

## 2.3.13 Tepelné stroje II

### Předpoklady: 2312

Vrátíme se k nafouknutému balónku. Když ho pustíme, poletuje chaoticky po místnosti.

Princip jeho pohybu (reaktivní pohon):

- Zákon akce a reakce: vzduch v balónku tlačí na u ústí balónku a vystrkuje jej ven směrem dozadu, vzduch u ústí balónku tlačí partnerskou silou na vzduch v balónku směrem dopředu  $\Rightarrow$  balónek se pohybuje dopředu.
- Zákon zachování hybnosti: balónek a kousky vzduchu u jeho konce na sebe vzájemně působí, kousky vzduchu vylétají směrem dozadu  $\Rightarrow$  podle zákona zachování hybnosti se balónek musí pohybovat směrem dopředu (balónek se „odstrkuje“ od vzduchu, který z něj vylétá  $m_{\text{vzduchu}} \Delta v_{\text{vzduchu}} + M_{\text{balónku}} \Delta v_{\text{balónku}} = 0$ ).

**Př. 1:** Vysvětli, proč se pohyb balónku v průběhu vyfukování (zejména ke konci letu) zrychluje.

- Během letu se zmenšuje velikost balónku a klesá tak odpor vzduchu, který ho brzdí.
- Během letu se zmenšuje hmotnost balónku. Unikají vzduch tak odstrkuje stále lehčí balónek  $\Rightarrow$  zvětšuje se změna rychlosti balónku.

Jak využít reaktivní pohon ke konstrukci motoru?

Stlačený vzduch je nevýhodný (je příliš těžký jako u balónku).

Vzduch o vysokém tlaku můžeme vyrábět podobně jako u motorů: ve spalovací komoře necháme shořet palivo a jednu stranu necháme otevřenou  $\Rightarrow$  horké spaliny budou místo odtlačování pístu volně unikat (a odstrkovat náš motor na druhou stranu, jako odstrkoval vzduch balónek).

**Problém:** ve spalovací komoře je vysoký tlak  $\Rightarrow$  jak do ní dostaneme palivo a hlavně vzduch?

### Proudový motor

Spaliny unikající ze spalovací komory, musí přejít (a tím ztratit část své energie) přes turbínu. Turbína je však nutná, roztáčí hřídel, na které je umístěn kompresor, který vhání vzduch do spalovací komory.

<http://www.youtube.com/watch?v=KYQFYRwNHCw> (čas 0:30)

<http://www.youtube.com/watch?v=p1TqwAKwMuM>

<http://www.youtube.com/watch?v=MUXP3PCDRTE>

Proudový motor vyžaduje pohyb ve vzduchu  $\Rightarrow$  není možné ho použít ve vesmíru.

### Raketový motor

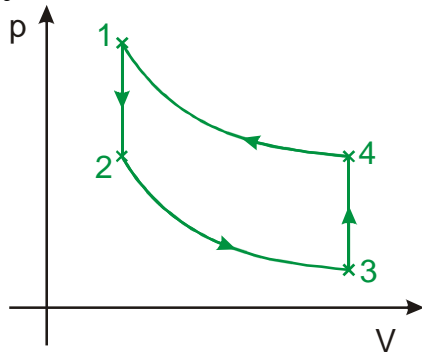
Podobný princip jako proudový motor. Raketa si kromě paliva musí vztít i vzduch (většinou pouze okysličovadlo na hoření).  $\Rightarrow$

- Motor neobsahuje turbínu a kompresor.
- Raketa musí obsahovat obrovské množství paliva a okysličovadla  $\Rightarrow$  malá užitečná hmotnost.

<http://www.youtube.com/watch?v=ZWWjbbqeouM>

<http://www.youtube.com/watch?v=qk7VrKDu11Y>

**Př. 2:** Na obrázku je pV diagram tepelného stroje. Prozkoumej jeho energetickou bilanci, pokud pracuje ve vyznačeném směru. Stroj se v praxi opravu požívá. O jaký stroj jde?



Kruhový děj se skládá ze čtyř dějů:

- 1 → 2: izochorický děj ⇒ Plyn se ochlazuje, práci nekoná.
- 2 → 3: zřejmě izotermický děj ⇒ Teplota plynu se nemění, plyn se rozpíná, plyn koná práci ⇒ plyn přijímá teplo (od chladiče).
- 3 → 4: izochorický děj ⇒ Plyn se ohřívá, práci nekoná.
- 4 → 1: zřejmě izotermický děj ⇒ Teplota plynu se nemění, plyn je stlačován, okolí koná práci na plynu, plyn odevzdává teplo (ohříváči).

