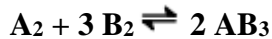


1. Két, egyaránt 1,00 dm<sup>3</sup>-es tartály egyikében A<sub>2</sub>, a másikban B<sub>2</sub> képletű gáz van. A két gáz nyomása és hőmérséklete azonos. Ha az összekötő vezeték csapját kinyitjuk, az alábbi egyensúlyi folyamat játszódik le:



miközben változatlan hőmérséklet mellett a nyomás 10,0%-kal csökken.

Adja meg az egyensúlyi elegy anyagmennyiség-százalékos összetételét!

(2005. május)

**Megoldás:** (10 pont)

Ha nyomás 10,0%-kal csökken, az anyagmennyiség is ilyen arányban csökken. 1 pont

Volt x mol A<sub>2</sub> és x mol B<sub>2</sub> (vagyis azonos anyagmennyiségű) 1 pont

Az egyensúlyi elegyben:

A<sub>2</sub>: (x – y) mol,

B<sub>2</sub>: (x – 3y) mol

AB<sub>3</sub>: 2y mol gáz van 2 pont

A 10%-os anyagmennyiség csökkenés miatt a 2x mol gázból 1,80x gáz keletkezik.

1 pont

$$(x - y) + (x - 3y) + 2y = 1,80x$$

1 pont

$$y = 0,100x$$

1 pont

Az egyensúlyi elegy összetétele:

A<sub>2</sub> = 0,90x B<sub>2</sub> = 0,70x AB<sub>3</sub> = 0,20x 1 pont

Az anyagmennyiség százalékos összetétel:

**50,0 mol% A<sub>2</sub>**

**38,9 mol% B<sub>2</sub>**

**11,1 mol% AB<sub>3</sub>** 2 pont

2. Az A és B gázok az alábbi egyensúlyra vezető kémiai egyenlet szerint reagálnak egymással:  $2 A + 3 B \rightleftharpoons C + 2 D$
- 1,00 dm<sup>3</sup> -es zárt tartályban 2,00 mol A gázt és 4,00 mol B gázt elegyítünk, majd beindítjuk a reakciót. Az A gázra nézve az átalakulás 50,0 százalékos.
- a) Számítsa ki, hány százalékos az átalakulás a B gázra nézve!
- b) Számítsa ki mind a négy anyag egyensúlyi koncentrációját és a folyamat egyensúlyi állandóját!
- c) Az egyensúlyi rendszer térfogatát a felére csökkentjük, miközben a D gáz anyagmennyisége 30,0 százalékkal megnő. Számítsa ki az egyes anyagok új egyensúlyi koncentrációit! (Amennyiben a b) részt nem tudta megoldani számoljon úgy, mintha minden anyag kiindulási anyagmennyisége a térfogatsökkentés előtt 1,00 mol lett volna!)
- d) Az eddigi adatok alapján eldönthető-e, hogy a térfogattal együtt a hőmérsékletet is megváltoztattuk-e? Válaszát indokolja! (2008. május)

**Megoldás:** (11 pont)

- a) Az A gázból 1 mol alakult át. 1 pont  
 Az egyenlet alapján a B gázból 1,5 mol alakult át, 1 pont  
 ami 37,5 %-os átalakulást jelent. 1 pont

- b) Az egyenlet alapján az egyensúlyi koncentrációk:  
 [A] = 1,00 mol/dm<sup>3</sup>; [B] = 2,50 mol/dm<sup>3</sup>; (a kettő együtt 1 pont) 1 pont  
 [C] = 0,500 mol/dm<sup>3</sup>; [D] = 1,00 mol/dm<sup>3</sup>; (a kettő együtt 1 pont) 1 pont

$$K = \frac{[C] \cdot [D]^2}{[A]^2 \cdot [B]^3} \quad (\text{vagy ennek alkalmazása}) \quad \text{1 pont}$$

$$K = 3,20 \cdot 10^{-2} \frac{\text{dm}^6}{\text{mol}^2} \quad \text{1 pont}$$

- c) Keletkezett 0,300 mol D gáz, az edény térfogata 0,5 dm<sup>3</sup> . 1 pont  
 Az egyenlet alapján az új egyensúlyi koncentrációk:  
 [A] = 1,40 mol/dm<sup>3</sup>; [B] = 4,10 mol/dm<sup>3</sup>; (a kettő együtt 1 pont) 1 pont  
 [C] = 1,30 mol/dm<sup>3</sup>; [D] = 2,60 mol/dm<sup>3</sup>; (a kettő együtt 1 pont) 1 pont

Ha a b)-t nem számolta, akkor az eredmények:

Keletkezett 0,300 mol D gáz, az egyenlet alapján 0,150 mol C gáz, fogyott 0,300 mol A gáz és 0,450 mol B gáz, az edény térfogata 0,5 dm<sup>3</sup>

Az anyagmennyiségek:

- $n_A = 0,700$  mol;  $n_B = 0,55$  mol;  $n_C = 1,15$  mol;  $n_D = 1,30$  mol; 1 pont  
 [A] = 1,40 mol/dm<sup>3</sup>; [B] = 1,10 mol/dm<sup>3</sup>; (a kettő együtt 1 pont) 1 pont  
 [C] = 2,30 mol/dm<sup>3</sup>; [D] = 2,60 mol/dm<sup>3</sup>; (a kettő együtt 1 pont) 1 pont

- d) Igen, eldönthető. Az új koncentrációkkal ki kell számolni az egyensúlyi állandót. Ha változott az értéke, akkor a hőmérsékletnek is változnia kellett. 1 pont

$$K = 6,50 \cdot 10^{-2} \frac{\text{dm}^6}{\text{mol}^2},$$

... , tehát változott a hőmérséklet.

3. 1,00 mol propán-2-ol és 2,00 mol propánsav elegyítésekor képződött egyensúlyi rendszer 41,8 tömeg% észtert tartalmaz.

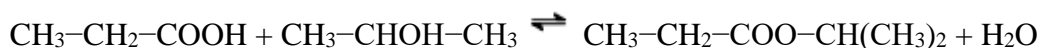
a) Írja fel a reagáló vegyületek konstitúcióját és az észterképződés egyenletét!

b) Az alkohol hány %-a alakult át?

c) Számítsa ki az észteresítés egyensúlyi állandóját! (2008. május II.)

