

Termodynamické zákony v praxi

M. Dicková, A. Krucký

Gymnázium Plasy Gymnázium, Dr.Emila Holuba Holice

mikafa@seznam.cz, adamkrucky@seznam.cz

Abstrakt

Cyklický děj jednoduchého tepelného stroje byl v průběhu jednotlivých fází snímán a v počítači zanašen do grafu. Bylo zjištěna i změna potenciální energie. Druhé měření bylo zaměřeno na účinnost Peltierova aparátu.

1. Úvod

Termodynamika popisuje rozsáhlé systémy mnoha molekul, které by mohly být popsány klasickou dynamikou, popřípadě elektrodynamikou, ale v praxi by byl takový přístup téměř nemožný. 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 lepší počítač. O molekulách ideálního plynu můžeme říci:

- 1) jejich velikost je velice zanedbatelná na rozdíl od jejich střední vzdálenosti
- 2) molekuly ideálního plynu mezi sebou navzájem nepůsobí přitažlivými silami
- 3) srážky molekul o stěnu nádoby nebo vzájemná srážka molekul je dokonale pružná – bez ztráty kinetické energie

Každou molekulu ideálního plynu považujeme za hmotný bod s hmotností m_0 . Z druhého předpokladu vyplývá, že celková hodnota kinetické energie soustavy molekul ideálního plynu je nulová. Mezi jednotlivými srážkami se molekuly pohybují neuspořádaným kmitavým pohybem. S ideálním plynem souvisí stavová rovnice

$$pV = NkT$$

Plyn v rovnovážné stavu s objemem V , tlakem p a termodynamickou teplotou T .

Jak z Newtonovského popisu molekul byla odvozena stavová rovnice?

Jestliže vyjdeme ze vztahu: T =teplota, $\langle v \rangle$ = střední rychlost molekul, (to je průměrná rychlost všech molekul v plynu), m_m =molární hmotnost plynu, R =plynová konstanta

$$T = \frac{\langle v \rangle^2 \cdot m_m}{3R}$$

Úpravou dostaneme vzorec :

$$T = \frac{2N_a}{3R} \langle E_k \rangle$$

Ze kterého vyplývá, že teplota je přímo úměrná střední kinetické energii molekul.

2. Základní termodynamické děje

Stav ideálního plynu je tedy charakterizován třemi veličinami p , V , T ,

Ze stavové rovnice vychází, že u ideálního plynu mohou probíhat čtyři základní děje

- 1) Izotermický děj – je děj, při kterém je teplota plynu konstantní a mění se pouze objem a tlak. Podle Boyle – Mariottova zákona platí vztah $pV = konst.$ Z prvního termodynamického zákona plyne, že teplo Q přijaté ideálním plynem je rovno práci W' , kterou plyn při práci vykonal. : $W' = Q$
- 2) Izochorický děj – je děj, při kterém je objem plynu stálý, mění se pouze teplota a tlak. Podle Charlesova zákona platí, že $p = konst. \cdot T$. Při izochorickém ději plyn nekoná práci, protože plyn mění svůj objem a teplo přijaté (resp. odevzdané) je rovno přírůstku (resp. úbytku) vnitřní energie. : $\Delta U = Q$
- 3) Izobarický děj – je děj, při kterém se nemění tlak plynu, mění se jeho teplota a objem. Z Guy – Lessacova zákona vyplývá, že $V = konst. \cdot T$. Z prvního termodynamického zákona vyplývá, že teplo přijaté plynem se rovná přírůstku jeho vnitřní energie a vykonané práce : $Q = \Delta U + W'$
- 4) Adiabatický děj – je děj, při kterém nedochází k tepelné výměně mezi plynem a okolím $pV^\gamma = konst.$ Z toho plyne, že změna vnitřní energie je rovna dodané nebo vykonané práci : $\Delta U = W$

Cyklický děj – je děj, při kterém se soustava po výměně tepla a práce vrátí do výchozího stavu, tedy $\Delta U = 0$ a z prvního termodynamického zákona plyne, že $W = -Q$, na tomto principu pracují tepelné stroje.

Carnotův cyklus – označuje vratný kruhový děj ideálního tepelného stroje, který se skládá ze dvou izotermických a dvou adiabatických dějů.

Účinnost stroje je poměr vykonané práce k dodané energii. V případě Carnotova cyklu to znamená :

$$\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_3}{Q_1}$$

Účinnost lze také vyjádřit vztahem :

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

Tepelné stroje fungují díky rozdílu teplot (tepelnému toku mezi chladnějším a teplejším prostředím). U cyklicky pracujících tepelných strojů prochází pracovní látka posloupností termodynamických dějů a na konci každého cyklu se vrací do výchozí polohy.