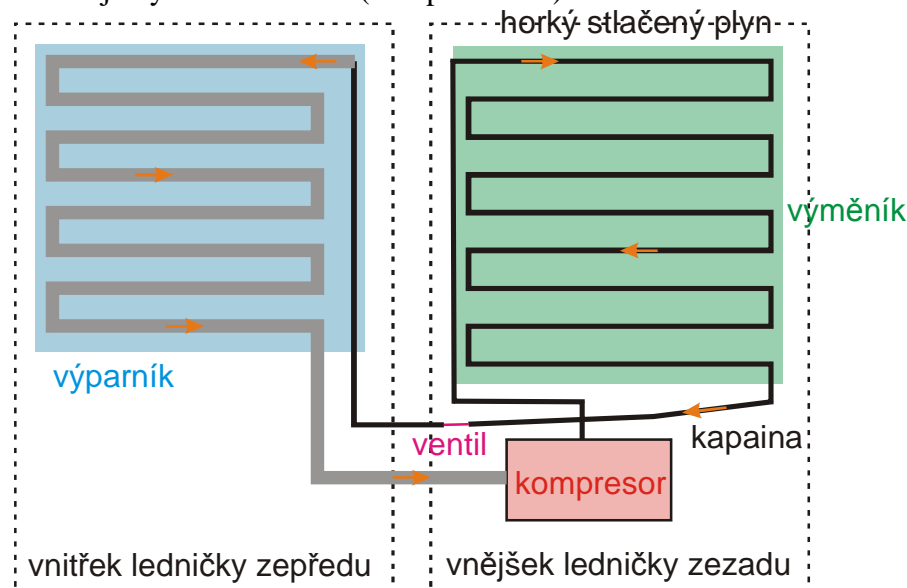
⇒ Celkově: Plyn spotřebovává práci (práce, kterou vykoná je menší než práce, kterou koná okolí), ochlazuje chladič a zahřívá ohříváč ⇒ stroj funguje přesně obráceně než jsme si ukazovali v hodině o kruhovém ději.

Jde o ledničku: spotřebovává práci (je připojena do elektrické sítě) a ochlazuje chladič (vnitřek ledničky) a teplo přenáší do ohříváče (okolí ledničky, teplá drátěná mříž na zadní straně ledničky).

Jaké známe děje, které ochlazují okolí?

- Rozpínání plynu: při rozpnutí se plyn ochladí a pak může ochlazovat okolí.
- Vypařování: při vypařování unikají z kapaliny nejrychlejší molekuly ⇒ průměrná rychlost molekul v kapalině se snižuje ⇒ snižuje se i teplota kapaliny.

Oba děje využívá lednička (kompresorová).



**Kompresor:** odsává vypařený plyn z výměníku a stlačuje ho  $\Rightarrow$  vzniká teplý stlačený plyn (cca  $50^{\circ}\text{C}$ ), který kompresor tlačí do výměníku.

**Výměník:** dlouhá kovová trubička zasazená do kovových žeber na zadní vnější straně ledničky. Horký stlačený plyn z kompresoru prostupně prochází výměníkem, chladne (předává teplo vzduchu vně ledničky) a mění se v kapalinu (v horní části je trubička citelně teplejší než v dolní) o teplotě místnosti (cca  $20^{\circ}\text{C}$ ).

**Ventil:** znatelné zúžení trubice, omezuje množství kapaliny, která projde z výměníku do výparníku.

**Výparník:** silnější trubice stočená (a skrytá) v zadní vnitřní stěně ledničky (nebo u starších typů. Přes ventil do ní přitéká jen malé množství kapaliny, je v něm nízký tlak  $\Rightarrow$  kapalina se rychle vypařuje (tím ochlazuje okolí – vnitřek ledničky). Vzniklý plyn odsává kompresor (tím udržuje nízký tlak a ještě rozpíná (a dále ochlazuje) vzniklý plyn.

**Př. 3:** Proč je lednička většinou bílá nebo kovově lesklá?

Konstrukce ledničky musí bránit průchodu tepla z okolí  $\Rightarrow$  vnější úprava by měla být taková, aby odrážela světelné i tepelné záření.

**Př. 4:** Proč nesmí lednička stát přímo u zdi? Proč nesmí být v uzavřeném prostoru?

Teplo odčerpané z vnitřku ledničky se uvolňuje na její zadní straně ve výměníku  $\Rightarrow$  přes výměník musí dobře proudit vzduch  $\Rightarrow$  ohřátý vzduch musí mít volnou cestu (zejména směrem nahoru).

**Př. 5:** Je možné ochladit vzduch v místnosti tím, že bychom do ní přenesli ledničku a otevřeli bychom ji tak, aby z ní chladný vzduch proudil do místnosti?

Lednička nevyrábí zimu, pouze přečerpává teplo z vnitřku ven  $\Rightarrow$  z vnitřku ledničky by sice proudil studený vzduch, ale a její zadní strany by proudil o to teplejší. Vzhledem k tomu, že lednička pracuje s nějakými ztrátami, by uvolněného tepla na zadní straně bylo víc než tepla odebraného uvnitř  $\Rightarrow$  lednička by místnost ve skutečnosti vyhřívala.

**Shrnutí:** Lednička funguje jako obrácený tepelný stroj.