

1. feladat

A valóságban létező ún. reális gázokra az ideális gáztörvény sajnos helyesbítésre szorul. Nem ismerünk gázokra olyan általános állapotegyenletet, amellyel kiszámítva egy állapotjelző értékét minden gázra megfelelő pontossággal megegyezne a kísérleti adattal. Mindenkinek ismerősen csenghet Johannes D. van der Waals neve, aki 1873-ban elsőként vette figyelembe, hogy a reális gáz részecskéi vonzásából eredően a nyomás a/V^2 -tel nagyobb, mint ha a gáz tökéletes volna; illetve a gázzsészecskék mozgásához rendelkezésre álló térfogat kisebb a részecskék b saját térfogatával. Az így korrigált egyenlet:

$$\left(p + \frac{n^2 a}{V^2}\right) \cdot (V - nb) = nRT$$

Az a és a b anyagi minőségtől függő állandót van der Waals-állandóknak nevezik. A szén-dioxid esetében ezek a következő értékeket veszik fel:

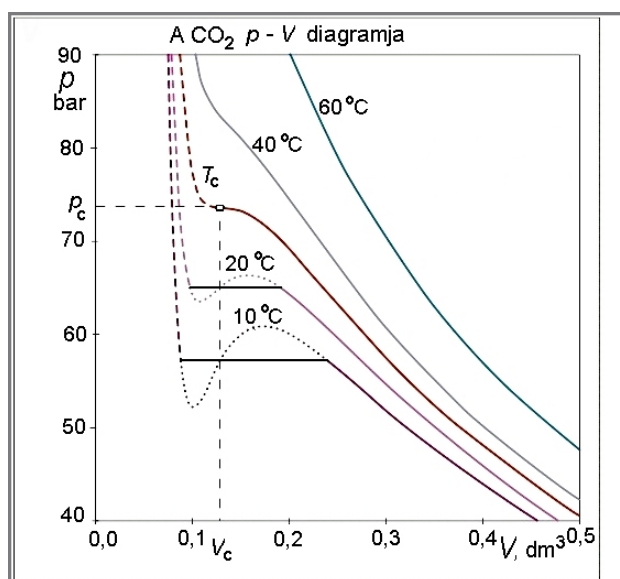
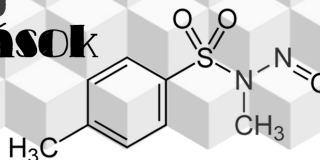
$$a(\text{CO}_2) = 364 \text{ kPa} \cdot \text{dm}^6 / \text{mol}^2; \quad b(\text{CO}_2) = 0,0427 \text{ dm}^3 / \text{mol}$$

- Mekkora lesz ez alapján 40 °C-on 2,00 mol CO₂ gáz nyomása egy 1,00 m³-es tartályban?
- Mit kapnánk, ha ideális gázként tekintenénk rá?
- Számoljátok ki az így elkövetett hibát!

Egy ugyanilyen térfogatú, de üres tartályba 0,0468 mol/s sebességgel áramoltattunk be CO₂ gázt. A tartályt a gyártáskor úgy tervezték, hogy akkora nyomást (és hőmérsékletet) még biztosan elbírnak, ami akkor áll fenn, amikor a CO₂ molekulák térfogata a rendelkezésre álló teret 6,00 %-ban tölti be. (Tekintsünk most el a lehetséges kondenzációtól!)

- Mennyi időt tölthetünk biztonságban emellett a tartály mellett az áramoltatás megkezdésétől számítva?
- Hány darab CO₂ molekula lesz ekkor a tartályban?
- A gáz áramoltatása közben fél órával a kezdés után a tartály belső hőmérsékletét mérő hőmérő 29,1 °C-ot mutatott. Mekkora volt ekkor a tartályban uralkodó nyomás?
- Ha a reális gázok állapotegyenletét 0-ra rendezzük V -re harmadfokú lesz. Adjátok meg a $V^3 + kV^2 + lV + m = 0$ formájú egyenletben az k , l és m paraméterek értékét!

