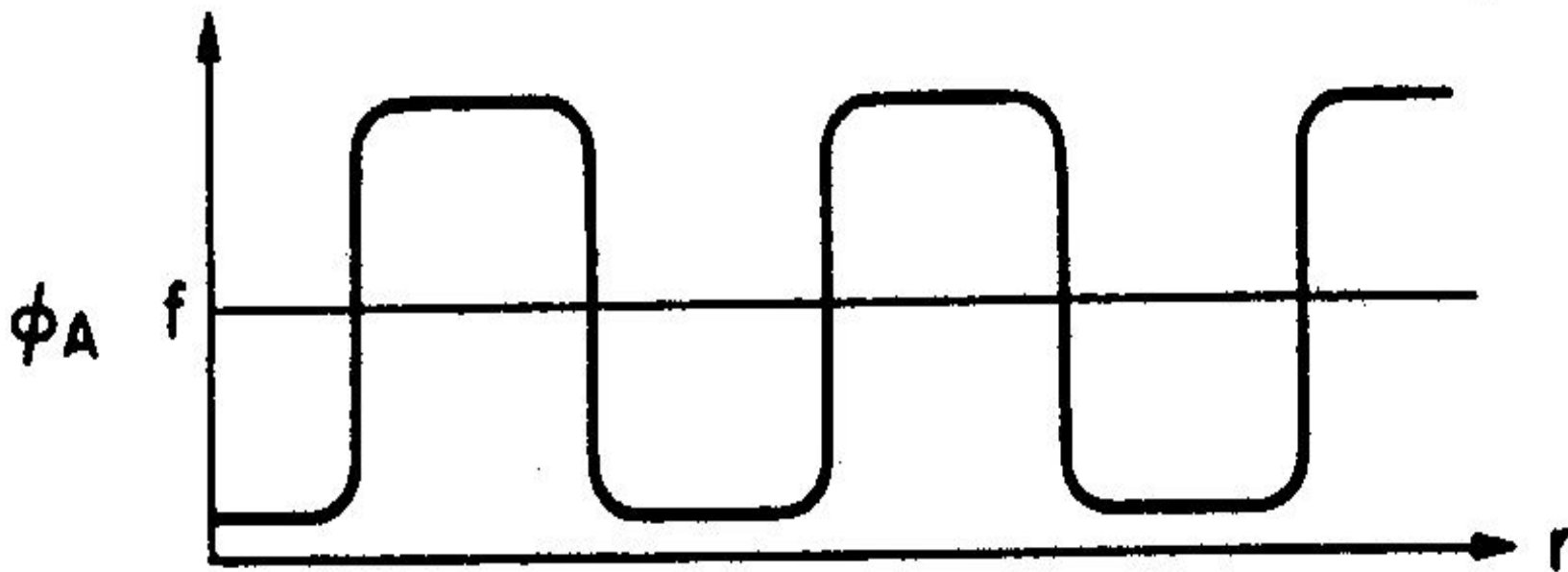
Основные подходы в изучении микрофазного расслоения:

режим слабой сегрегации
Профиль плотности звеньев А:

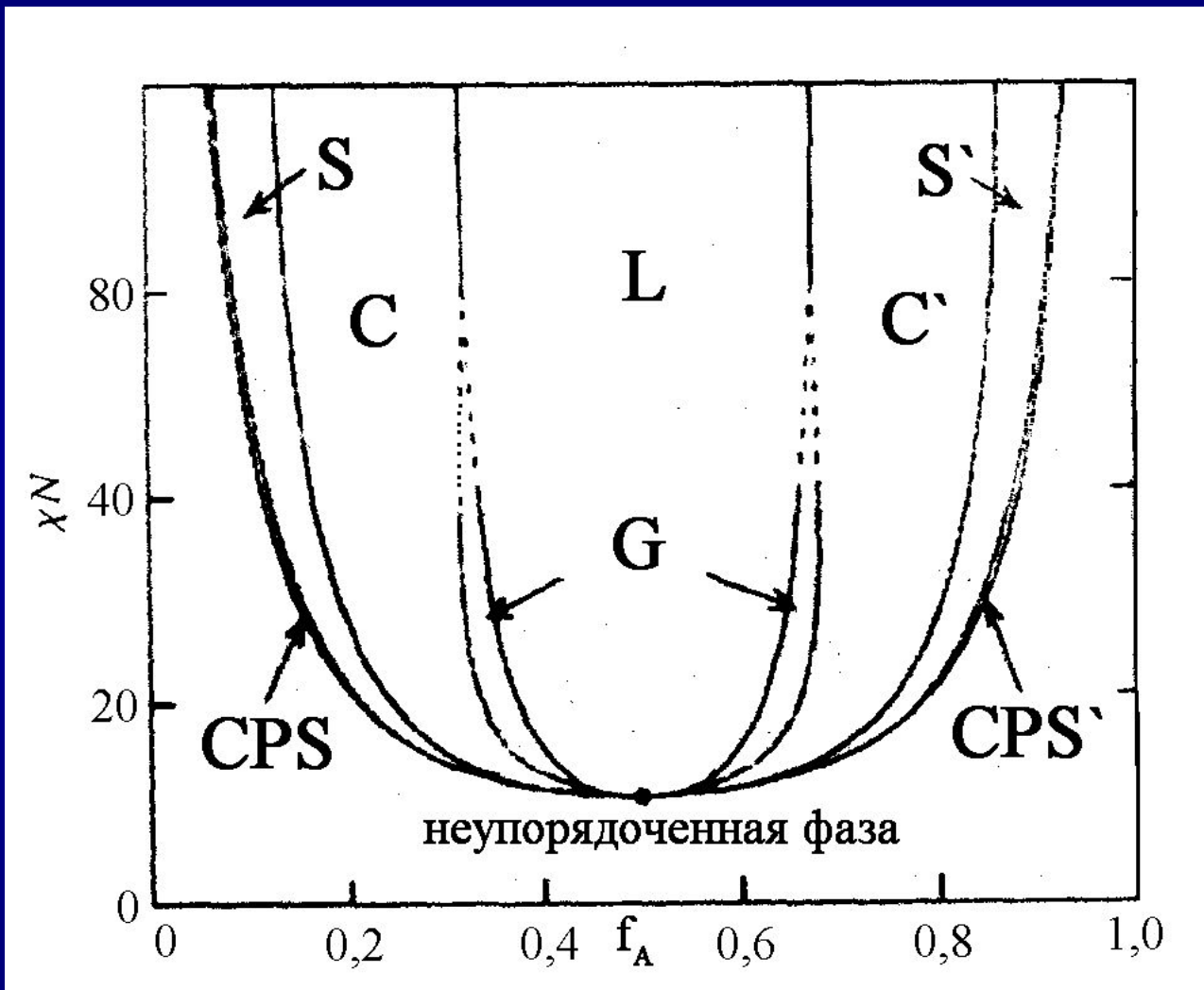


Основные подходы в изучении микрофазного расслоения:

режим сильной сегрегации
Профиль плотности звеньев А:

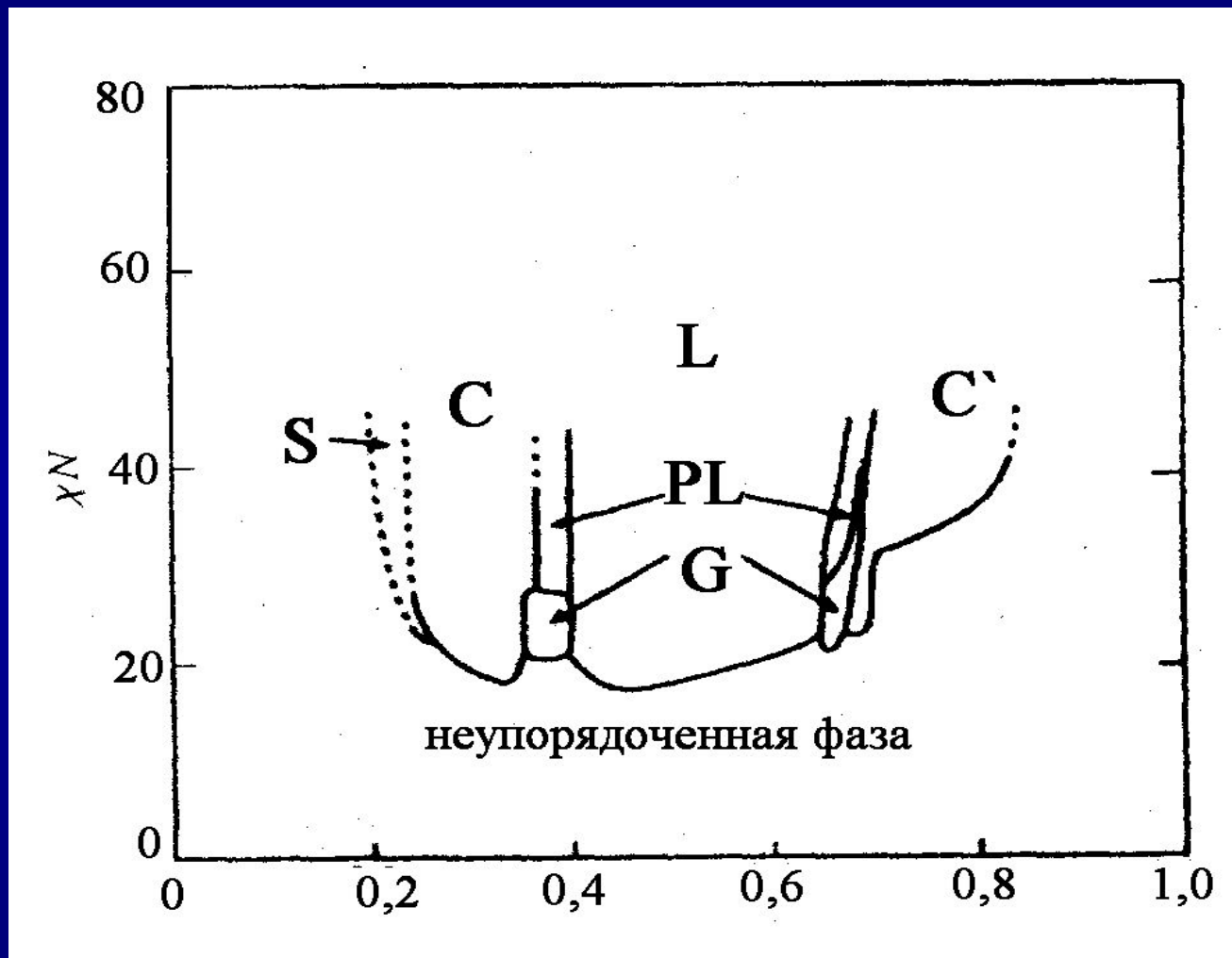


Теория самосогласованного поля



M.W. Matsen, M. Schick, *Phys. Rev. Lett.*, **72**, 2660 (1994)

Экспериментальные данные



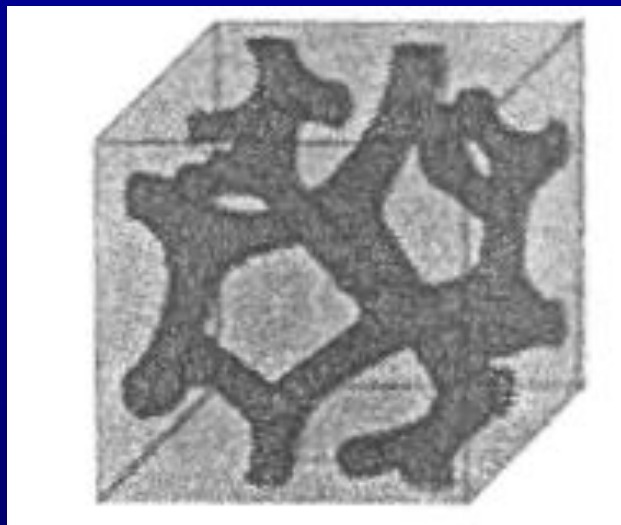
A.K. Khandpur, S. Foster, F.S. Bates, I.W. Hamley, A.J. Ryan, W. Bras, K. Amdal, K. Mortensen, *Macromolecules*, **28**,8796 (1995)

