



# Термодинамика (Волькенштейн-1990)

**Первое начало термодинамики**

**5.162    5.165    5.186    5.185**

**5.159    5.170    5.182**

**Второе начало термодинамики**

**5.221    5.224    5.226    5.228**

**5.216 (решена)    5.126**



***Термодинамика*** – это наука о движении теплоты.

***Термодинамика*** – это наука о наиболее общих макроскопических физических системах, находящихся в состоянии термодинамического равновесия и о процессах перехода между этими состояниями.



**Термодинамика ставит целью изучение свойств тел и процессов, происходящих в телах, но при этом не пользуется молекулярными представлениями.**

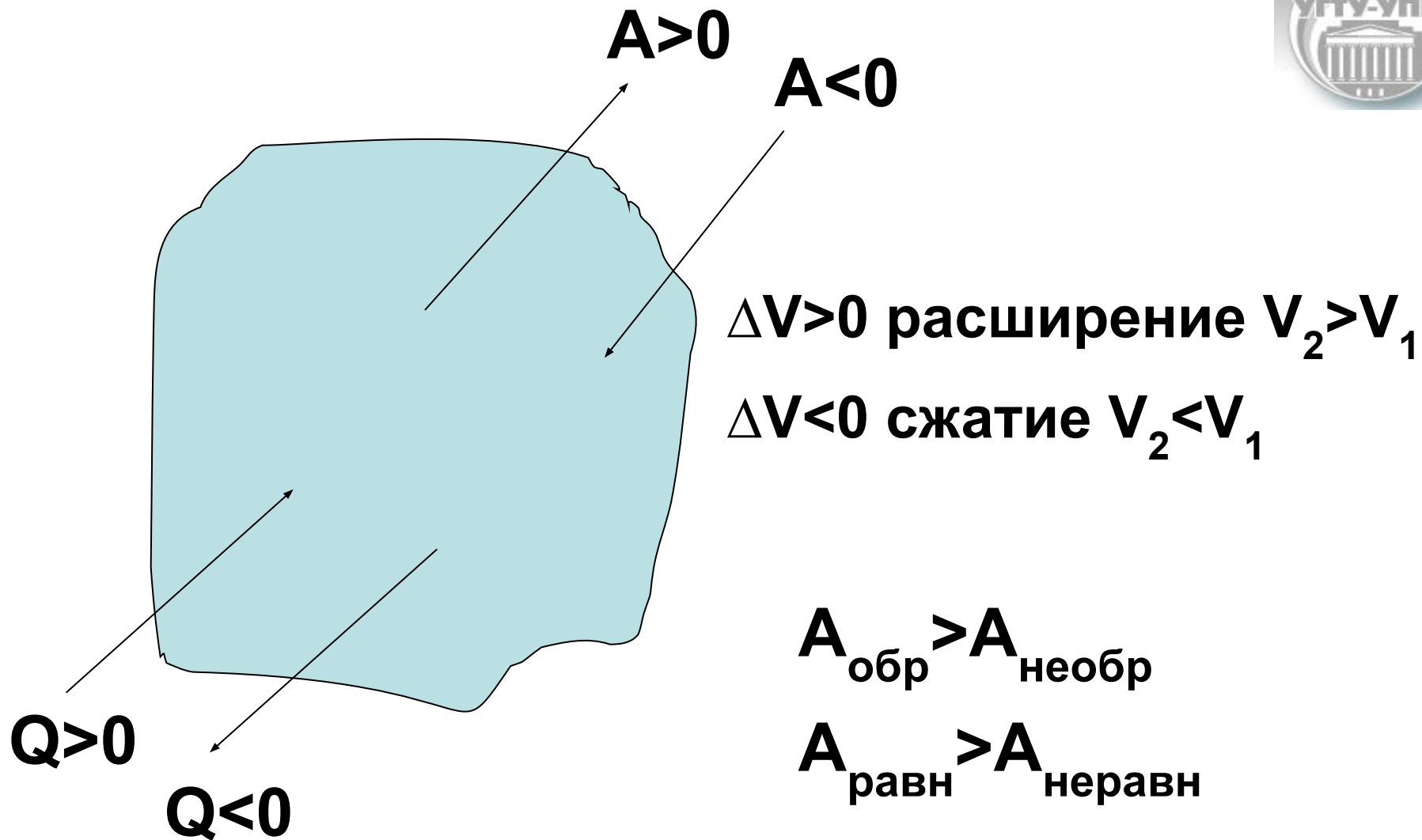
**Основывается на 3 началах, которые не выводятся, а являются обобщением практики.**

**В настоящее время развивается равновесная статистическая термодинамика – раздел статистической физики, посвященный обоснованию законов термодинамики равновесных процессов и вычислениям термодинамических характеристик физических систем.**