**Megoldás:** (10 pont)

a)  $\text{CH}_3\text{-CHOH-CH}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-COOH}$  1 pont



1 pont

b) 3,00 mol elegy tömege:  $60,0 + 2 \cdot 74,0 = 208$  gramm 1 pont

Az észter anyagmennyisége:  $(208 \cdot 0,418) \text{ g} : 116 \text{ g/mol} = 0,750$  mol 1 pont

0,750 mol alkohol és sav alakult át, ugyanennyi víz keletkezett. 1 pont

Ez az alkoholra nézve 75,0%-os átalakulást jelent. 1 pont

c) Egyensúlyban van:  $1,00 - 0,750$  mol = 0,250 mol alkohol, 1 pont

$2,00 - 0,750$  mol = 1,25 mol sav, 1 pont

0,750 mol észter, 0,750 mol víz.

$$K = \frac{[\text{észter}] \cdot [\text{víz}]}{[\text{alkohol}] \cdot [\text{sav}]} \quad (\text{vagy ennek használata})$$

1 pont

$$K = \frac{0,75 \cdot 0,75}{0,25 \cdot 1,25} = 1,80$$

1 pont

4. Zárt tartályban hidrogén- és nitrogéngázból 350 °C-on, katalizátor jelenlétében ammóniát állítunk elő. Az egyensúlyi rendszerben kialakult koncentrációk a következők:  $[H_2] = 3,60 \text{ mol/dm}^3$ ,  $[N_2] = 1,20 \text{ mol/dm}^3$ ,  $[NH_3] = 0,540 \text{ mol/dm}^3$ .
- Mekkora az egyensúlyi állandó értéke?
  - A bemért nitrogén, illetve hidrogén hány százaléka alakult át?
  - Számítsa ki az egyensúlyi gázelegy nyomását!
  - Mekkora volt a tartály térfogata, ha 1,00 kg ammóniát sikerült előállítanunk?
- (2009. október)

**Megoldás:** (9 pont)

- Az egyensúlyi állandó és a koncentrációk közötti összefüggés helyes ismerete: *1 pont*  
 $K = (0,54^2) / (1,2 \cdot 3,6^3) = 5,21 \cdot 10^{-3} \text{ (mol/dm}^3\text{)}^{-2}$  *1 pont*
- A kiindulási koncentrációk:  
 $c(N_2) = 1,2 + 0,27 = 1,47 \text{ mol/dm}^3$  *1 pont*  
 $c(H_2) = 3,6 + 0,81 = 4,41 \text{ mol/dm}^3$  *1 pont*  
**Az átalakulás** mindkét gáznál ugyanannyi:  $(0,27 / 1,47) \cdot 100 = 18,4\%$ . *1 pont*
- A gáztörvény helyes ismerete:  
 Pl. 1,00 dm<sup>3</sup> térfogatban az anyagmennyiség  
 a koncentrációk összege: 5,34 mol. *1 pont*  

$$p = nRT/V = \frac{5,34 \text{ mol} \cdot 8,314 \text{ J/mol} \cdot \text{K} \cdot 623 \text{ K}}{1,00 \text{ dm}^3} = 27659 \text{ kPa,}$$
  
**Az egyensúlyi nyomás 27,7 MPa.** *1 pont*
- 1 dm<sup>3</sup>-es tartályban 0,54 mol, vagyis 9,18 g ammóniát állítottunk elő,  
 a tartály térfogata:  $V = 1000 / 9,18 = 109 \text{ dm}^3$ . *1 pont*

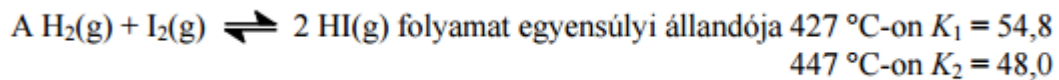
5.  $10,0 \text{ dm}^3$  -es tartályban  $200 \text{ }^\circ\text{C}$ -on  $1,00 \text{ mol}$  hidrogént és  $1,00 \text{ mol}$  jódot reagáltattunk. Az egyensúly beállítását követően a kapott gázelegyet – gyors lehűtést követően – lúgoldaton vezettük át (feltételezzük, hogy az egyensúlyi elegy összetétele a hűtés hatására nem változott meg). A lúgoldatban a gázelegy egyik komponense nem oldódott fel: a maradék szintelen gáz nyomása az eredeti tartályban és a kiindulási hőmérsékleten a kiindulási gázelegyének  $11,0\%$ -ára csökkent.

- a) A kiindulási hidrogén, illetve jód hány %-a alakult át az egyensúlyi folyamatban?  
 b) Számítsa ki az egyensúlyi koncentrációkat, majd a reakció egyensúlyi állandóját  $200 \text{ }^\circ\text{C}$ -on!  
 c) Hogyan változna az átalakulási százalék, ha ugyanezen a hőmérsékleten ugyanennyi hidrogént és jódot  $100 \text{ dm}^3$  -es tartályban reagáltatnánk egymással? Válaszát indokolja! (2011. május)

Megoldás: (11 pont)

- a)  $\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightleftharpoons 2 \text{HI}$  (vagy az egyenlet alkalmazása) **1 pont**  
 A nyomás a molekulák számával (anyagmennyiségével) egyenesen arányos (vagy ennek alkalmazása). **1 pont**  
 A vízbe vezetett gázelegyből a  $\text{H}_2$  nem oldódik a lúgoldatban.  
 A gázelegy molekuláinak  $11,0\%$ -a  $\text{H}_2$  és így az egyenlet szerint  $11,0\%$  a  $\text{I}_2$ . **1 pont**
- |            |                               |                               |                             |
|------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| kiindulás: | $1 \text{ mol } \text{H}_2$   | $1 \text{ mol } \text{I}_2$   | $0 \text{ mol } \text{HI}$  |
| átalakult: | $x \text{ mol } \text{H}_2$   | $x \text{ mol } \text{I}_2$   | $2x \text{ mol } \text{HI}$ |
| egyensúly: | $1-x \text{ mol } \text{H}_2$ | $1-x \text{ mol } \text{I}_2$ | $2x \text{ mol } \text{HI}$ |
- A  $10,0 \text{ dm}^3$  térfogatban az egyensúlyi gázelegy összes anyagmennyisége is  $2,00 \text{ mol}$ . (Ennek megállapítása a fenti táblázattal vagy a reakcióegyenlet alapján.) **1 pont**
- $n(\text{H}_2) = 2,00 \text{ mol} \cdot 0,110 = 0,220 \text{ mol}$   
 $n(\text{I}_2) = 2,00 \text{ mol} \cdot 0,110 = 0,220 \text{ mol}$   
 $n(\text{HI}) = 2,00 \text{ mol} - 0,440 \text{ mol} = 1,56 \text{ mol}$ , **1 pont**  
 A HI-ból  $2x = 1,56 \text{ mol}$ , így  $x = 0,780$ ,  
 A kiindulási jódnak és hidrogénnek is a **78,0 %**-a alakult át **1 pont**
- b) Az egyensúlyi gázelegy összetétele a  $10,0 \text{ dm}^3$ -es tartályban:  
 $[\text{HI}] = 1,56 \text{ mol} : 10,0 \text{ dm}^3 = 0,156 \text{ mol/dm}^3$   
 $[\text{H}_2] = 0,220 \text{ mol} : 10,0 \text{ dm}^3 = 0,0220 \text{ mol/dm}^3$   
 $[\text{I}_2] = 0,220 \text{ mol} : 10,0 \text{ dm}^3 = 0,0220 \text{ mol/dm}^3$  **1 pont**
- $$K = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2] \cdot [\text{I}_2]}$$
 (vagy ennek alkalmazása) **1 pont**
- $$K = \frac{0,156^2}{0,0220 \cdot 0,0220} = 50,3$$
 **1 pont**
- c) Ugyanannyi lenne az átalakulási százalék. **1 pont**  
 Indoklás: a reakcióban nincs sztöchiometriaiszám-változás, ezért nem befolyásolja a nyomásváltozás. (Bármely hasonló értelmű válasz.) **1 pont**  
**(Minden más helyes levezetés maximális pontszámot ér.)**

6.



