ТЕМА УРОКА

ВТОРОЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМИ

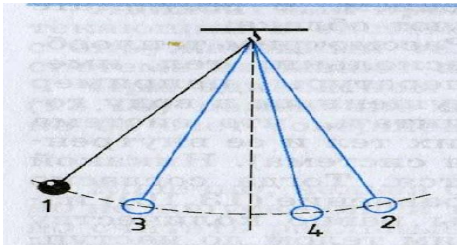
ТЕПЛОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ.

ВТОРОЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМИКИ

указывает направление возможных энергетических превращений в природе.

ПРОЦЕСС, ОБРАТНЫЙ КОТОРОМУ САМОПРОИЗВОЛЬНО ПРОТЕКАТЬ НЕ МОЖЕТ, НАЗЫВАЕТСЯ НЕОБРАТИМЫМ.

Попробуйте привести примеры необратимых процессов.



Необратимые процессы:

- Процесс перехода механической энергии во внутреннюю
- Затухающие колебания маятника
- Процесс теплообмена (переход теплоты от горячего тела к холодному)
- Диффузия(процесс проникновения веществ друг в друга)
- Падение тел под действием силы тяжести
- Расширение газа с большим числом молекул

НЕСКОЛЬКО ФОРМУЛИРОВОК ВТОРОГО ЗАКОНА ТЕРМОДИНАМИКИ.

Несмотря на внешнее различие, выражают в сущности одно и то же.

1. Замкнутая система из большого числа частиц самопроизвольно переходит из более упорядоченного состояния(из менее вероятного) в менее упорядоченное состояние(более вероятное).

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

(Р. Клаузиус)

3. невозможен процесс, единственным результатом которого является превращение теплоты в эквивалентную ей работу.

(У. Кельвин)

Многие процессы в природе, вполне допустимые законом сохранения энергии, никогда не протекают в действительности, т.к. имеют определённую направленность.

Нет, этот процесс (превращение кинетической энергии в потенциальную) не противоречит закону сохранения энергии.

Какой закон запрещает этот процесс

Второй закон термодинамики

ПЛАН:

1. Какие устройства называются тепловыми двигателями? Примеры.

2. Принцип действия теплового двигателя (схема)

а) что является рабочим телом в тепловых двигателях, его назначение?

б) где и как получают температуру нагревателя?

в) что является холодильником в тепловых двигателях, его роль?

3. Что называют КПД теплового двигателя? Как его найти?

а) почему КПД теплового двигателя всегда меньше 1 (100%)?

б) как найти КПД идеальной тепловой машины?

в) почему КПД реального двигателя всегда меньше КПД идеальной тепловой машины?

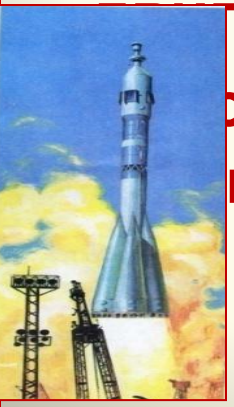
г) пути повышения КПД

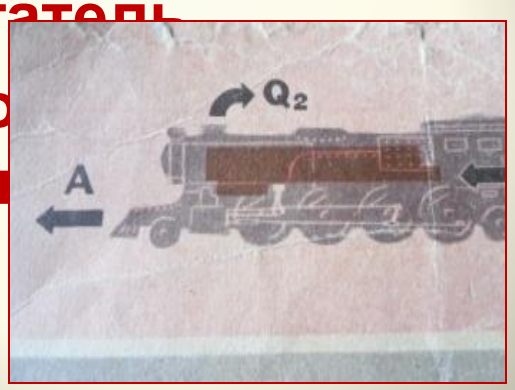
Примеры:

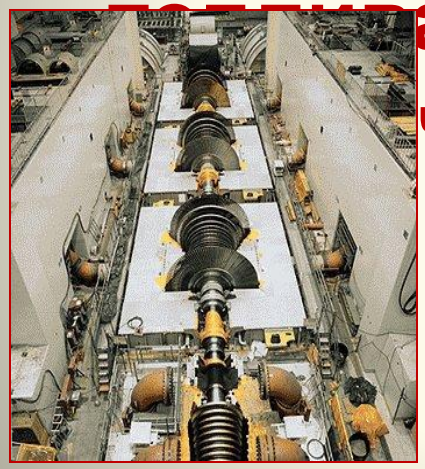
1. Паровая машина
2. Двигатель внутреннего сгорания
3. Паровая и газовая турбина
4. Реактивный двигатель

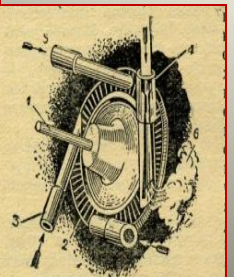
1. Какие устройства называются тепловыми двигателями?

