

Jakso 0. Materiaalit ja teknologia

9. Rautaa voidaan puhdistaa pelkistämällä sitä rauta(III)oksidista alkuainehiilen avulla. Raudan lisäksi reaktiossa muodostuu hiilidioksidia.

a) Kirjoita tapahtumaa kuvaava tasapainotettu reaktioyhtälö olomuodon symboleineen.

b) Laske, kuinka monta grammaa hiiltä tarvitaan pelkistämään 1,2 kg rauta(III)oksidia raudaksi.

c) Laske, mikä tilavuus hiilidioksidia tällöin muodostuu NTP-oloissa.

Ratkaisu

a) $2 \text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) + 3 \text{C}(\text{s}) \rightarrow 4 \text{Fe}(\text{s}) + 3 \text{CO}_2(\text{g})$.

b)

$$m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 1,2 \text{ kg} = 1\,200 \text{ g}$$

$$M(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 159,70 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{C}) = 12,01 \text{ g/mol}$$

$$m(\text{C}) = ?$$

Lasketaan rauta(III)oksidin ainemäärä:

$$n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = \frac{m(\text{Fe}_2\text{O}_3)}{M(\text{Fe}_2\text{O}_3)} = \frac{1\,200 \text{ g}}{159,70 \text{ g/mol}} = 7,514 \text{ mol}.$$

Tasapainotetun reaktioyhtälön kertoimien perusteella:

$$\frac{n(\text{C})}{n(\text{Fe}_2\text{O}_3)} = \frac{3}{2} \Rightarrow n(\text{C}) = \frac{3}{2} \cdot n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = \frac{3}{2} \cdot 7,514 \text{ mol} = 11,27 \text{ mol}.$$

Tarvittava hiilen massa on:

$$m(\text{C}) = n(\text{C}) \cdot M(\text{C}) = 11,27 \text{ mol} \cdot 12,01 \text{ g/mol} = 135,4 \text{ g} \approx 140 \text{ g}.$$

c)

$$n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 7,514 \text{ mol (kohdasta a)}$$

$$V_m = 22,41 \text{ dm}^3/\text{mol}$$

$$V(\text{CO}_2) = ?$$

Tasapainotetun reaktioyhtälön kertoimien perusteella:

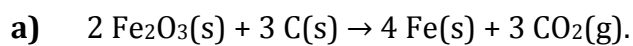
$$\frac{n(\text{CO}_2)}{n(\text{Fe}_2\text{O}_3)} = \frac{3}{2} \Rightarrow n(\text{CO}_2) = \frac{3}{2} \cdot n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = \frac{3}{2} \cdot 7,514 \text{ mol} = 11,27 \text{ mol}.$$

Hiilidioksidin tilavuus saadaan ratkaistua suureyhtälöstä:

$$n = \frac{V}{V_m}, \text{ josta}$$

$$V(\text{CO}_2) = n(\text{CO}_2) \cdot V_m = 11,27 \text{ mol} \cdot 22,41 \text{ dm}^3/\text{mol} = 252,6 \text{ dm}^3 \approx 250 \text{ dm}^3.$$

Vastaus:



b) $m(\text{C}) = 140 \text{ g}.$

c) $V(\text{CO}_2) = 250 \text{ dm}^3.$

10. Deodoranteissa, erityisesti antiperspiranteissa, on käytetty erilaisia alumiinisuoloja, joiden tehtävänä on supistaa hikirauhasten tiehyitä ja vähentää siten hien eritystä. Eräs tällainen suola on alumiinikloridi, jonka käytöstä luovuttiin, koska se ärsytti monien käyttäjien ihoa ja aiheutti vaatteisiin vaikeasti puhdistettavia tahroja. Ratkaise, kuinka monta grammaa alumiinikloridia syntyy, kun 18,0 grammaa alumiinia ja 16,0 grammaa klooria reagoivat.

Ratkaisu:

$$m(\text{Al}) = 18,0 \text{ g}$$

$$M(\text{Al}) = 26,98 \text{ g/mol}$$

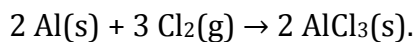
$$m(\text{Cl}_2) = 16,0 \text{ g}$$

$$M(\text{Cl}_2) = 70,90 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{AlCl}_3) = 133,33 \text{ g/mol}$$

$$m(\text{AlCl}_3) = ?$$

Tasapainotettu reaktioyhtälö on:



Lasketaan kummankin lähtöaineen ainemäärä, jotta saadaan selville reaktion rajoittava tekijä:

$$n(\text{Al}) = \frac{m(\text{Al})}{M(\text{Al})} = \frac{18,0 \text{ g}}{26,98 \text{ g/mol}} = 0,66716 \text{ mol}$$

$$n(\text{Cl}_2) = \frac{m(\text{Cl}_2)}{M(\text{Cl}_2)} = \frac{16,0 \text{ g}}{70,90 \text{ g/mol}} = 0,22567 \text{ mol}.$$

Reaktioyhtälön kertoimien perusteella $\frac{n(\text{Cl}_2)}{n(\text{Al})} = \frac{3}{2}$.

Jotta kaikki alumiini reagoisi, tarvittava kloorin ainemäärä on:

$$\frac{3}{2} \cdot n(\text{Al}) = \frac{3}{2} \cdot 0,66716 \text{ mol} = 1,0007 \text{ mol}.$$

Klooria on käytettävissä vain 0,22567 moolia, joten se on reaktion rajoittava tekijä. Ratkaistaan muodostuvan alumiinikloridin ainemäärä kloorin ainemäärän avulla. Reaktioyhtälön kertoimien perusteella:

$$\frac{n(\text{AlCl}_3)}{n(\text{Cl}_2)} = \frac{2}{3}, \text{ josta}$$

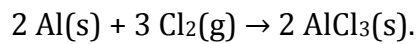
$$n(\text{AlCl}_3) = \frac{2}{3} \cdot n(\text{Cl}_2) = \frac{2}{3} \cdot 0,22567 \text{ mol} = 0,15045 \text{ mol}.$$

Muodostuvan alumiinikloridin massa on:

$$m(\text{AlCl}_3) = n(\text{AlCl}_3) \cdot M(\text{AlCl}_3) = 0,15045 \text{ mol} \cdot 133,33 \text{ g/mol} = 20,059 \text{ g} \approx 20,1 \text{ g}.$$

Vastaus:

Reaktioyhtälö on:



$$m(\text{AlCl}_3) = 20,1 \text{ g}.$$

11. Lyhenne CNT tulee sanoista *carbon nanotube*. Tällaisia hiilinanoputkia voidaan valmistaa niin sanotulla HIPCO-menetelmällä. Lyhenne HIPCO puolestaan tulee sanoista *high pressure carbon monoxide*. HIPCO-menetelmä hyödyntää seuraavia reaktioita:

Reaktio (1): $\text{Fe}(\text{CO})_5(\text{g}) \rightarrow \text{Fe}(\text{s}) + 5 \text{CO}(\text{g})$.

Reaktio (2): $x \text{CO}(\text{g}) \rightarrow \frac{1}{2} x \text{CNT}(\text{s}) + \frac{1}{2} x \text{CO}_2(\text{g})$.

Hiilinanoputken kasvaminen atomi atomilta tapahtuu reaktiossa **(1)** muodostuneen raudan pinnalla. Tyypillisessä nanoputkessa on 3 000 hiiliatomia. Ratkaise, mikä tilavuus hiilimonoksidia (NTP-oloissa) tarvitaan tällaisen nanoputken valmistamiseksi. Mikä on valmistetun nanoputken massa?

Ratkaisu:

$$N(\text{C}) = 3\,000 \text{ kpl}$$

$$M(\text{C}) = 12,01 \text{ g/mol}$$

$$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ kpl/mol}$$

$$V_m = 22,41 \text{ dm}^3/\text{mol}$$

$$V(\text{CO}) = ?$$

$$m(\text{CNT}) = ?$$

Ratkaistaan hiiliatomien ainemäärä suureyhtälöstä:

$$n = \frac{N}{N_A}, \text{ joten } n(\text{C}) = \frac{3\,000 \text{ kpl}}{6,022 \cdot 10^{23} \text{ kpl/mol}} = 4,98173 \cdot 10^{-21} \text{ mol.}$$

Reaktioyhtälön **(2)** perusteella:

$$\frac{n(\text{CO})}{n(\text{CNT})} = \frac{1}{\frac{1}{2}} \Rightarrow n(\text{CO}) = 2 \cdot n(\text{CNT}), \text{ joten}$$

$$n(\text{CO}) = 2 \cdot 4,98173 \cdot 10^{-21} \text{ mol} = 9,96346 \cdot 10^{-21} \text{ mol.}$$

Ratkaistaan hiilimonoksidin tilavuus suureyhtälöstä:

$$n = \frac{V}{V_m}, \text{ josta } V(\text{CO}) = n(\text{CO}) \cdot V_m$$

$$\Rightarrow V(\text{CO}) = 9,96346 \cdot 10^{-21} \text{ mol} \cdot 22,41 \text{ dm}^3/\text{mol} = 2,23281 \cdot 10^{-19} \text{ dm}^3 \approx 2,233 \cdot 10^{-19} \text{ dm}^3.$$

Nanoputken massa on:

$$m(\text{CNT}) = n(\text{CNT}) \cdot M(\text{C}) = 4,98173 \cdot 10^{-21} \text{ mol} \cdot 12,01 \text{ g/mol} = 5,98306 \cdot 10^{-20} \text{ g} \approx 5,983 \cdot 10^{-20} \text{ g}.$$

Vastaus:

$$V(\text{CO}) = 2,233 \cdot 10^{-19} \text{ dm}^3$$

$$m(\text{CNT}) = 5,983 \cdot 10^{-20} \text{ g}.$$