Acidobazické titrace s potenciometrickým určením bodu ekvivalence (jednosytné kyseliny)

Cílem této úlohy je sledovat změny pH při:

a) neutralizaci slabé kyseliny silnou zásadou
b) neutralizaci silné kyseliny silnou zásadou
c) neutralizaci směsi kyselin silnou zásadou

V případech a) a b) chceme dále stanovit koncentraci použitého roztoku kyseliny.

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 neutralizaci slabé kyseliny silnou zásadou):

- počítač s programem Logger Lite
- rozhraní Vernier Go!Link
- pH senzor Vernier PH-BTA

Ikona programu Logger Lite

Varianta B (zpracována pro neutralizaci slabé kyseliny silnou zásadou):

- počítač s programem Logger Lite
- rozhraní LabQuest Mini
- pH senzor Vernier PH-BTA
- čítač kapek Vernier VDC-BTD

Ikona programu Logger Lite

Pomůcky (společné pro obě varianty experimentu):

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

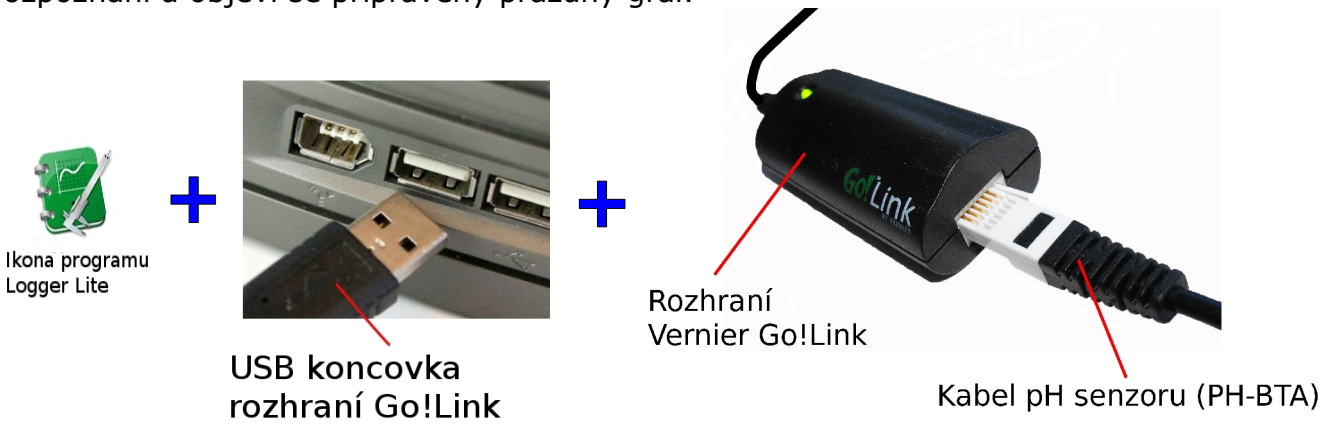
Chemikálie (společné pro obě varianty experimentu):

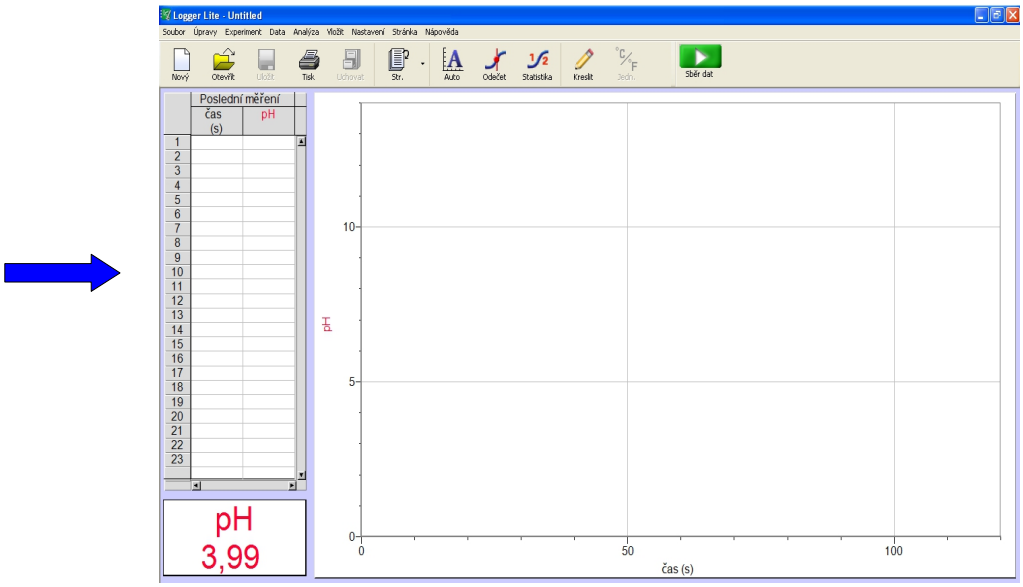
- roztok hydroxidu sodného NaOH (c = 0,1 mol·dm^{-3}) – titrační činidlo
- roztok kyseliny chlorovodíkové HCl (asi 1 cm^3 ve 100 cm^3 destilované vody)
- roztok kyseliny octové CH_3COOH (asi 0,5 cm^3 ve 100 cm^3 destilované vody)
- destilovaná voda

Postup při měření – varianta A:
(Popis pro neutralizaci slabé kyseliny silnou zásadou, pro zbylé dvě kombinace 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.

