

biológia ekológia chémia



časopis pre školy
ročník 19
číslo 1
2015

biológia ekológia chémia

časopis pre školy
ročník 19
číslo 1
2015

ISSN 1338-1024

rubriky

DIDAKTIKA PREDMETU

návrhy na spôsob výkladu učiva,
interpretovanie skúseností z vyučovania,
organizovanie exkurzií, praktických
cvičení a pod.

ZAÚJÍMAVOSTI VEDY

odborné vedecké články, najnovšie
vedecké objavy, nové odborné
publikácie a pod.

NOVÉ UČEBNICE

nové učebnice z biológie, ekológie,
chémie

INFORMUJEME A PREDSTAVUJEME

rozličné aktuálne informácie z rôznych
podujatí v oblasti školstva, informácie
z MŠ SR, z vedeckých inštitúcií, študijné
smery, odbory univerzít v SR, vedecké
pracoviská, uplatňovanie absolventov

NAPÍSAĽI STE NÁM

námety, otázky čitateľov

OLYMPIÁDY A MIMOŠKOLSKÉ AKTIVITY

informácie o biologických a chemických
olympiádach, podnety na samostatnú
a záujmovú prácu žiakov mimo
vyučovacieho procesu

RECENZIE

posúdenie nových publikácií z odborov

OSOBNOSTI A VÝROČIA

profil osobností z chemických
a biologických vied, jubileá

NÁZORY A POLEMIKY

diskusie z korešpondencie čitateľov

NÁPADY A POSTREHY

rozličné námety použiteľné vo vyučovaní,
pripomienky k učebniciam, možnosti
používania alternatívnych učebníc,
iných pomôcok, demonštrovanie pokusov
a pod.

PREČÍTALI SME ZA VÁS

upozornenie na zaujímavé články,
knihy, weby

vydavateľ

Trnavská univerzita v Trnave
Pedagogická fakulta
Priemyselná 4
P. O. BOX 9
918 43 Trnava



redakcia

Trnavská univerzita v Trnave
Pedagogická fakulta
Katedra chémie

editor čísla

PaedDr. Mária Orolínová, PhD.

redakčná rada

prof. RNDr. Jozef Halgoš, DrSc.
prof. RNDr. Marta Kollárová, DrSc.
prof. RNDr. Eva Miadoková, DrSc.
prof. RNDr. Pavol Záhradník, DrSc.
prof. RNDr. Pavol Eliáš, CSc.
prof. PhDr. Ľubomír Held, CSc.
prof. RNDr. Miroslav Prokša, CSc.
doc. RNDr. Jarmila Kmeťová, PhD.
doc. RNDr. Zlatica Orsághová, CSc.
doc. Ing. Ján Reguli, CSc.
doc. RNDr. Ľudmila Slováková, CSc.
doc. RNDr. Katarína Ušáková, PhD.
RNDr. Jozef Tatierysky, PhD.
RNDr. Ivan Varga, PhD.
PhDr. Jana Višňovská

Časopis Biológia, ekológia, chémia vychádza štvrtročne a je bezplatne prístupný na stránkach <http://bech.truni.sk/>

ISSN 1338-1024



obsah

DIDAKTIKA PREDMETU

2

Vyučovacie ciele v podmienkach participatívneho vzdelávania vo vyučovaní biológie

Katarína Ušáková

11

Zo života kvasiniek – príklad školského experimentu s podporou digitálnych meracích zariadení

Marek Skoršepa, Eva Stratilová Urváľková,
Petr Šmejkal, Pavel Teplý

ZAÚJÍMAVOSTI VEDY

16

Stav klenby nohy u detí vo veku 7 a 8 rokov z Trnavy a okolia

Katarína Dobrotková

NÁPADY A POSTREHY

19

Môže byť geológia v niečom užitočná pre učiteľov chémie?

