

# I закон термодинамики

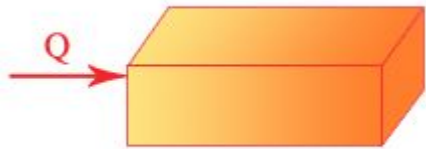
# *Закон сохранения энергии*

Энергия в природе не возникает из ничего и не исчезает: количество энергии неизменно, она только переходит из одной формы в другую.

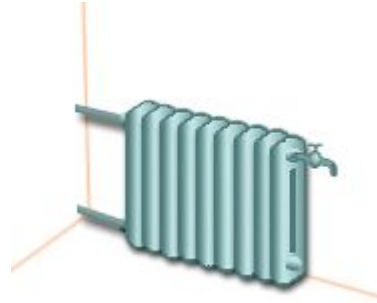
# Способы изменения внутренней энергии

## Теплопередача

Теплопроводность



Конвекция



Излучение

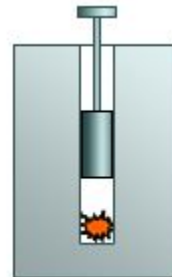


## Механическая работа (деформация)

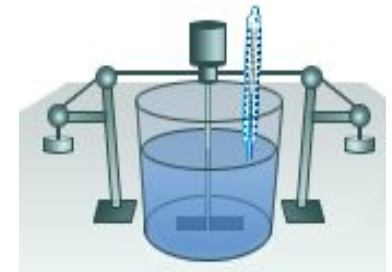
Изменение формы:  
сгибание подковы



Изменение объема:  
вспыхивание ваты при  
сжатии воздуха



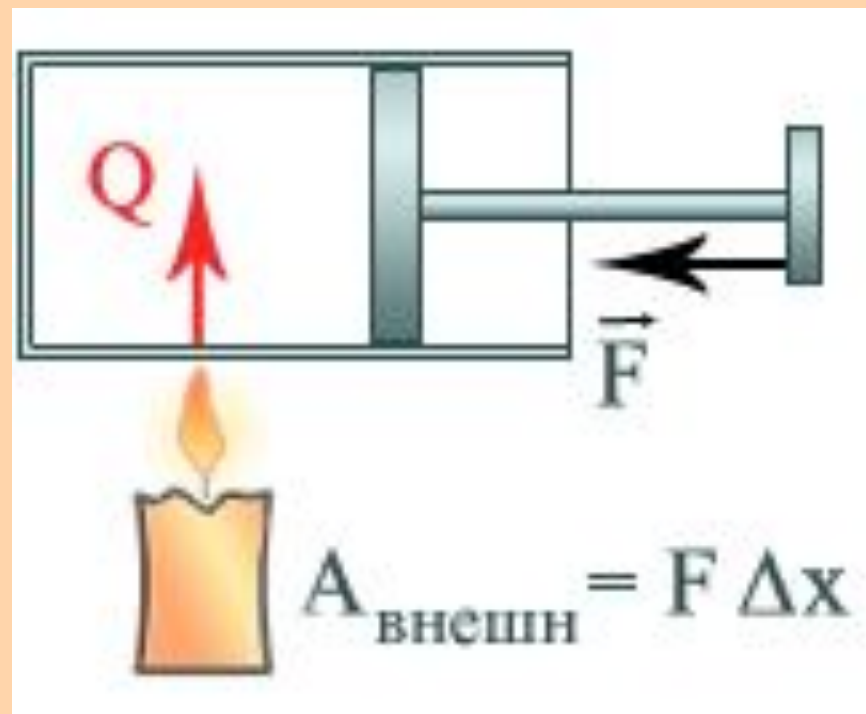
Трение: опыт Джоуля



# I закон термодинамики

внутренняя энергия определяется только состоянием системы, причем изменение внутренней энергии системы при переходе ее из одного состояния в другое равно сумме работы внешних сил и количества теплоты, переданного системе:

$$\Delta U = A_{\text{внешн}} + Q$$



Если при нагревании газ расширяется и при этом совершает работу  $A$ , то первый закон термодинамики можно сформулировать по-другому:

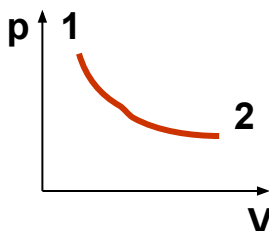
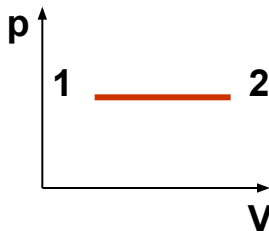
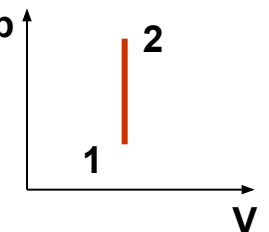
$$Q = \Delta U + A'$$

Количество теплоты, переданное газу, равно сумме изменения его внутренней энергии и работы, совершенной газом.

