

SCHOPNOSŤ ŠTUDENTOV APLIKOVAŤ VEDOMOSTI NA REÁLNE SITUÁCIE

JÁN REGULI

Fakulta chemickej a potravinárskej technológie, Slovenská technická univerzita, 812 37 Bratislava, Slovenská republika reguli@chtf.stuba.sk

Došlo 19.12.02, prepracované 28.5.03, prijaté 10.7.03.

Mnoho rokov sa celosvetovo poukazuje na nízku účinnosť prírodovedného a technického vzdelávania z hľadiska schopnosti žiakov a študentov aplikovať naučené vedomosti v situáciách a na javy, s ktorými sa môžu stretnúť v každodennom živote. V posledných rokoch sa takto v študijných plánoch našich základných a stredných škôl zväčšuje priestor pre chémiu bežného života. Napriek tomu odtrhnutosť školskej chémie od každodennej reality je stále veľká.

Žiaci a študenti v snahe pochopiť svet okolo seba si potom sami vytvárajú „naivné teórie“. Tieto teórie sú často nekompletné, navzájom izolované a obsahujú množstvo mylných predstáv, spôsobených nedospelosťou, obmedzenými skúsenosťami, nepozornosťou k relevantným premenným apod. Sú tiež pomerne odolné voči zmenám, dokonca aj pri konfrontácii so „správnymi“ myšlienkami. Pri konfrontácii s nezrovnalosťou alebo anomálnym javom študenti reinterpretujú udalosť tak, aby súhlasili s ich pôvodnou teóriou. Ak sa učiteľ vyjadruje najmä prostredníctvom abstraktných slov a rovníc (tj. uprednostňuje teoretické princípy pred skutočným svetom pozorovateľných udalostí), študenti dokonca nepocítia rozpor. V ich mysli sa vedecké pojmy používajú len v škole na hodinách daných predmetov a nie v reálnom svete¹ (ešte horšie je, keď sa takýmto spôsobom vyjadrujú aj učebnice).

Niektorí učitelia sa sťažujú práve na to, že oveľa ľahšie je naučiť niečo nevedomého, ako vyhnúť z hláv študentov mylné predstavy. Z uvedených dôvodov sa veľká pozornosť venuje štúdiu chápania pojmov, tvorbe a najmä možnostiam zabránenia tvorby chybných predstáv. Špeciálna pozornosť sa tiež venuje zlým vysvetleniam v učebniciach a kurzoch – napr. na www stránkach pod hlavičkou *Bad Science*².

Ak požiadame študentov o vysvetlenie rôznych javov, podstaty fungovania predmetov, s ktorými sa stretávajú (alebo vlastných demonštrácií a pokusov), môžeme zistiť, nakoľko danej problematike skutočne rozumejú. Zlepšia sa tým aj ich komunikačné schopnosti.

Niekedy sa však ukáže, že ani čínske porekadlo „Čo počujem, to zabudnem, čo uvidím, to si zapamätám, čo urobím, tomu porozumiem“ nemusí byť vždy pravdivé. V projekte Mysli – urob – ukáž³ si žiaci základných škôl sami pripravili rôzne fyzikálne experimenty alebo interaktívne exponáty (vedecké hračky). Keď pri predvádzaní mali svoj pokus okomentovať a vysvetliť, ukázalo sa, že len veľmi málo žiakov pochopilo podstatu svojho pokusu – ich komentáre boli väčšinou úplne nesprávne⁴.

