

Termodynamické zákony v praxi

K.Kopecká, D.Piksa, T.Talanda

Gymnázium Česká Lípa, Gymnázium Děčín, Gymnázium Tišnov
kaarkaa@seznam.cz, piksadrum@seznam.cz, t.talanda@seznam.cz

Abstrakt:

Práce se věnuje tepelným strojům a termodynamice. Nejdříve popisujeme vlastnosti tepelných strojů, jejichž pracovní látkou je plyn. Zabýváme se pracovními cykly, prací vykonanou plynem a účinností tepelných strojů. Provádíme dvě různá měření, výsledky zapisujeme a poté vytváříme grafy. Zjistili jsme, že práce, kterou vykonal plyn, byla zhruba o 50% vyšší než změna potenciální energie závaží, což je poměrně velký rozdíl. Druhé měření bylo zaměřeno na účinnost Peltierova aparátu. Účinnost Peltierova aparátu bez korekce na ztráty tepla vedením byla velice nízká.

1. Úvod

Termodynamika popisuje rozsáhlé systémy mnoha molekul. Příkladem takového systému je ideální plyn, což je soustava velkého množství molekul (v řádech 10^{24}). Každá molekula má svoji polohu, hybnost a v principu je tedy možné předpovídat vývoj systému pomocí Newtonových zákonů. V praxi by to znamenalo soustavu $6 \cdot 10^{24}$ rovnic o $6 \cdot 10^{24}$ neznámých, což v reálném čase nezvládne ani nejlepší počítač. Také neznáme počáteční podmínky, hybnost a polohu, a proto se zavádí statistický popis \rightarrow stavové veličiny.

Ideální plyn

Ideální plyn je soustava velkého množství molekul (v řádech 10^{24}).

Pro molekuly ideálního plynu platí, že:

- 1) rozměry molekul jsou mnohem menší než jejich střední vzdálenosti
- 2) molekuly ideálního plynu mezi sebou navzájem nepůsobí přitažlivými silami
- 3) srážky jsou dokonale pružné, doba srážky 2 molekul je menší oproti době jejich volného pohybu

Ideální plyn lze popsat stavovými veličinami:

tlak p , který je úměrný součtu změn hybností molekul narážejících na jednotkovou plochu za jednotkový čas, objemu V , počet molekul N a termodynamická teplota T , jež závisí na střední kinetické energii všech částic ($E_0 = 1,5kT$), k je Boltzmannova konstanta. Stavové veličiny jsou svázány stavovou rovnicí pro ideální plyn: $pV = NkT$

Účinnost je fyzikální veličina, která udává poměr mezi výkonem a příkonem stroje při vykonávání práce.

Cyklický děj je děj, při kterém se soustava po výměně tepla a vykonání práce vrací do výchozího

stavu. Příkladem je **Carnotův cyklus** - Roku 1824 Sadi Carnot objevil teoretický model tepelného stroje, který má největší možnou účinnost. Carnotův cyklus je vratný kruhový děj ideálního tepelného stroje, který se skládá ze dvou izotermických a dvou adiabatických dějů, má nejvyšší možnou účinnost z tepelných strojů.

Děje v ideálním plynu

1) Izotermický děj

– je děj, při kterém je teplota plynu konstantní a mění se pouze objem a tlak. Podle Boyle – Mariottova zákona platí vztah $pV = konst.$

2) Izochorický děj

– je děj, při kterém je objem plynu stálý, mění se pouze teplota a tlak. Podle Charlesova zákona platí, že $p/T = konst.$

3) Izobarický děj

– je děj, při kterém se nemění tlak plynu, mění se jeho teplota a objem. Z Guy – Lessacova zákona vyplývá, že $V/T = konst.$

4) Adiabatický děj

– je děj, při kterém nedochází k tepelné výměně mezi plynem a okolím $pV^\gamma = konst.$

Peltierův článek je zařízení, které mění elektrickou energii na tepelnou a naopak. K tomu využívá studenou a horkou lázeň.

Horká lázeň je zahřívána elektrickým přístrojem, studená lázeň je ochlazována ledovou vodou.

Účinnost Peltierova článku je dána vztahem:

$$\varepsilon = W/Q_h = P_p/P_h$$

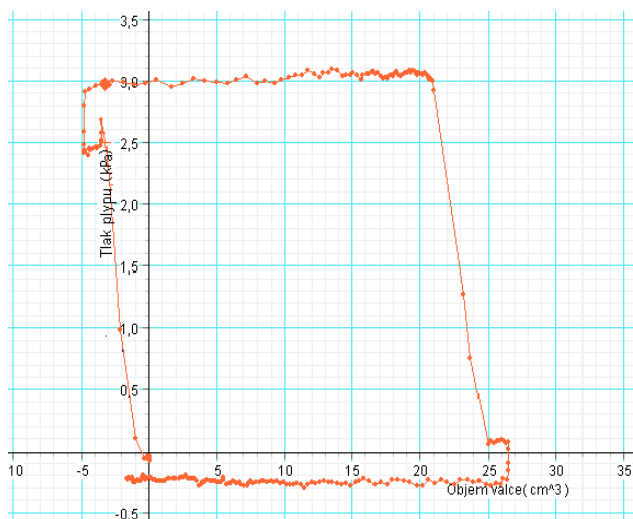
P_p je výkon dodaný strojem, P_h je výkon odebraný teplé lázni.

