

„Fizikos olimpas“

2009/10 mokslo metų II ketvirčio molekulinės fizikos namų darbų užduotys II kursui

1. Stūmoklinis siurblys kiekvieną kartą išsiurbia v_0 tūrio oro. Kiek kartų reikia pompuoti, esant pastoviai temperatūrai, kad slėgis inde sumažėtų k kartų, palyginti su pradiniu slėgiu? Pradinis slėgis inde lygus p_1 , indo tūris V . Kiek kartų reikia pompuoti orą iš atmosferos kitu to paties darbinio tūrio v_0 siurbliu, kad slėgis inde padidėtų iki pradinio? Atmosferos slėgis lygus p_0 .
2. Stiklinis vamzdelis, kurio vienas galas užlituotas, padėtas horizontaliai. Vamzdelyje yra oro, atskirto nuo atmosferos l ilgio gyvsidabrio stulpeliu. Vamzdelio ilgis $2l$, oro stulpelio ilgis $\frac{l}{2}$, atmosferos slėgis $p_0 = \rho g h_0$. Kokiu atstumu pasislinks gyvsidabris vamzdelyje, sukamame kampiniu greičiu $\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$ apie vertikalią ašį, einančią per atvirą (uždara) galą?
3. Mėgintuvėlio apačioje yra oras, o viršuje gyvsidabris (gyvsidabrio aukštis h). Mėgintuvėlio aukštis $2h$. Atmosferos slėgis $p_0 = \rho g h$, oro temperatūra T_1 . Iki kurios mažiausios temperatūros T_2 reikia įkaitinti orą mėgintuvėlyje, kad iš jo išsiliėtų visas gyvsidabris? Kokia bus dujų temperatūra, kai išsilies visas gyvsidabris. Nubraižykite dujų plėtimosi proceso diagramą koordinatinių sistemoje p-V ir T-V.
4. Maksvelo molekulių pasiskirstymo pagal greičius išraiška yra $f(v) = \frac{dN}{Ndv} = 4\pi v^2 \left(\frac{m_0}{2\pi kT} \right)^{\frac{3}{2}} e^{-\frac{m_0 v^2}{2kT}}$. Diferencijuodami išraišką raskite tikimiausią molekulių greitį v_i . Perrašykite šį dėsnį, kad kintamasis būtų $k = \frac{v}{v_i}$. Apskaičiuokite (grafiskai arba apytiksliai integruojant, arba iš lentelių), kuri molekulių dalis η turi greičius intervale $[0,5v_i; 1,5v_i]$.
5. Išveskite barometrinę formulę Žemės paviršiuje esančioms dujoms. Kokio storio sluoksnyje virš Žemės paviršiaus yra 99,999% visų atmosferos dujų?
6. Dujoms plečiantis, gauta p priklausomybė nuo V. Kas vyko su dujomis šiame procese? Kaip kito dujų tankis, didėjant tūriui? Nubraižykite p priklausomybės nuo V diagramą. Įsivedę dydžius α ir β : $p = \alpha V + \beta$, apskaičiuokite dujų atliktą darbą ir vidinės energijos pokytį, dujų tūriui padidėjus nuo V_1 iki V_2 . Izochorinė molinė šiluma C_v .
7. Paveiksle pavaizduotas vieno molio idealiųjų dujų ciklas. Kokie procesai yra 1-2, 2-3, 3-4, 4-1; gavo ar atidavė šilumos kiekius darbinės dujos jų metu ir kokį darbą jos atliko viso ciklo metu?
8. Kiek išils oras $V = 30m^3$ tūrio kambaryje per šaldytuvo darbo laiką $\tau = 4h$? Šaldytuvo našumas $\frac{m}{\tau_0} = 2 \frac{kg}{parai}$ (nuo kambario temperatūros iki užšalimo)/ Kambario temperatūra $T_1 = 293K$, šaldytuvo vidaus temperatūra $T_2 = 273K$. Oro izochorinė specifinė šiluma $c_v = 700 \frac{J}{kg \cdot K}$.

9. Ideali šiluminė mašina šildytuvas yra $m_1 = 4\text{kg}$ $t_1 = 500^\circ\text{C}$ vandens garų, o aušintuvas - 20kg 0°C ledo. Kokį maksimalų naudingą darbą gali atlikti šiluminė mašina?

