

# **ОСНОВЫ Термодинамики**



# Основные понятия

**Термодинамика** – это раздел физики, изучающий общие закономерности обмена тепловой энергии между системами, системой и внешней средой и производства работы за счет этой энергии

## **Термодинамической системой**

называется совокупность материальных тел, взаимодействующих, как между собой, так и с окружающей средой.

# Основные параметры состояния вещества

**Температура тел** - определяет направление возможного самопроизвольного перехода тепла между телами.

Температура, выраженная по абсолютной шкале, называется **абсолютной температурой**.

Соотношение для перехода от градусов Цельсия к градусам Кельвина:

$$T [K] = t [^{\circ}C] + 273.15$$

**Давление** - представляет собой силу, действующую по нормали к поверхности тела и отнесенную к единице площади этой поверхности.

Соотношение между единицами:

$$1 \text{ бар} = 10^5 \text{ Па}$$

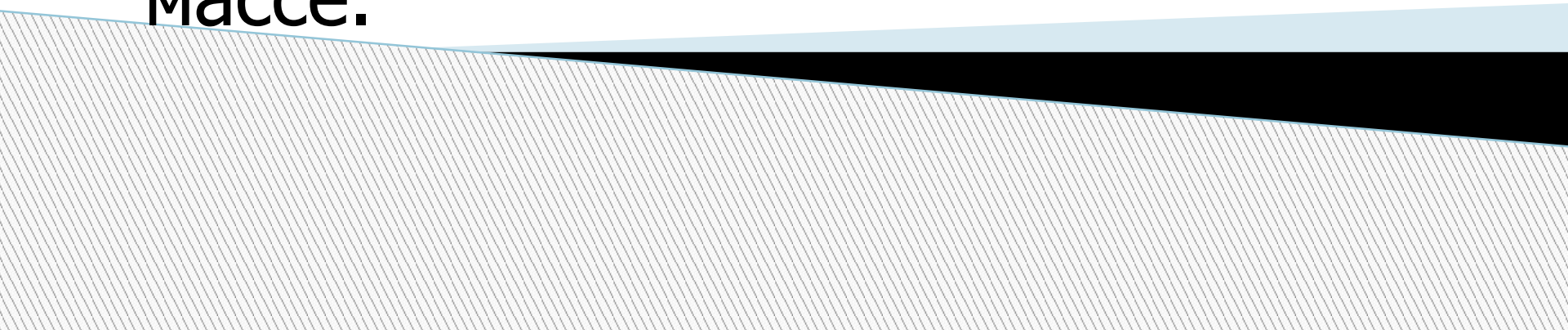
$$1 \text{ кг/см}^2 \text{ (атмосфера)} = 9.8067 \times 10^4 \text{ Па}$$

$$1 \text{ мм рт. ст (миллиметр ртутного столба)} = 133 \text{ Па}$$

$$1 \text{ мм вод. ст. (миллиметр водного столба)} = 9.8067 \text{ Па}$$

**Плотность** – отношение массы вещества к объему занимаемому ЭТИМ ВЕЩЕСТВОМ.

**Удельный объем** - величина обратная плотности т.е. отношения объема занятого веществом к его массе.



# Изопроцессы

## Уравнение Менделеева – Клапейрона

$$p \cdot V = \frac{m}{\mu} \cdot R \cdot T$$

**Процессом** называется ряд последовательных изменений состояния системы.

$V = \text{const}$  изохорический (греческое *chora* - пространство),

$p = \text{const}$  изобарический (греческое *baros* - тяжесть, вес),

$T = \text{const}$  изотермический (греческое *therme* - жар, теплота),

$Q = 0$  адиабатический.

Внутренняя энергия термодинамической системы - кинетическая энергия теплового движения ее молекул и потенциальная энергия их взаимодействия.

