

Vlastnosti plynného skupenství látek

Maxwellovo rozdělení molekul plynu

1. Při jaké teplotě se střední kvadratická rychlost molekul oxidu uhličitého rovná střední kvadratické rychlosti molekul dusíku při teplotě $0\text{ }^{\circ}\text{C}$?
2. Při které teplotě je střední kvadratická rychlost molekul plynu právě poloviční vzhledem k rychlosti při teplotě $19\text{ }^{\circ}\text{C}$?
3. a) Proč se nerozplyne zemská atmosféra do meziplanetárního prostoru? b) Astronomové předpokládají, že Měsíc měl původně při svém vzniku atmosféru podobně jako Země. Jak lze vysvětlit, že nyní atmosféru nemá?

Stavová rovnice

4. Určete, kolik molekul je ve vzduchu, který má objem 1 m^3 , tlak 150 kPa a teplotu $27\text{ }^{\circ}\text{C}$.
5. V nádobě o objemu 2 l je $6 \cdot 10^{20}$ molekul plynu. Tlak plynu je $2,6 \cdot 10^3\text{ Pa}$. Jaká je jeho teplota?
6. V nádobě o objemu 1 l je uzavřen plyn, který je sloučeninou kyslíku a dusíku. Hmotnost plynu je 1 g , teplota $17\text{ }^{\circ}\text{C}$ a tlak $3,17 \cdot 10^4\text{ Pa}$. Určete název a chemický (sumární) vzorec této sloučeniny.
7. Jaký tlak je při teplotě $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ v kulové baňce o objemu 100 cm^3 , jestliže se ní pohybuje tolik molekul kyslíku, že by pokryly monomolekulární vrstvou vnitřní povrch baňky? Každá molekula kyslíku zaujímá na vnitřním povrchu baňky plochu o obsahu $9 \cdot 10^{-16}\text{ cm}^2$.
8. V nádobě je ideální plyn o teplotě $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Na jakou teplotu je třeba plyn zahřát, aby se jeho tlak dvakrát zvětšil a objem se zvětšil o $1/8$ původního objemu?
9. Ideální plyn má při teplotě $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ objem 5 l a tlak $2 \cdot 10^5\text{ Pa}$. Jaký objem má tento plyn za normálních podmínek?
10. Stlačený plyn v tlakové láhvi má při teplotě $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ tlak $8,5\text{ MPa}$. Jaký tlak bude mít, sníží-li se teplota na $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$? Změnu objemu tlakové láhve při ochlazení zanedbejte.
11. Vodík H_2 má v počátečním stadiu objem 1 m^3 , teplotu 250 K a tlak $2 \cdot 10^5\text{ Pa}$. Jaký bude tlak téhož množství vodíku při teplotě 5000 K a objemu 10 m^3 , budeme-li předpokládat, že při tak vysoké teplotě všechny molekuly vodíku disociují na atomy?
12. V bombě je plyn o teplotě $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ a tlaku 4 MPa . Jaký bude jeho tlak, jestliže z nádoby vypustíme poloviční množství plynu a jeho teplota při tom poklesne o $15\text{ }^{\circ}\text{C}$?
13. Plyn o hmotnosti 100 g se v otevřené nádobě zahřál z počáteční teploty $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ na teplotu $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Určete hmotnost plynu, který z nádoby unikne. Neuvažujte objemovou roztažnost nádoby.
14. Vodorovně umístěná nádoba válcovitého tvaru je rozdělena pohyblivým pístem na dvě části o objemech 220 cm^3

a 300 cm^3 . V první části nádoby je plyn o látkovém množství 2 mol a teplotě $-53\text{ }^{\circ}\text{C}$, ve druhé části je stejný plyn o teplotě $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$. Jaké je látkové množství plynu ve druhé části nádoby? Píst je v rovnovážném stavu a tření mezi pístem a stěnami nádob neuvažujeme.

15. Ve vodorovně umístěné nádobě, která má tvar válce o délce 85 cm , je pohyblivý píst, který rozděluje nádobu na dvě části. V levé části je kyslík O_2 , v pravé vodík H_2 o téže hmotnosti a teplotě. Určete polohu pístu v rovnovážném stavu. Tření neuvažujte.

16. Teplovzdušené balony obsahují teplý vzduch, který je zahříván plynovým hořákem. Na jakou teplotu je třeba zahřát vzduch v balonu, jestliže má unést dvoučlenu posádku hmotnosti 120 kg . Hmotnost balonu a koše je 300 kg , průměr balonu 20 m , teplota okolního vzduchu $17\text{ }^{\circ}\text{C}$. Molární hmotnost vzduchu $0,029\text{ kg/mol}$.

