Stanovení H_3PO_4 v Coca-Cole

pracovní návod s metodickým komentářem pro učitele
připravil **M. Škavrada**

Cíle

Cílem této laboratorní úlohy je stanovení obsahu kyseliny trihydrogenfosforečné v nápoji kolového typu (Coca-Cola, Pepsi-Cola).

Podrobnější rozbor cílů

- Naučit se používat příslušné instrumentální vybavení, tj. senzor pH PASCO určený na měření pH roztoku.
- Na základě změřených dat vysvětlit průběh potenciometrické titrační křivky kyseliny trihydrogenfosforečné.
- Z naměřené titrační křivky odečíst body ekvivalence a interpretovat je.
- Výpočtem stanovit látkovou koncentraci kyseliny trihydrogenfosforečné v nápoji Coca-Cola.
- Porovnat zjištěný obsah kyseliny trihydrogenfosforečné s údajem na etiketě (je-li dostupný).

Zařazení do výuky

Laboratorní úlohu je vhodné zařadit v rámci učiva o vlastnostech látek, v obecné chemii (acidobazické reakce), v anorganické chemii (sloučeniny p^3-prvků), v praktické chemii (potravinářská aditiva), eventuelně rozšířené učivo analytické chemie – střední škola (elektrochemické analytické metody).

Časová náročnost

Dvě vyučovací hodiny, tj. 2 × 45 min.

Návaznost experimentů

Doporučujeme provést stanovení u různých druhů nápoje Coca-Cola a Pepsi-Cola. Dosažené výsledky poté porovnat.

Mezipředmětové vztahy

biologie resp. přírodopis – škodlivé účinky kyseliny trihydrogenfosforečné na organismus (vliv na zuby, kosti, apod.)

Zadání úlohy

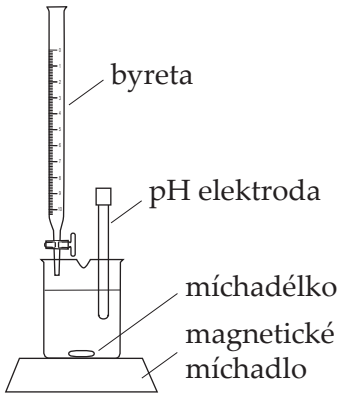
Změřte potenciometrickou titrační křivku kyseliny trihydrogenfosforečné. Určete body ekvivalence jednotlivých stupňů disociace, stanovte látkovou a hmotnostní koncentraci použité kyseliny trihydrogenfosforečné v předloženém vzorku nápoje.

Technická úskalí, tipy a triky

Pro tuto laboratorní úlohu nelze použít levné kolové nápoje běžně dostupné v supermarketech, protože ty obsahují místo kyseliny trihydrogenfosforečné kyselinu citronovou.

Pomůcky

počítač s USB portem se software DataStudio; PASPORT USB Link (Interface) nebo datalogger Xplorer, popř. SPARK, který může sloužit jako Interface; PASPORT senzor pH; vzorek nápoje Coca-Cola nebo Pepsi-Cola; 0,1 M roztok NaOH – 500 ml; skleněná tyčinka; kádinky 150 ml (2 ks); skleněná nebo automatická pipeta – 10 ml; byreta na hydroxid sodný; míchadlo (doporučujeme magnetické); destilovaná voda – 500 ml; střička s destilovanou vodou; ochranné pracovní pomůcky



