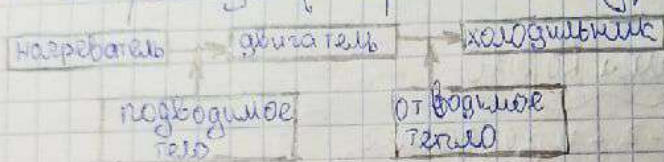


Лекция 1/13

Тепловые и холодильные машины. Второе начало термодинамики, цикл Карно, Теорема Карно, Термодинамическая температура, Неравенство Клаузиуса, Термодинамическая энтропия, Закон возрастания энтропии. Третье начало термодинамики.

Тепловые машины / двигатели предназначены для получения полезной работы за счет теплоты, выг. из-за хим. реакции (сгорания) и др.



Термостат - тело, находящееся при $t^0 = \text{const}$ и обладающее теплоемкостью (в процессе нагрев. или отдачи теплоты не меняют температуру этого тела)

Циклический (круговой) термодинамический процесс

Тепловой процесс - процесс, в котором теплота забирается у более нагретого тела и после совершения работы системой над внешними телами отток теплоты отдается менее нагретому телу.

Обратный процесс - процесс, где теплота забирается у менее нагретого тела и отдается более нагретому.

Полученная теплота: $Q_n > 0$

Отданная теплота: $Q_{отд} < 0$

Внутр. энергия - ф-я состояния (при циклическом прог. $E = \text{const}$)

$$\eta = \frac{A_{\text{полз.}}}{A_{\text{нагз.}}} = \frac{Q_{\text{нагз.}} + Q_{\text{отд.}}}{Q_{\text{нагз.}}}$$

- КПД прямого цикла в циклическом процессе

Замечание: Если не будет передачи теплоты холодному, то тело будет в тепл. равновесии

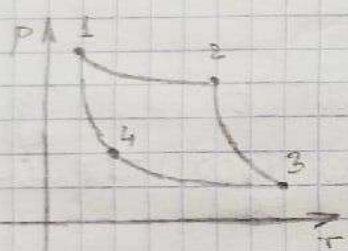
! $\eta_{\text{х.в.}} = \frac{Q_c}{A_{\text{внешн.}}}$

- КПД холодильной машины $\eta = 1 - \frac{|Q_{\text{отд.}}|}{Q_{\text{получе.}}} < 1$

Тепловой насос - устройство, перекачивает теплоту от холод. тел к нагретым, работает по обратн. тепл. циклу

! $\eta_{\text{т.п.}} = \frac{1}{1 - \frac{|Q_{\text{отд.}}|}{Q_{\text{получе.}}}} = \frac{1}{\eta}$

Цикл Карно



1-2 - изотермич.

2-3: адиабатич.

3-4: изотермич.

4-1: адиабатич.

} процесс

Прямой цикл ↑

$\eta = 1 - \frac{|Q_{\text{отд.}}|}{Q_{\text{получе.}}} \Rightarrow \eta = \frac{T_h - T_x}{T_h} = 1 - \frac{T_x}{T_h}$

Второе начало термодинамики

- Формулировка Клаузиуса: теплота самопроизвольно, без изменения в окруж. телас не может перейти от менее нагретого тела к более нагретому.
- Формулировка Талпсона: В природе невозможен круговой процесс, единств. рез. которого - мех. работа, соверш. за счет отвода теплоты от тепл. резервуара.

Замечание: нельзя созд. вечн. двиг. 2-го рода, полностью превращ. всю получ. энергию в теплоту,

Теорема Карно

для ~~тепл.~~ тепл. Карно:

КПД тепловой машины, работающей по обратному циклу Карно, не зависит от природы рабочего тела и характера машины, а зависит от разности температур нагревателя и холодильника.

для тепл. Карно:

КПД тепл. машины, работающей по необр. циклу, меньше КПД тепл. машины с обратным Карно при тех же температурах нагревателя и холодиль.

