www.vernier.cz
info@vernier.cz

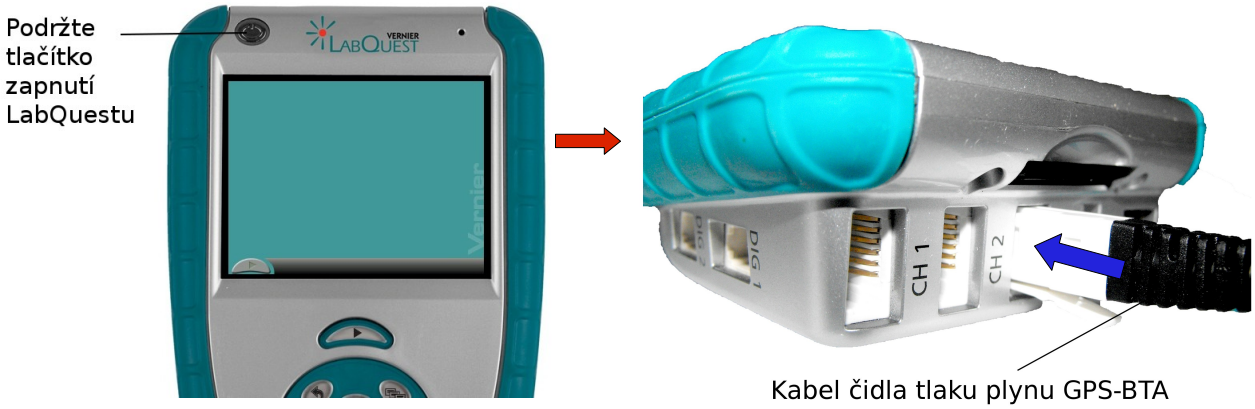
Boyleův – Mariottův zákon (pV závislost)

V této úloze pomocí **čidla tlaku plynu GPS-BTA** a k němu dodávané **stříkačky** „objevíme" součást stavové rovnice ideálního plynu – Boyleův-Mariottův zákon popisující izotermický děj. Vzduch přitom budeme považovat přibližně za ideální plyn a jednotlivé kroky měření budeme provádět dostatečně pomalu, aby byl rozumně splněn předpoklad, že se během experimentu teplota stlačovaného vzduchu nemění.

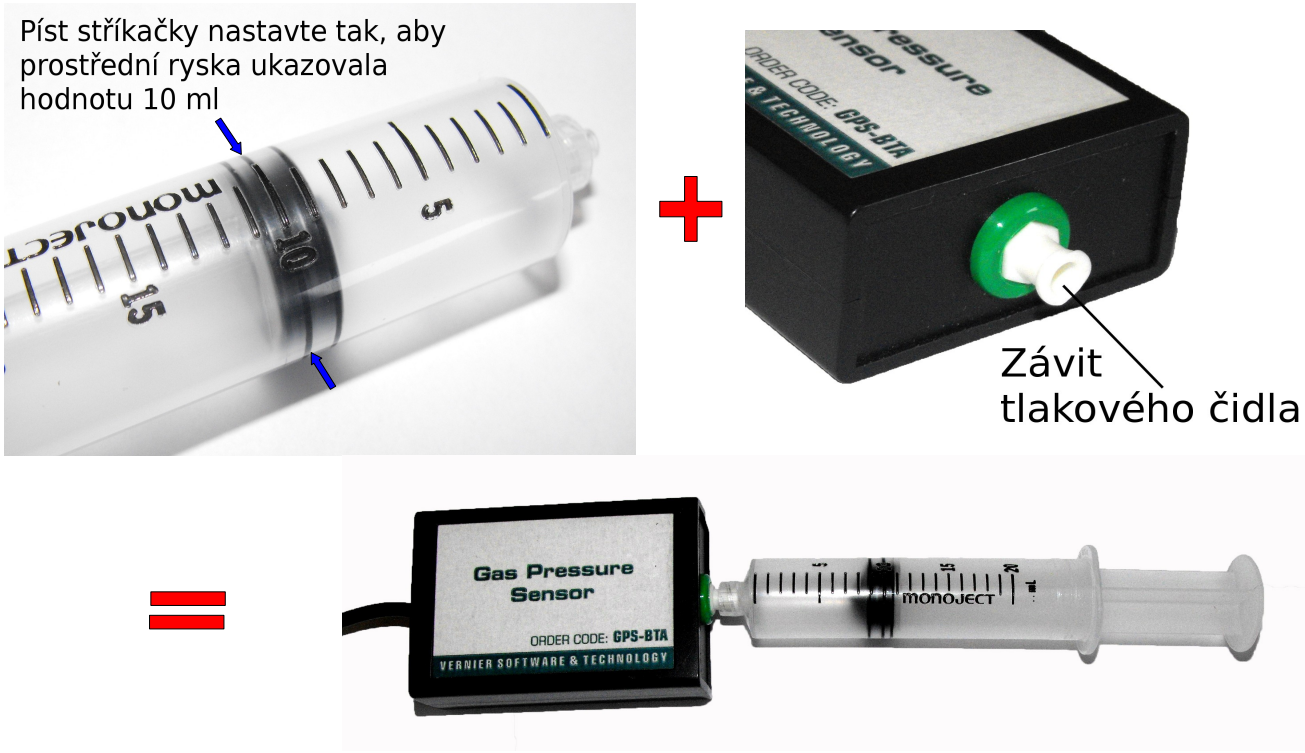
Čidlo tlaku plynu s rozsahem 0 – 220 kPa, citlivostí přibližně 55 Pa a šumem ±50 Pa měří **aktuální tlak** (tzn. že atmosférický tlak, který je přirozenou součástí měřeného tlaku, není přepočítán na hladinu moře).

