

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României

ANGHEL, TRAIAN

**Probleme de fizică pentru clasa a X-a și bacalaureat :
termodinamică / Traian Anghel. - Deva : Editura Emia, 2018**

Conține bibliografie

ISBN 978-973-753-410-1

53

Corectura: autorul

Tehnoredactare computerizată: Traian Anghel

Coperta: Făgăraș Codruț Sebastian, concepută pe colecția „Universitaria” a
Editurii Emia.

© 2018 by Editura EMIA

© 2018 Traian Anghel

EDITURA EMIA,
Str. Mareșal Averescu, bl. 20, cod 330011
Deva, Hunedoara, România
telefon: +40 254 230 246
email: office@emia.ro
www.emia.ro

TRAIAN ANGHEL

PROBLEME DE FIZICĂ

pentru clasa a X-a și bacalaureat

TERMODINAMICĂ

Editura EMIA

Cuprins

Cuprins	5
Introducere	7
Enunțurile problemelor	9
Noțiuni termodinamice de bază.....	10
Principiile termodinamicii. Motoare termice	31
Enunțurile testelor de evaluare.....	57
Răspunsuri.....	63
Răspunsurile problemelor.....	63
Răspunsuri la testele de evaluare.....	64
Rezolvări	65
Rezolvările problemelor	65
Rezolvările testelor de evaluare	132
Programa de bacalaureat – Elemente de termodinamică	141
Bibliografie	143

Majoritatea problemele conținute în lucrare se adresează inclusiv elevilor care se pregătesc pentru examenul de bacalaureat, dar o parte dintre ele exced programa și/sau nivelul de dificultate corespunzătoare acestuia. Problemele incluse în categoria menționată sunt etichetate folosind caracterul * (steluță), de exemplu 29[3]*.

Traian Anghel

Enunțurile problemelor

Acest capitol include enunțurile a 216 probleme de termodinamică de tip grilă, fiind împărțit în două subcapitole. Primul dintre ele conține probleme prin rezolvarea cărora se verifică nivelul de însușire și capacitatea de utilizare a unor noțiuni de bază dobândite în studiul termodinamicii, referitoare la:

- structura discretă a substanței: masă moleculară, masă moleculară relativă, cantitate de substanță, mol, masă molară, numărul lui Avogadro, număr volumic, volum molar, condiții normale de presiune și temperatură;
- teoria cinetico-moleculară (TCM): formula fundamentală a TCM, viteza termică, teorema echipartiției energiei pe grade de libertate, relația lui Boltzmann, ecuația de stare termică a gazului ideal;
- legile gazului ideal pentru transformările simple (izobară, izotermă, izocoră), precum și pentru transformările generală, adiabatică, politropă și liniară.

Al doilea subcapitol include probleme pentru a căror rezolvare sunt utilizate cunoștințe referitoare la:

- principiile termodinamicii, I și II, acesta din urmă în formulările lui William Thomson¹ și Sadi Carnot²;
- motoarele termice, inclusiv calculul randamentului.

Pentru rezolvarea problemele propuse în lucrare se vor utiliza – acolo unde este necesar – următoarele valori ale constantelor N_A , R și $V_{\mu 0}$:

- numărul lui Avogadro: $N_A = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$;
- constanta universală a gazelor: $R = 8,31 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$;
- volumul molar al gazelor aflate în condiții normale de presiune și temperatură: $V_{\mu 0} = 22,41 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{mol}$.

¹ Sir William Thomson, Lord Kelvin (1824-1907), fizician britanic. A formulat principiul al II-lea al termodinamicii și a introdus scara absolută de temperatură (scara Kelvin).

² Nicolas Léonard Sadi Carnot (1796-1832), fizician și inginer militar francez. A descris pentru prima oară motoarele termice, propunând ciclul Carnot și punând astfel bazele celui de-al II-lea principiu al termodinamicii.

