

Olympiáda mladých vedcov 2009

Zadanie experimentálnej úlohy

Olympiáda mladých vedcov
Doc. František Kundracik
Katedra experimentálnej fyziky FMFI UK
Mlynská dolina F2
842 48 Bratislava



Antokyány

Kúzelné farbivá

Denne sa stretávame s množstvom zaujímavých predmetov a javov. Niektoré z nich dávajú svoju výnimočnosť okato najavo, iné nás tichúčko míňajú bez toho, aby sme si ich výnimočnosť všimli. V tohtoročnej úlohe domáceho kola súťaže IJSO Vám predstavíme jednu z takýchto zvláštnych rastlín – červenú kapustu. Ako zistíte, okrem vynikajúcej prílohy k pečenej husi môže poslúžiť aj ako pomôcka k zaujímavým pokusom z fyziky, chémie aj biológie. To, čo robí pre nás kapustu zaujímavou, je jej farba, presnejšie v kapuste obsiahnuté farbivá – antokyány.

Pri vypracovávaní riešenia nám opíšte, ako ste riešili jednotlivé úlohy a čo ste zistili. Nezabudnite tiež zodpovedať na všetky otázky, ktoré sa v texte k úlohám vyskytli. Aby ste na nič nezabudli, všetky úlohy a otázky sú vytlačené na zelenom podklade.

Čo budete potrebovať?

V prvom rade budete potrebovať malú hlávku červenej kapusty, alebo aspoň zopár jej listov, najlepšie z povrchu hlávky (sú najviac sfarbené). Ďalej budete potrebovať asi 2 dl bežného kvasného octu (asi ho máte aj doma v 8% koncentrácii, lebo ho občas treba pri varení, a predáva sa v potravinách). Budete tiež musieť navštíviť drogériu, kde si kúpte najmenšie balenie sódy (niekedy sa používa ako prídavok do prania na zmäkčenie vody). Ak sa Vám nepodarí sódu kúpiť, nevádi. Iba o trochu horšie Vám poslúži aj niekoľko lyžičiek sódy bikarbóny, ktorá sa predáva v potravinách a používa sa ako prísada do cesta na koláče a zákusky. Ďalej si kúpte plochú 4,5V batériu alebo miesto nej môžete použiť aj iný napäťový zdroj s podobným napätím.

Ostatné veci, ktoré budete potrebovať, nájdete pravdepodobne doma: žiletku alebo skalpel, asi 0,5 m tenkého medeného alebo hliníkového drôtu, jednu ceruzku s klasickou grafitovou tuhou, sadu malých (asi 0,5 dl alebo 0,1 dl) pohárikov, papierovú vreckovku a kuchynskú soľ.

Pri niektorých úlohách budete potrebovať mikroskop a ampérmeter – tu Vám pomôžu učitelia vo Vašej škole. Ak sa k týmto prístrojom nebudete môcť dostať, nezáfajte. V príslušnej časti riešenia nám to napíšte a odpovede na príslušné otázky sa pokúste nájsť v encyklopédiách a učebniciach.

1. Pátrame po antokyánoch v kapuste.

V prvej časti sa pokúsime nájsť, kde sú antokyány v kapuste skryté. Taktiež skúsime zistiť, čo sa s farbivami deje v kyslom (ocot) a zásaditom (sóda alebo sóda bikarbóna) prostredí.

Úloha.

Pripravte si čo najtenší mikroskopický preparát z kapustného listu. Na podložné sklíčko ho dajte do kvapky čistej vody a prikryte ho krycím sklíčkom. Pozorujte bunky kapusty, ktoré obsahujú farbivo a svoje pozorovanie zakreslite.



Rada profesorky Sproutovej: Ak nenájdete lepší spôsob, je metóda, ako získať tenký preparát vhodný pre mikroskopické pozorovanie. Narežte kúsok listu „pozdĺžne“ tak, že na jednej strane rezu je vrchná strana listu a na druhej strane rezu spodná. Prstami alebo pomocou pinzety potom oddialte vrchnú a spodnú časť listu. Ak sa všetko podarí, list sa rozlúpne a jeden z kúskov sa bude postupne stenšovať, až na jeho konci budú iba povrchové bunky listu.

Otázky.