Americký stredoškolský profesor požiadala svojich stu-

dentov o písomnú odpoveď vymyslenej staršej tete, ktorá potrebovala jednoduché zrozumiteľné vysvetlenie podstaty fungovania nejakého predmetu, javu apod.⁵

Na niečo podobné – vysvetlenie podstaty javov a procesov okolo nás, ktoré majú fyzikálno-chemickú podstatu – som využil Korešpondenčný seminár z chémie (pre stredoškólkov ho organizuje Iuventa v spolupráci so Spolkom prírodovedcov v Bratislave, pod odborným dohľadom Slovenskej chemickej spoločnosti). Cez korešpondenčný seminár sa jeho autori snažia pritiahnúť k chémii čo najviac stredoškolských študentov. Jeho úlohy by sa preto mali voliť tak, aby študentov zaujali, niekedy aj pobavili, prinútili k hľadaniu riešenia v literatúre, podnietili k diskusi so spolužiakmi i s učiteľmi. Seminár by sa mal vyvarovať ťažkých úloh, odrádzajúcich študentov od účasti. Toto sa žiaľ nie vždy darí, pretože autormi úloh sú najmä vysokoškóľáci, bývalí úspešní riešitelia úloh chemickej olympiády, ktorí sa radi predvádzajú. Je potrebné upozorniť, že štúdium prostredníctvom korešpondenčného semináru neposkytuje reprezentatívnu vzorku stredoškólkov. Účasť na seminári je dobrovoľná a teda zapájajú sa doň študenti, ktorí už určitý vzťah k chémii nadobudli. Dá sa očakávať, že výsledky takehoto štúdia v celých triedach študentov by boli výrazne horšie.

V štyroch zo šiesti kôl dvoch ročníkov korešpondenčného seminára z chémie dostali účastníci sériu otázok ako tretiu úlohu z fyzikálnej chémie. Otázky boli uvedené nasledovne: „Na osobitný papier skúste napísať váš názor resp. vaše vysvetlenie, týkajúce sa daných javov. Nepíšte kolektívne odpovede, skúste odpoveď zoštylizovať každý za seba (nezabudnite, že dané problémy súvisia s fyzikálnou chémiou)“. Požadovanie slovných odpovedí na zadané otázky lepšie preverí pochopenie danej problematiky a prispieva k spoznaniu a k rozvoju komunikačnej schopnosti študentov. Otázky jednotlivých kôl sú v tomto príspevku označené A, B, C, resp. D.

- A
1. Prečo sa jašteričky rady vyhrievajú na slniečku?
 2. Prečo potraviny varíme?
 3. Ako nám pri varení pomáha tlakový hrniec?
 4. Prečo voda horolezcom v Himalájach zovrie už pri oveľa nižšej teplote?
 5. Obed sa im uvarí skôr alebo neskôr?
- B
1. Načo sa do majonézy dáva vajíčko (resp. aspoň žĺtok)?
 2. Ako nám pomáhajú čistiace prostriedky (mydlá, saponáty, pracie prostriedky)? Aký je mechanizmus ich pôsobenia?
 3. Ako predchádzajúce otázky spolu súvisia?
- C
1. Prečo sa v zime posypajú cesty soľou?
 2. Zmes soli (NaCl), vody (kvapalnej) a ľadu sa používa ako chladiaca zmes. Ako táto zmes funguje?
 3. Čo je to fyziologický roztok? Prečo sa musí používať?
- D
1. Ktorá z anorganických kyselín sa používa v potravinárstve (napr. obsahujú ju rôzne kolové nápoje)? Prečo nám na rozdiel od iných kyselín neublíži?

2. Prečo si dávame „sódu bikarbónu“ keď nás „páli záha“?
3. Prečo je lepšie si dať tabletky alebo suspenzie (napr. gastrogel, anacid) než sódu bikarbónu? Čo je aktívnu zložkou týchto prípravkov?

Vyhodnotenie odpovedí prinášajú tabuľky I až III.

Napriek tomu, že otázky boli uvedené ako 3. úloha z fyzikálnej chémie, mnohí študenti nepostrehli, že otázky A smerujú k vplyvu teploty na rýchlosť chemickej reakcie (príslušné upozornenie v zátvorke bolo uvedené od otázok B). Odpovede typu „jašteričky, tak ako všetci, sú rady v teple“, alebo „varením sa koagulujú bielkoviny“ sú v spoločnej skupine s chýbajúcimi odpoveďami (tab. I).

