

Основы термодинамики

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.

$$U = E_k + E_p$$

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

- Работа газа - A'
- Работа внешних сил - A

Теплопередача

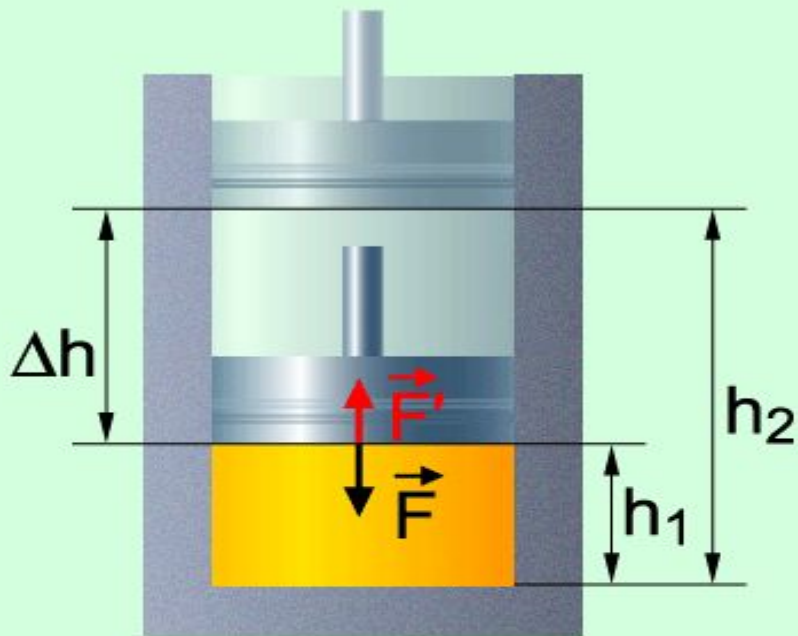
Q

Виды

теплопередачи:

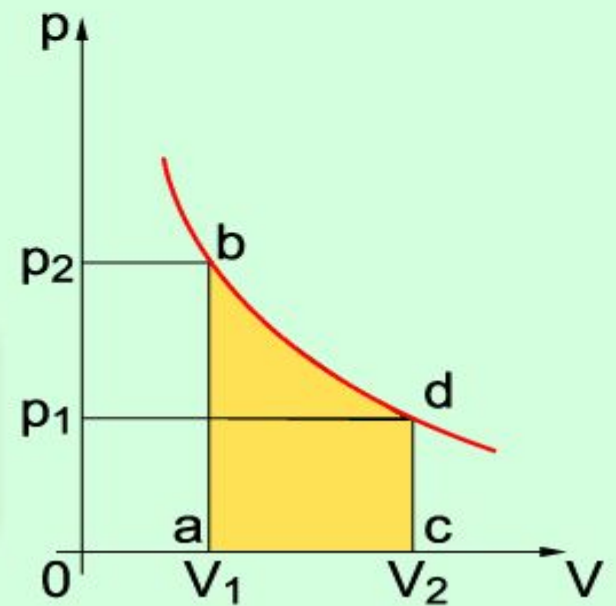
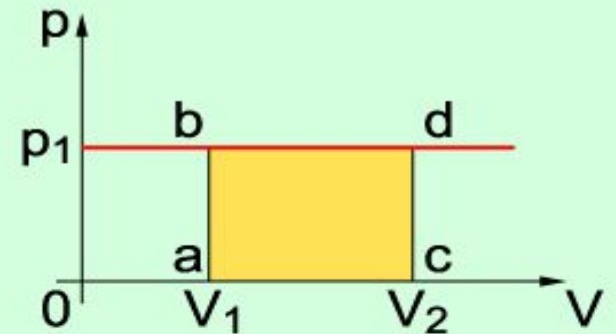
- теплопроводность
- конвекция
- излучение

