Posodobitve pouka v gimnazijski praksi

BIOLOGIJA

Minka Vičar
mag. Andrej Podobnik
Bernarda Devetak
Tatjana Durmič
dr. Gregor Belušič
dr. Simona Strgulc Krajšek
Mihael Tratnik
Katja Holnthaner Zorec
Pavel Bone
Sonja Marušič
Irena Česnik
mag. Marija Meznarič
Nada Udovč-Knežević
dr. Miomir Knežević

Posodobitve pouka v gimnazijski praksi

Biologija

Uredila:	Minka Vičar
Avtorji:	mag. Andrej Podobnik, Bernarda Devetak, Tatjana Durmič, dr. Gregor Belušič, dr. Simona Strgulc Krajšek, Mihael Tratnik, Katja Holnthaner Zorec, Pavel Bone, Sonja Marušič, Irena Česnik Vončina, mag. Marija Meznarič, Nada Udovč-Knežević in dr. Miomir Knežević
Strokovni pregled:	Gregor Zupančič, Kristina Sepčić, Saša Kregar, doc. dr. Katarina Vogel Mikuš in doc. dr. Barbara Vilhar
Jezikovni pregled:	Tatjana Ličen
Izdal in založil:	Zavod RS za šolstvo
Predstavnik:	mag. Gregor Mohorčič
Urednica zbirke:	Alenka Štrukelj
Oblikovanje:	Irena Hlede
Postavitev in tisk:	Littera Picta, d. o. o.
Naklada:	270 izvodov

Prva izdaja, prvi natis

Ljubljana, 2011

Publikacija je brezplačna.

Zahvaljujemo se Slovenskemu etnografskemu muzeju za slikovna gradiva, ki smo jih uporabili za grafično opremo publikacije.

Zbirka knjig Posodobitve pouka v gimnazijski praksi je nastala v okviru dejavnosti Razvoj didaktičnih gradiv projekta Posodobitev kurikularnega procesa v osnovni šoli in gimnaziji, ki sta jo vodili dr. Amalija Žakelj, vodja dejavnosti, in mag. Marjeta Borstner, namestnica.

Izid publikacije je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

Zavod Republike Slovenije za šolstvo

REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA ŠOLSTVO IN ŠPORT

Naložba v vašo prihodnost
OPERACIJO DELNO FINANCIRA EVROPSKA UNIJA
Evropski socialni sklad

© Zavod Republike Slovenije za šolstvo, 2011

Vse pravice pridržane. Brez založnikovega pisnega dovoljenja gradiva ni dovoljeno reproducirati, kopirati ali drugače razširjati. Ta prepoved se nanaša tako na mehanske (fotokopiranje) kot na elektronske (snemanje in prepisovanje na kakršen koli pomnilniški medij) oblike reprodukcije.

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

37.091.3:502/504(035)

OKOLJSKA vzgoja : posodobitve pouka v gimnazijski praksi / Barica Marentič Požarnik ... [et al.]. - 1. izd., 1. natis. - Ljubljana : Zavod RS za šolstvo, 2011

ISBN 978-961-234-840-3
1. Marentič-Požarnik, Barica
256890112

KAZALO

UVOD *(Minka Vičar)* 7

1 NOVOSTI V POSODOBLJENEM UČNEM NAČRTU 9

1.1 Novosti v posodobljenem učnem načrtu *(Minka Vičar)* 11

2 PRIMERI UVAJANJA NOVOSTI V PRAKSI 29

2.1 Raziskovanje in poskusi 31

2.1.1 Usposabljanje dijakov za samostojno načrtovanje raziskave na primeru alkoholnega vrenja *(Andrej Podobnik)* 31

2.1.2 Primer terenskega dela iz ekologije, povezanega z laboratorijsko raziskavo *(Andrej Podobnik)* 33

2.2 Zgradba in delovanje celice 33

2.2.1 Delovanje katalizatorjev *(Sonja Marušič, Irena Česnik Vončina)* 33

2.2.2 Vpliv temperature in koncentracije substrata na delovanje encima katalaze *(Bernarda Devetak)* 33

2.2.3 Vpliv koncentracije substrata na hitrost encimske reakcije (*Katja Holnthaner Zorec*) 33

2.2.4 Sinteza beljakovin (*Bernarda Devetak*) 33

2.3 Biotehnologija in mikrobiologija 36

2.3.1 Biotehnologija: Kruh in jogurt (*Mihael Tratnik*) 39

2.3.2 Kisanje mleka (*Tatjana Durmič*) 41

2.4 Zgradba in delovanje organizmov 46

2.4.1 Agava pod drobnogledom (*Simona Strguljc Krajšek*) 51

2.4.2 Pojoča voščilnica in kardiovaskularni sistem (*Gregor Belušič*) 55

2.4.3 Refleksi in reakcijski časi (*Gregor Belušič*) 55

2.4.4 Delovanje skeletnih mišic (*Tatjana Durmič*) 55

2.4.5 Orientacija v prostoru s pomočjo zvoka – eholokacija (*Pavel Bone*) 55

2.4.6 Vpliv svetlobe na rastline (*Marija Meznarič*) 55

Uvod

Minka Vičar

Pouk biologije mora slediti razvoju in uporabi izsledkov biološke znanosti in razvijati splošno biološko znanje, ki bo pozneje omogočalo nadgradnjo z novimi znanstvenimi spoznanji. Uvajanje posodobljenega učnega načrta za biologijo mora podpirati učitelje tako z izobraževanji kot z gradivi za pomoč pri pripravi na izvedbo pouka. To gradivo je le skromen začetek dela na tem področju. Upamo, da bodo v prihodnje, glede na vizijo razvoja biološkega izobraževanja, še naprej odprte možnosti za obsežnejše nadaljevanje dela, za pokritje zelo velikih potreb po razvoju na področju sodobnega biološkega izobraževanja.

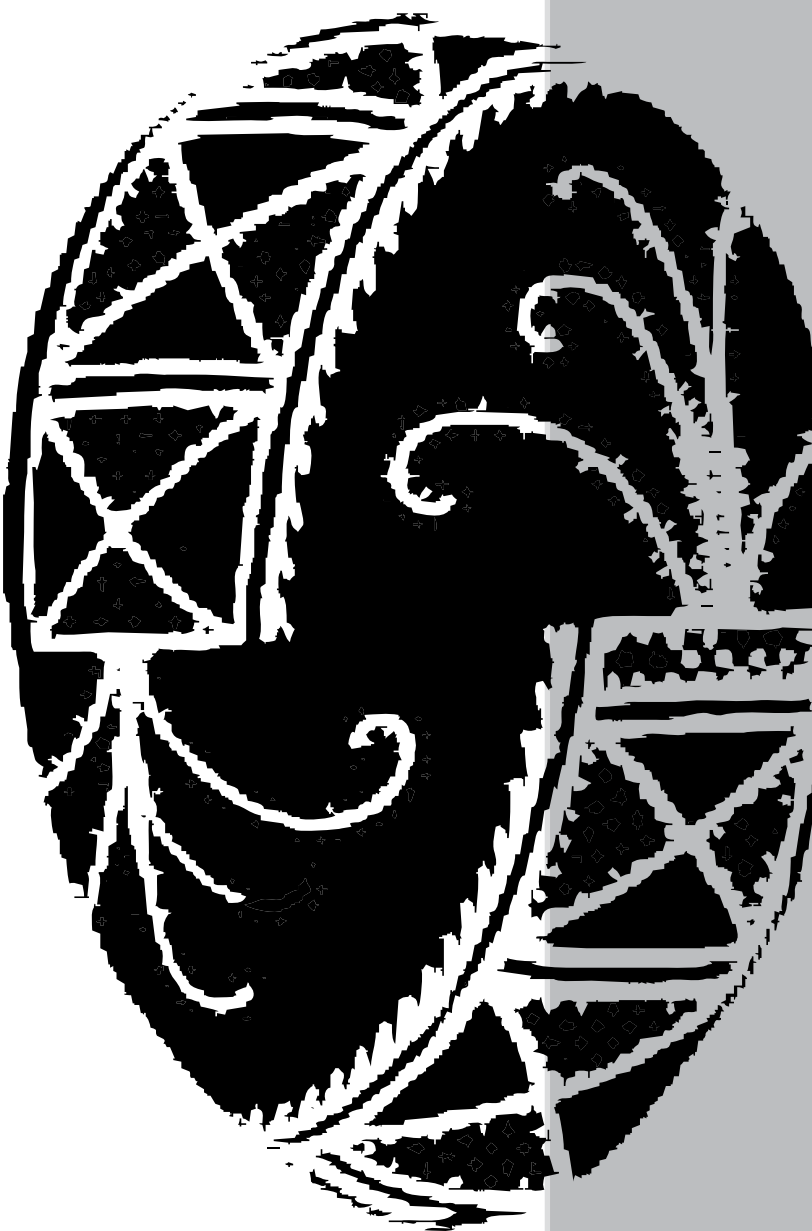
Nastalo gradivo je rezultat sodelovanja predmetne razvojne skupine ter mentorskih učiteljev oz. gimnazijskih profesoric in profesorjev biologije, ki so v okviru projekta *Usposabljanje učiteljev za uvajanje posodobitve gimnazijskih programov (2008–2010)*, pripravili primere izvedb posodobljenega učnega načrta za biologijo. Predstavljeni pristopi zajemajo posodobitve nekaterih obstoječih bioloških eksperimentalnih del in nekaj novih idej za izvedbo praktičnega dela, ki so jih avtorji preizkusili z dijakinjami in dijaki. Nekaj idej in primerov so prispevale tudi predavateljice in predavatelji z Oddelka za biologijo na Biotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani, ki so predstavljene primere izvajali na delavnicah v okviru usposabljanj za uvajanje posodobljenega učnega načrta za biologijo. Primera praktičnega dela Pojoča voščilnica in kardiovaskularni sistem ter Refleksi in reakcijski časi dr. Gregorja Belušiča sta bila leta 2011 nagrajena z nagrado Ameriškega fiziološkega društva za inovacije pri poučevanju fiziologije »ADInstruments Macknight Progressive Educator Award.«

Vsak prispevek vsebuje osnovne podatke o avtorju in kratke informacije o predstavljenem pristopu, uvodna vsebinska izhodišča ter opis izvedbe in refleksijo ter po potrebi tudi primer delovnega lista za dijakinje in dijake. Nekateri primeri izvedb vključujejo tudi pričakovane rezultate in komentarje. Viri so navedeni na koncu vsakega prispevka. Ker med učitelji poteka neformalna izmenjava idej in različnih rešitev, je bilo v nekaterih primerih težko ugotoviti ali nemogoče navesti vse vire.

Prispevki predstavljajo različne primere izvedb pouka biologije, ki lahko vodijo v postopno razvijanje razumevanja bioloških zakonitosti oz. bioloških konceptov, razvijanje analitičnega mišljenja in znanstvenega pogleda na svet. Predstavljeni primeri pokrivajo le del sicer obsežnih potreb po posodabljanju pristopov poučevanja pri pouku biologije. Upamo, da bodo v pomoč pri pripravi na pouk in v spodbudo za nadaljevanje dela pri nenehnem razvoju in posodabljanju pristopov v sodobnem biološkem izobraževanju.

Zahvaljujemo se avtoricam in avtorjem prispevkov, recenzentkam in recenzentom ter vsem drugim, ki so pomagali pri nastajanju predstavljenih primerov izvedbe praktičnega dela.

Novosti
v posodobljenem učnem načrtu



1.1 Novosti v posodobljenem učnem načrtu

Minka Vičar

Biologija kot splošnoizobraževalni predmet prispeva v splošno izobrazbo znanje o živi naravi, ki je temelj našega bivanja in v hitro spreminjajočem se svetu vedno bolj nujno za reševanje kompleksnih problemov, ki vplivajo na naše življenje, kritično presojanje, odgovorno ravnanje ter odločanje na osebni in družbeni ravni. Poleg tega pouk biologije razvija tudi zmožnosti znanstvenega raziskovanja, naravoslovno-matematično kompetenco in druge zmožnosti ter odgovoren odnos do življenja, narave in družbe.

Hiter razvoj sodobne biologije in nova spoznanja so privedla do zelo veliko bioloških podatkov, zato sta bila v biološkem izobraževanju potrebna postopen pomik od nizanja podatkov in opisovanja k uvajanju temeljnih bioloških zakonitosti in konceptov v povezavi z delovanjem živih sistemov ter premik od mehanicističnega na sodobni sistemski (celostni) pristop obravnave na vseh organizacijskih ravneh v živi naravi. Zato je biološka strokovna javnost leta 2006 oblikovala in 2007 sprejela *Sodobni koncept biološkega izobraževanja* (Učni načrt biologija, gimnazija, 2008: 62 (shema)), ki je temelj za posodabljanje celotne vsebinske vertikale biološkega izobraževanja. Na tej podlagi je bil učni načrt za biologijo v celoti posodobljen.

Posodobitev učnega načrta prinaša konceptualne posodobitve v vsebinskem delu in didaktičnih priporočilih ter nekaj novosti v strukturi učnega načrta.

Vsebinski sklopi v učnem načrtu obravnavajo širša področja biologije in obsegajo enega ali več *konceptov* s temeljnim razumevanjem bioloških zakonitosti v okviru posameznih področij biologije in povezav med njimi.

Posamezni *cilji* so podrejeni konceptu in vodijo do njegovega razumevanja.

Temeljni koncepti so rdeča nit in povezava med vsemi učnimi vsebinami v obveznem, izbirnem in maturitetnem programu. Razumevanje konceptov predstavlja pričakovana znanja po dokončanem biološkem izobraževanju (pričakovane dosežke/rezultate na področju vsebinskih in proceduralnih znanj).

Za lažjo identifikacijo in uporabo (tako pri načrtovanju pouka kot v strokovnih gradivih za učitelja, npr. v tem gradivu) so vsebinski sklopi označeni s črkami (primer oznake vsebinskega sklopa: E) ter zaporedno oštevilčeni koncepti (primer oznake koncepta: E1) in cilji v okviru koncepta (primer oznake cilja: E1-6).

Didaktična navodila, ki se nanašajo na posamezne vsebinske sklope ali cilje, so navedena na ustreznih mestih v posameznih sklopih, splošna didaktična priporočila pa so zbrana v poglavju *Didaktična priporočila*.

Vsebine in cilji v posodobljenem učnem načrtu za biologijo sledijo hierarhičnim ravnem organizacije v naravi in naraščajoči kompleksnosti ter povezanosti obravnavanih živih sistemov. V posodobljenem učnem načrtu za biologijo za strokovne gimnazije je zato opuščena prejšnja delitev vsebin na module. Osrednji koncept biologije je evolucija, zato je povezanost zgradbe in delovanja živih sistemov obravnavana v luči evolucije.

Velik poudarek je na povezovanju vsebin in konceptov v mrežo znanja. Povezave med vsebinami obveznega programa so prikazane v shemi *Glavne povezave med*

vsebinami obveznega programa (glej Učni načrt biologija, gimnazija, 2008: 9 (shema)), glavne povezave med koncepti pa v shemi Glavne povezave med koncepti obveznega programa (Učni načrt biologija, gimnazija, 2008: 10–11 (shema))

Povezave in nadgradnja mreže znanja med obveznim, izbirnim in maturitetnim programom so prikazane v shemi *Povezovanje in nadgradnja znanja med obveznim, izbirnim in maturitetnim programom* (Učni načrt biologija, gimnazija, 2008: 12 (shema)).

Biološko eksperimentalno in terensko delo je eno izmed izhodišč za uresničevanje ciljev in razvijanje *naravoslovno-matematične kompetence* pri pouku biologije, zato mu je v obveznem in izbirnem programu namenjen sklop Raziskovanje in poskusi (sklop B) ter v maturitetnem programu sklop Kako deluje znanost (sklop L). Profesorica/profesor strokovno avtonomno načrtuje smiselno vključevanje biološkega eksperimentalnega in terenskega dela v ustrezne sklope.

Učni načrt za biologijo poleg temeljnih spoznanj o zgradbi, delovanju in kompleksni soodvisnosti živih sistemov in o tem, kaj je znanost in kako znanost deluje, zajema tudi ozaveščanje dijakinj in dijakov o pomenu biološkega znanja v sodobnem osebnem in družbenem življenju.

Novost v učnem načrtu so tudi *priporočene medpredmetne povezave* na izvedbeni ravni (Učni načrt biologija, gimnazija, 2008: 57–58 (shemi)). Značilnost biologije kot integralne vede (nekateri jo označujejo tudi kot interdisciplinarno vedo) je tudi vključevanje znanj preostalih ved (fizikalna, kemijska, geološka, matematična in druga znanja) v raziskovanje in obravnavo bioloških zakonitosti, povezanih s koncepti delovanja kompleksnih živih sistemov (od celice, organizma, populacije, ekosistema do ekosfere). Pri obravnavi narave interdisciplinarnost narašča s prehajanjem npr. od fizikalnih k biološkim pojavom, enako postopno narašča tudi kompleksnost obravnavanih sistemov od fizikalnih proti biološkim oz. živim sistemom. Kompleksni sistemi so več kot le vsota sestavnih delov. Pri prehodu na višje ravni organizacije se pojavljajo nove lastnosti in zakonitosti (emergentnih lastnosti in zakonitostih višjih ravni), ki jih na nižjih ravneh ni bilo. V živi naravi zaradi naraščanja zapletenosti na višjih ravneh organizacije ter procesa evolucije z naravno selekcijo te emergentne zakonitosti delujejo na veliko več hierarhičnih organizacijskih ravneh. Zavedanje o zapletenosti povezav v živih sistemih in sistemskih posledicah poseganja vanje prispeva tudi k razvijanju sposobnosti kritične presoje posegov v življenje in naravo ter odgovorne uporabe spoznanj v različnih tehnologijah (človek je le ena izmed vrst organizmov, ki je popolnoma odvisna od drugih).

Uvajanje celostne obravnave kompleksnih živih sistemov je prednostni cilj Predmetne razvojne skupine za biologijo (PRS za biologijo), ki ga je zapisala tudi v dolgoročno vizijo razvoja biološkega izobraževanja. Ta zahtevna naloga zahteva od profesoric in profesorjev biologije veliko izobraževanja in nenehno razvijanje pristopov za doseganje celostnega razumevanja bioloških konceptov, povezanih z delovanjem živih sistemov od ravni organizma do ravni celic na eni in ravni ekosistemov do ravni biosfere na drugi strani. Pri tem je pomembna postopnost prehajanja od enostavnejših na bolj zapletene ravni organizacije žive narave, zato je smiselno, da dijakinje/dijaki potrebna temeljna predznanja predhodno usvojijo na enostavnih primerih. Enako pomembno je, da potrebna temeljna predznanja npr. fizikalnih in kemijskih konceptov usvojijo na enostavnih primerih pri pouku fizike in kemije ter jih potem ustrezno povežejo in uporabijo pri razumevanju kompleksnih živih sistemov. Pri obravnavi je treba paziti, da zaradi poenostavitve komple-

ksnih živih sistemov ni neustrezne redukcije, ki lahko vodi v nefunkcionalnost in oblikovanje napačnih predstav o živih sistemih oz. do napačnega razumevanja bioloških zakonitosti. Na to je treba paziti tako pri razlagi kot pri dejavnostih, uporabi različnih ponazoritev, modelov, prispodob, opazovanj, eksperimentov, obdelavi in interpretaciji bioloških podatkov.

Učni načrt kot temeljni dokument predmeta bo v praksi zaživel ob postopnem uvajanju s podporo profesoricam/profesorjem biologije na različnih usposabljanjih, posvetih, delavnicah in drugih aktivnostih za uveljavljanje sodobnega koncepta celostnega biološkega izobraževanja. Poleg različnih oblik usposabljanja bo profesoricam/profesorjem, kot ključnim akterjem v izobraževanju, treba zagotoviti tudi sodobno literaturo s področja sistemske biologije in raznolikih pristopov k celostnemu poučevanju sodobne biologije. Posodabljanju pouka biologije morajo slediti tudi posodobljeni učbeniki za dijakinje/dijake in druga gradiva oziroma učila, učni pripomočki ter materialne razmere za sodobno izvajanje biološkega eksperimentalnega in terenskega dela.

Viri

1 *Ministrstvo RS za šolstvo in šport (1989). Biologija – predmetni katalog – učni načrt (gimnazija). Ljubljana.*

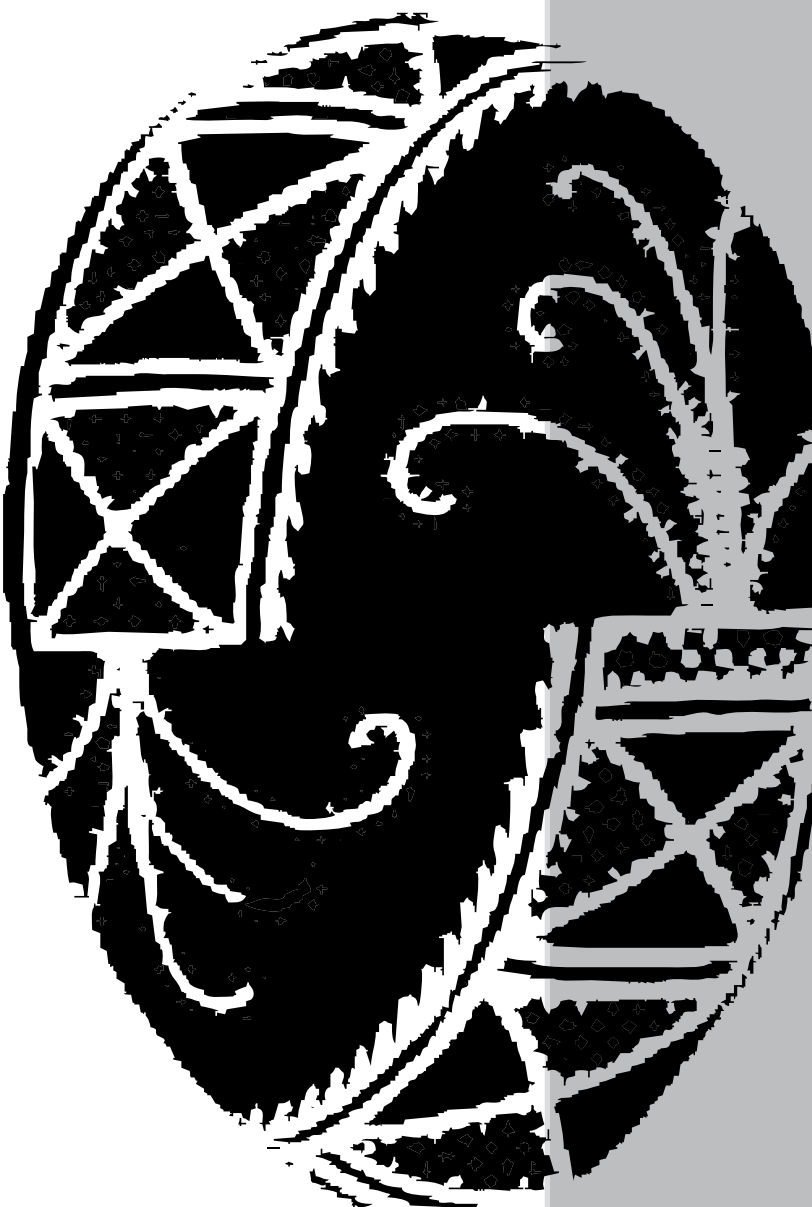
2 *Vilhar, B., Zupančič, G., Vičar, M., Sojar, A., Devetak, B., Gilčvert Berdnik, D., Sobočan, V. (2008). Učni načrt. Biologija. Gimnazija. Splošna gimnazija. Ljubljana: Ministrstvo RS za šolstvo in šport, Zavod RS za šolstvo. Dostopno tudi na spletnem naslovu: http://portal.mss.edus.si/msswww/programi2006/programi/gimnazija/klasicna_gim/bio.htm (citirano 7. 4. 2010). Ljubljana: Ministrstvo RS za šolstvo in šport.*

3 *Vilhar, B., Zupančič, G., Vičar, M., Sojar, A., Devetak, B., Gilčvert Berdnik, D., Sobočan, V. (2008). Učni načrt. Biologija. Gimnazija. Strokovna gimnazija. Ljubljana: Ministrstvo RS za šolstvo in šport, Zavod RS za šolstvo. Dostopno tudi na spletnem naslovu:*

http://portal.mss.edus.si/msswww/programi2006/programi/gimnazija/teh_gim/bio175.html (citirano 7. 4. 2010).

4 *Zupančič, G., Vilhar, B., Vičar, M., Devetak, B., Podobnik, A., Gilčvert Berdnik, D., Ambrožič Avguštin, J., Vrezec, A. (2009). Vizija razvoja predmeta biologija. Interno gradivo Predmetne razvojne skupine za biologijo. Ljubljana: Zavod RS za šolstvo.*

Primeri uvajanja novosti v praksi



2.1 Raziskovanje in poskusi

2.1.1 Usposabljanje dijakov za samostojno načrtovanje raziskave na primeru alkoholnega vrenja

Andrej Podobnik, Gimnazija Bežigrad, Ljubljana

Uvod

Učni načrti sodobnih programov pouka biologije vključujejo tudi spoznavanje osnov znanstveno-raziskovalnega dela – ne samo kot zbiranje podatkov z opazovanji in poskusi, njihovo obdelavo in postavljanjem sklepov, temveč tudi s postavljanjem lastnih vprašanj in načrtovanjem raziskav, ki naj bi na ta vprašanja odgovorila. Take zahteve je prinašal že stari slovenski učni načrt iz leta 1998. Njegove zahteve povzema tudi Predmetni izpitni katalog za splošno maturo – biologija (Čufer et al., 2005). Spoznavanje znanstvenoraziskovalnega dela in v okviru tega tudi samostojno načrtovanje preprostih raziskav je tudi pomemben del prenovljenega učnega načrta (Vilhar et al., 2007).

Tako v vsebinskem sklopu B ta učni načrt zahteva, da dijakinje/dijaki:

- »na primerih spoznajo metode raziskovanja življenja (živih sistemov) na podlagi raziskovalnega vprašanja (oziroma hipoteze) in teoretičnih predpostavk;
- na enostavnih preprostih primerih znajo načrtovati in uporabiti metode opazovanja, znajo izbrati in uporabiti ustrezna orodja in tehnologijo za izvedbo raziskave ter za zbiranje, ... podatkov.«

Zahteve po znanju samostojnega načrtovanja raziskave so tudi v vsebinskem sklopu L v Maturitetnem programu. Tako naj dijakinje/dijaki:

- »razlikujejo med opazovanjem in poskusom kot načinoma zbiranja podatkov ter med opisnimi (kvalitativnimi) in količinskimi (kvantitativnimi) podatki;
- znajo postaviti preverljivo biološko vprašanje ter načrtujejo in izvedejo preprosto laboratorijsko ali terensko raziskavo.«

V virih, ki jih učitelji večinoma uporabljamo pri laboratorijskih delih (delovni zvezki, navodila za učitelje), so natančni napotki za poskuse, ki se začenjajo tam, kjer se načrtovanje konča (postopek izvedba laboratorijskega dela, zbiranje rezultatov, njihova obdelava, predstavitev, postavljanje sklepov in ovrednotenje metode in rezultatov). Primerov laboratorijskih del, ki bi se začela s samostojnim načrtovanjem poskusov, skoraj ni zaslediti.

Čeprav so osnovni principi načrtovanja poskusov jasni tako učitelju kot dijakom, imajo dijaki pri tem običajno velike težave, ki se kažejo v načrtih, ki ne ustrezajo osnovnim raziskovalnim merilom. Z rezultati poskusov, ki jih dijaki izvedejo na podlagi takega načrtovanja, običajno ne morejo odgovoriti na zastavljeno vprašanje oziroma potrditi ali zavreči postavljene hipoteze. Nesprejemljivo je, če ob takem poskusu učenec ne dobi ustrezne povratne informacije in ima vtis, da je bilo delo ustrezno opravljeno.

Samostojno načrtovanje poskusov je zapletena spretnost, ki naj bi se je dijaki učili postopno, pridobljeno znanje pa naj bi v vsakem letniku utrdili z novimi primeri.

Čeprav je mogoče reševanje znanstvenih problemov načrtovati, potem pa poskusov ne izvesti, lahko v celoti izkoristimo izobraževalne možnosti tako zastavljenega dela samo, če učenci raziskavo, ki so jo načrtovali, tudi izvedejo.

Organizacija laboratorijskega dela je po šolah različno rešena. Posamezne dejavnosti, ki so predstavljene v nadaljevanju, so lahko izvedene v eni učni uri, v nekaterih primerih lahko dejavnosti dijaki dokončajo tudi doma. Večja težava je v tem, da je za večino dejavnosti potrebna delitev oddelka v dve skupini.

Vsebina načrta raziskave

Načrt raziskave ni samo opis dela. Začne se z določitvijo problema, opis dela z oblikovanjem spiska potrebnih potrebščin je njegova zadnja faza. Da se dijaki naučijo sistematičnosti dela, kaže načrtovanje razdeliti na naslednje enote:

- zastavljanje problema/vprašanja,
- oblikovanje hipoteze,
- identificiranje spremenljivk,
- izbira metode in opis postopka dela ter
- oblikovanje seznama potrebne opreme in materiala.

Da dijaki lahko samostojno načrtujejo poskus, morajo:

- razumeti pomen in organizacijo kontroliranega poskusa,
- poznati ustrezne metode oz. metodo, ki jih/jo lahko uporabijo,
- znati identificirati problem/vprašanje, ki je dovolj enostaven/enostavno, da ga samostojno rešijo.

Po korakih do samostojnega načrtovanja

V nadaljevanju predstavljam primer niza učnih ur, ki učenca pripelje od spoznavanja alkoholnega vrenja preko raziskovanja enega izmed dejavnikov, ki na proces vplivajo, do načrtovanja poskusov, pri katerih učenci raziščejo tudi druge dejavnike.

1. Spoznavanje procesa in metode merjenja

Pri učni uri, ki ni nujno vezana na biološko učilnico, z demonstracijskim poskusom predstavimo alkoholno vrenje. Potrebujemo 20-odstotno raztopino saharoze, 1 g suhega kvasa, epruveto z merami 25 mm x 250 mm ali 25 mm x 195 mm, zamašek za epruveto, skozi katerega je napeljana steklena cevka, gumijasto cevko, ki jo nataknemo nanjo, in kapalko, ki jo vtaknemo v gumijasto cevko na drugi strani, ter čašo z vodo, v katero uvajamo preko kapalke nastajajoči plin, vodno kopel in termometer (slika 1).

Slika 1: Aparatura za proučevanje hitrosti alkoholnega vrenja (avtor: Andrej Podobnik)

Postopek demonstracije

Preden začnemo demonstracijo, učence pozovemo, da si zapišejo, kako je bil poskus izpeljan in kaj se je pri poskusu dogajalo/zgodilo. Zato naj bo material jasno označen (20-odstotna saharoza, 1 g kvasa) ali pa raztopino pripravimo pred njimi in prav tako pred njimi odtehtamo kvas (zaradi izgube časa verjetno manj primerno). Pokažimo tudi, kateri kvas smo uporabili.

V epruveto nalijemo 25 ml raztopine saharoze. V vodno kopel, ki ji vzdržujemo temperaturo 40 °C, postavimo epruveto in počakamo pet minut. Nato v epruveto s saharozo stresemo 1 g suhega kvasa, jo rahlo potresemo, da se kvas razporedi po raztopini, in zamašimo. Kapalko, ki je vstavljena v gumijasto cevko, potopimo v čašo z vodo. Počakamo, da iz cevke začno izhajati mehurčki plina.

Pozor: koristno je, če vzporedno s pokusom izvedemo še osnovna kontrolna poskusa: poleg epruvete, v katero smo dodali raztopino saharoze in kvas, vzamemo še dve epruveti: v eno nalijemo samo saharozo, v drugo pa dodamo samo 1 g kvasa.

Preden končamo demonstracijo, lahko zastavimo vprašanje, kateri plin pri procesu nastaja. Pomembno je, da učenci razmišljajo, kako bi svoje domneve preverili. Z uvajanjem plina v apneno vodo lahko pokažemo, da nastaja ogljikov dioksid.

Pogovor

Ponovimo ali uvedemo pojem hitrost reakcije kot »količino substrata, ki se porabi v časovni enoti«, ali »količino produkta, ki nastane v časovni enoti«. Dijakom zastavimo nalogo, da načrtujejo postopek, s katerim bi izmerili hitrost reakcije, ki so jo pred tem opazovali.

Mogoča načina določanja hitrosti reakcije sta štetje mehurčkov, ki izidejo v določenem času, ali pa merjenje plina, ki ga v določenem času pod vodo uvajamo v narobe obrnjen in z vodo napolnjen merilni valj. Oba načina izražanja hitrosti procesa lahko na tem mestu tudi primerjamo z vidika sporočanja: mililiter vedno pomeni isto, mehurčki pa so lahko različno veliki in zato manj primerni za sporočanje.

2. Skupno načrtovanje poskusa

Koristno je, da ta del procesa izvedemo naslednjo učno uro. Tako imajo dijaki čas, da razmislijo o poskusu, ki so ga opazovali. Vsekakor je treba ponoviti, kako smo izvedli poskus in kaj se je pri tem dogajalo.

Kot uvod v načrtovanje poskusa moramo povedati, katere korake je treba narediti oz. kaj mora načrt raziskave vsebovati. Določimo tudi, kako naj bo načrt formalno oblikovan (kar je pomembno takrat, ko bodo učenci načrtovali sami in nam predložili že izdelan načrt).

Na tem mestu lahko že tudi razpravljamo, kateri dejavniki bi utegnili vplivati na hitrost alkoholnega vrenja. Če smo se problema lotili tako, si dejavnike, ki jih navedejo dijaki, zapišemo, ne glede na to, ali so našteti dejavniki pomembni ali ne.

Zastavljanje problema/vprašanja (v tem primeru zastavi vprašanje učitelj)

Kakšna je hitrost alkoholnega vrenja pri različnih temperaturah? ali predlagam: Kako temperatura vpliva na hitrost alkoholnega vrenja?

Oblikovanje hipoteze

Hipotezo oblikujemo skupaj z dijaki. Ponovimo, kaj hipoteza sploh je, in jih opozorimo, da hipotezo zapišemo kot trditev, čeprav gre le za domevo.

Mogoče hipoteze:

- Pri različnih temperaturah bo hitrost alkoholnega vrenja različna.
- Pri določeni temperaturi bo hitrost alkoholnega vrenja največja, nad in pod to temperaturo pa se bo zmanjševala.

- Najhitrejše bo alkoholno vrenje pri 37 °C, nad in pod to temperaturo pa se bo zmanjševala.

Utemeljitev/razlaga hipoteze

Navadno hipoteza ni samo ugibanje, temveč temelji na nekem predznanju. Zato morajo dijaki povedati, kaj je bila osnova za postavitev take domeve.

Če so predtem že obravnavali vplive na delovanje encimov, naj bi hipotezo utemeljili s temperaturno odvisnostjo delovanja encimov.

Identificiranje spremenljivk

Da lahko dijaki identificirajo spremenljivke, morajo poznati pojem kontroliranega/nadzorovanega poskusa. Spremenljivke, ki jih v pogovoru z dijaki določimo, na koncu zapišemo.

Zapis naj bi bil (približno) naslednji:

Neodvisna spremenljivka: temperatura.

Odvisna spremenljivka: število mehurčkov, ki se sprostijo v 10/5 minutah ali ml ogljikovega dioksida, ki se sprostijo v 10/5 minutah.

Kontrolirane/nadzorovane spremenljivke:

količina uporabljenega kvasa,

vrsta uporabljenega kvasa,

koncentracija saharoze,

količina saharoze,

velikost epruvet,

ista kapalka (če štejemo mehurčke).

Izbira metode in opis postopka dela

Dijaki glede na problem prilagodijo metodo dela, ki so jo spoznali pri demonstraciji (uporabijo zapiske, ki so jih naredili ob spremljanju demonstracije). Določimo, pri katerih temperaturah bomo merili hitrost alkoholnega vrenja in kolikokrat bomo meritev pri vsaki temperaturi ponovili, da bodo rezultati zanesljivi.

V ta del vključimo tudi način zapisovanja pri poskusu zbranih rezultatov (tabela).

Oblikovanje seznama potrebne opreme in materiala

Na podlagi metode in opisanega postopka dela pripravimo seznam potrebne opreme in materiala za izvedbo poskusa. Pomen dobro sestavljenega seznama se pokaže, ko dijaki samostojno načrtujejo poskus in jim laborant pripravi material glede na seznam.

3. Izvedba poskusa (laboratorijsko delo, delo v skupinah, z deljenim razredom)

Na podlagi načrta, ki smo ga naredili, dijaki pri eni od naslednjih ur izvedejo poskus. Če se želimo izogniti zapletom zaradi nepopolnih zapiskov, lahko za postopek dela pripravimo enotna navodila (za primer glej prilogo). Če smo se odločili za ugotavljanje hitrosti procesa pri večjem številu temperatur, poskusov pri posameznih temperaturah zaradi pomanjkanja časa ne bodo mogli ponavljati, lahko pa na koncu podatke vseh skupin zberejo v skupno tabelo in rezultate primerjajo.

Če so dijaki merili hitrost s štetjem mehurčkom, jim lahko naročimo, da jih v menzuro pod vodo ujamejo 30 (ali neko drugo število mehurčkov), ugotovijo njihovo prostornino, preračunajo na prostornino enega mehurčka in število mehurčkov, ki so jih prešteli pri poskusu, preračunajo v mililitre sproščenega plina.

4. Samostojno načrtovanje poskusa (po možnosti z deljenim razredom)

Ta del je mnogo lažje izvesti s polovico razreda, ker je število problemov, ki si jih dijaki lahko zastavijo, omejeno, zaželeno pa je, da ima vsak dijak svoj problem. Temu delu je treba nameniti posebno uro, po možnosti časovno ne preveč oddaljeno od prejšnjih. Opis postopka in seznam materiala lahko dokončajo kot domačo nalogo.

Dijakom zastavimo naslednjo nalogo: Vsak naj poišče problem/vprašanje, povezan/povezano z alkoholnim vrenjem (ne sme pa to biti vpliv temperature na hitrost alkoholnega vrenja), in napiše načrt raziskave, ki bo poleg problema/vprašanja vseboval hipotezo, razlago hipoteze, spremenljivke, metodo in postopek dela ter potreben material. Metoda in postopek dela naj bosta opisana tako natančno, da bo poskus po vaših navodilih kdor koli lahko izvedel točno tako, kot ste si ga zamislili.

V nadaljevanju učence vodimo samo pri iskanju problema/raziskovalnega vprašanja, preostali del naj opravijo sami. Nove probleme je najlažje najti tako, da preverjamo vpliv tistih spremenljivk, ki smo jih pri poskusu »Vpliv temperature …« ohranjali stalne. Zato morajo imeti načrt za prejšnji poskus učenci pred seboj (zapiski, razmnoženo gradivo, projekcija).

Možna raziskovalna vprašanja, ki temeljijo na predhodnem poskusu:

Kakšna bo hitrost alkoholnega vrenja, če uporabimo različne količine kvasa?/Kako vpliva količina kvasa na hitrost alkoholnega vrenja?

Kako vpliva vrsta kvasa na hitrost alkoholnega vrenja? (Dijakom je treba prej povedati/pokazati, da so na trgu različne vrste kvasa.)

Kakšna bo hitrost alkoholnega vrenja, če uporabimo različne koncentracije saharoze?/Kako vpliva koncentracija saharoze na hitrost alkoholnega vrenja?

Kakšna bo hitrost alkoholnega vrenja, če uporabimo različne količine 20-odstotne saharoze?/Kako vpliva količina raztopine saharoze na hitrost alkoholnega vrenja?

Možna raziskovalna vprašanja, ki niso neposredno povezana s predhodnim poskusom:

Kakšna bo hitrost alkoholnega vrenja, če uporabimo druge vrste sladkorja?

Kakšna bo hitrost alkoholnega vrenja, če kvas pred tem izpostavimo za določen čas različnim temperaturam?

Kako vpliva kislost oz. bazičnost (pH) na hitrost alkoholnega vrenja?

Kako vpliva vsebnost alkohola na hitrost alkoholnega vrenja?

Kako vpliva vodni potencial okolice celic na hitrost alkoholnega vrenja?

Ko imajo učenci svoj raziskovalni problem, načrtujejo poskus, s katerim bodo na zastavljeno vprašanje odgovorili oz. s katerim bodo postavljeno hipotezo potrdili ali ovrgli. Načrt raziskave oddajo učitelju. Na podlagi seznama materiala in opreme, ki je sestavni del načrta, bo laborant pripravil potrebni material.

5. Izvedba poskusa, ki so ga dijaki sami načrtovali (individualno laboratorijsko delo z deljenim razredom)

Vsak dijak s pripravljenim materialom in opremo na podlagi svojega načrta izvede poskus.

Sklep

Podobno pot »učenja« raziskovalnega dela je mogoče izpeljati tudi pri drugih temah, odvisno od tega, kdaj se učitelj za to odloči. Koristno je, da je tema raziskave povezana s tekočo snovjo, nikakor pa to ni nujno. Uporaba raziskav, pri katerih dijak zbere kvantitativne podatke, naj ima prednost pred raziskavami, ki omogočajo samo zbiranje kvalitativnih podatkov.

Viri:

1 *Vilhar, B. et al. (2008). Učni načrt. Biologija. Gimnazija. Splošna gimnazija. [Elektronski vir]. Ljubljana: Ministrstvo RS za šolstvo in šport, Zavod RS za šolstvo. Dostopno na naslovu: http://www.mss.gov.si/fileadmin/mss.gov.si/pageuploads/podrocje/ss/programi/2008/Gimnazije/UN_BIOLOGIJA_gimn.pdf (citirano 15. 4. 2010).*

2 *Čufer, A. et al. (2005). Predmetni izpitni katalog za splošno maturo – biologija. Ljubljana: Državni izpitni center.*

Priloge

Laboratorijsko delo: Vpliv temperature na hitrost alkoholnega vrenja

Laboratorijsko delo

Vpliv temperature na hitrost alkoholnega vrenja

Postopek:

Poskus boste izvedli pri 25, 35, 45, 55 in 65 °C.

1. Stehtamo 1 gram kvasa in pripravimo 20-odstotno raztopino saharoze (20 gramov saharoze raztopimo v 80 gramih vode). Z menzuro odmerimo 25 ml raztopine saharoze in jo nalijemo v veliko epruveto.

2. Epruveto s saharozo postavimo v vodno kopel. Počakamo 3 minute, da se temperatura raztopine saharoze izenači s temperaturo vodne kopeli. V epruveto pazljivo stresemo 1 gram kvasa (pazimo, da pade kvas v raztopino in se ne prilepi na stene epruvete), jo rahlo potresemo, da se kvas razporedi po raztopini, in jo zamašimo, cevko, ki je speljana skozi zamašek, pa napeljemo v čašo z vodo. Počakamo, da iz cevke izide prvi mehurček plina.

3. S prvim mehurčkom plina začnemo meriti čas. Preštejte, koliko mehurčkov plina izide v 20 minutah. Prvega mehurčka ne štejete.

4. Ugotovite, kolikšna je približna prostornina 1 mehurčka.

2.1.2 Primer terenskega dela iz ekologije, povezanega z laboratorijsko raziskavo

Andrej Podobnik, Gimnazija Bežigrad, Ljubljana

Uvod

Cilj B1-1 v učnem načrtu za biologijo v gimnaziji (Vilhar et al., 2007) zahteva, da dijaki poleg drugih pristopov k raziskovalnem delu v biologiji spoznajo tudi terensko delo.

Laboratorijski poskusi, ki so del pouka biologije, proučujejo organizme in biološke procese zunaj naravnega okolja. V nasprotju z laboratorijskim delom delo v naravi omogoča, da dijaki opazujejo in preučujejo organizme v naravnem okolju. Pri poskusih v laboratoriju se dijaki ne zavedajo vedno dovolj, da proučevani procesi organizmom omogočajo preživetje v njihovem naravnem okolju oziroma da o preživetju odločajo. Vedno več je dijakov, ki imajo zelo omejen stik z naravnimi ekosistemi in organizmi, ki živijo v njih, s tem pa tudi omejeno vedenje, ki iz tega izhaja.