Так как работа газа и работа внешних сил вследствие 3-го закона Ньютона равны по модулю и имеют противоположный знак:

$$A_{\text{внешн}} = -A'$$

# I закон термодинамики и изопроцессы

НАЗВАНИЕ ПРОЦЕССА	ГРАФИК	$\Delta U$	$A^l$	$Q$	УРАВНЕНИЕ I ЗАКОНА ТД
ИЗОТЕРМ. РАСШИРЕНИЕ		0	$A^l > 0$	$Q > 0$	$Q = A^l$
ИЗОБАРИЧ. РАСШИРЕНИЕ		$\Delta U > 0$	$A^l > 0$	$Q > 0$	$Q = A^l + \Delta U$
ИЗОХОРНОЕ НАГРЕВАНИЕ		$\Delta U > 0$	$A^l = 0$	$Q > 0$	$Q = \Delta U$

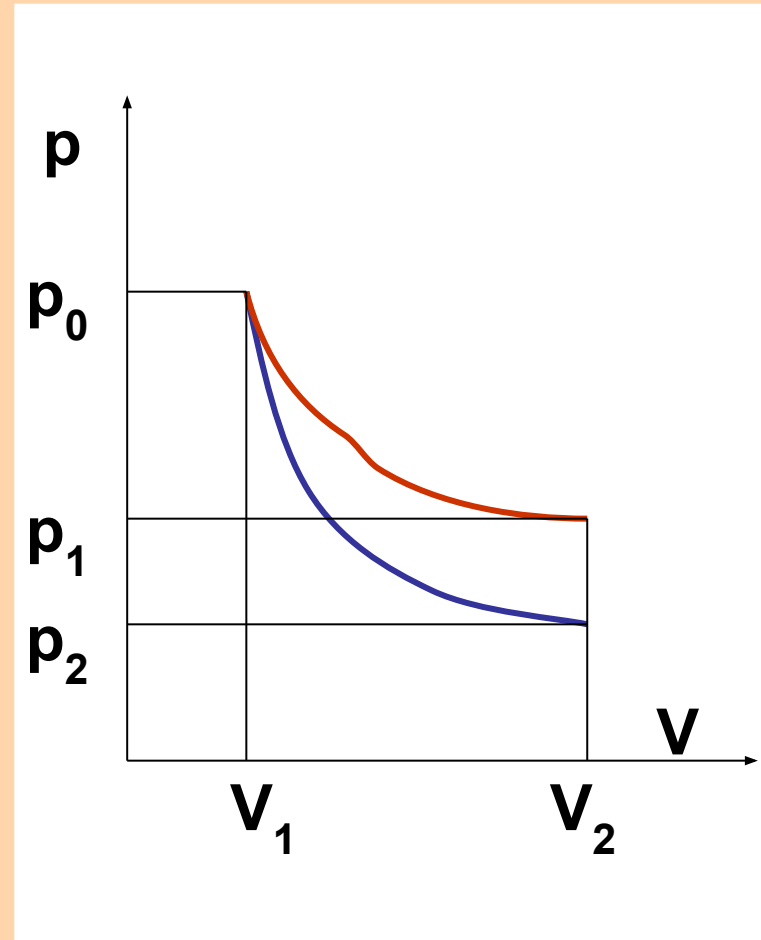
# I закон термодинамики и изопроцессы

НАЗВАНИЕ ПРОЦЕССА	ГРАФИК	$\Delta U$	$A^l$	$Q$	УРАВНЕНИЕ I ЗАКОНА ТД
ИЗОТЕРМ. СЖАТИЕ		0	$A^l < 0$	$Q < 0$	$Q = A^l$
ИЗОБАРИЧ. СЖАТИЕ		$\Delta U < 0$	$A^l < 0$	$Q < 0$	$Q = A^l + \Delta U$
ИЗОХОРНОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ		$\Delta U < 0$	$A^l = 0$	$Q < 0$	$Q = \Delta U$

# Адиабатный процесс

– это модель термодинамического процесса, происходящего в системе без теплообмена с окружающей средой.

Линия на термодинамической диаграмме состояний системы, изображающая равновесный (обратимый) адиабатический процесс, называется *адиабатой*.





