

БПОУ ВО «Борисоглебскмедколледж»

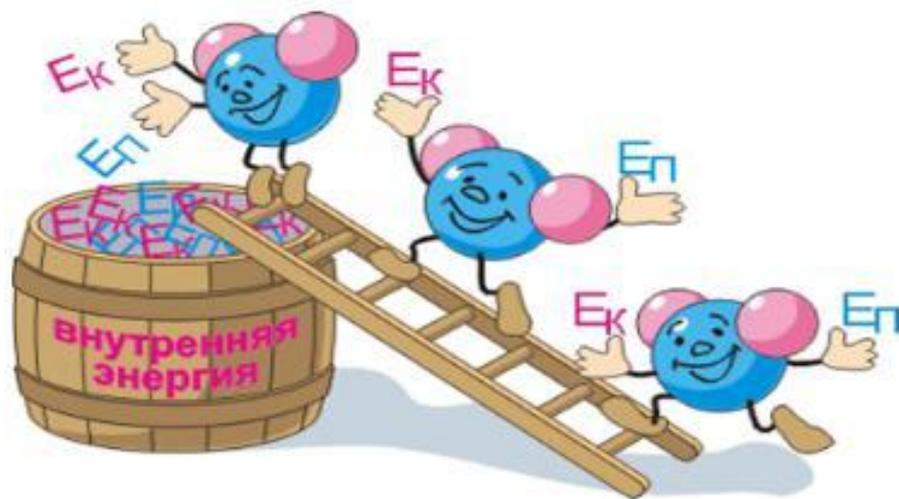
Тема занятия:
**«ОСНОВЫ
Термодинамики»**

Преподаватель физики
Оболенская Н.С.

Что такое внутренняя энергия?

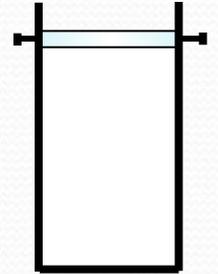
Внутренней энергией тела

называют сумму кинетической энергии теплового движения частиц, из которых состоит тело, и потенциальной энергии их взаимодействия.



Внутренняя энергия (U)

$$U = E_n + E_k$$



E_n — суммарная потенциальная энергия взаимодействия молекул

E_k — суммарная кинетическая энергия движения молекул

Для идеального газа: $E_n = 0, U = E_k$

$$\begin{array}{l}
 E_k = \bar{E}N \\
 \bar{E} = \frac{3}{2}kT \\
 N = \nu \cdot N_A
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} E_k = \bar{E}N \\ \bar{E} = \frac{3}{2}kT \\ N = \nu \cdot N_A \end{array}} \right\}
 \begin{array}{l}
 U = E_k = \bar{E}N = \frac{3}{2}kT \cdot \nu \cdot N_A \\
 k \cdot N_A = R
 \end{array}$$

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

-внутренняя
энергия
идеального
одноатомного
газа

В общем виде:

$$U = \frac{i}{2} \frac{m}{M} RT = \frac{i}{2} pV$$

**где i – число степеней свободы молекул газа
($i = 3$ для одноатомного газа и $i = 5$ для
двухатомного газа)**

Изменение внутренней энергии

тела ΔU

Совершение
работы A

Теплообмен Q

теплопроводность

излучение

конвекция

над
телом

самим
телом

ΔU ▲

ΔU ▼

Работа в термодинамике

- Работа газа:

