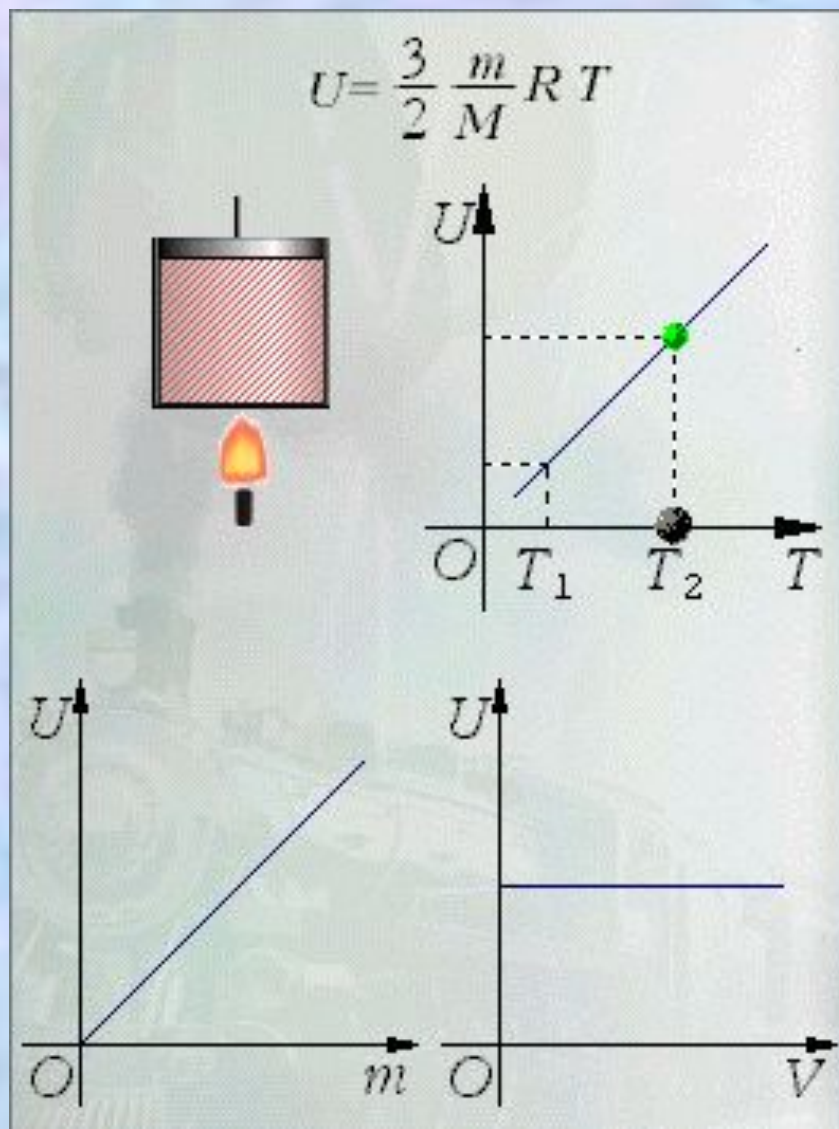


# Законы термодинамики


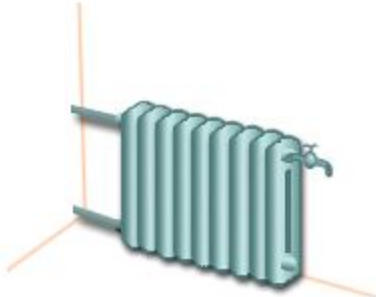


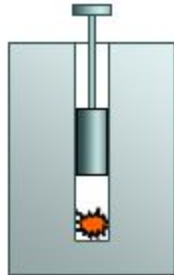
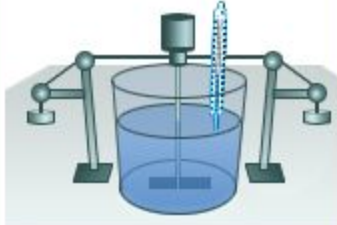
# Вопросы для повторения:

