



**UNIVERZITET U NOVOM SADU  
PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET  
DEPARTMAN ZA BIOLOGIJU I EKOLOGIJU**



# **EFIKASNOST INTERAKTIVNE NASTAVE BIOLOGIJE UZ PODRŠKU RAČUNARA U GIMNAZIJI**

**– DOKTORSKA DISERTACIJA –**

**MENTORI:**

**PROF. DR TOMKA MILJANOVIĆ  
PROF. DR DANIMIR MANDIĆ**

**KANDIDAT:**

**MSc TIJANA PRIBIĆEVIĆ**

**NOVI SAD, 2017.**

# SADRŽAJ

|  |           |
|--|-----------|
| <b>SADRŽAJ</b> .....   | <b>2</b>  |
| <b>PREDGOVOR</b> .....   | <b>5</b>  |
| <b>REZIME</b> .....  | <b>6</b>  |
| <b>SUMMARY</b> .....   | <b>8</b>  |
| <b>1. UVOD</b> .....   | <b>10</b> |
| <b>2. TEORIJSKI OKVIR ISTRAŽIVANJA</b> .....   | <b>11</b> |
| 2.1. Nastava biologije u gimnaziji u Republici Srbiji .....  | 11        |
| 2.1.1. Reforma nastavnih programa biologije za gimnazije u Republici Srbiji .....                      | 14        |
| 2.1.2. Od tradicionalnog ka savremenom konceptu nastave biologije .....                                | 16        |
| 2.2. Primena računara u nastavi biologije .....  | 20        |
| 2.2.1. Izrada multimedijalnih prezentacija .....   | 23        |
| 2.2.2. Pregled relevantnih istraživanja o efikasnosti primene računara u nastavi prirodnih nauka ..... | 27        |
| 2.3. Interaktivno učenje/nastava .....   | 33        |
| 2.3.1. Uloga interakcije i interaktivnosti u nastavi .....   | 37        |
| 2.3.2. Perspektive interaktivnog učenja u nastavi .....  | 38        |
| 2.4. Teorije učenja značajne za primenu računara u nastavi.....  | 39        |
| 2.4.1. Biheviorističke teorije učenja.....   | 40        |
| 2.4.2. Kognitivne teorije učenja .....   | 43        |
| 2.4.3. Konstruktivističke teorije učenja.....  | 46        |
| 2.5. Blumova taksonomija vaspitno-obrazovnih ciljeva .....   | 47        |
| 2.5.1. Revidirana Blumova taksonomija .....  | 51        |
| <b>3. METODOLOŠKI OKVIR ISTRAŽIVANJA</b> .....   | <b>54</b> |
| 3.1. Problem i predmet istraživanja.....   | 54        |
| 3.2. Definisane osnovnih pojmova istraživanja .....  | 55        |
| 3.3. Cilj i zadaci istraživanja .....  | 57        |
| 3.4. Hipoteze istraživanja .....   | 58        |
| 3.5. Metode tehnike i instrumenti istraživanja .....   | 58        |
| 3.5.1. Metode istraživanja.....  | 58        |
| 3.5.2. Tehnike istraživanja .....  | 59        |
| 3.5.3. Instrumenti istraživanja .....  | 60        |
| 3.6. Uzorak istraživanja .....   | 63        |
| 3.7. Varijable istraživanja .....  | 64        |
| 3.8. Statistička obrada rezultata istraživanja.....  | 65        |
| 3.9. Eksperimentalni faktori i modeli istraživanja .....   | 65        |

|           |   |            |
|-----------|---|------------|
| 3.10.     | Projekat eksperimentalnog istraživanja .....  | 67         |
| 3.11.     | Organizacija, tok i vreme realizacije pedagoškog istraživanja .....   | 68         |
| 3.12.     | Obrazovno-računarsko okruženje primenjeno u istraživanju .....  | 69         |
| 3.12.1    | Primena teorija učenja u izradi multimedijalnih prezentacija .....  | 75         |
| 3.13      | Metodička uputstva za obradu sadržaja nastavne teme Osnovi molekularne biologije u eksperimentalnoj i kontrolnoj grupi .....          | 77         |
| 3.13.1.   | Priprema nastavnika .....   | 77         |
| 3.13.2.   | Rad učenika na časovima biologije u eksperimentalnoj i kontrolnoj grupi .....   | 77         |
| 3.14.     | Pisane pripreme za realizaciju nastavne teme Osnovi molekularne biologije u eksperimentalnoj grupi .....                              | 79         |
| 3.14.1.   | Molekularna biologija .....   | 79         |
| 3.14.2.   | Nukleinske kiseline .....   | 86         |
| 3.14.3.   | Biološka uloga nukleinskih kiselina .....   | 105        |
| 3.14.4.   | Proteini – građa i uloga .....  | 113        |
| 3.14.5.   | Genom i gen .....   | 132        |
| 3.14.6.   | Replikacija .....   | 143        |
| 3.14.7.   | Transkripcija .....   | 153        |
| 3.14.8.   | Translacija .....   | 170        |
| 3.14.9.   | Regulacija aktivnosti gena .....  | 181        |
| 3.14.10.  | Molekularna biotehnologija .....  | 198        |
| <b>4.</b> | <b>REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA .....</b>   | <b>205</b> |
| 4.1.      | Ujednačavanja E i K grupe pre inicijalnog testiranja .....  | 205        |
| 4.1.1.    | Opšti uspeh učenika E i K grupe na polugodištu IV razreda gimnazije .....   | 205        |
| 4.1.2.    | Uspeh učenika E i K grupe iz biologije na polugodištu IV razreda gimnazije .....  | 207        |
| 4.1.3.    | Uspeh učenika E i K grupe iz hemije na polugodištu IV razreda gimnazije .....   | 208        |
| 4.2.      | Rezultati testiranja znanja učenika E i K grupe .....   | 211        |
| 4.2.1.    | Rezultati inicijalnog testiranja učenika E i K grupe .....  | 211        |
| 4.2.2.    | Rezultati finalnog testiranja učenika E i K grupe .....   | 213        |
| 4.2.3.    | Rezultati retestiranja učenika E i K grupe .....  | 217        |
| 4.2.4     | Rezultati Kolmogorov-Smirnovog testa .....  | 219        |
| 4.2.5.    | Regresiona analiza .....  | 220        |
| 4.2.6.    | Uporedna analiza postignuća učenika E i K grupe tokom istraživanja .....  | 221        |
| 4.3.      | Analiza rezultata ankete učenika eksperimentalne grupe o primeni interaktivne nastave biologije uz podršku računara u gimnaziji ..... | 236        |

---

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| 4.3.1.    | Korišćenje računara od strane učenika .....  | 237        |
| 4.3.2.    | Stavovi učenika prema učenju biologije .....   | 237        |
| 4.3.3.    | Mišljenja učenika o multimedijalnim prezentacijama nastavne teme Osnovi molekularne biologije kreiranim u Prezi-ju .....                   | 239        |
| 4.3.4.    | Mišljenja učenika o učenju biologije primenom interaktivne nastave uz podršku računara u gimnaziji .....                                   | 240        |
| 4.3.5.    | Mišljenja učenika o efektima primene interaktivne nastave biologije uz podršku računara .....  | 242        |
| <b>5.</b> | <b>ZAKLJUČCI I PEDAGOŠKE IMPLIKACIJE .....</b>   | <b>250</b> |
| <b>6.</b> | <b>LITERATURA .....</b>  | <b>255</b> |
| <b>7.</b> | <b>PRILOG .....</b>  | <b>266</b> |
| 7.1.      | Inicijalni test.....   | 266        |
| 7.2.      | Rešenje inicijalnog testa .....  | 270        |
| 7.3.      | Finalni test (retest).....   | 271        |
| 7.4.      | Rešenje finalnog testa (retesta) .....   | 276        |
| 7.5.      | Anketa za učenike E grupe o realizaciji nastavne teme Osnovi molekularne biologije primenom interaktivne nastave uz podršku računara ..... | 277        |
|           | Biografija autora.....   | 281        |
|           | KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA .....  | 282        |
|           | KEY WORDS DOCUMENTATION .....  | 284        |



## PREDGOVOR

Ova doktorska disertacija je urađena na Katedri za humanu biologiju i metodiku nastave biologije na Departmanu za biologiju i ekologiju Prirodno-matematičkog fakulteta Univerziteta u Novom Sadu pod mentorstvom dr Tomke Miljanović, redovne profesorke Metodike nastave biologije i dr Danimira Mandića, redovnog profesora Informatike i Obrazovne tehnologije na Učiteljskom fakultetu u Beogradu.

U didaktičko-metodičkim istraživanjima se neprekidno traga za novim rešenjima (modelima nastave) koji mogu da povećaju kvalitet i efikasnost nastavnog procesa i procesa učenja. Njima se nastava pojedinih predmeta kontinuirano osavremenjava i unapređuje kako bi za učenike bila što interesantnija. Jedan od tih inovativnih modela je interaktivna nastava uz podršku računara.

U doktorskoj disertaciji su predstavljeni rezultati eksperimentalnog didaktičko-metodičkog istraživanja sa paralelnim grupama (eksperimentalnom i kontrolnom) u kome su tokom realizacije nastavne teme Osnovi molekularne biologije u IV razredu gimnazije prirodno-matematičkog smera primenjena dva modela nastave (interaktivna nastava uz podršku računara u E grupi i tradicionalna nastava u K grupi). Eksperimentalnu grupu činila su 72 učenika iz tri odeljenja IV razreda prirodno-matematičkog smera gimnazije „Jovan Jovanović Zmaj“, a kontrolnu grupu 70 učenika iz tri odeljenja IV razreda gimnazije „Isidora Sekulić“ iz Novog Sada.

Na osnovu analize rezultata istraživanja sagledana je efikasnost primenjenih modela nastave. Rezultati finalnog testa i retesta su pokazali postojanje statistički značajnih razlika u postignuću učenika E i K grupe (u korist E grupe) na finalnom testu i retestu u celini i na pojedinačnim nivoima znanja. Time je eksperimentalno dokazana veća efikasnost interaktivne nastave biologije uz podršku računara u odnosu na tradicionalnu nastavu biologije. Pored toga, učenici E grupe su izrazili pozitivne stavove i mišljenja prema inovativnom modelu nastave biologije.

Rezultati istraživanja preporučuju veću zastupljenost interaktivne nastave biologije uz podršku računara u nastavi biologije u gimnaziji i drugim srednjim školama. To bi doprinelo povećanju kvaliteta i efikasnosti nastave biologije, što je veoma značajno za njeno unapređenje u narednom periodu.

*Zahvaljujem se* mentorima prof. dr Tomki Miljanović i prof. dr Danimiru Mandiću na pomoći, korisnim savetima i podršci tokom izrade doktorske disertacije.

Veliku zahvalnost upućujem i ostalim članovima komisije: doc. dr Veri Županec, doc. dr Željku Popoviću i doc. dr Tamari Jovanović na stručnoj pomoći iz domena njihovih užih naučnih oblasti. Zahvaljujem se takođe, prof. dr Oliveri Gajić sa Filozofskog fakulteta u Novom Sadu, na pomoći i korisnim predlozima.

Veliku zahvalnost upućujem profesorkama biologije MSc Milkici Krasnić iz gimnazije „Jovan Jovanović Zmaj“ i dr Jovanki Terzić iz gimnazije „Isidora Sekulić“ iz Novog Sada, učenicima i direktorima obe škole, koji su mi nesebično pomogli u realizaciji eksperimentalnog istraživanja.

Posebnu zahvalnost upućujem mojim roditeljima i sestri Sanji na velikoj podršci tokom mog celokupnog školovanja.

Novi Sad, jul 2017. godine

---

Tijana Pribičević

## REZIME

Ubrzan razvoj biologije kao nauke i njena naučna saznanja treba blagovremeno inkorporirati u sistem obrazovanja ne samo na studijama biologije već i u Nastavne programe za osnovne škole, srednje stručne škole i gimnazije svih smerova. Uporedo s tim treba menjati didaktičko-metodički koncept nastave biologije u kome tradicionalna (predavačko-pokazivačka) nastava treba da bude zamenjena savremenim modelima nastave, jer taj koncept nastave više ne daje očekivane rezultate.

U didaktičko-metodičkoj literaturi danas preovlađuje mišljenje da je interaktivna nastava uz podršku računara jedan od najpogodnijih didaktičkih modela organizacije savremene nastave, kao i da znanje učenika stečeno na ovaj način ima onaj kvalitet, koji predstavlja njegovu praktičnu primenu, što je najviši nivo znanja (Branković, 2007).

U skladu sa potrebama savremenog obrazovanja u doktorskoj disertaciji je izložen model interaktivne nastave biologije uz podršku računara u gimnaziji čija efikasnost je sagledana realizacijom pedagoškog istraživanja sa paralelnim grupama. Inovativni model nastave biologije primenjen je u eksperimentalnoj grupi, dok se nastava biologije u kontrolnoj grupi odvijala istovremeno, tradicionalnim pristupom. Analizom rezultata istraživanja sagledani su i upoređeni efekti ova dva modela nastave, proverene hipoteze i izvedeni zaključci istraživanja.

U prvom delu doktorske disertacije (teorijski okvir istraživanja) definisani su osnovni pojmovi značajni za eksperimentalno istraživanje, a zatim izloženi modeli tradicionalne i interaktivne nastave uz podršku računara, njihova primena i ostvareni efekti u nastavi biologije i drugih predmeta. Nakon toga analizirane su teorije učenja koje su povezane sa interaktivnom nastavom i primenom računara u nastavi i Blumova taksonomija vaspitno-obrazovnih ciljeva, sa posebnim osvrtom na kognitivno područje.

U drugom delu doktorske disertacije prikazana je metodologija pedagoškog istraživanja. Definisani su: problem i predmet istraživanja, osnovni pojmovi u istraživanju, cilj, zadaci, hipoteze, metode, tehnike i instrumenti istraživanja, uzorak učenika u eksperimentalnoj i kontrolnoj grupi, varijable istraživanja, eksperimentalni faktori i modeli istraživanja u E i K grupi, statistička obrada rezultata istraživanja u E i K grupi, metodički okvir za realizaciju nastavne teme Osnovi molekularne biologije interaktivnom nastavom uz podršku računara u E grupi i tradicionalnom nastavom u K grupi, organizacija, tok i vreme realizacije pedagoškog istraživanja u E i K grupi i pisane pripreme 10 nastavnih jedinica iz Nastavne teme Osnovi molekularne biologije za izvođenje nastave biologije u E grupi.

U trećem delu izloženi su rezultati eksperimentalnog istraživanja. Pedagoški eksperiment je sproveden na uzorku od 142 učenika (72 učenika u E i 70 učenika u K grupi). Eksperimentalnu grupu činila su tri odeljenja gimnazije prirodno-matematičkog smera „Jovan Jovanović Zmaj“ iz Novog Sada, a kontrolnu grupu 3 odeljenja gimnazije „Isidora Sekulić iz Novog Sada. Na početku istraživanja E i K grupa su ujednačene na osnovu rezultata inicijalnog testa znanja iz biologije. Nakon obrade nastavne teme Osnovi molekularne biologije primenom različitih modela nastave u E i K grupi izvršeno je finalno testiranje učenika obe grupe, a nakon 60 dana ponovno testiranje (retestiranje) učenika obe grupe istim testom. Analizom rezultata finalnog testa i retesta sagledana je efikasnost primene interaktivne nastave biologije uz podršku računara u odnosu na tradicionalnu nastavu biologije.

Učenici E grupe su ostvarili značajno bolji uspeh na finalnom testu znanja u celini (prosečno 85,46% od maksimalnih 100 poena) i na retestu (prosečno 75,40%) od učenika K grupe (prosečno 65,14% poena na finalnom testu i 53,61% poena na retestu).

Učenici E grupe su ostvarili značajni bolji uspeh od učenika K grupe i na sva tri nivoa znanja: poznavanje činjenica (I nivo), razumevanje pojmova (II nivo) i analiza i rezonovanje (III nivo). Na *finalnom testu*: E grupa je na I nivou znanja ostvarila prosečno 92,08%, a K grupa 72,14% od ukupnog broja poena; na II nivou E grupa je postigla prosečno 86,44%, a K grupa 73,31% od ukupnog broja poena i na III nivou E grupa je postigla prosečno 77,50%, a K grupa 41,54% od ukupnog broja poena. Na *retestu* E grupa je na I nivou ostvarila prosečno 89,03%, a K grupa 66,85% od ukupnog broja poena; na II nivo E grupa je postigla prosečno 73,74%, a K grupa 53,36% od ukupnog broja poena i na III nivou E grupa je postigla prosečno 68,17%, a K grupa 39,14% od ukupnog broja poena. Ostvarene razlike u postignuću učenika E i K grupe na finalnom testu i retestu u celini i na na sva tri nivoa znanja su u korist E grupe i statistički su značajne.

Analizom razlika u postignuću učenika E i K grupe na testovima znanja (finalnom testu i retestu) u celini i po nivoima znanja sagledane su razlike u kvantitetu, kvalitetu i retenciji znanja učenika dve grupe. Rezultati istraživanja su pokazali postojanje statistički značajnih razlika u postignuću učenika E i K grupe (u korist E grupe) na finalnom testu i retestu u celini i na pojedinačnim nivoima znanja. Time je eksperimentalno dokazana veća efikasnost interaktivne nastave biologije uz podršku računara u gimnaziji u odnosu na tradicionalnu nastavu.

Analizom rezultata ankete za učenike E grupe sagledana su mišljenja učenika ove grupe o kvalitetu multimedijalnih prezentacija svih 10 nastavnih jedinica iz nastavne teme Osnovi molekularne biologije u programu Prezi i primeni interaktivne nastave biologije uz podršku računara u gimnaziji. Na osnovu rezultata ankete, učenici eksperimentalne grupe imali su pozitivna mišljenja i prema kvalitetu prezentacija i prema inovativnom modelu nastave biologije.

Model interaktivne nastave biologije uz podršku računara, može se primeniti u nastavnoj praksi u obradi i drugih nastavnih tema iz biologije u gimnaziji, ali i u drugim nastavnim predmetima na svim nivoima obrazovanja. Rezultatima istraživanja egzaktno je potvrđena njegova efikasnost što preporučuje veću zastupljenost ovog modela nastavnog rada u nastavnoj praksi.

**Ključne reči:** nastava biologije u gimnaziji, interaktivna nastava uz podršku računara, tradicionalna nastava, kvalitet i efikasnost nastave

## SUMMARY

Accelerated development of biology as a science and current scientific achievements in the field need to be incorporated into the educational system not only at biology studies at the university, but also in primary school curricula, secondary comprehensive schools and grammar school of all majors. Parallel to this, didactical and methodical concepts of biology teaching should be changed since the traditional model (teacher centred-instructional teaching) does not produce expected results and it should be replaced by modern teaching models.

Contemporary didactical and methodical literature supports the opinion that interactive teaching with computer support is one of the most convenient didactical models of modern teaching, which provides students with quality knowledge and practical application of it, which is the highest level of knowledge (Branković, 2007).

In concordance with the needs of contemporary education, this doctoral dissertation presents the model of interactive biology teaching with computer support in grammar school. The efficiency of the model has been tested by pedagogical research with parallel groups. Innovative model of biology teaching was applied in experimental group, while biology teaching model in the control group was the traditional one. The obtained research result analysis enabled that perception and comparison of the effects that two models of teaching produced. Then the hypotheses were tested and conclusions were drawn.

In the first (theoretical) part of the doctoral dissertation (theoretical framework of the research) basic notions relevant for experimental research of were defined. Then, models of traditional and interactive teaching with computer support were described together with their application and effects in biology and other science teaching. Finally, learning theories related to interactive teaching and computer application (e.g. Bloom's taxonomy of educational learning objectives with special reference to cognitive area) were analysed.

The second part of the doctoral dissertation describes methodology of pedagogical research. The problem and subject of the research, basic terms of the research, goals, tasks, hypotheses, methods, techniques and instruments of the research, sample of students in experimental and control group, research variables, experimental factors and models of the research in the E and the C groups, statistical analysis of the results in the E and the C groups, methodical framework for realisation of the teaching topic Basics of molecular biology realised by application of interactive teaching with computer support in the E group, and by application of traditional teaching model in the C group, organisation, the course and time of the pedagogical research realisation In the E and the C groups and preparation of 10 teaching units from the Teaching topic Basics of molecular biology for the biology teaching process in the E group.

The third part of the doctoral dissertation presented the results of the experimental research. Pedagogical experiment was conducted on the sample of 142 students (72 students in the E and 70 students in the C group). The experimental group comprised three classes from the grammar school "Jovan Jovanović Zmaj" natural sciences major in Novi Sad, and the Control group comprised three classes from grammar school "Isidora Sekulić" in Novi Sad. The groups E and C were levelled with reference to initial biology test results. Following the elaboration of the teaching topic Basics of molecular biology by application of different teaching models in the E and the C groups, final testing of the students in both groups was conducted. Retesting was performed in both groups after 60 days, with the same test. The analysis of the final test results and retest displayed the efficiency of interactive teaching with computer support application in the teaching process compared to traditional model of teaching biology.

The students from the E group achieved significantly higher overall scores in the final knowledge test (mean value 85.46% out of maximum 100 points) and in the retest (mean value 75.40%) compared to the students from the C group (mean value 65.14% points in the final test and 53.61% in the retest).

The students from the E group achieved significantly higher overall scores in all three knowledge levels: knowledge of facts (1<sup>st</sup> level), comprehension of notions (2<sup>nd</sup> level) and analysis and reasoning (3<sup>rd</sup> level). In the *final test*: the E group achieved at the 1<sup>st</sup> level mean value of 92.08% and the C group 72.14% of the total points; the E group achieved at the 2<sup>nd</sup> level mean value of 86.44% and the C group 73.31% of the total points; and the E group achieved at the 3<sup>rd</sup> level mean value of 75.50% and the C group 41.54% of the total points. In the *retest* the E group achieved at the 1<sup>st</sup> level mean value of 89.03% and the C group 66.85% of the total points; the E group achieved at the 2<sup>nd</sup> level mean value of 73.74% and the C group 53.36% of the total points and the E group achieved at the 3<sup>rd</sup> level mean value of 68.17% and the C group 39.14% of the total points. The differences in achievement of the students in the E and the C groups in the final test and retest in all three levels of knowledge are in favour of the E group and are statistically significant.

The analysis of differences between achievements of students from the E and the C groups in knowledge tests (final test and retest) in total and by knowledge levels highlighted the differences in quantity, quality and knowledge retention of students in both groups. The results of the research indicated that there were statistically significant differences in student achievement between students in the E and students in the C group (in favour of the E group) in final test and retest in total and in separate knowledge levels. The experiment proved the higher efficiency of interactive biology teaching with computer support in grammar school compared to traditional model of teaching.

The analysis of the questionnaire results for the students in the E group showed the opinions of students about the quality of multimedia Prezi presentations for all 10 teaching units from the topic Basics of molecular biology designed in and application of interactive biology teaching with computer support in grammar school. As the results of the questionnaire showed the students had positive opinion about the quality of presentations and about innovative model of biology teaching.

Model of interactive biology teaching with computer support may be applied in teaching other topics in biology in grammar school, but also in teaching other subjects at all education levels. The results of the research exactly confirmed the efficiency of this model which further recommends the higher representation of this model in teaching practice.

**Key words:** biology teaching in grammar school, interactive teaching with computer support, traditional form of teaching, quality and efficiency of teaching



## 1. UVOD

Na početku XXI veka u svim školama i u svim koncepcijama prosvetne politike dominira i dalje se zadržava stari sistem nastave. To ukazuje da se status i karakter škole u XX veku nije bitnije promenio, kao ni ciljevi obrazovanja i vaspitanja u školi. Bitnije promene se nisu dogodile ni u unutrašnjoj organizaciji, strukturi, položaju i odnosima učenika i nastavnika, a rešenja koja su nuđena nisu bila dovoljno naučno-istraživački ni teorijski utemeljena i osmišljena (Potkonjak, 2003).

To se odnosi i na nastavu prirodnih nauka, koja se u našim školama još uvek dominantno organizuje i izvodi tradicionalnim pristupom, pri čemu se aktivnosti učenika svode na pasivno slušanje, receptivno učenje i učenje napamet (Terzić i Miljanović, 2009a). Nedovoljna aktivnost učenika na časovima, nemogućnost napredovanja vlastitim tempom (u skladu sa predznanjem i objektivnim sposobnostima svakog učenika), nedovoljna interakcija između učenika međusobno i učenika i nastavnika, predstavljaju nedostatke koji značajno smanjuju interesovanje i motivaciju naših učenika za učenjem. U takvoj nastavi je takođe zanemareno stvaralačko mišljenje učenika i njihova kreativnost. Ovo potvrđuju slabi rezultati naših učenika iz biologije i ekologije na Pisa (Pisa) i Tims (Timss) testiranjima, koja su ispod proseka zemalja uključenih u istraživanje (Ševkušić i sar., 2005; Drakulić i sar., 2011), ali i skromna postignuća učenika koji su završili srednju školu na prijemnom ispitu iz biologije pri upisu na fakultete na kojima se biologija polaže na prijemnom ispitu, na primer, pri upisu na studije biologije (Miljanović, 2002-2003) ili studije medicine i stomatologije (Miljanović i sar., 2005).

Nasuprot navedenom pristupu nastavi, prioriteti savremenog obrazovanja, koji su definisani u osnovnim načelima reforme obrazovanja i Strategiji razvoja obrazovanja u Srbiji do 2020. godine su povećanje kvaliteta obrazovno-vaspitnog rada, kombinovanjem metoda i oblika rada (modela nastave) koji učenje i sticanje znanja treba da učine efikasnijim (Službeni glasnik Republike Srbije“, br. 107/12).

*Cilj istraživanja* prikazanog u doktorskoj disertaciji je da se utvrdi da li se primenom savremenih modela nastave biologije u gimnaziji (interaktivne nastave uz podršku računara) postižu bolji efekti usvajanja kompleksnih bioloških sadržaja, uz dostizanje viših nivoa kvantiteta i kvaliteta znanja i kakvi su stavovi učenika prema primenjenom modelu nastave u odnosu na tradicionalni pristup nastavi.

U eksperimentu sa paralelnim grupama, nastava biologije u eksperimentalnoj (E) grupi odvijala se primenom inovativnog modela interaktivne nastave uz podršku računara, a u kontrolnoj (K) grupi tradicionalnim pristupom. Ostvarenost cilja istraživanja i postignuti efekti pedagoškog istraživanja sagledani su poređenjem postignuća učenika E grupe u odnosu na postignuća učenika K grupe na testovima znanja (finalnom testu i retestu u celini i na tri nivoa znanja: poznavanje činjenica, razumevanje pojmova, analiza i rezonovanje) analizom odgovarajućih statističkih parametara i stavova učenika E grupe nakon realizovanih časova biologije.

Pedagoško istraživanje inicirano je potrebama savremene nastave biologije. Kompleksni sadržaji učenicima često ostaju nejasni i nakon njihove obrade na časovima biologije u školi. Rezultati istraživanja su pokazali da aktivno učešće učenika dovodi do željenih promena u obrazovno-vaspitnom radu tj. dovodi do povećanja kvantiteta i kvaliteta znanja učenika, kao i njihove veće motivacije za rad i učenje biologije u gimnaziji.

## 2. TEORIJSKI OKVIR ISTRAŽIVANJA

Nekad se smatralo da je znanje skup usvojenih činjenica i informacija kojih se treba priseliti i primeniti ih u pravom trenutku. Ako se to donekle moglo razumeti u XIX veku, kada je skup naučnih činjenica bio relativno stabilan (mada i tada jednom stečeno znanje nije bilo dovoljno za ceo životni i radni vek), danas je takvo poimanje znanja neprihvatljivo. Pravo znanje danas je ono znanje koje čini temelj novom znanju, a dobra škola je ona koja daje dobru osnovu za buduće učenje, za kritičko razmišljanje, za analizu, prosuđivanje argumenata i postavljanje pravih pitanja (Vilotijević, 2009).

Da bi se u sistemu obrazovanja sticalo takvo znanje neophodne su suštinske promene u savremenoj školi i nastavi. U didaktičko-metodičkim istraživanjima se neprekidno traga za novim rešenjima (savremenim modelima nastave) koji mogu dovesti do povećanja kvaliteta i efikasnosti nastavnog procesa i procesa učenja i sticanja funkcionalnog znanja. Njima se nastava svih predmeta kontinuirano osavremenjava i unapređuje kako bi za učenike bila interesantnija. Jedan od tih inovativnih modela pogodnih za nastavu biologije i drugih prirodnih nauka je interaktivna nastava uz podršku računara. Dosadašnja istraživanja su pokazala da njihovo povezivanje značajno podiže kvalitet nastave koja postaje bogatija, raznovrsnija, podstiče osamostaljivanje učenika u radu, doprinosi individualizaciji učenja, obezbeđuje stalnu povratnu informaciju, podstiče saradnički odnos između učenika međusobno, ali i nastavnika i učenika, omogućuje korišćenje bogatih baza podataka i informacija za efikasnije učenje.

### 2.1. Nastava biologije u gimnaziji u Republici Srbiji

Složenost i apstraktnost prirodnih nauka zahteva da se u organizaciji i realizaciji nastavnih sadržaja iz oblasti prirodnih nauka u nastavnoj praksi posveti odgovarajuća pažnja. To se pre svega odnosi na: raspored sadržaja u nastavnim programima, izbor metoda i oblika (modela) nastavnog rada i opremljenosti kabineta nastavnim sredstvima i nastavnim pomagalicama, kako bi se doprinelo sticanju funkcionalnih znanja iz prirodnih nauka. Poteškoće u izučavanju prirodnih nauka imaju više uzroka. Sadržaji prirodnih nauka su nedovoljno međusobno povezani, ta povezanost je nedovoljna i u okviru pojedinačnih nauka (uključujući i biologiju i njene discipline), tako da se u kognitivnoj strukturi učenika ne uspostavljaju pravilni odnosi i veze među naučnim pojmovima. Zato su učenicima sadržaji prirodnih nauka teški, jer ih ne razumeju i ne mogu da ih usvoje, a često imaju i odbojnost prema njima. Ovo nije odlika samo našeg sistema obrazovanja, već i u drugim zemljama. Na to ukazuje podatak da je sve manje mladih koji se opredeljuje za studije prirodnih nauka na univerzitetima širom sveta.

U sistemu prirodnih fenomena, biologija proučava jedan od najsloženijih segmenata – život i živa bića. Različite biološke discipline, svaka iz svoga ugla, doprinose tumačenju složenog mozaika života na Zemlji. Kao poseban nastavni predmet biologija je u našem sistemu obrazovanja zastupljena od petog do osmog razreda u osnovnoj školi, a u srednjim stručnim školama u prvom ili drugom razredu ili u oba razreda. Od svih srednjih škola biologija je najzastupljenija u gimnaziji.

U sistemu obrazovanja u Republici Srbiji postoji osam različitih smerova gimnazije: gimnazija opšteg, prirodno-matematičkog i društveno-jezičkog smera, filološka, matematička i računarska gimnazija, gimnazija informatičkog smera i gimnazija za učenike sa posebnim

sposobnostima za fiziku. Nastavni predmet Biologija je zastupljen na svim smerovima gimnazije sa različitim brojem časova i u različitim razredima (Tabela 1).

Cilj nastave biologije u gimnaziji je da učenici razviju biološku, opštu naučnu i jezičku pismenost, da razviju sposobnosti, veštine i stavove korisne u svakodnevnom životu, da razviju motivaciju za učenje i interesovanja za biologiju kao nauku uz primenu koncepta održivog razvoja, etičnosti i prava budućih generacija na očuvanu životnu sredinu (Program biologije za gimnaziju, Službeni glasnik RS – Prosvetni glasnik, br. 7, 2011).

Tabela 1: *Nastavni plan biologije za gimnazije svih smerova u Republici Srbiji*

| Smer:  | Nedeljni i godišnji broj časova biologije po razredima na različitim smerovima gimnazije |           |            |           |
|--|--|-----------|------------|-----------|
|  | I razred   | II razred | III razred | IV razred |
| opšti smer   | 2 (74)   | 2 (70)    | 2 (72)     | 2 (64)    |
| društveno-jezički smer                                   | 2 (74)   | 2 (70)    | 2 (72)     | –         |
| prirodno-matematički smer                                | 2 (74)   | 2 (70)    | 3 (108)    | 3 (96)    |
| filološka gimnazija                                      | –  | 2 (70)    | 2 (72)     | –         |
| matematička gimnazija                                    | –  | –         | 3 (99)     | 3 (89)    |
| računarska gimnazija                                     | –  | –         | 3 (108)    | 3 (96)    |
| gimnazija informatičkog smera (ogled)                    | 2 (74)   | 2 (74)    | 2 (74)     | 2 (66)    |
| gimnazija za učenike sa posebnim sposobnostima za fiziku | 2 (70)   | 2 (70)    | 3 (105)    | 2 (62)    |

Podaci u Tabeli 1. preuzeti su pregledom Nastavnih planova navedenih tipova gimnazija sa veb stranice Zavoda za unapređenje obrazovanja i vaspitanja (ZUOV).

Na osnovu podataka iz Tabele 1. biologija je sa najvećim brojem časova zastupljena u gimnaziji prirodno-matematičkog smera. U Nastavnom programu biologije na ovom smeru zastupljene su sledeće nastavne teme po razredima:

- U *prvom razredu*: Osnovi citologije, Morfologija, sistematika i filogenija algi i gljiva, Carstvo gljiva i Morfologija, sistematika i filogenija biljaka.
- U *drugom razredu*: Morfologija i sistematika životinja, Morfologija i sistematika beskičmenjaka i Morfologija i sistematika hordata.
- U *trećem razredu*: Fiziologija biljaka i Fiziologija životinja.
- U *četvrtom razredu*: Osnovi molekularne biologije, Biologija razvića životinja, Mehanizmi nasleđivanja, Ekologija, zaštita i unapređivanje životne sredine i održivi razvoj i Osnovni principi evolucione biologije (Službeni glasnik RS – Prosvetni glasnik, 7, 2011).

Sadržaji svih nastavnih tema su obimni i kompleksni, a broj časova predviđen za njihovu obradu, ponavljanje i utvrđivanje gradiva je nedovoljan.

Kroz nastavu biologije učenici gimnazije prirodno-matematičkog smera upoznaju biologiju ćelije, biološku raznovrsnost živog sveta na Zemlji, filogeniju i evoluciju živog sveta, mehanizme nasleđivanja, biologiju razvića, fiziologiju biljaka i životinja, osnove molekularne



biologije, čovekovo mesto i njegovu ulogu u prirodi, čovekovu odgovornost za očuvanje životne sredine i biodiverziteta, kao i mnogobrojne opasnosti koje sve više prete opstanku različitih vrsta pa i samog čoveka. Uz to, kroz nastavu biologije učenici razvijaju sposobnosti za samostalno istraživanje i proširivanje svoga znanja u redovnoj nastavi i vannastavnim aktivnostima (biološkoj i ekološkoj sekciji i dodatnoj nastavi iz biologije).

Sadržaji iz biologije koji se izučavaju u gimnaziji predstavljaju suštinska znanja, neophodna za razumevanje prirode i života i deo su opšteg obrazovanja i kulture savremenog čoveka. Ona se nadovezuju na biološka znanja stečena u osnovnoj školi, pri čemu se ranije usvojena znanja produbljuju i nadograđuju. Struktura programa daje dobru osnovu za izučavanje onih bioloških disciplina i drugih prirodnih i biotehničkih nauka za koje se učenici opredeljuju u toku daljeg školovanja. Zato je veoma važno da ih učenici gimnazije što bolje razumeju i što lakše usvoje, kako bi stečena znanja koristili u svom daljem obrazovanju, ali i u realnim životnim situacijama.

U toku realizacije programa potrebno je voditi računa o uzrastu učenika i prethodno stečenom znanju. Takođe je neophodna korelacija sadržaja programa biologije sa programima ostalih prirodnih nauka, pre svega sa hemijom, fizikom i geografijom. Uspeh u realizaciji obrazovno-vaspitnih zadataka u nastavi biologije zavisi od primene odgovarajućih oblika i metoda rada i korišćenja odgovarajućih nastavnih sredstava.

Obrada nekih nastavnih jedinica ili vežbi može se izvesti u odgovarajućim institucijama i biti poverena biologima specijalistima za određene oblasti u tim institucijama.

Sadržaje koji se odnose na zaštitu životne sredine i održivi razvoj treba realizovati aktivnim oblicima i metodama rada, poput rada u paru, grupi ili timski, u prirodi, na biološkoj nastavnoj ekskurziji posetom zaštićenim prirodnim dobrima.

Napred navedene činjenice su date u preporukama za ostvarivanje programa (Biologija za gimnaziju, način ostvarivanja programa, str. 21, dostupno na veb stranici [www.zuov.gov.rs](http://www.zuov.gov.rs)). Realna situacija u realizaciji nastavnog programa u nastavnoj praksi je daleko od zahteva navedenih preporuka.

U četvrtom razredu gimnazije prirodno-matematičkog smera se izučava više oblasti koje predstavljaju sintezu prethodno stečenih znanja. Na nivou obaveštenosti učenici treba da zaokruže svoje znanje iz molekularne biologije kako bi razumeli osnovne mehanizme nasleđivanja, biologiju razvića i evoluciju u elementarnim crtama.

Na nivou razumevanja učenici moraju da shvate suštinu procesa nasleđivanja i varijabilnosti osobina kod organizama i da to povežu sa biologijom razvića i evolucijom. To treba da bude osnov za shvatanje suštine ekologije kao nauke.

Na nivou primene učenici treba da razumeju suštinu života počev od molekularnog nivoa organizacije do ćelije, od organizma do biosfere u celini; da usvojena znanja samostalno primenjuju kroz različite aktivnosti u učionici i van nje (istraživačke radove, eseje, prezentacije i debate). Učenici na ovom nivou treba da budu potpuno osposobljeni, pripremljeni i profesionalno orijentisani za dalje školovanje.

Za uspešnu realizaciju programa biologije u gimnaziji, potrebno je kontinuirano, prevashodno metodičko, usavršavanje nastavnika iz čega treba da proistekne njihova osposobljenost za uspešnu realizaciju preparativne, operativne i verifikativne faze nastavnog procesa biologije. Pod tim se podrazumeva dobro planiranje i pripremanje za čas (globalni, operativni plan rada i pisana priprema), realizacija inovativnih modela nastave (projektna, problemska, integrativna nastava i sl.) i plansko i kontinuirano sprovođenje postupaka evidentiranja i ocenjivanja (Biologija za gimnaziju, način ostvarivanja programa, str. 22-23, dostupno na veb stranici [www.zuov.gov.rs](http://www.zuov.gov.rs)).

Za realizaciju programa biologije neophodno je da škola obezbedi minimum nastavnih sredstava koja su predviđena Pravilnikom o bližim uslovima u pogledu prostora, opreme i nastavnih sredstava za gimnaziju (Službeni glasnik SRS – Prosvetni glasnik br. 5, 90).

### 2.1.1. Reforma nastavnih programa biologije za gimnazije u Republici Srbiji

Nastavni planovi i programi prirodnih nauka u osnovnim i srednjim školama u pojedinim republikama u okviru zajedničke države FNRJ i SFRJ bili su slični, sličan je bio i koncept realizacije nastave iz pojedinačnih predmeta u nastavnoj praksi. Kada je Republika Srbija postala samostalna država, s promenom njenog društvenog sistema, nastala je potreba i za promenama i u njenom obrazovnom sistemu. Tako je 2000. godine započela reforma sistema obrazovanja koja još uvek traje. Ona je podrazumevala i promene u Nastavnim planovima i programima u osnovnoškolskom i srednjoškolskom obrazovanju, izradu ishoda i standarda za pojedinačne predmete i izradu novih udžbenika, ali i promenu u dotadašnjem načinu rada u skladu sa savremenim didaktičko-metodičkim zahtevima nastave prirodnih nauka. Najvažniji cilj reforme obrazovanja bio je povećanje kvaliteta i efikasnosti nastavnog procesa.

Iako su Nastavni programi biologije za osnovnu školu u Republici Srbiji u periodu 2001. do 2010. godine u dva navrata reformisani, u njima nisu izvršene suštinske promene ni u jednom razredu. U istom periodu u reformi Nastavnih planova i programa u srednjim stručnim školama i gimnaziji promena je bilo još manje, tako da reforme u srednjoškolskom obrazovanju tek predstoje u narednom periodu (Miljanović i sar., 2015).

Zbog toga što programi biologije za gimnaziju u Republici Srbiji nisu značajnije menjani u proteklih 30 godina oni su najvećim delom klasični, zastareli, i treba ih osavremeniti i dopuniti najnovijim saznanjima iz biološke nauke. Biologija se kao nauka ubrzano razvija, a u važećim programima biologije nedostaju njena najnovija saznanja. Ovo je donekle ublaženo izradom novih udžbenika biologije za sve tipove gimnazija u kojima su uključena nova saznanja iz različitih bioloških disciplina, uvedena savremena naučna terminologija, novi pristup sistematici biljaka, životinja i gljiva i uključeni sadržaji iz zaštite prirode i održivog razvoja. Za gimnaziju prirodno-matematičkog smera autori novih udžbenika biologije su: za prvi razred Šerban, Cvijan i Jančić (2003), za drugi razred Petrov i Kalezić (2004), za treći razred Cvijić, Nedeljković, Konjević i Đorđević i (2005) i za četvrti razred Cvetković, Lakušić, Matić, Korać i Jovanović (2011). Izdavač navedenih udžbenika je Zavod za udžbenike iz Beograda, a u izradu udžbenika uključuju se i privatni izdavači. Poslednjih nekoliko godina pojavili su se novi udžbenici biologije za gimnaziju i drugih autora i izdavača, a konkurencija u izboru udžbenika dodatno doprinosi kvalitetu njihove izrade po sadržaju i dizajnu.

Detaljnijih analiza važećeg programa i udžbenika biologije za srednje stručne škole i za gimnaziju različitih smerova u našoj metodičkoj literaturi je veoma malo: Miljanović, 2002a; Miljanović, 2006; Miljanović i Drakulić, 2006; Miljanović, 2008a; Miljanović i sar., 2015.

U radovima navedenih autora se ukazuje na predimenzioniranost sadržaja u nastavnim programima biologije u gimnaziji i drugim srednjim školama i na težak akademski prikaz sadržaja u udžbenicima biologije. Tome treba dodati dominantnu zastupljenost tradicionalnih modela nastave u realizaciji sadržaja iz biologije u nastavnoj praksi, zbog slabe opremljenosti kabineta za biologiju savremenom opremom i nastavnim sredstvima i pomagalima. Mnoge škole nemaju kabinet za biologiju, već se nastava izvodi u klasičnim učionicama.

Iako je malo pokazatelja kvaliteta ovakve nastave, oni svakako nisu zadovoljavajući. Obrazovanje u Srbiji još uvek nema uspostavljen sistem eksterne kontrole kvaliteta čija je

funkcija, pre svega, formulisanje daljih pravaca razvoja obrazovanja na osnovu aktuelnih, empirijskih pokazatelja o nivou kvaliteta i efikasnosti trenutne obrazovne prakse. Tu prazninu o pokazateljima kvaliteta važećih programa biologije i njihove realizacije u nastavnoj praksi tokom poslednje decenije u izvesnoj meri mogu upotpuniti rezultati međunarodnih istraživanja.

Postignuća učenika iz prirodnih nauka ispituju se kroz dva velika međunarodna ispitivanja, TIMSS (*engl.* Trends in International Mathematics and Science Study) i PISA (*engl.* Programme for International Student Assessment). Međunarodna procena učeničkih postignuća TIMSS meri uspeh učenika četvrtog i osmog razreda osnovne škole u matematici i prirodnim naukama. Nekoliko zemalja provodi i takozvani „napredni“ TIMSS koji ispituje veštine učenika u poslednjoj godini srednje škole. Program za međunarodnu procenu učenika, PISA, meri znanje i veštine 15-godišnjaka u čitanju, matematici i prirodnim naukama.

Ova dva istraživanja usredsređena su na različita značenja učenja u školi. TIMSS nastoji proceniti „šta učenici znaju“, dok PISA ima za cilj utvrditi „šta učenici mogu sa svojim znanjem“ (Delhaxhe, 2011, str. 13).

Nalazi istraživačkog programa TIMSS 2003 u Srbiji (Postignuća učenika iz biologije) je pokazalo da su obrazovna postignuća učenika iz Srbije u pogledu bioloških znanja ispod međunarodnog proseka. U kognitivnom domenu poznavanja činjenica naši učenici su bolji od svetskog proseka, u domenu razumevanje pojmova uspeh naših učenika na testu je na nivou svetskog proseka, a na pitanjima iz kognitivnog domena analiza i rezonovanje njihova postignuća na testu su slabija od međunarodnog proseka. U pogledu usvojenosti sadržaja iz ekologije na testu je ostvarena ujednačena uspešnost u poznavanju činjenica i razumevanju pojmova između naših učenika i svetskog proseka, dok se u analizi i rezonovanju uočavaju neznatna odstupanja. (Ševkušić i sar., 2005, str.142). Nalazi istraživačkog programa TIMSS 2007 u Srbiji (Postignuća učenika iz biologije) prosečno postignuća učenika iz Srbije na testu iz biologije TIMSS 2007 iznosi 474 što je bolji rezultat u odnosu na 2003. godinu., ali je i dalje ispod proseka skale. (Županec i sar., 2011, str. 155). U polju prirodnih nauka naši učenici bolje rešavaju zadatke u kojima se od njih traže faktografska znanja, u odnosu na zadatke u kojima se traži da analiziraju problem, planiraju eksperimente, izvode zaključke, vrše generalizacije i procenjivanje, što pripada kognitivnom domenu analize i rezonovanja.

U odsustvu rezultata sličnih testiranja u srednjim školama, kao pokazatelji uspešnosti realizacije programa biologije mogu donekle poslužiti rezultati testova iz biologije sa prijemnog ispita za upis na odgovarajuće fakultete, kao i rezultati učenika srednjih škola na takmičenjima iz biologije.

Na osnovu analize rezultata testa iz biologije na prijemnom ispitu za upis na studije biologije na Prirodno-matematičkom fakultetu u Novom Sadu za ukupno 331 kandidata, rezultati su bili ispod očekivanja (prosečno postignuća – broj tačnih odgovora 2001. godine bio je 67,46% od maksimalnog broja poena, a 2002. godine 67,72%). Na testovima je analiziran uspeh učenika po tipovima zadataka i po oblastima biologije koje su zastupljene u programu biologije za gimnaziju (Miljanović, 2002-2003, str. 49). Rezultati su bili slični i u narednim godinama. U radu Miljanović i sar. analizirani su rezultati prijemnog ispita iz biologije za upis na studije medicine i stomatologije na Medicinskom fakultetu u Novom Sadu. Istraživanje je sprovedeno na uzorku od 931 učenika srednjih škola, od kojih je najveći broj kandidata završio gimnaziju i medicinsku školu. Prosečna postignuća na testu iz biologije su bila još slabija i iznosila su 58,40% (2002. godine) i 60,63% (2003. godine). Analizom je utvrđeno i „da ne postoji korelacija između postignuća učenika srednjih škola na testu iz biologije na prijemnom ispitu i njihovog opšteg uspeha u srednjoj školi, kao ni sa njihovim ocenama iz biologije“ (Miljanović i sar., 2005, str. 398).

Slična je situacija u pogledu uspeha učenika srednjih škola na republičkom takmičenju iz biologije. Iako je reč o najboljim učenicima koji su prošli prethodne nivoe takmičenja (školsko, opštinsko i međuokružno takmičenje), njihovi rezultati na republičkom takmičenju iz biologije u proteklih 10 godina su više prosečni nego izuzetni. Prosečno postignuće učenika četvrtog razreda bilo je između 80 i 90% (Miljanović i Janošev, 2008b; Miljanović i Topić; 2009, Pribičević i sar., 2012).

U radu Pribičević i sar. su analizirani rezultati učenika IV razreda gimnazije na testu znanja iz genetike. Testiranje je izvršeno na uzorku od 256 učenika. Test je sadržao pitanja tri nivoa težine: poznavanje činjenica, razumevanje pojmova i analiza i rezonovanje. Postignuća učenika na zadacima prvog (79,7%) i drugog nivoa znanja (76,95%) bila su na visokom nivou, a na trećem nivou (gde su učenici trebali da primene znanje) su značajno manja (37%). (Pribičević i sar., 2014, str. 237).

Podaci iz navedenih istraživanja jasno ukazuju na neophodnost promena u Nastavnim programima biologije u gimnaziji, promena u didaktičko-metodičkoj organizaciji nastave i primeni savremenih nastavnih sredstava i nastavnih pomagala u nastavnoj praksi. Umesto tradicionalne nastave, neophodan je savremeni didaktičko-metodički pristup uz primenu inovativnih modela nastave i primenu savremene nastavne tehnologije (pre svega informaciono-komunikacione tehnologije – IKT). Ovakav pristup omogućio bi mnogobrojne učeničke aktivnosti i kreativan pristup u radu nastavnika, za šta je potrebno njihovo dodatno usavršavanje. Savremeni koncept nastave biologije zahteva bolju opremljenost kabineta za biologiju savremenom opremom i nastavnim sredstvima, kao i stalno usavršavanje nastavnika: opšte, užestručno i didaktičko-metodičko (Miljanović i sar., 2015, str. 101).

Savremenu nastavu biologije treba utemeljiti na aktivnom uključivanju učenika u istraživački i eksperimentalni rad kako u učionici i laboratoriji, tako i van njih (u samoj prirodi, kao neposrednom izvoru znanja). Učenicima treba omogućiti da sami konstruišu znanja iz biologije. To povećava njihovu motivaciju, a učenik koji je motivisan za aktivno učenje praktičnim i istraživačkim pristupom, će sticati iskustva u neposrednom proučavanju bioloških pojava i procesa, razumeti teorijske i praktične aspekte biologije i razvijati naučni način razmišljanja. Da bi se to postiglo neophodno je umrežavati različite izvore znanja iz biologije: od tekstualnih izvora (udžbenika, naučno-popularnih časopisa, enciklopedija) do virtuelnih sadržaja.

### 2.1.2. Od tradicionalnog ka savremenom konceptu nastave biologije

Utemeljivačem tradicionalne nastave smatra se češki pedagog, lingvista, prirodnjak, humanista, filozof i političar J. Komenski (češ. Jan Amos Komenský). Njegovo najznačajnije delo iz oblasti pedagogije Velika didaktika (*lat.* Didactica magna) napisao je u periodu 1633-1638. godine. Zbog uvođenja predmetno-časovno-razrednog sistema u škole Komenski se smatra najznačajnijim reformatorom u istoriji obrazovanja.

Klasična (tradicionalna) nastava ima unapred definisan plan i program, osnovna metoda nastave je predavanje, uloga učenika je da sluša i da pokuša da zapamti gradivo, ocenjivanje se svodi na proveru nivoa usvojenosti gradiva dok se motivacija svodi na ocene, nagrade i kazne. Na učenika se gleda samo kao na objekat u procesu usvajanja znanja (Ivić i sar., 2001).

Tradicionalna nastava je didaktički siromašna, u njoj dominira nastavnikov monolog, dok su učenici stavljeni u pasivan položaj. Učenik je objekat koji pasivno prima gotova znanja. U takvoj nastavi najzastupljeniji je frontalni oblik rada sa naglašenom predavačkom funkcijom



nastavnika što ne ostavlja dovoljno prostora za interakciju u nastavnom procesu, niti dovoljno vremena za samostalne učeničke aktivnosti sa ciljem boljeg savladavanja nastavnih sadržaja.

U tradicionalnoj nastavi nastavnik izlaže gradivo koje je prilagođeno prosečnom učeniku. Takvim pristupom su slabiji učenici preopterećeni, a bolji zapostavljeni, što je neadekvatno i za jedne i za druge i isključuje individualizaciju nastave, koja treba da bude organizovana tako da svojim zahtevima utiče na dalji razvoj sposobnosti učenika (Đukić, 1995, str. 62–64).

„U tradicionalnoj nastavi od učenika se zahteva da memorišu veliki broj informacija, umesto da se kod njih razvijaju sposobnosti da razumeju principe po kojima se mogu rešavati određeni problemi, što dovodi do jednostranog razvijanja reproduktivnih sposobnosti i zanemarivanja kreativnih potencijala učenika“ (Mandić i Mandić, 1995, str. 401). Enciklopedijska znanja koja se stiču tradicionalnom nastavom imaju ograničenu vrednost. Od pamćenja velikog broja činjenica je važnije razumevanje bitnih životnih pojava i procesa i njihove uzročno-posledične povezanosti. Umesto pamćenja velikog broja činjenica, škola treba da pruži učenicima osnovna znanja i veštine neophodne da oni samostalno stiču znanje i uče. Obrazovanje treba da napusti težnju da učeniku pruži znanja dovoljna za čitav život, jer u doba zastarevanja jednih i brzog narastanja novih naučnih činjenica to više i nije moguće.

Osnovni izvor znanja u tradicionalnoj nastavi je udžbenik. Iako je njihov kvalitet poslednjih godina značajno poboljšan to je nedovoljno. U savremenoj nastavi učenici treba da koriste i druge izvore znanja: video i audio materijale, računarske programe, Internet, praktične časove u školi i u prirodi, časove u odgovarajućim naučnim institucijama (prirodnački muzej, botanička bašta, zaštićena prirodna dobra i sl.). Time učenici dobiju više informacija iz različitih izvora o onome što uče, umesto što ih apstraktno zamišljaju i memorišu.

Rezultati rada učenika u tradicionalnoj nastavi se prate i vrednuju parcijalno, jednostrano i nedovoljno objektivno. U ovakvom obliku nastave nastavnici najčešće usmeno ispituju učenike i time isključuju objektivni način njihovog ispitivanja. Motivacija samih učenika za učenjem u tradicionalnoj nastavi izostaje, ona je dominantno spoljašnja (ekstrinzička), čime se zadovoljavaju zahtevi roditelja, škole ili društva, a manje i samih učenika.

Poseban problem tradicionalne nastave je nedovoljna interakcija između samih učenika i između učenika i nastavnika. Dvosmerna komunikacija obezbeđuje učenicima bolje razumevanje nastavnih sadržaja, a i nastavniku da prilagodi nivo složenosti izlaganja sadržaja predznanjima učenika i da realnije vrednuje njihove aktivnosti i znanja. Realno i objektivno vrednovanje znanja i svih aktivnosti učenika, kao i samovrednovanje učenika, od velikog je značaja za podizanje njihove motivacije, interesovanja i aktivnosti (Mandić, 2000).

Razredno-časovno-predmetni sistem, ma koliko da je u svoje vreme bio epohalna novina i kvalitativni skok koji je doprineo da obrazovanje postane racionalnije, ekonomičnije, sistematičnije, demokratskije, tokom viševekovne primene pokazao je brojne slabosti. „Tokom XIX i XX veka pedagoška kritika jasno je označila koje su to slabosti i šta u njemu treba menjati. Potencijal obrasca koji je uveo Komenski potpuno je iskorišćen tako da više nema prostora za napredovanje u njegovim okvirima“ (Vilotijević, 2009, str. 729). Vreme je preteklo tu koncepciju i jedan po jedan njen deo šalje u arhivu. Tokom XIX i XX veka, kroz čitav niz reformskih pokreta, tražena su rešenja za unapređenje razredno-časovnog sistema.

N. Potkonjak naglašava da se u XX vek ušlo sa ozbiljnim kritikama, čak i sa negiranjem potrebe daljeg postojanja razredno-predmetno-časovnog sistema nastave. „Na početku XXI veka u svim školama u svim koncepcijama prosvetne politike dominira i dalje se zadržava stari sistem nastave“ (Potkonjak 2003, str. 113). Razlozi zašto se nije ništa promenilo u nastavi, uprkos brojnim pokušajima, leže u promeni samo nekih elemenata sistema nastave. Parcijalna rešenja

nisu mogla promeniti suštinska pitanja nastave i škole, jer škola predstavlja celovit sistem sa nizom strukturnih elemenata unutar tog sistema. Prema tome:

- status i karakter škole nije se bitnije promenio, kao ni ciljevi obrazovanja i vaspitanja u školi;
- bitnije promene se nisu dogodile ni u unutrašnjoj organizaciji, niti u strukturi, položaju i odnosima učenika i nastavnika;
- rešenja koja su nuđena nisu bila dovoljno naučno-istraživački ni teorijski utemeljena i osmišljena;
- ne može se uspešno menjati samo jedan deo strukturnog sistema škole, jer je škola celovit sistem (Nikolić, 2014, str., 24).

Početkom XX veka „pod uticajem konstruktivizma i stava da se učeniku znanje ne može dati, niti direktno preneti, u gotovom i unapred određenom obliku” dolazi do razvoja savremene nastave „Nove škole” ili „Savremene škole” (Lalović, 2009, str. 7). U njoj dolazi do značajnih promena položaja nastavnika i učenika u procesu sticanja znanja, jer je ona usmerena na učenike i učenje. Učenik se u takvoj nastavi nalazi u centru nastavnog procesa, a znanja crpi iz različitih izvora, pri čemu je nastavnik samo jedan od njih. Učenici sopstvenim aktivnostima konstruišu svoje znanje kroz aktivnu ili interaktivnu nastavu. Cilj ovakve nastave nije samo usvajanje znanja, već i razvijanje intelektualnih i socijalnih potencijala učenika.

Zato se u mnogim međunarodnim izveštajima ukazuje na mogući manjak kadrova u glavnim zanimanjima prirodnih nauka i poziva na modernizaciju nastave prirodnih nauka u školi kako bi se povećala motivacija učenika i njihova interesovanja za prirodne nauke i time povećao nivo njihovih postignuća u nastavi prirodnih nauka (Delhaxhe, 2011, str. 3)

U dokumentu *Strateški okvir za evropsku suradnju u području obrazovanja i usavršavanja* („ET 2020”) istaknuto je da je osnovno razumevanje prirodnih nauka neophodna veština svakog evropskog građanina. Zabrinutost zbog loših rezultata koje su učenici postigli u osnovnim veštinama u međunarodnim istraživanjima, 2009. godine dovela je do usvajanja merila na nivou Evrope koje glasi: „Do 2020. godine udeo 15-godišnjaka s nedovoljno razvijenim sposobnostima u čitanju, matematici i prirodnim naukama biće manji od 15%” (Delhaxhe, 2011, str. 3). Kako bi ostvarili ovaj cilj do 2020. godine, moramo zajednički utvrditi prepreke i problematična područja kao i efikasne pristupe za njihovo rešavanje

Zato se danas mnogo insistira na inovativnoj nastavi, tj. na nastavi i učenju otvorenim za stalne promene, menjanje i unapređivanje. „Traganje za novim modelom (-ima) organizacije rada škole, nastave i učenja u njima, su stalni/večni – a to znači i u ovo naše vreme – izuzetno aktuelan pedagoški problem, a da pedagogija još uvek nema odgovor na pitanje kako bi trebalo organizovati i praktično izvoditi nastavu i učenje u savremenim školama, u uslovima savremenih potreba društvenih zajednica i njenih članova, proisteklim iz savremenog, već dostignutog i iz sagledivog sledećeg stepena naučno-tehničko-tehnološko-informatičkog i na njega oslonjenog ekonomskog/privrednog razvoja društva!” (Potkonjak, 2014, str., 72).

Veće interesovanje učenika srednjih stručnih škola i gimnazije za biologiju i druge prirodne nauke ne može se ostvariti tradicionalnim pristupom u nastavi. Savremenu nastavu treba tako organizovati da omogući učeniku da uči samostalno istraživanjem i tako stiče nova znanja, da ih kritički sagledava, odabira i da ih usvaja kako bi mu poslužila da se što bolje snalazi u svakodnevnom životu. Tako organizovan nastavni proces postaje efikasniji, a rezultati učenja kvalitetniji (Miljanović, 2001a). Transformacija tradicionalne nastave biologije u savremenu nastavu zahteva sledeće ključne preobražaje: izlaganje nastavnika treba u što većoj meri zameniti

aktivnostima učenika učenjem otkrivanjem i rešavanjem problema, kreativnim i stvaralačkim mišljenjem i sl. To podrazumeva da se organizacija nastave usmeri u pravcu:

- „sadržajne aktualizacije (izbor nastavnih sadržaja, osavremenjivanje i inoviranje nastavnih programa, njihovo usklađivanje sa društvenim promenama i naučnim dostignućima, uvažavanje uzrasnih i razvojnih mogućnosti i interesovanja učenika i nivoa škole) i
- didaktičke aktualizacije (organizacija nastave u skladu sa zahtevima aktivnih oblika učenja, misaone aktivizacije učenika u procesu nastave koja ih stavlja u situaciju da istražuju, rešavaju probleme i samostalno dolaze do novih saznanja” (Grandić i Gajić, 1998, str. 68).

Jedan od načina za prevazilaženje nedostataka tradicionalne nastave je savremeni pristup nastavi primenom informacione tehnologije. Njena primena znatno podiže kvalitet nastave koja postaje bogatija, raznovrsnija, podstiče osamostaljivanje učenika u radu, doprinosi individualizaciji učenja, obezbeđuje stalnu povratnu informaciju o rezultatima rada, podstiče saradnički odnos između učenika i nastavnika, omogućuje korišćenje bogatih baza podataka i informacija (Vilotijević, 2009, str. 729). Raznovrsnost oblika, metoda i nastavnih sredstava znatno menja i unapređuje način rada i učenja u nastavnom procesu. Učenje pomoću računara „omogućuje učenje putem istraživanja i otkrivanja, razvija: sistematičnost, samostalnost, kreativnost, preciznost, strpljivost, utiče na obogaćenje socijalne interakcije” (Tomić i Duković, 2008, str. 124).

Za njenu veću primenu u nastavi neophodna je informatička opremljenost škola i osposobljenost nastavnika da efikasno koriste modernu nastavnu tehnologiju. Prema istraživanju koje je sprovedeno 2012. godine u Republici Srbiji se „ne postiže svetski prosek snabdevanja stanovništva računarima na 1.000 stanovnika” (Mustafa i sar., 2013, str. 123). Kako bi se ovaj problem delimično ublažio u okviru projekta „Digitalna škola” oko 95% osnovnih škola u Srbiji opremljeno je novim digitalnim učionicama za potrebe izvođenja nastave ostalih predmeta, a ne samo nastave informatike, za čije izvođenje u svim školama u RS postoje bar minimalni uslovi. Srednje škole i gimnazije se takođe intenzivno opremaju računarskom opremom iz različitih izvora. Vlada Republike Srbije je usvojila Strategiju razvoja informacionog društva do 2020. godine u kojoj se ističe neophodnost integrisanja IKT-a u sve aspekte obrazovnog sistema u cilju „efikasnijeg i efektivnijeg obrazovanja” (Službeni glasnik RS”, br. 55/05, 71/05-isp. 101/07 i 65/08). U tom pogledu je u neophodno uložiti dodatna sredstva, kako bi naše škole išle u korak sa razvijenim evropskim zemljama. Ovo je važan zadatak za uprave škola i Ministarstvo prosvete Republike Srbije u narednom periodu.

Primena IKT u nastavi pojedinih predmeta u našim školama je u sadašnjim uslovima nedovoljne opremljenosti računarima minorna. Dok se ne stvore tehnički uslovi za njenu zastupljenost na željenom nivou u nastavi biologije i drugih predmeta, potrebno je pripremiti nastavnike za korišćenje računara u nastavi kroz njihovu informatičku obuku. Sadašnja situacija u kojoj učenici znaju više o osnovnim operacijama rada na računaru od svojih nastavnika nije prijatna i narušava ugled i autoritet nastavnika. Informatička obuka nastavnika nema za cilj da svi oni postanu programeri, već korisnici modernih tehnologija i svih prednosti koje one omogućuju u nastavnom radu.

U procesu ovako organizovane nastave i učenja, učenik može da stiče znanje i kod kuće onda kada mu to najviše odgovara, jer nastavni sadržaj i intenzitet njihovog izučavanja učenik može da prilagodi sopstvenim mogućnostima, potrebama i interesovanjima, bez obzira na doba dana, radno ili slobodno vreme, prostorne, školske i druge uslove. Većina učenika poseduju računar kod kuće i umesto da stiču raznovrsna znanja u skladu sa Nastavnim planom i

programom i da ih prema svojim interesovanjima dodatno proširuju oni provode vreme koristeći računar za razne vrste zabave. „Zato bi nastava budućnosti morala obezbediti znatno povoljnije pretpostavke za optimalan razvoj svih potencijala učenika, u cilju što efikasnijeg podsticanja i formiranja njegove slobodne, stvaralačke, zdrave, demokratske i celovite ličnosti” (Mijanović, 2009, str. 777).

## 2.2. Primena računara u nastavi biologije

Od IKT, najširu primenu u savremenoj nastavi prirodnih i društvenih nauka imaju računari i multimedijalne prezentacije, koji su danas zastupljeni u svim segmentima nastavnog procesa i na svim nivoima obrazovanja. Ni jedan medij, od pronalaska pisma do danas, nije izazvao tako značajne promene u načinu učenja, individualizaciji nastave, efikasnosti sticanja znanja, promeni ukupne organizacije, realizacije i vrednovanja vaspitno-obrazovnog rada, kao što je to uspeo da učini kompjuter i njegova tehnologija (Šoljan, 1976). Prema Daniloviću računari su „podstakli razvitak nastavnog procesa u oblastima: simuliranja okolnosti u kojima se uči; automatizovanju izvora i sredstava za pružanje povratnih informacija; pomoći u pripremi i procenjivanju nastavnih materijala; integrisanju nastavnih medija (film, video, TV i tekst) kako za grupnu tako i za individualnu nastavu” (Danilović, 2010, str. 434). Na osnovu izloženih činjenica primena računara u nastavi više nije samo tehničko pitanje, već izuzetno značajno društveno pitanje, pedagoško i humanističko pitanje koje zahteva i pretpostavlja značajne promene u organizaciji nastave i vaspitno-obrazovnog procesa u celini. Zbog toga se u mnogim zemljama savremena nastava ne može zamisliti bez računara.

Bitne odrednice nastave podržane računarom su i znatno izmenjene uloge nastavnika i učenika u odnosu na tradicionalnu nastavu. Učenici su u mogućnosti da aktivno i samostalno stiču znanje (manipulišu informacijama, izvlače svoje lične zaključke), usvajaju transferna i generativna znanja, u mogućnosti su da primene znanja u svakodnevnom životu i adekvatnije se osposobljavaju za svoju buduću profesiju. S obzirom na to da učenik postaje aktivni subjekt u nastavi on ima mogućnost za brže napredovanje i veću motivaciju, inicijativnost i kreativnost u radu što i jesu osnovni ciljevi savremene nastave. U ovakvoj nastavi funkcija nastavnika se prenosi svojim težištem na pripremanje nastavnog rada, na motivisanje učenika, na njegovo osposobljavanje za rad, na modelovanje nastavnog procesa i na egzaktnu kontrolu i evidenciju rada (Mandić, i Mandić, 1997). Zbog stalnog razvoja obrazovne tehnologije, nastavnici dobijaju nove uloge koje nisu usko povezane sa njihovom strukom. Oni moraju stalno da se informatički usavršavaju kako bi mogli da što bolje koriste potencijale savremenih tehnologija u cilju podizanja kvaliteta nastave. Zbog toga se mnogobrojnim ulogama nastavnika, danas dodaju i planiranje, programiranje, organizacija i realizacija vaspitno-obrazovnih sadržaja primenom IKT. Vaspitno-obrazovna uloga nastavnika u savremenoj nastavi je time sve složenija, značajnija i delikatnija, jer on treba da unese promene čiji je cilj unapređivanje i osavremenjavanje nastavne prakse i aktiviranja učenika u njoj (Budimir-Ninković, 2007). Uloga nastavnika u savremenoj nastavi (u IT okruženju) je sagledavana i u brojnim radovima. Navodimo samo neke autore, bez njihove elaboracije: Stojanović, 2008; Nikolić, 2007; Aleksić i sar., 2010; Danilović, 2011; Vlajkovic, 2012; Mustafa i sar., 2013; Krstić, 2014 i Prušević-Sadović i sar., 2014 i dr.

Sadržaji iz programa biologije u osnovnim i srednjim školama su zahvalni za primenu IKT u nastavnom procesu. Čak i najkompleksniji biološki sadržaji se mogu približiti učenicima korišćenjem različitih prezentacija koje sadrže: tekst, zvuk, slike, adekvatne video sekvence



(filmove, kompjuterske animacije i simulacije). Integracija informaciono-komunikacione tehnologije u nastavu biologije može se ostvariti primenom različitih modela nastave: primenom multimedije (Grujičić i Miljanović, 2005; Terzić i Miljanović, 2009b); programiranom nastavom uz pomoć računara (Županec et al., 2013), primenom obrazovno računarskog softvera (Odadžić et al., 2017) ili elektronskog udžbenika (Terzić i sar., 2015).

Informaciona i komunikaciona tehnologija (IKT), a naročito Internet kao njen najefikasniji deo, sve više ulaze u sve segmente života i rada svakog pojedinaca. Mogućnosti korišćenja računara povezanog na Internet u nastavi bilo koje discipline, a naročito u nastavi biologije, su neograničene (Fass, 1998; Franklin i Peat 2003; Peat & Taylor 2005; Blystone & Mac Alpine 2005; Šorgo 2010). Kako i koliko će oni biti korišćeni tokom učenja zavisi od nastavnika i njegovog osmišljavanja nastavnih scenarija kojima će upućivati, a time i motivisati učenike za samostalno istraživanje, kritičko promišljanje, filtriranje i korišćenje informacija sa Interneta.

Različiti grafički prikazi, audio i video zapisi, 3-D modeli, multimedijalni prikazi, elektronski interaktivni udžbenici, edukativni programi, animacije ili simulacije omogućuju potpunije razumevanje bioloških struktura, procesa i pojava kao i primenu usvojenih sadržaja u novim situacijama (Peat & Taylor, 2005). Ako na primer, zbog nedostatka opreme ili iz sigurnosnih razloga nastavnici biologije nisu u mogućnosti da izvode određene oglede i eksperimente u učionici oni ih mogu zameniti multimedijalnim prikazima. Na internetu se na pouzdanim sajtovima mogu pronaći crteži i fotografije mikroskopskih struktura i mikroskopski sitnih organizama ([www.helios.bto.ed.ac.uk](http://www.helios.bto.ed.ac.uk), [www.life.bio.sunysb.edu](http://www.life.bio.sunysb.edu), [www.ibiblio.org](http://www.ibiblio.org), [www.cellsalive.com](http://www.cellsalive.com)), zatim animacije bioloških procesa ([www.horus.cs.nott.ac.uk](http://www.horus.cs.nott.ac.uk), [www.telstar.ote.cmu.edu/biology](http://www.telstar.ote.cmu.edu/biology), [www.bbc.co.uk](http://www.bbc.co.uk), [www.educyclopedia.be](http://www.educyclopedia.be)), prikazi unutrašnje građe organizama i procesa koji se odvijaju u njima ([www.biologyforlife.com](http://www.biologyforlife.com), [www.funsci.com](http://www.funsci.com)), virtuelne laboratorije s prikazima eksperimenata ([www.udel.edu](http://www.udel.edu)) ili disekcije organizama ([www.frog.edschool.virginia.edu](http://www.frog.edschool.virginia.edu)), zatim „online” udžbenici s grafičkim prikazima, fotografijama i video zapisima ([www.learner.org](http://www.learner.org)).

Učenicima i nastavnicima su posebno značajni računarski sadržaji na srpskom jeziku, u kojima je moguće pronaći zanimljivosti iz biologije, podatke o ugroženim ili endemičnim biljkama i životinjama, ili učiti pomoću „online” botaničkog ili zoološkog praktikuma, saznati kako realizovati biološke mini projekte ili pronaći veliki broj linkova o biologiji i nastavi biologije. U tom pogledu treba istaći veb stranicu Bionet – škola biologije ([www.bionet-skola.com](http://www.bionet-skola.com)) koja je namenjena učenicima i studentima, Bio-blog, sajt za nastavnike biologije osnovne škole, ([www.biologiskiblog.wordpress.com](http://www.biologiskiblog.wordpress.com)), Biologija gimnazija ([www.biologijagimnazija.wordpress.com](http://www.biologijagimnazija.wordpress.com)), Biologija u nastavi – Škola bez zidova ([www.biologijagimpar.wordpress.com](http://www.biologijagimpar.wordpress.com)) i drugi. Pored toga, danas sve relevantne nastavne i naučne institucije imaju svoje veb sajtove na kojima se nalaze značajne informacije o njihovom radu: fakulteti, naučni instituti, nacionalni parkovi i druga zaštićena prirodna dobra, prirodnjački muzeji, botaničke bašte, zoološki vrtovi, izdavači udžbenika i drugih nastavnih materijala, škole i druge institucije, ali i kreativni nastavnici. To omogućuje da ih besplatno prate i koriste i drugi nastavnici, ali i učenici. Njihovim pretraživanjem učenici lako mogu da se upoznaju sa njihovim radom, projektima i drugim planiranim aktivnostima i da se i sami uključe u njihov rad u domenu koji ih interesuje.

Na Internetu su dostupni mnogobrojni multimedijalni prikazi, animacije, simulacije ogleada i eksperimenata koji omogućuju razumevanje i savladavanje srednjoškolskog programa biologije, hemije, matematike i fizike. U narednom periodu treba očekivati još više edukativnih internet stranica za nastavu prirodnih nauka i na njima još više kvalitetnih nastavnih materijala.

Iako još uvek postoji veliki otpor nastavnika prema korišćenju aplikacija za igru u nastavnom procesu, jer smatraju da one ne zadovoljavaju obrazovne i vaspitne ciljeve, na Internetu se može pronaći veliki broj didaktičkih igara koje razvijaju kognitivne veštine, veštine rešavanja problema, i omogućavaju sticanje bioloških kompetencija i samopouzdanja (Moursund 2006, Sánchez et al., 2006). Računarske didaktičke igre učenicima na privlačan način predstavljaju biološke sadržaje i mogu se koristiti na primer, na početku časa za motivaciju ili na kraju časa za relaksaciju učenika, ali i u radu sa učenicima sa posebnim potrebama.

Danas su mogućnosti korišćenja računara u obrazovno-vaspitnom procesu neograničene. Računari u školama mogu da se koriste za: organizovanje, čuvanje i strukturiranje edukativnih materijala u vidu elektronskih zapisa (tekstualnih i multimedijalnih materijala koji se koriste za učenje i podučavanje) ili pravljenje elektronskih nastavnih planova i programa, vođenje nastavničke i učeničke evidencije, evidenciju korišćenja nastavnih sredstava i pomagala, izradu rasporeda časova, kalendara rada, komunikaciju učenika i nastavnika, nastavnika i roditelja, elektronsko vođenje rasporeda nastavnčkih aktivnosti, vođenje elektronskog dnevnika, vođenje biblioteke i celokupne pedagoške dokumentacije na nivou obrazovne institucije itd.

Korišćenje IKT je od velike važnosti nastavnicima, jer im olakšava osmišljavanje, pripremanje i realizaciju nastave, izradu radnih materijala za ponavljanje i proveravanje nastavnih sadržaja, a najznačajniju ulogu imaju u modernizaciji i racionalizaciji same nastave. Za učenike računar ima ogromnu informativnu moć, nudi pouzdana znanja, ima sposobnost raznovrsne prezentacije znanja, korigovanja rada učenika, efikasnog upravljanja i kontrole nastavnog procesa, doprinosi individualizaciji nastave i učenja, motiviše učenike, ima isti odnos prema svim učenicima i omogućava učenje u različitim uslovima (Karuović, 2009). Korišćenje računarskih 2D i 3D animacija, simulacija pojava, procesa ili praktičnih laboratorijskih vežbi i interaktivnih programa učenicima predstavlja izazov i omogućava im aktivnosti u kojima imaju kontrolu nad tempom i smerom učenja. Primena IKT olakšava ostvarivanje planiranih ishoda učenja, omogućuje razvijanje veština, osposobljava učenike kako treba učiti, odnosno, priprema učenike za život i rad u XXI veku. Primena IKT u nastavi će omogućiti novim generacijama učenika u budućnosti razvijanje sposobnosti koje će od njih tražiti život i rad u savremenom društvu: osposobiće ih da samostalno uče, da sarađuju i rade sa drugim učenicima i nastavnicima, da pronalaze i izaberu odgovarajuće informacije, da razviju kritičko mišljenje, omogućiće njihovo brzo prilagođavanje novim okolnostima i odgovorno donošenje odluka, ali i primenu informaciono-komunikacijskih veština u svakodnevnom privatnom i profesionalnom životu i radu.

Učenje pomoću računara „omogućuje učenje putem istraživanja i otkrivanja, razvija: sistematičnost, samostalnost, kreativnost, preciznost, strpljivost, utiče na obogaćenje socijalne interakcije” (Tomić i Duković, 2008, str. 124).

Pošto se u budućnosti očekuje još intenzivnije korišćenje IKT u obrazovanju neophodno je, pored neprekidnog ulaganja u informatičku opremu škola (servere, računare, LCD projektore) i njihovo povezivanje na Internet, dodatno i kontinuirano osposobljavanje nastavnika, stručnih saradnika i uprave škole za korišćenje novih tehnologija, kako bi se pratio njihov razvoj i nove i sve veće mogućnosti korišćenja u nastavi. Primena IKT u nastavi neće umanjiti ulogu nastavnika u školi i nastavi u budućnosti, već će uticati na njihovo profesionalno formiranje i poslužiće im da dinamičnije, kvalitetnije i efikasnije ostvaruju obrazovne ciljeve. U Pravilniku o standardima kompetencija za profesiju nastavnika i njihovog profesionalnog razvoja istaknuta je potreba nastavnika za informatičkim znanjem, koje treba da im omogući da u nastavi primenjuje informaciono-komunikacione tehnologije (Službeni glasnik RS – Prosvetni glasnik. 5, 2011).

### 2.2.1. Izrada multimedijalnih prezentacija

Korišćenje multimedije zahteva poznavanje odgovarajućih multimedijalnih programa. Prvi multimedijalni programi svodili su se na pasivno primanje informacija od strane korisnika na koje on nije mogao bitnije uticati. Danas su većinom programi ove vrste interaktivni: korisnik upravlja načinom i tokom prikazivanja odabranih informacija. Na taj način brže prikuplja potrebne informacije u željenom obliku. Najpoznatije vrste multimedijalnih programa su:

- enciklopedije za učenje,
- programi za upotrebu multimedijalnih datoteka (za slušanje muzike – Winamp, gledanje slika ACDSec; video zapisa – Windows Media Player),
- programski alati za izradu multimedijalnih prezentacija (Macromedia Director, Power Point, Corel Presentatio, Prezi),
- programi za izradu multimedijalnih veb stranica na Internetu (Macromedia Flash),
- programi za grafički dizajn i obradu slika (Adobe Photo Shop, Corel Photo-Paint),
- program za obradu zvuka (Cool Edit) i dr.

Među najsavremenijim nastavnim sredstvima su svakako *obrazovni računarski softveri*. Autori obrazovnog softvera mogu biti pojedinci ili timovi stručnjaka. Tim mogu sačinjavati: programer, pedagog, psiholog, nastavnik datog predmeta i drugi stručnjaci. U nekim zemljama obrazovne softvere izrađuju nastavnici, dok su u drugim angažovani stručnjaci u okviru Ministarstva prosvete koji samostalno ili u saradnji s nastavnicima stvaraju aplikacije. Njihova primena u nastavi ima veliki uticaj na pozitivnu motivaciju učenika budi njihova interesovanja, i od njih zahteva da upotrebe sve svoje sposobnosti i predznanja kako bi usvojili novo nastavno gradivo (Aleksić i sar., 2010). Zbog toga obrazovni računarski softveri imaju sve širu primenu u procesu sticanja znanja i veština.

Najkompletniji oblik obrazovnog računarskog softvera predstavlja *elektronski udžbenik* (e-udžbenik), koji je baziran na multimedijalnosti i interaktivnosti. Oni su kod nas nedovoljno prisutni, naročito za nastavu prirodnih nauka. Izdavačka kuća Multisoft ([www.multisoft.rs](http://www.multisoft.rs)) je prva kod nas počela da izdaje takve udžbenike najpre za osnovnu školu, a zatim i za srednje škole. Od 2005. godine na našem tržištu se pojavila nova izdavačka kuća Kvarak medija ([www.kvarakmedia.rs](http://www.kvarakmedia.rs)) sa interaktivnim elektronskim udžbenicima. U njima se nastavno gradivo usklađeno sa važećim programima pojedinih nastavnih predmeta izlaže kroz različite multimedijalne forme: tekst, sliku, animaciju, zvuk (govor), uz neprestanu interakciju programa i učenika. Digitalni udžbenici sadrže module: predavanje, vežba, test, rečnik pojmova i dr. Multimedijalni (elektronski) udžbenici pomažu učenicima da samostalno (ali uz nadzor predmetnog nastavnika) usvajaju nastavne sadržaje i rešavaju zadatke, a sve to u skladu sa svojim psiho-fizičkim sposobnostima. Takvi udžbenici su podjednako prilagođeni kako učenicima koji teže usvajaju gradivo tako i boljim učenicima. Zbog toga je kod učenika prisutna veća motivacija za rad, jer oni u učenju napreduju sopstvenim tempom, a takođe su aktivni u toku celog časa. Prema Mandiću korišćenjem elektronskog udžbenika „učenici mogu samostalno da napreduju u ovladavanju nastavnih sadržaja, da se vrata na sadržaje koji im nisu dovoljno jasni, da dobiju dodatne i povratne informacije u skladu sa svojim mogućnostima i interesovanjima” (Mandić, 2003, str., 2016).

U nedostatku obrazovnih računarskih softvera i elektronskih udžbenika, kod nas se umesto njih mnogo više u nastavi koriste *multimedijalne prezentacije* koje izrađuju sami nastavnici ili ih preuzimaju sa Interneta i koriste u izvornom obliku ili ih dodatno doraduju. Tako se predavanja podržana multimedijalnim Power Point prezentacijama veoma često koriste i daleko su efikasnija i zanimljivija od klasičnih predavanja nastavnika. Predavanje praćeno takvim

prezentacijama na časovima omogućava uštedu vremena, a primena dodatnih multimedijalnih elemenata u prezentaciji (filmovi, animacije i sl.) zamenjuje primenu brojnih očiglednih nastavnih sredstava.

Sama izrada prezentacije je tehnička realizacija dodavanja slajdova sa elementima prikupljenog materijala: teksta, slike, videa i dr. Njihov sastavni deo su često animacije, koje možemo i sami praviti pomoću Gif Animatora, jednostavnog i besplatnog programa ili ih preuzeti sa Interneta. Video možemo sami napraviti pomoću digitalnog foto-aparata ili digitalne kamere. Obrada videa ili montaža „sirovog materijala”, se može jednostavno i lako uraditi u programu Windows Movie Maker. U ovom programu video se može seći, mogu se dodavati slika, tekst, zvuk, govor i muzika i kao gotov materijal upotrebiti u nastavi.

Za snimanje zvuka potrebni su mikrofoni i računar. Uz program Sound Recorder koji je deo operativnog sistema Microsoft Windows mogu se snimati govor, muzika ali i zvukovi različitih životinja ili se koristi Audacity, program koji se takođe koristi za obradu zvuka. Kada se savladaju navedeni programi koji su laki za rad, mogu se koristiti i drugi programi iste namene, s tim da se mora voditi računa o njihovoj dostupnosti, složenosti i autorskim pravima.

Na Internetu se nalazi mnoštvo materijala, koji treba pažljivo pretražiti i pronaći, selektovati, eventualno doraditi i koristiti u nastavi na odgovarajući način. Za preuzimanje fleš animacija sa Interneta preporučuje se SWF Catcher, a za video materijale MyTubePlayer ili KMPlayer, tj. neki od besplatnih programa za preuzimanje. Pri tom se mora voditi računa šta se preuzima sa Interneta i u kom formatu. Da bi tekst, slika ili video mogli da se obrade i uklope u prezentaciju, moraju se prevesti u format koji program prepoznaje. Format ili ekstenzija fajla pokazuje u kom programu je on napravljen. Da bi eventualno rešili problem neprepoznavanja i nemogućnosti obrade nekog sadržaja, uz pomoć programa za konverziju, prevodimo ga u format koji program prepoznaje. Jedan od takvih programa je i RivaEnCoder. Video se najčešće preuzima sa poznatog sajta YouTube.

„Učenici marljivije prate multimedijalnu prezentaciju, bolje pamte nastavne sadržaje (naročito one koji se teže uče slušanjem i čitanjem) i aktivnije učestvuju u procesu saznanja novih sadržaja. Brže sticanje znanja pruža mogućnost učenicima da razmišljaju, analiziraju i zaključuju; da se više posvete učenju istraživanjem, otkrivanjem i rešavanjem problema i da na taj način daju veći doprinos svome razvoju”(Mandić, 2003, str., 217). Računarski programi za nastavu i učenje su tako napravljeni da uspešno vode učenika kroz proces sticanja znanja.

Prezentacija gradiva može da bude veoma raznovrsna i zanimljiva. Nekad i tehnički savršene prezentacije neće ispuniti naša očekivanja, već naprotiv mogu izazvati suprotan efekat. Zbog toga moramo voditi računa da u želji da što više različitih medija ubacimo u jednu multimedijalnu prezentaciju ne skrenemo pažnju učenika sa suštine samog nastavnog gradiva. Cilj jeste da pažnja učenika bude usmerena baš na ono što je bitno, da uticajem na što više čula kod učenika izazovemo razumevanje, njegovo aktivno učešće i motivaciju u učenju gradiva. U stvari, sadržaj prezentacije treba da predstavlja suštinu nastavne jedinice, a ono što je najvažnije treba posebno izdvojiti i naglasiti.

Za izradu multimedijalnih prezentacija koje izrađuju sami nastavnici najčešće se koriste sledeći programski alati: Power Point, Macromedia Flash, Prezi, Corel Presentatio.

*Microsoft Power Point* je program koji nastavnici najčešće koriste u školskoj praksi za izradu multimedijalnih prezentacija zbog jednostavnosti upotrebe. U najjednostavnijem obliku prezentacije sadrže tekst i statične slike. Prezentacije su uglavnom praćene predavanjem nastavnika, koji upravlja tokom prezentacije. Mogućnost umetanja audio i video fajlova, flash animacija i veb strana prezentaciju može učiniti dinamičnijom i zanimljivijom.



*Prezi* je savremenija varijanta programa za izradu multimedijalnih prezentacija koja nudi veće mogućnosti u odnosu na Power Point kada su u pitanju vizuelni efekti, pa se očekuje da će preuzeti primat i u nastavnoj praksi. Za potrebe realizacije pedagoškog istraživanja koje je prikazano u doktorskoj disertaciji kreirane su multimedijalne prezentacije sadržaja 10 nastavnih jedinica iz nastavne teme Osnovi molekularne biologije u računarskoj aplikaciji *Prezi*. Aplikacija je omogućila kreiranje dinamičnih multimedijalnih materijala čija primena tokom realizacije njenih sadržaja treba da doprinese većoj očitljivosti i ilustrativnosti, a time i lakšem razumevanju složenih sadržaja ove nastavne teme.

*Prezi* je relativno nov web alat za kreiranje i čuvanje multimedijalnih prezentacija. Zvanično je razvijen u aprilu 2009. godine od strane Zui Labs-a (Zui Labs) i njegovih osnivača: Petera Arvaija (*mađ.* Péter Árvai), Sabolča Šomlai Fišera (*mađ.* Szabolcs Somlai-Fischer) i Petera Halačija (*mađ.* Péter Halácsy). Ovaj inovativni softver zasnovan je na *cloud* tehnologiji. *Cloud* tehnologija ili računarstvo (*engl.* cloud computing) predstavlja isporuku računarskih resursa i skladišnih kapaciteta kao uslugu za heterogenu grupu krajnjih korisnika. Koncept računarstva u oblaku se oslanja na deljenje resursa preko mreže, najčešće Interneta. Krajnji korisnici pristupaju aplikaciji preko veb pretraživača, dok se softver i korisnički podaci nalaze na serverima na udaljenoj lokaciji. Na osnovu proučene literature i ličnog iskustva u radu u ovom veb programu, *Prezi* stiže sve veću popularnost među širokim spektrom korisnika, jer nudi brojne mogućnosti:

- kreiranje prezentacija na gotovo neograničenom praznom platnu (*eng.* canvas) na kom su svi elementi prezentacije vidljivi;
- kreiranje nelinearnih prezentacija, odnosno slobodno povezivanje bilo kog segmenta prezentacije u bilo kom trenutku;
- jedinstvena zum funkcija daje mogućnost fokusiranja na detalje, pojedinačne ideje ili na širu sliku;
- umesto klasičnih slajdova koji nude informacije u akumulaciji, softver funkcioniše slično grafičkom organizatoru ili mapi uma čime se u prvi plan stavljaju veze između pojmova i informacija;
- pored standardne mogućnosti integracije teksta, slike, video i audio zapisa, animacija i dr., postoji i mogućnost integracije postojećih PPT prezentacija i njihova reorganizacija čime se skraćuje vreme potrebno za izradu novih prezentacija u softveru;
- korisnicima je omogućen pristup prezentacijama sa bilo kog računara (tableta, mobilnog telefona) koji ima veb pretraživač, internet konekciju i skoriju verziju programa Adobe Flash Player;
- prezentacije se mogu online podeliti i na taj način lako učiniti dostupnim velikom broju korisnika, a takođe postoji mogućnost učešća udaljenih korisnika na kreiranju prezentacija;
- jednostavan korisnički interfejs i jedinstveni navigacioni pristup lako se savladavaju, korisniku su dostupni i brojni audio-vizuelni tutorijali, kao i besplatan probni period;
- za korisnike iz oblasti obrazovanja koji imaju akademsku afilijaciju dostupni su potpuno besplatni nalozi za edukatore i vremenski neograničen pristup osnovnom paketu kao i povećan prostor za čuvanje.

Zbog toga što se pokazao kao efikasan alat koji olakšava učenje *Prezi* sve više pronalazi svoje mesto na svim nivoima obrazovanja. Korišćenje nastavnih materijala, poput multimedijalnih prezentacija, koje imaju odlike mape konceptata (mape uma) odnosno nelinearnu organizaciju sadržaja, olakšava nastavnicima navigaciju među konceptima, naglašavanje bitnih

elemenata tokom diskusije i ilustrovanje veza između pojedinačnih elemenata, njihovu integraciju i prikaz hijerarhijskih odnosa (Rockinson-Szapkiw et al., 2011, pp. 2).

Mali broj sprovedenih empirijskih istraživanja je pokazao da primena Prezi-ja u visokom obrazovanju daje pozitivne efekte. Virtanen et al. daju rezultate studije slučaja koja je pokazala da studenti smatraju primenu multimedijalnih prezentacija kreiranih u Prezi-ju efikasnim nastavnim sredstvom. Upotreba softvera im je pomogla da bolje organizuju sadržaje kursa koji su pohađali. Studenti su pokazali spremnost da koriste softver u nastavi i u budućnosti. Oni navode da bi u budućim istraživanjima „Široka studija sa različitim grupama produbila razumevanje efekata korišćenja novih metoda u univerzitetskoj nastavi” (Virtanen et al., 2013, str. 209).

Kaningamova ukazuje na pozitivne stavove studenata prema primeni i efikasnosti Prezi-ja na časovima praktične nastave iz kliničke patologije. Nakon realizacije kursa 93% ispitanika eksperimentalne grupe izrazilo je preferencije za rad u Prezi-ju i u budućnosti. „Prezentacije u Preziju su pomogle studentima da integrišu svoje znanje iz histologije i anatomije i da bolje razumeju patogenezu koja nastaje u tkivu kada je prikazana na slajdovima” (Cunningham, 2014, pp. 78).

Podaci dobijeni interpretacijom kvalitativne studije slučaja ukazali su da primena Prezi-ja u nastavi u visokom obrazovanju ima izuzetno pozitivan doprinos uvođenju mešovitog učenja (*engl.* blended learning) za koje se pokazalo da je jedan od najefektivnijih pristupa učenju i podučavanju u visokom obrazovanju (Conboy et al., 2012).

Korišćenje Prezija u visokom obrazovanju izloženo je i u radu Strasser (2014) uz zaključak da su prezentacije u Preziju veoma kreativne i pogodne za zajedničko (koolaborativno) učenje, i da je „Prezi jedan od mnogih alata koji se mogu koristiti za održavanje rada u kome su učionice uzbudljivo i interaktivno mesto” (Strasser, 2014, pp. 97).

Primena Prezi-ja u osnovnom i srednjoškolskom obrazovanju je još uvek slabo ispitana. Rezultati do kojih su došli Bender & Bul tokom šestonedelnog pedagoškog eksperimenta na uzorku učenika sedmog razreda, tokom kog su obrađivani sadržaji iz kurikuluma prirodnih nauka pokazali su da nije došlo do statistički značajne promene u stavovima učenika prema učenju prirodnih nauka na školskim časovima, ali da je uticaj primene inovativnog pristupa nastavi ipak imao, mali, ali pozitivan efekat. Analiza kvalitativnih podataka pokazala je da je primena Prezi-ja u nastavi bila efikasan pristup individualizaciji nastave. Učenici eksperimentalne grupe su takođe naveli da im je ovakav način rada na časovima pomogao pri učenju i razumevanju novih informacija i imao pozitivan efekat na retenciju znanja (Bender & Bull, 2012).

Mali broj istraživanja se odnosio na proveru efikasnosti multimedijalnih prezentacija kreiranih u Prezi-ju u nastavi i efektima na kvantitet i kvalitet znanja učenika. U studiji Chou et al. ispitivan je efekat različitih alata za digitalnu prezentaciju (PowerPoint i Prezi) na učenje učenika u odnosu na tradicionalnu nastavnu instrukciju. Pedagoški eksperiment se odvijao u toku 4 nedelje. U uzorku je bilo 78 učenika petog razreda iz jedne osnovne škole na Tajvanu. Učenici iz tri razreda su bili podeljeni u tri grupe u kojima su primenjene tri različite nastavne instrukcije: prezentacija u PowerPoint-u, Prezi-ju i tradicionalna nastava. Nije uočena značajna razlika u rezultatima na testovima između grupa u kojima su korišćene prezentacije u programima Prezi i PowerPoint. (Chou et al., 2015, pp., 73). Oni su došli su do sledećih zaključaka:

1. Primena PowerPoint prezentacija u nastavi nije pokazala značajna poboljšanja u kratkoročnim ishodima učenja u odnosu na tradicionalnu nastavu, ali su se pozitivni efekti ispoljili pri testiranju retencije znanja;

2. Primena Prezi prezentacija u nastavi omogućila je efikasan transfer znanja što se pokazalo kroz značajno bolja postignuća na svim nivoima evaluacije učeničkih znanja u eksperimentalnoj grupi u kojoj je korišćen Prezi u odnosu na kontrolnu grupu u kojoj su sadržaji realizovani tradicionalnom nastavom (Chou et al., 2015, pp. 81).

Akgün, et. al. su upoređivali efekte dve vrste prezentacija koje su kreirali u PowerPoint-u i u Prezi-ju, na učenička kognitivna opterećenja, na retenciju znanja i konceptualno učenje. Prezentacije koje su pripremljene u PowerPoint imaju linearne slajdove sa ograničenom površinom dok Prezi omogućava nelinearne prezentacije na neograničenom prostoru. Podaci su prikupljeni korišćenjem skale kognitivnog opterećenja, testova znanja i mape koncepata. Nivo znanja meren postignućem na testovima znanja nije se bitno razlikovao u okviru dve grupe. Prezi može biti bolja alternativa za konceptualno učenje i smanjenje kognitivnog opterećenja (Akgün, et. al., 2016, pp. 1).

### **2.2.2. Pregled relevantnih istraživanja o efikasnosti primene računara u nastavi prirodnih nauka**

Sadržaji iz programa biologije i drugih prirodnih i društvenih nauka u osnovnim i srednjim školama su zahvalni za primenu IKT u nastavi. Cilj njihove primene je da olakša i unapredi učenje, da se poveća efikasnost nastave i procesa učenja, da se lakše postignu obrazovni ciljevi i da se poveća broj izvora znanja (Danilović, 2010).

Primena računara kod učenika utiče na razvoj: apstraktnog mišljenja, memorije i samostalnosti u učenju, kao i samoodgovornosti za (ne)uspeh. Oni pružaju učeniku brojne informacije brzo, tačno i efikasno, zbog čega mu daju više vremena za obavljanje radnji koje će uticati na razvijanje sposobnosti uviđanja, rešavanja problema i stvaralačkog duhovnog potencijala.

Brojna istraživanja su pokazala da primena računara u nastavi većine nastavnih predmeta povećava njenu efikasnost: Grdinić i Branković, 2005; Cvjetičanin et al., 2013; Philip et al., 2011; Kara i Yakar, 2008; Kara i Selami, 2008; Tekbiyik i Akdeniz, 2010; Lin & Atkinson, 2011; Županec et al., 2013; Odadžić i sar., 2011; Odadžić et al., 2017 I dr. Navešćemo kratak prikaz jednog broja istraživanja.

U realizaciji nastavnih ciljeva i zadataka nastave prirode i društva, upotreba računara može imati značajnu ulogu u tom smislu što „omogućava da se realizuju razni nivoi i oblici nastavnog procesa, kao što su korišćenje raznih baza podataka, rešavanje problemskih situacija, modelovanje različitih nastavnih etapa i problema, realizacija individualnog učenja putem obrazovnih didaktičkih softvera itd.” (Grdinić i Branković, 2005, str. 201).

U radu Cvjetičanin et al., prikazani su rezultati istraživanja uticaja računarski potpomognutog učenja na kvalitet učeničkog znanja o životnim staništima iz predmeta Priroda i društvo. U istraživanju je učestvovalo 168 učenika trećih razreda osnovnih škola iz Republike Srbije (84 učenika činilo je kontrolnu grupu, a ostalih 84 eksperimentalnu). Na osnovu dobijenih rezultata zaključeno je da je eksperimentalna grupa učenika učeći pomoću računara postigla bolje znanje o životnim staništima, za razliku od kontrolne grupe učenika koja je podučavana tradicionalnim načinom. „Učenici u eksperimentalnoj grupi postigli su bolje rezultate na nivoima primene, analize, sinteze i evaluacije znanja” (Cvjetičanin et al., 2013, pp 100).

Istražujući efekte primene računara u nastavi geografije, Ivkov-Džigurski i sar. navode da je najveći značaj računara kao nastavnog sredstva u tome što se pomoću njega mogu obraditi i najsloženiji geografski sadržaji na zanimljiv i realističan način, što učenicima omogućuje lakše

shvatanje i brže savladavanje gradiva. „Računar može imati značajnu ulogu i prilikom ponavljanja i sistematizacije gradiva. Različiti kvizovi, slagalice i osmosmerke osmišljeni na računaru ili skinuti sa Interneta, kod učenika će probuditi želju za igrom i pozitivnim takmičenjem, a izbeći strah i presiju od klasičnog utvrđivanja. Na ovaj način učenici stižu motivaciju i želju za dalji rad i napredovanje” (Ivkov-Džigurski i sar., 2009, str. 150).

Mnogo je zanimljivih istraživanja sa interesantnim podacima. U istraživanju Aggarwal & Dutt pod naslovom Efikasnost multimedijalnih prezentacija u sticanju bioloških koncepata na uzorku od 120 učenika (po 60 u E i K grupi) sa istim brojem devojčica i dečaka (30 i 30 u obe grupe) iz rezultata studije izvedeni su zaključci:

A) Učenici koji su koristili multimedijalne prezentacije (MMP) su postigli znatno bolje rezultate od onih iz grupe u kojoj su korišćene tradicionalne metode predavanja (TM).

B) Utvrđeno je da je interakcija između strategija nastave i rodne ravnopravnosti na postignuća učenika u sticanju bioloških koncepata značajna. Iako su devojčice i dečaci koji su učili sa MMP pokazali znatno bolje rezultate u odnosu na učenike koji su učili uz pomoć TM, dečaci su postigli znatno veće vrednosti od devojčica u grupi koja je koristila MMP, dok su devojčice nadmašile dečake u kontrolnoj grupi, koja je slušala klasična predavanja (Aggarwal i Dutt, 2014, pp. 81).

U radu Yang et al. je ispitivana efektivnost integracije interaktivne bele table u nastavi biologije u nižim razredima srednje škole. Ispitanici su podeljeni u dve grupe, grupu sa uobičajenim IKT okruženjem za učenje i grupu koja je za učenje koristila interaktivnu belu tablu. Učenici su testirani pre sprovođenja eksperimenta. Čitav proces eksperimentalne nastave je snimljen kako bi se analizirala verbalna interakcija nastavnik – učenici. Nakon eksperimenta učenici su ponovo testirani. Rezultati su pokazali veću efikasnost učenja u grupi koja je koristila interaktivnu tablu. Takođe se pokazalo da su učenici ove grupe pokazali pozitivniji stav prema datom okruženju za učenje. U grupi koja je koristila interaktivnu belu tablu bila smanjeno predavanje nastavnika, a više aktivnost i uključivanje samih učenika (Yang et.al, 2015, 263).

U razvijenim zemljama već dugo se pored štampanih udžbenika, za učenje kod kuće i u nastavi u školi većine predmeta koriste obrazovno-računarski softveri u čijoj izradi učestvuju stručnjaci različitih profila, čime se obezbeđuje njihov kvalitet. Svaki učenik napreduje u skladu sa sopstvenim sposobnostima i mogućnostima. Sposobniji učenici mogu izostaviti delove gradiva koji su im poznati, ili laki, a slabiji učenici to gradivo moraju usvojiti da bi mogli shvatiti naredne informacije (Voskresenski, 2004). Osnovna hipoteza dugogodišnjeg istraživanja multimedijalnog učenja Ričarda Majera i saradnika je da je velika verovatnoća da će do učenja sa razumevanjem doći ukoliko se multimedijalna instrukcija, prisutna u ORS-u dizajnira u skladu sa karakteristikama ljudskog učenja (Mayer, 2001, 2002, 2003; Mayer & Moreno, 2003). Pored toga, softver treba da bude interesantan i stimulativan da bi motivisao učenike za učenje (Virvou et al., 2005).

Pozitivan efekat primene obrazovnog računarskog softvera na postignuća učenika i kvalitet znanja u odnosu na tradicionalnu nastavu u *nastavi matematike* utvrdili su: Raninga (2010) pri obradi nastavne jedinice Aritmetička sredina, medijana i mod; Afzal & Gondal (2010) u obradi poglavlja: Integrali, Algebra i Geometrija; Philip et al. (2011) u realizaciji nastavne teme Matrice; Bayturan & Kesan (2012) u nastavnoj jedinici Veza, funkcija i operacija; Moradmand, Datta & Oakley (2013) upotrebom softvera za početno učenje matematike.

Efikasnost učenja uz primenu obrazovnog softvera u odnosu na tradicionalno učenje u *nastavi fizike*, proučavali su i Çekbas et al. (2003) u realizaciji nastavne teme Elektrostatika i električne struje; Kara & Kahraman, 2008 u realizaciji nastavne teme Sila i pritisak u 7. razredu osnovne škole. Autori su ustanovili da dinamičnost softvera utiče na pozitivne efekte usvajanja



gradiva; Kara & Yakar (2008) su uporedili efikasnost računarski podržanog učenja u odnosu na tradicionalno učenje, u realizaciji nastavne teme Njutnovi zakoni kretanja i konstatovali da između njih ne postoji statistički značajna razlika u postignuću učenika.

U nastavnom predmetu *Nauka* (Sciences) u kome su integrisani sadržaji iz biologije, geografije, hemije i fizike Tekbiyik & Akdeniz (2010) su analizirali 52 studije o efikasnosti primene obrazovnog računarskog softvera u računarski podržanoj nastavi u periodu od 2001. do 2007. godine. Rezultati istraživanja su potvrdili da dobro oblikovan obrazovni softver ima pozitivan uticaj na ukupno postignuće učenika, naročito na nivoima znanja poznavanje činjenica i razumevanja pojmova. Do sličnih rezultata su došli i Mahmood & Mirza (2012).

U brojnim radovima sagledavana je efikasnost primene *obrazovno-računarskog softvera u nastavi biologije*. U svom istraživanju Ferguson i Chapman su pokazali da obrazovni softver, sa testovima interaktivnog tipa omogućava učenicima da se fokusiraju na ključne aspekte bioloških procesa, razjasne nejasnoće i ostvare bolji uspeh na testu u obradi nastavne teme Uvod u genetiku. „Postignuće studenata koji su za učenje Uvoda u genetiku koristili softver GAGI (Computer assisted genetics Instructor) poraslo je na ispitima između 6 i 10 poena, u odnosu na one studente koji ga nisu koristili” (Ferguson & Chapman, 1993, str.145).

Američka firma ISIGHT MEDIA je 2003. godine publikovala interaktivne obrazovne softvere pod nazivom *Biology on Video and CD-rom*, gde se nalaze predavanja za mnoge biološke oblasti poput: citologije, beskičmenjaka, kičmenjaka, fiziologije biljaka, ekologije, genetike, molekularne biologije, embriologije, mikrobiologije, anatomije i fiziologije čoveka. Ono što je posebno interesantno su tzv. virtuelne laboratorije koje predstavljaju prve interaktivne softvere pomoću kojih učenici bez skalpela, uz pomoć tastature i miša vrše disekcije, izvode eksperimente iz biohemije, fiziologije i drugih bioloških disciplina.

Yusuf & Afolabi su u istraživanju došli do saznanja da je pri upotrebi obrazovnog softvera u nastavi grupni oblik rada, mnogo efikasniji od individualnog. Istraživanje je sprovedeno na uzorku od 120 učenika srednje škole u Nigeriji. Preporučena je veća zastupljenost kompjuterski podržane nastave u srednjim školama (Yusuf & Afolabi, 2010, pp. 62)

Najkompleksniji nastavni materijal kreiran uz podršku računara koji se koristi na časovima u školi i za učenje kod kuće je *elektronski udžbenik*. Iako još uvek njegova definicija nije precizirana, može se reći da je to savremeno nastavno sredstvo, bazirano na primeni IKT u nastavi, čiji multimedijalni sadržaji u potpunosti prate Nastavni program. Elektronski udžbenici se u razvijenim zemljama (SAD, Japanu, Ruskoj federaciji Australiji, Singapuru, Izraelu, Indiji, Kini, Sloveniji i drugim zemljama) odavno koriste na svim nivoima obrazovanja. Kod nas ih izrađuju izdavačke kuće Multisoft i Kvarck media, a od nedavno i ostali izdavači štampanih udžbenika Zavod za udžbenike, Beograd (<http://www.zavod.co.rs/>), Izdavačka kuća Klett, Beograd (<http://www.klett.rs/>) i drugi. U Srbiji još uvek ne postoje elektronski udžbenici koji su urađeni prema Nastavnom planu i programu biologije za gimnaziju. Izdavači, poput Kvarck media, Multisoft, Klett i Zavod za udžbenike i drugi su publikovali udžbenike u elektronskoj formi za pojedine predmete osnovne škole. Osnovne odlike kvalitetnih elektronskih udžbenika su multimedijalnost i interaktivnost. Prema Vasilijević, elektronski udžbenik u odnosu na štampani daje veće mogućnosti za istraživačko učenje. Kao njegove pozitivne efekte ističe podsticanje učenika na aktivan stvaralački rad, omogućavanje samostalnosti učenika pri uočavanju, otkrivanju veza i odnosa među ponuđenim sadržajima, postavljanju i proveru hipoteza, stvaranju novih ideja i njihove provere u konkretnim situacijama i ostvarivanje bolje vizuelizacije sadržaja uvažavajući princip očiglednosti. Pa ipak, autorka konstatuje „U savremenoj nastavi nema mesta za dilemu „klasični ili elektronski udžbenik” zato što su potrebni i jedan i drugi, tim više ako se integracijom prednosti oba udžbenika otklanjaju njihovi nedostaci i postiže novi kvalitet. Rešenje

treba tražiti i pronalaziti u kreativnoj sintezi, prednostima njihovih različitih strategija” (Vasilijević, 2010, str. 60).

U radu Rotbain et. al. (2008) je predstavljen aktivan način korišćenja kompjuterskih animacija za učenje sadržaja iz molekularne genetike u srednjoj školi. Učenici E grupe su učili interaktivno apstraktne procese u molekularnoj biologiji uz pomoć kompjuterskih animacija (LogalTM Molecular Biology) kojima je predstavljena struktura DNK i RNK, replikacija DNK i sinteza proteina. Uspjeh učenika E i K grupe je proveren pomoću pisanog testa. Analiza rezultata finalnog testa (post-testa) je pokazala da je prosečno postignuće E grupe bilo statistički značajno veće od K grupe (Rotbain et. al., 2008, str. 49).

U novije vreme, pojavili su se interaktivni elektronski udžbenici biologije izuzetnog kvaliteta. Jedan od njih je Principi biologije (*engl.* Principles of Biology), čiji je izdavač Nature Education ([http://www.nature.com/nature\\_education/interactive\\_textbooks](http://www.nature.com/nature_education/interactive_textbooks)). Ovaj udžbenik se sastoji od 6 delova: Biohemija, Citologija, Genetika, Fiziologija biljaka, Fiziologija životinja i Ekologija. Namenjen je za početni kurs biologije na univerzitetskom nivou, zbog čega ga mogu koristiti i učenici u srednjim školama. Udžbenik sadrži tekstualne sadržaje, razne simulacije, interaktivne vežbe i testove. U njegovoj izradi učestvovalo je preko 100 naučnika, ilustratora, animatora, veb dizajnera i recenzenata. Veliku pažnju izazvao je i elektronski udžbenik Život na Zemlji (*engl.* Life on Earth), koji je namenjen učenicima srednje škole, i obuhvata sadržaje: o nastanku i evoluciji živog sveta, iz citologije, genetike, fiziologije biljaka i životinja, diverziteta biljaka i životinja. Njegovo preuzimanje je besplatno sa <http://www.apple.com/itunes/download/>.

Elektronski udžbenici biologije za gimnazije i srednje stručne škole, koji su pripremljeni prema Nastavnim programima u Republici Srbiji još uvek ne postoje. Zbog toga nastavnici sami kreiraju multimedijalne prezentacije, čiji kvalitet isključivo zavisi od njihovog stručnog i informatičkog obrazovanja i kreativnosti. I najkompleksniji biološki sadržaji se mogu približiti učenicima korišćenjem različitih prezentacija koje sadrže: tekst, zvuk, slike i video sekvence (filmove, kompjuterske animacije i simulacije i didaktičke igre). Zato su računari i multimedijalne prezentacije široko zastupljene u nastavi biologije i svim njenim disciplinama na univerzitetskom obrazovanju, ali sve češće i u osnovnim i srednjim školama. Otuda i brojna istraživanja o efektima njihove primene u učenju i podučavanju na univerzitetima: French i Rodgeron (1998) su uradili računarske simulacije namenjene vežbama i predavanjima na univerzitetu, ali u nastavi biologije u osnovnim i srednjim školama. Franklin i Peat su na univerzitetu u Sidneju realizovali online učenje sa studentima prve godine biologije (Franklin i Peat, 1998a) i vršili istraživanja efikasnosti strategija računarski podržanog učenja i napretka studenata (Franklin i Peat, 1998b). Apkan (2001) je kreirao programe simulacije koje zamenjuju disekcije životinja. Potyrala je na univerzitetu u Krakovu, sprovodio istraživanja o efikasnosti interaktivnog učenja genetike uz pomoć računara, ekologije i taksonomije (Potyrala, 2003).

U radu Dizajniranje visoko-kvalitetnih interaktivnih multimedijalnih modula za učenje (Huang, 2005) date su smernice iz najboljih praksi u oblasti edukativnog multimedijalnog dizajna izvedenog iz Projekta Virtualna laboratorija sa Stanford Univerziteta. Razvoj multimedijalnih modula sastoji se iz pet faza:

1. razumevanje problema učenja i potreba korisnika;
2. dizajn sadržaja na način koji podržava tehnologija;
3. izrada multimedijalnih materijala uz primenu web stil standarda i principa ljudskog faktora;
4. testiranje korisnika;
5. evaluacija i poboljšanje dizajna (Huang, 2005, str. 226-227).

Dodatne prednosti uključuju besplatan pristup i distribuciju putem interneta ili CD-ROM-a. Ipak, postojeći metodi dizajniranja multimedijalnih modula za učenje nisu standardizovani i nedostaje im jak instruktivni dizajn.

Kara & Selami su ispitivali efekte softverskih programa dizajniranih po modelu uputstva (*engl.* tutorial) i edukativno-zabavnih softverskih programa iz oblasti *Deobe ćelije* na postignuća, pogrešna shvatanja i stavove učenika devetog razreda državne srednje škole. Istraživanje je sprovedeno na uzorku od 72 učenika iz tri odeljenja (uzrasta od 14-15 godina) koji su po principu slučajnosti podeljeni u tri grupe po 24 učenika (dve eksperimentalne i jednu kontrolnu). Kontrolna grupa je pohađala nastavu po tradicionalnoj instrukcionoj metodi, dok su u obe eksperimentalne grupe primenjeni materijali uz podršku računara. Na osnovu rezultata testa znanja (nakon obrade sadržaja o deobi ćelije) instrukcioni softveri su imali pozitivan efekat na razumevanje procesa mitoze i mejoze u obe eksperimentalne grupe. Takođe je zabeleženo da je sama upotreba edukativno-zabavnih softverskih programa značajno uticala na promenu stavova učenika prema biologiji (Kara & Selami, 2008, pp. 32).

Lin & Atkinson su eksperimentalno proveravali korišćenje animacija i vizuelnog preslušavanja kao podršku učenju naučnih kocepata i procesa. Uzorak su činili studenti osnovnih studija (N=119) koji su po principu slučajnosti raspoređeni u jednu od četiri eksperimentalne grupe u 2x2 faktorijal dizajnu, odnosno četiri forme prezentacije: animirana u poredjenju sa statitičnom grafikom i vizuelno preslušavanje u poređenju sa prezentacijom bez vizuelnog preslušavanja. Studenti kojima su bile prikazane animacije pokazali su retenciju značajno većeg broja naučnih konceptata u odnosu na studente grupe u kojoj su prikazani statični grafiki elementi. Studenti kojima je omogućeno vizuelno preslušavanje pokazali su jednak nivo usvojenog znanja kao i grupa bez vizuelnog preslušavanja, ali su ovo znanje usvojili za značajno manje vremena (Lin & Atkinson, 2011, pp. 650).

U radu Jacob Kola (2013) je razmatrana primena IKT-a u efikasnoj nastavi i učenju prirodnih nauka: biologiji, hemiji i fizici. Vlada Nigerije je dala predlog za uspostavljanje dobro opremljenog ICT centra u svim školama. Istaknuti su problemi koji su uticali na potpunu primenu ICT u obrazovanju.

Rezultati Cheng et al. (2012) su pokazali da se u poređenju sa tradicionalnim modelom nastavne instrukcije, korišćenjem multimedijalnih materijala pomoću računara postižu znatno bolji rezultati. „Na primer, učenicima srednje škole je teško rečima nastavnika objasniti: trodimenzionalnu strukturu DNK, replikaciju DNK, procese transkripcije i translacije, a učenici teško mogu posmatrati ove pojave u realnom životu” (Cheng et al., 2012, pp., 25). Nasuprot tome, slajd koji je dizajniran sa malo teksta i sadrži animaciju daje mogućnost učenicima da lako mogu razumeti nukleinske kiseline (DNK i RNK).

Prema Park et al. ranija istraživanja multimedijalnog učenja bila su dominantno fokusirana na njegov kognitivni aspekt, a novija istraživanja su počela da uzimaju u obzir i afektivne aspekte multimedijalnog učenja. Rezultati istraživanja su pokazali kako emocije i interesovanje deluju podsticajno na kognitivne procese i pospešuju kognitivne i afektivne ishode (Park et al., 2013, pp. 1).

U našoj zemlji je realizovano malo istraživanja o efikasnosti primene računara u nastavi biologije. Navešćemo neke od njih: Grujičić i Miljanović (2005); Terzić i Miljanović (2009); Odadžić i sar. (2011); Županec i sar. (2013); Odadžić et al. (2017).

U radu Grujičić i Miljanović sagledana je efikasnost primene različitih modela nastave tokom realizaciji sadržaja o skrivenosemicama u VI razredu osnovne škole: primenom multimedije (u E<sub>1</sub> grupi), nastavne ekskurzije (u E<sub>2</sub> grupi) i tradicionalne nastave (u K grupi). Na osnovu rezultata finalnog testa i retesta učenici E<sub>1</sub> i E<sub>2</sub> grupe su postigli viši nivo (kvantitet i

kvalitet) znanja iz biologije u odnosu na učenike K grupe. Ovi rezultati ukazuju na veću efikasnost inovativnih modela (primene multimedije u E<sub>1</sub> grupi i realizacije vežbi iz biologije na terenu u E<sub>2</sub> grupi) u odnosu na tradicionalnu nastavu (časove biologije u školi u K grupi). (Grujičić i Miljanović, 2005, str. 332-335).

U radu Terzić i Miljanović (2009) analizirana je efikasnost primene multimedije tokom obrade nastavne teme *Biologija razvića životinja* u nastavi biologije u III razredu gimnazije društveno-jezičkog smera u odnosu na tradicionalni pristup nastavi. Ostvareni rezultati učenika eksperimentalne grupe na finalnom testu i retestu su pokazali da su oni lakše i efikasnije usvojili sadržaje nastavne teme *Biologija razvića životinja* primenom multimedijalnog obrazovnog računarskog softvera radom u parovima nego tradicionalnom nastavom i frontalnim oblikom rada (Terzić i Miljanović, 2009, str. 5).

U radu Odadžić i sar. primenjen je inovativni didaktički model (programirani nastavni materijal u vidu obrazovnog softvera) za obradu sadržaja iz nastavne teme *Osnove citologije* u nastavi biologije u I razredu gimnazije opšteg smera, a zatim ispitana efikasnost njegove primene u odnosu na tradicionalnu nastavu. Pedagoški eksperiment je realizovan na uzorku od 120 učenika (po 60 učenika u E i K grupi). Rezultati finalnog testa i retesta učenika E i K grupe su pokazali da su učenici E-grupe (koji su nastavne sadržaje realizovali primenom inovativnog modela nastave) ostvarili veći kvantitet i kvalitet znanja od učenika K-grupe (Odadžić i sar, 2011, str. 249).

U radu Županec et al. (2013) ispitivana je efektivnost programirane nastave uz pomoć kompjutera u odnosu na tradicionalni model učenja u nastavi biologije u VI razredu osnovne škole. Učenici E grupe su sadržaje nastavne podteme *Hordati* u ovom razredu realizovali primenom programirane nastave uz pomoć kompjutera individualnim oblikom rada, dok su učenici kontrolne grupe iste nastavne sadržaje u isto vreme obradili tradicionalnom nastavom (Županec i sar., 2013, str., 422). Analiza rezultata finalnog testa i retesta je pokazala da su učenici E grupe ostvarili veći kvantitet i kvalitet znanja u odnosu na učenike K grupe. Od posebnog je značaja to što su učenici E grupe ostvarili znatno bolji rezultat (veći broj poena) u odnosu na K grupu, na težim i najtežim pitanjima i zadatcima (razumevanje pojmova i analiza i rezonovanje). Bolje rezultate od učenika K grupe učenici E grupe ostvarili su i na retestu (Županec i sar., 2013, str., 437). Obrazovni softver *Hordati* kreiran po modelu programirane nastave omogućio je da se ispolji veća sposobnost učenika E grupe u rešavanju kompleksnijih pitanja i zadataka u odnosu na učenike K grupe i na finalnom testu i na retestu.

U radu Odadžić et al. (2017) su prikazani rezultati eksperimentalnog istraživanja u kome je analizirana efikasnost primene obrazovno računarskog softvera u obradi nastavne teme *Mehanizmi nasleđivanja* u eksperimentalnoj grupi, u odnosu na obradu iste nastavne teme tradicionalnom nastavom u kontrolnoj grupi u IV razredu gimnazije opšteg smera. Učenici E grupe su učili gradivo iz biologije koristeći kvalitetan obrazovni računarski softver u kome je gradivo nastavne teme *Mehanizmi nasleđivanja* bilo mnogo bolje prikazano i ilustrovano nego u važećem udžbeniku biologije. Svaki učenik je samostalno prolazio kroz softver u skladu sa svojim mogućnostima i sposobnostima, sopstvenim tempom rada sve do usvajanja predviđenih nastavnih sadržaja prema svojim interesovanjima. Znatno bolji uspeh učenika E grupe na finalnom testu i retestu u odnosu na K grupu je rezultat obrade nastavne teme *Mehanizmi nasleđivanja* u ovoj grupi primenom obrazovno računarskog softvera individualnim oblikom rada. Kod učenika K grupe zbog primenjenog tradicionalnog modela obrade nastavne teme *Mehanizmi nasleđivanja* ta aktivnost je izostala, što je rezultiralo njihovim slabijim postignućem na testovima znanja (Odadžić et al., 2017, pp., 23).



Analizom rezultata navedenih istraživanja, svi autori ukazuju na značajne prednosti primene inovativnih modela nastave (primene interaktivnih multimedijalnih prezentacija, obrazovnog računarskog softvera i elektronskog udžbenika u nastavi biologije i ostalih prirodnih i društvenih nauka u odnosu na tradicionalno učenje. Naročito se ističe efikasnost u pogledu kvaliteta i brzine učenja, trajnosti i primenljivosti stečenog znanja, a takođe i većoj zainteresovanosti i motivaciji učenika za usvajanje nastavnih sadržaja.

### 2.3. Interaktivno učenje/nastava

Prosvetna javnost se suočava sa različitim zahtevima za promenama u obrazovanju u celini, u organizaciji nastave i učenju pojedinačnih nastavnih predmeta i naročito u nastavi prirodnih nauka. Pošto je reč o veoma složenim pitanjima implementacije novih ideja u postojeći obrazovni sistem, o tim promenama postoje različita mišljenja. Jedan od takvih primera je i interaktivna nastava i učenje za koju neki autori smatraju da je to zapažena novina koja se ne može jasno i konkretno definisati, dok je ocena drugih da je to „već viđeno”, jer su pojedini nastavnici na takav način radili pre trideset i više godina (Krnet, 2006, str. 40). Interaktivno učenje/nastava je kao pojam ipak novijeg datuma, a njena primena u savremenom obrazovanju je veoma aktuelna.

„Sintagma interaktivno učenje sastoji se iz dve kompleksne pojave, učenje i interakcija. Interaktivno učenje nije prost zbir sadržaja interakcije i sadržaja učenja, već sasvim nova pojava, kako po sadržaju tako i po efektima. Interaktivno učenje daje efekat veći od pojedinačnih efekata interakcije i efekta učenja, posmatranih samostalno i razdvojeno” (Krnet, 2006, str. 141). Ovu pedagošku paradigmu čini interakcija između subjekata koji uče, sadržaja koje uče i nastavnog procesa u kojem uče. Suština interaktivnog učenja izražava se u međuzavisnosti i međudejstvu, odnosno međuučicaju subjekata koji zajednički uče, jer svakom su za zadovoljavanje vlastitih potreba neophodni drugi ljudi. To se ne odnosi samo na materijalne, već pre svega, na socijalne i psihološke potrebe, koje su izuzetno važne za dobro psihološko zdravlje pojedinaca (Roders, 2003 str. 47).

Mnogi nastavnici smatraju da su sadržaji prirodnih nauka sami po sebi aktivirajući (jer su prirodne nauke eksperimentalne, istraživačke nauke) i da nije potrebno koristiti neke posebne metode za aktiviranje učenika (Antić i sar., 2005). Ovo nije sasvim tačno, jer ma kakva bila priroda sadržaja neke nauke ili naučne discipline ona ne garantuje efikasno i kvalitetno učenje. Taj kvalitet zavisi od načina na koji se ti sadržaji prezentuju učenicima, odnosno koliko im način rada u nastavi omogućuje misaono aktiviranje i aktivan odnos prema sadržaju učenja.

U stručnoj javnosti koncept interaktivne nastave se naziva različitim imenima: interakcija, interaktivna nastava, interaktivno učenje, interaktivni metod, novi način rada, savremena nastava i sl.

N. Suzić ističe da se pedagoška praksa u novije vreme susreće sa nizom fenomena koji do tad nisu teorijski razjašnjeni i pojmovno definisani, te izvodi definicije osnovnih pojmova u vezi sa za interaktivnim učenjem.

U najširem značenju interakciju možemo shvatiti kao akciju koja se razmenjuje između X i Y, pri čemu X ili Y može biti osoba, grupa ljudi ili medij. Ukoliko je jedna od te dve strane pasivna, ne postoje uslovi da se ostvari interakcija.

*Interaktivno učenje* je proces koji rezultira relativno permanentnim promjenama u razmišljanju, emocijama i ponašanju koji nastaju na osnovu iskustva, tradicije i prakse ostvarene u socijalnoj interakciji (Suzić, 1999, str. 24).

*Metode interaktivnog učenja* su one u kojima dominira učenje u socijalnoj interakciji. Takve metode su: timska metoda, mozaik-metod, učimo zajedno, grupni projekt-metod, strukturalni pristup, kooperativno koncipiranje mapa, kao i druge metode koje podržavaju socijalnu interakciju u procesu učenja. Ako na jednom nastavnom času preovlađuju interaktivne metode, može se reći da je taj čas zasnovan na interaktivnom učenju.

*Interaktivni postupak* podrazumeva jednu ili više radnji koje se ostvaruju kao uzajamna akcija između dve ili više osoba ili grupa, a realizuje se u okviru interaktivnih i drugih nastavnih metoda (Suzić, 2005).

Na osnovu izloženog, pod pojmom interaktivna nastava se podrazumeva didaktički model u kome dominiraju interakcija kao odnos između učesnika obrazovno-vaspitnog rada i proces interaktivnog učenja u usvajanju sadržaja koji su predviđeni Nastavnim planom i programom. Jedna od bitnih karakteristika koja je razlikuje od tradicionalne nastave je što se u interaktivnoj nastavi pored različitih oblika (rad u paru, rad u grupi, rad u kolektivu) mogu primeniti i različiti modeli nastavnog rada. Neki od modela interaktivne nastave su: egzemplarna nastava, programirana nastava u interaktivnoj nastavi, interaktivno učenje u problemskoj nastavi, interaktivna nastava različitih nivoa složenosti, interaktivno učenje simetričnom interakcijom, ali i modeli interaktivnog učenja zasnovani na novim obrazovnim tehnologijama, kao što su: interaktivno učenje u nastavi uz pomoć multimedija, interaktivno virtuelno učenje i interaktivno učenje pomoću konzerviranih sadržaja učenja.

S. Milijević izlaže model interaktivnog učenja u egzemplarnoj ili paradigmatškoj nastavi. U njemu je istaknuto da je egzemplarna ili paradigmatška nastava „reakcija na didaktički materijalizam i enciklopedizam u nastavi.” Osnovni smisao ovog modela je da se iz nastavnog programa pojedinih predmeta izaberu one karakteristične, tipične, uzorne, reprezentativne, egzemplarne nastavne teme i da se metodički obrađuju na egzemplaran način, kako bi se učenici osposobili za samostalnu obradu drugih tema u nastavnom procesu ili izvan njega (Milijević, 1999, str. 135).

D. Branković analizom interaktivnog učenja u problemskoj nastavi, ističe da je to „jedan od oblika sticanja znanja i razvijanja sposobnosti u problemskoj nastavi” i da ima više nivoa. „Njegovo projektovanje, organizacija, realizacija i vrednovanje ostvaruje se uz primenu posebnog sistema pedagoških načela”. Jedan od efikasnih načina organizacije i realizacije interaktivnog učenja u problemskoj nastavi su edukativne radionice. Neki autori ga nazivaju kooperativno-interaktivni način učenja (Branković, 1999, str. 109). Kao posebne prednosti interaktivnog učenja u problemskoj nastavi u odnosu na klasične oblike školskog učenja istakao je:

- „školski uspeh (kvantitet, kvalitet, trajnost i primenljivost školskih znanja),
- nivo razvijenosti interpersonalnih odnosa (učenik – učenik, učenik – nastavnik, učenik – grupa vršnjaka, učenik – kolektiv učenika) i
- sposobnost samouvažavanja i samopoštovanja” (Branković, 1999, str., 122).

Funkcije nastavnika koji organizuju različite nivoe i oblike interaktivnog učenja u problemskoj nastavi su nove i u određenoj meri specifične. Umesto uloge predavača i ocenjivača nastavnik sada dobija ulogu konstruktora problemskih situacija, planera i koordinatora grupnih procesa, evaluatora ostvarenosti vaspitno-obrazovnih ciljeva i nivoa ostvarenosti grupnog cilja (Branković, 1999, str., 122).

M. Ilić objašnjava model interaktivne nastave različitih nivoa složenosti. On predlaže da se ovaj model nastavnog rada inovira unosenjem u njegovu strukturu „interaktivnih oblika učenja, kao što su:

- tandemsko učenje (kooperativno učenje u paru učenik – učenik),
- grupno učenje (kooperativno učenje u grupama učenika – grupe mogu biti angažovane na istim ili različitim zadacima i sadržajima učenja) i
- kooperativno učenje nastavnik – učenik (u tandemu, u grupi u odeljenju, itd)“.

Navedenim oblicima interaktivnog učenja bio bi proširen repertoar raznolike lepeze modela učenja u nastavi različitih nivoa složenosti koje ga značajno dodatno inoviraju (Ilić, 1999, str. 87).

M. Banjac (1999) objašnjava model „interaktivno učenje simetričnom interakcijom“ i navodi da postoji više oblika interaktivnog učenja. Zajedničko im je da su u takvom učenju aktivni i učenici i nastavnici. U velikom broju slučajeva u ovom obliku učenja interakcija je najčešće asimetrična, jer je nastavnik lice sa velikim životnim i profesionalnim iskustvom. Autor smatra da u nastavi treba stvoriti obrazovno-vaspitnu situaciju u kojoj je moguće delovati po principima simetrične interakcije, u kojoj će maksimalno doći do izražaja učenički životni i obrazovni potencijal. Zato „učenju kroz interakciju mora prethoditi planirani pristup, koji je mnogo više od jednostavnog angažovanja da se učenici podstaknu na zajednički rad“ (Banjac, 1999, str. 291).

U radu Interaktivna kompjuterska nastava D. Mandić navodi da je nakon perioda korišćenja grafoskopa, dijaprojektora, video-projektora značajnije inoviranje obrazovanja moguće korišćenjem informacione tehnologije. Zato su u zemljama širom sveta, a naročito najrazvijenijim, učinjeni značajni koraci na opremanju škola savremenim nastavnim sredstvima. Od škola se očekuje da se savremeno opreme, a od nastavnika da primene novu opremu i inoviraju metode i oblike rada sa učenicima. Informaciona tehnologija u obrazovanju pruža mogućnosti za primenu novih nastavnih metoda i novu organizaciju nastave, čime bi se nedostaci tradicionalne nastave mogli svesti u granice tolerancije. Kompjuteri poslednje generacije pružaju mogućnosti nastavniku da podigne kvalitet podučavanja i omogući višestruku komunikaciju u nastavi. Multimedijalne prezentacije doprinose kreiranju pedagoških situacija u kojima dolazi do izražaja odgovornost učenika za uspeh nastave i učenja (Mandić, 2003, 216). Učenici pažljivije prate multimedijalnu prezentaciju, bolje pamte nastavne sadržaje i aktivnije učestvuju u procesu saznavanja novih sadržaja. Brže sticanje znanja pruža mogućnost učenicima da razmišljaju, analiziraju i zaključuju, da se više posvete učenju istraživanjem, otkrivanjem i rešavanjem problema i da na taj način stiču funkcionalna znanja koja unapređuju njihovo obrazovanje (Mandić i Mandić, 1997, str. 197-199). Posebno je važno što učenici mogu da koriste kompjuter za učenje i kod kuće koristeći različite nastavne materijale: multimedijalne prezentacije, obrzovne softvere ili elektronske udžbenike koji su kreirani po modelu interaktivne nastave i druge izvore znanja posredstvom Interneta. Oni tako mogu dodatno upotpuniti svoje znanje. Zbog toga se u školama mora više koristiti kompjuterska tehnologija, kako bi ona i u školi imala onu ulogu koju ima u industriji, poljoprivredi i svim drugim delatnostima u društvu, a ne da za njima zaostaje. Važno je takođe obučiti nastavnike za korišćenje računara u nastavi, jer je situacija u kojoj je znanje učenika o radu na računaru veće nego znanje njihovih nastavnika apsurdna.

Metode interaktivnog učenja podstiču razvoj pojedinca u neposrednoj socijalnoj situaciji, jer su zasnovane na kooperativnim i interaktivnim oblicima komunikacije i raznovrsnim odnosima među njegovim akterima (Vilotijević, 2008). Smatra se da bi metode učenja sa drugima mogle nadoknaditi nedostatke jednosmernih aktivnosti pojedinca i doprineti ne samo

raznovrsnim komunikacijama između različitih aktera u nastavnom radu, nego i svestranijem kognitivnom, emocionalnom i uopšte psiho-socijalnom razvoju učenika.

Zajednički zaključak brojnih studija o interaktivnoj nastavi jeste usmeravanje ka promeni od visoke kontrole nastavnika nad nastavnim procesom ka samostalno usmerenom procesu sticanja znanja, većoj autonomiji i ko-konstrukciji znanja od strane učenika (Kennewell et al., 2008).

Psihološke osnove interaktivnog učenja nalaze se u kooperativnosti koja je u suštini posebna i veoma složena crta ličnosti. Ta se sposobnost u procesu učenja manifestuje kroz spremnost za rad sa drugima (rad u kolektivu, grupi ili paru), spremnost za uspostavljanje ravnopravnih i recipročnih odnosa sa drugima, na velikom poverenju i tolerantnosti prema drugima sa kojima se uči (Roders, 2003, str. 47). Aktivnost pojedinca u procesu učenja je determinisana, pre svega njegovim ličnim kapacitetima, ali u dobroj meri zavisi i od pomoći i saradnje drugih osoba iz neposrednog socijalnog okruženja. Nastavnik u takvoj organizaciji nastave nije najvažniji izvor znanja, nego se nalazi u ulozi organizatora, moderatora i koordinatora učeničkih aktivnosti.

Bitna odlika interaktivne nastave i savremenog nastavnog procesa je efikasna pedagoška komunikacija. Ona predstavlja osnovu humanizacije obrazovno-vaspitnog procesa, stvaralačkog učenja i interaktivne nastave. Ukoliko učenici nastavnu komunikaciju procenjuju i doživljavaju kao pozitivnu, podsticajnu, kvalitetnu, ukoliko su njome zadovoljni, mnogo lakše i sa više volje pristupaju nastavnim aktivnostima i ostvaruju bolje rezultate u nastavi (Jovanović, 2009, str. 373).

Interakcija u procesu učenja teorijski je osmišljavana, a zatim i empirijski i eksperimentalno proveravana. U okviru horizontalnih interakcija proučavane su interakcije: učenik – učenik, grupa učenika – grupa učenika. U vertikalnoj interakciji istraživane su interakcije: učenik – grupa učenika; učenik – nastavnik; grupa učenika – nastavnik.

„Međutim, te interakcije ne obuhvataju interaktivno učenje u nastavi pomoću savremenih informatičko-komunikacionih tehnologija. Dakle postoje i neke druge specifične interakcije koje logički proizilaze iz terminološkog određenja nove paradigme a odnose se na informatičku komponentu. To je nova interakcija kojom se iskazuju odnosi ili interakcije UČENIK – IKT u procesima učenja (samoučenja) u nastavi i izvan nastave” (Branković, 2016, str. 139). To su interakcije učenika i savremenih informaciono-komunikacionih tehnologija u procesima učenja (samoučenja) u nastavi i izvan nastave u slobodnom vremenu. Interakcije učenika i savremene informaciono-komunikacione tehnologije u procesima učenja u nastavi, ali i izvan nastave, se povećavaju. P. Hancock naglašava da te nove informaciono-komunikacione tehnologije (hibridni sistemi: čovek – mašina) „možemo definisati kao sisteme u kojima ljudi i mašine deluju interaktivno, svako kao kooperativni inteligentni entitet” (Hancock, 2009, str. 987).

U realizovanom istraživanju u odeljenjima eksperimentalne grupe nastavna tema Osnovi molekularne biologije realizovana je interaktivnom nastavom uz podršku računara radom u parovima. U novijim izdanjima didaktike i metodika nastave različitih predmeta ističe se da je to jedan od inovirajućih organizacionih oblika nastavnog rada. Prednosti, domete, ograničenja i mogućnost primene rada u parovima u interaktivnom učenju analizirao je S. Miljević. Radom u parovima isti programski sadržaji se mogu realizovati za kraće vreme i postići bolji rezultati sa istim nastavnim sredstvima, istim priborom i istim izvorima znanja. U radu su navedeni važni razlozi za veću zastupljenost ovog oblika rada u nastavi:

- pedagoški: učenik se više aktivira, razvija navike za saradnju i zajednički rad;



- psihološki: osigurava se povoljnija radna atmosfera i uspostavlja neophodna emocionalna ravnoteža;
- sociološki: doprinosi razvoju niza osobina i stavova u skladu sa normama društvenog ponašanja;
- didaktički: racionalnije se koristi raspoloživo vreme, nastava je humanija i privlačnija za učenika, učenik ima aktivnu (subjekatsku) poziciju;
- metodički: više se afirmiše ličnost učenika, povratna informacija je brža, a unutrašnja motivacija je jače izražena (Milijević, 2004, str. 238).

Zajedničko (kooperativno) učenje u paru u nastavi biologije može biti: zajedničko posmatranje, učenje, izvođenje različitih vežbi ili oglada, ilustracija, demonstracija i prezentacija, ili zajednički rad na računaru i učenje posmatranjem mulimedijalnih prezentacija kao što je bio slučaj u eksperimentalnoj grupi tokom obrade nastavne teme Osnovi molekularne biologije.

Vrednosti i dometi interaktivnog učenja nisu još uvek dovoljno eksperimentalno proveravani. Pozitivna pedagoška iskustva pokazuju prednosti ovog u odnosu na tradicionalne oblike učenja u nastavi.

### 2.3.1. Uloga interakcije i interaktivnosti u nastavi

Pozicija učenika u nastavi bitno zavisi od kvaliteta interakcije u učionici. Dobra nastavna interakcija se zasniva na nekoliko značajnih teorijskih koncepcija učenja i motivacije. Svakako da je uticaj humanističkih teoretičara, čija se koncepcija učenja zasniva na zadovoljavanju pojedinačnih potreba i razvoju njegovih potencijala, najveći. Oni polaze od toga da unutrašnja motivaciona snaga treba da bude težnja ka samoaktualizaciji. Bihejvioristi smatraju da je cilj učenja promena ponašanja što se, po njihovom mišljenju, može postići pozitivnim ili negativnim potkrepljenjem. Kognitivisti polaze od toga da je u procesu učenja važna mentalna organizacija, način prerade i uskladištavanja informacija, a očekivanje uspeha deluje podsticajno. Pristalice razvojnog pristupa se zalažu za učenje zasnovano na interakciji sa okružujućom stvarnošću, a kao motivacija treba da deluje nastojanje da se razreši kognitivna disonanca (Vilotijević, 2009, str. 731).

Interaktivno učenje, samostalno ili kombinovano sa predavanjem nastavnika, može se sprovoditi u svim nastavnim oblicima (frontalnom, grupnom, radu u parovima, individualnom) sa različitim pedagoškim efektima. Analiza pedagoško-psihološke literature i rezultata manjeg broja empirijskih istraživanja je pokazala da preimućstvo u interaktivnom učenju ima povezanost predavanja (podučavanja) sa interaktivnim učenjem u paru ili u grupi učenika.

Analizirajući praktična iskustva iz oblasti organizacije i izvođenja interaktivnog učenja, Apel navodi tri bitne tačke ovog oblika učenja u nastavi:

1. Nastavnik i učenici treba da raspolazu specifičnom, za određen nastavni sadržaj odgovarajućom, upućenošću u sadržaje učenja;
2. Smislenije je pripremiti se za neku lekciju nego nakon odslušanog predavanja naknadno učiti iz zapisa sa predavanja;
3. Stalnim menjanjem oblika podučavanja i učenja kao i različitih podsticaja za učestvovanjem obezbeđuje se dinamično oblikovanje nastavnog časa i povećava pažnja učenika (Apel, 2003, str. 69-70).

Literatura u ovoj oblasti beleži mnoge metode i teorije aktivnog učenja, čiji je cilj podsticanje kritičkog mišljenja, razvoj strategija za primenu aktivnih metoda, metoda za podsticaj kreativnosti učenika, metoda aktivacije višestruke inteligencije. Studenti (učenici) uče najbolje

kada aktivno učestvuju u sticanju znanja, kada kombinuju teoriju sa praksom, kada kritički analiziraju informacije, uče putem istraživanja i primenjuju ono što su teorijski naučili. Jak argument u korist savremenih metoda i tehnika (u odnosu na tradicionalne) je da su studenti otvoreniji prema nastavnim i vannastavnim aktivnostima, spremniji su da se uključe u razne aktivnosti i da su otvoreni i sa više poverenja prema nastavnicima (Lile & Kelemen, 2014, str. 124).

Yakovleva & Yakovlev u svom radu daju pregled interaktivnih nastavnih metoda koje su najviše rasprostranjene u naučnoj i metodičkoj literaturi koje imaju potencijal da formiraju kompetencije budućih profesionalaca: obuka, studija slučaja, modelovanje ponašanja, vršnjačka edukacija i povratna informacija, projekat igara, igra metafora, pripovedanje i metode učenja kroz akcije. Oni naglašavaju da strategija savremenog obrazovanja treba da se fokusira na samostalne aktivnosti studenata, organizaciju okruženja za samoučenje, eksperimentalnu i praktičnu obuku, gde studenti biraju aktivnosti, preuzimaju inicijativu i koriste fleksibilne programe obuke. Aktivne metode učenja modifikuju uloge nastavnika iz pozicije onoga koji prenosi informacije u organizatora i koordinatora obrazovnog procesa (Yakovleva & Yakovlev, 2014, str. 76-79).

Brojna istraživanja na nivou osnovnog, srednjeg i visokog obrazovanja, su pokazala da su verbalne i reproduktivne vrste nastave na najnižem nivou efikasnosti u nastavnoj praksi. One su najzastupljenije i na univerzitetskom obrazovanju. Zato N. Čirić u svom radu ukazuje na ulogu i značaj interaktivne nastave za inoviranje i kvalitet akademskog učenja. Interaktivna nastava sa odgovarajućom didaktičko-metodičkom strukturom organizacije nastavnog rada doprinosi razvoju kooperativnih odnosa koji su zanemareni u konceptu tradicionalne paradigme akademskog obrazovanja, doprinosi kvalitetu akademske nastave i ukupnom kvalitetu visokog obrazovanja. Interaktivna nastava stimuliše stvaranje kooperativnih odnosa i doprinosi dinamici nastavnog procesa, motiviše samo-aktivnosti, inicijativu, aktivno učešće i uključivanje studenata u nastavni proces (Čirić, 2016, str. 88).

### **2.3.2. Perspektive interaktivnog učenja u nastavi**

U savremenoj pedagoškoj literaturi objavljeni su brojni radovi o unapređivanju tradicionalne nastave. Teorijski smisao tih novina manifestovao se kroz zahteve za napuštanje dominacije strategije podučavanja i postepeno uvođenje inovacija zasnovanih na strategijama učenja i samoučenja. Već je naglašeno da je tradicionalnu nastavu moguće unaprediti uz primenu interaktivnog učenja. Pored te mogućnosti, postoje i brojne druge, koje su nastale pod uticajem novih multimedijalnih tehnologija. Pod snažnim uticajima tih tehnologija krajem dvadesetog veka u tradicionalnim oblicima nastave, pa i u interaktivnom učenju, nastaju novine koje obogaćuju i proces učenja i nastavu u celini. Teorijski je utemeljeno i praktično uobličeno više modela interaktivne nastave i učenja. Neki od tih modela zadržani su u okvirima tradicionalnih nastavnih oblika (rad u paru, rad u grupi, rad u kolektivu). Isto tako konstruisani su i modeli interaktivnog učenja, zasnovani na novim obrazovnim tehnologijama, kao što su: interaktivno učenje u nastavi uz pomoć multimedija, interaktivno virtuelno učenje i interaktivno učenje pomoću konzerviranih sadržaja učenja.

Interaktivno učenje u nastavi uz pomoć multimedijalnih tehnologija moguće je izvoditi pomoću unapred konstruisanih multimedijalnih programa koji „dopuštaju slobodan izbor radnog vremena, nude interaktivno učenje s povratnom informacijom o tome da li je neki zadatak rešen tačno ili netačno” (Apel, 2003, str. 101). U takvim oblicima učenja nastavnik indirektno, preko dobro konstruisanog programa, može smanjivati predavačku funkciju u učenju, a učenici u paru

ili grupi kroz samostalnu delatnost (samoučenje) mogu sticati određena znanja. U takvom interaktivnom učenju u nastavi postoje veoma specifične interakcije. One se ostvaruju ne samo kao interakcije sa drugima sa kojima se uči, već i sa sadržajima učenja, ali i interakcije „sam sa sobom”. I takve interakcije predstavljaju obogaćivanje ne samo tradicionalnih paradigmi, već i interaktivne paradigme učenja.

Perspektive interaktivnog učenja pomoću savremenih obrazovnih tehnologija, su determinisane rešavanjem brojnih drugih teorijskih i metodoloških problema. Interaktivno učenje na sadašnjem nivou pedagoško-teorijske osmišljenosti i praktične izvodljivosti pokazuje da će imati budućnost. Ono neće brzo pripadati prošlosti, ako se izvrše radikalnije promene kako u pedagoškim strategijama učenja, tako i u didaktičko-metodičkim komponentama. Dakle, i ovaj interaktivni oblik učenja u nastavi može imati perspektivu, ali neće zameniti sve oblike učenja, već će, opstati samo kao jedan od oblika učenja u nastavi škole budućnosti. Osnovna promena, od koje zavise perspektive interaktivnog učenja sastoji se od promena pozicije učenika u nastavi i procesima učenja. Od poslušnog slušaoca (prisustvovanje predavanju, slušanje i beleženje sadržaja predavanja) učenik u interaktivnom učenju mora postati važan subjekt koji aktivno (kritički i stvaralački) učestvuje u svim fazama i tokovima nastavnog procesa. Na taj način pedagoška koncepcija podučavanja (monološki oblik izlaganja nastavnika) može postati komplementarna sa koncepcijama učenja (učenje u parovima i grupama) i samoučenja (učenje pomoću multimedijalnih tehnologija). Dakle, klasični oblici učenja u nastavi imajuće u budućnosti brojne „suparnike”. Koliko će tradicionalizam u budućnosti opstati „zavisi od didaktičko-retoričkog obrazovanja i daljeg usavršavanja predavača” (Apel, 2003, str. 101). Dobro obučeni nastavnici će, umesto prepričavanja sadržaja lekcija, uz pomoć kvalitetnih udžbenika i multimedijalnih prezentacija, tumačiti sadržaje i navoditi naučnu argumentaciju za nova saznanja. Interaktivno učenje nastavnih sadržaja sve više će zamenjivati neuspešne oblike monotonih izlaganja, prepričavanja i diktiranja. U interaktivnom učenju u nastavi su neophodne bitne promene u sferi pedagoških komunikacija. „Postojeća jednosmerna komunikacija od nastavnika ka učeniku, u budućnosti će biti zamenjena većim brojem dvosmernih i višesmernih komunikacija (nastavnik – grupa; grupa – grupa; grupa – pojedinac; grupa – kolektiv). A kroz te nove vrste komunikacija menjaće se pozicija učenika u procesu učenja i nastavi” (Branković, D., 2009, str.773) .

Budućnost interaktivnog učenja zavisiće i od osposobljenosti nastavnika da u svoj nastavni rad uključi multimedijalne tehnologije ili da ga bar multimedijски obogati. U budućoj utakmici tradicionalnog učenja sa interaktivnim učenjem, obogaćenog multimedijalnim tehnologijama, rezultat sigurno neće biti na strani tradicionalizma. To ne znači da će interaktivno učenje zasnovano na novim tehnologijama biti automatski suprotstavljeno svim tradicionalnim oblicima učenja i nastave. Isto tako, protagonisti interaktivnog učenja obogaćenog savremenim obrazovnim tehnologijama, saglasni su da će ta pedagoška paradigma opstati ne kao jedina, već kao veoma bitna pedagoška paradigma škole budućnosti (Branković, D., 2009, str. 774).

## **2.4. Teorije učenja značajne za primenu računara u nastavi**

Učenje prožima svaku čovekovu aktivnost. To je svestan proces sticanja znanja, veština, navika i stavova tokom života. Sve ono u ljudskom ponašanju što nije dato biološkim nasleđem smatra se da je stečeno učenjem. Neki autori smatraju da su učenje i nastava jedan isti proces, ali koji se posmatraju sa različitih strana (sa strane učenika ili sa strane nastavnika). Po njima to je

nedeljiva celina (Ivić, Pešikan i Antić, 2001). Rezultati učenja su u vezi sa razvojem sposobnosti na kognitivnom, afektivnom i psihomotornom području. Savremena nastava biologije nalazi uporište u onim teorijama učenja i podučavanja, koje stavljaju akcenat na aktivnosti učenika, učenje otkrivanjem, rešavanjem problema, iskustva i doživljaj u procesu učenja. U ovom delu biće ukratko izložene teorije učenja, koje su relevantne za primenu računara u nastavi.

Teorije multimedijalnog učenja stavljaju akcenat na kognitivne procese uključene u proces sticanja znanja, poput selekcije relevantnih informacija, mentalnog organizovanja informacija u koherentne sisteme i njihovu integraciju sa prethodnim znanjem (Mayer, 2009; Sweller, 2005). Ranija istraživanja su pretežno sagledavala kognitivne perspektive multimedijalnog učenja, dok novija istraživanja uzimaju u obzir i afektivne aspekte multimedijalnog učenja sa ciljem integrisanja emocija, motivacije i drugih afektivnih varijabli u kognitivnu obradu ovog modela. Rezultati su pokazali kako emocije i interesovanje deluju kao podstrekači kognitivnih procesa i pospešuju kognitivne i afektivne ishode (Park et al., 2013, str. 1). Motivacija, kao značajan aspekt, može unaprediti učenje kroz podršku generativne obrade koja podrazumeva kognitivno obrađivanje sadržaja s ciljem pronalaženja smisla u materiji koja se uči kroz lični napor i angažman učenika u procesu sticanja znanja (Mayer, 2014).

Razvoj korišćenja računara u nastavi pratile su aktuelne teorije učenja. Svaka teorija učenja posmatra proces učenja sa različite polazišne tačke, zbog čega se one međusobno dopunjavaju više nego što međusobno protivreče, a u praksi se često preklapaju. Paradigme CAI (*engl.* Computer Assisted Instruction), CBT (*engl.* Computer-Based Training), CAL (*engl.* Computer-Aided Learning) prate bihejvioristički pristup učenju, dok ITS (*engl.* Intelligent Tutoring System) i CSCL (*engl.* Computer Supported Collaborative Learning) slede konstruktivizam i kognitivizam.

### 2.4.1. Bihejviorističke teorije učenja

Prema bihejvioristima, psihologija je trebala da se ugleda na prirodne nauke i da proučava samo objektivno i merljivo ponašanje, a ne unutrašnja stanja.

Najpoznatiji predstavnici teorije bihejviorizma su: Džon Votson, Ivan Pavlov, Edvard Torndajk i Burhus Skinner.

Dž. Votson (*engl.* John Broadus Watson) i njegovi sledbenici smatrali su da je ljudski razvoj prvenstveno posledica učenja uslovljavanjem. Istorijske korene bihejviorizam nalazi u proučavanjima životinjskog ponašanja (Pavlovljevim eksperimentima) i istraživanjima razvojne psihologije.

Poznati su eksperimenti ruskog fiziologa I. Pavlova (*rus.* Иван Петрович Павлов) na psima. Njegovo proučavanje uslovnih refleksa kod životinja dovelo je do uočavanja obrazaca u ponašanju koji su prepoznati i kod ljudi. Niz ljudskih i životinjskih akcija naučen je postupkom klasičnog uslovljavanja. Ljudsko ponašanje je po ovoj teoriji rezultat veze između stimulusa i reakcije. Rezultati ovih istraživanja imali su velikog uticaja na razvoj ove teorije učenja. „Klasičnim uslovljavanjem učimo ne samo u eksperimentalnim već i u raznim svakodnevnim situacijama”. Na primer u školi, učenik koji je nekoliko puta uzastopno neuspešan na testu, pa osim loše ocene dobija roditeljske grdnje i kazne, nauči da je test za njega neprijatna situacija i na nju počinje reagovati anksioznošću. On uoči testiranja oseća strah, uzbuđenje i zabrinutost, znoje mu se dlanovi, boli ga stomak ili glava (Vizek-Vidović i sar., 2014, str. 159). Da bi izašao iz ove situacije trebaće mu puno vremena, pomoć i podrška nastavnika i roditelja.

Bihevioristi su svesni da se principi klasičnog uslovljavanja ne mogu apsolutno preneti na učenje kod ljudi jer je ovaj oblik učenja kao i instrumentalno učenje zapravo učenje bez inteligencije. Kod ljudi ne postoji klasično uslovljavanje (a ni instrumentalno učenje) u pravom smislu te reči, jer ga narušava prisustvo inteligencije. Kod ljudi se mogu naći samo elementi ovog učenja (na primer, lučenje pljuvačke kod učenika kad čuje zvono koje označava veliki odmor). Za razliku od Pavlovljevih pasa, ljudi su često svesni svojih reakcija na određene stimulus.

E. Torndajk (*engl.* Edward Thorndike) se bavio istraživanjem odnosa između podražajne situacije (stimulusa) i reakcije. On je razvio takozvano instrumentalno učenje (učenje putem pokušaja i pogrešaka), zasnovano na „zakonu efekta” (law of effect) prema kome radnje bivaju učvršćene ili eliminisane zavisno od efekta (posledica) do kojih dovode. Učenje se dešava kada se veza stimulus – reakcija „ureže” u svest, a zaboravljanje nastaje kada se ta veza „izbriše”. On je eksperimentisao sa složenom kutijom (kutijom sastavljenom iz delova koji predstavljaju tip zadatka čije rešenje otvara kutiju), mereći vreme koje je bilo potrebno životinji da reši zadatak, otvori kutiju i pobegne. Životinja bi se kontinuirano vraćala na zagonetku, i kontinuirano bi bežala. Životinja je bežala zato što je bila gladna, a hrana se nalazila izvan kaveza. Što se više isti eksperiment ponavljao, životinji je trebalo sve manje i manje vremena da reši problem i pobegne. Ovaj eksperiment doveo je Torndajka do zaključaka fundamentalnih za njegovo viđenje odnosa između stimulansa (S) i odgovora (O). Prema Torndajku, ove „navike” postaju jače ili slabije u zavisnosti od tipa odgovora koji su se pojavili u odnosu na stimulus. Torndajk se veoma protivio obrazovanju koje je jednako za sve, a zalagao se za obrazovanje koje će od samog početka biti prilagođeno sposobnostima dece.

Za razliku od Torndajka koji je proučavao ponašanje životinja i u određenim uslovima otkrivao načine njihovog učenja, američki psiholog B. Skinner (*engl.* Burrhus Skinner) je menjao sredinu, s ciljem da na željeni način menja ponašanje životinja. Verovao je da se većina ponašanja može objasniti posledicama i da pažljiva kontrola posledica može oblikovati poželjne odlike ponašanja pojedinca i čitavih zajednica. Istraživanja je izvodio na životinjama smeštenim u posebno konstruisanim kavezima (Skinnerove kutije). Zahvaljujući njima mogao je da istražuje kako posledice ponašanja (potkrepljenja i kazne), deluju na njihovo buduće ponašanje. Skinner je začetnik programiranog učenja, a programirani materijali su urađeni prema biheviorističkim principima (Vizek-Vidović i sar., 2014, str. 162).

Kada je reč o podučavanju Skinner je 1968. godine ponudio nastavnicima neka opšta načela za poboljšanje tog procesa:

- Jasno navedite šta treba naučiti.
- Prvo podučavajte osnovne stvari.
- Ne terajte sve učenike da napreduju istim koracima.
- Programirajte obrazovne jedinice.

„Programirana nastava, prema Skinneru, je vrlo efikasna obrazovna tehnika, zasnovana na postavkama biheviorizma. Primenom programiranja učenik može učiti tempom koji njemu odgovara i uz stalna neposredna potkrepljenja” (Vizek-Vidović i sar., 2014, str. 170).

Skinner je 1956. godine razvio linearan model programirane nastave. Izradio je novi tip uređaja za učenje koji je zahtevao od učenika da sam konstruiše odgovor, pružao mu je novo gradivo i mogućnost uvida u ispravnost konstruisanog odgovora. Međutim, Skinnerov uređaj nije mogao proceniti odgovor i na osnovu procene uputiti učenika na sledeći korak, odnosno omogućiti mu da one delove gradiva koje već poznaje preskoči. Skinner je kao osnovnu motivaciju u linearnom programiranom učenju odabrao poznavanje postignutih rezultata, što je delovalo kao potkrepljenje. Skinner samo učenje objašnjava uslovljavanjem, on smatra da učenja nema, ako se



aktivno ne odgovara na postavljena pitanja i ako se odgovori učenika ne potkrepljuju (pojačavaju).

Američki psiholog N. Krauder (engl. Norman Crowder) je 1959. godine razvio model razgranatog programiranja. On je konstruisao uređaj za učenje sa razgranatim programima snimljenim na filmskoj traci (sa preko 1000 snimaka, odnosno koraka za učenje). Pritiskom na tipku učeniku se na ekranu projektovao jedan od koraka programa, nakon čega je birao odgovor između više ponuđenih. U slučaju greške uređaj je davao dodatno pojašnjenje i ispravku greške. Uređaj je registrovao broj obrađenih koraka i utrošeno vreme, što je povećavalo individualizaciju pristupa učenju.

Ruski psiholog L. Landa (*rus.* Лев Наумович Ланда) uvodi algoritmizaciju u programiranu nastavu. Nastavno gradivo se razlaže na elemente („korake”), koji se prezentuju u strogoj logičnoj postupnosti, čije se usvajanje kontroliše i odmah potkrepljuju odgovori učenika te se tako stimuliše samostalan rad i samostalno mišljenje učenika.

Bihejviorizam je ukazao na važnu ulogu potkrepljivanja ili nagrađivanja u procesu učenja. Ukoliko se nagrađuju ili potkrepljuju određene reakcije na specifične podražaje, onda se takve potkrepljivane reakcije češće pojavljuju. Ukoliko nagrada za određene reakcije izostaje, onda se takve reakcije gase ili postaju sve ređe (Glušac, 2012, str. 19).

U nastavi bihejvioristi zahtevaju jasno i konkretno postavljanje ciljeva, deobu građe na manje celine (korake), apsolutnu sistematičnost da bi se, kao rezultat, dobilo željeno ponašanje (Vilotijević, 1999, str., 129).

Bihejvioristička teorija bila je savršeno prilagođena vremenu u kome je nastajala. Doprinela je brojnim poboljšanjima u sistemu učenja kroz nove forme tehnologija učenja. Dva najvažnija primera učenja bazirana na bihejviorističkoj teoriji učenja su:

- mašine za učenje i programirana uputstva,
- kompjuterski potpomognuto podučavanje.

K. Milanović ukazuje da teorija bihejviorizma insistira na rezultatima učenja koji su merljivi i na učenje gleda kao na proces usvajanja novog ponašanja koji se ostvaruje uslovljavanjem. Glavne karakteristike ove teorije učenja su da je studentima pre početka rada potrebno jasno naglasiti ciljeve i ishode učenja ka kojima se teži. Na primer čas se može započeti rečima „Kada naučite ovu lekciju znaćete..., razumećete vezu između..., moći ćete da napravite...” i sl. Studenti mogu da kontrolišu tok učenja prateći ove ishode i da samostalno procenjuju rezultate svoga učenja. Nakon završene lekcije potrebno je testirati studente da bi se utvrdilo da li su postignuti postavljeni ishodi učenja. To je važno zbog povratne informacije koju studenti dobijaju o svojoj uspešnosti da bi dalje mogli da planiraju svoje učenje (Milanović, 2007, str. 10).

Bihejvioristički pristup u nastavi se primenjuje: upotrebom testova, kvizova i drugih metoda procene i samoprocene znanja, pohvala ili nagrada učenika za ostvarene rezultate u obrazovno-vaspitnom procesu i prikladnom kažnjavanju za neželjene oblike ponašanja tokom obrazovanja. Pozitivnim potkrepljenjem: nagradama, pohvalama i dobrim ocenama podstiče se željeno ponašanje, dok se negativnim potkrepljenjem: kaznama, prekorima i lošim ocenama, suzbija neželjeno ponašanje.

Podučavanje potpomognuto računarima predstavlja interaktivnu instrukcionu tehniku gde se računar koristi u funkciji sredstva putem koga se prezentuje materijal – osnova putem koje se vrši podučavanje, i putem koga se istovremeno prati proces učenja koji bi trebalo da se, posledično, dešava. Podučavanje potpomognuto računarima kao sistem koristi kombinaciju teksta, grafikona, zvuka i snimaka kako bi poboljšalo proces učenja.

### 2.4.2. Kognitivne teorije učenja

Kognicija (saznavanje) je proces kroz koji pojedinac postaje svestan kako spoljašnje, tako i unutrašnje stvarnosti. Slobodno se može reći da je kognicija proces sticanja znanja svakog pojedinca. Taj proces obuhvata percepcije, pamćenje, učenje, otkrivanje, mišljenje, maštu i zaključivanje.

Danas se u središtu kognitivističkog pristupa učenju i pamćenju nalaze modeli ljudske obrade informacija, što nije naziv za jedinstvenu teoriju, već uključuje niz teorijskih shvatanja o tome kako posmatramo draži iz sredine, kako informacije obrađujemo u radnom pamćenju, kako ih povezujemo s već stečenim znanjem, te kako novo znanje pohranjujemo u pamćenju. Ti se pristupi primenjuju u proučavanju učenja, pamćenja, rešavanja problema, vidne i slušne percepcije, kognitivnog razvoja i veštačke inteligencije (Vizek Vidović i sar., 2014., str. 172).

Za razliku od biheviorističkog pristupa u kome se pod učenjem podrazumeva samo ono što je moguće posmatrati, a to je pre svega ponašanje, za kognitivne psihologe značajno je ono što se događa na nivou kognitivnih procesa koji postaju predmet njihovih istraživanja. Idejnim začetnikom kognitivne teorije smatra se američki psiholog Edvard Tolman (*engl.* Edward C. Tolman) koji je zastupao mišljenje kako razvijenije životinje i ljudi uče pomoću složenih kognitivnih procesa koji podrazumevaju učenje uvidom. Tolman smatra da čovek uči da bi ostvario neki svoj cilj i da se prema okruženju postavlja onako kako odgovara ostvarivanju njegovih ciljeva. Prema Tolmanu, ponašanje je rezultat zajedničkog delovanja stimulusa iz okruženja, psiholoških stanja i težnji za saznanjem.

Kognitivne teorije učenja se zasnivaju na teorijskim postavkama o razvijanju kognitivnih šema ili misaonih struktura koje reprezentuju određene spoljašnje ili unutrašnje pojave ili procese. Ove teorije polaze od misaonih aktivnosti kojima se aktivno prerađuju informacije, a učenje posmatraju kao proces organizovanja, skladištenja i traženja veza među informacijama. Kognitivne teorije učenja naglašavaju značaj unutrašnjih procesa za učenje: saznavanja, motivacije i organizovanosti memorije. U njihovoj osnovi je proces kognicije – saznavanja, koji se posmatra kao proces kroz koji pojedinac postaje svestan unutrašnje i spoljašnje stvarnosti i kroz koje stiže znanja.

Za uspešno podučavanje upotrebom kognitivnih teorija važno je prethodno utvrditi vrstu i razvijenost šema koje učenici već poseduju, a potom oblikovati proces i sadržaje učenja na način da se dalje razvijaju, menjaju i dopunjuju postojeće šeme. Tako šeme koje pojedinac poseduje tokom svog razvoja postaju sadržajno sve bogatije, složenije i više strukturirane.

Kognitivne teorije učenja su razvili: Džerom Bruner, Žan Pijaže, Lav Vigotski, Džon Džui i Dejvid Ousubel.

Američki psiholog Dž. Bruner (*engl.* Jerome Bruner) je smatrao da učenik treba sam da konstruiše svoje znanje. Učenika treba dovesti u poziciju da sam otkriva veze i odnose o svetu koji ga okružuje, a zatim da na osnovu tih veza i odnosa uspostavi hijerarhiju. Uloga nastavnika treba da se svodi na pružanje pomoći učeniku u obezbeđivanju instrumenata za otkrivanje odnosa. Od interakcije učenik – nastavnik zavisi intelektualni razvoj učenika, a ta interakcija bi trebala da bude sistematična i usmerena. Za Brunera učenje je povezivanje srodnih stvari, odnosno stvaranje i sređivanje nekih pojmova, pojava ili predmeta po određenom kriterijumu. On pridaje izuzetno veliki značaj predškolskom iskustvu deteta i smatra da uspeh u školskom učenju veoma mnogo zavisi od tog iskustva. Svrha učenja nije samo da se nauče činjenice, već da se one klasifikuju u određene logičke celine. Naučeni podaci treba da se logično povežu. Proces mišljenja se razvija ukoliko se nastavni sadržaji predstave u obliku strukturiranog znanja. Bruner

se zalagao za spiralne nastavne programe koji podrazumevaju da se nastava u nižim razredima započinje onim što učenici već znaju.

Švajcarski razvojni psiholog i filozof Ž. Pijaže (*fr.* Jean Piaget) je poznat po svojoj teoriji kognitivnog razvoja (koju je postavio beleženjem posmatranja svoje dece) i brojnim eksperimentalnim istraživanjima o mentalnim sposobnostima male dece. On je smatrao da dete u toku razvoja izgrađuje posebne kognitivne strukture („mentalne mape“) koje mu pomažu da razume okolinu i da reaguje na iskustva iz okoline. Pijaže je glavni uzrok razvojnih promena video u aktivnom odnosu deteta prema sredini.

Žan Pijaže je smatrao da je učenje aktivan proces u kojem pojedinac konstruiše svoje znanje kroz interakciju sa spoljašnjom sredinom. Saznanja se stiču pomoću misaonih struktura (oblika) koji se izgrađuju od detinjstva. Te misaone strukture se stalno organizuju i reorganizuju pri čemu se ostvaruje kognitivni razvoj koji prolazi kroz četiri etape: senzomotorni period (od 0 do 2 godine), predoperacioni period (od 2 do 7 godina), stadijum konkretnih operacija (od 7 do 11 godine) i stadijum formalnih operacija (od 12 godina do odraslog doba), (Vizek-Vidović i sar., 2014, str. 61-66). Dinamika razvoja može varirati u zavisnosti od niza faktora, dok je redosled faza nepromenljiv. Na prelaz iz jedne u drugu etapu utiču faktori kao što su: sazrevanje, iskustvo, uravnoteženje i socijalna transmisija. Pijaže smatra da i nastavnik treba da „izrasta“, a ne samo učenik.

L. Vigotski (*rus.* Лев Семёнович Выготский) je razvio koncept socijalnog učenja koje stavlja naglasak na društvenu kulturu u kojoj se dete razvija i na proces učenja koji se odvija u prostoru između onog što je poznato i onog što može biti naučeno. Prema Vigotskom zona narednog razvoja ima neposredniji značaj za dinamiku intelektualnog razvoja deteta nego aktuelni nivo njegovog razvoja – zona aktuelnog razvoja, koja označava sve one kognitivne strukture i sposobnosti koje dete ima u relativno razvijenoj formi u trenutku kada „ulazi“ u interakciju sa nekom odraslom, kompetentnijom osobom (Baucal, 2003). U okviru zajedničke aktivnosti dete će ispoljavati sposobnosti koje nije ispoljavalo u uslovima individualnog funkcionisanja. Vigotski je smatrao da upravo te sposobnosti koje dete može da ispolji u saradnji sa kompetentnijim partnerom pokazuju šta će biti sledeća faza u kognitivnom razvoju pošto će se one internalizovati i postati deo kognitivne strukture deteta (Baucal, 2003). To znači da dete u saradnji i uz pomoć može da uradi više i bolje, te da se mogućnosti deteta podižu na viši nivo, jer ono što dete ume da radi u saradnji, sutra će moći da uradi samostalno. U skladu s tim, u procesu obrazovanja se treba osloniti na one intelektualne funkcije koje se tek razvijaju, a ne na one koje su već uobličene.

Po teoriji Vigotskog umne aktivnosti su poseban oblik ljudske delatnosti koje se strukturalno i sistematski razvijaju, a društveno-istorijski su uslovljene. Umne aktivnosti mogu biti spoljne i unutrašnje, pri čemu spoljne zavise od unutrašnjih. Psihički procesi menjanja učenika se ostvaruju u nastavi i oni su određeni sadržajem učenja. Vigotski smatra da učenje ne mora da bude pratilja razvoja biološke zrelosti, već može da ide ispred, da podstiče i ubrzava razvoj. On smatra da nastavnik ima odgovornu ulogu i da treba da se usmeri na formiranje i oblikovanje učeničkih misaonih odlika koje se naziru ili koje tek treba da se pojave.

U vreme velikih ekonomskih i socijalnih promena zahtevi za novim pristupima učenju i obrazovanju postaju sve jači. Sve se više govori o *metakogniciji u procesima učenja i nastave*, koja zajedno s *kognicijom* i *motivacijom* predstavlja osnovu ka samostalnom, smisaonom i trajnom učenju s ciljem poboljšanja znanja, veština i sposobnosti. Metakognicija nema definicije koja bi bila opšte prihvaćena, ali se gotovo svi slažu da ona uključuje znanje i upravljanje

kognitivnim procesima. Ukratko, metakognicija je „mišljenje o mišljenju” ili „znanje o znanju”. Njen razvoj je delimično podstaknut i koriscenjem Interneta i kompjutera.

Do pojave računarske tehnologije nastavni koncepti poznatih pedagoga i psihologa (Jean Piaget, Lav Vygotski, Roger Schank) koji su potencirali individualizaciju nastave, rad u parovima, timski rad i učenje otkrivanjem ostali su na nivou teorijskih izlaganja. Danas su ti koncepti prilagođeni tehnološkoj podršci i gotovo je nemoguće izvršavati ih bez pomoći računara.

Po teoriji Dž. Djuia (*engl.* John Dewey) čoveka treba posmatrati kao celovitost koja deluje u interakciji sa okruženjem. Kod ljudskog bića pod uticajem socijalne sredine javljaju se određena znanja, veštine i navike koje deluju jedinstveno i menjaju ga. Vaspitanje i nije ništa drugo nego neprekidno proširivanje i produbljivanje dečjeg iskustva, a razvitak deteta je prilagođavanje postojećem društvu. Sastavni deo te interakcije je učenje, a njegova suština je „učiti kako da se misli”. Djui je protivnik knjiškog i verbalnog znanja i učenja. Smatrao je kako je polazni izvor znanja rad, jer radeći se stiču najsigurnija i najefikasnija znanja, veštine i navike. Prema Djuiovom mišljenju zoologiju će učenici najbolje savladati uzgajanjem domaćih životinja, botaniku radovima u vrtu, polju, voćnjaku i vinogradu, a istoriju i geografiju putovanjima.

D. Ousubel (*engl.* David Ausubel) je američki psiholog. Njegova teorija se zasniva na stavu da novo gradivo koje se prezentuje učeniku mora biti smisleno povezano sa onim gradivom koje mu je poznato. Postoje dve vrste povezivanja novog i starog gradiva: derivativno i korelativno. Derivativno povezivanje je povezivanje veoma sličnog novog i starog gradiva. Međutim, ako se gradiva razlikuju takvo povezivanje je korelativno. Povezivanje gradiva je hijerarhijski postavljeno u obliku piramide, pri čemu je na vrhu najopštije, a u osnovi najspecifičnije.

Noviji predstavnici kognitivizma su Robert Ganje i Robert Spiro.

R. Ganje (*engl.* Robert Mills Gagné) je poznat po svojoj teoriji kumulativnog učenja. Prema Ganjeu, nastavno gradivo treba izlagati organizovano, sistematično i u logičkim celinama kako bi se učenicima omogućilo da dobijene činjenice međusobno povezuju i svrstavaju u određenu kategoriju, pravilo. Pravila su u misaonoj hijerarhiji na višem nivou od pojmova i da bi ih učenici razumeli nastavnik bi trebao da im temeljno objasni pojmove i veze među njima. Prema mišljenju Ganjea, poznavanje pravila je uslov za uspešno rešavanje problema koje on naziva pravilima višeg reda. Učenik bi u svojoj svesti trebao da ima uskladištena odgovarajuća pravila koja će mu pomoći u rešavanju zadatih problema u različitim situacijama. Jedan od rezultata učenja po Ganjeovoj teoriji je i razvijanje kognitivne strategije, a koje i kakve strategije sticanja znanja će pojedinac razviti zavisi od strukture njegove ličnosti, aktivnosti i iskustva koja je učenjem stekao (Vilotijević, 1999).

R. Spiro (*engl.* Robert Spiro) je oblikovao teoriju tzv. kognitivne fleksibilnosti kao sposobnosti za spontano restrukturiranje nečijeg znanja u situacijama koje se bitno menjaju s obzirom na zahteve koje postavljaju pred pojedinca.

Kognitivistički pristup podrazumeva da učenje treba zasnivati na oblikovanju novih misaonih šema i prilagođavanju postojećih. Tipične metode podučavanja prema kognitivističkim načelima su korišćenje primera i modela za usvajanje i povezivanje pojmova, vežbe kategorizacije i komparacije, izrada dijagrama i šema, oslanjanje na ranije naučeno u sticanju novih znanja, kombinovanje različitih načina učenja

Cilj kognitivnog načina učenja je da se postigne i uspostavi veza između postojećeg znanja sa razumevanjem novih informacija. Pri tome se odvijaju dva procesa: asimilacija i akomodacija. *Asimilacija* je proces pretvaranja iskustva u unutrašnje predstave i nove sheme koje



su tako oblikovane da se uklapaju u postojeće znanje. *Akomodacija* je proces prilagođavanja i menjanja postojećih shema kako bi se moglo prihvatiti novo iskustvo. Za delotvorno poučavanje upotrebom kognitivnih teorija važno je, između ostaloga, prethodno utvrditi vrstu i razvijenost shema koje učenici poseduju te oblikovati proces i sadržaj učenja na način da se dalje razvijaju, menjaju i dopunjuju postojeće sheme. Sheme koje pojedinac poseduje tokom njegovog razvoja postaju sadržajno sve bogatije, složenije i više strukturirane (Glušac, 2012, str. 17).

Kognitivistički način učenja se često upoređuje sa načinom na koji kompjuter obrađuje informacije. Učenje se posmatra kao proces ulaznih podataka koji ulaze u operativnu memoriju, tamo kratko ostaju i zatim se kodiraju za kasnije, dugoročno korišćenje.

### 2.4.3. Konstruktivističke teorije učenja

Teorijski koncept konstruktivizma označava izgradnju znanja na temelju sopstvenog iskustva. Zbog toga je način sticanja znanja jedinstven kod svakog pojedinca. Učenici sami stiču i konstruišu svoje znanje, a nastavnici ih u tome vode i usmeravaju. Znanje se stiče u socijalnom kontekstu pa je grupa i šira društvena sredina u kojoj učenik stiče znanja od velike važnosti za proces učenja. Učenje se dešava kroz aktivan mentalni rad, a nikako kroz pasivno primanje instrukcija od nastavnika (Koohang et al., 2009, str. 92). „Ključna ideja konstruktivističke pedagoške filozofije je da se znanje ne može predati učeniku u gotovom obliku. Moguće je samo kreirati pedagoške uslove za uspešno samostalno konstruisanje i širenje znanja učenika. Na opštem planu konstruktivizam iskazuje jednostavnu istinu da u životu svako od nas konstruiše svoje razumevanje sveta. Zato je svako od nas jedinstven u svojoj viziji sveta, svojim ubeđenjima i pogledima i zato smo zainteresovani za gledišta drugih ljudi i zato je važno da svako ostane svoj” (Vilotijević, 2014, str. 299).

Prema konstruktivizmu, instruktor (nastavnik) treba da podstiče učenike da samostalno otkrivaju načela i zakone u sadržajima koje uče pri čemu informacije koje treba da nauče prethodno transformišu u oblik koji je prilagođen nivou ranije usvojenog znanja učenika.

Jedan od začetnika konstruktivizma je Bruner (*engl.* Jerome Seymour Bruner) koji je smatrao da podučavanje treba (a) zasnovati na iskustvima i kontekstima u kojima učenici žele i u mogućnosti su da uče, (b) strukturirati ih tako da je sticanje novih znanja u okviru prethodno postignutih mogućnosti učenika, a zatim (c) oblikovati ga na način da se premošćuju procepi između stečenog i dostupnog znanja i tako popunjavaju praznine u već stečenom znanju.

W. Klafki (*nem.* Wolfgang Klafki) je predstavnik savremene konstruktivističke filozofije. On ističe da su podučavanje i učenje u interakciji. Učenici uz pomoć nastavnika treba da što samostalnije stiču znanja, a samim tim i sposobnost za dalje učenje, dok nastavnici ponovo prolaze procese vlastitog učenja. Ovako shvaćeno učenje mora biti učenje sa razumevanjem, učenje putem otkrivanja ili ponovnog otkrivanja, a ne reproduktivno učenje, vežbanje i ponavljanje umenja (Klafki et al., 1994).

Prema teoriji konstruktivizma, učenik treba da poveća svoju odgovornost za učenje. Time se naglašava važnost aktivnosti učenika u procesu učenja za razliku od ranijih stavova gde je odgovornost za njihovo učenje bila na nastavniku, dok je učenik uglavnom bio pasivan (Von Glasersfeld, 1989). Konstruktivistički usmerena nastava treba da omogućiti što veću samostalnost i aktivnost učenika, da podstiče njihovo kritičko mišljenje, postavljanjem pitanja i uočavanjem problema, zatim rasprave, eksperimente, istraživanja i rešavanje životnih problema (Pritchard i Woollard, 2010).



Osamostaljivanjem učenika u procesu nastave i učenja, oni preuzimaju odgovornosti za učenje i ispoljava se njihova kreativnosti. To istovremeno znači i napuštanje instruktivističke tradicije, u kojoj je nastavnik u centru nastavnog procesa, koji prenosi znanje i daje uputstva (Brünner, 2009). Zadatak nastavnika je da učenicima osiguraju potrebne izvore informacija i druge materijale, pomoću kojih će učenici vlastitom aktivnošću izgrađivati svoje znanje. Učenici samostalno biraju i obrađuju informacije, postavljaju hipoteze i donose odluke na osnovu sopstvenih mentalnih modela kojima organizuju svoje iskustvo. U ovakvom modelu nastavnik je savetnik pri učenju, a učenje je proces otkrića i konstrukcije znanja. „Za primenu ovog modela učenja u praksi važno je podsticati oblikovanje novih pojmova ili konstrukata kod učenika koje oni povezuju sa ranije usvojenim šemama i ugrađuju ih u složene strukture na osnovu kognitivne aktivnosti i praktičnog iskustva i delovanja učenika” (Glušac, 2012, str. 18-19).

Sami učenici treba da imaju kontrolu nad procesom učenja tako da je interaktivna nastava potpomognuta IK tehnologijama u potpunosti u skladu sa ovom teorijom učenja. Poželjno je podsticati kolaborativno i saradničko učenje u kome učenik ima vremena za promišljanje o onome što uči. „Konstruktivistička pedagogija ne vidi učenika kao aktivnog subjekta kome se ne može „preneti” znanje već koji stiče znanje kroz svesnu obradu informacija i ličnu interpretaciju naučenog. U ovakvom modelu nastavnik je savetnik pri učenju, a učenje je proces otkrića i konstrukcije znanja” (Milanović, 2006, str. 12).

Prema teoriji konstruktivizma osobe uče, konstruišu novo znanje putem složene interakcije postojećeg znanja, iskustva i vrednosti sa novim idejama, događajima i aktivnostima. Ukoliko imamo u vidu da učenik uči, dopunjuje i unapređuje svoje znanje, nadovezivanjem na njegova dotadašnja iskustva i interesovanja, princip kojim to ostvruje na različite načine je aktivna i interaktivna nastava čija polazišta su potencirana u ovom radu.

Prema načelima konstruktivista znanje se stiče aktivnim upoznavanjem novih sadržaja, korišćenjem istraživačkih metoda, rešavanjem problema i saradnjom sa drugima. Interaktivno-konstruktivistički pristup prihvata mogućnost različitog poimanja stvarnosti i iz tog ugla proces učenja ima dva aspekta: socijalni i individualni. Učenici konstruišu znanja kada su u interakciji sa drugima putem refleksije prethodno ostvarenih interakcija i vlastitog iskustva. U tom smislu učenje je moguće samo ukoliko su prisutna oba aspekta. Socijalno-konstruktivistički pristup pretpostavlja da se znanje konstruiše kroz proces stvaranja konsenzusa grupe koja uči. Način saznavanja je u vezi sa kulturnim vrednostima, tradicijom i socijalnom zajednicom. Zajednička osnova navedenih pristupa je da učenici uče tek kada su aktivni, u neposrednom kontaktu sa okruženjem stvarajući nove ideje na prethodno stečenim saznanjima.

U dizajniranju obrazovnih materijala treba koristiti kombinaciju pristupa učenju i preporuka za instrukcioni dizajn koje daju različite pedagoške teorije u zavisnosti od ciljeva učenja, ciljne grupe, dostupne tehnologije i drugih faktora. Tokom izrade nastavnih materijala za potrebe realizacije eksperimentalnog istraživanja u ovoj disertaciji uvažene su preporuke navedenih teorija učenja.

## 2.5. Blumova taksonomija vaspitno-obrazovnih ciljeva

B. Blum (*engl.* Benjamin Bloom) je pedesetih godina dvadesetog veka kreirao Taksonomiju ciljeva vaspitanja i obrazovanja (Blumova taksonomija). Ona je najviše korišćena u oblikovanju učenja u različitim okruženjima (od tradicionalnog učenja u učionici, do različitih formi e-učenja na svim nivoima obrazovanja). Najveći Blumov doprinos u oblasti pedagogije je teorija o

klasifikaciji obrazovnih ciljeva (Bloom et al., 1956). U okviru ove taksonomije jasno su razrađena tri domena.

Po Blumovoj taksonimiji (Tabela 2) vaspitno-obrazovni ciljevi su svrstani u tri područja (domena):

1. kognitivni ciljevi učenja povezani sa znanjem i mišljenjem;
2. afektivni ciljevi učenja povezani sa stavovima, interesovanjima i procenjivanjem vrednosti i
3. psihomotorni ciljevi učenja povezani sa manuelnim i motoričkim veštinama (Bloom, et al., 1956).

Tabela 2: *Blumova taksonomija vaspitno-obrazovnih ciljeva, osnovna verzija*

| Kognitivni domen |            | Afektivni domen |                 | Psihomotorni domen |                         |
|------------------|------------|-----------------|-----------------|--------------------|-------------------------|
| 1.               | znanje     | 1.              | primanje        | 1.                 | refleksni pokreti       |
| 2.               | shvatanje  | 2.              | reagovanje      | 2.                 | fundamentalni pokreti   |
| 3.               | primena    | 3.              | vrednovanje     | 3.                 | perceptivne sposobnosti |
| 4.               | analiza    | 4.              | organizovanje   | 4.                 | fizičke sposobnosti     |
| 5.               | sinteza    | 5.              | karakterizacija | 5.                 | neverbalna komunikacija |
| 6.               | evaluacija |                 |                 |                    |                         |

**Kognitivni domen** ove taksonomije obuhvata znanja i razvoj intelektualnih veština (učenik saznaje informacije koje pre nije znao, uči rešavanjem problema, oblikuje kriterijume prema kojima procenjuje valjanost rešenja itd.). Područje je hijerarhijski uređeno u šest osnovnih kategorija od najjednostavnijih (*znanje, shvatanje, primena*) ka najsloženijim (*analiza, sinteza i evaluacija*), gde dominiraju viši kognitivni procesi. U najvišem stepenu hijerarhije obrazovnih ciljeva, ponekad se javlja promena mesta između sinteze i evaluacije, jer se pretpostavlja da nije moguće napraviti sintezu novog, na osnovu usvojenog znanja, bez kritičkog pristupa i njegove evaluacije. Analiza, sinteza i evaluacija informacija postižu kreativnost, razvijaju kritičko i stvaralačko mišljenje i sposobnosti za rešavanje problema u nastavi. Međutim, kako i sam Blum ističe u okviru poslednjih kategorija (analize, sinteze i evaluacije), ne može se povući jasna granica. Blumova taksonomija obrazovnih ciljeva u kognitivnom domenu ima svoju značajnu ulogu u planiranju obrazovnog rada, ali i u proceni znanja učenika. Takođe je pretpostavljeno da taksonomija predstavlja kumulativnu hijerarhiju i da ovladavanje određenom jednostavnom kategorijom predstavlja preduslov za ovladavanje sledećom, kompleksnijom (Krathwohl, 2002).

U knjizi Taksonomija obrazovnih ciljeva (Bloom et al., 1956), detaljno je razrađen svaki nivo kognitivnog domena (Tabela 3) i ukazano na značaj taksonomije za kreiranje obrazovnih ciljeva, klasifikaciju ciljeva kurikuluma i programa, kao i mogućnosti izrade testova i adekvatne provere znanja da bi se pokazala širina obrazovnih ciljeva i definisanih kategorija. Pored definisanja nivoa postignuća koje testom ispitujemo, taksonomija nas upućuje i kako da formulišemo zahteve u zadatku, kao i kako da formulišemo zadatke najpogodnijeg oblika. Navedeni glagoli predstavljaju i moguće zahteve u zadacima – nastavnik može da formuliše zadatke pomoću njih na primer: razvrstaj navedene predstavnike klase sisara u odgovarajuće redove i sl.

*Znanje* uključuje one oblike ponašanja i ispitnih situacija u kojima je naglašeno njihovo pamćenje, na nivou prepoznavanja ili reprodukcije, nastavnog gradiva ili različitih pojava. U toku učenja učenik pamti izvesnu informaciju, da bi je zatim reprodukovao ili prepoznao. Znanje isključuje i procese stvaranja odnosa i prosuđivanja. Naime, od učenika se očekuje da će odgovoriti i na pitanja koja se donekle razlikuju od pitanja u originalnoj situaciji učenja.

*Shvatanje* obuhvata intelektualne sposobnosti i veštine koje se u školi najviše naglašavaju. Kad se učenik nađe pred nekim saopštenjem, od njega se očekuje da zna šta mu se saopštava i da se može služiti sadržajima i idejama tog saopštavanja – predavanja. Saopštavanje ili komunikacija može biti u usmenoj ili pismenoj formi, može imati verbalni ili neki drugi simbolički oblik. Ako termin komunikacija upotrebljavamo u širem smislu, onda se on može odnositi i na konkretne pojave kao i na ono što je izraženo nekim znakovima na papiru.

Tabela 3: *Blumova taksonomija u kognitivnom području*  
– osnova za ocenjivanje (Savović, 2007)

| Demonstrirana znanja i veštine: | Zahtevi kojima se proverava ostvarenost ishoda na datom nivou:   |  |
|---------------------------------|--|--|
| <b>Znanje</b>                   | opaža i imenuje informacije; zna datume, podatke, mesta; zna glavne ideje  | definiši, navedi, opiši, identifikuj, pokaži, označi, izaberi, ispitaj, imenuj, ko, kada, gde itd.   |
| <b>Shvatanje (razumevanje)</b>  | razume informaciju; prevodi iz jednog u drugi kontekst; interpretira podatke, upoređuje, razlikuje; uređuje, grupiše, otkriva uzroke; predviđa posledice                                     | rezimiraj, opiši, interpretiraj, poveži, razlikuj, proceni, diskutuj, proširi  |
| <b>Primena</b>                  | koristi informacije; koristi metode, pojmove, teorije u novim situacijama; rešava probleme koristeći usvojene veštine ili saznanja   | primeni, demonstriraj, izračunaj, kompletiraj, pokaži, reši, ispitaj, preoblikuj/modifikuj, poveži, promeni, klasifikuj, eksperimentiši, istraži |
| <b>Analiza</b>                  | određuje strukturu; organizuje delove; prepoznaje glavni smisao; identifikuje komponente   | analiziraj, izdvoj, uredi, objasni, klasifikuj, podeli, uporedi, izaberi   |
| <b>Sinteza</b>                  | koristi stare ideje za stvaranje novih; generiše iz datih podataka; povezuje znanja sa drugim oblastima; predviđa zaključke/zaključuje   | preoblikuj/modifikuj, integriši, zameni, napravi plan, predvidi – šta ako?, ukomponuj, formuliši, pripremi, generalizuj/uopšti, ponovo napiši    |
| <b>Evalvacija</b>               | upoređuje, utvrđuje sličnosti i razlike između ideja; procenjuje vrednost teorija i izlaganja; bira na osnovu racionalnih argumenata; verifikuje vrednost podataka; prepoznaje subjektivnost | proceni, odluči, oceni, proveri, testiraj, izmeri/odmeri, predloži, izaberi, prosudi, objasni, razlikuj, zaključi, kompariraj, rezimiraj         |

*Primena* podrazumeva da je učenik ovladao prethodnim kognitivnim domenima, odnosno znanjem i shvatanjem. Kategorija primene je u skladu sa prethodnim zahtevom, odnosno da bi se nešto primenilo, pre svega to treba shvatiti kao metodu, teoriju, princip ili apstrakciju. Nastavnik očekuje od učenika da ako on nešto shvata – razume, onda će to moći i da primeni. Da je učenik zaista shvatio, on pokazuje time što se može služiti zadatim apstrakcijama. Da učenik može primeniti znanje dokazuje time što se on sa njim može ispravno služiti u situaciji u kojoj putevi i načini rešavanja nisu određeni. Dakle, primena podrazumeva znanje i korišćenje neke generalizacije ili odgovarajućeg principa na zadati problem.

*Analiza* naglašava razbijanje sadržaja na njegove sastavne delove, kao i otkrivanje odnosa između tih delova i načina na koji su oni povezani. Analiza može biti usmerena i na tehnike i sredstva pomoću kojih se saopštava neki sadržaj ili izvodi zaključak saopštavanja. Analizu ne treba shvatiti kao samu sebi dovoljnu, odnosno puku vežbu radi otkrivanja organizacije i strukture komunikacije, već kao pedagošku implikaciju koja pomaže potpunijem i celovitijem shvatanju – razumevanju problema, ili kao uvod u evaluaciju gradiva. Između analize i shvatanja, sa jedne strane i analize i evaluacije, sa druge strane ne može se povući jasna granica. Shvatanje se odnosi na sadržaj gradiva, dok se analiza odnosi i na sadržaj i na oblik. Kada se govori o kritičkoj analizi, analiza se tada neprimetno pretvara u evaluaciju ili kada se analizira odnos elemenata nekog dokaza, onda se tim činom i prosuđuje – evaluira kakva je vrednost tog dokaza.

*Sinteza* se definiše kao sastavljanje elemenata i delova u neku celinu. To predstavlja proces njihovog kombinovanja kako bi se dobio neki poredak ili struktura, koja pre tog procesa kombinovanja nije postojala. U tome je već sadržana nova kombinacija delova prethodnog iskustva primenjenog na novo gradivo koje treba rekonstruisati u novu, manje-više dobru integralnu celinu. To je ona kategorija kongitivnog domena u kojoj najviše dolazi do izražaja kreativnost učenika, koja nije u potpunosti oslobođena, jer se od učenika očekuje da radi u granicama koje nameće zadati problem, gradivo ili neki teorijski, odnosno metodološki problem. Shvatanje, primena i analiza takođe sadrže izvesno sastavljanje elemenata i konstrukciju značenja, ali su te operacije u službi u tim kategorijama samo delimične i nekompletne, dok su u sintezi od presudnog značaja. Podnivoi na nivou sinteze su: 1) izrada saopštenja; 2) izrada plana i 3) izrada sistema apstraktnih odnosa.

*Evaluacija* – vrednovanje se definiše kao prosuđivanje vrednosti za neku svrhu različitih ideja, radova, rešenja, metoda, sadržaja i slično. Vrednovanje se zasniva na upotrebi kriterijuma i standarda kojima se procenjuje koliko su pojave koje evaluiramo tačne, efikasne, ekonomične ili zadovoljavajuće. Prosuđivanje može biti kvantitativno ili kvalitativno, a kriterijumi mogu učeniku biti zadati ili ih on sâm mora odrediti. Evaluacija je u taksonomiji smeštena na poslednje mesto, jer se javlja kasno u kompleksnim procesima u kojima imamo kombinaciju svih ostalih kongitivnih oblika – znanja, shvatanja, primene, analize i sinteze. Ono što se u evaluaciji dodaje su kriterijumi i standardi. Evaluacija u nekim slučajevima može biti uvod u sticanje novih znanja, nov pokušaj shvatanja ili primene, ili uvod u novu analizu i sintezu.

**Afektivni domen** se odnosi na pitanja emocionalne komponente učenja i polazi od osnovne spremnosti za prijem informacija do integracije uverenja, ideja i stavova (Kennedy, 2007). Ciljevi u okviru afektivnog domena odnose se na interesovanje, stavove, prilagođavanje, poštovanje i vrednosti. Kao i kod kongitivnog domena, pretpostavljeno je da učenje na nižim nivoima predstavlja preduslov za dostizanje narednog, višeg nivoa (Krathwohl & Anderson, 2003). U okviru afektivnog domena Blum i saradnici definisali su pet nivoa: primanje, reagovanje, vrednovanje, organizovanje i karakterizacija.

**Psihomotorni domen** predstavlja značajno područje koje takođe treba uvažiti prilikom koncipiranja i planiranja ishoda učenja. Psihomotorni domen „kategorije ljudski pokret iz psihološke perspektive” (Catelli, 2005). Međutim, ovom domenu je u odnosu na prethodna dva posvećeno najmanje pažnje u istraživanjima i literaturi. Blum i njegovi saradnici nisu završili svoj rad i istraživanje u okviru psihomotornog domena, ali su ga kasnije dopunili i sistematizovali drugi autori. Dejv je predložio strukturu psihomotornog domena koja se sastoji od pet nivoa, koju je kasnije Simpson detaljnije razložio na sedam nivoa (Kennedy, 2007).

Blumova taksonomija, uputstva i instrukcije o ocenjivanju učenika, imaju višestruke implikacije na nastavnu praksu i podizanje kvaliteta obrazovanja. Ona omogućavaju nastavnicima da adekvatno planiraju nastavni rad uvažavajući pri tom individualne sposobnosti

učenika, kao i upotrebu različitih strategija učenja i obrazovanja, inoviranje prakse, adekvatno procenjivanje znanja i veština učenika i sl. „Taksonomija pruža okvir za određivanje šta bi trebalo i moralo da se uradi kako bi se razvili i dostigli željeni kognitivni procesi” (Byrd, 2002). Takođe, ona je veoma značajna jer omogućuje nastavnicima da dobiju povratnu informaciju o tome koji ciljevi su ostvareni, koje su instrukcije adekvatno upotrebljene i da evaluiraju nastavni rad. „Možda je njena najveća vrednost u mogućnosti da ponudi nastavnicima i učenicima nešto za razmišljanje. A godinama se ističe značaj refleksije za efikasnu nastavu i učenje” (Byrd, 2002).

### 2.5.1. Revidirana Blumova taksonomija

Brojni autori su empirijski proveravali Blumovu taksonomiju i teorijski razmatrali principe na kojima je oblikovana. Prvobitnu verziju Blumove taksonomije revidirali su 1990. godine Anderson i Krathwohl, koji su učestvovali i u njenom formiranju. Oni su nakon 45 godina izvršili reviziju kognitivnog domena u cilju njegovog unapređenja i prilagođavanja potrebama nastavnog procesa i nastavnika i objavili je 2001. godine u knjizi pod nazivom Taksonomija učenja, nastave i procene (Anderson & Krathwohl, 2001). Oni su revidirali originalnu taksonomiju kombinujući kognitivne procese i dimenzije znanja. Promene u taksonomiji odnose se na promenu terminologije, strukture i procesa koje naglašava. Terminološke promene su prepoznatljive po tome što su za nazive šest kategorija u prvobitnoj taksonomiji (verzija Bloom et al. 1956) korišćene imenice: znanje, shvatanje, primena, analiza, sinteza i evaluacija (engleski: knowledge, comprehension, application, analysis, syntesis, evaluation) u dvodimenzionalnoj verziji (Anderson & Krathwohl, 2001) zamenjene glagolima koje ukazuju na procese: podsećanje, razumevanje, primenjivanje, analiziranje, evaluiranje, stvaranje (engleski: remembering, understanding, applying, analyzing, evaluating, creating).

Revidirana taksonomija uključuje dve dimenzije saznavanja:

- *znanje* (vrste znanja koje treba naučiti): znanje činjenica, znanje pojmova i struktura pojmova (konceptualna znanja), znanje postupaka i procedura (proceduralna znanja), svest o saznavnim procesima aktivnim pri saznavanju, učenje saznavnih procesa potrebnih za saznavanje drugih znanja (metakognitivna znanja) i
- *kognitivni procesi* (proces koji treba koristiti za učenje) (Anderson & Krathwohl, 2001):

U okviru kognitivnog domena definisani su glagoli koji se smatraju ključnim za pisanje ishoda učenja i na taj način pružaju veliku pomoć nastavnicima prilikom planiranja nastavnog rada. Blum je ponudio određeni spisak glagola koji su kasnije dopunili brojni autori, ali je akcenat na upotrebi glagola u njihovom aktivnom obliku, jer se „ishodi učenja odnose na pitanje, šta učenici umeju da rade po završetku aktivnosti učenja” (Kennedy, 2007).

Hijerarhija kognitivnih procesa u revidiranoj taksonomiji podseća na saznavne nivoe originalne Blumove taksonomije. Kognitivni procesi navedeni u revidiranoj taksonomiji su: pamćenje, razumevanje, primenjivanje, analiziranje, evaluiranje i stvaranje. Druga promena u strukturi taksonomije je u tome što je nivo *sinteza* zamenjen nivoom *stvaranje*, koji je postao najviši nivo znanja, odnosno u revidiranoj taksonomiji najviši nivo kognitivnih procesa (Tabela 4).



Tabela 4: Hijerarhija kognitivnih domena u Blumovoj taksonomiji

|  |  |
|--|--|
| evaluacija   | stvaranje  |
| sinteza  | evaluacija   |
| analiza  | analiziranje                                       |
| primena  | primenjivanje                                      |
| shvatanje  | razumevanje  |
| znanja   | podsećanje   |
| Nivoi kognicije u prvobitnoj verziji Blumove taksonomije | Nivoi kognicije u revidiranoj Blumovoj taksonomiji |

Taksonomija predstavlja korisnu strukturu za određivanje kriterijuma ostvarenosti ishoda obrazovanja, ali i za razvrstavanje pitanja, testovskih zadataka, postupaka proveravanja i ocenjivanja. Blumova taksonomija ima veliku teorijsku i praktičnu vrednost, tj. metodološku preciznost neophodnu za utvrđivanje nastavnih ciljeva, utemeljenost u savremenoj psihologiji, logično postavljenu strukturu i hijerarhijski postavljene vrednosti od jednostavnijih ka složenijim. Ona može da posluži kao osnova za bolje planiranje, organizaciju i vrednovanje nastavnog procesa i pored toga može da podstakne nastavnike da ciljeve u nastavi diferenciraju i prilagode saznajnim mogućnostima učenika (Vilotijević, 1999. str. 174).

U nastavi biologije Blumova taksonomija ima svoju praktičnu primenu u izradi nastavnih programa, planiranju, pripremi, izvođenju nastave i vrednovanju nastavnog rada.

Adekvatno formulisanim pitanjima na testovima može se precizno utvrditi kvantitet i kvalitet znanja učenika E i K grupe tokom eksperimentalnog istraživanja (pre i nakon uvođenja eksperimentalnog faktora u E grupu i po isteku određenog vremena), a zatim uporediti njihova postignuća i izvesti zaključci o efikasnosti primenjenih modela nastave u E i K grupi.

U periodu od 2010. do 2015. godine u Srbiji su urađeni Opšti standardi postignuća za kraj opšteg srednjeg i srednjeg stručnog obrazovanja i vaspitanja u delu opšte obrazovnih predmeta. Njima je težište obrazovanja zasnovanog na znanju preneto na obrazovanje zasnovano na kompetencijama (predmetnim i međupredmetnim).

Obrazovni standardi predstavljaju niz izjava koje opisuju znanje i veštine koje očekujemo da učenik pokaže na određenom nivou postignuća. Standardi treba da predstavljaju suštinska znanja i umenja koja učenici treba da poseduju na kraju određenog nivoa obrazovanja.

Standardi i ishodi za biologiju (Opšti standardi postignuća za kraj opšteg srednjeg i srednjeg stručnog obrazovanja i vaspitanja u delu opšteobrazovnih predmeta za predmet Biologija) ,su razvijeni u tom novom okviru, kao i cilj nastave biologije. Inovacije predviđene ishodima omogućavaju učenje kroz istraživanje, kreativnost u sticanju znanja i stalnu refleksiju kroz primenu u različitim oblastima života. Unapred definisani ciljevi predstavljaju osnovu za koncipiranje, planiranje, organizaciju i realizaciju celokupnog obrazovnog procesa, a utvrđeni ishodi i standardi omogućuju kontrolu, evaluaciju i utvrđivanje realnih rezultata učenika (Najdanović Tomić, 2015, str. 5). Tri standarda (nivoa postignuća) su osnovni, srednji i napredni

nivo. Oni su ekvivalentni kognitivnim domenima (nivoima znanja) poznavanje činjenica, razumevanje pojmova i analiza i razonovanje na testovima znanja.

### 3. METODOLOŠKI OKVIR ISTRAŽIVANJA

#### 3.1. Problem i predmet istraživanja

Ključni problemi obrazovanja u našim školama (osnovnim i srednjim) su: predimenzionirani nastavni programi, nedovoljna aktivnost učenika u nastavnom procesu, nemogućnost njihovog napredovanja sopstvenim tempom u skladu sa predznanjem i objektivnim sposobnostima svakog učenika, nedovoljna interakcija u nastavnom procesu (između učenika, kao i učenika i nastavnika) i dr. Ovi problemi značajno smanjuju motivaciju učenika za učenjem, a samim tim i njihovo znanje iz prirodnih nauka.

Obrada sadržaja iz biologije i drugih predmeta u našim školama se još uvek dominantno odvija tradicionalnom (predavačko-pokazivačkom) nastavom i frontalnim oblikom rada. U takvoj nastavi je najvažniji zahtev da učenici usvoje što veći broj činjenica, koje oni često ne razumeju i nisu sposobni da ono što uče u školi primene u realnim životnim situacijama (Terzić i Miljanović, 2009a). Ovo potvrđuju loši rezultati kandidata koji su završili srednje škole (najčešće gimnaziju) na prijemnom ispitu iz biologije pri upisu na studije biologije, medicine i stomatologije (Miljanović, 2002-2003, Miljanović i sar., 2005). Nasuprot tome, jedan od ciljeva savremenog obrazovanja je da učenici stiču funkcionalna znanja. Zbog toga aktivnosti učenika u nastavi treba da budu osmišljene tako da učenici samostalno stiču znanja istraživanjem, rešavanjem problema, analizom i tumačenjem bioloških pojava i procesa i njihovim razumevanjem. Zato tradicionalni koncept nastave u kome su učenici pasivni posmatrači koji primaju gotove naučne istine koje na časovima izlaže nastavnik, treba zameniti savremenim pristupom nastavi u kome će učenici biti ključni nosioci nastavnog procesa.

Prema Nastavnom programu biologije u IV razredu gimnazije prirodno-matematičkog smera zastupljene su nastavne teme: *Osnovi molekularne biologije, Biologija razvića životinja, Mehanizmi nasleđivanja, Ekologija i zaštita i unapređivanje životne sredine i Osnovni principi evolucione biologije* (Službeni glasnik RS – Prosvetni glasnik, 7, 2011) koje se realizuju tokom 96 časova. Sadržaji svih tema su obimni i kompleksni, a broj časova predviđen za njihovo ponavljanje i utvrđivanje je nedovoljan.

Sadržaji nastavne teme Osnovi molekularne biologije iz programa biologije u IV razredu gimnazije prirodno-matematičkog smera su među najtežim sadržajima u celokupnom programu biologije u gimnaziji, zato što učenici nemaju dovoljno predznanja za njihovo razumevanje, a u našim školama nedostaju savremena nastavna sredstva pomoću kojih bi nastavnici na odgovarajući način približili učenicima i ovakve najteže sadržaje. Sadržaji kao što su: nukleinske kiseline – građa, struktura i biološka uloga; proteini – građa i uloga; molekulska osnova nasleđivanja; genom i geni; replikacija DNK; transkripcija DNK; genetički kod i translacija učenicima često ostaju nerazumljivi i apstraktni i nakon njihove obrade na časovima biologije. Zbog toga je neophodno iznalaženje efikasnijeg modela njihove obrade kako bi se učenicima omogućilo njihovo lakše razumevanje i usvajanje. Primena interaktivne nastave, kreiranje i korišćenje odgovarajućih multimedijalnih prezentacija na računaru i korišćenje kompjuterskih animacija, pružaju mogućnost efikasnije obrade sadržaja ove nastavne teme. Do sada je u oblasti metodike nastave prirodnih nauka realizovano malo eksperimentalnih istraživanja o efikasnosti primene interaktivne nastave uz podršku računara. Pedagoško istraživanje koje je realizovano u okviru izrade ove doktorske disertacije, inicirano je potrebama savremene nastave biologije u kojoj učenici treba da budu aktivni učesnici nastavnog procesa. Takav pristup može dovesti do

željenih promena u obrazovno-vaspitnom radu i povećanja kvantiteta i kvaliteta znanja učenika iz biologije, kao i njihove veće motivacije za učenje i najtežih sadržaja.

Navedene činjenice ukazuju na potrebu da se tradicionalni model nastave biologije u gimnaziji zameni savremenim modelima nastave. U didaktičko-metodičkim istraživanjima neprekidno se traga za inovativnim modelima nastave koji treba da omoguće bolje razumevanje kompleksnih bioloških sadržaja od strane učenika i povećaju kvalitet i efikasnost nastavnog procesa. Jedan od tih modela je interaktivna nastava biologije uz podršku računara u gimnaziji.

*Problem istraživanja* doktorske disertacije je modelovanje obrade sadržaja nastavne teme Osnovi molekularne biologije u IV razredu gimnazije prirodno-matematičkog smera inovativnim pristupom. Predloženi model predstavlja primenu interaktivne nastave uz podršku računara (primenu multimedijalnih prezentacija kreiranih u Preziju i kompjuterskih animacija) koja sadržaje ove nastavne teme treba da približi učenicima na adekvatan način, kako bi ih oni lakše razumeli i usvojili.

*Predmet istraživanja* je eksperimentalna provera efikasnosti primene interaktivne nastave biologije uz podršku računara u gimnaziji u odnosu na tradicionalnu nastavu biologije, analizom postignuća na testovima znanja (finalnom testu i retestu) i mišljenja učenika eksperimentalne grupe o primenjenom inovativnom modelu nastave.

### 3.2. Definisane osnovnih pojmova istraživanja

Da bi jasno formulisali cilj i zadatke istraživanja, potrebno je definisati osnovne pojmove koji se koriste u istraživanju.

Primena interaktivnog učenja/nastave u savremenom obrazovanju je veoma aktuelna. U ovoj doktorskoj disertaciji pojmovi učenje i nastava imaju sledeća značenja:

Pod pojmom **učenje** podrazumeva se „proces progresivnog menjanja i razvijanja svih psiho-fizičkih potencijala ličnosti pod uticajem prirodnih i socijalnih faktora, kao i sopstvenih mogućnosti, pri čemu postoji interakcijski odnos između individue koja uči i spoljašnjih okolnosti koje na nju utiču” (Pedagoški rečnik II, 1967, str. 501).

Pod pojmom **nastava** podrazumeva se „simultani vaspitno-obrazovni rad koji je neraskidivo povezan sa školom ili njoj sličnom institucijom i u kome se stalno manifestuje didaktička interakcija nastavnika i učenika, odnosno polaznika. Osnovni atributi i značenje nastave izraženi su u tome da je nastava naučno zasnovan i sistematski organizovan institucionalni vaspitno-obrazovni rad namenjen učenicima, odnosno polaznicima određenog uzrasta i diferenciranog stepena obrazovanja na utvrđenoj koncepciji nastavnog plana i programa i realizovan saradničkim odnosima nastavnika i učenika (polaznika) kao organizatora i realizatora cilja i zadataka nastavnog rada. (Pedagoški rečnik II, 1967, str. 614).

**Interaktivno učenje/nastava** je kao pojam novijeg datuma. Koncipirano je na pretpostavkama da aktivnost učenika u realizaciji planiranih nastavnih sadržaja i ostvarivanju ciljeva, može i treba biti podsticano aktivnostima drugih članova ne samo iz školske sredine, nego pojedinaca i grupa iz uže ili šire socijalne sredine. „Interaktivno učenje je proces koji rezultira relativno permanentnim promenama u razmišljanju i ponašanju koje nastaju na osnovu iskustva, tradicije i prakse ostvarene u socijalnoj interakciji” (Suzić, 1999, str. 24).

**Evaluacija** je proces praćenja i vrednovanja pripreme, realizacije i efikasnosti obrazovnog procesa. Proces praćenja je ostvaren kroz praćenje priprema i realizacije časova u eksperimentalnom programu. Proces vrednovanja je podrazumevao vrednovanje efikasnosti

eksperimentalnog programa. Efikasnost eksperimentalnog programa merena je preko: nivoa znanja, kvaliteta znanja, retencije znanja, napretka učenika, kao i preko zainteresovanosti i motivacije nastavnika i učenika za primenu ovakvog metodičkog modela.

U Pedagoškom rečniku je navedeno da **znanje** čine „svesno usvojene činjenice, pojmovi, zaključci i generalizacije povezane u jedinstvenu logičku celinu, u sistem” (Pedagoški rečnik, 1967, str 337).

**Kvantitet znanja** je kvantitativno obeležje obrazovnih postignuća učenika na testovima znanja. Preciznije rečeno, to je broj bodova koje učenik postiže na testu znanja.

U Pedagoškom rečniku za **kvalitet znanja** je navedeno: „Kvalitetno znanje odlikuje se, pre svega, svojom naučnom verodostojnošću. Stečeno naučno znanje treba da obuhvata što veći broj naučnih činjenica, pojmova i generalizacija o pojavama i procesima. Značajna osobina kvalitetnog znanja je njegova trajnost. Trajnost učeničkog znanja zavisi od kvaliteta organizacije i izvođenja nastavnog rada, i to kako procesa usvajanja novog, tako i procesa utvrđivanja i ponavljanja starog znanja” (Pedagoški rečnik, 1967: 434).

Kvalitet znanja učenika na testovima znanja (inicijalnom testu, finalnom testu koji je i retest) analizirano je u ovom radu kroz tri kognitivna domena (nivoa znanja): poznavanje činjenica, razumevanje pojmova i analiza i rezonovanje. Definisanje nivoa znanja u istraživanju izvršeno je prema revidiranoj Blumovoj taksonomiji i prema modelu testa koji je primenjen u istraživanju obrazovnih postignuća učenika četvrtog i osmog razreda osnovne škole iz prirodnih nauka i matematike TIMSS 2007 (Martin, Mullis & Foy, 2008). U istraživanju su kognitivni domeni (nivoi znanja) definisani na sledeći način:

1. *Poznavanje činjenica* – sadrži grupe pitanja *Zaokruži slovo ispred tačnog odgovora i Utvrdi koji su iskazi tačni (T) odnosno netačni (N)*, koja su od učenike zahtevale: pamćenje i prepoznavanje činjenica, informacija, pravila, obrazaca, simbola, procedura i drugo (reprodukciju naučenog znanja).
2. *Razumevanje pojmova* – sadrži tri grupe pitanja: *Višestruka asocijacija, Isključiva asocijacija i Napiši stručne nazive* koje su od učenika zahtevale: proces zaključivanja, rezonovanja, povezivanja i kombinovanja u cilju razumevanja opštih pravila, zakonitosti, definicija i formula (razumevanje usvojenog znanja).
3. *Analiza i rezonovanje* – sadrži dve grupe pitanja *Reši zadatke i Slikovita forma* koja su zahtevale sposobnost učenika da na osnovu naučenog reši problem kako u poznatim okolnostima, jednostavnim životnim situacijama, tako i u nepoznatim i novim kontekstima (primena stečenog znanja).

Navedena klasifikaciju nivoa kvaliteta znanja korišćena je u istraživanju jer se njome može efikasno sagledati realizacija postavljenog cilja i zadataka istraživanja.

**Retencija znanja** je zadržavanje usvojenog znanja nakon određenog vremenskog perioda. U literaturi se često koristi i termin trajnost znanja. Ona je sagledana praćenjem postignuća učenika na retest u odnosu na finalni test.

**Zainteresovanost i motivacija** učenika za primenu interaktivne nastave biologije uz podršku računara predstavlja odnos učenika prema primenjenom metodičkom modelu i njihovu spremnost i želju da ga i dalje primenjuju u nastavi biologije. Ovo je sagledano analizom odgovora učenika na pitanja u anketi za učenike eksperimentalne grupe koja je sprovedena neposredno nakon realizacije eksperimentalnog istraživanja.



### 3.3. Cilj i zadaci istraživanja

Realizacija nastavne teme Osnovi molekularne biologije u IV razredu gimnazije prirodno-matematičkog smjera odvijala se primenom dva različita modela nastave u dve grupe učenika: interaktivne nastave biologije uz podršku računara u eksperimentalnoj grupi i tradicionalnom nastavom u kontrolnoj grupi.

*Cilj istraživanja* je da se realizacijom pedagoškog istraživanja sa paralelnim grupama (eksperimentalnom i kontrolnom grupom) utvrdi da li se primenom inovativnog modela nastave (interaktivne nastave biologije uz podršku računara u gimnaziji) postižu bolji efekti usvajanja kompleksnih sadržaja iz biologije u gimnaziji, uz dosezanje viših nivoa kvantiteta i kvaliteta znanja učenika i njihovih pozitivnih stavova prema primenjenom modelu nastave.

Ostvarenost cilja istraživanja i postignutih efekata sagledana je poređenjem postignuća učenika eksperimentalne (E) grupe u odnosu na postignuća učenika kontrolne (K) grupe na testovima znanja (finalnom testu i retestu u celini i na tri nivoa znanja: poznavanje činjenica, razumevanje pojmova, analiza i rezonovanje), analizom odgovarajućih statističkih parametara i stavova učenika E grupe o primeni inovativnog modela nastave nakon realizacije pedagoškog istraživanja.

Na osnovu cilja istraživanja formulisani su sledeći *zadaci istraživanja*:

1. Izraditi (stručno i didaktičko-metodički oblikovati) multimedijalne prezentacije nastavnih jedinica u program Prezi za obradu nastavne teme Osnovi molekularne biologije interaktivnom nastavom uz podršku računara i scenarije (pisane pripreme) za časove biologije u E grupi.
2. Izraditi testove za objektivnu proveru znanja učenika E i K grupe (inicijalni i finalni test koji je istovremeno i retest). Prema revidiranoj Blumovoj taksonomiji u testovima su uljučeni zadaci tri nivoa složenosti: nivo poznavanja činjenica, nivo razumevanja pojmova, nivo analize i rezonovanja (primene znanja).
3. Ujednačiti eksperimentalnu i kontrolnu grupu učenika na početku pedagoškog istraživanja na osnovu: opšteg uspeha učenika, uspeha iz biologije i hemije na polugodištu IV razreda gimnazije.
4. Utvrditi da li postoje statistički značajne razlike u kvantitetu i kvalitetu znanja učenika E i K grupe na inicijalnom testu znanja u celini i na tri nivoa znanja: poznavanje činjenica, razumevanje pojmova, analiza i rezonovanje.
5. Utvrditi da li postoje statistički značajne razlike u kvantitetu i kvalitetu znanja učenika E i K grupe na finalnom testu znanja u celini i na sva tri nivoa znanja.
6. Utvrditi da li postoje statistički značajne razlike u kvantitetu i kvalitetu znanja učenika E i K grupe na retestu u celini i na sva tri nivoa znanja.
7. Analizirati promene u postignuću učenika E i K grupe tokom istraživanja (od inicijalnog testa preko finalnog testa do retesta) na testovima u celini i na pojedinačnim nivoima znanja.
8. Analizirati promene u postignuću učenika E i K grupe tokom istraživanja od inicijalnog testa preko finalnog testa do retesta na testovima u celini i na pojedinačnim nivoima znanja. Analizirati promene u postignuću učenika: na finalnom testu u odnosu na inicijalni test, na retestu u odnosu na inicijalni test i na retestu u odnosu na finalni test.
9. Analizirati stavove i mišljenja učenika eksperimentalne grupe o vrednostima primene interaktivne nastave biologije uz podršku računara nakon realizacije nastavne teme

Osnovi molekularne biologije u IV razredu gimnazije prirodno-matematičkog smera inovativnim pristupom.

### 3.4. Hipoteze istraživanja

Nastavna tema Osnovi molekularne biologije je izuzetno kompleksna, a njene sadržaje učenici teško razumeju i usvajaju. Ova tema je veoma važna za razumevanje ključnih bioloških procesa koji predstavljaju samu suštinu života, zbog čega je važno da učenici shvate njene sadržaje. Zato je ona veoma reprezentativna za iznalaženje efikasnog modela njene obrade, a zatim sagledavanje efikasnosti njegove primene u nastavi biologije u gimnaziji u odnosu na tradicionalnu nastavu. Na osnovu teorijskih saznanja i analize realizovanih istraživanja, pošli smo od pretpostavke da bi to mogao biti model interaktivne nastave biologije uz podršku računara.

*Glavna hipoteza rada je:*

Primena interaktivne nastave biologije uz podršku računara u gimnaziji u eksperimentalnoj grupi doprineće postizanju boljih efekata usvajanja kompleksnih sadržaja iz biologije u gimnaziji, uz dosezanje viših nivoa kvantiteta i kvaliteta znanja učenika i njihovih pozitivnih mišljenja prema primenjenom inovativnom modelu nastave biologije.

U istraživanju su definisane i sledeće *pojedinačne hipoteze:*

H<sub>1</sub>: Očekuje se da će učenici E grupe ostvariti statistički značajno bolje rezultate na finalnom testu u celini i na pojedinačnim nivoima znanja: poznavanje činjenica, razumevanje pojmova, analiza i rezonovanje, od učenika K grupe.

H<sub>2</sub>: Očekuje se da će učenici E grupe ostvariti statistički značajno bolje rezultate na retestu u celini i na sva tri nivoa znanja od učenika K grupe.

H<sub>3</sub>: Očekuje se da će analiza promena u postignuću učenika E i K grupe na testovima znanja u celini i na pojedinačnim nivoima znanja tokom istraživanja (od inicijalnog testa preko finalnog testa do retesta) pokazati značajne razlike u kvantitetu i kvalitetu znanja učenika E i K grupe (u korist E grupe).

H<sub>4</sub>: Očekuje se da će učenici E grupe imati pozitivne stavove o primeni interaktivne nastave biologije uz podršku računara i pokazati veću zainteresovanost i motivaciju za učenje biologije.

### 3.5. Metode, tehnike i instrumenti istraživanja

#### 3.5.1. Metode istraživanja

U izradi doktorske disertacije korišćen je kombinovani metodološki pristup. U istraživanju su primenjene: metoda teorijske analize, deskriptivna metoda i eksperimentalna metoda sa paralelnim grupama.

*Metoda teorijske analize* i *deskriptivna metoda* korišćene su za stvaranje teorijske osnove istraživanja, utvrđivanje ciljeva i zadataka istraživanja, formulisanje istraživačkih hipoteza, metoda istraživanja, eksperimentalnih faktora, modela, tehnika i instrumenata istraživanja, veličine i karakteristika uzorka učenika u istraživanju i vremena sprovođenja pedagoškog eksperimenta. Ovim metodama su takođe analizirani: Nastavni plan i program biologije za IV razred gimnazije

prirodno-matematičkog smera, globalni i operativni planovi rada nastavnika u E i K grupi, udžbenik biologije za IV razred gimnazije prirodno-matematičkog smera (autora Cvetković i sar., 2009), pisane pripreme nastavnika za neposredan obrazovno-vaspitni rad za realizaciju nastavne teme Osnovi molekularne biologije na različit način u E i K grupi, izbor uzorka škola i nastavnika biologije za istraživanje u E i K grupi i izbor uzorka učenika u E i K grupi, opšti uspeh i uspeh učenika iz biologije i hemije na polugodištu IV razreda gimnazije u E i K grupi; utvrđeno vreme sprovođenja pedagoškog eksperimenta; odabrane metode, eksperimentalni faktori i modeli istraživanja; instrumenti i tehnike istraživanja.

Eksperiment je najpouzdaniji naučni postupak za otkrivanje uzročnih veza među pojavama (Brković, 2000). Eksperimentalnu metodu karakteriše plansko izazivanje promene u cilju proučavanja posledica koje se izazivaju u kontrolisanim uslovima, sa mogućnošću merenja tih posledica. Zadatak ovog istraživanja je da se utvrdi efikasnost primene inovativnog modela u nastavi biologije u gimnaziji u odnosu na tradicionalnu nastavu biologije. U istraživanju je primenjena eksperimentalna metoda sa paralelnim grupama sa jednom eksperimentalnom i jednom kontrolnom grupom. Tom prilikom se upoređuje efikasnost novog modela nastavnog postupka sa nekim starijim, već potvrđenim postupkom (Bandur i Potkonjak, 2006). Paralelne grupe su bila paralelna odeljenja IV razreda prirodno-matematičkog smera iz dve gimnazije iz Novog Sad (Gimnazija Jovan Jovanović Zmaj i Isidora Sekulić). Grupe su pre realizacije pedagoškog istraživanja ujednačene po određenim kriterijumima,.

U toku istraživanja, u odeljenjima *eksperimentalne grupe* nastavna tema Osnovi molekularne biologije realizovana je interaktivnom nastavom uz podršku računara radom u parovima u kabinetu za informatiku.

U odeljenjima *kontrolne grupe* nastava biologije se odvijala u isto vreme u skladu sa uobičajenim, tradicionalnim konceptom realizacije nastavnih sadržaja u kabinetu za biologiju. Ova grupa služi kontroli odnosno ustanovljavanju vrednosti postupaka koji se primenjuju u eksperimentalnoj grupi (Mužić, 1973).

### 3.5.2. Tehnike istraživanja

#### Anketa za učenike eksperimentalne grupe

Nakon izvršenog finalnog testiranja, sprovedena je anketa za učenike eksperimentalne grupe o primeni interaktivne nastave uz podršku računara tokom obrade nastavne teme Osnovi molekularne biologije. Cilj ankete je bio da učenici ove grupe iznesu svoje stavove i mišljenja o primenjenom modelu nastave biologije, kao i da se ispita zainteresovanost učenika za učenje biologije primenom inovativnog modela nastave. Anketa je sadržala ukupno 12 pitanja: 10 pitanja zatvorenog tipa, od kojih su 4 pitanja sa skalom stavova (Likertova skala) i 2 pitanja otvorenog tipa (Prilog 7.1.3.).

Kod pitanja zatvorenog tipa učenici su imali mogućnost da izaberu jedan od nekoliko ponuđenih odgovora. U okviru pitanja otvorenog tipa, od učenika se zahtevalo da na postavljeno pitanje daju konstruktivan odgovor. Skala procene stavova je konstruisana po modelu petostepene Likertove sumacione skale u okviru koje su učenici eksperimentalne grupe izražavali u kojoj se meri slažu, odnosno ne slažu sa ponuđenim tvrdnjom. Kategorije stavova učenika se kreću od potpuno negativnog (uopšte se ne slažem), preko manje negativnog (ne slažem se), neutralnog (nisam siguran), do pozitivnog (slažem se) i potpuno pozitivnog stava (u potpunosti se slažem). U okviru svake pojedinačne tvrdnje učenik je mogao birati samo jedan odgovor odnosno

stav. Svaki taj odgovor se boduje na odgovarajući način, a onda se sabiranjem bodova za svaku tvrdnju dobija ukupan skor koji izražava stav učenika, u određenoj meri pozitivan ili negativan.

Anketa za učenike eksperimentalne grupe nije bila anonimna zbog ispitivanja veze između stavova učenika o primeni interaktivne nastave biologije uz podršku računara u nastavi biologije i njihovog ukupnog postignuća na finalnom testu.

Anketa je urađena po modelu anketa u istraživanjima Drakulić i Miljanović, 2010 i Terzić i sar., 2105, ali je prilagođena specifičnostima ovog istraživanja.

### 3.5.3. Instrumenti istraživanja

Instrumenti primenjeni u istraživanju bili su testovi za objektivnu proveru znanja učenika E i K grupe: inicijalni test, finalni test i retest. Testovi su sastavljeni prema udžbeniku Biologija za IV razred gimnazije prirodno-matematičkog smera (Cvetković i sar., 2009).

Iako Blumova tasonomija obrazovnih ciljeva u kognitivnom području ima 6 kategorija, mi smo se opredelili da zadatke na testovima znanja razvrstamo u tri nivoa: nivo I (poznavanje činjenica), nivo II (razumevanje pojmova) i nivo III (analiza i rezonovanje). To su:

- *Prvi nivo znanja – poznavanje činjenica:* učenik prepoznaje osnovne pojmove u svakoj nastavnoj jedinici i nastavnoj temi u celini, zna da odgovori na najjednostavnija pitanja koja su tako formulisana da donekle sugerišu odgovor;
- *Drugi nivo znanja – razumevanje pojmova:* učenik analizira date podatke i izvodeći jednostavne zaključke, ume delimično da primeni naučeno;
- *Treći nivo znanja – analiza i rezonovanje (primena znanja):* učenik potpuno razume i primenjuje definisane pojmove i relacije, analizira ih detaljnije, uočava relevantne podatke u problemu i kombinujući ih dolazi do rešenja postavljenog problema (vlada analitičko-sintetičkim metodom).

Nivoi znanja na testovima definisani su prema modelu testa koji je primenjen u istraživanja obrazovnih postignuća učenika osnovne škole iz prirodnih nauka i matematike TIMSS 2007 (Martin, Mullis & Foy, 2008). Zadaci su poređani u nizu od najlakših (kojima se ispituju niži nivoi znanja učenika iz biologije) do složenijih i najtežih zadataka (kojima se sagledavaju viši i najviši nivoi znanja učenika iz biologije).

**Inicijalni test** znanja kreiran je kao niz zadataka objektivnog tipa. Cilj primene ovog testa bio je utvrđivanje inicijalnog znanja učenika eksperimentalne i kontrolne grupe iz biologije pre uvođenja eksperimentalnog faktora u E grupu. Inicijalni test sadržao je niz od 20 pitanja koja su se odnosila na sadržaje iz prethodno obrađene nastavne teme Mehanizmi nasleđivanja. Dobro poznavanje ovog gradiva je bio preduslov za razumevanje sadržaja koji su realizovani tokom pedagoškog eksperimenta.

Maksimalan broj poena koji se mogao osvojiti na inicijalnom testu bio je 100 i obuhvatao je pitanja koja su bila grupisana u tri kognitivna domena (nivoa).

1. *Kognitivni domen I (poznavanje činjenica)* čine dve grupe po 5 pitanja:
  - Zaokruži slovo ispred tačnog odgovora (pitanja 1-5) i
  - Utvrdi koji su iskazi tačni (T), odnosno netačni (N), (pitanja 6-10).

U obe grupe bilo je lakših i težih pitanja. Zadatak učenika je bio da u prvoj grupi pitanja od ponuđena četiri odgovora i u drugoj grupi pitanja od dva odgovora prepoznaju i zaokruže tačne odgovore. Ovaj nivo znanja zahtevao je od učenika znanje činjenica, pojmova, principa i generalizacija. Maksimalan broj poena u okviru ovog podtesta bio je 20.

2. *Kognitivni domen II (razumevanje pojmova)* sadrži tri grupe pitanja:
- Višestruka asocijacija (Pitanja 11-13 u kojima je trebalo povezati odgovarajuće pojmove (4 pojma) sa njihovim objašnjenjem),
  - Isključiva asocijacija (Pitanja 14-16) u kojima su data 4 pojma i 5 tvrdnji koje je takođe trebalo povezati, pri čemu je jedna tvrdnja u svakom zadatku bila pogrešna) i
  - Napiši stručne nazive (Pitanje 17 za koja su učenici trebali ds upišu stručne nazive za 4 poremećaja u broju hromozoma kod čoveka).

Pitanja na ovom nivou podrazumevala su da učenik razume značenja činjenica, stručnih termina i pojmova u okviru nastavne teme Mehanizmi nasleđivanja, da ima sposobnost da grupiše i poveže pojmove, da uočava sličnosti, razlike i zavisnost među pojmovima kao i da logički i samostalno interpretiraju podatke. Na pitanjima ovog nivoa učenik treba da primeni stečeno znanje na poznatim primerima, ali još uvek ne i da primeni principe i pravila na novim nepoznatim primerima (u novim situacijama). U okviru ovog podtesta maksimalan broj poena bio je 56.

3. *Kognitivni domen III (analize i rezonovanja)* sadrži jednu grupu pitanja:

- *Reši zadatke* (Pitanja 18-20).

Na osnovu usvojenog gradiva iz prethodno obrađene nastavne teme Mehanizmi nasleđivanja učenici su trebali da reše 3 zadatka iz genetike. Pitanja ovog nivoa zahtevala su sposobnost učenika: da primeni stečeno znanje iz genetike u novim nepoznatim situacijama (na novim primerima koje ranije nisu radili), da kritički pristupe analizi zadatah problema, generalizaciji i apstrakciji stečenog znanja. Ovo su bili najteži zadaci na inicijalnom testu. U okviru ovog subtesta maksimalan broj poena bio je 24.

U tabeli 5. dat je pregled pitanja i zadataka inicijalnog testa razvrstanih prema Blumovoj taksonomiji.

Tabela 5: *Zadaci inicijalnog testa razvrstani po Blumovoj taksonomiji*

| Inicijalni test | Kategorije zadataka            |                                |                       |        |
|-----------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------|--------|
|                 | Poznavanje činjenica           | Razumevanje pojmova            | Analiza i rezonovanje | Ukupno |
|                 | Br. pitanja                    | Br. pitanja                    | Br. pitanja           |        |
|                 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, | 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 | 18, 19, 20            | 20     |

Inicijalni test, njegovo rešenje i bodovna skala (broj bodova za sva pitanj) dati su u Prilogu (Prilog 7.1.1.)

**Finalni test** (koji je korišćen i kao **retest**) obuhvatao je sadržaje nastavne teme Osnovi molekularne biologije. Kreiran je kao niz zadataka objektivnog tipa sa 22 pitanja, čiji je cilj bio da se sagleda i analizira usvojenost nastavnih sadržaja nastavne teme Osnovi molekularne biologije i procene efekata primenjenih nastavnih modela u eksperimentalnoj i kontrolnoj grupi nakon sprovedenog eksperimentalnog istraživanja. Finalni test je sproveden neposredno nakon realizacije nastavne teme Osnovi molekularne biologije na različit način u E i K grupi.

Sastavljen je po istom modelu kao i inicijalni test. Maksimalan broj poena koji se mogao osvojiti na finalnom testu znanja (i na retestu) bio je 100 poena. Obuhvatao je pitanja i zadatke koja su bila grupisana u tri kognitivna domena (nivoa znanja).



1. *Kognitivni domen I (poznavanje činjenica)* činile su iste grupe pitanja kao i na inicijalnom testu i sa istim zahtevima.
  - *Zaokruži slovo ispred tačnog odgovora* (pitanja 1-5) i
  - *Utvrdi koji su iskazi tačni (T), odnosno netačni (N)*, (pitanja 6-10).
 U okviru ovog podtesta maksimalan broj poena bio je 20.
2. *Kognitivni domen II (razumevanje pojmova)* činile su iste grupe pitanja kao i na inicijalnom testu i sa istim zahtevima:
  - *Višestruka asocijacija* (Pitanja 11-13 u kojima je trebalo povezati 4 pojma sa njihovim objašnjenjem),
  - *Isključiva asocijacija* (Pitanja 14-16) u kojima su data 4 pojma i 5 tvrdnji koje je takođe trebalo povezati, pri čemu je jedna tvrdnja u svakom zadatku bila pogrešna) i
  - *Napiši stručne nazive* (Pitanja 17 i 18 za koja su učenici trebali da upišu stručne nazive bolesti na osnovu njihovog opisa.
 U okviru ovog podtesta maksimalan broj poena bio je 55.
3. *Kognitivni domen III (analize i rezonovanja)* sadrži dve grupe pitanja:
  - *Reši zadatke* (pitanja 19, 20 i 21) koje su učenici trebali da reše na osnovu usvojenog gradiva nastavne teme Osnovi molekularne biologije neposredno nakon njene obrade i
  - *Slikovita forma* (pitanje 22) gde su učenici najpre trebali da prepoznaju šta je prikazano na slici, a zatim da upišu nazive delova označenih na slici.
 U okviru ovog subtesta maksimalan broj poena bio je 25.

U Tabeli 6. dat je pregled pitanja i zadataka finalnog testa razvrstanih prema Blumovoj taksonomiji.

Tabela 6: *Pitanja i zadaci finalnog testa i retesta razvrstani po Blumovoj taksonomiji*

| Finalni test<br>i retest | Kategorije zadataka            |                                |                       |        |
|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------|--------|
|                          | Poznavanje činjenica           | Razumevanje pojmova            | Analiza i rezonovanje | Ukupno |
|                          | Br. pitanja                    | Br. pitanja                    | Br. pitanja           |        |
|                          | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, | 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 | 19, 20, 21, 22        | 22     |

Finalni test (koji je istovremeno i retest), njegovo rešenje i bodovna skala dati su u Prilogu (Prilog 7.1.2.)

**Retest** je identičan kao finalni test i sproveden je 60 dana nakon finalnog testa sa ciljem sagledavanja trajnosti usvojenog znanja u eksperimentalnoj i kontrolnoj grupi učenika po isteku navedenog vremena.

Inicijalni test i finalni test su preuzeti iz istraživanja čiji rezultati su prikazani u radu Odadžić et al, 2017. godine. Oba testa su zbog ranijeg korišćenja baždarena pa je samim tim veća njihova pouzdanost. U navedenom istraživanju inicijalni test je sastavljen iz nastavne teme Osnovi molekularne biologije, a finalni test iz nastavne teme Mehanizmi nasleđivanja. Istraživanje Efikasnosti primene obrazovnog računarskog softvera u nastavi biologije u gimnaziji realizovano je školske 2012/13. godine u Zrenjaninskoj gimnaziji. Pošto nastavnici imaju slobodu da promene redosled realizacije nastavnih tema u istraživanju Odadžić et. al., 2017, nastavna

tema Osnovi molekularne biologije realizovana pre nastavne teme Mehanizmi nasleđivanja. U našem istraživanju je bilo obrnuto. Nastavna tema Mehanizmi nasleđivanja je realizovana pre nastavne teme Osnovi molekularne biologije. Deo gradiva značajnog za razumevanje molekularne biologije učenici su učili i u okviru nastavne teme Osnovi citologije u I razredu gimnazij: hromozomi, hromatin, organizacija hromatina, DNK, histoni, RNK, nehistski proteini, ciklus ćelije, deoba ćelije: amitoza, mitoza i mejoza).

Primenjeni testovi znanja u eksperimentalnom istraživanju su u skladu sa standardima postignuća za nastavni predmet biologija. U rešenju testova (inicijalnog testa Prilog 7.2. i finalnog testa Prilog 7.4.) je uneta dodatna kolona u koju su prema Opštim standardima postignuća za kraj opšteg srednjeg i srednjeg stručnog obrazovanja i vaspitanja u delu opšteobrazovnih predmeta za predmet Biologija upisani standardi za svako pitanje (Najdanović Tomić, ured., 2015).

Vrednosti Kronbahove alfe (Cronbach's Alpha) za inicijalni test ( $\alpha=0,832$ ) i za finalni test koji je istovremeno i retest ( $\alpha=0,901$ ) su pokazali visoku pouzdanost testova. Leveneov test je ukazao na homogenost varijanse ( $F = 0,110$ ,  $p = 0,740$ ).

Izradom testova za objektivnu proveru znanja učenika E i K grupe (inicijalnog i finalnog testa koji je istovremeno i retest) sa zadacima na tri nivoa složenosti: nivo poznavanja činjenica, nivo razumevanja pojmova i nivo analize i rezonovanja (primene znanja) *realizovan je drugi zadatak istraživanja*.

### 3.6. Uzorak istraživanja

Eksperimentom je obuhvaćen uzorak od 142 učenika u dve grupe (E i K grupi) sa približno istim brojem učenika. Eksperimentalnu grupu čine 3 odeljenja IV razreda prirodno-matematičkog smera sa 72 učenika gimnazije „Jovan Jovanović Zmaj” iz Novog Sada, a kontrolnu grupu učenici iz tri odeljenja IV razreda prirodno-matematičkog smera sa 70 učenika gimnazije „Isidora Sekulić” iz Novog Sada.

Izbor uzorka škola izvršen je na osnovu postojanja uslova za realizaciju planiranog pedagoškog istraživanja u obe škole, odobrenja Školskog odbora obe škole, saglasnosti uprave škole, profesora biologije i samih učenika za realizaciju istraživanja.

Izbor uzorka profesora biologije izvršen je na osnovu njihovog ranijeg učešća u istraživanjima iz oblasti metodike nastave biologije, što je bila dobra osnova za uspešnu realizaciju planiranog istraživanja.

Izbor odeljenja gimnazije prirodno-matematičkog smera izvršen je zbog toga što učenici ovog smera imaju najveći broj časova biologije u IV razredu gimnazije (96), tako da se obrada pojedinih nastavnih tema na prirodno-matematičkom smeru odvija detaljnije tokom većeg broja časova. Pored toga, s obzirom na pripremu učenika IV razreda za maturu i prijemni ispit, moglo se očekivati da je njihova zainteresovanost za nastavu biologije (i drugih prirodnih nauka) veća nego kod učenika gimnazije ostalih smerova.

Za eksperimentalna metodička istraživanja ovog tipa je teško naći škole i nastavnike koji prihvataju da učestvuju u istraživanjima, jer to zahteva dodatno angažovanje, ne samo od istraživača, već i nastavnika i učenika. U konkretnom slučaju u istraživanje su bile uključene škole i nastavnici biologije u kojima studenti biologije nastavno smera realizuju školsku praksu. Učenici i njihovi nastavnici su naviknuti da nastavu biologije izvode studenti biologije pa su rado prihvatili da im studentkinja doktorskih studija realizuje nastavnu temu Osnovi molekularne

biologije. Uzorak istraživanja u E i K grupi prema školama, odeljenjima i prema polu prikazan je u Tabeli 7.

Tabela 7: Uzorak istraživanja prema školama, odeljenjima i polu

| Škola   | Odeljenja       | Broj učenika | Muški     |              | Ženski    |              |
|---|-----------------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|
|   |                 |              | Br.       | %            | Br.       | %            |
| Gimnazija „Jovan Jovanović Zmaj”,<br>Novi Sad<br><b>(E grupa)</b> | IV <sub>1</sub> | 24           | 11        | 45,83        | 13        | 54,17        |
|   | IV <sub>2</sub> | 23           | 11        | 47,83        | 12        | 52,17        |
|   | IV <sub>4</sub> | 25           | 13        | 52,00        | 12        | 48,00        |
| <b>Ukupno</b>   | <b>3</b>        | <b>72</b>    | <b>35</b> | <b>48,61</b> | <b>37</b> | <b>51,39</b> |
| Gimnazija „Isidora Sekulić”,<br>Novi Sad<br><b>(K grupa)</b>      | IV <sub>1</sub> | 23           | 13        | 56,52        | 10        | 43,48        |
|   | IV <sub>2</sub> | 24           | 11        | 45,83        | 13        | 54,17        |
|   | IV <sub>3</sub> | 23           | 12        | 52,17        | 11        | 47,83        |
| <b>Ukupno</b>   | <b>3</b>        | <b>70</b>    | <b>36</b> | <b>51,43</b> | <b>34</b> | <b>48,57</b> |

U odeljenjima uključenim u eksperimentalno istraživanje u obe škole u dnevnicima rada upisan je veći broj učenika od onog iskazanog u uzorku. U uzorku istraživanja u obe grupe iskazani su samo učenici koji su radili sva tri testa: inicijalni, finalni test i retest. Testovi iz biologije nisu bili razlog njihovog izostajanja, jer se dobijene ocene nisu unosile u dnevnik rada, ako to učenici nisu želeli. Izostajanje sa nastave je, kada su u pitanju učenici srednjih škola, uobičajena pojava. Ukupan broj učenika u obe grupe (E i K) zadovoljava kriterijum odabranog istraživačkog nacrta i omogućio je ispitivanje efekata eksperimentalnog programa i njegovu evaluaciju.

Na osnovu podataka iz Tabele 5 uzorak učenika u eksperimentalnoj i kontrolnoj grupi je ujednačen prema broju učenika po razredima i ukupno i prema polu.

### 3.7. Varijable istraživanja

U istraživanju su korišćene: nezavisne, zavisne i kontrolne varijable.

**Nezavisnu varijablu** u istraživanju predstavlja nastavni postupak – u konkretnom slučaju model interaktivne nastave biologije uz podršku računara (kreirane multimedijalne prezentacije u programu Prezi za obradu nastavne teme Osnovi molekularne biologije u četvrtom razredu gimnazije prirodno-matematičkog smera), koji je oblikovan prema eksperimentalnom programu za izvođenje nastave biologije u eksperimentalnoj grupi. To je nezavisna varijabla koja u ovom istraživanju ima ulogu eksperimentalnog faktora.

**Zavisnu varijablu** predstavljaju efekti u nastavi biologije koji nastaju kao rezultat uvođenja eksperimentalnog faktora u E grupu. Dakle, zavisnu varijablu predstavlja efikasnost primene modela interaktivne nastave biologije iz podršku računara u E grupi, odnosno postignuće ali i zainteresovanost učenika E grupe nastali primenom inovativnog modela nastave. Nivo postignuća učenika meren je na finalnom testu znanja i retestu, a sagledavan je na osnovu razlike u postignuću učenika E i K grupe u odnosu na inicijalni test. Zainteresovanost i motivacija

učenika, za inovativni način rada na časovima biologije, sagledani su analizom rezultata ankete za učenike E grupe nakon obrade nastavne teme Osnovi molekularne biologije interaktivnom nastavom uz podršku računara.

**Kontrolne varijable** su: opšti uspeh učenika E i K grupe na polugodištu IV razreda gimnazije, uspeh učenika iz biologije i hemije i uspeh učenika obe grupe na inicijalnom testu znanja iz nastavne teme Mehanizmi nasleđivanja koja je obrađena pre nastavne teme Osnovi molekularne biologije.

### 3.8. Statistička obrada rezultata istraživanja

U istraživanju su analizirani statistički parametri: veličina uzorka (N), aritmetička sredina (AS), standardna devijacija (SD) i standardna greška razlike aritmetičkih sredina (SE). Za utvrđivanje povezanosti dve varijable korišćeni su postupci: Hi kvadrat test, kombinovana analiza varijanse (Mixed-desi ANOVA), analiza varijanse za ponovljena merenja (ANOVA) sa LSD testovima kontrastiranja, multivarijantne analize kovarijanse za ponovljena merenja (Mixed design ANCOVA with repeated measures; General linear model), t-test kao i Pirsonov (r) i Spirmanov koeficijent korelacije ( $\rho$ ). Analiza veličine efekta nezavisne varijable na zavisnu dobijena je izračunavanjem Koenovog – d (Cohen, 1988) i vrednosti parcijalne ete kvadrat ( $\eta^2$ ).

U cilju predviđanja (predikcije) rezultata korišćena je linearna regresija. Kao nezavisna varijabla u ovoj analizi uzeta je nastavna instrukcija, dok je za zavisnu varijablu uzeto postignuće učenika na finalnom testiranju.

Normalnost raspodela rezultata testova po grupama i uzorku u celini proverena je Kolmogorov-Smirnovim (Kolmogorov-Smirnov) testom. Leveneov test je ukazao na homogenost varijanse ( $F = 0.110$ ,  $p = 0.740$ ).

Za statističku obradu podataka dobijenih na testovima znanja (inicijalnom testu, finalnom testu i retestu), kao i za analizu rezultata ankete koja je sprovedena u E grupi korišćen je programski paket SPSS 19.0 (Statistical Package for the Social Sciences) i Microsoft Excel 2010. Rezultati istraživanja prikazani su tabelarno i grafički.

### 3.9. Eksperimentalni faktori i modeli istraživanja

Prema Nastavnom programu biologije u gimnaziji prirodno-matematičkog smera nastavna tema *Osnovi molekularne biologije* obrađuje se tokom 13 časova i uključuje: realizaciju 10 nastavnih jedinica obrade novog gradiva, 2 časa utvrđivanja gradiva i 1 čas sistematizacije nastavne teme (Službeni glasnik RS – Prosvetni glasnik, 7, 2011).

Realizacija nastavne teme Osnovi molekularne biologije odvijala se tokom istraživanja primenom dva različita modela nastave u eksperimentalnoj i kontrolnoj grupi (Tabela 8).

Tabela 8: *Eksperimentalni faktori i modeli istraživanja*

| Modeli                           | Tip časa                              | Vrsta nastave i oblik rada                                   | Broj učenika | Škola                                     |
|----------------------------------|---------------------------------------|--|--------------|---|
| <b>M<sub>1</sub><br/>E grupa</b> | Obrada novog gradiva (10 časova)      | Interaktivna nastava uz podršku računara. Rad u parovima.    | 72           | Gimnazija „Jovan Jovanović Zmaj” Novi Sad |
|                                  | Utvrđivanje gradiva (2 časa)          | Rešavanje interaktivnih testova na računaru. Rad u parovima. |              |   |
|                                  | Sistematizacija nastavne teme (1 čas) | Objektivna provera znanja (finalni test). Individualni rad.  |              |   |
| <b>M<sub>2</sub><br/>K grupa</b> | Obrada novog gradiva (10 časova)      | Tradicionalna nastava. Frontalni oblik rada.                 | 70           | Gimnazija „Isidora Sekulić” Novi Sad      |
|                                  | Utvrđivanje gradiva (2 časa)          | Tradicionalna nastava. Frontalni oblik rada.                 |              |   |
|                                  | Sistematizacija nastavne teme (1 čas) | Objektivna provera znanja (finalni test). Individualni rad.  |              |   |

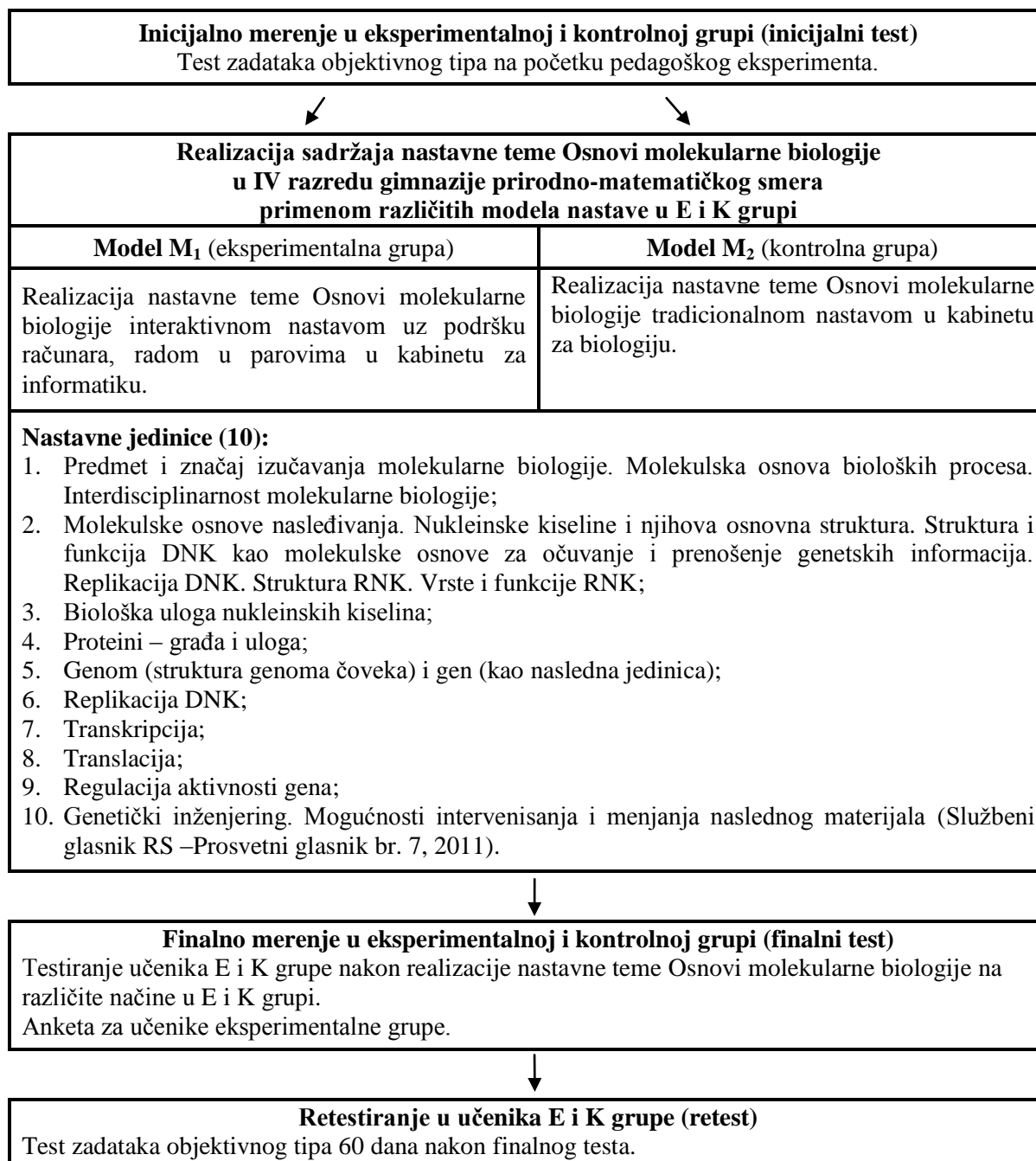
**Model M<sub>1</sub>** primenjen je u eksperimentalnoj grupi. Časovi biologije u ovoj grupi su održani u kabinetu za informatiku korišćenjem 20 umreženih računara. *Obrada gradiva* svih 10 nastavnih jedinica se odvijala interaktivnom nastavom uz podršku računara, radom u parovima. Utvrđivanje gradiva odvijalo se takođe u kabinetu za informatiku rešavanjem interaktivnih testova na računaru radom u parovima. *Čas sistematizacije nastavne teme* odvijao se radom u parovima na računaru u kabinetu za informatiku rešavanjem interaktivnog testa sastavljenog iz gradiva nastavne teme Osnovi molekularne biologije.

**Model M<sub>2</sub>** primenjen je u kontrolnoj grupi. Svi časovi biologije u ovoj grupi tokom istraživanja održani su u kabinetu za biologiju. Obrada svih nastavnih jedinica (10), ponavljanje i utvrđivanje gradiva (2 časa) i sistematizacija nastavne teme (1 čas) odvijali su se tradicionalnom nastavom (verbalno-tekstualnim i demonstrativno-ilustrativnim nastavnim metodama i frontalnim oblikom rada).



### 3.10. Projekat eksperimentalnog istraživanja

Projekat realizovanog eksperimentalnog istraživanja prikazan je na shemi 1.



Shema 1: Realizacija eksperimentalnog istraživanja

### 3.11. Organizacija i tok realizacije pedagoškog istraživanja

Istraživanje se odvijalo kroz sledeće faze:

1. Prikupljanje i proučavanje odgovarajuće literature (stručne i metodičke) odvijalo se kontinuirano u periodu od 2012. godine.
2. Stručna analiza sadržaja nastavne teme Osnovi molekularne biologije u IV razredu gimnazije prirodno-matematičkog smera i mogućnosti njene metodičke prezentacije na različite načine.
3. Izrada multimedijalnih prezentacija svih 10 nastavnih jedinica iz nastavne teme Osnovi molekularne biologije u Prezi-ju odvijala se 2014.
4. Izrada pisanih priprema za obradu svih 10 nastavnih jedinica iz nastavne teme Osnovi molekularne biologije interaktivnom nastavom uz podršku računara u E grupi (prema udžbeniku Cvetković i sar., 2011, str. str. 82-127).
5. Izrada pisanih priprema za realizaciju nastavne teme Osnovi molekularne biologije tradicionalnom nastavom u K grupi (prema udžbeniku Cvetković i sar., 2011).
6. Izrada interaktivnih testova za proveru znanja učenika E i K grupe na časovima ponavljanja i utvrđivanja gradiva (2 časa) i sistematizacije nastavne teme Osnovi molekularne biologije (1 čas).
7. Izrada testova za objektivnu proveru znanja učenika E i K grupe (inicijalnog i finalnog testa koji je istovremeno i retest). Prema revidiranoj Blumovoj taksonomiji primenjeni su zadaci tri nivoa složenosti: nivo poznavanja činjenica, nivo razumevanja pojmova, nivo analize i rezonovanja (primene znanja).  
Faze 2-7 odvijale su se tokom 2013 i 2014. godine.
8. U školskoj 2013/14. godini realizovan je inicijalni projekat pedagoškog istraživanja u E i K grupi prema izloženoj metodologiji eksperimentalnog istraživanja sa paralelnim grupama (eksperimentalnom i kontrolnom).
9. Eksperimentalno istraživanje (finalni projekat) realizovan je u celini u isto vreme u E i K grupi školske 2015/16. godine i obuhvatalo je:
  - Inicijalno testiranje učenika E i K grupe pre uvođenja eksperimentalnog faktora u E grupu. Na početku istraživanja, pre uvođenja eksperimentalnog faktora u E grupu, E i K grupa su ujednačene na osnovu opšteg uspeha, uspeha iz biologije i hemije na polugodištu IV razreda gimnazije i rezultata inicijalnog testa znanja iz biologije (inicijalni test je urađen iz prethodno obrađene nastavne teme Mehanizmi nasleđivanja).
  - Realizacija nastavne teme Osnovi molekularne biologije primenom dva različita modela nastave u dve različite grupe učenika (interaktivnom nastavom uz podršku računara u E grupi i tradicionalnom nastavom u K grupi) odvijala se tokom 13 časova.
  - Finalno testiranje učenika E i K grupe nakon obrade nastavne teme Osnovi molekularne biologije u E i K grupi (finalni test).
  - Anketiranje učenika E grupe nakon realizacije nastavne teme Osnovi molekularne biologije interaktivnom nastavom uz podršku računara. Sagledavanje mišljenja učenika E grupe o primeni interaktivne nastave biologije u gimnaziji uz podršku računara.
  - Ponovno testiranje (retestiranje) učenika E i K grupe 60 dana nakon finalnog testiranja (retest).

### 3.12. Obrazovno-računarsko okruženje primenjeno u istraživanju

Alati za prezentovanje sadržaja spadaju u grupu alata koji se sve više koriste u nastavi. Mogućnosti koje oni pružaju čine ih korisnim za nastavnike, ali i zanimljivim i veoma prihvaćenim od strane učenika. Prezentacija predstavlja način prikazivanja ideja i informacija određenoj grupi ljudi. Ona mora biti zanimljiva, ubedljiva i inovativna u isto vreme. Neke od prednosti onlajn alata za prezentacije su:

- mogućnost korišćenja preko veb interfejsa, bez instaliranja programa na računaru,
- mogućnost slanja prezentacije i pokazivanje velikom broju ljudi,
- otpremanje i čuvanje prezentacija onlajn, tako da uvek budu na dohvat ruke,
- integracija sa drugim onlajn alatima,
- mogućnosti saradnje više osoba istovremeno na jednoj prezentaciji.

Jedan od dostupnih besplatnih softvera za izradu prezentacija je Prezi. Prezi je popularna onlajn platforma za kreiranje prezentacija, veb alat koji omogućava kreiranje dinamičnih prezentacija nastavnicima i učenicima uz interaktivno stvaranje novih rešenja i ideja. Korisnicima su na raspolaganju besplatna licenca *Prezi Public* koja podrazumeva objavljivanje prezentacija na Prezi.com stranici, koje time postaju javno vidljive. Korisnici koji plaćaju licencu za *Prezi Enjoy* ili *Prezi Pro* mogu učiniti svoje prezentacije privatnim. Alat Prezi takođe nudi posebnu besplatnu licencu za korisnike iz oblasti obrazovanja, studenata i edukatore (*Prezi for Education*). Preziju se pristupa putem sajta [www.prezi.com](http://www.prezi.com) na kojem je potrebno izvršiti registraciju, odabrati jednu od ponudjenih opcija i kreirati svoju prezentaciju, bez potrebe za bilo kakvim instaliranjem aplikacije. Program je namenjen svima koji žele da na interaktivan i zanimljiv način prenesu informacije slušaocima. Otkriva potpuno novi svet mogućnosti pri izradi prezentacija bilo da se radi o prezentaciji za upravu, partnere, sponzore ili za edukaciju (Brock i Brodahl, 2013).

Prezi u potpunosti menja koncept prezentacije, a sve veću popularnost stiče u oblasti obrazovanja, delom zbog analogije sa jednim od najboljih izuma u oblasti edukacije, školske table. Zasnovan je na ideji velike radne površine, konceptu platna ili table, umesto na slajdovima, što mu daje preglednost i dinamičnost. Predstavlja pokušaj prevazilaženja linearnog razmišljanja koje je temelj Power Pointa. Tehnologija 2.5 D ili Parallax 3D omogućava Prezijeve čuveni ZUI (*engl. Zooming User Interface*) omogućava zumiranje u svaki element prezentacije i nelinearno kretanje s jednog na ostale delove prezentacije. Na ovaj način se sadržaji mogu organizovati veoma slobodno, a segmenti mogu biti proizvoljno povezani u sekvence. Mogućnosti integracije različitih komponenti (teksta, slike, zvuka, grafika, animacija i dr.) doprinosi većoj interaktivnosti, multimedijalnosti i zanimljivosti. Konačan rezultat je vizuelna karta ili mapa koja transformiše prezentaciju iz monologa u razgovor. Multimedijalnost je pojam koji pronalazi značajno mesto u osnovi novih paradigmi edukacije. S toga, postaje jasno da tradicionalni alati ne mogu osigurati kvalitetniju interakciju sa sadržajem u odnosu na nova tehnološka rešenja.

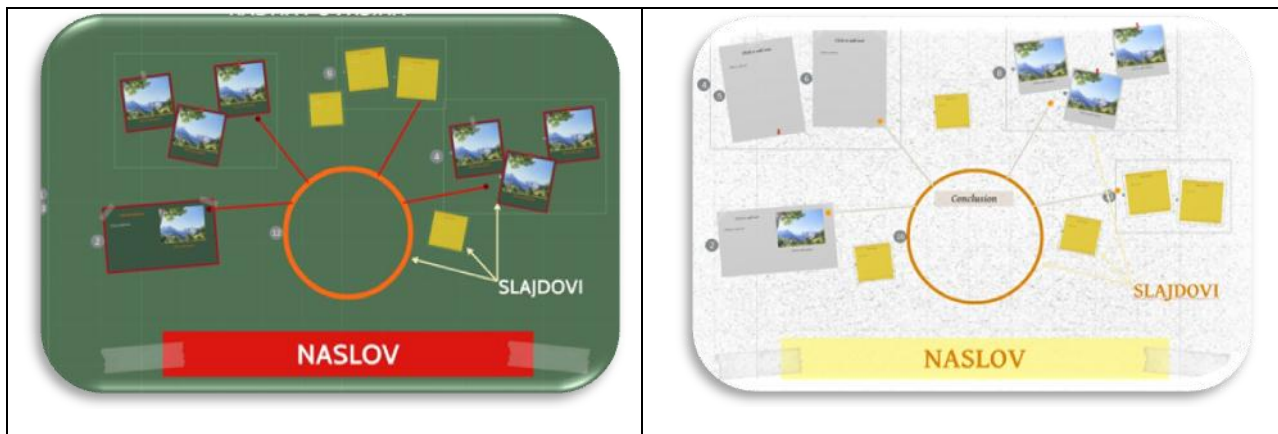
Sam alat, naravno, nije dovoljan za izradu dobrih prezentacija. Kreativnost, sistematičnost, poznavanje sadržaja, maštovitost su od značaja tokom kreiranja prezentacije, a sposobnosti prezentovanja, izlaganja i interakcije će uticati na utisak s kojim će oni kojima je prezentacija namenjena izaći. Zahvaljujući jednostavnom interfejsu kreiranje prezentacija nije tesko savladati, promene u dizajnu, organizaciji putanje kojom se prolazi kroz informacije vrlo se lako mogu prilagoditi različitim idejama i potrebama korisnika (Slika 1 i 2). Sama aplikacija nudi bogat izbor gotovih šablona (*engl. template*) koji se takođe mogu prilagoditi potrebama korisnika dodavanjem ili brisanjem slajdova, izmenama u načinu povezivanja segmenata prezentacije,

dizajnu, posebnim efektima, dodavanjem različitih medija čime se postojeći obrasci obogaćuju, personalizuju, a istovremeno skraćuju vreme potrebno za izradu prezentacija (Slika 3).

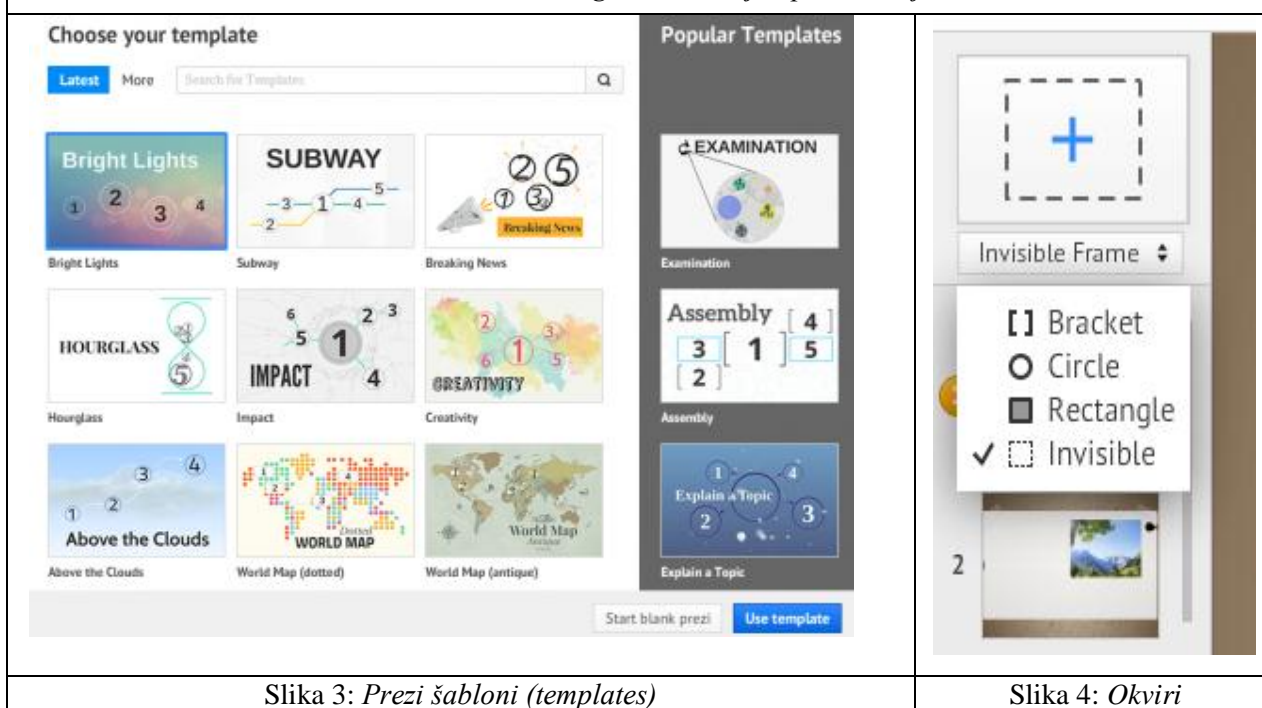
Druga mogućnost je kreiranje prezentacija počevši od „belog papira”, odnosno praznog radnog prostora u kom korisnik ima mogućnost ispoljavanja svih svojih ideja i kreativnosti. U izradi prezentacija za potrebe realizovanog pedagoškog eksperimenta korišćena su oba pristupa. Iako je rad na kreiranju prezentacija na praznoj radnoj površini vremenski zahtevniji, ovakav pristup predstavlja i svojstven izazov za korisnika, jer zahteva veliku sistematičnost u radu, selekciji informacija, načinu prikazivanja informacija, uspostavljanja adekvatnih veza između manjih jedinica datog sadržaja. Atraktivne mogućnosti vrtoglavih tranzicija treba koristiti oprezno kako ne bi imale negativan efekat odvratanja pažnje sa onoga što uvek treba da bude u fokusu prezentacije, a to je sam sadržaj i kako bi se izbegla prekomerna vizuelna stimulacija. Umesto klasičnih uniformnih slajdova korisniku su na raspolaganju različiti okviri (*engl.* frame) kojima se lako može rukovati (Slika 4). Određeni okviri, koje posmatramo kao manje sadržajne jedinice, mogu se „sakriti”, staviti u drugi plan i/ili istaći. Na taj način prezentacija dobija dodatnu dimenziju i postaje slojevita. Mogućnost unošenja URL adresa i kreiranje hiperlinkova, integracija postojećih Power Point prezentacija i njihova reorganizacija, kao i ubacivanje PDF, Word i drugih formata dokumenata olakšava korisniku rad i skraćuje potrebno vreme za izradu kvalitetne prezentacije.



Slika 1: Prezi interfejs



Slika 2: Mogućnosti dizajna prezentacije



Slika 3: Prezi šabloni (templates)

Slika 4: Okviri

Za potrebe obrade nastavne teme *Osnovi molekularne biologije* izrađeno je deset prezentacija, za svaku nastavnu jedinicu po jedna. Svaka prezentacija je strukturirana tako da je zadana putanja prezentacije vodila učenike kroz gradivo nastavne jedinice, zatim na dodatnu informaciju koja nije deo redovnog gradiva koje se nalazi u udžbeniku, a na kraju se učenicima postavljalo pitanje u formi problemskog zadatka kako bi se učenici dodatno misaono angažovali pri analiziranju, sintezi i primeni usvojenog gradiva. U sklopu četiri prezentacije nalaze se i animacije teorijski predstavljenih procesa replikacije, transkripcije, translacije i regulacije aktivnosti gena.

Sadržaji nastavne teme *Osnovi molekularne biologije* su kompleksni, apstraktni, a nastavne jedinice su u udžbeniku prikazane predimenzionirano. Kako bi se uspešno savladalo predviđeno gradivo pri kreiranju prezentacija za učenike eksperimentalne grupe primenjeni su različiti pristupi i tehnike koje su imale za cilj da omoguće bolju organizaciju gradiva i lakše usvajanje gradiva. Jedna od efikasnih tehnika učenja podrazumeva korišćenje kognitivnih ili

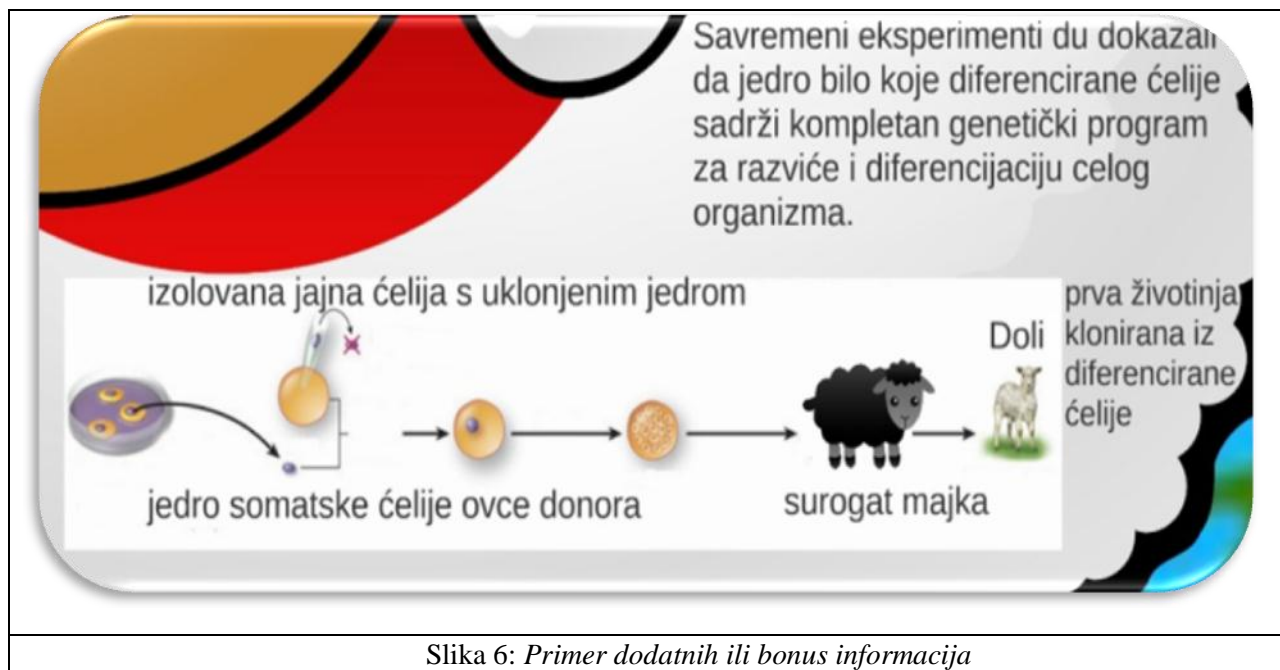


mentalnih mapa. To je vizuelna tehnika nelinearnog prikaza informacija koja se gotovo prirodno uklopila u Prezi okruženje, čija osnovna ideja i jeste upravo nelinearan prikaz informacija. Mentalne mape kao alat predstavljaju visoko efikasnu vizuelnu belešku ili šemu koja kombinuje pravila logike i kreativnost (poretka pojmova, boja, slika itd.) i na taj način prevazilazi problem učenja linernog i suvoparnog gradiva. Suština mapiranja bilo kog sadržaja odnosi se na to da ga upamtimo kao celinu, da napravimo strukturu i da tako u sećanju stvorimo povezan sadržaj koji čini celinu. Druga korisna tehnika je mnemotehnika ili mnemonika. Mnemotehnike predstavljaju mentalne strategije koje nam pomažu da zapamtimo velike količine informacija. Ove strategije funkcionišu sasvim jednostavno, tako što nove i nepoznate informacije dovode u vezu s nečim već poznatim kako bi se lakše zapamtile. Na taj način nastaju asocijacije koje se skladište u dugoročnom pamćenju. S obzirom na prirodu sadržaja, u prezentovanju nastavne građe svake nastavne jedinice vodilo se računa da se izbegne didaktički materijalizam i zasićenje tekstem već da se kompleksni sadržaji objašnjavaju postupno uz ilustrativne prikaze, šeme, asocijacije, animacije (Slika 5). Na taj način ispoštovani su nastavni principi: sistematičnosti i postupnosti, očiglednost i trajnosti znanja.



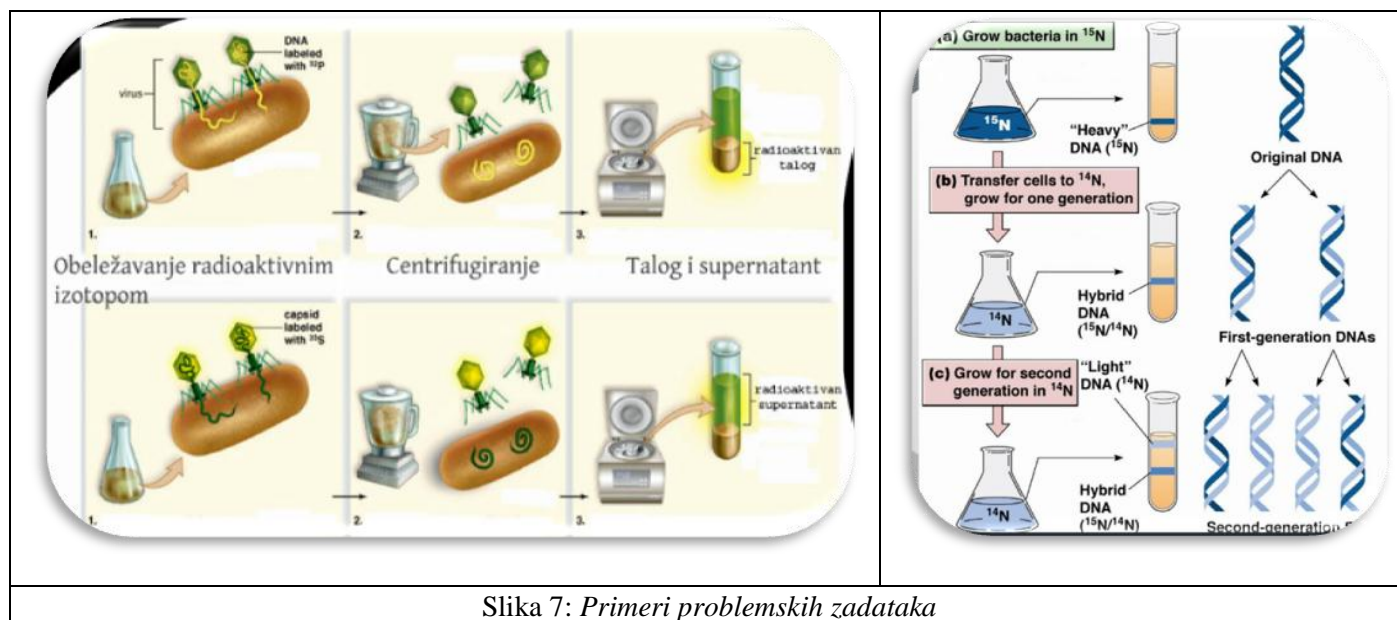
Slika 5: Postupnost i ilustrativnost u predavljanju informacija

Dodatne ili bonus informacije u sklopu svake nastavne jedinice predstavljaju kratke informacije čiji je primarni cilj da učenike dodatno zainteresuju za proširivanje i produbljivanje znanja iz oblasti Molekularne biologije. U svega nekoliko rečenica izneta su zanimljiva otkrića poput Čargafovih pravila, kloniranje ovce Doli, koja su najčešća 4 genetski modifikovana organizma (GMO) u svetu i mnoge druge (Slika 6). Na taj način ovaj deo prezentacije nije bio rezervisan samo za najbolje učenike već je bio namenjen svim učenicima kao podstrek za razvoj pozitivnog stava prema biologiji kao nauci i prirodnim naukama uopšte.



Slika 6: Primer dodatnih ili bonus informacija

S obzirom na vremensko ograničenje školskog časa (45 minuta), koje se i tokom pedagoškog istraživanja moralo poštovati, na kraju svake prezentacije nalazio se jedan zadatak, najčešće u formi problemskog pitanja ili zadatka. Na taj način od učenika se nije tražila samo reprodukcija dela gradiva već viši nivoi znanja (primena znanja). Neki od zadataka predstavljali su tokove eksperimenata kojima se došlo do velikih otkrića u biologiji kao nauci (Slika 7). Ovakav pristup na poseban način kod učenika razvija naučni pogled na svet, logičko, kreativno i kritičko mišljenje.



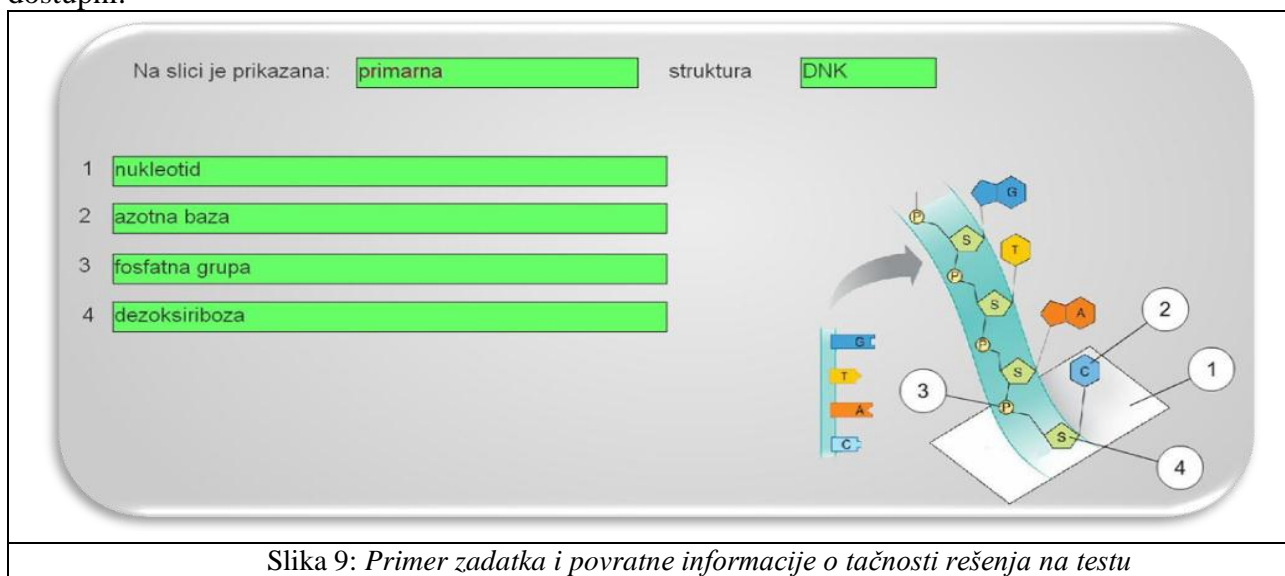
Slika 7: Primeri problemskih zadataka

U sklopu prezentacija za nastavne jedinice Proteini, Replikacija DNK, Transkripcija, Translacija i Regulacija aktivnosti gena posebnu komponentu predstavljali su integrisani video zapisi koji u vidu animacija u realnom vremenu dočaravaju kompleksnost ovih procesa. Animacije su date u „skrivenim” okvirima koje su učenici nakon prolaska kroz gradivo pronalazili sami ili uz nastavnikovu pomoć (Slika 8). Klikom na animaciju ona se zumira, dolazi u prvi plan i video se gleda preko celog ekrana.



Slika 8: Animacije u „skrivenim” frejmovima

Zbog kompleksne organizacije časa koji se odvijao u više etapa ili koraka, i podrazumevao različite vidove interakcije, testiranje usvojenog znanja realizovano je putem interaktivnih testova na računaru. Tokom eksperimenta realizovana su četiri takva testa u završnom delu časa obrade gradiva, u jednakim vremenskim razmacima, i obuhvatali su gradivo sa prethodnog časa i gradivo usvojeno na datom času. Testovi su izrađeni u programu Flash što je omogućilo veliki stepen interaktivnosti tokom testiranja, jer su učenici dobijali povratnu informaciju o tačnosti datih odgovora i nivou savladanosti datog gradiva kroz ocenu koju su na kraju testa dobili (Slika 9). Takođe, postojala je mogućnost ponovnog rešavanja testa u toku časa ili provere znanja kod kuće jednostavnim deljenjem linka preko kog su svi testovi učenicima bili dostupni.



Slika 9: Primer zadatka i povratne informacije o tačnosti rešenja na testu

Na kraju testa program daje broj bodova i ocenu koju je učenik dobio. Ovo je bilo podsticajno za učenike, jer su imali uvid u to koliko su naučili.

Učenici su na časovima biologije korišćenjem računara samostalno posmatrali sadržaje prezentacija tokom obrade nastavne teme *Osnovi molekularne biologije*. Na svim časovima biologije u E grupi komunikacija u razredu je bila višedimenzionalna: između učenika, učenika i nastavnika i računara. Parovi učenika su radeći zajedno pomagali i podsticali jedni druge i sa velikom pažnjom i koncentracijom pregledali su sve elemente prezentacije: čitali tekst, posmatrali ilustracije i animacije složenih bioloških procesa, a kasnije u odgovorima na pitanja nastavnika pokazali da su ih razumeli i usvojili. Ostvarenim nivoima pedagoške komunikacije na časovima biologije u eksperimentalnoj grupi su u značajnoj meri stvoreni uslovi za unapređenje i efikasniju realizaciju nastave.

Pošto su u istraživanje bili uključeni učenici četvrtog razreda gimnazije prirodno-matematičkog smera, koji su na polugodištu imali visoke prosečne ocene opšteg uspeha, uspeha iz biologije i hemije, parovi učenika su u svim odeljenjima formirani spontano (sami učenici su izabrali sa kim žele da rade).

### 3.12.1. Primena teorija učenja u izradi multimedijalnih prezentacija

U izradi multimedijalnih nastavnih materijala primenjene su preporuke relevantnih teorija učenja.

Preporuke *konstruktivističke teorije* koje su uvažene tokom izrade multimedijalnih prezentacija za obradu svih deset nastavnih jedinica iz nastavne teme *Osnovi molekularne biologije* u E grupi su:

- da učenje bude interesantan i aktivan proces, koje učenike stavlja u središte procesa učenja i omogućuje im da sami imaju kontrolu nad procesom učenja;
- da učenje za učenike bude smisljeno, pri pravljenju multimedijalnih materijala u njih su uključeni primeri koji su učenicima bliski i osmišljene aktivnosti koje će učenicima omogućiti da primene stečeno znanje;
- parovi učenika su sami kreirali svoje znanje, jer su sami kontrolisali brzinu učenja i birali informacije koje uče;
- zajedničkim učenjem parova učenika čitanjem teksta, posmatranjem prezentacija svih lekcija, slika i animacija kroz razgovor i razmenu mišljenja ostvarena je njihova saradnja (interakcija) na svim časovima biologije;
- učenicima su date i dodatne aktivnosti za promišljanje i proveru stečenog znanja (zanimljivosti i problemski zadaci). (Milanović, 2007, str. 12).

Preporuke *kognitivnih teorija* koje su uvažene tokom izrade multimedijalnih prezentacija za obradu nastavne teme *Osnovi molekularne biologije* su:

- Korišćene su strategije koje povećavaju pažnju učenika i pojačavaju njihovu percepciju: informacije su postavljene u sredinu ekrana za čitanje, a ključni pojmovi su specijalno naglašeni (upotrebom boja, promenom veličine teksta i sl.), na ekranu je prezentovan ograničen broj informacija, ispoštovan je sled informacija i one su grupisane u logične celine.
- Korišćene su strategije za produbljenu obradu informacija, koje od učenika zahtevaju da analizira gradivo, primeni sintezu i stečeno znanje u novim situacijama i u stvarnom životu.



- Složenost i težina informacija odgovaraju kognitivnom stepenu razvoja učenika. Uvažavanjem različitih predznanja i individualnog tempa učenja učenika, omogućena je individualizaciju nastave. To je omogućeno dodatnim materijalima (problemskim zadacima, bonus informacijama, testovima), za učenike sa većim predznanjima.
- Pružena je pomoć učenicima u razumevanju nove informacije u kontekstu postojećeg znanja. Pre samostalnog prolaženja novih informacija u prezentaciji, u uvodnom delu časa nastavnik je učenicima postavljao pitanja koja služe za aktiviranje njihovog postojećeg znanja i koja su učenicima pomogla da u skladu sa sopstvenim mogućnostima i sposobnostima usvoje novo gradivo.
- Pri predstavljanju informacija formirane su veze među njima. Nastavne jedinice koje sadrže previše detalja koji su neophodni za njeno razumevanje predstavljene su u obliku mape informacija, koja učenicima omogućava pregled i sistematizaciju, i tako olakšava stvaranje potpunije slike nastavnog gradiva.
- Informacije su prezentovane na više različitih načina. Pri tom smo imali u vidu da: student/učenik pamti: 10% od onog što pročita, 20% onoga što čuje, 30% onoga što vidi, 50% onog što čuje i vidi, 70% onoga što prodiskutuje sa drugima, 80% onog što lično doživi i 95% onoga što ispredaje.
- Trudili smo se da se pažnja i motivacija učenika održe u toku cele nastavne jedinice, što nije bio lak zadatak. Zato su učenici informisani o važnosti teme, nastavni materijal je organizovan od jednostavnog ka složenom, od poznatog ka nepoznatom i konstantno je pružana povratna informacija učenicima o postignutim rezultatima zbog njihove motivacije.
- Pružena je podrška učenicima za korišćenje metakognitivnih veština učenja, kreiranjem testova koji su omogućavali samoproveru znanja učenika (Milanović, 2007, str. 11).

Preporuke *bihejviorističke teorije* koje su uvažene u modelovanju multimedijalnih prezentacija za obradu svih lekcija iz nastavne teme Osnovi molekularne biologije su:

- Učenicima je omogućeno da znaju cilj i ishode učenja, jer su na taj način bili u mogućnosti da kontrolišu svoje učenje i sami procenjuju rezultate svoga rada.
- Nastavni materijali u okviru svih nastavnih jedinica su poređani od lakšeg ka težem, od poznatog ka nepoznatom, od teorije prema praksi, kako bi učenici postupno savladali nastavno gradivo.
- Učenici su testirani nakon završetka dela gradiva sa dva testa da bi se utvrdilo da li su definisani ciljevi i ishodi učenja i ostvareni, kao i nakon završetka čitave nastavne teme na času sistematizacije. Rezultati testova su saopštavani učenicima i predstavljali su povratne informacije samim učenicima ali i nastavniku. Oni su bili dodatni podsticaj učenicima za dalje učenje (Milanović, 2007, str.10).

Na osnovu izloženog bihejviorističke, kognitivističke i konstruktivističke teorije na različite načine doprinose dizajniranju multimedijalnog materijala.



### 3.13. Metodička uputstva za obradu sadržaja nastavne teme Osnovi molekularne biologije u eksperimentalnoj i kontrolnoj grupi

Pre realizacije pedagoškog istraživanja izvršene su detaljne pripreme nastavnika eksperimentalne i kontrolne grupe s ciljem što uspješnije i kvalitetnije realizacije nastavne teme Osnovi molekularne biologije u IV razredu gimnazije prirodno-matematičkog smera.

#### 3.13.1. Priprema nastavnika

Za uspešnu organizaciju i izvođenje pedagoškog istraživanja bila je neophodna stručna i metodička priprema nastavnika. Nastavu biologije u odeljenjima eksperimentalne grupe izvodila je autorka ove doktorske disertacije u prisustvu profesorke biologije koja izvodi nastavu u odeljenjima uključenim u eksperimentalno istraživanje. U odeljenjima kontrolne grupe nastavu biologije realizovala je profesorka koja predaje u odeljenjima uključenim u eksperimentalno istraživanje. Priprema nastavnika za realizaciju nastave u odeljenjima eksperimentalne i kontrolne grupe sastojala se u sledećem:

- proučavanje stručne literature za realizaciju nastavne teme Osnovi molekularne biologije (koja je navedena u pisanim pripremama za časove biologije);
- proučavanje metodičke literature – izbor odgovarajućih nastavnih modela, metoda i oblika rada (koja je navedena u pisanim pripremama za časove biologije);
- izrada pisanih priprema za obradu nastavnih jedinica iz nastavne teme Osnovi molekularne biologije u E i K grupi;
- izrada 10 multimedijalnih prezentacija za obradu nastavne teme Osnovi molekularne biologije u E grupi;
- izrada testova za proveru znanja učenika E i K grupe (inicijalnog i finalnog testa);
- izrada ankete za učenike eksperimentalne grupe;
- dogovor sa učenicima o načinu realizacije nastavnih jedinica iz nastavne teme Osnovi molekularne biologije;
- upoznavanje sa strukturom multimedijalnih prezentacija za sve nastavne jedinice iz nastavne teme Osnovi molekularne biologije.

#### 3.13.2. Rad učenika na časovima biologije u eksperimentalnoj i kontrolnoj grupi

Za realizaciju pedagoškog istraživanja (za izvođenje nastave biologije u E grupi) kreirane su prezentacije 10 nastavnih jedinica iz nastavne teme *Osnovi molekularne biologije*, prema udžbeniku biologije (Cvetković i sar., 2011, str. 82-127).

Učenici **eksperimentalne grupe** su ovu nastavnu temu realizovali interaktivnom nastavom uz podršku računara radom u parovima u kabinetu za informatiku. Tokom 10 časova učili su novo gradivo, na 2 časa su ponavljali i utvrđivali obrađeno gradivo i na 1 času je izvršena sistematizacija cele nastavne teme. Tokom svih časova nastavnik je pratio tok rada svih parova učenika i pružao im pomoć, ako je bilo potrebno. Rad učenika E grupe na časovima odvijao se u nekoliko faza (Krnet, 2006, str. 53):

U *pripremnjoj fazi* nastavnik je upoznao učenike sa radnim zadatkom, metodama rada i vremenom za realizaciju pojedinih faza časa.

U *fazi realizacije* učenici su radom u parovima na računaru prelazili prezentacije kreirane u programu Prezi za svaku lekciju. Oni su međusobno razgovarali i analizirali nastavno gradivo, posmatrali ilustracije i animacije ključnih bioloških procesa, čitali tekst u kome su bili objašnjeni konkretni biološki procesi, rešavali postavljeni zadatak (zadatke).

U *fazi prezentacije (saopštenja)* učenici su odgovarali na pitanja nastavnika, koji je vodio računa da se u ovom delu časa aktivira što veći broj učenika. Nastavnik je u toku izlaganja učenika projektovao odgovarajuće delove prezentacije koji su ilustrovali odgovore učenika. Tako su tokom izlaganja odgovora na pitanja učenici ponovo posmatrali prezentaciju. Deo gradiva koji učenici nisu razumeli samostalnim posmatranjem prezentacije (što se lako moglo uočiti pažljivim praćenjem njihovih odgovora na pitanja) objašnjavao je nastavnik, pokazujući ilustracije ili animacije iz prezentacije koje su mu u tome pomagale.

U *fazi evaluacije* (na samom kraju časa) učenici su pojedinačno na računaru rešavali interaktivni test sastavljen od nekoliko pitanja (6 do 7) i na osnovu broja tačnih odgovora dobijali povratnu informaciju koliko su uspešno savladali sadržaje nastavne jedinice.

Učenici **kontrolne grupe** su istu nastavnu temu tokom istog broja časova realizovali tradicionalnom nastavom (verbalno-tekstualnim i demonstrativno-ilustrativnim nastavnim metodama i frontalnim oblikom rada) u kabinetu za biologiju. Na svim časovima obrade novog gradiva nastavnik je učenicima postavljao pitanja na koja su oni odgovarali usmeno. Na časovima ponavljanja gradiva (2) i sistematizacije nastavne teme (1) učenici su takođe usmeno odgovarali na pitanja nastavnika, koji je po potrebi ispravljao i dopunjavao njihove odgovore.

### 3.14. Pisane pripreme za realizaciju nastavne teme Osnovi molekularne biologije u eksperimentalnoj grupi

#### 3.14.1. Molekularna biologija

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| <i>Nastavni predmet:</i>             | Biologija   |
| <i>Nastavna tema</i>                 | Osnovi molekularne biologije  |
| <i>Nastavna jedinica:</i>            | Molekularna biologija   |
| <i>Tip časa:</i>                     | obrada novog gradiva  |
| <i>Oblik rada:</i>                   | individualni, rad u paru i frontalni oblik rada   |
| <i>Obrazovni zadaci:</i>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Usvajanje znanja o predmetu i cilju proučavanja molekularne biologije kao biološke discipline.</li> <li>– Sagledavanje interdisciplinarnog karaktera molekularne biologije i njene povezanosti sa drugim prirodnim naukama.</li> </ul>   |
| <i>Funkcionalni zadaci:</i>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Razvijanje sposobnosti interdisciplinarnog pristupa u sagledavanju bioloških pojava i procesa.</li> <li>– Razvijanje sposobnosti logičkog mišljenja i zaključivanja.</li> </ul>  |
| <i>Vaspitni zadaci:</i>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Razvijanje pravilnih stavova o dostignućima molekularne biologije i njenom značaju u savremenom društvu.</li> <li>– Razvijanje interesovanja učenika za traženje odgovora na složene životne pojave i procese.</li> </ul>  |
| <i>Nastavne metode:</i>              | verbalno-tekstualne, demonstrativno-ilustrativne i metode samostalnog rada učenika  |
| <i>Posebne vrste nastave:</i>        | interaktivna nastava uz podršku računara  |
| <i>Nastavna sredstva i pomagala:</i> | kompjuter, obrazovni softver, video bim i školska tabla   |
| <i>Nastavni objekat:</i>             | kompjuterska učionica   |
| <i>Literatura za učenike:</i>        | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pribičević, T. (2015): Interaktivne multimedijalne prezentacije nastavne teme Osnovi molekularne biologije.</li> <li>2. Cvetković, D., Lakušić, D., Matić, G., Korać, A., Jovanović, S. (2011): <i>Biologija za IV razred gimnazije prirodno-matematičkog smera</i>, Zavod za udžbenike, Beograd.</li> </ol>  |
| <i>Literatura za nastavnika:</i>     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Matić, G. (1997): <i>Osnovi molekularne biologije</i>, IP „Zavet“, Beograd.</li> <li>2. Cvetković, D., Lakušić, D., Matić, G., Korać, A., Jovanović, S. (2011). <i>Biologija za IV razred gimnazije prirodno-matematičkog smera</i>. Zavod za udžbenike, Beograd.</li> <li>3. Gordon, T. (1998): <i>Kako biti uspešan nastavnik</i>, Kretativni centar grupa Most, Beograd.</li> <li>4. Miljanović, T., Žderić, M. (2001b): <i>Didaktičko-metodički primeri iz metodike nastave biologije</i>, Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad.</li> <li>5. Žderić, M., Miljanović, T. (2001): <i>Metodika nastave biologije</i>, Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad.</li> </ol> |

**TOK ČASA:****KORAK 1. Upoznavanje učenika sa novim načinom rada na času biologije**

Na početku časa nastavnik upoznaje učenike sa novim načinom rada, interaktivnom nastavom uz podršku računara, kojim će biti realizovana nastavna tema *Molekularna biologija*.

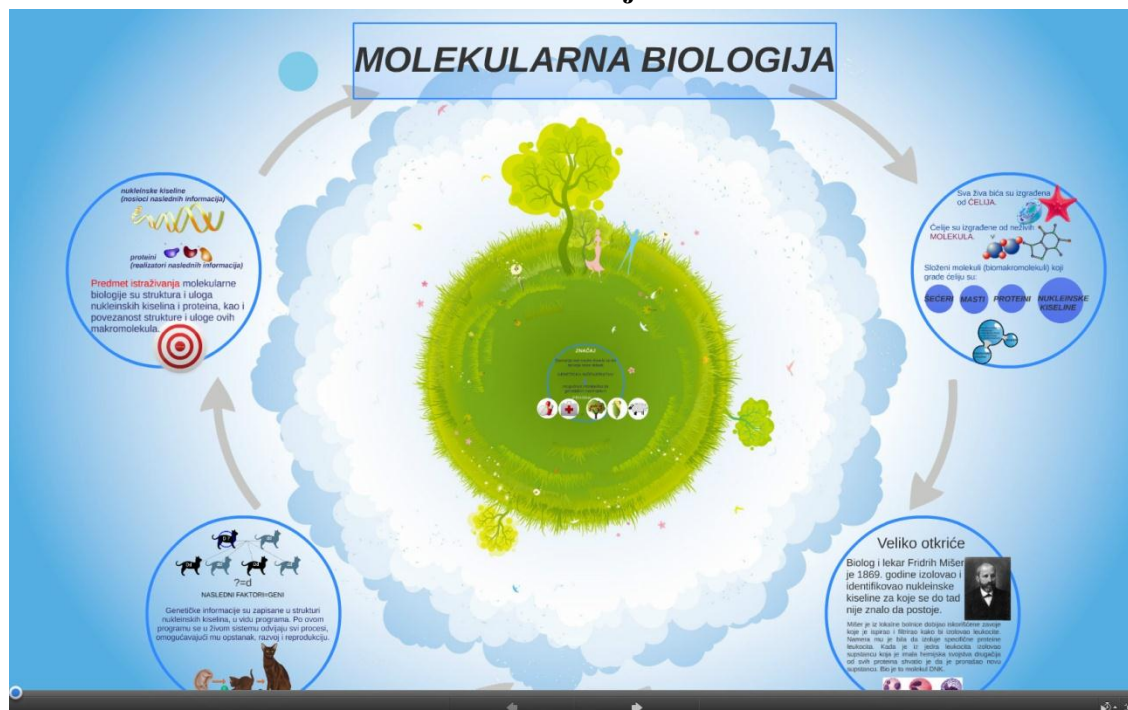
Obrazovni softver, koji je izrađen za potrebe realizacije nastavne teme Molekularna biologija, učenici će na času proučavati radom u paru ili samostalno. Učenici sami biraju način rada. Gradivo svake nastavne jedinice dato je u vidu multimedijalne prezentacije. Gradivo je podeljeno na manje informacije povezane logički i vizuelno. Redosled informacija je isprogramiran. Nakon prelaska celokupne prezentacije, predviđenim redosledom, učenici imaju mogućnost slobodnog rukovanja prezentacijom (vraćanja na određene slajdove, zumiranje određenih delova, ponovnog gledanja animacija i filmova).

Nakon upoznavanja sa novim modelom nastave biologije nastavnik primenom verbalno-tekstualne nastavne metode (dijaloga) i frontalnog oblika rada ponavlja sa učenicima prethodno obrađeno gradivo iz nastavne teme Mehanizmi nasleđivanja.

Nastavnik zatim zajedno sa učenicima pokreće multimedijalnu prezentaciju, ističe naslov nove lekcije i cilj časa. Na primeru prvog slajda nastavnik upoznaje učenike sa osnovama mnemotehnike koje će se koristiti u daljem radu.

**KORAK 2. Rad u paru i samostalan rad učenika na multimedijalnoj prezentaciji**

Učenici pokreću multimedijalnu prezentaciju i prelaze gradivo sopstvenim tempom, čitaju informacije, posmatraju i analiziraju date šeme, ilustracije i animacije. Nastavnik prati i usmerava rad učenika i podstiče sve učenike na aktivnost.

**Multimedijalna prezentacija****Informacije:****Slajd 1.**

Sva živa bića su izgrađena od **ČELIJA**.

Ćelije su izgrađene od neživih **MOLEKULA**.

Složeni molekuli (biomakromolekuli) koji grade ćeliju su:

**ŠEĆERI** **MASTI** **PROTEINI** **NUKLEINSKE KISELINE**

Poseban značaj za održavanje i obnavljanje života imaju dve klase biomakromolekula:

**Proteini**

**Nukleinske kiseline**

Slajd 2.

Poseban značaj za održavanje i obnavljanje života imaju dve klase biomakromolekula:

**Proteini**


**Nukleinske kiseline**

Slajd 3.




## Veliko otkriće

Biolog i lekar Fridrih Mišer (nem. Friedrich Miescher) je 1869. godine izolovao i identifikovao nukleinske kiseline za koje se do tad nije znalo da postoje.



Mišer je iz lokalne bolnice dobijao iskorišćene zavoje koje je ispirao i filtrirao kako bi izolovao leukocite. Namera mu je bila da izoluje specifične proteine leukocita. Kada je iz jedra leukocita izolovao supstancu koja je imala hemijska svojstva drugačija od svih proteina shvatio je da je pronašao novu supstancu. Bio je to molekul DNK.



leukociti

Slajd 4.



? $=d$   
NASLEDNI FAKTORI=GENI

Genetičke informacije su zapisane u strukturi nukleinskih kiselina, u vidu programa. Po ovom programu se u živom sistemu odvijaju svi procesi, omogućavajući mu opstanak, razvoj i reprodukciju.



Slajd 5.

nukleinske kiseline  
(nosioci naslednih informacija)

proteini  
(izvršilac naslednih informacija)

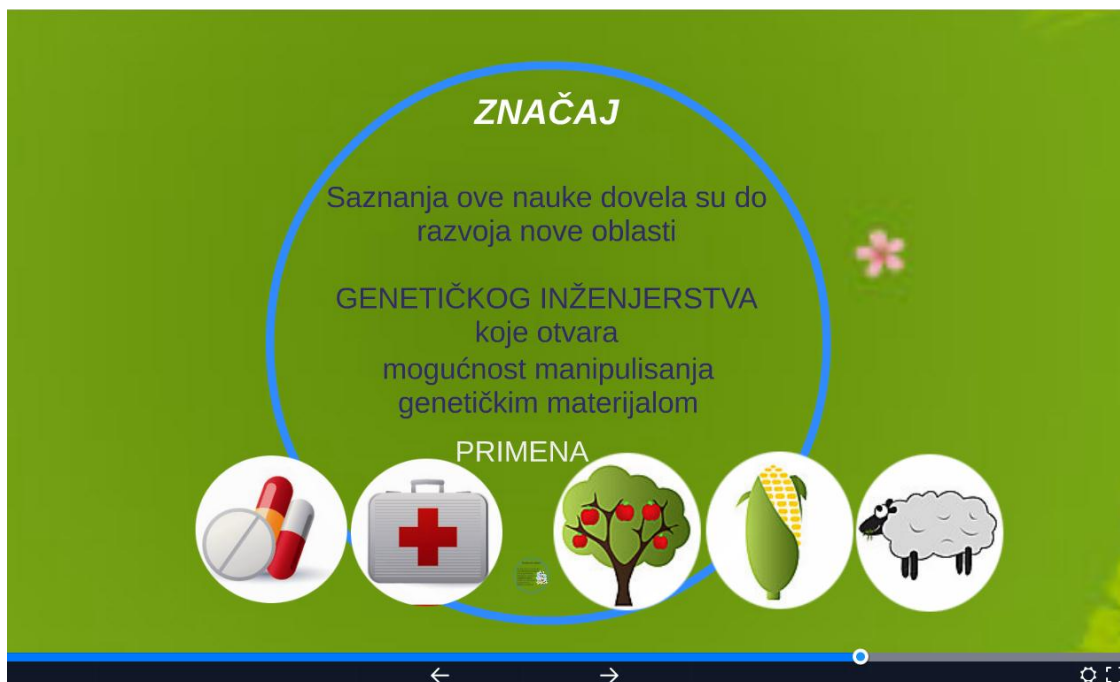
**Predmet istraživanja** molekularne biologije su struktura i uloga nukleinskih kiselina i proteina, kao i povezanost strukture i uloge ovih makromolekula.

Slajd 6.

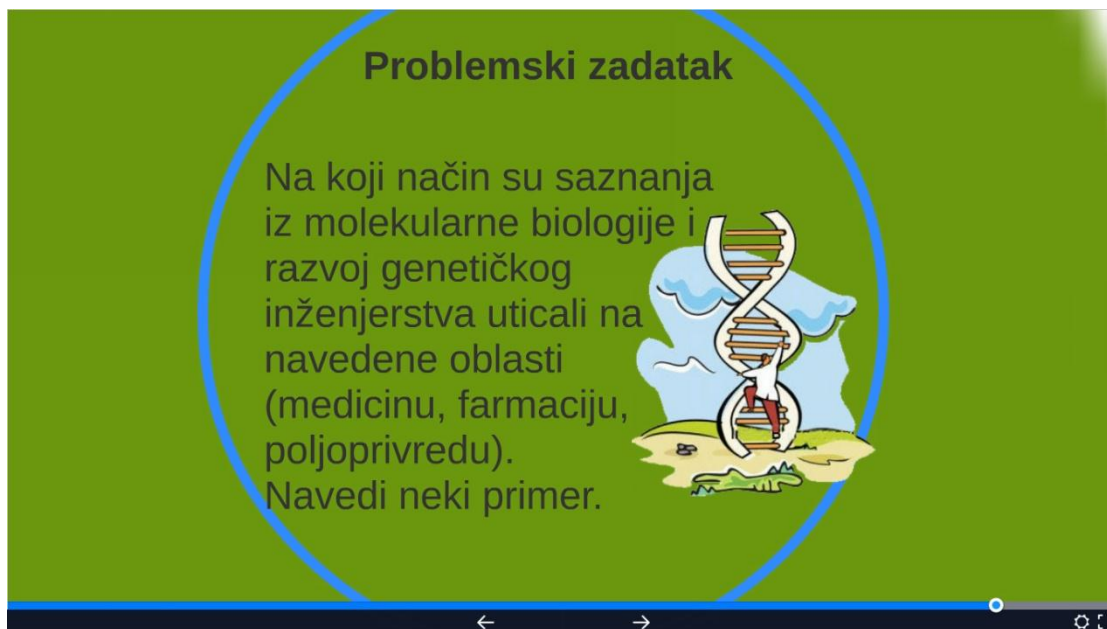
**CILJ**

molekularne biologije je da objasni molekulsku osnovu vitalnih procesa

Slajd 7.



Slajd 8.

**Problemski zadatak**

Slajd 9.

**KORAK 3. Utvrđivanje nastavne jedinice**

Nakon samostalnog prelaženja gradiva, učenici zajedno sa nastavnikom prolaze kroz sve informacije i rešavaju eventualne nedoumice u vezi sa gradivom. Pomoću video bima projektuju se slajdovi kako bi razgovor pratile odgovarajuće slike. Nastavnik kroz dijalog sa učenicima utvrđuje stepen usvojenosti gradiva.

Pitanje: Navedite četiri grupe biomakromolekula koji izgrađuju živa bića.

Očekivani odgovor: Biomakromolekuli su: šećeri, masti, proteini i nukleinske kiseline.

Pitanje: Koji biomakromolekuli su nosioci naslednih informacija?

Očekivani odgovor: Nukleinske kiseline.

Pitanje: Koji biomakromolekuli su izvršioci naslednih informacija?

Očekivani odgovor: Proteini.

Pitanje: Zašto su baš nukleinske kiseline i proteini predmet istraživanja molekularne biologije?

Očekivani odgovor: Zato što je cilj molekularne biologije da objasni molekulsku osnovu vitalnih procesa.

Pitanje: Od kakvog su značaja saznanja molekularne biologije?

Očekivani odgovor: Od izuzetnog značaja jer saznanja molekularne biologije omogućavaju unapređivanje medicine, farmacije, veterine, poljoprivrede i dr.

#### **KORAK 4. Rešavanje problemskog zadatka i diskusija**

U završnom delu časa učenici prezentuju rezultate svoga rada, iznose svoja rešenja problemskog zadatka. Kroz diskusiju koju vodi nastavnik dolazi se do tačnog rešenja problemskog zadatka, a nastavnik na ovaj način takođe stiče uvid u stepen savladanog gradiva od strane učenika i stavove koje učenici imaju prema datoj temi. Ovakav uvid omogućava da se blagovremeno isprave eventualne greške u znanju, stavovima i razmišljanju učenika.

Pitanje: Šta je genetičko inženjerstvo?

Očekivani odgovor: Disciplina koja se zasniva na mogućnostima manipulisanja genetičkim materijalom, odnosno stvaranju novih kombinacija naslednog materijala.

Pitanje: Navedite neki primer primene genetičkog inženjerstva.

Očekivani odgovor: Genetički modifikovani organizmi (GMO), voće, povrće i životinje koje se koriste u ljudskoj ishrani.

Pitanje: Na koji način su metode genetičkog inženjerstva našle primenu u poljoprivredi?

Očekivani odgovor: Razvijaju se vrste koje su otpornije na nepovoljne uslove, donose veći i bolji prinos.

Pitanje: Na koji način su saznanja genetike i molekularne biologije unapredile medicinu i veterinu?

Očekivani odgovor: Objašnjene su genetičke osnove mnogih bolesti i otvoreno je pitanje mogućnosti lečenja (genske terapije).

## 3.14.2. Nukleinske kiseline

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| <i>Nastavni predmet:</i>             | Biologija   |
| <i>Nastavna tema</i>                 | Osnovi molekularne biologije  |
| <i>Nastavna jedinica:</i>            | Nukleinske kiseline   |
| <i>Tip časa:</i>                     | obrada novog gradiva  |
| <i>Oblik rada:</i>                   | individualni, rad u paru i frontalni  |
| <i>Obrazovni zadaci:</i>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Usvajanje znanja o odlikama, strukturi, ulozi i podeli nukleinskih kiselina.</li> <li>– Razumevanje grafičkog prikazivanja strukture nukleotida i dvolančane zavojnice.</li> <li>– Usvajanje naučne terminologije iz oblasti molekularne biologije.</li> </ul>   |
| <i>Funkcionalni zadaci:</i>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Razvijanje sposobnosti učenika za korišćenje informacionih tehnologija u učenju.</li> <li>– Razvijanje logičkog mišljenja i zaključivanja.</li> </ul>  |
| <i>Vaspitni zadaci:</i>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Razvijanje sposobnosti za rad u timu i samostalno prezentovanje rezultata rada.</li> <li>– Razvijanje pravilnih stavova o mehanizmima nasleđivanja osobina.</li> </ul>   |
| <i>Nastavne metode:</i>              | verbalno-tekstualne, demonstrativno-ilustrativne i metode samostalnog rada učenika  |
| <i>Posebne vrste nastave:</i>        | interaktivna nastava uz podršku računara  |
| <i>Nastavna sredstva i pomagala:</i> | kompjuter, obrazovni softver, video bim i školska tabla   |
| <i>Nastavni objekat:</i>             | kompjuterska učionica   |
| <i>Literatura za učenike:</i>        | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pribićević, T. (2015): Interaktivne multimedijalne prezentacije nastavne teme Osnovi molekularne biologije.</li> <li>2. Cvetković, D., Lakušić, D., Matić, G., Korać, A., Jovanović, S. (2011): <i>Biologija za IV razred gimnazije prirodno-matematičkog smera</i>, Zavod za udžbenike, Beograd.</li> </ol>  |
| <i>Literatura za nastavnika:</i>     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Matić, G. (1997): <i>Osnovi molekularne biologije</i>, IP „Zavet“, Beograd.</li> <li>2. Cvetković, D., Lakušić, D., Matić, G., Korać, A., Jovanović, S. (2011): <i>Biologija za IV razred gimnazije prirodno-matematičkog smera</i>, Zavod za udžbenike, Beograd.</li> <li>3. Gordon, T. (1998): <i>Kako biti uspešan nastavnik</i>, Kretativni centar grupa Most, Beograd.</li> <li>4. Miljanović, T., Žderić, M. (2001b): <i>Didaktičko-metodički primeri iz metodike nastave biologije</i>, Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad.</li> <li>5. Žderić, M., Miljanović, T. (2001): <i>Metodika nastave biologije</i>, Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad.</li> </ol> |



**TOK ČASA:****KORAK 1. Ponavljanje prethodno obrađene nastavne jedinice**

Kratko usmeno ponavljanje prethodno obrađenog gradiva primenom verbalno-tekstualne nastavne metode (dijalog) i frontalnog oblika rada.

Pitanje: Šta je predmet istraživanja molekularne biologije?

Očekivani odgovor: Struktura i uloga nukleinskih kiselina i proteina, i povezanost između njihove strukture i uloge.

Pitanje: Koji molekuli su nosioci naslednih informacija?

Očekivani odgovor: Genetičke informacije zapisane su u vidu programa u strukturi nukleinskih kiselina.

Pitanje: Koje procese u organizmu regulišu geni?

Očekivani odgovor: Sve vitalne procese u organizmu, razvoj i reprodukciju organizama.

Pitanje: Ko je otkrio nukleinske kiseline?

Očekivani odgovor: Fridrih Mišer, izučavajući leukocite.

**KORAK 2. Rad u paru i samostalan rad učenika na multimedijalnoj prezentaciji**

Učenici samostalno ili u paru prelaze novo gradivo. Nastavnik prati i usmerava rad učenika i podstiče sve učenike na aktivnost.

**Multimedijalna prezentacija****Informacije:**

**NUKLEINSKE KISELINE**

organizam  
ćelija  
hromozom  
nukleinska kiselina

**DNK**  
DEOKSIRIBONUKLEINSKA KISELINA

**RNK**  
RIBONUKLEINSKA KISELINA

**Nukleinske kiseline**  
Naziv su dobile prema latinskoj reči *nucleus* jer se po otkriću ustanovilo da su najviše zastupljene u jezru (nukleusu). Kasnije je ustanovljeno da se nalaze i u citoplazmi.

Razlikujuju se dva tipa nukleinskih kiselina:  
dvostručana nukleinska kiselina - DNK  
jednolančane nukleinske kiseline - RNK

**Struktura NK**  
jedinica građe - nukleotid  
1. fosfatna grupa  
2. pentozni šećer  
3. azotna baza

DNK - deoksiribonukleotid  
RNK - ribonukleotid

Nukleotidi se kovalentno vezuju povezujući ih duge lance.

**sekundarna struktura NK**  
DNK - dvostručna struktura DNK  
RNK - jednostručna struktura RNK

**Dvostručna struktura DNK**  
Dvostručna struktura DNK je rezultat komplementarnosti baz. DNK se sastoji od dva komplementarna lanca. Svaki lanac je sastavljen od nukleotida. Nukleotidi su povezani kovalentno u duge lance. Dva lanca su međusobno povezani vodikovim vezama između komplementarnih baz. DNK se sastoji od dva komplementarna lanca. Svaki lanac je sastavljen od nukleotida. Nukleotidi su povezani kovalentno u duge lance. Dva lanca su međusobno povezani vodikovim vezama između komplementarnih baz.

**DNK**  
Molekul koji je, kao nosilac naslednih informacija (genetički odgovor) za prinosjenje naslednog materijala i osobina.

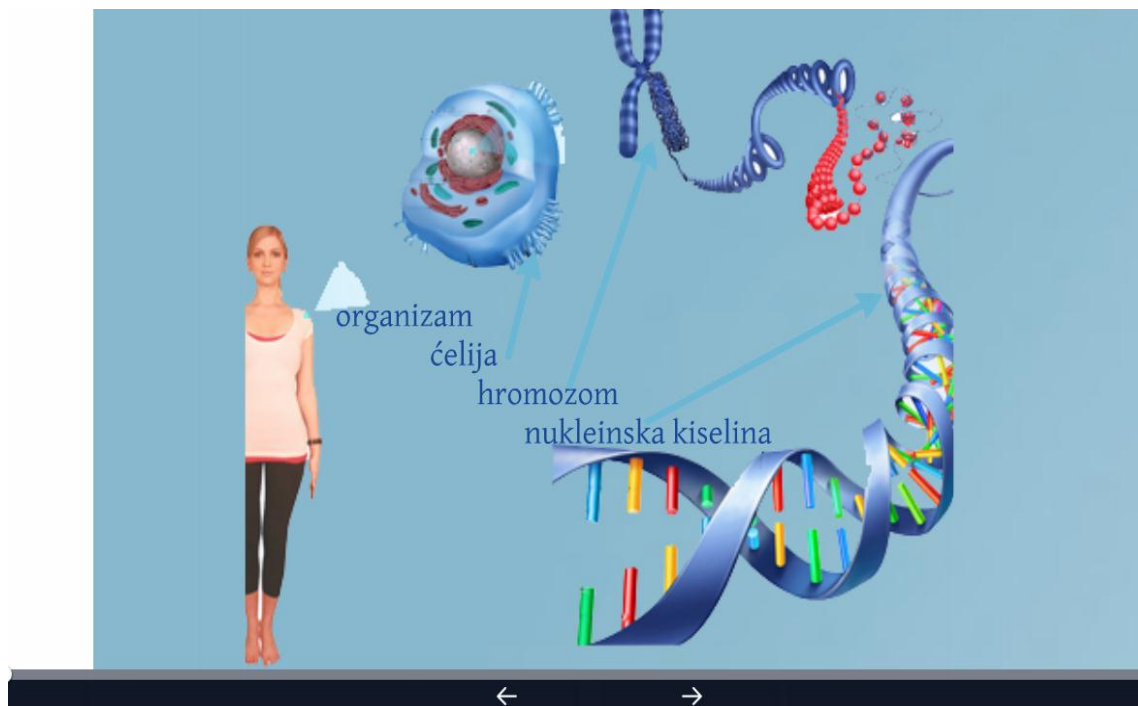
**RNK**  
DNK se deli na tri vrste: mRNA, tRNA i rRNA. Svaka vrsta ima svoju ulogu u sintezi proteina. mRNA prenosi informaciju od DNK do ribosoma. tRNA prenosi aminokiseline do ribosoma. rRNA je sastavni deo ribosoma.

DNK - informaciona  
RNK - katalitička  
RNK - strukturalna

Strukturalna RNK ima specifičnu ulogu u sintezi proteina.

← →

**Slajd 1.**



Slajd 2.

### Nukleinske kiseline

Naziv su dobile prema latinskoj reči **nucleus** jer se po otkriću ustanovilo da su najviše zastupljene u jedru (nukleus). Kasnije je ustanovljeno da se nalaze i u citoplazmi.

Razlikujuju se dva tipa nukleinskih kiselina:  
dvolančana nukleinska kiselina - DNK  
jednolančane nukleinske kiseline - RNK

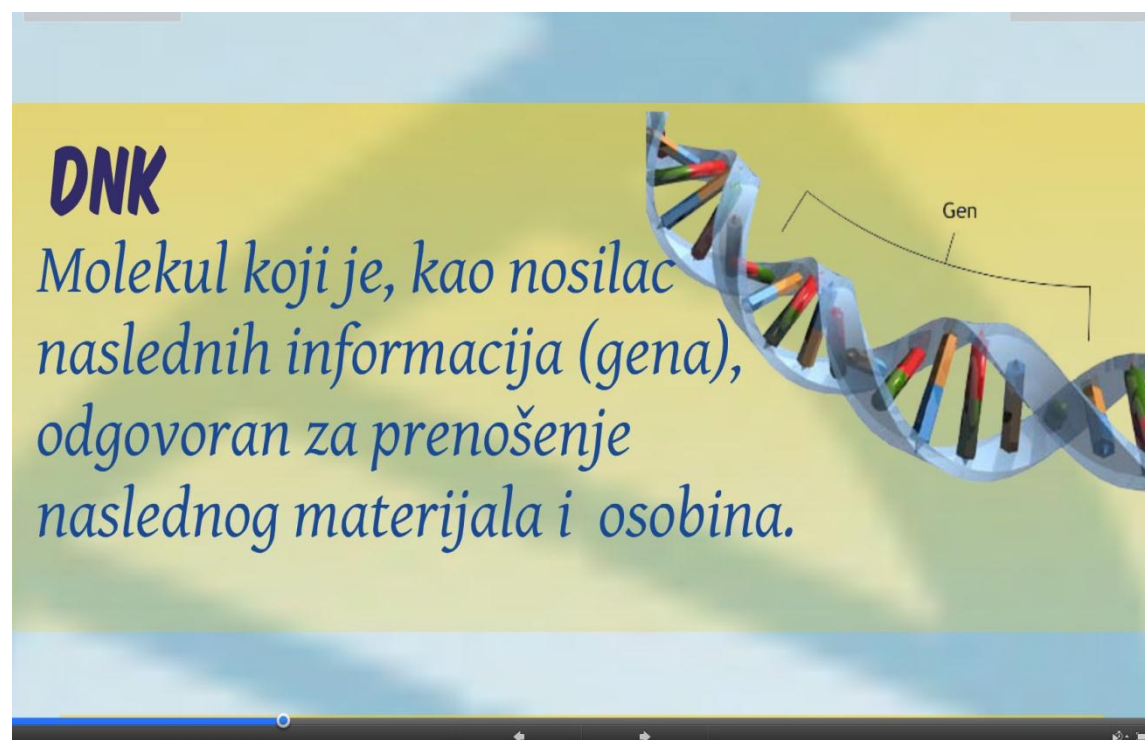
jedro ćelije sa hromozomima  
dvolančani molekul nukleinske kiseline  
virus (HIV) sa jednolančanim molekulom nukleinske kiseline

The slide features a light green background with text on the left and illustrations on the right. The illustrations include a cell nucleus with chromosomes, a DNA double helix, and an HIV virus particle. Navigation arrows are at the bottom.

Slajd 3.



Slajd 4.



The diagram shows a DNA double helix with a specific segment highlighted and labeled as a 'Gen'. The text on the left provides a definition of DNA:

**DNK**  
Molekul koji je, kao nosilac naslednih informacija (gena), odgovoran za prenošenje naslednog materijala i osobina.

Slajd 5.



# RNK

RNK molekuli su nosioci naslednih informacija kod nekih virusa. U ćelijama prokariota i eukariota razlikujemo tri vrste ovih molekula:

- iRNK - informaciona
- tRNK - transportna
- rRNK - ribozomalna

Svaki molekul RNK ima specifičnu ulogu u ćeliji.



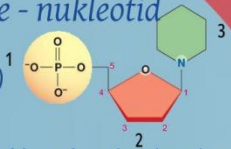
virus

Slajd 6.

## Struktura NK

Jedinica građe - nukleotid


1. fosfatna grupa
2. pentoza (šećer)
3. azotna baza



|     |                      |               |
|-----|----------------------|---------------|
| DNK | dezoksiribonukleotid | dezoksiriboza |
| RNK | ribonukleotid        | riboza        |

Nukleotidi se kovalentnim vezama povezuju u duge lance.

Azotne baze:  
purinske: A, G  
pirimidinske: C, T, U



## Sekundarna struktura

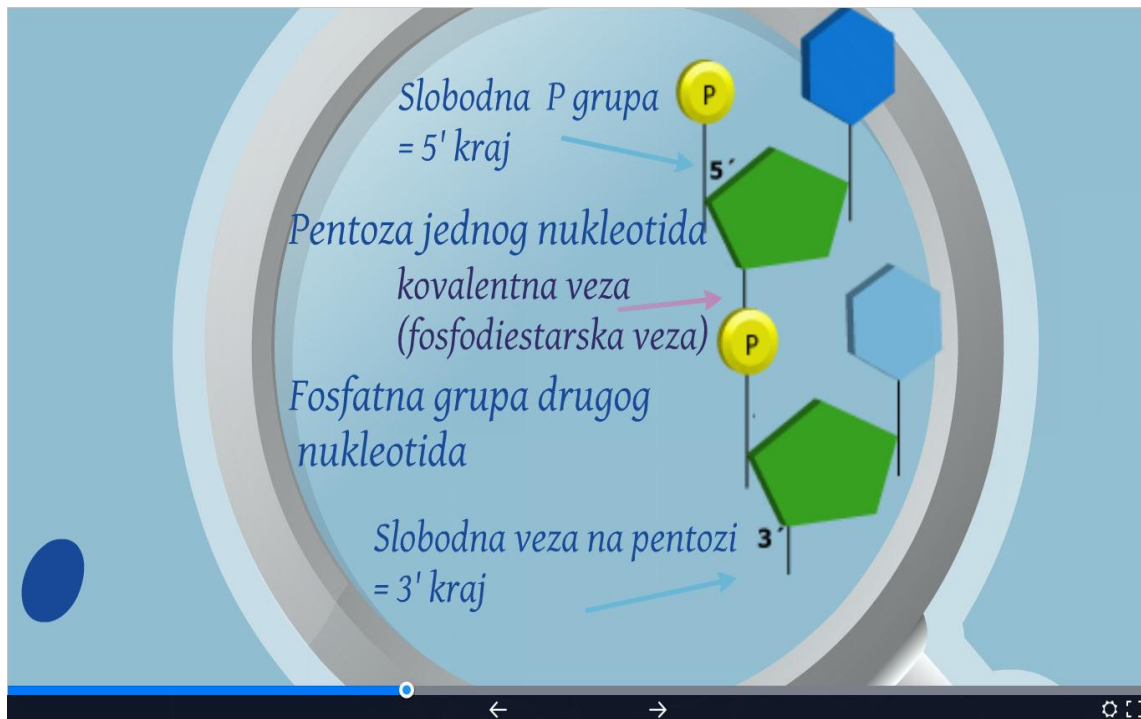
DNK Džejms Votson - model dvolanca

Dva lanca se povezuju (H-vezama) koje se naspramnih baza.

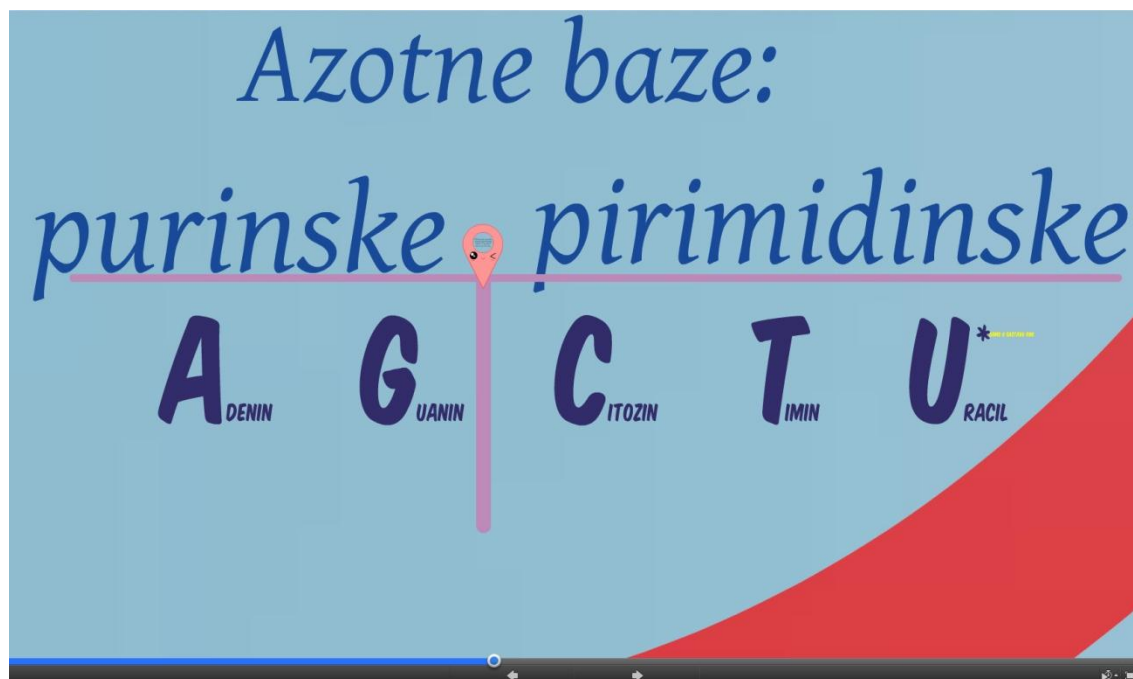
bazni parovi  
oksnica (fosfatne grupe i pentoze)

Dva lanca su ANTIPARALNI  
3' kraj jedno, 5' kraj drug

Slajd 7.



Slajd 8.

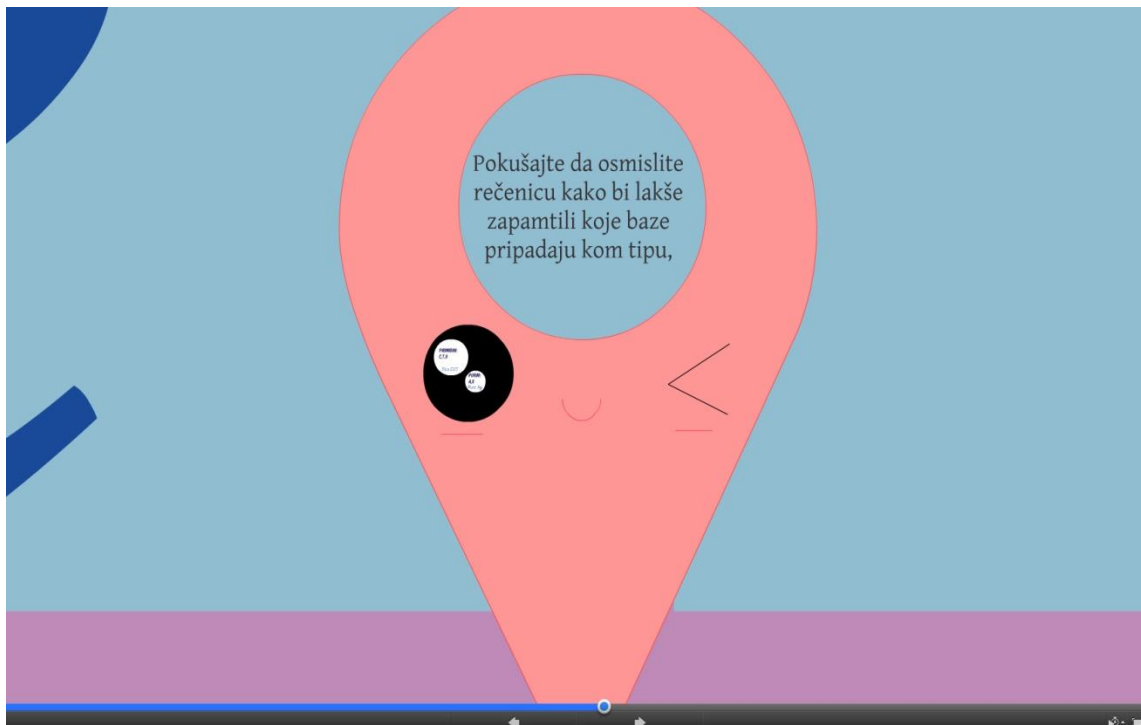


Slajd 9.

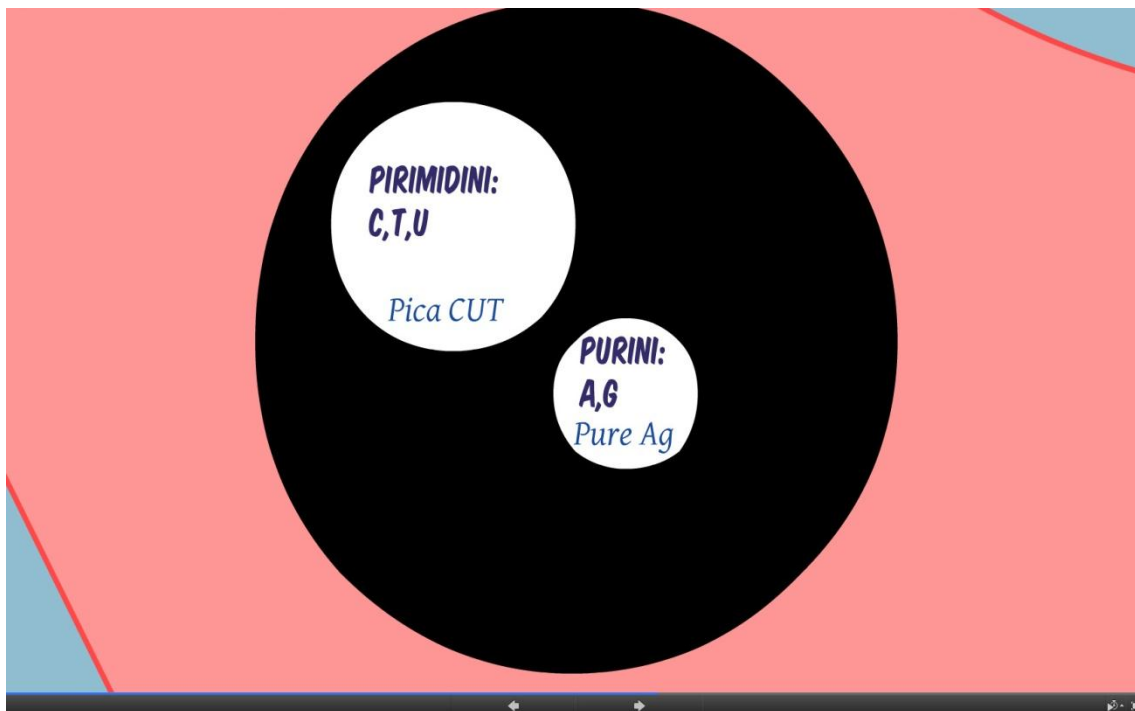




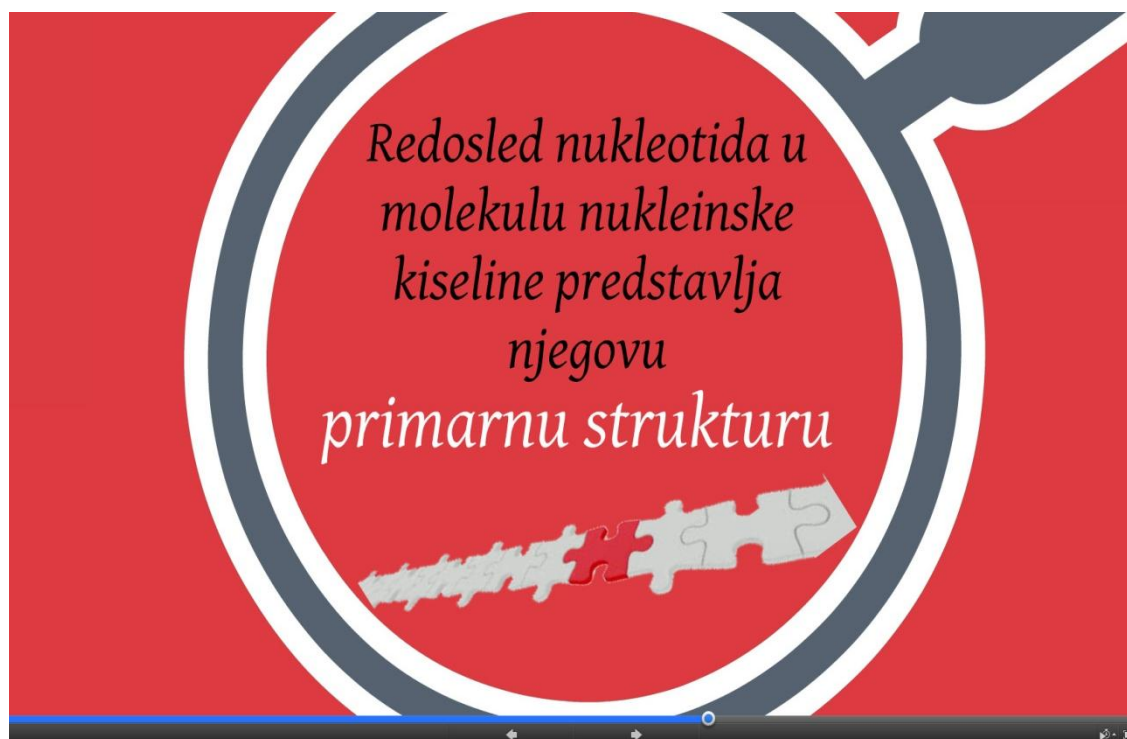
Slajd 10.



Slajd 11.



Slajd 12.



Slajd 13.

## Sekundarna struktura NK

**DNK** Džejm Watson i Frensis Krik  
(engl. James Watson & Francis Crick)  
- **model dvolančane zavojnice** -  
Dva lanca se povezuju vodoničnim vezama (H-vezama) koje se formiraju između naspramnih baza.

**PRINCIP KOMPLEMENTARNOSTI**

|   |   |   |
|---|---|---|
| A | = | T |
| G | ≡ | C |

Dva lanca su postavljena **ANTIPARALELNO**  
3' kraj jednog naspram 5' kraja drugog lanca

Slajd 14.

## lanca

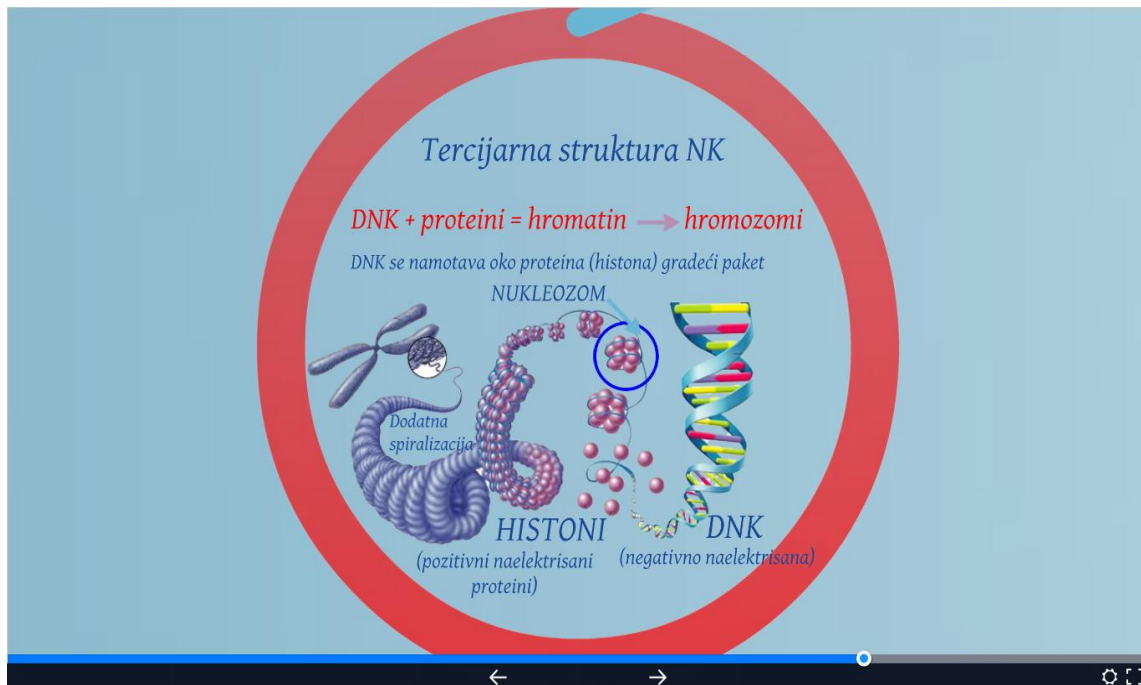
## RNK

U jednolančanim molekulima RNK dolazi do mestimičnog sparivanja komplementarnih baza vodoničnim vezama.

**KOMPLEMENTARNE BAZE SU:**

A-U  
G-C

Slajd 15.



Slajd 16.

### Problemski zadatak

*Problemski zadatak*

Naučnici Herši i Čejz izveli su 1952. godine eksperiment sa bakteriofagom T2 koji inficira bakterije *Esherichia coli*.

Proteinski omotač virusa obeležil su radioaktivnim izotopom sumpora a virusnu DNK radioaktivnim izotopom fosfora.

Ovaj eksperiment dokazao je da su nukleinske kiseline (DNK) nosioci naslednih informacija.

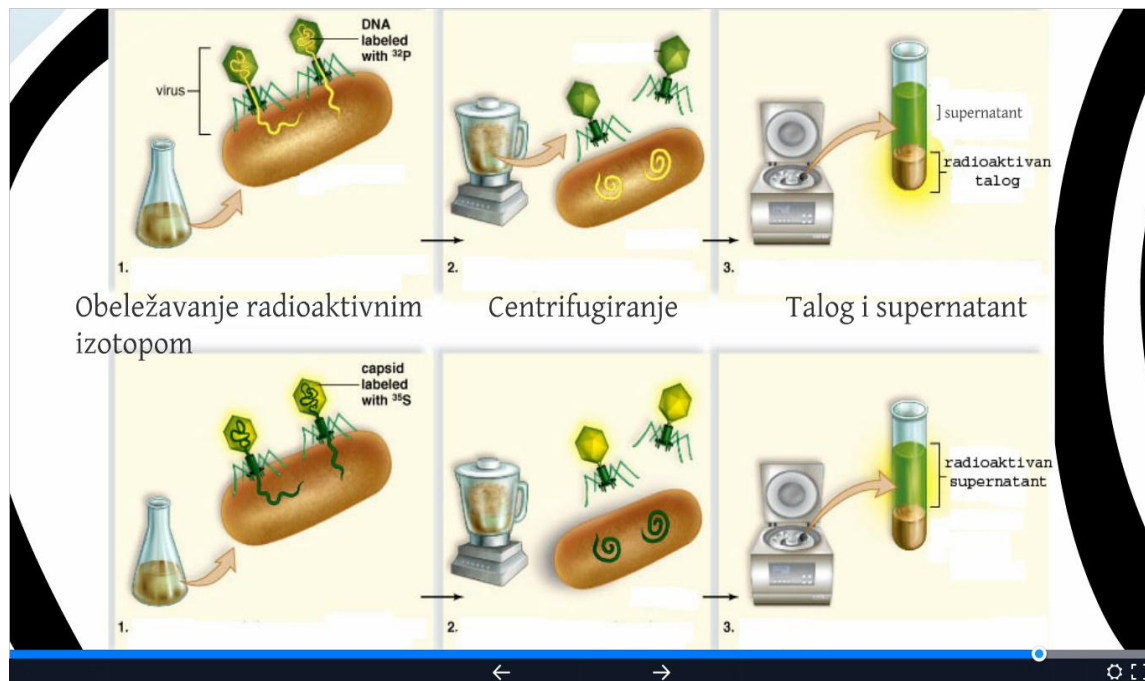
Objasni tok i otkriće eksperimenta. Pređi na sledeći slajd da vidiš eksperiment.

Obeležavanje radioaktivnim izotopom

Centrifugiranje

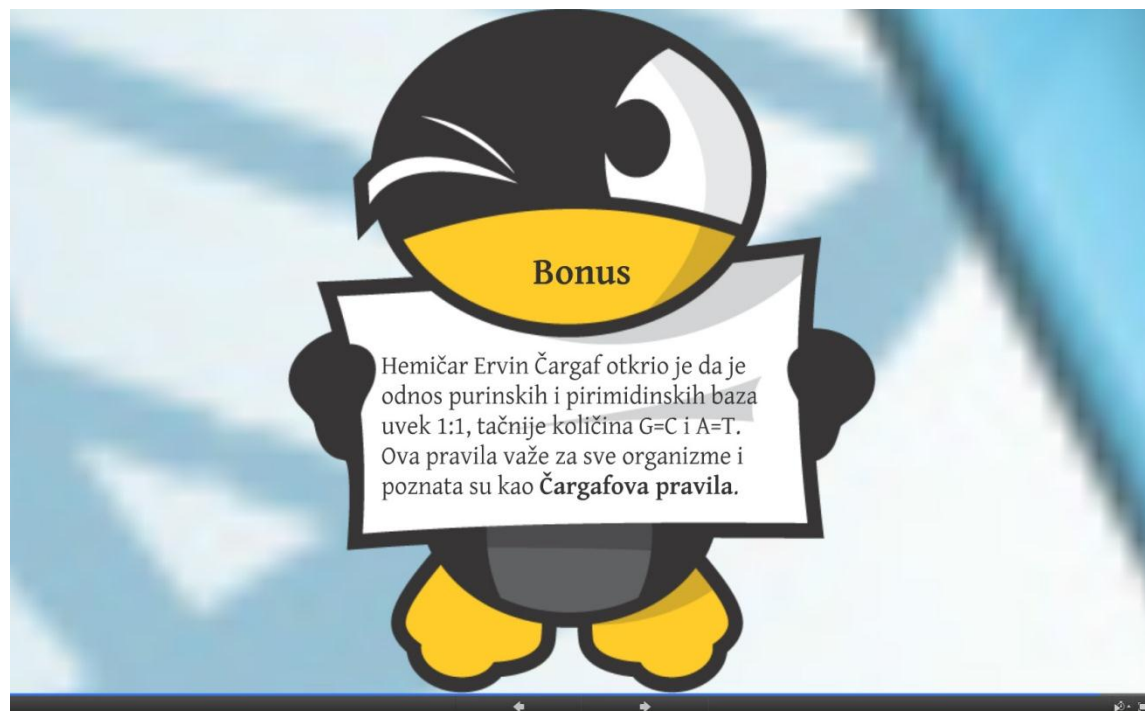
Talog i supernatant

Slajd 17.



Slajd 18.

### Bonus informacija



Slajd 18.



**KORAK 3. Utvrđivanje nastavne jedinice**

Nakon samostalnog prelaženja gradiva, učenici zajedno sa nastavnikom prolaze kroz sve informacije i rešavaju eventualne nedoumice u vezi sa gradivom. Nastavnik projektuje slajdove pomoću video bima kako bi razgovor pratile odgovarajuće slike.

**KORAK 4. Rešavanje problemskog zadatka i diskusija**

U završnom delu časa učenici prezentuju rezultate svoga rada, iznose svoja rešenja problemskog zadatka. Kroz diskusiju koju vodi nastavnik dolazi se do tačnog rešenja problemskog zadatka, a nastavnik na ovaj način takođe stiče uvid u stepen savladanosti gradiva od strane učenika i stavove koje učenici imaju prema datoj temi. Ovakav uvid omogućava nastavniku da se blagovremeno isprave eventualne greške u znanju i stavovima učenika.

Pitanje: Koje su karakteristike bakteriofaga?

Očekivani odgovor: To su virusi koji napadaju bakterije. Imaju proteinski omotač koji omogućava specifično prepoznavanje ćelije domaćina, a u oblasti koja se naziva glava nalazi se nukleinska kiselina. Razmnožavaju se u ćeliji domaćina.

Pitanje: Šta se može zaključiti iz prikazanog eksperimenta, koja komponenta virusa ulazi u ćeliju domaćina?

Očekivani odgovor: Samo nukleinska kiselina.

Pitanje: Šta reguliše vitalne procese i reprodukciju organizama?

Očekivani odgovor: Genetičke informacije zapisane u strukturi nukleinskih kiselina.

**KORAK 5. Utvrđivanje gradiva**

Nakon obrade gradiva i diskusije učenici na računarima pokreću *Test* u kome se nalaze pitanja iz nastavne jedinice obrađene na prethodnom času i nastavne jedinice obrađene na datom času. Test je konstruisan tako da nakon potvrde svakog odgovora učenik dobija povratnu informaciju o tačnosti odgovora, a na kraju testa program izračunava broj bodova i ocenu koju je učenik dobio. Na ovaj način učenici povezuju gradivo i imaju mogućnost konstantnog praćenja sopstvenog napretka.

**Zadaci:****Pitanje 1.**

Dva tipa nukleinskih kiselina su:

Jednolančane nukleinske kiseline -

Dvolančane nukleinske kiseline -

proveri odgovor 

**Pitanje 2.**

Nukleinske kiseline su polinukleotidi:

- čije su monomerne jedinice azotne baze
- čije su monomerne jedinice amino kiseline
- čije su monomerne jedinice nukleotidi
- čije su monomerne jedinice monosaharidi

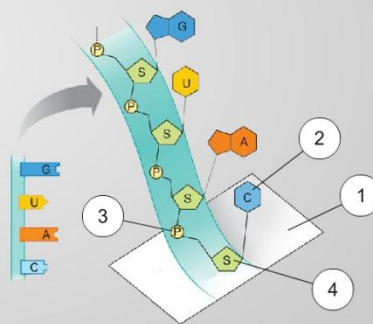
proveri odgovor

**Pitanje 3**

Obeleži na slici označene delove

Na slici je prikazana:  struktura

- 1
- 2
- 3
- 4



proveri odgovor



**Pitanje 4.**

Iskazi o strukturi nukleinskih kiselina tačni(T) ili netačni(N)?

Primarnu strukturu nukleinske kiseline predstavlja redosled nukleotida

Sekundarnu strukturu DNK otkrili su Votson i Krik

Tercijarnu strukturu nukleinskih kiselina održavaju lipidi histoni

RNK molekul je organizovan u dvolančanu zavojnicu

Sekundarnu strukturu nukleinskih kiselina održavaju vodonične veze

proveri odgovor

**Pitanje 5.**

Purinske baze su:

timin, uracil, citozin

adenin i guanin

adenin i timin

citozin i guanin

proveri odgovor



**Pitanje 6.**

Segment DNK lanca sadži nukleotide u sledećem redosledu CGAGCAAG. Napiši redosled nukleotida u komplementarnom lancu.

proveri odgovor

**Pitanje 7.**

Poveži pojmove sa odgovarajućim tvrdnjama

Dezoksiribonukleotid

1. Šećer koji ulazi u sastav molekula DNK

Nukleozom

2. Monomerna jedinica DNK

Dezoksiriboza

3. Kompleks histona i DNK

Hromatin

4. Hromozomski materijal u jedru ćelije u interfazi

5. Proteinska komponenta hromatina

proveri odgovor



## Rešenje testa

Dva tipa nukleinskih kiselina su:

Jednolančane nukleinske kiseline - **RNK**  
Dvolančane nukleinske kiseline - **DNK**

sledeće pitanje 

Nukleinske kiseline su polinukleotidi:

- čije su monomerne jedinice azotne baze
- čije su monomerne jedinice amino kiseline
- čije su monomerne jedinice nukleotidi
- čije su monomerne jedinice monosaharidi

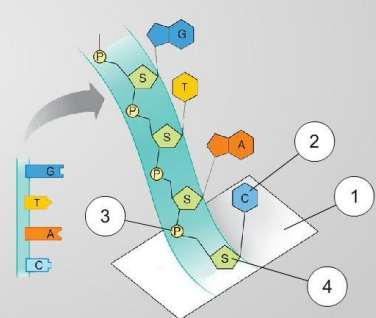
sledeće pitanje 



## Obeleži na slici označene delove

Na slici je prikazana:  struktura

- 1
- 2
- 3
- 4



The diagram illustrates a single strand of DNA. It shows a sequence of nucleotides connected by phosphodiester bonds. The backbone consists of alternating phosphate groups (P) and deoxyribose sugars (S). Nitrogenous bases (G, T, A, C) are attached to the deoxyribose sugars. Labels 1, 2, 3, and 4 point to a nucleotide, a nitrogenous base, a phosphate group, and a deoxyribose sugar, respectively. A legend on the left lists these components with corresponding colored boxes.

sledeće pitanje 

## Iskazi o strukturi nukleinskih kiselina tačni(T) ili netačni(N)?

Primarnu strukturu nukleinske kiseline predstavlja redosled nukleotida

Sekundarnu strukturu DNK otkrili su Votson i Krik

Tercijarnu strukturu nukleinskih kiselina održavaju lipidi histoni

RNK molekul je organizovan u dvolančanu zavojnicu

Sekundarnu strukturu nukleinskih kiselina održavaju vodonične veze

sledeće pitanje 

Purinske baze su:

- timin, uracil, citozin
- adenin i guanin
- adenin i timin
- citozin i guanin

sljedeće pitanje 

Segment DNK lanca sadrži nukleotide u sledećem redosledu CGAGCAAG. Napiši redosled nukleotida u komplementarnom lancu.

GCTCGTTC

sljedeće pitanje 

## Poveži pojmove sa odgovarajućim tvrdnjama

Dezoksiribonukleotid

2

Nukleozom

3

Dezoksiriboza

1

Hromatin

4

1. Šećer koji ulazi u sastav molekula DNK

2. Monomerna jedinica DNK

3. Kompleks histona i DNK

4. Hromozomski materijal u jedru ćelije u interfazi

5. Proteinska komponenta hromatina

završite test 

Osvojili ste: 19 bodova  
i dobili ocenu: 5

**3.14.3. Biološka uloga nukleinskih kiselina**

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| <i>Nastavni predmet:</i>             | Biologija   |
| <i>Nastavna tema</i>                 | Osnovi molekularne biologije  |
| <i>Nastavna jedinica:</i>            | Biološka uloga nukleinskih kiselina   |
| <i>Tip časa:</i>                     | obrada novog gradiva  |
| <i>Oblik rada:</i>                   | individualni, rad u paru i frontalni oblik rada   |
| <i>Obrazovni zadaci:</i>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Usvajanje znanja o ulozi nukleinskih kiselina i centralnoj dogmi molekularne biologije.</li> <li>– Razumevanje zakonitosti koje vladaju u prirodi.</li> </ul>  |
| <i>Funkcionalni zadaci:</i>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Razvijanje sposobnosti posmatranja, uočavanja, upoređivanja i analiziranja.</li> <li>– Osposobljavanje učenika za samostalan rad, razvijanje sposobnosti analize i sinteze.</li> </ul>   |
| <i>Vaspitni zadaci:</i>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Formiranje naučnog aspekta posmatranja kao osnove za akademsko obrazovanje i profesionalni razvoj.</li> <li>– Razvijanje međusobne saradnje tokom rada.</li> </ul>   |
| <i>Nastavne metode:</i>              | verbalno-tekstualne, demonstrativno-ilustrativne i metode samostalnog rada učenika  |
| <i>Posebne vrste nastave:</i>        | interaktivna nastava uz podršku računara  |
| <i>Nastavna sredstva i pomagala:</i> | kompjuter, obrazovni softver, video bim i školska tabla   |
| <i>Nastavni objekat:</i>             | kompjuterska učionica   |
| <i>Literatura za učenike:</i>        | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pribićević, T. (2015): Interaktivne multimedijalne prezentacije nastavne teme Osnovi molekularne biologije.</li> <li>2. Cvetković, D., Lakušić, D., Matić, G., Korać, A., Jovanović, S. (2011): <i>Biologija za IV razred gimnazije prirodno-matematičkog smera</i>, Zavod za udžbenike, Beograd.</li> </ol>  |
| <i>Literatura za nastavnika:</i>     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Matić, G. (1997): <i>Osnovi molekularne biologije</i>, IP „Zavet“, Beograd.</li> <li>2. Cvetković, D., Lakušić, D., Matić, G., Korać, A., Jovanović, S. (2011): <i>Biologija za IV razred gimnazije prirodno-matematičkog smera</i>, Zavod za udžbenike, Beograd.</li> <li>3. Gordon, T. (1998): <i>Kako biti uspešan nastavnik</i>, Kretativni centar grupa Most, Beograd.</li> <li>4. Miljanović, T., Žderić, M. (2001b): <i>Didaktičko-metodički primeri iz metodike nastave biologije</i>, Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad.</li> <li>5. Žderić, M., Miljanović, T. (2001): <i>Metodika nastave biologije</i>, Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad.</li> </ol> |

**TOK ČASA:****KORAK 1. Ponavljanje prethodno obrađene nastavne jedinice**

Kratko usmeno ponavljanje prethodno obrađenog gradiva primenom verbalno-tekstualne nastavne metode (dijalog) i frontalnog oblika rada.

Pitanje: Koji molekuli su nosioci naslednih informacija?

Očekivani odgovor: Nukleinske kiseline.

Pitanje: Koja dva tipa nukleinskih kiselina postoje?

Očekivani odgovor: Dezoksiribonukleinska kiselina i ribonukleinska kiselina.

Pitanje: Po čemu se ova dva tipa nukleinskih kiselina razlikuju?

Očekivani odgovor: U DNK ulaze azotne baze: adenin, timin, citozin i guanin. Molekul DNK je organizovan u dvolančanu zavojnicu koja se udružuje sa proteinima i gradi hromosome. RNK grade ribonukleotidi u čiji sastav ulaze azotne baze: adenin, uracil, citozin i guanin. RNK je jednolančana, ali se mestimično sparuju komplementarni bazni parovi.

**KORAK 2. Rad u paru i samostalan rad učenika na multimedijalnoj prezentaciji**

Učenici samostalno ili u paru prelaze novo gradivo. Nastavnik prati i usmerava rad učenika i podstiče sve učenike na aktivnost.

**Multimedijalna prezentacija****Informacije:**

**BIOLOŠKA ULOGA NUKLEINSKIH KISELINA**

Protok genetičkih informacija kroz ćeliju

Protok genetičkih informacija kroz generacije

**DNK** **RNK** **PROTEIN**

prepisivanje prevođenje

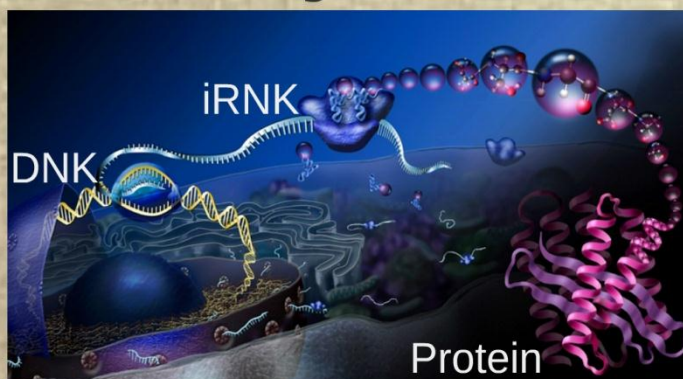
**RNK MOLEKULI**

**PROCES REPRODUKCIJE**

**SLAJD 1.**



# Protok genetičkih informacija kroz ćeliju



Slajd 2.

# DNK

Molekul u kome je, u vidu redosleda nukleotida "zapisana" genetička informacija

Slajd 3.



**RNAK**

Prepisivanjem (transkripcijom) sa DNK kao matrice sintetišu se molekuli RNAK koji predstavljaju kopije gena

← →

Slide 4 features the word 'RNAK' in large, bold, black letters on a textured, light brown background. Below the title, a paragraph explains that RNA molecules are synthesized from DNA as a template through the process of transcription. At the bottom, there is a dark blue navigation bar with a white circle on the left, a left arrow, a right arrow, and a small gear icon on the right.

Slajd 4.



**PROTEIN**

Prevođenjem (translacijom) genetičke informacije sa mRNA molekula sintetišu se proteini od kojih zavise sve strukturne i funkcionalne odlike ćelije.

← →

Slide 5 features the word 'PROTEIN' in large, bold, black letters on a textured, light brown background. Below the title, a paragraph explains that proteins are synthesized from mRNA molecules through the process of translation, and that these proteins determine all structural and functional characteristics of the cell. At the bottom, there is a dark blue navigation bar with a white circle on the left, a left arrow, a right arrow, and a small gear icon on the right.

Slajd 5.



Slajd 6.

## RNK MOLEKULI

**iRNK** - imaju ulogu prenošenja genetičke informacije kroz ćeliju, od gena do proteina.

**rRNK** - imaju ulogu u prevođenju (translaciji) jer čine sastavnu komponentu ćelijskih "fabrika proteina" - ribozoma.

**tRNK** - imaju ulogu "tumača" genetičke informacije, odnosno imaju ulogu u prevođenju šifrovane poruke iRNK u strukturu proteina.

tRNK

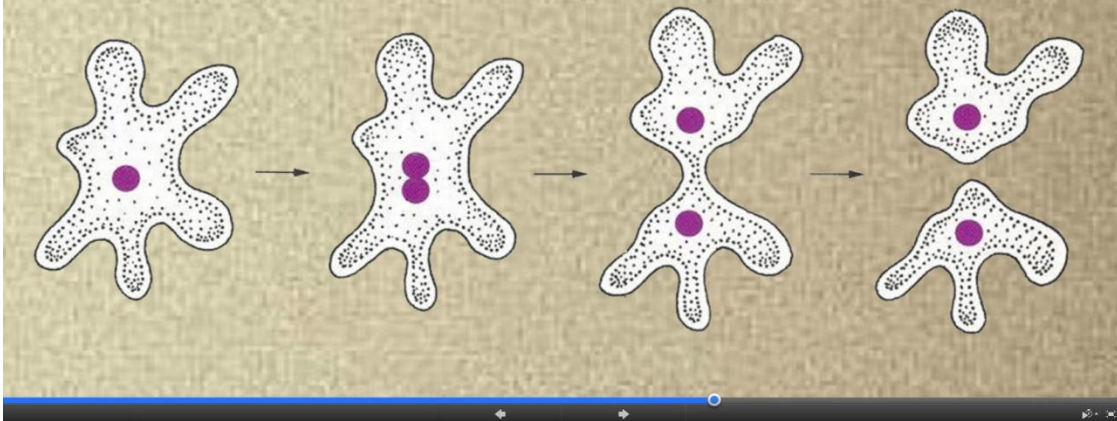
rRNK

iRNK

Slajd 7.



# Protok genetičkih informacija kroz generacije

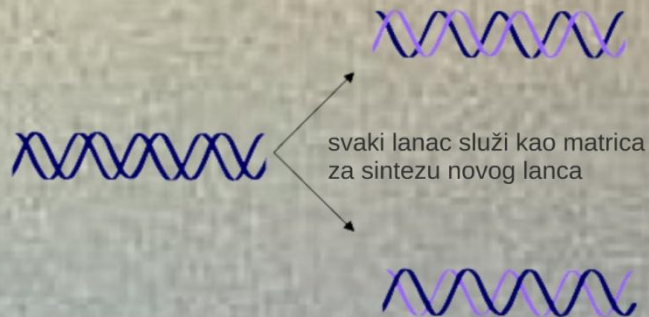


Slajd 8.

## PROCES REPLIKACIJE

Svakoj deobi ćelije prethodi udvajanje genetičkog materijala, tako da nakon deobe svaka ćerka ćelija dobija istu količinu DNK.

Na taj način se isti skup informacija prenosi sa generacije na generaciju.

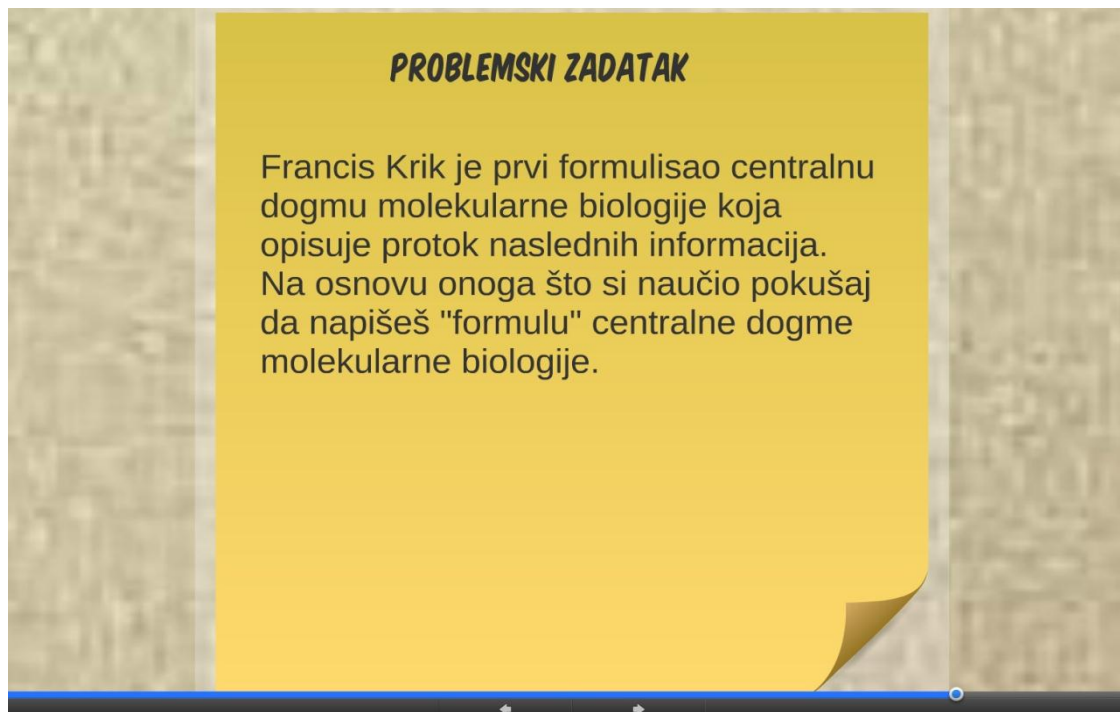


Slajd 9.

**Problemski zadatak**

**PROBLEMSKI ZADATAK**

Francis Krik je prvi formulisao centralnu dogmu molekularne biologije koja opisuje protok naslednih informacija. Na osnovu onoga što si naučio pokušaj da napišeš "formulu" centralne dogme molekularne biologije.



Slajd 10.

**Bonus informacija**

**Bonus**

Svi RNK molekuli nastaju u jedru ćelije ali svoju ulogu ostvaruju u citoplazmi. Njihov transport u citoplazmu vrši se kroz pore jedrove membrane.



Slajd 11.



**KORAK 3. Utvrđivanje nastavne jedinice**

Nakon samostalnog prelaženja gradiva, učenici zajedno sa nastavnikom prolaze kroz sve informacije i rešavaju eventualne nedoumice u vezi sa gradivom. Pomoću video bima projektuju se slajdovi kako bi razgovor pratile odgovarajuće slike. Nastavnik kroz dijalog sa učenicima utvrđuje stepen usvojenosti gradiva.

Pitanje: Koji molekul nastaje prepisivanjem (transkripcijom) sa DNK matrice?

Očekivani odgovor: RNK molekuli.

Pitanje: Koji molekul nastaje prevođenjem (translacijom) sa RNK matrice?

Očekivani odgovor: Protein.

Pitanje: Da li se svi molekuli RNK prevode u proteine?

Očekivani odgovor: Samo iRNK molekuli nose informaciju za sintezu proteina. Postoje i drugi tipovi RNK molekula, rRNK ulazi u sastav ribozoma i tRNK ima ulogu tumača šifrovane poruke u sintezi proteina.

Pitanje: Na koji način proces replikacije omogućava protok genetičke informacije kroz generacije?

Očekivani odgovor: Udvajanje genetičkog materijala koje prethodi deobi ćelije omogućava da svaka novonastala ćelija ima istu količinu i isti set naslednih informacija.

**KORAK 4. Rešavanje problemskog zadatka i diskusija**

U završnom delu časa učenici prezentuju rezultate svoga rada i iznose svoja rešenja problemskog zadatka. Kroz diskusiju koju vodi nastavnik dolazi se do tačnog rešenja problemskog zadatka, a nastavnik na ovaj način takođe stiče uvid u stepen usvojenosti gradiva od strane učenika i stavove koje učenici imaju prema datoj temi. Ovakav uvid omogućava mu da se blagovremeno isprave eventualne greške u znanju i stavovima učenika.

Pitanje: Koji molekuli su nosioci naslednih informacija?

Očekivani odgovor: Nukleinske kiseline.

Pitanje: Koji molekuli su realizatori naslednih informacija?

Očekivani odgovor: Proteini.

Koji procesi omogućavaju protok naslednih informacija kroz generacije i kroz ćeliju?

Očekivani odgovor: Replikacija, transkripcija i translacija.

Pitanje: Kako izgleda centralna dogma?

Očekivani odgovor: DNK → RNK → protein.

## 3.14.4. Proteini – građa i uloga

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| <i>Nastavni predmet:</i>             | Biologija   |
| <i>Nastavna tema</i>                 | Osnovi molekularne biologije  |
| <i>Nastavna jedinica:</i>            | Proteini – građa i uloga  |
| <i>Tip časa:</i>                     | obrada novog gradiva  |
| <i>Oblik rada:</i>                   | Individualni, rad u paru i frontalni oblik rada   |
| <i>Obrazovni zadaci:</i>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Usvajanje znanja o strukturi i ulozi proteina.</li> <li>– Uočavanje veze između strukture proteina i njihove uloge.</li> <li>– Usvajanje novih stručnih pojmova.</li> </ul>  |
| <i>Funkcionalni zadaci:</i>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Razvijanje naučne pismenosti učenika i sposobnosti za pisanu i verbalnu komunikaciju.</li> <li>– Razvijanje sposobnosti učenika za samostalno prezentovanje rezultata svoga rada.</li> </ul>   |
| <i>Vaspitni zadaci:</i>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Razvijanje humanih odnosa bez predrasuda na nacionalnoj, religijskoj i polnoj osnovi.</li> <li>– Razvijanje svesti o važnosti zdravlja i njegovog očuvanja.</li> </ul>   |
| <i>Nastavne metode:</i>              | verbalno-tekstualne, demonstrativno-ilustrativne i metode samostalnog rada učenika  |
| <i>Posebne vrste nastave:</i>        | interaktivna nastava uz podršku računara  |
| <i>Nastavna sredstva i pomagala:</i> | kompjuter, obrazovni softver, video bim i školska tabla   |
| <i>Nastavni objekat:</i>             | kompjuterska učionica   |
| <i>Literatura za učenike:</i>        | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pribičević, T. (2015): Interaktivne multimedijalne prezentacije nastavne teme Osnovi molekularne biologije.</li> <li>2. Cvetković, D., Lakušić, D., Matić, G., Korać, A., Jovanović, S. (2011): <i>Biologija za IV razred gimnazije prirodno-matematičkog smera</i>, Zavod za udžbenike, Beograd.</li> </ol>  |
| <i>Literatura za nastavnika:</i>     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Matić, G. (1997): <i>Osnovi molekularne biologije</i>, IP „Zavet“, Beograd.</li> <li>2. Cvetković, D., Lakušić, D., Matić, G., Korać, A., Jovanović, S. (2011): <i>Biologija za IV razred gimnazije prirodno-matematičkog smera</i>, Zavod za udžbenike, Beograd.</li> <li>3. Gordon, T. (1998): <i>Kako biti uspešan nastavnik</i>, Kretativni centar grupa Most, Beograd.</li> <li>4. Miljanović, T., Žderić, M. (2001b): <i>Didaktičko-metodički primeri iz metodike nastave biologije</i>, Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad.</li> <li>5. Žderić, M., Miljanović, T. (2001): <i>Metodika nastave biologije</i>, Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad.</li> </ol> |

**TOK ČASA:****KORAK 1. Ponavljanje prethodno obrađene nastavne jedinice**

Kratko usmeno ponavljanje prethodno obrađenog gradiva primenom verbalno-tekstualne nastavne metode (dijalog) i frontalnog oblika rada.

Pitanje: Kako se naziva proces sinteze proteina?

Očekivani odgovor: Translacija.

Pitanje: Koji molekuli predstavljaju matrice za sintezu proteina?

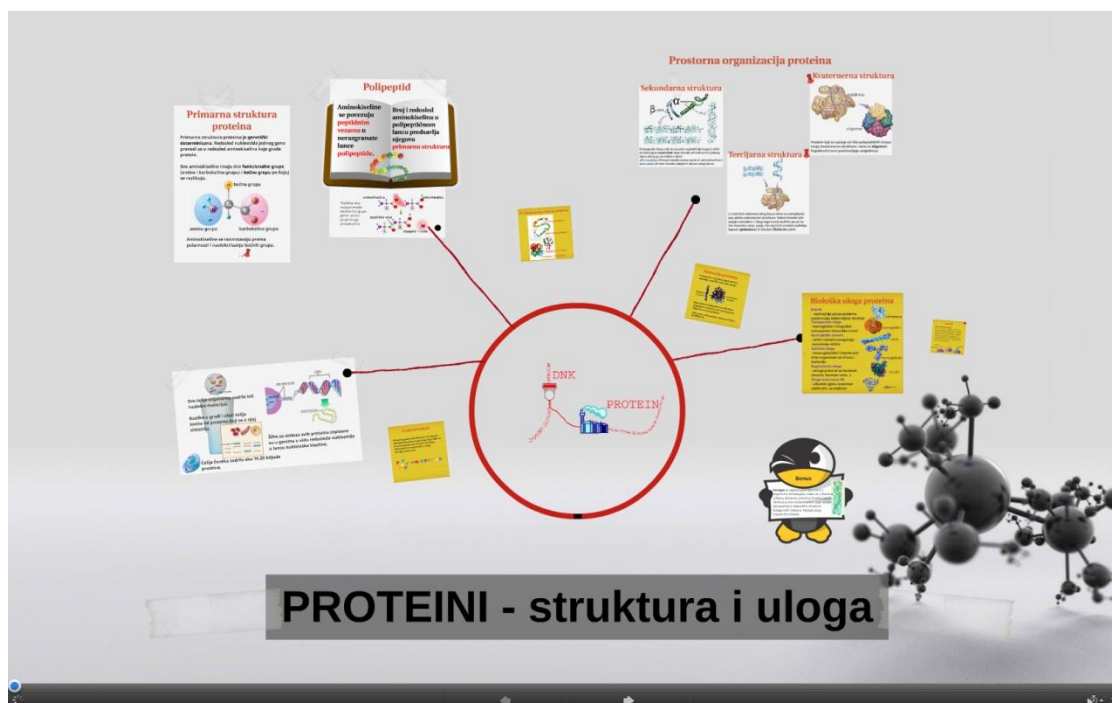
Očekivani odgovor: molekuli iRNK.

Pitanje: Kako se prevodi iRNK u redosled aminokiselina?

Očekivani odgovor: Tripleti nukleotida su šifre za aminokiseline.

**KORAK 2. Rad u paru i samostalan rad učenika na multimedijalnoj prezentaciji**

Učenici samostalno ili u paru prelaze novo gradivo. Nastavnik prati i usmerava rad učenika i podstiče sve učenike na aktivnost.

**Multimedijalna prezentacija****Informacije:**

Slajd 1.

čelije čoveka

Sve ćelije organizma sadrže isti nasledni materijal.

Razlike u građi i ulozi ćelija zavise od proteina koji se u njoj sintetišu.

|            |                          |                                     |                                     |
|------------|--------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| hemoglobin | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            |
| insulin    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> |
| miozin     | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |

Čelije čoveka sadrže oko 10-20 hiljada proteina.

HROMOZOM

GEN

PROTEIN

Šifre za sintezu svih proteina zapisane su u genima u vidu redosleda nukleotida u lancu nukleinske kiseline.

Slajd 2.

## Gradivni blokovi

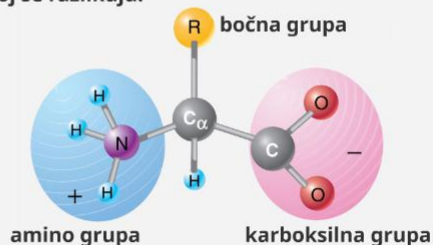
Proteine grade amino-kiseline. Od ukupno 200 amino-kiselina koje postoje u prirodi sve proteine gradi samo 20 amino-kiselina. Amino-kiseline se povezuju u duge nerazgranate lance.

Slajd 3.

## Primarna struktura proteina

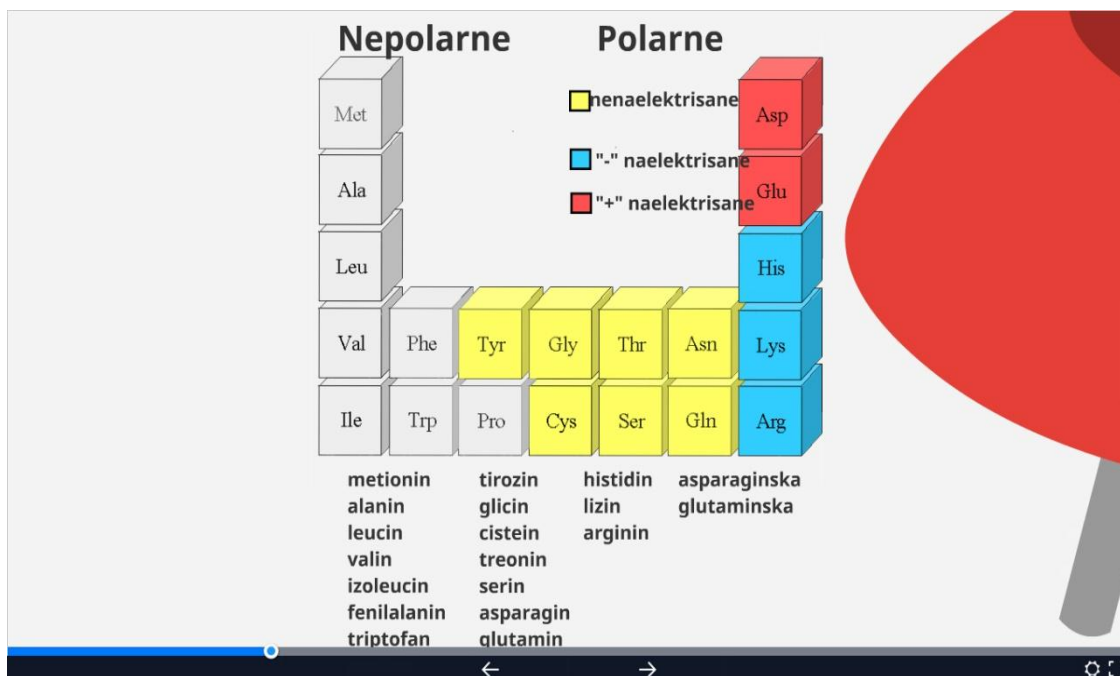
Primarna struktura proteina je **genetički određena**. Redosled nukleotida jednog gena prevodi se u redosled amino-kiselina koje grade protein.

Sve amino-kiseline imaju dve funkcionalne grupe (amino i karboksilnu grupu) i bočnu grupu po kojoj se razlikuju.



Amino-kiseline se mogu razvrstati prema polarnosti i naelektrisanju bočnih grupa.

Slajd 4.



Slajd 5.



## Polipeptid

**Struktura**

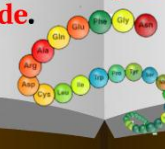
Genetički  
kodnog gena  
amino-kiselina koje grade

Funkcionalne grupe  
amino-kiselina u grupu po  
amino-kiselini

Amino-kiselina grupa

Amino-kiseline se povezuju **peptidnim vezama** u **nerazgranate lance polipeptide**.

Broj i redosled amino-kiselina u polipeptidnom lancu predstavlja njegovu **primarnu strukturu**.



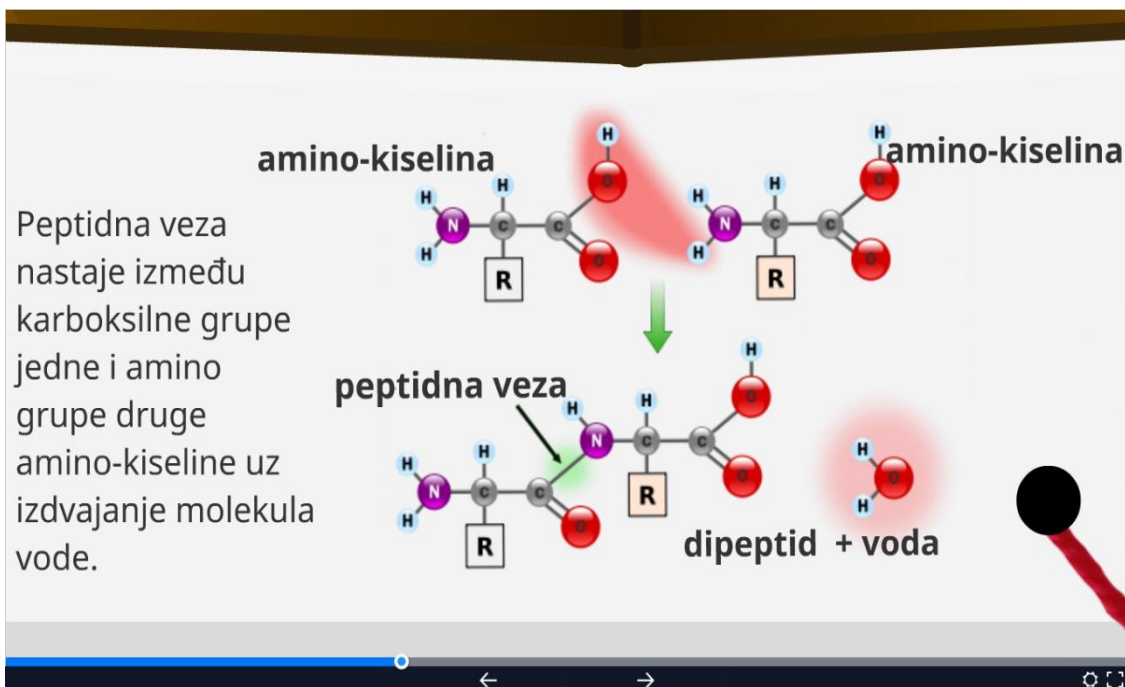
amino-kiselina      amino-kiselina

Peptidna veza nastaje između karboksilne grupe jedne i amino grupe druge amino-kiseline uz izdvajanje molekula vode.

peptidna veza

dipeptid + voda

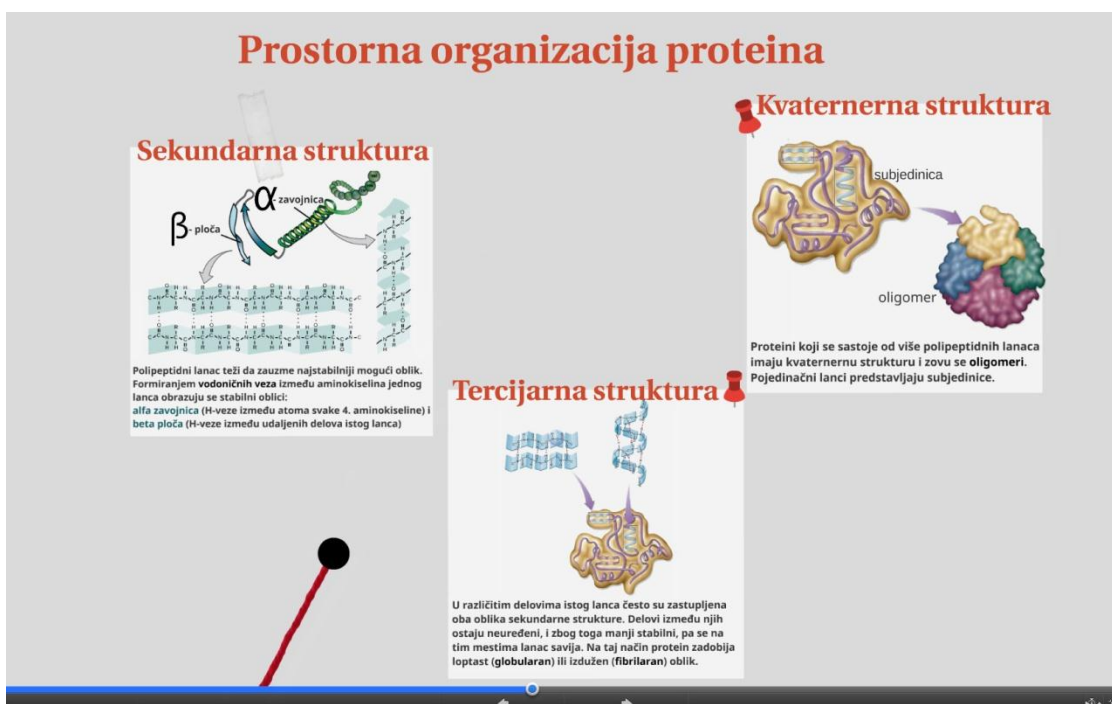
Slajd 6.



Slajd 7.

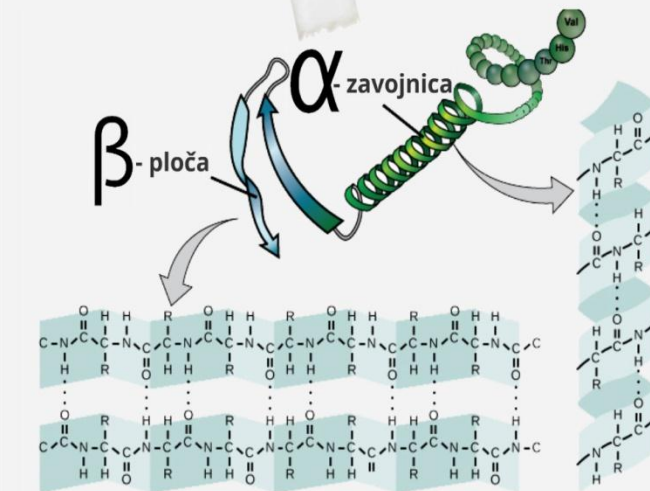


Slajd 8.



Slajd 9.

## Sekundarna struktura

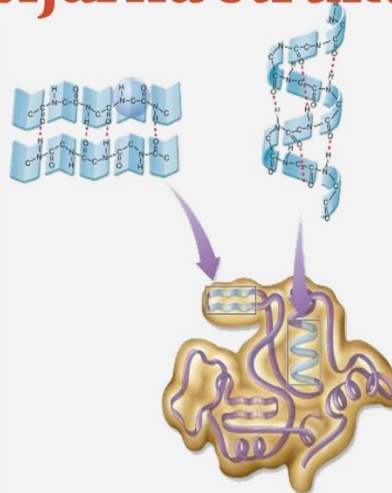


Polipeptidni lanac teži da zauzme najstabilniji mogući oblik. Formiranjem vodoničnih veza između aminokiselina jednog lanca obrazuju se stabilni oblici:  
**alfa zavojnica** (H-veze između atoma svake 4. aminokiseline) i  
**beta ploča** (H-veze između udaljenih delova istog lanca)

Terci

Slajd 10.

## Tercijarna struktura



U različitim delovima istog lanca često su zastupljena oba oblika sekundarne strukture. Delovi između njih ostaju neuređeni, i zbog toga manji stabilni, pa se na tim mestima lanac savija. Na taj način protein zadobija loptast (globularan) ili izdužen (fibrilarnan) oblik.

Slajd 11.

## Kvaternerna struktura

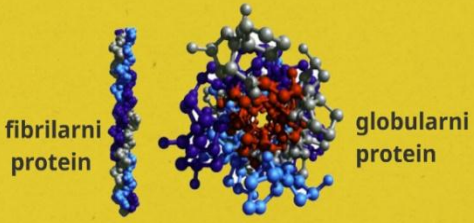


Proteini koji se sastoje od više polipeptidnih lanaca imaju kvaternu strukturu i zovu se **oligomeri**. Pojedinačni lanci predstavljaju subjedinice.

Slajd 12.

## Aktivacija proteina

Prostornim organizovanjem protein zadobija specifičnu biološku ulogu.



fibrilarni protein      globularni protein

Neki proteini (oligomeri) se aktiviraju spajanjem subjedinica ili razdvajanjem oligomera na subjedinice.

Aktivacija nekih proteina zahteva i dodatne izmene.

Slajd 13.



## Biološka uloga proteina

**Enzimi**

- najbrojnija grupa proteina
- usmeravaju biohemijske reakcije

**Transportna uloga**

- hemoglobin i mioglobin
- transporteri kiseonika u krvi

**Kontraktilni sistemi**

- aktin i miozin omogućuju kontrakcije mišića

**Zaštitna uloga**

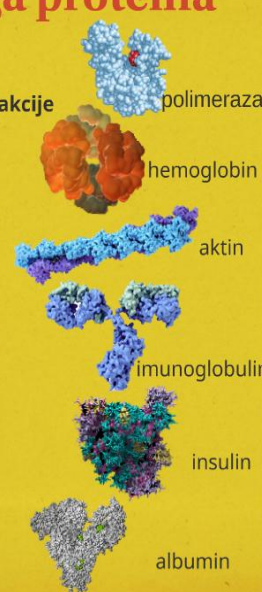
- imunoglobulini i interferoni
- štite organizam od virusa i bakterija

**Regulatorna uloga**

- mnogi proteini su hormoni (insulin, hormon rasta...)

**Uloga rezervoara AK**

- albumin jajeta rezervoar amino-kiselina za embrion



polimeraza


hemoglobin

aktin

imunoglobulin

insulin

albumin



Slajd 14.

## Enzimi

**Kako enzimi funkcionišu?**

Enzim se poveže sa molekulom reakcije na koju enzim deluje (supstrat). Mesto na kojem se supstrat vezuje za enzim zove se aktivno mesto enzima. Nastaje prelazni, kratkotrajni enzim-supstrat kompleks iz kog nastaje proizvod te reakcije, a enzim ostaje potpuno nepromenjen reakcijom.





Slajd 15.



### Problemski zadatak

**Problemski zadatak**

DNK molekul izgrađen je iz 4 tipa nukleotida koji se razlikuju po azotnoj bazi koja ulazi u njihov sastav.

DNK

PROTEIN

Sve proteine gradi 20 amino-kiselina. Kada bi svaki nukleotid u genu predstavljao šifru za jednu amino-kiselinu postojale bi samo četiri šifre (4 različita nukleotida). Kako izgledaju šifre za sintezu proteina?

Građivni blokovi  
Proteine grade aminokiseline. Od ukupno 200 aminokiselina koje postoje u prirodi sve proteine gradi samo 20 aminokiselina. Aminokiseline su povezane u duge nenasagorane lance.

Neke proteine (antipiretici) se stvaraju skupljenim nukleotidima ili različitijim skupljenim na sulfhidrilne. Antipiretici imaju proteinske zlatove i druge funkcije.

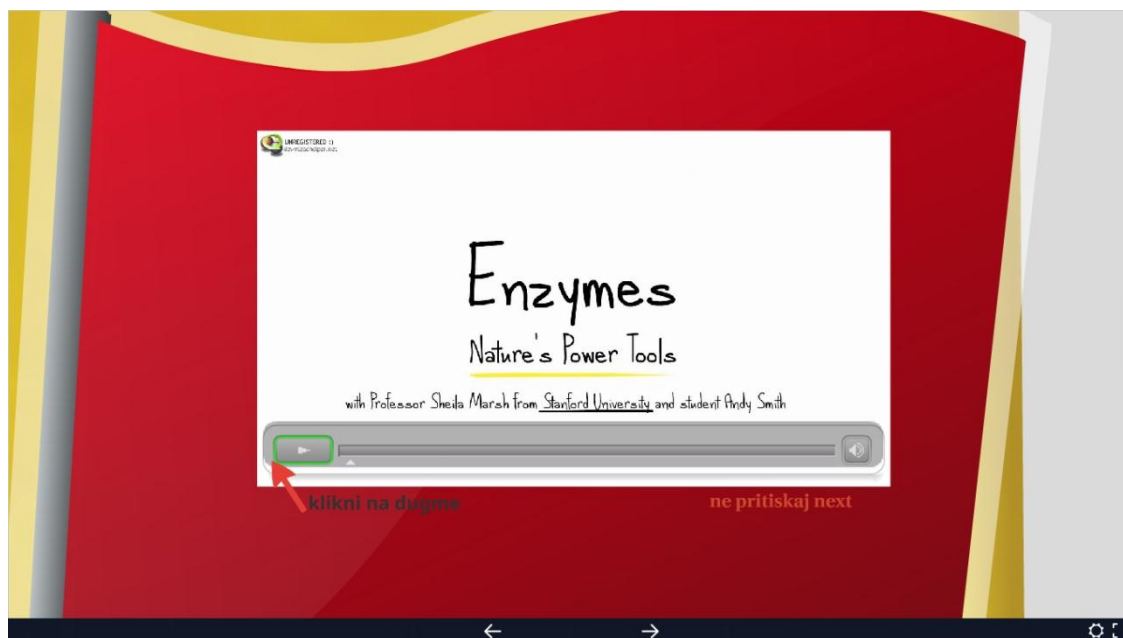
Slajd 16.

**Bonus**

Kolagen je najzastupljeniji protein u organizmu kičmenjaka, nalazi se u kostima, zubima, tetivama, zidovima krvnih sudova. Skorbut je smrtonosna bolest koja nastaje kao posledica nepravilne strukture kolagenskih vlakana. Nastaje zbog nedostatka vitamina C u ishrani.

Slajd 17.

## Video o enzimima



Slajd 18.

**KORAK 3. Utvrđivanje nastavne jedinice**

Nakon samostalnog prelaženja gradiva, učenici zajedno sa nastavnikom prolaze kroz sve informacije i rešavaju eventualne nedoumice u vezi sa gradivom. Nastavnik projektuje slajdove pomoću video bima kako bi razgovor pratile odgovarajuće slike.

**KORAK 4. Rešavanje problemskog zadatka i diskusija**

U završnom delu časa učenici prezentuju rezultate svoga rada, iznose svoja rešenja problemskog zadatka. Kroz diskusiju koju vodi nastavnik dolazi se do tačnog rešenja problemskog zadatka, a nastavnik na ovaj način takođe stiče uvid u stepen savladanosti gradiva od strane učenika i stavove koje učenici imaju prema datoj temi. Ovakav uvid omogućava nastavniku da se blagovremeno isprave eventualne greške u znanju i stavovima učenika.

Pitanje: Ukoliko bi po dva nukleotida predstavljala šifru za aminokiselinu, koliko mogućih kombinacija bi bilo?

Očekivani odgovor: Šesnaest.

Pitanje: Koji broj nukleotida predstavlja šifru za svaku aminokiselinu?

Očekivani odgovor: Tri.

**KORAK 5. Utvrđivanje gradiva**

Nakon obrade gradiva i diskusije učenici na računarima pokreću *Test* za proveru znanja. Test je konstruisan tako da nakon potvrde svakog odgovora učenik dobija povratnu informaciju o tačnosti odgovora, a na kraju testa program izračunava broj bodova i ocenu koju je učenik dobio. Na ovaj način učenici povezuju gradivo i imaju mogućnost permanentnog praćenja sopstvenog napretka.

**Zadaci****Pitanje 1.**

Koje dve funkcionalne grupe imaju sve aminokiseline?

COOH   
NH<sub>2</sub>

proveri odgovor 

**Pitanje 2.**

Polipeptidi su polimeri:

- čije su monomerne jedinice azotne baze
- čije su monomerne jedinice amino kiseline
- čije su monomerne jedinice nukleotidi
- čije su monomerne jedinice peptidi

proveri odgovor 

**Pitanje 3.**

Obeleži na slici označene delove

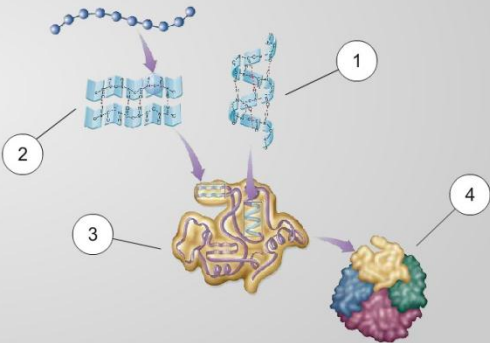
Ukupno  aminokiselina gradi sve proteine. One se povezuju  vezama u duge nerazgranate lance.

1

2

3

4



proveri odgovor 

**Pitanje 4.**

Utvrđi koji su iskazi o strukturi proteina tačni (T), ili netačni (N)

Primarna struktura proteina je genetički determinisana

Sekundarnu strukturu proteina održavaju vodonične veze

Tercijarna struktura proteina može biti globularna ili fibrilarna

Kvaternernu strukturu imaju svi proteini

Oligomeri su delovi subjedinica

proveri odgovor 

**Pitanje 5.**

Protein zadobija specifičnu biološku ulogu u:

- primarnoj strukturi
- sekundarnoj strukturi
- tercijarnoj strukturi
- kvaternoj strukturi

proveri odgovor 

**Pitanje 6.**

Segment DNK lanca koji nosi informaciju za sintezu jednog polipeptida sadrži nukleotide u sledećem redosledu TACCGAGCT. Napiši redosled nukleotida u molekulu iRNK koji će se sintetisati na datoj matrici.

proveri odgovor 



**Pitanje 7.**

Poveži pojmove sa odgovarajućim tvrdnjama

|               |                      |  |
|---------------|----------------------|--|
| Insulin       | <input type="text"/> | 1. Usmeravaju biohemijske reakcije       |
| Hemoglobin    | <input type="text"/> | 2. Štite organizam od virusa i bakterija |
| Imunoglobulin | <input type="text"/> | 3. Regulatorna uloga u organizmu         |
| Enzimi        | <input type="text"/> | 4. Vršiti transport kiseonika u krvi     |
|               |                      | 5. Rezervoar aminokiselina za embrion    |

proveri odgovor **Rešenje testa**

Koje dve funkcionalne grupe imaju sve aminokiseline?

|                 |                   |
|-----------------|-------------------|
| COOH            | karboksilna grupa |
| NH <sub>2</sub> | amino grupa       |

sledeće pitanje 

## Polipeptidi su polimeri:

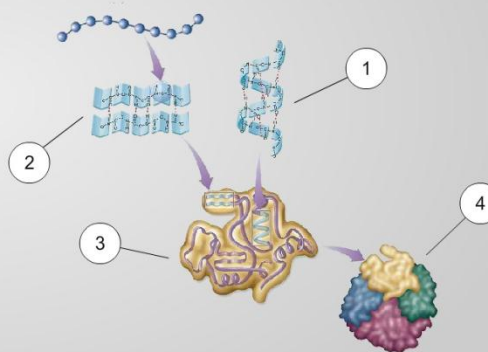
- čije su monomerne jedinice azotne baze
- čije su monomerne jedinice amino kiseline
- čije su monomerne jedinice nukleotidi
- čije su monomerne jedinice peptidi

sledeće pitanje 

## Obeleži na slici označene delove

Ukupno  aminokiseline gradi sve proteine. One se povezuju  vezama u duge nerazgranate lance.

- 1
- 2
- 3
- 4

sledeće pitanje 

Utvrđi koji su iskazi o strukturi proteina tačni (T), ili netačni (N).

Primarna struktura proteina je genetički determinisana

T

Sekundarnu strukturu proteina održavaju vodonične veze

T

Tercijarna struktura proteina može biti globularna ili fibrilarna

T

Kvaternu strukturu imaju svi proteini

N

Oligomeri su delovi subjedinica

N

sledeće pitanje 

Protein zadobija specifičnu biološku ulogu u:

- primarnoj strukturi
- sekundarnoj strukturi
- tercijarnoj strukturi
- kvaternoj strukturi

sledeće pitanje 

Segment DNK lanca koji nosi informaciju za sintezu jednog polipeptida sadrži nukleotide u sledećem redosledu TACCGAGCT. Napiši redosled nukleotida u molekulu iRNK koji će se sintetisati na datoj matrici.

AUGGCUCGA

sledeće pitanje 

### Poveži pojmove sa odgovarajućim tvrdnjama

|               |   |  |
|---------------|---|--|
| Insulin       | 3 | 1. Usmeravaju biohemijske reakcije       |
| Hemoglobin    | 4 | 2. Štite organizam od virusa i bakterija |
| Imunoglobulin | 2 | 3. Regulatorna uloga u organizmu         |
| Enzimi        | 1 | 4. Vršiti transport kiseonika u krvi     |
|               |   | 5. Rezervoar aminokiselina za embrion    |

završite test 

Osvojili ste: 20 bodova  
i dobili ocenu: 5



**3.14.5. Genom i gen**

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| <i>Nastavni predmet:</i>             | Biologija   |
| <i>Nastavna tema</i>                 | Osnovi molekularne biologije  |
| <i>Nastavna jedinica:</i>            | Genom i gen   |
| <i>Tip časa:</i>                     | obrada novog gradiva  |
| <i>Oblik rada:</i>                   | individualni, rad u paru i frontalni oblik rada   |
| <i>Obrazovni zadaci:</i>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Usvajanje znanja o strukturi genoma čoveka i genu kao naslednoj jedinici.</li> <li>– Usvajanje znanja o varijabilnosti osobina i njihovoj gentičkoj osnovi.</li> </ul>   |
| <i>Funkcionalni zadaci:</i>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Razvijanje kod učenika sposobnosti posmatranja, uočavanja, upoređivanja i analiziranja.</li> <li>– Razvijanje naučne pismenosti učenika, njihove sposobnosti za verbalnu komunikaciju na maternjem jeziku u biologiji kao nauci.</li> </ul>  |
| <i>Vaspitni zadaci:</i>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Razvijanje sposobnosti za rad u timu i samovrednovanje.</li> <li>– Razvijanje tolerancije i humanog ponašanja.</li> </ul>  |
| <i>Nastavne metode:</i>              | verbalno-tekstualne, demonstrativno-ilustrativne i metode samostalnog rada učenika  |
| <i>Posebne vrste nastave:</i>        | interaktivna nastava uz podršku računara  |
| <i>Nastavna sredstva i pomagala:</i> | kompjuter, obrazovni softver, video bim i školska tabla   |
| <i>Nastavni objekat:</i>             | kompjuterska učionica   |
| <i>Literatura za učenike:</i>        | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pribićević, T. (2015): Interaktivne multimedijalne prezentacije nastavne teme Osnovi molekularne biologije.</li> <li>2. Lakušić, D., Korać, A., Cvetković, A., Matić, G., Jovanović, S. (2011): <i>Biologija za IV razred gimnazije prirodno-matematičkog smera</i>, Zavod za udžbenike, Beograd.</li> </ol>  |
| <i>Literatura za nastavnika:</i>     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Matić, G. (1997): <i>Osnovi molekularne biologije</i>, IP „Zavet“, Beograd.</li> <li>2. Cvetković, D., Lakušić, D., Matić, G., Korać, A., Jovanović, S. (2011): <i>Biologija za IV razred gimnazije prirodno-matematičkog smera</i>, Zavod za udžbenike, Beograd.</li> <li>3. Gordon, T. (1998): <i>Kako biti uspešan nastavnik</i>, Kretativni centar grupa Most, Beograd.</li> <li>4. Miljanović, T., Žderić, M. (2001b): <i>Didaktičko-metodički primeri iz metodike nastave biologije</i>, PMF, Novi Sad.</li> <li>5. Žderić, M., Miljanović, T. (2001): <i>Metodika nastave biologije</i>, PMF, Novi Sad.</li> </ol> |

**TOK ČASA:****KORAK 1. Ponavljanje prethodno obrađene nastavne jedinice**

Kratko usmeno ponavljanje prethodno obrađenog gradiva primenom verbalno-tekstualne nastavne metode (dijalog) i frontalnog oblika rada.

Pitanje: Objasnite primarnu strukturu proteina.

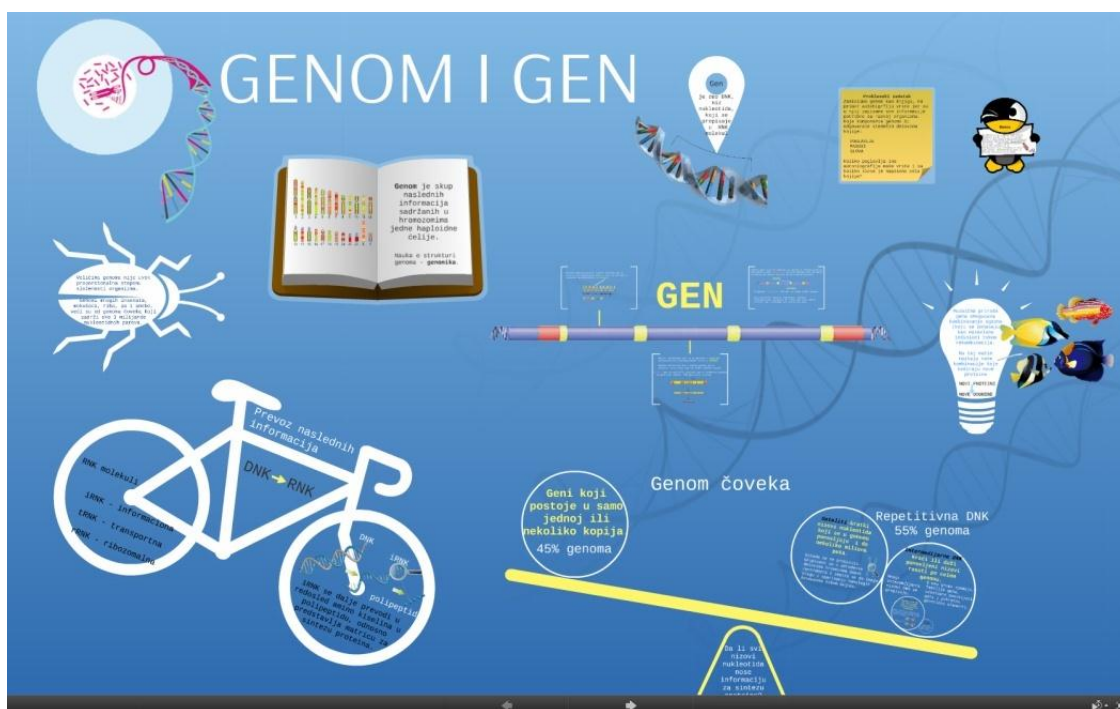
Očekivani odgovor: Genetički je determinisana i predstavlja broj i redosled aminokiselina u polipeptidnom lancu.

Pitanje: Kakvu ulogu imaju proteini?

Očekivani odgovor: Ulogu enzima, transportnu, regulatornu, zaštitnu...

**KORAK 2. Rad u paru i samostalan rad učenika na multimedijalnoj prezentaciji**

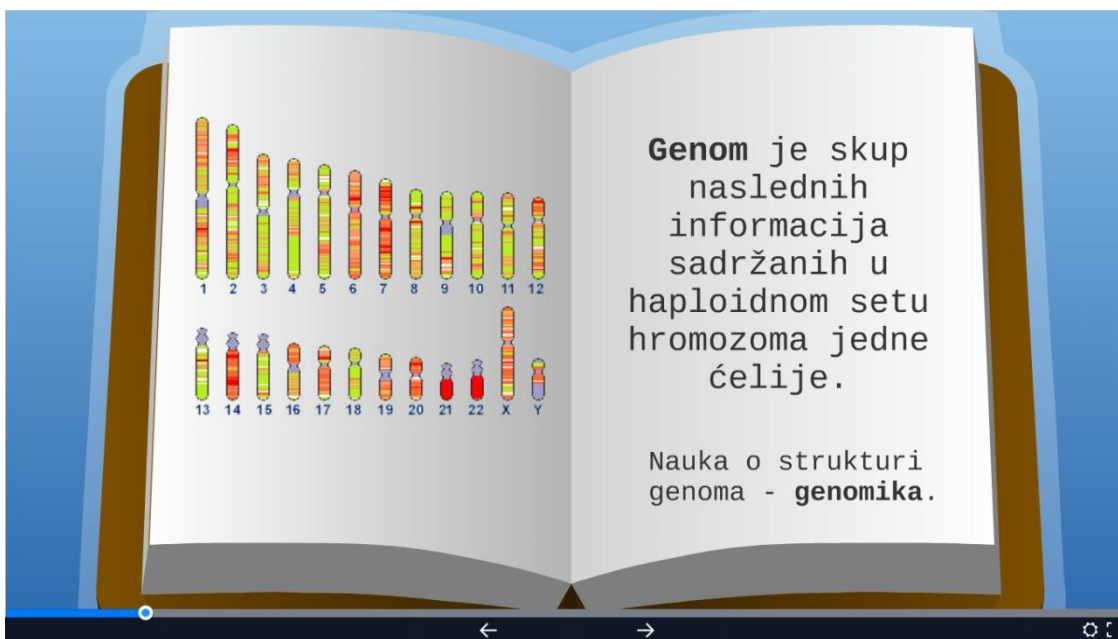
Učenici samostalno ili u paru prelaze novo gradivo. Nastavnik prati i usmerava rad učenika i podstiče sve učenike na aktivnost.

**Multimedijalna prezentacija****Informacije:**

Slajd 1.



Slajd 2.



Slajd 3.

Veličina genoma nije uvek proporcionalna stepenu složenosti organizma.

Genomi mnogih insekata, vodozemaca, riba, pa i amebe, veći su od genoma čoveka koji sadrži oko 3 milijarde nukleotidnih parova.

Slajd 4.

Prevoz naslednih informacija

DNK → RNK

RNK molekuli

- iRNK - informaciona
- tRNK - transportna
- rRNK - ribozomalna

DNK

iRNK

polipeptid

iRNK se dalje prevodi u redosled amino kiselina u polipeptidu, odnosno predstavlja matricu za sintezu proteina.

Slajd 5.

Genom čoveka

Geni koji postoje u samo jednoj ili nekoliko kopija  
45% genoma

Ponovljiva DNK  
55% genoma

**Sateliti-kratki nizovi nukleotida** koji se u genomu ponavljaju i do nekoliko miliona puta.

Nikada se ne prepisuju, pripisani su u određeni delovima nromozoma poput centromera i smatra se da imaju ulogu u spajivanju homolognih hromozoma tokom mejoze.

**Intermedijarne DNK** kratki ili duzi ponovljeni nizovi rasuti po celom genomu.

Moški intermedijarni nizovi DNK se prepisuju. U ovu grupu spadaju familije gena, uzastopno ponovljeni geni i pokretni genetički elementi.

Da li svi nizovi nukleotida nose informaciju za sintezu proteina?

Slajd 6.

Genom čoveka

Geni koji postoje u samo jednoj ili nekoliko kopija  
45% genoma

Slajd 7.




a

# Ponovljiva DNK 55% genoma

**Sateliti-kratki nizovi nukleotida koji se u genomu ponavljaju i do nekoliko miliona puta.**

Nikada se ne prepisuju. Grupisani su u određenim delovima hromozoma poput centromera i smatra se da imaju ulogu u sparivanju homologih hromozoma tokom mejoze.




**Intermedijarne DNK kraći ili duži ponovljeni nizovi rasuti po celom genomu.**

Mnogi intermedijarni nizovi DNK se prepisuju.


U ovu grupu spadaju: familije gena, uzastopno ponovljeni geni i pokretni genetički elementi.

**Familije gena**  
sastoje se od dva ili više članova koji se odlikuju sličnom primarnom strukturom.

Nastaju duplikacijom predačkog gena. Proizvodi tih gena se takođe odlikuju sličnom primarnom strukturom pa grade proteinsku familiju.



**Pokretni genetički elementi "skoči geni"**  
Nizovi nukleotida koji menjaju mesto u genomu.

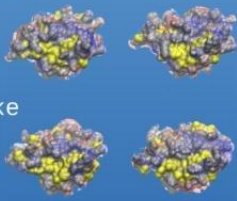


Slajd 8.

# Familije gena sastoje se od dva ili više članova koji se odlikuju sličnom primarnom strukturom.

Nastaju duplikacijom predačkog gena. Proizvodi tih gena se takođe odlikuju sličnom primarnom strukturom pa grade proteinsku familiju.

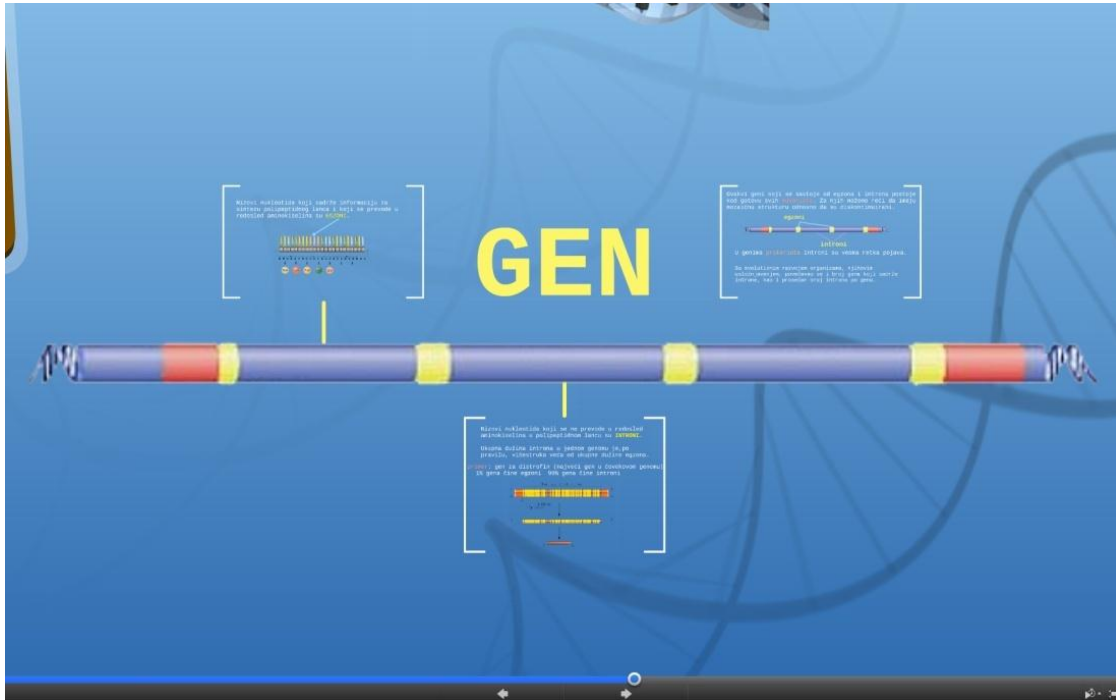
proteini genske familije



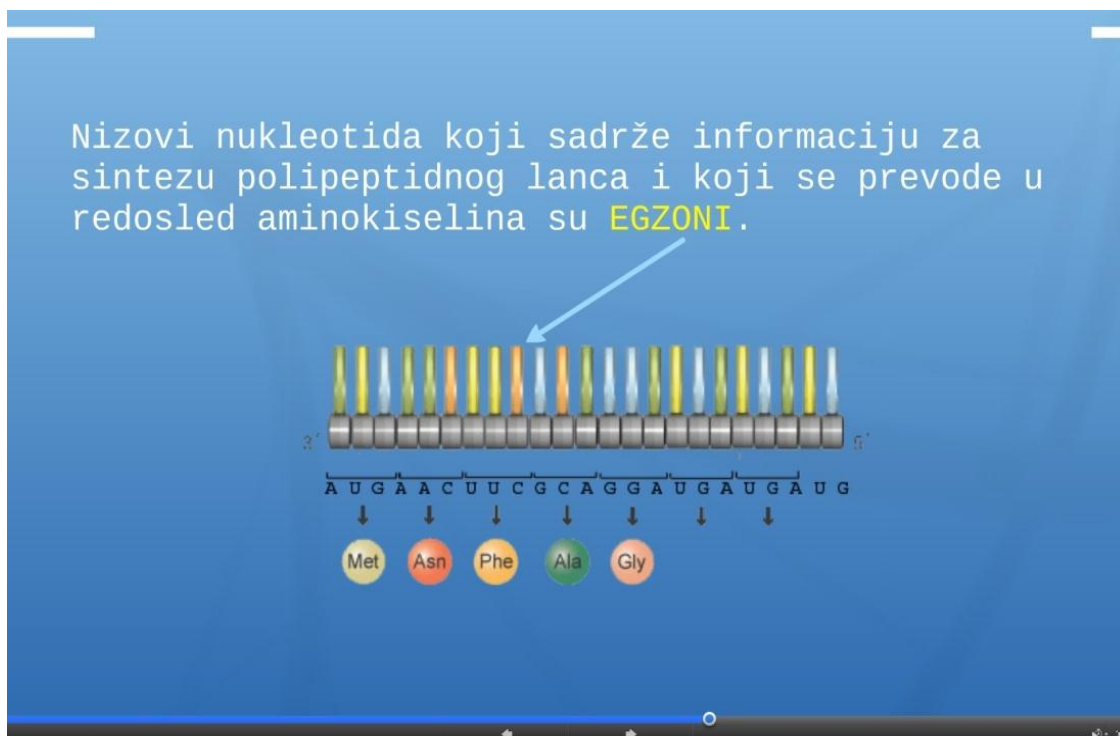
**Pokretni genetički elementi "skoči geni"**

Nizovi nukleotida koji menjaju mesto u genomu.

Slajd 9.



Slajd 10



Slajd 11.

Nizovi nukleotida koji se ne prevode u redosled aminokiselina u polipeptidnom lancu su **INTRONI**.

Ukupna dužina introna u jednom genomu je, po pravilu, višestruko veća od ukupne dužine egzona.

**primer:** gen za distrofin (najveći gen u čovekovom genomu)  
1% gena čine egzoni 99% gena čine introni

The diagram illustrates the structure of the dystrophin gene. At the top, a long horizontal bar represents the 'Gen za distrofin' with 5' and 3' ends. Below this, a single yellow segment is labeled 'Egzon' and a single white segment is labeled 'Intron'. The bottom part shows a single yellow segment with 5' and 3' ends, representing a single exon.

Slajd 12.

Ovakvi geni koji se sastoje od egzona i introna postoje kod gotovo svih **eukariota**. Za njih možemo reći da imaju mozaičnu strukturu odnosno da su diskontinuirani.

The diagram shows a gene structure as a long purple bar with several yellow segments (exons) and white segments (introns). Labels 'egzoni' and 'introni' point to the respective segments.

U genima **prokariota** introni su veoma retka pojava.

Sa evolutivnim razvojem organizama, njihovim usložnjavanjem, povećavao se i broj gena koji sadrže introne, kao i prosečan broj introna po genu.

Slajd 13.



Slajd 14.

### Problemski zadatak

**Problemski zadatak**

Zamislimo genom kao knjigu, na primer autobiografiju vrste, jer su u njoj zapisane sve informacije potrebne za razvoj organizma. Koje komponente genoma bi odgovarale sledećim delovima knjige:

POGLAVLJA  
PASUSI  
SLOVA

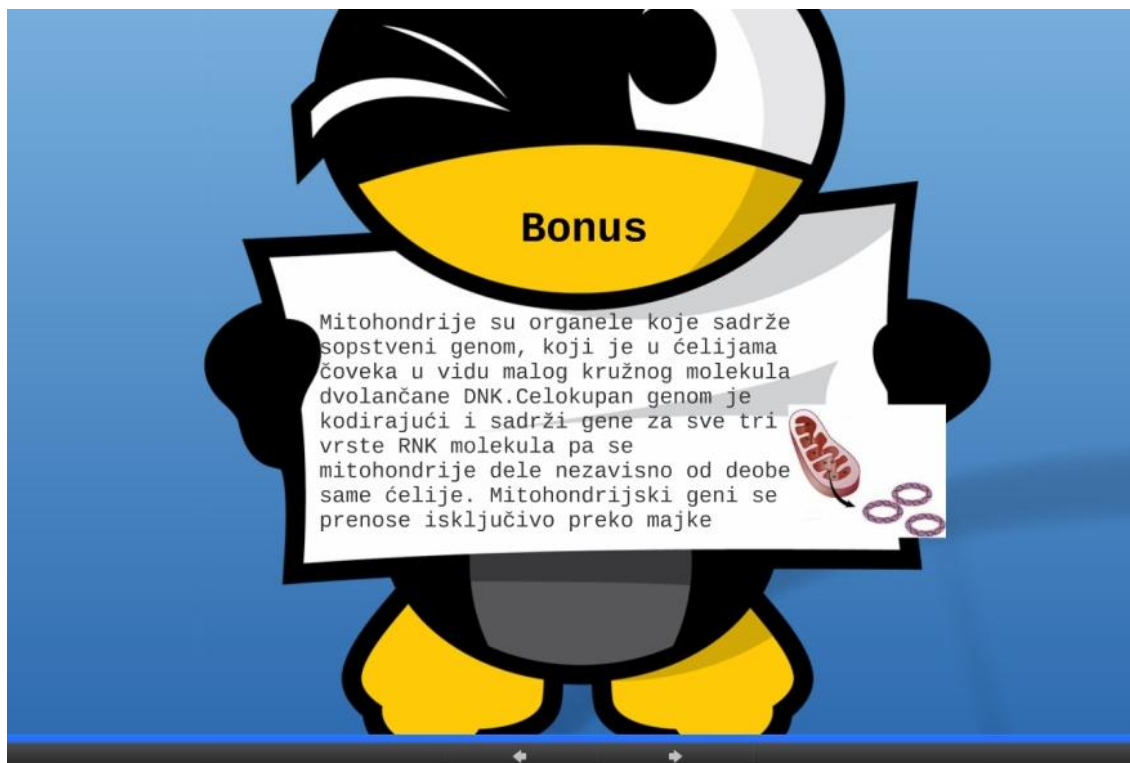
Koliko poglavlja ima autobiografija naše vrste i sa koliko slova je napisana cela knjiga?

The slide has a blue background with a yellow sticky note in the center. The sticky note contains the text of the problem. At the bottom of the slide, there are navigation arrows and a settings icon.

Slajd 15.



### Bonus informacija



Slajd 16.

### **KORAK 3. Utvrđivanje nastavne jedinice**

Nakon samostalnog prolaženja kroz gradivo, učenici zajedno sa nastavnikom prolaze kroz sve informacije i rešavaju eventualne nedoumice u vezi sa gradivom. Pomoću video bima projektuju se slajdovi kako bi razgovor pratile odgovarajuće slike. Nastavnik kroz dijalog sa učenicima utvrđuje stepen usvojenosti gradiva.

Pitanje: Koja je razlika između gena i genoma?

Očekivani odgovor: Gen je niz nukleotida koji se prepisuje u molekul RNK, a genom je skup svih naslednih informacija u haploidnoj ćeliji.

Pitanje: Šta je ponovljiva DNK?

Očekivani odgovor: Kraći ili duži nizovi nukleotida koji se više puta ponavljaju, uzastopno ili su rasuti po genomu.

Pitanje: Zbog čega su proteini genskih familija slični po primarnoj stukturi?

Očekivani odgovor: Zato što familije gena nastaju duplikacijom predačkog gena pa se i sami geni odlikuju sličnom primarnom stukturom.

Pitanje: Šta znači da gen ima mozaičnu strukturu?

Očekivani odgovor: Da se gen sastoji od nizova nukleotida koji se prevode - egzona i nizova nukleotida koji se ne prevode - introna.

Pitanje: Zašto je evolutivni razvoj organizama pratilo povećanje broja gena koji sadrže introne?

Očekivani odgovor: Mozaična priroda gena omogućava kombinovanje egzona zahvaljujući čemu nastaju novi proteini i nove osobine organizama.



**KORAK 4. Rešavanje problemskog zadatka i diskusija**

U završnom delu časa učenici prezentuju rezultate svoga rada, iznose svoja rešenja problemskog zadatka. Kroz diskusiju koju vodi nastavnik dolazi se do tačnog rešenja problemskog zadatka, a nastavnik na ovaj način takođe stiče uvid u stepen savladanog gradiva od strane učenika i stavove koje učenici imaju prema datoj temi. Ovakav uvid omogućava da se blagovremeno isprave eventualne greške u znanju i stavovima učenika.

Pitanje: Gde su zapisane sve informacije potrebne za razvoj, opstanak i reprodukciju organizama?

Očekivani odgovor: U genima.

Pitanje: Kako geni izgledaju?

Očekivani odgovor: Geni predstavljaju nizove nukleotida na DNK?

Pitanje: Koji je najviši stepen prostorne organizacije DNK u ćeliji?

Očekivani odgovor: To je hromozom.

Pitanje: Šta bi bila slova, šta pasusi, a šta poglavlja u analogiji u kojoj je genom knjiga?

Očekivani odgovor: Slova bi bili nukleotidi, pasusi geni, a poglavlja hromoyomi.

## 3.14.6. Replikacija

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| <i>Nastavni predmet:</i>             | Biologija   |
| <i>Nastavna tema</i>                 | Osnovi molekularne biologije  |
| <i>Nastavna jedinica:</i>            | Replikacija   |
| <i>Tip časa:</i>                     | Obrada novog gradiva  |
| <i>Oblik rada:</i>                   | Individualni, rad u paru i frontalni oblik rada   |
| <i>Obrazovni zadaci:</i>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Usvajanje znanja o načinu i zakonitostima procesa replikacije naslednog materijala.</li> <li>– Razvijanje integrativnog pristupa nastavnim sadržajima.</li> </ul>  |
| <i>Funkcionalni zadaci:</i>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Razvijanje sposobnosti logičkog i kritičkog mišljenja, zaključivanja i rešavanja problema.</li> <li>– Osposobljavanje učenika za samostalno učenje i prezentovanje rezultata svoga rada.</li> </ul>  |
| <i>Vaspitni zadaci:</i>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Razvijanje interesovanja za praktičan i eksperimentalan rad.</li> <li>– Razvijanje pozitivnog odnosa prema radu.</li> </ul>  |
| <i>Nastavne metode:</i>              | verbalno-tekstualne, demonstrativno-ilustrativne i metode samostalnog rada učenika  |
| <i>Posebne vrste nastave:</i>        | interaktivna nastava uz podršku računara  |
| <i>Nastavna sredstva i pomagala:</i> | kompjuter, obrazovni softver, video bim i školska tabla   |
| <i>Nastavni objekat:</i>             | kompjuterska učionica   |
| <i>Literatura za učenike:</i>        | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pribičević, T. (2015): Interaktivne multimedijalne prezentacije nastavne teme Osnovi molekularne biologije.</li> <li>2. Cvetković, D., Lakušić, D., Matić, G., Korać, A., Jovanović, S. (2011): <i>Biologija za IV razred gimnazije prirodno-matematičkog smera</i>, Zavod za udžbenike, Beograd.</li> </ol>  |
| <i>Literatura za nastavnika:</i>     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Matić, G. (1997): <i>Osnovi molekularne biologije</i>, IP „Zavet“, Beograd.</li> <li>2. Cvetković, D., Lakušić, D., Matić, G., Korać, A., Jovanović, S. (2011): <i>Biologija za IV razred gimnazije prirodno-matematičkog smera</i>, Zavod za udžbenike, Beograd.</li> <li>3. Gordon, T. (1998): <i>Kako biti uspešan nastavnik</i>, Kretativni centar grupa Most, Beograd.</li> <li>4. Miljanović, T., Žderić, M. (2001b): <i>Didaktičko-metodički primeri iz metodike nastave biologije</i>, Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad.</li> <li>5. Žderić, M., Miljanović, T. (2001): <i>Metodika nastave biologije</i>, Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad.</li> </ol> |



**DNK**

**Princip komplementarnosti**

Redosled nukleotida u jednom lancu određen je redosledom u drugom lancu.  
Princip komplementarnosti je ključ procesa REPLIKACIJE.

The diagram shows a double-stranded DNA molecule on the left with two antiparallel strands. The top strand has bases A, C, G, T from left to right, and the bottom strand has T, G, C, A. A blue arrow points to the right, where a single-stranded DNA molecule is shown being replicated into a double-stranded one. The original strand is orange, and the newly synthesized strand is blue.

Slajd 2.

Ćelijskoj deobi prethodi udvajanje DNK, odnosno **proces replikacije**. Na taj način ćelija ulazi u deobu sa dvostruko većom količinom DNK. Posle deobe nastale ćerke ćelije imaju istu količinu DNK, isti set gena, kao i roditeljska ćelija.

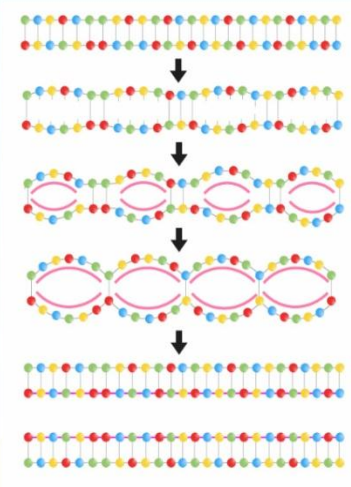
homologi hromozomi      homologi hromozomi pred deobu

replikacija

The diagram shows a sequence of four cells in the process of mitosis, from a single cell to two daughter cells. A watering can is shown watering a plant. Below, two purple and two green chromosomes are shown before replication, and then four chromosomes (two purple and two green) are shown after replication, each consisting of two sister chromatids.

Slajd 3.

Replikacija eukariotske DNK istovremeno započinje na više mesta duž hromozoma.



Enzim **Helikaza** razdvaja dvolančanu zavojnicu. Razdvajanjem svaki lanac postaje dostupan, kao matrica, za sintezu novog lanca.

Replikacija se istovremeno odvija u oba smera.

Po završetku replikacije ćelije imaju duplo veću količinu DNK.

Slajd 4.



Mesto odvijanja procesa replikacije se naziva **REPLIKATIVNA VILJUŠKA**, jer izgledom podseća na viljušku.

Slajd 5.



Smer odvijanja lanca

3' 5'

5' 3'

DNK polimeraza

DNK polimeraza

Enzim **DNK polimeraza** katalizuje ugradnju novog nukleotida na rastući polinukleotidni lanac koji se sintetiše na postojećem lancu matrici.

Smer 5' → 3'

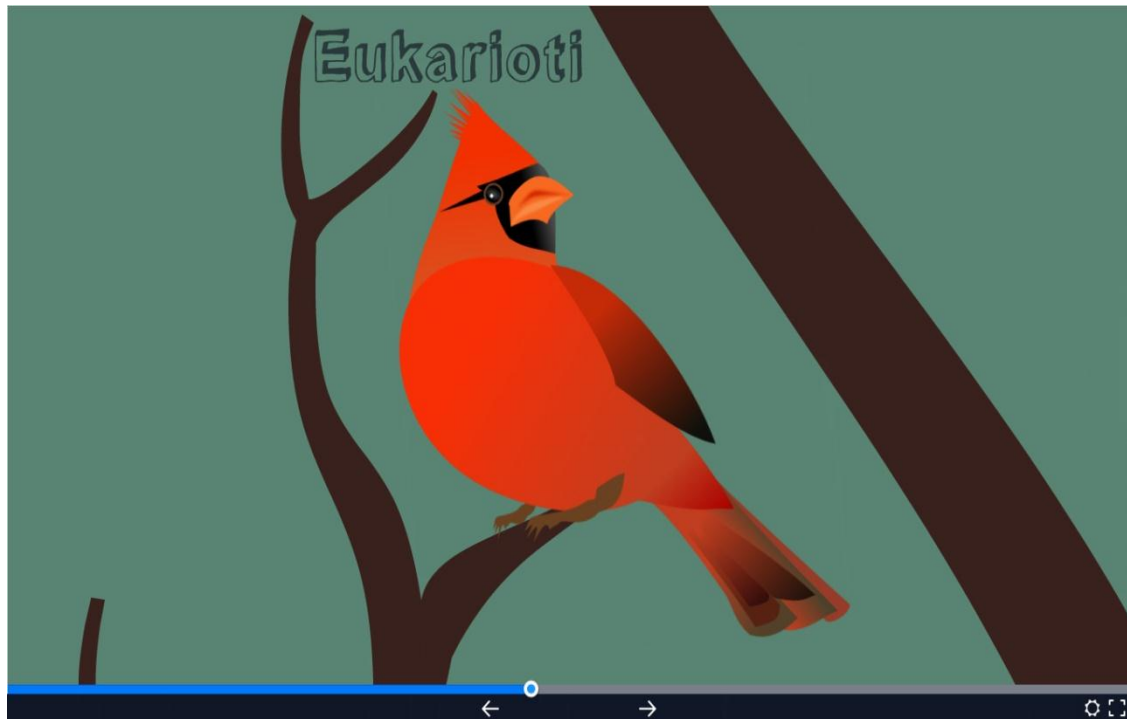
Slajd 6.

Nakon deobe svaka ćerka ćelija dobija DNK u kojoj je jedan lanac roditeljski, a drugi novoSintetisani.

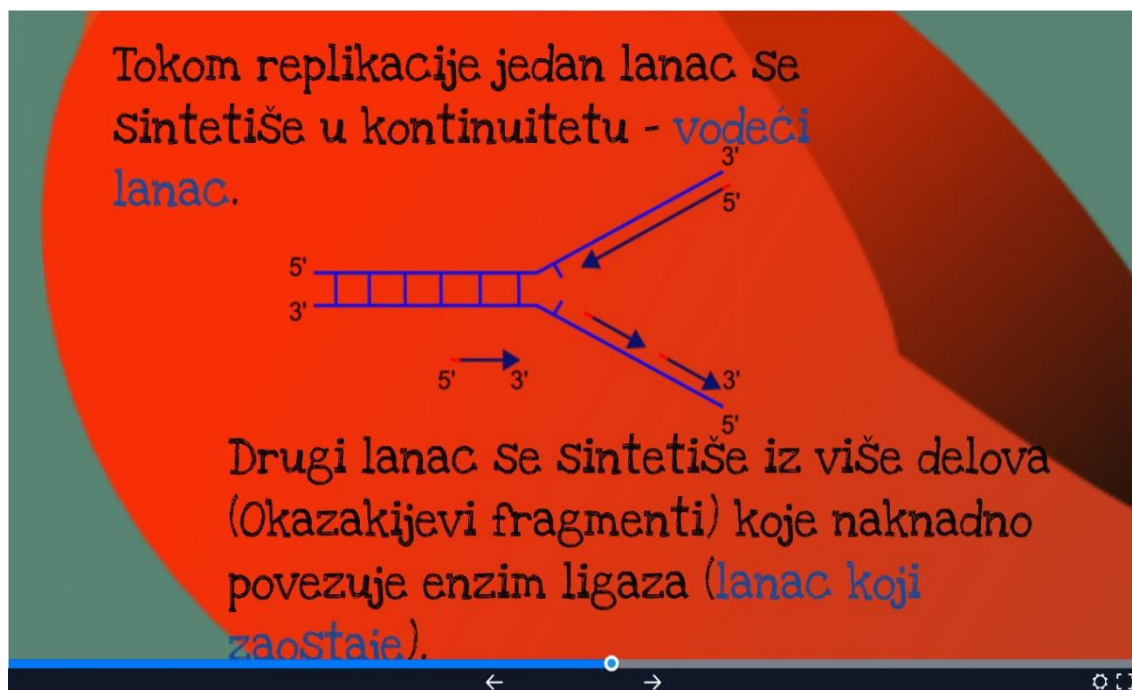
Zato se kaže da je replikacija **Semikonzervativan proces.**

5' 3'

Slajd 7.



Slajd 8.

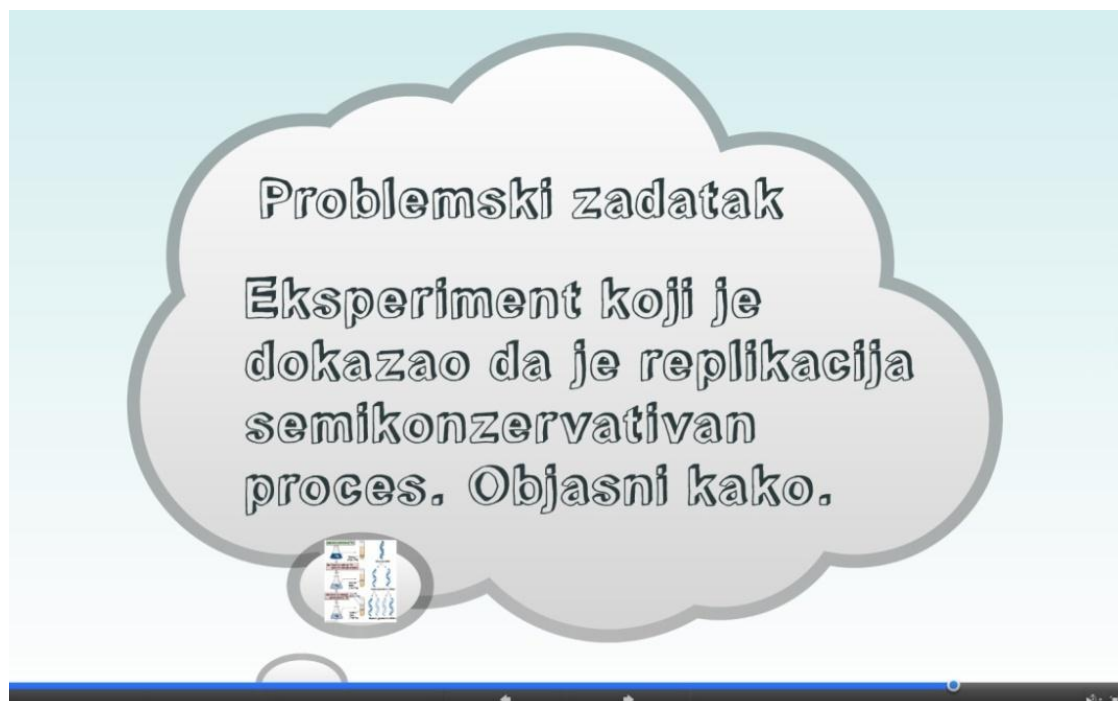


Slajd 9.



**Prokarioti** Čelije bakterija imaju kružni molekul DNK. Replikacija započinje na jednom mestu ali se odvija bidirekciono (dve replikativne viljuške) i završava se u terminacionom regionu.

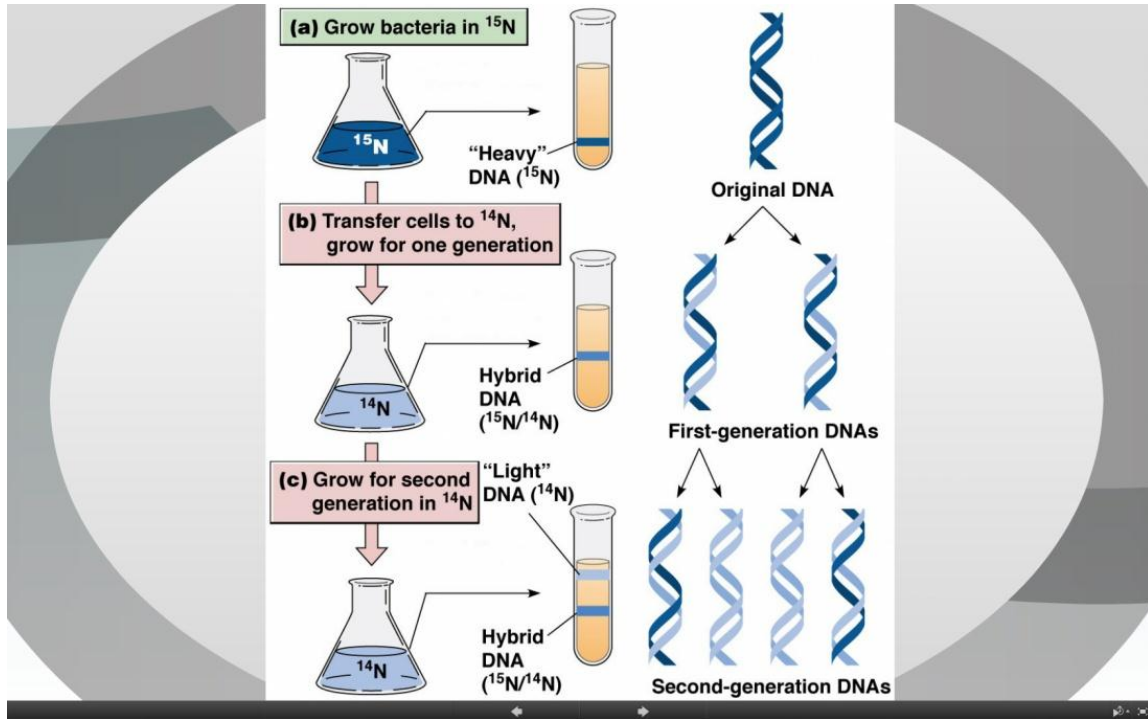
Slajd 10.

**Problemski zadatak**

**Problemski zadatak**

Eksperiment koji je dokazao da je replikacija semikonzervativan proces. Objasni kako.

Slajd 11.



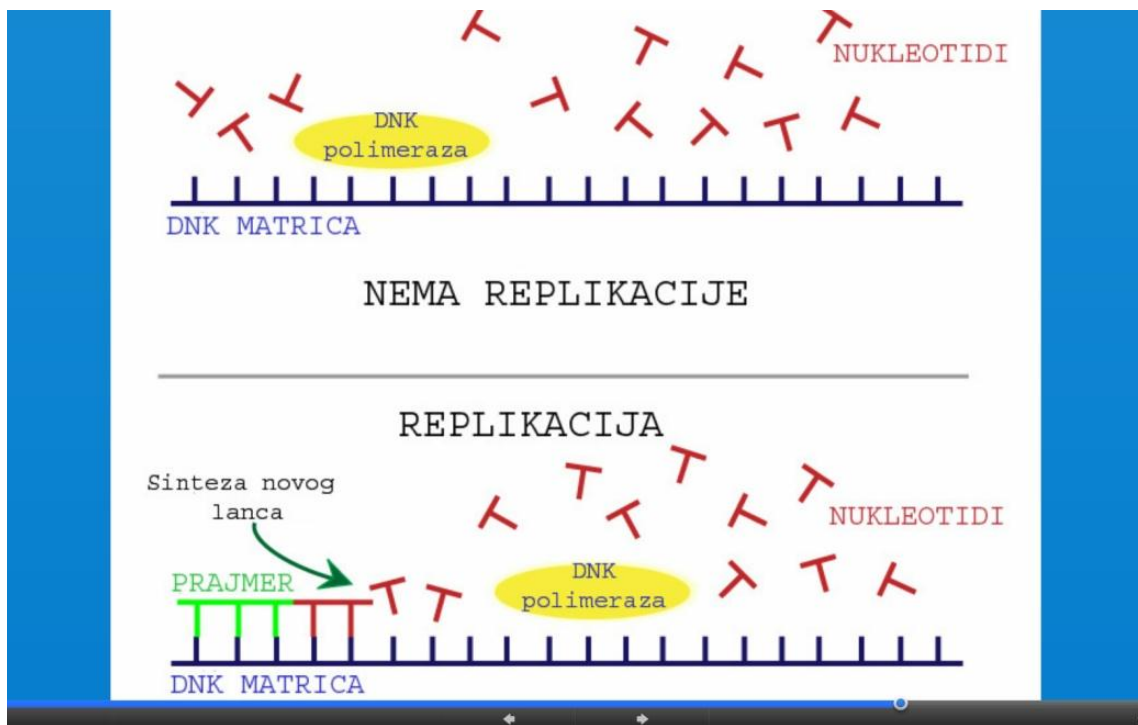
Slajd 12.

### Bonus informacija

**BONUS**

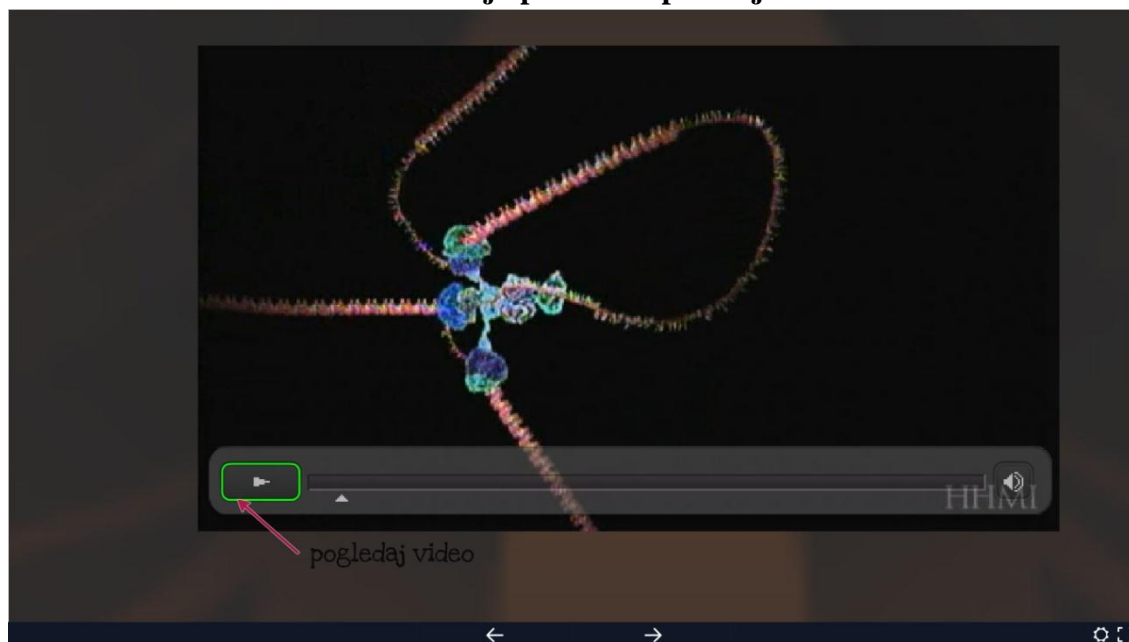
DNK polimeraza je enzim koji ne može da otpočne sintezu novog lanca (*de novo*), jer ne može direktno da se veže za DNK matricu. Enzim zahteva postojanje početnica (prajmera). Prajmer je kratki lanac RNK čiju sintezu katalizuje enzim primaza.

Slajd 13.



Slajd 14.

### Animacija procesa replikacije



Slajd 15.



**KORAK 3. Utvrđivanje nastavne jedinice**

Nakon samostalnog prelaženja gradiva, učenici zajedno sa nastavnikom prolaze kroz sve informacije i rešavaju eventualne nedoumice u vezi sa gradivom. Pomoću video bima projektuju se slajdovi sa prezentacije kako bi razgovor pratile odgovarajuće slike. Nastavnik kroz dijalog sa učenicima utvrđuje stepen usvojenosti gradiva.

Pitanje: Koji je smisao procesa replikacije?

Očekivani odgovor: Protok naslednih informacija kroz generacije.

Pitanje: Na kom principu počiva proces replikacije?

Očekivani odgovor: Na principu komplementarnog sparivanja baznih parova u molekulu

DNK.

Pitanje: Šta je replikativna viljuška?

Očekivani odgovor: Mesto razdvajanja dvolančane zavojnice, kako bi svaki lanac postao matrica za sintezu novog lanca.

Pitanje: Koji enzimi omogućavaju replikaciju?

Očekivani odgovor: Helikaza dovodi do razdvajanja lanaca DNK i na taj način stvara replikativne viljuške, a enzim DNK polimeraza katalizuje sintezu novih lanaca. Enzim ligaza povezuje zaostajući lanac koji se sintetiše u fragmentima.

**KORAK 4. Rešavanje problemskog zadatka i diskusija**

U završnom delu časa učenici prezentuju rezultate svoga rada, iznose rešenja problemskog zadatka. Kroz diskusiju koju vodi nastavnik dolazi se do tačnog rešenja problemskog zadatka, a nastavnik na ovaj način takođe stiče uvid u stepen savladanog gradiva od strane učenika i stavove koje učenici imaju prema datoj temi. Ovakav uvid omogućava mu da se blagovremeno isprave eventualne greške u znanju i stavovima učenika.

Pitanje: Koja je gradivna jedinica DNK molekula?

Očekivani odgovor: Nukleotid.

Pitanje: U sastav koje komponente nukleotida ulazi azot?

Očekivani odgovor: U sastav azotnih baza.

Pitanje: Zašto je u prvoj generaciji sva DNK hibridna?

Očekivani odgovor: Zato što je svaki lanac roditeljske DNK poslužio kao matrica, a novosintetisani lanci imaju „laki“ azot pa se dva lanca razlikuju.

Pitanje: Zašto u drugoj generaciji imamo dva tipa DNK?

Očekivani odgovor: Zato što je replikacija semikonzervativna i svaki lanac služi kao matrica na kojoj se sintetiše komplementaran lanac.

**3.14.7. Transkripcija**

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| <i>Nastavni predmet:</i>             | Biologija   |
| <i>Nastavna tema</i>                 | Osnovi molekularne biologije  |
| <i>Nastavna jedinica:</i>            | Transkripcija   |
| <i>Tip časa:</i>                     | Obrada novog gradiva  |
| <i>Oblik rada:</i>                   | Individualni, rad u paru i frontalni oblik rada   |
| <i>Obrazovni zadaci:</i>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Usvajanje znanja o procesu prevođenja (transkripcije) genetičke informacije i načinima obrade transkripta.</li> <li>– Razumevanje procesa nasleđivanja i varijabilnosti osobina.</li> </ul>  |
| <i>Funkcionalni zadaci:</i>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Razvijanje preciznosti i sistematičnosti u radu.</li> <li>– Razvijanje sposobnosti upoređivanja i analiziranja.</li> </ul>   |
| <i>Vaspitni zadaci:</i>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Izgrađivanje pozitivnih stavova učenika prema prirodi i njenoj raznolikosti.</li> <li>– Formiranje savremenog biološkog mišljenja.</li> </ul>  |
| <i>Nastavne metode:</i>              | verbalno-tekstualne, demonstrativno-ilustrativne i metode samostalnog rada učenika  |
| <i>Posebne vrste nastave:</i>        | interaktivna nastava uz podršku računara  |
| <i>Nastavna sredstva i pomagala:</i> | kompjuter, obrazovni softver, video bim i školska tabla   |
| <i>Nastavni objekat:</i>             | kompjuterska učionica   |
| <i>Literatura za učenike:</i>        | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pribičević, T. (2015): Interaktivne multimedijalne prezentacije nastavne teme Osnovi molekularne biologije.</li> <li>2. Cvetković, D., Lakušić, D., Matić, G., Korać, A., Jovanović, S. (2011): <i>Biologija za IV razred gimnazije prirodno-matematičkog smera</i>, Zavod za udžbenike, Beograd.</li> </ol>  |
| <i>Literatura za nastavnika:</i>     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Matić, G. (1997): <i>Osnovi molekularne biologije</i>, IP „Zavet“, Beograd.</li> <li>2. Cvetković, D., Lakušić, D., Matić, G., Korać, A., Jovanović, S. (2011): <i>Biologija za IV razred gimnazije prirodno-matematičkog smera</i>, Zavod za udžbenike, Beograd.</li> <li>3. Gordon, T. (1998): <i>Kako biti uspešan nastavnik</i>, Kretativni centar grupa Most, Beograd.</li> <li>4. Miljanović, T., Žderić, M. (2001b): <i>Didaktičko-metodički primeri iz metodike nastave biologije</i>, Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad.</li> <li>5. Žderić, M., Miljanović, T. (2001): <i>Metodika nastave biologije</i>, Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad.</li> </ol> |

**TOK ČASA:****KORAK 1. Ponavljanje prethodno obrađene nastavne jedinice**

Kratko usmeno ponavljanje prethodno obrađenog gradiva primenom verbalno-tekstualne nastavne metode (dijalog) i frontalnog oblika rada.

Pitanje: Šta je proizvod procesa replikacije?

Očekivani odgovor: Duplo veća količina naslednog materijala u ćeliji.

Pitanje: Koji enzim katalizuje sintetisanje novih lanaca DNK?

Očekivani odgovor: DNK polimeraza.

Pitanje: Šta su produkti procesa prepisivanja ili transkripcije?

Očekivani odgovor: RNK molekuli.

**KORAK 2. Rad u paru i samostalan rad učenika na multimedijalnoj prezentaciji**

Učenici samostalno ili u paru prolaze novo gradivo. Nastavnik prati i usmerava rad učenika i podstiče njihovu aktivnost.

**Multimedijalna prezentacija****Informacije:**

**TRANSKRIPCija**  
("prepisivanje")

Transkripcija podrazumeva sintezu **RNK molekula** "prepisivanjem" primarne strukture dela DNK.

Lokalizovano razdvajanje lanaca DNK, u oblasti jednog ili nekoliko gena, omogućuje da jedan od lanaca bude matrica za sintezu molekula RNK.

Primarni produkt transkripcije zove se **primarni transkript** i podleže daljoj obradi

**obrada iRNK**

**Alternativna obrada transkripta**

Tokom obrade može doći i do isklapanja introna.

Uključivanjem različitih i povezivanjem neaktiviranih regija nastaje se diverzifikovani RNK koji nosi raznovidnu informacionu količinu kromozomnog prostora u produktu.

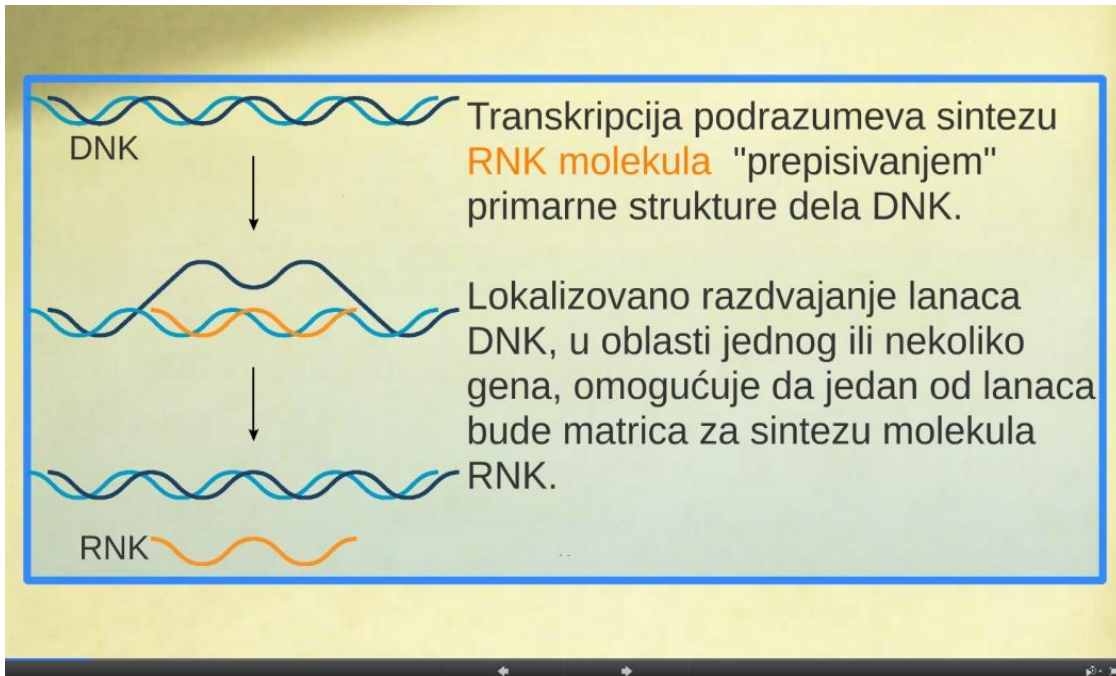
**RNK polimeraza**

Enzim koji katalizuje sintezu RNK lanca je **RNK polimeraza**. RNK polimeraza se kreće duž lanca matrice, dodajući ribonukleotide na rastući lanac RNK. Ribonukleotidi se upadaju po principu komplementarnosti (komplementarne baze su A-U i G-C).

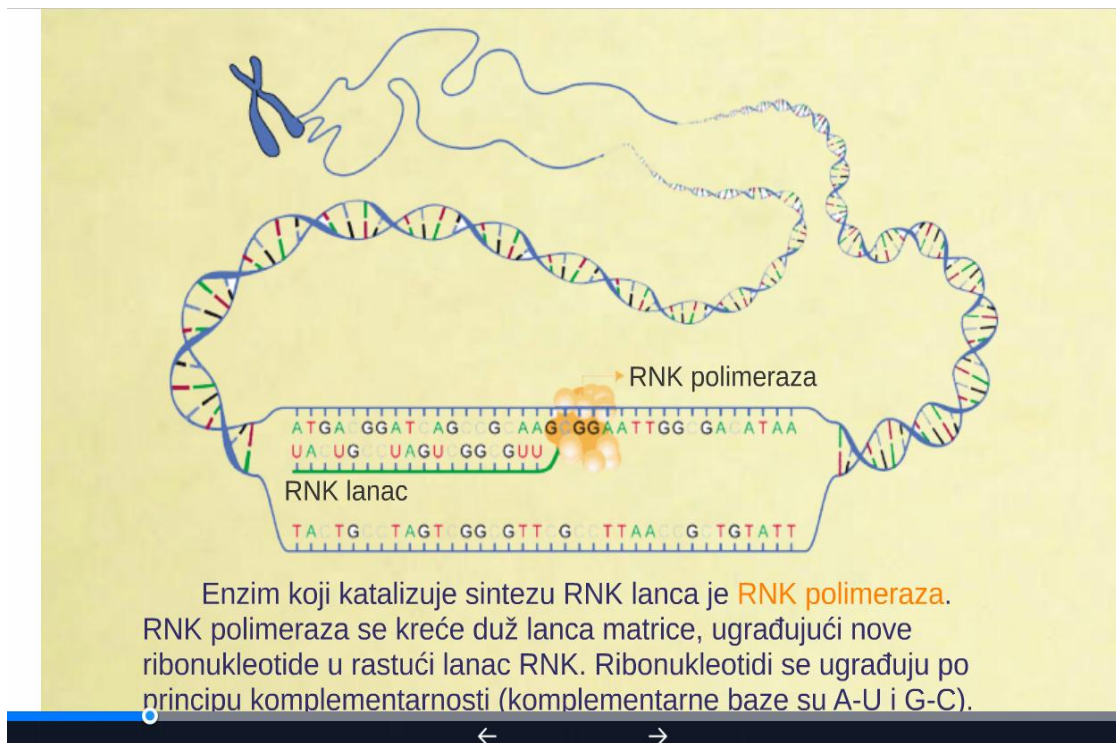
Transkripcija nastaje, kao prva od tri osnovne funkcije, u jezgri ćelije. Nastaje u jezgri ćelije, dok se drugi dve funkcije odvijaju u citoplazmi ćelije.

Bez transkripcije ne bi bilo gena, bez kojih bi ćelija umrla. Transkripcija se odvija u jezgri ćelije, dok se drugi dve funkcije odvijaju u citoplazmi ćelije.

Slajd 1.

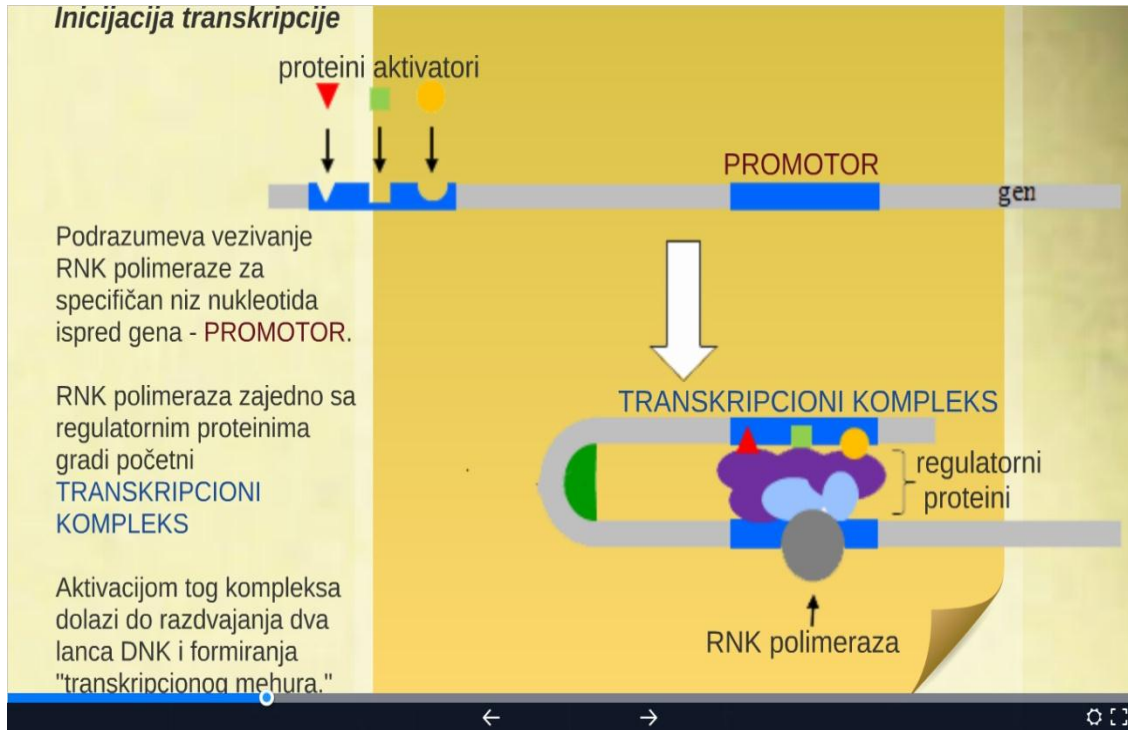


Slajd 2.

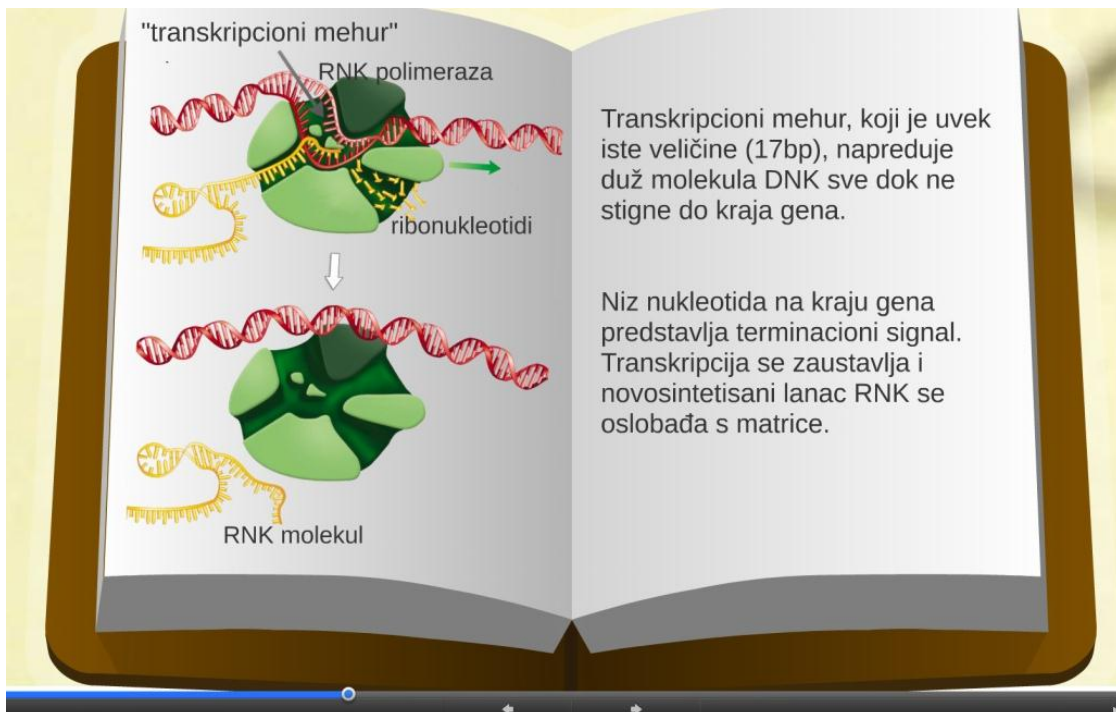


Slajd 3.





Slajd 4.



Slajd 5.



Primarni produkt transkripcije zove se **primarni transkript** i podleže daljoj obradi

**obrada iRNK**

**5-kapa**  
na 5' kraj primarnog transkripta dodaje se 7-metil-guanozin koji se vezuje trifosfatnim mostom za prvi nukleotid

**poli-A rep**  
na 3' kraj primarnog transkripta dodaje se niz od 100-200 adeninskih nukleotida

mesto za vezivanje ribozoma      uloga u transportu u citoplazmu

G-P-P-P      primarni transkript      AAA-AAA 3'

5' kapa      poli-A rep

Obrada nastava rekombinirano procesira  
Primenjuje za svaki (500) nukleotid osim kod kodona od tog mesta nastaje

Slajd 6.

**5-kapa**  
na 5' kraj primarnog transkripta dodaje se 7-metil-guanozin koji se vezuje trifosfatnim mostom za prvi nukleotid

**poli-A rep**  
na 3' kraj primarnog transkripta dodaje se niz od 100-200 adeninskih nukleotida

mesto za vezivanje ribozoma      uloga u transportu u citoplazmu

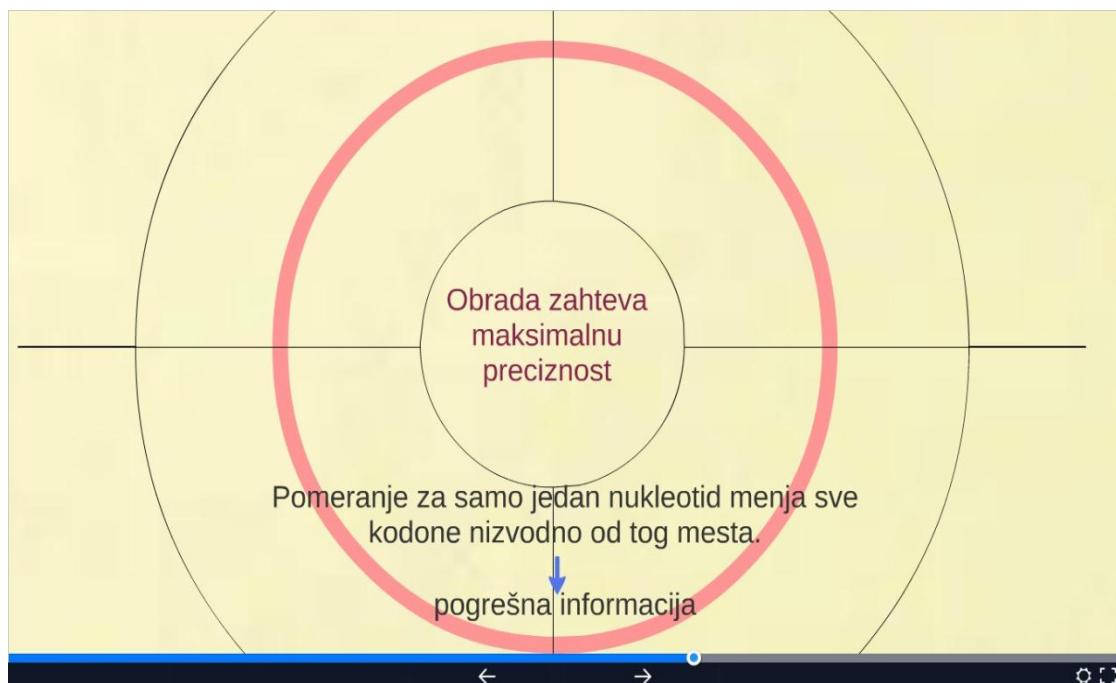
G-P-P-P      primarni transkript      AAA-AAA 3'

5' kapa      poli-A rep

Slajd 7.



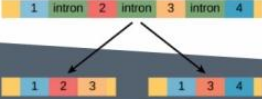
Slajd 8.




Slajd 9.

## Alternativna obrada transkripta

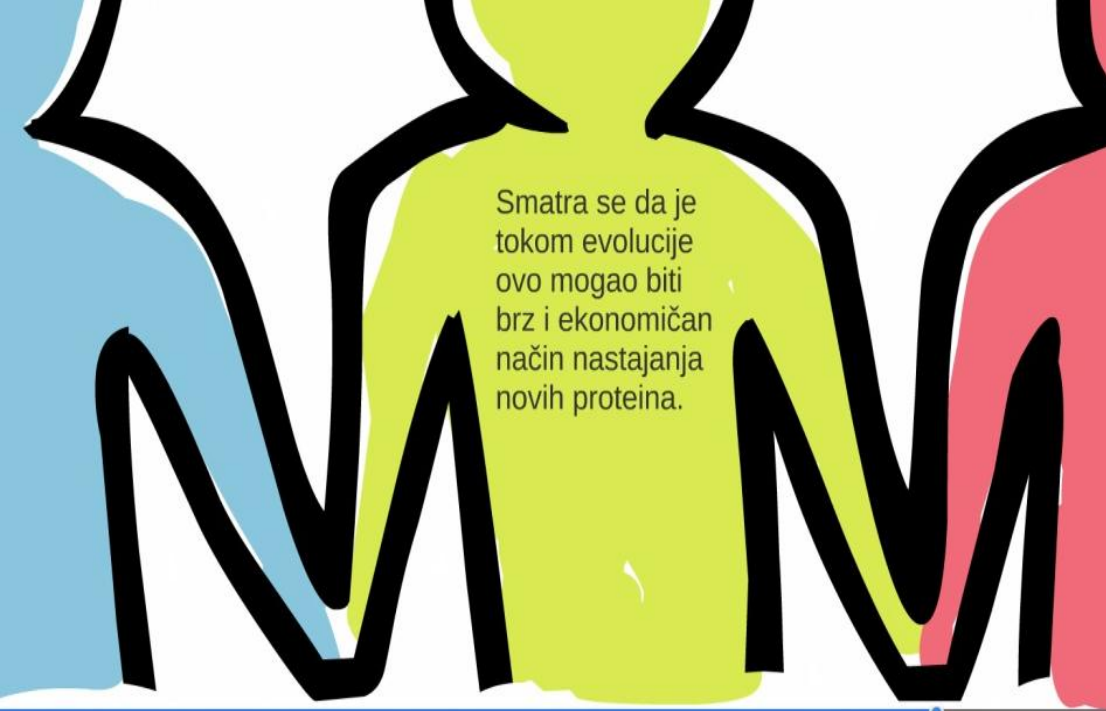
Tokom obrade može doći i do iskrajanja egzona.



Izostavljanjem egzona i povezivanjem nesusednih egzona dobija se drugačija iRNK koja nosi izmenjenu informaciju i kodira izmenjen proteinski produkt.

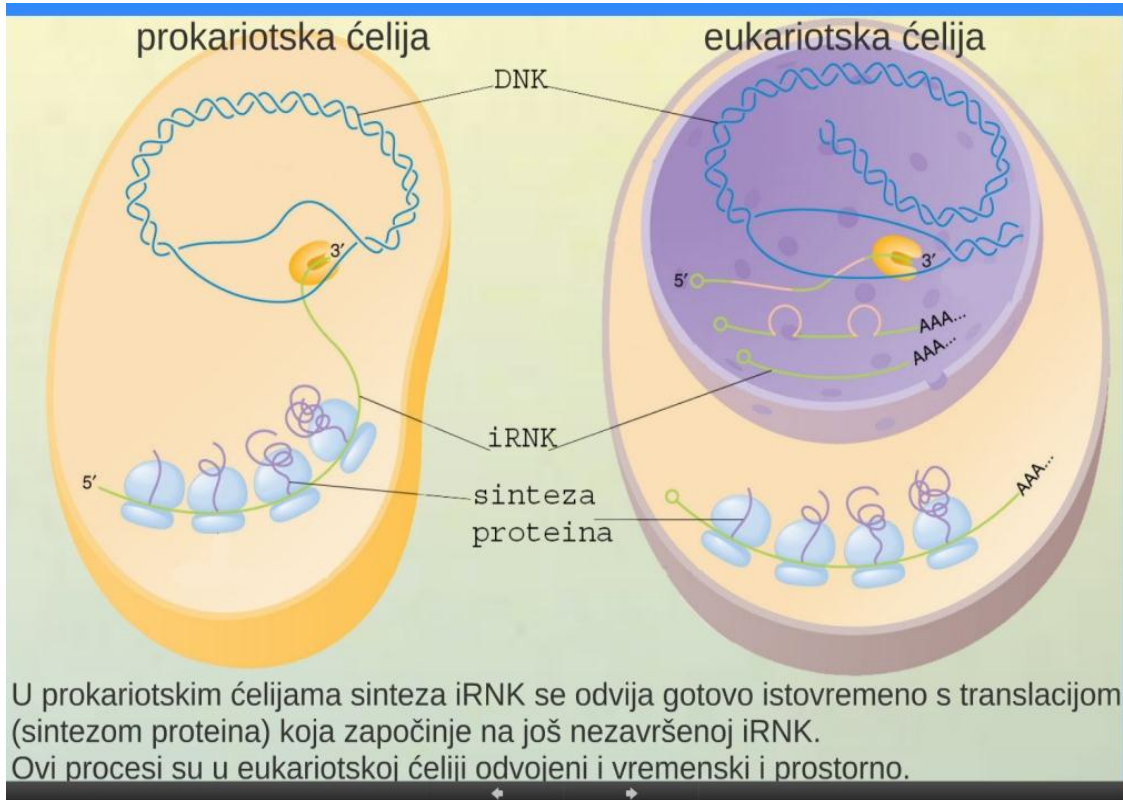


Slajd 10.



Smatra se da je tokom evolucije ovo mogao biti brz i ekonomičan način nastajanja novih proteina.

Slajd 11.



Slajd 12.

### Problemski zadatak

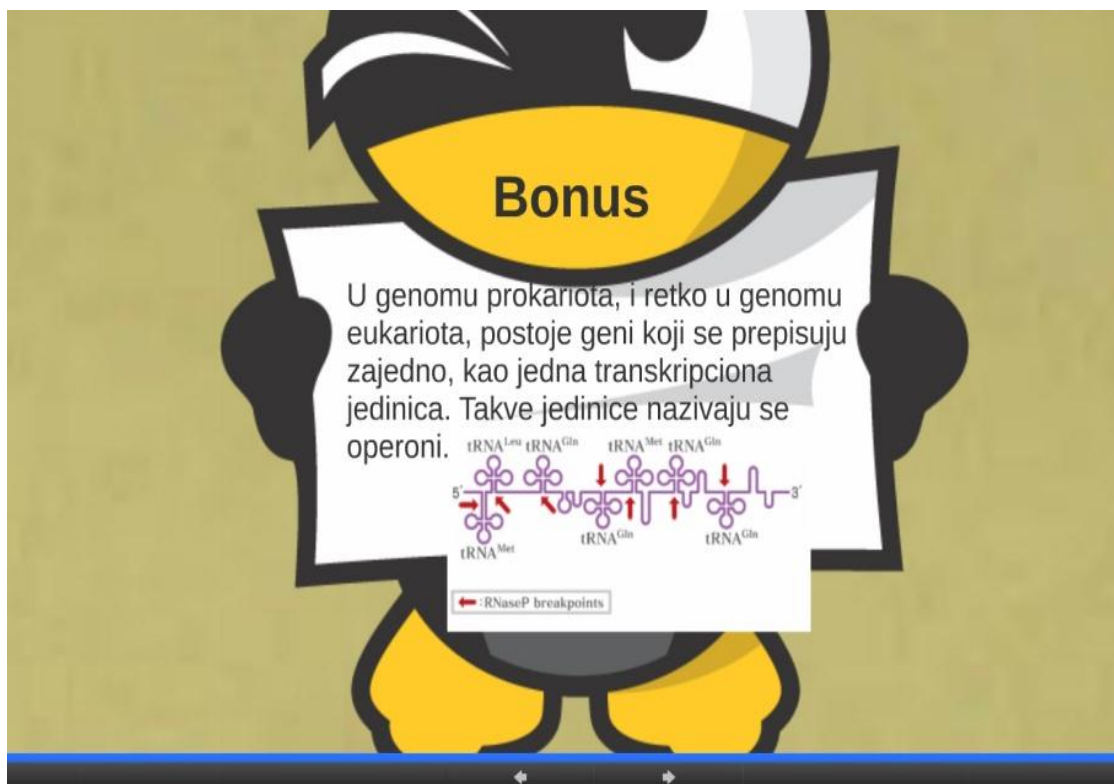
## Problemski zadatak

Molekuli iRNK u prokariotskim ćelijama se prevode u proteine bez prethodne obrade.

Zbog čega u prokariotskim ćelijama izostaje obrada primarnog transkripta?

Slajd 13.



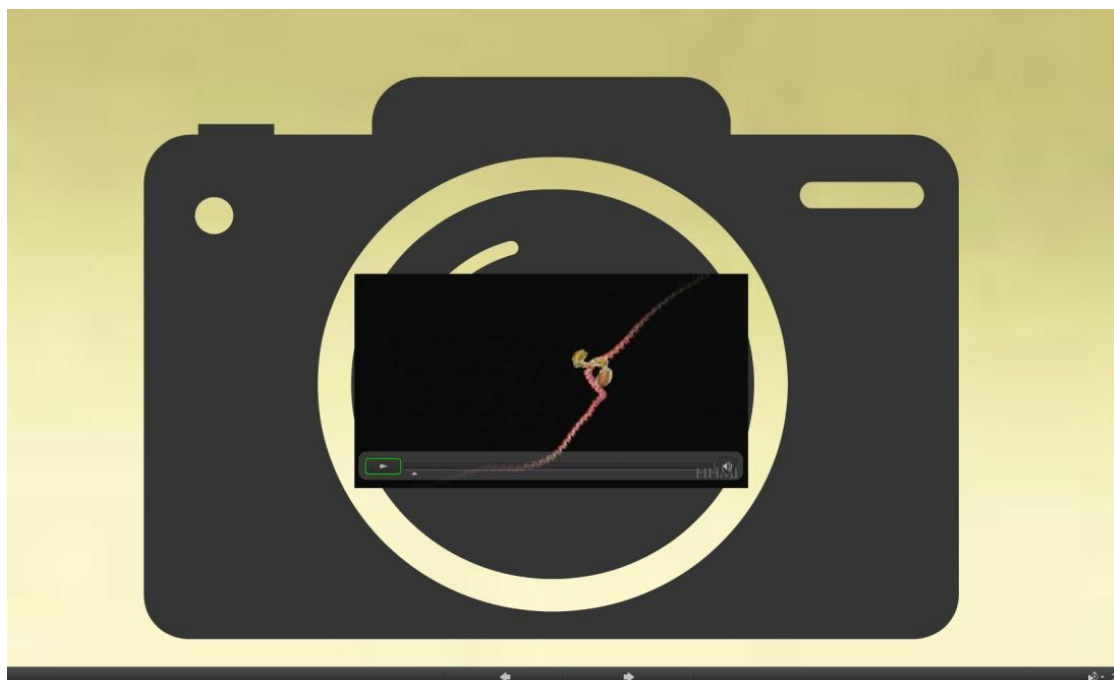
**Bonus informacija**

**Bonus**

U genomu prokariota, i retko u genomu eukariota, postoje geni koji se prepisuju zajedno, kao jedna transkripciona jedinica. Takve jedinice nazivaju se operoni.

Diagram illustrating an operon structure with tRNA genes ( $tRNA^{Leu}$ ,  $tRNA^{Gln}$ ,  $tRNA^{Met}$ ,  $tRNA^{Gln}$ ) and RNaseP breakpoints (indicated by red arrows) on a DNA strand. The tRNA genes are shown as cloverleaf structures. The 5' and 3' ends of the DNA strand are labeled.

← RNaseP breakpoints

**Slajd 14.****Animacija procesa transkripcije**

Animacija procesa transkripcije prikazana kroz ikonu kamere, što sugerira interaktivni video sadržaj. U središtu kamere je prikazana animacija procesa transkripcije, gdje se vidljivi je RNA polimeraza koja se kreće duž DNA šablona, sintetizirajući novu mRNA molekulu. Na dnu kamere je vidljiv video player sa kontrolama (play, stop, progress bar).

**Slajd 15.**



**KORAK 3. Utvrđivanje nastavne jedinice**

Nakon samostalnog prelaženja gradiva, učenici zajedno sa nastavnikom prolaze kroz sve informacije i rešavaju eventualne nedoumice u vezi sa gradivom. Nastavnik projektuje slajdove pomoću video bima kako bi razgovor pratile odgovarajuće slike.

**KORAK 4. Rešavanje problemskog zadatka i diskusija**

U završnom delu časa učenici prezentuju rezultate svoga rada, iznose svoja rešenja problemskog zadatka. Kroz diskusiju koju vodi nastavnik dolazi se do tačnog rešenja problemskog zadatka, a nastavnik na ovaj način stiče uvid u stepen savladanosti gradiva od strane učenika i stavove koje učenici imaju prema datoj temi. Ovakav uvid omogućava nastavniku da se blagovremeno isprave eventualne greške u znanju i stavovima učenika.

Pitanje: Koja je osnovna razlika između prokariotske i eukariotske ćelije?

Očekivani odgovor: Prokariotske ćelije su ćelije bez jedra pa se nasledni materijal nalazi u citoplazmi. Nasledni materijal eukariotskim ćelijama smešten je u jedru.

Pitanje: Po čemu se razlikuju geni prokariota od gena eukariota?

Očekivani odgovor: Geni eukariota imaju mozaičnu prirodu, izgrađeni su od egzona i introna, a geni prokariota vrlo retko imaju nekodirajuće regione - introne.

Pitanje: Gde se odvija sinteza proteina?

Očekivani odgovor: U citoplazmi.

Pitanje: Zbog čega u prokariotskim ćelijama izostaje obrada primarnog transkripta?

Očekivani odgovor: Geni prokariota su obično bez introna, a proces transkripcije i translacije nisu prostorno ni vremenski odvojeni.

**KORAK 5. Utvrđivanje gradiva**

Nakon obrade gradiva i diskusije učenici na računaru pokreću *Test* u kome se nalaze pitanja iz nastavne jedinice obrađene na prethodnom času i nastavne jedinice obrađene na datom času. Test je konstruisan tako da nakon potvrde svakog odgovora učenik dobija povratnu informaciju o tačnosti odgovora, a na kraju testa program izračunava broj bodova i ocenu koju je učenik dobio. Na ovaj način učenici povezuju gradivo i imaju mogućnost konstantnog praćenja sopstvenog napretka u učenju.

**Zadaci:****Pitanje 1.**

Proces udvajanja DNK stručno se naziva:

proveri odgovor 

**Pitanje 2.**

Sintezu novog polinukleotidnog lanca na DNK matrici, u procesu replikacije, katališe:

- enzim RNK polimeraza
- enzim helikaza
- histonski protein
- enzim DNK polimeraza

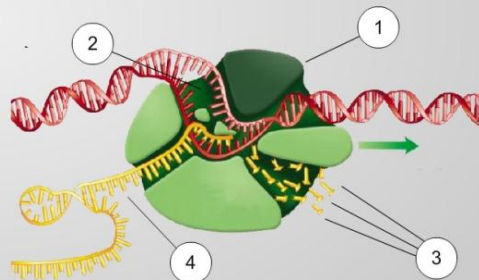
proveri odgovor **Pitanje 3.**

Obeleži na slici označene delove

Proces sinteze RNK molekula „prepisivanjem“ primarne strukture dela DNK molekula stručno se zove:

U kom delu ćelije eukariota se ovaj proces odvija?

- 1
- 2
- 3
- 4

proveri odgovor 

**Pitanje 4.**

Utvrđi koji su iskazi o transkripciji tačni (T), ili netačni (N)

Primarni transkript gena koji kodira protein ne podleže obradi

Obrada primarnog transkripta iRNK podrazumeva dodavanje 5' kape I poli-A repa na krajeve primarnog transkripta

Poli-A rep predstavlja niz adeninskih nukleotida koji se dodaju na 5' kraj primarnog transkripta

Splajsozomi su strukture u kojima se vrši iskrajanje egzona

Greške u obradi primarnog transkripta gena koji kodira protein mogu dovesti do promene informacije za sintezu tog proteina

proveri odgovor

**Pitanje 5.**

Proces transkripcije je u ćelijama eukariota:

- prostorno odvojen od procesa translacije (sinteze proteina)
- vremenski odvojen od procesa translacije (sinteze proteina)
- prostorno i vremenski odvojen od procesa translacije (sinteze proteina)
- nemoguć bez procesa translacije (sinteze proteina)

proveri odgovor



**Pitanje 6.**

Koji proces omogućava nastanak različitih proteinskih produkata jednog gena?

proveri odgovor

**Pitanje 7.**

Poveži pojmove sa odgovarajućim tvrdnjama

Promotor

Transkripcioni kompleks

RNK polimeraza

Primarni transkript

1. Niz nukleotida koji omogućava terminaciju procesa transkripcije

2. Enzim koji katališe sintezu RNK molekula

3. Skup regulatornih protein i RNK polimeraze koji omogućavaju početak transkripcije

4. Niz nukleotida koji se nalazi ispred gena i za koje se vezuje RNK polimeraza

5. Primarni produkt transkripcije, u ćelijama eukariota, koji podleže obradi

proveri odgovor



## Rešenje testa

Proces udvajanja DNK stručno se naziva:

replikacija

sledeće pitanje 

Sintezu novog polinukleotidnog lanca na DNK matrici, u procesu replikacije, katališe:

- enzim RNK polimeraza
- enzim helikaza
- histonski protein
- enzim DNK polimeraza

sledeće pitanje 



## Obeleži na slici označene delove

Proces sinteze RNK molekula „prepisivanjem“ primarne strukture dela DNK molekula stručno se zove:

transkripcija

U kom delu ćelije eukariota se ovaj proces odvija?

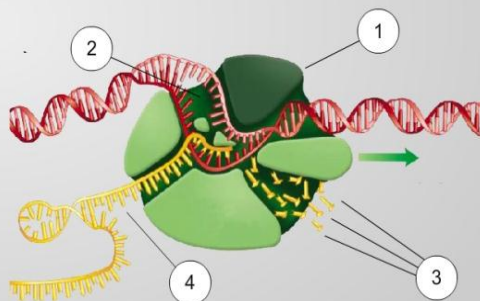
u jedru

1 RNK polimeraza

2 transkripcioni mehur

3 ribonukleotidi

4 RNK molekul



sledeće pitanje



## Utvrđi koji su iskazi o transkripciji tačni (T), ili netačni (N)

Primarni transkript gena koji kodira protein ne podleže obradi

N

Obrada primarnog transkripta iRNK podrazumeva dodavanje 5' kape I poli-A repa na krajeve primarnog transkripta

T

Poli-A rep predstavlja niz adeninskih nukleotida koji se dodaju na 5' kraj primarnog transkripta

N

Splajsozomi su strukture u kojima se vrši iskranjanje egzona

N

Greške u obradi primarnog transkripta gena koji kodira protein mogu dovesti do promene informacije za sintezu tog proteina

T

sledeće pitanje



## Proces transkripcije je u ćelijama eukariota:

- prostorno odvojen od procesa translacije (sinteze proteina)
- vremenski odvojen od procesa translacije (sinteze proteina)
- prostorno i vremenski odvojen od procesa translacije (sinteze proteina)
- nemoguć bez procesa translacije (sinteze proteina)

sledeće pitanje 

Koji proces omogućava nastanak različitih proteinskih produkata jednog gena?

alternativna obrada transkripta

sledeće pitanje 

## Poveži pojmove sa odgovarajućim tvrdnjama

|                         |   |  |
|-------------------------|---|--|
| Promotor                | 4 | 1. Niz nukleotida koji omogućava terminaciju procesa transkripcije                   |
| Transkripcioni kompleks | 3 | 2. Enzim koji katališe sintezu RNK molekula  |
| RNK polimeraza          | 2 | 3. Skup regulatornih protein i RNK polimeraze koji omogućavaju početak transkripcije |
| Primarni transkript     | 5 | 4. Niz nukleotida koji se nalazi ispred gena I za koje se vezuje RNK polimeraza      |
|                         |   | 5. Primarni produkt transkripcije, u ćelijama eukariota, koji podleže obradi         |

završite test



Osvajili ste: 19 bodova  
i dobili ocenu: 5

## 3.14.8. Translacija

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| <i>Nastavni predmet:</i>             | Biologija   |
| <i>Nastavna tema</i>                 | Osnovi molekularne biologije  |
| <i>Nastavna jedinica:</i>            | Translacija   |
| <i>Tip časa:</i>                     | Obrada novog gradiva  |
| <i>Oblik rada:</i>                   | Individualni, rad u paru i frontalni oblik rada   |
| <i>Obrazovni zadaci:</i>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Usvajanje znanja o načinu prevođenja genetičke informacije</li> <li>– Razvijanje sposobnosti učenika za multidisciplinarno sagledavanje i razumevanje nastavnih sadržaja iz biologije.</li> </ul>  |
| <i>Funkcionalni zadaci:</i>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Oposobljavanje učenika za korišće informacionih tehnologija u nastavi biologije.</li> <li>– Osposobljavanje za istraživanje multimedijalnih sadržaja, pronalaženje informacija i učenje.</li> </ul>  |
| <i>Vaspitni zadaci:</i>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Razvijanje ispravnih stavova o zajedničkom poreklu svih organizama na Zemlji.</li> <li>– Razvijanje tolerancije i humanog ponašanja u odnosu prema drugim učenicima.</li> </ul>  |
| <i>Nastavne metode:</i>              | verbalno-tekstualne, demonstrativno-ilustrativne i metode samostalnog rada učenika  |
| <i>Posebne vrste nastave:</i>        | interaktivna nastava uz podršku računara  |
| <i>Nastavna sredstva i pomagala:</i> | kompjuter, obrazovni softver, video bim i školska tabla   |
| <i>Nastavni objekat:</i>             | Kompjuterska učionica   |
| <i>Literatura za učenike:</i>        | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pribićević, T. (2015): Interaktivne multimedijalne prezentacije nastavne teme Osnovi molekularne biologije.</li> <li>2. Cvetković, D., Lakušić, D., Matić, G., Korać, A., Jovanović, S. (2011): <i>Biologija za IV razred gimnazije prirodno-matematičkog smera</i>, Zavod za udžbenike, Beograd.</li> </ol>  |
| <i>Literatura za nastavnika:</i>     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Matić, G. (1997): <i>Osnovi molekularne biologije</i>, IP „Zavet“, Beograd.</li> <li>2. Cvetković, D., Lakušić, D., Matić, G., Korać, A., Jovanović, S. (2011): <i>Biologija za IV razred gimnazije prirodno-matematičkog smera</i>, Zavod za udžbenike, Beograd.</li> <li>3. Gordon, T. (1998): <i>Kako biti uspešan nastavnik</i>, Kretativni centar grupa Most, Beograd.</li> <li>4. Miljanović, T., Žderić, M. (2001b): <i>Didaktičko-metodički primeri iz metodike nastave biologije</i>, Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad.</li> <li>5. Žderić, M., Miljanović, T. (2001): <i>Metodika nastave biologije</i>, Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad.</li> </ol> |

**TOK ČASA:****KORAK 1. Ponavljanje prethodno obrađene nastavne jedinice**

Kratko usmeno ponavljanje prethodno obrađenog gradiva primenom verbalno-tekstualne nastavne metode (dijalog) i frontalnog oblika rada.

Pitanje: Koje vrste RNK molekula postoje?

Očekivani odgovor: informaciona, transportna i ribozomalna RNK.

Pitanje: Šta je transkripcioni kompleks?

Očekivani odgovor: Kompleks koji dovodi do aktivacije procesa transkripcije, a gradi ga RNK polimeraza koja se vezuje za promotor i regulatorni proteini.

Pitanje: Šta je primarni transkript?

Očekivani odgovor: Primarni produkt procesa transkripcije.

Pitanje: Kako nastaje zrela iRNK u ćelijama eukariota?

Očekivani odgovor: Obradom primarnog transkripta koja obuhvata splajsovanje (iskrajanje introna) formiranje 5' kape i poli-A repa.

**KORAK 2. Rad u paru i samostalan rad učenika na multimedijalnoj prezentaciji**

Učenici samostalno ili u paru prelaze novo gradivo. Nastavnik prati i usmerava rad učenika i podstiče njihovu aktivnost.

**Multimedijalna prezentacija****Informacije:**

**TRANSLACIJA (lat. translatio = prevođenje)**

**Sinteza proteina**  
Protein sinteza je proces u kojem se informaciona RNK (iRNK) koristi za sintezu proteina. Ovaj proces uključuje transkripciju i translaciju. Transkripcija je proces stvaranja iRNK iz DNK, dok je translacija proces stvaranja proteina iz iRNK. Translacija se odvija na ribozomu i uključuje vezivanje tRNK koje nose odgovarajuću amino-kiselinu.

**Kodoni**  
Kodoni su trojke nukleotida na iRNK koje određuju amino-kiselinu. Postoje 64 različita kodona, od kojih 61 kodira amino-kiselinu, a 3 su stop kodoni (UAG, UGA, UAG).

**Genetički kod**  
Genetički kod je skup pravila koje određuju kako se kodoni na iRNK prevode u amino-kiseline. Kod je univerzalan i degeneratan, što znači da više kodona može kodirati istu amino-kiselinu.

**Start / Stop**  
Start kodon (AUG) kodira metionin i označava početak sinteze proteina. Stop kodoni (UAG, UGA, UAG) označavaju kraj sinteze proteina.

**Ribozomi**  
Ribozomi su molekuli koji omogućavaju sintezu proteina. Sastavljani su od ribozomalne RNK (rRNK) i proteina. Ribozomi sadrže posebna mesta za vezivanje iRNK i tRNK.

**Molekuli koji omogućavaju sintezu proteina**  
Sinteza proteina zahteva prisustvo nekoliko ključnih molekula: iRNK, tRNK, rRNK i proteina. Ovi molekuli zajedno omogućavaju stvaranje ribozoma i sintezu proteina.

**Prokarioti i Eukarioti**  
Prokarioti i eukarioti imaju različite mehanizme translacije. U prokariotima se translacija odvija istovremeno sa transkripcijom, dok u eukariotima se odvija nakon završetka transkripcije. Takođe, eukarioti imaju dodatne faktore translacije koji omogućavaju sintezu proteina u ciljusnim ćelijama.

**Kodiranje proteina**  
Kodiranje proteina je proces stvaranja proteina iz iRNK. Ovaj proces uključuje vezivanje tRNK koje nose odgovarajuću amino-kiselinu i sintezu polipeptidnog lanca. Polipeptidni lanac se zatim savija u funkcionalni protein.

**Za A-mesto na ribozomu vezuje se tRNK sa odgovarajućom aktiviranom amino-kiselinom.**

**Za P-mesto na ribozomu vezuje se tRNK sa odgovarajućom aktiviranom amino-kiselinom.**

**Za E-mesto na ribozomu vezuje se tRNK sa odgovarajućom aktiviranom amino-kiselinom.**

**Za G-mesto na ribozomu vezuje se tRNK sa odgovarajućom aktiviranom amino-kiselinom.**

**Za U-mesto na ribozomu vezuje se tRNK sa odgovarajućom aktiviranom amino-kiselinom.**

Slajd 1.




**Sinteza proteina**

Primarna struktura proteina je genetički determinisana, odnosno, zapisana u vidu redosleda nukleotida gena.

Grupe od po tri nukleotida predstavljaju šifru (kod) za pojedinačne amino kiseline.

Složen proces u kome se genetička informacija prevodi u redosled aminokiselina u polipeptidnom lancu (proteinu) naziva se **TRANSLACIJA**.




**Kodoni**

Šifra (KOD) od tri nukleotida koja odgovara jednoj amino kiselini zove se **KODON**.

Broj mogućih različitih kodona u svim ćelijama je  $4^3 = 64$ .

Sve proteine gradi samo 20 amino kiselina, tako da više različitih kodona predstavlja šifru za istu amino kiselinu.

Različiti kodoni koji odgovaraju istoj amino kiselini nazivaju se **SINONIMNI KODON**.



**Genetički kod**

Skup pravila koja povezuju svaku aminokiselinu sa odgovarajućim kodonom.

| 5' | A         | C         | G         | U         | 3' |
|----|-----------|-----------|-----------|-----------|----|
| U  | UUU - PHE | UUC - PHE | UUA - LEU | UUG - LEU |    |
| C  | CUU - LEU | CUC - LEU | CUA - LEU | CUG - LEU |    |
| A  | AUU - ILE | AUA - ILE | AUA - MET | AUG - MET |    |
| G  | GUU - VAL | GUC - VAL | GUA - VAL | GUG - VAL |    |
| U  | UUU - PHE | UUC - PHE | UUA - LEU | UUG - LEU |    |
| C  | CUU - LEU | CUC - LEU | CUA - LEU | CUG - LEU |    |
| A  | AUU - ILE | AUA - ILE | AUA - MET | AUG - MET |    |
| G  | GUU - VAL | GUC - VAL | GUA - VAL | GUG - VAL |    |
| U  | UUU - PHE | UUC - PHE | UUA - LEU | UUG - LEU |    |
| C  | CUU - LEU | CUC - LEU | CUA - LEU | CUG - LEU |    |
| A  | AUU - ILE | AUA - ILE | AUA - MET | AUG - MET |    |
| G  | GUU - VAL | GUC - VAL | GUA - VAL | GUG - VAL |    |
| U  | UUU - PHE | UUC - PHE | UUA - LEU | UUG - LEU |    |
| C  | CUU - LEU | CUC - LEU | CUA - LEU | CUG - LEU |    |
| A  | AUU - ILE | AUA - ILE | AUA - MET | AUG - MET |    |
| G  | GUU - VAL | GUC - VAL | GUA - VAL | GUG - VAL |    |
| U  | UUU - PHE | UUC - PHE | UUA - LEU | UUG - LEU |    |
| C  | CUU - LEU | CUC - LEU | CUA - LEU | CUG - LEU |    |
| A  | AUU - ILE | AUA - ILE | AUA - MET | AUG - MET |    |
| G  | GUU - VAL | GUC - VAL | GUA - VAL | GUG - VAL |    |
| U  | UUU - PHE | UUC - PHE | UUA - LEU | UUG - LEU |    |
| C  | CUU - LEU | CUC - LEU | CUA - LEU | CUG - LEU |    |
| A  | AUU - ILE | AUA - ILE | AUA - MET | AUG - MET |    |
| G  | GUU - VAL | GUC - VAL | GUA - VAL | GUG - VAL |    |
| U  | UUU - PHE | UUC - PHE | UUA - LEU | UUG - LEU |    |
| C  | CUU - LEU | CUC - LEU | CUA - LEU | CUG - LEU |    |
| A  | AUU - ILE | AUA - ILE | AUA - MET | AUG - MET |    |
| G  | GUU - VAL | GUC - VAL | GUA - VAL | GUG - VAL |    |

**Start i Stop**

**START** kodon AUG  
(mesto početka sinteze proteina i šifra za amino kiselinu metonin)

**STOP** kodoni UAA, UAG, UGA  
(mesta na kojima se sinteza proteina završava)


Slajd 2.

**Sinteza proteina**

Primarna struktura proteina je genetički određena, odnosno, zapisana u vidu redosleda nukleotida na genima.

Grupe od po tri nukleotida predstavljaju šifru (kod) za pojedinačne amino-kiseline.

Složen proces u kome se genetička informacija prevodi u redosled amino-kiselina u polipeptidnom lancu (proteinu) naziva se **TRANSLACIJA**.



Slajd 3.

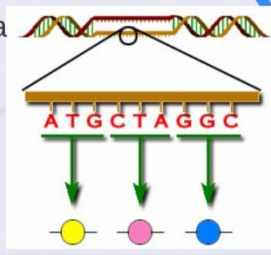
## Kodoni

Šifra (KOD) od tri nukleotida koja odgovara jednoj amino-kiselini zove se **KODON**.

Broj mogućih različitih kodona u svim ćelijama je  $4^3 = 64$

Sve proteine gradi samo 20 amino-kiselina, tako da više različitih kodona predstavlja šifru za istu amino-kiselinu.

Različiti kodoni koji odgovaraju istoj amino-kiselini nazivaju se **SINONIMNI KODONI**.



Slajd 4.

## Genetički kod

Skup pravila koja povezuju svaku amino-kiselinu sa odgovarajućim kodonima.

|   | U       | C       | A        | G        |   |
|---|---------|---------|----------|----------|---|
| U | UUU Phe | UCU     | UAU Tyr  | UGU Cys  | U |
|   | UUC     | UCC Ser | UAC      | UGC      | C |
|   | UUA     | UCA     | UAA STOP | UGA STOP | A |
|   | UUG Leu | UCG     | UAG STOP | UGG Trp  | G |
| C | CUU     | CCU     | CAU His  | CGU      | U |
|   | CUC Leu | CCC Pro | CAC      | CGC Arg  | C |
|   | CUA     | CCA     | CAA Gln  | CGA      | A |
|   | CUG     | CCG     | CAG      | CGG      | G |
| A | AUU Ile | ACU     | AAU Asn  | AGU Ser  | U |
|   | AUC     | ACC Thr | AAC      | AGC      | C |
|   | AUA     | ACA     | AAA Lys  | AGA Arg  | A |
|   | AUG Met | ACG     | AAG      | AGG Arg  | G |
| G | GUU     | GCU     | GAU Asp  | GGU      | U |
|   | GUC Val | GCC Ala | GAC      | GGC Gly  | C |
|   | GUA     | GCA     | GAA Glu  | GGA      | A |
|   | GUG     | GCG     | GAG      | GGG      | G |

Slajd 5.

## Start i Stop



**START**

kodon **AUG**

(mesto početka sinteze proteina i šifra za amino-kiselinu metionin)



**STOP**


kodoni **UAA**  
**UAG**  
**UGA**

(mesta na kojima se sinteza proteina zaustavlja)

Slajd 6.

## RIBOZOM

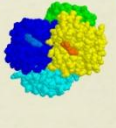
Proces sinteze proteina odvija se u ribozomima. Ribozomi se sastoje od dve podjedinice, a svaka predstavlja kompleks izgrađen od proteina i molekula rRNK.



velika subjedinica  
mala subjedinica


**iRNK**

Zrele iRNK, nastale u jedru prepisivanjem (transkripcijom sa DNK), prolaze kroz pore jedra u citoplazmu ćelije.



**tRNK**

Molekuli tRNK na jednom kraju vezuju amino-kiselinu (AK), a na suprotnom se nalazi grupa od tri nukleotida komplementarna kodonu za amino-kiselinu koju nosi (antikodon).

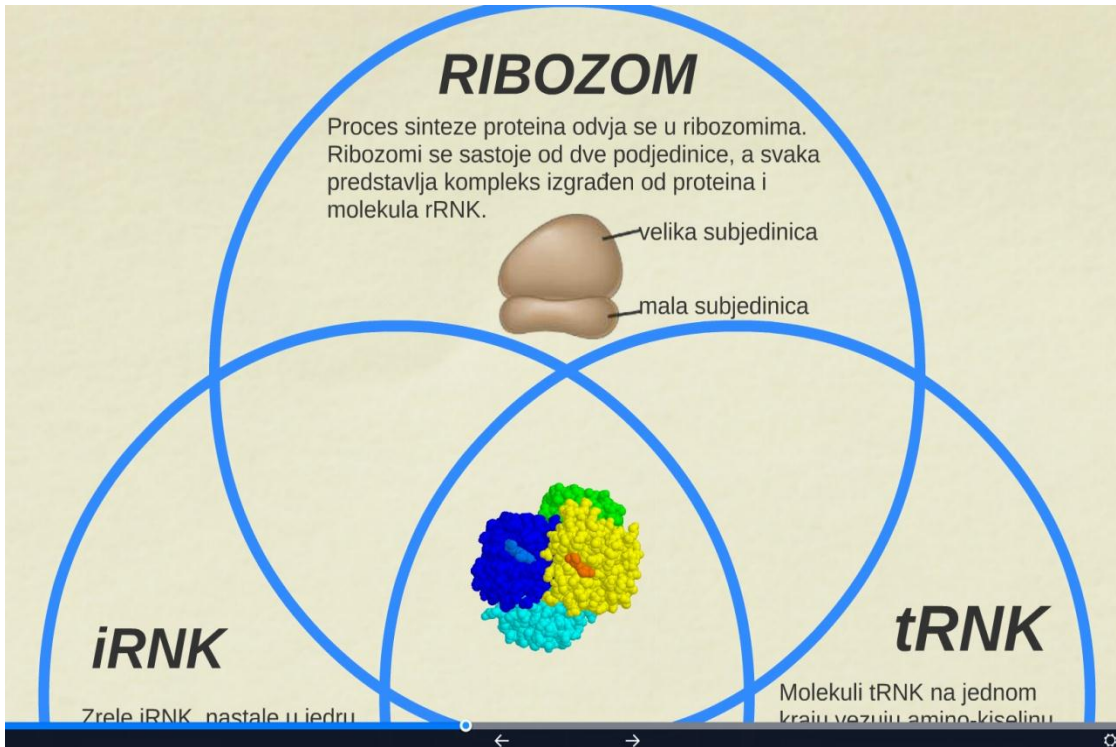


antikodon

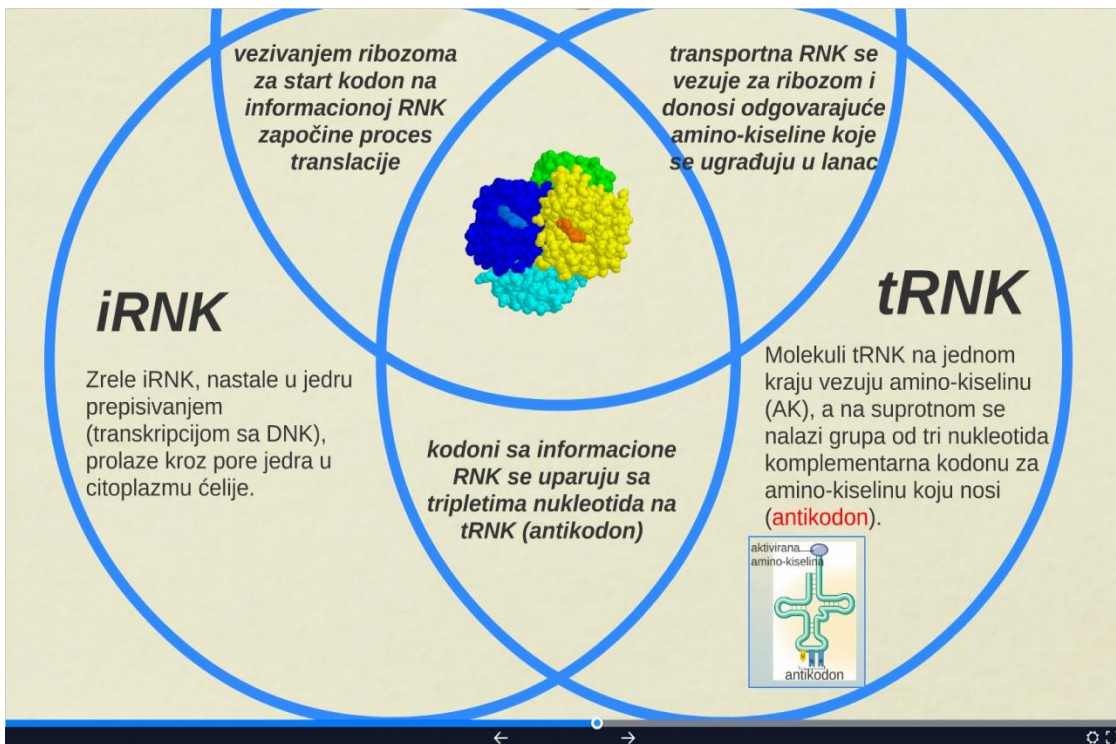
## Molekuli koji omogućavaju sintezu proteina

Slajd 7.

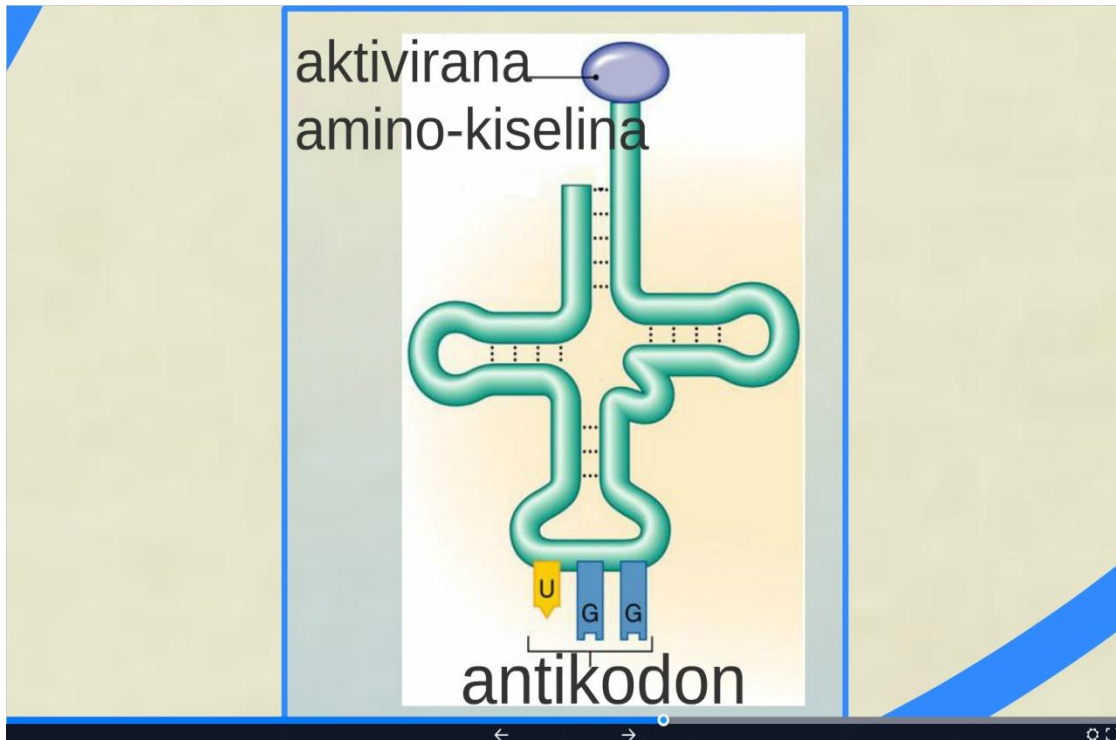




Slajd 8.



Slajd 9.



Slajd 10.

Ribozomske podjedinice, iRNK i tRNK koja nosi metionin (AK koja odgovara start kodonu) se udružuju u **POČETNI TRANSLACIONI KOMPLEKS**

start kodon  
AUG

U procesu translacije učestvuje i veliki broj enzima.

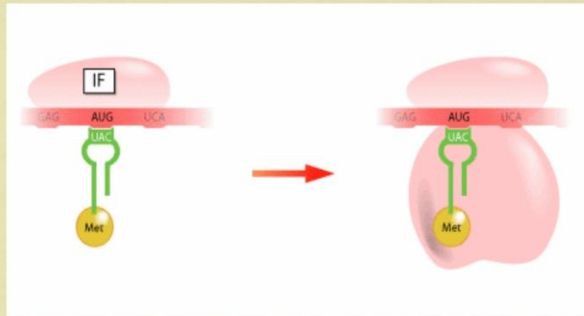
The diagram illustrates the formation of the initiation complex. A blue ribosome is shown with a green tRNA carrying a purple amino acid (metionine) bound to its 3' end. The tRNA's anticodon (U) is base-paired with the start codon (AUG) on the mRNA. The mRNA is shown as a green line with the AUG codon highlighted. The text above the diagram states that ribosomal subunits, mRNA, and the tRNA carrying methionine (the tRNA that corresponds to the start codon) assemble into the initiation complex. Below the diagram, it notes that many enzymes participate in the translation process.

Slajd 11.



Vezivanjem iRNK za ribozom otpočinje čitanje "šifre" i vezivanje tRNK koje nose odgovarajuću amino-kiselinu.


Translacija počinje od start kodona i tRNK koja nosi metionin.



Ribozomi sadrže posebna mesta za vezivanje tRNK. **A-mesto** vezuje tRNK koja donosi aktiviranu amino-kiselinu, **P-mesto** vezuje tRNK koja nosi rastući polipeptidni lanac.

(\* A- amino-kiselina, P- polipeptid)

Slajd 12.



tRNA

1. Za A- mesto na ribozomu vezuje se tRNK sa odgovarajućim antikodonom i amino-kiselinom.
2. Metionin (kao i budući polipeptidni lanac) raskida vezu sa tRNK i formira peptidnu vezu sa aktiviranom amino-kiselinom u A mestu.
3. Ribozom se pomera duž iRNK za tri nukleotida, tRNK sa rastućim polipeptidom se pomera na P mesto a slobodna tRNK napušta ribozom. Ciklius se ponavlja sve do stop kodona.

Slajd 13.

Kada se u A mestu nađe jedan od stop signala za njega se vezuje "**oslobađajući protein**" koji dovodi do raskidanja veze između tRNK i sintetisanog polipeptidnog lanca on se oslobađa u citoplazmu. Ribozom se takođe razdvaja na subjedinice.

Slajd 14.

### Prokarioti / Eukarioti

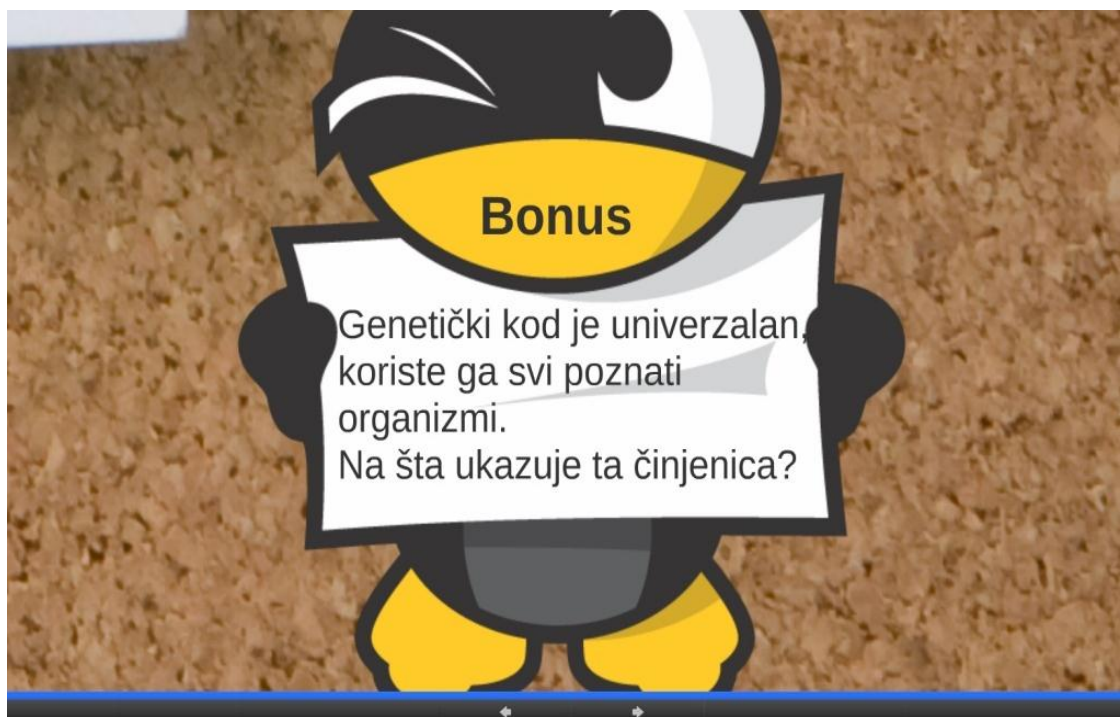
Kod **prokariota** se transkripcija i translacija odvijaju skoro istovremeno u citoplazmi (u isto vreme na istom mestu).

Kod **eukariota** su ova dva procesa i prostorno i vremenski razgraničeni. Prvo se u jedru odigra transkripcija, zatim se nezrele RNK dodatno u jedru obrađuju pa se tek onda šalju u citoplazmu gde se obavlja translacija.

Kod obe grupe organizama translacija se odvija u 5'-3' pravcu.

Slajd 15.

**Bonus informacija i problemski zadatak**



Slajd 16.

**Animacija procesa translacije**



Slajd 17.



**KORAK 3. Utvrđivanje nastavne jedinice**

Nakon samostalnog prelaženja gradiva, učenici zajedno sa nastavnikom prolaze kroz sve informacije i rešavaju eventualne nedoumice u vezi sa gradivom. Pomoću video bima projektuju se slajdovi kako bi razgovor pratile odgovarajuće slike. Nastavnik kroz dijalog sa učenicima utvrđuje stepen usvojenosti gradiva.

Pitanje: Šta je translacija?

Očekivani odgovor: Proces sinteze polipeptidnog lanca (proteina).

Pitanje: Šta je kodon, a šta genetički kod?

Očekivani odgovor: Kodoni su tripleti nukleotida na iRNK koji predstavljaju šifru za pojedinačne amino-kiseline. Genetički kod povezuje svaku amino-kiselinu sa odgovarajućim kodonima.

Pitanje: Da li su svi kodoni, od ukupno 64, „šifre“ za amino-kiseline?

Očekivani odgovor: Stop kodoni su signal za prekid translacije.

Pitanje: Koji molekuli omogućavaju odvijanje translacije?

Očekivani odgovor: Proces translacije se odvija u ribozomima, na iRNK kao matrici i zahvaljujući tRNK molekulima koji vezuju i transportuju aminokiseline.

Pitanje: Šta je antikodon i koja je njegova uloga?

Očekivani odgovor: Triplet nukleotida na tRNK komplementaran kodonu za amino-kiselinu koja se vezuje za datu transportnu RNK.

**KORAK 4. Rešavanje problemskih zadataka i diskusija**

U završnom delu časa učenici prezentuju rezultate svoga rada, iznose svoja rešenja problemskog zadatka. Kroz diskusiju koju vodi nastavnik dolazi se do tačnog rešenja problemskog zadatka, a nastavnik na ovaj način stiče uvid u stepen savladanosti gradiva od strane učenika i stavove koje učenici imaju prema datoj temi. Ovakav uvid omogućava nastavniku da blagovremeno ispravi eventualne greške u znanju i stavovima učenika.

Pitanje: Koji molekuli su nosioci naslednih osobina kod svih organizama, od najjednostavnijih do najsloženijih?

Očekivani odgovor: Nukleinske kiseline.

Pitanje: Na šta ukazuje zajednički genetički kod živog sveta?

Očekivani odgovor: Na zajedničko poreklo živog sveta.

**3.14.9. Regulacija aktivnosti gena**

|                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| <i>Nastavni predmet:</i>             | Biologija  |
| <i>Nastavna tema</i>                 | Osnovi molekularne biologije   |
| <i>Nastavna jedinica:</i>            | Regulacija aktivnosti gena   |
| <i>Tip časa:</i>                     | obrada novog gradiva   |
| <i>Oblik rada:</i>                   | individualni, rad u paru i frontalni oblik rada  |
| <i>Obrazovni zadaci:</i>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Usvajanje znanja o ekspresiji gena i mehanizmima regulacije.</li> <li>– Razvijanje sposobnosti učenika za integrativno sagledavanje i razumevanje nastavnih sadržaja.</li> </ul>  |
| <i>Funkcionalni zadaci:</i>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Razvijanje sposobnosti za rad u timu i zajedničko učenje, samostalno prezentovanje rezultata i samovrednovanje.</li> <li>– Razvijanje sposobnosti učenika za samostalno istraživanje.</li> </ul>  |
| <i>Vaspitni zadaci:</i>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Razvijanje pozitivnog odnosa učenika prema prirodi i njenoj raznolikosti.</li> <li>– Razvijanje tolerancije i humanog ponašanja učenika.</li> </ul>   |
| <i>Nastavne metode:</i>              | verbalno-tekstualne, demonstrativno-ilustrativne i metode samostalnog rada učenika   |
| <i>Posebne vrste nastave:</i>        | interaktivna nastava uz podršku računara   |
| <i>Nastavna sredstva i pomagala:</i> | kompjuter, obrazovni softver, video bim i školska tabla  |
| <i>Nastavni objekat:</i>             | kompjuterska učionica  |
| <i>Literatura za učenike:</i>        | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pribičević, T. (2015): Interaktivne multimedijalne prezentacije nastavne teme Osnovi molekularne biologije.</li> <li>2. Cvetković, D., Lakušić, D., Matić, G., Korać, A., Jovanović, S. (2011): <i>Biologija za IV razred gimnazije prirodno-matematičkog smera</i>, Zavod za udžbenike, Beograd.</li> </ol>   |
| <i>Literatura za nastavnika:</i>     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Matić, G. (1997): <i>Osnovi molekularne biologije</i>, IP „Zavet“, Beograd.</li> <li>2. Cvetković, D., Lakušić, D., Matić, G., Korać, A., Jovanović, S. (2011): <i>Biologija za IV razred gimnazije prirodno-matematičkog smera</i>, Zavod za udžbenike, Beograd.</li> <li>3. Gordon, T. (1998): <i>Kako biti uspešan nastavnik</i>, Kretativni centar grupa Most, Beograd.</li> <li>4. Miljanović, T., Žderić, M. (2001): <i>Didaktičko-metodički primeri iz metodike nastave biologije</i>, Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad.</li> <li>5. Žderić, M., Miljanović, T. (2001): <i>Metodika nastave biologije</i>, Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad.</li> </ol> |



**TOK ČASA:****KORAK 1. Ponavljanje prethodno obrađene nastavne jedinice**

Kratko usmeno ponavljanje prethodno obrađenog gradiva primenom verbalno-tekstualne nastavne metode (dijalog) i frontalnog oblika rada.

Pitanje: Šta je gen?

Očekivani odgovor: Gen je niz nukleotida koji se prepisuje u RNK molekul.

Pitanje: Objasni proces prepisivanja ili transkripcije.

Očekivani odgovor: Transkripcija počinje vezivanjem RNK-polimeraze za promotor. Udruživanjem sa regulatornim proteinima nastaje transkripcioni kompleks čijom aktivacijom dolazi do formiranja transkripcionog mehura koji napreduje duž DNK matrice sve dok ne stigne do kraja gena.

Pitanje: Objasni proces translacije.

Očekivani odgovor: Proces translacije odvija se u ribozomima. Molekul iRNK služi kao matrica za sintezu polipeptidnog lanca izgrađenog od amino-kiselina koje u ćeliji transportuju molekuli tRNK.

**KORAK 2. Rad u paru i samostalan rad učenika na multimedijalnoj prezentaciji**

Učenici samostalno ili u paru prolaze novo gradivo. Nastavnik prati i usmerava rad učenika i podstiče njihovu aktivnost.

**Multimedijalna prezentacija****Informacije:**

Slajd 1.



Slajd 2.



Slajd 3.

## EKSPRESIJA GENA

Proces kojim se informacija zapisana u genu koristi za sintezu funkcionalnog genskog produkta (proteina ili funkcionalnog RNK molekula).

**GEN → PROTEIN**

Transkripcija  
Obrada transkripta  
Transport iRNK  
Translacija  
Modifikacije proteina

gen A    gen B    gen C

EKSPRESIJA GENA

protein A    protein B    protein C

Da bi se od gena došlo do aktivnog proteina neophodno je da se prođe kroz sve navedene korake.

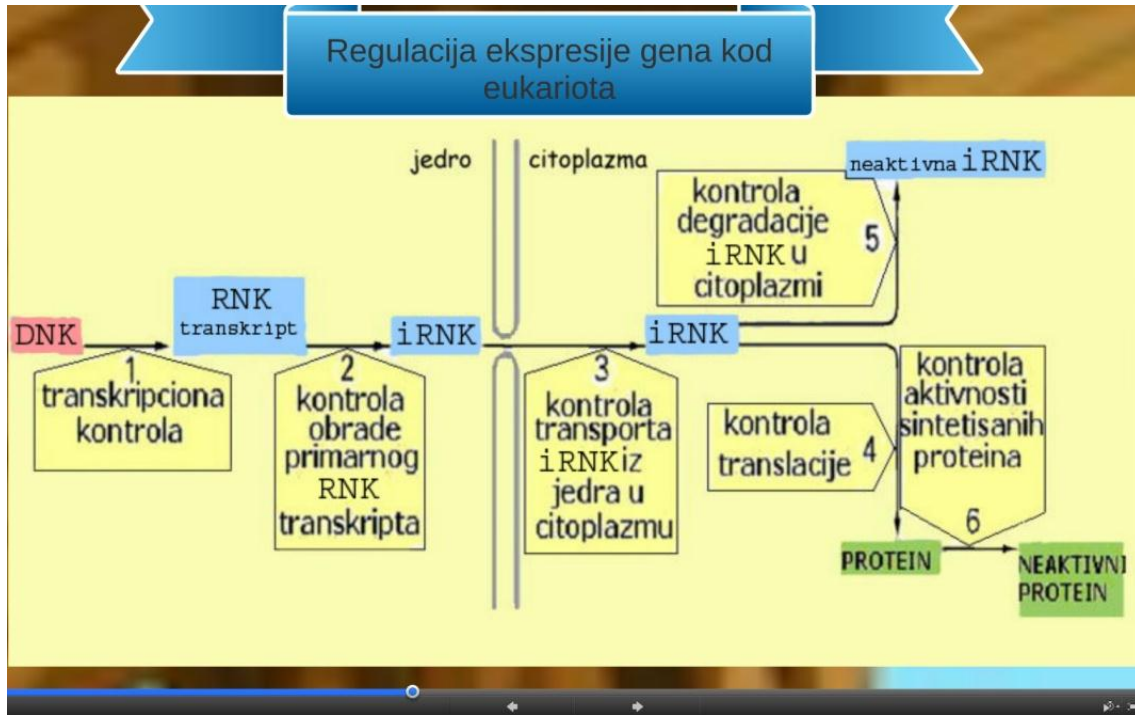
Slajd 4.

## Kako se reguliše sinteza proteina?

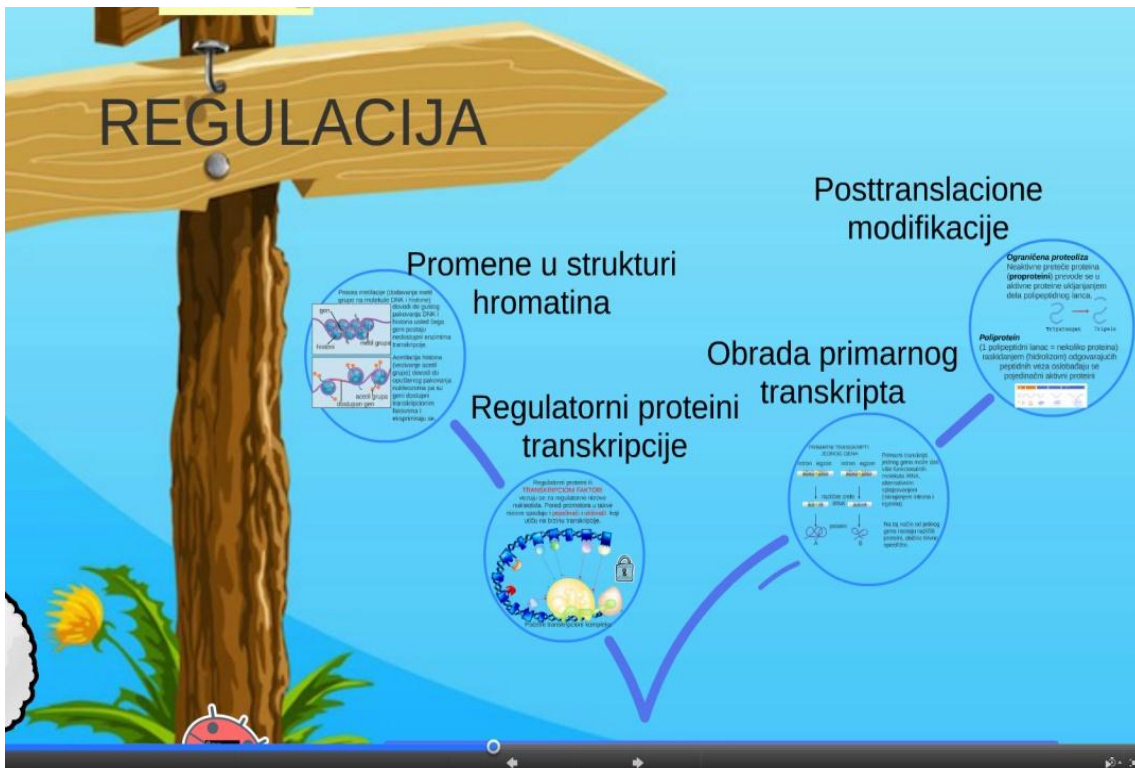
Regulacija uključuje mehanizme koji određuju:

- kada i kojom brzinom će se gen prepisivati
- kakva će biti obrada primarnog transkripta
- koje iRNK će se transportovati u citoplazmu
- koja od dostupnih iRNK će se biti prevedena u protein i kojom brzinom
- kako i kada će novosintetisani protein biti modifikovan kako bi postao aktivan

Slajd 5.



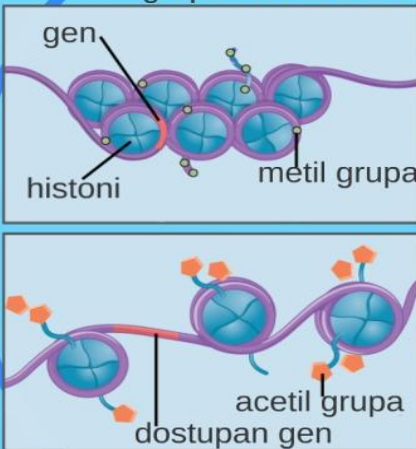
Slajd 6.



Slajd 7.



Proces metilacije (dodavanja metil grupe na molekule DNK i histone) dovodi do gustog pakovanja DNK i histona usled čega geni postaju nedostupni enzimima transkripcije.



Acetilacija histona (vezivanje acetil grupe) dovodi do opuštenog pakovanja nukleozoma pa su geni dostupni transkripcionim faktorima i eksprimiraju se.

Slajd 8.

Regulatorni proteini ili **TRANSKRIPCIONI FAKTORI** vezuju se za regulatorne nizove nukleotida. Pored promotora u takve nizove spadaju i **pojačivači** i **utišivači** koji utiču na brzinu transkripcije.



Početni transkripcioni kompleks

Slajd 9.

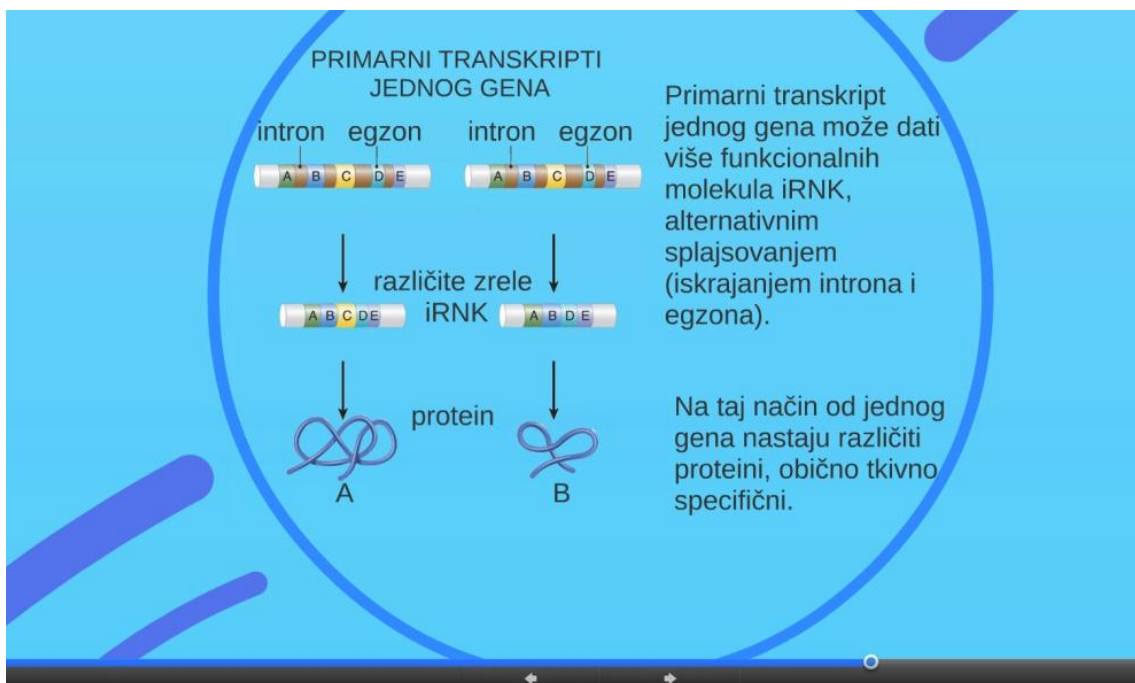




Određeni geni se prepisuju samo u nekim tkivima ili u pojedinim fazama razvića i fiziološkim stanjima.

Transkripciju tih gena regulišu specifični transkripcioni faktori koji su prisutni samo u određenim tkivima.

Slajd 10.



PRIMARNI TRANSKRIPTI JEDNOG GENA

intron egzon intron egzon

A B C D E A B C D E

↓ različite zrele ↓

A B C D E iRNK A B D E

↓ protein ↓


A B

Primarni transkript jednog gena može dati više funkcionalnih molekula iRNK, alternativnim splajsovanjem (iskrajanjem introna i egzona).

Na taj način od jednog gena nastaju različiti proteini, obično tkivno specifični.


Slajd 11.

**Ograničena proteoliza**  
Neaktivne preteče proteina (**proproteini**) prevode se u aktivne proteine ukljanjanjem dela polipeptidnog lanca.



Trypsinogen      Trypsin

**Poliprotein**  
(1 polipeptidni lanac = nekoliko proteina) raskidanjem (hidrolizom) odgovarajućih peptidnih veza oslobađaju se pojedinačni aktivni proteini



Slajd 12.

## Problemski zadatak

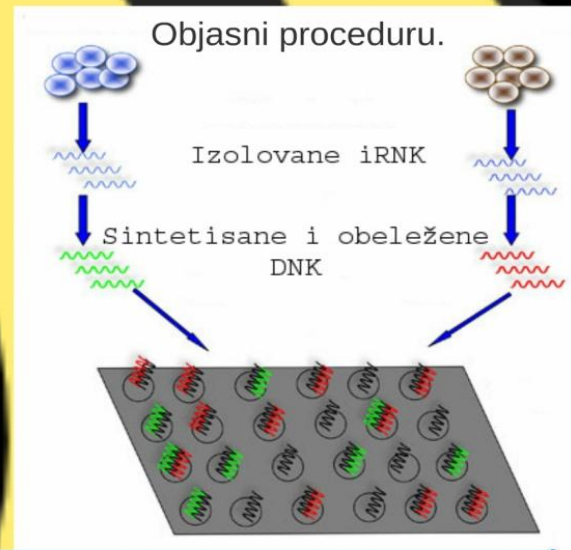
**PROBLEMSKI ZADATAK**

**DNK čipovi**  
Pločice sa vezanim jednonančanim DNK koje odgovaraju različitim genima. Služe za ispitivanje ekspresije gena.

**Na koji način?**

Pomoć - posebni enzimi imaju sposobnost reverzne (obrnute) transkripcije.

Objasni proceduru.



Izolovane iRNAK

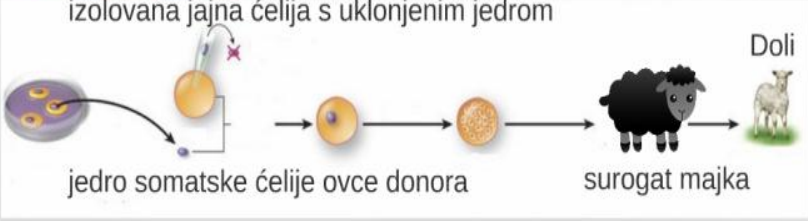
Sintetisane i obeležene DNK

Slajd 13.

## Bonus informacija

**BONUS**

Savremeni eksperimenti su dokazali da jedro bilo koje diferencirane ćelije sadrži kompletan genetički program za razviće i diferencijaciju celog organizma.



izolovana jajna ćelija s uklonjenim jedrom

jedro somatske ćelije ovce donora

surogat majka

Doli

prva životinja klonirana iz diferencirane ćelije

The diagram illustrates the process of nuclear transfer. It starts with an 'isolated egg cell with a removed nucleus' (izolovana jajna ćelija s uklonjenim jedrom) and a 'nucleus from a donor sheep somatic cell' (jedro somatske ćelije ovce donora). These are combined to form a reconstructed egg cell, which is then fertilized and develops into an embryo. This embryo is implanted into a 'surrogate mother' (surogat majka), which gives birth to a clone named 'Doli' (Doli), the first animal cloned from a differentiated cell.

Slajd 14.

## Animacija procesa RNK splajsovanja



E complex

5'

3'

pogledaj animaciju

The image shows a 3D molecular model of the RNA splicing process. It features the E complex (spliceosome) with the 5' and 3' ends of the pre-mRNA strand. A red arrow points to a play button icon with the text 'pogledaj animaciju' (watch animation).

Slajd 15.

**KORAK 3. Utvrđivanje nastavne jedinice**

Nakon samostalnog prelaženja gradiva, učenici zajedno sa nastavnikom prolaze kroz sve informacije i rešavaju eventualne nedoumice u vezi sa gradivom. Nastavnik projektuje slajdove pomoću video bima kako bi razgovor pratile odgovarajuće slike.

**KORAK 4. Rešavanje problemskog zadatka i diskusija**

U završnom delu časa učenici prezentuju rezultate svoga rada, iznose svoja rešenja problemskog zadatka. Kroz diskusiju koju vodi nastavnik dolazi se do tačnog rešenja problemskog zadatka, a nastavnik na ovaj način stiče uvid u stepen savladanosti gradiva od strane učenika i stavove koje učenici imaju prema datoj temi. Ovakav uvid omogućava nastavniku da blagovremeno ispravi eventualne greške u znanju i stavovima učenika.

Pitanje: Šta govori prisustvo iRNK koji odgovaraju nekom genu?

Očekivani odgovor: Da se taj gen eksprimira.

Pitanje: Šta omogućavaju enzimi koji imaju sposobnost reverzne transkripcije?

Očekivani odgovor: Da se na iRNK koja služi kao matrica sintetišu DNK molekuli, odnosno geni koji odgovaraju datim iRNK.

Pitanje: Kakve informacije dobijamo hibridizacijom DNK u kontrolisanim uslovima sa označenom DNK sa poznatim redosledom nukleotida, odnosno genima?

Očekivani odgovor: Dobijaju se podaci o genomu date ćelije.

**KORAK 5. Utvrđivanje gradiva**

Nakon obrade gradiva i diskusije učenici na računarima pokreću *Test* u kome se nalaze pitanja iz nastavne jedinice obrađene na prethodnom času i nastavne jedinice obrađene na datom času. Test je konstruisan tako da nakon potvrde svakog odgovora učenik dobija povratnu informaciju o tačnosti odgovora, a na kraju testa program izračunava broj bodova i ocenu koju je učenik dobio. Na ovaj način učenici povezuju gradivo i imaju mogućnost permanentnog praćenja svoga napretka.

**Zadaci:****Pitanje 1.**

Proces u kome se genetička informacija prevodi u redosled aminokiselina u polipeptidnom lancu naziva se:

proveri odgovor 

**Pitanje 2.**

Translacioni kompleks čine:

- iRNK, ribozom i DNK
- tRNK, iRNK i splajsozom
- iRNK, ribozom i tRNK
- RNK polimeraza, iRNK i ribozom

proveri odgovor 

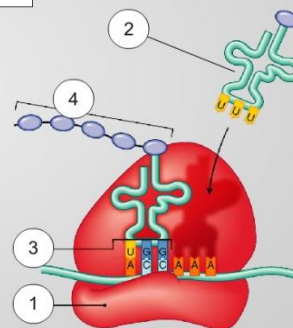
**Pitanje 3.**

Obeleži na slici označene delove

Proces translacije podrazumeva dešifrovanje poruke zapisane u strukturi molekula

u vidu tripleta nukleotida koji se zovu

- 1
- 2
- 3
- 4



proveri odgovor 



**Pitanje 4.**

Utvrđi koji su iskazi o transkripciji tačni (T), ili netačni (N)

Primarna struktura proteina je genetički determinisana

Sinteza proteina počinje od start kodona koji je ujedno i šifra za aminokiselinu leucin

Mesto vezivanja tRNK koja nosi aktiviranu aminokiselinu je A- mesto na ribozomu

P-mesto na ribozomu vezuje tRNK koja nosi rastući polipeptidni lanac

Sinteza prestaje kada se u A-mestu ribozoma nađe jedan od stop kodona (AUG, UAA, UCA)

proveri odgovor

**Pitanje 5.**

Šta se podrazumeva pod ekspresijom gena?

- prepisivanje gena
- modifikacija gena
- sinteza funkcionalnog proizvoda gena
- mutacija gena

proveri odgovor



**Pitanje 6.**

Na kom nivou ekspresije gena je moguća regulacija (transkripcija, obrada primarnog transkripta, translacija, posttranslacione modifikacije)?

proveri odgovor

**Pitanje 7.**

Poveži pojmove sa odgovarajućim tvrdnjama

Transkripcioni faktori

1. Niz nukleotida koji omogućava terminaciju procesa transkripcije

Protein

2. Regulatorni proteini transkripcije

DNK čipovi

3. Regulatorni nizovi za koje se vezuju transkripcioni faktori koji utiču na brzinu transkripcije

Utišivači i pojačivači

4. Nefunkcionalna preteča funkcionalnog proteina

5. Ploče sa jednolančanim DNK koje služe za ispitivanje ekspresije gena

proveri odgovor



### Rešenje testa

Proces u kome se genetička informacija prevodi u redosled aminokiselina u polipeptidnom lancu naziva se:

translacija

sledeće pitanje 

Translacioni kompleks čine:

- iRNK, ribozom i DNK
- tRNK, iRNK i splajsozom
- iRNK, ribozom i tRNK
- RNK polimeraza, iRNK i ribozom

sledeće pitanje 

## Obeleži na slici označene delove

Proces translacije podrazumeva dešifrovanje poruke zapisane u strukturi molekula

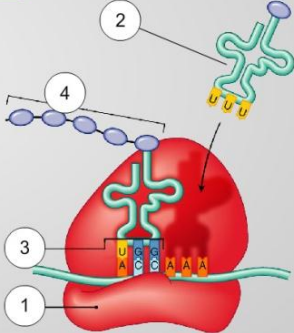
u vidu tripleta nukleotida koji se zovu

1

2

3

4



sljedeće pitanje 

## Utvrđi koji su iskazi o transkripciji tačni (T), ili netačni (N)

Primarna struktura proteina je genetički determinisana

Sinteza proteina počinje od start kodona koji je ujedno i šifra za aminokiselinu leucin

Mesto vezivanja tRNK koja nosi aktiviranu aminokiselinu je A- mesto na ribozomu

P-mesto na ribozomu vezuje tRNK koja nosi rastući polipeptidni lanac

Sinteza prestaje kada se u A-mestu ribozoma nađe jedan od stop kodona (AUG, UAA, UCA)

sljedeće pitanje 

## Šta se podrazumeva pod ekspresijom gena?

- prepisivanje gena
- modifikacija gena
- sinteza funkcionalnog proizvoda gena
- mutacija gena

sledeće pitanje 

Na kom nivou ekspresije gena je moguća regulacija (transkripcija, obrada primarnog transkripta, translacija, posttranslacione modifikacije)?

na svim nivoima

sledeće pitanje 



## Poveži pojmove sa odgovarajućim tvrdnjama

|                        |   |   |
|------------------------|---|---|
| Transkripcioni faktori | 2 | 1. Niz nukleotida koji omogućava terminaciju procesa transkripcije  |
| Proprotein             | 4 | 2. Regulatorni proteini transkripcije   |
| DNK čipovi             | 5 | 3. Regulatorni nizovi za koje se vezuju transkripcioni faktori koji utiču na brzinu transkripcije                           |
| Utišivači i pojačivači | 3 | 4. Nefunkcionalna preteča funkcionalnog proteina<br>5. Ploče sa jednolančanim DNK koje služe za ispitivanje ekspresije gena |

završite test



Osvojili ste: 19 bodova  
i dobili ocenu: 5

**3.14.10. Molekularna biotehnologija**

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| <i>Nastavni predmet:</i>             | Biologija   |
| <i>Nastavna tema</i>                 | Osnovi molekularne biologije  |
| <i>Nastavna jedinica:</i>            | Molekularna biotehnologija  |
| <i>Tip časa:</i>                     | obrada novog gradiva  |
| <i>Oblik rada:</i>                   | individualni, rad u paru i frontalni oblik rada   |
| <i>Obrazovni zadaci:</i>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Usvajanje znanja o predmetu i metodama istraživanja u molekularnoj biologiji.</li> <li>– Upoznavanje učenika sa savremenim dostignućima i trendovima u molekularnoj biologiji.</li> </ul>  |
| <i>Funkcionalni zadaci:</i>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Razvijanje interesovanja za praktičan i eksperimentalan rad u biologiji.</li> <li>– Osposobljavanje učenika za samostalno istraživanje i učenje.</li> </ul>  |
| <i>Vaspitni zadaci:</i>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Razvijanje pravilnih stavova učenika o primeni molekularne biotehnologije u savremenom društvu i genetički modifikovanim organizmima.</li> <li>– Razvijanje tolerancije i humanog ponašanja učenika.</li> </ul>  |
| <i>Nastavne metode:</i>              | verbalno-tekstualne, demonstrativno-ilustrativne i metode samostalnog rada učenika  |
| <i>Posebne vrste nastave:</i>        | interaktivna nastava uz podršku računara  |
| <i>Nastavna sredstva i pomagala:</i> | kompjuter, obrazovni softver, video bim i školska tabla   |
| <i>Nastavni objekat:</i>             | kompjuterska učionica   |
| <i>Literatura za učenike:</i>        | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pribičević, T. (2015): Interaktivne multimedijalne prezentacije nastavne teme Osnovi molekularne biologije.</li> <li>2. Cvetković, D., Lakušić, D., Matić, G., Korać, A., Jovanović, S. (2011): <i>Biologija za IV razred gimnazije prirodno-matematičkog smera</i>, Zavod za udžbenike, Beograd.</li> </ol>  |
| <i>Literatura za nastavnika:</i>     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Matić, G. (1997): <i>Osnovi molekularne biologije</i>, IP „Zavet“, Beograd.</li> <li>2. Cvetković, D., Lakušić, D., Matić, G., Korać, A., Jovanović, S. (2011): <i>Biologija za IV razred gimnazije prirodno-matematičkog smera</i>, Zavod za udžbenike, Beograd.</li> <li>3. Gordon, T. (1998): <i>Kako biti uspešan nastavnik</i>, Kretativni centar grupa Most, Beograd.</li> <li>4. Miljanović, T., Žderić, M. (2001b): <i>Didaktičko-metodički primeri iz metodike nastave biologije</i>, Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad.</li> <li>5. Žderić, M., Miljanović, T. (2001): <i>Metodika nastave biologije</i>, Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad.</li> </ol> |

**TOK ČASA:****KORAK 1. Ponavljanje prethodno obrađene nastavne jedinice**

Kratko usmeno ponavljanje prethodno obrađenog gradiva primenom verbalno-tekstualne nastavne metode (dijalog) i frontalnog oblika rada.

Pitanje: Koji je uzrok diferencijacije ćelija jednog organizma u različite tipove ćelija?

Očekivani odgovor: Različita aktivnost gena.

Pitanje: Šta se podrazumeva pod ekspresijom gena?

Očekivani odgovor: Proces kojim se informacija zapisan u genu koristi za sintezu funkcionalnog genskog produkta (proteina ili RNK molekula).

**KORAK 2. Rad u paru i samostalan rad učenika na multimedijalnoj prezentaciji**

Učenici samostalno ili u paru prelaze novo gradivo. Nastavnik prati i usmerava rad učenika i podstiče njihovu aktivnost.

**Multimedijalna prezentacija****Informacije:**

**Molekularna biotehnologija**

Gimn. IV god.      Genetičko inženjerstvo      2014. godina

**Tehnologija koja omogućava da se modifikuje genetička osnova ćelije i organizma.**

Tehnološki genetičko inženjerstvo omogućavaju spajanje i modifikovanje:

- strukture gena
- mehanizama ekspresije gena
- strukture i uloge proteinskih produkata.

Gen koji želimo da ispitamo treba sa rekombinacionim endomernim ispoljajom u vektor za kloniranje - najčešće plazmid (kratkodelanjeni DNK u bakterijskim ćelijama). Nakon ovog postupka dobija se hibridni molekul DNK rekombinantna DNK.

**Metoda lančane reakcije polimeraze**

**Selekcioniranje**

**Primenjena genetičko inženjerstvo**

**Genetski modifikovani organizmi (GMO)**

**Genetska terapija**

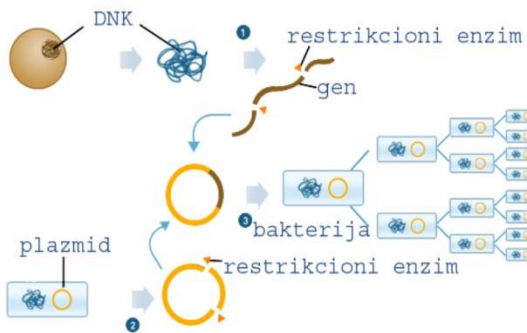
**GMO - primena**

**Podatak: top 4 u GMO svetu**

**Pitanje za razmišljanje:**  
Koje proizvode je domaća upotreba molekularne biotehnologije, a koje se sa svojom pitanja otvrdit?

Slajd 1.

## Tehnologija koja omogućava da se modifikuje genetička osnova ćelije i organizma.



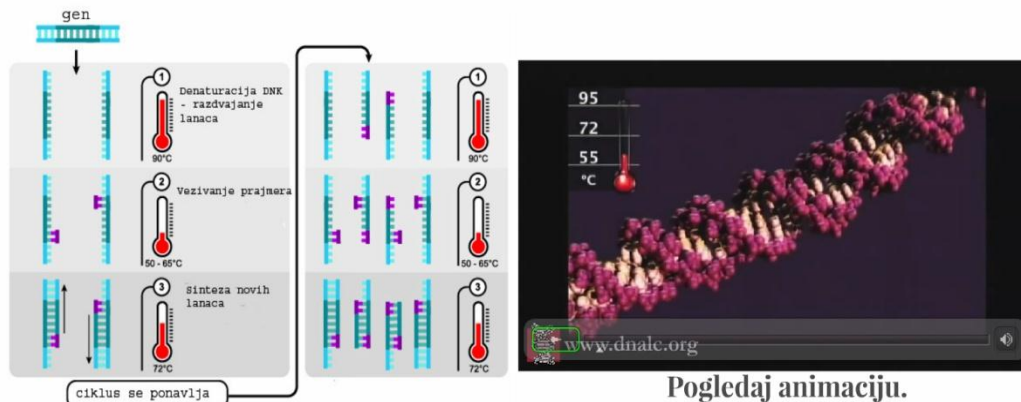
Tehnike genetičkog inženjerstva omogućavaju ispitivanje i modifikovanje:

- strukture gena
- mehanizama ekspresije gena
- strukture i uloge proteinskih produkata.

Gen koji želimo da ispitamo iseca se **restrikcionim enzimom** i ugrađuje u vektor za kloniranje - npr. **plazmid** (mali kružni molekul DNK u bakterijskoj ćeliji). Nakon ovog postupka dobija se hibridni molekul DNK - **rekombinantna DNK**.

Slajd 2.

## Metoda lančane reakcije polimeraze



Slajd 3.

# Sekvencioniranje

Određivanje redosleda nukleotida u molekulu DNK.



Frederik Sanger



Biohemičar Frederik Sanger dobio je Nobelovu nagradu za prvu metodu sekvencioniranja - Sangerovu metodu koja se bazira na procesu replikacije.

Tehnike sekvencioniranja su danas usavršene i automatizovane. To je omogućilo sekvencioniranje čitavih genoma mnogih vrsta, uključujući i čoveka.



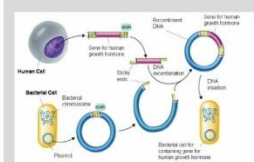
Slajd 4.

# Primena genetičkog inženjerstva

Primena u naučnim istraživanjima omogućila je objašnjenje složenih pojava i procesa života (rast i razviće, diferencijaciju ćelija, ćelijsku deobu, ćelijsku smrt, onkogenezu...).

Tehnologija rekombinantne DNK je proces u kojem se koriste molekuli DNK različitih izvora, koji se spoje u jedan molekul i tako stvore novu kombinaciju gena. Organizam putem takve DNK stiče nove ili izmenjene gene.

Manipulacijom genetičkog materijala nastali su **transgeni organizmi** - u svom genomu imaju strani gen koji im donosi novu osobinu.

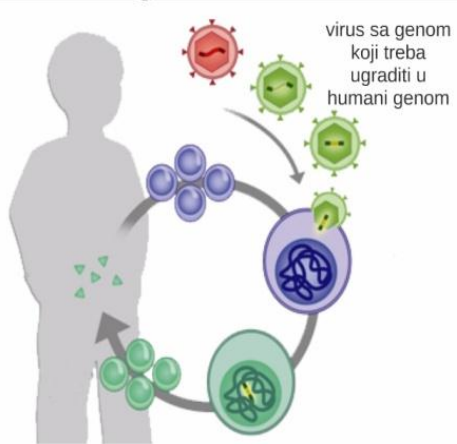


Slajd 5.



# Genska terapija

Zamena mutiranog gena koji uzrokuje neku bolest normalnim genom.



virus sa genom koji treba ugraditi u humani genom

## Ograničenja

Način lečenja onih bolesti koje su uslovljene promenama u jednom genu (monogenske bolesti).

## Problemi

Etički, pravni, ekološki....

Slajd 6.

## Genetski modifikovani organizmi (GMO)




## Genska terapija

Zamena mutiranog gena k normalnim genom.



## GMO - primena

GMO se koriste u b istraživanjima, eksperimentalnoj n

Slajd 7.

Pojava genetički modifikovanih organizama trebala je da znači početak efikasnijeg biološkog puta rešavanja mnogih problema sa kojima se čovek suočava. Pre svega, to je pitanje gladi u svetu i u tom svetlu povećanje kvaliteta i prinosa poljoprivrednih kultura, poboljšanje kvaliteta prehrambenih proizvoda, kao i bolja otpornost useva na bolesti, insekte i korove.



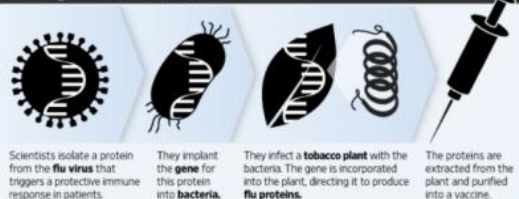
Slajd 8.

### Bonus informacija

GMO se koriste u biološkim i medicinskim istraživanjima, proizvodnji lekova, eksperimentalnoj medicini i poljoprivredi.

Na polju zdravstvene zaštite, transgeni organizmi bi trebalo da obezbede proizvodnju vakcina, jeftinijih lekova, organa za transplataciju.

#### Making Vaccines from Plants



**Insulin**


Prvi protein proizveden primenom genetičkog inženjerstva (1982. god.)

Slajd 9.

**Problemski zadatak**  
**Dodatak: top 4 u GMO svetu**

edicinskim  
lekova,  
ljoprivredi.





rganizmi bi  
, jeftinijih lekova,



The proteins are  
extracted from the  
plant and purified  
into a vaccine.

en primenom

The 4 Major Biotech Crops in 2012 are Soybean, Cotton, Maize and Canola.

|   |   |  |   |
|---|---|--|---|
|  |  |  |  |
| SOYBEAN   | COTTON  | MAIZE  | CANOLA  |

**Pitanje za razmišljanje :**  
**Koje prednosti je donela upotreba molekularne  
biotehnologije, a koja su se sporna pitanja otvorila?**

Slajd 10.

**KORAK 3. Utvrđivanje nastavne jedinice**

Nakon samostalnog prelaženja gradiva, učenici zajedno sa nastavnikom prolaze kroz sve informacije i rešavaju eventualne nedoumice u vezi sa gradivom. Pomoću video bima projektuju se slajdovi kako bi razgovor pratile odgovarajuće slike. Nastavnik kroz dijalog sa učenicima utvrđuje stepen usvojenosti gradiva.

Pitanje: Šta je sekvencioniranje u molekularnoj biologiji?

Očekivani odgovor: Određivanje redosleda nukleotida u molekulu DNK.

Pitanje: Šta je zajednička karakteristika transgenih organizama?

Očekivani odgovor: U svom genomu imaju strani gen koji im donosi novu osobinu.

Pitanje: Šta je genska terapija?

Očekivani odgovor: Način lečenja bolesti zamenom mutiranog gena, normalnim genom.

**KORAK 4. Rešavanje problemskih zadataka i diskusija**

U završnom delu časa učenici prezentuju rezultate svoga rada, iznose svoja rešenja problemskog zadatka. Kroz diskusiju koju vodi nastavnik dolazi se do tačnog rešenja problemskog zadatka, a nastavnik na ovaj način takođe stiče uvid u stepen savladanog gradiva od strane učenika i stavove koje učenici imaju prema datoj temi. Ovakav uvid omogućava da se blagovremeno isprave eventualne greške uznanju i stavovima učenika.

Pitanje: Koje probleme čovečanstva su mogle da reše metode genetičkog inženjerstva?

Očekivani odgovor: Problem gladi u svetu, otpornosti useva, lečenje genetički uslovljenih bolesti, proizvodnju vakcina i lekova, organa za transplantaciju...

Pitanje: Koja sporna pitanja su nastala u vezi sa primenom ove tehnologije?

Očekivani odgovor: To su etička, pravna i ekološka pitanja.

Izradom multimedijalnih prezentacija nastavnih jedinica u Preziju i pisanih priprema za časove biologije u E grupi realizovan je prvi zadatak istraživanja.

## 4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Tokom realizacije pedagoškog istraživanja dobijen je veliki broj podataka. Statistička obrada i analiza rezultata testova u E i K grupi (inicijalnog testa, finalnog testa i retesta u celini i na pojedinačnim nivoima znanja) i rezultata ankete za učenike E grupe omogućila je da se provere hipoteze istraživanja i izvedu zaključci o efikasnosti primene interaktivne nastave biologije uz podršku računara u odnosu na tradicionalnu nastavu biologije u gimnaziji. Analizirane su takođe, promene u postignuću učenika E i K grupe na sva tri testa u celini i na pojedinačnim nivoima znanja i utvrđeno da li je došlo do razlika u postignuću učenika E i K grupe tokom istraživanja i da li su razlike između grupa i testova statistički značajne. Istraživanje je sprovedeno u skladu sa osnovnim postavkama metodologije pedagoškog istraživanja (Bandur i Potkonjak, 2006).

### 4.1. Ujednačavanja E i K grupe pre inicijalnog testiranja

Pre početka istraživanja, izvršeno je ujednačavanje eksperimentalne i kontrolne grupe na osnovu tri kriterijuma: opšteg uspeha učenika na polugodištu IV razreda gimnazije, kao i uspeha obe grupe iz biologije i hemije. Navedeni podaci uzeti su za sva odeljenja E i K grupe iz dnevnika rada. Njihovom analizom omogućeno je formiranje uzorka učenika u odeljenjima E i K grupe. Ujednačenost grupa po navedenim parametrima proverena je Hi kvadrat testom. Ujednačavanje E i K grupe prema navedenim parametrima predstavljalo je takođe polaznu osnovu za eksperimentalno istraživanje i značajan preduslov za njegovu uspešnu realizaciju.

#### 4.1.1. Opšti uspeh učenika E i K grupe na polugodištu IV razreda gimnazije

Rezultati opšteg uspeha učenika E i K grupe na polugodištu IV razreda gimnazije (za pojedinačna odeljenja i grupe u celini) prikazani su u Tabeli 9. i na Grafikonu 1.

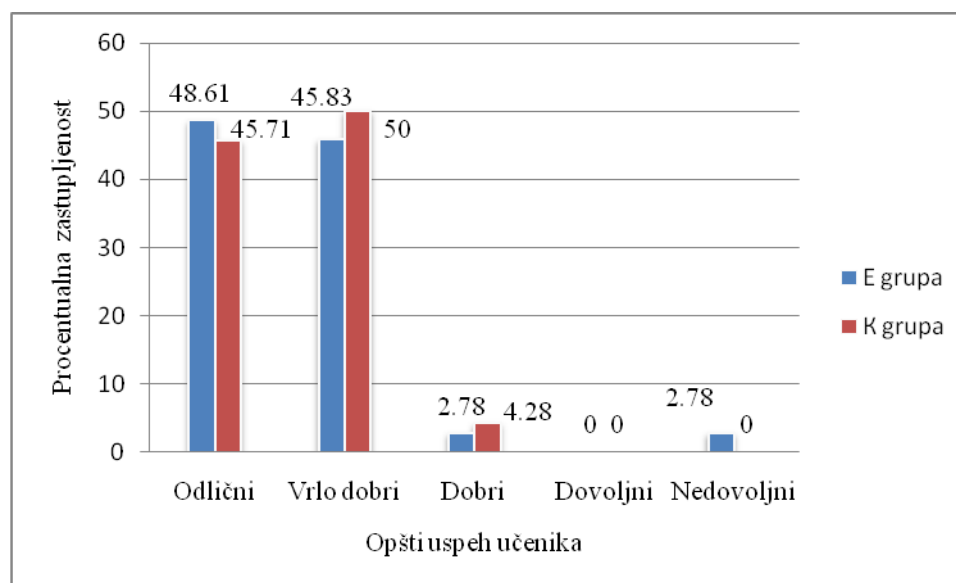
Najveći broj učenika obe grupe imao je na polugodištu IV razreda gimnazije odličan i vrlo dobar opšti uspeh, dok je broj učenika koji su imali dobar, dovoljan i nedovoljan opšti uspeh veoma mali.

Od 72 učenika E grupe: 35 učenika (48,61%) imalo je odličan opšti uspeh, 33 učenika (45,83%) vrlo dobar uspeh, 2 učenika (2,78%) dobar opšti uspeh i 2 učenika (2,78%) nedovoljan opšti uspeh. U ovoj grupi nije bilo učenika sa dovoljnim opštim uspehom na polugodištu IV razreda gimnazije. Prosečna ocena opšteg uspeha učenika E grupe na polugodištu IV razreda gimnazije bila je 4,37.

Tabela 9: Opšti uspeh učenika E i K grupe na polugodištu IV razreda gimnazije

| Škola          | Odeljenje       | Broj učenika | Odlični   |              | Vrlo dobri |              | Dobri    |             | Dovoljni |             | Nedovoljni |             | Srednja ocena |
|----------------|-----------------|--------------|-----------|--------------|------------|--------------|----------|-------------|----------|-------------|------------|-------------|---------------|
|                |                 |              | Br.       | %            | Br.        | %            | Br.      | %           | Br.      | %           | Br.        | %           |               |
| <b>E grupa</b> | IV <sub>1</sub> | 24           | 12        | 50,00        | 11         | 45,83        | 1        | 4,17        | 0        | 0,00        | 0          | 0,00        | 4,59          |
|                | IV <sub>2</sub> | 23           | 11        | 47,83        | 11         | 47,83        | 0        | 0,00        | 0        | 0,00        | 1          | 4,35        | 4,35          |
|                | IV <sub>4</sub> | 25           | 12        | 48,00        | 11         | 44,00        | 1        | 4,00        | 0        | 0,00        | 1          | 4,00        | 4,32          |
| <b>Ukupno</b>  | <b>3</b>        | <b>72</b>    | <b>35</b> | <b>48,61</b> | <b>33</b>  | <b>45,83</b> | <b>2</b> | <b>2,78</b> | <b>0</b> | <b>0,00</b> | <b>2</b>   | <b>2,78</b> | <b>4,37</b>   |
| <b>K grupa</b> | IV <sub>1</sub> | 23           | 11        | 47,83        | 11         | 47,83        | 1        | 4,34        | 0        | 0,00        | 0          | 0,00        | 4,44          |
|                | IV <sub>2</sub> | 24           | 11        | 45,83        | 12         | 50,00        | 1        | 4,17        | 0        | 0,00        | 0          | 0,00        | 4,42          |
|                | IV <sub>3</sub> | 23           | 10        | 43,38        | 12         | 52,17        | 1        | 4,34        | 0        | 0,00        | 0          | 0,00        | 4,39          |
| <b>Ukupno</b>  | <b>3</b>        | <b>70</b>    | <b>32</b> | <b>45,71</b> | <b>35</b>  | <b>50,00</b> | <b>3</b> | <b>4,28</b> | <b>0</b> | <b>0,00</b> | <b>0</b>   | <b>0,00</b> | <b>4,41</b>   |

Od 70 učenika K grupe: 32 učenika (45,71%) imalo je odličan opšti uspeh, 35 učenika (50,00%) vrlo dobar opšti uspeh i 3 učenika (4,28%) dobar uspeh. U K grupi nije bilo učenika sa dovoljnim i nedovoljnom opštim uspehom. Prosečna ocena opšteg uspeha učenika K grupe na polugodištu IV razreda gimnazije bila je 4,41.



Grafikon 1: Distribucija opšteg uspeha učenika E i K grupe na polugodištu IV razreda gimnazije izražena u procentima

Da bi testirali razlike u opštem uspehu učenika E i K grupe na polugodištu IV razreda gimnazije primenjen je Hi kvadrat test ( $\chi^2$  test). Njegovi rezultati su pokazali da ne postoji statistički značajna razlika između grupa u pogledu opšteg uspeha učenika,  $\chi^2(3, n = 142) = 0,236, p > 0,05$ .



Na osnovu broja učenika sa odličnim, vrlo dobrim, dobrim, dovoljnim i nedovoljnim opštim uspehom na polugodištu IV razreda gimnazije (Tabela 3 i Grafikon 1) i vrednosti Hi kvadrat testa razlika između E i K grupe u pogledu opšteg uspeha učenika je neznatna i nije statistički značajna. Na osnovu datih parametara E i K grupa su ujednačene prema opštem uspehu učenika na polugodištu IV razreda gimnazije. Veliki broj učenika sa odličnim i vrlo dobrim opštim uspehom u E i K grupi i visoke prosečne ocene opšteg uspeha pojedinačnih odeljenja i obe grupe u celini, ukazuju da su odeljenja uključena u eksperimentalno pedagoško istraživanje u K i E grupi pogodna za realizaciju planiranog pedagoškog istraživanja.

#### 4.1.2. Uspeh učenika E i K grupe iz biologije na polugodištu IV razreda gimnazije

Dobro predznanje učenika E i K grupe iz gradiva biologije koje su učili u prvom polugodištu IV razreda gimnazije (a naročito iz nastavne teme Mehanizmi nasleđivanja) je preduslov za uspešnu realizaciju i usvajanje sadržaja nastavne teme Osnovi molekularne biologije tokom pedagoškog istraživanja. Distribucija ocena iz biologije na polugodištu IV razreda gimnazije za pojedinačna odeljenja i obe grupe u celini prikazana je u Tabeli 10. i na Grafikonu 2.

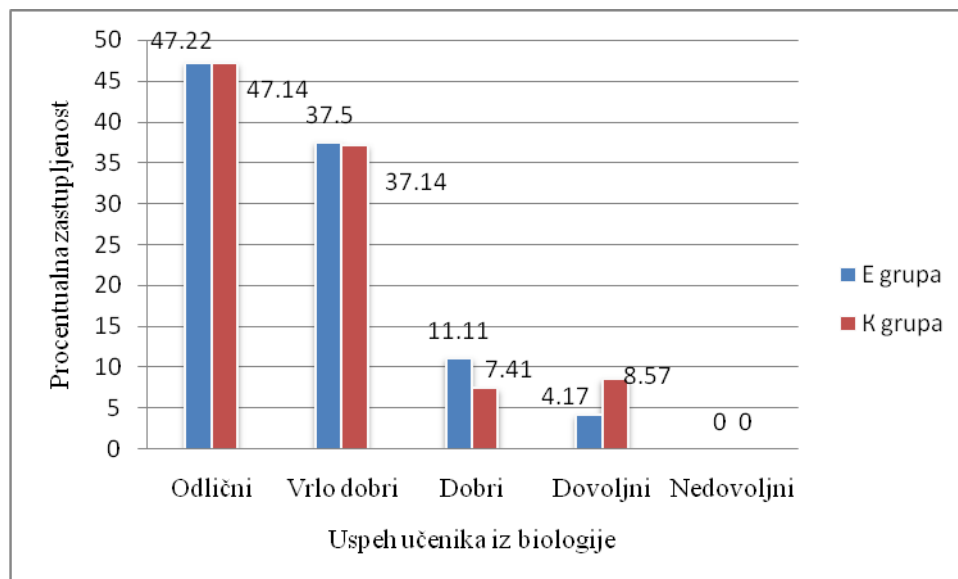
Tabela 10: Uspeh učenika E i K grupe iz biologije na polugodištu IV razreda

| Škola          | Odeljenje       | Broj učenika | Odlični   |              | Vrlo dobri |              | Dobri    |              | Dovoljni |             | Nedovoljni |             | Srednja ocena |
|----------------|-----------------|--------------|-----------|--------------|------------|--------------|----------|--------------|----------|-------------|------------|-------------|---------------|
|                |                 |              | Br.       | %            | Br.        | %            | Br.      | %            | Br.      | %           | Br.        | %           |               |
| <b>E grupa</b> | IV <sub>1</sub> | 24           | 12        | 50,00        | 8          | 33,33        | 3        | 12,50        | 1        | 4,17        | 0          | 0,00        | 3,96          |
|                | IV <sub>2</sub> | 23           | 11        | 47,83        | 10         | 43,488       | 2        | 8,69         | 0        | 0,00        | 0          | 0,00        | 4,39          |
|                | IV <sub>4</sub> | 25           | 11        | 44,00        | 9          | 36,00        | 3        | 12,00        | 2        | 8,00        | 0          | 0,00        | 4,16          |
| <b>Ukupno</b>  | <b>3</b>        | <b>72</b>    | <b>34</b> | <b>47,22</b> | <b>27</b>  | <b>37,50</b> | <b>8</b> | <b>11,11</b> | <b>3</b> | <b>4,17</b> | <b>0</b>   | <b>0,00</b> | <b>4,28</b>   |
| <b>K grupa</b> | IV <sub>1</sub> | 23           | 12        | 52,17        | 8          | 34,78        | 1        | 4,35         | 2        | 8,70        | 0          | 0,00        | 4,30          |
|                | IV <sub>2</sub> | 24           | 11        | 45,83        | 9          | 37,50        | 2        | 8,33         | 2        | 8,33        | 0          | 0,00        | 4,21          |
|                | IV <sub>3</sub> | 23           | 10        | 43,48        | 9          | 39,13        | 2        | 8,69         | 2        | 8,69        | 0          | 0,00        | 4,17          |
| <b>Ukupno</b>  | <b>3</b>        | <b>70</b>    | <b>33</b> | <b>47,14</b> | <b>26</b>  | <b>37,14</b> | <b>5</b> | <b>7,14</b>  | <b>6</b> | <b>8,57</b> | <b>0</b>   | <b>0,00</b> | <b>4,23</b>   |

Najveći broj učenika obe grupe imao je na polugodištu IV razreda gimnazije odličan i vrlo dobar uspeh iz biologije, dok je broj učenika koji su imali dobar, dovoljan i nedovoljan uspeh veoma mali.

Od 72 učenika E grupe: 34 učenika (47,22%) imalo je odličan uspeh, 27 učenika (37,50%) vrlo dobar uspeh, 8 učenika (11,11%) dobar uspeh i 3 učenika (4,17%) dovoljan uspeh iz biologije. U ovoj grupi nije bilo učenika sa nedovoljnom ocenom iz biologije. Prosečna ocena učenika E grupe iz biologije na polugodištu IV razreda gimnazije bila je 4,28.

Od 70 učenika K grupe: 33 učenika (47,14%) imalo je odličan uspeh iz biologije, 26 učenika (37,14%) vrlo dobar uspeh, 5 učenika (7,14%) dobar uspeh i 6 učenika (8,57%) dovoljan uspeh. Ni u K grupi nije bilo učenika sa nedovoljnom ocenom iz biologije. Prosečna ocena učenika K grupe iz biologije na polugodištu IV razreda gimnazije bila je je 4,23.



Grafikon 2: Distribucija uspeha učenika E i K grupe iz biologije na polugodištu IV razreda gimnazije (u %)

Da bi testirali razlike u uspehu iz biologije učenika E i K grupe na polugodištu IV razreda gimnazije primenjen je Hi kvadrat test. Njegovi rezultati su pokazali da ne postoji statistički značajna razlika između grupa u uspehu učenika iz biologije,  $\chi^2(3, n = 142) = 0,169, p > 0,05$ .

Na osnovu broja učenika sa odličnim, vrlo dobrim, dobrim, dovoljnim i nedovoljnim uspehom iz biologije na polugodištu IV razreda gimnazije (Tabela 8. i Grafikon 2) i vrednosti Hi kvadrat testa, razlika u uspehu između učenika E i K grupe iz biologije je neznatna i nije statistički značajna, tj. E i K grupa su ujednačene prema ocenama iz biologije. Veliki broj učenika sa odličnim i vrlo dobrim ocenama iz biologije u E i K grupi i visoke prosečne ocene pojedinačnih odeljenja u obe grupe, ukazuju da su obe grupe pogodne za realizaciju planiranog pedagoškog istraživanja.

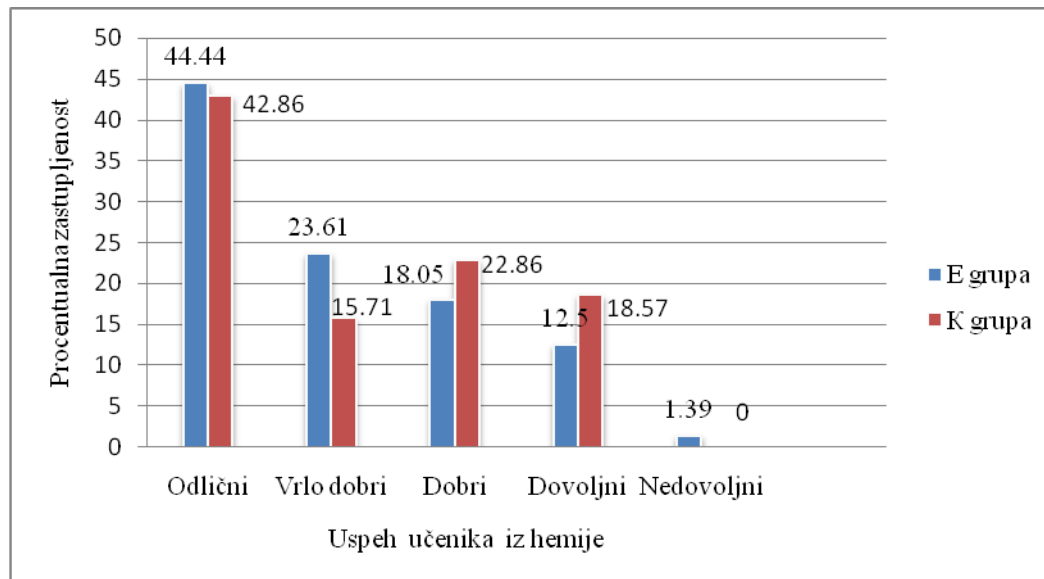
#### 4.1.3. Uspeh učenika E i K grupe iz hemije na polugodištu IV razreda gimnazije

Sadržaji nastavne teme Osnovi molekularne biologije su veoma kompleksni i teški. Molekularna biologija je biološka disciplina koja proučava biologiju na nivou molekula. Zato je za njenu uspešnu realizaciju i usvajanje tokom pedagoškog istraživanja neophodno dobro predznanje učenika E i K grupe iz hemije. Rezultati uspeha učenika E i K grupe iz hemije na polugodištu IV razreda gimnazije za pojedinačna odeljenja i obe grupe u celini prikazani su u Tabeli 11. i na Grafikonu 3.

Tabela 11: *Uspeh učenika E i K grupe iz hemije na polugodištu IV razreda*

| Škola          | Odeljenje       | Broj učenika | Odlični   |              | Vrlo dobri |              | Dobri     |              | Dovoljni  |              | Nedovoljni |             | Srednja ocena |
|----------------|-----------------|--------------|-----------|--------------|------------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|------------|-------------|---------------|
|                |                 |              | Br.       | %            | Br.        | %            | Br.       | %            | Br.       | %            | Br.        | %           |               |
| <b>E grupa</b> | IV <sub>1</sub> | 24           | 10        | 45,83        | 6          | 25,00        | 5         | 20,83        | 2         | 8,33         | 1          | 4,17        | 3,92          |
|                | IV <sub>2</sub> | 23           | 11        | 47,83        | 5          | 21,74        | 4         | 17,39        | 3         | 13,04        | 0          | 0,00        | 4,04          |
|                | IV <sub>4</sub> | 25           | 11        | 44,00        | 6          | 24           | 4         | 16,00        | 4         | 16,00        | 0          | 0,00        | 3,96          |
| <b>Ukupno</b>  | <b>3</b>        | <b>72</b>    | <b>32</b> | <b>44,44</b> | <b>17</b>  | <b>23,61</b> | <b>13</b> | <b>18,05</b> | <b>9</b>  | <b>12,50</b> | <b>1</b>   | <b>1,39</b> | <b>3,97</b>   |
| <b>K grupa</b> | IV <sub>1</sub> | 23           | 10        | 43,48        | 4          | 17,39        | 5         | 21,74        | 4         | 17,39        | 0          | 0,00        | 3,87          |
|                | IV <sub>2</sub> | 24           | 10        | 41,67        | 4          | 16,67        | 6         | 25,00        | 4         | 16,67        | 0          | 0,00        | 3,83          |
|                | IV <sub>3</sub> | 23           | 10        | 43,48        | 3          | 13,04        | 5         | 21,74        | 5         | 21,74        | 0          | 0,00        | 3,78          |
| <b>Ukupno</b>  | <b>3</b>        | <b>70</b>    | <b>30</b> | <b>42,86</b> | <b>11</b>  | <b>15,71</b> | <b>16</b> | <b>22,86</b> | <b>13</b> | <b>18,57</b> | <b>0</b>   | <b>0,00</b> | <b>3,83</b>   |

Za razliku od opšteg uspeha učenika E i K grupe i njihovih ocena iz biologije, gde je u obe grupe najveći broj učenika imao odličan i vrlo dobar uspeh, ocene iz hemije imaju drugačiju distribuciju. Najveći broj učenika u obe grupe imaju iz hemije odličan uspeh, ali je broj učenika sa vrlo dobrim, dobrim i dovoljnim ocenama u E i K grupi znatno veći. I prosečne ocene iz hemije u pojedinačnim odeljenjima i u E i K grupi u celini su slabije od prosečnih ocena opšteg uspeha i ocena iz biologije.



Grafikon 3: *Distribucija uspeha učenika E i K grupe iz hemije na polugodištu IV razreda gimnazije (u %)*

Od 72 učenika E grupe: 32 učenika (44,44%) imala su odličan uspeh, 17 učenika (23,61%) vrlo dobar uspeh, 13 učenika (18,05%) dobar uspeh, 9 učenika (12,50%) dovoljan uspeh i 1 učenik (1,39%) nedovoljan uspeh iz hemije. Prosečna ocena učenika E grupe iz hemije na polugodištu IV razreda gimnazije je 3,97.

Od 70 učenika K grupe: 30 učenika (42,86%) imalo je odličan uspeh, 11 učenika (15,71%) vrlo dobar uspeh, 16 učenik (22,86%) dobar uspeh i 13 učenika (18,57%) dovoljan uspeh iz hemije. U ovoj grupi nije bilo učenika sa nedovoljnim ocenama iz hemije. Prosečna ocena učenika K grupe iz hemije na polugodištu IV razreda gimnazije je 3,83.

Da bi testirali razlike u uspehu iz hemije učenika E i K grupe na polugodištu IV razreda gimnazije primenjen je Hi kvadrat test. Njegovi rezultati su pokazali da ne postoje statistički značajne razlike između pojedinačnih odeljenja i E i K grupe u celini u odnosu na njihov uspeh iz hemije,  $\chi^2(4, n = 142) = 0,149, p > 0,05$ .

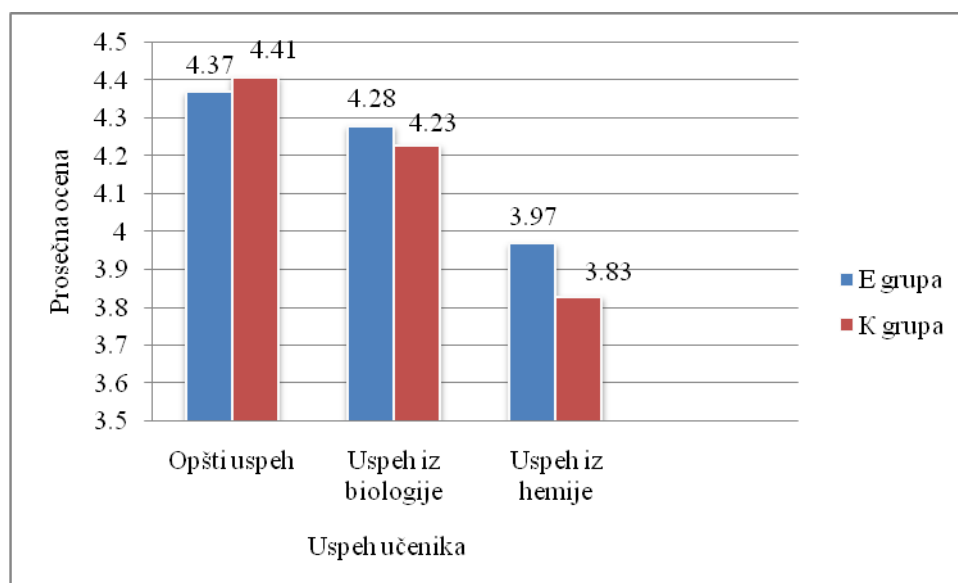
Na osnovu broja učenika sa odličnim, vrlo dobrim, dobrim, dovoljnim i nedovoljnim uspehom iz hemije na polugodištu IV razreda gimnazije (Tabela 4. i Grafikon 3) i vrednosti Hi kvadrat testa, razlike između učenika E i K grupe u pogledu uspeha iz hemije su neznatne i nisu statistički značajne, tj. E i K grupa su ujednačene prema ocenama iz hemije. Iako je uspeh učenika E i K grupe iz hemije slabiji od opšteg uspeha i uspeha iz biologije, uspeh učenika obe grupe iz hemije je visok i omogućuje uspešnu realizaciju planiranog pedagoškog istraživanja.

U Tabeli 12. i na Grafikonu 4. dat je uporedni prikaz prosečnih ocena: opšteg uspeha, uspeha iz biologije i hemije učenika E i K grupe na polugodištu IV razreda gimnazije.

Tabela 12: *Prosečne ocene opšteg uspeha, uspeha iz biologije i hemije u E i K grupi na polugodištu IV razreda gimnazije*

| Grupa | Opšti uspeh | Uspeh iz biologije | Uspeh iz hemija |
|-------|-------------|--------------------|-----------------|
| E     | 4,37        | 4,28               | 3,97            |
| K     | 4,41        | 4,23               | 3,83            |

Učenici E i K grupe imali su visoke prosečne ocene opšteg uspeha i uspeha iz biologije na polugodištu IV razreda gimnazije, dok je u obe grupe njihova prosečna ocena iz hemije neznatno slabija.



Grafikon 4: *Prosečne ocene opšteg uspeha, uspeha iz biologije i hemije u E i K grupi na polugodištu IV razreda gimnazije*

Ujednačavanjem E i K grupe na osnovu: opšteg uspeha, uspeha iz biologije i hemije na polugodištu IV razreda gimnazije omogućen je nastavak istraživanja i stvorene pretpostavke za njegov dalji uspešan tok.

Ujednačavanjem eksperimentalne i kontrolne grupe na početku pedagoškog istraživanja na osnovu: opšteg uspeha učenika, uspeha iz biologije i hemije na polugodištu IV razreda gimnazije *realizovan je treći zadatak istraživanja.*

## 4.2. Rezultati testiranja znanja učenika E i K grupe

Merenjem postignuća učenika E i K grupe na inicijalnom testu, finalnom testu i retestu u celini i na pojedinačnim nivoima znanja (poznavanje činjenica, razumevanje pojmova i analiza i rezonovanje), dobijeni su pokazatelji istraživanja, izraženi kvantitetom i kvalitetom znanja učenika tj. njihova sposobnost rešavanja zadataka različitih nivoa težine tokom istraživanja.

Statistički pokazatelji koji su analizirani na sva tri testa u celini i na pojedinačnim nivoima znanja su: srednja vrednost ( $M$ ), razlika aritmetičkih sredina između dve grupe ( $M_E - M_K$ ), standardna devijacija ( $SD$ ), standardna greška ( $SE$ ). Na osnovu vrednosti parametara:  $t$ ,  $df$ ,  $p$  i  $d$  testirana je značajnost razlika u postignuću učenika E i K grupe na sva tri testa.

### 4.2.1. Rezultati inicijalnog testiranja učenika E i K grupe

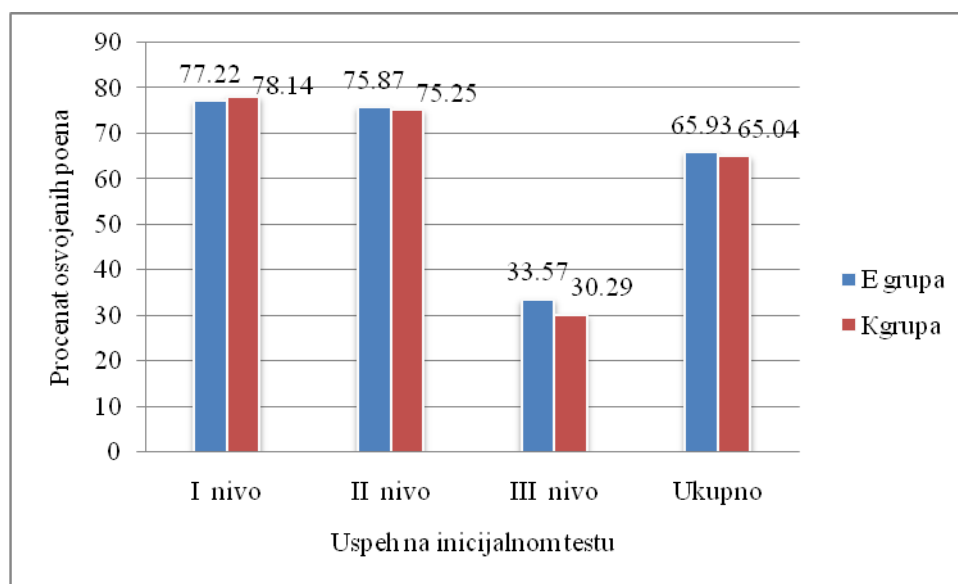
Inicijalno testiranje učenika E i K grupe sprovedeno je pre uvođenja eksperimentalnog faktora u E grupu (interaktivne nastave uz podršku računara). Cilj inicijalnog testiranja bio je da se E i K grupa ujednače na osnovu predznanja učenika iz biologije. Maksimalan broj poena na inicijalnom testu iznosio je 100 poena: na prvom nivou 20 poena, na drugom nivou 56 poena i na trećem nivou 24 poena. Inicijalni test je sastavljen iz gradiva prethodno obrađene nastavne teme Mehanizmi nasleđivanja. Rezultati inicijalnog testa učenika E i K grupe predstavljeni ukupnim brojem osvojenih poena, prosečnim brojem poena i procentom osvojenih poena po nivoima znanja i na testu u celini prikazani su u Tabeli 13, a izraženi u procentima (u odnosu na ukupan broj poena) na Grafikonu 5.

Tabela 13: *Uspeh učenika K i E grupe na inicijalnom testu*

| Nivoi znanja                               | Grupa | Prosečan broj poena | %     |
|--|-------|---------------------|-------|
| <b>I nivo</b><br>(poznavanje činjenica)    | E     | 15,44               | 77,22 |
|  | K     | 15,63               | 78,14 |
| <b>II nivo</b><br>(razumevanje pojmova)    | E     | 42,49               | 75,87 |
|  | K     | 42,14               | 75,25 |
| <b>III nivo</b><br>(analiza i rezonovanje) | E     | 8,06                | 33,57 |
|  | K     | 7,27                | 30,29 |
| <b>Ukupno postignuće</b>                   | E     | 65,93               | 65,93 |
|  | K     | 65,04               | 65,04 |



Učenici E i K grupe su na inicijalnom testu u celini i na pojedinačnim nivoima znanja ostvarili približan broj poena. Obe grupe osvojile su najviše poena na prvom nivou znanja (poznavanje činjenica): E grupa prosečno 15,44 poena (77,22%), a K grupa 15,63 poena (78,14%), zatim na drugom nivou znanja (razumevanje pojmova): E grupa 42,49 poena (75,87%), a K grupa 42,14 poena (75,25%), dok su najslabiji uspeh ostvarili na najtežim pitanjima (analiza i rezonovanje): E grupa 8,06 poena (33,57%), a K grupa 7,27 poena (30,29%). Pitanja trećeg nivoa obuhvatala su zadatke iz genetike. Iako su na pitanjima prvog i drugog nivoa znanja učenici obe grupe pokazali da su usvojili i razumeli ključne činjenice i pojmove iz genetike, kada su u rešavanju zadataka trećeg nivoa trebali da ih primene oni nisu bili uspešni i nisu uspeli da dosegnu isti nivo znanja kao na prethodna dva nivoa (nisu umeli da primene stečeno znanje na konkretnim primerima). Kada se imaju u vidu visoke ocene prosečnog uspeha učenika obe grupe i njihove visoke prosečne ocene iz biologije i hemije na polugodištu četvrtog razreda gimnazije, njihovo prosečno postignuće na inicijalnom testu u celini je ispod očekivanog nivoa (65,93 poena ili 65,93% u E grupi i 65,04 poena ili 65,04% u K grupi).



Grafikon 5: Prosečan uspeh E i K grupe na inicijalnom testu po nivoima znanja i na testu u celini izražen u procentima

Učenici E i K grupe su na pojedinačnim nivoima znanja i na inicijalnom testu u celini ostvarili neznatne razlike u broju poena. Statistički pokazatelji inicijalnog testa dati su u Tabeli 14.

Razlika u postignuću učenika E i K grupe na I kognitivnom nivou je 0,19 poena u korist K grupe. Na osnovu vrednosti t-testa (-0,383 uz značajnost  $p=0,703$ ) ta razlika nije statistički značajna, jer je dobijena t vrednost manja od tablične vrednosti. Granice 95% intervala poverenja za aritmetičku sredinu razlika na prvom kognitivnom nivou inicijalnog testa obuhvataju 0 (-1,135; 0,767) i ukazuje na nepostojanje razlika između grupa. Veličina efekta Koenovo  $d=0,064$  je niska i takođe ukazuje na nepostojanje razlika između grupa u poznavanju činjenica.

Razlika u postignuću učenika E i K grupe na II kognitivnom nivou je 0,35 poena u korist E grupe. Na osnovu vrednosti t-testa (0,290 uz značajnost  $p=0,772$ ) ta razlika nije statistički značajna. Veličina efekta  $d=0,049$  je niska i takođe ukazuje na nepostojanje razlika između grupa u razumevanju pojmova.

Razlika u postignuću učenika E i K grupe na III kognitivnom nivou je 0,79 poena u korist E grupe. Na osnovu vrednosti t-testa (0,638 uz značajnost  $p= 0,524$ ) ta razlika nije statistički značajna. Veličina efekta Koenovo  $d= 0,107$  je niska i takođe ukazuje na nepostojanje razlika između grupa na nivou znanja analiza i rezonovanje.

Razlika srednjih vrednosti između E i K grupe na inicijalnom testu u celini je 0,89 poena u korist E grupe. Na osnovu vrednosti t-testa (-0,367 uz značajnost  $p= 0,715$ ) ta razlika nije statistički značajna. Veličina efekta Koenovo  $d$  izračunatog na osnovu rezultata inicijalnog testa u celini iznosi 0,065 i ukazuje na nisku vrednost efekta, odnosno na nepostojanje razlika između grupa na inicijalnom testu u celini.

Tabela 14: Statistički pokazatelji rezultata E i K grupe na inicijalnom testu

| Nivoi znanja | Grupa | N  | M     | SD     | SE     | $M_E - M_K$ | 95% interval poverenja | t      | df  | p     | d     |
|--------------|-------|----|-------|--------|--------|-------------|------------------------|--------|-----|-------|-------|
| I nivo       | E     | 72 | 15,44 | 3,103  | 0,366  | 0,19        | (-1,135; 0,767)        | -0,383 | 140 | 0,703 | 0,064 |
|              | K     | 70 | 15,63 | 2,600  | 0,3101 |             |                        |        |     |       |       |
| II nivo      | E     | 72 | 42,49 | 7,258  | 0,855  | 0,35        | (-1,997; 2,684)        | 0,290  | 140 | 0,772 | 0,049 |
|              | K     | 70 | 42,14 | 6,836  | 0,817  |             |                        |        |     |       |       |
| III nivo     | E     | 72 | 8,06  | 6,889  | 0,812  | 0,79        | (-1,645; 3,214)        | 0,638  | 140 | 0,524 | 0,107 |
|              | K     | 70 | 7,27  | 7,740  | 0,925  |             |                        |        |     |       |       |
| Ukupno       | E     | 72 | 65,93 | 14,724 | 1,735  | 0,89        | (-3,900; 5,676)        | 0,367  | 140 | 0,715 | 0,065 |
|              | K     | 70 | 65,04 | 14,119 | 1,687  |             |                        |        |     |       |       |

Na osnovu statističkih pokazatelja inicijalnog testa u celini i na pojedinačnim nivoima znanja razlike između E i K grupe nisu statistički značajne. To znači da su E i K grupa ujednačene na početku pedagoškog istraživanja na osnovu predznanja učenika iz biologije. To je omogućilo dalji tok istraživanja (nastavak pedagoškog eksperimenta) a nakon njegove realizacije analizu dobijenih rezultata na finalnom testu i retestu i izvođenje validnih zaključaka.

Analizom rezultata inicijalnog testa utvrđeno je da ne postoje statistički značajne razlike u kvantitetu i kvalitetu znanja učenika E i K grupe na inicijalnom testu u celini i na sva tri nivoa znanja (poznavanje činjenica, razumevanje pojmova, analiza i rezonovanje).

Ujednačavanjem E i K grupe na osnovu njihovog postignuća na inicijalnom testu, realizovan je četvrti zadatak istraživanja.

#### 4.2.2. Rezultati finalnog testiranja učenika E i K grupe

Nakon ujednačavanja E i K grupe u daljem toku istraživanja obrada nastavne teme Osnovi molekularne biologije odvijala se primenom dva različita modela nastave u dve različite grupe učenika.

Učenici eksperimentalne grupe su nastavnu temu Osnovi molekularne biologije tokom 13 časova realizovali interaktivnom nastavom uz podršku računara radom u parovima u kabinetu za

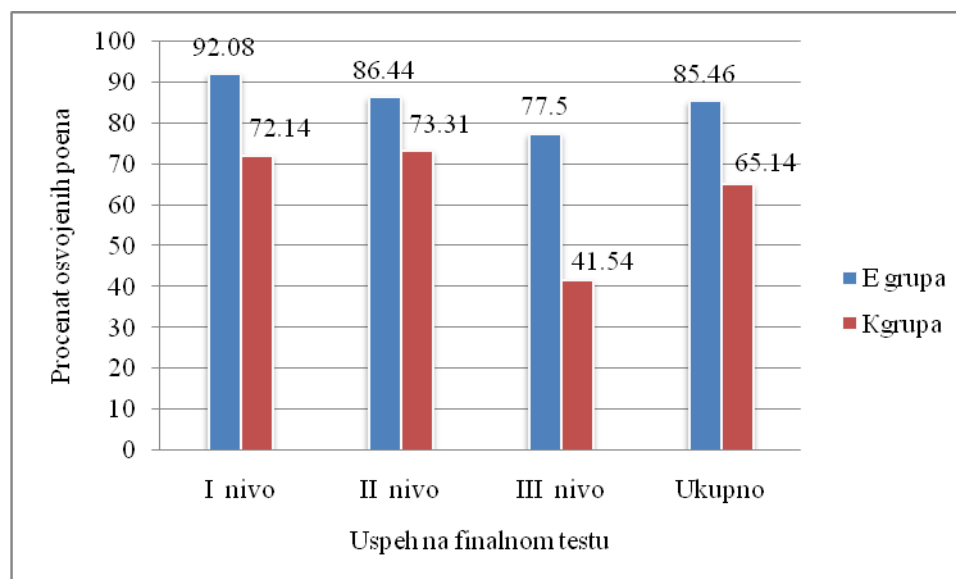
informatiku. U isto vreme učenici kontrolne grupe su istu nastavnu temu tokom istog broja časova realizovali tradicionalnom nastavom u kabinetu za biologiju.

Nakon obrade nastavne teme Osnovi molekularne biologije na različite načine u E i K grupi učenici obe grupe su bez najave radili finalni test. Cilj testa je bio da se sagleda efikasnost primene interaktivne nastave biologije uz podršku računara u odnosu na tradicionalnu nastavu biologije u gimnaziji tokom obrade iste nastavne teme. Maksimalan broj poena na finalnom testu iznosio je 100, po nivoima znanja: na prvom nivou 20, na drugom nivou 55 i na trećem nivou 25 poena. Rezultati finalnog testa predstavljeni ukupnim brojem poena, prosečnim brojem poena i procentom osvojenih poena po nivoima znanja i na testu u celini za E i K grupu prikazani su u Tabeli 15, a izraženi u procentima (u odnosu na ukupan broj poena) na Grafikonu 6.

Tabela 15: *Uspeh učenika K i E grupe na finalnom testu*

| Kognitivni domeni                          | Grupa | Prosečan broj poena | %     |
|--|-------|---------------------|-------|
| <b>I nivo</b><br>(poznavanje činjenica)    | E     | 18,42               | 92,08 |
|  | K     | 14,43               | 72,14 |
| <b>II nivo</b><br>(razumevanje pojmova)    | E     | 47,54               | 86,44 |
|  | K     | 40,32               | 73,31 |
| <b>III nivo</b><br>(analiza i rezonovanje) | E     | 19,37               | 77,50 |
|  | K     | 10,39               | 41,54 |
| <b>Ukupno postignuće</b>                   | E     | 85,46               | 85,46 |
|  | K     | 65,14               | 65,14 |

Učenici E grupe su na finalnom testu u celini osvojili prosečno 85,46 poena (85,46% od ukupnog broja poena), a učenici K grupe prosečno 65,14 poena (65,14%). Na I nivou znanja na finalnom testu učenici E grupe osvojili su prosečno 18,42 poena (92,08%), a učenici K grupe 14,43 poena (72,14%). Na II nivou znanja E grupa je imala prosečno 47,54 poena (86,44%), a K grupa 40,32 poena (73,31%). Obe grupe ostvarile su slabiji uspeh na trećem nivou znanja (E grupa prosečno 19,37 poena ili 77,50% ukupnog broja poena, a K grupa 10,39 poena ili 41,54%). Grupu pitanja trećeg nivoa činila su 4 pitanja, od toga 3 zadatka i slika na kojoj je trebalo obeležiti ključne komponente u građi molekula DNK. To ukazuje da ni na finalnom testu učenici obe grupe nisu uspeali u dovoljnoj meri da primene znanje koje su usvojili na prethodna dva nivoa znanja (poznavanje činjenica i razumevanje pojmova).



Grafikon 6: Prosečan uspeh E i K grupe na finalnom testu po nivoima znanja i na testu u celini izražen u procentima

Statistički pokazatelji finalnog testa dati su u Tabeli 16. Na osnovu rezultata finalnog testa uočavaju se statistički značajne razlike u postignućima učenika E i K grupe na pojedinačnim nivoima znanja i na finalnom testu u celini.

Tabela 16: Statistički pokazatelji rezultata E i K grupe na finalnom testu

| Nivoi znanja | Grupa | N  | M     | SD     | SEM   | $M_E - M_K$ | 95% interval pouzdanosti | t     | df  | p      | d     |
|--------------|-------|----|-------|--------|-------|-------------|--------------------------|-------|-----|--------|-------|
| I nivo       | E     | 72 | 18,42 | 2,593  | 0,306 | 3,99        | (2,799; 5,177)           | 6,632 | 140 | 0,000* | 0,109 |
|              | K     | 70 | 14,43 | 4,372  | 0,523 |             |                          |       |     |        |       |
| II nivo      | E     | 72 | 47,54 | 6,477  | 0,763 | 7,22        | (4,554; 9,997)           | 5,354 | 140 | 0,000* | 0,896 |
|              | K     | 70 | 40,32 | 9,371  | 1,120 |             |                          |       |     |        |       |
| III nivo     | E     | 72 | 19,37 | 5,552  | 0,654 | 8,98        | (6,581; 11,398)          | 7,379 | 140 | 0,000* | 1,235 |
|              | K     | 70 | 10,39 | 8,669  | 1,036 |             |                          |       |     |        |       |
| Ukupno       | E     | 72 | 85,46 | 11,622 | 1,370 | 20,32       | (6,581; 11,398)          | 7,570 | 140 | 0,000* | 1,266 |
|              | K     | 70 | 65,14 | 19,493 | 2,330 |             |                          |       |     |        |       |

\* $p < 0,05$

Najveća razlika u postignuću učenika E i K grupe je na finalnom testu u celini, a zatim na III i II nivou znanja, dok je najmanja na zadacima I nivoa znanja.

Razlika aritmetičkih sredina između E i K grupe na I nivou znanja je 3,99 poena u korist E grupe. Na osnovu vrednosti t-testa (6,632 uz značajnost  $p = 0,000$ ) koja je veća od tablične vrednosti ostvarena razlika je statistički značajna. Ona pokazuje da između učenika E i K grupe na finalnom testu postoji razlika u poznavanju činjenica. Granice 95% intervala poverenja za aritmetičku sredinu razlika na I nivou znanja ne obuhvataju 0 (2,799; 5,177), što ukazuje na postojanje razlika između grupa. Veličina efekta Koenovo d za I nivo znanja iznosi 0,109 i ukazuje na visoku vrednost efekta.

Razlika aritmetičkih sredina između E i K grupe na II nivou znanja iznosi 7,22 poena u korist E grupe. Na osnovu vrednosti t-testa (5,354 uz značajnost  $p=0,000$ ) koja je veća od tablične vrednosti razlika je statistički značajna. Ona pokazuje da između učenika E i K grupe na finalnom testu postoji razlika u razumevanju pojmova. Veličina efekta Koenovo d za II nivo znanja iznosi 0,896 i ukazuje na veoma visoku vrednost efekta.

Vrednost t-testa na III nivou znanja (7,379 uz značajnost  $p = 0,000$ ) pokazuje da je razlika između E i K grupe od 8,98 poena u korist E grupe na ovom nivou znanja statistički značajna, jer je dobijena t vrednost veća od tablične vrednosti. Ona pokazuje da na finalnom testu postoji razlika između učenika E i K grupe i na nivou znanja analiza i rezonovanje. Veličina efekta Koenovo d izračunata na osnovu rezultata trećeg nivoa znanja (1,235) ukazuje na visoku vrednost efekta.

Razlika srednjih vrednosti ostvarenog broja poena između E i K grupe na finalnom testu u celini je 20,32 poena u korist E grupe. Na osnovu vrednosti t-testa (7,770 uz značajnost  $p= 0,000$ ) razlika između grupa na finalnom testu u celini je statistički značajna. Veličina efekta Koenovo d izračunata na osnovu rezultata finalnog testa u celini iznosi 1,266 i ukazuje na visoku vrednost efekta, odnosno na postojanje razlika između E i K grupe u postignuću na finalnom testu u celini.

Primena različitih modela nastave u E i K grupi dovela je do razlika u njihovom postignuću na finalnom testu. Na osnovu statističkih pokazatelja finalnog testa (Tabela 16), ostvarene razlike između E i K grupe na finalnom testu u celini i na sva tri nivoa znanja su u korist E grupe i statistički su značajne. Rezultati istraživanja su pokazali da ostvarene razlike u postignuću učenika E i K grupe na finalnom testu nisu samo razlike u kvantitetu već i u kvalitetu znanja, umenja i navika učenika dve grupe iz biologije.

S obzirom na to da su učenici obe grupe u prvom razredu gimnazije učili građu i funkciju DNK i RNK, upoznali se sa pojmovima genetička šifra, replikacija, transkripcija, osnove biosinteze proteina, odnos gena i proteina, i da su pre nastavne teme Osnovi molekularne biologije u četvrtom razredu gimnazije obradili nastavnu temu Mehanizmi nasleđivanja (u kojoj su proučavali osnove genetike), njihova znanja su dodatno produbljena tokom obrade nastavne teme Osnovi molekularne biologije. Uz to, učenici obe grupe su imali visoke prosečne ocene opšteg uspeha i ocena iz biologije i hemije na polugodištu četvrtog razreda gimnazije. Zato se očekivalo da će učenici obe grupe, a naročito eksperimentalna grupa, imati visoko prosečno postignuće na finalnom testu u celini i na sva tri nivoa znanja. Na tako visokom nivou bilo je znanje učenika E grupe na prvom (92,08%), zatim drugom nivou znanja (86,04%) i na finalnom testu u celini (85,46%) dok je njihovo znanje na trećem nivou (77,50%) bilo slabije. Nivo znanja učenika K grupe bio je statistički značajno slabiji: na finalnom testu u celini 64,14%, na I nivou 72,14%, na II nivou 73,31% i na III nivou 41,54%.

Ovakvi rezultati pokazuju da je obrazovni sistem u Srbiji pre svega orijentisan na usvajanje reproduktivnih, a ne produktivnih (funkcionalnih) znanja, za koja je neophodno ozbiljno intelektualno angažovanje učenika. Sadržaji iz biologije u gimnaziji se još uvek u nastavnoj praksi u našim školama dominantno realizuju tradicionalnim nastavnim metodama i oblicima rada, kojima se ne mogu doseći najviši nivoi kvaliteta znanja učenika. Zato su postignuća učenika K grupe u kojoj je nastavna tema Osnovi molekularne biologije realizovana tradicionalnom nastavom na finalnom testu manja nego u E grupi. Nasuprot tome inovativni modeli nastave (u koje spada i interaktivna nastava uz podršku računara) stavljaju učenike u aktivnu poziciju. „Takvim pristupom u nastavi podstiču se kreativna i produktivna znanja koja osposobljavaju učenike za samostalan rad i samoobrazovanje” (Miljanović, 2003).



Postojanje povezanosti (korelacije) između opšteg uspeha učenika, njihove ocene iz biologije na kraju prvog polugodišta IV razreda gimnazije i njihovog znanja na finalnom testu utvrđeno je izračunavanjem Spirmanovog koeficijenta korelacije ( $\rho$ ). U pogledu povezanosti opšteg uspeha učenika E grupe i ukupnog broja poena na finalnom testu znanja, rezultati su pokazali postojanje slabe korelacije ( $\rho = 0,477$  uz  $p < 0,001$ ). U pogledu povezanosti ocena učenika E grupe iz biologije na kraju prvog polugodišta IV razreda gimnazije i njihovog ukupnog broja poena na finalnom testu znanja stepen korelacije je neznatno veći ( $\rho = 0,520$  uz  $p < 0,001$ ).

Analizom rezultata finalnog testa utvrđeno je da postoje statistički značajne razlike u kvantitetu i kvalitetu znanja učenika E i K grupe na finalnom testu u celini i na sva tri nivoa znanja (poznavanje činjenica, razumevanje pojmova, analiza i rezonovanje) u korist E grupe. Ovim je realizovan *peti zadatak istraživanja*.

Time je *potvrđena prva hipoteza istraživanja ( $H_1$ )* prema kojoj se očekivalo da će učenici E grupe ostvariti statistički značajno bolje rezultate na finalnom testu u celini i na pojedinačnim nivoima znanja: poznavanje činjenica, razumevanje pojmova, analiza i rezonovanje, od učenika K grupe.

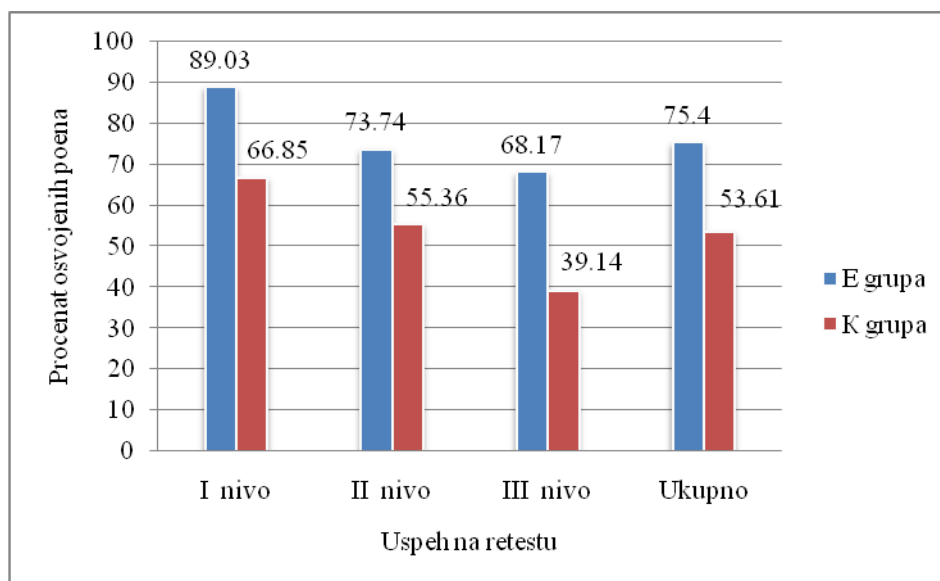
#### 4.2.3. Rezultati retestiranja učenika E i K grupe

Retestiranje učenika obe grupe sprovedeno je 60 dana nakon finalnog testiranja, bez prethodne najave. Korišćen je isti test kao i na finalnom testiranju. Ovaj test je imao za cilj da se sagleda trajnost usvojenog znanja učenika E i K grupe iz gradiva nastavne teme Osnovi molekularne biologije. Rezultati retesta učenika E i K grupe predstavljeni prosečnim brojem poena i procentima osvojenih poena po nivoima znanja i na testu u celini prikazani su u Tabeli 17, a izraženi u procentima (u odnosu na ukupan broj poena) na Grafikonu 7.

Tabela 17: *Uspeh učenika K i E grupe na retestu*

| Kognitivni domeni                          | Grupa | Prosečan broj poena | %     |
|--|-------|---------------------|-------|
| <b>I nivo</b><br>(poznavanje činjenica)    | E     | 17,81               | 89,03 |
|  | K     | 13,37               | 66,85 |
| <b>II nivo</b><br>(razumevanje pojmova)    | E     | 40,56               | 73,74 |
|  | K     | 30,45               | 55,36 |
| <b>III nivo</b><br>(analiza i rezonovanje) | E     | 17,04               | 68,17 |
|  | K     | 9,79                | 39,14 |
| <b>Ukupno postignuće</b>                   | E     | 75,40               | 75,40 |
|  | K     | 53,61               | 53,61 |

Učenici E grupe osvojili su na retestu u celini prosečno 75,40 poena (75,40% od ukupnog broja poena), a učenici K grupe prosečno 53,61 poena (53,61%). Na I nivou znanja učenici E grupe osvojili su na retestu prosečno 17,81 poena (89,03%), a učenici K grupe 13,37 poena (66,85%). Na drugom nivou znanja E grupa je imala prosečno 40,56 poena (73,74%), a K grupa 30,45 poena (55,36%). Obe grupe su i na retestu ostvarile najslabiji uspeh na trećem nivou znanja (E grupa prosečno 17,04 poena (68,17%), a K grupa 9,79 poena (39,14%).



Grafikon 7: Prosečan uspeh E i K grupe na retestu po nivoima znanja i na testu u celini izražen u procentima

Statistički pokazatelji retesta dati su u Tabeli 18. Na osnovu rezultata retesta uočavaju se značajne razlike u postignućima učenika E i K grupe su na pojedinačnim nivoima znanja i na retestu u celini.

Tabela 18: Statistički pokazatelji rezultata E i K grupe na retestu

| Nivoi znanja | Grupa | N  | M     | SD     | SEM   | $M_E - M_K$ | 95% interval poverenja | t     | df  | p      | d     |
|--------------|-------|----|-------|--------|-------|-------------|------------------------|-------|-----|--------|-------|
| I nivo       | E     | 72 | 17,81 | 2,604  | 0,307 | 4,44        | (3,232; 5,636)         | 7,291 | 140 | 0,000* | 0,064 |
|              | K     | 70 | 13,37 | 4,434  | 9,530 |             |                        |       |     |        |       |
| II nivo      | E     | 72 | 40,56 | 12,398 | 1,461 | 10,11       | (5,900; 14,311)        | 4,751 | 140 | 0,000* | 0,049 |
|              | K     | 70 | 30,45 | 12,948 | 1,547 |             |                        |       |     |        |       |
| III nivo     | E     | 72 | 17,04 | 6,220  | 0,733 | 7,25        | (4,902; 9,609)         | 6,095 | 140 | 0,000* | 0,107 |
|              | K     | 70 | 9,79  | 7,890  | 0,943 |             |                        |       |     |        |       |
| Ukupno       | E     | 72 | 75,40 | 18,147 | 2,139 | 21,79       | (15,012; 28,579)       | 6,352 | 140 | 0,000* | 0,065 |
|              | K     | 70 | 53,61 | 22,562 | 2,697 |             |                        |       |     |        |       |

\* $p < 0,05$

Najveća razlika između dve grupe je na retestu u celini, a zatim na II i III nivou znanja, dok je najmanja razlika na I nivou znanja. Razlike između dve grupe na retestu na I i II nivou znanja su veće nego na finalnom testu.

Razlika srednjih vrednosti u broju poena između E i K grupe na I nivou znanja je 4,44 poena (u korist E grupe) i statistički je značajna, jer je t vrednost (7,291, uz značajnost  $p = 0,000$ ) veća od tablične vrednosti. Granice 95% intervala poverenja za aritmetičku sredinu razlika na I nivou znanja ne obuhvataju 0 (3,232; 5,636) i ukazuje na postojanje razlika između grupa. Veličina efekta Koenovo d za I nivo znanja iznosi 0,064 i ukazuje na nisku vrednost efekta.

Razlika aritmetičkih sredina između E i K grupe na II nivou znanja od 10,11 poena u korist E grupe pokazuje da na retestu postoji značajna razlika u razumevanju pojmova između E i K grupe. Na osnovu vrednosti  $t$  (4,751 uz značajnost  $p=0,000$ ) ta razlika je statistički značajna. Veličina efekta Koenovo  $d$  za II nivo znanja iznosi 0,049 i ukazuje na veoma nisku vrednost efekta.

Vrednost  $t$ -testa na III nivou znanja (6,095 uz značajnost  $p = 0,000$ ) pokazuje da je razlika između E i K grupe od 7,25 poena (u korist E grupe) na ovom nivou znanja statistički značajna, jer je dobijena  $t$  vrednost veća od tablične. Ona pokazuje da na retestu postoji razlika između učenika E i K grupe i na III nivou znanja (analiza i rezonovanje). Veličina efekta Koenovo  $d$  (0,107) ukazuje na visoku vrednost efekta.

Razlika srednjih vrednosti ostvarenog broja poena između E i K grupe na retestu u celini iznosi 21,79 poena u korist E grupe. Na osnovu vrednosti  $t$ -testa (6,352 uz značajnost  $p= 0,000$ ) razlika između grupa na retestu u celini je statistički značajna. Veličina efekta Koenovo  $d$  iznosi 0,065 i ukazuje na nisku vrednost efekta, odnosno na postojanje razlika između E i K grupe na retestu u celini.

Primena različitih modela nastave u E i K grupi dovela je do razlika u njihovom postignuću i na retestu. Na osnovu statističkih pokazatelja retesta (Tabela 18), ostvarene razlike između E i K grupe na retestu u celini i na sva tri nivoa znanja (poznavanje činjenica, razumevanje pojmova, analiza i rezonovanje) su u korist E grupe i statistički su značajne. Rezultati istraživanja su pokazali da ostvarene razlike u postignuću učenika E i K grupe na retestu (kao i na finalnom testu) nisu samo razlike u kvantitetu (ukupnom postignuću na finalnom testu i retestu) već i u kvalitetu njihovog znanja, umenja i navika iz biologije (na pojedinačnim nivoima znanja).

Analizom postignuća učenika E i K grupe na retestu utvrđeno je da postoje statistički značajne razlike u kvantitetu i kvalitetu znanja učenika eksperimentalne i kontrolne grupe na retestu u celini i na sva tri nivoa znanja. Time je *realizovan četvrti zadatak istraživanja*.

Na osnovu rezultata retesta prihvata se *druga hipoteza istraživanja* ( $H_2$ ) prema kojoj se očekuje se da će učenici E grupe ostvariti statistički značajno bolje rezultate na retestu u celini i na sva tri nivoa znanja (poznavanje činjenica, razumevanje pojmova i analiza i rezonovanje) od učenika K grupe.

Analizom rezultata retesta utvrđeno je da postoje statistički značajne razlike u kvantitetu i kvalitetu znanja učenika E i K grupe na retestu u celini i na sva tri nivoa znanja (poznavanje činjenica, razumevanje pojmova, analiza i rezonovanje) u korist E grupe. Ovim je *realizovan šesti zadatak istraživanja*.

Time je *potvrđena druga hipoteza istraživanja* ( $H_2$ ) prema kojoj se očekivalo da će učenici E grupe ostvariti statistički značajno bolje rezultate na retestu u celini i na pojedinačnim nivoima znanja: poznavanje činjenica, razumevanje pojmova, analiza i rezonovanja, od učenika K grupe.

#### 4.2.4. Rezultati Kolmogorov-Smirnovog testa

Normalnost raspodele rezultata inicijalnog testa, finalnog testa i retesta u celini u E i K grupi proverena je Kolmogorov-Smirnovim testom (Tabela 19).

Tabela 19: Rezultati Kolmogorov-Smirnovog testa za inicijalni test, finalni test i retest u celini

| Testovi         | Grupa | N  | Prosečan broj poena | Kolmogorov-Smirnov test (Z) | p      |
|-----------------|-------|----|---------------------|-----------------------------|--------|
| Inicijalni test | E     | 72 | 65,93               | 0,959                       | 0,317* |
|                 | K     | 70 | 65,04               | 0,549                       | 0,923* |
| Finalni test    | E     | 72 | 85,46               | 1,226                       | 0,099* |
|                 | K     | 70 | 65,14               | 1,336                       | 0,056* |
| Retest          | E     | 72 | 75,40               | 1,575                       | 0,014  |
|                 | K     | 70 | 53,61               | 0,849                       | 0,467* |

\*p &gt; 0,05

Vrednosti Kolmogorov-Smirnovog testa za inicijalni test, finalni test i retest u celini, nisu statistički značajane ( $p > 0,05$ ). Na osnovu njegovih vrednosti distribucija rezultata inicijalnog testa, finalnog testa i retesta u celini ne odstupa od normalne distribucije.

#### 4.2.5. Regresiona analiza

U cilju predviđanja (predikcije) rezultata istraživanja korišćena je linearna regresija. Pirsonov koeficijent pokazao je jaku zavisnost između postignuća učenika na finalnom testu znanja i primenjene nastavne instrukcije,  $r = 0,683$ ,  $p = 0,000$ . U cilju ispitivanja predikcije ove zavisnosti primenjena je linearna regresija. Kao nezavisna varijabla uzeta je primenjena nastavna instrukcija (interaktivna nastava biologije uz podršku računara), dok je zavisna varijabla bila postignuće učenika na finalnom testiranju. Vrednosti koeficijenata B i  $\beta$  prikazane su u Tabeli 20.

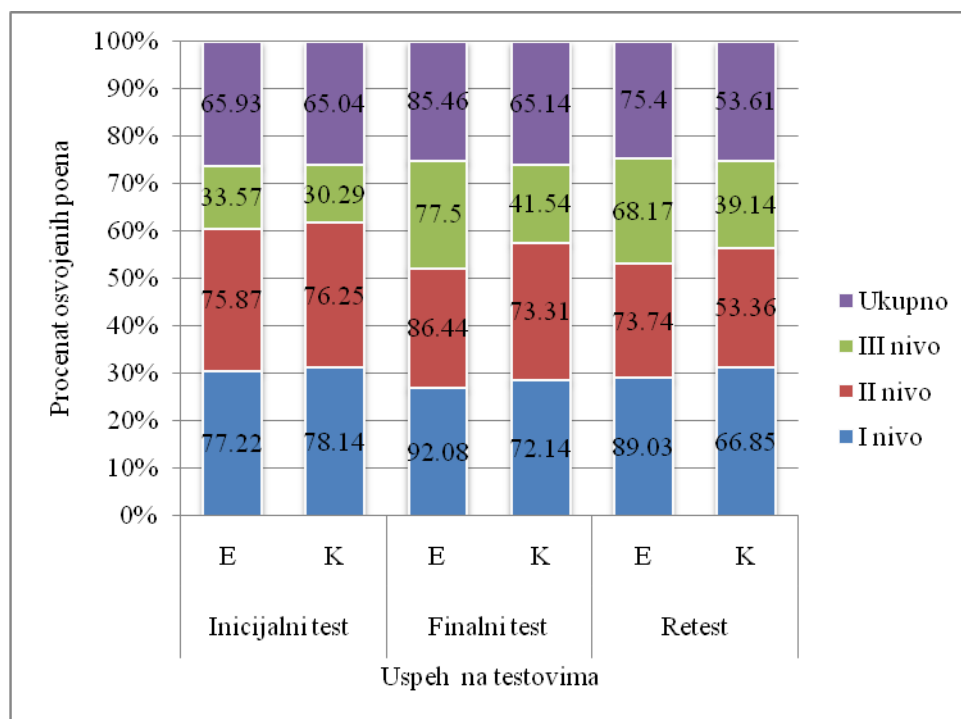
Tabela 20: Koeficijenti regresione analize

| Model | Nestandardizovani koeficijenti |                  | Standardizovani koeficijenti | t     | p      | Korelacije  |            |       | Test kolinearosti |       |       |
|-------|--------------------------------|------------------|------------------------------|-------|--------|-------------|------------|-------|-------------------|-------|-------|
|       | B                              | Standarna greška | $\beta$                      |       |        | Nultog reda | Parcijalno | Deo   | Tolerancija       | VIF   |       |
| 1.    | Konstanta                      | 56,971           | 2,069                        |       | 27,539 | 0,000       |            |       |                   |       |       |
|       | Grupa                          | 32,169           | 2,876                        | 0,683 | 11,183 | 0,000       | 0,683      | 0,683 | 0,683             | 1,000 | 1,000 |

Primenom ovakvog modela dobijeno je da je  $R^2$  0,467, a korigovana vrednost 0,463. Jednofaktorska analiza je pokazala da postoji statistička značajnost između grupa  $F(1,144) = 125,07$ ,  $p = 0,000$ . Maksimalne vrednosti Mahalanobisove i Kukove udaljenosti su 1,064 i 0,045, redom.

#### 4.2.6. Usporedna analiza postignuća učenika E i K grupe tokom istraživanja

Na početku istraživanja (pre uvođenja eksperimentalnog faktora u E grupu), eksperimentalna i kontrolna grupa su ujednačene na inicijalnom testu znanja u celini i na sva tri nivoa znanja (poznavanje činjenica, razumevanje pojmova, analiza i rezonovanje). Nakon toga, realizacija nastavne teme Osnovi molekularne biologije u IV razredu gimnazije prirodno-matematičkog smera odvijala se primenom različitih modela nastave (u E grupi interaktivnom nastavom uz podršku računara i u K grupi tradicionalnom nastavom). Zbog toga se uspeh učenika obe grupe na finalnom testu i na retestu menjao tokom istraživanja. Promene su bile izraženije u E grupi, nego u K grupi. Da bi se potpunije sagledali rezultati pedagoškog istraživanja analizirane su promene u postignuću učenika E i K grupe od inicijalnog testa, preko finalnog testa do retesta. Usporedni pregled postignuća učenika E i K grupe na sva tri testa u celini i na pojedinačnim nivoima znanja izražen procentima osvojenih poena (u odnosu na maksimalan broj poena) prikazan je na Grafikonu 8.



Grafikon 8: Uspeh učenika E i K grupe na inicijalnom testu, finalnom testu i retestu u celini i na pojedinačnim nivoima znanja izražen u procentima osvojenih poena

Uspeh učenika E i K grupe na testovima znanja u celini i na pojedinačnim nivoima znanja lakše je međusobno uporediti kada se njihova postignuća iskažu u procentima osvojenih poena u odnosu na maksimalan broj poena. Na taj način se jasnije uočavaju razlike između grupa na testovima.

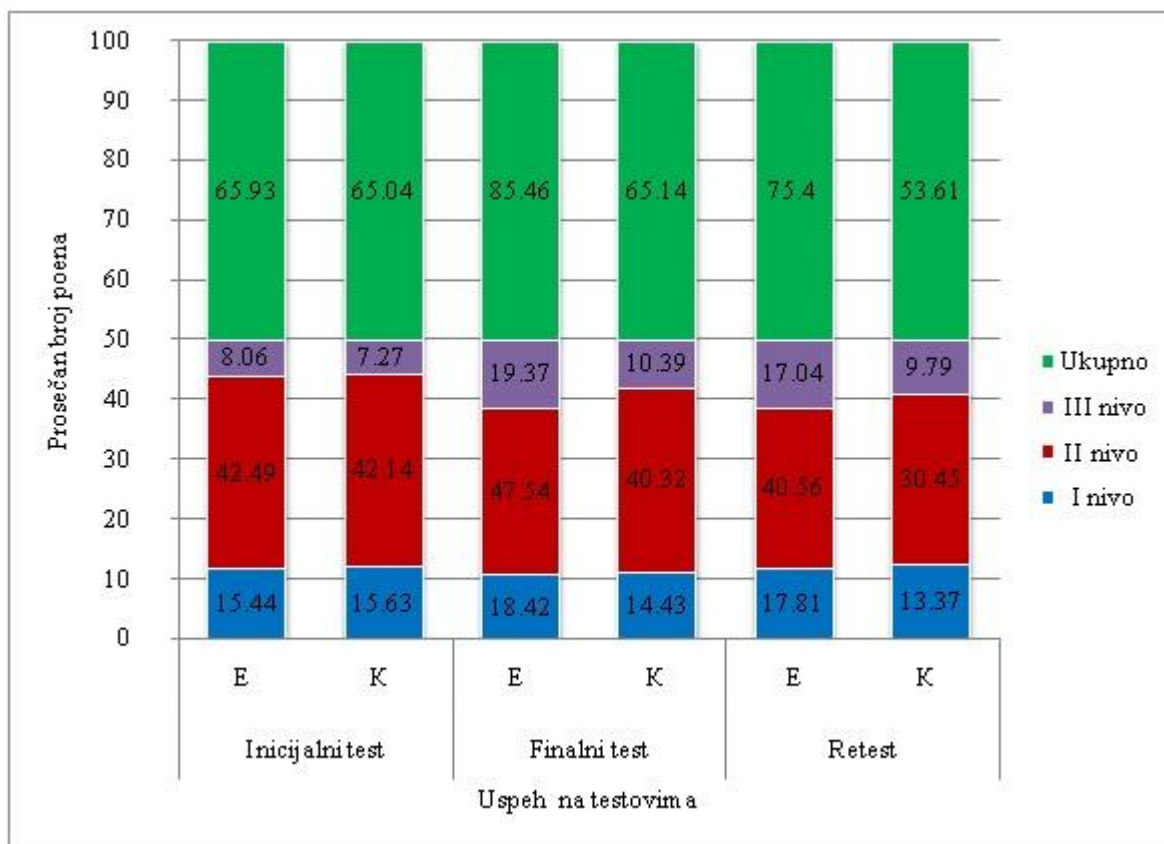
Postignuća učenika E i K grupe na *inicijalnom testu* u celini i na sva tri nivoa znanja su veoma ujednačena, a najveća razlika između dve grupe je na trećem nivou znanja.

Postignuća učenika E i K grupe na *finalnom testu* u celini i na sva tri nivoa znanja se značajno razlikuju. Najveća razlika između dve grupe je na trećem nivou znanja, zatim na testu u celini, pa drugom nivou znanja, dok je najmanja razlika na prvom nivou znanja.



Postignuća učenika E i K grupe na *retestu* u celini i na sva tri nivoa znanja se takođe značajno razlikuju. Najveća razlika između dve grupe je kao i na finalnom testu na trećem nivou znanja, zatim na prvom nivou znanja pa na testu u celini, dok je najmanja razlika između dve grupe na drugom nivou znanja.

Promene u postignuću učenika E i K grupe tokom istraživanja (od inicijalnog testa preko finalnog testa do retesta) mogu se uporediti i kada se njihovi rezultati na testovima u celini i na pojedinačnim nivoima znanja iskažu prosečnim brojem osvojenih poena (Grafikon 9).



Grafikon 9: Uspeh učenika E i K grupe na inicijalnom testu, finalnom testu i retestu u celini i na pojedinačnim nivoima znanja izražen prosečnim brojem poena

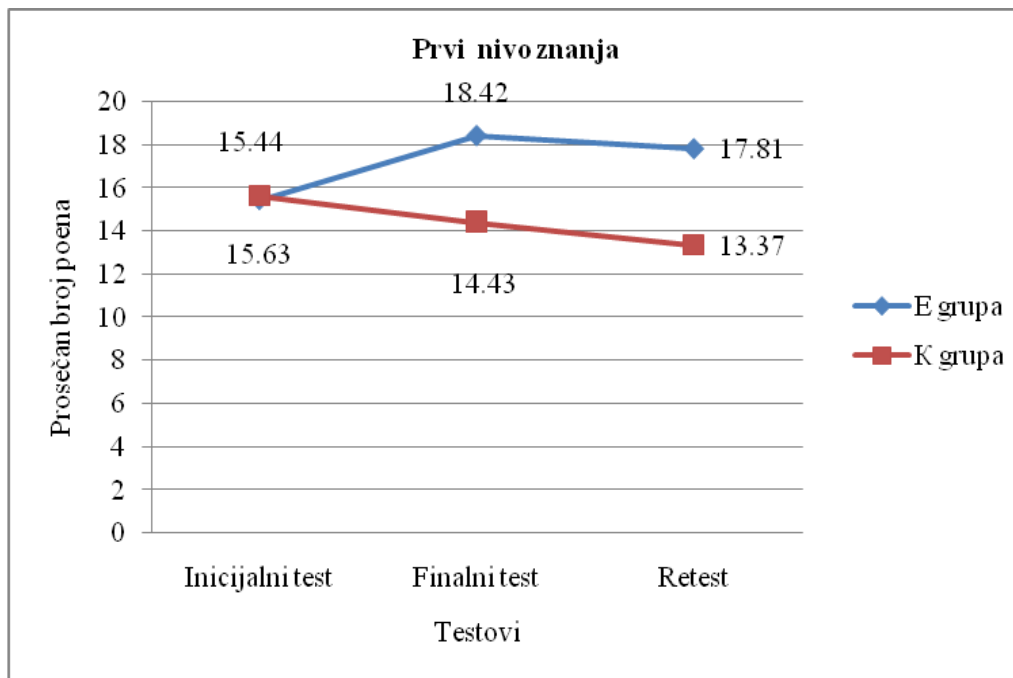
Analizom uspeha učenika E grupe na pojedinačnim nivoima znanja i na finalnom testu i retestu u celini u odnosu na inicijalni test (Grafikon 9), uočava se značajan napredak učenika ove grupe na finalnom testu i retestu u celini i na zadacima III nivoa znanja, i nešto manji napredak u rešavanju zadataka II nivoa znanja. Uspeh učenika E grupe je znatno bolji na finalnom testu nego na retestu, u odnosu na inicijalni test.

Slabiji uspeh učenika K grupe na finalnom testu i retestu u odnosu na uspeh učenika E grupe je rezultat realizacije nastavne teme Osnovi molekularne biologije u ovoj grupi tradicionalnom nastavom. Gradivo nastavne ove teme je izuzetno kompleksno i teško za usvajanje i razumevanje, i zahteva maksimalno angažovanje i aktivnost učenika na časovima. Kod velikog broja učenika K grupe je ta aktivnost izostala, jer su oni na časovima biologije pasivno slušali izlaganje nastavnika, što je i rezultiralo njihovim slabijim postignućem na testovima znanja.

Na početku pedagoškog istraživanja (pre uvođenja eksperimentalnog faktora u E grupu – interaktivne nastave biologije uz podršku računara) E i K grupa su ujednačene na inicijalnom testu u celini i na pojedinačnim nivoima znanja. Zato je bilo interesantno pratiti njihove rezultate na finalnom testu i retestu u celini i na pojedinačnim nivoima znanja.

Na Grafikonima 10-12 prikazana su postignuća učenika E i K grupe tokom istraživanja na pojedinačnim nivoima znanja i na testovima u celini (Grafikon 13).

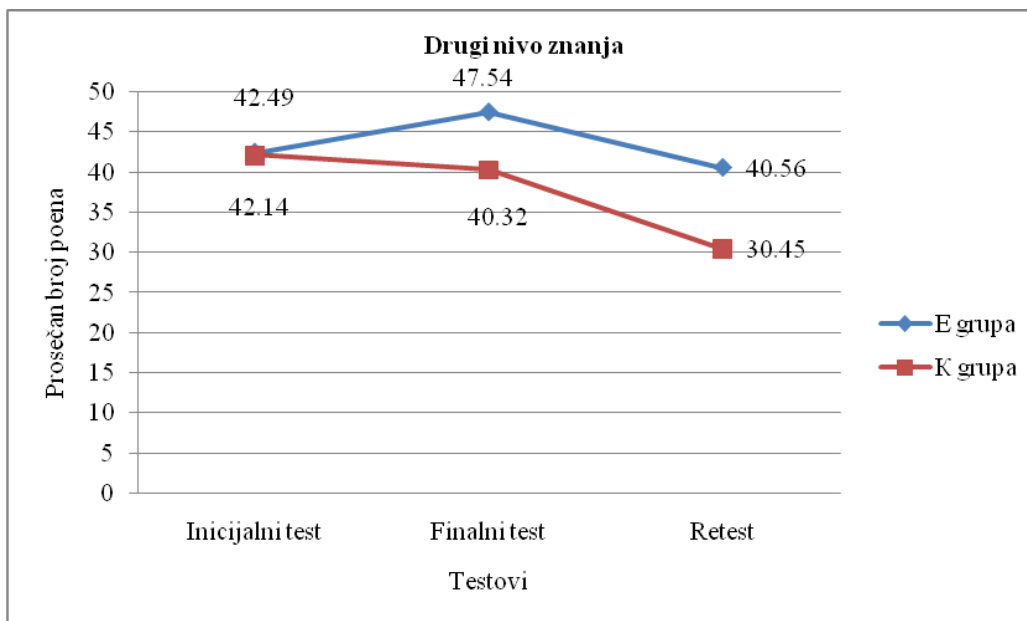
Analizom postignuća učenika E i K grupe na prvom nivou znanja (Grafikon 10) uočava se da su promene u E i K grupi tokom istraživanja bile najmanje na ovom nivou znanja (kako u okviru samih grupa, tako i između dve grupe).



Grafikon 10: Uporedni prikaz postignuća učenika E i K grupe na inicijalnom testu, finalnom testu i retestu na I nivou znanja

Učenici E grupe su na zadacima prvog nivoa znanja ostvarili bolji uspeh na finalnom testu u odnosu inicijalni test (za 2,98 poena), a na retestu neznatno slabiji uspeh nego na finalnom testu (za 0,61 poena). Učenici K grupe su na pitanjima i zadacima prvog nivoa znanja ostvarili slabiji uspeh na finalnom testu u odnosu na inicijalni test za (1,20 poena), a na retestu neznatno slabiji uspeh nego na finalnom testu (za 1,06 poena).

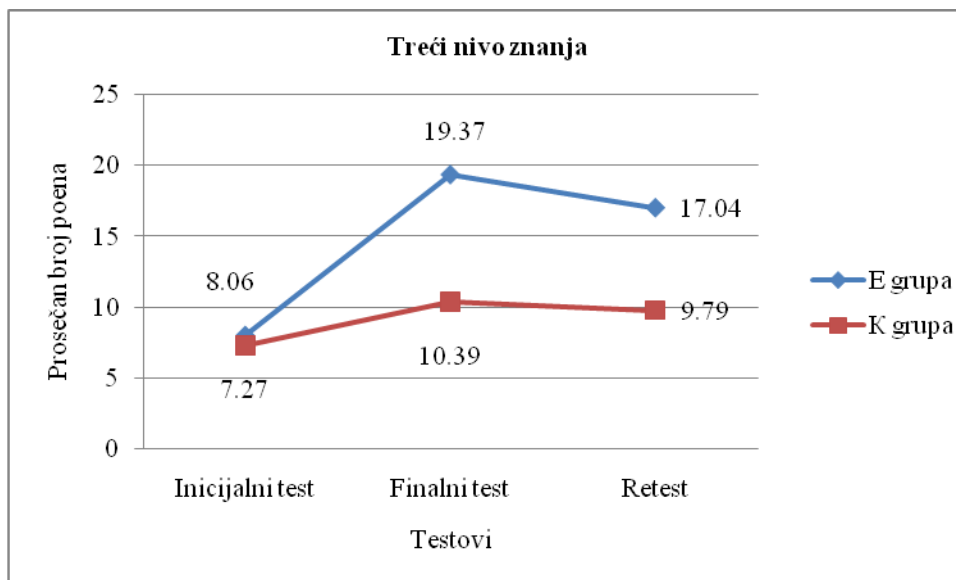
Analizom postignuća učenika E i K grupe tokom istraživanja na drugom nivou znanja (Grafikon 11) uočava se da je obrazac promena u E i K grupi različit.



Grafikon 11: Uporedni prikaz postignuća učenika E i K grupe na inicijalnom testu, finalnom testu i retestu na II nivou znanja

Učenici E grupe su na zadacima drugog nivoa znanja ostvarili bolji uspeh na finalnom testu u odnosu inicijalni test (za 5,05 poena), a na retestu slabiji uspeh nego na finalnom testu (za 6,98 poena). Istovremeno učenici K grupe su na pitanjima i zadacima drugog nivoa znanja ostvarili slabiji uspeh na finalnom testu u odnosu inicijalni test (za 1,82 poena), a na retestu znatno slabiji uspeh nego na finalnom testu (za 9,87 poen).