Závislosť teploty varu vody od tlaku (je náplňou fyziky v druhom ročníku gymnázií) je dobre známa väčšine študentov – to, že vo vyšších výškach vrije voda pri nižšom tlaku a teda pri nižšej teplote, vedelo až 85 % študentov. Funkciu tlakového hrnca chápalo už len necelých 60 % študentov. Síce 65 % študentov vedelo, že varenie pri nižšej teplote

musí trvať dlhšie, súčasne však až štvrtina študentov na túto otázku odpovedala nesprávne.

Druhý súbor otázok (B) sa zamerával na povrchovo aktívne látky a na dva spôsoby ich využitia – ako detergentov a ako emulgátorov (tabuľka I). Všeobecnú štruktúru molekúl povrchovo aktívnych látok – pozostávajúcich z polárnej a nepolárnej časti – poznali takmer všetci študenti (85 %), oveľa horšie výsledky sú v znalosti emulgačnej funkcie vaječného žĺtka (alebo schopnosti vyhľadať informácie o ňom) – toto sa prejavilo najmä vo zvýšenom počte nesprávnych odpovedí. Táto otázka ale vyžadovala hlbšie vedomosti, vrátane poznania, že emulgačnú schopnosť vaječného žĺtka spôsobuje lecitín (fosfatidylcholín), majúci tiež typickú polárno-nepolárnu štruktúru tenzidov. Pochopiť súvislosť oboch otázok mohli samozrejme iba tí študenti, ktorí na ne odpovedali správne (a zrejme sa to všetkým z nich nepodarilo).

Nie všetci študenti poslúchli výzvu a napísali obširnejšiu slovnú odpoveď. Našli sa aj takí, ktorí odpoveď zoštylizovali do peknej celostranovej slohovej práce (našťastie títo študenti patrili medzi tých, ktorých odpovede boli aj obsahovo správne)⁶. Prednosťou týchto „slovných“ úloh bolo aj podstatne menšie množstvo „spoločných odpovedí“ všetkých účastníkov z jednej školy (tj. opisovania).

Tretí súbor otázok (C) sa venoval koligatívnym vlastnostiam roztokov – zníženiu teploty tuhnutia rozpúšťadla v roztoku a osmotickému tlaku. Doprostred sa dostala otázka na využitie chladiacich zmesí na báze NaCl, ľadu a vody – jednoducho preto, že ide v podstate o rovnakú sústavu ako v prvej otázke. Pri vyhodnotení odpovedí sa ukázalo potrebným odpovede rozdeliť do piatich kategórií (tabuľka II). Odpovede, v podstate správne, sa členia na tie, ktoré len skonštatovali, o čo ide a na tie, v ktorých autori aj vysvetlili podstatu daného javu. Osobitne je vyčlenená skupina odpovedí, ktoré sa nedajú hodnotiť ani ako správne, ani ako nesprávne – jednoducho autori síce neodpovedali nesprávne, ale ich odpoveď nie je odpoveďou na položenú otázku. V tabuľke sú tieto odpovede zaradené v stĺpci „Mimo“. Štvrtú skupinu tvoria nesprávne (tj. chybné) odpovede a piatu chýbajúce odpovede.

Dôvod zimného posypu ciest pozná takmer 60 % študentov; len desatina z nich napísala aj aspoň čiastočné vysvetlenie tohto javu. Zarážajúci bol veľký počet nesprávnych odpovedí – a to najmä od starších študentov, kde nesprávne a nepatričné odpovede tvorili vyše 50 % (najmä odpovede o reakcii NaCl s vodou svedčia o divnej úrovni chémie na danej škole).

