

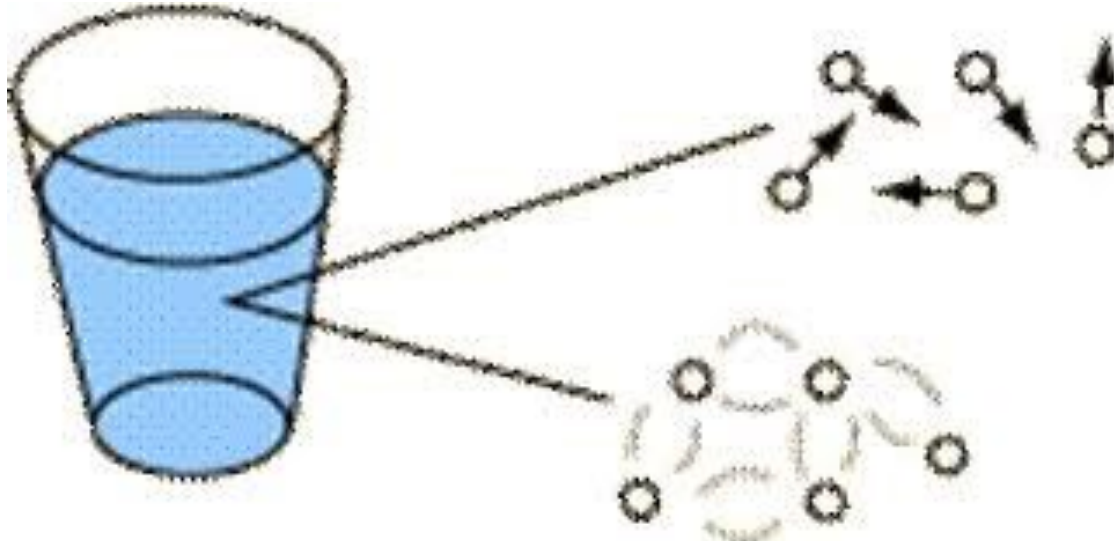
# **Основы термодинамики.**

# **Законы термодинамики**

Занятие №16

# Термодинамика

- **Термодинамика – теория тепловых процессов, в которой не учитывается молекулярное строение тел.**
- В её основе лежит понятие **внутренней энергии**
- Наряду с механической энергией макроскопические тела обладают и энергией заключенной внутри самих тел – **внутренней энергией.**



# Внутренняя энергия

**Внутренняя энергия** макроскопического тела равна сумме кинетических энергий беспорядочного движения всех частиц тела (молекул, атомов) и потенциальных энергий их взаимодействия друг с другом:  $U = E_n + E_k$

Обозначение: **U**

Единицы измерения: **[Дж]**

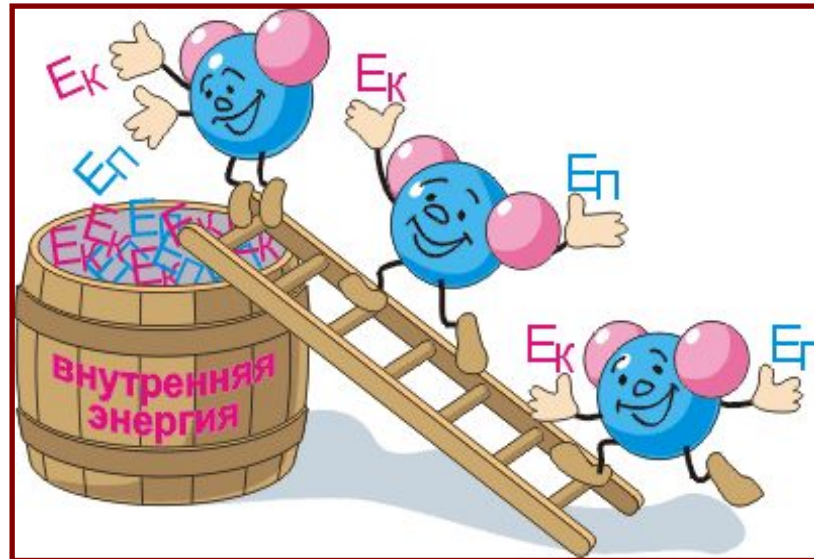
Необходимо уметь определять значение внутренней энергии в зависимости от макроскопических параметров: температуры и объёма.