- 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

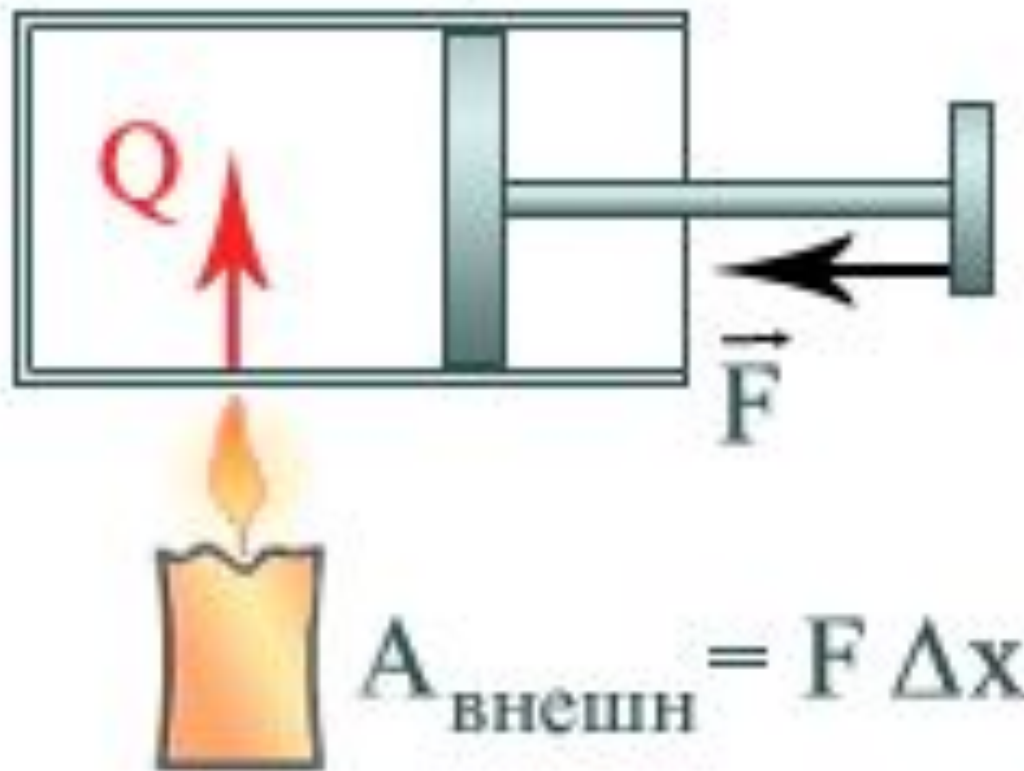


# Способы изменения внутренней энергии

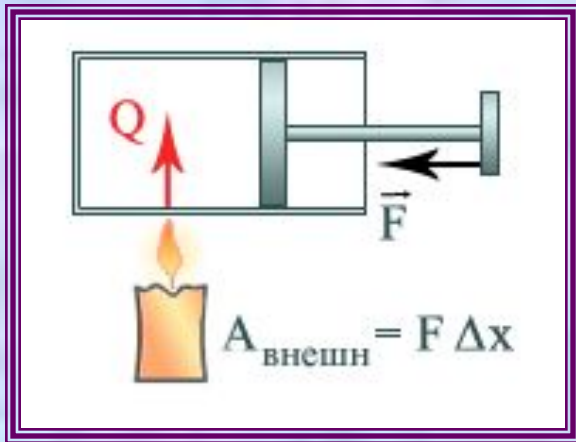
Теплопередача		
Теплопроводность	Конвекция	Излучение
		
Механическая работа (деформация)		
<b>Изменение формы:</b> сгибание подковы	<b>Изменение объема:</b> вспыхивание ваты при сжатии воздуха	<b>Трение:</b> опыт Джоуля
		



