

Zasnova interaktivnega navideznega kemijskega laboratorija

Margareta Vrtačnik¹, Mojca Fir¹, Danica Dolničar¹, Saša Divjak², Anton Vahčič²

¹ Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za kemijsko izobraževanje in informatiko, Ulica, 1000 Ljubljana,

² Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko, ulica, 1000 Ljubljana, Slovenija

V sklopu ciljnega razvojnega projekta »*IKT za učenje in poučevanje kemije*« razvijajo partnerji (Naravoslovnotehniška fakulteta, Fakulteta za računalništvo in informatiko, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo ter Visoka šola za zdravstvo) interaktivni kemijski laboratorij, ki bo učence in dijake motiviral za učenje kemije, s tem, da jim bo na privlačen način približal razumevanje soodvisnosti makroskopske zaznave kemijske spremembe in njene sub-mikroskopske razlage na ravni delcev. Učiteljem pa bo laboratorij predstavljal popestritev in dopolnitev razlage ter razvijanje informacijske pismenosti dijakov in učencev. V interaktivnem laboratoriju bodo uporabniki lahko izbirali vsebine v skladu s svojimi sposobnostmi in potrebami, si ogledali izvedbo poskusa v laboratoriju, preverjali razumevanje poteka poskusa, spoznavali nevarnosti pri delu z izbranimi kemikalijami in načine zaščite. Na višji ravni pa se bodo lahko s pomočjo interaktivnih modelov reaktanov in produktov ter animacij procesov poglobili v teoretično razlago rezultatov poskusa, spoznavali zgradbo molekul in kristalov v navideznem 3-D prostoru in se naučili povezovati eksperimentalna opažanja s teorijo. Dodatno bodo lahko svoje znanje utrdili in razširili s pomočjo interaktivnih nalog ob koncu vsakega poskusa.

Ključne besede: interaktivni navidezni kemijski laboratorij, poskusi, animacije

1. Uvod

MacFarlen, M. (1998) v analizi soodvisnosti informacij, znanja in učenja ugotavlja, da bo ključno gibalno na znanju temelječe družbe prihodnosti vseživljenjsko izobraževanje. Vseživljenjsko izobraževanje se odvija na delovnem mestu ali doma in je podprto s sodobnimi informacijskimi in komunikacijskimi tehnologijami. Wilson (2001) definira informacijsko pismenost kot osnovo za vseživljenjsko učenje, ki je skupna vsem disciplinam, okoljem učenja in vsem ravnam izobraževanja. Zato se morajo izobraževalne institucije na vseh ravneh prilagoditi novim zahtevam. Ena od možnih prilagoditev novim zahtevam izobraževanja je premik od storilnostno usmerjenega izobraževanja, pri katerem je poudarek zgolj na reprodukciji znanja, na tako izobraževanje, pri katerem je v ospredju učenec/dijak/študent, ki mu mora izobraževalno okolje omogočiti tudi vsestranski osebni razvoj. V takem, na učečega se osredotočenem izobraževalnem okolju, ni poudarjeno zgolj pridobivanje znanja, pač pa tudi sočasen razvoj osebnih, prenosljivih spretnosti.

V novih učnih načrtih za kemijo za osnovne in srednje šole smo v splošnih in specifičnih ciljih predmeta ter v metodičnih napotkih za učitelje, izpostavili vlogo razvijanja informacijsko-komunikacijske pismenosti za povezovanje treh ravni zaznave kemijskih pojmov ter za doseganje višjih ravni znanja; analize, sinteze in sposobnosti reševanja problemov. Z interaktivnim kemijskim laboratorijem bodo dobili učenci/dijaki in učitelji na voljo multimedijско izobraževalno orodje, ki jim bo omogočalo uvajanje novih učnih strategij, ki podpirajo razvoj vrste višjenivojskih spretnosti: komunikacijsko in informacijsko pismenost, samostojno

upravljanje z znanjem, reševanje problemov, samostojno in sodelovalno učenje ter podobno.

