

Projekt *Zajedno kroz prirodoslovlje*

# Biologija s kemijom u životnim procesima

Priručnik za nastavnike

Izdavač



Gimnazija Petra Preradovića  
Virovitica

**Naslov** Priručnik za nastavnike fakultativnog predmeta *Biologija s kemijom u životnim procesima*

**Radni naziv kurikuluma** *Biologija s kemijom u životnim procesima*

**Izdavač** Gimnazija Petra Preradovića, Virovitica

**Za izdavača** Jasminka Viljevac

**Urednica** Jasminka Viljevac

**Autori** Dinka Prenković, Borna Louvar, Dragana Medved, Azra Razlog, Ines Tovarović

**Supervizori** Ružica Vuk, Vlado Halusek, Danijel Jukopila, Tanja Mamić, Renata Matoničkin Kepčija

**Supervizorica za jezik i gramatiku** Izabela Babić

**Oblikovale naslovnici i grafički uredile** Mateja Uzelac, Nikolina Hečimović

**Dizajn logotipa projekta** Grafoprojekt, Virovitica

**Podatak o izdanju** 1. izdanje

**Mjesto i godina izdavanja** Virovitica, 2016.

**Naziv tiskare i sjedište** Grafoprojekt, Virovitica

**CIP zapis je dostupan u računalnom katalogu Gradske i sveučilišne knjižnice Osijek pod brojem 140602059.**

**ISBN 978-953-8147-03-6**

Ova publikacija rezultat je projekta *Zajedno kroz prirodoslovlje* koji su provele nositelj projekta Gimnazija Petra Preradovića iz Virovitice s partnerima Srednjom školom Marka Marulića Slatina i Srednjom školom „Stjepan Ivšić“ Orahovica od 23. listopada 2015. do 23. listopada 2016. godine. Projekt je u cijelosti financirala Europska unija iz Europskog socijalnog fonda, a financijska sredstva u iznosu od 2 260 369,46 kn osigurana su temeljem natječaja *Promocija kvalitete i unaprjeđenja sustava odgoja i obrazovanja na srednjoškolskoj razini*.

Sadržaj ove publikacije isključiva je odgovornost Gimnazije Petra Preradovića, Virovitica.

Kurikulumi i svi radni materijali jesu razvojni, mogu se dopunjavati, popravljati i mijenjati.

Ova publikacija dostupna je na hrvatskom jeziku u elektroničkom obliku na mrežnoj stranici

<http://www.gimnazija-ppreradovica-vt.skole.hr/>.

Riječi i pojmovni sklopovi koji imaju rodno značenje, bez obzira na to jesu li u tekstu korišteni u muškom ili ženskom rodu, odnose se na jednak način na muški i ženski rod.

©Sva prava pridržana. Nijedan dio ove publikacije ne smije biti objavljen ili pretiskan bez prethodne suglasnosti nakladnika i vlasnika autorskih prava.



Projekt *Zajedno kroz prirodoslovlje*

# Biologija s kemijom u životnim procesima

PRIRUČNIK ZA NASTAVNIKE

Dinka Prenković, prof. biologije i kemije

Borna Louvar, mag. biol.

Dragana Medved, prof. biologije i kemije

Azra Razlog, prof. matematike

Ines Tovarović, mag. educ. biol. et chem.

Gimnazija Petra Preradovića, Virovitica  
Virovitica, 2016.

## SADRŽAJ

PREDGOVOR .....	6
UVOD .....	8
PRIJEDLOG IZVEDBENOG KURIKULUMA.....	9
METODIČKE PREPORUKE .....	13
PREPORUKE ZA VREDNOVANJE USVOJENOSTI ISHODA .....	14
1. PRIJENOS TVARI KROZ MEMBRANU .....	15
1.1. Uvod .....	16
1.2. Jednostavna difuzija .....	18
1.3. Olakšana difuzija.....	28
1.4. Osmoza .....	31
1.5. Aktivni prijenos.....	36
2. RESPIRACIJA (DISANJE) .....	41
2.1. Čimbenici koji djeluju na respiraciju.....	42
3. ACIDOBAZNA RAVNOTEŽA .....	49
3.1. Uvod .....	50
3.2. Acido-bazni puferi.....	51
3.3. Regulacija acidobazne ravnoteže disanjem.....	56
3.4. Regulacija acidobazne ravnoteže bubrezima .....	63
4. DJELOVANJE ENZIMA U ŽIVIM STANICAMA .....	69
4.1. Uvod .....	70
4.2. Građa i uloga probavnog sustava .....	74
4.3. Razgradnja škroba pomoću amilaze iz sline .....	76
4.4. Razgradnja proteina pepsinom.....	81
4.5. Razgradnja masti i ulja lipazom .....	85
5. FOTOSINTEZA I TRANSPIRACIJA.....	89
5.1. Fotosinteza .....	90
5.2. Ugljikohidrati .....	91
5.3. Transpiracija .....	94
6. BILJNI PIGMENTI.....	103
6.1. Pigmenti.....	104
7. STRUKTURA I ORGANIZACIJA MOLEKULE DNA .....	112

7.1. Molekula DNA.....	113
Za one koji žele znati više .....	120
7.2. Mutacije molekule DNA.....	120
LITERATURA.....	124

## PREDGOVOR

U vašim je rukama priručnik za nastavnike fakultativnog predmeta nastao kao rezultat projekta *Zajedno kroz prirodoslovlje*, a financirala ga je Europska unija iz Europskog socijalnog fonda u okviru natječaja *Promocija kvalitete i unaprjeđenje sustava odgoja i obrazovanja na srednjoškolskoj razini*. Vrijednost projekta bila je 2 260 369,46 kuna, a trajao je od 23. 10. 2015. do 23. 10. 2016. godine.

Projekt *Zajedno kroz prirodoslovlje* prijavila je Gimnazija Petra Preradovića iz Virovitice, a partneri su joj bili Srednja škola Marka Marulića iz Slatine i Srednja škola „Stjepan Ivšić“ iz Orahovice.

Cilj projekta bio je uspostava programskih, kadrovskih i materijalnih uvjeta u gimnazijama Virovitičko-podravske županije koji će učenicima omogućiti stjecanje dodatnih kompetencija u području prirodoslovlja, matematike i informacijsko-komunikacijskih tehnologija.

Kurikulumi su zasnovani na ishodima učenja i izrađeni prema principima Hrvatskog kvalifikacijskog okvira (Zakon o HKO-u, MZOS 2013.) čime izravno doprinose njegovom daljnjem razvoju i provedbi.

Suradnički su ih izrađivali nastavnici Matematike, Informatike i prirodoslovnih predmeta triju gimnazija, stručnjaci na polju pedagogije i metodologije te profesori sveučilišnih kolegija na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Ciljne skupine ovog projekta jesu: nastavnici, učenici, stručni suradnici, vanjski stručnjaci i ravnatelji.

Sudjelovanjem ravnatelja triju gimnazija u provedbi projekta naglašena je važnost modernizacije kurikuluma za obrazovne ustanove. Ojačani kapaciteti gimnazija za izradu i provedbu inovativnih fakultativnih nastava (ljudski i materijalni potencijali) čine ustanovu atraktivnom i poželjnom za nastavak obrazovanja svim učenicima zainteresiranim za prirodoslovlje.

Kako bi podržali razvoj novih fakultativnih programa u školama, ali i doprinijeli razvoju programa svojim stručnim znanjima iz područja pedagogije/psihologije, stručni suradnici iz gimnazija sudjelovali su u edukacijama za razvoj kurikuluma temeljenog na ishodima učenja i unaprjeđenje nastavnih kompetencija. Stečenim znanjem i vještinama pružili su podršku ostalim nastavnicima za razvoj i implementaciju drugih fakultativnih programa, ali i prilagođavanju postojećih nastavnih programa zahtjevima HKO-a.

Postojeći su gimnazijski programi zastarjeli i nedovoljno su prilagođeni promjenama u suvremenom društvu. Naročito zabrinjava zastarjelost u prirodoslovnom i ICT području. Rezultati PISA istraživanja upućuju da su rezultati hrvatskih 15-godišnjaka ispod prosjeka u matematičkoj i prirodoslovnoj pismenosti. Često učenici nisu sposobni povezati znanja iz različitih nastavnih predmeta ili to čine površno i nesustavno. Znanja stečena u gimnazijskom nastavnom procesu uglavnom su teorijska i udaljena od neposredne životne zbilje. Stoga se nameće potreba za povezivanjem škole i života, znanja i vrijednosti, znanstvenih spoznaja i prakse.

Posljednjih godina učinjene su značajne promjene u smjeru poboljšanja hrvatskog obrazovnog sustava u predškolskom i osnovnoškolskom sektoru (HNOS, NOK), srednjem školstvu (reforma strukovnog obrazovanja, državna matura, NOK) i visokom školstvu (Bologna proces), a dovršen je i *Hrvatski kvalifikacijski okvir* (HKO) sukladno *Europskom kvalifikacijskom okviru* (EQF). Međutim gimnazijski kurikulum nije značajno strukturno promijenjen već pedesetak godina. Aktualni nastavni programi za gimnazije potječu iz 1994. i 1995. godine, a nastavni planovi iz 1995. godine i nisu zasnovani na ishodima učenja prema instrumentariju Hrvatskoga kvalifikacijskog okvira. Predmetna područja slabo

su povezana, iako HKO i NOK omogućuju i potiču smisljeno povezivanje svih sastavnica sustava u skladnu cjelinu. Nedostatno su zastupljeni novi oblici učenja i poučavanja, a osobito primjerena upotreba suvremenih tehnologija u poučavanju i učenju.

Naš doprinos promjenama koje svi očekuju jest osam novih kurikuluma fakultativne nastave s priručnicima za nastavnike, priručnicima za učenike te digitalnim radnim materijalima u Moodle-u.

Radni nazivi kurikuluma govore o sadržaju kurikuluma i o smjeru kojim idemo: Zemlja u geografiji, fizici i matematici, Linearna funkcija i vektori u matematičkom programu Geogebra i njihova primjena u obradi eksperimenata u fizici, Funkcije u matematičkom programu Geogebra i njihova primjena u prirodoslovlju, Biološki sustavi u ekologiji i matematici, Biologija s kemijom u životnim procesima, Termodinamika i kvantna mehanika u fizici i kemiji u računima i eksperimentima, Fizikalni eksperimenti i modeli kao osnova rada tehničkih uređaja i Informatika. Nazivi fakultativnih predmeta koji su iz njih proizašli jesu:

1. *Geografija rizika i klimatske promjene*
2. *Linearna funkcija i vektori u eksperimentima*
3. *Funkcije u prirodoslovlju*
4. *Biološki sustavi i matematika*
5. *Biologija s kemijom u životnim procesima*
6. *Fizikalna kemija*
7. *Fizikalni eksperimenti*
8. *Informatika u multimediji i dizajnu.*

## UVOD

Fakultativni predmet *Biologija s kemijom u životnim procesima* produkt je projekta *Zajedno kroz prirodoslovlje*. Predmet je namijenjen učenicima trećeg razreda gimnazija i strukovnih škola koji su zainteresirani za prirodoslovnu skupinu predmeta. Uz kurikulum fakultativnog predmeta dolaze i pripremljeni materijali za nastavnike i učenike. Priručnik za nastavnike sadrži kratki sadržaj svake nastavne cjeline i prijedlog načina i oblika rada za provedbu nastavnih sadržaja. Priručnik za učenike pruža učenicima podršku za lakše savladavanje ishoda predviđenih fakultativnim predmetom. Priručnici omogućuju nastavnicima lakše praćenje i vrednovanje rada učenika. Uz priručnike u projektu je izrađena i online platforma koja omogućuje učenicima e-učenje od kuće.

Školama i nastavnicima, koji se odluče za provedbu fakultativnog predmeta *Biologija s kemijom u životnim procesima*, omogućuje se korištenje kurikuluma, online materijala i priručnika besplatno.

Cilj izrade kurikuluma, priručnika i ostalih materijala jest unaprjeđenje odgojno-obrazovnog procesa pa se nadamo da će vam oni pomoći u proširenju, produbljivanju i međusobnom povezivanju znanja iz područja prirodoslovlja.

Kurikulum i svi radni materijali su razvojni. Mogu se dopunjavati, popravljati i mijenjati.

Želimo vam uspješan rad koji će biti osnova vašem osobnom razvoju i razvoju vaših učenika.



## PRIJEDLOG IZVEDBENOG KURIKULUMA

NASTAVNA CJELINA	TEME	ISHODI	PREDVIĐENI BROJ SATI	NAPOMENE
<b>1. PRIJENOS TVARI KROZ MEMBRANU</b>	Jednostavna difuzija	<ul style="list-style-type: none"> <li>- povezuje čestičnu građu polarnih i nepolarnih tvari s njihovim fizikalnim i kemijskim svojstvima</li> <li>- povezuje građu i ulogu bioloških makromolekula u živim organizmima</li> </ul>	6	
	Olakšana difuzija	<ul style="list-style-type: none"> <li>- uspoređuje tvari po sastavu, vrsti, svojstvima</li> <li>- povezuje svojstva tvari s njihovom ulogom u životnim procesima</li> <li>- uspoređuje načine prijenosa tvari s obzirom na utrošak energije</li> </ul>		
	Osmoza	<ul style="list-style-type: none"> <li>- sakuplja, povezuje i obrađuje podatke istraživanja</li> <li>- argumentira i preispituje rezultate opažanja u pokusu</li> </ul>		
	Aktivni prijenos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- donosi zaključke na osnovi dobivenih rezultata</li> <li>- rezultate i zaključke pokusa stavlja u kontekst kompleksnih bioloških koncepata</li> </ul>		

<b>2. RESPIRACIJA (DISANJE)</b>	<p>Čimbenici koji djeluju na respiraciju</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ispituje djelovanje surfaktanta na mehaniku disanja</li> <li>- analizira sastav plinova udahnutog i izdahnutog zraka</li> <li>- analizira prilagodbe živih bića na promjene u okolišu u svrhu preživljavanja</li> <li>- objašnjava parcijalne tlakove kisika i ugljikovog dioksida u krvi i alveolama pri različitim tipovima disanja</li> <li>- objašnjava važnost intrapleuralnog tlaka</li> <li>- analizira kako oštećenje poplućnice djeluje na disanje</li> <li>- argumentira i preispituje rezultate opažanja u pokusu</li> <li>- donosi zaključke na osnovi dobivenih rezultata</li> <li>- rezultate i zaključke pokusa stavlja u kontekst svakodnevnih životnih situacija</li> </ul>	<p>3</p>	
<b>3. ACIDOBAZNA RAVNOTEŽA</b>	<p>Acidobazni puferi</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- povezuje građu i svojstva tvari s načinom održavanja stalne pH-vrijednosti tjelesnih tekućina</li> </ul>	<p>5</p>	
<p>Regulacija acidobazne ravnoteže disanjem</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- povezuje građu i ulogu organskih sustava s načinom održavanja acidobazne ravnoteže u živim organizmima</li> <li>- uspoređuje načine održavanja kiselo-bazne ravnoteže u organizmu</li> <li>- sakuplja, povezuje i obrađuje podatke istraživanja</li> <li>- argumentira i preispituje rezultate opažanja u pokusu</li> </ul>			
<p>Regulacija acidobazne ravnoteže bubrezima</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- donosi zaključke na osnovi dobivenih rezultata</li> <li>- rezultate i zaključke pokusa stavlja u kontekst kompleksnih bioloških koncepata</li> </ul>			

<b>4. DJELOVANJE ENZIMA U ŽIVIM STANICAMA</b>	Građa i uloga probavnog sustava	- povezuje građu i ulogu bioloških makromolekula u živim organizmima	3	
	Razgradnja škroba pomoću amilaze iz sline	- ispituje djelovanje enzima na biokemijske reakcije u organizmu		
	Razgradnja proteina pepsinom	- sakuplja, obrađuje i prikazuje podatke istraživanja - objašnjava važnost bioloških spoznaja za bolje razumijevanje prirodnih procesa		
	Razgradnja masti i ulja lipazom	- argumentira i preispituje rezultate opažanja u pokusu		
<b>5. FOTOSINTEZA I TRANSPIRACIJA</b>	Fotosinteza	- objašnjava proces fotosinteze - povezuje reaktante i produkte fotosinteze s načinima ishrane pojedinih organizama	6	
	Ugljikohidrati	- uspoređuje tvari prema njihovim svojstvima i ulogom u živim organizmima - objašnjava proces transpiracije - sakuplja, povezuje i obrađuje podatke istraživanja		
	Transpiracija	- donosi zaključke na osnovi dobivenih rezultata - rezultate i zaključke pokusa stavlja u kontekst svakodnevnih životnih situacija		

<b>6. BILJNI PIGMENTI</b>	Izolacija biljnih pigmenata kromatografijom na papiru	<ul style="list-style-type: none"> <li>- uspoređuje tvari po vrsti i svojstvima te ih povezuje s procesima u živim stanicama</li> <li>- analizira organizme obzirom na oblik energije koji im je potreban za život</li> <li>- demonstrira znanja i vještine i kombinira metode pri izvođenju pokusa izolacije biljnih pigmenata</li> </ul>	3	
	Izolacija biljnih pigmenata ekstrakcijom	<ul style="list-style-type: none"> <li>- sakuplja, obrađuje i prikazuje podatke istraživanja</li> <li>- donosi zaključke na osnovi dobivenih rezultata</li> <li>- objašnjava važnost bioloških i kemijskih spoznaja za provođenje pokusa i istraživanja te bolje razumijevanje prirodnih procesa</li> </ul>		
<b>7. STRUKTURA I ORGANIZACIJA DNA</b>	Izolacija DNA iz biljnog materijala	<ul style="list-style-type: none"> <li>- objašnjava građu i strukturu DNA</li> <li>- povezuje strukturu DNA s njezinom ulogom u živim organizmima</li> <li>- razlikuje stupnjeve kondenzacije kromatina</li> <li>- objašnjava ulogu proteina u nastanku kromosoma</li> <li>- razlikuje eukromatin i heterokromatin</li> <li>- objašnjava ulogu ekstrakcijske otopine, proteolitičkih enzima i etanola u izolaciji DNA</li> <li>- argumentira i preispituje rezultate opažanja u pokusu</li> </ul>	3	

## METODIČKE PREPORUKE

Nastavnicima koji će provoditi program fakultativnog predmeta *Biologija s kemijom u životnim procesima* ostavljena je sloboda pri odabiru broja sati za pojedinu nastavnu temu, kako obrade tako i vježbi. Povezivanje nastave biologije i kemije omogućuje učenicima bolje razumijevanje procesa koji su sastavni dio života i primjenu naučenog u svakodnevnom životu. Preporuka je da se projektni zadaci zadaju nakon obrađenih nastavnih cjelina, da budu jasni i da bude definirano trajanje njihove izvedbe. Pri obradi i izlaganju nastavnog gradiva učenika se usmjerava na praktičnu i konkretnu primjenu znanja iz biologije i kemije. Nastavne teme mogu se obrađivati redosljedom koji odgovara nastavniku. Nove sadržaje poželjno je poučavati na način da se učenicima ukratko demonstriraju, a zatim da ih se potiče na samostalno istraživanje te da im se pomaže ako naiđu na poteškoće. Također je poželjno učenike poticati da sami uočavaju i ispravljaju pogreške jer im se na taj način daje mogućnost da rad doživljavaju kao priliku da nauče nešto novo.

Učenike i njihov rad treba kontinuirano pratiti i ocjenjivati, uključiti ih u proces ocjenjivanja i vrednovanja, kako vlastitog uratka tako i onih drugih učenika. Na taj se način potiče razvoj samostalnosti, samokritičnosti i odgovornosti za svoje postupke.

Kako bi izvođenje nastave bilo kvalitetno, potrebno je nastavu provoditi u opremljenom praktikumu biologije i kemije te u umreženoj informatičkoj učionici u kojoj je za svakog učenika osigurano računalo te nastavničko računalo i projektor.

## PREPORUKE ZA VREDNOVANJE USVOJENOSTI ISHODA

Nastavnik bi vrednovanje trebao temeljiti na unaprijed zadanim kriterijima pri čemu treba voditi računa da ocjena bude poticajna za daljnji rad i napredovanje učenika.

Učenici bi rješavajući probleme dolazili do novih ideja i razvijali istraživačke vještine što učitelj može pratiti te njihov napredak vrednovati tijekom obrade, vježbanja ili ponavljanja nastavnih tema. Prilikom vrednovanja učitelji bi trebao poticati učenika da sudjeluje u evaluaciji svoga vrednovanja kako bi se razvijala samostalnost ali i samokritičnost učenika. Vrednovanje naučenog podrazumijeva sumativno vrednovanje usvojenosti odgojno-obrazovnih ishoda. Ishodi bi se provjeravali usmenim ispitivanjem, pisanim provjerama i praćenjem rada i aktivnosti učenika na platformi za e-učenje.

### Elementi vrednovanja

Elementi vrednovanja u fakultativnom predmetu *Biologija s kemijom u životnim procesima* jesu:

1. **usvojenost znanja**
2. **prirodoznanstvene vještine.**

Elementom „usvojenost znanja“ vrednuje se samostalno rješavanje zadataka kemijskog računa, povezivanje međučestične interakcije i njihova svojstva sa živim biološkim sustavima, samostalno interpretiranje rezultata kemijskog pokusa.

Elementom „prirodoznanstvene vještine“ vrednuje se samostalno izvođenje kemijskih pokusa, kritičko razmatranje kemijske reakcije u biološkim sustavima, te aktivno sudjelovanje i suradnja u nastavnom procesu.

### Formiranje zaključne ocjene

Zaključna ocjena iz predmeta *Biologija s kemijom u životnim procesima* temelji se na ostvarivanju odgojno-obrazovnih ishoda koji se vrednuju bročanom ocjenom: nedovoljan – 1, dovoljan – 2, dobar – 3, vrlo dobar – 4, odličan – 5.

# 1. PRIJENOS TVARI KROZ MEMBRANU

prijedlog broja sati: 6

NASTAVNE TEME:

- Jednostavna difuzija
- Olakšana difuzija
- Osmoza
- Aktivni prijenos

Odgojno-obrazovni ishodi na koje se veže sadržaj: ishod 1.1., ishod 2.1., ishod 2.2., ishod 3.1., ishod 3.2.

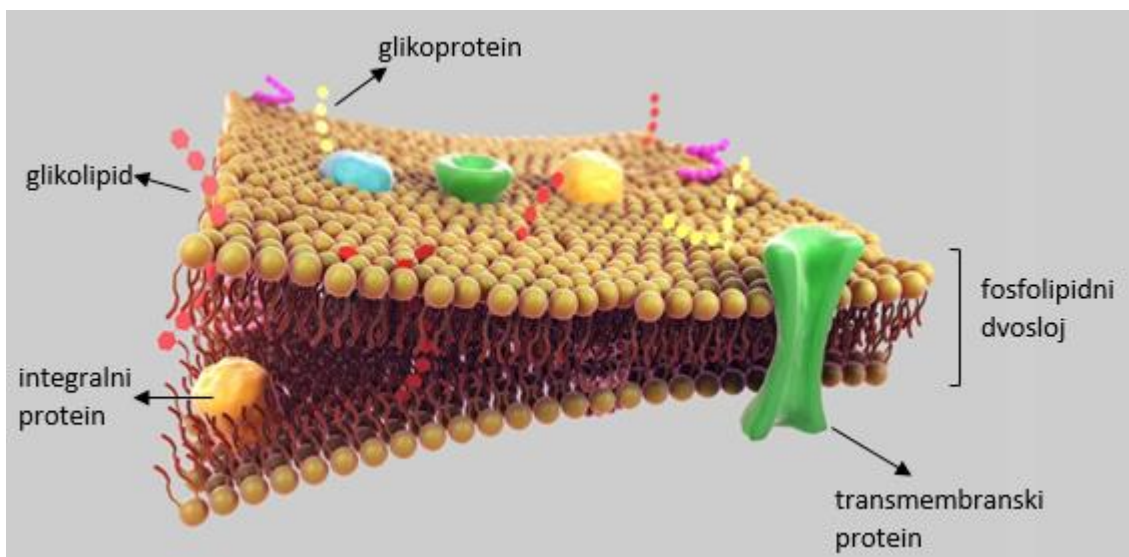
**Ishodi:**

- povezuje čestičnu građu polarnih i nepolarnih tvari s njihovim fizikalnim i kemijskim svojstvima
- povezuje građu i ulogu bioloških makromolekula u živim organizmima
- uspoređuje tvari po sastavu, vrsti, svojstvima
- povezuje svojstva tvari s njihovom ulogom u životnim procesima
- uspoređuje načine prijenosa tvari s obzirom na utrošak energije
- sakuplja, povezuje i obrađuje podatke istraživanja
- argumentira i preispituje rezultate opažanja u pokusu
- donosi zaključke na osnovi dobivenih rezultata
- rezultate i zaključke pokusa stavlja u kontekst kompleksnih bioloških koncepata.

## 1.1. Uvod

Sva živa bića građena su od stanica. Jednostanični organizmi poput bakterija i cijanobakterija građeni su od prokariotskih stanica koje ne sadrže organele. Stanice koje sadrže organele i jezgru okruženu jezgrinom ovojnicom nazivaju se eukariotske stanice. Biljke su građene od biljnih eukariotskih stanica, a životnije od životinjskih eukariotskih stanica. Osnovna razlika između te dvije vrste eukariotskih stanica jest prisutnost organela (biljne stanice sadrže plastide i vakuolu) i stanične stijenke koja biljnoj eukariotskoj stanici osigurava oblik i čvrstoću.

Nijedna vrsta stanica ne može opstati bez stanične membrane (slika 1.1.).



Slika 1.1. Građa stanične membrane

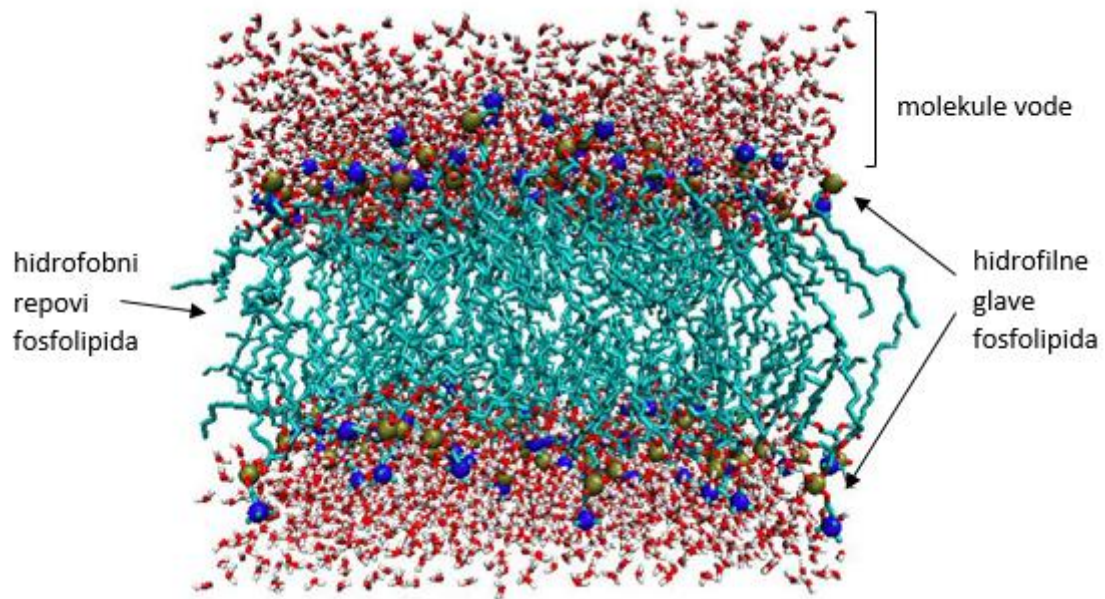
Stanična membrana čini barijeru između unutrašnjosti stanice i vanjskog prostora. Ako ta barijera između unutrašnjosti stanice i vanjskog okoliša nestane, stanica više nije funkcionalna. Stanice troše velike količine energije da bi održale taj tip „neravnoteže“ u odnosu na vanjski svijet. Tekućina unutar stanice (i unutar organela) zapravo je vodena otopina različitih tvari. Otopljene tvari u citoplazmi stanice mogu biti ioni ili molekule. Koncentracije pojedinih otopljenih tvari veće su unutar stanice nego izvan nje i obratno.

Pojam „GRADIJENT“ označava bilo koju razliku između dviju susjednih otopina. To npr. može biti različita pH-vrijednost, električni naboj ili tlak. Koncentracijski gradijent označava razliku u koncentraciji otopljenih tvari između dvije otopine. Ako između tih dviju otopina dođe do kontakta, molekule otopljene tvari kretat će se iz područja veće u područje manje koncentracija pa kažemo da se kreću niz koncentracijski gradijent. Pri takvom transportu stanica će kroz staničnu membranu jednostavno dopustiti prijenos tvari pri čemu neće doći do utroška energije. Takve procese zovemo pasivnim. S druge pak strane želi li stanica povećati koncentraciju otopljenih tvari u usporedbi s okolnim prostorom, morat će utrošiti energiju pa takve procese zovemo aktivnima.

Stanične membrane građene su od fosfolipidnog dvosloja u koji su ugrađeni proteini i molekule kolesterola. Fosfolipidi su amfipatske molekule koje imaju hidrofилni i hidrofobni kraj (slika 1.2.). Takva



građa čini staničnu membranu selektivno probirnom što znači da će pojedine tvari slobodno propuštati (male lipofilne molekule), dok će za druge biti nepropusna.



Slika 1.2. Orijentacija hidrofobnog i hidrofilnog kraja molekula fosfolipida

Postoje tri glavna načina pasivnog transporta tvari kroz membranu. To su jednostavna difuzija, olakšana difuzija i osmoza.

## 1.2. Jednostavna difuzija

Jednostavna je difuzija proces u kojem se molekule ili ioni kreću iz područja veće u područje manje koncentracije (niz koncentracijski gradijent). Za taj proces nije potreban utrošak energije. Kroz membranu molekule i ioni slobodno difundiraju ako su dovoljno mali da mogu proći kroz pore ili ako su topljivi u mastima (lipidnom dvosloju).

### **VJEŽBA 1.1. FILTRACIJA**

**PITANJE 1.** Na temelju predznanja objasnite što je filtracija. Koji vam je pribor potreban želite li neku smjesu filtrirati?

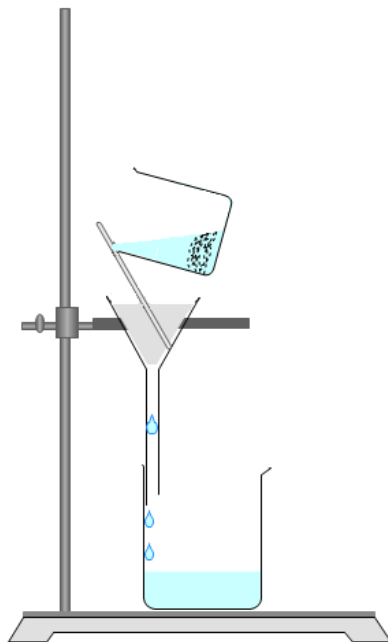
---

---

---

*Filtracija je način odjeljivanja tvari iz smjese na temelju razlike u veličini čestica koje se u smjesi nalaze. Za filtraciju mi je potreban filter papir, lijevak, hvataljka i klema, stakleni štapić, čaša, stativ.*

**ZADATAK 1.** Prikažite crtežom aparaturu za filtraciju.



Slika 1. Aparatura za filtraciju

**ZADATAK 2.** U simulaciji programa PhysioEx 9.1 otvorite vježbu **Cell Transport Mechanisms and Permeability** i pokus **Simulating Filtration**. Opišite što vidite na ekranu.