17. Dokažte Avogadrův zákon.

Daltonův zákon

18. V nádobě o objemu 4 l je směs 2 g vodíku H_2 a 4 g dusíku N_2 . Určete tlak této směsi plynů při teplotě $27\text{ }^{\circ}\text{C}$.

19. Směs plynů se skládá z vodíku, methanu a oxidu uhelnatého. V jakém množství jsou jednotlivé složky zastoupené ve směsi, jestliže jejich parciální tlaky jsou po řadě $0,07\text{ MPa}$, $0,2\text{ MPa}$, $0,13\text{ MPa}$?

Izotermický, izobarický a izochorický děj

20. Ideální plyn má při teplotě $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ objem V_0 . Při jaké teplotě bude mít plyn objem $V = 2V_0/3$? Tlak plynu je konstantní.

21. Ve fotbalovém míči je při teplotě $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ tlak 75 kPa . Na jakou hodnotu se změní tlak v míči, ohřeje-li se při hře na $30\text{ }^{\circ}\text{C}$? Změnu objemu míče neuvažujte.

22. Jak se změní tlak vzduchu v pneumatice automobilu, která je nahuštěna na tlak 250 kPa , jestliže se během jízdy zvýšila její teplota ze $17\text{ }^{\circ}\text{C}$ na $77\text{ }^{\circ}\text{C}$?

23. V nádobě o vnitřním objemu 10 l je uzavřen vzduch o tlaku 10^5 Pa . Nádobu spojíme krátkou trubicí s jinou nádobou o vnitřním objemu 5 l , ve které je vakuum. Určete výsledný tlak vzduchu. Předpokládáme, že teplota vzduchu je stálá, objem trubice zanedbatelný.

24. Objem bubliny vzduchu, která se uvolnila u dna jezera, se u jeho povrchu zvětšil třikrát. Jaká je hloubka jezera? Teplotu vzduchu v bublině považujeme za stálou.

25. V jaké hloubce pod povrchem jezera se bude hustota vzduchové bubliny rovnat 1% hustoty vody? Teplota vzduchové bubliny je $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Hustota vzduchu za teploty $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ a tlaku $0,1\text{ MPa}$ je $1,293\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

26. V trubici, jejíž jeden konec je uzavřen, je vzduch. Nad ním je sloupec rtuti o délce 20 cm . Jestliže trubici

umístíme ve svislé poloze otevřeným koncem nahoru, objem vzduchu pod rtuťovým sloupcem je $1,5 \text{ cm}^3$. Jaký bude objem vzduchu v trubici v opačné a ve vodorovné poloze? Hustota rtuti je $13\,600 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

27. Kapilární trubice o délce 1 m je na obou koncích zatavená. V této trubici je sloupec rtuti o výšce 0,2 m. Je-li trubice ve vodorovné poloze, je sloupec právě uprostřed trubice. Otočíme-li trubici do svislé polohy, posune se rtuť o délku 0,1 m směrem dolů. Určete tlak vzduchu v trubici, když je ve vodorovné poloze. Uvažujte, že teplota je při tomto ději konstantní. Trubice má po celé délce stejný průřez S .

28. Vzduch, který se nachází v nádobě o objemu 3 l, je odčerpáván pístovou vývěvou, jejíž pracovní komora má objem 2 l. Vypočtete, jaký bude v nádobě tlak po čtvrtém zdvihu pístu, bude-li čerpání probíhat tak, že teplota v nádobě i v pracovní komoře zůstane konstantní.

29. Nádobu tvaru válce, umístěna ve svislé poloze, je uzavřena pohyblivým pístem, jehož obsah je 100 cm^2 . V nádobě je plyn o teplotě $7 \text{ }^\circ\text{C}$. Položíme-li na píst závaží o hmotnosti 10 kg, píst poněkud poklesne. Na jakou teplotu je třeba plyn zahřát, aby se píst vrátil do své původní polohy? Hmotnost pístu a tření neuvažujeme.

30. Dvě stejné nádoby A a B tvaru válce o výšce 0,8 m a obsahu dna 10^{-2} m^2 jsou postaveny vedle sebe na vodorovné podložce a jsou spolu těsně u dna spojeny krátkou trubičkou. Nádobu B je uzavřena, do nádoby A lijeme vodu. Jaký je objem vody, kterou je možno maximálně do takto postavených nádob nalít, považujeme-li teplotu vzduchu za stálou?