Karol Jesenák

23

Funkčné technologické modely historických výrobov a ich didaktické využitie: 1 VÝROBA MYDLA

Mária Linkešová, Helena Kurusová

INFORMUJEME, PREDSTAVUJEME

29

Vyšla zbierka riešených úloh z fyzikálnej chémie

Mária Linkešová

recenzenti

PaedDr. Jana Fančovičová, PhD.
doc. PaedDr. Zuzana Haláková, PhD.
RNDr. Alžbeta Hornáčková, PhD.
PhDr. Helena Hrubíšková, PhD.
RNDr. Csaba Igaz, PhD.

Zo života kvasiniek – príklad školského experimentu s podporou digitálnych meracích zariadení

RNDr. Marek Skoršepa, Ph.D.

Katedra chémie, FPV Univerzity Mateja Bela
Banská Bystrica,
Marek.Skorsepa@umb.sk

RNDr. Eva Stratilová Urváľková, Ph.D.

RNDr. Petr Šmejkal, Ph.D.

RNDr. Pavel Teplý, Ph.D.

Katedra učiteľství a didaktiky chemie,
Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy
Praha

Abstract

Real-time experimenting with school digital equipment is considered one of the promising ways in order to teach and learn science effectively. Better availability of school computer measuring systems for our schools makes this modern approach a real alternative to traditional laboratory work of students. One of the most valued benefits of this technology is real-time graphing that provides student to “see” and even to “feel” the connection between a physical event and its visual representation. This paper deals with the implementation of a biological process with a biochemical background - alcohol fermentation - into the secondary school laboratory. The paper provides an excerpt of student worksheet supplemented by the notes for teachers that were designed by European project acronymed COMBLAB (No. 517587-LLP-1-2011-1-ES-COMENIUS-CMP). The structure of presented activity is inquiry guided and follows the three-step sequence of POE (Predict-Observe-Explain).

Úvod

Nie je novinkou, že experimentovanie pomocou senzorov pripojených k počítaču alebo dataloggeru, je nielen moderným, ale v pedagogickej praxi aj efektívnym spôsobom realizácie laboratórnej práce žiakov. Podľa mnohých štúdií, ktoré sú neustále realizované už od polovice osemdesiatych rokov 20. storočia, je aplikácia digitálnych technológií do školskej laboratórnej práce efektívna pri pochopení podstaty mnohých prírodovedných javov a procesov (Thornton, 1987, Tinker, 1996, Nakhleh, Krajcik 1994, Tortosa, Pintó, Saez 2008, Heck et al. 2009, Deng et al. 2011).

Jeden z najmarkantnejších rozdielov oproti tradičnému laboratóriu (bez digitálnych meracích zariadení) si môžeme všimnúť v úrovni prepojenia jednotlivých častí experimentálnej činnosti. Kým v tradičnom laboratóriu sú zber empirických dát a ich analýza a prezentácia rozdelená najmenej do dvoch oddelených fáz (realizovaných často nielen v rozdielnom čase, ale aj na rozdielnych miestach), v laboratóriu s podporou digitálnych meracích zariadení je možné robiť všetky tieto činnosti naraz. Pre žiaka sa tak vytvára oveľa väčší priestor na sústredenie jeho pozornosti a koncentrácie na podstatu sledovaného javu alebo procesu a na logické vzťahy medzi jeho komponentami.

