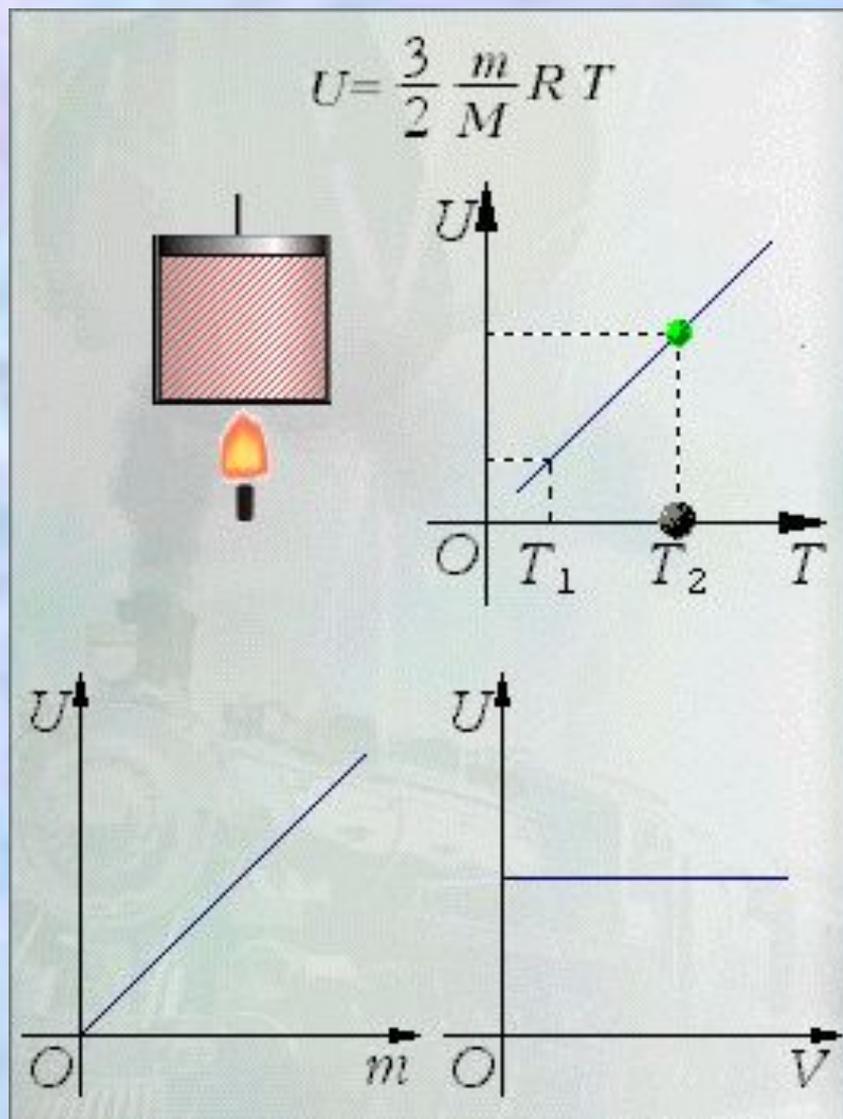


Законы термодинамики

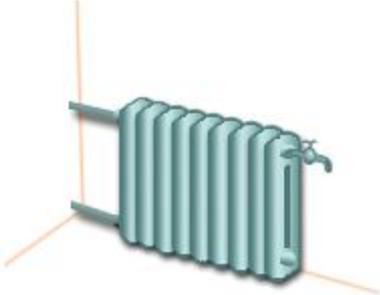
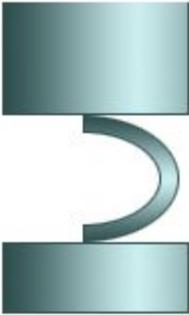
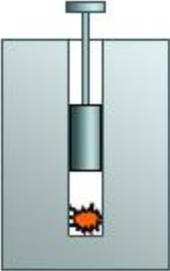
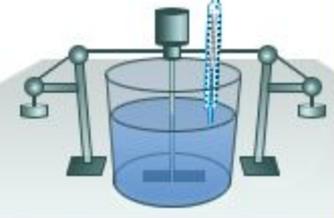
Вопросы для повторения:

- Что такое внутренняя энергия?
- Назовите способы изменения внутренней энергии.
- Как определить работу газа?
- Как определить количество теплоты?
- Объясните физический смысл удельных величин.