Noțiuni termodinamice de bază

1[2] Se cunosc pentru aer concentrațiile molare $x_1 = 21\%$ (oxigen, O_2), $x_2 = 78\%$ (azot, N_2) și $x_3 = 1\%$ (argon, Ar) și masele molare $\mu_1 = 32 \text{ g/mol}$ (oxigen), $\mu_2 = 28 \text{ g/mol}$ (azot) și $\mu_3 = 40 \text{ g/mol}$ (argon) ale celor trei componente principale ale acestuia. Masa molară medie (aparentă) a aerului este:

- A) 27 g/mol ; B) $28 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$; C) 29 g/mol ;
D) $31 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$; E) 24 g/mol ; F) 32 g/mol .

2[2] Într-un vas se găsește un amestec alcătuit din 60 g de H_2 , având masa molară $\mu_1 = 2 \text{ g/mol}$ și 120 g de CO_2 , având masa molară $\mu_2 = 44 \text{ g/mol}$. Masa molară medie (aparentă) a amestecului respectiv este:

- A) $5,4 \text{ g/mol}$; B) $5,5 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$; C) $5,6 \text{ g/mol}$;
D) $6,7 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$; E) $6,5 \text{ g/mol}$; F) $6,4 \text{ g/mol}$.

3[2] Numărul de molecule dintr-un volum $V = 1 \text{ m}^3$ de apă aflată în stare lichidă este (se cunoaște numărul lui Avogadro):

- A) $4,35 \cdot 10^{28}$; B) $3,35 \cdot 10^{27}$; C) $3,35 \cdot 10^{28}$;
D) $3,45 \cdot 10^{29}$; E) $4,45 \cdot 10^{27}$; F) $3,45 \cdot 10^{28}$.

4[2] Volumul molar al apei aflate în stare lichidă, în condiții normale de presiune și temperatură, este (se cunoaște numărul lui Avogadro):

- A) $1,8 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{mol}$; B) $2,8 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{mol}$; C) $1,8 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{mol}$;
D) $1,7 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{mol}$; E) $2,7 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{mol}$; F) $1,6 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{mol}$.

5[2] Densitatea oxigenului aflat în condiții normale de presiune și temperatură este (se cunoaște volumul molar al gazelor aflate în condiții normale, $V_{\mu 0}$):

- A) $1,40 \text{ kg/m}^3$; B) $2,40 \text{ kg/m}^3$; C) $2,43 \text{ kg/m}^3$;
D) $1,23 \text{ kg/m}^3$; E) $2,23 \text{ kg/m}^3$; F) $1,43 \text{ kg/m}^3$.

6[2] Diametrul unei molecule de apă în stare lichidă este (se cunoaște numărul lui Avogadro):

- A) $4 \cdot 10^{-10} \text{ m}$; B) $3 \cdot 10^{-9} \text{ m}$; C) $4 \cdot 10^{-11} \text{ m}$;
D) $3 \cdot 10^{-11} \text{ m}$; E) $3 \cdot 10^{-10} \text{ m}$; F) $4 \cdot 10^{-9} \text{ m}$.

7[2] Într-un vas se află $N_1 = 12 \cdot 10^{23}$ molecule de azot și $N_2 = 4 \cdot 10^{23}$ molecule de oxigen. Masa molară medie (aparentă) a amestecului este:

- A) $28 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$; B) $29 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$; C) $30 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$;
D) $35 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$; E) $39 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$; F) $40 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$.

8[2] Un volum $V = 200 \text{ cm}^3$ de apă s-a evaporat în $\Delta t = 15$ zile. Viteza medie de evaporare a apei, exprimată în număr de molecule evaporate într-o secundă, a fost:

- A) $5,16 \cdot 10^{18} \text{ s}^{-1}$; B) $5,28 \cdot 10^{17} \text{ s}^{-1}$; C) $4,16 \cdot 10^{18} \text{ s}^{-1}$;
D) $4,26 \cdot 10^{16} \text{ s}^{-1}$; E) $5,16 \cdot 10^{17} \text{ s}^{-1}$; F) $5,18 \cdot 10^{19} \text{ s}^{-1}$.

