

Acidobazické titrace s potenciometrickým určením bodu ekvivalence (vícesytné kyseliny)

Cílem této úlohy je sledovat změny pH při titraci vícesytných kyselin (kyselina trihydrogenfosforečná, kyselina šťavelová) silnou zásadou (hydroxid sodný).

Nabízíme dva způsoby, jakými lze měření provést, s ohledem na vybavení měřicími přístroji Vernier. Níže je uveden přehled potřebného vybavení pro obě varianty:

Varianta A (zpracována pro titraci kyseliny trihydrogenfosforečné):

- počítač s programem Logger Lite
- rozhraní [Vernier Go!Link](#)
- pH senzor [Vernier PH-BTA](#)



Varianta B (zpracována pro titraci kyseliny trihydrogenfosforečné):

- počítač s programem Logger Lite
- rozhraní [LabQuest Mini](#)
- pH senzor [Vernier PH-BTA](#)
- čítač kapek [Vernier VDC-BTD](#)



Pomůcky (společné pro obě varianty experimentu):

- magnetická míchačka (např. [Vernier STIR](#)) nebo míchací tyčinka
- kádinka, odměrný válec, laboratorní stojan
- pipeta 10 cm³
- byreta

Chemikálie (společné pro obě varianty experimentu):

- roztok hydroxidu sodného NaOH ($c = 0,1 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$) – titrační činidlo
- roztok kyseliny trihydrogenfosforečné H₃PO₄ ($c = 0,1 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$)
- roztok kyseliny šťavelové (COOH)₂ ($c = 0,5 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$)
- destilovaná voda

Postup při měření – varianta A:

(Popis pro titraci kyseliny trihydrogenfosforečné, pro kyselinu šťavelovou na konci návodu.)

A1. Připojení Vernier pH senzoru:

Spusťte program Logger Lite a do USB portu počítače připojte rozhraní Vernier Go!Link. Do jeho analogového vstupu pak připojte pH senzor. Dojde k jeho automatickému rozpoznání a objeví se připravený prázdný graf.

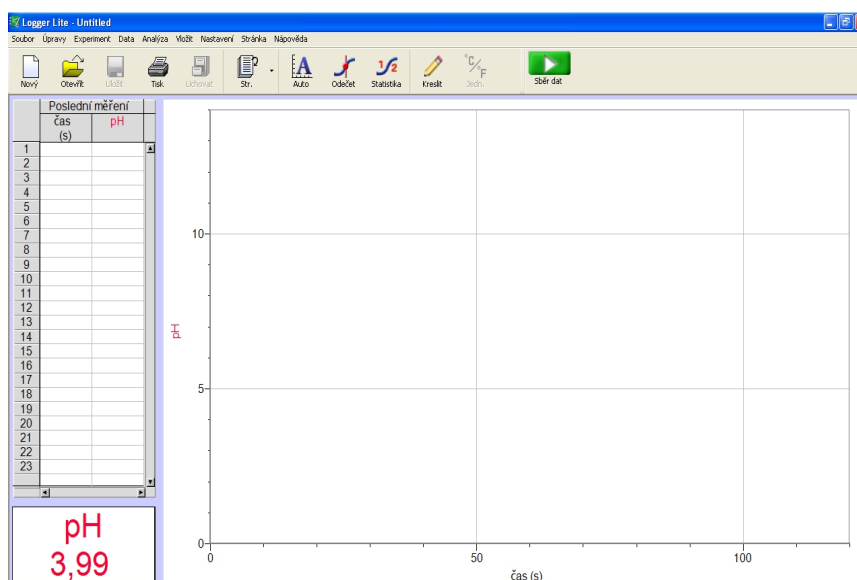


USB koncovka
rozhraní Go!Link



Rozhraní
Vernier Go!Link

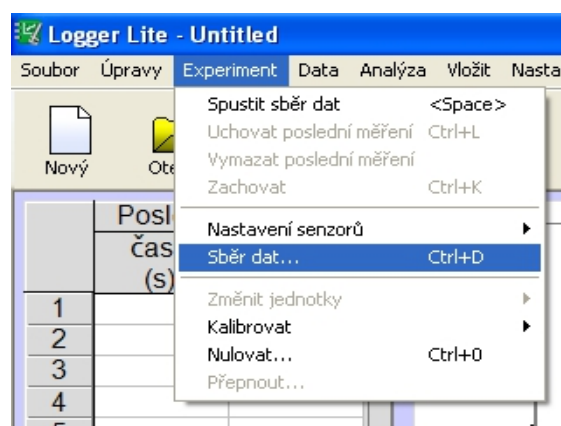
Kabel pH senzoru (PH-BTA)



