

DATABÁZE ÚLOHY PRO NADANÉ

Reaktivní pohon 1 PŘÍRODOVĚDNĚ BADATELSKÁ OBLAST

učivo pro střední školy

**Mgr. Vendula Provazníková, Gymnázium Židlochovice,
příspěvková organizace**



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



jihomoravský kraj

Cíl: vysvětlit a v praxi vyzkoušet, jak funguje reaktivní pohon, navrhnout a realizovat pokusy

Pomůcky:

nafukovací balonek,
PET láhev od mléka (1 litr) nebo i jiná, karton a tvrdý papír, izolepa, drátek, nůžky a další výtvarné potřeby pro konstrukci raket, chemická trojnožka jako odpalovací rampa, špejle, zápalky

Chemikálie

ethanol (H225, H319, P210, P233)¹

Realizace

Teoretický úvod:

Nafoukneme balonek a pustíme ho. Necháme žáky, aby popsali pozorovaný jev, můžeme jim pomoci návodnými otázkami:

- Popiš, co pozoruješ?
- Proč se balónek pohybuje?
- Jakým směrem uniká vzduch a jakým směrem se pohybuje balónek?
- Proč balónek neletí rovně?
- Používá tento druh pohonu některý organismus?
- Používají ho lidé?
- Jak se jmenuje pohybový zákon, který tuto situaci popisuje?

Výroba rakety:

Do širokého víčka vyvrtáme otvor o průměru asi 0,5 cm a je hotovo, případně přidáme raketě špičku, křídla, cokoli z papíru, alobalu, izolepy atd. dle fantazie studentů.

Odpálení rakety:

Do lahve nalijeme trošku (opravdu trošku, max. 2 ml) lihu, uzavřeme, zahříváme rukama nebo mírně nadplamenem kahanu, aby se líh vypařil, protřepáváme, postavíme do trojnožky víčkem dolů, zapálenou špejli přiložíme k otvoru ve víčku. PET láhev (raketu) můžeme použít opakovaně, jen při dalším plnění lihem je potřeba ji také zavzdušnit (otevřít a profouknout, aby se do ní dostal vzduch, protože po odpálení je plná CO₂ a vodní páry a chybí v ní kyslík potřebný k hoření).



Obr. 1: Rakety vyrobené žáky^[2]

Vyhodnocení pokusu:

Necháme žáky, aby popsali, co viděli. Alternativně lze spočítat, kolik plynu se uvolnilo.



Řešení otázek a úkolů:

Úvodní motivační otázky

- Popiš, co pozoruješ? **Balónek letí.**
- Proč se balónek pohybuje? **Uniká z něj vzduch.**
- Jakým směrem uniká vzduch a jakým směrem se pohybuje balónek? **Vzduch uniká z ústí vzad a balónek se pohybuje vpřed. Tedy přesně opačným směrem.**
- Proč balónek neletí rovně? **Ústí balonku je pružné, pohybuje se a mění svůj směr, proto pohyb balonku také mění směr.**
- Používá tento druh pohonu některý organismus? **Ano, například medúzy.**
- Používají ho lidé? **Ano, například u vesmírných raket.**
- Jak se jmenuje pohybový zákon, který tuto situaci popisuje? **Zákon akce a reakce.**

Popis pokusu a vysvětlení děje

Plynná směs lihu a vzduchu v lahvi shoří, slyšíme syčení, vznikající plyny (CO_2 a vodní pára) prudce unikají otvorem a láhev vyletí ze startovací rampy opačným směrem.

Výpočet, kolik plynu se uvolnilo

Výpočet hmotnosti lihu z objemu a hustoty

$$V = 2 \text{ ml} = 2 \text{ cm}^3$$

$$\rho = 0,81 \text{ g/cm}^3[1]$$

$$m = \rho \cdot V$$

$$m = 2 \cdot 0,81$$

$$\underline{m = 1,62 \text{ g}}$$

Pozn. Technický líh obsahuje kolem 93 % ethanolu, dalšími látkami ve směsi jsou například butan-1-ol, butan-2-ol, 2-methylpropan-2-ol, tedy látky podobných vlastností. [2] Budeme pro zjednodušení uvažovat, že se jedná o čistý ethanol.