Izotermákkal (azonos hőmérsékleten mért térfogat-nyomás koordinátaértékek által kirajzolt görbe) jól bemutatható ez a harmadfokú jelleg:



- h) Mi az oka egyes izotermáknál, hogy a halványan pontozott görbe helyett valójában vízszintes vonal lesz?

Megoldás:

- a) Először is a van der Waals állandókat kell átváltani, hogy bennük csak SI mértékegységek legyenek.

$$a = 364 \text{ kPa} \cdot \text{dm}^6 / \text{mol}^2 = 364\,000 \text{ Pa} \cdot \text{dm}^6 / \text{mol}^2 = 0,364 \text{ Pa} \cdot \text{m}^6 / \text{mol}^2$$

$$b = 0,0427 \text{ dm}^3 / \text{mol} = 4,27 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 / \text{mol}.$$

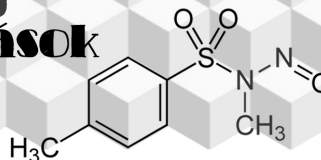
Ezeket behelyettesítve a van der Waals egyenletbe és felhasználva, hogy 2,00 mol 40 °C-os (313,15 K) CO₂-ről van szó kiszámolható a nyomás értéke.

$$\left(\frac{p + 4 \cdot 0,364}{1^2} \right) \cdot (1 - 2 \cdot 4,27 \cdot 10^{-5}) = 2 \cdot 8,314 \cdot 313,15$$
$$p = 5206 \text{ Pa}$$

- b) Az ideális gázegyenletbe ($pV=nRT$) behelyettesítve a nyomásra 5207 Pa adódik.
- c) Ezek alapján az ideális gáztörvénnyel számolva 0,02 % hibát követünk el.
- d) Ha a tartály 6,00 %-át fogják a molekulák kitenni, akkor azok térfogata 0,060 m³ lesz. Mivel a molekulák térfogatát az $n \cdot b$ képlet adja meg, ezért n értéke kiszámolható, abból pedig a beáramoltatási sebesség ismeretében megkapható a keresett időtartam:

$$n = \frac{V_{\text{molekulák}}}{b} = \frac{0,06}{4,27 \cdot 10^{-5}} = 1405,15 \text{ mol}$$
$$t = \frac{n}{t_{\text{áramoltatási}}} = \frac{1405,15}{0,0468} = 30\,024,6 \text{ s} = 8,34 \text{ óra}$$

Tehát 8 óra 20 percet (8,34 órát) tölthetünk biztonságban a tartály mellett.



- e) Az anyagmennyiség ismeretében ($1405,15 \text{ mol}$) kiszámolható, hogy $8,43 \cdot 10^{26}$ darab CO_2 molekula lesz a tartályban.
- f) Fél óra 1800 s -ot jelent, ennyi idő alatt $0,0468 \cdot 1800 = 84,24 \text{ mol}$ CO_2 gáz kerül a tartályba. Ezeket az értékeket a van der Waals egyenletbe behelyettesítve nyomásra $209,9 \text{ kPa}$ adódik (azaz $2,099 \text{ bar}$).

$$\text{g) } 0 = V^3 - \left(\frac{pnb + nRT}{p} \right) V^2 + \left(\frac{n^2 a}{p} \right) V - \frac{n^3 ab}{p}$$
$$\text{Tehát } k = - \frac{pnb + nRT}{p}; l = \frac{n^2 a}{p} \text{ és } m = - \frac{n^3 ab}{p}$$

- h) A kisebb hőmérsékletekhez tartozó izotermák esetén a görbéknek lokális minimuma és maximuma is van, ami azt jelentené, hogy a térfogat csökkenése adott viszonyok között nyomáscsökkenéssel jár, ami a gyakorlatban nem fordul elő, ezért kondenzáció lesz.

