

## Turbidimetrické stanovení chloridů

Jak využít zázkal?

### Obsah

Úvod .....	2	Příprava úlohy (praktická příprava) .....	9
Cíle .....	2	Postup práce .....	9
Teoretický úvod .....	3	Nastavení HW a SW .....	9
Praktické provedení .....	3	Příprava měření .....	9
Motivace studentů .....	4	Kalibrace turbidimetru (je-li nezbytná) .....	9
Doporučený postup .....	5	Příprava roztoků .....	10
Příprava úlohy .....	5	Vlastní měření (záznam dat) .....	11
Materiály pro studenty .....	5	Analýza naměřených dat .....	11
Záznam dat .....	6	Pracovní list učitele .....	13
Analýza dat .....	6	Slovníček pojmů .....	13
Syntéza a závěr .....	6	Teoretická příprava úlohy .....	14
Hodnocení .....	6	Vizualizace naměřených dat .....	15
Internetové odkazy .....	6	Vyhodnocení naměřených dat .....	15
Pracovní návod .....	7	Závěr .....	16
Zadání úlohy .....	7	Pracovní list studenta .....	17
Pomůcky .....	7	Slovníček pojmů .....	17
Bezpečnost práce .....	8	Teoretická příprava úlohy .....	18
Teoretický úvod .....	8	Vizualizace naměřených dat .....	18
		Vyhodnocení naměřených dat .....	19
		Závěr .....	19

 **Zařazení do výuky**

Experiment je vhodné zařadit v rámci učiva v obecné chemii (kolloidní roztoky), v anorganické chemii (sloučeniny p<sup>5</sup>-prvků, d-prvků), eventuelně rozšířené učivo analytické chemie – střední škola (analytické metody využívající rozptylu světla).

 **Časová náročnost**

Dvě hodiny (2 × 45 min).

Čas včetně přípravy, úvodní diskuze a vyhodnocení výsledků skupin se závěrečnou diskuzí.

 **Tip**

Úlohu lze obměnit na stanovení síranů barnatou solí (např. chloridem barnatým). Tato obměna umožňuje stanovení síranů v pitné vodě.

 **Chemikálie**

• *Dusičnan stříbrný* AgNO<sub>3</sub>

R 34–50/53

S 26–45–60–61

*Souhrn:*

*Způsobuje poleptání. Vysoce toxický pro vodní organismy, může vyvolat dlouhodobé nepříznivé účinky ve vodním prostředí. Při zasažení očí okamžitě důkladně vypláchněte vodou a vyhledejte lékařskou pomoc. V případě úrazu nebo necítíte-li se dobře, okamžitě vyhledejte lékařskou pomoc (je-li možno, ukažte označení chemikálie). Tento materiál a jeho obal musí být zneškodněn jako nebezpečný odpad. Zabraňte uvolnění do životního prostředí. Sledujte speciální pokyny nebo bezpečnostní listy.*

*Nebezpečnost: C, N*

## Úvod

V této úloze se studenti seznámí s možností měření zákalu, tedy turbidance. K měření bude využito čidlo na měření zákalu (turbidimetr). Turbidance bude měřena u zákalu chloridu stříbrného. Studenti si připraví kalibrační řadu roztoků chloridu sodného, které budou reagovat s roztokem dusičnanu stříbrného. Poté změří hodnoty turbidance a pomocí kalibrační křivky stanoví koncentraci chloridů v neznámém vzorku. Na základě experimentálních dat poté studenti odvodí závislost mezi turbiditou a koncentrací stanovované látky.

## Cíle

Studenti by měli zvládnout:

- použít odpovídající instrumentální vybavení – turbidimetr PASCO k určení hodnoty turbidance,
- připravit kalibrační roztoky NaCl o známé koncentraci,
- provést chemické reakce kalibračních roztoků s dusičnanem stříbrným,
- proměřit zákalovou kalibrační řadu AgCl – změřit hodnoty turbidancí,
- sestavit kalibrační křivku z naměřených hodnot turbidancí roztoků známých koncentrací,
- proměřit hodnoty turbidancí u neznámých vzorků a využít kalibrační křivku k určení koncentrace neznámého vzorku.