# 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

$$\Delta U = Q + A$$

$\Delta U$  – 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

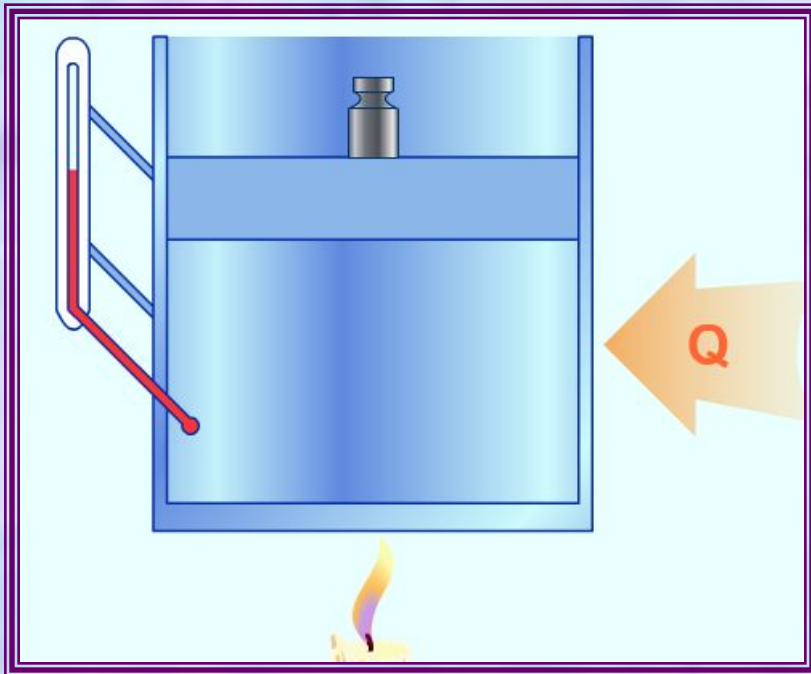
$$Q = A' + \Delta U$$



# Применение I закона термодинамики к изопроцессам

- Изотермический процесс

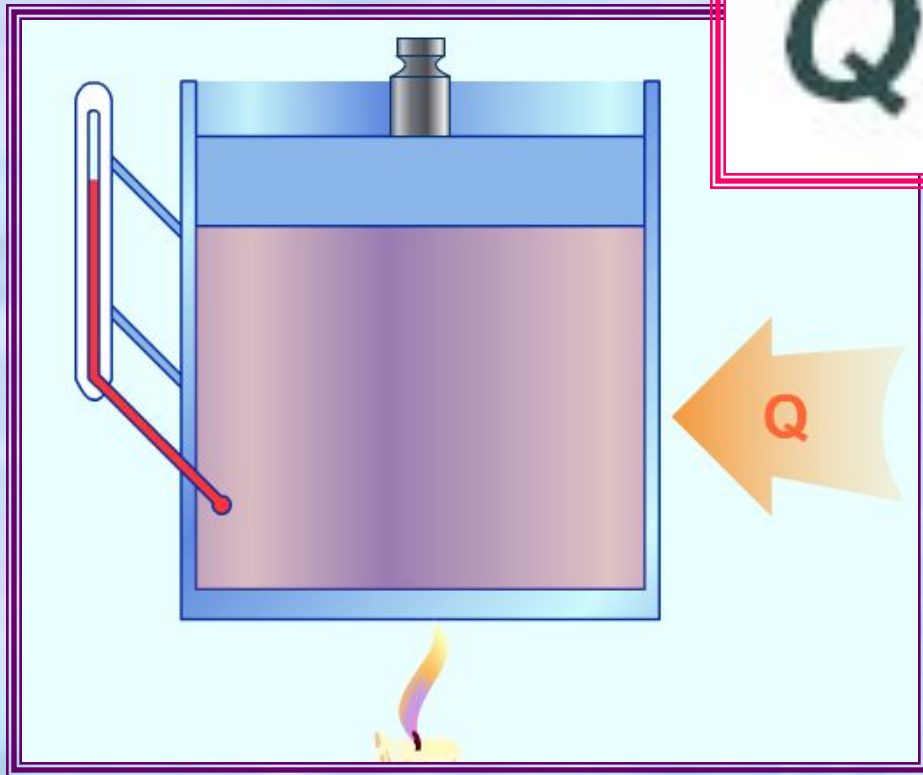
**$(T = \text{const}): \Delta U = 0$**



$$Q = A'$$

# Применение I закона термодинамики к изопроцессам

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



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

