

16-ASIS FIZIKOS TURNYRAS
5-oji užduotis Nr. FT16-5 / 2022 09 26 – 2022 10 23

Sąlyga / FT16-5 ▼

Dujų mišinio tyrimas

Uždaramame inde buvo pradėtas šildyti 3,6 g masės vandenilio ir azoto dujų mišinys, kuriame iš pradžių nebuvo jonizacijos. Pasiėkus temperatūrą T_0 , buvo jonizuota tik 60% azoto molekulių ir nusistovėjo slėgis p_0 . Temperatūrą padidinus iki $2T_0$, buvo jonizuoti visos azotas ir 80% vandenilio molekulių, dėl to mišinio slėgis padidėjo iki $3,2p_0$. Raskite:

- 1) vandenilio ir azoto molekulių koncentracijų santykį prieš jonizaciją;
- 2) azoto ir vandenilio masių skirtumą;
- 3) didžiausią santykinę dujų atomų dalį procentais;
- 4) likusių nejonizuotų vandenilio molekulių skaičių.

Užduotį parengė dr. Milda Tamošiūnaitė Survilienė - Fizinių ir technologijos mokslų centro inovacijų projektų vadovė, jaunesnioji mokslo darbuotoja, mokyklos „Fizikos olimpas“ dėstytoja.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2022 09 05.

Aiškinamasis sprendimas / FT16-5 ▼

Duota: $m = 3,6$ g; $M_1 = 2$ g/mol; $M_2 = 28$ g/mol; $z_1 = 0,6$; $z_2 = 0,8$; $T = 2T_0$; $p = 3,2p_0$; $R = 8,31$ J/(K·mol); $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ mol⁻¹.

Rasti: n_1/n_2 , Δm , n'/n ; N .

Tegu tūrio V inde nejonizuotų vandenilio ir azoto molekulių koncentracijos buvo n_1 ir n_2 :

$$n_1 = \frac{m_1 N_A}{M_1 V}; \quad n_2 = \frac{m_2 N_A}{M_2 V}.$$

Po dalinės azoto jonizacijos jo molekulių koncentracija z_1 dalimi sumažėja ir iš kiekvienos molekulės susidaro atitinkamai po du jonus, tai pradinė azoto molekulių ir atomų koncentracija:

$$n'_2 = (1 - z_1)n_2 + 2z_1n_2 = (1 + z_1)n_2.$$

Tempertūrą padidinus po dalinės vandenilio jonizacijos jo koncentracija z_2 dalimi sumažėja ir iš kiekvienos molekulės taip pat susidaro po du jonus, todėl pakaitinto vandenilio molekulių ir atomų koncentracija:

$$n'_1 = (1 - z_2)n_1 + 2z_2n_1 = (1 + z_2)n_1.$$

Pakaitintas azotas yra pilnai jonizuotas, todėl jo atomų koncentracija $n''_2 = 2n_2$.

Mišinio slėgiai sudedami pagal Daltono dėsnį, jiems parašius pagrindinę dujų būvio lygtį:

$$p_0 = p_1 + p'_2 = (n_1 + n'_2)kT_0 = [n_1 + (1 + z_1)n_2]kT_0;$$

$$p = p_1^1 + p_2'' = (n'_1 + n_2'')kT = [(1 + z_2)n_1 + 2n_2]kT,$$

čia Bolcmano konstanta $k = R/N_A$.

Padaliję lygtis vieną iš kitos ir įrašę duotus slėgių bei temperatūrų santykius, randame nejonizuotų molekulių koncentracijų santykį:

$$(1 + z_2)n_1 + 2n_2 = 1,6n_1 + 1,6(1 + z_1)n_2;$$

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{1,6(1+z_1)-2}{z_2-0,6}; \quad \frac{n_1}{n_2} = \frac{1,6 \cdot 1,6 - 2}{0,8 - 0,6} = 2,8.$$

Taigi, inde vandenilio molekulių buvo 2,8 karto daugiau, nei azoto molekulių.