Navidezni kemijski laboratorij bo dopolnilo učbenikom in drugim gradivom za kemijo v osnovni in srednji šoli. Hkrati bo izdelek pomembno didaktično učilo za bodoče učitelje kemije. Skupaj z ostalimi aktivnostmi, ki jih učni načrti predvidevajo, bo izdelek podpiral lažje doseganje zlasti naslednjih ciljev novih učnih načrtov:

- razvijanje razumevanja kemijskih in širše naravoslovnih pojmov s povezovanjem makroskopske, sub-mikroskopske in simbolne ravni zaznave pojmov in pojavov;
- izpeljevanje logičnih zaključkov na osnovi rezultatov poskusov;
- razlaganje zaključkov s povezovanjem rezultatov poskusov s teorijo,
- uporabljanje informacijskih virov za oceno nevarnosti pri delu s kemikalijami v šolskem laboratoriju in v svojem ožjem in širšem okolju (zlasti doma);
(Učni načrt Program osnovnošolskega izobraževanja - Kemija, 2000 in Kemija v SŠ, 1998).

2. Metodologija zasnove interaktivnega kemijskega laboratorija

Metodološko je bil interaktivni laboratorij zasnovan v več ločenih korakih, ki bodo na koncu združeni v smiselno celoto. Prvi korak metodološkega pristopa je *izbor vsebine*, ki mora biti usklajena z učnimi načrti, primerna za multimedijско obdelavo, hkrati pa mora izražati tudi širši vidik uporabnosti v vsakdanjem življenju. Na osnovi pojmovne analize učnih

načrtov in ugotavljanja napačnih razumevanj naših učencev in dijakov (Devetak, I., 2000; Krajnik, K., 2002; Šket, B. 2002) je bila izbrana vsebina »delci in reaktivnost«. Z izbrano vsebino želimo prikazati razlike v procesih difuzije, raztapljanja, obarjanja ter razlike med reakcijami, ki potekajo med ioni v vodni raztopini in med molekulami v plinastem ali raztopljenem stanju.

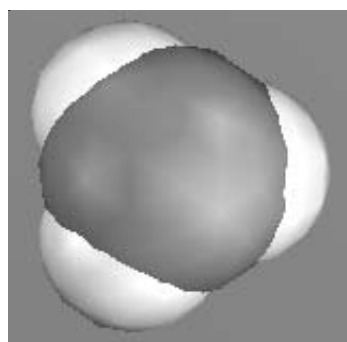
Sledila sta *izbor in zasnova poskusov* za vizualizacijo izbranih pojmov in procesov na makroskopski ravni. Vsi poskusi so bili razviti v mikro-izvedbi z uporabo enostavne in dostopne laboratorijske opreme. Privlačnost ter didaktična primernost poskusov sta bili testirani na vzorcu prek 100 osnovno- in srednješolskih učiteljev kemije in naravoslovja, v sklopu rednih srečanj predmetnih skupin za kemijo in naravoslovje ter 28 študentov 3. letnika izobraževalne smeri kemija v š.l. 2002/2003. Na osnovi izkušenj pri delu z učitelji in študenti smo vse poskuse optimizirali in jih opremili z delovnimi lističi. Vzporedno z zasnovo poskusov smo preučili sub-mikroskopsko raven vsakega poskusa in zasnovali scenarij za animacije poteka poskusov na ravni delcev. Pri tem smo z uporabo programov za molekularno modeliranje Spartan ali ChemSketch najprej pripravili navidezne 3-D modele molekul, ionov in kristalnih mrež reaktantov in produktov v izbranih pokusih ter jih v formatu VRML ali MOL prenesli v ustrezne programe za animacije. Prednost uporabe programov za molekularno modeliranje pred nekemijskimi programi za modeliranje je v tem, da dobimo oblike modelov molekul, ki ustrezajo realnemu stanju z ustreznimi koti med delci in

razmerji med velikostjo delcev. Tudi nabor možnih formatov za kasnejši prenos 3-D modelov v programe za animiranje je v izbranih programih za molekularno modeliranje dovolj velik, da je bil prenos enostaven in hiter. Delo smo nadaljevali v dveh smereh: pripravi scenarija animacij in poskusna snemanja poskusov.

