**БИОЛОГИЈА**

|  |
| --- |
| **Циљ** учења Биологије је да ученик развије биолошку, општу научну и jeзичку писменост, способности, вештине и ставове корисне у свакодневном животу, да развије мотивацију за учење и интересовања за биологију као науку, уз примену концепта одрживог развоја, етичности и права будућих генерација на очувану животну средину. |

ОПШТА ПРЕДМЕТНА КОМПЕТЕНЦИЈА

Учећи биологију у општем средњем образовању, ученик ће овладати знањима и вештинама које ће му омогућити да разуме структуру, филогенију и еволуцију живог света, човеково место и његову улогу у природи, као и огромну човекову одговорност за очување животне средине и биолошке разноврсности на Земљи. Овако стечена знања из биологије и биолошких вештина примењиваће у свакодневном животу за побољшање сопственог здравља и одабир животног стила и учествовање у друштвеним дебатама ради доношења важних одлука, као што су одрживи развој и заштита животне средине, заштита природе и биодиверзита и употреба биотехнологија. Бавећи се биологијом развијаће способност критичког мишљења, формираће научни поглед на свет, разумеће сличности и разлике између биолошког и других научних приступа и развиће трајно интересовање за биолошке феномене.

Основни ниво

Разуме основне принципе структуре и функције живих организама, њихове филогенетске међуодносе и еволутивни развој живота на Земљи на основу Дарвиновог учења; разуме и примерено користи биолошке термине који су у широј употреби; разуме и примерено користи стечена знања и вештине за практичну примену у свакодневном животу, као што су лична хигијена, исхрана и животне навике и заштита животне средине.

Средњи ниво

Разуме и адекватном терминологијом исказује чињенице о типичним механизмима и процесима у биолошким системима, везама између структуре и функције у њима, и разуме основне узрочно-последичне везе које у тим системима владају; стечена знања активно користи у личном животу у очувању здравља и животне средине; учествује у друштвеним акцијама и дебатама са темом очувања животне средине и биолошке разноврсности; свестан је потребе одрживог развоја друштва и уме да процени које одлуке га омогућавају, а које угрожавају.

Напредни ниво

Уме да анализира, интегрише и уопштава биолошке феномене и процесе, чак и на атипичним примерима; примењује стечена знања у решавању широког спектра животних ситуација; критички анализира информације и ризике одређених понашања, и јасно аргументује ставове и животне навике који служе позитивном развоју; разуме и користи језик биолошке струке, и може да прати усмену и писану биолошку комуникацију у медијима, иницира и учествује у друштвеним акцијама и дебатама са темом очувања животне средине и одрживог развоја, природе и биолошке разноврсности, и на основу биолошких знања и критичког погледа на свет користи и разуме савремене биотехнологије (вакцине, матичне ћелије, генетски модификована храна, генетске основе наследних болести).

СПЕЦИФИЧНА ПРЕДМЕТНА КОМПЕТЕНЦИЈА: Грађа, функција, филогенија и еволуција живог света

Ова компетенција омогућава ученику да овлада знањима и вештинама које ће му омогућити да разуме структуру, филогенију и еволуцију живог света, човеково место и његову улогу у природи.

Основни ниво

Зна основе еволуционе биологије и основне чињенице о пореклу, јединству и биолошкој разноврсности живота на Земљи.

Средњи ниво

Примењује знања из еволуционе биологије у објашњењу филогенетских промена које су довеле до настанка постојеће биолошке разноврсности на Земљи.

Напредни ниво

Дискутује и аргументује предности еволуционе теорије у односу на друга мишљења о пореклу и развоју живота на Земљи.

СПЕЦИФИЧНА ПРЕДМЕТНА КОМПЕТЕНЦИЈА: Молекуларна биологија,физиологија и здравље

Ова компетенција омогућава ученику да стечена знања примењује у свакодневном животу за побољшање сопственог здравља и одабир животног стила, као и доношење информисане одлуке о примени савремених биотехнологија.

Основни ниво

Зна основе молекуларне биологије, а посебно организацију генетичког материјала и основна правила генетике и наслеђивања, као и генетичку основу наследних болести; зна основне механизме одржавања хомеостазе, нарочито у односу на променљивост спољашње средине, и основне последице нарушавања хомеостазе организама на примеру човека.

Средњи ниво

Разуме значај молекуларне биологије и генетике у процесу настанка наследних болести; зна грађу и физиологију човека у и активно примењује та знања у свакодневном животу за очување сопственог здравља.

Напредни ниво

Уме да дискутује и аргументује физиолошке и неуроендокрине основе адаптивног понашања, а посебно са аспекта функционалне интеграције организама.

СПЕЦИФИЧНА ПРЕДМЕТНА КОМПЕТЕНЦИЈА: Екологија, заштита животне средине и биодиверзитета, одрживи развој

Ова компетенција омогућава ученику да учествује у друштвеним дебатама ради доношења важних одлука, као што су одрживи развој и заштита животне средине, заштита природе и биодиверзита.

Основни ниво

Разуме основне принципе заштите животне средине и природе.

Средњи ниво

Зна основне механизме дејства загађујућих материја и мере за отклањање последица загађења животне средине, као и основне факторе угрожавања природе и биодиверзитета и мере за заштиту природе.

