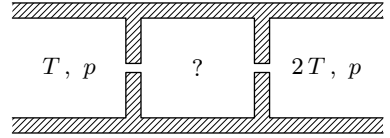


**13. ročník, úloha VI. 4 ... vodíková nádoba** (5 bodů; průměr ?; řešilo 30 studentů)

Představme si podle obrázku nádobu s ideálním plynem rozdělenou dvěma přepážkami na tři části. Napravo se udržuje teplota  $T$  a tlak  $p$ , nalevo  $2T$  a  $p$ . Určete, jaká teplota a tlak je v prostřední části, víte-li, že celý systém je v dynamické rovnováze.



Obr. 1. Vodíková nádoba

Typická špatná úvaha na začátku většiny řešení zněla: Tlak v prostřední nádobě bude stejný jako v obou krajních, protože kdyby byl například menší, proudil by do této části plyn z obou částí krajních a soustava by tedy nebyla v dynamické rovnováze. Ještě jednou opakují, že tato úvaha není správná. To, že je v jedné části soustavy větší tlak, ještě neznamená, že plyn musí proudit ven z této části, záleží totiž i na teplotách (resp. rychlostech molekul).

Při řešení vyjdeme z toho, že pokud je soustava v dynamické rovnováze, musí se všude zachovávat počet částic a jejich celková vnitřní energie.

Ze stavové rovnice plyne pro počet molekul na jednotku objemu plynu  $N_V \sim p/T$ . Střední rychlost molekul je stejně jako jejich střední kvadratická rychlost úměrná  $v \sim \sqrt{T}$  (neboť  $mv^2 \sim kT$ , kde  $k$  je Boltzmannova konstanta). Počet částic  $\Delta N$  které vyletí otvorem o průřezu  $S$  za jednotku času je počet částic v objemu  $vS/6$  (jen 1/6 částic letí správným směrem, to je ale pro naši úlohu nepodstatné)

$$\Delta N \sim vN_V \sim \frac{p}{\sqrt{T}}.$$

Do prostřední části (její teplota a tlak jsou  $T^*$  a  $p^*$ ) musí vnikat totéž, co z ní uniká (předpokládáme-li, že otvory v obou přepážkách jsou stejné)

$$\frac{p}{\sqrt{T}} + \frac{p}{\sqrt{2T}} = \frac{2p^*}{\sqrt{T^*}}. \quad (1)$$

Energie jedné částice je úměrná  $kT$ , energie  $\Delta N$  částic, které vyletí za jednotku z oblasti o teplotě  $T$ , je tedy úměrná  $E \sim p\sqrt{T}$ . V prostřední části se musí zachovávat energie, z čehož

$$p\sqrt{T} + p\sqrt{2T} = 2p^*\sqrt{T^*}. \quad (2)$$

Z rovnic (1), (2) již snadno vyjádříme

$$p^* = \frac{1 + \sqrt{2}}{2\sqrt{2}} p \doteq 1,015p, \quad T^* = \sqrt{2}T.$$

Vidíme, že tlak v prostřední části je skutečně jiný než v obou krajních.

**Lenka Zdeborová**