

## VÝUKA CHEMIE

### AKO NAPLŇAŤ POŽIADAVKY PRE VÝUČBU CHÉMIE V 21. STOROČÍ

MÁRIA GANAJOVÁ a IVANA SOTÁKOVÁ

Oddelenie didaktiky chémie, Prírodovedecká fakulta, Univerzita P. J. Šafárika v Košiciach, Moyzesova 11, 040 01 Košice

maria.ganajova@upjs.sk

Došlo 6.12.16, prepracované 17.5.17, prijaté 3.6.17.

Kľúčové slová: vzdelávanie v 21. storočí, témy pre chémiu 21. storočia, rozvoj zručností, bádateľsky orientovaná výučba, projektové vyučovanie

#### Obsah

1. Úvod
2. Obsah výučby chémie 21. storočia
3. Koncepcie výučby zamerané na aktívne bádanie
  - 3.1. Bádateľsky orientovaná výučba chémie
  - 3.2. Projektové vyučovanie vo výučbe chémie
4. Záver

#### 1. Úvod

Počas posledných desaťročí sa naša spoločnosť zmenila z priemyselnej spoločnosti na informačnú a vedomostnú spoločnosť<sup>1</sup>. Začiatkom osemdesiatych rokov minulého storočia začal na trhu práce klesať podiel manuálnych činností, pretože výrobné nízkokvalifikované činnosti

v sektore priemyslu, poľnohospodárstva a služieb boli zautomatizované, poklesla potreba rutinných kognitívnych a remeselných zručností (vykonávanie úloh a riešenie rutinných problémov za použitia jednoduchých pravidiel a nástrojov), kým na druhej strane narástol dopyt po spôsobilostiach spracovávať informácie<sup>2</sup>. Všetko sa digitalizuje a automatizuje, preto požiadavky zamestnávateľov už nesmerujú k rutinným, ale k nerutinným zručnostiam.

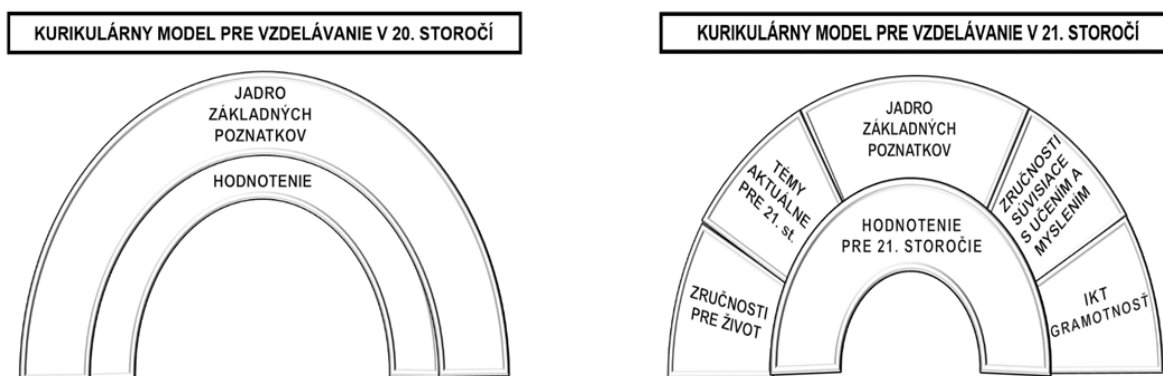
Otázkou je, ako v školách vzdelávať a hodnotiť, aby boli ich absolventi úspešní v meniacom sa svete práce?

Zatiaľ čo rámec vzdelávania v 20. storočí tvorilo iba jadro základných poznatkov a ich hodnotenie, rámec vzdelávania v 21. storočí tvorí jadro základných poznatkov, témy 21. storočia, zručnosti pre učenie sa, ako sú kritické myslenie, riešenie problémov, komunikácia, spolupráca, zručnosti pre život, ako sú zodpovednosť, samostatnosť, flexibilita a zručnosti súvisiace s využívaním informačno-komunikačných technológií. Cez všetky tieto oblasti sa prelína hodnotenie, ktoré má merať porozumenie jadra základných poznatkov a obsahu tém 21. storočia, počítačovú a digitálnu gramotnosť, rozvoj zručností pre učenie sa a pre život. Pri hodnotení je potrebné využívať moderné technológie za účelom zvyšovania efektívnosti a znižovania časovej náročnosti<sup>3,4</sup> (obr. 1).

#### 2. Obsah výučby chémie 21. storočia

Jadro základných poznatkov v obsahu učiva chémie základných škôl tvoria poznatky o vlastnostiach látok, zákonitostiach ich správania a vzájomného pôsobenia, poznatky o látkach dôležitých pre život a poznatky o použití rôznych látok v priemysle, poľnohospodárstve a v živote z hľadiska významu pre človeka, vplyvu na životné prostredie a ľudské zdravie<sup>5</sup>.

Na stredných školách tvoria jadro základných poznatkov v obsahu učiva chémie poznatky o zložení, štruktúre,



Obr. 1. Porovnanie rámcov vzdelávania pre 20. a 21. storočie (upravené podľa cit.<sup>3</sup>)

vlastnostiach a použití anorganických a organických látok, o chemických reakciách týchto látok, ich podstate, ovplyvňovaní a využití a poznatky, ktoré umožňujú študentom chápať význam chemickej vedy a chemického priemyslu pre spoločnosť a prírodu<sup>6</sup>.

Obsahom vzdelávania 21. storočia musia byť aj interdisciplinárne témy, ktoré súvisia s rozvojom občianskej, zdravotnej, finančnej, vedeckej, ekologickej gramotnosti a globálnym povedomím<sup>4</sup>. Aktuálne témy pre chémiu 21. storočia, ktoré sa vzťahujú na riešenie najkritickejších problémov, ktorým čelí ľudstvo, sú zhrnuté na obr. 2. Ich cieľom je učiť chémiu cez reálne príklady života, učenie stavať na prirodzenom záujme žiakov o dianie okolo nás a výučbu realizovať aj za stenami triedy.

Zo schémy je zrejmé, že chemické vzdelávanie je dôležitou súčasťou vzdelávania, zameraného na ochranu životného prostredia a ku trvalo udržateľnému rozvoju.

Trvalo udržateľný rozvoj je proces, v ktorom dochádza k súladu ekonomického a sociálneho rozvoja so zachovaním životného prostredia. Jeho cieľom je naplňovať potreby súčasnej generácie bez toho, aby bolo ohrozené uspokojenie potrieb budúcich generácií<sup>8</sup>.

Súčasťou tohto procesu sú aj „udržateľná chémia“ a „zelená chémia“.

Podľa Organizácie pre hospodársku spoluprácu a rozvoj (OECD) sa udržateľná chémia „*usiluje o zlepšenie účinnosti, s akou sú prírodné zdroje používané na naplňovanie ľudských potrieb pre chemické produkty a služby a zahŕňa návrh, výrobu a efektívne, účinné, bezpečné a ekologicky šetrné využívanie chemických výrobkov a procesov*“<sup>9</sup>.

