

Cyklický děj plynu

Práce v závislosti na tlaku

Izobarický děj

$$W = -F * \Delta y$$

$$W = -\frac{F}{A} * \Delta y * A$$

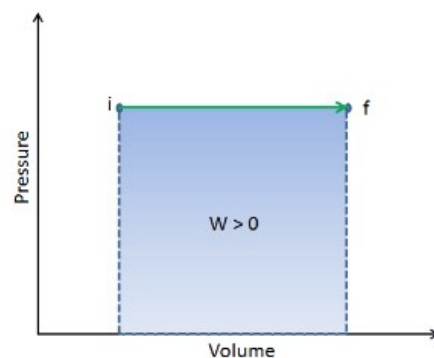
$$W = -p * \Delta V$$

$$(pV = nRT)$$

Práce (na plyn) při izobarickém ději je součin stálého tlaku a změny objemu:

- Expanze ($\Delta V > 0$)- práce působící na plyn je záporná
- Komprese ($\Delta V < 0$)- práce působící na plyn je kladná

Práce je také plocha pod grafem PV diagramu (pracovní diagram)



Děj s měnícím se tlakem

Je potřeba tento děj rozdělit na miniaturní úseky ΔV_x při kterých se tlak dá považovat za konstantní

$$W = -p_1 \Delta V_1 - p_2 \Delta V_2 - p_n \Delta V_n$$

K tomuto výpočtu je třeba užít calculus

Cyklický děj

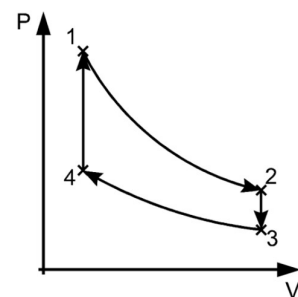
V tepelném motoru se objem nemůže zvětšovat do nekonečna, v určitém budě tedy musí nastat komprese

Jelikož se tedy píst vrátí do původní polohy je to, z pohledu PV diagramu, děj cyklický (uzavírá kruh)

V části 1-3 pracovní látka (plyn/pára) vykoná práci pod horní křivkou a v 3-1 části, v důsledku působení vnější síly, pod spodní křivkou → výsledná práce je tedy obsah vykreslené křivky

Tento cyklus se opakuje, tedy dále „generuje“ energii

Celková změna vnitřní energie je 0- tepelný motor v průběhu části 4-2 teplo přijímá a v průběhu části 2-4 teplo vydává



$$-W = Q$$

$$W'(\text{práce konaná plynem}) = Q$$

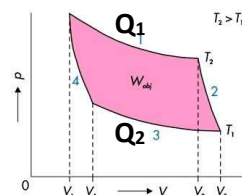
Chladič- těleso od kterého tepelný motor přijme teplo v průběhu 4-2

Ohříváč- těleso kterému tepelný motor předá teplo v průběhu 2-4

Carnotův cyklus

Cyklický děj skládající se ze dvou izotermických a dvou adiabatických dějů

$$W = |Q_1| - |Q_2|$$
$$\eta = \frac{|Q_1| - |Q_2|}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$



Po dosažení entropie (zbytečně komplikované) získáme:

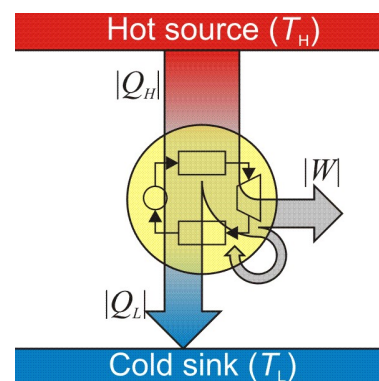
$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Carnotova věta:

- Účinnost všech vratných cyklů, které pracují mezi stejnými teplotami, je stejná a závisí pouze na teplotách obou zásobníků tepla
- Účinnost libovolného nevratného cyklu nemůže být větší než účinnost vratného Carnotova cyklu pracujícího mezi týmiž maximálními teplotami jako nevratný cyklus