31. Plyn uzavřený ve válcové nádobě s pohyblivým pístem se zahřál při stálém tlaku tak, že se jeho objem zvětšil 1,5krát. Píst byl potom upevněn a při stálém objemu se plyn zahřál tak, že se jeho tlak zvýšil dvakrát. Určete poměr výsledné termodynamické teploty plynu k jeho teplotě počáteční.

32. Skleněná trubice, která je otevřená na obou koncích, má po uzavření svého horního konce zátkou délku l . Volný konec trubice ponoříme do hloubky h pod volným povrchem vody; osa trubice je vertikální. Vzduch v trubici se tímto izotermicky stlačí a voda v trubici vystoupí do výšky x . Určete výšku x .

33. Pomocí kinetické teorie plynů určete měrnou tepelnou kapacitu při stálém objemu pro a) argon, b) dusík.

34. V uzavřené nádobě o objemu 2 l je dusík o hustotě $1,4 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Jaké teplo přijme, zvýší-li se jeho teplota o $100 \text{ }^\circ\text{C}$ při stálém objemu? Jakou práci při tom dusík vykoná? Pro dusík je $c_V = 739 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

35. V nádobě o objemu 10 l je uzavřen vzduch při tlaku 0,1 MPa. Jaké teplo přijme, zvětší-li se při stálém objemu jeho tlak na 0,5 MPa? Měrná tepelná kapacita vzduchu při stálém objemu je $718 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$, molární hmotnost vzduchu $0,029 \text{ kg}\cdot\text{mol}^{-1}$.

36. Kyslík O_2 o hmotnosti 2 kg a teplotě $0 \text{ }^\circ\text{C}$ vykonal při stálém tlaku práci 65 kJ. Určete jeho výslednou teplotu po vykonání práce. (Relativní atomová hmotnost kyslíku je 16.)

37. Jaké teplo přijme kyslík O_2 o hmotnosti 12 g, jestliže se jeho teplota zvýší o $50 \text{ }^\circ\text{C}$ při stálém tlaku? Měrná tepelná kapacita kyslíku při stálém tlaku je $912 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

38. Jak se změní vnitřní energie kyslíku O_2 o hmotnosti 100 g, zvýší-li se jeho teplota z $10 \text{ }^\circ\text{C}$ na $60 \text{ }^\circ\text{C}$ a) při stálém objemu, b) při stálém tlaku? Měrná tepelná kapacita kyslíku je při stálém objemu $651 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Kyslík považujeme za uvedených podmínek za ideální plyn.

Adiabatický děj

39. Počáteční tlak plynu je $12 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. Jaký bude tlak plynu, rozpne-li se adiabatickým dějem na pětinašobný objem? Plyn je a) jednoatomový, b) dvouatomový.

40. Při adiabatické kompresi vzduchu se jeho objem zmenšil na a) $1/10$, b) $1/20$ původního objemu. V obou případech vypočítejte tlak a teplotu vzduchu po skončení adiabatické komprese. Počáteční tlak vzduchu je 10^5 Pa , počáteční teplota $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Poissonova konstanta vzduchu je 1,4.

41. Vodík H_2 daného objemu má teplotu $-3 \text{ }^\circ\text{C}$. Adiabatickým dějem se jeho objem zvětší na trojnásobek původního objemu. Jaká je výsledná teplota vodíku? Poissonova konstanta pro vodík je 1,41.

42. Z balonu, ve kterém kyslík při tlaku $p_1 = 0,15 \text{ MPa}$, náhle vypustíme jisté množství plynu, a tím tlak poklesne na $p_2 = 0,1 \text{ MPa}$. Tento děj je možno považovat za adiabatický. Po uzavření balonu plyn zvenku přijímá teplo, až dosáhne teploty, kterou měl na začátku. Vypočítejte, kolik procent z celkového množství plynu jsme vypustili a na jaké hodnotě se ustálil tlak plynu po ukončení děje.

43. Nádoby o objemech V_1 a V_2 obsahují dva plyny o tlacích p_1, p_2 a teplotách T_1, T_2 . Spojené jsou trubicí s kohoutem. Když kohout otevřeme, plyny se promísí a jejich výsledná teplota a tlak se ustálí na hodnotách T a p . Určete tyto hodnoty za předpokladu, že oba plyny jsou ideální, mají stejnou Poissonovu konstantu a nedochází k odvodu tepla do okolí.

44. Ve válci o výšce 50 cm je vzduch teploty $20 \text{ }^\circ\text{C}$ a tlaku 0,1 MPa. Jak se změní tlak i teplota vzduchu, jestliže se při adiabatickém stlačení píst posune o vzdálenost 20 cm? Poissonova konstanta pro vzduch je $\kappa = 1,4$.