

PRIMERI UPORABE NEVARNIH KEMIKALIJ V ŠOLSLEM LABORATORIJU: POVEZAVA TOVRSTNIH KEMIKALIJS HOMEOPATSKIMI ZDRAVILI

MANCA KRAMPL, BRINA DOJER

Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Maribor, Slovenija
manca.krامل@gmail.com, brina.dojer@um.si

Povzetek Eksperimentalno delo pri pouku kemije je področje, pri katerem moramo dosledno upoštevati načela kemijske varnosti. Kemijska varnost v najširšem pomenu vključuje oceno in obvladovanje tveganja – ustrezno ravnanje s kemikalijami pri pouku in v neposredni okolici. Pomembno je prepoznavanje nevarnih snovi/kemikalij ter tveganj, ki jih te snovi predstavljajo. V delu so predstavljeni eksperimenti z izbranimi nevarnimi snovmi, ki se lahko izvajajo v osnovni ali srednji šoli kot demonstracijski eksperimenti ali pa jih izvajajo učenci samostojno. Nekatere prej omenjene nevarne snovi, ki jih uporabljamo v šolskih laboratorijih, se (v spremenjeni obliki) uporabljajo tudi v homeopatiji. Predstavljen je osnovni primer priprave homeopatskih zdravil in primeri uporabe izbranih homeopatskih zdravil. Osredotočili smo se na homeopatska zdravila kemijskega izvora, ki jih lahko kupimo v nekaterih lekarnah po Sloveniji.

Ključne besede:

eksperimentalno delo učencev, demonstracijski eksperiment, pouk kemije, nevarne kemikalije, homeopatija

EXAMPLES OF THE USE OF HAZARDOUS CHEMICALS IN A SCHOOL LABORATORY: LINKING THESE CHEMICALS TO HOMEOPATHIC MEDICINES

MANCA KRAMPL, BRINA DOJER

University of Maribor, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Maribor, Slovenia
manca.krامل@gmail.com, brina.dojer@um.si

Abstract Experimental work by chemistry lessons is a field, where we should consider the principles of chemical security. The chemical security involves the assessment and the control of the risk – an appropriate handling of chemicals during lessons and in the immediate surroundings. It is important to identify the hazardous substances/chemicals and the risks these substances pose. This work presents the experiments with the chosen chemicals. Those experiments could be used in primary or secondary school as demonstrative experiments, or the experiments pupils can do independently. Some of the hazardous chemicals, which we use in the school chemistry lab, can also be used in homeopathy healing (in a modified form). Basic example of preparation of homeopathic medicines and examples of their use are presented. We will focus on homeopathic medicines of chemical origin that we can buy in some Slovenian pharmacies.

Keywords:

students'
experimental work,
demonstrative
experiments,
chemistry lessons,
hazardous
chemicals,
homeopathy



Uvod

Kemikalije najdemo povsod okoli nas, tako doma kot na delovnih mestih, saj so zaradi svojih specifičnih lastnosti široko uporabne. Nekatere kemikalije imajo vrsto lastnosti, ki predstavljajo določeno nevarnost za človeka in/ali okolje, zato jih imenujemo nevarne kemikalije. Pri delu s kemikalijami moramo na podlagi poznavanja njihovih lastnosti upoštevati osnovne principe za varno delo. Na tem področju nam je v pomoč uredba REACH, katere glavni cilj je izboljšati varovanje zdravja in okolja pred tveganji, ki jih lahko predstavljajo kemikalije. Uredba REACH je neposredno povezana z uredbo CLP, ki predpisuje podatke o kemikalijah, pomembne za varno delo z njimi. Evropska zakonodaja je z uredbo CLP usklajena z globalnim sistemom GHS, ki je osnova za predpise o transportu nevarnih snovi. Poznavanje varnega rokovanja s kemikalijami je zelo pomembno tudi v šolskem okolju. Na tem področju so nam poleg zakonodaje v pomoč tudi načela kemijske varnosti, katere temelji se pričnejo graditi že v prvi triadi osnovnošolskega izobraževanja. Nekatere nevarne kemikalije, ki jih uporabljamo v šolskih laboratorijih, se uporabljajo kot izhodiščne substance za izdelavo homeopatskih zdravil. V prispevku je predstavljena povezava med obojim.

Teoretični del

Nevarne kemikalije in njihovo označevanje

Snovi oziroma kemikalije so v zakonodaji opredeljene kot kemijski elementi in njihove spojine v naravnem stanju ali pridobljene s proizvodnimi postopki, vključno z vsemi dodatki, potrebnimi za ohranitev obstojnosti, in vsemi nečistočami, ki nastanejo pri uporabljenem postopku. Opredelitev ne vključuje topil, ki se lahko izločijo in ne vplivajo na obstojnost snovi ali spremembo njene sestave (Uredba (ES) št. 1272/2008 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 16. decembra 2008 o razvrščanju, označevanju in pakiranju snovi ter zmesi, o spremembi in razveljavitvi direktiv 67/548/EGS in 1999/45/ES ter spremembi Uredbe (ES) št. 1907/2006, 2008).

Zavedanje o nevarnosti snovi sega daleč v zgodovino. Ena izmed pomembnejših osebnosti na tem področju je bil srednjeveški alkimist in zdravnik Paracelsus, ki je poznan predvsem po njegovem izreku »Vse snovi so strup in nobene ni, ki ni strup. Le odmerek loči zdravilo od strupa.« (Bačnik, 2011, 2019). Nekateri ga imenujejo za »očeta toksikologije«, saj se nevarne snovi s tega vidika močno naslanjajo na toksikologijo. To je veda o strupenih snoveh in njihovem učinkovanju. Strupenih snovi ne moremo preprosto

deliti na strupene in nestrupene, ampak moramo pri tem upoštevati tveganje, ki ga te snovi predstavljajo (Smrdu, 2019). Tveganje je produkt nevarnosti in izpostavljenost. Nevarnost se nanaša na nevarne lastnosti snovi, na katere ne moremo vplivati. Na izpostavljenost vplivajo količina, čas, pogostost in način izpostavljenosti določeni kemikaliji (Bačnik, 2011, 2019). Količina, odmerek oziroma doza zaužite snovi bistveno vpliva na tveganje. Nevarna snov lahko vstopi v telo na več načinov: z zaužitjem (oralno), z vdihavanjem (respiratorno), skozi kožo (dermalno) ali z vbrizgavanjem v žilo (intravenozno). Na tveganje pomembno vpliva tudi akutna oziroma kronična toksičnost snovi. Akutna zastrupitev pomeni, da snov ob enkratnem stiku povzroči takojšnjo okvaro zdravja. Kronična toksičnost pomeni, da se okvare zdravja pojavijo zaradi dalj časa trajajočega stika z manjšimi količinami nevarnih snovi (Smrdu, 2019).

Snov ali zmes je nevarna, če ustreza kriterijem za fizikalne nevarnosti, nevarnosti za zdravje ali nevarnosti za okolje. Razvrsti se jo v skladu z ustreznim razredom nevarnosti (Uredba (ES) št. 1272/2008 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 16. decembra 2008 o razvrščanju, označevanju in pakiranju snovi ter zmesi, o spremembi in razveljavitvi direktiv 67/548/EGS in 1999/45/ES ter spremembi Uredbe (ES) št. 1907/2006, 2008).

Največ podatkov o lastnostih nevarnih snovi najdemo v varnostnih listih. Namenjeni so zagotavljanju informacij, ki jih uporabniki kemikalij potrebujejo za varovanje zdravja ljudi in okolja. Oblika varnostnega lista je določena v uredbi REACH (Vodnik o varnostnih listih in scenarijih izpostavljenosti, 2018). Uredba o registraciji, evalvaciji, avtorizaciji in omejevanju kemikalij (REACH) podaja obsežen zakonodajni okvir za proizvodnjo in uporabo kemikalij v Evropi in je tesno povezana z uredbo CLP (Brown, 2003). Varnostni list vključuje naslednjih 16 poglavij: identifikacija snovi/zmesi in družbe/podjetja, določitev nevarnosti, sestava/podatki o sestavinah, ukrepi za prvo pomoč, protipožarni ukrepi, ukrepi ob nenamernih izpustih, ravnanje in skladiščenje, nadzor izpostavljenosti/osebna zaščita, fizikalne in kemijske lastnosti, obstojnost in reaktivnost, toksikološki podatki, ekološki podatki, odstranjevanje, podatki o prevozu, zakonsko predpisani podatki ter drugi podatki (Vodnik o varnostnih listih in scenarijih izpostavljenosti, 2018).

V članicah Evropske unije in s tem tudi v Sloveniji uporabljamo globalno poenoten sistem razvrščanja, označevanja in pakiranja nevarnih kemikalij, tako imenovan sistem GHS (Globally Harmonised System). Po uredbi CLP (Classification, Labelling and Packaging of hazardous chemicals) morajo biti vse nevarne kemikalije razvrščene in označene z etiketam, ki vsebujejo standardizirane elemente. To so piktogrami, opozorilne besede,

stavki o nevarnosti in previdnostni stavki (Vodnik o varnostnih listih in scenarijih izpostavljenosti, 2018). Opozorilna beseda označuje relativno stopnjo nevarnosti in opozarja na morebitno nevarnost. Ločimo med dvema stopnjama: beseda nevarno označuje kategorije resnejših nevarnosti, beseda pozor pa označuje kategorije manj resnih nevarnosti. Stavek o nevarnosti je besedilo glede razreda ali kategorije nevarnosti, ki opisuje vrsto nevarnosti, ki jo povzroča nevarna snov ali zmes, po potrebi pa tudi stopnjo nevarnosti. Previdnostni stavek opisuje priporočene ukrepe za zmanjšanje ali preprečevanje negativnih učinkov, ki so posledica izpostavljenosti nevarni snovi ali zmesi zaradi njene uporabe ali odstranjevanja (Uredba (ES) št. 1272/2008 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 16. decembra 2008 o razvrščanju, označevanju in pakiranju snovi ter zmesi, o spremembi in razveljavitvi direktiv 67/548/EGS in 1999/45/ES ter spremembi Uredbe (ES) št. 1907/2006, 2008). Na etiketi mora biti navedeno še ime, naslov in telefonska številka dobavitelja/-ev, nominalna količina snovi ali zmesi v pakiranju ter identifikatorji izdelka (Vodnik o varnostnih listih in scenarijih izpostavljenosti, 2018).

V GHS sistemu so nevarne kemikalije razvrščene v tri skupine glede na vrsto nevarnosti. Ločimo fizikalne nevarnosti, nevarnosti za zdravje ter nevarnosti za okolje. Oznake za nevarnosti so piktogrami. V vsaki skupini so nevarne kemikalije razdeljene v razrede nevarnosti, ki pomenijo vrsto fizikalne nevarnosti, nevarnosti za zdravje ali okolje. Nevarne kemikalije so v posameznem razredu nevarnosti razvrščene v kategorije nevarnosti, ki pomenijo nadaljnjo razčlenitev po kriterijih znotraj vsakega razreda nevarnosti, ki določa resnost nevarnosti. Številka 1 pomeni največjo nevarnost (Uredba (ES) št. 1272/2008 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 16. decembra 2008 o razvrščanju, označevanju in pakiranju snovi ter zmesi, o spremembi in razveljavitvi direktiv 67/548/EGS in 1999/45/ES ter spremembi Uredbe (ES) št. 1907/2006, 2008). V nadaljevanju je predstavljena razvrstitev snovi po GHS in CLP sistemu. Podrobneje so predstavljene zdravju nevarne snovi.

Fizikalne nevarnosti



Slika 1: Piktogram GHS01

Vir: Uredba (ES) št. 1272/2008 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 16. decembra 2008 o razvrščanju, označevanju in pakiranju snovi ter zmesi, o spremembi in razveljavitvi direktiv 67/548/EGS in 1999/45/ES ter spremembi Uredbe (ES) št. 1907/2006, 2008.

Eksplozivne snovi eksotermno reagirajo tudi ob odsotnosti zračnega kisika, pri čemer se zelo hitro sproščajo plini, ki pod določenimi pogoji detonirajo¹, se hitro vžgejo ali zaradi segrevanja in povečanja pritiska eksplodirajo.

