

Лекция 10

- Нестационарные явления переноса
 - Уравнение теплопроводности
 - Уравнение диффузии
 - Времена релаксации
-
- Термодинамический подход

Явления переноса

- **Диффузия (перенос вещества)**
- **Эл. Ток (перенос заряда)**
- **Теплопередача (перенос энергии теплового движения)**
- **Внутреннее трение (перенос импульса)**

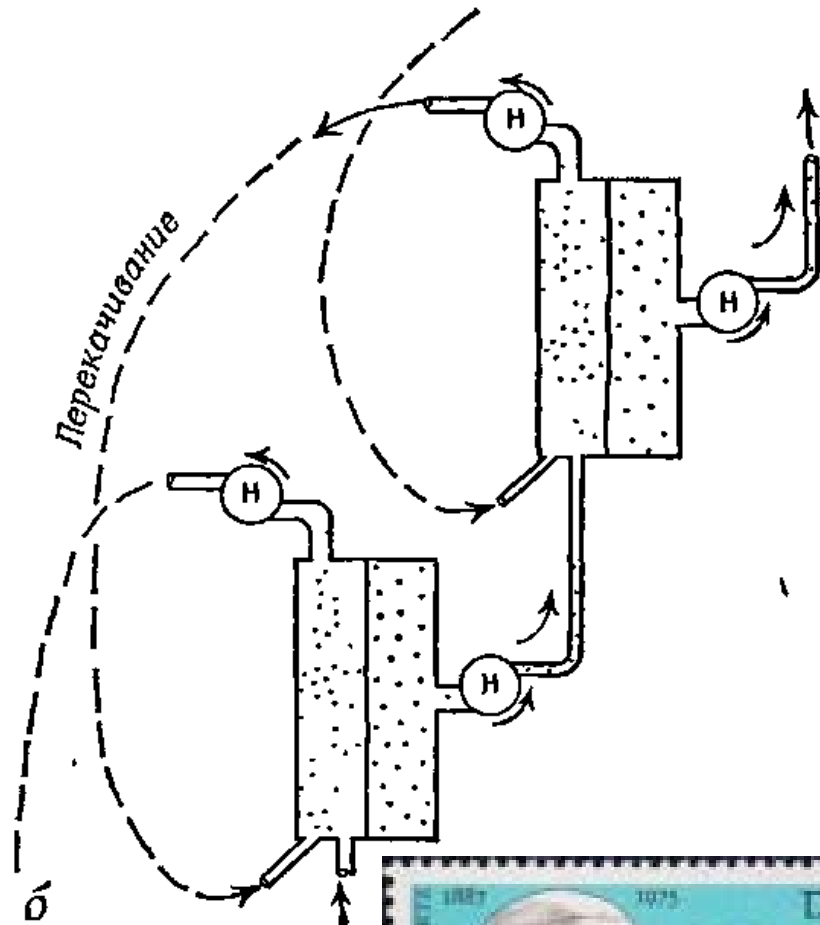
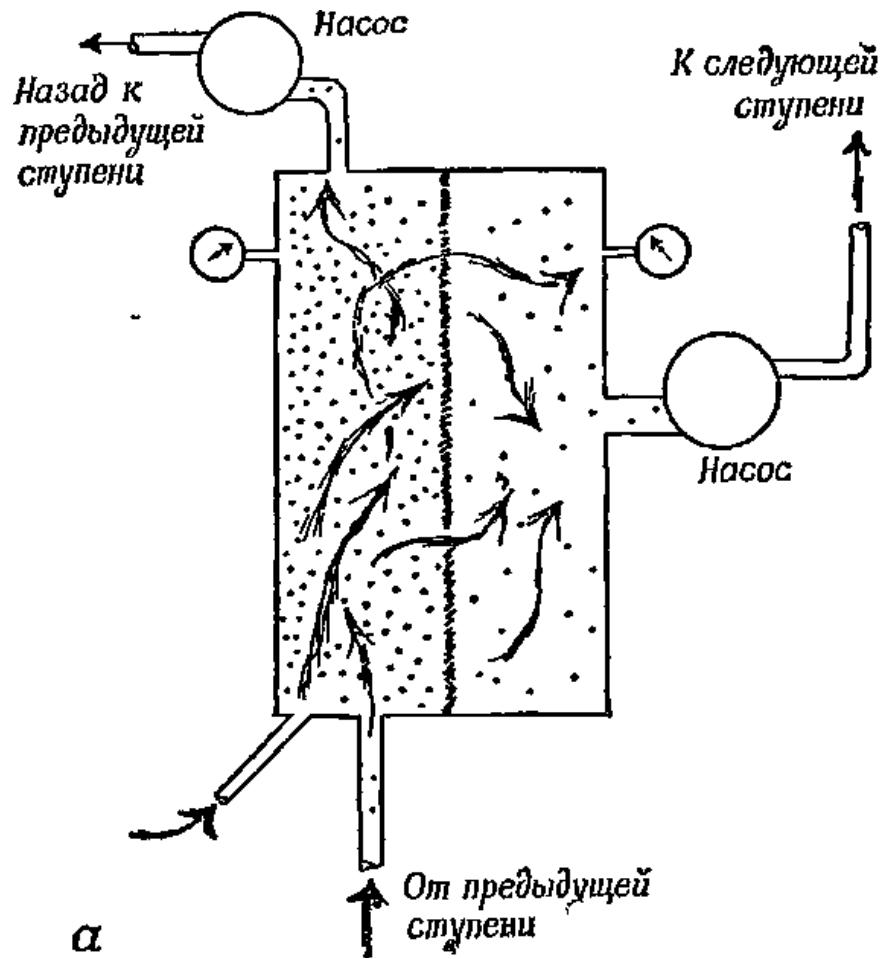
Общие замечания

