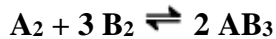


1. Két, egyaránt 1,00 dm³-es tartály egyikében A₂, a másikban B₂ képletű gáz van. A két gáz nyomása és hőmérséklete azonos. Ha az összekötő vezeték csapját kinyitjuk, az alábbi egyensúlyi folyamat játszódik le:



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 A₂ és x mol B₂ (vagyis azonos anyagmennyiségű) 1 pont

Az egyensúlyi elegyben:

A₂: (x – y) mol,

B₂: (x – 3y) mol

AB₃: 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:

$$A_2 = 0,90x \quad B_2 = 0,70x \quad AB_3 = 0,20x$$

1 pont

Az anyagmennyiség százalékos összetétel:

50,0 mol% A₂

38,9 mol% B₂

11,1 mol% AB₃

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 dm³ -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/dm³; [B] = 2,50 mol/dm³; (a kettő együtt 1 pont) 1 pont

[C] = 0,500 mol/dm³; [D] = 1,00 mol/dm³; (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 dm³ . 1 pont

Az egyenlet alapján az új egyensúlyi koncentrációk:

[A] = 1,40 mol/dm³; [B] = 4,10 mol/dm³; (a kettő együtt 1 pont) 1 pont

[C] = 1,30 mol/dm³; [D] = 2,60 mol/dm³; (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 dm³

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/dm³; [B] = 1,10 mol/dm³; (a kettő együtt 1 pont) 1 pont

[C] = 2,30 mol/dm³; [D] = 2,60 mol/dm³; (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.

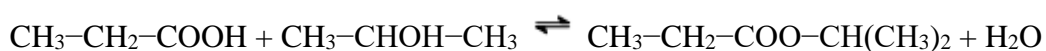
a) Írja fel a reagáló vegyületek konstitúcióját és az észterképződés egyenletét!

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 gázkelety 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 dm³ 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 dm³-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 dm³ -es tartályban 200 °C-on 1,00 mol hidrogént és 1,00 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%- árá 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 °C-on!
 c) Hogyan változna az átalakulási százalék, ha ugyanezen a hőmérsékleten ugyanennyi hidrogént és jódot 100 dm³ -es tartályban reagáltatnánk egymással? Válaszát indokolja! (2011. május)

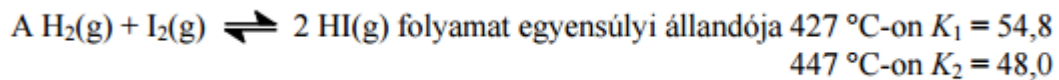
Megoldás: (11 pont)

- a) $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2 HI$ (vagy az egyenlet alkalmazása) 1 pont
 A nyomás a molekulák számával (anyagmennyiségével) egyenesen arányos (vagy ennek alkalmazása). 1 pont
 A vízbe vezetett gázelegyből a H₂ nem oldódik a lúgoldatban.
 A gázelegy molekuláinak 11,0 %-a H₂ és így az egyenlet szerint 11,0% a I₂. 1 pont
 kiindulás: 1 mol H₂ 1 mol I₂ 0 mol HI
 átalakult: x mol H₂ x mol I₂ 2x mol HI
 egyensúly: 1-x mol H₂ 1-x mol I₂ 2x mol HI
 A 10,0 dm³ térfogatban az egyensúlyi gázelegy összes anyagmennyisége is 2,00 mol. (Ennek megállapítása a fenti táblázattal vagy a reakcióegyenlet alapján.) 1 pont
 $n(H_2) = 2,00 \text{ mol} \cdot 0,110 = 0,220 \text{ mol}$
 $n(I_2) = 2,00 \text{ mol} \cdot 0,110 = 0,220 \text{ mol}$
 $n(HI) = 2,00 \text{ mol} - 0,440 \text{ mol} = 1,56 \text{ mol},$ 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 dm³-es tartályban:
 $[HI] = 1,56 \text{ mol} : 10,0 \text{ dm}^3 = 0,156 \text{ mol/dm}^3$
 $[H_2] = 0,220 \text{ mol} : 10,0 \text{ dm}^3 = 0,0220 \text{ mol/dm}^3$
 $[I_2] = 0,220 \text{ mol} : 10,0 \text{ dm}^3 = 0,0220 \text{ mol/dm}^3$ 1 pont

$$K = \frac{[HI]^2}{[H_2] \cdot [I_2]} \quad (\text{vagy ennek alkalmazása})$$
 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°C -ra, a másikat 447°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°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°C -ra vagy 447°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) *1 pont*

