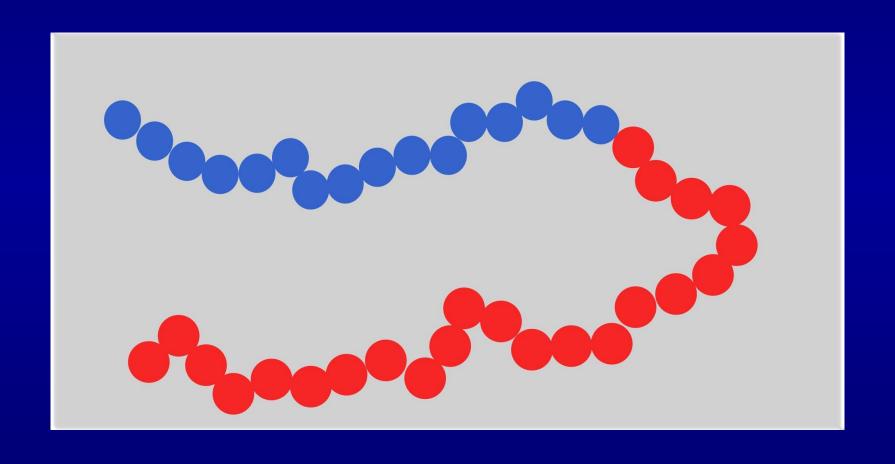
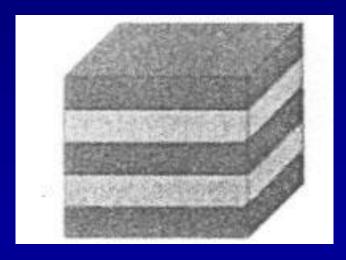
# Микрофазное расслоение в расплаве двойных гребнеобразных полимеров

Выполнил студент Палюлин В.В.

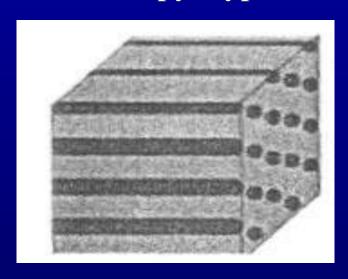
Научный руководитель: к.ф.-м.н. Потемкин И.И.