Druhý termodynamický zákon

- **Thompson-Planckova formulace:** není možné sestrojít periodicky pracující tepelný stroj, který by trvale teplo přijímal od určitého tělesa (ohříváče) a vykonával stejně velkou práci
- **Clausiova formulace:** teplo nemůže při styku dvou těles různých teplot samovolně přecházet z tělesa chladnějšího na těleso teplejší
- **Thompson-Ostwaldova formulace:** nelze sestrojít perpetuum mobile druhého druhu (tepelný motor bez chladiče/ohříváče tělesa)
- **Carnotova formulace:** žádný tepelný stroj pracující mezi dvěma teplotami nemůže mít vyšší účinnost než Carnotův stroj pracující mezi stejnými teplotami
- **Entropie** (míra neurčitosti systému- počet konfigurací, který může systém mít) **každého uzavřeného systému se neustále zvyšuje a nemůže poklesnout**



Chladič stroj (tepelné čerpadlo)- pracovní látka odebírá teplo chladiči a předává teplo ohříváči

Tepelné motory

Přeměňují část chemické energie paliva na mechanickou energii

Dle pracovní látky:

- Parní motory (parní stroj, parní turbína)- pára se získává mimo motor (tzv. vnější spalování)

- Spalovací motory (plynová turbína, zážehový motor, vznětový motor, proudový motor, raketový motor)- pracovní látkou je plyn vznikající hořením paliva uvnitř motoru (tzv. vnitřní spalování)

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

U tepelných motorů je T_1 např. teplota páry či plynu vzniklém spalováním paliva a T_2 je teplota exhalací (vycházející pára, výfukové plyny)

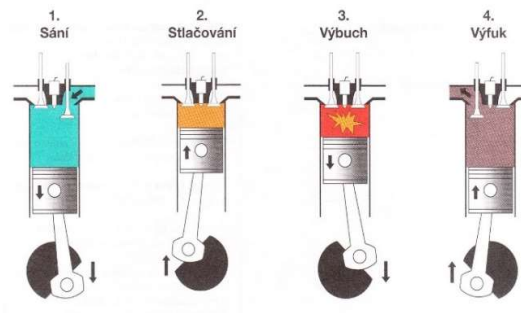
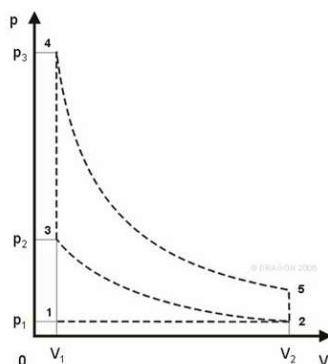
Účinnost tepelných motorů stoupá s rozdílem teplot mezi ohřivačem a chladičem

Typ motoru	η	$\eta_{max.}$	Pozn.
Parní stroj	0,09-0,15	0,35	Účinnost se zvyšuje použitím přehřáté páry
Parní turbína	0,25-0,45	0,6	Používají se v elektrárnách k pohonu generátorů elektrické energie
Zážehový motor	0,2-0,33	0,65	
Vznětový motor	0,3-0,45	0,73	Vzduch se kompresí zahřívá mnohem více než u zážehového motoru a je dále ohřát spálením nafty → vyšší účinnost než zážehový motor
Proudový motor	-	0,5	Většina letadel
Raketový motor	0,5	0,75	Vysoká účinnost díky teplotě plynů (až 4000K)

*První parní stroje koncem 18. století otevřely bránu průmyslové revoluci (1. parní motor- Watt; 1. parní vlaky- Stephenson)

**Proudový i raketový motor spadají do kategorie reaktivních motorů (3. Newtonův zákon- akce a reakce)

Čtyřdobý zážehový motor:



Zážehové motory pracují s nižším kompresním tlakem, palivo (např. benzin) tedy musí být zapáleno jiskrou

Vznětové motory pracují s palivy s vyšší uvolněnou energií → tedy s vyšším kompresním tlakem → palivo (např. nafta) se vznítí samo