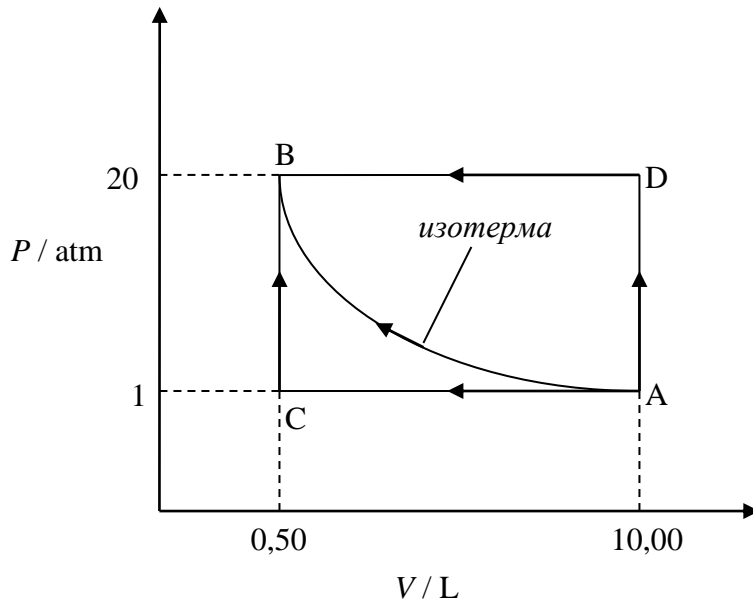


## ТЕОРИСКИ ПРОБЛЕМИ

(Запишете го начинот на решавање и одговорот на предвиденото место за тоа! Решавањето надвор од предвиденото место нема да се прегледува!)

**Задача 1.**

Еден идеален гас минува низ серија процеси прикажани на сликата подолу:



каде притисокот е изразен во атмосфери ( $1 \text{ atm} = 101\,325 \text{ Pa}$ ). Да се пресметаат разменетата топлина и промената на внатрешната енергија на гасот долж следниве секвенци:

а) ACB

б) ADB

Температурата на гасот во состојбата А изнесува 313 K, а пак моларниот топлински капацитет при константен волумен изнесува  $1,5 R$ .

а) ACB:

AC:

$$q_{AC} = nC_{P,m}(T_C - T_A) \quad C_{P,m} - C_{V,m} = R \quad C_{P,m} = C_{V,m} + R$$

$$\frac{V_A}{T_A} = \frac{V_C}{T_C} \quad T_C = \frac{V_C}{V_A} T_A \quad n = \frac{P_A V_A}{RT_A}$$

$$q_{AC} = \frac{P_A V_A}{RT_A} C_{P,m} \left( \frac{V_C}{V_A} T_A - T_A \right) = \frac{P_A V_A}{RT_A} T_A 2,5R \left( \frac{V_C}{V_A} - 1 \right) = 2,5 P_A V_A \left( \frac{V_C}{V_A} - 1 \right)$$

$$q_{AC} = 2,5 \cdot 101325 \text{ Pa} \cdot 10 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \left( \frac{0,5 \text{ L}}{10 \text{ L}} - 1 \right) = -2406,47 \text{ J}$$

$$w_{AC} = -P_A (V_C - V_A) = -101325 \text{ Pa} \cdot (0,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 - 10 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3) = 962,59 \text{ J}$$

$$\Delta U_{AC} = q_{AC} + w_{AC} = -1443,88 \text{ J}$$

CB:

$$q_{CB} = nC_{V,m}(T_B - T_C) \quad \frac{V_A}{T_A} = \frac{V_C}{T_C} \quad T_C = \frac{V_C}{V_A} T_A \quad n = \frac{P_A V_A}{RT_A}$$

$$q_{CB} = \frac{P_A V_A}{RT_A} C_{V,m} \left( T_A - \frac{V_C}{V_A} T_A \right) = \frac{P_A V_A}{RT_A} T_A 1,5R \left( 1 - \frac{V_C}{V_A} \right) = 1,5 P_A V_A \left( 1 - \frac{V_C}{V_A} \right)$$

$$q_{CB} = 144388 \text{ J}$$

$$w_{CB} = 0 \text{ J}$$

$$\Delta U_{CB} = q_{CB} + w_{CB} = 144388 \text{ J}$$

$$\Delta U_{ACB} = \Delta U_{AC} + \Delta U_{CB} = 0 \text{ J}$$

$$q_{ACB} = q_{AC} + q_{CB} = -962,59 \text{ J}$$

a) ADB:

AD:

$$q_{AD} = nC_{V,m}(T_D - T_A) \quad \frac{P_D}{P_A} = \frac{T_D}{T_A} \quad T_D = \frac{P_D}{P_A} T_A \quad n = \frac{P_A V_A}{RT_A}$$

$$q_{AD} = \frac{P_A V_A}{RT_A} C_{V,m} \left( \frac{P_D}{P_A} T_A - T_A \right) = \frac{P_A V_A}{RT_A} T_A 1,5R \left( \frac{P_D}{P_A} - 1 \right) = 1,5 P_A V_A \left( \frac{P_D}{P_A} - 1 \right)$$

$$q_{AD} = 28877,63 \text{ J}$$

$$w_{AD} = 0 \text{ J}$$

$$\Delta U_{AD} = q_{AD} + w_{AD} = 28877,63 \text{ J}$$

DB:

$$q_{DB} = nC_{P,m}(T_B - T_D)$$

$$q_{DB} = \frac{P_A V_A}{RT_A} C_{P,m} \left( T_A - \frac{P_D}{P_A} T_A \right) = \frac{P_A V_A}{RT_A} T_A 2,5R \left( 1 - \frac{P_D}{P_A} \right) = 2,5 P_A V_A \left( 1 - \frac{P_D}{P_A} \right)$$

$$q_{DB} = -48129,38 \text{ J}$$

$$w_{DB} = -P_B(V_B - V_D) = 19251,75 \text{ J}$$

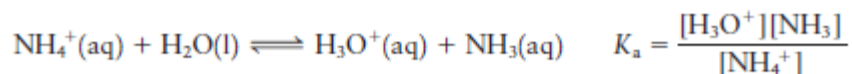
$$\Delta U_{DB} = q_{DB} + w_{DB} = -28877,63 \text{ J}$$

$$\Delta U_{ADB} = \Delta U_{AD} + \Delta U_{DB} = 0 \text{ J}$$

$$q_{ADB} = q_{AD} + q_{DB} = -19251,75 \text{ J}$$

### Задача 2.

Работиш на ургентно одделение во болница каде е донесен пациент болен од грип кој развил метаболитичка алкалоза, состојба при која рН на крвта е повисока од нормалната вредност. На располагање имаш воден раствор на амониум хлорид, кој се користи за намалување на рН на крвта кај пациенти кои страдаат од алкалоза, но потребно е да знаеш колку е рН на растворот. Колку изнесува рН на воден раствор од оваа сол со концентрација  $0,15 \text{ mol dm}^{-3}$ ?  $K_b(\text{NH}_3) = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$ .



$$K_a = \frac{K_w}{K_b} = \frac{10^{-14} \text{ mol}^2 \text{ dm}^{-6}}{1,8 \cdot 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}} = 5,6 \cdot 10^{-10} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{NH}_3] = x$$

$$[\text{NH}_4^+] = 0,15 \text{ mol dm}^{-3} - x$$

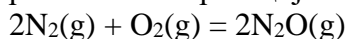
$$K_a = \frac{x \cdot x}{0,15 \text{ mol dm}^{-3} - x} \approx \frac{x^2}{0,15 \text{ mol dm}^{-3}}$$

$$x = \sqrt{5,6 \cdot 10^{-10} \text{ mol dm}^{-3} \cdot 0,15 \text{ mol dm}^{-3}} = 9,2 \cdot 10^{-6} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$\text{pH} = -\log(9,2 \cdot 10^{-6}) = 5,04$$

### Задача 3.

Диазот монооксидот, колоквијално наречен „laughing gas“ се користи како анестетик од 1844 година. При одредени услови, азотот и кислородот реагираат образувајќи диазот монооксид,  $N_2O$ . Претпостави дека си хемиски инженер кој се обидува да приготви  $N_2O$  од  $N_2$  и  $O_2$ ; за таа цел, ќе ти биде потребно да го знаеш составот на рамнотежната смеса. Твојот план е да внесеш смеса од 0,482 мола  $N_2$  и 0,933 мола  $O_2$  во реактор со волумен од 10,0 L, каде ќе се образува  $N_2O$  при температура од 800 K. При оваа температура, класичната константата на рамнотежа за реакцијата:



изразена преку притисоци изнесува  $3,2 \cdot 10^{-28} \text{ Pa}^{-1}$ . Пресметај ги парцијалните притисоци на гасовите во рамнотежната смеса.

$$P_{0,i}V = n_{0,i}RT \quad P_{0,i} = \frac{n_{0,i}RT}{V}$$

$$P_{0,N_2} = \frac{0,482 \text{ mol} \cdot 8,314 \text{ Pa m}^3 \text{ K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 800 \text{ K}}{10 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3} = 3,21 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$P_{0,O_2} = \frac{0,933 \text{ mol} \cdot 8,314 \text{ Pa m}^3 \text{ K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 800 \text{ K}}{10 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3} = 6,21 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$K_p = \frac{(P_{e,N_2O})^2}{(P_{e,N_2})^2 (P_{e,O_2})}$$

$$P_{e,N_2} = P_{0,N_2} - 2x$$

$$P_{e,O_2} = P_{0,O_2} - x$$

$$P_{e,N_2O} = 2x$$

$$K_p = \frac{(2x)^2}{(3,21 \cdot 10^5 \text{ Pa} - 2x)^2 (6,21 \cdot 10^5 \text{ Pa} - x)} \approx \frac{(2x)^2}{(3,21 \cdot 10^5 \text{ Pa})^2 (6,21 \cdot 10^5 \text{ Pa})}$$

$$x \approx \frac{1}{2} \sqrt{(3,21 \cdot 10^5 \text{ Pa})^2 (6,21 \cdot 10^5 \text{ Pa}) (3,2 \cdot 10^{-28} \text{ Pa}^{-1})} = 7,2 \cdot 10^{-9} \text{ Pa}$$