Otázka na podstatu fungovania chladiacich zmesí na báze soli, ľadu a vody sa ukázala byť najnáročnejšou. Stre-

Tabuľka I

Vyhodnotenie odpovedí na otázky A a B

Otázka	Správna odpoveď		Chýbajúca odpoveď		Nesprávna odpoveď	
	počet	%	počet	%	počet	%
<i>A spolu 34 odpovedí</i>						
1	6	17,65	28	82,35	0	0
2	0	0	34	100	0	0
3	20	58,8	12	35,3	2	5,9
4	29	85,3	4	11,7	1	3,0
5	22	64,7	3	8,8	9	26,5
<i>B spolu 27 odpovedí</i>						
1	15	55,6	4	14,8	8	29,6
2	23	85,2	1	3,7	3	11,1
3	12	44,44	10	37,04	5	18,52

Tabuľka II

Vyhodnotenie odpovedí na otázku C (107 odpovedí)

Otázka	Vysvetlenie		Opis		Mimo		Nesprávne		Bez odpovede	
	počet	%	počet	%	počet	%	počet	%	počet	%
1	6	5,61	58	54,20	10	9,35	22	20,56	11	10,28
2	11	10,28	20	18,60	38	35,50	12	11,21	26	24,30
3	64	59,81	30	28,04	0	0	4	3,74	9	8,41

Tabuľka III
Vyhodnotenie odpovedí na otázku D
(86 odpovedí)

Otázka	Správne		Mimo		Nesprávne		Bez odpovede	
	počet	%	počet	%	počet	%	počet	%
1	50	58,14	32	37,21	4	4,65	0	0
2	81	94,19	–	–	3	3,49	2	2,33
3 nevýhody	38	44,19	–	–	6	6,98	42	48,80
zloženie	69	80,23	–	–	4	4,65	13	15,12
vysvetlenie	39	45,35	–	–	1	1,16	46	53,49

doškolské gymnaziálne učebnice odpoveď na ňu neposkytujú. Napriek tomu je to otázka, ktorá zodpovedá požiadavkám na úlohy korešpondenčného semináru – nejde o ťažkú úlohu, len si vyžaduje vyhľadanie odpovede v literatúre. Za správne sa dalo považovať len asi 30 % odpovedí. Tretina z nich obsahovala viac-menej správne vysvetlenie pôsobenia chladiacich zmesí. Autormi týchto odpovedí boli však alebo študenti chemickej priemyselky alebo úspešní riešitelia úloh chemickej olympiády – tj. jedni z najlepších stredoškôlkov v chémii. O obtiažnosti tejto otázky svedčí aj takmer štvrtina neodpovedajúcich a 11 % nesprávnych odpovedí, ktorých autori nevedeli o čo ide a písali najmä o zmesiach do chladičov áut.

Najlepšie zvládnutou bola otázka na fyziologický roztok. Správne na ňu odpovedalo 88 % študentov, väčšina z nich nielen s uvedením, kde a prečo sa používa (a s uvedením zloženia), ale aj so spomenutím osmotického tlaku a izotonického roztoku.

Otázky série D boli skôr zo všeobecnej a anorganickej chémie než z fyzikálnej chémie (tab. III). Prvá otázka chcela poukázať na to, že aj medzi klasickými anorganickými kyselinami, ktoré sa chápu ako typické nejedlé chemikálie, je možné nájsť látku, ktorá je súčasťou často používanej potravy. Už samotná otázka nasmerovala študentov pozrieť sa na fľaše od kolových nápojov. Takmer 60 % študentov spoznalo v otázke kyselinu fosforečnú (niektorí v tvare HPO_3), viac než tretina však písala o kyseline uhličitej (aj keď tú obsahuje každá sóda) a takmer 5 % odpovedalo nesprávne – uvádzali napr. kyselinu citrónovú, pričom v otázke sa písalo o anorganickej kyseline. Odpoveď *lebo H_3PO_4 sa v tele rozloží, fosfor putuje do krvi a potom sa zabuduje do kostí* síce vyzerá celkom logicky, ale práve toto je škodlivým dôsledkom nadmerného príjmu fosforu!! Úlohu sódy bikarbóny (hydrogénuhličitanu sodného NaHCO_3) na neutralizáciu žalúdočnej kyseliny pozná 95 % študentov. Zloženie komerčných prípravkov opísalo 80 % riešiteľov. Len okolo 45 % študentov sa pokúsilo uviesť nevýhody a riziká používania sódy bikarbóny a výhody prípravkov na báze horčička a hliníka. Zaujímavým poznatkom bolo, že mnoho študen-

tov si pozrelo zloženie komerčných prípravkov a do odpovede ho opísali tak, ako si ho prečítali – v latinskej forme. Neunúvali sa o tomto názve považovať a nepokúsili sa dešifrovať o akú zlúčeninu ide a uviesť jej slovenský názov alebo vzorec – aj keď by to iste zvládli.