Z európskej iniciatívy vznikla v roku 2004 Európska technologická platforma pre udržateľnú chémiu (The European Technology Platform for Sustainable Chemistry – SusChem, pozri <http://www.suschem.org/>). Jej úlohou je podporovať aktivity a iniciatívy organizácií pôsobiacich v prospech rozvoja chémie a chemického priemyslu a s tým spojených vedeckých, výskumných, technologických a inovačných aktivít. Zameriava sa na tri oblasti, a to priemyselné biotechnológie, materiálové technológie



Obr. 2. Aktuálne témy pre chemické vzdelávanie v 21. storočí (upravené podľa cit.<sup>7</sup>)

a reaktívny a procesný design. Na tieto oblasti sa akcentuje aj vo výučbe chemickej zameraných vysokých škôl<sup>10</sup>.

Je evidentné, že rýchly nástup a rozvoj „zelenej chémie“ v poslednom desaťročí výrazne zvýšil pozitívny (spoločenský) obraz chémie. Avšak aj keď sa môže zdať, že pojmy „zelená chémia“ a „udržateľná chémia“ sú synonymá, medzi týmito pojmami je rozdiel v tom, že udržateľná chémia zahŕňa chemické výroby s dôrazom na energeticky účinnejšie, menej znečisťujúce chemické výrobné procesy, kým zelená chémia je viac zameraná na chemické procesy pri výrobe produktov, ktoré sú ekologicky nezávadné, ale nie sú nevyhnutne zaujímavé alebo významné pre priemysel.

Hlavné princípy zelenej chémie ponúkajú významné výzvy pre chemické vzdelávanie, preto sa myslenie žiakov základných škôl a študentov stredných a vysokých škôl a výskumných pracovníkov musí zmeniť a učenie zamerať z hľadiska udržateľnosti životného prostredia na riešenie problémov, ako sú „atómové hospodárstvo/atómová účinnosť“, „znižovanie produkcie odpadu“, „toxická verzus neškodnosť“, „energetická účinnosť“, „obnoviteľné suroviny“, „kontrola kvality“ a „manažment bezpečnosti“<sup>7</sup>.

Základný výskum v oblasti udržateľnej chémie, zelenej chémie a životného prostredia zohrávajú hlavnú úlohu v snahe o udržateľnosť. Chemické vzdelávanie má byť preto multidisciplinárne a má zahŕňať nielen nové chemické pojmy, ale tiež súvislosti medzi týmito pojmami a udržateľnosťou životného prostredia<sup>11</sup>.

Vzhľadom k stratégiám a cieľom učenia Mahaffy<sup>12</sup> navrhol, že tradičné tri úrovne učenia chémie – „makroskopická“, „symbolická“ a „molekulárna“ – je potrebné rozšíriť o štvrtú dimenziu „ľudský faktor“. Je potrebná nová vízia pre obsah chemického vzdelávania, ktorá zahŕňa mnoho nových dimenzií, ako zobrazuje obr. 3, ak má riešiť výzvy vychádzajúce z udržateľnosti životného prostredia.

Diskusia o „obnoviteľných zdrojoch energie“ musí predbiehať diskusiu o súčasných primárnych zdrojoch energie, ako sú fosílna palivá, s cieľom riešiť klimatické zmeny, argumentovať, že fosílna palivá, majú byť nahradené postupne pomocou čistých, zelených, obnoviteľných zdrojov energie, ako je slnečná energia apod. Avšak, aj o dilemách tejto výzvy sa musí takisto diskutovať, pretože v súčasnosti je nepravdepodobné, aby sa kombináciou všetkých obnoviteľných zdrojov energie naplnila globálna energetická náročnosť hospodárstva počas nasledujúcich dvoch desaťročí.

Udržateľná chémia zahŕňa tiež využívanie generácie nových inteligentných materiálov – nanotechnológie a ich predpokladané väzby na globálne požiadavky čistej energie, rýchly pokrok v produkcii fotovoltaických zariadení a uhlíkových nanotrubic pre solárne články.

Záverom možno povedať, že „udržateľnosť“ a „udržateľný rozvoj“ sú komplexné, multidimenzionálne koncepty, preto aj udržateľná chémia má multidimenzionálny charakter, ktorý zahŕňa odbory, ktoré zvyčajne nie sú s ňou zladené ako je ekonomika, účtovníctvo, humanitné vedy, sociológia, kultúrne štúdiá, zdravotné vedy, po-



Obr. 3. Vzdelávanie k udržateľnej chémii (upravené podľa cit.<sup>11</sup>)

travínarske vedy a poľnohospodárske vedy. Z tohto dôvodu úspešné prepojenie chemického vzdelávania s udržateľnosťou zahŕňa rozvoj partnerstiev s týmito disciplínami, ktoré spolu tvoria jednotnú vzdelávaciu platformu pre posun smerom k udržateľnosti životného prostredia<sup>11</sup>.

### 3. Konceptie výučby zamerané na aktívne bádanie

Už na konci 20. storočia sa mnoho vyspelých európskych a mimoeurópskych krajín zamýšľalo nad otázkou potreby zmeniť vzdelávacie systémy, pretože tradičná škola nepripravovala žiakov v dostatočnej miere pre život v modernej spoločnosti.

Lisabonský summit krajín EÚ v roku 2000 vytýčil jasnú stratégiu „urobiť z EÚ do roku 2010 najkonkurencieschopnejšiu a najdynamickejšiu poznatkovo orientovanú ekonomiku sveta, schopnú trvalo udržateľného rastu s väčším množstvom pracovných miest a väčšou sociálnou kohéziou“<sup>13</sup>. Tento ambiciózný cieľ sa prejavil aj zvýšeným záujmom o výskum a vzdelávanie. Európska komisia v správe Europe needs more scientists<sup>14</sup> (2004) jasne deklaruje potrebu kvalitného prírodovedného vzdelávania a následne v roku 2007 vydáva dokument Science education Now!: A renewed Pedagogy for the Future of Europe, kde vyjadruje jednoznačný názor že „zmeny v prírodovednom vzdelávaní je možné dosiahnuť implementáciou metód aktívneho prírodovedného bádania“ (cit.<sup>15</sup>). Ide o prístup, kedy žiak postupuje v učení krokmi ako vedec vo svojej práci. Pochopenie spôsobu uvažovania vedcov môže výrazne ovplyvniť žiacke chápa-

nie kľúčových súvislostí obsahu učiva a spôsobu, ako sa k poznatkom dopracovať.

Tieto a ďalšie dôvody viedli k reforme školského vzdelávania na Slovensku i v Českej republike<sup>16,17</sup> a postupne sa začali pretvárať ciele vzdelávania – od vzdelávania, ktoré bolo založené viac na encyklopedickosti či jednoduchom memorovaní poznatkov ku vzdelávaniu pre život a prácu, t. j. „education for life and work“<sup>18</sup>.