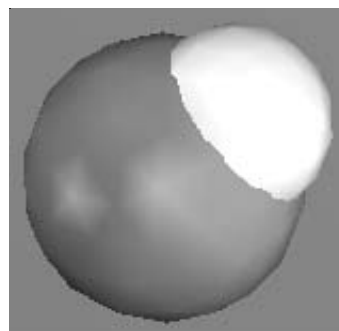
3. Priprava scenarija animacij

Ključno merilo kvalitete animacije je posnemanje »resničnega« sveta delcev. Zato mora animacija vključevati delce oblik in velikosti, ki so večkratniki realne velikosti in oblik molekul ali ionov (dejanska velikost nekaj nanometrov). Hitrost gibanja delcev pa mora odražati reakcijske okoliščine, pri katerih reakcija poteka. Zato je potrebno izračunati hitrosti gibanja delcev pri danih reakcijskih okoliščinah ter jih nato ustrezno prilagoditi možnostim naše zaznave, kar pomeni upočasnit za izbrani mnogokratnik. Kvaliteta animacije je zato močno odvisna od scenarija, ki mora predvideti animacijo po stopnjah in sceno za vsako stopnjo, pri čemer je potrebno predvideti število delcev, njihovo gibanje v navideznem prostoru, vrsto trkov med delci, spremembo po trku, velikosti in oblike delcev po trku ter urejenost delcev v primeru, da so reagenti ali produkti v obliki kristalov. Primer scenarija za animacijo poskusa »Umetna megla« je prikazan za nekaj stopenj na sliki 1.

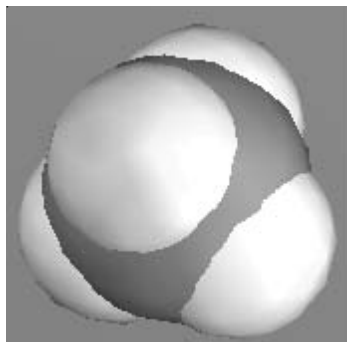
Modeliranje delcev



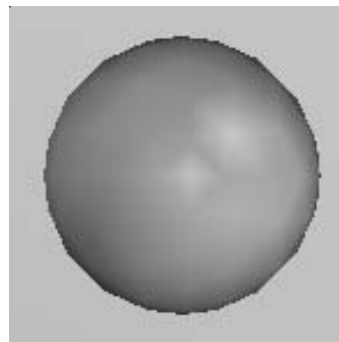
molekula amoniaka
(molekula je trikotna
piramidalna,
kot med vodikovimi atomi
je 107°)
hitrost molekule je:
661,23 m/s



molekula vodikovega
klorida
hitrost molekule je:
451,26 m/s



amonijev ion
(ion je tetraedričen,
kot med vodikovimi atomi
je 109°)
hitrost iona je: 642,60 m/s

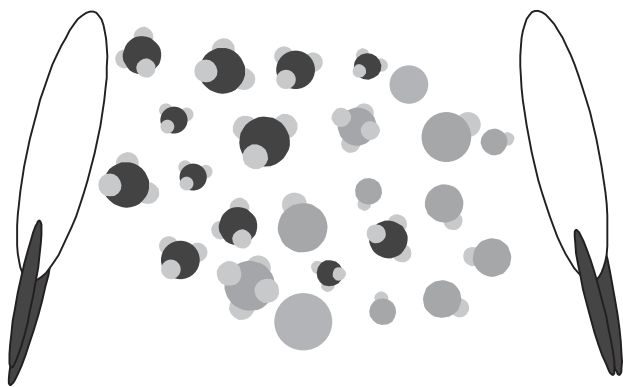


kloridni ion
(kloridni ion je večji od
klorovega atoma v
molekuli vodikovega
klorida)
hitrost iona je: 457,57 m/s

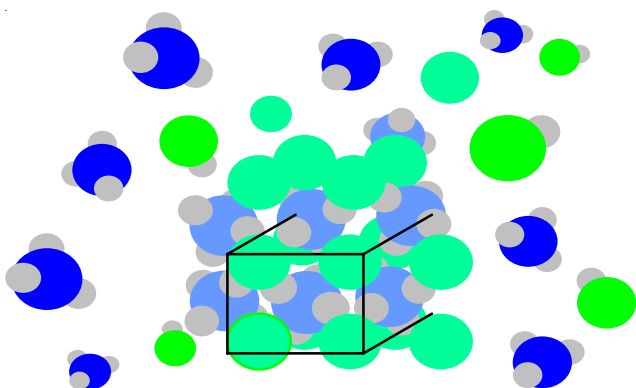
Slika 1: Izvleček iz scenarija za animacijo poskusa »Umetna megla«.



