43 - Преобразование тепла в механическую работу. Тепловая машина. Цикл Карно.

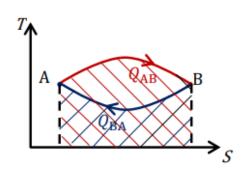
Круговой процесс(цикл) — процесс, при котором система, пройдя через ряд превращений, возвращается в исходное состояние.

Построим процесс нагрева и охлаждения в координатах (T,S), тогда тепло подводимое/отводимое к системе можно будет наглядно представить как площадь под графиком процесса:

$$Q_{AB} = \int_{A}^{B} TdS.$$

 $dS > 0 \implies Q_{AB} > 0$ — тепло к системе подводится.

$$Q_{BA} = \int_{B}^{A} T dS.$$

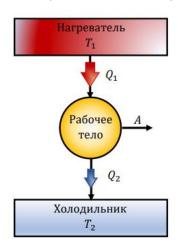


 $dS < 0 \implies Q_{BA} < 0$ — тепло от системы отводится.

В круговых процессах изменение внутренней энергии равно нулю!!!

Первое начало термодинамики для нашего цикла: $Q_{AB} + Q_{BA} = \Delta U + A$ или $Q_{AB} - |Q_{BA}| = A$. Значит, всё тепло, которое система получила в цикле, она перевела в работу.

Периодически действующая система, совершающая работу за счёт подводимого из вне



тепла, называется **тепловой машиной**. Вещество, совершающее работу в тепловой машине, называется рабочим телом. Рабочее тело тепловой машины получает тепло от нагревателя — системы, чья температура выше температуры рабочего тела. Полученное тепло будем теперь обозначать $Q_1 = Q_{\rm AB}$. А температуру нагревателя T_1 . Тепло $Q_{\rm BA}$ отдаётся рабочим телом холодильнику — системе, чья температура ниже температуры рабочего тела. Это тепло теперь будем обозначать $Q_2 = |Q_{\rm BA}|$, температуру холодильника T_2 . Таким образом, в новых обозначениях первое начало термодинамики примет следующий вид:

$$O_1 - O_2 = A$$
.

Значит не всё тепло Q_1 , получаемое от нагревателя, можно потратить на совершение полезной работы. Часть тепла равная Q_2 должна быть возвращена холодильнику для того, чтобы тепловая машина работала непрерывно, и следовательно, использовать её для совершения работы нельзя.

Тепловые машины принято характеризовать коэффициентом полезного действия (КПД), который определяется как отношение совершаемой в цикле работы к получаемому за цикл теплу:

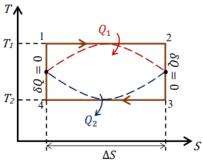
 $\eta = \frac{A}{Q_1}$, $\eta < 1$.

Используя первое начало термодинамики, записанное для цикла, получаем следующее выражение для КПД тепловой машины:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}.$$

Цикл Карно – цикл, обладающий максимальным значением коэффициента полезного действия при заданных температурах нагревателя и холодильника.

Если заставить тепловую машину работать по циклу, в котором её рабочее тело будет получать тепло при постоянной температуре от нагревателя, а отдавать тепло при постоянной температуре холодильника, то КПД такого цикла будет больше, чем КПД любого произвольного цикла, возможного для данной тепловой машины.



Наш цикл с максимальным КПД — это цикл, состоящий из двух изотерм 1 — 2, 3 — 4 и двух адиабат 2 — 3, 4 — 1.

Тепло, получаемое рабочим телом на изотерме T1 участок 1
ightarrow 2:

Тепло, отдаваемое рабочим телом на изотерме T2 участок $3 \rightarrow 4$:

$$\eta_{max} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{T_2 \Delta S}{T_1 \Delta S}.$$

$$\eta_{max} = \eta_{ ext{Kapho}} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$$Q_{1} = \int_{1}^{2} T dS = \int_{1}^{2} T_{1} dS = T_{1} \int_{1}^{2} dS = T_{1} \Delta S$$

$$Q_2 = \left| \int_3^4 T dS \right| = \left| \int_3^4 T_2 dS \right| = T_2 \left| \int_3^4 dS \right| = T_2 \Delta S.$$

Теорема Карно:

Коэффициент полезного действия тепловой машины, работающей по циклу Карно, зависит только от температур T_1 и T_2 нагревателя и холодильника, но не зависит от устройства машины, а также от вида используемого рабочего тела.

Цикл Карно в координатах (P, V):