Ako sa zdôrazňuje v správe OECD z roku 2015: „Hospodársky rast a sociálny rozvoj krajín závisia od zručností populácie, preto je cieľom vzdelávania po roku 2015, aby mladí ľudia získali nielen prístup ku vzdelávaniu, ale aj spôsobilosti pre prácu a ďalšie vzdelávanie“ (cit.<sup>19</sup>).

Otázkou je, akým spôsobom, teda ktorými výučbovými koncepciami možno dosiahnuť naplnenie rámca požiadaviek pre chemické vzdelávanie z hľadiska rozvoja zručností 21. storočia? Ako príklad uvádzame koncepcie zamerané na aktívne bádanie a to bádateľsky orientovanú výučbu a projektové vyučovanie<sup>20,21</sup>.

#### 3.1. Bádateľsky orientovaná výučba chémie

V krajinách Európskej únie bola implementácia vedeckého bádania do prírodovedného vzdelávania podporená projektami v rámci 7. rámcového programu ako POLLEN (2006–09), MIND THE GAP (Mind the gap: learning, teaching, research and policy in inquiry-based science education, 2008–11), ESTABLISH (European Science and Technology in Action: Building Links with Industry, Schools and Home, 2010–13), S-TEAM (Science Teacher Education Advanced Methods, 2010–13), FIBONACCI (2010–13), INQUIRE (INQUIRE-inquiry-based teacher training for a sustainable future, 2010–13), PATHWAY (The Pathway to Inquiry Based Science Teaching, 2011–14), PRI-SCI-NET (Networking Primary Science Educators as a means to provide training and Professional development in Inquiry Based Teaching, 2011–14), TEMI (Teaching Enquiry with Mysteries Incorporated, 2013–16), MASCIL (Mathematics and science for life, 2013–16), PARRISE (Promoting Attainment of Responsible Research and Innovation in Science Education, 2014–17). Niektoré projekty boli zamerané na hodnotenie bádateľsky orientovanej výučby, napr. SAILS (Strategies for Assessment of Inquiry Learning in Science, 2012–15), Assist-me (Assess Inquiry in Science, Technology and Mathematics Education, 2013–16), FaSMEd (Improving Progress for Lower Achievers through Formative Assessment in Science and Mathematics Education, 2014–16)<sup>22</sup>.

Na projektoch ESTABLISH<sup>23</sup> a SAILS<sup>24</sup> participovala aj Prírodovedecká fakulta UPJŠ v Košiciach. V rámci týchto projektov boli navrhnuté bádateľské aktivity pre fyziku, chémiu a biológiu, ktoré sa implementovali do výučby na základných školách a gymnáziách v krajinách zapojených do projektov a na základe pedagogického výskumu sa overovala efektívnosť bádateľsky orientovanej výučby vzhľadom na požiadavky rámca pre vzdelávanie 21. storočia.

Základom bádateľsky orientovanej výučby (BOV) je bádanie. Bádanie je „*cieľavedomý proces spojený s rozpoznaním problému, návrhom vhodných experimentov a posúdením alternatívnych možností, plánovaním postupu skúmania, tvorbou a overovaním hypotéz, vyhľadávaním informácií, vytváraním modelov študovaných dejov, diskusiou s ostatnými a formulovaním logických argumentov*“<sup>25</sup>.

Bádateľská metóda stavia žiaka do role vedca. Žiaci pozorujú, merajú, experimentujú, navrhujú postupy na dokázanie alebo vyvrátenie svojich hypotéz, analyzujú získané dáta, robia závery z pozorovania, vytvárajú rôzne modely skúmaných objektov či procesov.

Požiadavka bádania je zakotvená aj v učebnom predmete chémia v Štátnych vzdelávacích programoch (Slovenská republika), či Rámcových vzdelávacích programoch (Česká republika). Problémom však je, že učitelia chémie (i ostatných prírodovedných predmetov) na tieto požiadavky nie sú pripravení – nerozumejú, akú úlohu majú mať v takomto vzdelávaní, chýbajú im vzdelávacie i výučbové materiály.

Ako postupovať pri realizácii bádateľsky orientovaných vyučovacích hodín? Ako postupuje učiteľ, ak chce učiť bádateľským spôsobom? Treba povedať, že neexistuje jediný model, ako má prebiehať vyučovanie bádáním. Podľa mnohých autorov základom modelov vyučovania bádáním je konštruktivistický prístup<sup>26</sup>. Jeden z populárnych modelov s dôrazom na konštruktivistické princípy a na hodnotenie prvotných poznatkov zahŕňa 5 fáz. Tento model sa ukazuje byť vhodným modelom pre uplatňovanie konštruktivistických a bádateľských prístupov k vzdelávaniu. V anglicky hovoriacich krajinách je známy ako model 5E (cit.<sup>27</sup>) *Engage, Explore, Explain, Extend, Evaluate*, resp. *Zapojenie, Skúmanie, Vysvetlenie, Rozšírenie, Hodnotenie*.

#### **Ukážka učebného cyklu 5E pri bádateľskej aktivite Dialýza**

Ako ukážku bádateľskej aktivity pre výučbu chémie previazanú na rozvoj vedeckých a kognitívnych zručností uvádzame aktivitu Dialýza<sup>28</sup>.

Aktivita sa zameriava na aplikáciu poznatkov o polopriepustných membránach v medicíne a využíva medzipredmetové vzťahy s biológiou. Predkladaná aktivita je určená pre riadené bádanie a skupinovú prácu, kedy žiaci riešia učiteľom sformulovaný problém, pričom postupujú podľa otázok, resp. inštrukcií zadaných v pracovnom liste. Žiaci potom na základe experimentálnych dôkazov prezentujú vysvetlenia svojich zistení a formulujú závery.

#### **Ako napĺňa bádateľsky orientovaná výučba chémie požiadavky na vzdelávanie pre 21. storočie?**

Odpoveďou na túto otázku sú výsledky pedagogického výskumu zameraného na overovanie efektívnosti implementácie BOV do výučby chémie na základných školách a gymnáziách, ktorý sme realizovali v rokoch 2011–2016 (cit.<sup>29–31</sup>).

Výsledky z overovania a štatistického vyhodnocovania výskumu realizované priebežne v rokoch 2011–2016

poukázali na to, že bádateľsky orientovaná výučba:

- zvyšuje porozumenie chemických poznatkov a pojmov,
- zvyšuje trvácnosť vedomostí,
- rozvíja zručnosti 21. storočia a to vedecké a kognitívne,
- umožňuje formovať postoje a názory žiakov na význam prírodovedného vzdelávania a vedy pre život.

Výsledky výskumu boli porovnávané s výsledkami mnohých empirických výskumov realizovaných v zahraničí<sup>32–34</sup>.

