

Úloha X.1 . . . Mentos + cola = ?

10 bodů; (chybí statistiky)

Speciální bonusová úloha je založena na experimentu. Sežeňte si litr Coca-Coly Light a balíček bonbonů Mentos. Zajistěte víte, že tato kombinace je velice populární, protože po jejich kontaktu v cole vzniká opravdu velké množství plynu. Vaší úlohou bude tento objem změřit. Postup je jednoduchý: do užší nádoby (ideální je odměrný válec) nalijte přesně 100 ml coly. Pak do ní vhodte několik bonbonů a sledujte, jaký objem zaujímá cola spolu s pěnou – objem uvolněného plynu získáte pouhým odečtením objemu tekutiny a bonbonů.

Experiment zopakujte pětkrát (pro pět čerstvých vzorků coly) a změřené objemy zprůměrujte. Pak vypočítejte, kolik plynu se teoreticky uvolní z dvoulitrové láhve. A na závěr nám napište, jak bylo vaše měření nepřesné.

Takmer ihned po vhození mentosky do coly sa z jej objemu začne uvoľňovať plyn – oxid uhličitý, ktorý je v cole zámerne rozpustený. Bez neho by totiž cola nebola bublinková. Jeho uvoľnenie spôsobuje (mikroskopicky) drsný cukrový povrch, ktorý sa hojne nachádza na povrchu mentosiek¹. Našťastie pre nás, toto uvoľňovanie prebieha pomerne rýchlo a preto môžeme približne povedať, že všetok plyn sa uvoľní naraz a vytvorí nad povrchom coly penu.

Tabulka 1: Namerané hodnoty. Tučne sú vyznačené zaokrúhlené priemerné hodnoty. Prvá sada meraní je pre Coca-Colu Light, druhá je pre Coca-Colu a tretia pre Pepsi.

cola + mentos			cola + cukor		
V_0 [ml]	V_1 [ml]	V_2 [ml]	V_0 [ml]	V_1 [ml]	V_2 [ml]
50	63	52	49	87	53
50	59	53	51	91	54
50	61	52	53	90	55
49	62	51	49	88	52
50	60	52	50	85	52
50	61	52	50	88	53
71	80	73	50	88	53
71	76	73	51	89	52
70	79	73	50	86	53
70	81	72	50	85	52
70	77	73	49	85	53
70	79	73	50	87	53
70	79	72	51	62	54
71	76	73	49	86	54
70	77	72	49	79	53
70	77	73	50	80	52
70	74	72	52	74	54
70	77	72	50	76	53

¹Skúste si experiment zopakovať s kryštálovým cukrom. Reakcia bude kvôli veľkému spoločnému povrchu kryštálikov cukru intenzívnejšia.

Na experimentálne pozorovanie tohto efektu sme si zohnali odmerný valec s objemom 100 ml, do ktorého sme naliali colu (k dispozícii sme pre porovnanie použili Coca-Colu Light, Coca-Colu a Pepsi). Vždy sme si poznačili počiatkový objem coly V_0 , potom maximálny objem V_1 , ktorý dosiahla cola s penou a konečný objem coly so zvyškom mentosky V_2 .

Tú sme pred experimentom mierne podržali, aby bola reakcia ešte rýchlejšia a meranie presnejšie. Pre porovnanie sme rovnaký experiment uskutočnili aj s kryštálovým cukrom. Výsledky našich meraní si môžete pozrieť v tabuľke 1.

Z tabuľky môžeme ľahko odčítať, že uvoľnený objem plynu mentoskou bol 9 ml pre Coca-Colu Light, 6 ml pre Coca-Colu a 5 ml pre Pepsi. V prípade cukru dostávame oveľa vyššie priemerné hodnoty, a to 35 ml pre Coca-Colu Light, 34 ml pre Coca-Colu a 23 ml pre Pepsi. Vidíme, že oba výsledky sú si podobné – najviac plynu uvoľňuje Coca-Cola Light, najmenej Pepsi.

Predtým ako tieto veličiny prepočítame na dvojlitrovú fľašu, musíme sa zamyslieť, či je priamy prepočet vôbec možný. Inak povedané, je treba zistiť, ktorá látka bola v našej odmernej nádobe *limitujúca*. Minul sa skôr všetok oxid uhličitý v cole alebo povrch mentosky „nedosiahol“ na všetku colu v odmernom valci?

Tento problém bolo našťastie možné rozlúsknuť: keď sme do už vyšumenej coly vhodili ďalšiu mentosku, resp. prisypali ďalší cukor, nič sa nestalo. Znamená to teda, že jedna mentoska dokázala vo vzorke coly uvoľniť všetok rozpustený plyn.

Tabuľka 2: Objemy uvoľneného plynu prepočítané na 2l fľašu.

	Coca-Cola Light	Coca-Cola	Pepsi
mentosky	360 ml	171 ml	143 ml
cukor	1 400 ml	1 360 ml	920 ml

Ak teda vhodíme do n -krát väčšieho objemu coly dostatočný počet mentosiek (n mentosiek bude určite dosť), musí sa uvoľniť n -krát viac plynu. Preto pre objem plynu V_{21} , ktorý sa uvoľní z 2l nádoby bude platiť $V_{21} = 21 \cdot \Delta V / V_0$, kde $\Delta V = V_1 - V_2$ je objem plynu, ktorý sa uvoľní z coly v skúmavke. Výsledné hodnoty uvádzame v tabuľke 2.

Nakoniec ale musíme konštatovať, že tieto hodnoty sú len hrubým odhadom reality. Naše meranie bolo totiž určite zaťažené veľkou chybou, ktorú spôsobovala samotná technika merania – pri vypnení coly sa muselo uvoľniť viac plynu, než ten, ktorý sme zmerali. Okrem toho sa značná časť plynu uvoľnila aj pri samotnom prelievaní coly do odmerného valca. Preto môžeme na internete nájsť mnoho videí s obrovskými gejzíromi coly, aj keď naše merania tomu úplne jednoznačne nenasvedčujú. Tieto dva faktory mali na celkovú presnosť merania určite väčší vplyv ako nepresnosť v meraní objemu, nepresnosti dané rôznou teplotou coly, rôznymi vadami

na mentoskách a podobně.

Patrik Švančara
pato@vyfuk.mff.cuni.cz

Korespondenční seminář Výfuk je organizován studenty 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/>.