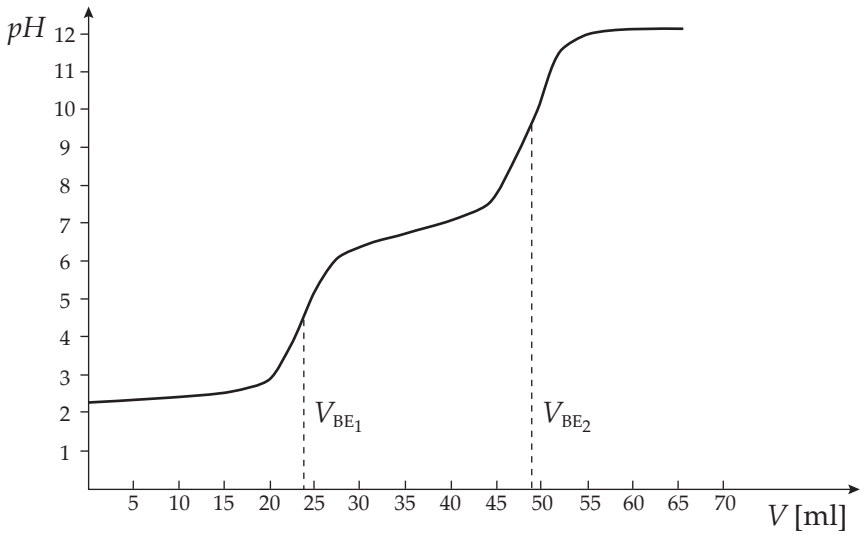
Obr. 1: Schéma titrační aparatury

Teoretický úvod

Při titračních stanoveních se k určení bodu ekvivalence, tj. konce titrace, může použít indikátor (dochází ke změně barvy nebo vzniku sraženiny). Průběh acidobazických titrací lze sledovat pomocí závislosti pH na objemu titračního činidla. Při těchto titracích se mění koncentrace vodíkových iontů H^+ právě v závislosti na použitém titračním činidle. Hodnoty pH se nejčastěji měří pH-měrnou elektrodou (nejčastěji skleněnou). Schéma aparatury je znázorněno na obrázku 1.

Při této tzv. potenciometrické titraci se měří závislost pH (napětí) na objemu přidaného titračního činidla. Tato závislost má typický esovitý průběh. Přesná hodnota pH není v tomto případě důležitá, naopak důležitým parametrem je spotřeba činidla, při níž se na titrační křivce projeví výrazná změna pH (napětí) – tzv. titrační (potenciálový) skok. Bod ekvivalence lze nejjednodušeji (za předpokladu využití výpočetní techniky) zjistit pomocí tzv. první derivace, která se projeví jako maximum na křivce. Zjednodušeně lze říci, že se jedná o podíl rozdílu hodnot pH a rozdílu objemů dvou sousedních bodů.

Titrační křivka kyseliny trihydrogenfosforečné má zřetelné dva titrační skoky odpovídající titraci do dvou stupňů (obrázek 2), tj. vznik dihydrogenfosforečnanu (odštěpení jednoho protonu) a hydrogenfosforečnanu (odštěpení dvou protonů).



Obr. 2: Titrační křivka H_3PO_4

Technická úskalí, tipy a triky

Hydroxid sodný (NaOH)
způsobuje těžké poleptání. Při zasažení očí okamžitě důkladně vypláchněte vodou a vyhledejte lékařskou pomoc. Používejte vhodný ochranný oděv, ochranné rukavice a ochranné brýle nebo obličejový štít. V případě úrazu, nebo necítíte-li se dobře, okamžitě vyhledejte lékařskou pomoc (je-li možno, ukažte toto označení).
Třída nebezpečnosti C.
R 35
S 26-36/37/39-45

Motivace

Se studenty vedeme diskusi o nápoji Coca-Cola, o jeho účincích na lidský organizmus. Ptáme se studentů, jaké hlavní složky nápoj obsahuje, a které jsou nejvíce škodlivé. Zmíníme se o nápojích vzdáleně podobných nápoji Coca-Cola a rozdílu ve složení.

Bezpečnost práce

Pracujte pečlivě a v souladu s pracovním návodem. S chemickými látkami zacházejte podle pokynů učitele. V laboratoři používejte ochranné brýle, plášť, a případně další pomůcky v souladu se správnou laboratorní praxí.

Příprava úlohy

Doporučujeme, aby si studenti nejprve prostudovali teoretickou část a doplnili slovníček pojmů (možno zadat i jako domácí úkol). Ověřte, že studenti přípravnou část úlohy opravdu vypracovali.

Technická úskalí, tipy a triky

Doporučujeme použít byretu na hydroxid, tj. s teflonovou koncovkou. Při použití klasické byrety je nutné po skončení měření, řádné promytí.

