

Dnešná škola –

človek a príroda



Medzinárodná chemická olympiáda po rokoch opäť na Slovensku
Spoznali sme víťazov 2. ročníka súťaže Skús pokus
Apatiekárstvo v Bratislave malo silné korene



Súbor nenáročných chemických experimentov nielen pre chemikov II.

Úvod

Tento príspevok nadväzuje na rovnomenný príspevok zverejnený v minulom čísle Dnešnej školy. Je zameraný na ďalšiu sériu experimentov týkajúcich sa reakcie kyseliny chlorovodíkovej s prírodnými formami uhličitanu vápenatého, ako sú napríklad minerál kalcit, hornina vápenec, travertín alebo mramor. Všetky komentáre týkajúce sa minulých experimentov sú platné aj pre nasledujúci súbor pokusov. Na rozdiel od tých minulých sú lepšie uskutočniteľné v školských učebniach. Aj v tomto príspevku navrhnuté experimenty sú využiteľné na potreby výučby chémie, fyziky, geológie, biológie a geografie.

Pokusy s využitím laboratórnej stričky

Rozklad vápenca možno realizovať aj v obyčajnej polyetylénovej (PE) laboratórnej stričke, z ktorej vyberieme voľne odnímateľnú rúrku siahajúcu na jej dno. Pomocou takto upravenej stričky možno objektívnejšie sledovať množstvo uvoľňovaného CO_2 . Existujú dva varianty tohto experimentu. V prvej sa oxid uhličitý vedie pomocou tenkej PE alebo gumovej hadičky zavedenej na dno malej skúmavky s vodou a sleduje sa frekvencia uvoľňovaných bubliniek plynu (obr. 1). Vzhľadom na konštantný priemer ústia hadičky, je objem bublín (na rozdiel od bublín vznikajúcich priamo pri reakcii) konštantný. Takto možno zistiť nasledovné:

Ako sa mení frekvencia vzniku bublín v počiatočných fázach reakcie v závislosti od koncentrácie kyseliny chlorovodíkovej. Pre takýto experiment je však potrebné pripraviť si kyselinu chlorovodíkovú s niekoľkými výrazne rozdielnymi koncentraciami a zároveň je potrebné mať k dispozícii z hľadiska zloženia a zrnitosti relatívne homogénnu vzorku vápenca. Takto možno názorne poukázať na zvyšovanie rýchlosti reakcie v dôsledku zvýšenia koncentrácie kyseliny.

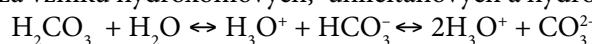
Ako sa mení frekvencia vzniku bublín v závislosti od veľkosti kúskov vápenca (taktiež v počiatočných fázach reakcie). Horninu pre tento experiment možno rozdrviť pomocou kladivka na menšie kúsky, prípadne až na prášok. Tak môžeme dokumentovať zvýšenie rýchlosti chemickej reakcie v dôsledku zmenšenia veľkosti častíc reagujúcej látky. Tá totiž zvyšuje reakčný povrch vápenca.

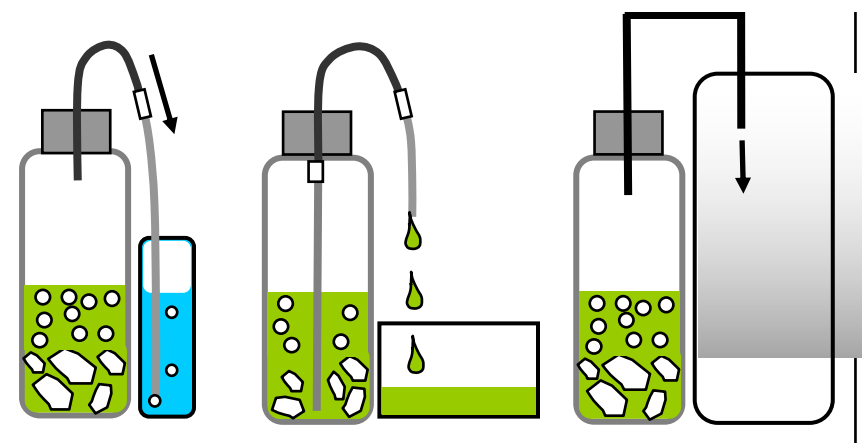
Ako sa mení frekvencia vzniku bublín počas celej reakcie v závislosti na čase. Tá by sa mala najskôr zvyšovať v dôsledku erózie povrchu vápenca a s ním spojeným zvyšovaním veľkosti povrchu. V dôsledku postupného znižovania obsahu reaktantov v stričke sa však rýchlosť uvoľňovania plynu začne postupne znižovať a nakoniec sa reakcia úplne zastaví. To, či reakciu zastaví vyčerpanie kyseliny alebo uhličitanu vápenatého v hornine, závisí na tom, ktorú látku sme dali do stričky v nadbytku (ich látkových množstiev).