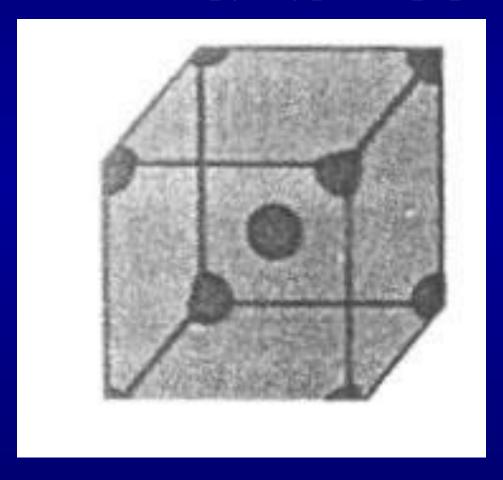
Упорядоченные структуры: ламеллярная



Упорядоченные структуры: цилиндрическая

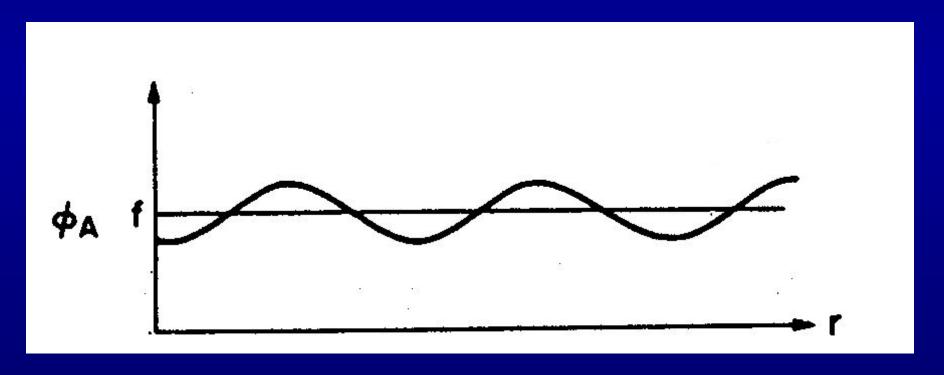


Упорядоченные структуры: сферическая



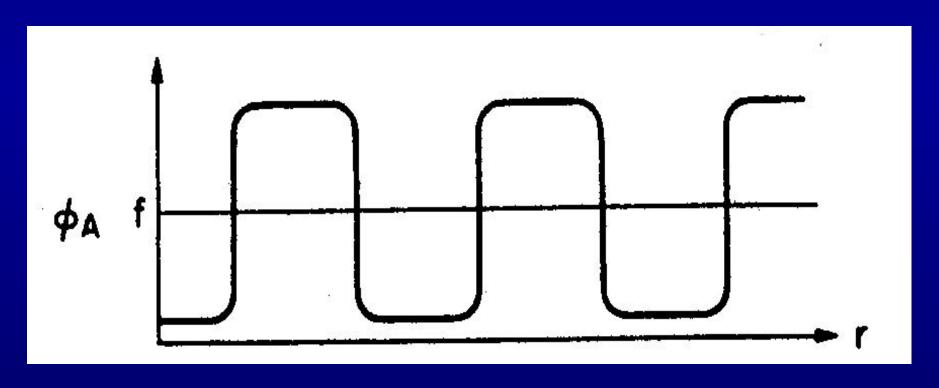
### Основные подходы в изучении микрофазного расслоения:

режим слабой сегрегации Профиль плотности звеньев A:

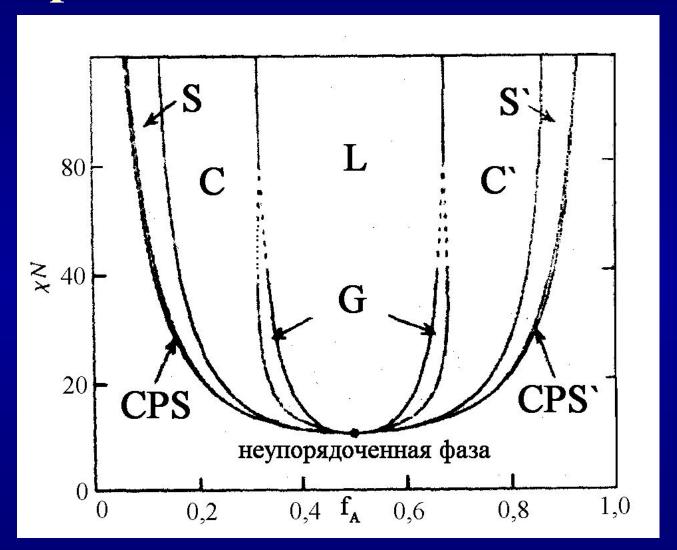


### Основные подходы в изучении микрофазного расслоения:

режим сильной сегрегации Профиль плотности звеньев А:

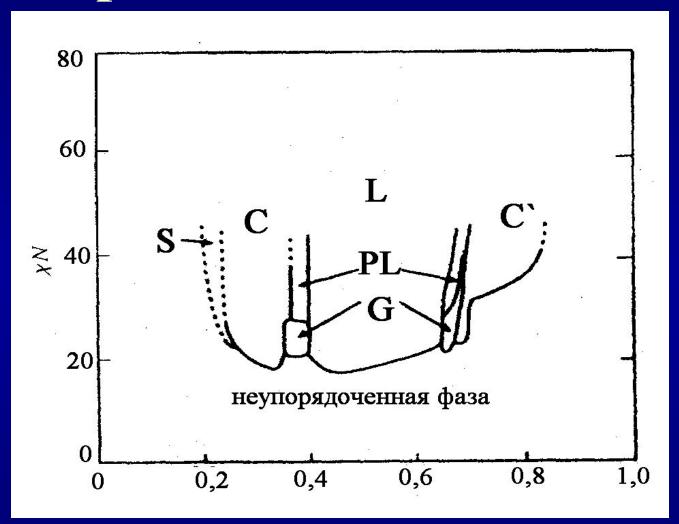


#### Теория самосогласованного поля



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

### Экспериментальные данные

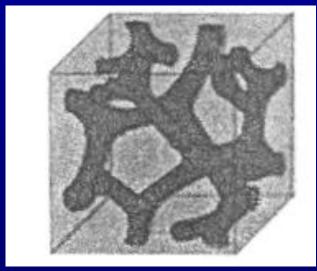


A.K. Khandpur, S. Foster, F.S. Bates, I.W. Hamley, A.J. Ryan, W. Bras, K. Amdal, K. Mortensen, *Macromolecules*, **28**,8796 (1995)

Упорядоченные структуры: перфорированная ламеллярная



Упорядоченные структуры: гироид

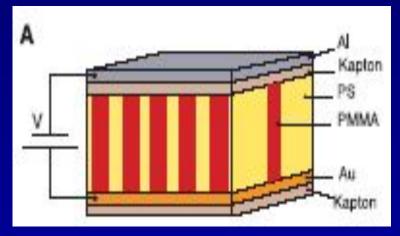


#### Создание массивов нанопроводов

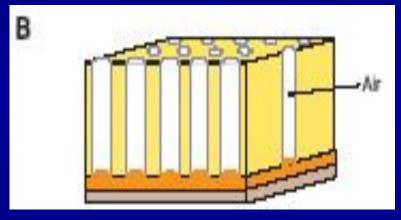
### Плотность хранения информации превышает 1 терабит/см<sup>2</sup>

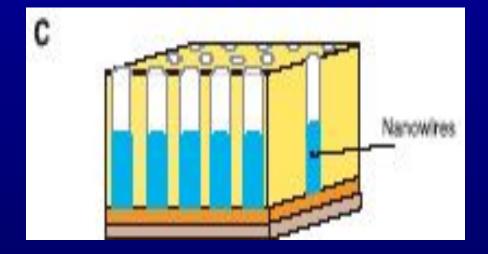
Ultrahigh-Density Nanowire Arrays Grown in Self-Assembled Diblock Copolymer Templates, Science, **290**, 2126,(2000)

### Создание массивов нанопроводов











## Литография с использованием микрофазных структур

• Создание периодических массивов "дыр" с плотностью  $\sim 10^{11}$  на см<sup>2</sup>

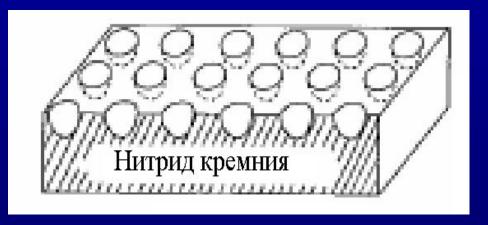
• Block-copolymer Lithography: Periodic Arrays of 10<sup>11</sup> Holes in 1 sq. sm, Science, **276**, 1401,(1997)

