

DUM č. 10 v sadě

10. Fy-1 Učební materiály do fyziky pro 2. ročník gymnázia

Autor: Vojtěch Beneš

Datum: 01.05.2014

Ročník: 1. ročník

Anotace DUMu: Plyny

Materiály jsou určeny pro bezplatné používání pro potřeby výuky a vzdělávání na všech typech škol a školských zařízení. Jakékoliv další využití podléhá autorskému zákonu.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

2. ročník **Struktura a vlastnosti plynů – písemná práce**

Zkoušené učivo

- stavová rovnice ideálního plynu
- děj izotermický, izochorický, izobarický a adiabatický
- střední kvadratická rychlost molekul
- práce plynu
- vnitřní energie plynu
- termodynamické zákony
- kruhový děj a tepelné motory

Metodické poznámky

- čas na vypracování = 1 vyučovací hodina (reálně max. 40 minut)
- obtížnost skupin srovnatelná
- zadání obsahuje jak teoretické otázky, tak příklady
- obtížnost písemky je záměrně nižší než u příkladů k procvičení – při řešení příkladů doma má žák k dispozici poznámky, učebnici, internetové zdroje a hlavně dostatek času
- Avogadrova konstanta záměrně není zadána – žáci se s ní seznamují v 1. ročníku v chemii a znovu ve fyzice při opakování pojmu látkové množství – její hodnotu by měli znát všichni

2. ročník Struktura a vlastnosti plynů A

- 1) Uveďte tři zákony termodynamiky.
- 2) V tlakové láhvi o objemu 20 litrů je propan $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$ při tlaku 1,5 atm a teplotě 25 °C.
 - a) Vypočítejte, kolik molekul propanu se v láhvi nachází.
 - b) Vypočítejte hustotu tohoto plynu.Molární hmotnosti: $M_{\text{C}} = 12 \text{ g/mol}$, $M_{\text{H}} = 1 \text{ g/mol}$. Univerzální plynová konstanta má hodnotu 8,314 J/(mol·K).
- 3) Vysvětlete, co je to střední kvadratická rychlost. Vypočítejte střední kvadratickou rychlost molekul kyslíku v místnosti o objemu 100 m³ a teplotě 25 °C. Molární hmotnost atomárního kyslíku je 16 g/mol. Boltzmannova konstanta $k_{\text{B}} = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$.
- 4) Při izobarické expanzi ideálního dvouatomového plynu se jeho objem zvýší z 2,5 l na 3,0 l. Počáteční tlak plynu je 110 kPa, počáteční teplota 0 °C. Určete:
 - a) látkové množství,
 - b) teplotu na konci děje,
 - c) práci vykonanou plynem, změnu vnitřní energie a dodané teplo.

Dobrovolná otázka: Vysvětlete, proč má naftový motor větší účinnost než benzínový.

2. ročník Struktura a vlastnosti plynů B

- 1) Uveďte tři zákony termodynamiky.
- 2) V tlakové láhvi o objemu 25 litrů je butan $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ při tlaku 2,0 atm a teplotě 25 °C.
 - a) Vypočítejte, kolik molekul butanu se v láhvi nachází.
 - b) Vypočítejte hustotu tohoto plynu.Molární hmotnosti: $M_{\text{C}} = 12 \text{ g/mol}$, $M_{\text{H}} = 1 \text{ g/mol}$. Univerzální plynová konstanta má hodnotu 8,314 J/(mol·K).
- 3) Vysvětlete, co je to střední kvadratická rychlost. Vypočítejte střední kvadratickou rychlost molekul dusíku v místnosti o objemu 100 m³ a teplotě 18 °C. Molární hmotnost atomárního dusíku je 14 g/mol. Boltzmannova konstanta $k_{\text{B}} = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$.
- 4) Při izobarické kompresi ideálního dvouatomového plynu se jeho objem sníží z 3,5 l na 3,0 l. Počáteční tlak plynu je 130 kPa, počáteční teplota 80 °C. Určete:
 - a) látkové množství,
 - b) teplotu na konci děje,
 - c) práci vykonanou plynem, změnu vnitřní energie a dodané teplo.

Dobrovolná otázka: Vysvětlete, proč má naftový motor větší účinnost než benzínový.

Řešení skupiny A

- 1) Zákon zachování energie: $Q = \Delta U + W$

Nelze sestavit periodicky pracující stroj, který by jen přeměňoval teplo na mechanickou práci (aniž by docházelo ke změnám na dalších tělesech).

Teploty 0 K nelze dosáhnout (konečným počtem kroků).