## Teoretický úvod

Prochází-li bílé světlo prostředím, může dojít k pohlcení (absorbci) světla látkou, jehož důsledkem je změna energie záření (světla), což se projeví jako míra zeslabení světelného toku. Pokud světlo prochází koloidním roztokem, nedochází ke změně energie, ale intenzita světelného paprsku klesá v důsledku rozptylu světla na koloidních částicích. Tento jev lze pozorovat u soustav, které se vyznačují viditelným zákalem nebo slabým zákalem viditelným pouze v určitém úhlu, tzv. opalescencí. Míra celkového množství světelné energie, která se při průchodu koloidním roztokem rozptýlí do všech stran od původního paprsku je rozdíl  $(I - \tau)$ , kde  $\tau$  je turbidita, která souvisí s původním světelným tokem  $I_0$  a světelným tokem  $I$  vycházejícím ve stejném směru a šířkou optického prostředí  $d$ . Turbidita je závislá na teplotě, vlnové délce, velikosti, tvaru a **koncentraci částic**. Pro průhledné kapaliny dosahuje přibližně 10 000 krát menší hodnoty než je tomu u mléka. Zavádí se veličina tzv. turbidance, což je obdoba absorbance viz úloha „Stanovení koncentrace látky v roztoku“.

$$T = \log(I_0/I) = \tau \cdot d$$

Analytická metoda založená na měření zákalu v prošlém světle se nazývá turbidimetrie. Závislost turbidance na koncentraci je pro nižší hodnoty koncentrací lineární, pro vyšší hodnoty koncentrací křivka není lineární (směrem k nižším hodnotám turbidance). Tato metoda umožňuje stanovit koncentraci látek, které vytváří zákal v určitém rozmezí koncentrací ( $\text{AgCl}$ ,  $\text{BaSO}_4$ ). Lze využít např. metody kalibrační křivky.

## Praktické provedení

Hodnota turbidance resp. turbidity je závislá na koncentraci koloidního roztoku, pokud se připraví kalibrační řada roztoků o známé koncentraci chloridů a ke každému roztoku se přidá stejné množství činidla (roztok  $\text{AgNO}_3$ ) dojde ke vzniku zákalů s různou koncentrací  $\text{AgCl}$ . Je výhodné pracovat s přebytkem činidla, aby chom zaručili, že veškeré chloridy zreagovaly na  $\text{AgCl}$ .

### Slovníček pojmů

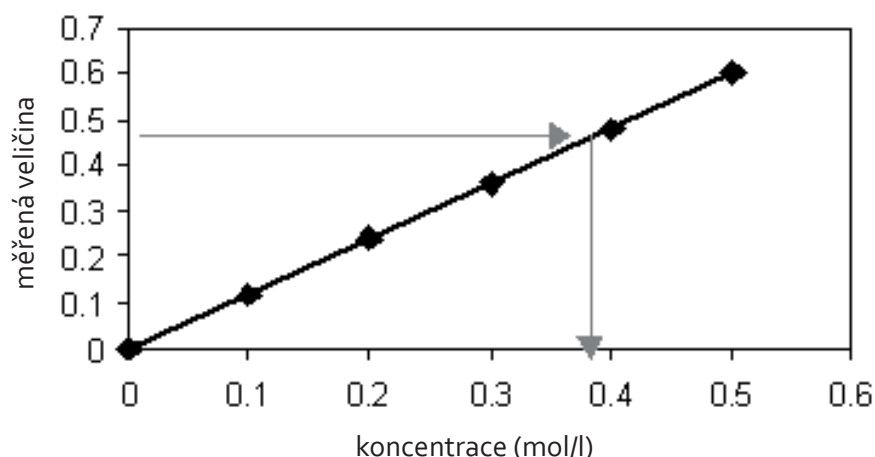
NEFELOMETRIE  
ROZPTYL SVĚTLA  
KOLOIDNÍ ROZTOK  
KALIBRAČNÍ KŘIVKA  
Viz pracovní list (učitel).

### Přehled pomůcek

- počítač s USB portem
- PASPORT USB Link (Interface) nebo Xplorer
- PASPORT turbidimetr
- software DataStudio
- 0,01 M roztok  $\text{NaCl}$ , 50 ml
- 0,05 M roztok  $\text{AgNO}_3$ , 50 ml
- skleněná tyčinka
- kádinky 100 ml (2 ks)
- pipety s balónkem (2 ks), 25 ml
- popisovač zkumavek (lihový fix)
- zkumavky (6 ks), asi 20 cm vysoké
- stojánek na zkumavky
- destilovaná voda, 500 ml
- buničina
- *pracovní návod*
- *pracovní list*
- *ochranné pracovní pomůcky*

Experimentální postup je v takovém případě následující:

1. Experimentátor změří hodnoty turbidance několika roztoků o známé koncentraci stanovované látky.
2. Tyto hodnoty jsou považovány za turbidance kalibračních roztoků (standardů) a jsou použity pro stanovení kalibrační křivky (graf závislosti turbidance na koncentraci).
3. Pomocí sestrojené kalibrační křivky je následně možné určit neznámou koncentraci (viz následující graf).



4. Z naměřených turbidancí, tak můžeme velice jednoduše určit neznámé koncentrace. K určení použijeme nástroj **Smart Tool** (🔍) v **DataStudios**. Hodnotě **y** tj. turbidance odpovídá hodnota koncentrace, tj. souřadnice **x**.