Напредни ниво

Разуме сложене функционалне и хијерархијске везе између живих бића и њихове неживе околине у еко-системима и биосфери, а посебно улогу и место човека у природи и његову одговорност за последице сопственог развоја.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Разред  Недељни фонд часова  Годишњи фонд часова | **Четврти**  **3 часа**  **99 часова** | | |
| **СТАНДАРДИ** | | **ИСХОДИ**  **По завршетку разреда ученик ће бити у стању да:** | **ТЕМA и кључни појмови садржаја** |
| **2.БИ.2.1.2.** Разуме поступност у развоју живих бића и разуме појам предачких форми.  **2.БИ.3.1.2.** Разуме основне принципе филогеније и разлику између сличности и сродности живих бића.  **2.БИ.3.1.3.** Познаје принципе филогенетске класификације и разуме њен значај у другим областима биологије.  **2.БИ.2.1.4.** Зна основне чиниоце који опредељују начин живота и распрострањење важних представника главних група живих бића.  **2.БИ.3.1.4.** Разуме везу између начина живота и распрострањења живих бића и основних карактеристика њихове животне форме.  **2.БИ.2.2.2.** Зна детаље грађе човека и уме то знање да користи у свакодневном животу а посебно ради очувања сопственог здравља  **2.БИ. 2.2.3.** Разуме физиолошке процесе организама, њихову повезаност и активно примењује та знања за очување свог здравља и непосредне околине.  **2.БИ. 3.2.3.** Разуме да је функционална интеграција целог организма неопходна у остваривању карактеристичног понашања организама.  **2.БИ. 1.2.4.** Уме да препозна једноставне хомеостатске механизме у организму; познаје последице нарушавања хомеостазе и решава једноставне проблемске ситуације нарушавања хомеостазе.  **2.БИ. 2.2.4.** Тумачи хомеостатске механизме принципима негативне повратне спреге у различитим ситуацијама у свакодневном животу.  **2.БИ. 3.2.4.** Разуме интеракцију нервног и ендокриног система у одржавању хомеостазе и обезбеђивању адаптивног понашања организма у променљивој околини  **2.БИ. 2.3.2.** Уме да опише морфофизиолошке промене биљака, животиња и човека током развића (од формирања полних ћелија преко оплодње, ембриогенезе и органогенезе до сазревања и старења).  **2.БИ. 3.3.2.** Уме да тумачи морфофизиолошке промене код организама у току животног циклуса (посебно код човека).  **2.БИ. 3.5.1.** Разуме механизме имуног одговора на заразне болести.  **2.БИ. 1.5.2.** Препознаје основне симптоме поремећаја у раду (и болести) најважнијих органа и органских система, основне методе дијагностике и уме да примени основне мере превенције и помоћи.  **2.БИ. 2.5.2.** Зна које мере да примени и на који начин како би отклонио или умањио дејство штетних чинилаца спољашње средине који су утицали на развој болести.  **2.БИ. 3.5.2.** Разуме механизме настанка (болести и) поремећаја у раду најважнијих органа и органских система.  **2.БИ. 1.5.3.** Уме да идентификује елементе здравог начина живота и у односу на њих уме да процени сопствене животне навике.  **2.БИ. 2.5.3.** Критички анализира позитивне и негативне утицаје различитих животних стилова на здравље.  **2.БИ. 3.5.3.** Разуме потребе које стоје у основи различитих животних стилова младих и механизме помоћу којих медији утичу на понашање младих.  **2.БИ. 1.5.4.** Уме да општа знања о променама у адолесценцији повеже са сопственим искуствима (посебно у вези са репродуктивним здрављем).  **2.БИ. 2.5.4.** Зна који су критеријуми ризичног понашања и уме да препозна ситуације које носе такве ризике.  **2.БИ. 3.5.4.** Разуме механизме којима ризични облици понашања, дуготрајна изложеност јаким негативним емоцијама и стрес доводе до развоја болести (односно поремећаја психичког стања и здравља личности).  **2.БИ.3.1.2.** Разуме основне принципе филогеније и разлику између сличности и сродности живих бића.  **2.БИ.3.1.4.** Разуме везу између начина живота и распрострањења живих бића и основних карактеристика њихове животне форме.  **2.БИ.3.2.2.** Уме да интерпретира морфоанатомске промене у еволутивно-филогенетском контексту  **2.БИ.1.3.3.** Уме да објасни организацију генетичког материјала у ћелији (укљ. појмове ген, алел, хромозом, геном, генотип, фенотип);[[1]](#footnote-1) примењује основна правила наслеђивања у решавању једноствних задатака и зна да наведе неколико наследних болести.  **2.БИ.2.3.3.** Зна како настаје варијабилност генетичког материјала и основне принципе популационе генетике и примењује та знања у решавању конкретних задатака.  **2.БИ.2.3.4.** Зна основне еволуционе механизме, основне типове селекције и разуме како природна селекција наследне варијабилности доводи до настанка нових врста.  **2.БИ.3.3.3.** Примењује знања из генетике у методски одабраним проблем ситуацијама, посебно у генетици човека и конзервационој биологији.  **2.БИ.3.3.4.** Разуме значај теорије еволуције у формирању савременог биолошког начина мишљења и критички процењује њене домете у другим областима науке.  **2.БИ. 1.4.1.** Познаје основне еколошке појмове и разуме њихово значење (животна средина, станиште – биотоп, животна заједница –биоценоза, популација, еколошка ниша, екосистем, биодиверзитет, биосфера).  **2.БИ.2.4.1.** Разуме на који начин поједини фактори неживе и живе природе утичу на организме (механизми дејства абиотичких и биотичких фактора).  **2.БИ.3.4.1.** Разуме интегрисаност еколошких нивоа организације живог света, посебно начин на који се специфичности сваког од њих интегришу у више нивое.  **2.БИ.1.4.2.** Познаје основне законитости и принципе у екологији и ослањајући се на те принципе уме да објасни основне процесе у екосистему.  **2.БИ.2.4.2.** Зна да објасни како различити делови екосистема утичу један на други, а посебно у односу на циклусе кружења најважнијих елемената.  **2.БИ.3.4.2.** Разуме функционисање екосистема, посебно токове материје и енергије у екосистему, као и развој и еволуцију екосистема  **2.БИ.1.4.3.** Схвата значај биодиверзитета и своју личну одговорност за заштиту природе и биодиверзитета.  **2.БИ.2.4.3.** Зна које се мере могу применити и на основу којих критеријума, у заштити природе и биодиверзитета.  **2.БИ.3.4.3.** Разуме и критички анализира конфликт између потреба економско-технолошког развоја људских заједница и потреба очувања природе и биодиверзитета.  **2.БИ.1.4.4.** Познаје утицаје људског деловања на животну средину, основне мере заштите животне средине и разуме значај тих мера.  **2.БИ.2.4.4.** Зна механизме штетног дејства загађујућих материја на медијуме животне средине, последице загађивања по живи свет, као и мере за њихово отклањање.  **2.БИ.3.4.4.** Разуме значај и потребу одрживог развоја и критички анализира ситуације у којима постоје конфликти интереса између потребе економско-технолошког развоја и заштите природе и животне средине.  **2.БИ. 3.6.4.** Разуме значај контроле и пробе у експерименту (варирање једног/више фактора); уме да постави хипотезу и извуче закључак и зна (уз одговарајућу помоћ наставника) самостално да осмисли, реализује и извести о експерименту на примеру који сам одабере. | | – постави шест кључних догађаја у историји живота на временској скали;  – тумачи филогенетске односе и разноврсност живог света на Земљи ослањајући се на модел „дрво живота“;  – конструише дрво живота у оквиру царства биљака на основу кључних разлика у грађи, функцији и животним циклусима;  – конструише дрво живота у оквиру царства животиња на основу кључних разлика у грађи, функцији и развићу;  – доведе у везу кључне филогенетске промене живих бића са условима живота у којима се развијају;  – идентификује улогу организама у процесу преноса енергије и супстанце у екосистему;  – образложи функционалну повезаност органа у организму са одржавањем хомеостазе у променљивим условима средине;  – примерима илуструје значај морфофизиолошких адаптација организама за процесе размене супстанце са средином;  – процени могућу реакцију биљног или животињског организма на дејство најчешћих стресора средине;  – разликује начине одбране организма од патогена и њихове механизме деловања;  – анализира епидемиолошке ланце заразних болести и повеже их са мерама превенције  – дискутује о важности одговорног односа према свом и здрављу других особа;  – идентификује фазе развића организама на слици или моделу;  – образложи адаптивни значај појединих фаза у развићу организама;  – конструише филогенетско стабло у оквиру реда Примата и надфамилије Хоминоидеа на основу разлика у грађи тела, величине лобање и начина живота;  – илуструје примерима утицај срединских, генетичких и културних чинилаца на еволуцију људи;  – користи информације добијене на основу познатих генетичких података у анализи могућих праваца миграција људских популација;  – дискутује значај теорије еволуције за развој цивилизације и друштва, на основу постојећих доказа;  – повеже просторни и временски распоред кључних абиотичких еколошких фактора са распоредом биома на Земљи;  – изведе закључке о динамици популационих процеса на основу података о својствима популације и условима средине;  – доведе у везу распрострањење, динамику и еволуцију популације са интерспецијским интеракцијама и дејством абиотичких чинилаца;  – интерпретира популациону динамику у контексту еволуционих механизама;  – на примерима анализира компоненте и кључне процесе екосистема;  – идентификује кључне екосистемске услуге на примерима природних екоситема и вреднује њихов значај за људску заједницу;  –анализира кључне облике антропогеног нарушавања биогеохемијских циклуса;  – образложи утицај климатских промена на губитак биодиверзитета;  – вреднује своје обрасце коришћења ресурса сходно свом еколошком отиску;  – формулише истраживачко питање и задатак;  – прикупи, одабере и обради информације релевантне за истраживање, користећи ИКТ и поуздане изворе информација, поштујући правила чувања приватности података;  – прикаже, наводећи изворе података, и образложи резултате истраживања, користећи језик и стил комуникације специфичан за биологију;  – изнесе и вреднује аргументе на основу доказа;  – сарађује у тиму, поштујући разлике у мишљењу и интересима, дајући лични допринос постизању договора и афирмишући толеранцију и равноправност у дијалогу;  – критички и аргументовано процени сопствени рад и рад сарадника у групи, тако да унапреди рад групе | **ПОРЕКЛО ЖИВОТА, ПРИНЦИПИ ФИЛОГЕНЕТСКЕ КЛАСИФИКАЦИЈЕ, РАЗНОВРСНОСТ ЖИВОТА**  Шест кључних догађаја у историји живота.  Принципи савремене систематике.  Значај успостављања критеријума класификације и класификација организама.  Главне систематске категорије.  Примена модела „дрво живота“.  Еколошки фактори као селекциони агенси и настанак разноврсности организама.  Еволуциона новина.  Царство биљака. Порекло биљака од зелених алги. Трендови у еволуцији животних циклуса биљака.  Царство животиња. Порекло животиња од колонијалних протиста. Трендови у еволуцији животиња.  Коеволуција цветница са инсектима, птицама и сисарима.  Појава адаптација које су омогућиле адаптивну радијацију у копненој средини.  Царство гљива. Хетеротрофија код гљива – сапротрофија, паразитизам, мутуализам.  **МЕТАБОЛИЗАМ И РЕГУЛАЦИЈА ЖИВОТНИХ ПРОЦЕСА НА НИВОУ ОРГАНИЗМА**  Пренос информације, супстанце и енергије на нивоу организма.  Усвајање ресурса (вода и минерали / исхрана).  Транспорт, размена гасова, излучивање, осморегулација.  Интеграција вишећелијског тела (и интеракција са средином); хомеостатски механизми код биљака и животиња; рецепција, пренос и обрада сигнала.  Реакција на факторе спољашње средине - одговор биљака и животиња на абиотичке факторе и стресоре (укључујући имунски одговор).  Поремећаји у раду органа и органских система као последица нарушавања хомеостазе.  Репродукција и животни циклус вишећелијских еукариота.  Развиће и морфогенетски процеси код биљака и животиња. Развиће човека. Физиолошке промене у адолесценцији.  **ПОРЕКЛО ЧОВЕКА**  Предачаке и изведене особине Примата.  Адаптације на живот у крошњи дрвећа и сложеним друштвеним заједницама. Филогенија Примата и Хоминоидеа.  Фосили аустралопитецина и рода Хомо.  Еволуција рода Хомо.  Фосилне врсте људи. Еволуција величине лобање и мозга.  **ЕКОЛОГИЈА И УГРОЖЕНОСТ И ЗАШТИТА ПРИРОДЕ И БИОДИВЕРЗИТЕТА**  Геофизички услови биосфере.  Градијенти еколошких фактора и распоред биома на Земљи.  Еколошки фактори и утицај на организме.  Медијуми животне средине.  Популација.  Популациони атрибути. Популациони процеси и њихови параметри.  Модели раста популације.  Интраспецијска компетиција.  Еколошка валенца и еколошка ниша.  Станиште.  Ареал врсте.  Адаптивна вредност популације.  Абиотички фактори као агенси селекције.  Интерспецијски (трофички) односи, њихова корелација са нишом.  Коеволуција.  Еколошки системи и њихова хијерархија.  Компоненте екосистема.  Биоценоза ̶̶ структурне и функционалне карактеристике.  Процеси у екосистемима.  Екосистемске услуге.  Биогеохемијски циклуси.  Антропогена дисрупција биогеохемијских циклуса.  Губитак земљишта. Деградација биодиверзитета. |