- a) Két egyenlő térfogatú tartály egyaránt az alábbi összetételben tartalmazza a három anyagot:  $[\text{HI}] = 0,600 \text{ mol/dm}^3$   $[\text{H}_2] = 0,0700 \text{ mol/dm}^3$   $[\text{I}_2] = 0,100 \text{ mol/dm}^3$   
Ezután az egyik tartályt  $427^\circ\text{C}$ -ra, a másikat  $447^\circ\text{C}$ -ra melegítjük. Változnak-e a tartályokban a koncentrációk? Ha igen, melyik esetben hogyan?
- b) Egy másik kísérletben mekkora anyagmennyiségű hidrogént keverjünk  $1,00 \text{ mol}$  jódhoz, hogy  $447^\circ\text{C}$ -on a jód  $99,0\%$ -a hidrogén-jodiddá alakuljon? Hány százalékos ekkor a hidrogén átalakulása?
- c) Egy harmadik esetben sztöchiometrikus arányú (azaz  $1 : 1$  anyagmennyiség-arányú) hidrogént és jódot kevertünk össze és felmelegítettük a tartályt. A mérések szerint  $77,6\%$ -os a hidrogén, illetve a jód átalakulása.  $427^\circ\text{C}$ -ra vagy  $447^\circ\text{C}$ -ra melegítettük a tartályt? Mekkora az egyensúlyi elegy átlagos moláris tömege és az egyensúlyi össznyomás, ha az egyensúlyi gázelegy sűrűsége  $12,8 \text{ g/dm}^3$ ? (2013. május II.)

**Megoldás:** (15 pont)

a) Az egyensúlyi állandó koncentrációfüggése:  $K = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]}$  *1 pont*

A koncentrációkból képzett tört:

$$x = \frac{(0,600)^2}{0,0700 \cdot 0,100} = 51,4$$
*1 pont*

Ha a tört nagyobb  $K$ -nál, akkor a visszaalakulás, ha kisebb, akkor az odaalakulás irányába tolódik a folyamat. (Vagy ennek leírása vagy alkalmazása)

**$427^\circ\text{C}$ -on a HI-képződés,  $447^\circ\text{C}$ -on a HI-bomlás irányába tolódik el az egyensúly.** *1 pont*

b) Ha  $y \text{ mol}$   $\text{H}_2$ -t veszünk, akkor:

$1,00 \text{ mol}$   $\text{I}_2$ -ből  $0,99 \text{ mol}$   $\text{H}_2$   $0,99 \text{ mol}$   $\text{I}_2$ -dal lép reakcióba,  
 $1,98 \text{ mol}$  HI keletkezik. *1 pont*

Az egyensúlyi anyagmennyiségek:

$n(\text{HI}) = 1,98 \text{ mol}$   $n(\text{H}_2) = (y-0,99) \text{ mol}$   $n(\text{I}_2) = 0,01 \text{ mol}$  *1 pont*

Az egyensúlyi állandóba helyettesítve:

$$\frac{\left(\frac{1,98}{V}\right)^2}{\left(\frac{y-0,99}{V}\right) \cdot \left(\frac{0,01}{V}\right)} = 48,0 \text{ (ahol } V \text{ a térfogat)} \quad 1 \text{ pont}$$

$V$ -vel egyszerűsíthetünk, így:

$$y = 9,16,$$

vagyis **9,16 mol** hidrogént kell 1,00 mol jóddhoz keverni. 1 pont

A hidrogén átalakulása:  $\frac{0,99}{9,16} = 0,108$ , azaz **10,8%-os**. 1 pont

c) Például 1 mol  $H_2$ -ből és 1 mol  $I_2$ -ből kiindulva:

0,776 mol  $H_2$  és 0,776 mol  $I_2$  alakul át és 1,552 mol HI keletkezik.

Egyensúlyban lesz:

$$n(HI) = 1,552 \text{ mol} \quad n(H_2) = 0,224 \text{ mol} \quad n(I_2) = 0,224 \text{ mol} \quad 1 \text{ pont}$$

A koncentrációkból képzett tört:

$$\frac{\left(\frac{1,552}{V}\right)^2}{\left(\frac{0,224}{V}\right) \cdot \left(\frac{0,224}{V}\right)} = 48,0,$$

tehát **447 °C-ra** melegítettük a tartályt. 1 pont

Az átlagos moláris tömeg:

$$M = \frac{1,552 \cdot 128 \text{ g/mol} + 0,224 \text{ mol} \cdot 2 \text{ g/mol} + 0,224 \text{ mol} \cdot 254 \text{ g/mol}}{1,552 \text{ mol} + 0,224 \text{ mol} + 0,224 \text{ mol}} =$$

$$= 128 \text{ g/mol} \quad 1 \text{ pont}$$

(Megjegyzés: mivel a molekulák száma nem változik a reakcióban, az 1 : 1 arány miatt az átlagos moláris tömeg a két kiindulási anyag moláris tömegének számtani közepével:

$$\frac{254 \text{ g/mol} + 2 \text{ g/mol}}{2} = 128 \text{ g/mol. Ez a megoldás is maximális pontszámot ér.)$$

A gázelegy sűrűségéből az összes koncentráció:

$$12,8 \text{ g/dm}^3 : 128 \text{ g/mol} = 0,100 \text{ mol/dm}^3 \quad 1 \text{ pont}$$

Az össznyomás:

$$pV = nRT \rightarrow p = \frac{nRT}{V}$$

$$p = \frac{0,100 \text{ mol} \cdot 8,314 \frac{\text{J}}{\text{Kmol}} \cdot 720 \text{ K}}{1,00 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3} = 598\,608 \text{ Pa} = 599 \text{ kPa} \quad 2 \text{ pont}$$

7. Hangyasav és etanol egyensúlyi reakciójában egy olyan vegyület állítható elő, melyet régebben rumaroma készítésére is használtak.

