

Mehanika fluida – nastavak

7. Tanka aluminijska motka duljine $L = 6 \text{ cm}$ gustoće 2700 kg/m^3 prslonjena je na rub bazena. Dio dužine $l = 2.8 \text{ m}$ nalazi se izvan bazena. Koliki dio motke x je uronjen u vodu? (Rj. $x = 1.26 \text{ m}$)

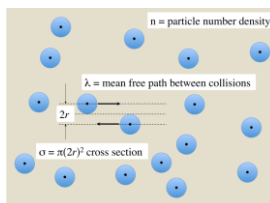
16. Koliki je rad potreban za istiskivanje vode iz horizontalnog cilindra u vremenu t , ako na klip djeluje konstantna sila. Volumen vode u cilindru je V , površina poprečnog presjeka rupice $s \ll S$. Trenje i viskoznost su zanemarivo mali.

Termodinamika

4.1. Ima li smisla govoriti o temperaturi u prostoru, gdje je vakuum?

► Ne možemo govoriti o temperaturi »savršenog vakuuma«, jer se pojam temperature uvodi i definira preko kinetičke energije čestica. Međutim, takav »savršeni vakuum« na makroskopskoj skali tlakova ne postoji. Čak i u međuzvjezdanom prostoru, gdje je daleko bolji »vakuum« nego što ga možemo postići na Zemlji, ima u kubičnom metru oko milijun atoma vodika

Primjer



Za atom vodika u međuzvjezdanom prostoru izračunajte:

- a) srednji slobodni put;
- b) srednju kvadratičnu brzinu;
- c) prosječno vrijeme između dva sudara.

Za efektivni promjer atoma vodika uzmite $2r = 0,1 \text{ nm}$. U međuzvjezdanom prostoru ima u 1 m^3 oko 10^6 atoma vodika temperaure $T \approx 3 \text{ K}$.

$$\text{a) } l = \frac{1}{n\sigma} = \frac{1}{n \cdot \pi (2r)^2} = \frac{1}{10^6 \cdot \pi \cdot 10^{-20}} = 3,2 \cdot 10^{13} \text{ m};$$

$$\text{b) Iz } \frac{1}{2} mv^2 = \frac{3}{2} kT \text{ proizlazi: } v = \sqrt{\frac{3kT}{m}} = 273 \text{ m s}^{-1};$$

$$\text{c) } \tau = \frac{l}{v} = 1,3 \cdot 10^{11} \text{ s} = 4130 \text{ god.}$$

Zadatak 1:

Za molekulu vodika (H_2) u čistoj vodikovoj atmosferi i normalna tlaka odredite srednji slobodni put, srednju kvadratičnu brzinu i prosječno vrijeme između dva sudara, i to za:

- a) $T = 300 \text{ K}$,
- b) $T = 20,3 \text{ K}$ (vrelšte vodika).

Efektivni promjer molekula vodika iznosi $0,22 \text{ nm}$.

Primjer

Bimetalna traka sastoji se od trake cinka i trake željeza debljine po 0,5 mm. Na početnoj temperaturi $t_0 = 22\text{ °C}$ obje su trake jednake dužine $L_0 = 5\text{ cm}$. Ako se temperatura poveća na 80 °C , odredite:

- polumjer zakrivljenosti trake;
- koliki će biti kut θ za koji će se traka savinuti;
- koliko se pomaknuo slobodni kraj trake od prvotnog položaja okomito na dužinu trake.

U danom intervalu temperature koeficijenti linearne termičke ekspanzije za željezo, odnosno cink iznose $\alpha_1 = 12,2 \cdot 10^{-6}\text{ K}^{-1}$, odnosno $\alpha_2 = 30,3 \cdot 10^{-6}\text{ K}^{-1}$.

$$\blacktriangleright \text{ a) } \operatorname{tg} \theta = \frac{L_2 - L_1}{d} \approx \theta \qquad r = \frac{L_1 + L_2}{2\theta} = \frac{L_1 + L_2}{L_2 - L_1} \cdot \frac{d}{2}$$

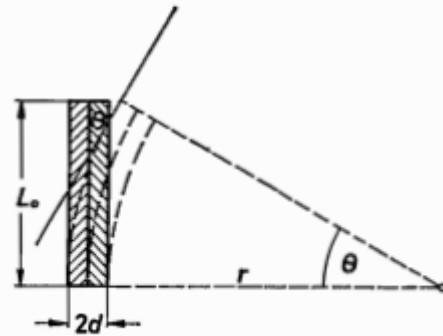
Ako je L_0 dužina trake na temperaturi $t_0 = 22\text{ °C}$, tada zbog $L = L_0(1 + \alpha \Delta t)$ proizlazi:

$$r = \frac{d}{2} \frac{2 + (\alpha_2 + \alpha_1) \Delta t}{(\alpha_2 - \alpha_1) \Delta t} = 0,48\text{ m.}$$

$$\text{ b) } \theta = \frac{L_2 - L_1}{d} = \frac{L_0 (\alpha_2 - \alpha_1) \Delta t}{d} =$$

$$= 0,105\text{ rad.} = 6,01^\circ.$$

$$\text{ c) } X = r(1 - \cos \theta) = 2,62\text{ mm.}$$



Zadatak 2:

Termička ekspanzija tekućina dana je u tabelama relacijom: $V_t = V_0(1 + at + bt^2 + ct^3)$, gdje je t temperatura ($^\circ\text{C}$), a a , b i c su konstante, koje karakteriziraju tu tvar.

