

Gymnázium, Soběslav, Dr. Edvarda Beneše 449/II



Laboratorní cvičení z fyziky

Stavová rovnice plynu

Autor: Mgr. Ivana Stefanová
Jméno souboru: StavRovnice
Poslední úprava: 8. května 2016

Stavová rovnice plynu

Obsah

Pracovní úkoly.....	1
Teorie.....	1
Protokol o měření.....	2
Pracovní postup.....	2
Izotermický děj.....	2
Izochorický děj.....	2
Izobarický děj.....	2
Upozornění.....	3
Soupiska pomůcek a materiálu.....	3

Stavová rovnice plynu

Úkolem laboratorního cvičení je studium plynu a ověření platnosti stavové rovnice v okolí běžných vnějších podmínek (tj. tlaku blízko atmosférického a snadno dostupných teplotách).

Pracovní úkoly

1. Připravte si pracoviště a měřicí aparaturu dle pokynů vyučujícího.
2. Proveďte pro vzduch měření izotermického, izochorického a izobarického děje. Každý pokus probíhá na samostatném pracovišti, postupně se na nich vystřídejte.
3. Z naměřených dat (zejména pak z grafů) posuďte, nakolik se výsledky shodují s teoretickou předpovědí.
4. U izotermického děje spočítejte látkové množství plynu při pokusu. Z přímkou proložené grafem u izochorického děje vypočítejte teplotu, při níž by tlak plynu dosáhl nulové hodnoty. Čím je takto určená teplota významná a jakou hodnotu bychom měli obdržet v ideálním případě?

Teorie

Ideální plyn v termodynamické rovnováze (a v oboru našeho měření totéž předpokládáme i pro použitý reálný plyn—okolní vzduch) se řídí stavovou rovnicí ve tvaru

$$pV = nRT,$$

kde p je tlak plynu v uzavřené nádobě, V je objem tohoto uzavřeného prostoru, n je látkové množství (tj. z kolika částic vyjádřeno v molech se plyn skládá), R je univerzální plynová konstanta a T termodynamická teplota plynu (měřená v Kelvinech). V některých případech vyjádříme objem jako součet pevné části (zásobník) a proměnné části (pohybující se píst) $V = V_0 + V_1$.

Při **izotermickém ději** je konstantní teplota plynu (pokus probíhá pomalu, takže díky probíhající tepelné výměně se teplota vyrovná s okolím), při změně objemu dochází ke změně tlaku. Stavovou rovnici upravíme do tvaru

$$V_1 = nRT \cdot \frac{1}{p} - V_0.$$

Pokud do grafu vynášíme na vodorovnou osu převrácenou hodnotu tlaku a na svislou osu změnu objemu (tj. objem vzduchu v pístu), měli bychom obdržet lineární závislost $V_1 = m \cdot (1/p) + b$, kde pro směrnici m platí $m = nRT$ a úsek b odpovídá záporně vzatému objemu V_0 .

Izochorický děj probíhá při konstantním objemu, nárůst teploty plynu se projevuje nárůstem tlaku, takže v p - T diagramu (závislosti tlaku na teplotě) bychom měli vidět lineární závislost

$$p = m \cdot T + b \quad \text{se směrnicí} \quad m = \frac{nR}{V}, \quad \text{úsek } b \text{ by měl být ideálně nulový.}$$

Pokud podmínkami pokusu zajistíme, že tlak plynu je konstantní, jedná se o **izobarický děj**. Při nárůstu teploty dochází ke zvětšování objemu plynu. Pokud působí píst proti vnější síle, plyn koná mechanickou práci. Stavovou rovnici pro tento případ můžeme upravit do tvaru

$$V_1 = \frac{nR}{p} \cdot T - V_0,$$

takže závislost přírůstku objemu na teplotě by měla být lineární.

