

ОСНОВЫ ТЕРМОДИНАМИКИ

**Выполнила: студентка
агрономического фак-а 2 курса 1
группы 1 подгруппы Егорова О.Л.
Проверила: Чебоксарова А. В.**

Необходимость термодинамики

*Термодинамика исторически возникла как эмпирическая наука об основных способах преобразования внутренней энергии тел для совершения механической работы. Однако в процессе своего развития термодинамика проникла во все разделы физики, где возможно ввести понятие «температура» и позволила теоретически предсказать многие явления задолго до появления строгой теории этих явлений.

Основные понятия и определения

- *Термодинамика – наука о закономерностях превращения энергии. В термодинамике широко используется понятие термодинамической системы.
- *Термодинамической системой называется совокупность материальных тел, взаимодействующих, как между собой, так и с окружающей средой.
- * Все тела находящиеся за пределами границ рассматриваемой системы называются окружающей средой.
- * Поскольку одно и тоже тело, одно и тоже вещество при разных условиях может находиться в разных состояниях, (пример: лед – вода – пар , одно вещество при разной температуре) вводятся, для удобства, характеристики состояния вещества – так называемые параметры состояния.

Перечислим основные параметры состояния вещества:

- * Соотношение для перехода от градусов Цельсия к градусам Кельвина:
- * $T [K] = t [^{\circ}C] + 273.15$
- * где: T - температура в Кельвинах, t – температура в градусах Цельсия.
- * 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.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

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

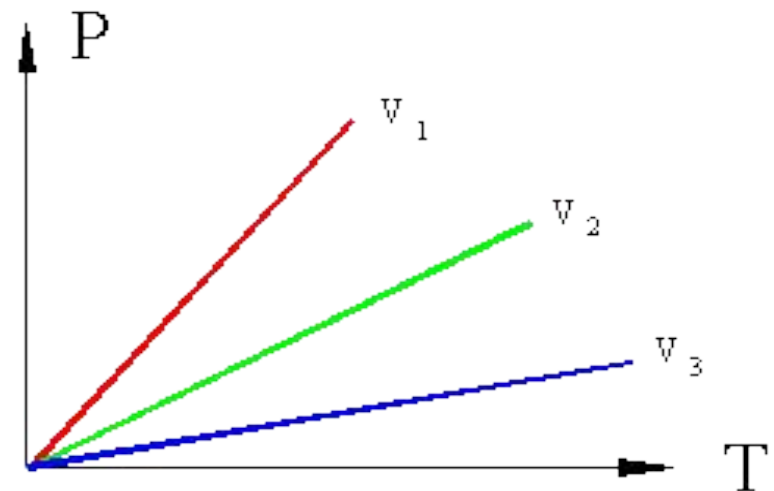
$$v = \frac{1}{\rho} = \frac{V}{m}$$

Термодинамические процессы

- * Если в термодинамической системе меняется хотя бы один из параметров любого входящего в систему тела, то в системе происходит термодинамический процесс.
- * Основные термодинамические параметры состояния P , V , T однородного тела зависят один от другого и взаимно связаны уравнением состояния: $F(P, V, T)$. Для идеального газа уравнение состояния записывается в виде:
 - * $P \times v = R \times T$
 - * где: P - давление; v – удельный объем; T – температура; R – газовая постоянная (у каждого газа свое значение).
 - * Если известно уравнение состояния, то для определения состояния простейших систем достаточно знать две независимые переменные из трех $P = f_1(v, T)$; $v = f_2(P, T)$; $T = f_3(v, P)$

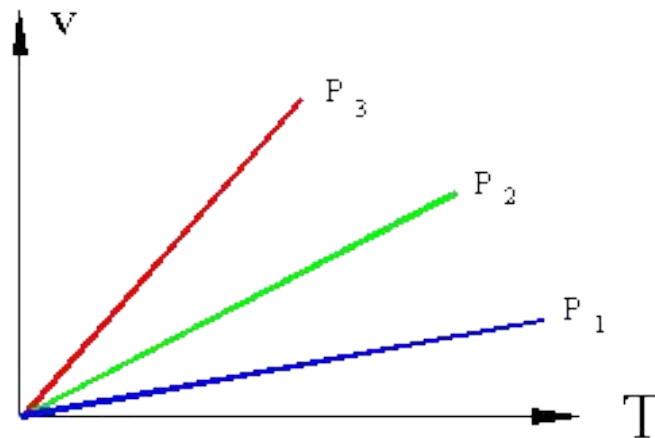
*Изохорный

- * Рассмотрим термодинамическую систему, состоящую из одного тела – какого либо газа в сосуде с поршнем, причем сосуд и поршень в данном случае является внешней средой. Пусть, для примера, происходит нагрев газа в сосуде, возможны два случая: если поршень зафиксирован и объем не меняется, то произойдет повышение давления в сосуде. Такой процесс называется **изохорным** ($v=\text{const}$), идущий при постоянном объеме.
- * Изохорные процессы в $P - T$ координатах ($v_1 > v_2 > v_3$).



