

12. Zasady termodynamiki i związki statystyczne. Sprawność silnika. Cykl Carnota.

Podstawowe twierdzenia termodynamiki statystycznej.

Zerowa zasada termodynamiki:

Jeżeli dwa układy znajdują się w stanie równowagi z trzecim układem, to muszą znajdować się w stanie równowagi względem siebie.

„I” zasada termodynamiki:

-dla układu izolowanego $E = \text{const}$

-dla układu oddziałującego $dE = dW + dQ$

„II” zasada termodynamiki:

W sformułowaniu entropowym:

-układ izolowany $\Delta S \geq 0$ (entropia zawsze rośnie)

-układ oddziałujący $dS = \frac{dQ}{T}$ (pochłanianie ciepła powoduje wzrost entropii).

Dla silnika: niemożliwe jest zbudowanie takiego silnika, który w całości zamieniałby ciepło na pracę (tzn. nie istnieje perypetum mobile drugiego rodzaju).

Dla sprawności: sprawność każdego silnika jest mniejsza niż: $(T - T')/T$.

„III” zasada termodynamiki:

Jeżeli $T \rightarrow 0_+ \Rightarrow S \rightarrow S_0$

gdzie S_0 jest stałą uniwersalną niezależną od rodzaju materiału

Związki statystyczne.

$P \sim \Omega$ - liczba stanów dozwolonych

$S = k \ln \Omega \Rightarrow \Omega = \exp\left(\frac{S}{k}\right)$ pozwala na przejście między mikro- a makroskopowym opisem

$P \sim \exp\left(\frac{S}{k}\right)$ prawdopodobieństwo, że układ makroskopowy znajduje się w stanie o danej entropii S

Sprawność silnika

Aby silnik działał prawidłowo, musi spełniać zasady termodynamiki:

1. $W = Q - Q' \Rightarrow Q' = Q - W$
2. $\Delta S^* = \Delta S + \Delta S' = \frac{-Q}{T} + \frac{Q}{T'} \geq 0$

$$\frac{-Q}{T} + \frac{Q - W}{T'} \geq 0$$

$$\frac{W}{T'} \leq \frac{Q}{T'} - \frac{Q}{T}$$

$$\frac{W}{T'} \leq Q \left(\frac{1}{T'} - \frac{1}{T} \right) = Q \left| \frac{T - T'}{T' T} \right|$$

sprawność:

$$\eta = \frac{W}{Q} \leq \frac{T - T'}{T} = 1 - \frac{T'}{T}$$

$\eta \leq 1 - \frac{T'}{T}$ tak musi być, aby silnik spełniał zasady termodynamiki

Cykl Carnota

Silnik to układ termodynamiczny podlegający procesowi cyklicznemu, tzn. procesowi, w którym stan końcowy jest identyczny ze stanem początkowym. Cykl Carnota składa się z następujących procesów:

- a) pobranie ciepła $Q > 0$ ze zbiornika o temperaturze T ,
- b) przekazanie ciepła $Q' > 0$ do zbiornika o temperaturze T', T ,
- c) wykonanie pracy $W > 0$.

Cykl Carnota w układzie (p, V)

$$\eta = \frac{W}{Q} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{T}{T'}$$

Cykl Carnota w układzie (S, T)

$$\Delta S^* = 0 \Rightarrow \frac{Q}{T} = \frac{Q'}{T'} \Rightarrow \frac{Q'}{Q} = \frac{T'}{T}$$
$$\eta = 1 - \frac{Q'}{Q} = 1 - \frac{T'}{T}$$

Pompy ciepłe: odwracamy cykl w silniku cieplnym.