# Внутренняя энергия

Молекулы обладают  
потенциальной энергией, т.  
к. взаимодействуют друг с  
другом



$E_n$  зависит от  
расстояния между  
молекулами (объёма)



Молекулы обладают  
кинетической  
энергией, т.к.  
непрерывно движутся



$E_k$  зависит от  
скорости движения  
молекул  
(температуры)

# Внутренняя энергия идеального одноатомного газа

Молекулы идеального газа не взаимодействуют друг с другом следовательно потенциальная энергия равна нулю и поэтому их внутренняя энергия определяется только кинетической энергией движения молекул.

$$U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} RT$$

**Внутренняя энергия идеального одноатомного газа прямо пропорциональна его абсолютной температуре**

**Внутренняя энергия реального газа зависит от объема и температуры.**

**Способы  
изменения  
внутренней  
энергии**

**Совершение  
работы**

**Теплообмен**

**над телом  
( $U$  увелич.)**

**самим телом  
( $U$  уменьш.)**

**теплопр  
оводност  
ь**

**КОНВЕКЦ  
ИЯ**

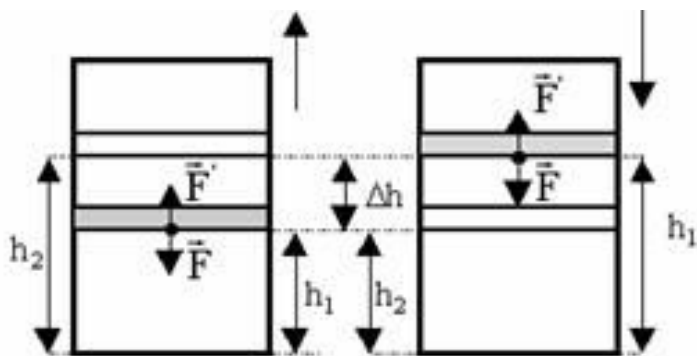
**излучени  
е**



# Работа в термодинамике

## Работа в термодинамике равна изменению внутренней энергии тела

Вычислим работу в зависимости от изменения объема на примере газа в цилиндре под поршнем:



Работа газа:  $A' = F' \cdot s = p \cdot S \cdot \Delta h = p \cdot \Delta V$

По третьему закону Ньютона:  $F = -F'$

Работа внешних сил над газом:  $A = -A' = -p\Delta V$

# Количество теплоты

- **Процесс передачи энергии от одного тела к другому без совершения работы называют теплообменом(или теплопередачей).**
- **Количество теплоты – количественная мера изменения внутренней энергии, которую тело получает или теряет при теплопередаче.**
- **При теплообмене не происходит превращения энергии из одной формы в другую, часть внутренней энергии горячего тела передается холодному телу.**



# Закон сохранения энергии

- Энергия в природе не возникает из ничего и не исчезает: количество энергии неизменно, она только переходит из одной формы в другую.
- Закон сохранения и превращения энергии, распространенный на тепловые явления, носит название первого закона термодинамики.

# Первый закон термодинамики

**Изменение внутренней энергии системы при переходе её из одного состояния в другое равно сумме работы внешних сил и количества теплоты, переданной системе:**

$$\Delta U = A_{\text{вн}} + Q$$

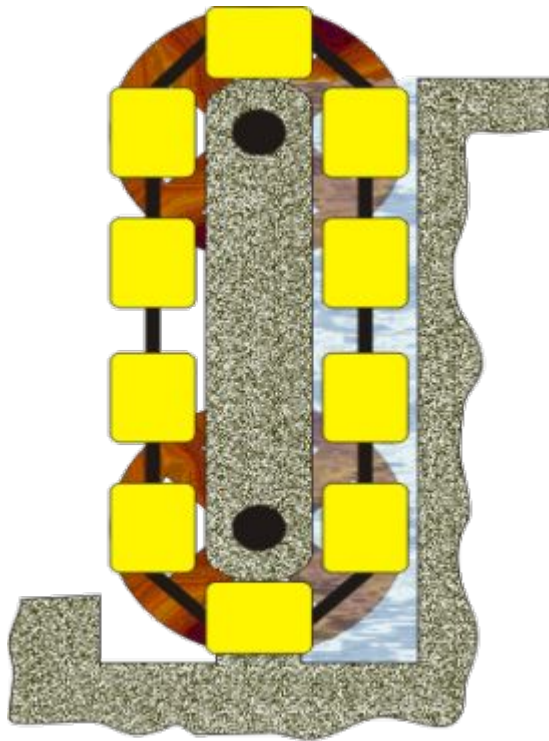
или

**Количество теплоты, переданное системе, идет на изменение её внутренней энергии и на совершение системой работы над внешними телами.**