Terensko delo lahko vključimo v:

- pouk sistematike (cilja E3-6 in E3-8 v učnem načrtu),
- pouk evolucije (proučevanje variabilnosti znotraj vrste, koncept E2 v učnem načrtu),
- pouk ekologije (cilji G1-3, G1-4, G2-3, G2-4, G3-13, G3-14).

Težave pri izvajanju terenskega dela

Terensko delo običajno zahteva spremembo urnika. Največkrat ga ne moremo izvesti v eni šolski uri, upoštevati je treba, da ga običajno izvajamo na mestu, ki je od šole oddaljeno in potrebujemo čas za pot. Ure za praktično (laboratorijsko) delo so navadno umeščene sredi dnevnega urnika. Zato ga lahko učinkovito izvedemo samo zunaj rednih ur, kar zahteva, da nekaj ur za praktično delo v rednem urniku dijakom odpade, kar je zaradi umestitve v urnik največkrat nemogoče. Zamenjave ur z drugimi predmeti so lahko težavne ali nemogoče.

Delo na terenu zahteva spremstvo v skladu z normativi in standardi, kar pomeni, da moramo v delo vključiti še enega od sodelavcev.

Težave, ki se pojavijo pri delu na terenu, je mnogo težje predvideti kot pri delu v laboratoriju. Opreme, ki smo jo pozabili vzeti s seboj, ne moremo enostavno nadomestiti, prav tako ne moremo popolnoma predvideti, na katere organizme bomo naleteli. Na številne težave se lahko pripravimo, če mesta, kjer nameravamo terensko delo izvajati, prej proučimo z vidika nalog, ki jih bodo dijaki morali opraviti. Končno nam lahko uspešno delo na terenu onemogoči že samo vreme.

Poseben problem pri terenskem delu iz ekologije, kjer dijaki raziskujejo združbe, je poznavanje vrst oziroma sistematskih skupin. Cilj programa ni, da bi dijaki poznali organizme na ravni vrste, rodu ali družine, poznali naj bi samo osnovne organizacijske tipe (cilj E3-8), kar pa za proučevanje življenjskih združb ni dovolj. Določanje z uporabo določevalnih ključev je mogoče samo za zelo omejeno število vrst celo, če smo pripravili prilagojene ključe, ki vključujejo večinoma samo vrste

proučevanega ekosistema. Priprava takih (dihotomnih) ključev pa zahteva ogromno učiteljevega časa. Še vedno ostaja težava v poznavanju morfoloških terminov, ki jih ključ uporablja.

Najlažji način je uporaba slikovnih priročnikov. Težava pa je v tem, da imajo taki priročniki samo omejeno število vrst, torej je zelo verjetno, da bodo dijaki naleteli na vrsto, ki je v priročniku ni, in zato izbrali tisto vrsto v priročniku, ki je najbolj podobna. Temu se izognemo, če si dijaki tak priročnik pripravijo sami na podlagi seznama vrst, ki ga predhodno pripravi učitelj, in slik, ki jih najdejo na spletu. S takim priročnikom enostavno in pravilno prepoznajo vrste v ekosistemu. Priporočljivo je, da izberemo ekosisteme, ki so vrstno revni oziroma v katerih ne najdemo prevelikega števila skupin, ki jih morajo prepoznati.

Več težav je, kadar delamo z živalmi, kjer določanje do vrst večinoma ne pride v poštev. V tem primeru moramo tak priročnik pripraviti sami ali pa uporabiti katerega od že pripravljenih priročnikov s tako splošnimi skicami, da v njih dijaki prepoznajo katerega koli ali vsaj večino predstavnikov skupine.

Primer proučevanja ekosistemov v naravi, povezanega z ugotavljanjem nekaterih abiotskih dejavnikov okolja v laboratoriju

Pomembno je izbrati preproste ekosisteme, ki so med seboj enostavno primerljivi in po možnosti ne vsebujejo prevelikega števila vrst. V našem primeru smo izbrali pešpot, rob te poti in travnik v neposredni bližini.

Samo delo obsega terenski del – delo v naravi in laboratorijski del.

Praktično delo

1. Delo v naravi

- Popis rastlinskih združb v izbranih ekosistemih. Uporabimo poenostavljeno metodo po Braun-Blanquetu (ne določamo sociabilnosti vrst). Tako dijaki natančno opišejo lokaliteto zaradi ponovljivosti in preverljivosti raziskave, določijo velikost popisne ploskve, ugotovijo vrste, ki se pojavljajo, in pokrovnost posameznih vrst (semikvantitativna metoda). Poenostavljena metoda je predstavljena v prilogi.
- Nabiranje vzorcev prsti v vseh treh proučevanih ekosistemih.

2. Delo v laboratoriju (analiza vzorcev prsti)

Izberemo analize glede na razpoložljiv čas in opremo ter glede na cilje, ki jih želimo doseči, predvsem glede poznavanja metod dela. Predstavljenih je nekaj možnosti analiz, ki so preproste, nekatere od njih zahtevajo predhodni premislek in nekoliko zahtevnejšo obdelavo podatkov.

V prilogi je primer navodil, ki jih dobijo učenci. Stopnja natančnosti navodil je za posamezne analize različna. Ugotavljanja velikosti delcev, ki gradijo prst, v navodilih ni zaradi omejitev s časom.

- Določanje pH. Ena izmed mogočih metod je opisana v prilogi.
- Določanje vsebnosti apnenca. Preprosta semikvantitativna metoda je opisana v prilogi.
- Določanje vsebnosti vode. Vsebnost vode določimo s pomočjo sušenja vzorcev. Dijaki naj ugotovijo, katere podatke potrebujejo, da bodo lahko izračunali vsebnost vode, in sami načrtujejo potek dela. Opozorimo dijake, da čaše z enako prostornino nimajo enake mase.
- Določanje količine humusa v prsti. Količino humusa določimo s sežiganjem vzorcev prsti pri temperaturi 800 do 900 °C v posebnih keramičnih lončkih. Pri tem se organske snovi, ki gradijo humus, pretvorijo v pline, ki izidejo.
- Velikost delcev, ki gradijo prst. Uporabimo metodo usedanja. Merilni valj (100 ml ali večji) napolnimo do polovice z vzorcem prsti, dolijemo vodo do vrha in pretresemo. Pustimo, da delci sedimentirajo. Najprej posedejo večji delci, zadnji najmanjši.

Obdelava in razlaga podatkov

1. Rastlinske združbe v izbranih ekosistemih.

Če dijaki zbrane podatke uredijo v eno tabelo, z lahkoto primerjajo število vrst v posameznih ekosistemih, ugotovijo, katere vrste so skupne več združbam in katere se pojavljajo samo v posameznih, katere vrste imajo večjo pokrovnost in katere se pojavljajo samo kot posamični primerki, ter primerjajo pokrovnost istih vrst v različnih ekosistemih. Domnevajo, da je glavni dejavnik, zaradi katerega se pojaljajo razlike, mehanski dejavnik hoje.

2. pH vzorcev prsti v izbranih ekosistemih

Običajno ugotovimo enak pH ali minimalne razlike. Dijaki imajo včasih težave pri odločitvi, kadar določajo pH z indikatorskim papirjem. Opozorimo jih na vprašanje zanesljivosti ugotovljenih rezultatov.

3. Količina apnenca v prsti

Predvsem kadar je pot utrjena z nasipanjem gramoza, utegnejo biti očitne razlike med količino apnenca v prsti na poti in na travniku. Dijaki morajo zavzeti stališče do pomena tega dejavnika za razliko v rastlinski združbi.

4. Vsebnost vode v prsti

Vsebnost vode lahko izračunajo samo, če imajo podatke o masi čaše, masi čaše z neposušeno prstjo in masi čaše s posušeno prstjo. Vsebnost vode je treba izraziti kot maso vode v določeni masi prsti (npr. v 100 g) ali kot odstotni delež. Učenci lahko razpravljajo, kolikšna je spremenljivost tega dejavnika v času.

5. Količina humusa v prsti

Vsebnost humusa lahko izračunajo samo, če imajo podatke o masi keramičnega

lončka, masi keramičnega lončka z nežgano prstjo, masi keramičnega lončka žgano prstjo in deležu vode. Vsebnost humusa je treba izraziti kot maso humusa v določeni masi prsti (npr. 100 g) ali kot odstotni delež.

Mogoče bodo rezultati za učence presenetljivi, ker bo vsebnost humusa v prsti na travniku manjša kot na poti. Če poznajo način kroženja snovi v ekosistemu, bodo »nelogičnost« ustrezno interpretirali.

6. Velikost delcev, ki gradijo prst

Če ne damo navodil, katere podatke zbrati in kako to naredimo, je pomen tega dela predvsem v tem, da učenci sami določijo način zbiranja podatkov. Ustrezne razlike bodo dobili, če ugotovijo število plasti, približno velikost delcev v posameznih plasteh, debelino in barvo posameznih plasti. Za primerjavo je treba podatke urediti v enotno tabelo.

7. Skupen prikaz rezultatov analiz prsti

Za končno primerjavo naj učenci uredijo podatke o pH, količini apnenca, vsebnosti vode in humusa v enotno tabelo. V razpravi se morajo opredeliti, ali z zbranimi podatki lahko pojasnimo razlike med rastlinskimi združbami.

Priloge

Navodila za terensko in laboratorijsko delo: Raziskovanje nekaterih ekosistemov v okolici Ljubljane

Navodila za terensko in laboratorijsko delo

Raziskovanje nekaterih ekosistemov v okolici Ljubljane

Raziskava bo imela tri dele:

1. opis rastlinskih združb (v naravi) v treh ekosistemih in primerjava med njimi,
2. ugotavljanje nekaterih lastnosti prsti v proučevanih ekosistemih (v laboratoriju),
3. načrtovanje samostojne raziskave glede na vprašanja, ki se pojavijo pri terenskem delu (ugotovitev problema/vprašanja, postavitev hipoteze, identifikacija spremenljivk, določitev metode in opis dela, oblikovanje spiska potrebnega materiala) in izvedba raziskave.

Poročilo naj sestoji iz:

- naslovnice (naslov Raziskovanje nekaterih ekosistemov v okolici Ljubljane prilagodite tako, da bo bolje opisoval vsebino),
- poročila: Opis rastlinskih združb,
- poročila: Nekatere lastnosti prsti v raziskovanih ekosistemih,
- načrta raziskave (naslov naj ustreza konkretni raziskavi) in poročila o opravljeni raziskavi.

Opis rastlinskih združb

Ugotavljali boste zgradbo treh rastlinskih združb (fitocenoz) in jih primerjali med seboj: rastlinske združbe na pešpoti, rastlinske združbe na travniku ob poti in rastlinske združbe na robu poti (prehod med prejšnjima združbama).

Da bodo zbrani podatki preverljivi in ponovljivi, moramo pri terenskem delu, kolikor je mogoče, natančno določiti mesto – lokaliteto, kjer smo podatke zbrali. Kako najbolj nedvoumno prikazati mesto popisovanja?

Opis rastlinske združbe naj vsebuje:

1. mesto popisa,
2. površino popisne ploskve (1–2 m^2 na poti, 1 m^2 na robu poti in 4–16 m^2 na travniku),
3. delež površine, pokrit z rastlinami,
3. seznam vrst, ki gradijo rastlinsko združbo,
4. pogostost/pokrovnost posameznih vrst[1].

Za ugotavljanje pogostosti/pokrovnosti posameznih vrst uporabite lestvico številk od 5 do 1 in znak +.

……

[1] *Opis rastlinske združbe – fitocenološki popis vsebuje tudi podatek o številu slojev, kar je pomembno pri gozdnih ekosistemih in podatek o sociabilnosti, ki pove, ali predstavniki neke vrste rastejo posamič ali so grupirani v večje ali manjše skupine. Teh podatkov v tej raziskavi ne boste zbrali.*

5 = vrsta pokriva 75–100 % površine,

4 = vrsta pokriva 50–75 % površine,

3 = vrsta pokriva 25–50 % površine,

2 = vrsta pokriva 10–25 % površine,

1 = vrsta pokriva 1–10 % površine,

+ = samo posamični primerki.

Zapišite si tudi katere koli podatke, ki bi vam utegnili pomagati pri razlagi razlik med rastlinskimi združbami..

Jemanje vzorcev prsti

Na mestih, kjer ste popisovali rastlinske združbe, vzemite tudi vzorce prsti. V vsakem ekosistemu vzamete dva vzorca po približno 1 liter prsti, enega na sami površini (do globine 10 cm), drugega na globini, večji od 15 cm. Vzorce spravite v plastične vrečke in jih pazljivo označite. Priporočamo, da eno etiketo, napisano s svinčnikom, vložite v samo vrečko, drugo pa nalepite na površino vrečke. Vrečke skrbno zaprite.

Analiza vzorcev prsti

1. pH prsti

V epruveto dajte približno 10 cm^3 1 molarnega kalijevega klorida čajni žlički prsti. Pretresite, in ko se tekočina zbistri, z indikatorskim papirjem ugotovite pH.

2. Količina apnenca

Vzorcu prsti na urnem steklu dodajte nekaj kapljic 10-odstotne klorvodikove kisline in opazujte reakcijo. S pomočjo spodnje tabele ocenite vsebnost apnenca

Reakcija	**Vsebnost apnenca (%)**
zelo počasna	manj kot 1
počasna	1–3
hitra	3–5
zelo hitra in traja dalj časa	več kot 5

3. Količina vode v prsti

Načrtujte in izvedite postopek, s katerim boste ugotovili, kolikšen je delež vode v vzorcih prsti.

4. Količina humusa v prsti

Humus sestoji iz organskih snovi. Če te snovi izpostavimo dovolj visokim temperaturam (800–1000 °C), zgorijo, pri tem se pretvorijo v pline, ki izidejo. Za žganje vzorcev boste uporabili peč v kemijskem laboratoriju. Ker se pri tako visokih temperaturah steklo tali, boste za raziskavo uporabili posebne porcelanske lončke. Ti lončki imajo oznake, ki ostanejo tudi pri visokih temperaturah. Torej lončkov ne boste označevali sami, temveč morate uporabiti oznake, ki so na njih.

Načrtujte in izvedite postopek, s katerim boste ugotovili, kolikšen je delež humusa v vzorcih prsti.

2.2 Zgradba in delovanje celice

2.2.3 Delovanje katalizatorjev

Sonja Marušič, Srednja šola Veno Pilon Ajdovščina
Irena Česnik Vončina, Gimnazija Jurija Vege Idrija

Kratka vsebina

V gradivu je predstavljena eksperimentalna vaja Delovanje katalizatorjev. Dijaki spoznajo različne poti razgradnje vodikovega peroksida: s pomočjo toplotne energije, različnih anorganskih katalizatorjev in s pomočjo organskega katalizatorja – katalaze, iz različnih tkiv.

V teoretičnem delu so predstavljena znana dejstva o zgradbi in delovanju peroksisomov, kar je namenjeno zgolj poglabljanju znanja profesorjev, nikakor pa to ni obvezno učno gradivo za dijake.

Priloženi so delovni listi za dijake, za izvedbo vaje, dodala sem še nekaj predlogov o možnostih izvedbe opisanega eksperimentalnega dela (večinoma se nanaša na oblike dela z dijaki).

Ob tej priložnosti bi se rada zahvalila za nasvete in strokovne preglede gradiva prof. dr. Kristini Sepčić s katedre za biokemijo in doc. dr. Katarini Vogel – Mikuš s katedre za botaniko in fiziologijo rastlin, oddelka za biologijo Biotehniške fakultete v Ljubljani. Prav tako bi se rada zahvalila sodelavcu Bernardu Bratini, učitelju kemije za vse predloge in pomoč pri izvedbi eksperimentalnega dela.

Čas izvedbe dejavnosti:

- 1 šolska ura predpriprave: razdelitev gradiva in določitev skupin (zlasti, če gre za sodelovalno učenje, obrazloženo v nadaljevanju).
- šolski uri – izvedba vaje z analizo

Povezava z učnim načrtom

A – Življenje na Zemlji: A1 (A2-8)

B – Raziskovanje in poskusi: B1 (1-11)

C – Celica: C1 (C5, C-12), C2 (C1-7, C13)

E – Evolucija: E1 (E1, E2-4), E2 (E1, 11, 13)

F – Zgradba in delovanje organizmov: F4 (F38, 55, 56)

K – Kako deluje znanost: K (2, 7, 8, 9, 11)

C – Biologija celice: C(6)

M – Fiziologija človeka: M (1, 3, 5)

Medpredmetne povezave

- *Kemija*: sklop Kemijska reakcija kot snovna in energijska sprememba (kemijske reakcije in energija pri kemijskih reakcijah).
- *Fizika*: sklop Notranja energija in toplota (energija – osnovni pojmi).
- *Matematika*: sklop Statistika (interpretacija rezultatov, grafi, tabele).
- *Slovenščina*: Razvijanje zmožnosti tvorjenja enogovornih neumetnostnih besedil (izdelava poročila, uporaba slovenskega strokovnega jezika).
- *Zdravstvena vzgoja*: dobra laboratorijska praksa: sistematičnost dela in varnost pri delu (delo z zdravju škodljivimi snovmi), razgradnja alkohola v naših celicah, dedne bolezni.
- *Okoljska vzgoja*: sklop Okolje in človek (ustrezno ravnanje s snovmi in odlaganje odpadkov).

Potrebno predznanje dijakov

Fizika:

- Osnovni pojmi o energiji in pretvorbi le-te iz ene v drugo obliko.

Kemija:

- Poznavanje pojmov: ekso- in endotermna kemijska reakcija, katalizatorji, določanje pH z indikatorskimi lističi.
- Poznajo vrste kemičnih reakcij (oksidacija).
- Razumejo, da se pri kemičnih reakcijah energija sprošča ali porablja, da je eden izmed načinov, kako to lahko ugotovimo, tudi merjenje temperature med reakcijo.
- Poznajo delovanje katalizatorjev – pospeševalcev kemijskih reakcij.
- Uporaba merilnih naprav (natančno merjenje temperature, tekočin z menzuro, pH vrednosti raztopin, časa).

Biologija:

- Pomen stabilnega notranjega okolja celice za njeno nemoteno delovanje/življenje (razgradnja škodljivih produktov metabolizma).
- Celica je dinamičen sistem, v katerem poteka cela vrsta kemičnih reakcij, te omogočajo biokatalizatorji – encimi, poznavanje biokemične zgradbe encimov (encimi so beljakovinske molekule, ki pospešujejo kemijske reakcije in se sami pri tem ne spremenijo, pod vplivom visokih temperatur ali kislin se njihova zgradba trajno poruši, posledično postanejo nedejavne).
- Odstranjevanje škodljivih metabolitov in strupenih snovi iz celice/organizma.
- Anorganske katalizatorje lahko povežemo tudi z evolucijo – razvoj biokemijskih reakcij in pospeševalcev le-teh.

Vsebinska znanja

Pretežno iz sklopa Zgradba in delovanje celice.

Procesna znanja

Dijaki izvedejo enostavne biološke raziskave, jih analizirajo in interpretirajo v slovenskem strokovnem jeziku. Kritično ovrednotijo svoje delo in delo sošolcev.

Razvijajo odgovorno skupinsko delo.

Varno in odgovorno uporabljajo opremo in izvajajo postopke ter razlikujejo med eksperimentom in opazovanjem ter med kvalitativnimi in kvantitativnimi podatki.

Ocenijo možnosti posplošitve svojih ugotovitev, do katerih so prišli z raziskovanjem delovanja encimov.

Opis pristopov, oblika dela

Predlagano vajo v spodaj opisani izvedbi priporočam v prvem letniku pri pouku biologije. Glede na to, da se uvaja timsko poučevanje kot pilotni projekt v gimnazijske programe, bi to vajo lahko izvedli kot uro/dve uri timskega poučevanja z učiteljem kemije (interaktivno timsko poučevanje), ker se učna načrta biologije in kemije v tem delu dopolnjujeta (energija pri kemijskih reakcijah, pospeševalci – katalizatorji, encimi – kemijskih reakcij, ravnotežje kemijske reakcije). Na ta način bi obogatili tako pouk biologije kot kemije. Te možnosti za zdaj še nisem preizkusila, zato je ne morem komentirati.

V četrtem letniku (priprava na maturo) bi bilo smiselno opisano vajo nadgraditi z izvedbo vaje »Vpliv koncentracije substrata na delovanje encima« prof. Nade Devetak in/ali »Vpliv koncentracije substrata na hitrost encimske reakcije« Katje Holnthaner Zorc.

Zakaj v prvem letniku? Razlogov je več:

- smiselno se vključuje v učno snov prvega letnika, tako vsebinsko kot konceptualno;
- omogoča izvedbe z različnimi oblikami dela, npr. s skupino dijakov (polovica razreda) ali s celim oddelkom; izvedemo jo kot skupinsko delo – klasično, vsaka skupina izvede v celoti vse vaje, za to bi verjetno potrebovali več časa, verjetno bi zmanjkalo časa za skupno analizo vaje – ali z obliko sodelovalnega učenja.

  Sama sem se odločila za obliko sodelovalnega učenja, s celim oddelkom (opisano v nadaljevanju).

Izvedba

Dobrodošlo je dobro sodelovanje z laborantom za pripravo materiala, izvedbo demonstracije in za pomoč dijakom, če je to potrebno, saj učitelj sam mnogokrat težko sledi vsem dogodkom pri eksperimentalnem delu dijakov. Dijaki imajo različno predznanje in izkušnje s praktičnim delom.

Pomembno je, da je H_2O_2, sveže pripravljen, najbolje tik pred vajo. Priporočljivo je, da so tudi tkiva, ki jih uporabljamo, sveža. Jetra sicer vsebujejo velike količine katalaze, tako da z njimi načeloma ni težav, pri govejem ali piščančjem mesu pa se bolje obnese, če je sveže. Če je mogoče, izkoristite za nabavo materiala šolsko kuhinjo. Koščke tkiv pripravimo v petrijevke ali na urna stekla. Za rastlinska tkiva sem uporabila kaleča semena graha. Še boljše rezultate bi dobili s semeni, ki vsebujejo več maščobnih zalog, npr. semena sončnic, buč (veliko maščobnih zalog, posledično veliko glioksisomov (vrsta peroksisomov pri rastlinah).

Pri vaji sem uporabila tiste anorganske katalizatorje, ki so bili na zalogi v kemijskem laboratoriju.

Delovanje uporabljenih katalizatorjev je zelo različno, saj so bile razlike v izmerjeni temperaturi pred začetkom in po koncu reakcije zelo različne: od manj kot 0,5 °C do 36 °C. Razmišljala sem o tem, da bi ta del vaje lahko bolj natančno izvedli s pomočjo Vernierjevih vmesnikov in senzorjev za temperaturo, saj so napake pri odčitavanju tako majhnih temperaturnih razlik z alkoholnim termometrom večje.

Mogoče bi bilo zanimivo preizkusiti še kakšne druge kovinske okside. Posamezen anorganski katalizator smo shranili v manjše plastične posodice z navojem (te so ostale od objektivov starejših mikroskopov) in nanje zapisali kemijsko formulo posameznega katalizatorja. Dijaki so morali katalizatorje na podlagi zapisane kemijske formule sami poimenovati.

Za natančnejše in primerljive rezultate lahko količino dodanega anorganskega katalizatorja tudi stehtamo z analitsko tehtnico.

Količino uporabljenega substrata smo natančno izmerili. To se mi je zdela dobra priložnost za razvijanje kompetenc praktičnega dela – natančnega merjenja z ustreznim pripomočkom, dijaki se naučijo upravljanja in merjenja z menzuro in razlikovanja med kvalitativnimi in kvantitativni podatki.

Merjenje temperature pred začetkom in na koncu reakcije sem dodala, ker so imeli dijaki težave z ocenitvijo hitrosti reakcije in z določanjem hitre, zmerne ali počasne reakcije. Rezultati so zato bolj relevantni.

Za preverjanje uporabimo pri vseh poskusih epruveto s 5 ml H_2O_2. Kremenčevemu pesku sem se izognila, ker smo imeli večkrat težave s tem, da mehurčki iz peska niso hoteli prenehati izhajati.

V drugi vaji (delovanje encima in vpliv velikosti delcev) sem izbrala v prvem delu različna tkiva, v navodilih je zapisan material za šest različnih tkiv (tri rastlinska in tri živalska), seveda so tu različne možnosti izvedb, tako glede števila kot vrste izbranih tkiv. Zlasti pri rastlinah bi lahko preizkusili vajo še z listi, ne le s semeni in plodovi.

V drugem delu pa sem se odločila le za dve tkivi, eno rastlinsko (oreh) in živalsko (jetra).

Tretja vaja ni bistveno spremenjena, le da dijaki izvedejo vajo z dvema različnima tkivoma. Priporočam izbor enega rastlinskega in enega živalskega tkiva.

Pri četrti vaji sem dodala zamaške za epruvete tako, da so dijaki in profesorji varnejši pred stresanjem/polivanjem vsebine epruvete. V tem delu nismo merili temperature, ampak čas izhajanja mehurčkov.

Še ena težava se pogosto pojavlja pri tem delu. Ko dijaki s stekleno palčko potiskajo jetrno tkivo na dno epruvete, se del tkiva razmaže po steni epruvete. Če epruveta ni dobro nameščena v vročo vodno kopel in ni dovolj dolgo izpostavljena visoki temperaturi, se nekaj katalaze ohrani, kar nam »moti« pričakovane rezultate. Zato smo podaljšali čas segrevanja jetrnega tkiva, da z vajo dejansko lahko dokažemo, da je denaturacija encima vzrok za njegovo nedejavnost.

V navodilih je sicer jasno opisano, da morajo učenci epruveto, v kateri so segrevali jetrno tkivo, ohladiti pred dodajanjem H_2O_2. Če epruvete prej ne ohladimo, nam zaradi segrete epruvete steče burna reakcija (zaradi visoke temperature H_2O_2 razpada), kar je v nasprotju s pričakovanimi rezultati.

Demonstracijski del vaje izvedeva z laborantom. Iz slike, ki sem jo narisala v navodilih, ni razvidno, da H_2O_2 segrevamo z električnim kuhalnikom. Erlenmajerico s H_2O_2 položimo na kuhalnik in pustimo nameščeno cevko prosto v vodi, da izhajajo mehurčki kisika v vodno kopel, nekaj minut. S tem dosežemo, da se iztisne zrak iz cevke, ki odvaja nastajajoči kisik v epruveto. Če tega ne storimo, ujamemo v epruveto zmes zraka in dokazovanje kisika ne uspe. Pri nas za lovljenje kisika ne uporabljamo epruvete, temveč stekleno ohišje (pokvarjenega) akvarijskega grelca, ki je podobno 5-krat povečani epruveti in tako ujamemo dovolj plina, da nam dokazovanje kisika praviloma vedno uspe.

Tudi količina H_2O_2 je pomembna, če ga je premalo, se reakcija prehitro ustavi.

Drugi del demonstracije z jetri izvedemo podobno. Košček jeter naj res ne bo prevelik, da ni reakcija preburna, ker vam povečan pritisk v erlenmajerici, lahko po cevki potisne poleg kisika še vodo in pene, kar vam bo otežilo dokazovanje kisika.

Pristopi

Ker je vaja dolgotrajna in se v posameznem delu vaje (štiri vaje) eksperimentalna rutina ponavlja, sem se odločila za sodelovalno učenje. Bistvo sodelovalnega učenja je, da vsak dijak (ali par dijakov) izpelje le del celotne naloge/eksperimenta in drugim dijakom predstavi svoje delo, rezultate in sklepe. Cilji posamezne vaje (od 1–4) so glede same izvedbe eksperimenta (razvijanje veščin in spretnosti dela v laboratoriju) bolj ali manj enaki. Se pa razlikujejo v vsebinskih ciljih (vsebnost encima v različnih tkivih, optimalni pogoji delovanja encima, učinkovitost anorganskih katalizatorjev ipd.).

Vajo sem izvedla s celim razredom tako, da sem dijake razdelila v tri matične skupine z osmimi dijaki. V vsaki matični skupini so se dijaki delili dalje na dvojice in se dogovorili, katero izmed štirih vaj bo izvedla posamezna dvojica. Vsak par samostojno izvede svoj del vaje, zbere in uredi rezultate ter jih predstavi drugim v skupini. Tako sočasno izvedemo tri vzporedne celotne eksperimente, kar je dovolj za končno primerjavo in analizo rezultatov.

Če je ves material brezhibno pripravljen in izvedemo uvodno uro, v kateri dijakom razložimo način dela in potek vaje, je uspeh zagotovljen.

Izvedba vaje s sodelovalnim učenjem je smiselna zlasti takrat, ko ste v zagati s časom ali delitve dijakov v skupine nimate urejene z urnikom. Na naši šoli vaje niso vključene v urnik in je včasih težko uskladiti moje obveznosti z urnikom dijakov.

Število dijakov v oddelku prvega letnika je pri nas manjše. Če je dijakov več, lahko skupine oblikujte drugače, saj je mogoče nekatere vaje še dodatno razdeliti na skupine ali določiti k vajam, ki so obsežnejše, kakšnega dijaka več. Če izvajate vajo samo s polovico razreda, je mogoče, da vsak dijak samostojno izvede del vaje, in to tudi ocenite.

Rezultati dejavnosti

Doseženo znanje

Preverjanje znanja je deloma vključeno že v samo eksperimentalno delo, z vprašanji na koncu posamezne vaje.

Dodatno preverjanje in odpravljanje napačnih predstav dijakov naredimo na koncu ob poročanju in analizi vaje.

Cilje, ki naj bi jih dijaki z vajo osvojili, preverimo tudi s pisnim preverjanjem in z ocenjevanjem znanja.

Gradiva za učitelje (v prilogi)

Gradivo o peroksisomih ni bilo vključeno v izvedbo, a ko sem začela pripravljati material za objavo, sem izvedela o peroksisomih marsikaj novega. Menila sem, da bi ta spoznanja o sicer malokrat omenjeni celični strukturi v srednji šoli morebiti zanimala še kakšnega učitelja. Kot sem že na začetku pisala, namen tega dela gradiva ni v tem, da bi morali ta znanja pridobiti tudi srednješolci, zlasti ne v prvem letniku, morebiti pa so posamezna dejstva primerna za nadgradnjo znanja dijakov četrtega letnika pri pripravi na maturo. Predvsem je ta del namenjen poglabljanju znanja učiteljev in povezovanju vloge peroksisomov pri vzdrževanju homeostaze v celici.

Gradiva za dijake

Delovni list: Navodila za katalizatorje (v prilogi)

Refleksija

Refleksija učitelja

- Pomembno je, da je ves material dosledno pripravljen prej, da je material svež (H_2O_2, meso, nakaljena semena; z orehi načeloma ni težav).
- V prvi uri (priprava na vajo) je dobro dijake opozoriti na dosledno upoštevanje navodil: glede količin, ravnanja s tkivi (da ne razmažejo jetrnega tkiva po celi epruveti ipd.), opozoriti na delitev dela, da čim učinkoviteje izkoristijo čas, skratka, da se na vajo doma pripravijo .
- Paziti je treba na čas, da nam uspe v celoti izpeljati poročanje vseh skupin in končno analizo vaje, saj je to pomembno za dijakovo razumevanje konceptov vaje.

- Z obliko sodelovalnega učenja so dijaki lažje in bolj dosledno izvedli eksperimentalni del, saj je vsaka dvojica izvedla le eno izmed štirih vaj. Dejavni so bili vsi dijaki, saj so razumeli, da je delo celotne skupine odvisno od posamezne dvojice.
- S poročanjem in primerjanjem rezultatov na koncu vaje smo razčistili vsa odstopanja in nepričakovane rezultate in razložili ter poiskali vzroke zanje.
- Zlasti mi je bilo dragoceno dejstvo, da nam je uspelo v dveh urah v celoti dokončati vajo in da so dijaki razumeli njen namen in njene cilje.

Refleksija dijakov

- Vajo imajo dijaki radi, tako prejšnjo izvedbo kot tudi to. V pogovoru po vaji (naslednjo šolsko uro) so povedali, da jim je tak način dela všeč tudi zato, ker so primorani vsi sodelovati.
- Priznali so, da včasih premalo pozorno preberejo navodila in da je to tudi vzrok nepričakovanih rezultatov. Glede na to, da delo posamezne dvojice ni obsežno, so take napake lahko sproti popravljali.
- Želijo si še podobnih izvedb.

Viri

Priporočena gradiva za dijake

1. *Stušek, P. (1999). Celica. Ljubljana: DZS.*
2. *Več avtorjev (2008). BIOZONE, delovni zvezek za biologijo za gimnazije. Ljubljana: Modrijan.*

Uporabljeni viri

1 *Alberts, B. et al. (2005). Molecular biology of the cell - 4th ed. p. cm. New York: Garland Publishing.*

2 *Boyer, R. (2005). Temelji biokemije. Ljubljana: Študentska založba.*

3 *Campbell, N. A., Reece, J. B., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P.V., Jackson, R. B. (2008). Biology – 8th ed. San Francisco: Benjamin-Cummings Publishing Co.*

4 *Drašler, J., Gogala, N., Povž, M., Sušnik, F., Verčkovnik, T., Vesel, B. (2003). Biologija – Navodila za laboratorijsko delo. Ljubljana: DZS.*

5 *Pevec, S. (2003). Biologija – laboratorijsko delo. Ljubljana: DZS.*

6 *Lazarow, P. (2009). Peroksisome biogenesis. Elsevier Current opinion [online]. Dostopno na naslovu: http://www.current-opinion.com (citirano:12. 12. 2009).*

7 *Lazarow, P. B. (2003). Peroksisome biogenesis. Advances and Conundrums. Science direct [online]. Dostopno na naslovu: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0955067403000826 (citirano: 12. 12. 2009).*

8 *NINDS Zellweger Syndrome Information Page. National Institute of neurological Disorders and Stroke. [online]. Dostopno na naslovu:http://www.ninds.nih.gov/disorders/zellweger/zellweger.htm (citirano: 28. 12. 2009).*

9 *Zelweger syndrome. Dostopno na naslovu: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/bookshelf/br.fcgi?book=gnd&part=zellwegersyndrome (citirano: 28. 12. 2009).*

10 *Christian de Duwe. Wikipedia [online]. Dostopno na naslovu: http://en.wikipedia.org/wiki/Christian_de_Duve (citirano 27. 1. 2010)*

Priloge

Gradivo za učitelje: Peroksisomi

Delovni listi: delovanje katalizatorjev

Gradivo za učitelje

Peroksisomi

Zgradba in nastanek peroksisomov

Peroksisomi so celični organeli, obdani z enojno membrano (fosfolipidnim dvoslojem). Ker nimajo lastnega genoma in ribosomov, vse proteine organela (peroksine) kodira jedrni genom. Večina peroksinov (encimov) se tako sintetizira na prostih ribosomih v citoplazmi in nato transportira v peroksisome.

Njihovo ime izhaja iz tega, da vedno vsebujejo enega ali več encimov, ki izkoriščajo molekularni kisik za odstranjevanje vodikovih atomov s specifičnih organskih molekul v oksidacijah, pri katerih nastaja vodikov peroksid (peroksidacija).

Peroksisomi, podobno kot mitohondriji, kloroplasti in endoplazmatski retikulum, nastajajo z delitvijo organela.

Najdemo jih v vseh evkariontskih celicah. Vsebujejo vsaj 50 različnih encimov, ki so udeleženi v različnih biokemičnih reakcijah v različnih tipih celic, med katerimi pa sta gotovo najpogostejša encima katalaza in urat- oksidaza. V določenih celicah je koncentracija omenjenih encimov tako visoka, da peroksisomi na elektronskih mikrografijah celic izstopajo po kristalnem jedru, ki vsebuje pretežno urat-oksidazo.

Podobno kot mitohondriji so tudi peroksisomi mesta velike porabe kisika.

Ena izmed hipotez razlaga, da so peroksisomi ostanek pradavnih organelov, ki so spreminjali/preoblikovali ves kisikov metabolizem v prvotnih evkariontskih celicah. Ko se je začel v atmosferi kopičiti kisik kot produkt fotosintetskih bakterij, je bil močno strupen za večino takratnih celic. Peroksisomi naj bi takrat skrbeli za uravnavanje znotrajcelične koncentracije kisika, obenem pa so izkoristili njegovo kemično reaktivnost za potek »koristnih« oksidativnih reakcij.

Poznejši razvoj mitohondrijev, v katerih so se podobne reakcije, kot potekajo v peroksisomih, združile s tistimi, ki so omogočile nastanek ATP, je bil verjetno vzrok, da se peroksisomi evolucijsko dalje niso razvijali.

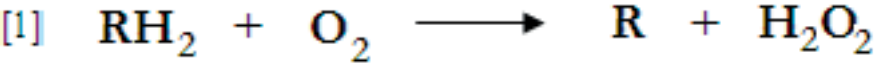
V današnjih celicah torej potekajo v peroksisomih le tiste reakcije, ki za oksidativno fosforilacijo, ki poteka v mitohondrijih, nimajo pomembne funkcije.

Pomen peroksisomov

Peroksisomi so pomembni predvsem za oksidacijo različnih molekul, razgradnjo toksičnega vodikovega peroksida (H_2O_2), in sintezo določenih lipidov, pri rastlinah pa so udeleženi v glioksilatnem ciklu v semenih in fotorespiraciji v listih. Podobno kot mitohondriji so peroksisomi v celici mesta z zelo veliko porabo kisika.

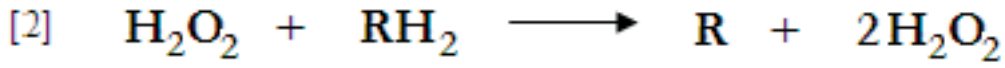
Peroksisomi so bili izvirno opredeljeni kot organeli, v katerih poteka oksidacija molekul, kot so maščobne kisline, metanol, aminokisline, purini in sečna kislina (označene z R), pri čemer nastaja vodikov peroksid (H_2O_2) [1].

Peroksisomi za potek oksidacijsih reakcij izkoriščajo molekularni kisik in H_2O_2:



[1] $RH_2 + O_2 \longrightarrow R + H_2O_2$

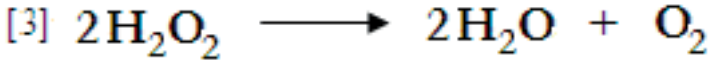
Katalaza izkorišča H_2O_2, ki nastane s pomočjo drugih encimov v organelu, za oksidacijo mnogih drugih substanc npr. fenolov, mravljične kisline, formaldehida in alkohola z reakcijo peroksidacije [2]:



[2] $H_2O_2 + RH_2 \longrightarrow R + 2H_2O_2$

Take vrste reakcij so zlasti pomembne v jetrih, kjer se tako razgradi večina toksičnih molekul, ki pridejo tja s krvjo. Približno 25 % alkohola, ki ga spijemo, se razgradi do aldehida po tej poti.

Ko se količina H_2O_2 preveč poviša, ga katalaza razgradi po znani reakciji [3]:



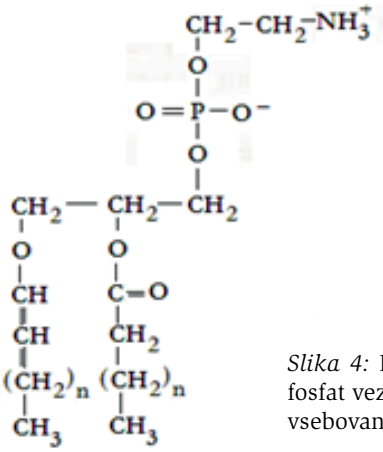
[3] $2H_2O_2 \longrightarrow 2H_2O + O_2$

Najpomembnejše oksidativne reakcije, ki potekajo v peroksisomih, so gotovo razgradnje maščobnih kislin, v reakcijah ß-oksidacij. Dolge alkilne verige maščobnih kislin, se krajšajo z odseki dveh C atomov naenkrat in tako spreminjajo maščobne kisline v acetil CoA. Acetil CoA se iz peroksisomov prenese v citosol, kjer se porabi za biosintezo celici potrebnih snovi.

V celicah sesalcev poteka ß oksidacija v mitohondrijih in v peroksisomih. V kvasovkah in rastlinskih celicah pa poteka ta reakcija samo v peroksisomih.

Vloga peroksisomov v živalskih celicah

Ena izmed nujnih biosintetskih funkcij živalskih peroksisomov je kataliziranje prvih reakcij za sintezo plazmalogena [4], najpogostejše vrste fosfolipidov v mielinu. Pomanjkanje plazmalogena povzroča nepravilnosti v mielinizaciji živčnih celic, zato so nepravilnosti v delovanju peroksisomov pogost vzrok za nepravilno delovanje živčevja (peroksisomska biogenetska motnja /peroxisome biogenesis disorders).



Slika 4: Plazmalogen – gre za esterski analog fosfolipida, ki ima na fosfat vezan etanolamin. Je zelo pogosta snov, ki izolira aksone, saj je vsebovan v membrani mielina v 80–90 odstotkih.[2]

.....

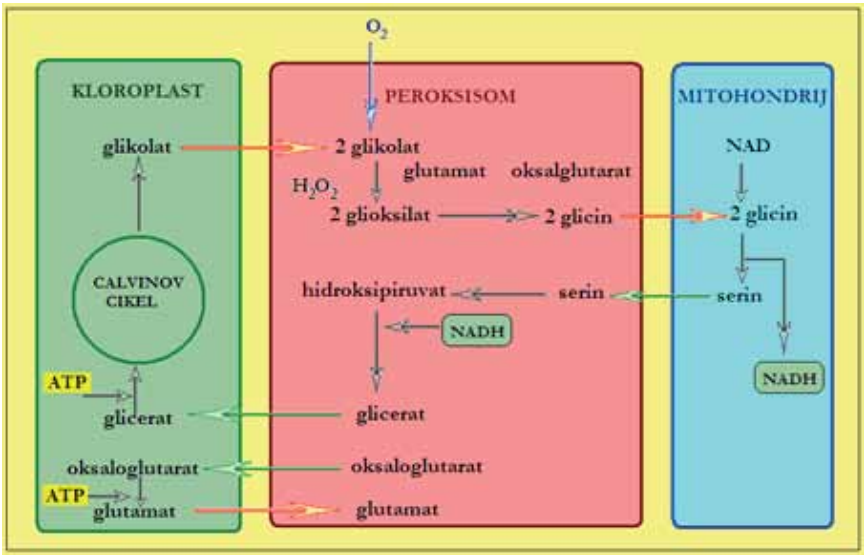
[1] *Vir: Alberts,B. et al. (2005). Molecular biology of the cell. 4.th ed.p.cm. New York: Garland Publishing. Boyer, R. (2005). Temelji biokemije. Ljubljana: Študentska založba, str. 686-689.*

Peroksisomi so izjemno raznoliki organeli, saj se med seboj razlikujejo v vsebnosti različnih vrst encimov, celo v različnih celicah istega organizma. Sposobni so se tudi prilagajati spremenjenim dejavnikom okolja. Npr. kvasovke, gojene na sladkorju, razvijejo majhne peroksisome, tiste, ki jih gojimo na gojišču z metanolom, razvijejo velike peroksisome, ki oksidirajo strupeni metanol, in če uspevajo na gojišču z maščobnimi kislinami, razvijajo velike peroksisome za razgradnjo le-teh do acetil CoA z ß-oksidacijo.

Vloga peroksisomov v rastlinski celicah

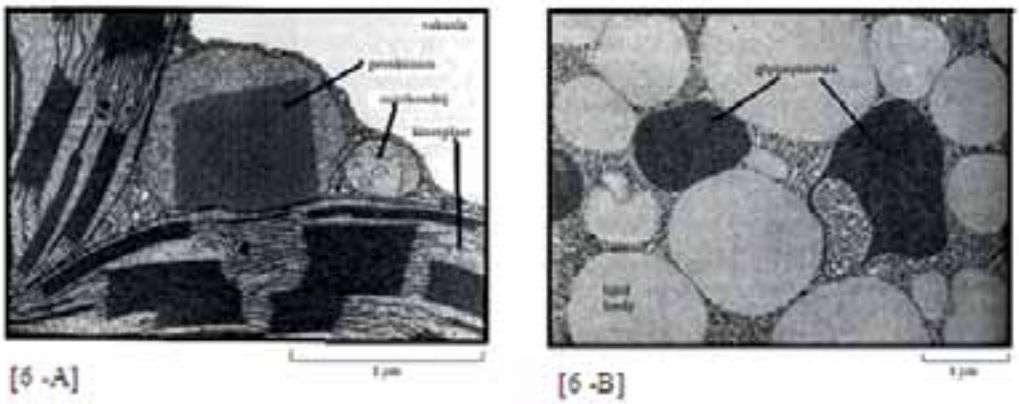
Peroksisomi so pomembni tudi za rastline. Raziskovali so dva tipa.