## Motivace studentů

V úvodu laboratorního cvičení se studenty pohovoříme o koloidních částicích (příklady) a rozptylu světla na nich. Můžeme předvést chemické reakce roztoku chloridu sodného se stříbrnou solí – porovnání vysoké a nízké koncentrace, tj. vznik sraženiny a zákalu. Možno předvést i reakci s chloridy v pitné vodě a srovnat intenzitu zákalu proti tmavému pozadí. Zeptáme se studentů, jak souvisí míra rozptylu světla s koncentrací.

## Doporučený postup

1. Každá pracovní skupina dostane „pracovní návod“ a každý člen skupiny „pracovní list“. Studenti si nejprve přečtou návod a teprve pak začnou s přípravou vlastního experimentu.
2. Doporučujeme, aby každý člen pracovní skupiny dostal svůj vlastní úkol. Pro čtyřčlennou skupinu například:
  - *student 1* – vedoucí týmu – dbá na to, že skupina bude při práci postupovat podle pracovního návodu,
  - *student 2* – koordinuje vyplňování pracovních listů a vyplněné pracovní listy vybírá (každý student si vyplní svůj pracovní list),
  - *student 3* – má na starosti sestavení/nastavení a obsluhu použitých přístrojů,
  - *student 4* – obsluhuje PC (SW pro získání a zpracování dat z použitých přístrojů).
3. Připojte zařízení (turbidimetr) přes USB rozhraní k počítači (viz obrázek).



4. Vyberte odpovídající soubor DataStudia (**05\_turbidimetrické\_stanoveni.ds**) a pokračujte podle postupu uvedeného v „pracovním návodu“.

## Příprava úlohy

Studenti vyplní (za domácí úkol nebo na začátku práce) slovníček pojmů a přípravnou část úlohy v „pracovním listě“. Je nezbytné, aby studenti tyto části vypracovali před vlastní experimentální činností. Zjistěte, jak studenti přípravnou část úlohy vypracovali.

## Materiály pro studenty

„Pracovní návod“ postupně provede studenty („krok za krokem“) celou úlohou.

„Pracovní list“ slouží studentům k zaznamenání získaných dat, jejich analýze a pochopení.

## Záznam dat

Postup při zaznamenávání dat je popsán v „pracovním listě“. Upozorněte studenty na to, že před vlastním započítáním měření je třeba úloze opravdu porozumět.

## Analýza dat

Naměřená data studentům poslouží ke zodpovězení otázek v „pracovním listě“. Upozorněte studenty na souhrnné otázky. V učitelské verzi pracovního listu jsou uvedeny typické odpovědi studentů.

## Syntéza a závěr

Poté, co studenti vyplní své „pracovní listy“, společně shrneme získané poznatky o titracích a indikaci bodu ekvivalence. Vysvětlíme princip stanovení koncentrace látky pomocí titrace.

## Hodnocení

*(Viz dříve uvedené cíle.)*

- Sestavili a použili studenti měřící zařízení správně?
- Postupovali korektně podle pracovního postupu?
- Pochopili studenti princip turbidimetrie a její měření?
- Ví studenti, proč bylo nutné ke kalibračním roztokům přidávat stříbrnou sůl?
- Vypracovali studenti správně své pracovní listy?
- Stanovili koncentraci neznámého vzorku správně?
- Jsou studenti schopni zdůvodnit případné rozpory mezi svou hypotézou a případně mezi stanovenou a skutečnou koncentrací látky?

## Internetové odkazy

[http://store.pasco.com/pascostore/showdetl.cfm?&DID=9&Product\\_ID=53217&groupID=192&Detail=1](http://store.pasco.com/pascostore/showdetl.cfm?&DID=9&Product_ID=53217&groupID=192&Detail=1)

<http://www.novotny-atrima.com/podpora.html>

[http://cs.wikipedia.org/wiki/Rozptyl\\_\(fyzika\)](http://cs.wikipedia.org/wiki/Rozptyl_(fyzika))



### Pasco zdroje

Na stránkách [www.pasco.com](http://www.pasco.com) a [www.pasco.cz](http://www.pasco.cz) naleznete řadu dalších zdrojů.



## CHEMIE

laboratorní cvičení č. 5

5

• CHEMIE

## Turbidimetrické stanovení chloridů (návod)

### Zadání úlohy

Stanovte koncentraci chloridů v neznámém vzorku turbidimetricky. Chloridy stanovujte ve formě zákalu chloridu stříbrného. Ke stanovení využijte metodu kalibrační křivky.