Je však zrejmé, že samotná technológia nemôže zabezpečiť dostatočnú efektívnosť vyučovacieho procesu (Bernhard, 2003). Dokonca sa ukázalo, že ak je vo vyučovaní použitá nesprávnym spôsobom, môže byť kontraproduktívna. Výskum realizovaný v rámci diplomovej práce (Akar, 2002) napríklad odhalil, že pre niektorých žiakov môžu experimenty so školskými meracími systémami predstavovať príliš veľké množstvo informácií a podnetov, ktoré žiaci nie sú schopní naraz prijať. Preto je dôležitý aj spôsob, akým sa tento prístup realizuje vo vyučovaní prírodovedných predmetov a tiež vo vedení laboratórnych cvičení s inštrumentálnou technikou. Efektívnosť možno okrem iného dosiahnuť aj použitím kvalitných podporných materiálov pre študentov (napr. vo forme pracovných listov) ale aj metodických materiálov pre učiteľov, ktoré sú s touto technológiou takpovediac didakticky kompatibilné. Spomínanú výhodu merania so senzormi, teda pozornosť zameranú na podstatu sledovaného javu, je možné podporiť edukačnými materiálmi využívajúcimi výskumne ladenú koncepciu vyučovania (IBSE – Inquiry-based Science Education). Tento aktivizujúci prístup založený na problémovom vyučovaní umožňuje žiakom získať znalosti pomocou riešenia problémov a kladením učiteľových otázok (Papáček, 2010). Základom tohto spôsobu vyučovania je teda experiment a jeho interpretácia samotným žiakom, a zároveň učiteľom riadené využívanie vedeckých postupov a metód, avšak bez toho, aby učiteľ prezentoval učivo v „hotovej“ podobe. To, že inštrumentálne meranie (Computer-based Laboratory, resp. Microcomputer-based Laboratory, MBL) môže byť veľmi efektívne, ak je realizované spôsobom IBSE, potvrdili aj mnohí autori svojimi výskumami (Chatterjee et al. 2009, Espinoza, Quarless 2010, Pintó, Couso, Hernández 2010). Český a slovenský autorský tím v posledných rokoch v rámci projektu COMBLAB vytvára pracovné listy pre žiakov založené práve na tejto koncepcii (Skoršepa, Šmejkal 2012, Šmejkal et al. 2013, Skoršepa et al. 2013, Skoršepa et al. 2014, Skoršepa, Tortosa 2014), v ktorých sa tiež odráža sekvencia POE (Predict – Observe – Explain) (White, Gunstone, 1992).

V článku prinášame ukážku využitia digitálneho meračieho zariadenia pri realizácii experimentu sledujúceho proces alkoholového kvasenia (*Skoršepa, Melichová 2008*). Digitálne technológie v tomto prípade poskytujú nenahraditeľnú výhodu v možnosti okamžitého sledovania zmien v reakčnom prostredí a ich prezentácie vo forme reálne vykresľovaného grafu na obrazovke počítača alebo displeji dataloggeru. Žiakovi to umožňuje v reálnom čase takmer „cítiť“ to, čo sa v reakčnej nádobe deje.

Realizáciu celej laboratórnej úlohy, ktorú sme nazvali *Zo života kvasiniek*, je možné rozdeliť do niekoľkých fáz. Súčasťou aktivity je príbeh, z ktorého vyplynie výskumná otázka. Príbeh má zároveň motivačný charakter, ktorého cieľom je upútať žiakovu pozornosť problémom z bežného života a vtiahnuť ho tak do procesu zisťovania žiadanej odpovede. Nasleduje niekoľko „zahrievacích“ (*warming up part*) otázok, ktoré sa vzťahujú k danej aktivite. Pred samotnou experimentálnou časťou je potrebné navrhnuť experiment a vysloviť hypotézy o jeho možnom priebehu. Až potom žiaci experiment realizujú s využitím senzorov. Získané dáta je následne potrebné spracovať a interpretovať a interpretované výsledky jasne sformulovať do záveru. Záver aktivity je spojený s časťou, kde žiaci komunikujú svoje výsledky napríklad formou e-mailu, v našom prípade majiteľovi továrne na výrobu alkoholu. Cieľom tejto časti je okrem iného aj rozvoj žiakovej schopnosti komunikácie a formulovania odborných výsledkov zrozumiteľným spôsobom v širšom kontexte aj neodbornej verejnosti.