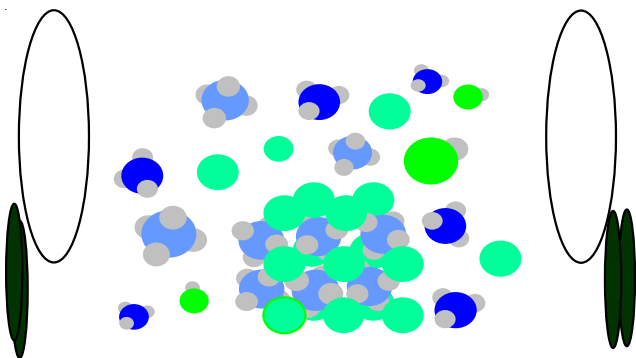
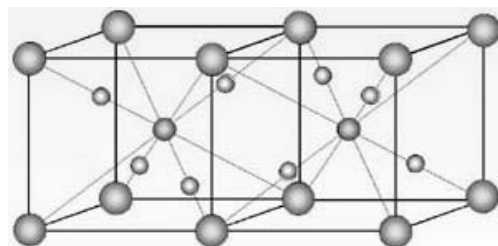
Izvedemo poskus. Kapljico koncentrirane raztopjne klorovodikove kisline in kapljico koncentrirane raztopine amoniaka kanemo na dva filter papirja. Papirja primemo s pinceto in ju približamo. Pojavi se dim. Kamera se približa dimu.



Izvedemo poskus. Kapljico koncentrirane raztopjne klorovodikove kisline in kapljico koncentrirane raztopine amoniaka kanemo na dva filter papirja. Papirja primemo s pinceto in ju približamo. Pojavi se dim. Kamera se približa dimu.



Novi delci – kloridni in amonijevi ioni začnejo tvoriti kristalno strukturo. Približamo se kristalu. Kristal raste v obliki kocke. V kristal tudi narišemo kocko, da si lažje predstavljamo. Nato pa kocko izbrišemo.



Oddaljujemo se od kristala. Spet vidimo dogajanje v celoti. Vse manj je molekul amoniaka in vodikovega klorida, vse več pa amonijevih in kloridnih ionov, ki se nalagajo v kristalno strukturo

Slika 1 (nadaljevanje): Izvleček scenarija za animacijo poskusa „Umetna megla”



Oddaljujemo se od nivoja delcev in se prestavimo v makro svet, kjer vidimo nastajanje belega dima med dvema filter papirjema. Dim nastaja bližje desnemu papirju.

