MĂRIMI FIZICE CARACTERISTICE STRUCTURII SUBSTANȚEI

Mărimi fizice. Formule elementare

1. **/0/** Aflați numărul de molecule conținute într-o cantitate $\nu = 2\,\text{moli}$ de azot molecular $\left(N_A \simeq 6,02 \cdot 10^{23}\,\text{mol}^{-1}\right)$.

2. **/0/** Calculați numărul de moli conținuți în: **a.** 3,6 kg de apă, **b.** 1,28 kg de oxigen, **c.** 0,22 kg de bioxid de carbon. Se cunosc masele atomice relative: $m_{r_H} = 1$, $m_{r_O} = 16$, $m_{r_C} = 12$.

3. **/0/** Calculați numărul de molecule și numărul de atomi care se află într-o masă $m = 72$ g de apă $\left(\mu = 18\,\text{g/mol},\ N_A \simeq 6,02 \cdot 10^{23}\,\text{mol}^{-1}\right)$.

4. **/0/** Să se afle masa moleculei și a atomului de: **a.** hidrogen, **b.** azot. Se cunosc masele atomice relative: $m_{r_H} = 1$, $m_{r_N} = 14$ și $N_A \simeq 6,02 \cdot 10^{23}\,\text{mol}^{-1}$.

5. **/0/** Calculați numărul de moli conținuți în 90 mL de apă $\left(\mu = 18\,\text{g/mol}\right)$, cunoscând densitatea apei, $\rho = 10^3\,\text{kg/m}^3$.

6. **/0/** Să se afle densitatea amoniacului gazos (NH_3) aflat în condiții fizice normale de temperatură și presiune $\left(\mu = 17\,\text{g/mol},\ V_{\mu_0} = 22,4\,\text{L/mol}\right)$.

7. **/0/** Într-un vas se află 40 g de heliu $\left(\mu = 4\,\text{g/mol}\right)$ în condiții fizice normale $\left(V_{\mu_0} = 22,4\,L/\text{mol}\right)$. Aflați volumul vasului.

8. **/0/** Să se afle densitatea aerului și masa de aer dintr-o încăpere cu volumul $V = 30\ \text{m}^3$, în condiții fizice normale. Se cunosc: $\mu_{aer} \simeq 29\,\text{g/mol}$ și $V_{\mu_0} = 22,4\,\text{L/mol}$.

9. **/0/** Calculați densitatea oxigenului $\left(\mu = 32\,\text{g/mol}\right)$ dintr-un balon, știind că numărul de molecule de oxigen din unitatea de volum este $n = 3,01 \cdot 10^{25}\,\text{m}^{-3}$ $\left(N_A \simeq 6,02 \cdot 10^{23}\,\text{mol}^{-1}\right)$.

10. **/0/** Într-un balon de află $m = 1,6$ kg de oxigen molecular $\left(\mu = 32\,\text{g/mol}\right)$ în condiții fizice normale $\left(V_{\mu_0} = 22,4\,L/\text{mol}\right)$. Cunoscând $N_A \simeq 6,02 \cdot 10^{23}\,\text{mol}^{-1}$, calculați:
a. numărul de moli de oxigen;
b. numărul de molecule de oxigen;
c. volumul balonului.

11. **/0/** Calculați numărul de molecule conținute într-un volum de 10 m^3 de dioxid de carbon $\left(CO_2\right)$, cunoscând densitatea gazului $\rho = 2,2\,\text{kg/m}^3$. Se cunosc masele atomice relative: $m_{r_C} = 12$, $m_{r_O} = 16$ și $N_A \simeq 6,02 \cdot 10^{23}\,\text{mol}^{-1}$.

12. **/0/** Într-un recipient de volum 10 L se află $12,04 \cdot 10^{22}$ molecule de azot. Cunoscând masa atomică relativă a azotului, $m_{r_N} = 14$ și $N_A \simeq 6,02 \cdot 10^{23}\,\text{mol}^{-1}$, aflați:
a. numărul de molecule de azot din unitatea de volum;
b. densitatea azotului din recipient.

13. /0/ Calculați concentrația moleculară a oricărui gaz (numărul volumic) aflat în condiții fizice normale (numărul lui Loschmidt). Se cunosc $N_A \simeq 6,02 \cdot 10^{23} \text{mol}^{-1}$ și $V_{\mu_0} = 22,4 \text{L/mol}$.