Realizácia experimentu

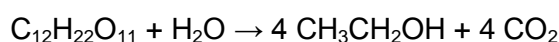
Príbeh a otázka

Pán Walker kúpil továreň, v ktorej plánuje vyrábať etanol fermentačným spôsobom. Továreň má k dispozícii niekoľko miestností. Keďže pán Walker nechce zbytočne minúť veľa peňazí na ich rekonštrukciu, potrebuje zistiť, ktorá z týchto miestností je na fermentáciu najvhodnejšia. V miestnosti č. 1, v pivničných priestoroch pod úrovňou terénu, je dlhodobo nízka teplota (0 – 5 °C); v miestnosti č. 2, na prvom poschodí, je teplota 15 – 20 °C; na tom istom poschodí je nad plynovou kotolňou miestnosť č. 3, ktorá je od kotla vyhriata až na teplotu 35 – 40 °C. V areáli továrne bola tiež pre zamestnancov nedávno vybudovaná veľká sauna (miestnosť č. 4), v ktorej je pri prevádzke teplota 70 – 75 °C. Pán Walker tiež uvažuje, či by sa výroba etanolu nemohla umiestniť prípadne do tohto priestoru.

Poradte pánovi Walkerovi, v ktorej miestnosti bude výroba etanolu fermentáciou prebiehať najefektívnejšie.

Pred realizáciou laboratórnej úlohy

Pred realizáciou experimentálnej fázy úlohy by žiaci mali poznať chemický princíp etanolového kvasenia. Etanol dokážu produkovať kvasinky z rodu *Saccharomyces*, nachádzajúce sa napr. v kvasniciach (droždí). Potrebujú však na to základnú „surovinu“ – sacharidy (napr. sacharózu), ktoré skvasujú na etanol a CO₂:



Podobne ako všetky ostatné organizmy, aj kvasinky potrebujú na svoj život a produkciu etanolu optimálne podmienky. Jednou z nich je aj teplota prostredia.

Je vhodné na úvod iniciovať žiakov zadaním jednoduchej úlohy, napríklad:

1. Vypočítajte, koľko gramov etanolu vznikne fermentáciou 10 g sacharózy.

POZNÁMKA pre učiteľa:

Fermentáciou 10 g sacharózy vznikne 5,4 g etanolu.

Keďže potrebujeme v laboratóriu modelovať proces fermentácie pri rôznych teplotách, vhodnými otázkami navedieme žiakov k tomu, aby sami rozhodli o spôsobe jeho realizácie. Môžeme použiť kombinácie nasledujúcich otázok, ktoré sú súčasťou pracovného listu:

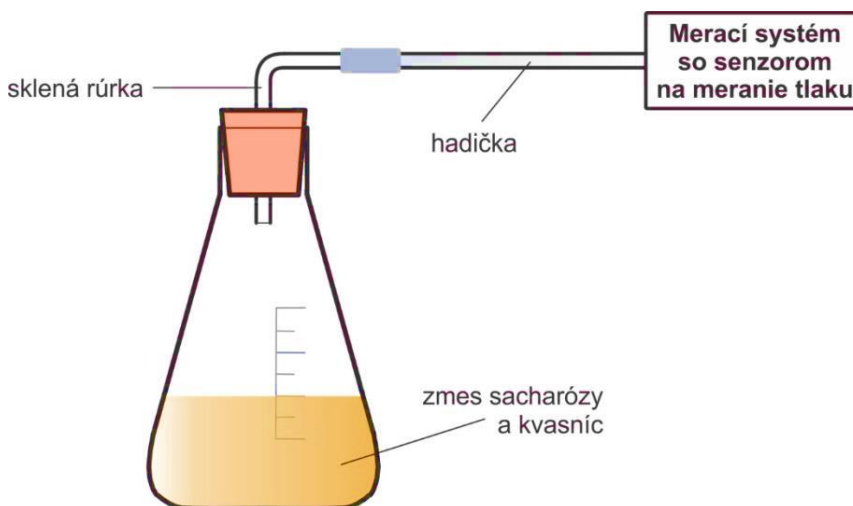
1. Akým spôsobom by sme mohli sledovať, že alkoholové kvasenie naozaj prebieha?

