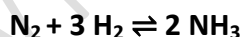


Egyensúlyon alapuló (vegyes) számolási feladatok (emelt szint)

Elméleti bevezető

Kémia tanulmányaink során számos esetben fogunk olyan reakciókkal találkozni, amelyek nem csak a termékképződés irányába képesek lejátszódni, hanem – ugyanolyan körülmények között – visszafele is. Ezeket a reakciókat **megfordítható reakcióknak** hívjuk (reverzibilis reakciók). Megfordítható reakciók esetében a rendszerben jelen vannak a kiindulási anyagok és a termékek egyaránt. Ezeknél a reakcióknál az egyenlőségjel helyett a $\rightleftharpoons$ jelet kell használni, mellyel utalunk a reakció megfordíthatóságára és arra, hogy a folyamat valóban mind a két irányba végbemegy.

Elméletileg minden kémiai reakció megfordítható, de bizonyos reakciókat, gyakorlati megfontolások alapján mégsem tekintünk annak. Nem megfordítható reakciók például a gázfejlődéssel járó kémiai reakciók (különösen, ha nyílt rendszerben hajtjuk azt végre). Ezekre a reakciókra felírható a tömeghatás törvénye. Gyakran bemutatott példa az ammóniaszintézis:



$$K = \frac{[\text{NH}_3]_e^2}{[\text{N}_2]_e * [\text{H}_2]_e^3}$$

azaz, szavakkal:

Dinamikus egyensúlyi rendszerben a keletkezett anyagok megfelelő hatványon vett, egyensúlyi koncentrációinak szorzata, osztva a kiindulási anyagok megfelelő hatványon vett, egyensúlyi koncentrációinak szorzatával, adott körülmények között (pl. állandó hőmérsékleten) állandó érték. Ezt az értéket egyensúlyi állandónak nevezzük és K -val jelöljük.

Tehát az egyensúlyi állandó egy adott reakcióra adott hőmérsékleten egy állandó érték.

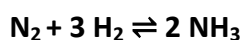
Mértékegysége mindig változó, fenti példában például $(\frac{\text{mol}}{\text{dm}^3})^{-2}$.

Az egyensúlyi reakcióknál történő számolások során nagyon fontos adat számunkra ez az egyensúlyi állandó, vagy megadják, és ebből kell tovább számolni, vagy pont ez a cél, hogy

ezt számoljuk ki! Fontos továbbá az is, hogy adott reakcióra, adott hőmérsékleten egy állandó érték, azaz, ha kiszámoltuk a feladat első felében és a feladat szövege szerint nem változik a hőmérséklet, akkor a kiszámolt egyensúlyi állandó értéket használhatjuk, használnunk kell.

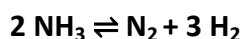
Másik fontos információ, lévén az egyensúlyi folyamatok oda-vissza lejátszódnak, ezért az egyensúlyi állandót is felírhatjuk mind a két irányba:

Ammónia szintézis irányára felírva:



$$K = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2] \cdot [\text{H}_2]^3}$$

Ammónia bomlásának irányába felírva:



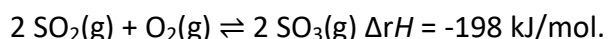
$$K = \frac{[\text{N}_2] \cdot [\text{H}_2]^3}{[\text{NH}_3]^2}$$

Jól látszik, hogy a két egyensúlyi állandó ugyanaz, matematikailag csupán egymás reciprok értékei, tehát ugyanazon folyamat oda és visszaalakulásának az egyensúlyi állandója azonos hőmérsékleten egymás reciprok értéke! Ezt ne feledjük!!!

Érettségi feladatok (megoldások a feladatsor után)

É/1 2007 október 5. Elemző és számítási feladat (10 pont)

A kén-trioxid keletkezése kén-dioxidból egyensúlyra vezető folyamat:



Válaszoljon az alábbi kérdésekre! Válaszát minden esetben indokolja!

a) Hogyan változnak a reagáló anyagok egyensúlyi koncentrációi, ha az egyensúlyban levő gázelegy hőmérsékletét tovább emeljük?

b) Hogyan változnak a reagáló anyagok egyensúlyi koncentrációi, ha állandó térfogaton növeljük a nyomást?

c) A reakció kezdetén katalizátort adunk a kiindulási gázelegyhez. Hogyan változnak a reagáló anyagok egyensúlyi koncentrációi a katalizátor alkalmazása nélküli esethez képest?