2. feladat

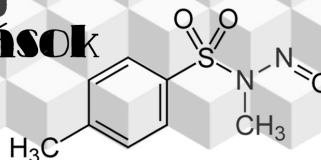
Az 1:1-es sósavoldat úgy készül, hogy $37 \text{ m/m}\%$ -os sósavat (másnéven tömény sósav, sűrűsége $1,180 \text{ g/cm}^3$) 1:1 (térfogat)arányban kevernek össze $25 \text{ }^\circ\text{C}$ -os desztillált vízzel. Lemérve az így készült 1:1-es sósav $100,0 \text{ ml}$ -ének tömegét $108,2 \text{ g}$ -ot kapunk. Hány tömegszázalékos az 1:1-es sósav és mennyi a koncentrációja mol/dm^3 -ben kifejezve?

Megoldás: Vegyünk $50\text{-}50 \text{ cm}^3$ -t a két összetevőből. $50,00 \text{ cm}^3$ desztillált víz $49,85 \text{ g}$ (mivel a sűrűsége $25 \text{ }^\circ\text{C}$ -on $0,9970 \text{ g/cm}^3$). $50,00 \text{ cm}^3$ tömény sósav $59,00 \text{ g}$, és tömegszázalékos összetétele alapján tartalmaz $21,83 \text{ g}$ HCl -ot és $37,17 \text{ g}$ vizet. Tehát az így elkészült 1:1-es sósavban $21,83 \text{ g}$ HCl és $87,02 \text{ g}$ víz van. Tehát $21,83/108,85 = 20,06 \text{ m/m}\%$ -os az 1:1-es sósav. A térfogati kontrakció jelensége miatt ki kell számolnunk az oldat térfogatát, ugyanis nem vehetjük azt 100 cm^3 -nek. Mivel ismerjük az 1:1-es sósav $100,0 \text{ ml}$ -ének a tömegét, sűrűsége könnyen kiszámolható: $1,082 \text{ g/cm}^3$. $108,85 \text{ g}$ -nak a térfogata ez alapján $100,60 \text{ cm}^3$. $21,83 \text{ g}$ HCl anyagmennyisége $0,5988 \text{ mol}$, tehát az 1:1-es sósav koncentrációja $5,952 \text{ mol/l}$.

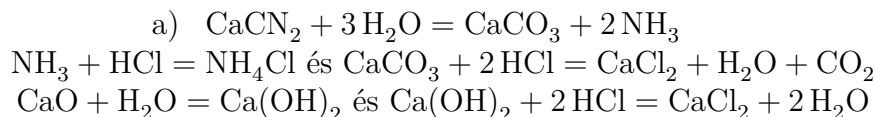
3. feladat

A kalcium-ciánamid (CaCN_2) túlhevített vízgőzzel kalcium-karbonát és ammónia keletkezése közben reagál. $3,860 \text{ g}$ kalcium-ciánamidot (a tisztaságát nem ismerjük, de tudjuk, hogy kalcium-karbonát és kalcium-oxid szennyezi) reagáltatunk vízgőzzel. A fejlődő ammóniát vízben elnyeletjük, majd a kapott oldatot 100 cm^3 -re hígítjuk. $10,25 \text{ cm}^3$ -es részleteit $0,750 \text{ mol/dm}^3$ -es HCl oldattal titrálva az átlagfogyás $11,21 \text{ cm}^3$. A visszamaradó szilárd anyagot sósavval elreagáltatjuk, és $1,046 \text{ dm}^3$ standard állapotú szén-dioxid fejlődik.

- a) Írjátok fel a feladatban szereplő reakciók egyenleteit!
- b) Adjátok meg a szennyezett kalcium-ciánamid $\text{m/m}\%$ -os összetételét! Milyen tisztaságú volt a kalcium-ciánamid?
- c) Mennyi $0,750 \text{ mol/dm}^3$ -es sósavra van szükség a vízgőzzel való reakció után visszamaradó szilárd keverék közömbösítéséhez?