### Pomůcky

- počítač s USB portem
- PASPORT USB Link (Interface) nebo Xplorer
- PASPORT turbidimetr
- software DataStudio
- 0,01 M roztok NaCl, 50 ml
- 0,05 M roztok AgNO<sub>3</sub>, 50 ml
- skleněná tyčinka
- zkumavky (7 ks), se širokým hrdlem, asi 20 cm vysoké
- pipety s balónkem (2 ks), 25 ml
- popisovač zkumavek (lihový fix)
- stojánek na zkumavky
- destilovaná voda, 100 ml
- buničina
- *pracovní návod*
- *pracovní list*
- *ochranné pracovní pomůcky*

PRACOVNÍ NÁVOD



## Bezpečnost práce

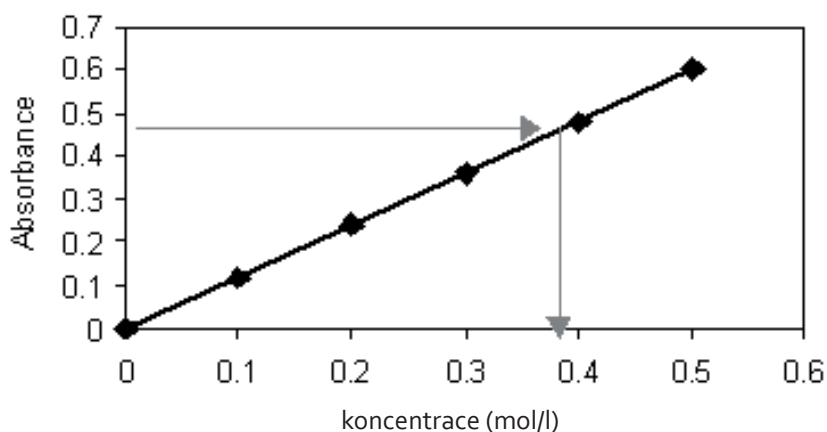
Pracujte pečlivě a v souladu s pracovním návodem. S chemikáliemi zacházejte vždy dle instrukcí pedagoga. Nikdy nepipetujte ústy (vždy používejte balónek). V laboratoři používejte ochranné brýle, plášť a případně další pomůcky v souladu se správnou laboratorní praxí.

## Teoretický úvod

Pokud světlo prochází koloidním roztokem, nedochází ke změně jeho energie, ale intenzita světelného paprsku klesá v důsledku rozptylu světla na koloidních částicích. Tento jev lze pozorovat u soustav, které se vyznačují viditelným zákalem nebo slabým zákalem viditelný pouze v určitém úhlu, tzv. opalescencí. Míra celkového množství světelné energie, která se při průchodu koloidním roztokem rozptýlí do všech stran od původního paprsku je rozdíl  $(1 - \tau)$ , kde  $\tau$  je turbidita, která souvisí s původním světelným tokem  $I_0$  a světelným tokem  $I$  vycházejícím ve stejném směru a šířkou optického prostředí  $d$ . Turbidita je mimo jiné závislá na koncentraci částic. Pro průhledné kapaliny dosahuje přibližně 10 000 krát menší hodnoty než je tomu u mléka. Zavádí se veličina tzv. turbidance, což je obdoba absorbance viz. úloha „Stanovení koncentrace látky v roztoku“.

$$T = \log(I_0/I) = \tau \cdot d$$

Analytická metoda založená na měření zákalu v prošlém světle se nazývá *turbidimetrie*. Stanovení koncentrace provedeme pomocí tzv. metody kalibrační křivky, kdy změříme hodnoty turbidance několika roztoků o známé koncentraci stanovované látky. Tyto roztoky nazýváme **kalibrační roztoky** (standards). Známé koncentrace a změřené hodnoty turbidance roztoků zaznamenáme do tabulky a následně z nich sestrojíme graf závislosti turbidance na koncentraci – **kalibrační křivku**. Potom změříme turbidanci roztoku o neznámé koncentraci stejné látky. Po vynesení změřené turbidance do grafu můžeme pomocí sestrojené kalibrační křivky velice jednoduše určit neznámou koncentraci



Ukázkový obrázek kalibrační křivky



1. *V této úloze nejprve změříme hodnoty turbidance několika roztoků chloridu stříbrného o známých koncentracích a sestojíme z nich kalibrační křivku.*
2. *Potom zjistíme hodnotu turbidance roztoku o neznámé koncentraci a pomocí získané kalibrační křivky určíme jeho koncentraci.*

## Příprava úlohy (praktická příprava)

Nejprve zpracujte slovníček a teoretickou přípravu na „pracovním listě“ a teprve potom začněte pracovat v laboratoři.

## Postup práce

### Nastavení HW a SW

1. Připojte zařízení (turbidimetr) přes USB rozhraní k počítači (viz obrázek).



2. Vyberte a otevřete odpovídající konfigurační soubor DataStudia

**05\_turbidimetricke\_stanoveni.ds**

a pokračujte podle postupu uvedeného v „pracovním návodu“.


