

TEPELNÝ STROJ

NÁVOD PRE UČITEĽA

Prerekvizity:

Je dobré ak študenti už mali zavedené pojmy: kruhový dej, izobarický dej, adiabatický dej, práca plynu, ohrievač, účinnosť.

Pomôcky:

počítač so systémom Coach
senzor teploty - Temperature sensor (016) (CMA)(-18..110°C) **načo??**
senzor tlaku - Pressure sensor (023i) (CMA)(0..700 kPa) alebo PS-BTA (Vernier) (0..7bar)
100 ml sklenená striekačka s nízkym trením upevnená na stojane
gumené hadičky rôznych dĺžok
25 ml banka s gumenou zátkou s jedným otvorom
Sklenená trubička tvaru písmena T
2 izolované nádoby (napr. sklenené izolované polystyrénom)
Pravítko **načo????**
200 g závažie
horúca voda (80-90°C)
ľadová voda

Všeobecné poznámky k príprave a k pomôckam:

Sklenená striekačka a tepelný stroj:

V tomto experimente ukážete študentom fungovanie skutočného tepelného stroja. Podstatným prvkom stroja je sklenená striekačka, ktorej trenie medzi piestom a valcovou časťou je veľmi nízke. Veľmi nízke trenie striekačky je možné dosiahnuť jej vyčistením v saponáte a opláchnutím destilovanou vodou. Hrot striekačky je vybavený prepojením, na ktoré je možné pripojiť hadičku. Nedostatkom tejto zostavy je, že sa dá ľahko zlomiť. Treba dávať veľký pozor nato, aby vnútorná časť striekačky s piestom z nej nevypadla.

Snímanie tlaku a objemu v systéme COACH6:

Závislosť tlaku vzduchu od jeho objemu budeme merať v systéme COACH6 pomocou meracej karty COACHLAB II s pripojením tlakového senzora. V programe COACH6 otvorte súbor „*tepelny stroj*“.

Ak súbor pripravený nemáte, otvorte nový súbor – aktivitu, v ktorej nastavíte pripojenie tlakového senzora na 1, resp. 2.kanál. V ponuke *Parametre merania (Measurement settings)* nastavte meracie podmienky nasledovne: *Typ merania (Measurement type)* *Manuálne (Manual)*, *Počet meraní (Number of samples)* 10. Nastavte V ponuke *Graf (Diagram)*, *Vytvoriť/Upraviť graf (Create/Edit diagram)* môžete príp. upraviť označenie osí grafu $p=f(V)$. Na x-ovej osi budete zaznamenávať objem V (cm³) a na osi y hodnoty tlaku p (kPa) (1, resp. 2. kanál). Do ďalších okien môžete vložiť obrázok, schému zostavy experimentu, texty týkajúce sa pomôcok, príp. postupu merania. Súbor nakoniec uložte pod vhodným názvom.

Pred začatím merania vyrovnať tlaku v striekačke s vonkajším atmosférickým tlakom otvorením ventilu tlakového senzora. Pri otvorení ventilu nastavte piest striekačky do polohy odpovedajúcej objemu napr. 60 ml (resp. cm³) a následne ventil uzavrite.

Meranie spustíte stlačením zeleného tlačidla. V okamihu opätovného stlačenia zeleného tlačidla sa zaznamená hodnota tlaku vzduchu a hodnotu odpovedajúceho objemu zadajte manuálne z klávesnice.

Prácu, ktorú vykoná plyn počas nejakého deja môžete určiť z plochy pod p - V diagramom. Po stlačení pravého tlačidla myši na grafickú závislosť, vyberte z ponuky príkaz *Spracovať/Analyzovať (Process/Analyze)*, *Plocha (Area)* a vyznačte oblasť v grafe, ktorej veľkosť chcete určiť. V okne sa

objaví hodnota plochy, resp. práce vykonanej počas tohto deja. Keďže systém COACH neumožňuje určiť plochu uzavretú grafom (iba pod grafom), je výpočet vnútornej plochy z jednotlivých plôch pod grafom časti kruhového deja pomerne nepohodlný. Preto veľkosť plochy odhadneme ručne výpočtom.

Experimenty a vzorové výsledky:

Študenti urobia predpoveď správania sa grafu pre každý z experimentov 1a-1d, pričom predpovedajú jednotlivé priebehy samostatne a o svojich predpovediach diskutujú so svojimi susedmi. Študenti učiteľovi predstavujú svoje predstavy o priebehu deja. Po tejto fáze môžete predviesť všetky štyri doby tepelného stroja. Celý experiment treba predviesť rýchlo, aby sa obmedzil únik vzduchu a prípadné tepelné straty (alebo nežiadúci príjem tepla). Stlačením tlačidla *Prehraj/Replay* sa môžete k jednotlivým fázam cyklu vrátiť a opätovne ich prehrať.

Experiment 1a: Banka je umiestnená v nádobe so studenou vodou a 200 g závažie je mimo piesta. Počkajte chvíľu, kým sa tlak ustáli.

Položte 200 g závažie na piest. Piest sa posunie rýchlo nadol - pôsobením vonkajšej sily na piest sa koná práca. Keďže dej prebehne veľmi rýchlo, čím nestihne dôjsť k tepelnej výmene medzi vzduchom v striekačke a okolím, možno tento dej považovať za adiabatický. Opäť chvíľu počkajte, kým sa tlak vzduchu stabilizuje.

Experiment 1b: Banku preneste z nádoby so studenou vodou do nádoby s teplou vodou. Závažie je po celý čas na pieste.