Megoldás:



- b) A $11,21 \text{ cm}^3$ HCl-oldatban $8,40 \text{ mmol}$ HCl van. Tehát, ha ennyi sósav kell $10,25 \text{ cm}^3$ közömbösítéséhez, akkor 100 cm^3 -hez $82,0 \text{ mmol}$ kellene, azaz ennyi ammónia keletkezett a $3,86 \text{ g}$ szennyezett kalcium-ciánamid vízgőzzel való reakciója közben. Az egyenlet alapján ennyi ammónia $41,0 \text{ mmol}$ kalcium-ciánamidból keletkezett, aminek a tömege $3,28 \text{ g}$. Tehát $3,28 \text{ g}$ kalcium-ciánamid mellett $0,58 \text{ g}$ kalcium-karbonátot és kalcium-oxidot tartalmaz. Tehát a tisztasága $85,0 \%$ -os.

A CO_2 mennyisége alapján $42,7 \text{ mmol}$ kalcium-karbonát volt, amiből $41,0 \text{ mmol}$ keletkezett a CaCN_2 reakciója során. Azaz $1,7 \text{ mmol}$ volt a kalcium-karbonát anyagmennyisége, tehát $0,17 \text{ g}$ volt a tömege. Így kiszámolható, hogy $4,40 \text{ m/m}\%$ -ban volt jelen a CaCO_3 , és $10,6 \text{ m/m}\%$ -ban tartalmazott a keverék CaO-t.

- c) A CaCN_2 vízgőzzel való reakció során CaCO_3 keletkezik (az ammónia eltávozik), a CaO pedig $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -dá alakul. Mindkét anyag kétszeres anyagmennyiségű HCl-dal reagál. CaCO_3 -ból a szén-dioxid anyagmennyisége alapján $42,7 \text{ mmol}$ volt, tehát ez $85,4 \text{ mmol}$ HCl-dal reagál. A CaO-ból $0,41 \text{ g}$ volt, ami $7,3 \text{ mmol}$ -nak felel meg, ebből azonos mennyiségű $\text{Ca}(\text{OH})_2$ keletkezik, ami $14,6 \text{ mmol}$ HCl-dal reagál. Tehát összesen 100 mmol HCl-ra van szükség a szilárd anyagok közömbösítéséhez. Ennyi HCl $133,3 \text{ cm}^3$ $0,750 \text{ mol/dm}^3$ -es sósavban található.

4. feladat

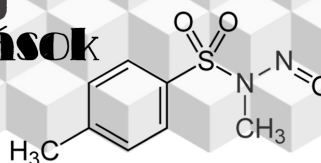
Albrechtnek nemrég volt a születésnapja, a bácsikájától kapott némi mínium-ásványt. A mínium egy ólom-oxid ásvány, amely $90,67 \text{ m/m}\%$ ólomot és $9,33 \text{ m/m}\%$ oxigént tartalmaz. Ám a bácsikája tudta, hogy Albrechtnek a vérében van a kémia és a kísérletezgetés, ezért inkább kettő darabot vett neki, hogy legalább az egyik megmaradjon hosszabb távon is. Ahogy számítani lehetett rá, Albrecht az egyik ásványt, amelynek tömege $20,18 \text{ g}$ volt, már az első héten feláldozta a tudomány oltárán. Sztöchiometriai mennyiségű híg salétromsavban feloldotta, így ólom-dioxidot és ólom-nitrát vizes oldatát kapta. Az oldatból kiszűrte az ólom-dioxid „csapadékot” és tovább kísérletezgetett.

- a) Határozzátok meg a mínium képletét!

- b) Írjátok fel a salétromsavas oldáskor lejátszódó reakció egyenletét!