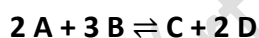
d) Egy kísérlet során $0,500 \text{ mol/dm}^3$ kiindulási kén-dioxid- és $0,500 \text{ mol/dm}^3$ kiindulási oxigénkoncentráció esetén, zárt, állandó térfogatú tartályban, adott hőmérsékleten kialakuló egyensúlyban a kén-trioxid egyensúlyi koncentrációja:

$$[\text{SO}_3] = 0,300 \text{ mol/dm}^3.$$

Számítsa ki, hány százalékos a kén-dioxid, illetve az oxigén átalakulása, és mekkora az adott hőmérsékleten az egyensúlyi állandó!

É/2 2008 május (0811) 9. feladat (11 pont)

Az A és B gázok az alábbi egyensúlyra vezető kémiai egyenlet szerint reagálnak egymással:



$1,00 \text{ dm}^3$ -es zárt tartályban $2,00 \text{ mol}$ A gázt és $4,00 \text{ mol}$ 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!

d) Az eddigi adatok alapján eldönthető-e, hogy a térfogattal együtt a hőmérsékletet is megváltoztattuk-e? Válaszát indokolja!

É/3 2008 május (0801) 9. Számítási feladat (10 pont)

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!

É/4 2009 október 8. Számítási feladat (9 pont)

Zárt tartályban hidrogén- és nitrogéngázból 350 °C-on, katalizátor jelenlétében ammóniát állítunk elő. Az egyensúlyi rendszerben kialakult koncentrációk a következők:

$$[\text{H}_2] = 3,60 \text{ mol/dm}^3, [\text{N}_2] = 1,20 \text{ mol/dm}^3, [\text{NH}_3] = 0,540 \text{ mol/dm}^3.$$

a) Mekkora az egyensúlyi állandó értéke?

b) A bemért nitrogén, illetve hidrogén hány százaléka alakult át?

c) Számítsa ki az egyensúlyi gázelegy nyomását!

d) Mekkora volt a tartály térfogata, ha 1,00 kg ammóniát sikerült előállítanunk?

É/5 2011 május (1112) 9. Számítási feladat (11 pont)

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 gázelegyenek 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 °C-on!

c) Hogyan változna az átalakulási százalék, ha ugyanezen a hőmérsékleten ugyanennyi hidrogént és jódot 100 dm^3 -es tartályban reagáltatnánk egymással? Válaszát indokolja!

É/6 2012 október 7. Számítási feladat (ez csak részfeladat)

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

Számítsa ki, hogy $10,0 \text{ cm}^3$ hangyasavhoz hány cm^3 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 $K = 3,25$.

É/7 2013 május 9. Számítási feladat (1011) (15 pont)

A $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{HI}(\text{g})$ folyamat egyensúlyi állandója 427°C -on $K_1 = 54,8$ 447°C -on $K_2 = 48,0$

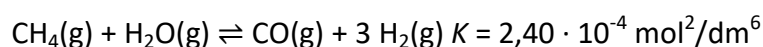
a) Két egyenlő térfogatú tartály egyaránt az alábbi összetételben tartalmazza a három anyagot: $[\text{HI}] = 0,600 \text{ mol/dm}^3$ $[\text{H}_2] = 0,0700 \text{ mol/dm}^3$ $[\text{I}_2] = 0,100 \text{ mol/dm}^3$ Ezután az egyik tartályt 427°C -ra, a másikat 447°C -ra melegítjük. Változnak-e a tartályokban 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 $12,8 \text{ g/dm}^3$?

É/8 2015 május 9. Számítási feladat (1513) (15 pont)

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!