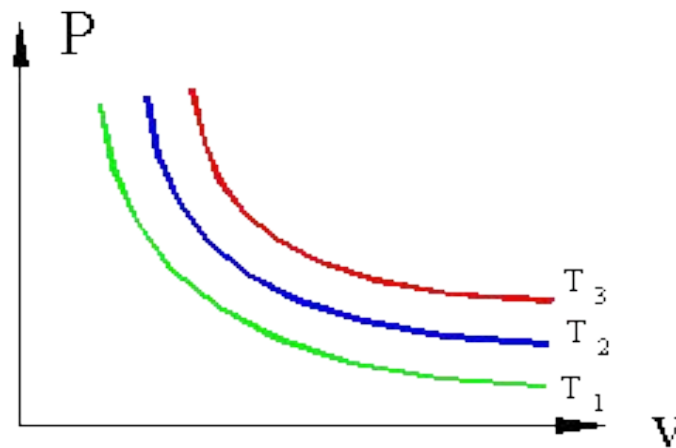
* Изобарный

- * если поршень свободен то нагреваемый газ будет расширяться при постоянном давлении такой процесс называется **изобарным** ($P=\text{const}$), идущим при постоянном давлении.
- * Изобарные процессы в $v - T$ координатах $P_1 > P_2 > P_3$



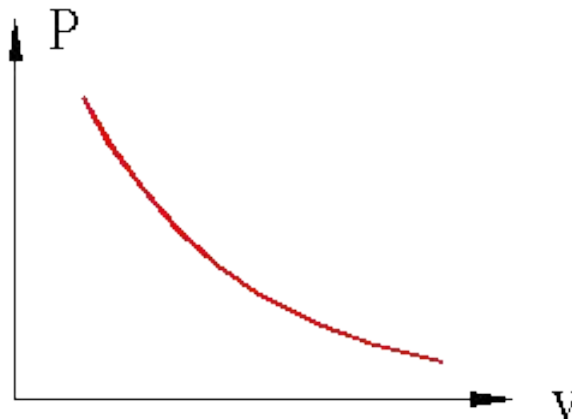
*Изотермический

- * Если, перемещая поршень, изменять объем газа в сосуде то, температура газа тоже будет изменяться, однако можно охлаждая сосуд при сжатии газа и нагревая при расширении можно достичь того, что температура будет постоянной при изменениях объема и давления, такой процесс называется изотермическим ($T=\text{const}$).
- * Изотермические процессы в $P - v$ координатах $T_1 > T_2 > T_3$



* Адиабатический

- * Процесс, при котором отсутствует теплообмен между системой и окружающей средой, называется адиабатным, при этом количество теплоты в системе остается постоянными ($Q=\text{const}$). Адиабатический процесс - это такое изменение состояний газа, при котором он не отдает и не поглощает извне теплоты. Следовательно, адиабатический процесс характеризуется отсутствием теплообмена газа с окружающей средой. Адиабатическими можно считать быстро протекающие процессы.



Внутренняя энергия

Сумма кинетических энергий хаотического движения всех частиц тела относительно центра масс тела (молекул, атомов) и потенциальных энергий их взаимодействия друг с другом называется внутренней энергией.

$$U = \sum W_k + \sum W_p$$

Кинетическая энергия частиц определяется скоростью, а значит - температурой тела.

Потенциальная - расстоянием между частицами, а значит - объемом.

Следовательно: $U=U(T,V)$ - внутренняя энергия зависит от объема и температуры.

Внутренняя энергия одноатомного идеального газа

Для идеального газа: $U=U(T)$, т.к. взаимодействием на расстоянии пренебрегаем

$$U = N\bar{E} = N \frac{3}{2} kT = \frac{3m}{2M} N_A kT = \frac{3m}{2M} RT = \frac{3}{2} \nu RT = \frac{3}{2} pV$$

Внутренняя энергия одноатомного идеального газа:

$$U = \frac{3}{2} \nu RT \quad \text{или} \quad U = \frac{3}{2} pV$$

Способы изменения внутренней энергии

Совершение работы (A)

- * над телом
(U увелич.)
- * самим телом
(U уменьш.)

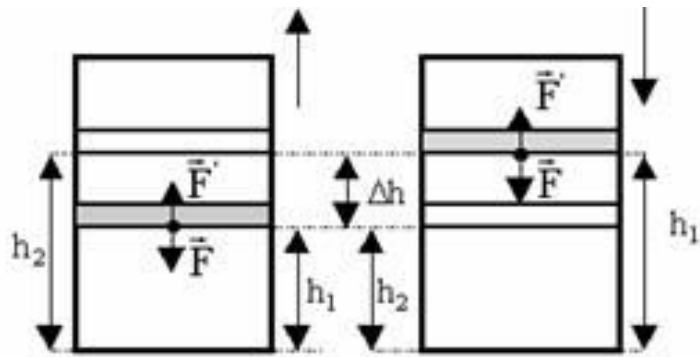
Теплопередача (Q)

Виды теплопередачи:

- * теплопроводность
- * конвекция
- * излучение

Работа в термодинамике

Работа газа:

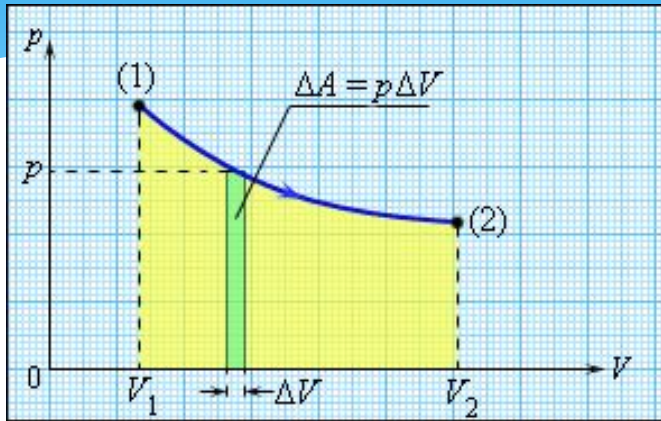


$$A' = F' \cdot s \cdot \cos(\vec{F}, d) = \\ = p \cdot s \cdot \Delta h = p \cdot \Delta V$$

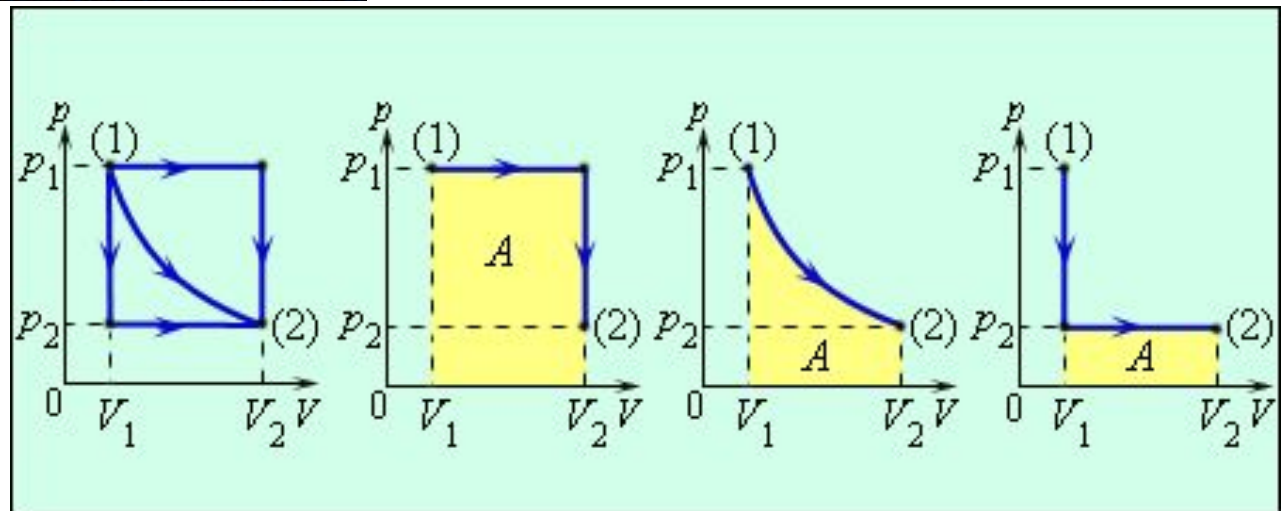
По третьему закону Ньютона: $\vec{F} = -\vec{F}'$

