

Učenje ob raziskovanju hidrogelov

dr. Jerneja Pavlin

Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta

Izvleček

Članek opisuje hidrokele, njihove lastnosti in možnosti učenja z raziskovanjem z uporabo kroglic hidrogela na različnih ravneh šolanja. Osredini se na prikaz poskusov: velikost kroglic hidrogela v odvisnosti od časa nabrekanja, vpliv medija in temperature na velikost kroglic hidrogela, odziv kroglic hidrogela na obremenjevanje ter plovnost kroglic hidrogela.

Ključne besede: absorpcija vode, hidrogeli, učenje z raziskovanjem

Inquiry-Based Learning Using Hydrogels

Abstract

The paper describes hydrogels, their properties and the possibilities of inquiry-based learning using hydrogel pearls at different levels of schooling. The paper focuses on experiments: the size of hydrogel pearls depending on the swelling time, the impact of the medium and the temperature on the size of the hydrogel pearls, the response of the hydrogel pearls to applying force, and the buoyancy of the hydrogel pearls.

Keywords: absorption of water, hydrogels, inquiry-based learning

Uvod

V preteklih desetletjih se je na področju proučevanja materialov zgodil preporod. Interdisciplinarno področje, ki proučuje lastnosti zunaj območij opredelitev trdnin ali tekočin, je fizika mehke snovi. Materiali, ki jih fiziki mehke snovi opisujejo, so na mikroskopski ravni podobni tekočinam, vsaj v eni dimenziji. Obenem imajo ti materiali veliko manjše elastične koeficiente kot trdnine in prenesejo strižne obremenitve.

Raziskovalci vsak dan sintetizirajo nove materiale in odpirajo raziskovalne probleme, povezane z zgradbo snovi in njenim vplivom na makroskopske lastnosti. Eden od teh materialov so hidrogeli. Pogosto so opredeljeni kot pametni materiali. Najpomembnejša lastnost hidrogelov je sposobnost absorpcije vode, ki se pod tlakom ne izloči. Omenjena lastnost je pomembna za rabo v plenica, kontaktnih lečah, kozmetiki, kroglicah za vlaženje rastlin, umetnih tkivih, dostavi zdravil v telesu in tako naprej [1–3]. Na hidrokele naletimo pogosto, čeprav se tega velikokrat ne zavedamo. Tako jih lahko zasledimo tudi v obliki kroglic za cvetličarske namene (slika 1) ali igračah (slika 2). In takoj se pojavijo raziskovalna vprašanja, npr. katere so lastnosti hidrogelov, kako čas namakanja hidrogela vpliva na njegovo velikost, kako različne tekočine vplivajo na velikost kroglice hidrogela ipd. Zato učitelju predlagamo, da jih uporabi pri učenju z raziskovanjem,

pri katerem se učenci urijo v načrtovanju poštenih poskusov, poglobljajo naravoslovna znanja in razvijajo naravoslovne spretnosti.

V dveh člankih, predstavljenih v Fiziki v šoli, se bomo osredinili na predstavitev hidrogelov in dejavnosti z njimi. V prvem članku bomo predstavili hidrokele in njihove lastnosti ter nakazali možnosti izvedbe njihovega spoznavanja ob učenju z raziskovanjem. V drugem članku se bomo osredinili na optične lastnosti. V prispevkih bodo prikazani poskusi s kroglicami hidrogela, ki so različnih premerov in barv, kar omogoča enostavno rokovanje in nazoren prikaz. Enostavna je tudi njihova predpriprava, kadar je to potrebno.

O hidrogelih

Hidrogeli so hidrofilni materiali, ki imajo zmožnost absorpcije (velike količine) vode in se ne raztapljajo. So iz polimerov s hidrofilnimi funkcionalnimi skupinami, pritrjenimi na polimerno verigo. Polimeri so neurejeno zamreženi, kar je vzrok za njihovo odpornost proti raztapljanju in elastičnost. Ves hidrogel je pravzaprav ena sama zelo dolga zamrežena polimerna molekula. Hidrofilne funkcionalne skupine polimera privlačijo molekule vode, ki postopoma zapolnijo tudi prostor v mreži,

ko hidrogel pride v stik z vodo. Mreža se deformira, polimeri se poravnajo, prostornina mreže, ki vsebuje vodo, se poveča in hidrogel nabreka. Molekule vode znotraj hidrogela se lahko gibajo skoraj prosto. Polimerna mreža se lahko deformira, a za njeno preoblikovanje je potrebno daljše časovno obdobje, kot je značilno za gibanje molekul vode [4]. Če strnemo, hidrogeli so materiali z amorfnó trdno elastično strukturo polimerne mreže in prosto gibajočimi se molekulami vode, ujetimi v njej. Torej niso niti trdnina niti tekočina.