Problémovou stránkou sa však javí náročnosť prípravy učiteľa na BOV z časového a materiálneho hľadiska. Otázkou je „*Ako stihnúť prebrať predpísané učivo a zároveň realizovať bádateľské aktivity, ktoré si vyžadujú viac času?*“ Výskumy však naznačujú, že prístup „*prejsť všetko*“ poskytuje len málo príležitostí na získanie inej ako iba povrchnej znalosti témy<sup>35</sup>.

Poznatky z tvorby bádateľských aktivít ako aj overovania sme zhrnuli do vedeckej monografie *Bádateľské aktivity v prírodovednom vzdelávaní, časť A*<sup>22</sup>, ktorá obsahuje aj súbor metodických materiálov pre učiteľov a pracovných listov pre žiakov, *časť B, Chémia*<sup>28</sup>.

### 3.2. Projektové vyučovanie vo výučbe chémie

Projektové vyučovanie má významné postavenie medzi modernými koncepciami vyučovacieho procesu. Chápe sa ako komplementárny doplnok ku klasickému vyučovaniu, ktorý pomáha prekonávať izolovanosť a odtrhnutie vedy od životnej praxe<sup>36</sup>. Podľa Blumenfelda a spol.<sup>37</sup> projektové vyučovanie slúži na premostenie teoretických vedomostí s bežným životom a praxou.

Pri projektovom vyučovaní sa využíva rôznorodá škála aktivizujúcich metód, ktoré u žiakov podporujú aktívne učenie, zainteresovanosť, vedú žiakov k samostatnosti a zodpovednosti. Rozvíjajú u žiakov iniciatívu, tvorivosť, kritické myslenie, schopnosť riešiť problémy, schopnosť komunikácie, vyhľadávanie informácií, flexibilitu, empatiu a cit<sup>38</sup>.

Žiaci kolektívne riešia široko zadanú úlohu – projekt, kladú otázky, diskutujú o svojich nápadoch, stanovujú hypotézy, navrhujú a realizujú experimenty, robia zber a analýzu dát, vyvodzujú závery a vytvárajú produkt (napr. model, referát, počítačový program a pod.) Sú nútení byť aktívne zapojení do vyučovania počas dlhšej doby. Dôraz sa kladie na samostatnú prácu žiakov, vlastné bádanie a objavovanie (konštruktivistický prístup) a nie len na pasívne prijímanie hotových vedomostí. Žiaci sa učia organizovať svoju prácu, plánovať svoj čas, učia sa samostatnosti a práci s informačnými zdrojmi, nechýba tu rozvoj kreativity a fantázie<sup>39</sup>.

Aby učitelia dokázali projektové vyučovanie naozaj účinne a v rozumnej miere uplatniť, je potrebné nielen vedieť, aké sú jeho výhody, ale poznať aj riziká, prípadne limity jeho aplikácie.

V slovenskej a českej literatúre je pre učiteľov množstvo informácií o základných východiskách, spôsobe reali-



### Ukážka bádateľskej aktivity Dialýza

#### Fáza zapojenia

Učiteľ motivuje žiakov ku skúmaniu informáciami, ktoré si prečítajú v pracovnom liste:

Zlyhávanie obličiek bezprostredne ohrozuje ľudský život a to z dôvodu nahromadenia močoviny v organizme, čo môže spôsobiť následnú intoxikáciu. Smrti sa dá predísť tak, že pacient bude trikrát týždenne navštevovať nemocnicu kvôli hemodialýze. Krv prechádza hadičkou z tela do prístroja, kde putuje k filtru, ktorý sa nazýva dialyzačná membrána. Na druhej strane membrány tečie špeciálny dialyzačný roztok. Prístroj je navrhnutý tak, že močovina prejde cez membránu, ale glukóza a aminokyseliny nie. Potom sa krv vracia naspäť do tela (obr. 4).

#### Fáza skúmania

Žiaci odpovedajú na základe poznatkov získaných z predchádzajúcej výučby a bežného života na nasledujúce otázky:

- Čo je to dialýza?
- Kde sa v bežnom živote môžeme stretnúť s dialýzou?
- Prebieha dialýza aj v ľudskom organizme? Ak áno, tak kde? Skúste popísať jej priebeh.

Žiaci si pri popise priebehu dialýzy pomáhajú schémou v pracovnom liste (obr. 5), ktorá znázorňuje prechod látok cez dialyzačnú membránu.

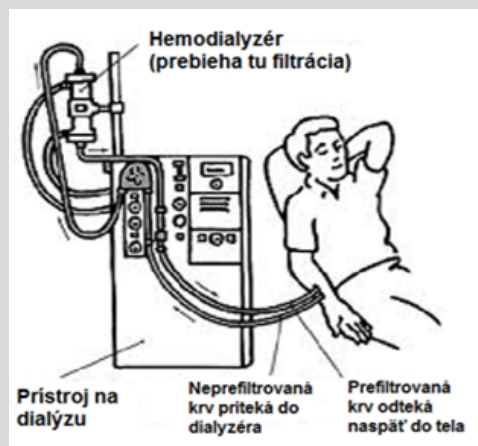
V tejto fáze žiaci spolupracujú v skupinách, navrhujú riešenia, hľadajú súvislosti, aby vedeli adekvátne vysvetliť svoje zistenia.

#### Fáza vysvetľovania

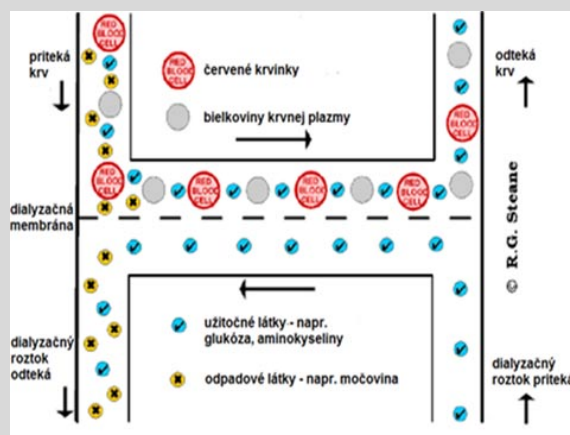
Učiteľ požaduje od žiakov, aby vysvetlili princíp dialýzy na základe získaných poznatkov uvedených v úvode pracovného listu a schémy znázorňujúcej prechod látok cez dialyzačnú membránu (obr. 5):

#### Otázky pre žiakov:

- Vysvetlite, prečo sa pri dialýze z krvi neodstráňa červené krvinky a plazmatické bielkoviny.  
*Odpoveď: Červené krvinky a plazmatické bielkoviny neprenikajú cez membránu, pretože sú väčšie ako póry v polopriepustnej membráne.*
- Močovina, glukóza a aminokyseliny sú molekuly podobnej veľkosti. Vysvetlite, prečo močovina prejde cez dialyzačnú membránu, ale glukóza a aminokyseliny neprejdú.  
*Odpoveď: Závisí to od koncentrácie látok v krvi a v dialyzačnom roztoku. Látky z krvi prechádzajú do dialyzačného roztoku z oblasti s vyššou koncentráciou do oblasti s koncentráciou nižšou – až do okamihu, kým sa koncentrácie látok medzi krvou a dialyzačným roztokom nevyrovnajú. Ak teda chceme, aby močovina prechádzala z krvi do dialyzač-*



Obr. 4. Dialýza; Zdroj: <http://www.ustudy.in/node/5058>



Obr. 5. Schéma znázorňujúca prechod látok cez dialyzačnú membránu; Zdroj: <http://healthsciences.merlot.org/images/18loop.gif>

ného roztoku, musí v ňom chýbať (jej koncentrácia je tu nulová). Naopak látky, ktoré chceme v krvi ponechať (glukóza, aminokyseliny) musia byť v dialyzačnom roztoku prítomné v takom množstve, aby neprechádzali v dôsledku rozdielnej koncentrácie z krvi do dialyzačného roztoku.

