



Kemija okolja

Modul za eksperimentalno
raziskovalno delo nadarjenih
učencev in dijakov

Luka Vinko

Iztok Devetak

Vesna Ferik Savec

Luka Vinko

Aljaž Debelak

Nina Zupanc



DiSSI
Diversity in Science
towards Social Inclusion



Univerza v Ljubljani

Kazalo

UVOD	4
SOCIO-NARAVOSLOVNI PROBLEM	5
NAMEN EKSPERIMENTALNO-RAZISKOVALNEGA DELA	6
NAČRT IZVEDBE EKSPERIMENTALNEGA DELA	6
NAČRT IZVEDBE EKSPERIMENTALNEGA DELA	7
1. Naloga eksperimentalno raziskovalnega dela.....	7
2. Raziskovalno vprašanje	7
3. Raziskovalna hipoteza	8
4. Načrtovanje izvedbe eksperimentalnega dela.....	9
5. Predviden čas izvedbe eksperimenta	9
6. Potrebščine	9
7. Kemikalije	9
8. Zaščita in varnost pri eksperimentalnem delu ter odstranjevanje odpadkov	10
9. Skica aparature	10
10. Zbiranje podatkov med eksperimentalnim delom	10
11. Rezultati	11
12. Interpretacija rezultatov eksperimentalnega dela	12
13. Zaključek.....	13
14. Evalvacija	13
EKSPERIMENTALNO DELO (SINTEZA ALTERNATIVNIH VRST GORIV)	14
1. Sinteza bioetanola	14
Potrebščine in kemikalije.....	15
VARNOST PRI EKSPERIMENTALNEM DELU	16
POTEK EKSPERIMENTALNEGA DELA	16
RAVNANJE Z ODPADKI	16
NALOGE ZA DODATNA ZNANJA	17
2. Sinteza biodizla	18
Potrebščine in kemikalije.....	19
VARNOST PRI EKSPERIMENTALNEM DELU	19
POTEK EKSPERIMENTALNEGA DELA	19
RAVNANJE Z ODPADKI	20
VPRAŠANJA ZA DODATNA ZNANJA	20
NALOGE ZA DODATNA ZNANJA	21
LITERATURA	22

UVOD

SOCIO-NARAVOSLOVNI PROBLEM

Onesnaženost vode predstavlja velik okoljski problem predvsem zaradi kroženja onesnaževal, ki jih v različnih gospodarskih panogah še vedno uporabljajo ali proizvajajo v zelo velikih količinah. Ena izmed dejavnosti, ki precej pripomore k onesnaževanju voda, je zagotovo kmetijstvo. Kljub vse večji prisotnosti ekološkega kmetijstva, ki je usmerjeno k trajnostnemu gospodarjenju z naravnimi viri, naravnimi metodami in se osredotoča na kroženje snovi v naravi, se v vodi še vedno pojavljajo različna onesnaževala, ki so posledica pretiranega gnojenja z naravnimi in sintetičnimi gnojili. Ta lahko obremenjujejo vodotoke, saj se vanje izpirajo. Amonij je kation, ki je potreben za rast in razvoj rastlin, vendar je njegova povečana vsebnost tudi merilo organskega onesnaženja vodotoka, ki ga povzročajo komunalne in industrijske odpadne vode. Presežki le-tega pa lahko ogrožajo kvaliteto pitne vode in s tem zdravje ljudi in živali, zato je pomembno, da se kemijska sestava voda redno spremlja in da se ob preveliki koncentraciji onesnaževal, te snovi tudi odstrani.

NAMEN EKSPERIMENTALNO-RAZISKOVALNEGA DELA

NAČRT IZVEDBE EKSPERIMENTALNEGA DELA

Načrtujte potek raziskave tako, da po stopnjah opišete potek dela, od izbire metode za določanje koncentracije amonijevih ionov v vzorcu, do postopka za odstranjevanje ionov iz vzorca, vključno s parametri, ki bi lahko vplivali na uspešnost prečiščevanja. V literaturi preberite, katere postopke lahko uporabimo za odstranjevanje amonijevih ionov iz vzorcev vode in poskušajte ugotoviti, kateri izmed naštetih bi bil najbolj primeren. S pomočjo aplikacije QR scanner »skenirajte« priloženo QR kodo.