- 2) a) $p = 1,5 \cdot 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 1,52 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. Ze stavové rovnice ideálního plynu $n = \frac{pV}{RT} = 1,23 \text{ mol}$. Počet molekul $N = n \cdot N_A = 7,39 \cdot 10^{23}$

b) Molární hmotnost $M = 44 \text{ g/mol}$. Hmotnost plynu $m = n \cdot M = 54 \text{ g}$. Hustota $\rho = \frac{m}{V} = 2,7 \text{ kg/m}^3$.

- 3) Střední kvadratická rychlost je rovna rychlosti molekuly s průměrnou kinetickou energií.

Platí $\frac{1}{2} m_0 v_k^2 = \frac{3}{2} k_B T$.

Hmotnost jedné molekuly kyslíku O_2 je $m_0 = \frac{M}{N_A} = 5,31 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$,

takže $v_k = \sqrt{\frac{3k_B T}{m_0}} = 482 \text{ m/s}$.

- 4) a) Látkové množství vypočítáme ze stavové rovnice: $n = \frac{pV}{RT} = 0,121 \text{ mol}$.

b) Teplotu na konci izobarického děje určíme podle Gay-Lussacova zákona: $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$,

$T_2 = 327,6 \text{ K} = 54,6 \text{ }^\circ\text{C}$

c) Práce vykonaná plynem $W = p \cdot \Delta V = 55 \text{ J}$. Změna vnitřní energie $\Delta U = \frac{5}{2} n R \Delta T = 137 \text{ J}$.

Dodané teplo $Q = \Delta U + W = 192 \text{ J}$

Dobrovolná otázka: Účinnost tepelného stroje je limitována teplotami ohříváče a chladiče. Chladičem je v obou případech vzduch, ohříváčem vybuchuvší směs paliva se vzduchem. Protože během spalování vznikají u naftového motoru vyšší tlaky a vyšší teploty, má i vyšší účinnost.

Bodování:

- 1) 3 body

- 2) a) 3 body, b) 3 body

- 3) 5 bodů

- 4) a) 1,5 bodů, b) 1,5 bodů, c) 3 body

Dobrovolná otázka: 2 body

Celkem 20 bodů

Řešení skupiny B

- 1) Zákon zachování energie: $Q = \Delta U + W$

Nelze sestavit periodicky pracující stroj, který by jen přeměňoval teplo na mechanickou práci (aniž by docházelo ke změnám na dalších tělesech).

Teploty 0 K nelze dosáhnout (konečným počtem kroků).

- 2) a) $p = 2,0 \cdot 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 2,03 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. Ze stavové rovnice ideálního plynu $n = \frac{pV}{RT} = 2,04 \text{ mol}$.
Počet molekul $N = n \cdot N_A = 1,23 \cdot 10^{24}$
b) Molární hmotnost $M = 58 \text{ g/mol}$. Hmotnost plynu $m = n \cdot M = 118 \text{ g}$. Hustota $\rho = \frac{m}{V} = 4,72 \text{ kg/m}^3$.
- 3) Střední kvadratická rychlost je rovna rychlosti molekuly s průměrnou kinetickou energií.
Platí $\frac{1}{2} m_0 v_k^2 = \frac{3}{2} k_B T$.
Hmotnost jedné molekuly dusíku N_2 je $m_0 = \frac{M}{N_A} = 4,65 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$,
takže $v_k = \sqrt{\frac{3k_B T}{m_0}} = 509 \text{ m/s}$.
- 4) a) Látkové množství vypočítáme ze stavové rovnice: $n = \frac{pV}{RT} = 0,155 \text{ mol}$.
b) Teplotu na konci izobarického děje určíme podle Gay-Lussacova zákona: $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$,
 $T_2 = 303 \text{ K} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$
c) Práce vykonaná plynem $W = p \cdot \Delta V = -65 \text{ J}$. Změna vnitřní energie $\Delta U = \frac{5}{2} n R \Delta T = -161 \text{ J}$.
Dodané teplo $Q = \Delta U + W = -226 \text{ J}$

Dobrovolná otázka: Účinnost tepelného stroje je limitována teplotami ohříváče a chladiče. Chladičem je v obou případech vzduch, ohříváčem vybuchuvší směs paliva se vzduchem. Protože během spalování vznikají u naftového motoru vyšší tlaky a vyšší teploty, má i vyšší účinnost.

Bodování:

- 5) 3 body
6) a) 3 body, b) 3 body
7) 5 bodů
8) a) 1,5 bodů, b) 1,5 bodů, c) 3 body

Dobrovolná otázka: 2 body

Celkem 20 bodů