1. Makroskopicky (okom, lupou) pozorujte list kapusty. Kde sa antokyány nachádzajú (v povrchovej vrstve alebo v mezenchýme, alebo vo všetkých vrstvách)?
2. Pod mikroskopom zistíte, či sa farbivo nachádza v bunkách alebo v medzibunkových priestoroch.
3. Ak sa farbivo nachádza v medzibunkových priestoroch, zasahuje v niektorých oblastiach aj do vnútra buniek? Ak sa farbivo nachádza v bunke, nachádza sa v celom obsahu bunky alebo len v nejakej jej organelle? Ak sa nachádza v organelle, napíšte, o akú organelu ide.

Teraz vyskúšame, aký vplyv má na farbivo kyslé prostredie.

Úloha.

Pijavým papierom odsajte vodu spod podložného sklíčka a z opačnej strany, než ste odsávali vodu, pridajte kvapku 8 % kyseliny octovej pod podložné sklíčko. Presvedčte sa, že kvapka sa dostala až k rezu listu kapusty. Ak jedna kvapka nestačila, pridajte ďalšie kvapky. Pozorujte zmeny, ktoré sa udiali po pridaní octu.

Otázky.

1. Nastala zmena v zafarbení buniek? (Ak áno, napíšte čas, za ktorý k zmene došlo. Ak k zmene nedošlo, zapíšte čas, ako dlho ste preparát pozorovali. Čas udávajte v minútach a sekundách).
2. Akú farbu má teraz pôvodne fialové farbivo, ak zmena nastala?

Olympiáda mladých vedcov 2009

Zadanie experimentálnej úlohy

Nakoniec vyskúšame vplyv zásaditého prostredia (sóda alebo sóda bikarbóna). Na to si ale pripravte roztok sódy alebo sódy bikarbóny. Do 1 dl vody pridajte plnú kávovú lyžičku sódy (sódy bikarbóny) a rozpustite ju. Rozpúšťa sa však pomaly. Ak sa roztok začína zakalať, je to znakom, že ďalšia sóda sa už nebude rozpúšťať.

Úloha a otázky.

Pripravte druhý preparát a postupujte tak isto, ako v predchádzajúcej úlohe, len namiesto kyseliny pridajte zásaditý roztok.

1. Nastala zmena v zafarbení buniek? (Ak áno, napíšte čas za ktorý k zmene došlo. Ak k zmene nedošlo, zapíšte čas, ako dlho ste preparát pozorovali. Čas udávajte v minútach a sekundách).
2. Akú farbu má teraz pôvodne fialové farbivo, ak zmena nastala?

Ak ste nemali k dispozícii mikroskop, pokúste sa pozorovať zmeny farby tkaniva aspoň okom alebo lupou.

Mnohé informácie o antokyánoch sa dajú nájsť aj v učebniciach a v encyklopédiách. Vyhľadajte ich a odpovedzte na nasledujúce otázky.

Otázky.

1. Vysvetlite pôvod slova „antokyán“.
2. Asi koľko druhov antokyánov je dnes známych?
3. V akých orgánoch rastlín sa nachádzajú tieto farbivá?
4. Napíšte predpokladané funkcie týchto farbív
 - v listoch
 - v kvetoch
 - v dozretých plodoch. Prečo je pre rastlinu výhodné, keď nedozreté plody nie sú zafarbené?
 - akú funkciu majú pre živočíchov (aj človeka), ktoré ich prijímajú v potrave? Čo spôsobujú látky, proti ktorým takto pôsobia?
5. Vysvetlite, prečo sa listy na stromoch v blízkosti pouličných lúčnych lúčov farbia neskôr ako tie, ktoré nie sú pri umelom osvetlení? (Aký faktor spôsobuje farbenie listov na jeseň?)
6. Sú antokyány v listoch tvorené zámerne, alebo ich prítomnosť je len dôsledkom rozkladania chlorofylu?
7. Po ich vyizolovaní z rastliny možno pozorovať pod ultrafialovým svetlom zaujímavý jav. Podobný jav vykazuje aj chlorofyl. Napíšte názov tohto javu.

2. Ako súvisí farba s pH?

V druhej časti nájdeme odpoveď na otázku, ako závisí farba antokyánov obsiahnutých v kapuste od pH prostredia, v ktorom sa nachádzajú. Najprv si však pripravíme výluh z červenej kapusty, v ktorom budú farbivá rozpustené.

Nakrájajte nadrobno niekoľko listov červenej kapusty a v hrnci ich zalejte malým množstvom (0,3 až 0,5 l) vody. Zmes povarte asi 10 minút a nechajte vychladnúť. Potom tmavofialovú kvapalinu zlejte do pripravenej nádoby.