NAČRT IZVEDBE EKSPERIMENTALNEGA DELA

1. Naloga eksperimentalno raziskovalnega dela

2. Raziskovalno vprašanje

3. Raziskovalna hipoteza

3.1 Neodvisna spremenljivka:

3.2 Odvisna spremenljivka:

3.3 Konstante:

Pred začetkom laboratorijskega dela, si s pomočjo priložene QR kode preberite nekaj o metodi, s katero bomo določali koncentracijo amonijevih ionov v raztopini.



4. Načrtovanje izvedbe eksperimentalnega dela

5. Predviden čas izvedbe eksperimenta

6. Potrebščine

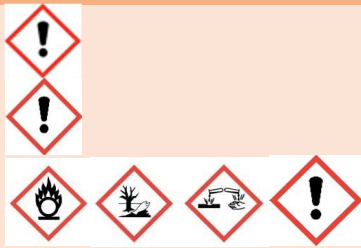
6 epruвет

50 ml merilna bučka

2 x 10 ml pipeta s pipetirno žogico

2 x 5 ml pipeta s pipetirno žogico

7. Kemikalije

<i>Kemikalija</i>	<i>Piktogram</i>
Standardne raztopine NH_4Cl z masnimi koncentracijami 0,2; 0,4; 0,6 in 0,8 mg/L Reagent 1 Reagent 2	

8. Zaščita in varnost pri eksperimentalnem delu ter odstranjevanje odpadkov

9. Skica aparature

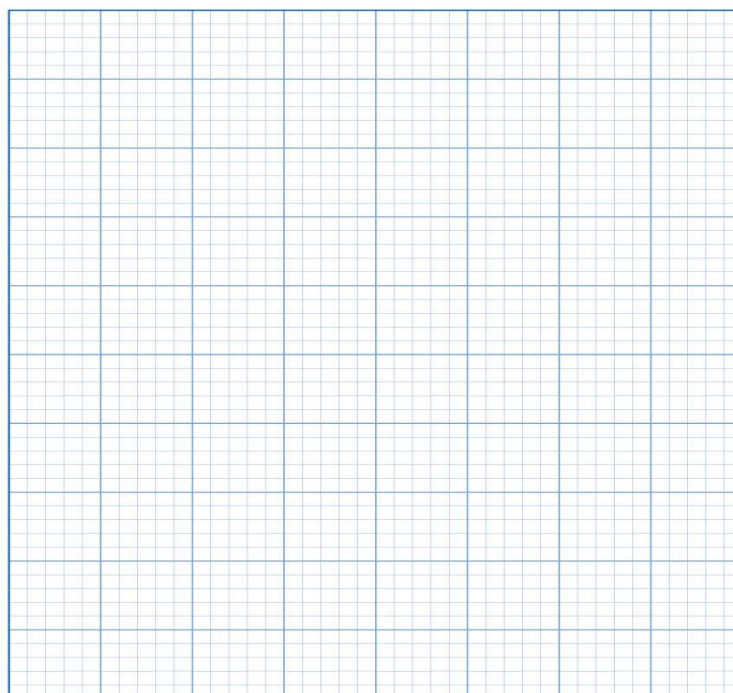
10. Zbiranje podatkov med eksperimentalnim delom

11. Rezultati

Tabela 1: Rezultati meritev H-vrednosti (°) za posamezne standardne raztopine amonijevih ionov in neznani vzorec

Št. epruvete	$\gamma(\text{NH}_4^+)$ [mg/l]	H – vrednost [°]	H – vrednost [°]	H – vrednost [°]	Povprečje
1	0				
2	0,2				
3	0,4				
4	0,6				
5	0,8				
Neznani vzorec					
Vzorec po prečiščevanju					
Adsorbent in dest. voda					

Graf 1: Odvisnost izmerjene H-vrednosti (°) posameznih vodnih raztopin amonijevih ionov od njihove masne koncentracije (mg/L)



12. Interpretacija rezultatov eksperimentalnega dela

13. Zaključek

14. Evalvacija

EKSPERIMENTALNO DELO (SINTEZA ALTERNATIVNIH VRST GORIV)

1. Sinteza bioetanola

Bioetanol je eno izmed alternativnih vrst goriv, ki je veliko bolj prijazno okolju, kot goriva iz naftnih derivatov. Spada med biogoriva, to so trda, tekoča ali plinasta goriva, pridobljena iz sorazmerno nedavno odmrle biološke snovi, za razliko od fosilnih goriv, ki se pridobivajo iz davno odmrle biološke snovi. Mnoge bencinske družbe bioetanol zaenkrat ponujajo le v mešanici z navadnim bencinom. Bioetanol je visoko oktansko gorivo, ki ga pridobivajo s fermentacijo (anaerobno vrenje) rastlin, ki vsebujejo sladkor, škrob ali celulozo. Industrijsko se pridobiva iz žitaric ali iz drugih obnovljivih poljedelskih rastlin, lesa lesnih odpadkov. Trije najbolj prevladujoči viri so koruza, pšenica in sladkorni trs. Proces pridobivanja je podoben varjenju piva. Bioetanol lahko pridobivamo tudi iz odpadkov in kmetijskih ostankov.

