



A5. Dispossem d'una solució aquosa d'àcid nítric, la composició en massa del qual és 65% en l'àcid. A 75 °C la pressió de vapor de l'àcid nítric és 71990 Pa i la de l'aigua 38450 Pa.

Calculeu la composició centesimal de la solució i la del vapor.

Disponemos de una solución acuosa de ácido nítrico, de la cual la composición en masa es 65% en el ácido. A 75 °C la presión de vapor del ácido nítrico es 71990 Pa y la del agua 38450 Pa.

Calcular la composición centesimal de la solución y la del vapor.

<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/estadistica/otros/vapor1/vapor1.htm>

<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/estadistica/otros/vapor/vapor.htm>

Calculamos primero la composición centesimal de la disolución; como es una propiedad que no depende de la cantidad, tomamos una cantidad cualquiera: 1 kg de disolución.

Formulamos los compuestos y calculamos sus masas molares

Ácido nítrico: HNO_3 , masa molar $1+14+3\cdot 16=63$ g/mol

Agua H_2O , masa molar 18 g/mol

Los elementos para los que calcular su composición centesimal son H, N y O.

Para calcular la composición centesimal primero tenemos que saber la relación en moles.

$$\% \text{ masa} = \frac{m_{\text{ácido}}}{m_{\text{ácido}} + m_{\text{agua}}} \cdot 100 = \frac{n_{\text{ácido}} \cdot M_{\text{ácido}}}{n_{\text{ácido}} \cdot M_{\text{ácido}} + n_{\text{agua}} \cdot M_{\text{agua}}} \cdot 100 = \frac{M_{\text{ácido}}}{M_{\text{ácido}} + \frac{n_{\text{agua}}}{n_{\text{ácido}}} M_{\text{agua}}} \cdot 100$$

$$0,65 = \frac{63}{63 + \frac{n_{\text{agua}}}{n_{\text{ácido}}} 18} \Rightarrow \frac{n_{\text{agua}}}{n_{\text{ácido}}} = \frac{\frac{63}{0,65} - 63}{18} = 1,885 \Rightarrow n_{\text{agua}} = 1,885 n_{\text{ácido}}$$

Si tomamos 1 kg:

$$1000 = n_{\text{ácido}} \cdot M_{\text{ácido}} + n_{\text{agua}} \cdot M_{\text{agua}} = n_{\text{ácido}} \cdot 63 + 1,885 \cdot n_{\text{ácido}} \cdot 18 = 96,93 n_{\text{ácido}}$$

$$n_{\text{ácido}} = \frac{1000}{96,93} = 10,32 \text{ mol HNO}_3$$

$$n_{\text{agua}} = 1,885 \cdot 10,32 = 19,45 \text{ mol H}_2\text{O}$$

$$\% \text{ H} = \frac{m_{\text{H}}}{m_{\text{total}}} \cdot 100 = \frac{m_{\text{H en HNO}_3} + m_{\text{H en H}_2\text{O}}}{1000} \cdot 100 = \frac{10,32 \cdot 1 + 19,45 \cdot 2}{1000} \cdot 100 = 4,9\%$$

$$\% \text{ N} = \frac{m_{\text{N}}}{m_{\text{total}}} \cdot 100 = \frac{m_{\text{N en HNO}_3}}{1000} \cdot 100 = \frac{10,32 \cdot 14}{1000} \cdot 100 = 14,4\%$$

$$\% \text{ O} = \frac{m_{\text{O}}}{m_{\text{total}}} \cdot 100 = \frac{m_{\text{O en HNO}_3} + m_{\text{O en H}_2\text{O}}}{1000} \cdot 100 = \frac{10,32 \cdot 3 \cdot 16 + 19,45 \cdot 16}{1000} \cdot 100 = 80,7\%$$

Los tres suman 100 % (también podríamos haber calculado 2 y el tercero como resto hasta 100)

Calculamos la composición centesimal del vapor; como es una propiedad que no depende de la cantidad, tomamos una cantidad cualquiera: 1 L de vapor.