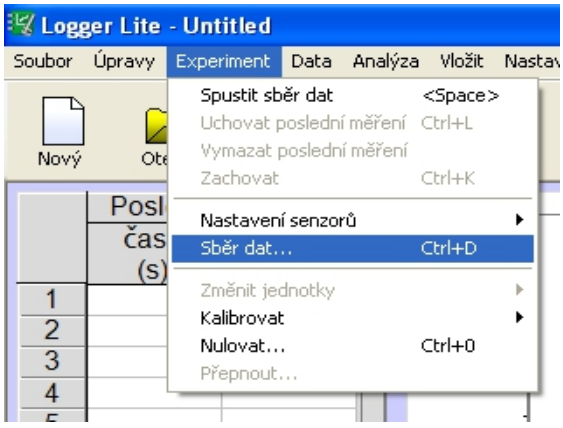




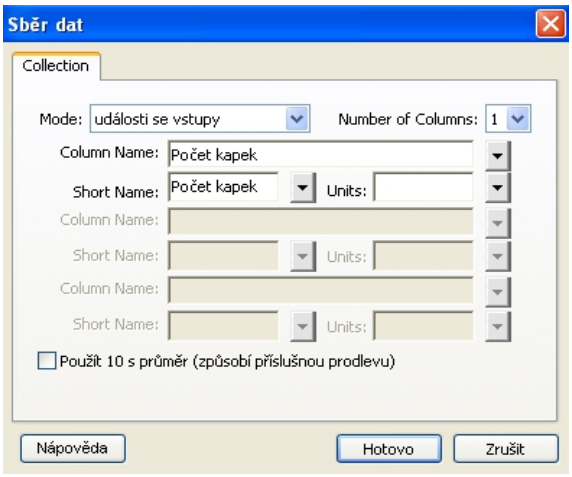
A2. Parametry měření:

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:



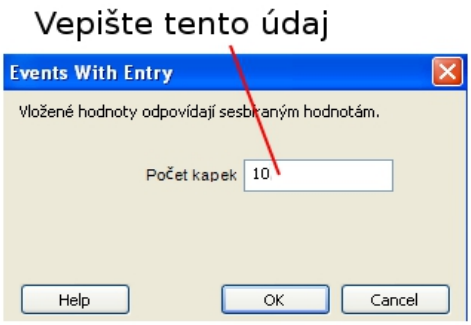
A3. Upevněte do stojanu byretu, zavřete její kohout a nalijte do ní 10 cm^3 roztoku hydroxidu sodného. Pod stojan s byretou umístěte kádinku, odpipetujte do ní 5 cm^3 roztoku kyseliny octové a objem doplňte destilovanou vodou na 50 cm^3. Vnořte do kapaliny pH senzor a začněte míchat. Chcete-li si usnadnit 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.

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 neutralizaci slabé kyseliny silnou zásadou, pro zbylé dvě kombinace 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.