Enačba kemijske reakcije pridobivanja bioetanola:



Glukozo v etanol in ogljikov dioksid s pomočjo encimov pretvarjajo glive kvasovke.

Še več informacij o bioetanolu lahko prebereš v preglednem znanstvenem članku. Z uporabo aplikacije *QR scanner* »skenirajte« priloženo QR kodo.



Potrebščine in kemikalije

Potrebščine
<i>Priprava suspenzije kvasa</i>
250 mL čaša
Steklena palčka
100 mL merilni valj
<i>Priprava 30 % vodne raztopine glukoze</i>
250 mL čaša
Steklena palčka
100 mL merilni valj
Štirinožno stojalo
Gorilnik
Steklokeramična plošča
<i>Sinteza bioetanola</i>
Peč/grelni plašč/grelni inkubator
1 L čaša
Termometer
<i>Destilacija sintetiziranega bioetanola</i>
Štirinožno stojalo
Steklokeramična plošča
Gorilnik
500 mL bučka
Destilacijski nastavek
Hladilnik
Termometer
150 mL erlenmajerica

Kemikalija	Piktogram
100 mL suspenzije svežega kvasa	/
100 mL 30 % vodne raztopine glukoze	/
100 mL vodovodne vode	/

VARNOST PRI EKSPERIMENTALNEM DELU

Pri eksperimentalnem delu so obvezna zaščitna halja, očala. Pred začetkom je potrebno skrbno prebrati navodila za varno delo s kemikalijami na steklenicah ali plastenkah oziroma med delom upoštevati oznake za nevarne snovi.

POTEK EKSPERIMENTALNEGA DELA

Priprava suspenzije kvasa

1. V 250 mL čašo z merilnim valjem odmerimo 100 mL mlačne vodovodne vode.
2. V vodo damo zdrobljeno kocko svežega kvasa in s stekleno palčko mešamo toliko časa, da se kocka kvasa v vodi popolnoma raztopi.

Priprava 30 % vodne raztopine glukoze

1. V 250 mL čašo z merilnim valjem odmerimo 100 mL destilirane vode.
2. V vodo stresemo 45 g glukoze in s stekleno palčko ob rahlem segrevanju na steklokeramični plošči mešamo toliko časa, da se vsa glukoza raztopi.

Sinteza bioetanola

1. V 1 L čašo prelijte 100 mL pripravljene 30 % vodne raztopine glukoze in 100 mL suspenzije kvasa. S stekleno palčko nastalo zmes dobro premešajte.
2. Zmes v peči (*grelnem plašču, grelnem inkubatorju*) na temperaturi med 37 do 39 °C segrevajte 24 ur in vmes zmes s stekleno palčko nekajkrat premešajte.

Destilacija sintetiziranega bioetanola

1. Sestavite aparaturo za navadno destilacijo.
2. V 500 mL destilacijsko bučko prelijte zmes z bioetanolom, ki jo nato pri temperaturi med 80 in 85 °C destilirajte 90 minut.
3. Sintetiziran in ločen bioetanol kot destilat zbirajte v erlenmajerici.

RAVNANJE Z ODPADKI

Med in po končanem eksperimentalnem delu je potrebno ustrezno zbirati in ločevati uporabljene snovi (jih na primer odliti v posebej pripravljene posode). Pri odstranjevanju kemijskih odpadkov iz laboratorija je potrebno upoštevati predpise, ki veljajo za kemične odpadke v industriji, pri čemer je potrebno upoštevati navodila na varnostnih listih posameznih kemikalij.

NALOGE ZA DODATNA ZNANJA

1. Na osnovi izvedenega eksperimentalnega dela sinteze bioetanola raziščite, kako na stopnjo fermentacije glukoze vpliva pH. Za postavljeno raziskovalno vprašanje zapišite hipotezo, določite neodvisno in odvisno spremenljivko ter konstante. Načrtujte tudi izvedbo eksperimentalnega dela. Svoj odgovor pojasnite.