Materiali, ki jih opredelimo kot hidrokele, absorbirajo od 10 do 20 % svoje suhe teže vode, kar je spodnja meja, pa do njenega večtisočkratnika. Slednje imenujemo superabsorpcijski hidrogeli. Absorpcijske in elastične lastnosti hidrogela so odvisne od kemijske zgradbe. Z naraščajočim številom mrežnih povezav na enoto volumna se poveča zmožnost obremenitve in zmanjša absorpcija vode. Dodatno hidrofilne skupine polimera povečujejo absorpcijo vode. Sinteza je ključna za opredelitve lastnosti [4].

Hidrokele lahko razvrstimo v dve skupini: naravne in sintetične. Primeri naravnih hidrogelov so kolagen, fibrin, hialuronska kislina, derivati citozana, alginati ipd. Primeri sintetičnih hidrogelov so polietilen glikol, polivinil alkohol in poliakril amid [5]. Prvi podatki o materialu s tipičnimi lastnostmi hidrogelov segajo v leto 1960, in sicer je bil razvit za rabo na področju oftalmologije [4].

Zgodovinsko gledano bi lahko raziskovanje hidrogelov opisali s tremi vejami raziskovanja [6]. V prvi veji so se raziskovalci osredinili na razvoj materiala z visoko zmožnostjo absorpcije, dobrimi mehanskimi lastnostmi in dokaj enostavno sintezo. V drugi veji so proučevali odzive materiala na različne dražljaje (temperatura, pH, koncentracija določene snovi v vodi ipd.). Tretja veja raziskovanja se je nanašala na raziskovanje in razvoj kompleksnih materialov z napredno zgradbo. Omenjeno vodi do pametnih materialov – hidrogelov – s širokim spektrom želenih lastnosti



Slika 1: Dekorativne kroglice hidrogela.



Slika 2: Izvalitev igrače dinozaver iz hidrogela traja en teden.

in sprožilnimi dražljaji. Kot že omenjeno, je raba hidrogelov zelo raznolika. Ti se po absorpciji vode počasi sušijo, kar omogoča počasno sproščanje vode iz hidrogela. Po ponovnem zalivanju/namakanju hidrogel spet absorbira vodo in cikel se ponovi [4].

Hidrogeli pri pouku naravoslovja

Hidrogeli so lahko dostopni materiali, ki imajo zanimive lastnosti in omogočajo izvedbo številnih eksperimentov pri pouku na različnih ravneh poučevanja. Zlahka načrtujemo dejavnosti s strategijo učenja z raziskovanjem in jih lahko vključimo v pouk naravoslovnih in fizikalnih predmetov. Tako se v vrtcu otroci (pod nadzorom vzgojitelja) opolnomočijo z izkušnjami z različnimi materiali, razvijajo veselje do raziskovanja in odkrivanja, raziskujejo lastnosti materialov, ozaveščajo pomen materialov v vsakdanjem življenju in razvijajo zavest, da vsega ni mogoče razumeti in najti vseh odgovorov na vprašanja. V osnovni šoli učenci znanja o snoveh (materialih), predvsem polimerih, in njihovih lastnostih poglobljajo in razvijajo eksperimentalne veščine. Osredinijo se tudi na razvijanje naravoslovne metode in ozaveščajo pomen naravoslovja za razvoj družbe in okolja. V srednješolskem izobraževanju se vsebinska znanja poglobijo, hidrogeli so lahko zanimiva vsebina, ki je del aktualnih raziskav materialov. Na univerzitetni ravni predstavljajo primer s področij fizike mehke snovi, polimerizacije, optičnih lastnosti in spoznavanja razvoja ter optimizacije materialov [7–13].