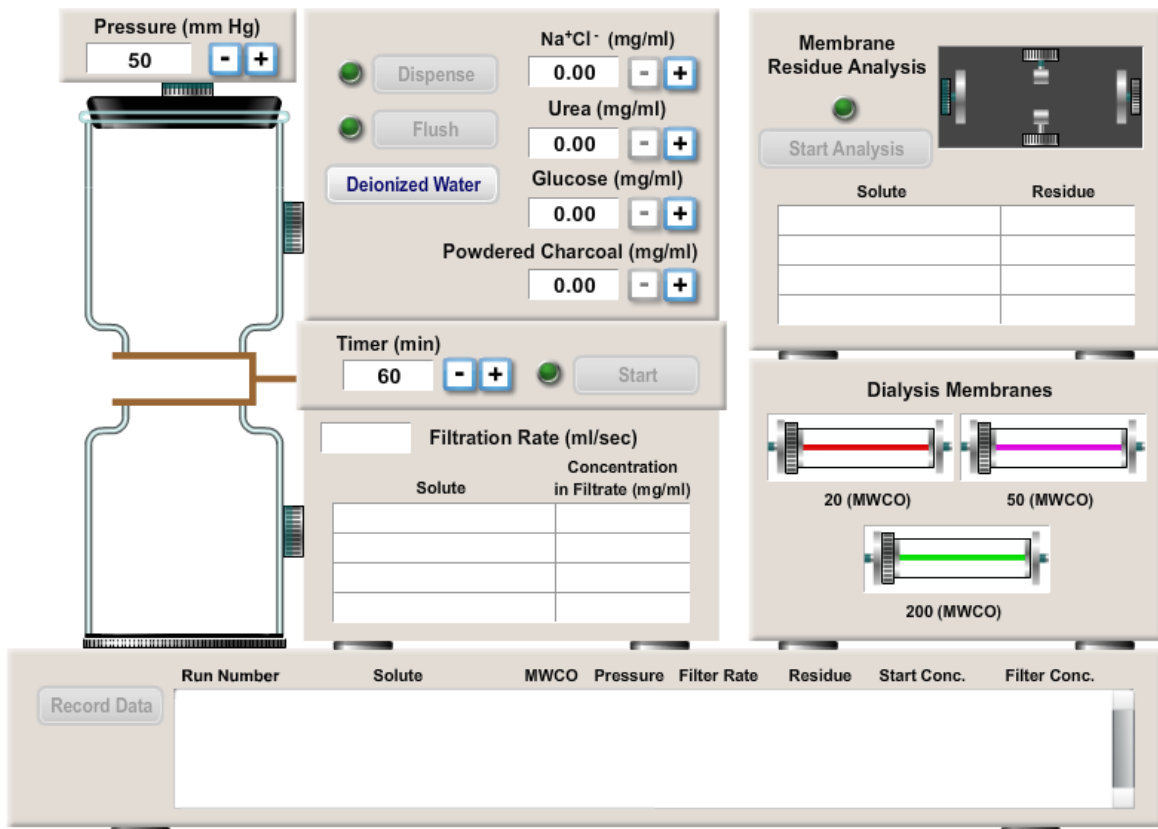
---



---



---



Slika 2. Okvir za simulaciju filtracije u programu PhysioEX 9.1 – Exercise 1: Simulating Filtration

*Na ekranu se pojavljuju u lijevoj kuti dvije staklene posude između kojih se nalazi prostor za umetanje membrane. S desne strane nalaze se tri membrane koje se razlikuju prema veličini pora. U vježbi se još nalazi tajmer u kojem je moguće namjestiti vrijeme potrebno za filtraciju. U desnom gornjem kutu nalazi se okvir koji služi za analizu membrane, a u sredini ekrana okvir u kojem se podešava koncentracija otopljenih tvari ( $\text{Na}^+/\text{Cl}^-$ ) uree, glukoze i usitnjene krede.*

**ZADATAK 3.** Mišem povucite membranu propusnosti 20 (MWCO<sup>1</sup> 20) u prostor između dva spremnika. Namjestite koncentraciju Na<sup>+</sup> i Cl<sup>-</sup> na 9 mg mL<sup>-1</sup> i pritisnite **Dispense**. Namjestite **Timer** na 60 minuta i pritiskom na **Start** pokrenite filtraciju. Nakon isteka vremena zabilježite opažanja.

---

---

---

---

<sup>1</sup> MWCO ili molecular weight cut-off označuje najmanju molarnu masu molekula (u Daltonima) od kojih se njih najmanje 90 % prilikom filtracije otopine zadržava na filteru. Manja vrijednost MWCO znači i manje pore na membrani.

## VJEŽBA 1.2. JEDNOSTAVNA DIFUZIJA

U simulaciji programa PhysioEx 9.1 otvorite vježbu **Cell Transport Mechanisms and Permeability** i pokus **Simulating Dialysis (Simple Diffusion)**.

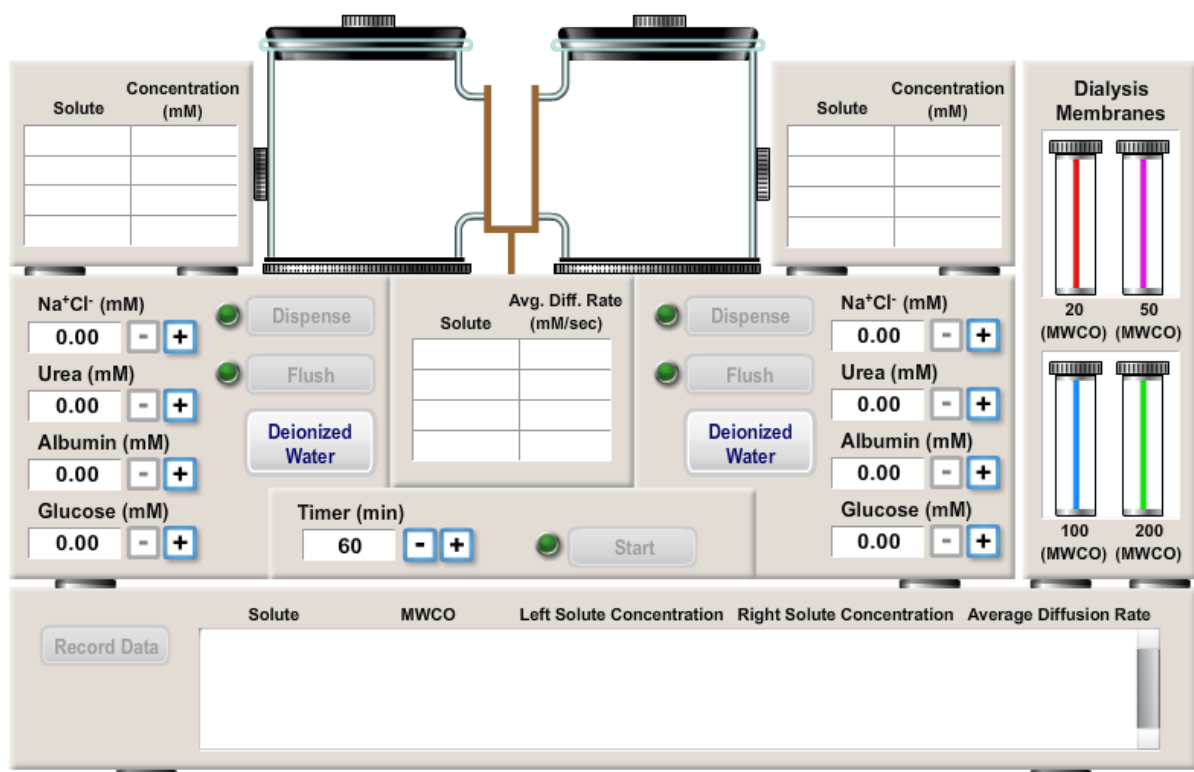
**ZADATAK 1.** Opišite što vidite na ekranu.

---

---

---

---



Slika 3. Okvir za simulaciju jednostavne difuzije u programu PhysioEx 9.1 – Exercise 1: Simulating Dialysis (Simple Diffusion)

Na ekranu se pojavljuju staklene posude između kojih se nalazi prostor za umetanje membrane. S desne strane nalaze se četiri membrane koje se razlikuju prema veličini pora. U vježbi se još nalazi tajmer u kojem je moguće namjestiti vrijeme potrebno za difuziju. Ispod staklenih posuda nalazi se okvir u kojem se podešava koncentracija otopljenih tvari (Na<sup>+</sup>/Cl<sup>-</sup>) uree, glukoze i albumina.

**ZADATAK 2.** Namjestite **Timer** na 60 minuta. U prvi spremnik podesite koncentraciju  $\text{Na}^+$  i  $\text{Cl}^-$  na  $9 \text{ mol dm}^{-3}$ . Kliknite mišem na **Dispense**. Drugi spremnik napunite deioniziranom vodom klikom na **Deionised Water** i pritisnite **Dispense**. Između spremnika mišem odvućite membranu propusnosti 20 (MWCO 20). Pritiskom na **Start** pokrenite difuziju. Nakon završetka difuzije zabilježite opažanja i objasnite ih.

---



---



---



---

*Nakon 60 minuta početne i konačne koncentracije iona u oba su spremnika iste što znači da ioni natrija i kloridni ioni ne prolaze kroz membranu 20.*

**ZADATAK 3.** Ponavljajući korake iz zadatka 2 ispitajte početne i konačne koncentracije za svaku pojedinu tvar i svaku pojedinu membranu. Na temelju rezultata ispunite tablicu.

		veličina pora (MWCO)			
		20	50	100	200
$\text{Na}^+ / \text{Cl}^-$	početna konc. (lijevi spremnik) /mM	9	9	9	9
	konačna konc. (desni spremnik) / mM				
	vrijeme potrebno za provođenje difuzije/ min				
urea	početna konc. (lijevi spremnik) / mM	9	9	9	9
	konačna konc. (desni spremnik) / mM				
	vrijeme potrebno za provođenje difuzije/ min				
albumin	početna konc. (lijevi spremnik) / mM	9	9	9	9
	konačna konc. (desni spremnik) / mM				
	vrijeme potrebno za provođenje difuzije/ min				
glukoza	početna konc. (lijevi spremnik) / mM	9	9	9	9
	konačna konc. (desni spremnik) / mM				
	vrijeme potrebno za provođenje difuzije/ min				

**PITANJE 1.** U kakvom su odnosu:

- a) veličina pora membrane i vrijeme trajanja difuzije

---



---

*Što su veće pore, proces difuzije kraće traje.*

b) veličine iona/molekula pojedine tvari

---

---

*Najveće su molekule albumina, nešto manje od njih jesu molekule glukoze. Još su manje molekule uree, a najmanji su ioni natrija i kloridni ioni.*

c) konačne koncentracije u usporedbi s početnim koncentracijama (u slučaju provođenja difuzije)

---

---

*Proces difuzije odvija se sve dok se koncentracija u lijevom spremniku i koncentracija u desnom spremniku ne izjednače za pojedinu tvar.*

d) veličine iona i molekulu u usporedbi s brzinom provođenja difuzije

---

---

*Manjim molekulama potrebno je manje vremena da dođe do izjednačavanja koncentracije tih tvari u oba spremnika.*

**PITANJE 2.** Što je potrebno napraviti želimo li da ureja selektivno prijeđe u desni spremnik, ako lijevi spremnik sadrži NaCl, ureu, glukozu i albumin uz uvjet da se koncentracija NaCl u lijevom spremniku ne promijeni.

---

---

---

---

*Potrebno je uzeti membranu propusnosti 100 jer kroz nju prolazi ureja. Kroz membranu 200 prošla bi i glukoza. Da bi osigurali stalnu koncentraciju NaCl, potrebno je u desnom spremniku podesiti jednaku početnu koncentraciju NaCl kao i u lijevom spremniku. U tom slučaju neće doći do difuzije jer ne postoji razlika u koncentraciji između otopina u spremnicima.*

**ZADATAK 4.** Provjeri svoju teoriju na simulaciji.

**PITANJE 3.** U ovoj vježbi koristili ste fiziološki računalni program koji simulira dijalizu. Uz pomoć literature i interneta saznajte što je dijaliza i zašto je nužna dijelu bolesnika.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



U izradi smjesa u prehrambenoj, kozmetičkoj i farmaceutskoj industriji koriste se tvari koje se mogu razlikovati prema fizikalnim i kemijskim svojstvima. Smjese u kojima se unutarnja faza otapa u vanjskoj zovu se otopine. Smjese u kojima unutarnju fazu čini tvar malih čestica (veličine 1 do 200 nm) koje su raspršene u vanjskoj fazi i pri tome se ne otapaju zovu se koloidi. Smjese koje sadrže nešto veće čestice od koloida (> 200 nm) jesu suspenzije. Kod njih će nakon određenog vremena mirovanja sustava doći do taloženja unutarnje faze. U obliku suspenzije dolaze brojni pripravci kao što su paste za zube, losioni, lakovi za nokte, tekući puderi i sl. Nije dobro da se čvrsta faza (abrazivi u pastama, pigmenti u puderima...) u pripravku taloži pa je takve pripravke potrebno stabilizirati. Stabilizacija se postiže povećanjem viskoznosti vanjske faze koja će na taj način spriječiti sedimentaciju unutarnje faze. U tu svrhu koriste se brojne prirodne, polusintetičke i sintetičke tvari. Jedna od prirodnih tvari koja se koristi za stvaranje gela i stabilizaciju suspenzija jest agar.

Agar je smjesa agaroze i agaropektina. Dobiva se iz crvenih algi roda *Gelidium*. U mikrobiologiji koristi se u izradi podloga za uzgoj kultura bakterija, a u kozmetici se kao ugušćivač dodaje pastama za zube.

### **VJEŽBA 1.3. DIFUZIJA BOJE**

**Pribor:** predmetno staklo, kapaljka, pinceta, Erlenmeyerova tikvica.

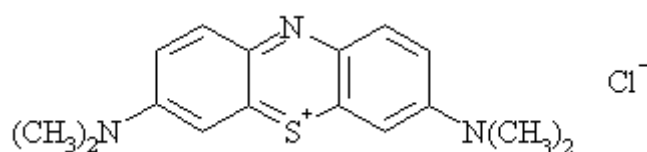
**Kemikalije:** voda, agar-agar, metilensko modrilo, kalijev permanganat.

#### **PREPORUKA ZA NASTAVNIKE**

Prije izvođenja vježbe potrebno je pripremiti predmetna stakalca s agarom.

Agar se otopi u vodi u omjeru potrebnom za dobivanje 1,5 % otopine. Otopina se zagrije i izlije na satno staklo. Naginjanjem stakalca agar se razlije po cijelom staklu i ostavi se nekoliko minuta da se ohladi i gelira.

**ZADATAK 1.** Slika prikazuje strukturnu formulu metilenskog modrila. Izračunajte molarnu masu molekule metilenskog modrila.



$M$  (metilenskog modrila) = \_\_\_\_\_ g mol<sup>-1</sup>

**ZADATAK 2.** Izračunajte molarnu masu kalijevog permanganata.

$M$  (KMnO<sub>4</sub>) = \_\_\_\_\_ g mol<sup>-1</sup>

**KORAK 1.** Na agar, na jedan kraj stakalca stavite pincetom kristalić metilenskog modrila, a na drugi kraj kristalić kalijeveg permanganata. Zabilježite vrijeme početka pokusa.

Vrijeme početka = \_\_\_\_\_

**KORAK 2.** 5 minuta nakon početka pokusa zabilježite opažanja.

---

---

---

*Oko kristalića počela se oslobađati boja; oko kristalića metilenskog modrila plava, a oko kalijeveg permanganata ljubičasta. Boja se ispočetka širi u svim smjerovima.*

**KORAK 3.** Ostavite satna stakla da miruju i nakon otprilike 90 minuta zabilježite opažanja.

---

---

---

*Obojeno područje oko kristalića kalijeveg permanganata veće je nego oko kristalića metilenskog modrila.*

**KORAK 4.** Ravnalom izmjerite duljinu difundiranja pojedine tvari kroz agar.

Duljina difuzije metilenskog modrila: \_\_\_\_\_ mm

Duljina difuzije kalijeveg permanganata: \_\_\_\_\_ mm

**ZADATAK 3.** Izračunajte brzinu difuzije kroz agar za svaku tvar.

$v$  (difuzije metilenskog modrila): \_\_\_\_\_  $\text{mm min}^{-1}$

$v$  (difuzije kalijeveg permanganata): \_\_\_\_\_  $\text{mm min}^{-1}$

**PITANJE 1.** Što možete zaključiti o odnosu molarne mase i brzine difuzije na temelju ovog pokusa?

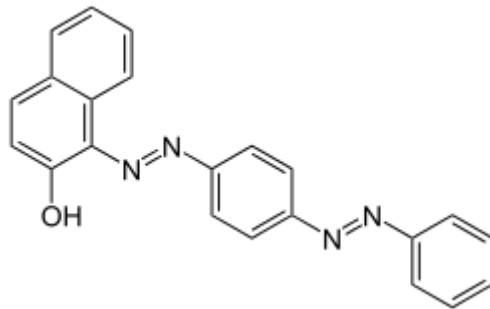
---

---

---

*Molekule manje molekulske mase brže će difundirati od onih velike molekulske mase.*

**ZADATAK 4.** Slika prikazuje boju Sudan III koja se koristi za bojenje lipofilnih tvari. Kakvom će se brzinom molekule Sudana III kretati kroz agar u usporedbi s brzinom kretanja molekula metilenskog modrila i kalijeveg permanganata?



*Sudan III jest boja koja se otapa u mastima (lipofilna je), a otopina je agara hidrokolid. Masne tvari ne otapaju se u vodi pa se tako ni Sudan III neće otapati u vodi i neće difundirati kroz agar.*

### 1.3. Olakšana difuzija

U fosfolipidnom dvosloju molekule fosfolipida orijentirane su tako da se hidrofilne glave nalaze prema unutrašnjosti stanice i prema vanjskom prostoru. Hidrofobni repovi orijentirani su jedan prema drugom. Takva orijentacija fosfolipidnih molekula onemogućava prolaz polarnih molekula kao što je voda. U procesu prolaska vode kroz membranu niz koncentracijski gradijent sudjeluju proteini koji stvaraju kanale kroz koje je omogućen prolaz hidrofilnih polarnih tvari. Zahvaljujući proteinima prijenos je vode olakšan pa se ova vrsta transporta zove olakšana difuzija. Ona se odvija bez utroška energije jer se tvari kreću iz područja veće u područje manje koncentracije.

### VJEŽBA 1.4. OLAKŠANA DIFUZIJA

U simulaciji programa PhysioEx 9.1 otvorite vježbu **Cell Transport Mechanisms and Permeability** i pokus **Simulated Facilitated Diffusion**.

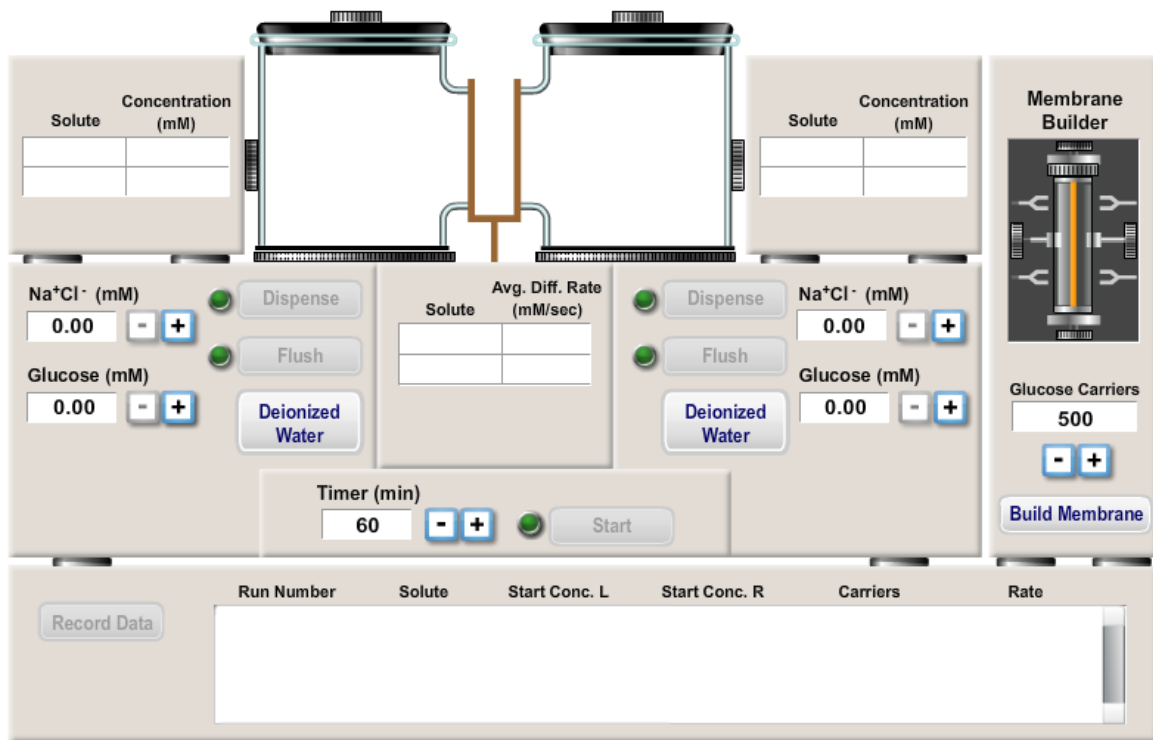
**ZADATAK 1.** Opišite što vidite na ekranu.

---

---

---

---



Slika 4. Okvir za simulaciju olakšane difuzije u programu PhysioEx 9.1 – Exercise 1: Simulated Facilitated Diffusion

Na ekranu se pojavljuju staklene posude između kojih se nalazi prostor za umetanje membrane. S desne strane nalazi se prozor **Membrane Builder** kod kojeg je moguće prilagoditi broj proteina (nosača) koji prenose glukozu. U vježbi se još nalazi tajmer u kojem je moguće namjestiti vrijeme potrebno za difuziju. Ispod staklenih posuda nalazi se okvir u kojem se podešava koncentracija otopljenih tvari ( $\text{Na}^+/\text{Cl}^-$  i glukoze).

**ZADATAK 2.** Namjestite broj nosača glukoze na membrani na 500 i pritisni **Build Membrane**. Povucite membranu u prostor između dva staklena spremnika. U lijevom spremniku podesite koncentraciju NaCl na 10 mM, a koncentraciju glukoze na 2 mM. Desni spremnik napunite deioniziranom vodom. **Timer** namjestite na 60 minuta i kliknite na tipku **Start**. Promatrajte koncentracije  $\text{Na}^+ / \text{Cl}^-$  i glukoze tijekom difuzije. Zabilježite opažanja.

---



---



---



---

Koncentracije  $\text{Na}^+$  i  $\text{Cl}^-$  brže su se izjednačile u oba spremnika nego koncentracije glukoze.

**ZADATAK 3.** Isperite spremnike pritiskom na tipku **Flash**. Prema vrijednostima u tablici eksperiment ponovite još pet puta s različitim koncentracijama NaCl i glukoze i različitim brojem nosača na membrani. Zabilježite vrijeme potrebno za uspostavljanje ravnotežnih koncentracija glukoze i  $\text{Na}^+ / \text{Cl}^-$ .

koncentracija NaCl / mM	koncentracija glukoze / mM	broj proteinskih nosača					
		500		750		1000	
		$\text{Na}^+/\text{Cl}^-$	glukoza	$\text{Na}^+/\text{Cl}^-$	glukoza	$\text{Na}^+/\text{Cl}^-$	glukoza
10	2						
8	5						
5	8						
5	5						

**PITANJE 1.** Kako koncentracija NaCl utječe na brzinu difuziju glukoze?

---



---

Koncentracija NaCl i brzina difuzije glukoze nisu ovisne jedna o drugoj.

**PITANJE 2.** Kako broj nosača glukoze ovisi o brzini difuzije glukoze, a kako na brzinu difuzije natrijevih i kloridnih iona?

---

---

*Što je više nosača glukoze, to je proces difuzije za glukozu brži. Broj nosača glukoze ne utječe na brzinu difuzije iona natrija i klora.*

**PITANJE 3.** Može li glukoza prolaziti kroz staničnu membranu ako se u njoj ne nalaze proteinski nosači? Objasnite svoj odgovor.

---

---

---

---

*Glukoza ne može prolaziti kroz staničnu membranu jer je to prevelika molekula da bi mogla proći kroz fosfolipidni dvosloj.*

**PITANJE 4.** Prolazi li glukoza kroz membranu i u obrnutom smjeru (iz desnog u lijevi spremnik)? Predložite način na koji ćete to provjeriti.

---

---

---

---

*Glukoza prolazi i u obrnutom smjeru. U desni spremnik staviti ću veću koncentraciju glukoze nego u lijevi i provjeriti odvija li se proces olakšane difuzije.*

**PITANJE 5.** Što bi se dogodilo da se u oba spremnika nalazi jednaka koncentracija glukoze? Bi li nosači glukoze bili aktivni? Objasnite svoj odgovor.

---

---

---

---

*Ako se u oba spremnika nalazi jednaka koncentracija glukoze, onda ne postoji koncentracijski gradijent pa ne bi bilo ni difuzije. Proteinski će nosači raditi, ali jednak broj molekula koje prenesu iz lijevog u desni spremnik prenijet će i iz desnog u lijevi spremnik.*

## 1.4. Osmoza

Osmoza je jednostavna difuzija vode kroz polupropusnu membranu. Preduvjet za odvijanje osmoze jest postojanje koncentracijskog gradijenta između dviju otopina, ali ono što osmozu razlikuje od difuzije jest nemogućnost prelaska molekula ili iona otopljene tvari kroz membranu. U ovom slučaju kroz membranu će prolaziti molekule vode iz područja manje koncentracije otopljene tvari u područje veće koncentracije otopljene tvari. Osmoza je pasivni prijenos (niz koncentracijski gradijent) jer molekule vode putuju u područje gdje je njihova koncentracija manja u svrhu razrjeđenja koncentriranije otopine.

### VJEŽBA 1.5. OSMOZA

U simulaciji programa PhysioEx 9.1 otvorite vježbu **Cell Transport Mechanisms and Permeability** i pokus **Simulating Osmotic Pressure**.

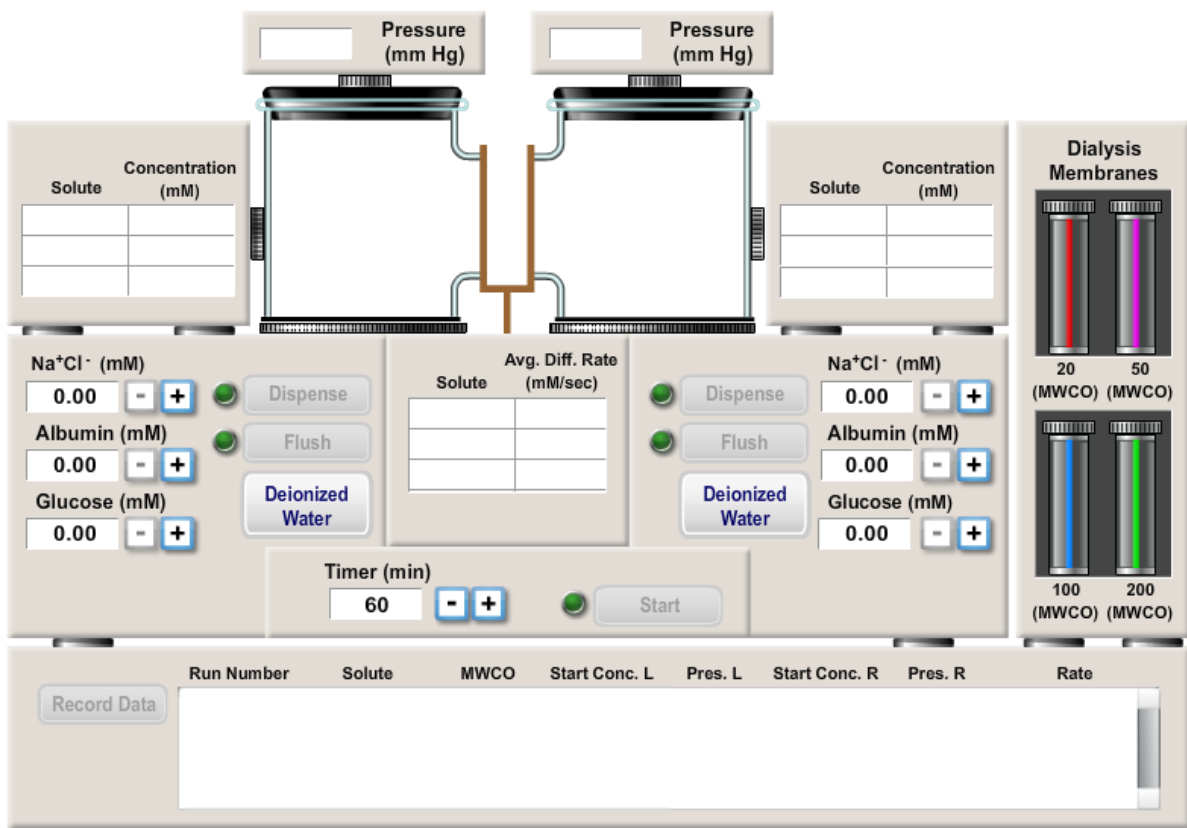
**ZADATAK 1.** Opišite što vidite na ekranu.

---

---

---

---



Slika 5. Okvir za simulaciju osmoze u programu PhysioEx 9.1 – Exercise 1: Simulating Osmotic Pressure

Na ekranu se pojavljuju dvije staklene posude između kojih se nalazi prostor za umetanje membrane. S desne strane nalaze se četiri membrane različite veličine pora. U vježbi se još nalazi tajmer u kojem je moguće namjestiti vrijeme potrebno za osmozu. Iznad svakog staklenog spremnika nalazi se okvir u kojem se mjeri promjena tlaka u mm Hg. Ispod staklenih posuda nalaze se okviri u kojima se podešava koncentracija otopljenih tvari ( $\text{Na}^+/\text{Cl}^-$  albumin i glukoza) u staklenim posudama.

**ZADATAK 2.** U lijevi spremnik stavite 6 mM  $\text{Na}^+ / \text{Cl}^-$ , a u desni spremnik deioniziranu vodu. Membranu s najmanjom veličinom pora (20 MWCO) mišem povucite u prostor između dva staklena spremnika. Iznad svakog staklenog spremnika nalazi se okvir u kojem se mjeri promjena tlaka u mm Hg. Vrijednost tlaka koju dobijete nakon isteka vremena potrebnog za osmozu zabilježite. **Timer** namjestite na 60 minuta i kliknite na tipku **Start**. Zabilježite opažanja.

---

---

---

*U lijevom spremniku tlak se promijenio s 0 mm Hg na 204 mm Hg. Nije došlo do difuzije  $\text{Na}^+$  i  $\text{Cl}^-$ .*

**ZADATAK 3.** U desni spremnik stavite 6 mM  $\text{Na}^+ / \text{Cl}^-$ , a u lijevi spremnik deioniziranu vodu. Membranu s najmanjom veličinom pora (20 MWCO) mišem povucite u prostor između dva staklena spremnika. Iznad svakog staklenog spremnika nalazi se okvir u kojem se mjeri promjena tlaka u mm Hg. Vrijednost tlaka koju dobijete nakon isteka vremena potrebnog za osmozu zabilježite. **Timer** namjestite na 60 minuta i kliknite na tipku **Start**. Zabilježite opažanja.

---

---

---

*U desnom spremniku tlak se promijenio s 0 mm Hg na 204 mm Hg. Nije došlo do difuzije  $\text{Na}^+$  i  $\text{Cl}^-$ .*

**PITANJE 1.** Čestice koje tvari se kreću kroz membranu u slučaju iz zadatka 2., a koje u slučaju iz zadatka 3.?

---

---

*U oba slučaja kroz membranu se kreću molekule vode.*

**PITANJE 2.** U kojem se smjeru kreću molekule?

---

---

*Kreću se iz područja veće koncentracije otopljene tvari u područje manje koncentracije otopljene tvari (zadatak 2 =  $\leftarrow$ , zadatak 3 =  $\rightarrow$ ).*



**ZADATAK 4.** Prema vrijednostima u tablici izvedite eksperimente i u tablicu zapišite vrijednosti promjene tlaka. U svakom pojedinom eksperimentu mijenjat će se koncentracije pojedine otopljene tvari i broj otopljenih tvari te veličine pora na membrani. U lijevom spremniku mijenjajte navedene vrijednosti, a desni spremnik uvijek napunite samo deioniziranom vodom. Neka **Timer** bude na 60 minuta. Vrijednosti promjene tlaka u lijevom spremniku zabilježite u tablici.

eksperiment	koncentracije otopljenih tvari	veličina pora (MCWO)			
		20	50	100	200
1.	6 mM NaCl				
2.	6 mM albumina				
3.	6 mM glukoze				
4.	10 mM glukoze				
5.	6 mM NaCl + 6 mM glukoze		-	-	-
6.	6 mM NaCl + 6 mM albumina		-	-	-
7.	6 mM glukoze + 6 mM albumina		-	-	-

**PITANJE 3.** U slučaju albumina ovisi li vrijednost tlaka koji se pojavljuje u lijevom spremniku o veličini pora na membrani?

---



---

*Vrijednost tlaka ne ovisi o veličini pora na membrani jer kroz pore ne prolaze molekule albumina već samo molekule vode.*

**PITANJE 4.** Usporedite vrijednosti tlaka u eksperimentu 1. i eksperimentima 2. i 3. U čemu se te vrijednosti razlikuju. Objasnite svoj odgovor.

---



---



---

*U slučaju NaCl vrijednost tlaka je dvostruko veća nego što je to slučaj kod glukoze i albumina. To se događa zato što NaCl u vodi ionizira i nastaju dva iona pa se tlak udvostručuje.*

**PITANJE 5.** Kako koncentracija otopljene tvari utječe na osmotski tlak. Usporedite vrijednosti iz eksperimenata 3. i 4. i objasnite svoj odgovor.

---

---

*Promjena osmotskog tlaka mijenja se proporcionalno s promjenom koncentracije otopljene tvari.*

**PITANJE 6.** Usporedite vrijednosti tlakova iz eksperimenata 5., 6. i 7. Objasnite zašto se vrijednosti tlakova razlikuju ako je ukupna koncentracija svih otopljenih tvari u sva tri eksperimenta jednaka.

---

---

---

---

*Vrijednosti osmotskog tlaka razlikuju se jer NaCl ionizira pa ukupna koncentracija otopljenih tvari nije jednaka u sva tri spremnika.*

**PITANJE 7.** Predložite vrijednosti koncentracija NaCl, glukoze i albumina koje će u eksperimentima 5., 6. i 7. dati jednake vrijednost osmotskog tlaka.