Tenemos que saber la cantidad de moles gaseosos de cada uno de los vapores.

Los datos proporcionados de presión de vapor no son los datos de presión de vapor de sustancias puras, sino asociadas a la concentración de la disolución.

Para una mezcla de gases % en volumen = % en presión = % en mol (fracción molar en %)

La presión total es la suma de presiones parciales:



$$P_{total} = 71990 + 38450 = 110440 \text{ Pa}$$

$$\chi_{vapor\ \acute{a}cido} = \frac{71990}{110400} = 0,65 \quad \chi_{vapor\ agua} = \frac{38450}{110400} = 0,35 \quad \text{Tambi\u00e9n lo podemos obtener restando}$$

respecto 1.

Si la presi\u00f3n total son 110440 Pa, aplicando la ley de gases ideales

$$n_{total} = \frac{P_{total} \cdot V_{total}}{RT} = \frac{110400}{0,082 \cdot (273 + 75)} \cdot 1 = 0,0382 \text{ mol vapores gas en 1 L}$$

$$n_{vapor\ \acute{a}cido} = 0,0382 \cdot 0,65 = 0,02483 \text{ mol vapor \acute{a}cido}$$

$$n_{vapor\ agua} = 0,0382 \cdot 0,35 = 0,01337 \text{ mol vapor agua}$$

$$m_{total} = n_{vapor\ \acute{a}cido} M_{\acute{a}cido} + n_{vapor\ agua} M_{agua} = 0,02483 \cdot 63 + 0,01337 \cdot 18 = 1,80495 \text{ g vapores gas}$$

$$\% H_{vapor} = \frac{m_{H\ vapor}}{m_{total}} \cdot 100 = \frac{m_{H\ en\ vapor\ HNO_3} + m_{H\ en\ vapor\ H_2O}}{1,80495} \cdot 100 = \frac{0,02483 \cdot 1 + 0,01337 \cdot 2}{1,80495} 100$$

$$\% H_{vapor} = \frac{0,05157}{1,80495} 100 = 2,86\%$$

$$\% N_{vapor} = \frac{m_{H\ vapor}}{m_{total}} \cdot 100 = \frac{m_{N\ en\ vapor\ HNO_3}}{1,80495} \cdot 100 = \frac{0,02483 \cdot 14}{1,80495} 100$$

$$\% N_{vapor} = 19,26\%$$

$$\% O_{vapor} = \frac{m_{O\ vapor}}{m_{total}} \cdot 100 = \frac{m_{O\ en\ vapor\ HNO_3} + m_{O\ en\ vapor\ H_2O}}{1,80495} \cdot 100 = \frac{0,02483 \cdot 3 \cdot 16 + 0,01337 \cdot 16}{1,80495} 100$$

$$\% O_{vapor} = \frac{1,40576}{1,80495} 100 = 77,88\%$$

Los tres suman 100 % (tambi\u00e9n podr\u00edamos haber calculado 2 y el tercero como resto hasta 100)

Comentarios: no es necesario asumir Raoult $P_{total} = P_{\acute{a}cido} \cdot \chi_{\acute{a}cido} + P_{agua} \cdot \chi_{agua}$, que seguramente no se cumplir\u00eda al distar de ser sustancias puras, y porque necesitar\u00edamos los valores de presi\u00f3n para las sustancias puras, que no sabemos si estaban al final de los enunciados como datos. Se puede comprobar que los valores para sustancias puras son superiores a los dados en el enunciado:

Presi\u00f3n de vapor del agua pura a 75 \u00b0C: 385,95 hPa

http://www.vaxasoftware.com/doc_edu/qui/pvh2o.pdf

Presi\u00f3n de vapor del \u00e1cido n\u00edtrico puro a 75 \u00b0C: aproximadamente (62,3+89,3)/2=75,8 kPa

Referencia: Qu\u00edmica f\u00edsica; Peter Atkins, Julio de Paula; Editorial Oxford University Press, ISBN 978-950-06-1248-7, problema 4.8