POZNÁMKA pre učiteľa:

Sledovaním zmien tlaku vznikajúceho CO₂, alebo sledovaním zmien koncentrácie vznikajúceho CO₂, sledovaním zmien koncentrácie vznikajúceho etanolu.

- Zamyslite sa, ktorá premenná bude v našom experimente ovplyvňovať efektivitu produkcie etanolu.
POZNÁMKA pre učiteľa:
Teplota.
- Na sledovanie priebehu reakcie máte k dispozícii senzor na meranie tlaku (manometer), senzor na meranie obsahu CO₂ a senzor na meranie teploty. Porozmýšajte, ako by ste mohli jednotlivé senzory využiť.
POZNÁMKA pre učiteľa:
Na sledovanie procesu fermentácie možno okrem senzora na meranie tlaku použiť napr. aj senzor na meranie obsahu CO₂ alebo senzor na meranie obsahu etanolu.
- Navrhňte, ako by ste uskutočnili experiment umožňujúci rozhodnúť, ktorá z miestností je pre fermentáciu najvhodnejšia. Experiment navrhňte tak, aby každé meranie trvalo 10 – 15 min.
POZNÁMKA pre učiteľa:
Aby sme mohli porovnávať vplyvy teploty na intenzitu fermentácie, množstvo kvasníc aj sacharózy musí byť pri každom meraní rovnaké. Odporúčame použiť 5 g kvasníc a 50 cm³ roztoku sacharózy (w = 15 %) v Erlenmayerovej banke objemu 100 cm³.

Obr. 1 Schéma zapojenia aparatury a meracieho systému (so senzorom na meranie tlaku)



- Akým spôsobom napodobníte teplotné podmienky v jednotlivých továrenských miestnostiach?
POZNÁMKA pre učiteľa:
Na dosiahnutie a udržanie potrebnej teploty použite vodné kúpele, podľa potreby vyteperované na príslušnú teplotu, resp. chladené ľadom.
- Odhadnite a nakreslite, ako bude vyzerat' graf závislosti tlaku CO₂ od času, resp. graf závislosti obsahu CO₂ od času?
METODICKÁ POZNÁMKA:
Učiteľ poskytne žiakovi graf s vyznačenými osami (na x-ovej osi je zobrazený čas a na y-ovej osi je zobrazený tlak CO₂, resp. koncentrácia CO₂), bez zakreslených kriviek.

Modelovanie procesu fermentácie v laboratóriu

Podľa predchádzajúcich návrhov uskutočnite jednotlivé experimenty a zaznamenajte si získané dáta.

Vyhodnoťte získané výsledky a urobte záver o efektívite procesu fermentácie prebiehajúcej pri rozdielnej teplote. Pokúste sa zo-
všeobecniť vaše výsledky a zodpovedať nasledujúce otázky:

- Ktorá z miestností je na fermentáciu najvhodnejšia?
- Na základe čoho ste usúdili, ktorá z miestností je na produkciu etanolu fermentáciou najvhodnejšia?
POZNÁMKA pre učiteľa:
Žiaci môžu sledovať strmlosť krivky nárastu tlaku, resp. koncentrácie CO₂ alebo množstvo uvoľneného CO₂ v určitom čase.
- Akú úlohu majú v celom procese kvasinky?

4. Ako vysvetlíte počiatočný nárast tlaku pri meraní pri teplote 70 °C (miestnosť č. 4)?

POZNÁMKA pre učiteľa:

Počiatočný nárast tlaku nie je spôsobený produkciou CO₂ kvasinkami, ale zväčšením objemu vzduchu v uzavretej banke pri jej zahriatí na teplotu 70 °C.