**УПУТСТВО ЗА ДИДАКТИЧКО-МЕТОДИЧКО ОСТВАРИВАЊЕ ПРОГРАМА**

Програм Биологије у четвртом разреду гимназије за ученике са посебним способностима за математику приступа изучавању настанка људске врсте и односа организама са животном средином са филогенетског аспекта и оријентисан је на достизање образовних исхода. Достизање исхода води развоју предметних, кључних и општих међупредметних компетенција. Исходи као описи интегрисаних знања, вештина, ставова и вредности ученика груписани су у четири наставне теме: *Порекло живота, принципи филогенетске класификације, разноврсност живота, Метаболизам и регулација животних процеса на нивоу организма, Порекло човека* и *Екологија и угроженост и заштита природе и биодиверзитета.*

I. ПЛАНИРАЊЕ НАСТАВЕ И УЧЕЊА

Полазећи од исхода и кључних појмова садржаја наставник најпре креира свој годишњи-глобални план рада из кога ће касније развијати своје оперативне планове. Потребно је да наставник за сваку наставну јединицу, у фази планирања и писања припреме за час, у односу на одабрани исход, дефинише исходе специфичне за наставну јединицу. При планирању треба, такође, имати у виду да се исходи разликују, да се неки лакше и брже могу остварити, али је за већину исхода потребно више времена и више различитих активности. У фази планирања наставе и учења веома је важно имати у виду да је уџбеник наставно средство и да он не одређује садржаје предмета. Зато је потребно садржајима у уџбенику приступити селективно, водећи се предвиђеним исходима које треба достићи. Поред уџбеника, као једног од извора знања, на наставнику је да ученицима омогући увид и искуство коришћења и других извора сазнавања. Препорука је да наставник планира и припрема наставу самостално и у сарадњи са колегама због успостављања корелација међу предметима.

II. ОСТВАРИВАЊЕ НАСТАВЕ И УЧЕЊА

У остваривању наставе потребно је подстицати радозналост, аргументовање, креативност, рефлексивност, истрајност, одговорност, аутономно мишљење, сарадњу, једнакост међу половима. Препоручује се максимално коришћење ИКТ решења јер се могу превазићи материјална, просторна и друга ограничења (платформе за групни рад нпр. Pbworks, платформа Moodle, сарадња у „облаку“ као Гугл, Офис 365...; за јавне презентације могу се користити веб решења нпр. креирање сајтова, блогова – Weebly, Wordpress...; рачунарске симулације као нпр. <https://phet.colorado.edu/sr/> и апликације за андроид уређаје; домаћи и међународни сајтови и портали, нпр. www.cpn.rs, [www.scientix.eu](http://www.scientix.eu), [www.go-lab-project.eu](http://www.go-lab-project.eu), [www.scienceinschool.org](http://www.scienceinschool.org), [www.science-on-stage.eu](http://www.science-on-stage.eu) и други).

Од предложених активности наставник бира оне које може да оствари, сходно времену предвиђеном за реализацију, образовним потребама ученика и могућностима школе. Такође, треба што више укључивати ученике у активности непосредног истраживања у њиховој локалној средини (било прикупљањем и анализом података, било коришћењем одговарајућих ИКТ апликација), што може бити један од начина конкретне подршке локалној заједници и начин да се ученици непосредно упознају са значајем учешћа јавности у научним истраживањима (Citizen Science).

**Тема ПОРЕКЛО ЖИВОТА, ПРИНЦИПИ ФИЛОГЕНЕТСКЕ КЛАСИФИКАЦИЈЕ, РАЗНОВРСНОСТ ЖИВОТА**

При достизању исхода *ученик ће бити у стању да постави шест кључних догађаја у историји живота на временској скали*, *тумачи филогенетске односе и разноврсност живог света на Земљи ослањајући се на модел „дрво живота“* тежиште је на нераскидивој вези живог света са неживим окружењем коју треба сагледати кроз хронолошки низ шест најважнијих догађаја у историји живог света и планете Земље:

1. Настанак молекула који су могли да кодирају своју и структуру других молекула и, истовремено, обављају каталитичке функције (молекули слични РНК), који се десио током пребиотичке еволуције у воденој средини, сматра се првим важним догађајем у историји живог света и планете Земље (датира се на пре око 4 x 109година).

2. Настанак прве ћелије (РНК молекули окружени протомембраном – теорија о „РНК свету“ из 80-их година) се сматра почетком биолошке еволуције и другим важним догађајем у историји живог света и планете Земље. Еволуција последњег универзалног заједничког претка (Last Universal Common Ancestor, “LUCA”), односно ћелије са протеинима, ДНК и рибозомима који користе универзални генетички код, текла је сразмерно брзо.

3. Настанак прокариота способних за фотосинтезу и аеробни метаболизам. Најстарији строматолити (фосилни остаци старих колонијалних фотосинтетичких прокариота сличних данашњим Cyanobacteria) стари су око 3,8 x 109 година.

4. Настанак еукариотске од прокариотске ћелије датира се на пре око 1,8 до 2 x 109 година.

5. Настанак вишећелијских организама (са диференцираним и специјализованим групама ћелија) датира се на око пре 600 милиона година, почетак Палеозоика.

6. Настанак полне репродукције код вишећелијских организама у домену Eukarya десио се брзо после појаве праве вишећеличности.

Бинарну номенклатуру треба предочити као инструмент у научној комуникацији.

Од како су у биолошкој науци прихваћени Дарвинови концепти заједничког порекла свих живих бића и специјације, као начина настанка нових врста у процесу еволуције, сличност спољашње и унутрашње грађе разуме се као сродничка сличност, а један од главних циљева систематике је што тачнија реконструкција еволуционе историје свих појединих систематских категорија (таксона). Због тога се за сваку врсту у оквиру систематике покушава конструисати континуирана предачко-потомачка линија – филогенетска линија, при чему се као критеријум за повезивање и одвајање систематских категорија користи њихова генетичка, а не морфолошка или анатомска сличност (која може бити, и често јесте, последица процеса адаптација у сличним еколошким условима филогенетски удаљених група организама).

Савремена систематика сав живи свет групише у домене, царства, филуме и ниже систематске категорије са идејом да се прикаже филогенија сваке групе живих бића (домен Bacteria, домен Archаea са по једним царством, и домен Eukarya, са групом организама под називом протиста и царствима биљака, гљива и животиња). У циљу достизања исхода везаних за ову тему, ученици би требало самостално да користе или израде модел „дрво живота” на коме ће лоцирати главне догађаје у историји живота на Земљи. Циљ је да се повежу горе наведени догађаји са одвајањем највиших систематских категорија (домена и царстава) и мењањем услова на Планети тако да су ненастањиви предели постали погодни за живот. Модел може помоћи ученицима да уоче разлоге због којих се баш ови догађаји сматрају најважнијим.

У обради ове теме би било важно и да ученици уоче везу између настанка великог диверзитета у 3 царства вишећелијских организама у домену Eukarya са појавом полне репродукције. Ученици би то могли да раде на примерима које им понуди наставник, поредећи генетичку разноврсност потомака јединки које се размножавају бесполно и јединки које се размножавају полно.

Активности за достизање исхода *ученик ће бити у стању да конструише дрво живота у оквиру царства биљака на основу кључних разлика у грађи, функцији и развићу* би требало започети, не улазећи у детаље који су разлог расправа међу биолозима о томе да ли у царство биљака треба укључити и неке групе алги или не, упознавањем ученика са заједничким карактеристикама групе уобичајеног назива „зелене” или „копнене” биљке, а које их смештају у домен Eukarya и одвајају од других група и царстава унутар домена. То су: еукариотске ћелије са хлоропластима и зидом од целулозе, фотоаутотрофија, права вишећеличност, полно размножавање, развиће ембриона у заштитном ткиву мајке и сложен животни циклус, са сменом вишећелијских тела са хаплоидним и диплоидним ћелијама (гаметофит и спорофит). Важно је истаћи да биљке имају монофилетско порекло и да је кључна карактеристика наслеђена од заједничког претка развиће ембриона унутар заштитног ткива мајке (због које се ова група понекад назива ембриофите). Затим, треба издвојити неке од особина које биљке деле само са „зеленим” алгама, и због тога говоре у прилог мишљења да воде порекло од тих организама (нпр.: скроб као складиште вишка продуката фотосинтезе, хлоропласти са хлорофилом а и б и целулоза као материја која изграђује зид њихових ћелија).