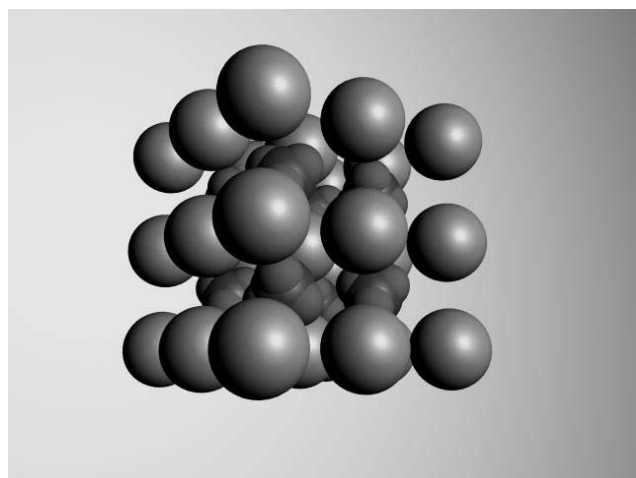
4. Izbor programa za animacije

Možnosti za izvedbo animacij je več, na voljo je kar nekaj programskih jezikov (Java, DirectX, OpenGL), ki omogočajo izvedbo animacij s podporo 3D grafike. Bistveni prednosti uporabe programskih jezikov sta možnost zagotavljanja interaktivnosti med animacijo in možnost spreminjanja pogledov na isto dogajanje. Podobne prednosti pri izdelavi animacij zagotavlja tudi program VRML v povezavi z drugimi produkti (npr. Java). Vendar se je pri izbiranju orodja za animacijo pokazalo, da je treba upoštevati tudi pomanjkljivosti, ki bi lahko bistveno omejile ali celo preprečile širšo uporabo izdelka. Tako se je pokazalo, da je pri uporabi naštetih orodij vprašljiva združljivost strojne in programske opreme, prenosljivost med različnimi sistemi, odvisnost hitrosti animacije od strojne (npr. grafična kartica) in ostale programske opreme uporabnika. Zaradi naštetih omejitev smo se morali odločiti, da bomo uporabili animacijski program Maya. V programu Maya po modeliranju in animaciji sestavimo film animacije. Tako smo se morali odpovedati interaktivnosti animacije, pridobili pa smo na prenosljivosti ter strojni in programski neodvisnosti izdelka.

5. Izvedba animacije

Osnova za izvedbo animacije so bili modeli delcev v VRML formatu, iz katerih so bili nato zmodelirani delci v programu Maya. Za modeliranje modelov so bile uporabljene NURB krivulje, ki omogočajo veliko prilagodljivost in poljubno prilagajanje kvalitete prikaza. Da bi dosegli čim bolj realni učinek animacije, smo želeli vključiti vanjo kar se da veliko število delcev, vendar smo se na koncu omejili na okrog 400 delcev. Njihovo razporejanje v prostoru pa smo dosegli s programi napisanimi v skriptnem jeziku Maya. Izziv so bile tudi kamere in luči na sceni. Za nazorni prikaz dogajanja je bilo potrebno uporabljati različne zorne kote prikaza. Kljub natančnemu scenariju, smo morali večkrat, zaradi omejitev animacijskega programa, poiskati kompromise v realizaciji scenarija. Čeprav je bilo možno večji del scenarija prenesti v

animacijo brez večjih problemov, se je zapletlo pri najbolj pomembnem delu - prikazu nastajanja kristala amonijevega klorida iz prosto se gibajočih ionov. Vendar smo težavo rešili tako, da smo se odločili prikazati rast kristala na »naivnem« modelu, ki odraža pravilno razporeditev in usmeritev ionov, ne pa tudi dejanskega nastajanja iz povsem prostih ionov.



Slika 2: Prikaz ene od stopenj rasti kristala amonijevega klorida

6. Snemanje in montaža filmov

Z digitalno kamero smo posneli več ponovitev vsakega poskusa. Pri tem smo skušali doseči optimum glede izbire ozadja (kontrast), osvetlitve, snemalnega kota, drže in sinhronizacije gibanja rok in učinkovitosti poskusa (količina uporabljenih reagentov za maksimalno vidnost sprememb).

Za montažo smo izbrali najkvalitetnejše posnetke, ki smo jih obdelali s programom Adobe Premiere. Najprej smo izbrali

ključne sekvence, ki so morale biti nazorne a dovolj kratke; pri daljših sekvencah smo uporabili rez ali pa smo jih pohitrili, nedinamične sekvence pa nadomestili s slikami. Izbrane sekvence smo nato povezali z ustreznimi prehodi. Za poudarek in pojasnitev filmov smo dodali napise, kazalce, simbole, slike ali filme (princip slika-v-sliki). Za boljše razumevanje vsebine filma smo ključnim segmentom dodali govorno razlago.

7. Zasnova interaktivnega dela

Interaktivni del usmerja uporabnika k pravilni zaznavi sprememb pri poskusih na makroskopski ravni in razumevanju sprememb na osnovi teorije delcev. Na začetku si lahko uporabnik ogleda reagente in produkte izbranega poskusa, preveri nevarnosti pri delu z njimi, ter spozna zaščito in ukrepe v primeru nesreče. Po ogledu posnetka poskusa mora uporabnik najprej dokazati, da je zaznal in razumel ključne spremembe pri poskusu, kar preveri z reševanjem različnih vrst nalog (izbirni tip, vpis odgovora, povezovanje, razvrščanje, prepoznavanje). Pri vsaki nalogi dobi povratno informacijo z razlago rešitve. Pri reševanju si lahko pomaga tudi z bazo podatkov spojin, ki je del navideznega laboratorija. Na višjem nivoju po ogledu animacije poskusa pa preveri ali je sposoben rezultate poskusa povezati s teorijo o delčni naravi snovi. V tem segmentu tudi preverimo, v kolikšni meri je uporabnik sposoben pridobljeno znanje posplošiti na podobnih primerih in jih povezati z življenjskimi problemi.