É/9 2015 május (1411) 7. Számítási feladat (14 pont)

Egy 10,0 dm³-es, állandó térfogatú tartályt megfelelő hőmérsékleten 387 gramm hexángázzal töltünk meg, majd a lezárt tartályt 700 °C-ra melegítjük. Ekkor a hexán benzolra és hidrogénre disszociál.

a) Írja fel a hexán termikus disszociációjának rendezett egyenletét!

b) Számítsa ki 700 °C-on a folyamat egyensúlyi állandóját, ha tudjuk, hogy a hexán 80,0%-a disszociált!

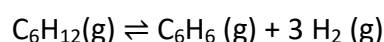
c) Határozza meg az egyensúlyi elegy nyomását!

d) Egy másik kísérletben ugyanabba a tartályba ismét 387 g hexánt töltöttünk, de ezúttal valamekkora tömegű benzolt is kevertünk hozzá, majd így melegítettük fel 700 °C-ra a rendszert. Ekkor a hexán 60,0%-a alakult át.

Hány gramm benzolt kevertünk a hexánhoz?

É/10 2015 május (1711) 6. Számítási feladat (10 pont)

A ciklohexán magas hőmérsékleten benzollá alakul át, a következő egyenlet szerint:



Szobahőmérsékleten egy 5,00 dm³-es tartályba öntöttünk valamennyi ciklohexánt, majd az edény lezárása után a hőmérsékletet jelentősen megnöveltük. Az egyensúly kialakulásakor koncentrációkról a következőket tudjuk: $[\text{H}_2(\text{g})] = 2,40 \text{ mol}/\text{dm}^3$, $[\text{C}_6\text{H}_{12}(\text{g})] = [\text{C}_6\text{H}_6(\text{g})]$.

a) **Határozza meg az egyensúlyi folyamat reakcióhőjét (szobahőmérsékletre vonatkoztatva) az alábbi adatok segítségével! $\Delta_f H(\text{C}_6\text{H}_{12}(\text{f})) = -158 \text{ kJ/mol}$ $\Delta_f H(\text{C}_6\text{H}_6(\text{f})) = +47,0 \text{ kJ/mol}$**

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

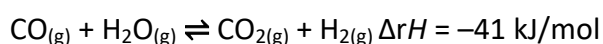
c) Határozza meg az egyensúlyi állandó értékét a kísérlet hőmérsékletén!

d) Mekkora tömegű ciklohexánt töltöttünk az edénybe?

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

É/11 2017 május (1712) 9. Elemző és számítási feladat (13 pont)

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!

É/12 2017 október 8. Számítási feladat (15 pont)

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 szeretné 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: $K_s = 1,76 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$)

É/13 2019 októberi 10. Számítási és elemző feladat

A kén-trioxidot az iparban kén-dioxid és oxigén reakciójával állítják elő az alábbi egyensúlyi folyamatban: $2 \text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{SO}_3(\text{g})$

a) Számítsa ki a fenti egyenlethez tartozó reakcióhőt!

A számításhoz az alábbi képződéshő-értékeket használja:

Vegyület neve	kén-dioxid (g)	kén-trioxid (g)
Képződéshő (kJ/mol)	-297	-395

b) Az alábbi lehetőségek közül húzza alá azokat, melyekkel a folyamat egyensúlya a kén-trioxid képződése irányába tolható el!

Katalizátor alkalmazása Nyomás növelése Az oxigén feleslegben való alkalmazása

Melegítés Kén-dioxid elvonása

A kén-dioxid átalakítását olyan konverterben végzik, amely négy, elkülönített reakcióágyból áll. Az egyes reakcióágyak finom eloszlású katalizátort is tartalmaznak. A vanádium(V)-oxid katalizátor inaktív $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatt és tönkremegy $620\text{ }^{\circ}\text{C}$ felett. Az egyes reakcióágyak közötti átvezetés alkalmával a gázelegyet külső hőcserélők alkalmazásával rendre visszahűtik $420\text{--}450\text{ }^{\circ}\text{C}$ közé. Az első, $30,0\text{ m}^3$ térfogatú reakcióágyba $1,00 \cdot 10^5\text{ Pa}$ nyomású, $420\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékletű kén-dioxidból és levegőből álló gázelegyet vezetnek (A levegő összetétele: $20,0\text{ V/V\%}$ oxigén és $80,0\text{ V/V\%}$ nitrogén). A kiindulási gázelegy átlagos moláris tömege $34,7\text{ g/mol}$.

c) Számítsa ki, mekkora anyagmennyiségű gázt tartalmaz az első reakcióágy a kémiai átalakulás megindulása előtt!

d) Számítsa ki az oxigén és kén-dioxid anyagmennyiség-arányát a kémiai átalakulás megindulása előtt!