$$U = \frac{i}{2} \cdot \frac{m}{\mu} \cdot R \cdot T$$

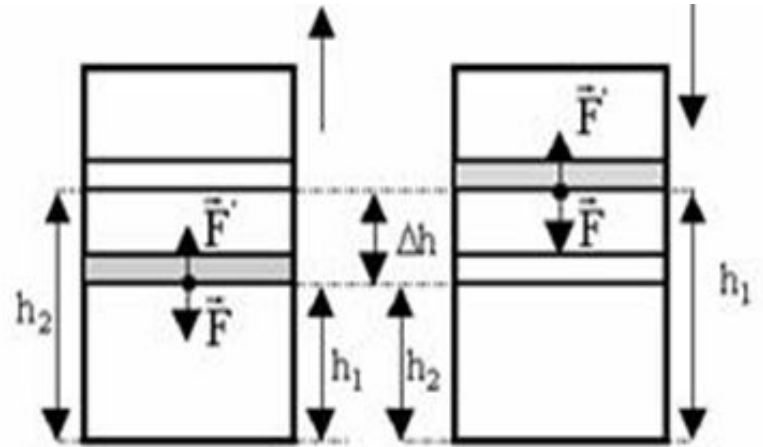
# РАБОТА В ТЕРМОДИНАМИКЕ

Если газ расширяется при постоянном давлении  $p$ , то сила, действующая со стороны газа на поршень:

$$F = pS,$$

где  $S$  - площадь поршня.





$$A' = F' \cdot s \cdot \cos(\vec{F}, d) =$$

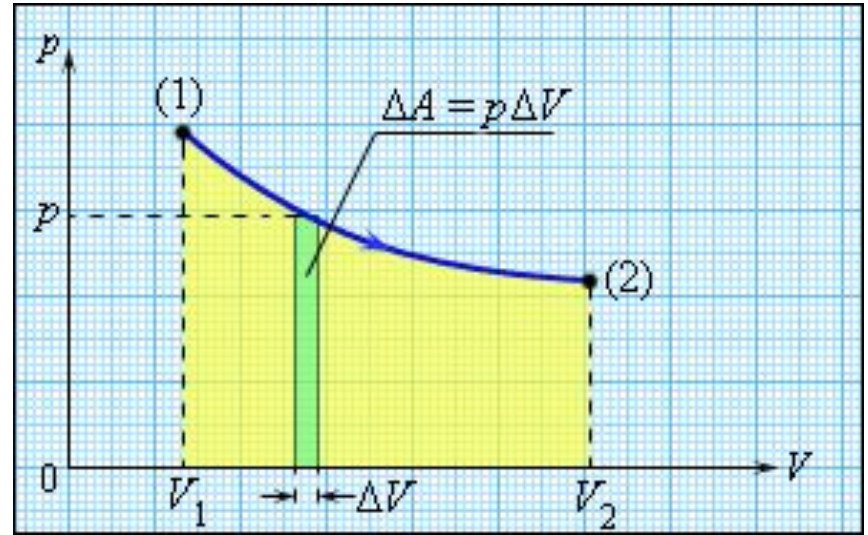
$$= p \cdot s \cdot \Delta h = p \cdot \Delta V$$

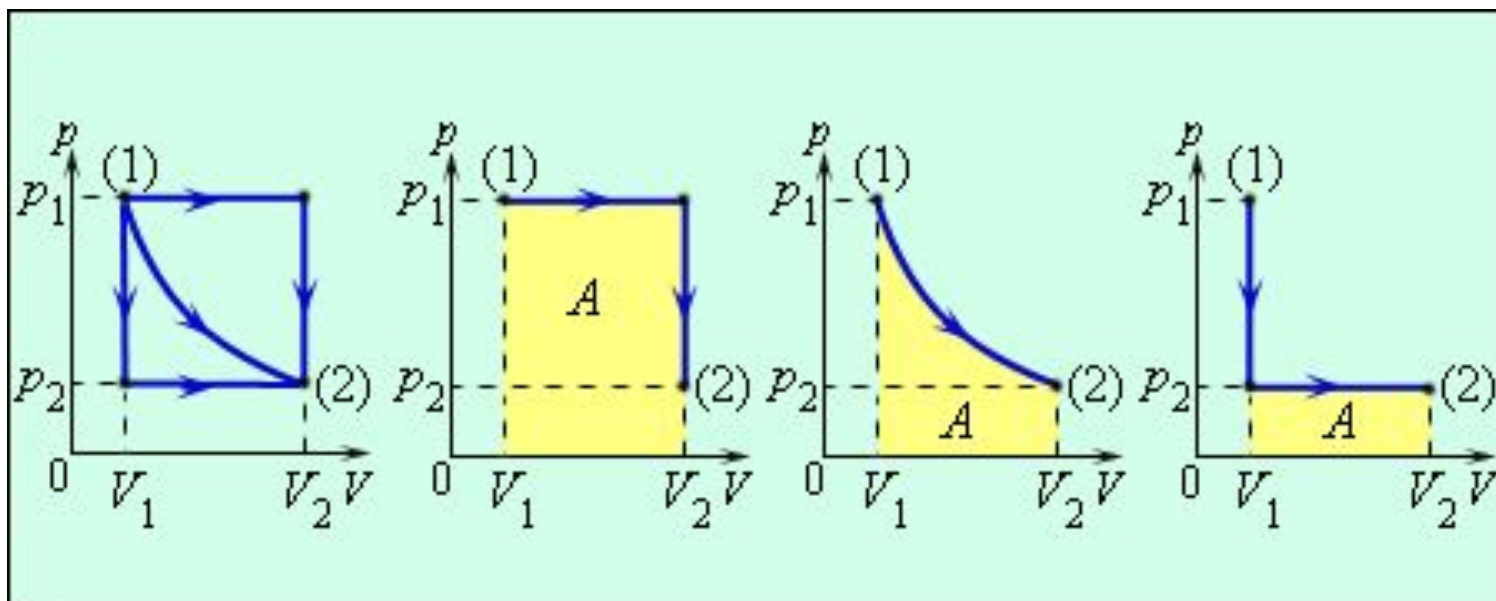
По третьему закону Ньютона:  $\vec{F} = -\vec{F}'$