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

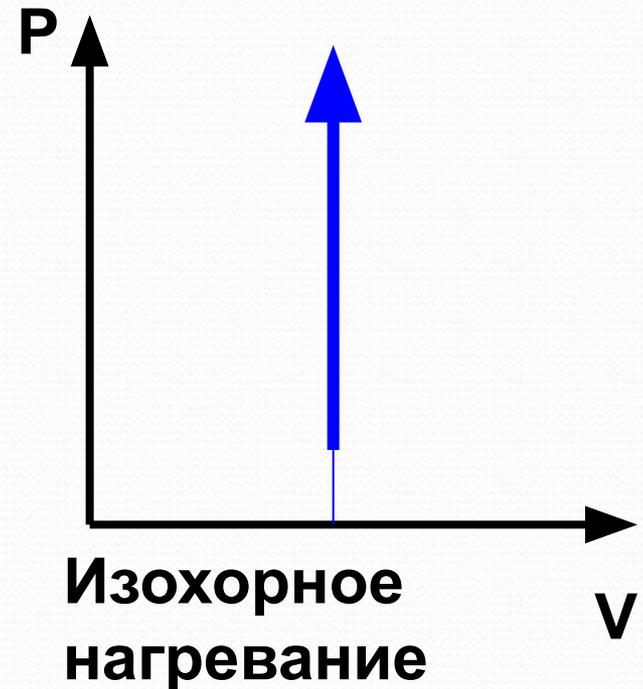
- Работа внешних сил:

$$A = -A'$$

Работа газа в изопроцессах

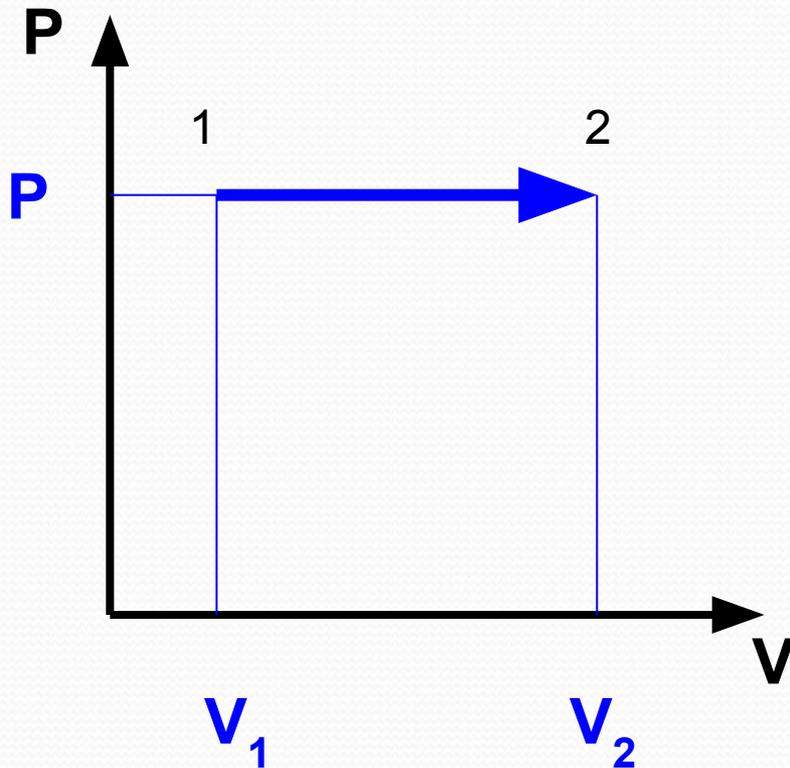
- При изохорном процессе ($V = \text{const}$):
 $\Delta V = 0$ работа газом не совершается:

$$A' = 0$$



- При изобарном процессе ($P=\text{const}$):

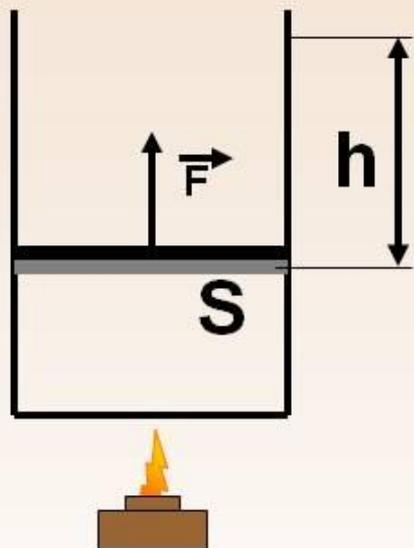
$$A' = p \Delta V$$



Изобарное расширение

$$A' > 0$$

Работа в термодинамике



$$\left. \begin{aligned} A_2 &= F \cdot h \\ F &= p \cdot S \\ S \cdot h &= \Delta V \end{aligned} \right\}$$