***Poznámka:** Konfigurační soubory automaticky otevřou potřebná okna a nastaví výchozí parametry (rychlost snímkování atd.).*

## Příprava měření

### Kalibrace turbidimetru (je-li nezbytná)

Při manipulaci s kyvetami je třeba dávat pozor, abychom se nedotýkali skleněné části (těla kyvety), otisky prstů by mohly způsobit falešně vyšší hodnoty turbidancí. Kyvety držíme za černé víčko, nebo za skleněnou část přes buničinu.

Turbidimetr vyžaduje dvoubodovou kalibraci. Jako jeden kalibrační bod poslouží destilovaná voda, jako druhý roztok o známé turbidanci (100 NTU).

1. Naplňte kyvetu destilovanou vodou a vložte do turbidimetru, řádně uzavřete víko.
2. Stiskněte zelené kalibrační tlačítko, kontrolka se rozsvítí.
3. Dokud bliká kontrolka kalibračního tlačítka, vložte do turbidimetru druhý kalibrační roztok (100 NTU). Řádně uzavřete víko.
4. Kalibrace je skončena jakmile kontrolka zhasne.
5. K ověření správnosti kalibrace stiskněte tlačítko **Start** (  Start ) programu Data Studio, změřená hodnota turbidance by měla být  $100 \pm 1$  NTU.

Příprava roztoků

1. Ze zásobního roztoku 0,01 M NaCl si odlijte asi 40 ml do kádinky. Odpipetujte 10 ml tohoto roztoku do odměrné baňky o objemu 100 ml a doplňte destilovanou vodou po rysku a řádně promíchejte. Tímto jste připravili 0,001 M roztok NaCl.
2. Odměřte asi 75 ml 0,001 M zásobního roztoku chloridu sodného NaCl do 100 ml kádinky. Do druhé kádinky o objemu 100 ml odměřte asi 75 ml destilované vody.
3. Označte pět zkumavek s širším hrdlem o objemu minimálně 30 ml čísly (1–5) a umístěte je do stojánku na zkumavky. Přidejte šestou zkumavku pro neznámý vzorek.
4. Postupně napipetujte první pipetou 4, 8, 12, 16 a 20 ml 0,001 M zásobního roztoku chloridu sodného do zkumavek označených čísly 1–5.
5. Druhou pipetou přidejte do kádinek 1–5 postupně 16, 12, 8, 4 a 0 ml destilované vody.
6. Každý roztok pečlivě protřepejte, případně promíchejte tyčinkou. Před vložením do dalšího roztoku tyčinku vždy pečlivě opláchněte a důkladně osušte.
7. V šesté zkumavce obdržíte od vyučujícího vzorek o neznámé koncentraci.

Pipetované objemy a výsledné koncentrace roztoků jsou přehledně shrnuty v následující tabulce:






Zkumavka č.	Objem 0,001 M NaCl	Objem destilované vody	Látková koncentrace [mol/l]
1	4 ml	16 ml	0,0002
2	8 ml	12 ml	0,0004
3	12 ml	8 ml	0,0006
4	16 ml	4 ml	0,0008
5	20 ml	0 ml	0,0010

8. Připravte si šest menších zkumavek a označte je čísly 1–5, poslední zkumavku označte nápisem vzorek.
9. Do připravené kádinky odlijte asi 50 ml roztoku 0,05 M AgNO<sub>3</sub>.
10. Do zkumavky označené č. 1 napipetujte 2 ml prvního kalibračního roztoku (0,0002 mol/l), k tomuto roztoku připipetujte druhou pipetou 4 ml 0,05 M AgNO<sub>3</sub>. Po chvíli se začne tvořit zákal AgCl.
11. Bod 10 opakujte pro ostatní kalibrační roztoky označené č. 2–5 a také pro neznámý vzorek.
12. Sraženiny (zákaly) AgCl je nutné nechat zrát stejnou dobu v místě s nedostatkem světla. Měříme nejméně 10 minut od provedení výše uvedené chemické reakce.


**Tip:** Rychlost zrání sraženiny (zákalu) urychlíme přidavkem asi 1 ml polyvinylalkoholu, je však nutné přidávat do všech zkumavek stejné množství polyvinylalkoholu.