8. Priprava osnutka vstopnega portala Navideznega kemijskega laboratorija

Celoten navidezni laboratorij bo dostopen na medmrežju, zato je zasnovan v HTML formatu, z uporabo podatkovne baze ter programiranja in ustreznih plug-inov (filmi, interaktivne kemijske strukture).

Na osnovni ravni izbiramo med eksperimenti, ki so na voljo. Pri tem lahko izberemo vodeno učenje, kar pomeni vnaprej določeno prepletanje vizualnih elementov (filmi, interaktivne strukture, animacije, simulacije) s preverjanjem in utrjevanjem znanja (naloge in uporaba baze podatkov). Za večkratno uporabo pa so posamezni tipi multimedijskih gradiv dostopni tudi ločeno. Prav tako je možno samostojno iskanje po podatkovni bazi "Spoznajmo reagente".

9. Rezultati

Na osnovi opisane metodologije dela smo v osmih mesecih od kar teče projekt: (1) pripravili celovito zasnovo navideznega kemijskega laboratorija, (2) opravili izbor vsebin poskusov, (3) izvedli poskusno in končno snemanje izbranih eksperimentov (Umetna megla, Ioni tekmujejo, Zakaj se je potopila podmornica Kursk, (4) montirali posnetke in jih dopolnili z zvočnimi komentarji, (4) zasnovali scenarij za animacijo vseh izbranih poskusov na ravni delcev, (5) izvedli animaciji petih poskusov, eno v programu Maya in štiri v

animacijskem programu MoluCad ter (6) za en poskus pripravili integracijo makroskopske predstavitve s sub-mikroskopsko animacijo z dodani interaktivnimi elementi, s katerimi usmerjamo uporabnika na ključna opažanja poskusa in animacije ter preverjamo razumevanje obeh ravni predstavitve poskusa.

Izkušnje, ki smo jih pridobili pri dosedanjem delu, nam bodo dragoceno vodilo pri nadaljevanju projekta, zato upravičeno upamo, da bomo uspeli projekt končati v predviden roku ter tako pripraviti solidno osnovo za morebitno nadaljevanje projekta.

Literatura

- Devetak, I., (2000). Simbolni kemijski jezik in reševanje stehiometričnih problemov, Magistrsko delo, 149 str.
- Krajnik, K., 2002: Vpliv različnih oblik učenja z multimedijsko učno enoto na znanje ter stališča učencev do učenja kemije, Magistrsko delo, 213 str.
- MacFarlane, A., 1998: Information, Knowledge and Learning. Higher Education Quarterly, vol. 52, no. 1, pp. 77-92.
- Šket B., (2002). Ugotavljanje napačnih razumevanj pri učenju organske kemije v srednjih šolah, Magistrsko delo, 88 str.
- Wilson, A.W. Information literacy: fluency across and beyond the university. In: Dewey, B.I. Library user education: powerful learning, powerful partnership. Lanham, London: The Scarecrow Press, 2001, pp. 1-17.

Margareta Vrtačnik je redna profesorica na Naravoslovnotehniški fakulteti, Oddelku za kemijsko izobraževanje in informatiko, Univerze v Ljubljani. Je vodja programske skupine Informacijske metode v prenosu kemijskega znanja. Njeno raziskovalno delo poteka na treh segmentih: (1) inženiring kemijskega znanja za prepoznavanje vzorcev znanja ob uporabi hevrističnih in računalniško/statističnih metod in ob eksperimentalnim preverjanjem; (2) Informatizacija izobraževanja - razvoj metod in tehnik kemijskega izobraževanja s poudarkom na vizualizacijskih tehnikah in (3) informacijske metode in tehnike za prenos kemijskega in širše naravoslovnega znanja v uporabo - razvoj integriranih informacijskih sistemov, razvoj in uvajanje inteligenčnih metod za večanje učinkovitosti raziskovanja in področja. Je tudi mentorica doktorandom in magistrandom s področja kemijskega izobraževanja in naravoslovnotehniške informatike ter nosilka dveh ciljanih raziskovalnih projektov na področju uvajanja informacijsko-komunikacijske pismenosti v šolsko prakso.