En tip peroksisomov je v listih rastlin, kjer katalizira oksidacijo v ključnih reakcijah procesa, ki se imenuje fotorespiracija. V tem procesu se namesto CO_2 na encim rubisco veže O_2. Fotorespiracija nastaja predvsem, kadar so parcialni tlaki CO_2 v tkivih zelo nizki (zaprte reže, visoke temperature). Fotorespiracija namesto v sintezo dveh C_3 molekul po fiksaciji CO_2, vodi v sintezo ene C_3- (glicerat) in ene C_2-molekule (glikolat), saj se je na rubisco namesto CO_2 vezal O_2. Glikolat nato potuje iz kloroplastov v peroksisome, kjer se naprej pretvarja v glicin, ki potuje nato v mitohondrije, kjer se pretvarja v serin, serin pa potuje nazaj v peroksisome, kjer se naprej pretvarja v glicerat, ki tako kot substrat lahko zopet vstopa v Kalvinov cikel. C_2-cikel rastlinam tako omogoča delno povrnitev izgubljenega ogljika, hkrati pa omogoča odvajanje odvečne energije iz sistema v stresnih razmerah (suša, visoke temperature).



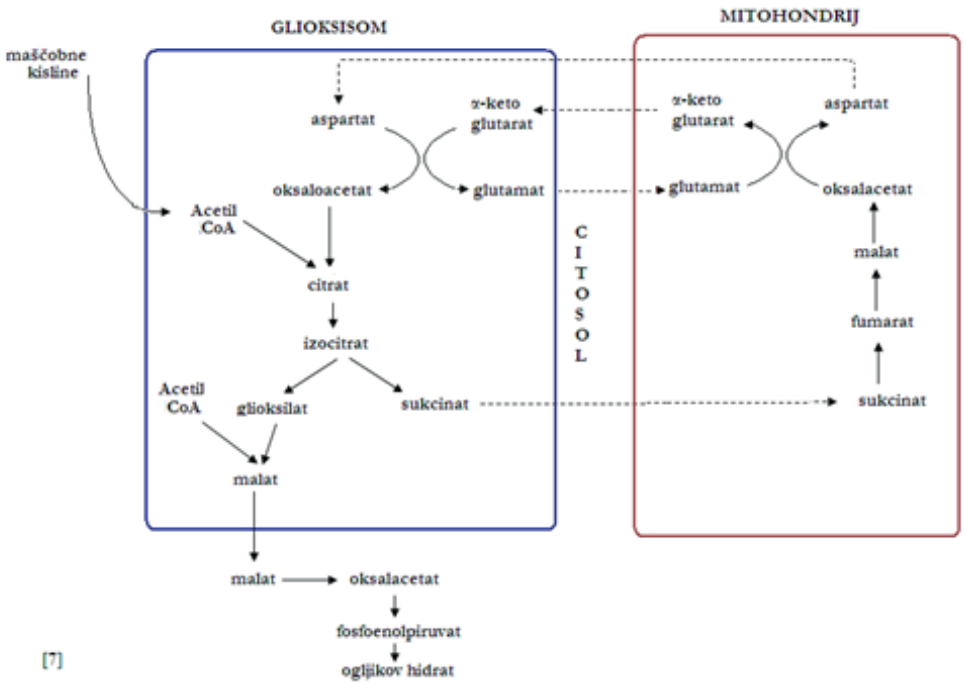
Slika 5: Izmenjava snovi med kloroplastom, peroksisomom in mitohondrijem.

Peroksisomi so v neposredni bližini kloroplasta (6-A in 5) in domnevajo, da to olajšuje izmenjavo snovi med organeloma med fotorespiracijo.



Slika 6: Elektronski posnetek dveh tipov peroksisomov v rastlinskih celicah[3]

Drugi tip peroksisomov najdemo v kalečih semenih, kjer odigrajo pomembno vlogo v spreminjanju maščobnih kislin v semenih rastlin v sladkorje, ki jih mlada rastlinica potrebuje za rast (6-A). Vrsto reakcij, ki omogoča to spreminjanje maščobnih kislin v sladkorje, poznamo pod imenom glioksilatni cikel, zato to vrsto peroksisomov imenujemo glioksisomi (7).



Slika 7: Glioksilatni cikel

.....

[3] (A) Peroksisom v mezofilu tobakovega lista, neposredna bližina s kloroplastom omogoča lažjo izmenjavo snovi med obema celičnima strukturama med fotorespiracijo.

(B) Peroksisomi v založnem tkivu paradižnikovega semena, četrti dan po kalitvi. Tu so peroksisomi/glioksisomi v neposredni bližini maščobnih/oljnih kapljic, kjer naj bi potekala »mobilizacija« maščob med samo glukoneogenezo.

Vir: Alberts,B. et al. (2005). Molecular biology of the cell - 4.th ed.p.cm. New York: Garland Publishing. Boyer, R. (2005).Temelji biokemije. Ljubljana: Študentska založba, str. 686-689.

V tem ciklu se dve molekuli acetil-CoA, ki nastaneta pri razgradnji maščobnih kislin v peroksisomu, uporabita za sintezo sukcinilne kisline. Ta zapusti peroksisom in se v citosolu spremeni v glukozo (7). Glioksilatni cikel ne poteka v nobeni živalski celici, zato tudi živali ne morejo spreminjati maščobnih kislin v ogljikove hidrate.

Podobno kot mitohondriji ali kloroplasti tudi peroksisomi sprejemajo »svoje« proteine s selektivnim prenosom iz citosola.

Kratka signalna zaporedja AK na membrani peroksisoma omogočajo sprejemanje proteinov v peroksisom. Specifična kombinacija treh aminokislin, ki je vezana na C-konec mnogih funkcionalnih beljakovin peroksisoma, je signal, ki omogoča vstop tem molekulam v peroksisom.

Nekateri drugi peroksisomalni proteini vsebujejo te signalne aminokisline na N-koncu.

Eksperimentalno so dokazali, da če tako zaporedje aminokislin pritrdimo na izbrani citosolni protein, bo ta protein vstopil v peroksisom.

Slika/shema

Seveda sam prenos molekul v peroksisom še ni popolnoma raziskan. Vsaj 23 različnih proteinov, imenovanih peroksini, sodelujejo kot sestavni deli v procesu, ki ga poganja ATP--hidroliza.

Oligomerni proteini vstopajo v peroksisom »nezviti«, brez sekundarne ali terciarne oblike, podobno velja za beljakovine, ki vstopajo v mitohondrij ali kloroplast. Vsaj za en peroksin to je pex5, se ve, da lahko v družbi svojega tovora (oligopeptida) vstopi v peroksisom, se znebi »tovora« in se vrne v citosol. Ta vidik vstopa proteinov v peroksisom je podoben kot prenos beljakovin v jedro.

Pomembnost tega prenosa je razvidna pri dedni bolezni Zellwegerjev sindrom, kjer gre za napako, ki onemogoča prenos proteinov v peroksisom, kar vodi v resno peroksisomalno motnjo. Posamezniki, ki imajo »prazne« peroksisome, trpijo za mnogimi nepravilnostmi v možganih, jetrih, ledvicah in umrejo kmalu po rojstvu. Mnoge podedovane peroksisomalne bolezni so posledica napake na receptorju na N –koncu vstopnega signala.

Posledice peroksisomalne motnje pri človeku

Zellwegerjev sindrom je ena od štirih sorodnih bolezni, ki jih imenujemo peroksisomska biogenetska pomanjkljivost (peroxisome biogenesis disorders) in spadajo v širšo skupino bolezni, tako imenovane leukodistrofije (leukodystrophies). Zellwegerjev sindrom je med njimi najpogostejši.

Gre za stanje, ki povzroča poškodbe beline v možganih in vpliva na metabolizem nekaterih snovi v krvi in tkivih različnih organov. So posledica napak v genih, ki so dejavni v razvoju možganov, formaciji mielina. Posledice teh dednih napak so nenavadne težave v prenatalnem razvoju zarodka. Po rojstvu ti isti geni povzročijo zmanjšanje števila peroksisomov ali celo njihovo popolno odsotnost v celicah jeter, ledvic in možganov, kar močno prizadene novorojenčke in največkrat povzroči smrt.

Zellwegerjev sindrom je redka dedna napaka, ki je posledica mutacije gena (PXR1), postavljenega na 12. kromosomu. Gen PXR1 nosi informacijo za sintezo pomembnega receptorja na membrani peroksisomov v živalskih celicah, zlasti v jetrnih, ledvičnih in živčnih celicah. Omenjeni receptor je odgovoren za vstop potrebnih encimov v peroksisom. Brez receptorja peroksisomi ne morejo uporabljati encimov, ki jih potrebujejo za opravljanje pomembnih funkcij (metabolizem maščob in oksidacij).

Zaradi odsotnosti peroksisomov/ali njihove zmanjšane sposobnosti delovanja je zmanjšano ali onemogočeno razstrupljanje celic in posledično se v teh tkivih in krvi kopičijo visoke vrednosti železa in bakra, kar prispeva h značilnim bolezenskim znakom Zellwerjevega sindroma. Ti znaki so povečana jetra, deformacije obraza (visoko čelo, nerazviti obrvni grebeni in deformirani uhlji), pogosto duševna zaostalost in epilepsija.

Dojenčki s Zellwegerjevim sindromom imajo pogosto šibak mišični tonus, ki je lahko tako izrazit, da se ne morejo premikati in včasih niso sposobni niti sesati ali požirati. Nekateri otroci se rodijo z glavkomom, degeneracijo mrežnice in naglušnostjo, pojavljajo se tudi zlatenica in krvavitve v prebavilih.

Ker se presnovne in nevrološke nenormalnosti, ki jih povzroča Zellwegerjev sindrom, razvijejo med razvojem ploda, so možnosti za odpravo teh nepravilnosti po rojstvu omejene. Zdravljenje večinoma poteka simptomatsko. Prognoze za dojenčke s Zellwegerjevim sindromom so slabe. Večina otrok ne preživi prvih šestih mesecev.

Delovanje katalizatorjev

Teoretični uvod

Uporabljeni reaktant v tej vaji je vodikov peroksid (H_2O_2). Verjetno ga poznate kot belilno sredstvo ali razkužilo in gotovo tudi veste, da je strupen. Vodikov peroksid (H_2O_2) je metabolni (razgradni) produkt, ki nastaja kot stranski proizvod pri kemičnih reakcijah v živih celicah.

Ker je strupen, ga mora celica takoj razgraditi. Pri razkroju sodeluje encim **katalaza**. Katalazo najdemo tako rekoč v vseh tkivih, kjer pospešujejo razgradnjo strupenega vodikovega peroksida na neškodljivo vodo in kisik.

Zanimivo je, da ima razpad H_2O_2 v celici ima dva pomena:

1. Celica H_2O_2 izkorišča kot vir kisika za oksidacijo (peroksidacijo) drugih strupenih/škodljivih snovi, s pomočjo encima katalaze (npr. fenolov, mravljične kisline, formaldehida, alkohola – razgradnja toksinov), ta razgradnja poteka v peroksisomih;

   in

2. Koncentracija H_2O_2 v celici se ne sme preveč povečati, ker je strupen in se ga mora celica čim prej znebiti. To funkcijo katalaze bomo spoznali v tej vaji.

V laboratorijskem delu boste preučevali in med seboj primerjali tri različne načine razgradnje vodikovega peroksida (H_2O_2):

- s pomočjo anorganskega katalizatorja (glej navodila – vaja 1);
- s pomočjo encima – katalaze – spoznali boste njeno delovanje in pogoje, v katerih ta encim deluje, in med seboj primerjali različna tkiva kot vire tega encima npr.: jetra, meso (mišice – goveje ...), krompir, korenje, jabolko, orehe, mandeljne, kaleča semena ... (glej navodila – vaja 2–4).
- brez uporabe katalizatorja (glej navodila – II. demonstracija)

Razmislite o razlikah: med katalizirano in nekatalizirano kemijsko reakcijo, med delovanjem anorganskih in organskih katalizatorjev ter pogojih, ki jih »določa« celično okolje za potek biokemijskih reakcij.

Vaše delo:

- natančno in dosledno upoštevanje navodil za izvedbo vaje,
- varno in odgovorno delo z laboratorijskim materialom in kemikalijami (H_2O_2 je strupena snov, kisline in baze pa jedke snovi),
- natančno opazovanje in sprotno zapisovanje vseh opažanj,
- izdelava poročila o vaji z vsemi rezultati, odgovori in razlagami dogajanja pri vaji.

Želim vam veliko uspeha in veselja pri raziskovanju.

Metoda dela: delo v dvojicah, demonstracija, analiza vaje frontalno.

Vaja je razdeljena na dva dela označena z rimskimi številkami I in II.

Prvi del (I) boste izvedli sami.

Delo bo potekalo v skupinah po osem dijakov, vsaka skupina bo izvedla štiri vaje.

Skupina se bo razdelila v dvojice (pare) in vsak par bo praktično izvedel le eno izmed štirih vaj. Delo si razdelite glede na vaše želje in interese glede na število dijakov v razredu in možnosti delitve dijakov v skupine.

Za vsako vajo imate natančna navodila in seznam materiala, ki ga potrebujete.

Po izvedeni vaji zapišite sklepe, do katerih ste z vajo prišli, in odgovorite na morebitna vprašanja, ki se nanašajo na posamezno vajo. Ko vse dvojice končajo delo, sledi poročanje v skupini – vsak par drugim v skupini predstavi svojo vajo, potek, rezultate ter razlago dogajanja pri vaji.

Vaše delo, tako natančnost kot tudi odgovornost in navsezadnje interpretacija rezultatov bo ocenjeno.

Drugi del vaje (II) bo izveden demonstracijsko. Opazovali boste dogajanje, komentirali in zapisali sklepe.

I. DEL – EKSPERIMENTALNE VAJE

1. vaja: delovanje anorganskih katalizatorjev

Hitrost kemijske reakcije določite z merjenjem temperature.

Material:

- 6 epruvet,
- 30 ml 3% H2O2,
- 2 termometra,
- papirnata brisača,
- merilni valj,
- anorganski katalizatorji (MnO_2, Fe_2O_3, CuO, Al_2O_3,PbO_2),
- žlička/spatula.

Preden začnete izvajati ta del poskusa, predvidite, ali bodo reakcije z različnimi katalizatorji potekale enako hitro ali ne, in vaše predvidevanje utemeljite.

Hipoteza: _____

_____

V vsako epruveto odmerite 5 ml 3-odstotnega H_2O_2. Izmerite temperaturo H_2O_2 in vrednost zapišite. Ena epruveta je za kontrolo, vanjo ne dodajamo anorganskega katalizatorja. V druge epruvete, v vsako od njih posebej, dodajte **malo** (za konico spatule) posameznega anorganskega katalizatorja in merite temperaturo, dokler reakcija ne poteče do konca ali vsaj 3–5 minut. Potrudite se, da bodo količine dodanih katalizatorjev čim bolj enake.

Zapišite temperaturo ob koncu reakcije (oz. po petih minutah). Ko testirate naslednji katalizator, spatulo in termometer **dobro očistite** s papirnato brisačo, če je treba, ju operite z vodo!

Merite temperaturo H_2O_2 – zapišite rezultate.

Podatke uredite v tabeli in prikažite grafično.

Vprašanja:

- Kaj pomeni beseda kataliza? (slovar)
- Zapišite kemijsko enačbo razgradnje H_2O_2?
- Kaj so pri reakciji reaktanti, kaj produkti, kaj katalizator?
- Kaj se dogaja z energijo pri katalizirani kemijski reakciji, ki ste jo izvedli? Poimenujte vrsto kemijske reakcije.
- Čemu imamo kontrolno epruveto?
- Ali lahko vsebino epruvet po opravljenem poskusu izlijem v lijak? Utemeljite.

2. vaja: Vsebnost encima v različnih tkivih in dostopnost encima

Material:

- 11 epruvet,
- 55 ml 3% H_2O_2,
- steklena palčka,
- nož,
- merilni valj,
- 2 termometra,
- različna tkiva (jetra, krompir, meso – goveje, piščančje, jabolko, čebula, orehi, korenje, kaleča semena graha ...),
- papirnata brisača,
- pinceta,
- mala čaša/terilnica s pestilom.

Preden začnete izvajati ta del poskusa, predvidite, ali bodo reakcije z različnimi tkivi potekale enako hitro ali ne, in predvidevanja utemeljite.

Hipoteza: _____

_____

V vsako epruveto odmerite 5 ml 3-odstotnega H_2O_2. Ena epruveta je za kontrolo, vanjo ne dodajamo tkiva, v druge epruvete pa dodajajte za grahovo zrno velik košček izbranega tkiva in termometer. Med potekom reakcije merite temperaturo in čas reakcije (čas izhajanja mehurčkov). Zapišite rezultate.

Preden začnete izvedbo tega dela poskusa, predvidite, ali bosta reakciji potekali enako hitro ob uporabi enega večjega koščka tkiva v primerjavi s sesekljanim oz. zmečkanim tkivom. Kako bi razložili svoje predvidevanje?

Hipoteza: _____

_____

Pripravite pet epruvet in vanje dodajte po 5 ml 3-odstotnega H_2O_2. Ena epruveta bo za kontrolo, vanjo ne dodajamo tkiva, v drugi dve epruveti pa dodajte za grahovo zrno (v enem kosu) velik košček tkiva: v eno košček jeter, v drugo pa košček krompirja/oreha. V preostali dve epruveti dodajte enako količino jeter oz. krompirja, ki ste ga predhodno zmečkali (priporočam, da krompir sesekljate z nožem, jetra pa zmečkate v čaši ali terilnici).

Zapišite hitrost reakcije v posameznem primeru.

Rezultate prikažite grafično in tabelarno.

Vprašanja:

- Ali ste z eksperimentom potrdili svojo hipotezo, ki ste jo oblikovali pred izvedbo vaje?
- Če ne, poskušajte razmisliti, katerih dejstev niste upoštevali pri oblikovanju hipoteze?
- V katerem primeru je bila reakcija najhitrejša? Razložite, zakaj.
- Čemu je namenjena kontrolna epruveta?
- Ali lahko vsebino epruvet po opravljenem poskusu izlijem v lijak? Utemeljite.

3. vaja: Ponovna uporaba encima

Material:

- epruvete (2x3 +1),
- 15 ml 3% H_2O_2,
- steklena palčka
- nož,
- merilni valj,
- različna tkiva (jetra, krompir/ orehi, nakaljena semena graha ...),
- papirnata brisača,
- mala čaša/terilnica s pestilom,
- ura (štoparica).

Preden začnete izvajati vajo, predvidite rezultate tega dela eksperimenta.

Hipoteza: _____

_____

Pripravite sedem epruvet. Eno od epruvet imamo za kontrolo, vanjo ne dodajamo tkiva. V dve epruveti nalijte po 5 ml 3-odstotnega H_2O_2. V vsako dodajte za grahovo zrno (v enem kosu) velik košček tkiva: v eno košček jeter, v drugo pa košček rastlinskega tkiva (krompirja/oreha ...).

Opišite dogajanje v obeh primerih in merite čas reakcije (čas izhajanja mehurčkov).

Počakajte, da reakciji v obeh epruvetah stečeta do konca (ne izhajajo več mehurčki). Nato tekočino iz (ene od) epruvet s tkivom razdelite v dve čisti epruveti. Tudi košček tkiva razdelite na dva dela in posamezen košček dodajte v vsako epruveto. V prvo epruveto dodajte še svež košček istega tkiva, v drugo pa dolijte 1 ml svežega H2O2. Opišite dogajanje v obeh primerih in merite čas reakcije (koliko časa izhajajo mehurčki).

Ponovite postopek še z drugo epruveto iz prvega dela poskusa.

Vprašanja:

- Ali ste z eksperimentom potrdili svojo hipotezo, ki ste jo oblikovali pred izvedbo vaje?
- Če ne, poskušajte razmisliti, katerih dejstev niste upoštevali pri oblikovanju hipoteze.
- Čemu je namenjena kontrolna epruveta?
- Ali lahko vsebino epruvet po opravljenem poskusu izlijem v lijak? Utemeljite.

4. vaja: Vpliv temperature in pH na delovanje encima iz jeter

4a. Vpliv temperature na delovanje encima iz jeter

Material:

- 4 epruvete,
- jetrno tkivo,
- 15 ml 3% H_2O_2,
- 3 termometri,
- steklena palčka,
- merilni valj,
- kuhalnik,
- papirnata brisača,
- 3 čaše (500 ml) – za vodne kopeli,
- lesene ščipalke,
- ura (štoparica).

Preden začnete izvajati ta del poskusa, zapišite hipotezo o pričakovanem poteku tega dela eksperimenta.

Hipoteza: _____

_____

Ena izmed epruvet je za preverjanje, vanjo nalijete 5 ml H_2O_2 in jo odložite v stojalo za epruvete. Za grahovo zrno jetrnega tkiva dajte v epruveto in ga previdno zmečkajte s stekleno palčko. Epruveto z zmečkanimi jetri pripnite z leseno ščipalko in potopite v vrelo kopel za 15 minut. Ko vzamete epruveto iz kopeli, jo najprej **ohladite** pod tekočo hladno vodo, šele nato dolijte 5 ml 3-odstotnega H_2O_2.

Sočasno pripravite dve epruveti s 5 ml 3-odstotnega H_2O_2. Eno postavite za 15 minut v toplo kopel (37–40 °C), drugo pa za isti čas v ledeno kopel (0 °C).

Po pretečenem času vzemite epruveti iz kopeli in v vsako dodajte enako velik svež košček jeter. Opišite dogajanje v vseh treh primerih. S štoparico merite čas reakcije (koliko časa izhajajo mehurčki) in vrednosti zapišite.

Hitrost reakcije v posameznem primeru izrazimo s časom izhajanja mehurčkov.

Rezultate prikažite grafično in tabelarno.

Vprašanja:

- Ali temperatura kakor koli vpliva na hitrost reakcije?
- Razložite dobljene rezultate, za vsak primer posebej.
- Ali v katerem od poskusov reakcija sploh ni stekla? Zakaj?
- Čemu je namenjena kontrolna epruveta?

4b. Vpliv pH na delovanje encima iz jeter

Material:

- 4 epruvete,
- Jetra,
- 15 ml 3% H_2O_2,
- 0,1 M HCl,
- 0,1 M NaOH,
- destilirana voda,
- škarje,
- merilni valj,
- pinceta,
- 3 zamaški,
- steklena palčka,
- papirnata brisača,
- pH indikatorski lističi,
- alkoholni flomaster,
- ura (štoparica).

Preden začnete izvajati ta del poskusa, zapišite hipotezo o pričakovanem poteku tega dela eksperimenta.

Hipoteza: _____

_____

_____

Ena izmed epruvet je za kontrolo, vanjo nalijete 5 ml H_2O_2 in jo odložite v stojalo za epruvete. V vsako izmed epruvet dajte majhen (za riževo zrno) in vsaj približno enako velik košček jeter. V prvo epruveto dodajte 2 ml destilirane vode, v drugo 2 ml 0,1 M NaOH in v tretjo 2 ml 0,1M HCl. Epruvete označite z alkoholnim flomastrom.

Epruvete zamašite z zamaški in jih stresajte pol minute, da se sestavine dobro premešajo. Tkivo pustite v raztopini še 2 minuti, nato še enkrat pretresite.

S pH indikatorskimi lističi izmerite pH vsake epruvete in sproti zapisujte podatke.

Nato dodajte v vsako epruveto še 5 ml 3-odstotne H_2O_2.

Opišite dogajanje v vseh treh primerih. S štoparico merite čas reakcije (koliko časa izhajajo mehurčki) in vrednosti zapišite.

Hitrost reakcije v posameznem primeru izrazimo s časom izhajanja mehurčkov.

Rezultate prikažite grafično in tabelarno.

Vprašanja:

- Kako vpliva na hitrost reakcije vsebnost dodanih snovi?
- Kako boste razložili razlike v hitrostih reakcij pri posameznem poskusu?
- Čemu je namenjena kontrolna epruveta?
- Ali lahko vsebino epruvet po opravljenem poskusu izlijem v lijak? Utemeljite.

II. DEL - DEMONSTRACIJSKA VAJA

Dokaz razgradnje H_2O_2 s pomočjo toplote in dokazovanje O_2 kot enega od produktov razgradnje

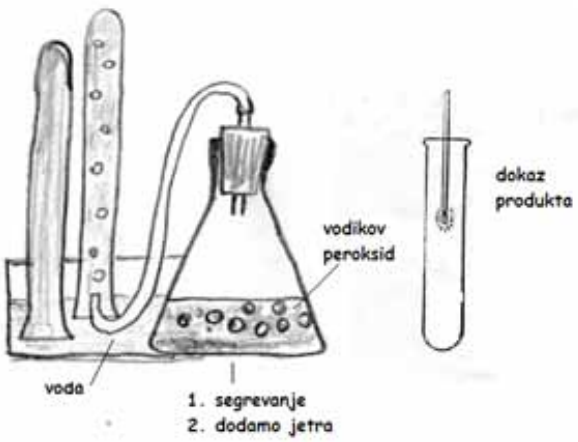
Ta del vaje izvedemo demonstracijsko.

1. razgradnja H_2O_2 s pomočjo toplote

Naslednji del eksperimenta izvedemo z aparaturo, ki jo prikazuje slika 1.

V erlenmajerico nalijemo 50 ml 3% H_2O_2 in jo previdno segrevamo na kuhalniku.

H_2O_2 se začne razkrajati na produkte. Eden izmed produktov je plin, ki ga bomo zbirali v merilnem valju ali veliki epruveti. S tlečo trsko ugotovimo/dokažemo, kateri plin je nastal.



2. Razkroj H_2O_2 z encimom iz jeter in dokazovanje produktov razgradnje

Nalogo ponovimo tako, da H_2O_2 razkrojimo s pomočjo encima iz jetrnega tkiva.

V 250 ml erlenmajerico nalijemo 50 ml 3-odstotne raztopine H_2O_2 in dodamo približno 1 cm^3 velik košček jeter.

Ostalo izvedemo enako, kot je opisano pod točko 1.

Vprašanja:

- Razmislite, zakaj tak način razgradnje H_2O_2 ni primeren za celice ter kako poteka razgradnja H_2O_2 v celicah.
- Ali poteka reakcija po isti poti kot v prvem primeru?
- Ali so produkti reakcije enaki kot v prejšnjih primerih?
- Ali se strupeni H_2O_2 pod vplivom katalaze v celicah živih organizmov spremeni v neškodljive snovi? Razložite.

Sklepi in razprava:

2.2.2 Vpliv temperature in koncentracije substrata na delovanje encima katalaze

Bernarda Devetak, II. gimnazija Maribor

Kratek opis: Z vajo dijaki spoznajo metodo, s katero ugotavljajo vpliv koncentracije substrata na delovanje encimov. Dijaki s pomočjo računalnika in Vernierjevega senzorja za tlak opazujejo spreminjanje tlaka. Zbrane podatke obdelajo in napišejo sklepe. Podatke uporabijo tudi za načrtovanje vaje, pri kateri uporabijo namesto koncentracije substrata neodvisno spremenljivko, temperaturo, ali pH, ali različne koncentracije encima. Vaja se izvede v skupini, ki vključuje od štiri do pet dijakov.

Čas izvedbe: ena šolska ura

Povezave z biološkimi koncepti: C2, B, F3

Medpredmetne povezave:

kemija – razumevanje kemične reakcije;

fizika – razumevanje pojma tlak, uporaba merilnih instrumentov;

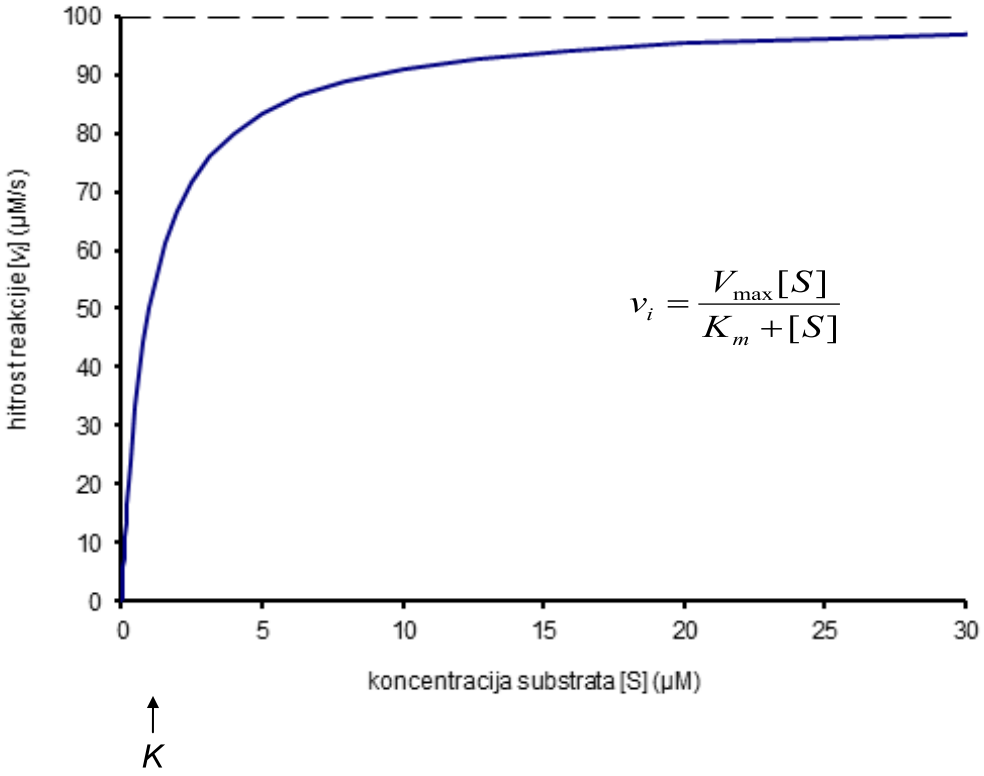
matematika in statistika – obdelava podatkov.

Predstavitev konkretizacije izbranega načina obravnave

- pri vaji uporabimo vodikov peroksid in kvasovke kot vir encima;
- vaja je zelo poučna, ker uporaba merilnika tlaka omogoča natančno merjenje in spremljanje časovnega poteka, s tem pa tudi dinamike reakcije;
- zbrani podatki so primerni za obdelavo in dijak lahko pokaže znanje o zbiranju in analizi podatkov;
- vajo lahko uporabimo za načrtovanje eksperimenta in je primerna za ocenjevanje.

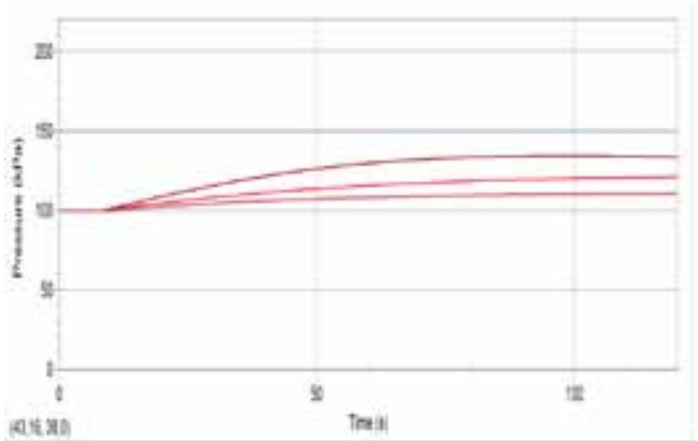
Uvod

Encimi lahko katalizirajo kemijsko reakcijo, ko se substrat veže na aktivno mesto encima. To se zgodi zaradi naključnega gibanja molekul v raztopini, trkov med molekulami substrata in aktivnimi mesti encimov. Če koncentracija substrata v raztopini, v kateri se koncentracija encima ne spreminja, narašča, se bo število trkov med molekulami substrata in encima povečalo. Zato se bo povečala tudi hitrost reakcije. Poudariti je treba, da je, potem ko se substrat veže na aktivno mesto, to zasedeno in se druge molekule substrata ne morejo vezati, dokler se produkt ne sprosti z aktivnega mesta. Ko narašča koncentracija substrata, je vse več aktivnih mest encimov zasedenih. Uspešnih trkov med molekulami substrata in encima, t.j. takšnih, ki vodijo v nadaljnjo reakcijo, pa je vse manj. Zato je hitrost reakcije, ki jo encim katalizira, počasnejša, kar se kaže v nagibu krivulje, saj je krivulja vse bolj položna in se asimptotično približuje maksimumu (slika 1).



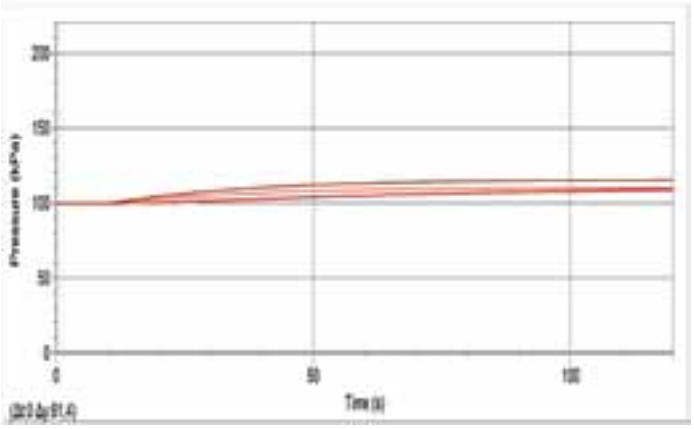
Slika 1: Odvisnost hitrosti encimske reakcije od koncentracije substrata. $\mathbf{v_i}$ je začetna (maksimalna) hitrost reakcije pri določeni koncentraciji substrata in izbrani koncentraciji encima, **[S]** je koncentracija substrata, $\boldsymbol{V_{max}}$ je maksimalna hitrost encimske reakcije pri izbrani koncentraciji encima, $\boldsymbol{K_m}$ pa je koncentracija substrata, pri kateri je dosežena polovična maksimalna hitrost reakcije ($\boldsymbol{V_{max}}/2$). Treba je opozoriti, da imamo dve maksimalni hitrosti: prva (v_i) je maksimalna hitrost, ki je različna za vsako koncentracijo substrata (navadno ustreza začetnih hitrosti reakcije), druga (V_{max}) pa je hitrost, ki je odvisna od razpoložljivega encima oz. njegovih prostih vezavnih mest.

Rezultati meritev: Grafa prikazujeta potek reakcij, pri katerih spreminjamo koncentracijo substrata (slika 2) in temperaturo (slika 3).



Slika 2. Odvisnost hitrosti encimatske reakcije od koncentracije substrata pri koncentrac

Slika 2: Odvisnost hitrosti encimatske reakcije od koncentracije substrata pri koncentraciji encima 1.5, 3 in 4.5 g/100 g raztopine. Temperatura vodne kopeli je bila 22.6 °C.



Slika 3. Odvisnost hitrosti encimatske reakcije od temperature. Reakcije so potekale pri 0.1 °C, 23 °Ci n 31 °C. Reakcije so potekale pri koncentraciji substrata 3g/100g raztopine

Slika 3: Odvisnost hitrosti encimske reakcije od temperature. Reakcije so potekale pri 0.1 °C, 23 °C in 31 °C. Rekacije so potekale pri kocentraciji substrata 3 g/100 g raztopine.

Pripomba učitelju

Če dijak v poročilo samo preslika graf, ga učitelj ne oceni kot dijakovo delo. Samo grafi, ki jih dijak nariše sam, se tudi ocenijo.

Za računanje hitrosti ima program Logger Pro zelo primeren dodatek, ki nam samodejno izračunava vrednost tangente (hitrosti spremembe) v neki točki zapisa. Tu je od učitelja in njegovega razpoložljivega časa odvisno, ali bo uporabil ta programski pripomoček ali pa bo od dijakov zahteval, da sami (recimo s papirja) izračunajo začetno hitrost po primeru s slike 2. Ta način ima to prednost, da dijaki pridobijo dosti boljšo predstavo o tem, kaj hitrost reakcije dejansko je. Njegova slaba stran pa je le, da zahteva več časa, ki ga morda med uro ni dovolj.

$$pV = nRT \tag{1}$$

Če enačbo (1) preuredimo in uporabimo spremembe (Δ), ki smo jih izmerili (izračunali), dobimo naslednjo obliko:

$$\Delta n = \frac{\Delta pV}{RT} \tag{2}$$

Pri tem so zdaj $\boldsymbol{\Delta p}$ – sprememba tlaka v časovni enoti (če imamo podatke že v kPa/s je to kar ta vrednost v eni sekundi), $\boldsymbol{\Delta n}$ – izračunana sprememba množine kisika (v molih), $\boldsymbol{V}$ – prostornina plina med gladino mešanice suspenzije kvasovk in peroksida ter zamaškom epruvete (če hočemo biti zelo, zelo natančni, mora biti tu notri upoštevana tudi prostornina cevke med posodo in merilnikom kisika), $\boldsymbol{R}$ – je plinska konstanta (8.314 l • kPa • K^{-1} • mol^{-1}), $\boldsymbol{T}$ – pa je začetna temperatura mešanice v °K. Za poenostavitev izračuna lahko enačbo (2) zapišemo tudi takole:

$$\Delta n = \Delta p \frac{V}{RT} \tag{3}$$

Pri tem je izraz V/(RT) dejansko konstanta za vse poskuse pri isti temperaturi in isti prostornini epruvete. Zato ga lahko izračunamo le enkrat, nato pa vsako vrednost Δp pomnožimo z isto številko (konstanto).

Za popolno natančnost nam manjka le še zapis z upoštevanjem hitrosti. Če je naš Δt že enak 1 s (ali drugače povedano že imamo izračunane hitrosti v kPa/s), so številsko vrednosti $\Delta p/\Delta t$ dejansko enake Δp. Tako lahko enačbo (3) zdaj končno zapišemo povsem pravilno takole:

$$v_i = \frac{\Delta n}{\Delta t} = \frac{\Delta p}{\Delta t}\frac{V}{RT} \qquad (4)$$

Dijakov naj tudi ne moti razlika med vi na sliki 1, kjer so enote µM/s, in v_i tu, kjer so enote µmol/s. To lahko naredimo kadar koli, sploh pa v tem primeru, ko nastane plinski produkt, ki se relativno slabo topi v raztopini. Prav zato tudi ni smiselno podajati vrednosti v mol/l (M), ampak izračunamo raje dejansko množino (mol). Vseeno pa naj za vajo v kemijskem računanju dijaki preračunajo koncentracijo substrata podanega v % v koncentracijo podano v mol/l (M) in pri tem po potrebi uporabijo tudi predpone (mM, µM ...). Na koncu bi torej morali dobiti celotno serijo številk za izris grafa, ki ustreza sliki 1.

Priloge

Delovni list 1: Vpliv koncentracije substrata na delovanje encima katalaze

Delovni list 2: Vpliv temperature na delovanje encima katalaze

Delovni list 3: Zbiranje in analiza podatkov

Domača naloga: Vpliv temperature na delovanje encima katalaze

Delovni list 1

Vpliv koncentracije substrata na delovanje encima katalaze

Namen vaje

S pomočjo računalnika, programa Logger Pro in senzorja za tlak boste spoznali vpliv koncentracije substrata vodikovega peroksida na hitrost kemijske reakcije, ki jo katalizira encim katalaza.

Uvod

Pri presnovi celice nastajajo snovi, ki so strupene, zato se morajo razgraditi ali pa jih celica izloči. Eden izmed toksičnih produktov je vodikov peroksid. Reakcije razgradnje katalizira encim katalaza.

Vodikov peroksid razpade na kisik in vodo. Encim je v različnih rastlinskih in živalskih tkivih.

Material

- vodikov peroksid – 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 4-odstotna raztopina,
- 10-odstotna suspenzija kvasovk – 10 g suhega kvasa na 100 g raztopine ,
- injekcijska brizga – 5 ml (za vodikov peroksid),
- injekcijska brizga – 5 ml (za suspenzijo kvasovk),
- šest epruvet,
- stojalo za epruvete,
- računalnik,
- senzor za merjenje tlaka (Vernier),
- program Logger Pro (Vernier),
- termostatirana vodna kopel 22 °C ali čaša z vodo z 22 °C,
- vmesnik (Vernier),
- alkoholni flomaster,
- steklena palčka,
- temperaturni senzor (Vernier).

Metoda

1. Poveži tlačni senzor (Vernier) z vmesnikom, tega pa z računalnikom.
2. Zaženi program Logger Pro.
3. V programu Logger Pro odpri **EXPERIMENT/DATA COLLECTION**/, nastavi čas trajanja poskusa na dve minuti, frekvenca meritev je 60 meritev na minuto (1/s).
4. Z injekcijsko brizgo (5 ml) odmeri 3 ml suspenzije kvasovk in jo prenesi v epruveto. Epruveto s suspenzijo kvasovk segrej v vodni kopeli na 22 °C. V vodno kopel namesti konico senzorja za merjenje temperature.

5. S 5-mililitrsko injekcijsko brizgo odmeri 2 ml 3-odstotnega vodikovega peroksida in ga iztisni v posebno epruveto ter namesti v vodno kopel s temperaturo 22 °C.
6. Ko se temperatura v obeh epruvetah uravna na 22 °C, klikni **COLLECT**, počakaj tri sekunde in vlij vodikov peroksid v epruveto s kvasovkami in hitro zapri epruveto z zamaškom senzorja za merjenje tlaka. Pazi, da je ventil na senzorju odprt.
7. Meri dve minuti.
8. Ponovi postopek 1–5 z naslednjo koncentracijo vodikovega peroksida. Pri točki 6, ko klikneš **COLLECT**, se pojavi na zaslonu **STORE THE LATEST RUN**.
9. Klikni **STORE THE LATEST RUN** in nato na istem grafu dodajaš meritve.
10. Ko narediš poskus z vsemi koncentracijami substrata, shrani podatke in poimenuj graf.
11. Izberi podatke, ki jih boš obdelal, in jih prenesi v ustrezen program **(EXCELL), DATA LOGGER**.

Delovni list 2

Vpliv temperature na delovanje encima katalaze

Namen vaje

S pomočjo računalnika, programa Logger Pro in senzorja za merjenje tlaka boste spoznali vpliv temperature na hitrost kemijske reakcije, ki jo katalizira encim katalaza.

Uvod

Pri metabolizmu celice nastajajo snovi, ki so strupene, zato se morajo razgraditi ali pa jih celica izloči. Eden izmed toksičnih produktov je vodikov peroksid. Reakcije razgradnje katalizira encim katalaza. Vodikov peroksid razpade na kisik in vodo. Encim je v različnih rastlinskih in živalskih tkivih. Toplota vpliva na potek encimatskih reakcij na dva načina. V tekočini se delci gibljejo in naključno prihaja do trkov. Ko tekočino segrejemo, se delci zaradi dodane kinetične energije hitreje gibljejo in verjetnost, da bo prišlo do trkov med molekulami substrata in encima, je večja. Toplota deluje tudi na vezi v encimih in zaradi vibracij je velika verjetnost, da se bodo vezi razcepile. Prostorska zgradba molekule se spremeni, s tem pa tudi aktivno mesto. Pride do denaturacije. Denaturirani encim ne more več katalizirati reakcije. Ko se število denaturiranih molekul encima poveča, se delovanje encima zmanjša. Delovanje encima se ustavi, ko vse molekule denaturirajo.

