

# BOILIO IR MARIOTO DĒSNIO PATIKRINIMAS

**Darbo užduotis.** Patikrinti Boilio ir Marioto dėsnį. Apskaičiuoti dujų kiekį cilindre ir darbą, atliekamą suspaudžiant dujas.

**Teorinio pasirengimo klausimai.** Izoprocesai termodinamikoje. Molio masės samprata. Dujų plėtimosi darbas.

**Teorinė dalis.** Svarbiausi chemiškai vienalyčių dujų termodinaminiai parametrai yra jų tankis  $\rho$  (arba jam atvirkščias dydis, t.y. savitasis tūris  $V_s$ ), slėgis  $p$  ir temperatūra  $T$ . Šiuos būsenos parametrus siejanti lygtis vadinama būsenos lygtimi:

$$f(p, V_s, T) = 0 \text{ arba } \varphi(p, \rho, T) = 0. \quad (1)$$

Dažnai būsenos lygtyje vietoje savitojo tūrio  $V_s$  arba medžiagos tankio  $\rho$  yra rašoma juos nusakanti medžiagos masė  $m$  bei jos užimamas tūris  $V$ .

Idealiosioms dujoms būsenos lygtis (Mendelejevo ir Klapeirono) užrašoma taip:

$$pV = \frac{m}{M} RT; \quad (2)$$

čia  $m$  – dujų masė,  $M$  – molio masė;  $R = 8,31 \text{ J/(K} \cdot \text{mol)}$  – universalioji dujų konstanta.

Šią lygtį galima užrašyti ir kitu pavidalu:

$$p = nkT; \quad (3)$$

čia dydis  $n = N/V$  yra molekulių skaičius tūrio vienetu ir vadinamas molekulių koncentracija,  $k$  – Bolcmano konstanta ( $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$ ).

Fizikos formulėse dažnai sutinkamos universalioji dujų konstanta  $R$ , Bolcmano konstanta  $k$  ir Avogadro skaičius  $N_A$  ( $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ) yra taip susiję:

$$R = kN_A.$$

Termodinaminės sistemos pusiausvirąjį procesą yra patogų atvaizduoti grafiškai būsenos diagrama, kurioje atidedami tik du pagrindiniai termodinaminiai parametrai:  $p$ – $V$ ,  $p$ – $T$ ,  $V$ – $T$  ar kiti. Trečiąjį parametą galima apskaičiuoti iš būsenos lygties. Pusiausviroji sistemos būseną diagramoje atvaizduojama tašku. Pusiausvirasis termodinaminis procesas yra nuosekli viena po kito sekančių pusiausvirųjų būsenų kaita, todėl diagramoje jis atvaizduojamas kreive.

Kai kurie procesai gamtoje ir technikoje (pavyzdžiui, šiluminiuose varikliuose) vyksta taip, kad vienas iš trijų parametru ( $p$ ,  $V$ ,  $T$ ), apibūdinančių dujų būseną, išlieka pastovus. Tokie procesai vadinami *izobariniu*, *izochoriniu* ir *izoterminiu vyksmais* (gr. *isos* – lygus, vienodas). Jų metu dujų masė nekinta ( $m = \text{const}$ ).

Iš idealiųjų dujų būsenos lygties (2) išplaukia, kad izoterminio proceso metu tam tikros pastovios masės dujų slėgio ir tūrio sandauga nekintant temperatūrai yra pastovi:

$$pV = \frac{m}{M} RT = \text{const}. \quad (4)$$

Šis izoterminio proceso dėsnis ( $pV = \text{const}$ ) vadinamas Boilio ir Marioto dėsniu.

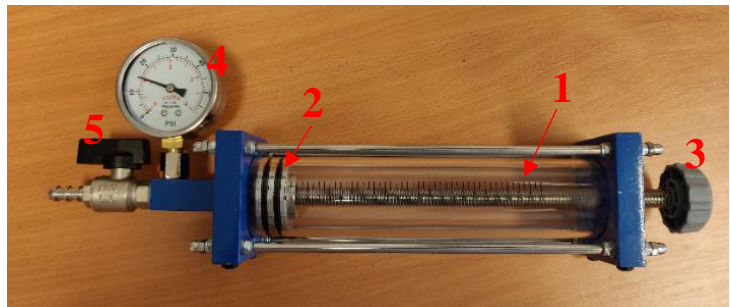
Jeigu termodinaminio proceso metu keičiasi dujų tūris, tai dujos atlieka tam tikrą darbą. Vykstant izoterminiam procesui dujų atliekamas darbas apskaičiuojamas taip:

$$A = \int_{V_1}^{V_2} p dV = \frac{m}{M} RT \ln \frac{V_2}{V_1} = \frac{m}{M} RT \ln \frac{p_1}{p_2}; \quad (5)$$

čia  $p_1$ ,  $V_1$ ,  $p_2$  ir  $V_2$  – atitinkamai pradiniai ir galiniai dujų slėgiai ir tūriai.

### Aparatūra ir darbo metodas.

Matavimo įrangą (1 pav.) sudaro matavimo cilindras 1 su stūmokliu 2, kurio padėtį galima keisti sukant sraigą 3. Slėgį indikuoja manometras 4. Sistemai uždaryti/atidaryti naudojamas ventilis 5. Uždarius sistemą cilindre esantį orą galima išretinti arba suslėgti, priklausomai nuo stūmoklio padėties pokyčio krypties.



1 pav.

Patikrinkite Boilio ir Marioto dėsnį izoterminiam procesui. Tam keičiant matavimo cilindro darbinį tūrį registruojamas slėgis. Tūrį keičiant su pertraukomis galima laikyti, jog dujų temperatūra išlieka pastovi.

1. Išmatuojame matavimo cilindro skersmenį ir nustatome vienos padalos tūrio vertę. Laikyti, kad sienelės storis yra 1mm.
2. Atidarius slėgio suvienodinimo ventilių 5 (1 pav.) stūmoklis pastatomas ties 5 padala. Ventilis 5 uždaromas ir į lentelę užrašomas sistemoje esantis tūris (remiantis prieš tai apskaičiuota padalos verte).
3. Lėtai sukant sraigą 3, stūmoklis stumiamas tūrio mažėjimo kryptimi, pusės didžiosios matavimo padalos žingsniais. Kiekvieną kartą lentelėje pasižymima tūrio ir slėgio vertė. Siekiant užtikrinti izoterminį procesą kiekvieną kartą sumažinus oro tūrį būtina palaukti bent 30 sekundžių prieš lentelėje pasižymint slėgio ir tūrio vertes.

**Mažindami tūrį stebėkite, kad slėgis neviršytų  $3,8 \cdot 10^5 \text{ Pa}$  !!!**

4. Sumažinus oro tūrį iki 1 padalos eksperimentas baigiamas atsukant ventilių 5.
5. Eksperimentas kartojamas dar bent du kartus su skirtingomis pradinėmis oro tūrio vertėmis.
6. Apskaičiuokite kiekvieno eksperimento metu matavimo cilindre buvusių oro molekulių molių skaičių  $\nu$  remdamiesi (2) formule, bei kiekvieno eksperimento metu Jūsų atliktą darbą  $A$  pasinaudojant (5) formule.
7. Viename grafike nubrėškite visų eksperimentų priklausomybes  $p=f(V)$ .