Eks. 5.: \_\_\_\_\_

Eks. 6.: \_\_\_\_\_

Eks. 7.: \_\_\_\_\_

*Mogući odgovor.*

*Eks. 5.: 3 mM NaCl + 6 mM glukoze*

*Eks. 6.: 3 mM NaCl + 6 mM albumina*

*Eks. 7.: 6 mM glukoze + 6 mM albumina*

**ZADATAK 5.** U simulaciji provjerite svoju teoriju.

**ZADATAK 6.** Napunite desni spremnik s 5 mM albumina, a lijevi sa 7 mM glukoze. Kliknite na **Start** i zabilježite opažanja. Upotrijebite membranu od 50 MCWO.

---

---

---

*U lijevom spremniku osmotski tlak iznosi 34 mm Hg.*

**PITANJE 8.** Objasnite opažanja iz prethodnog zadatka.

---

---

*U lijevom je spremniku koncentracija otopljenih tvari veća pa voda ide iz desnog u lijevi spremnik i u njemu se povećava osmotski tlak.*

**PITANJE 9.** Bi li se osmotski tlak promijenio da smo koristili neku drugu membranu u prethodnom zadatku? Objasnite svoj odgovor.

---

---

*Osmotski tlak ne bi se promijenio jer veličina pora ne utječe na vrijednost osmotskog tlaka. Kod pora 200 MWCO došlo bi do promjene osmotskog tlaka jer kroz tu veličinu pora prolaze molekule glukoze.*

**ZADATAK 7.** U lijevom spremniku namjestite koncentraciju NaCl na 4 mM, a u desnom 6 mM glukoze. Upotrijebite membranu 20 MWCO. U kojem se spremniku mijenja osmotski tlak? Objasnite opažanja.

---

---

*U lijevom spremniku raste osmotski tlak jer je u njemu koncentracija otopljenih tvari veća (NaCl disocira).*

**ZADATAK 8.** Ponovite eksperiment iz prethodnog zadatka koristeći membranu 50 MCWO. Objasnite opažanja.

---

---

---

---

*U ovom slučaju osmotski se tlak povećao u desnom spremniku jer ova membrana ima veće pore kroz koje  $\text{Na}^+$  i  $\text{Cl}^-$  prolaze procesom jednostavne difuzije. Na taj se način njihova koncentracija izjednačava u oba spremnika, a na razliku u koncentracijskom gradijentu utječe samo otopljena glukoza.*

## 1.5. Aktivni prijenos

Jednostavna difuzija, olakšana difuzija i osmoza pasivni su procesi za koje nije potreban utrošak energije. Ipak stanica ponekad treba stvoriti veću koncentraciju otopljenih tvari u svojoj unutrašnjosti nego što je to izvan nje. U tom slučaju potreban je prijenos tvari uz koncentracijski gradijent koji zahtjeva utrošak energije. Kao izvor energije za aktivan transport služi molekula ATP (adenozin trifosfat). Ta je molekula građena od dušične baze, šećera i tri fosfatne skupine. Prekidanjem veze između fosfata energija se oslobađa i molekula ATP-a prelazi u molekulu ADP (adenozin difosfat), a otpuštanjem još jedne fosfatne skupine u molekulu AMP-a (adenozin monofosfat). Ponovnim vezanjem fosfatnih skupina na adenozin monofosfat troši se energija.

Aktivni prijenos u kojem se troši energija izravno dobivena od molekule ATP zove se primarni aktivni prijenos. U sekundarnom aktivnom prijenosu energija potrebna za prijenos tvari potječe od ionskog koncentracijskog gradijenta ( $\text{Na}^+$  /  $\text{K}^+$  crpke) koji je stvoren primarnim aktivnim prijenosom.

### **VJEŽBA 1.6. AKTIVNI PRIJENOS TVARI**

U simulaciji programa PhysioEx 9.1 otvorite vježbu **Cell Transport Mechanisms and Permeability** i pokus **Simulating Active Transport**.

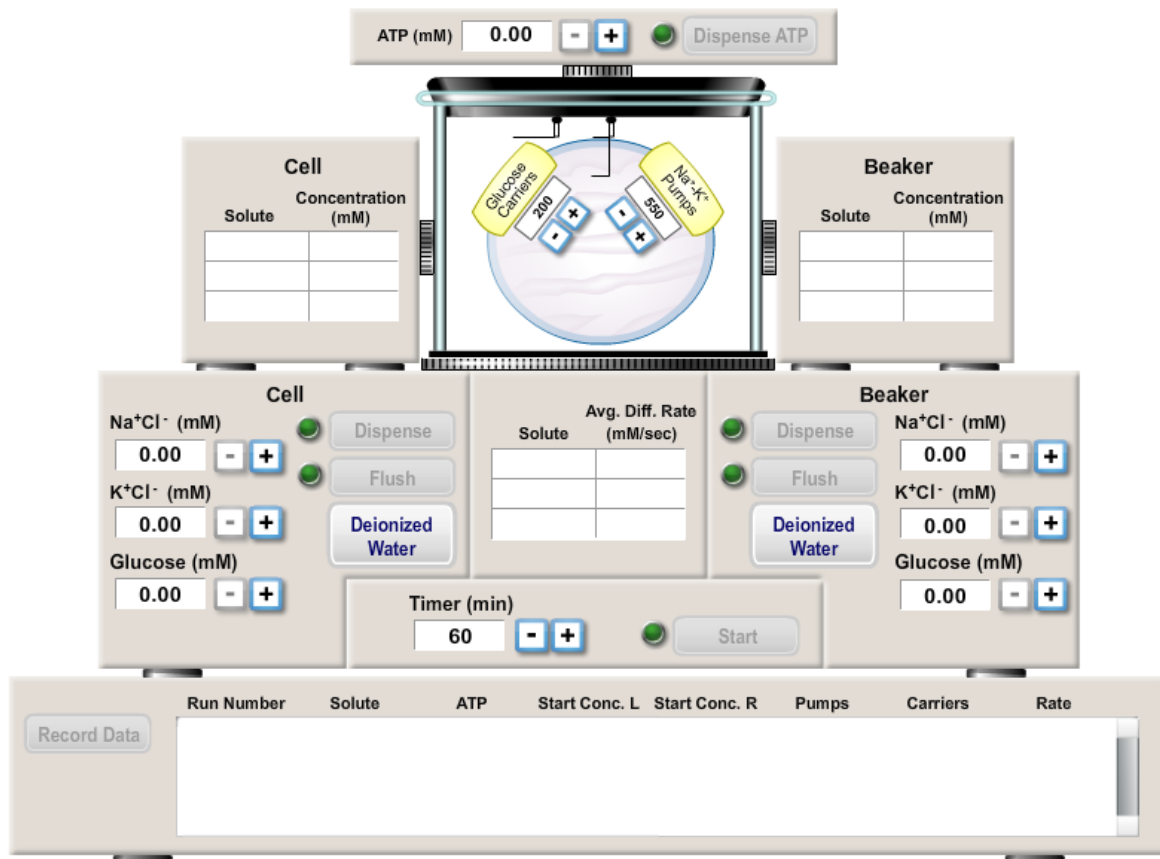
**ZADATAK 1.** Opišite što vidite na ekranu.

---

---

---

---



Slika 6. Okvir za simulaciju aktivnog prijenosa tvari u programu PhysioEx 9.1 - Exercise 1: Simulating Active Transport

*Na ekranu se pojavljuje staklena posuda u kojoj se nalazi stanica. Na membrani stanice moguće je podesiti broj nosača za glukozu i broj  $\text{Na}^+\text{K}^+$  pumpi. U vježbi se još nalazi tajmer u kojem je moguće namjestiti vrijeme potrebno za prijenos tvari kroz membranu. S lijeve i desne strane nalazi se okvir u kojem je moguće namjestiti koncentracije NaCl, KCl i glukoze u stanici i izvan stanice. Iznad staklenog spremnika sa stanicom nalazi se okvir za dodavanje ATP-a.*

**ZADATAK 2.** U stanici namjestite koncentraciju NaCl na 6 mM, a izvan stanice na 9 mM NaCl. Namjestite broj nosača na membrani stanice za glukozu i  $\text{Na}^+\text{K}^+$  crpku na 500. Iznad staklenih spremnika nalazi se okvir u kojem se određuje količina ATP-a. Prilagodite količinu ATP-a na 1 mM. **Timer** namjestite na 60 minuta i kliknite na tipku **Start**. Zabilježite opažanja.

---



---



---



---

*Nije došlo do prijenosa tvari kroz membranu. Koncentracije  $\text{Na}^+$  jednake su u oba spremnika kao i na početku. Nije došlo do utroška ATP-a.*

**ZADATAK 3.** Ponovite isti postupak kao u zadatku 2. s glukozom i KCl. Zabilježite opažanja.

---

---

---

---

*U slučaju KCl nije došlo do prijenosa tvari kroz membranu. Koncentracije  $K^+$  jednake su u stanici i izvan nje kao i na početku. Nije došlo do utroška ATP-a. U slučaju glukoze došlo je do prijenosa, ali za taj prijenos nije utrošena energija pa se nije dogodio aktivni prijenos tvari (glukoze).*

**PITANJE 1.** Do kojeg je transporta došlo u slučaju glukoze? Objasnite svoj odgovor.

---

---

*Došlo je do olakšane difuzije. To je pasivni prijenos jer nije došlo do utroška ATP-a.*

**ZADATAK 4.** U stanici koncentraciju NaCl namjestite na 6 mM, a izvan stanice namjestite koncentraciju KCl na 6 mM. Prilagodite količinu ATP-a na 3 mM. **Timer** namjestite na 60 minuta i kliknite na tipku **Start**. Zabilježite opažanja.

---

---

---

*Količina ATP-a smanjila se na 1.002 mM. U stanici se nalazi 0 mM  $Na^+$  i 4 mM  $K^+$ . Izvan stanice nalazi se 6 mM  $Na^+$  i 2 mM  $K^+$ .*

**PITANJE 2.** Na temelju konačnih koncentracija  $Na^+$ ,  $K^+$  i ATP-a objasnite kakav je ovo prijenos tvari.

---

---

*Ovo je sekundarni aktivni prijenos tvari jer je za njega potreban ATP i ionski koncentracijski gradijent.*

**PITANJE 3.** Zašto nije došlo do potpunog prijenosa  $K^+$ . U kakvom su odnosu broj iona natrija i iona kalija u ovom kotransportu?

---

---

---

---

*U ovom kotransportu omjer prijenosa  $Na^+ : K^+ = 3 : 2$ . Nije bilo dovoljno iona natrija da bi svi ioni kalija prešli u stanicu.*

**ZADATAK 5.** Predložite koncentracije NaCl i KCl koje bi u eksperimentu omogućila potpuni prijenos  $K^+$  i  $Na^+$ .

Koncentracija NaCl = \_\_\_\_\_

Koncentracija KCl = \_\_\_\_\_

*Mogući odgovor: koncentracija NaCl = 6 mM, koncentracija KCl = 4 mM.*

**ZADATAK 6.** U simulaciji provjerite svoju teoriju.

**ZADATAK 7.** Na temelju tablice napravite još nekoliko eksperimenata. Na temelju konačnih koncentracija  $Na^+$ ,  $K^+$  i ATP-a odgovorite na pitanja u nastavku. Koncentracije mijenjajte i bilježite u spremnicima kako je označeno (S – stanica, I – izvanstanična tekućina)

početne koncentracije / mM				konačne koncentracije / mM			
NaCl (S)	KCl (I)	ATP	glukoza(S)	$Na^+/Cl^-(I)$	$K^+/Cl^-(I)$	ATP	glukoza(I)
6	4	4	0				
6	4	2	0				
6	4	3	2				
6	0	3	4				

**PITANJE 4.** Kako koncentracija ATP-a utječe na promet  $K^+$  i  $Na^+$ ?

---

---

*Ako nema dovoljno ATP-a, prijenos se ne može dogoditi u potpunosti.*

**PITANJE 5.** Kako koncentracija glukoze utječe na promet  $K^+$  i  $Na^+$ ?

---

---

*Glukoza ne utječe na promet  $K^+$  i  $Na^+$ ?*

**PITANJE 6.** Objasnite ovisnost pojedinih tvari u ovom eksperimentu.

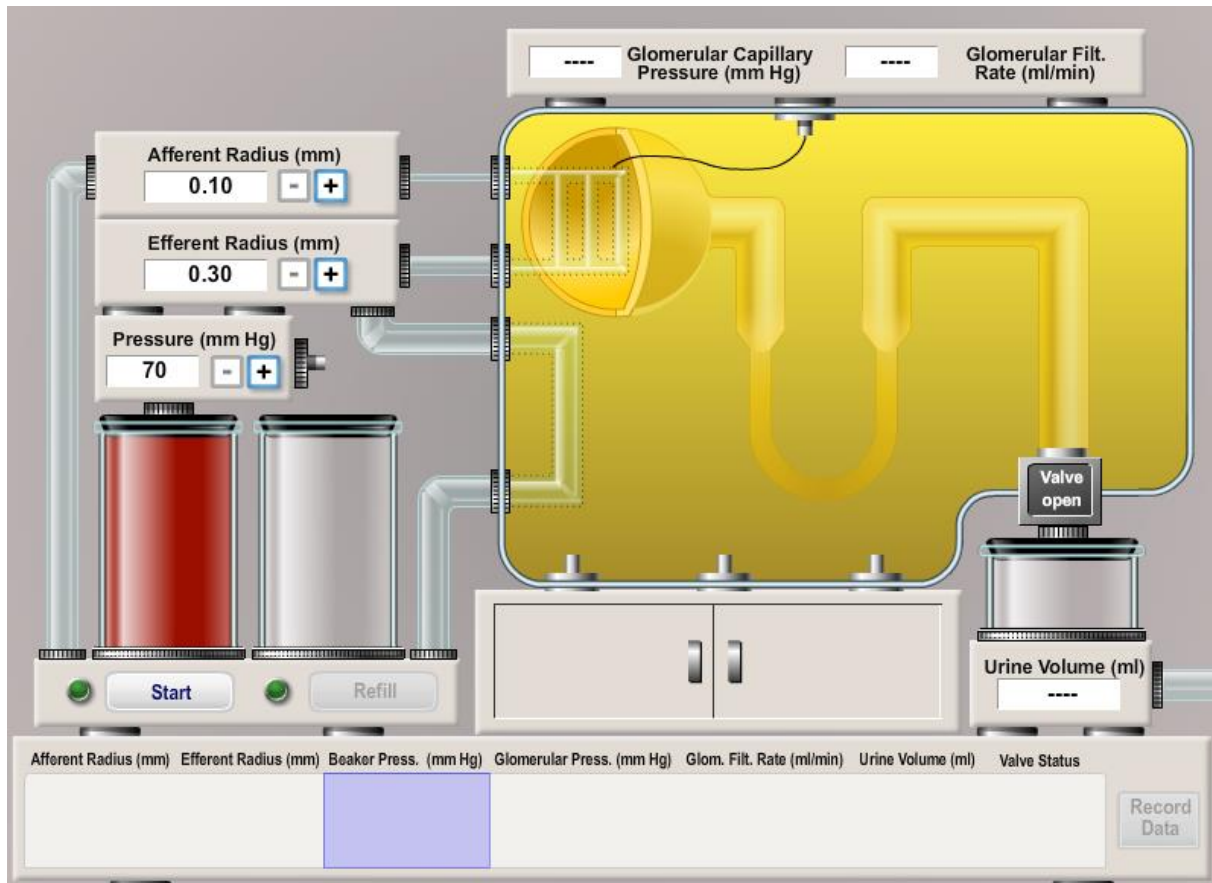
---

---

*U ovom eksperimentu potreban je ATP kao izvor energije jer se radi o aktivnom transportu. Glukoza ne utječe na prijenos  $K^+$  i  $Na^+$ , a ioni natrija i kalija međusobno su ovisni jer da bi u stanicu ušla 3 iona natrija, iz stanice moraju izaći 2 iona kalija.*

## PRIJEDLOG ISTRAŽIVAČKOG RADA ZA UČENIKE

Uz pomoć simulacije u programu PhysioEx 9.1 – Exercise 9 (Renal System Physiology): The Effect of Pressure on Glomerular Filtration učenici trebaju istražiti kako promjer arteriola i tlak utječu na stopu filtracije u glomerulima bubrega.



Slika 7: Okvir za simulaciju glomerularne filtracije u programu PhysioEx 9.1 – Exercise 9: The Effect of Pressure on Glomerular Filtration

Tijekom istraživačkog rada učenici trebaju objasniti:

- kako promjena polumjera aferentne arteriole utječe na stopu filtracije i volumen izlučenog urina
- kako promjena polumjera eferentne arteriole utječe na stopu filtracije i volumen izlučenog urina
- kako veličina krvnog tlaka utječe na stopu filtracije i volumen izlučenog urina
- kako se promjenom uvjeta (polumjera arteriola i vrijednosti krvnog tlaka) može u tijelu povećati stopa glomerularne filtracije.



## 2. RESPIRACIJA (DISANJE)

prijedlog broja sati: 3

NASTAVNE TEME:

- Čimbenici koji djeluju na respiraciju

Odgovorno-obrazovni ishodi na koje se veže sadržaj: ishod 1.1., ishod 1.2., ishod 2.1., ishod 3.1., ishod 3.2.

**Ishodi:**

- objašnjava građu dišnog sustava
- povezuje građu dišnih organa s njihovim ulogama
- objašnjava mehaniku disanja
- ispituje djelovanje surfaktanta na mehaniku disanja
- analizira sastav plinova udahnutog i izdahnutog zraka
- analizira prilagodbe živih bića na promjene u okolišu u svrhu preživljavanja
- objašnjava parcijalne tlakove kisika i ugljikovog dioksida u krvi i alveolama pri različitim tipovima disanja
- objašnjava važnost intrapleuralnog tlaka
- analizira kako oštećenje poplućnice djeluje na disanje
- argumentira i preispituje rezultate opažanja u pokusu
- donosi zaključke na osnovi dobivenih rezultata
- rezultate i zaključke pokusa stavlja u kontekst svakodnevnih životnih situacija.

## 2.1. ČIMBENICI KOJI DJELUJU NA RESPIRACIJU

Dišni sustav osigurava dopremu kisika u tkiva i otpremu ugljikova dioksida iz tkiva. Sastoji se od gornjih dišnih putova (nos, ždrijelo, grkljan) i donjih dišnih putova (dušnik, dušnice, dva plućna krila). Uloga gornjih dišnih putova jest zagrijavanje zraka krvnim žilama u sluznici nosa, pročišćavanje zraka pomoću dlačica u nosu, vlaženje zraka žljezdanim stanicama.

Donji dišni putovi – dušnik i dušnice cjevasti su organi izgrađeni od prstenastih hrskavica međusobno povezanih vezivnim tkivom. Na njihovoj unutarnjoj strani nalaze se epitelne stanice s trepetljikama koje zaustavljaju i izbacuju udahnute čestice natrag prema ždrijelu. Dušnice se u plućima granaju na manje bronhiole koje završavaju alveolama (plućnim mjehurićima), a one su obavijene izuzetno tankim, ali dobro prokrvljenim epitelom. Plućna su krila spužvasti organi obavijeni pleurama (dvolisnom opnom). Poplućnica (unutarnji list pleure) oblaže plućna krila odvajajući ih od ostalih unutarnjih organa u prsnoj koži, a porebrica (vajnski list pleure) oblaže rebra s njihove unutarnje strane. U uskom prostoru između dvaju listova pleure nalazi se tekućina koja uzrokuje sljublivanje obiju opni pri čemu nastaje neznatan negativan pleuralni tlak. Temeljni uzrok tog negativnog tlaka jest izbacivanje tekućine iz pleuralnog prostora pomoću limfnih žila. Da bi se pluća održala rastegnutima, tlak pleuralne tekućine mora iznositi najmanje 0,5 kPa.

Zrak se sastoji od otprilike 78 % dušika, 21 % kisika, a ostatak čine uglavnom plemeniti plinovi i ugljikov dioksid. Ukupni tlak zraka u razini mora iznosi prosječno 101,3 kPa. Ukupnom tlaku neke plinske smjese doprinosi svaki plin pojedinačno. Ukupan tlak plinske smjese zbroj je parcijalnih tlakova, tj. tlakova koje bi imao svaki pojedini plin da se sam nalazi u istom volumenu pri istoj temperaturi.

Udahnuti i izdahnuti zrak sadrže različite omjere (koncentracije) prvenstveno kisika i ugljikovog dioksida pa se parcijalni tlakovi tih plinova razlikuju (tablica 2.1).

Tablica 2.1. Parcijalni tlakovi respiracijskih plinova (na morskoj razini)

Plin	Atmosferski zrak (kPa)	Alveolarni zrak (kPa)
dušik (N <sub>2</sub> )	79,60	75,86
kisik (O <sub>2</sub> )	21,20	13,87
ugljikov dioksid (CO <sub>2</sub> )	0,004	5,33
vodena para (H <sub>2</sub> O(g))	0,49	6,27
Σ	101,33	101,33

Zbog različite koncentracije u krvi i alveolarnom zraku plinovi difundiraju iz područja većeg u područje manjeg parcijalnog tlaka.

Kisik se iz udahnutog zraka neprekidno apsorbira iz alveolarnih šupljina u krvne kapilare koje ih obavijaju. Što se kisik brže apsorbira, njegova je koncentracija u alveolama sve manja. Normalno se oko 97 % kisika iz alveola prenosi u tkiva pomoću hemoglobina u eritrocitima, a ostalih 3 % kisika prenosi se otopljeno u krvnoj plazmi. Ugljikov dioksid neprestano se stvara u organizmu te se krvlju prenosi u alveole i odande neprekidno odstranjuje ventilacijom. Većina ugljikovog dioksida u krvi se otapa. 90 % otopljenog CO<sub>2</sub> prenosi se kroz tijelo u obliku ugljične kiseline koja disocira na vodikove

ione i hidrogenkarbonatne ione. 23 % ukupnog CO<sub>2</sub> uz pomoć katalizatora veže se na globulinski dio molekule hemoglobina pri čemu nastaje karbaminohemoglobin.

Kod primanja i istiskivanja zraka u pluća i iz pluća (mekanika disanja) sudjeluju inspiracijski i ekspiracijski mišići te mišićno-vezivna opna ošit (dijafragma) koja odvaja prsni koš od trbušne šupljine. Pri udisanju kontrahiraju se vanjski međurebreni mišići koji podižu prsni koš (inspiracijski mišići) pri čemu priljubljena pluća uz prsni koš prate njegovo širenje, a kontrakcijom ošita i njegovim poravnavanjem povlači se donja površina pluća naniže. Unutarnji međurebreni mišići djeluju kao ekspiracijski mišići, spuštaju prsni koš uz istovremenu relaksaciju ošita i vanjskih međurebrenih mišića.

## **VJEŽBA 2.1. ISPITIVANJE UČINKA SURFAKTANTA**

U simulaciji programa PhysioEx 9.1 idite na **Exercise 7: Respiratory System Mechanics: Activity 3: Effect of Surfactant and Intrapleural Pressure on Respiration**. Na alatnoj traci izaberite opciju **Experiment**.

**ZADATAK 1.** Opišite što vidite na ekranu.

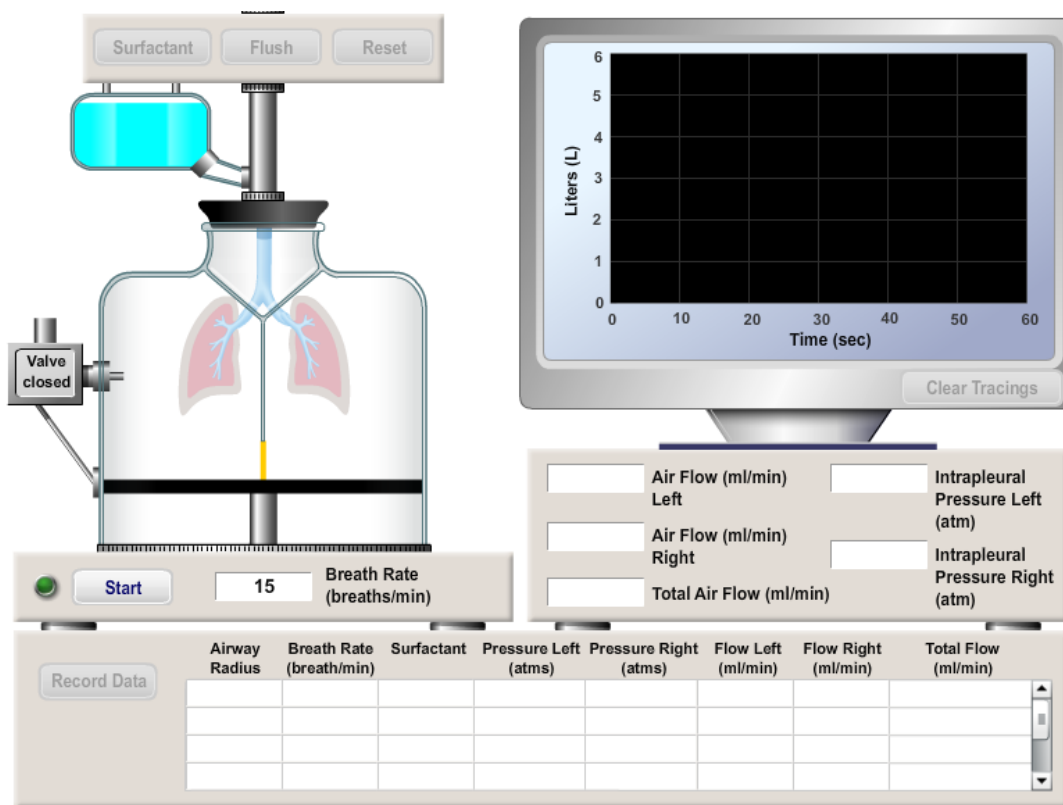
---



---



---



Slika 2.1. Okvir za simulaciju respiracije u programu PhysioEx 9.1 – Exercise 7: Effect of Surfactant and Intrapleural Pressure on Respiration

Na ekranu se u lijevom kutu nalaze dva plućna krila iznad kojih se nalazi posuda sa surfaktantom. U vježbi se nalazi tajmer u kojem je moguće namjestiti broj udisaja/izdisaja (**Pump rate**). U desnom gornjem kutu nalazi se osciloskop koji grafički prikazuje količinu udahnutog i izdahnutog zraka, **Liters (l)**, tijekom 60 s, **Time (sec)**. Tijekom disanja simulator prati i količinu protoka zraka kroz lijevo (**Flow Left**) i desno plućno krilo (**Flow Right**), ukupan protok zraka (**Total Flow**) te tlak zraka u lijevom (**Pressure Left**) i desnom plućnom krilu (**Pressure Right**).

**ZADATAK 2.** Pritisnite tipku **Start** i pustite da pokus proteče bez dodavanja surfaktanta. Nakon isteka vremena snimite podatke u tablicu (**Record Data**).

**ZADATAK 3.** Dvaput pritisnite tipku **Surfactant**, a zatim tipku **Start**. Čekajte da pokus završi. Snimite podatke u tablicu.

**PITANJE 1.** Kako dodani surfaktant utječe na protok zraka u plućima?

---

---

---

*Protok zraka će se povećati.*

**PITANJE 2.** Na temelju pokusa i uz pomoć literature i/ili interneta objasnite što su surfaktanti i koja je njihova uloga kod plućne ventilacije.

---

---

---

---

---

*Na granici tekuće i plinske faze privlačne sile među molekulama tekućine jače su nego one između tekućine i plina, uslijed čega se na površini tekuće faze javlja površinska napetost. Ova se sila opire povećanju tekućine i teži smanjenju volumena koji površina omeđuje. Zbog djelovanja sila površinske napetosti bilo bi teško proširiti pluća i udahnuti zrak kada bi film tekućine u alveoli bio sastavljen samo od tekućine. U alveolama postoji tvar koja se zove surfaktant, lipoprotein sa svojstvima detergenta (izlučuju ga alveolarne epitelne stanice tipa II) koji smanjuje površinsku napetost vodenog filma tako da smanjuje privlačne sile među molekulama vode.*

*Uz prisutnost surfaktanta smanjuje se površinska napetost tekućine u plućima i pluća postaju elastičnija i mogu se više proširiti. Većim proširenjem u pluća pristiže više zraka pa se povećava ukupan protok zraka.*

**ZADATAK 4.** Dva puta pritisnite tipku **Surfactant**, a zatim tipku **Start**. Čekajte da pokus završi. Snimite podatke u tablicu. Pritisnite tipku **Clear Tracings** zatim tipku **Flush**.

**PITANJE 3.** Zašto je dodavanjem sve veće količine surfaktanta došlo do postepene promjene u mehanizmu respiracije?

---

---

---

*Dodavanjem surfaktanta došlo je do smanjenje površinske napetosti pluća. Pluća su postepeno postajala sve elastičnija.*

**PITANJE 4.** Kod nedonoščadi često dolazi do otežanog disanja. Objasnite zašto do toga dolazi s obzirom na količinu surfaktanta u njihovim plućima.

---

---

---

*Nedonoščad u plućima imaju premalu količinu surfaktanta.*

## **VJEŽBA 2.2. ISPITIVANJE INTRAPLEURALNOG TLAKA**

**ZADATAK 1.** Prateći korake u istoj vježbi pritisnite tipku **Start** i pratite vrijednosti negativnog tlaka. Nakon isteka vremena snimite podatke u tablicu (**Record Data**). Pritisnite tipku **Valve closed** koja se nalazi s lijeve strane lijevog plućnog krila i zatim pritisnite tipku **Start**. Snimite podatke u tablicu.

**PITANJE 1.** Što se dogodilo s lijevim plućnim krilom nakon što ste pritisnuli tipku **Valve closed**?

---

---

*Intrapleuralni tlak izjednačio se s atmosferskim tlakom.*

**PITANJE 2.** Što će se dogoditi s lijevim plućnim krilom nakon što pritisnete tipku **Valve open**?

---

---

*Zatvorit ćemo lijevo plućno krilo. Intrapleuralni tlak i dalje će ostati izjednačen s atmosferskim tlakom.*

**PITANJE 3.** Kako zovemo proces do kojeg je došlo u slučaju lijevog plućnog krila? Što se dogodilo s lijevim plućnim krilom?

---

---

*Kolapsa. Lijevo je plućno krilo kolabiralo, tj. stisnulo se zbog svoje površinske napetosti i elastičnih sila (poput „balona“).*

**ZADATAK 2.** Na simulaciji pritisnite tipku **Valve open**. Zabilježite opažanja.

---

---

*Nakon što smo pritisnuli **Valve open**, disanje je ostalo isto. Lijevo plućno krilo nije se napuhalo i nije vršilo funkciju disanja.*

**PITANJE 4.** Što bi se dogodilo da se oba plućna krila nalaze u jednoj cjelovitoj šupljini?

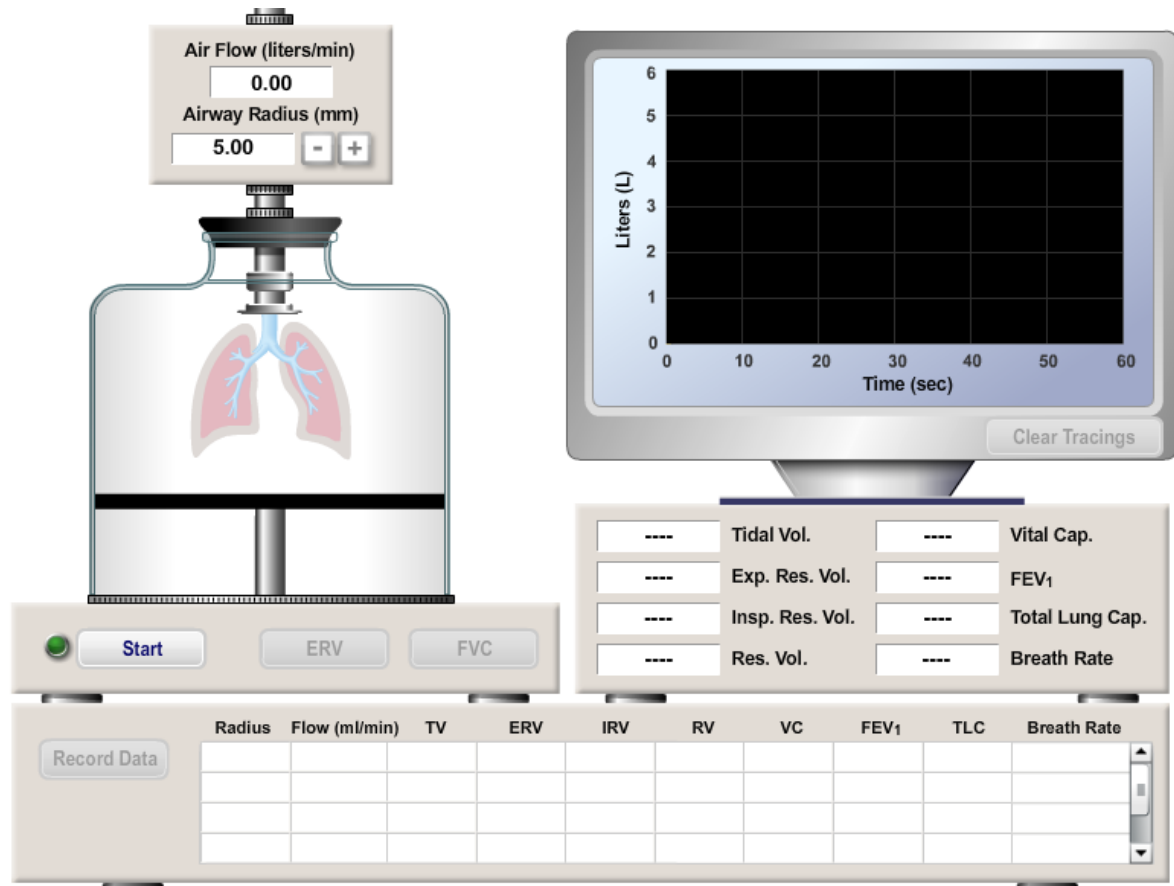
---

---

*Oštećenjem pleuralne šupljine ne bi došlo do kalabiranja samo jednog plućnog krila, nego do kolabiranja obaju plućnih krila jer se nalaze u jedinstvenom prostoru u kojem bi došlo do izjednačavanja tlaka s atmosferskim.*

## PRIJEDLOG ISTRAŽIVAČKOG RADA ZA UČENIKE

Uz pomoć simulacije u programu PhysioEX 9.1 – Exercise 7 (**Respiratory System Mechanics**): Respiratory Volumens učenici trebaju istražiti učinke promjene promjera dišne cijevi na plućnu funkciju.