Úloha.

Vyššie uvedeným postupom si pripravte výluh z červenej kapusty.



Rada od Ronalda Weasleyho: Pripravený výluh zafarbí tričko, obrus aj koberec spôsobom, ktorý Vašu mamu nepoteší. S roztokom preto manipulujte na vhodnom mieste (pracovná doska v kuchyni, igelitový obrus) a rozliatu kvapalinu ihneď dosucha utrite. Môže sa totiž zažrať aj do plastov. Ak sa to stane, môžete už iba dúfať, že Vaša mama ovláda kúzla, ako takéto flaky odstrániť.

Aby sme mohli zistiť, ako závisí farba od pH, musíme si najprv ujasniť, čo to pH vlastne je.

Iste viete, že podľa jednej z prvých teórií o kyselinách a zásadách (Arrheniova teória), sú kyseliny látky schopné vo vodnom roztoku odštiepovať protón H^+ , ktorý ďalej reaguje s vodou za vzniku H_3O^+ . Zásady sú zasa látky schopné vo vodnom roztoku odštiepovať skupinu OH^- .

Napríklad ak vlejeme HCl do vody, prebehne nasledujúca reakcia nazývaná disociácia HCl vo vode: $HCl + H_2O \rightarrow H_3O^+ + Cl^-$

Voda sa môže správať aj ako kyselina aj ako zásada: $H_2O + H_2O \leftrightarrow H_3O^+ + OH^-$, a preto je disociovaná len nepatrne (len asi 1 molekula z 10^9 molekúl). Táto reakcia sa tiež nazýva autoprotolýza vody.

Koncentrácia iónov H_3O^+ (t.j. $c(H_3O^+) = 0,0000001 \text{ mol/dm}^3 = 10^{-7} \text{ mol/dm}^3$) sa vo vode rovná koncentrácii OH^- a takýto roztok nazývame neutrálnym a má $pH = 7$.

Ak do vody vlejeme silnú kyselinu alebo zásadu, uvoľnia do nej obrovské množstvo protónov H^+ resp skupín OH^- (v porovnaní s čistou vodou). Pri výpočte pH v takomto prípade môžeme množstvo pôvodných iónov zanedbať. Ak máme napríklad roztok kyseliny, ktorý má $pH = 3$ (t.j. $c(H_3O^+) = 0,001 \text{ mol/dm}^3 = 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$) a zriedime ho desaťkrát, koncentrácia iónov H_3O^+ klesne tiež desaťkrát na hodnotu $c(H_3O^+) = 0,0001 \text{ mol/dm}^3 = 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$ a pH zriedeného roztoku bude 4. Rovnako možno postupovať aj so zásadami, ich pH sa však pri riedení znižuje. Samozrejme, riedením kyseliny alebo zásady nikdy nemožno prekročiť hranicu $pH = 7$ (prirodzená koncentrácia iónov H_3O^+ vo vode).



Odporúčanie Hermiony Grangerovej: Otázka výpočtu pH je zaujímavá a viac sa o nej dozviete v prílohe na konci tejto úlohy. Ak máte na to chuť a elán, Hermiona rozhodne odporúča si prílohu preštudovať.

Olympiáda mladých vedcov 2009

Zadanie experimentálnej úlohy

Úlohy.

1. Do pohárikov si pripravte sériu piatich kyslých roztokov kuchynského octu (8%). Do prvého pohárika dajte asi 0,5 dl čistého octu, ktorého pH je približne 3. Do väčšej nádoby nalejte rovnaké množstvo octu a doplňte ho deviatimi dávkami rovnakého množstva vody. Takto získaným roztokom naplňte druhý pohárik a vypočítajte pH roztoku. Veľkú nádobu vypláchnite vodou, nalejte do nej asi 0,5 dl zriedeného roztoku octu, doplňte deviatimi dielmi vody a takto pokračujte ďalej.
2. Do ďalších pohárikov si pripravte sériu zásaditých roztokov pracej sódy (alebo sódy bikarbóny, ak ste praciú sódu nezohnali). Najprv si pripravte nasýtený roztok pracej sódy (sódy bikarbóny). Rozpúšťa sa pomaly, treba ju trpezlivo miešať. Začnite tým, že do 2 dl vody dajte 2 kopcovité lyžičky sódy a po rozpustení sódu pridávajte. Keď sa roztok začne zakalovať, znamená to, že jeho koncentrácia sa blíži k nasýtenej. Po vytrvalom miešaní sa ešte časť sódy rozpustí a roztok spriehľadnie. Nasýtený roztok pracej sódy (sódy bikarbóny) má pH približne 12 (9). Postupným zriedňovaním si pripravte roztoky s nižším pH.
3. Do každého pohárika s pripraveným roztokom pridajte rovnaké množstvo (asi 5 ml, t.j. 2 kávové lyžičky) kapustového výluhu a zamiešajte.