Záha obsahuje veľké množstvo HCl v žalúdku a „sóda bikarbóna“ = NaHCO_3 , čo je soľ NaOH (NaOH je silná zásada), ktorá zneutralizuje silnú kyselinu HCl. Sóda bikarbóna je chemikália a je škodlivá, pretože dráždi žalúdočné steny. Je lepšie dať si tabletky alebo suspenzie z lekárne, lebo nedráždia žalúdočné steny, ale ich naopak ukladujú. Aktívnou zložkou týchto preparátov bývajú aluminium hydroxidum a magnesium aluminas.

Najmä pri sérii C sa ukázalo, že zaujímavé poznatky môže poskytnúť aj vyhodnotenie nesprávnych odpovedí. Mnohé svedčili nielen o nepochopení danej problematiky študentmi, ale aj o nízkej úrovni vyučovania chémie. Podrobnejšie sa nesprávnym odpovediam venuje príspevok⁷, tu si ukážeme len niektoré príklady.

Podľa viacerých študentov sa pri rozpúšťaní zvyšuje teplota (niekedy aj napriek explicitne uvedenej endotermickej reakcii): *Rozpúšťanie bezkyslíkatých solí je exotermický proces. Pri rozpustení NaCl dôjde k tepelnej výmene medzi Na^+ a Cl^- a H_2O (s). Častice vody (ľadu) sa začnú pohybovať rýchlejšie, čím sa zmení jej skupenstvo na kvapalné.* Ten istý študent na nasledujúcu otázku (chladiace zmesi $\text{NaCl} - \text{H}_2\text{O}$) ale píše: *Viac energie sa spotrebuje na disociáciu, ako sa uvoľní pri hydratácii – rozpúšťanie bude endotermický proces.*

Neprijemným prekvapením boli odpovede, predpokladajúce reakciu soli s vodou: *NaCl sa používa na posýpanie ciest, pretože reaguje s H_2O (s) a mení jeho štruktúru, čím sa ľad rozpúšťa: $2 \text{NaCl} + 2 \text{H}_2\text{O} = 2 \text{NaOH} + \text{Cl}_2 + \text{H}_2$. Asi preto, že $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} = \text{HCl} + \text{NaOH}$. Zo snehu sa tak stáva HCl a NaOH, kvapaliny.*

Nasledujúca odpoveď sa vyskytovala u viacerých študentov z rôznych škôl. Musela byť teda opísaná z nejakej učebnice: *Chladí sa vodou a zimotvornými zmesami (NaCl a ľad). Chladenie tu spočíva vo vyparovaní kvapalného*

chladiva, pričom sa výparné teplo odníma ochladzovanej látke.

Táto odpoveď vyvoláva pochybnosť o platnosti 2. zákona termodynamiky (teplo prechádza len z teplejšieho telesa na chladnejšie): *Sol' (NaCl), ktorá sa vo vode rozpúšťa, odoberá teplo chladnejšiemu telesu (ladu) a teplo odovzdáva okoliu. Tým je vlastne táto zmes ešte chladnejšia.*

Podľa väčšiny stredoškólkov musí byť chladiaca zmes kvapalná. Čím je sústava chladnejšia, tým lepšie chladí: *Vzhľadom na to, že roztok soli vo vode má nižší bod tuhnutia ako samotná voda, môže sa spolu s ľadom používať ako chladiaca zmes. Bežne sa však používa ako chladiaca zmes tekutý čpavok, napr. umelé ľadové plochy, ktorý má výdatnejšie chladiace účinky. Zmes soli (NaCl) a vody vytvorí ionizovaný roztok, čím sa zníži teplota tuhnutia tejto zmesi na približne -7°C . To zabezpečuje, že táto zmes zostane tekutá, aj keď nebude dlhšie v pohybe, resp. že voda si medzi kúskami ľadu zachová kvapalnú skupenstvo aj pri nižších teplotách.*

