

# Adsorpce barviva na aktivním uhlí

## TEORIE

### ➤ ABSORBANCE

Prochází-li světelný tok monochromatických paprsků o intenzitě  $I_0$  určitým prostředím, dojde k pohlcení jisté části záření a intenzita záření se sníží na hodnotu  $I$ . Procentuální vyjádření poměru původní intenzity záření a intenzity téhož záření po průchodu látkou se nazývá propustnost záření neboli transmitance  $T$ :

$$T = \frac{I}{I_0}$$

Při měřeních a výpočtech se častěji používá dekadický logaritmus převrácené hodnoty transmitance, který se nazývá absorbance  $A$  (starší termín extinkce;  $E$ ):

$$A = \log \frac{I_0}{I}$$

Absorbance (a tudíž i transmitance) je závislá na vlnové délce procházejícího záření, absorbujícím materiálu a jeho koncentraci, na tloušťce vrstvy, kterou záření prochází, a také směru dopadu paprsků. Vztah mezi absorbancí, tloušťkou vrstvy a koncentrací určité látky, definovaný pro monochromatické světlo, vyjadřuje **Lambert-Beerův zákon**:

$$A = \varepsilon \cdot c \cdot l,$$

kde  $c$  je koncentrace látky ( $\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ,  $\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ ),  $l$  je tloušťka absorbující vrstvy,  $\varepsilon$  je molární dekadický absorpční koeficient (je-li koncentrace v  $\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ), případně specifický absorpční koeficient (je-li koncentrace udána jinak, např. v  $\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ ).

Je tedy patrné, že pokud máme k dispozici přístroj, který umí změřit absorbanci, jsme schopni zjistit také koncentraci absorbující látky. Toho je možné využít ke zjištění adsorpční schopnosti aktivního uhlí.

### ➤ ADSORPCE

Adsorpce látek probíhá na fázovém rozhraní (mezifázi). Nejčastějšími případy jsou adsorpce na mezifázi tuhá látka – plyn a tuhá látka – kapalina. Pro zajištění co největší adsorpce určité látky (adsorbátu) by měla mít tuhá fáze (adsorbent) co největší povrch. Jako adsorbenty se proto používají pórovité a práškové materiály. Některých těchto látek se využívá také jako stěvních adsorbentů při průjmových onemocněních (např. aktivní uhlí nebo diosmectin).

Adsorpci z roztoku lze pozorovat např. u organických barviv. Přidá-li se k jejich roztoku aktivní uhlí, dojde po protřepání k adsorpci části barviva na jeho povrch a po filtraci je proto zabarvení roztoku méně intenzivní. Po dostatečně dlouhé době styku barviva s povrchem adsorbentu se ustaví adsorpční

rovnováha. Poté je možné při konstantní teplotě vyjádřit závislost naadsorbovaného množství barviva  $a$  na jeho rovnovážné koncentraci  $c$  v roztoku **Langmuirovou adsorpční izotermou**:

$$a = a_{max} \frac{\omega c}{1 + \omega c},$$

kde  $a$  je naadsorbované množství barviva;  $a_{max}$  je maximální naadsorbované množství,  $\omega$  je tzv. adsorpční koeficient charakterizující schopnost dané látky adsorbovat se na použitý sorbent. Odpovídá převrácené hodnotě koncentrace, při níž je dosaženo polovičního pokrytí ( $a = a_{max}/2$ ).

Naadsorbované množství barviva  $a$  udáváme často v mg barviva na g adsorbentu:

$$a = \frac{m_1 - m_2}{m},$$

kde  $m_1$  je hmotnost barviva v roztoku před adsorpcí (mg),  $m_2$  je hmotnost barviva v roztoku po adsorpci (mg) a  $m$  je navážka adsorbentu, zde aktivního uhlí (g).

Parametry adsorpční izotermy ( $a_{max}$ ,  $\omega$ ) se zjišťují graficky a pro daný adsorpční systém se získají z linearizovaného tvaru Langmuirovy izotermy:

$$\frac{1}{a} = \frac{1}{a_{max} \omega} \cdot \frac{1}{c} + \frac{1}{a_{max}}$$

Volíme-li jako nezávisle proměnnou  $1/c$  a jako závislou proměnnou  $1/a$ , pak je grafickým znázorněním této závislosti přímka se směrnici  $1/(a_{max} \cdot \omega)$  a s úsekem na ose  $1/a$  rovným  $1/a_{max}$ . Z hodnoty směrnice a úseku lineární regrese závislosti  $1/a$  na  $1/c$  lze tedy tyto adsorpční parametry dopočítat.

