



## **Středoškolská technika 2013**

**Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT**

### **Létající komín**

**Daniela Mrázková**

Gymnázium Cheb  
Nerudova 7, 350 02 Cheb



## Úvod do problému

Válec (sáček od čaje) hoří, a když už má jen asi 1 centimetr a vypadá to, že se nic nestane, zbytek sáčku vzlétne do vzduchu a letí téměř až ke stropu. Tento pokus je ve světě často využíván i při běžné školní výuce. Učitelé na něm jednoduše vysvětlují základní princip konvekčního proudění.

## Teorie [1]

Jsou tři základní principy, na kterých tento pokus funguje.

### 1. Rozdíl hustot v a vně válce

Když válec (sáček od čaje) hoří, vzduch v něm se ohřívá, protože plamen dodává tepelnou energii jednotlivým molekulám vzduchu, které se pak pohybují rychleji. Tyto molekuly vzduchu od sebe mají větší vzdálenost než ty mimo válec. Tento teplejší, méně hustý, vzduch stoupá nad vzduch chladnější, méně hustý.

### 2. Konvekční proudění

Na tomto experimentu si můžeme ukázat také princip konvekčních proudění. Jak jsme si vysvětlili výše, hořící sáček čaje vzduch zahřívá (→ je méně hustý), a díky tomu zde vzniká konvekční proudění. Tento vzduch o menší hustotě umožňuje hustějšímu vzduchu v okolí, aby vytlačil teplý vzduch z dolní části válce.

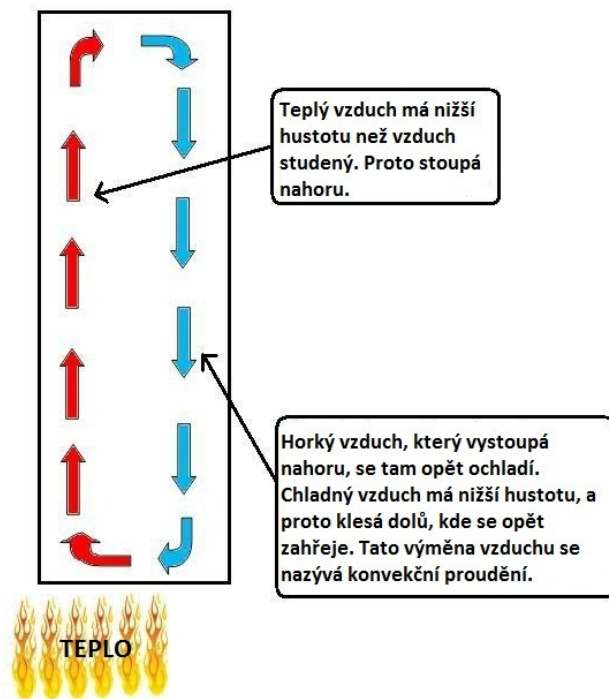


3. Když sáček od čaje hoří, vzniká kouř a popel. Kouř se rozptýlí ve vzduchu, takže nám zbyde jen popel. Vzhledem k tomu, že popel je velice lehký a horký vzduch je dostatečně silný (má dost energie), popel vzlétne.

Vzduch proudí směrem dovnitř a poté směrem k hořícímu pytlíku. Zbytek sáčku od čaje vzlétne jako horkovzdušný sloupec.

## Horkovzdušný balón

Téměř stejná metoda se používá i v reálném životě, například při vzletu horkovzdušných balónů. Princip vzletu je podobný jako při vzletu horkovzdušného balónu s tím rozdílem, že zde není dodávané stálé teplo, protože hořící zbytek sáčku od čaje postupně zhasne. Dalším významným rozdílem je, že u horkovzdušného balónu nedochází ke změně hmotnosti. Oheň ohřeje vzduch, který má nižší hustotu než vzduch nahoře. Molekuly horkého vzduchu mají mezi sebou větší mezery, hodně energie a pohybují se velice rychle. Látky s nižší hustotou (horký vzduch) se povznášá nad látky s vyšší hustotou (chladný vzduch). Dochází zde k opakované výměně horkého vzduchu (nižší tlak) a chladného vzduchu (vyšší tlak) nazývané konvekční proudění (viz Obrázek 1). Toto konvekční proudění je založeno právě na rozdílech teplot.