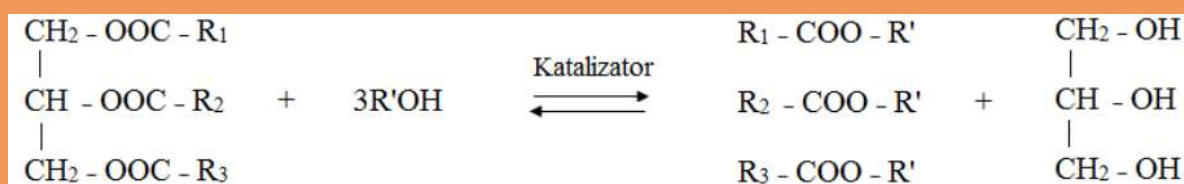
2. Na osnovi izvedenega eksperimentalnega dela sinteze bioetanola raziščite, kako na stopnjo fermentacije glukoze vpliva temperatura. Za postavljeno raziskovalno vprašanje zapišite hipotezo, določite neodvisno in odvisno spremenljivko ter konstante. Načrtujte tudi izvedbo eksperimentalnega dela. Svoj odgovor pojasnite.

3. Na osnovi izvedenega eksperimentalnega dela sinteze bioetanola raziščite, kako na stopnjo fermentacije vpliva vrsta sladkorja (namesto glukoze lahko uporabite fruktozo, saharozo, škrob ...). Za postavljeno raziskovalno vprašanje zapišite hipotezo, določite neodvisno in odvisno spremenljivko ter konstante. Načrtujte tudi izvedbo eksperimentalnega dela. Svoj odgovor pojasnite.

2. Sinteza biodizla

Biodizel je zmes metilnih ali etilnih estrov višjih maščobnih kislin, ki nastaja pri reakciji estrenja triacilgliceridov rastlinskih olj z metanolom. Pri reakciji kot katalizator dodamo močno bazo, raztopino kalijevega hidroksida.

Prikazana je splošna reakcijska shema transesterifikacije – reakcije sinteze biodizla:



Biodizel lahko pripravimo iz različnih rastlinskih olj, živalskih maščob ali odpadnih kuhinjskih olj, kar je s stališča zelene kemije zelo priporočljivo. Postal je alternativno gorivo, ki se uporablja v dizelskih motorjih, saj so njegove osnovne značilnosti podobne značilnostim fosilnega dizla. Biodizel se lahko s fosilnim dizlom kot gorivo uporablja kot mešanica v poljubnih razmerjih.

Uporaba biodizla je okolju prijaznejša, saj je samo gorivo biorazgradljivo, netoksično in naravi prijazno. V biodizlu ni prisotnega žvepla in aromatskih spojin. Pri gorenju biodizla nastajajo manjše koncentracije toplogrednih plinov, kar ključno prispeva k zmanjšanju vpliva segrevanja ozračja.



Še več informacij o biodizlu lahko prebereš v preglednem znanstvenem članku. Z uporabo aplikacije *QR scanner* »skenirajte« priloženo QR kodo.

Potrebščine in kemikalije

Potrebščine
250 mL čaša
50 mL čaša
150 mL merilni valj
25 mL merilni valj
Spatula
Tehtnica
Steklena palčka
Magnetno mešalo
Kapalka

Kemikalija	Piktogram
Metanol	
9M vodna raztopina kalijevega hidroksida	
Uporabljeno rastlinsko olje	/
Destilirana voda	/

VARNOST PRI EKSPERIMENTALNEM DELU

Pri eksperimentalnem delu so obvezna zaščitna halja, očala. Razen pri delu z gorilnikom uporabljamo tudi rokavice. Pred začetkom je potrebno skrbno prebrati navodila za varno delo s kemikalijami na steklenicah ali plastenkah oziroma med delom upoštevati oznake za nevarne snovi.

POTEK EKSPERIMENTALNEGA DELA

1. V 250 mL čašo odmerite 100 mL rastlinskega olja.
2. V 50 mL čašo odmerite 25 mL metanola in dodajte 2 g v terilnici strtega kalijevega hidroksida. Premešajte, da se kalijev hidroksid raztopi.
3. Raztopino kalijevega hidroksida v metanolu dodajte olju.
4. Čašo z mešalom postavite na magnetno mešalo in naravnajte število vrtljajev na 200 vrtljajev/min. ter temperaturo na 60 °C. Vključite magnetno mešalo in pustite, da kemijska reakcija poteka 30 minut.
5. Po 30 minutah ustavite mešanje in segrevanje, odstavite čašo iz magnetnega mešala ter pustite, da se plasti v zmesi ločijo.
6. S kapalko previdno odstranite zgornjo plast v 100 mL čašo in ji dodajte 10 mL destilirane vode ter pustite, da se plasti v zmesi ponovno ločijo.
7. S kapalko ponovno previdno odstranite zgornjo plast v 100 mL čašo.
8. Primerjajte prostornino produkta s prostornino začetnega rastlinskega olja.