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

# Геометрический смысл работы

- Работа численно равна площади под графиком процесса на диаграмме  $(p, V)$ .





Величина работы зависит от того, каким путем совершался переход из начального состояния в конечное

# Количество теплоты

- $Q = cm(t_2^0 - t_1^0)$  – нагревание (охлаждение)
- $Q = \pm \lambda m$  - плавление (отвердевание)
- $Q = \pm Lm$  - парообразование (конденсация)
- $Q = qm$  – сгорание топлива

# Первый закон термодинамики

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

$$\Delta U = Q + A$$

Если  $A$  - работа внешних сил, а  $A'$  - работа газа, то  $A = -A'$  (в соответствии с 3-м законом Ньютона).

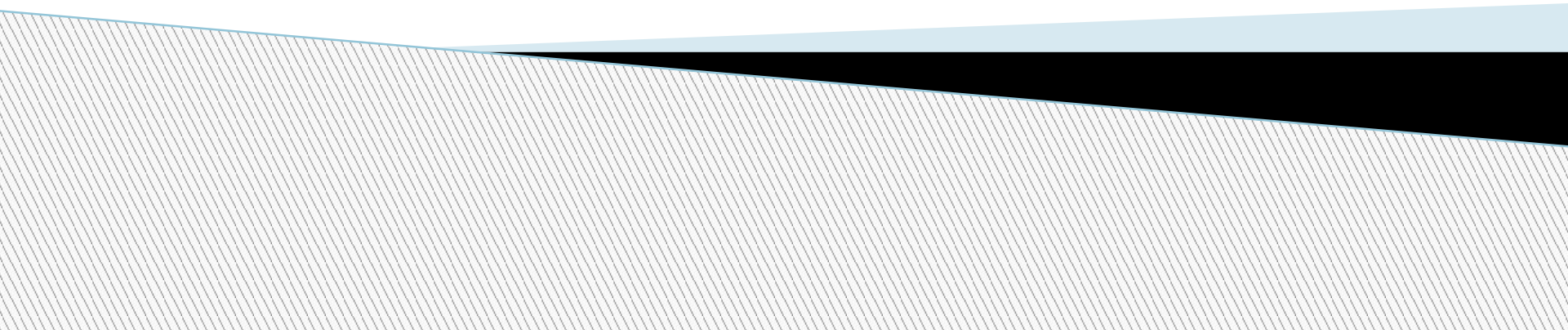
Тогда:

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

другая форма записи первого закона термодинамики

Вечный двигатель **первого рода** - устройство, способное совершать неограниченное количество работы без подведения энергии извне.

Из **первого закона** термодинамики следует **невозможность** создания вечного двигателя первого рода.