Strategija poučevanja, s katero lahko vpeljemo hidrokele v pouk, je učenje z raziskovanjem, ki posnema znanstveno raziskovanje. Učenje z raziskovanjem je dejavnost učenca kot raziskovalca [14]. Ta sodeluje pri postavljanju raziskovalnega vprašanja, oblikovanju hipotez, načrtovanju raziskave (neodvisna spremenljivka, odvisna spremenljivka, konstante), preizkušanju hipotez in oblikovanju odgovorov na raziskovalno vprašanje. Raziskovanje je pri pouku obenem sredstvo, ki vodi k razumevanju naravoslovnih pojmov, in cilj, ki vodi k razumevanju narave naravoslovja ter ugotavljanju, kako naravoslovje

in širša znanost delujeta. Učitelj ima med samim poukom vlogo usmerjevalca, na pouk se mora skrbno pripraviti in premisliti o vsebini raziskovalnega problema, odprtosti, potrebnih pripomočkah za izvedbo poštenega poskusa ipd. [15]. Učitelj lahko načrtuje strukturirano, vodeno ali odprto raziskovanje. Posamezne oblike se razlikujejo po tem, katere komponente raziskovanja so učencem podane in katere morajo

poiskati sami [16]. Pri strukturiranem raziskovanju so komponente opredelitev problema, materiali in potrebščine ter načrt dela v celoti podane, medtem ko pri odprtem raziskovanju niso podane vse. V šoli pogosto uporabljamo različne stopnje vodenega raziskovanja, kjer so našete komponente podane v celoti, deloma ali pa sploh niso.

Učenje z raziskovanjem hidrogelov

Hidrogeli so zanimivi materiali, s katerimi učenci pogosto nimajo izkušenj [17]. Kroglice hidrogela so na voljo v neživilski trgovini z ugodnimi sezonskimi artikli in izdelki za vsakdanjo rabo. Prodajajo jih pod imenom »aqua pearls« (gel kroglice iz vpojnega granulata) (slika 1). Cena posode kroglic hidrogela je manj kot dva evra. Te kroglice hidrogela so že absorbirale vodo in nabrekli do največje velikosti. Njihov premer je okoli 1,5 cm, stopnja nabrekanja pa med 150 in 200. Če jih posušimo, njihov premer znaša okoli 0,3 cm. Čas sušenja je teden dni. Suhe kroglice hidrogela dobimo v spletni trgovini ali v nekaterih cvetličarnah. Da suha kroglica hidrogela nabrekne do končne velikosti, traja pet ur. V spletni trgovini so dostopne tudi večje suhe kroglice hidrogela (premer okoli 1 cm), ki nabreknejo do premera 6 cm, a so dražje. Učitelj mora kroglice hidrogela za določene poskuse predpripraviti. Pri nekaterih poskusih so uporabljene suhe kroglice hidrogela, ki imajo približno enak premer. Opazne spremembe v premeru kroglic hidrogela zaznamo v 30 minutah.

Predlagamo, da učitelj pri pouku učencem sprva pokaže kroglice hidrogela in nato naj učenci zastavljajo raziskovalna vprašanja. Pogosto se pojavi raziskovalno vprašanje, kaj vpliva na velikost kroglice hidrogela. Izraz velikost razumemo kot prostornino oziroma premer. Učenci po navadi omenijo, da čas kroglic hidrogela v vodi vpliva na njihovo velikost. Zasedimo še omembo medija, temperature, pH-ja, koncentracije soli idr.

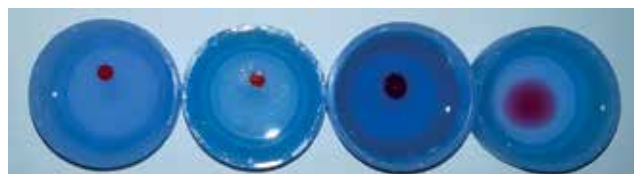
Pri pripravah na delavnice, ki smo jih izvedli z učitelji in učenci, smo podrobneje raziskali, kako čas namakanja kroglice hidrogela (neodvisna spremenljivka) vpliva na premer kroglice hidrogela (odvisna spremenljivka) (slika 3). Poskus smo izvedli tako, da smo v posodo z vodo sobne temperature hkrati potopili 60 suhih kroglic hidrogela in jih na pol ure deset vzeli ven ter zložili v stolpič. Če želi učitelj to prikazati v razredu, mora stvari predpripraviti.