Razredi nevarnosti, ki veljajo za piktogram na sliki 1, so:

- nestabilni eksplozivi
- eksplozivi podrazredov 1.1, 1.2, 1.3, 1.4
- samoreaktivne snovi in zmesi vrste A in B
- organski peroksidi vrste A in B



Slika 2: Piktogram GHS02

Vir: Uredba (ES) št. 1272/2008 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 16. decembra 2008 o razvrščanju, označevanju in pakiranju snovi ter zmesi, o spremembi in razveljavitvi direktiv 67/548/EGS in 1999/45/ES ter spremembi Uredbe (ES) št. 1907/2006, 2008.

Vnetljive snovi se po manjšem viru vžiga vžgejo in gorijo ali tlijo tudi po odstranitvi vira. Vnetljivost snovi določajo temperatura plamenišča, vrelišča in vžigna temperatura ter eksplozijsko območje.

¹ eksplodirajo ob zelo hitrem širjenju sežiga

Razredi nevarnosti, ki veljajo za piktogram na sliki 2, so:

- vnetljivi plini
- vnetljivi aerosoli
- vnetljive tekočine
- vnetljive trdne snovi
- samoreaktivne snovi in zmesi vrste B, C, D, E, F
- piroforne tekočine in trdne snovi
- samosegrevajoče se snovi in zmesi
- snovi in zmesi, ki ob stiku z vodo sproščajo vnetljive pline
- organski peroksidi vrste B, C, D, E, F



Slika 3: Piktogram GHS03

Vir: Uredba (ES) št. 1272/2008 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 16. decembra 2008 o razvrščanju, označevanju in pakiranju snovi ter zmesi, o spremembi in razveljavitvi direktiv 67/548/EGS in 1999/45/ES ter spremembi Uredbe (ES) št. 1907/2006, 2008.

Oksidativne snovi povzročijo močno eksotermno reakcijo, kadar so v stiku z drugimi snovmi (predvsem z vnetljivimi).

Razredi nevarnosti, ki veljajo za piktogram na sliki 3, so:

- oksidativni plini
- oksidativne tekočine
- oksidativne trdne snovi



Slika 4: Piktogram GHS04

Vir: Uredba (ES) št. 1272/2008 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 16. decembra 2008 o razvrščanju, označevanju in pakiranju snovi ter zmesi, o spremembi in razveljavitvi direktiv 67/548/EGS in 1999/45/ES ter spremembi Uredbe (ES) št. 1907/2006, 2008.

Plini pod tlakom so plini, ki so shranjeni v posodi pod tlakom 200 kPa ali več pri 20 °C ter tisti, ki so utekočinjeni ali utekočinjeni in ohlajeni.

Razred nevarnosti, ki velja za piktogram na sliki 4, je plini pod tlakom, ki vsebujejo stisnjene pline, utekočinjene pline, ohlajene utekočinjene pline ter raztopljene pline.



Slika 5: Piktogram GHS05

Vir: Uredba (ES) št. 1272/2008 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 16. decembra 2008 o razvrščanju, označevanju in pakiranju snovi ter zmesi, o spremembi in razveljavitvi direktiv 67/548/EGS in 1999/45/ES ter spremembi Uredbe (ES) št. 1907/2006, 2008.

Jedke snovi s kemijskim delovanjem bistveno poškodujejo ali celo uničijo kovine.

Razred nevarnosti, ki velja za piktogram na sliki 5, je jedko za kovine (Uredba (ES) št. 1272/2008 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 16. decembra 2008 o razvrščanju, označevanju in pakiranju snovi ter zmesi, o spremembi in razveljavitvi direktiv 67/548/EGS in 1999/45/ES ter spremembi Uredbe (ES) št. 1907/2006, 2008).

Nevarnosti za zdravje



Slika 6: Piktogram GHS06

Vir: Uredba (ES) št. 1272/2008 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 16. decembra 2008 o razvrščanju, označevanju in pakiranju snovi ter zmesi, o spremembi in razveljavitvi direktiv 67/548/EGS in 1999/45/ES ter spremembi Uredbe (ES) št. 1907/2006, 2008.

Akutna strupenost pomeni, da se po eni sami ali kratkotrajni izpostavljenosti snovi ali zmesi, bodisi oralno bodisi prek kože ali dihalnih poti, pojavijo hudi škodljivi učinki na zdravje.

Razredi nevarnosti, ki veljajo za piktogram na sliki 6, so:

- akutna oralna strupenost
- akutna dermalna strupenost
- akutna strupenost pri vdihavanju

Akutno strupene snovi se razvrstijo v eno od štirih kategorij nevarnosti glede na mejne vrednosti ocene akutne strupenosti (ATE) iz tabele 1. Mejne vrednosti ATE za kategorijo 4 so predstavljene v tabeli 2.

Vrednosti akutne strupenosti so izražene kot (približne) vrednosti LD₅₀ (oralno, dermalno) ali LC₅₀ (vdihavanje) ali kot ocena akutne strupenosti (ATE) (Uredba (ES) št. 1272/2008 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 16. decembra 2008 o razvrščanju, označevanju in pakiranju snovi ter zmesi, o spremembi in razveljavitvi direktiv 67/548/EGS in 1999/45/ES ter spremembi Uredbe (ES) št. 1907/2006, 2008). LD₅₀ imenujemo srednja vrednost smrtne doze. Predstavlja količino snovi, ki povzroči smrt polovice testirane populacije (Smrdu, 2019). LC₅₀ imenujemo srednja vrednost smrtne koncentracije. Predstavlja koncentracijo snovi, ki povzroči smrt polovice testirane populacije. Nižja kot je vrednosti LD₅₀ oziroma LC₅₀, tem bolj strupena je snov. Ocena akutne strupenosti predstavlja vrednost LD₅₀/LC₅₀, kadar sta ti dve vrednosti na voljo.

Tabela 1: Merila za določitev kategorij nevarnosti akutne strupenosti 1 – 3

način izpostavljenosti	kategorija 1	kategorija 2	kategorija 3
oralno (mg/kg telesne mase)	ATE ≤ 5	5 < ATE ≤ 50	50 < ATE ≤ 300
dermalno (mg/kg telesne mase)	ATE ≤ 50	50 < ATE ≤ 200	200 < ATE ≤ 1 000
s plini (ppmV ²)	ATE ≤ 100	100 < ATE ≤ 500	500 < ATE ≤ 2 500
s hlapi (mg/L)	ATE ≤ 0,5	0,5 < ATE ≤ 2,0	2,0 < ATE ≤ 10,0
s prahom in meglicami (mg/L)	ATE ≤ 0,05	0,05 < ATE ≤ 0,5	0,5 < ATE ≤ 1,0

Vir: Uredba (ES) št. 1272/2008 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 16. decembra 2008 o razvrščanju, označevanju in pakiranju snovi ter zmesi, o spremembi in razveljavitvi direktiv 67/548/EGS in 1999/45/ES ter spremembi Uredbe (ES) št. 1907/2006, 2008



Slika 7: Piktogram GHS05

Vir: Uredba (ES) št. 1272/2008 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 16. decembra 2008 o razvrščanju, označevanju in pakiranju snovi ter zmesi, o spremembi in razveljavitvi direktiv 67/548/EGS in 1999/45/ES ter spremembi Uredbe (ES) št. 1907/2006, 2008.

Razreda nevarnosti, ki veljata za piktogram na sliki 7, sta jedkost za kožo in hude poškodbe oči. Snovi iz obeh razredov se razvrstijo v kategorijo nevarnosti 1.

Snov je jedka za kožo, kadar povzroči uničenje tkiva kože, zlasti vidno odmiranje skozi povrhnjico v usnjico. Za reakcije jedkosti so značilne razjede, krvavitve, krvave hraste, pa tudi izpadanje dlak in brazgotine.

Hude poškodbe oči pomeni povzročitev poškodbe tkiva očesa ali resne fizične okvare vida, ki niso v celoti popravljive.

² delci na milijon po prostornini



Slika 8: Piktogram GHS07

Vir: Uredba (ES) št. 1272/2008 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 16. decembra 2008 o razvrščanju, označevanju in pakiranju snovi ter zmesi, o spremembi in razveljavitvi direktiv 67/548/EGS in 1999/45/ES ter spremembi Uredbe (ES) št. 1907/2006, 2008.

Razredi nevarnosti, ki veljajo za piktogram na sliki 8, so:

- akutna strupenost (oralno, dermalno, pri vdihavanju)

Za akutno strupene snovi kategorije 4 veljajo mejne vrednosti ocene akutne strupenosti iz tabele 2.

Tabela 2: Merila za določitev kategorije nevarnosti akutne strupenosti 4

način izpostavljenosti	kategorija 4
oralno (mg/kg telesne mase)	$300 < ATE \leq 2\,000$
dermalno (mg/kg telesne mase)	$1\,000 < ATE \leq 2\,000$
s plini (ppmV)	$2\,500 < ATE \leq 20\,000$
s hlapi (mg/L)	$10,0 < ATE \leq 20$
s prahom in meglicami (mg/L)	$1,0 < ATE \leq 5,0$

Vir: Uredba (ES) št. 1272/2008 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 16. decembra 2008 o razvrščanju, označevanju in pakiranju snovi ter zmesi, o spremembi in razveljavitvi direktiv 67/548/EGS in 1999/45/ES ter spremembi Uredbe (ES) št. 1907/2006, 2008

- draženje kože

Snov je dražilna za kožo, kadar povzroči nastanek popravljive poškodbe kože. Razvrsti se v kategorijo nevarnosti 2.

- draženje oči

Draženje oči je povzročitev sprememb v očesu, ki so v celoti popravljive, potem ko je bilo oko izpostavljeno snovi ali zmesi. Razvrsti se v kategorijo nevarnosti 2.

- preobčutljivost kože

Preobčutljivost kože je alergijski odziv kože, po stiku s snovjo ali zmesjo. Snovi se razvrstijo v kategorijo nevarnosti 1.

- specifična strupenost za ciljne organe – enkratna izpostavljenost

Specifična strupenost za ciljne organe (enkratna izpostavljenost) je opredeljena kot specifična strupenost za ciljne organe zaradi enkratne izpostavljenosti snovi ali zmesi, ki ne povzroči smrti. Sem spadajo tudi vsi pomembni popravljivi in trajni, takojšnji in/ali zapozneli učinki na zdravje. Snovi se razdelijo v tri kategorije nevarnosti. Za piktogram na sliki 8 velja kategorija nevarnosti 3. Ta kategorija vključuje narkotične učinke in draženje dihalnih poti.



Slika 9: Piktogram GHS08

Vir: Uredba (ES) št. 1272/2008 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 16. decembra 2008 o razvrščanju, označevanju in pakiranju snovi ter zmesi, o spremembi in razveljavitvi direktiv 67/548/EGS in 1999/45/ES ter spremembi Uredbe (ES) št. 1907/2006, 2008.

Razredi nevarnosti, ki veljajo za piktogram na sliki 9, so:

- preobčutljivost dihal

Preobčutljivost dihal pomeni preobčutljivost dihalnih poti po vdihavanju snovi ali zmesi. Snovi se razvrstijo v kategorijo nevarnosti 1.

– mutagenost za zarodne celice

Mutagenost za zarodne celice pomeni povzročitev dednih genskih mutacij, vključno z dednimi strukturnimi in številčnimi kromosomskimi aberacijami³ v zarodnih celicah, do katerih pride po izpostavljenosti snovi ali zmesi. Snovi se razvrstijo v kategorijo nevarnosti 1 ali 2. V kategoriji 1 so snovi, ki povzročajo dedne mutacije ali se obravnavajo kot povzročitelji dednih mutacij v zarodnih celicah ljudi. V kategoriji 2 so snovi, ki vzbujajo skrb zaradi morebitnega povzročanja dednih mutacij v zarodnih celicah ljudi.