5. Ako vysvetlíte počiatočný pokles tlaku pri meraní pri teplote 5 °C (miestnosť č. 1)?

POZNÁMKA pre učiteľa:

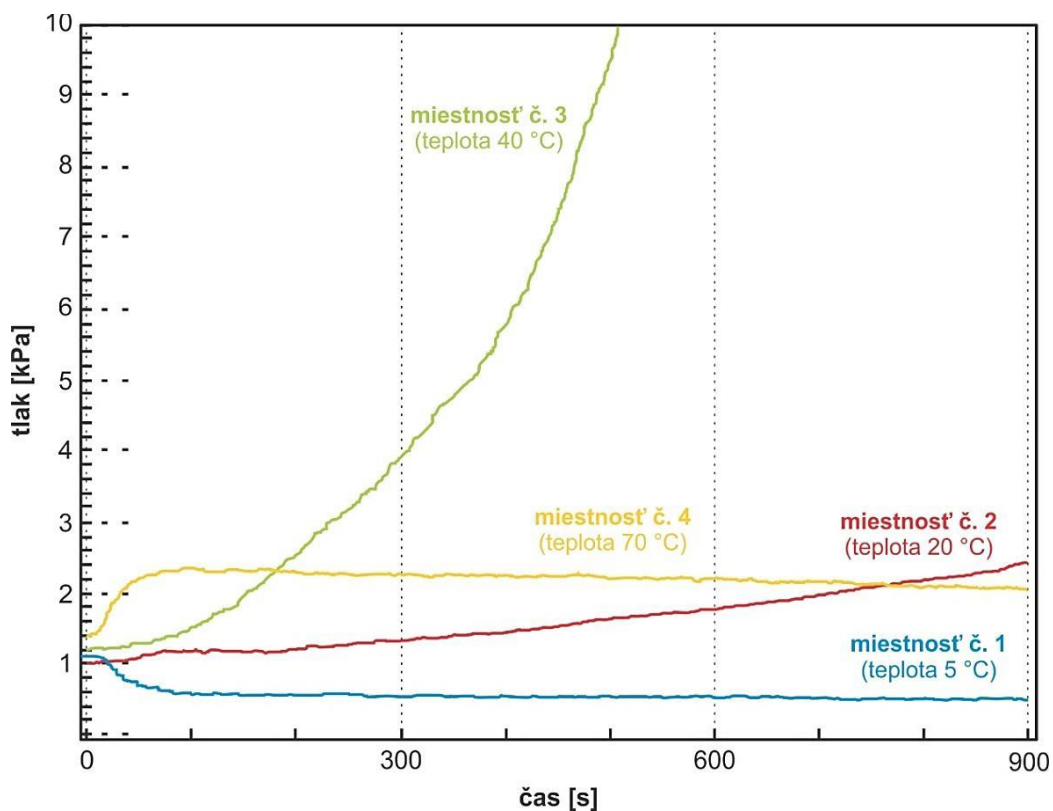
Počiatočný pokles tlaku, podobne ako v predchádzajúcej otázke, nesúvisí s tlakom CO₂ produkovaným kvasinkami, ale so zmenšením objemu vzduchu v uzavretej banke pri jej ochladení na teplotu 5 °C.

6. Aký je rozdiel medzi kvasinkami a kvasnicami?

POZNÁMKA pre učiteľa:

Kvasinky sú mikroorganizmy, kým kvasnice (droždie) sú potravinárskym prípravkom, obsahujúcim „potravinárske“ kvasinky.

Obr. 2 Príklad grafov získaných sledovaním procesu fermentácie pri rozličných teplotách



Napište majiteľovi továrne e-mail, v ktorom mu odporučíte miestnosť, ktorá je na výrobu etanolu najvýhodnejšia a stručne zdôvodnite, prečo je táto miestnosť vhodná a ostatné miestnosti menej vhodné alebo úplne nevhodné.