Výpočet objemu plynů, které se uvolní hořením ethanolu

Rovnice reakce:	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 3 \text{ O}_2 \rightarrow$	2 CO_2	+	$3 \text{ H}_2\text{O}$
Molární veličiny:	46 g/mol	$2 \cdot 22,41 \text{ dm}^3/\text{mol}$		$3 \cdot 22,41 \text{ dm}^3/\text{mol}$
		celkem $5 \cdot 22,41 \text{ dm}^3/\text{mol}$		
Skutečné veličiny:	$\frac{1,62 \text{ g}}{x}$	$x = 1,62 \cdot 5 \cdot 22,41 / 46$		$\underline{x = 3,95 \text{ dm}^3}$

Za normálních podmínek (teplota 20°C a atmosférický tlak) by se uvolnily téměř 4 litry plynu (láhev má objem 1 litr). Hořením se ale samozřejmě plyny zahřívají a tudíž rozpínají. K výpočtu tlaku uvnitř lahve musíme použít stavovou rovnici.

Výpočet látkového množství plynů (nemusíme řešit, kolik z toho je voda a kolik CO_2)

$$V = 3,95 \text{ dm}^3$$

$$\underline{V_m = 22,41 \text{ dm}^3/\text{mol}}$$

$$n = V/V_m$$

$$n = 3,95/22,41$$

$$\underline{n = 0,176 \text{ mol}}$$

Výpočet tlaku v lahvi

$$p = ? \text{ MPa}$$

$$V = 1 \text{ dm}^3 = 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$T = 2086 \text{ }^{\circ}\text{C} = 2357,15 \text{ K}^{[1]}$$

$$n = 0,176 \text{ mol}$$

$$R = 8,314 \text{ J/K} \cdot \text{mol}$$

$$p = n \cdot R \cdot T / V$$

$$p = 0,176 \cdot 8,314 \cdot 2357,15 / 10^{-3}$$

$$p = 3\,449\,133 \text{ Pa}$$

$$\underline{p = 3,4 \text{ MPa}}$$

Proč plyny tak prudce unikají?

Pochopitelně se tak prudkým nárůstem objemu uvnitř litrové lahve tlak zvýší a plyny unikají malým otvorem ve víčku velmi rychle.

Pro zajímavost: pokud by hořící ethanol nebyl uzavřen v lahvi a vznikající plyny by se mohly volně rozpínat, jejich objem by byl:

Přepočet objemu

$$T_1 = 20 \text{ }^{\circ}\text{C} = 293,15 \text{ K}$$

$$T_2 = 2086 \text{ }^{\circ}\text{C} = 2357,15 \text{ K}$$

$$V_1 = 3,95 \text{ dm}^3$$

$$\underline{V_2 = ? \text{ dm}^3}$$

$$p_1 \cdot V_1 / T_1 = p_2 \cdot V_2 / T_2$$

pokud předpokládáme, že by se při reakci neměnil tlak, můžeme zjednodušit na tvar

$$V_1 / T_1 = V_2 / T_2 \quad \text{z toho vyjádříme} \quad V_2 = V_1 \cdot T_2 / T_1$$

$$V_2 = 3,95 \cdot 2357,15 / 293,15$$

$$\underline{V_2 = 31,76 \text{ dm}^3}$$

Zdroj:

1. Bezpečnostní list technického lihu

Lih technický; CAS: 64-17-5; PROXIM, s.r.o., Pardubice, 2006-01/18. Dostupné na

https://www.ped.muni.cz/wchem/sm/hc/labtech/pdf/bezp_listy/ethanol.pdf (cit. 2023-01-02)

2. Foto: autorka