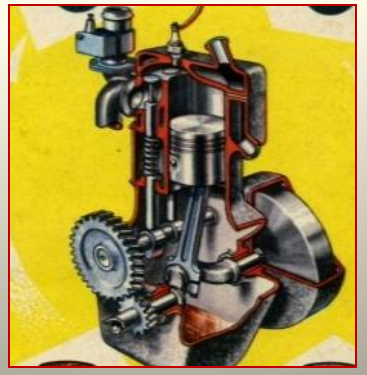
Устройства, преобразующие внутренн… топлива … ч…

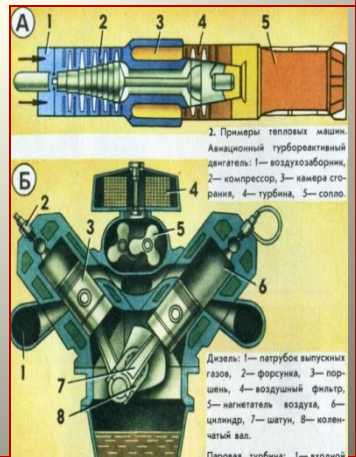












Три основных элемента любого теплового двигателя

2. Принцип действия теплового двигателя

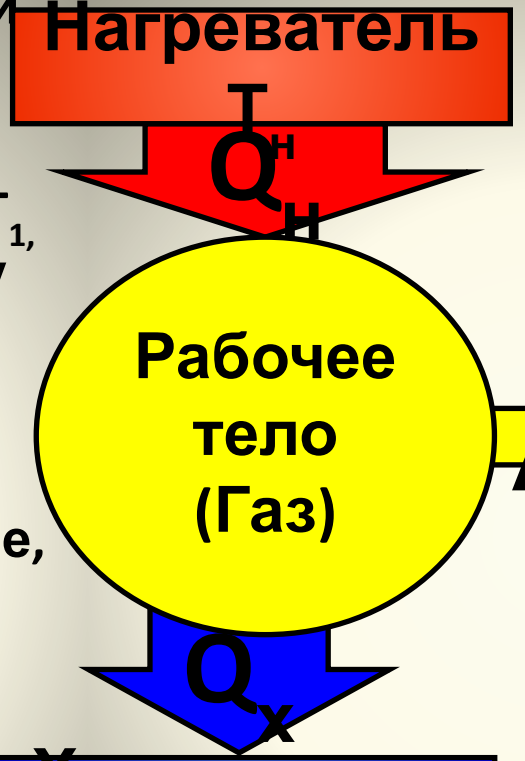
а) **Рабочее тело** (газ или пар) при расширении совершающее работу.

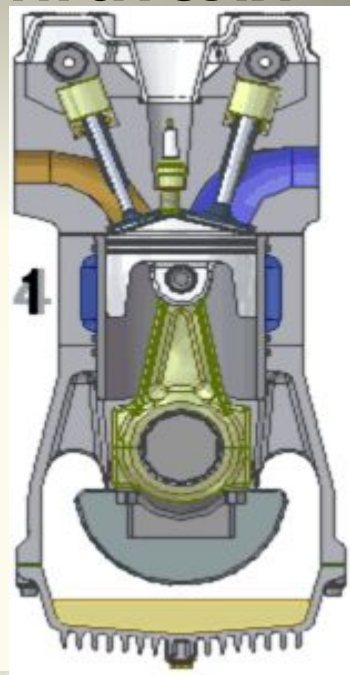
б) **Нагреватель** с температурой T_1, сообщающий энергию рабочему телу.

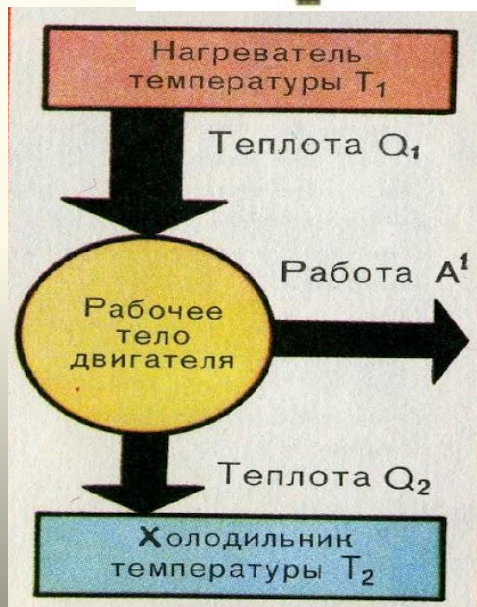
Температуру нагревателя, например, в паровых турбинах пар приобретает в паровом котле, а в двигателях внутреннего сгорания и газовых турбинах получают нагретый газ при сгорании топлива внутри самого двигателя.