Диверзификацију унутар царства треба предочити као резултат адаптивне еволуције водених организама у копненој средини. Другим речима, као хронолошки низ еволуционих новина (особина које настају случајно, и зато што доприносе бољем преживљавању и репродукцији и у новим, другачијим срединама, опстају у свим потомачким таксонима) које су омогућиле транзицију и адаптивну радијацију биљака на копну. Унутар групе неваскуларних биљака (пример маховине) то су: воштана кутикула, стоме, гаметангије (архегоније и антеридије), пигменти који пружају заштиту од већег УВ зрачења, зидови спора са материјом која штити од исушивања и мутуалистичка асоцијација са гљивама (гломеромицете) која олакшава апсорпцију воде и хранљивих материја из првих земљишта. Диверзификацију унутар групе васкуларних биљака, такође, треба описати пратећи хронолошки низ еволуционих новина које су омогућиле ширење и адаптивну радијацију и до најсушнијих копнених станишта: зелени спорофит, проводна и механичка ткива, одвојени разгранати спорофит, прави корен, велики листови и раст у висину (нпр.: папрати), затим, полен, семе (голосеменице) и коначно, цвет и плод (скривеносеменице).

Модел дрвета живота, који би ученици израдили самостално или уз малу помоћ наставника, треба да илуструје најгрубљу поделу на најпознатије нетаксономске и таксономске групе биљака које су се међусобно одвајале после појава одређених еволуционих новина (нпр.: предак свих биљака, неваскуларне и васкуларне биљке, папрати, семенице, голосеменице, скривеносеменице или сл.).

У обради животних циклуса и репродукције код биљака, треба се ослонити на претходна знања о мејози, оплођењу, смени хаплоидне и диплоидне фазе и прилагођеностима биљака на дисперзију и освајање копнене средине. Смену генерација могуће је обрадити помоћу шема и постера које ученици сами израђују. Растућу доминацију спорофита током историје биљног царства, односно редукцију гаметофита, пожељно је објаснити као еволуциони тренд који је условио каснију појаву структура које су омогућиле оплођење ван воде.

Активности за достизање исхода *ученик ће бити у стању да конструише дрво живота у оквиру царства животиња на основу кључних разлика у грађи, функцији и развићу* треба започети упознавањем ученика са општим, заједничким карактеристикама животиња које су: еукариотске ћелије без зида, вишећеличност, полно размножавање, хетеротрофија са унутрашњим варењем и кретање. Важно је нагласити да ове особине, иако помажу да се припадник царства животиња препозна, нису тзв. дијагностички карактери животиња, јер: постоје животиње које су непокретне у појединим фазама развића, и биљке или гљиве које могу ограничено да се крећу; или, немају све животиње црево унутар кога варе храну; или нису сви вишећелијски организми са еукариотским ћелијама без зида животиње, итд. Ученике треба упознати са чињеницом да су животиње монофилетска група, где се све проналазе докази о филогенетским односима појединих група (фосилни подаци, упоредна ембриологија, физиологија, упоредна морфологија и анатомија…) и са филогенијом животиња која је данас најприхваћенија јер је најпоткрепљенија, између осталог, налазима савремених истраживања генома и генских секвенци. Важно је истаћи порекло животиња од колонијалног бичара сличног данашњим протистима из групе хоанофлагелата и највероватнијим сценариом настанка већих и комплекснијих животиња од претка (побољшавање координације између ћелија и ћелијских група помоћу сигналних и регулатодних молекула, једном кад је функционална специјализација ћелија у колонијама започела.

Почев од заједничког претка, код кога су се појавиле за све животиње карактеристичне везе између ћелија (на пр., дезмозоме) и јединствен скуп молекула који се налазе у међућелијском простору (укључујући колаген), диверзификацију унутар царства треба предочити нешто другачије него код биљака.

Један од начина да се сагледа еволуциона историја животиња јесте да се изаберу еволуционе новине чија је појава условила најгрубљу поделу царства на највеће групе:

- Појава ембриона са два слоја ћелија (условила је одвајање еуметазоа и сунђера, код којих он изостаје, а појавиле су само хоаноците и силикатне спикуле.)

- Појава органских система и радијалне, односно, билатералне симетрије дуж осе глава-реп и ембриона са три слоја ћелија унутар еуметазоа (условила је одвајање триплобластичних (билатералних) од диплобластичних животиња (пример су дупљари)).

- Развојна судбина бластопора да постане уста, односно анални отвор (условила је одвајање унутар билатералних животиња на протостомије и деутеростомије). Обе групе су разноврсне и унутар њих су се појављивале еволуционе новине које су довеле до одвајања и даље огромних група, већих од филума.

Унутар протостомија:

- Појава вишекратног пресвлачења спољашњег скелета/кутикуле одвојила је егдисозое, где спадају филуми зглавкара и ваљкастих црва, од лофотрохозоа са карактеристичном лофовором и ларвом трохофора, где спадају филуми пљоснатих црва, чланковитих црва и мекушаца.

Унутар деутеростомија:

- Појава нотохорде одвојила је филум хордата од групе животиња у које спада филум бодљокожаца код којих се, у адултном ступњу, појављује специфична, петозрачна радијална симетрија.

Ученицима треба омогућити да самостално уоче да су горе набројане еволуционе новине, у ствари, промене у обрасцима развића из чега је јасно да диверзификација у царству животиња може да се сагледа и кроз опис неколико основних развојних образаца који су разликују између група (на основу образаца браздања зигота: радијални, спирални, некомплетни; на основу броја слојева у гаструли: двослојна, трослојна; на основу укупног обрасца гаструлације непосредно по формирању бластопора: од уста ка анусу (протостомије) или од ануса ка устима (деутеростомије)). Ове разлике у обрасцима развића раних стадијума доводе до великих разлика у коначној организацији тела код различитих група (на пр., код протостомија је нервна врпца вентрално постављена и скелет је спољашњи, код деутеростомија, нервна цев је постављена вентрално и скелет је унутрашњи). Затим је добро истаћи и какве све последице различити обрасци развића имају на кретање, динамику раста и начин живота.

Диверзитет у царству животиња, најзад, може да се објасни и описом општих својстава плана организације тела. У том смислу, сву разноликост телесне организације треба предочити као варирање четири кључна својства плана организације тела животиња. То су варирања симетрије тела, телесне шупљине, сегментације и телесних наставака. Важно је истаћи да су многе адаптивне модификације ових својстава играле кључну улогу у оспособљавању животиња да дођу до хране и да избегну да буду храна другима.

Пожељно је да радијалну симетрију ученици повежу са сесилним начином живота и одсуством главе (дупљари, бодљокошци). Билатералну симетрију треба тесно повезати са цефализацијом, концентрaцијом сензорних органа и нервних ткива на предњем крају издужене животиње, и брзином и квалитетом кретања у потрази за храном, партнером за укршатање и у бегу од предатора. У адаптивној еволуцији билатерално симетричних животиња, цефализација је фаворизована јер нове, непознате околности животиње срећу увек оном страном тела која прва на њих наилази (предњом).

Велику пажњу треба посветити утицају који присуство/одсуство и врста телесне шупљине имају на организацију тела, развиће, рад, независно и неометано усложњавање унутрашњих органа током еволуције и, због тога, на кретање и начин живота припадника ацеломата (нпр.: пљоснати црви), псеудоцеломата (нпр.: ваљкасти црви) и целомата. Такође, потребно је навести разлике између особина псеудоцелома и целома (нпр.: одсуство/присуство перитонеума, тј., марамица, око унутрашњих органа) а које потичу од различитих позиција на којима се ове шупљине отварају током ембрионалног развића (између ендодерма и мезодерма, односно, унутар мезодерма). Обе врсте телесних шупљина треба повезати и са функцијом хидрауличног скелета коју имају и код псеудоцеломата и код целомата.

У погледу сегментације тела, важно је да ученици дискутују адаптивни значај хомономне/хетерономне сегментације у вези разноврсности спољашње и унутрашње грађе тела, могућности за специјализацију различитих телесних региона за различите функције, могућности за мењање облика тела и прецизно кретање. Треба да уоче да телесна шупљина код већине животиња није сегментисана. Промене у плану сегментације тела играле су значајну улогу у развоју мишића који се везују за унутрашњу страну спољашњег скелета код зглавкара и, као такве, у настанку огромне разноврсности телесне грађе и, нарочито, телесних наставака у овој најразноврснијој групи животиња.

Значај телесних наставака ученици треба да дискутују у контексту брзине и прецизности кретања, побољшања перцепције, исхране (жвакања, нпр.) и репродуктивног успеха (код многих животиња телесни наставци имају улогу у трансферу сперме и инкубацији јаја).

Низ еволуционих новина чија појава је довела до одвајања класа пожељно је навести само за неке од филума, као што су зглавкари, евентуално мекушци и свакако хордати (лобања, вилица, парни удови, кичма (скелет) од хрскавице, коштано ткиво, ноге, јаје са амнионом, длака и перје). У реализацији наставе препоручује се коришћење збирки, сувих и мокрих препарата животиња, уколико постоје у школској збирци, посету Природњачком музеју, научном парку или зоолошком врту, приказивање и анализу кратких филмова с научним садржајем (одабрани делови из различитих серијала Дејвида Атенбороа у продикцији BBC-a и SKY- service) и др. За таксоне који имају већи број разноликих група и обилују новим пojмoвима (нпр. зглавкари, хордати), уз илустровање положаја на дрвету живота могу се користити табеле и мапе (шeме) пojмoвa.

Активности за достизање исхода *ученик ће бити у стању да доведе у везу кључне филогенетске промене живих бића са условима живота у којима се развијају* стоје у непосредној вези са активностима за достизање претходна два исхода. Пожељно је довести у везу морфолошке карактеристике са променама услова животне средине, на примерима прилагођености у величини тела, грађи тела, на живот у мраку, под земљом, на великим дубинама, на начин опрашивања и начин распростирања семена (коеволуција биљака и животиња).