- Рассмотрены **стационарные** явления, т.е. при постоянном градиенте. Сложнее всего это реализовать для диффузии
- Явлениям переноса **не соответствует распределение Максвелла-Больцмана**, т.к. они **неравновесны**
- Явления переноса **необратимы**

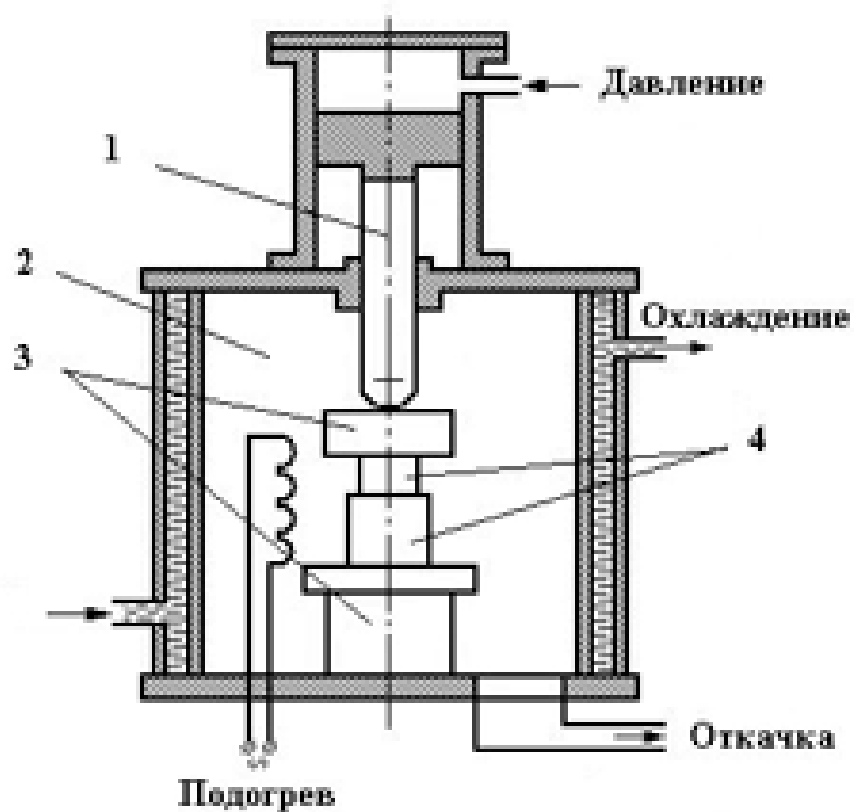
Нестационарные явления переноса

- **Градиент величины изменяется с течением времени** (нагреватель охлаждается, холодильник нагревается, происходит выравнивание концентрации по объему и т.п.)

