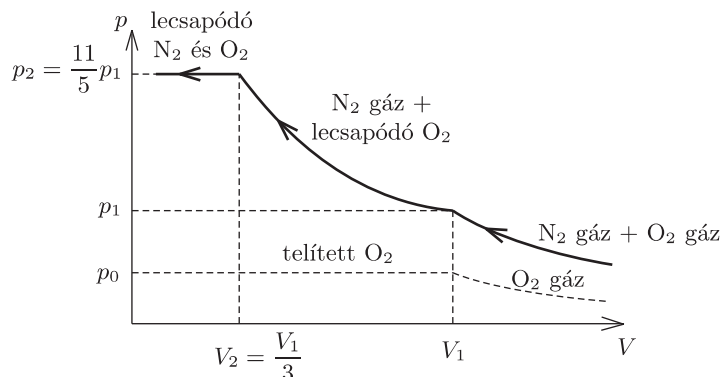


Megoldás. a) A (p_2, V_2) állapotnál az izoterma törése ismerős: azt jelzi, hogy a gáz cseppfolyósodni kezd, ezért nem nő tovább a nyomása. De mi történt a (p_1, V_1) állapotban? Miért változott meg itt az izoterma meredeksége? Figyeljünk fel arra, hogy a tartályban kétféle gáz keveréke található. Elképzelhető, hogy ezek nem egyszerre kezdenek cseppfolyósodni, hanem itt, a (p_1, V_1) állapotban csak az egyik komponens kezd lecsapódni, a másik pedig még gáz halmazállapotú marad!

Vagyis összenyomás közben V_1 és V_2 között az egyik komponens nyomása már nem változik, a másiké pedig tovább nő. Ez a második komponens akkor kezd lecsapódni, amikor a tartály térfogata már V_2 -re csökkent. Ez a válasz az a) kérdésre. Hogy melyik gáz kezd hamarabb cseppfolyósodni, arra még csak tippelhetünk. Tételezzük fel, hogy ez az oxigén.

b) Az a) kérdésre adott válasz alapján ábrázoltuk a folyamatot a (p, V) diagramon (3. ábra).



3. ábra

A megadott adatokkal ($p_1 = 56,3$ kPa és $V_1 = 15$ dm³)

$$p_2 = \frac{11}{5}p_1 = 123,9 \text{ kPa} \quad \text{és} \quad V_2 = \frac{V_1}{3} = 5 \text{ dm}^3.$$

Az oxigén egyelőre ismeretlen p_0 telítési nyomását abból számíthatjuk ki, hogy a nitrogén még a $V_1 \rightarrow V_2$ összenyomás közben is gáz maradt. Elhanyagolva a cseppfolyós oxigén térfogatát a tartályban, valamint a nitrogéngázt továbbra is ideális gáznak tekintve felírhatjuk rá a Boyle–Mariotte-törvényt:

$$(p_1 - p_0)V_1 = (p_2 - p_0)V_2.$$

Ebből az oxigén telítési nyomása $p_0 = \frac{2}{5}p_1 = 22,5$ kPa.

Ennek segítségével felírhatjuk a nitrogén és az oxigén mólokban mért tömegének arányát:

$$\frac{n_{\text{nitrogén}}}{n_{\text{oxigén}}} = \frac{p_1 - p_0}{p_0} = \frac{3}{2}.$$

Már csak egy összefüggés hiányzik a két mólszám között ahhoz, hogy kiszámíthassuk pontos értékeiket. Ez a keresett összefüggés abból adódik, hogy a két mólszám összege a mólokban mért teljes anyagmennyiség, amely kezdetben még (ideális) gáz volt, tehát érvényes rá az ideális gáz állapotegyenlete:

$$p_1 V_1 = n_{\text{összes}} RT.$$

Ebből $n_{\text{összes}} (= n_{\text{nitrogén}} + n_{\text{oxigén}}) = 1,313$ mól. Fentiek alapján, felhasználva a moláris tömegek értékét:

$$\begin{aligned} n_{\text{nitrogén}} &= 0,788 \text{ mól} = 22,1 \text{ gramm}, \\ n_{\text{oxigén}} &= 0,525 \text{ mól} = 16,8 \text{ gramm}. \end{aligned}$$

Kizárólag a feladatban szereplő adatok segítségével nem lehet eldönteni, hogy az oxigén vagy a nitrogén kezd el hamarabb cseppfolyósodni.

Szöveget üthet a fejünkben, hogy miért éppen a $T = 77,4$ K-es izotermát kérdezi a feladat. Eszünkbe juthat (táblázatok alapján ellenőrizhetjük), hogy ez a hőmérséklet a folyékony nitrogén forráspontja normál légköri nyomáson ($1 \text{ atm} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$). Ez azt jelenti, hogy a nitrogén ezen a hőmérsékleten akkor kezd el cseppfolyósodni, ha a parciális nyomása eléri az 1 atmoszférát. A kezdőállapotban $p_1 = 56,3$ kPa, vagyis ezen a nyomáson a nitrogén akkor sem kezdhetne el kondenzálódni, ha a gáz tiszta nitrogén lenne.

Érvelésünket úgy is megerősíthetjük, ha kiszámítjuk a $p_2 - p_0$ nyomás értéket, mert ennek a különbségnek éppen 1 atmoszférának kell lenni, hiszen ez a telített nitrogéngőz nyomása 77,4 K-en. Ha a számításokat kerekítések nélkül végezzük, akkor $p_2 = 123,86$ kPa és $p_0 = 22,52$ kPa, vagyis a különbség 101,34 kPa, ami nagy pontossággal 1 atmoszféra.

Következtetésünket az is megerősíti, hogy a normál nyomású oxigén forráspontja (szintén táblázatokban megtalálható adat) 90,2 K, amiből az következik, hogy a telített oxigéngőz nyomása 77,4 K-en kisebb, mint a nitrogéné (1 atmoszféra), és valóban a megoldás részeredményeit felhasználva:

$$p_0 = \frac{2}{5}p_1 < p_2 - p_0 = \frac{9}{5}p_1.$$

A feladatban azért jelennek meg ezek az egyszerű törtek, mert véletlenül a telített nitrogén nyomása (1 atm) éppen négy és félszerese a telített oxigén nyomásának 77,4 K-en.

Kiegészítés (Honyek Gyula): Érdekességgé említhetjük meg, hogy amennyiben észrevesszük, hogy a telített nitrogéngőz nyomása 77,4 K-en 1 atm, akkor a következő egyenleteket írhatjuk fel:

$$\frac{11}{5}p_1 - p_0 = 1 \text{ atm.} \quad \text{és} \quad p_1 - p_0 = \frac{1}{3} \text{ atm.}$$

Ezeknek az egyenleteknek a megoldása:

$$p_0 = \frac{2}{9} \text{ atm.} = 22,5 \text{ kPa} \quad \text{és} \quad p_1 = \frac{5}{9} \text{ atm.} = 56,3 \text{ kPa,}$$

vagyis azok számára, akik kihasználták, hogy normál légköri nyomáson a nitrogén forráspontja 77,4 K, a megadott $p_1 = 56,3 \text{ kPa}$ adat felesleges volt.