Зависимость внутренней энергии от параметров газа

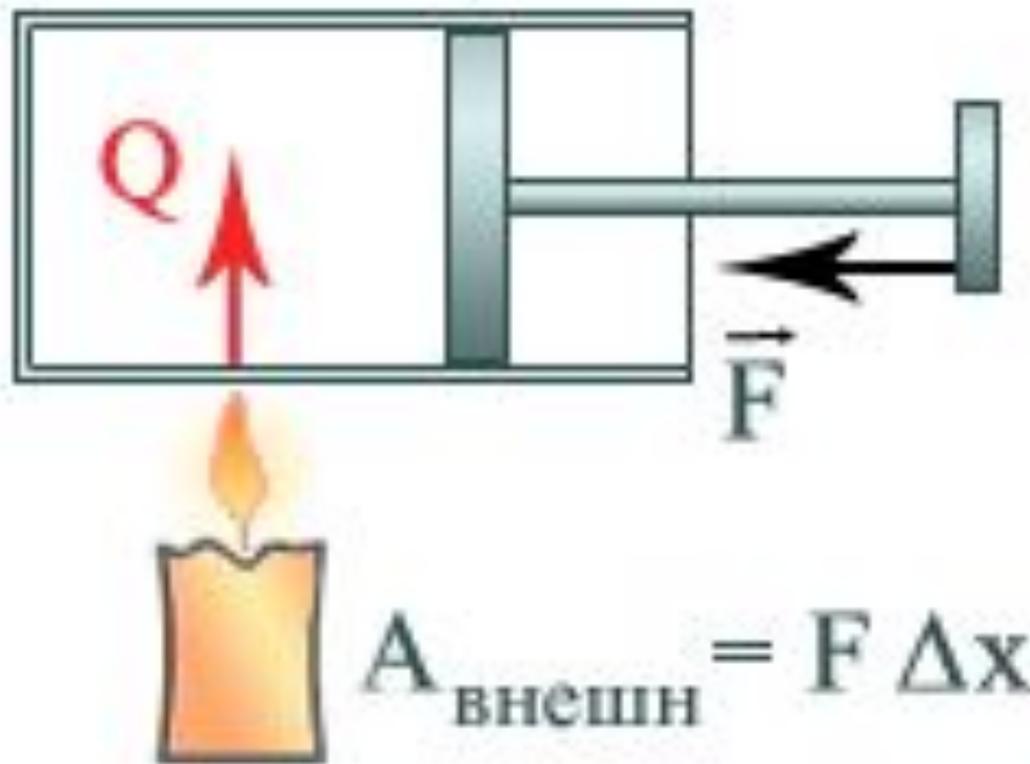


Способы изменения внутренней энергии

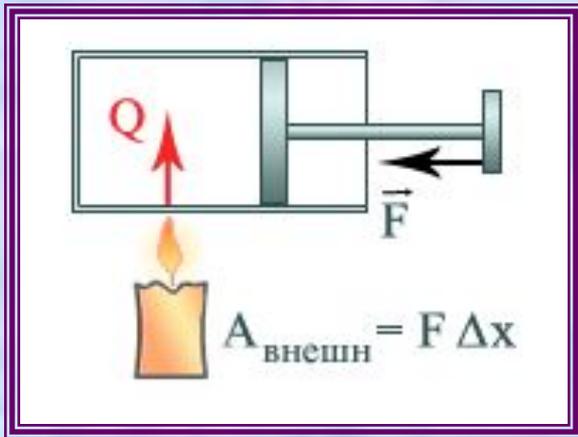
| Теплопередача | | |
|---|--|---|
| Теплопроводность | Конвекция | Излучение |
|  |  |  |
| Механическая работа (деформация) | | |
| Изменение формы: сгибание подковы | Изменение объема: вспыхивание ваты при сжатии воздуха | Трение: опыт Джоуля |
|  |  |  |



Первый закон термодинамики



Первый закон термодинамики



$$\Delta U = A + Q$$

Изменение внутренней энергии системы при переходе ее из одного состояния в другое равно сумме работы внешних сил и количества теплоты, переданного системе.