Albrechtnek ólom-dioxidból sikerült a teljes mennyiséget kinyernie, ezt két részre osztotta. Az egyik részét hevítette, ám a hevítést nem végezte elég ideig, így ólom-dioxid és ólom-oxid keverékét kapta. Ezért úgy döntött, titrálással állapítja meg a keverék összetételét.

Ehhez $35,0 \text{ ml}$, pontosan $0,100 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú oxálsav-oldatot adott a hevítés után maradt $4,65 \text{ grammnyi}$ keverékhez, majd kénsavas savanyítás és melegítés mellett lezajlott a reakció, mely során az ólom(IV) Pb^{2+} -ná redukálódott, az oxálsav pedig CO_2 -dá oxidálódott víz keletkezése mellett. A megmaradt oxálsavat $0,02 \text{ mol/dm}^3$ névleges koncentrációjú, $1,005$ faktorú kálium-permanganát mérőoldattal titrálta vissza savas közegben, a mérőoldatból $8,50 \text{ ml}$ fogyott (ekkor a permanganát-ionokból Mn^{2+} , az oxálsavból pedig ismét CO_2 keletkezik).



- c) Határozzátok meg az oxidkeverék tömegszázalékos összetételét!
- d) Hány gramm ólom-dioxidot hevített, ha a szóban forgó keveréket kapta?

A kiindulási ólom-dioxid másik részét nitrogén-dioxiddal reagáltatta. A nitrogén-dioxiddal történő reakció eredményeként ólom-nitrátot és ólom-oxidot kapott és emellett gáz is fejlődött, amely a parázsló gyújtópálcát lánggra lobbantotta. Albrecht a keletkező ólom-nitrátot vízzel kioldotta az ólom-dioxid mellől. Szárítás után tömegméréssel megállapította, hogy a két ólomvegyület 1:1 anyagmennyiség arányban keletkezett a nitrogén-dioxiddal történt reakció során.

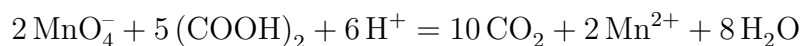
- e) Hány cm^3 standard állapotú gáz fejlődött a reakció során?

Megoldás:

- a) Vegyünk 100 g míziumot. Ebben van 90,67 g ólom, ami 0,4376 mol-nak, illetve 9,33 g oxigén, ami 0,5831 mol-nak felel meg. Tehát $n(\text{Pb}) : n(\text{O}) = 0,4376 : 0,5831 = 1,00 : 1,33 = 3,00 : 4,00$. Ezek alapján a mízium képlete: Pb_3O_4 .



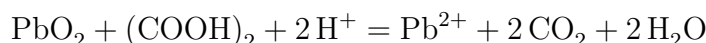
- c) Az oxálsav és a kálium-permanganát reakciója:



A kálium-permanganát anyagmennyiségéből meghatározhatjuk az egyenlet alapján, hogy mennyi oxálsav maradt az ólom-dioxidos reakció után az oldatban:

$$n_{\text{KMnO}_4} = V_{\text{mérőoldat}} \cdot c_{\text{mérőoldat}} \cdot f_{\text{mérőoldat}} = 8,5 \cdot 0,02 \cdot 1,005 = 0,17085 \text{ mmol}$$
$$n_{\text{oxálsav,maradék}} = n_{\text{KMnO}_4} \cdot 2,5 = 0,17085 \cdot 2,5 = 0,427 \text{ mmol}$$

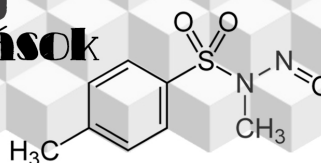
Az oxálsav kezdeti anyagmennyisége könnyen kiszámolható, hiszen ismerjük az oldat térfogatát és koncentrációját. $n_{\text{oxálsav}} = 0,035 \cdot 0,1 = 0,0035 \text{ mol} = 3,500 \text{ mmol}$. Mivel tudjuk, hogy 0,427 mmol oxálsav maradt vissza, ezért az ólom-dioxiddal 3,073 mmol reagált el a következő egyenlet szerint:



Ebből kiszámolható a reagáló ólom-dioxid tömege, amiből adódik a tömegszázalékos összetétele, mivel ismert, hogy a keverék tömege 4,65 g volt:

$$m_{\text{PbO}_2, \text{reagált}} = n_{\text{oxálsav, reagált}} \cdot M_{\text{PbO}_2} = 3,07 \cdot 239,2 = 735 \text{ mg} = 0,735 \text{ g}$$
$$m/m\%(\text{PbO}_2) = \frac{0,735}{4,65} \cdot 100\% = 15,81 \%$$

Azaz az oxidkeverék 15,81 $m/m\%$ ólom-dioxidot és 84,19 $m/m\%$ ólom-oxidot tartalmazott.



- d) Az ólom-dioxid hevítésének egyenlete: $2 \text{PbO}_2 = 2 \text{PbO} + \text{O}_2$
A 4,65 g keverékben 0,735 g PbO_2 és 3,915 g PbO volt. A PbO anyagmennyiségére ($M = 223,2 \text{ g/mol}$) 17,54 mmol adódik, és mivel ugyanekkora anyagmennyiségű ólom-dioxidból keletkezett, ezért a hevítés előtti ólom-dioxid anyagmennyisége 20,61 mmol volt, aminek a tömege:

$$m_{\text{PbO}_2, \text{hevítés előtt}} = n_{\text{PbO}_2, \text{hevítés előtt}} \cdot M_{\text{PbO}_2} = 20,61 \cdot 239,2 = 4930 \text{ mg} = 4,93 \text{ g}$$

Tehát Albrecht 4,93 g ólom-dioxidot hevített.

- e) A kérdés megválaszolásához először meg kell tudni, hogy mekkora tömegű volt a másik részlet. Ehhez ismernünk kell, hogy mennyi ólom-dioxid keletkezhetett a kiindulási miniumból:

$$n_{\text{minium}} = \frac{m_{\text{minium}}}{M_{\text{minium}}} = \frac{20,18}{685,6} = 0,0294 \text{ mol}$$

$$m_{\text{PbO}_2, \text{eredeti}} = n_{\text{minium}} \cdot M_{\text{PbO}_2} = 0,0294 \cdot 239,2 = 7,041 \text{ g}$$

Ebből 4,931 g-ot elhevítettünk korábban, így a maradék tömege 2,11 g, ami 0,0088 molnak felel meg. Az ólom dioxid és a nitrogén-dioxid reakcióját megnézve látható, hogy 3 komponens oxidációs száma is változik (ólom, nitrogén, oxigén). Mivel tudjuk, hogy 1:1 arányban keletkezett az ólom-nitrát és az ólom-oxid ezért a következő reakció ment végbe:



A keletkező oxigén anyagmennyisége negyede a kiindulási ólom-dioxidénak, azaz 2,205 mmol. A keletkező oxigén térfogata:

$$V_{\text{O}_2} = V_{m, \text{std}} \cdot n_{\text{O}_2} = 24,5 \cdot 2,205 = 54,03 \text{ cm}^3$$

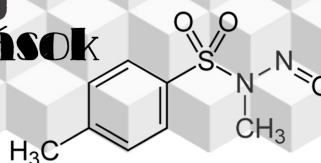
Tehát 54,03 cm³ standard állapotú oxigén fejlődött a reakció során.

5. feladat

A propán termikus disszociációja során propén és hidrogén keletkezik. 1,00 atm össznyomáson, 800 K-en az egyensúlyi gázelegy klórgázra vonatkoztatott relatív sűrűsége 0,4838.

- a) Mekkora ezen körülmények között a disszociációfok és a (koncentrációkkal kifejezett) disszociációs állandó?

