

**Синергетика – наука  
о самоорганизации**

# План


- Синергетика как наука
- Характеристика открытых систем
- Теория диссипативных структур
- Примеры самоорганизации различных систем
  - Ячейки Бенара
  - Вихри Тейлора
  - Реакция Белоусова-Жаботинского
  - Самоорганизация в ТТ



# Синергетика как наука

***Синергетика*** (от греч. synergetikos, совместный, согласованно действующий) - научное направление, изучающее связи между элементами структуры (подсистемами), которые образуются в открытых системах.

Основатель синергетики (Г. Хакен) определил ее как науку о самоорганизации.



# Характеристика открытых систем

**Открытые системы** - это термодинамические системы , которые обмениваются с окружающими телами (средой ) , веществом , энергией и импульсом .

$$dS = dS_i + dS_e, \text{ где}$$


$dS_i$  - производство энтропии внутри системы

$dS_e$  - поток энтропии, обусловленный обменом энергией и веществом с окружающей средой.

$$P = dS / dt; \quad P = \min, \quad dP = 0;$$

$$dP / dt < 0, \text{ где}$$

$P$  - производство энтропии



# Теория диссипативных структур

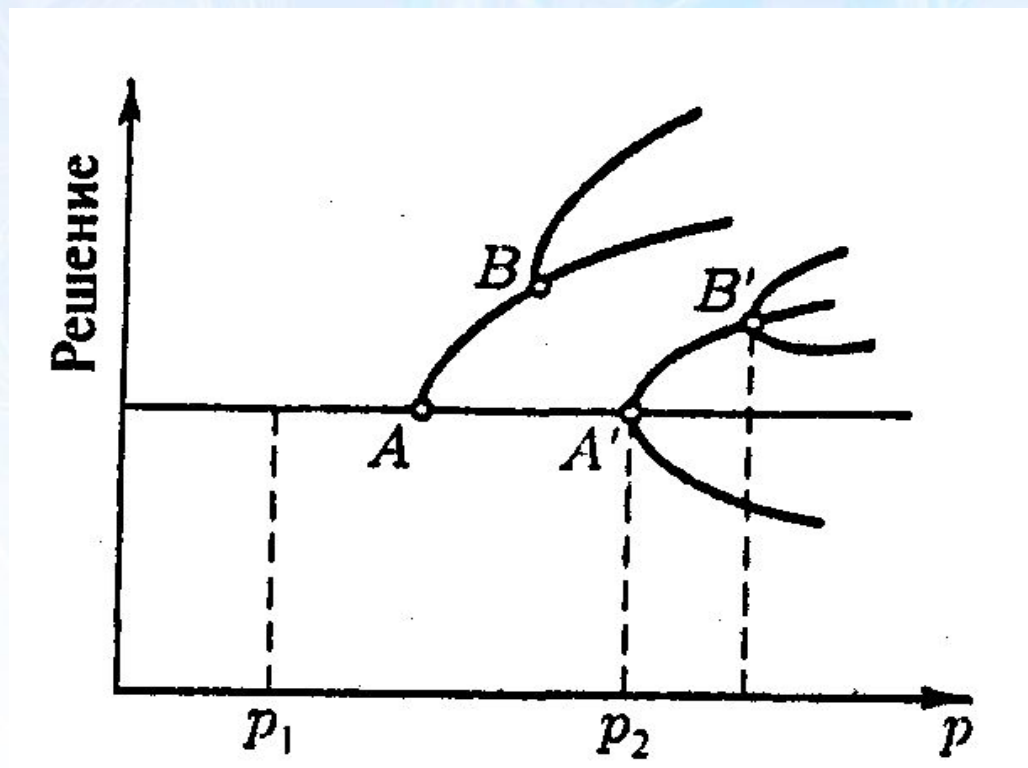
*Пригожин И. Р.*



*Диссипативные структуры -*  
пространственно-временные структуры,  
которые могут возникать вдали от равновесия  
в нелинейной области при критических  
значениях параметров системы называются  
диссипативными структурами