Záver

Sledovanie procesu fermentácie je jedným z príkladov kontinuálnych meraní, ktoré by nebolo možné realizovať klasickým spôsobom (bez pripojenia digitálnej meracej techniky). Ak žiaci pracujú s tlakovým senzorom prvýkrát, je vhodné, aby im učiteľ ukázal zapojenie meracieho zariadenia. Žiaci tak ľahšie navrhnu realizáciu experimentu. Samotné meranie zvyčajne pre žiakov nie

je náročné. Na získanie relevantných výsledkov je však dôležité, aby učiteľ so žiakmi pred praktickou realizáciou najprv prediskutoval ich návrh, a tiež zistil, či rozumejú vyskytujúcim sa premenným (závislé, nezávislé) a konštantám v priebehu merania. Dôležitá je aj úloha učiteľa v prípadnej motivácii žiakov k práci. Pokiaľ žiaci nevedia ako začať, musí byť učiteľ okamžite schopný vhodnými otázkami správne nasmerovať ich činnosť a vzbudiť ich záujem.

Laboratorne úlohy využívajúce princípy IBSE v kombinácii s digitálnymi meracími prístrojmi kladú nároky na obe strany zúčastňujúce sa procesu vyučovania. Žiaci pracujú pomerne autonómne a aktívne, pričom si rozvíjajú rozličné kompetencie – učia sa pracovať v tíme, organizujú vlastnú prácu, pracujú tvorivo, rozvíjajú svoje komunikačné schopnosti. Pre učiteľa znamená zapojenie IBSE vnesenie väčšej neistoty do priebehu laboratornej práce, pretože žiaci nemajú presne daný postup riešenia úlohy a učiteľ musí byť pripravený reagovať na rôzne návrhy, pričom musí dokázať okamžite vyhodnotiť správnosť navrhnutého postupu a v prípade potreby ich efektívne navádzať na lepšie riešenie. Vzrastajú teda nároky na prípravu učiteľa. Prístup IBSE a úlohy, ktoré ho využívajú, zodpovedá svojim viac alebo menej otvoreným poňatím pre žiakov aj učiteľa takým konceptom, ktoré korešpondujú s mnohými cieľmi a zámermi súčasného európskeho vzdelávania, celoživotné vzdelávanie nevynechávajú.

Príspevok vznikol s podporou projektu 517587-LLP-1-2011-1-ES-COMENIUS-CMP (COMBLAB).