Микрофазное расслоение

Упорядоченные структуры: перфорированная ламеллярная



Упорядоченные структуры: гироид

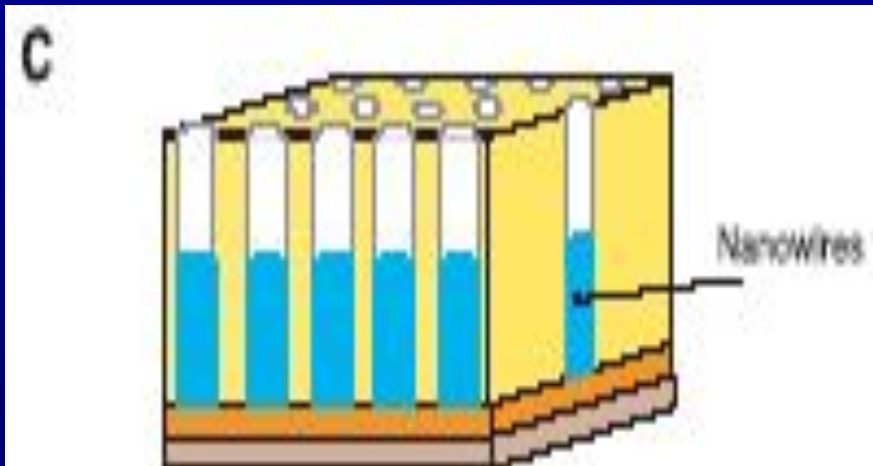
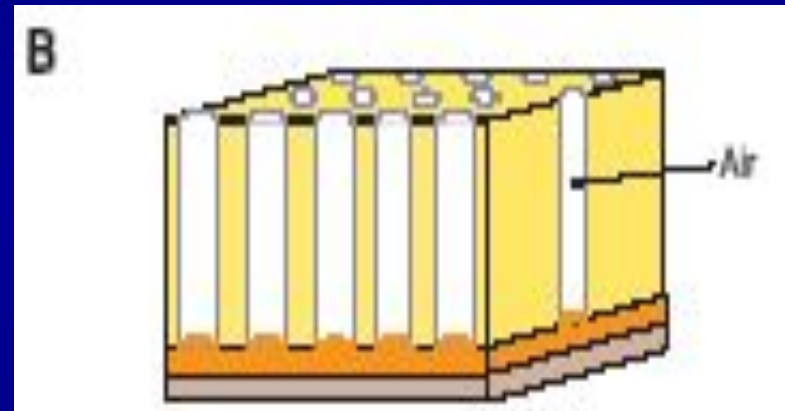
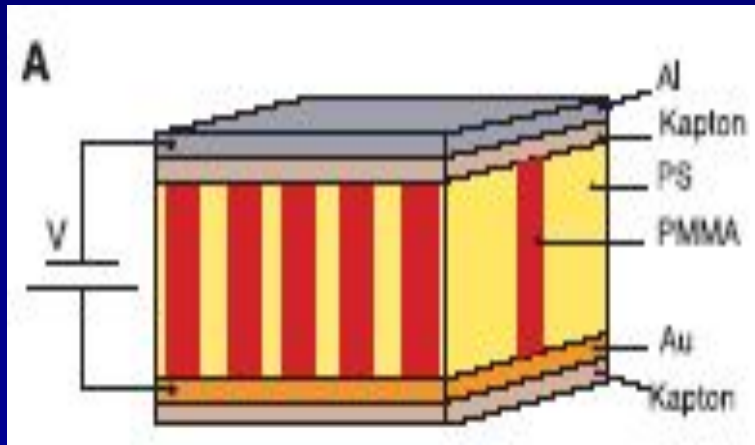


Создание массивов нанопроводов

Плотность хранения информации
превышает 1 терабит/см²

Ultrahigh-Density Nanowire Arrays Grown in
Self-Assembled Diblock Copolymer Templates, *Science*,
290, 2126,(2000)