2. Měření

2.1 Experimentální sestava - Měření na tepelném stroji

Jednoduchý tepelný stroj zdvihne závaží a vykoná tak práci, která je dále porovnána se změnou potenciální energie závaží položeného na píst stroje (viz obr. 1).

Na kruhovém ději jednoduchého tepelného stroje jsme demonstrovali jednotlivé fáze cyklického děje, průběh měření byl snímán přístroji (tlakovým senzorem, rotačním senzorem) a v počítači zanášen do grafu (viz. graf 1).



Graf 1: pV diagram jednoho cyklu tepelného stroje obrázek

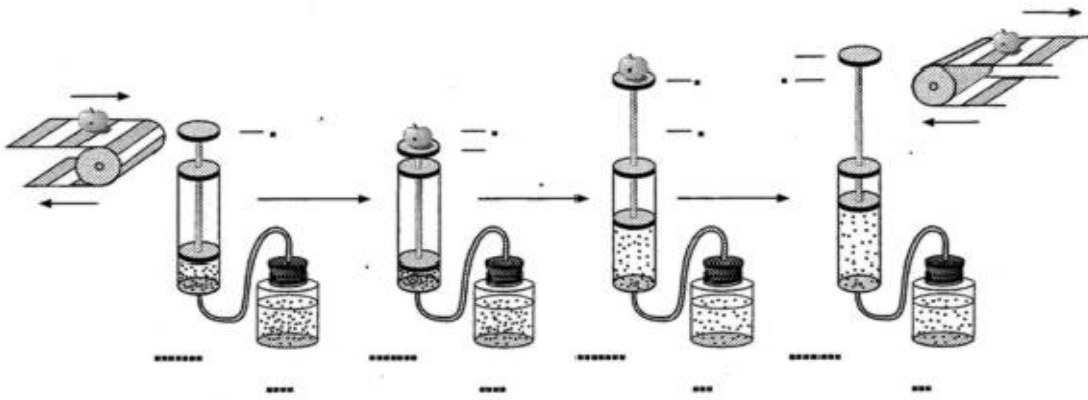


1 - Tepelný stroj

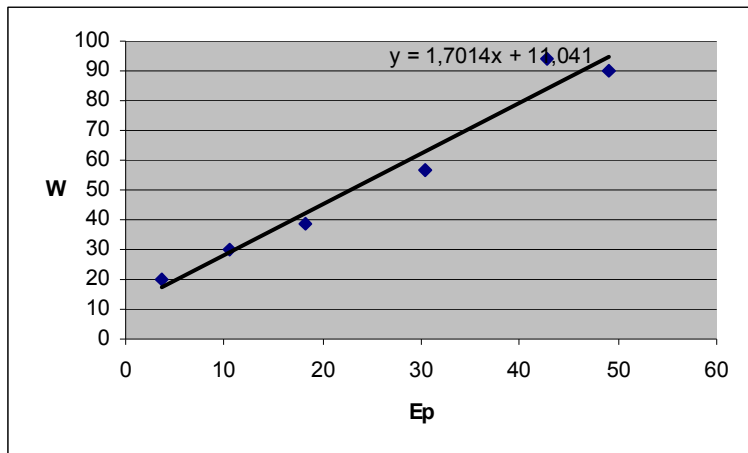
Práce plynu W' (tj. obsah plochy obrazce v grafu 1) by měla být v ideálním případě rovna změně potenciální energie závaží. Naše situace není ideální, protože se obě hodnoty od sebe liší. Změnu potenciální energie závaží spočteme pomocí vzorce $\Delta E_p = m \cdot g \cdot \Delta h$.

Postup

- 1) Na píst položíme závaží, které izotermicky stlačí plyn.
- 2) Po zahřátí pracovní látky(2) se izobaricky zvětšil objem a teplota, píst konal práci a zdvihl závaží.
- 3) Při sundání závaží se snížil tlak (3)
- 4) Při opětovném zchlazení se soustava vrátila do původního stavu.