14. /1/ Să se calculeze lungimea unui „lanț molecular" care s-ar obține dacă moleculele conținute în $m = 1$ g de apă s-ar așeza în linie, una în contact cu alta. Se consideră că moleculele sunt sferice, având diametrul $d = 3,8 \cdot 10^{-10}$ m. Se cunosc: $\mu = 32 \text{g/mol}$ și $N_A \simeq 6,02 \cdot 10^{23} \text{mol}^{-1}$.

15. /2/ Să se afle distanța medie dintre moleculele unui gaz aflat în condiții fizice normale (distanța medie dintre două molecule vecine). Se cunosc $N_A \simeq 6,02 \cdot 10^{23} \text{mol}^{-1}$ și $V_{\mu_0} = 22,4 \text{L/mol}$.

16. /2/ Să se determine a câta parte din volumul ocupat de un gaz, în condiții fizice normale, reprezintă volumul moleculelor acelui gaz. Se consideră că moleculele sunt sferice, având diametrul $d = 10^{-10}$ m. Se cunosc $N_A \simeq 6,02 \cdot 10^{23} \text{mol}^{-1}$ și $V_{\mu_0} = 22,4 \text{L/mol}$.

Amestecuri de gaze. Masă molară medie

17. /1/ Un amestec de gaze conține 8 moli de hidrogen $(\mu_1 = 2 \text{g/mol})$ și 2 moli de azot $(\mu_2 = 28 \text{g/mol})$. Calculați masa molară medie a amestecului de gaze.

18. /1/ Un amestec de gaze conține $14 \cdot 10^{27}$ molecule de hidrogen $(\mu_1 = 2 \text{g/mol})$ și $6 \cdot 10^{27}$ molecule de oxigen $(\mu_2 = 32 \text{g/mol})$. Calculați masa molară medie a amestecului.

19. /1/ O butelie conține cantități egale de oxigen atomic și oxigen molecular $(\mu_{O_2} = 32 \text{g/mol})$. Calculați masa molară medie a amestecului din butelie.

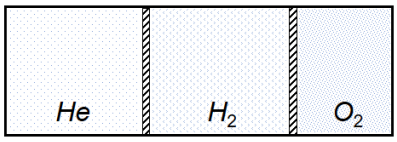
20. /1/ Un amestec de gaze conține 4 g de hidrogen molecular, 14 g de hidrogen atomic, 64 g de oxigen molecular și 32 g de oxigen atomic. Calculați masa molară medie a amestecului. Se cunosc masele atomice relative: $m_{r_H} = 1$, $m_{r_O} = 16$.

21. /1/ Masele molare ale unor substanțe biatomice sunt μ_1 și μ_2. Aflați masa molară a substanței a cărei moleculă este formată din doi atomi de tipul celor care formează molecula primei substanțe și trei atomi de tipul celor care formează molecula celei de-a doua substanțe.

22. /1/ Se amestecă mase egale de azot $(\mu_1 = 28 \text{g/mol})$ și hidrogen $(\mu_1 = 2 \text{g/mol})$. Aflați masa molară medie a amestecului.

23. /1/ Se amestecă oxigen $(\mu_{O_2} = 32 \text{g/mol})$ și azot $(\mu_{N_2} = 28 \text{g/mol})$ cu scopul de a obține gaz cu masa molară medie $\bar{\mu} = 29 \text{g/mol}$ (masa molară aproximativă a aerului). Aflați:
a. raportul cantităților de substanță;
b. raportul maselor gazelor amestecate.

24. /1/ Cilindrul din figura alăturată este împărțit în trei compartimente prin pereți imobili. Primul compartiment, de volum $V_1 = 10 \text{L}$, conține heliu $(\mu_{He} = 4 \text{g/mol})$ cu densitatea $\rho_1 = 2 \text{kg/m}^3$. Compartimentul central conține o masă $m_2 = 6 \text{g}$ de hidrogen $(\mu_{H_2} = 2 \text{g/mol})$, iar cel de-al treilea compartiment conține $N_3 = 12,04 \cdot 10^{23}$ molecule de oxigen $(\mu_{O_2} = 32 \text{g/mol})$. Cunoscând $N_A \simeq 6,02 \cdot 10^{23} \text{mol}^{-1}$, aflați:



a. numărul de atomi de heliu din primul compartiment;
b. numărul de molecule de hidrogen din cel de-al doilea compartiment;
c. masa de oxigen din cel de-al treilea compartiment;
d. masa molară a amestecului de gaze obținut după înlăturarea pereților despărțitori.