V tejto fáze učiteľ diskutuje so žiakmi o získaných výsledkoch, pomáha im formulovať vedecky správne tvrdenia tak, aby dokázali správne opísať, čo zistili. Učiteľ sa snaží konfrontovať žiakmi získané výsledky s ich prvotnými poznatkami a prípadnými miskoncepciami.

#### Fáza rozšírenia

Učiteľ umožňuje žiakom rozšíriť a aplikovať získané poznatky na nové situácie. Táto fáza napomáha zovšeobecneniu získaných poznatkov o dialýze.

Pre rozšírenie poznatkov o dialýze učiteľ kladie žiakom nasledujúce otázky:

- Čo by sa stalo, ak by sme ako dialyzačný roztok

použili vodu?

*Odpoveď: Ak by sme ako dialyzačný roztok použili vodu, prenikali by membránou v dôsledku koncentračného gradientu všetky molekuly príslušnej veľkosti bez ohľadu na to, či ich telo potrebuje alebo sú odpadové. Okrem odpadových látok by sa teda z krvi odstraňovali aj dôležité látky (napr. glukóza, aminokyseliny, soli).*

- Ako môžeme dialýzu použiť na odstránenie nadbytočných solí?

*Odpoveď: Látky, ktorých množstvo chceme v krvi znížiť (napr. ióny sodíka, draslíka, fosforu), ale zároveň chceme v krvi ponechať, musia byť zastúpené v dialyzačnom roztoku do tej miery, aby po vyrovnaní koncentrácií týchto látok zostala ich hladina v krvi dostatočná.*

### Fáza vyhodnotenia

Fáza je zameraná na overovanie žiackeho porozumenia poznatkov o dialýze. Učiteľ hodnotí úroveň porozumenia poznatkov o dialýze napr. použitím metakognície. Žiaci odpovedajú na otázky: Čo sme robili?, Prečo sme to robili?, Kde môžem použiť získané poznatky o dialýze? Čo by som chcel ešte vedieť k téme Dialýza? Čomu som neporozumel?

Odpovede žiakov sú pre učiteľa spätnou väzbou o miere porozumenia poznatkov. Žiakom pomáhajú analyzovať vlastný proces učenia sa, čím preberajú zodpovednosť za svoje učenie.

žácie a konkrétnych ukázkach projektového vyučovania. Chýbajú však komplexné prístupy týkajúce sa odpovedí na otázky: čo je to projekt, aké fázy má obsahovať, ako si vybrať tému, ktoré kroky riešenia musí mať projekt, ako správne formulovať ciele, ako motivovať žiakov, aké materiálne zabezpečenie môže žiakom pri riešení projektu z chémie pomôcť, či ako projekty prezentovať a hodnotiť. Uvedené problémy sme riešili v rámci národných projektov KEGA podporovaných Ministerstvom školstva Slovenskej republiky, ktoré boli zamerané na tvorbu, prezentáciu a vyhodnocovanie projektových prác žiakov základných a stredných škôl v rámci národných projektových súťaží<sup>40–43</sup>. Výsledky boli publikované na národnej i medzinárodnej úrovni<sup>42,44–46</sup>. Komplexné odpovede na tieto otázky nájdú učitelia v monografii *Projektové vyučovanie v chémii*<sup>36</sup>. Ako príklad riešených tém uvádzame témy projektových prác zo Zborníka abstraktov z III. konferencie študentov a žiakov k projektovej súťaži k témam trvalo udržateľného rozvoja: Chémia potravín, ich bezpečnosť a zdravie; Cyklické procesy, recyklácia a Nové a obnoviteľné zdroje energie<sup>47</sup>: *Stanovenie prítomnosti ozónu v ovzduší pomocou detekčných prúžkov, Kvalita vody v riekach Dunaj, Morava, v ich sútoku a v potoku Vydrica v meste Bratislava, Kyslé zrážky a ich vplyv na život v Košiciach, Zdravá škola – žiadna kola, Nastanú medové časy? Mlieko – emulzia zdravia, Naladí sa modrá planéta na zelenú vlnu? Načerpajte mi bionaftu, prosím! Biopalivá ako možná náhrada fosílnych palív, Perspektívy a riziká! Môže za to spaľovňa? Recyklovať, či zahodiť?*

Ukážky uvedených projektových prác sú sprístupnené na stránke (pozri [http://kekule.science.upjs.sk/chemia/mvp\\_net/PV\\_ukazky/CD.htm](http://kekule.science.upjs.sk/chemia/mvp_net/PV_ukazky/CD.htm)).

Uvedené témy korešpondujú s doporučenými témami pre výučbu chémie 21. storočia.

Výsledky našich výskumov<sup>48,49</sup> poukázali popri pozitívach ako boli uvedené pri bádateľsky orientovanej výučbe navyše na to, že projektové vyučovanie:

- umožňuje zvyšovať záujem žiakov o výučbu chémie,

- formuje postoje žiakov k prírodným vedám,
- rozvíja kompetencie – predovšetkým digitálne,
- rozvíja vedecké zručnosti,
- poznatky o obsahu projektových prác sú prínosom pre výber tém 21. storočia do jadra základných poznatkov chémie.

Získané výsledky potvrdzujú aj výskumy v zahraničí, ako uvádza Mergendoller<sup>50</sup>: „*Prostredníctvom projektového vyučovania žiaci získajú porovnateľné výsledky ako tradičným vyučovaním. Vedomosti však majú trvalejší charakter, žiaci vedia lepšie využívať získané poznatky v reálnom živote. Projektové vyučovanie dáva žiakom príležitosť rozvíjať zručnosti pre 21. storočie, ktoré sú potrebné pre ich úspešné uplatnenie v rýchlo meniacom sa svete*“.

Uľahčiť učiteľom a žiakom vykročiť na cestu vyučovania projektovým spôsobom môže aj vytvorená *Digitálna knižnica pre projektové vyučovanie v chémii*<sup>51</sup> (pozri [http://kekule.science.upjs.sk/chemia/digitalna\\_kniznica/Index.htm](http://kekule.science.upjs.sk/chemia/digitalna_kniznica/Index.htm)).