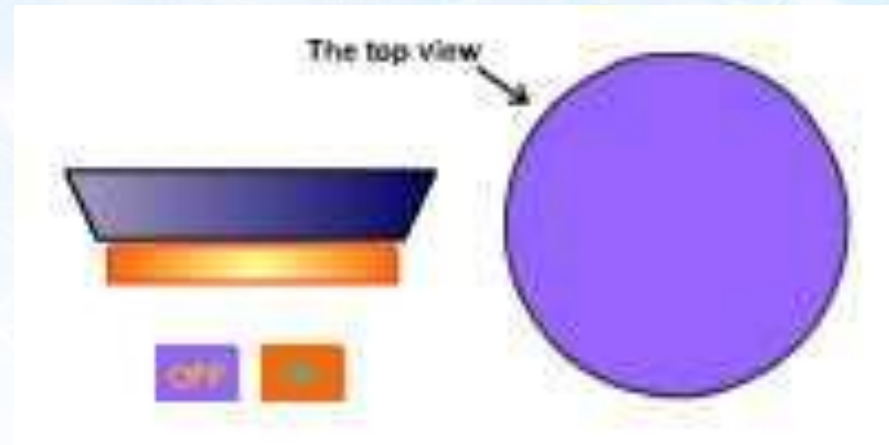
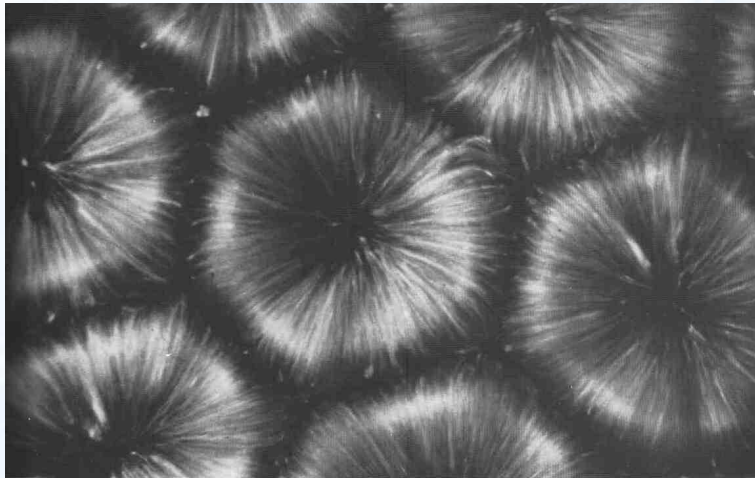
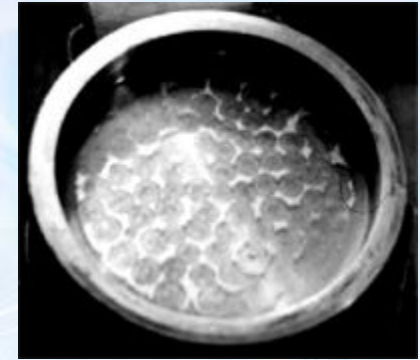
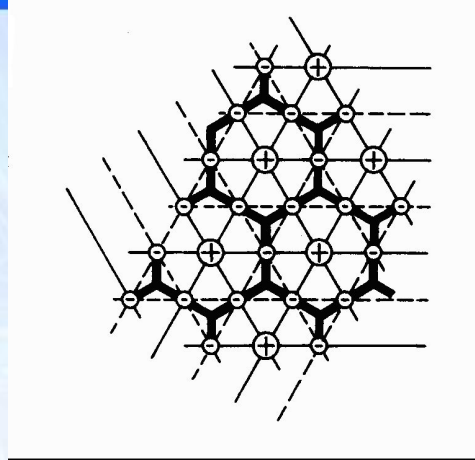
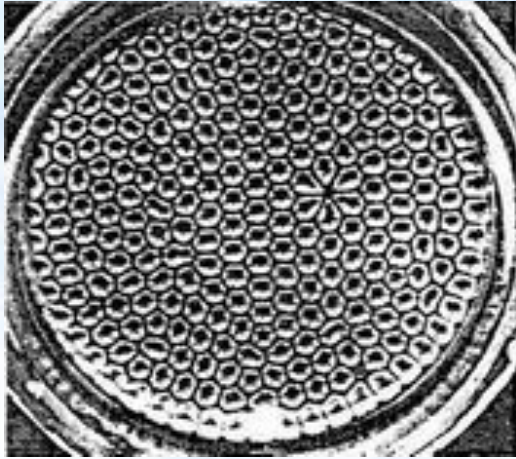
**Бифуркация** - приобретение нового качества движения динамической системы при малом изменении ее параметров (возникает при некотором критическом значении параметра нового решения уравнений)