в) **Холодильник** с температурой T_2, поглощающий часть энергии от рабочего тела.

Холодильником у многих двигателей является атмосфера, а







Для непрерывного совершения механической работы во всех тепловых машинах используются замкнутые (циклические) процессы.
Механическая работа в двигателе совершается при расширении рабочего тела.
Для цикличной работы двигателя необходимо возвращение рабочего тела в первоначальное состояние, т.е. сжатие.

В процессе работы теплового двигателя периодически повторяются процессы расширения и сжатия газа.

- В тепловом двигателе нельзя преобразовать в механическую работу всё количество теплоты, получаемое ра$Q_1 > 0$м телом от нагревателя (2 закон термодинамики).

- Некоторое количест$Q_2 < 0$плоты отдаётся холодильнику

- Работа, совершае$A_{\text{п.}} = Q_1 - |Q_2|$двигателем за цик

  - Для оценки эффективности преобразования внутренней энергии газа в механическую работу, совершаемую за цикл, вводится коэффициент полезного ηдействия

3. Коэффициент полезного действия двигателя – отношение работы, совершаемой двигателем за цикл, к количеству теплоты, полученному от нагревателя

$$\eta = \frac{A_{П.}}{Q_1}$$

Французский инженер С.Карно, выясняя, при каком замкнутом процессе тепловой двигатель будет иметь максимальный КПД, предложил использовать цикл, состоящий из двух изотермических и двух адиабатных процессов (идеальная тепловая машина).

на графике работа газа за цикл $A_{п.}$ – площадь фигуры, ограниченной изотермами и адиабатами.

1-2 изотермическое расширение при температуре нагревателя T_1, работу совершает газ за счёт подведённого к нему количества теплоты Q_1 ($A_{1-2} = Q_1$).

2-3 адиабатное расширение без теплообмена, всё изменение внутренней энергии газа преобразуется в механическую работу ($A_{2-3} = -\Delta U$), в результате газ охлаждается до температуры холодильника T_2.

3-4 изотермическое сжатие при температуре холодильника T_2, газ сжимается, передавая холодильнику количество теплоты Q_2 ($A_{3-4} = Q_2$).

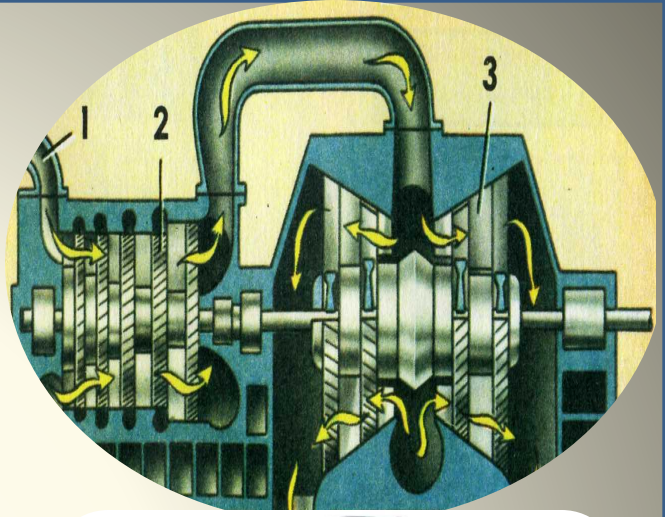
4-1 адиабатное сжатие без теплообмена ($A_{4-1} = \Delta U$), в результате газ нагревается до температуры нагревателя T_1.

Никола Леонар Сади Карно (1796—1832)

Французский физик и инженер, с
тель теории тепловых двигателей. Из
лиза идеального кругового процесса
ла Карно) впервые установил, что то
при переходе тепла от тела нагрето
телу холодному можно получить п
ную работу и, наоборот, чтобы пер
тепло от холодного тела к нагретому
обходимо затратить работу. Карно в
зал положение, что только разность
ператур обусловливает работу, пол
мую при посредстве теплоты. При
природа работающего вещества в т
вой машине не играет никакой роли
рема Карно). Позже идеи Карно, изл
ные в труде «Размышления о движ
силе огня и о машинах, способных
вать эту силу», послужили основой
науки — термодинамики.