Slika 2.2. Okvir za simulaciju respiracije u programu PhysioEx 9.1 – Exercise 7: Measuring Respiratory Volumes and Calculating Capacities

Tijekom istraživačkog rada učenici trebaju objasniti:

- kako promjena promjera dišne cijevi utječe na plućnu funkciju
- kod kojih plućnih bolesti dolazi do smanjenja promjera dišne cijevi
- patofiziologiju navedenih plućnih bolesti.

FEV<sub>1</sub> (volumen zraka izdahnut najsnažnijim izdisajem tijekom jedne sekunde) možete izraziti kao % FVC-a. Upišite vrijednosti FEV<sub>1</sub> i VC (vitalni kapacitet pluća) u tablicu i izračunajte postotak tako da podijelite vrijednost FEV<sub>1</sub> s VC.

Volumen zraka izdahnut najsnažnijim izdisajem u jednoj sekundi ( $FEV_1$ ) kao udio vitalnog kapaciteta zraka (VC)			
RADIJUS DIŠNE CIJEVI	$FEV_1$	VC	$FEV_1$ (%)
5,00			
4,50			
4,00			
3,50			
3,00			



### 3. ACIDOBAZNA RAVNOTEŽA

Prijedlog broja sati: 5

NASTAVNE TEME:

- Acidobazni puferi
- Regulacija acidobazne ravnoteže disanjem
- Regulacija acidobazne ravnoteže bubrezima

Odgojno-obrazovni ishodi na koje se veže sadržaj: ishod 1.1., ishod 2.1., ishod 3.1., ishod 3.2.

**Ishodi:**

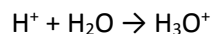
- povezuje građu i svojstva tvari s načinom održavanja stalne pH-vrijednost tjelesnih tekućina
- povezuje građu i ulogu organskih sustava s načinom održavanja acidobazne ravnoteže u živim organizmima
- uspoređuje načine održavanja kiselo-bazne ravnoteže u organizmu
- sakuplja, povezuje i obrađuje podatke istraživanja
- argumentira i preispituje rezultate opažanja u pokusu
- donosi zaključke na osnovi dobivenih rezultata
- rezultate i zaključke pokusa stavlja u kontekst kompleksnih bioloških koncepata.

### 3.1. Uvod

Za normalno odvijanje svih životnih procesa na Zemlji presudna je voda. Uloga je vode u biljnim i životinjskim organizmima višestruka. Voda je dobro otapalo, dobar je medij za kretanje molekula unutar i između stanica te zbog svoje polarne građe utječe na molekularnu strukturu i svojstva makromolekula poput proteina, nukleinskih kiselina i dr. Vodu organizmi moraju uzimati iz okoliša, ali se jedan dio vode u organizmima stvara kao produkt metaboličkih procesa (razgradnja šećera, masti...). Molekula vode građena je od dva atoma vodika i jednog atoma kisika. Zbog nejednolike raspodjele elektrona u molekuli oko atoma kisika prevladava elektronegativan naboj, a na dijelu oko atoma vodika elektropozitivan naboj. Molekule vode međusobno se povezuju vodikovim vezama koje su zaslužne za sudjelovanje vode u brojnim interakcijama s ionima i drugim molekulama. Molekule vode raspoređuju se oko iona i pokrivaju njihov naboj smanjujući na taj način interakcije između nabijenih molekula i povećavajući njihovu topljivost. Oko velikih molekula kao što su enzimi voda stvara hidrationske plašteve koji čine enzim reaktivnijim.

Voda u stanicama služi i kao izvor oksonijevih iona ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ). Koncentracija hidroksidnih iona u citoplazmi stanice iznimno je važan čimbenik za metaboličke procese jer vrlo mala odstupanja od normalnih vrijednosti mogu značajno utjecati na brzine kemijskih reakcija koje se odvijaju u stanicama. Većina enzima aktivna je samo unutar malog raspona pH-vrijednosti pa je regulacija koncentracije oksonijevih iona izuzetno važna za održavanje homeostaze.

Molekule vode mogu disocirati na vodikov i hidroksidni ion. Pri tome se vodikov ion odmah poveže s drugom, susjednom molekulom vode i nastaje oksonijev ion.



U čistoj vodi broj (koncentracija) oksonijevih i hidroksidnih iona jednak je pa je takva otopina neutralna. Otapanjem određenih tvari u vodi dolazi do povećanja koncentracije oksonijevih ili hidroksidnih iona u otopini. Tvari koje povećavaju koncentraciju oksonijevih iona u otopini zovu se kiseline, a tvari koje povećavaju koncentraciju hidroksidnih iona zovu se lužine. Koncentracije oksonijevih i hidroksidnih iona u otopinama izražavaju se kao  $-\log [\text{H}_3\text{O}^+]$  i označavaju kao pH-vrijednost, odnosno pOH-vrijednostima ( $-\log [\text{OH}^-]$ ).

U pojedinim se dijelovima našeg tijela pH-vrijednosti tjelesnih tekućina razlikuju. Normalna pH-vrijednost arterijske krvi iznosi 7,4, a venske krvi i međustanične tekućine 7,35. Želučani sok ima pH-vrijednost između 1,5 i 1,8, a urin između 5,5 i 6,9.

Organizmi stalno dolaze u kontakt s tvarima koje remete normalnu pH-vrijednost pa je ključno održavanje homeostaze, odnosno stalne pH-vrijednosti tjelesnih tekućina. Tu ulogu obavljaju puferi. Puferi su najčešće otopine dviju tvari (slabe kiseline i slabe baze) koje sprečavaju znatnije promjene pH-vrijednosti. Sprečavanje alkaloze (visoke vrijednosti pH) ili acidoze (niske vrijednosti pH) u organizmu odvija se trima nadzornim sustavima: acido-baznim puferskim sustavima, regulacijom disanja i regulacijom bubrezima.

## 3.2. Acido-bazni puferi

Kao što je već rečeno puferi su smjese (otopine) tvari koje zahvaljujući svojim svojstvima bitno smanjuju promjene pH-vrijednosti otopina. Puferski sustavi nastaju otapanjem slabe kiseline i njezine soli s jakim bazom ili slabe baze i njezine soli s jakim kiselinom. U prvom slučaju nastaje slabo bazni pufer, a u drugom slabo kiseli pufer. Vodikovi ioni dodane kiseline u bazni pufer troše se za protoniranje baze, a vodikovi ioni (protoni) iz kiselog pufera trošit će se za protoniranje dodane baze u otopinu.

Karbonatni puferski sustav sastojat će se od karbonatnih i hidrogenkarbonatnih iona (smjesa natrijevog karbonata i natrijevog hidrogenkarbonata). Fosfatni pufer sastoji se od otopine hidrogenfosfatnih iona i dihidrogenfosfatnih iona (smjesa natrijevog hidrogenfosfata u natrijevog dihidrogenfosfata). Kao acido-bazni puferi ponašaju se i bjelančevine poput hemoglobina. Oko 75 % ukupnog kemijskog puferskog sustava u našem tijelu čini bjelančevinski puferski sustav.

### VJEŽBA 3.1. FOSFATNI PUFER

**Pribor:** 5 epruveta, 3 kapaljke, stalak za epruvete, 4 čaše.

**Kemikalije:** kalijev dihidrogenfosfat ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ), dikalijev hidrogenfosfat ( $\text{K}_2\text{HPO}_4$ ), destilirana voda, otopina crvenog kupusa, klorovodična kiselina ( $c(\text{HCl}) = 0,10 \text{ mol L}^{-1}$ ), natrijev hidroksid ( $c(\text{NaOH}) = 0,10 \text{ mol L}^{-1}$ )

#### PREPORUKA ZA NASTAVNIKE

Za pokus je potrebno skuhati vodenu otopinu crvenog kupusa koja će poslužiti kao indikator pH-vrijednosti u ovom pokusu.

Na početku treba učenicima pripremiti u dvije epruvete (epruveta A i epruveta B) odvagane jednake količine kalijevog dihidrogenfosfata i dikalijevog hidrogenfosfata (na ovom radnom listiću radit će se s količinama od 0,04 g). Treća je epruveta prazna (epruveta C). U četvrtu epruvetu (epruveta D) treba dodati klorovodičnu kiselinu, a u petu (epruveta E) otopinu natrijevog hidroksida. Svih pet epruveta treba sadržavati oznaku na visini od oko 2 cm od dna. U jednu čašu treba staviti destiliranu vodu, a u drugu otopinu crvenog kupusa. Treća čaša treba sadržavati klorovodičnu kiselinu množinske koncentracije  $0,10 \text{ mol L}^{-1}$ , a četvrta otopinu natrijevog hidroksida množinske koncentracije  $0,10 \text{ mol L}^{-1}$ .

**KORAK 1.** Na stalku za epruvete nalazi se pet epruveta (A, B, C, D i E). U epruveti A nalazi se 0,04 g kalijevog dihidrogenfosfata. U epruveti B nalazi se 0,04 g dikalijevog hidrogenfosfata. U epruvete A, B i C dodajte destiliranu vodu do oznake. Sadržaje epruveta A i B dobro promućkajte i zabilježite opažanja.

---

---

---

---

*U epruvetama A i B nalazile su se bijele kristalične tvari. Epruveta C bila je prazna. Nakon što smo dodali destiliranu vodu i dobro promućkali sadržaje, u epruvetama A i B došlo je do otapanja kalijevog dihidrogenfosfata i dikalijevog hidrogenfosfata. Nastale su bezbojne, prozirne otopine.*

**KORAK 2.** U svaku epruvetu kapaljkom dodajte 10 kapi otopine crvenog kupusa. Zabilježite opažanja.

---

---

---

---

---

*Otopina crvenog kupusa ljubičaste je boje. Nakon što smo ju dodali u epruvetu A, boja otopine u epruveti A poprimila je ružičastu boju. Nakon dodatka otopine crvenog kupusa u epruvetu B otopina je poprimila zelenu boju. U epruveti C boja otopine crvenog kupusa samo je malo izbledjela, ali je ostala ljubičasta. U epruveti D bezbojna otopina klorovodične kiseline nakon dodatka otopine crvenog kupusa poprimila je ružičastu boju. U epruveti E boja otopine crvenog kupusa poprimila je zelenu boju.*

**PITANJE 1.** Objasnite koja je uloga otopine crvenog kupusa u ovom pokusu.

---

---

*Otopina crvenog kupusa u ovom pokusu služi kao indikator kiselosti, odnosno lužnatosti otopine.*

**PITANJE 2.** Koji su ioni uzročnici promjene boje otopine u epruvetama A i D?

---

---

*Uzrok promjene boje otopine crvenog kupusa iz ljubičaste u ružičastu boju jesu oksonijevi ioni.*

**PITANJE 3.** Koji su ioni uzročnici promjene boje otopine u epruvetama B i E?

---

---

*Uzrok promjene boje otopine crvenog kupusa iz ljubičaste u zelenu boju jesu hidroksidni ioni.*

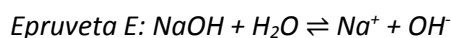
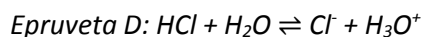
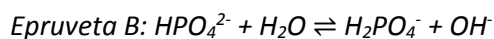
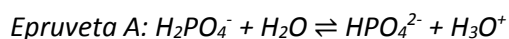
**PITANJE 4.** Napišite odgovarajuće jednadžbe kemijskih reakcija kojima ćete objasniti promjene boje otopine crvenog kupusa u epruvetama A, B, D i E.

Ep. A: \_\_\_\_\_

Ep. B: \_\_\_\_\_

Ep. D: \_\_\_\_\_

Ep. E: \_\_\_\_\_



**PITANJE 5.** Objasnite opažanja u epruveti C.

---

---

*U epruveti C nije došlo do promjene boje indikatora jer se u toj epruveti nalazila samo voda koja je neutralna (sadrži jednaku koncentraciju oksonijevih i hidroksidnih iona). Boja indikatora malo je izbljedadla jer je došlo do njenog razrjeđenja.*

**PITANJE 6.** Na temelju opažanja objasnite kakva je pH-vrijednost otopina u određenoj epruveti.

---

---

*U epruvetama A i D otopine su kisele ( $\text{pH} < 7$ ). U epruvetama B i E otopine su lužnate ( $\text{pH} > 7$ ). U epruveti C otopina je neutralna ( $\text{pH} = 7$ ).*

**PITANJE 7.** Objasnite kako se boja otopine crvenog kupusa mijenja s obzirom na promjenu pH-vrijednosti otopine.

---

---

*U kiselom boja otopine crvenog kupusa je ružičasta. U neutralnoj otopini boja je ljubičasta, a u lužnatoj otopini boja indikatora je zelena.*

**KORAK 3.** U epruvetu A dodajte iz čaše 3 kapi klorovodične kiseline. Zabilježite opažanja.

---

---

*Boja otopine promijenila se u intenzivnije ružičastu.*

**KORAK 4.** U epruvetu B dodajte iz čaše 3 kapi otopine natrijevog hidroksida. Zabilježite opažanja.

---

---

*Boja otopine promijenila se u intenzivnije zelenu.*

**KORAK 5.** Sadržaje epruveta A i B pomiješajte (prelijte sadržaj epruvete A u epruvetu B). Zabilježite opažanja.

---

---

*Miješanjem ružičaste otopine iz epruvete A i zelene otopine iz epruvete B otopina je postala ljubičasta. Došlo je do neutralizacije.*

**KORAK 6.** Kapaljkom u epruvetu dokapavajte klorovodičnu kiselinu sve dok ne postignete boju otopine kakva je bila u koraku 2 u epruvetama A i D. Zabilježite broj kapi klorovodične kiseline koji je potreban za promjenu boje otopine.

---

*Broj kapi klorovodične kiseline je oko 60.*

**PITANJE 8.** Usporedite broj kapi klorovodične kiseline u koraku 3 i koraku 5. Objasnite svoje opažanje.

---

---

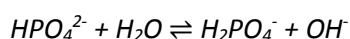
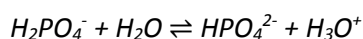
---

---

---

*Broj kapi klorovodične kiseline u koraku 3 oko 20 je puta manji od broja kapi klorovodične kiseline u koraku 5. Miješanjem otopina kalijevog dihidrogenfosfata i dikalijevog hidrogenfosfata dobili smo pufersku otopinu koja se bolje odupire promjeni pH-vrijednosti pa je bilo potrebno dodati veću količinu klorovodične kiseline da bismo dobili kiselu otopinu.*

*U puferskoj otopini imamo sustav opisan dvjema jednadžbama kemijskih reakcija:*



*U takvom sustavu dodatkom kiseline neutralizira se najprije druga reakcija. Potrebno je najprije sve  $HPO_4^{2-}$  ione prevesti u  $H_2PO_4^-$  i tek se tada pojavljuje suvišak oksonijevih iona koji će dati kiselu reakciju.*

**PITANJE 9.** Objasnite što bi se događalo u otopini iz koraka 6 da smo u nju umjesto klorovodične kiseline dokapavali otopinu natrijevog hidroksida.

*Broj kapi otopine natrijevog hidroksida isto bi bio veći nego u koraku 3.*

*U puferskom sustavu dodatkom lužine neutralizirat će se najprije prva reakcija. U ovom slučaju potrebno je najprije sve  $H_2PO_4^-$  ione prevesti u  $HPO_4^{2-}$  ione i tek se tada pojavljuje suvišak hidroksidnih iona koji će dati lužnatu reakciju.*

### 3.3. Regulacija acidobazne ravnoteže disanjem

Disanje je proces u kojem se u plućima izmjenjuju plinovi O<sub>2</sub> i CO<sub>2</sub>. U procesu udisanja međurebreni se mišići stežu i podižu rebra, a ošit se izravna. U tom se procesu volumen prsnog koša povećava, smanjuje se tlak i zrak ulazi u pluća. U procesu izdisanja međurebreni se mišići i ošit opuštaju, smanjuje se volumen prsnog koša i zrak zbog nastalog višeg tlaka iz pluća izlazi van.

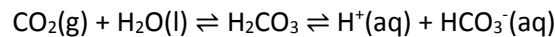
Zrak koji u pluća ulazi bogatiji je kisikom, a zrak koji izlazi ugljikovim dioksidom. Osnovni princip izmjene plinova u alveolama jest difuzija prije koje se plinovi otapaju u tekućini, koja sadrži surfaktant, a oblaže alveole pluća. Proces je izmjene plinova pasivan jer postoji koncentracijski gradijent između krvi i alveolarnog zraka. U alveolarnom zraku parcijalni tlak kisika veći je nego u krvi, stoga se više kisika otapa u surfaktanku pa difundira tamo gdje je njegova koncentracija manja, u krv.

Ugljikov dioksid produkt je staničnog disanja pa ga u organizmu ima više nego u udahnutom zraku. Isti princip kao i kod kisika odvija se u slučaju ugljikovog dioksida, samo se taj proces odvija u suprotnom smjeru – iz krvi u pluća.

Krvlju se kisik prenosi uz pomoć bjelančevine hemoglobina koja na sebe može vezati 4 molekule kisika. Ugljikov dioksid prenosi se krvlju na tri načina. Dio se prenosi otopljen u krvnoj plazmi (7 %), dio vezan za globulinski dio hemoglobina (23 %), a najveći dio (70 %) u obliku hidrogenkarbonatnih iona (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) u plazmi.

Ugljikov dioksid nastao u staničnom disanju otapa se u vodi i prelazi u ugljičnu kiselinu koja zatim disocira na hidrogenkarbonatni ion i vodikov ion koji se spaja s vodom i nastaje oksonijev ion. Nastala karbonatna kiselina u ravnoteži je sa svojom konjugiranom bazom, hidrogenkarbonatnim ionima s kojim zajedno čini karbonatni pufer.

Taj sustav uključuje tri reakcije ravnoteže između plinovitog CO<sub>2</sub> u plućima i hidrogenkarbonata u krvnoj plazmi.



To je otvoreni puferski sustav jer je CO<sub>2</sub> u plućima u ravnoteži s CO<sub>2</sub> otopljenim u krvi. S obzirom na to da se koncentracija otopljenog CO<sub>2</sub> u krvi drastično mijenja s brzinom disanja, karbonatni je pufer praktički u ravnoteži s neiscrpnim rezervama CO<sub>2</sub>.



### **VJEŽBA 3.2. REGULACIJA ACIDOBAZNE RAVNOTEŽE DISANJEM**

Na nastavi biologije učili ste da je emfizem plućna bolest kod koje dolazi do slabijeg prozračivanja pluća zbog oštećenja alveolarnih pregrada i smanjene površine pluća na kojoj se izmjenjuju plinovi.

**PITANJE 1.** Što će se događati s koncentracijom  $O_2$ , a što s koncentracijom  $CO_2$  u plućima kod osobe koja boluje od emfizema?

---

---

*Zbog slabog prozračivanja u plućima će se nakupljati ugljikov dioksid, a opskrbljenost tijela kisikom neće biti dovoljna.*

**PITANJE 2.** Predložite na koji bi način čovjek mogao promjenom frekvencije disanja riješiti problem iz prethodnog odgovora.

---

---

*Čovjek bi mogao brže disati da izbací suvišan  $CO_2$  i da unese veće količine kisika u krv.*

**ZADATAK 1.** U simulaciji programa PhysioEx 9.1 otvorite vježbu **Acid-Base Balance** i pokus **Hyperventilation**. Opišite što vidite na ekranu.

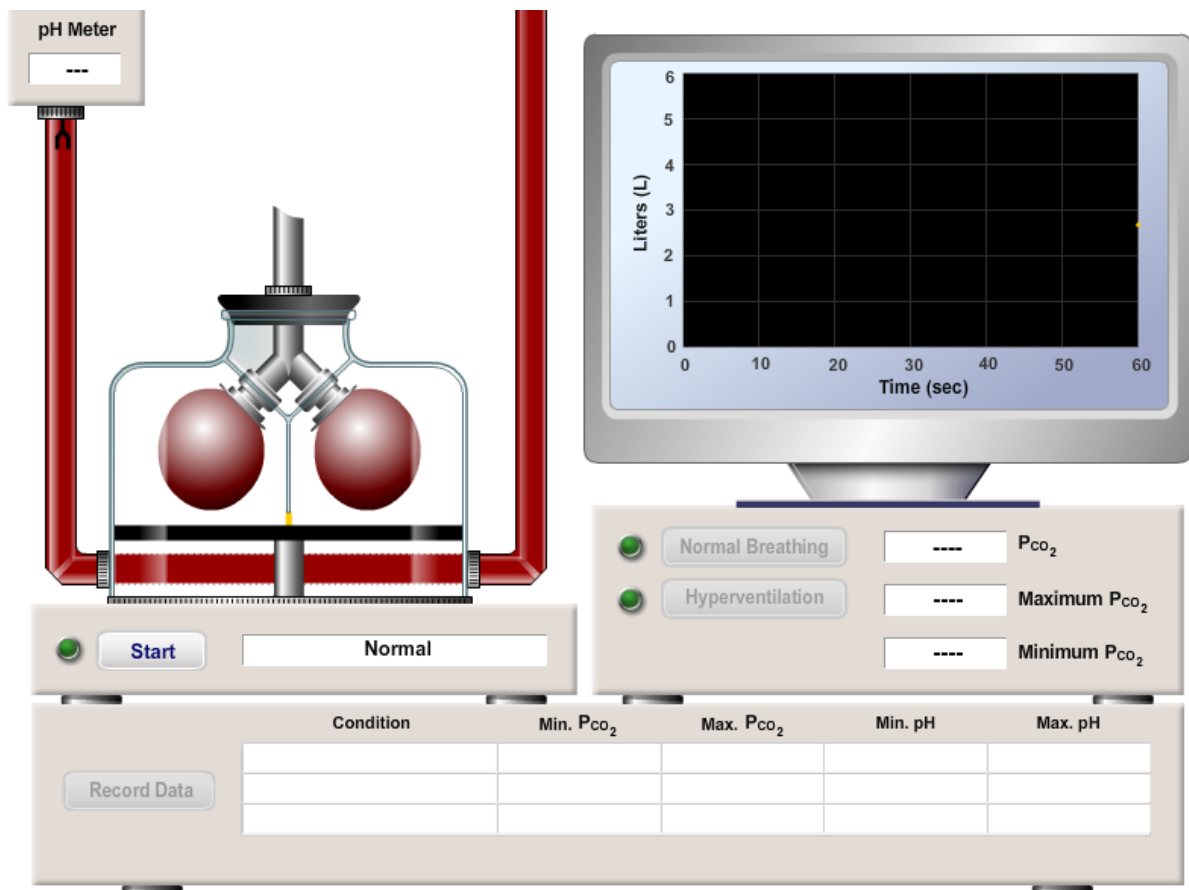
---

---

---

---

---



Slika 3.1. Okvir za simulaciju respiracijske acidoze i alkaloze u programu PhysioEx 9.1 – Exercise 10: Hyperventilation

Na ekranu se u lijevom kutu nalazi staklena posuda u kojoj se nalaze dva balona koja predstavljaju plućna krila. Crvena cijev predstavlja krvnu žilu na kojoj pH-metar mjeri pH vrijednost krvi. S desne strane nalazi se okvir za područje grafa. Na simulaciji je moguće mijenjati načine disanja (normalno disanje i hiperventilacija).

**ZADATAK 2.** Na simulaciji pritisnite **Start** i zabilježite opažanja.

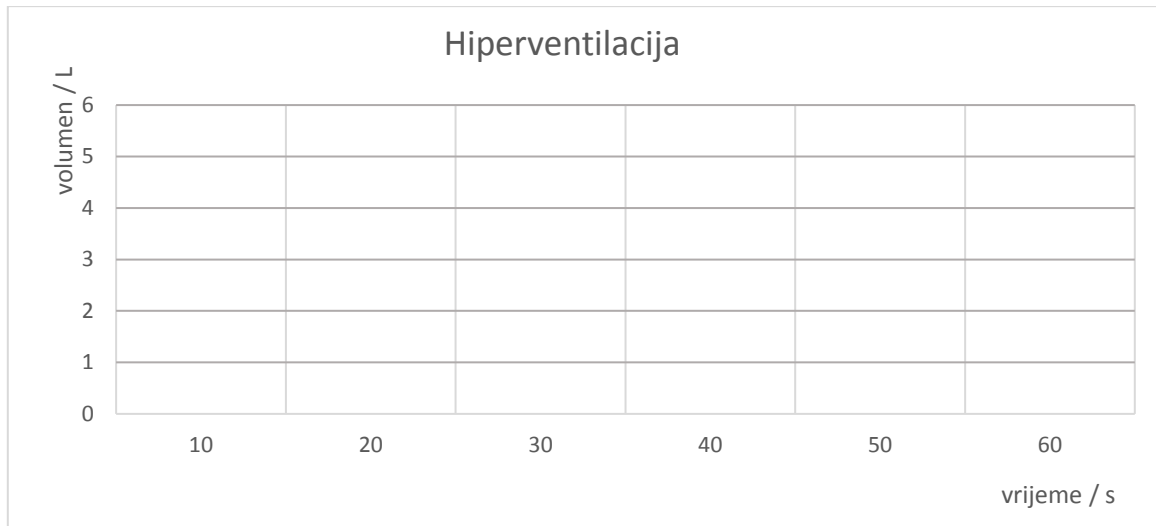
---

Plućna krila pune se i prazne zrakom. Maksimalni i minimalni tlak  $CO_2$  jednak je (40 mmHg). pH-metar očitava pH-vrijednost 7,39.

**ZADATAK 3.** Odgovorite na pitanja u lijevom kutu na ekranu na kojem se nalazi simulacija.

**ZADATAK 4.** Kliknite na **Record Data** da bi se vrijednost pH i koncentracije snimile u tablicu na dnu ekrana. Nakon toga kliknite **Clear Tracings**.

Ponovno kliknite na **Start**, ali ovaj put nakon 15 sekundi kliknite na **Hyperventilation**. U donji graf precrtajte krivulju koju ćete dobiti simulacijom.



**ZADATAK 5.** Snimite podatke u tablicu (**Record Data**).

**PITANJE 3.** Na temelju promatranja plućnih krila objasnite u čemu se hiperventilacija razlikuje od normalnog disanja.

---

---

*Kod hiperventilacije plućna krila brže se pune i brže prazne zrakom. Volumen zraka koji uđe u plućno krilo veći je nego kod normalnog disanja.*

**PITANJE 4.** Kakva je pH-vrijednost krvi kod hiperventilacije u usporedbi s normalnim disanjem?

---

*pH-vrijednost veća je kod hiperventilacije što znači da je krv lužnatija.*

**PITANJE 5.** Koliki je tlak CO<sub>2</sub> kod hiperventilacije u usporedbi s normalnim disanjem?

---

*Tlak CO<sub>2</sub> manji je kod hiperventilacije.*

**PITANJE 6.** U kakvom su odnosu pH-vrijednost krvi i tlak CO<sub>2</sub>.

---

Kada je tlak  $CO_2$  niži, pH-vrijednost krvi raste.

**ZADATAK 6.** Kliknite na **Clear Tracings**. Ponovno pritisnite Start i nakon 10 sekundi **Hyperventilation** te pustite da se disanje odvija do 25 sekundi. Nakon toga opet kliknite na **Normal Breathing**. Zabilježite opažanja.

---

---

---

Za vrijeme hiperventilacije amplituda disanja povećala se za razliku od normalnog disanja. Nakon što smo kliknuli na Normal Breathing, na 15 sekundi prestalo je disanje i nakon toga je amplituda disanja opet bila jednaka kao i na početku kod normalnog disanja.

**ZADATAK 7.** Odredite što se događalo s pH-vrijednosti krvi i tlakom  $CO_2$  u pojedinim etapama ove simulacije: u vrijeme rasta vrijednost stavi  $\uparrow$ , a za vrijeme pada  $\downarrow$ .

	normalno disanje	hiperventilacija	razdoblje bez udisaja	normalno disanje
pH krvi	$\emptyset$	$\uparrow$	$\downarrow$	$\emptyset$
p ( $CO_2$ )	$\emptyset$	$\downarrow$	$\uparrow$	$\emptyset$

**PITANJE 7.** Što bi se dogodilo s osobom kada bi razdoblje bez udisaja potrajalo duže od 15 sekundi?

---

Osoba bi pala u nesvijest.

**PITANJE 8.** Koji se oblik poremećaja pH-vrijednosti dogodio u organizmu za vrijeme hiperventilacije?

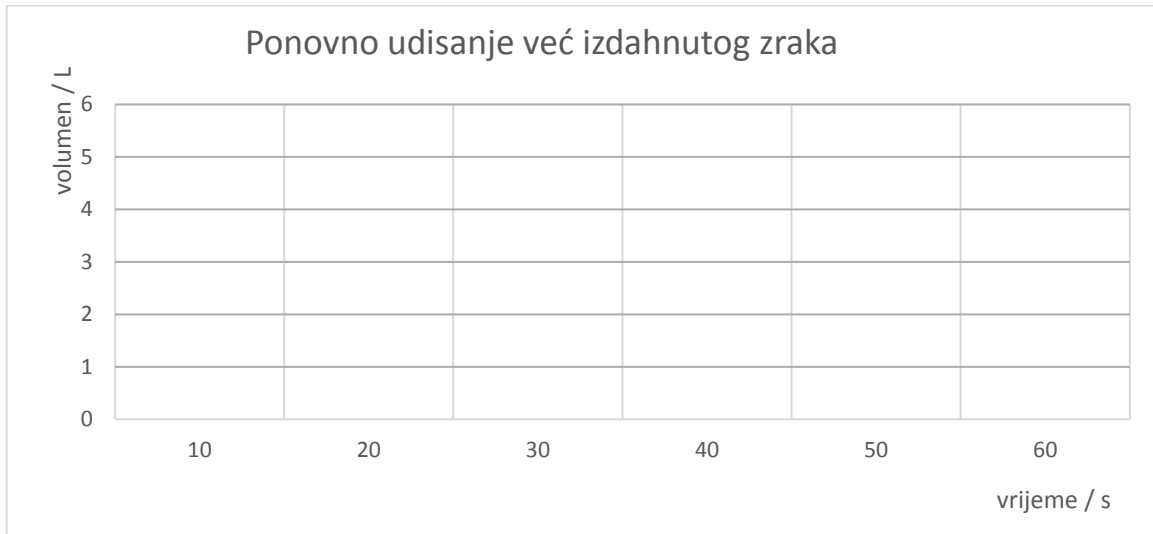
---

Alkaloza.

**ZADATAK 8.** U simulaciji programa PhysioEx 9.1 otvorite vježbu **Acid-Base Balance** i pokus **Rebreathing**. Na ekranu će se pojaviti gotovo jednak prozor kao u prethodnoj simulaciji. Kliknite na **Start** i pustite da se disanje odvije do kraja. Zabilježite podatke (**Record Data**) u tablicu.

**ZADATAK 9.** Odgovorite na pitanje u lijevom kutu na ekranu na kojem se nalazi simulacija.

**ZADATAK 10.** Kliknite na **Start**, ali ovaj put nakon 15 sekundi kliknite na **Rebreathing**. U donji graf precrtajte krivulju koju ćete dobiti simulacijom.



**ZADATAK 11.** Snimite podatke u tablicu (**Record Data**).

**PITANJE 9.** Kako se mijenjala pH-vrijednost krvi tijekom disanja u usporedbi s normalnim disanjem?

---

---

*pH-vrijednost bila je manja nego kod normalnog disanja što znači da je krv kiseliija.*

**PITANJE 10.** Koliki je tlak  $\text{CO}_2$  kod ponovnog udisanja izdahnutog zraka u usporedbi s normalnim disanjem?

---

---

*Tlak  $\text{CO}_2$  povećava se kod ponovnog udisanja već izdahnutog zraka.*

**PITANJE 11.** U kakvom su odnosu pH-vrijednost krvi i tlak  $\text{CO}_2$ ?

---

---

*Kada je tlak  $\text{CO}_2$  veći, pH-vrijednost krvi pada.*

**PITANJE 12.** Koji se oblik poremećaja pH-vrijednosti dogodio u organizmu za vrijeme ponovnog udisanja već izdahnutog zraka?

