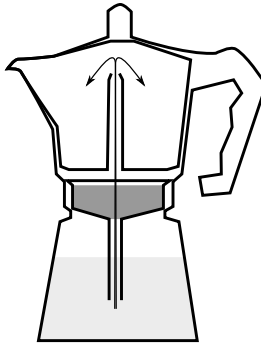


## Úloha I.4 ... Moka

7 bodů; (chybí statistiky)

Vysvětlete, jak funguje konvička, ve které se připravuje káva Moka (řez konvičkou je na obrázku). Příprava této kávy je následující. Nejdříve do spodní nádoby konvičky nalijeme vodu. Pak do držáku uprostřed nasypeme mletou kávu a nakonec konvičku postavíme na zdroj tepla. Dále stačí jen počkat, dokud se v horní nádobce neobjeví hotová káva, která se z konvičky přelije do hrníčků.

Jak je ale možné, že voda sama vystoupá do horní nádoby? Popište, co se s vodou ve spodní nádobě děje během zahřívání, a zjistěte, jaká síla způsobí vystoupání horké vody do horní nádoby.



Obr. 1: Řez Moka konvičkou

Moka konvička byla vynalezena v Itálii vynálezcem Luigim de Pontim už ve 30. letech minulého století. Její vynálezce se inspiroval přípravou espresa, kdy se skrz namletou kávu pouští vodní pára o vysokém tlaku. Avšak kávovar na výrobu espresa nebyl (kvůli své ceně) v domácnostech běžný. Káva z moka konvičky není sice tak silná jako espreso, ale je mnohem silnější a chutnější než v té době připravovaná překapávaná káva, a tak se moka konvička stala velmi oblíbenou a velice rychle si našla svoje místo ve skoro každé (nejen) italské domácnosti.

Chceme-li si uvařit kávu v moka konvičce, napustíme spodní nádobku vodou až po okraj a do sítka nasypeme namletou kávu. Sítko usadíme navrch nádobky s vodou a našroubujeme horní nádobku, kde po uvaření bude káva. Když máme konvičku sestavenou, dáme ji na sporák a necháme ji tam několik minut, než se uvaří káva. Jak se to ale stane?

Sestavením konvičky jsme utěsnili spodní nádobku s vodou, a tak jediná cesta z ní ven je skrze trubičku, přes sítko s kávou až do horní nádoby na kávu. V okamžiku, kdy se začne vařit voda, se ve spodní nádobce začne vytvářet vodní pára. Jak jistě všichni víme, ta zabírá mnohem větší objem, než zabírala voda před jejím vypařením. Vodní pára stoupá vzhůru, a protože trubička se nachází ponořená ve vroucí vodě u dna nádobky, pára nemá kam unikat a zůstává nahoře v nádobce s vodou. Pára se hromadí nad hladinou, a jelikož kapalina není stlačitelná, zůstává pořád stejná část nádobky pro páru.<sup>1</sup> Nutně tedy musí vzrůstat tlak ve

<sup>1</sup>Toto tvrzení není úplně pravda, protože objem páry se zvětšuje o objem vypařené vody. Vzhledem k faktu, že pára má asi 1000krát větší objem, než měla voda před vypařením, je ale tato změna objemu zanedbatelná.

spodní nádobce.<sup>2</sup>

Označme tlak vodní páry jako  $p_0$ . Jelikož pára působí na hladinu kapaliny, způsobí v ní taktéž tlak  $p_0$ . Pascalův zákon nám říká, že tlak v kapalině způsobený vnějším působením je ve všech místech kapaliny stejný. Odtud je zřejmé, že tlak  $p_0$  působí i na vodní hladinu v trubičce. V nádobce máme tedy nad i pod hladinou tlak  $p_0$ . V trubičce je pod hladinou (v kapalině) stále tlak  $p_0$ , avšak nad hladinou není pára jako v nádobce, tedy nad hladinou již není tlak  $p_0$ . Tato „nerovnováha“ má za následek, že na hladinu vody v trubičce působí síla, která vodu tlačí trubičkou směrem vzhůru. Pokud se podíváme na tlak v trubičce na úrovni okolní hladiny vody v nádobce, zespoda nám působí tlak  $p_0$ , proti němuž nám začne působit hydrostatický tlak již vytlačené vody  $p_h = h\rho g$ , kde  $h$  označujeme výšku sloupce již vytlačené vody,  $\rho$  je její hustota a  $g$  je tíhové zrychlení. Po celou dobu zde působí ještě atmosferický tlak  $p_{\text{atm}}$ , nicméně působí ze všech směrů, a proto se vyrovná sám se sebou.

Samozřejmě, že tlaky  $p_0$  a  $p_h$  jsou v každém okamžiku v rovnováze,<sup>3</sup> a tak s rostoucím tlakem ve spodní nádobce zároveň stoupá i výška hladiny vody v trubičce. V okamžiku, kdy tlak v nádobce dosáhne takové hodnoty, že mu odpovídá sloupec vytlačené vody stejně vysoký nebo vyšší, jako je délka trubičky, začne voda vytékat do horní nádoby.

Tento jev, který si zde popisujeme, trvá relativně krátkou chvílí a voda se při něm celou dobu vaří. To znamená, že i v trubičce se nachází vroucí voda, která, jak je zřejmé z nákresu, prochází po cestě skrz sítko s kávou. To samozřejmě nijak neovlivní princip fungování, který jsme popsali výše, avšak má velmi zásadní vliv na výsledek – po cestě trubičkou se z vroucí vody stává lahodná káva, která se nám hromadí v horní nádobce. Po pár minutách varu máme v horní nádobce dostatek kávy připravené k servírování.

*Jakub Sláma*

slama@vyfuk.mff.cuni.cz

---

Korespondenční seminář Výfuk je organizován studenty a přáteli MFF UK. Je zastřešen Oddělením pro vnější vztahy a propagaci MFF UK a podporován Katedrou didaktiky fyziky MFF UK, jejími zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků.

Toto dílo je šířeno pod licencí Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported.  
Pro zobrazení kopie této licence navštivte <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.

---

<sup>2</sup>Viz Výfučení z minulého ročníku *Ideální plyn* dostupné na stránce [http://vyfuk.mff.cuni.cz/\\_media/ulohy/r6/vyfucteni/vyfucteni\\_2.pdf](http://vyfuk.mff.cuni.cz/_media/ulohy/r6/vyfucteni/vyfucteni_2.pdf).

<sup>3</sup>Pokud by tomu tak nebylo a jeden z nich byl větší, hladina vytlačeného sloupce poklesne či stoupne a tlaky se opět vyrovnají.