A propén klórral addíciós reakcióba lép, ekkor **A** keletkezik. Azonban magasabb hőmérsékleten szubsztitúciós reakció is végbemegy, ekkor a metil-csoport egyik hidrogénje cserélődik klórra miközben **B** keletkezik. **B**-ből kiindulva gyártják az epiklórhidrint (**C**), mely a műanyagipar egyik fontos alapanyaga. Ehhez először hipoklórossavat addíciónálnak **B**-re, majd lúggal kezelve kapják **C**-t, az epiklórhidrint, melyben egy háromtagú, oxigént is tartalmazó gyűrű található. A propént oxidálva akrolein keletkezik (**D**), mely a legkisebb szén-szén kettős kötést is tartalmazó aldehid. Tovább oxidálódva egy sav keletkezik (**E**), mely szintén fontos műanyagipari alapanyag. Propénre vizet addíciónálva **F** keletkezik, melyet oxidálva **G**-t kaphatjuk meg, ami egy fontos szerves oldószer.



b) Rajzoljátok fel **A-G** vegyületek szerkezeti képletét, és nevezzétek el őket!

Megoldás:

a) A reakció egyenlete: $C_3H_8 \rightleftharpoons C_3H_6 + H_2$

Induljunk ki 1,00 mol propánból, ami 44,09 g-nak felel meg. Ha x mol propán átalakul, akkor az egyensúlyi rendszerben x mol propén, x mol hidrogén és $1-x$ mol propán lesz. Tehát az egyensúlyi elegy anyagmennyisége $1 - x + 2x$, azaz $1 + x$ mol lesz. A klórgázra vonatkoztatott relatív sűrűség alapján az egyensúlyi elegy átlagos molekulatömege $0,4838 \cdot 70,90 = 34,30$ g/mol. Tehát a következő egyenletet kell megoldanunk:

$$(1 + x) \cdot 34,30 = 44,09$$

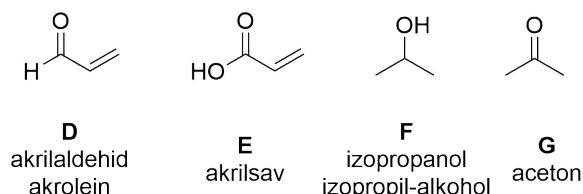
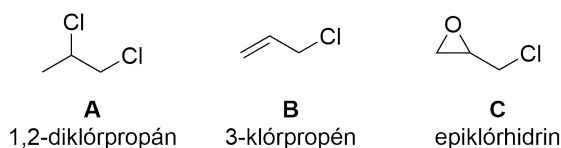
$$x = 0,2854$$

Mivel 1,00 mol propánból indultunk ki, ezért x értéke valójában a disszociációfoknak felel meg, tehát $\alpha = 0,2854$.

Az egyensúlyi állandóhoz ismernünk kell a térfogatot is. Mivel tudjuk, hogy a rendszerben a gázok összes anyagmennyisége 1,2854 mol, a hőmérséklet 800 K, és a nyomás 101325 Pa már csak az ideális gázegyenletbe kell behelyettesítenünk, és térfogatra 84,38 dm³ adódik. Ebből meghatározható az egyensúlyi állandó:

$$K = \frac{c_{C_3H_6} \cdot c_{H_2}}{c_{C_3H_8}} = \frac{\frac{n_{C_3H_6}}{V} \cdot \frac{n_{H_2}}{V}}{\frac{n_{C_3H_8}}{V}} = \frac{n_{C_3H_6} \cdot n_{H_2}}{V \cdot n_{C_3H_8}} = \frac{0,2854^2}{84,38 \cdot 0,7146} = 1,351 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$$

b)



A feladatok során 4 értékes jeggyel számoljatok! A szükséges adatok a függvénytáblázatban megtalálhatóak! Mindegyik feladat részletesen indokolt megoldása 8 pontot ér. A feladatok megoldásához függvénytáblázat, számológép és íróeszközök használhatóak. Sikeres versenyzést kívánunk!