Создание массивов нанопроводов



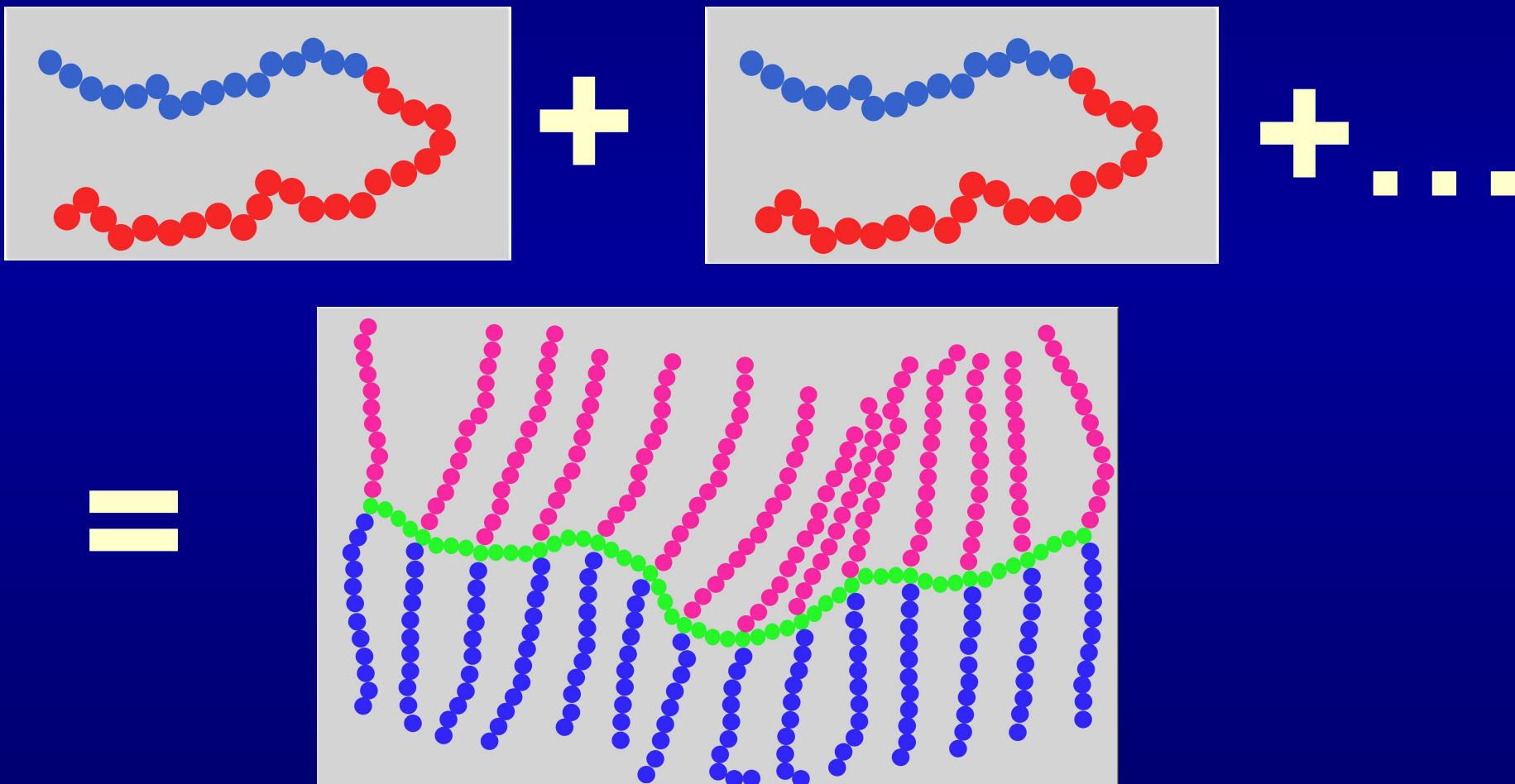
Литография с использованием микрофазных структур

- Создание периодических массивов “дыр” с плотностью $\sim 10^{11}$ на см^2
- Block-copolymer Lithography: Periodic Arrays of 10^{11} Holes in 1 sq. sm, Science, 276, 1401,(1997)

Литография



Двойной гребнеобразный полимер



Основные предположения при теоретическом анализе задачи

- Слабая сегрегация
- Одинаковые размеры звеньев
- Взаимодействие звеньев
описывается параметром χ_{AB}