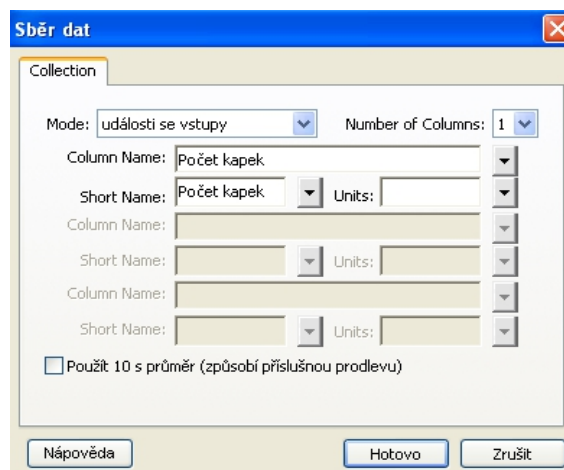
A2. Parametry měření:

Vyberte *Experiment – Sběr dat* nebo použijte klávesovou zkratku CTRL+D. V okně, které se záhy objeví, vyberte režim **Události se vstupy** a nové okno vyplňte dle obrázku na následující straně.

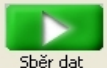
Potvrďte tlačítkem **Hotovo**.

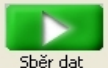



Vzor vyplněného okna režimu Události se vstupy:



A3. Upevněte do stojanu byretu, zavřete její kohout a nalijte do ní 10 cm³ roztoku hydroxidu sodného. Pod stojan s byretou umístěte kádinku, odpipetujte do ní 2,5 cm³ roztoku kyseliny trihydrogenfosforečné a objem doplňte destilovanou vodou na 50 cm³. Vnořte do kapaliny pH senzor a začněte míchat. Chcete-li si usnadnit míchání, použijte magnetickou míchačku Vernier STIR.

A4. Spusťte měření tlačítkem  .

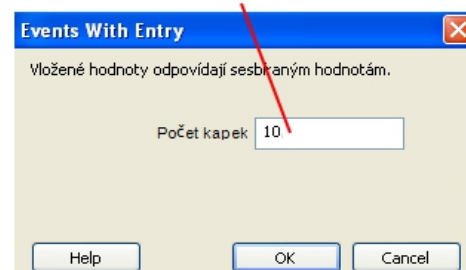


A5. Nechte odkapat deset kapek titračního činidla. Po jejich odkapání uzavřete kohout byrety a stiskněte tlačítko  .

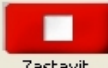


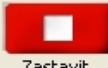
A6. Program Logger Lite vás požádá o zadání počtu kapek, které odkapaly (viz obrázek vpravo). Vepište číslo 10 a potvrďte OK.

Vepište tento údaj



A7. Kroky A5 a A6 znovu a znovu opakujte, zadávaný počet odkapaných kapek po deseti zvyšujte. (Tj. po odkapání dalších deseti kapek zadejte číslo 20, po odkapání dalších deseti číslo 30 atd.)

A8. Pozorujte vykreslující se závislost pH na počtu kapek titračního činidla. Po odkapání veškerého titračního činidla (nebo pokud jste již s výsledkem měření spokojeni) ukončete měření tlačítkem  .



Poznámka: Samozřejmě můžete zvolit jiný způsob dávkování titračního činidla, například po 20 kapkách (pak vyplňujete postupně čísla 20, 40, 60,...) nebo podobně.

Postup při měření – varianta B:

(Popis pro titraci kyseliny trihydrogenfosforečné, pro kyselinu šťavelovou na konci návodu.)

B1. Připojení rozhraní LabQuest Mini:

Do USB portu počítače připojte kabel dodávaný s rozhraním LabQuest Mini. Druhý konec tohoto kabelu připojte k rozhraní LabQuest mini pomocí portu mini USB.