Када су биљке у питању, пожељно је увести тропизме као појам и нагласити њихов адаптивни значај, с обзиром да оне не могу активно да се крећу. Такође, добро је анализирати прилагођености различитих врста плодова на различите начине расејавања (препарати или слике).

У реализацији овог исхода посебно треба издвојити царство гљива, без приказивања таксономске поделе. Треба истаћи филогенетску повезаност гљива и животиња, као и кључне разлике између њих у начину исхране и грађи тела (апсорпциона наспрам холозојске и, сходно томе, повећање спољашње површине, насупрот повећању унутрашњих површина). Посебно је важан адаптивни значај мицелијарне грађе и хифа (апсорпциона исхрана), хитинског зида (изложеност осмотском стресу), као и непотпуних/непостојећих преграда између ћелија (могућност струјања и брзе редистрибуције цитоплазме) за начин живота гљива. Стварање спорангија, плодоносних тела и спора треба довести у везу са наступањем неповољних услова средине. Указати на везу између стварања огромног броја врло ситних, лаганих и добро заштићених спора, са космополитским распрострањењем већине врста гљива. Може се радити микроскопирање хифа и спора гљива (укључујући и процену броја спора, на основу отиска).

Прилагођености биљака, гљива и животиња, као и различите обрасце понашања животиња, треба повезати са принципом ефикасности и економичности који постоје у природи, што се може демонстрирати на различитим примерима: значај појаве ткива и органа, значај (предност) редукције гаметофита код сувоземних биљака, прилагођености биљака на размножавање на копну итд. Демонстрирање значаја различитих организационих решења може се вршити прерачунавањем односа (пропорција) одређених делова тела (златни пресек), упоређивањем површине и запремине тела различитих димензија и слично. Учење се може извести и кроз мoдeл прojeктнe нaстaвe: пoрeђeњe грaђe пojeдиних дeлoвa тeлa/oсoбинa oдaбрaнe таксономске групе сa функциjoм кojу oбaвљajу и вeзом oвe oсoбинe сa нaчинoм живoтa и пoнaшaњeм животиња. Добро би било упоредити животне циклусе биљака, гљива и животиња.

Примeри из oблaсти функциjскe мoрфoлoгиje, eвoлуциoнe мoрфoлoгиje и мoрфoлoшких aдaптaциja код различитих животиња (и других организама) могу се обрадити путем писaња eсeja, прaвљeња скицa, цртeжa, пoстeрa, звучних зaписa, фoтoгрaфиja, снимањем кратких тематских филмова уз помоћ мобилног телефона и сл. На овај начин се успоставља функционална повезаност сa прeдмeтимa: српски jeзик, стрaни jeзик, инфoрмaтикa, тeхничкo вaспитaњe, умeтнoст.

У активностима за достизање исхода *ученик ће бити у стању да идентификује улогу организама у процесу преноса енергије и супстанце у екосистему* треба се ослонити на знање о значају фотосинтезе у процесу преноса енергије и супстанце у екосистему (шеме ланаца исхране, пирамиде исхране...). Обрадити еколошке факторе који утичу на фотосинтезу и примарну продукцију. Обратити посебну пажњу на „борбу између глади и жеђи“ код већине биљака, рад стома ради размене гасова и везу са неизбежним губитком воде транспирацијом. На примерима треба објаснити адаптације које омогућавају фотосинтезу и раст, упркос овом проблему. Треба обратити пажњу да примарна продукција у екосистему зависи од стварне евапотранспирације, која је мера тога колико дуго биљке могу да држе отворене стоме по дану и реално врше фотосинтезу. Могу се користити контрастни примери – биљке које расту у различитим климатским условима (различите комбинације температура и количине и распореда падавина). Поновити и улогу биљака у кружењу хемијских елемената који улазе у састав живих бића.

Треба јасно истаћи немерљив значај гљива као кључних разлагача биљног материјала (пример: базидиомицете су једине способне да разлажу лигнин), па тиме и кључне карике у детритусним ланцима исхране. Посебну пажњу посветити микоризи као заједници која је омогућила излазак биљака на копно и данас омогућује ефикасну апсорпцију воде и минерала.

У делу теме посвећене животињама, потребно је посебну пажњу посветити месту појединих група животиња у трофичкој структури екосистема. Ученици треба да повежу адаптације животиња, нарочито оне везане за исхрану, размену гасова и излучивање са њиховим улогама и значајем у преносу енергије и супстанце у екосистему. Адаптације се могу ставити и у временски тј. сезонски контекст (однос доступности хране и потреба за њом спрам сезонских циклуса неке врсте) или објаснити на примерима животињских врста чији ларвени ступњеви имају значајно другачију еколошку нишу од одраслих.

**Тема МЕТАБОЛИЗАМ И РЕГУЛАЦИЈА ЖИВОТНИХ ПРОЦЕСА НА НИВОУ ОРГАНИЗМА**

У достизању исхода *ученик ће бити у стању да образложи функционалну повезаност органа у организму са одржавањем хомеостазе у променљивим условима средине* и *примерима илуструје значај морфофизиолошких адаптација организама за процесе размене супстанце са средином* требало би обрадити грађу и функцију органа и органских система и њихову међуповезаност у циљу одржања хомеостазе организма као целине, ослањајући се на раније стечена знања о грађи биљних и животињских органа, хомеостази, регулацији, метаболизму, комуникацији, транспорту и кретању на ћелијском нивоу. Рад на остваривању ових исхода треба да се ослони на предзнања ученика о регулацији и метаболизму на ћелијском нивоу, стечена у претходном разреду.

Животне функције које се јављају код биљака и животиња и гљива као што су: исхрана, транспорт, дисање, излучивање, интергација и координација и репродукција пожељно је приказати упоредо.

У обради усвајања воде и минерала, транспорта кроз ксилем и флоем, транспирације, размене гасова, осморегулације и излучивања код биљака, треба се ослонити на стечена знања о грађи и функцији биљног организма, својствима воде и осмотским појавама, облицима транспорта кроз мембрану и еволуционим новинама које су омогућиле излазак биљака на копно. Важно је направити корелацију с одговарајућим градивом физике, хемије и географије (киселине и базе, растворљивост јонских једињења, састав и својства земљишта, капиларне појаве и равнотежа фаза, влажност ваздуха и падавине...). Кад год је могуће, треба повезивати поједине механизме и функције организма са одговарајућим особинама и процесима на нивоу ћелије.

Синтезу органских супстанци треба повезати са адаптацијама у грађи листа које су важне за процес фотосинтезе и лимитирајућим факторима фотосинтезе. Грађу и функцију органа који обављају усавајање воде и минерала, стварање хране, размену гасова, екскрецију штетних материја и одржање осмотске хомеостазе, хормонску регулацију раста и развића, кретање итд., требало би да ученици истражују, презентују и дискутују.

У изучавању физиолошких процеса животиња требало би се ослонити на раније стечена знања и највише пажње, на одговарајућим примерима, посветити органским системима (циркулаторном, нервном, ендокрином и полном) који повезују, интегришу и регулишу парцијалне функције других система, на примеру човека.

Приликом обраде функционисања појединачних система органа (варење и апсорпција хране, размена гасова, циркулација, излучивање и осморегулација), нагласак је на вези грађе и функције као и на молекуларној организацији, регулацији и интеграцији физиолошких процеса. С тим у вези, требало би обрадити и најзаступљеније поремећаје у раду органских система изазваних штетним утицајима и навикама (нпр. стрес, конзумирање дрога, алкохола, неадекватна исхрана, спортски додаци, поремећаји дневно-ноћног ритма итд).

И код биљака и код животиња, механизме и регулацију процеса треба непрекидно стављати у контекст односа са спољашњом средином и хомеостазом и подстицати ученике да све процесе и механизме објасне и у еволутивном контексту.

У достизању исхода *ученик ће бити у стању да* *процени могућу реакцију биљног или животињског организма на дејство најчешћих стресора средине* требало би да ученици дискусијом, ослањајући се на своје предзнање и искуство, дођу до скупа фактора, односно стресора средине, који делују на биљни или животињски организам и на његову хомеостазу. Тај скуп би требало да укључи дејство главних абиотичких и биотичких фактора (ниска и висока температура, количина светлости, фотопериод, циркадијалне и сезонске промене, мањак или вишак воде, мањак или вишак минерала, односно хране, дејство хербивора/ предатора/ паразита/ патогена, утицај компетитора). Потом би требало обрадити најважније механизме реакције биљног, односно животињског организма на сваки од њих и подстаћи ученике да уоче сличности и разлике.

У достизању исхода *ученик ће бити у стању да* *разликује начине одбране организма од патогена и њихове механизме деловања* активности ученика би требало усмерити на проучавање начина на које људско тело успева да, упркос сталном присутву изазивача заразних болести у околини, остане здраво. Требало би обрадити три линије одбране од патогена: 1) баријере продору патогена (кожа, слузокожа, мукус, хлороводонична киселина у желуцу, симбиотске бактерије тзв. микробиом), 2) неспецифичну одбрану (инфламација, гранулоцити, лимфоцити природне убице, интерферон, комплементарни протеини, повишена температура) и 3) специфичну одбрану или трајни имуни одговор на стране изазиваче болести и ширење канцерозних ћелија (коштана срж, тимус, слезина, лимфоток, Т и Б лимфоцити).