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

Геометрический смысл работы

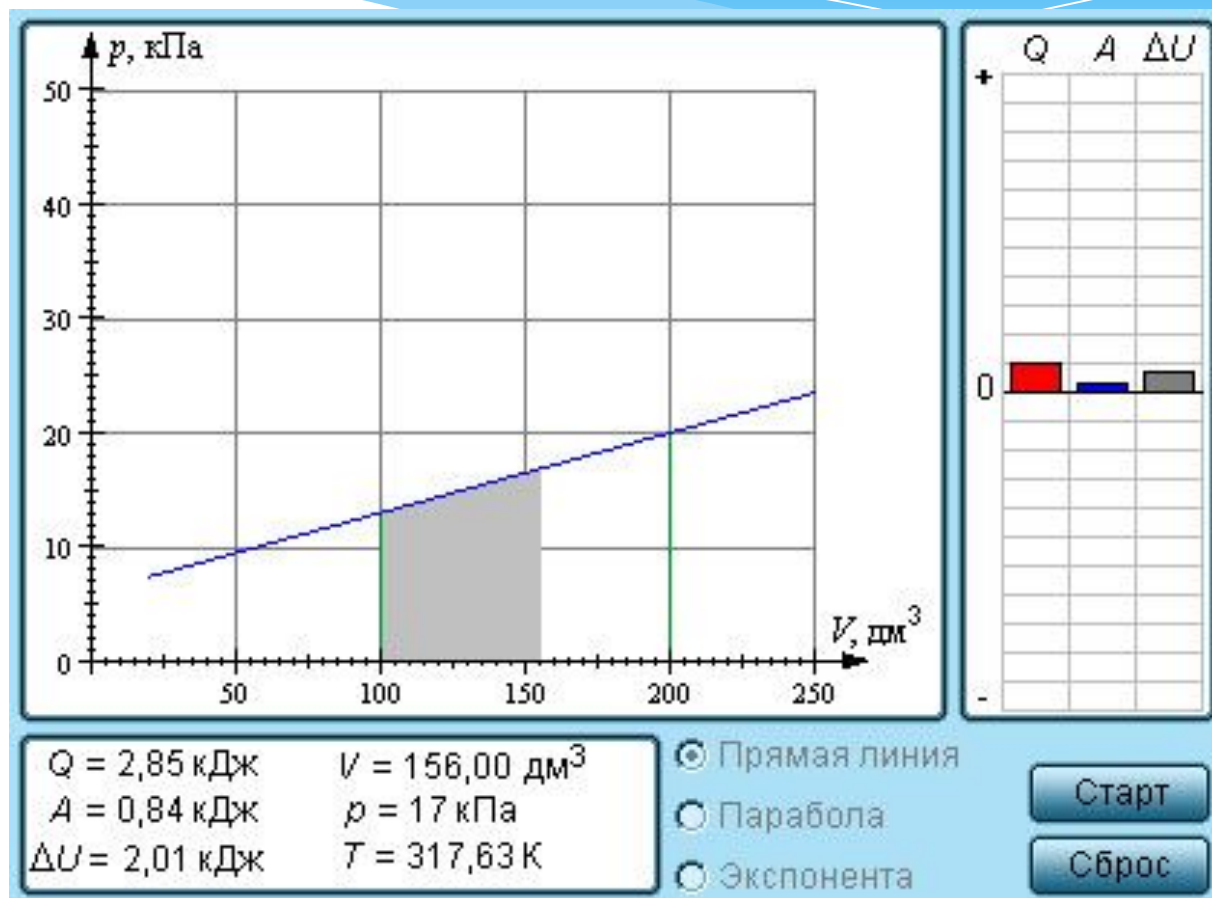


- * Работа численно равна площади под графиком процесса на диаграмме (p, V) .



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

Работа газа



Количество теплоты

* $Q = cm(t_2^0 - t_1^0)$ — нагревание (охлаждение)

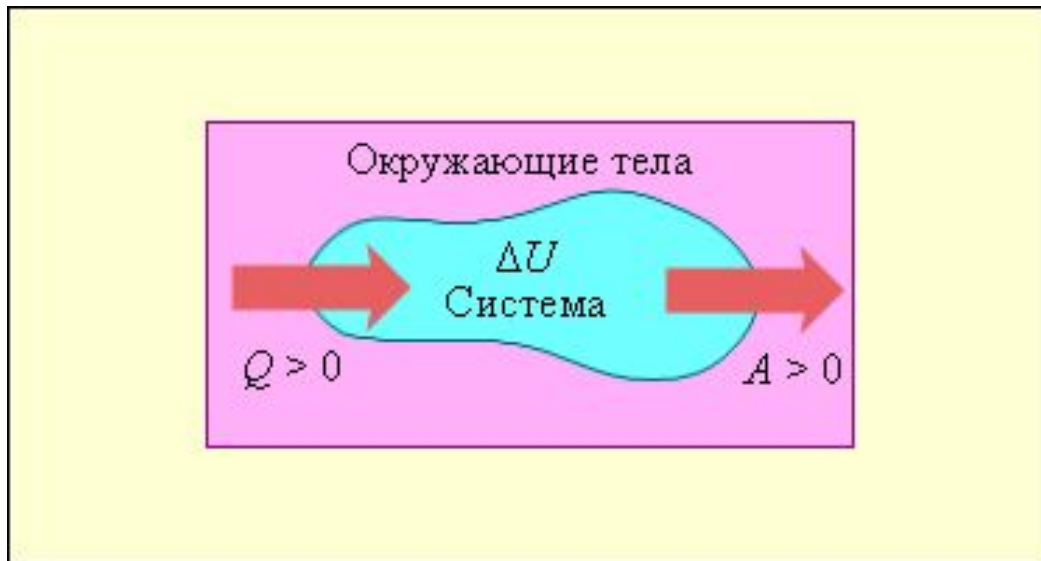
* $Q = \pm \lambda m$ - плавление (отвердевание)

* $Q = \pm Lm$ - парообразование (конденсация)

* $Q = qm$ — сгорание топлива

Первый закон термодинамики

Обмен энергией между термодинамической системой и окружающими телами в результате теплообмена и совершаемой работы



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:

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

Энтальпия

- * Энтальпия это сумма внутренней энергии тела и произведения давления на объем.
- * $I = U + PV$
- * где: **I** – энтальпия; **U** –внутренняя энергия; **P** – давление; **V** - объем.
- * Удельная энтальпия **i** это отношение энтальпии тела к его массе. Удельная энтальпия это параметр состояния. Значение удельной энтальпии пара и воды при определенном давлении и температуре можно найти в справочнике. Пользуясь этими данными, можно определить количество теплоты участвующее в процессе или работу процесса.