---

---

*Acidoza.*

**PITANJE 13.** Ako se osoba uzruja i počne jako brzo disati, obično joj ljudi daju papirnatu vrećicu u koju onda ta osoba izdiše zrak i ponovno ga udiše. Razmislite je li to dobar način pomoći uzrujanoj osobi.

---

---

---

---

*To je dobar način pomoći jer će kod osoba koja se uzruja i brzo diše doći do alkaloze. Da bismo to spriječili, treba joj u krvi povećati koncentraciju CO<sub>2</sub> da bi se pH-vrijednost krvi smanjila i da bi se alkalozna spriječila. Na taj način sprječavamo da se osoba onesvijesti zbog hiperventiliranja.*

**PITANJE 14.** Koji će se oblik poremećaja pH-vrijednosti dogoditi u organizmu za vrijeme boravka u područjima visokih nadmorskih visina gdje je tlak zraka nizak? Objasnite svoj odgovor.

---

---

---

---

*Zbog niskog tlaka zraka smanjen je i tlak kisika. Pri niskom tlaku kisika pojavit će se nedostatak kisika u krvi pa će osoba morati dublje disati (hiperventilacija). Pri tome će doći do povećanog izdisanja CO<sub>2</sub> pa će u tijelu doći do alkaloze.*

**PITANJE 15.** Kako će osoba koja boluje od emfizema podnijeti boravak u područjima visokih nadmorskih visina? Objasnite svoj odgovor.

---

---

---

---

*Osobi koja boluje od emfizema bit će na višim nadmorskim visinama bolje. Kod tih osoba u krvi se nakuplja CO<sub>2</sub> pa se javlja acidoza. U područjima visokih nadmorskih visina oboljela osoba dublje će disati i povećano izlučivati CO<sub>2</sub> što će neutralizirati acidozu.*

### 3.4. Regulacija acidobazne ravnoteže bubrezima

Dok disanje utječe na regulaciju pH-vrijednosti krvi ubrzanjem ili usporenjem disanja, bubrezi acidobaznu ravnotežu održavaju reguliranjem koncentracije  $H_3O^+$  i  $HCO_3^-$  i izlučivanjem kiselije ili lužnatije mokraće. Jednadžba koja opisuje odnos pH-vrijednosti o omjeru vodikovih i hidrogenkarbonatnih iona zove se Henderson-Hasselbalchova jednadžba.

$$pH = 6,1 + \log \frac{[HCO_3^-]}{[CO_2]}$$

Ugljikov dioksid u ovoj je jednadžbi kiseli sastojak jer se spaja s vodom i daje ugljičnu kiselinu. Hidrogenkarbonatni ion jest konjugirana baza ugljične kiseline i zaslužan je za lužnati karakter. Promjene pH krvi ovise o logaritmu omjera hidrogenkarbonatnih iona i ugljikovog dioksida.

Kada u omjeru prevladava hidrogenkarbonatni ion, pH će se povećati i nastupit će stanje alkaloze. U obrnutom slučaju, kada poraste koncentracija kiselog sastojka ( $CO_2$ ), pH će porasti i nastupit će stanje acidoze.

### VJEŽBA 3.3. REGULACIJA ACIDOBAZNE RAVNOTEŽE BUBREZIMA

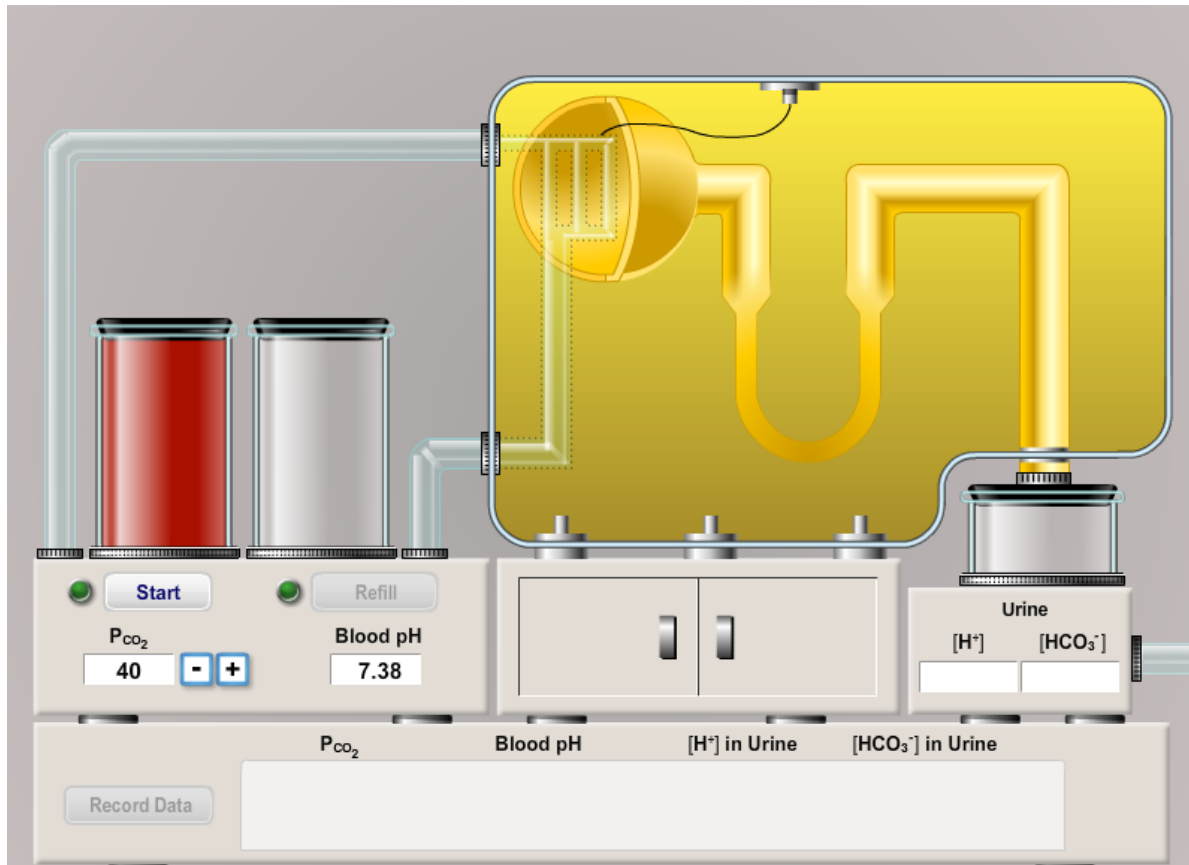
**ZADATAK 1.** U simulaciji programa PhysioEx 9.1 otvorite vježbu **Acid-Base Balance** i pokus **Renal Responses to Respiratory Acidosis and Respiratory Alkalosis**. Opišite što vidite na ekranu.

---

---

---

---



Slika 3.2. Okvir za simulaciju regulacije acidoze i alkaloze bubrežima u programu PhysioEx 9.1 – Exercise 10: Renal Responses to Respiratory Acidosis and Respiratory Alkalosis

*Na ekranu se nalazi shema nefrona na desnoj strani i dvije staklene posude. U jednoj staklenoj posudi nalazi se krv. U simulaciji je moguće regulirati tlak  $\text{CO}_2$  i pH-vrijednost krvi. Simulacija ovisno o tim vrijednostima mjeri vrijednost izlučenih vodikovih i hidrogenkarbonatnih iona u urinu.*



**ZADATAK 2.** U simulaciji namjestite vrijednost tlaka CO<sub>2</sub> na 40. U tablicu zabilježite pH-vrijednost krvi i pritiskom na **Start** pokrenite simulaciju. U tablicu upišite kakve su vrijednosti H<sup>+</sup> i HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

	<i>p</i> (CO <sub>2</sub> ) / mm Hg				
	20	30	40	50	60
pH					
vrijednost H <sup>+</sup>					
vrijednost HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>					

**ZADATAK 3.** Prema tablici iz prethodnog zadatka u simulaciji mijenjajte vrijednosti tlaka CO<sub>2</sub> i zabilježite vrijednosti pH, H<sup>+</sup> i HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Zabilježite podatke u tablicu.

**PITANJE 1.** Kako tlak ugljikovog dioksida utječe na pH-vrijednost krvi?

---

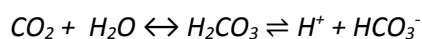
*Povećanjem tlaka CO<sub>2</sub> smanjuje se pH-vrijednost krvi (krv postaje kiseliya).*

**PITANJE 2.** Koja tvar utječe na smanjenje pH-vrijednosti krvi?

---

*Vodikovi ioni (H<sup>+</sup>) ili oksonijevi ioni (H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>).*

**ZADATAK 4.** Jednadžbom kemijske reakcije prikažite povezanost CO<sub>2</sub> i promjene pH.



**PITANJE 3.** Što se događa sa stopom izlučivanja vodikovih iona u slučaju povećanja pH krvi?

---

*U slučaju povećanja pH-vrijednosti krvi izlučivanje H<sup>+</sup> se smanjuje.*

**PITANJE 4.** Što se događa sa stopom izlučivanja hidrogenkarbonatnih iona u slučaju povećanja pH krvi?

---

*U slučaju povećanja pH-vrijednosti krvi izlučivanje HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> se povećava.*

**PITANJE 5.** Objasnite na koji način bubrezi reguliraju acidozu.

---

---

*U slučaju acidoze bubrezima se izlučuje više vodikovih iona u urin, a manje hidrogenkarbonatnih iona. To za posljedicu ima porast pH-vrijednosti.*

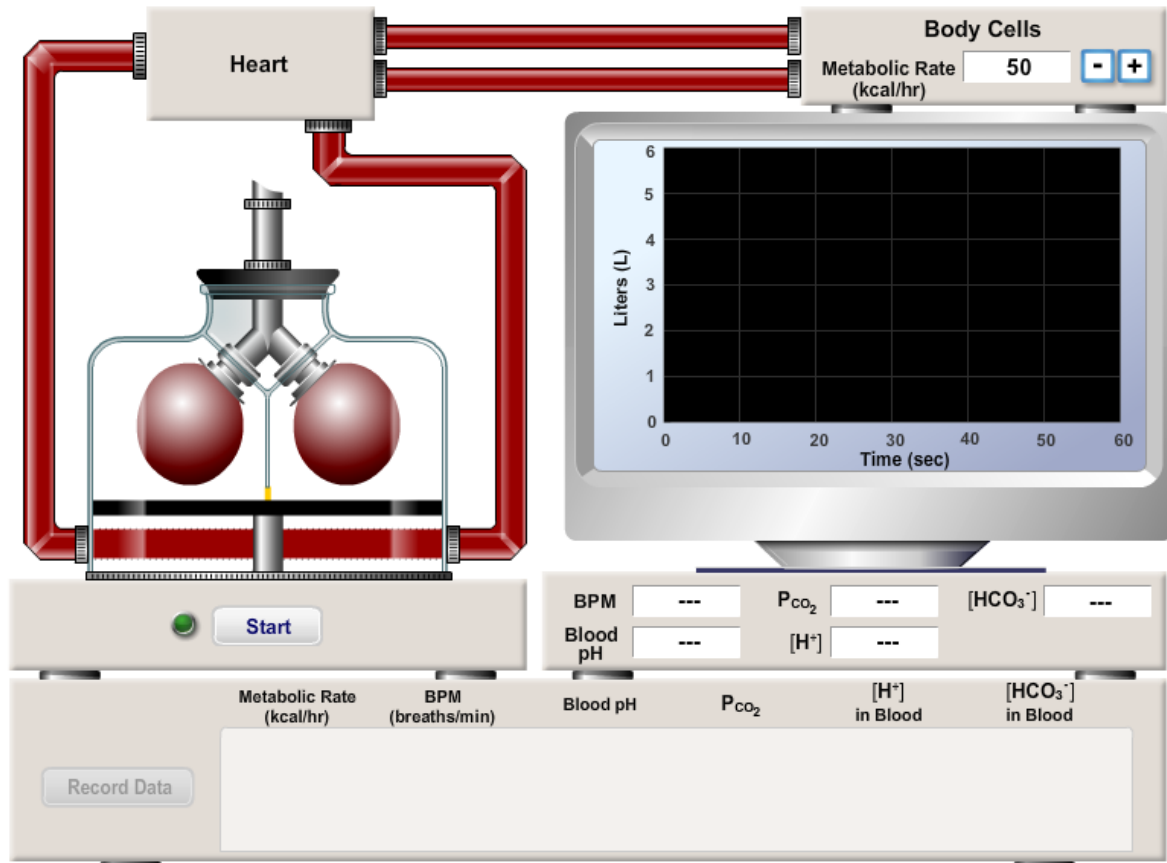
**ZADATAK 5.** U kvadratiće upiši kakav je odnos (=, > ili <) između omjera vodikovih i hidrogenkarbonatnih iona u navedenim slučajevima.

$$\text{normalan pH } \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_2]} \square \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_2]} \text{ acidoza}$$

$$\text{normalan pH } \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_2]} \square \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_2]} \text{ alkalozia}$$

## PRIJEDLOG ISTRAŽIVAČKOG RADA ZA UČENIKE

Uz pomoć simulacije u programu PhysioEx 9.1 – Exercise 10 (Acid/Base Balance): Respiratory Responses to Metabolic Acidosis and Metabolic Alkalosis učenici trebaju istražiti kako stupanj metaboličke aktivnosti utječe na disanje.



Slika 3: Okvir za simulaciju regulacije metaboličke acidoze i alkaloze dišnim sustavom u programu PhysioEx 9.1 – Exercise 10: Respiratory Responses to Metabolic Acidosis and Metabolic Alkalosis

NOTE: BPM vrijednost pokazuje broj udisaja u minuti.

Putem istraživačkog rada učenici trebaju:

- navesti što sve može biti uzrok metaboličke acidoze/alkaloze
- objasniti kako se mijenjaju vrijednosti pH krvi i tlaka CO<sub>2</sub> pri normalnom disanju, pri disanju kod pojačanog metabolizma i pri disanju kod smanjenog metabolizma
- objasniti kako ubrzanje i smanjenje metabolizma utječu na disanje
- objasniti kako se mijenjaju pH-vrijednost krvi,  $p(\text{CO}_2)$  i koncentracije H<sup>+</sup> i HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> u urinu kod pojačanog metabolizma

- objasniti kako se mijenjaju pH-vrijednost krvi,  $p(\text{CO}_2)$  i koncentracije  $\text{H}^+$  i  $\text{HCO}_3^-$  u urinu kod smanjenog metabolizma;
- objasniti ulogu bubrega i dišnog sustava u slučaju ubrzanog i smanjenog metabolizma
- objasniti uzroke promjena pH-vrijednost krvi,  $p(\text{CO}_2)$  i koncentracije  $\text{H}^+$  i  $\text{HCO}_3^-$  u urinu kod smanjenog i kod ubrzanog metabolizma.

## 4. DJELOVANJE ENZIMA U ŽIVIM STANICAMA

prijedlog broja sati: 3 sata

NASTAVNE TEME:

- Građa i uloga probavnog sustava
- Razgradnja škroba pomoću amilaze iz sline
- Razgradnja proteina pepsinom
- Razgradnja masti i ulja lipazom

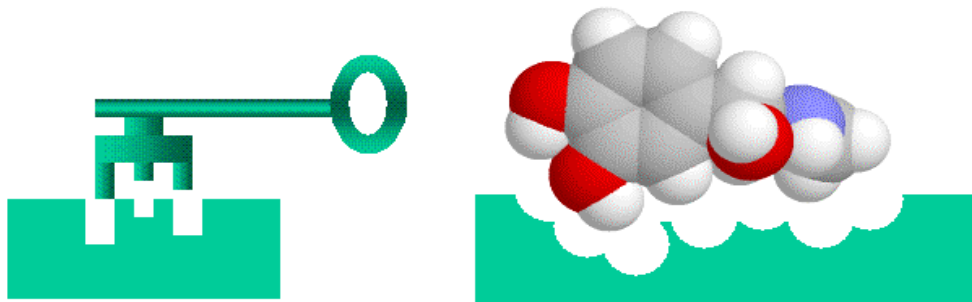
Odgojno-obrazovni ishodi na koje se veže sadržaj: ishod 1.1., ishod 2.1., ishod 2.2., ishod 3.1., ishod 3.2.

**Ishodi:**

- povezuje građu i ulogu bioloških makromolekula u živim organizmima
- ispituje djelovanje enzima na biokemijske reakcije u organizmu
- sakuplja, obrađuje i prikazuje podatke istraživanja
- objašnjava važnost bioloških spoznaja za bolje razumijevanje prirodnih procesa
- argumentira i preispituje rezultate opažanja u pokusu.

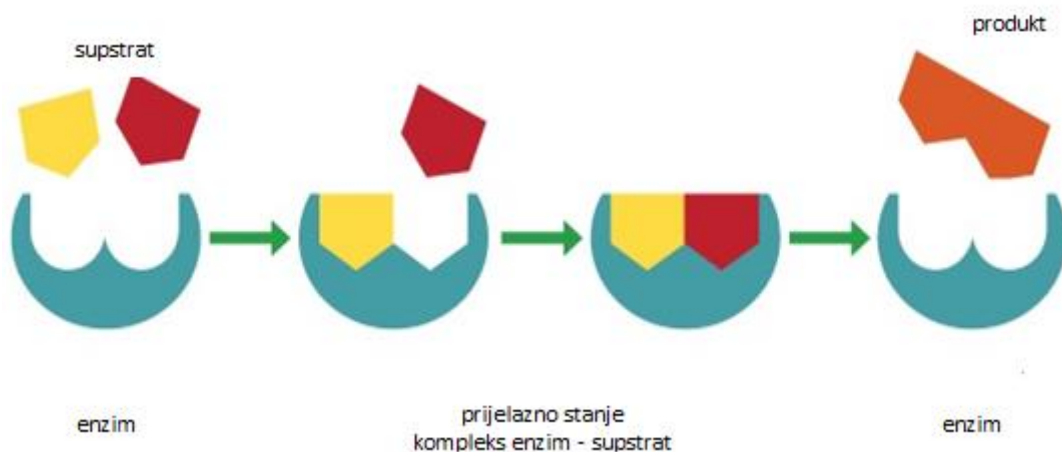
## 4.1. Uvod

Enzimi ili biokatalizatori jesu proteini bez čije se aktivnosti većina kemijskih reakcija u organizmima ne bi odvijala. Imaju svojstva potrebna za život stanica – ubrzavaju kemijske reakcije više od milijun puta, a pri tome se ne troše i ne mijenjaju svoja svojstva. Osim proteina u svojoj građi mogu imati i neproteinski dio pa se takvi enzimi nazivaju koenzimi (npr. vitamini B skupine). Odlikuju se visokom specifičnošću djelovanja, tj. djeluju samo na određenu vrstu molekule (lipaze djeluju na lipide, amilaze na ugljikohidrate, a peptidaze na proteine). Tvar na koju enzim djeluje naziva se supstrat, a mjesto na enzimu na koje se veže supstrat zove se aktivno mjesto. Supstrat oblikom odgovara aktivnom mjestu enzima (model „ključ – brava“) (slika 4.1.).



Slika 4.1. Model „ključ – brava“

Vezivanje supstrata na aktivno mjesto enzima naziva se prijelazno stanje. Enzim na kraju reakcije mijenja supstrat na koji je djelovao, a on pri tome ostaje nepromijenjen (slika 4.2.).

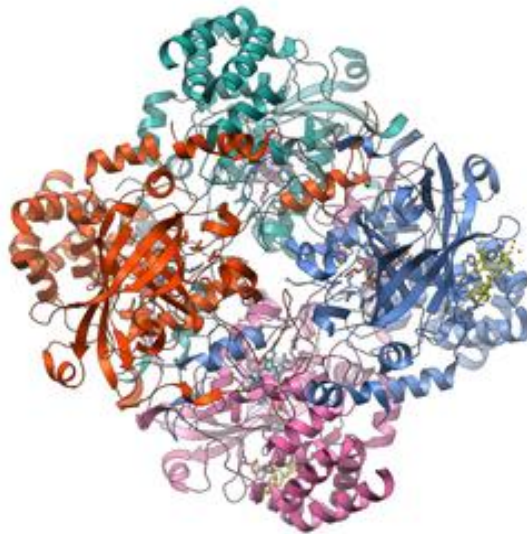


Slika 4.2. Način djelovanja enzima na supstrat

Enzimi ubrzavaju kemijske reakcije snižavanjem energije aktivacije molekula.

Energija aktivacije jest količina energije potrebna molekulama za stupanje u kemijske reakcije. Na aktivnost enzima djeluju: temperatura, kiselost (pH), koncentracija supstrata, ali i neke druge molekule (aktivatori ili inhibitori enzimatskog djelovanja). U našem organizmu enzimi djeluju na temperaturi od 37° C i pri različitim pH vrijednostima (npr. ptijalin u ustima: pH = 5,6 – 7,6 , pepsin u želudcu: pH = 1,5 – 3, peptidaze u tankom crijevu: pH = 8).

Katalaza je primjerice široko rasprostranjen enzim, prisutan u stanicama prokariota i eukariota (slika 4.3.). Razgrađuje vodikov peroksid koji u stanicama nastaje kao posljedica oksidacije te oštećuje stanicu, na vodu i kisik.



Slika 4.3. Enzim katalaza

#### **VJEŽBA 4.1. RAZGRADNJA VODIKOVOG PEROKSIDA KATALAZOM**

**Pribor:** stalak za epruvete, 5 epruveta, treščica, plamenik, kapaljka, menzura, pincete, nož.

**Kemikalije:** 5 %-tna otopina vodikovog peroksida (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), voda, pileća jetra, krumpir.

**PREPORUKA ZA NASTAVNIKE:** Prije izvođenja pokusa potrebno je pripremiti 5 %-tnu otopinu H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> te prokuhati komadić pileće jetre i komadić krumpira.

**KORAK 1.** U svaku od pet epruveta stavite oko 2 ml otopine H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Prva je epruveta kontrolna, u drugu dodajte komadić svježje jetre, a u treću komadić svježeg krumpira. Zabilježite opažanja.

---

*U prvoj epruveti nema promjene, dok se sadržaj druge i treće epruvete zapjeni.*

**PITANJE 1.** Zašto u prvoj epruveti nije bilo promjene, a sadržaj druge i treće epruvete se zapjenio?

---

---

---

*Prva je epruveta kontrolna, a vodikov se peroksid spontano vrlo polagano razgrađuje. U drugoj i trećoj epruveti došlo je do reakcije (razgradnje vodikovog peroksida) pri čemu nastaje plin, na što nas upućuje nastajanje mjehurića, tj. pjene.*

**KORAK 2.** U četvrtu epruvetu dodajte komadić prokuhane pileće jetre, a u petu komadić prokuhanog krumpira. Zabilježite opažanja.

---

---

*U četvrtoj i petoj epruveti nema promjena nakon dodavanja prokuhane pileće jetre i krumpira.*

**PITANJE 2.** Zašto je u četvrtoj i petoj epruveti izostala reakcija, a dodali ste jetru i krumpir kao i u drugu i treću epruvetu gdje je reakcije bilo?

---

---

---

*U četvrtoj i petoj epruveti nije bilo reakcije jer smo dodali prokuhanu pileću jetru i krumpir. Pri povišenoj temperaturi dolazi do denaturacije enzima katalaze, koji je prisutan u obje namirnice, pri čemu on nepovratno gubi svoja svojstva i ne može razgraditi vodikov peroksid.*

**KORAK 3.** Tinjajućom treščicom dokažite u kojim je epruvetama došlo do razgradnje  $H_2O_2$  na način da prislonite tinjajuću treščicu na otvor svake epruvete. Zabilježite opažanja.

---

---

---

*Tinjajuća treščica zapalila se u drugoj i trećoj epruveti. U ostalim epruvetama nije bilo promjena, što nas navodi na zaključak da se vodikov peroksid razgradio samo u drugoj i trećoj epruveti.*

**PITANJE 3.** Koji se plin razvija razgradnjom vodikovog peroksida?

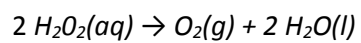
---

---

*Razvija se plin kisik jer se treščica zapalila, a kisik je plin koji podržava gorenje.*



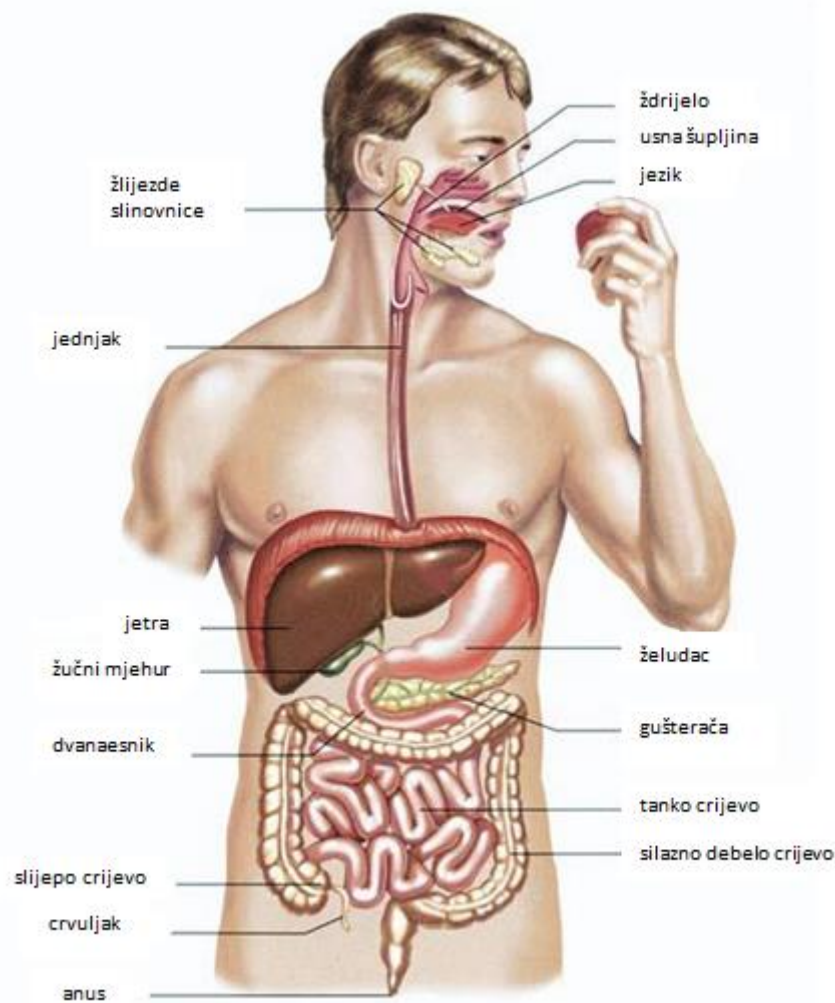
**ZADATAK 1.** Napišite jednadžbu reakcije raspadanja vodikovog peroksida djelovanjem enzima katalaze.



**ZADATAK 2.** Prikažite crtežom pokus razgradnje vodikovog peroksida s dobivenim rezultatima u svih pet epruveta.

## 4.2. Građa i uloga probavnog sustava

Za normalan rad stanica i organizma kao cjeline potrebna je energija. Izvor energije za čovjekov organizam jest hrana. Hranu koju unosimo u organizam potrebno je razgraditi do osnovnih građevnih jedinica koje će se putem krvotoka dopremiti do svih stanica našega tijela. Tvari koje sadržava hrana podijeljene su u šest skupina: ugljikohidrati, lipidi, bjelančevine, voda, minerali i vitamini. Iako su za dobivanje energije važni ugljikohidrati, lipidi i bjelančevine, svaki sastojak hrane ima svoju nezamjenjivu ulogu u organizmu. Proces probave (tj. razgradnje hrane) odvija se u probavnom sustavu. Probavni sustav proteže se od usne šupljine do analnog otvora. Čine ga organi probavne cijevi: usta (usna šupljina), ždrijelo, jednjak, želudac, tanko crijevo i debelo crijevo s analnim otvorom te probavne žlijezde slinovnice, jetra i gušterača (slika 4.4.).



Slika 4.4. Građa probavnog sustava

Ugljikohidrati se u procesu probave razgrađuju do monosaharida, bjelančevine do aminokiselina, a lipidi do alkohola glicerola i viših masnih kiselina. Uloge su probavnog sustava: primanje, prijenos i razgradnja hrane, apsorpcija hranjivih tvari (kroz sluznicu crijeva u krvotok) te uklanjanje štetnih i neiskorištenih produkata probave.

Probava započinje unosom hrane u usnu šupljinu. Tu se odvija mehanička razgradnja – usitnjavanje i omekšavanje (zubi, mišići donje čeljusti i obraza, jezik) te kemijska – slina koju u usnu šupljinu luče žlijezde slinovnice. Tri su para žlijezda slinovnica: podjezične, podčeljusne i podušne. Slina koju izlučuju sadržava vodu, sluz, pufere (održavaju pH sline na oko 6 – 7) i enzime amilazu (ptijalin) – razgrađuje škrob do maltoze i lizozim – uništava mikroorganizme. Usitnjenu, omekšanu i djelomično razgrađenu hranu jezik oblikuje u zalogaj, potiskuje u ždrijelo i počinje proces gutanja.

Ždrijelo je mišićna cijev smještena iza nosne i usne šupljine tako da je sastavni dio dišnog i probavnog sustava. Gutanje je složen proces čiji je samo početak svjestan i svojevoljan (potiskivanje zalogaja hrane prema ždrijelu pomoću jezika), ali od trenutka kada je zalogaj dospio u ždrijelo, gutanje se zbiva automatski i ne može se zaustaviti. U trenutku gutanja prestaje disanje, zatvara se ulaz u nosnu šupljinu, a grkljanski poklopac zatvara ulaz u dušnik i zalogaj usmjerava u jednjak.

Jednjak je elastična mišićna cijev duljine oko 25 cm, povezuje ždrijelo i želudac. Hrana jednjakom putuje vrlo brzo zahvaljujući ritmičkim stezanjem glatkih mišića – peristaltikom. Kružni mišić na završetku jednjaka i početku želuca (kardijački sfinkter) sprječava vraćanje sadržaja iz želuca u jednjak.

Želudac je mišićni organ smješten na lijevoj strani trbušne šupljine neposredno ispod ošita. Sastoji se od početnog dijela (cardia), srednjeg – tijela (corpus) i završnog dijela (pylorus). Na početnom i završnom dijelu želuca nalaze se prstenasti mišići (sfinkteri). Unutrašnjost je obložena želučanom sluznicom građenom od probavnih žlijezda koje luče želučani sok (klorovodična kiselina, voda, sluz, soli, enzimi – pepsin i želučane lipaze). pH želuca iznosi oko 1 – 3,5. Uloga je želuca nakupljanje i miješanje hrane, lučenje inaktivnog pepsinogena, koji prelazi u svoj aktivni oblik pepsin i razgrađuje bjelancevine, lučenje želučane kiseline i zaštitne sluzi. Kašasti sadržaj želuca – himus potiskuje se u tanko crijevo.

Tanko crijevo najdulji je dio našega probavnog kanala duljine oko 5 – 6 metara. Sastoji se od tri dijela: početnog (duodenum ili dvanaesnik), srednjeg (jejunum) i završnog (ileum). Tu se odvija potpuna razgradnja hranjivih tvari i završava proces probave. U dvanaesniku se odvija intenzivna razgradnja djelovanjem probavnih sokova jetre i gušterače koji se izlučuju u početni dio tankog crijeva.

Jetra (hepar) – najveća žlijezda u našem tijelu stvaranjem žuči, koja se pohranjuje u žučnom mjehuru, a tijekom probave izlučuje u dvanaesnik, raspršuje čestice masti u masne kapljice da bi ih enzim lipaza mogao razgraditi.

Gušterača (pankreas) jest žlijezda koja proizvodi najviše probavnih sokova koje izlučuje u dvanaesnik. Sokovi gušterače imaju pH vrijednost oko 7 – 8, a sadrže vodu, hidrogenkarbonatne ione i enzime za razgradnju svih vrsta hranjivih tvari (amilaza, lipaza, tripsin, kimotripsin, karboksipolipeptidaza, nukleaze...). Uz probavne sokove gušterače i jetre u probavi sudjeluje i crijevni sok s enzimima koji izlučuju žlijezde sluznice tankoga crijeva. Srednji i završni dio tankog crijeva važni su za konačnu razgradnju i apsorpciju hranjivih tvari u krvotok i limfotok.

Debelo crijevo započinje slijepim crijevom (cekum) na kojem se nalazi zakrčljali crvuljak. Na slijepo crijevo nastavlja se kolon (colon) koji se dijeli na uzlazni, poprečni i silazni dio i na kraju je završno crijevo (rectum) koje završava analnim otvorom. Glavna je uloga debelog crijeva reapsorpcija vode, iona i vitamina iz himusa u krvotok, oblikovanje i uklanjanje fecesa, razgradnja oko 1 % celuloze djelovanjem bakterija te sinteza vitamina K i nekih vitamina skupine B.