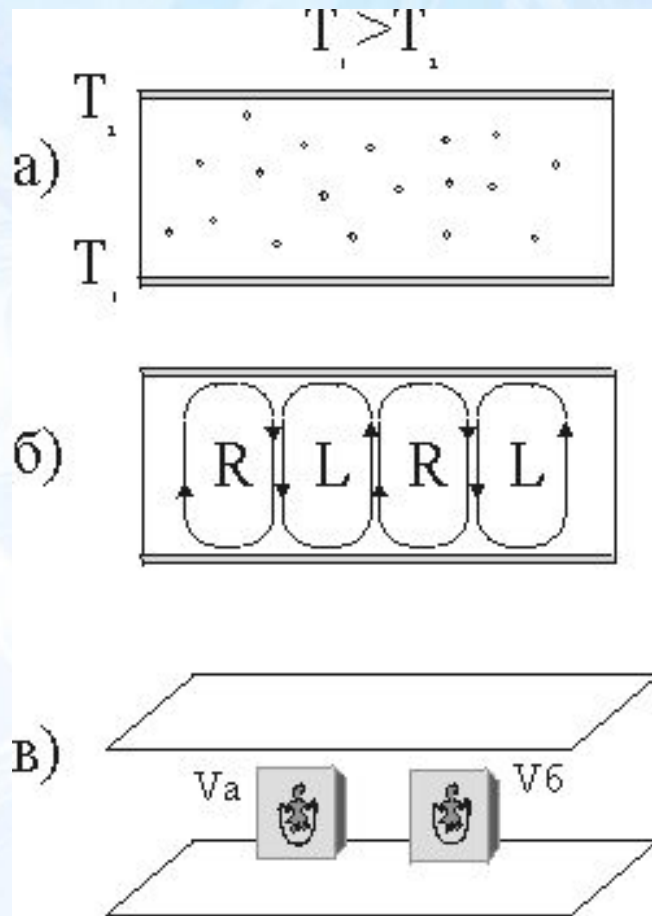


**Примеры  
самоорганизации  
различных систем**

# Ячейки Бенара



# Описание эффекта Бенара



а) молекулярный перенос;

б) конвективные токи, идущие по часовой (R) и против часовой (L) стрелок;