10. Turime tris tos pačios šiluminės talpos $c = 400 \frac{\text{J}}{\text{K}}$ kūnus, kurių temperatūros $T_1 = 100\text{K}$, $T_2 = 200\text{K}$, $T_3 = 300\text{K}$. Šiluminė mašina gali naudotis visais trimis kūnais. Tikslas yra pakelti vieno iš kūnų temperatūrą iki kuo didesnės vertės T . Kokia maksimali T vertė?

11. Paveiksluose parodyta, kaip kinta dujų slėgis, kintant jų tūriui. Nubraižykite šių procesų diagramas T-V ir p-T.

12. Didelis indas su argonu buvo sujungtas plonu vamzdeliu su čiaupu su labai mažu indu. Pradiniu momentu argono slėgis lygus atmosferiniam. Koks bus slėgis mažame inde atidarius čiaupą ir vėl jį uždarius.

13. Temperatūros T dujų mišinys sudarytas iš v_1 molių molekulių, turinčių i_1 laisvės laipsnių ir v_2 , turinčių i_2 laisvės laipsnių. Mišinys staigiai suspaustas taip, kad tūris sumažėjo N kartų. Rasti darbą, atliktą spaudimo metu.

14. Cilindro dvi lygios dalys atskirtos neslankiu stūmokliu. Viena pusė užpildyta idealiomis dujomis; kita – Van-der-Valso dujomis, kurių lygties pataisos a ir b nėra didelės. Įvertinkite šiuos parametrus:

- Kur nusistovės cilindras, kai stūmoklis taps slankiojantis
- Koks bus stūmoklio mažų svyravimų periodas (masė m).
- Kaip jis priklauso nuo temperatūros.

15. Sistema susideda iš vienodo tūrio konteinerių. Konteineriai iš pradžių yra pripildyti tokių pat vienatomių dujų. Pirmajame dujų slėgis, temperatūra ir molių skaičius lygus $p_1^{pr} = 10^5 \text{Pa}$, $T_1^{pr} = 300\text{K}$, $v_1 = 2\text{mol}$, antrajame - $p_2^{pr} = 2 \cdot 10^5 \text{Pa}$ $T_2^{pr} = 400\text{K}$ $v_2 = 2,5\text{mol}$. Konteineriai sujungti užsuktu čiaupu.

a) Šarlio, Marioto, Gei-Liusako dėsniai gaunami iš Klapeirono lygties, bet visiems jiems būdinga tai, kad keičiantis p, V ar T, molių skaičius išlieka pastovus. Užrašykite naują Mariaus dėsnį tuo atveju, kai kinta slėgis ir molių skaičius, bet nekinta tūris ir temperatūra.

b) Sistemą patalpiname į $T = 350\text{K}$ aplinką, palaukiama, kol nusistovės pusiausvyra ir tada čiaupas atsukamas. Naudodamiesi Mariaus dėsniu apskaičiuokite nusistovėjusį slėgį p ir medžiagos, esančios konteineriuose kiekius v_1^{gal} , v_2^{gal} . Ar galioja energijos tvermės dėsnis sistemai?

c) Užrašykite naują Tado dėsnį, kai kinta slėgis, temperatūra ir molių skaičius, bet nekinta tūris.

d) Pradinė sistema (su skirtingų temperatūrų konteineriais) patalpinama į šilumai nelaidžią aplinką. Atsukus čiaupą nusistovi pusiausvyra. Naudojantis Tado dėsniu ir energijos tvermės dėsniu raskite nusistovėjusį slėgį p, temperatūrą T ir dujų, esančių konteineriuose kiekius v_1^{gal} , v_2^{gal} . Kiek pasikeitė kiekviename konteineryje esančių dujų vidinė energija (lyginti pradinį konteinerio būvį v, T^{pr} su galutiniu v^{gal}, T^{gal})?

e) Kai atsukame čiaupą galima numanyti, kad vyksta du procesai susiję su energijos tarp konteinerių mainais. Pirmiausia, iš vieno konteinerio į kitą teka medžiaga pernešdama savo vidinę energiją. Antra, dėl šilumos laidumo (kaip pvz uždaviniuose su šilumai laidžiais cilindro stūmokliais). Užsimanykime kuo labiau izoliuoti šiuos procesus. Dabar turime du konteinerius, esančius šilumai nelaidžioje aplinkoje, kurie yra atskirti labai ilgu ir plonu vamzdeliu su čiaupu. Kai

čiaupas atsukamas, bus galima stebėti du procesus: greitą ir lėtą. Greito proceso metu dėl nevienodų slėgių dujos greitai srūva iš vieno konteinerio į kitą (energija pernešama tik konvekcijos būdu). Kada slėgiai susilygina, dujos nebeteka, bet galima spėti, kad dujų temperatūros abiejuose konteineriuose nėra vienodos; tai reiškia, kad dujos nepasiekė termodinaminės pusiausvyros. Kas vyksta lėto proceso metu? Pabandykite apskaičiuoti dujų parametrus greito proceso pabaigoje. Kokia dalis energijos iš vieno konteinerio į kitą perkeliama konvekcijos ir kokia laidumo būdu?