Максимальное значение КПД идеальной тепловой машины, соответствующее циклу Карно:

$$\eta_{max} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$



Например , для паровой турбины с температурой нагревателя 800 К и температурой холодильника 300 К максимальное значение КПД – 62% , а действительное значение КПД – 40%

Как вы думаете, почему

В реальных тепловых двигателях всегда есть бесполезные энергетические потери (трение, нагревание деталей), которые не предусмотрены в идеальном тепловом двигателе.

Для повышения КПД теплового двигателя теоретически следует понижать температуру холодильника и увеличивать температуру нагревателя.

Но температура холодильника практически не может быть ниже температуры окружающего воздуха.

$$\eta_{max} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

В какое время года, согласно теории, КПД выше?

Повышать температуру нагревателя можно, однако материалы, из которых изготавливают двигатели, обладают ограниченной теплостойкостью и жаропрочностью.

Усилия инженеров направлены на повышение КПД двигателей за счёт уменьшения трения частей и потерь топлива вследствие его неполного сгорания.

Тепловые двигатели имеют исключительно важное значение в жизни человеческого общества.
Тепловые двигатели сыграли и играют большую роль в развитии энергетики и транспорта.
Можно без преувеличения утверждать, что тепловые двигатели основные преобразователи энергии топлива в другие виды энергии, с их помощью вырабатывается 80% электроэнергии.
Тепловые двигатели – необходимый атрибут современной цивилизации.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ
ОБРАЗЕЦ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ НА КПД ТЕПЛОВОГО ДВИГАТЕЛЯ.

Задача№195. **В идеальной тепловой машине за счёт каждого килоджоуля энергии, получаемой от нагревателя, совершается работа 300 Дж. Определить КПД машины и температуру нагревателя, если температура холодильника 280 К.**

Дано:

$A_{п.} = 300$ Дж;

$Q_1 = 1$кДж $= 10^3$ Дж;

$T_2 = 280\ K$

$\eta - ?\ \ T_1 - ?$

Решение:

$$\eta = \frac{A_п}{Q_1} = \frac{300}{1000} = 0{,}3 \cdot 100\% = 30\%$$

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1};\quad \eta T_1 = T_1 - T_2;$$

$$T_2 = T_1 - \eta T_1;\quad T_2 = T_1(1 - \eta);$$

$$T_1 = \frac{T_2}{(1-\eta)} = \frac{280}{1 - 0{,}3} = 400\ \text{К}$$

Решите задачу самостоятельно:

В процессе работы тепловой машины за некоторое время рабочим телом было получено от нагревателя количество теплоты $1{,}5 \cdot 10^6$ Дж и передано холодильнику $1{,}2 \cdot 10^6$ Дж

Вычислите КПД машины и сравните его с максимально возможным КПД, если температура нагревателя и холодильника соответственно равны 250 $^\circ C$ и 30 $^\circ C$

Проверьте решение:

Дано:

$Q_1 = 1{,}5 \cdot 10^6$ Дж

$Q_2 = -1{,}2 \cdot 10^6$ Дж

$t_1 = 250^\circ C$

$t_2 = 30^\circ C$

$\eta - ?$ $\eta_{max} - ?$

Решение:

$T_1 = 523\ K$ $T_2 = 303\ K$

$\eta = \frac{A_{\text{п.}}}{Q_1}$ $A_{\text{п.}} = Q_1 - |Q_2|$

$$\eta = \frac{Q_1 - |Q_2|}{Q_1} = \frac{1{,}5 \cdot 10^6 - 1{,}2 \cdot 10^6}{1{,}5 \cdot 10^6} = 0{,}2 \cdot 100\% = 20\%$$

$$\eta_{max} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{523 - 303}{523} = 0{,}42 \cdot 100\% = 42\%;$$

Решите задачи самостоятельно:

№ 193. Какой должна быть температура нагревателя, для того чтобы в принципе стало возможным достижение значения КПД тепловой машины 80%, если температура холодильника 27 °C

№ 194. Температура нагревателя идеальной тепловой машины 117 °C, а холодильника 27 °C. Количество теплоты, получаемой машиной от нагревателя за 1 с, равно 60 кДж. Вычислить КПД машины, количество теплоты, отдаваемое холодильнику в 1 с, мощность машины.