Material

- 3-odstotni vodikov peroksid,
- 10-odstotna suspenzija kvasovk – 10 g suhega kvasa na 100 g raztopine,
- injekcijska brizga – 5 ml (za vodikov peroksid),
- injekcijska brizga – 5 ml (za suspenzijo kvasovk),
- šest epruvet,
- stojalo za epruvete,
- računalnik,
- senzor za merjenje tlaka (Vernier),
- program Logger Pro (Vernier),
- termostatirana vodna kopel ali čaša z vodo z 0, 22 in 35 ^{0}C,
- vmesnik (Vernier),
- alkoholni flomaster,
- steklena palčka,
- temperaturni senzor (Vernier).

Metoda

1. Poveži tlačni senzor (Vernier) z vmesnikom, tega pa z računalnikom.
2. Zaženi program Logger Pro.
3. V programu Logger Pro odpri **EXPERIMENT/DATA COLLECTION**/ in nastavi čas trajanja poskusa na dve minuti, frekvenca meritev je 60 meritev na minuto (1/s).

4. Z injekcijsko brizgo (5 ml) odmeri 5 ml suspenzije kvasovk in jo prenesi v epruveto. Epruveto s suspenzijo kvasovk segrej v vodni kopeli na 22 °C. V vodno kopel namesti konico senzorja za merjenje temperature.
5. S 5-mililitrsko injekcijsko brizgo odmeri 4 ml 3-odstotnega vodikovega peroksida in ga iztisni v posebno epruveto ter namesti v vodno kopel s temperaturo 22 °C .
6. Ko se temperatura v obeh epruvetah uravna na 22 °C, vlij kvasovke v erlenmajerico, klikni **COLLECT**, počakaj tri sekunde in vlij v erlenmajerico tudi vodikov peroksid, nato pa hitro zapri epruveto z zamaškom senzorja za merjenje tlaka. Pazi, da je ventil na senzorju odprt.
7. Meri dve minuti.
8. Ponovi postopek 1–5 tako, da spremeniš temperaturo vodne kopeli na 5 °C. Pri točki 6, ko klikneš **COLLECT**, se pojavi na zaslonu **STORE THE LATEST RUN**.
9. Klikni **STORE THE LATEST RUN** in nato na istem grafu dodaj meritve.
10. Ko narediš poskus še pri 35 °C, shrani podatke in poimenuj graf.
11. Izberi podatke, ki jih boš obdelal, in jih prenesi v ustrezni program **(EXCELL), DATA LOGGER**.

Delovni list 3

Zbiranje in analiza podatkov

Prikaz podatkov v tabeli

Nariši tabelo in vanjo vnesi zbrane podatke. Izberi tiste, ki so za prikaz poteka reakcije najpomembnejši.

Tabela mora vsebovati:

1. **Naslov**, ki mora biti opisen in mora vsebovati neodvisno in odvisno spremenljivko, ime organizma ali vrsto tkiva ali encim, ki si ga uporabil pri poskusu.
2. **Enote** morajo biti navedene v glavi tabele, in ne pri posameznih meritvah v sami tabeli.
3. **Natančnost meritev**: Pri navajanju enot mora biti navedena tudi natančnost meritve npr. merjenje temperature s termometrom; ± 0,5 °C, merjenje s senzorji; ± najmanjša vrednost, ki jo lahko zmeri instrument.
4. **Število decimalnih mest**: ne sme biti večje, kot je natančnost meritve pri merilnem instrumentu. Vsi podatki v vrsticah in stolpcih tabele morajo imeti enako število decimalnih mest. Podatki, ki predstavljajo srednjo vrednost, morajo imeti enako števil decimalnih mest kot tisti podatki, ki smo jih uporabili pri izračunu.

Grafična predstavitev podatkov

- Izberemo graf, ki bo najprimernejši za prikaz zbranih podatkov.
- Graf mora vsebovati: naslov, pravilno skalo, oznake osi, enote, natančnost meritve, nagib krivulje, prikaz podatkov na način, ki je najbližji idealni krivulji.
- Grafično lahko prikažemo srednje vrednosti zbranih podatkov z standardnimi odkloni v primeru, ko zbrani podatki to omogočajo, npr. kadar je število ponovitev dovolj veliko).
- Natančnost meritev lahko prikažemo z izračunom razlike med najvišjo in najnižjo vrednostjo meritve in prikazom pričakovanih krivulj (best fit lines, **trend lines**).

Ovrednotenje rezultatov

- Sklepi se nanašajo na raziskovalno vprašanje in hipotezo in vključujejo analizo podatkov in podatke iz literature.
- Kritično ovrednoti načrtovane poskuse in izbrane metode. Ugotovi vzroke napak, metode in meritev in njihov pomen pri vrednotenju rezultatov.
- Oceni natančnost prikazanih podatkov in predlagaj realistične izboljšave samega poskusa.

Literatura

1 *Roberts, M. B. V., King, T. J. (1987). Influence of pH on the activity of potato tuber. Biology. A functional Approach. Students, Manual, Second Edition. Walton-on-Thames: Nelson.*

2 *Billiet, P. (et al.) (2002). To investigate the working of a biocatalyst: Catala-*

se. In: Billiet, Casalis, Gaurenne, James. Further investigations in Biology, Vol. 1. IBID PRESS.

3 *Clegg, C. J., Mackean, D. G. (1996). Investigating catalase activity. Advanced Biology study guide. John Murray.*

4 *Znanost gre v šolo – interno gradivo.*

Domača naloga

Vpliv temperature na delovanje encima katalaze

Napiši načrt za izvedbo vaje, v katero boš vključil:

a. **Raziskovalno vprašanje**
b. **Hipotezo**
c. **Spremenljivke** (izberi si spremenljivke (parametre), ki morajo biti drugačne, kot si jih uporabil pri današnjem eksperimentu).
d. **Opis metode**
e. **Opis analize podatkov**

Načrtovanje eksperimenta

S pomočjo znanja, ki si ga pridobil pri vaji Vpliv koncentracije substrata na delovanje encima, napiši načrt za vajo, pri kateri boš proučeval vpliv enega od dejavnikov (temperature, pH, koncentracije encima na hitrost encimatske reakcije).

2.2.3 Vpliv koncentracije substrata na hitrost encimske reakcije

Katja Holnthaner Zorec, II. gimnazija Maribor

Kratka vsebina

Eksperimentalno delo je namenjeno raziskovanju vpliva koncentracije substrata na hitrost encimske reakcije. Uporabljeni encim je katalaza iz kvasovk, njegova učinkovitost se preizkuša v različnih koncentracijah vodikovega peroksida. Hitrost reakcije se meri s prostornino zbranega plina v časovni enoti, kot merilna naprava se uporabi injekcijska brizgalka.

Čas za izvedbo dejavnosti

***Izvedba eksperimenta*:** 2 šolski uri

Povezava z učnim načrtom: *B – Raziskovanje in poskusi (B1),*

C – Zgradba in delovanje celice (C2-2)

Medpredmetne povezave/potrebna predznanja drugih predmetov

Kemija: predznanje o katalizatorjih, množinski koncentraciji raztopine, povezava na hitrost kemijskih reakcij, osnove biokemije;

Matematika: predznanje obdelave rezultatov.

Uvod

Encimi

V živih organizmih veliko kemijskih reakcij ne poteka spontano, ampak jih omogočajo encimi. To so enostavne ali sestavljene beljakovine. Encimi omogočijo, da lahko kemijske reakcije potekajo pri drugačnih pogojih, največkrat pri nižji aktivacijski energiji, kot bi bila potrebna, če encimov ne bi bilo.

Encimi delujejo tako, da se s substratom povežejo v kompleks. Verjetnost reakcije se poveča, ker encim reaktante prisili v tak položaj, da lahko reakcija poteka ob nižji vloženi energiji. Lahko ponazorimo s primerom – če želimo sestaviti skupaj dve legokocki, ju lahko mečemo eno v drugo. Verjetnost, da se bosta povezali, je zelo majhna. Da se to zgodi, potrebujemo veliko poskusov in porabimo ogromno energije. Dosti manj energije in časa je potrebno, če ju primemo v roke, pravilno obrnemo in stisnemo skupaj.

Enako velja tudi v obratni smeri (za katabolične reakcije) – kolikokrat in s kakšno močjo moramo dve sestavljeni legokocki vreči ob tla ali ob druge kocke, da razpadeta? Dosti manj energije je potrebno, če ju primemo v roke in razstavimo s pritiskom in potegom na pravem mestu.

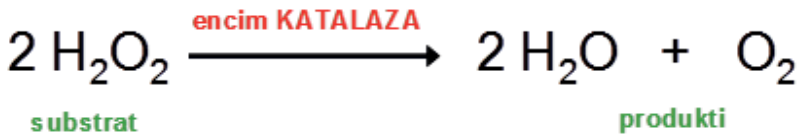
Ker je čas, potreben za eno reakcijo, tako kratek, se seveda hitrost poveča, obenem pa lahko isti encim v nekem daljšem obdobju (daljšem od časov nekaj posameznih reakcij) sodeluje v mnogo reakcijah. Zato ga je potrebno relativno malo.

Encimi so posebni, kar pomeni, da vsaka vrsta encima sodeluje v posebni reakciji. Njihova posebnost je aktivno mesto, to je mesto vezave encima na substrat, ki je oblikovano tako, da se prilega le določenemu substratu. Encimi za delovanje potrebujejo določene pogoje (temperaturo, pH, inhibitorje), pogosto pa tudi določene ione, vitamine in druge molekule, ki jih imenujemo koencimi.

Encimi se sčasoma izrabijo in drugi encimi – posebne proteinaze – jih razgradijo v aminokisline, ki se lahko uporabijo za gradnjo novih proteinskih struktur v celici.

Katalaza

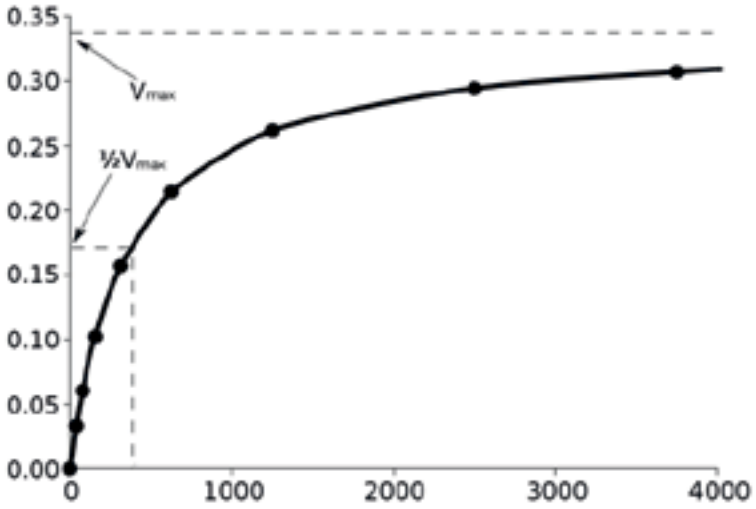
Vodikov peroksid (H_2O_2) je snov, ki nastaja kot stranski proizvod pri mnogih kemičnih reakcijah v živih celicah. Ker je v višjih koncentracijah toksičen (predvsem zaradi pretvorbe v reaktivni hidroksilni radikal), ga mora celica takoj razgraditi. Pri razkroju vodikovega peroksida v celicah sodeluje več encimov, najbolj znan je encim katalaza. Katalazo najdemo v različnih rastlinskih in živalskih tkivih. V večjih količinah ga je v korenu repe, redkvice, gomoljih krompirja in v celicah jeter.



Dejavnost katalaze lahko merimo s spremljanjem količine sproščenega kisika pri reakciji razgradnje vodikovega peroksida.

Vpliv koncentracije substrata na hitrost encimske reakcije

Molekule substrata in encima se morajo srečati – z naključnim zadetkom pod pravim kotom in s pravo energijo. Pri nizkih koncentracijah substrata je verjetnost srečanja med obema molekulama prenizka, da bi bila vsa aktivna mesta prisotnih molekul encima zasedena oziroma niso zasedena ves čas. Z večanjem koncentracije substrata se veča verjetnost srečanja med molekulami substrata in encima, zato se hitrost reakcije povečuje. Pri določeni koncentraciji substrata so ves čas uporabljena vsa aktivna mesta prisotnih encimskih molekul – če od te točke dalje povečujemo koncentracijo substrata, se hitrost encimske reakcije ne bo več povečevala, saj je omejujoč dejavnik količina število molekul encima. To je maksimalna hitrost encimske reakcije.



Graf 1: Vpliv koncentracije substrata na hitrost encimske reakcije (*Vir: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Michaelis-Menten_saturation_curve_of_an_enzyme_reaction.svg* (citirano 21. 1. 2010))

Izvedba

Material

- suspenzija kvasovk (1 zavitek suhega kvasa/250 mL vode),
- različne koncentracije vodikovega peroksida (1 %, 1,5 %, 2 %, 2,5 %, 3 %),
- injekcijske brizgalke (5 mL, 20 mL),
- epruvete z gumijastimi zamaški, stojalo za epruvete,
- štoparica (+/- 0,05s).

Priporočeno delo v skupinah po trije dijaki.

Pomembno! Katalaza je precej težaven encim za merjenje, tudi če uporabljamo »resne« biokemijske teste (npr. spektrofotometrični test). Pazite, da bo temperatura čim bolj stalna; oz. da so vsi »udeleženci« v poskusu (kvasovke, raztopine vodikovega peroksida) pred vajo temperirani na sobno temperaturo.

Postopek

V epruvete odmerimo 3 ml vodikovega peroksida določene koncentracije. Zamašimo z gumijastim zamaškom, v katerega zabodemo injekcijsko iglo. S pomočjo zgornjega dela injekcijske igle odmerimo 5 ml suspenzije kvasovk. Kvasovke iztisnemo v epruveto skozi nastavek igle. Bat injekcije se začne zaradi nastalega plinskega produkta dvigati. S pomočjo štoparice izmerimo čas, potreben za nastanek določenega volumna plina (priporočeno 10 mL). Izvedemo ustrezno število ponovitev (priporočeno 5).

Postopek ponovimo z drugimi koncentracijami vodikovega peroksida. Pogoji morajo biti pri vseh poskusih enaki.

Slika 2: Aparatura za zbiranje plinskega produkta (avtorica fotografije: Katja H. Zorec)

Nasveti, mogoča odstopanja, napake

- Pred vajo je treba preizkusiti 20 mL brizgalke in izbrati tiste, katerih bat se premika najbolj gladko;
- dijaki naj za vbrizganje kvasovk uporabijo vedno približno enako »silo«; po vbrizganju kvasovk je treba takoj spustiti bat brizgalke;
- tik po vbrizganju kvasovk se bat hitro dvigne zaradi pritiska, ki je nastal ob vbrizganju določene prostornine tekočine; nato se dviganje nadaljuje bistveno počasneje;
- pri nižjih koncentracijah lahko reakcija poteka zelo počasi – odstopanja se pojavijo predvsem pri 1-odstotnem H_2O_2, zato je morda to koncentracijo smiselno nadomestiti z 3,5-odstotnim H_2O_2, kljub temu je to morda dobro izhodišče za razpravo z dijaki – zakaj pri nizkih koncentracijah pride do odstopanj (natančnost meritev, merilnih inštrumentov, poskusnih pogojev ...);
- med sabo lahko primerjamo le rezultate, pridobljene z isto injekcijsko brizgalko.

Obdelava podatkov

Rezultate sproti zapisujemo, preračunamo v ml O_2/s. Oblikujemo tabelo in vnesemo podatke. Izračunamo povprečne vrednosti. Narišemo graf, ki bo prikazoval odvisnost hitrosti encimske reakcije od koncentracije substrata. Ob dovolj velikem številu ponovitev lahko izračunamo tudi še kakšne statistične parametre, na primer standardno deviacijo, modus in s tem bolje ovrednotimo in razložimo rezultate.

Vprašanja za razpravo in preverjanje doseženega znanja

- Kaj je bila pri poskusu odvisna, kaj neodvisna spremenljivka? Navedi tudi konstante!
- Zakaj smo v poskusu uporabili suspenzijo kvasovk?
- Razloži, zakaj je bila pri višjih koncentracijah vodikovega peroksida reakcija hitrejša!
- Predvidevaj, kakšni bi bili rezultati, če bi uporabili 6-odstotni vodikov peroksid!
- Kakšne rezultate pričakujemo, če bi poskus ponovili s prekuhanimi kvasovkami?
- Navedi morebitne vire napak pri poskusu! Predlagaj, kako bi poskus izboljšali, da bi bili naši podatki zanesljivejši!
- S pomočjo predstavljene metode dela in uporabljenega materiala (katalaza iz kvasovk, vodikov peroksid) samostojno načrtuj poskus, kjer bi namesto koncentracije uporabil kakšen drug dejavnik, ki vpliva na hitrost encimske reakcije!

Refleksija

Dijaki s predstavljeno metodo dosežejo pričakovana znanja in rezultate, pridobljene pri vaji, dobro povežejo s teoretičnimi osnovami. Vaja z uporabo predznanja/veščin kemije in matematike dijake navaja k povezovanju znanja in veščin različnih predmetov. Vaja omogoči pridobivanje kvantitativnih podatkov, ki nam omogočijo tudi statistično analizo rezultatov, na podlagi katerih lahko oblikujejo sklepe in razpravljajo o zanesljivosti rezultatov, metode ... Ustrezna obdelava podatkov nam pove, kako natančne so bile naše meritve, kako dobro smo nadzorovali spremenljivke. Če je vse popolnoma nadzorovano, odstopanj sploh ne bi smelo biti.

Predlogi in ideje za nadaljnje delo

Vaja je odlično izhodišče za izvedbo s pomočjo računalnika in Vernierjevih vmesnikov. Uporabimo senzor za pritisk in hitrost reakcije opredelimo kot spremembo pritiska (kPa) v časovni enoti. Vaja da zelo zanesljive rezultate.

Viri

1 *Roberts, M. B. V., King, T. J. (1987). Biology. A functional approach. Students manual. Walton-on-Thames: Nelson.*

2 *Toole, G., Toole, S. (1991). Understanding biology for advanced level. Lechampton: Stanley Thornes Publishers.*

3 *Projekt znanost gre v šolo, interno gradivo*

4 *Michaelis-Menten saturation curve of an enzyme reaction. Commons Wikimedia [online]. Dostopno na naslovu: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Michaelis-Menten_saturation_curve_of_an_enzyme_reaction.svg (povzeto 21. 1. 2010).*

2.2.4 Sinteza beljakovin

Bernarda Devetak, II. gimnazija Maribor

Z vajo dijaki spoznajo, kako nastajajo beljakovine. Iz papirja izrežejo modele molekul aminokislin, DNA, mRNA, tRNA in ribosom. S pomočjo modelčkov sestavijo zgodbo o sintezi beljakovin.

Čas izvedbe: ena do dve šolski uri

Povezava z biološkimi koncepti in cilji: C (C1-6,C3-6, C3-7,B-3)

Medpredmetne povezave: kemijske vezi, zgradba aminokislin in beljakovin

Vaja je namenjena uvodu v sintezo beljakovin. Za dijake je snov zahtevna za razumevanje, ker morajo pojme, ki so jih že spoznali pri predhodno obdelanih temah, smiselno povezati med seboj.

Dijaki na konkretnem primeru postopno simulirajo proces sinteze beljakovin, pri tem pa ponovijo znanja, povezana z zgradbo DNA, genetskega koda, zgradbo aminokislin, vlogo ribosoma. Naučijo se razlikovati strukture in procese.

Uvod

V celici se lahko sintetizira beljakovina, če ima celica v DNA zapis o njeni zgradbi. Ker DNA sama ne more voditi sinteze beljakovin, se informacija o zgradbi beljakovine prenese na molekulo mRNA. Proces nastajanja molekule mRNA imenujemo **transkripcija** ali **prepisovanje**. Poleg molekule **mRNA** mora imeti celica tudi **molekule tRNA**, **aminokisline**, energetsko bogate molekule (**GTP**), **encime** in **ribosome**.

Najprej se moramo odločiti, kateri protein (beljakovino) želimo sintetizirati. Lahko bi poskusili s hemoglobinom, pa bi bilo prezahtevno, ker je le-ta zelo kompleksno zgrajen iz beljakovinskega in nebeljakovinskega dela. Enostavno zgradbo ima molekula met-enkefalina, ki jo gradi pet aminokislin – Tyr-Gly-Gly-Phe-Met. Je inhibitor v centralnem živčnem sistemu. Metenkefalin je peptid iz petih aminokislin: TYR (tirozin), GLY (glicin), GLY (glicin), PHE (fenilalanin), MET (metionin). Tako kratki peptidi običajno nastanejo tako, da večje molekule razpadejo na manjše podenote. Mi bomo ponazorili sintezo dela molekule, ki deluje kot nevrotransmiter v centralnem živčnem sistemu.

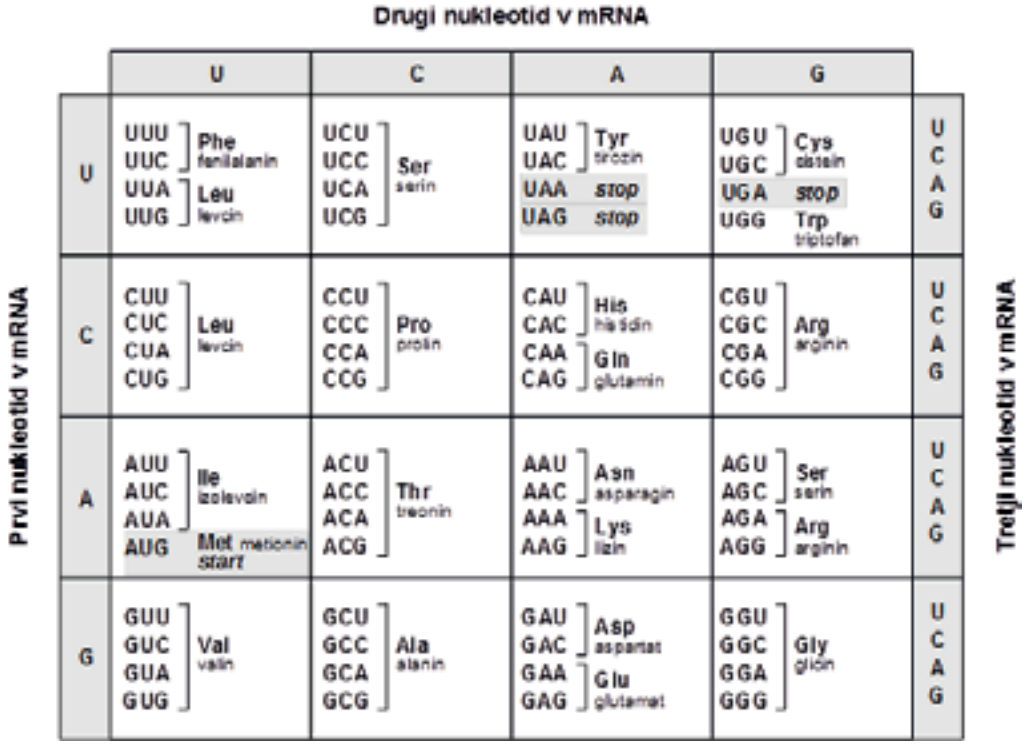
TYR–GLY–GLY–PHE–MET

Material:

- papir s skicami,
- škarje,
- lepilni trak,

- preglednici 1 in 2 s kodogeni, kodoni in antikodoni, stop kodoni,
- in kraticami za aminokisline.

Preglednica 1: **Aminokisline in njihovi kodoni.**



Preglednica 2: **Okrajšave za aminokisline,njihovi kodogeni, kodoni, antikodoni in stop kodon,ki sodelujejo pri sintezi met-enkefalina.**

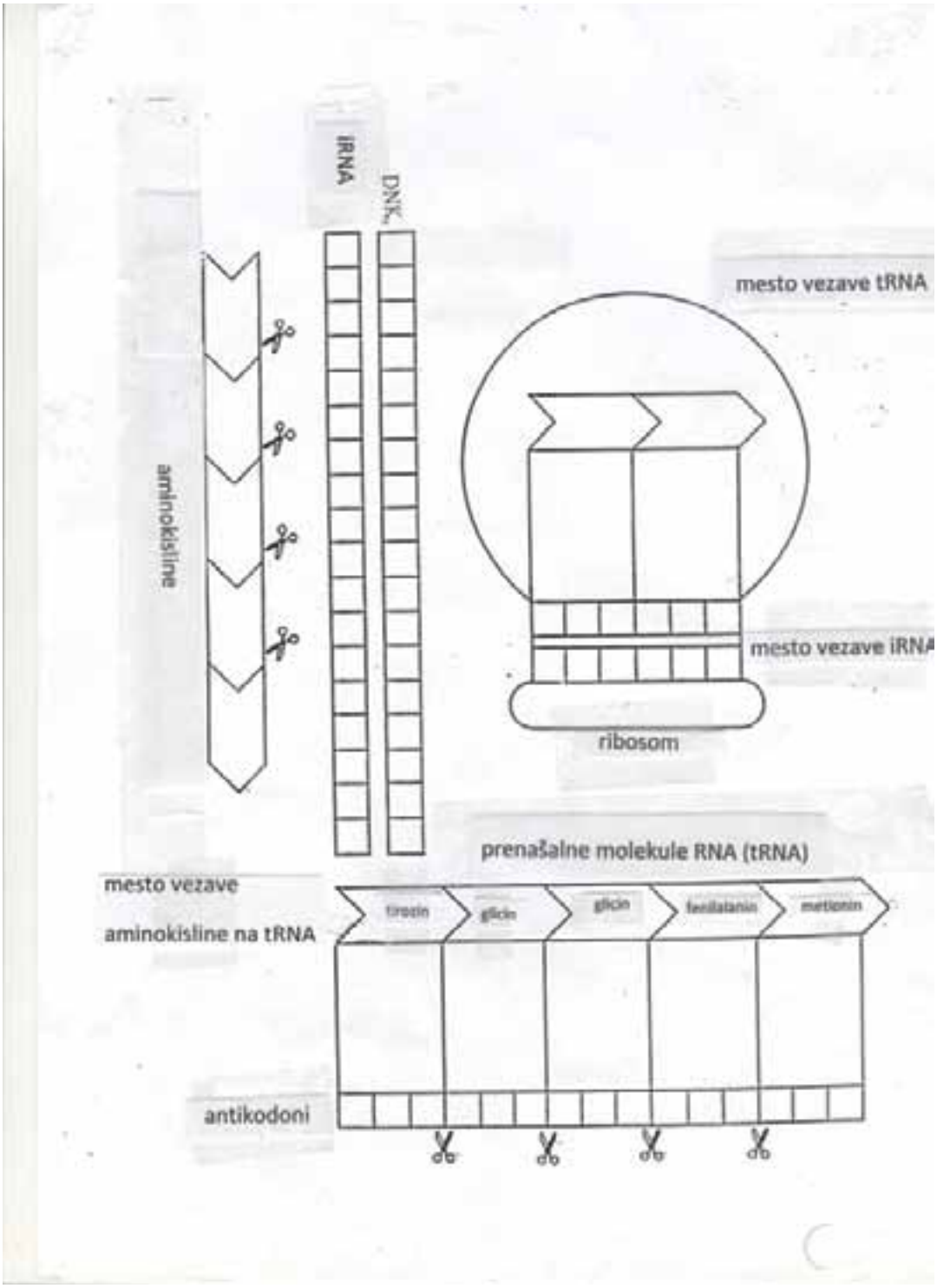
Aminokislina	Okrajšava	Kodogen (DNA)	Kodon (mRNA)	Antikodon (tRNA)
tirozin				
glicin				
fenilalanin				
metionin				
stop kodon				

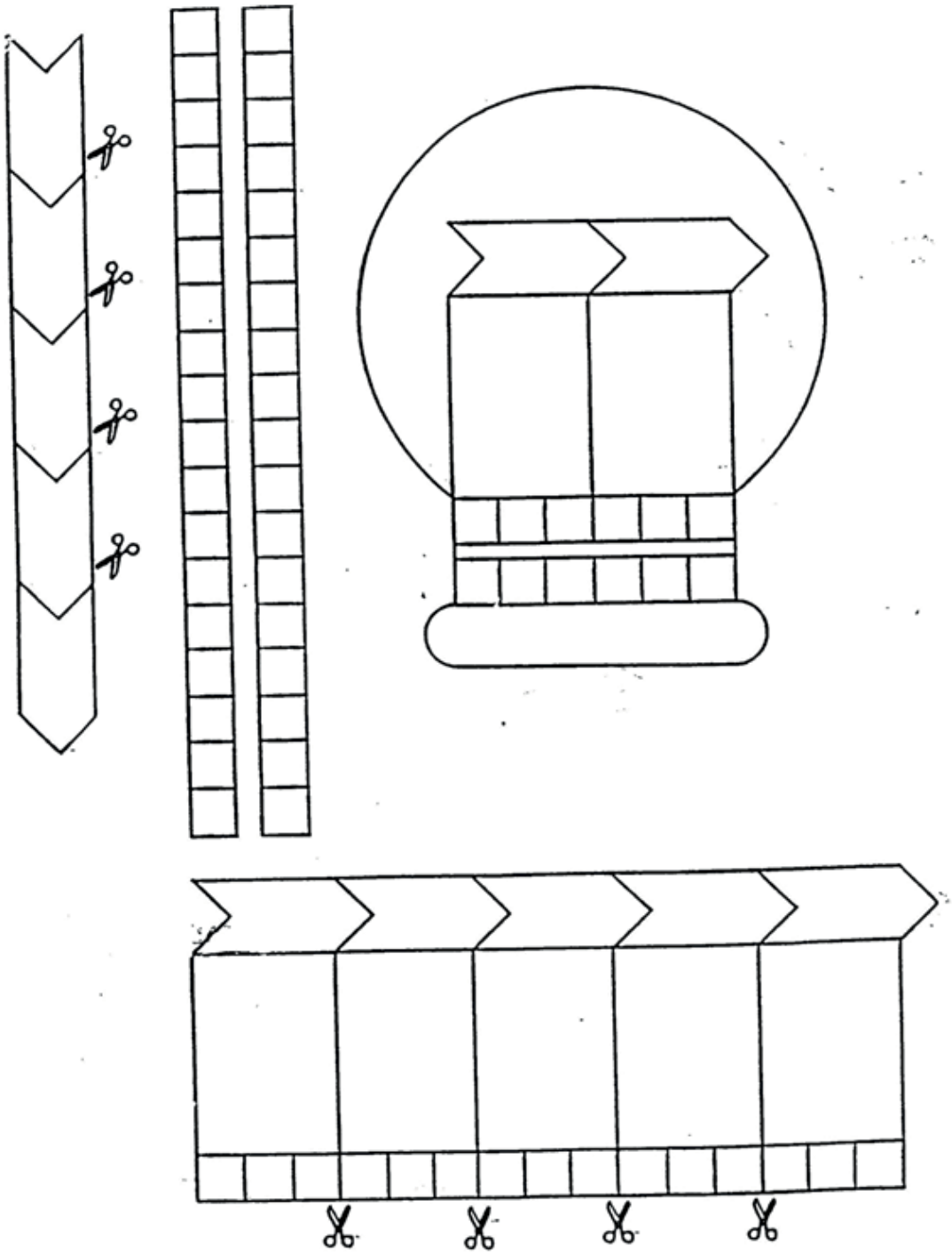
Postopek

- V shemo, ki predstavlja polinukleotidno verigo DNA, vpiši kodogene za vsako aminokislino. Kodogeni so za vseh pet aminokislin navedeni v tabeli 1.
- **Prepiši** genetski kod, ki je na DNA v molekulo mRNA. Ne pozabi načela parjenja baz, da se A vedno prepiše v U in C v G. Ko se prepiše zapis iz DNA na mRNA, mRNA zapusti jedro in se veže na ribosom v citoplazmi. Izreži mRNA.

- **Izreži ribosom** in naredi odprtini, v kateri boš namestil mRNA.
- Namesti **mRNA** na ribosom tako, da na ribosomu zarežeš mesto in vstaviš mRNA na ribosom **tRNA**. Opremi jih z ustreznimi **antikodoni. (Izreži tRNA molekule.)**
- **V modelčke aminokislin vnesi kratice aminokislin, ki gradijo epinefrin**.
- Izreži aminokisline in jih z lepilnim trakom prilepi na ustrezna mesta na prenašalnih RNA.

- Položi prenašalni RNA z aminokislinama tirozin in glicin na ribosom. Pazi na zaporedje nukleotidov **kodona** na mRNA in **antikodona** na tRNA. Ne pozabi, da se A vedno veže z U in C z G.
- Aminokislini, ki sta na **tRNA**, zlepi s koščkom lepilnega traka (peptidna vez).
- **Premakni ribosom** vzdolž mRNA molekule. Prva tRNA se odcepi, druga se premakne na mesto P. Na prazno mesto postavi tRNA z aminokislino glicin. Preveri, če se kodon in antikodon ujemata. Prilepi glicin z lepilnim trakom na predhodno aminokislino. Postopek ponovi z aminokislinama fenilalanin in metionin.
- Premakni ribosom na **stop kodon** in **protein odlepi** od tRNA in ribosoma.
- Ribosom razpade.


IRNA
DNK
aminokisline
mesto vezave tRNA
mesto vezave iRNA
ribosom
prenašalne molekule RNA (tRNA)
mesto vezave
aminokisline na tRNA
tirozin
glicin
glicin
fenilalanin
metionin
antikodoni



Slika 1: Modeli molekul in struktur, ki sodelujejo pri sintezi beljakovin.

Priloge

Rešitve: Sinteza beljakovin

Rešitve

Sinteza beljakovin

1. *Zaporedje aminokislin, ki sestavljajo MET-ENKEFALIN.*
   MET-ENKEFALIN (endorfin) – je živčni prenašalec v centralnem živčnem sistemu
   TYR – GLY – GLY – PHE – MET

2. *Aminokisline njihove mednarodne okrajšave in njihovi kodoni ter antikodoni.*

Tabela 1: **Aminokisline, ki sestavljajo adrenalin, njihovi kodogeni (DNA) in antikodoni (mRNA)**

Aminokislina	Okrajšava	Kodogen (DNA)	Antikodon (mRNA)
tirozin	Tyr	ATA	AUA
glicin	Gly	CCA	CCA
fenilalanin	Phe	AAA	AAA
metionin	Met	TAC	UAC
stop kodon	/	ATT	AUU

3. *Prepisovanje – nastanek mRNA.*

Vpiši kodone aminokislin, ki gradijo met-enkefalin.

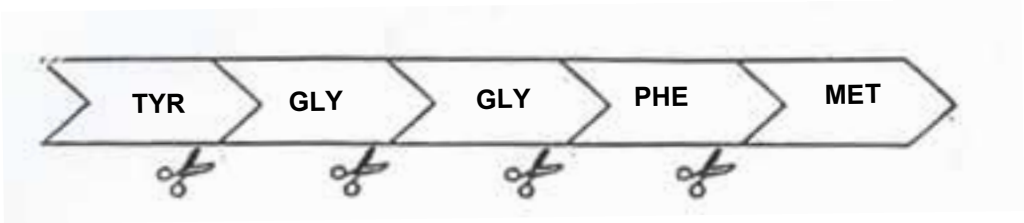
mRNA

mRNA

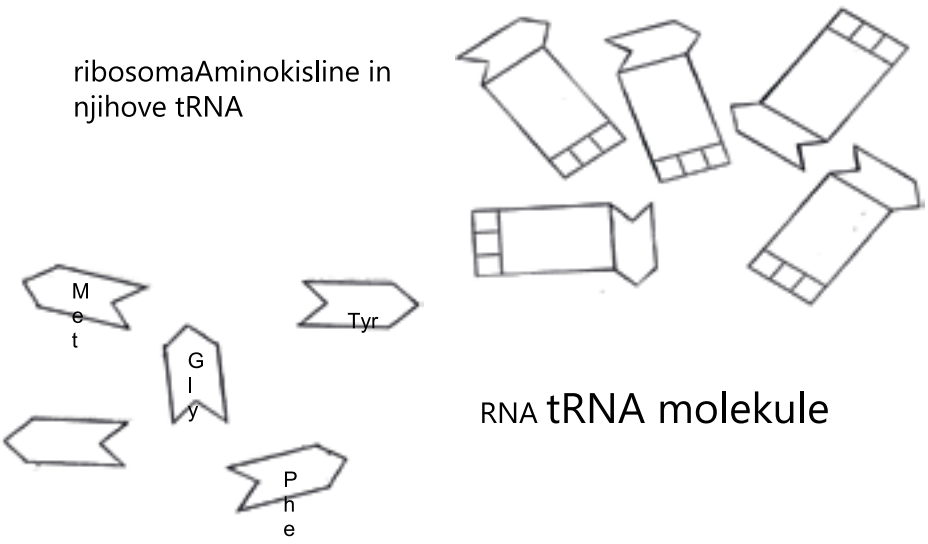
U	**A**	**U**	**G**	**G**	**U**	**G**	**G**	**U**	**U**	**U**	**U**	**A**	**U**	**G**	**U**	**A**	**A**

4. *Veriga aminokislin, ki gradijo met-enkefalin.*

V modele aminokislin vpiši okrajšave za aminokisline in jih nato izreži.



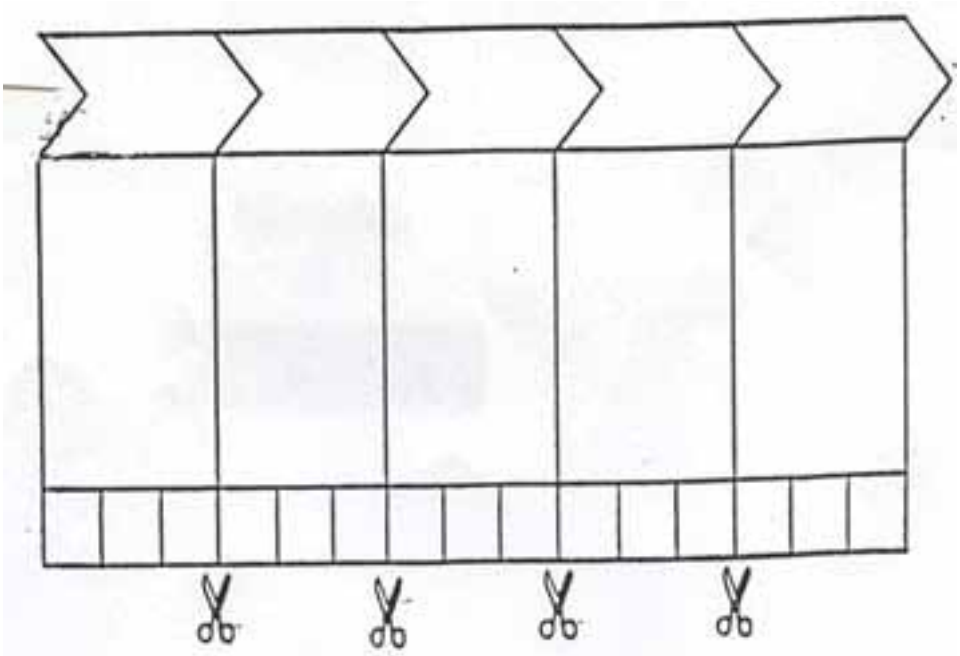
5. *Aminokisline in njihove tRNA molekule.*



6. Prenašalne RNA z aminokislinami.

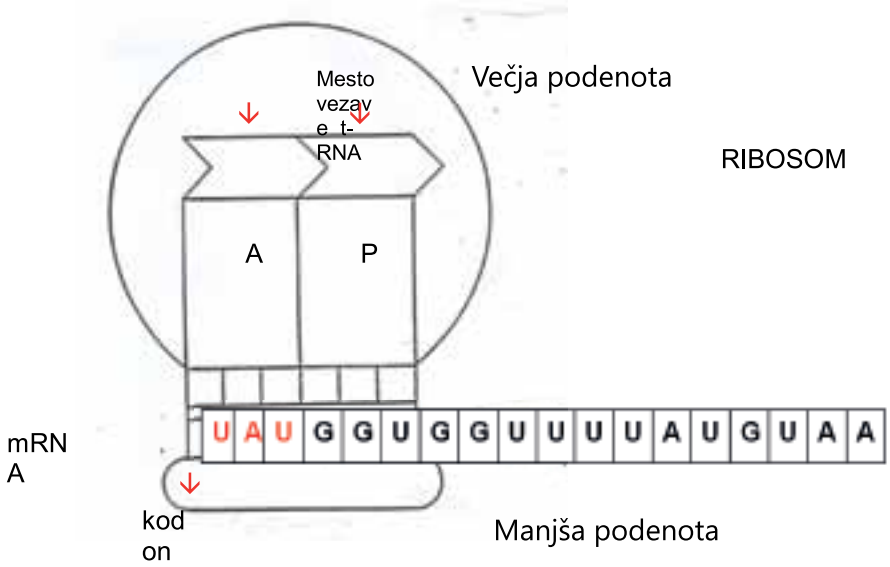
Prenašalne RNA (tRNA)

V zgornji del modela RNA vpiši kratice aminokislin, spodaj pa ustrezne antikodone.



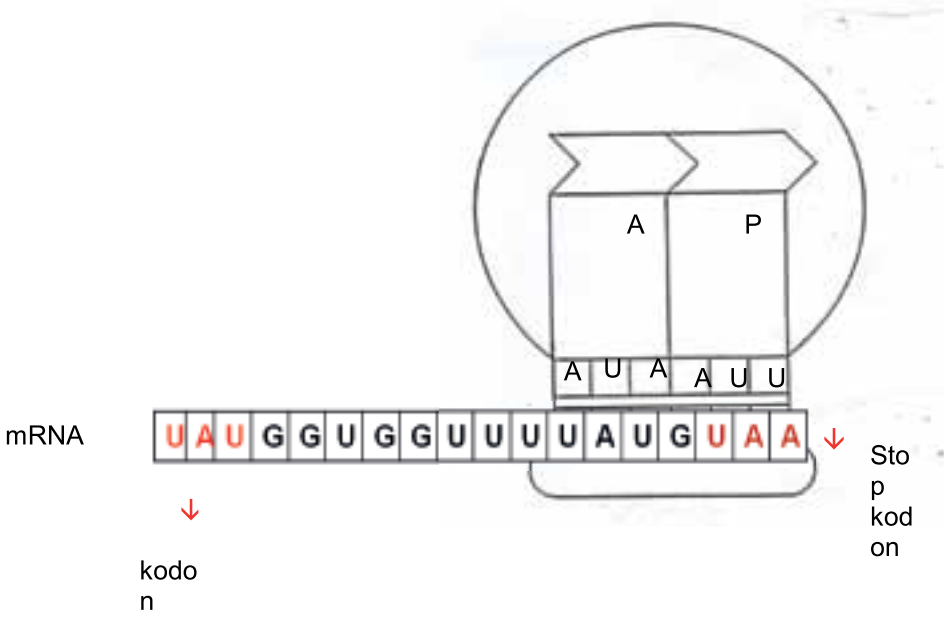
7. Začetek sinteze met-enkefalina na ribosomu.

PREVAJANJE

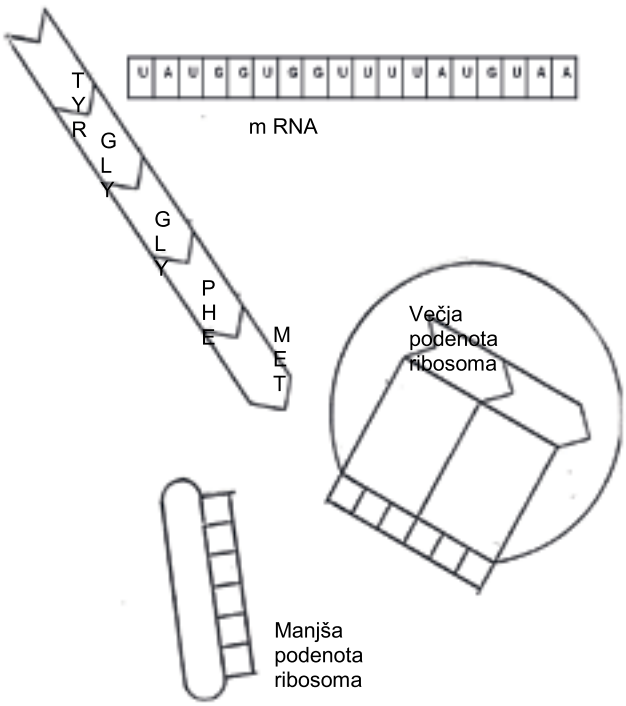


8. *Konec sinteze met-enkefalina na ribosomu.*

PREVAJANJE



9. *Odcepitev beljakovine od ribosoma in razpad ribosoma ob koncu sinteze beljakovin.*


U A U G G U G G U U U A U G U A A
m RNA
T
Y
R
G
L
Y
G
L
Y
P
H
E
M
E
T
Večja
podenota
ribosoma
Manjša
podenota
ribosoma

2.3 Biotehnologija in mikrobiologija

2.3.1 Biotehnologija: Kruh in jogurt

Mihael Tratnik, Gimnazija Šentvid

Kratka vsebina

Vsak dijak pri vaji zamesi in speče kruh ter pripravi jogurt. Ob tem s pomočjo vprašanj in nalog razmišlja o procesih, ki pri tem potekajo, o organizmih, ki te procese izvajajo, in o vplivih nanje. Potek dela dokumentira s fotografiranjem.