Če želimo ugotoviti, ali medij, v katerega je potopljena kroglica hidrogela (neodvisna spremenljivka), vpliva na premer kroglice hidrogela (odvisna spremenljivka), potopimo po eno suho kroglico hidrogela z enakim premerom v zamašek in nalijemo medij do vrha (slika 4). Izbrali smo medije, ki so bili na dosegu roke (voda, olje, detergent, glicerin). Kroglice hidrogela z različnimi premeri opazimo v različnih medijih že v pol ure. Rezultati so nazornejši, če počakamo dlje.

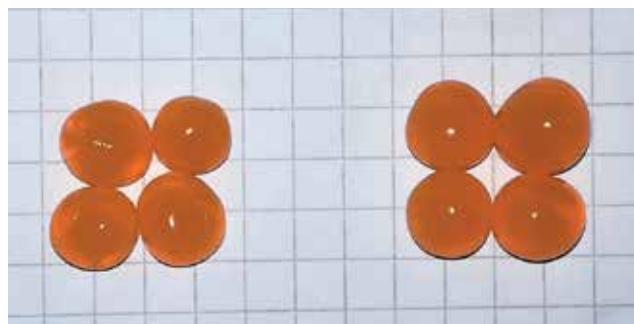
S poskusom namakanja kroglic hidrogela v hladni in topli vodi pokažemo, kako temperatura vode, v katero je potopljena kroglica hidrogela (neodvisna spremenljivka), vpliva na premer kroglice hidrogela (odvisna spremenljivka). Pri poskusu uporabimo suhe kroglice hidrogela. Uporabimo dve termovki, v prvo nalijemo hladno, v drugo pa toplo vodo ter v obe stresemo kroglice suhega hidrogela, ki jih čez 45 minut vzamemo ven ter primerjamo velikosti. Pokažemo tudi, da je po večurnem namakanju kroglic hidrogela velikost kroglic v hladni in topli vodi enaka. Različna pa je bila hitrost nabrekanja kroglic hidrogela. Termovke niso nujne za prikaz, da je premer kroglic hidrogela po 45 minutah večji v topli vodi. Zado-stujeta kozarca.



Slika 3: Po deset kroglic hidrogela, zloženih v stolpiče. Kroglice hidrogela v zaporednih stolpičih so bile različno dolgo potopljene v vodi, in sicer 0 min, 30 min, 60 min, 90 min, 120 min, 150 min in 180 min. Premer kroglic lahko izmerimo s kljunastim merilom.



Slika 4: Sprva enake kroglice hidrogela, potopljene za eno uro v različnih medijih, in sicer, od leve proti desni, v olju, glicerinu, detergentu in vodi.



Slika 5: Po štiri kroglice hidrogela, ki so bile 45 minut potopljene v vodo s temperaturo 10 in 30 °C.

Učenci pri prikazanih dejavnostih razvijajo spretnosti opazovanja in načrtovanja raziskave, s poudarkom na izvedbi poštenih poskusov. Pri poskusih, ki so prikazani na slikah 3, 4 in 5, predlagamo merjenje premera kroglic s kljunastim merilom in ozaveščanje pomena merskih napak. Učenci narišejo graf in poiščejo interpretacije izidov poskusov.

Hidrogeli se od spužve in vatiranih blazinic razlikujejo v tem, da voda iz njih ne odteka, če jih vzamemo iz nje ali jih obremenimo. Z učenci načrtujemo poskus, ki odgovori na raziskovalno vprašanje, ali material (neodvisna spremenljivka) vpliva na prostornino vode, ki jo lahko iz njega iztisnemo (odvisna spremenljivka), potem ko smo ga za določeno obdobje potopili v vodo (konstanta). Rezultat poskusa kaže, da hidrogeli ne izločajo vode, ampak se po preseženi mejni obremenitvi zdrobijo na koščke (slika 6). Učenci načrtujejo raziskavo, da odgovorijo na raziskovalno vprašanje, ali polmer kroglice hidrogela vpliva na to, koliko ga lahko obremenimo do zdrobitve (slika 7). Kroglice hidrogelov različnih premerov obremenjujejo z deščico na tehtnici. Pri poskusu kroglice hidrogela pogosto bežijo. Za enostavnejšo izvedbo poskusa predlagamo izdelavo utora v deščici, s katero obremenjujemo kroglico, ali postavitev podložke, obložene s trajno elastičnim kitom, na tehtnico, kamor postavimo kroglico hidrogela.

