

8. Laboratorní úloha

Přibližné určení průměru molekuly kyseliny olejové

Pomůcky:

fotomiska, pyknometr, pravítko, byreta s kohoutem, drcená plavuň, kyselina olejová, lékařský benzín, pravítko, voda, stojan

Teoretická příprava úlohy

Jestliže přeneseme na povrch vody kapku kyseliny olejové, kapka se po povrchu vody okamžitě rozteče a utvoří na něm tenkou vrstvu. Je-li povrch vody dostatečně veliký, vznikne na něm tzv. monomolekulární vrstva o výšce rovné průměru molekuly kyseliny olejové. Ze známého objemu kapky a obsahu plochy monomolekulární vrstvy se dá vypočítat výška tenké vrstvy, a tím přibližně průměr uvažované molekuly.

Praktické provedení pokusu a měření s čistou kyselinou olejovou by bylo obtížné, protože z jedné kapky kyseliny by se vytvořila monomolekulární vrstva s plochou velkého obsahu (řádově 10^2 m^2 až 10^4 m^2 podle velikosti kapky). Proto použijeme roztok kyseliny olejové v benzínu. Po přenesení kapky na povrch vody se benzín z roztoku velmi rychle odpaří a na povrchu vody zůstane monomolekulární vrstva čisté kyseliny olejové. Obsah její plochy bude podstatně menší.

Tenká monomolekulární vrstva je na povrchu vody těžko pozorovatelná. Určit její hranice nám pomůže jemný korkový prášek (nebo dětský zásyp), kterým poprášíme vodní hladinu před přenesením kapky. V místě dopadu kapky na hladinu se prášek rozestoupí a vytvořená oblast bez prášku vyznačuje plochu vzniklé monomolekulární vrstvy kyseliny olejové.

Postup

1. Připravte roztok kyseliny olejové $C_{17}H_{33}COOH$ v lékařském benzínu a to v poměru $V_k : V_r = 1 : 2\,000$, kde V_k je objem kyseliny a V_r celkový objem roztoku.
2. Pomocí byrety s kohoutem a pyknometru zjistíme počet kapek N v roztoku kyseliny olejové v benzínu o objemu 1 cm^3 . Měření provedeme 5x a vypočítáme aritmetický průměr.
3. Vyjádřete objem V_1 jedné kapky roztoku a objem V kyseliny olejové v jedné kapce roztoku.
4. Do čisté a vodou propláchnuté fotomisky nalijeme čistou vodu do výšky asi 1 cm. Vyčkejte, až se povrch uklidní a pak ho rovnoměrně poprašte jemným korkovým práškem (dětským zásypem). Kapátkem přeneste na poprášený povrch do středu misky pouze jednu kapku roztoku.
5. Pravítkem změřte několikrát v různých směrech průměr kruhu, který přibližně vytvoří tenká vrstva kyseliny olejové. Vypočítejte aritmetický průměr naměřených hodnot.
6. Vypočítejte obsah kruhu S vytvořený tenkou vrstvou kyseliny olejové na povrchu vody.
7. Vypočítejte průměr molekuly $d = V / S$ na základě experimentu.
8. Porovnejte získanou hodnotu d s průměrem D molekuly získaným následující úvahou: Kyselina olejová o látkovém množství 1 mol má molární hmotnost

$$M_m = M_r \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1} = 282 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}$$

a molární objem

$$V_m = \frac{M_m}{\rho} = \frac{282 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}}{0,9 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}} \approx 313 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \cdot \text{mol}^{-1},$$

kde $\rho = 0,9 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ je hustota kyseliny olejové.

Kyselina olejová o látkovém množství 1 mol obsahuje $N = \{N_A\}$ molekul, takže na jednu molekulu kyseliny olejové (zanedbáme-li mezery mezi molekulami) připadá objem

$$V_o = \frac{V_m}{N_A} \approx \frac{313 \cdot 10^{-6}}{6,02 \cdot 10^{23}} \text{ m}^3 \approx 52 \cdot 10^{-29} \text{ m}^3.$$

Za předpokladu kulového tvaru molekuly kyseliny olejové o průměru D (ve skutečnosti mají molekuly protáhlý tvar) a objemu $V_o = \pi D^3 / 6$ dostáváme pro hledaný průměr D :

$$D = \sqrt[3]{\frac{6V_o}{\pi}} \approx \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 52 \cdot 10^{-29}}{3,14}} \text{ m} \approx 1 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 1 \text{ nm}.$$

Molekula kyseliny olejové (za předpokladu jejího kulového tvaru) má průměr přibližně 1 nm.