## ÚKOL

- Sestrojte kalibrační křivku závislosti absorbance methylovanže na její koncentraci v roztoku.
- Stanovte závislost naadsorbovaného množství methylovanže na její rovnovážné koncentraci v roztoku za konstantní teploty (tj. adsorpční izotermu). Stanovte konstanty Langmuirovy izotermy pro methylovanž.

## POMŮCKY A CHEMIKÁLIE

- Spektrofotometr; třepačka; 12× 100ml odměrná baňka; 12× titrační baňka (případně Erlenmeyerova baňka); dělená pipeta (5, 25 ml); pipetovací nástavec; 6× nálevka; filtrační papír; navažovací lodička; lžička; 2× kádinka; 4× spektrofotometrická kyveta; zásobní roztok methylovanže ( $1 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ ); aktivní uhlí.

## POSTUP

- Pro sestavení kalibračního grafu si připravíme šest roztoků obsahujících postupně 0,5 – 1,5 mg methylovanže (po 0,2 mg) na 100 ml roztoku. Kalibrační roztoky připravíme ředěním zásobního roztoku methylovanže o koncentraci  $1 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ . U nejkonzentrovanejšího roztoku zjistíme adsorpční maximum v intervalu vlnových délek 400 – 500 nm. Při hodnotě vlnové délky

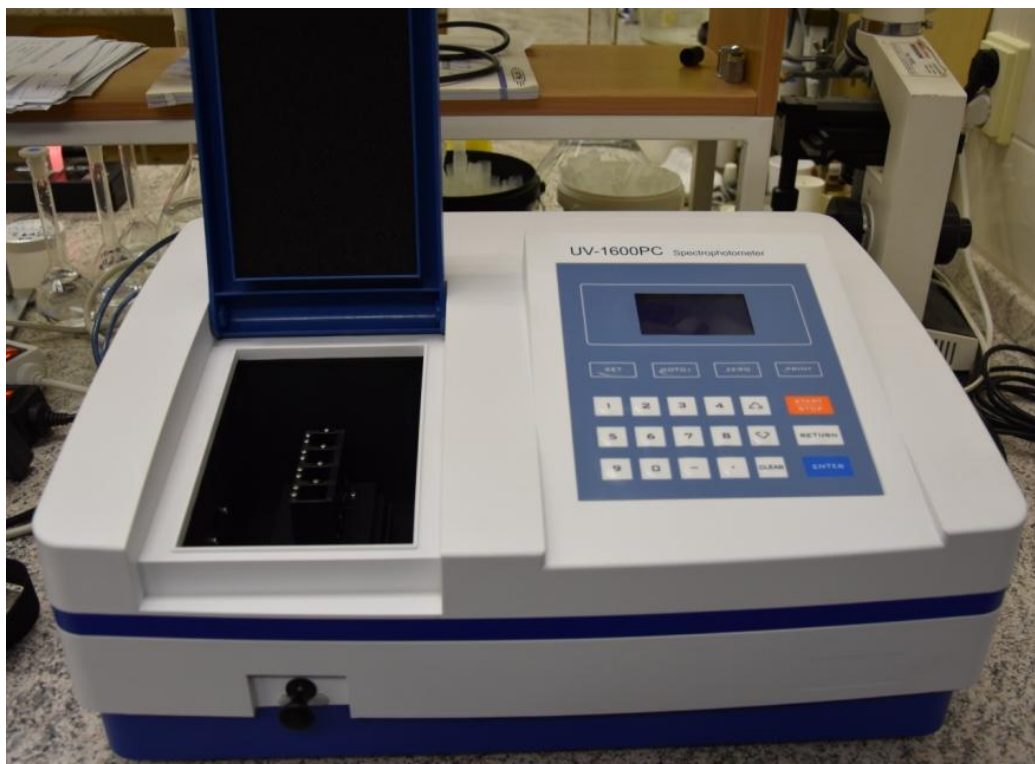
absorpčního maxima poté proměříme každý z kalibračních roztoků. Do kalibračního grafu vynášíme závislost průměrné hodnoty absorbance na koncentraci.