– rakotvornost

Rakotvornost pomeni povzročitev raka ali povečanje pojavnosti raka, do katerih pride po izpostavljenosti snovi ali zmesi. V kategorijo 1 so razvrščene snovi, za katere je znano ali se domneva, da so rakotvorne za ljudi. V kategorijo 2 so razvrščene snovi, pri katerih obstaja sum rakotvornosti za ljudi.

– strupenost za razmnoževanje

Strupenost za razmnoževanje vključuje škodljive učinke na spolno delovanje in plodnost pri odraslih moških in ženskah ter strupene učinke pri potomcih. Razred nevarnosti se deli na: škodljive učinke na spolno delovanje in plodnost, škodljive učinke na razvoj ter učinke na dojenje ali prek dojenja.

Škodljivi učinki na spolno delovanje in plodnost vključujejo spremembe ženskega in moškega sistema za razmnoževanje, škodljive učinke na pojav pubertete, na pravilen cikel razmnoževanja, na spolno vedenje, plodnost, porod, rezultate nosečnosti ter spremembe drugih funkcij, ki so odvisne od celovitosti sistema za razmnoževanje.

Strupenost za razvoj v najširšem pomenu vključuje vse učinke, ki ovirajo normalen razvoj plodu pred rojstvom ali po njem in so posledica izpostavljenosti katerega koli od staršev pred spočetjem ali izpostavljenosti razvijajočega potomca v obdobju pred rojstvom ali po njem do spolnega dozorevanja. Kljub temu je razvrstitev pod naslovom strupenosti za razvoj namenjena predvsem opozarjanju o nevarnosti za nosečnice ter moške in ženske s

³ spremembe kromosomov, ki jim dajejo nenormalno obliko zaradi izgube dela kromosoma, podvojitve, translokacij, inverzij in drugih sprememb

sposobnostjo razmnoževanja. Glavni pokazatelji strupenosti za razvoj vključujejo: smrt organizma v razvoju, anomalije strukture, spremenjeno rast in nezadostno delovanje.

Strupene snovi za razmnoževanje se razvrstijo v kategorijo nevarnosti 1 ali 2. V kategorijo 1 spadajo snovi, za katere je znano ali se domneva, da so strupene za razmnoževanje za ljudi. Snovi, pri katerih obstaja sum, da so strupene za razmnoževanje za ljudi, spadajo v kategorijo nevarnosti 2. Učinki na dojenje so uvrščeni v posebno kategorijo nevarnosti, za katero ni piktograma.

- specifična strupenost za ciljne organe – enkratna izpostavljenost

Snovi so razdeljene v kategorijo nevarnosti 1 in 2. V kategorijo 1 spadajo snovi, ki imajo pri ljudeh po enkratni izpostavljenosti precejšen strupeni učinek. Snovi, za katere se predvideva, da lahko škodujejo zdravju ljudi po enkratni izpostavljenosti, spadajo v kategorijo 2.

- specifična strupenost za ciljne organe – ponavljajoča izpostavljenost

Specifična strupenost za ciljne organe – ponavljajoča izpostavljenost pomeni specifične strupene učinke na ciljne organe, do katerih pride po ponavljajoči se izpostavljenosti snovi ali zmesi. Sem spadajo vsi pomembni popravljivi in nepopravljivi, takojšnji in/ali zapozneli učinki na zdravje, ki lahko škodujejo delovanju. Snovi so razdeljene v kategorijo nevarnosti 1 ali 2. V kategorijo nevarnosti 1 spadajo snovi, ki lahko povzročijo bistveno strupenost pri ljudeh po ponavljajoči izpostavljenosti. Snovi, ki lahko škodujejo zdravju ljudi po ponavljajoči izpostavljenosti, spadajo v kategorijo 2.

- nevarnost pri vdihavanju

Nevarnost pri vdihavanju pomeni resne akutne učinke, kot je s kemikalijami povzročena pljučnica, poškodbe pljuč ali smrt, do katerih pride po vdihavanju snovi ali zmesi. Snovi so razvrščene v kategorijo nevarnosti 1, v kateri so snovi, za katere je znano, da so nevarne zaradi strupenosti pri vdihavanju za ljudi, ali ki jih je treba obravnavati, kot da so nevarne zaradi strupenosti pri vdihavanju za ljudi (Uredba (ES) št. 1272/2008 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 16. decembra 2008 o razvrščanju, označevanju in pakiranju snovi ter zmesi, o spremembi in razveljavitvi direktiv 67/548/EGS in 1999/45/ES ter spremembi Uredbe (ES) št. 1907/2006, 2008).

Nevarnosti za okolje



Slika 10: Piktogram GHS09

Vir: Uredba (ES) št. 1272/2008 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 16. decembra 2008 o razvrščanju, označevanju in pakiranju snovi ter zmesi, o spremembi in razveljavitvi direktiv 67/548/EGS in 1999/45/ES ter spremembi Uredbe (ES) št. 1907/2006, 2008.

Nevarnost za vodno okolje predstavljajo kemikalije, ki lahko ob prehajanju v okolje povzročijo ali pa utegnejo povzročiti takojšnjo ali dolgoročno nevarnost za eno ali več sestavin okolja.

Razreda nevarnosti, ki veljata za piktogram na sliki 10, sta:

- kratkotrajna (akutna) nevarnost za vodno okolje
- dolgotrajna (kronična) nevarnost za vodno okolje (Uredba (ES) št. 1272/2008 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 16. decembra 2008 o razvrščanju, označevanju in pakiranju snovi ter zmesi, o spremembi in razveljavitvi direktiv 67/548/EGS in 1999/45/ES ter spremembi Uredbe (ES) št. 1907/2006, 2008)

Kemijska varnost

Kemijska varnost v najširšem smislu pomeni preprečevanje kratkoročnih in dolgoročnih škodljivih učinkov kemikalij na zdravje človeka in na okolje. Vključuje tudi ustrezno ravnanje s potencialno nevarnimi snovmi (Ferk Savec in Košenina, 2012, 2013).

Elementa izobraževanja o kemijski varnosti sta učenje in razumevanje načel kemijske varnosti, ki vodita k varnemu eksperimentiranju in preprečevanju nesreč. Poznamo štiri načela, ki jih združuje angleška kratica RAMP (Hill, 2021). Prvo načelo je prepoznavanje nevarnosti (ang. Recognize hazards), ki vključuje znanje o toksikologiji, označevanju in razvrščanju nevarnih snovi, razumevanju kemijskih enačb ter drugih kemijskih konceptov (Hill, 2016). Drugo načelo je ocena tveganja (ang. Assess the risks of hazards), ki vključuje

razumevanje načinov izpostavljenosti ter mejnih vrednosti izpostavljenosti nevarnosti (Hill, 2021). Za oceno tveganja je potrebno poznati in razumeti pojme kot so stopnja tveganja, verjetnost izpostavljenosti, resnost tveganja in druge (Hill, 2016). Tretje načelo je zmanjšanje tveganja (ang. Minimize the risks of hazards), ki je bistveno za zagotavljanje zaščite sebe in drugih. Zajema uporabo postopkov ali opreme za zmanjšanje ali obvladovanje tveganja, kot so zaščita oči, kože in dihal, varno skladiščenje kemikalij ter odgovorno ravnanje z odpadki (Hill, 2021). Četrto načelo se nanaša na pripravljenost na nesreče (ang. Prepare for emergencies). Priprava vključuje razumevanje pristopov pri nesrečah oziroma, kaj storiti v nujnih primerih, kot so razlitje kemikalij, izpostavljenost strupenim snovem, požari ali eksplozije. Vključuje tudi poznavanje postopkov nudenja prve pomoči (Hill, 2016, 2021).

Za pedagoške delavce, ki vodijo eksperimentalno delo v šolskem laboratoriju je pomembno, da dosledno upoštevajo kemijsko varnost, organizirajo laboratorij, tako da je varen za udeležence, zagotovijo specifično varovalno opremo, skrbijo za sistematično zbiranje in ločevanje nevarnih odpadnih kemikalij ter so usposobljeni za nudenje prve pomoči. Za učence oziroma dijake, ki opravljajo eksperimentalno delo v šolskem laboratoriju je pomembno, da pravilno uporabljajo delovno in osebno varovalno opremo ter druga sredstva. O vsaki pomanjkljivosti, škodljivosti, okvari ali drugem pojavu, ki lahko pri delu ogrozi njihovo zdravje, takoj obvestijo pedagoške delavce (Ferk Savec in Košenina, 2013).

Temeljne vsebine kemijske varnosti so vključene v učne načrte po vsej izobraževalni vertikali vse do gimnazije. V nadaljevanju je pregled učnih ciljev in vsebin o nevarnih snoveh in kemijski varnosti pri obveznih naravoslovnih predmetih po izobraževalni vertikali v osnovni šoli.

1. razred

Pri predmetu spoznavanje okolja učenci 1. razreda spoznajo snovi z nevarnimi lastnostmi. Nevarne snovi razdelijo v pet osnovnih skupin: strupene, vnetljive, eksplozivne, jedke in okolju nevarne snovi (Kolar, Krnel in Velkavrh, 2011).

2. razred

Učenci v 2. razredu pri predmetu spoznavanje okolja spoznajo osnovne oznake za nevarne snovi (Kolar idr., 2011).

3. razred

Pri predmetu spoznavanje okolja učenci 3. razreda razumejo pomen osnovnih oznak za nevarne lastnosti snovi (Kolar idr., 2011).

4. razred

Učenci v 4. razredu znajo pri predmetu naravoslovje in tehnika razložiti pomen simbolov za označevanje nevarnih snovi (jedko, vnetljivo, strupeno, nevarno za vodno okolje idr.) ter jih prepoznajo na izdelkih za vsakdanjo rabo (Vodopivec, Papotnik, Gostičar Blagotinšek, Skribe Dimec in Balon, 2011).

5. razred

Pri predmetu naravoslovje in tehnika učenci 5. razreda prepoznajo nevarne snovi na podlagi simbolov ter z njimi ustrezno ravnajo. Znajo razložiti posledice neustreznega ravnanja v nevarnih snovmi. Izbirni učni cilj pri tem predmetu je, da učenci ugotovijo pomen embalaže za shranjevanje predmetov in snovi ter jo vrednotijo z naravovarstvenega vidika (Vodopivec idr., 2011).

6. razred

Pri predmetu naravoslovje učenci 6. razreda spoznajo simbole za označevanje nevarnih snovi. Opredelijo ustrezne načine zaščite in ravnanja z nevarnimi snovmi ter se seznanijo z ukrepi v primeru nesreč in poškodb (Skvarč idr., 2011).

8. razred

Pri predmetu kemija učenci 8. razreda poglobljajo poznavanje nevarnih lastnosti snovi, njihovo označevanje in ravnanje z njimi (Bačnik idr., 2011).

Učenci v prvi triadi osnovnošolskega izobraževanja pridobijo osnovno znanje o nevarnih snoveh, spoznajo osnovne skupine nevarnih snovi in njihove oznake ter razumejo pomen le-teh. V 4. in 5. razredu se pojavijo prvi zametki kemijske varnosti, saj učenci spoznajo, kako pravilno rokovati z nevarnimi snovmi ter kakšne so posledice nepravilnega ravnanja. Na predmetni stopnji učenci nadgradijo znanje o pravilnem ravnanju z nevarnimi snovmi in o pristopih v primeru nesreč in poškodb.

Pri predmetu kemija učenci prednostno razvijajo odgovoren odnos do uporabe snovi, sposobnost za zavzeto, odgovorno in utemeljeno ravnanje za zdravje in okolje. Prav tako razvijajo naravoslovno-matematične kompetence ter kompleksno in kritično mišljenje. S prepoznavanjem in preprečevanjem nevarnosti v skrbi za zdravje in okolje razvijajo »odnosne« in odločitvene zmožnosti. Pri predmetu kemija sta poudarjena eksperimentalnoraziskovalni pristop in kemijska varnost. Sistematično navajanje učencev na skrb za varno delo je ena izmed spretnosti, ki omogoča razvijanje eksperimentalnih veščin. Poleg tega pa sistematično navajanje učencev na upoštevanje lastnosti nevarnih snovi, navodil za varno in odgovorno uporabo teh snovi, dosledno uporabo zaščitnih sredstev ter ustrezno odstranjevanje odpadnih snovi pomembno vpliva na uveljavljanje načel kemijske varnosti (Bačnik, 2011).