Термодинамический цикл

КПД не зависит от св-в рабочего тела

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

Неравенство Клаузиуса

$$\frac{Q_1}{T_1} \geq \frac{Q_2}{T_2} \quad \begin{array}{l} \text{для обр. проц.} - \text{равенство} \\ \text{необр.} - \text{неравенство} \end{array}$$

$$\oint \frac{\delta Q}{T} \leq 0 \quad \text{— неравенство Клаузиуса}$$

Неравенство Клаузиуса — суммарное кал-во приведен. теплоты в любом замкн. цикле для термодинамич. необр. процессов элементарно кал-во

теплоты приведен. к температуре $dS = \frac{\delta Q}{T}$
Водород, изол. мо. Энтропия не зависит от температуры
Энтропия — мера необр. процесса $\left[\frac{Дж}{К} \right]$
показ. напр. напр. необр. процесса

Замечание: Закон возр. энтропии: в замкн. системе энтропия не уменьшается без внешнего воздействия

Технология термодинамики. Теорема Карно

Теорема Карно (о невозможности вечного двигателя 2-го рода):

При соприкосновении тел с неоднородными температурами и абсолютному нулю все тела стремятся к нулевой температуре;
(= 0)

Температура точки 0°C

Следств. 1: невозможно достичь состояния с абсолютным нулем температуры (0 K)

Следств. 2:

Эр-е двиг. - невозможно построить двигатель, работающий в цикле, работающий при $T \rightarrow 0 \text{ K}$

Отвечая на вопрос:

1. Термодинамика, энтропия - мера необр. процесса
Применение энтропии для оценки эффективности процессов. Энтропия - ср-е состояние. В действительности энтропия не изм.
2. Энтропия термодинамики: тепловая самопроизв., без изменения в окруж. среде, не может перейти от менее теплого тела к более тепловому. Изменение энтропии при изотермическом расширении идеал. газа: $\Delta S = nR \ln \frac{P_1}{P_2}$
Велич. дит. 2-го рода: машина, котор. использует энергию теплового резервуара и превращает ее в работу без изм. в окр. среде.
Велич. дит. 1-го рода: машина, способная бесконечно совершать работу без затрат топлива и др. ресурсов.

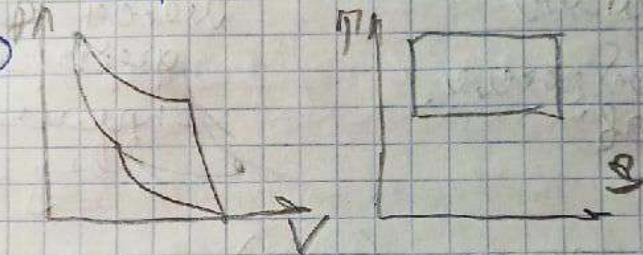
3. Принцип работы теплового насоса, работающего на-в
 топливом и передающего тепло.

Принцип работы теплового насоса: обратимый
 процесс работы, при котором

$$\eta = \frac{Q_{\text{отп}} - Q_{\text{х}}}{Q_{\text{отп}}} = 1 - \frac{Q_{\text{х}}}{Q_{\text{отп}}} - \text{КПД теплового насоса}$$

Этот термодинамический процесс, происходящий
 теплового самопроизвольно, без вмешательства человека.
 Тепло может перейти от менее горячего
 тела к более горячему.

4. М. Компенсация энергии 1/18 пути. Термодинамический
 цикл Карно для обратимого
 цикла Карно



$$\frac{\partial S}{\partial T} = 0$$

характерно
 для изотермического
 теплообмена

5. В термодинамике: при стремлении температуры
 равновесия к абсолютному нулю энтропия
 стремится к пост. вел. (= 0)

Температура термодинамическая не может
 достигнуть отрицательных температур, добавление тепла
 повышает ее энтропию. Следовательно, огранич.
 1-ой - 2-ой энергией, энтропией, в классическом