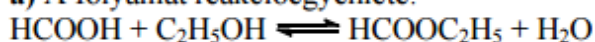
a) Írja fel a folyamat reakcióegyenletét, és nevezze el a reakcióban keletkező szerves terméket!

b) Számítsa ki, hogy 10,0 cm<sup>3</sup> hangyasavhoz hány cm<sup>3</sup> etanolt mérjünk, ha azt szeretnénk, hogy a karbonsav 75,0 %-a alakuljon át a reakcióban!  $\rho(\text{HCOOH}) = 1,23 \text{ g/cm}^3$ ,  $\rho(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 0,789 \text{ g/cm}^3$ . A reakció egyensúlyi állandója  $K = 3,25$ .

c) Ha a 10,0 cm<sup>3</sup> hangyasavat rumaroma előállítás helyett oldatkészítésre használnánk, mekkora térfogatú, 2,00-es pH-jú oldatot állíthatnánk elő belőle? ( $K_s = 1,77 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$ ) (2012. október)

**Megoldás:** (14 pont)

a) A folyamat reakcióegyenlete:



**1 pont**

A szerves termék neve: etil-formiát.

**1 pont**

b) A kiindulási hangyasav tömege:  $m(\text{HCOOH}) = 10,0 \text{ cm}^3 \cdot 1,23 \text{ g/cm}^3 = 12,3 \text{ g}$

anyagmennyisége:  $n(\text{HCOOH}) = \frac{12,3 \text{ g}}{46,0 \text{ g/mol}} = 0,267 \text{ mol}$  **1 pont**

	HCOOH	+	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	$\rightleftharpoons$	HCOOC <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	+	H <sub>2</sub> O	
kiindulás:	0,267 mol		x mol		0		0	
átalakulás:	0,2005 mol		0,2005 mol		0,2005 mol		0,2005 mol	0,2005 mol
egyensúly:	0,0665 mol		(x - 0,2005) mol		0,2005 mol		0,2005 mol	0,2005 mol

**2 pont**

A reakció egyensúlyi állandója:

$$K = \frac{[\text{HCOOC}_2\text{H}_5] \cdot [\text{H}_2\text{O}]}{[\text{HCOOH}] \cdot [\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}]}$$

**1 pont**

A fenti adatokat behelyettesítve:

$$3,25 = \frac{0,2005^2}{0,0665 \cdot (x - 0,2005)}$$

**1 pont**

Az egyenletből:  $x = 0,387 \text{ mol}$

**1 pont**

A szükséges alkohol tömege:  $m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 0,387 \text{ mol} \cdot 46,1 \text{ g/mol} = 17,8 \text{ g}$

Térfogata:  $V(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 17,8 \text{ g} / 0,789 \text{ g/cm}^3 = 22,6 \text{ cm}^3$

**1 pont**

c) A készítendő oldatban  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-2} \text{ mol/dm}^3$

**1 pont**

A savi disszociációs állandó:

$$K_s = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{HCOO}^-]}{c_s - [\text{HCOO}^-]} \text{ vagy: } K_s = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{c_s - [\text{H}_3\text{O}^+]}$$

**1 pont**

(Az egyenletben  $c_s$  a hangyasav összkoncentrációja a hígított oldatban.)

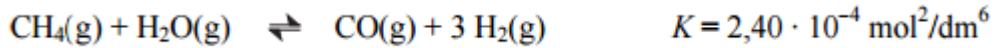
A feladatban szereplő adatokkal:  $1,77 \cdot 10^{-4} = \frac{10^{-2} \cdot 10^{-2}}{c_s - 10^{-2}}$  **1 pont**

Az egyenlet megoldása:  $c_s = 0,575 \text{ mol/dm}^3$  **1 pont**

A keletkező oldat térfogata:  $V_2 = \frac{0,267 \text{ mol}}{0,575 \text{ mol/dm}^3} = 0,464 \text{ dm}^3$  **1 pont**



8. A metán és a vízgőz egyensúlyi reakciója 627 °C-on:

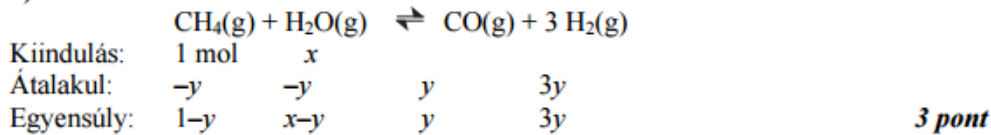


a) 1,00 mol metánt és valamennyi vízgőzt töltöttünk egy tartályba, majd a rendszert 627 °C-ra melegítettük. Az egyensúlyi gázelegy 46,56 térfogatszázaléka hidrogén, és mindössze 1,72 térfogatszázaléka metán. Hány mol vízgőzt kevertünk a metánhoz, és hány százalékos volt a metán átalakulása?

b) Számítsa ki a tartály térfogatát és az egyensúlyi össznyomást 627 °C-on!  
(2015. május)

**Megoldás:** (15 pont)

a)



Az egyensúlyi összes anyagmennyiség:  $(1 + x + 2y)$  mol **1 pont**

Az adatok alapján:

$$\frac{1-y}{1+x+2y} = 0,0172 \quad \text{és} \quad \frac{3y}{1+x+2y} = 0,4656 \quad \text{2 pont}$$

Ezekből:

$$\frac{1-y}{3y} = \frac{0,0172}{0,4656} \quad \rightarrow \quad y = 0,900,$$

vagyis a metánnak **90,0%**-a alakult át. **1 pont**

Valamelyik egyenletbe visszahelyettesítve:

$x = 3,00$ , vagyis **3,00 mol** vízgőzzel kevertük a metánt. **1 pont**

b)

Egyensúlyban az egyes anyagmennyiségek:

$\text{CH}_4$ : 0,100 mol      $\text{H}_2\text{O}$ : 2,100 mol      $\text{CO}$ : 0,900 mol      $\text{H}_2$ : 2,700 mol **1 pont**

A tartály térfogatát nem ismerjük, ez legyen  $V \text{ dm}^3$ , így az egyensúlyi koncentrációk ( $\text{mol}/\text{dm}^3$ -ben):

$$[\text{CH}_4] = \frac{0,100}{V}, \quad [\text{H}_2\text{O}] = \frac{2,100}{V}, \quad [\text{CO}] = \frac{0,900}{V} \quad [\text{H}_2] = \frac{2,700}{V} \quad \text{1 pont}$$

Ezeket az egyensúlyi állandóba helyettesítve:

$$\frac{0,9 \cdot \left(\frac{2,7}{V}\right)^3}{\frac{0,1}{V} \cdot \frac{2,1}{V}} = 2,40 \cdot 10^{-4} \quad \text{1 pont}$$