Farba roztokov sa zmenila v závislosti od pH roztoku. Všimnite si, že farba roztokov sa ešte niekoľko minút ustaluje, kým získa definitívny odtieň.

Úlohy.

1. Zapište si farbu roztokov v závislosti od ich pH. Môžete využiť nasledujúcu tabuľku.
2. Farebné poháriky odfotíte a fotografiu priložte k riešeniu.

Číslo pohárika	1	2	3	4	5
pH roztoku octu	3				
Farba roztoku					

Číslo pohárika	6	7	8	9	10
pH roztoku pracej sódy (sódy bikarbóny)					12 (9)
Farba roztoku					

3. Ako na pH pomocou elektrolýzy

V tretej časti budeme ovplyvňovať pH roztokov elektrolýzou. Ako iste viete, v kvapalinách vedú elektrický prúd ióny. Kladné ióny sa presúvajú k zápornej elektróde a záporné ióny sa presúvajú ku kladnej elektróde. Po istej dobe sa tak zmení rozloženie iónov v roztoku, a tým aj rozloženie pH.

Čistá voda je však veľmi zlý vodič. Preto budeme robiť elektrolýzu roztoku kuchynskej soli (NaCl). Tým pridáme do vody obrovské množstvo iónov Na^+ a Cl^- . Tie budú dobre viesť elektrický prúd a budú sa presúvať k príslušným elektródam.

Úloha.

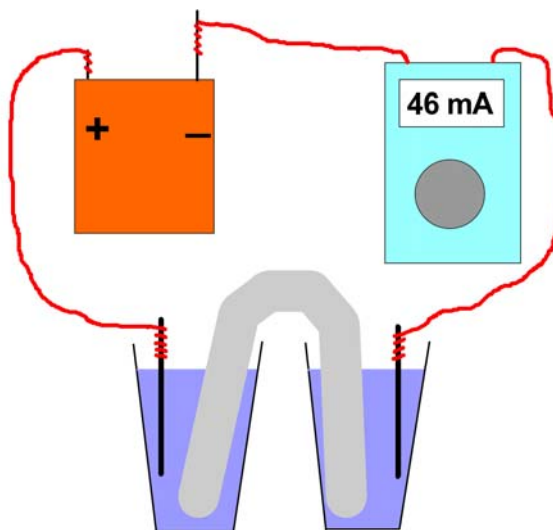
Pripravte si asi 2dl roztoku NaCl. Do 2 dl vody pridajte 2-3 kávové lyžičky kuchynskej soli a rozmiešajte.

Pri elektródach prebiehajú chemické reakcie. Ak by ste použili elektródy z obyčajného kovu (meď, železo a podobne), rýchlo by sa pokryli rôznymi zlúčeninami alebo by sa rozpustili. Preto treba elektródy vyrobiť z inertného materiálu. Profesionáli používajú platinové elektródy, ktoré ale asi nebudete mať k dispozícii. Inertným je však aj uhlík (grafit), ktorý sa používa ako tuha v ceruzkách.

Úloha.

Rozštiepte pozdĺžne grafitovú ceruzku a vyberte z nej dva kúsky tuhy o dĺžke 3-5 cm, ktoré použijete ako elektródy.

Do dvoch pohárikov nalejte asi 0,5 dl slaného roztoku a pridajte do nich asi 5 ml (2 kávové lyžičky) kapustového výluhu. Roztok má v oboch pohárikoch fialovú farbu. Do jedného pohárika vložíme pri experimente kladnú elektródu, do druhého zápornú. Aby medzi pohárikmi mohol pretekať elektrický prúd, spojíme ich takzvaným „slaným mostíkom“. Je to papierová vreckovka zrolovaná do trubičky (tyčinky), ktorú namočíme do slaného roztoku. Mokrú papierovú tyčinku ohneme a vložíme koncami do pohárikov (pozrite obrázok nižšie). Cez takýto mostík sa môžu ióny ľahko pohybovať, pričom sa obsahy pohárikov priamo nemôžu premiešať.