Энтропия

*Теплота q не является функцией состояния, количество теплоты выделившейся или поглотившейся в процессе зависит от самого процесса. Функцией состояния является энтропия обозначается S
размерность [Дж/К]

* $dS = dQ/T$

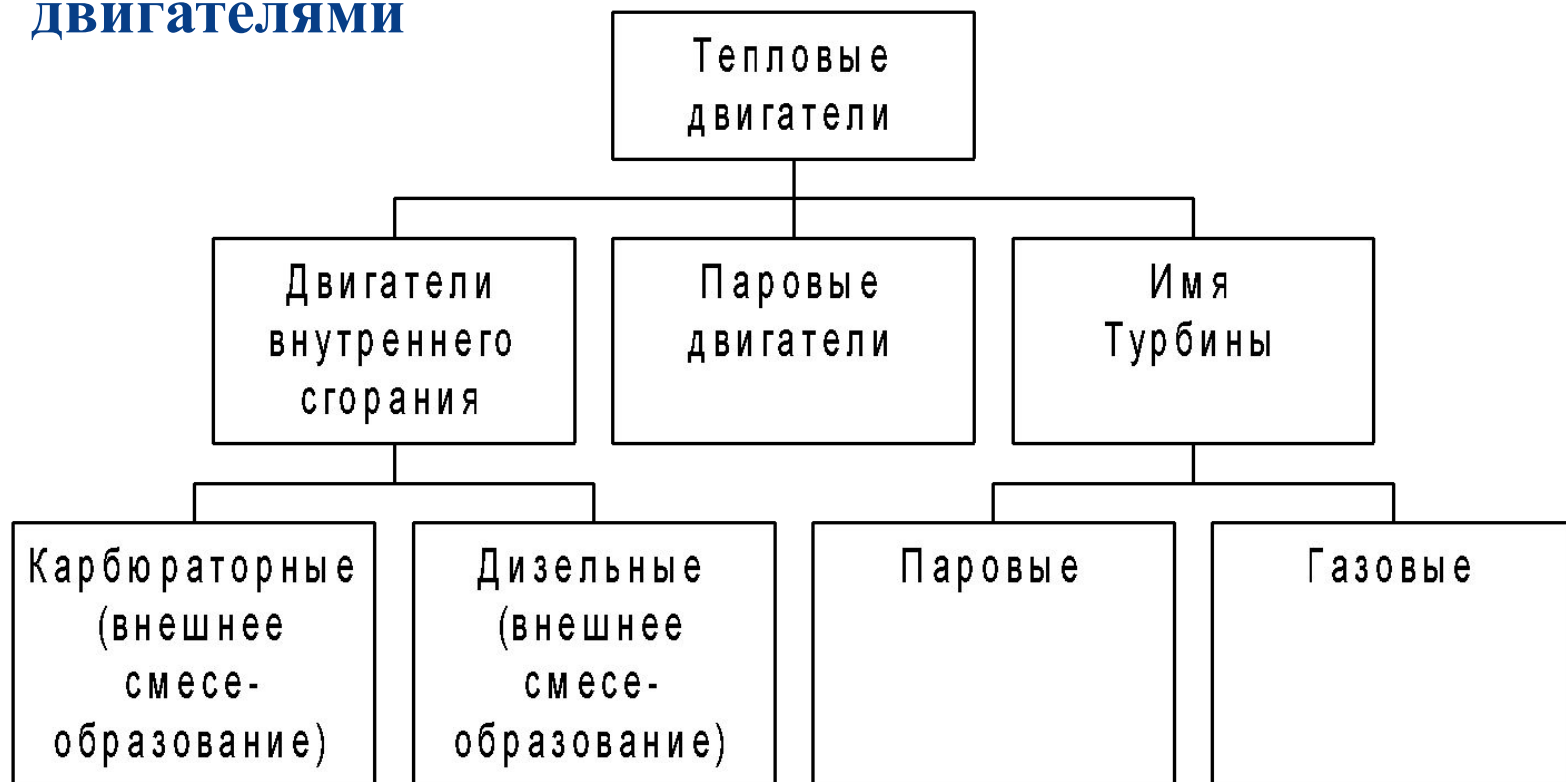
* где dS – дифференциал энтропии; dQ – дифференциал теплоты;
 T – абсолютная температура;

*Удельная энтропия - отношение энтропии тела к его массе.
Удельная энтропия s является справочной величиной. Удельная энтропия - функция состояния вещества, принимающая для каждого его состояния определенное значение:

* $s = f(P, v, T)$ [Дж/(кг x К)]

