

Axel Günther
 Claudius Knaak
 Gruppe 7 (Dienstag)

Bestimmung der Molaren Masse (Dumas)

Meßergebnisse:

Masse des Glaskolbens	mit Luft	m_L :	$(19,392 \pm 0,001) \text{ g}$
	mit Chloroform (nach Abkühlen)	m_C :	$(19,667 \pm 0,001) \text{ g}$
	mit Chloroform und Wasser	m_W :	$(120,046 \pm 0,001) \text{ g}$

Wir haben die Zimmertemperatur und den Druck jeweils direkt abgelesen:

$$T_Z = 23 \text{ °C} \quad p'_Z = 737,1 \text{ Torr}$$

Da die Eichung der Barometerskala auf 0 °C bezogen ist, ergibt sich durch lineare Interpolation aus den Tabellen ein Korrekturwert von 2,76 Torr. Der Druck beträgt demnach:
 $p_Z = (737 - 2,76) \text{ Torr} = 734,34 \text{ Torr} = 979,04 \text{ hPa}$.

Desweiteren erhält man aus den Tabellen den Siedepunkt des Wassers:

$$T_S = 98,028 \text{ °C}.$$

Aus

$$\frac{p_0}{\rho_0 \cdot T_0} = \frac{p_Z}{\rho_L \cdot T_L}$$

erhält man die Dichte der Luft im Praktikumsraum:

$$\rho_L = \frac{p_Z \rho_0 T_0}{p_0 T_L} = \frac{979 \text{ hPa} \cdot 1,293 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 273 \text{ K}}{1013 \text{ hPa} \cdot 296 \text{ K}} = 1,15 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Damit läßt sich das Volumen des Glaskolbens berechnen:

$$V = \frac{m_W - m_L}{\rho_W - \rho_L} = \frac{(120,046 - 19,392) \cdot 10^{-3} \text{ kg}}{10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} - 1,15 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 1,0077 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

Die Masse des Chloroformdampfes ergibt sich aus der Gleichung

$$m = \rho_c \cdot V = m_C - m_L + \rho_L \cdot V = 19,667 \text{ g} - 19,392 \text{ g} + 0,00115 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot 100,77 \text{ cm}^3 = 0,391 \text{ g}$$

Man erhält die Molare Masse schließlich durch folgende Gleichung:

$$M = \frac{m \cdot R \cdot T_S}{p_Z \cdot V} = \frac{0,391 \text{ g} \cdot 8,3145 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot (98,028 + 273,15) \text{ K}}{97900 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 1,0077 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3} = 122,3 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

Fehlerrechnung:

Durch einsetzen der einzelnen Gleichungen ergibt sich die mit dem Fehlerfortpflanzungsgesetz zu behandelnde, folgende Gleichung:

$$\begin{aligned}
 M &= \frac{m \cdot R \cdot T_S}{p_Z \cdot V} = \frac{\left(m_C - m_L + \rho_L \cdot \frac{m_W - m_L}{\rho_W - \rho_L} \right) \cdot R \cdot T_S}{p_Z \cdot \frac{m_W - m_L}{\rho_W - \rho_L}} = \\
 &= \frac{m_C \cdot R \cdot T_S}{p_Z \cdot \frac{m_W - m_L}{\rho_W - \rho_L}} - \frac{m_L \cdot R \cdot T_S}{p_Z \cdot \frac{m_W - m_L}{\rho_W - \rho_L}} + \frac{\rho_L \cdot R \cdot T_S}{p_Z} = \\
 &= \frac{m_C \cdot R \cdot T_S \cdot \rho_W - m_C \cdot R \cdot T_S \cdot \rho_L}{p_Z \cdot (m_W - m_L)} - \frac{m_L \cdot R \cdot T_S \cdot \rho_W - m_L \cdot R \cdot T_S \cdot \rho_L}{p_Z \cdot (m_W - m_L)} + \frac{\rho_L \cdot R \cdot T_S}{p_Z} = \\
 &= \frac{m_C \cdot R \cdot T_S \cdot \rho_W}{p_Z \cdot (m_W - m_L)} - \frac{m_C \cdot R \cdot T_S \cdot \rho_L}{p_Z \cdot (m_W - m_L)} - \frac{m_L \cdot R \cdot T_S \cdot \rho_W}{p_Z \cdot (m_W - m_L)} + \frac{m_L \cdot R \cdot T_S \cdot \rho_L}{p_Z \cdot (m_W - m_L)} + \frac{\rho_L \cdot R \cdot T_S}{p_Z}
 \end{aligned}$$

für die einzelnen Meßwerte haben wir folgende Unsicherheiten abgeschätzt:

$$u_{m_C} = u_{m_L} = u_{m_W} = 0,001g$$

$$u_{T_S} = u_{T_L} = 0,5K$$

$$u_{p_Z} = 0,1hPa$$

$$u_{\rho_L} = \sqrt{\left(\frac{u_{p_Z}}{p_Z} \right)^2 + \left(\frac{u_{T_L}}{T_L} \right)^2} \cdot \rho_L = 1,95 \cdot 10^{-3} \frac{kg}{m^3}$$

$$u_R = u_{\rho_W} = 0$$

mit den einfachen Ausdrücken für die Fortpflanzung von Unsicherheiten erhält man für die obigen fünf Terme insgesamt:

$$u_M = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2}$$

wobei die fünf Einzelterme sich wie folgt berechnen:

$$u_1 = \sqrt{\left(\frac{u_{m_C}}{m_C} \right)^2 + \left(\frac{u_{T_S}}{T_S} \right)^2 + \left(\frac{u_{p_Z}}{p_Z} \right)^2 + \left(\frac{u_{m_W} + u_{m_L}}{m_W - m_L} \right)^2} \cdot \bar{M} = 0,165 \frac{g}{mol}$$

$$u_2 = \sqrt{\left(\frac{u_{m_C}}{m_C} \right)^2 + \left(\frac{u_{T_S}}{T_S} \right)^2 + \left(\frac{u_{\rho_L}}{\rho_L} \right)^2 + \left(\frac{u_{p_Z}}{p_Z} \right)^2 + \left(\frac{u_{m_W} + u_{m_L}}{m_W - m_L} \right)^2} \cdot \bar{M} = 0,265 \frac{g}{mol}$$

$$u_3 = \sqrt{\left(\frac{u_{m_L}}{m_L} \right)^2 + \left(\frac{u_{T_S}}{T_S} \right)^2 + \left(\frac{u_{p_Z}}{p_Z} \right)^2 + \left(\frac{u_{m_W} + u_{m_L}}{m_W - m_L} \right)^2} \cdot \bar{M} = 0,165 \frac{g}{mol}$$

$$u_4 = \sqrt{\left(\frac{u_{m_L}}{m_L} \right)^2 + \left(\frac{u_{T_S}}{T_S} \right)^2 + \left(\frac{u_{\rho_L}}{\rho_L} \right)^2 + \left(\frac{u_{p_Z}}{p_Z} \right)^2 + \left(\frac{u_{m_W} + u_{m_L}}{m_W - m_L} \right)^2} \cdot \bar{M} = 0,265 \frac{g}{mol}$$

$$u_5 = \sqrt{\left(\frac{u_{\rho_L}}{\rho_L} \right)^2 + \left(\frac{u_{T_S}}{T_S} \right)^2 + \left(\frac{u_{p_Z}}{p_Z} \right)^2} \cdot \bar{M} = 0,265 \frac{g}{mol}$$

mit obiger Formel ist dann

$$u_m = 0,515 \frac{g}{mol}$$

Bei unserer Messung stellen wir eine Abweichung von $2,92 \frac{g}{mol}$ im Vergleich mit dem

Literaturwert von $119,38 \frac{g}{mol}$ fest. Ungenauigkeiten liegen wohl am ehesten im Verlust von

Glas beim Auseinanderbrechen und unter Umständen auch beim Abschmelzen der Kapillar. Eine Vergrößerung der Masse des mit Wasser gefüllten, aber zerbrochenen Kolbens bewirkt eine Vergrößerung des errechneten Volumens und damit eine Verkleinerung der molaren Masse. Aber abgesehen davon und ohne hier jetzt eine Arroganz an den Tag legen zu wollen – wir liegen schon verdammt gut am Literaturwert. Trotzdem eine Proberechnung :

$$m_w = \frac{mRT_s(\rho_w - \rho_L)}{p_z M} + m_L = 120,058 g$$

Das bedeutet, es müssen nur 0,013g an Glas verlorengegangen sein, um unsere Abweichung vom Literaturwert zu erklären.

Beantwortung der Fragen:

Wie ist die physikalische Größe Stoffmenge definiert?

Als Stoffmenge wird eine bestimmte Anzahl von Teilchen bezeichnet. Ihre Einheit ist das Mol. Ein Mol eines Stoffes enthält ebenso viele Teilchen, wie sich Atome in 12g Kohlenstoff des Isotops C-12 befinden. Diese Menge Kohlenstoff enthält genau $6,022 \cdot 10^{23}$ Atome, wodurch die Anzahl der Teilchen eines Stoffes in einem Mol festgelegt ist. Diese Konstante wird Avogadro Konstante genannt: $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}$.

Wie kann man mit Hilfe des Avogadro-Gesetzes, nach dem ideale Gase bei gleichem Druck und gleicher Temperatur in gleichen Volumina gleich viele Moleküle enthalten, die molare Masse eines Stoffes ermitteln?

Die molare Masse eines Stoffes ist die Masse von einem Mol des Stoffes in Gramm.

Wenn man zwei Gase hat, die bei gleicher Temperatur und Druck das gleiche Volumen einnehmen, dann sind die Stoffmengen gleich groß. Kennt man beispielsweise M_1 , dann erhält man durch Messung von m_1 und m_2 die molare Masse M_2 nach folgender Formel:

$$M_2 = \frac{m_2}{m_1} \cdot M_1$$

Für welche Stoffe ist die Methode von Dumas geeignet?

Diese Methode läßt sich für Stoffe verwenden, deren Siedetemperatur unter der von Wasser liegt. Das Gas muß sich dann näherungsweise wie ein ideales Gas verhalten. Außerdem darf sich der Stoff bei den unterschiedlichen Temperaturen nicht chemisch verändern, da sonst eventuell die Teilchenzahl nicht konstant bleibt.

Welche Methoden lassen sich für Stoffe anwenden, die nicht in den gasförmigen Zustand überführt werden können?

Je nach Stoffzusammensetzung gibt es noch die Möglichkeiten der Analyse mit Massenspektrometer, der Elektrolyse, der Dissoziation (soweit wir informiert sind, ist das das kryoskopische Verfahren) und der des Effusiometers von Herrn Bunsen.