Stavovou rovnici ideálního plynu popisuje Svoboda v *Přehledu středoškolské fyziky* (kapitola 3 *Molekulová fyzika a termika*, str. 150 a následující) nebo učebnice *Fyzika pro gymnázia*, díl *Molekulová fyzika a termika* autorů Bartuška, Svoboda (kapitola 3 *Struktura a vlastnosti plynného skupenství látek*, stavová rovnice je popsána v oddíle 3.6 na str. 81 až 83, následuje rozbor jednotlivých dějů).

Protokol o měření

Skupina odevzdá jako výsledek své práce protokol o měření, může být zpracován (i odevzdán) elektronicky nebo ručně, volba je jenom na vás. U dokumentu nebude hodnocena jeho délka, ale správnost, jasnost a fyzikální argumentace. Protokol z tohoto cvičení by měl obsahovat:

- graf¹ naměřené závislosti přírůstku objemu na převrácené hodnotě tlaku plynu při izotermickém ději a vypočtenou hodnotu látkového množství plynu během pokusu (pozor na použití správných jednotek a jejich převody!) včetně chyby,
- graf závislosti tlaku plynu na termodynamické teplotě při izochorickém ději, dále odhad teploty (v tomto případě nemusíte uvádět chybu výpočtu) při které by tlak plynu dosáhl nulové hodnoty a diskusi této hodnoty (viz pracovní úkoly výše),
- graf závislosti přírůstku objemu v závislosti na termodynamické teplotě při izobarickém ději,
- závěr obsahující celkové shrnutí získaných výsledků, porovnání s očekáváním, možné příčiny odchylek od teorie atp.

Pracovní postup

Izotermický děj

Měření se provádí v programu Pasco Capstone, obvyklým způsobem si otevřete připravený soubor `izotermický_děj.cap`.

Izochorický děj

Pro měření a zpracování použijte soubor `izochorický_děj.cap`.

Izobarický děj

Pokus při konstantním tlaku provádějte pomocí souboru `izobarický_děj.cap`

¹ Vzhledem k rozsahu naměřených dat a jejich zpracování počítačem není nutné přikládat tabulku naměřených hodnot v tomto ani dalších případech.

Upozornění



Žáci jsou povinni dodržovat veškerá bezpečnostní pravidla, se kterými byli seznámeni v úvodní hodině. Při práci dbají pokynů vyučujícího a chovají se tak, aby zabránili jakékoliv újmě na zdraví i na svěřeném materiálu. Zvýšenou pozornost věnujte manipulaci s horkou vodou a vyvarujte se popálení horkým vařičem! Uvědomte si prosím, že zvláště počítače a elektronická zařízení jsou z hlediska rozpočtu školy poměrně nákladné položky, které by měly sloužit jako učební pomůcky i pro vaše spolužáky a následovníky.

Soupiska pomůcek a materiálu

Všechna pracoviště:

- počítač (netbook) s programem Capstone, napájecí adaptér,
- rozhraní PowerLink PS-2001, napájecí adaptér, USB kabel,
- teplotní snímač PS-2125 s kovovou sondou.

Pracoviště pro **izotermický děj**:

- skleněná baňka s pryžovým uzávěrem a propojovacími trubičkami,
- vyplachovací stříkačka 150 ml,
- barometrický snímač PS-2113A.

Pracoviště pro **izochorický děj**:

- velký kalorimetr velký použitý jako uzavřený výměník ve vodní lázni,
- malý elektrický regulovatelný vařič,
- snímač absolutního tlaku vzduchu PS-2107.

Pracoviště pro **izobarický děj**:

- kalorimetr velký jako uzavřený výměník ve vodní lázni,
- malý elektrický regulovatelný vařič,
- tepelný stroj TD-8572, přípravek pro uzavření jednoho vývodu,
- ultrazvukový snímač polohy PS-2103A,
- stojan pro fyzikální pokusy, truhlářská svěrka na upevnění,
- vhodná zátěž (např. dřevěný hranol).