Literatúra

- ATAR, H. Y 2002. Chemistry Students' Challenges in Using MBL's in Science Laboratories. Proceedings of the Annual International Conference of the Association for the Education of Teachers in Science. Charlotte, NC.
- ESPIÑOZA, F., QUARLESS, D. 2010. An Inquiry Based Contextual Approach as the Primary Mode of Learning Science with Microcomputer-Based Laboratory. *Journal of Educational Technology Systems*, vol. 38, no. 4, pp. 407-426.
- DENG F. et al. 2011. Constructivist-oriented Data-logging Activities in Chinese Chemistry Classroom: Enhancing Students' Conceptual Understanding and Their Metacognition, *The Asian-Pacific Education Researcher*, vol. 20, no. 2, pp. 207-221.
- HECK, A., et al. 2009. Acid-Base Titration Curves in an Integrated Computer Learning Environment. *Chemical Educator*, vol. 14, no. 4, pp. 164-174.
- NAKHLEH, M.B., KRAJCIK, J.S. 1994. The influence of level of information as presented by different technologies on students' understanding of acid, base, and pH concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 31, no. 10, pp. 1077-1096.
- TORTOSA, M., PINTÓ, R., SAEZ, M. 2008. The use of sensors in chemistry lessons to promote significant learning in secondary school students. Current Trends in Chemical Curricula. In: *Proceedings of the International Conference, Prague*. pp. 135-139.
- BERNHARD, J. 2003. Physics Learning and Microcomputer Based Laboratory (MBL) Learning - Effects of Using MBL as a Technological and as a Cognitive Tool. In PSILLOS, et al. eds. *Science Education Research in the Knowledge-Based Society*. Springer Netherlands, p. 323-331. ISBN 978-90-481-6337-3.
- CHATTERJEE, S. et al. 2009. Surveying Students' Attitudes and Perceptions toward Guided-Inquiry and Open-Inquiry Laboratories. *Journal of Chemical Education*. vol. 86, no. 12, pp. 1427-1432.
- PAPÁČEK, M. 2010. Badateľsky orientované prírodovedné vyučování – cesta pro biologické vzdělávání generací Y, Z a alfa? *Scientia in education* vol 1, no. 1, pp. 33-49.
- PINTÓ, R., COUSO, D., HERNÁNDEZ, M. I. 2010. An inquiry-oriented approach for making the best use of ICT in the classroom. *eLearning Papers*, pp. 1-14. ISSN 1887-1542.
- SKORŠEPA, M., MELICHOVÁ, Z. 2008. Computer supported experiments with manometer. In: *Monograph of international conference „Research in didactics of the Science“*. Krakow : Uniwersytet Pedagogiczny, pp. 327-330.
- SKORŠEPA, M., STRATILOVÁ URVÁLKOVÁ, E., ŠMEJKAL, P., TORTOSA MORENO, M., URBAN-WOLDRON, H. 2014. Activities with sensors in laboratory of biology: Students' motivation and understanding the results. In: Nodzyska, M., Ciesla, P., Kania, A. (Eds.), *Experiments in teaching and learning natural sciences*. Krakow : Pedagogical University of Krakow, pp. 25-33. ISBN 978-83-7271-878-5.
- SKORŠEPA, M., ŠMEJKAL, P. 2012. Rozvoj kompetencií študentov a učiteľov prostredníctvom reálnych počítačom podporovaných experimentov vo vyučovaní prírodných vied. In: *Zborník z medzinárodnej konferencie „Aktuálne trendy vo vyučovaní prírodných vied, Smolenice 2012“*. Trnava : Pedagogická fakulta Trnavskej univerzity, pp. 256-262.
- SKORŠEPA, M., TORTOSA, M. 2014: What do pre-service and in-service teachers think of education in computer based lab? In: *Science and technology education for the 21st century. Proceedings of the 9th IOSTE Symposium for Central and Eastern Europe*. Hradec Králové : Gaudeamus, pp. 183-195. ISBN 978-80-7435-416-8.
- SKORŠEPA, M., TORTOSA MORENO, M., URBAN-WOLDRON, H. STRATILOVÁ URVÁLKOVÁ, E. 2013. Implementácia aktivít do vyučovania v počítačom podporovanom laboratóriu na stredných školách. In: *Zborník z medzinárodnej konferencie „Súčasnosť a perspektívy didaktiky chémie III, Donovaly 2013“*. Banská Bystrica : Fakulta prírodných vied UMB, pp. 78-83.
- ŠMEJKAL, P., STRATILOVÁ URVÁLKOVÁ, E., TEPLÝ, P., SKORŠEPA, M., TORTOSA MORENO, M. 2013. Koncepte úlohy pro školní měřicí systém s využitím prvků badatelsky orientovaného vyučování. In: *Zborník z medzinárodnej konferencie „Súčasnosť a perspektívy didaktiky chémie III, Donovaly 2013“*. Banská Bystrica : Fakulta prírodných vied UMB, pp. 90-96.
- THORNTON, R. K. 1987. Tools for scientific thinking-microcomputer-based laboratories for physics teaching. *Physics Education*, vo. 22, no. 4, 230-238.
- TINKER, R. F.: *Microcomputer-Based Labs: Educational Research and Standards*. Springer : Berlin. 398 p. ISBN 978-3642647406.
- WHITE, R. T., GUNSTONE, R. F. 1992. *Probing Understanding*. Great Britain : Falmer Press.