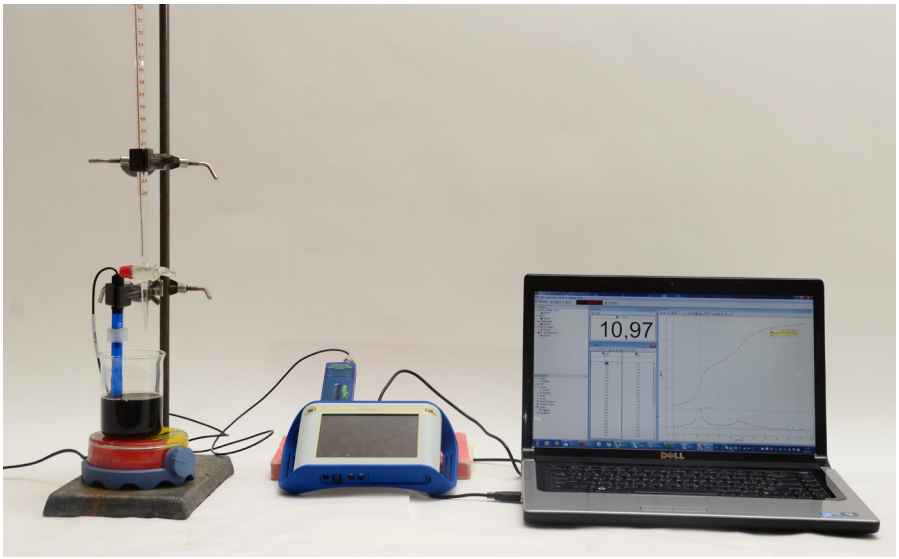
Postup práce

Nastavení HW a SW

Připojte PASCO pH senzor přes USB link k počítači nebo využijte propojení přes zařízení SPARK (obrázek 3) a otevřete odpovídající soubor DataStudia s nastavením parametrů (**ch10_stanoveni_h3po4_coca_cola.ds**). Tento dokument je dostupný na webu www.expoz.cz.

Technická úskalí, tipy a triky

Uvedený soubor lze modifikovat zavřením příslušných oken, tj. *Digits 1*, *Table 1*, *Graph 1*. Další okna lze přidat po stisknutí tlačítka *Summary* a přetažením dané volby na pracovní plochu.



Obr. 3: Zapojení měřicí soustavy

Příprava měření

Kalibrace pH senzoru (je-li nezbytná):

1) Klikněte na záložku *SETUP* a poté zvolte tlačítko *CALIBRATE*.
2) Zvolte 2 bodovou kalibraci (*2 Point*).
3) Zapište hodnotu pH pufru č. 1 (např. pH = 4) do textového pole.
4) Senzor pH vyjměte z uchovávacího roztoku, opláchněte ji destilovanou vodou a osušte buničinou.
5) Vložte senzor pH do roztoku pufru č. 1 (pH = 4).
6) Klikněte na tlačítko *READ FROM SENSOR*.
7) Vyjměte senzor pH z roztoku a pečlivě ho opláchněte destilovanou vodou a osušte buničinou.
8) Body 5)–7) opakujte pro pufr č. 2 (např. pH = 7).
9) Klikněte na tlačítko *OK*.
10) Zavřete okno *Experiment Setup*.

Technická úskalí, tipy a triky

Při ponoření senzoru dbejte na to, aby bylo ponořeno alespoň 2–3 cm od hladiny a zároveň, aby se magnetické míchadélko nedostalo do kontaktu s elektrodou.

Příprava roztoků a byrety:

1) Ze zásobního roztoku 0,1 M NaOH si odlijte asi 100 ml do připravené kádinky.
2) Byretu propláchněte destilovanou vodou. Dále ji propláchněte odměrným roztokem 0,1 M NaOH, upevněte ji pomocí držáku do křížové spojky na stojan.

Technická úskalí, tipy a triky

Hodnota pH se po přídavku titračního činidla bude pozvolna zvyšovat, kolem bodu ekvivalence bude pozorován titrační skok, v případě titrace kyseliny trihydrogenfosforečné budou pozorovány dva titrační skoky, třetí nebude pozorován díky vysoké hodnotě pKa. Objem odpovídající druhému bodu ekvivalence nebude přesným dvojnásobkem prvního z důvodu přítomnosti nevyvařeného CO_2. Hodnoty pKa (H_3PO_4) do druhého stupně a pKa (H_2CO_3) do prvního stupně mají velmi blízké hodnoty.
Získané hodnoty je možné exportovat z nabídky *FILE*, poté *EXPORT DATA* a vybrat si příslušné měření (run). Výsledky je pak možné zpracovat v externím editoru (např. Microsoft Excel).