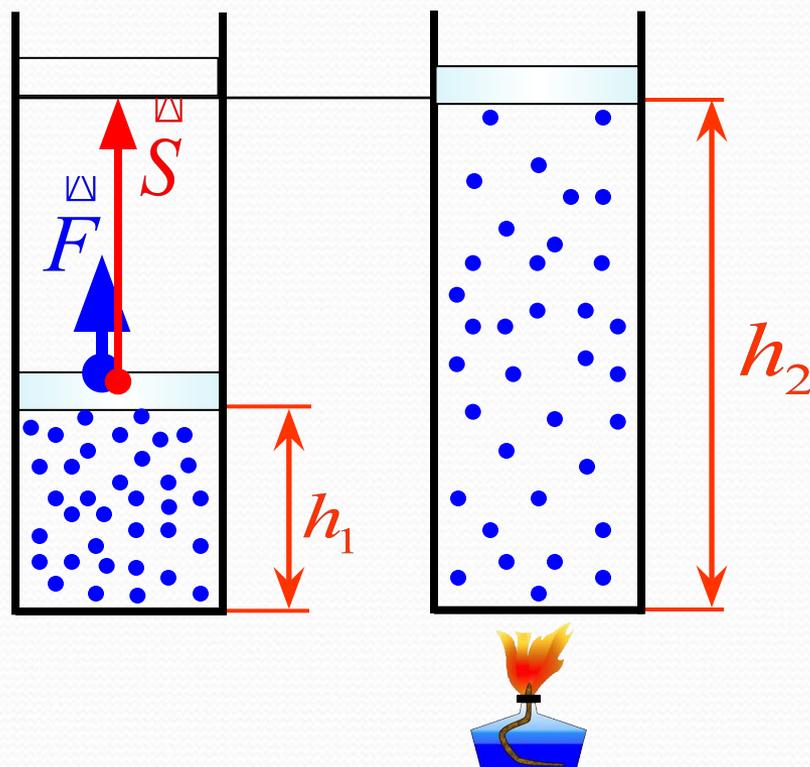
$$A_2 = p \cdot \Delta V$$

$$A_2 = \frac{m}{\mu} R \Delta T$$

Данные выражения подходят только для расчета работы газа в ходе изобарного процесса.