Ak do stričky s kyselinou vložíme neznámy typ horniny, uvoľňovanie CO_2 nám umožní potvrdiť v nej prítomnosť kalcitu (CaCO_3). Naopak, ak vznik plynu nespozorujeme, ide o horninu bez obsahu tohto minerálu. Na tomto mieste možno spomenúť, že častou výbavou geológov v teréne je aj malé množstvo koncentrovanej kyseliny chlorovodíkovej, ktorou zisťujú, či ide o horninu s obsahom kalcitu, prípadne aj aragonitu (taktiež CaCO_3).

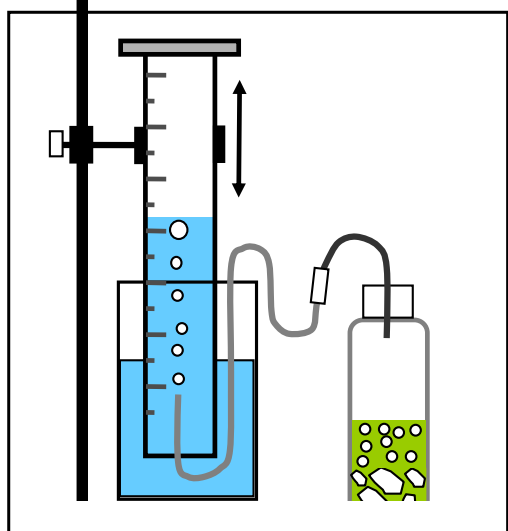
Zábavnou možnosťou je túto reakciu uskutočniť v stričke, do ktorej vložíme pôvodnú PE rúrku (obr. 1). Zo stričky samovoľne začne vytekať kvapalina v dôsledku tlaku CO_2 na hladinu roztoku v stričke. Doba úplného vyprázdnenia stričky závisí od množstva a koncentrácie kyseliny chlorovodíkovej a tiež od množstva a formy vložených kúskov horniny. Môže sa pohybovať od niekoľkých minút až po niekoľko hodín.

Druhou alternatívou experimentu s využitím laboratórnej stričky je priame zistenie množstva uvoľňovaného oxidu uhličitého. V tomto prípade sa plyn zavádza do ústia kalibrovannej nádoby (napríklad odmerného valca) po jeho naplnení vodou. Princíp objasňuje obr. 2. Tu je však potrebné vopred urobiť výpočet na určenie približného množstva použitého vápenca s ohľadom na objem použitej odmernej nádoby. Do akej miery je naša metóda presná, sa dá zistiť pomocou rozkladu čistého uhličitanu vápenatého. K príčinám možných chýb možno prirátať najmä chybu spôsobenú vysokou rozpustnosťou oxidu uhličitého vo vode, ktorá pri laboratórnej teplote predstavuje približne 1,5 g/kg vody, teda 0,76 l/kg. Táto veľká chyba nás však zároveň upozorní aj na jeden z „osudov“ tohto plynu v prírode, ktorým je jeho rozpúšťanie vo vode a tvorba malého množstva kyseliny uhličitej. Tá disociuje za vzniku hydroxóniových, uhličitanových a hydrogenuhličitanových aniónov:



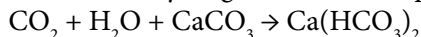


Obr. 1. Ľavý obrázok ukazuje spôsob zistenia časovej zmeny objemu CO_2 vznikajúceho reakciou vápenca s kyselinou chlorovodíkovou v laboratórnej stričke na základe zmeny frekvencie uvoľňovania bublín tohto plynu. Stredný obrázok ilustruje „samovoľný“ výtok kvapaliny v dôsledku tlaku CO_2 na hladinu roztoku v stričke. Rýchlosť výtoky možno regulovať, napríklad zmenou koncentrácie kyseliny chlorovodíkovej. Právý obrázok ukazuje možnosť plnenia vysokej úzkej nádoby oxidom uhličitým. Jej vrchný otvor možno pri plnení uzatvoriť tenkou PE fóliou s malým otvorom pre únik vytlačovaného vzduchu. V nádobe možno uskutočniť niektoré pokusy poukazujúce na vyššiu hustotu oxidu uhličitého v porovnaní so vzduchom. V tomto prípade možno upozorniť na riziká spojené s touto vlastnosťou CO_2 . Na Slovensku máme niekoľko lokalít, kde sa nedýchateľný oxid uhličitý drží na dne rôznych priestorov v blízkosti výronov minerálnych vôd. Ako príklad možno uviesť kúpele Vyšné Ružbachy, kde sa malé povrchové preliačiny v miestnych travertínoch nazývajú „šmertne jamy“. Smrteľné sú však, najmä, iba pre malé zvieratá.



Obr. 2. Zistenie objemu oxidu uhličitého uvoľneného reakciou CaCO_3 s HCl . Valec je nutné naplniť až po okraj vodou, uzavrieť, prevrátiť, vložiť do nádoby s vodou a uzáver odstrániť. Vo fáze odčítania tohto objemu na stupnici odmerného valca sa musí nastaviť vertikálna poloha valca tak, aby hladina vo valci a v nádobe boli v jednej rovine. V takom prípade nie je nutné robiť korekcie objemu CO_2 v dôsledku zvýšeného tlaku. Obmedzenie rozpúšťania CO_2 vo vode možno dosiahnuť predĺžením hadičky tak, aby siahala až na dno odmerného valca a vytvorením tenkého povlaku z jedlého oleja na hladine vody v odmernom valci. Uvedený spôsob objasňujú obr. 4 a 5.