### Литография

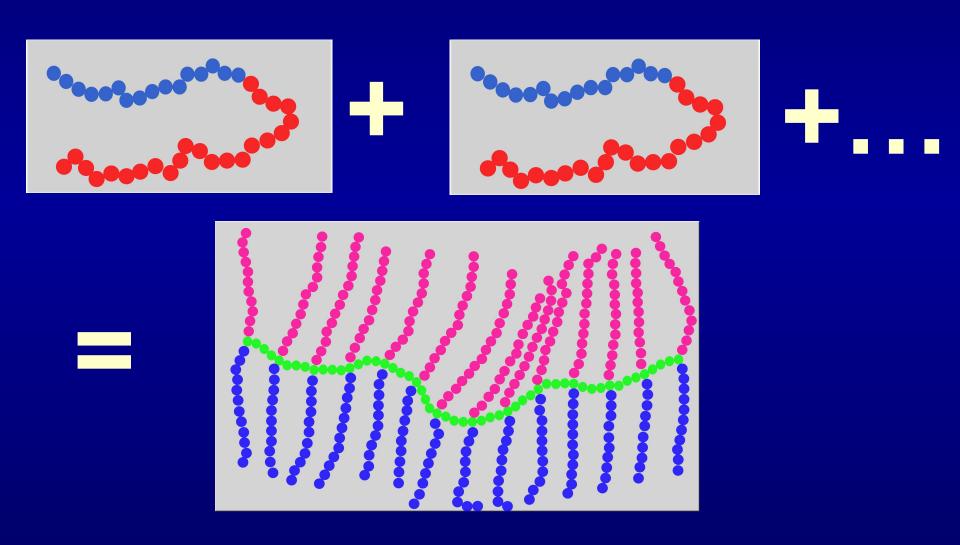








### Двойной гребнеобразный полимер



### Основные предположения при теоретическом анализе задачи

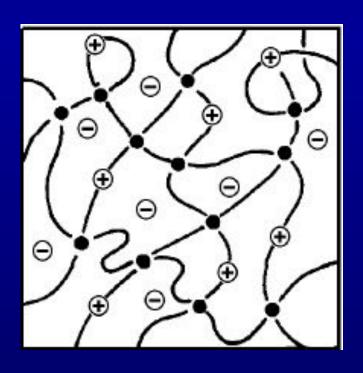
- Слабая сегрегация
- Одинаковые размеры звеньев
- Взаимодействие звеньев описывается параметром  $\chi_{AB}$

### План решения

- 1. Найти статистическую сумму макромолекулы, т.е. свободную энергию F=-T1nZ
- 2. Разложить свободную энергию в ряд по параметру порядка
- 3. Определить параметры критической точки по теории Ландау

### Освоение методов статистической физики

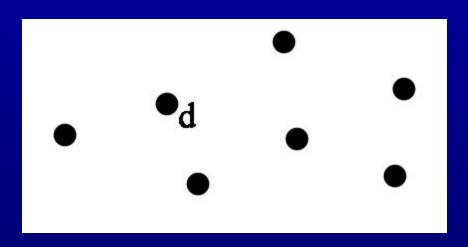
Полиэлекролитный гель набухает в избытке растворителя. Число мономерных звеньев субцепи геля равно N, число заряженных групп на субцепь равно m, N>>m>>1. Используя выражение Флори для упругой свободной энергии и пренебрегая взаимодействиями исключенного объема звеньев, вычислить коэффициент набухания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



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

### Освоение методов статистической физики

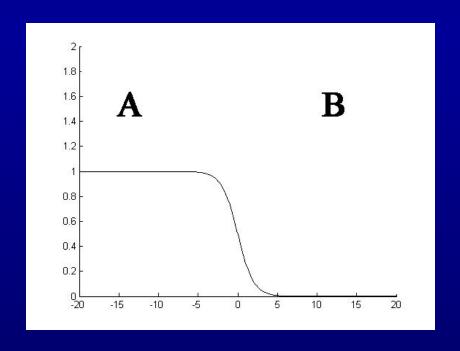
Молекулы разреженного газа обладают дипольным моментом d. Вычислить второй вириальный коэффициент электростатического взаимодействия молекул, считая их шариками радиуса  $r_0$  и, предполагая, что взаимодействия малы:  $d^2/r_0^3T$ <<1.



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

### Освоение методов статистической физики

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



$$\sigma = \sqrt{\frac{\chi}{6}}aT$$

### Изучение метода приближения случайных фаз

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

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

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

### Изучение метода приближения случайных фаз

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

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

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

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

### 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 производится решение задачи