Изобарный процесс (



$$p = \frac{F}{S} = \text{const}$$

$$A = |\vec{F}| \cdot |\vec{S}| \cdot \cos \alpha$$

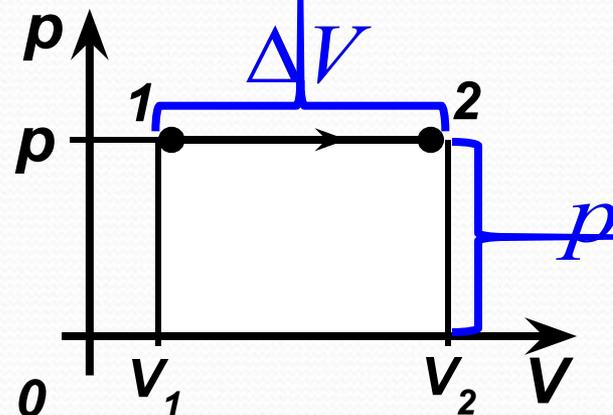
$$F = pS_* \quad S = h_2 - h_1$$

$$A = pS_* \cdot (h_2 - h_1) = p\Delta V$$

$$A = pV_2 - pV_1 = \nu RT_2 - \nu RT_1$$

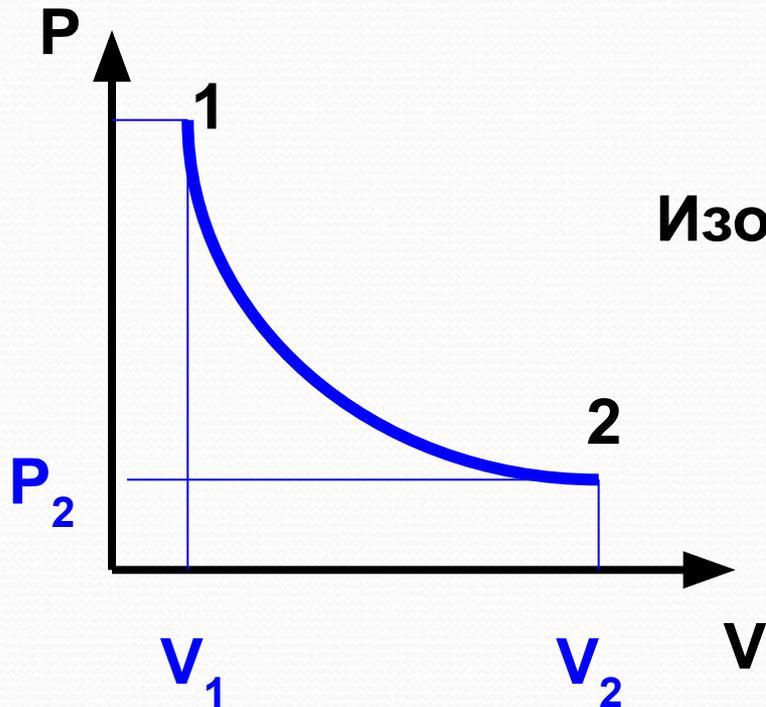
$$A = p\Delta V = \nu R\Delta T$$

Работа в термодинамике численно равна площади фигуры под графиком процесса в координатах $p(V)$



- При изотермическом процессе ($T = \text{const}$):

$$A' = \frac{m}{M} RT \ln \frac{V_2}{V_1}$$



Изотермическое расширение

$$A' > 0$$

Количество теплоты – часть внутренней энергии, которую тело получает или теряет при теплопередаче

Процесс	Формула	
Нагревание или охлаждение	$Q = cm\Delta T$	С – удельная теплоёмкость вещества [Дж/кг °К], m – масса [кг], ΔT – изменение температуры [°К].
Кипение или конденсация	$Q = rm$	r – удельная теплота парообразования [Дж/кг]
Плавление или кристаллизация	$Q = \lambda m$	λ - удельная теплота плавления вещества [Дж/кг]
Сгорание топлива	$Q = qm$	q – удельная теплота сгорания топлива [Дж/кг]

Если в изолированной системе происходит теплообмен между несколькими телами, то

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

- уравнение
теплового баланса



Первый закон термодинамики

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

Применение первого закона термодинамики к различным процессам

Процесс	Постоянный параметр	Первый закон термодинамики
Изохорный	$V = \text{const}$	$A' = 0, \Delta U = Q$
Изотермический	$T = \text{const}$	$\Delta U = 0, Q = A'$
Изобарный	$p = \text{const}$	$Q = \Delta U + A'$
Адиабатный – процесс, проходящий без теплообмена с окружающей средой	$Q = \text{const}$	$Q = 0, \Delta U = -A'$



Второй закон термодинамики

Формулировка закона:

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

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.