Olympiáda mladých vedcov 2009

Zadanie experimentálnej úlohy

Úloha.

Pomocou tenkého drôtika zapojte batériu, elektródy a ampérmeter tak, ako je znázornené na obrázku. Ak je všetko tak, ako má byť, spozorujete, že z elektród sa uvoľňujú plyny. Po chvíľke sa elektrický prúd ustáli. Zapište si jeho hodnotu. Ak sa veľkosť prúdu neustále mení, zapište si približnú priemernú hodnotu. Elektrolyzu nechajte prebiehať aspoň pol hodinu, aby sa farba roztokov výrazne zmenila. Poznačte si dobu trvania elektrolyzy.

Ak nemáte k dispozícii ampérmeter, nevádi. Vynechajte ho a pri ďalších výpočtoch predpokladajte, že ukazoval hodnotu, ako ampérmeter na obrázku.



Varovanie profesora Snapa: Plyn, ktorý sa uvoľňuje na jednej z elektród je toxický! Vo Vašom experimente sa ho však uvoľní iba veľmi malé množstvo, ktoré Vám neublíži. Plyn veľmi zapácha, takže Váš nos Vás upozorní v dostatočnom časovom predstihu, že by ste mali vyvetrať. Je však pravdepodobnejšie, že uvoľneného plynu bude tak málo, že budete mať problém vôbec zacítiť jeho zápach.

Otázky a úlohy:

1. Aké chemické reakcie prebiehajú pri elektródach? Aké plyny sa pri elektródach uvoľňujú?
2. Ako a v ktorých miestach sa mení farba roztokov počas elektrolyzy?
3. Situáciu, keď sa už farba roztokov výrazne zmenila, zdokumentujte fotografiou. Tú priložte k riešeniu.
4. Vysvetlite, prečo sa farba roztokov zmenila práve týmto spôsobom.

Po skončení elektrolyzy (keď sa už farba roztokov výrazne zmenila) vyberte z pohárikov elektródy a taktiež slaný mostík. Roztoky v pohárikoch zamiešajte, aby ste dosiahli rovnomerné sfarbenie.

Úloha.

Porovnaním farby roztokov po elektrolyze s farbami skôr pripravených kyslých a zásaditých roztokov odhadnite pH v roztokoch po elektrolyze.

Elektrický prúd tvoria najmä presúvajúce sa ióny Na^+ a Cl^- . Sú to jednomocné ióny, preto pri presunutí jedného z nich od elektródy k elektróde prejde ampérmetrom náboj jedného elektrónu $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$. Ak doba elektrolyzy bola t sekúnd a prúd v ampéroch bol I , celkovo sa počas elektrolyzy presunulo $N = I \cdot t / e$ iónov. Predpokladajme, že polovica z tohto počtu boli ióny Na^+ a druhá polovica Cl^- . V každom poháriku teda pribudlo $N/2$ iónov danej polarítity, ktoré sa zneutralizovali na elektródach. Užitočnejšie je vedieť, koľko mólov iónov príslušnej polarítity pribudlo v pohárikoch: $n_i = (N/2)/N_A$, kde $N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ je Avogadrova konštanta. Keďže tieto ióny spôsobili zmenu pH, môžeme odhadnúť aj zmenu veľkosti pH presunom iónov. Ak objem pohárika bol V (v dm^3), potom koncentrácia presunutých iónov teda $c_i = n_i / V \text{ mol/dm}^3$. Podľa počtu núl za desatinnou čiarkou hodnoty c_i možno odhadnúť zmenu pH spôsobenú elektrolyzou (napr. $c_i = 0,0002$ zodpovedá pH približne 4).

Úloha.

Vyššie uvedeným postupom odhadnite pH v pohárikoch po skončení elektrolyzy. Porovnajme výsledok s hodnotami pH určenými z farby roztokov. Upozorňujeme, že výpočet bol iba odhadom zmeny pH. Preto sa neznepokojte, ak sa vypočítaná zmena pH nezhoduje s pozorovanou. Pokúste sa vysvetliť zhodu/nezhodu vypočítanej hodnoty s pozorovanou.

Príloha: Čo je pH a ako sa dá vypočítať?

Iste viete, že podľa jednej z prvých teórií o kyselinách a zásadách (Arrheniova teória), sú kyseliny látky schopné vo vodnom roztoku odštiepovať protón H^+ , ktorý ďalej reaguje s vodou za vzniku H_3O^+ .

Zásady sú zasa látky schopné vo vodnom roztoku odštiepovať skupinu OH^- .