Az első reakcióágyon való áthaladás után az elegyet hőcserélőn átvezették a második, ugyanekkora térfogatú reakcióágyba, miközben a kén-dioxid $60,0\text{ \%-}$ a alakult át, és visszaállt az eredeti, $420\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os hőmérséklet.

e) Számítsa ki a folyamat egyensúlyi állandóját $420\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on!

É/14 2020 október 8. Számítási feladat

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 $73,71\text{ grammot}$ használtunk fel, a reakcióban $46,48\text{ g}$ észter keletkezett.

a) Írja fel az észterképződés reakcióegyenletét!

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

É/15 2021 május (2112) 7. Számítási feladat

A hidrogén a brómmal 200 °C-on egyensúlyi folyamatban alakul át hidrogén-bromiddá. Egy 10,0 dm³-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 hidrogén-bromid.

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

b) Hány százaléka 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?

É/16 2021 október 9. Számítási feladat (12 pont)

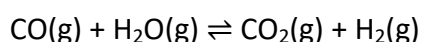
Az iparban széles körben használják a CO–H₂ gázelegyet mint szintézisgázt. A gázelegyben a két komponens aránya attól függ, hogy milyen kiindulási anyagokból állították elő.

a) Egy ipari körülmények között előállított CO–H₂ gázelegy 3,00 m³-ének tömege 40,0 °C-on és 200 kPa nyomáson 1,96 kg.

Határozza meg a kétkomponensű gázelegy térfogatszázalékos összetételét!

Olykor szükség van arra, hogy a szintézisekhez megváltoztassák a szén-monoxid és hidrogén arányát. Ezt a módosítást általában az alábbi reakció segítségével végzik el.

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



A folyamat egyensúlyi állandója 830 °C-on 1,00.

(A keletkező gázelegy víz- és szén-dioxid-tartalmát szükség esetén könnyen el lehet távolítani.)

Tegyük fel, hogy egy ipari szintézishez 1,00 : 2,00 arányú CO – H₂ elegyre van szükségünk.

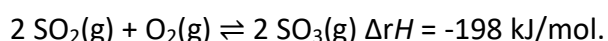
A rendelkezésünkre álló gázelegyben a CO és H₂ anyagmennyiség-aránya 1,00 : 3,00.

b) Szén-dioxidot vagy vízgőzt kell keverni az eredeti CO – H₂ gázelegyhez, hogy az anyagmennyiség-arány 1,00 : 3,00-ról 1,00 : 2,00-re változzon?

Megoldások

É/1 2007 október 5. Elemző és számítási feladat (10 pont)

A kén-trioxid keletkezése kén-dioxidból egyensúlyra vezető folyamat:



Válaszoljon az alábbi kérdésekre! Válaszát minden esetben indokolja!

a) Hogyan változnak a reagáló anyagok egyensúlyi koncentrációi, ha az egyensúlyban levő gázelegy hőmérsékletét tovább emeljük?

A legkisebb kényszer elvének értelmében, ha egy egyensúlyi rendszert melegítünk, akkor a rendszerválaszként az endoterm irányba tolódik, jelen esetben balra, azaz a kén-trioxid bomlásának irányába, tehát **a kén-trioxid (termék) egyensúlyi koncentrációja csökken, a kén-dioxid, illetve oxigén (kiindulási anyagok) koncentrációja nő.**

b) Hogyan változnak a reagáló anyagok egyensúlyi koncentrációi, ha állandó térfogaton növeljük a nyomást?