Rozpúšťanie vápenca teda vedie najmä k vzniku hydrogenuhličitanu vápenatého

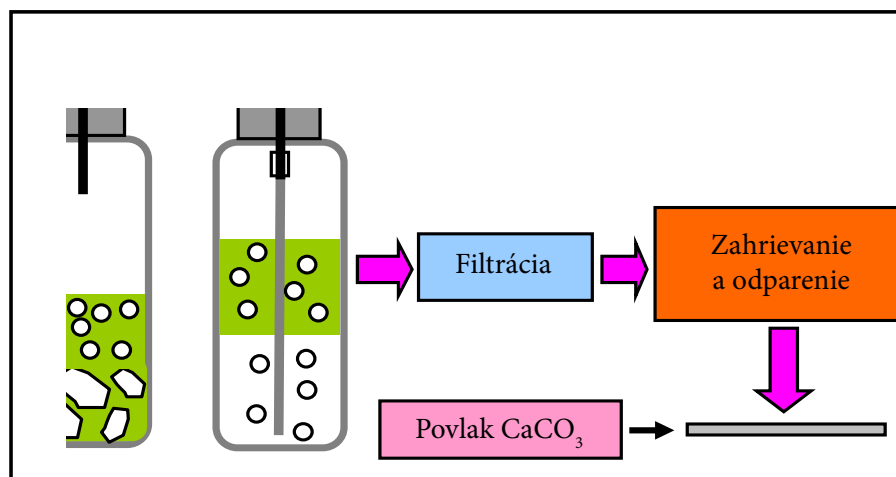


Ten sa zvýšením teploty znova rozkladá na vápenec



Tento dej sa napokon znova podieľa na vzniku vápencov. Rozpúšťanie vápenca a jeho opätovné vyzrážanie sú deje, ktoré si zaslúžia našu pozornosť, pretože sú zodpovedné za chemickú eróziu celých pohorí a ich transport v podobe roztokov do morí a oceánov a zároveň ich opätovný vznik z ich sedimentov. Na lokálnej úrovni tento presun vápencov vidíme napríklad v našich krasových pohoriach a ich jaskyniach. Transport uhličitanu vápenatého možno zrealizovať iným laboratórnym experimentom, pri ktorom oxid uhličitý vznikajúci rozkladom vápenca kyselinou, necháme niekoľko hodín prebublávať cez destilovanú vodu v druhej stričke, naplnenej zároveň aj malým množstvom jemnozrnného vápenca. Po prefiltrovaní, zahriatí a odparení tejto vody by sme mali spozorovať na dne sklenenej odparovacej misky jasný biely povlak uhličitanu vápenatého. Je to tá istá látka, ktorú musíme občas odstraňovať z našich varných kanvíc v dôsledku tzv. prechodnej tvrdosti vody a ktorá nám spôsobuje mnoho iných neprijemností. Napríklad upchávanie vodovodných a teplovodných rúr alebo zanášanie častí pračiek a umývačiek riadu. Prechodná je práve preto, že sa dá z nej odstrániť vápnik v podobe

$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ zahriatím vody. Pri tomto experimente je dobré si tiež uvedomiť, že rozpustnosť CO_2 je vyššia pri nižších teplotách, napríklad pri $60\text{ }^\circ\text{C}$ je približne 3,5-krát nižšia ako pri $0\text{ }^\circ\text{C}$. To dáva možnosť, ako tento pokus vylepšiť ochladením druhej stričky. Celý experiment objasňuje obr. 3.



Obr. 3. Rozpúšťanie jemnej suspenzie vápenca vo vode nasycovanej oxidom uhličitým pripraveným v ľavej stričke rozkladom vápenca kyselinou chlorovodíkovou. Uzáver pravej stričky je potrebné nechať v takej polohe, aby umožňoval voľný únik oxidu uhličitého, prípadne mierne zvyšoval jeho tlak v stričke. Pôvodný tvar horných PE vývodov stričiek možno zmeniť ponorením do horúcej vody a ich opätovným schladením.

Obmedziť rozpúšťanie oxidu uhličitého v našej aparatúre na obr. 2. sa dá obmedziť predĺžením PE rúrky až do hornej časti odmernej nádoby a zároveň vytvorením tenkého filmu nejakého jedlého oleja na hladine vody v odmernej nádobe. Spôsob, ako to urobiť, objasňujú obr. 4 a 5.



Obr. 4. Tieto dva obrázky objasňujú spôsob vytvorenia tenkého povlaku jedlého oleja v odmernej nádobe na zistenie objemu oxidu uhličitého. Vrch nádoby je potrebné prekryť tenkou PE fóliou. To umožňuje v prevrátenej polohe vložiť ju do nádoby s vodou (na obr. 2).



Obr. 5. Detailný pohľad na PE rúrku, vedenú do hornej časti prevráteného odmerného valca cez tenký film z olivového oleja.

Záver

Napriek tomu, že pohnútkou pre návrh uvedených experimentov bola pomoc pri riešení edukačného grantového projektu pre predmety geológia, geografia a biológia, tieto pokusy sú dobre využiteľné aj na vyučovanie iných prírodovedných predmetov. Nepochybnou výhodou je ich interdisciplinárna povaha a možnosť využiť ich takmer na každej škole. Ďalšou výhodou je ich finančná a experimentálna nenáročnosť. Pokusy nevyžadujú takmer žiadne špecializované laboratórne vybavenie, pretože použité laboratórne nádoby sa môžu nahradit inými, bežne dostupnými. Dôležitým odporúčením je však vypracovať si pred začatím pokusov súbor otázok týkajúcich sa vyššie uvedených tém, ktorými sa vyhneme pasívnemu prijímaniu vypočítaných informácií.

Podakovanie: Autori si dovoľujú poďakovať PaedDr. Anne Drozdíkovej, PhD., a PaedDr. Elene Čipkovej, PhD., z Katedry didaktiky prírodných vied, psychológie a pedagogiky Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského v Bratislave za cenné pripomienky.

Prof. Ing. Karol Jesenák, CSc.
Katedra anorganickej chémie
Prírodovedecká fakulta
Univerzita Komenského v Bratislave
karol.jesenak@uniba.sk

RNDr. Henrieta Mázorová, PhD.
Katedra didaktiky prírodných vied, psychológie a pedagogiky
Prírodovedecká fakulta
Univerzita Komenského v Bratislave
henrieta.mazorova@uniba.sk