9[2] Se cunosc concentrațiile masice ale celor trei componente principale ale aerului, $g_1 = 23,2\%$ (oxigen, O_2), $g_2 = 75,5\%$ (azot, N_2) și $g_3 = 1,3\%$ (argon, Ar) și masele molare ale acestora, $\mu_1 = 32 \text{ g/mol}$, $\mu_2 = 28 \text{ g/mol}$ și $\mu_3 = 40 \text{ g/mol}$. Masa molară medie (aparentă) a aerului este:

- A) 27 g/mol ; B) $28 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$; C) 29 g/mol ;
D) $31 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$; E) 24 g/mol ; F) 32 g/mol .

10[3]* Compoziția procentuală masică a aerului este următoarea: $g_1 = 23,2\%$ oxigen (O_2), $g_2 = 75,5\%$ azot (N_2) și $g_3 = 1,3\%$ argon (Ar). Compoziția procentuală volumică a aerului este:

- A) $r_1 = 21,7\%$; $r_2 = 77,3\%$; $r_3 = 1\%$; B) $r_1 = 22\%$; $r_2 = 76\%$; $r_3 = 2\%$;
C) $r_1 = 22\%$; $r_2 = 76,3\%$; $r_3 = 1,7\%$; D) $r_1 = 21\%$; $r_2 = 78\%$; $r_3 = 1\%$;
E) $r_1 = 21,5\%$; $r_2 = 77,5\%$; $r_3 = 1\%$; F) $r_1 = 22\%$; $r_2 = 76,5\%$; $r_3 = 1,5\%$.

11[2] Numărul moleculelor care se află într-o masă $m = 2\text{ kg}$ de oxigen (O_2) este (se cunosc masa molară a oxigenului, $\mu = 32 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$ și numărul lui Avogadro):

- A) $3,765 \cdot 10^{25}$; B) $4,765 \cdot 10^{25}$; C) $2,765 \cdot 10^{25}$;
D) $3,765 \cdot 10^{26}$; E) $2,765 \cdot 10^{26}$; F) $3,865 \cdot 10^{25}$.

12[2] Numărul de molecule care se află într-o masă $m = 1\text{ kg}$ de apă este (se cunosc numărul lui Avogadro, N_A , și masa moleculară relativă a apei, $m_r = 18$):

- A) $4 \cdot 10^{25}$; B) $3,346 \cdot 10^{25}$; C) $3,446 \cdot 10^{25}$;
D) $3 \cdot 10^{25}$; E) $5 \cdot 10^{25}$; F) $3,346 \cdot 10^{26}$.

13[2] Se cunoaște masa unei molecule de heliu ($\mu_1 = 4 \text{ g/mol}$), $m_{01} = 6,6 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$. Masa unei molecule de oxigen ($\mu_2 = 32 \text{ g/mol}$) este:

- A) $5,28 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$; B) $5 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$; C) $5,28 \cdot 10^{-25}$;
D) $5,38 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$; E) $6,28 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$; F) $5 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$.

14[2] Un gaz aflat în condiții normale de presiune și temperatură are densitatea $\rho = 1,25 \text{ g/dm}^3$. Gazul respectiv este:

- A) hidrogen (H_2); B) dioxid de carbon (CO_2); C) azot (N_2);
D) oxigen (O_2); E) metan (CH_4); F) heliu (He).

15[2] Masa molară medie (aparentă) a unui amestec format din oxigen (O_2) și azot (N_2) aflat într-un recipient este $\mu = 30 \text{ g/mol}$. Masa azotului existent în recipient ($\mu_1 = 28 \text{ g/mol}$) este $m_1 = 15 \text{ g}$. Masa masa oxigenului ($\mu_2 = 32 \text{ g/mol}$) este:

- A) 18g; B) 17g; C) 19,14g;
D) 18,14g; E) 20g; F) 17,14g.