Čas izvedbe dejavnosti:

Izvedba dejavnosti doma: približno 3 do 4 ure

Izvedba diskusije v šoli: 45 min

Povezava z učnim načrtom

B - Raziskovanje in poskusi: B1–3

C - Zgradba in delovanje celice: C2–1, 2, 3, 7, 8

F - Zgradba in delovanje organizmov: F4–6, 10, 17, 34

H - Biotehnologija in mikrobiologija; H–13, 16, 17

M - Biologija celice

N - Fiziologija človeka; N–4

Medpredmetne povezave/predznanja drugih predmetov

Kemija: sklop Simbolni zapisi in množina snovi (predznanje o urejanju kemijskih enačb ter kemično računanje (stehiometrija))

Uvod

Izvedba vaje je smiselna po osvojitvi znanj o procesih presnove, zgradbi in delovanju encimov ter osmoze.

Znanja, potrebna za načrtovanje in izvedbo dejavnosti ter pričakovana znanja:

- Biološko eksperimentalno delo
- Celica
- Procesi presnove
- Encimi
- Osmoza

Izvedba

Vsak dijak vajo izvede doma. Prednosti tega so, da za vajo ne porabimo časa med poukom, dijaki pa niso časovno omejeni. Morebitne probleme rešijo sami in se ne zanašajo na pomoč sošolcev. Postopek fotografirajo in s pomočjo slik predstavijo potek dela. Preko fotografij lahko tudi učitelj preveri izvedbo vaje.

Refleksija

Cilja vaje sta predvsem celostno razumevanje procesov presnove ter uporaba teoretičnega znanja v vsakdanjem življenju. Učitelj lahko prenese težišče vaje na druga področja s spreminjanjem vprašanj, npr. s kemijskega računanja na zgradbo in ekologijo kvasovk ter mlečnokislinskih bakterij, zgradbo in pomen beljakovin, prebavo mlečnih beljakovin in pomen želodčne kisline ...

Viri

1 *Motoh, M. (1988). Kuharica. Celje: Mohorjeva družba, str. 170, 196.*

2 *Stušek, P. (1997). Biologija 1, Celica. Ljubljana: DZS.*

Priloge

Delovni list Biotehnologija: Kruh in jogurt

Možni odgovori na vprašanja Biotehnologija: Kruh in jogurt

Fotografije so posneli dijaki Gimnazije Šentvid, novembra 2009.

Delovni list 1

Biotehnologija: Kruh in jogurt

Speci kruh.

Sledi spodnjim navodilom.

Posamezne faze (v navodilih označene z znakom) fotografiraj.

Potrebuješ:
- 1 kg bele moke
- 2 dg kvasa
- žlica soli
- topla voda
- žlička sladkorja
- kalkulator
- periodni sistem
- fotoaparat

A *V skledo stresi malo manj kot kilogram moke (900 g).*
Dodaj žlico soli, premešaj in v sredino naredi jamico.

B *Pripravi kvasec: v veliki skodelici zmešaj kvas, žličko sladkorja, žličko moke in 1/2 dl tople vode približno 35 oC).*
Skodelico postavi na toplo.

Med čakanjem na vzhajanje kvasa odgovori na naslednja vprašanja (1–6).

Kvasec občasno (vsakih 5 minut) poglej. Če preveč naraste, preidi na naslednjo fazo (C) in na vprašanja odgovori pozneje.

1. Uporabil si svež kvas, torej veliko enoceličnih gliv kvasovk (Saccharomyces cerevisiae), ki smo si jih pod mikroskopom ogledali lani. Uporabil bi lahko tudi t. i. suhi kvas, dehidrirane kvasovke. Ali so glive kvasovke v suhem kvasu žive ali so v vrečki prisotni le encimi? Zamisli si poskus (ali več), s katerim(i) bi odgovoril na to vprašanje.

   _____

   _____

2. Zakaj kvasovkam dodamo sladkor (saharozo)? _____
3. Zapiši poenostavljen zapis procesa, ki ga opravljajo glive kvasovke med vzhajanjem.

   _____

4. Glavna sestavina moke je škrob iz pšeničnih semen. Toda amilaze, encima za razgradnjo škroba, kvasovke ne ali le malo proizvajajo. Razmisli, od kod encimi za razgradnjo škroba do maltoze, ki jo kvasovke lahko uporabijo. Zakaj ta encim ne deluje že prej?

   _____

5. Kvasa ne smemo soliti. Kaj se v primeru, da pridejo kvasovke v slano okolje, z njimi zgodi?

   Proces smo opazovali v lanskem šolskem letu pri vaji Osmoza.

   _____

   Ali kvasovke preživijo? _____

6. Kvasu si dodal toplo vodo in skodelico postavil na toplo. Razloži, zakaj!

_____

V katerem poglavju smo obravnavali razloge, ki si jih navedel v odgovoru? _____

7. V nalogi 3 si zapisal proces, ki ga opravljajo kvasovke. Ponovno zapiši proces in kemijsko enačbo uredi.

_____

8. Kvasu si dodal čajno žličko sladkorja (7 g) in čajno žličko moke (5 g).

   Kolikšna prostornina ogljikovega dioksida bi se sprostila, če bi pustili, da kvasovke razgradijo ves sladkor in vso moko v skodelici?

_____

9. Kolikšen odstotek etanola je v raztopini v skodelici s pol decilitra vode (vodo, ki se porabi za hidrolizo škroba, zanemari), če kvasovke razgradijo ves sladkor in vso moko?

_____

C *V tem času so kvasovke izločile toliko ogljikovega dioksida, da se je prostornina vsebine v skodelici precej povečala.*

Vsebino skodelice zlij v jamico. Dodaj še približno 1/2 litra tople vode. Z vilico zmešaj tekočino z moko; lahko si pomagaš z električnim mešalcem. Nato na pomokanem pultu testo gneti toliko časa, dokler ni na površini gladko, znotraj pa se ne lepi na roke. Po potrebi dodajaj moko ali vodo.

Testo pokrij s prtičkom in pusti na toplem vzhajati približno eno uro. (Prtiček prepreči izsušitev in nastanek skorjice.)

Naraslo testo *in nato ponovno zgneti. Oblikuj štruco ali hlebec,* *in daj vzhajati na toplo v naoljen pekač. Po približno eni uri ga po vrhu zareži z nožem,* *in daj v pečico pri temperaturi 180 °C za približno 1 uro.*

Ko je kruh pečen, ga *in povabi družino na prigrizek. Ne pozabi pospraviti kuhinje za sabo!*

Kruh je bil dober.

10. Peka kruha je biotehnološki postopek. Navedi definicijo biotehnološkega postopka.

_____

_____

11. Kolikšen odstotek etanola je v raztopini v skodelici s pol decilitra vode (vodo, ki se porabi za hidrolizo škroba, zanemari), če kvasovke razgradijo ves sladkor in vso moko?

_____

_____

Ob kruhu bi prijal kozarec jogurta. Seveda domačega.

Potrebuješ:
- 1 l mleka
- 4 žlice jogurta

A Liter mleka kuhaj 5 minut *. Med kuhanjem ga mešaj, da se zgosti.*

Nato ga ohladi na 45 °C (tedaj ne peče v dlani, če jih pritisnemo ob stene lonca).

1. Zakaj moramo sveže mleko pred začetkom dela prekuhati?

_____

B Dodamo štiri žlice jogurta *. Mleko in jogurt premešamo v obliki osmice, da se jogurt enakomerno porazdeli. Lonec pokrijemo in postavimo v pečico, ogreto na 50 °C.*

2. Katero bistveno sestavino za postopek dodamo z jogurtom? _____
(opazoval si jih pri mikroskopiranju jogurta na vajah v prvem letniku!).

3. Nekateri hkrati s z jogurtom mleku dodajo še malo kisa ali limoninega soka. Navedi možne vzroke za to dejanje.

_____

4. Ali so bakterije v jogurtu, ki ga kupimo v trgovini, žive? _____

5. S kemijsko enačbo poenostavljeno prikaži presnovo, ki se dogaja med kisanjem mleka.

_____

6. Enak proces občasno poteka tudi v tvojem telesu. Kje in ob katerih pogojih?

_____

7. Končni produkt tega procesa bo spremenil pH-vrednost. Kako bo to vplivalo na beljakovine v mleku?

_____

C *Ko se jogurt zgosti, postavimo lonec v mrzlo vodo, da ustavimo kisanje. Uporabljamo ohlajen jogurt.*

Tudi jogurt je bil dober.

Viri

1 *Motoh, M.(1988). Kuharica. Celje: Mohorjeva družba, str. 170, 196.*

2 *Stušek, P. (1997). Biologija 1, Celica. Ljubljana: DZS, str. 80–81.*

Možni odgovori na vprašanja

Biotehnologija: Kruh in jogurt

A *V skledo stresi malo manj kot kilogram moke (900 g).*
Dodaj žlico soli, premešaj in v sredino naredi jamico.

B *Pripravi kvasec: v veliki skodelici zmešaj kvas, žličko sladkorja, žličko moke in 1/2 dl tople vode približno 35 °C). (foto 1)*
Skodelico postavi na toplo.

Med čakanjem na vzhajanje kvasa odgovori na naslednja vprašanja (1–6).

Kvasec občasno (vsakih 5 minut) poglej. Če preveč naraste, preidi na naslednjo fazo (C) in na vprašanja odgovori pozneje.

1. Uporabil si svež kvas, torej veliko enoceličnih gliv kvasovk (Saccharomyces cerevisiae), ki smo si jih pod mikroskopom ogledali lani. Uporabil bi lahko tudi t.i. suhi kvas, dehidrirane kvasovke. Ali so glive kvasovke v suhem kvasu žive ali so v vrečki prisotni le encimi? Zamisli si poskus (ali več), s katerim(i) bi odgovoril na to vprašanje.

ODG: ***A*** *Ščepec suhega kvasa iz pravkar odprte vrečke bi zmešal z malo vode in sterilno nanesel na gojišče ter počakal nekaj dni ter opazoval, ali se kvasovke množijo in kolonije večajo. V kontrolnem poskusu bi suhi kvas, preden bi ga nanesel na gojišče, nekaj minut kuhal v vodi.*

B *Suhi kvas bi vsul v večjo posodo z nekaj litri prevrete sladkorne raztopine in pokril. V vsakem primeru bi začelo potekati vrenje. V primeru, da so v suhem kvasu prisotni le encimi, bi vrenje potekalo več dni enakomerno; če pa so kvasovke žive, bi se razmnožile in vrenje bi se v nekaj dneh močno pospešilo.*

Kvasovke v suhem kvasu so dehidrirane, a žive.

2. Zakaj kvasovkam dodamo sladkor (saharozo)?

ODG: *Vstopna spojina v glikolizo, začetno fazo alkoholnega vrenja, je glukoza. Kvasovka saharozo (disaharid) razgradi in glukozo ter fruktozo uporabi kot vstopno spojino.*

3. Zapiši poenostavljen zapis procesa, ki ga opravljajo glive kvasovke med vzhajanjem.

ODG: $C_6H_{12}O_6 \longrightarrow CO_2 + C_2H_5OH$

4. Glavna sestavina moke je škrob iz pšeničnih semen. A amilaze, encima za razgradnjo škroba, kvasovke ne ali le malo proizvajajo. Razmisli, od kod encimi za razgradnjo škroba do maltoze, ki jo kvasovke lahko uporabijo. Zakaj ta encim ne deluje že prej?

ODG: *Amilaza je prisotna v pšeničnem semenu, torej v moki. Pred dodatkom vode je encim nedejaven.*

5. Kvasa ne smemo soliti. Kaj se, če pridejo kvasovke v slano okolje, z njimi zgodi?

Proces smo opazovali v lanskem šolskem letu pri vaji Osmoza.

ODG: *Plazmoliza.*

Ali kvasovke preživijo? ***ODG***: *Ne.*

6. Kvasu si dodal toplo vodo in skodelico postavil na toplo. Razloži, zakaj!

ODG: *Pri višji temperaturi se molekule hitreje gibljejo, zato so trki in posledično reakcije številčnejše. Kvas hitreje vzhaja.*

V katerem poglavju smo obravnavali razloge, ki si jih navedel v odgovoru?

ODG: *Encimi (Vaja: Encimi ali Delovanje enostavnih katalizatorjev).*

7. V nalogi 3 si zapisal proces, ki ga opravljajo kvasovke. Ponovno zapiši proces in kemijsko enačbo uredi.

ODG: $C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2CO_2 + 2C_2H_5OH$

8. Kvasu si dodal čajno žličko sladkorja (7 g) in čajno žličko moke (5 g).

Kolikšna prostornina ogljikovega dioksida bi se sprostila, če bi pustili, da kvasovke razgradijo ves sladkor in vso moko v skodelici?

ODG: $C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$

180 92 + 88

$M_{glukoze}$= 180

M_{CO_2}= 44

Iz 1 mola glukoze nastaneta 2 mola CO_2

Iz 180 g glukoze ..... 88 g CO_2

*Iz 12 g glukoze...88g/180 * 12 = 5,9 g CO_2 (= 0,133 mola)*

1mol CO_2 = 44g = 22,4l

5,9g CO_2 = 22,4l / 44 * 5,9 = 3l CO_2

(Lahko tudi tako:

VCO_2 = nCO_2 x VO

VCO_2 = 0,133 mola x 22,4 l

VCO_2 = 3 l CO_2)

9. Kolikšen odstotek etanola je v raztopini v skodelici s pol decilitra vode, če kvasovke razgradijo ves sladkor in vso moko? (porabo vode pri hidrolizi škroba zanemari)

ODG:

$M_{glukoze}$= 180

Metanol = 46

Iz 1 mola glukoze nastaneta 2 mola etanola.

Iz 12 g glukoze nastane 0,133 mola etanola.

$m_{C2H50H} = n \times M$

$m_{C2H50H} = 0{,}133 mol \times 46\ g$

$m_{C2H50H} = 6{,}1\ g$

6,1 g etanola v 0,5 dl vode (50 g vode)

V 56,1 g raztopine je 6,1 g etanola

V 1000 g = 6,1 g / 56,1 g x 1000 = 109 g etanola = 10,9 %

C *V tem času so kvasovke izločile toliko ogljikovega dioksida, da se je prostornina vsebine v skodelici precej povečala (foto 2).*

Vsebino skodelice zlij v jamico. Dodaj še približno 1/2 litra tople vode. Z vilico zmešaj tekočino z moko; lahko si pomagaš z električnim mešalcem. Nato na pomokanem pultu testo gneti toliko časa, dokler ni na površini gladko, znotraj pa se ne lepi na roke. Po potrebi dodajaj moko ali vodo.

Testo pokrij s prtičkom in pusti na toplem vzhajati približno eno uro. (Prtiček prepreči izsušitev in nastanek skorjice.) (foto 3)

Naraslo testo fotografiraj (foto 4) in ga nato ponovno zgneti.

Oblikuj štruco ali hlebec in jo/ga daj vzhajati na toplo v naoljen pekač. Po približno eni uri ga po vrhu zareži z nožem (foto 6) in ga daj v pečico pri temperaturi 180 °C za približno 1 uro.

Ko je kruh pečen, ga fotografiraj (foto 7) in povabi družino na prigrizek. Ne pozabi pospraviti kuhinje za sabo!

10. Peka kruha je biotehnološki postopek. Kaj je biotehnologija?

ODG: *Biotehnologija je proizvodnja dobrin z uporabo organizmov/uporaba živih organizmov, celic (biokultur) ali njihovih delov za proizvodnjo človeku koristnih produktov.*

11. Kaj bi si lahko doma še izdelal z biotehnološkimi postopki?

ODG: *Vino, pivo, kis, kefir, druge kvašene jedi …*

Ob kruhu bi prijal kozarec jogurta. Seveda domačega.

A *Liter mleka kuhaj 5 minut. Med kuhanjem ga mešaj, da se zgosti. Nato ga ohladi na 45 °C (tedaj ne peče v dlani, če jih pritisnemo ob stene lonca). (foto 8)*

1. Zakaj moramo sveže mleko pred začetkom dela prekuhati?

ODG: *Uničimo mikroorganizme v mleku, ki bi opravljali neželene procese.*

B *Dodamo štiri žlice jogurta. Mleko in jogurt premešamo v obliki osmice, da se jogurt enakomerno porazdeli. Lonec pokrijemo in postavimo v pečico, ogreto na 50 °C. (foto 9)*

2. Katero bistveno sestavino za postopek dodamo z jogurtom?

(opazoval si jih pri mikroskopiranju jogurta na vajah v prvem letniku!).

ODG*: Mlečnokislinske bakterije*

3. Ali so bakterije v jogurtu, ki ga kupimo v trgovini, žive? ***ODG****: Da.*

4. Nekateri hkrati z jogurtom mleku dodajo še malo kisa ali limoninega soka. Navedi možne vzroke za to dejanje.

ODG*: Mlečnokislinske bakterije bolje uspevajo v kislem okolju. Konkurenčne bakterije (npr. gnilobne) v kislem okolju zelo slabo uspevajo.*

5. S kemijsko enačbo poenostavljeno prikaži proces presnove, ki se dogaja med kisanjem mleka.

***ODG**: $C_6H_{12}O_6 + 2ADP + 2\ P \longrightarrow 2CH_3CHOHCOOH + 2ATP$*

6. *Enak proces občasno poteka tudi v tvojem telesu. Kje in ob katerih pogojih?*

***ODG:** Ob pomanjkanju kisika v mišicah, simbiontski Doderleinovi bacili (Lactobacillus acidophilus) v nožnici, nekatere simbiontske bakterije v debelem črevesu.*

7. *Končni produkt tega procesa bo spremenil pH-vrednost. Kako bo to vplivalo na beljakovine v mleku?*

***ODG**: Terciarne struktura beljakovin se bo spremenila.*

C *Ko se jogurt zgosti, postavimo lonec v mrzlo vodo, da ustavimo kisanje. Uporabljamo ohlajen jogurt.*

2.3.2 Kisanje mleka

Tatjana Durmič, Gimnazija Novo mesto

Kratek opis

Z vajo utrjujemo poznavanje mlečnokislinskega vrenja, dijaki predvidijo, opazujejo in razložijo vpliv mikroorganizmov na različne vrste mleka, ki ga uporabljajo v vsakdanjem življenju.

To laboratorijsko delo lahko izvajamo:

a) po laboratorijskem delu Alkoholno vrenje,

b) pri maturantih za utrjevanje metabolnih procesov v celicah.

Trajanje

30 minut za izvedbo poskusa in postavljanje hipoteze ter 30 minut za razpravo o rezultatih in za reševanje delovnega lista. Za zajemanje podatkov potrebujemo štiri dni pri sobni temperaturi. Postopek lahko pospešimo, če poskusne posode postavimo v vodno kopel na 35 °C.

Povezava z biološkimi koncepti in cilji

- C2-7 (delovanje celice/mlečnokislinsko vrenje),
- maturitetni program: M (biologija celice).

Medpredmetne povezave: /

Uvodna vsebinska izhodišča

- utrjevanje
- poznavanje osnovnih presnovnih procesov za nastajanje ATP v celicah

Predstavitev konkretizacije izbranega pristopa

Laboratorijsko delo je demonstracija. Pripravo poskusa in nastavitev programa izvede manjša skupina dijakov (od dva do štiri).

Pred začetkom poskusa dijaki na podlagi razpoložljivega materiala načrtujejo izvedbo in potek poskusa. Predlagam sveže mleko, kratkotrajno, pasterizirano mleko in trajno mleko, ki je sterilizirano.

Postopek

V tri 200-mililitrske erlenmajerice nalijemo 10 ml različnih vrst mleka (sveže kravje

mleko, pasterizirano kravje mleko in trajno mleko). Da bi izvajali nadzorovan poskus, izberemo pasterizirano in trajno mleko z največjo vsebnostjo maščob. Tako pripravljene erlenmajerice ustrezno označimo. V vsako vstavimo senzor za pH in ga preko vmesnika povežemo z računalnikom. Po navodilu o delu z Vernierjevimi vmesniki in programom LogerPro zaženemo program, ki naj traja najmanj 48 ur pri sobni temperaturi vsaj 20 °C. V hladnejšem okolju postavimo erlenmajerice v vodno kopel s 24 °C.

Podatke zajemamo na eno uro.

Po končanem zajemanju podatkov sledita shranjevanje podatkov in diskusija.

Navodila za delo z Vernierjevimi senzorji

Postopek:

1. Pripravite računalnik za delo.
2. Na enega od analognih kanalov priključite ustrezen senzor .
3. V meniju ***Experiment*** izberite podmeni ***Data Collection*** in nastavite merilni čas ter število meritev na časovno enoto. Svojo izbiro potrdite z ukazom ***Done***.
4. Meritev sprožite z ukazom ***Collect***.
5. Meritev ustavite z ukazom ***Stop***.

   Kaj storimo, če je treba postopek merjenja izvajati večkrat?
6. Meritev sprožite tako, da ponovno pritisnete ukaz ***Collect***, in pokaže se vam okno, v katerem izberete ukaz ***Store Latest Run***.
7.
   - Vpišite naslov grafa (***Options*** ⟶ ***Graph options*** ⟶ ***Title***:_____),
   - poimenujte krivulje (***Insert*** ⟶ ***Text Annotation***),
   - shranite svojo meritev v ustrezno datoteko.

Refleksija

Učitelj: Laboratorijsko delo s pomočjo računalniškega programa za zajemanje podatkov omogoča več časa za diskusijo in vrednotenje rezultatov.

Učenci: Zadovoljni so, ker sami načrtujejo poskus, delajo z računalnikom in rezultate povežejo s pojavi iz vsakdanjega življenja.

Priporočena gradiva

1 *Šorgo, A. (2005). Računalniško podprt laboratorij pri pouku biologije. Ljubljana: Zavod RS za šolstvo.*

2 *Planinšič, G. (2004). Vernier LabPro in senzorji v šoli. Ljubljana: Fakulteta za matematiko in fiziko. Dostopno na spletnem naslovu: sss.fmf.uni-lj.si/data/91.pdf (citirano 25. 4. 2010).*

Priloge

Delovni list za dijake: Laboratorijsko delo – Kisanje mleka

Vaja: Kisanje mleka

Delovni list za dijake

Laboratorijsko delo - Kisanje mleka

Uvod

Kisanje mleka je posledica encimsko vodenih reakcij v mlečnokislinskih bakterijah, ki za ta proces ne potrebujejo kisika. V procesu porabljajo glukozo kot vir energije, produkta razgradnje glukoze pa sta celična energija v molekulah ATP in mlečna kislina. Zaradi nastale mlečne kisline se mleko skisa.

Cilji

Ugotoviti razlike v hitrosti kisanja mleka, ki je v primerjavi s svežim kravjim mlekom toplotno ali kako drugače obdelano.

Material:

- tri vrste mleka različne obdelave,
- tri erlenmajerice,
- trije senzorji za merjenje pH,
- računalniški vmesnik,
- program LoggerPro 3.1.

Pogovor

1. Glukoza je vir energije za proces, ki ga spremljamo. Katera snov v mleku vsebuje glukozo?

   _____

   Zapišite molekule, ki ta disaharid gradijo.

   _____

2. Na podlagi katerega kvantitativnega podatka, dobljenega v poskusu, lahko trdimo, da je mlečna kislina stranski produkt mlečnokislinskega vrenja?

   _____

3. Kako bi pri vaji ugotovili, da je potekal celični proces, pri katerem mlečnokislinske bakterije proizvajajo ATP?

   _____

4. Kako bi dokazali, da se omenjeni proces res dogaja v celicah?

   _____

5. Katere vrste mleka smo uporabili pri poskusu?

   _____

6. V čem se izbrane vrste mleka razlikujejo?

7. Zakaj spremljamo proces v različnih vrstah mleka?

8. Napišite hipotezo o poteku procesa v vseh treh vrstah mleka.

9. Rezultati:

10. Znanstveniki so ugotovili, da je stranski produkt mlečnokislinskega vrenja samo mlečna kislina.

    Ko jogurtu v lončku poteče rok uporabe, opazimo, da se pokrovček napihne. Razložite ta pojav.

11. Kaj je vzrok, da se mleko ne skisa, ampak se »pokvari« in prične zaudarjati?

12. Naštejte kvalitativne in kvantitativne metode, ki ste jih uporabili pri poskusu.

13. Sklepi:

Evalvacija

Svoje delo ocenjujem kot:
nezadostno zadostno dobro prav dobro odlično

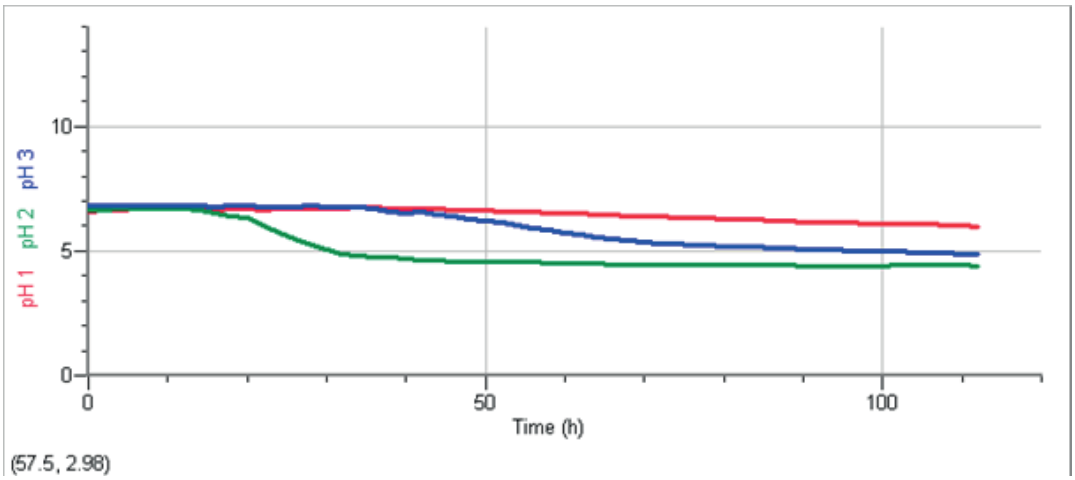
Ocena vaje oz. laboratorijskega dela:
nezadostno zadostno dobro prav dobro odlično

Pripombe in pobude:

Vaja

Kisanje mleka

Rezultat



Graf 1: Prikaz meritev spremembe pH mleka 1, mleka 2 in mleka 3 pri sobni temperaturi v vaji Kisanje mleka

Legenda: *mleko 1 – rdeč graf*
mleko 2 – zelen graf
mleko 3 – moder graf

Katero vrsto mleko smo označili z oznako

- mleko 1? _____
- mleko 2? _____
- mleko 3? _____

2.4 Zgradba in delovanje organizmov

2.4.1 Agava pod drobnogledom

Simona Strgulc Krajšek, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani

Kratka vsebina

Pri pouku biologije v gimnaziji naj bi se vsi dijaki seznanili z uporabo mikroskopa. Izbira preparata, ki ga s pomočjo mikroskopa opazujejo, v učnem načrtu ni predpisana, ampak je prepuščena učitelju. Smiselno je izbrati preparat, ki je zanimiv in ob katerem je mogoče predstaviti različne biološke koncepte, povezane z zgradbo, delovanjem in ekologijo opazovane vrste. Sveže pripravljeni rastlinski preparati so za opazovanje zelo primerni, saj so enostavno dostopni in zaradi velikosti rastlinskih celic (ki so večinoma precej večje od živalskih) enostavni za opazovanje. V prispevku je prikazan postopek priprave mikroskopskega preparata lista ameriške agave in njegov opis. Ob predstavitvi opazovanih struktur so prikazane povezave z njihovo nalogo v rastlini, ekologijo opazovane vrste in njeno uporabnostjo za človeka. Način, ki je uporabljen za predstavitev prečnega prereza lista ameriške agave, lahko učitelj enostavno prilagodi za opazovanje vseh drugih rastlinskih mikroskopskih preparatov.

Čas za izvedbo aktivnosti

Izvedba s predhodno pripravo preparata: 2 šolski uri (90 minut)

Izvedba, kjer dijaki samostojno pripravljajo preparat: 3 šolske ure (135 minut)

Povezava z učnim načrtom

B - Raziskovanje in poskusi (B1),

C - Celica (C1),

E - Evolucija (E2),

F - Zgradba in delovanje organizmov (F1-2, F4),

M - Biologija celice

Medpredmetne povezave/predznanja drugih predmetov

Fizika: optika, delovanje lupe in mikroskopa (UN Fizika: poglavje 17. Svetloba)

Kemija: barvila (UN Kemija: poglavje 3.1.12 Barve in barvila)

Geografija: podnebni pasovi (UN Geografija: poglavja 3.1.6 Rastlinstvo in živalstvo, 3.2 Geografija sveta: Latinska in Severna Amerika)

Uvod

V gimnazijskem programu pri predmetu Biologija se vsi dijaki srečajo z mikroskopom. Uporabljajo ga pri laboratorijskem delu, kjer spoznavajo različne pristope k

raziskovalnemu delu v biologiji ter pri spoznavanju zgradbe celice (Vilhar s sod., 2008).

Iz lastnih izkušenj in iz pogovorov z učitelji vem, da je mikroskopiranje med dijaki priljubljeno, še posebej, ko opazujejo kak zanimiv preparat, ki ga lahko raziskujejo dalj časa. Pri opazovanju kompleksnih mikroskopskih preparatov pa se kaj lahko zgodi, da se le »sprehajamo« po sliki in jo opazujemo ter ne vemo, kje in kako bi se lotili opisovanja in razlage. Druga težava je, da se pri opazovanju in opisovanju preparata osredotočimo le na prepoznavanje različnih tipov celic in drugih struktur in jih ne povežemo z njihovo vlogo v rastlini. Tako pridemo le do množice zapletenih strokovnih imen, ki pa nam brez povezave s funkcijo ter z biologijo in ekologijo vrste ne povedo ničesar.

Kot primer kompleksnega preparata, ki je primeren za opazovanje pri pouku biologije, sem izbrala prečni prerez lista ameriške agave (Agave americana), saj se da na podlagi opazovanja mikroskopske strukture izpeljati veliko povezav na biologijo in ekologijo ter na tradicionalno uporabnost opazovane vrste.

Ameriška agava (Agave americana)

Ameriška agava sodi med enokaličnice, v družino agavovk (Agavaceae) in izvira iz Mehike, kjer raste na suhih polpuščavskih rastiščih. Listi agave rastejo v pritlični rozeti. So mesnati in lahko zrastejo tudi do dva metra v dolžino. Po robu so listi trnati, dolg in močan trn pa se razvije tudi na konici lista. Površina lista je pokrita z voskastim poprhom, zato je na pogled sivozelene barve. Rastlina zacveti po več letih rasti. Takrat požene dolgo pokončno steblo, na katerem se razvije več socvetij. Po cvetenju rastlina razvije plodove s semeni in propade. Poleg spolnega razmnoževanja s semeni se agava razmnožuje tudi vegetativno, s pomočjo podzemnih poganjkov, ki poženejo iz kratkega stebla na dnu listne rozete.

Prilagoditev rastline na sušne življenjske razmere je poseben tip fotosinteze, imenovan CAM-metabolizem. CAM-rastline imajo listne reže (zaradi preprečevanja izgube vode iz rastline) odprte le ponoči (ko so temperature nižje in je manjše izhlapevanje). V tem času se ogljikov dioksid, ki skozi listne reže vstopi v rastlino, veže v organske kisline, ki jih rastlina shrani v listih. Podnevi, ko so reže zaprte, se iz organskih kislin sprošča CO_2, ki se vključi v Calvinov cikel fotosinteze.

Ameriško agavo po svetu gojijo kot okrasno rastlino. V Sredozemlje so jo prinesli v 16. stoletju. Na Primorskem je kot okrasna rastlina sajena na prostem, lahko pa jo gojimo tudi v loncu kot sobno rastlino. Vrsta je po prenosu v nekatera nova okolja postala invazivna. Kot invazivna tujerodna vrsta raste na več otokih v Tihem oceanu, v Avstraliji, na Novi Zelandiji ter na Kanarskih otokih.

Ameriški agavi je sorodna vrsta modra agava (*Agave tequilana*), iz katere v Mehiki pridobivajo alkoholno pijačo tekilo. Iz druge vrste iz rodu agava Agave sisalana pa pridobivajo vlakna za vrvi, imenovana sisal.

Priprava na mikroskopiranje

Za opazovanje prečnega prereza lista ameriške agave potrebujemo dobro nastavljen mikroskop in lep tanek preparat lista.

Priprava mikroskopa

Dobro nastavljen mikroskop ima čiste leče in ustrezno nastavljeno svetlobno pot, ki jo nastavimo s pomočjo sistema leč v kondenzorju in zaslonk. Le z dobro nastavljenim mikroskopom bomo lahko dobili kakovostno sliko preparata. Če nimamo časa, da bi dijaki pred mikroskopiranjem sami nastavljali mikroskope, mora to namesto njih narediti učitelj ali laborant.

Pribor za mikroskopiranje

Pri mikroskopiranju potrebujemo pribor za izdelavo preparata in pripomočke za mikroskopiranje. Za izdelavo preparata prečnega prereza lista agave potrebujemo:

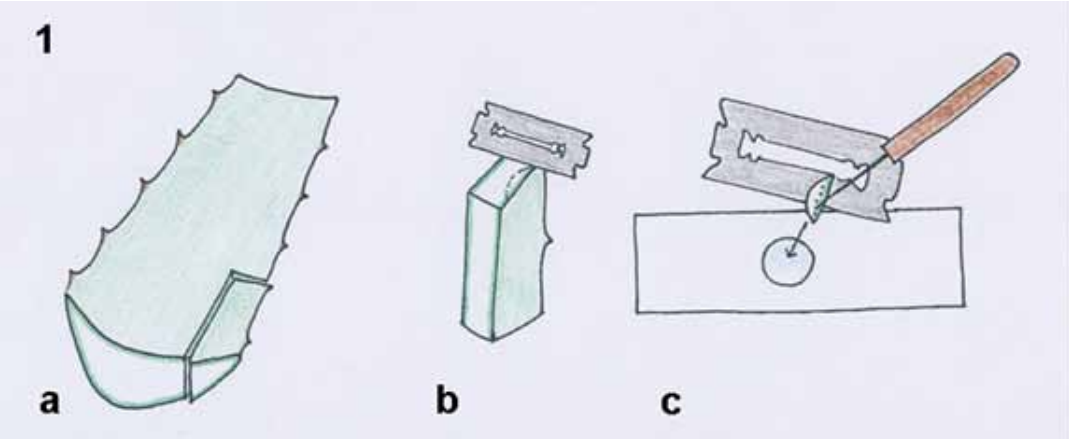
- objektna in krovna stekelca, ki morajo biti čista, saj lahko razne nečistoče na stekelcih zelo motijo opazovanje,
- kapalko in čašo z vodo,
- preparirno iglo,
- pinceto,
- britvice, ki morajo biti ostre (najbolje, da vzamemo nove); če z britvicami varčujemo in uporabljamo skrhana rezila, kljub trudu ne bomo zadovoljni s preparatom,
- filtrirni papir, ki ga narežemo na dolge ozke trakove, ki so enake oblike kot objektna stekelca, le nekoliko manjši,
- krpico ali papirnato brisačo za čiščenje stekelc,
- barvilo safranin (pripravimo 1-odstotno raztopino barvila v 96-odstotnem etanolu; pred uporabo ga razredčimo z enako količino vode tako, da je končna koncentracija približno 0,5-odstotni safranin v 50-odstotnem etanolu),
- posodico za odlaganje uporabljenega filtrirnega papirja in drugih odpadkov ter
- košček lista ameriške agave (glej sliko 1a).

Postopek priprave preparata

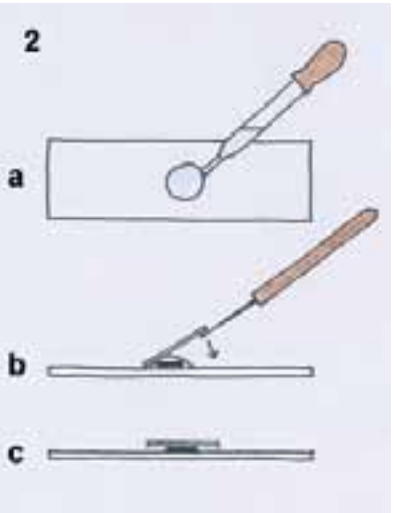
1. Pripravimo objektno stekelce in ga položimo na ravno in čisto podlago. Na stekelce kanemo kapljico vode (slika 2a).
2. V roke vzamemo košček lista ameriške agave (slika 1a). Pri tem pazimo, da po delu z agavo ne segamo z rokami na obraz, predvsem pa ne na območje oči, saj lahko ostri kristali, ki jih rastlina vsebuje, dražijo kožo. Z britvico odrežemo debelo prečno rezino lista, ki jo zavržemo. S tem dobimo lepo ravno in svežo površino, s katere bomo rezali rezine za opazovanje. Pri rezanju moramo paziti, da so rezine resnično odrezane prečno na list (slika 1b). To je pomembno predvsem, če so preparati nekoliko debelejši. Rezine vedno režemo od tršega dela proti mehkejšemu. V našem primeru je to od povrhnjice proti notranjosti lista. Potrebujemo majhne in čim tanjše rezine. Vedno jih odrežemo več in na koncu za opazovanje izberemo najboljše.
3. Prečne rezine lista sproti prenašamo v kapljico vode na objektnem stekelcu.

Pri tem si pomagamo s preparirno iglo ali pinceto (slika 1c). Če je katera izmed rezin predebela, jo s pinceto odstranimo in zavržemo.

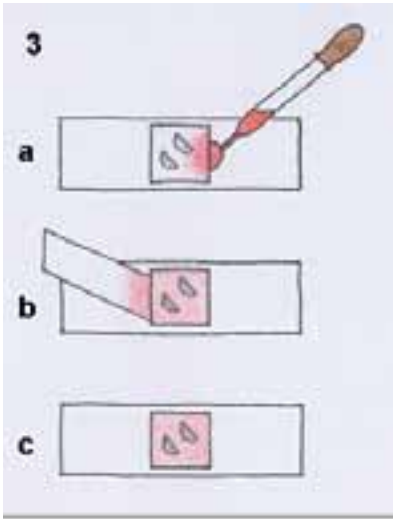
4. Preparat pokrijemo s krovnim stekelcem. Pri pokrivanju si pomagamo s preparirno iglo (slika 2b, c). Po pokrivanju s filtrirnim papirjem okrog krovnega stekelca odstranimo odvečno vodo.
5. Preparat po opazovanju lahko pobarvamo s safraninom (slika 3). Safranin je močno barvilo, zato ga uporabljamo v majhnih količinah. Preparat obarvamo tako, da na rob krovnega stekelca že pripravljenega preparata kanemo kapljico safranina (slika 3a). Na nasprotno stran krovnega stekelca primaknemo filtrirni papir, ki potegne barvilo pod krovno stekelce (slika 3b). Če barvilo ne oblije koščka tkiva z vseh strani, lahko s pomočjo preparirne igle nekoliko privzdignemo krovno stekelce, da barvilo steče tudi po gornji površini rezine. Preparat naj se barva nekaj minut, nato na rob krovnega stekelca kanemo kapljico vode in s filtrirnim papirjem potegnemo barvilo izpod stekelca. Postopek ponavljamo toliko časa, da je preparat oblit le z vodo.



Slika 1: Rezanje prečnih rezin lista agave. **a)** Z lista agave odrežemo podolgovat kos, ki ga bomo lahko držali v roki. **b)** Z ostro britvico odrežemo čim tanjši košček lista velikosti, ki je prikazana s črtkanimi črticami. **c)** S preparirno iglo ali s pinceto odrezano rezino prenesemo v kapljico vode na objektnem stekelcu. Koraka, opisana v točkah b in c, ponavljamo, dokler ne dobimo vsaj treh tankih koščkov, primernih za opazovanje s svetlobnim mikroskopom.



Slika 2: Pokrivanje preparata s krovnim stekelcem. **a)** Na čisto objektno stekelce s kapalko kanemo kapljico vode. Kapljica ne sme biti ne prevelika ne premajhna. **b)** V kapljico položimo rezine lista. Nato z roko prislonimo krovno stekelce pod kotom na rob kapljice. V drugo roko primemo preparirno iglo, s katero zadržujemo krovno stekelce, in ga počasi spuščamo proti objektnemu stekelcu. Tako se izognemo nastanku mehurčkov pod krovnim stekelcem, ki bi lahko motili opazovanje. **c)** Če je odrezani košček tkiva enakomerno debel in smo preparat pravilno pokrili, leži krovno stekelce vzporedno z objektnim stekelcem. Po pokrivanju s filtrirnim papirjem obrišemo odvečno vodo. Voda ne sme segati izpod roba krovnega stekelca. Prav tako s filtrirnim papirjem odstranimo kapljice vode z zgornje strani krovnega stekelca, ki bi lahko umazale objektiv.



Slika 3: Barvanje preparata s safraninom. **a)** S kapalko kanemo majhno kapljico safranina na rob krovnega stekelca mikroskopskega preparata. **b)** Na drugo stran krovnega stekelca prislonimo rob filtrirnega papirja. Filtrirni papir bo izpod krovnega stekelca potegnil vodo, safranin pa bo stekel pod stekelce. **c)** Preparat pustimo nekaj minut, da se obarva, nato ponovimo postopka a in b, le da namesto safranina uporabimo vodo. Tako izpod krovnega stekelca speremo odvečno barvilo, ki bi motilo opazovanje.

Opazovanje preparata

Opazovanje cele rastline

Pred opazovanjem preparata z mikroskopom morajo dijaki spoznati celo rastlino. Najbolje je, če lahko v učilnico prinesemo v lonček posajeno rastlino ameriške agave. Na celi rastlini si lahko ogledamo, kaj je listna rozeta, pojasnimo, kaj pomeni, da so listi mesnati (sočni), in kaj je to poprh na površini listov.

S prostim očesom lahko opazimo tudi, da so listi zeleni na spodnji in zgornji strani. Na prerezu lista pa vidimo, da so v notranjosti beli. Listi agave rastejo tako, da so osvetljeni z vseh strani, in zato so na njihovi gornji in spodnji strani celice, kjer poteka fotosinteza. Zaradi debeline listov svetloba v osrednji del lista ne prodre, zato v osrednjem delu ni celic s kloroplasti.

Posebnosti v zunanji zgradbi rastline (listi z zalogo vode, voščena prevleka na listni površini, trnat listni rob) povežemo z življenjskimi problemi, ki jih ima rastlina zaradi življenja v sušnem in vročem okolju, v katerih se je vrsta evolucijsko razvijala. Za ilustracijo življenjskih razmer, v katerih rastlina uspeva v naravi, uporabimo slikovna gradiva iz literature in s spleta.

Povezave med življenjskimi problemi agave, ki jih lahko opazimo na različnih stopnjah opazovanja preparata ameriške agave, in rešitvami zanje, so prikazane v preglednici 1.

Prav tako je dobro, da dijakom pokažemo fotografijo cvetoče rastline, da si lažje predstavljajo velikost, ki jo rastlina v času cvetenja doseže. Kot zanimivost pa lahko pokažemo tudi fotografije ameriških agav, ki so nasajene na jadranski obali, saj so jih mnogi verjetno že videli v živo in bodo rastlino povezali z osebno izkušnjo iz preteklosti in si jo tako bolje zapomnili.