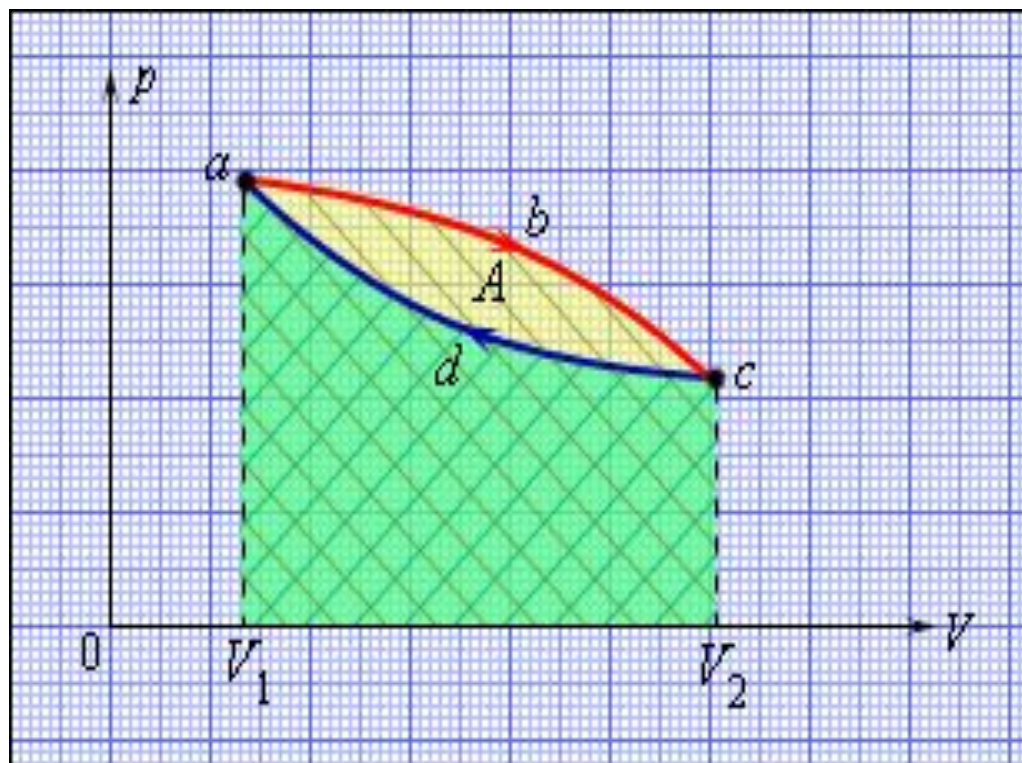
Тепловые двигатели

Машины, преобразующие внутреннюю энергию в механическую работу, называют тепловыми двигателями

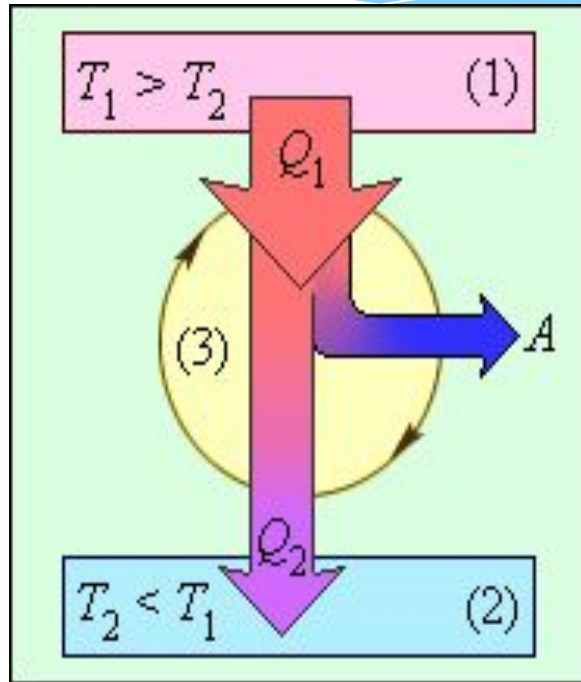


Термодинамический цикл

Круговой процесс на диаграмме (p , V).



Тепловой двигатель



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

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%;

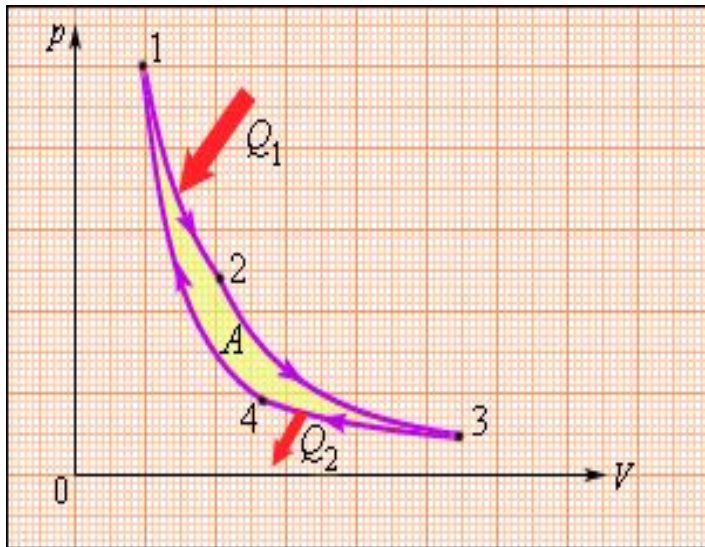
карбюраторный - 25 -30%,

дизельный - 35-45%.

Идеальная тепловая машина

Идеальная тепловая машина - машина Карно

(Сад Карно, Франция, 1815)



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

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.

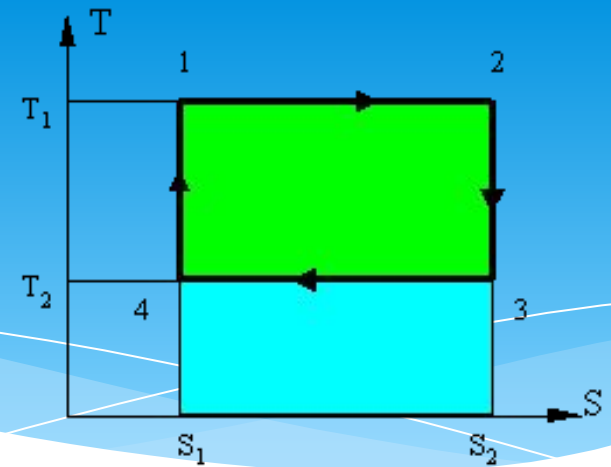
4 - 1 - адиабатное сжатие.