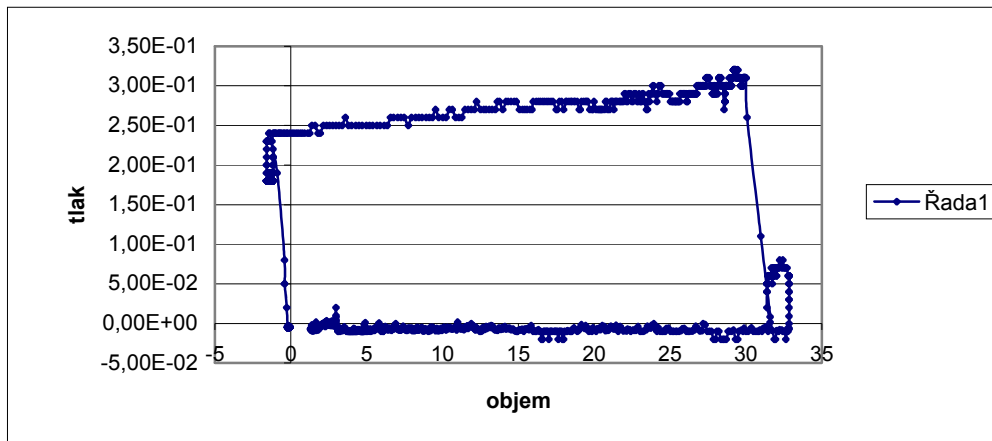
Jestliže tyto děje zobrazíme v pV diagramu, dostaneme uzavřený obrazec. Plocha tohoto obrazce je rovna práci, kterou stroj vykonal v jednom cyklu.

Měření

První měření

Na kruhovém ději jednoduchého tepelného stroje jsme demonstrovali jednotlivé fáze cyklického děje, průběh měření byl snímán přístrojem a v počítači zanášen do grafu.

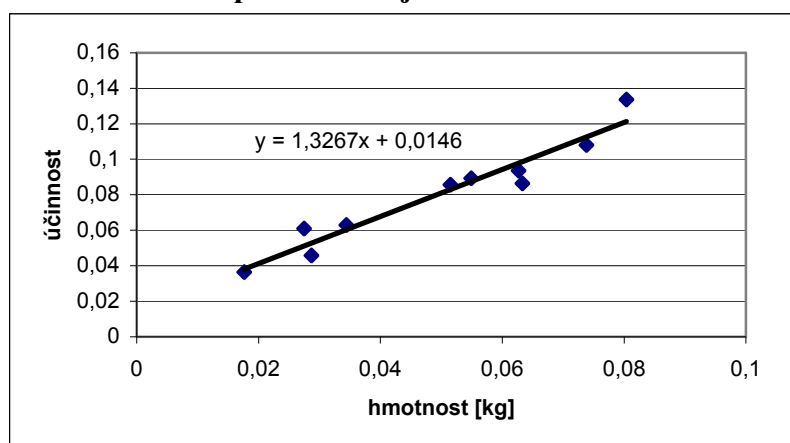
pV diagram jednoho cyklu tepelného stroje



- 1) Na pohyblivý píst bylo vloženo závaží, tím se v uzavřené části izotermicky zmenšil objem a zvýšil tlak.
- 2) Po zahřátí pracovní látky se izobaricky zvětšil objem a teplota (v grafu není tlak konstantní, odchylka měření), píst konal práci.
- 3) Při sundání závaží se snížil tlak a při opětovném schlazení se soustava vrátila do původního stavu.

Obsah obrazce v grafu by měl v ideálním případě být roven změně potenciální energie závaží.

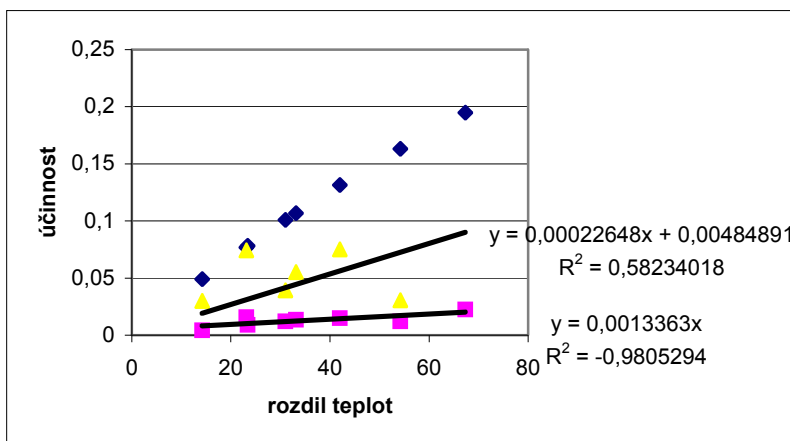
Graf účinnosti tepelného stroje v závislosti na velikosti závaží :



Druhé měření

Měření bylo zaměřeno na zjištění účinnosti tepelného stroje (Peltierova aparátu), na základě rozdílných teplot dvou fází aparát vyvíjel elektrickou energii.

Graf účinnosti stroje v závislosti na rozdílu teplot fází



Námi zjištěné hodnoty účinnosti byly velmi nízké. Oproti teoretickému stavu, což je zapříčiněno přeměnou většiny energie(v podobě tepla) mezi chladnou a teplou fází. Tepelná energie kterou stroj přeměňuje na elektrickou je mizivá v poměru s celkovým tokem.

3. Shrnutí

V této práci jsme měli možnost pracovat s Peltierovým aparátem a zabývat se kruhovým dějem, zvláště pak Carnotůvým cyklem.

Poděkování

- Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT
- Supervizorovi a všem, kteří nám pomáhali

Reference

- [1] Ing. TARÁBEK P., Mgr. ČERVINKOVÁ P. a kolektiv, *Odmaturuj z fyziky*, Didactis s.r.o. Brno 2004
- [2] URL http://cs.wikipedia.org/wiki/Carnot%C5%AFv_kruhov%C3%BD_d%C4%9Bj[cit. 19. 06. 2007]: