

Yo-tehtävä K2005/4

Sukeltajan paineilmapullossa on 11,0 litraa ilmaa 21,0 °C lämpötilassa ja 111 kPa:n paineessa. Pullo täytetään kompressorilla paineeseen 21,0 MPa, jolloin lämpötila pullossa nousee 42,0 °C:seen. Kuinka suuri on pulloon lisätyn ilman massa? Ilman näennäinen moolimassa on $29,0 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$.

Ratkaisu:

alkutila

lämpötila: $T_1 = 21,0 \text{ °C} = 294,15 \text{ K}$

paine: $p_1 = 111 \text{ kPa} = 1,11 \text{ bar}$

Ilman ainemäärä $n_1 = ?$

lopputila

lämpötila: $T_2 = 42,0 \text{ °C} = 315,15 \text{ K}$

paine: $p_2 = 21 \text{ MPa} = 210 \text{ bar}$

Ilman ainemäärä $n_2 = ? (> n_1)$

Kaasun tilavuus on koko ajan vakio $V = 11,0 \text{ l}$. Merkitään ilman moolimassa $M = 29,0 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$.

Käytetään ideaalikaasun tilanyhtälöä $pV = nRT$ ainemäärien laskemiseen.

Tässä $R = 0,08314510 \frac{\text{bar} \cdot \text{dm}^3}{\text{mol} \cdot \text{K}}$ on moolinen kaasuvakio.

(Kaavaa $\frac{pV}{T} = \text{vakio}$ ei voida tässä käyttää, koska ainemäärä n ei ole vakio.)

Ainemäärät saadaan kaavasta $n = \frac{pV}{RT}$, joten lisätyn kaasun ainemäärä on

$$\Delta n = n_2 - n_1 = \frac{p_2 V}{RT_2} - \frac{p_1 V}{RT_1} = \frac{V}{R} \left(\frac{p_2}{T_2} - \frac{p_1}{T_1} \right).$$

$$\frac{11 \cdot \text{l}}{0,08314510} \cdot \left(\frac{210 \cdot \text{bar}}{315,15 \cdot \text{K}} - \frac{1,11 \cdot \text{bar}}{294,15 \cdot \text{K}} \right) \quad 87,65853313 \cdot \text{mol}$$

Massan muutos (lisäys) saadaan moolimassan avulla:

$$\Delta m = \Delta n \cdot M = \frac{VM}{R} \left(\frac{p_2}{T_2} - \frac{p_1}{T_1} \right)$$

Muista yksikötarkastelu (tai hyödynnä sopivaa laskinta)!

$$\Delta m = \frac{11,0 \text{ dm}^3 \cdot 29,0 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{0,08314510 \frac{\text{bar} \cdot \text{dm}^3}{\text{mol} \cdot \text{K}}} \left(\frac{210 \text{ bar}}{315,15 \text{ K}} - \frac{1,11 \text{ bar}}{294,15 \text{ K}} \right) \approx 2542 \text{ g} \approx 2,54 \text{ kg}.$$

$$\frac{87,658533125326 \cdot \text{mol} \cdot 29 \cdot \text{gm}}{\text{mol}} \quad 2,542097461 \cdot \text{kg}$$

V: Lisätyn ilman massa on 2,54 kg.