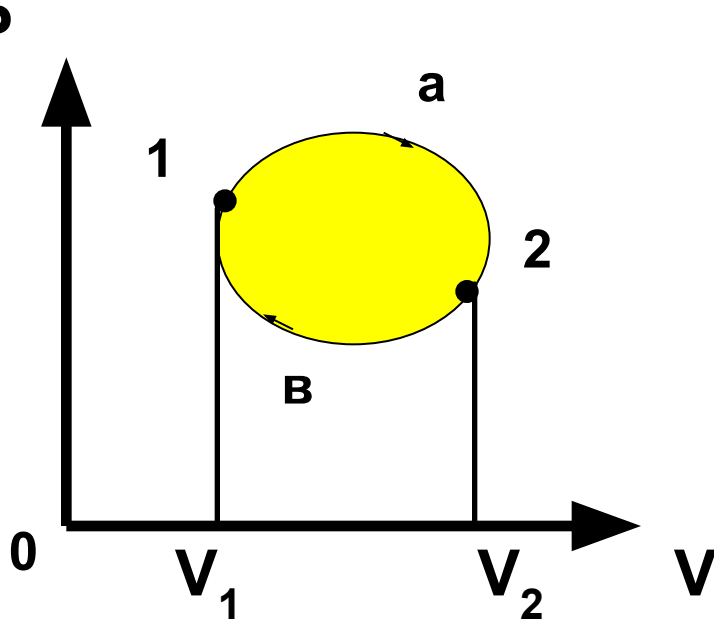


# Особенности свойств (параметров т/д системы) $P, V, T, U, S, p, n$

1. Однозначно характеризуют состояние системы.
2. Не зависят от пути перехода.
3. Не зависят от предистории системы.
4. При круговых процессах изменение свойств равно нулю.
5. Характеризуются полным дифференциалом  $dV, dT, dP, dU, dS, dp, dn$ .



# Термодинамические процессы



$$\delta A = PdV$$

$$P = const$$

$$P \neq const$$

Прямой процесс – круговой процесс, протекающий по часовой стрелке. Его работа  $> 0$  (положительна). По такому процессу работает тепловой двигатель.

Обратный процесс – круговой процесс, протекающий против часовой стрелки. Его работа  $< 0$  (отрицательна). По такому процессу работает холодильная машина.

$$A = \int_{V_1}^{V_2} PdV$$

$$A = P(V_2 - V_1) = P\Delta V$$

$$A = \int_{V_1}^{V_2} PdV$$

Для проведения интегрирования необходимо выразить давление как функцию объема  $P = f(v)$ .



# Термодинамические процессы

**Обратимый процесс (абстракция) – это такой равновесный процесс, при совершении которого системой сначала в прямом, а потом в обратном направлениях, повторяя все стадии пути, в исходное состояние возвращается как сама система, так и все внешние тела, с которыми она взаимодействовала.**

**Необратимый процесс – это такой неравновесный процесс, при совершении которого систему нельзя вернуть в исходное состояние без изменений в окружающих телах.**

**Необратимый процесс – это процесс, который в обратном направлении самопроизвольно протекать не может.**

# Работа



1. Процесс обмена энергией между т/д системой и внешними телами.
2.  $A \neq 0$
3. Функционал –  $\delta A$ .
4. Изменяются внешние параметры ( $V$ ).
5. Энергия системы изменяется за счет энергии упорядоченного движения.  
Необходимое условие – перемещение взаимодействующих с системой тел.
6. Макроскопическая форма обмена энергией.



# Теплота (теплообмен)



1. Процесс обмена энергией между т/д системой и внешними телами.
2.  $Q \neq 0$ .
3. Функционал –  $\delta Q$ .
4. Не изменяются внешние параметры ( $V$ ).
5. Энергия системы изменяется за счет энергии неупорядоченного движения. Нет перемещения взаимодействующих с системой тел.
6. Микроскопическая форма обмена энергией.



# Общее между A и Q

1. Существуют лишь в процессе обмена энергией.
2. Не являются свойствами т/д системы.
3. На круговых процессах не равны нулю.

$$A_{\text{о}} \neq 0 \quad Q_{\text{о}} \neq 0 \quad \delta A \quad \delta Q$$

4. Эквивалентные формы передачи энергии.
5. Неравноценные формы передачи энергии.

$$A \rightarrow Q \quad Q \rightarrow A$$

легко      трудно (полностью невозможно)



# Первое начало термодинамики

$$\left(\frac{A}{Q}\right)_o = 1$$

$$A_o = Q_o$$

$$Q = \Delta U + A$$

$$\delta Q = dU + \delta A$$

$$\delta Q = \frac{m}{M} \frac{iR}{2} dT + p dV$$