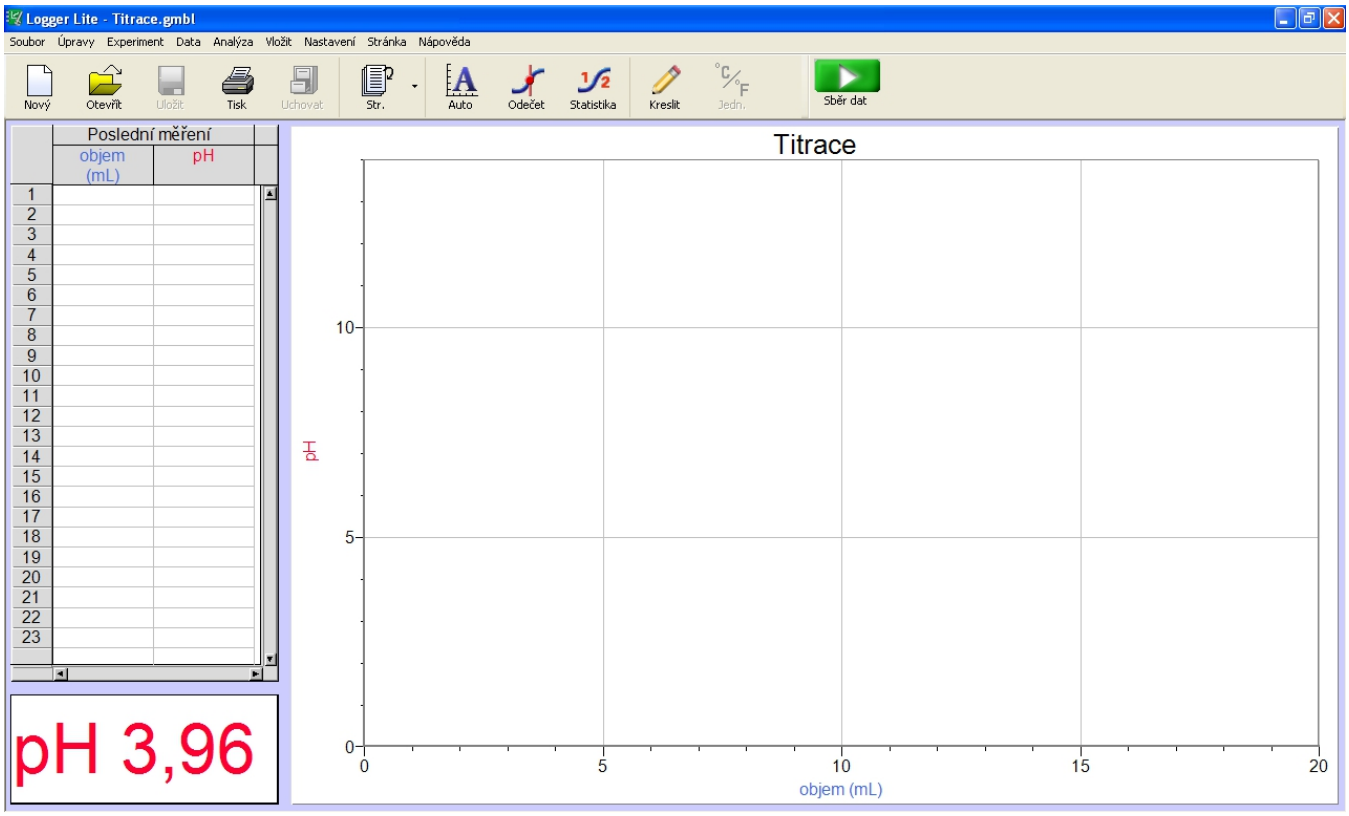
Připojení čítače kapek

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

http://www.vernier.cz/download/experimenty/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.cmbl*.)

Měřicí okno souboru *titrace.gmbl*:



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.

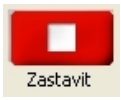
5) Pod stojan umístěte kádinku, odpipetujte do ní 5 cm^3 roztoku kyseliny octové a objem doplňte destilovanou vodou na 50 cm^3.

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!)

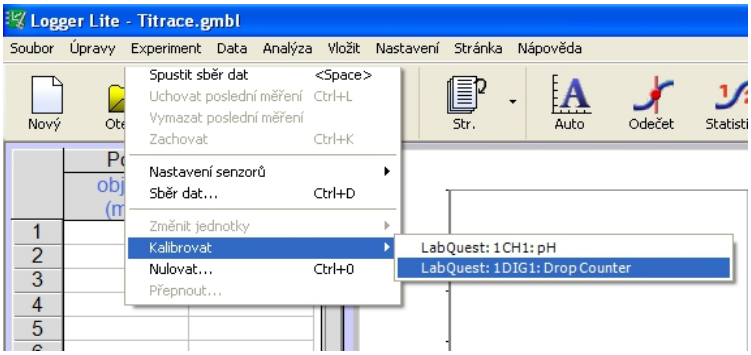
Celkové uspořádání vidíte na obrázku vpravo.

B5. Jste připraveni měřit. Tlačítkem

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 zbylé dvě titrace:

	Titrační činidlo	*Titrovaný roztok*
Silná kyselina – silná zásada	10 cm^3 roztoku NaOH	5 cm^3 roztoku HCl; doplnit destilovanou vodou na 50 cm^3
Směs kyselin – silná zásada	10 cm^3 roztoku NaOH	3,5 cm^3 roztoku HCl + 1,5 cm^3 roztoku CH_3COOH; 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. Platí tedy:

$n_k = n_z$, a pro kyseliny stejné sytnosti:

$c_k V_k = c_z V_z$, kde:

$n_{k,z}$... látkové množství kyseliny, zásady
$c_{k,z}$... koncentrace kyseliny, zásady
$V_{k,z}$... objem kyseliny, zásady.

Titrační křivky slabých kyselin vykazují menší strmost v okolí bodu ekvivalence. Titrační exponent (pH bodu ekvivalence) je vyšší než hodnota 7, kterou má při titraci silné kyseliny silnou zásadou.

Titrační křivky směsi jednosytných kyselin jsou použitelné ke stanovení jednotlivých kyselin pouze tehdy, liší-li se hodnoty disociačních konstant kyseliny alespoň o 3 až 4 řády.