Opazovanje rastline z lupo

Po opazovanju rastline s prostim očesom nadaljujemo opazovanje lista ameriške agave pod lupo. Uporabimo lahko navadne ročne lupe, z npr. 10-kratno povečavo.

Z ročno lupo si lahko pobliže ogledamo trne na listnem robu in površino lista.

Če pred opazovanjem lista ameriške agave z lupo po površini lista podrgnemo s prstom in odstranimo poprh, na listni površini (pri opazovanju z lupo) opazimo drobne svetle pike, ki ostanejo tam, kjer poprha nismo mogli odstraniti. To so mesta, kjer se nahajajo ugreznjene listne reže. Ugreznjene listne reže so še ena prilagoditev vrste na sušne razmere v okolju. Ko rastlina, ki ima ugreznjene listne reže, reže odpre, iz njih izhlapi manj vode, kot bi jo izhlapelo, če bi bile reže izpostavljene na površini lista.

Z lupo lahko opazujemo tudi rezine lista, ki smo jih pripravili za opazovanje z mikroskopom. Opazovanje rezin z lupo pred uporabo mikroskopa namreč pomaga pri premagovanju težav s predstavljivostjo velikosti posameznih rastlinskih struktur pri opazovanju z mikroskopom.

Opazovanje neobarvanega preparata z mikroskopom

Tudi če nameravamo preparat obarvati, si ga moramo najprej vedno ogledati neobarvanega (slika 4a). Nekatere strukture so namreč na neobarvanem preparatu bolje opazne in bolj predstavljive. Dobro se na primer vidi, da je povrhnjica prosojna, saj mora dobro prepuščati svetlobo do fotosinteznega tkiva pod njo. Če bi takoj opazovali preparat, ki je obarvan s safraninom, bi si dijaki lahko napačno predstavljali, da je kutikula na povrhnjici rožnate barve.

Na neobarvanem preparatu se zelo lepo vidi tudi zelena barva kloroplastov, ki se po barvanju s safraninom nekoliko spremeni.

Opazovanje obarvanega preparata z mikroskopom

Nazadnje opazujemo obarvani preparat. Dijakom pojasnimo, katere strukture se z uporabljenim barvilom obarvajo. Preparat ponovno pregledamo in ga sistematično opišemo. Pri opisovanju povezujemo zgradbo z delovanjem in ekologijo rastline.

Pri opazovanju prečnega prereza lista moramo paziti, da dijakom poudarimo tridimenzionalnost opazovanih struktur. Da celice niso kvadratne (dvodimenzionalne), ampak kvadraste (tridimenzionalne) oblike, da traheje v žilah niso okrogle odprtine, ampak dolge cevi, ki omogočajo prenos snovi po rastlini na dolge razdalje. Če imamo dovolj časa, lahko dijakom pokažemo še preparat vzdolžnega prereza lista, ki prikazuje celice v drugi dimenziji in pripomore k prostorski predstavi zgradbe lista.

Preglednica 1: Povezave med življenjskimi problemi ameriške agave in evolucijskimi prilagoditvami nanje.

		Raven opazovanja			
Življenjski problem	**Rešitev (evolucijska prilagoditev)**	s prostim očesom	lupa	neobarvan mikroskopski preparat	obarvan mikroskopski preparat
oskrba rastline z organskimi snovmi (za izgradnjo rastline in kot vir energije)	fotosintezno tkivo pod površino lista	■	■	■	■
prevajanje vode, organskih in mineralnih snovi na dolge razdalje (oskrba vseh delov rastline)	žile: • ksilem, ki prevaja vodo z raztopljenimi mineralnimi snovmi • floem, ki prevaja v vodi raztopljene organske snovi			■	■
pomanjkanje vode (suša)	kutikukula in voskasti poprh	☑	☑	☑	☑
	ugreznjene listne reže		☑	☑	☑
	vodno tkivo kot zaloga vode	☑	☑	☑	☑
	CAM-fotosinteza				
močna sončna osvetljenost	poprh na listni površini	☑	☑	☑	☑
obžiranje (rastlinojedi)	trni na listnem robu	☑	☑		
	kristali (rafidi in stiloidi) v vodnem tkivu			☑	☑
opora za težak list	snopi opornih celic (sklerenhimskih vlaken) z debelo celično steno			☑	☑
shranjevanje založnih snovi	inulin				

Opis preparata

Prečni prerez lista ameriške agave je precej kompleksen preparat, zato se je njegovega opisa najbolje lotiti po nekem vnaprej določenem sistemu. Sistem opisovanja, ki ga bom uporabila za preparat agave, lahko uporabimo tudi za vse druge rastlinske mikroskopske preparate.

List ameriške agave sestavljajo različni tipi tkiv. Ta lahko v grobem delimo na tri skupine: krovna, prevodna in osnovna tkiva.

Krovna tkiva so tista, ki pokrivajo rastlinske organe. Pri zelenih delih rastlin je to navadno **povrhnjica**. Povrhnjico pri podzemnih organih lahko zamenja plast mrtvih oplutenelih celic imenovana eksoderm, pri olesenelih ali močno odebeljenih delih rastline pa plast **plute**. Povrhnjica lahko vsebuje tudi dodatne strukture, ki zagotavljajo boljšo zaščito rastline pred zunanjimi vplivi. Te strukture so npr. laski, bodice, kutikula, voski in podobno. Povrhnjica pa ima lahko tudi žlezno funkcijo, saj lahko preko žleznih laskov in podobnih struktur izloča snovi v okolico.

Prevodna tkiva so tkiva, ki po rastlini prevajajo snovi na dolge razdalje. Najdemo jih v prevodnih delih rastlinskih organov ali žilah. Prevodno vlogo imata **ksilem** in **floem**. Med ksilemskimi in floemskimi prevodnimi celicami so v žilah lahko še celice, ki ne prevajajo snovi po rastlini, temveč so za oporo in polnitev prostora med prevodnimi celicami. V žilah v steblu dvokaličnic pa so prisotne tudi meristemske celice.

Osnovna tkiva so vsa druga tkiva. Glede na zgradbo celične stene jih delimo na tri skupine: parenhim, kolenhim in sklerenhim. **Parenhimske celice** imajo le primarno celično steno, ki je po vsej površini tanka. Te celice so žive in imajo v rastlini različne naloge. Lahko opravljajo fotosintezo, lahko so založne celice, lahko skladiščijo vodo. **Kolenhimske celice** so tudi žive celice, ki imajo primarno celično steno neenakomerno odebeljeno. Zato je kolenhimsko tkivo hkrati prožno in trdno. Najpogosteje jih najdemo kot oporo v listnih pecljih. **Sklerenhimske celice** pa imajo poleg primarne celične stene tudi sekundarno celično steno, ki je lahko zelo debela. Mlade sklerenhimske celice so žive, ko pa do konca naložijo sekundarno celično steno, običajno propadejo in od njih ostane le še stena. Njihove naloge so povezane z oporo in zaščito.

Krovno tkivo pri listu ameriške agave

List ameriške agave je pokrit s **povrhnjico**. Povrhnjico sestavlja ena plast celic. Od drugih tkiv jo po videzu ločimo po tem, da ne vsebuje kloroplastov. Celice povrhnjice so žive celice, ki se tesno prilegajo druga drugi in, razen redkih listnih rež, ne vsebujejo medceličnih prostorov. Zunanja plast celične stene je pri celicah povrhnjice ameriške agave odebeljena (slika 4c, oznaka PCS). V njej je nakopičen **kutin**, hidrofobna snov, ki naredi steno vododržno. Poleg tega se kutin nalaga tudi na površino povrhnjice in tvori plast, imenovano **kutikula** (slika 4c, oznaka K). Na površino kutikule so gosto naložene še drobne **voščene ploščice**. Če z blazinico prsta podrgnemo po listu agave, ploščice poškodujemo in list na poškodovanem mestu izgubi sivo barvo. Taki plasti voščenih ploščic pravimo poprh.

Listne reže so pri ameriški agavi **ugreznjene** in relativno redko posejane po gornji in spodnji povrhnjici lista. Zaradi redkosti jih ne opazimo na vsakem prerezu lista.

Po barvanju preparata s safraninom, ki se veže na kutin, se obarvata odebeljena primarna celična stena in kutikula. Razlika je v intenzivnosti obarvanja, zato se po barvanju sloja lepo razlikujeta (slika 4c).

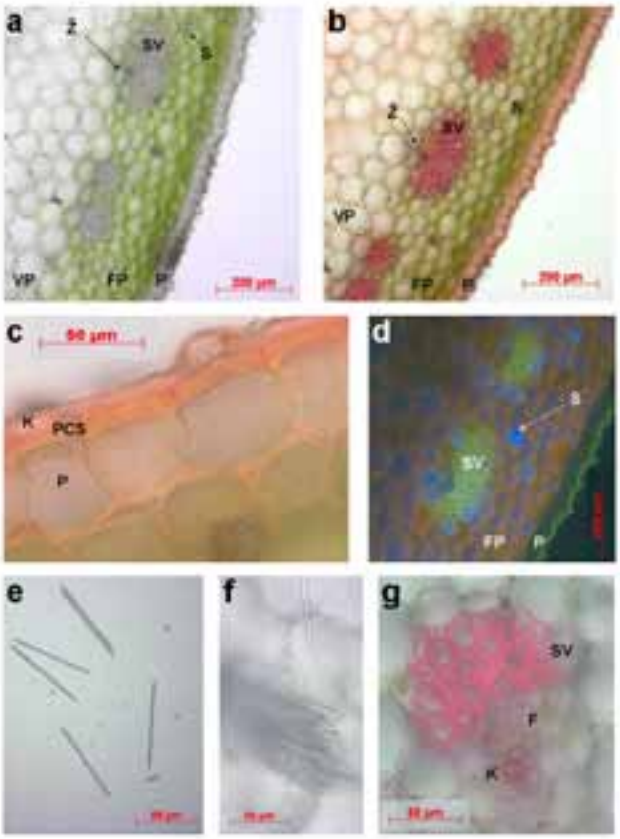
Zgradbo povrhnjice lahko povežemo z življenjskim okoljem, iz katerega ameriška agava izvira. To so polpuščavski predeli Mehike, kjer je preskrba z vodo ena od največjih preživetvenih težav tamkajšnjih rastlin. Debela kutinizirana zunanja plast celične stene povrhnjice, debela kutikula in plast voščenih ploščic zmanjšujejo izgubo vode iz rastline. Voščene ploščice tudi delno odbijajo svetlobo in s tem zmanjšujejo ogrevanje površine listov.

Prevodna tkiva v listu ameriške agave

V notranjosti lista ameriške agave lahko opazimo več **žil** (slika 4g). Najlažje jih najdemo, če poiščemo obsežne snope celic z debelo, sekundarno celično steno. Po

barvanju s safraninom so ti snopi obarvani živo rdeče. Ti snopi so **sklerenhimska vlakna** (slika 4g, oznaka SV), ki dajejo oporo težkemu mesnatemu listu in so nameščena ob floemskih prevodnih celicah. Sklerenhimska vlakna nimajo prevodne vloge. V primerjavi s temi snopi vlaken so žile majhne. Tik ob snopu leži **floem** (slika 4g, oznaka F), ki ga prepoznamo kot skupino celic z zelo tankimi stenami, ki se s safraninom ne obarvajo. Tik ob floemu je nekaj **ksilemskih prevodnih elementov**, ki sestavljajo **ksilem** (slika 4g, oznaka K). Ksilemske prevodne celice so mrtve. Od njih ostanejo le debele sekundarne celične stene, ki jih safranin obarva rdeče, saj se veže na lignin.

Na preparatu lahko na posameznih mestih opazimo dolge svedrasto zavite strukture (slika 4b, pri oznaki Ž), ki so se s safraninom obarvale rdeče. Če sledimo, od kod te strukture izhajajo, lahko ugotovimo, da se vlečejo iz žil, natančneje iz ksilemskih prevodnih celic. Gre za spiralno sekundarno odebelitev celične stene traheid, ki smo jo pri rezanju preparata poškodovali in izvlekli iz celic.



Slika 4: **Mikrografije lista ameriške agave. a)** Neobarvan prečni preprez lista. P – povrhnjica, FP – fotosintezno tkivo (parenhim), VP – vodno tkivo (parenhim), Ž – žila, SV – sklerenhimska vlakna, S – prečno prerezan debel paličast kristal (stiloid). **b)** S safraninom obarvani prečni prerez lista. Oznake so enake kot na sliki 4a. **c)** S safraninom pobarvana povrhnjica lista. P – celica povrhnjice, PCS – primarna celična stena, ki ima zunanjo plast odebeljeno, K – kutikula. **d)** S safraninom obarvan prečni prerez lista osvetljen z UV svetlobo. K – kutikula, ki oddaja zeleno svetlobo, SV – sklerenhimska vlakna, FP – fotosintezni parenhim, kjer kloroplasti oddajajo rdečo svetlobo, S – prečno prerezan stiloid, ki oddaja modro svetlobo. **e)** Rafidi. **f)** Rafidi, ki štrlijo iz posebne velike celice, imenovane idioblast. **g)** Prečno prerezana žila s snopom sklerenhimskih vlaken po barvanju s safraninom. SV – sklerenhimska vlakna, F – floem, K – ksilem. *Slike v barvah so dosegljive na spletnem naslovu: http://web.bf.uni-lj.si/bi/botanika/agava/.*

V okolju, od koder izvira ameriška agava, primanjkuje vode, zato ksilem v žilah ne sme biti preobsežen in tudi traheje ne smejo imeti prevelikega premera, da ne pride do prekinitve vodnega stolpca. Floem, po katerem se prevajajo v vodi raztopljeni produkti fotosinteze, je pri agavi obsežnejši od ksilema. Sladkorje, ki nastajajo v listih, prevaja v osrednji del rastline, kjer jih v obliki inulina shranjuje v založnem tkivu. Inulin je oligomer oz. polimer fruktoze (3 do 120 monomernih enot), ki ima na koncu polimerne verige vezano še eno ali več molekul glukoze. V rastlinskem svetu je v primerjavi s škrobom veliko redkeje prisoten. Najdemo pa ga predvsem v podzemnih delih rastlin iz družin radičevke in nebinovke.

Zanimivost: Kopičenje sladkorjev v agavi izkoriščajo prebivalci Mehike, ki agave gojijo, jih v ustrezni starosti poberejo, jim odstranijo liste, tako da ostane le kratko steblo z listnimi bazami, ki ga imenujejo *pina* (ananas). Iz tega osrednjega dela rastline iztisnejo sok, ki ga segrejejo, da dobijo sladek sirup, ki vsebuje predvsem fruktozo. Sirup uporabljajo kot sladilo in za izdelavo pijač. Sok iz osrednjega dela agave (vrste modra agava *Agave tequiliana*) pa v procesu fermentacije in destilacije predelujejo v tradicionalno mehiško alkoholno pijačo tekilo.

Osnovna tkiva v listu ameriške agave

Izmed osnovnih tkiv v listu ameriške agave najdemo **parenhim** in **sklerenhim**.

Snope sklerenhimskih vlaken sem že omenila pri prevodnih elementih, saj so nameščeni tik ob floemu. Sklerenhimska vlakna so dolge celice z zašiljenimi konci, ki spominjajo na majhne votle zobotrebce. Imajo zelo debelo sekundarno celično steno. Zrela sklerenhimska vlakna so brez protoplasta, živega dela celice. Od celice ostane le celična stena. Sklerenhimska vlakna so združena v snop. Celice v snopu so med seboj tesno povezane tako, da imajo na stiku tesno zlepljene celične stene. Taki snopi sklerenhimskih vlaken dajejo velikemu in težkemu listu dodatno oporo.

Sklerenhimska vlakna se dobro obarvajo s safraninom in so zelo lepo vidna na slikah 4b in 4g (oznaka SV).

Zanimivost: Snopi sklerenhimskih vlaken so uporabni tudi za človeka, saj so dolgi in dovolj močni, da so uporabni za izdelavo vrvi. Sisal (*Agave sisalana*) gojijo prav zaradi pridobivanja takih vlaken, ki jih uporabljajo za izdelovanje močnih vrvi, predpražnikov in preprog.

Druge (še neopisane) celice v listu agave so parenhimske. Tik pod povrhjico so obarvane zeleno, saj vsebujejo kloroplaste. Zeleni del parenhima imenujemo **fotosintezno tkivo** ali **fotosintezni parenhim** (slika 4a, oznaka FP). Njegova naloga je opravljanje fotosinteze. Ker je list osvetljen z vseh strani (od zgoraj in spodaj), je fotosintezno tkivo pod zgornjo in spodnjo povrhnjico lista. Gre za velike, žive celice s tanko primarno celično steno. Kloroplasti so pritisnjeni ob steno, saj je v notranjosti vsake celice velika vakuola, ki je napolnjena z brezbarvnim vakuolnim sokom. Vakuolna membrana (tonoplast), ki obdaja vakuolo, je pretanka, da bi jo videli s svetlobnim mikroskopom, zato lahko položaj vakuole ocenimo le na podlagi razporeditve kloroplastov. Kloroplasti pri osvetlitvi z UV-svetlobo oddajajo rdečo svetlobo, kar je vidno na sliki 4d (fluorescenca klorofila). Poleg kloroplastov lahko v nekaterih celicah opazimo sivkasto, polprozorno jedro.

Globlje v notranjosti lista agave so večje parenhimske celice. Do njih ne prodre dovolj svetlobe, da bi lahko opravljale fotosintezo, zato se v njih kloroplasti ne razvijejo. Glavna naloga teh celic je skladiščenje vode, zato temu tkivu lahko rečemo tudi **vodno tkivo** ali **vodni parenhim** (slika 4a, oznaka VP). Večino prostornine teh celic zavzema velika vakuola, ki je napolnjena z brezbarvnim vodnatim vakuolnim sokom. Listi agave so zato mesnati, sočni in vsebujejo zalogo vode za rastlino.

V parenhimskem tkivu agave najdemo tudi posamezne velike podolgovate celice (idioblaste). Vanje rastlina nakopiči kristale kalcijevega okstalata, ki so videti kot snop zobotrebcev. Vloga kristalov je obramba pred lačnimi in žejnimi rastlinojedi. Kristali kalcijevega oksalata se zapičijo v sluznico in v kombinaciji s snovmi, ki pritečejo iz poškodovanih celic agave, povzročajo dražeče poškodbe. Kristali kalcijevega oksalata so lahko zelo tanki in nameščeni v snopih, kot je to vidno na slikah 4e in 4f. Ta tip kristalov imenujemo **rafidi**. Lahko pa so debelejši in v tem primeru en idioblast vsebuje le en kristal, imenovan **stilolid**. Prečno prerezan stiloid je viden na slikah 4a, 4b in 4d, kjer je označen s črko S.

Zanimivost: Zaradi rafidov in stiloidov imajo nabiralci agave pogosta vnetja kože na rokah in izpostavljenih delih telesa (dermatitis).

Predlog za izvedbo vaje

Izvedbo vaje z opazovanjem ameriške agave prilagodimo času, ki ga imamo na voljo.

Predlagan potek dela:

1. Ogled cele rastline in opis okolja, iz katerega vrsta izvira.
2. Ogled lista ameriške agave s prostim očesom in s pomočjo lupe. Pri opazovanju se osredotočimo na povezave med vidnimi strukturami, njihovo funkcijo v rastlini in življenjskim okoljem, iz katerega vrsta izvira, ter s tem povezanimi življenjskimi problemi. Postopno lahko začnemo sestavljati preglednico po vzoru preglednice 1.
3. Izdelava mikroskopskega preparata.
4. Ogled neobarvanega preparata z lupo in mikroskopom.
5. Ogled obarvanega preparata z mikroskopom. Pri opazovanju se ponovno osredotočimo na povezave med vidnimi strukturani, njihovo funkcijo v rastlini in življenjskim okoljem, iz katerega vrsta izvira, in s tem povezanimi življenjskimi problemi. Nadaljujemo z izpolnjevanjem preglednice po vzoru preglednice 1.

V vse stopnje opazovanja rastline lahko vpletemo zanimivosti, ki so povezane z rastlino in njeno uporabo. Dobro je, če lahko učitelj prinese v razred izdelke povezane z rastlino, kot so vrv ali predpražnik izdelan iz sisala, (prazno) steklenico tekile in podobno.

Sklepi

Raziskovanje kompleksnega preparata pod mikroskopom je opravilo, ki opazovalca pritegne. Zanimive strukture, ki jih vidimo skozi mikroskop, posebno če so še dodatno obarvane in izstopajoče, so lahko zelo dobro izhodišče za povezovanje zgradbe celic, tkiv in organov z biologijo in ekologijo opazovane vrste. Vsaka struktura, ki jo opazimo, je povezana z neko funkcijo (primeri so navedeni v preglednici 1). Te povezave so lahko zelo zanimive ne le z biološkega, temveč tudi z uporabnega vidika. Če na opazovane objekte navežemo podatke in zgodbe, ki so dijakom blizu in ki jih poznajo iz vsakdanjega življenja, si bodo tudi podrobnosti z opazovanega preparata lažje in bolje zapomnili.

Pri opazovanju se lahko v večini izognemo strokovnim izrazom in jih nadomestimo z opisnimi oznakami ter povezavo na njihovo funkcijo. Ni bistveno, da si dijak zapomni izraza *stiloid* in *rafid*. Pomembneje je, da kristale v tkivu opazi in da zna razložiti njihovo vlogo za rastlino. Podoben primer je primer uporabe izrazov *parenhim* in *sklerenhim*, ki ju lahko brez škode zamenjamo z izrazom *tkivo*, s tem da opisno pojasnimo, da ima eno tkivo celice z debelo, drugi pa s tanko celično steno, če je to za razumevanje potrebno. **Mnogi strokovni izrazi v tem članku so navedeni in opisani zato, da jih pojasnimo učiteljem, ne pa da jih učitelji naprej podajajo učencem.**

Pri mikroskopiranju je najbolje, če dijaki vidijo celo rastlino, sami izdelajo preparat in si lahko vzamejo dovolj časa za njegovo raziskovanje. To je pogosto nemogoče, saj je časovna stiska pri pouku biologije velika. Če se v razredu ne da izpeljati celotnega postopka, lahko preparate pripravimo vnaprej. To seveda zahteva več priprave za učitelja in laboranta, ki mora poleg priprave preparatov vse do začetka vaje skrbeti tudi za dodajanje vode na rob krovnih stekelc, da se preparati ne izsušijo. Tudi če dijaki ne izdelujejo preparatov sami, moramo v razred prinesti celo rastlino in jo dijakom predstaviti ter natančno pojasniti, kako smo preparate izdelali. Šele tako lahko od njih pričakujemo, da bodo znali smiselno povezovati strukture, ki jih opazujejo, z njihovo vlogo v rastlini.

Če imajo dijaki možnost videti cel list, iz katerega je pripravljen preparat, si bodo tudi lažje predstavljali velikostni razred struktur, ki jih opazujejo. Če imamo v mikroskopih okularna merilca, dijake večkrat opozorimo, da izmerijo velikost posameznih objektov. Pomembno je tudi, da si čim bolj nazorno predstavljajo, kaj pomeni npr. 100 µm. To jim lahko pojasnimo s tem, da lahko v 1 mm, ki si ga lahko ogledajo na ravnilu, zaporedno postavimo 10 struktur, ki so velike po 100 µm. S tem naredimo težko predstavljiv velikostni razred celic bolj predstavljiv. Kristali pod mikroskopom se zdijo zelo veliki in lahko jih zelo dobro in neprijetno občutimo, če se s tekočino iz lista agave pomažemo po koži. Kakšna pa je resnična velikost struktur, ki pustijo takšne posledice?

Zelo dobro je, če si lahko vzamemo čas, da dijaki narišejo posamezne strukture, ki jih opazujejo. Pri tem je dobro vodilo, če učitelj skupaj z njimi riše na tablo in poleg zapiše imena narisanih struktur. Z risanjem si opazovane strukture bolje vtisnemo v spomin, kot če jih le opazujemo in si shranimo njihove fotografije. Seveda pa je risanje preparatov časovno zelo potratno opravilo.

Zahvala

Zahvaljujem se sodelavki Barbari Vilhar za kritično branje besedila in številne ideje za njegovo dopolnitev.

Viri in literatura

1 *Dermastia, M., Vilhar, B. (1999). Botanika, teorija za vaje. Študijsko gradivo za interno uporabo. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za biologijo, str. 81.*

2 *Petauer, T. (1993). Leksikon rastlinskih bogastev. Ljubljana: TZS, str. 21.*

3 *Vilhar, B., Zupančič, G., Vičar, M., Sojar A., Devetak, B. (2008). Učni načrt. Biologija. Gimnazija - Splošna gimnazija. Ljubljana: Ministrstvo RS za šolstvo in šport, Zavod RS za šolstvo, str. 79.*

4 *Wanner, G. (2004). Mikroskopisch-Botanisches Praktikum. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag, str. 246.*

Spletni viri

1 *Agava. Wikipedia [online]. Dostopno na naslovu: http://en.wikipedia.org/wiki/Agave (citirano 27. 1. 2010).*

2 *Tequila. Wikipedia [online]. Dostopno na naslovu: http://en.wikipedia.org/wiki/Tequila (citirano 27. 1. 2010).*

3 *Sisal. Wikipedia [online]. Dostopno na naslovu: http://en.wikipedia.org/wiki/Sisal (citirano 27. 1. 2010).*

2.4.2 Pojoča voščilnica in kardiovaskularni sistem

Gregor Belušič, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Kratek opis

Zvočnik (piezoelektrični piskač) iz pojoče voščilnice lahko uporabimo kot imeniten in poceni kontaktni mikrofon, ki zaradi sprememb preseka žil v prstu ob srčnem utripu proizvaja do 1 V utripajočega signala. Signal lahko uporabimo za spremljanje srčnega utripa in za poročanje o spremembah sistoličnega tlaka v perifernem ožilju. Piskač je zelo primeren kot senzor za sistem Vernier ter omogoča izvedbo mnogih meritev in poskusov, vezanih na človeški kardiovaskularni sistem.

Primer praktičnega dela je bil leta 2010 predstavljen v obliki članka v ameriški reviji Advances in Physiology Education. Članek z naslovom »Singing greeting card beeper as a finger pulse sensor« ali »Piskač iz pojoče voščilnice kot prstni senzor pulza« je prosto dostopen na spletni strani http://advan.physiology.org/content/34/2/90.full. Primer in članek sta izzvala številne pozitivne odzive med učitelji v Sloveniji in v mednarodni javnosti. Piskač kot senzor je vključen tudi v pouk fiziologije človeka na Oddelku za biologijo.

Leta 2011 sta bila sklopa vaj, ki vključujeta senzor iz pojoče voščilnice (*Pojoča voščilnica in kardiovaskularni sistem* ter *Refleksi in reakcijski časi*) nagrajena z nagrado Ameriškega fiziološkega društva (APS). Nagrada, imenovana po profesorju Tonyu Macknightu, se podeljuje za inovacije in učinkovito uporabo tehničnih sredstev pri pouku fiziologije (http://www.the-aps.org/awards/society/ADI.htm). Poleg priznanja obsega tudi komplet opreme za računalniško podprt pouk fiziologije, ki ga podeljuje proizvajalec ADInstruments iz Avstralije (http://www.adinstruments.com/news/090511/APS-announces-ADInstruments-Macknight-Progressive-Educator-Award-winner/education). Nagrada »ADInstruments Macknight Progressive Educator Award« je bila avtorju kot prvemu prejemniku podeljena na kongresu Experimental Biology Meeting aprila 2011 v ZDA.

Trajanje

V obliki demonstracijskega predavanja – 1 ura

V obliki demonstracijskega poskusa – 2 uri

V obliki poskusa po skupinah – najmanj 2 uri

Povezava z biološkimi koncepti in cilji iz učnega načrta za biologijo

B – raziskovanje in poskusi

B1 – razumevanje fizioloških meritev in raziskav

F – zgradba in delovanje organizmov

F3 – regulacija notranjega okolja organizma; baroreceptorski refleks kot primer povratne zanke

Izbirni program – Biološke osnove zdravega življenja

16 – Dijaki poznajo pomen telesne dejavnosti za delovanje organskih sistemov in celotnega organizma.

19 – Dijaki razumejo pojem telesna pripravljenost (fitnes).

Maturitetni program

N – Fiziologija človeka

Dijaki razumejo:

- da med povečano telesno dejavnostjo mišične celice potrebujejo večji dotok kisika in hranilnih snovi ter hitrejše odstranjevanje CO2 (povečan srčni utrip in hitrost dihanja);
- da kljub spremembam v zunanjem okolju človeški organizem vzdržuje relativno stabilno notranje okolje, kar je posledica usklajenega in urejenega delovanja organskih sistemov;
- da imajo tehnični in naravni regulacijski sistemi receptorje oziroma senzorje za zaznavanje stanj in njihovih sprememb, procesne centre, ki sprejemajo informacije in usklajujejo odzive in efektorje, ki samodejno izvedejo odziv;
- da negativna povratna zanka med efektorjem in receptorjem v regulacijskem sistemu omogoča, da se sistem ob odmikih od ravnovesnega stanja vrne spet v ravnovesno stanje;
- da je regulacija pogosto antagonistična, kar omogoča večjo in hitrejšo odzivnost, posledica česar je tudi njena večja natančnost.

Medpredmetne povezave in potrebna predznanja drugih predmetov

1. Predznanje iz *fizike*: razumevanje delovanja zvočnika kot mikrofona in tlačnega senzorja; razumevanje koncepta tlaka tekočine (krvi), elastičnosti cevnih vodnikov (žil). Izbirno: razumevanje delovanja RC-visokopasovnega filtra (vpliv vezave kondenzatorja in upora na obliko in časovni potek signala iz piskača).
2. Predznanje iz *matematike*: razumevanje analize signala – detekcije vrhov tlačnega vala in izračuna instantne frekvence srčnega utripa iz časovnega intervala med sosednjimi vrhovi, razumevanje prikaza podatkov na časovnem grafu.
3. Predznanje iz *informatike*: razumevanje digitalizacije signala in računalniškega prikaza, obdelave in hrambe podatkov.
4. Predznanje iz *psihologije*: razumevanje sovplivanja med duševnostjo in kardiovaskularnim sistemom.

Uvod

Človeški kardiovaskularni sistem daje številne možnosti za privlačne poskuse iz fiziologije človeka. Zelo primeren signal pri teh poskusih je prstni pulz. Z njim lahko na enostaven način spremljamo srčni utrip, z računalnikom sproti izračunavamo frekvenco, moč pulza (velikost signala) pa odraža spremembe sistoličnega tlaka. Učenci si lahko pri meritvah navedenih parametrov kardiovaskularnega sistema oblikujejo realne predstave o delovanju in odzivnosti srca in ožilja.

Seveda je nujno, da prej poznajo zgradbo in delovanje srca (delitev na komore, pulziranje, črpalno delo, ritmičnost), zgradbo krvotoka (delitev na sistemski in pljučni krvotok) ter da razumejo koncepta krvnega tlaka in elastičnosti žil. S takšnim predznanjem lahko prikažemo pulz, odziv na telesno dejavnost in prikažemo način meritve krvnega tlaka.

Poskuse je mogoče zastaviti tudi na višji ravni, če učenci razumejo tudi delovanje baroreceptorjev kot čutil za krvni tlak, če so seznanjeni z učinki vegetativnega živčevja (parasimpatika – vagusa) na delovanje srca in če razumejo koncept delovanja povratne regulatorne zanke. S takšnim predznanjem lahko prikažemo pojav respiratorne aritmije in delovanje baroreceptorskega refleksa.

Če so učenci že prej, pri pouku fizike, temeljito seznanjeni s koncepti pretoka, tlaka in elastičnosti, lahko pri poskusih pokažemo tudi prispevek hidrostatskega tlaka na krvni tlak ter vpliv elastičnosti žil in krvnega tlaka na obliko signala.

Poskuse lahko zasnujemo na naslednje načine.

1. *V obliki demonstracijskega predavanja*: učitelj lahko meritve pulza vključi v razlago kardiovaskulatornega sistema, tako da meritev lastnega pulza ali pulza učenca sproti prikazuje na videoprojektorju.
2. *V obliki demonstracijskega poskusa*: med meritvijo pulza pred razredom lahko na poskusni osebi nazorno izzivamo različne učinke na pulz in tlak (s telesno dejavnostjo, z oviranjem pretoka skozi roko, z dvigovanjem in spuščanjem roke, z globokim dihanjem, z Valsalvinim manevrom). V dialogu z učenci lahko sproti postavljamo hipoteze in jih sproti preverjamo. Zdi se, da je ta način najprimernejši za delo v razredu.
3. *V obliki poskusa v skupinah*: z natančnimi navodili lahko učenci sami izvedejo poskuse na sebi ter spoznajo variabilnost kardiovaskularnega sistema znotraj populacije učencev. Z meritvami med fizično obremenitvijo lahko poglobimo razumevanje delovanja telesa in spodbudimo zanimanje za telesno vadbo. Adolescenca je čas izrazitega zanimanja za lastno telo, kar lahko predstavlja močno motivacijo učencev za sodelovanje pri poskusih. Hkrati se zdi zelo smiselno pristopiti k takšnim poskusom tudi v okviru telesne vzgoje.

Predstavitev konkretizacije

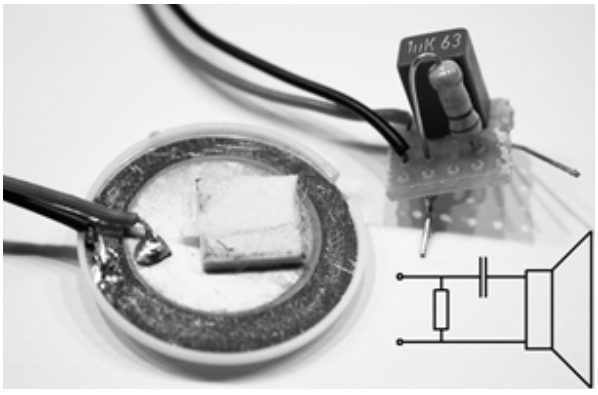
Časovni potek kardiovaskularnih parametrov lahko zlahka merimo preko srčnega pulza, ki ga zaznavamo bodisi preko elektrokardiograma ali preko utripa žile, ali pa preko meritve krvnega tlaka s sfigmomanometrom. Zelo primerno je, če lahko pulz in tlak med poskusom vizualiziramo s pomočjo računalnika in projekcije, hkrati pa nam to omogoča še sprotno izračunavanje frekvence srčnega utripa. Računalniški zajem podatkov s človeškega telesa je vezan z delom z električnimi aparaturami,

zato terja varnostne ukrepe: delo pod stalnim nadzorom, preprečevanje polivanja ter galvansko ločitev merilne inštrumentacije. Sistem Vernier LabPro ali Vernier LabQuest omogoča nakup senzorjev za meritev elektrokardiograma (EKG), ki dajejo možnost izračunavanja frekvence, vendar pa je sam EKG kot signal preveč zapleten za srednješolsko raven, senzorji pa tudi niso poceni. Vsi Vernierjevi inštrumenti pa so opremljeni z napetostnim senzorjem s krokodilskimi sponkami (»voltage probe«), ki omogočajo priključitev napetostnih virov v območju ±10 V. Nanje lahko priključimo prstni pulzni senzor, ki brez kakršnega koli predojačanja daje zelo primeren in robusten signal za zajem in zapis. Časovni potek pulza kot signala je v nasprotju z EKG intuitivno razumljiv, postopek namestitve senzorja na konico prsta pa zelo preprost.

Senzor lahko sami izdelamo iz zvočnika iz pojoče voščilnice. Trenutno sta na voljo dve vrsti voščilnic: navadne, ki melodije piskajo na enem tonu naenkrat, in »polifonične«, ki lahko predvajajo zvok več glasbil hkrati. Primerni so piezoelektrični zvočniki iz navadnih voščilnic, ki so hkrati tudi cenejši (pribl. 1 EUR po kosu; seveda lahko učenci sami doma izbrskajo stare voščilnice). V nadaljevanju bomo te zvočnike imenovali piskači.

Piskač odlepimo iz voščilnice ter odrežemo priključni žici. Po potrebi prispajkamo daljši par žic. Prosta konca žice priključimo na napetostni senzor (»voltage probe«) preko krokodilskih sponk. Piskač je na eni strani obdan s plastičnim ohišjem, na drugi strani pa je izpostavljena kovinska stran. Kovinska stran mora biti v stiku s telesom poskusne osebe. Piskač namestimo za konico kazalca na levi ali desni roki poskusne osebe in ga pritrdimo s pomočjo levkoplasta ali navadnega lepilnega traku. Zalepimo srednje čvrsto, tako da bo oseba po nekaj sekundah začutila utripanje žil v prstu, seveda pa ne smemo prekiniti pretoka krvi skozi konico prsta, kar lahko opazimo po modri barvi kože. Če ima oseba izrazito hladne dlani, bo signal šibak, zato je zelo pomembno, da je sproščena in dovolj dolgo časa na toplem. Dlani bo ogrela tudi telesna dejavnost.

Signal iz piskača meri tipično nekaj sto mV in je zelo robusten (odporen na motnje zaradi gibanja in na elektromagnetne motnje). Če je signal nestabilen in počasi drsi znotraj območja nekaj voltov, ga lahko stabiliziramo z vezavo preprostega RC--visokopasovnega filtra, kakor je prikazano na shemi znotraj slike 1. RC-filter mora imeti primerno kotno frekvenco, npr. 1,6 Hz, kakršno zagotavlja kombinacija npr. 100 kΩ upornika in 1μF kondenzatorja. Če nam elektrotehnika ni povsem tuja, lahko filter brez težav izdelamo sami, sicer pa se lahko po pomoč zatečemo k avtorjem prispevka ali h kolegom iz tehničnih strok. Vsekakor pa lahko meritve v večini primerov uspešno izvedemo tudi brez vezave RC-filtra.



Slika 1: Prstni pulzni senzor, izdelan iz piskača, para žic in RC-filtra. Shema prikazuje vezavo upora in kondenzatorja med piskač (simbol za zvočnik) in prosta konca, ki ju priključimo na Vernierjev napetostni senzor.

Najzahtevnejši del meritve najbrž predstavlja nastavljanje parametrov v programu Logger ali Logger pro. Sledijo zgoščena navodila za nastavitve v programu.

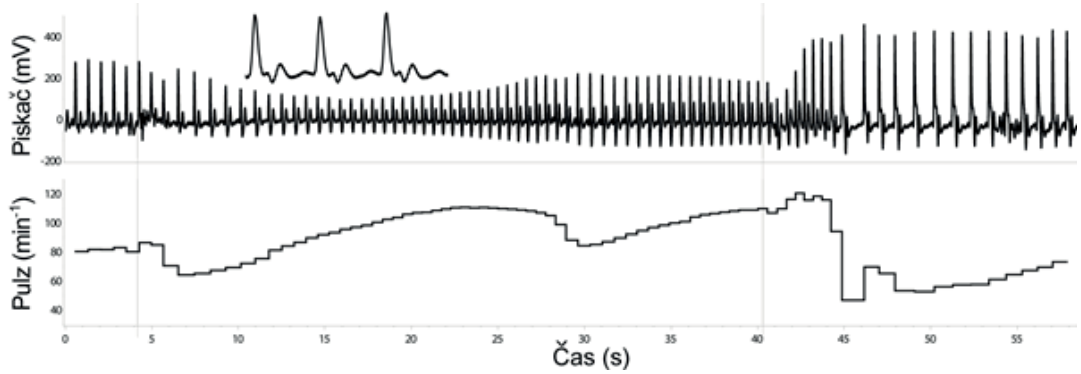
Navodila za Logger Pro

1. Senzor priključimo na kanal 1 Vernierjevega vmesnika.
2. Nastavimo frekvenco vzorčenja signala:

   Menu > Experiment > Data collection, odkljukamo »***continuous data collection***«

   - *Frekvenco (»sampling rate«)* nastavimo vsaj na 100 do 1000 vzorcev s^{-1} (*samples per second*).
3. Ko kliknemo na gumb ***Collect***, se nam na zaslonu izpisuje signal, ki je zabeležen v stolpcu ***Data set*** [x = čas, y = pulz]. Če želimo sočasno beležiti tudi frekvenco utripa (*heart rate, HR, beats per minute*), nadaljujemo v naslednjih korakih.
4. Izberemo menu ***Data > Data browser***.
5. V Data browserju kliknemo na ikono ***f(o)*** (tretja z leve) »*new calculated column*«.
6. Ta stolpec preimenujemo (npr. HR, frekvenca ...).
7. V okno ***Equation*** vnesemo enačbo stolpca s klikom na gumb ***Functions > beatsPerMinute***.
8. ***beatsPerMinute()*** > s kazalčkom gremo v oklepaj > klik na ***Variables (Columns)*** > izberemo »*Potential*«, »*Time*« > beatsPerMinute (»Potential«, »Time«).
9. Dotipkamo beatsPerMinute(»Potential«, »Time«, 2, 40, 60, 0). 2 pomeni, da merimo v časovnih oknih 2 s – lahko je 3, 5 ipd., 40, 60 pomeni, da nastavimo detekcijo vrha: ko signal prečka nivo 40–60 % maksimuma; 0 – nivo šuma. Lahko vtipkamo vrednost v voltih, kolikor menimo, da je šuma.
10. Kliknemo okence »***Display during live readouts***« za prikaz v realnem času med meritvijo.
11. Z desnim gumbom miške kliknemo na graf in izberemo ***Graph options***.
12. V izbirniku ***Axes options*** odkljukamo *Right Y axis* in *Calculated column* ali *HR* ali *frekvenco*, kakor koli smo prej poimenovali izračunani stolpec.
13. Scaling: *Manual Top*: 200, *Bottom*: 0 ali kaj podobnega. *Scaling na Left Y axis*: *Autoscale from 0*, lahko tudi *Manual* ter vtipkamo primerne vrednosti.

Primer meritve prstnega pulza prikazuje slika 2.



Slika 2: **Prstni pulz poskusne osebe med Valsalvinim manevrom**. Vertikalni črti pri 4 s in 40 s označujeta čas začetka in konca manevra; abdominalni tlak je bil dodatno povečan z naponom prepone pri času 30 s. Zgornja sled prikazuje časovni potek pulza, zaznan s piskačem. Spodnja sled prikazuje časovni potek frekvence srčnega utripa, izračunane iz pulza. Izsek na zgornjem kanalu prikazuje signal iz piskača skozi tri zaporedne srčne utripe. Največji vrh odraža tlačni val po sistoli levega ventrikla, sekundarni manjši vrhovi pa predstavljajo dodatne tlačne valove zaradi elastične skrčitve aorte in arterij ter zaradi odboja tlačnega vala od periferije nazaj k srcu. Med Valsalvinim manevrom povečan tlak v abdomnu stisne glavne srčne dovodnice, kar povzroči zmanjšan dotok krvi v srce in posledično padec sistoličnega tlaka. Tako lahko na začetku manevra opazujemo padec krvnega tlaka (zmanjševanje vrhov na zgornji sledi) zaradi zmanjšanega dotoka krvi v srce, baroreceptorski refleks pa omogoča kompenzacijo tega padca krvnega tlaka preko povišanja frekvence srčnega utripa (naraščanje na spodnji sledi). Po sprostitvi prepone na koncu manevra pride do povišanja dotoka krvi v srce, kar poviša sistolični tlak, baroreceptorski refleks pa izzove znižanje frekvence srčnega utripa. Ko je sistolični tlak relativno nizek, so sekundarni vrhovi sorazmerno večji in bolj oddaljeni od primarnega (izsek na zg. sledi), ko pa sistolični tlak naraste, so sekundarni vrhovi sorazmerno manjši in manj oddaljeni od primarnega vrha (zaradi višjega tlaka je elastična kontrakcija arterij manj izrazita, arterijski sistem bolj tog in se hitreje skrči).