### 4.3. Razgradnja škroba pomoću amilaze iz sline

Škrob je ugljikohidrat, polisaharid građen od stotina molekula glukoze koje oblikuju spiralne lance. Ima ulogu pohranjivanja energije. U hladnoj je vodi netopljiv, a u vrućoj stvara gustu, koloidnu otopinu poznatu kao škrobno ljepilo. Biljke, životinje i čovjek imaju enzime koji hidroliziraju škrob i pretvaraju ga u monosaharide ili disaharide.

Škrob se u ustima pomoću enzima amilaze razgrađuje na maltozu.

Pomoću specifičnih reakcija može se dokazati prisutnost škroba ili maltoze u reakcijskoj smjesi.

IKI test (otopina joda u kalijevom jodidu) dokazuje prisutnost škroba promjenom boje (iz karamel) u plavo-crnu, što je pokazatelj pozitivne reakcije na škrob. Sivo obojenje pokazuje djelomičnu reakciju.

Benediktov reagens jest kvalitativni reagens za dokazivanje glukoze. To je vodena otopina natrijevog citrata, natrijevog karbonata i bakrovog(II) sulfata pentahidrata (modre galice) svijetloplave boje, koja u prisutnosti glukoze ili maltoze mijenja boju od svijetloplave preko zelene do narančaste ili crveno-smeđe, ovisno o količini šećera.

## VJEŽBA 4.2. RAZGRADNJA ŠKROBA POMOĆU AMILAZE IZ SLINE

U simulaciji programa PhysioEx 9.1 otvorite vježbu br. 8: **Chemical and Physical Processes of Digestion**, pokus br.1: **Assessing Starch Digestion by Salivary Amylase**

**ZADATAK 1.** Opišite što vidite na ekranu.

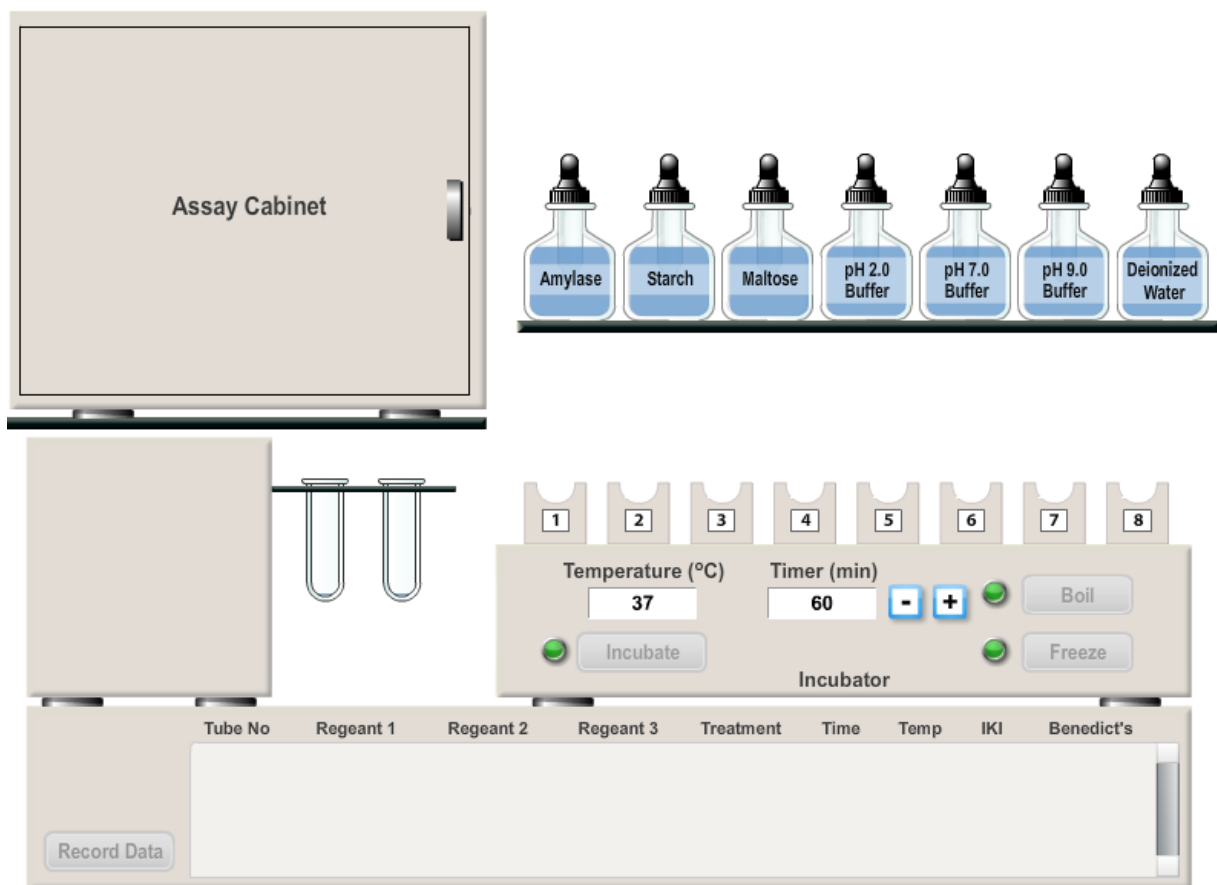
---

---

---

---

---



Slika 4.5. Okvir za simulaciju pokusa razgradnje škroba pomoću amilaze iz sline u programu PhysioEx 9.1 – Exercise 8: Assessing Starch Digestion by Salivary Amylase

*U gornjem desnom kutu ekrana prikazane su tvari (reaktanti) koje koristimo u vježbi. U donjem desnom kutu prikazan je inkubator s držačem za osam epruveta. U gornjem lijevom kutu ekrana nalazi se ormarić s reagensima (tzv. Test-kabinet ili test-ormarić). Ispod njega je perilica s čistim epruvetama. Na dnu ekrana nalazi se tablica za snimanje podataka (rezultata).*

**ZADATAK 2.** Pritiskom na lijevi gumb miša, epruvetu iz perilice prenesite na držač epruveta u inkubatoru pod brojem jedan. Nakon toga automatski će se popuniti epruvetama i preostalim sedam nosača u inkubatoru.

**ZADATAK 3.** Pripremite reakcijske smjese prema Tablici 1. Pritiskom na lijevi gumb miša kapaljkom prenesite potrebne reaktante do vrha epruvete, a otpuštanjem gumba isпустite sadržaj epruvete.

Tablica 1. Razgradnja škroba pomoću amilaze iz sline

broj epruvete	1	2	3	4	5	6	7	8
reaktanti	amilaza škrob pufer pH = 7,0	amilaza škrob pufer pH = 7,0	amilaza škrob pufer pH = 7,0	amilaza deion. H <sub>2</sub> O pufer pH = 7,0	deion. H <sub>2</sub> O škrob pufer pH = 7,0	deion. H <sub>2</sub> O maltoza pufer pH = 7,0	amilaza škrob pufer pH = 2,0	amilaza škrob pufer pH = 9,0
uvjeti inkubacije	vrenje, inkubacija na 37°C / 60 min	smrzavanje, inkubacija na 37°C / 60 min	37°C 60 min	37°C 60 min	37°C 60 min	37°C 60 min	37°C 60 min	37°C 60 min
Benediktov reagens								
IKI test								

**ZADATAK 4.** Kada su pripremljene sve epruvete, pritisnite broj jedan ispod prve epruvete. Epruveta će biti ubačena u inkubator, a sve ostale epruvete ostaju na svojim mjestima. Zatim pritisnite **Boil**. Nakon prokuhavanja epruveta se automatski vraća na svoje prvobitno mjesto.

**ZADATAK 5.** Pritisnite broj dva ispod druge epruvete. Epruveta će biti ubačena u inkubator nakon čega pritisnite **Freeze**. Nakon smrzavanja epruveta se automatski vraća na svoje mjesto.

**ZADATAK 6.** Temperaturu podesite na 37 °C, a vrijeme na 60 minuta te pritisnite **Incubate**. Nakon inkubacije epruvete automatski izlaze van iz inkubatora – vraćaju se na prvobitno mjesto, a vrata ormarića s reagensima se otvaraju. U ormariću se nalazi i osam praznih test-epruveta.

**ZADATAK 7.** Pritiskom na lijevi gumb miša prenesite sadržaj epruvete broj jedan iz inkubatora do epruvete broj jedan u ormariću. Otpuštanjem gumba polovica sadržaja se ulijeva u epruvetu u ormariću, ostatak ostaje u epruveti iz inkubatora. Nakon toga ostalih sedam epruveta automatski se popunjava.

**ZADATAK 8.** U prvu epruvetu u ormariću dodajte, pomoću kapaljke, kapljicu IKI otopine, nakon čega se otopina automatski dodaje i u ostale epruvete u ormariću.

**PITANJE 1.** Kakav utjecaj ima vrenje na aktivnost enzima amilaze?

---

*Vrenje inaktivira amilazu .*

**PITANJE 2.** Što se dogodilo u epruvetama nakon dodavanja reagensa? Napišite zapažanja i zaključke.

---

---

---

*Došlo je do promjene boje u epruvetama br. 1, 5, 7 i 8. Karamel boja postala je plavo-crna, što je pozitivna reakcija na škrob (test na škrob). U ostalim epruvetama gdje se nalazi škrob i amilaza došlo je do razgradnje škroba.*

**ZADATAK 9.** Pritiskom na **Record Data** snimite rezultate u tablicu na dnu ekrana. Rezultate reakcija upišite u Tablicu 1.

**PITANJE 3.** U epruveti broj dva i epruveti broj tri nalazi se podjednaka količina razgrađenog škroba. Zašto? Objasni odgovor.

---

---

*U obje epruvete amilaza je bila aktivna i razgrađivala škrob, iako je epruveta broj dva prije inkubacije bila i na smrzavanju. To znači da smrzavanje ne utječe na aktivnost enzima.*

**ZADATAK 10.** Pritiskom na lijevi gumb miša pomoću kapaljke dodajte u prvu epruvetu u inkubatoru kapljicu Benediktovog reagensa. U sve ostale epruvete Benediktov reagens dokapat će se automatski. Da bi reagens reagirao s otopinom, treba pritisnuti **Boil** na inkubatoru.

**ZADATAK 11.** Promotrite i uočite promjenu boje nakon reakcije. Pritiskom na **Record Data** snimite rezultate u tablicu na dnu ekrana. Rezultate reakcija upiši u Tablicu 1.

**PITANJE 4.** Kakve promjene boje i u kojim epruvetama zapažate? Opišite zapažanja.

---

---

---

*U epruvetama broj 1, 4 i 5 nije došlo do promjene boje; i dalje je sadržaj tih epruveta bio plav kao i prije početka reakcije. U epruvetama broj 7 i 8 pojavilo se narančasto obojenje, a u epruvetama broj 2, 3 i 4 pojavilo se crveno-smeđe obojenje.*

**PITANJE 5.** Što zaključujete na osnovi promjene boje o prisutnosti i količini maltoze ili glukoze u otopinama nakon reakcije?

---

---

---

*U epruvetama 1, 4 i 5 nije došlo do razgradnje škroba, u epruvetama 7 i 8 škrob se razgradio, ali je količina glukoze ili maltoze manja nego u epruvetama 2, 3 i 4 u kojima je sadržaj epruveta tamnije obojen zbog veće količine maltoze ili glukoze.*

**PITANJE 6.** S obzirom na rezultate reakcija nakon dodavanja Benediktovog reagensa što zaključujete o aktivnost amilaze u epruvetama broj 3, 7 i 8 ovisno o promjeni pH-vrijednosti?

---

*Aktivnost amilaze najveća je pri pH = 7,0*

**PITANJE 7.** U kojoj epruveti s amilazom nakon reakcije nema maltoze? Zašto?

---

---

---

*U epruveti broj jedan. Epruveta broj jedan prije inkubacije bila je podvrgnuta vrenju. Vrenje denaturira (nepovratno mijenja) amilazu tako da ona nije u mogućnosti razgraditi škrob do maltoze pa je reakcija na maltozu negativna.*



#### 4.4. Razgradnja proteina pepsinom

Proteini ili bjelančevine najrašireniji su spojevi u živim bićima. Građeni su od aminokiselina međusobno povezanih peptidnim vezama u polipeptidne lance. Struktura proteina određena je vrstom i redoslijedom aminokiselina, brojem polipeptidnih lanaca i njihovim povezivanjem. Imaju višestruku ulogu u živim bićima: strukturnu, obrambenu, regulacijsku i prijenosnu.

Pepsin je proteolitički enzim koji izlučuju žljezdane stanice želuca. Nastaje iz pepsinogena pod utjecajem klorovodične kiseline. Razgrađuje proteine na peptone i polipeptide.

#### **VJEŽBA 4.3. RAZGRADNJA PROTEINA PEPSINOM**

U ovoj vježbi kao supstrat koristimo sintetički protein skraćenog naziva **BAPNA** (N $\alpha$  – Benzoyl – DL – Arginine- p- Nitroaniline) koji je otopljen u vodi bezbojan, a prilikom razgradnje mijenja boju u žutu.

U simulaciji programa PhysioEx 9.1 otvorite vježbu 8: **Chemical and Physical Processes of Digestion**, pokus 3: **Assessing Pepsin Digestion of Protein**.

**ZADATAK 1.** Opišite što vidite na ekranu.

---

---

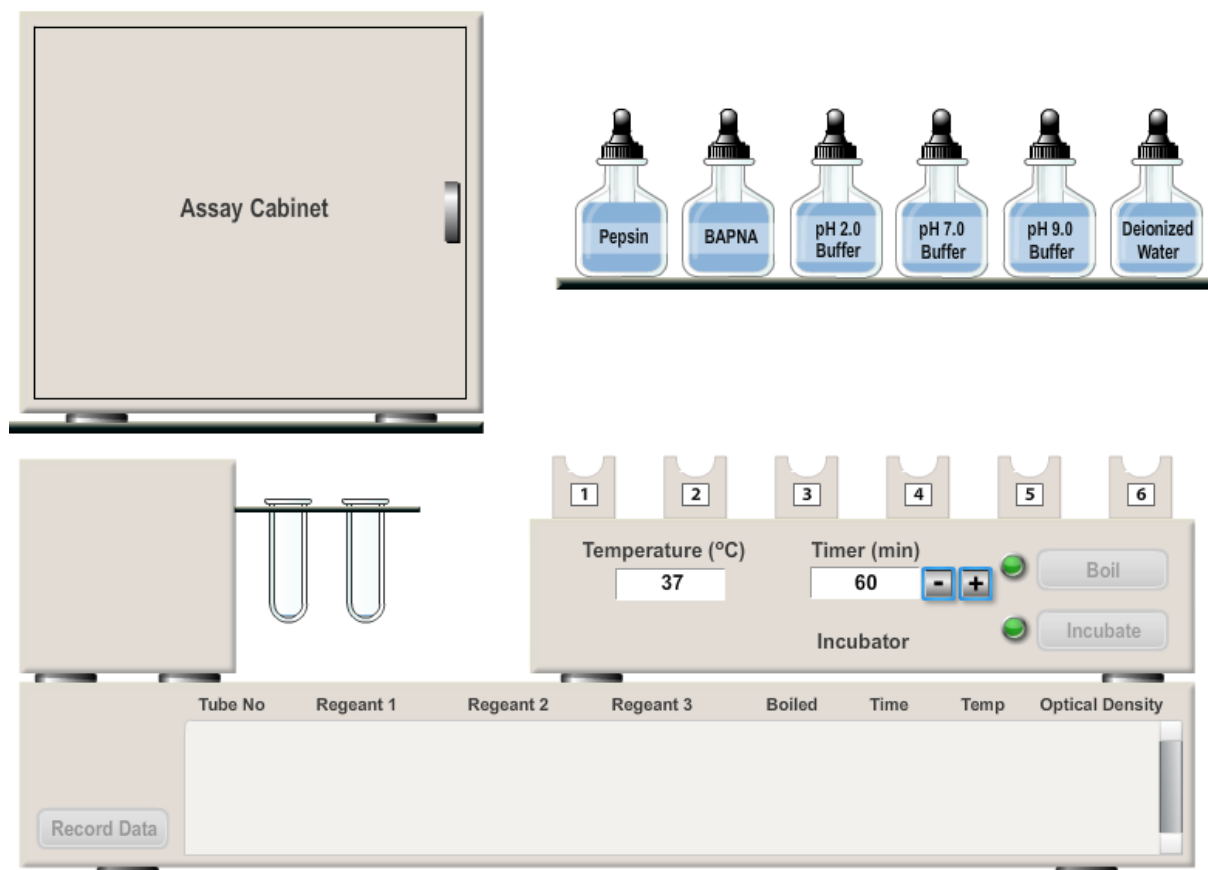
---

---

---

---

---



Slika 4.6. Okvir za simulaciju pokusa razgradnja proteina pepsinom u programu PhysioEx 9.1 – Exercise 8: Assessing Pepsin Digestion of Protein

*U gornjem desnom kutu ekrana prikazane su tvari (reaktanti) koje koristimo u vježbi. U donjem desnom kutu prikazan je inkubator s držačem za šest epruveta. U gornjem lijevom kutu ekrana nalazi se ormarić sa spektrofotometrom (tzv. test-kabinet ili test-ormarić). Ispod njega je perilica s čistim epruvetama. Na dnu ekrana nalazi se tablica za snimanje podataka (rezultata).*

**ZADATAK 2.** Pritiskom na lijevi gumb miša epruvetu iz perilice prenesite na držač epruveta u inkubatoru pod brojem jedan. Nakon toga automatski će se popuniti epruvetama i preostalih pet nosača u inkubatoru.

**ZADATAK 3.** Pripremite reakcijske smjese prema Tablici 2. Pritiskom na lijevi gumb miša kapaljkom prenesite potrebne reaktante do vrha epruvete, a otpuštanjem gumba ispuštite sadržaj epruvete.

Tablica 2. Razgradnja proteina pepsinom

broj epruvete	1	2	3	4	5	6
reaktanti	pepsin BAPNA pufer pH = 2,0	pepsin BAPNA pufer pH = 2,0	pepsin deionizirana H <sub>2</sub> O pufer pH = 2,0	deionizirana H <sub>2</sub> O BAPNA pufer pH = 2,0	pepsin BAPNA pufer pH = 7,0	pepsin BAPNA pufer pH = 9,0
uvjeti inkubacije	vrenje, inkubacija na 37°C / 60 min	37°C 60 min	37°C 60 min	37°C 60 min	37°C 60 min	37°C 60 min
apsorbancija						

**ZADATAK 4.** Kada su pripremljene sve epruvete, pritisnite broj jedan ispod prve epruvete. Epruveta će biti ubačena u inkubator, a sve ostale epruvete ostaju na svojim mjestima. Zatim pritisnite **Boil**. Nakon prokuhavanja epruveta se automatski vraća na svoje prvobitno mjesto.

**PITANJE 1.** Koje su negativne kontrolne epruvete („slijepe“ probe)? Zašto?

---



---

*Negativne kontrolne epruvete pod brojem su 3 i 4. U epruveti br. 3 nedostaje supstrat – BAPNA, a u epruveti br. 4 nedostaje pepsin.*

**ZADATAK 5.** Temperaturu podesite na 37 °C, a vrijeme na 60 minuta te pritisnite **Incubate**. Nakon inkubacije epruvete automatski izlaze van iz inkubatora – vraćaju se na prvobitno mjesto, a vrata ormarića sa spektrometrom (405 nm) se otvaraju.

**PITANJE 2.** Koje promjene zapažate u epruvetama nakon inkubacije? Objasnite svoja zapažanja.

---



---



---

*Do promjene boje došlo je u epruvetama broj 2 i 5. Sadržaj je druge epruvete tamnije žuto obojen, a sadržaj pete svijetložut. U ostalim epruvetama nema promjene boje. Do razgradnje proteina (BAPNA) došlo je samo u epruvetama broj 2 i 5. Intenzivnija boja u epruveti broj dva znači da se u toj epruveti protein bolje razgradio.*

**PITANJE 3.** Što zaključujete, pri kojoj pH vrijednosti pepsin pokazuje najveću aktivnost?

---

*Pri pH = 2,0*

**ZADATAK 6.** Pritiskom na lijevi gumb miša prenesite prvu epruvetu iz inkubatora na nosač u ormarić sa spektrofotometrom. Nakon toga pritisnite **Analyse**.

*Spektrofotometar je instrument koji mjeri količinu svjetla koju apsorbira određena vrsta molekula u otopinu. Zraka svjetlosti propušta se kroz uzorak te se mjeri intenzitet svjetlosti koji je prošao kroz uzorak i uspoređuje s intenzitetom ulaznog svjetla. Intenzitet apsorbiranog zračenja u uzorku proporcionalan je koncentraciji tvari koja se određuje.*

**ZADATAK 7.** Nakon nekoliko sekundi pojavit će se vrijednost apsorbancije (optičke gustoće). Zabilježite vrijednost u Tablicu 2. te pritiskom na **Record Data** snimite rezultate u tablicu na dnu ekrana.

**ZADATAK 8.** Pomoću miša vratite epruvetu broj jedan na njeno mjesto u inkubatoru te ponovite postupak s preostalim pet epruveta. Nakon analize svake epruvete zabilježite vrijednost u Tablicu 2. i snimite rezultate u tablicu na dnu ekrana pritiskom na **Record Data**.

*(Vrijednosti apsorbancije: prva epruveta: 0,00, druga: 0,40, treća: 0,00, četvrta: 0,00, peta: 0,03, šesta: 0,00)*

**PITANJE 4.** Usporedite rezultate iz epruveta 1 i 2 i objasnite rezultate.

---

*Iako se u obje epruvete nalaze isti reaktanti, u epruveti 1 apsorbancija = 0,00, a u epruveti 2 = 0,40. Razlog tomu je taj što je epruveta 1 prije inkubacije bila podvrgnuta vrenju pa je pepsin na visokoj temperaturi izgubio svoju aktivnost (denaturacija pepsina) te nije došlo do razgradnje proteina BAPNA.*

## 4.5. Razgradnja masti i ulja lipazom

Masti i ulja prema kemijskom su sastavu trigliceridi koji nastaju spajanjem trovalentnog alkohola glicerola s trima višim masnim kiselinama uz izdvajanje molekule vode. Osnovna im je uloga pohranjivanje energije. Njihova razgradnja odvija se u tankom crijevu i složenija je od razgradnje ugljikohidrata i bjelančevina. Masti i ulja trebaju se prvo emulgirati u fine kapljice pomoću žučnih soli, a tek onda podvrgnuti djelovanju lipaza. Enzimatska razgradnja masti i ulja odvija se do glicerola i tri masne kiseline ili do monoglicerida i dvije masne kiseline. Oslobođene masne kiseline snižavaju pH-vrijednost pa završetak reakcije možemo detektirati pH-metrom. To je instrument za određivanje pH-vrijednosti otopina.

### **VJEŽBA 4.4. RAZGRADNJA MASTI I ULJA LIPAZOM**

U simulaciji programa PhysioEx 9.1 otvorite vježbu br. 8: **Chemical and Physical Processes of Digestion**, pokus br.4 : **Assessing Lipase Digestion of Fat**

**ZADATAK 1.** Opišite što vidite na ekranu.

---

---

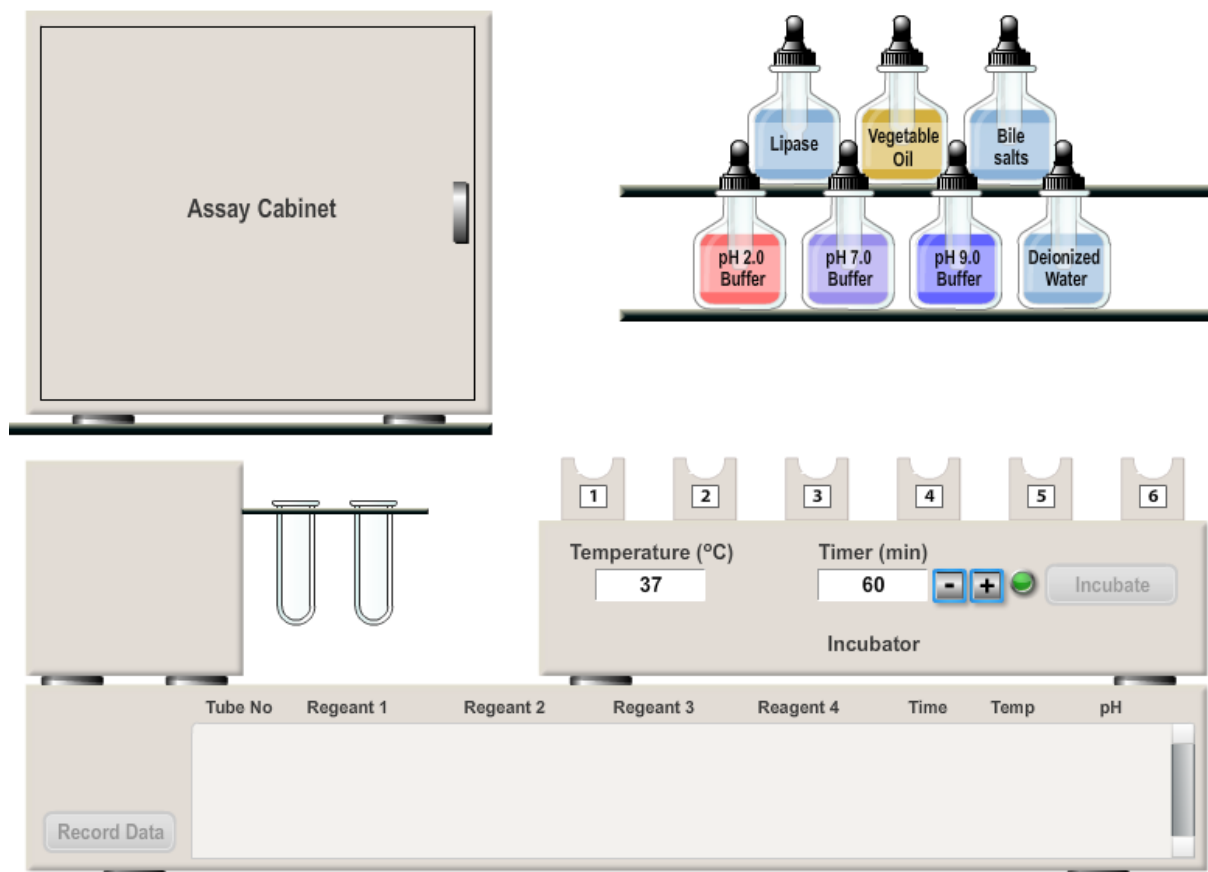
---

---

---

---

---



Slika 4.7. Okvir za simulaciju pokusa razgradnja masti i ulja lipazom u programu PhysioEx 9.1 – Exercise 8: Assessing Lipase Digestion of Fat

*U gornjem desnom kutu ekrana prikazane su tvari (reaktanti) koje koristimo u vježbi. U donjem desnom kutu prikazan je inkubator s držačem za šest epruveta. U gornjem lijevom kutu ekrana nalazi se ormarić s pH metrom (tzv. Test-kabinet ili test-ormarić). Ispod njega je perilica s čistim epruvetama. Na dnu ekrana nalazi se tablica za snimanje podataka (rezultata).*

**ZADATAK 2.** Pritiskom na lijevi gumb miša epruvetu iz perilice prenesite na držač epruveta u inkubatoru pod bojem jedan. Nakon toga automatski će se popuniti epruvetama i preostalih pet nosača u inkubatoru.

**ZADATAK 3.** Pripremite reakcijske smjese prema Tablici 3. Pritiskom na lijevi gumb miša kapaljkom prenesite potrebne reaktante do vrha epruvete, a otpuštanjem gumba ispuštite sadržaj epruvete.

Tablica 3. Razgradnja masti i ulja lipazom

broj epruvete	1	2	3	4	5	6
reaktanti	lipaze, biljno ulje, žučne soli pufer pH = 7,0	lipaze, biljno ulje, deion. H <sub>2</sub> O pufer pH = 7,0	lipaze, deion. H <sub>2</sub> O, žučne soli pufer pH = 9,0	deion. H <sub>2</sub> O, biljno ulje, žučne soli pufer pH = 7,0	lipaze, biljno ulje, žučne soli pufer pH = 2,0	lipaze, biljno ulje, žučne soli pufer pH = 9,0
uvjeti inkubacije	37°C 60 min	37°C 60 min	37°C 60 min	37°C 60 min	37°C 60 min	37°C 60 min
pH						

**ZADATAK 4.** Temperaturu podesite na 37 °C, a vrijeme na 60 minuta te pritisnite **Incubate**. Nakon inkubacije epruvete automatski izlaze van iz inkubatora – vraćaju se na prvobitno mjesto, a vrata se ormarića s pH-metrom otvaraju.

**PITANJE 1.** Možete li pretpostaviti u kojoj će epruveti lipaza biti najaktivnija? Obrazložite pretpostavku.

---

*Najaktivnija će biti u prvoj epruveti. Uz prisutnost žučnih soli koje emulgiraju ulje u sitne kapljice i pomažu lipazi pri razgradnji i neutralan pH medij (pH = 7) pogodan je za promatranje njene aktivnosti.*

**ZADATAK 5.** Pritiskom na lijevi gumb miša prenesite prvu epruvetu iz inkubatora na nosač u ormarić s pH metrom. Nakon toga pritisnite **Measure pH**. Dobiveni rezultat pH-vrijednosti zabilježite u Tablicu 3. te pritiskom na **Record Data** snimite rezultate u tablicu na dnu ekrana.

**ZADATAK 6.** Pomoću miša vratite epruvetu broj jedan na njeno mjesto u inkubatoru te ponovite postupak s preostalim pet epruveta. Nakon mjerenja pH vrijednosti u preostalim epruvetama zabilježite vrijednost u Tablicu 3. i snimite rezultate u tablicu na dnu ekrana pritiskom na **Record Data**.

*Epruveta 1 (pH= 6,21), epruveta 2 (pH=7,00), epruveta 3 (pH= 9,00), epruveta 4 (pH=7,00), epruveta 5 (pH=2,00), epruveta 6 (pH=9,00).*

**PITANJE 2.** Objasnite rezultate u epruveti 1.

---

---

---

*Lipaza bolje razgrađuje masti i ulja (povećava se njena aktivnost) u prisutnosti žučnih soli, a masne kiseline oslobođene razgradnjom snižavaju pH vrijednost reakcijske smjese, što opažamo iz promjene vrijednosti pH nakon reakcije (s pH =7 na pH = 6,21).*

**PITANJE 3.** Razmislite i odgovorite. Zašto je teško odrediti aktivnost lipaze u petoj epruveti?

---

---

*Zato što je pH reakcijske smjese već jako nizak (pH = 2) pa bi snižavanje pH bilo teško opaziti.*

*Lipaza je enzim koji nije aktivan pri tako niskom pH .*



## 5. FOTOSINTEZA I TRANSPIRACIJA

prijedlog broja sati: 6

NASTAVNE TEME:

- Fotosinteza
- Ugljikohidrati
- Transpiracija

Odgojno-obrazovni ishodi na koje se veže sadržaj: ishod 1.1., ishod 1.2., ishod 2.1., ishod 3.1., ishod 3.2.

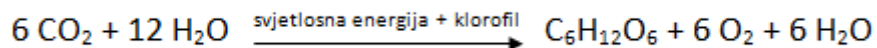
**Ishodi:**

- objašnjava proces fotosinteze
- povezuje reaktante i produkte fotosinteze s načinima ishrane pojedinih organizama
- uspoređuje tvari prema njihovim svojstvima i ulogom u živim organizmima
- objašnjava proces transpiracije
- sakuplja, povezuje i obrađuje podatke istraživanja
- donosi zaključke na osnovi dobivenih rezultata
- rezultate i zaključke pokusa stavlja u kontekst svakodnevnih životnih situacija.

## 5.1. Fotosinteza

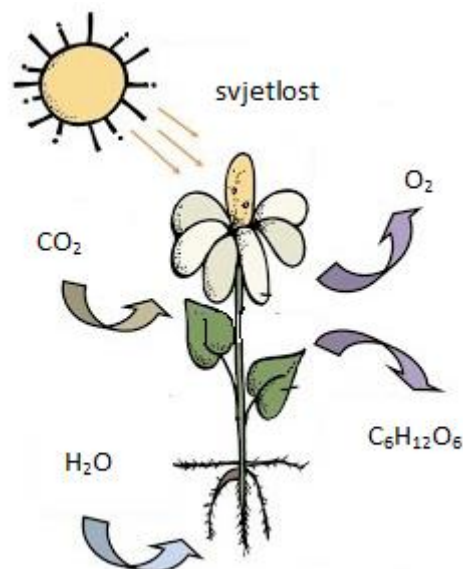
Svakom živom organizmu za obavljanje osnovnih životnih funkcija potrebna je energija. Ugljikohidrati, spojevi koji nastaju fotosintezom, jesu molekule iz kojih se ta energija unutar stanica oslobađa. Organizmi koji sadrže klorofil mogu obavljati fotosintezu. Klorofil je zeleni pigment koji se nalazi u kloroplastima biljnih stanica, u algama i cijanobakterijama.

Fotosinteza je proces pri kojem se iz ugljikovog (IV) oksida i vode s pomoću Sunčeve svjetlosti i klorofila sintetiziraju ugljikohidrati i kisik.