Disociația moleculelor

25. /2/ Într-un rezervor se află $\nu_0 = 10\,\text{kmol}$ de hidrogen molecular. Rezervorul este încălzit până la o temperatură la care $\alpha = 30\%$ din numărul de molecule disociază în atomi de hidrogen. Aflați noua cantitatea de substanță din rezervor.

26. /2/ Într-un balon meteorologic se află $N_0 = 2,5 \cdot 10^{24}$ molecule de ozon (O_3). Dacă $\alpha = 20\%$ din numărul de molecule disociază în atomi de oxigen, aflați:
a. numărul total de particule (molecule și atomi) din balon;
b. cantitatea totală de substanță din balon $\left(N_A \simeq 6,02 \cdot 10^{23}\,\text{mol}^{-1}\right)$.

27. /2/ Calculați masa molară medie a oxigenului care, la temperaturi înalte, a disociat în proporție de $\alpha = 60\%$. Se cunoaște masa molară a oxigenului biatomic $\mu_{O_2} = 32\,\text{g/mol}$.

28. /3/ Calculați masa molară a amestecului obținut prin transformarea unui procent $\alpha = 40\%$ de ozon (O_3) în oxigen (O_2). Se cunoaște masa molară a oxigenului biatomic $\mu_{O_2} = 32\,\text{g/mol}$.

29. /3/ O cantitate $\nu_0 = 1\,\text{mol}$ de ozon (O_3) disociază astfel: $\alpha_1 = 10\%$ din numărul de molecule se transformă conform ecuației $O_3 \rightarrow O_2 + O$, iar $\alpha_2 = 25\%$ din numărul de molecule disociază conform ecuației $O_3 \rightarrow 3O$. Se cunoaște masa molară a oxigenului atomic $\mu = 16\,\text{g/mol}$. Calculați:
a. masa molară a amestecului obținut în urma disocierii;
b. cantitatea de gaz monoatomic din amestec.

RĂSPUNSURI, INDICAȚII ȘI REZOLVĂRI

1. /0/ $N = \nu \cdot N_A = 12,04 \cdot 10^{23}$.

2. /0/ $\nu = \dfrac{m}{\mu}$; **a.** $\nu = 200\,\text{moli}$; **b.** $\nu = 40\,\text{moli}$; **c.** $\nu = 5\,\text{moli}$.

3. /0/ $N = \dfrac{mN_A}{\mu} = 24,08 \cdot 10^{23}$; $N_{at.} = 3N = 72,24 \cdot 10^{23}$.

4. /0/ $m_0 = \mu / N_A$; **a.** $m_{0H_2} \simeq 3,32 \cdot 10^{-27}\,\text{kg}$, $m_{0H} \simeq 1,66 \cdot 10^{-27}\,\text{kg}$;
b. $m_{0N_2} \simeq 4,65 \cdot 10^{-26}\,\text{kg}$, $m_{0N} \simeq 2,33 \cdot 10^{-26}\,\text{kg}$.

5. /0/ $\nu = \dfrac{\rho V}{\mu} = 5\,\text{moli}$.

6. /0/ $\rho = \dfrac{\mu}{V_{\mu 0}} \simeq 0,76\,\text{kg/m}^3$.

7. /0/ $V = \dfrac{mV_{\mu 0}}{\mu} = 2,24 \cdot 10^{-1}\,\text{m}^3$.

8. /0/ $\rho = \dfrac{\mu_{aer}}{V_{\mu 0}} \simeq 1,29\,\text{kg/m}^3$, $m = \rho V \simeq 38,7\,\text{kg}$.

9. /0/ $\rho = nm_0 = \dfrac{n\mu}{N_A} = 1,6\,\text{kg/m}^3$.

10. /0/ **a.** $\nu = \dfrac{m}{\mu} = 50\,\text{moli}$; **b.** $N = \nu N_A = 3,01 \cdot 10^{25}$;
c. $V = \nu V_{\mu 0} = 1,12\,\text{m}^3$.