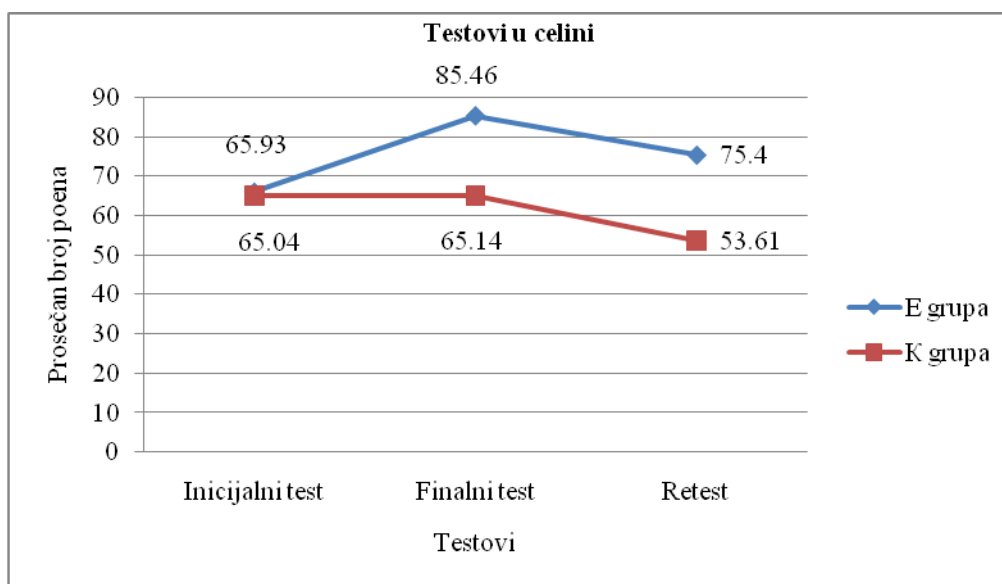
Obrazac promena u E i K grupi na III nivou znanja (na najtežim zadacima – analiza i rezonovanje) je tokom istraživanja isti, ali je prosečno postignuće učenika E grupe na finalnom testu i retestu na ovom nivou znanja znatno veće nego učenika K grupe (Grafikon 12).



Grafikon 12: Uporedni prikaz postignuća učenika E i K grupe na inicijalnom testu, finalnom testu i retestu na III nivou znanja

Učenici E grupe su na zadacima trećeg nivoa ostvarili bolji uspeh na finalnom testu u odnosu inicijalni test (za 11,31 poena), a na retestu slabiji uspeh nego na finalnom testu (za 2,33 poena). I učenici K grupe su na pitanjima i zadacima trećeg nivoa znanja ostvarili bolji uspeh na finalnom testu u odnosu inicijalni test (za 3,12 poena), a na retestu neznatno slabiji uspeh nego na finalnom testu (za 0,60 poena).

Kada se analiziraju postignuća učenika E i K grupe na testovima u celini, kod obe grupe se uočava značajan pad na retestu u odnosu na finalni test (Grafikon 13). Takođe se zapaža, da su između E i K grupe veće razlike na finalnom testu i na retestu u celini u odnosu na pojedinačne nivoe znanja.



Grafikon 13: Uporedni prikaz postignuća učenika E i K grupe na inicijalnom testu, finalnom testu i retestu u celini

Učenici E grupe su na finalnom testu u celini ostvarili značajno bolji uspeh u odnosu inicijalni test (za 19,53 poena), a na retestu slabiji uspeh nego na finalnom testu (za 10,06 poena). Učenici K grupe su ostvarili neznatno bolji uspeh na finalnom testu u celini u odnosu inicijalni test (za 0,10 poena), a na retestu izrazito slabiji uspeh nego na finalnom testu (za 11,53 poena).

Nastale razlike u postignuću učenika E i K grupe (u korist E grupe) na finalnom testu i retestu u celini i na pojedinačnim nivoima znanja su rezultat primene inovativnog modela interaktivne nastave biologije uz podršku računara u E grupi. Da bi se potpunije sagledali njeni efekti u odnosu na tradicionalnu nastavu analizirane su promene u postignuću učenika E i K grupe tokom istraživanja (od inicijalnog testa, preko finalnog testa do retesta). Da bi se utvrdilo između kojih merenja tj. testiranja (po nivoima znanja i na testovima u celini) u okviru E i K grupe je došlo do statistički značajnih razlika i u kom smeru su tokom istraživanja išle promene, korišćeni su LSD testovi kontrastiranja.

Za ispitivanje efekta interakcije faktora testiranja i faktora grupa, korišćena je kombinovana analiza varijanse (3X2 Mixed-design ANOVA). U okviru kombinovane analize varijanse, analizom efekata interakcije merenja (testiranja) i grupa (E i K) koje su se razlikovale po osnovu primenjenog modela nastave tokom istraživanja, utvrđene su značajne razlike između

grupa u postignuću učenika na finalnom testu i retestu, kako na pojedinačnim nivoima znanja, tako i na testovima u celini.

Posmatranjem vrednosti testa u celini dobijeno je da Vilks Lambda iznosi 0,511;  $F(1,73)=69,74$ ;  $p=0,000$ ,  $\eta^2 = 0,489$ . Dobijeni podatak ukazuje da postoji statistički značajan uticaj protoka vremena na postignuće učenika, a vrednost eta kvadrat ( $\eta^2$ ) ukazuje na veličinu tog uticaja.

Posmatrano prema ispitivanim nivoima:

- Za I nivo Vilks Lambda iznosi 0,946;  $F(1,71)=4,052$ ;  $p = 0,048$ ,  $\eta^2 = 0,054$ . Mala vrednost koeficijenta Vilks Lambda je i ukazivala na to.
- Za II nivo dobijena je vrednosti Vilks Lambda 0,648;  $F(1,71)=38,562$ ;  $p = 0,000$ ,  $\eta^2 = 0,352$ . Nešto manja vrednost koeficijenta Vilks Lambda ukazuje da su razlike u postignuću učenika na ovom kognitivnom nivou nešto veće. Vrednost eta kvadrat ( $\eta^2$ ) ukazuje na veliki uticaj vremena na razliku u postignućima učenika.
- Za III nivo dobijena je vrednost Vilks Lambda 0,815;  $F(1,71)=16,097$ ;  $p = 0,000$ ,  $\eta^2 = 0,185$ .

Promene u postignuću učenika E grupe na finalnom testu i retestu prikazane su u Tabeli 21.

Tabela 21: Promene u postignuću učenika E grupe na finalnom testu i retestu

| E grupa  | Testovi:              | Razlika aritmetičkih sredina | SE    | p      |
|----------|-----------------------|------------------------------|-------|--------|
| I nivo   | Finalni test i retest | 0,61                         | 0,304 | 0,048* |
| II nivo  | Finalni test i retest | 6,98                         | 1,125 | 0,000* |
| III nivo | Finalni test i retest | 2,33                         | 0,582 | 0,000* |
| Ukupno   | Finalni test i retest | 10,06                        | 1,245 | 0,000* |

\*  $p < 0,05$

Analizom razlika u postignuću učenika E grupe na finalnom testu i retestu, došlo je do pada u postignuću učenika E grupe na retestu u odnosu na finalni test. Ostvarene razlike su statistički značajne: na I nivou znanja (razlika je 0,61 poena,  $p=0,048 < 0,05$ ), na II nivou (razlika je 6,98 poena,  $p = 0,000 < 0,001$ ); na III nivou (razlika je 2,33 poena,  $p = 0,00 < 0,001$ ) i između finalnog testa i retesta u celini (razlika je 10,06 poena,  $p = 0,000 < 0,001$ ). Pad u postignuću učenika E grupe na retestu u odnosu na finalni test može se objasniti procesom zaboravljanja sadržaja nastavne teme Osnovi molekularne biologije 60 dana nakon njihove obrade, što je prirodan proces.

Promene u postignuću učenika K grupe na finalnom testu i retestu prikazane su u Tabeli 22.



Tabela 22: Promene u postignuću učenika K grupe na finalnom testu i retestu

| K grupa  | Testovi:              | Razlika aritmetičkih sredina | SE    | p      |
|----------|-----------------------|------------------------------|-------|--------|
| I nivo   | Finalni test i retest | 1,06                         | 0,394 | 0,009* |
| II nivo  | Finalni test i retest | 9,87                         | 1,055 | 0,000* |
| III nivo | Finalni test i retest | 0,60                         | 0,688 | 0,386  |
| Ukupno   | Finalni test i retest | 11,53                        | 1,404 | 0,000* |

\*  $p < ,05$ 

Analizom razlika u postignuću učenika K grupe na *retestu u odnosu na finalni test*, došlo je do daljeg pada u postignuću učenika K grupe. Ostvarene razlike su statistički značajne: na nivou I od 1,06 poena ( $p = 0,009 < 0,05$ ), na nivou II razlika je 9,87 poena ( $p = 0,000 < 0,05$ ), na nivou III od 0,60 poena ( $p = 0,386 < 0,05$ ) i na testovima u celini (razlika je 11,53 poena ( $p = 0,000 < 0,05$ )). Učenici K grupe su na retestu ostvarili niži nivo znanja u odnosu na finalni test. Pad u njihovom postignuću na retestu u odnosu na finalni test je rezultat ne samo zaboravljanja sadržaja nastavne teme Osnovi molekularne biologije nakon 60 dana, već i pasivnog načina njihovog usvajanja (tradicionalnom nastavom) tokom pedagoškog istraživanja.

Na retestu su učenici i E i K grupe postigli slabiji uspeh nego na finalnom testu, ali su ostvarene razlike između dva testa veće u K grupi nego u E grupi i na testovima u celini i na pojedinačnim nivoima znanja.

Pad u znanju učenika E i K grupe na retestu u odnosu na finalni test na pojedinačnim nivoima znanja i na testovima u celini nastao je kao posledica zaboravljanja. Nakon obrade nastavne teme Osnovi molekularne biologije učenici obe grupe na časovima biologije u narednom period nisu ponavljali ove sadržaje, jer za to nije bilo vremena. U periodu između dva testiranja (finalnog testa i retesta) u obe grupe su obrađivane nove nastavne teme (Ekologija, zaštita i unapređivanje životne sredine i održivi razvoj i Osnovni principi evolucione biologije), čiji sadržaji nisu međusobno povezani sa molekularnom biologijom. Pravilnik o nastavnom planu i programu za gimnaziju određuje (precizira) broj časova za realizaciju određene nastavne teme. Pošto retest učenicima nije najavljen, njegovi rezultati su realni pokazatelj procesa zaboravljanja gradiva nastavne teme Osnovi molekularne biologije u obe grupe nakon 60 dana. Zbog toga je i u E i u K grupi u tom periodu došlo da pada nivoa i kvaliteta (trajnosti stečenog znanja) u obe grupe. Taj pad u postignuću na retestu u odnosu na finalni test je ipak bio manji u E grupi, nego u K grupi. To se može objasniti različitim načinom obrade nastavne teme Osnovi molekularne biologije u ove dve grupe tokom eksperimentalnog istraživanja. Rezultati finalnog testa i retesta u E i K grupi (veće postignuće na testovima znanja u celini i na pojedinačnim nivoima znanja u E grupi) su pokazatelj veće efikasnosti interaktivne nastave biologije uz podršku računara u gimnaziji u odnosu na tradicionalnu nastavu biologije.

Prema tome, ovakvi rezultati su neposredno povezani sa modelima nastave koji su primenjeni u E i K grupi tokom pedagoškog istraživanja. Presentacije sadržaja nastavnih jedinica kreirane u programu Prezi i animacije najsloženijih procesa u okviru nastavne teme Osnovi molekularne biologije (transkripcije, translacije, i regulacije aktivnosti gena), koje su korišćene na časovima biologije u E grupi su doprinele većoj očiglednosti i ilustrativnosti složenih sadržaja ove nastavne teme, a rad u parovima većoj interaktivnosti nastave biologije. To je rezultiralo visokim postignućima učenika E grupe na finalnom testu i retestu u celini i na pojedinačnim nivoima znanja. U tradicionalnoj predavačko-pokazivačkoj nastavi koja se odvijala u K grupi, i

očiglednost nastave i aktivnost učenika na časovima biologije su izostale ili su bile minorne, što je rezultiralo skromnim postignućem učenika K grupe na finalnom testu i retestu u celini i na pojedinačnim nivoima znanja. Navedene činjenice potvrđuju prednost interaktivne nastave biologije uz podršku računara u odnosu na tradicionalnu nastavu.

Na osnovu izložene analize, interaktivnom nastavom biologije uz podršku računara u gimnaziji postižu se viši nivo i kvalitet znanja učenika u odnosu na tradicionalnu nastavu biologije. To je potvrđeno većim postignućima (većim nivoom i kvalitetom znanja) učenika E grupe na finalnom testu i retestu u odnosu na učenike K grupe, na testovima u celini i na pojedinačnim nivoima znanja.

Analizom promena u postignuću učenika E i K grupe tokom istraživanja od inicijalnog testa preko finalnog testa do retesta na testovima u celini i na pojedinačnim nivoima znanja (na finalnom testu u odnosu na inicijalni test, na retestu u odnosu na inicijalni test i na retestu u odnosu na finalni test) *realizovan je sedmi zadatak istraživanja*.

Time je potvrđena *treća hipoteza istraživanja (H<sub>3</sub>)* prema kojoj se očekivalo da će analiza promena u postignuću učenika E i K grupe na testovima znanja u celini i na pojedinačnim nivoima znanja tokom istraživanja (od inicijalnog testa preko finalnog testa do retesta) pokazati značajne razlike u kvantitetu i kvalitetu znanja učenika E i K grupe (u korist E grupe).

Odgovor na pitanje zašto su rezultati učenika E grupe mnogo bolji u odnosu na rezultate učenika K grupe je povezan sa različitim metodološkim postupcima koji su primenjeni u E i K grupi tokom istraživanja. Učenici sva tri odeljenja E grupe su radeći u paru posmatrali na računaru multimedijalne prezentacije sadržaja nastavne teme Osnovi molekularne biologije koje su kreirane u programu Prezi. Oni su u okviru tih prezentacija dodatno posmatrali animacije ključnih bioloških procesa i čitali sa prezentacija njihova koncizna teorijska objašnjenja. Na tim časovima je bilo veoma značajno to što su učenici na prezentacijama videli. Na primer, učenici E grupe su posmatrali animacije procesa replikacije DNK (udvajanje molekula DNK), transkripcije (prepisivanje iRNK, tRNK i rRNK sa DNK) i translacije (prevođenje redosleda kodona sa iRNK u ogovarajući redosled amino-kiselina u proteinu za čiju sintezu iRNK nosi genetičku šifru, koja je prepisana sa DNK). Navedene animacije su veoma ilustrativne i učenici njihovim posmatranjem lakše shvataju šta se tokom tih procesa dešava nego kada im to nastavnik rečima objašnjava. Ta očiglednost je dodatno upotpunjena interaktivnom nastavom na svim časovima biologije. Učenici su radom u paru nakon posmatranja animacija i pročitanih objašnjenja na prezentaciji u međusobnom razgovoru zajedno tumačili i objašnjavali date procese i ponovo ih posmatrali. U primenjenom modelu nastave, na časovima biologije u E grupi ostvareno je nekoliko nivoa interaktivnosti: između dva učenika tokom zajedničkog posmatranja i tumačenja prezentacija, svih učenika u razredu (u fazi prezentacije izveštaja o radu), kao i učenika i nastavnika biologije (u pripremnoj fazi i fazi prezentacije), ali i učenika i računara (tokom posmatranja prezentacija nastavnih jedinica i rešavanja interaktivnih testova). To je bilo veoma značajno za razumevanje suštine navedenih procesa od strane učenika E grupe. Zato su oni na svim časovima u fazi evaluacije veoma uspešno odgovarali na pitanja nastavnika.

Sastavni deo prezentacija su bili i interaktivni testovi, tako da je svaki učenik nakon samostalnog rešavanja testa imao povratnu informaciju o svom radu i precizne informacije šta je u njegovim odgovorima na testu bilo tačno, a šta je pogrešio. Ovo je bio dodatni motiv za veće angažovanje učenika E grupe na časovima biologije tokom istraživanja.

Učenici K grupe su na finalnom testu u celini i na pojedinačnim nivoima znanja ostvarili slabiji uspeh u odnosu na inicijalni test, dok je njihov uspeh na retestu takođe bio slabiji i u odnosu na inicijalni i finalni test, iako se u ovoj grupi na časovima biologije tokom eksperimentalnog istraživanja nije ništa menjalo u odnosu na raniji način rada na časovima biologije. Promene

(pad) u postignuću učenika K grupe ukazuju na težinu i kompleksnost sadržaja nastavne teme Osnovi molekularne biologije u odnosu na sadržaje prethodne nastavne teme, čija je usvojenost proverena na inicijalnom testu, kada je uspeh učenika obe grupe bio ujednačen na inicijalnom testu u celini i na pojedinačnim nivoima znanja. Na osnovu postignuća učenika K grupe na finalnom testu i retestu, pokazalo se da je nastavniku koji je izvodio nastavu biologije u ovoj grupi bilo veoma teško da samo rečima i skromnim ilustracijama koje je mogao nacrtati na tabli, ili pokazati na slikama u udžbeniku objasni učenicima složene biološke procese: replikaciju, transkripciju i translaciju i druge sadržaje iz molekularne biologije. Bez korišćenja dodatnih nastavnih sredstava i pomagala učenici K grupe su mogli da zapamte samo značenje tih procesa, ali ne i da shvate njihovu suštinu i biološki značaj. Zato su učenici K grupe ostvarili slabiji uspeh na finalnom testu i retestu (na testovima u celini i na pojedinačnim nivoima znanja) u odnosu na učenike E grupe.

Rezultati učenika E grupe na finalnom testu i retestu u celini i na sva tri nivoa znanja u odnosu na učenike K grupe, kao i promene u postignuću učenika E i K grupe u toku istraživanja su pokazatelj pozitivnih efekata primene interaktivne nastave biologije uz podršku računara na nivo i kvalitet znanja učenika E grupe i njihove veće kompetencije iz biologije u odnosu na tradicionalnu nastavu (koja se odvijala u K grupi), u kojoj takvi efekti nisu dostignuti.

Visokom postignuću učenika E grupe na finalnom testu i retestu u ovom istraživanju, značajno je doprinela interaktivnost nastave ostvarene radom u parovima. Aktivnosti učenika tokom rada u paru su imale visok motivacioni efekat. Parovi učenika su na časovima biologije radili zajedno na računaru, dopunjavali jedan drugog, rešavali problemske zadatke i tumačili zanimljive dodatne informacije, čega kod samostalnog rada na računaru nema, jer svaki učenik radi sam, kao ni kod frontalnog oblika rada na časovima tradicionalne nastave. Kada učenici rade samostalno na računaru, nastavnik može pomoći učeniku u nekom trenutku, kada iz bilo kog razloga zastane i ne ide dalje (ne napreduje), ali on ne može odgovoriti na različita pitanja i zahteve više učenika u isto vreme. Kod rada u paru učenici traže pomoć nastavnika, tek ako zajedno nemaju rešenje ili odgovor na neko pitanje, ili ako ne razumeju neku informaciju, prikaz na ilustraciji ili sadržaj animacije. Dva učenika će ređe odustati od traganja za rešenjem problema nego jedan učenik, jer je njihova zajednička pažnja i koncentracija veća.

Aktivnostima u paru postiže se mnogo intenzivnija komunikacija nego u većim grupama. Oba učenika učestvuju u razgovoru, suprotstavljaju svoja mišljenja i zajednički brže i lakše traže rešenja. M. Hrizel je u svom istraživanju utvrdio razlike u savladavanju nastavnog gradiva programiranom nastavom radom u parovima i individualnim radom i došao do zaključaka:

- „da je rad u paru uspešniji od individualnog rada,
- da je veća motivacija para u rešavanju težih zadataka,
- da se za rad u parovima opredelilo 51% ispitanika, a za individualni rad 35% (prema Milijević, 2003, str. 240). Ovi podaci su očekivani i logični, iako je visok procenat učenika koji su se opredelili za samostalan rad.

U istraživanju Terzić i Miljanović (2009) učenici E grupe učili su sadržaje nastavne teme Biologija razvića životinja u III razredu gimnazije društveno-jezičkog smera primenom multimedije radom u parovima u E grupi, a u K grupi tradicionalnom nastavom. Postignuće učenika na finalnom testu iznosilo je u E grupi 87,75 poena, a u K grupi 75,40 poena od maksimalnih 100 poena. Na retestu E grupa je ostvarila 81,75 poena, a K grupa 66,73 poena. Razlike između E i K grupe na oba testa su statistički značajne. Aritmetička sredina ostvarenog broja bodova na inicijalnom testu u E-grupi iznosila je 65,87 bodova, a u K-grupi 66,09 bodova. Razlika srednjih vrednosti između dve grupe na inicijalnom testu nije statistički značajna.

Na osnovu ovih podataka uočava se veliki napredak učenika E grupe na finalnom testu i retestu u odnosu na K grupu.

U istraživanju Odadžić i sar. (2012) učenici E grupe su učili sadržaje iz Citologije u I razredu gimnazije opšteg smera korišćenjem obrazovnog softvera radom u parovima, a učenici K grupe tradicionalnom nastavom. Učenici E grupe postigli su izuzetno visoke rezultate na finalnom testu (E grupa 91,22 poena, a K grupa 83,15 poena od maksimalnih 100 poena) i na retestu (E grupa 90,12 poena, a K grupa 81,03 poena). Razlike između E i K grupe na oba testa su statistički značajne. Aritmetička sredina ostvarenog broja poena na inicijalnom testu u E grupi iznosila je 80,23 poena, a u K grupi 79,65 poena. Razlika srednjih vrednosti između dve grupe na inicijalnom testu nije statistički značajna. I u ovom istraživanju uočava se veliki napredak učenika E grupe na finalnom testu i retestu u odnosu na K grupu u kojoj tog napretka nije bilo.

U našem istraživanju učenici E grupe su učili sadržaje iz nastavne teme Osnovi molekularne biologije u IV razredu gimnazije prirodno-matematičkog smera interaktivnom nastavom uz podršku računara radom u parovima, a u učenici K grupe tradicionalnom nastavom. Na osnovu rezultata *finalnog testa* učenici, E grupe imali su prosečno postignuće od 85,458 poena, a učenici kontrolne grupe 65,136 poena. Analizom prosečnog broja poena na *retestu* učenici E grupe postigli su 75,403 poena, a učenici K grupe 53,607 poena. Razlike između E i K grupe na oba testa su statistički značajne. Prosečno postignuće učenika E grupe na *inicijalnom testu* je 65,931 poena, a učenika K grupe 65,043 poena. Razlika srednjih vrednosti između dve grupe na inicijalnom testu nije bila statistički značajna. I u ovom primeru postignuće učenika E grupe na finalnom testu i retest je značajno veće nego u K grupi.

Iako se tokom istraživanja prikazanih u sva tri navedena rada na časovima u E grupi nastava biologije odvijala korišćenjem nekog vida multimedijalnih materijala uz podršku računara radom u paru, njihova prosečna postignuća na finalnom testu i retestu su različita. Te razlike se mogu objasniti time što su se istraživanja odvijala u različitim razredima, na različitim smerovima gimnazije i tokom realizacije različitih sadržaja iz biologije. Iako su E i K grupa ujednačene na početku istraživanja, na osnovu postignuća učenika E i K grupe na inicijalnom testu, različita su bila i predznanja učenika u svakom od navedenih istraživanja. Ipak, u sva tri istraživanja učenici E grupe su imali značajno veća prosečna postignuća na finalnom testu i retestu od učenika K grupe, čime je potvrđena veća efikasnost primene multimedijalnih materijala i računara u nastavi biologije u odnosu na tradicionalnu nastavu.

U radovima drugih autora takođe je potvrđeno da primena računara i različitih multimedijalnih materijala: kompjuterskih prezentacija, animacija, obrazovnih softvera i e-udžbenika u nastavi biologije doprinosi većoj efikasnosti u odnosu na tradicionalnu nastavu.

Kara & Yesilyurt (2007) su ispitivali efikasnosti primene dve vrste obrazovnih softvera (tipa tutorijala i tipa igara) i tradicionalne nastave u realizaciji nastavne teme *Genetika* u srednjoj školi u Turskoj. Uzorak istraživanja činila su 72 učenika podeljena u tri grupe po 24 učenika. Učenici E<sub>1</sub> grupe su sadržaje iz genetike obradili primenom softvera tipa tutorijala (Rediscover Science And Math Softver). Svaka nastavna jedinica sadržala je: tekst, animacije, audio zapis i fotografije. Učenici E<sub>2</sub> grupe su nastavu realizovali primenom softvera tipa obrazovnih igara (Bioscopia). Kontrolna (K) grupa je sadržaje nastavne teme *Genetika* realizovala tradicionalnom nastavom (Kara i Yesilyurt, 2007, pp. 7). Nakon obrade sadržaja iz genetike primenom različitih modela nastave u sve tri grupe je sprovedeno finalno testiranje. Učenici su testirani nakon obrade pojedinih delova gradiva: gena, DNK, hromozoma, jedra, alela, genetičkih informacija, genetičkog koda. Najbolje rezultate na finalnom testu ostvarila je E<sub>1</sub> grupa (Kara & Yesilyurt, 2007, pp. 13-14).



Rotbain et. al. (2008) su predstavili aktivan način korišćenja računarskih animacija za učenje sadržaja iz molekularne genetike u srednjoj školi. Tokom realizacije nastavne teme *Molekularna biologija (genetika)* oni su ispitivali efekte primene animacija (Logal™ Molecular Biology) na kojima je prikazana struktura DNK i RNK, replikacija DNK i sinteza proteina, da bi učenici bolje razumeli osnovne procese u molekularnoj biologiji. Inovativni model primenjen je u E grupi (71 učenik). Njihove rezultate uporedili su u odnosu na tradicionalnu nastavu koja se odvijala u K grupi (116 učenika). Istraživanje je realizovano u Izraelu. Nakon realizacije eksperimentalnog programa učenici su testirani finalnim testom znanja. Analiza rezultata finalnog testa (post-testa), pokazala je da je prosečno postignuće eksperimentalne grupe znatno veće od srednje vrednosti rezultata kontrolne grupe (Rotbain et. al., 2008, pp. 49). Prosečno postignuće učenika E grupe na finalnom testu znanja u celini (73 poena) u odnosu na postignuše učenika K grupe (61 poen) je statistički značajno ( $F = 18,85$ ,  $p < 0,001$ ). Učenici E grupe postigli su bolje rezultate i na testovima iz pojedinih celina nastavne teme: struktura DNK i RNK (E grupa 81 poen, K grupa 69 poena,  $F = 7,19$ ,  $p < 0,001$ ); DNK replikacija, transkripcija i translacija (E grupa 62 poena, K grupa 44 poena ( $F = 17,02$ ,  $p < 0,01$ ) i odnos (povezanost) između DNK i proteina (E grupa 77 poena, K grupa 69 poena,  $F = 6,04$ ,  $p < 0,005$ ), (Rotbain et. al., 2008, pp. 55). Rezultati istraživanja su pokazali da je korišćenje animacija omogućilo bolju percepciju i vizualizaciju apstraktnih procesa iz molekularne genetike u E grupi, što je doprinelo njihovom većem postignuću na finalnom testu znanja, u odnosu na K grupu.

Yusuf & Afolabi su ispitivali efikasnost primene računarski podržane nastave u odnosu na tradicionalnu nastavu u realizaciju nastavnih sadržaja iz *Ekologije*, tokom obrade 5 lekcija: odnosi ishrane u ekosistemima, lanci ishrane, mreže lanaca ishrane, trofičke piramide i kruženje materije i proticanje energije u ekosistemima. Uzorak je činilo 120 učenika prvog razreda srednje škole iz Nigerije, po 40 učenika u E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub> i K grupi. Nastavni sadržaji iz ekologije u E<sub>1</sub> grupi obrađeni su individualnim oblikom rada korišćenjem obrazovnog računarskog softvera, u E<sub>2</sub> grupi grupnim oblikom rada korišćenjem obrazovnog računarskog softvera, dok su učenici K grupe iste nastavne sadržaje obradili tradicionalnom nastavom (Yusuf & Afolabi, 2010, str. 64). Poređenjem rezultata učenika E<sub>1</sub> i K grupe, razlika u prosečnom broju poena na finalnom testu od 3,82 poena u korist E<sub>1</sub> grupe je statistički značajna ( $p = 0,0001 < 0,5 < 0,01$ ). Razlika u postignuću učenika E<sub>2</sub> i K grupe od 6 poena u korist E<sub>2</sub> grupe je takođe statistički značajna ( $p = 0,0001 < 0,01 < 0,5$ ). Primena računara i obrazovnog računarskog softvera imala je pozitivan uticaj na proces sticanja znanja u odnosu na tradicionalnu nastavu. Analiza rezultata istraživanja je takođe pokazala da su učenici E<sub>2</sub> grupa koji su koristili računar i obrazovni softver grupnim oblikom rada postigli bolji uspeh od učenika E<sub>1</sub> grupe, koji su samostalno koristili računar i obrazovni softver za prosečno 2,62 poena ( $p = 0,0014 < 0,5$ ). Na osnovu rezultata istraživanja korišćenje računara u procesu učenja pozitivno utiče i na razvoj socijalnih interakcija među učenicima. Ovo saznanja u mnogome olakšava opremanje škola savremenim nastavnim sredstvima i pomagalicama, jer za nastavu visokog kvaliteta nije potrebno da svaki učenik radi za jednim računarom. Moguće je, da na osnovu broja računara u učionici, jedan računar koriste grupe ili parovi učenika.

U radu Nogaj (2013) je opisana promena u predavanju na kursu iz *Molekularne biologije* primenom modela aktivnog učenja. Cilj aktivnosti je bio da uključi učenike u zajedničko učenje, da nauče kako da učestvuju u procesu učenja i da im se da aktivnija uloga tokom učenja. Na kraju semestra, učenici su imali aktivnu poziciju u učenju u poređenju sa ranijim kursevima klasičnih predavanja. Rezultati su pokazali poboljšanje i u rezultatima učenika na testovima. Njihova evaluacija na kraju semestra je pokazala pozitivan rezultat, kao odgovor učenika na promenu načina učenja. Raznovrsne aktivnosti uvedene u proces učenja i naglasak na učešće i saradnju



učenika omogućilo im je sticanja veština i samopouzdanja koje mogu dalje da koriste i u drugim kursevima (Nogaj, 2013, pp. 54).

Poređenje rezultata našeg istraživanja i rezultata autora iz naše zemlje uopšte, sa stranim autorima u pogledu primene IKT u nastavi biologije i drugih predmeta je veoma teško. Pre svega, zbog velikih razlika u opremljenosti škola savremenim nastavnim sredstvima i pomagalicama i naročito primenom IKT u nastavi, osposobljenosti naših nastavnika da je koriste, njihove motivacije da osavremenjuju nastavni proces, ali i zbog razlika u broju učenika u odeljenjima, razlika u sadržajima iz biologije u nastavnim programima u pojedinim razredima, različitim didaktičko-metodičkim konceptima programa i njihove realizacije itd.

Zato je mnogo realnije uporediti rezultate našeg istraživanja sa istraživanjima domaćih autora, koja su se odvijala u sličnim uslovima, ili preciznije ti uslovi su stvarani za potrebe konkretnih istraživanja. Većina istraživanja čije rezultate ćemo analizirati odvijala se u toku realizacije magistarskih ili doktorskih studija iz Metodike nastave biologije na Prirodno-matematičkom fakultetu u Novom Sadu za potrebe izrade magistarskih ili doktorskih teza navedenih autora. U školama u kojima su se odvijala istraživanja uz podršku direktora škola činjeni su dodatni napor i stvarani uslovi za njihovu realizaciju. Na primer, za istraživanja koja su zahtevala primenu IKT u nastavi biologije, pošto su samo kabineti za informatiku opremljeni sa većim brojem računara, privremeno je menjan raspored časova, da bi se u njima odvijala nastava biologije. To je zahtevalo podršku direktora i razumevanje drugih kolega (pre svega nastavnika informatike), koji su izlazili u susret svojim kolegama biologima, a često im pružali pomoć u kreiranju multimedijalnih prezentacija, izradi obrazovnih softvera ili elektronskih udžbenika.

Poseban problem u eksperimentalnim didaktičko-metodičkim istraživanjima kod nas čini dobijanje saglasnosti učenika, njihovih roditelja, nastavnika biologije i uprave škola za realizaciju takvih istraživanja. Zato su eksperimentalna metodička istraživanja u nastavi biologije i drugih predmeta veoma retka, ali dragocena. Analiziraćemo rezultate nekoliko istraživanja koja se odnose na inovativni pristup u nastavi biologije ostvaren primenom interaktivnih multimedijalnih materijala uz podršku računara.

U istraživanju Grujičić i Miljanović (2005) u tri grupe učenika primenjeni su različiti modeli nastave: multimedijalni sadržaji u E<sub>1</sub> grupi, biološka nastavna ekskurziji u E<sub>2</sub> grupi i tradicionalna nastava u K grupi. Istraživanje je realizovano na uzorku od 326 učenika VI razreda tokom realizacije sadržaja iz *Botanike*: 109 učenika u E<sub>1</sub> grupi, 108 učenika u E<sub>2</sub> grupi i 109 učenika u K grupi. Učenici E<sub>1</sub> grupe osvojili su na *finalnom testu* prosečno 72,85% poena, učenici E<sub>2</sub> grupe 66,28% poena, a učenici K grupe 58,87% poena od maksimalnih 100 poena. Na osnovu izračunatih statističkih parametara finalnog testa, ostvarene razlike aritmetičkih sredina između pojedinih grupa: (E<sub>1</sub> i E<sub>2</sub> grupe od 6,03 poena u korist E<sub>1</sub> grupe,  $t = 2,98$ ); (E<sub>1</sub> i K grupe od 13,98 poena u korist E<sub>1</sub> grupe,  $t = 6,13$ ) i (E<sub>2</sub> i K grupe od 7,95 poena u korist E<sub>2</sub> grupe,  $t = 3,13$ ) su statistički značajne. Različita postignuća učenika E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub> i K grupe na finalnom testu i ostvarene razlike između njih nastale su kao rezultat obrade istih sadržaja iz biologije na različite načine (Grujičić i Miljanović, 2005, str. 332). Učenici E<sub>1</sub> grupe osvojili su na *retestu* prosečno 69, 23% poena, učenici E<sub>2</sub> grupe 62,15% poena, a učenici K grupe 52,67% poena. Na osnovu izračunatih statističkih parametara retesta, ostvarene razlike aritmetičkih sredina između pojedinih grupa: (E<sub>1</sub> i E<sub>2</sub> grupe od 7,08 poena u korist E<sub>1</sub> grupe,  $t = 2,70$ ); (E<sub>1</sub> i K grupe od 16,56

poena u korist E<sub>1</sub> grupe,  $t=7,49$ ) i (E<sub>2</sub> i K grupe od 9,48 poena u korist E<sub>2</sub> grupe,  $t=3,97$ ) su statistički značajne (Grujičić i Miljanović, 2005, str. 335). Na osnovu rezultata retesta, pokazalo se da su najveću trajnost znanja ostvarili učenici E<sub>1</sub> grupe koji su nastavne sadržaje iz biologije o skrivenosemenicama realizovali na časovima biologije u školi primenom multimedije, a vežbe na terenu (na biološkoj nastavnoj ekskurziji). U radu je istaknuto da učenje biologije primenom multimedijalnih sadržaja (u E<sub>1</sub> grupi) i na biološkoj nastavnoj ekskurziji (u E<sub>2</sub> grupi) pruža mogućnost učenicima da razmišljaju, analiziraju i zaključuju, da se više posvete učenju istraživanjem, otkrivanjem i rešavanjem problema. Takvi modeli realizacije nastavnih sadržaja „više aktiviraju misaone sposobnosti učenika, podstiču apstraktno i stvaralačko mišljenje i povoljno utiču na ukupan razvoj ličnosti učenika” i sticanje kvalitetnijih znanja. (Grujičić i Miljanović, 2005, str. 327).

U radu Terzić i Miljanović (2009) analizirana je efikasnost primene multimedije tokom obrade nastavne teme *Biologija razvića životinja* u nastavi biologije u III razredu gimnazije društveno-jezičkog smera u odnosu na tradicionalnu nastavu. Istraživanje je realizovano na uzorku od 188 učenika: 95 učenika u E grupi i 93 učenika u K grupi. Aritmetička sredina ostvarenog broja poena na *finalnom testu* u E grupi iznosila je 87,75, a u K grupi 75,40 poena od maksimalnih 100 poena. Ostvarena razlika od 12,35 poena u korist E grupe je bila statistički značajna ( $t=6,16$ ) na oba nivoa poverenja (0,01 i 0,05). Rezultati finalnog testa su pokazali da primena multimedije povećava kvantitet znanja učenika iz biologije (Terzić i Miljanović, 2009, str. 10). Nakon 80 dana od finalnog testiranja učenici obe grupe su radili retest. Učenici E grupe su na *retestu* ostarili prosečno 81,75 poena, a učenici K grupe 66,73 poena. Razlika u postignuću učenika E i K grupe na retestu (u korist E grupe) je bila veća nego na finalnom testu, iznosila je 15,02 poena i statistički je značajna ( $t=8,73$ ) na oba nivoa poverenja (0,01 i 0,05), (Terzić i Miljanović, 2009, str.11). Ostvareni rezultati učenika E grupe na finalnom testu i retestu su pokazali da su učenici E grupe lakše i efikasnije usvojili sadržaje nastavne teme *Biologija razvića životinja* primenom multimedije radom u parovima nego tradicionalnom nastavom i frontalnim oblikom rada i da su njihova stečena znanja kvalitetnija.

U radu Odadžić i sar. (2012) sadržaji iz biologije u I razredu gimnazije opšteg smera (nastavna tema *Osnovi citologije*) realizovani su primenom programiranog nastavnog materijala (u formi obrazovnog softvera), a zatim je sagledana efikasnosti njegove primene u odnosu na tradicionalnu nastavu. Pedagoški eksperiment je realizovan na uzorku od 120 učenika (po 60 učenika u E i K grupi). Aritmetička sredina ostvarenog broja poena na *finalnom testu* u E-grupi iznosila je 91,22 poena, a u K-grupi 83,15 poena. Razlika aritmetičkih sredina između E i K grupe na finalnom testu iznosila je 8,07 poena u korist E grupe. Na osnovu vrednosti t testa ( $t=3,96$ ) razlika u postignuću učenika E i K grupe na finalnom testu je statistički značajna na oba nivoa poverenja (0,01 i 0,05), (Odadžić i sar., 2011, str. 255). Aritmetička sredina ostvarenog broja poena na *retestu* u E-grupi iznosila je 90,12 poena, a u K-grupi 81,03 poena. Razlika aritmetičkih sredina između E i K grupe na retestu iznosila je 9,09 poena u korist eksperimentalne grupe. Na osnovu izračunate vrednosti t testa ( $t=4,43$ ), razlika u postignuću učenika E i K grupe na retestu je statistički značajna na oba nivoa poverenja (0,01 i 0,05). Na osnovu rezultata retesta, primenom inovativnog nastavnog postupaka (obrazovnog softvera) tokom obrade nastavne teme *Osnovi citologije* u I razredu gimnazije ostvareni su bolji rezultati nego njihovom obradom tradicionalnom nastavom (Odadžić i sar., 2011, str. 256).

U radu Županec et al. (2013) ispitivana je efektivnost primene programirane nastave uz pomoć kompjutera u odnosu na tradicionalni model učenja u nastavi biologije u osnovnoj školi. Pedagoški eksperiment je sproveden na uzorku od 214 učenika, 106 učenika u E grupi i 108 učenika u K grupi. Na *finalnom testu u celini* učenici E grupe imali su prosečno postignuće 85,82

poena, a učenici K grupe 68,87 poena od maksimalnih 100 poena. Razlika aritmetičkih sredina između E i K grupe na finalnom testu bila je 16,75 bodova i statistički je značajna ( $t = 11,92$ ). Učenici E grupe su ostvarili bolji rezultat od učenika K grupe i na pojedinačnim kognitivnim nivoima znaja: na pitanjima i zadacima I nivoa znanja za prosečno 2,08 poena ( $t = 5,02 > 1,96$ ). Učenici E grupe su još uspješnije uradili pitanja i zadatke II nivoa u odnosu na učenike K grupe. Razlika je iznosila prosečno 6,33 poena ( $t = 8,56 > 1,96$ ). Najveća razlika je uočena u rešavanju pitanja i zadataka III nivoa i iznosila je 8,54 poena ( $t = 14,17 > 1,96$ ), (Županec i sar., 2013, str., 436). Nakon 90 dana učenici obe grupe testirani su istim testom (retestom). Učenici E grupe imali su na *retestu* u celini prosečno postignuće 85,16 poena, a učenici K grupe 67,71 poena. Razlika aritmetičkih sredina između E i K grupe na retestu bila je 17,45 bodova i statistički je značajna ( $t = 13,38$ ). Razlike u postignuću učenika E i K grupe su bile statistički značajne i na pojedinačnim nivoima znanja. Pitanja i zadatke I nivoa znanja učenici E grupe su uspješnije uradili za prosečno 1,64 poena ( $t = 4,60 > 1,96$ ); pitanja i zadatke II nivoa učenici E grupe su uradili bolje za 6,75 poena u odnosu na K grupu ( $t = 10,84 > 1,96$ ), a najveća razlika je ostvarena na pitanjima i zadacima III nivoa (razlika između grupa je iznosila prosečno 9,06 poena,  $t = 14,20 > 1,96$ ). „Analiza rezultata finalnog testa i retesta je pokazala da su učenici E grupe ostvarili veći kvantitet i kvalitet znanja u odnosu na učenike K grupe” (Županec i sar., 2013, str., 437).

U radu Odadžić et al. (2017) su analizirani rezultati primene obrazovno računarskog softvera u obradi nastavne teme *Mehanizmi nasleđivanja* u IV razredu gimnazije opšteg smera u odnosu na obradu iste nastavne teme tradicionalnom nastavom. Istraživanje je sprovedeno na uzorku od 173 učenika, 87 učenika u E grupi i 86 učenika u K grupi. Rezultati *finalnog testa* su pokazali da su učenici E grupe osvojili prosečno 79,847% poena, a učenici K grupe 70,338% od maksimalnih 100 poena. Na osnovu rezultata *t* – testa, postoje statistički značajne razlike u postignuću učenika E i K grupe na finalnom testu u korist E grupe na pojedinačnim nivoima znanja: I nivo  $t = 6,460$ ; II nivo  $t = 8,007$ ; III nivo  $t = 7,764$ ) i na testu u celini ( $t = 8,518$ ). Razlike su naročito značajne na zadacima II i III nivoa znanja (Odadžić et al., pp. 20). Rezultati *retesta* su pokazali da su učenici E grupe osvojili prosečno 75,437%, a učenici K grupe 62,581% od maksimalnih 100 poena. Na osnovu rezultata *t* – testa postoje statistički značajne razlike između E i K grupe na retestu u korist E grupe na sva tri kognitivna domena: I nivo  $t = 6,665$ ; II nivo  $t = 9,536$ ; III nivo:  $t = 11,258$  i na retestu u celini  $t = 10,905$  (Odadžić et al., pp., 21). Znatno bolji uspeh učenika E grupe na finalnom testu i retestu u odnosu na K grupu je rezultat je obrade nastavne teme *Mehanizmi nasleđivanja* u E grupi primenom obrazovno računarskog softvera individualnim oblikom rada.

U odnosu na rezultate istraživanja Grujičić i Miljanović, 2005; Terzić i Miljanović, 2009 i Odadžić et al, 2017, u istraživanju koje je prikazano u našem radu razlike u postignuću učenika E i K grupe na finalnom testu i retestu u celini i na pojedinačnim nivoima znanja, su značajno veće, (zbog značajno većih postignuća učenika E grupe na finalnom testu i retestu). To se može objasniti time, što je pored primene računara na nivo postignuća učenika E grupe na oba testa (finalnom testu i retestu) u našem istraživanju značajan (dodatni) doprinos većem postignuću učenika na finalnom testu imala pored računara primena interaktivne nastave. U našem istraživanju, na svim časovima biologije u E grupi intenzitet interaktivnosti između parova učenika, svih učenika u odeljenju, učenika i nastavnika i učenika i računara je bio na izrazito visokom nivou. To je dodatno angažovalo učenike od početka do kraja svakog časa. Zbog toga su učenici E grupe na finalnom testu i retestu u celini i na svim nivoima znanja imali visoka postignuća, znatno veća nego u K grupi, u kojoj je na časovima biologije postojala interaktivnost niskog intenziteta samo između učenika i nastavnika. U istraživanjima Grujičić i Miljanović, 2005; Terzić i Miljanović, 2009 i Odadžić et al, 2017 interaktivnost na časovima biologije tokom

realizovanih istraživanja je bila minorna, jer je u tim istraživanjima naglasak bio na primeni računara u nastavi biologije i sagledavanju efikasnosti njegove primene u odnosu na tradicionalnu nastavu.

Molekularna biologija je biološka disciplina koja proučava biologiju na nivou molekula, a njeni sadržaji objašnjavaju samu suštinu života. Mnogi nastavnici i učenici smatraju da je nastavna tema Molekularna genetika (biologija) veoma teška, nastavnicima za predavanje, a učenicima za učenje (Marbach-Ad & Stavy, 2000; Templin & Fetters, 2002; Craciun & Isvoran, 2009). Učenici gimnazije u Srbiji nemaju dovoljno predznanja iz biologije i drugih prirodnih nauka koja su potrebna za razumevanje sadržaja nastavne teme Osnovi molekularne biologije, a u našim školama nedostaju savremena nastavna sredstva pomoću kojih bi nastavnici na odgovarajući način približili učenicima i ovakve (najteže) sadržaje. Zato ovi sadržaji učenicima i nakon njihove obrade na časovima u školi tradicionalnom nastavom često ostaju apstraktni i nerazumljivi. Navedene činjenice ukazuju na to da je neophodno menjati način rada u nastavi biologije u gimnaziji, uvođenjem inovativnih modela nastave koji bi učenicima omogućili bolje razumevanje i najtežih sadržaja i njihovo bolje razumevanje i efikasnije usvajanje. Jedan od tih modela (koji je primenjen u našem istraživanju u E grupi) je interaktivna nastava biologije uz podršku računara. Ostvareni rezultati učenika E grupe su u poređenju sa rezultatima K grupe (u kojoj se odvijala tradicionalna nastava) mnogo bolji, a razlike između dve grupe na finalnom testu i retestu su statistički značajne na finalnom testu i retestu i na pojedinačnim nivoima znanja: poznavanje činjenica, razumevanje pojmova i analiza i rezonovanje.

Rešenje ovog problema može biti u smanjenju sadržaja pojedinih nastavnih tema, a samim tim u povećanju broja časova za njihovo ponavljanje i utvrđivanje u odnosu na trenuno predviđeni broj časova u Nastavnom planu i programu biologije. U radu Miljanović (2001), istaknuto je da „Dužina pamćenja obrazovno-vaspitnih sadržaja i njihovo zaboravljanje ne zavise samo od njihove prirode, načina na koji su učenicima prezentovani, predznanja i interesovanja učenika, već i od redovnog ponavljanja i utvrđivanja gradiva i vrednovanja znanja učenika” (Miljanović, 2001, str. 354). Ponavljanjem gradiva doprinosi se kvalitetu i trajnosti stečenog znanja, jer se na tim časovima ističu i naglašavaju ključne činjenice i insistira na njihovom razumevanju i primeni, a ono što učenici nisu razumeli nastavnik dodatno objašnjava i proverava njihovu usvojenost i razumevanje. U takvom konceptu programa u kome bi sadržaji bili sažetiji i bez suvišnih detalja bilo bi više časova za kvalitetniju obradu teških sadržaja, ali i njihovo ponavljanje i utvrđivanje.

U četvrtom razredu gimnazije prirodno-matematičkog smera (kao i u ostalim razredima) sve nastavne teme su obimne i teške i neophodno je više časova za njihovo ponavljanje i utvrđivanje gradiva. U nastavnim programima biologije za gimnaziju u Republici Srbiji se 30 godina nije ništa suštinski menjalo. Treba očekivati da se u okviru skore reforme gimnazijski programi (uključujući i programe biologije u svim razredima) značajno (suštinski) promene i usklade sa potrebama savremenog obrazovanja. Uporedo s promenama programa treba menjati način obrade nastavnih sadržaja iz biologije primenom inovativnih modela nastave, u koje spadaju i interaktivna nastava i primena savremene nastavne tehnologije.

Da bi se došlo do promena i željenog kvaliteta u nastavi biologije predloženih u ovom i istraživanjima drugih autora, u nastavnoj praksi biologije u gimnaziji svih smerova, neophodne su značajne promene u programima i naročito promene u samom nastavnom procesu (u nastavnoj praksi u školama). Ako se kvalitet i efikasnost nastave prihvate kao glavni zadatak obrazovanja (ali ne deklarativno, kao do sada), zajedničkim nastojanjem resornog ministarstva, lokalne sredine i samih škola, potrebno je opremiti škole savremenim nastavnim sredstvima i pomagalicama (pre svega računarima) i odgovarajućim nastavnim sredstvima u skladu sa



Pravilnikom o bližim uslovima u pogledu prostora, opreme i nastavnih sredstava za gimnaziju (Sl. glasnik SRS – Prosvetni glasnik br. 5, 90, Beograd). Navedeni pravilnik takođe treba da bude inoviran i primeren savremenom obrazovanju, pošto dugo nije menjan.

To je put za promene o kojima svi toliko govore, a malo toga se menja i to sporo. Tim promenama i boljim rezultatima u sistemu obrazovanja u narednoj fazi (u neposrednom radu sa učenicima) treba da daju veliki doprinos i sami nastavnici dodatnom edukacijom (pohađanjem seminara iz svoje uže struke, zatim metodike nastave i iz oblasti primene IKT u nastavi). Njihov bolji materijalni status bio bi snažan podsticaj za veću inovativnost i kreativnost.

Primena modela interaktivne nastave uz podršku računara moguća je čak i projekcijom multimedijalnih prezentacija sa jednog računara preko Video-bim projektora ili TV prijemnika, pri čemu izlaganje nastavnika i njegov monolog tokom prezentacije u trajanju od 35 do 40 minuta, treba zameniti kraćim izlaganjem i njegovim objašnjenjem onog što je najvažnije i najteže u konkretnom nastavnom sadržaju u trajanju od 15 do 20 minuta uz posmatranja multimedijalne prezentacije, a u ostatku časa treba postaviti pitanja učenicima na koja oni treba da pripreme odgovore, koje bi nastavnik u tokom odgovaranja učenika po potrebi dopunio. Tako bi se povećao intenzitet interaktivnosti na časovima i povećao kvalitet nastavnog procesa i njegova efikasnost. Umesto ovakvog pristupa, u mnogim školama prezentacije nastavnog gradiva za nastavu prave učenici (jer bolje poznaju rad na računaru od svojih nastavnika) i izlažu gradivo umesto nastavnika i za to dobijaju ocene, što takođe nije prihvatljivo. Na takvim časovima dominira aktivnost jednog učenika, a izostaju aktivnosti ostalih učenika, a interaktivnost na takvom času je minimalna. Predavanja nastavnika ne treba da zamene predavanja učenika, jer je nivo njihovog znanja skroman da bi ta predavanja bila na odgovarajućem nivou.

Pored navedene mogućnosti, interaktivna nastava se može povezati i sa drugim modelima nastave. Na primer, sa učenjem otkrivanjem na biološkoj nastavnoj ekskurziji grupnim oblikom rada ili radom u parovima, sa projektnom nastavom u sagledavanju problema iz ekologije i zaštite životne sredine i održivog razvoja u lokalnoj sredini ili sa problemskom nastavom tokom realizacije različitih ogleda i vežbi tokom analize njihovih rezultata. Zato preporučujem njenu dominantnu zastupljenost u nastavi prirodnih nauka umesto tradicionalnih metoda rada. Njena mnogo veća zastupljenost u nastavi prirodnih nauka u odnosu na tradicionalne metode nastavnog rada je moguća i bez nekog velikog dodatnog opremanja škola. Potrebno je samo da uvažimo njene pozitivne vrednosti i činjenicu da je ona za učenike mnogo prihvatljivija od tradicionalne nastave i da što pre počnemo sa njenom primenom u nastavnoj praksi.

### **4.3. Analiza rezultata ankete za učenika eksperimentalne grupe o primeni interaktivne nastave biologije uz podršku računara u gimnaziji**

Savremeno društvo odlikuju brze promene i velika zastupljenost IKT-a u svim sferama života. Obrazovanje, kao temelj svakog društva, treba da prati te promene i da bude njihov nosilac, kako bi se učenici blagovremeno osposobili za sve izazove koji ih očekuju u njihovom daljem profesionalnom radu i svakodnevnom životu. Da bi se povećali kvalitet i efikasnost nastavnog procesa, neophodno je neprekidno tragati za inovativnim modelima nastavnog rada koje učenici prihvataju.

Primenjeni model intraktivne nastave biologije uz podršku računara tokom pedagoškog istraživanja predstavljao je za učenike eksperimentalne grupe promenu (novinu) u odnosu na ranije časove biologije (ne samo u prvom polugodištu IV razreda, već i u prethodnim razredima



gimnazije). Da bi sagledali kakva su mišljenja učenika o primenjenom modelu sprovedena je anketa za učenike E grupe. Anketa je sprovedena nakon završenog istraživanja (nakon izrade finalnog testa), na uzorku od 72 učenika. Anketom su sagledani: koliko učenici koriste računar kod kuće i na časovima u školi, zatim stavovi učenika prema biologiji kao nastavnom predmetu i učenju biologije, mišljenja učenika o multimedijalnim prezentacijama kreiranim u programu Prezi za obradu nastavne teme Osnovi molekularne biologije u IV razredu gimnazije prirodno-matematičkog smera, učenju biologije primenom interaktivne nastave uz podršku računara u gimnaziji i efektima njene primene u nastavi biologije i na kraju šta se učenicima najviše dopalo, a šta nije tokom realizovanih časova biologije primenom interaktivne nastave biologije uz podršku računara.

#### 4.3.1. Koršćenje računara od strane učenika

U odgovoru učenika na pitanje *Koliko vremena dnevno provodiš uz računar van škole?* dobijeni su sledeći podaci: učenici poseduju kompjuter i najčešće ga dnevno koriste: više od 120 minuta (31,00%) ili od 60-90 minuta (25,4%). Nešto slabije su zastupljene učestalosti od 90-120 minuta (16,9%), od 30-60 minuta (14,1%) i manje od 30 minuta (12,7%). Posmatrano prema uspehu, vrlo dobri učenici najčešće koriste računar više od 120 minuta (41,9%), a učenici sa odličnim uspehom od 60-90 minuta (30,6%), zatim 90-120 minuta (19,4%) i više od 120 minuta (22,2%). U odnosu na ocenu iz biologije dobijen je podatak da učenici sa vrlo dobrom ocenom najviše koriste računar van škole.

Istraživanjem je obuhvaćeno i pitanje *Koliko često u školi, u okviru redovne nastave, koriste računar.* Rezultati ankete su pokazali da učenici retko (64,0%) ili ponekad (34,7%) koriste računar u školi i to samo na nekim časovima. Ovaj podatak je koristan kako bi se bolje sagledao uticaj primenjene nastavne instrukcije na motivaciju učenika.

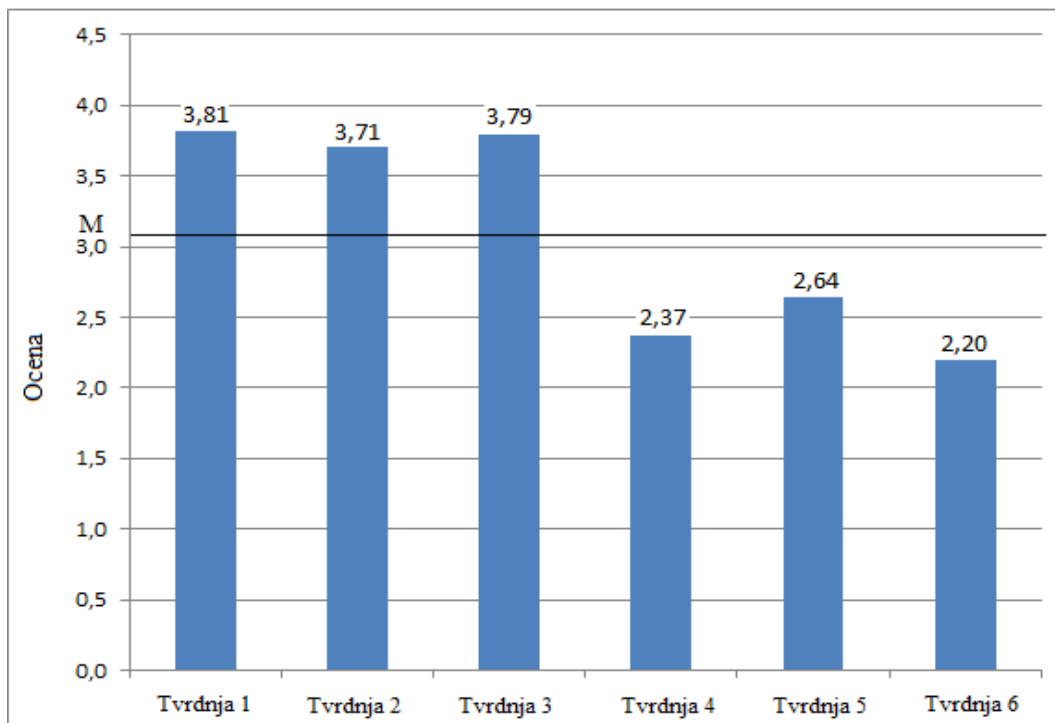
#### 4.3.2. Stavovi učenika prema učenju biologije

Odgovorima na pitanja u anketi pod brojem 3 korišćenjem petostepene Likertove skale učenici eksperimentalne grupe su izneli svoj stav prema učenju biologije. Na osnovu analize odgovora na ovo pitanje čiji rezultati su prikazani na Grafikonu 14., anketirani učenici su iskazali najveće slaganje sa tvrdnjama:

- lako postizem dobar uspeh iz biologije (M=3,81),
- sadržaji iz biologije su interesantni i korisni (M=3,79),
- nije mi teško da učim biologiju (M=3,71).

Slabije slaganje sa tvrdnjama:

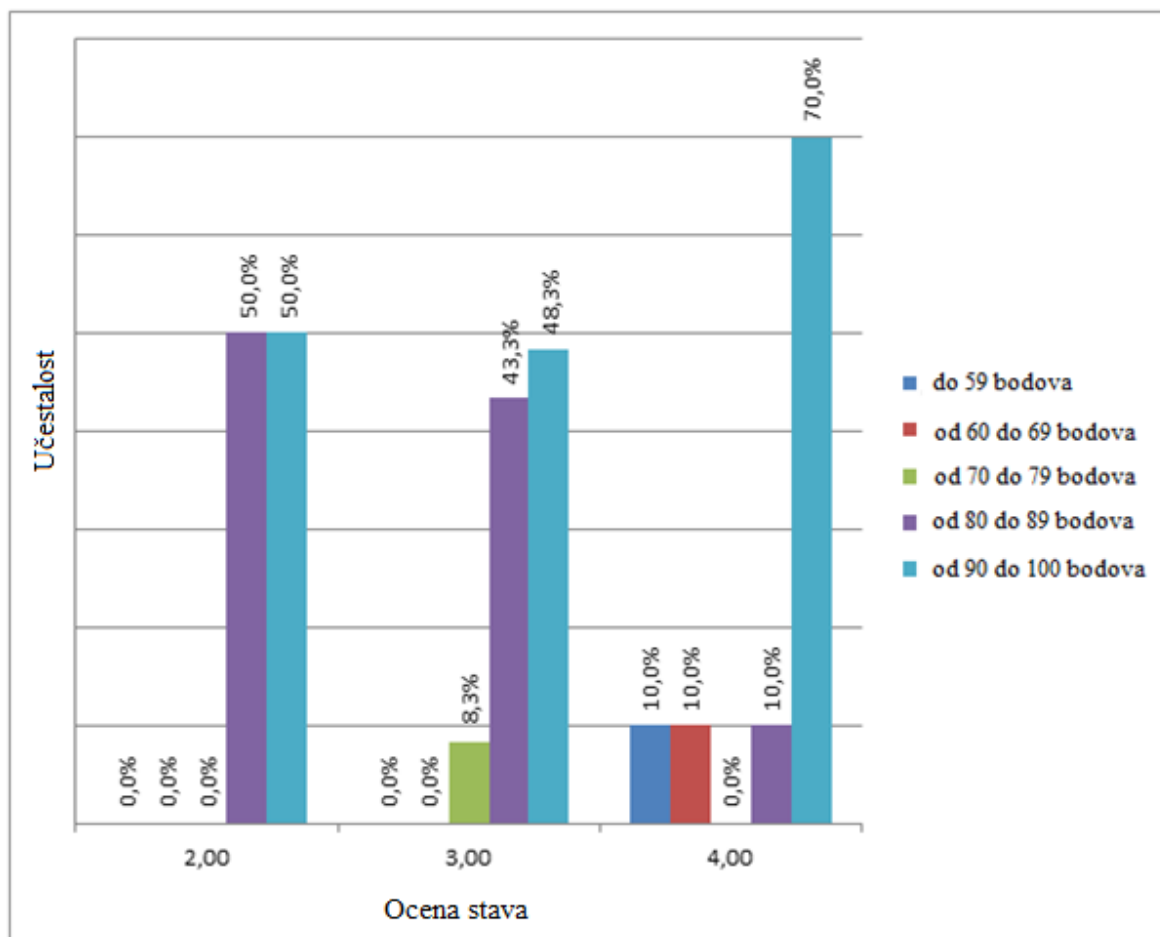
- biologija je teška za učenje (M=2,64),
- gradivo biologije mi je često apstraktno i nejasno (M=2,37),
- biologija mi je dosadna (M=2,20).



Grafikon 14: Stavovi učenika eksperimentalne grupe o učenju biologije

Ispitani učenici su iskazali pozitivan stav srednje jačine prema učenju biologije ( $M = 3,09$ ,  $SD = 0,33$ ).

Hi-kvadrat testom je ispitan uticaj opšteg uspeha, ocene iz biologije i postignuća na finalnom testu na stav učenika prema učenju biologije. Dobijeni rezultati su pokazali da ne postoji statistička značajnost između opšteg uspeha učenika ( $\chi^2(6) = 4,91$ ,  $p = 0,555$ ) i njihove ocene iz biologije ( $\chi^2(6) = 6,77$ ,  $p = 0,342$ ) i stavova učenika prema učenju Biologije. Rezultati su pokazali da učenici bez obzira na njihov opšti uspeh i ocene iz biologije imaju pozitivan stav prema učenju Biologije. Hi-kvadrat testom je pokazan uticaj uspeha učenika E grupe na finalnom testu na njihov stav prema učenju biologije ( $\chi^2(8) = 16,70$ ,  $p = 0,033$ ,  $fi = 0,48$ ) (Grafikon 15).



Grafikon 15: Povezanost stava učenika o učenju biologije i njihovog postignuća na finalnom testu

Podaci na Grafikonu 15. pokazuju povećanje ocene stava učenika E grupe prema učenju biologije sa povećanjem njihovog postignuća na finalnom testiranju. Oni pokazuju da učenici sa boljim postignućem na finalnom testiranju bolje percipiraju važnost učenja biologije. Međutim, (kako se vidi na grafikonu), to nije samo odlika najboljih učenika, jer su učenici gotovo svih postignuća na finalnom testu imali pozitivan stav prema učenju biologije.

#### 4.3.3. Mišljenja učenika o multimedijalnim prezentacijama nastavne teme Osnovi molekularne biologije kreiranim u programu Prezi

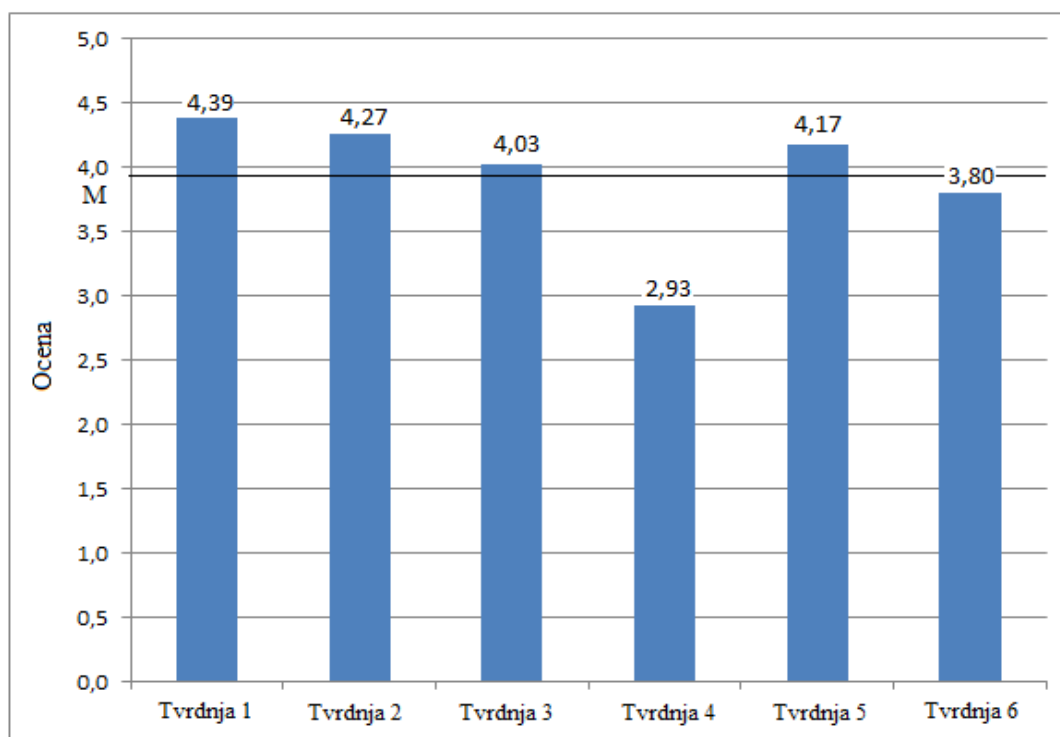
Na osnovu analize odgovora učenika E grupe na pitanje o kvalitetu prezentacija lekcija iz nastavne teme Osnovi molekularne biologije, čiji rezultati su prikazani na Grafikonu 16. anketirani učenici su iskazali najveće slaganje sa tvrdnjama:

- prezentacije su bile lake za korišćenje (M=4,39),
- izgled i organizacija prezentacije i slajdova su mi se dopali (M=4,27),
- svidele su mi se brojne šeme, ilustracije i animacije (filmovi) na prezentacijama (M=4,17),

- učenje lekcija mi je bilo lako, jer je gradivo bilo izdvojeno na manje logično povezane celine (M=4,03) i
- testovi za utvrđivanje gradiva u Flash-u su bili vrlo korisni (M=3,80).

Slabije slaganje učenici su pokazali sa tvrdnjom Problemski zadaci su bili izazov i bilo ih je interesantno rešavati (M=2,93).

Na osnovu odgovora učenika njihovo mišljenje o multimedijalnim prezentacijama korišćenim na časovima obrade nastavne teme Osnovi molekularna biologija su izrazito pozitivna (prosečna skalna vrednost (M = 3,93, SD = 0,55)).



Grafikon 16: Mišljenja učenika o multimedijalnim prezentacijama u programu Prezi

Hi-kvadrat test nije pokazao statističku značajnost pri ispitivanju uticaja opšteg uspeha ( $\chi^2(9) = 6,73$ ,  $p = 0,665$ ), ocene iz biologije ( $\chi^2(9) = 13,74$ ,  $p = 0,132$ ) i postignuća učenika na finalnom testu ( $\chi^2(12) = 7,72$ ,  $p = 0,807$ ) na njihova mišljenja o multimedijalnim prezentacijama. Nezavisno od postignuća na finalnom testu oni su pozitivno ocenili multimedijalne prezentacije. Na skali od 1 do 5, čak 90,2% učenika se (potpuno) slaže sa navedenim tvrdnjama u okviru ovog pitanja. Dobijeni rezultat ukazuje na veliku motivisanost učenika da uzmu aktivno učešće u izgradnji sopstvenog znanja korišćenjem inovativne nastavne instrukcije.

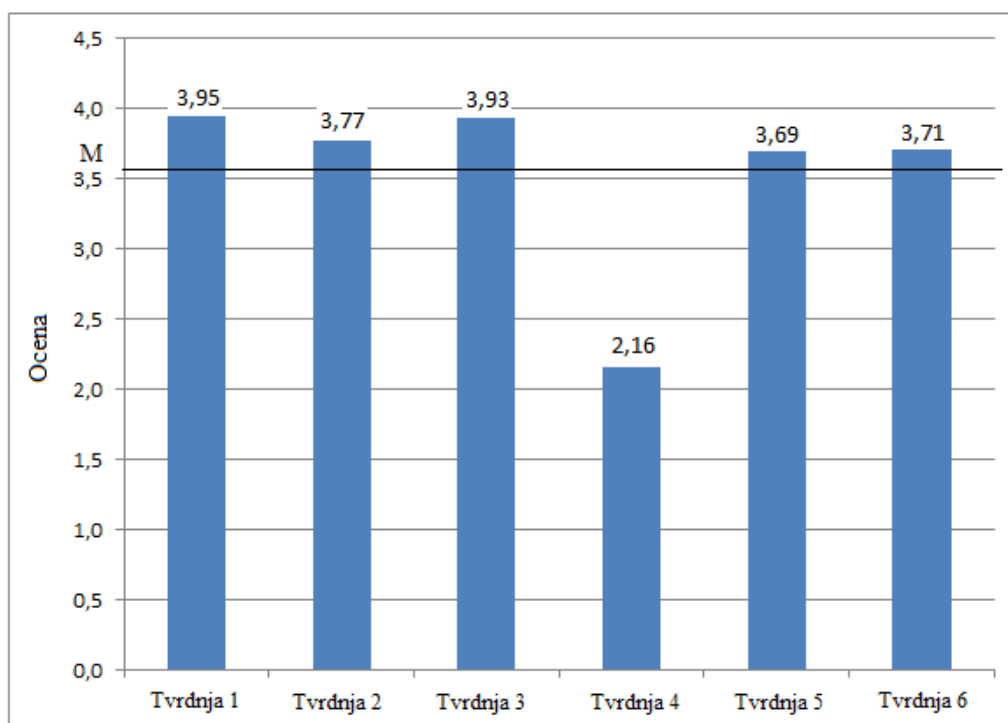
#### 4.3.4. Mišljenja učenika o učenju biologije primenom interaktivne nastave uz podršku računara u gimnaziji

Na osnovu analize odgovora učenika E grupe na pitanje o učenju gradiva nastavne teme Osnovi molekularne biologije primenom interaktivne nastave uz podršku računara, čiji rezultati su prikazani na Grafikonu 17, anketirani učenici su iskazali najveće slaganje sa tvrdnjama:

- časovi biologije realizovani primenom interaktivne nastave su bili dinamični (M=3,95),
- ovakav način učenja biologije je veoma dobar i koristan (M=3,93),
- ovakav oblik nastave biologije omogućio mi je da naučim mnogo više za kraće vreme (M=3,77),
- voleo/la bih da i druge teme iz biologije učimo na ovakav način (M=3,71) i
- primena ovakvog modela rada na časovima biologije mi je omogućila da lakše naučim i bolje razumem predviđene nastavne sadržaje (M=3,69).

Slabije slaganje je dobijeno sa tvrdnjom učenje biologije uz pomoć računara mi je bilo teško i naporno (M=2,16).

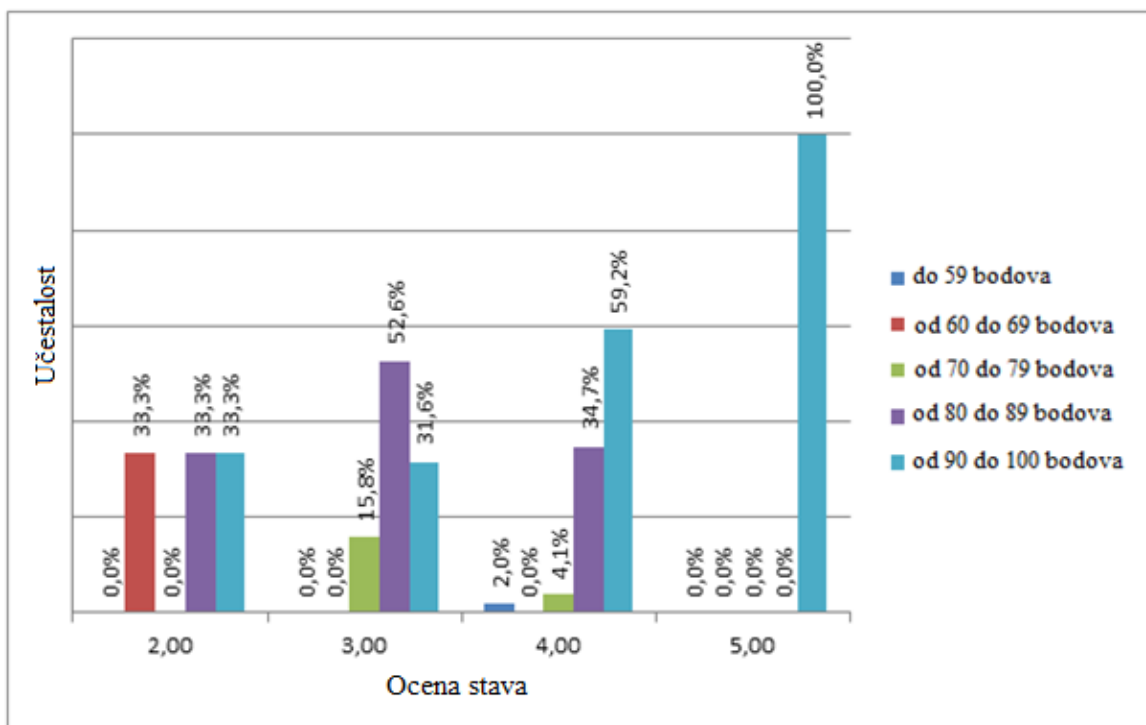
Rezultati ankete su pokazali da je mišljenje učenika o učenju biologije primenom interaktivne nastave uz podršku računara pozitivno i umerene jačine (M = 3,54, SD = 0,55).



Grafikon 17: Mišljenja učenika o učenju nastavne teme Osnovi molekularne biologije primenom interaktivne nastave uz podršku računara

Da bi se bolje sagledali efekti primenjene nastavne instrukcije ispitan je uticaj ocene iz biologije, opšteg uspeha i postignuća na finalnom testu na mišljenja učenika o učenju biologije primenom interaktivne nastave uz podršku računara. Hi-kvadrat test je pokazao da ne postoji statistička značajnost između opšteg uspeha ( $\chi^2(6) = 12,24$ ,  $p = 0,057$ ) i ocene iz biologije ( $\chi^2(9) = 3,05$ ,  $p = 0,962$ ) na stav učenika prema učenju biologije primenom interaktivne nastave uz podršku računara. Učenici su nezavisno od prosečne ocene opšteg uspeha i ocene iz biologije pozitivno ocenili uvođenje u nastavu biologije interaktivnih instrukcija uz podršku računara. Ispitivanjem povezanosti mišljenja učenika o učenju biologije primenom interaktivne nastave uz podršku računara i njihovog postignuća na finalnom testiranju pokazano je postojanje statističke značajnosti ( $\chi^2(12) = 30,70$ ,  $p = 0,002$ ,  $fi = 0,65$ ).





Grafikon 18: Povezanost ocene stava o učenju biologije uz korišćenje interaktivne nastave podržane radom na računaru i postignuća na finalnom testu

Iz podataka na Grafikonu 18. se vidi da su učenici sa slabijim postignućem na finalnom testu slabije percipirali slaganje sa navedenim tvrdnjama, dok su učenici koji su ostvarili najveće postignuće na finalnom testu izrazito pozitivno ocenili uvođenje inovacije interaktivne nastave uz podršku računara u nastavu biologije u gimnaziji.

Odgovori učenika na pitanje o učenju biologije primenom interaktivne nastave uz podršku računara pokazuju da oni rado prihvataju uvođenje savremenih nastavnih modela u nastavu biologije. Oni žele što veću aktivnost i samostalnost na časovima, kako bi učenje prilagodili svojim sposobnostima, što im je tokom istraživanja bilo omogućeno.

#### 4.3.5. Mišljenja učenika o efektima primene interaktivne nastave biologije uz podršku računara

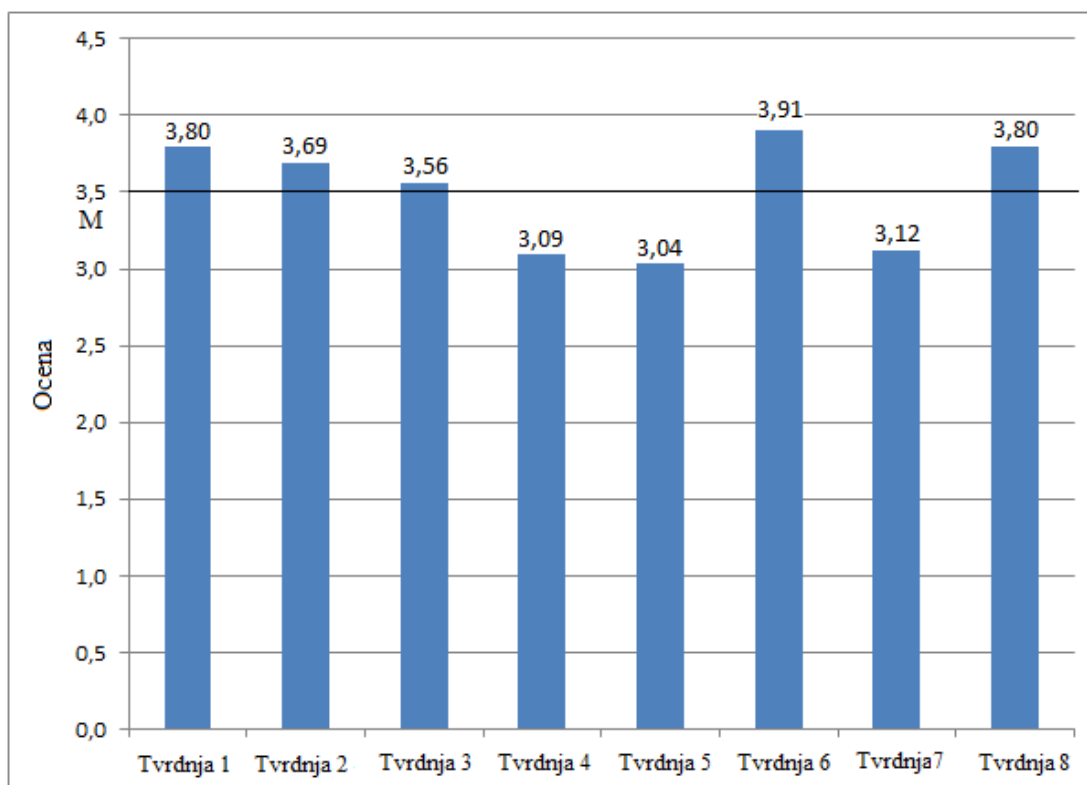
Odgovori učenika o efektima primene interaktivne nastave biologije uz podršku računara prikazani su na Grafikonu 19. Tvrdnje kod kojih je pokazano izrazito slaganje su:

- mogućnost rada sopstvenim tempom mi je olakšala savladavanje gradiva (M=3,91),
- na časovima sam bio mnogo opušteniji (M=3,80),
- stalna komunikacija sa nastavnikom i drugom/drugaricom iz para mi je omogućila da rešim sve nedoumice u vezi sa gradivom (M=3,80),
- bilo mi je mnogo lakše da zapamtim gradivo, jer sam lakše i brže učio (3,69) i
- rad u paru mi više odgovara od individualnog rada (M=3,56).

Nešto slabije slaganje je dobijeno za tvrdnje:

- mnogo sam više naučio nego na ranijim časovima biologije (M=3,12),
- na časovima sam bio mnogo aktivniji (M=3,09) i

– bilo mi je teško da savladam gradivo koje smo učili u toku jednog časa ( $M=3,04$ ).  
Kao što se može videti iz podataka na Grafikonu 20. učenici su sve tvrdnje u okviru ovog pitanja ocenili pozitivno.



Grafikon 19: Mišljenja učenika o efektima primene interaktivne nastave uz podršku računara

Dobijeni rezultati su pokazali da je mišljenje učenika o efektima primene interaktivne nastave uz podršku računara na časovima biologije pozitivno (prosečna skalna vrednost  $M = 3,50$ ,  $SD = 0,47$ ).

Hi-kvadrat test nije pokazao statističku značajnost pri ispitivanju uticaja opšteg uspeha ( $\chi^2(6) = 4,12$ ,  $p = 0,661$ ), ocene iz biologije ( $\chi^2(6) = 7,11$ ,  $p = 0,311$ ) i postignuća učenika na finalnom testu ( $\chi^2(8) = 7,67$ ,  $p = 0,466$ ) na njihovo mišljenje o efektima primene interaktivne nastave uz podršku računara na časovima biologije. Nezavisno od postignuća na finalnom testu učenici su imali pozitivno mišljenje o pozitivnim efektima inovativnog modela nastave na časovima biologije tokom eksperimentalnog istraživanja. Visok procenat ispitanika (62,5%) se slaže sa navedenim tvrdnjama u okviru ovog pitanja.

Nakon realizacije eksperimentalnog istraživanja u odgovoru na pitanje o značaju sadržaja nastavne teme *Osnovi molekularne biologije* većina učenika (94,7%) je iznela mišljenje da su oni veoma korisni i zanimljivi. Ovaj podatak ukazuje na mogućnosti dodatnog podsticanja svih aspekata motivacije učenika za učenje biologije.

Većina ispitanika (92,1%) nije ranije koristila softverski program Prezi koji je korišćen za izradu prezentacija za obradu nastavne teme *Osnovi molekularne biologije* u E grupi tokom realizacije pedagoškog eksperimenta.

Pozitivan uticaj primenjene nastavne instrukcije pokazao se i kod zainteresovanosti učenika za sam program u kome su urađene prezentacije. Nakon pedagoškog eksperimenta 89,4% učenika je odgovorilo da su zainteresovani za učenje samog programa i izradu sopstvenih prezentacija. Informatička znanja i znanje engleskog jezika učenicima IV razreda gimnazije omogućuju da sa lakoćom savladaju ovaj program, pa čak i pomognu nastavniku u izradi prezentacija za sledeće nastavne teme (Ekologija, zaštita i unapređivanje životne sredine i održivi razvoj i Osnovni principi evolucione biologije). Ovaj podatak ukazuje na povezanost među naukama i mogućnost za njihovu veću integraciju i u nastavi.

Da bi se upotpunila mišljenja učenika o nastavi biologije realizovanoj tokom eksperimentalnog istraživanja data im je mogućnost da dodatno iznesu svoja zapažanja odgovorom na pitanja šta im se najviše dopalo, a šta im se nije dopalo tokom realizovanih časova biologije primenom interaktivne nastave uz podršku računara.

### **Pozitivna mišljenja učenika**

Navodimo odgovore učenika u izvornom obliku, onako kako su ih oni napisali na anketnom listu:

- Dobar način savladavanja lekcija, bez nepotrebnih detalja. Aktivno su učestvovali svi učenici.
- Gradivo se mnogo lakše razume i zapamti, jer je dobro pripremljeno u prezentacijama.
- Svidela mi se cela zamisao rada na računaru, takođe mi se svideo i pristup profesorke.
- To što možemo da učimo sopstvenim tempom, možemo da se zadržimo ili vratimo na nešto što nam je nejasno, nezavisno od drugih učenika u odeljenju.
- Gradivo je bilo interesantnije. Animacije su bile vrlo korisne za razumevanje složenih procesa. Raspodela teksta je bila dobra. Testovi su mi značajno pomogli da savladam gradivo.
- Veoma zanimljive i lepo predstavljene prezentacije.
- Časovi su bili opuštani, zanimljivije je predstavljeno gradivo.
- Mogućnost da u toku časa samostalno upoznajemo novo gradivo.
- Organizovan pregled koji povezuje gradivo, problemski zadaci i komunikacija sa drugom i sa profesorkom.
- Rad na kompjuteru, drugačiji pristup gradivu, podeljeno gradivo na manje celine i izvučene najvažnije informacije.
- Zanimljiv program u kom su napravljene prezentacije.
- Izuzetno su mi se dopale prezentacije i slajdovi, kao i sam Prezi i način rada. Profesorica se jako trudila da nam objasni sve i jako je bilo zanimljivo. Prezentacije su bile dobre i zahtevale su da razmišljamo, a naročito tokom rešavanja problemskih zadataka.
- Posmatranje filmova u okviru najtežih lekcija je mnogo doprinelo razumevanju gradiva.
- Sa dobro ilustrovanih prezentacija se mnogo lakše uči.
- Najviše mi se dopalo to što smo redovno imali testiranja. Dopale su mi se i ideje sa časa i bolja komunikacija sa profesorkom. Bilo je zanimljivije zato što je primenjena drugačija metoda u odnosu na to kako smo radili ranije.
- Svaka čast profesorici na trudu i realizaciji ove vrste nastave.
- Lakše sam naučio gradivo učeći sa slajdova u prezentacijama nego iz knjige. Gradivo je bilo dobro predstavljeno i nije bilo teško za savlađivanje.

- Dopalo mi se što sam imala mogućnost da samostalno proučim gradivo i izvedem zaključke i to što smo često ponavljali gradivo i uočavali značaj onoga što učimo.
- Gradivo je bilo logično povezano i profesorica je lepo objašnjavala.
- Dopale su mi se šeme u prezentacijama, komunikacija, način ponavljanja gradiva. Interesantno je, vizuelno se lakše zapamti. Sviđa mi se što smo učili u paru, pričali i ponavljali i bili aktivno uključeni u rad na časovima.
- Prezentacije su bile vrlo pristupačne i svidelo mi se što sam mogao i kod kuće da ih koristim.
- Mogućnost samostalnog savladavanja gradiva, sopstvenim tempom. Učenje uz pomoć računara. Bolje razumevanje gradiva kroz prezentacije. Trud profesorke da nam objasni gradivo je bio veliki.
- Kombinovanje samostalnog prolaska kroz lekcije, a nakon toga dodatno razumevanje u interakciji sa profesorom i rešavanje testova.
- Najviše mi se dopalo što su prezentacije bile dobro ilustrovane. Sa slika mi je bilo lakše da vizualizujem gradivo i da ga bolje shvatim.
- Razbijena je monotonost klasične nastave. Dobijao sam utisak da se cela lekcija nalazi na jednoj stranici A4 formata, što me je motivisalo da na času više naučim.
- Dopalo mi se to što sam na časovima stigla da naučim mnogo više, a kod kuće sam samo dodatno pročitala sadržaj prezentacija. Prezentacije su bile vrlo zanimljive i nisu bile pretrpane informacijama.
- Interaktivna nastava dobro podržava i motiviše učenike za rad. Svaki mali uspeh i dobar odgovor me je motivisao.
- Lep, sažet i sistematičan prikaz gradiva. Odlični testovi.
- Kontrola nad prezentacijama, lako baratanje računarom kroz brojne lekcije i podnaslove jedne oblasti. Dobri primeri prikazani na slikama.
- Najviše mi se dopalo što sam prvi put video prezentacije u Preziju koji je veoma lak za korišćenje. Gradivo je bolje organizovano i povezano nego u Power Point-u, lakše je za razumevanje i mnogo zanimljivije. Lekcije koje smo obrađivali uz pomoć Prezija omogućile su mi da lakše savladam gradivo. Dodatna objašnjenja profesora su bila odlična i zanimljiva.
- Prezentacije su bile fantastične. Mnogo se lakše uči i razume gradivo nego kada se uči iz knjige.
- Lako korišćenje prezentacija i bolje razumevanje gradiva uz pomoć slika i animacija.
- Video materijali su mi pomogli da bolje razumem i shvatim gradivo. Mnogo mi se svidelo ponavljanje gradiva putem testova.
- Mogućnost da sami prelazimo prezentaciju i da ono što nam nije jasno razjasnimo zajedno sa profesorom.
- Svidele su mi se ilustracije i animacije kao i mogućnost da se vratimo na slajd koji nismo razumeli.
- Interakcija sa profesorom.
- Svideo su mi se prikaz procesa replikacije, transkripcije i translacije putem animacija.
- Program je vrlo zanimljiv. Dopao mi se drugačiji koncept prezentacija i mogućnost rada sopstvenim tempom kao i kasnije utvrđivanje gradiva sa profesorom.
- Prilika da učimo na času aktivno, samim tim da nam bude lakše kod kuće.
- Bilo mi je mnogo jednostavnije da zapamtim gradivo.

- Najviše mi se dopalo to što imamo mogućnost da sve što smo učili vidimo na slikama, filmovima, ilustracijama. Sve je na ekranu na jednom mestu, praktičnije od običnih prezentacija.
- Učenje na računarima i zanimljivost prezentacija.
- Odlične prezentacije, lake za praćenje i učenje. Profesorka nam je stalno pomagala u rešavanju nedoumica.
- Gradivo je bilo podeljeno i izgledalo je kao mapa učenja što nam je dosta olakšalo pamćenje podataka.
- Svideo mi se drugačiji metod rada i trud profesorice.
- Osavremenjavanje načina predavanja i učenja biologije putem računara.
- Korektan i profesionalan odnos profesorke koji je bio na zavidnom nivou i uloženi trud da nam približi gradivo da bi smo ga što bolje razumeli.
- Slikovito prikazivanje procesa iz molekularne biologije.
- Najviše mi se dopalo što smo imali interaktivne testove na računaru koji su nam mnogo pomogli u utvrđivanju gradiva.
- Dopalo mi se što su časovi bili inovativni i jako zanimljivi. Uz veliki trud profesorke bilo nam je lakše da razumemo i savladamo gradivo.
- Veliki trud profesorke koja je uspela da animira sve učenike.
- Dopale su mi se prezentacije, u kojima su iskazane velike mogućnosti nove tehnologije.
- Dopao mi se novi pristup predavanju. Imali smo dovoljno vremena da sopstvenim tempom prelazimo novo gradivo.
- Svidelo mi se kako su urađene prezentacije jer je svaka dizajnirana na način da što lakše zapamtimo gradivo. I testovi su bili zanimljivi. Profesorica se potrudila da nam približi gradivo.
- Veoma dobro urađene prezentacije.
- Nisam uvek bio raspoložen za rad. Na tim časovima sam slušao objašnjenja druga, što mi je pomoglo da se ipak uključim u rad na času.
- Dopalo mi se to što je gradivo na prezentacijama dobro objašnjeno, a sa prezentacija je bilo lako obnoviti gradivo kod kuće. Imam pozitivno mišljenje o ovakvom načinu rada.
- Veliko zalaganje profesorke.
- To što su u nastavu uključeni računari i što je bilo dovoljno da naučimo ono što piše na slajdovima, za razliku od udžbenikau kome su lekcije preopširne, konfuzne i teške za učenje.
- Veliki trud profesorke da svi učenici učestvuju u radu.
- Dopalo mi se što su lekcije prikazane na šaren i interesantan način. Privlačile su mi pažnju. Posle samostalnog prolaska kroz lekcije profesorka je na slikovit i razumljiv način razjasnila sve naše nedoumice. Časovi su bili veoma dinamični.
- Interesantan i profesionalan pristup profesorke u radu. Velika pomoć učenicima u razumevanju suštine lekcija. Računari su puno pomogli jer omogućavaju da se ponovo pročita ono što je ostalo nejasno.
- To što je gradivo u prezentacijama bilo podeljeno na manje celine i bilo ga je lakše razumeti. Svidele su mi se i šeme i ilustracije. I testovi su bili veoma korisni.

Jedna od poteškoća naših učenika tokom učenja je njihova nedovoljna sposobnost razumevanja suštine nastavnog gradiva, kao i slabo povezivanje novog gradiva sa prethodno obrađenim gradivom. Zbog toga su učenicima eksperimentalne grupe na kraju nekih časova



obrade gradiva dati interaktivni testovi sa nekoliko (6-7) pitanja za proveru znanja. Ovu aktivnost su učenici u svojim odgovorima u anketi pozitivno ocenili.

Kao bitnu stavku u radu na časovima interaktivne nastave uz podršku računara učenici su naveli zajednički rad, međusobnu komunikaciju i pomoć u radu, dobru komunikaciju sa drugim učenicima i nastavnicom, što je takođe veoma značajno. Pored kvaliteta posmatranih prezentacija iz kojih su učili, ostvareni visok nivo komunikacije (interakcije) svih aktera nastavnog procesa, značajno je doprineo visokim postignućima učenika E grupe na testovima znanja (finalnom testu i retestu).

Odgovori učenika su takođe pokazatelj njihove veće zainteresovanosti i motivacije za učenje biologije. Analizom njihovih odgovora, uočava se da je apsolutna većina njih iskazala pozitivno mišljenje prema: inovativnom modelu nastave biologije (interaktivnoj nastavi biologije uz podršku računara), kvalitetu multimedijalnih prezentacija kreiranih u programu Prezi i pozitivnim efektima njihove primene u nastavi biologije u gimnaziji.

Njihovi odgovori su detaljni i studiozni i sadrže mnoge detalje koji na najbolji način opisuju vrednosti interaktivne nastave biologije uz podršku računara: aktivnost svih učenika na času, veoma zanimljive i kreativne prezentacije, korišćenje računara na časovima biologije i učenje sopstvenim tempom, gradivo je bilo interesantnije, pomoć animacije u razumevanju gradiva, časovi su bili opuštani, komunikacija sa drugom/drugaricom i sa profesorkom, zanimljiv program u kom su napravljene prezentacije, razbijena je monotonost klasične nastave, lep, sažet i sistematičan prikaz gradiva na prezentacijama, gradivo je bolje organizovano i povezano nego u Power Point prezentacijama, sve je na ekranu na jednom mestu, dopali su mi se interaktivni testovi na računaru koji su mi mnogo pomogli u utvrđivanju gradiva, časovi su bili inovativni i jako zanimljivi, dopao mi se novi pristup predavanju, dopalo mi se što su lekcija prikazana na šaren i interesantan način i privlačile su mi pažnju... Ovi navodi učenika predstavljaju potpunije sagledavanje vrednosti interaktivne nastave biologije, od onih koje su date u teorijskom okviru istraživanja.

Učenici su na odgovoran način sagledali i veliki trud nastavnice koja je izvodila nastavu (autorka doktorske disertacije), njenu kreativnost u izradi prezentacija i testova, ali i njeno veliko zalaganje na samim časovima i nastojanje da im na najbolji način približi veoma kompleksne sadržaje nastavne teme Osnovi molekularne biologije. Učenici su na skali od 1 do 5 rad nastavnika tokom realizacije nastavne teme Osnovi molekularne biologije ocenili prosečnom ocenom 4,72.

Učenici su takođe imali mogućnost da odgovore na pitanje šta im se nije dopalo na časovima biologije tokom trajanja eksperimentalnog istraživanja? U odgovoru na ovo pitanje učenici su češće iznosili pohvale, nego zamerke.

Navodimo neke od njih:

- Sve mi se dopalo, volela bih da do kraja školske godine ovako učimo biologiju.
- Sve mi se svidelo.
- Nemam primedbi.

Njihove **primedbe** se svode na ponavljanje nekoliko odgovora:

- Imali smo malo vremena za najteže lekcije.
- Smatram da su prezentacije sjajne za ponavljanje gradiva, ali ne i za prvo učenje na času u školi.
- Za neke lekcije jedan čas nije bio dovoljan za potpuno razumevanje i utvrđivanje gradiva.
- Dostupnost interneta na računaru odvlačila nam je ponekad pažnju sa gradiva.
- Ne volim da učim na računaru.

Navedene primedbe učenika takođe treba uvažiti. Na osnovu razgovora sa ovim učenicima mogu im se ponuditi novi pristupi (uz primenu računara ili bez njihovog korišćenja), koji bi njima više odgovarali. Tako bi se nastava biologije mogla učiniti još zanimljivijom i pristupačnijom za svakog učenika i time dodatno doprinelo njenom kvalitetu i efikasnosti.

Multimedijalne prezentacije se mogu koristiti primenom i drugih oblika rada (grupnim oblikom rada ili tokom izlaganja nastavnika celom odeljenju frontalnim oblikom rada). I ovi pristupi bi doprineli kvalitetnijoj obradi sadržaja iz molekularne biologije, povećanju motivacije učenika za njihovo učenje, razumevanju i efikasnijem usvajanju gradiva iz biologije u odnosu na tradicionalnu nastavu. Studiozna analiza rezultata ankete učenika eksperimentalne grupe (naročito iznetih primedbi učenika) može pomoći da se prezentacije dopune i poboljšaju. Iznete primedbe na primenjeni koncept interaktivne nastave biologije uz podršku računara, nisu osporile njegove dobre strane „već više ukazuju na teško prihvatanje novog u nastavi, zbog duboko ukorenjenih navika učenika da im se nastavni sadržaji „serviraju u gotovom obliku od stane nastavnika” (Miljanović, 2002b). Pozitivna mišljenja prema primeni inovativnih modela u nastavi biologije izneti su i u radovima drugih autora: Miljanović, 2002b; Drakulić i Miljanović 2010; Terzić i sar., 2015 i drugim.

U radu Miljanović (2002b) sagledan je odnos učenika osnovne škole prema aktivnoj nastavi biologije. Učenici eksperimentalne grupe su nastavne sadržaje iz ekologije i zaštite životne sredine u osmom razredu realizovali aktivnom nastavom, dok su učenici kontrolne grupe iste sadržaje realizovali tradicionalnom nastavom. Anketa je sprovedena u E grupi na uzorku od 120 učenika. „Rezultati ankete su pokazali da učenici prihvataju ovakav vid učenja/nastave biologije i da u nastavnoj praksi ovog predmeta aktivna nastava može biti široko zastupljena” (Miljanović, 2002b, str. 155). Anketirani učenici su posebno istakli sledeće prednosti aktivnog učenja: „zanimljivost, povećanu aktivnost učenika tokom rada na časovima biologije, zajednički rad, opuštano i spontano učenje” (Miljanović, 2002b, str. 164).

U radu Drakulić i Miljanović (2010) analizirani su stavovi 105 učenika o primeni programirane nastave biologije uz pomoć kompjutera koja se odvijala tokom 12 časova pri obradi nastavne podteme Hordati u VI razredu osnovne škole. Rezultati ankete su pokazali „veliku zainteresovanost i motivisanost učenika za individualni rad i samostalno proučavanje gradiva iz biologije koje je didaktičko-metodički oblikovano u obrazovni softver po modelu programirane nastave” (Drakulić i Miljanović, 2010, str. 215). Najveći broj učenika je shvatio suštinu i značaj programirane nastave i prihvatio njenu implementaciju u nastavu biologije, i pored njenih povećanih zahteva. „Učenici ne žele više da imaju ulogu pasivnih posmatrača u obrazovno-vaspitnom procesu, već u potpunosti prihvataju ulogu aktivnih i samostalnih učesnika u nastavi, žele da uče korak po korak sopstvenim tempom, žele da imaju mogućnost stalne i pravovremene kontrole koja će ih motivisati za dalji rad i napredak” (Drakulić i Miljanović, 2010, str. 230).

U radu Terzić i sar. (2015) nalizirani su stavovi učenika o „primeni elektronskog udžbenika u nastavi biologije u IV razreda gimnazije prirodno-matematičkog smera, nakon što su ga oni pre toga koristili tokom cele školske godine” (Terzić i sar., 2015, str., 91). Anketirano je 85 učenika eksperimentalne grupe i na osnovu rezultata ankete sagledani: opšti stavovi učenika o učenju biologije primenom elektronskog udžbenika, kvalitet elektronskog udžbenika korišćenog u istraživanju, stavovi učenika o njihovoj ulozi u nastavi biologije tokom korišćenja elektronskog udžbenika. „Analizom odgovora učenika na pitanja u anketi, uočeno je da su oni shvatili suštinu i značaj primene elektronskog udžbenika u nastavi biologije. Oni prihvataju prednosti korišćenja elektronskog udžbenika i ne žele da budu pasivni posmatrači u nastavi, već aktivni učesnici koji učenje prilagođavaju svojim mogućnostima, interesovanjima i potrebama” (Terzić i sar., 2015,

str., 104). Oni su izneli brojne pohvale za učenje biologije korišćenjem elektronskog udžbenika, dok se malom broju učenika ovakav način rada na časovima biologije nije svideo.

U navedenim radovima kao i u našem istraživanju većina učenika prihvata primenu inovativnih modela nastave i jasno sagledava njihov doprinos unapređenju kvaliteta i efikasnosti nastave biologije u osnovnoj i srednjim školama. Naši učenici imaju pozitivne stavove prema biologiji kao nauci i nastavnom predmetu, ali žele da uče sadržaje iz biologiju na nov (savremen) način (primenom različitih didaktičko-metodičkih postupaka, kombinacijom nastavnih oblika i metoda rada i savremenih nastavnih sredstava i pomagala): aktivnim istraživačkim pristupom (Miljanović, 2001; Milivojević i Miljanović, 2006; Niklanović i Miljanović, 2006; Drakulić i Miljanović, 2007; Popović i sar., 2012), povezivanjem sadržaja iz biologije sa drugim prirodnim naukama (Niklanović et al., 2014) i primenom savremenih nastavnih sredstava i pomagala (Grujičić i Miljanović, 2005; Terzić, 2009; Terzić i Miljanović, 2009; Odadžić i sar., 2012; Županec et al, 2014; Odadžić et al., 2017).

Analizom stavova i mišljenja učenika eksperimentalne grupe o vrednostima primene interaktivne nastave biologije uz podršku računara nakon realizacije nastavne teme Osnovi molekularne biologije u IV razredu gimnazije prirodno-matematičkog smera inovativnim pristupom *realizovan je osmi zadatak istraživanja*.

Ovim je potvrđena *četvrta hipoteza istraživanja ( $H_4$ )* kojom je očekivano se da će učenici E grupe imati pozitivne stavove o primeni interaktivne nastave biologije uz podršku računara i pokazati veću zainteresovanost i motivaciju za učenje biologije.

Inovativni model interaktivnog učenja sadržaja iz biologije uz podršku računara u IV razredu gimnazije prirodno-matematičkog smera u E grupi, pokazao je pozitivne efekte na postignuća učenika na finalnom testu i retestu, u odnosu na tradicionalan pristup učenju istih sadržaja u K grupi, u kojoj takvi efekti nisu uočeni. Model interaktivnog učenja sadržaja iz biologije uz podršku računara u gimnaziji koji je primenjen tokom eksperimentalnog istraživanja je takođe prihvaćen od strane učenika E grupe i iskazana njihova želja da i druge nastavne teme uče na ovaj način.

Na osnovu prikaza i izložene analize svih rezultata *istraživanja u doktorskoj disertaciji potvrđena je glavna hipoteza istraživanja* prema kojoj će primena interaktivne nastave biologije uz podršku računara u gimnaziji u eksperimentalnoj grupi doprineti postizanju boljih efekata usvajanja kompleksnih sadržaja iz biologije u gimnaziji, uz dosezanje viših nivoa kvantiteta I kvaliteta znanja učenika i njihovih pozitivnih mišljenja prema primenjenom inovativnom modelu nastave biologije.

## 5. ZAKLJUČCI I PEDAGOŠKE IMPLIKACIJE

Savremeno doba odlikuje intenzivan razvoj nauke i tehnike i naročito informaciono-komunikacionih tehnologija (IKT), koje se danas koriste u svim segmentima društva, uključujući i obrazovanje. Savremena nastava se danas ne može zamisliti bez primene savremenih nastavnih modela, nastavnih sredstava i pomagala. Prema brojnim istraživanjima njihovom primenom u nastavi biologije i drugih prirodnih i društvenih nauka, povećava se kvalitet nastavnog procesa i efikasnije ostvaruju obrazovni ishodi: Cvjetićanin et al., 2013; Bayturan & Kesan, 2012; Lin & Atkinson, 2011; Mahmood & Mirza, 2012; Park et al., 2013, Yang et al, 2015... Takva nastava je učenicima zanimljivija i omogućuje im lakše i efikasnije razumevanje i usvajanje nastavnih sadržaja, jer u prvi plan stavlja aktivnosti učenika i uvažava njihove individualne mogućnosti i interesovanja.

U našoj zemlji računari se još uvek nedovoljno koriste u nastavi, nema ni kvalitetnih obrazovno-računarskih softvera ni elektronskih udžbenika koji prate Nastavne programe pojedinih predmeta. U školama koje su opremljene računarima, sami nastavnici pripremaju multimedijalne materijale, čiji kvalitet zavisi od njihove kreativnosti i informatičkog znanja.

U doktorskoj disertaciji izloženi su rezultati eksperimentalnog istraživanja sa paralelnim grupama (eksperimentalnom i kontrolnom) u kojima su tokom realizacije nastavne teme Osnovi molekularne biologije u IV razredu gimnazije prirodno-matematičkog smera primenjena dva modela nastave. U eksperimentalnoj grupi je primenjen inovativni model interaktivne nastave biologije uz podršku računara, dok se nastava biologije u kontrolnoj grupi u isto vreme odvijala tradicionalnim pristupom. Cilj istraživanja je bio da se uporede kvalitet i efikasnost primene interaktivne nastave biologije uz podršku računara u odnosu na tradicionalnu nastavu biologije u gimnaziji i sagledaju stavovi i mišljenja učenika eksperimentalne grupe o primeni inovativnog modela nastave biologije. Istraživanje je sprovedeno na uzorku od 142 učenika (72 učenika u E grupi i 70 učenika u K grupi).

Na početku pedagoškog istraživanja E i K grupa su ujednačene na osnovu opšteg uspeha učenika na polugodištu IV razreda gimnazije, zatim uspeha iz biologije i uspeha iz hemije.

Učenici E i K grupe su u toku eksperimentalnog istraživanja testirani testovima za objektivnu proveru znanja iz biologije: inicijalnim testom, finalnim testom i retestom. Sva tri testa su sadržala pitanja iz tri nivoa znanja: poznavanje činjenica (nivo I), razumevanje pojmova (nivo II) i analiza i rezonovanje (nivo III). Njihovi rezultati su statistički obrađeni i prikazani odgovarajućim statističkim parametrima.