КПД ТЕПЛОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

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

Тепловые двигатели

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



Принцип действия тепловых двигателей



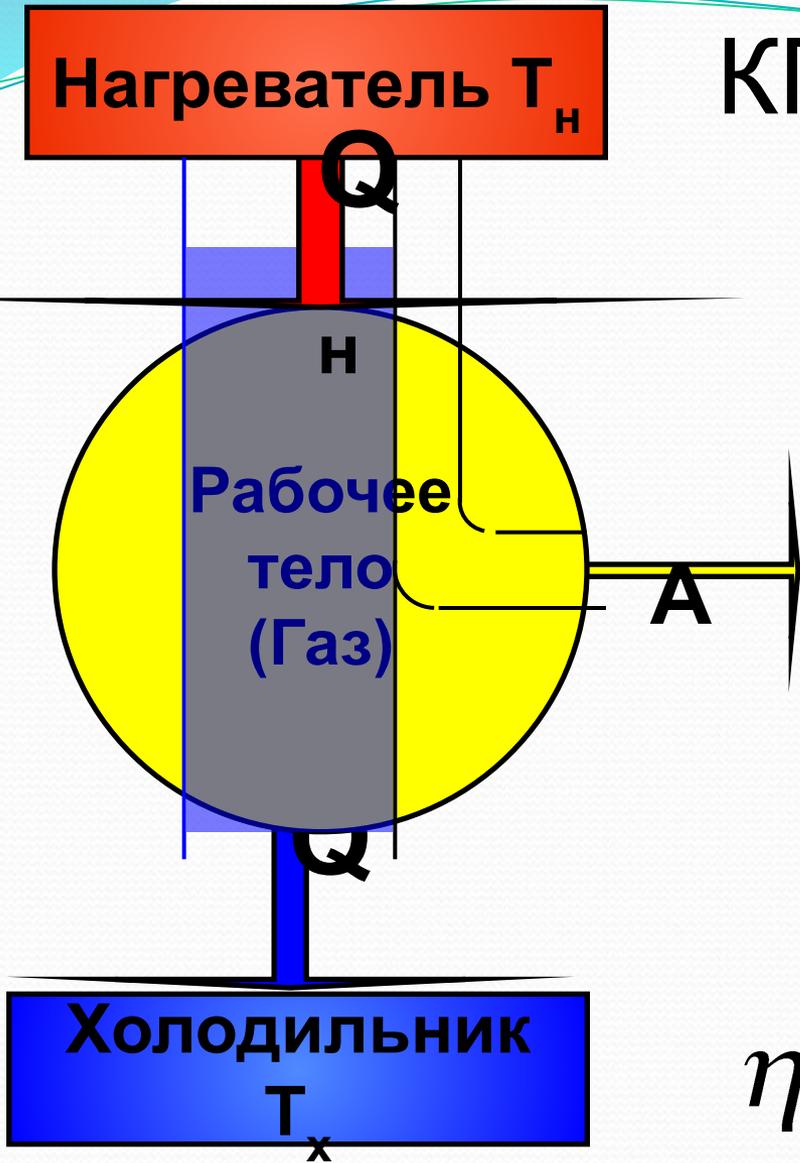
T_1 – температура нагревателя

T_2 – температура холодильника

Q_1 – количество теплоты, полученное от нагревателя

Q_2 – количество теплоты, отданное холодильнику

КПД тепловых машин

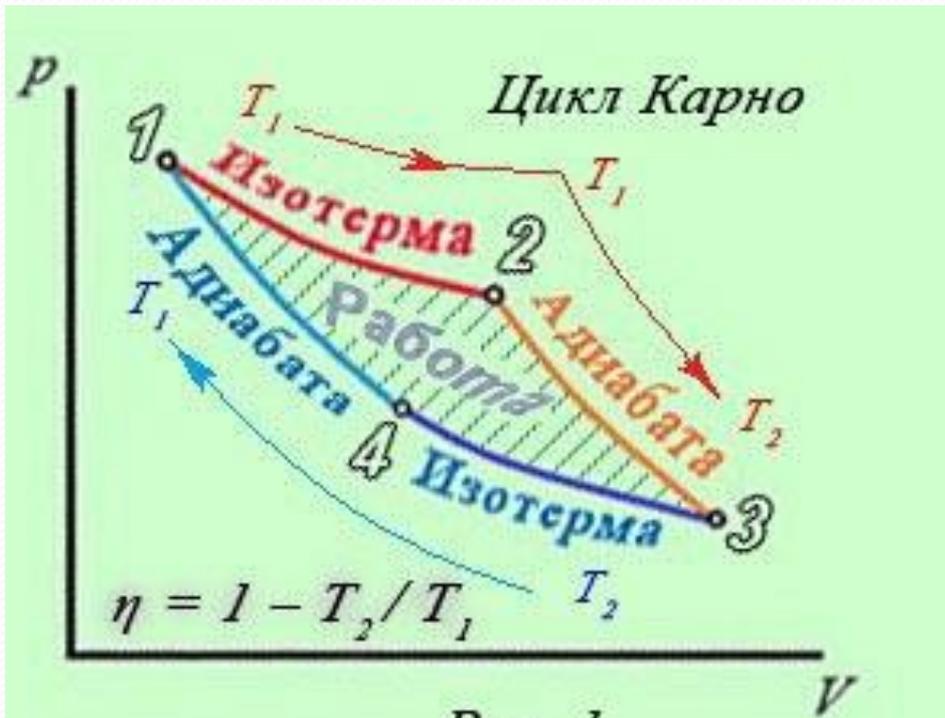