План решения

1. Найти статистическую сумму макромолекулы, т.е. свободную

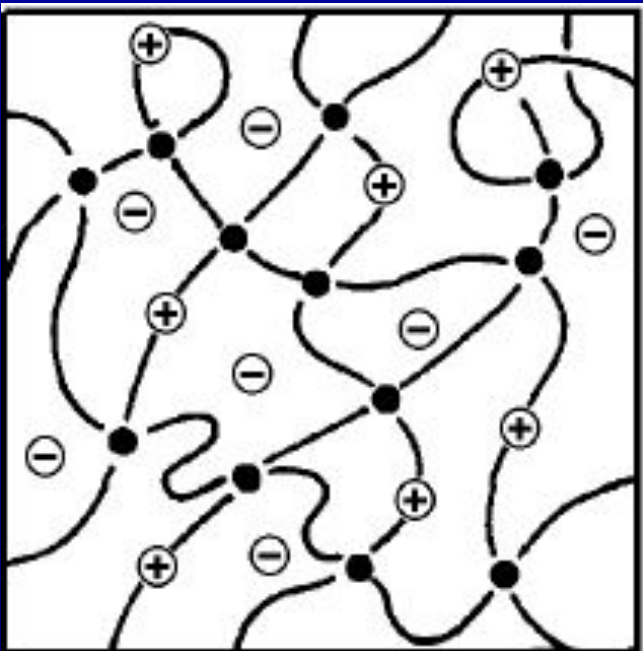
энергию $F = -T \ln Z$

2. Разложить свободную энергию в ряд по параметру порядка

3. Определить параметры критической точки по теории Ландау

Освоение методов статистической физики

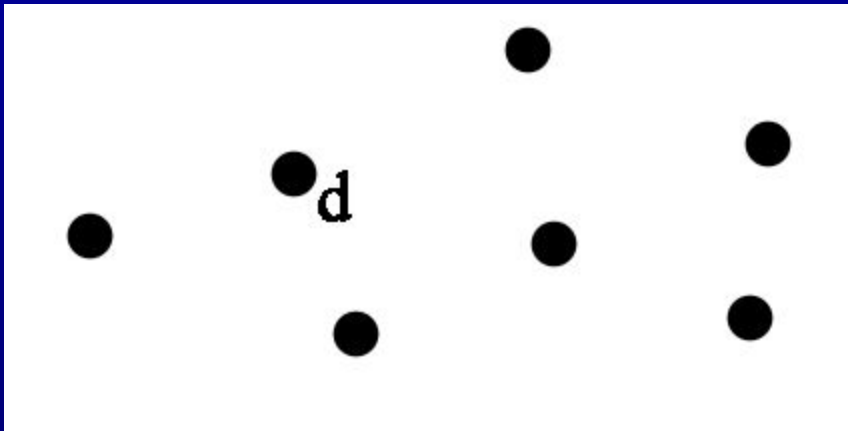
Полиэлектролитный гель набухает в избытке растворителя.
Число мономерных звеньев субцепи геля равно N ,
число заряженных групп на субцепь равно m , $N \gg m \gg 1$.
Используя выражение Флори для упругой свободной энергии
и пренебрегая взаимодействиями исключенного объема звеньев,
вычислить коэффициент набухания геля α .



$$\alpha = \sqrt{\frac{N}{\sigma}}$$

Освоение методов статистической физики

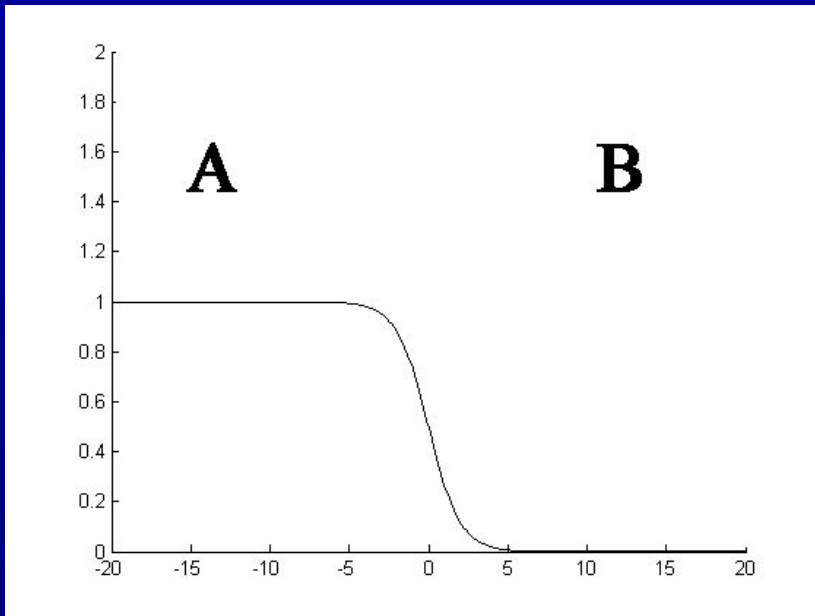
Молекулы разреженного газа обладают дипольным моментом d .
Вычислить второй вириальный коэффициент
электростатического взаимодействия молекул,
считая их шариками радиуса r_0 и, предполагая,
что взаимодействия малы: $d^2/r_0^3 T \ll 1$.