### Prečo projektové vyučovanie napĺňa požiadavky pre vzdelávanie v chémii 21. storočia?

Za účelom získania postojov a názorov učiteľov chémie o význame projektového vyučovania pre rozvoj kľúčových kompetencií a vedeckých zručností žiakov sme využili metódu rozhovoru a dotazníkovú metódu u učiteľov chémie zapojených do projektových súťaží<sup>42–46</sup>.

### Získavanie vedomostí o témach 21. storočia

Dnešní žiaci viac ako inokedy pokladajú školu za nudnú a nezmyselnú. V projektovom vyučovaní, ktoré je orientované po obsahovej stránke na aktuálne témy chémie 21. storočia, sú žiaci aktívni. Nápomocnými pri riešení týchto tém môžu byť nasledovné monografie *Projektové vyučovanie v chémii*<sup>36</sup>, *Energia a jej zdroje vo výučbe chémie*<sup>52</sup>, *Prírodné látky v projektovom vyučovaní*<sup>53</sup> a *Digitálna knižnica pre projektové vyučovanie v chémii*<sup>51</sup>. Tieto zdroje zohľadňujú environmentálny charakter výuč-

by a požiadavky trvalo udržateľného rozvoja.

#### Rozvoj zručností a kompetencií 21. storočia

Na základe výsledkov dotazníkovej metódy a metódy rozhovoru s učiteľmi chémie, ktorí realizovali projektovú výučbu, vyplynulo, že pri projektovom vyučovaní sú rozvíjané nasledovné kľúčové kompetencie žiakov – kompetencia k celoživotnému učeniu sa, kompetencie riešiť problémy, komunikačné kompetencie, kompetencie sociálne a personálne, kompetencie pracovné, kompetencie smerujúce k iniciatívnosti a podnikavosti, kompetencie občianske, kompetencie vnímať a chápať kultúru v historickom kontexte a vyjadrovať sa nástrojmi kultúry, kompetencie uplatňovať matematické myslenie a poznávanie v oblasti vedy a techniky, aj kompetencie v oblasti informačných a komunikačných technológií. V rámci projektového vyučovania si žiaci rozvíjajú aj vedecké zručnosti, ako sú tvoriť hypotézy, hľadať a navrhovať cesty riešenia, interpretovať zistené dáta, formulovať závery, používať argumentáciu pri formulácii záverov.

#### Rozvoj kompetencií v oblasti informačných a komunikačných technológií

Pri projektovom vyučovaní žiak vyhľadáva, zhromažďuje, triedi, posudzuje a využíva informácie, k čomu mu napomáhajú informačno-komunikačné technológie (IKT). Nadobúda schopnosť prostredníctvom internetu a IKT získavať a spracovávať informácie v textovej aj grafickej podobe. Pri tvorbe výstupov z projektov využíva textové a tabuľkové procesory. Je schopný nahrávať zvuky a videá na tvorbu videozáznamov, či relácií do školského rozhlasu.

## 4. Záver

Výsledky realizovaných výskumov z aplikácie bádateľsky orientovanej výučby a projektového vyučovania poukázali na ich účinnosť pri zvyšovaní úrovne konceptuálneho porozumenia i rozvoja vedeckých zručností a zručností zameraných na učenie a myslenie.

Keď však zmeníme spôsob výučby, musíme zmeniť aj hodnotenie. Hodnotiť máme nielen úroveň konceptuálneho porozumenia, ale aj rozvoj zručností. Preto je potrebné zamerať výskumy aj na vývoj a aplikáciu nástrojov sumatívneho a formatívneho hodnotenia, ktoré budú merať porozumenie jadra základných poznatkov i zručností v tom istom čase.

Naplniť rámec vzdelávania pre 21. storočie bude klásť požiadavky nielen na učiteľov, ale i na tvorcov štátnych vzdelávacích programov, členov ústredných predmetových komisií pri Štátnych pedagogických ústavoch i didaktikov pripravujúcich budúcich učiteľov.

Učiteľia budú musieť zvládnuť veľa náročných úloh:

- zamerať sa na využívanie aktivizujúcich metód učenia, ktoré integrujú využitie podporných technológií, bádania a problémových prístupov založených na vyšších myšlienkových operáciách (analýza, aplikácia, hodnotenie, tvorivosť),

- v rámci týchto koncepcií rozvíjať zručnosti 21. storočia v rámci jadra základných poznatkov a interdisciplinárnych tém 21. storočia, poskytovať príležitosti na uplatnenie kompetencie „naučiť sa učiť“,

- podporovať integráciu komunitných zdrojov mimo školy.

Preto je potrebné zamerať vzdelávanie učiteľov chémie i študentov učiteľstva chémie tak, aby boli pripravení:

- Navrhnuť štruktúru a pripraviť učebné aktivity pre žiakov zodpovedajúce potrebám 21. storočia.

- Poskytovať žiakom príležitosti a priestor pre poznanie a riešenie skutočných problémov z bežného života, samostatné plánovanie činností, používanie vyšších myšlienkových procesov, spoluprácu, prijímanie rozhodnutí a opodstatnené využívanie digitálnych technológií na podporu učenia (aby žiaci mohli svoje riešenia použiť i v bežnom živote).

- Motivovať žiakov k učeniu prostredníctvom učebných aktivít.

- Podporiť u žiakov samostatné objavovanie poznatkov, prezentovanie vlastných názorov a argumentáciu.

- Klásť otázky a viesť konštruktívne diskusie so žiakmi.

- Používať účelovo nástroje na hodnotenie učebných aktivít ako sú pozorovanie, rozhovory, demonštrácie, testy, komplexné úlohy, eseje, sebahodnotiace karty, metakogníciu, dotazníky, denníky, portfóliá, apod.

- Využívať dostupné výučbové materiály pre podporu aktívneho učenia žiakov.

Z uvedených smerovaní vzdelávania by sa malo vychádzať i pri spresňovaní obsahových a výkonových štandardov chémie a inovovaní cieľových požiadaviek na maturitu.