16. Tam tikrai sistemai rasta, kad, jeigu tūris V_0 pastovus, o slėgis pakeičiamas nuo P_0 iki bet kokio P' , sistemai perduodamas šilumos kiekis $Q' = A(P' - P_0)$ ($A > 0$). Taip pat žinoma, kad sistemos adiabatė p-V koordinatėse atrodo taip: $pV^\gamma = \text{const}$ ($\gamma > 0$). Surasti kiekvieno taško energiją $U(p, V)$ ir išreikšti dydžiais $p, V, p_0, V_0, A, U_0 = U(p_0, V_0)$ ir γ .

17. Drėgno normalaus atmosferos slėgio 1m^3 tūrio oro masė $m = 1,2004\text{kg}$. Oro santykinė drėgmė $\varphi = 60\%$, temperatūra $T = 293\text{K}$. Apskaičiuokite T temperatūros sočiųjų vandens garų slėgį.

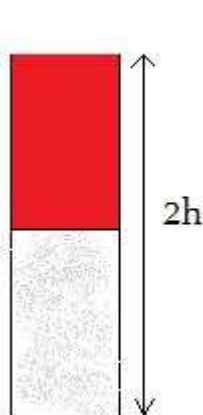
18. Šiluminės mašinos ciklą sudaro: izotermė, izobarė ir izochorė. Darbinė medžiaga – du moliai idealiųjų vienatomių dujų. Izoterminio proceso temperatūra 400K . Šiam procesui vykstant, dujų tūris padidėja du kartus.

a) Apskaičiuoti per vieną ciklą mašinos atliktą darbą ir naudingumo koeficientą.

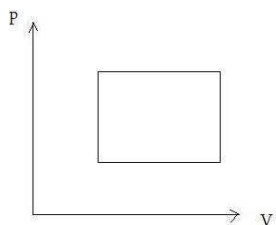
b) Gautą vertę palyginti su Karno ciklo naudingumo koeficientu, laikant, kad Karno ciklo kaitintuvo ir aušintuvo temperatūros atitinka šio ciklo didžiausią ir mažiausią temperatūras.

19. Pasiūlykite naujesnį „amžinojo variklio“ modelį.

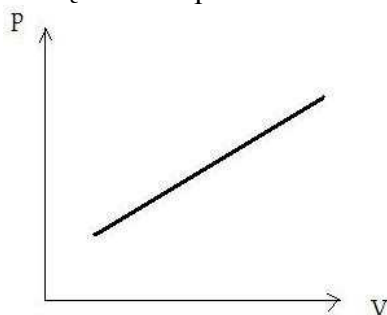
20. Išanalizuokite kodėl neįmanoma pasiekti 0K .



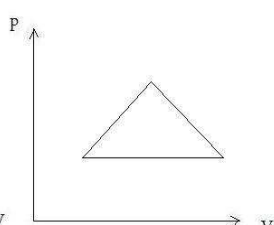
3 užd.



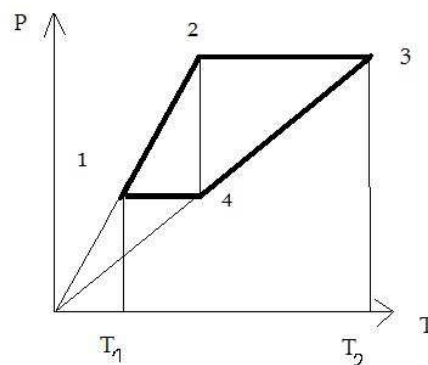
11 užd.



6 užd.



7 užd.



1-10 užduočių sprendimus iki 2009-11-30, 11-20 iki 2009-12-15 siųskite adresu: „Fizikos olimpas“, Saulėtekio al. 9, III rūmai, 200kab. LT-10222 Vilnius Simonui Grubinskui.