RAVNANJE Z ODPADKI

Med in po končanem eksperimentalnem delu je potrebno ustrezno zbirati in ločevati uporabljene snovi (jih na primer odliti v posebej pripravljene posode). Pri odstranjevanju kemijskih odpadkov iz laboratorija je potrebno upoštevati predpise, ki veljajo za kemične odpadke v industriji, pri čemer je potrebno upoštevati navodila na varnostnih listih posameznih kemikalij.

VPRAŠANJA ZA DODATNA ZNANJA

1. Katere vrste kemijska reakcija poteče med etanolom in triacilgliceridi v olju? Pojasnite, zakaj v reakcijsko zmes dodamo kalijev hidroksid.

2. Kaj je zgornja in kaj spodnja plast v čaši? Svoj odgovor pojasnite.

3. Zakaj smo odstranjeni zgornji plasti dodali destilirano vodo?

4. Kolikšna je razlika v prostornini nastalega biodizla in izhodnega rastlinskega olja? Svoj odgovor pojasnite.

NALOGE ZA DODATNA ZNANJA

1. Na osnovi izvedenega eksperimentalnega dela sinteze biodizla raziščite, ali uporaba različne vrste rastlinskega olja (npr. laneno olje, sončnično olje ...) vpliva na izkoristek sinteze biodizla po izbranem postopku. Za postavljeno raziskovalno vprašanje zapišite hipotezo, določite neodvisno in odvisno spremenljivko ter konstante. Načrtujte tudi izvedbo eksperimentalnega dela. Svoj odgovor pojasnite.

2. Na osnovi izvedenega eksperimentalnega dela sinteze biodizla raziščite, kako na sintezo tega biogoriva vpliva izbira šibke baze kot katalizatorja. Za postavljeno raziskovalno vprašanje zapišite hipotezo, določite neodvisno in odvisno spremenljivko ter konstante. Načrtujte tudi izvedbo eksperimentalnega dela. Svoj odgovor pojasnite.

3. Na osnovi izvedenega eksperimentalnega dela sinteze biodizla raziščite, ali uporaba svežega oziroma že uporabljenega sončničnega olja vpliva na izkoristek sinteze biodizla po izbranem postopku. Za postavljeno raziskovalno vprašanje zapišite hipotezo, določite neodvisno in odvisno spremenljivko ter konstante. Načrtujte tudi izvedbo eksperimentalnega dela. Svoj odgovor pojasnite.

LITERATURA

Anastas, P. T. in Warner, J. C. (1998). *Green Chemistry: Theory and Practice*. New York: Oxford University Press.

Avsec, S. (2015). Alternativni viri energije. *Gea*, 72, 24-33.

Devetak, I. in Slapničar, M. (2019). *Kemijske osnove naravoslovja z navodili za laboratorijske vaje*. Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta. Ljubljana.

Duarte, R. C. C., Ribeiro, M. G. T. C. in Machado, A. A. S. C. (2015). Using Green Star metrics to optimize the greenness of literature protocols for syntheses. *Journal of Chemical Education*, 92(6): 1024-1034.

Ferk Savec, V. in Mlinarec, K. (2021). E11_Sinteza bioetanol_navidila za učitelje. Interno študijsko gradivo pri predmetu Eksperimentalno delo II. Dostopno na »Spletna učilnica UL PEF«: <https://ucilnica.pef.uni-lj.si/course/view.php?id=694>. 26. 8. 2021.

Lanjewa, B. M., Rao, R. V. in Kale, A. V. (2015). Assessment of alternative fuels for transportation using a hybrid graph theory and analytic hierarchy process method. *Fuel*, 154, 9-16.

Pečjak, V. (2010). *Človek in ekološka kriza: kaj lahko prispevam k izboljšanju?* Celje: Celjska Mohorjeva družba.

Plut, D. (2004). *Zeleni planet? Prebivalstvo energija in okolje v 21. stoletju*. Radovljica: Didakta.