Работа в термодинамике

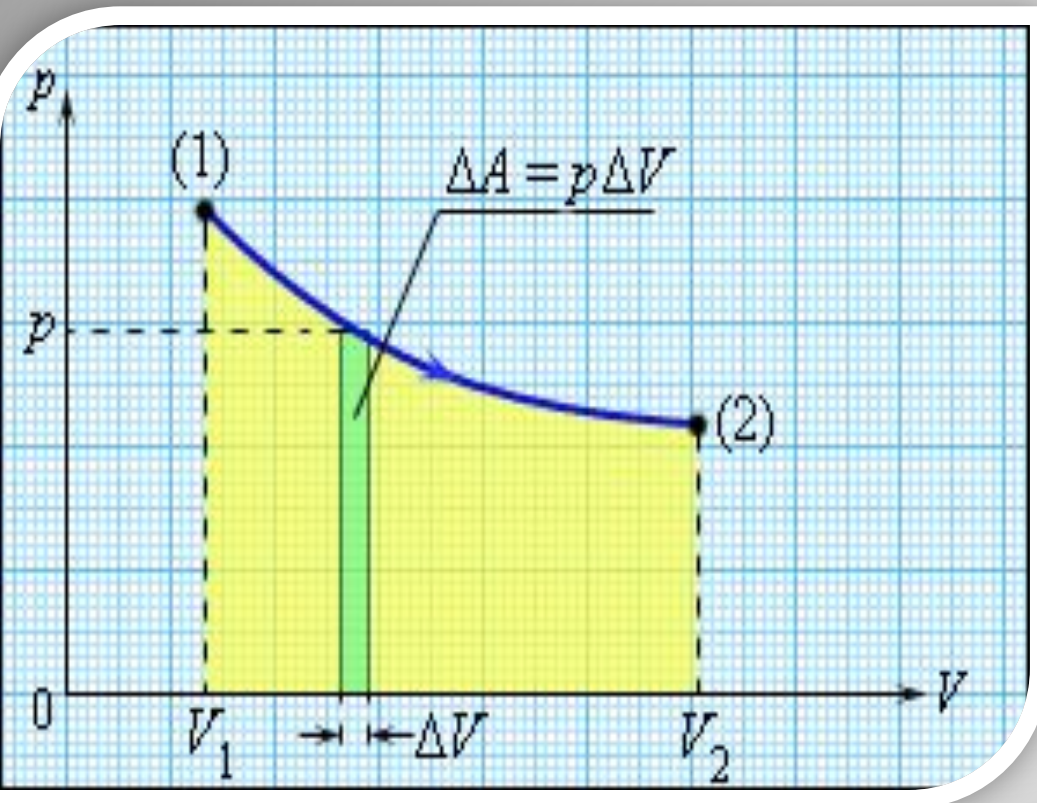


$$A' = F' \Delta h = pS(h_2 - h_1) = p(S h_2 - S h_1)$$

$$A' = p(V_2 - V_1) = p \Delta V$$



Геометрический смысл работы



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

КОЛИЧЕСТВО ТЕПЛОТЫ

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta t$$

Q – количество теплоты, Дж

c – удельная теплоемкость вещества,
из которого состоит тело, Дж/(кг·°C)

m – масса тела, кг

Δt – изменение температуры тела, °C

КОЛИЧЕСТВО ТЕПЛОТЫ

- $Q = cm(t_2^0 - t_1^0)$ – нагревание
(охлаждение)
- $Q = \pm \lambda m$ - плавление
(кристаллизация)
- $Q = \pm r m$ - парообразование
(конденсация)

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:

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

Применение 1 закона термодинамики к изопроцессам

А) изохорный процесс ($v=\text{const}$)

т.к. $\Delta V=0$, то $A=0$, значит первый закон термодинамики выглядит так:

$$\Delta U=Q$$

Газ увеличивает свою внутреннюю энергию за счет теплоты, полученной из внешней среды.

Если газ нагревается, то $\Delta U > 0$.

Если газ охлаждается, то $\Delta U < 0$

Применение 1 закона термодинамики к изопроцессам

Б)Изотермический процесс ($T=\text{const}$) т.к.

$T=\text{const}$, то $\Delta U = 0$, значит первый закон термодинамики выглядит так:

$$Q = A'$$

Если газ получает тепло ($Q>0$), то $A'>0$.

Если газ отдаёт тепло ($Q<0$), то $A'<0$.

Применение 1 закона термодинамики к изопроцессам

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

При изобарном нагревании $T > 0$, $U > 0$, газ совершает работу, тепло поглощается.

Первый закон термодинамики выглядит так:

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

Адиабатный процесс.

Адиабатный процесс - термодинамический процесс в теплоизолированной системе.

Теплоизолированная система - система, не обменивающаяся энергией с окружающими телами.

Т.к. $Q = 0$, то первый закон термодинамики выглядит так:

$$\Delta U = A$$

Решение задач.