Potom, ak vlejeme napr. HCl do vody, prebehne nasledujúca reakcia nazývaná disociácia HCl vo vode: $HCl + H_2O \Rightarrow H_3O^+ + Cl^-$

Nevýhoda Arrheniovej teórie spočíva v tom, že platí iba o vodných roztokoch kyselín a zásad, preto Bronsted prišiel s novou, aj keď veľmi podobnou teóriou, ktorá hovorí:

Kyseliny sú častice (molekuly, ióny, ...) schopné odovzdávať H^+ iným molekulám alebo iónom. Zásady sú látky schopné od iných častíc prijímať protóny H^+ .

Môžeme tiež povedať, že každá kyselina má svoju spriaznenú zásadu, od ktorej sa líši iba o protón(y) vodíka H^+ . $K \leftrightarrow Z + H^+$

Voda sa môže správať aj ako kyselina aj ako zásada: $H_2O + H_2O \leftrightarrow H_3O^+ + OH^-$ a preto je disociovaná len nepatrne (len 1 molekula z 10^9 molekúl). Táto reakcia sa tiež nazýva autoprotolýza voda.

Koncentrácia iónov H_3O^+ (t.j. $c(H_3O^+) = 0,0000001 \text{ mol/dm}^3 = 10^{-7} \text{ mol/dm}^3$) sa rovná koncentrácii OH^- a takýto roztok nazývame neutrálnym a má $pH=7$.

pH silných kyselín vypočítame ako $pH = -\log c(H_3O^+)$

a silných zásad ako $pOH = -\log c(OH^-)$.

Pritom platí: $pH + pOH = 14$ $pH =$ od 0 do 14

$pH = 1$ až 6 majú kyslé roztoky, $pH = 7$ neutrálne, $pH = 8$ až 14 majú zásadité roztoky.

Príklad:

a.) Koncentrácia roztoku silnej kyseliny chlorovodíkovej je $c = 0,001 \text{ mol/dm}^3$.
Vypočítajte, aké je pH roztoku.

$c(HCl) = c(H_3O^+) = 0,001 \text{ mol/dm}^3 = 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$
 $pH = -\log c(H_3O^+) = -\log 10^{-3} = -(-3) = 3$

Výsledok: pH roztoku kyseliny chlorovodíkovej je 3, t.j. roztok je veľmi kyslý.

b.) Koncentrácia roztoku silnej kyseliny sírovej je $c = 0,005 \text{ mol/dm}^3$.
Vypočítajte, aké je pH roztoku.

I. $H_2SO_4 + H_2O \leftrightarrow H_3O^+ + HSO_4^-$
II. $HSO_4^- + H_2O \leftrightarrow H_3O^+ + SO_4^{2-}$

$C(H_3O^+) = 2 \cdot c(H_2SO_4) = 2 \cdot 0,005 \text{ mol/dm}^3 = 0,01 \text{ mol/dm}^3 = 10^{-2} \text{ mol/dm}^3$
 $pH = -\log c(H_3O^+) = -\log 10^{-2} = -(-2) = 2$

Výsledok: Kyselina sírová je dvojsýtna kyselina (má dva vodíky, ktoré vie odštiepiť), a preto pri reakcii s vodou vzniká dvojnásobné množstvo oxóniových katiónov H_3O^+ .

pH roztoku kyseliny sírovej je 2, t.j. roztok je veľmi kyslý.

Olympiáda mladých vedcov 2009
Zadanie experimentálnej úlohy

c.) Koncentrácia roztoku NaOH je $c = 0,001 \text{ mol/dm}^3$.
Vypočítajte pH roztoku.

$$\begin{aligned}c(\text{NaOH}) &= c(\text{OH}^-) = 0,001 \text{ mol/dm}^3 \\p(\text{OH}^-) &= -\log c(\text{OH}^-) = -\log 0,001 = -\log 10^{-3} = -(-3) = 3 \\p\text{H} &= 14 - p\text{OH} \Rightarrow \underline{p\text{H} = 14 - 3 = 11}\end{aligned}$$

Výsledok: roztok NaOH má $p\text{H}=11$ a je zásaditý.

Želáme Vám veľa zábavy pri riešení úloh. Svoje riešenie nezabudnite včas (do 12.4.2009) poslať organizátorom súťaže IJSO.

*Kolektív autorov: Renáta Dörnhöferová, Zuzana Kováčiková,
František Kundracik a Martin Plesch*