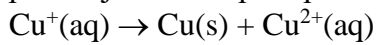
$$P_{e,N_2} = P_{0,N_2} - 2x \approx 3,21 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$P_{e,O_2} = P_{0,O_2} - x \approx 6,21 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$P_{e,N_2O} = 2x \approx 1,4 \cdot 10^{-8} \text{ Pa}$$

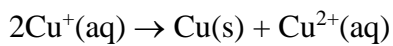
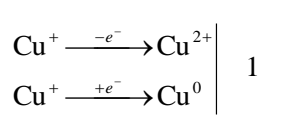
**Задача 4.**

Диспропорционирањето е специфична редокс реакција при која еден конститuent на реакциониот систем истовремено се оксидира и се редуцира. Еден типичен пример за реакција на диспропорционирање е следнава:



а) израмни ја равенката користејќи најмали целобројни стехиометриски коефициенти;

б) претстави го сумарниот процес како сума на две полуреакции (од кои секоја би се одвивала на одделна електрода).



### Задача 5. ЗАМИСЛЕН ЕКСПЕРИМЕНТ

За калибрација на еден калориметар со константен волумен искористена е реакција при која се ослободува топлина од  $-1,78 \text{ kJ}$  што резултира со промена на температурата на калориметарот од  $3,65 \text{ K}$ . Последователно, при еден експеримент во истиот калориметар се измешани  $50,0 \text{ mL}$  воден раствор на  $\text{HCl}$  со концентрација од  $0,200 \text{ mol dm}^{-3}$  и  $50,0 \text{ mL}$  воден раствор на  $\text{NaOH}$  со концентрација од  $0,200 \text{ mol dm}^{-3}$  при што температурата на калориметарот се покачила за  $1,26 \text{ K}$ .

- а) Колку изнесува промената на внатрешната енергија при реакцијата на неутрализација?  
б) Колку изнесува „моларната внатрешна енергија на неутрализација“ (т.е. промената на внатрешната енергија при единечна промена на досегот на реакцијата на неутрализација)?  
в) Во истиот калориметар е поставено мало парче од калциум карбонат и кон него е додаден  $0,100 \text{ L}$  разреден воден раствор на хлороводородна киселина. Температурата на калориметарот се покачила за  $3,57 \text{ K}$ . Колку изнесува промената на внатрешната енергија при оваа реакција?

а)

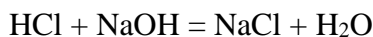
$$q_{cal} = -q = -(-1,78 \text{ kJ}) = +1,78 \text{ kJ}$$

$$C_{cal} = \frac{q_{cal}}{\Delta T} = \frac{1,78 \text{ kJ}}{3,65 \text{ K}} = 0,487 \text{ kJ K}^{-1}$$

$$q = -C_{cal} \Delta T = -0,487 \text{ kJ K}^{-1} \cdot 1,26 \text{ K} = -0,614 \text{ kJ}$$

$$\Delta U = q = -0,614 \text{ kJ}$$

б)



$$n_0(\text{HCl}) = c(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl}) = 0,200 \text{ mol dm}^{-3} \cdot 50,0 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3 = 0,01 \text{ mol}$$

$$n_0(\text{NaOH}) = c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH}) = 0,200 \text{ mol dm}^{-3} \cdot 50,0 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3 = 0,01 \text{ mol}$$

$$\Delta \xi = \frac{n_i - n_{i,0}}{\nu_i} \quad \Delta \xi_{max} = \frac{n_{i,\infty} - n_{i,0}}{\nu_i} = \frac{0,0 \text{ mol} - 0,01 \text{ mol}}{-1} = 0,01 \text{ mol}$$

$$\Delta_r U = \frac{\Delta U}{\Delta \xi} = \frac{-0,614 \text{ kJ}}{0,01 \text{ mol}} = -61,4 \text{ kJ mol}^{-1}$$

в)

$$q_{cal} = C_{cal} \cdot \Delta T = 0,487 \text{ kJ K}^{-1} \cdot 3,57 \text{ K} = 1,74 \text{ kJ}$$

$$q = -q_{cal} = -C_{cal} \Delta T = -1,74 \text{ kJ}$$

$$\Delta U = q = -1,74 \text{ kJ}$$