Ebből:

$$\frac{84,36}{V^2} = 2,40 \cdot 10^{-4} \quad \rightarrow \quad V = 593, \text{ vagyis a tartály } \mathbf{593 \text{ dm}^3}\text{-es.} \quad \text{1 pont}$$

Az elegy összes anyagmennyisége:  $1 + x + 2y = 5,80$  mol

Az összkoncentráció:

$$c = \frac{5,80 \text{ mol}}{593 \text{ dm}^3} = 9,78 \cdot 10^{-3} \text{ mol}/\text{dm}^3 \quad \text{1 pont}$$

Az össznyomás:

$$pV = nRT \quad \rightarrow \quad p = nRT/V \quad \rightarrow \quad p = cRT \quad \text{1 pont}$$

$$p = 9,78 \cdot 10^{-3} \text{ mol}/\text{dm}^3 \cdot 8,314 \text{ kPa dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 900 \text{ K} = \mathbf{73,2 \text{ kPa}} \quad \text{1 pont}$$

9. A ciklohexán magas hőmérsékleten benzollá alakul át, a következő egyenlet szerint:  $C_6H_{12}(g) = C_6H_6(g) + 3 H_2(g)$  Szobahőmérsékleten egy  $5,00 \text{ dm}^3$ -es tartályba öntöttünk valamennyi ciklohexánt, majd az edény lezárása után a hőmérsékletet jelentősen megnöveltük.

Az egyensúly kialakulásakor a koncentrációkról a következőket tudjuk:  $[H_2(g)] = 2,40 \text{ mol/dm}^3$ ,  $[C_6H_{12}(g)] = [C_6H_6(g)]$ .

- a) Határozza meg az egyensúlyi folyamat reakcióhőjét (szobahőmérsékletre vonatkoztatva) az alábbi adatok segítségével!

$$\Delta_k H(C_6H_{12}(f)) = -158 \text{ kJ/mol}, \Delta_k H(C_6H_6(f)) = +47,0 \text{ kJ/mol}$$

- b) A fenti kísérletben a ciklohexán hány %-a alakult át az egyensúlyi folyamatban?

- c) Határozza meg az egyensúlyi állandó értékét a kísérlet hőmérsékletén!

- d) Mekkora tömegű ciklohexánt töltöttünk az edénybe?

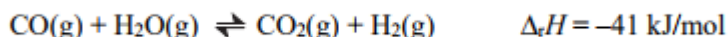
- e) Ha még tovább növelnénk a hőmérsékletet, hogyan változna a ciklohexán disszociációfoka és miért?

(2017. május)

**Megoldás:**(10 pont)

- a) Hess tételének ismerete (vagy helyes alkalmazása) *1 pont*  
 $\Delta_r H = \Delta_k H(C_6H_6(f)) - \Delta_k H(C_6H_{12}(f)) = +205 \text{ kJ/mol}$  *1 pont*
- b) Mivel a  $H_2$  koncentrációja háromszorosa a benzolénak, (1 : 3 arányú a reakció)  
 $[C_6H_{12}(g)] = 0,80 \text{ mol/dm}^3$  *1 pont*  
 Az átalakult ciklohexán is  $0,80 \text{ mol/dm}^3$ ,  
 a kiindulási koncentráció  $1,60 \text{ mol/dm}^3$  (ezt a c) részben is elég kiszámolni) *1 pont*  
 a ciklohexán **50,0 %-a alakult át.** *1 pont*
- c) Egyensúlyi állandó ismerete *1 pont*  
 $K = (2,4^3 \cdot 0,8) : 0,8 = 13,8 \text{ (mol/dm}^3)^3$  *1 pont*  
 (A mértékegység lejegyzése nem pontvesztő!)
- d)  $m(C_6H_{12}) = (5 \text{ dm}^3 \cdot 1,6 \text{ mol/dm}^3) \cdot 84 \text{ g/mol} = 672 \text{ g}$  *2 pont*
- e) **Nőne**, mivel a reakció endoterm (Le Chatelier-elv). *1 pont*  
**(Minden más helyes levezetés maximális pontszámot ér!)**

10. A szén-monoxid és a vízgőz megfordítható reakcióban reagál egymással, miközben szén-dioxid- és hidrogéngáz keletkezik:



Különböző táblázatokban két egyensúlyi állandót találtunk ehhez a reakcióhoz: az egyik 0,697, a másik 2,20.

a) Tudjuk, hogy a két érték közül az egyik 627 °C-ra, a másik 927 °C-ra vonatkozik. Mely érték melyik hőmérsékletre vonatkozik? Válaszát részletesen indokolja! Egy zárt, állandó térfogatú tartályban összekevertünk 1,00 mol szén-monoxidot és 3,00 mol vízgőzt, majd 627 °C-ra melegítettük a tartályt. A tartályban uralkodó nyomás ezen a hőmérsékleten 700 kPa volt.

b) Meghatározható-e a tartály térfogata a fenti adatok alapján? Ha igen, határozza meg, ha nem, akkor indokolja meg, miért nem!

c) A szén-monoxid hány százaléka alakult át miután 627 °C-on az egyensúly beállt?

d) A tartály hőmérsékletét ezután 927 °C-ra emeljük. Számítsa ki, mekkora lesz ekkor a nyomás a tartályban!

(2017. május II.)

**Megoldás:** (13 pont)

- a) 627 °C-ra a 2,20, 927 °C-ra a 0,697 vonatkozik.  
Indoklás a Le Chatelier-elvvel, például így:  
– a hőmérséklet emelésével az egyensúly az endoterm irányba tolódik,  
– ez itt az alsó nyílnak felel meg,  
– ezért magas hőmérsékleten kevesebb termék lesz egyensúlyban,  
– vagyis a tört számlálója csökken, ezért a tört értéke is csökken. **2 pont**  
(Csak indoklással együtt fogadható el. Hiányos indoklás esetén 1 pont adható.)
- b) A reakció során nem változik a molekulák száma, ezért egyensúlyban is 4,00 mol anyagunk van.  
(Ha ezt a c) feladatban számítja ki és azt használja fel, az is elfogadható.) **1 pont**  
 $pV = nRT \rightarrow V = nRT/p$  **1 pont**  
 $V = 4,00 \text{ mol} \cdot 8,314 \text{ dm}^3 \text{ kPa K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 900 \text{ K} : 700 \text{ kPa} = 42,8 \text{ dm}^3$  **1 pont**
- c) Ha  $x$  mol CO alakult át, akkor egyensúlyban:  
 $n(\text{CO}_2) = n(\text{H}_2) = x$  **1 pont**  
 $n(\text{CO}) = 1,00 - x$  **1 pont**  
 $n(\text{H}_2\text{O}) = 3,00 - x$  **1 pont**  
Az egyensúlyi állandóba helyettesítve:

$$\frac{\left(\frac{x}{V}\right)^2}{\left(\frac{1,00-x}{V}\right)\left(\frac{3,00-x}{V}\right)} = \frac{x^2}{(1,00-x)(3,00-x)} = 2,20 \quad 1 \text{ pont}$$

A másodfokú egyenlet kémiaiilag is helyes megoldása:

$$x = 0,850.$$

1 pont

Tehát a CO-nak **85,0%-a** alakult át.