### Vlastní měření (záznam dat)

#### Měření turbidance kalibračních roztoků

1. Měřicí kyvetu uchopte přes buničinu a řádně ji propláchněte destilovanou vodou (ze stříčky), dbejte na to, aby se kapky vody nedostaly na vnější stranu kyvety. Pokud se tak stane je nutné kyvetu před vložením do turbidimetru řádně vyleštit.
2. Obsah menší zkumavky označenou č. 1 (se zákalem AgCl) přelijeme do kyvety a uzavřeme ji víčkem. Kyvetu vložíme do turbidimetru.
3. Zaznamenávání dat zahajete kliknutím na tlačítko **Start** (  Start ).
  - Tlačítko **Start** (  Start ) se změní na tlačítko **Keep** (  Keep ). V prvním řádku tabulky turbidance a koncentrace se zobrazí první hodnota koncentrace (0,0002 M) a odpovídající hodnota turbidance.
  - Po ustálení hodnoty turbidance klikneme na tlačítko **Keep** (  Keep ), čímž se zaznamená změřená hodnota do tabulky a kalibračního grafu.
4. Kyvetu s měřeným kalibračním roztokem č. 1 vyjměte z turbidimetru a vypláchněte ji opakovaně destilovanou vodou. V kyvetě by neměly zůstat kapky vody. Dbejte na to, abyste se kyvety nedotýkali prsty.
5. Body 3 a 4 opakujte pro další kalibrační roztoky označené č. 2–5.
6. Po změření všech kalibračních roztoků o známé koncentraci klikněte na tlačítko **Stop** (  Stop ).
7. Kyvetu opět řádně vypláchněte destilovanou vodou.


#### Měření turbidance neznámých vzorků

1. Obsah menší zkumavky označenou vzorek (se zákalem AgCl) přelijeme do kyvety a uzavřeme ji víčkem. Kyvetu vložíme do turbidimetru.
2. Klikněte na volbu **Experiment** a zvolte možnost **Monitor Data**. Sledujte hodnotu turbidance na číslicovém displeji. Jakmile se hodnota ustálí, zaznamenejte ji do pracovního listu. Zaznamenávání dat ukončete kliknutím na tlačítko **Stop** (  Stop ).

### Analýza naměřených dat

Naměřené hodnoty turbidancí přepište do tabulky svého pracovního listu.

1. Pomocí kalibrační křivky určete koncentraci neznámého vzorku.
2. Klikněte na tlačítko funkce **Fit** a zvolte možnost „Linear Fit“.

**Tip:** Klikněte na tlačítko funkce **Smart Tool** (  ). Umístěte kurzor do kalibračního grafu tak, aby hodnota na ose **y** odpovídala naměřené měrné vodivosti neznámého vzorku a odečtěte neznámou koncentraci na ose **x**.

3. Zaznamenejte zjištěnou hodnotu koncentrace do „pracovního listu“.
4. Své výsledky v **DataStudios** uložte (nabídka File → Save Activity As...) na místo, které máte vyhrazeno k ukládání svých souborů.
5. Odpovězte na otázky v „pracovním listu“.
6. Dle instrukcí učitele uklidte své pracovní místo.

## CHEMIE

laboratorní cvičení č. 5

5

• CHEMIE

**Turbidimetrické stanovení chloridů  
pracovní list (učitel)****Slovníček pojmů**

S využitím dostupných zdrojů vysvětlete následující pojmy:

**Nefelometrie:**

*Nefelometrie je fyzikálně-chemická analytická metoda pro měření koncentrace koloidních roztoků, při stálé koncentraci je možno měřit i velikost koloidních částic. Tato metoda využívá speciálních optických vlastností koloidních směsí. Rozptyl světla se na rozdíl od turbidimetrie neměří v přímém směru, ale pod úhlem 90°.*

**Rozptyl světla:**

*Rozptyl je fyzikální jev, který způsobuje, že světlo nebo pohybující se částice jsou vychylovány z přímé dráhy vlivem přítomnosti drobných poruch prostředí, kterým světlo nebo částice prochází.*

**Koloidní roztok:**

*Koloidní roztok je směs, jejíž vlastnosti jsou mezi homogenní a heterogenní směsí (někdy se označuje jako mikroheterogenní). Skládá se z velmi malých částic (5–200 nm), jejichž pohyb je ovlivněn především kinetickou energií (Brownův pohyb), gravitace je téměř neovlivňuje, např.: mléko, krev, bílek ve vodě. Koloidní roztoky jsou v procházejícím světle čiré, ale v dopadajícím se často jeví zakalené. Prochází-li intenzivní světelný paprsek koloidním roztokem, můžeme jeho dráhu sledovat jako opaleskující svítivý paprsek. Tento efekt se nazývá Tyndallův jev.*

**Kalibrační křivka:**

Je křivka popisující závislost měřeného signálu (absorbance, turbidance,...) – osa y na koncentraci – osa x. Získané body proložíme křivkou (nejčastěji přímkou).

