

Uloga miskoncepcija utvrđenih na osnovi konceptualnog testa u ostvarenju konceptualnog razmišljanja kod učenika srednje škole

Janković, Martina

Master's thesis / Diplomski rad

2013

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of biology / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:181:910297>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-18**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Department of biology, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
ODJEL ZA BIOLOGIJU

Diplomski nastavnički studij biologije i kemije

Martina Ivković

**Uloga miskoncepcija utvrđenih na osnovi konceptualnog
testa u ostvarenju konceptualnog razmišljanja kod učenika
srednje škole**

Diplomski rad

Osijek, 2013.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Odjel za biologiju
Diplomski nastavnički studij biologije i kemije
Znanstveno područje: Prirodne znanosti
Znanstveno polje: Biologija

Diplomski rad

**Uloga miskoncepcija utvrđenih na osnovi konceptualnog testa u ostvarenju
konceptualnog razmišljanja kod učenika srednje škole**

Martina Ivković

Rad je izrađen: Odjel za biologiju
Mentor: Prof. dr. sc. Enrih Merdić
Neposredni voditelj: Dr. sc. Irena Labak

Sažetak

Učenje je aktivan proces koji učenike dovodi do izgradnje novih koncepcija i ideja na temelju njihovog trenutnog znanja. Ideje koje nastaju kao rezultat potrebe da učenik nešto samom sebi protumači, a nisu u skladu sa znanstvenim koncepcijama nazivaju se miskoncepcije. Istraživanje tipičnih učeničkih miskoncepcija na nastavnu cjelinu *Životni ciklusi* provedeno je u svibnju i lipnju 2012. godine među učenicima prvih razreda III. gimnazije u Osijeku. U inicijalnom testiranju sudjelovalo je 145 učenika, a u završnom, nakon odrađene cjeline sudjelovalo je 139 učenika. Metrijska analiza provjere znanja rađena je računanjem Cronbachovog alfa–koeficijenta, diskriminativnosti, indeksa lakoće i prirodoslovne pismenosti. Analizom inicijalne i završne provjere znanja utvrđen je velik broj miskoncepcija nastalih zbog nerazumijevanja pojmova i usvajanja činjenica bez razumijevanja. Najznačajnije miskoncepcije su „mejoza je dioba spolnih stanica“ i „DNA je manja od kromosoma, a nakon kromosoma po veličini slijedi gen“. Usporedbom rezultata obje provjere utvrđeno je kako je kod većine učenika došlo do ispravka većine postojećih miskoncepcija, ali ne i onih najznačajnijih.

Broj stranica: 82

Broj slika: 29

Broj tablica: 8

Broj literaturnih navoda: 42

Jezik izvornika: hrvatski

**Ključne riječi: koncepcije, miskoncepcije, znanje, inicijalno testiranje,
kognitivne razine**

Datum obrane: 23.9.2013.

Stručno povjerenstvo za obranu:

- 1. Doc. dr. sc. Ivna Štolfa**
- 2. Prof. dr. sc. Marija Heffer**
- 3. Prof. dr. sc. Enrih Merdić**

Rad je pohranjen: Na internet stranici Odjela za biologiju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

BASIC DOCUMENTACION CARD

University Josip Juraj Strossmayer of Osijek

MS thesis

Department of biology

Graduate Study of Biology and Chemistry in Education

Scientific Area: Natural science

Scientific Field: Biology

The role of misconceptions identified on the basis of concept test in the realization of conceptual thinking in secondary school students

Martina Ivković

Thesis performed at Department of Biology

Supervisor: Prof. Enrih Merdić, Ph. D.

Assistant in charge: Irena Labak, Ph. D.

Abstract

Learning is an active process in which students construct new concepts and ideas based on their current knowledge. Ideas that arise as a result of the student's needs to interpret something to himself/herself, and are not in line with scientific concepts are called misconceptions. Research of typical students' misconceptions in the teaching unit *Life cycle* was conducted among freshmen of high school of mathematics and natural science in Osijek in May and June of 2012. A total number of 145 students participated in the initial testing, while 139 students participated in the final, after the unit was finished. The metric analysis of the test results was done by calculating Cronbach's alpha coefficient, discrimination, index of easy and scientific literacy. The analysis of the initial and final test identified a large number of various misconceptions which arise from misunderstanding of concepts and learning by heart without actually comprehending the facts. The most common misconceptions are: "Meiosis is the division of the reproductive cells" and "DNA is smaller than the chromosomes and the chromosome is followed by a gene in terms of size." Comparison of the results of both tests shows that the majority of students have correction of the existing misconceptions, but not the most important ones.

Number of pages: 82

Number of figures: 29

Number of tables: 8

Number of references: 42

Original language: Croatian

Key words: conceptions, misconceptions, knowledge, initial testing, cognitive levels

Date of the thesis defence: 23.9.2013.

Reviewers :

1. Ivna Štolfa, Ph. D.

2. Prof. Marija Heffer, Ph. D.

3. Prof. Enrih Merdić, Ph. D.

Thesis deposited: On the website of the Department of Biology, University of Josip Juraj Strossmayer of Osijek

Zahvaljujem se mentoru, prof. dr. sc. Enrihu Merdiću što mi je omogućio izradu ovog diplomskog rada, te dr. sc. Ireni Labak na susretljivosti i stručnom vodstvu.

Hvala mojoj obitelji (mami, sestri i Jozi) na razumijevanju i moralnoj podršci tijekom studiranja i izrade ovog rada.

Zahvaljujem se prijateljima, osobito Ivani i Tomislavi, na velikoj podršci i nesebičnom razumijevanju.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1 Cilj diplomskog rada	2
2. OPĆI DIO	3
2.1. Razvoj koncepta i nastajanje miskoncepcija	3
2.2. Kognitivne domene znanja	5
2.3. Pregled istraživanja miskoncepcija	7
3. METODIČKI DIO	8
4. MATERIJAL I METODE	17
4.1. Uzorak	17
4.2. Instrumenti i postupak istraživanja	17
5. REZULTATI	21
5.1. Analiza inicijalne provjere znanja	21
5.2. Analiza završne provjere znanja	25
5.2.1. Analiza grupe A završne provjere znanja	27
5.2.2. Analiza grupe B završne provjere znanja	29
5.2.3. Usporedba A i B grupe završne provjere	31
5.3. Analiza odgovora pojedinog pitanja inicijalne provjere znanja i utvrđivanje miskoncepcija	33
5.4. Analiza odgovora pojedinog pitanja grupe A završne provjere znanja i utvrđivanje miskoncepcija	41
5.5. Analiza odgovora pojedinog pitanja grupe B završne provjere znanja i utvrđivanje miskoncepcija	47
5.6. Usporedbe miskoncepcija inicijalne i završne provjere znanja	52
6. RASPRAVA	58
7. ZAKLJUČAK	64
8. LITERATURA	65
9. PRILOZI	69

1. UVOD

Učenje je aktivan proces koji učenike dovodi do izgradnje novih koncepcija i ideja na temelju njihovog trenutnog znanja. Učenik odabire i pretvara podatke, konstruira hipoteze i donosi odluke, oslanjajući se na prethodne kognitivne strukture. Kognitivna struktura, odnosno mentalni modeli daju smisao i organiziraju nove koncepcije prema prethodnim iskustvima i na taj način omogućuju pojedincu njihovo usvajanje (Pintrich, 2000). Tijekom procesa učenja kod učenika se pojavljuju brojne intuitivne ideje koje nastaju kao rezultat potrebe da se nešto samom sebi protumači. Takve ideje koje nisu u skladu sa znanstvenim koncepcijama nazivaju se miskoncepcijama. Uzrok privlačnosti i trajnosti miskoncepcija kod učenika je u njihovoj jednostavnosti i intuitivnoj razumljivosti (Cho i sur., 1985). Brojna aktualna istraživanja nastave biologije u svijetu ukazuju na brojne miskoncepcije (Lord, 1997), a tipične učeničke miskoncepcije su dobro poznate i utvrđene. U Hrvatskoj je ovaj problem u nastavi biologije slabo istražen, premda nastavnici u svom svakodnevnom radu u uvodnom satu ili u uvodnom dijelu sata utvrđuju miskoncepcije kod svojih učenika, lista najčešćih i tipičnih miskoncepcija za određene teme kod nas još nije oformljena. Kako bi se pratio svjetski trend u proučavanju ove problematike koja je u funkciji poboljšanja učenja i poučavanja nastave biologije cilj rada je utvrditi najčešće miskoncepcije kod učenika srednje škole.

U procesu učenja učenici konstruiraju vlastite koncepcije o biološkim pojmovima koji se temelje na znanju koje su sami do tada već usvojili. Poseban problem konceptualnom razumijevanju učenika čine njihove predkoncepcije koje nisu uvijek u skladu s nastavničkim očekivanjima. Uslijed različitih razina znanja između učenika i nastavnika može doći do nesporazuma, jer često nastavnici nisu svjesni što učenici određene dobi moraju imati kao predznanje, a upravo je to posljedica stvaranja miskoncepcija kod učenika, koje kada se jednom usvoje, vrlo teško se ispravljaju. Nastavnici bi dakle daleko veću pozornost trebali poklanjati upravo predkoncepcijama koje učenici imaju prije učenja određenog gradiva i na taj način spriječiti daljnje nastajanje miskoncepcija. Također nastavnici često iste predkoncepcije pripisuju svim učenicima.

Dosada se najučinkovitija metoda pokazala metoda aktivnog i istraživačkog učenja (Lukša, 2011), a kao tehnike za utvrđivanje miskoncepcija mogu se koristiti

crteži, pitanja višestrukog izbora, intervjui, dvoslojni dijagnostički testovi, konceptne mape, računalne simulacije, pojmovne mreže, Vennovi dijagrami (Lukša, 2011).

Da bi se poboljšala uspješnost nastave biologije prethodno stvorene miskoncepcije potrebno je detektirati i utvrditi (Khodor i sur., 2004), a ovo istraživanje je zamišljeno s utvrđivanja najčešćih miskoncepcija na temu *Životni ciklusi* koja je značajna u okviru makrokoncepta razmnožavanja. Makrokoncept razmnožavanje je jedan od šest temeljnih bioloških koncepata (BioConceptList-BCL) (Klymkowsky i sur., 2003) koji se poučavaju. Ostali temeljni koncepti su ustrojstvo živih bića, energija, ravnoteža, raznolikost i međuovisnost.

1.1 Cilj diplomskog rada

Osnovni cilj ovog rada je utvrditi najčešće miskoncepcije kod učenika srednje škole na nastavnu cjelinu *Životni ciklusi*. Provedbom inicijalne provjere utvrditi će se miskoncepcije nastale tijekom osnovnoškolskog obrazovanja. Završnom provjerom je potrebno pratiti ulogu tih miskoncepcija u razvijanje konceptualnog razumijevanja u srednjoj školi te pokušati objasniti uzroke njihova stvaranja. Tijekom izrade ovog rada potrebno je:

- Izraditi inicijalni test koji će se zasnivati na Bloomovoj taksonomiji te ga provesti među učenicima 1. razreda gimnazije.
- Izraditi završni test zasnovan na Bloomovoj taksonomiji te ga provesti među istom skupinom učenika kao i inicijalni test.
- Izvršiti usporedbu rezultata inicijalnog i završnog testiranja te obraditi utjecaj miskoncepcija iz inicijalne provjere na daljnji razvitak razumijevanja gradiva.

2. OPĆI DIO

2.1. Razvoj koncepcije i nastajanje miskoncepcija

Istraživanje učeničkog razumijevanja osnovnih bioloških koncepcija je jedna od aktualnih tema u istraživanju nastave biologije u svjetskoj literaturi (Tunnicliff, 2006).

Termin koncepcija dolazi iz konstruktivističke teorije učenja koja je danas nezaobilazna u razmatranju učinkovitosti obrazovanja kod prirodnih znanosti. Pretpostavka konstruktivizma je da učenik mora formirati koncepcije koji su rezultat njegove osobne aktivnosti (Krsnik, 2008). Konstruktivizam je model učenja koji objašnjava usvajanje koncepcija, njihovu nadogradnju na već postojeće i međusobnu integraciju novih i starih koncepcija. Koncepcija se može definirati kao ideja ili uopćena predodžba koju pojedinac sam konstruira na temelju vlastitog iskustva ili informacija koje sažima temeljem zajedničkih pojava. Pri tom se podaci prvo memoriziraju na pojedinačnom primjeru. Nakon ovog koraka novousvojena koncepcija primjenjuje se na konkretnom primjeru i omogućava pronalaženje novog izlaza ili rješenje za nepoznatu situaciju. Informacije se pohranjuju u pamćenju načinom konstrukcije koncepcije na osnovi pojedinačnih primjera, uočavanjem zajedničkih karakteristika i pravilnosti koje se pojavljuju (Lukša, 2011). Nakon toga memorizirani podaci povezuju se s postojećim znanjima i iskustvima na temelju čega se konstruira vlastito shvaćanje. Prema tome konceptualno razmišljanje je nužno, jer na taj način pamćenje postaje efikasnije i trajnije za razliku od usvajanja nepovezanih činjenica. Stoga je danas u obrazovanju sve veći naglasak na konceptualno razumijevanje jer je svake godine sve veći opseg znanja koje učenik treba usvojiti (Klywckowsky i sur., 2003).

Predrasude koje još nisu generalizirane u spoznaju koja je osnovna karakteristika koncepta se nazivaju predkoncepcije (Ausubel, 2000). To su uvjerenja o znanstvenim koncepcijama prije usvajanja formalnih znanstvenih činjenica, a razvijaju se pod utjecajem iskustva i različitih informacija koje često nisu u skladu sa znanstvenim koncepcijama, čije daljnje nastajanje značajno ometaju (Krsnik, 2008). Za razvoj produktivne koncepcije od iznimne važnosti je pravilno konstruirana predkoncepcija, tj. predznanje koje predstavlja model razumijevanja na nižem

stupnju. Ako je predkonceptcija pogrešno konstruirana, učeniku je nesmislena, te ju neće moći pravilno povezati sa smislenim koncepcijom. Predkonceptcije koje su pod utjecajem formalnog učenja u školi razvijaju se u alternativne koncepcije, koji obuhvaćaju ideje i predodžbe koje su točne, no ne nalaze se u okviru sadržaja koji je predviđen za obradu ili ga samo djelomično objašnjavaju. Nepoznata znanstvena koncepcija koja je neophodna za interpretaciju sadržaja na određenoj razini naziva se nedostajuća koncepcija (Lukša, 2011).

Miskonceptcije su u suprotnosti sa znanstvenim koncepcijama i ponekad uključuju čitave alternativne sustave koji su učeniku logički povezani. Postoji tendencija da su iste miskonceptcije učestale kod većeg broja ljudi i da su vrlo otporne na promjene ukoliko se poučava tradicionalnom predavačkom metodom. Miskonceptcije mogu nastati pod utjecajem automatske obrade određene jezične strukture. Često se formiraju pod utjecajem iskustva koja su obično zajednička većem broju ljudi. Na njih značajno utječe proces nastave u školi ili korištenje udžbenika. Jednako tako miskonceptcije ponekad mogu proizlaziti iz povijesnih znanstvenih teorija koje su danas prevladane (Fisher, 1985).

Učenici prilikom ulaska u razred imaju određene predkonceptcije, često i miskonceptcije koje nisu u skladu sa znanstvenom koncepcijom, a razred mogu napustiti s istim ili pak s novonastalim miskonceptcijama (Lukša, 2011). Miskonceptcije su podijeljene u osam skupina s obzirom na uzrok njihova nastanka (tablica 1).

Tablica 1. Podijela miskonceptcija (Lukša, 2011)

Skupine miskonceptcija
A-svakodnevni život
B-nerazumijevanje pojmova
C-jezično miješanje pojmova iz života i znanosti
D-nerazumijevanje pojmova iz fizike i kemije
E-usvajanje činjenica bez razumijevanja
F-antropocentrizam
G-formulacije iz udžbenika
M-teorije koje više ne vrijede u znanosti

Prethodna znanja imaju utjecaj na učenje. Ona utječu na izbor informacija i procjenu njihova značenja. Često su ta znanja iskustvena, nepotpuna i netočna, čime ometaju daljnji razvoj ispravnog konceptualnog znanja. Prethodno znanje se razlikuje za različite teme i svaki pojedinac može imati jedinstvene konstrukcije (Lambert i McCombs, 1998). Međutim, problem se javlja kad konceptualno razumijevanje učenika čini njihovo cjelovito predznanje koje nije u skladu s očekivanjima nastavnika, a često se to događa upravo zbog vrlo otpornih miskoncepcija koje je potrebno detektirati i postaviti u nove znanstvene koncepte (Caramazza i sur., 1981; McClosky, 1983). Ispravne koncepcije učenici često zamjenjuju alternativnim. Alternativna koncepcija je ideja ili predodžba koja je točna, u skladu je s određenom teorijom, ali nije u okviru sadržaja predviđenog za obradu ili ga samo djelomično objašnjava, a obuhvaća predkoncepcije ili mješavinu predkoncepcija i formalnog učenja (Abimbola, 1988). Proučavanje alternativnih koncepcija u znanosti ima dugu povijest, prva istraživanja datiraju od Piageta iz 1929., no danas se znanstvenici širom svijeta temeljitije bave ovom tematikom. (Boo, 2006).

Učenici bi unutar obrazovnog procesa pod utjecajem nastavnika dotad formirane predkoncepcije trebali rekonstruirati u ispravne znanstvene koncepcije, a to se naziva konceptualnom promjenom (Carey, 1985). Da bi do nje došlo kod učenika se mora javiti nezadovoljstvo postojećom koncepcijom. Nova koncepcija mu mora biti razumljivija, a često je i u suprotnosti s postojećom koja mu ne pruža zadovoljavajuće obrazloženje. Do zamjene miskoncepcija doći će tek kad učenik sagleda smisao nove koncepcije, jer mu pruža uvjerljivije objašnjenje i kada se ona pokaže plodonosnijom u rješavanju problema u realnom svijetu.

2.2. Kognitivne domene znanja

Jednu od najpoznatijih taksonomija kognitivnih domena je predložio američki psiholog B. S. Bloom 1956. godine (Anderson i sur., 2001). Prema njegovu su prijedlogu oblici učenja podijeljeni u 3 kategorije: kognitivnu (znanje), afektivnu (stavovi) i psihomotornu (vještine). U okviru kognitivne kategorije Bloom razlikuje 6 hijerarhijskih razina učenja. Važna pretpostavka Bloomove taksonomije je da se svaka kategorija mora savladati prije prelaska na sljedeću razinu. Najniži obrazovni cilj je činjenično znanje, a definira se kao sjećanje na prije naučene sadržaje i razumijevanje terminologije. Odnosi se na temeljna znanja koja učenik mora steći da

bi shvatio smisao onoga što uči. Sve što treba postići na toj razini znanja jest prisjetiti se određene informacije, koje ne mora nužno značiti i razumjevanje. Razumjevanje se definira kao sposobnost promišljanja o značenju usvojenih činjenica. Na ovoj razini je potrebno moći interpretirati naučene činjenice, klasificirati ili ih opisati. Primjena se odnosi na sposobnost korištenja prethodno naučenih informacija u novim situacijama i pronalaskom rješenja problema u konkretnim situacijama. Primjerice, na toj spoznajnoj razini učenik treba znati riješiti matematički problem, konstruirati grafikon ili krivulju. Na razini analize učenik treba biti sposoban naučene sadržaje razdvojiti na sastavne dijelove i razumjeti njihovu strukturu, treba moći kategorizirati pojmove i uspoređivati ih. Razina sinteze obuhvaća stvaranje nove cjeline iz pojedinačnih dijelova. Obrazovni cilj u ovom slučaju ističe kreativno ponašanje. Domena vrednovanje pripada najvišoj razini znanja, a označava sposobnost prosudbe vrijednosti materijala, kritiziranja ili opravdavanja istog.

Afektivna domena uključuje način odnošenja prema predmetu, motivaciju, stavove i vrijednosti procjene. Unutar ove domene se formulira osobnost učenika i integrira se sustav vrijednosti.

Psihomotorna domena obuhvaća razvoj vještina koje učenik treba razviti, moć percepcije te mentalnu, emotivnu i fizičku spremnost na aktivnost. Vođenim razgovorom učenik bi trebao moći oponašati određene vještine. Efikasno i automatizirano bi trebao izvršavati složene operacije. Unutar ove domene je naglašeno razvijanje potrebe za stvaranjem novih obrazaca za posebne situacije.

Uz navedenu taksonomiju značajno je spomenuti taksonomiju prema Webb-u (2002) i prema Grginu (1999). Webb (2002) razlikuje četiri razine, prva je reproduktivno znanje (interpretacija činjenica) za koje je potrebno automatsko znanje, Više razine obuhvaćaju klasificiranje, organiziranje, procjenu, uspoređivanje. Grgin (1999) također razlikuje četiri razne: faktografsko, interpolativno, operativno i ekstrapolativno znanje. Faktografsko znanje obuhvaća memoriranje činjenica, pojmova, pravila, teorija i struktura. Shvaćanje uzročno-posljedičnih odnosa pripada razini interpolativnog znanja. Operativno i ekstrapolativno znanje je viša kompetencija koju je teže provjeravati jer sadrži kombinaciju znanja, vještina, stavova i motivacija.

Prilikom kreiranja pitanja u praksi je ponekad teško slijediti prethodno navedene taksonomije pa neki autori sugeriraju objedinjavanje pojedinih kategorija kako bi se lakše definirale (Crooks, 1988). Tako pojednostavljeno prema Crooks-u razlikujemo tri razine znanja: reproduktivno znanje, razumijevanje i primjena te rješavanje problema. Konceptualno razumijevanje zahtijeva razinu razumijevanja, primjene i rješavanja problema koja objedinjuje Bloomove razine sinteze i vrednovanja.

2.3. Pregled istraživanja miskonceptija

U proučavanju problematike miskonceptija najdalje se otišlo fizici. Od 1992. godine postoji precizno razvijen instrument za utvrđivanje miskonceptija u području zakona o gibanjima (Hestenes i sur; 1992) kojim je imao značajan utjecaj na reformu same nastave, a poslužilo je i za daljnji razvoj sličnih instrumenata u drugim područjima. Od tada se razmatra mogućnost primjene sličnog instrumenta za druge predmete, uključujući i biologiju gdje se znanja najčešće provjeravalo pitanjima višestrukog izbora (Lukša, 2011).

Kako bi se lakše pratio razvoj znanja u biologiji definirane su temeljne koncepcije ili makrokoncepcije unutar kojih se nalazi ono što bi svaki učenik trebao razumjeti i zapamtiti (Duschel i sur; 2007).

Instrument za istraživanje konceptualnog razumijevanja (*Biology Concept Inventory* - BCI) bi trebao mjeriti efikasnost učenja te prema tome davati važne podatke za određivanje kvalitete nastavnog procesa s ciljem sprečavanja odnosno ispravljanja miskonceptija (Klymkowski i sur; 2003). Baumstark i sur., (2002) predlažu 7 osnovnih bioloških koncepcija, a to su: evolucija i raznolikost, evolucija i nasljeđe, molekularni procesi, struktura i funkcija stanice, oblik i funkcija organizma, odnos organizma i okoliša, diferencijacija i razvoj.

Dosadašnja istraživanja u Hrvatskoj pokazala su slabu usvojenost ovih koncepcija kod učenika u osnovnim školama i gimnazijama (Lukša, 2011). To ukazuje na važnost utvrđivanja konceptualnog okvira za učenje biologije i izrade kurikuluma biologije. Nastavnici bi dakle daleko veću pozornost trebali poklanjati upravo predkoncepcijama kod učenika i sprečavanju nastajanja miskonceptija pri čemu su najučinkovitije metode aktivnog i istraživačkog učenja.

3. METODIČKI DIO

Priprema za 1. razred gimnazije

PLAN NASTAVNOG SATA

Predmet: Biologija

Školska godina: 2012/13.

Škola: III. gimnazija, Osijek

Nastavna cjelina: Životni i stanični ciklus eukariota

Nastavna tema: Stanična dioba

Ključni pojmovi: mitoza, citokineza, profaza, prometafaza, metafaza, anafaza, telofaza, kromatide, kinetohor, centromera.

Osnovni koncepti: stanični ciklus, dioba stanice.

Cilj nastavnog sata: Razumjeti važnost procesa diobe tjelesnih stanica. Razlikovati četiri faze mitoze i biti sposobni objasniti cijeli tijek mitoze. Razlikovati diobu kod biljnih i životinjskih stanica.

- Ishodi:**
1. Objasniti važnost diobe stanica.
 2. Navesti i razlikovati četiri faze mitoze.
 3. Objasniti metafazni kromosom.
 4. Razumjeti pojam citokineze.

