

Jednoduchá a laciná pístová vývěva

KAREL RYŠKA

Gymnázium Jihlava

Úvod

V některých obchodech lze zakoupit nádobu na uchovávání potravin za nízkého tlaku, jak je vidět na obr. 1. Lze ji použít i jako pístovou vývěvu k jednoduchým demonstracím za nižšího než atmosférického tlaku. Přehled vyráběných nádob lze najít na www.vacco-international.de.

Pístová vývěva

Průměr použité nádoby je přibližně asi 11,8 cm a výška 8 cm. Průměr pístu válce je přibližně 2,6 cm a zdvih pístu 9 cm. Přesnější rozměry nádoby se určují obtížně, neboť je mírně kónická a píst nedosedá na rovnou plochu. Jsou i nádoby jiných tvarů a jiných rozměrů. Její cena se pohybuje podle velikosti. Ta na obrázku s uvedenými rozměry je asi za 235 Kč. V katalogích je cena pístové vývěvy kolem 2000 Kč.



Obr. 1. Nádoba, víko a píst



Obr. 2. Panel s měřicími přístroji

I když je nádoba malá, umožňuje vložit dovnitř měřicí přístroje. Barometr a teploměr můžeme vyjmout z panelu na obr. 2. Lze tam umístit např. i nafukovací balónek apod.



Obr. 3. Vakuová nádoba s pístem

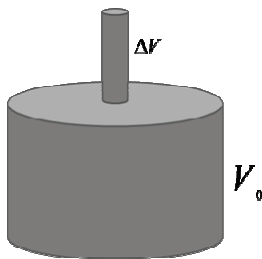


Obr. 4. Barometr v nádobě

Nejjednodušší demonstrace využití vývěvy je snižování tlaku. Do průhledné nádoby vložíme barometr, zatáhneme za táhlo pístu a na barometru je jasně vidět, jak se tlak snižuje. Děj lze snímat třeba i webovou kamerou a promítat dataprojektorem. Provedeme-li 4 zdvihy, podtlak v nádobě je již dostatečný k tomu, že víko na nádobě je již přitlačováno tak velkou silou, že jej prsty rukou neodtrhneme. Mně se osvědčilo poslat výše popsanou vývěvu po třídě. Každý student si může vyzkoušet snižování tlaku a pak odtrhnout víko. Můžeme dát do nádoby i mírně nafouklý balónek a sledovat, jak při snižování tlaku zvětšuje svůj objem. Zatím nikdo z žáků tuto pomůcku nezničil a ani nepokazil.

Pokud do nádoby vložíme teploměr, můžeme sledovat, že teplota po mnoha tazích klesá asi o 0,5 °C. To umožní nahlížet na celý děj jako na izotermický děj v plynech. Na středních školách pak můžeme odvodit vztah pro tlak p po n -tazích a sílu, kterou je přitlačováno víko k nádobě. Tlak lze také odečíst na barometru a tlakovou sílu již umí počítat i žáci ZŠ.

Označíme-li objem nádoby V_0 a objem válce pod pístem ΔV , jak je vidět na obr. 5, pak lze pro izotermické děje napsat níže uvedené rovnice.



Obr. 5

$$p_0 V_0 = p_1 (V_0 + \Delta V) \rightarrow p_1 = p_0 \frac{V_0}{V_0 + \Delta V} \quad \text{tlak v nádobě po 1. tahu}$$

$$p_1 V_0 = p_2 (V_0 + \Delta V) \rightarrow p_2 = p_0 \left(\frac{V_0}{V_0 + \Delta V} \right)^2$$

$$p_2 V_0 = p_3 (V_0 + \Delta V) \rightarrow p_3 = p_0 \left(\frac{V_0}{V_0 + \Delta V} \right)^3$$

$$\text{Obecně po } n\text{-tazích : } p_n = p_0 \left(\frac{V_0}{V_0 + \Delta V} \right)^n$$

Sílu, přitlačující víko k nádobě, lze vypočítat ze vztahu: $F = S(p_0 - p_n)$.

Pro uvedené rozměry po čtyřech tazích v závislosti na původním tlaku vychází síla, kterou je víko přitlačováno k nádobě kolem 200 N. U nejmenší nádoby lze víko uchopit do prstů jedné ruky a druhou přidržíme nádobu. V prstech ruky bychom museli zvedat asi 20 kg. Zatím se žádnému žákovi nepodařilo odtrhnout víko od nádoby. Je to jednoduchá a názorná ukázka pokusu, kterou provedl Otto von Guericke s magdeburskými polokoulemi.