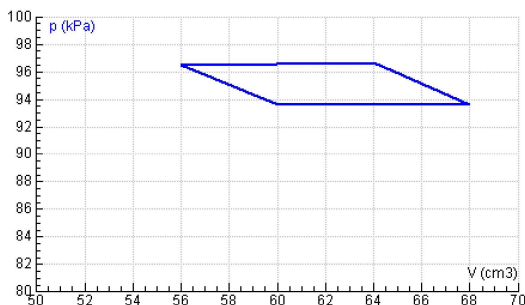
Piest so závažím sa posúva nahor. Keďže tlak plynu predstavuje silu pôsobiacu na jednotkovú plochu, tento tlak je určený silou pôsobiacu na plyn prostredníctvom tiaže piesta, 200g závažia a atmosférického tlaku pôsobiaceho na piest. Keďže ani jedna z týchto veličín sa počas pohybu piesta so závažím nemení, tlak plynu zostáva konštantný. Tento dej je izobarický.

Experiment 1c: Závažie z piesta odstráňte. Banka je stále v nádobe s horúcou vodou.

Piest sa pohybuje nahor. Keďže tento dej prebieha veľmi rýchlo, možno tento dej považovať za adiabatický.

Experiment 1d: Banku premiestnite z nádoby s horúcou vodou späť do nádoby so studenou vodou. Závažie je mimo piesta.

Piest sa posunie nadol. Keďže tlak plynu je určený silou pôsobiacu na plyn prostredníctvom tiaže piesta a atmosférického tlaku pôsobiaceho na piest a tieto veličiny zostávajú konštantné, ide o izobarický dej. Plyn sa vrátil do počiatočného stavu. Typický výsledok popísaného kruhového deja je na obr. 2.



Obr.2: p - V diagram kruhového deja z experimentu

Experiment 1e:

Ako by ste vypočítali prácu plynu vykonanú počas tohto deja? Práca vykonaná počas kruhového deja je úmerná obsahu plochy vnútri p - V diagramu. Obsah tejto plochy môžete určiť využitím vhodného nástroja systému COACH alebo výpočtom.

TEPELNÝ STROJ

POZNÁMKY K PREZENTÁCII UČITEĽA

Úvod k demonštrácii tepelného stroja pomocou IDE:

Študentom na začiatku predstavíme, ako pracuje tlakový senzor.

Študenti pred každým z experimentov 1a-1d predpovedajú priebeh odpovedajúceho grafu a diskutujú o svojich predpovediach so svojimi susedmi. Učiteľ pritom zbiera rozličné predstavy o sledovanom jave od študentov. Upozorníte ich na to, aby si pri každej fáze uvedomili ako sa mení objemu a tlak plynu. Potom môžete predviesť všetky štyri doby tepelného stroja. Celý experiment treba predviesť rýchlo, aby sa obmedzil únik vzduchu a prípadné tepelné straty (alebo nežiadúci príjem tepla). Stlačením tlačidla *Prehraj/Replay* sa môžete k jednotlivým fázam cyklu vrátiť a opätovne ich prehrať.

Experiment 1a: Banka je umiestnená v nádobe so studenou vodou a 200 g závažie je mimo piesta. Počkajte chvíľu, kým sa tlak ustáli. Položte 200 g závažie na piest. Piest sa posunie rýchlo nadol - pôsobením vonkajšej sily na piest sa koná práca.

- Aký je to dej? Keďže tento dej prebehne veľmi rýchlo, nestihne dôjsť k tepelnej výmene medzi vzduchom a okolím a preto tento dej možno považovať za adiabatický. Chvíľu počkajte, kým sa tlak vzduchu stabilizuje.

Experiment 1b: Banku preneste z nádoby so studenou vodou do nádoby s teplou vodou. Závažie je po celý čas na pieste. Piest so závažím sa posúva nahor.

- Aký je to dej? Keďže tlak plynu predstavuje silu pôsobiacu na jednotkovú plochu, tento tlak je určený silou pôsobiacou na plyn prostredníctvom tiaže piesta, 200g závažia a atmosférického tlaku pôsobiaceho na piest.
- Keďže ani jedna z týchto veličín sa počas pohybu piesta so závažím nemení, tlak plynu zostáva konštantný. Tento dej je izobarický.

Experiment 1c: Závažie z piesta odstráňte. Banka je stále v nádobe s horúcou vodou. Piest sa pohybuje nahor.

- Aký je to dej? Keďže tento dej prebieha veľmi rýchlo, nestihne dôjsť k tepelnej výmene medzi vzduchom a okolím a preto tento dej možno považovať za adiabatický.

Experiment 1d: Banku premiestnite z nádoby s horúcou vodou späť do nádoby so studenou vodou. Závažie je mimo piesta. Piest sa posunie nadol.

- Aký je to dej? Keďže tlak plynu je určený silou pôsobiacou na plyn prostredníctvom tiaže piesta a atmosférického tlaku pôsobiaceho na piest.
- Keďže všetky tieto veličiny zostávajú konštantné, tlak zostáva konštantný. Ide o izobarický dej. Plyn sa vrátil do počiatočného stavu (môže však dôjsť k úniku vzduchu).

Experiment 1e: Ako by ste vypočítali prácu plynu vykonanú počas tohto deja? Práca je úmerná obsahu plochy vnútri p - V diagramu. Obsah tejto plochy môžete určiť využitím vhodného nástroja systému COACH alebo výpočtom.

- Ako vypočítate prácu vykonanú plynom počas kruhového deja? Ako je to možné určiť z grafu?