V nadaljevanju je pregled učnih ciljev in vsebin o nevarnih snoveh in kemijski varnosti pri splošnoizobraževalnih naravoslovnih predmetih po izobraževalni vertikali v srednji šoli (programa splošna gimnazija ter klasična in strokovna gimnazija).

Dijaki v gimnazijskem izobraževanju nadgrajujejo znanje, ki so ga pridobili pri predmetu kemija v osnovni šoli. Prednostno nadgrajujejo tudi odgovoren odnos do uporabe snovi, sposobnosti in pripravljenosti zavzetega, odgovornega in utemeljenega ravnanja za zdravje in v okolju. Na področju »odnosnih« in odločitvenih zmožnost poglobljajo prepoznavanje in preprečevanje nevarnosti v skrbi za zdravje. Pri vsebinskem sklopu Uvod v varno eksperimentalno delo dijaki spoznajo stavke R in S⁴ ter razumejo pomen zaščitne opreme za varno eksperimentalno delo. Usvojijo osnovne pojme toksikologije. Razvijajo zmožnost varnega eksperimentalnega dela. Pri vsebinskem sklopu Delci (gradniki) snovi dijaki poglobljajo poznavanje lastnosti nevarnih snovi, njihovo označevanje in ravnanje z njimi (Bačnik idr., 2008a, 2008b).

Homeopatija

Homeopatija je sistem zdravljenja, ki ga je razvil nemški zdravnik Samuel Hahnemann. Temelji na načelu, da tisto, kar povzroči simptome pri zdravem posamezniku, lahko ozdravi bolnega posameznika s podobnimi simptomi. To načelo imenujemo načelo podobnosti, torej podobno se zdravi s podobnim (Vithoulkas, 2021). Homeopatija je individualna metoda zdravljenja, kar pomeni, da obravnava bolnika in ne bolezni.

⁴ R- in S-stavke so po novi zakonodaji EU zamenjali H- in P-stavki

Informacije o tem, za katero bolezen gre in kaj jo je povzročilo, v homeopatiji niso najpomembnejše, saj je v ospredju celostna slika obolelega (Scheffer, 2012). Hahnemann in njegovi učenci so na zdravih ljudeh testirali učinke najrazličnejših snovi in reakcije nanje skrbno zapisovali. Tako je nastala slika zdravila, ki je zbirka vseh simptomov, ki so jih opazili v okviru testiranja zdravila na zdravem človeku (Sommer, 2006). Poznamo simptome treh stopenj. Simptomi prve stopnje se pojavijo pri vseh testiranih osebah, zato jih imenujemo tudi vodilni ali ključni simptomi. Simptomi druge stopnje se pojavijo relativno pogosto, ampak niso opazni pri vseh testiranih osebah. Simptomi tretje stopnje se pojavijo redko in so osnova za izbiro homeopatskega zdravila. Simptomi prve stopnje so osnova za izbiro homeopatskega zdravila in morajo ustrezati sliki bolezni oziroma individualizirani bolezenski sliki pacienta (Scheffer, 2012). Pri izbiri homeopatskega zdravila je pomembno upoštevati osnovne simptome bolezni in njihove značilnosti, dejavnike izboljšanja ali poslabšanja, počutje bolnika ter vzroke nastanka bolezni. Obstajajo različni načini priprave homeopatskih zdravil. Vhodne substance so rastlinskega, živalskega ali mineralnega izvora (Blažič in Zanco, 2018). Snov za izdelavo zdravila je lahko v trdnem ali tekočem stanju. Trdne snovi, ki so netopne v vodi ali alkoholu, se zmešajo z mlečnim sladkorjem. Ta zdravila se uporabljajo v obliki praškov ali tablet. Ostale snovi se redčijo s stresanjem z vodo ali alkoholom. Ta zdravila so v obliki kapljic ali globul (Sommer, 2006), ki jih prikazuje slika 11.



Slika 11: Homeopatsko zdravilo v obliki globul

Vir: lasten.

Postopek redčenja in sočasnega močnega stresanja oziroma trenje pripravka se imenuje potenciranje. Zaradi energičnega pretresanja ali trenja se zmanjšuje toksičnost strupenih snovi in povečuje zdravilna učinkovitost. Stopnjo razredčevanja zdravil imenujemo potenca. Poznamo različne potence homeopatskih zdravil, ki se razlikujejo glede na razmerje in stopnjo razredčevanja (Blažič in Zanco, 2018). Potenca zdravila je sestavljena iz črke in številke. Vrsta potence je označena s črko in pove, v kakšnem razmerju je bila

izhodiščna tinktura razredčena. Črka D označuje razredčenje v razmerju 1:10, črka C v razmerju 1:100, črka M v razmerju 1:1000, črka LM pa razredčenje v razmerju 1:50000. Stopnja potence je označena s številko in pove, kolikokrat zapored je bilo homeopatsko zdravilo razredčeno. Glede na število potenciranj ločimo nizke, srednje in visoke potence. Višje kot je potenciranje, globlji učinek bi naj imelo zdravilo in tem redkeje bi ga naj vzeli. Nizke potence delujejo na telesnem nivoju. Srednje potence imajo močan, vendar manj dolgotrajen učinek na telo in psiho. Visoke potence imajo dolgotrajen in globok učinek na psiho (Scheffer, 2012). Enaka razmerja pri razredčevanju veljajo tudi za trdnine, le da jih najprej zdrobimo in nato zmešamo z mlečnim sladkorjem (Sommer, 2006).

Pomembna osebnost na področju homeopatije je bil tudi francoski biolog Jacques Benveniste, ki je raziskoval »spomin vode«. Pojasnjeval je, kako lahko vodna raztopina snovi ohrani biološke lastnosti, tudi če je razredčena do te mere, da v njej ni več niti ene molekule snovi. Čista voda bi naj bila zdravilna zaradi posebnih molekulskih mrež. Molekule aktivnih homeopatskih snovi se obdajo z vodno mrežo, pri čemer nastane klatrat. Aktivna snov se nato izloči iz mreže molekul vode, ki povzame obliko molekule aktivne snovi. Iz aktivne snovi in praznega klatrata nastane klatrat z novim jedrom. Z vsakim naslednjim stresanjem in redčenjem nastajajo novi klatrati. Na koncu ostanejo samo še vodni klatrati. Benveniste je na podlagi tega zatrjeval, da imajo vodni klatrati enak zdravilni učinek kot aktivna snov (Palmgren, 2019).

Polemike o delovanju homeopatskih zdravil izhajajo že iz časov odkritja te alternativne medicine. Kritiki homeopatije zagovarjajo, da neskončno majhni odmerki zdravil nimajo nobenega učinka oziroma da gre le za učinek placebo. Učinek placebo pomeni, da se bolnikovi simptomi ublažijo le zaradi njegovega pričakovanja, upanja oziroma prepričanosti v učinkovitost zdravila. Homeopati jim na to odgovarjajo s svojimi teorijami in raziskavami (Vithoukas, 2021). Naš namen ni bil soditi o tem, ali homeopatija deluje ali ne. Želeli smo le povezati nevarne lastnosti snovi iz šolskih eksperimentov z njihovo uporabo v homeopatskih zdravilih. V nadaljevanju so podani primeri uporabe izbranih homeopatskih zdravil.

Arsenicum album, Acidum arsenicum

V homeopatiji se *Arsenicum album* uporablja za zdravljenje driske, bruhanja in pekočih bolečin v trebuhu, ki jih povzroči zastrupitev s hrano (predvsem mesom in ribami ter nezrelim sadjem) (Scheffer, 2012; Sommer, 2006). Uporablja se tudi pri obolenjih kože in infekcijskih ran, ki se kažejo kot suhi in pekoči kožni izpuščaji, nagnjeni k gnojenju (Scheffer, 2012). Naj bi ozdravil tudi prehladna obolenja, za katera je značilen jedek, pekoč in voden izloček, ki draži nosno sluznico ter glavobol z žgočimi in pekočimi bolečinami (Blažič in Zanco, 2018).

Kalium bichromicum

V homeopatiji se *Kalium bichromicum* uporablja za zdravljenje prehladnih obolenj, za katera je značilen obilen gost zeleno-rumen izcedek iz nosu, dražeč kašelj, suho grlo, izguba vonja in glavobol (Blažič in Zanco, 2018).

Sulphur

V homeopatiji se *Sulphur* uporablja za zdravljenje kašlja, ki ga spremlja pekoč občutek v prsah, težko dihanje in hropenje (Blažič in Zanco, 2018). Pomagal naj bi pri težavah s kožo, kot so akne, ogrci in mozolji ter pri suhih, srbečih in pekočih kožnih izpuščajih. Uporablja se tudi pri kronični smrdeči driski, ki jo lahko povzroči preveč začinjena ali premastna hrana ter neprebavljivost mleka (Scheffer, 2012; Sommer, 2006).

Argentum nitricum

V homeopatiji se *Argentum nitricum* uporablja za zdravljenje hripavosti zaradi preobremenjenosti glasu, ki je lahko posledica psihičnega napora (treme). Zdravilo je primerno za glavobol, pri katerem ima bolnik občutek težke glave ter ga spremljata vrtoglavica in slabost (Blažič in Zanco, 2018). Uporablja se tudi za nespečnost in prebavne težave, ki ju povzroči strah pred bližajočimi se dogodki (Blažič in Zanco, 2018; Sommer, 2006).

Phosphorus

V homeopatiji se Phosphorus uporablja za zdravljenje akutnih okužb dihal, za katere je značilno boleče žrelo, suh in trd kašelj ter pekoče bolečine v prsih (Blažič in Zanco, 2018; Sommer, 2006). Uporablja se tudi pri akutnih okužbah prebavil, za katere je značilen pekoč občutek v želodcu, slaba prebava, slabost in bruhanje (Blažič in Zanco, 2018). Naj bi pomagal pri izčrpanosti in oslabelosti, ki ju spremlja slabotnost tako v telesnem kot tudi v duševnem smislu (Scheffer, 2012). Uporablja se tudi pri krvavitvah, ki so značilno svetlo rdeče (Klemenc, 2015).

Mercurius solubilis Hahnemanni

Mercurius solubilis je mešanica, ki je sestavljena iz živosrebrovega(I) amidonitrata(V), elementarnega živega srebra in živosrebrovega(I) oksida (Oberbaum, 1998). V homeopatiji se uporablja za zdravljenje prehladnih obolenj, za katera je značilen gnojni izcedek iz nosu, ki je neprijetnega vonja. Uporablja se tudi za boleče žrelo, ki ga spremlja gnojno vnetje mandljev, slab zadah iz ust in obilno izločanje goste sline. Naj bi pomagal tudi pri zdravljenju aken in gnojnih kožnih izpuščajev. Uporablja se tudi pri zelo hudih bolečinah zaradi vnetja zobne korenine in dlesni (Blažič in Zanco, 2018; Sommer, 2006).

Namen in cilji

Varna uporaba kemikalij v šolskih laboratorijih je bistvenega pomena za zdravje, zato moramo biti seznanjeni z informacijami, kako nevarne so kemikalije, ki jih uporabljamo. Namen študije je spoznavanje osnov zakonodaje na tem področju, označevanja kemikalij ter tveganj, izpostavljenosti in nevarnosti pri delu z njimi. Na podlagi tega in na podlagi pregleda vsebin o kemijski varnosti v učnih načrtih naravoslovnih predmetov osnovne in srednje šole je cilj študije tudi predstavitev eksperimentov z izbranimi nevarnimi snovmi. Cilj študije je povezava nevarnih lastnosti snovi iz šolskih eksperimentov z njihovo uporabo v homeopatskih zdravilih. Namen vpeljave homeopatije je spoznavanje njenih osnov in predvidene sestave homeopatskih zdravil.