obrázek [2]



obrázek [3]

## Experimenty

### 1. Stejný průměr, různé výšky

Tento pokus jsem dělala v místnosti o konstantní teplotě 21 °C, radiátor byl vypnutý, okna a dveře byly zavřené, abych co nejlépe zamezila nežádoucím vlivům na proudění v místnosti. Snažila jsem se, aby měly čajové sáčky tvar válce (tj. kruhovou podstavu), ale nebylo to v mých podmínkách dokonale splnitelné.

Použila jsem válce ze stejného materiálu a o stejném průměru podstavu ( $d=2,8$  cm). Tento pokus jsem zkoušela s různě vysokými válci.

Výška válce	
2 cm	nevzlétne
2,5 cm	vzlétne
2,8 cm	vzlétne
3 cm	vzlétne
3,5 cm	vzlétne
5 cm	vzlétne
10 cm	vzlétne

Z těchto experimentů jsem zjistila, že pokud není výška válce dostatečná, popel ani nevzlétne. To se děje, protože sáček potřebuje hořet dostatečně dlouhou dobu k vytvoření dobrého konvekčního proudění (resp. tahu). Bohužel jsem v tomto případě nemohla prozkoumat, jaká je maximální výška komína o tomto průměru, při které by ještě vzlétl.

### 2. Stejná výška, různé průměry

Tento pokus jsem dělala v místnosti o konstantní teplotě 21 °C, radiátor byl vypnutý, okna a dveře byly zavřené, abych co nejlépe zamezila nežádoucím vlivům na proudění v místnosti. Snažila jsem se, aby měly čajové sáčky tvar válce (tj. kruhovou podstavu), ale nebylo to v mých podmínkách dokonale splnitelné.

Použila jsem válce ze stejného materiálu a o stejné výšce ( $v=8$  cm). Tento pokus jsem zkoušela s válci, které měly různé průměry.

Průměr podstavu	
2,61 cm	ne
2,93 cm	ano
3,37 cm	ano
3,9 cm	ne
4,7 cm	ne
6,05 cm	ne

Zjistila jsem, že je-li průměr podstavy za dané výšky příliš malý, nevzlétne (proudění není dostatečně veliké, aby uneslo zbývající prach). Je-li průměr moc veliký, nezvládne se všechny vzduch uvnitř dostatečně zahřát, aby prach unesl a větší množství materiálu (→ větší hmotnost) může mít také jistý vliv.

### Izolace

#### 1) Zamezení vlivů proudění v místnosti

Při tomto pokusu jsme hořící komín zaklopili nádobou, aby její vzlet nebyl ovlivněn prouděními v místnosti. Protože byla tato nádoba dostatečně veliká, měl komín dost okolního vzduchu, který svým tahem nasával dovnitř a mohl vzlétnout.



#### 2) Zamezení přístupu vzduchu k dolní části komína

Komín ( $h=7,3$  cm,  $d=2,74$  cm) jsme položili na zem a okolo něj jsme postavili kartonový válec

( $d=3,8$  cm). Komín shořel, ale nevzlétl, protože nemohl tahem nasát dostatečné množství vzduchu, aby vzniklo dostatečné proudění.

**Závěr:** Zjistili jsme, že dynamika a vzlet válce závisí na výšce, průměru a také na tom, zda je omezený přístup vzduchu či nikoli.

Zdroje:

[1] <http://www.stevespanglerscience.com/experiment/tea-bag-rocket>

[2] <http://mrclay10scx.wikispaces.com/Convection>

[3] <http://tn.nova.cz/zpravy/zahranici/tragedie-v-egypte-pad-balonu-neprezilo-19-turistu.html>