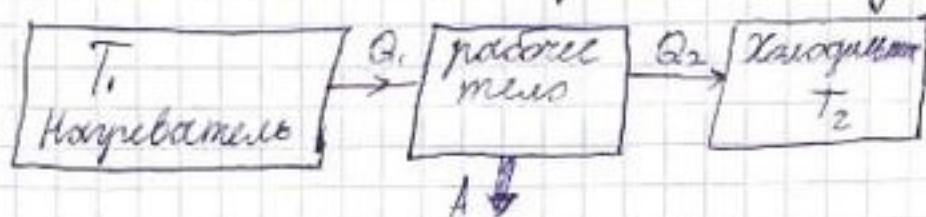


Лекция 14.

Основное неравенство и эк. ур-ние термодинамики

Тепловая машина, раб. по циклу Карно:



Изменение энтропии газа $\Delta S_{\text{газ}} = 0$, т.к. газ возвращается в иск. состояние.

Обратимый цикл Карно

КПД вычисляется по формулам:

$$\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \frac{Q_2}{T_2} = \frac{Q_1}{T_1}$$

В случае отвода тепла, говорим, что подведено $-Q_2$ тепла:

$$Q_2' = -Q_2$$

$$\frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2'}{T_2} = 0$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{T_i} = 0$$

$\frac{Q}{T}$ - приведенная теплота

У замкнутого цикла \equiv сумма ∞ числа циклов Карно \Rightarrow

У замкнутого обратимого цикла: $\int \frac{dQ_i}{T_i} = 0$ или $\int \frac{dQ_{\text{обр.}}}{T} = 0$

равенство Клаузиуса

Теорема Клаузиуса:

Сумма приведенных теплот при переходе из состояния в состояние не зависит от формы перехода в случае обратимых процессов.

При наличии тепловых потерь:

$$\int \frac{dQ}{T} < 0 \text{ - неравенство Клаузиуса}$$

это характеризует необратимые циклы

$$\int \frac{dQ}{T} < 0 \text{ или } \Delta S_{\text{необр}} > 0$$

Вывод: при любых необратимых процессах в замкнутой системе энтропия возрастает ($dS > 0$)

При обратимом процессе:

$$dQ = TdS$$

При необратимом процессе, как доказано Клаузиусом:

$$dS > \frac{dQ}{T}$$

Основное соотношение термодинамики

$$TdS \geq dU + dA$$

- объединенная форма I и II начал термодинамики

Свободная энергия (F) - есть максимальная возможная работа, кот. может совершить система, обладая каким-то запасом внутренней энергии.

Внутренняя энергия системы U равна сумме свободной (F) и связанной энергии (TS):

$$U = F + TS$$

Связанная энергия - часть внут. энергии, кот. не может быть преобразована в работу - обесцененная часть внут. энергии.

5 параметров состояния ТДС:

$$U, P, V, T, S$$

$$U = TS - PV \quad - \text{внут. энергия}$$

$$H = U + PV \quad - \text{энтальпия}$$

$$F = U - TS \quad - \text{ТДП Гельмгольца}$$

$$G = U - TS + PV \quad - \text{ТДП Гиббса}$$

Эффект Джоуля-Томсона

- если идеальный газ адиабатически расширяется и совершает при этом работу, то он охлаждается, т.к. работа в данном случае совершается за счет его внут. энергии.

Эффект состоит в изменении температуры газа врез-те медленного протекания газа под действием постоянного перепада давления в узкой трубочке

$$H = PV + U \quad - \text{энтальпия, ф-я состояния}$$

Энтальпия - термодинамический потенциал, характеризующий состояние системы в равновесии.