Metode dela in rezultati

Prevladujoče metode dela so deskriptivne, saj smo najprej pregledali uredbe in zakone, ki regulirajo delo z nevarnimi kemikalijami. Naredili smo pregled učnih načrtov obveznih naravoslovnih predmetov v osnovni šoli ter katalogov znanja splošnoizobraževalnih

naravoslovnih predmetov v srednji šoli (programa splošna gimnazija ter klasična in strokovna gimnazija), pri čemer so nas zanimali predvsem učni cilji in vsebine, ki so povezani z nevarnimi snovmi in kemijsko varnostjo. Pregledali smo tudi izbrano literaturo s področja homeopatije. Na podlagi tega smo v nadaljevanju predstavili eksperimente z izbranimi nevarnimi kemikalijami. Za le-te so podane tudi določitve nevarnosti na podlagi podatkov iz varnostnih listov, pri čemer smo se bolj osredotočili na skupino zdravju nevarnih snovi. Poleg opisa eksperimenta je navedena tudi steklovina in količine kemikalij, ki so potrebne za izvedbo ter zaščitna sredstva.

Arzenov(III) oksid

Arzenov(III) oksid ali arzenik, s kemijsko formulo As_2O_3 , je polimorfna spojina, ki se dobro topi v vodi. Raztopina je nekoliko kislá, vendar prisotnost arzenove(III) kisline ni povsem dokazana, saj nekateri predpostavljajo samo obstoj hidratiziranega arzenovega(III) oksida. Arzenov(III) oksid lahko reagira s kisljinami in bazami (Lazarini in Brenčič, 2011). Je zelo strupen, saj je smrtna doza že 0,1 g (Lazarini in Brenčič, 2011; Schröter, Lautenschläger, Bibrack in Schnabel, 1993).

V varnostnem listu smo našli določitev nevarnosti za arzenov(III) oksid. Po GHS klasifikaciji spada med snovi nevarne za zdravje in snovi nevarne za okolje. Razredi, ki jih dopolnjujejo stavki o nevarnosti in kategorije nevarnosti za zdravju nevarne snovi, ki veljajo za arzenov(III) oksid, so:

- akutna oralna strupenost (Slika 6), kategorija nevarnosti 2; H300: Smrtno pri zaužitju.
- jedkost za kožo (Slika 7), kategorija nevarnosti 1; H314: Povzročá hude opekline kože in poškodbe oči.
- hude poškodbe oči (Slika 7), kategorija nevarnosti 1; H318: Povzročá hude poškodbe oči.
- rakotvornost (Slika 9), kategorija nevarnosti 1; H350: Lahko povzročí raka.

Razreda, ki ju dopolnjujeta stavka o nevarnosti za okolju nevarne snovi, ki veljata za arzenov(III) oksid, sta:

- akutna nevarnost za vodno okolje (Slika 10), H400: Zelo strupeno za vodne organizme.

- kronična nevarnost za vodno okolje (Slika 10), H410: Zelo strupeno za vodne organizme, z dolgotrajnimi učinki (Safety data sheet. Arsenic trioxide, 2020).

V forenzični toksikologiji so nekoč uporabljali Marsh-ev test za detekcijo arzena, ki se je takrat v obliki arzenovega(III) oksida pogosto uporabljal kot strup. Test ima zelo visoko stopnjo občutljivosti, saj lahko z njim zaznamo že prisotnost 1 μg arzena v vzorcu. Temelji na reakciji arzena in njegovih spojin s klorovodikovo kislino, pri čemer izhaja plin arzin (AsH_3). V reakcijsko posodo se doda tudi cink, ki reagira s klorovodikovo kislino, pri čemer nastaja plinast vodik, ki nato naprej reagira z arzenom v arzin (Thompson, 2008). Arzenov hidrid oziroma arzin je zelo strupen, vnetljiv plin z vonjem po česnu (Schröter idr., 1993).

Rekonstrukcijo Marsh-evega testa lahko izvedemo kot demonstracijski eksperiment v srednji šoli pri vsebinskem sklopu uvod v varno eksperimentalno delo – osnove toksikologije. Izvajamo ga v digestoriju, saj pri reakciji nastaja zelo strupen plin arzin.

Steklovina in ostali pribor:

- 100 mL erlenmajerica
- gumijasti zamašek z luknjo
- ukrivljena steklena cevka
- gumijasta cev
- steklena Pasteurjeva pipeta
- prijemalka za žarilne lončke
- manjši neglaziran porcelanast krožnik
- plinski gorilnik

Kemikalije:

- 10 mL koncentrirane klorovodikove kisline

Koncentrirana klorovodikova kislina je jedka za kovine in kožo, povzroča hude poškodbe oči ter draženje dihalnih poti (Varnostni list. Solna kislina, 2017).

- 3 g cinka
- 2 g arzenovega(III) oksida

- nekaj kapljic belila na osnovi klora (ali natrijev klorat(I)) (Thompson, 2008)

Natrijev klorat(I) je oksidativna trdna snov, akutno oralno strupena ter kronično nevarna za vodno okolje (Varnostni list. Natrijev klorat, 2021).

Zaščitna sredstva: Pri eksperimentu uporabljamo zaščitno haljo, očala in rokavice. Priporočena je tudi uporaba zaščitne polobrazne maske (Safety data sheet. Arsenic trioxide, 2020).

Potek dela: Sestavimo aparaturo, kot je prikazano na sliki 12.

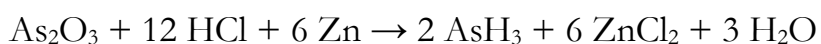


Slika 12: Aparatura za Marsh-ev test

Foto: lasten.

V erlenmajerico dodamo 2 grama arzenovega(III) oksida in 10 mL koncentrirane klorovodikove kisline ter premešamo. Dodamo 3 grame cinka, zapremo z zamaškom ter premešamo. Ko poteče reakcija, Pasteurjevo pipeto približamo plinskemu gorilniku, da izhajajoči plin zagori. S prijemalko za žarilne lončke držimo porcelanast krožnik pred Pasteurjevo pipeto tako, da se plamen dotika krožnika. Krožnik postavimo na toplotno odporno površino in nanj kanemo nekaj kapljic belila na osnovi klora (Thompson, 2008).

Rezultati: V erlenmajerici poteče reakcija med arzenovim(III) oksidom, klorovodikovo kislino in cinkom. Arzenovi 3– ioni v kislem mediju z vodikom tvorijo arzin (Thompson, 2008).



Goreči arzin daje na porcelanastem krožniku svetleče rjavo-črno arzenovo zrcalo, ki je topno v raztopini klorata(I) (Schröter idr., 1993).

Kalijev dikromat(VI)

Kalijev dikromat(VI), s kemijsko formulo $K_2Cr_2O_7$, je močan oksidant tako v trdnem agregatnem stanju kot tudi v raztopini. Posebej močan oksidant je v kislih raztopinah (Lazarini in Brenčič, 2011).

V varnostnem listu smo našli določitev nevarnosti za kalijev dikromat(VI). Po GHS klasifikaciji spada med snovi z nevarnimi fizikalnimi lastnostmi, snovi nevarne za zdravje ter snovi nevarne za okolje. Kalijev dikromat(VI) spada pri snoveh z nevarnimi fizikalnimi lastnostmi v razred oksidativnih trdnih snovi (Slika 3), ki ga dopolnjuje stavek o nevarnosti H272: Lahko okrepi požar; oksidativna snov.

Razredi, ki jih dopolnjujejo stavki o nevarnosti in kategorije nevarnosti za zdravju nevarne snovi, ki veljajo za kalijev dikromat(VI), so:

- akutna oralna strupenost (Slika 6), kategorija nevarnosti 3; H301: Strupeno pri zaužitju.
- akutna strupenost pri vdihavanju (Slika 6), kategorija nevarnosti 2; H330: Smrtno pri vdihavanju.
- jedkost za kožo (Slika 7), kategorija nevarnosti 1; H314: Povzroča hude opekline kože in poškodbe oči.
- hude poškodbe oči (Slika 7), kategorija nevarnosti 1; H318: Povzroča hude poškodbe oči.
- akutna dermalna strupenost (Slika 8), kategorija nevarnosti 4; H312: Zdravju škodljivo v stiku s kožo.
- preobčutljivost kože (Slika 8), kategorija nevarnosti 1; H317: Lahko povzroči alergijski odziv kože.
- specifična strupenost za ciljne organe – enkratna izpostavljenost (Slika 8), kategorija nevarnosti 3; H335: Lahko povzroči draženje dihalnih poti.
- preobčutljivost dihal (Slika 9), kategorija nevarnosti 1; H334: Lahko povzroči simptome alergije ali astme ali težave z dihanjem pri vdihavanju.
- mutagenost za zarodne celice (Slika 9), kategorija nevarnosti 1; H340: Lahko povzroči genetske okvare.

- rakotvornost (Slika 9), kategorija nevarnosti 1; H350: Lahko povzroči raka.
- strupenost za razmnoževanje (Slika 9), kategorija nevarnosti 1; H360: Lahko škoduje plodnosti ali nerojenemu otroku.
- specifična strupenost za ciljne organe – ponavljajoča se izpostavljenost (Slika 9), kategorija nevarnosti 1; H372: Škoduje organom pri dolgotrajni ali ponavljajoči se izpostavljenosti.

Razreda, ki ju dopolnjujeta stavka o nevarnosti za okolju nevarne snovi, ki veljata za kalijev dikromat(VI), sta:

- akutna nevarnost za vodno okolje (Slika 10), H400: Zelo strupeno za vodne organizme.
- kronična nevarnost za vodno okolje (Slika 10), H410: Zelo strupeno za vodne organizme, z dolgotrajnimi učinki (Safety data sheet. Potassium dichromate, 2021).

Kalijev dikromat(VI) se uporablja tako pri demonstracijskih kot tudi pri samostojnih eksperimentih učencev v osnovnih oziroma dijakov v srednjih šolah. Izbrali smo eksperiment, ki ga lahko samostojno izvajajo učenci ali dijaki pri vsebinskem sklopu kisikova družina organskih spojin – alkoholi. Eksperiment temelji na oksidaciji alkoholov do karboksilnih kislin, pri čemer poteče redukcija kromovih ionov. Podobna reakcija poteče v klasičnih alkotestih, kjer izdihan zrak pihamo v kislno raztopino kalijevega dikromata(VI), ki je oranžne barve. V kolikor so v izdihanem zraku prisotni hlapi etanola, se barva spremeni v zeleno. Jakost obarvanja raztopine določa stopnjo vinjenosti (Jamšek idr., 2014).

Steklovina in ostali pribor:

- epruveta
- stojalo za epruvete
- 2 kapalki
- puhalka z destilirano vodo

Kemikalije:

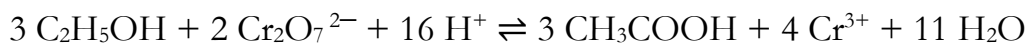
- 0,5 mL kisle raztopine kalijevega dikromata(VI) (5 M raztopino žveplove(VI) kisline in 0,1 M raztopino kalijevega dikromata zmešamo v razmerju 2 : 1)
- 0,5 mL etanola (Dolenc, Graunar in Modec, 2021)

Etanol je vnetljiv plin, ki povzroča draženje oči (Varnostni list. Etanol, 2021).

Zaščitna sredstva: Pri eksperimentu uporabljamo zaščitno haljo, očala in rokavice.

Potek dela: V epruveto dodamo 0,5 mL etanola in 0,5 mL kisle raztopine kalijevega dikromata(VI). Epruveto dobro pretresemo in jo postavimo v stojalo. Počakamo, da poteče reakcija, nato pa dodamo destilirano vodo. Odpadne snovi zavržemo v posodo za strupene anorganske snovi (Dolenc idr., 2021).

Rezultati: Oranžna kisl raztopina kalijevega dikromata oksidira etanol do etanojske kisline. Kromovi 6+ ioni se reducirajo do kromovih 3+ ionov, kar nakazuje sprememba barve raztopine iz oranžne v zeleno (Jamšek idr., 2014). Gre za redoks reakcijo, pri čemer je kalijev dikromat(VI) oksidant, etanol pa reducent.