USB koncovka kabelu
dodávaného s rozhraním
LabQuest Mini

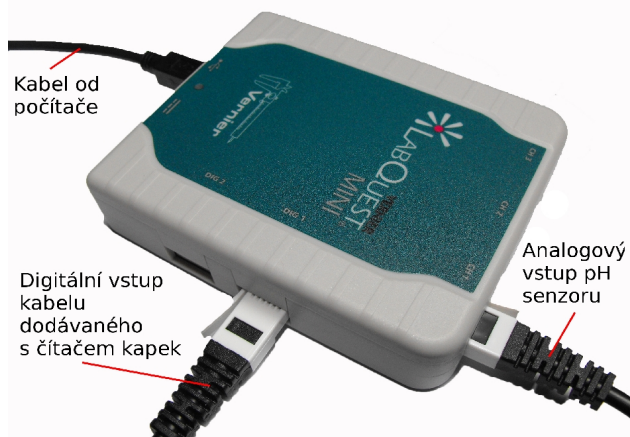


Port
USB mini

B2. Připojení Vernier pH senzoru a čítače kapek:

K libovolnému analogovému vstupu rozhraní LabQuest mini připojte pH senzor.

K libovolnému digitálnímu vstupu rozhraní LabQuest mini připojte kabel dodávaný s čítačem kapek. Druhý konec tohoto kabelu připojte ke vstupu čítače.



Kabel od
počítače

Digitální vstup
kabelu
dodávaného
s čítačem kapek

Analogový
vstup pH
senzoru



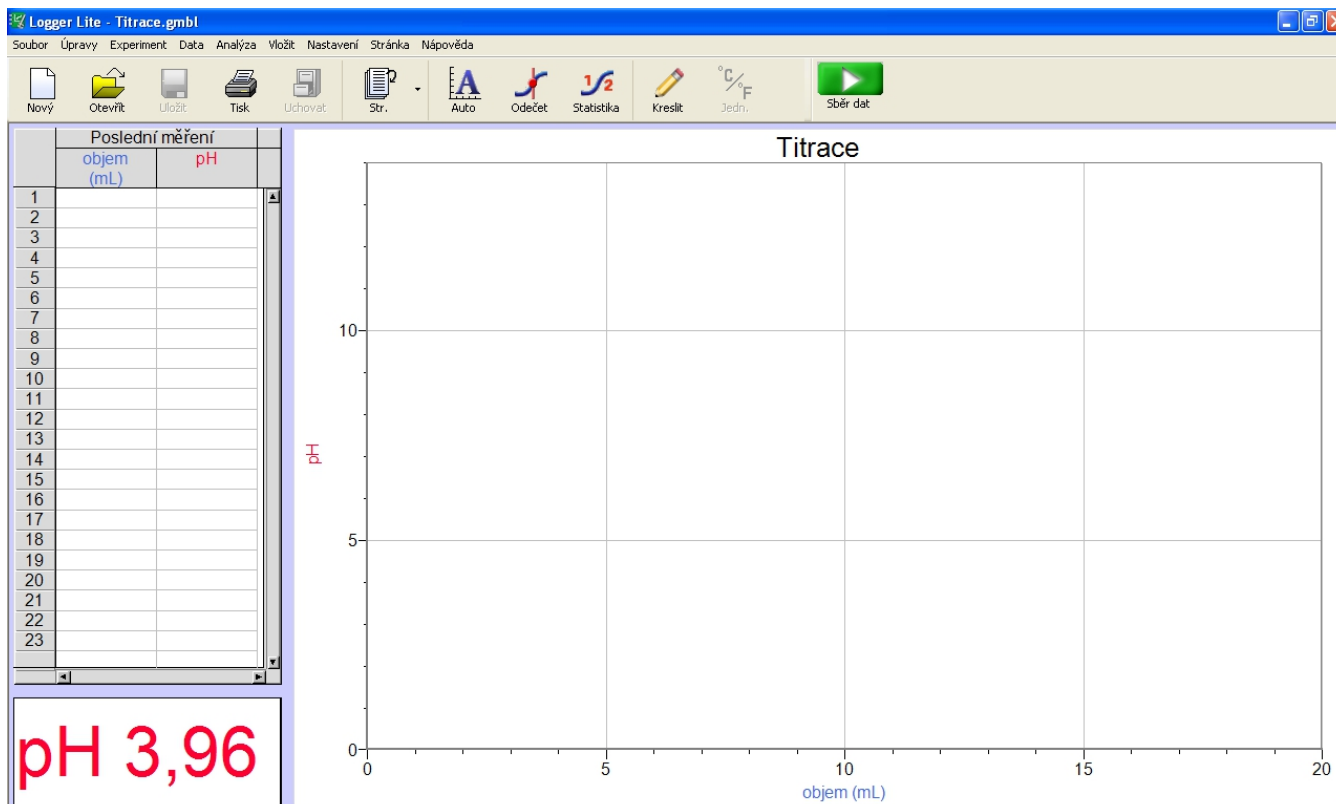
Připojení
čítače kapek

B3. Z níže uvedené adresy si stáhněte archiv *titrace.zip*:

<http://www.vernier.cz/download/experiments/titrace.zip>

Tento archiv rozbalte a v programu Logger Lite otevřete soubor *titrace.gmbl*.
(Pracujete-li s programem Logger Pro, je pro vás určen soubor *titrace.cmb1*.)