Kroglice hidrogelov različnih premerov so dobro izhodišče za preverjanje napačnih predstav učencev o plavanju in potapljanju teles. Primeri napačnih predstav so: predmeti plavajo zaradi velikosti/teže, težki/veliki predmeti potonejo, majhni/lahki predmeti plavajo, mehki predmeti plavajo, velika količina vode povzroči plavanje teles ipd. [18]. Pri kroglicah hidrogela je zanimivo, da se s časom potapljanja v vodi (in s povečevanjem njihove velikosti) gostota kroglic hidrogela zmanjšuje. Predlagamo, da učencem pokažemo kroglice hidrogela različnih premerov in jih izzovemo, da načrtujejo poskus, s katerim bi ugotovili, kako velikost kroglice hidrogela (neodvisna spremenljivka) vpliva na plovnost (odvisna spremenljivka) (slika 8). Učencem damo na voljo več tekočin. Običajno učenci izvedejo več zaporednih poskusov z le eno tekočino in s kroglicami hidrogela različnih premerov. Le redki se spomnijo na pripravo tekočinskega stolpca, kjer se kroglice hidrogela različnih premerov nazorneje uredijo po plovnosti (gostoti). Pri poskusu je smiselno najmanjšo (suho) kroglico hidrogela na začetku dati na dno posode (menzure ali kozarca) in nato pripraviti tekočinski stolpec s previdnim nalivanjem tekočin v posodo ob stenah posode. Pri razlagi poskusa smo pozorni na primerno izrazoslovje, ki enoznačno pove, da primerjamo gostote, npr. »Velika kroglica hidrogela ima manjšo gostoto kot najmanjša kroglica hidrogela«, »Glicerin ima manjšo gostoto kot najmanjša kroglica hidrogela«, »Velika kroglica hidrogela ima manjšo gostoto kot detergent« itd. [19].



Slika 6: Kroglica hidrogela se pri dovolj močnem stisku zdrobi na koščke.



Slika 7: Kroglici hidrogela sprva izmerimo premer s kljunastim merilom. Nato jo obremenimo na kuhinjski tehtnici in izmerimo obremenitev, ki jo še prenese, tik preden razpade. Poskus večkrat ponovimo, tako z enakimi kroglicami hidrogela kot tudi s tistimi z različnim premerom.



Slika 8: Tekočinski stolpec iz glicerina, detergenta, vode in olja. V njem so tri kroglice hidrogela različnih premerov, najmanjša je na dnu glicerinske plasti, srednja v plasti detergenta in največja na meji plasti detergenta in vode.

Zaključek

Iz prispevka je razvidno, da so hidrogeli predmet tekočih raziskav, uporabljajo se vsakodnevno in so bogat vir za učenje z raziskovanjem, pri čemer se učenci urijo v načrtovanju raziskav (poštenih poskusov), poglobljajo znanje in razvijajo spretnosti. Na kratko opisani in sli-

kovno ponazorjeni poskusi kažejo smernice učiteljem za možnosti načrtovanja dela. Prikazana je pomembna lastnost hidrogelov, tj. absorpcija vode, pa tudi njihovi odzivi na dražljaje, kar kaže na utemeljeno rabo oznake

pametni material. Obenem prikazani poskusi vzbujajo ideje o nadaljnjem eksperimentiranju s hidrogeli za prikaz njihovih lastnosti in ilustracijo različnih fizikalnih pojmov.