Žveplo

Elementarno žveplo ima simbol S. Obstaja več različnih modifikacij žvepla, saj so atomi v molekulah žvepla različno razporejeni. Poznamo molekule S₁₂, S₈, S₆, S₂ in druge (Schröter idr., 1993).

V varnostnem listu smo našli določitev nevarnosti za žveplo. Po GHS klasifikaciji spada med snovi nevarne za zdravje. Žveplo spada v razred nevarnosti draženje kože (Slika 8), kategorija nevarnosti 2. Razred dopolnjuje stavek o nevarnosti H315: Povzroča draženje kože (Varnostni list. Žveplo, 2020).

Kot smo že omenili, obstaja več alotropskih modifikacij žvepla. Le-to ima celo več modifikacij kot kisik. Z eksperimentom, pri katerem segrevamo žveplo, lahko prikažemo prehajanje ene oblike v drugo. Izbran eksperiment se lahko izvede kot demonstracijski v osnovnih ali srednjih šolah.

Steklovina in ostali pribor:

- epruveta iz težkotaljivega stekla
- držalo za epruvete
- filtrirni papir
- čaša s hladno vodo
- plinski gorilnik

Kemikalije: pol žličke žvepla

Zaščitna sredstva: Pri eksperimentu uporabljamo zaščitno haljo, očala in rokavice. Med delom s plinskim gorilnikom ne uporabljamo zaščitnih rokavic.

Potek dela: V epruveti iz težkotaljivega stekla počasi segrevamo žveplo do taljenja. Del taline nalijemo na suh filtrirni papir, ki smo ga predhodno oblikovali v lijak. Preostalo talino v epruveti segrevamo do vretja. Vsebino epruvete vlijemo v čašo s hladno vodo (Kral, Rentzsch in Weissel, 1994).

Rezultati: Pri sobni temperaturi je obstojno ortorombsko žveplo (α -žveplo), ki je v obliki krhkih temnejše rumenih kristalov, ki jih sestavljajo ciklične osematomske oblike (S_8) (Atkins, Clugston, Frazer in Jones, 1997; Lazarini in Brenčič, 2011). S segrevanjem prehaja v λ -žveplo, ki je v obliki svetlorumene malo viskozne taline (Lazarini in Brenčič, 2011; Schröter idr., 1993). Ko del te taline prelijemo na filtrirni papir, se zaradi hitrega ohlajanja tvori monoklinsko žveplo (β -žveplo), ki je v obliki svetlejšje rumenih kristalnih iglic. Tudi monoklinsko žveplo sestavljajo obroči osematomskih molekul (Atkins idr., 1997; Lazarini in Brenčič, 2011). Pri nadaljnjem segrevanju se obroči žvepla odprejo v verige in nastane rdečerjava viskozna talina poližvepla (μ -žvepla) (Lazarini in Brenčič, 2011; Schröter idr., 1993). Pri nadaljnjem segrevanju se viskoznost taline močno poveča zaradi nastanka prepletenih verig atomov žvepla. Barva taline postaja temnorjava. Preden talina zavre, se viskoznost zmanjša zaradi cepljenja verig na krajše fragmente (Atkins, idr., 1997; Lazarini in Brenčič, 2011). Če vrelo talino žvepla vlijemo v vodo, nastane rumeno-rjava talina

plastičnega žvepla, ki se pri sobni temperaturi pretvarja v ortorombsko modifikacijo (Lazarini in Brenčič, 2011; Schröter idr., 1993). Plastično žveplo ima elastično strukturo (Atkins idr., 1997; Kral idr., 1994).

Srebrov(I) nitrat(V)

Srebrov(I) nitrat(V), s kemijsko formulo AgNO_3 , je v obliki dobro topnih kristalov (Schröter idr., 1993).

V varnostnem listu smo našli določitev nevarnosti za srebrov(I) nitrat(V). Po GHS klasifikaciji spada med snovi z nevarnimi fizikalnimi lastnostmi, snovi nevarne za zdravje ter snovi nevarne za okolje. Razreda, ki ju dopolnjujeta stavka o nevarnosti za snovi z nevarnimi fizikalnimi lastnostmi, ki veljata za srebrov(I) nitrat(V), sta:

- oksidativna trdna snov (Slika 3), H272: Lahko okrepi požar; oksidativna snov.
- jedko za kovine (Slika 5), H290: Lahko je jedko za kovine.

Srebrov(I) nitrat(V) spada pri zdravju nevarnih snoveh v razred jedkosti za kožo (Slika 7), kategorija nevarnosti 1. Razred dopolnjuje stavek o nevarnosti H314: Povzroča hude opekline kože in poškodbe oči.

Razreda, ki ju dopolnjujeta stavka o nevarnosti za okolju nevarne snovi, ki veljata za srebrov(I) nitrat(V), sta:

- akutna nevarnost za vodno okolje (Slika 10), H400: Zelo strupeno za vodne organizme.
- kronična nevarnost za vodno okolje (Slika 10), H410: Zelo strupeno za vodne organizme, z dolgotrajnimi učinki (Varnostni list. Srebrov nitrat, 2020).

Izbrani eksperiment temelji na redoks reakciji, ki poteče med srebrovim(I) nitratom(V) in bakrom. Izvede se ga lahko kot demonstracijskega v srednji šoli pri vsebinskem sklopu Potek kemijskih reakcij – reakcije oksidacije in redukcije.

Steklovina in ostali pribor:

- 100 mL čaša

- steklena palčka
- tehtnica
- puhalka z destilirano vodo

Kemikalije:

- 1,6 g srebrovega(I) nitrata(V)
- bakrena žička

Zaščitna sredstva: Pri eksperimentu uporabljamo zaščitno haljo, očala in rokavice.

Potek dela: V čašo zatehtamo 1,6 grama srebrovega(I) nitrata(V) in dodamo 30 mL destilirane vode. Raztopino premešamo s stekleno palčko in vanjo namestimo bakreno žico v obliki zanke ali katerega drugega geometrijskega lika.

Rezultati: Čez čas na bakreni žički opazimo izločanje kristalčkov s kovinskim sijajem, raztopina pa se obarva modro. V vodni raztopini srebrovega(I) nitrata(V) so srebrovi 1+ ioni in nitratni 1– ioni. Iz modrega obarvanja raztopine sklepamo, da so nastali bakrovi 2+ ioni, kristalčki pa so elementarno srebro. Baker je reducent, zato se oksidira do bakrovih 2+ ionov, srebrovi 1+ ioni pa so oksidant, zato se reducirajo do srebra. Poteče redoks reakcija: $2 \text{Ag}^+ (\text{aq}) + \text{Cu} (\text{s}) \rightarrow 2 \text{Ag} (\text{s}) + \text{Cu}^{2+} (\text{aq})$ (Zmazek, Smrdu, Ferik Savec, Glažar in Vrtačnik, 2014).

Beli fosfor

Fosfor ima v trdnem stanju štiri modifikacije: beli, vijolični, črni in rdeči fosfor. Beli fosfor sestavljajo molekule P₄, v katerih so atomi razporejeni v ogliščih tetraedra. Posledica takšne zgradbe je njegova neobstojnost, saj se vžge na zraku že pri 50 °C. Reakcija je močno eksotermna, sprošča se tudi rumeno-zelena svetloba (Brenčič in Lazarini, 2011). Zaradi oksidacije se na zraku sveti (Atkins idr., 1997).

V varnostnem listu smo našli določitev nevarnosti za fosfor. Po GHS klasifikaciji spada med snovi z nevarnimi fizikalnimi lastnostmi, snovi nevarne za zdravje in snovi nevarne za okolje. Fosfor spada pri snoveh z nevarnimi fizikalnimi lastnostmi v razred pirofornih trdnih snovi (Slika 2), ki ga dopolnjuje stavek o nevarnosti H250: Samodejno se vžge na zraku.

Razredi, ki jih dopolnjujejo stavki o nevarnosti in kategorije nevarnosti za zdravju nevarne snovi, ki veljajo za fosfor, so:

- akutna oralna strupenost (Slika 6), kategorija nevarnosti 2; H300: Smrtno pri zaužitju.
- akutna strupenost pri vdihavanju (Slika 6), kategorija nevarnosti 2; H330: Smrtno pri vdihavanju.
- jedkost za kožo (Slika 7), kategorija nevarnosti 1; H314: Povzročča hude opekline kože in poškodbe oči.
- hude poškodbe oči (Slika 7), kategorija nevarnosti 1; H318: Povzročča hude poškodbe oči.

Pri okolju nevarnih snoveh spada v razred akutne nevarnosti za vodno okolje (Slika 10), ki ga dopolnjuje stavek o nevarnosti H400: Zelo strupeno za vodne organizme (Safety data sheet. Phosphorus, 2022).

Izbran eksperiment lahko izvedemo kot demonstracijski eksperiment v osnovni ali srednji šoli pri vsebinskem sklopu Elementi v periodnem sistemu. Temelji na pirofornosti fosforja, torej sposobnosti vžiga na zraku.

Steklovina in ostali pribor:

- 500 mL čaša
- 10 mL pipeta
- puhalka z destilirano vodo

Kemikalije:

- 3 g kalijevega klorata(V)

Kalijev klorat(V) je oksidativna trdna snov, ki je akutno strupena oralno in pri vdihavanju. Prav tako je kronično nevaren za vodno okolje (Varnostni list. Kalijev klorat, 2019).

- 0,2 g fosforja
- nekaj kapljic koncentrirane žveplave(VI) kisline

Žveplova(VI) kislina je jedka za kovine in kožo ter povzroča hude poškodbe oči (Varnostni list. Žveplova kislina, 2021).

Zaščitna sredstva: Pri eksperimentu uporabljamo zaščitno haljo, očala in rokavice.

Potek dela: V čašo dodamo 3 grame kalijevega klorata(V). Dodamo 3 cm debelo plast destilirane vode in košček fosforja. S kapalko po kapljicah dodajamo žveplovo(VI) kislino v bližino fosforja. V kolikor je mogoče, eksperiment zaradi boljšega prikaza izvajamo v zatemnjenem prostoru.

Rezultati: Žveplova(VI) kislina reagira s kalijevim kloratom(V) do klorove(V) kisline. Ta razpade na klorovo(VII) kislino, klorov dioksid in vodo.



Klorov dioksid oksidira fosfor, ki se posledično vžge (Roesky, 2007).

Živo srebro

Elementarno živo srebro ima simbol Hg. Na zraku je obstojno. Reagira z raztopinami kislin, ki so oksidanti, z hidroksoidi pa ne reagira. Zlitine s kovinami se imenujejo amalgami (Lazarini in Brenčič, 2011).

V varnostnem listu smo našli določitev nevarnosti za živo srebro. Po GHS klasifikaciji spada med snovi nevarne za zdravje in snovi nevarne za okolje.

Razredi, ki jih dopolnjujejo stavki o nevarnosti in kategorije nevarnosti za zdravju nevarne snovi, ki veljajo za živo srebro, so:

- akutna strupenost pri vdihavanju (Slika 6), kategorija nevarnosti 1; H330: Smrtno pri vdihavanju.
- strupenost za razmnoževanje (Slika 9), kategorija nevarnosti 1; H360D: Lahko škoduje nerojenemu otroku.
- specifična strupenost za ciljne organe – ponavljajoča se izpostavljenost (Slika 9), kategorija nevarnosti 1; H372: Škoduje organom pri dolgotrajni ali ponavljajoči se izpostavljenosti.

Razreda, ki ju dopolnjujeta stavka o nevarnosti za okolju nevarne snovi, ki veljata za živo srebro, sta:

- akutna nevarnost za vodno okolje (Slika 10), H400: Zelo strupeno za vodne organizme.
- kronična nevarnost za vodno okolje (Slika 10), H410: Zelo strupeno za vodne organizme, z dolgotrajnimi učinki (Varnostni list. Živo srebro, 2020).

Izbrani eksperiment lahko izvedemo v srednji šoli kot demonstracijskega pri vsebinskem sklopu Lastnosti izbranih elementov in spojin v bioloških sistemih in sodobnih tehnologijah – živo srebro. Temelji na nihanju živega srebra v obliki srca zaradi spremembe površinske napetosti po dotiku s konico železnega žebelja.