в) наблюдатель в объемах

# Вихри Тейлора

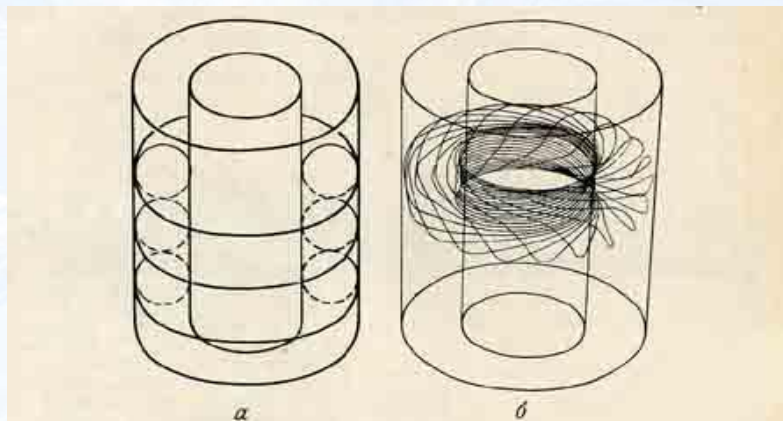
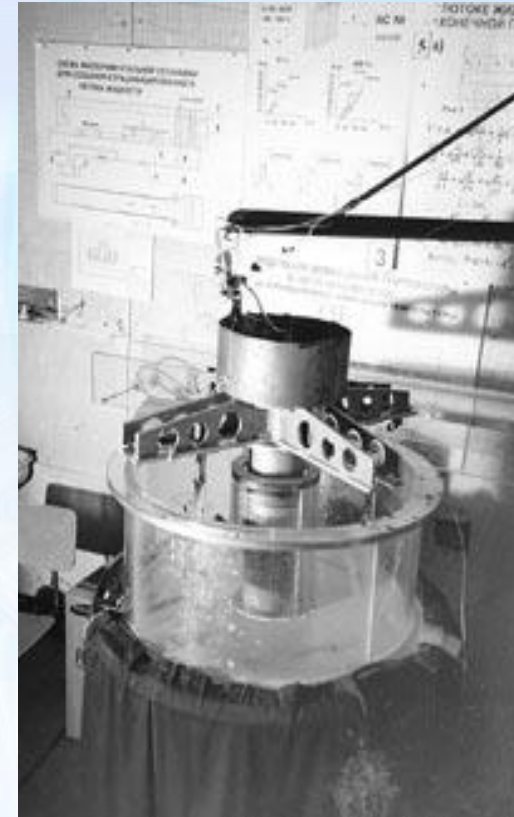
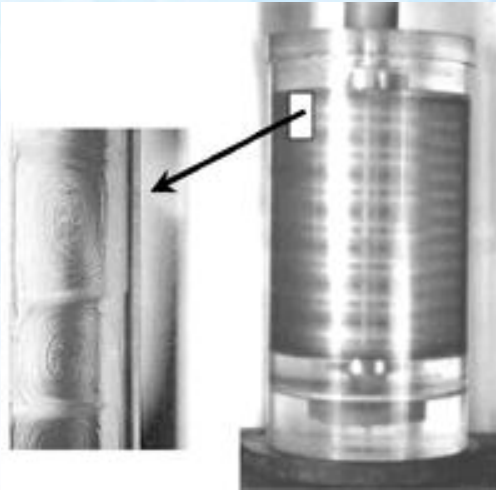
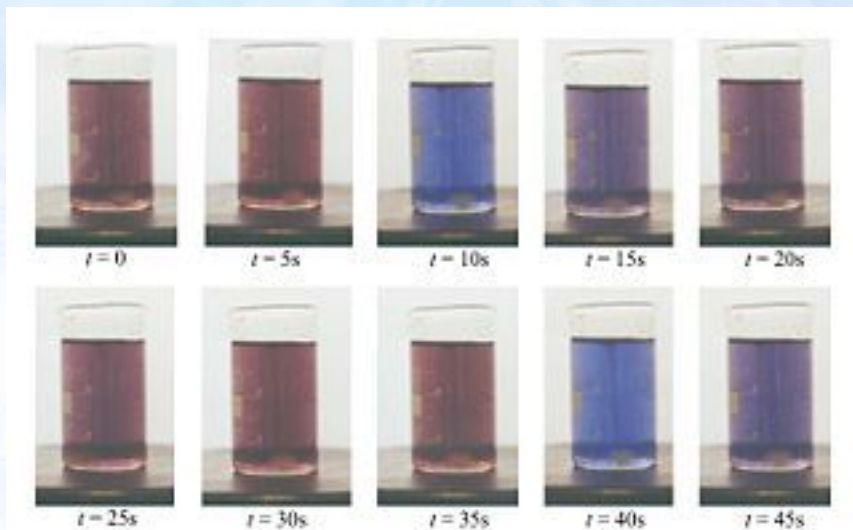


Рис. 1.2.2. *а* — схема образования вихрей Тейлора; *б* — траектория частицы внутри вихрей Тейлора, рассчитанная на ЭВМ. В численном эксперименте образовались два вихря Тейлора, но графопроектор изобразил траекторию частицы только внутри верхнего вихря.