1 pont

(Az **a**)-ban hibásan választott egyensúlyi állandóval helyesen számolva erre a részre maximális pontszám jár. Ekkor a helyes válasz: 69,7% CO alakul át.)

- d)** Hőmérséklet-emelés közben is 4,00 mol gáz marad a tartályban.

(Ugyanerre jut az is, aki végig számolja a másik egyensúlyi állandóval az egyensúly eltolódását.)

Ezért alkalmazhatjuk a következő összefüggést:

$$p_1/T_1 = p_2/T_2 \quad \rightarrow \quad p_2 = p_1 T_2/T_1$$

1 pont

$$p_2 = 700 \text{ kPa} \cdot 1200 \text{ K} : 900 \text{ K} = \mathbf{933 \text{ kPa}}$$

1 pont

(Hasonló eredményre jutunk az általános gáztörvénnyel is:

$$pV = nRT \quad \rightarrow \quad p = nRT/V \quad (1 \text{ pont})$$

$$p = 4,00 \text{ mol} \cdot 8,314 \text{ kPa dm}^3 \text{ K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 1200 \text{ K} : 42,8 \text{ dm}^3 = 932 \text{ kPa. (1 pont))}$$

(Itt akkor is megadható a maximális pontszám, ha a b)-ben hibásan kiszámított térfogattal helyesen számolt.)

11. Egy kémia tanár a kis szénatomszámú észterek jellegzetes illatát szeretne volna bemutatni az etil-acetát példáján. A szertárban azonban sem az etil-acetátot, sem az elkészítéséhez szükséges szerves anyagokat nem találta meg.

a) **Adja meg az etil-acetát szerkezeti képletét a molekula kötő-, és nemkötő elektronpárjainak feltüntetésével!**

Talált azonban metanolt és hangyasavat.

b) **Írja fel annak a folyamatnak a reakcióegyenletét, amelyben metanol és hangyasav felhasználásával észtert állítanak elő! A függvénytáblázatban utánanézett a folyamat egyensúlyi állandójának is:  $K = 4,60$ . A laboratóriumban talált összes, 100 g tömegű metanol felhasználásával azt szeretne volna elérni, hogy az egyensúlyi elegy 45,0 g tömegű észtert tartalmazzon. Amikor azonban munkához látott, szomorúan vette észre, hogy a tiszta hangyasav helyett csak 46,0 m/m%-os oldat áll rendelkezésére.**

c) **Mekkora tömegű, 46,0 m/m%-os oldatot mérjen a 100 g tömegű metanolhoz, ha eredeti célját nem szeretné feladni? Az észteres kísérlet elvégzése után már csak 82,0 g maradt a 46,0 m/m%-os hangyasav-oldatból. Elhatározta, hogy ebből hígítással 2,00-es pH-jú oldatot készít.**

d) **Számítsa ki, hogy a maradék 46,0 m/m%-os oldatból mekkora térfogatú, 2,00-es pH-jú oldat készíthető! (A számoláshoz szükséges savi disszociációs állandó:  $K_s = 1,76 \cdot 10^{-4}$ )**

(2017. október)

**Megoldás: (15 pont)**

a) **Etil-acetát szerkezeti képlete kötő- és nemkötő elektronpárok feltüntetésével. 1 pont**

b)  $\text{HCOOH} + \text{CH}_3\text{OH} \rightleftharpoons \text{HCOOCH}_3 + \text{H}_2\text{O}$  **1 pont**

(A pont csak akkor jár, ha a vizsgázó egyensúly-jelet használt az egyenlet felírásához!)

c) **A kiindulási metanol anyagmennyisége:**

$$n_1(\text{CH}_3\text{OH}) = \frac{100 \text{ g}}{32,0 \text{ g/mol}} = 3,125 \text{ mol}$$

A keletkező észter anyagmennyisége:

$$n_2(\text{HCOOCH}_3) = \frac{45,0 \text{ g}}{60,0 \text{ g/mol}} = 0,750 \text{ mol} \quad \text{1 pont}$$

A kiindulási  $x$  mol hangyasav tömege  $46x$  (g).

$$\text{Az oldatban lévő víz tömege: } \frac{54}{46} 46x = 54x \text{ (g)}. \quad \text{1 pont}$$

$$\text{Az oldatban lévő víz anyagmennyisége: } \frac{54x}{18} = 3x \text{ mol.}$$

Egyensúlyi táblázat:

	HCOOH	CH <sub>3</sub> OH	HCOOCH <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> O	Értékelés
<b>Kiindulás</b>	$x \text{ mol}$	<b>3,125 mol</b>	<b>0 mol</b>	<b>3x mol</b>	
<b>Átalakulás</b>	$0,750 \text{ mol}$	$0,750 \text{ mol}$	$0,750 \text{ mol}$	$0,750 \text{ mol}$	<b>1 pont</b>
<b>Egyensúly</b>	$(x-0,750) \text{ mol}$	$2,375 \text{ mol}$	<b>0,750 mol</b>	$(3x+0,750) \text{ mol}$	<b>1 pont</b>

A folyamat egyensúlyi állandója:  $K = \frac{[\text{észter}]_e \cdot [\text{víz}]_e}{[\text{alkohol}]_e \cdot [\text{sav}]_e}$  **1 pont**

Az egyensúlyi állandóra felírható egyenlet:  $4,60 = \frac{0,750 \cdot (3x + 0,750)}{2,375 \cdot (x - 0,750)}$  **1 pont**

Az egyenlet megoldása:  $x = 1,009$  **1 pont**

Tehát a szükséges tiszta hangyasav tömege:  $m_1(\text{HCOOH}) = 46,43 \text{ g}$

A szükséges hangyasav-oldat tömege:  $m_{1,\text{oldat}} = \frac{m_1(\text{HCOOH})}{0,46} = 100,94 \text{ g} \approx \mathbf{101 \text{ g}}$  **1 pont**

**d)** A kiindulási, 82,0 g tömegű oldatban lévő hangyasav tömege:  $m(\text{HCOOH}) = 37,72 \text{ g}$

Ennek anyagmennyisége:  $n(\text{HCOOH}) = 0,820 \text{ mol}$  **1 pont**

A hígítással keletkező, pH = 2,00 oldatban is 0,82 mol hangyasav lesz.