- Do šesti 100ml odměrných baněk připravíme roztoky obsahující 15 – 30 mg methylované (po 3 mg), opět ředěním zásobního roztoku. Do šesti titračních (případně Erlenmeyerových) baněk přidáme vždy 80 mg aktivního uhlí, které jsme navázili na lodičku na analytických vahách s přesností na jeden miligram. Všechny připravené roztoky methylované zároveň vlijeme do jednotlivých baněk s aktivním uhlím, baňky zazátkujeme a umístíme na 35 minut na třepačku pro ustavení adsorpční rovnováhy. Poté roztoky přefiltrujeme a filtráty proměříme na spektrofotometru. V případě že naměřené hodnoty absorbance některého z roztoků přesáhnou hodnotu absorbance nejvíce koncentrovaného kalibračního roztoku, roztok vhodně zředíme a při vyhodnocování dat nalezenou hodnotu koncentrace přepočítáme.

## PROTOKOL

- Výpočet ředění pro přípravu veškerých roztoků.
- Tabulka naměřených absorbcí pro jednotlivé vlnové délky u nejvíce koncentrovaného kalibračního roztoku.
- Kalibrační tabulka a graf: závislost absorbance methylované na koncentraci kalibračních roztoků ( $\text{mg} \cdot \text{ml}^{-1}$ ).
- Tabulka s jednotlivými sloupci: číslo roztoku, navážka aktivního uhlí  $m$  (g), absorbance roztoku  $A$ , rovnovážná koncentrace barviva v roztoku  $c$  ( $\text{mg} \cdot \text{ml}^{-1}$ ) vypočtená z rovnice lineární regrese kalibrační přímkou, hmotnost barviva v roztoku před adsorpcí  $m_1$  (mg) a po adsorpci  $m_2$  (mg), naadsorbované množství barviva  $a$  ( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$  aktivního uhlí), hodnoty  $1/a$ ,  $1/c$ .
- Graf závislosti  $a$  na  $c$ .
- Graf závislosti  $1/a$  na  $1/c$ . Z lineární regrese výpočet parametrů adsorpční izotermy  $a_{\max}$  a  $\omega$ , včetně jednotek.

## Návod na obsluhu spektrometru UV-1600PC



- Příklad se zapne tlačítkem na zadní straně přístroje vedle síťového přívodu.
- Příklad se nechá 20 minut zahřívát. Mezitím se spustí počítač se softwarem M.Wave Professional
- **Vypneme deuteriovou lampu** (slouží pouze k měření v UV oblasti) příkazem Device/Turn On/Off D2 Lamp.
- **Pro proměření spektra** zvolíme ikonu **Spectrum Scan** .
- Pomocí ikony **Setup**  nastavíme rozsah vlnových délek a měření Absorbance.
- Do první pozice prostoru pro vzorky vložíme kyvetu s čistou vodou a volbou **Blank**  proměříme hodnoty pozadí.
- Do druhé pozice vložíme kyvetu se vzorkem, přesuneme táhlem do měřící pozice a volbou **Start**  proměříme vzorek. Na konci měření program zobrazí spektrum.
- Pozici absorpčního maxima najdeme příkazem **Peak List** . Měření poté uložíme příkazem File/Export to Microsoft Excel.
- Pro měření kalibrační přímky a samostatných vzorků zvolíme ikonu **Quantitative Analysis** .
- Příkazem **Setup** nastavíme vlnovou délku měření zjištěnou v předchozím kroku, jednotku a koncentrace všech kalibračních vzorků.
- Provedeme měření pozadí příkazem **Blank** a kyvetou s čistou vodou.

- Vložíme kyvetu s prvním kalibračním vzorkem a spustíme měření příkazem **Start**. Po proměření vzorku vložíme další podle nastavené kalibrační řady. Software automaticky zapisuje zjištěné absorbance k daným vzorkům a vytváří kalibrační přímku v pravé části okna.
- Po dokončení měření kalibrační řady je možné měřit další vzorky příkazem **Start**. Přístroj zaznamenává hodnoty absorbance v levé části okna. Popis každého vzorku zadáváme do pole **Sample Name**. Nakonec měření exportujeme ve formátu souboru Microsoft Excel.
- Po ukončení práce vyjměte všechny kyvety se vzorky z přístroje, umyjte je a přístroj vypněte tlačítkem na zadní straně přístroje.