

# Vježbe 3. : Termodinamika

## Fizika 2 za matematičare

asistent: Neven Golenić (ngolenic@phy.hr)

25. ožujka 2019.

## II Jednadžba stanja plina

5. Dvije su posude, konstantnih volumena  $V_A = 9\text{ L}$  i  $V_B = 1\text{ L}$ , spojene preko kratke cijevi čiji je volumen zanemariv. Cijev sadrži specijalni diferencijalni ventil koji kad je otvoren omogućava plinu da protječe iz A u B samo ako je tlak u posudi A veći od tlaka u posudi B za  $\Delta p = 1.2\text{ bar}$ . U početnom stanju, posuda A ispunjena je idealnim plinom temperature  $T_{A,0} = 300\text{ K}$  i tlakom  $p_{A,0} = 1\text{ bar}$ , a u posudi B je vakuum.

- Ventil se otvori i cijeli se sustav zagrije na  $T_1 = 420\text{ K}$ . Koliki su tlakovi u posudama A i B?
- Ako je cijeli sustav u stanju iz a) te se nastavi zagrijavanje do temperature  $T_2 = 540\text{ K}$ , hoće li konačni tlakovi u A i B ovisiti o tome je li ventil bio zatvoren ili otvoren tijekom zagrijavanja?

**DZ** Cilindar je podijeljen na dva dijela, A i B. U početnom stanju oba su dijela ispunjena idealnim plinom temperature  $T_0 = 300\text{ K}$ , tlakovi u pojedinom dijelu iznose  $p_{A,0} = 2\text{ bar}$ ,  $p_{B,0} = 1\text{ bar}$ , a volumeni su jednaki  $V_{A,0} = V_{B,0} = 1\text{ L}$ . Odredite stanje plina ( $p, V, T$ ) ako se pusti da se klip kvazistatički pomakne, izotermno, bez trenja do ravnotežnog položaja,

## III Kinetička teorija plinova

3. Ako je Maxwell-Boltzmannova raspodjela brzina molekula dana relacijom  $f(v) dv \propto v^2 e^{-\frac{mv^2}{2k_B T}}$ ,

- normalizirajte raspodjelu,
- izvedite srednju brzinu molekula ( $\langle v \rangle$ ),
- izvedite srednju kvadratnu brzinu molekula ( $\langle v^2 \rangle$ ),
- izvedite maksimalnu brzinu molekula ( $v_{\max}$ ),
- skicirajte raspodjelu te označite veličine iz b), c) i d).

4. Ima li smisla govoriti o temperaturi u pravom vakuumu? Objasnite.

## IV Termodinamičke veličine

1. Izvedite izraz za entalpiju ( $H = U + pV$ ), Helmholtzovu ( $F = U - TS$ ) i Gibbsovu ( $G = H - TS$ ) slobodnu energiju u diferencijalnom obliku ako znate da izraz za unutrašnju energiju glasi  $dU = TdS - pdV$ . Iz diferencijalnih izraza izvedite Maxwellove relacije.

2. Izvedite izraz za entropiju 1 mola idealnog plina pomoću Maxwellovih relacija.

3. Pronađite omjer izotermalne i adiabatske kompresibilnosti ( $\gamma = \frac{\kappa_T}{\kappa_S}$ ) pomoću Maxwellovih relacija.

korisni integrali

$$\begin{aligned} \int_{-\infty}^{\infty} x^{2n} e^{-ax^2} dx &= 2 \int_0^{\infty} x^{2n} e^{-ax^2} dx & \int_{-\infty}^{\infty} x^{2n+1} e^{-ax^2} dx &= 0 \\ \int_0^{\infty} e^{-ax^2} dx &= \frac{\pi^{1/2}}{2a^{1/2}} & \int_0^{\infty} x e^{-ax^2} dx &= \frac{1}{2a} \\ \int_0^{\infty} x^{2n} e^{-ax^2} dx &= \frac{(2n)! \pi^{1/2}}{2^{2n+1} n! a^{n+1/2}} & \int_0^{\infty} x^{2n+1} e^{-ax^2} dx &= \frac{n!}{2a^{n+1}} \end{aligned}$$