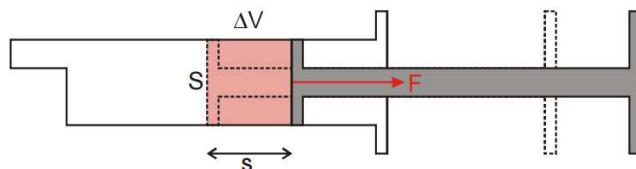


10. Práce plynu, tepelné motory

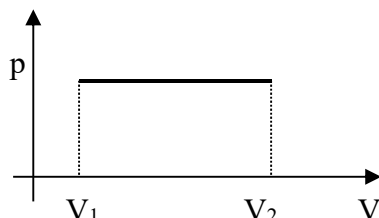
Práce plynu: Plyn uzavřený v nádobě s pohyblivým pístem působí na píst tlakovou silou F a při zvětšování objemu koná práci W' .

Při zavedení práce vykonané plynem $W' = -W$, lze formulovat **1. Termodynamický zákon** ve tvaru $Q = \Delta U + W'$. Teplo Q dodané soustavě se pak spotřebuje na práci soustavy W' dodané okolním tělesům a na změnu její vnitřní energie ΔU .



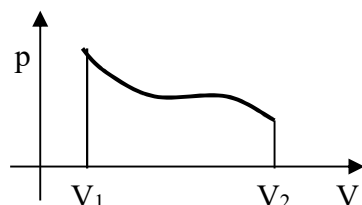
Je-li $p = \text{konst.}$, pak $F = p \cdot S$, kde S je obsah pístu a práce plynu $W' = F \cdot \Delta s = p \cdot S \cdot \Delta s = p \cdot \Delta V$, kde Δs je délka posunutí pístu.

Graf:



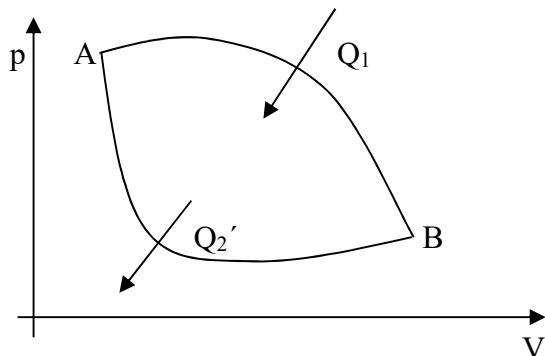
Je-li $p \neq \text{konst.}$, pak $p = f(V)$. Práce vykonaná plynem při zvětšení jeho objemu je znázorněna obsahem plochy pod příslušným úsekem křivky $p = f(V)$.

Graf:



$$W' = \int_{V_1}^{V_2} p dV = \int_{V_1}^{V_2} f(V) dV$$

Kruhový děj: Objem plynu ve válci omezen \rightarrow práce, kterou plyn může vykonat, má omezenou velikost. Aby mohl tepelný stroj cyklicky pracovat, musí se plyn po ukončení expanze vrátit do původního stavu \rightarrow kruhový děj – takový, kdy konečný stav soustavy je totožný s počátečním stavem. To znamená, že celková změna vnitřní energie po ukončení jednoho cyklu je nulová.



Celková energetická bilance:

$$1. \text{T.Z.: } Q = \Delta U + W'$$

- Pro kruhový děj platí $\Delta U = 0 \text{ J}$.
- Práce vykonaná při kruhovém ději je konána na úkor dodaného tepla podle 1. Termodynamického zákona:
 $Q = W'$

Grafem vyjadřujícím tlak plynu p jako funkci jeho objemu V při kruhovém ději je vždy uzavřená křivka. Obsah plochy uvnitř této křivky znázorňuje celkovou práci vykonanou pracovní látkou během jednoho cyklu.

Q_1 ... teplo přijaté pracovní látkou od ohříváče;

Q_2' ... teplo odevzdané pracovní látkou chladiči;

$Q = Q_1 - Q_2'$... celkové teplo přijaté pracovní látkou během jednoho cyklu.