# I закон термодинамики и изопроцессы

НАЗВАНИЕ ПРОЦЕССА	ГРАФИК	$\Delta U$	$A^l$	$Q$	УРАВНЕНИЕ I ЗАКОНА ТД
АДИАБАТНОЕ РАСШИРЕНИЕ		$\Delta U < 0$	$A^l > 0$	$Q = 0$	$\Delta U = -A^l$ $\Delta U = A$
АДИАБАТНОЕ СЖАТИЕ		$\Delta U > 0$	$A^l < 0$	$Q = 0$	$\Delta U = -A^l$ $\Delta U = A$



ИЗОТЕРМА



АДИАБАТА

# **Второй закон термодинамики**

```
graph TD; A[Процессы] --- B[Обратимые]; A --- C[Необратимые]
```

**Процессы**

**Обратимые**

**Необратимые**

# Обратимый процесс

- Это процесс, который может происходить как в прямом, так и в обратном направлении
- Обратимый процесс – это идеализация реального процесса.
- Все макроскопические процессы проходят в определенном направлении

# Необратимый процесс

- Процесс, обратный которому самопроизвольно не происходит
- Все макроскопические процессы являются необратимыми

# Примеры

- **Кусок льда, внесенный в комнату, не отдает энергию окружающей среде и не охлаждается**
- **Маятник самостоятельно не наращивает амплитуду колебаний**

**Ни охлаждение льда в первом случае, ни увеличение амплитуды во втором не противоречит ни закону сохранения энергии, ни законам механики. Оно противоречит лишь второму закону термодинамики**

# **Второй закон термодинамики**

**В циклически действующем  
тепловом двигателе  
невозможно преобразовать все  
количество теплоты,  
полученное от нагревателя, в  
механическую работу**



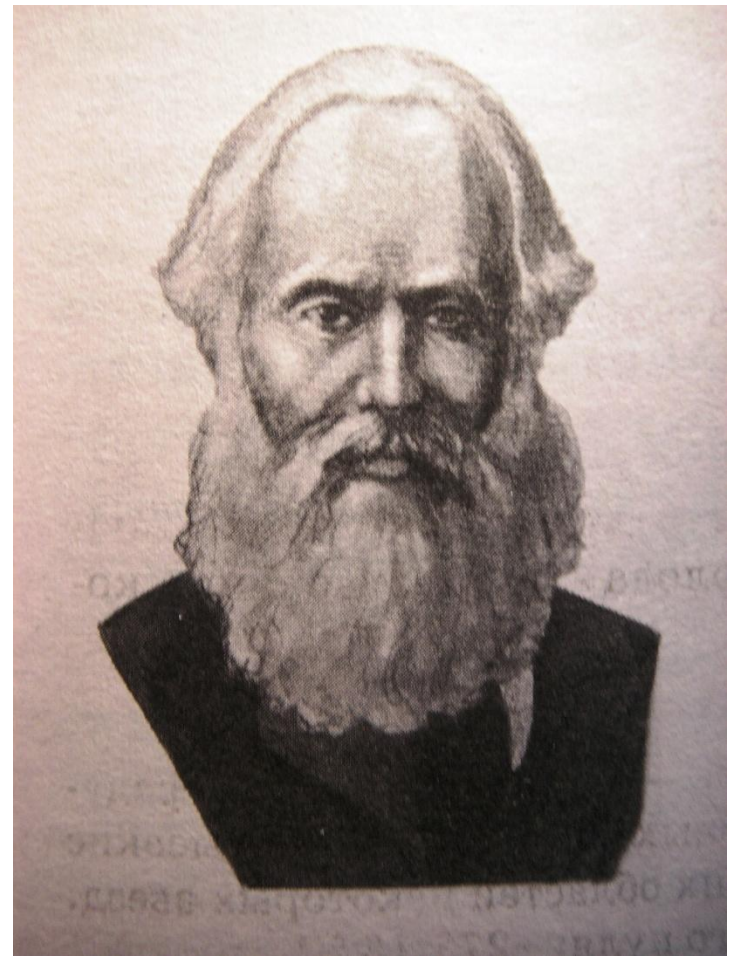
# Формулировка Р. Клаузиуса

- **Невозможно перевести тепло от более холодной системы к более горячей при отсутствии одновременных изменений в обеих системах или окружающих телах**



# Формулировка У. Кельвина

- **Невозможно осуществить такой периодический процесс, единственным результатом которого было бы совершение работы за счет теплоты взятой от одного источника**



# **Статистическое истолкование второго закона термодинамики**

- Изолированная система самопроизвольно переходит из менее вероятного состояния в более вероятное, или**
- Закрытая система многих частиц самопроизвольно переходит из более упорядоченного состояния в менее упорядоченное**

# Самостоятельная работа

1. На сколько изменилась внутренняя энергия газа, если ему сообщили количество теплоты  $20 \text{ кДж}$  и совершили над ним работу  $30 \text{ кДж}$ ?
2. При изобарном расширении  $80 \text{ г}$  кислорода с температурой  $300 \text{ К}$  его объем увеличился в  $1,5$  раза. Определите количество теплоты, израсходованной на нагревание кислорода, работу, совершенную при его расширении, и изменение внутренней энергии газа.