16[3] Distanța medie dintre moleculele unui gaz ideal aflat în condiții normale de presiune și temperatură este:

- A) $3,3 \cdot 10^{-9} \text{ m}$; B) $3,3 \cdot 10^{-10} \text{ m}$; C) $4,3 \cdot 10^{-9} \text{ m}$;
D) $4,3 \cdot 10^{-10} \text{ m}$; E) $3 \cdot 10^{-9} \text{ m}$; F) $4 \cdot 10^{-9} \text{ m}$.

17[3]* Să se determine a câta parte din volumul ocupat de un gaz aflat în condiții fizice normale revine moleculelor sale. Se consideră că moleculele sunt sferice, diametrul fiecăreia dintre ele fiind $d = 10^{-10} \text{ m}$.

- A) 1/71000; B) 1/81000; C) 1/91000;
D) 1/30000; E) 1/40000; F) 1/50000.

18[2] Volumul unui gaz ideal a fost redus izoterm cu 25%. Presiunea gazului a crescut cu:

- A) 33,3%; B) 66,7%; C) 67%;
D) 65%; E) 70%; F) 60%.

19[2] Un gaz ideal se află într-un recipient cu volumul $V = 9 \text{ dm}^3$. Dacă presiunea și temperatura gazului sunt $p = 16,62 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ și, respectiv, $T = 300 \text{ K}$, constanta universală a gazelor perfecte, R , cantitatea de substanță este:

- A) 6mol; B) 7mol; C) 8mol;
D) 6,5mol; E) 7,5mol; F) 8,5mol.

20[2] În cursul unui proces termodinamic în care volumul unui gaz ideal variază invers proporțional cu pătratul presiunii sale, presiunea acestuia crește de trei ori. Temperatura gazului în acest proces:

- A) scade de 2 ori; B) scade de 3 ori; C) crește de 2 ori;
D) crește de 3 ori; E) crește de $\sqrt{2}$ ori; F) scade de $\sqrt{2}$ ori.

21[2] O butelie conține gaz ideal la temperatura de 27° C . Dacă presiunea gazului crește izocor de două ori, temperatura finală a acestuia este:

- A) 54° C ; B) 540 K ; C) 154° C ;
D) 500 K ; E) 600 K ; F) 540° C .

22[2] Două recipiente având volumele $V_1 = 4\text{ l}$ și $V_2 = 8\text{ l}$ sunt legate printr-un tub de volum neglijabil, prevăzut cu un robinet inițial închis. Recipientele conțin gaze diferite, aflate la aceeași temperatură, având presiunile $p_1 = 2\text{ atm}$ și $p_2 = 4\text{ atm}$. După deschiderea robinetului, presiunea finală în recipiente va fi:

- A) $3,33\text{ atm}$; B) 3 atm ; C) $4 \cdot 10^5\text{ Pa}$;
D) $4,33\text{ atm}$; E) $5 \cdot 10^4\text{ N/m}^2$; F) $5,33\text{ atm}$.

23[2] Un gaz ideal suferă o destindere izotermă, presiunea acestuia scăzând de la 5 atm la 2 atm . Variația relativă a volumului gazului este:

- A) 1,5; B) 1,5%; C) 50%;
D) 100%; E) 15%; F) 150%.

24[2] Într-un recipient se află o masă $m_1 = 2,2\text{ kg}$ de gaz ideal la temperatura de 27°C . Presupunând că volumul recipientului nu se schimbă, cantitatea de gaz care trebuie evacuată după încălzirea acestuia cu 30°C pentru ca presiunea să rămână nemodificată este:

- A) 100 g ; B) 200 g ; C) 30 g ;
D) 27 g ; E) 57 g ; F) 220 g .