Первый закон термодинамики

$$\Delta U = Q + A$$

ΔU – изменение внутренней энергии системы

Q – количество теплоты, сообщенное системе

A – работа внешних сил, совершенная над системой

Первый закон термодинамики

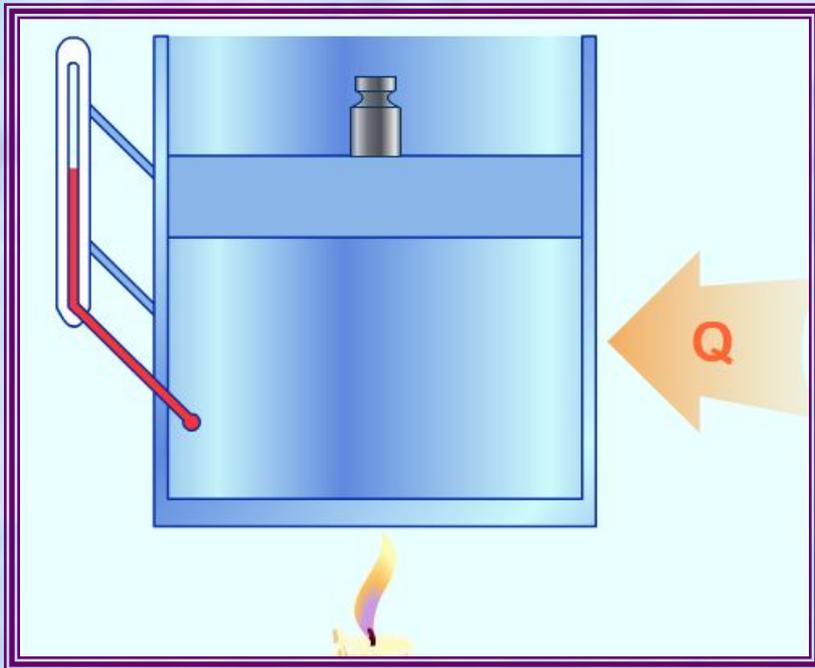
- Количество теплоты, переданное системе идет на совершение системой работы и изменение её внутренней энергии