Glukoza kao produkt fotosinteze jest molekula koja sadrži veću količinu energije od reaktanata. U procesu fotosinteze došlo je do pretvorbe svjetlosne u kemijsku energiju. Tijekom fotosinteze nastaje i kisik koji je važan u procesu disanja aerobnih organizama (slika 5.1.). Sam proces fotosinteze sastoji se od niza složenih reakcija koje se dijele na reakcije ovisne o svjetlosti (primarne reakcije fotosinteze) i reakcije neovisne o svjetlosti (sekundarne reakcije fotosinteze). Primarne reakcije fotosinteze pokreće svjetlo koje izbacuje elektrone iz molekula klorofila te se ta energija koristi za proizvodnju adenozin trifosfata (ATP) u tilakoidnim membranama kloroplasta. Djelovanjem svjetlosne energije razgrađuje se voda (fotoliza) na vodik i kisik koji se oslobađa u atmosferu. Sekundarne reakcije fotosinteze izravno ne ovise o svjetlosti, ali ovise o proizvodima svjetlosnih reakcija, kao što je vodik koji reducira ugljikov (IV) oksid u glukozu. Sinteza glukoze odvija se u stromi kloroplasta.

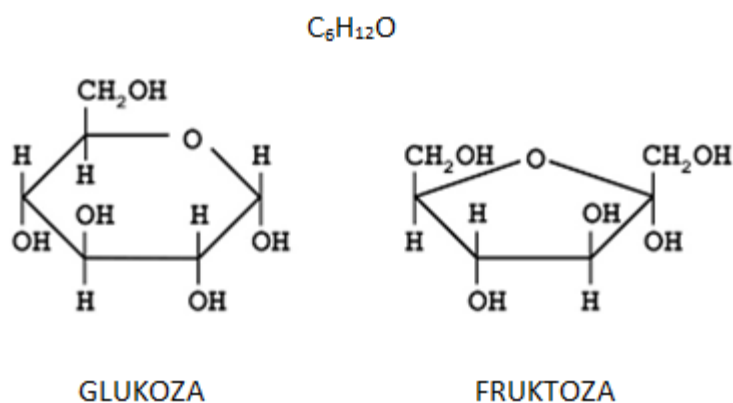
Najaktivniji fotosintetski organi jesu listovi.



Slika 5.1. Shematski prikaz fotosinteze

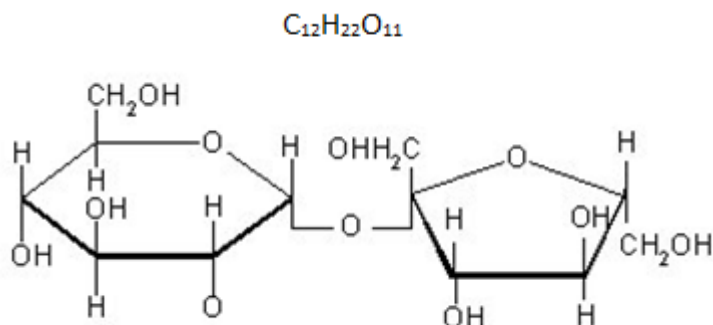
## 5.2. Ugljikohidrati

Ugljikohidrati su spojevi građeni od ugljika, kisika i vodika opće formule  $C_nH_{2n}O_n$ . Jedna od podjela ugljikohidrata jest na temelju produkata koji nastaju njihovom potpunom hidrolizom. Monosaharidi su ugljikohidrati koji se hidrolizom ne rastavljaju na jednostavnije molekule. Hidrolizom disaharida nastaju dvije molekule, dok hidrolizom polisaharida nastaje mnogo molekula monosaharida. Najpoznatiji monosaharidi jesu glukoza (krvni šećer, groždani šećer) i fruktoza (voćni šećer) iste molekulske, a različite strukturne formule. Glukoza se naziva i aldoheksosa jer sadrži aldehidnu skupinu (-CHO) i šest ugljikovih atoma, a fruktoza ketoheksosa jer sadrži keto skupinu (-CO-) i šest ugljikovih atoma (slika 5.2.). Glukoza i fruktoza jesu reducirajući šećeri jer imaju slobodne aldehidnu i keto skupinu. Jedan je od reagensa za njihovo dokazivanje Fehlingova otopina. Fehlingova je otopina lužnata otopina kompleksnog  $Cu^{2+}$ -tartaratnog iona koja se priređuje miješanjem Fehlingove otopine I i Fehlingove otopine II. Fehlingova otopina I vodena je otopina modre galice, a Fehlingova otopina II lužnata je otopina natrijeva tartarata. Tijekom reakcije Fehlingove otopine s reducirajućim šećerom nastaje bakrov(I) oksid.



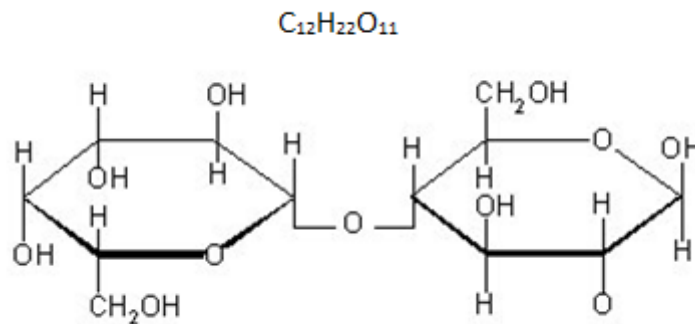
Slika 5.2. Kemijske formule glukoze i fruktoze

Jedan od najpoznatijih disaharida jest saharoza koja se sastoji od glukoze i fruktoze koje su povezane ( $\alpha$ ,  $\beta$ ) (1,2) glikozidnom vezom (slika 5.3.). Saharozu je nereducirajući šećer jer nema slobodnih poluacetalnih skupina.



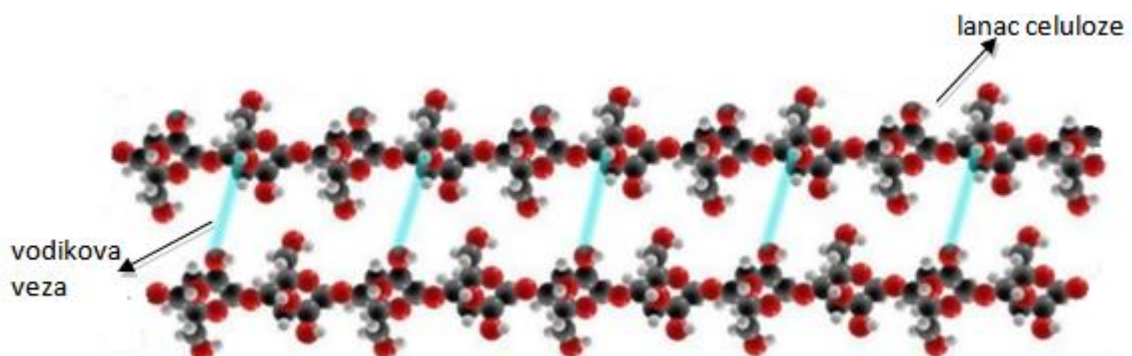
Slika 5.3. Kemijska formula saharoze

Drugi je najpoznatiji disaharid laktoza (mliječni šećer) građen od galaktoze i glukoze (slika 5.4.).

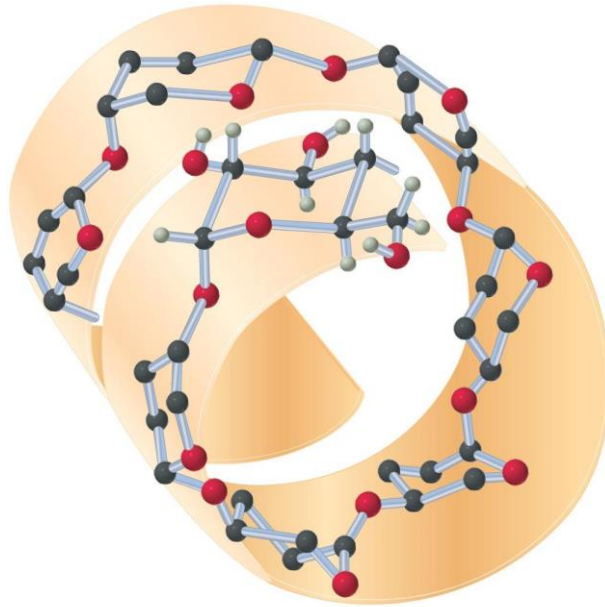


Slika 5.4. Kemijska formula laktoze

Polisaharidi su izgrađeni od velikog broja monosaharida. Škrob, celuloza i glikogen jesu polisaharidi građeni od velikog broja molekula glukoze. Način povezivanja molekula glukoze različit je pa se škrob, celuloza i glikogen razlikuju u strukturi, ali i u svojstvima (slike 5.5. i 5.6.).



Slika 5.5. Paralelni lanci celuloze koji su međusobno povezani vodikovim vezama



Slika 5.6. Lanac amiloze (sastavni dio škroba) tvori uzvojniju

### 5.3. Transpiracija

Jedan od najznačajnijih načina izlučivanja vode u obliku vodene pare u većine biljnih vrsta jest transpiracija (slika 5.7.). Glavni transpiracijski organi biljke jesu listovi i upravo kroz puči (stome) izlučuje se najviše vode stomatalnom transpiracijom. Mala količina vode izlučuje se kutikularnom lenticelarnom transpiracijom. Stomatalnom transpiracijom izlazi i do 90 % od ukupne isparene vode. Kod mnogih biljaka količina izlučene vode stomatalnom transpiracijom u jednom danu može biti jednaka ukupnoj težini biljke. Transpiracija služi i za hlađenje biljke.



Slika 5.7. Transpiracija

### **VJEŽBA 5.1. DOKAZIVANJE UGLJIKOHIDRATA – glukoze i fruktoze**

**Pribor:** 2 epruvete, kapaljke, stalak za epruvete, čaša od 250 mL, tronožac, plamenik, mrežica, drvena hvataljka, marker.

**Kemikalije:** otopina glukoze, otopina fruktoze, otopine Fehling I i Fehling II, voda.

**KORAK 1.** U čašu od 250 mL ulijete vode i stavite je na tronožac te zagrijte pomoću plamenika. U jednu epruvetu koju ste označili brojem 1 dodajte 1 mL Fehling I, 1 mL Fehling II otopine i 1 mL otopine glukoze. Epruvetu lagano promućkajte i stavite u čašu s vodom. Na crtu zapišite svoja opažanja.

---

---

*Smjesa je tamnoplavo obojena.*

**KORAK 2.** U drugu epruvetu koju ste označili brojem 2 dodajte 1mL Fehling I, 1 mL Fehling II otopine i 1 mL otopine fruktoze. Epruvetu lagano promućkajte i stavite u čašu s vodom. Na crtu zapišite svoja opažanja.

---

---

*Smjesa je tamnoplavo obojena.*

**PITANJE 1.** Što se dogodilo sa sadržajem u epruveti koju ste označili brojem 1?

---

---

*Nakon zagrijavanja u epruveti s glukozom došlo je do pojave crveno-smeđeg taloga bakrovog(I) oksida.*

**PITANJE 2.** Što se dogodilo sa sadržajem u epruveti koju ste označili brojem 2?

---

---

*Nakon zagrijavanja u epruveti s fruktozom došlo je do pojave narančastog obojenja jer je keto skupina fruktoze izomerizirala u aldehidnu skupinu.*

**ZADATAK 1.** Prikažite pokus crtežom.

**PITANJE 3.** Što zaključujete nakon izvedenog pokusa?

---

---

*Glukoza je aldoza, a fruktoza ketoza te je zbog toga reakcija u prvoj epruveti bila intenzivnija, odnosno došlo je do redukcije bakra prije.*

### **VJEŽBA 5.2. HIDROLIZA SAHAROZE**

**Pribor:** 2 epruvete, kapaljke, stalak za epruvete, čaša od 250 mL, tronožac, plamenik, mrežica, drvena hvataljka, marker.

**Kemikalije:** otopina saharoze, otopine Fehling I i Fehling II, razrijeđena  $H_2SO_4$ , otopina NaOH (10 %), voda, univerzalni indikator papir.

**KORAK 1.** U čašu od 250 mL ulijete vode i stavite je na tronožac te zagrijte pomoću plamenika. U jednu epruvetu koju ste označili brojem 1 ulijte 2 mL otopine saharoze, 1 mL Fehling I i 1 mL Fehling II otopine. Epruvetu lagano promućkajte i stavite u čašu s vodom. Na crtu zapišite svoja opažanja.

---

---

*Smjesa je tamnoplavo obojena.*



**PITANJE 1.** Što se dogodilo sa sadržajem epruvete nakon zagrijavanja?

---

---

*Nakon zagrijavanja nije došlo do uočljive promjene.*

**KORAK 2.** U drugu epruvete koju označimo brojem 2 ulijete 2 mL otopine saharoze, dodajte 4 – 6 kapi  $H_2SO_4$  i reakcijsku smjesu zagrijavajte do vrenja u vodenoj kupelji. Zatim epruvetu pomoću drvene hvataljke odložite u stalak i ostavite je da se ohladi. U hladnu otopinu dodavajte kap po kap otopinu NaOH do neutralne reakcije što ćete provjeriti univerzalnim indikatorskim papirom. Zatim u epruvetu dodajte 1 mL Fehling I i 1 mL Fehling II otopine i ponovno smjesu zagrijte. Na crtu zapišite svoja opažanja.

---

---

*Smjesa je tamnoplavo obojena.*

**PITANJE 2.** Što se dogodilo sa sadržajem epruvete nakon zagrijavanja?

---

---

*Nakon zagrijavanja došlo je do nastanka crveno-smeđeg taloga.*

**ZADATAK 1.** Prikažite pokus crtežom.

**PITANJE 3.** Što zaključujete nakon izvedenog pokusa?

---

---

*Saharozu nije reducirajući šećer pa je stoga izostala pozitivna reakcija u epruveti broj 1. U drugoj epruveti došlo je do nastanka crveno-smeđeg taloga jer smo saharozu rastavili pomoću sumporne kiseline na glukozu i fruktozu koje su reducirajući šećeri.*

### **VJEŽBA 5.3. DOKAZIVANJE ŠEĆERA U NEKIM PRIRODNIM I UMJETNIM TVARIMA**

**Pribor:** 3 epruvete, kapaljke, stalak za epruvete, čaša od 250 mL, tronožac, plamenik, mrežica, drvena hvataljka, marker.

**Kemikalije:** med, mlijeko, bezbojno gazirano piće, otopine Fehling I i Fehling II, voda.

**KORAK 1.** U čašu od 250 mL ulijete vode i stavite je na tronožac te zagrijte pomoću plamenika. U epruvetu koju ste označili brojem 1 ulijte 2 mL meda, 1 mL Fehling I i 1 mL Fehling II otopine. Epruvetu lagano promućkajte i stavite u čašu s vodom. U epruvetu koju ste označili brojem 2 ulijte 2 mL mlijeka, 1 mL Fehling I i 1 mL Fehling II otopine. Epruvetu lagano promućkajte i stavite u čašu s vodom. U epruvetu koju ste označili brojem 3 ulijte 2 mL bezbojnog gaziranog pića, 1 mL Fehling I i 1 mL Fehling II otopine. Epruvetu lagano promućkajte i stavite u čašu s vodom. Na crtu zapišite svoja opažanja.

---

---

*U sve tri epruvete prisutno je tamnoplavo obojenje.*

**PITANJE 1.** Što se dogodilo sa sadržajem epruveta nakon zagrijavanja?

---

---

*Nakon zagrijavanja u sve tri epruvete došlo je do nastanka crvenog obojenja različitog intenziteta.*

**ZADATAK 1.** Prikažite pokus crtežom.

**PITANJE 2.** Što zaključujete nakon izvedenog pokusa?

---

---

*U medu, mlijeku i gaziranom piću dokazali smo prisutnost reducirajućih šećera.*

## **VJEŽBA 5.4. DOKAZIVANJE ŠKROBA**

**Pribor:** epruveta, kapaljke, stalak za epruvete, plamenik, mrežica, drvena hvataljka.

**Kemikalije:** škrob, kuhani krumpir, otopina joda u kalijevu jodidu (Lugolova otopina), voda.

**PITANJE 1.** Kojoj vrsti ugljikohidrata pripada škrob?

---

*Škrob pripada polisaharidima.*

**KORAK 1.** U epruvetu stavite zrnce škroba i kapaljkom dodajte malo vode. Sadržaj epruvete promućkajte. Na crtu zapišite svoja opažanja.

---

*Miješanjem škroba i vode nastala je kašasta masa.*

**KORAK 2.** Epruvetu sa škrobom i vodom lagano zagrijavajte. Na crtu zapišite svoja opažanja.

---

*Zagrijavanjem epruvete sa škrobom i vodom došlo je do nastanka homogene smjese.*

**PITANJE 2.** Što smo postigli zagrijavanjem smjese škroba i vode?

---

*U toploj vodi omogućili smo otapanje škroba.*

**KORAK 3.** Epruvetu ostavite u stalku da se malo ohladi, a potom dodajte vode do pola epruvete. U epruvetu kapnite 1 – 2 kapi otopine joda u kalijevom jodidu. Na crtu zapišite svoja opažanja.

---

*Dodatkom otopine joda u epruvetu dolazi do pojave plavog obojenja.*

**ZADATAK 1.** Prikažite pokus crtežom.

**KORAK 4.** Na kuhani prerezani krumpir kapnite 1 – 2 kapi otopine joda. Na crtu zapišite svoja opažanja.

---

*Dodatkom otopine joda na kuhani krumpir došlo je do pojave plavoga obojenja.*

**PITANJE 3.** Što možete zaključiti iz ovoga pokusa?

---

---

*Škrob je polisaharid koji je dobro topljiv u vodi, a prisutnost škroba u namirnicama možemo dokazati otopinom joda u kalijevom jodidu pri čemu dolazi do pojave karakterističnog plavog obojenja. Plavo obojenje koje se javlja posljedica je smještanja joda unutar škrobne zavojnice.*

**ZADATAK 2.** Prikažite pokus crtežom.

## **VJEŽBA 5.5. DOKAZIVANJE TRANSPIRACIJE**

**Pribor:** plastične folije (ili ljepljiva traka), spjalice, pinceta, kobaltni papir.

**Materijal:** biljka s dorziventralnim listovima (*Begonia*, *Monstera* i sl.).

Kobaltni papir (filter papir namočen u 5 %-tnu otopinu kobaltovog klorida,  $\text{CoCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ ) plave je boje kada je suh, a u dodiru s vodom poprima ružičastu boju. Ovo svojstvo može se koristiti za dokazivanje transpiracije.

**PITANJE 1.** Što je transpiracija?

---

*Transpiracija je isparavanje vode u obliku vodene pare iz biljaka.*

**PITANJE 2.** U kojem je dijelu biljke isparavanje vode najintenzivnije?

---

*Isparavanje vode najintenzivnije je u listovima.*

**KORAK 1.** Kobaltni papir koji mora biti plave boje uhvatite pincetom i stavite na lice i naličje plojke lista. Papir prekrijte plastičnom folijom.

**PITANJE 3.** Zašto ne smijete kobaltni papir dirati prstima?

---

*Prsti mogu biti vlažni pa bi se na papiru pojavile ružičaste mrlje.*

**PITANJE 4.** Zašto smo kobaltni papir nakon stavljanja na list pokrili plastičnom folijom?

---

*Na taj smo način zaštitili kobaltni papir od djelovanja vlage iz zraka.*

**PITANJE 5.** Na kojoj je strani plojke lista došlo do promjene boje kobalnog papira? Objasnite zašto.

---

*Promjena boje kobalnog papira iz plave u ružičastu dogodila se na donjoj strani lista jer se tu nalaze puči kroz koje biljke najviše gube vodu.*

**PITANJE 6.** O čemu će ovisiti brzina promjene boje kobaltnog papira?

---

---

*Promjena boje kobaltnog papira ovisi o brzini gubitka vodene pare iz listova, o stopi transpiracije.*

## 6. BILJNI PIGMENTI

prijedlog broja sati: 3 sata

NASTAVNE TEME:

- Izolacija biljnih pigmenata kromatografijom na papiru
- Izolacija biljnih pigmenata ekstrakcijom

Odgojno-obrazovni ishodi na koje se veže sadržaj: ishod 1.1., ishod 1.2., ishod 2.1., ishod 3.1., ishod 3.2.

**Ishodi:**

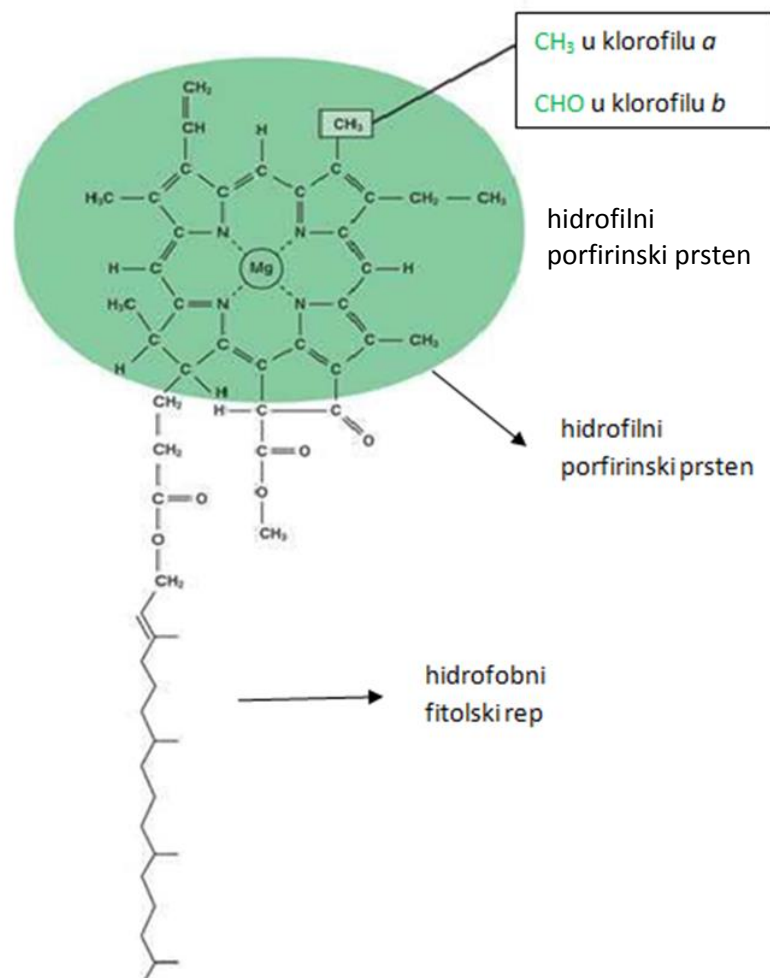
- uspoređuje tvari po vrsti i svojstvima te ih povezuje s procesima u živim stanicama
- analizira organizme s obzirom na oblik energije koji im je potreban za život
- demonstrira znanja i vještine i kombinira metode pri izvođenju pokusa izolacije biljnih pigmenata
- sakuplja, obrađuje i prikazuje podatke istraživanja
- donosi zaključke na osnovi dobivenih rezultata
- objašnjava važnost bioloških i kemijskih spoznaja za provođenje pokusa i istraživanja te bolje razumijevanje prirodnih procesa.

## 6.1. Pigmenti

Pigmenti (lat. *pigmentum* – boja) molekule su različitog sastava i boje čija obojenost potječe od selektivne apsorpcije i refleksije svjetlosti. U stanicama živih organizama nalaze se u obliku zrnaca, kapljica ili kristala, često vezani za bjelančevine. Važni su za život biljaka, životinja i čovjeka. Nastaju u protoplazmi specijaliziranih stanica kao endogeni pigmenti (plastidi) ili dospijevaju u stanice infiltracijom kao egzogeni pigmenti.

Najrasprostranjeniji biljni pigmenti jesu fotosintetski pigmenti: klorofil *a*, klorofil *b* te karotenoidi (karoten i ksantofil). Vrlo slični klorofilu jesu fikocijan i fikoeritrin u cijanobakterijama i crvenim algama koji im omogućuju kromatsku adaptaciju.

Klorofili su složeni, zeleno obojeni organski spojevi. Osnovna im je uloga pretvaranje svjetlosne energije u kemijsku tijekom procesa fotosinteze. Molekula klorofila građena je od četiriju pirolskih prstenova koji su međusobno povezani metilnim skupinama u prstenasti porfirinski sustav, u čijem se središtu nalazi atom magnezija – hidrofilni dio molekule, te od alkohola fitola vezanog na četvrti pirolski prsten – hidrofobni dio molekule (rep) (slika 6.1.).

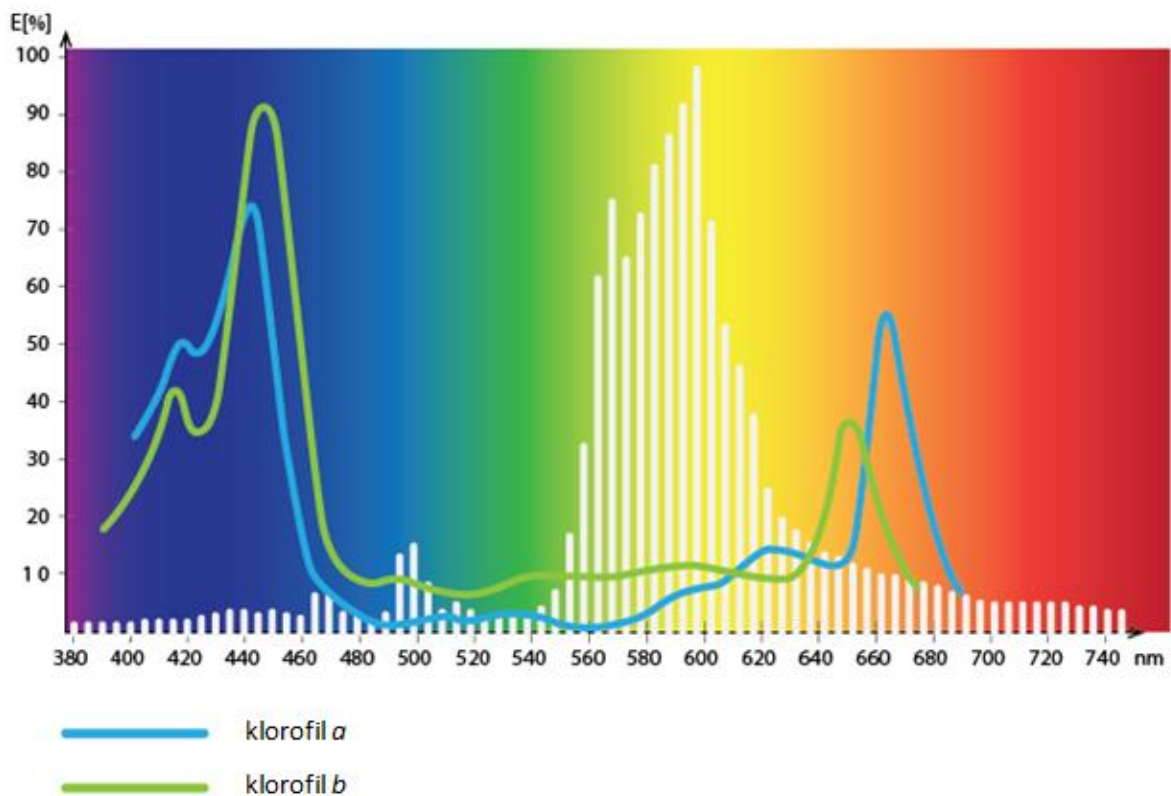


Slika 6.1. Strukturna formula molekule klorofila



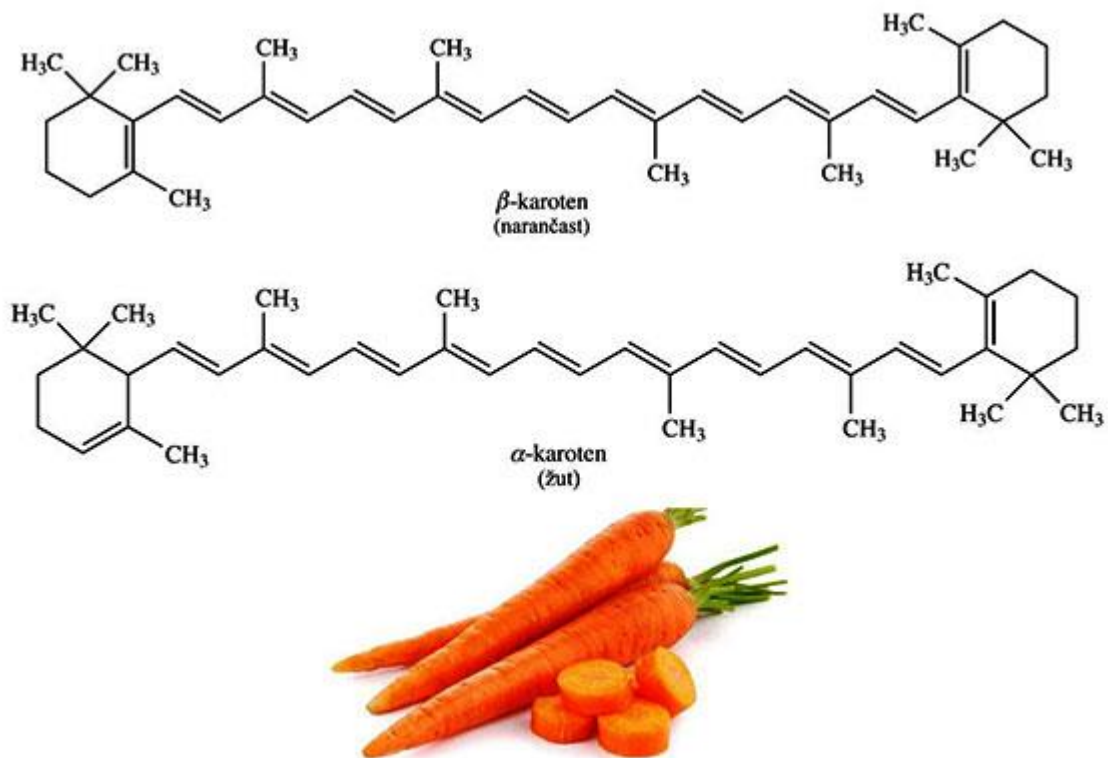
Klorofili djeluju na ljudsko zdravlje kao izvor magnezija, bakteriostatici, imaju povoljan utjecaj na optjecajni, dišni, imunološki, probavni i spolni sustav. Evolucijski najstariji i najzastupljeniji jest tamnozeleni ili plavozeleni klorofil *a*. Prokariotski fotosintetski autotrofi sadržavaju samo tu vrstu klorofila. Najvažniji je fotosintetski pigment jer samo on može neposredno sudjelovati u reakcijama koje Sunčevu energiju pretvaraju u kemijsku. U autotrofnim eukariotskim stanicama prisutan je i žutozeleni klorofil *b*. Djeluje uz karotenoide kao pomoćni pigment koji apsorbiranu energiju prenosi na klorofil *a*. Apsorbira valne duljine svjetlosti koje klorofil *a* ne može apsorbirati i tako proširuje spektar boja koje pokreću fotosintezu. U kremenjašica, dinoflagelata i smeđih algi izoliran je klorofil *c*, a u crvenih algi klorofil *d*.

Klorofil ima maksimum apsorpcije u plavom i crvenom dijelu spektra (slika 6.2.).



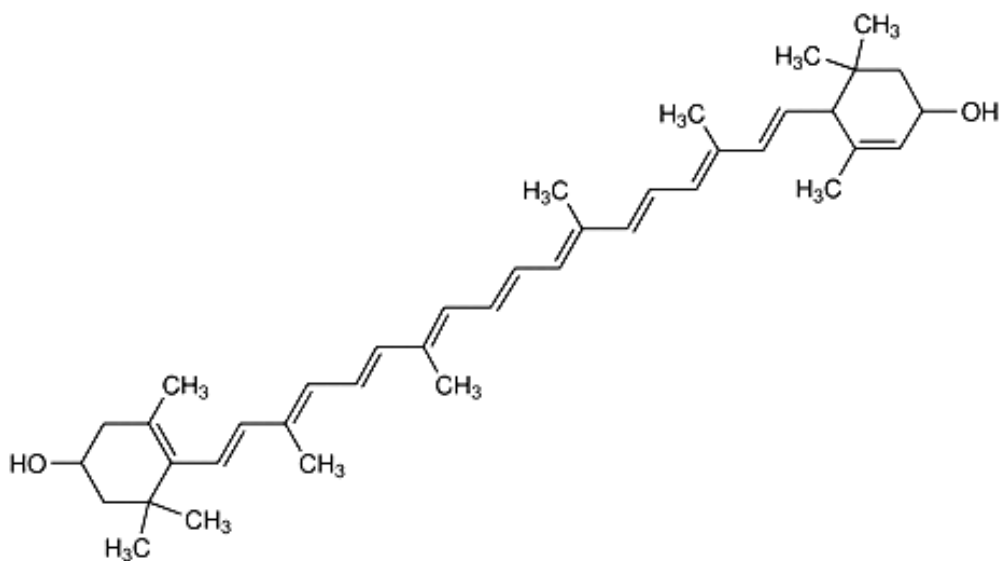
Slika 6.2. Apsorpcijski spektri klorofila *a* i klorofila *b*

Karotenoidi su lipofilni (u mastima topljivi) složeni organski spojevi crvene, narančaste ili žute boje. Likopen daje crvenu boju plodovima rajčice, jagode i šipka. Karoteni su narančasto obojeni ugljikovodici. Najpoznatiji su  $\alpha$ -karoten i  $\beta$ -karoten iz korijena mrkve, plodova breskve, marelice, manga i papaje (slika 6.3.).