Učenici E i K grupe su pre obrade nastavne teme Osnovi molekularne biologije testirani *inicijalnim testom*, kojim su sagledana njihova znanja iz prethodno obrađene nastavne teme Mehanizmi nasledjivanja. Na osnovu vrednosti parametara *t* i *p* razlike između E i K grupe na inicijalnom testu u celini i na pojedinačnim nivoima znanja nisu bile statistički značajne, što znači da su E i K su grupa na početku istraživanja ujednačene na osnovu predznanja iz biologije.

Učenici E i K grupe su nakon obrade nastavne teme Osnovi molekularne biologije na različite načine u E i K grupi testirani finalnim testom, a 60 dana nakon toga retestom (koji je isti kao i finalni test). Učenici E grupe su nakon finalnog testa popunili anketu u kojoj su izneli stavove i mišljenja o inovativnom modelu nastave biologije primenjenom tokom eksperimentalnog istraživanja.

Na osnovu rezultata istraživanja izvedeni su sledeći *zaključci*:

- Učenici eksperimentalne grupe postigli su bolji uspeh na *finalnom testu u celini i na pojedinačnim nivoima znanja* od učenika kontrolne grupe. Razlika u postignuću

između učenika E i K grupe na finalnom testu u celini je 20,32 poena u korist E grupe i statistički je značajna ( $t = 7,570$ ;  $df = 140$ ;  $p = .000 < 0,05$ ). Razlike u postignuću učenika E i K grupe na finalnom testu na pojedinačnim nivoima znanja su visoke: na nivou I razlika je 3,99 poena ( $t = 6,632$ ,  $df = 140$ ;  $p = 0,000 < 0,05$ ), na nivou II 7,22 poena ( $t = 5,354$ ,  $df = 140$ ;  $p = 0,000 < 0,05$ ) i na nivou III 8,98 poena ( $t = 7,379$ ,  $df = 140$ ;  $p = 0,000 < 0,05$ ,  $d = 1,23$ ). Ostvarene razlike na finalnom testu između E i K grupe u celini i na sva tri nivoa znanja su u korist E grupe i statistički su značajne.

- Razlike u postignuću učenika E i K grupe na finalnom testu rezultat su realizacije istih nastavnih sadržaja iz biologije u gimnaziji primenom različitih modela nastave. Na osnovu rezultata finalnog testa učenici E grupe su pod uticajem eksperimentalnog faktora (interaktivne nastave biologije uz podršku računara), postigli veći kvantitet i kvalitet znanja i umenja iz biologije u odnosu na učenike K grupe. Ovi rezultati potvrđuju veću efikasnost interaktivne nastave biologije uz podršku računara u odnosu na tradicionalnu nastavu/učenje biologije.
- Učenici eksperimentalne grupe postigli su bolji uspeh i na *retestu u celini i na sva tri nivoa znanja* od učenika kontrolne grupe. Razlika u broju poena između dve grupe na retestu u celini je 21,79 poena u korist E grupe i statistički je značajna ( $t = 6,352$ ;  $df = 140$ ;  $p = 0,000 < 0,05$ ). Razlike u postignuću učenika E i K grupe na retestu na pojedinačnim nivoima znanja su visoke i na I i II nivou znanja su veće nego na finalnom testu: na I nivou razlika je 4,44 poena ( $t = 7,291$ ;  $df = 140$ ;  $p = 0,000 < 0,05$ ); na II nivou 10,11 poena ( $t = 4,751$ ,  $df = 140$ ;  $p = 0,000 < 0,05$ ) i na III nivou 7,25 poena ( $t = 6,095$ ;  $df = 140$ ;  $p = 0,000 < 0,05$ ). Ostvarene razlike između E i K grupe na retestu u celini i na sva tri nivoa znanja su u korist E grupe i statistički su značajne.
- Na osnovu rezultata retesta primena interaktivne nastave biologije uz podršku računara doprinela je većem kvantitetu i kvalitetu (trajnosti znanja), umenja i navika učenika iz biologije u odnosu na tradicionalnu nastavu/učenje biologije.
- Rezultati učenika E grupe na finalnom testu i retestu u celini i na sva tri nivoa znanja u odnosu na učenike K grupu, kao i promene u postignuću učenika E i K grupe u toku eksperimentalnog istraživanja su pokazatelj pozitivnih efekata interaktivne nastave biologije uz podršku računara na nivo i kvalitet znanja učenika E grupe i njihovog većeg postignuća iz biologije u odnosu na tradicionalnu nastavu (koja se odvijala u K grupi), u kojoj takvi efekti nisu dostignuti. Učenici E grupe su u odnosu na K grupu na finalnom testu i retestu bili naročito uspešniji u odgovorima na teža pitanja (razumevanje pojmova) i najteža pitanja (analiza i rezonovanje).
- Na osnovu rezultata ankete, učenici E grupe su iskazali pozitivan stav prema biologiji kao nastavnom predmetu ( $M = 3,09$ ) i pozitivna mišljenja: o kvalitetu multimedijalnih prezentacija nastavne teme Osnovi molekularne biologije kreiranih u programu Prezi: njihovom izgledu, dizajnu i organizaciji nastavnih sadržaja ( $M = 3,93$ ), o primenjenom modelu nastave/ učenja biologije primenom interaktivne nastave uz podršku računara u gimnaziji ( $M = 3,54$ ) i efektima primene interaktivne nastave uz podršku računara u gimnaziji ( $M = 3,50$ ). Na časovima interaktivne nastave uz podršku računara ispoljena je takođe, veća motivacija učenika E grupe za učenjem biologije u odnosu na učenike K grupe.
- Iako su sadržaji nastavne teme Osnovi molekularne biologije teški, učenici E grupe su ih uspešno savladali: uspešno su odgovarali na pitanja nastavnika (u fazi izveštavanja), uspešno su rešavali interaktivne testove na časovima obrade novog gradiva i uspešno uradili finalni test i retest. Većina učenika E grupe (94,70%) je



iznela mišljenje da su sadržaji nastavne teme Osnovi molekularne biologije za njih veoma korisni i zanimljivi. Navedeni podatak ukazuje da inovativni nastavni modeli (poput interaktivne nastave biologije uz podršku računara) omogućuju uspešnu obradu i najtežih sadržaja iz biologije. Oni doprinose većem interesovanju učenika za biologiju i većem razumevanju značaja biologije kao nauke i nastavnog predmeta. Većina učenika E grupe (92,1%) nije ranije koristila softverski program Prezi koji je korišćen za izradu prezentacija za obradu nastavne teme Osnovi molekularne biologije u E grupi tokom realizacije pedagoškog eksperimenta. Pozitivno mišljenje učenika o njegovoj primeni u nastavi biologije pokazuje zainteresovanost učenika za sam program. Nakon realizacije pedagoškog eksperimenta 89,40% učenika su odgovorili da su zainteresovani za učenje samog programa i izradu sopstvenih prezentacija.

- Učenici E grupe su veoma zainteresovani i motivisani za učenje biologije primenom inovativnih modela nastave. Ovaj model nastave omogućio im je: lakše i efikasnije usvajanje znanja i bolje razumevanje veoma teških sadržaja iz biologije. U okviru iznošenja mišljenja o učenju biologije primenom interaktivne nastave uz podršku računara u gimnaziji učenici E grupe su izrazili želju da i druge teme iz biologije uče na ovakav način. Ova tvrdnje je ocenjena prosečnom skalnom vrednosti od 3,71.
- Rezultati istraživanja (bolji uspeh učenika E grupe na finalnom testu i retestu u celini i na pojedinačnim nivoima znanja u odnosu na učenike K grupe) su potvrdili veću efikasnost interaktivne nastave biologije uz podršku računara u gimnaziji u odnosu na tradicionalnu nastavu. Oni preporučuju veću zastupljenost interaktivne nastave biologije uz podršku računara u gimnaziji i drugim srednjim školama.

## **Pedagoške implikacije**

Najvažniji cilj eksperimentalnih didaktičko-metodičkih istraživanja je da se na osnovu njihovih rezultata predlože nove ideje i preporuke za unapređenje nastavne prakse. Na osnovu izloženog teorijskog okvira u ovom radu i rezultata eksperimentalnog istraživanja (ostvarenih značajnih razlika u postignuću učenika E i K grupe na finalnom testu i retestu i posebno u pogledu usvojenosti sadržaja viših nivoa znanja) može se izvesti nekoliko pedagoških implikacija koje su značajne za nastavu biologije u gimnaziji i drugim srednjim školama.

Nastavna tema Osnovi molekularne biologije realizovana je u eksperimentalnoj grupi primenom inovativnog modela interaktivne nastave uz podršku računara. Postignuća učenika eksperimentalne grupe na finalnom testu preporučuju veću zastupljenost ovog modela nastave u nastavnoj praksi. Da bi nastava uz podršku računara bila adekvatno zastupljena u našim školama, neophodni su određeni preduslovi, a pre svega adekvatna opremljenost škola računarima za sve nastavne predmete. Računari povezani sa Internetom su danas neophodni u svakoj učionici i kabinetu, a ne samo u kabinetu za informatiku i kancelariji direktora. Opremanje škola računarima treba da bude zajednički cilj: Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja RS, uprave škola i lokalnih prosvetnih vlasti. Kako su cene računara danas pristupačne i svakim danom sve niže, nabavka računara više i nije tako velika finansijska investicija. Da bi se škole opremile računarima i unapredio kvalitet nastave, dozvoljeno je zatražiti pomoć roditelja, privatnih i državnih firmi u lokalnoj sredini u kojoj se škola nalazi.

Nelogično je da učenici kod kuće uče korišćenjem računara i pametnih telefona, a da u školi pasivno slušaju monolog nastavnika koji retko nešto nacrtava ili napiše na tabli. Takva

predavanja nove generacije učenika ne žele da slušaju. Oni se na takvim časovima zabavljaju na svoj način: šalju SMS poruke, igraju igrice, diskretno pregledaju druge informacije na telefonu, a najmanje slušaju izlaganje nastavnika. Da bi aktivno pratili nastavu i efikasno iskoristili vreme koje provode u školi za usvajanje novih znanja i veština, nastava mora da se menja i prilagodi načinu na koji učenici žele da uče. Jedan od njih su i različiti modeli nastave uz podršku računara. Nedostatak računara u školama je danas pre rezultat činjenice da uprave škola ili prosvetne vlasti u zemlji i u lokalnoj sredini nedovoljno poznaju mogućnosti korišćenje računara u nastavi i njene efekte, nego, nedostatka sredstava za njihovu kupovinu.

U isto vreme, jasno se uočava inertnost nastavnika prema promenama u načinu rada. Nastavnici često odustaju od primene inovativnih modela rada zato što to od njih zahteva dodatno angažovanje i više vremena za pripremu časova. Neki nastavnici (naročito sa dugim stažom) su izvan savremenih nastojanja o potrebi promena u sistemu obrazovanja. Oni ne pohađaju seminare za stručno usavršavanje i nemaju elementarna znanja za rad na računaru, zbog čega je potrebna njihova obuka, jer je neprihvatljivo da učenici kojima predaju bolje od njih poznaju rad na računaru. Ovim se narušava ugled nastavnika (čega su oni svesni), i smanjuje interesovanja učenika za nastavu. U navedenim okolnostima teško je govoriti o gotovo neograničenim mogućnostima primene računara u nastavi svih predmeta, a naročito u nastavi prirodnih nauka, njenom kvalitetu i efikasnosti. U Katalogu programa stalnog stručnog usavršavanja nastavnika, vaspitača i stručnih saradnika nalaze se akreditovani seminari koji se bave primenom IKT u nastavi. Za nastavnike koji prepoznaju značaj, vrednosti i efekte ovih metodičkih modela, seminari predstavljaju značajan oblik stručnog usavršavanja, koje nastavnici treba da koriste.

Savremeni (inovativni) pristup realizaciji nastave biologije u gimnaziji je od izuzetnog značaja za razvoj biologije kao nauke i svih njenih disciplina. Uvođenjem inovativnih didaktičkih modela u nastavni proces, ostvaruje se modernizacija i unapređivanje nastave, povećava interesovanje učenika za nastavu i podižu njen kvalitet i efikasnost. Rezultati istraživanja su potvrdili efikasnost interaktivne nastave biologije uz podršku računara u gimnaziji, a učenici visoko ocenili i prihvatili inovativni model rada. U strukturi učenika koji završavaju gimnaziju prirodno-matematičkog smera nalaze se budući studenti biologije i primenjenih bioloških nauka: medicine, stomatologije, veterine, poljoprivrede, šumarstva, kojima su biološka znanja stečena u gimnaziji dobra osnova (temelj) za uspeh na studijama. Zato je važno da oni tokom svog srednjoškolskog školovanja dosegnu visok nivo znanja i umenja iz biologije.

Nastava podržana IKT može biti prilagođena učenicima sa posebnim potrebama, što je danas veoma važno: slabovidim i slepim učenicima koji na časovima i kod kuće mogu da slušaju zvučni zapis gradiva, učenicima sa oštećenjem sluha (gluvim i naglucim), koji na kompjuteru mogu da čitaju tekst sa prezentacije (koji može da bude prilagođen njihovim sposobnostima i da gledaju slike i animacije, za neke učenike iz ove populacije (na primer učenici sa autizmom) postoje didaktičke igre koje se mogu preuzeti sa Interneta, ili ih može pripremiti nastavnik, koje su prilagođene njihovim različitim potrebama i sposobnostima, itd. Kako su ovi učenici uključeni u redovne škole, ovakvim pristupom nastavnici tokom svojih priprema za nastavu i izrade prezentacija mogu odgovoriti na njihove specifične potrebe i mogućnosti i tako olakšati rad na samim časovima sa tim učenicima i ostalim učenicima iz odeljenja. Bez dodatne pripreme za rad sa ovim učenicima i njihovog angažovanja u skladu sa njihovim specifičnim potrebama i sposobnostima, oni su na časovima zapostavljeni i dosađuju se, a često remete tok časova i nastavni proces.

Rezultati ovog i drugih istraživanja ukazuju na potrebu suštinskih promena u našem obrazovnom sistemu u celini i njegovo prilagođavanje standardima razvijenih zemalja u XXI veku. Ako imamo u vidu značaj biologije za opšte obrazovanje i kulturu savremenog čoveka,

nastava biologije mora pratiti inovativne tokove. Jedna od mogućih inovacija u nastavi biologije prikazana je u ovom radu. Ona predstavlja značajan napredak (u odnosu na dosadašnji tradicionalan način rada), jer doprinosi razvoju kreativnosti, korelacije u nastavi i transferu znanja učenika. Njena primena motiviše učenike, aktivira ih i doprinosi individualnom razvoju svakog učenika u skladu sa njegovim sposobnostima.

Pa ipak, treba naglasiti da u nastavnom procesu nijedan metodički sistem nije univerzalan, niti savršen, kao što nije ni interaktivna nastava uz podršku računara za nastavu biologije u gimnaziji. Zato didaktičari i metodičari nastave pojedinačnih predmeta u nastavnom procesu preporučuju kombinaciju raznovrsnih metodičkih sistema, nastavnih metoda i oblika rada, korišćenje različitih nastavnih sredstava i nastavnih pomagala u zavisnosti od specifičnosti konkretnih sadržaja. U nastavi biologije naročiti značaj imaju praktične vežbe, različiti ogledi i nastava u prirodi i izvan škole uopšte. U tom kontekstu, primena interaktivne nastave uz podršku računara se preporučuje za obradu teških interdisciplinarnih sadržaja i nastavnih tema koje će omogućiti da se primenom ovog metodičkog sistema ostvare najbolji efekti. Pogodne nastavne teme iz gradiva biologije u gimnaziji za obradu ovim pristupom (pored molekularne biologije) su na primer: Biologija ćelije, Fiziologija biljaka, Fiziologija životinja, Biologija razvića, Mehanizmi nasleđivanja i Evolucionarna biologija. Zato treba očekivati da kreativni nastavnici biologije koji dobro poznaju rad na računaru sami prave multimedijalne prezentacije i koriste interaktivnu nastavu uz podršku računara u nastavnoj praksi.

## 6. LITERATURA

1. Afzal, M. T., & Gondal, M. B. (2010). Effect of Mathematics Software Facilitated Teaching on Students Learning. *The International Journal of Technology, Knowledge and Society*, 6 (3), 111-120.
2. Aggarwal, V., & Dutt, S. (2014). Effectiveness of Multimedia Presentations in Acquisition of Biological Concepts. *International Journal of Education*, 3, 74-83.
3. Akgün, O. E., Babur, A., Ibayrak, E. (2016). Effects of Lectures with PowerPoint or Prezi Presentations on Cognitive Load, Recall, and Conceptual Learning, *International Online Journal of Educational Sciences*, 8 (3), 1-11.
4. Akpan, J. P. (2001). Issues Associated with Inserting Computer Simulations into Biology Instruction: A Review of Literature. *Electronic Journal of Science Education*, 5(3). Retrieved from <http://ejse.southwestern.edu/article/view/7656/5423>
5. Aleksić, V., Đokić, V., Vujičić, M. (2010). Korišćenje obrazovnog softvera i web sajtova u nastavi stranog jezika. U: *Zbornik radova sa 3. Internacionalne konferencije Tehnika i informatika u obrazovanju* (str. 647-652). Čačak: Tehnički fakultet.
6. Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A Taxonomy for learning, teaching, and assessing: A Revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. New York: Longman.
7. Antić, S., Jankov, R., Pešikan, A. (2005). *Kako približiti deci prirodne nauke kroz aktivno učenje*. Beograd: Institut za psihologiju.
8. Apel, H. J. (2003). *Predavanje – uvod u akademski oblik poučavanja*. Zagreb: Erudita.
9. Banjac, M. (1999). Interaktivno učenje simetričnom interakcijom. U: *Zbornik Interaktivno učenje I* (str. 291-298). Banja Luka: Ministarstvo prosvjete RS i Unicef kancelarija u Banjoj Luci.
10. Bandur, V., Potkonjak, N. (2006). *Istraživački rad u školi: Akciona istraživanja*. Beograd: Savez pedagoških društava.
11. Bandur, V., Potkonjak, N. (1999). *Metodologija pedagogije*. Beograd: Savez pedagoških društava Jugoslavije.
12. Baucal, A. (2003). Konstrukcija i ko-konstrukcija u zoni narednog razvoja: da li i Pijaget i Vigotski mogu biti u pravu? *Psihologija*, Vol. 36 (4), 517-542.
13. Bayturan, S., & Kesan, C. (2012). The Effect of Computer-assisted Instruction on the Achievement and Attitudes towards Mathematics of Students in Mathematics Education. *International Journal of Global Education*, 1(2), 50-57.
14. Bender, C., & Bull, H. (2012). Using Prezi in a Middle School Science Class. In P. Resta (Ed.), *Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference 2012* (pp. 2708-2713). Chesapeake, VA: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE). Retrieved from <https://www.learntechlib.org/p/39996>
15. Bloom, B.S. (Ed.), Engelhart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H., & Krathwohl, D. R. (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook 1: Cognitive domain*. New York: David McKay.
16. Blystone, R. V., & Mac Alpine, B. (2005). *WWW.Cell Biology Education: Using the World Wide Web To Develop a New Teaching Topic*. *Cell Biol Educ.*, 4(2), 105–111.
17. Branković, D. (1999). Interaktivno učenje u problemskoj nastavi. U: *Zbornik Interaktivno učenje I* (str. 109-132). Banja Luka: Ministarstvo prosvjete RS i Unicef kancelarija u Banjoj Luci.

18. Branković, D. (2007). Interaktivno učenje i savremena obrazovna tehnologija. U: *Zborniku radova 4. Međunarodnog naučnog skupa Tehnologija, informatika i obrazovanje – za društvo učenja i znanja*. Beograd: Institut za pedagoška istraživanja; Novi Sad: Centar za razvoj i primenu nauke, tehnologije i informatike, PMF.
19. Branković, D. (2009). Interaktivno učenje u nastavi – paradigma škole budućnosti. U: *Zbornik radova, Buduća škola II* (str. 764-776). Beograd: Srpska akademija obrazovanja.
20. Branković, D. (2016). Interakcija učenika i IKT osnov paradigmatškog karaktera informatičko-razvijajućeg učenja i nastave. *Godišnjak za 2016. godinu* (str. 135-140). Beograd: Srpska akademija obrazovanja.
21. Brković, A. (2000). *Razvojna psihologija*. Užice: Učiteljski fakultet, Univerzitet u Kragujevcu.
22. Brock, S., & Brodahl, C. (2013). A Tale of Two Cultures: Cross Cultural Comparison in Learning the Prezi Presentation Software Tool in the US and Norway. *Journal of Information Technology Education: Research*, 12, 95-118.
23. Budimir-Ninković, G. (2007). Savremena obrazovna tehnologija i funkcije nastavnika. U: *Zborniku radova sa 4. Međunarodnog naučnog skupa Tehnologija, Informatika, Obrazovanje- Za društvo učenja i znanja* (str.120-126). Beograd: Institut za pedagoška istraživanja; Novi Sad: Centar za razvoj i primenu nauke, tehnologije i informatike, PMF.
24. Brünner, I. (2009). *Gehirngerechtes Lernen mit digitalen Medien. Ein Unterrichtskonzept für den integrativen DaF-Unterricht*. München: Iudicium.
25. Byrd, A. (2002). The Revised Taxonomy and Prospective Teachers. *Theory into Practice*, 41(4), 244-248.
26. Catelli, L. (2005). Psychomotor Domains. In S. J. Farenga, D. Ness (Eds.) *Encyclopedia of Education and Human Development* (pp. 651-655). New York: Myron E. Sharpe Armonk.
27. Çekbas, Y., Yakar H., Yildirim, B., & Savran, A. (2003). The Effect of Computer Assited Instruction on Students. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 2 (4), 76-78.
28. Cheng, Y. H., Cheng, J. T., & Chen, D. J. (2012). The Effect of Multimedia Computer Assisted Instruction and Learning Stile on Learning Achievement. *WSEAS Transactions on Information Science and Applications*, 9 (1), 24-35.
29. Conboy, C., Fletcher, S., Russell, K. & Wilson, M. (2012). An Evaluation of the Potential Use and Impact of Prezi, the Zooming Editor Software, as a Tool to Facilitate Learning in Higer Education. *Innovations in Practice*, 7, 31-44.
30. Chou, P. N., Chang, C. C., Lu, P. F. (2015). Prezi versus PowerPoint: The effects of varied digital presentation tool on students' learning performance. *Computers & Education*, 91, 73-82.
31. Craciun D., & Isvoran A. (2009). Teaching molecular Biology using computational tools and tacking into account the learning styles of students. *Romanium Biotehnological Letters*, 14 (4), 4567 – 4574.
32. Cunningham, C. M. (2014). Prezi Presentational Software as an Educational Tool for Analyzing Pathology Slides: Promoting a Learner Centered Environment Through Technology to Increase Student Satisfaction. *Lab Med Spring*, 45, 73-79.
33. Cvetković, D., Lakušić, D., Matić, G., Korać, A., Jovanović, S. (2011). *Biologija za IV razred gimnazije prirodno-matematičkog smera*. Beograd: Zavod za udžbenike.
34. Cvijić, G., Nedeljković, N., Konjević, R., Đorđević, J. (2005). *Biologija za III razred gimnazije prirodno-matematičkog smera*. Beograd: Zavod za udžbenike.



35. Cvjetičanin, S., Pećanac, R., Sakač, M., & Djurendić-Brenesel, M. (2013). Computer Application in the Initial Education of Children in Natural Sciences. *Croatian Journal of Education*, 15(1), 87-108.
36. Čirić, N. (2016). Interactive Teaching as innovation in quality of didactical methodical organization of academic teaching. *Metodički obzori*, 11(1), 76-91.
37. Danilović, M. (2010). Tehnika, obrazovna tehnologija i informatika u funkciji povećanja efikasnosti obrazovnog procesa i procesa učenja. U: *Zbornik radova sa 3. Internacionalne konferencije Tehnika i Informatika u Obrazovanju* (str.426-436). Čačak: Tehnički fakultet.
38. Danilović, M. (2011). Nastavnik kao uzor, model, idol, ideal, simbol, vrednost tj. mera, savršenog i svestrano obrazovnog čoveka. U: *Zbornik radova sa 6. Međunarodnog Simpozijuma Tehnologija, Informatika i obrazovanje za društvo učenja i znanja*. Čačak: Tehnički fakultet.
39. Delhaxhe, A. (ured.) (2011). *Prirodoslovno obrazovanje u Europi: Nacionalne politike, prakse i istraživanja*. Bruxelles: Izvršna agencija za obrazovanje, audiovizualnu politiku i kulturu EACEA P9 Eurydice.
40. Drakulić, V., Miljanović, T. (2007). Efikasnost laboratorijsko-eksperimentalne metode u realizaciji sadržaja biologije u gimnaziji. *Pedagogija*, 4, 627-632.
41. Drakulić, V., Miljanović, T. (2010). Stavovi učenika o primeni programirane nastave biologije uz pomoć kompjutera u osnovnoj školi. U: Gajić, O. i sar. (ured.), *Evropske dimenzije promena obrazovnog sistema u Srbiji, zbornik radova/knjiga 6* (str. 215-232). Novi Sad: Filozofski fakultet.
42. Drakulić, V., Miljanović, T., Ševkušić, S. (2011). Postignuće učenika iz biologije (Pupils' Achievement in Biology). In S. Gašić-Pavišić & D. Stanković (Eds.), *Timss 2007 u Srbiji* (str. 145-174). Belgrade: Institut za pedagoška istraživanja.
43. Đukić, M. (1995). *Didaktički činioci individualizovane nastave*. Novi Sad: Filozofski fakultet, Odsek za pedagogiju.
44. Fass, M. F. (1998). Using the Internet to Enhance Biology Education: Suggestions for the Novice. *Enhance Biology Education*, 24 (2), 7-12.
45. Franklin, S., & Peat, M. (1998a). *Online learning: the first year biology way*. Australia: School of Biological Sciences, The University of Sydney.
46. Franklin, S., & Peat, M. (1998b). *Strategies to support learning and student progression: the first year biology way*. Australia: School of Biological Sciences, The University of Sydney.
47. Franklin S., & Peat M., (2003). Virtual biology: do we need the real thing? In *CBLIS Conference Proceedings 2003 Volume I: New Technologies and their applications in education* (pp. 376-385). Retrieved from <http://hdl.handle.net/10797/14698>
48. Ferguson, N. H., & Chapman, S. R. (1993). Computer-Assisted Instruction for Introductory Genetics. *Journal of Natural Resources and Life Science Education*, 22, 145-152.
49. French, K., & Rodgeron, L. (1998). GECKO: The integration of multimedia resources into the teaching of introductory biology practicals. In *ASCILITE98 Conference Proceedings* (pp.261-266).
50. Glušac, D. (2012). *E-učenje – skripta za nastavu*. Zrenjanin: Tehnički fakultet.
51. Gordon, T. (1998). *Kako biti uspešan nastavnik*. Beograd: Kretativni centar grupa Most.
52. Grandić, R., Gajić, O. (1998). *Teorije intelektualnog vaspitanja*. Novi Sad: Savez pedagoških društava Vojvodine.
53. Grdinić, B., Branković, N. (2005). *Metodika poznavanja prirode i sveta oko nas u nastavnoj praksi*. Bački Petrovac: Kultura.

54. Grujičić, M., Miljanović, T. (2005). Uticaj savremenih didaktičkih medija na efikasnost nastave biologije. *Nastava i vaspitanje*, 4-5, 327-337.
55. Hancock, P. A. (2009). *Mind, machine and morality: Toward a philosophy of human-technology symbols*, Farnham, GB: Ashgate.
56. Huang, C. (2005). Designing high-quality interactive multimedia learning modules. *Computerized Medical Imaging and Graphics*, 29(2-3), 223-233.
57. Ivić, I., Pešikan, A., Antić, S. (2001). *Aktivno učenje 2*. Beograd: Filozofski fakultet, Institut za psihologiju.
58. Ilić, M. (1999). Interaktivna nastava različitih nivoa složenosti. U: *Zborniku Interaktivno učenje I* (str.77-108). Banja Luka: Ministarstvo prosvjete RS i Unicef kancelarija u Banjoj Luci.
59. Ivkov-Džigurski, A., Ivanović, LJ., Pašić, M. (2009). Mogućnosti primene računara u modernoj nastavi geografije. *Glasnik srpskog geografskog društva*, Tom LXXXIX , br. 1., 139-151.
60. Jacob Kola, A. (2013). Effective Teaching and Learning in Science Education through Information and Communication Technology [ICT]. *IOSR Journal of Research & Method in Education*, 2 (5), pp. 43-47.
61. Jovanović, M. (2009). Pedagoška komunikacija kao faktor efikasnosti nastave. *Pedagoška stvarnost*, 55(3-4), 368-382.
62. Kara, Y. & Yesilyurt, S. (2007): Assessing the effects of Students' achievements, misconceptions and attitudes towards Biology, *Asia-Pacific Forum on Science learning and teaching*, 8(2), 1-22.
63. Kara, Y., & Selami, Y. (2008). Comparing the Impacts of Tutorial and Edutainment Software Programs on Students' Achievements, Misconceptions and Attitudes towards Biology. *Journal of Science Education and Technology*, 17(1), 32-41.
64. Kara, I., & Kahraman, Ö. (2008). The Effect of Computer Assisted Instruction on the Achievement of Students on the Instruction of Physics of 7<sup>th</sup> Grade Science Course at a Primary School. *Journal of Applied Sciences*, 8(6), 1067-1072.
65. Kara, I., & Yakar, H. (2008). Effects of Computer Supported Education on the Success of Students on Teaching of Newton's Laws of Motion. *World Applied Sciences Journal*, 3(1), 51-56.
66. Karuović, D. (2009). *Model korisničkog interfejsa interaktivnog obrazovnog softvera*. Doktorska disertacija. Zrenjanin: Tehnički fakultet Mihajlo Pupin.
67. Kennedy, D. (2007). *Writing and Using Learning Outcomes*. Cork: Department of Education, University College.
68. Kennewell, S., Tanner, H., Jones, S., Beauchamp, G. (2008). Analysing the use of interactive technology to implement interactive teaching. *Journal of Computer assisted Learning*, 24, 61-73.
69. Klafki, W., Schulz, W., Cube, F., Möller, Ch., Blankertz, H. (1994). *Didaktičke teorije*. Zagreb: Educa.
70. Krathwohl, D. (2002). The Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. *Theory into Practice*, 41(4), 212-218.
71. Krathwohl, D., Anderson, L. (2003). Taxonomies of Educational Objectives. In J. W. Guthrie (Ed.), *Encyclopedia of education* (pp. 2429-2433). New York: MacMillan Reference Books.
72. Krneta, D. (2006). *Interaktivno učenje i nastava*. Banja Luka: Fakultet za političke i društvene nauke.

73. Krstić, K. (2014). Rad nastavnika u novom IT okruženju. U: *Zbornik radova sa 5. Konferencije sa međunarodnim učešćem Tehnika i informatika u obrazovanju*. Čačak: Fakultet tehničkih nauka.
74. Lalović, Z. (2009). *Naša škola, Metode učenja/nastave u školi*. Podgorica: Zavod za školstvo.
75. Lile, R., & Kelemen G. (2014). Results of Researches on Strategies of Teaching/Learning/Assessment Based on Interactive Learning Methods. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 163, 120-124.
76. Lin, L., & Atkinson, K. R. (2011). Using animations and visual cueing to support learning of scientific concepts and processes. *Computers&Education*, 56, 650-658.
77. Malinić, D. (2009). *Neuspeh u školskoj klupi*. Beograd: Institut za pedagoška istraživanja.
78. Mandić, P., Mandić, D. (1995). *Obrazovna i poslovna informatika*. Beograd: Učiteljski fakultet.
79. Mahmood, M. K. & Mirza, M. S. (2012). Effectiveness of Computer-Assisted Instruction in Urdu Language for Secondary School Students' Achievement in Science. *Language in India*, 12(2), 266-283.
80. Mandić, P., Mandić, D. (1997). *Obrazovna informaciona tehnologija – Inovacije za 21. Vek*. Beograd: Učiteljski fakultet; Užice: Učiteljski fakultet; Jagodina: Učiteljski fakultet.
81. Mandić, D. (2000). Informacione tehnologije u interaktivnoj nastavi na daljinu. *Pedagogija*, 3-4, 193-199.
82. Mandić, D. (2003). Interaktivna kompjuterska nastava. U: N. Suzić (ured.), *Interaktivno učenje II*, (str. 215-232). Banja Luka: Teacher Training Centre.
83. Marbach-Ad, G. & Stavy, R. (2000). Students' cellular and molecular explanations of genetic phenomena. *Journal of Biological Education*, 34 (4), 200–205.
84. Martin, M. O., Mullis, I. V. S., & Foy, P. (with Olson, J., F., Erberber, E., Preuschoff, C., & Galia, J.) (2008). *TIMSS 2007 International Science Report: Findings from IEA's Trends in International Mathematics and Science Study at the Fourth and Eighth Grades*. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Boston College.
85. Matic, G. (1997). *Osnovi molekularne biologije*. Beograd: IP Zavet.
86. Mayer, R. E. (2001). *Multimedia Learning*. New York: Cambridge University Press.
87. Mayer, R. E. (2002). *Multimedia learning*. In B. H. Ross (Ed.), *The psychology of learning and motivation*, vol. 41 (pp. 85-139). San Diego, CA: Academic press.
88. Mayer, R. E. (2003). The promise of multimedia learning: Using the same instructional design methods across different media. *Learning and Instruction*, 12, 125-141.
89. Mayer, R. E. & Moreno, R. (2003): Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning, *Educational Psychologist*, 38, 43-52.
90. Mayer, R. (2009). *Multimedia learning (2nd ed.)*. New York: Cambridge University Press.
91. Mayer, R. (2014). Incorporating motivation into multimedia learning. *Learning and Instruction*, 29, 171-173.
92. Mijanović, N. (2009). Individualizovana nastava kao osnovna didaktička paradigam škole budućnosti. U: *Zbornik radova Buduća škola II* (str. 777-800). Beograd: Srpska akademija obrazovanja.
93. Milanović, K. (2006). E-učenje. *Elektronski časopis za nastavnike*. [http://www.microsoftsr.rs/download/obrazovanje/pil/Elektronsko\\_ucenje.pdf](http://www.microsoftsr.rs/download/obrazovanje/pil/Elektronsko_ucenje.pdf)

94. Milijević, S. (1999). Interaktivno učenje u egzemplarnoj ili paradigmatškoj nastavi. U: N. Suzić (ured.), *Interaktivno učenje* (str. 133-148). Banja Luka: Ministarstvo prosvjete RS i Unicef kancelarija u Banjoj Luci.
95. Milijević, S. (2003). Mogućnosti primjene rada u parovima u interaktivnom učenju putem radioničke aktivnosti. U N. Suzić (ured.), *Interaktivno učenje II* (str. 235-258). Banja Luka: Teacher Training Centre.
96. Milivojević, V., Miljanović, T. (2006). Aktivno učenje ekoloških sadržaja u nastavi biologije u osnovnoj školi. *Nastava i vaspitanje*, 4, 414-422.
97. Miljanović, T. (2001a). Efikasnost aktivnog učenja biologije u odnosu na tradicionalnu nastavu. *Nastava i vaspitanje*, 3-4, 347-355.
98. Miljanović, T., Žderić, M. (2001b). *Didaktičko-metodički primeri iz metodike nastave biologije*. Novi Sad: Prirodno-matematički fakultet.
99. Miljanović, T. (2002a). Analiza nastavnog programa i udžbenika predmeta Ekologija i zaštita životne sredine za I razred srednjih stručnih škola i njegova realizacija. *Pedagoška stvarnost*, 7-8, 589-601.
100. Miljanović, T. (2002b). Odnos učenika prema aktivnoj nastavi biologije. *Nastava i vaspitanje*, 3, 155-165.
101. Miljanović, T. (2002-2003). Uporedna analiza rezultata testa sa prijemnog ispita iz biologije 2001 i 2002 godine na Prirodno-matematičkom fakultetu u Novom Sadu. U: *Zbornik radova Prirodno-matematičkog fakulteta, Serija za biologiju*, 31-32, str. 43-56. Novi Sad: Prirodno-matematički fakultet.
102. Miljanović, T. (2003). Prijemni ispit iz biologije kao pokazatelj usvojenosti gradiva iz srednjoškolskog programa biologije. *Nastava i vaspitanje*, 2-3, 168-178.
103. Miljanović, T., Carević, A., Drakulić, V. (2005). Pokazatelji usvojenosti programa biologije u srednjim školama. *Pedagoška stvarnost*, 5-6, 398-414.
104. Miljanović, T., Drakulić, V. (2006). Reforma programa biologije u srednjim stručnim školama. U: *Zborniku radova Evropske dimenzije reforme sistema obrazovanja i vaspitanja* (str. 279-283). Novi Sad: Filozofski fakultet.
105. Miljanović, T. (2006). Reforma nastavnih programa biologije za gimnaziju. U: Kamenov, E. (ured.), *Razvoj sistema vaspitanja i obrazovanja u uslovima tranzicije* (str. 157-168). Novi Sad: Filozofski i Prirodno-matematički fakultet; Sombor: Učiteljski fakultet.
106. Miljanović, T. (2008a). Rezultati tekuće reforme programa biologije u osnovnoj i srednjim školama u Republici Srbiji. *Nastava i vaspitanje*, 3, 281-291.
107. Miljanović, T., Janošev, A. (2008b). Uspeh učenika srednjih škola na republičkom takmičenju iz biologije. *Pedagogija*, 1, 107-114.
108. Miljanović, T., Topić, M. (2009). Efikasnost realizacije dodatne nastave iz biologije u srednjim školama. *Pedagogija*, 4, 594-600.
109. Miljanović, T., Županec, V., Džamić Šepa, V., Pribičević, T. (2015). Dometi tekuće reforme programa biologije u osnovnim i srednjim školama u Republici Srbiji. U: *Naučna konferencija: Metodički aspekti unapređenja nastave, prednosi i izazovi* (str. 99-102). Beograd: Republika Srbija, Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja.
110. Moradmand, N., Datta, A., Oakley, G. (2013). My Maths Story: An application of a computer-assisted framework for teaching mathematics in the lower primary years. In R. McBride & M. Searson (Eds.), *Proceedings of Society for Information Technology & Teacher*



- Education International Conference 2013* (pp. 3299-3307). Chesapeake, VA: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
111. Moursund, D. (2006). *Introduction to Using Games in Education: A Guide for Teachers and Parents*. Retrieved from <http://darkwing.uoregon.edu/~moursund/dave/index.htm>
112. Mustafa, R., Bilalli, B., Mustafa, K. (2013). Korišćenje informaciono-komunikacionih tehnologija u obrazovanju u zemljama u tranziciji. U: *Zborniku radova naučno-stručnog skupa sa međunarodnim učešćem Reinženjering poslovnih procesa u obrazovanju* (str.116-125). Čačak: Fakultet tehničkih nauka.
113. Mužić, V. (1973). *Metodologija pedagoškog istraživanja*. Sarajevo: Zavod za izdavanje udžbenika.
114. Najdanović Tomić, J. (ured.) (2015). *Opšti standardi postignuća za kraj opšteg srednjeg i srednjeg stručnog obrazovanja i vaspitanja u delu opšteobrazovnih predmeta za predmet Biologija : priručnik za nastavnike*. Beograd: Zavod za vrednovanje kvaliteta obrazovanja i vaspitanja.
115. Nikolić, R. (2007). Savremene uloge i kompetencije nastavnika. *Inovacije u nastavi*, 21, 80-87.
116. Nikolić, R. (2014). Kakve su perspektive škole i nastave u ovom veku. Naučni skup „Nastava i učenje – savremeni pristupi i perspektive” (str. 17-26): Užice: Učiteljski fakultet.
117. Niklanović, M., Miljanović, T. (2006): Efikasnost aktivnog učenja ekoloških sadržaja u osnovnoj školi. *Pedagogija*, 4: 506-511.
118. Niklanović, M., Miljanović, T., Pribičević, T. (2014). Efficiency of interdisciplinary learning of ecology contents in gymnasium. *Archives of Biological Sciences*, 66(3), 1291-1297.
119. Nogaj, A. L. (2013). Using Active Learning in a Studio Classroom to Teach Molecular Biology. *Journal of College Science Teaching*, Vol. 42, No. 6, 50-55.
120. Odadžić, V., Miljanović, T., Voskresenski, K. (2011). Mogućnosti i efekti primene inovativnih didaktičkih modela u nastavi biologije u gimnaziji. *Nastava i vaspitanje*, 2, 249-261.
121. Odadžić, V., Miljanović, T., Mandić, D., Pribičević, T., Županec, V. (2017). Effectiveness of The Use of Educational Computer Software in Teaching Biology. *Croatian Journal of Education*, 19(1), 11-43.
122. Park, B., Plass, L.J., Brünken, R. (2013). Cognitive and affective processes in multimedia learning. *Learning and Instruction*, 30, 1-3.
123. Peat M., & Taylor C. (2005). Virtual biology: how well can it replace authentic activities? *CAL-laborate*, 21-24. Sydney: School of Biological Sciences.
124. Perron, B. E., & Stearns, A. G. (2010). A Review of a Presentation Technology: Prezi. *Research on Social Work Practice*, 000(00), 1-2.
125. Petrov, B., Kalezić, M. (2004). *Biologija za II razred gimnazije prirodno-matematičkog smera*. Beograd: Zavod za udžbenike.
126. Potyrala, K. (2003). Computer-aided genetics teaching. In C.P. Constantinou, Z. C. Zacharia (ed.), *Computer Based Learning in Science, Vol. I: new Technologies And Their Applications in Education*. Nicosia.
127. Philip, M. K., Jackson, T. K., & Dave, W. (2011). The Effect of Computer-Assisted Instruction on Student's Attitudes and Achievement in Matrices and Transformations in



- Secondary Schools in Uasin Gishu District, Kenya. *International Journal of Curriculum and Instruction*, 1(1), 53-62.
128. Popović, Z., Miljanović, T., Županec, V. (2012). Efikasnost aktivnog učenja botaničkih sadržaja u gimnaziji. U: Gajić, O. (ured.), *Kvalitet obrazovnog sistema Srbije u evropskoj perspektivi, zbornik radova/knjiga 2* (str. 397-409). Novi Sad: Filozofski fakultet.
129. Potkonjak, N. (2003). *XX vek nije bio ni vek deteta ni vek pedagogije*. Novi Sad: Savez pedagoških društava.
130. Potkonjak, N. (2014). Nastava i učenje – stalni a još uvek nerešeni pedagoški problemi. U Naučni skup „Nastava i učenje” – savremeni pristupi i perspektive. (str. 63-72). Užice: Učiteljski fakultet
131. Pravilnik o bližim uslovima u pogledu prostora, opreme i nastavnih sredstava za gimnaziju, Sl. glasnik SRS – Prosvetni glasnik br. 5, 90, Beograd.
132. Pribićević, T., Miljanović, T., Županec, V. (2012). Efikasnost realizacije vannastavnih aktivnosti iz biologije u srednjim školama. U: Gajić, O. (ured.), *Kvalitet obrazovnog sistema Srbije u evropskoj perspektivi, zbornik radova/knjiga 2* (str. 425-437). Novi Sad: Filozofski fakultet.
133. Pribićević, T., Odadžić, V., Miljanović, T., Županec, V. (2014). Quality og high school students knowledge in the field of genetics. In *V Kongress of the Serbian genetic society, Book of Abstracts* (pp. 237). Kladovo.
134. Pritchard, A., & Woollard, J. (2010). *Psychologi for the classroom. Constructivism and social learning*. London: Routledge.
135. Prušević-Sadović, F., Trtovac-Dedić, A., Šehović, S. (2014). Osobine i uloge nastavnika u savremenoj nastavi. *Norma*, 19(2), 293-298. Sombor: Pedagoški fakultet.
136. Raninga, N. (2010). Effectiveness of CAI for Teaching of Mathematics of Standard VII. *Journal of Advances in Developmental Research*, 1(2), 186-187.
137. Rockinson-Szapkiw, A. J., Knight, A., Tucker, J. M. (2011). Prezi: Trading Linear Presentations for Conceptual Learning Experiences in Counselor Education. *The Selected Works of Amanda J. Rockinson-Szapkiw*. Lynchburg: Liberty University. [http://works.bepress.com/amanda\\_rockinson\\_szapkiw/18/](http://works.bepress.com/amanda_rockinson_szapkiw/18/)
138. Roders, P. (2003). *Interaktivna nastava*. Beograd: Filozofski fakultet, Institut za pedagogiju i andragogiju.
139. Rotbain, Y., Marbach-Ad, G., & Stavy, R.(2008). Using a Computer Animation to Teach High School Molecular Biology. *Journal of Science Educational Technology*, 17, 49–58.
140. Sánchez J., Salinas A., Sáenz M., (2006). *Mobile Game-Based Science Learning*. In APRU Distance Learning and the Internet 2006 Conference (APRU DLI 2006) (pp. 18-30). Tokyo, Japan
141. Savović, B. (2007). Primene testova znanja u osnovnoj i srednjoj školi, Beograd: Zavod za vrednovanje kvaliteta obrazovanja i vaspitanja.
142. Službeni glasnik RS – Prosvetni glasnik, 7, 2011.
143. *Standardi kompetencija za profesiju nastavnika i njihovog profesionalnog razvoja*, 2011. Beograd: Zavod za unapređivanje obrazovanja i vaspitanja, Službeni glasnik RS – Prosvetni glasnik. 5, 2011.
144. Strategija razvoja obrazovanja u Srbiji do 2020. godine. „Službeni glasnik Republike Srbije”, broj 107/12, Beograd.
145. Strategiju razvoja informacionog društva u Republici Srbiji do 2020. godine. „Službeni glasnik RS”, br. 55/05, 71/05-ispravka, 101/07 i 65/08, Beograd.

146. Strateški okvir za europsku suradnju u području obrazovanja i usavršavanja (ET 2020), Zaključci Vijeća, svibanj 2008. g., OJL 119, 28.5.2009.
147. Stojanović, A. (2008). Kompetencije nastavnika u svjetlu promena u savremenom obrazovanju. *Inovacije u nastavi*, 21, 61-69).
148. Strasser, N. (2014). Using Prezi In Higher Education. *Journal of College Teaching & Learning – Second Quarter*, Volume 11, Number 2, 95-98.
149. Suzić, N. (1999). Interakcija kao vid učenje i poučavanja. U: N. Suzić (ured.), *Interaktivno učenje* (str. 9-44). Banja Luka: Ministarstvo prosvjete RS i Unicef kancelarija u Banjoj Luci.
150. Suzić, N. (2005). *Pojam i značaj interaktivnog učenja, Pedagogija za XXI vijek*. Banja Luka: TT –centar.
151. Sweller, J., Ayres, P., Kalyuga, S. (2011). *Cognitive load theory*. New York: Springer.
152. Templin, A.T., & Fetters, M.K. (2002). A working model of protein synthesis using Lego™ building blocks. *Am Biol Teach*, 64, 673–678.
153. Tekbiyik, A., & Akdeniz, A. R. (2010). A meta-analytical investigation of the influence of computer assisted instruction on achievement in science. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 11(2), 1-22.
154. Terzić, J., Miljanović, T. (2009a). Realizacija programa biologije u gimnaziji i zastupljenost multimedija. *Pedagoška stvarnost*, 7-8: 735-744.
155. Terzić, J., Miljanović, T. (2009b). Efikasnost primene multimedije u nastavi biologije u gimnaziji. *Nastava i vaspitanje*, 1, 5-14.
156. Terzić, J. (2009): Stavovi i mišljenja učenika o primeni multimedije u nastavi biologije u gimnaziji, U: *Tehnika, informatika i obrazovanje za društvo učenja i znanja*, br.5/II: 443-453 Novi Sad: Fakultet tehničkih nauka, Centar za razvoj i primenu nauke, tehnologije i informatike, Prirodno matematički fakultet; Beograd: Institut za pedagoška istraživanja; Čačak: Fakultet tehničkih nauka.
157. Terzić, J., Miljanović, T., Županec, V., Pribičević, T. (2015). Stavovi učenika o primjeni elektronskog udžbenika u nastavi biologije u gimnaziji. *Vaspitanje i obrazovanje*, 3, 91-106.
158. Tomić, I., Duković, Z. (2008). Obrazovni računarski softver u predškolskom obrazovanju. U: *Naučno – stručni skup sa međunarodnim učešćem „Tehnika i informatika u obrazovanju”* (crp. 123 – 127). Čačak: Tehnički fakultet.
159. Vasilijević, D. (2013). Od klasičnog do elektronskog udžbenika. *Inovacije u nastavi*, XXVI, (3), 60-68.
160. Vilotijević, N. (2008). *Interaktivna nastava*. Vranje: Učiteljski fakultet.
161. Vilotijević, M. (1999). *Didaktika II, didaktičke teorije i teorije učenja*. Beograd: Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Učiteljski fakultet.
162. Vilotijević, M. (2009). Promenama do efikasnije škole budućnosti. U: *Zbornik radova Buduća škola II* (str. 713-750). Beograd: Srpska akademija obrazovanja.
163. Vilotijević, G. (2014). Emancipatorski elementi u konstruktivističkom pristupu. U: *Naučni skup „Nastava i učenje – savremeni pristupi i perspektive”* (str. 297–310). Užice: Učiteljski fakultet.
164. Vlajkovic, Z. (2012). Uloga nastavnika u kompjutersko-informativnoj nastavi. *Godišnjak za 2012. godinu Srpske akademije za obrazovanje*, Beograd.
165. Voskresenski, K. (2004). *Didaktika za profesore informatike i tehnike*. Zrenjanin: Tehnički fakultet „M. Pupin”.
166. Virvou, M., Katsionis, G., Manos, K. (2005). Combining software games with education: Evaluation of its educational effectiveness. *Educational Technology & Society*, 8(2), 54-65. [http://www.ifets.info/journals/8\\_2/5.pdf](http://www.ifets.info/journals/8_2/5.pdf)

167. Virtanen, P., Myllärniemi, J., Wallander, H. (2013). Diversifying higher education: facilitating different ways of learning. *Campus-Wide Information Systems*, 30(3), 201 – 211.
168. Vizek Vidović, V., Vlahović Štetić, V., Rijavec, M., Miljković, D. (2014). *Psihologija obrazovanja*. Beograd: Klett.
169. Žderić, M., Miljanović, T. (2001). *Metodika nastave biologije*. Novi Sad: Prirodno-matematički fakultet.
170. Županec, V., Miljanović, T., Pribičević, T. (2013). Effectiveness of computer-assisted learning in biology teaching in primary schools in Serbia. *Zbornik Instituta za pedagoška istraživanja*, 45(2), 422-444.
171. Šerban, Cvijan, M., Jančić, R. (2003). *Biologija za I razred gimnazije prirodno-matematičkog smera*. Beograd: Zavod za udžbenike.
172. Ševkušić, S., Miljanović, T., Drakulić, V. (2005). Postignuća učenika iz biologije. U: Antonijević, R. i Janjetović, D. *Timss 2003 u Srbiji: rezultati međunarodnog istraživanja postignuća učenika osnovne škole iz matematike i prirodnih nauka* (str. 135-162). Beograd: Institut za pedagoška istraživanja.
173. Šoljan, N. (1976). *Tehnologija obrazovanja*. Zagreb: Školska knjiga.
174. Šorgo A. (2010). Information and Communication Technologies (ICT) in Biology Teaching in Slovenian Secondary School. *Eurasia Journal Of Mathematics, Science and Tehnology Education*, 6 (1), 37-46.
175. Yakovleva, O. N., & Yakovlev V. E. (2014). Interactive teaching methods in contemporary higher education. *Pacific Science Review*, 16(2), 75-80.
176. Yang, K., Wang, T., Chiu, M. (2015). Study the Effectiveness of Technology-Enhanced Interactive Teaching Environment on Student Learning of Junior High School Biology, *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 2015, 11(2), 263-275.
177. Yusuf, M. O., & Afolabi, A. O. (2010). Effects of Computer Assisted Instruction (CAI) on Secondary School Students' Performance in Biology. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 9(1), 62-69.

## WEB strane

1. [www.zuov.gov.rs/dokumenta/CRPU/Programi%20za%20gimnaziju%20PDF/12%20biologija.pdf](http://www.zuov.gov.rs/dokumenta/CRPU/Programi%20za%20gimnaziju%20PDF/12%20biologija.pdf).
2. [www.life.bio.sunysb.edu](http://www.life.bio.sunysb.edu)
3. [www.telstar.ote.cmu.edu/biology/animation/](http://www.telstar.ote.cmu.edu/biology/animation/)
4. [www.bionet-skola.com](http://www.bionet-skola.com)
5. [www.educyclopedia.be](http://www.educyclopedia.be)
6. [www.udel.edu/biology/ketcham/microscope/](http://www.udel.edu/biology/ketcham/microscope/)
7. [www.frog.edschool.virginia.edu](http://www.frog.edschool.virginia.edu)
8. [www.helios.bto.ed.ac.uk/bto/microbes/microbes.html](http://www.helios.bto.ed.ac.uk/bto/microbes/microbes.html)
9. [www.horus.cs.nott.ac.uk/vsb/](http://www.horus.cs.nott.ac.uk/vsb/)
10. [www.bbc.co.uk/schools/gcsebitesize/teachers/biology/activities.shtml](http://www.bbc.co.uk/schools/gcsebitesize/teachers/biology/activities.shtml)
11. [www.biology.ed.ac.uk/research/groups/jdeacon/microbes/](http://www.biology.ed.ac.uk/research/groups/jdeacon/microbes/)
12. [www.biologyforlife.com/](http://www.biologyforlife.com/)
13. [www.cellsalive.com/gallery.htm](http://www.cellsalive.com/gallery.htm)
14. [www.ibiblio.org/virtualcell/system.htm](http://www.ibiblio.org/virtualcell/system.htm)
15. [www.funsci.com/fun3\\_en/exper1/exper1.htm](http://www.funsci.com/fun3_en/exper1/exper1.htm)

16. [www.learner.org/channel/courses/biology/](http://www.learner.org/channel/courses/biology/)
17. [www.bioloskiblog.wordpress.com](http://www.bioloskiblog.wordpress.com)
18. [www.biologijagimnazija.wordpress.com](http://www.biologijagimnazija.wordpress.com)
19. [www.biologijagimpar.wordpress.com](http://www.biologijagimpar.wordpress.com)
20. [www.multisoft.rs/](http://www.multisoft.rs/)
21. [www.kvarkmedia.rs](http://www.kvarkmedia.rs)
22. [www.klett.rs/](http://www.klett.rs/)
23. [www.zavod.co.rs/](http://www.zavod.co.rs/)
24. [www.nature.com/nature\\_education/interactive\\_textbooks](http://www.nature.com/nature_education/interactive_textbooks)
25. [www.eowilsonfoundation.org/e-o-wilson-biodiversity-foundation-releases-innovative-ibooks-textbook-e-o-wilsons-life-on-earth/](http://www.eowilsonfoundation.org/e-o-wilson-biodiversity-foundation-releases-innovative-ibooks-textbook-e-o-wilsons-life-on-earth/)
26. [www.apple.com/itunes/download](http://www.apple.com/itunes/download)
27. [www.hw.ac.uk/study/uk/undergraduate/biological-sciences-cell-and-molecular-biology.htm](http://www.hw.ac.uk/study/uk/undergraduate/biological-sciences-cell-and-molecular-biology.htm)
28. [www.kandidat.au.dk/en/molecularbiology/](http://www.kandidat.au.dk/en/molecularbiology/)
29. [www.3dmoleculardesigns.com/Teacher-Resources.htm](http://www.3dmoleculardesigns.com/Teacher-Resources.htm)
30. [www.journals.plos.org/plosbiology/article?id=10.1371/journal.pbio.1002118](http://www.journals.plos.org/plosbiology/article?id=10.1371/journal.pbio.1002118)
31. [www.alison.com/tag/biology](http://www.alison.com/tag/biology)
32. [www.johnkyrk.com/](http://www.johnkyrk.com/)
33. [www.wikihow.com/Teach-Biology](http://www.wikihow.com/Teach-Biology)

**Slike u prezentacijama su preuzete sa sledećih sajtova:**

1. [www.visionlearning.com/en/library/Biology/2/DNA-III/180](http://www.visionlearning.com/en/library/Biology/2/DNA-III/180)
2. [www.proteinsynthesis.org/protein-synthesis-steps/](http://www.proteinsynthesis.org/protein-synthesis-steps/)
3. [www.passmyexams.co.uk/GCSE/biology/structure-of-dna-molecule.html](http://www.passmyexams.co.uk/GCSE/biology/structure-of-dna-molecule.html)
4. [www.pmgbiology.com/tag/chromosome/](http://www.pmgbiology.com/tag/chromosome/)
5. [www.legacy.hopkinsville.kctcs.edu/instructors/](http://www.legacy.hopkinsville.kctcs.edu/instructors/)
6. [www.thoughtco.com/rna-373565](http://www.thoughtco.com/rna-373565)
7. [www.mun.ca/biology/scarr/iGen3\\_05-09.html](http://www.mun.ca/biology/scarr/iGen3_05-09.html)
8. [www.boundless.com/biology/textbooks/boundless-biology-textbook/gene-expression](http://www.boundless.com/biology/textbooks/boundless-biology-textbook/gene-expression)
9. [www.slideplayer.com/slide/9292651/](http://www.slideplayer.com/slide/9292651/)
10. [www.nature.com/scitable/topicpage/discovery-of-dna-structure-and-function-watson-397](http://www.nature.com/scitable/topicpage/discovery-of-dna-structure-and-function-watson-397)
11. [www.vector.childrenshospital.org/2014/05/gene-therapy-gets-in-the-ring-with-another-disease/](http://www.vector.childrenshospital.org/2014/05/gene-therapy-gets-in-the-ring-with-another-disease/)
12. [www.en.wikipedia.org/wiki/Genetically\\_modified\\_mouse](http://www.en.wikipedia.org/wiki/Genetically_modified_mouse)
13. [www.shmoop.com/dna/pcr-polymerase-chain-reaction.html](http://www.shmoop.com/dna/pcr-polymerase-chain-reaction.html)
14. [www.simplebiologyy.blogspot.rs/2016/02/process-of-recombinant-dna-technology-genetic-engineering.html](http://www.simplebiologyy.blogspot.rs/2016/02/process-of-recombinant-dna-technology-genetic-engineering.html)
15. [www.supporting-cdk15.co.uk/the-genetics-of-cdk15.php](http://www.supporting-cdk15.co.uk/the-genetics-of-cdk15.php)
16. [www.en.wikipedia.org/wiki/File:Main\\_protein\\_structure\\_levels\\_en.svg](http://www.en.wikipedia.org/wiki/File:Main_protein_structure_levels_en.svg)
17. [www.maclester.edu/academics/psychology/whathap/ubnrp/tse10/prionproteins.html](http://www.maclester.edu/academics/psychology/whathap/ubnrp/tse10/prionproteins.html)
18. [www.missehonorsbio.blogspot.rs/2012/09/enzymes-my-kind-of-molecule-they-are.html](http://www.missehonorsbio.blogspot.rs/2012/09/enzymes-my-kind-of-molecule-they-are.html)
19. [www.schoolbag.info/biology/living/20.html](http://www.schoolbag.info/biology/living/20.html)
20. [www.memrise.com/user/Amanda.H/?page=2](http://www.memrise.com/user/Amanda.H/?page=2)
21. [www.biochemaddict21.wordpress.com/2013/04/13/amino-acids-and-proteins/](http://www.biochemaddict21.wordpress.com/2013/04/13/amino-acids-and-proteins/)
22. [www.wonderwhizkids.com/dna-vs-rna](http://www.wonderwhizkids.com/dna-vs-rna)
23. [www.studynotes.ie/wiki/dna-rna-summary/](http://www.studynotes.ie/wiki/dna-rna-summary/)

## 7. PRILOG

### 7.1. Inicijalni test

**Objektivna provera znanja, umenja i navika učenika iz biologije  
Sistematizacija nastavne teme *Mehanizmi nasleđivanja***

Ime i prezime učenika \_\_\_\_\_ Razred i odeljenje \_\_\_\_\_

Škola \_\_\_\_\_ Datum \_\_\_\_\_

#### PITANJA I ZADACI

#### I NIVO POZNAVANJA ČINJENICA

##### I Višestruki izbor

Zaokruži slovo ispred tačnog odgovora:

1. Osnovna pravila nasleđivanja otkrio je:

- a) Karl Line
- b) Čarls Darwin
- c) Gregor Mendel
- d) Tomas Morgan

2. Fenotip je rezultat:

- a) svih naslednih faktora
- b) kombinacije sredinskih činilaca
- c) kombinacije naslednih faktora i faktora sredine
- d) odnosa roditelja i potomaka

3. Kvantitativne osobine su:

- a) pod kontrolom većeg broja gena i faktora sredine
- b) pod kontrolom jednog gena
- c) pod kontrolom faktora sredine
- d) pod kontrolom jednog gena i faktora sredine

4. Polni hromozomi se nalaze:

- a) u svim ćelijama
- b) samo u gametima
- c) samo u gonadama
- d) samo u telesnim ćelijama

5. Mutacije koje uzrokuju smrt jedinke nazivaju se:

- a) subletalne
- b) letalne
- c) uslovno – letalne
- d) enzimopatije



**II Utvrdi koji su iskazi tačni (T) odnosno netačni (N)**

- |   |   |   |
|---|---|---|
| 6. Y hromozom je znatno manji od X hromozoma.                   | T | N |
| 7. Recessivni alel na X hromozomu ispoljava se kod muškog pola. | T | N |
| 8. X vezane osobine se uvek prenose po muškoj liniji.           | T | N |
| 9. Y vezane osobine prenose se sa oca na sina.                  | T | N |
| 10. Mesto gena na hromozomu naziva se lokus.                    | T | N |

|  |           |
|--|-----------|
|  | <b>10</b> |
|--|-----------|

**II NIVO RAZUMEVANJA POJMOVA****III Višestruka asocijacija**

Dati su pojmovi i njihova objašnjenja. Svakom pojmu odgovara samo jedno objašnjenje. U zagradi ispred objašnjenja upiši broj odgovarajućeg pojma.

11.

1. Fenotip
2. Genotip
3. Dominantan alel
4. Recessivan alel
5. Kodominantan alel

- ( ) Genetička konstitucija jedinke.  
 ( ) Stvarni izgled jedinke (morfološke i fiziološke osobine, osobine ponašanja...).  
 ( ) Alel koji se ispoljava u narednoj generaciji.  
 ( ) Alel koji se ne ispoljava u narednoj generaciji .  
 ( ) Dva alela u istom stepenu doprinose ispoljavanju osobine u narednoj generaciji.

|  |           |
|--|-----------|
|  | <b>10</b> |
|--|-----------|

12.

1. Rekombinacije
2. Delecije
3. Inverzije
4. Translokacije

- ( ) Promena redosleda gena na hromozomu.  
 ( ) Promena kada neki deo hromozoma nedostaje.  
 ( ) Razmena delova nehomologih hromozoma.  
 ( ) Razmena delova homologih hromozoma.

|  |          |
|--|----------|
|  | <b>8</b> |
|--|----------|

13.

1. Poliploidija
2. Aneuploidija
3. Tetraploidija
4. Triozomija
5. Monozomija

- ( ) Prisustvo više od dva kompletna seta hromozoma u organizmu.  
 ( ) Organizmi sa četiri seta hromozoma.  
 ( ) Promene u broju pojedinačnih hromozoma.  
 ( ) Pojava nedostatka jednog hromozoma u organizmu.  
 ( ) Pojava viška jednog hromozoma u organizmu.

10

#### IV Isključiva asocijacija

Dati su pojmovi i njihova objašnjenja. Poveži pojmove sa odgovarajućim objašnjenjem (jedno objašnjenje ne pripada ni jednom pojmu).

14.

|   |                         |   |   |
|---|-------------------------|---|---|
| a | Genetička varijabilnost | 1 | Relativne učestalosti alela i genotipova kroz generacije ostaju nepromenjene. |
| b | Genetička struktura     | 2 | Skup svih gena svih jedinki u populaciji.                                     |
| c | Genski fond             | 3 | Učestalost različitih genetičkih varijanti u populaciji.                      |
| d | Genetička ravnoteža     | 4 | Različite genetičke varijante u populaciji.                                   |
|   |                         | 5 | Učestalost određenog alela u populaciji.                                      |

| Pojmu | a | b | c | d | Odgovara objašnjenje pod brojem |  |  |  |  |
|-------|---|---|---|---|---------------------------------|--|--|--|--|
|       |   |   |   |   |                                 |  |  |  |  |

8

15.

|   |                 |   |   |
|---|-----------------|---|---|
| a | Hibridizacija   | 1 | Zamena nefunkcionalnog gena drugim, koji će obezbediti normalno funkcionisanje organizma. |
| b | Kloniranje      | 2 | Smena genskih produkata u procesu razvića.  |
| v | Genska terapija | 3 | Ukrštanje različitih genetičkih linija.   |
| g | Genom           | 4 | Ukupna genetička informacija u ćelijama   |
|   |                 | 5 | Stvaranje genetički istovetnih kopija.  |

| Pojmu | a | b | c | d | Odgovara objašnjenje pod brojem |  |  |  |  |
|-------|---|---|---|---|---------------------------------|--|--|--|--|
|       |   |   |   |   |                                 |  |  |  |  |

8

16.

|   |                |   |                                    |
|---|----------------|---|------------------------------------|
| a | Albinizam      | 1 | Autozomno dominantno nasleđivanje. |
| b | Patuljast rast | 2 | Nasleđivanje vezano za pol.        |
| c | Hemofilija     | 3 | Autozomno recesivno nasleđivanje.  |
| d | Inteligencija  | 4 | Poligeno nasleđivanje.             |
|   |                | 5 | Multifaktorsko nasleđivanje.       |

| Pojmu | a | b | c | d | Odgovara objašnjenje pod brojem |  |  |  |  |
|-------|---|---|---|---|---------------------------------|--|--|--|--|
|       |   |   |   |   |                                 |  |  |  |  |

8

V Napiši stručne nazive za sledeće poremećaje broja hromozoma kod čoveka:

17.

- \_\_\_\_\_ Triozomija 21. hromozoma.  
 \_\_\_\_\_ Triozomija 18. hromozoma.  
 \_\_\_\_\_ Monozomija X hromozoma kod žena.  
 \_\_\_\_\_ Dizomija X hromozoma kod muškaraca.

|  |          |
|--|----------|
|  | <b>4</b> |
|--|----------|

### III) NIVO ANALIZE I REZONOVANJA

#### VI Reši zadatke

18. Bela vuna kod ovaca determinisana je recesivnim alelom b (b), a tamna dominantnim alelom B (B). Ženka sa belom vunom ukrštena je sa mužjakom tamne vune (heterozigot). Koje se fenotipske proporcije očekuju u potomstvu?

Izrada:

R:

F1:

|  |          |
|--|----------|
|  | <b>4</b> |
|--|----------|

19. U braku zdravih roditelja, rođeno je dete obolelo od „urođene greške metabolizma” galaktozemije (nedostatak enzima koji omogućava varenje galaktoze iz mleka). Odredi genotip roditelja, prikaži nasleđivanje i zaokruži genotip obolelog deteta.

Izrada:

R:

F1:

|  |           |
|--|-----------|
|  | <b>10</b> |
|--|-----------|

20. Učestalost recesivnog alela u jednoj populaciji je dvostruko veća od učestalosti dominantnog alela. Odredi učestalost osoba sa dominantnom osobinom.

Izrada:

|  |           |
|--|-----------|
|  | <b>10</b> |
|--|-----------|

#### Predlog ključa za ocenjivanje:

- 1 do 35 poena ..... nedovoljan (1)
- 36 do 50 poena ..... dovoljan (2)
- 51 do 75 poena ..... dobar (3)
- 76 do 90 poena ..... vrlo dobar (4)
- 91 do 100 poena ..... odličan (5)

Zbir poena \_\_\_\_\_ Ocena \_\_\_\_\_  
 Profesor \_\_\_\_\_

## 7.2. Rešenje inicijalnog testa

| Nivoi znanja          | Grupa zadataka  | Broj pitanja | Standardi                                   | Tačni odgovori   | Broj poena   |
|-----------------------|-----------------|--------------|---|--|--|
| <b>I nivo</b>         | <b>I</b>        | 1.           | 2BI. 1.3.3.                                 | c  | 2  |
|                       |                 | 2.           |   | c  | 2  |
|                       |                 | 3.           |   | a  | 2  |
|                       |                 | 4.           |   | a  | 2  |
|                       |                 | 5.           |   | b  | 2  |
|                       | <b>II</b>       | 6.           |   | T  | 2  |
|                       |                 | 7.           |   | T  | 2  |
|                       |                 | 8.           |   | N  | 2  |
|                       |                 | 9.           |   | T  | 2  |
|                       |                 | 10.          |   | T  | 2  |
| <b>II nivo</b>        | <b>III</b>      | 11.          | 2BI. 1.3.3.                                 | 2, 1, 3, 4, 5  | 10   |
|                       |                 | 12.          | 2BI. 2.3.3.                                 | 3, 2, 4, 1   | 8  |
|                       |                 | 13.          |   | 1, 3, 2, 5, 4  | 10   |
|                       | <b>IV</b>       | 14.          | 2BI. 1.3.3.<br>2BI. 3.5.2.                  | a – 4; b – 3; c – 2; d – 1   | 8  |
|                       |                 | 15.          |   | a – 3; b – 5; c – 1 ; d – 2  | 8  |
|                       |                 | 16.          |   | a – 3; b – 1; c – 2; d – 4   | 8  |
|                       | <b>V</b>        | 17.          | 2BI. 1.3.3.<br>2BI. 3.5.2.                  | Daunov sindrom<br>Edvardsov sindrom<br>Turnerov sindrom<br>Klinefelterov sindrom | 4  |
|                       | <b>III nivo</b> | <b>VI</b>    | 18.   | 2BI. 3.3.3.  | 50% ( $\frac{1}{2}$ ) belih jedinki i 50% ( $\frac{1}{2}$ ) tamnih jedinki |
| 19.                   |                 |              | Genotip roditelja: Aa<br>Genotip deteta: aa |  | 10   |
| 20.                   |                 |              | 0,55 ili 55%                                |  | 10   |
| <b>Ukupno bodova:</b> |                 |              |   |  | <b>100</b>   |

### 7.3. Finalni test i retest

#### Objektivna provera znanja, umenja i navika učenika iz biologije

#### Nastavna tema: Osnovi molekularna biologija

Ime i prezime \_\_\_\_\_ Razred i odeljenje \_\_\_\_\_  
Škola \_\_\_\_\_ Datum \_\_\_\_\_

#### PITANJA I ZADACI

#### I NIVO POZNAVANJE ČINJENICA

##### I Zaokruži slovo ispred tačnog odgovora:

1. Molekularnu osnovu različitih bioloških pojava i procesa proučava:
  - a) genetika
  - b) molekularna biologija
  - c) fiziologija
  - d) evolucionarna biologija
2. Avery, Mek Leod i Mek Karti su 1944. godine vršili eksperimente na bakterijama dokazali da naslednu materiju čini:
  - a) DNK
  - b) RNK
  - c) proteini
  - d) ribozomi
3. Pirimidinske baze su:
  - a) timin, citozin i uracil
  - b) adenin, citozin i guanin
  - c) guanin i citozin
  - d) timin i adenin
4. Polinukleotid je polimer:
  - a) čije su monomerne jedinice azotne baze
  - b) čije su monomerne jedinice amino-kiseline
  - c) čije su monomerne jedinice nukleotidi
  - d) čije su monomerne jedinice monosaharidi
5. Polipeptid postaje biološki aktivan u:
  - a) Primarnoj strukturi
  - b) Sekundarnoj strukturi
  - c) Tercijarnoj strukturi
  - d) Svi odgovori su tačni



II Utvrdi koji su iskazi tačni (T), odnosno netačni (N).

- |  |   |   |
|--|---|---|
| 6. DNK se sastoji iz dva paralelna polinukleotidna lanca.                          | T | N |
| 7. Proces u kom DNK služi kao matrica za sintezu RNK naziva se transkripcija.      | T | N |
| 8. Proces u kom i-RNK služi kao matrica za sintezu proteina naziva se replikacija. | T | N |
| 9. U sastav i-RNK ulazi azotna baza timin.   | T | N |
| 10. Gradivne jedinice proteina su aminokiseline.                                   | T | N |

|  |           |
|--|-----------|
|  | <b>10</b> |
|--|-----------|

## II NIVO RAZUMEVANJA POJMOVA

### III Višestruka asocijacija

Dati su pojmovi i objašnjenja. Svakom pojmu odgovara samo jedno objašnjenje. U zagradu ispred objašnjenja upiši broj odgovarajućeg pojma.

11.

1. Enzimi
  2. Hemoglobin
  3. Imunoglobulini
  4. Hormon rasta
  5. Albumin
- ( ) Transporter kiseonika u krvi.  
 ( ) Rezervoar aminokiselina kao hranljivih sastojaka za embrion.  
 ( ) Štite organizam od bakterija i virusa.  
 ( ) Biološki katalizatori.  
 ( ) Ima regulatornu ulogu u organizmu.

|  |           |
|--|-----------|
|  | <b>10</b> |
|--|-----------|

12.

1. Intron
  2. Egzon
  3. Antikodon
  4. Kod
  5. Gen
- ( ) Skup od tri uzastopna nukleotida u molekulu transportne RNK.  
 ( ) Skup od tri uzastopna nukleotida u molekulu DNK.  
 ( ) Deo gena koji ne nosi informaciju za sintezu proteina.  
 ( ) Deo gena koji nosi informaciju za sintezu proteina.  
 ( ) Skup svih nizova nukleotida u DNK koji odgovaraju jednom polipeptidnom lancu.

|  |           |
|--|-----------|
|  | <b>10</b> |
|--|-----------|

13.

1. RNK – polimeraza („primaza”)

2. Nukleaza

3. DNK – polimeraza

4. Ligaza

( ) Enzim koji seče fosfodiesterne veze u molekulu DNK.

( ) Enzim koji otpočinje replikaciju.

( ) Enzim koji dodaje nukleotide na 3' kraj rastućeg polinukleotidnog lanca.

( ) Enzim koji povezuje nukleotide fosfodiesterkim vezama

8

**IV Isključiva asocijacija**

Data su četiri pojma i pet tvrdnji. Poveži pojmove sa odgovarajućim tvrdnjama (jedna tvrdnja ne pripada ni jednom pojmu).

14.

|   |                              |   |  |
|---|------------------------------|---|--|
| a | Promotor                     | 1 | Uklanjanje introna iz primarnog transkripta i spajanje egzona.   |
| b | Transkripcija                | 2 | Proces koji se odvija samo u eukariotskim ćelijama, nakon transkripcije.   |
| c | Obrada primarnog transkripta | 3 | Niz nukleotida za koji se vezuju RNK polimeraza i regulatorni proteini, a nalazi se uvek ispred gena kome pripada. |
| d | Splajsozomi                  | 4 | Proces sinteze RNK.  |
|   |                              | 5 | Proces koji se odvija i u prokariotskim i u eukariotskim ćelijama, nakon transkripcije.                            |

| Pojmu | a | b | c | d | Odgovara objašnjenje pod brojem |  |  |  |  |
|-------|---|---|---|---|---------------------------------|--|--|--|--|
|       |   |   |   |   |                                 |  |  |  |  |

8

15.

|   |        |   |   |
|---|--------|---|---|
| a | AUG    | 1 | „Stop – signal” translacije.                      |
| b | UAA    | 2 | Kodon za fenilalanin.                             |
| c | UUU    | 3 | „Stop – signal” transkripcije.                    |
| d | AAAAAA | 4 | „Stop – signal” replikacije.                      |
|   |        | 5 | „Start – signal” translacije (kodon za metionin). |

| Pojmu | a | b | c | d | Odgovara objašnjenje pod brojem |  |  |  |  |
|-------|---|---|---|---|---------------------------------|--|--|--|--|
|       |   |   |   |   |                                 |  |  |  |  |

8

16.

|   |                        |   |  |
|---|------------------------|---|--|
| a | Ekspresija gena        | 1 | Regulacija ekspresije gena.  |
| b | Proteini               | 2 | Staklene pločice sa hiljadama jednolančanih DNK koje odgovaraju različitim genima. |
| c | DNK čipovi             | 3 | Sinteza funkcionalnog proteina.  |
| d | Transkripcioni faktori | 4 | Regulacija replikacije.  |
|   |                        | 5 | Neaktivne preteče proteina.  |

|       |   |   |   |   |                                 |  |  |  |  |
|-------|---|---|---|---|---------------------------------|--|--|--|--|
| Pojmu | a | b | c | d | Odgovara objašnjenje pod brojem |  |  |  |  |
|-------|---|---|---|---|---------------------------------|--|--|--|--|

|  |          |
|--|----------|
|  | <b>8</b> |
|--|----------|

**V Napiši stručne nazive za sledeće poremećaje:**

17. Nepravilna struktura kolagenskih vlakana \_\_\_\_\_.

18. Manjak kolagenskih vlakana \_\_\_\_\_.

19. Nepravilna struktura hemoglobina koja dovodi do izmenjenog oblika eritrocita. \_\_\_\_\_.

|  |          |
|--|----------|
|  | <b>3</b> |
|--|----------|

**III) NIVO ANALIZE I REZONOVANJA****VI Reši zadatke:**

20. Ako je bazni sastav molekula DNK takav da 24% čini guanin i 26% adenin, koliki je sadržaj timina i citozina u tom molekulu.

Timina ima \_\_\_\_\_%.

Citozina ima \_\_\_\_\_%.

|  |          |
|--|----------|
|  | <b>5</b> |
|--|----------|

21. Segment DNK lanca sadrži nukleotide u sledećem redosledu AGGTCTAAC. Napiši proizvod replikacije i zaokruži kodove.

\_\_\_\_\_

|  |          |
|--|----------|
|  | <b>5</b> |
|--|----------|

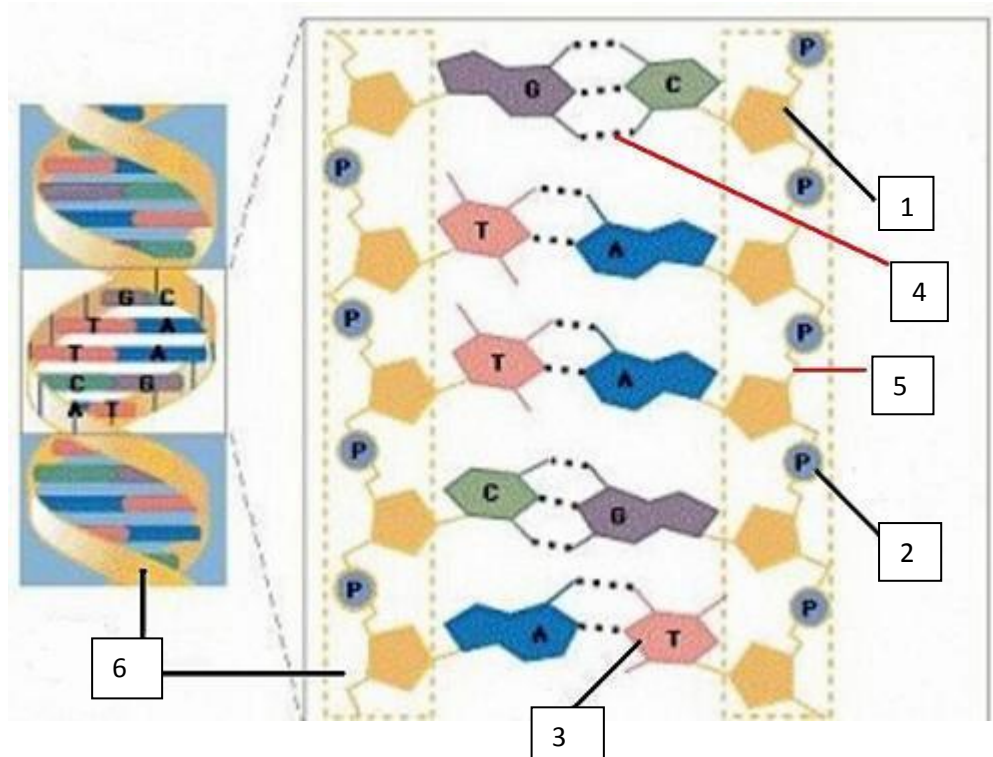
22. Redosled nukleotida u delu molekula informacione RNK je UUACGCACG. Napiši redosled nukleotida u komplementarnom lancu molekula DNK.

\_\_\_\_\_

|  |          |
|--|----------|
|  | <b>5</b> |
|--|----------|

## VII Slikovita forma

23. Na slici je \_\_\_\_\_. Obeleži na slici označene delove.



1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_
5. \_\_\_\_\_
6. \_\_\_\_\_

|  |    |
|--|----|
|  | 10 |
|--|----|

**Predlog ključa za ocenjivanje:**

- 1 do 35 poena ..... nedovoljan (1)
- 36 do 50 poena      dovoljan (2)
- 51 do 75 poena      dobar (3)
- 76 do 90 poena      vrlo dobar (4)
- 91 do 100 poena     odličan (5)

Zbir poena \_\_\_\_\_

Ocena \_\_\_\_\_

Profesor \_\_\_\_\_

## 7.4. Rešenje Finalnog testa

| Nivoi znanja          | Grupa zadataka       | Broj pitanja | Standardi   | Tačni odgovori              | Broj poena |
|-----------------------|----------------------|--------------|-------------|-----------------------------|------------|
| <b>I nivo</b>         | I                    | 1.           | 2BI. 1.3.1. | b                           | 2          |
|                       |                      | 2.           |             | a                           | 2          |
|                       |                      | 3.           |             | a                           | 2          |
|                       |                      | 4.           |             | c                           | 2          |
|                       |                      | 5.           | 2BI. 2.3.1. | c                           | 2          |
|                       | II                   | 6.           | 2BI. 1.3.1. | N                           | 2          |
|                       |                      | 7.           |             | T                           | 2          |
|                       |                      | 8.           |             | N                           | 2          |
|                       |                      | 9.           |             | N                           | 2          |
|                       |                      | 10.          |             | T                           | 2          |
| <b>II nivo</b>        | III                  | 11.          | 2BI. 2.3.1. | 2, 5, 3, 1, 4               | 10         |
|                       |                      | 12.          | 2BI. 1.3.3. | 3, 4, 1, 2, 5               | 10         |
|                       |                      | 13.          | 2BI. 2.3.1. | 2, 1, 3, 4                  | 8          |
|                       | IV                   | 14.          | 2BI. 2.3.3. | a – 3, b – 4, c – 2, d – 1  | 8          |
|                       |                      | 15.          | 2BI. 2.3.1. | a – 5, b. – 1, c – 2, d – 3 | 8          |
|                       |                      | 16.          | 2BI. 2.3.3. | a – 3, b – 5, c – 2, d – 1  | 8          |
|                       | V                    | 17.          | 2BI. 1.3.3. | Anemija srpastih ćelija     | 1,5        |
|                       |                      | 18.          | 2BI. 3.5.2. | Skorbut                     | 1,5        |
| <b>III nivo</b>       | VI                   | 19.          | 2BI. 3.3.1. | 26, 24                      | 5          |
|                       |                      | 20.          | 2BI. 3.3.3. | TCCAGATTG                   | 5          |
|                       |                      | 21.          | 2BI. 3.3.3. | AATGCGTGC                   | 5          |
|                       | VII                  | 22.          | 2BI. 3.3.1. | DNK molekul                 | 1          |
|                       |                      |              |             | 1 – dezoksiriboza           | 1,5        |
|                       |                      |              |             | 2 – fosfatna grupa          | 1,5        |
|                       |                      |              |             | 3 – azotna baza             | 1,5        |
|                       |                      |              |             | 4 – vodonična veza          | 1,5        |
|                       |                      |              |             | 5 – kovalentna veza         | 1,5        |
|                       | 6 – skeletni deo DNK | 1,5          |             |                             |            |
| <b>Ukupno bodova:</b> |                      |              |             |                             | <b>100</b> |



## 7.5. Anketa za učenike E grupe o realizaciji nastavne teme Osnovi molekularna biologija primenom interaktivne nastave uz podršku računara

Nastavnu temu Osnovi molekularne biologije realizovali ste primenom interaktivne nastave uz podršku računara. Cilj ovakve nastave bio je da nastavne sadržaje lakše savladate i da stečeno znanje bude kvalitetnije i trajnije. Molim te da odgovorom na postavljena pitanja iskreno izneseš svoja zapažanja o ovakvom načinu rada u nastavi biologije.

Ime i prezime: \_\_\_\_\_ Razred \_\_\_\_\_

1. Koliko vremena u proseku dnevno provodiš uz kompjuter van škole?

- a) nemam kompjuter
- b) manje od 30 minuta
- c) 30-60 minuta
- d) 60-90 minuta
- e) 90-120 minuta
- f) više od 120 minuta

2. Koliko često u školi, u okviru redovne nastave, koristite računar?

- a) vrlo često, na časovima iz skoro svih predmeta
- b) često, na časovima iz nekoliko predmeta
- c) ponekad, samo na nekim časovima
- d) retko, samo na časovima informatike

3. Koliko se slažeš sa sledećim iskazima o učenju biologije?

(Odgovori stavljajući po jedan znak X u svakom redu, tj. za svaku navedenu tvrdnju)

| Br. | Tvrdnje:  | U potpunosti se slažem | Slažem se | Nisam siguran | Ne slažem se | Uopšte se ne slažem |
|-----|---|------------------------|-----------|---------------|--------------|---------------------|
| 1.  | Lako postizem dobar uspeh iz biologije.             |                        |           |               |              |                     |
| 2.  | Nije mi teško da učim biologiju.                    |                        |           |               |              |                     |
| 3.  | Sadržaji iz biologije su mi interesantni i korisni. |                        |           |               |              |                     |
| 4.  | Gradivo biologije mi je često apstraktno i nejasno. |                        |           |               |              |                     |
| 5.  | Biologija je teška za učenje.                       |                        |           |               |              |                     |
| 6.  | Biologija mi je dosadna.                            |                        |           |               |              |                     |

4. Kakvo je tvoje mišljenje o multimedijalnim prezentacijama koje ste koristili na časovima obrade gradiva nastavne teme Osnovi molekularna biologija?

| Br. | Tvrdnje:   | U potpunosti se slažem | Slažem se | Nisam siguran | Ne slažem se | Uopšte se ne slažem |
|-----|--|------------------------|-----------|---------------|--------------|---------------------|
| 1.  | Prezentacije su bile lake za korišćenje.   |                        |           |               |              |                     |
| 2.  | Izgled i organizacija prezentacija i slajdova su mi se dopali.                                 |                        |           |               |              |                     |
| 3.  | Učenje lekcija mi je bilo lako jer je gradivo bilo podeljeno na manje logično povezane celine. |                        |           |               |              |                     |
| 4.  | Problemski zadaci su bili izazov i bilo ih je interesantno rešavati.                           |                        |           |               |              |                     |
| 5.  | Na prezentacijama su mi se svidеле brojne šeme, ilustracije i animacije (filmovi).             |                        |           |               |              |                     |
| 6.  | Testovi za utvrđivanje gradiva u Flash-u su bili veoma korisni.                                |                        |           |               |              |                     |

5. Kakvo je tvoje mišljenje o načinu učenja gradiva nastavne teme Osnovi molekularne biologije (primenom interaktivne nastave uz podršku računara)?

| Br. | Tvrdnje:   | U potpunosti se slažem | Slažem se | Nisam siguran | Ne slažem se | Uopšte se ne slažem |
|-----|--|------------------------|-----------|---------------|--------------|---------------------|
| 1.  | Časovi biologije realizovani primenom interaktivne nastave uz podršku računara su bili dinamični.                            |                        |           |               |              |                     |
| 2.  | Ovakav oblik nastave biologije omogućio mi je da naučim iz biologije mnogo više za kraće vreme.                              |                        |           |               |              |                     |
| 3.  | Ovakav način učenja biologije je veoma dobar i koristan.   |                        |           |               |              |                     |
| 4.  | Učenje biologije uz pomoć računara mi je bilo teško i naporno.   |                        |           |               |              |                     |
| 5.  | Primena ovog modela rada na časovima biologije mi je omogućila da lakše naučim i bolje razumem predviđene nastavne sadržaje. |                        |           |               |              |                     |
| 6.  | Voleo bih da i druge teme iz biologije učimo na ovaj način.  |                        |           |               |              |                     |

6. Kakvo je tvoje mišljenje o efektima primene interaktivne nastave uz podršku računara na časovima biologije (da li si lakše učio i više naučio na ovim časovima nego ranije)?

| Br. | Tvrdnje:   | U potpunosti se slažem | Slažem se | Nisam siguran | Ne slažem se | Uopšte se ne slažem |
|-----|--|------------------------|-----------|---------------|--------------|---------------------|
| 1.  | Na časovima sam bio mnogo opušteniji.  |                        |           |               |              |                     |
| 2.  | Bilo mi je mnogo lakše da zapamtim gradivo, jer sam lakše i brže učio.   |                        |           |               |              |                     |
| 3.  | Rad u paru mi više odgovara od individualnog rada.   |                        |           |               |              |                     |
| 4.  | Na časovima sam bio mnogo aktivniji.   |                        |           |               |              |                     |
| 5.  | Bilo mi je teško da savladam gradivo koje smo učili u toku jednog časa.  |                        |           |               |              |                     |
| 6.  | Mogućnost rada sopstvenim tempom mi je olakšala savladavanje gradiva.  |                        |           |               |              |                     |
| 7.  | Mnogo sam lakše učio i više naučio nego na ranijim časovima biologije.   |                        |           |               |              |                     |
| 8.  | Stalna komunikacija sa nastavnikom i drugom iz para mi je omogućila da rešim sve nedoumice u vezi sa gradivom. |                        |           |               |              |                     |

7. Kakvi su po tvom mišljenju sadržaji nastavne teme *Osnovi molekularna biologije*?

- a) veoma korisni
- b) zanimljivi
- c) teški i i bez posebnog značaja

8. Za izradu multimedijalnih prezentacija koje su korišćene u nastavi korišćen je softverski program *Prezi (Prezi)*. Da li ste nekada ranije koristili ovaj softverski program?

- a) da
- b) ne

9. Da li biste koristili softverski program *Prezi* za izradu sopstvenih prezentacija?

- a) da
- b) ne
- c) možda

10. Šta ti se najviše dopalo tokom realizovanih časova biologije primenom interaktivne nastave uz podršku računara?

---

11. Šta ti se nije dopalo tokom ovakvog načina rada?

---

---

---

12. Oceni rad profesorke koja je realizovala nastavnu temu Osnovi molekularne biologije u vašem razredu (upiši na liniju ocenu od 1 do 5) \_\_\_\_\_ .

Zahvaljujem ti se na iskrenosti i saradnji.

## Biografija autora



Tijana Pribičević je rođena 2. 3. 1987. godine u Novom Sadu.

Osnovnu školu „Nikola Tesla” u Novom Sadu završila je kao nosilac diplome Vuk Karadžić, a zatim gimnaziju „Isidora Sekulić” u Novom Sadu, prirodno-matematički smer sa odličnim uspehom. Kao učenica 4. razreda gimnazije osvojila je 2. mesto na republičkom takmičenju iz biologije.

Osnovne akademske studije obrazovnog profila diplomirani profesor biologije na PMF-u u Novom Sadu završila je 22. 9. 2010. godine sa prosečnom ocenom 9,18, a master akademske studije obrazovnog profila master profesor biologije 27. 9. 2011. godine sa prosečnom ocenom 9,52.

Interesovanje za naučnoistraživački rad ispoljila je tokom osnovnih studija kao aktivan član Naučno-istraživačkog društva studenata biologije i ekologije „Josif Pančić”. Učestvovala je u svojstvu

istraživača i edukatora na naučno-istraživačkim kampovima: Dolina Pčinje, 2007. godine, na Staroj planini, 2008. godine, na Vlasini i Dolini Pčinje, 2009. godine. Interesovanje za metodiku nastave biologije pokazala je ostvarenim uspehom na predmetima psihološko-pedagoško-metodičkog bloka (prosečna ocena 9,67) i naročito tokom realizacije školske prakse. Školske 2010/2011. godine bila je zaposlena kao profesor biologije u OŠ „Vuk Karadžić” u Novom Sadu, sa 30% radnog vremena.

Doktorske studije iz Metodike nastave prirodnih nauka (biologije) upisala je školske 2011/12. godine. Položila je sve ispite predviđene Nastavnim planom i programom doktorskih studija sa prosečnom ocenom 10,00.

Tokom školovanja, na osnovnim i master akademskim studijama i tokom prve dve godine doktorskih studija bila je stipedista Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

U zvanje istraživač pripravnik za užu naučnu oblast Metodika nastave biologije i ekologije na Prirodno-matematičkom fakultetu u Novom Sadu izabrana je 25. 11. 2010. godine, a u zvanje istraživač saradnik 15. 10. 2013. godine.

Od 23. 12. 2013. godine do 31. 12. 2014. godine bila je zaposlena na Prirodno-matematičkom fakultetu u Novom Sadu na projektu „Kvalitet obrazovnog sistema Srbije u evropskoj perspektivi (179010)”. U zvanje asistenta za užu naučnu oblast Metodika nastave biologije i ekologije, na Prirodno-matematičkom fakultetu u Novom Sadu izabrana je 26. 12. 2014. godine. Kao student master i doktorskih studija i kao asistent učestvovala je u realizaciji vežbi iz predmeta metodičkog bloka.

Angažovana je u realizaciji 2 projekta:

1. „Student + školarac = pozitivan pravac”, Kulturno edukativne zajednice Novi Sad, 2011. godine.
2. „Kvalitet obrazovnog sistema Srbije u evropskoj perspektivi (KOSSEP)” broj 179010, Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja RS (2011-2017.)

Učestvuje u manifestaciji Noć biologije kao samostalni koordinator i realizator radionica iz Metodike nastave biologije od 2013. godine, zatim u pripremi i realizaciji takmičenja iz biologije za učenike osnovne i srednjih škola.

Publikovala je 27 naučnih radova iz naučne oblasti Metodika nastave biologije i ekologije: 4 rada iz kategorije M14; 4 rada iz kategorije M23; 1 rad iz kategorije M24; 3 rad iz kategorije M 33; 2 rada iz kategorije M34; 5 radova iz kategorije M51; 1 rad iz kategorije M52; 3 rada iz kategorije M53; 2 rada iz kategorije M63 i 2 rada iz kategorije M64. Ima ukupan indeks kompetentnosti 67.

Koautor je udžbenika i radne sveske iz biologije za 5. razred osnovne škole izdavačke kuće Gerundijum, koji su odobreni 2013. godine od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja.

U Novom Sadu, jul, 2017. godine

Tijana Pribičević



UNIVERZITET U NOVOM SADU  
PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET  
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

|   |   |
|---|---|
| <b>Redni broj:<br/>RBR</b>                        |   |
| <b>Identifikacioni broj:<br/>IBR</b>              |   |
| <b>Tip dokumentacije:<br/>TD</b>                  | Monografska dokumentacija   |
| <b>Tip zapisa:<br/>TZ</b>                         | Tekstualni štampani materijal   |
| <b>Vrsta rada:<br/>VR</b>                         | Doktorska disertacija   |
| <b>Autor:<br/>AU</b>                              | MSc Tijana Pribičević   |
| <b>Mentor:<br/>MN</b>                             | Dr Tomka Miljanović, redovni profesor<br>Dr Danimir Mandić, redovni profesor                                      |
| <b>Naslov rada:<br/>NR</b>                        | Efikasnost interaktivne nastave biologije uz podršku računara u gimnaziji   |
| <b>Jezik publikacije:<br/>JP</b>                  | Srpski (latinica)   |
| <b>Jezik izvoda:<br/>JI</b>                       | Srpski / Engleski   |
| <b>Zemlja publikovanja:<br/>ZP</b>                | Republika Srbija  |
| <b>Uže geografsko područje:<br/>UGP</b>           | Vojvodina   |
| <b>Godina:<br/>GO</b>                             | 2017.   |
| <b>Izdavač:<br/>IZ</b>                            | Autorski reprint  |
| <b>Mesto i adresa izdavanja:<br/>MA</b>           | Novi Sad, PMF, Departman za biologiju i ekologiju, Trg Dositeja Obradovića br. 2                                  |
| <b>Fizički opis rada:<br/>FO</b>                  | br. poglavlja/strana/lit.citata/tabela/slika/grafikona/priloga<br>7 285 233 22 9 19 5                             |
| <b>Naučna oblast:<br/>NO</b>                      | Biologija   |
| <b>Naučna disciplina:<br/>ND</b>                  | Metodika nastave biologije  |
| <b>Predmetna odrednica / Ključne reči:<br/>PO</b> | Nastava biologije, gimnazija, interaktivna nastava uz podršku računara, tradicionalna nastava, efikasnost nastave |

|   |  |
|---|--|
| <b>UDK:</b>   |  |
| <b>Čuva se:</b><br><b>ČU</b>                                    | PMF, Novi Sad, Biblioteka Departmana za biologiju i ekologiju,<br>Trg Dositeja Obradovića br. 2  |
| <b>Važna napomena:</b><br><b>VN</b>                             | nema   |
| <b>Izvod:</b><br><b>IZ:</b>                                     | <p>U doktorskoj disertaciji je najpre sagledana teorijska osnova primene računara i interaktivne nastave u nastavi biologije.</p> <p>Za potrebe eksperimentalnog istraživanja kreirane su prezentacije 10 nastavnih jedinica iz nastavne teme Osnovi molekularne biologije prema programu biologije za IV razred gimnazije prirodno-matematičkog smera u Preziju. U eksperimentu sa paralelnim grupama ova nastavna tema je u eksperimentalnoj grupi realizovana interaktivnom nastavom uz podršku računara radom u parovima, a u kontrolnoj grupi tradicionalnom nastavom.</p> <p>Pedagoški eksperiment je sproveden na uzorku od 142 učenika (72 učenika u E i 70 učenika u K grupi).</p> <p>U istraživanju su primenjeni sledeći instrumenti: inicijalni test, finalni test i retest (sva tri testa su obuhvatala pitanja na tri nivoa znanja: poznavanje činjenica, razumevanje pojmova i analiza i rezonovanje) i anketa za učenike E grupe o primeni interaktivne nastave biologije uz podršku računara.</p> <p>Na početku istraživanja E i K grupa su ujednačene na osnovu: opšteg uspeha učenika, uspeha iz biologije i hemije na polugodištu IV razreda gimnazije i na osnovu rezultata inicijalnog testa znanja iz biologije. Nakon obrade nastavne teme Osnovi molekularne biologije primenom različitih modela nastave u E i K grupi izvršeno je finalno testiranje učenika E i K grupe, a nakon 60 dana ponovno testiranje (retestiranje) učenika obe grupe istim testom.</p> <p>Učenici E grupe su nakon završenog istraživanja popunili anketu u kojoj su izneli svoje mišljenje o kvalitetu multimedijalnih prezentacija kreiranih u Prezi-ju i učenju biologije interaktivnom nastavom uz podršku računara. Rezultati testova znanja učenika E i K grupe i ankete predstavljeni su odgovarajućim statističkim parametarima.</p> <p>Učenici E grupe su ostvarili znatno bolji uspeh od učenika K grupe na finalnom testu i retestu u celini i na sva tri nivoa znanja: poznavanje činjenica, razumevanje pojmova i analiza i rezonovanje. Ostvarene razlike u postignuću učenika E i K grupe na finalnom testu i retestu u celini i na sva tri nivoa znanja su bile u korist E grupe i statistički su značajne.</p> <p>Rezultati ankete su pokazali da učenici eksperimentalne grupe imaju pozitivno mišljenje o kvalitetu prezentacija nastavnih jedinica iz nastavne teme Osnovi molekularne biologije kreiranih u Prezi-ju, kao i o primeni interaktivne nastave biologije uz podršku računara u gimnaziji.</p> <p>Rezultati istraživanja su pokazali veću efikasnost interaktivne nastave biologije uz podršku računara u odnosu na tradicionalnu nastavu, a rezultati ankete da učenici prihvataju inovativni pristup nastavi biologije. Oni takođe ukazuju na potrebu veće zastupljenosti savremenih didaktičkih modela u nastavi biologije i drugih prirodnih i društvenih nauka.</p> |
| <b>Datum prihvatanja teme od strane N.N. veća:</b><br><b>DP</b> | 1. 6. 2017. godine   |
| <b>Datum odbrane:</b><br><b>DO</b>                              |  |
| <b>Članovi komisije:</b><br><b>KO</b>                           |  |
| <b>Predsednik:</b>  | Dr Željko Popović, docent, PMF, Novi Sad   |
| <b>Član:</b>  | Dr Tomka Miljanović, redovni profesor, PMF, Novi Sad   |
| <b>Član:</b>  | Dr Danimir Mandić, redovni profesor, Učiteljski fakultet, Beograd  |
| <b>Član:</b>  | Dr Vera Županec, docent, PMF, Novi Sad   |
| <b>Član:</b>  | Dr Tamara Jovanović, docent, PMF, Novi Sad   |

UNIVERSITY OF NOVI SAD  
FACULTY OF NATURAL SCIENCES AND MATHEMATICS  
KEY WORDS DOCUMENTATION

|                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| <b>Accession number:</b><br>ANO       |  |
| <b>Identification number:</b><br>INO  |  |
| <b>Document type:</b><br>DT           | Monograph documentation  |
| <b>Type of records:</b><br>TR         | Textual printed material   |
| <b>Contents Code:</b><br>CC           | PhD dissertation   |
| <b>Author:</b><br>AU                  | MSc Tijana Pribičević  |
| <b>Mentor:</b><br>MN                  | Tomka Miljanović, Ph. D., full professor<br>Danimir Mandić, Ph. D., full professor   |
| <b>Title:</b><br>XI                   | The Efficiency of Interactive Teaching of Biology with the Support of Computers in Gymnasium   |
| <b>Language of text:</b><br>LT        | Serbian (Latin alphabet)   |
| <b>Language of abstract:</b><br>LA    | Serbian/English  |
| <b>Country of publication:</b><br>CP  | Republic of Serbia   |
| <b>Locality of publication:</b><br>LP | Autonomous Province of Vojvodina   |
| <b>Publication year:</b><br>PY        | 2017.  |
| <b>Publisher:</b><br>PU               | Author's reprint   |
| <b>Publ. place:</b><br>PP             | Novi Sad, Faculty of Sciences, Department of Biology and Ecology, 2 Trg Dositeja Obradovića.   |
| <b>Physical description:</b><br>PD    | (chapters/pages/literature/ tables/pictures/graphs/additional lists)<br>7 285 233 22 9 19 5  |
| <b>Scientific field:</b><br>SF        | Biology  |
| <b>Scientific discipline:</b><br>SD   | Teaching methods of Biology  |
| <b>Subject/Key words:</b><br>SKW      | biology teaching in grammar school, interactive teaching with computer support, traditional form of teaching, efficiency of teaching |
| <b>UC:</b>                            |  |

|   |  |
|---|--|
| <b>Holding data:</b><br><b>HD</b>                         | Library of Faculty Sciences, Department of Biology and Ecology, 21000 Novi Sad, Serbia, Trg Dositeja Obradovića 2  |
| <b>Note:</b><br><b>N</b>                                  | none   |
| <b>Abstract:</b><br><b>AB:</b>                            | <p>Firstly, doctoral dissertation overviews theoretical aspect of computer application and interactive teaching in biology teaching.</p> <p>For the purposes of experimental research, 10 Prezi presentations of teaching units from Basics of molecular biology for the 4<sup>th</sup> grade of grammar schools, science major was created. This teaching topic was realized in experimental group by means of interactive teaching with the support of computers and pair work, whereas the teaching method applied for the control group was the traditional one.</p> <p>Pedagogical experiment was conducted on the sample of 142 students (72 students in the E group and 70 students in the C group).</p> <p>The following instruments were applied during the research: initial test, final test and retest (all the tests comprised the questions from three different levels of knowledge: knowledge of facts, comprehension of notions and analysis and reasoning) and the questionnaire for the E group students about application of interactive biology teaching with computer support.</p> <p>At the beginning of the research the E and the C groups were levelled according to: general success at school, grades in biology and chemistry in the first semester of the fourth grade of grammar school and initial test results in biology. After the completion of teaching process regarding the topic Basics of molecular biology by applying different models of teaching in the E and the C groups the final testing was conducted for the students of the E and the C groups followed by retesting for both groups in 60 days. After the test the E group students completed a questionnaire giving their opinion on quality of multimedia Prezi presentations and learning biology through interactive teaching method with computer support. The knowledge test results for the students of the E and the C groups were presented by means of statistical parameters.</p> <p>The E group students achieved far better results compared to the C group of students in final test and retest at all three tested levels of knowledge: knowledge of facts, comprehension of notions and analysis and reasoning. The differences in student achievement between the groups E and C in final test and retest at all levels of knowledge were in favour of the E group and also statistically significant.</p> <p>The questionnaire results indicated that the students in experimental group have positive opinion on the quality of presentation of teaching units from the teaching topic Basics on molecular biology that were created in Prezi application as well as positive opinion of application of interactive teaching and computers in biology teaching for grammar schools.</p> <p>The results of the research showed higher efficiency of interactive biology teaching with computer support compared to traditional teaching and the results of the questionnaire showed that the students accept the innovative approach to biology teaching. The results also point out the need for growing presence of modern didactical models not only in biology teaching but also in teaching other natural and social sciences.</p> |
| <b>Accepted by the Scientific Board on:</b><br><b>ASB</b> | 1. 6. 2017.  |
| <b>Defended:</b><br><b>DE</b>                             |  |
| <b>Thesis defend board:</b><br><b>DB</b>                  |  |
| <b>President :</b>  | Željko Popović, Ph.D., assistant professor, Faculty of Sciences, Novi Sad  |
| <b>Member:</b>  | Tomka Miljanović, Ph.D., full professor Faculty of Sciences, Novi Sad  |
| <b>Member:</b>  | Danimir Mandić, Ph.D., full professor, Teachers training Faculty, Beograd  |
| <b>Member:</b>  | Vera Županec, Ph.D., assistant professor, Faculty of Sciences, Novi Sad  |
| <b>Member:</b>  | Tamara Jovanović, Ph.D., assistant professor, Faculty of Sciences, Novi Sad  |