## LITERATÚRA

1. Voogt J.: IT and curriculum processes: Dilemmas and challenges. in: *International handbook of information technology in primary and secondary education*, J. Voogt, & G. Knezek (ed.), str. 117. Springer, New York 2008.
2. Levy F., Mundane R. J.: *The new division of labor. How computers are changing the way we work*. Princeton University Press and the Russell Sage Foundation 2004.
3. Partnership for 21st Century Skills: *21<sup>st</sup> Century Skills, Education & Competitiveness: A resource and policy guide*. 2008 [online]. Dostupné z: [http://www.p21.org/storage/document-s/21st\\_century\\_skills\\_education\\_and\\_competitiveness\\_guide.pdf](http://www.p21.org/storage/document-s/21st_century_skills_education_and_competitiveness_guide.pdf), stiahnuté 10. 6. 2016.
4. Partnership for 21st Century Skills: *21st Century Skills Assessment*. 2007 [online]. Dostupné z: [http://www.p21.org/storage/documents/21st\\_Century\\_Skills\\_Assessment\\_e-paper.pdf](http://www.p21.org/storage/documents/21st_Century_Skills_Assessment_e-paper.pdf), stiahnuté 20. 6. 2016.
5. Inovovaný štátny vzdelávací program pre 2. stupeň základnej školy v Slovenskej republike (ISCED 2 –

- nižšie sekundárne vzdelávanie), vzdelávacia oblasť Človek a príroda, učebný predmet Chémia. [online]. Dostupné z: [http://www.statpedu.sk/files/articles/dokumenty/inovovany-statny-vzdelavaci-program/chemia\\_nsv\\_2014.pdf](http://www.statpedu.sk/files/articles/dokumenty/inovovany-statny-vzdelavaci-program/chemia_nsv_2014.pdf), stiahnuté 6. 10. 2016.
6. Inovovaný Štátny vzdelávací program pre gymnázia so štvorročným a päťročným vzdelávacím programom v Slovenskej republike (ISCED 3A – vyššie sekundárne vzdelávanie), vzdelávacia oblasť Človek a príroda, učebný predmet Chémia. [online]. Dostupné z: [http://www.statpedu.sk/files/articles/dokumenty/inovovany-statny-vzdelavaci-program/chemia\\_g\\_4\\_5\\_r.pdf](http://www.statpedu.sk/files/articles/dokumenty/inovovany-statny-vzdelavaci-program/chemia_g_4_5_r.pdf), stiahnuté 6. 10. 2016.
  7. The Millennium Development Goals: *Report 2010* [online]. Dostupné z: <http://www.un.org/millenniumgoals/pdf/MDG%20Report%202010%20En%20r15%20-low%20res%2020100615%20-.pdf>, stiahnuté 20. 6. 2016.
  8. Trvalo udržateľný rozvoj. [online]. Dostupné z: <http://www.tur.vlada.gov.sk/>, stiahnuté 20. 9. 2016.
  9. The European Technology Platform for Sustainable Chemistry (SusChem). [online]. Dostupné z: <http://www.suschem.org/>, stiahnuté 20. 9. 2016.
  10. Berek J.: Chem. Listy 104, 137 (2010).
  11. Hill J., Kumar D. D., Verma R. K.: The Chemist 86, 24 (2013).
  12. Mahaffy P.: ‘The human element: Chemistry Education’s contribution to our global future’, Ch. 5, v: *The Chemical Element: Chemistry’s contribution to our global future*, (Garcia-Martinez J., Serrano-Torregrosa E., ed.) str. 147. Wiley-VCH, Darmstadt 2011.
  13. Lisbon European Council: *Presidency conclusions. 2000* [online]. Dostupné z: <http://www.eu2020.gov.sk/lisabonska-strategia/>, stiahnuté 20. 8. 2016.
  14. European Commission: *Europe need more scientists. 2004* [online]. Dostupné z: [https://ec.europa.eu/research/conferences/2004/sciprof/pdf/conference\\_review\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/research/conferences/2004/sciprof/pdf/conference_review_en.pdf), stiahnuté 20. 8. 2016.
  15. European Commission: *Science Education NOW: A renewed Pedagogy for the Future of Europe. 2007* [online]. Dostupné z: [http://ec.europa.eu/research/science-society/document\\_library/pdf\\_06/report-rocard-on-science-education\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf), stiahnuté 10. 8. 2016.
  16. Bělecký Z. a spol.: *Klíčové kompetence v základním vzdělávání*. Výzkumný ústav pedagogický v Praze, Praha 2007.
  17. Čtrnáctová H. a spol.: *Přírodovědné předměty v kontextu kurikulárních dokumentů a jejich hodnocení*. Univerzita Karlova, Praha 2007.
  18. Pellegrino J. W., Histon M. L.: *Education for life and work: developing transferable knowledge and skills in the 21st century*. National Academies Press, Washington 2012.
  19. Schleicher A.: Education post-2015: Knowledge and skills transform lives and societies, in: *Universal Basic Skills: What countries stand to gain*, str. 9–18. OECD 2015.
  20. Windschitl M.: Cultivating 21st century skills in science learners: *How systems of teacher preparation and professional development will have to evolve*. Presentation given at the National Academies of Science Workshop on 21st Century Skills, Washington 2009.
  21. National Science Teachers Association: NSTA Position Statement: *Quality Science Education and 21st-Century Skills*. 2011 [online]. Dostupné z: <http://www.nsta.org/about/positions/21stcentury.aspx>, stiahnuté 10. 8. 2016.
  22. Kireš M., Ješková Z., Ganajová M., Kimáková K.: *Bádateľské aktivity v prírodovednom vzdelávaní*. Časť A. Štátny pedagogický ústav, Bratislava 2016. [online]. Dostupné z: [http://www.statpedu.sk/files/articles/nove\\_dokumenty/ucebnice-metodiky-publikacie/badatelске-aktivity/01cast\\_a\\_web.pdf](http://www.statpedu.sk/files/articles/nove_dokumenty/ucebnice-metodiky-publikacie/badatelске-aktivity/01cast_a_web.pdf), stiahnuté 10. 11. 2016.
  23. *Project Establish* [online]. Dostupné z: <http://www.establish-fp7.eu>, stiahnuté 10. 9. 2016.
  24. *Projekt Sails* [online]. Dostupné z: <http://www.sails-project.eu/>, stiahnuté 20. 9. 2016.
  25. Linn M. C., Davis E. A., Bell P.: Inquiry and Technology, v: *Internet Environments for Science Education*. (Linn M. C., Davis E. A., Bell P., ed.), str. 328. Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah 2004.
  26. Llewellyn D., Inquire Within: *Implementing Inquiry-Bases Science Standards*. Corwin Press, 2002.
  27. Bybee R. W., Taylor J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J., Westbrook, A., Landes N.: *The BSCS 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness*. Colorado Springs, CO: BSCS 2006.
  28. Ganajová M., Kristofová M.: *Bádateľské aktivity v prírodovednom vzdelávaní*. Časť B, Chémia. Štátny Pedagogický Ústav, Bratislava 2016. [online]. Dostupné z: [http://www.statpedu.sk/files/articles/nove\\_dokumenty/ucebnice-metodiky-publikacie/badatelске-aktivity/04cast\\_b\\_chemia\\_web.pdf](http://www.statpedu.sk/files/articles/nove_dokumenty/ucebnice-metodiky-publikacie/badatelске-aktivity/04cast_b_chemia_web.pdf), stiahnuté 10. 11. 2016.
  29. Ganajová M.: *Bádateľsky orientovaná výučba so zameraním na overovanie porozumenia a rozvoja bádateľských zručností*, v: *11. Mezinárodní seminář studentů doktorského studia oboru Didaktika chemie: Sborník příspěvků 16.–17.11.2015*. Univerzita Karlova, Praha 2016, str. 8–18.
  30. Ganajová M., Sotáková I.: Overovanie porozumenia prírodovedných poznatkov pri výučbe s IBSE nástrojmi formatívneho hodnotenia, v: *Bádateľské aktivity vo vzdelávaní: Zborník príspevkov z medzinárodnej vedeckej konferencie 25. jún 2015*. Štátny Pedagogický Ústav, Bratislava 2015, str. 90–98.
  31. Ganajová M., Sotáková I.: ChemZi 11, 1 (2015).
  32. Minner D., Levy A., Century J.: J. Res. Sci. Teach. 47, 474 (2009).
  33. Brickman P., Gormally C., Armstrong N., Hallar B.: Int. J. Scholarship Teach. Learn. 3, 1 (2009).
  34. European Commission: *Science Education in Europe*:



- National Practices, Policies and Research*. Brussels 2011.
35. Smith P.: *Whatever Happened to Inclusion?: The Place of Students with Intellectual Disabilities in Education*. New York 2010.
  36. Ganajová M., Kalafutová J., Müllerová V., Siváková M.: *Projektové vyučovanie v chémii*. Štátny pedagogický ústav, Bratislava 2010.
  37. Blumenfeld P., Soloway E., Marx R. W., Krajcik J. S., Guzdial M., Palincsar A.: *Educational Psychologist* 26, 369 (1991).
  38. Markham T.: *Teacher Librarian* 39, 38 (2011).
  39. Paulovičová I.: *Pedagogické Rozhľady* 16, 30 (2007).
  40. Projekt KEGA č. 3/6301/08 „Vzdelávanie učiteľov chémie a prírodovedných predmetov k vybraným témam trvalo udržateľného rozvoja formou blended learning“ (2008–2010). [online]. Dostupné z: <http://kekule.science.upjs.sk/chemia/sutaz/index.html>, stiahnuté 10. 10. 2016.
  41. Projekt KEGA č. 027 UPJŠ – 4/2011 „Digitálna knižnica pre projektové vyučovanie v chémii“ (2011–2013). [online]. Dostupné z: [http://kekule.science.upjs.sk/chemia/digitalna\\_kniznica/assets/data/charakteristika\\_projektu.htm](http://kekule.science.upjs.sk/chemia/digitalna_kniznica/assets/data/charakteristika_projektu.htm), stiahnuté 10. 10. 2016.
  42. Kalafutová J., Ganajová M.: *Chemické Rozhľady* 10, 236 (2009).
  43. Ganajová M., Šulcová R., Sečková J., Solárová M.: *Didaktika* 1 (11/12), 24 (2010).
  44. Kalafutová J., Ganajová M.: Využívanie projektovej metódy vo výučbe chémie v Košickom a Prešovskom kraji. v: *Metodologické otázky výzkumu v didaktice chemie*: Sborník abstraktů s plnými texty příspěvků na CD-ROMu: november 2009, Gaudeamus, Hradec Králové 2009, str. 1–10.
  45. Kalafutová J., Ganajová M., Lechová P.: Efektivnost' a miera rozvíjania kľúčových kompetencií žiakov projektovým vyučovaním v chémii. v: *Aktuální aspekty pregraduální přípravy a postgraduálního vzdělávání učitelů chemie*: Sborník přednášek z mezinárodní konference, 29.9–1.10. 2010. Ostravská univerzita, Ostrava 2010, str. 120–125.
  46. Lechová P., Ganajová M.: Digitálna knižnica pre projektové vyučovanie témy prírodné látky, v: *Metodologické otázky výzkumu v didaktice chemie*: Zborník přednášek z mezinárodního semináře doktorského studia, 17.–18.11.2011. Brno: Masarykova univerzita 2012, str. 64–71.
  47. *Zborník abstraktov z III. konferencie študentov a žiakov k projektovej súťaži k témam trvalo udržateľného rozvoja: Chémia potravín, ich bezpečnosť a zdravie; Cyklické procesy, recyklácia a Nové a obnoviteľné zdroje energie*. PF UPJŠ v Košiciach, Košice 2009. [online]. Dostupné z: [http://kekule.science.upjs.sk/chemia/sutaz/zbornik\\_celok.pdf](http://kekule.science.upjs.sk/chemia/sutaz/zbornik_celok.pdf), stiahnuté 10. 10. 2016.
  48. Lechová P., Kristofová, M., Ganajová M.: Overovanie efektívnosti projektového vyučovania, v: *Súčasnosť a perspektívy didaktiky chémie III*: Zborník z medzinárodnej konferencie 29.–31. 5. 2013. Univerzita Mateja Bela, Banská Bystrica 2013, str. 44–48.
  49. Lechová P., Ganajová, M.: Efektívnosť projektového vyučovania témy Prírodné látky, v: *Prezentácia inovatívnych trendov a koncepcných zámerov vo vyučovaní, hlavne v predmete chémie na všetkých typoch škôl*: Zborník z 3. národnej konferencie učiteľov chémie 2. február 2015. Združenie učiteľov chémie, Bratislava 2015, str. 20–25.
  50. Mergendoller J.: *Project-Based Learning: What Experts Say*. The George Lucas Educational Foundation, 2011. [online]. Dostupné z: <http://www.edutopia.org/project-based-learning-experts>, stiahnuté 10. 9. 2016.
  51. *Digitálna knižnica pre projektové vyučovanie v chémii*. [online]. Dostupné z: [http://kekule.science.upjs.sk/chemia/digitalna\\_kniznica/Index.htm](http://kekule.science.upjs.sk/chemia/digitalna_kniznica/Index.htm), stiahnuté 10. 9. 2016.
  52. Sečková J., Ganajová M.: *Energia a jej zdroje vo výučbe chémie*. Equilibria, Košice 2012.
  53. Lechová P., Ganajová M., Kristofová M., Šulcová R.: *Prírodné látky v projektovom vyučovaní*. Equilibria, Košice 2013.
- M. Ganajová and I. Sotáková** (*Department of Didactics of Chemistry, Faculty of Science of Pavol Jozef Šafárik University in Košice*): **How to Meet the Requirements for Chemistry Teaching in the 21st Century**
- Framework for the 21st Century Learning represents the core of basic knowledge, the 21st century themes, skills for learning, such as critical thinking, solving problems, communication, collaboration, skills for life, such as responsibility, autonomy, flexibility, and skills relating to ICT. The content of Education for the 21st Century must include, besides the core of basic knowledge, also 21st century topics, related to solving the most critical problems facing humanity, such as Energy Sources, Water Quality, etc. The results of the research of the applications of inquiry-based learning (IBL) and project-based learning (PBL) show their effectiveness in raising the level of conceptual understanding and the development of scientific skills and skills focused on learning and thinking.