$$B = \frac{256\pi^3 r_0^3}{3} - \frac{4\pi^3 d^4}{9T^2 r_0^3}$$

Освоение методов статистической физики

Для межфазной границы смеси гомополимеров сортов А и В одинаковой длины ($N_A = N_B = N$), вычислить коэффициент поверхностного натяжения раствора в пределе сильной несовместимости мономерных звеньев ($\chi N \gg 1$). Энтروпийные потери на межфазной границе за счет их неоднородного распределения учесть в приближении Лифшица



$$\sigma = \sqrt{\frac{\chi}{6}} a T$$

Изучение метода приближения случайных фаз

$$Z = \text{const} \exp \left(-\frac{1}{2} \int \frac{d^3 q}{(2\pi)^3} t_q^{-1} \rho_q \rho_{-q} \right)$$

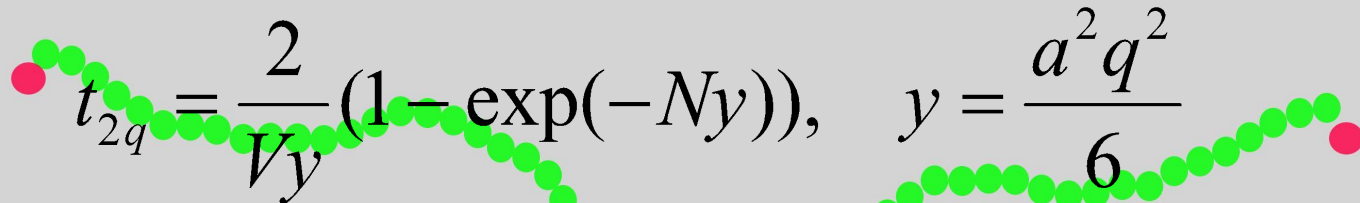
$$\rho_q = \int dx \psi(x) e^{iqx} \quad \rho(x) = \psi(x) + \langle \rho(x) \rangle$$

$$t_q = \frac{N^2}{V} g_1 \left(N \frac{a^2 q^2}{6}, 1 \right), \quad g_1(x, f) = 2[f x + \exp(-f x) - 1] / x^2$$

Изучение метода приближения случайных фаз

$$Z = \text{const} \exp \left(-\frac{1}{2} \int \frac{d^3 q}{(2\pi)^3} (t_{1q} t_{3q} - t_{2q}^2)^{-1} (t_{3q} \rho_q \rho_{-q} - 2t_{2q} n_q \rho_{-q} + t_{1q} n_q n_{-q}) \right)$$

$$t_{1q} = \frac{N^2}{V} g_1 \left(N \frac{a^2 q^2}{6}, 1 \right), \quad g_1(x, f) = 2[f x + \exp(-f x) - 1] / x^2$$

$$t_{2q} = \frac{2}{Vy} (1 - \exp(-Ny)), \quad y = \frac{a^2 q^2}{6}$$


$$t_{3q} = \frac{2}{V} (1 + \exp(-Ny)), \quad y = \frac{a^2 q^2}{6}$$

Выводы

- При исследовании учебных задач было начато освоение математического аппарата метода случайных фаз, а также других методов статистической физики
- Сформулированы основные приближения, с учетом которых будет производиться решение задачи