Obrázek 2: Postup práce

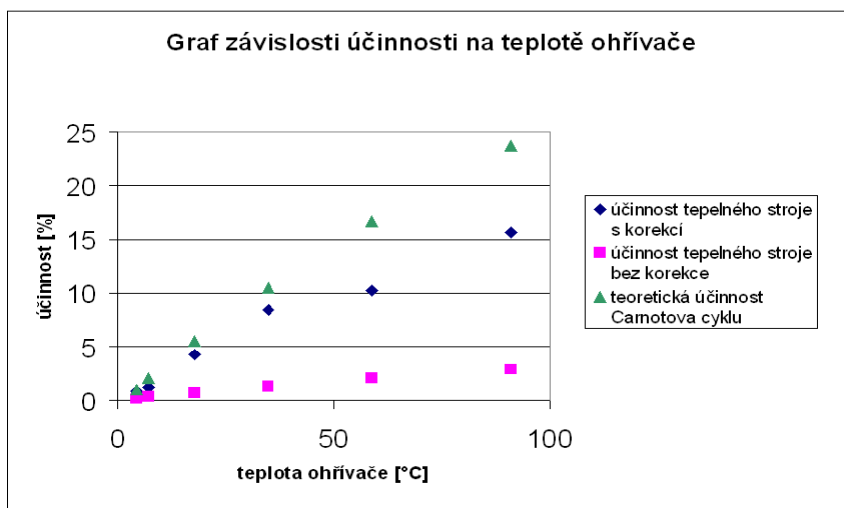
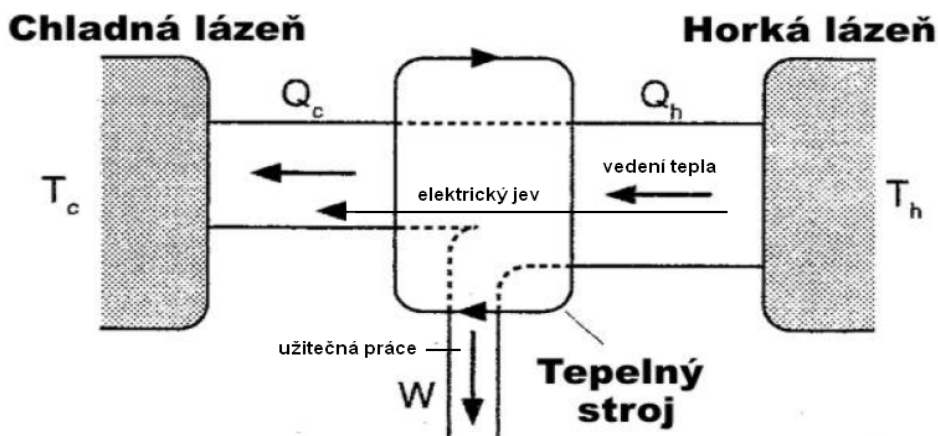


Obrázek 3: Graf závislosti E_p na W

2.2 Měření účinnosti Peltierova článku

Peltierův článek funguje na základě **Peltierova jevu**, který objevil v roce 1834 Jean C. Peltier. Když prochází proud obvodem se dvěma rozdílnými vodiči zapojenými v sérii, jedna z jejich styčných ploch se ochlazuje a druhá zahřívá.

Článek má dvě strany, z nichž jedna chladí a druhá topí. Zařízení pracuje s relativně nízkou účinností (viz. obr. pod textem)



Obrázek 4

3. Shrnutí

Graf účinnosti stroje v závislosti na rozdílu teplot lázní (viz. obr. 4)

Z grafu je zřejmé, že účinnost tepelného stroje s korekcí (tj. odečtení tepla, které proteklo součástí) je blízká účinnosti Carnotova cyklu.

Naopak účinnost tepelného stroje bez korekce (tj. zanedbání tepla, které proteklo součástí) je velmi nízká.

Závislost potenciální energie závaží na vykonané práci tepelného stroje (viz obr. 3)

Z grafu (obr. 3) je zřejmé, že W' je průměrně o 70 % větší než ΔE_p , což neodpovídá ideálnímu případu. Skutečnost je způsobena třením pístu o stěny nádoby, v nádobě byl vzduch místo ideálního plynu, nepřesností použitých přístrojů a také tím, že daný děj byl nevratný.

Poděkování

Děkujeme Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT a supervisorovi Ing. Vladimíru Pospíšilovi.

Reference

[1] Doc. RNDr. Emanuel Svoboda, CSc. a kolektiv, *Fyzika pro 2. ročník gymnázií*, SPN Praha 1985, 1. vydání

[2] Ing. TARÁBEK P., Mgr. ČERVINKOVÁ P. a kolektiv, *Odmaturuj z fyziky*, Didactis s.r.o. Brno 2004

[3] URL http://cs.wikipedia.org/wiki/Carnot%C5%AFv_kruh%C3%BD_d%C4%9Bj[cit. 19. 06. 2007]:79

[4] M. Dicková, A. Krucký, Termodynamické zákony v praxi, Sborník Fyzikálního týdne 2007

[5] Práce tepelného stroje, Fyzikální praktika FJFI

[6] Účinnost tepelného stroje, Fyzikální praktika FJFI