КПД идеальной машины:

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

Цикл Карно

- * Удельную энтропию можно применять совместно с одним из основных параметров для графического изображения процессов. Аналогично тому как мы строили изменение объема в зависимости от изменения температуры мы можем изобразить некоторый процесс изменения энтропии и температуры в T - S координатах. В этом случае любая точка на графической плоскости соответствует определенному состоянию рабочего тела, а линия от точки 1 до точки 2 отображает некий термодинамический процесс. Особенностью T - S координат является то, что площадь под линией процесса соответствует количеству энергии отданной или полученной рабочим телом. $T - S$ диаграмма цикла Карно.



- * На данной диаграмме представлен некий замкнутый цикл. Система последовательно переходит из точки 1 в 2 затем 3, 4 и снова в 1. Из графика видно, что процесс $1 \Rightarrow 2$ является изотермическим (происходит при $T_1 = \text{const}$) и процесс $3 \Rightarrow 4$, также является изотермическим (происходит при $T_2 = \text{const}$). Процессы $2 \Rightarrow 3$ и $4 \Rightarrow 1$ являются адиабатными, поскольку в них не происходит изменение энтропии то $dS = 0$, следовательно $dQ = 0$ или $Q = \text{const}$. Причем в процессе $2 \Rightarrow 3$ происходит охлаждение рабочего тела за счет совершения работы телом, а в процессе $4 \Rightarrow 1$ происходит нагрев рабочего тела, за счет совершения работы над телом.
- * Количество тепла подводимое к системе: $Q_1 = T_1 \times (S_2 - S_1)$ - площадь прямоугольника 1-2-S2-S1-1 (вся область закрашенная голубым и зеленым).
- * Количество тепла отдаваемое системой: $Q_2 = T_2 \times (S_2 - S_1)$ площадь прямоугольника 3-S2-S1-4-3 (область закрашенная голубым цветом).
- * Работа цикла - разность подведенной и отведенной теплоты: $L = Q_1 - Q_2$ (область закрашенная зеленым).
- * КПД цикла:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 \cdot (S_2 - S_1) - T_2 \cdot (S_2 - S_1)}{T_1 \cdot (S_2 - S_1)} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

Второй закон термодинамики

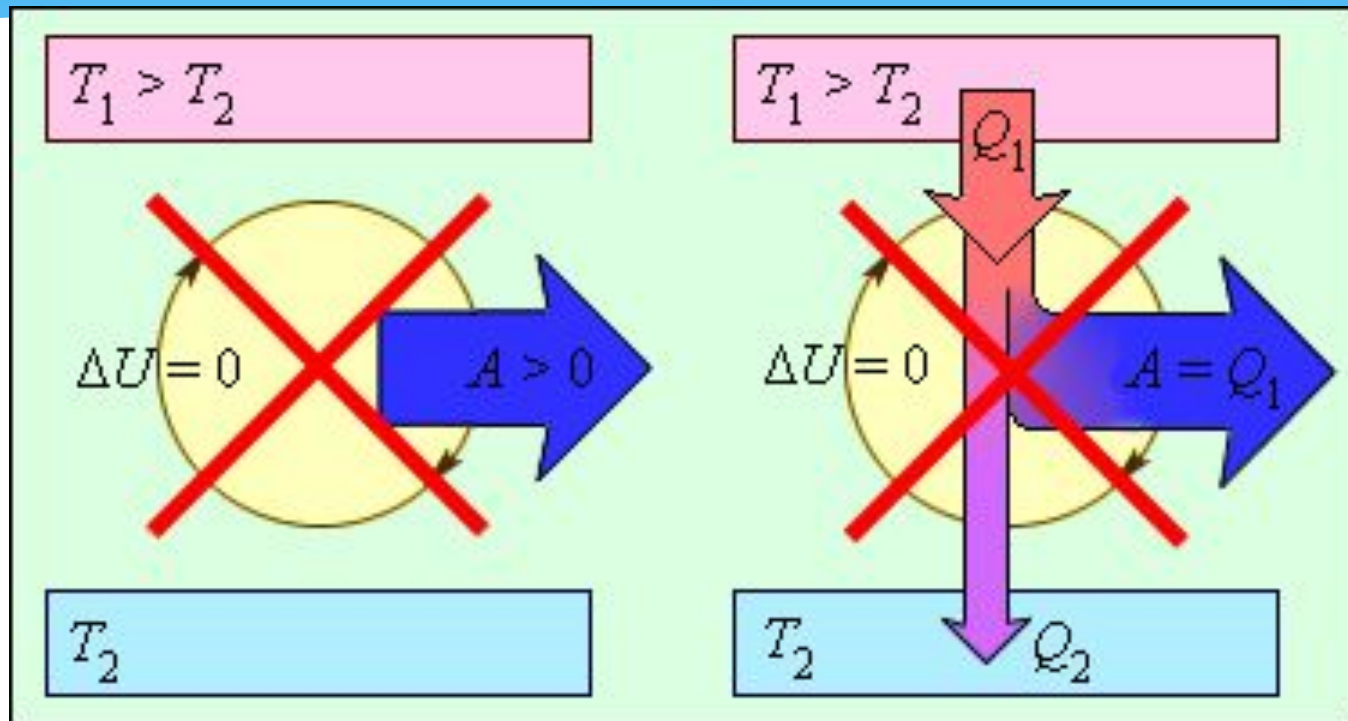
Второй з-н термодинамики указывает направление возможных энергетических превращений и тем самым выражает необратимость процессов в природе.