11. /0/ $N = \dfrac{\rho V N_A}{\mu} = 3,01 \cdot 10^{26}$.

12. /0/ **a.** $n = \dfrac{N}{V} = 12,04 \cdot 10^{24}\,\text{m}^{-3}$; **b.** $\rho = \dfrac{\mu N}{V N_A} = 0,56\,\text{kg/m}^3$.

13. /0/ $n_0 = \dfrac{N_A}{V_{\mu 0}} \simeq 2,68 \cdot 10^{25}\,\text{m}^{-3}$.

14. /1/ $L = \dfrac{mdN_A}{\mu} = 1,27 \cdot 10^{13}\,\text{m}$.

15. /2/ Considerăm o cantitate de gaz ideal, ν, care conține N molecule ce ocupă volumul V. Presupunem că moleculele sunt așezate regulat într-o rețea 3D, astfel încât fiecare moleculă să fie în centrul unui cub cu latura egală cu distanța medie dintre două molecule vecine, notată d. Astfel, $V = Nd^3 \Leftrightarrow \dfrac{V}{\nu} = \dfrac{N}{\nu} d^3 \Leftrightarrow V_{\mu 0} = N_A d^3 \Rightarrow \quad d = \sqrt[3]{V_{\mu 0} / N_A} \simeq 3,34 \cdot 10^{-9}\,\text{m}$.

16. /2/ Considerăm o cantitate de gaz ideal, ν, care conține N molecule. Notăm cu V – volumul gazului și cu V_m – volumul tuturor moleculelor (sfere). Avem $V = \nu V_{\mu 0}$ și $V_m = NV_{\text{moleculă}} = \nu N_A \frac{4\pi (d/2)^3}{3}$. Raportul cerut este $f = \frac{V_m}{V} \Rightarrow f = \frac{\pi d^3 N_A}{6V_{\mu 0}} \simeq 1,41 \cdot 10^{-5}$. Observăm că volumul tuturor moleculelor este mult mai mic decât volumul ocupat de gaz.

17. /1/ $\bar{\mu} = \frac{\nu_1\mu_1 + \nu_2\mu_2}{\nu_1 + \nu_2} = 7,2\,\text{g/mol}.$

18. /1/ $\bar{\mu} = \frac{N_1\mu_1 + N_2\mu_2}{N_1 + N_2} = 11\,\text{g/mol}.$

19. /1/ $\bar{\mu} = \frac{\mu_O + \mu_{O_2}}{2} = 24\,\text{g/mol}.$

20. /1/ $\bar{\mu} = \frac{m_1 + m_2 + m_3 + m_4}{m_1/\mu_1 + m_2/\mu_2 + m_3/\mu_3 + m_4/\mu_4} = 5,7\,\text{g/mol}.$

21. /1/ $\mu = \mu_1 + \frac{3\mu_2}{2}.$

22. /1/ $\bar{\mu} = \frac{2\mu_1\mu_2}{\mu_1 + \mu_2} \simeq 3,73 \frac{\text{g}}{\text{mol}}.$

23. /1/ **a.** $\frac{\nu_{O_2}}{\nu_{N_2}} = \frac{\bar{\mu} - \mu_{N_2}}{\mu_{O_2} - \bar{\mu}} = \frac{1}{3}$; **b.** $\frac{m_{O_2}}{m_{N_2}} = \frac{\nu_{O_2}\mu_{O_2}}{\nu_{N_2}\mu_{N_2}} = \frac{8}{21}.$

24. /1/ **a.** $N_1 = \frac{\rho_1 V_1 N_A}{\mu_{He}} = 30,1 \cdot 10^{23}$; **b.** $N_2 = \frac{m_2 N_A}{\mu_{H_2}} = 18,06 \cdot 10^{23}$;

c. $m_3 = \frac{N_3\mu_{O_2}}{N_A} = 64\,\text{g}$; **d.** $\bar{\mu} = \frac{N_1\mu_{He} + N_2\mu_{H_2} + N_3\mu_{O_2}}{N_1 + N_2 + N_3} = 9 \frac{\text{g}}{\text{mol}}.$