# Применение первого закона термодинамики к процессам в одноатомных идеальных газах

## 1.Изотермический процесс ( $T = \text{const}$ ):

$$\Delta U = \frac{3m}{2M} R (T_2 - T_1) = 0; \quad Q = A'.$$

## 2.Изобарический процесс ( $p = \text{const}$ ):

$$Q = \Delta U + A. \quad Q = \frac{3m}{2M} R (T_2 - T_1) + p\Delta V.$$

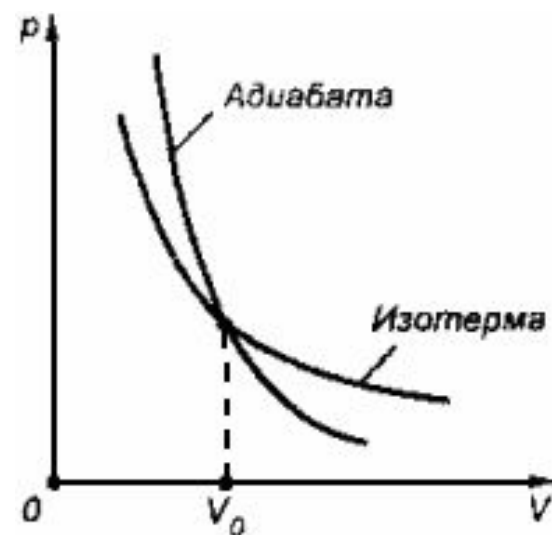
## 3.Изохорический процесс:

$$Q = \frac{3m}{2M} R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} V (p_2 - p_1).$$

**Адиабатический процесс** - процесс, при котором физическая система не получает теплоты извне и не отдает ее. Этот процесс протекает без теплообмена с окружающими телами.

При адиабатическом процессе:

$$\Delta U + A' = 0 ; A' = -\Delta U.$$





# ТЕПЛОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ

**Тепловые двигатели** - устройства, превращающие внутреннюю энергию топлива в механическую энергию.

Любой тепловой двигатель состоит из трех частей.

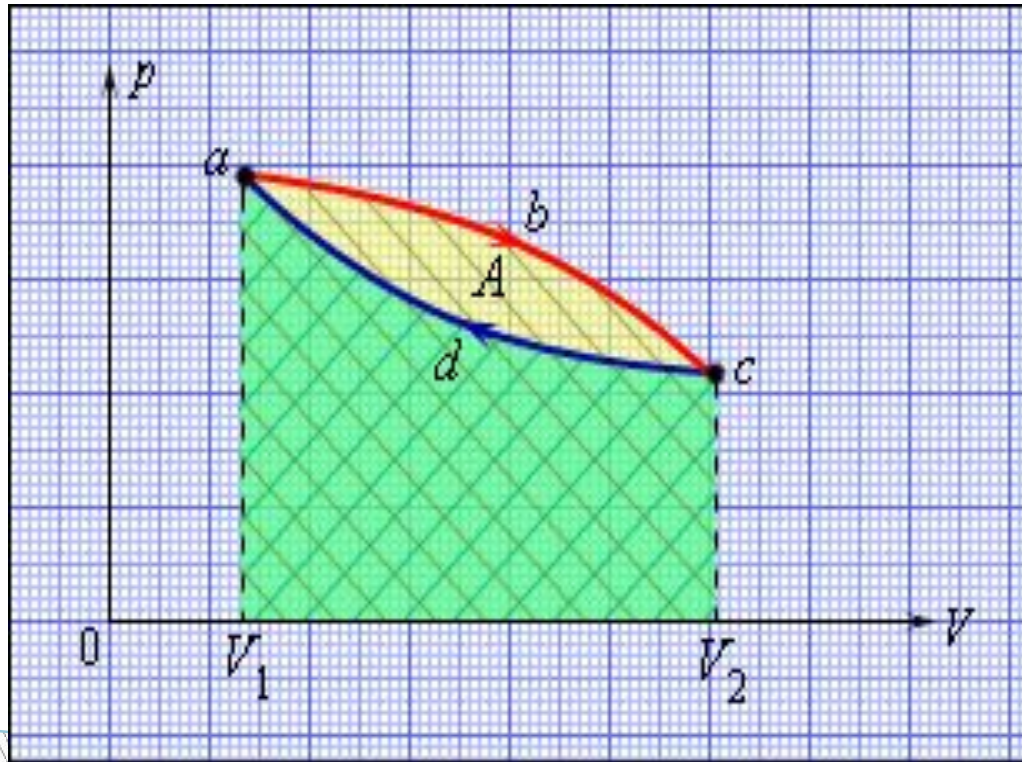
**Рабочее тело** - газ, совершающий работу  $A'$  при расширении.