$$\eta = \frac{A}{Q_H} = \frac{Q_H - Q_x}{Q_H}$$

$$\eta = 1 - \frac{Q_x}{Q_H}$$

$$\eta < 1 \text{ или } \eta < 100\%$$

Цикл Карно – самый эффективный цикл, имеющий максимальный КПД

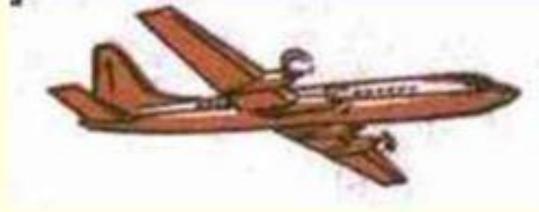


$$\eta_{\max} = \frac{T_H - T_x}{T_H}$$

КПД тепловых двигателей



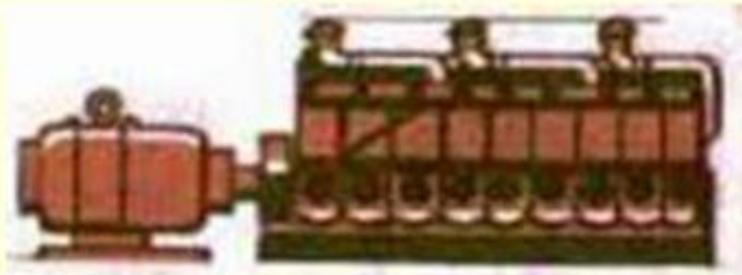
Карбюраторный двигатель внутреннего сгорания – 25-30%



Турбовинтовой двигатель самолёта – 30%



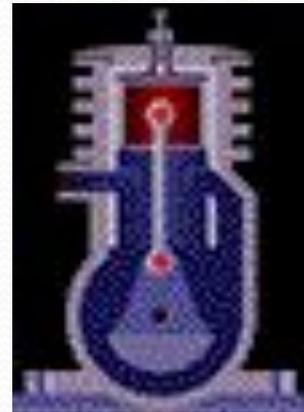
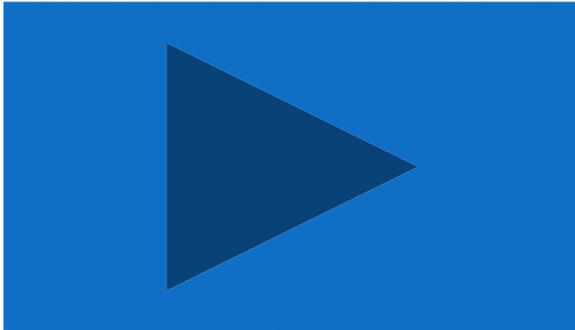
Дизель трактора – 28-30%