Literatura

- [1] Calo, E., in Khutoryanskiy, V. V. (2015). Biomedical applications of hydrogels: A review of patents and commercial products. *European Polymer Journal*, 65, 252–267.
- [2] Paleos, G. A. (2012). *What are Hydrogels?* <http://pittsburghplastics.com/assets/files/What%20Are%20Hydrogels.pdf>
- [3] Wong, V. (2007). Hydrogels – Water-absorbing Polymers. V: D. Sang, V. Wong in G. Skinner, *Catalyst: Secondary Science review 2007*, 18(1), 18–21. London: Gatsby Science Enhancement Programme. <https://www.stem.org.uk/system/files/elibrary-resources/2016/02/catalyst18.1.pdf>
- [4] Chirani, N., Yahia, L., Gritsch, L., Motta, F. L., Chirani, S., in Faré, S. (2015). History and applications of hydrogels. *Journal of Biomedical Science*, 4, 1–23.
- [5] Okay, O. (2009). General properties of hydrogels. V: Gerlach, G. (ur.), in Arndt, K. F. (Ed.), *Hydrogel Sensors and actuators*, Berlin: Springer, 1–14.
- [6] Buwalda, S. J., Boere, K.W., Dijkstra, P. J., Feijen, J., Vermonden, T., in Hennink, W. (2014). Hydrogels in a historical perspective: From simple networks to smart materials. *Journal of controlled release: official journal of the Controlled Release Society*, 190, 254–273.
- [7] Bahovec, E. D., idr. (1999). Kurikulum za vrtce. Predšolska vzgoja v vrtcih. Ljubljana: Ministrstvo za šolstvo in šport in Zavod Republike Slovenije za šolstvo.
- [8] Kolar, M., Krnel, D., in Velkavrh, A. 2011. *Učni načrt. Program osnovna šola. Spoznavanje okolja*. Ljubljana: Zavod RS za šolstvo.
- [9] Balon, A., Gostinčar Blagotinšek, A., Papotnik, A., Skribe Dimec, D., in Vodopivec, I. 2011. *Učni načrt. Program osnovna šola. Naravoslovje in tehnika*. Ljubljana: Zavod RS za šolstvo.
- [10] Skvarč, M., Glažar, S. A., Marhl, M., Skribe Dimec, D., Zupan, A., Cvahte, M., Gričnik, K., Volčini, D., Sabolič, G., in Šorgo, A. (2011). *Učni načrt. Program osnovna šola. Naravoslovje*. Ljubljana: Zavod RS za šolstvo.
- [11] Verovnik, I., Bajc, J., Bezec, B., Božič, S., Brdar, U. V., Cvahte, M., Gerlič, I., in Munih, S. (2011). *Učni načrt. Program osnovna šola. Fizika*. Ljubljana: Zavod RS za šolstvo.
- [12] Bačnik, A., Bukovec, N., Vrtačnik, M., Poberžnik, A., Križaj, M., Stefanovik, V., Sotlar, K., Dražumerič, S., in Preskar, S. (2011). *Učni načrt. Program osnovna šola. Kemija*. Ljubljana: Zavod RS za šolstvo.
- [13] Planinšič, G., Belina, R., Kukman, I., in M. Cvahte. (2015). *Učni načrt, Program srednja šola, Fizika: gimnazija: klasična, strokovna gimnazija: obvezni predmet (140, 175, 280 ur), izbirni predmet in matura (35, 70, 140, 175, 210 ur)*. Ljubljana: Zavod RS za šolstvo.
- [14] Krnel, D. (2007). Pouk z raziskovanjem. *Naravoslovna solnica*, 11 (3), 8–11.
- [15] Gostinčar Blagotinšek, Ana. (2013). Projekt Fibonacci – učimo se z raziskovanjem. *Naravoslovna solnica: za učitelje, vzgojitelje in starše*, 18 (1), 10–11.
- [16] Holbrook, J., in Rannikmae, M. (2013). *Guidebook for Providers of Continuous Professional Development within PROFILES*. http://www.icasonline.net/profiles/CPD_guide.pdf.
- [17] Pavlin, J., in Čepič, M. (2017). Hydrogels in the classroom. V: Greczylo, T. (ur.), Debowska, E. (ur.). *Key competences in physics teaching and learning: selected contributions from the International Conference GIREP EPEC 2015, Wrocław Poland, 6-10 July 2015*. Springer Proceedings in Physics, 190, 191–201.
- [18] Yin, Y., Tomita, M. K., in Shavelson, R. J. (2008). Diagnosing and dealing with student misconceptions: Floating and sinking. *Science Scope*, 31(8), 34–39.
- [19] Čepič, M. (2018). Gost, pogost, redek, viskoznost in gostota. *Fizika v šoli*, 23(2), 57–59.