$W' = Q$... celková práce vykonaná pracovní látkou během jednoho cyklu.

$$\text{Účinnost: } \eta = \frac{W'}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2'}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2'}{Q_1}$$

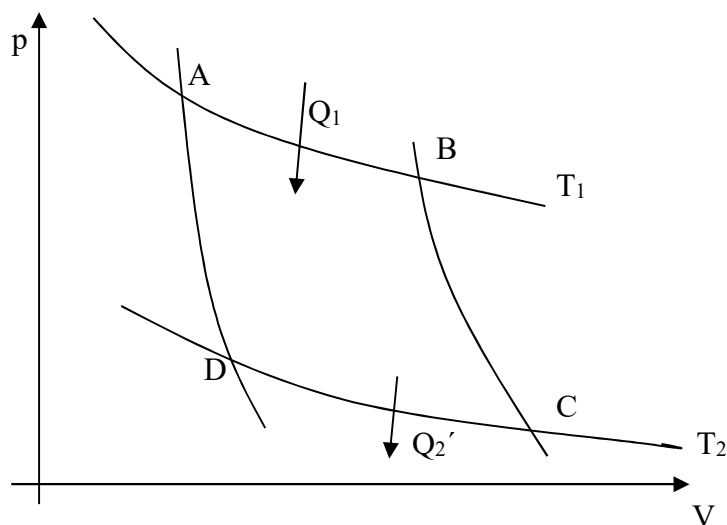
Druhý termodynamický zákon (vyjadřuje zkušenost, že z tepla přijatého od ohříváče lze jen část využít ke konání práce. Zbytek tepla odevzdá pracovní látka chladiči): Není možné sestavit periodicky pracující tepelný stroj, který by jen přijímal teplo od ohříváče a vykonával stejně velkou práci.

Pozn. Jiná formulace tohoto zákona: Při tepelné výměně těleso o vyšší teplotě nemůže samovolně přijímat teplo od tělesa s nižší teplotou.

Carnotův cyklus – vratný kruhový děj složený ze dvou dějů izotermických a dvou adiabatických. Účinnost tohoto cyklu vyjádřená pomocí teploty T_1 ohříváče a teploty T_2

chladiče: $\eta_C = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$ (horní hranice účinnosti reálných tepelných strojů).

Skutečná účinnost je ovlivňována ztrátami a je vždy podstatně menší než horní hranice účinnosti.



Tepelné motory – jsou hnací stroje, které přeměňují část vnitřní energie paliva uvolněné hořením na energii pohybovou (při expanzi koná pracovní látka práci proti vnějším silám a uvádí do pohybu stroj).

Podmínka užitečné práce motoru: práce vykonaná pracovní látkou při expanzi musí být během jednoho cyklu větší než práce, kterou vykonají vnější síly při kompresi této látky!

Pozn. Reálné motory pracují cyklicky v tom smyslu, že po expanzi se pracovní látka z motoru vypouští a stlačuje se nová dávka pracovní látky.

Rozdělení tepelných strojů:

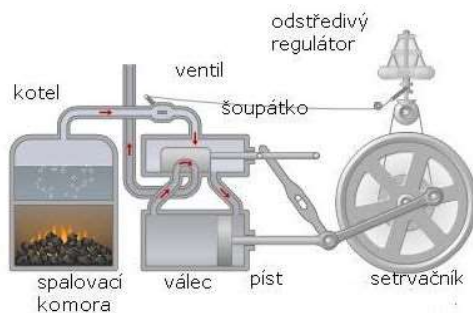
- 1) parní - parní stroj
- parní turbína
 - 2) spalovací - plynová turbína
- pístové motory
 - 3) reaktivní - proudové
- raketové
- a) zážehové - čtyřdobý
- dvoudobý
- třídobý (Wankelův)
- b) vznětové

Pozn.: K maturitě je nutná znalost principu činnosti **čtyřdobého motoru, dvoudobého motoru a proudového motoru**, další informace jsou rozšiřující.

Parní motory - pracovní látkou je vodní pára, která se získává v parním kotli mimo vlastní motor

Parní stroj

- nejstarší tepelný motor (sestrojen r. 1712 - Thomas Newcomen)
- účinnost: 9 - 15 %
- Pára z kotle je přes regulátor vedena do ústrojí vnitřního rozvodu (nejčastěji šoupátkové komory) a odtud je rozdělována do válce. Tam svým tlakem způsobuje pohyb pístu. Použitá pára je opět přes šoupátkovou komoru



vypouštěna ven. Posuvný pohyb pístu je přes pístní tyč, křížák a ojnici přenášen na kliku, která posuvný pohyb převádí na otáčivý (rotační).

- Část výkonu stroje je odebírána ústrojím vnějšího rozvodu, které řídí nucený pohyb částí vnitřního rozvodu (šoupátka, řídicí ventilů), usnadňuje rozběh stroje, umožňuje nastavit stupeň plnění válce a také změnu směru otáčení (reverzaci), je-li požadována.