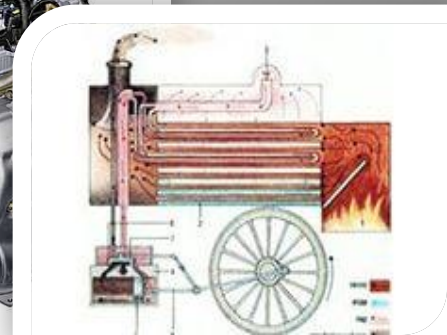
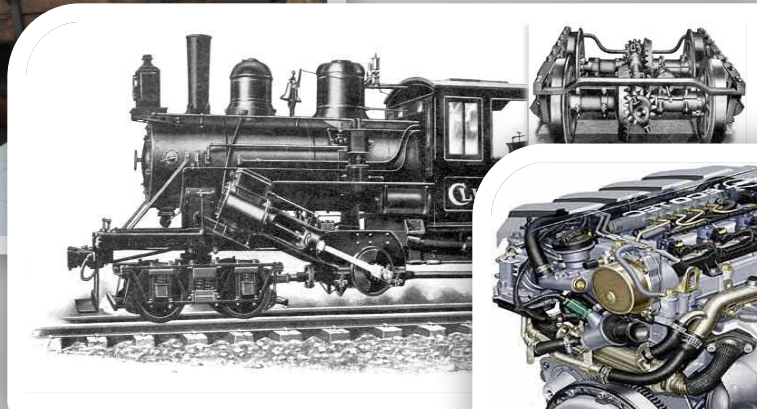
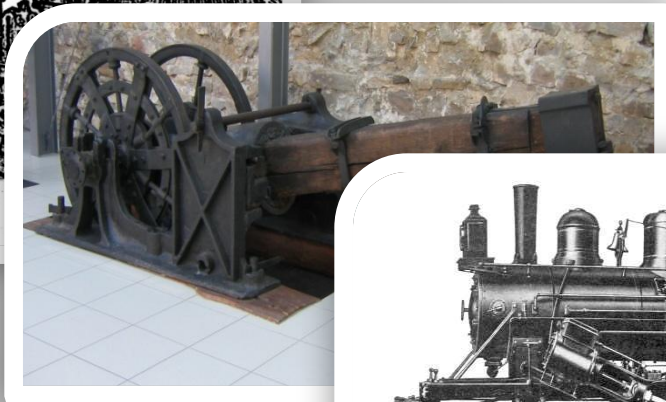
$$\Delta U = A + Q$$

$$Q = A + \Delta U$$

- 1. Идеальный газ получил количество теплоты, равное 300 Дж, и совершил работу, равную 100 Дж. Как изменилась внутренняя энергия газа?
- 2. Идеальный газ совершил работу, равную 100 Дж, и отдал количество теплоты, равное 300 Дж. Как при этом изменилась внутренняя энергия?
- 3. Идеальный газ совершил работу, равную 300 Дж. При этом внутренняя энергия уменьшилась на 300 Дж. Каково значение количества теплоты в этом процессе?
- 4. Идеальный газ совершил работу, равную 300 Дж. При этом его внутренняя энергия увеличилась на 300 Дж. Какое количество теплоты получил газ?
- *Критерий оценивания: 4 задачи – “5” 3 задачи – “4” 2 задачи – “3”*

Тепловые двигатели

Тепловые двигатели – это устройства, превращающие внутреннюю энергию топлива в механическую энергию.



Виды тепловых двигателей:

1

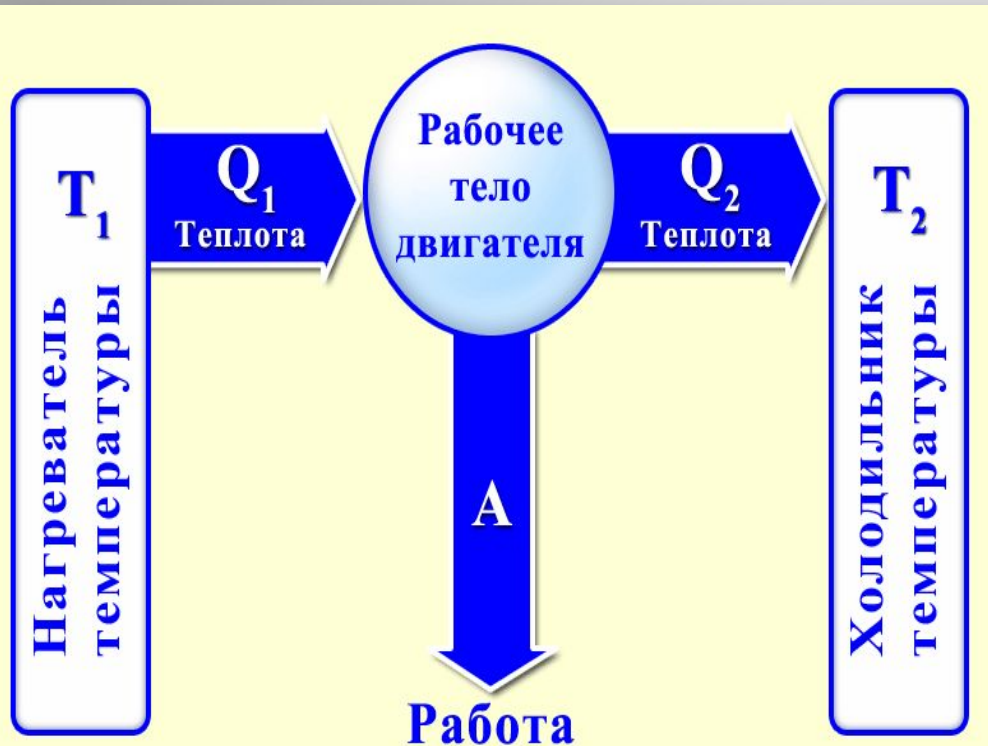
2

3

4

5

Энергетическая схема тепловой машины:



**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:

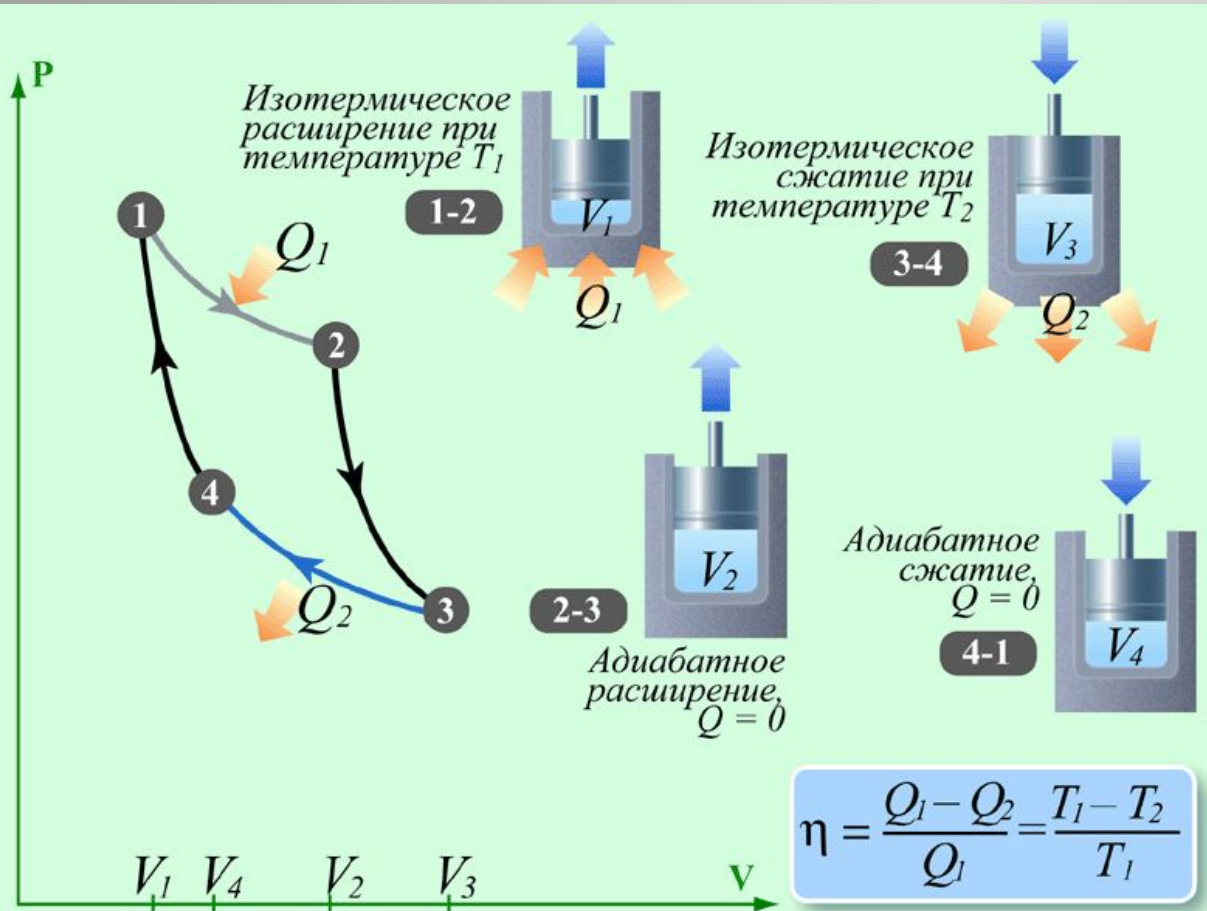
турбореактивный - 20 -30%;

карбюраторный - 25 -30%,

дизельный - 35-45%.

Идеальная тепловая машина

Идеальная тепловая машина - машина Карно (Садикарно, Франция, 1815)



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

Решение задач.

1. Если $V_1 = 2$ л, $V_2 = 3$ л,
 $p_1 = 4 \cdot 10^4$ Па, $p_2 = 10^5$ Па,
то в процессе 1–2 газ совершил
работу, равную:

- 1) 20 Дж; 2) 30 Дж; 3) 50 Дж; 4) 70 Дж;
5) 82 Дж.

2. Если идеальный газ отдал количество теплоты 100 Дж и при этом внутренняя энергия газа уменьшилась на 100 Дж, то работа, совершённая газом, равна:

- 1) –200 Дж; 2) 200 Дж; 3) 100 Дж; 4) 0 Дж.