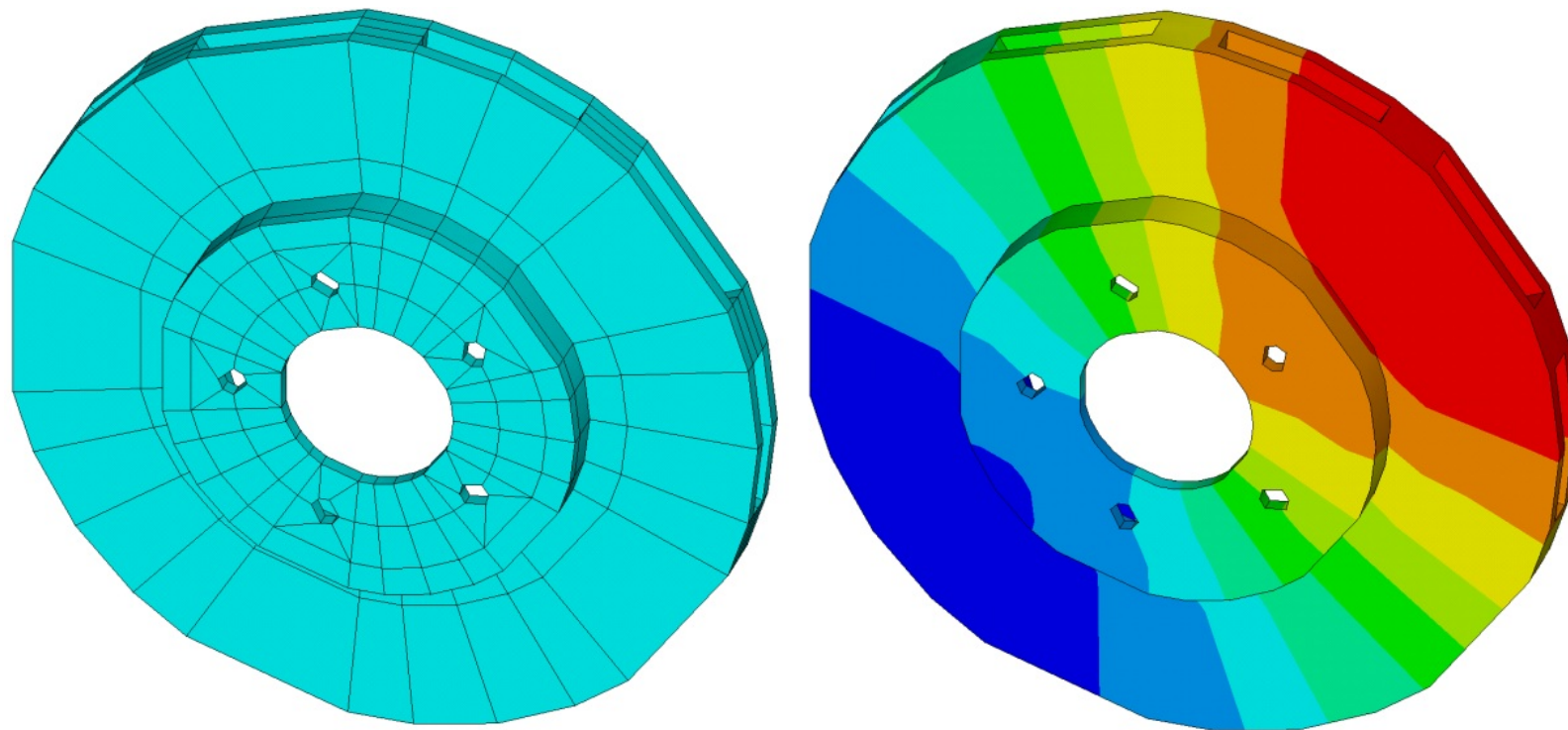
Нестационарная диффузия



Нестационарная диффузия



Нестационарная теплопроводность



Нестационарная теплопроводность: возможные причины

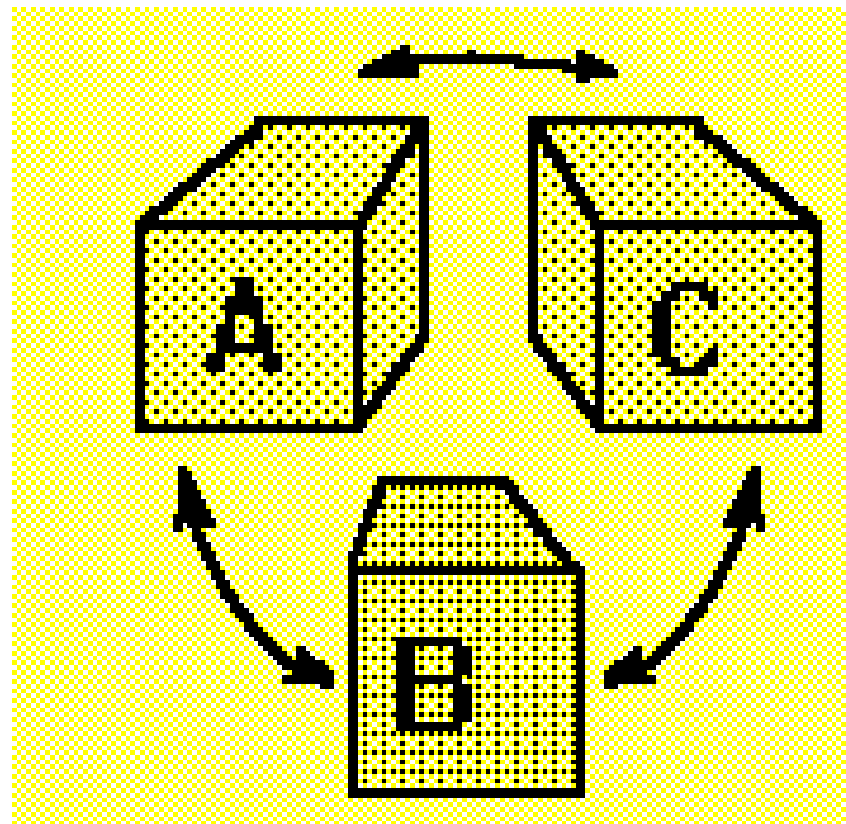
- **Естественное или принудительное изменение с течением времени граничных условий (охлаждение, нагревание)**
- **Наличие конвективных потоков, излучения**
- **Анизотропия свойств среды**