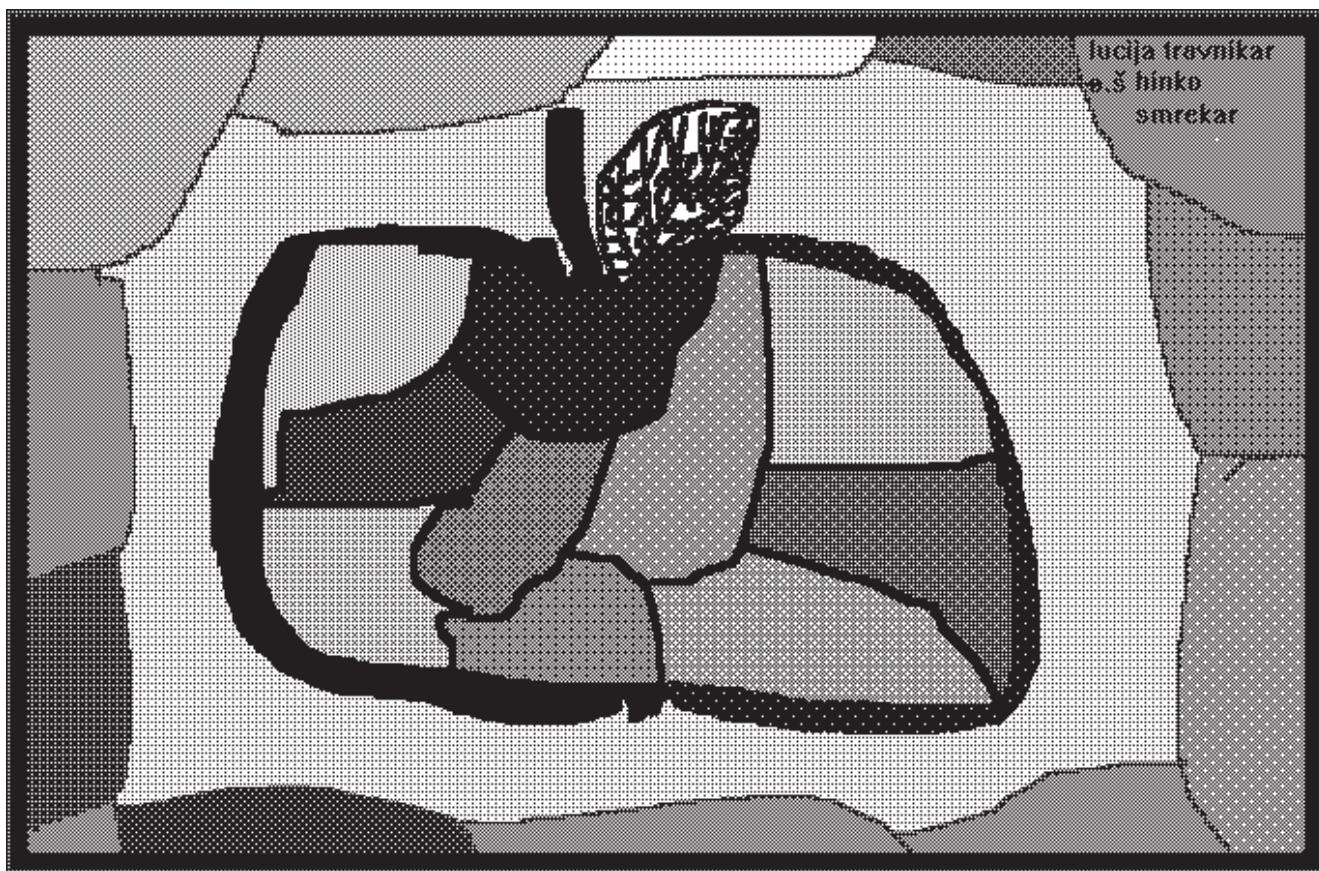
Mojca Fir, prof. kemije, je mlada raziskovalka na Univerzi v Ljubljani, Naravoslovnotehniški fakulteti, Oddelku za kemijsko izobraževanje in informatiko, kjer pripravlja pod mentorstvom prof. dr. Margarete Vrtačnik magistrsko nalogo o povezovanju makroskopske in sub-mikroskopske ravni zaznave kemijskih procesov in pojmov. Sodeluje tudi pri pripravi virtualnega kemijskega laboratorija s pripravo scenarijev animacij izbranih kemijskih procesov in pojmov, snemanjem in montažo digitalnih filmov ter ininteraktivnih nalog.