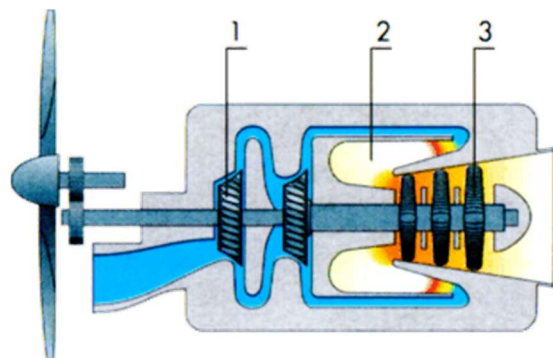
Parní turbína

- energie vodní páry se přeměňuje na kinetickou energii oběžného kola
- použití: tepelné elektrárny - k pohonu generátorů elektrického napětí (výkon 200 - 600 MW)
- účinnost: 25 - 35 %

Plynová turbína – princip činnosti:

nasávání vzduchu do kompresoru - z něj je vytlačován do spalovacích komor - zde se do něj vstříkuje palivo - výbuch - zplodiny velkou rychlostí proudí na lopatky turbínových kol - roztáčení turbíny (předání části energie) - únik zplodin do ovzduší

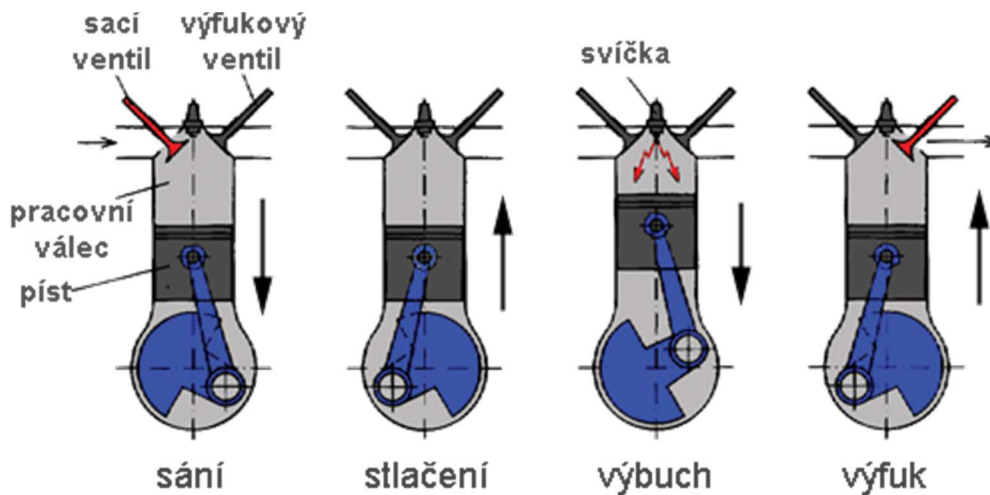
- Použití: pohon elektrických generátorů (1 – kompresor, 2 - spalovací komora, 3 - turbína)



Zážehové motory

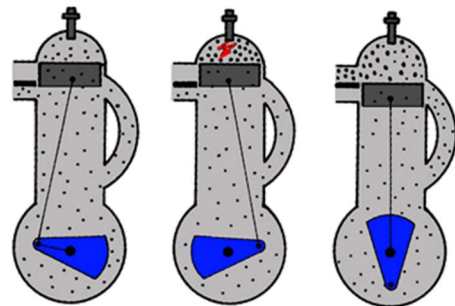
Čtyřdobý motor – pracuje ve čtyřech taktech

1. *sání* - sací ventil otevřen, výfukový uzavřen, píst jde dolů, do válce je nasávána pohonná směs vzduchu a benzínu vytvořená v karburátoru
2. *stlačení* – sací a výfukový ventil uzavřen, píst jde nahoru a stlačuje pohonnou směs, píst se blíží horní úvratí, přeskočí ve válci jiskra (svíčka) a zapálí směs
3. *výbuch* (expanze) - sací a výfukový ventil uzavřen, zápalná směs prudce shoří, vytvořené plyny stlačují píst dolů - tento takt (zdvih) je pracovní
4. *výfuk* - sací ventil uzavřen, výfukový otevřen, píst jde nahoru a vytlačuje spálené plyny mimo válec
 - účinnost: 20 - 35%
 - použití: osobní automobily



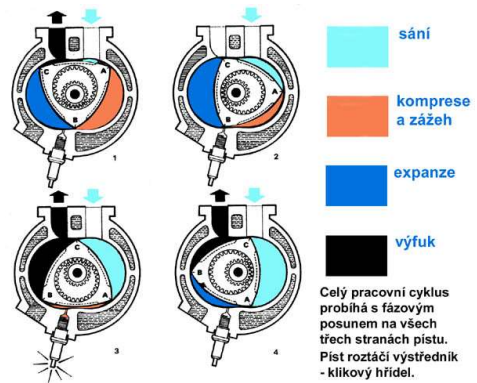
Dvoudobý motor - 2 takty:

1. sání a stlačení
 2. výbuch a výfuk
- motor nemá ventily
 - přívod paliva a výfuk spálené směsi řídí píst svým pohybem
 - použití: motocykly, některé druhy osobních automobilů, sekačky



Wankelův motor - spalovací motor s rotačním pístem založený na principu rozpínání plynů

- snaha o využití rozpínání plynů mechanismem, který by zaujímal menší prostor než mechanismus s ojnicí a klikou způsobující neustálé zastavování a zrychlování pístu mařící spalováním získanou kinetickou energií a který by bylo možno zcela vyvážit
- založen na tom, že otáčející se díly jsou uspořádány tak, aby plynulé a cyklické zvětšování a zmenšování prostoru mezi válcem a pístem bylo vyvoláno výhradně částmi, jejichž těžiště se rovnoměrně otáčejí, takže jejich odstředivou

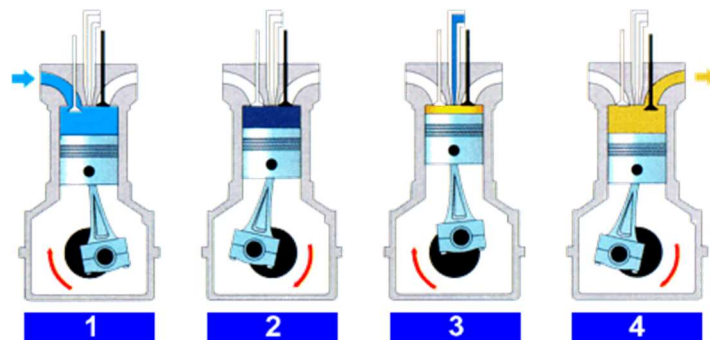


sílu je možno zcela kompenzovat. Takovéto stroje jsou zahrnuty pod společný název rotační.

- nevýhody: vyšší spotřeba paliva a tepelné ztráty

Vznětový motor (Dieselův)

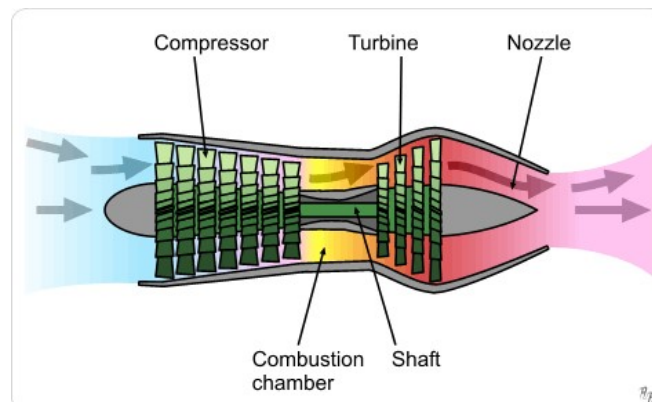
- podobný chod jako u motoru čtyřdobého zážehového
- rozdíly: nepotřebuje karburátor ani svíčku, do válce se nasává čistý vzduch, který se prudkým adiabatickým stlačením zahřeje na vysokou teplotu, do tohoto horkého vzduchu se vstřikovacím čerpadlem vstříkne jemně rozptýlená nafta, která se vznítí a postupně spaluje
- použití: nákladní automobily, autobusy, traktory, lokomotivy, lodě, generátory elektrického napětí
- účinnost: 30 - 42 %



Reaktivní motory

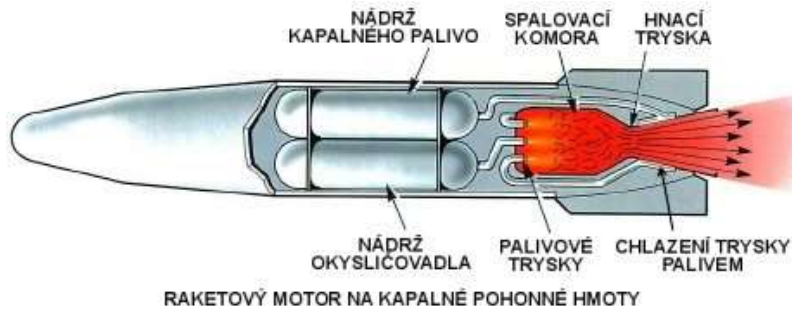
Proudový motor

- princip činnosti:
 - o vzduch vnikající vstupním otvorem motoru je vtlačován kompresorem do spalovacích komor
 - o do komor se přivádí současně tryskou rozprášené palivo, jehož hořením se vzduch zahřeje
 - o horká spálená směs pod vysokým tlakem uniká přes lopatky oběžných kol plynové turbíny, která se roztočí a pohání opět kompresor
 - o nakonec plyn unikem z motoru na základě zákona akce a reakce uvádí motor do pohybu
- použití: pohon letadel