Prstni pulzni senzor daje možnosti za številne meritve in poskuse v razredu. Tu navajamo nekatere najprimernejše:

1. Signal tvori večji, primarni vrh po sistoli, in nekaj zapoznelih sekundarnih vrhov. Mnogotere vrhove lahko uporabimo kot pripomoček za ponazoritev elastičnosti žil (»Windkessel učinek«), odboja tlačnih valov ter medigre med velikostjo in hitrostjo sekundarnih valov ter starostjo osebe, hipertenzijo in aterosklerozo.
2. Signal lahko uporabimo pri demonstraciji meritve sistoličnega krvnega tlaka. Pulz lahko prekinemo s sfigmomanometrično manšeto in ga znova vzpostavimo, tedaj ko je tlak v manšeti enak sistoličnemu tlaku. Tako lahko senzor delno nadomesti stetoskop, prekinitev in vzpostavitev pulza pa lahko učenci opazujejo na zaslonu oz. projekciji.
3. Prispevek hidrostatskega tlaka h krvnemu tlaku lahko izmerimo tako, da meritev sistoličnega tlaka izvedemo na različnih višinah prsta glede na višino srca. Upoštevamo, da ima 10 m vodnega stolpca tlak 760 mm Hg, torej bo tlak v prstu 0,5 m nad srcem (nad glavo) za 38 mm Hg nižji od tlaka v višini srca. Poskus izvedemo z roko, iztegnjeno nad glavo, v višini srca, ter spuščeno ob telesu.

4. Amplituda signala sledi sistoličnemu tlaku in stanju periferne vazodilatacije. Tlak in vazodilatacija sta odvisna od stresa, hlada oz. toplote itd. Velikost signala, razmerje med velikostjo primarnega in sekundarnih vrhov ter interval med primarnim in sekundarnimi vrhovi so lahko grob indikator sistoličnega krvnega tlaka.
5. Samodejna zaznava frekvence srčnega pulza v realnem času omogoča spremljanje učinka telesne dejavnosti na kardiovaskularni sistem, opazovanje respiratorne aritmije in izvedbo kompleksnejših poskusov, kot sta npr. potapljaški refleks ali Valsalvin manever.

Viri in literatura

Priporočena gradiva za učitelje in dijake

1 *Korošak, B. (2007). Biologija človeka. Celovec, Ljubljana, Dunaj: Mohorjeva = Hermagoras.*

2 *Stušek, P., Gogala, N. (2010). Biologija: učbenik za splošne gimnazije. Funkcionalna anatomija s fiziologijo. Ljubljana: DZS.*

Uporabljeni viri

1 *Allen, J. (2007). Photoplethysmography and its application in clinical physiological measurement.*

Physiol Meas 28: R1–R39.

2 *Millasseau, S. C., Ritter, J. M., Takazawa, K., Chowienczyk, P. J. (2006). Contour analysis of the photoplethysmographic pulse measured at the finger. J Hypertens 24: 1449–56.*

3 *Klabunde, R.E. (2007). Hemodynamics of a Valsalva Maneuver. Cardiovascular physiology [online]. Dostopno na naslovu: http://www.cvphysiology.com/Hemodynamics/H014.htm (citirano 15. 12. 2010).*

4 *Taylor, D. (1996).«The Valsalva Manoeuvre: A critical review«. South Pacific Underwater Medicine Society journal 26 (1).*

5 *Vernier Software and Technology. Vernier Software and Technology Homepage [online]. Dostopno na naslovu: http://www.vernier.com (citirano 15. 12. 2010).*

2.4.3 Refleksi in reakcijski časi

Gregor Belušič, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Kratek opis

Z laboratorijskim vmesnikom Vernier lahko izmerimo trajanje pogačičnega refleksa in reakcijskih časov ob draženju s slušnimi ali vidnimi dražljaji.

Trajanje

V obliki demonstracijskega predavanja – 1 ura

V obliki demonstracijskega poskusa – 2 uri

V obliki poskusa po skupinah – najmanj 2 uri

Povezava z biološkimi koncepti in cilji iz učnega načrta za biologijo

B – Raziskovanje in poskusi

B1 – Razumevanje fizioloških meritev in raziskav

F – Zgradba in delovanje organizmov

F4 – Zgradba in delovanje človeka in drugih živali

Dijaki poznajo osnovno zgradbo hrbtenjače in na primeru pogačičnega refleksa razumejo osnovni princip delovanja živčevja.

Izbirni program – Vedenje živali

Dijaki razumejo živčne mehanizme, ki vodijo reflekse, raztezni (pogačični) refleks in kožne reflekse.

Medpredmetne povezave in potrebna predznanja drugih predmetov

- Predznanje iz *fizike*: razumevanje delovanja zvočnika kot mikrofona in senzorja pospeška; razumevanje preprostih tokokrogov in stikal; razumevanje velikostnih razredov časovnih enot (milisekunde, sekunde).
- Predznanje iz *matematike*: razumevanje prikaza časovnega poteka podatkov.
- Predznanje iz *informatike*: razumevanje digitalizacije signala in računalniškega prikaza, obdelave in hrambe podatkov.
- Predznanje iz *psihologije*: razumevanje organizacijskih ravni živčevja – od preprostih monosinaptičnih refleksov, do obdelave podatkov iz čutil v možganih in tvorbe zavestnega motoričnega odziva.

Uvod

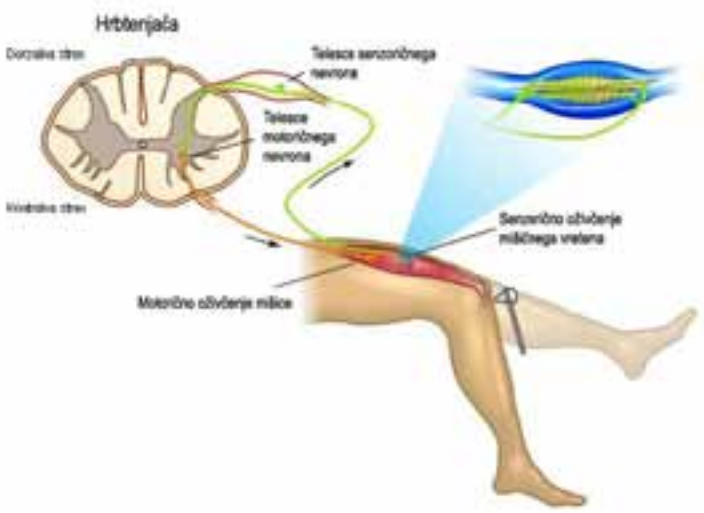
Fiziološke meritve so meritve časovnih potekov podatkov o stanju v organizmu. Ravno časovna razsežnost fizioloških procesov v živalskem oziroma človeškem telesu pa je dijakom in tudi odraslim laikom zelo težko predstavljiva. Živalski organizem se na spremembe v okolju najhitreje odzove s pomočjo živčevja. Mnoge senzorične celice se na dražljaje odzovejo s spremembo napetosti preko membrane v nekaj tisočinkah sekunde. Njihov odziv zatem nevroni prevajajo z visokimi hitrostmi, kar tipično traja le nekaj stotink sekunde. Najpreprostejši monosinaptični refleksni odzivi, ki potekajo na ravni hrbtenjače in obkrajnega živčevja, se tako prožijo v nekaj desetih milisekundah. Če so v obdelavo informacij iz senzoričnih organov in tvorbo motoričnega odziva vpleteni še možgani, potem merijo reakcijski časi pri človeku vsaj 150 milisekund. Vse, kar traja manj kot sekundo, je težko predstavljivo, razlika med npr. 6 in 60 ms ali celo med 60 in 600 ms pa je najbrž popolnoma nepredstavljiva. S sodobno inštrumentacijo pa lahko poteke fizioloških reakcij v učilnici zlahka izmerimo, četudi te trajajo le nekaj milisekund.

Pri pouku biologije lahko s sistemom Vernier izmerimo trajanje prevajanja po monosinaptičnem refleksnem loku, prav tako tudi reakcijski čas ob vidnem, slušnem ali taktilnem dražljaju.

Meritve lahko zasnujemo predvsem v obliki demonstracijskega predavanja ali demonstracijskega poskusa: učitelj lahko meritve refleksnih in reakcijskih časov vključi v razlago delovanja živčevja, tako da meritev lastnih časov ali časov učenca sproti prikazuje na videoprojektorju.

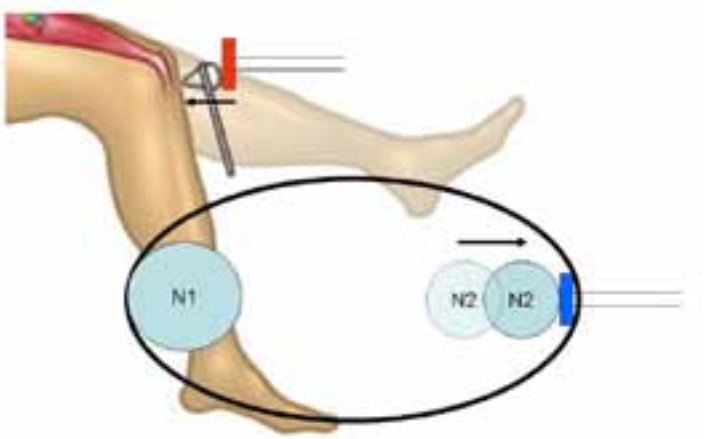
Predstavitev konkretizacije

V prvem delu poskusa izmerimo čas trajanja pogačičnega (patelarnega) refleksa. Pogačični refleks je odziv preko preprostega, monosinaptičnega refleksnega loka. Dražljaj, ki sproži odziv, je raztezek štiriglave stegenske mišice (m. quadriceps). Mišico lahko v trenutku raztegnemo tako, da pri sedečem subjektu, s prekrižanimi nogami, s kladivcem udarimo po kolenu, po pogačični kiti, na katero se mišica pripenja. Raztezek mišice zaznajo receptorski končiči v mišičnem vretenu. Aferentna vlakna iz mišičnega vretena v hrbtenjači tvorijo sinaptično povezavo neposredno z alfamotonevroni, ki oživčujejo štiriglavo mišico. Aktivacija teh motonevronov povzroči skrčenje štiriglave mišice, kar je na zunaj videti kot refleksna brca vzdražene noge. S tako izzvanim skrčenjem pride do nekoliko pretirane korekcije dolžine mišice. V normalnih razmerah ta refleks omogoča samodejno vzdrževanje lege noge in s tem telesa v vzravnanem položaju.



Slika 1: **Shema pogačičnega refleksnega loka**. Udarec s kladivcem po tetivi raztegne mišico, kar sproži njeno refleksno skrčenje in s tem brco (Prirejeno po programu LabTutor 3.0, ADinstruments, Avstralija).

Za meritev trajanja pogačičnega refleksa potrebujemo zapis časa draženja in časa odziva. Udarec s kladivcem lahko registriramo tako, da na kladivce nalepimo senzor pospeška, in signal, ki nastane ob udarcu, vodimo v prvi kanal Vernierjevega zapisovalnika. Za senzor pospeška lahko uporabimo kar zvočnik iz pojoče voščilnice, kakršen je opisan v gradivu *Pojoča voščilnica in kardiovaskularni sistem*. Tudi odziv oziroma brco lahko shranimo z enakim senzorjem na drugem kanalu Vernierjevega zapisovalnika. To dosežemo s pomočjo elastičnega traku (npr. 1 cm širok elastični trak za obleke), ki ga zavežemo okrog gležnjev obeh prekrižanih nog sedečega učenca. Senzor iz pojoče voščilnice zataknemo pod trak na sprednji strani zgornje noge. Refleksni premik noge v določenem času po udarcu s kladivcem bo tudi v tem senzorju povzročil spremembo napetosti nekaj voltov.

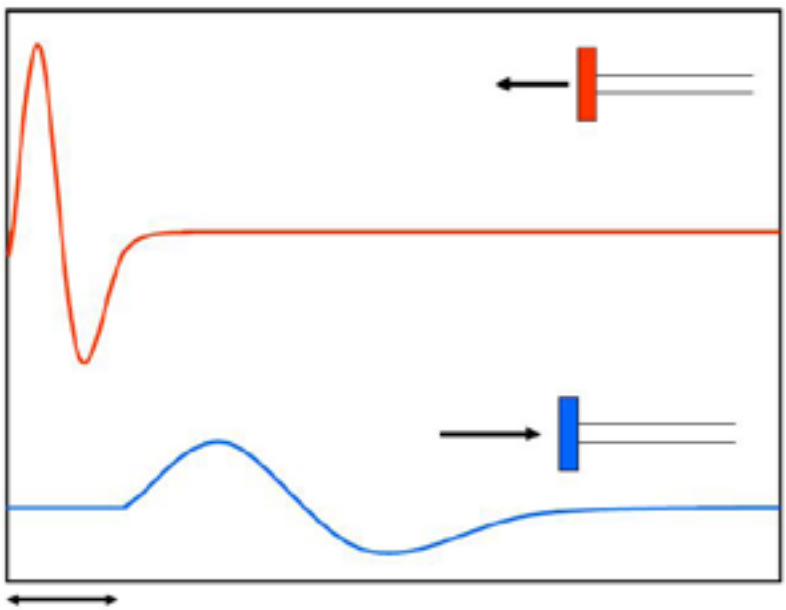


Slika 2: **Shema meritve hitrosti pogačičnega refleksa**. Senzor iz pojoče voščilnice (pokončen pravokotnik z vodoravnima črtama - žicama) na sprednji strani kladivca je povezan na kanal 1 Vernierjevega vmesnika. Elastičen trak (oval) je prevezan okoli obeh nog (N1 in N2) v višini gležnjev. Senzor pred zgornjo nogo (N2) je zataknjen pod elastični trak in povezan s kanalom 2. Udarec s kladivom povzroči nastanek napetostnega sunka na kanalu 1, premik noge (N2) pa na kanalu 2. (Prirejeno po programu LabTutor 3.0, ADinstruments, Avstralija).

Refleksni odziv lahko uspešno zapišemo le, če pravilno nastavimo parametre zapisa signala v programu LoggerPro. To storimo na naslednji način:

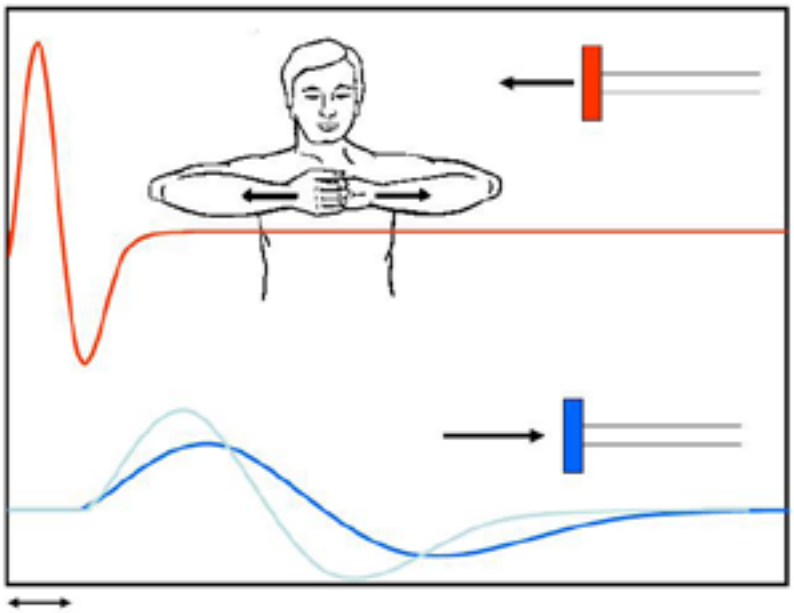
1. Senzor 1 priključimo na kanal 1 Vernierjevega vmesnika.
2. Senzor 2 priključimo na kanal 2 Vernierjevega vmesnika.
3. Nastavimo trajanje zapisa in frekvenco vzorčenja signala: ***Menu > Experiment > Data collection, »time based«, »repeat«, »length 1 second«*** - Frekvenco (»*sampling rate*«) nastavimo vsaj na 1000 vzorcev s^{-1} (samples per second).
4. Nastavimo proženje zapisa: ***1 - Menu > Experiment > Data collection > Triggering, »on sensor value«, »Ch1>0.5 V«***

Ko sprožimo zapis (***Experiment > Start collection***), računalnik čaka na signal iz senzorja na kladivcu. Udarimo po tetivi, nato pa se na zaslonu pojavita dva vzporedna zapisa iz obeh senzorjev. Zgornji signal je iz kladivca, spodnji iz nog. Na kanalu 2 se pojavi rahel odklon neposredno v času draženja. To je pasivni premik noge zaradi udarca. Po približno 30–60 ms se pojavi še močnejša, refleksna brca noge. S kurzorjem odčitamo čas, v katerem se pojavi refleksni odziv.



Slika 3: Shema zapisa meritve hitrosti pogačičnega refleksa. Zgoraj, kanal 1, signal iz kladivca ob času $t = 0$. Spodaj, kanal 2, signal iz noge ob času $t = 50–60$ ms.

Pogačični refleks je sicer preprost monosinaptični refleks, vendar pa je v normalnih razmerah nekoliko inhibiran in upočasnjen zaradi nadzora možganov. Na moč in s tem tudi hitrost pogačičnega refleksa lahko nekoliko vplivamo z Jendrassikovim manevrom. To storimo tako, da subjektu ukažemo, naj skuša pred in med meritvijo z vso silo razkleniti dlani rok (slika 4). S tem preusmerimo vso pozornost subjekta na izvajanje tega manevra. To »zaposli možgane« z intenzivno motorično dejavnostjo in povzroči zmanjšanje inhibicije pogačičnega refleksnega loka. Refleksni odziv postane bolj izrazit.

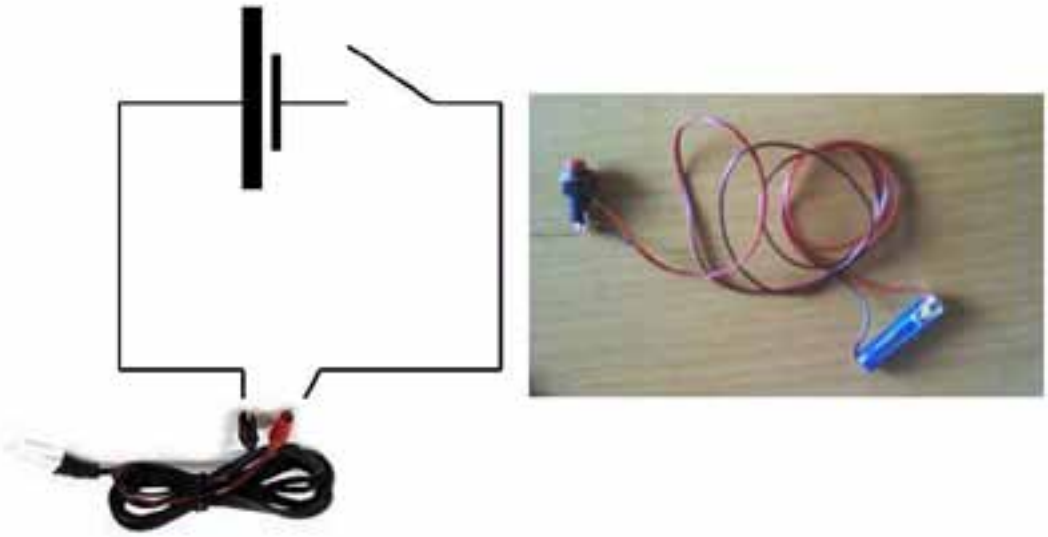


Slika 4: Pogačični refleks lahko postane bolj izrazit z Jendrassikovim manevrom. Manever izvedemo tako, da subjektu ukažemo, naj poskuša razkleniti dlani. Temnejša sled spodaj predstavlja zapis brce pred manevrom, svetlejša pa zapis brce med manevrom. Med manevrom postane pogačični refleks močnejši in nekoliko hitrejši.

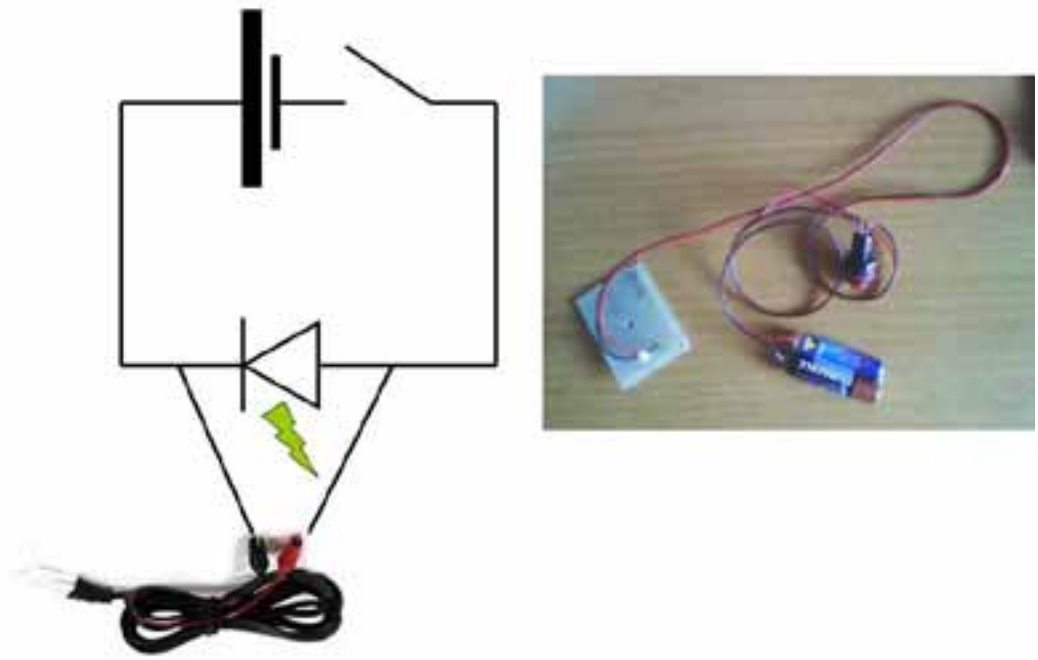
V nadaljevanju lahko izmerimo reakcijski čas ob odzivu na vidni, slušni ali taktilni dražljaj. Dražljaje proizvaja učitelj ali drugi dijak, ki ga preiskovani dijak ne sme neposredno videti.

Vidne dražljaje proizvedemo z lučko (LED diodo), slušne z udarjanjem ob predmete, taktilne pa z dotikanjem kože preiskovanega dijaka. Dijak mora ob zaznavi dražljaja pritisniti na stikalce. Stikalce je povezano z baterijo 1,5 V in s kanalom 2 Vernierjevega vmesnika (slika 5).

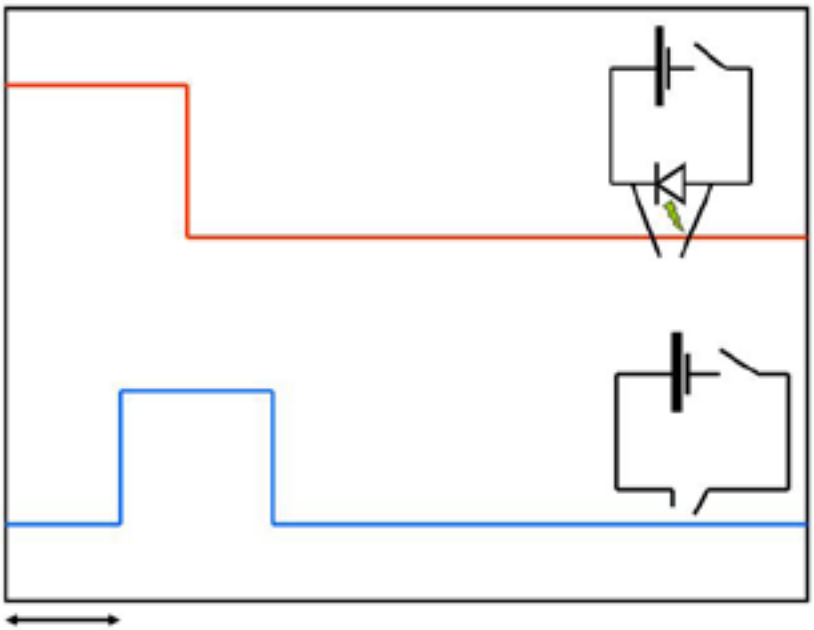
Reakcijski čas tipično traja nad 150 ms, vendar lahko v programu Logger pro ohranimo identične nastavitve, kakor pri meritvi pogačičnega refleksa. Zapis prožimo z registracijo dražljaja na kanalu 1. Vidni dražljaj zaznamo z registracijo spremembe napetosti čez LED-diodo (slika 6). Slušni dražljaj lahko zaznamo tako, da senzor iz pojoče voščilnice nalepimo na lonec, po katerem tolčemo. Zvok lonca bo v senzorju proizvedel napetostni sunek. Taktilni dražljaj proizvedemo z enakim stikalcem, kot ga ima preiskovani dijak. Čas, v katerem se dijak odzove na dražljaj, odčitamo tako, da izmerimo čas od t = 0 do zapisa odziva.



Slika 5: Stikalce in baterija, s katerima lahko zaznamo čas reakcije učenca na dražljaj. Prosti žici (ena iz stikalca, druga pa iz baterije) povežemo z napetostno sondo Vernierja. S tem stikalcem lahko tudi taktilno dražimo kožo učenca.



Slika 6: Shema povezave lučke (LED diode) za proizvajanje vidnih dražljajev. Napetostno sondo Vernierja pripnemo na nogici LED-diode (na sliki je LED-dioda prispajkana na perforirano elektronsko ploščico). LED-diodo napajamo z napetostjo 3 V, ki jo proizvedemo z zaporedno vezanima 1,5 V baterijama.



Slika 7: Shema zapisa reakcije na svetlobni dražljaj. Zgornja sled (kanal 1) je zapis poteka napetosti preko LED-diode in s tem poteka svetlobnega toka. Spodnja sled (kanal 2) je zapis napetosti, ki se pojavi na sondi Vernierja v trenutku, ko dijak pritisne na stikalo. Izmerimo zakasnitev odziva (čas, v katerem se spremeni napetost na modri sledi).

Reakcijski časi na različne modalitete dražljaja so lahko različni. Slušni dražljaji povzročijo najhitrejše reakcije (130–150 ms), vidni nekoliko počasnejše (160–180 ms), taktilni pa še počasnejše, seveda odvisno od položaja na telesu. V vsakem primeru na odzivni čas vplivajo:

a) dolžina aferentnih živcev (slušni živec je najbližje možganskemu slušnemu centru, vidni živec sega od oči do zatilja, receptorji za dotik pa so lahko do 2 m stran od možganov);

b) kompleksnost informacije in s tem zahtevnost obdelave v možganih (vidna informacija je najkompleksnejša);

c) jakost dražljaja (na šibke dražljaje se zaradi daljšega časa integracije v čutilih odzivamo počasneje);

d) pozornost, budnost, motnje, bolezenska stanja, zastrupitve z alkoholom ali drogami itd.

Seveda v razredu ne bomo eksperimentirali s toksičnimi substancami, lahko pa primerjamo reakcijske čase med učenci, ob vplivu motenj, ob zmanjšani pozornosti (učenec naj šteje npr. od 1000 nazaj po 17), lahko si ogledamo reakcijske čase navdušenih igralcev računalniških igric, izmerjene reakcijske čase pa lahko tudi smiselno vključimo v izračun zavorne poti avtomobila.

Viri in literatura

Priporočena gradiva za učitelje in učence

1 *Korošak, B. (2007). Biologija človeka. Celovec, Ljubljana, Dunaj: Mohorjeva = Hermagoras.*

2 *Stušek, P., Gogala, N. (2010). Biologija: učbenik za splošne gimnazije. Funkcionalna anatomija s fiziologijo. Ljubljana: DZS.*

Uporabljeni viri

1 *Belušič, G. Gradivo »Pojoča voščilnica in kardiovaskularni sistem«*

2 *Despopoulos, A., Silbernagel, S. (2003). Color atlas of physiology. New York: Thieme Publishing Group.*

3 *Mental chronometry. Wikipedia [online]. Dostopno na naslovu: http://en.wikipedia.org/wiki/Mental_chronometry (citirano 15. 12. 2010).*

4 *Refleks. Wikipedia [online]. Dostopno na naslovu: http://en.wikipedia.org/wiki/Reflex (citirano 15. 12. 2010).*

5 *Pogačični refleks. Wikipedia [online]. Dostopno na naslovu: http://en.wikipedia.org/wiki/Patellar_reflex. (citirano 15. 12. 2010).*

6 *Jendrassikov refleks. Wikipedia [online]. Dostopno na naslovu: http://en.wikipedia.org/wiki/Jendrassik_maneuver (citirano 15. 12. 2010).*

2.4.4 Delovanje skeletnih mišic

Tatjana Durmič, Gimnazija Novo mesto

Kratka vsebina

V eksperimentalnem delu delovanje skeletnih mišic dijaki rezultate zajemajo s pomočjo računalniškega programa LogerPro 3.1 in temperaturnih senzorjev (Vernier).

Dijaki eksperimentalno delo načrtujejo, postavijo hipotezo in razpravljajo ob dobljenih rezultatih.

Čas izvedbe dejavnosti

Izvedba eksperimentalnega dela : ena šolska ura

Izvedba vrednotenja rezultatov, pogovora in diskusije: ena šolska ura

Povezava z učnim načrtom

F – Zgradba in delovanje organizmov (Zaščita, opora in gibanje)

Izbirni program:

I – Biološke osnove zdravega življenja

Medpredmetne povezave/predznanja drugih predmetov

- *Kemija*: sklop Kemijska reakcija kot snovna in energijska sprememba
- *Fizika*: sklopa Delo in energija, Notranja energija in toplota

Uvod

Dijaki poznajo zgradbo in delovanje skeletnih mišic. Vedo, da so za krčenje mišic potrebne snovi in energija, ki jih zagotovi krvni obtok, ter poznajo osnovni princip sproščanja termične energije pri presnovnih procesih. Ta spoznanja uporabijo pri načrtovanju poskusa, postavljanju hipoteze in razlagi rezultatov.

Izvedba

Priprava na izvedbo

Dijake razdelimo v toliko skupin, kolikor materiala imamo na razpolago. Če imamo en komplet računalniške opreme, je eksperimentalno delo izvedeno kot demonstracija treh dijakov.

Izvedba eksperimentalnega dela Raziskovanje delovanja skeletnih mišic (navodila za dijake)

Mišice potrebujejo energijo za svoje delovanje. Za krčenje mišic se porablja kemična energija v obliki molekul ATP. Pri vseh metabolnih reakcijah, ki vodijo do sinteze ATP, kakor tudi pri njegovi hidrolizi se sprošča toplota. Tovrstnim spremembam lahko do neke mere sledimo s pomočjo meritev spremembe temperature mišice med njeno dejavnostjo, ko sta tako sinteza kot poraba ATP zelo visoki.

Metoda dela

Skupinsko delo: skupino sestavlja od pet do šest dijakov, ki si razdelijo delo (zapisovanje podatkov in rezultatov, merjenje časa, delo z računalnikom in poskusne osebe)

Cilji

Pri tem poskusu boste:

- delali z računalnikom, Vernierjevim vmesnikom in senzorjem za temperaturo,
- postavili hipotezo o temperaturi na mišici pred obremenitvijo in po njej,
- s poskusom preverili postavljeno hipotezo,
- načrtovali nove poskuse z novimi poskusnimi osebami.

Material

- računalnik, vmesnik in senzor za temperaturo,
- medicinska obveza za pritrditev senzorja na roko,
- večkrat prepognjene papirnate brisače za izolacijo,
- štoparica ali ura s sekundnim kazalcem.

Postopek

1. Pripravite računalnik za delo.
2. Na enega od analognih kanalov priključite senzor za temperaturo.
3. V meniju ***Experiment*** izberite podmeni ***Data Collection*** in nastavite merilni čas (40 min) ter število meritev na minuto (60/min). Nastavitve potrdite z ukazom ***Done***.
4. Poskusni osebi izmerite število srčnih utripov na minuto. Pomagajte si s štoparico. Srčni utrip lahko merite tudi s pomočjo merilnega sistema Polar.
5. Poskusni osebi prislonite tipalo senzorja na dvoglavo mišico na notranji strani nadlakti (biceps), nato izolirajte ta del roke z večkrat prepognjenimi papirnatimi brisačami in z medicinsko obvezo izolirani senzor pritrdite na roko. Sprožite štoparico. **Po treh minutah** sprožite meritev z ukazom ***Collect***.

6. **Po desetih sekundah** naj poskusna oseba **dve minuti** izteguje in krči roko (en gib na sekundo) z utežjo, ki ima maso 2 kg, nato ponovite postopek merjenja utripa. Temperaturo na mišici merite **še tri minute**. Merjenje ustavite z ukazom ***Stop***.
7. Meritev temperature na mišici nove poskusne osebe sprožite tako, da ponovno pritisnete gumb ***Collect*** in pokaže se vam okno, v katerem izberite ukaz ***Store Latest Run***.
8. **Z novo poskusno osebo ponovite postopek na enak način: po namestitvi in izolaciji senzorja počakajte tri minute v mirovanju, nato sprožite meritev, po 10 sekundah mirovanja oseba dve minuti dviga roko z utežjo, nato merite temperaturo še tri minute v mirovanju.** Merjenje ustavite z ukazom ***Stop***.
9. Napotki za oblikovanje zajetih podatkov:
   - vpišite naslov grafa (Options ⟶ Graph options ⟶ Title:_____)
   - shranite svojo meritev v ustrezno datoteko (grafe v Wordovo datoteko, tabelo v Excelovo datoteko.)

Refleksija

S tem eksperimentalnim delom prikažemo povezavo organskih sistemov. Na podlagi rezultatov lahko izpeljemo razpravo, povezano z razumevanjem ciljev in konceptov sklopa F in I ter njihovo navezavo s telesnimi dejavnostmi in zdravim življenjem.

Učenci so motivirani za timsko delo ter uporabo sodobne tehnologije in dela z računalnikom.

Viri in literatura

Priporočena gradiva za učitelje:

1 *Šorgo, A. (2005). Računalniško podprt laboratorij pri pouku biologije. Ljubljana: Zavod RS za šolstvo.*

2 *Planinšič, G. (2004). Vernier LabPro in senzorji v šoli. Ljubljana: Fakulteta za matematiko in fiziko.*

Priloge

Delovni list: Delovanje skeletnih mišic

Komentar k razpravi: Delovanje skeletnih mišic

Delovni list

Delovanje skeletnih mišic

V tabele 1, 2 in 3 vpišite:

- najvišjo temperaturo, ki ste jo izmerili na neobremenjeni in obremenjeni mišici,
- število srčnih utripov pred obremenitvijo in po njej,
- razlike obeh meritev,

V tabelo 4 vpišite podatke o poskusnih osebah in rezultate.

Tabela 1

Poskusna oseba 1	Temperatura (°C)	Razlika v temperaturi	Število srčnih utripov na minuto	Razlika v številu srčnih utripov
Mišica pred obremenitvijo				
Mišica po dveh minutah obremenitve				

Tabela 2

Poskusna oseba 2	Temperatura (°C)	Razlika v temperaturi	Število srčnih utripov na minuto	Razlika v številu srčnih utripov
Mišica pred obremenitvijo				
Mišica po dveh minutah obremenitve				

Tabela 3

Poskusna oseba 3	Temperatura (°C)	Razlika v temperaturi	Število srčnih utripov na minuto	Razlika v številu srčnih utripov
Mišica pred obremenitvijo				
Mišica po dveh minutah obremenitve				

Poskusna oseba	Spol	Masa (kg)	Višina (cm)	ITM (kg/m2)	redna vadba (+ / -)	Δ T (°C)	Δ srčni utrip/ min.
1							
2							
3							
4							
5							
6							

Razprava in pogovor

1. Oblikujte hipotezo, ki bo napovedala spremembo temperature pri poskusnih osebah.
2. Zakaj je začetna temperatura, ki smo jo izmerili na mirujoči mišici, večja, kot je temperatura v prostoru, kjer poskus izvajamo?
3. V tabelo 4 ste vpisali spremembe temperature na mišici pri vseh poskusnih osebah. Dobljene rezultate primerjajte s svojo hipotezo.
4. Ali lahko povežete količino sproščene toplote in hitrost srčnega utripa?
5. Kateri dejavniki, ki jih lahko nadzorujemo, lahko vplivajo na rezultate poskusa?
6. Zakaj se rezultati med različnimi poskusnimi osebami razlikujejo?
7. Opišite okoliščine v vsakdanjem življenju, pri katerih lahko dognanja pri tem eksperimentalnem delu s pridom uporabimo?
8. Pred intenzivno športno vadbo se je treba dobro ogreti. Boljša prekrvavitev mišic bo omogočila boljšo izrabo energije. Načrtujete poskus, s katerim bi preverili to trditev.

Komentar k razpravi

Delovanje skeletnih mišic

1. Dijaki bodo najverjetneje predvideli dvig temperature po obremenitvi. Hipoteza naj vsebuje razlago.
   - *Dijaki vedo, da se pri vseh biokemijskih reakcijah v celicah sprošča toplota, če je le notranja energija produktov nižja od energije reaktantov. Vse raeakcije, pri katerih je obratno – notranja energija produktov višja od energije reaktantov, pa lahko potekajo le, če so povezane (sklopljene) z reakcijami, kjer se energija sprosti (recimo z razpadom ATP, pri čemer pa se toplota spet sprosti). Zaradi tega vsa živa bitja oddajajo toploto.*
   - *Dijaki ugotovijo, da so mišice prekrvavljene. Ko se mišična dejavnost poveča, se pospeši pretok krvi, ta pa prinese tudi toploto iz preostalih delov organizma. Pri tem opozorimo dijake na morebitna odstopanja od pričakovanih rezultatov (pri kakšnem dekletu z nizkim tlakom ter zelo hladnimi rokami in nogami lahko temperatura po obremenitvi zaradi pritoka hladnejše krvi iz dlani in drugih prej slabo prekrvavljenih in hladnih delov telesa celo prehodno pade)*

2. Dijaki povežejo višjo temperaturo s toplokrvnostjo sesalcev in stalnim in nehotnim drgetanjem mišičnih vlaken (mišični tonus)
   - *Dijake spomnimo na to, da smo sesalci in ptice organizmi s stalno telesno temperaturo. To nam omogoča preživetje v obdobjih, kjer bi se biokemijski procesi ustavili zaradi nizkih temperatur. Cena za to je več kot 10-krat večja poraba energije, kot pri enako težkih živalih z nestalno telesno temperaturo. Vsa ta dodatno porabljena energija se pretvori v toploto.*

3. Rezultati bodo v večini primerov potrdili hipotezo o dvigu temperature. V primeru nespremenjene temperature ali celo padca temperature je treba dijake opozoriti na morebitne napake pri izvedbi meritve (prijemanje senzorja, slaba izolacija, nepravilni časi stabilizacije senzorja ...) in na druge objektivne razloge – npr. nizek tlak poskusne osebe.

4. Dijaki bodo verjetno opazili večji dvig temperature pri tistih dijakih, ki se jim je tudi pulz bolj povečal.
   - *Po eni strani je povečanje pulza posledica večje produkcije CO_2 in mlečne kisline v mišicah, kar oboje zniža pH krvi. To zaznajo čutila v podaljšani hrbtenjači, nato pa z njimi povezan center v podaljšani hrbtenjači preko vegetativnega živčevja pospeši srčni utrip. Tako dvig CO_2 kot mlečne kisine v krvi je posledica večje biokemijske dejavnosti v mišici in je tako neposredno povezan s produkcijo toplote. Obenem pa pospešen srčni utrip prinese iz jedra telesa tudi še nekaj dodatne toplote – sploh če prej mišica ni bila ogreta in je bil pretok krvi skoznjo v mirovanju manjši. Zato je dvig lahko hitrejši, kot bi bil sicer. Vendar pa lahko razširitev perifernih žil v roki zaradi povečane mišične dejavnosti in dviga krvnega tlaka, v kombinaciji s povečanim pretokom krvi skozi mišico in ob mišici, prinese tudi hladnejšo kri s periferije (iz hladnih dlani) in s tem prehodno zniža temperaturo merjeno na površini roke nad mišico.*

5. Dijaki ugotovijo, da je to različna obremenitev mišice (masa uteži in frekvenca gibov), čas obremenjevanja in razlike v izolaciji senzorja.

6. Dijaki bodo verjetno opazili razlike pri osebah z različno vrednostjo ITM, pri osebah različnega spola, pri osebah z različno telesno pripravljenostjo.
   - *ITM je indeks telesne mase, ki ga izračunamo iz razmerja med maso in kvadratom višine in ga izražamo v kg/m^2 .*
   - *Razlike med fanti in dekleti so mogoče zaradi različne mišične mase. V tem obdobju se pri fantih poveča raven testosterona, kar vpliva na povečanje mišične mase, s tem pa višjo porabo energije in zato tudi višjo produkcijo toplote od deklet.*
   - *Prav tako naj bi imeli športniki učinkovitejši nadzor nad pretokom krvi skozi mišico, kar bi se moralo pokazati kot hitrejši dvig temperature ob začetku mišične dejavnosti.*

7. Dijaki vedo, da nas v mirujočem stanju v hladnih prostorih prej zazebe in da se lahko z gibanjem ogrejemo. To povežejo s povečanim krvnim obtokom in dejavnostjo mišic, ki zaradi biokemičnih reakcij sproščajo toplotno energijo.

8. Dijaki načrtujejo podoben poskus, pri katerem bi ista poskusna oseba po nekaj minutnem počivanju ponovila vajo.

2.4.5 Orientacija v prostoru s pomočjo zvoka – eholokacija

Pavel Bone, Gimnazija Nova Gorica

Kratka vsebina

Naloga poskusne osebe je gibanje skozi prostor in izogibanje oviram s pomočjo eholokacije. Ta način orientacije je znan pri netopirjih in delfinih, uporabljajo pa ga tudi nekateri slepi ljudje. Poskusna oseba ima pokrite oči, tako da ovir ne vidi, tleska z jezikom in posluša odboje. Zvoke, ki se odbijejo od ovire, je slišati z nekoliko drugače kot neodbite. Na podlagi razlik zazna oviro in se ji izogne.

Čas izvedbe dejavnosti

Izvedba dejavnosti: ena šolska ura (45 minut)

Vlogo osebe, ki se orientira, preizkusi nekaj dijakov, ne vsi.

Povezava z učnim načrtom

B – Raziskovanje in poskusi: B1

F – Zgradba in delovanje organizmov:

F4 – Čutila: Čutilo za sluh, Živčevje, Obdelava informacij in odziv na dražljaje

Medpredmetne povezave

Fizika: sklop Valovanje (zvok kot longitudinalno valovanje)

Uvod

Zvok je mehansko valovanje, ki se širi skozi plinast tekoč ali trden medij z določeno valovno dolžino in frekvenco. V plinih in kapljevinah se širi v obliki longitudinalnega (vzdolžnega) valovanja, kot zgoščine in razredčine. Hitrost razširjanja je odvisna od elastičnosti, temperature in tlaka medija. Zvok zaznavamo s čutilom za sluh, zelo nizke frekvence tudi s čutilom za tip. Območje slišnosti človeškega ušesa je med 20 Hz in 20 kHz (1 Hz je en nihaj na sekundo). Zvok s frekvenco, nižjo od 20 Hz, je infrazvok, s frekvenco, višjo od 20 kHz, pa ultrazvok.

Eholokacija deluje na podobni podlagi kot aktivni sonar, naprava, s katero ladja oddaja zvočne impulze in iz analize zakasnitev odbitih zvočnih valov zaznava plavajoče in lebdeče ovire, ribje jate ali obliko morskega dna. Podobno delujejo tudi naprave, ki jih uporabljajo za ultrazvočne preiskave v medicini.