Дизель (стационарный) – 34-44%



Паровая турбина на мощных электростанциях – 40%



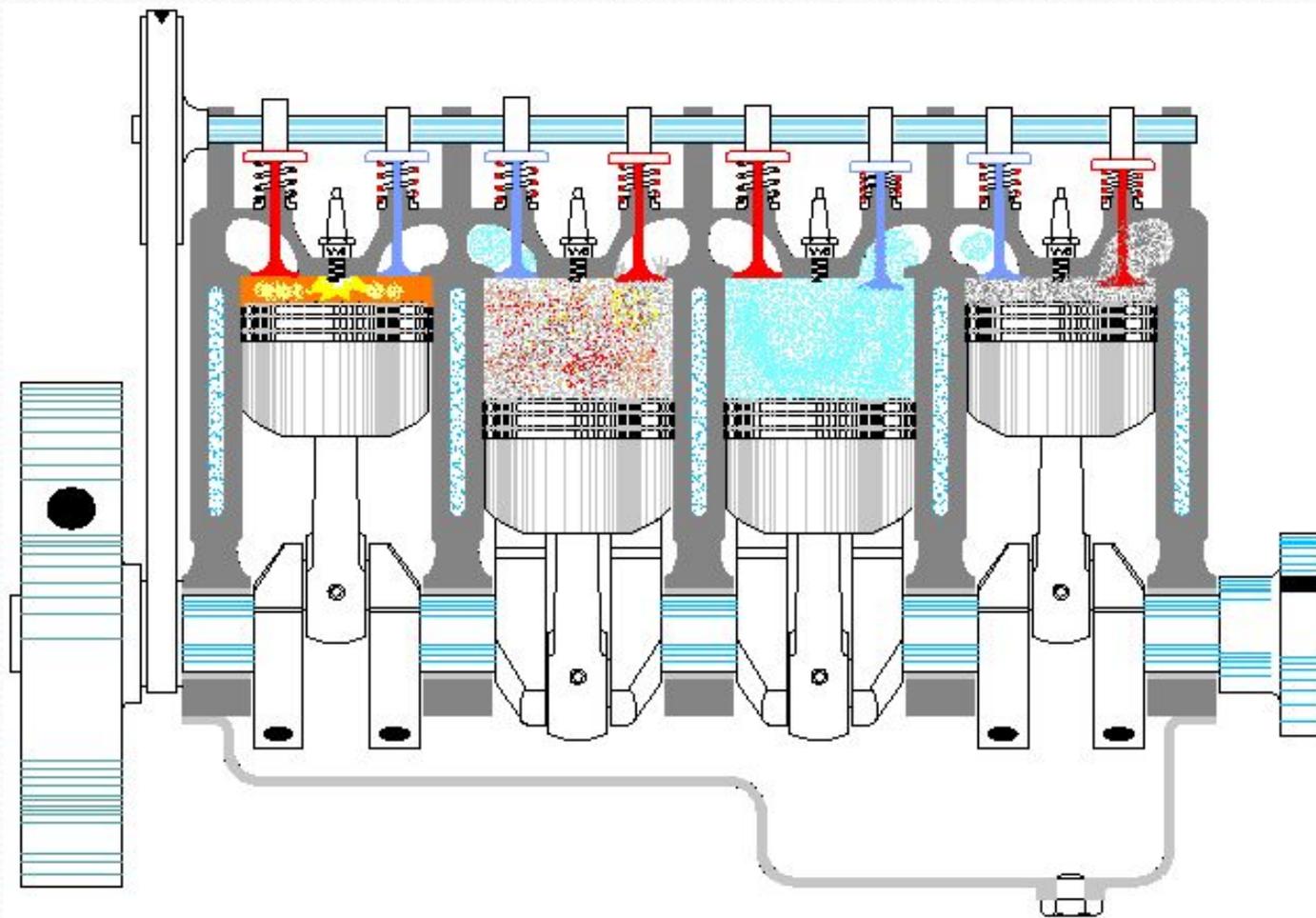


СХЕМА ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ

ПАР

- 1. Корпус турбины
- 2. Сопловый аппарат
- 3. Лопатки диска ротора
- 4. Лопатки диска статора
- 5. Конденсатор
- 6. Генератор