Ebben az oldatban az oxóniumion-koncentráció:  $[\text{H}_3\text{O}^+]_2 = 10^{-2} \text{ mol/dm}^3$  **1 pont**

A savi disszociációs állandó:  $K = \frac{[\text{H}^+]_e \cdot [\text{HCOO}^-]_e}{c_s - [\text{H}^+]_e}$  **1 pont**

A savi disszociációs állandóra felírható egyenlet:  $1,76 \cdot 10^{-4} = \frac{10^{-2} \cdot 10^{-2}}{c_{s,2} - 10^{-2}}$

Az egyenlet megoldása:  $c_{s,2} = 0,578 \text{ mol/dm}^3$  **1 pont**

A hangyasav anyagmennyiségére felírható egyenlet:  $V_2 \cdot 0,578 \text{ mol/dm}^3 = 0,820 \text{ mol}$

Megoldása:  $V_2 = \mathbf{1,42 \text{ dm}^3}$  **1 pont**

12. A gyümölcsészterek közé tartozó, ananászra emlékeztető illatú etil-butanoát előállítható a megfelelő, vízmentes karbonsav és alkohol egyensúlyi reakciójával, a folyamat egyensúlyi állandójának értéke adott körülmények között 4,80. Az alkoholból 73,71 grammot használtunk fel, a reakcióban 46,48 g észter keletkezett.

a) Írja fel az észterképződés reakcióegyenletét!

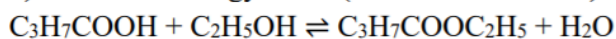
b) Számítsa ki, hány gramm karbonsavat használtunk a reakcióhoz!

(2020. október)

**Megoldás:** (8 pont)

a) A kiindulási vegyületek (etanol és butánsav) beazonosítása.

*1 pont*



*1 pont*

(A pont csak akkor jár, ha a vizsgázó egyensúly-jellet használt az egyenlet felírásához.)

b) A kiindulási etanol anyagmennyisége:

$$n_1(C_2H_5OH) = \frac{73,71 \text{ g}}{46,07 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 1,600 \text{ mol}$$

A keletkező észter anyagmennyisége:

$$n_2(C_3H_7COOC_2H_5) = \frac{46,48 \text{ g}}{116,2 \text{ g/mol}} = 0,4000 \text{ mol}$$

*1 pont*

Egyensúlyi táblázat:

	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> COOH	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> COOC <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O	Értékelés
<b>Kiindulás</b>	<i>x mol</i>	1,600 mol	0 mol	0 mol	<i>1 pont</i>
<b>Átalakulás</b>	0,4000 mol	0,4000 mol	0,4000 mol	0,4000 mol	<i>1 pont</i>
<b>Egyensúly</b>	<i>(x-0,4000) mol</i>	1,200 mol	0,4000 mol	0,4000 mol	<i>1 pont</i>

Az egyensúlyi állandóra felírható egyenlet:

$$4,80 = \frac{0,4000^2}{1,200 \cdot (x-0,4000)}$$

*1 pont*

Az egyenlet megoldása:  $x = 4,28 \cdot 10^{-1}$

Tehát a felhasznált butánsav tömege:  $m_1(C_3H_7COOH) = 37,7 \text{ g}$

*1 pont*

13. A hidrogén a brómmal 200 °C-on egyensúlyi folyamatban alakul át hidrogénbromiddá. Egy 10,0 dm<sup>3</sup>-es tartályba 2,00 mol hidrogént és 1,50 mol brómot mértünk be. A tartály hőmérsékletét 200 °C-ra emelve, az egyensúly beállta után az elegy 68,6 térfogatszázaléka a hidrogénbromid.

a) Írja fel a reakció egyenletét és határozza meg az egyensúlyi állandó értékét 200 °C-on!

b) Hány százalékra alakult át a bemért hidrogénnek?

c) Számítsa ki az egyensúlyi gázelegy azonos állapotú levegőre vonatkoztatott relatív sűrűségét!  $M(\text{levegő}) = 28,9 \text{ g/mol}$

d) Az egyensúlyban mennyi volt a tartályban mérhető nyomás?

(2021. május)

**Megoldás:** (11 pont)



*1 pont*

A reakció nem jár anyagmennyiség-változással, ezért az egyensúlyi állandó kiszámítható anyagmennyiségekből is. A gázok esetén a térfogat- és anyagmennyiség-százalék megegyezik *(vagy ezek alkalmazása)*

*1 pont*

$$n(\text{HBr}) = 0,686 \cdot 3,5 \text{ mol} = 2,40 \text{ mol}$$

*1 pont*

$$n(\text{H}_2) = 2 - 1,2 = 0,8 \text{ mol}$$

$$n(\text{Br}_2) = 1,5 - 1,2 = 0,3 \text{ mol}$$

*1 pont*

$$K = 2,4^2 : (0,8 \cdot 0,3) = \mathbf{24,0}$$

*1 pont*

b) A 2,00 mol hidrogénből 1,2 mol alakult át, vagyis **60,0%**-a.

*1 pont*

c) Az egyensúlyi elegy átlagos moláris tömegének kiszámítása

*1 pont*

Mivel az átlagos moláris tömeg nem változik, kiszámítható a bemért anyagok ismeretében is.

$$M = (2 \cdot 2 + 1,5 \cdot 160) : 3,5 = 69,7 \text{ g/mol}$$

A levegőre vonatkoztatott sűrűség a moláris tömegek hányadosa:

$$d = M(\text{elegy})/M(\text{levegő}) = 69,7 : 28,9 = \mathbf{2,41}$$

*1 pont*

d) A gáztörvény ismerete

*1 pont*

$$p = (3,5 \text{ mol} \cdot 8,314 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)} \cdot 473 \text{ K}) : 10 \text{ dm}^3$$

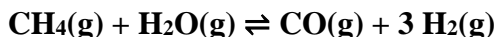
*1 pont*

$$p = 1376 \text{ kPa} = \mathbf{1,38 \text{ MPa}}$$

*1 pont*



14. A metán és a vízgőz reakcióját az ipar is használja szintézisgáz előállításához:



Egy kísérlet során egy tartályba metánt és négyszeres anyagmennyiségű vízgőzt töltek, és ekkor a 927 °C-on kialakuló egyensúlyig a metán 90,0%-a átalakult. Az egyensúlyi gázelegy össznyomása 4,58 MPa lett.

a) Határozza meg az egyensúlyi gázelegy anyagmennyiség-százalékos összetételét!

b) Határozza meg az egyensúlyi koncentrációkat és a 927 °C-ra vonatkozó egyensúlyi állandó értékét!

c) Számítsa ki a szintézisgáz előállításának fenti egyenlethez tartozó reakcióhőjét, majd ez alapján becsülje meg és magyarázza hogyan változik az egyensúlyi állandó a hőmérséklet emelésével!