Technická úskalí, tipy a triky

Odečet 1. bodu ekvivalence lze z derivační křivky provést jednoduše stisknutím tlačítka Σ (maximum odpovídá bodu ekvivalence). Naměřená data studentům poslouží k zodpovězení otázek v pracovním listu. V učitelské verzi pracovního listu jsou uvedeny možné odpovědi studentů.

Hodnocení výsledků

- Sestavili a použili studenti měřící zařízení správně?
- Postupovali studenti správně podle pracovního postupu?
- Rozumí studenti principu potenciometrických titrací křivek?
- Jsou studenti schopni interpretovat potenciometrickou křivku?
- Vypracovali studenti správně své pracovní listy?
- Stanovili koncentraci kyseliny trihydrogenfosforečné správně?

Tip:
- Jsou studenti schopni zdůvodnit případné rozdíly mezi stanovenou hodnotou koncentrace kyseliny trihydrogenfosforečné z prvního a druhého bodu ekvivalence?

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.

3) Byretu naplňte odměrným roztokem 0,1 M NaOH, dbejte na to, aby ve výpustné části nebyl vzduch.
4) Do kádinky o objemu 250 ml odlijte přibližně 50 ml vzorku nápoje. Poté tento nápoj povařte přibližně 10 minut, kádinku přikryjte hodinovým sklem a nechte vychladnout. Do kádinky o objemu 100 ml odpipetujte 10 ml vzorku nápoje, zřeďte destilovanou vodou na vhodný objem tak, aby byl pH senzor ponořen.
5) pH senzor (elektrodu) upevněte do stojanu pomocí křížové spojky.
6) Do kádinky se vzorkem nápoje ponořte míchadlo nebo vhoďte míchadélko magnetického míchadla a ponořte pH senzor opláchnutý destilovanou vodou a pečlivě osušený buničinou.

Vlastní měření a záznam dat

1) Zaznamenávání dat zahajte kliknutím na tlačítko *START*. Tlačítko *START* se změní na tlačítko *KEEP*. Po ustálení hodnoty pH stiskněte tlačítko *KEEP*. Na číslicovém displeji se zobrazí změřená hodnota pH. Dále se zobrazí dialogové okno, do kterého zapište objem, tj. 0 ml (pište bez jednotky). Tyto hodnoty se zapíší do tabulky a do grafu.
2) Z byrety přidejte 0,5 ml a po ustálení hodnoty pH stiskněte opět tlačítko *KEEP*.
3) Z byrety přidejte další 0,5 ml a krok 2) opakujte až do přibližné hodnoty pH = 11.
4) Po ukončení měření klikněte na tlačítko *STOP*.
5) Po skončení měření senzor pH opláchněte opakovaně destilovanou vodou, osušte buničinou a vložte do nádobky s uchovávacím roztokem.

Analýza naměřených dat

1) V okně grafu potenciometrické křivky klikněte na tlačítko *CALCULATE* a potvrďte *OK*.
2) Ze záložky *SPECIAL* zvolte možnost *DERIVATIVE (2,x)* a klikněte na tlačítko *ACCEPT*. V grafu se vykreslila křivka derivace.
3) Klikněte na tlačítko funkce *SMART TOOL*. Umístěte kurzor do maxima derivační křivky na ose x a odečtěte objem odpovídající ekvivalenci.
4) Zaznamenejte zjištěnou hodnotu koncentrace do pracovního listu.
5) Své výsledky v *DATA STUDIO* uložte (nabídka *File –> Save Activity As…*) na místo, které máte vyhrazeno k ukládání svých souborů.
6) Odpovězte na otázky v pracovním listu.
7) Dle instrukcí učitele ukliďte své pracovní místo.

Informační zdroje

- http://www.pasco.com/family/datastudio/index.cfm
- http://www.pasco.com/prodCatalog/PS/PS-2002_xplorer-glx/
- http://www.pasco.com/prodcatalog/ps/ps-2008_spark-science-learning-system/index.cfm
- http://www.pasco.com/prodCatalog/PS/PS-2102_pasport-ph-sensor/index.cfm
- http://cs.wikipedia.org/wiki/Titrace
- http://www.wikiskripta.eu/index.php/Bod_ekvivalence
- http://www.jergym.hiedu.cz/~canovm/objevite/objev2/sore.htm