У том смислу потребно је да ученици разликују примарни од секундарног одговора на напад истим патогеном или канцерозном ћелијом. Односно, да знају како се препознају патогени и канцерозне ћелије у интеракцији неспецифичних и специфичних леукоцита у лимфним жлездама, како се активирају лимфоцити за њихово уништење (примарни одговор) и да се део активираних лимфоцита дистрибуира у све лимфне жлезде после успешно савладаног напада, да „памте” нападача и брзо реагују у поновљеном сусрету (секундарни одговор).

У достизању исхода *ученик ће бити у стању да анализира епидемиолошке ланце заразних болести и повеже их са мерама превенције* и *дискутује о важности одговорног односа према свом и здрављу других особа*требало би обрадити поједине заразне болести. У одабиру заразних болести требало би се руководити учесталошћу и опасностима од заразе, као нпр: грип и значај вакцинације (у вези са респираторним системом); говеђа/свињска пантљичара (у оквиру система за варење); хепатитис и АИДС (у оквиру крвног система) и слично. Активности ученика треба да се одвијају у контексту значаја одговорног понашања у очувању сопственог здравља. Важно је да се ученици упознају са чињеницом да постоје здравствена стања у којима људи не могу да се вакцинишу, те да је вакцинација здраве деце начин да се заштите од болести, не само она, него и друга, болесна деца и одрасли у њиховој заједници.

Након упознавања са свим линијама одбране људског тела, ученици би требало да разумеју важност неговања коже и слузокоже, очувања микробиома, важност вакцинације за заштиту сопственог и здравља заједнице и значај правилног третирања повишене температуре.

У достизању исхода *ученик ће бити у стању да идентификује фазе развића организама* *на слици или моделу* и *образложи адаптивни значај појединих фаза у развићу организама*требало би се ослонити на ученичка знања о основним морфо-физиолошким променама током развића биљака и животиња, међусобној условљености генетичких и срединских чинилаца у процесу развића особина, ћелијском циклусу, регулацији активности гена, ћелијској комуникацији, покретљивости и транспорту на ћелијском нивоу. Изузетно је важно да се процес развића предочи ученицима као каскада догађаја у којој се растући број ћелија вишећелијског организма диференцира, организује и специјализује за обављање само дела физиолошких процеса неопходних за преживљавање/репродукцију сваке ћелије понаособ и тела као целине.

Главни обрасци и механизми, које треба обрадити, код биљака, су регулација цветања, опрашивање, оплођење, настанак семена и плода, клијање, развиће клице и регулација раста и развића (укључујући најосновније улоге хормона).

У развићу животиња је важно да ученици разумеју, и могу да објасне у контексту, појмове гаметогенезе, оплођења, браздања, бластулације, гаструлације, морфогенетских покрета, ембрионалне индукције, клициних листова, диференцијације ткива и органа, екстраембрионалних структура (укључујући плаценту) и матичних ћелија. Такође, на погодним примерима треба да схвате комбиновано порекло органа од два клицина листа, при коме различита ткива настају интеракцијом различитих слојева гаструле (нпр. деривати коже, црево, полне жлезде...). Један од примарних циљева је да ученици разумеју и стекну целу слику о томе којим процесима и кључним механизмима, од на око хомогене структуре, какав је зигот, настаје сложени вишећелијски организам. Сврха и примена тог знања треба да буде двојака – прво, шта је све неопходно да се такав осетљив процес одвије „по плану“, а шта све може да га поремети (укључујући и здравствени аспект). Друго, нарочито кад су биљке у питању, како знања из области развића могу бити примењена нпр. у производњи хране.

Пренатално и постнатално развиће човека требало би обрадити уочавајући разлике и сличности са развићем општег плана телесне организације сисара. Препорука је да ученици на моделу или схеми умеју да препознају и објасне стадијуме бластуле и гаструле, и да на схеми временске скале позиционирају фазе органогенезе од појединих ћелијских слојева ембриона.

**Тема ПОРЕКЛО ЧОВЕКА**

Активности у достизању исхода *ученик ће бити у стању да конструише филогенетско стабло у оквиру реда Примата и надфамилије Хоминоидеа, на основу разлика у грађи тела, величини лобање и начину живота* требало би повезати са стеченим знањима о филогенији и факторима еволуције, адаптацијама и процесу специјације. Ослањајући се на знања о еволуцији животиња, ученици би могли самостално да објасне најчешће атавизме код људи, нпр. реп, већи број брадавица, отворенe шкржнe прорезe…). Припрема за час би могао да буде кратак видео на Јутјубу „Proof of evolution that you can find on your body”. Врло је важно нагласити позицију реда Примата у класи Сисари, као једног од најстаријих редова, разврставањем предачких и изведених особина Примата. Особине које издвајају примате од других сисарских редова би требало обрадити као адаптације на живот у крошњама дрвећа (хватајуће шаке, стопала и репови, предњи вид, седење без ослањања, један до два потомка по леглу, само један пар брадавица), односно, живот у сложеним друштвеним заједницама (пропорционално највећи предњи мозак у животињском царству, развијеност мишића лица који омогућавају изражајну мимику, развијеност гласовних апарата, дуготрајна везаност потомака за родитеље и дуготрајно учење сложених друштвених односа и карактеристика станишта и хране).

Филогенију Примата треба представити кладограмом (извори додатних информација: Smithsonian Institut, http://humanorigins.si.edu/research) како би се дочарала разноврсност реда и редослед одвајања појединих приматских таксона. У приказу филогеније човеколиких мајмуна (надфамилија Хоминоидеа), осим заједничких карактеристика које их одвајају од осталих таксона, треба представити и време одвајања две врсте евроазијског распрострањења, Сирапитекус (предак азијских гибона и орангутана) и Дриопитекус (предак горила, шимпанзи и људи) који је мигрирао у Африку (пре око 9 милиона година).

Одвајање потомачких таксона Дриопитекуса треба приказати на начин да сваком ученику буде потпуно јасно да људи нису настали од шимпанзи или горила, него да су све данашње врсте настале од заједничких предака у процесу специјације. У том контексту, неопходно је повезати одвајање предачких популација са променом климе.

За достизање исхода *ученик ће бити у стању да илуструје примерима утицај срединских, генетичких и културних чинилаца на еволуцију људи* изузетно је важно да се процес настанка људске врсте прикаже као след догађаја који прво треба илустровати богатством фосилних налаза на местима на којима су бипедални преци људи живели. Почев од лобања Аустралопитекус афаренсис („Луси”), преко лобања робусних и грацилних аустралопитекуса и две фосилне врсте рода Хомо (Х. хабилис и Х. еректус) до две подврсте Х. сапиенс (Х. сапиенс сапиенс и Х. сапиенс неандерталенсис). Тако би јасно био показан процес убрзавања пораста величине лобање у линији која води од грацилних аустралопитекуса до Х. сапиенс. Као добра илустрација може да послужи кратак јутјуб видео “Seven Million Years of Human Evolution”.

Ученике би требало упознати са налазима који показују да је преко 98% структуре ДНК код шимпанзи и људи исто. Било би добро да ученици дођу до закључка да се већина генских промена, укупног обима мањег од 2%, морала налазити у геномским доменима који утичу на развиће промењених скелетних особина које подржавају усправни ход, те да изузетно мали број мутација објашњавају генетички аспект еволуције лобање и мозга (нпр. мутација која је утицала на регулацију броја ћелијских деоба током развића мозга).

Веома је важно повезати ефекат ове мутације и са развојним и са еволуционим срединским контекстом (мутација не би имала позитиван ефекат на развиће већег мозга да није била подржана исхраном која је богата омега 3 и омега 6 киселинама). Такође, много већа запремина мозга, специјализација појединих делова за говор и, у вези са тим, огромна интелигенција, не би еволуирали да нису пружали предност у преживљавању и репродукцији јединкама код којих су се развиле. Контекст у коме би се путем природне и сексуалне селекције моглe фаворизовати висока интелигенција и језичка способност је живот у великим друштвеним заједницама.

За достизање исхода *ученик ће бити у стању да користи информације добијене на основу познатих генетичких података у анализи могућих праваца миграција људских популација* добро би било да, из резултата изнетих у научно-популарним емисијама, нпр. „Probing Human Ancestry with Ancient DNA” или „Ancient DNA and the New Science of the Human Past” или сличних, наставник одабере оне који би омогућили ученицима да израде пано или постер са реконструисаним правцима миграција људских популација у прошлости. Ученике би требало упознати са миграцијама врста рода Хомо из Африке и на који начин су људи населили остале континенте. По данас прихваћеној хипотези („из Африке“), Х. еректус није напуштао Африку него је врста Х. сапиенс настала од ове врсте у Африци пре око 100-200 хиљада година (овај податак се мења са новим фосилним налазима). Затим, било би врло важно мотивисати ученике да, кроз дискусију, изведу закључак да су сви припадници данашњих народа потомци популација праисторијских и, затим, пољопривредних људских популација чији су се припадници често укрштали међу собом. Због тога је савременим палеонтолошким, антрополошким и генетичким методама могуће, с једне стране, реконструисати миграцијске токове старих популација и, са друге стране, доћи до закључка да су концепти „раса”, „народа” и „нација” културолошки а не биолошки концепти.