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.

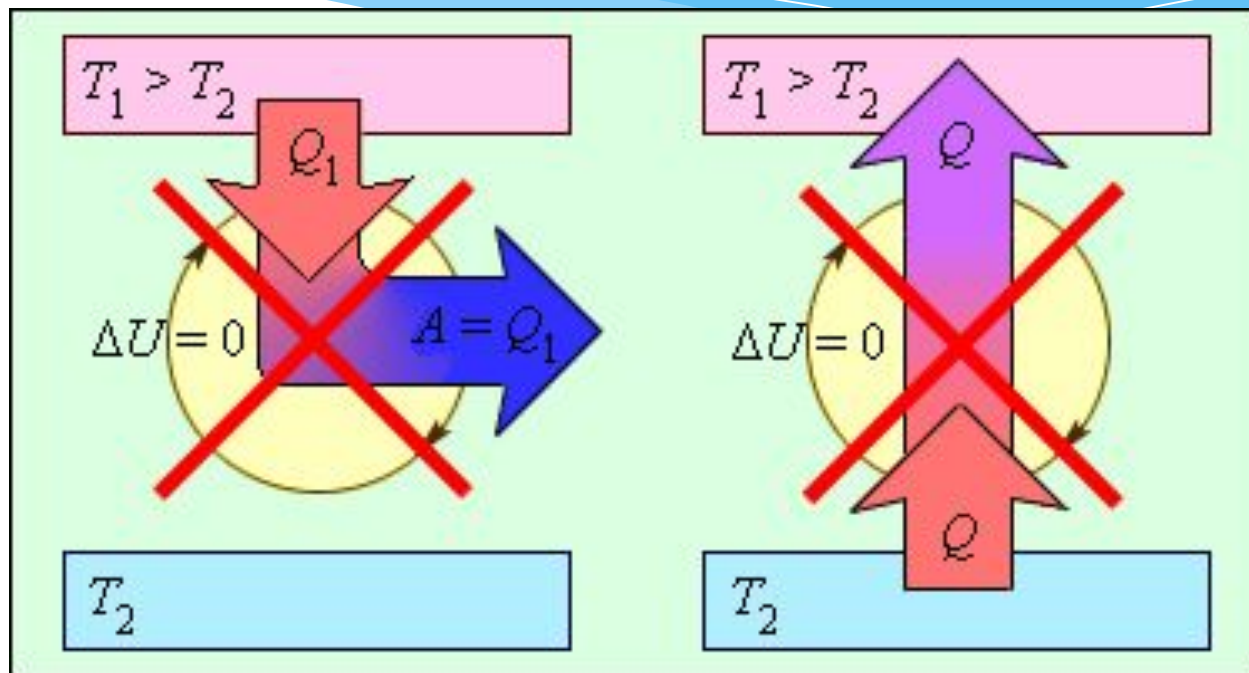
Невозможен тепловой вечный двигатель второго рода, т.е. двигатель, совершающий механическую работу за счет охлаждения какого-либо одного тела.

Процессы, запрещаемые 1 законом термодинамики



Циклически работающие тепловые машины, запрещаемые первым законом термодинамики: 1 – вечный двигатель 1 рода, совершающий работу без потребления энергии извне; 2 – тепловая машина с коэффициентом полезного действия $\eta > 1$

Процессы, запрещаемые 2 законом термодинамики



Процессы, не противоречащие первому закону термодинамики, но запрещаемые вторым законом: 1 – вечный двигатель второго рода; 2 – самопроизвольный переход тепла от холодного тела к более тепловому (идеальная холодильная машина)

Закон Дюлонга-Пти

- * Закон Дюлонга-Пти (Закон постоянства теплоёмкости) — эмпирический закон, согласно которому молярная теплоёмкость твёрдых тел при комнатной температуре близка к $3R$:
- * $C_v = 3R$
- * где R — универсальная газовая постоянная.
- * Закон выводится в предположении, что кристаллическая решетка тела состоит из атомов, каждый из которых совершает гармонические колебания в трех направлениях, определяемыми структурой решетки, причем колебания по различным направлениям абсолютно независимы друг от друга. При этом получается, что каждый атом представляет три осциллятора с энергией E , определяемой следующей формулой:
- * $E = kT$

- * Формула вытекает из теоремы о равнораспределении энергии по степеням свободы. Так как каждый осциллятор имеет одну степень свободы, то его средняя кинетическая энергия равна $\bar{K} = kT/2$, а так как колебания происходят гармонически, то средняя потенциальная энергия равна средней кинетической, а полная энергия - соответственно их сумме. Число осцилляторов в одном моле вещества составляет $3N_a$, их суммарная энергия численно равна теплоемкости тела - отсюда и вытекает закон Дюлонга-Пти.