Nyomásnak akkor van hatása, ha a reakcióban gázok vannak jelen és a reakcióegyenlet két oldalán térfogat változást figyelhetünk meg. Itt mind a két feltétel teljesül. A nyomás növelése a kisebb térfogategységű oldal felé tolja az egyensúlyt, azaz a kén-trioxid képződésének irányába (jobbra), tehát **a kén-trioxid (termék) egyensúlyi koncentrációja nő, a kén-dioxid, illetve oxigén (kiindulási anyagok) koncentrációja csökken.**

c) A reakció kezdetén katalizátort adunk a kiindulási gázelegyhez. Hogyan változnak a reagáló anyagok egyensúlyi koncentrációi a katalizátor alkalmazása nélküli esethez képest?

Jegyezzük nagyon jól meg, hogy a katalizátor nem befolyásolja az egyensúlyt, tehát **nem változnak a reagáló anyagok egyensúlyi koncentrációi!**

d) Egy kísérlet során $0,500 \text{ mol/dm}^3$ kiindulási kén-dioxid- és $0,500 \text{ mol/dm}^3$ kiindulási oxigénkoncentráció esetén, zárt, állandó térfogatú tartályban, adott hőmérsékleten kialakuló egyensúlyban a kén-trioxid egyensúlyi koncentrációja:

$$[\text{SO}_3] = 0,300 \text{ mol/dm}^3.$$

Számítsa ki, hány százalékos a kén-dioxid, illetve az oxigén átalakulása, és mekkora az adott hőmérsékleten az egyensúlyi állandó!

Töltsük ki a jól ismert táblázatot (pirossal jelölve a megadott adatok)!

	2 SO_2	+	O_2	$\rightleftharpoons$	2 SO_3
kezdeti	$0,500$		$0,500$		0
állapot (k)					
átalakulás					
mértéke (Δ)	$-0,300$		$-0,150$		$+0,300$
egyensúlyi					
állapot (E)	$0,200$		$0,350$		$0,300$

Táblázat magyarázata: tudjuk, hogy kezdetben nincs a termékből (nem írja a feladat, hogy lenne), azonban egyensúlyban már $0,300 \text{ mol/dm}^3$ van jelen belőle. Ez csak úgy lehet, ha ennyi képződött a folyamat során, azaz $0,300 \text{ mol/dm}^3$. A kén-trioxid képződéséhez kell igazítani a kén-trioxid és az oxigén átalakulását figyelembe véve a sztöchiometriai együtthatókat!

$$\alpha_{\text{kén-dioxid}} = \frac{0,300}{0,500} = 0,600 \text{ vagyis } 60,0 \%$$

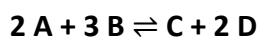
$$\alpha_{\text{oxigén}} = \frac{0,150}{0,500} = 0,300 \text{ vagyis } 30,0 \%$$

Egyensúlyi állandó:

$$K = \frac{0,300^2}{0,200^2 * 0,350} = 6,43 \frac{\text{dm}^3}{\text{mol}}$$

É/2 2008 május (0811) 9. feladat (11 pont)

Az **A** és **B** gázok az alábbi egyensúlyra vezető kémiai egyenlet szerint reagálnak egymással:



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!

a és b, Tudjuk A és B anyag kiindulási anyagmennyiségét és a rendszer térfogatát is. Első lépésként érdemes a térfogattal átváltani az anyagmennyiségeket koncentrációra.

$$[\text{A}] = \frac{2}{1} = 2,00 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

$$[\text{B}] = \frac{4}{1} = 4,00 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

Tudjuk A anyag átalakulását, ezért érdemes lenne a megszokott táblázatot felírni és kitölteni úgy, hogy a középső sorba A anyag megváltozásához számoljuk mindenki megváltozását a sztöchiometriát figyelembe véve. A anyag átalakulása 2*0,5=1 mol/dm³ (mert 50%-a alakul át):

	2 A	+	3 B	⇌	C	+	2 D
kezdeti							
állapot (k)	2		4		0		0
átalakulás							
mértéke (Δ)	-1	→	-1,5	→	+0,5	→	+1
egyensúlyi							
állapot (E)	1		2,5		0,5		1