Nič nepovedať sa dá aj veľmi učene. Vždy je vhodné si odpoveď po sebe prečítať a zamyslieť sa nad ňou. Inak odhalí aj tápanie v pojme rovnováha: *Na dosiahnutie chladiaceho účinku musí nastať rovnováha medzi kvapalnou a tuhú fázou, v tomto prípade medzi H_2O (l) a H_2O (s). Vtedy môže daná sústava fungovať ako chladič, tj. „odčerpávať“ energiu z okolia. Na docelenie tejto rovnováhy zároveň použijeme aj NaCl, ktorá dokáže znížiť bod tuhnutia vody, čo zároveň umožní vytvorenie rovnovážneho stavu v systéme. Na porušenie rovnováhy je nutné dodávať energiu vo forme tepla, a tým sa okolité prostredie ochladzuje.*

Vodný roztok NaCl má vyššiu teplotu varu ako čistá voda, preto ľad v ňom vydrží v tuhom stave dlhšie aj ak sa daný roztok zohrieva. Tým sa udržuje teplota nižšia ako je bod varu vody a preto sa môže používať ako chladiaca zmes.

Chladiaca zmes podľa mnohých znamenala zmes do chladiča: *Chladiacu zmes využívajú najmä motoristi, na za-*

medzenie zníženia nebezpečenstva roztrhnutia (!?!) bloku motora zapríčinené mrazom, pretože teplota tuhnutia zmesi vody s danými látkami sa výrazne znižuje až na -40°C .

Odpovede na takéto otázky predstavujú veľmi dobrý zdroj údajov o úrovni vedomostí študentov a o ich schopnosti aplikovať naučené vedomosti na reálne situácie. Získané poznatky umožnia identifikovať slabé miesta, na ktoré je potrebné sa zamerať, napríklad zistiť, vysvetlenia ktorých javov sú podávané nejednoznačne a vedú u študentov k chybným záverom.

Význam takejto komunikácie so študentmi je ale najmä v tom, že hľadanie odpovedí na podobné otázky im ukazuje, že poznatky a vzťahy, ktoré spoznávajú v rámci školských predmetov, im pomáhajú v každodennom živote – že ich každodenne, i keď často nevedomky, využívajú. Ukazuje im, že sa učia pre seba a pre život. Na záver jeden tip, ako byť úspešný vo vysvetľovaní, „ako veci fungujú“. Navštívte stránku americkej spoločnosti Howstuffworks. Na ich adrese www-howstuffworks.com nájdete podrobné, ale pritom zrozumiteľné (samozrejme v angličtine) vysvetlenia fungovania obrovského množstva predmetov, prístrojov, dejov, atď. Prípadne im môžete napísať a požiadať o vysvetlenie toho, čo potrebujete.

LITERATÚRA

1. O'Brien T.: J. Chem. Educ. 68, 933 (1991).
2. www.ems.psu.edu/~fraser/bad/bad_science
3. Biznárová V.: 4th ESERA Summer school, 26.8.-2.9.1998, Marly le Roy, Francie.
4. Biznárová V., Teplanová K.: 11th General Conference of the European Physical Society: Trends in Physics. Londýn, 6.-10.9.1999. Abstract Book, str. 55.
5. Ritter M.: J. Chem. Educ. 65, 1054 (1988).
6. Reguli J.: *Biológia, ekológia, chémia*. (v tlači).
7. Reguli J.: *Aktuální otázky výuky chemie XII. Mezinárodní konference o výuce chemie, Hradec Králové, 10.-12.9.2002*, str. 325. Gaudeamus, Hradec Králové 2002.