Měřicí okno souboru *titrace.gmb1*:

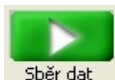


B4. Experiment uspořádejte podle následujících kroků:

- 1) Upevněte do stojanu čítač kapek.
- 2) Zasuňte pH senzor do kruhového otvoru v těle čítače.
- 3) Nad čítač upevněte do stojanu byretu. Vyzkoušejte, že kapky z ní odkapávají skrz měřicí štěrbinu čítače.
- 4) Vyprázdněte byretu, zavřete její kohout a nalijte do ní 10 cm^3 roztoku NaOH.
- 5) Pod stojan umístěte kádinku, odpipetujte do ní $2,5 \text{ cm}^3$ roztoku H_3PO_4 a objem doplňte destilovanou vodou na 50 cm^3 .
- 6) Upravte výšku čítače tak, aby byl konec pH senzoru ponořen do roztoku kyseliny. (Pozor, abyste čítač neotočili, kapky z byrety musí procházet měřicí štěrbinou čítače!)

Celkové uspořádání vidíte na obrázku vpravo.



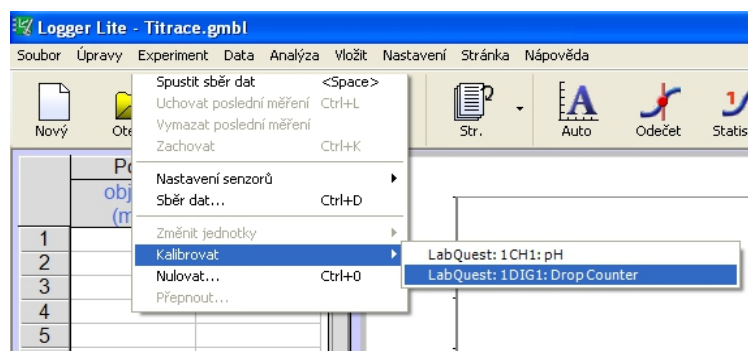


B5. Jste připraveni měřit. Tlačítkem **Sběr dat** spusťte měření. Povolte kohout byrety tak, aby mohlo titrační činidlo (roztok NaOH) odkapávat.

B6. Sledujte, jak se do grafu zakresluje závislost pH na objemu odkapaného titračního činidla. Po odkapání veškerého činidla ukončete měření tlačítkem:



Poznámka: Čítač měří počet kapek titračního činidla, ale na ose x zobrazuje jeho objem. Implicitně je měření přednastaveno takovým způsobem, že 1 ml = 28 kapek. Toto nastavení můžete změnit v nabídce *Experiment – Kalibrovat – LabQuestMini: Čítač kapek*.



Množství chemikálií pro titraci kyseliny šťavelové:

<i>Titrační činidlo</i>	<i>Titrovaný roztok</i>
10 cm ³ roztoku NaOH	1 cm ³ roztoku kyseliny šťavelové; doplnit destilovanou vodou na 50 cm ³

Teorie:

Principem acidobazických titrací je sledování změn určité fyzikální veličiny (v našem případě pH) v titrovaném roztoku v závislosti na objemu přidávaného titračního činidla. Grafickým znázorněním této závislosti je **titrační křivka**, jejíž inflexní bod je bodem ekvivalence, tj. bodem určujícím rovnost látkového množství titrované látky a titračního činidla.

Titrační křivky vícesytných kyselin umožňují identifikaci jednotlivých stupňů disociace pouze tehdy, liší-li se hodnoty disociačních konstant odpovídajících těmto stupňům alespoň o 3 až 4 řády.

Disociační konstanty kyseliny trihydrogenfosforečné mají hodnoty:

$$K_1 = 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ (silná kyselina)}$$

$$K_2 = 6,2 \cdot 10^{-8} \text{ (slabá kyselina)}$$

$$K_3 = 4,8 \cdot 10^{-13} \text{ (velmi slabá kyselina, která již nemá význam pro odměrné stanovení)}$$

Disociační konstanty kyseliny šťavelové mají hodnoty:

$$K_1 = 6,5 \cdot 10^{-2} \text{ (silná kyselina)}$$

$$K_2 = 6,1 \cdot 10^{-5} \text{ (slabá kyselina)}$$