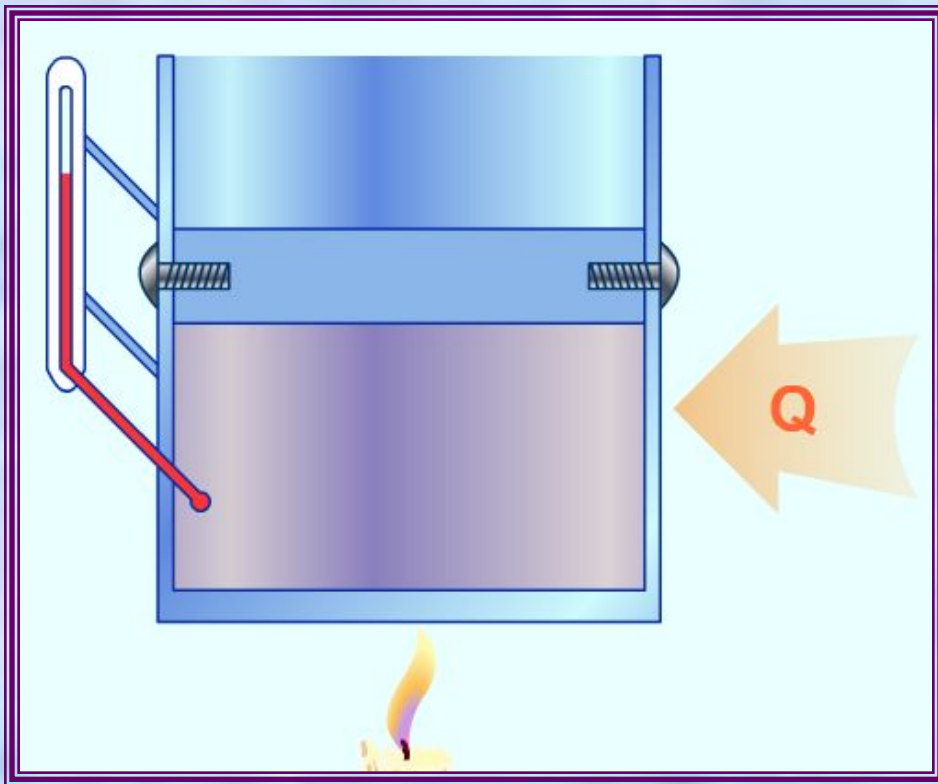
$$A = p\Delta V = \nu R\Delta T$$

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

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

# 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.

$$Q=0$$

$$\Delta U = A$$

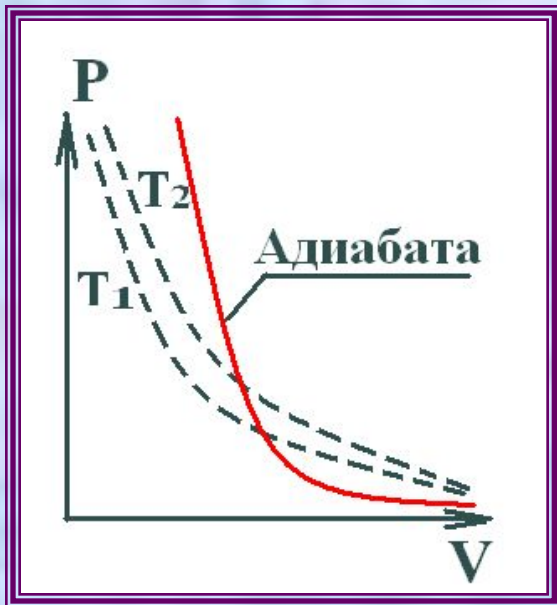
$$A' = -\Delta U$$



Температура меняется только за счет совершения работы

# Адиабатный процесс

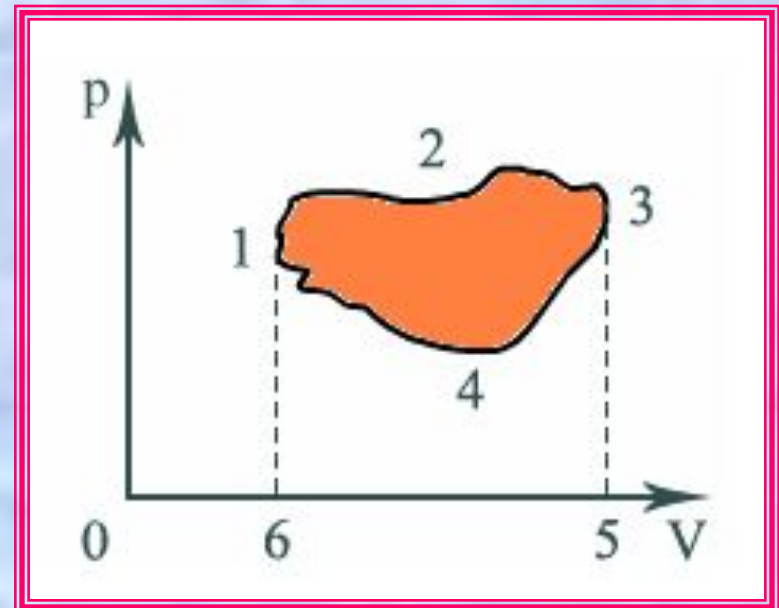
- Адиабатными можно считать все быстропротекающие процессы и процессы, происходящие в теплоизолированной среде.