Postup při měření:

1. Zapněte LabQuest a připojte k němu čidlo tlaku plynu. Dojde k automatickému nalezení čidla.



2. Na plastové stříkačce nastavte objem 10 ml (tak aby prostřední ryska ukazovala údaj 10 ml) a přišroubujte ji k bílému závitu čidla. (Je dodávána spolu s čidlem, je součástí sady PS-ACC.)

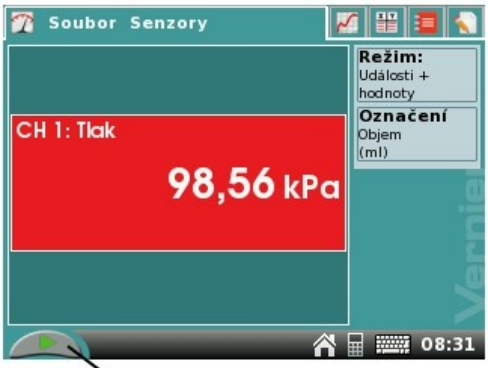


3. Na displeji LabQuestu klikněte do šedého okna s nápisy **Režim, Frekvence, Trvání.** Vyberte režim **„Události a hodnoty"** a okno, které se otevře, vyplňte podle následujícího obrázku: Ponechte 1 sloupec, do pole „Název" vepište **Objem**, do pole „Jednotky" zkratku **ml**. Potvrďte OK.

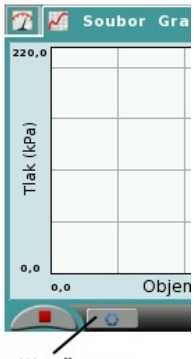
Toto okno se objeví po připojení čidla:

Vyplňte okno podle obrázku a potvrďte OK

4. Tlačítkem **Sběr dat** spusťte měření. LabQuest se sám přepne na kartu grafů. Vedle tlačítka Sběr dat se objeví tlačítko s modrým kolečkem.

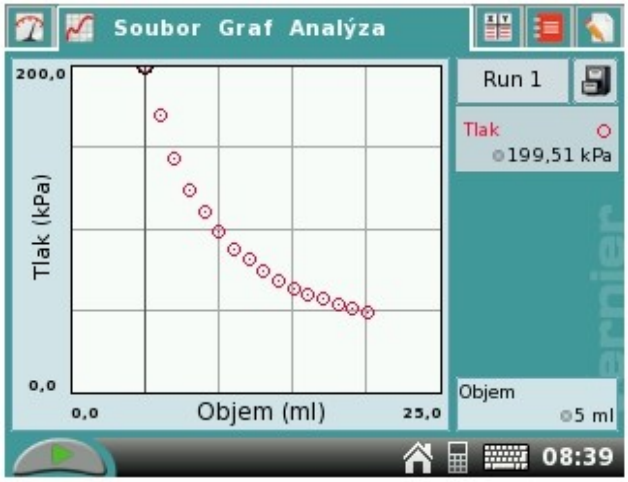


5. Přesvědčte se, že píst stříkačky zůstal nastaven na objem 10 ml. Kliknutím na modré kolečko budete vyzváni k zadání aktuálního objemu v mililitrech (myšleno objemu vzduchu ve stříkačce). Vepište do příslušného okénka číslo 10 a potvrďte tlačítkem OK. V grafu se objeví první bod – na ose x mu přísluší objem, který jste právě zadali, na ose y tlak, který v okamžik stisknutí modrého kolečka zaznamenalo tlakové čidlo. Získali jste první bod pV závislosti ideálního plynu (vzduchu).