Steklovina in ostali pribor:

- petrijevka
- železni žebelj

Kemikalije:

- 5 mL raztopine žveplove(VI) kisline

Žveplova(VI) kislina je jedka za kovine in kožo ter povzroča hude poškodbe oči (Varnostni list. Žveplova kislina, 2021).

- 5 mL raztopine vodikovega peroksida (ali drugega oksidanta, na primer kalijevega dikromata(VI))

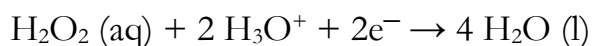
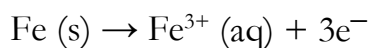
Vodikov peroksid je akutno strupen pri zaužitju in vdihavanju. Povzroča draženje kože, hude poškodbe oči in draženje dihalnih poti (Varnostni list. Vodikov peroksid, 2021).

- kapljica živega srebra

Zaščitna sredstva: Pri eksperimentu uporabljamo zaščitno haljo, očala in rokavice.

Potek dela: V petrijevko kanemo kapljico živega srebra in jo prelijemo z raztopino žveplove(VI) kisline. Dodamo še raztopino vodikovega peroksida. S konico železnega žeblja se dotaknemo površine živega srebra.

Rezultati: Površina živega srebra ima v raztopini elektrolita v vseh točkah enako površinsko napetost. Ko se površine živega srebra dotaknemo s konico železnega žeblja, potečeta oksidacija železa in redukcija vodikovega peroksida.



Redoks reakciji potekata sočasno. Na površini kapljice živega srebra, ki je v stiku z železnim žebljem, poteka oksidacija železa. Na preostali površini živega srebra poteka redukcija vodikovega peroksida (Demiri, Najdoski, Mirceski, Petruševski in Rosenberg, 2007).

Diskusija

Nevarne kemikalije lahko zaradi svojih lastnosti škodljivo vplivajo na človeško telo. Če se pri delu z njimi ne držimo pravil za varno rokovanje z njimi, lahko predstavljajo tveganje za nevarnosti. V nadaljevanju so opisani simptomi zastrupitev z izbranimi nevarnimi kemikalijami, ki so hkrati tudi izhodiščne substance za izdelavo homeopatskih zdravil. Zanimiva je povezava med simptomi zastrupitve z določeno izhodiščno substanco ter nameni uporabe homeopatskega zdravila, pripravljenega iz te substance. Za zelo znan strup arzenik (arzenov(III) oksid) je na primer znano, da po zaužitju povzroča bruhanje, drisko in hude bolečine v trebuhu. V homeopatiji pa se na podlagi načela podobnosti *Arsenicum album* uporablja za zdravljenje zastrupitev s hrano, ki jo spremljajo bruhanje, driska in bolečine v trebuhu. Podobne ugotovitve veljajo tudi za ostala navedena homeopatska zdravila, saj v homeopatiji velja načelo podobno se zdravi s podobnim (*Similia similibus curentur*).

Izhodiščna substanca za homeopatski *Arsenicum album* je arzenov(III) oksid. Za akutno zastrupitev z arzenom in njegovimi spojinami so značilni slabost, bruhanje, hude bolečine v trebuhu, krvava driska in vrtoglavica (Jamšek in Šarc, 2009; Wiesenauer in Kerckhoff, 2005). Smrt nastopi zaradi odpovedi srca in ožilja. Za kronično zastrupitev z arzenom in njegovimi spojinami je značilna obolelost živčevja in spremembe na koži (Jamšek in Šarc, 2009).

Kalijev dikromat(VI) je izhodiščna substanca za homeopatski Kalium bichromicum. Simptomi zastrupitve s kalijevim dikromatom(VI) po zaužitju so bruhanje, driska in krči. Obstaja nevarnost perforacije požiralnika in želodca. Pri stiku z očmi povzroča opekline in hude poškodbe, ki lahko vodijo v slepoto. Pri stiku s kožo povzroča hude opekline in rane ter lahko povzroči alergijske reakcije. Pri vdihavanju povzroči draženje dihalnih poti, težko dihanje in kašelj. Lahko poškoduje jetra in ledvice ter povzroči srčno aritmijo (Safety data sheet. Potassium dichromate, 2021).

Z pripravo homeopatskega Sulphurja se uporablja elementarno žveplo. Žveplo po zaužitju povzroča drisko, pri vdihavanju draži dihalne poti, pri stiku s kožo pa povzroča draženje (Varnostni list. Žveplo, 2020).

Izhodiščna substanca za homeopatski Argentum nitricum je srebrov(I) nitrat(V). Po zaužitju srebrovega(I) nitrata(V) obstaja nevarnost perforacije požiralnika in želodca. Pri stiku z očmi povzroča opekline in hude poškodbe, ki lahko vodijo v slepoto. Pri vdihavanju lahko pride do draženja dihalnih poti, kašlja in težav z dihanjem. Pri stiku s kožo povzroča hude opekline in rane, ki se težko celijo (Varnostni list. Srebrov nitrat, 2020).

Beli fosfor je izhodiščna substanca za homeopatski Phosphorus. Simptomi zastrupitve s fosforjem po zaužitju so slabost, bruhanje (tudi krvi) in bolečine v trebuhu. Povzroči lahko poškodbe prebavil, jeter, ledvic in okvare srčno-žilnega sistema. Smrt nastopi zaradi akutne odpovedi ledvic (Ravikanth, Sandeep in Philip, 2017).

Za pripravo homeopatskega zdravila Mercurius solubilis Hahnemanni se uporablja tudi elementarno živo srebro. Simptomi zastrupitve z živim srebrom po zaužitju so slabost, bruhanje, bolečina v trebuhu in driska (Varnostni list. Živo srebro, 2020). Vdihavanje hlapov povzroči težko dihanje, po absorpciji pa toksično deluje na osrednje in periferno živčevje, jetra in ledvice. Pri pomembni akutni izpostavljenosti se v nekaj urah pojavi nemoč, mrzlica, kovinski okus, glavobol, motnje vida in stiskanje v prsih. Pri kroničnem vdihavanju se pojavi simptomatika, imenovana merkurializem, za katero je značilna tresavica, nevropsihične motnje ter infekcija ustne sluznice. Lahko se pojavijo kožni izpuščaji, spremembe na roženici in očesni leči, hipertenzija, nespečnost ter apatija (Jamšek in Šarc, 2009).

Zaključek s smernicami za uporabo v izobraževalnem procesu

Pogosto se ne zavedamo, da nas nevarne snovi ne obdajajo le v kemijskih laboratorijih, ampak jih srečujemo skoraj na vsakem koraku našega življenja. V domačem okolju najdemo mnogo izdelkov, ki vsebujejo nevarne snovi, na primer čistila, pralna sredstva, dezinfekcijska sredstva, nekateri izdelki za osebno nego, nekateri kozmetični izdelki, baterije, žarnice, lepila, pesticidi in drugo. Na vsebnost nevarnih snovi nas pogosto opozarjajo oznake za nevarnost na embalaži. Poznavanje načel kemijske varnosti zato ne spada le v šolski kurikulum, ampak bi bilo smiselno učencem omogočiti pridobivanje dodatnega znanja iz tega področja tudi preko obšolskih dejavnosti. Prav tako bi se lahko za učitelje od razredne stopnje naprej organizirala usposabljanja s področja vključevanja obravnavane tematike v redni pouk.

V šolskem laboratoriju so eksperimentalne vaje praviloma v naprej pripravljene in skrbno načrtovane, zato se v veliki meri uporabljajo kemikalije, ki so manj nevarne. Nenevarne oziroma manj nevarne kemikalije se uporabljajo tudi z vidika minimalne količine odpadnih nevarnih snovi. Kljub temu pa se pri nekaterih eksperimentih uporabljajo tudi nevarne kemikalije, na primer že omenjeni kalijev dikromat(VI), ki je pogost oksidant in katalizator reakcij, ali srebrov(I) nitrat(V), brez katerega si obarjalnih reakcij skoraj ne znamo predstavljati, in druge. Nevarne kemikalije se praviloma uporabljajo v manjših količinah. Z njimi se dostikrat izvajajo demonstracijski eksperimenti, mikroeksperimenti ali pa se eksperiment izvede v parih oziroma skupinah. Alternativna eksperimentiranju z nevarnimi kemikalijami so posnetki eksperimentov, ki so se jih učitelji v zadnjih letih dostikrat poslužili.

Ob vseh opozorilih o nevarnosti kemikalij, ki nas spremljajo tako v laboratoriju kot tudi v vsakdanjem življenju, ne smemo zanemariti dejstev, ki smo jih zapisali že v teoretičnem delu. Vsaka snov, ki jo uporabljamo pri šolskih eksperimentih, lahko predstavlja tveganje za naše zdravje. Piktogrami, H- in P- stavki so najpogostejši del opozoril o nevarnosti kemikalij, zavedati pa se moramo, da sta količina kemikalije in način izpostavljenosti v nekaterih primerih pomembnejša. V prispevku smo povzeli povezavo med simptomi zastrupitve z določeno izhodiščno substanco (ki jo kot kemikalijo uporabljamo tudi v šolskih laboratorijih) ter nameni uporabe homeopatskega zdravila, pripravljenega iz te substance. Paracelsusov rek »Vse snovi so strup in nobene ni, ki ni strup. Le odmerek loči zdravilo od strupa.« še kako drži, saj lahko povezuje tudi tveganje izpostavljenosti nevarnim kemikalijam in uporabo slednjih v homeopatiji.

Literatura

- Atkins, P. W., Clugston, M. J., Frazer, M. J. in Jones, R. A. Y. (1997). *Kemija: zakonitosti in uporaba*. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.
- Bačnik, A. (2011). Kemijska varnost za trajnostni razvoj. V A. Poberžnik in A. Bačnik (ur.), *Posodobitve pouka v gimnazijski praksi. Kemija: splošna in anorganska kemija* (str. 29–37). Ljubljana: Zavod RS za šolstvo. https://www.zrss.si/projektiess/gradiva/pkp/PKP_Kemija.pdf
- Bačnik, A. (2019). Kako živeti in delati z nevarnimi snovmi ali kemijska varnost. V A. Šömen Joksić, A. Bačnik in B. Bažec (ur.), *10. Posvet Kemijska varnost za vse: Varo ravnajmo z nevarnimi snovmi za zdrava delovna mesta in okolje* (str. 9–12). Pridobljeno s https://www.nijz.si/sites/www.nijz.si/files/uploaded/10.posvet_kv_za_vse_2018.pdf
- Bačnik, A., Bukovec, N., Poberžnik, A., Požek Novak, T., Keuc, Z., Popič, H. in Vrtačnik, M. (2008a). *Učni načrt. Kemija Gimnazija: klasična, strokovna gimnazija*. Pridobljeno s http://eportal.mss.edus.si/msswww/programi2019/programi/media/pdf/un_gimnazija/un_kemija_str_0k_gimn.pdf
- Bačnik, A., Bukovec, N., Poberžnik, A., Požek Novak, T., Keuc, Z., Popič, H. in Vrtačnik, M. (2008b). *Učni načrt. Kemija. Gimnazija: splošna gimnazija*. Pridobljeno s http://eportal.mss.edus.si/msswww/programi2019/programi/media/pdf/un_gimnazija/un_kemija_gimn.pdf
- Bačnik, A., Bukovec, N., Vrtačnik, M., Poberžnik, A., Križaj, M., Stefanovik, V., ... Preskar, S. (2011). *Program osnovna šola. Kemija. Učni načrt*. Pridobljeno s https://www.gov.si/assets/ministrstva/MIZS/Dokumenti/Osnovna-sola/Ucni-nacrti/obvezni/UN_kemija.pdf
- Blažič, L. in Zanco, I. (2018). *Družinski homeopatski vodnik*. Ljubljana: AdriaPharm.
- Brown, V. J. (2003). REACHing for chemical safety. *Environmental Health Perspectives*, 111(14), A766–A769. doi: 10.1289/ehp.111-a766
- Demiri, S., Najdoski, M., Mirceski, V., M. Petruševski, V. in Rosenberg, D. (2007). Mercury Beating Heart: Modifications to the Classical Demonstration. *Journal of Chemical Education*, 84(8), 1292–1295. doi:10.1021/ed084p1292
- Dolenc, D., Graunar, M. in Modec, B. (2021). *Kemija danes 2. Delovni zvezek za kemijo v 9. razredu osnovne šole*. Ljubljana: DZS.
- Ferk Savec, V. in Košenina, S. (2012). Zagotavljanje varnosti v šolskem laboratoriju. *Varnost in zdravje na delovnem mestu: novosti iz zakonodaje in primeri dobre prakse, julij 2013*(6), 12–14.
- Ferk Savec, V. in Košenina, S. (2013). Vplivi na varno delo v šolskem kemijskem laboratoriju. *Varnost in zdravje na delovnem mestu: novosti iz zakonodaje in primeri dobre prakse, marec 2013*, 13–16.
- Hill, R. H. (2016). The impact of OSHA's Laboratory Standard on undergraduate safety education. *Journal of Chemical Health and Safety*, 23(5), 12–17. doi:10.1016/j.jchas.2015.10.017
- Hill, R. H. (2021). Building Strong Cultures with Chemical Safety Education. *Journal of Chemical Education*, 98(1), 113–117. doi:10.1021/acs.jchemed.0c00089
- Jamšek, M. in Šarc L. (2009). Diagnostika in zdravljenje zastrupitev s kovinami. *Medicinski razgledi*, 48(1-2), 101–113. Pridobljeno s https://medrazgl.si/arhiv/mr09_1_11.pdf
- Jamšek, S., Sajovic, I., Godec, A., Vrtačnik, M., Wissiak Grm, K. S., Boh Podgornik, B. in Glažar, S. A. (2014). *Kemija 9: i-učbenik za kemijo v 9. razredu osnovne šole*. Pridobljeno s <https://eucbeniki.sio.si/kemija9/index.html>
- Klemenc, J. (2015). *Homeopatija za domačo uporabo: osnovna navodila za uporabo homeopatskih zdravil*. Ljubljana: AdriaPharm.