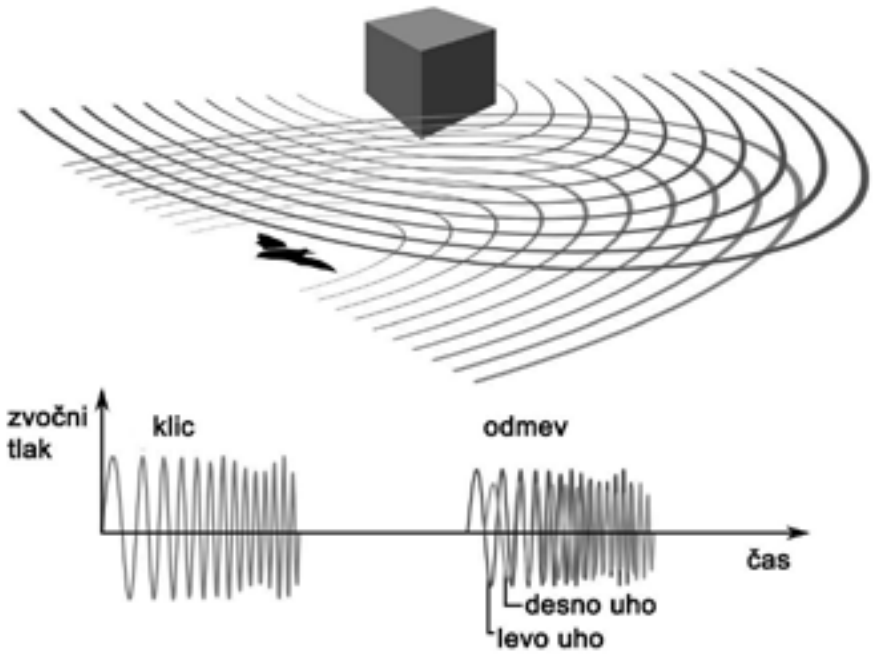
Eholokacijo že miljone let uspešno uporabljajo netopirji v zraku in delfini pod vodo. V razmerah brez vidljivosti jim omogoča natančno raziskovanje okolice, lov plena in izogibanje nevarnostim. Žival oddaja zvoke in posluša njihove odboje od ovir. Na podlagi časovne zakasnitve med oddanim zvokom in odbojem ter med razlikami, ki jih zaznata obe ušesi, možgani sestavijo zvočno podobo okolice.

Slišno območje netopirjev je med 20 Hz in 120 kHz. Sposobnost zaznavanja zvoka višjih frekvenc jim omogoča veliko ločljivost. Tako lahko zaznavajo predmete, manjše od debeline človeškega lasu. Pri poslušanju odmeva in ugotavljanju razdalje do ovire zaznavajo odstopanja, manjša od mikrosekunde (človek le milisekunde). Njihovi možgani so sposobni vse te podatke obdelati in uporabiti.

Eholokacijo uporabljajo za orientacijo tudi nekateri slepi ljudje. Brez težav se lahko gibljejo po znanem terenu in prepoznavajo ovire in večje predmete. Učinkovitost take eholokacije je seveda majhna, ker človek ni evolucijsko odvisen od tovrstnega načina orientacije, ločljivost pa nizka, ker pri tem uporablja slišne, torej nižje frekvence zvoka. Kako slepi uporabljajo eholokacijo, si lahko ogledamo na omrežju You Tube.

Vprašanje: Ali se je mogoče poenostavljenega načina eholokacije v kratkem času naučiti in jo tudi uporabiti?

Odgovor: Dijak s primerno motivacijo je tega sposoben.



Slika 1: Netopir med letom oddaja ultrazvočne klice in posluša odmeve. *(dostopno na naslovu: http://en.wikipedia.org/wiki/Animal_echolocation (citirano 25. 1. 2010))*

Izvedba

Za razumevanje principov, po katerih deluje eholokacija, in doseganje ciljev vaje je nujno poznavanje in razumevanje poglavja o zvočnem valovanju (valovna dolžina, frekvenca in odboj zvoka).

Cilji

Dijaki:

- spoznajo, da je eholokacija način orientacije v prostoru,
- spoznajo princip delovanja eholokacije,
- se preizkusijo v orientaciji z eholokacijo,
- poznajo omejitve uporabe eholokoacije.

Priprava na izvedbo

- Dijaki osvežijo znanje o fiziki zvoka in se seznanijo s principi, po katerih deluje eholokacija.
- Preizkusijo se v tleskanju z jezikom. Tleskajo tako, da jezik z ustvarjanjem podtlaka v ustni votlini sunkovito odmikajo od zgornje vrste zob, tako kot če želijo neverbalno izraziti zanikanje ali dvom. Pri tem nastane značilen tleskajoč zvok. Pomembno je, da ga dijaki lahko proizvajajo brez posebnega truda in s hitrimi ponovitvami ter da slišijo razliko med tleskom v odprtem prostoru in tik pred oviro.

Pripomočki in pogoji za izvedbo

- Zaslon za oči, ki učinkovito omeji vid v vseh smereh. Primerna je ruta ali še bolje, zaščitna očala, ki jih ovijemo v aluminijasto folijo. Pomembno je, da ne ovira sluha.
- Poskus izvajamo v velikem prostoru, kjer ni motečega hrupa in je mogoče neovirano gibanje, najbolje na igrišču ali v telovadnici. Večji prostor omogoča daljši čas trajanja poskusa, brez prekinitev. Med samim poskusom poskusna oseba nabira izkušnje in jih uporablja v nadaljevanju.
- Ovire, ki jih mora poskusna oseba zaznati in se jim izogniti, zaradi možnosti angažiranja vseh dijakov iz razreda, pa tudi zaradi varnosti igrajo preostali dijaki, ki sodelujejo pri poskusu. Pri tem morajo biti s hrbtom obrnjeni proti poskusni osebi in v popolni tišini.

Izvedba poskusa

Poskusna oseba se postavi na sredino telovadnice. Skrbno ji namestimo zaslon na oči. Pomembno je, da je izključitev vida popolna, tudi navzdol in ob straneh, saj je to odločilno za veljavnost poskusa. Omogočena je tudi boljša osredotočenost in zato učinkovita uporaba čutila za sluh. Drugi sodelujoči dijaki, ki predstavljajo ovire, se razporedijo okrog poskusne osebe v vseh smereh in na različnih razdaljah. Pri tem poskusni osebi vedno kažejo hrbet. Presledki med njimi morajo biti dovolj veliki, da omogočajo izogibanje in napredovanje poskusne osebe brez dotikanja.

Naloga dijaka s pokritimi očmi je, da brez uporabe vida, le z generiranjem zvoka in s poslušanjem odbojev, torej s pomočjo eholokacije, pride do stene telovadnice in se pri tem izogne čim več oviram. Dijaki, ki so ovire, se lahko vedno znova previdno in v tišini postavljajo pred poskusno osebo in jo neprestano ovirajo.

Poskusna oseba začne poskus tako, da tleska z jezikom in posluša odmeve. Pri tem obrača glavo v različnih smereh in se počasi z majhnimi koraki premika v določeni smeri. Če ne prej, po nekaj dotikih z ovirami ugotovi, da se enaki tleski z jezikom, tik pred oviro slišijo nekoliko drugače kot takrat, ko je pot prosta. Na ta način se izognejo oviri in počasi napredujejo. Med poskusom so nujni tišina sodelujočih in zbranost ter primerna motivacija poskusne osebe.

Poskus naj dijaki večkrat ponovijo, da se jih čim več preizkusi v eholokaciji.

Na kaj moramo biti pozorni

Dijak lahko »goljufa«, če vidi mimo zaslona za oči. Ne osredotoči se na sluh, ampak na ostanek vida. Za veljavnost poskusa mora biti odtegnitev vida popolna.

Prav tako so lahko moteče močnejše vonjave. Ko se dijak približa »oviri«, jo lahko zazna po telesnem vonju, dezodorantu ali parfumu.

Dijaki, ki predstavljajo ovire, morajo biti proti poskusni osebi obrnjeni s hrbtom, kar skoraj izključi nasmihanje in druge neželene reakcije, ki izdajajo položaj ovire.

Dijaku, ki se orientira, se zaradi neprestanega tleskanja lahko izsušijo usta. Za take primere je dobro imeti pri roki plastenko vode.

Refleksija

Kljub začetnemu dvomu je izvedba vaje dala dobre rezultate. Dijaki so se uspešno preizkusili v eholokaciji, spoznali principe, po katerih deluje, in dojeli omejitve takega način orientacije.

Na začetku posameznih poskusov je prihajalo do dotikov poskusne osebe in ovir. Po nekaj minutah, ko so dijaki nabrali izkušnje in izostrili poslušanje odmevov, pa je orientacija postala učinkovitejša in dotikov skoraj ni bilo.

Dijaki, ki so igrali vlogo ovir, so zelo hitro sami ugotovili, kako se pravilno postaviti pred poskusno osebo. Ko jih je ta zaobšla, so se brez posebnih navodil ponovno premaknili naprej in jo znova ovirali. To so počeli zelo zavzeto.

Cela skupina je prizadevno sodelovala in se pri tem vidno zabavala. Uspešno končan poskus so dijaki običajno na koncu pospremili s spontanim ploskanjem.

Predlogi za nadaljnje delo

Poleg opisanega lahko izpeljemo poskus, v katerem imajo zaslone čez oči vsi dijaki. Sprehajajo se po manjšem prostoru in se s pomočjo eholokacije izogibajo trkom.

Literatura in viri

Literatura

1 *Kladnik, R. (2003). Energija, toplota, zvok, svetloba, Fizika za srednješolce 2. Ljubljana: DZS.*

2 *Štuhec, M. (prevod in priredba) (2007). Tematski leksikoni: Fizika. Tržič: Učila International.*

3 *Strgar, J. (prevod in priredba) (2007). Tematski leksikoni: Biologija. Tržič: Učila International.*

4 *Vilhar, B. (et al.) (2007). Znanost gre v šolo: priročnik za izvedbo aktivnosti pri pouku biologije. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo.*

5 *Super netopir (2003). [film]. ARTE France, Gedeon Programmes, Oxford Film and Television, National Geographic.*

Spletni viri

1 *Animal eholocation. Wikipedia [online]. Dostopno na naslovu: http://en.wikipedia.org/wiki/Animal_echolocation (citirano 15. 12. 2010).*

2 *Bezjak, M. (2001/02). Človek in zvok. Šolski center Ptuj – Poklicna in tehniška elektro šola [online]. Dostopno na naslovu: http://www.educa.fmf.uni-lj.si/izodel/sola/2001/di/Bezjak/pre/1.htm (citirano 15. 12. 2010).*

3 *Eholocation. You Tube [online]. Dostopno na naslovu: http://www.youtube.com/results?search_query=echolocation&search_type=&aq=f (citirano: 15. 12. 2010).*

4 *Hearing Range. Wikipedia [online]. Dostopno na naslovu: http://en.wikipedia.org/wiki/Soundhttp://en.wikipedia.org/wiki/Hearing_range (citirano 15. 12. 2010).*

5 *Sonar. Wikipedia [online]. Dostopno na naslovu: http://en.wikipedia.org/wiki/Sonar (citirano 15. 12. 2010).*

2.4.6 Vpliv svetlobe na rastline

Marija Meznarič, Gimnazija Franca Miklošiča Ljutomer

Kratka vsebina

V prispevku sem se osredotočila na vpliv svetlobe na organizme, s poudarkom na vplivu svetlobe na rastline, značilnosti senčnih in sončnih rastlin, značilnosti senčnih in sončnih listov. V eksperimentalnem delu smo proučevali razlike med sončnimi in senčnimi listi. Prispevek vključuje medpredmetno povezavo in avtentični pouk v okviru naravoslovnega projektnega tedna Pogled na svetlobo z različnih vidikov – vpliv svetlobe na rastline.

Čas izvedbe dejavnosti

Izvedba eksperimentalnega dela: od 3 do 4 šolske ure.

Povezava z učnim načrtom (biološkimi koncepti in cilji)

G – Ekologija: G1 (G1-4), G2 (G2-3, G2-4), G3 (G3-3, G3-4, G3-7)

Medpredmetne povezave

- *Fizika*: predznanje Merjenje fizikalne količine in enote ter Svetloba
- *Informatika*: predznanje Osnove informatike, Strojna oprema računalnika, Programska oprema računalnika, Obdelava podatkov, Podatkovna baza, Preglednica ter Predstavitev informacij
- *Matematika* predznanje Statistika, Geometrija v ravnini in prostoru
- *Psihologija*: Občutenje in zaznavanje

Izvedba

Potek dejavnosti

Dijake seznanimo z vplivom in pomenom svetlobe na organizme:

1. vpliv in pomen svetlobe za živali in človeka,
2. vpliv in pomen svetlobe za rastline,
3. eksperimentalni del.

Uvod

Vpliv svetlobe na organizme

Svetloba pri človeku vpliva na vid, zdravje, psihično počutje, čustva, razpoloženje.

Življenjski ritem organizmov je povezan s svetlobnim ritmom (letnim in dnevnim) na Zemlji.

Dnevni svetlobni ritem

Svetlobe je zjutraj malo, vendar se intenziteta svetlobe postopno veča. Barva svetlobe prehaja iz rdeče, preko oranžne v rumeno. Večina živih bitij se prebuja in njihovo delovanje se počasi povečuje. Ljudje smo zjutraj pogosto še zaspani in počasi začenjamo nov dan.

Svetloba dneva je intenzivna in bela. Vsi dnevni organizmi so dejavni. Tudi ljudje smo v tem času dejavni in z veliko elana.

Zvečer svetloba postaja rdeča, njena intenziteta pa se počasi zmanjšuje. Dnevni organizmi se odpravijo k počitku. Ljudje večinoma zaključimo z delom in počivamo.

Svetloba pri človeku vpliva tudi na raven melatonina – spalnega hormona in kortizola – hormona budnosti.

Če smo zjutraj izpostavljeni močni beli svetlobi, raven melatonina pade hitreje in smo lahko prej dejavni (npr. pripravljeni za delo).

Svetloba ponoči (pri spanju ob prižgani luči) zmanjša raven melatonina in poslabša spanje, močna svetloba podnevi pa zmanjša zaspanost in utrujenost.

Zjutraj nam močna svetloba lahko zelo hitro poveča raven kortizola, začasno povečanje intenzitete svetlobe v prostoru pa lahko poveča budnost.

Nekateri toplo belo svetlobo uporabljajo za sproščanje.

Pri živalih je na primer od dolžine dneva odvisen čas parjenja. Dolžina dneva ima vpliva na čas selitve (na primer ptic selivk), hibernacijo, plenjenje, oglašanje organizmov (npr. ptic ob svitanju in večernem mračenju).

Svetloba je za rastline življenjskega pomena. Pri fotosintezi pretvarjajo svetlobno energijo v kemično, ki jo nato porabijo za pretvorbo enostavnih anorganskih snovi, kot sta ogljikov dioksid in voda, v za rast in razvoj potrebne sladkorje. Kot stranski produkt fotosinteze nastaja kisik, ki omogoča dihanje tako rastlinam kot tudi drugim organizmom.

Dolžina dneva vpliva na fotosintezo, čas cvetenja, olistanje, tvorbo gomoljev, dozorevanje plodov, gibanje nekaterih delov rastlin, odpadanje listov ...

Svetloba po eni strani predstavlja za rastlino vir energije pa tudi informacijo. Če je svetlobe preveč ali premalo, je to za rastlino lahko stresno.

Pri pomanjkanju svetlobe rastlina tvori predolge internodije. Tudi fotosinteza je zavrta. Listno tkivo postane mehko, rastline zbledijo in porumenijo. Razvoj korenin se močno zmanjša. V temnih prostorih si pri gojenju rastlin lahko pomagamo z umetnim osvetljevanjem.

Okrasne rastline na okenskih policah so v poletnih mesecih pod močnim svetlobnim in vročinskim stresom. Direktno sončno žarčenje dovaja listju preveč energije, proces fotosinteze pa je preobremenjen. Zaradi prevelike izpostavljenosti sončnim žarkom lahko pride do ožiga. Zato je na južnih in zahodnih straneh je v poletnih mesecih treba okrasne rastline na okenskih policah zasenčiti.

V rastlinskih združbah v naravi lahko najdemo rastline, ki uspevajo na prostorih z veliko intenziteto svetlobe (heliofiti) in rastline na senčnih prostorih (skiofiti).

Tabela 1: Primerjava sončnih in senčnih rastlin.

Primerjalna značilnost	**SONČNA RASTLINA (svetloljubna rastlina - heliofit)**	**SENČNA RASTLINA (sencoljubna rastlina – skiofit)**
Rastišče	rastline odprtih rastišč	rastline na osenčenih rastiščih: liane (ovijalke); podrast
Višina rastline	nižje rasti, vendar košata, oziroma razvejana, s številnimi stranskimi poganjki	visoka rastlina, z redkimi stranskimi poganjki, dolgi internodiji
Koreninski sistem	razvejan in je v sorazmerju z velikostjo krošnje oziroma nadzemnega zeliščnega dela	koreninski sistem je manjši in manj razvejan
Kompenzacijska točka za svetlobo	višja, nasičenje se pojavi na višji točki	nižja, nasičenje se pojavi na nižji točki
Razvoj rastline v neugodnih svetlobnih pogojih	obstoj **svetloljubnih** rastlin (**heliofiti**) pri **zmanjšani intenziteti svetlobe ni mogoč** – problem je kompenzacijska točka; (navadni lapuh, veliki trpotec, jesen, topol, macesen)	rastline se relativno **nemoteno razvijajo tudi** pri **polni osvetlitvi**; (bršljan, zajčja deteljica, podlesna vetrnica, gaber, jelka, smreka, rdeči hrast)

Sončni in senčni listi

Na zgradbo zrelega lista pri vseh semenkah izjemno vpliva jakost osvetljenosti med razvojem lista. Pomembni sta tako intenziteta svetlobe kot tudi vrsta svetlobe, ki ji je list izpostavljen. Glede na svetlobne razmere lahko rastlina razvije različne liste. Listi, ki so med razvojem izpostavljeni močni svetlobi, so **sončni listi**.

- Sončni listi so praviloma manjši od senčnih, saj potrebujejo manjšo učinkovito površino za absorbiranje svetlobe, hkrati pa ne smejo preveč senčiti spodnjih listov.
- Listni peclji so pri senčnih listih podaljšani, pri sončnih pa so krajši.
- Sončni listi imajo večjo gostoto listnih rež, kar je povezano s povečano transpiracijo, ki naj bi pripomogla k hlajenju rastline. So pa celice zapiralke rež pri senčnih listih večje kot pri sončnih, kajti s tem celica privarčuje energijo.
- Sončni listi imajo debelejšo kutikulo, ki jim pomaga pri odbijanju svetlobe in zaščiti notranjih tkiv pred svetlobo. Sicer pa so tudi sami listi debelejši. Senčni listi so tako tanjši in mehkejši.

- Senčni listi imajo velike epidermalne celice z izrazito lečasto obliko. Te celice igrajo vlogo zbiranja svetlobe.
- Količina in razporeditev gobastega in stebričastega tkiva je različna in povezana z regulacijo absorpcije svetlobe in CO2. V sončnih listih je več zbitega stebričastega tkiva z visokimi celicami, medtem ko imajo senčni listi slabo organizirano, tudi tanjšo plast oziroma manj stebričastega tkiva in veliko medceličnih prostorov. Skladno s tanjšo plastjo oziroma manjšo količino stebričastega tkiva je pri senčnih listih več gobastega tkiva.
- Žile so pri senčnem listu manj poudarjene, mehansko in prevajalno tkivo je slabše razvito, saj je v žilah tudi manj opornega tkiva.
- Senčni listi imajo manj kloroplastov, vendar večje kot sončni listi.
- Kloroplasti senčnih listov imajo več klorofila b, zato so navadno videti temnejši, sončni listi pa imajo več klorofila a.

Tabela 2: Primerjava sončnih in senčnih listov.

Primerjalna značilnost	**SONČNI LIST (heliofiti)**	**SENČNI LIST (skiofiti)**
Mesto rasti lista na rastlini	na vrhu krošnje oz. rastline	listi v notranjosti krošnje oziroma v spodnjih delih krošnje oz. rastline
Velikost listne ploskve	manjša	večja
Debelina lista	debelejši	tanjši
Masa lista na enoto površine	večja	manjša
Vsebnost suhe snovi na enoto površine	več	manj
Dolžina listnega peclja	krajša	daljša
Listne reže	številne (hlajenje rastline), celice zapiralke so manjše	malo, celice zapiralke so zelo velike
Kutikula	debela	tanka
Celice povrhnjice	manjše	velike, lečaste oblike
Stebričasto tkivo	veliko	malo
Gobasto tkivo	malo	veliko, veliko zračnih prostorov (medceličnih prostorov)
Žile	izrazite, mehansko in prevajalno tkivo dobro razvito	manj poudarjene, mehansko in prevajalno tkivo manj razvito
Oporno tkivo	več	manj
Število kloroplastov	več, vendar so manjši	manj, vendar so večji

Izvedba opazovanja na terenu

1. ura: Začetni del eksperimentalnega dela poteka na terenu.

Dijaki se razporedijo v skupine z največ štirimi člani. Vsaka skupina si izbere določeno rastlinsko vrsto (ki jo pri predstavitvi pravilno strokovno poimenuje), na kateri bo izvedla meritve ter pridobila in predstavila zbrane rezultate. Pri izbiri rastlinske vrste je smiselno, da se posamezna skupina prej posvetuje s profesorjem oziroma z laborantom.

Posamezna skupina poišče po deset senčnih in deset sončnih listov iste rastlinske vrste. Pri iskanju listov morajo upoštevati naslednja navodila:

1. Liste naberejo na različnih rastlinah iste vrste, in ne samo na eni rastlini. Ne smejo pozabiti na listne peclje, tudi ta je sestavni del lista. Za meritve so najprimernejši enostavni listi.
2. Listi morajo biti popolnoma razviti in ne prestari, prav tako ne poškodovani oziroma obžrti od herbivorov. Pri nabiranju naj bodo posebej pozorni pri sestavljenih listih (da naberejo vse sestavljene dele lista).
3. Obrane liste naj takoj shranijo v plastično vrečko (vrečko zaprejo), ki jo shranijo pri čim nižji temperaturi (najpriročnejša je hladilna torba).
4. Meritve naj opravijo čim prej oziroma najpozneje v 24 urah, če so seveda v tem času listi pravilno skladiščeni (v hladilniku).

Pri izbrani rastlinski vrsti z ustreznim pripomočkom (luksmeter) na terenu izmerijo intenziteto svetlobe na različnih mestih. Opravijo več meritev na senčnih delih in več meritev na sončnih delih posamezne rastline. Najbolje je, da so meritve opravljene na mestih, kjer odvzamejo liste.

2. ura (najbolje je, če za ta del lahko namenimo dve uri): **Delo v učilnici ali laboratoriju**

Material:

- 10 senčnih listov iste vrste, nabranih na različnih rastlinah iste vrste,
- 10 sončnih listov iste vrste, nabranih na različnih rastlinah iste vrste,
- luksmeter,
- pripomoček za merjenje debeline lista (kljunasto merilo),
- milimetrski papir,
- natančna tehtnica,
- svinčnik,
- flomaster,
- ravnilo,
- škarje,
- pečica (lahko tudi sterilizator),
- lupa,
- mikroskop,
- pribor za mikroskopiranje,
- fotoaparat.

Potek izvedbe posameznih dejavnosti

1. Merjenje intenzitete svetlobe

Dijaki iz zbranih meritev, ki so jih opravili na terenu, izračunajo intenziteto svetlobe v senci in na soncu.

2. Merjenje debeline senčnih in sončnih listov

Z ustreznim pripomočkom za merjenje debeline lista (kljunasto merilo) izvedejo meritve na vseh vzorčnih listih. Debelino lista naj določajo pri vseh listih približno na istem področju (mezofil med žilami), da bodo meritve med seboj primerljive. Iz zbranih meritev izračunajo povprečno debelino senčnih in nato še sončnih listov.

3. Določanje površine listne ploskve in dolžina peclja senčnih in sončnih listov

Nabrane senčne in sončne liste najprej ustrezno razvrstijo in po vrsti označijo (z alkoholnim flomastrom na liste napišejo zaporedne številke od 1 do 10). Z ravnilom izmerijo dolžino pecljev pri senčnih in sončnih listih. Na milimetrski papir obrišejo obsege listnih ploskev senčnih in sončnih listov, jih ustrezno označijo s številkami od 1 do 10, jih izrežejo in stehtajo na miligram natančno. Izrežejo in stehtajo še znano površino milimetrskega papirja (10 cm^2), iz česar lahko po križnem računu izračunajo površino listnih ploskev senčnih in sončnih listov. Izračunajo povprečno površino listnih ploskev senčnih in sončnih listov in povprečne dolžine listnih pecljev senčnih in sončnih listov.

4. Določanje sveže mase senčnih in sončnih listov

Do miligrama natančno stehtajo označene sveže senčne in sončne liste. Nato izračunajo povprečne vrednosti sveže mase za senčne in nato še za sončne liste.

5. Določanje specifične površine senčnih in sončnih listov

Izmerjeno površino posamezne listne ploskve delijo s svežo maso posameznega lista in vrednost izrazijo kot specifično površino lista, preračunano na svežo snov (cm^2/g sveže snovi), kar predstavlja tudi merilo debeline lista. Nato izračunajo povprečne vrednosti specifične listne površine, preračunane na svežo snov za senčne in sončne liste.

6. Mikroskopski pregled zgradbe senčnih in sončnih listov

S pomočjo lupe opazujejo in ocenijo število rež na določeno enoto na posameznem tipu lista. Listne reže primerjajo tudi po velikosti in morfologiji. Različne listne reže tudi skicirajo. Lahko naredijo prečni prerez lista in pod mikroskopom opazujejo razmerje med palisadnim in gobastim tkivom. S pomočjo mikroskopa na prečnih prerezih listov lahko določijo tudi debelino lista, za kar potrebujejo okularno merilce.

7. Določanje vsebnosti suhe snovi v senčnih in sončnih listih

Če jim čas dopušča in želijo še več raziskovanja, se lahko lotijo še 7. točke.

Označene senčne in sončne liste ločeno položijo v petrijevko ali na urno steklo in postavijo za 48 ur v pečico na 70 °C. Po končanem sušenju liste ponovno stehtajo in tako za vsak list posebej določijo vsebnost suhe snovi. Iz razlike med svežo in suho maso lahko določijo vsebnost vode v posameznem listu, izračunajo pa lahko še specifično listno maso (g suhe snovi/cm^2) in specifično listno površino (cm^2/g suhe snovi). Na koncu izračunajo povprečne vsebnosti suhe snovi, povprečno vsebnost vode, povprečno specifično maso in povprečno specifično površino suhih senčnih ter sončnih listov.

3. ura: Poročanje, diskusija o rezultatih in ocenjevanje raziskovalnega dela

Zbrane meritve dijaki predstavijo tabelarično in grafično. Za posamezni rezultat pripravijo tudi ustrezno obrazložitev.

Zbrane rezultate z diskusijo predstavijo drugim skupinam v razredu. Pri predstavitvi in zagovoru morajo sodelovati vsi člani skupine.

Refleksija dijakov in profesorja

Doseganje pričakovanih znanj

V projektnem tednu je dijakom uspelo vzpostaviti celostni pogled na svetlobo z različnih naravoslovnih področij.

Razvijanje veščin in spretnosti

Obdelana vsebina je omogočila, da smo v projektni teden vključili tudi veliko eksperimentalno-raziskovalnega dela, ki dijake vedno še posebej pritegne. Z eksperimentalnim in terenskim delom so se dijaki izognili vrednostnim sodbam, ki se pogosto dosežejo brez predhodnega strokovnega znanja.

Ugotovitve

Ugotavljamo, da:

- je veliko vsebin, ki so primerne za medpredmetno povezovanje in avtentične naloge,
- je tak pouk za dijake zanimivejši, vseživljenjski in trajnost znanja se podaljša,
- dijaki radi sodelujejo,
- tovrstni primeri avtentičnih nalog predstavljajo prve korake na poti raziskovanja,
- dijaki si pridobivajo veščine nastopanja in komuniciranja,
- uporaba aktivnih metod dela vodi do večje dejavnosti dijakov,

- tovrstni način dela dijake spodbuja k natančnejšemu opazovanju narave,
- prav tako jih spodbuja k samostojnemu zbiranju podatkov po knjižnih in spletnih virih,
- s takšnim načinom dela pri dijakih razvijamo vsestranske povezave različnih bioloških in naravoslovnih vsebin,
- če gre za medpremetno povezavo, naj bo delo ovrednoteno pri vseh predmetih,
- pri učitelju zahteva dobro načrtovanje,
- se obseg dela in vloženi čas za učitelja povečata.

Predlogi in ideje

Predlogi in ideje za nadaljnje delo na primeru ali nasploh pri uvajanju celostnega pristopa pri posodabljanju biološkega izobraževanja:

- Smiselno je, da vsako vsebino, ki jo načrtujemo za projektni teden ali morebiti kaj drugega, načrtujemo tako, da se ob zanimanju dijakov lahko nadgradi.
- Vsebine, ki se v projektnem tednu potrdijo kot dobro izbrane vsebine, se lahko ponovijo tudi v prihodnjih letih, kljub temu pa je dobro, da se sčasoma zamenjajo in da vključimo spet kakšno popolnoma novo vsebino.
- V projektni teden naj bo vključeno tudi ocenjevanje, ki naj bo jasno načrtovano že vnaprej, z jasno zapisanimi pravili. Zaželeno je, da se ocenjuje pri vseh predmetih, ki sodelujejo v projektnem tednu.
- Vsak projektni teden naj bo načrtovan tako, da vključuje čim več praktičnega (eksperimentalnega oziroma terenskega) dela.
- Da delo poteka dobro načrtovano, je smiselno, da eden izmed profesorjev prevzame celotno koordinacijo nad projektnim tednom.
- Ob koncu projektnega tedna je vedno smiselna evalvacija dela, tako pri profesorjih kot pri dijakih. To evalvacijo naj koordinator projektnega tedna tudi javno predstavi.

Literatura in viri

1 *Aichele, D., Golte – Bechtle, M. (2004). Kaj neki tu cveti, V naravi rastoče srednjeevropske zelnate kritosemenke. Kranj: Narava, str. 447.*

2 *Cornelissen, J.H.C., Lavorel, S., Garnier, E., Diaz, S., Buchmann, N., Gurvich, D. E., Reich, P. B., Steege, H., Morgan, H. D., van der Heijden, M. G. A., Pausas, J. G., Poorter, H. (2003): A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. Australian Journal of Botany, 51: 335–380.*

3 *Fiziologija rastlin – laboratorijske vaje (2005/06). Biotehniška fakulteta [online]. Dostopno na naslovu: http://web.bf.uni-lj.si/ag/botanika/gradiva/VAJA%203.pdf (citirano 15. 12. 2010).*

4 *Graden. Wikipedia [online]. Dostopno na naslovu: http://sl.wikipedia.org/wiki/Graden (citirano 15. 12. 2010).*

5 *Greenwood, T., Shepherd, L., Allan, R., Butler, D. (2008). Biologija za gimnazije, delovni zvezek. Ljubljana: Tiskarna Hren, str. 277.*

6 *Kladnik, A. (ur.). Galerija mikrografij. Dostopno na naslovu: http://web.bf.uni-lj.si/bi/mikroskopija/galerija.php (citirano 15. 12. 2010).*

7 *Lauber, K., Wagner, G. (2001). Flora helvetica. Bern; Stuttgart, Wien: Haupt, str. 1615.*

8 *List (rastlina). Wikipedia [online]. Dostopno na naslovu: http://sl.wikipedia.org/wiki/List_(rastlina) (citirano 15. 12. 2010).*

9 *Listna reža. Wikipedia [online]. Dostopno na naslovu: http://sl.wikipedia.org/wiki/Listna_re%C5%BEa (citirano 15. 12. 2010).*

10 *Martinčič, A., Wraber, T., Jogan, N., Podobnik, A., Turk, B., Vreš, B., Ravnik, V., Fajman, B., Strgulc Krajšek, S., Trčak, B., Bačič, T., Fischer, M. A., Eler, K., Surina, B. (2007). Mala flora Slovenije, ključ za določanje praprotnic in semenk Slovenije. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije, str. 967.*

11 *Podobnik, A., Devetak, D. (1999). Biologija 4 in 5, Raznolikost živih bitij. Ljubljana: DZS, str. 273.*

12 *Seidel, D., Eisenreich, W. (2005). Slikovni rastlinski ključ. Ljubljana: DZS, str. 287.*

13 *Šircelj H. (2004). Gradivo za vaje iz botanike za študente univerzitetnega študija agronomije. Biotehniška fakulteta [online]. Dostopno na naslovu: http://web.bf.uni-lj.si/ag/botanika/gradiva/Histologija.pdf (citirano 15. 12. 2010).*

14 *Turk, B. (2004). Preparati z vaj iz splošne botanike II. Biotehniška fakulteta [online]. Dostopno na naslovu: http://web.bf.uni-lj.si/ag/botanika/gradiva/Preparati%20-%20botanika%20II-eBook-v1_1.pdf (citirano 15. 12. 2010).*

15 *Vilhar, B., Zupančič, G., Vičar, M., Sojar, A., Devetak, B. (2007): Učni načrt za predmet biologija – gimnazija. Ljubljana: Ministrstvo RS za šolstvo in šport, Zavod RS za šolstvo, str. 70.*

16 *Vilhar, B. (2006). Teloh – listne reže. Dostopno na naslovu: http://web.bf.uni-lj.si/bi/mikroskopija/slika.php?imageid=40 (citirano 15. 12. 2010).*

17 *Vilhar, B. (2006/07). Ali je težko biti rastlina?. Dostopno na naslovu: http://botanika.biologija.org/zeleni-skrat/student/BSc-Bio/gradivo/Bio-P02-Biti-rastlina-izrocki.pdf (citirano 15. 12. 2010).*

Priloge

Delovni list:Vpliv svetlobe na rastline

Delovni list

Vpliv svetlobe na rastline

I. Delo na terenu

Material:

- luksmeter,
- pisalo,
- fotoaparat.

Vsaka skupina si izbere določeno rastlinsko vrsto, na kateri bo izvedla meritve in pridobila in predstavila zbrane rezultate. Pri izbiri rastlinske vrste je smiselno, da se posvetujete s profesorjem oziroma z laborantom.

Poišči 10 senčnih in 10 sončnih listov iste rastlinske vrste. Pri iskanju listov upoštevaj naslednja navodila:

1. Liste naberi na različnih rastlinah iste vrste, in ne samo na eni rastlini. Ne pozabi na listne peclje, tudi to je sestavni del lista. Pri nabiranju bodi posebej pozoren pri sestavljenih listih (naberi vse sestavljene dele lista). Za meritve so najprimernejši enostavni listi.
2. Listi morajo biti popolnoma razviti, ne prestari, prav tako ne poškodovani oziroma obžrti od herbivorov.
3. Obrane liste takoj shrani v plastično vrečko (vrečko zapri) in jo shrani na čim nižji temperaturi (najbolj priročna je hladilna torba).
4. Meritve opravi čim prej oziroma najpozneje v 24 urah, če so seveda v tem času listi pravilno skladiščeni (v hladilniku).

Pri izbrani rastlinski vrsti z ustreznim pripomočkom (luksmeter) na terenu izmeri intenziteto svetlobe na različnih mestih. Opravi več meritev na senčnih delih in več meritev na sončnih delih posamezne rastline (najbolje tam, kjer si nabiral liste).

II. Laboratorijske meritve

Material:

- 10 senčnih listov iste vrste, nabranih na različnih rastlinah iste vrste,
- 10 sončnih listov iste vrste, nabranih na različnih rastlinah iste vrste,
- pripomoček za merjenje debeline lista (kljunasto merilo),
- pečica (lahko tudi sterilizator),
- mikroskop,
- lupa,
- milimeterski papir,
- precizna tehtnica,
- svinčnik,
- flomaster,
- ravnilo,
- škarje,
- pribor za mikroskopiranje,
- fotoaparat.

1. Merjenje intenzitete svetlobe

Iz zbranih meritev, ki si jih opravil na terenu, izračunaj povprečno intenziteto svetlobe v senci in na soncu.

2. Merjenje debeline senčnih in sončnih listov

Z ustreznim pripomočkom za merjenje debeline lista (kljunastim merilom) izvedi meritve na vseh vzorčnih listih. Iz zbranih meritev izračunaj povprečno debelino senčnih in nato še sončnih listov.

3. Določanje površine listne ploskve in dolžine peclja senčnih in sončnih listov

Nabrane senčne in sončne liste najprej ustrezno razvrsti in po vrsti označi (z alkoholnim flomastrom na liste napiši zaporedne številke od 1 do 10). Z ravnilom izmeri dolžino pecljev pri senčnih in sončnih listih. Na milimetrski papir obriši obseg listnih ploskev senčnih in sončnih listov, jih ustrezno označi s številkami od 1 do 10, jih izreži in stehtaj do mg natančno. Izreži in stehtaj še znano površino milimetrskega papirja (10 cm^2), iz česar boš lahko po križnem računu izračunal površino listnih ploskev senčnih in sončnih listov. Iz podatkov nato izračunaj povprečno površino listnih ploskev senčnih in sončnih listov in povprečne dolžine listnih pecljev senčnih in sončnih listov.

4. Določanje sveže mase senčnih in sončnih listov

Do mg natančno stehtaj označene senčne in sončne liste ter iz podatkov izračunaj povprečne vrednosti za senčne in sončne liste.

5. Določanje specifične površine senčnih in sončnih listov

Izmerjeno površino posamezne listne ploskve deli s svežo maso posameznega lista in vrednost izrazi kot specifično površino lista, preračunano na svežo snov (cm^2/g sveže snovi), kar predstavlja tudi merilo debelino lista. Nato izračunaj povprečne vrednosti specifične listne površine, preračunane na svežo snov za senčne in sončne liste.

6. Mikroskopski pregled zgradbe lista

S pomočjo lupe opazuj in oceni število rež na določeno enoto na posameznem tipu lista. Listne reže primerjaj tudi po velikosti in morfologiji. Različne listne reže skiciraj. Lahko narediš prečni prerez lista in pod mikroskopom opazuješ razmerje med palisadnim in gobastim tkivom.

7. Določanje vsebnosti suhe snovi v senčnih in sončnih listih

Če ti čas dopušča in se želiš naučiti še več, se lahko lotiš še naslednje naloge:

Označene senčne in sončne liste ločeno položi v petrijevko ali na urno steklo in jih za 48 ur postavi v pečico na 70 °C. Po končanem sušenju liste ponovno stehtaj in za vsak list posebej določi vsebnost suhe snovi. Iz razlike med svežo in suho maso lahko

določiš vsebnost vode v posameznem listu, izračunaš pa lahko še specifično listno maso (g suhe snovi/cm^2) in specifično listno površino (cm^2/g suhe snovi). Na koncu izračunaj povprečne vsebnosti suhe snovi, povprečno vsebnost vode, povprečno specifično maso in povprečno specifično površino suhih senčnih ter sončnih listov.

III. Poročanje in ocenjevanje

Vse zbrane meritve predstavi tabelarično in grafično. Za posamezni rezultat pripravi tudi ustrezno obrazložitev.

Zbrane rezultate v diskusiji predstavi drugim skupinam v razredu. Pri delu, predstavitvi in zagovoru morajo sodelovati vsi člani skupine.

Pri oceni bomo upoštevali:

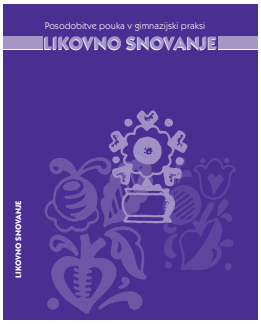
- natančnost pri delu,
- prispevek k uspešnosti dela skupine,
- predstavitev rezultatov,
- razumevanje zbranih rezultatov,
- primeren način podajanja zbranih rezultatov,
- povezovanje osvojenega znanja,
- pripravo na delo in varno uporabo ustreznih pripomočkov.

Želim ti veliko užitka pri raziskovanju.

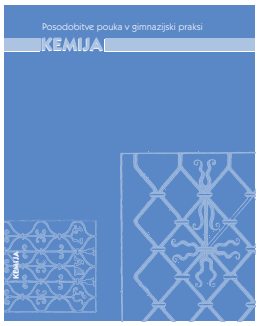
V zbirki Posodobitve pouka v gimnazijski praksi bodo izšle naslednje knjige:

Posodobitve pouka v gimnazijski praksi
ZGODOVINA
ZGODOVINA

Posodobitve pouka v gimnazijski praksi
UMETNOSTNA ZGODOVINA
UMETNOSTNA ZGODOVINA

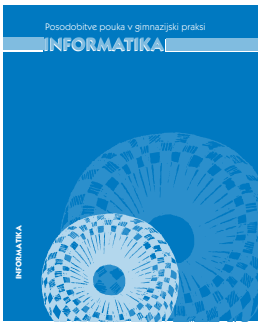

Posodobitve pouka v gimnazijski praksi
LIKOVNO SNOVANJE
LIKOVNO SNOVANJE

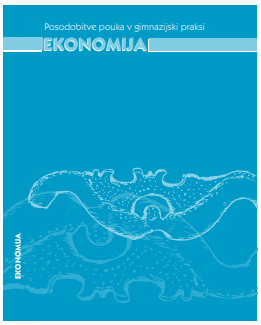
Posodobitve pouka v gimnazijski praksi
GLASBA
GLASBA

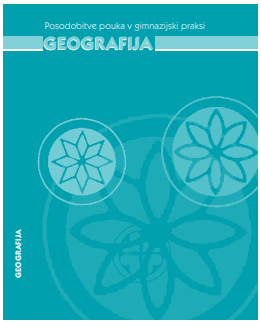

Posodobitve pouka v gimnazijski praksi
KEMIJA
KEMIJA

Posodobitve pouka v gimnazijski praksi
FIZIKA
FIZIKA

Posodobitve pouka v gimnazijski praksi
MATEMATIKA
MATEMATIKA


Posodobitve pouka v gimnazijski praksi
INFORMATIKA
INFORMATIKA


Posodobitve pouka v gimnazijski praksi
EKONOMIJA
EKONOMIJA


Posodobitve pouka v gimnazijski praksi
GEOGRAFIJA
GEOGRAFIJA

Posodobitve pouka v gimnazijski praksi
OKOLJSKA VZGOJA
OKOLJSKA VZGOJA

Posodobitve pouka v gimnazijski praksi
BIOLOGIJA
BIOLOGIJA

Posodobitve pouka v gimnazijski praksi
SMERNICE POSODABLJANJA
SMERNICE POSODABLJANJA

Na naslovnici

PIRH, *pisanka, pisanica, remenica, remenka*, pobarvano ali z ornamenti poslikano trdo kuhano ali izpihano jajce. Pirhi so indoevropski pomladni simbol, v krščanstvu simbol Kristusovega vstajenja, delajo se za veliko noč. Najstarejši vir o pirhih na Slovenskem je v listini dominikanskega samostana v Radljah ob Dravi (13. stol.), kot šego jih omenja Valvasor (1689). Po ljudskem izročilu so bili sprva enobarvni rdeči (kaplje Kristusove krvi) ali rumeni (sonce), pozneje predmet bogatega ornamentiranja v ljudski umetnosti. Še jih krasijo v Beli krajini, Prekmurju in v odmaknjenih krajih ob italijanski meji in Slovenci v Italiji. V ormamentaliki prevladujejo dekorativne prvine (abstraktno okrasje z geometričnimi liki: navadne in dvojne ravne in cikcak črte, valovnice, spirale, svastika; pozneje rastlinski motivi: deteljica, vejica, nagelj), povezane v harmonične kombinacije. Belokranjsko pisanico na vrhu skoraj vedno označuje malteški križ, prekmursko remenko pa drevo življenja. Tehnika krašenja v Beli krajini je batik (ornament se s tekočim voskom in s posebnim pisalom napiše na podlago, povoščeno mesto ostane v osnovni beli ali rdeči barvi, nazadnje pisanico potopijo v črno). V Prekmurju in v Beneški Sloveniji uporabljajo tehniko praskanja oz. škrabanja s posebnim nožičem. Krašenje pisank je največkrat žensko opravilo, v Prekmurju so ga po 1 sv. vojni prevzeli moški, potem ko so pirhe začeli barvati z mizarskimi lužili in nato s temnorjavim ali temnovijoličnim vškrabali cvet kot edini okras.

(povzeto po: Baš, A. (ur.) (2004): Slovenski etnološki leksikon. Ljubljana: Mladinska knjiga, str. 416–417)

ISBN 978-961-234-840-3
9 789612 348403