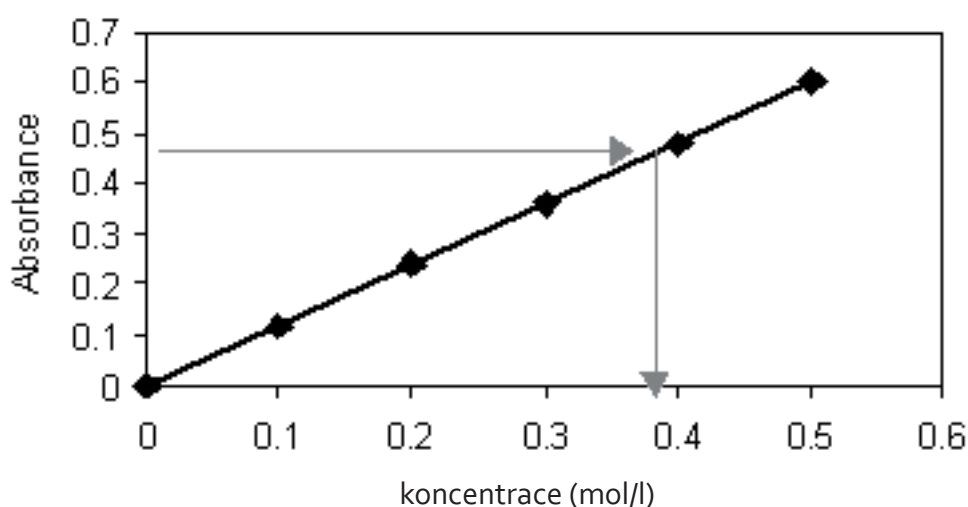
Rovnice kalibrační přímky:

$$S = a \cdot c + b$$

konstanta a, směrnice přímky

konstanta b, úsek vytčený přímkou na ose y.

Po nalezení kalibrační závislosti vyneseme signál pro vzorek  $S_x$  do grafu a na vodorovné ose odečteme odpovídající koncentraci stanovované látky  $c_x$  v roztoku vzorku.



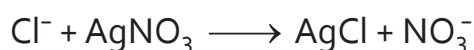
Ukázkový  
obrázek  
kalibrační  
křivky

**Teoretická příprava úlohy**

1. Jak můžeme využít k určení neznámé koncentrace vztah mezi turbidancí a koncentrací látky v roztoku?

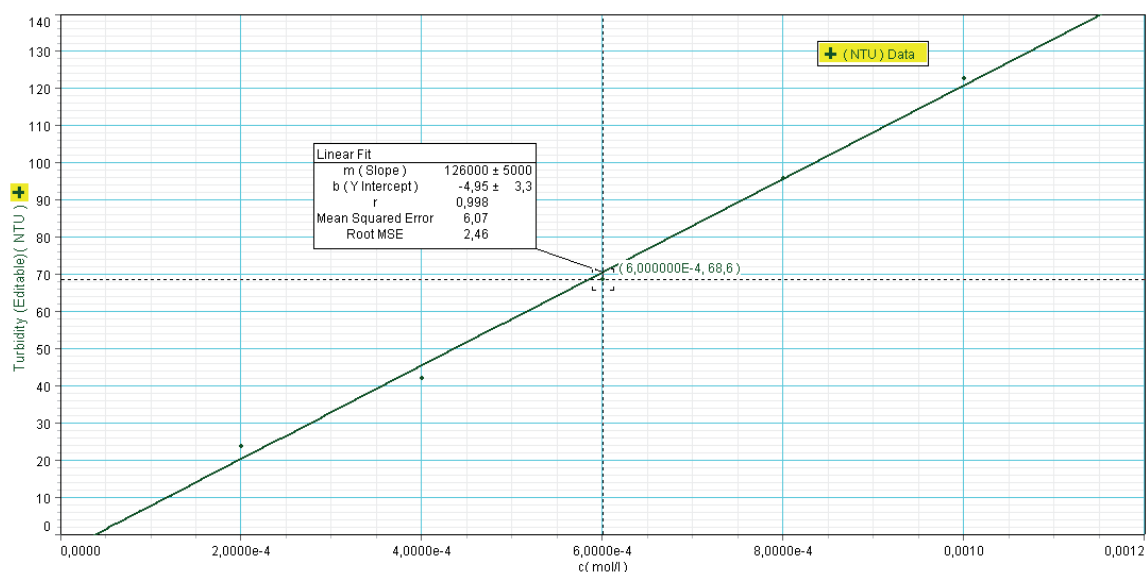
*Jedna z možných odpovědí: Neznámou koncentraci látky v roztoku můžeme zjistit pomocí kalibrační křivky, ve které máme vynesenu turbidanci proti známé koncentraci. Jednoduše tak můžeme odečíst hodnotu koncentrace pro naměřenou hodnotu turbidance vzorku o neznámé koncentraci.*

2. Iontovou chemickou rovnicí popište reakci chloridů s dusičnanem stříbrným.



## Vizualizace naměřených dat

1. Zkonstruujte graf závislosti turbidance na koncentraci. Zaznamenejte všechny potřebné údaje a graf správně popište (osy, jednotky, ...).



