

## Лекция 5

# Изменение внутренней энергии газа в процессе теплообмена и совершения работы. Первое начало термодинамики.

г. Санкт-Петербург  
2020г.

# Термодинамика

**Термодинамика – раздел физики, изучающий связи и взаимопревращения различных видов энергии.**

**Физические системы, состоящие из большого числа частиц – атомов или молекул, которые совершают тепловое движение и, взаимодействуя между собой, обмениваются энергиями, называются термодинамическими системами.**

**Термодинамическим процессом называется переход системы из начального состояния в конечное через последовательность промежуточных состояний.**

# Внутренняя энергия

**Это сумма энергий  
молекулярных взаимодействий и  
энергии теплового движения молекул.**

**Внутренняя энергия системы зависит только  
от ее состояния и является однозначной функцией состояния.**

**Изменение состояния системы характеризуется  
параметрами состояния –  $p$ ,  $V$ ,  $T$ .**

Одному и тому же состоянию соответствует  
определенное значение внутренней энергии  **$U$** .

# Теплообмен

**Процесс передачи внутренней энергии без совершения механической работы называется теплообменом.**

**Мерой энергии, получаемой или отдаваемой телом в процессе теплообмена, служит физическая величина, называемая количеством теплоты ( $Q$ ).**

# Теплоемкость

- **Теплоемкостью тела** называют отношение количества теплоты, необходимого для повышения его температуры от значения  $T_1$  до значения  $T_2$  к разности этих температур

$$\Delta T = T_2 - T_1$$
$$C = Q / \Delta T$$

- **Теплоемкость тела** зависит от его природы.
- **Теплоемкость тела** пропорциональна его массе.

# Удельная теплоемкость

Удельная теплоемкость:

$$c = C / m = Q / m \Delta T$$

СИ:  $[c] = \text{Дж/кг}\cdot\text{К}$

Зная удельную теплоемкость, можно определить количество теплоты, необходимое для нагревания тела массой  $m$  от  $T_1$  до  $T_2$ :

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T = c \cdot m \cdot (T_2 - T_1)$$

# Первое начало термодинамики

**Это закон сохранения и превращения энергии:**

**при разнообразных процессах, протекающих в природе, энергия не возникает из ничего и не уничтожается, а превращается из одних видов в другие.**

Невозможно построить перпетуум-мобиле первого рода, то есть машину, производящую работу, но не потребляющую эквивалентного количества энергии.



# Первое начало термодинамики (другие формулировки)

$$\Delta U = Q - A$$

Изменение внутренней энергии тела равно разности сообщенного телу количества теплоты и произведенной над ним механической работы.

$$Q = \Delta U + A$$

Количество теплоты, сообщенное телу, идет на увеличение его внутренней энергии и на совершение телом работы над внешними телами.

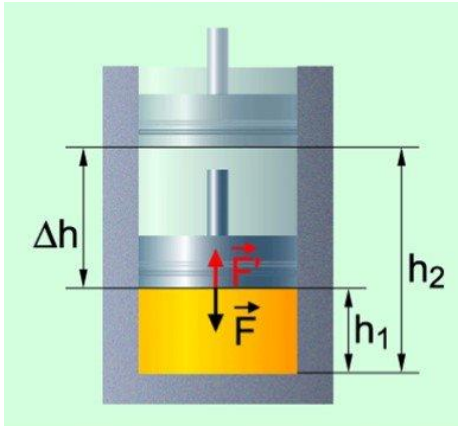


# Применение первого начала термодинамики к изопроцессам

## Изобарный процесс

$p = \text{const}$ ,  $V$ ,  $T$  - изменяются

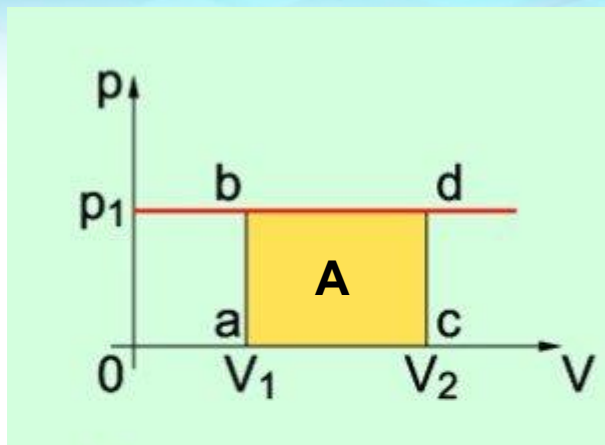
Работа, совершаемая газом при **изобарном** расширении:  
 $A = F \cdot \Delta h = p \cdot S (h_2 - h_1) = p \cdot (S \cdot h_2 - S \cdot h_1) = p \cdot (V_2 - V_1) = p \cdot \Delta V$



$$A = p \cdot \Delta V$$

Работа при изобарном расширении газа равна произведению давления газа на увеличение его объема.

