

Stavová rovnice ideálního plynu

Vojtěch Beneš

- Výstup RVP:** žák měří vybrané fyzikální veličiny vhodnými metodami, zpracuje a vyhodnotí výsledky měření, aplikuje s porozuměním termodynamické zákony při řešení konkrétních fyzikálních úloh
- Klíčová slova:** stavová rovnice, ideální plyn, izoděje, tlak, objem, teplota, Boyle-Mariottův zákon, Charlesův zákon

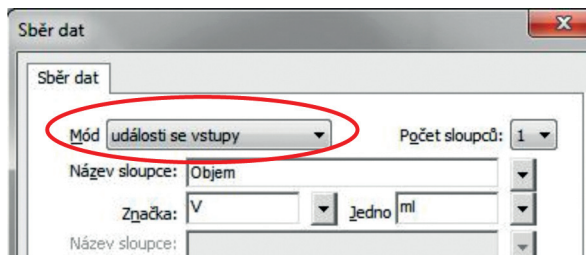
Laboratorní práce
Doba na přípravu:
15 min
Doba na provedení:
90 min
Obtížnost:
vysoká

- Úkol**
1. Experimentálně ověřte Boyle-Mariottův zákon.
 2. Experimentálně ověřte Charlesův zákon, odvoďte z něj teplotu absolutní nuly.

Pomůcky Tlakoměr Vernier s příslušenstvím, teploměr Go!Temp, LabQuest, počítač s programem Logger Pro, stojan, kónická baňka, nádobka o objemu cca 1 l, varná konvice.


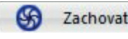
- Teoretický úvod**
- V ideálním plynu se stálým množstvím částic platí následující zákony:
- 1) Boyle-Mariottův zákon: Nemění-li se teplota ideálního plynu, je jeho tlak nepřímo úměrný objemu.
 - 2) Charlesův zákon: Nemění-li se objem ideálního plynu, je jeho tlak přímo úměrný absolutní teplotě.

- Vypracování 1) Boyle-Mariottův zákon**
Provedeme jedenáct měření pro objemy od 15 ml do 5 ml.



Na stříkačce (je příslušenstvím tlakoměru) nastavte objem 10 ml. Připojte ji takto k tlakoměru zašroubováním o půl otáčky. Zapojte tlakoměr do analogového vstupu LabQuestu a LabQuest propojte s počítačem.

V programu Logger Pro zvolíme **Experiment** → **Sběr dat** a změníme **Mód** na **Události se vstupy**, popis dle obrázku.

Měření zahájíme kliknutím na ikonu . Poté, co na stříkačce nastavíme požadovaný objem, stiskneme  a do okna, které se otevře, zapíšeme objem v ml. Hodnota odpovídajícího tlaku mu bude automaticky přiřazena. Postupujte od 10 ml do 5 ml a pak od 11 ml do 15 ml vždy po 1 ml.

Pozor, objem nesmí klesnout pod 5 ml!

- Vyhodnocení**
- V nastavení grafu necháme zobrazit jednotlivé body, které nebudeme spojovat. Identifikujte typ křivky $p = f(V)$ a odpovídající matematickou funkci. Prostřednictvím menu **Analýza** → **Proložit křivku** proložte body vhodnou křivkou.
- Na základě tvaru křivky a rovnice regrese rozhodněte, zda se podařilo ověřit Boyle-Mariottův zákon.

Stavová rovnice ideálního plynu

2) Charlesův zákon

Provedeme sedm měření v teplotním intervalu 20 °C až 90 °C.




Do kónické baňky vsuneme gumovou zátku se dvěma otvory (je příslušenstvím tlakoměru). Do jednoho z nich našroubujeme uzávěr (ponecháme otevřený). Do druhého napojíme hadičku, jejíž druhý konec zašroubujeme do tlakoměru. Tlakoměr je zapojen v LabQuestu, LabQuest do počítače. Baňku připevníme ke stojanu a ponoříme do nádoby s vodou o pokojové teplotě.

V tento okamžik zavřeme ventil; tento musí zůstat uzavřený po celou dobu měření. Zátka musí v hrdle baňky držet pevně, aby vzduch nemohl zevnitř uniknout.

Do USB portu počítače vsuneme teploměr Go!Temp.

V programu Logger Pro zvolíme **Experiment** → **Sběr dat** a nastavíme **Mód Vybrané události**.

Postupně budeme měnit teplotu vody v nádobě a budeme sledovat tlak a teplotu plynu. Na  klikneme až poté, co se hodnoty tlaku a teploty ustálí (přibližně 30 s).

Pozor, nádoba s vodou o 90 °C je horká!

Vyhodnocení V programu Logger Pro sestrojíte graf závislosti tlaku na teplotě. Proložte jej vhodnou křivkou. Na základě grafu rozhodněte, zda jste ověřili Charlesův zákon.

Absolutní nula je teplota, při které by se zastavil tepelný chaotický pohyb. V tom případě by i tlak plynu poklesl na nulu. Graficky nebo pomocí rovnice regrese najděte experimentální hodnotu absolutní nuly ve °C a porovnejte ji se známou hodnotou. Učiňte závěr.

Vylepšení (pro šikovné) Oba zákony jste pravděpodobně ověřili se značnou chybou.



V případě Boyleova zákona je chyba způsobena tím, že přírodní hadička ke tlakoměru má nenulový objem V_1 . Přeneste naměřená data do Excelu a najděte, jaký objem V_1 musíme přičíst ke změřenému objemu V , aby byl součin $p \cdot V_{\text{celkový}}$ konstantní.

Proveďte kvalifikovaný odhad chyby, s jakou byly zákony ověřeny: vypočítejte aritmetické průměry hodnot $p \cdot V_{\text{celkový}}$ a p/T (teplotu jste si převedli na kelviny) a určete, o kolik procent se liší od aritmetického průměru nejvíce vzdálená hodnota.