Razrada ishoda:

Ishod: Objasniti važnost diobe stanica.		
Razrada:		Razina
a	Definirati diobu stanica.	1 ¹
b	Navesti zbog čega je dioba stanica bitna za sve organizme.	2 ²
c	Objasniti da diobi stanice prethodi udvostručavanje DNA.	2 ²
d	Uočiti da se dioba stanica odvija od oplodnje do smrti	2

¹ 1. razina prema Crooks-u, razina reprodukcije znanja

² 2. razina prema Crooks-u, konceptualno razumijevanje i primjena znanja,

	organizma.	
--	------------	--

Ishod: Navesti i razlikovati četiri faze mitoze.

Razrada:		Razina
a	Navesti faze mitoze.	1
b	Objasniti tijek odvijanja mitoze po fazama.	1
c	Uočiti da su profaza i telofaza slične, samo je suprotan tijek događanja.	2
d	Navesti na bilo kojem primjeru diobe stanice s određenim brojem kromosoma koliko će ih biti u pojedinim fazama.	2

Ishod: Objasniti metafazni kromosom.

Razrada:		Razina
a	Navesti dijelove metafaznog kromosoma.	1
b	Skicirati ga.	1
c	Objasniti važnost kružnog rasporeda kromosoma u metafazi.	1
d	Usporediti ga s kromosomima drugih faza.	2

Ishod: Razumjeti pojam citokineze.

Razrada:		Razina
a	Definirati citokinezu.	1
b	Definirati kada se vremenski odvija.	1
c	Objasniti cijeli proces.	2
d	Uočiti razliku citokineze u biljnoj i životinjskoj stanici.	2
e	Objasniti nastajanje mnogojezgrene stanice.	2

Tip nastavnog sata: sat obrade novog sadržaja

Oblik rada: kombinirano (frontalno i grupni rad)

Za nastavu pripremiti: PowerPoint prezentaciju

Literatura:

- **stručna:** Bogut I., Đumlija S., Lukačević K., Marceljak-Ilić M. Biologija 1, udžbenik za prvi razred gimnazije, Zagreb, 2008, ALFA
- **didaktičko-metodička:** Bognar I., Matijević M., Didaktika, Zagreb, 2002, Školska knjiga

STRUKTURA NASTAVNOG SATA

UVODNI DIO (trajanje: 5-10 minuta)

Tijek	
Pomoću oluje ideja na ploči provjeriti kakve asocijacije učenici imaju na temu stanične dioba. Objasniti učenicima da stanice imaju ograničen životni vijek, da diobom stanica mnogostanični organizmi obnavljaju stare istrošene i oštećene dijelove te da je ona bitna i jedinstvena osobina stanice.	
Aktivnosti učenika:	Aktivnosti nastavnika:
Sudjeluju u oluji ideja.	Prozivati učenike da izlaze pred ploču i ispisuju svoje asocijacije na temu stanična dioba. Objasniti važnost diobe stanica za organizme.

SREDIŠNJI DIO (trajanje: 20 do 25 minuta)

Tijek
Objasniti učenicima da dioba podrazumijeva mitozu (diobu stanične jezgre) i podjelu citoplazme (citokinezu), da je to kontinuiran proces, no radi lakšeg razumijevanja da je podijeljen u četiri faze: profazu, metafazu, anafazu i telofazu. Prva faza (profaza) započinje zgušnjavanjem i kondenzacijom kromatina, kako bi se kromosomi u stanici mogli nesmetano kretati. Objasniti da se kromatin skraćuje oko 1000 puta kako bi oblikovao kromosom i da se takvi skraćeni i zgusnuti kromosomi vide pod svjetlosnim mikroskopom. Definirati osnovne pojmove vezane za građu kromosoma: sestrinske kromatide, kinetohor i centromeru. Objasniti da se formira diobeno vreteno. Definirati kraj profaze razgradnjom jezgrine ovojnice. Navesti da nakon toga slijedi prometafaza u kojoj su kromosomi pomoću kinetohora pričvršćeni za niti diobenog

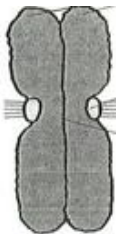
vretena i kreću se između središta i polova stanice, a kada dođu u središte stanice da počinje metafaza. Objasniti da se onda nalaze u metafaznoj ravnini, u sredini diobenog vretena. Nakon toga dolazi do raspada sestrinskih kromatida i započinje anafaza, prvo se kromatide odvoje u području centromera, a kasnije potpuno i postaju samostalni kromosomi koji se skraćivanjem niti diobenog vretena kreću prema polovima stanice. Slijedi odmatanje kromosoma na polovima u posljednjoj fazi koja se naziva telofaza. Objasniti da se tada formira ovojnica oko kromosoma, te ukazati na sličnost ove faze sa profazom, samo što se odvija obrnutim slijedom. Nakon toga dolazi do citokineze (podjele citoplazme), a potom slijedi pojava diobene brazde u nekadašnjoj metafaznoj ravnini i konačno se jedna stanica dijeli na dvije. Istaknuti da kod biljnih stanica citokineza uključuje i stvaranje nove stanične stijenke između stanica kćeri i da kod nekih stanica ne dolazi do podjele citoplazme pa nastaju mnogojezgrene stanice.

Aktivnosti učenika:	Aktivnosti nastavnika:
Pažljivo slušaju nastavu i postavljaju pitanja ukoliko nešto nije dovoljno jasno.	Predavanje novog gradiva, pritom je naglasak na objašnjavanje svake pojedine faze diobe stanice.

ZAVRŠNI DIO (trajanje: 10 minuta)

Tijek	
Podijeliti učenike u četiri jednake grupe. Svakoj dodijeliti po jednu fazu mitoze, dati im 2-3 minute da se prisjete. Nakon toga predstavnik svake grupe ukratko izlaže zadani dio (fazu mitoze) koji se odnosi na prethodno obrađeno gradivo.	
Aktivnosti učenika:	Aktivnosti nastavnika:
Svaka grupa izlaže po jednu fazu mitoze i na taj način ponavlja ispredavano gradivo.	Podijela učenika u 4 podjednake grupe. Zadavanje zadatka i praćenje izlaganja.

PLAN PLOČE

STANIČNA DIOBA	
-kontinuirani proces -podrazumijeva mitozu (dioba stanične jezgre) i citokinezu (dioba citoplazme) -mitoza: 4 faze 1. PROFAZA -zgrušavanje kromatina -nestajanje jezgrice 2. METAFAZA -putovanje kromosoma prema središtu stanice pomoću niti diobenog vretena	-metafazni kromosom: sestrinske kromatide, kinetohor, centromera  3. ANAFAZA –raspad sestrinskih kromatida → postaju samostalni kromosomi i putuju na polove 4.TELOFAZA- odmatanje kromosoma i oblikovanje dvije jezgre

KRITERIJI

Ishod	Dovoljan (2)	Dobar (3)	Vrlo dobar (4)	Izvrstan (5)
1. Objasniti važnost diobe stanica.	Uz pomoć nastavnika učenik definira diobu stanica i navodi zbog čega je ona važna za žive organizme. Spominje da diobi stanica prethodi umnažanje DNA, ali ga ne objašnjava. Uz	Učenik samostalno definira diobu stanica i jasno navodi zbog čega je ona važna za žive organizme. Spominje da diobi stanica prethodi umnažanje DNA, ali ga ne objašnjava. Uz	Učenik samostalno definira diobu stanica i navodi zbog čega je ona važna za žive organizme. Navodi da diobi stanica prethodi umnažanje DNA i uz malu nastavnikovu pomoć to	Učenik samostalno definira diobu stanica i navodi zbog čega je ona važna za žive organizme. Navodi da diobi stanica prethodi umnažanje DNA i to samostalno ga objašnjava.

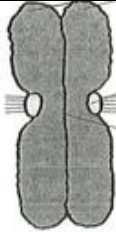
	veću nastavnikovu pomoć dolazi do zaključka da se dioba odvija od oplodnje do smrti organizma.	nastavnikovu pomoć dolazi do zaključka da se dioba odvija od oplodnje do smrti organizma.	objašnjava. Uz manju nastavnikovu pomoć dolazi do zaključka da se dioba odvija od oplodnje do smrti organizma.	objašnjava. Samostalno zaključuje da se dioba odvija od oplodnje do smrti organizma.
2. Navesti i razlikovati četiri faze mitoze.	Učenik samostalno navodi faze mitoze. Uz veću nastavnikovu pomoć navodi osnovne činjenice o tijeku mitoze. Uz veću pomoć shvaća sličnost između profaze i telofaze te primjer rješava vrlo teško.	Učenik samostalno navodi faze mitoze. Uz nastavnikovu pomoć objašnjava tijek mitoze te dolazi do zaključka o sličnosti profaze i telofaze. iUz nastavnikovu pomoć rješava primjer.	Učenik samostalno navodi faze mitoze te uz malu pomoć nastavnika objašnjava tijek mitoze i dolazi do zaključka o sličnosti profaze i telofaze. Samostalno rješava primjer.	Učenik samostalno navodi faze mitoze i objašnjava tijek mitoze pri tom dolazi do zaključka o sličnosti profaze i telofaze. Samostalno rješava primjer.
3. Objasniti metafazni kromosom.	Uz pomoć nastavnika navodi dijelove metafaznog kromosoma i skicira ga. Uz veću nastavnikovu pomoć	Učenik samostalno navodi dijelove metafaznog kromosoma i pojednostavljno ga skicira. Uz nastavnikovu pomoć	Učenik samostalno navodi dijelove metafaznog kromosoma i skicira ga. Samostalno objašnjava važnost	Učenik samostalno navodi dijelove metafaznog kromosoma i skicira ga. Samostalno objašnjava važnost

	objašnjava važnost kružnog rasporeda kromosoma u metafazi. Teško i uz nastavnikovu pomoć uspoređuje to s kromosomima drugih faza.	objašnjava važnost kružnog rasporeda kromosoma u metafazi. Uz veću nastavnikovu pomoć uspoređuje to s kromosomima drugih faza.	kružnog rasporeda kromosoma u metafazi. No ne uspoređuje to u potpunosti s kromosomima drugih faza.	kružnog rasporeda kromosoma u metafazi. Detaljno to uspoređuje s kromosomima drugih faza.
4. Razumjeti pojam citokineze.	Učenik definira citokinezu i navodi kada do nje dolazi. Uz veću pomoć nastavnika objašnjava, proces. Razliku u citokinezi biljnih i životinjskih stanica te nastanak mnogojezgrenih stanica navodi, no samo uz veću pomoć nastavnika.	Učenik definira citokinezu i navodi kada do nje dolazi. Uz pomoć nastavnika objašnjava, proces. Razliku u citokinezi biljnih i životinjskih stanica samo navodi, a ne objašnjava zbog čega dolazi do nje. Nastanak mnogojezgrenih stanica objašnjava uz veću pomoć	Učenik definira citokinezu i navodi kada do nje dolazi. Uz manju pomoć nastavnika objašnjava, proces. Razliku u citokinezi biljnih i životinjskih stanica navodi, a uz malu nastavnikovu pomoć i objašnjava. Nastanak mnogojezgrenih stanica samostalno objašnjava.	Učenik samostalno definira citokinezu i navodi kada do nje dolazi. Samostalno objašnjava, proces u cijelosti. Razliku u citokinezi biljnih i životinjskih stanica navodi i samostalno objašnjava. Nastanak mnogojezgrenih stanica samostalno objašnjava.

		nastavnika.		
--	--	-------------	--	--

PITANJA ZA VREDNOVANJE

1. Navedisti faze mitoze prema redoslijedu odvijanja.
2. Objasni ulogu diobenog vretena u metafazi.
3. Nacrtaj metafazni kromosom i opiši njegovu građu.
4. Opiši telofazu mitoze.
5. Ukoliko se mitozom dijeli stanica s 4 kromosoma u profazi, koliko će kromosoma biti sredinom anafaze?
6. Po čemu se razlikuje citokineza u biljnoj i životinjskoj stanici?

Broj pitanja	Pretpostavljeni odgovor	Bodovi	Ishod	Razina
1.	profaza, metafaza, anafaza, telofaza	4	2.	1
2.	Pomoću pričvrsnice (kinetohora) kromosom se pričvrsti na niti diobenog vretena. To označava početak metafaze. Kinetohori se kreću pomoću niti i dovode kromosome u položaj metafazne ravnine kako bi se pravilno mogli odvojiti u sljedećoj fazi.	2	3.	2
3.	 -sastoji se od dvije setrinske kromatide (koje su spojene u području centromere) -kinetihorom se veže za niti diobenog vretena	4	3.	1
4.	Telofaza je posljednja faza mitoze. U njoj se kromosomi nalaze na suprotnim	2	2.	1

	dijelovima stanice, odmataju se, despiraliziraju i oblikuju kromatin. Od dijelova stare jezgrine ovojnice oblikuje se nova ovojnica. Formiranjem dvije jednake jezgre na polovima stanice završava mitozu.			
5.	profaza:4 metafaza:4 anafaza:8 telofaza:8	4	2.	2
6.	U biljnoj stanici stanična stijenka okružuje membranu, pa dioba citoplazme uključuje i stvaranje nove stijenke dok kod životinjske stanice nema stanične stijenke.	2	4.	2

Ukupno bodova u testu: 18

Pitanja 1. razine: 10 bodova

Pitanja 2. razine: 8 bodova

4. MATERIJAL I METODE

4.1. Uzorak

Za potrebe istraživanja koje je provedeno u svibnju i lipnju 2012. godine odabrani su učenici prvih razreda III. gimnazije u Osijeku. Testiranjem je obuhvaćeno svih pet prvih razreda te gimnazije, a broj učenika u razredima se kretao između 26 i 31. Tijekom inicijalne provjere znanja ukupno je sudjelovalo 145 učenika. Završnim testiranjem obuhvaćeno je 139 učenika podijeljenih u dvije skupine. Uskupini A je testirano 69 učenika, a u skupini B 70 učenika.

4.2. Instrumenti i postupak istraživanja

Istraživanje se provelo kroz tri etape. U prvoj etapi učenici su pisali inicijalnu provjeru znanja kojom se ispitalo predznanje, odnosno predkonceptije učenika o sadržajima vezanim za nastavnu cjelinu *Životni ciklus*. Svi učenici rješavali su istu inicijalnu provjeru koja je bila konstruirana za potrebe ovog istraživanja i sadržavala je 20 pitanja objektivnog tipa (Prilog 1). nije bila vrednovana ocjenom što je učenicima naglašeno. Nakon provedene inicijalne provjere znanja uslijedila je druga etapa istraživanja odnosno provedba nastavnih sati sljedećih nastavnih tema: *Životni ciklus eukariota*, *Stanični ciklus eukariota*, *Stanična dioba*, *Kontrola staničnog ciklusa*, *Mejoza*, *Gametogeneza*. Spomenute sate provela je nastavnica gimnazije. Treća etapa istraživanja je provedba završne pismene provjere znanja (prilog 2.a i 2.b) koja je uslijedila nakon obrađenih sati. Konstruirana je na temelju miskoncepcija utvrđenih inicijalnom provjerom znanja. Završnom provjerom znanja također se provjerilo jesu li miskoncepcije utvrđene u prvoj etapi istraživanja ispravljene u ispravne koncepte nakon obrade gradiva. Završna provjera provedena je u dvije skupine učenika, A i B i ocjenjivana je.

Kako bi se utvrdile najučestalije miskoncepcije kod učenika analizirana su pitanja inicijalne i završne provjere s riješenom uspješnošću manjom od 60%. Netočan odgovor, takvog pojedinog pitanja, kojeg nudi najveći udio učenika definiran je kao najučestalija miskoncepcija. Uzrok nastanka miskoncepcija je određen prema tablici 1.

Postupak analize svakog pitanja inicijalne i završne provjere znanja obuhvaćao je utvrđivanje razine postignuća prema opisanoj Bloom-ovoj taksonomiji. Kao mjera unutarnje konzistencije ispita u svrhu određivanja pouzdanosti računat je Cronbach-ov alfa koeficijent za obje provjere znanja. Koeficijent može poprimiti vrijednosti od 0 do 1, što je ona bliža 1 test je pouzdaniji. Prema opće prihvaćenim standardima ukoliko on poprima vrijednost veću od 0,9 test se smatra vrlo visoko pouzdanim, ukoliko je vrijednost veća od 0,8 visoko pouzdan je, a veća od 0,7 karakterizira test zadovoljavajuće pouzdanim. Koeficijent manji od 0,5 ukazuje na činjenicu da bi više od polovice opažene varijance moglo biti posljedicom slučajne pogreške (Bukvić, 1982). Opća formula obuhvaća: K – broj zadatka, V_i – varijanca pojedinih dijelova, V_t – varijanca cijele pisane provjere znanja, a računa se prema:

$$((k/k-1)) * (1 - (\sum V_i / V_t))$$

Uvrštavanjem poznatih vrijednosti u formulu dobije se broj koji procijenjuje pouzdanost testa. Uz ovaj koeficijent za provjeru pouzdanosti testa računao se i koeficijent diskriminativne valjanosti- D, (indeks diskriminativnosti). Ovaj indeks govori o diskriminativnoj valjanosti zadatka, razlikovanju učenika na uspješne i neuspješne u pojedinom pitanju i u cijelom testu. Za njegovo računanje potrebno je znati ukupan broj učenika, trećinu najboljih i trećinu najlošijih učenika. Nakon testa se indeks diskriminacijske vrijednosti pojedinačnih pitanja računa tako da se svi učenici (n) podijele u, uvjetno rečeno, "lošije" tj. donja trećina i u "bolje", tj. gornja trećina na rang listi. Za svako se pitanje prebroji broj točnih odgovora u lošijoj (L) i u boljoj (B) skupini, pa se izračuna indeks pomoću formule:

$$2(B-L)/n$$

Ako je osjetljivost testa malena, malena je i njegova pouzdanost, a time i valjanost. Osim određivanja osjetljivosti testa, određuje se i diskriminativnost svakog pitanja u testu znanja. Diskriminativnost svakog pitanja pokazuje je li pitanje djelotvorno u mjerenju razlika među skupinama učenika i omogućuje li razlikovanje sposobnosti učenika u određenom području (Cohen, 2007). Prema opće prihvaćenim standardima pitanja s indeksom većim od 0,35 se smatraju izvrsnim. Između 0,25 i 0,35 su dobra, prihvatljiva su između 0,15 i 0,25, no za iduću provjeru znanja se trebaju ispraviti, a pitanja ispod 0,1 trebalo bi izbaciti iz pisane provjere i provjeru

vrednovati ponovno bez njih. Takva pitanja, vrlo lagana i vrlo teška, slabo diskriminiraju učenike po znanju. Razlozi za nisku diskriminativnost pitanja mogu biti pretežak ili prelagan zadatak, pogađanje, ili nejasan zadatak. Osjetljivost testa povećava se izbacivanjem nediskriminativnih pitanja nakon probnoga ispitivanja. Pri osiguranju osjetljivosti testa treba paziti da pitanja budu približno jednake prosječne težine, odnosno da sadržavaju pitanja različitih težina, od vrlo teških do vrlo laganih.

Od ostalih metrijskih analiza računan je indeks težine odnosno lakoće pitanja (p). Veći indeks ukazuje na to da je pitanje teže, a kod indeksa lakoće pitanja, veći indeks ukazuje da je ono lakše. Prema opće prihvaćenim standardima najidealnija su pitanja s indeksom težine između 0,30 i 0,70.

Kako bi se utvrdila stručna kvaliteta pitanja (KP), svim pitanjima je određena razina prirodoslovne pismenosti (PP) koju provjeravaju i utjecaj pitanja na odgovor učenika (U) prema formuli:

$$(PP+U)/2$$

Elementi procjene prirodoslovne pismenosti prikazani su u tablici 2. Pri procjeni svakog elementa koristila se skala s rasponom vrijednosti: jako nevažno (1) - jako važno (5). Elementi procjene utjecaja pitanja na odgovor također su prikazani u tablici 2. Zbog suprotnog značenja skale procjene, u odnosu na prirodoslovnu pismenost, za procjenu utjecaja samog pitanja na odgovor učenika koristi se skala s rasponom vrijednosti: jako utječe – ne utječe. Rezultati procjene kvalitete pitanja dobiveni na taj način tumače se prema sljedećem: 1 – loše; 2 – slabo; 3 – dobro; 4 – vrlo dobro; 5 – izvrsno. (Radanović i sur., 2010). Od strane tri neovisna mjeritelja rađena je procjena kvalitete pitanja kako bi rezultat bio što objektivniji.

Slaganje među procjenjivačima ispitano je Fleiss Kappa koeficijentima. Vrijednosti Kappa koeficijenta mogu se kretati od 0 do 1. Rezultati od 1,00 do 0,81 označavaju izvrsno slaganje procjena, od 0,61 do 0,80 značajno slaganje, od 0,60 do 0,41 umjereno slaganje, od 0,40 do 0,21 slabo slaganje, a od 0,20 do 0 gotovo nikakvo ili nikakvo slaganje analiziranih procjena (Landis i Koch, 1977).

Tablica 2. Procjena i računanje prirodoslovne pismenosti, utjecaja pitanja na odgovor u pismenoj provjeri znanja i kvalitete pitanja

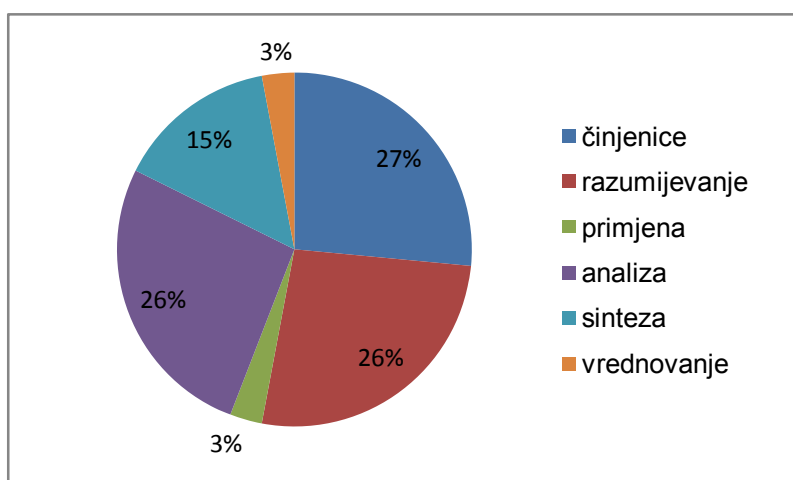
PROCJENA PRIRODOSLOVNE PISMENOSTI (PP) (skala važnosti pitanja)	PROCJENA UTJECAJA PITANJA NA ODGOVOR (U) (skala utjecaja pitanja na odgovor)	PROCJENA KVALITETE PITANJA (KP)
1 – jako nevažno	1 – jako utječe	1 – loše postavljeno pitanje
2 – nevažno	2 – dosta utječe	2 – slabo postavljeno pitanje
3 – niti važno, niti nevažno	3 – srednje utječe	3 – dobro postavljeno pitanje
4 – važno	4 – slabo utječe	4 – vrlo dobro postavljeno pitanje
5 – jako važno	5 – ne utječe	5 – izvrsno postavljeno pitanje
A – važnost pitanja za struku	E – razumijevanje čitanja	
B – važnost pitanja za život	F – konstrukcija pitanja	
C – važnost pitanja za propisani program	G – logičko zaključivanje	
D – prirodoslovna pismenost	H – rad nastavnika	
PP=(A+B+C+D)/4	U=(E+F+G+H)/4	KP=(PP + U)/2

5. REZULTATI

Rezultati rada obuhvaćaju analizu pitanja inicijalne i završne provjere znanja. Pitanja su formirana prema Bloomovoj taksonomiji. Od metrijskih analiza za procijenjivanje pouzdanosti prikazan je: Cronbachov alfa-koeficijent, procijena indeksa lakoće pitanja, diskriminativnost pitanja, te procijena i izračun kvalitete pitanja, utjecaja pitanja na odgovor i prirodoslovne pismenosti učenika. Prikazani su rezultati provjera znanja koji su uspoređivani kako bi se utvrdile najčešće miskoncepcije. U daljnjoj obradi analizirana su pitanja inicijalne i završne provjere s uspješnošću manjom od 60%, te su kod njih analizirane najčešće miskoncepcije.

5.1. Analiza inicijalne provjere znanja

Inicijalna provjera znanja sastojala se od 20 pitanja (prilog 1), od kojih su neka imala podpitanja. Svaki traženi odgovor se bodovao ovisno o točnosti s 0 ili 1. Tako je maksimalno bilo moguće postići 34 boda. Pitanja su se formulirala prema Bloomovoj taksonomiji kako bi sve razine bile zastupljene (tablica 3). Razina činjeničnog znanja je zastupljena s 27% (7 pitanja, maksimalno moguće postići 9 bodova), razina razumijevanja je zastupljena s 26% (5 pitanja, moglo se postići ukupno 9 bodova), razina primjene je zastupljena s 3% (jedno pitanje, mogao se postići 1 bod), razina analize je zastupljena s 26% (5 pitanja, mogućih 9 bodova), razina sinteze je zastupljena s 15% (jedno pitanje, mogućih 5 bodova) i razina vrednovanja zastupljena je s 3% (jedno pitanje, moguć 1 bod) (slika 1).



Slika 1. Struktura pitanja inicijalne provjere znanja s obzirom na razine postignuća prema Bloom-ovoj taksonomiji

Prema tipovima zadataka (Grgin, 1994) jedno pitanje je bilo esejskog tipa u kojem se mogao postići 1 bod (tablica 3), 9 pitanja je bilo na dopunjavanje s mogućih 16 bodova, alternativnog izbora je bilo jedno pitanje kojim se moglo postići 4 boda. 6 pitanja je bilo višestrukog izbora s mogućih 6 bodova, jedno pitanje je bilo rješavanje problema koje je donosilo 1 bod. Jedno pitanje je bilo pitanje povezivanja čijim se točnim rješavanjem moglo postići 5 bodova, te je bilo jedno pitanje sređivanja kojim se mogao postići 1 bod.

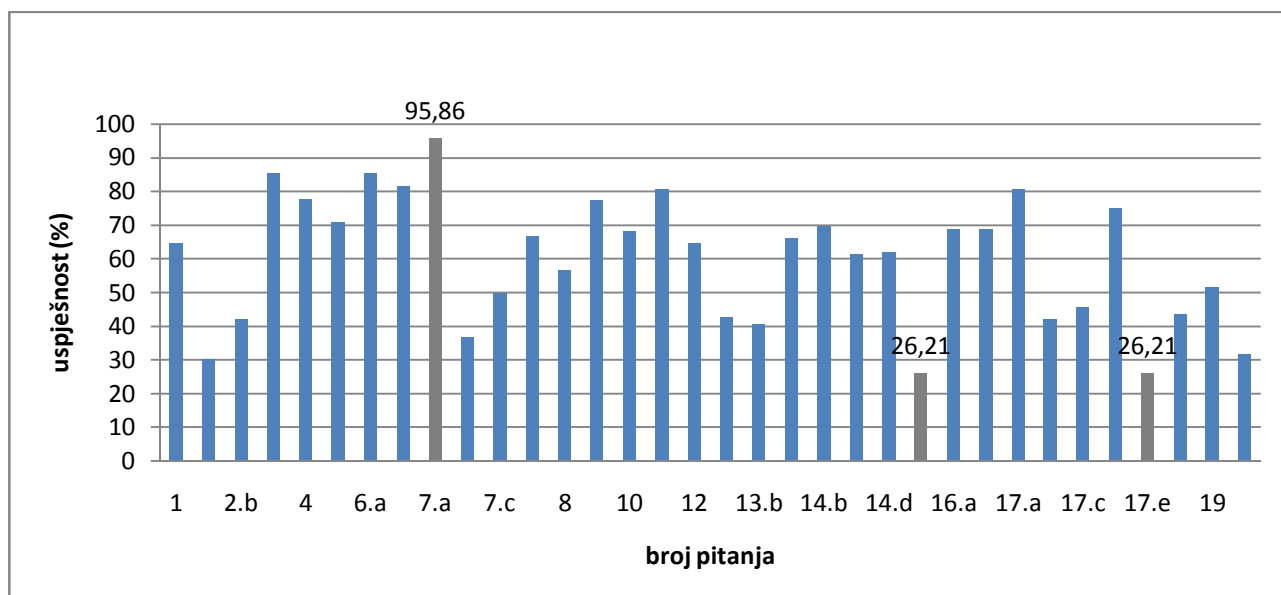
Tablica 3. Osnovni metrijski parametri i procjena kvalitete pitanja inicijalne provjere

Broj pitanja	Broj bodova	Razina postignuća ¹	Tip zadatka ²
1.	1	razumijevanje	esejski
2. (a, b)	2	činjenice	dopunjavanje
3.	1	činjenice	dopunjavanje
4.	1	činjenice	dopunjavanje
5.	1	analiza	dopunjavanje
6. (a, b)	2	činjenice	dopunjavanje
7. (a, b, c, d,)	4	razumijevanje	alternativni izbor
8.	1	razumijevanje	višestruki izbor
9.	1	činjenice	višestruki izbor
10.	1	činjenice	višestruki izbor
11.	1	činjenice	višestruki izbor
12.	1	razumijevanje	višestruki izbor
13. (a, b)	2	analiza	dopunjavanje
14. (a, b, c, d,)	4	analiza	dopunjavanje
15.	1	vrednovanje	sređivanje
16. (a,b)	2	razumijevanje	dopunjavanje
17.(a, b, c, d, e)	5	sinteza	povezivanje
18.	1	analiza	višestruki izbor
19.	1	primjena	rješavanje problema
20.	1	analiza	dopunjavanje

¹ Razine postignuća prema Bloom (1956)

² Tipovi zadataka prema Grgin (1994)

U inicijalnoj provjeri najuspješnije s 95,86% je riješeno 7.a pitanje što je bilo i za očekivati s obzirom na činjenicu koju ispituje (dioba kojom nastaju spolne stanice naziva se mejoza). Prema tipu pitanja ono pripada pitanju alternativnog izbora u kojem se trebala odrediti točnost/netočnost izjave, a prema Bloomovoj taksonomiji ispituje najnižu razinu (činjenično znanje) (slika 2). S najmanjim postotkom uspješnosti je riješeno 15. i 17. pitanje, oba s uspješnošću 26,21% (slika 2). 15. pitanje pripada najvišoj razini Bloomove taksonomije, razini vrednovanja, a 17. je pitanje povezivanja i pripada višoj razini sinteze pa je rezultat i očekivan. Uspješnost manju od 60% imaju pitanja: 2.(a i b), 7.(b i c), 8., 13.(a i b), 15., 17.(b, c, e), 18., 19., 20.



Slika 2. Uspješnost pitanja inicijalne provjere znanja s istaknutim najuspješnijim i najneuspješnijim pitanjem

Inicijalna provjera znanja se prema Cronbachovom alfa-koeficijentu koji iznosi 0,79 pokazala zadovoljavajuće pouzdanom (Bukvić, 1982). Indeks težine testa dobiven prosječnom težinom svih pitanja (p) iznosi 0,59 pa je test prema tom kriteriju idealan za testiranje (Petz, 2004). Diskriminativnost (D) manju od 0,15 imaju pitanja: 1., 3., 4., 7.a, 9., 11., 12., 15., te bi se prema tome trebala izostaviti iz pisane provjere, ali budući da su prema kvaliteti pitanja označena kao dobro postavljena pitanja iz tog razloga mogu se razmatrati. U ispitu se nalazi i nekoliko izvrsnih pitanja s diskriminativnosti većom od 0,35 koja precizno razlikuju uspješne učenike od neuspješnih (pitanja: 2.b, 7.b, 13.a, 13.b i 17.b) (tablica 4). Procjena prirodoslovne pismenosti je rađena od tri neovisna mjeritelja kako bi rezultat bio što objektivniji.

Slaganje među procjenjivačima ispitano je *Fleiss Kappa koeficijentom*. Rezultati ukazuju na 0,79% slaganje kod procjene kvalitete pitanja, što je adekvatno slaganje među procjenjivačima ($K=0,74$). 19 pitanja je ocijenjeno važnim za prirodoslovnu pismenost ($PP>4$), a samo jedno pitanje ($PP=3,83$) je u kategoriji niti važnog, niti nevažnog (prema tablici 2). Najveći utjecaj pitanja na odgovor je procijenjen kod 7. (a, b, c, d) pitanja ($U=3,00$) što je bilo za očekivati s obzirom da to pitanja prema tipu pripada pitanju alternativnog izbora pa je i mogućnost pogađanja vrlo velika. 19. pitanje je procijenjeno kao pitanje u kojem je najmanji utjecaj na odgovor ($U=4,92$), a u njemu se tražilo rješavanje problema. Prema kvaliteti pitanja: 3., 6.(a, b), 7.(a, b, c, d), 10., 11., 12., 13.(a, b), 14.(a, b, c, d), 17. (a, b, c, d, e), i 18. pripadaju dobro postavljenim pitanjima, dok ostala pripadaju kategoriji vrlo dobro postavljenih pitanja. Kao najkvalitetnije pitanje ističe se 19. pitanje ($KP=4,38$).

Tablica 4. Osnovni metrijski parametri i procjena kvalitete pitanja inicijalne provjere

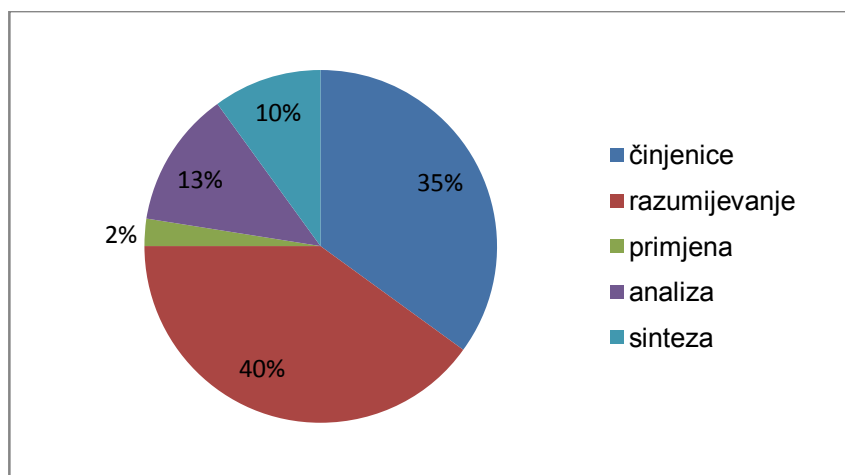
Chronbach alfa- koeficijent 0,79	p	D	Prirodoslovna pismenost (PP)	Utjecaj pitanja na odgovor (U)	Kvaliteta pitanja (KP)
1.	0,65	0,12	3,83	4,42	4,13
2.a	0,30	0,25	4,25	4,00	4,13
2.b	0,42	0,36	4,25	4,00	4,13
3.	0,86	0,03	4,16	3,50	3,83
4.	0,78	0,14	4,83	3,67	4,25
5.	0,71	0,29	4,58	3,67	4,13
6.a	0,86	0,19	4,58	3,25	3,92
6.b	0,81	0,25	4,58	3,25	3,92
7.a	0,96	0,05	4,58	3,00	3,79
7.b	0,37	0,51	4,58	3,00	3,79
7.c	0,49	0,29	4,58	3,00	3,79
7.d	0,67	0,19	4,58	3,00	3,79
8.	0,56	0,23	4,58	3,00	4,29
9.	0,77	0,05	4,42	3,92	4,17
10.	0,68	0,18	4,25	3,25	3,75

11.	0,81	0,11	4,33	3,50	3,92
12.	0,65	0,11	4,25	3,58	3,92
13.a	0,43	0,44	4,33	3,17	3,75
13.b	0,41	0,37	4,33	3,17	3,75
14.a	0,66	0,36	4,42	3,42	3,92
14.b	0,69	0,32	4,42	3,42	3,92
14.c	0,61	0,33	4,42	3,42	3,92
14.d	0,62	0,29	4,42	3,42	3,92
15.	0,26	0,12	4,75	4,08	4,42
16.a	0,69	0,23	4,33	3,75	4,04
16.b	0,69	0,23	4,33	3,75	4,04
17.a	0,81	0,26	4,00	3,17	3,58
17.b	0,42	0,36	4,00	3,17	3,58
17.c	0,46	0,30	4,00	3,17	3,58
17.d	0,75	0,29	4,00	3,17	3,58
17.e	0,26	0,28	4,00	3,17	3,58
18.	0,43	0,25	4,17	3,17	3,67
19.	0,52	0,17	4,92	3,83	4,38
20.	0,32	0,29	4,58	3,75	4,17

5.2. Analiza završne provjere znanja

Završna provjera znanja provođena je u dvije grupe (A i B), podjednake težine koje su u sklopu nastavnog procesa vrednovane. U svakoj je maksimalno bilo moguće postići 40 bodova u 18 pitanja. Svaki traženi odgovor ukoliko je točan je bodovan s 1, a svaki netočan s 0. Pitanja su formulirana prema Bloomovoj taksonomiji, a zastupljene su razine: činjenično znanje, razumijevanje, primjena, analiza i sinteza (slika 3). Obje grupe su imale identičnu raspodjelu razina postignuća, mogućeg broja bodova po pitanju i zastupljenosti tipova zadataka. Razina činjeničnog znanja je zastupljena s 35% (10 pitanja, moglo se postići 14 bodova), razina razumijevanja je zastupljena s 40% (4 pitanja, moglo se postići 16 bodova), razina primjene je zastupljena s 2% (jedno pitanje, mogao se postići 1 bod),

razina analize je zastupljena s 13% (2 pitanja, mogućih 5 bodova), razina sinteze je zastupljena s 10% (jedno pitanje, mogućih 4 boda) (slika 3).



Slika 3. Struktura pitanja završne provjere znanja s obzirom na razine postignuća prema Bloom-ovoj taksonomiji

S obzirom na tipove zadataka (Grgin, 1994), jedno pitanje je bilo esejskog tipa u kojem se moglo postići 2 boda (tablica 5), 3 pitanja je bilo na dopunjavanje s mogućih 9 bodova, alternativnog izbora je bilo jedno pitanje kojim se moglo postići 4 boda. 11 pitanja je bilo višestrukog izbora s mogućih 11 bodova, jedno pitanje je bilo rješavanje problema koje je nosilo 1 bod. Jedno pitanje je bilo pitanje povezivanja kojim se moglo postići 10 bodova.

Tablica 5. Osnovni metrijski parametri i procjena kvalitete pitanja završne provjere

Broj pitanja	Broj bodova	Razina postignuća	Tip zadatka
1.	1	analiza	višestruki izbor
2.	1	razumijevanje	višestruki izbor
3.	1	činjenice	višestruki izbor
4.	1	činjenice	višestruki izbor
5.	1	činjenice	višestruki izbor
6.	1	činjenice	višestruki izbor
7.	1	činjenice	višestruki izbor
8.	1	činjenice	višestruki izbor
9.	1	činjenice	višestruki izbor

10.	1	činjenice	višestruki izbor
11. (a, b, c, d, e, f, g, h, i, j)	10	razumijevanje	povezivanje
12. (a, b)	2	razumijevanje	esejski tip
13. (a, b, c, d)	4	analiza	dopunjavanje
14. (a, b)	2	činjenice	dopunjavanje
15. (a, b, c)	3	razumijevanje	dopunjavanje
16. (a, b, c, d)	4	činjenice	alternativni izbor
17.	1	primjena	višestruki izbor
18. (a, b, c, d)	4	sinteza	povezivanje

5.2.1. Analiza grupe A završne provjere znanja

Cronbachov alfa-koeficijent završne provjere znanja grupe A iznosi 0,86 što ovaj test svrstava u visok pouzdani test (Bukvić, 1982). Diskriminativnost (D) manju od 0,15 imaju s pitanja: 3., 9., 11. (h, j), 12. (a, b), 14.a., te bi ih se trebalo izostaviti iz pisane provjere (Petz i sur., 1992). U ispitu se nalazi i nekoliko izvrsnih pitanja s diskriminativnosti većom od 0,35 koja precizno razlikuju uspješne učenike od neuspješnih (pitanje: 1., 2., 4., 11. (b, c, d, e, f, g, j), 12 (a, b, c, d), 13.b, 15. (a, d), 16., 17. (a, c)) (tablica 6). Prema indeksu težine pitanja, većina pitanja je prelagana jer su riješena s visokom uspješnošću ($p > 70$). Procjenom prirodoslovne pismenosti 17. pitanje je ocijenjeno niti važnim, niti nevažnim ($p = 3,91$), dok su sva ostala pitanja ocijenjena važnim za prirodoslovnu pismenost ($PP > 4$) (prema tablici 2). Najveći utjecaj pitanja na odgovor je procijenjen kod 14. (a, b, c) pitanja ($U = 3,54$), prema tipu ono pripada pitanju dopunjavanja pa formulacija pitanja navodi na odgovor. 4. pitanje je procijenjeno kao pitanje u kojem je najmanji utjecaj na odgovor ($U = 4,21$), prema tipu pitanja ono pripada pitanju alternativnog izbora. Prema kvaliteti pitanja ($KP = 4,24$) 4. i 10. pitanje su ocijenjena kao najkvalitetnija u ispit (tablica 6).

Tablica 6. Osnovni metrijski parametri i procjena kvalitete pitanja grupe A završne provjere

Chronbach alfa- koeficijent 0,86	p	D	Prirodoslovna pismenost (PP)	Utjecaj pitanja na odgovor (U)	Kvaliteta pitanja (KP)
1.	0,83	0,35	4,00	3,79	3,84
2.	0,88	0,46	3,92	3,75	3,79
3.	0,51	0,17	4,17	3,88	3,94
4.	0,93	0,52	4,25	4,21	4,24
5.	0,66	0,26	4,17	3,79	3,84
6.	0,45	0,29	4,17	3,88	3,94
7.	0,61	0,20	4,25	3,67	3,78
8.	0,70	0,26	4,33	3,92	3,99
9.	0,55	0,12	4,08	4,04	4,05
10.	0,62	0,23	4,33	4,21	4,24
11.a	0,75	0,26	4,75	4,08	4,18
11.b	0,91	0,41	4,75	4,08	4,18
11.c	0,96	0,55	4,75	4,08	4,18
11.d	0,97	0,55	4,75	4,08	4,18
11.e	0,78	0,26	4,75	4,08	4,18
11.f	0,99	0,55	4,75	4,08	4,18
11.g	0,93	0,43	4,75	4,08	4,18
11.h	0,58	0,17	4,75	4,08	4,18
11.i	0,66	0,17	4,75	4,08	4,18
11.j	0,80	0,35	4,75	4,08	4,18
12.a	0,36	0,06	4,00	4,04	4,05
12.b	0,57	0,14	4,00	4,04	4,05
13.a	0,99	0,55	4,00	3,79	3,84
13.b	0,99	0,55	4,00	3,79	3,84
13.c	0,87	0,43	4,00	3,79	3,84
13.d	0,87	0,37	4,00	3,79	3,84
14.a	0,48	0,12	4,00	3,79	3,84

14.b	0,87	0,41	4,17	3,79	3,84
15.a	0,68	0,20	4,08	3,54	3,59
15.b	0,83	0,26	4,08	3,54	3,59
15.c	0,78	0,26	4,08	3,54	3,59
16.a	0,96	0,49	4,25	3,92	3,94
16.b	0,74	0,32	4,25	3,92	3,94
16.c	0,75	0,26	4,25	3,92	3,94
16.d	0,88	0,38	4,25	3,92	3,94
17.	0,88	0,46	3,91	3,75	3,75
18.a	0,94	0,52	3,91	3,92	3,90
18.b	0,77	0,29	3,91	3,92	3,90
18.c	0,75	0,35	3,91	3,92	3,90
18.d	0,81	0,32	3,91	3,92	3,90

5.2.2. Analiza grupe B završne provjere znanja

Cronbachov-alfa koeficijent završne provjere grupe B iznosi 0,86 što ovaj test svrstava u visko pouzdani (Bukvić, 1982). Diskriminativnost (D) 0 ima 11. (d, g) pitanje, koje je jednako uspješno riješila trećina najboljih i trećina najlošijih učenika, stoga bi se ono trebalo izbaciti iz provjere znanja. Diskriminativnost manju od 0,15 imaju pitanja 11. (c, j), 16. (b,c, d) te bi ih se trebalo izostaviti iz pisane provjere (Petz i sur., 1992) (tablica 7). Prema indeksu lakoće pitanja većina pitanja je prelagana jer su u visokom postotku točno riješena ($p > 70$). 11.d pitanje riješeno je sa 100% uspješnosti i to je ujedno jedino takvo pitanje iz cjelokupne završne provjere. Procjenom prirodoslovne pismenosti 15. (a, b, c), 16. (a, b, c, d), 17., 18. (a, b, c, d) pitanje je ocijenjeno niti važnim, niti nevažnim, dok su sva ostala pitanja ocijenjena važnim za prirodoslovnu pismenost ($PP > 4$). Najveći utjecaj pitanja na odgovor je procijenjen kod 17. pitanja ($U = 2,83$). 12. (a, b) pitanje je procijenjeno kao pitanje u kojem je najmanji utjecaj na odgovor ($U = 3,83$), što je bilo za očekivati jer ono pripada pitanju esejskog tipa. Prema kvaliteti pitanja (ocjena 4,42) 4. pitanje je ocijenjeno kao najkvalitetnije u ispitu (tablica 7).

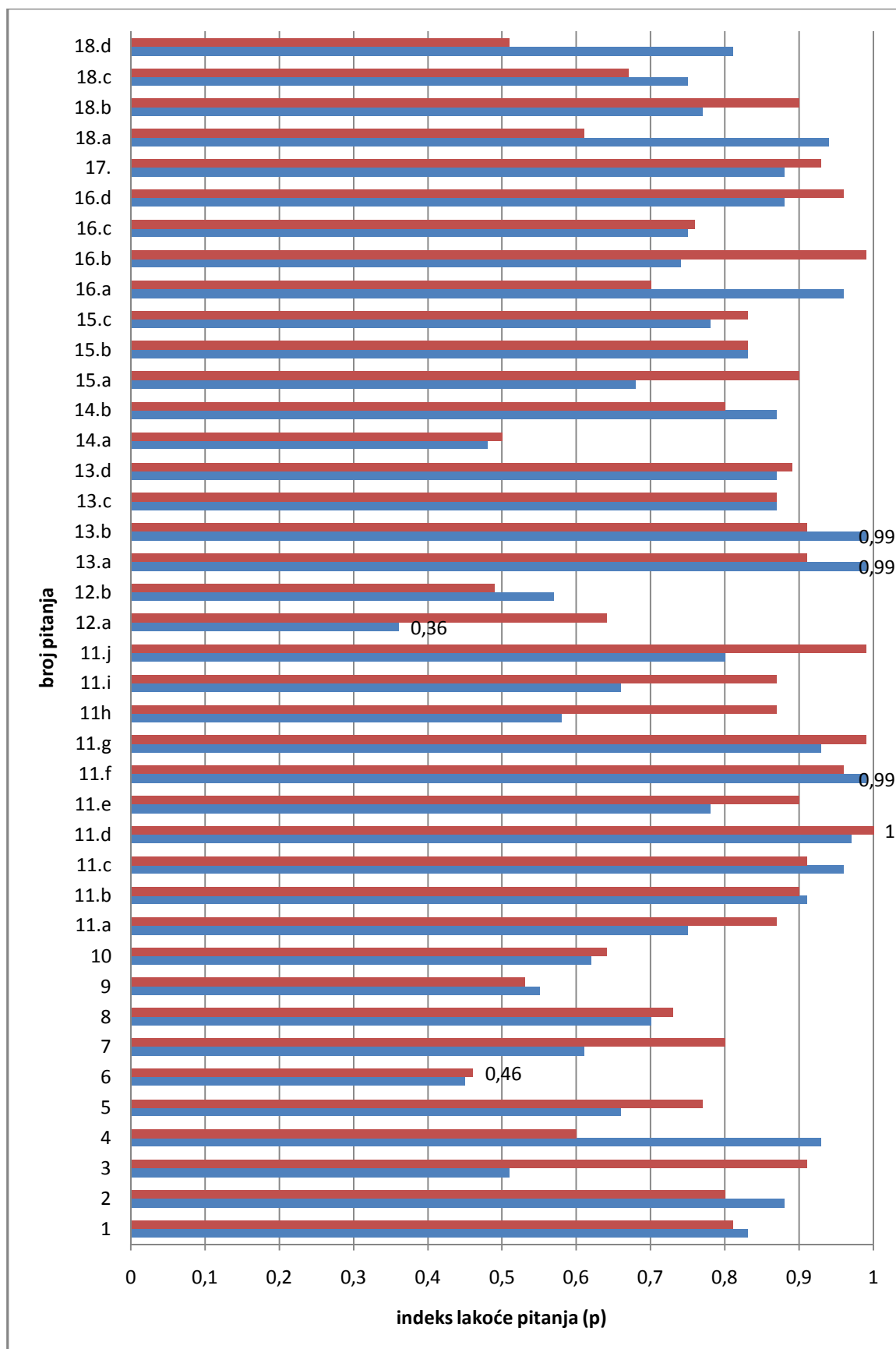
Tablica 7. Osnovni metrijski parametri i procjena kvalitete pitanja B grupe završne provjere

Chronbach alfa- koeficijent 0,86	p	D	Prirodoslovna pismenost (PP)	Utjecaj pitanja na odgovor (U)	Kvaliteta pitanja (KP)
1.	0,81	0,40	4,08	3,33	3,71
2.	0,80	0,35	4,08	3,25	3,67
3.	0,91	0,25	4,17	3,50	3,83
4.	0,60	0,50	4,42	3,75	4,08
5.	0,77	0,55	4,25	3,33	3,79
6.	0,46	0,45	4,17	3,33	3,75
7.	0,80	0,60	4,17	3,17	3,67
8.	0,73	0,50	4,08	3,33	3,71
9.	0,53	0,65	4,33	3,58	3,96
10.	0,64	0,80	4,25	3,58	3,92
11.a	0,87	0,25	4,58	3,33	3,96
11.b	0,90	0,20	4,58	3,33	3,96
11.c	0,91	0,15	4,58	3,33	3,96
11.d	1,00	0	4,58	3,33	3,96
11.e	0,90	0,30	4,58	3,33	3,96
11.f	0,96	0,15	4,58	3,33	3,96
11.g	0,99	0	4,58	3,33	3,96
11.h	0,87	0,40	4,58	3,33	3,96
11.i	0,87	0,40	4,58	3,33	3,96
11.j	0,99	0,05	4,58	3,33	3,96
12.a	0,64	0,65	4,17	3,83	4,00
12.b	0,49	0,55	4,17	3,83	4,00
13.a	0,91	0,30	4,33	3,33	3,83
13.b	0,91	0,30	4,33	3,33	3,83
13.c	0,87	0,45	4,33	3,33	3,83
13.d	0,89	0,25	4,33	3,33	3,83
14.a	0,50	0,75	4,33	3,50	3,92

14.b	0,80	0,50	4,33	3,50	3,92
15.a	0,90	0,25	3,83	3,42	3,63
15.b	0,83	0,30	3,83	3,42	3,63
15.c	0,83	0,30	3,83	3,42	3,63
16.a	0,70	0,55	3,92	3,58	3,75
16.b	0,99	0,05	3,92	3,58	3,75
16.c	0,76	0,01	3,92	3,58	3,75
16.d	0,96	0,15	3,92	3,58	3,75
17.	0,93	0,20	3,83	2,83	3,33
18.a	0,61	0,55	3,92	3,50	3,71
18.b	0,90	0,25	3,92	3,50	3,71
18.c	0,67	0,65	3,92	3,50	3,71
18.d	0,51	0,65	3,92	3,50	3,71

5.2.3. Usporedba A i B grupe završne provjere

Po prosječnoj težini pitanja cijele provjere znanja grupe se nisu značajno razlikovale $p(A)= 0,771$, a $p(B)=0,798$ (slika 4). Prema tome A grupa je riješena s prosječnom uspješnošću svih pitanja 77,1%, dok je grupa B riješena s 79,8% što dovodi do zaključka da je završni ispit bio prelagan (Petz i sur., 1992). U A grupi najuspješnije (98,55%) je riješeno 11.f pitanje, dok je u B grupi 11.d riješeno sa 100% uspješnosti (slika 4). U obje grupe je vidljivo da su pitanja nižih razina prema Bloom-u uspješnije rješavana, dok su prema očekivanju pitanja najviše razine riješena s manjom uspješnošću.