У достизању исхода *ученик ће бити у стању да дискутује значај теорије еволуције за развој цивилизације и друштва, на основу постојећих доказа* као наставни материјал, може да послужи десета епизода BBC серијала „Life of Mammals”, која је посвећена биолошкој и културној еволуцији људи и еколошким ефектима развоја цивилизације и технологије.

**Тема ЕКОЛОГИЈА И УГРОЖЕНОСТ И ЗАШТИТА ПРИРОДЕ И БИОДИВЕРЗИТЕТА**

У достизању исхода *ученик ће бити у стању да* *повеже просторни и временски распоред кључних абиотичких еколошких фактора са распоредом биома на Земљи*, требало би повезати стечена знања из географије, физике, хемије и биологије са учењем о геофизичким чиниоцима (Сунчево зрачење и његов градијент), енергетски баланс биосфере, распоред копна и мора, ветрови и морске струје, који су узрок распореда различитих животних услова, чиме утичу на просторни распоред биома на Земљи. Знања о електромагнетном зрачењу и термодинамици и о енергетским аспектима метаболизма, треба да омогуће ученицима да разумеју да део протока енергије иде и кроз биосферу, покрећући животне процесе.

Ученике би требало подстаћи да знања о основним својствима живих бића, аквизиција ресурса (храна и исхрана), излучивање, покретљивост, надражљивост и осетљивост, животне циклусе и репродукцију (преживљавање и размножавање), ставе у контекст реакције на дејство еколошких фактора. Еколошке факторе треба приказати по медијумима животне средине (вода, копно, земљиште).

У циљу достизања исхода *ученик ће бити у стању да*: *изведе закључке о динамици популационих процеса на основу података о својствима популације и условима средине*,затим *доведе у везу распрострањење, динамику и еволуцију популације са интерспецијским интеракцијама и дејством абиотичких чинилаца* и *интерпретира популациону динамику у контексту еволуционих механизама,* потребно је да ученици истраже функционисање популације (рађање, умирање, имиграција, емиграција јединки), параметре популационе динамике (стопе наталитета, морталитета, имиграције, емиграције), примене општу једначину промене бројности популације {промена бројности у времену = аритметичка разлика између интензитета процеса преживљавања и рађања и емиграције и имиграције}, квантитативно дефинишу морталитет и наталитет, упознају се са самообновом популације, временом генерације, стопом раста и биотичким потенцијалом популације. На примерима могу да проуче утицај еколошких чинилаца на динамику популације, два основна начина раста популације (раст у привидно неограниченим условима и раст у ограниченим условима; оба постоје у природи, а први је старији и више заступљен; оба обрасца су важна јер се на основу те дихотомије поставља и оквир за разликовање r и K популационих стратегија), механизам интраспецијске компетиције (који обара стопу раста популације) као и капацитет средине популације, одн. бројност (густину) коју популација може да одржи у ограниченим условима средине. Не препоручује се употреба појма „отпор средине“ јер се ради о интеракцији у којој је биотички потенцијал популације она динамичка снага која одговара на комплекс срединских фактора, а не обрнуто.

Ученици би требало да проуче основне типове преживљавања и рађања јединки у популацији. Треба указати да се популациона промена увек дешава у интеракцији (балансу) између спољашњих чинилаца (променљиви еколошки фактори и ресурси) и унутрашњих чинилаца (генетичка структура популације, адаптације и животне форме). Потребно је обновити претходна знања и продубити разумевање еволуционих механизама и њиховог ефекта на генетичку структуру популације, који се могу демонстрирати кроз одговарајуће задатке и примере из популационе генетике. На тај начин ће се ученици оспособити да повежу еволуционе механизме са чиниоцима окружења (абиотичким факторима и интерспецијским интеракцијама) као доминантним селекционим агенсима.

Потребно је обрадити концепт еколошке нише, идентификовати разлику између еколошке нише (место и улога организма у екосистему) и станишта (простор којег популација насељава у оквиру ареала врсте, сваког места које има доступне воде, енергије и минерала да се на њему населе произвођачи и за њима остали чланови животне заједнице). Посебно треба повезати адаптивну вредност популације са стопом самообнове и указати на то да су еколошки фактори увек агенси селекције кад утичу на преживљавање и репродукцију. На тај начин ученици могу да повежу концепте еколошке нише и селекционог „режима”, односно концепте еволуције и екологије.

Ученици би требало да проуче везу између промене бројности и промене осталих популационих атрибута. У случајевима одржавања бројности, треба истаћи осцилације и флуктуације око дате вредности бројности, као резултата просторно-временске варијабилности еколошких фактора (дневно-ноћне, сезонске, вишегодишње осцилације). У оквиру интерспецијских односа, треба увести трофичке односе и дати њихову основну класификацију. Трофички односи се могу илустровати примерима односа предатор-плен са фокусом на њиховој осцилаторној динамици. Потребно је обрадити интерспецијску компетицију на примеру Гаузе-ових експеримената на папучицама и истаћи како тим обликом компетиције може само једна врста да победи и истисне другу. Поред компетитивног искључивања постоје бројни примери у којима једна врста поседује генетичку варијабилност и ниво фенотипске пластичности довољне да може да смањи преклапање ниша, што онда омогућава опстанак врста у истој заједници (нпр. пух и шумски миш).

Завршне активности би могле бити провера способности ученика да идентификују основне атрибуте популација и популационе динамике живих бића, која су еволуцијом развиле „r“ односно „К“ стратегију као одговор на услове околине. То се може уради кроз дискусију на задатим примерима живих бића, на основу кратке ИКТ претраге. Избор примера живих бића би требало да се заснива на положају и улози у биоценозама (трофички положај, карактеристични представници животних области) или значају у очувању биодиверзитета (угрожене врсте).

У достизању исхода *ученик ће бити у стању да* *на примерима анализира компоненте и кључне процесе екосистема* и *идентификује кључне екосистемске услуге на примерима природних екоситема и вреднује њихов значај за људску заједницу* потребно је ослонити се на стечена знања из екосистемске екологије почевши од општег концепта екосистема и еколошких нивоа организације које треба поставити у континуум са биолошким нивоима организације. У проучавању биоценозе ученици треба да посвете пажњу: основним структурним (диверзитет, спратовност) и функционалним (трофички односи, ланци и мреже исхране) карактеристикама. Концепт екосистема треба проширити истичући да се од нивоа животне заједнице па до биосфере еколошки системи формирају по јединственој матрици која се изражава у поједностављеној формули „6К+6П“ тј. шест компоненти и шест процеса. Три компоненте су увек у околини (енергетски извори, материјални извори/супстанце – ресурси и еколошки чиниоци), а три су увек „унутар“ екосистема (произвођачи, потрошачи, разлагачи).

У проучавању екосистема треба обратити пажњу на:

а) Токове енергије кроз екосистеме – основе енергетике екосистема, губитак енергије у протоку кроз трофичке ланце и упоредо повећање индивидуалне биомасе и смањење бројности/густине карактеристичних представника (анализирати трофичке пирамиде као квантитативни израз тог феномена). Треба указати на феномен да се одређена количина енергије увек рециклира у оквиру разлагачке компоненте екосистема, активношћу разлагача у промени хемијске структуре детритуса (угинулих и делимично распаднутих делова живих бића) и излучевина.

б) Токове супстанци кроз екосистеме. Ученици треба да уоче да су екосистеми отворени за промет енергије и супстанци, и да супстанце увек (са припадајућим енергетским садржајем) круже у екосистему. Потребно је обрадити основни циклус кружења супстанци у екосистему и истаћи улогу разлагача у том процесу. Комбинацијом ова два процеса, треба указати на општу једнакост између производње и потрошње у екосистему, односно на приближну једнакост продукције и респирације. Ученици треба да повежу основне типове исхране и дисања живих бића са продукцијом и респирацијом као феноменима на нивоу екосистема.

в) Спектар еколошких чинилаца у околини. Ученици треба да идентификују деловање еколошких чинилаца у околини, као један од шест кључних процеса, на сваком од хијерархијских нивоа еколошких система. Посебно је важно да ученици уоче како се један те исти чинилац (нпр. падавине) различито манифестује на различитим хијерархијским нивоима (пределу, биому, биосфери).

г) Диверзитет биоценозе и обрасце разноврсности живих бића. Ученици треба да проуче фенологију, спратовност (подземна и надземна) и основне типове екосистема који поседују одређен тип обрасца (шумски, ливадски) и упореде их са специфичностима образаца диверзитета у воденим екосистемима.

д) Развој и еволуцију екосистема ученици могу да проуче на одабраним примерима природних сукцесија (примарних и секундарних). Требало би да објасне промене атрибута екосистема у току сукцесија и значај климаксне заједнице (укључујући климатогене и едафске климаксе). Деловање антропогеног фактора треба да проуче кроз деградацију биоценоза (нарушавање станишта) и повезане последице (појачавање ерозије, промена хидролошког режима)

ђ) Стабилност екосистема ученици треба да разумеју проучавајући својства климаксне заједнице. Треба истаћи да стабилни екосистеми пружају човеку одређене сервисе и услуге које су човечанству неопходне за живот, а да деградација екосистема деловањем антропогеног фактора доводи до поремећаја функционлности екосистема и онемогућавања пружања за човека животно важних екосистемских сервиса и услуга (кључне речи за претрагу *екосистемске услуге,* *ecosystem services*).