Pozn.: Možná jste si povšimli, že objem ocejchované části stříkačky, který určuje nikoliv prostřední, ale vnější ryska pístu, je pouze 9 ml, ne 10 ml. Nastavení na objem 10 ml je ale v pořádku – zbylý mililitr připadá na neocejchované ústí stříkačky.

6. Pomocí pístu nyní snadno ovládáte objem vzduchu ve stříkačce a můžete tak proměřit, jak se s měnícím se objemem vyvíjí tlak ve stříkačce. Doporučujeme proměřit tlak v intervalu objemů 5-20 ml (při stlačování na objem menší než 5 ml se dostáváme mimo horní rozsah tlakového čidla.)



Postup je stále stejný – nastavení konkrétního objemu, kliknutí na modré kolečko a zadání tohoto objemu do políčka, které se nabídne. Pro větší přesnost měření je vhodné vždy po nastavení objemu chvilku vyčkat, než se teplota plynu uvnitř vyrovná s okolím – plyn se při stlačování zahřívá, což je jev, který chceme minimalizovat.

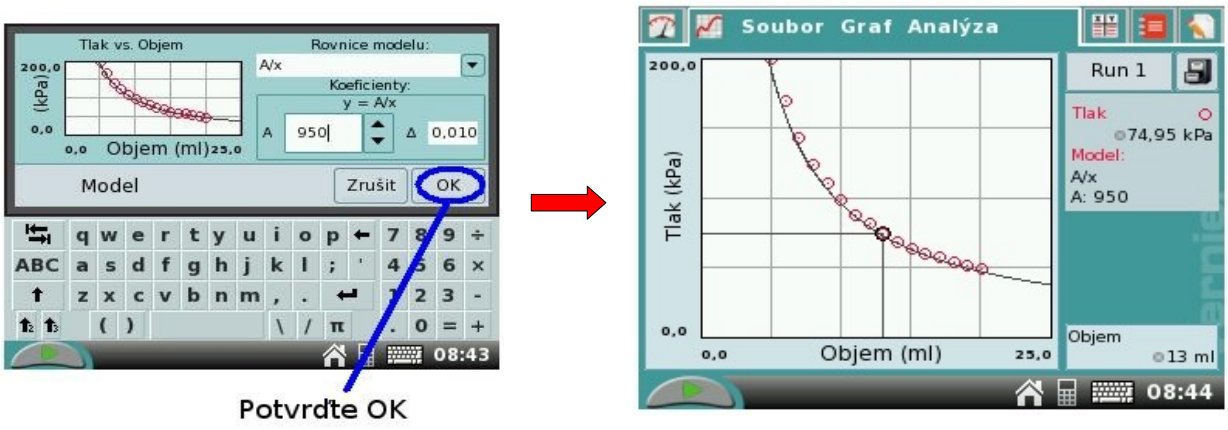
Měření ukončíme tlačítkem . Tvar získané závislosti ukazuje obrázek.

Doplňující úkol – Modelování s LabQuestem:

Z teorie víme, že naměřená závislost vyjadřuje nepřímou úměru. Pro ověření tohoto poznatku využijeme nástroj modelování, který LabQuest nabízí.

7. Vyberte **Analýza ⇨ Model ⇨ Tlak**. V novém okně vyberte rovnici modelu **A/x** (A je konstanta; je to tedy ona nepřímá úměrnost.) Číselným zadáním konstanty A nyní můžete modelovou křivku posouvat v grafu naměřených hodnot (ten se zobrazuje nalevo).

8. Ukazuje se, že pro hodnoty A ≈ 900 až 1000 graf nepřímé úměrnosti velice dobře aproximuje naměřenou závislost. Potvrzením OK se příslušná modelová křivka do grafu napevno zakreslí.



9. Experimentálně jsme tedy ověřili, že platí **pV = konstanta** (označená zde A). Tento poznatek označujeme jako **Boyleův-Mariottův zákon**.

Na závěr úvaha: Pro konstantu A jistě platí:

$A = pV$,

kde p je tlak a V objem. Dovolíme-li si uvažovat znalost stavové rovnice ideálního plynu, máme také:

$pV = nRT$,

kde n je látkové množství, R molární plynová konstanta a T termodynamická teplota. Lze tedy psát:

$A = nRT$.

Zkuste na základě této znalosti **odhadnout látkové množství** vzduchu ve stříkačce.
(Nezapomeňte, že objem jsme měřili v mililitrech a tlak v kilopascalech, tedy konstanta A bude mít rozměr $10^{-6}.10^{3}\,\mathrm{Pa.m^3} = 10^{-3}\,\mathrm{J}$.)