$$Q = A' + \Delta U$$

Применение I закона термодинамики к изопроцессам

- Изотермический процесс

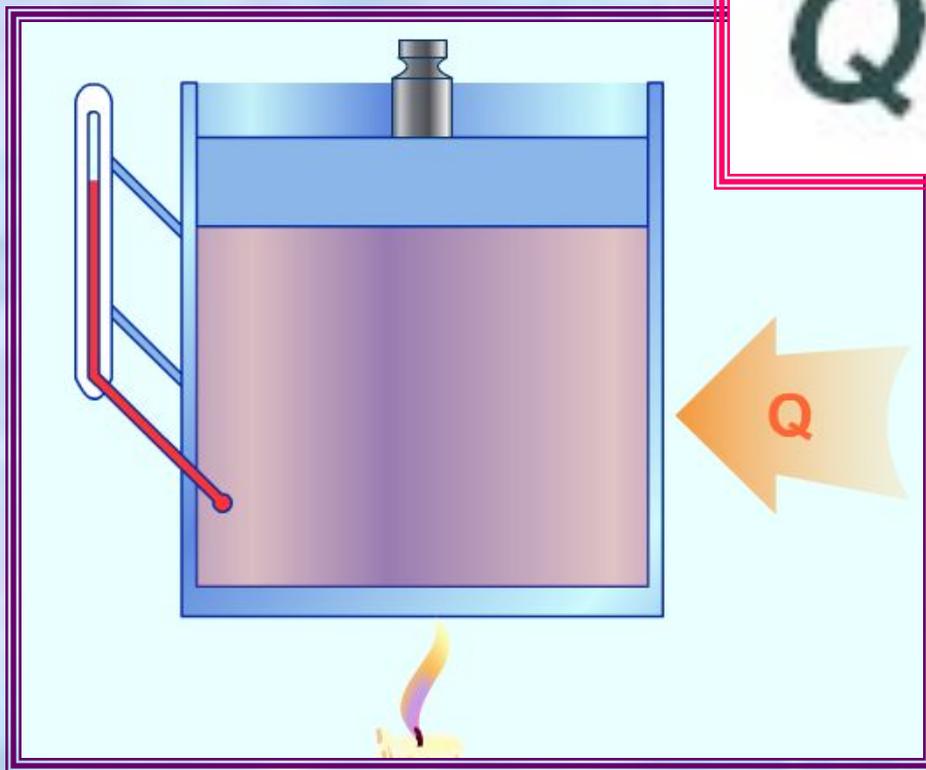
$(T = \text{const}): \Delta U = 0$



$$Q = A'$$

Применение I закона термодинамики к изопроцессам

- Изобарный процесс: $(p = \text{const})$:



$$Q = A' + \Delta U$$

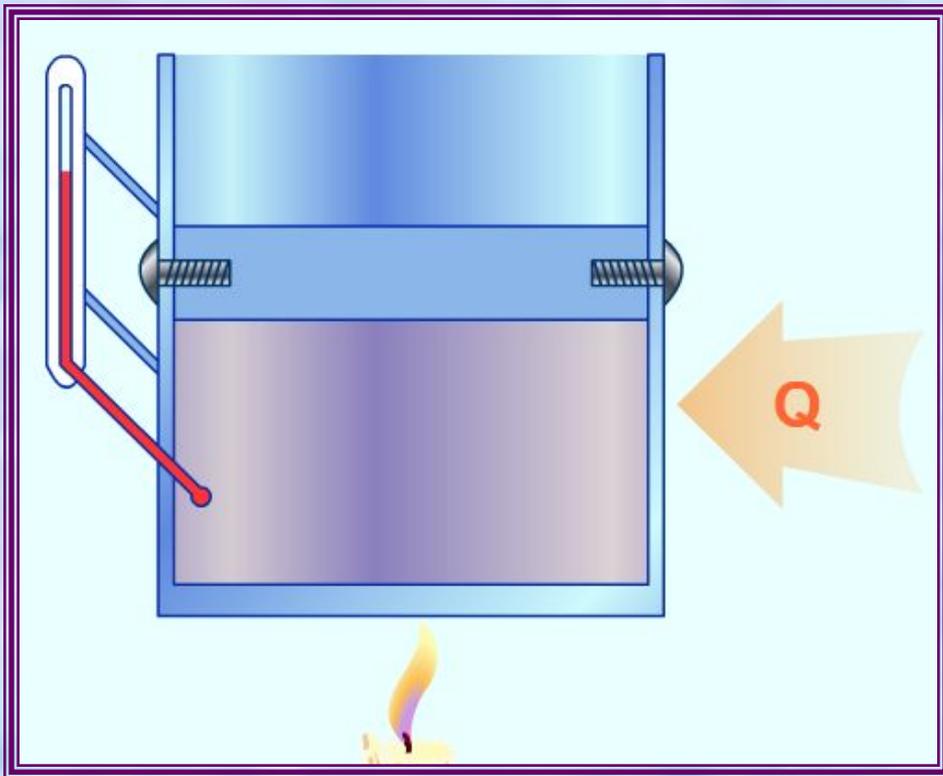
$$A = p\Delta V = \nu R\Delta T$$

$$\Delta U = \frac{3}{2}\nu R\Delta T$$

$$Q = \Delta U + A = \frac{5}{2}\nu R\Delta T = \frac{5}{2}p\Delta V$$

Применение I закона термодинамики к изопроцессам

- Изохорный процесс: ($V = \text{const}$): $A = 0$



$$\Delta U = Q$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$$

Применение I закона термодинамики к изопроцессам

- Адиабатный процесс: процесс, происходящий без теплообмена с окружающей средой.