Посебну пажњу вреди посветити и анализи процеса на нивоу глобалног екосистема.

У активностима на достизању исхода *ученик ће бити у стању да* *анализира кључне облике антропогеног нарушавања биогеохемијских циклуса* треба се ослонити на стечена знања о метаболичким процесима и обрадити биогеохемијске циклусе основних градивних супстанци живих бића, пре свега угљеника, воде, азота, фосфора и сумпора (при том направити корелацију са хемијом – оксидо-редукционим процесима и растворљивостима соли нитрата, сулфата и фосфата). Треба истаћи појаву антропогене дисрупције биогеохемијских циклуса посебно у случају азота, сумпора и фосфора, са освртом на последице, и указати како се физички и хемијски састав атмосфере и хидросфере (а делимично и литосфере нарочито у морфологији предела – урбанизација и инфраструктура, губитак плодног земљишта појачавањем ерозије) мења последњих деценија убрзаном експлоатацијом фосилних горива. Ученици би требало да уоче да је деградација биодиверзитета на глобалном плану последица деловања антропогеног фактора (губитак врста, дезертификација, уништавање шума, претварања аутономних природних у полуаутономне – пољопривреда и урбано-индустријске екосистеме).

Посебну пажњу би требало посветити феномену тзв. „великог убрзавања“ (као појам за претрагу може се употребити енгл. „The Great Acceleration“). При томе треба подстаћи ученике да уоче тренд све већег убрзавања утицаја људских активности на природне екосистеме и животну средину, који је нарочито уочљив од доба Великих открића, па потом индустријализације током 19. и 20. века. Нагласак треба ставити на изразито убрзавање свих компоненти, како технолошко-економског развоја, тако и притисака на животну средину и природне екосистеме, које се дешава током последњих седамдесет година. Активности би могле бити заокружене дебатом на тему да ли је такав развој одржив, подношљив или води ка катастрофи.

Активности на достизању исхода *ученик ће бити у стању да* *образложи утицај климатских промена на губитак биодиверзитета* и *вреднује своје обрасце коришћења ресурса сходно свом еколошком отиску* требало би почети подсећањем ученика на карактеристичне логитудиналне и латидудиналне градијенте еколошких фактора (који су узрок распореда различитих животних услова, што утиче на просторни распоред биома на Земљи). Притом, животнe услове ученици треба да повежу са карактеристичним живим бићима тих области и њиховим адаптацијама (веза са распрострањењем – ареалима). Потом треба објаснити видове биодиверзитета (генетички, специјски и екосистемски) и њихов значај.

Ученици могу кроз истраживачко-пројектни задатак да обраде „Мој еколошки отисак“. Потребан материјал се налази на адреси <https://www.footprintnetwork.org/our-work/ecological-footprint/> (упознавање са концептом). Кроз ове активности ученици могу да стекну знања о концепту биокапацитета и еколошког дефицита, односно еколошке резерве. Потребно је обратити посебну пажњу на феномен „Earth overshoot day” односно дан у години када процењујемо да је човечанство потрошило све расположиве ресурсе које Земља произведе те године и од када живимо трошећи ресурсе из „резерви капитала“ планете, умањујући потенцијале наредним генерацијама да функционишу на исти начин. На крају је потребно да ученици израчунају индивидуални (лични) еколошки отисак уз помоћ калкулатора на адреси <https://www.footprintcalculator.org/> и дискутују добијене резултате („Колико ми је планета потребно за живот кад би сви живели као ја?“, „Како могу да смањим свој еколошки отисак?“ „Да ли хоћу да будем активна/активан у смањењу свог личног отиска?“).

Исходи: *ученик ће бити у стању да* *формулише истраживачко питање и задатак; прикупи, одабере и обради информације релевантне за истраживање, користећи ИКТ и поуздане изворе информација, поштујући правила чувања приватности података; прикаже, наводећи изворе података, и образложи резултате истраживања, користећи језик и стил комуникације специфичан за биологију; изнесе и вреднује аргументе на основу доказа; сарађује у тиму, поштујући разлике у мишљењу и интересима, дајући лични допринос постизању до говора и афирмишући толеранцију и равноправност у дијалогу; критички и аргументовано процени сопствени рад и рад сарадника у групи, тако да унапреди рад групе* су развојни, предметни и међупредметни и треба их планирати и радити на њиховом достизању уз остале исходе.

III. ПРАЋЕЊЕ И ВРЕДНОВАЊЕ НАСТАВЕ И УЧЕЊА

У настави оријентисаној ка достизању исхода прате се и вреднују процес наставе и учења, постигнућа ученика (продукти учења) и сопствени рад. Наставник треба континуирано да прати напредак ученика, који се огледа у начину на који ученици партиципирају, како прикупљају податке, како аргументују, евалуирају, документују итд.

Да би вредновање било објективно и у функцији учења, потребно је ускладити нивое исхода и начине оцењивања,

|  |  |
| --- | --- |
| Ниво исхода | Одговарајући начин оцењивања |
| Памћење(навести, препознати, идентификовати...) | Објективни тестови са допуњавањем кратких одговора, задаци са означавањем, задаци вишеструког избора, спаривање појмова |
| Разумевање (навести пример, упоредити, објаснити, препричати...) | Дискусија на часу, мапе појмова, проблемски задаци, есеји |
| Примена (употребити, спровести, демонстрирати...) | Лабораторијске вежбе, проблемски задаци, симулације |
| Анализирање (систематизовати, приписати, разликовати... | Дебате, истраживачки радови, есеји, студије случаја, решавање проблема |
| Евалуирање (проценити, критиковати, проверити...) | Дневници рада ученика, студије случаја, критички прикази, проблемски задаци |
| Креирање (поставити хипотезу, конструисати, планирати...) | Експерименти, истраживачки пројекти |

као и оцењивање са његовом сврхом:

|  |  |
| --- | --- |
| Сврха оцењивања | Могућа средства оцењивања |
| Оцењивање наученог (сумативно) | Тестови, писмене вежбе, извештаји, усмено испитивање, есеји |
| Оцењивање за учење (формативно) | Посматрање, контролне вежбе, дијагностички тестови, дневници рада ученика, самоевалуација, вршњачко оцењивање, практичне вежбе |

За сумативно оцењивање разумевања и вештина научног истраживања ученици би требало да решавају задатке који садрже неке аспекте истраживачког рада, да садрже новине тако да ученици могу да примене стечена знања и вештине, а не само да се присете информација и процедура које су запамтили, да садрже захтеве за предвиђањем, планирањем, реализацијом неког истраживања и интерпретацијом задатих података. У вредновању наученог, поред усменог испитивања, најчешће се користе тестови знања. На интернету, коришћењем кључних речи *outcome assessment (testing, forms, descriptiv/numerical)*, могу се наћи различити инструменти за оцењивање и праћење.

У формативном вредновању наставник би требало да промовише групни дијалог, користи питања да би генерисао податке из ђачких идеја, али и да помогне развој ђачких идеја, даје ученицима повратне информације, а повратне информације добијене од ученика користи да прилагоди подучавање, охрабрује ученике да оцењују квалитет свог рада. Избор инструмента за формативно вредновање зависи од врсте активности која се вреднује. Када је у питању нпр. практичан рад (тимски рад, пројектна настава, теренска настава и слично) може се применити чек листа у којој су приказани нивои постигнућа ученика са показатељима испуњености, а наставник треба да означи показатељ који одговара понашању ученика.

У процесу оцењивања добро је користити портфолио (збиркa дoкумeнaтa и eвидeнциja o прoцeсу и прoдуктимa рада ученика, уз кoмeнтaрe и прeпoрукe) као извор података и показатеља о напредовању ученика. Предности коришћења потрфолија су вишеструке: омогућава кoнтинуирaнo и систeмaтско прaћeњe нaпрeдoвaњa, подстиче развој ученика, представља увид у прaћeњe рaзличитих аспеката учења и развоја, представља подршку у оспособљавању ученика за самопроцену, пружа прецизнији и поузданији увид у различите oблaсти постигнућа (јаке и слабе стране) ученика.

Приликом сваког вредновања постигнућа потребно је ученику дати повратну информацију која помаже да разуме грешке и побољша свој резултат и учење. Ако наставник са ученицима договори показатеље на основу којих сви могу да прате напредак у учењу, а који су у складу са *Правилником о оцењивању ученика у средњем образовању и васпитању*, ученици се уче да размишљају о квалитету свог рада и о томе шта треба да предузму да би свој рад унапредили. Оцењивање тако постаје инструмент за напредовање у учењу. На основу резултата праћења и вредновања, заједно са ученицима треба планирати процес учења и бирати погодне стратегије учења.

Важно је да наставник континуирано прати и вреднује, осим постигнућа ученика, процес наставе и учења, себе и сопствени рад. Све што се покаже добрим и ефикасним треба и даље користити у наставној пракси, а све што се покаже као недовољно ефикасно требало би унапредити.

1. Користи се означени део стандарда [↑](#footnote-ref-1)