Raketový motor

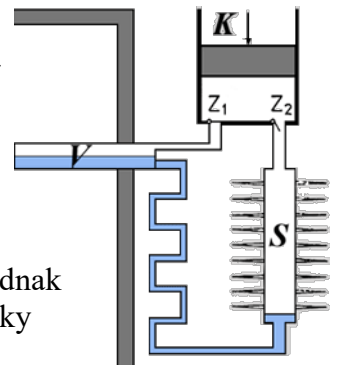
- princip činnosti:
 - o ve spalovací komoře se spaluje palivo s okysličovadlem
 - o unikající plyny ženou motor na základě zákona akce a reakce vpřed
- použití: umělé družice, kosmické sondy a lodě (mohou pracovat v meziplanetárním prostoru - nepotřebují vzdušný kyslík na rozdíl od proudového motoru)
- účinnost: až 50 %



Chladicí stroje (tepelná čerpadla): a) kompresorové b) absorpční

- jsou cyklicky pracující stroje, které udržují v chlazeném prostoru teplotu podstatně nižší než je teplota okolního prostředí

Příkladem **chladicího stroje** je **kompresorová chladnička**, jejíž činnost si stručně popíšeme pomocí obrázku. Ve výparníku V se vypařuje freon při tlaku asi 0,18 MPa a teplotě -15 °C. Skupenské teplo k tomu potřebné odebírá z prostoru chladničky. Ve válci kompresoru K se posouvá píst nahoru, záklopka Z_1 se otevře (Z_2 je uzavřena) a pára z výparníku se rozpíná do válce. Při posuvu pístu dolů se uzavře záklopka Z_1 a otevře se záklopka Z_2 . Pára se stlačuje na tlak asi 0,76 MPa a přitom se zahřívá. Uvedenému tlaku odpovídá teplota syté páry freonu 30 °C. Pára freonu je vytlačována do chladiče S, ve kterém probíhá tepelná výměna mezi párou a okolním chladnějším vzduchem. Pára freonu kapalní a kapalina je vytlačována expanzní trubičkou do výparníku. Tento kruhový děj se periodicky opakuje.



V **absorpčních chladničkách** se dosahuje oběhu plynné chladicí látky jednak jejím pohlčováním v pomocné látce, jednak jejím vypuzováním z této látky ohříváním.

Tepelné čerpadlo je zařízení podobné chladničce. Dokáže odebírat teplo ze svého okolí (např. řeky, odpadních vod, vzduchu i z půdy), jím zvýší teplotu vhodně zvolené teplosměnné látky tak, aby se jejím prostřednictvím mohla ohřívát užitková voda, vytápět apod.

Tak jako u chladničky je základním prvkem tepelného čerpadla **kompresor**. Ten je u tepelných čerpadel poháněn buď elektrickým, nebo spalovacím motorem. Dalšími prvky tepelného čerpadla jsou **výparník, kondenzátor a expanzní ventil**. Dohromady jsou spojeny trubkami do uzavřeného okruhu, který je naplněn pracovním médiem – teplosměnnou látkou. Tato látka se vyznačuje nízkým bodem varu. Po zapnutí kompresoru se médium odčerpává z výparníku v podobě par. Stlačením se v kompresoru ohřívá asi na 50 °C. Ohřáté médium je protlačováno trubičkami kondenzátoru. Plocha trubiček bývá zvětšena připevněnými

lamelami, aby co nejvíce tepla přešlo do topného okruhu. V něm je voda poháněna malým čerpadlem (jako v ústředním topení). Voda, která předala své teplo, se vrací pro nové do kondenzátoru. Médium (stále pod tlakem) se o odebrané teplo ochladí. Tlak se sníží prudce až v expanzním ventilu. S tím však prudce klesne i teplota média, třeba až pod bod mrazu. Zároveň médium kondenzuje. Když takto vymražené médium probíhá trubkami výparníku, v němž se účinkem sání kompresoru opět mění v plyn, snaží se odebrat teplo z okolního teplejšího prostředí. Tím může být i zdánlivě studená voda v řece, vzduch, půda apod. Že se toto prostředí o něco ochladí, většinou ani nepozorujeme. S čím teplejším prostředím čerpadlo pracuje, tím dosahuje větší účinnosti.