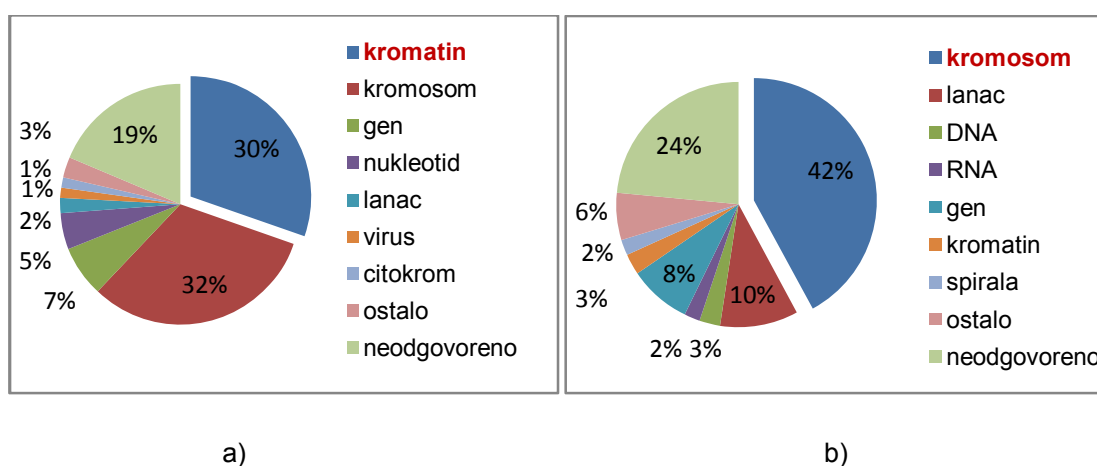
Slika 4. Usporedba indeksa lakoće pitanja završne provjere grupe A (plavo) i B (crveno) s istaknutim najlakšim i najtežim pitanjima

5. 3. Analiza odgovora pojedinog pitanja inicijalne provjere znanja i utvrđivanje miskoncepcija

Analizirana su pitanja inicijalne provjere koja imaju uspješnost manju od 60%. Netočan odgovor pojedinog pitanja koji se javlja u najvećem postotku označen je kao najčešća miskoncepcija. Miskoncepcije su svrstane prema skupinama iz tablice 1.

2. pitanje:

Molekula DNA povezana s proteinima čini kromatin. On je zrnatog izgleda premda je građen od niti koje se za vrijeme diobe spiraliziraju u kromosome.



Slika 5. Analiza odgovora 2.a i b. pitanja inicijalne provjere znanja

Analizom 2.a pitanja inicijalne provjere utvrđeno je čak 10 različitih netočnih odgovora. Samo 30% učenika je ponudilo točan odgovor, 19% učenika nije ponudilo odgovor, a ostalih 51% je ponudilo netočan odgovor. U ovom pitanju najčešća miskoncepcija je „kromosom“ jer se javlja kod najvećeg dijela učenika (čak 32%) (slika 5.a), a od skupine miskoncepcija pripada skupini nerazumijevanja pojmova (tablica 1). Indeks težine pitanja (p) iznosi 0,30. Diskriminativnost pitanja (D) iznosi 0,25 što znači da, pitanje dobro diskriminira učenike na uspjezne i neuspjezne. Obzirom na kvalitetu pitanja (KP=4,13) ono je ocijenjeno kao vrlo dobro postavljeno (prema tablici 2).

2.b pitanje je uspješno riješilo 42% učenika (p=0,42). Ukupno je utvrđeno 14 različitih netočnih odgovora, a 24% učenika nije ponudilo nikakav odgovor. Među

ponuđenim odgovorima 10 % učenika smatra da je točan odgovor „lanac“ te je taj odgovor definiran kao najčešća miskoncepcija, a posljedica je nerazumijevanja pojmova (tablica 1). Prema diskriminativnosti ($D=0,36$) pitanje je odlično. S obzirom na kvalitetu pitanja ($KP=4,13$) ono je ocijenjeno kao vrlo dobro postavljeno (prema tablici 2).

7. pitanje:

Ako je tvrdnja točna zaokruži slovo T, a ako je netočna zaokruži slovo N.

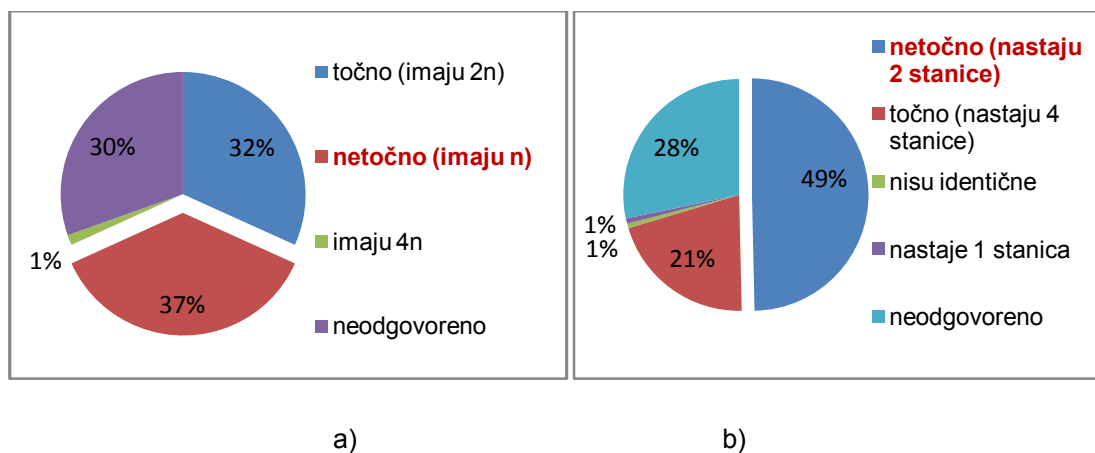
Netočne tvrdnje obrazloži.

- | | | |
|---|----------|----------|
| a) Dioba kojom nastaju spolne stanice naziva se mejoza. | T | N |
| b) Spolne stanice sadržavaju dvostruki broj kromosoma ($2n$). | T | N |
| c) Mitozom nastaju 4 nove stanice identične početnoj. | T | N |
| d) Mejoza se zbiva u dvije faze, a druga je faza slična mitozu. | T | N |

Obrazloženje netočnih tvrdnji:

b) Spolne stanice sadržavaju jednostruki broj kromosoma (N)

c) Mitozom nastaju 2 nove stanice identične početnoj.



Slika 6. Analiza odgovora 7.b i c. pitanja inicijalne provjere znanja

7. b pitanje inicijalne provjere je riješeno s uspješnošću 37%. Indeks težine pitanja iznosi 0,37 (tablica 4). Najčešća miskoncepcija koje se javlja je: „spolne stanice imaju dvostruki broj kromosoma“, a zastupljena je kod 32% učenika (slika 6.a). Miskoncepcija je nastala zbog usvajanja činjenica bez razumijevanja. 30% učenika nije odgovorilo na pitanje. Diskriminativnost (D) iznosi 0,51 pa pitanje odlično

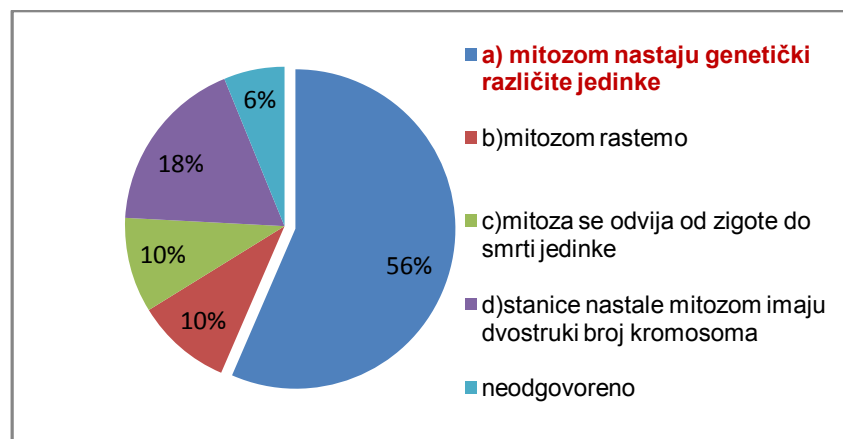
diskriminira učenike na uspješne i neuspješne. S obzirom na kvalitetu pitanja ($KP=3,79$) ono je ocijenjeno kao dobro postavljeno (prema tablici 2).

Na 7.c pitanje točan odgovor je ponudilo 49% učenika (slika 6.b). Indeks težine pitanja iznosi 0,49 što pripada idealnim pitanjima za testiranje. Najčešća miskoncepcija koja se javlja je: „mitozom nastaju 4 nove stanice identične početnoj“ (21%), a nastaje zbog usvajanja činjenica bez razumijevanja. Ukupno 28% učenika na pitanje nije dalo odgovor ili nije znalo objasniti zašto je tvrdnja netočna. Prema diskriminativnosti ($D=0,29$) ovo pitanje pripada kategoriji dobrih pitanja. Prema kvaliteti pitanje ($KP=3,79$) je ocijenjeno dobro postavljenim (prema tablici 2).

8. pitanje:

Odaberi netočnu tvrdnju o mitozu.

- a) Mitozom nastaju genetički različite jedinke.
- b) Mitozom rastemo.
- c) Mitoza se odvija od zigote do smrti jedinke.
- d) Stanice nastale mitozom imaju dvostruki broj kromosoma.



Slika 7. Analiza odgovora 8. pitanja inicijalne provjere znanja

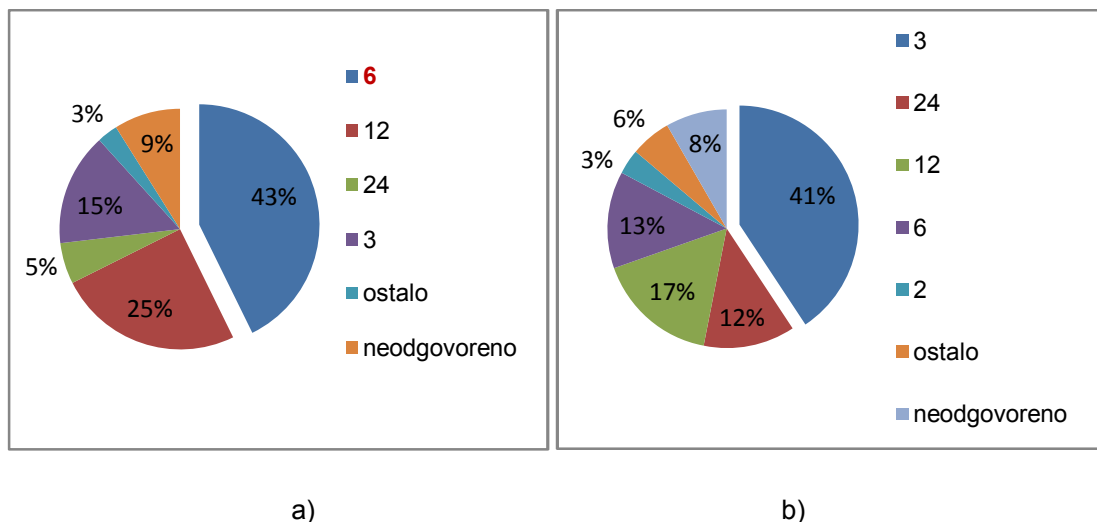
8. pitanje inicijalne provjere znanja prema tipu pripada pitanju višestrukog izbora. Točan odgovor je ponudilo 56% učenika ($p=0,56$), 6% nije dalo odgovor, dok je preostalih 38% zaokružilo netačan odgovor. Od njih 18% učenika je „netočno je da stanice nastale mitozom imaju dvostruki broj kromosoma“ (slika 7), te se ovo smatra najučestalijom miskoncepcijom, koja je nastala je zbog usvajanja činjenica

bez razumijevanja. Učenike je možda zbunilo što se tražila netočna tvrdnja, a ne kao što je u ispitima to obično točna tvrdnja pa postoji i mogućnost da pitanje nisu pročitali s razumijevanjem. Prema diskriminativnosti ($D=0,23$) pitanje je prihvatljivo, a prema kvaliteti ($KP= 4,29$) je ocijenjeno kao vrlo dobro pitanje (tablica 4).

13. pitanje:

Na prazne crte napiši točan broj.

Ako se jedna stanica sa 6 kromosoma dijeli mitozom, a druga mejozom, broj kromosoma u stanicama kćeri nastalih mitozom iznosi 6, a broj kromosoma u stanicama nastalim mejozom iznosi 3.



Slika 8. Analiza odgovora 13.a i b pitanja inicijalne provjere znanja

Na 13.a pitanje uspješno je odgovorilo 43% učenika (slika 8.a). Prema tipu pitanja ono pripada pitanju dopunjavanja. Utvrđeno je 7 različitih netočnih odgovora, a najčešća miskoncepcija je: „stanica kći nakon mitoze ima dvostruko veći broj kromosoma“ (javlja se kod 25% učenika). Ona je nastala zbog usvajanja činjenica bez razumijevanja. Diskriminativnost pitanja iznosi 0,44 (tablica 4) i prema tom kriteriju pitanje je odlično. Kvaliteta mu je procijenjena na 3,75 što ga svrstava u skupinu dobrih pitanja (prema tablici 2).

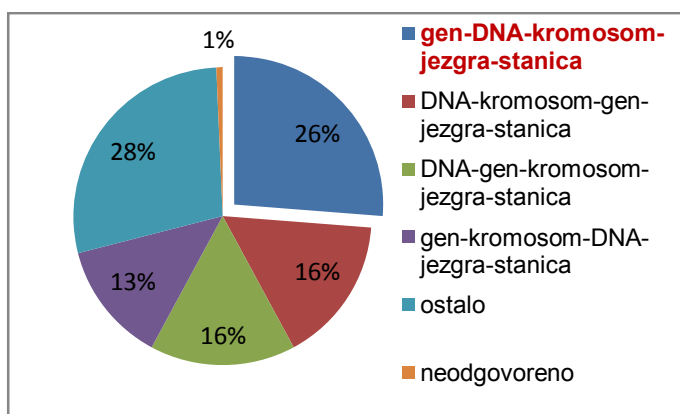
13.b pitanje točno je odgovorilo 41% učenika, a kod 51% učenika se javljaju miskoncepcije, dok 8% nije ponudilo odgovor (slika 8.b). Utvrđeno je 7 različitih netočnih odgovora. 17% učenika ponudilo je odgovor „ako se stanica sa 6

kromosoma dijeli mejozom nastale stanice imaju 12 kromosoma“,te se taj odgovor smatra najučestalijom miskoncepcijom koja je nastala zbog usvajanja činjenica bez razumijevanja (prema tablici 1). Diskriminativnost pitanja iznosi 0,37 (tablica 4) što ga svrstava u odlična pitanja prema tom kriteriju.

15. pitanje:

Brojevima 1 do 5 poredaj pojmove, počevši od najmanjega prema najvećemu, tako da na crtu upišeš odgovarajući broj:

Kromosom 3 Gen 1 Stanica 5 DNA 2 Jezgra 4



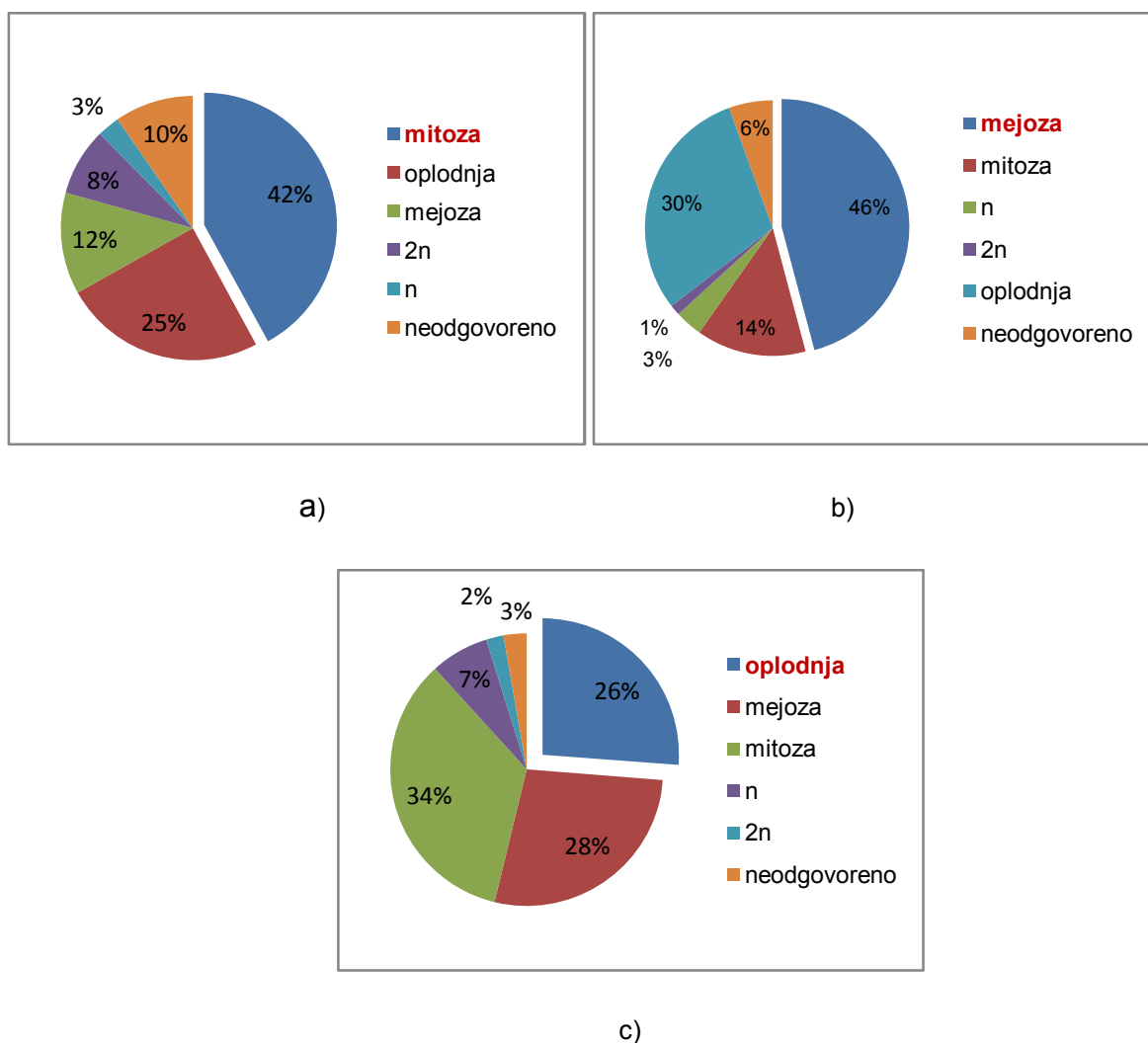
Slika 9. Analiza odgovora 15. pitanja inicijalne provjere znanja

U inicijalnoj provjeri znanja ovo pitanje je riješeno s najmanjom uspješnošću (26,20%) (tablica 4). Prema Bloomovoj taksonomiji pitanje pripada najvišoj razini, vrednovanju, pa ne iznenađuje ovako nizak postotak riješenosti. U ovom pitanju je utvrđeno i najviše netočnih odgovora, njih 32. To je bilo za očekivati s obzirom na veliki broj mogućih kombinacija netočnih odgovora. Najčešće miskoncepcije su da je prema veličini DNA najmanja, a to su redom od najmanjeg pojma: DNA-kromosom-gen-jezgra-stanica (16% učenika zaokružuje taj odgovor) i DNA-gen-kromosom-jezgra-stanica (16%) (slika 9). Do toga je došlo zbog nerazumijavanja pojmova. Ovo pitanje je pokazatelj da učenici miješaju temeljne biološke pojmove: DNA, gen i kromosom. Prema kvaliteti ovo pitanje je ocjenjeno sa 4,42 te je ujedno najbolje ocjenjeno pitanje u inicijalnoj provjeri znanja (tablica 4).

17. pitanje:

Slika 2. (prilog 1) prikazuje životni ciklus ribe. Na odgovarajuće mjesto upiši ponuđeni pojam: $2n$, n , mitoz, mejoza, oplodnja

- a) $2n$
- b) mitoz
- c) mejoza
- d) n
- e) oplodnja



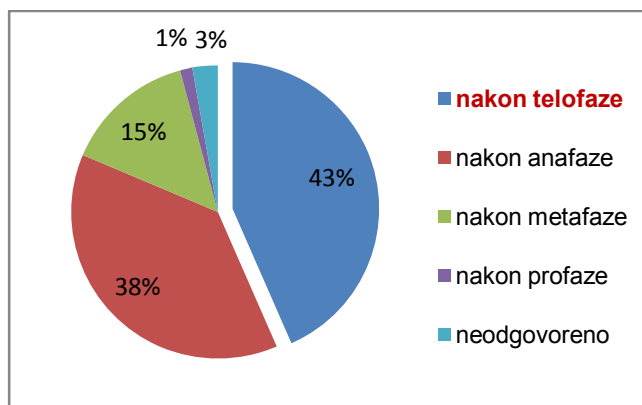
Slika 10. Analiza odgovora a) 17.b; b) 17.c; c) 17.e pitanja inicijalne provjere znanja

Prema kvaliteti 17. pitanje je procijenjeno dobrim pitanjem ($KP=3,58$) (prema tablici 2). Miskonceptije koje se u ovom pitanju javljaju posljedica su usvajanja činjenica bez razumijevanja. 17.b pitanje je riješeno sa 42% uspješnosti, a najčešća miskonceptija koja se javlja je „oplodnja“ (25% učenika nudi ovaj odgovor) (slika 10.a). Diskriminativnost tog pitanja iznosi 0,36 (tablica 4) i prema tome razdvaja bolje od lošijih. 17.c pitanje je riješeno s uspješnošću 46%, a najčešća miskonceptija koja se javlja je „oplodnja“ (30% učenika) (slika 10.b). Diskriminativnost pitanja iznosi 0,30 (tablica 4), prema tom kriteriju ono je dobro za diskriminaciju učenika. 17.e pitanje je riješeno s uspješnošću od 26%, a najučestalija miskonceptija je „mitoza“ (34%) (slika 10.c). Ovo cijelo pitanje je prikaz miješanja i nerazumijevanja osnovnih pojmova iz cjeline Životni ciklusi.

18. pitanje:

Uz pomoć slike 3.(prilog 2) zaključi kada u tijeku mitoze dolazi do citokineze (podjela citoplazme)?

- a) nakon profaze
- b) nakon metafaze
- c) nakon anafaze
- d) nakon telofaze



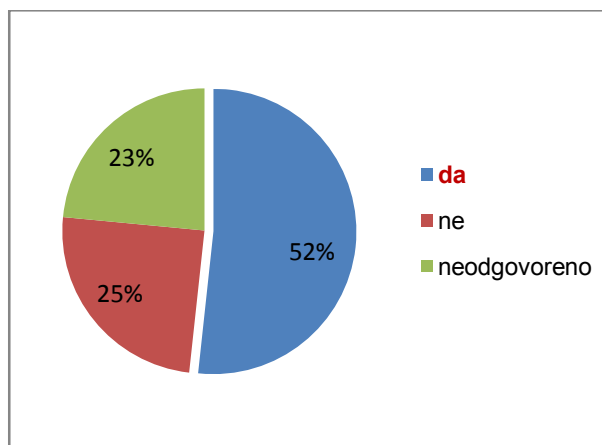
Slika 11. Analiza odgovora 18. pitanja inicijalne provjere znanja

Prema kvaliteti pitanja, $KP=3,67$ (prema tablici 2) 18. pitanje je dobro postavljeno pitanje. Indeks težine iznosi 0,43 (tablica 4). Prema tipu ovo pitanje pripada pitanju alternativnog izbora. Najučestalija miskonceptija (38% učenika) koja

se javlja je „do citokineze dolazi nakon anafaze“ (slika 11), a nastala je na temelju nerazumijevanja pojmova što se vidi u tome da učenici ni pomoću priložene slike nisu mogli zaključiti o kojoj fazi se radi ili pak nisu znali što je to citokineza.

19. pitanje:

Ivan i Luka su blizanci koje koje Ana teško razlikuje. Ana je čula da je jedan od blizanaca dobio na moru opekline od Sunca pa zbog toga nije u školi. Prišla je Ivanu, ispričala mu se što ih još uvijek dobro ne razlikuje i upitala što se točno dogodilo? Ivan se nasmijao i rekao da su za njegovu i bratovu sličnost „krivi“ roditelji. A što se tiče Luke, vratit će se kad mu se stanice kože u potpunosti obnove? Hoće li se to zaista dogoditi? Da, stanice će mitozom obnoviti kožu i zamijeniti oštećene.

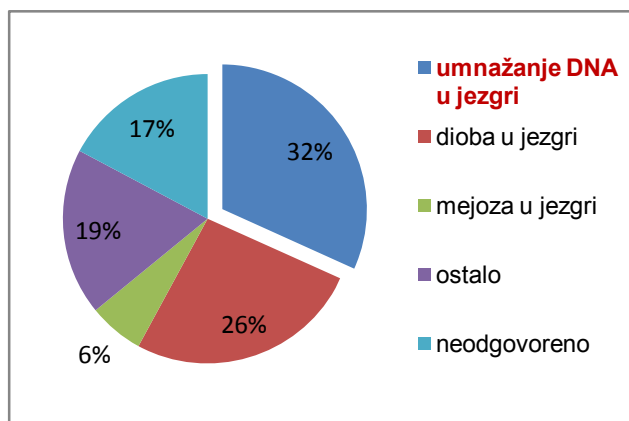


Slika 12. Analiza odgovora 19. pitanja inicijalne provjere znanja

19. pitanje je pitanje koje zahtijeva rješavanje problema. Prema kvaliteti ovo pitanje je procijenjeno vrlo dobrim pitanjem ($KP=4,17$) (prema tablici 2). Indeks težine pitanja (p) iznosi 0,52 (tablica 4). Miskoncepcija koje se javlja je da se stanice neće moći obnoviti (25%), dok 23% učenika nije dalo odgovor na ovo pitanje (slika 12) pa se ni miskoncepcija ne može sa sigurnošću utvrditi, no uzrok nastanka miskoncepcije je nerazumijevanje pojmova.

20. pitanje:

Slika 4.(prilog 1) prikazuje proces umnažanja (replikacije) DNA, koji se odvija u jezgri stanice.



Slika 13. Analiza odgovora 20. pitanja inicijalne provjere znanja

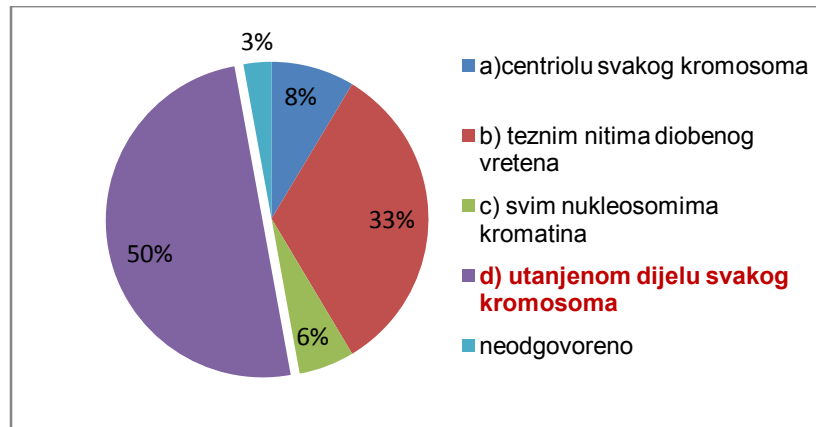
Prema tipu zadatka 20. pitanje pripada zadatku dopunjavanja. Indeks težine pitanja (p) iznosi 0,32 što pitanje čini prihvatljivim za provjeru znanja. Najčešća miskoncepcija (26 %) koja se javlja je „dioba u jezgri“ (slika 13), a traži se preciznija definicija procesa. Miskoncepcija je uzrokovana usvajanje činjenica bez razumijevanja. Prema kvaliteti pitanje je procijenjeno kao vrlo dobro (KP= 4,17) (prema tablici 2).

5.4. Analiza odgovora pojedinog pitanja grupe A završne provjere znanja i utvrđivanje miskoncepcija

U grupi A s uspješnošću manjom od 60% riješena su pitanja: 3., 6., 9., 11.h, 12.a, 12.b, 14.a, te je na njima napravljena detaljnija analiza uzroka nastanka miskoncepcija (prema tablici 1).3. pitanje:

Pričvrsnica ili kinetohor posebno je mjesto na ...

- a) centriolu svakog centrosoma
- b) teznim nitima diobenog vretena
- c) svim nukleosomima kromatina
- d) **utanjenom dijelu svakog kromosoma**



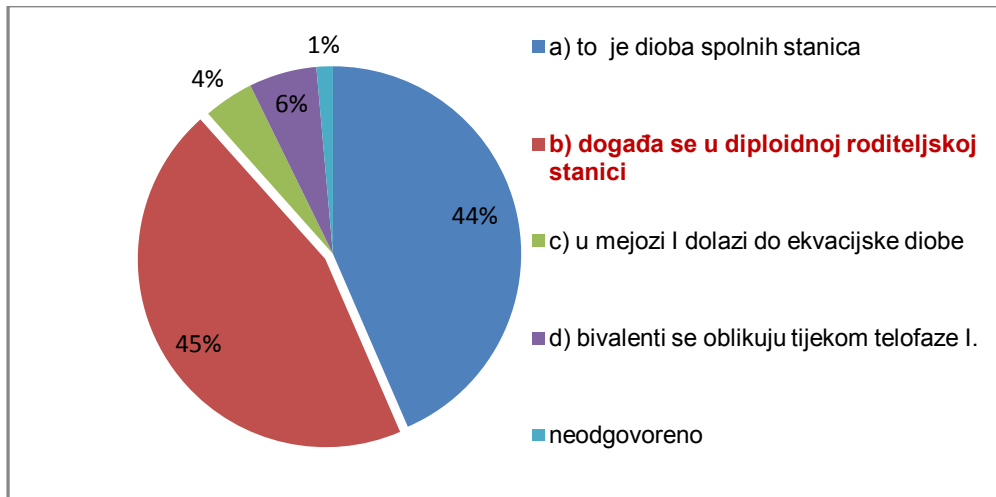
Slika 14. Analiza odgovora 3. pitanja grupe A završne provjere znanja

U grupi A 3. pitanje je riješeno s uspješnošću od 50%, 3% učenika nije ponudilo odgovor, dok je preostalih 47% ponudilo netočan odgovor (slika 14). Najviše učenika (33%) nudi odgovor je „pričvrsnica se nalazi na nitima diobenog vretena“, te se taj odgovor smatra najčešćom miskoncepcijom. To pokazuje da učenici nisu ispravno usvojili osnovne dijelove kromosoma. Miskoncepcija je nastala zbog usvajanja činjenica bez razumijevanja. Diskriminativnost iznosi 0,17 i prema tom je pitanje prihvatljivo, kvaliteta pitanja je procijenjena s 3,94 prema čemu je pitanje dobro postavljeno.

6. pitanje:

Što je točno za mejozu?

- a) to je dioba spolnih stanica
- b) događa se u diploidnoj roditeljskoj stanici**
- c) u mejozi I dolazi do ekvacijske diobe
- d) bivalenti se oblikuju tijekom telofaze I.



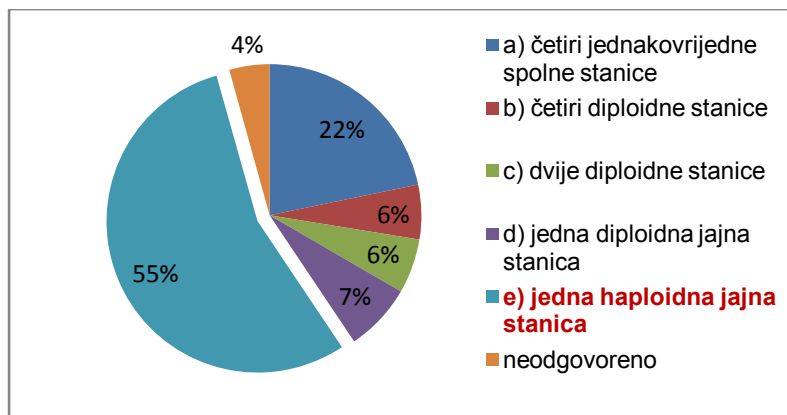
Slika 15. Analiza odgovora 6. pitanja završne provjere znanja grupe A

6. pitanje riješeno je s uspješnošću 44% (slika 15). 3% učenika nije ponudilo odgovor, a ostali su ponudili netočan odgovor. Najčešća miskoncepcija (43%) je „mejoza je dioba spolnih stanica“, a nastala je zbog usvajanje činjenica bez razumijevanja. Na temelju ovog odgovora je vidljivo da većina učenika pogrešno definira mejozu što se kasnije odražava na pogrešno shvaćanje cijelog procesa. Ovo pokazuje da učenici zapažaju ključne riječi kojima se definira mejoza pa ne razmišljaju da ponuđeni odgovor nije pravilno formuliran. Indeks diskriminativnosti iznosi 0,29 (tablica 6), prema njemu je pitanje prihvatljivo za diskriminaciju uspješnijih i neuspješnijih. Prema kvaliteti pitanje je procijenjeno dobrim (KP= 3,94) (prema tablici 2).

7. pitanje:

Iz oogenije u jajniku žene nastaje ...

- a) četiri jednakovrijedne spolne stanice
- b) četiri diploidne stanice
- c) dvije diploidne stanice
- d) jedna diploidna jajna stanica
- e) jedna haploidna jajna stanica



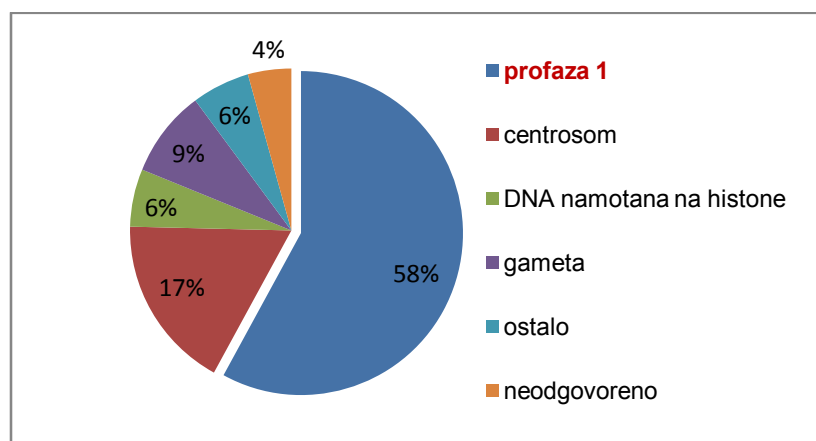
Slika 16. Analiza odgovora 9. pitanja završne provjere znanja grupe A

16. pitanje je riješeno uspješnošću od 55%, 4% učenika nije ponudilo odgovor dok su ostali zaokružili netočan odgovor (slika 16). Od njih 22% nudi odgovor: „iz oogonije u jajniku žene nastaje četiri jednakovrijedne spolne stanice“ (slika 16), te se taj odgovor smatra najčešćom miskoncepcijom. Ona je rezultat usvajanja činjenica bez razumijevanja. Indeks diskriminativnosti ovog pitanja iznosi 0,12 (tablica 6) i prema njemu je pitanje neprihvatljivo za provjeru, no prema kvaliteteti pitanje je procijenjeno vrlo dobrim (KP= 4,05) pa bi se iz tog razloga moglo dalje razmatrati.

11.h pitanje:

Slovo ispred pojma u lijevom stupcu uredno napiši pored odgovarajućeg pojma u desnom stupcu.

h) hijazma profaza 1



Slika 17. Analiza odgovora 11.h pitanja završne provjere znanja grupe A

Na 11.h pitanje točno je odgovorilo 58% učenika, 4% je pitanje ostavilo neodgovorenim, a ostalih 42% dalo je netočne odgovore (slika 17). Najčešća miskoncepcija je povezivanje hijazme s centrosomom (17%), a nastala je zbog nerazumijevanja pojmova. Indeks diskriminativnosti iznosi 0,17 (tablica 6) i prema njemu je pitanje prihvatljivo za provjeru znanja. Procjenom kvalitete pitanje je vrlo dobro (KP=4,18) (prema tablici 2).

12. pitanje:

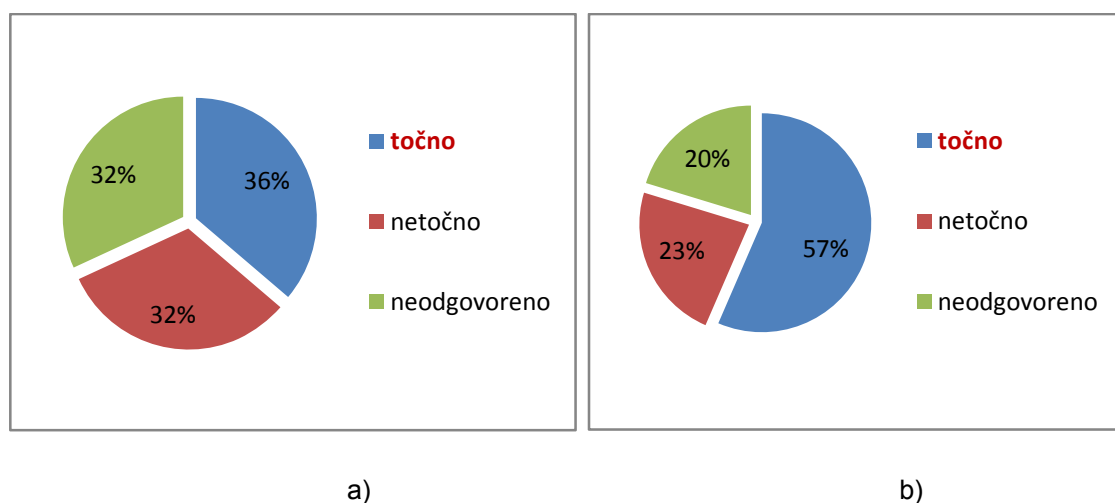
Objasni pojmove ...

a) tetrada

Struktura koja se sastoji od dva spojena homologna kromosoma u profazi 1.

b) hijazma

Mjesto prekriženja neseestrinskih kromatida homolognih kromosoma u profazi 1.
mejoze



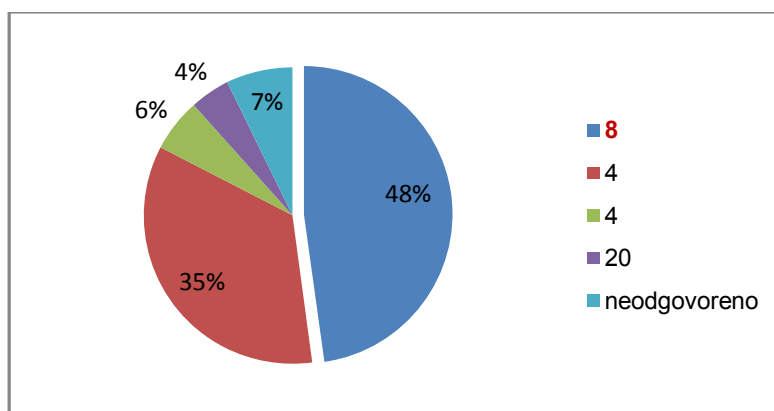
Slika 18. Analiza odgovora 12.a i 12.b pitanja završne provjere znanja grupe A

Na 12.a pitanje točno je odgovorilo 36% učenika, 32% nije ponudilo odgovor, dok je kod preostalih 32% zabilježen netočan odgovor (slika 18.a). Detektirano je 13 različitih netočnih odgovora koje su rezultat nerazumijevanja pojmova. Diskriminativnost pitanja iznosi 0,06 (tablica 6) te je prema tom pitanje neprihvatljivo za provjeru jer ne diskriminira učenike i prema preporuci bi se trebalo izostaviti iz provjere, no moglo bi se uzeti u razmatranje jer je kvalitetom procijenjeno kao vrlo dobro pitanje (KP= 4,05) (prema tablici 2).

12.b pitanje nešto je uspješnije riješeno, s 57%. Neodgovoreno pitanje je ostavilo 20% učenika, dok je ostalih 23% netočno odgovorilo (slika 18.b). Ukupno je detektirano 9 različitih netočnih odgovora, od kojih je najčešće netočan odgovor nepotpuno objašnjenje da je to „križanje“, a učenici ne navode što se križa. Ovo je rezultat nerazumijevanja pojmova. Već je 11.h pitanje ove grupe pokazalo da učenici ne razumiju pojam hijazme (slika 17) što se na ovom pitanju potvrdilo. Indeks diskriminativnosti iznosi 0,14 (tablica 6) i prema njemu bi se pitanje trebalo izbaciti iz provjere znanja, no kvalitetom je procijenjeno kao vrlo dobro pitanje (KP=4,05) pa bi se moglo uzeti u razmatranje.

14.a) pitanje:

Dvije stanice $2n=20$ se dijele mejozom, broj stanica na kraju diobe... a) 8



Slika 19. Analiza odgovora 14.a pitanja završne provjere znanja grupe A

14.a pitanje uspješno je riješilo 48 % učenika, neodgovoreno pitanje je ostavilo 7% učenika dok je 45% netočno odgovorilo. Najčešća miskoncepcija je da nastaje 4 stanice (35%) (slika 19), a nastaje zbog usvajanja činjenica bez razumijevanja. Uzrok tome mogu biti i formulacije iz udžbenika u kojima se dioba najčešće prikazuje na jednoj stanici što učenike može zbuniti u ovoj situaciji. Indeks diskriminativnosti ovog pitanja iznosi 0,12 (tablica 6) pa bi to pitanje trebalo izostaviti iz provjere znanja, no iz razloga što mu je kvaliteta procijenjena sa 3,84 (vrlo dobro pitanje) ono se može uzeti u razmatranje.

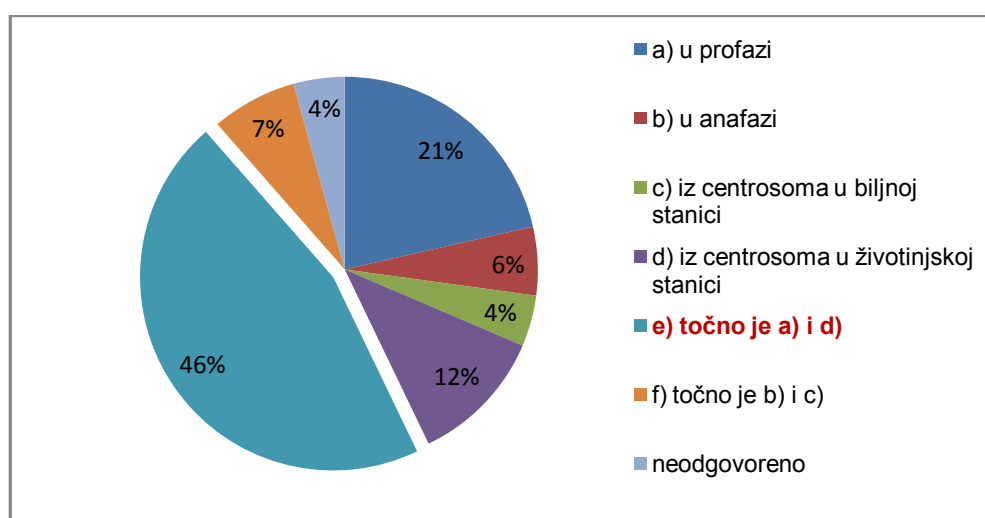
5.5. Analiza odgovora pojedinog pitanja grupe B završne provjere znanja i utvrđivanje miskonceptija

U grupi B su s uspješnošću manjom od 60% riješena pitanja: 6., 9., 12.b., 14.a, 18.d, te je kod njih napravljena detaljna analiza uzroka nastanka miskonceptija prema tablici 1.

6. pitanje:

Diobeno vreteno je tvorba koja se oblikuje ...

- a) u profazi
- b) u anafazi
- c) iz centrosoma u biljnoj stanici
- d) iz centrosoma u životinjskoj stanici
- e) točno je a) i d)
- f) točno je b) i c)



Slika 20. Analiza odgovora 6. pitanja završne provjere znanja grupe B

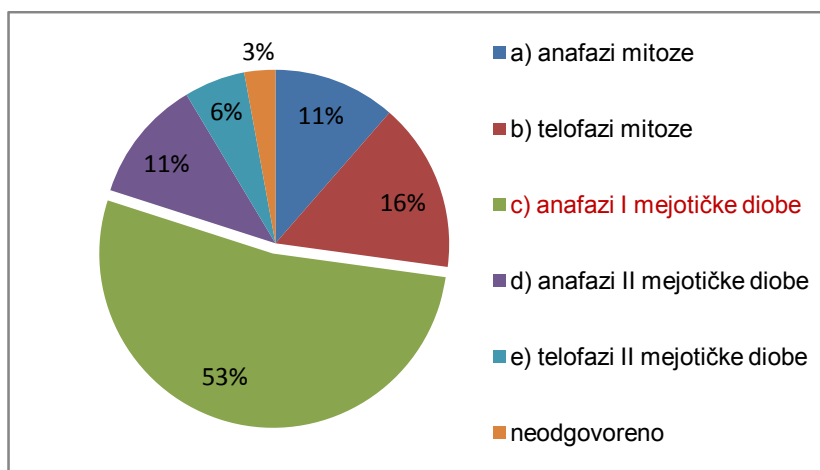
Analizom 6. pitanja utvrđeno je da se kao miskonceptija najčešće javlja da je točan odgovor samo formiranje diobenog vretena u profazi (21% učenika) (slika 20) i ništa više od ponuđenog, a rezultat je usvajanje činjenica bez razumijevanja. Prema tipu pitanje pripada alternativnom izboru. Riješeno s uspješnošću od 46% i to je najlošije riješeno pitanje u B grupi. Indeks diskriminativnosti iznosi 0,45 (tablica 7) i

prema tome kriteriju je pitanje izvrsno jer jasno diskriminira učenike. Procjenom kvalitete pitanje je ocijenjeno dobro postavljenim (KP= 3,75) (prema tablici 2).

9. pitanje:

Dvostruke kromosome (građene od dvije kromatide) imaju stanice u ...

- a) anafazi mitoze
- b) telofazi mitoze
- c) anafazi I mejotičke diobe
- d) anafazi II mejotičke diobe
- e) telofazi II mejotičke diobe



Slika 21. Analiza odgovora 9. pitanja završne provjere znanja grupe B

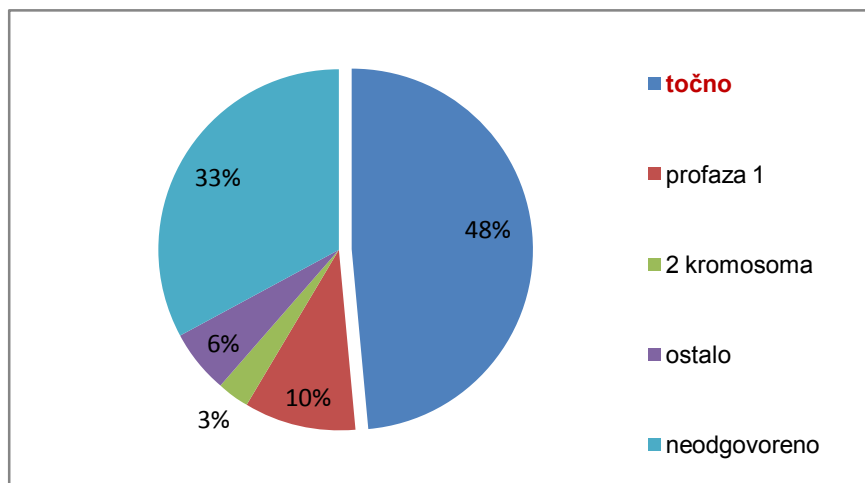
Analizom 9. pitanja utvrđeno je da je riješeno s uspješnošću od 53% (slika 21). Najčešća utvrđena miskoncepcija je „dvostruke kromosome“ imaju stanice u telofazi mitoze (16%) (slika 21). Prema tipu pitanje pripada pitanju alternativnog izbora. Miskoncepcije su rezultat usvajanja činjenica bez razumijevanja. Diskriminativnost pitanja iznosi 0,65 (tablica 8) i pitanje je odlično za diskriminaciju najboljih i najlošijih učenika. Prema kvaliteti pitanje je procijenjeno dobrim (KP=3,96) (prema tablici 2).

12. b pitanje:

Objasni pojmove ...

b) bivalent

struktura koja se sastoji od dva spojena homologna kromosoma (profaza 1)



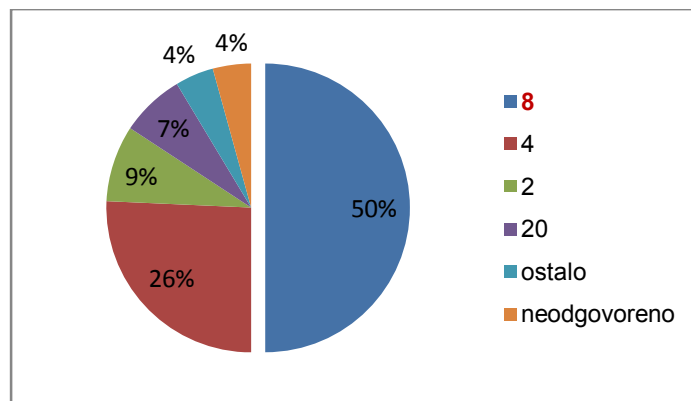
Slika 22. Analiza odgovora pitanja završne provjere znanja grupe B

12.b pitanje je riješeno s uspješnošću 48% ($p=0,48$) (slika 22). Najčešća miskoncepcija „profaza 1“, jer se taj odgovor pojavljuje kod 10% učenika, odnosno od ukupnog udjela učenika koji su ponudili netočne odgovore najviše je onih koji nude ovaj odgovor. Miskoncepcija je rezultat nerazumijevanje pojmova i onoga što se od njih traži u pitanju. Detektirano je ukupno 7 različitih netočnih odgovora dok 33% učenika na ovo pitanje nije ponudilo odgovor pa ovo pitanje ne prikazuje precizno njihove miskoncepcije. Vidljivo je da nisu usvojili jedan od ključnih pojmova mejoze. Prema diskriminativnosti ($D=0,55$) pitanje je izvrsno postavljeno (tablica 7).

14.a pitanje:

Dvije stanice od kojih svaka ima $2n = 40$ kromosoma dijele se mejozom.

a) Koliko će stanica nastati na kraju diobe? broj stanica 8



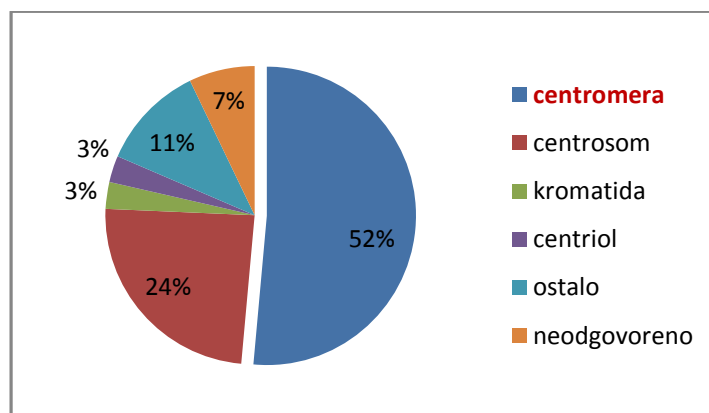
Slika 23. Analiza odgovora pitanja završne provjere znanja grupe B

14.a pitanje završne provjere B grupe je riješeno s uspješnošću 50% (slika 23). Ukupno je utvrđeno 6 različitih netočnih odgovora, a najčešća miskoncepcija je da diobom nastaju 4 stanice. Uzrok tome je usvajanje činjenica bez razumijevanja (E), no postoji i mogućnost utjecaja formulacije iz udžbenika. U udžbenicima se dioba najčešće prikazuje na jednoj stanici što je učenike moglo zbuniti. Diskriminativnost iznosi 0,75 (tablica 7) pa je prema tom kriteriju pitanje izvrsno. Procjenom kvalitete pitanje je dobro (KP= 3,92) (prema tablici 2).

18.d. pitanje:

Na crtežu je prikazan metafazni kromosom. Na prazne crte upiši nazive označenih dijelova kromosoma

d) centromera



Slika 24. Analiza odgovora pitanja grupe B završne provjere znanja

18.d pitanje je riješeno s uspješnošću 52% (slika 24). Neodgovoreno pitanje je ostavilo 7% učenika dok je 41% ponudilo netočan odgovor. Utvrđeno je 12 različitih netočnih odgovora, od kojih je najučestalija miskoncepcija „centrosom“ (24%), a rezultat je nerazumijevanje pojmova ili mogućeg jezičnog miješanja sličnih naziva: centrosom i centromera. Diskriminativnost iznosi 0,65 (tablica 7) pa je prema tom kriteriju pitanje izvrsno.

U prethodno prikazanim rezultatima obrade pitanja inicijalne i završne provjere utvrđene miskoncepcije su razvrstane po kriteriju njihova nastanka (Lukša, 2011) i prikazane su u tablici 8. Najčešće su miskoncepcije nastale zbog usvajanja činjenica bez razumijevanja (E) (58%), nerazumijevanja pojmova (B) (42%).

Tablica 8. Prikaz analiziranih pitanja i uzroka nastanka najčešće zabilježenih miskoncepcija

Pitanja inicijalne provjere	Uzrok nastanka miskoncepcije	Pitanja završne provjera (grupa A)	Uzrok nastanka miskoncepcije	Pitanja završne provjera (grupa B)	Uzrok nastanka miskoncepcije
2. (a, b)	B ³	3.	E	6.	E
7. (b, c)	E ⁴	6.	E	9.	E
8.	E	9.	E	12.b	B
13. (a, b)	B	11.h	B	14.a	E
17. (b, c, e)	E	12. (a, b)	B	18.d	E
19.	B	14.a	E		
20.	E				

5.6. Usporedbe miskoncepcija inicijalne i završne provjere znanja

Na temelju utvrđenih miskoncepcija u inicijalnoj provjeri sastavljana su pitanja za završnu provjeru kako bi se utvrdilo jesu li utvrđene miskoncepcije ispravljene ili zadržane. Ovdje se prikazuje usporedba sličnih pitanja kako bi se to moglo pratiti. Prvo pitanje koje se uspoređuje je 2. pitanje inicijalne provjere, a uspoređuje se s 11.e pitanjem iz grupe A i B.

³ B-nerazumijevanje pojmova

⁴ E-usvajanje činjenica bez razumijevanja (prema tablici 1, Lukša 2011)

2. pitanje inicijalne provjere:

Molekula DNA povezana s proteinima čini kromatin. On je zrnatog izgleda premda je građen od niti koje se za vrijeme diobe spiraliziraju u kromosome.

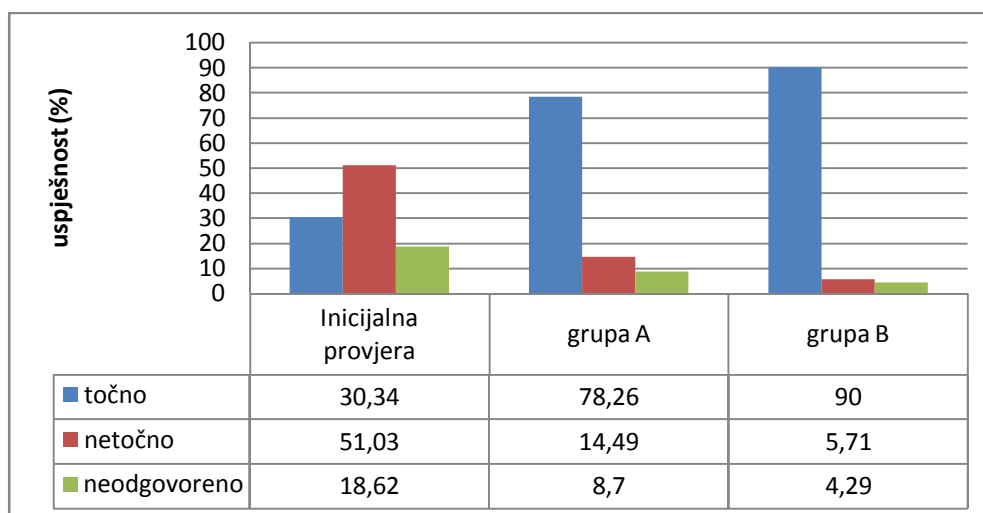
11.e pitanje završne provjere (grupa A):

Slovo ispred pojma u lijevom stupcu uredno napiši pored odgovarajućeg pojma u desnom stupcu. f) nukleosom DNA namotana na histone

11.e pitanje završne provjere (grupa B)

Slovo ispred pojma u lijevom stupcu uredno napiši pored odgovarajućeg pojma u desnom stupcu.

e) kromatin osnovna građevna jedinica je nukleosom



Slika 25. Usporedba rezultata 2.a pitanja inicijalne provjere s 11.e (grupa A) i 11.f (grupa B) završne provjere znanja

Prema tipu zadatka 2.a pitanje inicijalne provjere pripada zadatku dopunjavanja (tablica 2), a 11.e pitanje završne provjere znanja iz obje grupe pripada pitanju pridruživanja. U inicijalnoj provjeri pitanje je uspješno riješilo 30,34% učenika, 18,62% nije ponudilo odgovor dok je većina (51,03%) ponudila netočan odgovor (slika 25). Najčešća utvrđena miskoncepcija „kromosom“ javlja se kod 32% učenika, iako pitanje učenicima sugerira da to nije točan odgovor 2.a pitanja, već se on traži kao odgovor u 2.b pitanju. Ova miskoncepcija je nastala zbog ne razumijevanja pojmova. Pitanje se u inicijalnom testiranju pokazalo dobrim za diskriminaciju učenika

($D=0,25$). U završnoj provjeri se sličnim pitanjem ispituje ista činjenica. To pitanje učenici su riješili s uspješnošću od 78,26%, dok je netočno na pitanje odgovorilo 14,49% učenika. Učenici koji su rješavali grupu B 11.e pitanje su riješili s uspješnošću 90%, a netočno je odgovorilo samo 5,72% učenika. Na ovom primjeru je vidljivo da je kod većine učenika došlo do ispravljanja miskoncepcija i razvoja ispravnog konceptualnog znanja.

8. pitanje inicijalne provjere:

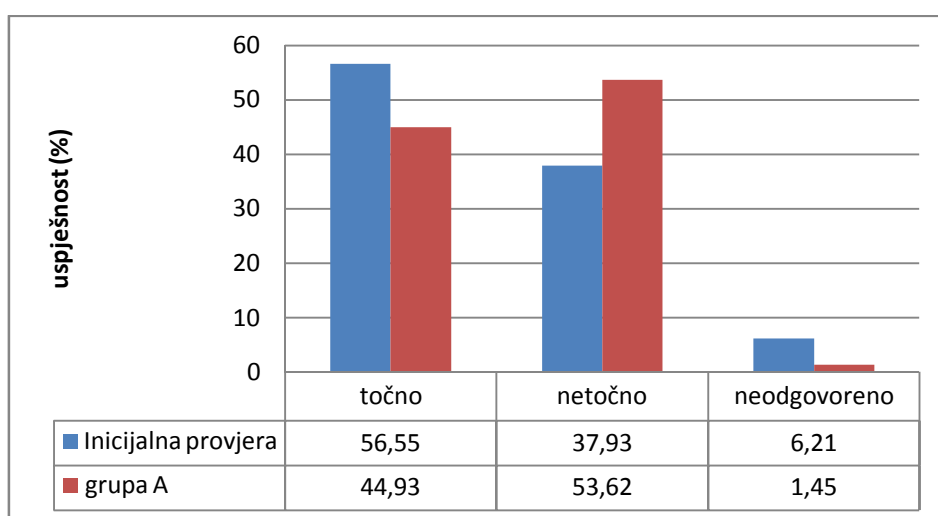
Odaberi netočnu tvrdnju o mitozu.

- a) Mitozom nastaju genetički različite jedinke.
- b) Mitozom rastemo.
- c) Mitoza se odvija od zigote do smrti jedinke.
- d) Stanice nastale mitozom imaju dvostruki broj kromosoma.

6. pitanje završne provjere (grupa A):

Što je točno za mejozu?

- a) to je dioba spolnih stanica
- b) događa se u diploidnoj roditeljskoj stanici
- c) u mejozi I. dolazi do ekvacijske diobe
- d) bivalenti se oblikuju tijekom telofaze I.



Slika 26. Usporedba rezultata 8. pitanja inicijalne provjere znanja sa 6. pitanjem (grupa A) završne provjere znanja

Prema tipu zadatka 8. pitanje inicijalne provjere i 6. pitanje završne provjere grupe (A) pripadaju tipu pitanja alternativnog izbora. U pitanju se između ponuđenih odgovora traži odabir točne, odnosno netočne tvrdnje. 8. pitanje inicijalne provjere riješeno je s uspješnošću od 56,55%, 6,21 % učenika nije ponudilo odgovor, dok su je 37,93% učenika netočno odgovorilo na postavljeno pitanje. U završnoj provjeri grupe (A) slično pitanje točno je riješilo 44,93% učenika, a udio netočnih odgovora se povećao na 53,63%. Ovaj primjer pokazuje da se miskoncepcije, utvrđene inicijalnim testiranjem, nisu otklonile. Nije došlo do razvoja konceptualnog znanja, čak naprotiv udio miskoncepcija nastalih zbog usvajanja činjenica bez razumijevanja se povećao.

13.b pitanje inicijalne provjere:

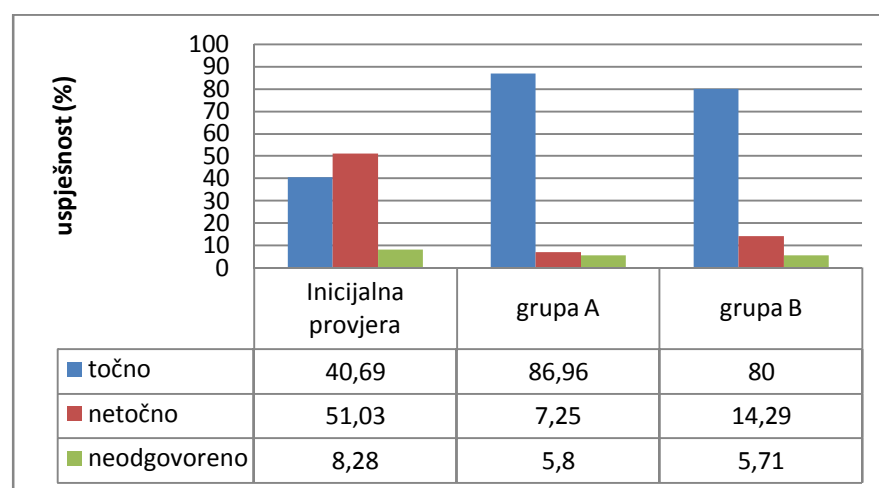
Ako se jedna stanica sa 6 kromosoma dijeli mitozom, broj kromosoma u stanicama nastalim mejozom iznosi 3.

14.b pitanje završne provjere (grupa A):

Dvije stanice od kojih svaka ima $2n = 20$ kromosoma dijele se mejozom. Koliki će biti broj kromosoma u svakoj nastaloj stanici? broj kromosoma 10

14.b. pitanje završne provjere (grupa B):

Dvije stanice od kojih svaka ima $2n = 40$ kromosoma dijele se mejozom. Koliki će biti broj kromosoma u svakoj nastaloj stanici? broj kromosoma 20



Slika 27. Usporedba rezultata 13.b. pitanja inicijalne provjere znanja sa 14.b (grupa A) i 14.b pitanjem (grupa B) završne provjere znanja

13.b pitanje inicijalne provjere znanja, 14.b pitanje iz obje grupe završne provjere znanja pripadaju prema Grgin (1994) pitanju dopunjavanja. U inicijalnoj provjeri pitanje je riješeno s uspješnošću 40,69%, a najčešća miskoncepcija (17%) „ako se stanica sa 6 kromosoma dijeli mejozom nastale stanice imaju 12 kromosoma“. Ona je nastala zbog usvajanja činjenica bez razumijevanja. Diskriminativnost pitanja iznosi 0,37 i prema tom kriteriju pitanje je odlično za diskriminaciju najboljih i najlošijih učenika. U završnoj provjeri slično pitanje se pojavljuje u obje grupe, no traži se broj kromosoma nastalih diobom dvije stanice. U A grupi uspješno je pitanje riješilo 86,96% učenika, a u B grupi 80% učenika. Zbog ovoga se može smatrati da je došlo do ispravljanja miskoncepcije.

18. pitanje inicijalne provjere:

Uz pomoć slike 3.(prilog 2) zaključi kada u tijeku mitoze dolazi do citokineze (podjela citoplazme)?

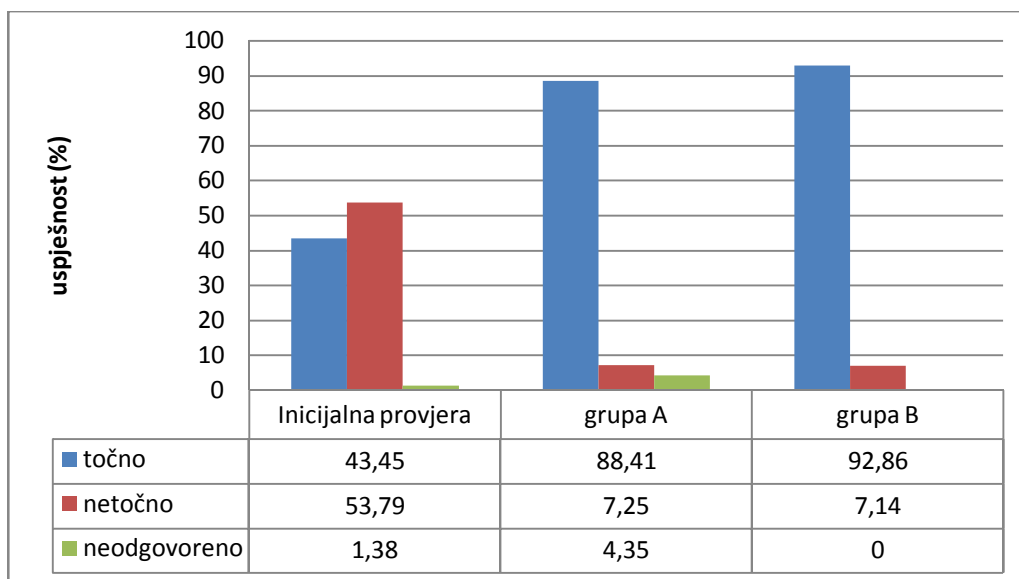
- a) nakon profaze
- b) nakon metafaze
- c) nakon anafaze
- d) **nakon telofaze**

17. pitanje završne provjere (grupa A):

Zaokruži broj iznad slike (prilog 2.a) koja prikazuje anafazu. 4

17. pitanje završne provjere (grupa B):

Zaokruži broj iznad slike (prilog 2.a) koja prikazuje metafazu. 3



Slika 28. Usporedba rezultata 18. pitanja inicijalne provjere znanja sa 17. (grupa A) i 17. pitanjem (grupa B) završne provjere znanja

18. pitanje inicijalne provjere prema tipu pripada pitanju alternativnog izbora. Na temelju crteža su učenici trebali zaljkučiti kada dolazi do citokineze. Uspješno je pitanje riješilo 43,45% učenika, a najčešća miskoncepcija je da do citokineze dolazi nakon anafaze. Ona se javlja kod 38% učenika, a rezultat je nerazumijevanja pojmova. U grupi A 17. pitanje uspješno je riješilo 88,41% učenika, dok je u grupi B to pitanje točno riješilo 92,86% učenika. Ovdje je vidljivo da je došlo do ispravljanja miskoncepcija.

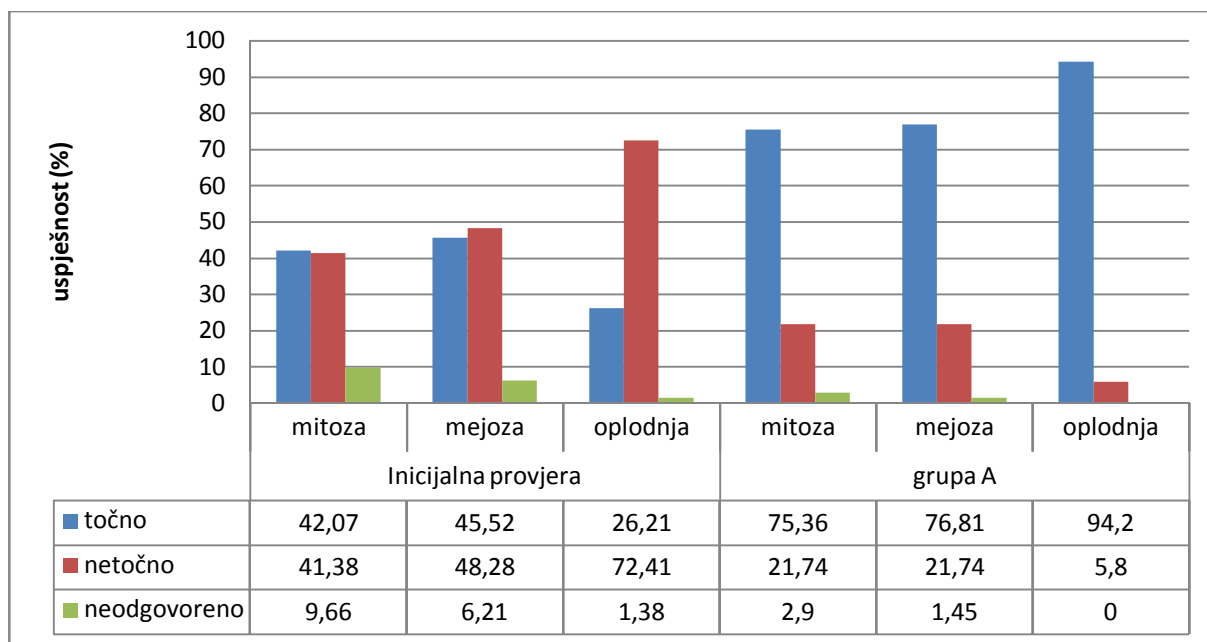
17. pitanje inicijalne provjere:

Slika 2. (prilog 1) prikazuje životni ciklus ribe. Na odgovarajuće mjesto upiši ponuđeni pojam: 2n, n, mitoza, mejoza, oplodnja

b) mitoza c) mejoza e) oplodnja

18. pitanje završne provjere (grupa A):

Na crtežu (prilog 2.b) u odgovarajuće polje upiši jedan od ponuđenih pojmova: oplodnja, zigota, mitoza, mejoza



Slika 29. Usporedba rezultata 17. (b, c, e) pitanja inicijalne provjera znanja sa 18. (a, b, c) (grupa A) završne provjere znanja

U 17. pitanju inicijalne provjera samo je 26,21% učenika na predviđeno mjesto točno odgovorio da se radi o oplodnji. Dok je u završnoj provjeri grupe A točno na to pitanje odgovorilo 94,2%. Jednako tako vidljiv je i veći udio točnih odgovora „mitoza“ i „mejoza“. Pa se iz ovog pitanja jasno može vidjeti da je došlo do ispravka miskoncepcija koje su bile posljedica usvajanja činjenica bez razumijevanja.

6. RASPRAVA

U provedenom istraživanju utvrđene su neke od najčešćih miskoncepcija kod učenika prvog razreda gimnazije koje se odnose na nastavnu cjelinu *Životni ciklusi*. Na temelju rezultata provedenog inicijalnog ispita utvrđene su miskoncepcije koje su bile prisutne iz osnovne škole te se prema njima konstruirao završni ispit kako bi se provjerio njihov daljnji razvoj. Jednim dijelom prethodno prisutne miskoncepcije su se potvrdile, a većim dijelom je došlo do njihova ispravljanja u ispravno konceptualno razumijevanje.

Inicijalna provjera je riješena s prosječnom uspješnošću 59,96%. Nije vrednovana ocjenom pa postoji mogućnost da učenici nisu previše razmišljali oko odgovora jer je izostala motivacija. A nemotiviranost negativno utječe na učenička postignuća, odnosno na rezultate pismenih provjera znanja (Lord, 1997). Nemotiviranost učenika vidljiva je u 7.b i 7.c pitanju inicijalne provjere znanja gdje se tražilo ispravljenje netočnog odgovora. Većina učenika je prepoznala da se radi o netočnom odgovoru, no u 7.b pitanju odgovor nije ispravilo čak 30% učenika, a u 7.c to nije napravilo njih 28%. Također je vidljivo da je dio učenika ostavljao praznim pitanja koja su bila viših kognitivnih razina, primjer toga je 19. pitanje koje pripada najvišoj kognitivnoj razini rješavanju problema, a neodgovorenim ga je ostavilo 23% učenika. Uzrok tome može biti težina pitanja, ali i nemotiviranost dugačkim esejskim pitanjem.

U 2.a pitanju inicijalne provjere ispituje se činjenično znanje, a uspješno ga je riješilo 30% učenika. Iako se radi o pitanju koje ispituje činjenično znanje pa je teško na osnovi njega donositi zaključke o konceptualnom razumijevanju, ono je poslužilo za identificiranje problema jer je prema rezultatima bilo jasno da učenici miješaju pojmove „kromatin“ i „kromosom“ koji se javlja kod 32% učenika kao netočan odgovor. Po 11. pitanju završne provjere u obje grupe vidljivo je ispravljanje ove miskoncepcije. To pitanje u A grupi učenici su riješili s uspješnošću od 78%, dok je netočno na pitanje odgovorilo 14% učenika, a učenici koji su riješavali grupu B 11.e pitanje su riješili s uspješnošću 90%, dok je netočno je odgovorilo samo 6% učenika.

U inicijalnoj provjeri 13.a pitanje vezano je za prepoznavanje pravilnosti u diobi mitoze. U pitanju se ispituje broj kromosoma u stanici nakon mitoze. Vidljivo je da je 43% učenika ispravno usvojilo ovu koncepciju, dok se kao najčešći netočni odgovor

kod 25% učenika javlja dvostruko veći broj kromosoma čime je vidljivo da su ti učenici usvojili dio koncepcije vezan za dvostruki broj, ali nisu sigurni kako ga primjeniti. To su pokazali i rezultati NCVVO-a (2010) istraživanja provedenog u osnovnim školama. U tom istraživanju čak 43% učenika izabire dvostruko veći broj kromosoma kao točan odgovor, dok je ovdje, u prvom razredu gimnazije ipak vidljivo smanjenje toga na 25%. Prema Lewis i sur., (2000) također je vidljivo da preko polovice učenika ne usvaja koncepciju broja kromosoma u stanicama što se dovodi u kasniju vezu s nerazumijevanjem pojmova autosomi i gonosomi u četvrtom razredu gimnazije.

U inicijalnoj provjeri znanja 15. pitanje je riješeno s najmanjom uspješnošću od samo 20%. Prema Bloomovoj taksonomiji ovo pitanje pripada najvišoj razini, vrednovanju, na kojoj bi učenik trebao moći procijeniti vrijednosti ideje na temelju zadanog kriterija, što je ovdje izostalo. Rezultati ne iznenađuju jer je trend pada uspješnosti prema višim kognitivnim razinama utvrđen i u analizi rezultata ispita državne mature. Prema njima je jasno vidljivo da su pitanja najviše razine najslabije riješavana, a jedan od uzroka je to što u školama uglavnom još uvijek prevladava ispitivanje činjeničnog znanja (Lukša, 2011). U ovom pitanju najčešća miskonceptcija koja se javlja kod 16% učenika je da je DNA manja od kromosoma, a nakon kromosoma po veličini slijedi gen. Ovo pokazuje da učenici ne razumiju temeljne biološke pojmove što je i ranije uočeno. Većina učenika nakon osnovne škole ne usvaja ispravno koncepciju odnosa DNA i kromosoma (Lewis i sur., 2000), što može ukazivati na to da je ona učenicima 8. razreda osnovne škole prezahtijevna, a bolji rezultati njegova usvajanja pokazuju se tek u četvrtom razredu gimnazije, iako ju ni onda ne usvoji 40% učenika (Lukša, 2011). Ovo pitanje može se povazati i s nerazumijevanjem odnosa između veličine stanice, atoma i molekula koje su prikazali Wastbrook i Marek (1991) što ukazuje da su ti pojmovi učenicima previše apstraktni da bi ih ispravno usvojili. Stoga bi bilo potrebno istražiti koji bi bio najbolji način za uvođenje ove koncepcije u osnovne škole te njen daljnji razvoj.

Miskonceptcija istaknuta kod drugih autora (Marek, 1986; Lukša, 2011) prema kojoj jedna petina učenika smatra da u građu kromosoma ulazi i RNA s podjednakom zastupljenošću se pokazala u 9. pitanju inicijalne provjere koje je netočno riješilo

33% učenika. To pokazuje da značajan broj učenika ima problem s razumijevanjem pojma nukleinskih kiselina.

Razumijevanje koncepcije mitoze istražuju i drugi autori pri čemu je vidljivo da je uz njega vezano mnogo miskoncepcija (Lewis i Robinson, 2010). Utvrđeno je da su upravo miskoncepcije vezane za tu koncepciju izuzetno otporne na promjene (Chi, 2005). Tijek mitoze se u inicijalnoj provjeri ispitao 18. pitanjem. To pitanje je uspješno riješilo 43% učenika, a najčešća miskoncepcija koja se javila kod 38% učenika je „do citokineze dolazi nakon anafaze“. U završnoj provjeri 17. pitanjem u obje grupe se ispituje tijek mitoze i rezultati pokazuju da je 17. pitanje A grupe uspješno riješilo 88% učenika, a 17. pitanje B grupe je uspješno riješilo 92% učenika što dovodi do zaključka da je došlo do ispravljanja miskoncepcija i razvoja ispravnog konceptualnog razumijevanja tijekom procesa mitoze. Ovi rezultati se ne slažu sa ispitivanjem iste činjenice kod drugih autora, gdje u prvom razredu gimnazije samo četvrtina učenika točno odgovara na pitanja koja ispituju tijek mitoze (Lukša, 2011). Na to pitanje su analizirana i očekivanja nastavnika, koja su se za ovu koncepciju pokazala vrlo niskim, prema tome je vidljivo da su i nastavnici u ovom slučaju svjesni postojanja problema. Postizanja bolje uspješnosti u završnoj provjeri može biti rezultat detektiranja problema nakon provedenog inicijalnog testiranja pa je bilo lakše pristupiti njegovu ispravljanju.

Prilikom obrade mitoze i mejoze često se nastavnici previše upuštaju u detalje što dovodi do toga da učenici na kraju ne razumiju smisao tih procesa (Lukša, 2011). Ti rezultati su dobiveni i analizom 8. pitanja inicijalne provjere koje ispituje proces mitoze i 6. pitanja završne provjere grupe A koje na sličan način ispituju proces mejoze. Oba pitanja su prema tipu pitanja, pitanja alternativnog izbora. U inicijalnoj provjeri 37% učenika nije dalo točan odgovor vezano za mitozu, dok se nakon obrađene cjeline taj udio za mejozu povećao na čak 53%. Ovdje je vidljivo da se miskoncepcije nastale zbog usvajanja činjenica bez razumijevanja nisu ispravile, već se njihov udio kod učenika povećao. U inicijalnoj provjeri se tražilo odabiranje netočnog odgovora vezanog za mitozu pa postoji mogućnost da je učenike možda zbunila i konstrukcija samog pitanja, odnosno prisutnost negacije. Pitanja s negacijom mogu predstavljati problem jer onemogućavaju utvrditi jesu li netočni odgovori posljedica nerazumijevanja koncepcije ili nepažljivog čitanja (Lukša, 2011)

stoga ih se ne preporučuje u provjerama znanja. Stoga je vrlo važno promišljanje o konstrukciji pitanja za točnije detektiranje miskoncepcija (Klymkowsky i sur., 2008).

Završna provjera je bila vrednovana ocjenom što je doprinjelo visokoj uspješnosti jer vrednovanje znanja može biti dobar izvor motivacije, pogotovo kod učenika koji imaju strateški pristup učenju koji se kroz provjere pokazao. Porast uspješnosti koncepcija vezanih za cjelinu *Životni ciklusi* nakon obrade cjeline vidljiv je i kod drugih autora (Lukša, 2011), gdje se navodi da nakon 8. razreda osnovne škole i prijelaza u gimnaziju dolazi do značajnog napretka u uspješnosti shvaćanja tog koncepta. Dobri rezultati koje pokazuje završna provjera znanja u obje grupe, dokazuje da su predkoncepti o nekoj temi dobro podstavljeni i da su novostečene koncepcije pravilno usvojene i povezane sa starima te omogućavaju daljnju nadogradnju znanja (Lord, 1997).

U završnoj provjeri znanja u obje grupe razina činjeničnog znanja zastupljena je s prihvatljivih 35% dok je kod drugih autora vidljiva tendencija povećanja ispitivanja činjeničnog znanja unutar makrokoncepta razmnožavanja (Lukša, 2011). To pokazuje i analiza pitanja županijskih natjecanja u kojima se ovaj koncept ispitao zastupljenošću činjeničnog znanja s čak 68%.

U obje grupe završne provjere 16. pitanje je riješeno s viskom uspješnošću, no to je primjer pitanja koje se preporuča izbjegavati u ispitivanjima jer učenici biraju odgovor između dva ponuđena odgovora, u ovom slučaju je to točna, odnosno netočna tvrdnja pa je statistička vjerojatnost 50% čak i kod pogađanja odgovora, stoga takva pitanja nisu pogodna za utvrđivanje miskoncepcija.

Miješanje pojmova je vidljivo u 18. d pitanju završne provjere B grupe. Na to pitanje netočno je odgovorilo 41%, od čega 24% učenika miješa pojmove centromera i centrosom što pokazuje da učenike slični nazivi zbunjuju. Javljanje miskoncepcija zbog sličnih naziva vidljivo je i u prethodnim istraživanjima, posebno autori navode da je to značajno za nazive iz područja u genetike, pa se primjerice često miješaju hemizigot i homozigot (Bahar, 2003).

U slično provedenom istraživanju (Posavac, 2013) među učenicima sedmih razreda osnovne škole utvrđivane su miskoncepcije na cjelinu *Biljno carstvo*. Prema rezultatima oba istraživanja jasno se vidi postojanje miskoncepcija. No, rezultati u

daljnjem razvoju miskoncepcija se poprilično razlikuju. Kod učenika u gimnaziji dolazi do značajnog ispravljanja miskoncepcija nakon obrade gradiva vezanog za cjelinu *Životni ciklusi*, što nije vidljivo kod učenika sedmih razreda nakon obrade gradiva vezanog za cjelinu *Biljno carstvo*. Razlog tome može biti dob učenika, jer nakon osnovne škole dolazi do lakšeg shvaćanja traženog koncepta, no jednako tako važan utjecaj ima motivacija. Istraživanje provedeno u osnovnoj školi nije vrednovano ocjenom za razliku od završnog istraživanja u gimnaziji koje je izvršeno u sklopu rednovne pismene provjere nakon obrađene cjeline.

Kako bi se pojedini koncepti bolje usvojili potrebno je rasteretiti nastavni program od prevelike faktografije, a povećati aktivnosti učenika praktičnim radovima (McDermotta, 1993). Tradicionalna nastava koja se uveliko temelji na udžbenicima pokazala je lošije rezultate u izgradnji ispravnih koncepata. Istraživanja u Turskoj su pokazala je da je za konceptualnu promjenu potrebno nastavi pristupati različitim metodama jer udžbenici također mogu biti izvor miskoncepcija (Dikmeneli i sur., 2009). U Hrvatskoj se vezano za ovu cjelinu navodi da kod učenika osmih razreda udžbenici mogu biti izvor miskoncepcija za pojmove: diploid, haploid, kromatide. A tom u prilog ide i preveliki broj činjenica koje se navode. Također nastanku miskoncepcija pomaže i to što učenici često uče napamet, pri čemu ne dolazi do stvarnog razumijevanja koncepta već samo reprodukcije činjenica. U ovom području značajniju ulogu u razvoju miskoncepcija zauzimaju i animacije za vizualizaciju (Rundgren, 2009). Ovdje je vrlo važno voditi računa o dizajnu animacija i njihovoj povezanosti s ciljevima učenja, te posebnu pažnju treba posvetiti predznanju učenika kako animacije ne bi donijele učeniku više štete, nego koristi u razvoju konceptualnog razumijevanja.

Aktivan način učenja značajno doprinosi ispravnoj izgradnji koncepta jer se na taj način učenici suočavaju s njihovim dotadašnjim konceptima. Da bi došlo do njihova uklanjanja kod učenika mora postojati nezadovoljstvo s postojećim konceptom, odnosno on im više ne objašnjava nove probleme i nastale situacije. Novi koncept treba biti razumljiviji, u suprotnosti sa starim kako bi učeniku pružio zadovoljavajuće obrazloženje. Tek kad učenici uoče smisao novog koncepta doći će do zamjene postojećih miskoncepcija. Važno je da novi koncept bude uvjerljiviji, omogućuje objašnjenje nekog problema koji postojeća koncepcija ne može pojasniti.

Kako bi se mogao koristiti u rješavanju problema u realnom svijetu on učeniku mora biti plodonosniji od starog koncepta (Strike i Posner, 1985). Primjena suvremenih metoda rada u nastavi pozitivno utječe na učenička postignuća jer učenici postižu najbolje rezultate na najvišim razinama znanja što je i cilj obrazovnog procesa i slaže se sa dosadašnjim istraživanjima iz ovog područja (Lord, 1997). No i nakon provođenja suvremenih metoda još uvijek 20% učenika zadržava svoje ranije nastale miskoncepcije (Strike i Posner, 1985) što pokazuje da ne postoji potpuno učinkovita metoda za njihovo uklanjanje.

7. ZAKLJUČAK

Nakon provedene analize i usporedbe rezultata inicijalne i završne provjere u prvom razredu gimnazije izvedeni su sljedeći zaključci:

- Završna provjera je vrednovana ocjenom, dok inicijalna nije pa se na rezultate odrazila i motiviranost učenika za uspjehom;
- U inicijalnoj provjeri miskoncepcije su podjednako uzrokovane nerazumijevanjem pojmova i usvajanjem činjenica bez razumijevanja;
- Miskoncepcije u završnoj provjeri uglavnom su uzrokovane usvajanjem činjenica bez razumijevanja, dok su se miskoncepcije uzrokovane nerazumijevanjem pojmova iz inicijalne provjere ispravile;
- U završnoj provjeri je vidljiv pomak u ispravljanju miskoncepcija, odnosno vidljiva je zamjena netočnih koncepcija s novim, valjanim koncepcijama;
- Miskoncepcije koje su se zadržale i nakon obrade gradiva su:
 - mejoza je dioba spolnih stanica
 - DNA je manja od kromosoma, a nakon kromosoma po veličini slijedi gen
- U obje provjere znanja vidljivo je da učenici uspješnije rješavaju pitanja prve kognitivne razine u odnosu na pitanja viših kognitivnih razina;
- Na temelju provedenog istraživanja može se zaključiti da su ciklusi mitoze i mejoza učenicima osnovne škole previše apstraktni i povezani s velikim brojem miskoncepcija.

8. LITERATURA

- Abimbola, IO. 1988. The problem of Terminology in the Study of Students Conceptions in Science, *Science Education*, 72 2:175-184
- Anderson, L.W., Krathwol, DR., Bloom, B. S. 2001. *A Taxonomy in Educational Objectives*, New York, NY: Longman, 78-94
- Ausubel, DP. 2000. *The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view*. Kluwer Academic Publishers; Dordrecht, 79-122
- Bahar, M. 2003. Misconceptions in biology education and conceptual change strategies. *Educational Science* 3:55-64
- Baumstark, BR., Poole, TM., Michelich, V., Shanholtzer, S., 2002. Standards for Biology major- level 14., Quality in Undergraduate Education, A project by the Education Trust & the National Association of System Heads (NASH) in association with Georgia State University, <http://www2.gsu.edu/~wwwque/about/index.html>., preuzeto 17.7.2013
- Bogut, I., Đumlija, S., Lukačević, K., Marceljak-Ilić, M. *Udžbenik iz biologije za prvi razred gimnazije*, ALFA, Zagreb 2008
- Boo HK., Ang KC, 2004. *Theachers misconceptions of Science as revealed in science examination papers*. Annual Conference of the Educational Research Association, Singapore
- Bukvić, A. 1982. *Načela izrade psiholoških testova*, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 35-38
- Caramazza, A., McCloskey, M., Green, B. 1981. *Native Beliefs in „Sophisticated“ Subjects: Misconceptions about Trajectories of Objects*. *Cognition* 9 2:117-123
- Carey, S. 1985. *Conceptual Change in Childhood*. Cambridge, MA:MIT Press, 167-182
- Chi, MTH. 2005. Commonsense conceptions of emergent processes: why some misconceptions are robust. *Journal of the learning sciences*. 14 2:161-199

- Cho, H.H., Kahle, J.B., Nordland, F.H. 1985. An investigation of high school biology textbooks as sources of misconceptions and difficulties in genetics and some suggestions for teaching genetics. *Science Education*, 69, 707-719.
- Cohen, L., Manion, L., Morrison, K., 2007. *Metode istraživanja u obrazovanju*. Naklada Slap Jastrebarsko, 49-71
- Crooks, T. 1988. Assessing Student Performance, (*Green Guide* No 8), Higher Education Research and Development Society of Australasia (HERDSA), Sydney
- Dikmenli, M., Cardak, O., Öztas, F., 2009. Conceptual Problems in Biology-Related Topics in Porimary Science and Technology. *International Journal of Environmental & Science Education*, 4 4:429-440
- Duschl, RA., Schweingruber, HA., Shouse, AW., 2007. *Taking Science to School: learning and Teaching Science in Gades K-8*. Washington, DC: National Academy
- Fisher, K. 1985. A Misconception in Biology: Amino Acid and Translation, *Journal of Research in Science Teaching*, 22:53-62
- Grgin, T. 1999. *Školsko ocjenjivanje znanja*, Naklada Slap, Jastrebarsko, p.196
- Hestenes, D., Wells, M., Swackhamer, G. 1992. *Force Concept inventory*. Physics Teach 30 3:141-158
- Khodor, J., Gould Halme, D., Walker, G.C. 2004. A Hierarchical Biology Concept Framework: A Tool for Course Design, *Cell Biology Education*, 3:111-121
- Klymkoasky, MW., Garvin-Doxas, K., Zeilik, M. 2003. Bioliteracy and teaching efficacy: What biologists can learn from physicists: *Cell Biology Education*, 2:151-161
- Klymkowsky, M.W., Garvin-Doxas, K. 2008. Recognizing Student Misconceptions Throuhg Ed's Tools and the Biology Concept Inventory, *PLoS Biology*, 6,1:3
- Krsnik, R. 2008. *Suvremene ideje u metodici nastave fizike*, Školska knjiga d.d., Zagreb, 59-77

- Lambert, N. M., McCombs, B. L., 1998. *How students learn: Reforming schools through learner centered education* (pp.1-22) Washington, DC: American Psychological Association, 1-22
- Landis, JR. I Koch, GG. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 1 33:159-174.
- Lewis, J., Leach, J., Robinson, CW., 2000. Chromosomes: the missing link-young people understanding of mitosis, meiosis, and fertilization, *Jurnal of Biological Education*, 34 4:189-199
- Lewis, J., Robinson, CW., 2010. Genes, chromosomes, cell division and inheritance-do students see any relationship? *Science Education*, 22:177-197
- Lord, TR. 1997. A comparison between traditional and constructivist teaching in college biology. *Innovative higer education* 3 21:197-216
- Lukša, M. 2011. *Učeničko razumijevanje i usvojenost osnovnih koncepata u biologiji*, doktorska disertacija, PMF Zagreb, 54-228
- Marek, EA, 1986. They misunderstand, but they'll pass. *The Science Teacher*, 53 9: 32-35
- McCloskey, M. 1983. Native Theories of Motion. In D. Gentner & A. N. Stevens (Eds.), *Mental Models*. Hillsdale, NJ: Erlbaum. 299-324
- McDermott, LC. 1993. *How we teach and how students learn*. Ann NY Acade Science 701: 9-20
- NCVVO 2010. Kvalitativna analiza ispita provedenih 2008. godine u osnovnim školama, Izvješće o projektu, NCVVO, Zagreb
- Petz, B. 2004. *Osnovne statističke metode za nematematičare*, Naklada Slap, Jastrebarsko
- Pintrich, P.R. 2000. Education psychology at the millennium: A look back and a look forward. *Educational Psychologist*, 35 4, 221-226

Posavac, I. 2013. *Istraživanja učestalih miskoncepcija kod učenika osnovne škole na osnovi konstruiranog konceptualnog testa*, diplomski rad, Odjel za biologiju Osijek, 20-53

Radanović, I., Garašić, D., Kapov, S. 2010. *Strategija izrade pitanja za nacionalne ispite u osnovnoj školi 2010./11.*, NCVVO, Zagreb

Rundgren C-J, Hirsch R, Tibell L.A.E., 2009. *Death of metaphors of life science?-a study of upper Secondary and tertiary students' use of metaphors and help-words in their meaning-making of scientific content*. Asia-Pacific Forum of Science Learning and Teaching 10, Article 3, Hong Kong

Strike, K.A., Posner, G.J. 1982. Conceptual Change and Science Teaching, *European Journal of Science Education*, 4 3:231-240

Tunnicliff, SD. 2006. The importance of reserarch to biological education, *Jurnal of Biological Education*, 40 3:99-100

Webb, N. 2002. *Depth-of-Knowledge Levels for Four Content Areas*, http://www.nciea.org/publications/DOKreading_KH08.pdf; preuzeto 22.6.2013.

Westbrook, S., Marek, EA. 1991. A cross-age study of student understanding of food and its functions: A preliminary study of the development of concepts of nutricion. *Jurnal of Applied Developmental Psychology*, 3:135-148

9. PRILOZI

PRILOG 1

Pitanja za inicijalnu provjeru znanja iz cjeline Životni ciklusi za 1. razred gimnazije

1. Objasni pojam: **Životni ciklus**

Na praznu crtu napiši odgovor.

2. Molekula DNA povezana s proteinima čini _____. On je zrnatog izgleda premda je građen od niti koje se za vrijeme diobe spiraliziraju u _____.
3. Kako se naziva osnovna i najmanja jedinica naslijeđivanja? _____
4. Stanice nastale mejozom nazivaju se _____.
5. Mitoza se odvija kroz četiri faze: profaza, metafaza, anafaza i telofaza. U kojoj od navedenih faza dolazi do smještaja kromosoma u jednu ravninu?

6. Razmnožavanje mitozom jednostaničnih eukariota naziva se _____, a razmnožavanje kod mnogostaničnih uključuje mejozu i naziva se _____ razmnožavanje.
7. Ako je tvrdnja točna zaokruži slovo T, a ako je netočna zaokruži slovo N.

Netočne tvrdnje obrazloži.

- | | | |
|---|---|---|
| a) Dioba kojom nastaju spolne stanice naziva se mejoza. | T | N |
| b) Spolne stanice sadržavaju dvostruki broj kromosoma ($2n$). | T | N |
| c) Mitozom nastaju 4 nove stanice identične početnoj. | T | N |
| d) Mejoza se zbiva u dvije faze, a druga je faza slična mitozu. | T | N |

8. Odaberi **netočnu** tvrdnju o mitozu.

- a) Mitozom nastaju genetički različite jedinice.
- b) Mitozom rastemo.
- c) Mitoza se odvija od zigote do smrti jedinice.
- d) Stanice nastale mitozom imaju dvostruki broj kromosoma.

Zaokruži **točan** odgovor:

9. Kromosomi se nalaze u jezgri stanice, a nastaju namatanjem:

- a) molekule DNA
- b) molekule RNA
- c) molekula DNA i RNA

10. Stanice se nekontrolirano dijele mitozom kod:

- a) HIV-a
- b) Tumora
- c) Tuberkuloze
- d) Hepatitisa

11. Dvojajčani blizanci:

- a) Imaju istu nasljednu osnovu
- b) Razvijaju se oplodnjom jedne zrele jajne stanice
- c) Razvijaju se oplodnjom jedne zrele jajne stanice s više spermija
- d) Razvijaju se oplodnjom dvije zrele jajne stanice

12. Prilikom diobe stanice ako je $2n=16$ koliko će kromosoma imati svaka stanica kćeri?

- a) 4
- b) 8
- c) 16
- d) 32

13. Na prazne crte napiši točan broj.

Ako se jedna stanica sa 6 kromosoma dijeli mitozom, a druga mejozom, broj kromosoma u stanicama kćeri nastalih mitozom iznosi____, a broj kromosoma u stanicama nastalim mejozom iznosi_____.

14. Razmisli i odgovori na pitanja.

Na satu biologije Marko je naučio da je broj kromosoma za svaku vrstu stalan. U literaturi je pronašao da je broj kromosoma u stanicama njegove mačke $2n=38$.

a) Koliko je kromosoma u koštanim stanicama Markove mačke _____

b) Susjedov mačak je dvostruko veći od Markove mačke. Koliko je kromosoma u koštanim stanicama susjedova mačka? _____

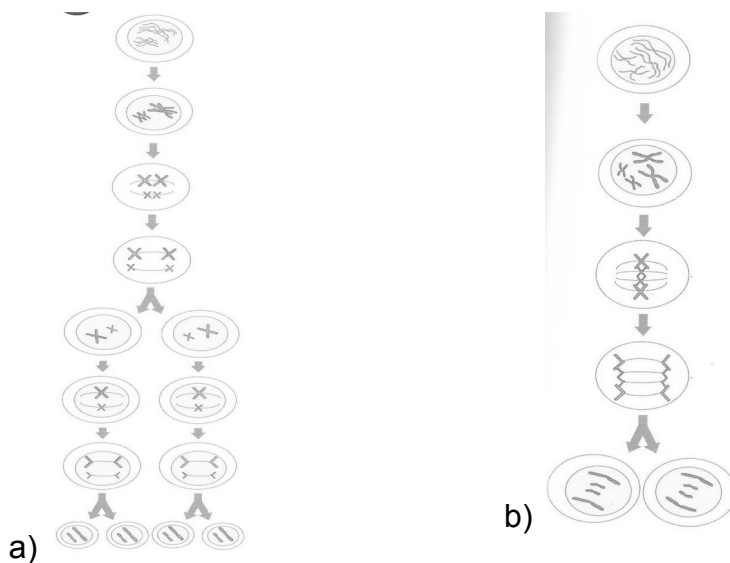
c) Koliko kromosoma imaju jajne stanice mačke? _____

d) Koliko kromosoma ima oplođena jajna stanica mačke? _____

15. Brojevima 1 do 5 poredaj pojmove, počevši od najmanjega prema najvećemu, tako da na crtu upišeš odgovarajući broj:

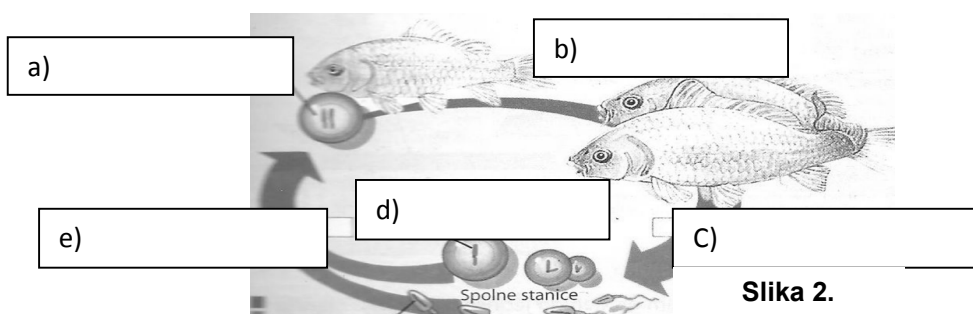
Kromosom _____ Gen _____ Stanica _____ DNA _____ Jezgra _____

16. Slika 1 a) prikazuje proces _____, a b) prikazuje proces _____.



Slika 1.

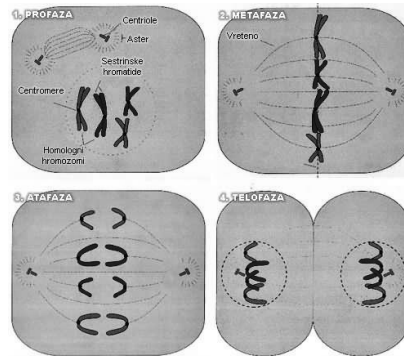
17. Slika 2. prikazuje životni ciklus ribe. Na odgovarajuće mjesto upiši ponuđeni pojam: **$2n$, n , mitoza, mejoza, oplodnja**



Slika 2.

18. Uz pomoć slike 3. zaključi kada u tijeku mitoze dolazi do citokineze (podjela citoplazme)?

- a) nakon profaze
- b) nakon metafaze
- c) nakon anafaze
- d) nakon telofaze

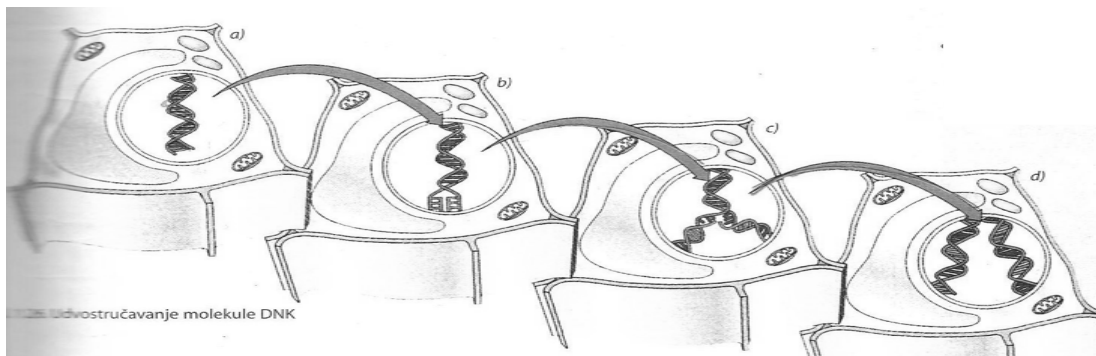


Slika 3.

19. Ivan i Luka su blizanci koje koje Ana teško razlikuje. Ana je čula da je jedan od blizanaca dobio na moru opekline od Sunca pa zbog toga nije u školi. Prišla je Ivanu, ispričala mu se što ih još uvijek dobro ne razlikuje i upitala što se točno dogodilo? Ivan se nasmijao i rekao da su za njegovu i bratovu sličnost „krivi“ roditelji. A što se tiče Luke, vratit će se kad mu se stanice kože u potpunosti obnove? Hoće li se to zaista dogoditi?

_____.

20. Slika 4. prikazuje proces _____, koji se odvija u _____ stanice. (precizno ga definiraj)



Slika 4.

PRILOG 2.a

Pitanja za završnu provjeru znanja iz cjeline Životni ciklusi za 1. razred gimnazije

U sljedećim zadatcima samo je jedan točan odgovor. Svaki točno odabrani odgovor boduje se s jednim bodom. (ukupno 10 bodova)

1. Za životni ciklus **nije točno** ...
 - a) kod jednostaničnih eukariota stanični ciklus je ujedno i životni ciklus
 - b) kod mnogostaničnih organizama započinje stapanjem gameta
 - c) kod spolno zrelih organizama spolni organi stvaraju diploidne gamete
 - d) zbog redukcije u broju kromosoma spolne stanice roditeljskih organizama se mogu spojiti u zigotu
2. Za fazu S staničnog ciklusa karakteristično je ...
 - a) završno pripremanje stanice za diobu
 - b) udvostručenje DNA i specifičnih proteina histona
 - c) na početku S-faze svaki se kromosom sastoji od dvije molekule DNA
 - d) stvaranje ribosoma, mitohondrija i centrosoma
3. Pričvrsnica ili kinetohor posebno je mjesto na ...
 - a) centriolu svakog centrosoma
 - b) teznim nitima diobenog vretena
 - c) svim nukleosomima kromatina
 - d) utanjenom dijelu svakog kromosoma
4. Faza mitoze u kojoj se odvajaju sestrinske kromatide i putuju prema suprotnim polovima kao samostalni kromosomi zove se ...
 - a) profaza
 - b) metafaza
 - c) anafaza
 - d) prometafaza
 - e) telofaza
5. Endosperm biljke primjer je mnogojezgrene stanice. Kako ona nastaje?
 - a) ubrzanom mejozom
 - b) ubrzanom mitozom
 - c) spiralizacijom kromosoma
 - d) izostankom citokineze

6. Što je **točno** za mejozu?
- a) to je dioba spolnih stanica
 - b) događa se u diploidnoj roditeljskoj stanici
 - c) u mejozi I dolazi do ekvacijske diobe
 - d) bivalenti se oblikuju tijekom telofaze I.
7. Tijekom mejoze I ...
- a) razdvajaju se homologni kromosomi
 - b) dolazi do razdvajanja sestrinskih kromatida.
 - c) nastaju četiri genetički različite haploidne stanice
 - d) nastaju dvije stanice koje imaju haploidan broj kromosoma
 - e) točno je a) i d)
 - f) točno je b) i c)
8. Druga mejotička dioba slična je mitozu jer ...
- a) se homologni kromosomi sparuju
 - b) se DNA replicira prije diobe
 - c) su stanice koje nastaju tom diobom diploidne
 - d) se sestrinske kromatide razdvajaju tijekom anafaze
 - e) se reducira broj kromosoma iz $2n$ u n
9. Iz oogonije u jajniku žene nastaje ...
- a) četiri jednakovrijedne spolne stanice
 - b) četiri diploidne stanice
 - c) dvije diploidne stanice
 - d) jedna diploidna jajna stanica
 - e) jedna haploidna jajna stanica
10. Koja je od navedenih tvrdnji **netočna**?
- a) gametogeneza se odvija u spolnim žlijezdama
 - b) spermatogenezom nastaju četiri haploidne spermatide
 - c) iz diploidne oogonije nastaju četiri haploidne stanice
 - d) polovice citokinezom dobivaju veliku količinu citoplazme

11. U sljedećem zadatku pojmovima u lijevom stupcu pridruži pojmove u desnom stupcu. Svaki točno pridružen pojam boduje se s jednim bodom. (ukupno 10 bodova)

A. haploid		DNA namotana na histone
B. organizam nastao mitozom		dioba citoplazme
C. G1, S, G2		profaza I
D. stanični ciklus		jedan porijeklom od majke drugi od oca
E. nukleosom		interfaza
F. oznaka za diploid		centrosom
G. citokineza		događaji od početka jedne do početka druge diobe stanice
H. hijazma		gameta
I. diobeno vreteno		klon
J. homologni kromosomi		2n

Pažljivo pročitaj upute i riješi sljedeće zadatke. (ukupno 20 bodova)

12. Objasni pojmove ...

a) tetrada (1bod)

b) hijazma (1bod)

13. Na satu biologije Ana je naučila da je broj kromosoma u stanicama njenog psa $2n=78$. (4 boda)

a) Koliko ima kromosoma u stanicama mozga Anin pas? _____

b) Susjed ima psa vodiča koji je poslušniji od Anina psa. Koliko je kromosoma u stanicama mozga susjedova psa? _____

c) Ana ima kuju koja će se uskoro okotiti. Koliko kromosoma u stanicama imaju psići u njenoj maternici? _____

d) Koliko kromosoma imaju spermiji psa? _____

14. Dvije stanice od kojih svaka ima $2n = 20$ kromosoma dijele se mejozom. Koliko će stanica nastati na kraju diobe? Koliki će biti broj kromosoma u svakoj nastaloj stanici? (2 boda) broj stanica _____ broj kromosoma _____

15. Kromosomi interfazne jezgre čine nitastu strukturu koju nazivamo _____. Svaka ta nit čini jedan kromosom i izgrađena je od _____ koja se namata oko bjelančevina nazvanih _____. (3 boda)

16. Odredi jesu li sljedeće tvrdnje točne ili netočne. Ukoliko je tvrdnja točna zaokruži T, ukoliko je netočna zaokruži N. (4 boda)

a) Tumor je posljedica gubitka kontrole staničnog ciklusa.

T N

b) Tumor u organizmu stvara vlastiti kapilarni sustav za opskrbu kisikom.

T N

c) 90% svih tumora izazvano je vanjskim okolišnim čimbenicima.

T N

d) Dobročudni se tumori šire metastaziranjem iz jednog tkiva u drugo.

T N

17. Zaokruži broj iznad slike koja prikazuje anafazu. (1 bod)

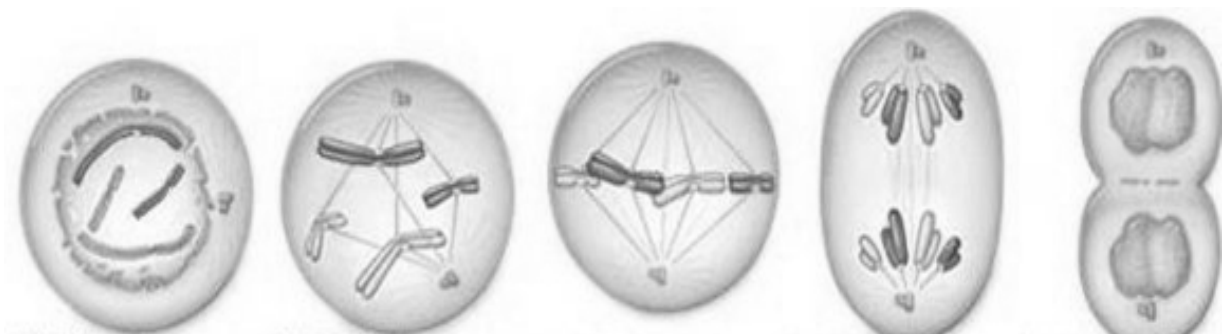
1)

2)

3)

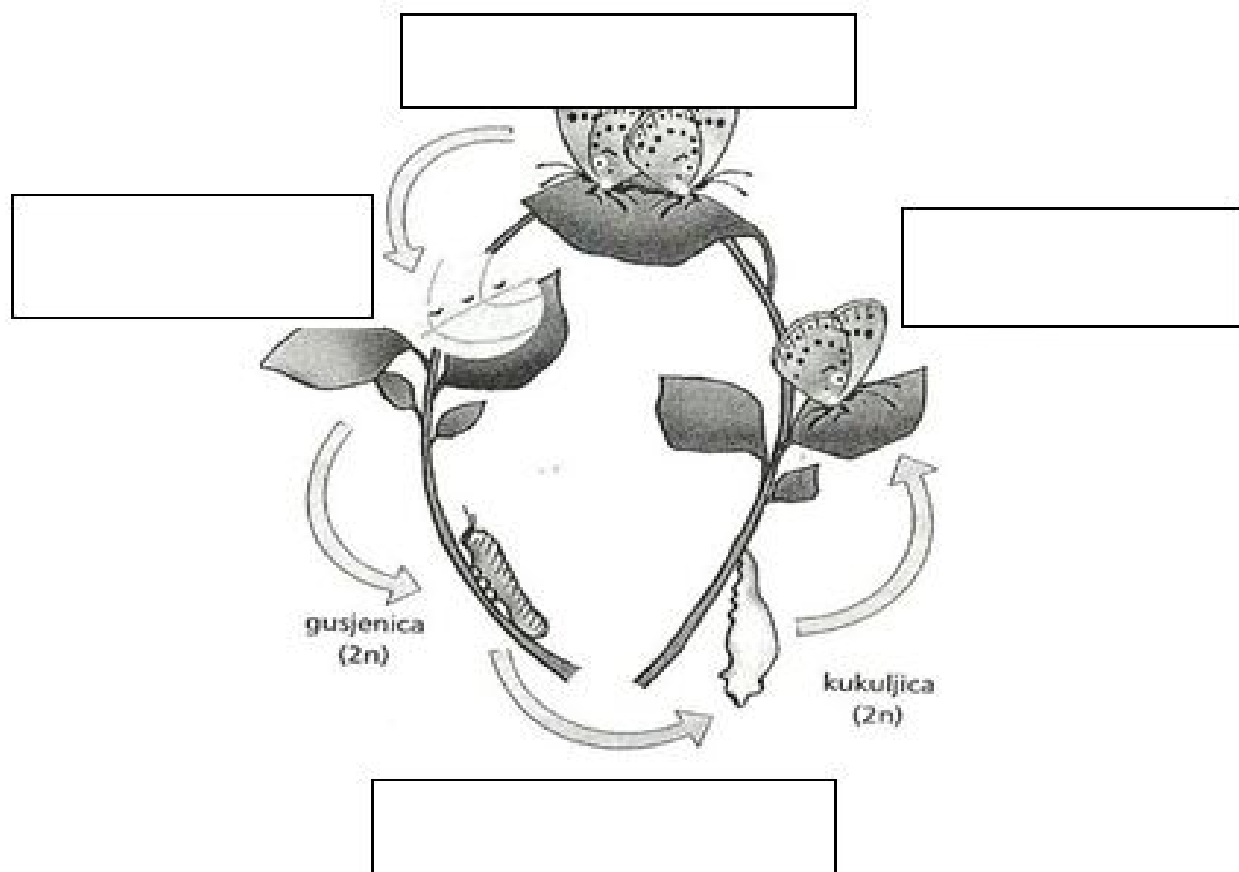
4)

5)



18. Na crtežu u odgovarajuće polje upiši jedan od ponuđenih pojmova. (4 boda)

oplodnja, zigota, mitoza, mejoza



PRILOG 2.b

Pitanja za završnu provjeru znanja iz cjeline Životni ciklusi za 1. razred gimnazije.

U sljedećim zadacima samo je jedan točan odgovor. Svaki točno odabrani odgovor boduje se s jednim bodom. (ukupno 10 bodova)

1. Za životni ciklus čovjeka i životinja **točno** je da ...
 - a) dominira diploidna faza
 - b) dominira haploidna faza
 - c) se pravilno izmjenjuju diploidna i haploidna faza
 - d) ne postoji haploidna faza
2. Za interfazu **točno** je da ...
 - a) je najkraći dio staničnog ciklusa
 - b) se stanica u toj fazi povećava i raste
 - c) obuhvaća staničnu diobu
 - d) u njoj dolazi do citokineze
3. Koji je od navedenih tipova stanica nakon rođenja cijeloga života u G_0 fazi?
 - a) kožne stanice, jer se koža uopće ne obnavlja
 - b) koštane stanice koje udvostruče DNA u fazi S nakon čega se nikad ne dijele
 - c) živčane stanice koje se ne mogu dijeliti jer nemaju centrosoma
 - d) tumorske stanice koje se nekontrolirano dijele
4. Za vrijeme trajanja mitoze ...
 - a) udvostručuje se DNA
 - b) odvajaju se kromatide istog kromosoma
 - c) spajaju se homologni kromosomi u bivalente
 - d) događa se redukcija broja kromosoma
5. U metafazi mitoze kromosomi ...
 - a) se počinju oblikovati (spiralizirati)
 - b) putuju prema polovima
 - c) su dospjeli na stanične polove
 - d) su u središtu stanice

6. Diobeno vreteno je tvorba koja se oblikuje ...
- a) u profazi
 - b) u anafazi
 - c) iz centrosoma u biljnoj stanici
 - d) iz centrosoma u životinjskoj stanici
 - e) točno je a) i d)
 - f) točno je b) i c)
7. Koliko gameta mejozom stvara diploidna roditeljska stanica?
- a) 2
 - b) 4
 - c) 8
 - d) 16
8. U profazi I odvija se ...
- a) isto što i u profazi mitoze
 - b) smještanje kromosoma u središte stanice
 - c) sparivanje homolognih kromosoma i *crossing over*
 - d) odvajanje homolognih kromosoma
 - e) odvajanje kromatida
9. Dvostruke kromosome (građene od dvije kromatide) imaju stanice u ...
- a) anafazi mitoze
 - b) telofazi mitoze
 - c) anafazi I mejotičke diobe
 - d) anafazi II mejotičke diobe
 - e) telofazi II mejotičke diobe
10. Za gametogenezu **točno** je:
- a) odvija se od rođenja do smrti
 - b) nastaje pokretna jajna stanica
 - c) spermatogenezom nastaju dva pokretna spermija
 - d) stanica koja propada nastala oogenezom naziva se polocita

11. U sljedećem zadatku pojmovima u lijevom stupcu pridruži pojmove u desnom stupcu. Svaki točno pridružen pojam boduje se s jednim bodom. (ukupno 10 bodova)

A. diploidna stanica		osnovna građevna jedinica je nukleosom
B. stanica nastala mejozom		odvaja kromosome na suprotne polove stanice
C. interfaza		profaza I
D. životni ciklus		nespolno razmnožavanje mnogostaničara
E. kromatin		razdoblje između dvije diobe stanice
F. oznaka za haploid		gubitak kontrole staničnog ciklusa
G. oznaka za haploid		razvoj organizma od nastanka do smrti
H. tetrada		tjelesna stanica
I. diobeno vreteno		gameta
J. tumor		n

Pažljivo pročitaj upute i riješi sljedeće zadatke. (ukupno 20 bodova)

12. Objasni pojmove ...

a) *crossing over* (1 bod)

b) bivalent (1 bod)

13. Na satu biologije Ivana je naučila da je broj kromosoma u stanicama njenog papagaja $2n=26$. (4 boda)

- Koliko ima kromosoma u stanicama pluća Ivanin papagaj? _____
- Susjed ima papagaja koji puno dulje leti i cvrkuće od Ivanina papagaja. Koliko je kromosoma u stanicama pluća susjedova papagaja? _____
- Ivanina ženka papagaja leži na jajima i uskoro će se izleći mladi papagaji. Koliko kromosoma u stanicama imaju ptići u jajima? _____
- Koliko kromosoma imaju jajne stanice ženke papagaja? _____

14. Dvije stanice od koji svaka ima $2n = 40$ kromosoma dijele se mejozom. Koliko će stanica nastati na kraju diobe? Koliki će biti broj kromosoma u svakoj nastaloj stanici? (2 boda) broj stanica _____ broj kromosoma _____

15. Proces postanka, oblikovanja i sazrijevanja spolnih stanica nazivamo _____. Ako se odvija u jajniku naziva se _____, a ako se odvija u sjemeniku naziva se _____. (3 boda)

16. Odredi jesu li sljedeće tvrdnje točne ili netočne.

Ukoliko je tvrdnja točna zaokruži T, ukoliko je netočna zaokruži N. (4 boda)

a) Stanice ozlijeđenog tkiva ubrzano se dijele mejozom i tako zatvaraju ranu.

T N

b) Način života uopće nema utjecaja na pojavu tumora.

T N

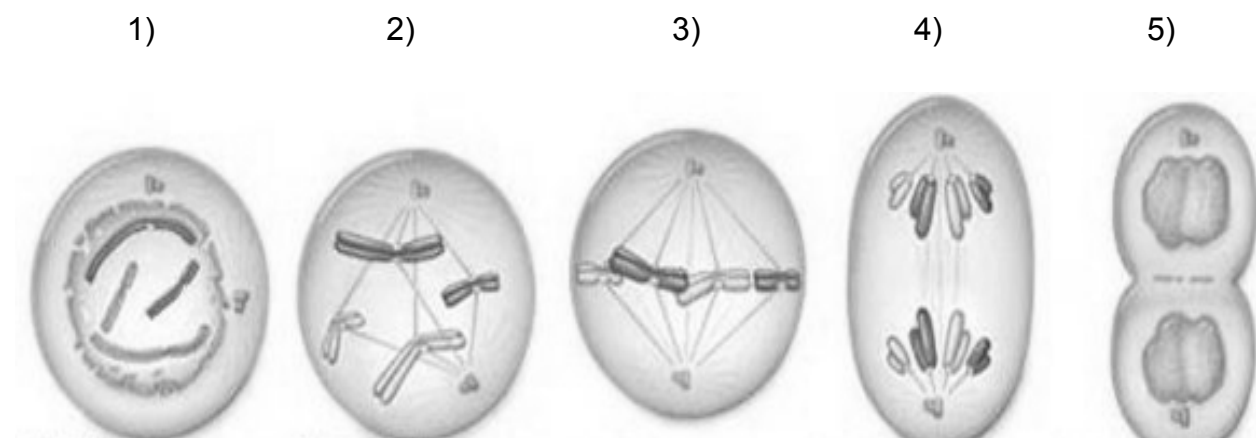
c) Svega 10% svih tumora izazvano je vanjskim okolišnim čimbenicima.

T N

d) Zloćudni se tumori šire metastaziranjem iz jednog tkiva u drugo.

T N

17. Zaokruži broj iznad slike koja prikazuje metafazu. (1 bod)



18. Na crtežu je prikazan metafazni kromosom. Koliko se molekula DNA nalazi u ovom kromosomu? Na prazne crte upiši nazive označenih dijelova kromosoma.

(4 boda)

Broj molekula DNA _____