$\Delta_{\text{k}}H(\text{CH}_4(\text{g})) = -74,9 \text{ kJ/mol}$ ;  $\Delta_{\text{k}}H(\text{H}_2\text{O}(\text{g})) = -242 \text{ kJ/mol}$ ;  $\Delta_{\text{k}}H(\text{CO}(\text{g})) = -111 \text{ kJ/mol}$

(2023. május)

**Megoldás: (14 pont)**

a) Pl. 1,00 mol  $\text{CH}_4$ -ből és 4,00 mol  $\text{H}_2\text{O}$ -ból indulhatunk ki. *1 pont*

0,90 mol  $\text{CH}_4$  0,90 mol vízgőzzel 0,90 mol  $\text{CO}$ -dá és *1 pont*  
2,70 mol hidrogéngázzá alakul. Ennyi lesz egyensúlyban a  $\text{CO}$  és  $\text{H}_2$ .

0,10 mol metán és 3,10 mol vízgőz marad egyensúlyban. *1 pont*

Az összes anyagmennyiség:  $0,10 + 3,10 + 0,90 + 2,70 = 6,80 \text{ mol}$ , így:

$0,10/6,80 = 0,0147$ , azaz **1,47 n/n % (1,50 n/n %)  $\text{CH}_4$**

$3,10/6,80 = 0,456$ , azaz **45,6 n/n %  $\text{H}_2\text{O}$**

$0,90/6,80 = 0,132$ , azaz **13,2 n/n %  $\text{CO}$**

$2,70/6,80 = 0,397$ , azaz **39,7 n/n %  $\text{H}_2$**  *2 pont*

b) Az összkoncentráció kiszámítható a nyomásból:

$pV = nRT \rightarrow p = cRT \rightarrow c = p/RT$  *1 pont*

$c = \frac{4580 \text{ kPa}}{8,314 \text{ kPa dm}^3 \text{ K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 1200 \text{ K}} = 0,4591 \text{ mol/dm}^3$  *1 pont*

Az anyagmennyiség-százalékok alapján ebből az egyensúlyi koncentrációk:

$[\text{CH}_4] = 0,0147c = 6,75 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$  ( $6,80 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$ )

$[\text{H}_2\text{O}] = 0,456c = 0,209 \text{ mol/dm}^3$

$[\text{CO}] = 0,132c = 0,0606 \text{ mol/dm}^3$

$[\text{H}_2] = 0,397c = 0,182 \text{ mol/dm}^3$  *1 pont*

Az egyensúlyi állandó:

$K = \frac{[\text{CO}][\text{H}_2]^3}{[\text{CH}_4][\text{H}_2\text{O}]}$  (vagy ennek alkalmazása) *1 pont*

$K = \frac{0,0606 \text{ mol/dm}^3 \cdot (0,182 \text{ mol/dm}^3)^3}{0,00675 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \cdot 0,209 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}} = 0,259 (\text{mol/dm}^3)^2$  *1 pont*

c) A Hess-tétel ismerete (vagy helyes alkalmazása a számításban) *1 pont*

Bármely, a függvénytáblázatból helyesen kikeresett adattal:

$\Delta_{\text{r}}H = -111 \text{ kJ/mol} - (-74,9 \text{ kJ/mol} - 242 \text{ kJ/mol})$

$\Delta_{\text{r}}H = +206 \text{ kJ/mol}$  *1 pont*

A hőmérséklet emelésével **nő az egyensúlyi állandó értéke.** *1 pont*

Indoklás: (a Le Chatelier-elv alapján) a hőmérséklet emelése az endoterm irányba, azaz ebben az esetben a termékek irányába tolja el az egyensúlyt. *1 pont*

*(Minden más helyes levezetés maximális pontszámot ér!)*

15. Egy zárt, 25,00 m<sup>3</sup> térfogatú tartályban, amely kezdetben kén-dioxidot és oxigént tartalmazott, adott hőmérsékleten, katalizátort alkalmazva megindítják a reakciót. Az egyensúlyi elegy 1500 mol oxigént, 5250 mol kén-dioxidot és 4500 mol kén-trioxidot tartalmaz.

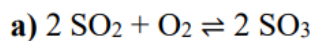
a) Írja fel a végbemenő reakció egyenletét és számítsa ki a folyamat egyensúlyi állandóját!

b) A kén-dioxid hány százaléka alakult át az egyensúly beálltaig?

c) Mekkora az egyensúlyi hőmérséklet, ha az egyensúlyi gázelegy nyomása 4415 kPa?

(2023. május II. )

**Megoldás:** (10 pont)



*1 pont*

Az egyensúlyi koncentrációk:

$$[\text{SO}_2]_e = \frac{5250 \text{ mol}}{25000 \text{ dm}^3} = 2,100 \cdot 10^{-1} \text{ mol/dm}^3$$

$$[\text{O}_2]_e = 6,000 \cdot 10^{-2} \text{ mol/dm}^3$$

$$[\text{SO}_3]_e = 1,800 \cdot 10^{-1} \text{ mol/dm}^3$$

*1 pont*

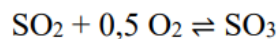
Az egyensúlyi állandó:

$$K = \frac{(1,800 \cdot 10^{-1} \text{ mol/dm}^3)^2}{(2,100 \cdot 10^{-1} \text{ mol/dm}^3)^2 \cdot 6,000 \cdot 10^{-2} \text{ mol/dm}^3} = \mathbf{12,24} \text{ (mol/dm}^3\text{)}^{-1}$$

*2 pont*

(*1 pont az egyensúlyi állandó ismerete.*)

Helyes megoldás, ha a vizsgázó a



egyenlet alapján számolva  $K = \mathbf{3,499} \text{ (mol/dm}^3\text{)}^{-1/2}$  eredményt kapott az egyensúlyi állandó.

b) Az átalakult kén-dioxid:  $[\text{SO}_2] = 1,800 \cdot 10^{-1} \text{ mol/dm}^3$

*1 pont*

A kiindulási kén-dioxid koncentrációja:

$$[\text{SO}_2]_1 = (1,800 + 2,100) \cdot 10^{-1} \text{ mol/dm}^3 = 3,900 \cdot 10^{-1} \text{ mol/dm}^3$$

*1 pont*

A kén-dioxid átalakulásának mértéke:

$$\frac{1,800}{3,900} \cdot 100 \% = \mathbf{46,15\%}$$

*1 pont*

c) Az egyensúlyi összanyagmennyiség:  $n_0 = 11250 \text{ mol}$

*1 pont*

Az egyensúlyi hőmérséklet:

$$T = \frac{4,415 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot 25,00 \text{ m}^3}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{K}} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 11250 \text{ mol}} = \mathbf{1180 \text{ K}}$$

*2 pont*

(A  $pV=nRT$  összefüggés ismerete *1 pont*)