$$Q=0$$

$$\Delta U = A$$

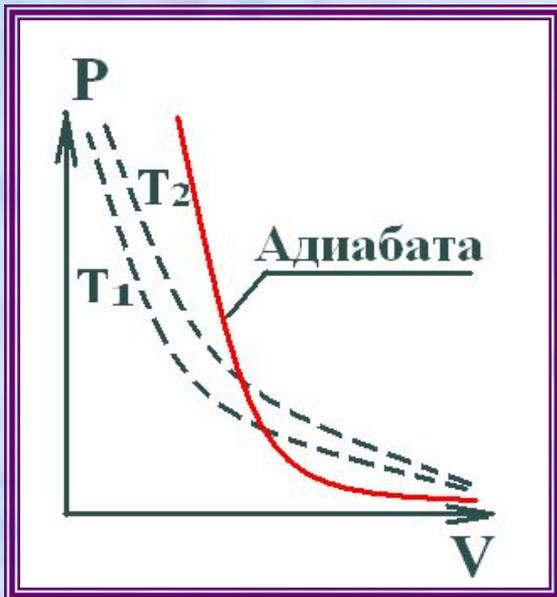
$$A' = -\Delta U$$



Температура меняется только за счет совершения работы

Адиабатный процесс

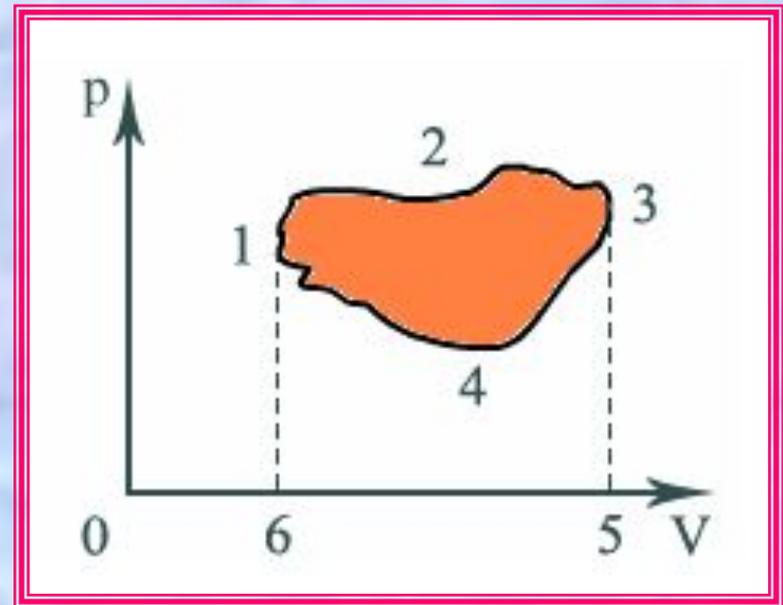
- Адиабатными можно считать все быстропротекающие процессы и процессы, происходящие в теплоизолированной среде.



Адиабата круче
любой пересекающей
её изотермы

Термодинамика циклического процесса.