Ukázkový kalibrační graf

## Vyhodnocení naměřených dat

1. Do připravené tabulky zaznamenejte naměřené hodnoty měrných vodivostí kalibračních roztoků a neznámého vzorku.

Zkumavka č.	Látková koncentrace [mol/l]	Turbidance [NTU]
1	0,002	23,7
2	0,004	42,1
3	0,006	68,6
4	0,008	95,8
5	0,010	122,7
<i>neznámý vzorek</i>	<b>0,0052</b>	<b>61,6</b>

2. Určete koncentraci stanovované látky v neznámém roztoku.

*Koncentrace látky v neznámém roztoku je **0,0052 mol/l**.*

## Závěr

1. Jaká je zjištěná koncentrace neznámého vzorku?

*Na základě změřené hodnoty turbidance 61,6 NTU je zjištěná hodnota koncentrace 0,0052 mol/l.*

2. Je vaše stanovená hodnota koncentrace ve shodě s hodnotou udanou vyučujícím? Vypočítejte o kolik procent se vaše hodnota liší od správného výsledku.

*Vyučující uvedl, že jím připravený roztok neznámého vzorku koncentrací 0,005 mol/l. Stanovená hodnota se liší o 3,8 %.*

3. Jak vysvětlíte případné odchylky stanovené koncentrace od hodnoty uvedené vyučujícím?

*Některé z možností zanesení chyb:*

- špatně připravené kalibrační roztoky (chyby při pipetování, špatné promíchání, ...)
- špatně odměření reakčního činidla ( $\text{AgNO}_3$ , ...)
- nedostatečná doba nutná ke zrání sraženiny (zákalu)
- špatně připravený „neznámý roztok“ (chybu zanesl pedagog :-))
- znečištěný povrch kyvety (otisky prstů)

4. Který jiný iont by bylo možné stanovit turbidimetricky? Svou odpověď zdůvodni!

*Touto metodou by bylo možné stanovit všechny ionty, které tvoří sraženiny (zákaly), např. síran nebo chroman.*

5. Pokuste se vysvětlit, proč je nutné použít vyšší koncentraci roztoku  $\text{AgNO}_3$  než je koncentrace kalibračních roztoků?

*Při zmíněné reakci je nutné použít vyšší koncentraci  $\text{AgNO}_3$ , aby bylo zaručeno, že veškeré chloridové anionty jsou převedeny na zákal  $\text{AgCl}$ . V opačném případě by turbidimetr dával falešně nízké hodnoty turbidancí.*



## Pracovní list studenta

skupina:.....

jméno:..... třída:..... datum:.....

### Slovníček pojmů

S využitím dostupných zdrojů vysvětlete následující pojmy:

#### Nefelometrie:

#### Rozptyl světla:

#### Koloidní roztok:

#### Kalibrační křivka:

### **Teoretická příprava úlohy**

1. Jak můžeme využít k určení neznámé koncentrace vztah mezi turbidancí a koncentrací látky v roztoku?

2. Iontovou chemickou rovnicí popište reakci chloridů s dusičnanem stříbrným.

### **Vizualizace naměřených dat**

1. Zkonstruujte graf závislosti turbidance na koncentraci. Zaznamenejte všechny potřebné údaje a graf správně popište (osy, jednotky, ...).



## Vyhodnocení naměřených dat

1. Do připravené tabulky zaznamenejte naměřené hodnoty měrných vodivostí kalibračních roztoků a neznámého vzorku.

Zkumavka č.	Látková koncentrace [mol/l]	Turbidance [NTU]
1	0,002	
2	0,004	
3	0,006	
4	0,008	
5	0,010	
<i>neznámý vzorek</i>		

2. Určete koncentraci stanovované látky v neznámém roztoku.

Koncentrace látky v neznámém roztoku je  mol/l.

## Závěr

1. Jaká je zjištěná koncentrace neznámého vzorku?

2. Je vaše stanovená hodnota koncentrace ve shodě s hodnotou udanou vyučujícím? Vypočítejte o kolik procent se vaše hodnota liší od správného výsledku.

3. Jak vysvětlíte případné odchylky stanovené koncentrace od hodnoty uvedené vyučujícím?

4. Který jiný iont by bylo možné stanovit turbidimetricky? Svou odpověď zdůvodni!

5. Pokuste se vysvětlit, proč je nutné použít vyšší koncentraci roztoku  $\text{AgNO}_3$  než je koncentrace kalibračních roztoků?