25. /2/ Notăm cu N_0 – numărul inițial de molecule de hidrogen, unde $N_0 = \nu_0 N_A$. În urma disocierii rezultă $2\alpha N_0$ – atomi de hidrogen și rămân nedisociate $(1-\alpha)N_0$ – molecule de hidrogen. Cantitatea totală de substanță din rezervor va fi $\nu = \nu_{\text{atomi}} + \nu_{\text{molecule}} \Rightarrow \nu = \frac{2\alpha N_0}{N_A} + \frac{(1-\alpha)N_0}{N_A} \Rightarrow$ $\nu = (1+\alpha)\nu_0 = 13\,\text{kmol}.$

26. /2/ **a.** Notăm cu N_0 – numărul inițial de molecule de ozon. În urma disocierii rezultă $3\alpha N_0$ – atomi de oxigen și rămân nedisociate $(1-\alpha)N_0$ – molecule de ozon. Numărul total de particule este $N_{tot} = (1+2\alpha)N_0 = 3,5 \cdot 10^{24}$.

b. Cantitatea totală de substanță din balon este $\nu_{tot} = \frac{N_{tot}}{N_A} \simeq 5,814\,\text{moli}.$

27. /2/ Notăm cu N_0 – numărul inițial de molecule de oxigen. În urma disocierii rezultă $2\alpha N_0$ – atomi de oxigen și rămân nedisociate $(1-\alpha)N_0$ – molecule de oxigen. Masa molară medie a

amestecului de atomi și molecule de oxigen este $\bar{\mu} = \frac{2\alpha N_0 \mu_O + (1-\alpha) N_0 \mu_{O_2}}{2\alpha N_0 + (1-\alpha) N_0}$. Înlocuim $2\mu_O = \mu_{O_2}$ și obținem $\bar{\mu} = \frac{\mu_{O_2}}{1+\alpha} = 20\,\text{g/mol}$.

28. /3/ Notăm cu N_0 – numărul inițial de molecule de ozon. În urma disocierii rezultă $3\alpha N_0$ – atomi de oxigen care se recombină câte doi și formează $\frac{3\alpha}{2} N_0$ – molecule de oxigen biatomic (O_2). Rămân nedisociate $(1-\alpha) N_0$ – molecule de ozon (O_3). În final, amestecul va conține molecule de O_2 și molecule de O_3 cu masa molară medie $\bar{\mu} = \frac{(3\alpha/2) N_0 \mu_{O_2} + (1-\alpha) N_0 \mu_{O_3}}{(3\alpha/2) N_0 + (1-\alpha) N_0}$. Înlocuim $\mu_{O_3} = \frac{3}{2}\mu_{O_2}$ și obținem $\bar{\mu} = \frac{3\mu_{O_2}}{2+\alpha} = 40\,\text{g/mol}$.

29. /3/ **a.** Notăm cu N_0 – numărul inițial de molecule de ozon. În urma disocierii conform ecuației $O_3 \rightarrow O_2 + O$, rezultă $\alpha_1 N_0$ – atomi de oxigen și $\alpha_1 N_0$ – molecule de oxigen biatomic (O_2). În urma disocierii conform ecuației $O_3 \rightarrow 3O$. rezultă $3\alpha_2 N_0$ – atomi de oxigen. Rămân nedisociate $(1-\alpha_1-\alpha_2) N_0$ – molecule de ozon (O_3). În final, amestecul va conține: atomi de oxigen, molecule de O_2 și molecule de O_3 cu masa molară medie $\bar{\mu} = \frac{(\alpha_1+3\alpha_2) N_0 \mu + \alpha_1 N_0 \mu_{O_2} + (1-\alpha_1-\alpha_2) N_0 \mu_{O_3}}{(\alpha_1+3\alpha_2) N_0 + \alpha_1 N_0 + (1-\alpha_1-\alpha_2) N_0}$.

Înlocuim $\mu_{O_2} = 2\mu$, $\mu_{O_3} = 3\mu$ și obținem $\bar{\mu} = \frac{3\mu}{1+\alpha_1+2\alpha_2} = 30\,\text{g/mol}$;

b. Cantitatea de gaz monoatomic din amestec este $\nu_{\text{mono.}} = \frac{N_{\text{atomi}}}{N_A} = \frac{(\alpha_1+3\alpha_2) N_0}{N_A} \Rightarrow$ $\nu_{\text{mono.}} = (\alpha_1+3\alpha_2)\nu_0 = 0{,}85\,\text{mol}$.