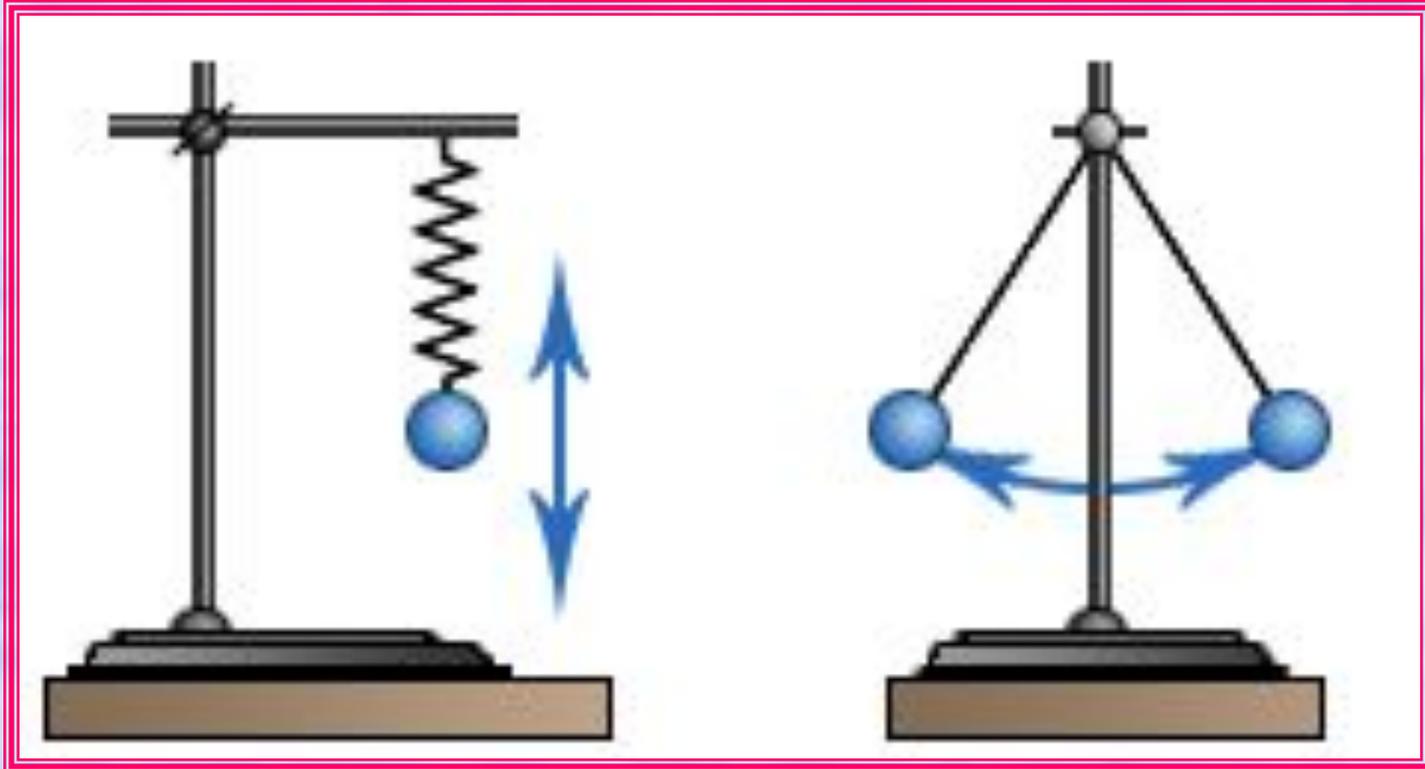
Для произвольного циклического процесса $1-2-3-4-1$ работа газа, совершенная им за цикл, численно равна площади фигуры, ограниченной диаграммой цикла в координатах $p - V$



Необратимость процессов в природе.

- Необратимые – процессы, которые могут самопроизвольно протекать только в одном направлении. В обратном направлении они могут протекать только как одно из звеньев более сложного процесса.

Необратимость процессов в природе.



Что произойдет с колебаниями маятников с течением времени?

Необратимость процессов в природе.



Необратимость процессов в природе.



Необратимость процессов в природе.

- Все процессы в природе **НЕОБРАТИМЫ!**



II закон термодинамики.

- *Формулировка Клаузиуса* (1850): невозможен процесс, при котором тепло самопроизвольно переходило бы от тел менее нагретых к телам более нагретым.
- *Формулировка Томсона* (1851): невозможен круговой процесс, единственным результатом которого было бы производство работы за счет уменьшения внутренней энергии.
- *Формулировка Клаузиуса* (1865): все самопроизвольные процессы в замкнутой неравновесной системе происходят в таком направлении, при котором энтропия системы возрастает; в состоянии теплового равновесия она максимальна и постоянна.
- *Формулировка Больцмана* (1877): замкнутая система многих частиц самопроизвольно переходит из более упорядоченного состояния в менее упорядоченное. Невозможен самопроизвольный выход системы из положения равновесия. Больцман ввел количественную меру беспорядка в системе, состоящей из многих тел – *энтропию*.

Необратимость процессов в природе связана со стремлением систем к переходу в наиболее вероятное состояние, которому отвечает максимальный беспорядок.