Dujų masių, tiesiai proporcingų jų koncentracijoms ir molinėms masėms, skirtumą rasime masių sumą prilyginę mišinio masei:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{n_1 M_1}{n_2 M_2}; \quad m_1 + m_2 = m; \quad m_1 + \frac{n_2 M_2}{n_1 M_1} m_1 = m;$$

$$m_1 = \frac{m}{1 + \frac{n_2 M_2}{n_1 M_1}}; \quad m_2 = m - m_1; \quad \Delta m = m_2 - m_1 = m - 2m_1;$$

$$\Delta m = \left(1 - \frac{2}{1 + \frac{n_2 M_2}{n_1 M_1}}\right) m; \quad \Delta m = \left(1 - \frac{2}{1 + \frac{2,8}{2,8 \cdot 2}}\right) 3,6 = 2,4 \text{ (g)}.$$

Taigi, inde azoto buvo 2,4 g daugiau, nei vandenilio.

Didžiausia dujų atomų dalis išreiškiama jų koncentracijos $n' = 2(z_2 n_1 + n_2)$ santykiu su visų dalelių (molekulių ir atomų) koncentracija:

$$\frac{n'}{n} = \frac{2(z_2 n_1 + n_2)}{(1+z_2)n_1 + 2n_2} = \frac{2\left(z_2 \frac{n_1}{n_2} + 1\right)}{(1+z_2) \frac{n_1}{n_2} + 2}; \quad \frac{n'}{n} = \frac{2(0,8 \cdot 2,8 + 1)}{(1+0,8)2,8 + 2} \approx 92 \text{ (\%)}.$$

Nejonizuotoje 1 – z_2 vandenilio masės dalyje likusių molekulių skaičius:

$$N = \frac{(1-z_2)m_1 N_A}{M_1} = \frac{(1-z_2)m N_A}{M_1 + \frac{n_2 M_2}{n_1}}; \quad N = \frac{(1-0,8)3,6 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{2 + \frac{2,8}{2,8}} \approx 3,6 \cdot 10^{22}.$$

Aiškinamąjį sprendimą pateikė užduoties autorė dr. Milda Tamošiūnaitė Survilienė.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2022 11 16.

Turnyro dalyvių sprendimų aptarimas / FT16-5 ▼

Užuotis buvo lengva daugumai turnyro dalyvių, kurie pateikė gerus sprendimus, remdamiesi pagrindine idealiųjų dujų būsenos lygtimi - slėgio priklausomybe nuo jų dalelių koncentracijos ir temperatūros. Tris dalyvius suglumino trečiasis užduoties klausimas apie didžiausią santykinę dujų atomų dalį mišinyje, turėta čia omenyje ją susidariusią mišinyje po galutinio įkaitinimo – jie laikė ją lygia 100 %, taigi, tokią pačią, kokia buvo molekulėse iki jonizacijos. Pateikiant atsakymus reikėtų vengti tokių beprasmių „apvalinimų“: 92,045%; $3,61328 \cdot 10^{22}$.

Sprendimų aptarimą parengė užduoties autorė dr. Milda Tamošiūnaitė Survilienė.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2022 11 16.

Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelė / FT16-5 ▼

Nr.	Sprendimų vertinimo kriterijus	Vertė balais
1.	Molekulių koncentracijų santykis	4
2.	Dujų masių skirtumas	3
3.	Didžiausia santykinė dujų atomų dalis	2
4.	Likusių molekulių skaičius	1
5.	Vėlavimas pateikti sprendimą (vienai parai)	-1
6.	Kiti netikslumai (kiekvienam iš kriterijų Nr.1-4)	iki (-1)
Didžiausias galimas sprendimų įvertinimas		10

Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelę parengė užduoties autorė dr. Milda Tamošiūnaitė Survilienė.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2022 11 16.