427°C -on a HI-képződés, 447°C -on a HI-bomlás irányába tolódik el az egyensúly. *1 pont*

b) Ha $y \text{ mol}$ H_2 -t veszünk, akkor:

$1,00 \text{ mol}$ I_2 -ből $0,99 \text{ mol}$ H_2 $0,99 \text{ mol}$ 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.

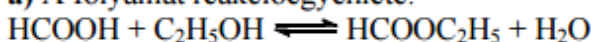
a) Írja fel a folyamat reakcióegyenletét, és nevezze el a reakcióban keletkező szerves terméket!

b) Számítsa ki, hogy 10,0 cm³ hangyasavhoz hány cm³ 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 cm³ 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 ₂ H ₅ OH | \rightleftharpoons | HCOOC ₂ H ₅ | + | H ₂ 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

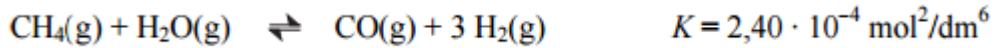
(Az egyenletben c_S a hangyasav összkoncentrációja a hígított oldatban.)

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:

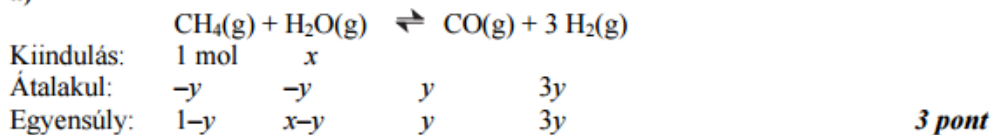


a) 1,00 mol metánt és valamennyi vízgőzt töltöttünk egy tartályba, majd a rendszert 627 °C-ra melegítettük. Az egyensúlyi gázelegy 46,56 térfogatszázaléka hidrogén, és mindössze 1,72 térfogatszázaléka metán. Hány mol vízgőzt kevertünk a metánhoz, és hány százalékos volt a metán átalakulása?

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:

CH_4 : 0,100 mol H_2O : 2,100 mol CO : 0,900 mol H_2 : 2,700 mol **1 pont**

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

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

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?

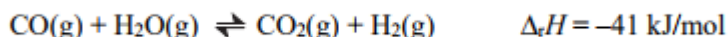
- e) Ha még tovább növelnénk a hőmérsékletet, hogyan változna a ciklohexán disszociációfoka és miért?

(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 leghagyása 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**
- $$pV = nRT \rightarrow V = nRT/p \quad \text{1 pont}$$
- $$V = 4,00 \text{ mol} \cdot 8,314 \text{ dm}^3 \text{ kPa K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 900 \text{ K} : 700 \text{ kPa} = \mathbf{42,8 \text{ dm}^3} \quad \text{1 pont}$$
- c) Ha x mol CO alakult át, akkor egyensúlyban:
- $$n(\text{CO}_2) = n(\text{H}_2) = x \quad \text{1 pont}$$
- $$n(\text{CO}) = 1,00 - x \quad \text{1 pont}$$
- $$n(\text{H}_2\text{O}) = 3,00 - x \quad \text{1 pont}$$
- 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 szerette 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 szerette 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 ₃ OH | HCOOCH ₃ | H ₂ O | Értékelés |
|-------------------|----------------------|--------------------|---------------------|-----------------------|---------------|
| Kiindulás | <i>x mol</i> | 3,125 mol | 0 mol | 3x mol | |
| Átalakulás | <i>0,750 mol</i> | <i>0,750 mol</i> | <i>0,750 mol</i> | <i>0,750 mol</i> | 1 pont |
| Egyensúly | <i>(x-0,750) mol</i> | <i>2,375 mol</i> | 0,750 mol | <i>(3x+0,750) mol</i> | 1 pont |

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!

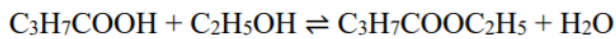
b) Számítsa ki, hány gramm karbonsavat használtunk a reakcióhoz!

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