Характерные времена

- Время релаксации - диффузия
- Время термализации -
теплопроводность

Термодинамический подход

Нулевое начало термодинамики

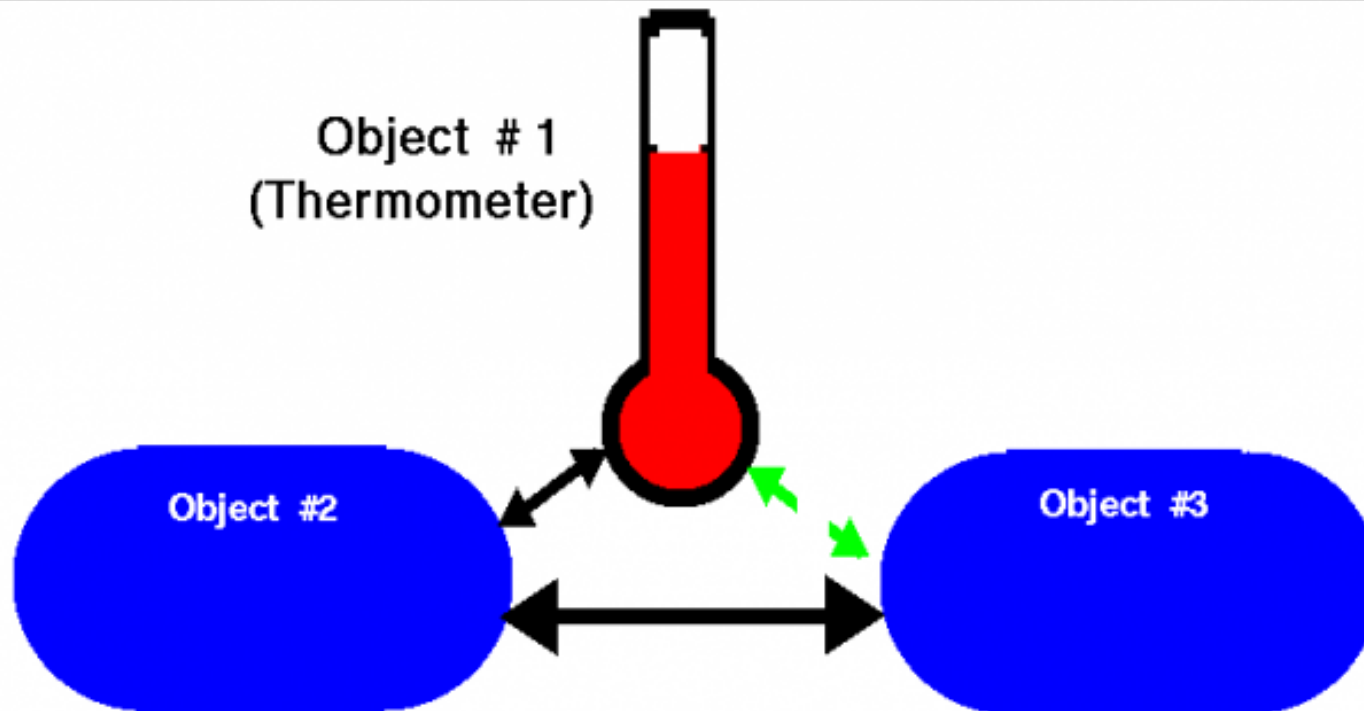


Нулевое начало и измерение температуры



Thermodynamic Equilibrium (Zeroth Law)

Glenn
Research
Center



When two objects are separately in thermodynamic equilibrium with a third object, they are in equilibrium with each other.

Objects in thermodynamic equilibrium have the same temperature.

Температура

- Температура - это то, что «показывает» термометр
- Температура – это то, что одинаково у тел, находящихся в состоянии термодинамического равновесия (но не давление!)
- Температура, в отличие от некоторых других физических величин, неаддитивна

Примеры

Аддитивные

- Масса
- Давление
- Заряд
- Энтропия

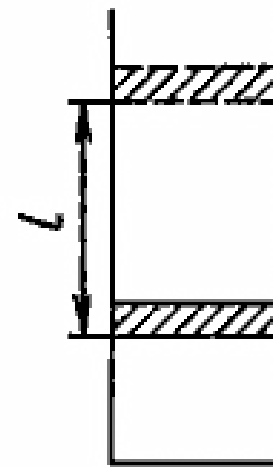
Неаддитивные

- Плотность
- Температура

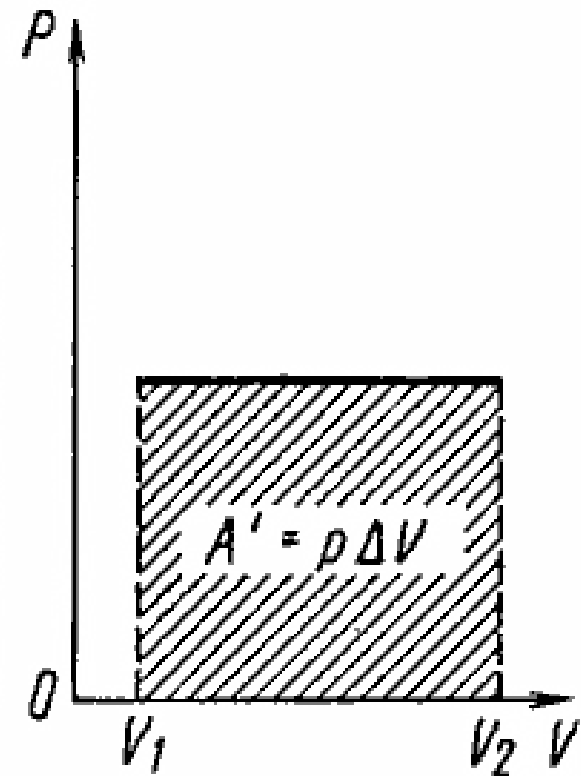
РАБОТАЮ ЗА ЕДУ

(лобстеры,
Дом Периньон,
белуга,
Хеннеси...)

Работа газа



106



107