# Работа при изобарном расширении газа



**Работа - площадь**, ограниченная графиком процесса, осью абсцисс и ординатами начала и конца процесса (abdc)

# Применение первого начала термодинамики к изопроцессам

## Изохорный процесс

$V = \text{const}$ ,  $p$ ,  $T$  – изменяются

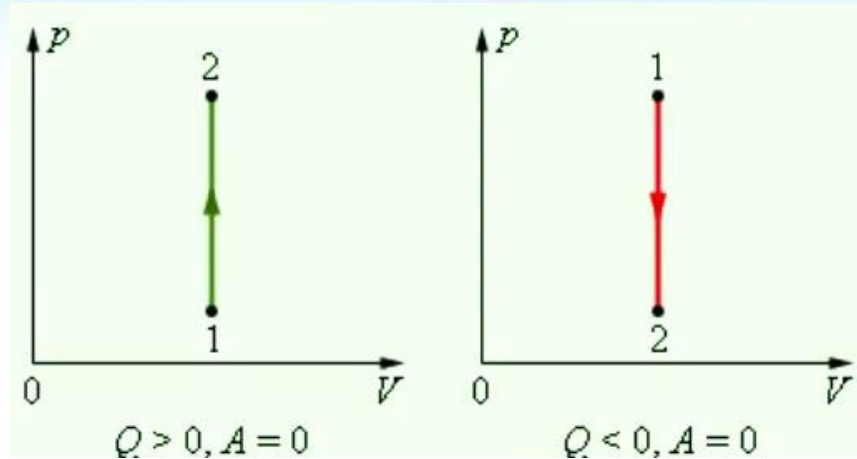
Т. к.  $V = \text{const}$ , то не совершается никакой работы против внешних сил:  $A = 0$ .

При изохорном нагревании вся сообщенная газу теплота полностью расходуется на увеличение его внутренней энергии:

$$Q = \Delta U$$

# Работа при изохорном процессе

$$A = 0$$



Удельная теплоемкость газа при  $V = \text{const}$ :

$$C_V = \Delta U / m \Delta T \quad \text{или} \quad \Delta U = m C_V \Delta T$$

Изменение внутренней энергии идеального газа пропорционально изменению его температуры.

# Применение первого начала термодинамики к изопроцессам

Изотермический процесс

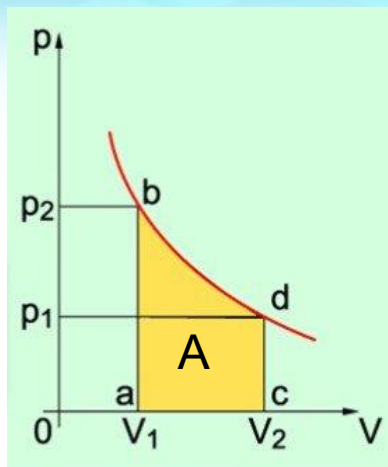
$T = \text{const}$ ;  $V, p$  - изменяются

Так как  $T = \text{const}$ , то  $\Delta T = 0$ , и  $\Delta U = 0$ .

$$Q = A$$

При изотермическом нагревании вся **теплота**, сообщенная газу, **расходуется на совершение работы** газа против внешних сил.

# Работа при изотермическом расширении газа



**Работа - площадь**, ограниченная графиком процесса, осью абсцисс и ординатами начала и конца процесса (abdc)

# Адиабатный процесс

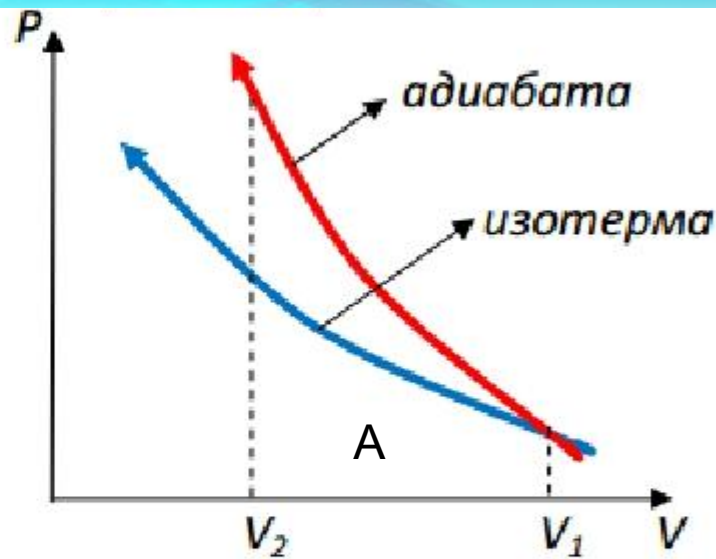
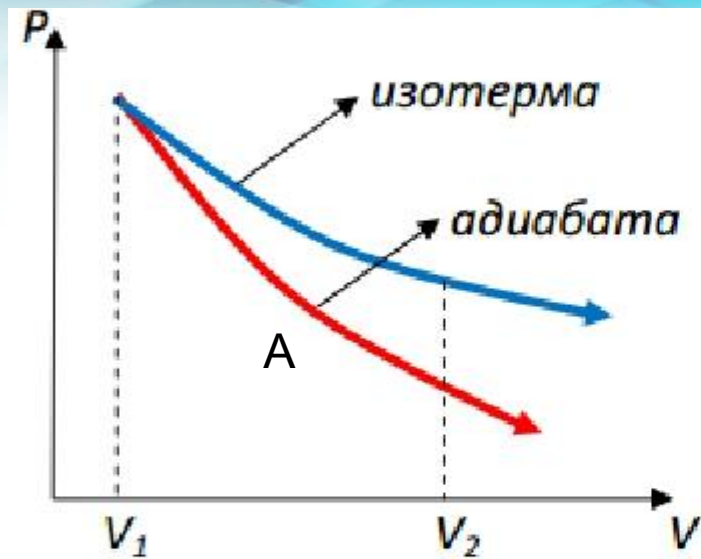
Адиабатным (греч. «адиабатос» - непереходный) называется процесс, происходящий без теплообмена с окружающими телами.

Работа совершается только за счет изменения внутренней энергии газа:

$$A = - \Delta U$$



# Работа при адиабатном расширении газа



**Работа – площадь**, ограниченная графиком процесса, осью абсцисс и ординатами начала и конца процесса ( $V_1$  и  $V_2$ ).