**Нагреватель** - устройство, от которого рабочее тело получает количество теплоты  $Q_1$

**Холодильник** - устройство, которому рабочее тело передает количество теплоты  $Q_2$

# Термодинамический цикл

Круговой процесс на диаграмме ( $p$ ,  $V$ )



# Тепловой двигатель

КПД теплового двигателя

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} < 1$$

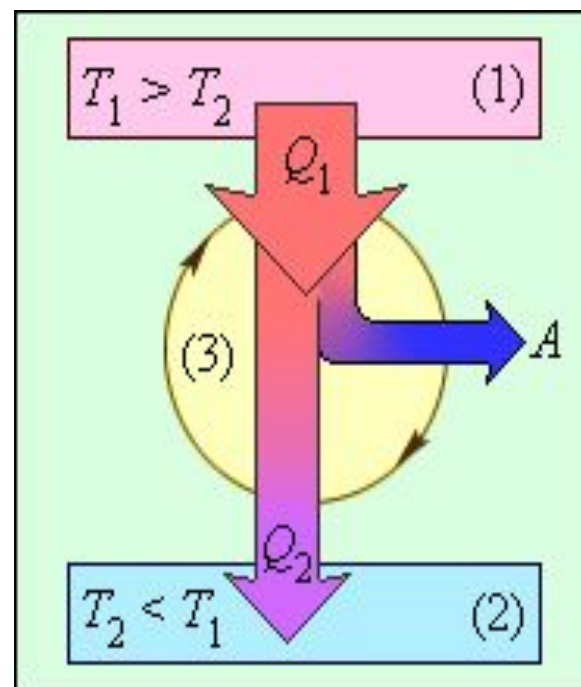
Кпд реальных двигателей:

турбореактивный - 20

-30%;

карбюраторный - 25 -30%,

дизельный - 35-45%.



Энергетическая схема тепловой машины: 1 – нагреватель; 2 – холодильник; 3 – рабочее тело, совершающее круговой процесс.

# Идеальная тепловая машина

Машина работает на идеальном газе.

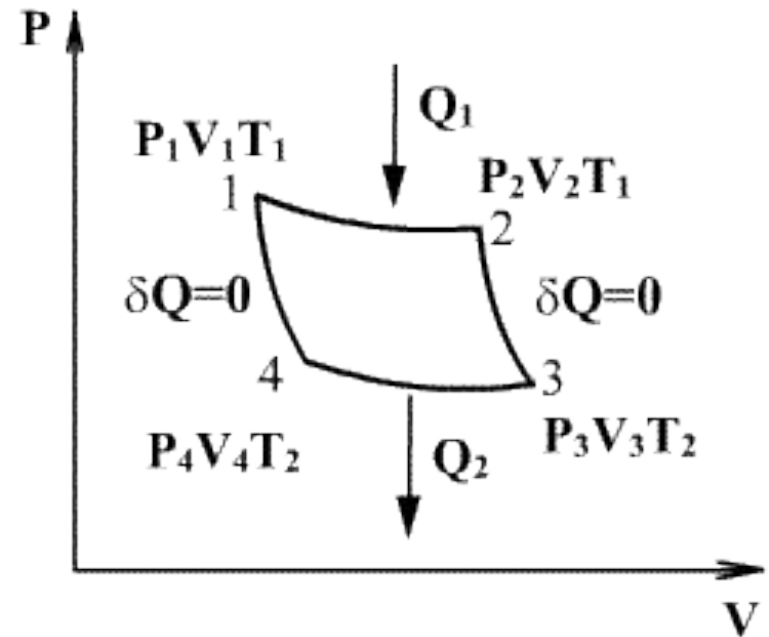
1 - 2 - при тепловом контакте с нагревателем газ расширяется изотермически.

2 - 3 - газ расширяется адиабатно.

После контакта с холодильником:

3 - 4 - изотермическое сжатие.

4 - 1 - адиабатное сжатие.



**Теорема Карно:** кпд реальной тепловой машины не может быть больше кпд идеальной машины, работающей в том же интервале температур.

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

# 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.

**Формулировка У. Кельвина:** невозможно осуществить такой периодический процесс, единственным результатом которого было бы получение работы за счет теплоты, взятой от одного источника

Невозможен тепловой вечный двигатель второго рода, т.е. двигатель, совершающий механическую работу за счет охлаждения какого-либо одного тела

**Спасибо за внимание!**