- Kolar, M., Krnel, D. in Velkavrh, A. (2011). *Učni načrt. Program osnovna šola. Spoznavanje okolja*. Pridobljeno s https://www.gov.si/assets/ministrstva/MIZS/Dokumenti/Osnovna-sola/Ucni-nacrti/obvezni/UN_spoznavanje_okolja_pop.pdf
- Kral, P., Rentzsch, W. in Weissel, H. (1994). *Preprosti kemijski poskusi za šolo in prosti čas*. Ljubljana: DZS.
- Lazarini, F. in Brenčič, J. (2011). *Splošna in anorganska kemija. Visokošolski učbenik*. Ljubljana: Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo.
- Oberbaum, M. (1998). Experimental Treatment of Chemotherapy-Induced Stomatitis using a Homeopathic Complex Preparation: A Preliminary Study. *Biomedical Therapy*, 16(4), 261–265. Pridobljeno s <http://www.biopathica.co.uk/Articles/Degenerative%20Diseases/2%20-%20Experimental%20Treatment%20of%20Chemotherapy%20Induced%20Stomatiti.pdf>
- Palmgren, G. (2019). Ali ima voda spomin? *Science illustrated*, 2019(111), 62–67.
- Ravikanth, R., Sandeep, S. in Philip B. (2017). Acute Yellow Phosphorus Poisoning Causing Fulminant Hepatic Failure with Parenchymal Hemorrhages and Contained Duodenal Perforation. *Indian Journal of Critical Care Medicine*, 21(4), 238–242. doi:10.4103/ijccm.IJCCM_410_16
- Roesky, H. W. (2007). *Spectacular chemical experiments*. Weinheim: Wiley-VCH.
- Safety data sheet. Arsenic trioxide*. (2020). ThermoFisher Scientific. Pridobljeno s <https://www.fishersci.pt/store/msds?partNumber=10706671&productDescription=500GR+Arsenic+trioxide%2C+extra+pure%2C+SLR&countryCode=PT&language=en>
- Safety data sheet. Phosphorus*. (2022). Sigma-Aldrich Chemie. Pridobljeno s <https://www.sigmaaldrich.com/SI/en/sds/ALDRICH/302554>
- Safety data sheet. Potassium dichromate*. (2021). Carl Roth. Pridobljeno s <https://www.carlroth.com/medias/SDB-P744-MT-EN.pdf?context=bWFzdGVyfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0c3wzODY1ODI8YXBwbGljYXRpb24vcGRmfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0cy9oNDMvaGQzLzkwNTUxMDQ2MzA4MTQucGRmfGFkMzcyZTY1MDc1NjdjOWIyNTdkOGNmNmYzNDljMm11MDRmMDNhYW15MzliM2Y4MGI3YzhiODJlNzg1NDBjZDY>
- Scheffer, K. (2012). *Homeopatija: začnimo preprosto*. Ptuj: Florimed.
- Schröter, W., Lautenschläger, K.-H., Bibrack, H. in Schnabel, A. (1993). *Kemija: splošni priročnik*. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.
- Skvarč, M., Glažar, S. A., Marhl, M., Skribe Dimec, D., Zupan, A., Cvahte, M., ... Šorgo, A. (2011). *Program osnovna šola. Naravoslovje. Učni načrt*. Pridobljeno s https://www.gov.si/assets/ministrstva/MIZS/Dokumenti/Osnovna-sola/Ucni-nacrti/obvezni/UN_naravoslovje.pdf
- Smrdu, A. (2019). *Kemija. Snov in spremembe 1: učbenik za kemijo v 1. letniku gimnazije*. Ljubljana: Jutro.
- Sommer, S. (2006). *Homeopatija: zdravljenje z močjo narave*. Ljubljana: Mladinska knjiga.
- Thompson, R. B. (2008). *Illustrated guide to home chemistry experiments: all lab, no lecture*. Sebastopol: O'Reilly Media.
- Uredba (ES) št. 1272/2008 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 16. decembra 2008 o razvrščanju, označevanju in pakiranju snovi ter zmesi, o spremembi in razveljavitvi direktiv 67/548/EGS in 1999/45/ES ter spremembi Uredbe (ES) št. 1907/2006*. (2008). UL L 353. Pridobljeno s <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/PDF/?uri=CELEX:02008R1272-20211001&from=EN>
- Varnostni list. Etanol*. (2021). Carl Roth. Pridobljeno s: <https://www.carlroth.com/medias/SDB-6724-SI-SL.pdf?context=bWFzdGVyfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0c3wyNzUzNTI8YXBwbGljYXRpb24vcGRmfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0cy9oNDMvaGVILzkwMjc4MDUyMTY3OTgucGRmfDlkMTJiY2IxODhlNzQyYTExNjNmMDQ1ZGRkMjIyNzRlN2JhM2MzODkzMmQ2YzQ4MmNIN2QwYTAwYmE3NmJlOTI>
- Varnostni list. Kalijev klorat*. (2019). Carl Roth. Pridobljeno s <https://www.carlroth.com/medias/SDB-7959-SI-SL.pdf?context=bWFzdGVyfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0c3wyNzU4ODd8YXBwbGljYXRpb2>

4vcGRmfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0cy9oODIvaDdhLzg5NzE0NTkzNjI4NDYucGRmfGU4NDhiODk4Y2MxOTA3M2I2MTNhYTRkZjVkyZnMOTM4NzFiODhkZWJlMzJlYzNkODJhZTRmNWY2NzRjNTgyY2U

Varnostni list. Natrijev klorat. (2021). Carl Roth. Pridobljeno s <https://www.carlroth.com/medias/SDB-8572-SI-SL.pdf?context=bWFzdGVyfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0cy9oMDgvaDc0LzkwNTEyNDY1MjY0OTQucGRmfDE0MmQxNzc0MjU4YjA2ZmVlM2VjYjc5ZDRiYjQ3MjQwNWQ3ZDVjODdiZTE4MmJhOWZiMzBhOWMyMTViOTcyOWQ>

Varnostni list. Solna kislina. (2017). Carl Roth. Pridobljeno s <https://www.carlroth.com/medias/SDB-4625-SI-SL.pdf?context=bWFzdGVyfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0cy9oNzkvaGY0LzkwMjY4MDY2Nzc1MzQucGRmfGE3YmFjNDQ3YTVjODVhYTY5Yzc3MWFhYzUyNGNiYzQ5ZTk5NDJmOGJkZjY5NDVmNTA3OTMzMlMmZDRmYmZhNTU>

Varnostni list. Srebrov nitrat. (2020). Carl Roth. Pridobljeno s <https://www.carlroth.com/medias/SDB-6207-SI-SL.pdf?context=bWFzdGVyfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0cy9oYjQvaGI0LzgwMzY4MDY2Nzc1MzQucGRmfDE4ZDUxZDI0NzVjZmU4MmQ4MDIxOTE2NmYxMzBjYTYhNTcyMjZhNzU1MDFiMGYwNjdhOTBmMTgxZGQwZDVkYTg>

Varnostni list. Vodikov peroksid. (2021). Carl Roth. Pridobljeno s <https://www.carlroth.com/medias/SDB-9683-SI-SL.pdf?context=bWFzdGVyfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0cy9oYjQvaGI0LzgwMzY4MDY2Nzc1MzQucGRmfDE4ZDUxZDI0NzVjZmU4MmQ4MDIxOTE2NmYxMzBjYTYhNTcyMjZhNzU1MDFiMGYwNjdhOTBmMTgxZGQwZDVkYTg>

Varnostni list. Živo srebro. (2020). Carl Roth. Pridobljeno s <https://www.carlroth.com/medias/SDB-7594-SI-SL.pdf?context=bWFzdGVyfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0cy9oNDcvaDQ5Lzg5ODcyNjA4Nzg4NzgucGRmfDU3ZmM0MzBiZDRjY2Q0YjIwNWQ2ODNhN2RlNzYwOGJjNGZmZTFiZTM5MmJiOTI0NmFhODQ1YTVkYTllYjJiNWQ>

Varnostni list. Žveplo. (2020). Carl Roth. Pridobljeno s <https://www.carlroth.com/medias/SDB-4669-SI-SL.pdf?context=bWFzdGVyfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0cy9oOTevaGRILzg5NzE0NTkzNjI4NDYucGRmfGJiZjE4ZDk2NDU5MGJmZTY1ZmQyOWZiYzgwZTE5OTJkYzc2MwI5MTJhODUwN2MxNDk0MTgwNGIxNDcyYTQwN2E>

Varnostni list. Žveplove kislina. (2021). Carl Roth. Pridobljeno s <https://www.carlroth.com/medias/SDB-X944-SI-SL.pdf?context=bWFzdGVyfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0cy9oYjYvaDA0LzkwMzY4MDY2Nzc1MzQucGRmfDFIMzY4ZjE4ZDk2NDU5MGJmZTY1ZmQyOWZiYzgwZTE5OTJkYzc2MwI5MTJhODUwN2MxNDk0MTgwNGIxNDcyYTQwN2E>

Vithoulkas, G. (2021). *Osnovna načela homeopatije: homeopatija: energijska medicina*. Ljubljana: AdriaPharm.

Vodnik o varnostnih listih in scenarijih izpostavljenosti. (2018). Evropska agencija za kemikalije. doi:10.2823/895872

Vodopivec, I., Papotnik, A., Gostinčar Blagotinšek, A., Skribe Dimec, D. in Balon, A. (2011). *Učni načrt. Program osnovna šola. Naravoslovje in tehnika*. Pridobljeno s https://www.gov.si/assets/ministrstva/MIZS/Dokumenti/Osnovna-sola/Ucni-nacrti/obvezni/UN_naravoslovje_in_tehnika.pdf

Wiesenaue, M. in Kerckhoff, A. (2005). *Homeopatija za dušo*. Ljubljana: Mladinska knjiga.

Zmazek, B., Smrdu, A., Ferik Savec, V., Glažar, S. A. in Vrtačnik, M. (2014). *Kemija 2: i-učbenik za kemijo v 2. letniku gimnazij*. Pridobljeno s <https://eucbeniki.sio.si/kemija2/index.html>