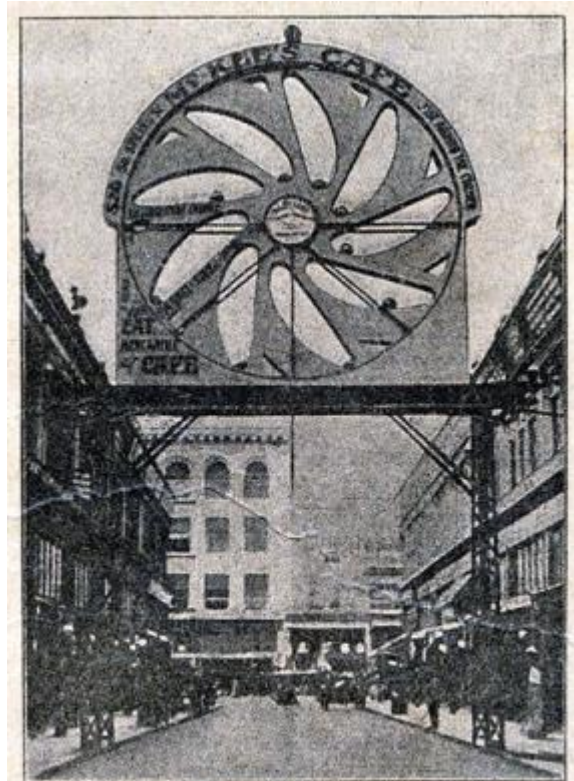
$$Q = \Delta U + A'$$

# Невозможность создания вечного двигателя

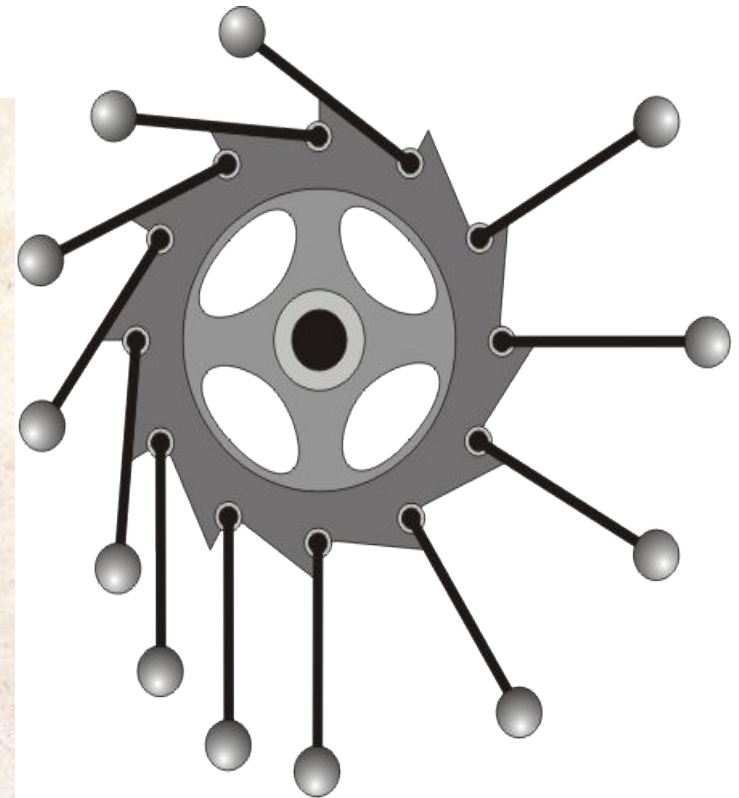
Вечный двигатель - воображаемое устройство, способное бесконечно совершать работу без затрат топлива или других энергетических ресурсов.



Конструкция вечного двигателя, основанного на законе Архимеда



Мнимый вѣчный двигатель съ перекатывающимися шарами.



Одна из древнейших конструкций вечного двигателя

# Невозможность создания вечного двигателя

- Из первого закона термодинамики вытекает невозможность создания вечного двигателя.
- Если к системе не поступает тепло ( $Q=0$ ), то работа  $A'$  может быть совершена только за счет убыли внутренней энергии:

$$A' = -\Delta U$$

- После того как запас энергии окажется исчерпанным, двигатель перестанет работать.

## 2. Работа и количество теплоты - характеристики процесса изменения внутренней энергии

Внутренняя энергия системы может измениться  
одинаково как за счет

- совершения системой работы,
- так и за счет  
передачи  
окружающим телам  
какого-либо  
количества теплоты.