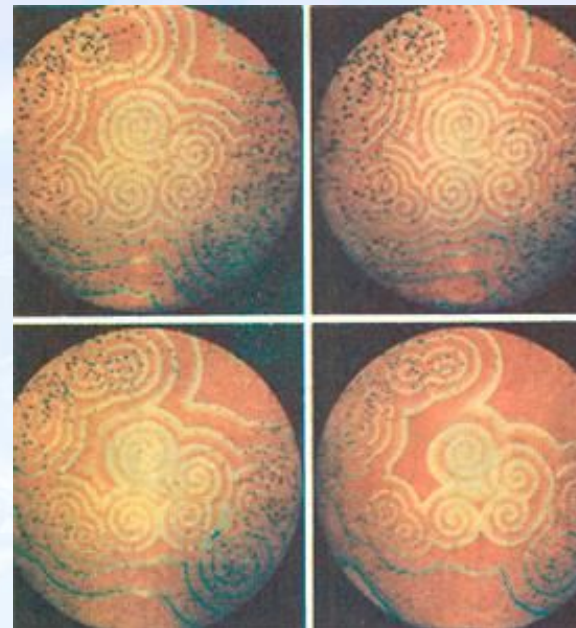
Малый бассейн  
для  
демонстрации  
Вихрей Тейлора

# Реакция Белоусова-Жаботинского



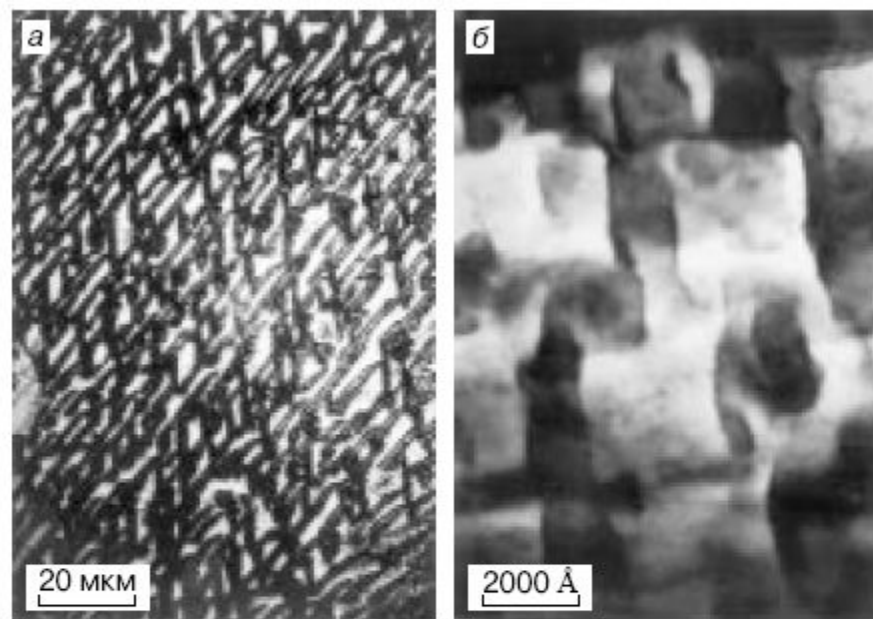
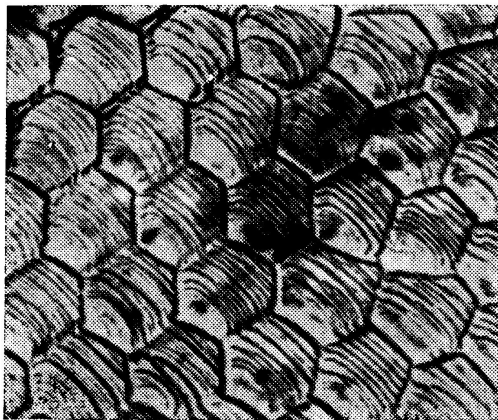
*«Химические часы».  
Реакционная смесь с большой  
точностью  
периодически изменяет окраску*

Механизм реакции:



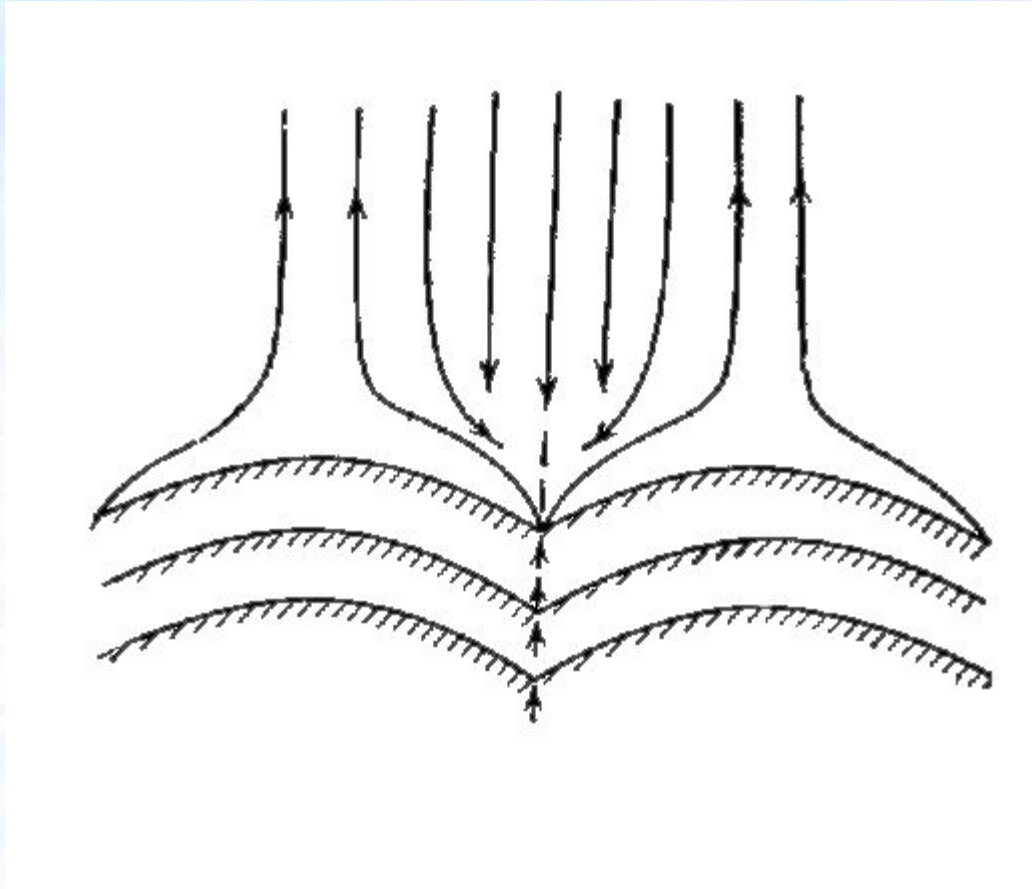
*Проводя реакцию Б-Ж в тонком слое (в чашке Петри),  
можно увидеть динамические  
кольцевые структуры*

# Ячеистая структура, образуемая при кристаллизации металла из расплава



**Рис. 2.** Микроструктура сплава Fe-Cr после облучения ионами  $Ar^+$  с энергией 20 кэВ: а – увел. 450х; видна пространственно-организованная структура с характерным размером 3 мкм; б – увел. 45 000х; пространственно-организованная структура с характерным размером 500–1000 Å

# Механизм образования ячеистой структуры при кристаллизации металлов из расплавов





# Заключение

Самоорганизация вещества – один из самых удивительных эффектов, с которым мы сталкиваемся при исследовании жидкостей и ТТ. Подобные наблюдения ставят под сомнение основополагающие представления, но тем самым открывают новые пути осмысления процессов, происходящих в природе, пути, которые легли в основу научного направления – физика открытых систем.

# Литература

1. Пригожий И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. - М., 1986. Те же. Время, хаос, квант. - М., 1994.
2. Алексеев Д.М. — Энциклопедия физики . - М., 2005.
3. А. С. Малков. Фазы исторического процесса и социальная самоорганизация — М.: «КомКнига», 2006. — С. 80—115.
4. Хакен, Г. Информация и самоорганизация: Макроскопический подход к сложным системам. М. М.: Мир 1991г. 240с.
5. [http://www.demophys.tsu.ru/Original/self\\_organ.html](http://www.demophys.tsu.ru/Original/self_organ.html)
6. [http://www.demophys.tsu.ru/Original/Taylor\\_rotors.html](http://www.demophys.tsu.ru/Original/Taylor_rotors.html)
7. [http://de.ifmo.ru/bk\\_netra/page.php?index=14&layer=2&tutindex=13](http://de.ifmo.ru/bk_netra/page.php?index=14&layer=2&tutindex=13)
8. [http://kirsoft.com.ru/freedom/KSNews\\_223.htm](http://kirsoft.com.ru/freedom/KSNews_223.htm)