

ТЕМА УРОКА

ВТОРОЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМИКИ

ТЕПЛОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ.

ВТОРОЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМИКИ

**указывает направление возможных
энергетических превращений в природе.**

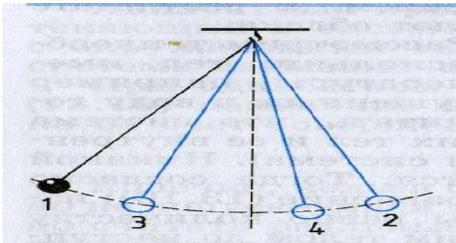
**ПРОЦЕСС, ОБРАТНЫЙ
КОТОРОМУ
САМОПРОИЗВОЛЬНО
ПРОТЕКАТЬ НЕ МОЖЕТ,
НАЗЫВАЕТСЯ НЕОБРАТИМЫМ.**

**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. Закрытая 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.

Если бы реки потекли вспять, означало бы это нарушение закона сохранения энергии

**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%)?

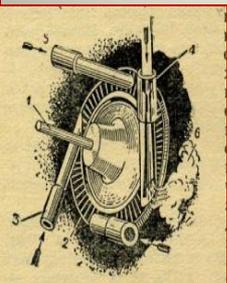
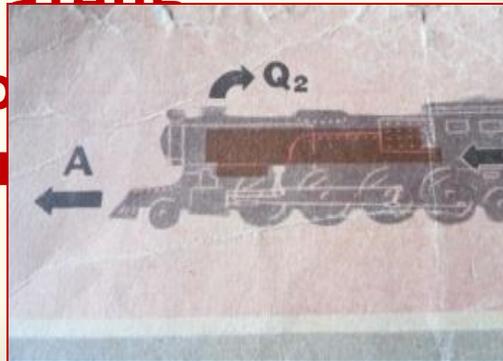
б) как найти КПД идеальной тепловой машины?

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

г) пути повышения КПД

Примеры:

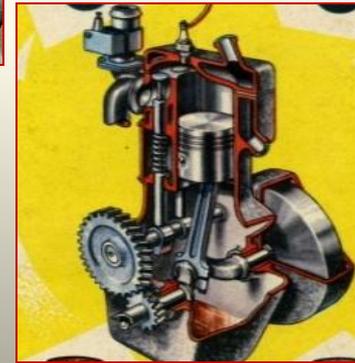
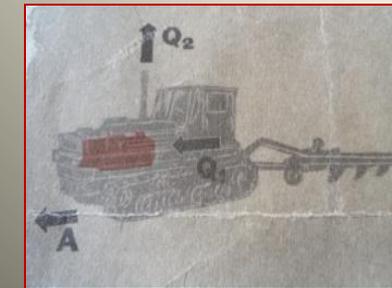
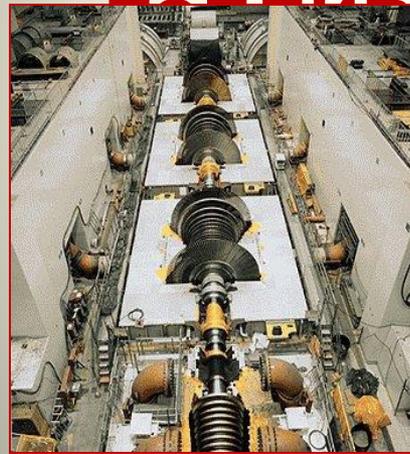
1. Паровая машина
2. Двигатель внутреннего сгорания
3. Паровая и газовая турбина
4. Реактивный двигатель



1. Какие устройства называются тепловыми двигателями?

Устройства, преобразующие внутреннюю энергию топлива в механическую работу

Тепловой двигатель



Три основных элемента любого теплового двигателя

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

б) **Нагреватель** с температурой T_1 , сообщаящий 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.

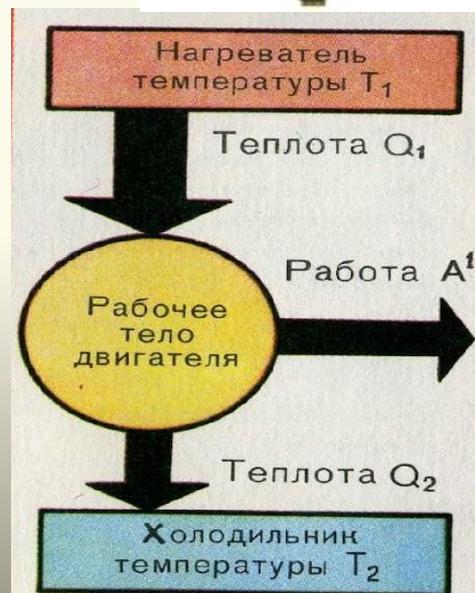
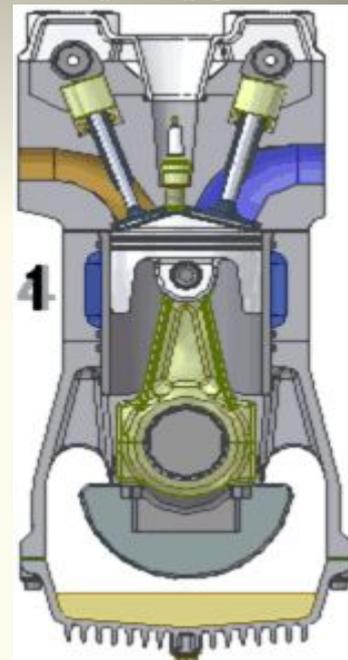
Холодильником у многих двигателей является атмосфера, а

2. Принцип действия теплового двигателя

Нагреватель



Холодильник к T_2



Для непрерывного совершения механической работы во всех тепловых машинах используются замкнутые (циклические) процессы.