# Применение 1 закона термодинамики к изопроцессам.

## Изотермический процесс

При изотермическом процессе  $T = const$  и внутренняя энергия идеального газа не меняется:  $U = const$ , а следовательно  $\Delta U = 0$ .

**Все переданное газу количество теплоты идет на совершение работы:**  $Q = A'$

Если газ получает тепло  $Q > 0$ , то он совершает положительную работу  $A' > 0$ .

Если, напротив, газ отдает тепло окружающей среде (термостату), то  $Q < 0$  и  $A' < 0$

Работа же внешних сил над газом будет положительна.

# Изобарный процесс

При изобарном процессе передаваемое газу количество теплоты идет и на изменение его внутренней энергии и на совершение им работы при постоянном давлении:

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

# Изохорный процесс

При изохорном процессе объем газа не меняется  $V = \text{const}$ , и поэтому работа газа равна нулю  $A' = 0$ .

**Изменение внутренней энергии газа будет равно количеству переданной ему теплоты:**

$$\Delta U = Q$$

Если газ нагревается, то  $Q > 0$  и  $\Delta U > 0$  его внутренняя энергия увеличивается.

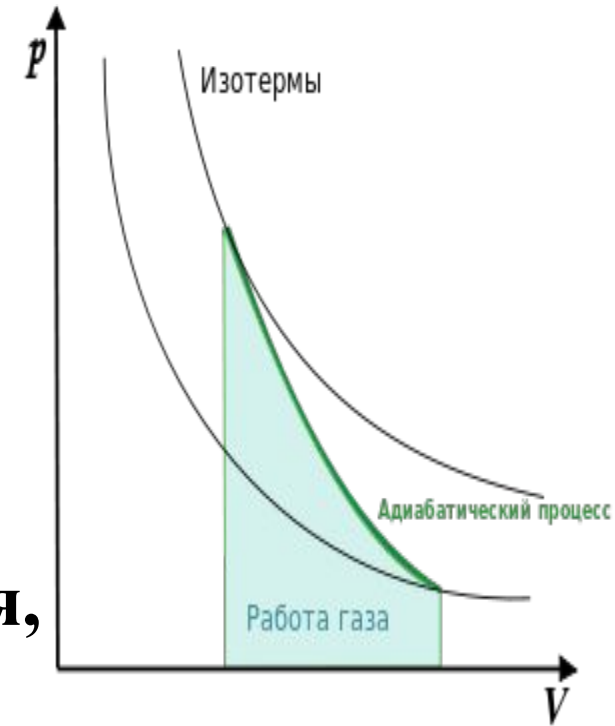
При охлаждении газа  $Q < 0$  и  $\Delta U < 0$ , изменение внутренней энергии отрицательно и внутренняя энергия газа уменьшается.



# Адиабатный процесс

-это процесс в теплоизолированной системе, то есть без теплообмена с окружающей средой (модель термодинамического процесса).

- При адиабатном процессе  $Q=0$  и изменение внутренней энергии происходит только за счет совершения работы:  $\Delta U = A$
- При совершении над системой положительной работы, его внутренняя энергия увеличивается, температура газа повышается.
- При расширении газа он сам совершает положительную работу и его внутренняя энергия уменьшается – газ охлаждается.



# 4. Теплообмен в изолированной системе

- Рассмотрим изолированную систему тел. В такой системе
  - внутренняя энергия не изменяется,
  - работа внутри системы не совершается.
- Согласно первому закону термодинамики для любого тела системы до наступления теплового равновесия внутри системы:  $\Delta U_1 = Q_1$ .
- Учитывая, что  $\Delta U_1 + \Delta U_2 + \Delta U_3 + \dots = 0$

получим уравнение теплового баланса:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots = 0$$

# Необратимость процессов

- Многие процессы, вполне допустимые с точки зрения закона сохранения энергии, никогда не протекают в действительности.
- **Примеры:** процесс передачи теплоты от холодного тела к горячему, невозможно чтобы маятник раскачался за счет охлаждения самого маятника и окружающей среды.
- **Все макроскопические процессы в природе протекают только в одном определенном направлении.**
- **Необратимыми называются такие процессы, которые могут самопроизвольно протекать лишь в одном определенном направлении; в обратном направлении они могут протекать только при внешнем воздействии.**

# Второй закон термодинамики

Второй закон термодинамики указывает направление возможных энергетических превращений и тем самым выражает необратимость процессов в природе.

*Формулировка Р. Клаузиуса:* **НЕВОЗМОЖНО перевести тепло от более холодной системы к более горячей при отсутствии одновременных изменений в обеих системах или окружающих телах.**