Адиабата круче  
любой пересекающей  
её изотермы

# Термодинамика циклического процесса.

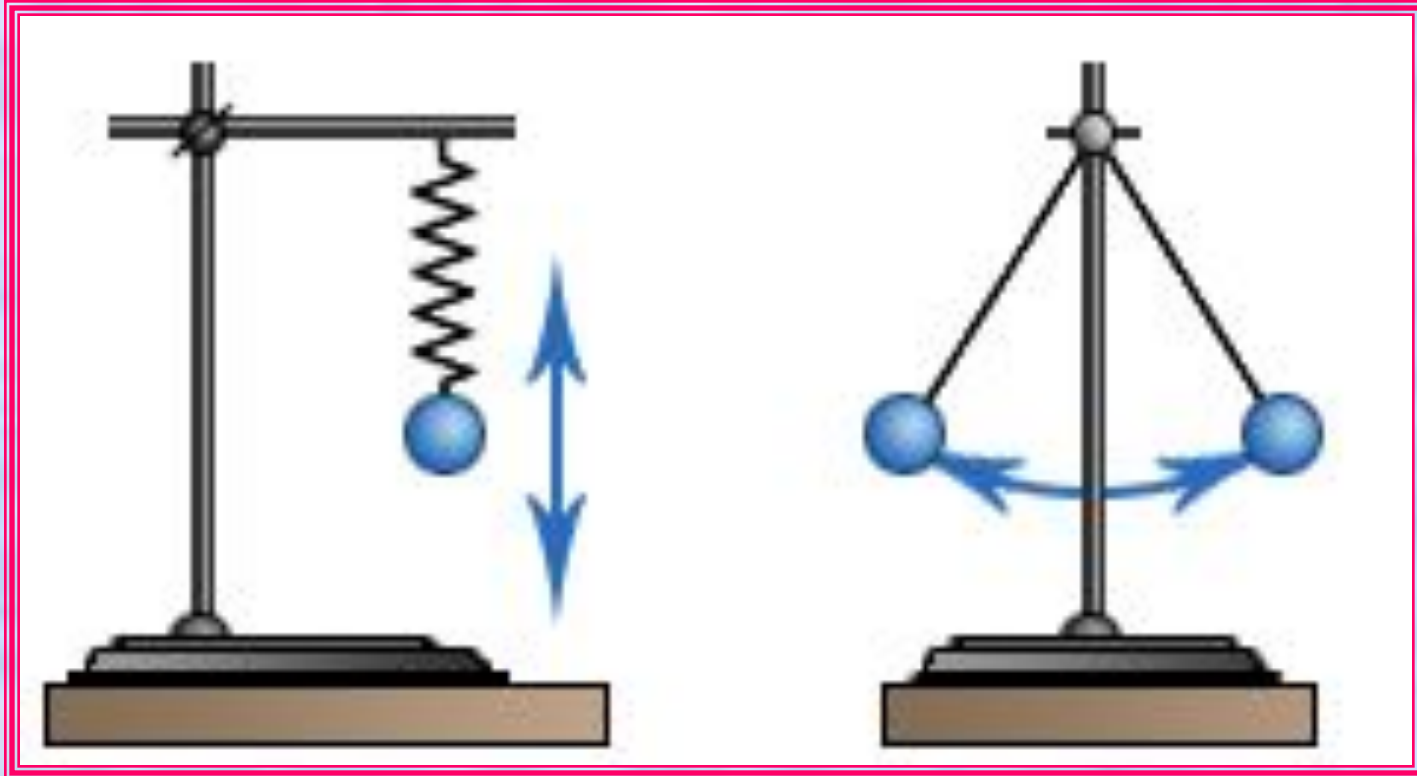
Для произвольного циклического процесса  $1-2-3-4-1$  работа газа, совершенная им за цикл, численно равна площади фигуры, ограниченной диаграммой цикла в координатах  $p - V$



# 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.**