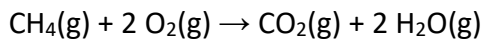

Ratkaisut – Tehtävät 1

1. Suomeen tuotava maakaasu on lähes pelkkää metaania. Maakaasua poltettaessa metaani palaa täydellisesti.
- a) Kirjoita reaktioyhtälö.
- b) Mikä on polttoon tarvittavan happikaasun tilavuus, kun 98,0 m³ metaania palaa täydellisesti? Molempien kaasujen lämpötila on 520 °C ja paine on 121 kPa.

Ratkaisu

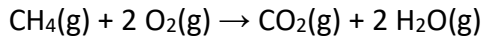


$$n(\text{CH}_4) = \frac{pV}{RT}, \text{ joten reaktioyhtälön perustella } n(\text{O}_2) = 2 \cdot n(\text{CH}_4)$$

$$V(\text{O}_2) = n(\text{O}_2)RT/p = 2 \cdot \frac{pV}{RT} \cdot \frac{RT}{p} = 2 \cdot V(\text{CH}_4) = 2 \cdot 98,0 \text{ m}^3 \approx 196 \text{ m}^3$$

2. Maakaasu on melkein puhdasta metaania. Kuinka suuri tilavuus metaania paloi, kun täydelliseen palamiseen kuluu 23 m³ ilmaa, jonka lämpötila on 520 °C ja paine on 121 kPa? Ilmassa on happea 21 til-%. Käytännössä polttimeen johdetaan aina ilmaa enemmän kuin tässä laskettu teoreettinen ilmamäärä. Sillä pyritään varmistamaan täydellinen palaminen.

Ratkaisu



$$\text{Ilmassa on happea } 0,21 \cdot 23 \text{ m}^3 = 4,83 \text{ m}^3$$

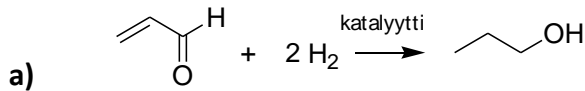
$$n(\text{CH}_4) = \frac{1}{2} \cdot n(\text{O}_2)$$

$$V(\text{CH}_4) = \frac{1}{2} n(\text{O}_2) RT/p = \frac{0,5 \text{ mol} \cdot 4,83 \text{ m}^3 \cdot 8,3145 \frac{\text{J}}{\text{molK}} \cdot (273,15 + 520) \text{ K}}{121 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}$$

$$= 131,620... \text{ m}^3 \approx 130 \text{ m}^3$$

3. Propenaalia vedytetään katalyytin läsnäollessa.
- a) Kirjoita reaktioyhtälö.
- b) Kuinka suuri tilavuus vetykaasua kuluu, jos 2,0 g propenaalia vedytetään? Vetykaasun paine on 104 kPa ja lämpötila on 24 °C.
- c) Kuinka monta grammaa reaktiotuotetta saadaan, jos saanto on 90 %?

Ratkaisut



$$\text{b) } n(\text{C}_3\text{H}_4\text{O}) = \frac{m}{M(\text{C}_3\text{H}_4\text{O})} = \frac{2,0\text{g}}{(3 \cdot 12,01 + 4 \cdot 1,008 + 16,00) \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,03567 \dots \text{mol}$$

$$n(\text{H}_2) = 2 \cdot n(\text{C}_3\text{H}_4\text{O}) = 2 \cdot 0,03567 \dots \text{mol} \approx 0,0713 \dots \text{mol}$$

$$V(\text{H}_2) = n(\text{H}_2)RT/p = \frac{0,0713 \dots \text{mol} \cdot 8,3145 \frac{\text{J}}{\text{molK}} \cdot (273,15 + 24) \text{K}}{104 \cdot 10^3 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}} = 0,001695 \dots \text{m}^3$$

$$\approx 1,7 \text{ dm}^3$$

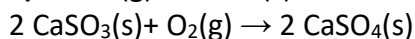
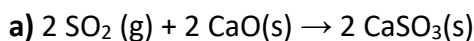
$$\text{c) } n(\text{H}_2) = \frac{pV}{RT}, \text{ josta } \frac{m}{M(\text{H}_2)} = 0,9 \cdot \frac{pV}{RT} \text{ ja } m = 0,9 \cdot \frac{M(\text{H}_2)pV}{RT}$$
$$= 0,9 \cdot \frac{2 \cdot 1,008 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 104 \cdot 10^3 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 0,001695 \dots \text{m}^3}{8,3145 \frac{\text{J}}{\text{molK}} (273,15 + 24) \text{K}} = 0,143 \dots \text{g} = 0,14 \text{ g}$$

4. Savukaasujen rikkidioksidipäästöjen pienentämiseen voidaan käyttää FGD-tekniikkaa (Flue Gas Desulphurisation). Menetelmä perustuu rikkidioksidikaasun reaktioon kiinteän kalsiumoksidin kanssa. Reaktiossa muodostuu kiinteää kalsiumsulfidia, joka edelleen reagoi ilman happikaasun kanssa muodostaen kiinteää kalsiumsulfaattia.

a) Kirjoita rikinpoistoon liittyvät reaktioyhtälöt.

b) Kuinka monta tonnia kalsiumoksidia tarvitaan, kun savukaasusta poistetaan 120 000 tonnia rikkidioksidia?

Ratkaisut



$$\text{b) } n(\text{SO}_2) = \frac{120 \cdot 10^9 \text{g}}{(32,07 + 2 \cdot 16,00) \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 1,87295145 \dots \cdot 10^{10} \text{ mol}$$

$$n(\text{CaO}) = n(\text{SO}_2)$$

$$m(\text{CaO}) = n \cdot M(\text{CaO}) = 1,872951459 \text{ mol} \cdot (40,08 + 16,00) \text{ g/mol}$$

$$= 1,050351178 \dots \cdot 10^{12} \text{ g}$$

$$\approx 1100 \text{ 000 tn}$$

5. 5,9 kg:n hiilidioksidisammuttimessa on 2,0 kg hiilidioksidia $58 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ paineessa ja $20 \text{ }^\circ\text{C}$ lämpötilassa. Kuinka suuri tilavuus sammuttimesta saadaan hiilidioksidia, kun lämpötila on $23 \text{ }^\circ\text{C}$ ja paine on $101,3 \text{ kPa}$?

Ratkaisu

Kaasun tilavuus hiilidioksidisammuttimessa:

$$V_1 = \frac{n(\text{CO}_2)RT}{p} = \frac{mRT_1}{M(\text{CO}_2)p_1}$$

Hiilidioksidin tilavuus, kun lämpötila on 23 °C ja paine on 101,3 kPa:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}, \text{ josta } V_2 = \frac{p_1 V_1 T_2}{T_1 p_2}$$

Tila 1	Tila 2
$p_1 = 58 \cdot 10^5 \text{ Pa}$	$p_2 = 101,3 \text{ kPa}$
$V_1 = ?$	
$m = 2,0 \text{ kg} = 2000 \text{ g}$	
$M(\text{CO}_2) = (12,01 + 2 \cdot 16,00) \frac{\text{g}}{\text{mol}}$	$V_2 = ?$
$T_1 = (20 + 273,15) \text{ K}$	$T_2 = (23 + 273,15) \text{ K}$

$$V_1(\text{CO}_2) = \frac{2000\text{g} \cdot 8,3145 \frac{\text{Nm}}{\text{molK}} \cdot (20 + 273,15)\text{K}}{(12,01 + 2 \cdot 16,00) \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 58 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}} = 0,019097 \dots \text{m}^3$$

$$V_2 = \frac{p_1 V_1 T_2}{T_1 p_2} = \frac{58 \cdot 10^5 \text{Pa} \cdot 0,019097 \dots \text{m}^3 \cdot (273,15 + 23)\text{K}}{(273,15 + 20)\text{K} \cdot 101,3\text{kPa}} = 1104,6305 \dots \text{m}^3 = 1100 \text{ m}^3$$

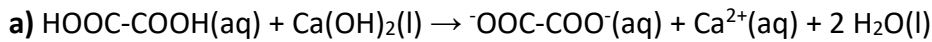
Ratkaisut – Tehtävät 2

1. 25,0 ml näyte oksaalihappoa titrattiin 0,0050 M kalsiumhydroksidiliuoksella, jota kului 23,7 ml.

a) Kirjoita reaktioyhtälö.

b) Kuinka monta milligrammaa näyte sisälsi oksaalihappoa?

Ratkaisut



b) $n(\text{Ca}(\text{OH})_2) = c \cdot V = 0,025 \text{ dm}^3 \cdot 0,0050 \text{ mol/dm}^3 = 1,25 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$

$$n(\text{HOOC-COOH}) = n(\text{Ca}(\text{OH})_2)$$

$$m(\text{Ca}(\text{OH})_2) = n M(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 1,25 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot (40,08 + 2 \cdot (16,00 + 1,008)) \text{ g/mol} \\ = 0,009266 \text{ g} \approx 9,3 \text{ mg}$$

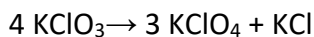
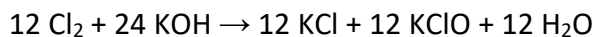
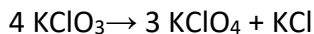
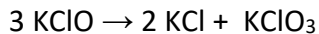
2. Kaliumperkloraattia KClO_4 voidaan valmistaa seuraavasti:



a) Kirjoita kokonaisreaktioyhtälö.

b) Kuinka monta grammaa kloorikaasua tarvitaan, kun valmistetaan 73,0 g kaliumperkloraattia?

Ratkaisut



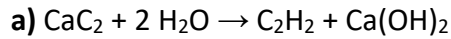
b) $n(\text{KClO}_4) = \frac{m}{M(\text{KClO}_4)} = \frac{73,0 \text{ g}}{(39,10 + 35,45 + 4 \cdot 16,00) \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,52688... \text{ mol}$

$$n(\text{Cl}_2) = 4 \cdot n(\text{KClO}_4)$$

$$m(\text{Cl}_2) = \frac{4 \cdot 73,0 \text{ g}}{(39,10 + 35,45 + 4 \cdot 16,00) \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \cdot (2 \cdot 35,45) \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 149,42... \text{ g} \approx 149 \text{ g}$$

3. Kalsiumkarbidin ja veden reagoiessa muodostuu etyyniä ja kalsiumhydroksidia.
- a) Kirjoita reaktioyhtälö.
- b) Kuinka monta grammaa etyyniä voidaan valmistaa, kun lähtöaineena käytetään 32 g kalsiumkarbidia ja 32 g vettä?

Ratkaisut



$$\text{b) } n(\text{CaC}_2) = \frac{32,00\text{g}}{(40,08 + 2 \cdot 16,00) \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,44395... \text{ mol}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{32,00\text{g}}{(2 \cdot 1,008 + 16,00) \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 1,7761... \text{ mol}$$

Jos käytettävissä on 0,44395... mol kalsiumkarbidia, niin vettä tarvitaan kaksin-kertainen määrä eli 0,8879... mol. Käytettävissä on vettä 1,7761... mol, joten vettä on ylimäärin.

$$n(\text{C}_2\text{H}_2) = n(\text{CaC}_2)$$

$$m(\text{C}_2\text{H}_2) = n \cdot M(\text{C}_2\text{H}_2) = 0,44395... \text{ mol} \cdot (2 \cdot 12,01 + 2 \cdot 1,008) \text{ g/mol} \\ = 11,5587... \text{ g} \approx 12 \text{ g}$$

4. Kuinka paljon ilmaa (NTP) tarvitaan, kun takassa poltetaan 3,5 kg ilmakeivää puuta?

Täysin kuiva puu sisältää 50 m-% hiiltä, 6 m-% vetyä ja 44 m-% happea. Ilmakeivan puun massasta 20 m-% on vettä. Ilmassa on happikaasua 21 til-%. Takassa vain osa ilman hapesta voidaan käyttää polttamiseen. Tämä ilmaistaan ns. ilmakertoimen λ avulla. λ = polttoon käytetty ilmamäärä / täydelliseen palamiseen tarvittava ilmamäärä. Takassa $\lambda = 20$.

Ratkaisu

$m(\text{ilmakeiva puu}) = 3,5 \text{ kg}$, josta 20 m-% on vettä

kuiva puu: 50 m-% C

6 m-% H

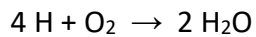
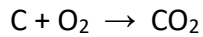
44 m-% O

Ilma: 21 tilav-% O_2

$\lambda = \text{polttoon käytetty ilmamäärä} / \text{täydelliseen palamiseen tarvittava ilmamäärä} = 20$.

$$m(\text{kuiva puu}) = [(100-20) \% / 100 \%] \cdot 3,5 \text{ kg} = 2,8 \text{ kg}$$

Palamisreaktiot



Puun happi kuluu poltossa: $2 \text{O} \rightarrow \text{O}_2(\text{g})$

	m-%	m, g ¹⁾	n, mol ²⁾	Polttoon kuluva n(O ₂), mol
C	50	1400 g	116,569...	116,569...
H	6	168 g	166,666...	$\frac{1}{4} \cdot 166,666...$
O	44	1232 g	770000	$-\frac{1}{2} \cdot 770000$
Yhteensä				119,7361...

1) $m = (50 \% / 100 \%) \cdot 2800 \text{ g} = 1400 \text{ g}$

2) $n = m / M$

Happikaasun tilavuus saadaan kaasujen tilan yhtälöstä $pV = nRT$

$$V(\text{O}_2) = (nRT) / p = (119,7361... \text{ mol} \cdot 8,3145 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 273,15 \text{ K}) / 101,325 \text{ kPa}$$

$$= 2,6127... \text{ m}^3$$

Täydelliseen palamiseen ilmaa tarvitaan $(100 \% / 20 \%) \cdot 2,6127... \text{ m}^3 = 12,44... \text{ m}^3$

$\lambda = \text{polttoon käytetty ilmamäärä} / \text{täydelliseen palamiseen tarvittava ilmamäärä} = 20$, joten
 polttoon käytettävä ilmamäärä = $\lambda \cdot \text{täydelliseen palamiseen tarvittava ilmamäärä} = 20 \cdot 12,44... \text{ m}^3 = 248,8... \text{ m}^3 = 250 \text{ m}^3$.