Механическая работа в двигателе совершается при расширении рабочего тела.

Для циклической работы двигателя необходимо возвращение рабочего тела в первоначальное состояние, т.е. сжатие.

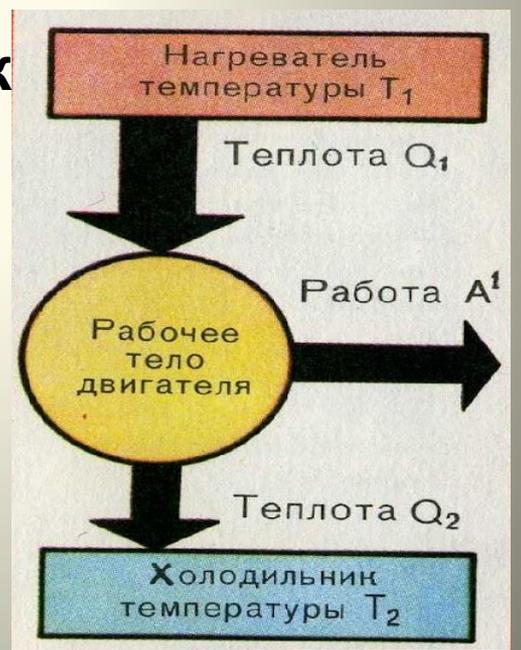
В процессе работы теплового двигателя периодически повторяются процессы расширения и сжатия газа.

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

- **Некоторое** количество теплоты $Q_2 < 0$ отдаётся холодильнику

- **Работа**, совершаемая $A_{п.} = Q_1 - |Q_2|$ телом за цикл

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



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

$$\eta = \frac{A_{\text{п.}}}{Q_1}$$



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 Садн Карно
(1796—1832)

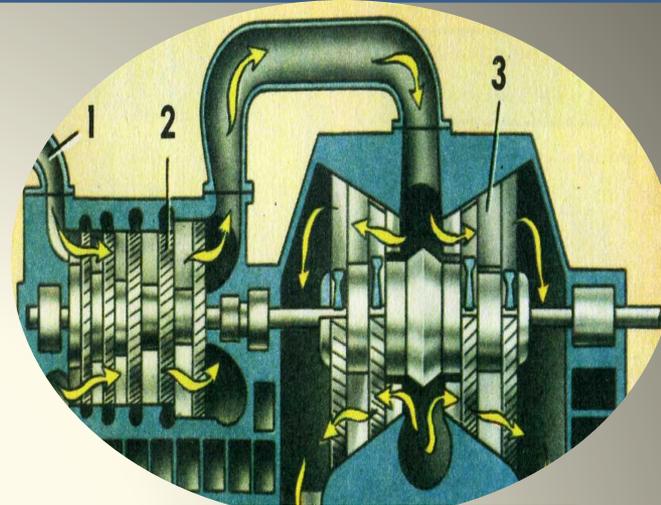
Французский физик и инженер, создатель теории тепловых двигателей. Идеализация идеального кругового процесса (цикл Карно) впервые установил, что тепло при переходе от тела нагретого к телу холодному можно получить полезную работу и, наоборот, чтобы перенести тепло от холодного тела к нагретому, необходимо затратить работу. Карно выяснил положение, что только разность температур обуславливает работу, получаемую при посредстве теплоты. Природа работающего вещества в тепловой машине не играет никакой роли (теорема Карно). Позже идеи Карно, изложенные в труде «Размышления о движении силы огня и о машинах, способных превратить 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:

$$A_{\text{п.}} = 300 \text{ Дж};$$
$$|Q_1| = 1 \text{ кДж} = 10^3 \text{ Дж};$$
$$T_2 = 280 \text{ К}$$

$$\eta - ? \quad T_1 - ?$$

Решение:

$$\eta = \frac{A_{\text{п.}}}{Q_1} = \frac{300}{1000} = 0,3 \cdot 100\% = 30\%$$

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

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

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

Решите задачу самостоятельно:

В процессе работы тепловой машины за некоторое время рабочим телом было получено от нагревателя количество

$$1,5 \cdot 10^6 \text{ Дж}$$

теплоты

$$1,2 \cdot 10^6 \text{ Дж}$$

и передано холодильнику

Вычислите КПД машины и сравните его с максимально возможным КПД, если

температура нагревателя $^{\circ}\text{C}$ и $^{\circ}\text{C}$

холодильника соответственно равны 250

и 30

Проверьте решение:

Дано:

$$Q_1 = 1,5 \cdot 10^6 \text{ Дж}$$

$$Q_2 = -1,2 \cdot 10^6 \text{ Дж}$$

$$t_1 = 250^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 30^\circ\text{C}$$

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

Решение:

$$T_1 = 523 \text{ K}$$

$$T_2 = 303 \text{ K}$$

$$\eta = \frac{A_{п.}}{Q_1}$$

$$A_{п.} = Q_1 - |Q_2|$$

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

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

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.