Za vodu u intervalu od 0 do 33 °C vrijedi:

$$a = -0,06427 \cdot 10^{-3}\text{ °C}^{-1}$$

$$b = 8,5053 \cdot 10^{-3}\text{ °C}^{-2}$$

$$c = -6,7900 \cdot 10^{-8}\text{ °C}^{-3}.$$

Odredite temperaturu na kojoj je voda najgušća.

Uputa: Voda je najgušća kad joj je specifični volumen najmanji, $\rho = m/V$

Zadatak 3:

Jedan mol dušika nalazi se na temperaturi 300 K zatvoren u volumenu od 10 L. Koliki je tlak dušika ako je:

a) idealni plin;

b) Van der Waalsov plin $\left(a = 1,404 \frac{\text{L}^2 \text{bar}}{\text{mol}^2}, b = 0,03913 \frac{\text{L}}{\text{mol}}\right)$;

c) plin izražen preko virijalnih koeficijenata:

$$\frac{PV}{RT} = 1 + \frac{B}{V} + \frac{C}{V^2},$$

gdje za temperaturu 300 K virijalni koeficijenti iznose: $B = -4,7 \text{ cm}^3/\text{mol}$, $C = 1400 \text{ cm}^6/\text{mol}^2$, a $R = 8,31432 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$;

Usporedite dobivene rezultate.

Zadatak 4:

U zatvorenoj posudi volumena 10L, nalazi se smjesa od 16 g helija i 10 g vodika temperature 300 K.

Koliki je tlak plina na stijenke posude? Čiji je parcijalni tlak veći? Obrazložite.

Zadatak 5:

Zatvorena posuda A ima konstantni volumen $V_A = 9 \text{ L}$. Spojena je sa zatvorenom posudom B konstantnog volumena $V_B = 1 \text{ L}$ preko kratke cijevi čiji je volumen zanemariv. U cijevi se nalazi specijalni diferencijalni ventil. Kad je otvoren ventil omogućava plinu da protječe iz A u B samo ako je tlak u posudi A veći od tlaka u posudi B barem za $\Delta p = 1,2 \text{ bar}$.

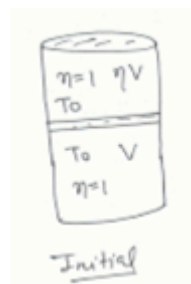
Na početku je idealni plin u posudi A temperature $(T_A)_0 = 300 \text{ K}$ i tlaka $(p_A)_0 = 1 \text{ bar}$, a u posudi B je vakuum.

a) Diferencijalni ventil je otvoren. Ugrijemo cijeli sistem na $T_1 = 420 \text{ K}$. Koliki su tlakovi u posudama B i A?

b) Neka se sistemi A i B nalaze u konačnom stanju iz zadatka a). Zagrijavamo A i B od T_1 na $T_2 = 540 \text{ K}$. Ovisi li konačni tlak plina u A i B o tome da li je ventil bio otvoren ili zatvoren dok se plin zagrijavao? Objasnite rezultat.

Zadatak 6:

Vertikalni cilindar zatvoren na oba kraja ima pregradu koja se lako pomiče bez trenja (pretpostaviti masu m) i dijeli cilindar na dva dijela, od kojih se u svakom nalazi 1 mol zraka. U ravnotežnom položaju, pri temperaturi $T_0 = 300 \text{ K}$, volumen gornjeg dijela cilindra je $\eta = 4$ puta veći od donjeg dijela. Pri kojoj će temperaturi omjer η biti 3?



Zadatak 7:

Pronađi maksimalnu temperaturu idealnog plina u procesima za koji vrijede sljedeće relacije:

a) $p = p_0 - \alpha V^2$

b) $p = p_0 e^{-\beta V}$

gdje su p_0 , α , β pozitivne konstante, a V volumen jednog mola plina.

Zadatak 8:

Visoka cilindrična posuda napunjena je dušikom i nalazi se u uniformnom gravitacijskom polju (akceleracija g). Temperatura dušika se mijenja obzirom na visinu h tako da gustoća plina bude jednaka po cijelom volumenu. Odredi temperaturni gradijent dT/dh .