25[3]* Într-un recipient cu volum constant se află un amestec de heliu (He) și ozon (O_3), cantitățile de substanță ale acestor gaze fiind egale. În urma creșterii temperaturii de opt ori, jumătate din cantitatea de ozon se descompune formând molecule de oxigen (O_2). Presiunea amestecului de gaze a crescut de:

- A) 7 ori; B) 8 ori; C) 9 ori;
D) 4 ori; E) 2 ori; F) 6 ori.

26[2] Densitatea unui gaz ideal, ρ , aflat la temperatura T și presiunea p se exprimă în funcție de densitatea gazului aflat în condiții normale de presiune și temperatură (ρ_0, p_0, T_0) prin relația:

- A) $\rho = \rho_0 \frac{p}{p_0} \cdot \frac{T_0}{T}$; B) $\rho = \rho_0 \frac{p_0}{p} \cdot \frac{T_0}{T}$; C) $\rho = \rho_0 \frac{p}{p_0} \cdot \frac{T}{T_0}$;

- D) $\rho = \rho_0 \frac{p_0}{p} \cdot \frac{T}{T_0}$; E) $\rho = \rho_0 \frac{p^2}{p_0^2}$; F) $\rho = \rho_0 \frac{T^2}{T_0^2}$.

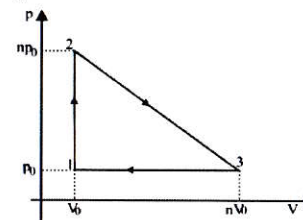
27[2] Un recipient conține azot (N_2) la temperatura de 57°C și presiunea de $2 \cdot 10^5\text{ Pa}$. Se cunosc masa molară a azotului, $\mu = 28\text{ g/mol}$ și constanta universală a gazelor perfecte, R . Densitatea azotului are valoarea:

- A) 1 kg/m^3 ; B) $1,5\text{ kg/m}^3$; C) 2 kg/m^3 ;
D) $2,5\text{ kg/m}^3$; E) 4 kg/m^3 ; F) 5 kg/m^3 .

28[2] Un amestec gazos conține $m_1 = 4\text{ g}$ de hidrogen (H_2) și $m_2 = 32\text{ g}$ de oxigen (O_2), având temperatura de 27°C și presiunea de 10^5 Pa . Densitatea amestecului este:

- A) $0,48\text{ kg/m}^3$; B) $0,58\text{ kg/m}^3$; C) $1,4\text{ kg/m}^3$;
D) $0,4\text{ kg/m}^3$; E) $5,8\text{ kg/m}^3$; F) 2 kg/m^3 .

29[3]* O masă m de gaz ideal având masa molară μ suferă transformarea ciclică reprezentată în figura alăturată, în care p_0 și V_0 se presupun cunoscute, iar n este un număr real supraunitar ($n > 1$). Temperatura maximă atinsă de gaz în cursul transformării respective este:



- A) $\frac{(1+n)^2}{4} \cdot \frac{p_0 V_0 \mu}{mR}$; B) $\frac{(1+n)}{4} \cdot \frac{p_0 V_0 \mu}{mR}$; C) $\frac{(1-n)^2}{4} \cdot \frac{p_0 V_0 \mu}{mR}$;
D) $\frac{(1+n)^2}{4} \cdot \frac{p_0 V_0}{mR}$; E) $\frac{(1+n)^2}{2} \cdot \frac{p_0 V_0 \mu}{mR}$; F) $\frac{(1+n)}{2} \cdot \frac{p_0 V_0 \mu}{m}$.

30[2] Un gaz ideal suferă o transformare generală în urma căreia presiunea sa crește de nouă ori, iar densitatea scade de patru ori. Viteza termică a moleculelor gazului:

- A) crește de 2 ori; B) scade de 2 ori; C) crește de 3 ori;
D) scade de 2 ori; E) crește de 6 ori; F) scade de 6 ori.