B anyagból tehát A-hoz fogy 1,5 mol/dm³, átalakulása:

$$\alpha = \frac{1,5}{4} = 0,375 \text{ vagyis } 37,5 \% \text{ – os}$$

A táblázat kitöltésével kapásból a b kérdésre is válaszoltunk, hiszen az egyes anyagok egyensúlyi koncentrációi az utolsó sorban szerepelnek (Írjátok ki egyesével majd az érettségien!).

$$K_1 = \frac{[C]_e * [D]_e^2}{[A]_e^2 * [B]_e^3} = \frac{0,5 * 1^2}{1^2 * 2,5^3} = 0,0320 \left(\frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}\right)^{-2}$$

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!

Mivel gázokról van szó ezért a térfogat csökkentése, azaz a nyomás növelése hatással van az egyensúlyra, azaz a térfogat csökkentéssel egy új dinamikus egyensúlyi állapot áll be. A feladat szövege azt írja, hogy az egyensúlyi rendszer térfogatát a felére csökkenti. Ez azért fontos, mert, ami az a,b feladatban az egyensúlyi állapot volt, az jelen esetben a kezdeti állapot, tehát most kezdetben már jelen van a termékekből is! Ha a rendszer térfogatát a felére csökkentjük, akkor az eredeti koncentrációk megduplázódnak, mert a térfogat és koncentráció között fordított arányosság áll fent (azaz, ha V felére csökken, c kétszeresére nő). Ebből adódóan az új kezdeti koncentrációk a következők:

$$c_A = 2 \text{ mol/dm}^3$$

$$c_B = 5 \text{ mol/dm}^3$$

$$c_C = 1 \text{ mol/dm}^3$$

$$c_D = 2 \text{ mol/dm}^3$$

Az is ismert, hogy a D anyag anyagmennyisége (és mivel a rendszer zárt ezért egyben koncentrációja is) 30%-kal megnő. Ennek fényében töltsük ki a táblázatot:

	2 A	+	3 B	⇌	C	+	2 D
kezdeti							
állapot (k)	2		5		1		2
átalakulás							
mértéke (Δ)	-0,6	←	0,9	←	+ 0,3	←	+ 0,6
egyensúlyi							
állapot (E)	1,4		4,1		1,3		2,6

A táblázat utolsó sorában találjuk a kérdésre a választ!

d) Az eddigi adatok alapján eldönthető-e, hogy a térfogattal együtt a hőmérsékletet is megváltoztattuk-e? Válaszát indokolja!

Igen eldönthető, ugyanis mind a két esetben van elég adatunk ahhoz, hogy kiszámoljuk az egyensúlyi állandót. Ez azért kardinális, mert az egyensúlyi állandó hőmérséklet függő, azaz, ha a b kérdésben lévő táblázat és a c kérdésben lévő táblázat adataiból kiszámoljuk K értékét és ezek megegyeznek, akkor a hőmérséklet nem változott, ha eltérnek, akkor változtattuk. Érdeemes megjegyezni, hogy ha ilyet kérdeznek, akkor K értékével lehet válaszolni a kérdésre!

$$K_1 = \frac{[C]_e * [D]_e^2}{[A]_e^2 * [B]_e^3} = \frac{0,5 * 1^2}{1^2 * 2,5^3} = 0,0320 \left(\frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}\right)^{-2}$$

$$K_2 = \frac{[C]_e * [D]_e^2}{[A]_e^2 * [B]_e^3} = \frac{1,3 * 2,6^2}{1,4^2 * 4,1^3} = 0,0651 \left(\frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}\right)^{-2}$$

A kapott két K érték nem egyezik meg, tehát a hőmérsékletet is változtattuk!

Ha szeretnél hozzáférést a többi feladat általam írt részletesen levezetett megoldásaihoz, akkor a hozzáférésért keresd fel a honlapomat ☺

<https://www.emeltkemiaerettsegi.hu/reszletesen-kidolgozott-erettsegi-feladatok/>