Slika 6.3. Strukturna formula  $\alpha$ -karotena i  $\beta$ -karotena

Ksantofili su žuto do smeđe-žuto obojeni, a najrašireniji su lutein, zeaksantin (u sjemenkama kukuruza), fukoksantin (alge kremenjašice i smeđe alge) (slika 6.4.).



Slika 6.4. Strukturna formula luteina

Ksantofili daju boju cvjetovima maćuhica, arnike, narcisa i plodovima citrusa (slike 6.4. i 6.5.).



Slika 6.4. Cvijet narcisa



Slika 6.5. Cvijet arnike

Karotenoidi u listovima apsorbiraju modru svjetlost, predaju je klorofilu  $a$  i tako potpomažu njegovu fotosintetsku aktivnost. Istodobno štite molekule klorofila od oštećenja. Kod prejakog osvjetljenja dio apsorbirane svjetlosti otpuštaju u obliku topline.

Flavonoidi su topljivi u vodi pa su obično smješteni u vakuolama. Štite biljku od prejakog Sunčeva zračenja, a neke su vrste gorkog okusa pa štite biljku i od kukaca. Antocijanina (crveno do ljubičastih flavonoida) poznato je oko 300, ali ih je samo 6 prisutno u biljkama. Boja antocijanina ovisi o pH vrijednosti u stanicama ili u tlu i varira između crvene, ljubičaste i plave. Daje boju cvjetovima (jaglac, petunije, pelargonije, neke ruže, božur i dr.), plodovima (patlidžan, crni ribiz, višnja, trešnja, crveno i crno grožđe) i listovima biljaka (crveni kupus te crvena boja listova u jesen nakon što se u listovima razgrade klorofili i karoteni) (slike 6.6. i 6.7.).



Slika 6.6. Plod crnog ribiza



Slika 6.7. Listovi crvenog kupusa

## **VJEŽBA 6.1. IZOLACIJA BILJNIH PIGMENATA KROMATOGRAFIJOM NA PAPIRU**

**Pribor:** Erlenmeyerova tikvica, gumeni čep, papir za kromatografiju, kapaljka.

**Kemikalije:** etanol, benzin, petroleter, aceton.

**Biljni materijal:** listovi trave.

**PITANJE 1.** Što je kromatografija?

---

---

*Kromatografija je metoda odvajanja tvari, a zasniva se na različitoj raspodjeli komponenti uzorka između dvije faze od kojih je jedna nepokretna (stacionarna), a druga pokretna (mobilna).*

**KORAK 1.** Smjesu otapala pripremite miješanjem 50 mL benzina, 25 mL petroletera i 20 mL acetona. Smjesu otapala ulijte u Erlenmeyerovu tikvicu tako da visina otapala bude 1 centimetar i tikvicu zatvorite gumenim čepom.

**KORAK 2.** Listove trave prokuhajte u 96 %-tnom etanolu. Ekstrakt biljnih pigmenata ohladite i procijedite.

**KORAK 3.** Kromatografski papir izrežite u trake širine 3 – 5 cm u smjeru valjanja papira. Na donjem kraju trake grafitnom olovkom označite startnu liniju (2 cm od donjeg ruba trake). Kapaljkom nanesite ekstrakt biljnih pigmenata na startnu liniju i ostavite da se kapljica biljnog ekstrakta osuši.

**KORAK 4.** Traku kromatografskog papira s nanešenim ekstraktom uronite donjim rubom (dijelom papira gdje je startna linija) u otapalo tako da područje startne linije bude iznad površine otapala, a gornji kraj trake učvrstite pomoću čepa i ostavite stajati 15 – 30 minuta na sobnoj temperaturi. Kada smjesa otapala dospije blizu vrha kromatografskog papira, prekinite daljnje razvijanje.

**ZADATAK 1.** Pratite što se događa na kromatografskom papiru i svoja opažanja zabilježite.

---

---

*Otapalo se polako penje po kromatografskom papiru i nosi pigmente koji se razdvajaju.*

**ZADATAK 2.** Skicirajte pokus.

**ZADATAK 3.** Skicirajte položaj svakog pojedinog pigmenta na kromatografskom papiru.

**PITANJE 2.** S obzirom na boju pigmenata pokušajte identificirati pojedini biljni pigment.

---

---

*Klorofil a – tamnozeleno ili modrozeleno boje, klorofil b – žutozeleno boje, karoten – narančaste boje, ksantofil – žuta do smeđe žuta boja.*

## **VJEŽBA 6.2. IZOLACIJA BILJNIH PIGMENATA EKSTRAKCIJOM**

**Pribor:** 3 Erlenmeyerove tikvice, lijevak za odjeljivanje, stativ, kolut – kleme, mufe.

**Kemikalije:** etanol, benzen, 20 %-tna alkoholna otopina KOH.

**Biljni materijal:** listovi trave.

**PITANJE 1.** Što je ekstrakcija?

---

---

*Ekstrakcija je postupak razdvajanja topljivih tvari iz smjese pomoću odgovarajućeg otapala.*

**KORAK 1.** Listove trave prokuhajte u 96 %-tnom etanolu. Ekstrakt biljnih pigmenata ohladite i procijedite.

**KORAK 2.** U lijevak za odjeljivanje stavite 20 mL biljnog ekstrakta i 15 mL benzena, stavite čep i nekoliko puta snažno protresite. Mućkanjem će se stvoriti predtlak u lijevku pa povremeno otvorite ventil kako bi se tlak izjednačio s atmosferskim. Nakon mućkanja lijevak odložite u stativ, maknite čep i ostavite sve neko vrijeme da miruje. Promatrajte i zabilježite što se dogodilo.

---

---

*Stajanjem sadržaja u lijevku došlo je do odjeljivanja slojeva. Gornji sloj je narančasto-zelene boje, a donji sloj je žuto-smeđe boje.*

**PITANJE 2.** Što se dogodilo sa sadržajem u lijevku za odjeljivanje?

---

---

*Dodatkom benzena u ekstrakt biljnih pigmenata i mućkanjem došlo je do prelaska nekih biljnih pigmenata (klorofila i karotena) u benzenski sloj jer su bolje topljivi u benzenu nego u alkoholu. U alkoholnom sloju ostali su otopljeni ksantofili.*

**KORAK 3.** Nakon odjeljivanja slojeva donji žuti sloj pažljivo ispustite u Erlenmeyerovu tikvicu.

**KORAK 4.** Preostaloj smjesi u tikvici dodajte 15 mL 20 %-tne alkoholne otopine KOH i ponovite postupak mućkanja. Nakon mućkanja odložite lijevak na stativ, odčepite i ostavite neko vrijeme da miruje. Zabilježite opažanja.

---

---

*Nakon nekoga vremena došlo je do odjeljivanja slojeva. Gornji sloj smjese žuto-narančaste je boje, a donji sloj zelene boje.*

**PITANJE 3.** Što se dogodilo sa sadržajem u lijevku za odjeljivanje?

---

---

*Dodatkom alkoholne otopine KOH u ekstrakt biljnih pigmenata i mućkanjem došlo je do prelaska biljnih pigmenata (klorofila) u alkoholnu otopinu KOH jer su bolje topljivi. U benzenskom sloju ostali su otopljeni karoteni.*

**KORAK 4.** Nakon odjeljivanja slojeva donji zeleni sloj pažljivo ispustite u Erlenmeyerovu tikvicu, a potom ispustite i preostali sadržaj u drugu Erlenmeyerovu tikvicu.

**ZADATAK 1.** Skicirajte pokus.

**PITANJE 4.** Što zaključujete o topljivosti pigmenata u različitim otapalima?

---

---

*Ksantofili su dobro topljivi u etanolu, karoteni u benzenu, a klorofil a i b u alkoholnoj otopini KOH, što je povezano s građom molekula pigmenata i molekula otapala (slično se otapa u sličnome).*

## 7. STRUKTURA I ORGANIZACIJA MOLEKULE DNA

prijedlog broja sati: 3

NASTAVNE TEME:

- Izolacija DNA iz biljnog materijala

Odgovno-obrazovni ishodi na koje se veže sadržaj: ishod 1.1., ishod 3.1., ishod 3.2.

**Ishodi:**

- objašnjava građu i strukturu DNA
- povezuje strukturu DNA s njezinom ulogom u živim organizmima
- razlikuje stupnjeve kondenzacije kromatina
- objašnjava ulogu proteina u nastanku kromosoma
- razlikuje eukromatin i heterokromatin
- objašnjava ulogu ekstrakcijske otopine, proteolitičkih enzima i etanola u izolaciji DNA
- argumentira i preispituje rezultate opažanja u pokusu.

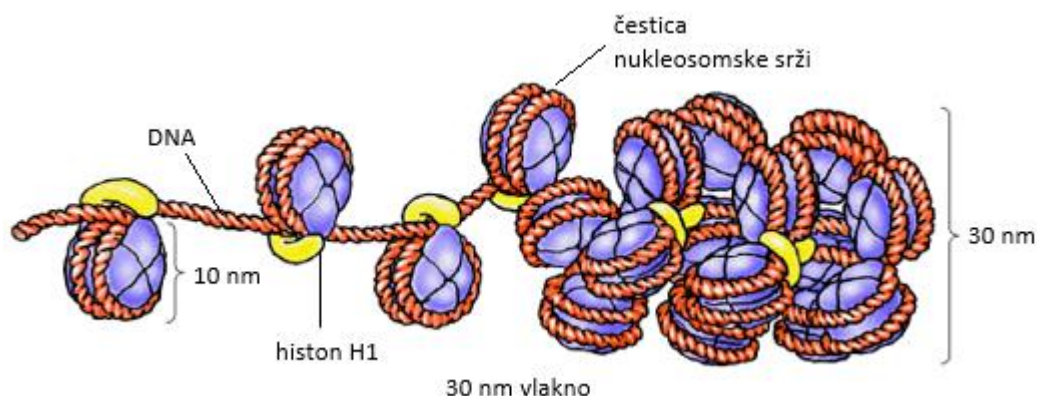


## 7.1. Molekula DNA

Deoksiribonukleinska kiselina – DNA daje uputu za određivanje plana razvoja višestaničnih organizama kao i za usmjeravanje svih staničnih aktivnosti. DNA molekula kao i RNA molekule jesu dugi, linearni polimeri izgrađeni od specifično povezanih monomera (nukleotida). DNA se sastoji od četiri tipa dušikovih baza, dva purina (adenin [A] i gvanin [G]) i dva pirimidina (citozin [C] i timin [T]) vezanih za fosforilirane šećere. Trodimenzionalnu strukturu DNA otkrili su James Watson i Francis Crick 1953. godine. Osnovno svojstvo Watson-Crick modela jest da je DNA dvostruka uzvojnica sa šećerno-fosfatnom okosnicom na vanjskoj strani molekule. Baze su smještene u unutrašnjosti molekule i orijentirane su tako da se vodikove veze stvaraju između nasuprotnih purina i pirimidina. Sparivanje baza vrlo je specifično; A se uvijek sparuje dvjema vodikovim vezama s T, a C se sparuje uvijek trima vodikovim vezama s G. Za dva lanca molekule DNA zbog specifičnog sparivanja baza kažemo da su komplementarna.

DNA eukariotskih organizama organizirana je drugačije od prokariotskih. Genom (svi geni nekog organizma uključujući kodirajuće i nekodirajuće sljedove dušičnih baza) prokariota sadržan je u jednom kromosomu. Prokariotski genom kružna je molekula DNA. Genom eukariota sastavljen je od više DNA molekula. Ukupna duljina rastegnute DNA ljudske stanice iznosi 2 m, a budući da se mora uklopiti u jezgru čiji je promjer svega 5 do 10  $\mu\text{m}$ , DNA se omotava i sabija oko proteina.

Kompleks između eukariotske DNA i proteina zove se kromatin. Glavni proteini kromatina jesu histoni, mali proteini koji sadržavaju veliku količinu bazičnih aminokiselina koje olakšavaju vezanje na negativno nabijenu molekulu DNA. Osnovnu strukturnu jedinicu kromatina čini nukleosom koji se sastoji od 147 parova baza DNA omotanih 1,67 puta oko histonske srži, oktamera koji sadržava po dvije molekule H2A, H2B, H3 i H4. Omotana se DNA oko histonske srži (nukleosomske srži) zapečati H1 histonom. Nehistonski proteini vežu se za nit DNA koja povezuje čestice nukleosomske srži. Pakiranje DNA pomoću histona daje kromatinsko vlakno promjera oko 10 nm. Pakiranje DNA u ovakva kromatinska vlakna skraćuje njegovu duljinu za šest puta. Kromatin se dalje može skratiti namatanjem u vlakna debljine 30 nm (slika 7.1.).



Slika 7.1. Proces kondenzacije kromatina (namatanje DNA oko bjelančevina)

Stupanj kondenzacije kromatina mijenja se tijekom životnog ciklusa stanice te igra važnu ulogu u ekspresiji gena. Gen definiramo kao dio DNA koji se eksplicira u obliku polipeptida ili funkcionalne

tRNA. U stanicama koje se ne dijele (interfaznim stanicama) većina kromatina (nazvanog eukromatin) relativno je dekondezirana i proširena kroz cijelu jezgru. Tijekom ove faze staničnog ciklusa geni se lakše prepisuju (transkripcija) i udvostručuju (replikacija) za novu diobu jezgre (mitoza), tj. stanice (citokineza). Manji postotak kromatina u interfazi je u visokokondenziranom stanju (heterokromatin) te je transkripcijski neaktivan i sadržava sljedove koji se ponavljaju duž DNA.

DNA se replicira za vrijeme interfaze (S faza) što rezultira stvaranjem dviju identičnih kopija svake molekule DNA prije početka mitoze. Kako stanica ulazi u mitozu, DNA, tj. kromatin sve se više zgušnjava oko proteina kako bi u konačnici nastali metafazni kromosomi. Oni se sastoje od dviju identičnih sestričkih kromatida koje se drže zajedno na centromeri. Centromera je specijalizirana regija kromosoma za koju se prihvaćaju mikrotubuli diobenog vretena i razdvajaju kromatide svakog kromosoma na suprotne polove stanica.

Ovako zgusnuti kromosom više ne može poslužiti kao kalup za sintezu RNA pa transkripcija prestaje za vrijeme mitoze. Metafazni kromosomi toliko su visokokondenzirani da se njihova struktura može proučavati svjetlosnim mikroskopom.

Za izolaciju vrlo čiste DNA potrebni su specijalni detergentski, lužine, organska otapala i/ili enzimi. Osim složene procedure DNA se može izolirati u tri glavna koraka:

1. korak: mehaničko usitnjavanje stanica
2. korak: dodavanje ekstrakcijske otopine
3. korak: taloženje (precipitacija) DNA

## **VJEŽBA 7.1. IZOLACIJA DNA IZ BILNOG MATERIJALA**

**Pribor:** tučak, tarionik, žličica, staklene čaše (50 mL, 250 mL, 500 mL), stakleni štapić, plamenik, epruveta, drveni štapić.

**Kemikalije:** kuhinjska sol, sok od ananasa, detergent za pranje posuđa, 96 %-tni etanol, voda.

### **PREPORUKA ZA NASTAVNIKE:**

Pokus izolacije DNA preporuča se raditi u grupama. Svaka grupa pokus će raditi jednakim postupkom, ali s različitim biljnim materijalom. Za pokus se može koristiti kivi (2 komada po izolaciji) , maline (oko 200 g po izolaciji) , mrkva (0,5 – 1 komad po izolaciji), banana (1 komad po izolaciji)...

**KORAK 1.** Da bi molekulu DNA izolirali iz biljne stanice, potrebno je prirediti otopinu u kojoj će se ona otopiti. Otopina koja se koristi za izolaciju određene tvari iz smjese zove se ekstrakcijska otopina.

Za svaku grupu potrebno je 150 mL ekstrakcijske otopine po izolaciji. Za pripremu otopine trebat će ti staklena čaša i menzura, ali najprije treba izračunati količine pojedinog sastojka u ekstrakcijskoj otopini.

**ZADATAK 1.** Ako znate da su u ekstrakcijskoj otopini omjeri vode i detergenta za pranje posuđa 9:1, izračunajte potrebne volumene svake tvari za pripremu 150 mL tražene otopine.

$$V_3 = 150 \text{ mL}$$

$$V_1 (\text{vode}) = ?$$

$$V_2 (\text{deterdženta za pranje suđa}) = ?$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{9}{1}$$

$$V_1 + V_2 = V_3$$

$$\frac{V_3 - V_2}{V_2} = \frac{9}{1}$$

$$\frac{150 \text{ mL} - V_2}{V_2} = \frac{9}{1}$$

$$150 \text{ mL} - V_2 = 9 \cdot V_2$$

$$150 \text{ mL} = 10V_2$$

$$V_2 = 15 \text{ mL}$$

$$V_1 = V_3 - V_2$$

$$V_1 = 150 \text{ mL} - 15 \text{ mL}$$

$$V_1 = 135 \text{ mL}$$

**ZADATAK 2.** Ekstrakcijska otopina treba sadržavati 2 % kuhinjske soli. Izračunajte masu kuhinjske soli koju treba izvagati za pripremu otopine. Za masu otopine uzmite odnos 1 dL = 1 kg.

$$w(\text{sol}) = 2\%$$

$$m(\text{sol}) = ?$$

$$w(\text{sol}) = \frac{m(\text{sol})}{m(\text{otopine})}$$

$$2\% = \frac{m(\text{sol})}{150\text{g}}$$

$$m(\text{sol}) = 0,02 \cdot 150\text{g}$$

$$m(\text{sol}) = 3\text{g}$$

**KORAK 2.** Otopinu pripremite tako da najprije u staklenoj čaši otopite sol u manjem volumenu vode. Zatim toj otopini dodajte detergent za pranje posuđa. Sadržaj smjese promiješajte dok se detergent i slana voda ne sjedine. Pokušajte stvoriti što manje sapunice prilikom miješanja. Nakon miješanja dodajte ostatak izmjerene volumena vode. Zabilježite opažanja.

---

---

---

*Sol je u obliku bijelih kristalića. U vodi se otopila. Dodavanjem detergenta za pranje posuđa u vodu vidjela se razlika u fazama jer je detergent za pranje posuđa viskozniji u vodi. Miješanjem su se dvije otopine sjedinile. Došlo je do pjenjenja prilikom miješanja.*

**PITANJE 1.** Na temelju predznanja iz kemije objasnite kako su građene molekule sapuna.

---

---

*Molekule sapuna jesu soli viših masnih kiselina. U vodenoj otopini disociraju na kation i anion više masne kiseline.*

**PITANJE 2.** Koje strukture u stanici imaju sličnu građu kao i molekule sapuna?

---

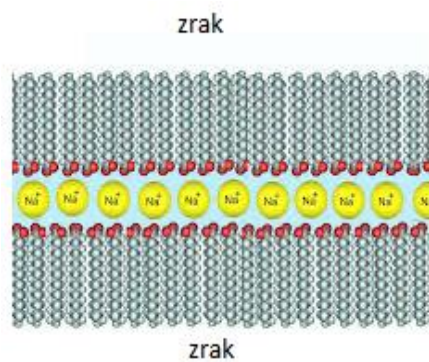
*Fosfolipidi.*

**PITANJE 3.** Objasnite kako su orijentirane molekule sapuna u mjehuriću sapunice (slika 7.2).



Slika 7.2. Mjehurić sapunice

*Odgovor:*



**PITANJE 4.** Usporedite orijentaciju molekula sapuna u mjehuriću sapunice i orijentaciju molekula fosfolipida u staničnoj membrani.

---

---

---

*Obje molekule stvaraju dvosloje, ali su orijentirane u obrnutim smjerovima. U slučaju fosfolipida molekule se orijentiraju repovima jedna prema drugoj. U slučaju sapunice molekule sapuna orijentirane su glavama jedna prema drugoj.*

**PITANJE 5.** Objasnite ulogu detergenta u ovom pokusu.

---

---

---

*Detergent otapa stanične membrane. Stanične su membrane lipofilne pa se ne miješaju s vodom. Detergent u ovom slučaju ima ulogu emulgatora koji stabilizira smjesu dviju tvari koje se inače ne miješaju – mast i vodu.*

**KORAK 3.** Biljni materijal izrežite na manje komadiće i usitnite u tarioniku uz pomoć tučka. Biljni materijal usitnjavajte kružnim pokretima. Zabilježite opažanja.

---

---

---

*Biljni materijal usitnjavanjem je prešao u homogenu (jednoličnu) smjesu.*

**PITANJE 6.** Što postizemo homogenizacijom biljnog tkiva u mikser – rezaču?

---

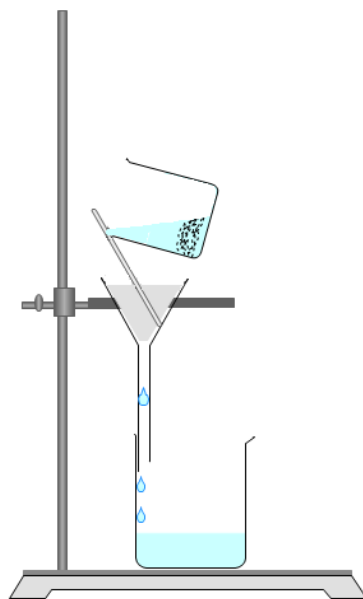
---

---

*Biljno tkivo mehanički usitnjavamo da bismo razorili stanice u kojima se nalazi molekula DNA.*

**KORAK 4.** U staklenu čašu stavite usitnjeni biljni materijal (oko 2 žličice) i dodajte ekstrakcijsku otopinu. Smjesu promiješajte staklenim štapićem i zagrijavajte na vodenoj kupelji oko 20 minuta na temperaturi od 45 °C.

**KORAK 5.** Složite aparaturu za filtraciju kao što je prikazano na slici. Napravite naborani filter papir i smjesu odmah nakon zagrijavanja profiltrirajte (slika 7.3).



Slika 7.3. Aparatura za filtraciju

**KORAK 6.** Oko 10 mL filtrata prebacite u epruvetu i kratko ohladite na ledu. Dodajte u epruvetu kapaljkom 2 – 3 kapi soka od ananasa ili otopine za pranje leća. Smjesu inkubirajte oko 10 minuta.

**PITANJE 7.** Koja je uloga soka od ananasa ili tekućine za pranje leća u ovom pokusu?

---

---

---

*Sok od ananasa, kao i tekućina za pranje leća sadrže enzime koji razgrađuju proteine i na taj način oslobađaju molekulu DNA od proteina.*

**KORAK 7.** Lagano kapaljkom uz stijenku u epruvetu dodajte ohlađeni 96 %-tni etanol. Zabilježite opažanja.

---

---

---

*Etanol se nalazi iznad filtrata. Nakon nekog vremena na granici faza počinje se nakupljati sluzava tvar.*

**PITANJE 8.** Kakva je molekula DNA s obzirom na polarnost?

---

*Molekula DNA jest polarna molekula.*

**PITANJE 9.** Pretpostavite kakva će biti njezina topljivost u vodi, kakva u etanolu, a kakva u ulju.

---

---

---

*Molekula DNA bit će dobro topljiva u vodi, slabije će se otapati u etanolu jer je etanol manje polaran od vode. U ulju se neće otapati jer su molekule ulja nepolarne.*

**KORAK 8.** Molekulu DNA iz epruvete izvadite drvenim štapićem. Zabilježite opažanja.

---

---

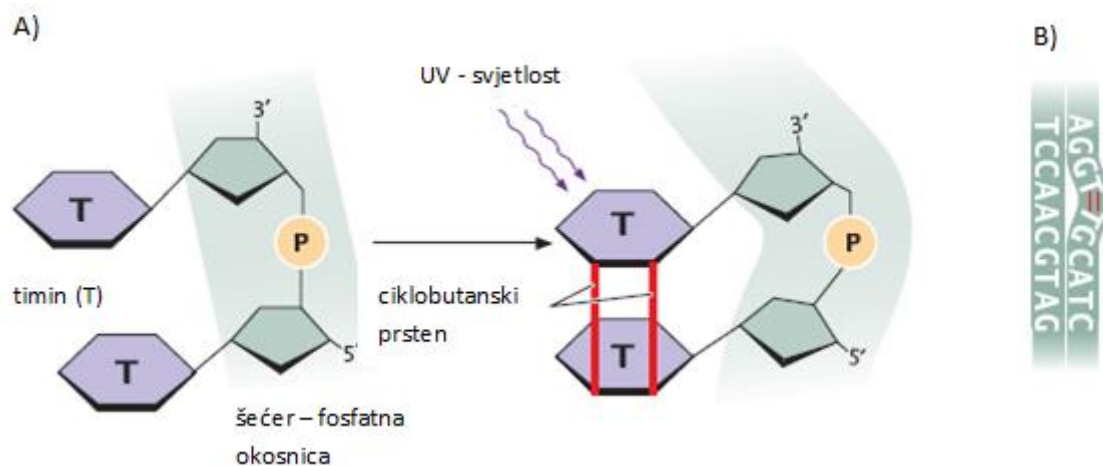
---

*Molekule DNA jesu bijele boje i sluzave su.*

## Za one koji žele znati više

### 7.2. Mutacije molekule DNA

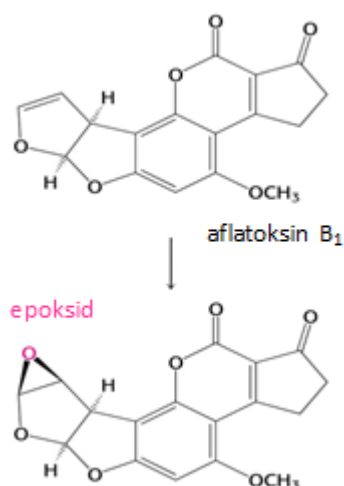
U proteklih 1 000 godina ljudskom se djelatnošću povećala koncentracija stakleničkih plinova ( $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $N_2O$ ) u atmosferi što je uzrokovalo brojne fizikalne (topljenje polarnih ledenjaka, pomicanje snježne granice) i biološke promjene (promjene u vegetacijskom razdoblju, promjene u razmnožavanju i cvjetanju biljaka) na Zemlji. Staklenički plinovi čine zračni toplinski omotač oko Zemlje i osiguravaju da klima na Zemlji bude pogodna za život. Pretjeranim izgaranjem fosilnih goriva, sječom šuma te emisijom klorofluorouglijka (freoni) i halona čovjek je uzrokovao smanjenje koncentracije ozona u atmosferi. Smanjenjem ozonskog omotača u stratosferi dolazi do povećanja izloženosti ljudi UV svjetlu koji je jedan od glavnih izvora oštećenja DNA. Budući je molekula DNA jedinstvena i trajna kopija staničnog genoma, mutacije izazvane UV svjetlom, ali i različitim kemikalijama mogu uzrokovati nastanak raka kože kod ljudi. UV svjetlost može uzrokovati kovalentno povezivanje susjednih pirimidina koji se nalaze na istoj okosnici DNA molekule. Zasićenjem dvostruke veze između 5. i 6. ugljikovog atoma pirimidina dolazi do stvaranja ciklobutanskog prstena (slika 7.4.). Ovako formirani pirimidinski dimeri blokiraju umnožavanje DNA (replikacija) i sintezu mRNA (transkripcija).



Slika 7.4. A) UV svjetlo potiče nastanak ciklobutanskog prstena između dva susjedna pirimidina (timina). B) Izobličeno područje DNA na kojoj je došlo do stvaranja timinskih dimera.

Osim UV zračenja stvaranju mutacija DNA doprinose karcinogeni iz duhanskog dima, npr. benzo( $\alpha$ )piren i karcinogeni koji stvaraju plijesni na kikirikijima (aflatoksin).





Slika 7.5. Konverzija aflatoksina B<sub>1</sub> u aflatoksin epoksid

Citokrom P450 (normalno prisutan enzim u jetri i epitelu crijeva kralježnjaka koji metabolizira strane tvari unešene u organizam, tj. ksenobiotike) prevodi aflatoksin B<sub>1</sub> u visokoreaktivni epoksid (slika 7.5.). Epoksid reagira s N-7 atomom gvanina što uzrokuje transverziju G – C u T – A (kod transverzije purinska baza, adenin ili gvanin, uvijek je zamijenjena pirimidinskom bazom, citozin ili timin).

Osim karcinogena koji uzrokuju mutacije, postoje spojevi koji potiču umnožavanje tumorskih stanica (proliferaciju mutagenih stanica). Hormoni su promotori tumora, pogotovo estrogini, koji u prekomjernoj dozi mogu uzrokovati proliferaciju stijenke (endometrija) maternice čime se povećava vjerojatnost da će žena dobiti rak.

**PRIJEDLOG TEMA ZA DALJNJE ISTRAŽIVANJE:**

- utjecaj klimatskih promjena na zdravlje čovjeka
- utjecaj klimatskih promjena na infektivne bolesti
- popravak DNA
- svojstva stanice raka
- tumorski virusi
- onkogeni
- steroidni hormoni i pojava raka
- prehrana i pojava raka
- duhanski dim i pojava raka
- prevencija i terapija (benigni i maligni tumori).



## LITERATURA

- [1] Arbanasić, H., Erhardt, J., Horvat Knežević, A., Kocijan, I., Lisičić, D. Praktikum iz Animalne fiziologije 2009./10. Interna skripta
- [2] Berg, J. M., Stryer, L., Tymoczko, J. L. Biochemistry. Fifth Edition. International Edition 2002.
- [3] Bielen, A. i sur. Skripta za vježbe iz biologije I, Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Zagreb.
- [4] Bogut, I., Đumljija, S., Lukačević, K., Marceljak Ilić, M., BIOLOGIJA, udžbenik iz biologije za prvi razred gimnazije, Zagreb: ALFA, 2014.
- [5] Cooper, G. M., Hausman, R. E. The Cell: A Molecular Approach. Fifth Edition. Boston University 2009.
- [6] Drenjančević, I., Đumljija, S., Heffer, M., 2014. BIOLOGIJA 3, udžbenik iz biologije za treći razred gimnazije, Zagreb: ALFA,.
- [7] Državni pedagoški standard srednjoškolskog sustava odgoja i obrazovanja, svibanj 2008.  
URL: <http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/339619.html> (22. 2. 2016.)
- [8] Guyton, C. A., Fiziologija čovjeka i mehanizmi bolesti – peto izdanje, Zagreb: Medicinska naklada 1995.
- [9] Hoefnagels, M., Biology: Concepts and Investigations, First Edition. New York: McGraw-Hill 2009.
- [10] Lovrić J. Nastavni tekst: pH i puferi. Medicinar
- [11] Lukša, Ž., Mikulić, S. Život 3, udžbenik biologije za 3. razred gimnazije, Zagreb: Školska knjiga, 2009.
- [12] Mlinarević, V. Učitelj i odrednice uspješnog poučavanja, 2002.  
URL: [https://bib.irb.hr/datoteka/505871.505871.Ucitelji\\_i\\_odrednice\\_uspjesnog\\_poucavanja.pdf](https://bib.irb.hr/datoteka/505871.505871.Ucitelji_i_odrednice_uspjesnog_poucavanja.pdf)  
(16. 12. 2015.)
- [13] Mlinarević, V., Peko, A. i Vujnović, M. Suradničkim učenjem ka zajedničkom učenju  
URL: [https://bib.irb.hr/datoteka/506095.Suradnickim\\_ucenjem\\_ka\\_zajednicom\\_cilju.pdf](https://bib.irb.hr/datoteka/506095.Suradnickim_ucenjem_ka_zajednicom_cilju.pdf)  
(10. 12. 2015.)
- [14] Nacionalni kurikulum nastavnog predmeta Biologija, Prijedlog, veljača 2016.
- [15] Nacionalni kurikulum nastavnog predmeta Kemija, Prijedlog, veljača 2016.
- [16] Regula I., Dubravec K-D. Fiziologija bilja. Zagreb: Školska knjiga, 1995.
- [17] Sikirica M., Stehiometrija. Zagreb: Školska knjiga, 2001.
- [18] Zaninović, K. i sur. Croatian Journal of Infection, Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb, 2008.  
Redni broj članka: 616.28:1, 5–15.  
[http://www.nzjz-split.hr/druga\\_kalendar.asp?id=23&menu\\_id=KD23](http://www.nzjz-split.hr/druga_kalendar.asp?id=23&menu_id=KD23)  
<http://klima.mzoip.hr/default.aspx?id=4>  
<http://www.ozoneunit.me/me/ozone/kako-nastaje-i-nestaje-ozon/>  
[http://mb207.blogspot.hr/2012/01/part-ii-basic-genetic-mechanisms-dna\\_25.html](http://mb207.blogspot.hr/2012/01/part-ii-basic-genetic-mechanisms-dna_25.html)  
<http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=62069>