Danica Dolničar, univ. dipl. ing. mat., je raziskovalka na Univerzi v Ljubljani, Naravoslovnotehniški fakulteti, Oddelku za kemijsko izobraževanje in informatiko. Njeno raziskovalno delo sega na področje informatizacije izobraževanja - uvajanje računalniških metod in tehnik v kemijsko izobraževanje ter razvijanje informacijskih metod in tehnik za prenos znanja v uporabo - razvoj integriranih informacijskih sistemov. Je soavtorica kemijskega informacijskega sistema KemInfo in integriranega multimedijskega informacijskega sistema za fitomedicino - FitInfo.

Saša Divjak je doktoriral s področja elektrotehniških znanosti leta 1975. Prvo zaposlitev je dobil na inštitutu Jožef Stefan, kjer je kmalu prevzel vodstvo Odseka za avtomatiko in biokibernetiko, nato pa je postal načelnik Oddelka za elektroniko. V 10-letnem službovanju na inštitutu je vodil več projektov s področja avtomatizacije industrijskih procesov, konec 70. let pa je bil soavtor programske opreme prvih slovenskih robotov. Leta 1981 je postal v Iskri delti vodja Izobraževalnega centra, kasneje pa pomočnik direktorja, zadolžen za področje izobraževanja. V letih 1986-1988 je kot gostujoči profesor predaval robotiko na Videmski univerzi in tu tudi vzpostavil Laboratorij za robotiko. Kasneje je več let sodeloval na italijanskem regionalnem izobraževalnem projektu "Tovarne prihodnosti", sodeloval pa je tudi pri več italijanskih projektih s področja avtomatizacije procesov. V letu 1971 je stopil najprej v dopolnilno, kasneje pa v redno delovno razmerje s takratno Fakulteto za elektrotehniko, kjer je bil leta 1977 habilitiran v docenta za področje računalništva. V letu 1982 je postal izredni,

leta 1993 pa redni profesor na tem področju. Dve mandatni obdobji je bil prodekan za raziskovalno delo na Fakulteti za elektrotehniko in računalništvo Univerze v Ljubljani, ter en mandat na Fakulteti za računalništvo in informatiko. Trenutno je dekan na Fakulteti za računalništvo in informatiko ter predstojnik Laboratorija za računalniško grafiko in multimedije. Vodi več projektov, predvsem s področja multimedijskih tehnologij. Bil je član Programskega sveta Ministrstva za šolstvo in šport RS in "Senior member" mednarodne organizacije IEEE. Je predsednik Slovenske sekcije IEEE in predsednik mednarodnega združenja CoLoS. Objavil je 80 publikacij in imel 12 vabljenih predavanj. Je soavtor dveh inovacij, dobil pa je tudi 5 nagrad za inovacije in eno nagrado za pedagoško delo. Bil je mentor ali komentor 15 doktorantom, 18 magistrantom in 236 diplomantom.

Anton Vahčič je leta 1994 končal gimnazijo Lava v Celju in se je odločil za študij na Fakulteti za računalništvo in informatiko v Ljubljani. V drugem letniku se je pridružil laboratoriju za Grafiko in multimedijo, ki jo vodi prof. Saša Divjak. V času šolanja je sodeloval pri številnih projektih v laboratoriju. Decembra 2001 je diplomiral. Sledila je izmenjava študentov na Fraunhofer Institut für Graphische Datenverarbeitung v Rostocku v Nemčiji. Po vrnitvi v Slovenijo se je vpisal na podiplomski študij prav tako na Fakulteti za računalništvo in informatiko, kjer še naprej aktivni član laboratorija za grafiko in multimedijo. Dela pa v podjetju Navidez, kjer sodeluje pri razvoju prve virtualne pravljice - Palčica.



Lucija Travnikar, 11 let, 5.A OŠ Hinka Smrekarja: Jabolko
Mentor: Kristina Kompan